

BULLETIN
OF
NIPPON BUNRI UNIVERSITY

VOL. 50 NO. 2 OCTOBER 2022

日本文理大学紀要

第 50 卷 第 2 号

令和 4 年 10 月

日本文理大学

大分市大字一本

日本文理大学紀要

第 50 卷 第 2 号

令和 4 年 10 月

目 次

〔査読付論文〕

工 学 部

「教職実践演習（中・高）」における SDGs の達成をめざした模擬授業

－実践と効果の報告－	藪 内 聰 和	1
	山 本 義 史	
	佐 藤 ミレナ	
	杉 浦 嘉 雄	
	吉 本 圭一郎	
	河 村 裕 次	
	原 田 敦 史	
	中 尾 正 彦	

経営経済学部

PBL 型講義における社会人基礎力の変化に関する研究	河 村 裕 次	9
	田 中 秀 和	
	古 野 愛 子	
	鍋 田 耕 作	
	美 濃 祐 子	
	林 孝 和	
国内における新製品開発研究の潮流		
－計量テキスト分析によるアプローチ－	小久保 雄 介	19
	小 具 龍 史	

〔論 文〕

工 学 部

湯布院町における土地利用の変化過程に関する研究	菅 雅 幸	29
	佐 藤 武 典	
限られた画像特徴量に基づく MAV 姿勢運動計測	藤 田 浩 輝	37
	衛 藤 蒼	
	永 井 弘 人	
	長 崎 秀 司	
	金 城 寛	
単純繰返し作業に於ける Human Error の研究	船 山 博	43
	中 山 周 一	
1 m × 1 m 風洞における空気力計測	伊 ユ ジ ヨ ン	51
	清 水 健 太	
	田 原 久 雄	
	中 山 周 一	

往復動圧縮機における状態把握のための周期性計測	福 島 学	61
	伊 藤 毅 登	
	沖 田 和 久	
	林 友 哉	
	近 藤 善 隆	
	手 島 祐 二	
インターネット空間の変容と市民参画ジャーナリズム		
－韓国におけるオンラインニュースメディアの変容を中心に－	高 文 局	69
樹木構造接近法による与信リスク因子の探索	衛 藤 俊 寿	77

〔研究ノート〕

数理解析プログラミングを用いた高等学校教育における数学教育に関する検討	伊 藤 順 治	85
	飯 干 亮 成	
	大牟田 桃 矢	
電子工学実験におけるライントレーサのデジタル化検討	伊 藤 順 治	91
	原 田 恒 迪	
キャンパス内での低コスト GNSS 受信機を用いた干渉測位の精度	石 川 拓 海	97
	岡 本 尚 也	
	阿 南 壘	
	池 見 洋 明	
流体中の近接する球に作用する潤滑力の簡易式	永 田 裕 作	103
音響情報提示における音量感を犠牲にしない気中音抑制と		
狭間隔音源による広間隔音像定位制御	福 島 学	109
	沖 田 和 久	
	林 友 哉	
社会系教科教育のジェンダー主流化に関する一考察		
－女性の不平等に着目する政治学の議論を踏まえて－	斉 藤 雄 次	119

〔事例報告〕

新しい止水システムを用いた水替え工法に関する研究	池 畑 義 人	129
	稲 富 丈 夫	
	中 山 周 一	
	高 木 怜	
	甲 斐 明	
	森 健	
	小 澤 和 史	
早期介入が必要な要支援学生の情報共有に関する試み	坂 井 美 穂	131
	瀧 上 千 香 子	
	黒 田 匡 迪	
	東 寺 祐 亮	

〔査読付論文〕

「教職実践演習（中・高）」における SDGs の達成をめざした模擬授業 —実践と効果の報告—*

藪内 聡和^{*2}, 山本 義史^{*3}, 佐藤ミレナ^{*4}, 杉浦 嘉雄^{*3}, 吉本圭一郎^{*5}, 河村 裕次^{*5},
原田 敦史^{*2}, 中尾 正彦^{*6}

Practical Seminar for the Teaching Profession and Achieving the SDGs-related Trial Lessons: Report on Practice and Effects*

Toshikazu YABUUCHI^{*2}, Yoshifumi YAMAMOTO^{*3}, Milena SATO^{*4}, Yoshio SUGIURA^{*3},
Keiichiro YOSHIMOTO^{*5}, Yuji KAWAMURA^{*5}, Atsushi HARADA^{*2}, Masahiko NAKAO^{*6}

^{*2}Department of Mechanical and Electrical Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*4, *5, *6}Department of Business and Economics, School of Business and Economics, Nippon Bunri University

^{*3}Nippon Bunri University

Abstract

The current study examines the effects of forming combined teams in the Practical Seminar for the Teaching Profession on the effectiveness of the seminar. More specifically, an attempt was made to form teams consisting of students from both School of Engineering and School of Business and Economics who work together in order to develop and deliver Sustainable Development Goals(SDGs)-related trial lessons as their practice exercise. Achieving the SDGs was set as the learning objective for each trial lesson. In order to examine the effectiveness of these lessons, records of the teaching methods and content were carefully kept and the opinions from pre-post surveys were analyzed and documented. Results showed an increase in students' self-confidence levels in regard to attitudes and understanding of the importance of SDGs in the field of education on the one hand, and lesson structure and SDGs teaching methodologies on the other. Hence, a great majority of the students were able to expand their comprehension of the significance of the SDGs. Consequently, it was concluded that these lessons were significant in cultivating teachers who are capable of providing instruction in, and working towards the realization of, the SDGs with a sound fundamental understanding of the field.

*2022年6月13日受理

^{*2}日本文理大学工学部機械電気工学科 准教授

^{*3}日本文理大学 名誉教授

^{*4}日本文理大学経営経済学部経営経済学科 助教

^{*5}日本文理大学経営経済学部経営経済学科 准教授

^{*6}日本文理大学経営経済学部経営経済学科 教授

キーワード：SDGs 教職実践演習 模擬授業 異種免許種混合チーム 教職課程 世代間倫理
チーム学校

Keywords : SDGs, teaching profession seminar, trial lessons, combined teams,
teacher-training curriculum, intergenerational ethics, school as a team

はじめに

「教職実践演習（中・高）」（2単位）は、2008（平成20）年11月12日公布の文部科学省教育職員免許法施行規則の一部を改正する省令（平成20年文部科学省令第34号）を受けて本学に新設された、教職課程4年生後期の必修科目である。「教職実践演習（中・高）」は、3年生後期及び4年生前期に設置されている「教育実習」とならんで、教職課程の総まとめとしての位置づけにある。これについては山本他（2020）で次のように論じた。

「教職実践演習」は、「教員として最小限必要な資質能力」（文部科学省、2006a）が身に付いているかどうかの最終確認の役割を担っている。この科目に含めることが必要な事項4項目（1. 使命感や責任感、教育的愛情等に関する事項、2. 社会性や対人関係能力に関する事項、3. 幼児児童生徒理解や学級経営等に関する事項、4. 教科・保育内容等の指導力に関する事項）、授業方法、指導教員については、2006（平成18）年7月の中央教育審議会（答申）「今後の教員養成・免許制度の在り方について」において提言されている（文部科学省、2006a）。さらに、「答申」の別添1「教職実践演習（仮称）について」では、学生が具体的にどの程度のレベルまで修得している（身に付いている）ことが必要であるかを設定した基本的・共通的な指標として到達目標及びその目標到達の確認指標例も示されている（文部科学省、2006b）。

確かに、これらの事項は教員として修得されていることが最小限必要とされる基礎的・教科書的知識や授業技術・指導技能かもしれない。しかし、資質能力の本質が「学び続ける、研究する教師」であるのであれば、理論と実践や知識・概念間の関係について深く探求する視点や姿勢が必要であろう。

これは個人の授業研究や教材研究のみでは限界があるかもしれない。また、教育現場では研究授業や授業研究それ自体が協働による授業づくりであろう（山本他、2020：46）。

そこで、藪内他（2018）では、協働による授業づくりをめざして「チームで取り組む模擬授業」を試みた。その結果は次の通りである。

学生は、授業の構成については一通り理解し実践できていた。一方で、細やかな基礎的な授業技術については、教育実習を終えたこの段階でも指摘を受けた。また、授業者や生徒役あるいはチームとして、生徒の視点からも授業を観察・批評する姿勢がみられた。チームでの取り組みについては、協働して授業を構成できたとの肯定的な反省があった反面、連携の難しさにも言及があった。学生は、専門知識の理論的背景をもって、授業をする重要性に気づけたようである（藪内他、2018：109）。

しかし、学校教育における協働やチームの意義が理解されず、単独で授業を行うことを希望する学生や参加意欲の低い学生がある程度存在した。その原因は、チーム編成が取得予定免許種の同じメンバーで構成されたことや模擬授業の目標設定が学生に任されたことなどにあると考えられた。そのためか、チームで新しい授業を協働で創出することなく、既成の学習指導案やメンバーの中の誰かの教育実習で実施済みの模擬授業を少し手直しする程度の活動が多々みうけられた。このことが一層メンバーの参加意欲を低下させた可能性がある。チームが協働して、学び合いにより、学習指導案を作成し、授業を準備すると、チームの構成員は、自らの意見をほりさげ、かつ対話的に模擬授業に反映させることができる。つまり、これは、教育の今日的課題である「主体的・対話的で深い学び」を指導するにも必要な能力である。

以上の反省点から、今回はチームに新規の授業目標を設定して授業を構成することを指示し、異種免許種混合のチーム編成を試みた。そもそも、中等学校以上は、異種免許状をもつ教員で学校が運営されている。「チーム学校」としての学校運営は、教員が教育活動をするさい、教科の枠に留まっていたり、円滑に実行できない。つまり、異種免許状をもつ教員が科目の枠を越えて交流し、協働する必要がある。この点から、異種免許混合チーム

の編成は、「チーム学校」のロールプレイとしても意義がある。

その授業目標は、近年、世界的にも新学習指導要領でも重視されているSDGsの目標の達成をめざすことである。SDGsを「教職実践演習（中・高）」に導入した理由は以下の通りである。

2015年9月の国連サミットで「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択された。それは、「持続可能な開発のための不可欠な必要条件である」（外務省、2015）。SDGs（Sustainable Development Goals）とは、それに定められた2016年から2030年までの国際目標である。持続可能な世界をめざすために17のゴールと169のターゲットから構成されている。

文部科学省は、ESD（Education for Sustainable Development）、つまり、「持続可能な社会の創り手を育む教育」を以前からめざしている（文部科学省、n.d. a）。ESDは、「SDGsの17全ての目標の実現に寄与するものであることが第74回国連総会において確認されて」（文部科学省、n.d. a）いる。文部科学省によれば、「2008年3月に幼稚園教育要領及び小学校・中学校の学習指導要領が、2009年3月には高等学校の学習指導要領が公示されました。この新しい学習指導要領等には、持続可能な社会の構築の観点が盛り込まれています。教育基本法とこの新しい学習指導要領等に基づいた教育を実施することによりESDの考え方に沿った教育を行うことができます」（文部科学省、n.d. b）という。すなわち、ESDによってSDGsに掲げられた地球規模の問題の解決を実践できる社会の担い手を育成しようとしているといえる。そのための子どもの資質能力を育成することが教育に求められていることになる。

また、SDGsを授業に導入したのは、「持続可能な開発」という理念を実践するにあたっての倫理的素養を学生に身に付けさせたいという意図からである。一般的に倫理学は同世代を対象としている。しかし、「持続可能な開発」という観点からは、後続する世代への倫理も意識する必要がある。後続する世代への倫理とは世代間倫理である。世代間倫理とは加藤（2020）によれば、「現代世代は、未来世代に対して、その生存条件を保障する完全義務を負っているという主張である」（加藤、2020：99）。つまり、現代世代は、未来の世代が、支障なく生きていける環境を保障する義務をもっており、その義務を果たさないことは不正を犯すということである。しかし、まだ生まれていない未来の世代への責任は一方的で、互恵性が成立するかという問題もある。これについて、工藤（2004）は、命のリレーという観点から世代

間倫理を解釈している。「先行世代の後続世代への責任と義務が、環境問題で特に求められており、世代間倫理の要点であることは、確かなことである。だから互恵性を、過去から与えられ、未来に与える、という言わばリレー型で捉え直せばよい」（工藤、2004：137）。工藤によれば、命のリレーには三つの意味があるという。第一の意味は、「いただいたいのは私の中で生かさなければいけない」（工藤、2004：167）というものである。人間は食物連鎖の中で頂点に立ち、人間以外の命を奪って食していることを意識しなければならないということである。このような意識なくしては、「生物の生存権をもちだしてもおこがましいと言うしかない」（工藤、2004：167）。第二の意味は、「いのちを再生産してゆくことである」（工藤、2004：167）。これは、人類の存続をめざすものである。後続する世代が単に存続するのではなく、健康で文化的に暮らせるような後続する世代を維持することもここに含まれるであろう。地球にある資源を現代で浪費することは許されない。もちろん、後続する世代を維持することは教育にも関わる。教育なしには人間という種は存続できないからである。第三の意味は、「過去の世代の恩を未来世代にお返しするという『一方的自発的自己犠牲の相互性』」である。幸せのやりとりが同世代でなく、世代間のリレーになるのである」（工藤、2004：169）。現代は過去の世代から多くの善きものを継承してきた。それを後続する世代に発展させた上で継承しようとするものである。

以上のような、後続する世代の幸福・福祉の観点は、SDGsの17のゴールをめざすのに必須である。世代間倫理は、今後学生が、社会で様々な営為に参加するときの基礎となる考え方である。

既述のように、SDGsは、持続的な世界の実現をめざすための目的である。現代に生きる人類は倫理的にSDGsを意識した生活を求められる。すると、教育は、市民に、SDGsを意識させるための有効な手法である。そこで「教育実践演習（中・高）」では、SDGsの実現をめざすことのできる教師、SDGsの指導ができる教師の育成をめざして、SDGsの目標の達成をめざすことを目標とした模擬授業を行った。さらに、その目標には地域特有の課題からグローバルな問題の解決も含まれる。したがって、その解決には必然的に多分野に渡る多角的な知識や技術が必要とされる。そこで、チーム編成は、取得予定免許種を横断した学生によるものとした。

1 目的

本研究の長期的目的は、教職課程学生の資質能力との向上をめざして、教員・学生間の学び合い・協働を通しての教育体制を構築するものである。今回は、これまでの反省を踏まえ、工学部と経営経済学部混成チームで、学校における協働やチームの意義を意識させつつ、SDGsの達成という新規の授業目的を設定し、新しい授業を協働で創出させることが目的である。SDGsの達成を授業目的にしたのは、ESDの必要性を学ばせ、地球規模の問題を解決し実践できる社会の担い手を育成すること、及び、世代間倫理の素養を身に付けさせるという意図からである。それは、教育の基礎的理解に関する科目、教科及び教科の指導法に関する科目、道徳、総合的な学習の時間の指導法及び生徒指導、教育相談に関する科目、教育実践に関する科目を担当する教員が連携して指導するものである。そこで、今回の研究では、学生による模擬授業の指導方法と授業内容を教員が記録し、そして、学生による模擬授業の指導方法と授業内容に対する学生の意見をアンケートにより教員が分析して今回の教職実践演習の授業効果を検討した。

2 方法

授業方法

2021年度「教職実践演習（中・高）」は、木曜日4時限の開講であった。受講生は、44名で、男性39名、女性5名であった。受講生の所属学部学科は、工学部機械電気工学科が6名、工学部建築学科が8名、工学部航空宇宙工学科が5名、工学部情報メディア学科が2名、経営経済学部経営経済学科が23名であった。取得希望免許種は、工業科が19名、情報科が2名、公民科が18名（そのうち6名が中学社会科も取得希望）、商業科が3名、福祉科が1名、社会科(中学)1名であった。そのうち、39名が免許を取得できた。担当教員は、河村、佐藤、中尾、原田、藪内、山岸、山本、吉本、杉浦（外部講師）の計9名であった。

第1回は、オリエンテーションを行った後、佐藤により基調講演Ⅰ「SDGsとは何か（気づきと理解）」を行った。履修カルテによる自己分析(自己評価シートの記述)を提出させた。第2回は、基調講演Ⅱ「SDGsとは何か（教育への応用）」を行った。講演内容は次の通りである。

「学校教育に関わるものには、ESDにしても、SDGsにしても、その重要性和意義を十分に理解したうえで、それをどのように受け止め、実践するかということが求められているのである」(高橋, 2021: 48)。2021年度の「教職実践演習（中・高）」では、「SDGsとは何か」をテーマとした基調講演を行った。そのねらいは、SDGsを取り入れた学習指導案の作成や授業実践に向けて、学生の興味・関心を引き出し、必要な知識・能力を育成することであった。基調講演は第1回と第2回という授業の導入段階で合計二回行われた。そのねらいは二つあった。一つ目は、これから学校教育に関わるであろう学生がSDGsとESDの概要と関係を理解することであった。つまり、そこで取り上げた内容を身近に感じ、自分の問題として受け止めることであった。二つ目は、総合的(探究的)な学習の時間におけるSDGsとESD扱いについて知り、実践を視野にいれて両者に関連をもたせることであった。

具体的な内容として、第1回の講演では、(1)現代社会の諸問題について考える、(2)クイズに答えて関連するSDGsを知る、(3)「5つのP(人間 People, 地球 Planet, 豊かさ Prosperity, 平和 Peace, パートナシップ Partnership)」を通してSDGsを整理・理解するといった3つのテーマからなる学習を行った。そして、これを通して学生の興味・関心を引き出し、テーマについて自分の問題として受け止めてもらうことをめざした。第2回の講演では、(1)教えるためのSDGsのポイント、キーワード、読み解く手がかりをまとめる、(2)持続的な社会と教育の関係を理解する、(3)持続可能な未来をつくるSDGs・ESD教育の実践から学ぶといった3つのテーマを通して「持続可能な社会づくりの担い手」として意識を高めることをめざした。

模擬授業に必要な専門的な知識については、第2回の講演の(2)のテーマにおいて新教育課程におけるESDの扱い、SDGsとそれとの横断的な関連を図る必要性について取り上げた。さらに、総合的(探究的)な学習の時間と他の教科領域等とを横断的に関連させる必要性を強調した。また、「どのような視点で関連を図るか」ということを明確に意識するとことの重要性を理解してもらうために数多くの実践例を取り上げた。

第3回は杉浦により講演(SDGsの学校での取り組み)を行った。その内容は次の通りである。

杉浦と、所属する NPO 法人大分環境カウンセラー協会（以下、環境 NPO）の会員が、2021年6月から2022年1月にかけて、以下のように、学校教育における SDGs 実践活動の継続的支援を行った。

活動事例としては、佐伯市立東雲中学校「総合的な学習の時間」を活用した「SDGs」学校教育実習を行った。学校の規模は小規模校で、当時、1年～3年までの全25名を対象にして実践を支援した。

東雲中学校は、観光拠点でもある“豊後二見が浦”から海を隔てて北側にある。「鯛山（鯛の形に似た小山）の自然」は、東雲中学校の東側に隣接する。地元以外は知られておらず地域の隠れた宝物である。そこで、活動目的は、この鯛山の自然を様々な視点（地質・植生・動物）から実際に調べて、その結果を整理し「鯛山の魅力」を地域の大人や観光客にも知ってもらうこととした。

活動概要としては、2021年夏休み前、東雲中の教員・環境 NPO 代表との計画案づくりを行った。夏休み中に、環境 NPO の地質・植生・動物に関する基礎調査を行った。夏休み明け～9月に、「総合的な学習の時間」を活用した全生徒の自然観察の実践をした。10月に、縦割り4班（地元講師が指導した歴史、環境 NPO が指導した地質・植生・動物）に分かれ、上記結果から鯛山の魅力を整理した。11月3日「文化祭」発表において、上記4班が全校保護者や来賓を前に鯛山の魅力を発表した。11月中旬から翌年1月に、鯛山の魅力を全学校区の大人たち・教育委員会・観光客に発信するため、「パンフレット（2000部発行・両面カラー・A4判・観音開き）」を作成・完成した。

第4回は、チーム編成を行い SDGs17のゴール（目標）からテーマを選択させた。チーム編成は、既述のように取得予定免許種を横断した学生によるものとした。チームは4名から5名で編成した。チームメンバーの役割として、リーダー、教師役、記録係を決めさせた。リーダーは、チーム内の連絡、チームのスケジュール管理を担当した。教師役は、模擬授業で実際に授業を行った。記録係は、模擬授業の後に行った質疑応答の記録を担当した。チームはA～Iまで編成し、それぞれにファシリテーターとして指導教員をつけ、学習指導案作成、授業方法等の指導を行った。各チームのテーマと指導教員は次の通りである。

表1 各チームのテーマと指導教員

チーム	目標	テーマ	指導教員
A	12	つくる責任つかう責任	藪内
B	12	つくる責任つかう責任	藪内
C	1	貧困をなくそう	河村
D	7	エネルギーをみんなにそしてクリーンに	山本
	15	陸の豊かさも守ろう	
E	14	海の豊かさを守ろう	山本
	15	陸の豊かさも守ろう	
F	1	貧困をなくそう	吉本
G	4	質の高い教育をみんなに	山岸
H	5	ジェンダー平等を実現しよう	中尾
I	10	人や国の不平等をなくそう	原田

第5回から第8回までは、模擬授業の準備として、チームによるディスカッション、学習指導案作成、教材作成等を行わせた。第9回は、模擬授業の中間発表を5分の時間制限にて行わせた。第10回は、教育委員会から講師を派遣してもらい、教育現場の実態・望まれる教師像等について講演を行った。第11回から第15回は、模擬授業を2チームずつ30分で行わせた。各模擬授業は、模擬授業評価表を配布し、授業を担当しないチームの生徒役の学生に模擬授業を評価させた。評価表は授業後チームにフィードバックされて反省のために供するように指示された。また第15回には、「教職実践演習（中・高）」を終えてみての自己分析を自己評価シートに記載させた。

調査方法

調査時期：2021年教職実践演習開始前10月および全演習終了後2022年2月に調査を行った。

調査項目：調査質問紙には、他に質問項目が含まれていたが、本報告では結果の一部のみ報告する。

【SDGsに関わる質問項目】SDGs理解・重視への態度や生徒に対するSDGs達成を目標とした模擬授業の構成・学習指導に関わる質問22項目を設定した。ただし、項目22は、授業とは無関係のため演習後にのみ試みとして測定した。回答は、全く当てはまらない「1」～とても当てはまる「5」の5段階で評定させた。

【「教育実習」・「教職実践演習」に対する自己評価尺度】「教育実習」・「教職実践演習」に対する9項目の自己評価尺度（詳細は山本他、2021参照）を用いた。回答は、各質問項目に対して「全く当てはまらない「1」～とても当てはまる「5」の5段階で評定させた。9項目の評定値を合計し、質問数9で除したものを自己評価とした。そのうち、項目「チームで行う『模擬授業』は教師の資質向上に役立つと思った」はチームに対する評価として別途利用した（以下チーム評価と略）。

【教職課程に対する評価】教職課程全体の評価に関する1項目「教職課程を受講して充実していたと思うので、十分満足している」を設定した(以下教職課程評価と略)。回答は、全く当てはまらない「1」～とても当てはまる「5」の5段階で評定させた。

倫理的配慮

調査協力者に対して研究の目的を説明し、プライバシーの保護、データの管理、途中で中断や中止ができること、それが成績評価に影響しないことを書面及び口頭で説明した。その後、調査協力への同意を書面で得た。また、各教育実習校に対しても、同様の説明を書面で行い、協力の承諾を書面で得た。

3 結果と考察

調査に協力と同意を得た39名から回収し、不備のない回答を集計した。以下の分析では、STATISTICA2.0Jを用いた。

(1) SDGsに関わる質問について

演習前後の評定値の変化をみるため、各項目において対応のある平均値の差の検定を行った。その分析結果を表2に示す。

項目1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20で演習後に有意に増加した。すなわち、SDGs理解や特に教育におけるSDGs重視への態度、生徒に対するSDGs達成を目標とした模擬授業の構成・学習指導に対する自信が増加した。しかし、「2 総合的(探究的)な学習の授業・学習指導に自信がある」、「8 SDGsは地球にとって重要な課題である」、「10 SDGsは経済にとって重要な視点である」、「12 SDGsは地域社会にとって重要な視点である」、「15 これからはSDGs達成を意識した生活が大切である」、「21 SDGsは自分の課題として実践したい」、では有意な変化がなかった。もっとも、項目8(前平均:4.19), 12(同:4.14), 15(同:4.13)は演習前の平均値が高水準であり、いわゆる天井効果で演習後に増加しなかったのかもしれない。それでも、身近である生活、社会、経済におけるSDGsの重要性や自分で実践することの可能性については、模擬授業を構成・実践するだけでは自らの課題として縁遠いと感じるのかもしれない。

また、「2 総合的(探究的)な学習の授業・学習指導に自信がある」、においても増加が認められなかった。今回、異種免許混成チームを編成することによって、教師自身が多分野から多様で多角的な視点から意見やアイ

ディアを出し合って協働で模擬授業を構成するという総合的(探究的)な学習の応用ともいえるべき指導形態の促進を企図していた。準備時間の問題もあったのかもしれないが、これらを促進する手法の開発は今後の課題である。

(2) 役割別の模擬授業におけるSDGsに関わる質問について

各SDGsに関わる質問を従属変数、模擬授業において担当した役割と測定時期(演習前後)を独立変数として2要因分散分析を行なった結果を表3に示す。その結果、記録係や教師役がリーダーよりも高い傾向が見かけ上あるが、その役割別の効果は有意ではなかった。したがって、(1)での増加は、役割によらない可能性がある。

(3) 役割別の「教育実習」「教職実践演習」に対する自己評価、チームに対する評価、教職課程評価について「教育実習」・「教職実践演習」に対する自己評価尺度を従属変数、模擬授業において担当した役割と測定時期(演習前後)を独立変数として2要因分散分析を行った。その結果を表4に示す。

これら3つのどの評価においても、役割別の効果や測定時期の効果およびその交互作用は有意ではなかった。演習において模擬授業を構成・実施することがこれらの評価に与える影響は認められなかった。しかし、チーム評価(10%水準)や教職課程評価においては、リーダーの評定が全体的に他の2つよりも低かった。偶々リーダーに割り当てられた学生の評価が低かった可能性があるが、模擬授業におけるリーダー役割がこれらの評価にとって効果的でないのであれば、今後リーダー役割の内容を再検討する必要があるであろう。

表2 教職実践演習前後における質問項目の平均評定値・標準偏差と検定結果

番号	質問項目	前		後		t	df	p
		M	SD	M	SD			
1	教科を横断した授業・学習指導に自信がある。	2.71	0.89	3.34	0.64	-4.410	34	0.000
2	総合的(探究的)学習の授業・学習指導に自信がある。	3.06	1.07	3.29	1.00	-1.071	33	0.292
3	他の教員と連携した授業・学習指導に自信がある。	3.06	0.97	3.63	0.84	-2.953	34	0.006
4	外部講師など外部人材と連携した授業・学習指導に自信がある	2.82	0.94	3.44	1.02	-2.985	33	0.005
5	SDGsにかかわる授業・学習指導に自信がある。	2.29	1.01	3.26	0.82	-4.134	30	0.000
6	SDGsについてよく知っている。	2.23	0.88	3.23	0.96	-4.822	30	0.000
7	SDGsについて深く理解している。	2.23	1.12	3.13	1.02	-3.478	30	0.002
8	SDGsは地球にとって重要な課題である。	4.19	1.05	4.58	0.67	-1.753	30	0.090
9	SDGsは教育にとって重要な視点である。	3.90	0.88	4.33	0.71	-2.091	29	0.045
10	SDGsは経済にとって重要な視点である。	3.96	0.84	4.18	0.90	-1.063	27	0.297
11	SDGsは企業にとって重要な視点である。	4.10	0.88	4.53	0.68	-2.213	29	0.035
12	SDGsは地域社会にとって重要な視点である。	4.14	0.92	4.45	0.69	-1.512	28	0.142
13	SDGsは大学にとって重要な視点である。	3.72	0.88	4.21	0.82	-2.985	28	0.006
14	SDGsは児童や生徒にとって重要な視点である。	4.00	0.87	4.43	0.63	-3.261	29	0.003
15	これからはSDGs達成を意識した生活が大切である。	4.13	0.82	4.27	0.78	-0.779	29	0.442
16	教育や学校とSDGs達成は強くつながっている。	3.70	0.91	4.26	0.76	-3.092	26	0.005
17	教育はSDGsを実践できる人材育成に貢献すべきである。	3.82	0.86	4.11	0.74	-1.769	27	0.088
18	SDGsにかかわるカリキュラム・デザインを作成できる。	2.64	1.06	3.39	0.88	-3.473	27	0.002
19	SDGsにかかわる学習指導案を作成できる。	2.62	1.05	3.69	0.76	-4.599	28	0.000
20	SDGsを取り入れた教科の指導ができる。	2.62	1.01	4.00	0.85	-5.870	28	0.000
21	SDGsは自分の課題として実践したい。	3.70	0.79	3.83	0.87	-0.724	29	0.475
22	一般企業や会社に就職してSDGs関連の部署に配属されたとき職務を遂行できる自信がある。					3.85	0.71	

表3 教職実践演習前後における各役割の質問項目の平均評定値・標準偏差と検定結果

項目	役割	N	前		後		F	p
			M	SD	M	SD		
1	リーダー	8	2.75	0.31	3.25	0.23	0.745	0.483
	記録	21	2.86	0.19	3.38	0.14	20.504	0.000
	教師	6	2.17	0.36	3.33	0.27	1.522	0.234
2	リーダー	7	2.71	0.41	3.00	0.39	0.810	0.454
	記録	21	3.10	0.24	3.33	0.22	0.765	0.388
	教師	6	3.33	0.44	3.50	0.42	0.013	0.987
3	リーダー	8	3.00	0.35	3.00	0.28	1.271	0.294
	記録	21	3.00	0.22	3.86	0.17	3.350	0.077
	教師	6	3.33	0.40	3.67	0.32	1.871	0.170
4	リーダー	8	2.88	0.34	2.63	0.33	1.438	0.253
	記録	21	2.76	0.21	3.67	0.20	4.390	0.044
	教師	5	3.00	0.43	3.80	0.42	3.061	0.061
5	リーダー	7	2.00	0.39	2.86	0.31	1.339	0.278
	記録	19	2.37	0.24	3.37	0.19	11.364	0.002
	教師	5	2.40	0.46	3.40	0.36	0.030	0.970
6	リーダー	7	2.14	0.34	2.57	0.35	1.334	0.280
	記録	19	2.32	0.21	3.42	0.21	16.603	0.000
	教師	5	2.00	0.40	3.40	0.41	1.257	0.300
7	リーダー	7	2.29	0.43	2.71	0.39	0.762	0.476
	記録	19	2.32	0.26	3.32	0.24	8.084	0.008
	教師	5	1.80	0.51	3.00	0.46	0.508	0.607
8	リーダー	7	3.71	0.39	4.71	0.26	0.536	0.591
	記録	19	4.26	0.24	4.53	0.16	2.710	0.111
	教師	5	4.60	0.47	4.60	0.31	1.233	0.307
9	リーダー	7	3.29	0.32	4.14	0.27	2.586	0.094
	記録	18	4.11	0.20	4.33	0.17	5.435	0.027
	教師	5	4.00	0.38	4.60	0.32	0.844	0.441
10	リーダー	7	3.43	0.30	3.86	0.33	2.465	0.105
	記録	17	4.18	0.20	4.12	0.21	3.896	0.060
	教師	4	4.00	0.40	5.00	0.43	1.903	0.170
11	リーダー	7	3.86	0.34	4.43	0.26	0.873	0.429
	記録	19	4.16	0.21	4.47	0.16	4.988	0.034
	教師	4	4.25	0.45	5.00	0.34	0.330	0.721
12	リーダー	7	3.86	0.35	4.43	0.25	0.856	0.436
	記録	18	4.22	0.22	4.33	0.16	3.691	0.066
	教師	4	4.25	0.47	5.00	0.34	0.792	0.463
13	リーダー	7	3.43	0.34	3.71	0.28	2.302	0.120
	記録	18	3.78	0.21	4.22	0.18	8.734	0.007
	教師	4	4.00	0.45	5.00	0.37	0.895	0.421
14	リーダー	7	3.86	0.32	4.29	0.22	2.564	0.096
	記録	18	3.89	0.20	4.33	0.14	7.151	0.013
	教師	5	4.60	0.38	5.00	0.26	0.007	0.993
15	リーダー	6	3.67	0.33	4.00	0.66	2.031	0.151
	記録	19	4.16	0.53	4.26	0.46	0.493	0.489
	教師	5	4.60	0.33	4.60	0.53	0.185	0.832
16	リーダー	6	3.33	0.38	4.00	0.32	0.772	0.473
	記録	16	3.75	0.23	4.38	0.19	5.686	0.025
	教師	5	4.00	0.41	4.20	0.35	0.430	0.656
17	リーダー	7	3.57	0.33	4.00	0.28	0.359	0.702
	記録	17	3.94	0.21	4.06	0.18	5.102	0.033
	教師	4	3.75	0.44	4.50	0.37	1.019	0.376
18	リーダー	5	2.80	0.49	3.40	0.41	0.262	0.772
	記録	19	2.68	0.25	3.42	0.21	7.786	0.010
	教師	4	2.25	0.54	3.25	0.45	0.131	0.878
19	リーダー	6	3.00	0.44	3.50	0.31	0.186	0.832
	記録	18	2.50	0.25	3.83	0.18	10.596	0.003
	教師	5	2.60	0.48	3.40	0.34	1.149	0.333
20	リーダー	6	2.67	0.43	3.50	0.34	0.428	0.656
	記録	18	2.61	0.25	4.17	0.20	20.811	0.000
	教師	5	2.60	0.47	4.00	0.37	0.719	0.497
21	リーダー	7	3.57	0.31	3.57	0.33	0.414	0.665
	記録	18	3.78	0.19	3.83	0.21	1.035	0.318
	教師	5	3.60	0.37	4.20	0.39	0.634	0.538
22	リーダー	8			3.75	0.7071		
	記録	23			3.7826	0.7359		
	教師	8			4.125	0.6409		

(注) F, p値は各々上段：役職、中段：前後、下段：交互作用効果

表4 教職実践演習前後における各役割の自己評価・チーム評価・教職課程評価の平均評定値・標準偏差と検定結果

項目	役割	N	前		後		F	p
			M	SD	M	SD		
自己評価	リーダー	6	3.89	0.20	4.00	0.21	0.809	0.455
	記録	20	4.03	0.11	4.29	0.12	0.023	0.881
	教師	6	4.39	0.20	4.07	0.21	2.427	0.106
チーム評価	リーダー	6	3.33	0.42	3.67	0.34	2.441	0.105
	記録	20	4.15	0.23	4.45	0.18	1.707	0.202
	教師	6	4.17	0.42	4.33	0.34	0.052	0.949
教職課程評価	リーダー	6	3.17	0.37	3.33	0.26	7.828	0.002
	記録	20	4.25	0.20	4.60	0.14	0.001	0.977
	教師	6	4.50	0.37	4.00	0.26	1.944	0.161

(注) F, p値は各々上段：役職、中段：前後、下段：交互作用効果

4 総合的考察

本研究では、チームに新規の授業目標を設定して授業を構成することを指示し、異種免許種混合のチーム編成を試みた。その授業目標は、SDGsの目標達成をめざすものである。

今回の教職実践演習の授業効果として、SDGs理解や特に教育におけるSDGs重視への態度、生徒に対するSDGs達成を目標とした模擬授業の構成・学習指導に対する自信が増加した。しかし、模擬授業を構成・実践するだけでは身近である生活、社会、経済におけるSDGsの重要性や自分で実践することの可能性自らの課題として縁遠いと感じるのかもしれない。また今回もちいた演習の授業方法ではSDGsの浅い理解のレベルに留まり、総合的（探究的）な学習の授業・学習指導については、授業実践を遂行するまでの自信にはつながらなかった。今後、SDGsに関する授業スキルの提示・トレーニングなどを演習中に盛り込む必要があるかもしれない。

チームでの取り組みは、目標がSDGsとはっきりとしていたため、各チーム概ね協働して積極的に模擬授業に取り組めた。しかし、一部には、そもそも今回の教育実践演習「(中・高)」の意義が分からず、消極的にしか授業に取り組めない学生もいた。また、異種免許種の取得の学生が、それぞれの専門知識を生かして協働するところまではいかなかった。それは、そもそも生かすべき専門知識を獲得していなかったのかもしれないし、獲得していたとしても、領域横断的に参加・関与する授業研究の方法がわからなかったのかもしれない。後者の場合は、指導教員の指導の仕方に工夫が必要であろう。また、質疑応答の時間にはあまり意見が出なかった。これは、学生が挙手をして発言するのに慣れておらず、意見を表明するのに躊躇したからである。今後は、タブレット

トや携帯電話によってリアルタイムに意見を表明できるよう ICT 機器を活用し、質疑応答の活発化を図る予定である。倫理学的観点からは、世代間倫理や命のリレーについての洞察まではいかなかった。今後は、SDGs 達成のためには世代間倫理の意識が必要であることをそれとして学習させる必要がある。SDGs の意義については、概ねすべての学生が理解したようである。したがって、SDGs の実現をめざすことのできる教師、SDGs の指導ができる教師の育成の基礎的素養が培えたという点で本授業の意義はあったといえる。

要約

本研究では、「教職実践演習（中・高）」において、工学部と経営経済学部混成チームで取り組む模擬授業を試みた。模擬授業の授業目標は、SDGs（持続可能な開発目標）の実現をめざすことである。そこで、今回演習の有効性を検討するため模擬授業の指導方法と授業内容を記録し、演習開始前後に調査を行いそれに対する意見を分析した。その結果、SDGs 理解や特に教育における SDGs 重視への態度、生徒に対する SDGs 達成を目標とした模擬授業の構成・学習指導に対する自信が増加した。すなわち、SDGs の意義については、概ねすべての学生が理解したようである。したがって、SDGs の実現をめざすことのできる教師、SDGs の指導ができる教師の育成の基礎的素養が培えたという点で本授業の意義はあったといえる。

謝辞

山岸治男別府溝部学園短期大学教授には、本研究の実施にあたってご指導いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

本研究は、令和3年度教育・研究改革事業（課題名：「教職実践演習」における SDGs に関わる模擬授業指導プログラムの開発）の助成を受けたものです。ここに記して感謝申し上げます。

引用・参考文献

外務省（2015）. 我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ（仮訳）

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/000101402_2.pdf（2022年5月30日閲覧）

加藤尚武（2020）. 環境倫理学のすすめ【増補新版】丸善

工藤和男（2004）. いのちとすまいの倫理学 晃洋書房
高橋純一（2021）. 小中学校社会科・総合的な学習の時間における SDGs を学ぶ授業づくりの方法—環境問題を取り上げた ESD の単元開発を事例として—,

Bulletin of Graduate School of Education, Okayama University, 176, 47-58.

文部科学省（2006a）. 今後の教員養成・免許制度の在り方について（答申）

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1212707.htm（2019年11月8日閲覧）

文部科学省（2006b）. 別添1 教職実践演習（仮称）について

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/attach/1337016.htm（2019年11月8日閲覧）

文部科学省（n.d. a）. 持続可能な開発のための教育（ESD: Education for Sustainable Development）

<https://www.mext.go.jp/unesco/004/1339970.htm>（2022年5月30日閲覧）

文部科学省（n.d. b）. 学習指導要領における ESD 関連記述

<https://www.mext.go.jp/unesco/004/1339973.htm>（2022年5月30日閲覧）

藪内聡和・山本義史・山岸治男・高山勲・吉本圭一郎（2018）. 「教職実践演習」におけるチームで取り組む模擬授業—教職科目及び教科科目担当教員の連携による指導の試み—, 日本文理大学商経学会誌, 36, 109-134.

山本義史・藪内聡和・吉本圭一郎・高山勲・河村裕次（2021）. 教職課程学生の「教育実習」・「教職実践演習」における自己評価表の作成, 日本文理大学商経学会誌, 39, 25-40.

山本義史・藪内聡和・吉本圭一郎・高山勲・山岸治男（2020）. 「教職実践演習」におけるチームで取り組む模擬授業の改善—教科教育法及び教職科目担当教員の連携による指導の試み—, 日本文理大学紀要, 48, 45-54.

〔査読付論文〕

PBL 型講義における社会人基礎力の変化に関する研究*

河村 裕次^{*2}, 田中 秀和^{*2}, 古野 愛子^{*2}, 鍋田 耕作^{*2}, 美濃 祐子^{*3}, 林 孝和^{*4}

A Study on Changes in Basic Skills for Working People in PBL-Type Lectures

Yuji KAWAMURA^{*2}, Hidekazu TANAKA^{*2}, Aiko KONO^{*2},
Kousaku NABETA^{*2}, Yuko MINO^{*3}, Takakazu HAYASHI^{*4}

^{*2}, ^{*3}, ^{*4}Department of Business and Economics, School of Business and Economics, Nippon Bunri University

Abstract

In this study, we examined the effects of PBL lectures on the basic skills of working people by having second-year students in the Child and Welfare Management Course of the School of Business and Economics as participants and conducting self-evaluations on basic skills of working people. A comparison was conducted between the 12 competence components of such skills before and after the PBL lectures. The self-assessment of the students decreased in most of the competence components after the PBL lectures. Examining the reasons for the decline in self-evaluation led to the conclusion that the PBL lectures provided an opportunity for the students to realize the discrepancy between their self-perception and their self-evolution. In addition, it was suggested through this study that the phenomenon of “relativization,” in which students’ self-perceptions were overturned during the process of establishing their own identities, had occurred.

キーワード：PBL, 社会人基礎力, アクティブラーニング, 自己評価

Keywords : PBL, basic skills for working adults, active learning, self-evaluation

1 問題と目的

2006年に経済産業省から、社会人になる前の学生だけ

でなく、幅広い年齢層のビジネスパーソンにとって必要な「職場や地域社会で多様な人々と仕事をしていくために必要な基礎的な力」として、3つの能力と12の能力要素で構成される「社会人基礎力」が提唱された。「社会

*2022年4月20日受理

*2 日本文理大学経営経済学部経営経済学科 准教授

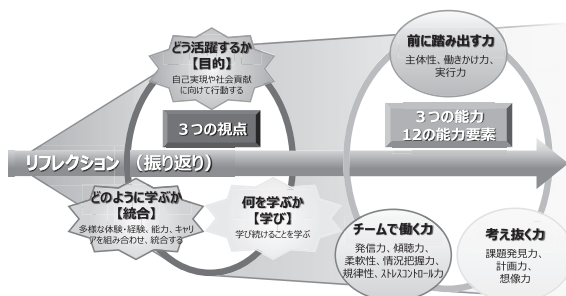
*3 日本文理大学経営経済学部経営経済学科 技術員

*4 日本文理大学経営経済学部経営経済学科 助教

人基礎力」が求められる背景には、ビジネス・教育をめぐる国内外の環境変化があり、産業界のニーズに応えるための能力を学校教育のなかで育むという経済産業省の目的がある（中井2021：35～36）。

さらに、人生100年時代構想会議中間報告によると、「『日本では、2007年に生まれた子供の半数が107歳より長く生きる』と推計」（人生100年時代構想会議2017：1）されており、現在日本は人生100年時代を迎えている。そのため、「環境やライフステージに応じて、常に学び続け、自らを振り返りながら、必要なスキルをアップデートしていく」ことが求められるようになった。「人生100年時代」を踏まえ、経済産業省は、2018年にこれまでの「社会人基礎力」を「人生100年時代の社会人基礎力」とし、個人の企業・組織・社会との関わりが、これまで以上に長くなる中で、ライフステージの各段階で活躍し続けるために求められる力と再定義した（図1）。

図1 人生100年時代の社会人基礎力



（出典：経済産業省（2018）「人生100年時代の社会人基礎力」説明資料）

「社会人基礎力」は、3つの能力／12の能力要素において構成をされている。これらの能力・能力要素について、「『人生100年時代の社会人基礎力』説明資料」において、以下の通り、説明がなされている（図2）。

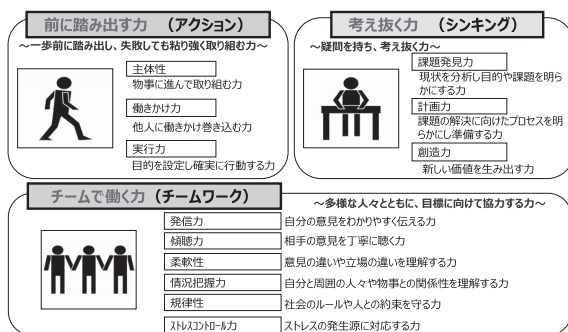
（1）前に踏み出す力（アクション）：一歩前に踏み出し、失敗しても粘り強く取り組む力。この能力における能力要素は、①主体性（物事に進んで取り組む力）、②働きかけ力（他人に働きかけ巻き込む力）、③実行力（目的を設定し確実に実行する力）があり、指示待ちにならず、一人称で物事を捉え、自ら行動できるようにする事が求められる。

（2）考え抜く力（シンキング）：疑問を持ち、考え抜く力。この能力における能力要素は、①課題発見力（現状を分析し目的や課題を明らかにする力）、②計画力（課題の解決に向けたプロセスを明らかにし準備する力）、

③創造力（新しい価値を生み出す力）があり、論理的に答えを出すこと以上に、自ら課題提起し、解決のためのシナリオを描く、自律的な思考力が求められる。

（3）チームで働く力（チームワーク）：多様な人々とともに、目標に向けて協力する力。この能力における能力要素は、①発信力（自分の意見をわかりやすく伝える力）、②傾聴力（相手の意見を丁寧に聞く力）、③柔軟性（意見の違いや立場の違いを理解する力）、④状況把握力（自分と周囲の人々や物事との関係性を理解する能力）、⑤規律性（社会のルールや人との約束を守る力）、⑥ストレスコントロール力（ストレスの発生源に対応する力）であり、グループ内の協調性だけに留まらず、多様な人々の繋がりや協働を生み出す力が求められる。

図2 社会人基礎力の3つの能力と12の能力要素



（出典：経済産業省（2018）「人生100年時代の社会人基礎力」説明資料）

これらの能力において、学生は、現時点で自分が達成していると思う点、また不足していると思う点などを自己評価し、不足している点については、今後不足を補うために必要なスキルは何であるのかを把握することが求められる。さらにそれらのスキルを身につけるためにどのようなアクションを起こす必要があるのかを考え行動できる力を養っていくことが重要である。また、自分ができていると思っていても、周りからの評価は異なる時もあるため、時には周囲から客観的な意見を求めることも必要である。第三者からの客観的な意見を参考に、自らの課題を設定し、自分の不足している点を補うための必要なアクションを自ら考え主体性をもって取り組んでいくことができる力が必要である。

本学部のこども・福祉マネジメントコースでは、ゼミナール活動を通して、この「社会人基礎力」を養うためにPBL（課題解決型学習）型講義を取り入れている。PBLとは、自ら問題を見つけ、その解決方法を考える

過程を通して、課題発見や課題解決能力を養っていく教育手法である。ゼミナールでは、PBL 型講義を通して、社会人基礎力をバランスよく高めていけるよう講義設計を行い、各学年において段階的に能力向上できるよう取り組みを行っている。

2 研究方法

(1) 研究目的

本研究の目的は、本学部こども・福祉マネジメントコース所属2年生を対象に、コース合同で実施している「ゼミナールⅡA」（以下、「ゼミⅡA」）でのPBL型講義を通じた社会人基礎力に対する学生の自己理解の変化についての検証を行うことである。

(2) ゼミⅡAの目的・内容

2021年度前期「ゼミⅡA」は、本学部こども・福祉マネジメントコース4ゼミ合同で開講された。

当該コースにおける人材育成目標は、「少子高齢化社会に求められる人材を育てる」ことである。より具体的には、以下のように整理される。

- 1) 子ども、障害者や高齢者などの幅広い視野から福祉のあり方を学ぶことによって、地域共生のために必要となる知識・スキル・マネジメント力を養うこと。
- 2) 「子ども」、「障害者」、「高齢者」に加え、「ビジネス」など様々な視点から、つながりある地域社会の実現に貢献できる人材を育成すること。

上記を通して、社会福祉の視点から様々な課題解決ができる人材を養成することが当該コースにおける目標である。このような人材を育成するため、「ゼミⅡA」では、以下の到達目標を掲げている。

- 1) 地域社会で起きている課題について関心を示すことができる。
- 2) チームで課題解決に向けて取り組む姿勢を示すことができる。
- 3) PBLの過程について理解できている。
- 4) 課題解決の方策について理解できている。
- 5) 自分自身で調べた、考えた事項について他のメンバーに伝えることができる。
- 6) チーム活動の成果について適切にプレゼンテーションすることができる。
- 7) 他のメンバーの考え、意見を理解し、自らの立場

に基づいた意見を述べることができる。

各回における講義の概要は表1の通りである。なお、新型コロナウイルス感染症対策のため、当該科目は、対面とオンラインの併用にて実施された。

「ゼミⅡA」では、「1問題と目的」にもあるように、PBL活動の手法を活用しながら、上記のように地域社会で生じている様々な課題解決策の提案について、グループ活動を中心に実施された。今年度のPBLのテーマは、「大分市がどのような町であれば住み続けたいか？」である。各回における講義展開は、各回の最初に教員から当該回における授業内容を説明し、その後学生たちがグループで議論し、課題の達成を目指すものである。教員はあくまでも側面的に学生をサポートする立場にあり、活動主体は学生に委ねられている。

各回の授業展開は、第1回から第3回で社会人基礎力や卒業後に求められる能力について教員が言及をした。第4回では、学生に身近な存在であるポテトチップを題材に、なぜ種類によって袋の中に含まれているポテトチップの量が異なるのかをグループで話し合い、その理由を考察した。第5回ならびに第6回では、大分県を訪れる観光客に対する旅行プランをグループで考える時間をもった。これらの取り組みは、上記のPBLを実施するうえで導入部分にあたる。学生たちは、これらの課題から与えられた課題に対する問いの立て方や解の導き方を学習した。その後のPBLでは、まず各回のはじめに教員から当該回においてグループで行うべきPBLの内容について説明を実施し、そのあと学生はグループごとに活動を行った。

表1 2021年度 前期 日本文理大学 こども・福祉マネジメントコース「ゼミⅡA」授業概要

回数	概要	
1	オリエンテーション	
2	社会人基礎力に関する動画を視聴し、レポートにまとめる	
3	卒業後に求められる能力とはどのようなものか、PBLの説明	
4	導入1	グループワーク（ポテトチップスを題材として）
5	導入2	個人課題（県外旅行者を対象とした旅行プランの作成）
6	導入3	前回の振り返りと旅行プラン計画の再立案
7	PBL 1	方向性の決定と課題の検討
8	PBL 2	情報収集計画の作成1
9	PBL 3	収集した情報の共有・分析、課題の選別・新たな課題の抽出1
10	PBL 4	情報収集計画の作成2
11	PBL 5	収集した情報の共有・分析、課題の選別・新たな課題の抽出2
12	PBL 6	解決策の検討
13	PBL 7	解決策の検討2
14	PBL 8	PBLのまとめ
15	授業全体の振り返り	

社会人基礎力
調査 1回目

社会人基礎力
調査 2回目

（著者作成）

今日における大学教育は、教員が学生に何を教えたかではなく、その結果、学生は何を学んだか、すなわち学習の成果が重視されるようになってきている。それは知識のみならず、論理的思考や問題解決、コミュニケーション能力などが含まれている（小野・松下・斎藤2020：1）。当該科目で着目した概念は、上述の「社会人基礎力」である。「社会人基礎力」の育成のために導入されている教育手法はアクティブラーニングであり

（中津川2020：54）、当該科目もその手法を取り入れている。「ゼミⅡA」での講義展開は、教員が学生に課題を提示し、回答を教示するものではない。それは、ときには教員が学生より知識と経験を有していても万全な解決策を見出せないという事実を学生に開示することが、学生にとって自分の失敗を次の学習の好機としてとらえる新しいものの見方を自分のものにする上でモデルとなり得るような講義展開である（新野・糸井・清野・大森・岡2020：45－52）。「ゼミⅡA」では、学生も教員もともに悩みながら、課題解決策を探っていく。

なお、学生のなかには、必ずしも最初から講義に対して意欲的に取り組めない者もいる。しかし、講義での学びを通して、徐々に意欲が喚起され、主体的な学習者となっていく中動態の概念（田中2021：33－47）も参考にしながら、講義回数を重ねる中での学生の成長を願い、講義を展開した。

中動態とは、能動／受動とは異なる概念であり、「ゼミⅡA」では授業開始当初はPBLに対して意欲的に取り組むことができなかった学生が、授業を重ねていくなかで徐々に主体的に学習に取り組んでいくことをイメージしている。「ゼミⅡA」での中動態の概念とは、当該活動に関心が薄くとも、周囲の者とのやりとりを観察したり、徐々に議論を深めていくなかで学生の行動に変化が生じる可能性を探るものである。

（3）調査概要

- 1）調査対象：ゼミⅡAの履修学生（2年生、56名）
- 2）調査期間：1回目 ゼミⅡA開始時 2021年4月
2回目 ゼミⅡA終了時 2021年7月
- 3）調査方法：アンケート調査は、アンケートの趣旨を口頭で説明した後、Googleフォームを用い、講義時間内に回答を求めた。
- 4）調査項目：社会人基礎力調査として、経済産業省の社会人基礎力基準票中の「発揮できた例」を尺度（5件法）として使用した。質問項目については、表2の通りである。なお実際にアンケートを行う際には質問項目をランダムに配置し行った。また、2回目において、「PBLを通して、今後継続したいこと」、「PBLを通して、今後改善したいこと」について自由記述での回答を求めた。

表2 質問項目一覧

3つの能力	12の能力要素	質問項目
前に踏み出す力	主体性	1 自分がやるべきことは何かを見極め、自発的に取り組むことができる
		2 自分の強み・弱みを把握し、困難なことでも自信を持って取り組むことができる
		3 自分なりに判断し、他者に流されず行動できる
	働きかけ力	1 相手を納得させるために、協力することの必然性(意義、理由、内容など)を伝えることができる
		2 状況に応じて効果的に巻き込むための手段を活用することができる
		3 周囲の人を動かして目標を達成するパワーを持って働きかけることができる
	実行力	1 小さな成果に喜びを感じ、目標達成に向かって粘り強く取り組み続けることができる
		2 失敗を怖れずに、とにかくやってみようとする果敢さを持って、取り組むことができる
		3 強い意志を持ち、困難な状況から逃げずに取り組み続けることができる
考え抜く力	課題発見力	1 成果のイメージを明確にして、その実現のために現段階でなすべきことを的確に把握できる
		2 現状を正しく認識するための情報収集や分析ができる
		3 課題を明らかにするために、他者の意見を積極的に求めることができる
	計画力	1 作業のプロセスを明らかにして優先順位をつけ、実現性の高い計画を立てることができる
		2 常に計画と進捗状況の違いに留意することができる
		3 進捗状況や不測の事態に合わせて、柔軟に計画を修正することができる
	創造力	1 複数のもの(もの、考え方、技術等)を組み合わせ、新しいものを作り出すことができる
		2 従来の常識や発想を転換し、新しいものや解決策を作り出すことができる
		3 成功イメージを常に意識しながら、新しいものを生み出すためのヒントを探ることができる
チームで働く力	発信力	1 事例や客観的なデータ等を用いて、具体的にわかりやすく伝えることができる
		2 聞き手がどのような情報を求めているかを理解して伝えることができる
		3 話そうとすることを自分なりに十分に理解して伝えることができる
	傾聴力	1 内容の確認や質問等を行いながら、相手の意見を正確に理解することができる
		2 相槌や共感等により、相手に話しやすい状況を作ることができる
		3 相手の話を素直に聞くことができる
	柔軟性	1 自分の意見を持ちながら、他人の良い意見も共感を持って受け入れることができる
		2 相手がなぜそのように考えるかを、相手の気持ちになって理解することができる
		3 立場の異なる相手の背景や事情を理解することができる
	状況把握力	1 周囲から期待されている自分の役割を把握して、行動することができる
		2 自分にできること・他人ができることを的確に判断して行動することができる
		3 周囲の人の状況(人間関係、忙しさ等)に配慮して、良い方向へ向かうよう行動することができる
	規律性	1 相手に迷惑をかけないよう、最低限守らなければならないルールや約束・マナーを理解することができる
		2 相手に迷惑をかけたとき、適切な行動を取ることができる
		3 規律や礼儀が特に求められる場面では、粗相のないように正しくふるまうことができる
	ストレスコントロール力	1 ストレスの原因を見つけて、自力で、または他人の力を借りてでも取り除くことができる
		2 ストレスを感じることは一過性、または当然のことと考え、重く受け止めすぎないようにすることができる
		3 他人に相談したり、別のことに取組んだりする等により、ストレスを一時的に緩和できる

(著者作成)

3 調査結果

ゼミⅡA 開始時とゼミⅡA 終了時での社会人基礎力の各尺度の自己評価の平均値については、表3の通りである。

(1) 前に踏み出す力

前に踏み出す力について、ゼミⅡA 開始時とゼミⅡA 終了時での変化を比較すると、『実行力』のうち、「強い意志を持ち、困難な状況から逃げずに取り組み続けることができる」($t[44]=2.044, p<.05$)という設問において、ゼミⅡA 終了時の自己評価の平均値が有意に低い結果(−0.24)となった。

また、統計上有意な差を確認することはできなかったが、『主体性』のうち、「自分の強み・弱みを把握し、困難なことでも自信を持って取り組むことができる」(−0.13)、『働きかけ力』のうち、「状況に応じて効果的に巻き込むための手段を活用することができる」(−0.16)、『実行力』のうち「小さな成果に喜びを感じ、目標達成に向かって粘り強く取り組み続けることができる」(−0.20)及び「失敗を怖れずに、とにかくやってみようとする果敢さを持って、取り組むことができる」(−0.13)において、ゼミⅡA 終了時の自己評価の平均値が低くなる傾向(−0.1以上の差)が見られた。

(2) 考え抜く力

考え抜く力の各項目について、ゼミⅡA 開始時とゼミⅡA 終了時で有意な差を確認することはできなかった。

また、統計上有意な差を確認することはできなかったが、『計画力』のうち、「常に計画と進捗状況の違いに留意することができる」(+0.16)、『創造力』のうち「従来の常識や発想を転換し、新しいものや解決策を作り出すことができる」(+0.18)及び「成功イメージを常に意識しながら、新しいものを生み出すためのヒントを探すことができる」(+0.11)において、ゼミⅡA 終了時の自己評価の平均値が高くなる傾向(+0.1以上の差)が見られた。一方で、『課題発見力』のうち「成果のイメージを明確にして、その実現のために現段階でなすべきことを的確に把握できる」(−0.20)及び「課題を明らかにするために、他者の意見を積極的に求めることができる」(−0.20)において、ゼミⅡA 終了時の自己評価の平均値が低くなる傾向(−0.1以上の差)が見られた。

(3) チームで働く力

チームで働く力の各項目について、ゼミⅡA 開始時とゼミⅡA 終了時で有意な差を確認することはできなかった。

また、統計上有意な差を確認することはできなかったが、『発信力』のうち、「聞き手がどのような情報を求めているかを理解して伝えることができる」(−0.11)及び「話そうとすることを自分なりに十分に理解して伝えることができる」(−0.11)、『傾聴力』のうち、「内容の確認や質問等を行いながら、相手の意見を正確に理解することができる」(−0.16)、『状況把握力』のうち、「周囲の人の状況(人間関係、忙しさ等)に配慮して、良い方向へ向かうよう行動することができる」(−0.11)、『規律性』のうち、「規律や礼儀が特に求められる場面では、粗相のないように正しくふるまうことができる」(−0.11)、『ストレスコントロール力』のうち、「ストレスの原因を見つけて、自力で、または他人の力を借りてでも取り除くことができる」(−0.24)において、ゼミⅡA 終了時の自己評価の平均値が低くなる傾向(−0.1以上の差)が見られた。

表3 ゼミⅡA開始時とゼミⅡA終了時の比較

3つの能力	12の能力要素	各項目	n	ゼミ開始	ゼミ終了	開始－終了	有意水準
前に踏み出す力	主体性	自分がやるべきことは何かを見極め、自発的に取り組むことができる	45	3.62	3.69	0.07	
		自分の強み・弱みを把握し、困難なことでも自信を持って取り組むことができる	45	3.58	3.44	-0.13	
		自分なりに判断し、他者に流されず行動できる	45	3.67	3.76	0.09	
	働きかけ力	相手を納得させるために、協力することの必然性(意義、理由、内容など)を伝えることができる	45	3.47	3.44	-0.02	
		状況に応じて効果的に巻き込むための手段を活用することができる	45	3.42	3.27	-0.16	
		周囲の人を動かして目標を達成するパワーを持って働きかけることができる	45	3.24	3.24	0.00	
	実行力	小さな成果に喜びを感じ、目標達成に向かって粘り強く取り組み続けることができる	45	3.87	3.67	-0.20	
		失敗を怖れずに、とにかくやってみようとする果敢さを持って、取り組むことができる	45	3.51	3.38	-0.13	
		強い意志を持ち、困難な状況から逃げずに取り組み続けることができる	45	3.67	3.42	-0.24	*
考え抜く力	課題発見力	成果のイメージを明確にして、その実現のために現段階でなすべきことを的確に把握できる	45	3.58	3.38	-0.20	
		現状を正しく認識するための情報収集や分析ができる	45	3.67	3.64	-0.02	
		課題を明らかにするために、他者の意見を積極的に求めることができる	45	3.84	3.64	-0.20	
	計画力	作業のプロセスを明らかにして優先順位をつけ、実現性の高い計画を立てることができる	45	3.42	3.38	-0.04	
		常に計画と進捗状況の違いに留意することができる	45	3.38	3.53	0.16	
		進捗状況や不測の事態に合わせて、柔軟に計画を修正することができる	45	3.60	3.51	-0.09	
	創造力	複数のもの(もの、考え方、技術等)を組み合わせて、新しいものを作り出すことができる	45	3.22	3.22	0.00	
		従来の常識や発想を転換し、新しいものや解決策を作り出すことができる	45	3.44	3.62	0.18	
		成功イメージを常に意識しながら、新しいものを生み出すためのヒントを探すことができる	45	3.49	3.60	0.11	
チームで働く力	発信力	事例や客観的なデータ等を用いて、具体的にわかりやすく伝えることができる	45	3.44	3.38	-0.07	
		聞き手がどのような情報を求めているかを理解して伝えることができる	45	3.56	3.44	-0.11	
		話そうとすることを自分なりに十分に理解して伝えることができる	45	3.47	3.36	-0.11	
	傾聴力	内容の確認や質問等を行いながら、相手の意見を正確に理解することができる	45	3.91	3.76	-0.16	
		相槌や共感等により、相手に話しやすい状況を作ることができる	45	3.96	4.04	0.09	
		相手の話を素直に聞くことができる	45	4.29	4.31	0.02	
	柔軟性	自分の意見を持ちながら、他人の良い意見も共感を持って受け入れることができる	45	4.04	4.11	0.07	
		相手がなぜそのように考えるかを、相手の気持ちになって理解することができる	45	3.98	4.04	0.07	
		立場の異なる相手の背景や事情を理解することができる	45	3.82	3.80	-0.02	
	状況把握力	周囲から期待されている自分の役割を把握して、行動することができる	45	3.84	3.76	-0.09	
		自分ができること・他人ができることを的確に判断して行動することができる	45	3.89	3.84	-0.04	
		周囲の人の状況(人間関係、忙しさ等)に配慮して、良い方向へ向かうように行動することができる	45	3.73	3.62	-0.11	
	規律性	相手に迷惑をかけないよう、最低限守らなければならないルールや約束・マナーを理解することができる	45	4.40	4.42	0.02	
		相手に迷惑をかけたとき、適切な行動を取ることができる	45	4.09	4.16	0.07	
		規律や礼儀が特に求められる場面では、粗相のないように正しくふるまうことができる	45	4.11	4.00	-0.11	
	ストレスコントロール力	ストレスの原因を見つけて、自力で、または他人の力を借りてでも取り除くことができる	45	3.58	3.33	-0.24	
		ストレスを感じることは一過性、または当然のことと考え、重く受け止めすぎないようにすることができる	45	3.62	3.62	0.00	
		他人に相談したり、別のことに取組んだりする等により、ストレスを一時的に緩和できる	45	3.36	3.33	-0.02	

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

(著者作成)

4 考察

今回のゼミⅡA開始時とゼミⅡA終了時の学生の社会人基礎力の変化を比較すると、多くの項目において開始時に比べ、終了時の自己評価が下がる結果となった。一方で、社会人基礎力の育成に関する多くの先行研究において、活動（地域連携教育やPBL等）を通して社会人基礎力が伸長することが明らかにされている。

本研究において、有意差は確認できなかったものの、開始時と終了時の自己評価で上昇をした、『計画力』（常に計画と進捗状況の違いに留意することができる）については、ゼミⅡA講義内で最終成果（PBL企画提案）の作成を求めるとともに、最終成果物の完成に向け、毎講義開始時に講義時間、講義時間後（次回講義まで）に何をするのかについて各チームで確認をしてきた。ゼミⅡA終了時の自由記述（今後継続をしていきたいことについて）の「スケジュールを考えながら取り組むことができ、計画性を伸ばすことができた」という回答のように、示されたスケジュールと自分たちの置かれている状況の違いについて意識することが自己評価の上昇につながったのではないかと考えられる。

さらに、『創造力』（従来の常識や発想を転換し、新しいものや解決策を作りだすことができる・成功のイメージを常に意識しながら、新しいものを生み出すためのヒントを探すことができる）については、正解のない課題に対して、これまで修得をしてきた様々な知識等を活用し、解決策のヒントをチームで出し合い、それらを解決策として形にしていく、PBL型講義という教育手法を用いた一定の効果が表れたと考えられる。PBLとは、「複雑な現実の問題に対する探求とその解決を中心に据えて集中して取り組む、体験的な学びであり、具体的な課題について洞察、観察、対話、交渉、反省、学習の再構築という過程」（新野・糸井ら2019：8）である。自由記述（今後継続をしていきたいことについて）においても「深く考えることができた」、「課題解決をするために、たくさんのことを調べたり考えたりすることができた」という回答のように、PBL型講義の過程を経たことにより、自己評価が上昇したのではないかと考えられる。

その一方で、社会人基礎力の多くの項目において、ゼミⅡA開始時とゼミⅡA終了時における自己評価の低下が確認された。その要因について以下の2点が考えられる。

まず1つ目として、PBL型講義に取り組むことによ

り、ゼミⅡA開始時・終了時の自己認識のギャップに気づく契機となったことがあげられる。

佐々木・葛谷（2019：149-150）は保育者養成における社会人基礎力の獲得について研究を行い、グループ討議前後での社会人基礎力の自己評価について検討をしている。その中で、グループ討議後に自己評価のうち、主体性、働きかけ力、実行力、発信力、状況把握力、計画力といった「自ら把握し、自ら考えて行動するという側面」の自己評価が下落していることを明らかにしている。その要因として、学生ができたつもりになっていたことや主体的かつ計画的に進められなかったことに気づいた学生の存在やグループ討議によってそれぞれの能力の重要性の認識が深まり、自己評価がさらに厳しくなったことを指摘している。本研究においても、『計画力』を除いた、『主体性』、『働きかけ力』、『実行力』、『発信力』、『状況把握力』がゼミⅡA終了時では自己評価が低下をしている。ゼミⅡA終了時の自由記述（今後改善をしていきたいことについて）において、「自分」という言葉が多く用いられ、主体的関わりが不足していたことに気づいた様子がうかがえる。さらに、「周りに上手く働きかけを行い、役割分担をすることができなかった」、「周りへの働きかけを積極的に行いたい」、「自分の意見をはっきりと伝えきれない場面が多くあった」、「自分の言葉でうまく伝えることができなかった」という回答のように、ゼミⅡA開始時では自分自身の中ではできている（身についている）と認識していたものが、チームでの与えられた課題について情報を収集・分析し、解決策を考えていく過程の中で、できていると自己認識していた能力が実際にはできていないということに気づき、ゼミⅡA開始時の自己認識とゼミⅡA終了時の自己認識にギャップが生じたのではないかと考えられる。さらに、佐々木・葛谷（2020：150）が指摘しているように、個人活動ではなく、チームで協働したことにより、課題解決を考えるなかでそれぞれの能力の重要性・必要性の認識がゼミⅡA開始時より高まったのではないかと考えられる。

2つ目として、アイデンティティ（自我同一性）を確立していく中での要因があげられる。

奥田・深田（2019：17-19）は看護学生の社会人基礎力の経年的変化とその影響について調査研究を行い、2年次の社会人基礎力の総得点が最も低く、その後4年次にかけて高まる傾向があることを明らかにしている。さらに、金子（2015：3）は、大学生の多くが占める青年期について、それまでの環境とは全く異なる「不連続」な状況を経て、新しいアイデンティティを獲得し、オト

ナへと成長する時期であり、「不連続」な状況の中では、例えば新しい知識を得たり、他人の考えに触れたりする中で、それまで自分が信じてきたこと（「思い込み」）が根底から覆される「相対化」が起こり、その上で、自己を再び「統合」して新たなアイデンティティを作っていくと述べている。本研究が対象とした大学2年生も青年期に属しており、これまでの小学・中学・高校では経験する機会の少なかった、正解のない課題について、新たに答えを創出していくという状況の中で、これまでの経験で培い、できている（身につけている）と思っていた能力が、新たな環境におけるチーム活動を通じてそれらの能力についての自己認識が覆される「相対化」が起きたのではないかと推測される。

これら自己評価の低下に影響を与えたと考える2要因については、自分自身の現状に気づき、新たな自分というものを確立していくためのものであり、本研究において社会人基礎力の自己評価は低下したものの、成長・発達の点からみると肯定的に捉えていくことができるのではないだろうか。ひいては、福祉人材として重要視される自己覚知につながるものと考えられる。

最後に今後の課題について触れておきたい。社会人基礎力について、宇野（2021：45）は、大学生の児童虐待防止啓発運動前後で社会人基礎力得点が高くなったり、低くなったりと一貫性がなく、得点が個人内で変動することを示し、社会人基礎力は変化する可能性があることを指摘している。つまり社会人基礎力は一定のものではなく、意識の有無によって変化していくものである。そのため、定期的に各学生の社会人基礎力の自己評価について継続的に調査を行っていくことが大切であろう。

また、社会人基礎力の育成の手引きにおいて、社会人基礎力は、それだけを単独に高めるというのではなく、よい経験や活動をすることによって循環的に向上するものと指摘している（経済産業省2010：3）。本研究ではゼミⅡAでのPBL型講義に焦点をあて比較検討を行ってきたが、学生を取り巻く様々な要素（アルバイト、部活動、交友関係等）が与える影響についても見ていくことが求められる。

さらに、社会人基礎力はただ伸ばせばよいというものではなく、「社会人として活躍するために必要な能力の一面」（経済産業省2010：3）を踏まえ、社会が求める能力を目標（ゴール）として育成をしていかなければならない。そのため社会が求める社会人基礎力と学生の自己認識・自己評価との比較検討を行っていくことが必要であろう。これらについては、稿をあらためて検討をしていきたい。

文献

- 宇野耕司（2021）「大学生による児童虐待防止啓発運動の実践報告－社会人基礎力の育成に有効か－」『目白大学高等教育研究』（27），39-47
- 奥田玲子・深田美香（2019）「看護学生の社会人基礎力の経年的変化と影響を及ぼす経験要因」『米子医学雑誌』70（1-3），13-24
- 小野和宏・松下佳代・斎藤有吾（2020）「PBLカリキュラムにおける長期的な学習成果の直接評価－新潟大学歯学部でのパフォーマンス評価の縦断研究にもとづいて－」『京都大学高等教育研究』26，1-12
- 金子元久（2015）「学生を成長させる大学とは」『Guideline2015年特別号』（河合塾）3-5
- 経済産業省（2010）『社会人基礎力 育成の手引き－日本の将来を託す若者を育てるために－』毎日新聞
- 経済産業省（2018）「人生100年時代の社会人基礎力 説明資料」
- 経済産業省（2019）「社会人基礎力」（<https://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/index.html>, 2021. 10. 18）
- 経済産業省人材政策室（2018）『「人生100年時代の社会人基礎力」と「リカレント教育」について』
- 佐々木友里・葛谷潔昭（2020）「保育者養成校におけるオペレッタ創作による非認知能力（社会人基礎力）獲得の学生評価のグループ討議後の変容について」『豊岡短期大学論集』（16），139-151
- 田中優（2021）「中動態としての地域志向型PBLに関する考察」『日本福祉大学全学教育センター紀要』9，33-47
- 内閣官房 人生100年時代構想推進室（2017）『人生100年時代構想会議』
- 中井咲貴子（2021）「社会人基礎力の段階的伸長に関する実証分析：PBL型インターンシップ実施校への調査から」『佛教大学大学院紀要教育学研究科篇』（49），35-46
- 中津川智美（2020）「学生による地域貢献活動に関する意識調査－大学との関わりと社会人基礎力に着目して－」『常葉大学経営学部紀要』8（1），53-59
- 新野由子・糸井和佳・清野純子・大森美保・岡潤子（2020）「学生の社会人基礎力の現状と教育方法の検討－看護学科FD研修会を通して－」『帝京科学大学紀要』16，45-52
- 新野由子・糸井和佳・清野純子・大森美保・福井郁子・岡潤子（2019）「看護学士課程1年生の社会人基礎

力の変化 第1報－初年次教育の基礎ゼミⅡAを
通して－」『帝京科学大学紀要』15, 1-9

〔査読付論文〕

国内における新製品開発研究の潮流* ー計量テキスト分析によるアプローチー

小久保 雄介^{*2}, 小具 龍史^{*3}

Trends in New Product Development Research in Japan : Approach by Quantitative Text Analysis

Yusuke KOKUBO^{*2}, Tatsushi OGU^{*3}

^{*2}Department of Business and Economics, School of Business and Economics, Nippon Bunri University

^{*3}Faculty of International Politics and Economics, Nishogakusha University

Abstract

New product development is indispensable for a company to grow sustainably. However, regarding the description of this process as an academic field, the definition of keywords such as “product development”, “merchandise development”, “product planning”, and “FFE (Fuzzy Front End)” is ambiguous. Therefore, in this research, we organized and analyzed the frequency of research titles accumulated in Japan by quantitative text analysis methods (correspondence analysis, co-occurrence network analysis, etc.). Moreover, we investigated the related fields of each keyword. As a result, it became clear that these series of keywords have changed along with the Japan's economic growth period.

キーワード：製品開発，商品開発，商品企画，ファジー・フロント・エンド，対応分析（コレスポ
ンデンス分析），共起ネットワーク分析

Keywords : product development, merchandise development, product planning,
FFE (Fuzzy Front End), correspondence analysis, co-occurrence network analysis

*2022年6月15日受理

^{*2}日本文理大学経営経済学部経営経済学科 准教授

^{*3}二松学舎大学国際政治経済学部国際経営学科 准教授

1. はじめに

企業が持続的な成長をしていくためには、新製品・サービスの開発が不可欠である。しかしながら、このプロセスの表現を巡っては、これまでに「製品開発」や「商品開発」、「商品企画」、「FFE (Fuzzy Front End)」など、様々なキーワードが存在しているのが現状である。このため、これらのキーワードがどの様に解釈されているかという観点での整理が必要である。

そこで本研究では、これまで国内に蓄積されてきた研究の論文題目について効率よく分類・解釈を行うために、計量テキスト分析手法（語やその他変数との関係性を明らかにするコレスポンデンス分析・用いられる語の共起性を明らかにする共起ネットワーク分析等）を用いることにより、その頻出度やキーワードごとの関心分野に関する整理・分析を行う¹⁾。このような計量テキスト分析を用いた研究分野の分析は、佐久嶋ら（2012）のように様々なジャンルで行われていることから、本論文でも同様のアプローチをとる。定量的な分析結果を基に、新製品開発研究の潮流について考察することを目的とする。

はじめに、既述の通り「製品開発」や「商品開発」、「商品企画」、「FFE (Fuzzy Front End)」などの様々なキーワードが存在する中で、我々は新製品開発に係る研究分野について、どこまで取り扱う必要があるのだろうか。まずはこの点について整理を行いたい。

図1は、Crawford (1991) の新製品開発プロセスを磯野 (2015) が加工した「新製品開発」の流れである²⁾。まずイノベーションのための提案の収集や分類、機会の選択を行う「戦略的計画」段階、アイデアを開発するための準備や実際にアイデアを創造し、開発を行う「アイデア開発」段階、アイデアを顧客や技術の選択、最終的に選択していく「(アイデア) 選択」段階、実際に選択したアイデアをコンセプト化し、このための資源の取

集、具体的な技術開発、評価システムの構築、詳細なマーケティング計画等を策定する「開発」段階、そしてコンセプトを商品化するために、推進組織の体制や生産能力の構築、マーケティング実施施策の策定、テストマーケティング、市場への投入を図り、様々な機能レベルでの調整を行う「商品化」段階の5つのフェーズが表現されている³⁾。

本プロセスを踏まえると、まず「製品開発」段階で行われる範囲については、この全ての段階がカバーされている。また、新製品開発研究における市場機会の特定からアイデア開発の段階においては、「フロント・エンド・フェーズ」と呼ばれており、同時に「ファジー・フロント・エンド (Fuzzy Front End)」とも呼ばれている。このキーワードについては、本稿では以降 FFE と表記する。

磯野 (2015) のプロセス図に従えば、「戦略的計画」と「アイデア開発」という前段の2つのフェーズが「FFE」に該当する。坂田 (2021a, 2021b) によれば、製品開発論の一部として商品企画が論じられることがあるという。このため、「FFE」におけるアイデア開発から当該アイデアを絞り込み、評価した上で選択を行うフェーズおよび開発フェーズのコンセプト準備までは、「商品企画」に該当する。

「商品開発」については、神田 (2000) によれば、様々な文献において製品開発（製品・サービス）の流れと同様のプロセスとして言及されることが多いという⁴⁾。

このように新製品開発研究には、主として新製品開発プロセスに包含されている「製品開発」、「商品開発」、「商品企画」、「FFE」の4つの研究領域が存在するものと思われる。本研究では、以降、新製品開発研究における上記4つの領域に関する先行研究についてレビューを行うこととする。

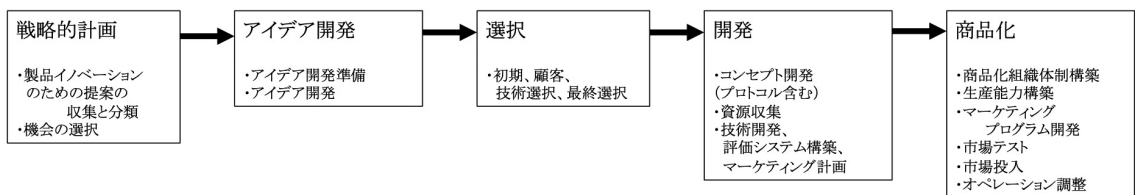


図1 新製品開発プロセス

出所：磯野 (2015)

2. 先行研究レビュー

2-1 製品開発に関する研究

我が国における新製品開発研究の領域において、体系的かつ複合的に整理された先駆的な研究としては、桑嶋（2002）の研究が挙げられる。いわゆる新製品開発研究に関する系譜が時系列に整理されたレビュー論文である。

本格的な研究が開始された1960年代後半からの系譜についてレビューされている。1960年代は、主に成功を収めたプロジェクトの内容を包括的に分析する「グランド・アプローチ」、1970年代後半のイノベーションの源泉等を探求する「フォーカス・アプローチ」、そして1980年代後半から1990年代初頭にかけては、効果的な開発パターンを明確化する「プロセス・アプローチ」等の研究アプローチ、そして1990年代以降は新たなアプローチが生まれた、時代の変遷と共に新しい研究アプローチが登場し、研究の主流が遷移してきた点に特徴があること等が指摘されている。

このように「製品開発」は、いずれも効果的な製品開発パターンを明らかにするという、共通の問題意識の下で研究が行われてきたという経緯がある。

全く同時期に、藤本（2002）によるレビュー論文も存在し、この中で「製品開発」について、「企業が新しいデザイン・機能・技術等を盛り込んだ製品を発売するための準備作業のことである。」と定義している。具体的には、「製品開発研究」という文脈で先行研究がレビューされているが、主には製品開発管理（イノベーション・マネジメント）から技術管理論への学術の流れを中心にレビューがなされている。

2-2 FFE（Fuzzy Front End）に関する研究

新製品開発論における商品開発工程のより詳細化したプロセス、つまりアイデア創造やコンセプト開発等の比較的初期のプロセスについては、「FFE」と定義されている領域が存在する。これはCooper（1988）による開発前段階の行動が、新製品開発の成否を決するという、主として「開発前」に端を発するテーマである。国内における当該領域の先駆的な研究としては、櫻井（2009）の研究が挙げられる。技術革新を伴う新製品を対象として、FFEの活動実態を明らかにしている。革新的な新製品が開発される際は、従来、ニーズ志向とされていた取り組みが実は技術志向であったことや、アイデア発想は、技術情報を基に発想されているといった事実があ

ることを明らかにしている。その後櫻井（2017）において、FFEが認知される以前の段階での先行研究のレビューを通して、前掲のCooper（1988）やKhurana&Rosenthal（1998）等の研究に言及している。また同時に、FFE段階の活動定義の整理も行われている。

FFEが明確ではなかった時代は、これに該当する段階は「ゼロフェーズ活動」と称され、その活動内容の中心はアイデア発想であるとされることが多かったという（櫻井2017）。磯野（2011）は、「新製品のコンセプト開発において、視覚化はいかなる役割を果たし得るか」という点をリサーチクエストンとして、過去の研究であるVandermerwe（1987）がCooper（1986）、Rothberg（1981）の研究から、最終的に市場に投入される製品の革新性は、まさに最初のアイデアに依存すること、そしてCooper & Kleinschmidt（1987）らの研究を引用し、アイデアがあってこそ初めてスクリーニングや開発、評価段階からなる一連の新製品開発プロセスが成立すると論じている。

Cooper（1988）は、開発活動の全体を「アイデア」、「予備の評価」、「コンセプト」、「開発」、「テスト」、「試行」、「発売」の7つのステップに分け、前段の3ステップをFFE活動と定義した。以降これが踏襲される形で、Khurana & Rosenthal（1998）やUlrich & Eppinger（2000）、Peter et al.（2004）による「機会」「アイデア」「コンセプト」の3つの条件が揃うことであるといった定義へと続いていく。そして磯野（2015）では、FFEを「FE（Front End）」と表記して、「市場機会特定からアイデア開発段階」との活動定義を行っている。この中で、製品開発のフェーズを4つに分類し、1）市場機会の特定からアイデア創出にかけての段階、2）アイデア創出段階、3）アイデア選択段階、4）アイデア選択からアイデア実現にかけての段階と定義している。

1）のフェーズについては、現在ではリードユーザ活用についての蓄積が進んでおり、開発者資源活用の知見は限定的であるといった現状、また2）の段階については、プロセス管理の知見に関する蓄積は進んでいるが、創出自体の知見は体系立って整理されていないことを指摘している。前掲したCrawford（1991）のプロセスモデルをベースとして、それぞれの性質や問題点について触れられており、開発プロセスを基にレビュー研究を並べて、当該フェーズごとの問題点と知見について幅広く整理されている。

上記の通り、FFEについては、海外における研究の蓄積が相当数あるということが明らかになっているが⁵⁾、現時点までに日本国内に蓄積されている研究は、

非常に乏しい状況である。

2-3 商品開発・商品企画に関する研究

「商品開発」や「商品企画」というテーマを扱っている先行研究としては、坂田（2021b）の研究が挙げられる。当該研究は、いわゆる「商品企画そのもの」に関する定義について検討しており、「商品企画とは何をするものか」といった根本的な命題について論じている。その中で、商品企画で行われる「企画商品を具体化させる」「具体化されたアイデアやイメージの根拠付けをする」「商品試作をする」といった作業を踏まえ、商品企画とは、「根拠を伴ったアイデアやイメージを具体化させる作業であり、可能な限り試作品づくりまでも含めた作業である」と定義している。

また同時に坂田（2021a）の、「商品企画論という新研究領域：その必要性」という論題の中で、製品開発論と商品企画論を厳密に分ける際、特に「商品企画」については、実務家が執筆したノウハウ本や経験談は多く存在するが、学術的に論じた研究は稀少であることが指摘されている。

以上概観してきた通り、新製品開発研究に係る「製品開発」、「商品開発」、「商品企画」、「FFE」という個別領域の先行研究は存在するが、これらを体系的に整理しかつ相互の関係性について明らかにしている研究は、存在していないのが実態である。

そこで本研究では、これまで国内に蓄積されてきた、上記語に係る研究タイトルの頻出度やキーワードごとの関心等について分析し、当該分野の体系的な整理および解釈、領域間の関係性等について明らかにしていくことを目的とする。

3. 分析方法

本研究における分析方法としては、「製品開発」、「商品開発」、「商品企画」、「FFE」の各研究分野を表すキーワードについて、それぞれの出現状況およびそれぞれのキーワードがどのような語と結びついているのかといった点を定量的に明らかにすることを目的とする分析を行う。

前者は、これまでに国内に蓄積されてきた、上記のキーワードについて網羅的に分析することにより、当該分野と関係するキーワードとの関係性を明らかにする。また同時に、上記のキーワードが、我が国の経済発展とどのような関係性があるのかといった点について、時系列に分析することによる検証を行った。

今回使用したデータは、国立情報学研究所（NII：National Institute of Informatics）が運営する国内における論文および図書・雑誌などの学術情報データベースであるCiNii（Citation Information by NII）を用いている。当該データベースにおいて、「製品開発」「商品開発」「商品企画」「FFE」という語を論題に含んだ文献について、条件を「期間指定なし」でかつ「論文」に絞り込み、キーワード検索を行うことにより抽出を図った。この結果2,729件の論文が抽出された⁶⁾。分析用データは、CiNiiよりダウンロードした論文の一覧を基に、重複登録されている論文を除去する等のクレンジングを実施した。

4. 分析結果

4-1 形態素解析による頻出語分析

本研究では、はじめに形態素解析による頻出語分析を行った。表1に示したのは、今回の抽出語上位150語を抽出した結果である。この結果から、新製品開発に係る「製品開発」は1482回、「商品開発」が696回、「商品企画」が131回、「FFE」は6回と希少であり欄外となっている。

表1 頻出語分析の結果（150語）

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
製品開発	1482	実践	60	国際	34
商品開発	696	消費	60	役割	34
研究	314	マーケティング	59	ニーズ	33
企業	247	顧客	59	構造	32
開発	223	メーカー	58	ビジネス	31
技術	219	組織	58	加工	31
新	219	モデル	57	参加	31
事例	215	教育	57	海外	30
プロセス	190	食品	57	最適	30
戦略	162	商品	56	中国	30
製品	133	基づく	55	革新	29
商品企画	131	産学	52	現状	29
産業	128	産地	50	投資	29
地域	128	動向	50	知識	29
マネジメント	124	利用	50	部品	29
設計	124	競争	49	見る	28
活用	121	課題	48	取り組み	28
デザイン	114	報告	48	アプローチ	27
分析	113	と	47	機器	27
システム	111	シミュレーション	47	形成	27
考察	106	工学	47	変化	27
日本	98	視点	47	ユーザー	26
プロジェクト	97	中小	47	工業	26
情報	97	提案	47	志向	26
機能	93	アパレル	46	対応	26
市場	93	比較	46	日	26
組織	91	AND	45	国	25
OF	81	The	45	学生	25
手法	83	品質	45	企画	25
連携	82	方法	45	人材	25
DEVELOPMENT	79	向ける	44	コンセプト	24
調査	77	統合	44	機械	24
評価	77	感性	43	統計	24
管理	76	ブランド	42	社会	24
構築	76	要因	42	新しい	24
創造	73	実証	41	素材	24
経営	71	能力	41	A	23
支援	71	適用	40	ヒット	23
展開	70	関係	39	決定	23
事業	69	生産	39	成功	23
製造	69	問題	39	力	23
PRODUCT	67	in	38	過程	22
応用	67	成果	37	活かす	22
用いる	66	影響	36	計画	22
活動	65	可能	36	段階	22
中心	65	資源	36	特性	22
イノベーション	62	for	35	販売	21
環境	62	発展	35	育成	21
自動車	62	New	34	解析	21
価値	60	効果	34	商社	21

今回作成したデータベースから、検索語ごとの論文数の推移は図2のようになった。「製品開発」に関する論文は2020年まで最も多かったが、2021年以降は「商品開発」が最も多くなっている。

なお「商品企画」については、2002年がピークであるが、低調ながらも使われている。「FFE」については2003および2004年、2015から2018年までの間のみでの論文数であった。さらに検索語の初出年度を見ると、「製品開発」は1957年、「商品開発」は1964年、「商品企画」は1970年、「FFE」は2003年となっている。

4-2 外生変数による対応分析

そして次に、国内における経済発展の変遷を切り口として分析した結果が図3である。なお分析には、KH Coder⁷⁾を用いた。我が国の戦後の復興期を経た「高度経済成長期（1955年から1973年まで）」、「安定成長期（1974年から1990年まで）」、「停滞期（1991年から2014年まで）」、「直近期（2015年から2022年現在まで）」を外生変数として定義した上で、対応分析（コレスポンデンス分析）を実施した。なお、語の取捨選択については、検索語を強制的に抽出した。最小出現数は30、最小文書数は1、グラフについては原点付近を拡大している。

まず「製品開発」という語は、原点付近に存在することから、期間横断的に多く用いられている。そして我が国が経済的にも生活水準的にも飛躍的な成長を遂げた「高度経済成長期」および「安定成長期」から「停滞期」にかけては、主に「商品企画」という語が多くなっていることが確認できる。この中でも特に経営や調査、ニ-

ズ等の消費者行動が関係する語が多い。

そして、続く「停滞期（低成長期）」には、「製品開発」に関する語が多い。この傾向はバブルの大きさを見ても一目瞭然である。その中でも特に、製品開発に係る「研究」やその「方法」に関するものが多く、「戦略」や「設計」、「工学」や「システム能力」、「顧客」、「評価」、「マネジメント」などのタイトル、また「品質」等に係るタイトルも多く見られる。これは、戦略マネジメントや顧客の評価、品質など、単なる製品のための観点ではなく、総合的なマネジメントに係るタイトルが多いことが考えられる。

そして「停滞期」から最後の「直近期」にかけては、「商品開発」に関する語が多くなっており、特に「教育実践」、「教育効果」や「産学連携プロジェクト」、「地域ブランド」等のキーワードが多いことが分かる。商品開発をテーマとした、より実践的な取り組みによる研究成果が発信されていることが分かる。

このように、我が国の経済発展における各キーワードは、当初の「商品企画」から、研究や品質、生産性向上等に重きが置かれた「製品開発」へと変遷し、「直近期」には、産学連携等による「商品開発」が多くなっているということが明らかになった。

4-3 検索語ごとの分析結果

本節では、検索語ごとの論文の傾向を見るために検索語ごとの共起ネットワークを作成した。共起ネットワークとは言葉の共起関係を図に示した物で、円の部分をノードと呼び、円の大きさは語の出現回数となっている

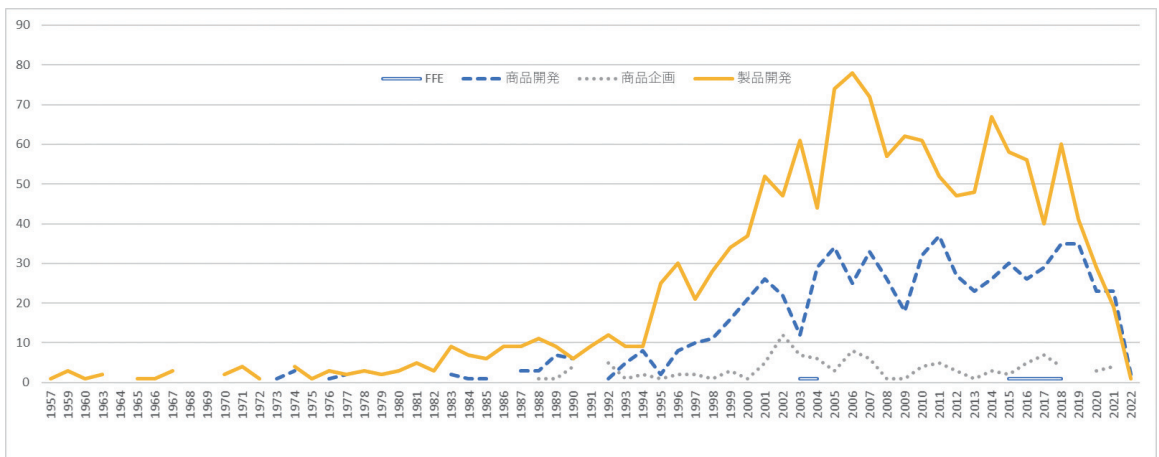


図2 検索語ごとの論文数推移

出所：CiNii のデータをもとに筆者にて作成

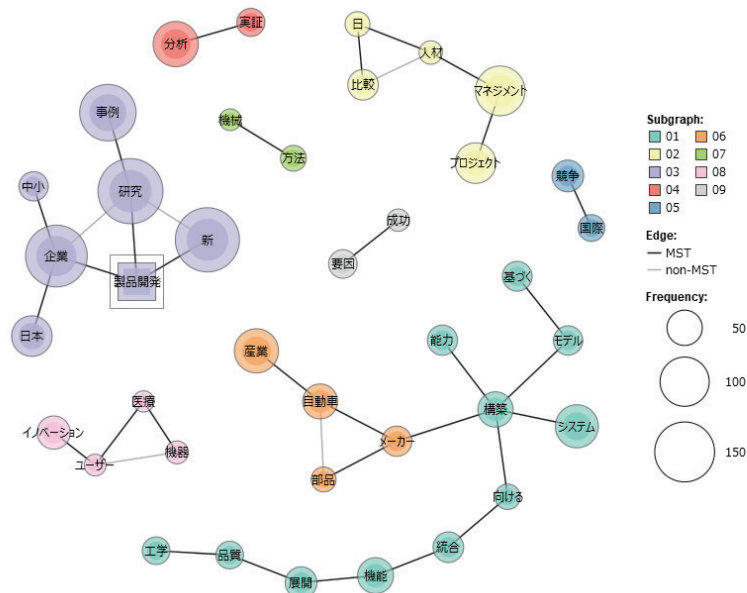


図4 「製品開発」で抽出した論文題目の共起ネットワーク図

ト商品の開発をするといった内容となっている。

(3) 「商品企画」についての共起ネットワーク

「商品企画」の共起ネットワークについては、Jaccard 係数 ≥ 0.1 での描画を行うと、付置されるデータが多くなり解釈がしにくくなるため、Jaccard 係数 ≥ 0.2 にて作成している。商品企画に関する論文で、出現頻度が多い語のサブグラフの一つとして「七つ道具」というキーワードが確認できる。これは飯塚・神田ら(1995)の「商品企画七つ道具」に関するサブグラフであると考えられる(図5)。

その他のサブグラフを見ると、空気清浄についての研究やプロジェクト、特許に関するもの、学生を商品企画に参加させたものなどが比較的頻度の高い語である。また2つのサブグラフでは、「テキスタイル」や「アパレル」といった内容が見られる。これは日本の商品企画という語が使われ始めてから現在に至るまで、繊維系の学会で「商品企画」という語が多用されているために、このようなサブグラフとなったことが考えられる。

このように、検索語を中心に共起ネットワーク分析を行うことにより、各論文のジャンルや傾向について確認することができた。

5. おわりに

本研究では、製品開発およびこれに内包される分野に関する研究について、論文題目の観点から計量的にレビューを実施することにより、多くの有益な示唆が得られた。

まず対応分析の結果を見ると分かるように「製品開発」という言葉が常に使われ続ける一方で、「商品開発」という語の使用も増えてきている。共起ネットワーク分析では、各抽出語の論文における関心事項が明らかになった。具体的には、「製品開発」では事例研究やモデル・システムの構築であった。また、「商品開発」では学生を交えた地域活性化のための産学連携や新たな価値創造といった内容が多かった。

「製品開発」と「商品開発」という語については、プロセスについてはほぼ同様であるが、論文内容では差異が見られる。なお、「商品開発」には定義が存在しないため、この分野の研究者らがどのように使い分けているか等の調査が必要となる。

「商品企画」と「FFE」についても類似する研究領域である。「FFE」に関する研究論文については、海外の論文数は多いことが分かっているが、国内の論文数は極めて稀少である。このため今後は、海外における研究

の蓄積・知見を国内に導入・定着化させることにより、我が国における製品開発研究のさらなる活性化と発展が期待される。

学術的な貢献としては、4つのキーワードの体系的な整理や解釈を行うべく、これまで国内に蓄積されてきた上記語に係る研究タイトルについて、その頻出度やキーワードごとの関心を分析により明らかにできた点であろう。計量テキスト分析では、「製品開発」と関連する領域について、経済成長と語のトレンドを確認することができた。また、検索語を中心として共起ネットワーク分析を行うことで、論文のジャンルを把握することができた。実務的な貢献としては、本研究により散逸するキーワードの整理・分析がなされたことにより、当該領域に「解釈」という意味での一石を投じたことであろう。

今後は、製品開発関連の語の定義を明確にして、これらの語の体系的な整理を行うことが肝要である。このためには、海外におけるFFEに関する論文等に対しても同様の分析を行い、国際比較を実施していくことが重要となる。

また本研究では、同時に分析手法上の限界も存在する。今回適用した論文題目の計量テキスト分析を中心とするアプローチは、対象となる論文の内容が製品開発や商品開発、商品企画、FFEの内容であるにも関わらず、論文題目に当該の語が入っていない場合は、分析対象論

文としては抽出されない。このデータベースとして抽出されていない論文については、今回の分析対象からは外れてしまうこととなる。

こうした問題は、計量テキスト分析によるアプローチの限界であるため、今後は論文の具体的な内容に踏み込んだ分析が必要となる。

謝辞

本稿の執筆にあたり、匿名の2名のレビュワーから大変有益なコメントを頂戴した。この場をお借りして、心より御礼申し上げます。

注

- 1) 佐久嶋ら(2012)では「医学論文の構造化されたデータの中で最も端的に論文の内容を顕しているのは論文タイトルである」(P316)としている。そこで今回は論文タイトルを分析対象とした。
- 2) 磯野(2015)で用いられているモデルはCrawford(1991)をもとにしているため、開発活動の段階に従ってFFEを加味したプロセスとなっている。
- 3) Khurana & Rosenthal (1998).
- 4) 神田(2000), P5-7.

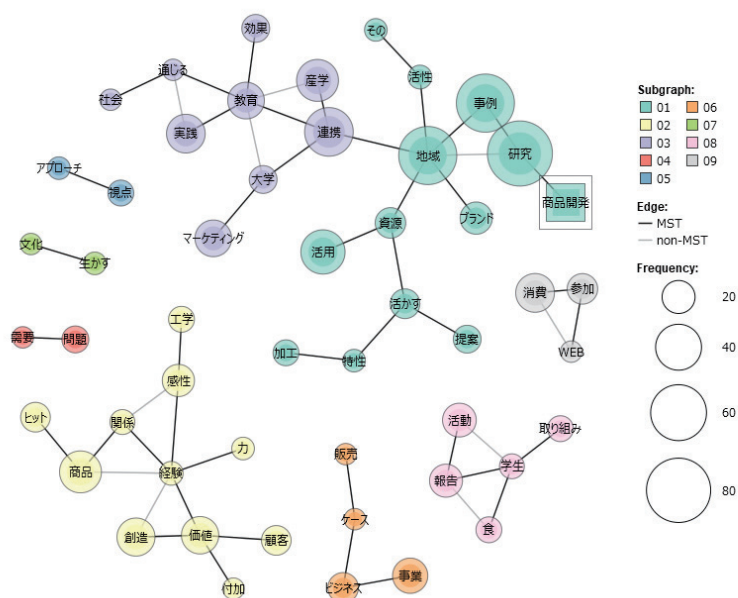
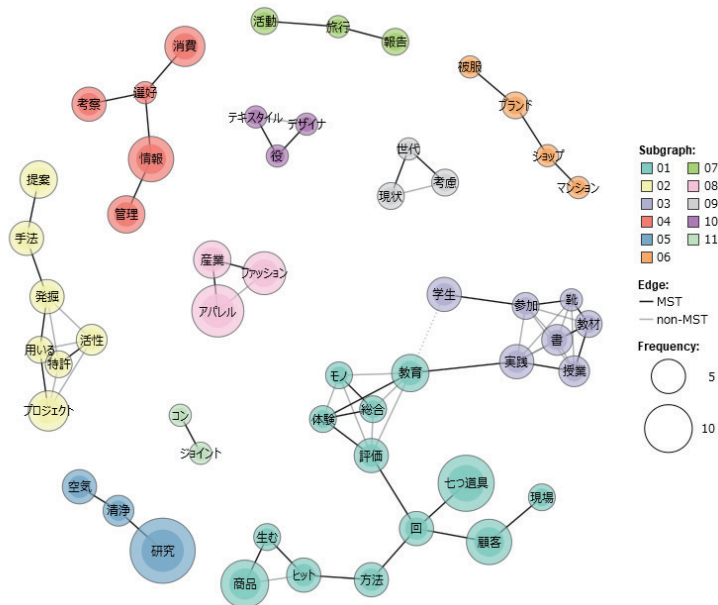


図5 「商品開発」で抽出した論文題目の共起ネットワーク図



- 5) 海外の研究に関する詳細は、Park et al. (2021) を参照されたい。
- 6) 2022年5月1日時点における検索結果である。
- 7) ソフトウェアのバージョンはKH Coder3. Alpha. 17 jを用いた。

参考文献

5) 海外の研究に関する詳細は、Park et al. (2021) を参照されたい。

6) 2022年5月1日時点における検索結果である。

7) ソフトウェアのバージョンは KH Coder3. Alpha. 17 j を用いた。

参考文献

Cooper, R. G.(1986) “New Product Performance and Product Innovation Strategies,” *Research Management*, 29, 17-25.

Cooper, R. G.(1988) “Predevelopment activities determine new product success,” *Industrial Marketing Management*, 18, 237-247.

Cooper, R. G. & Kleinschmidt, E. J.(1987) “New Products: What Separates Winners from Losers?,” *Journal of Product Innovation Management*, 4, 169-184.

Crawford, C. Merle, (1991) *New Products Management* Third Edition, RICHARD D. IRWIN, INC.

Khurana, A. & Rosenthal, S. R. (1998) “Towards holistic “front ends” in new product development”. *Journal of Product Innovation Management*, 15, 57-74.

Park, D., Han, J., & Childs, P. R. N. (2021) “266 Fuzzy front-end studies: current state and future directions for new product development” *Research in Engineering Design*, 32 (3), 377-409.

Peter, A. K., Greg, M. A., Scot, B., Allen, C., Eden, F., Stavros, F., Albert, J. Pushpinder, P., & Rebecca, S., (2004) *The PDMA ToolBook of New Product development, Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques*, 5-33.

Rothberg, R. R.,(1981) “Product Innovation in Perspective,” In: *Corporate Strategy and Product Innovation*, ed. Rothberg, R. R., Free Press.

Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D.,(2000) *Product Design and Development*, New York: McGraw-Hill Education.

Vandermerwe, Sandra (1987) “Diffusing New Ideas In -House,” *Journal of Product Innovation Management*, 4, 256-264.

飯塚悦功監修・神田範明編著 (1995) 『商品企画七つ道具－新商品開発のためのツール集』, 日科技連出版社.

磯野誠 (2011) 「創造的視覚化を活用する新製品コンセプト開発」, 『マーケティング・ジャーナル』 30 (4), 43-58.

- 磯野誠 (2015) 「いかに市場機会を特定するかー新製品開発 FE フェーズ研究レビュー」『公立鳥取環境大学紀要』, 13, 41-57.
- 神田範明 (2000) 『ヒットを生む商品企画七つ道具すぐできる編 (商品企画七つ道具実践シリーズ)』, 日科技連.
- 桑嶋健一 (2002) 「新製品開発研究の変遷」東京大学『赤門マネジメント・レビュー』 1 (9), 463-496.
- 坂田隆文 (2021a) 「商品企画論という新研究領域：その必要性」, 中京大学『総合政策論業』 12 (1), 67-78.
- 坂田隆文 (2021b) 「商品を企画するとは何をするのか」, 中京大学『総合政策論業』 12 (1), 79-92.
- 佐久嶋研・佐々木秀直・田代邦雄 (2012) 「計量テキスト分析を用いた学会誌論文タイトルの時系列分析ー日本神経学会誌「臨床神経学」の分析ー」『医療情報学』 32 (6), 315-321.
- 櫻井敬三 (2009) 「技術革新を伴う新製品の開発前段階における創造的マネジメントに関する実証研究：創造的プロジェクト活動分析と創造的研究技術者資質分析」, 横浜国立大学技術マネジメント研究学会『技術マネジメント研究』 8, 67-69.
- 櫻井敬三 (2017) 『ファジーフロントエンド活動による技術革新創成：100社の事例を実証データで検証』, 文真堂.
- 樋口耕一 (2004) 「テキスト型データの計量的分析-2つのアプローチの峻別と統合-」『理論と方法』 (数理社会学会) 19 (1), 101-115.
- 樋口耕一 (2020) 『社会調査のための計量テキスト分析ー内容分析の継承と発展を目指してー第2版』 ナカニシヤ出版.
- 藤本隆宏 (2002) 「新製品開発組織と競争力ー我田引水の文献サーベイを中心にー」東京大学『赤門マネジメント・レビュー』, 1 (1), 1-32.
-

〔論 文〕

湯布院町における土地利用の変化過程に関する研究*

菅 雅幸^{*2}, 佐藤 武典^{*3}

A Study on the Process of Land Use Change in Yufuin, Oita*

Masayuki SUGA^{*2}, Takenori SATO^{*3}

Department of Architecture, School of Engineering, Nippon Bunri University

Abstract

This study analyzes the entire target area and the part where the land use has changed. Based on the changes in land use in Yufuin Town during the 25 years from 1995 to 2020, characteristics and trends in these changes were considered.

キーワード：景観，地域おこし，観光，土地利用，未利用地

Keywords : landscape, community activation, tourism, land use, unused land

はじめに

1990年頃から湯布院町へのアクセスが大きく変化している。1989年に高速道路の別府－湯布院間が開通し、大分・別府方面から湯布院への移動が容易になった。また同年に鉄道「ゆふいんの森」号が運行開始、鉄道によって福岡方面からのアクセスも増加した。1996年には高速道路が全線開通し、福岡方面からの車でのアクセスが容易となり、自家用車で湯布院訪問が急速に増加した。盆地内に侵入する過剰な乗用車への対応策の検討と駐車場の増加が見られた。2005年に町村合併し、由布市となったが、湯布院観光の人気は衰えることなく続いた。2013年アベノミクスによる経済政策で、インバウンドの受け入れ増加を促し、LCCを拡大したことにより、湯布

院の観光客は、爆発的に中国・韓国のインバウンドが増加した。大型バスによる団体が大きく増加した。2016年の熊本地震によって、一部の温泉などが出なくなるなど一部被害があり、一時的にその風評被害などで宿泊客のキャンセルが相次いだものの、外国人観光客を中心に、客足は戻りつつあった。2020年、新型コロナウイルスの影響により、国内外の観光客は一気に減少した。特にインバウンドの外国人観光客は来日できないこともあり、湯布院の町の中で外国人観光客を見かけなくなった。さらに現在は復旧したものの、7月の九州豪雨による被害によって、久大本線が運休となり、2021年の3月までは鉄道による観光も激減した。湯布院観光においても、大きな転換の時期に入ったといえる。(表1)

*2022年6月15日受理

*²日本文理大学工学部建築学科 教授

*³日本文理大学工学部建築学科 技術員

表1 湯布院の主な年表

1989年（平成元年）	高速道路 湯布院－別府間開通 鉄道「ゆふいんの森」号 運行開始
1992年（平成4年）	鉄道「ゆふ」号 運行開始
1996年（平成8年）	高速道路 湯布院－玖珠間開通
2002年（平成14年）	交通実験
2005年（平成17年）	挾間町、庄内町と合併し由布市へ。
2013年（平成25年）	アベノミクスによる経済政策でインバウンドの受け入れの増加を促すため、LCCの拡大
2016年（平成28年）	熊本地震 湯布院IC一日出JC間 崩土（9月復旧） 並柳橋の主桁・支承部損傷（5月通行止め解除、6月復旧）
2020年（令和2年）	新型コロナウイルス感染症の蔓延により、インバウンドによる外国人観光客がいなくなる。 九州豪雨災害 久大本線 連休（2021年3月に復旧）

研究の目的

観光都市「湯布院」は、「ゆふいんとしてあるべき風景をイメージ」を維持していく必要がある。2003年の研究では、土地利用に着目し、湯布院らしさを現していると思われる要素を、湯布院町独自のまちづくりの方針を参考に、独自の用途分類の凡例を作成、土地利用の面積

比率をもとに分析を行い、「景観・風景に関わる問題」を解決する対策方法を考察した。また2011年には、用途が変化した土地利用を調査し、土地利用の変化を分析し、景観特性を把握した。本研究は、初めに行われた2003年から18年が経過し、現在の湯布院町は大きく変化していると考えられる。そこで土地利用の変化を5年ごとに比較、さらに前回の研究よりも5年さかのぼり、25年間におけるこのエリアの土地利用の変化の特徴と傾向の分析の考察を行うことを目的とした。

研究方法

これまでの研究で行った湯布院町の土地利用現況図をGISデータとして作成した方法を用い、対象範囲を2.0km×1.0kmから、2.2km×2.0kmに拡張し、1995年から5年ごとの土地利用現況図を作成した。（図1、図2）作成した土地利用現況図を基にして、25年間の全体と5年ごとに比較し分析を行った。また、追加した対象地区

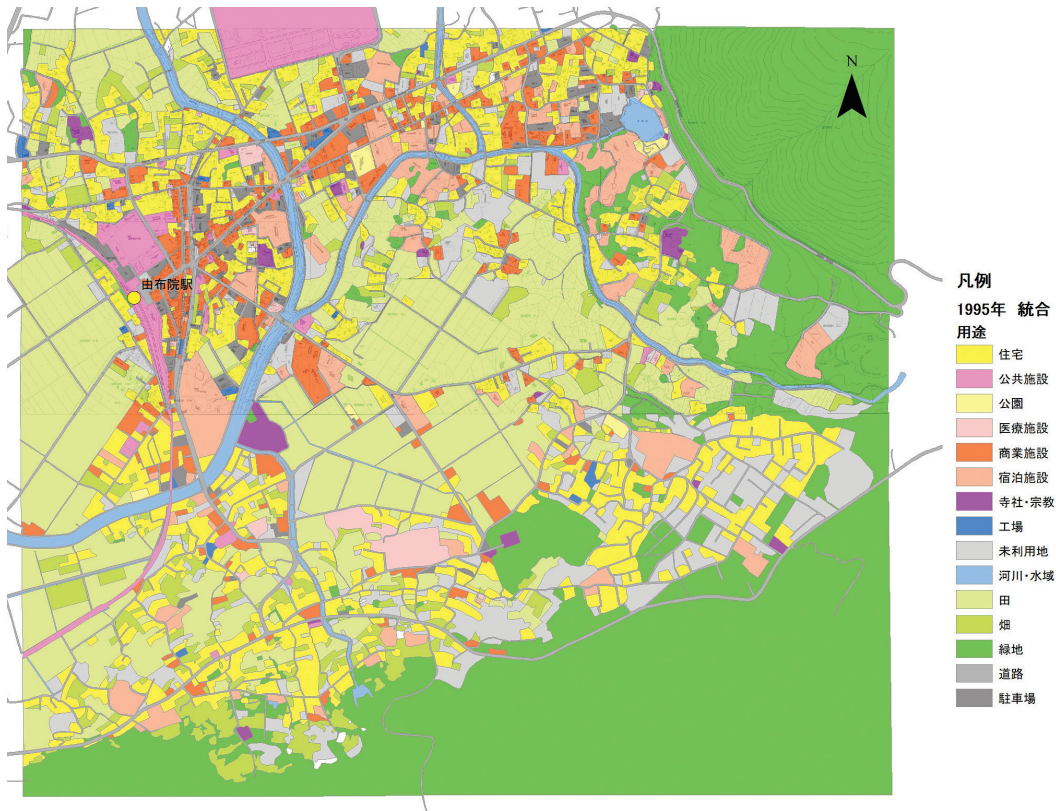


図1 1995年の土地利用現況図

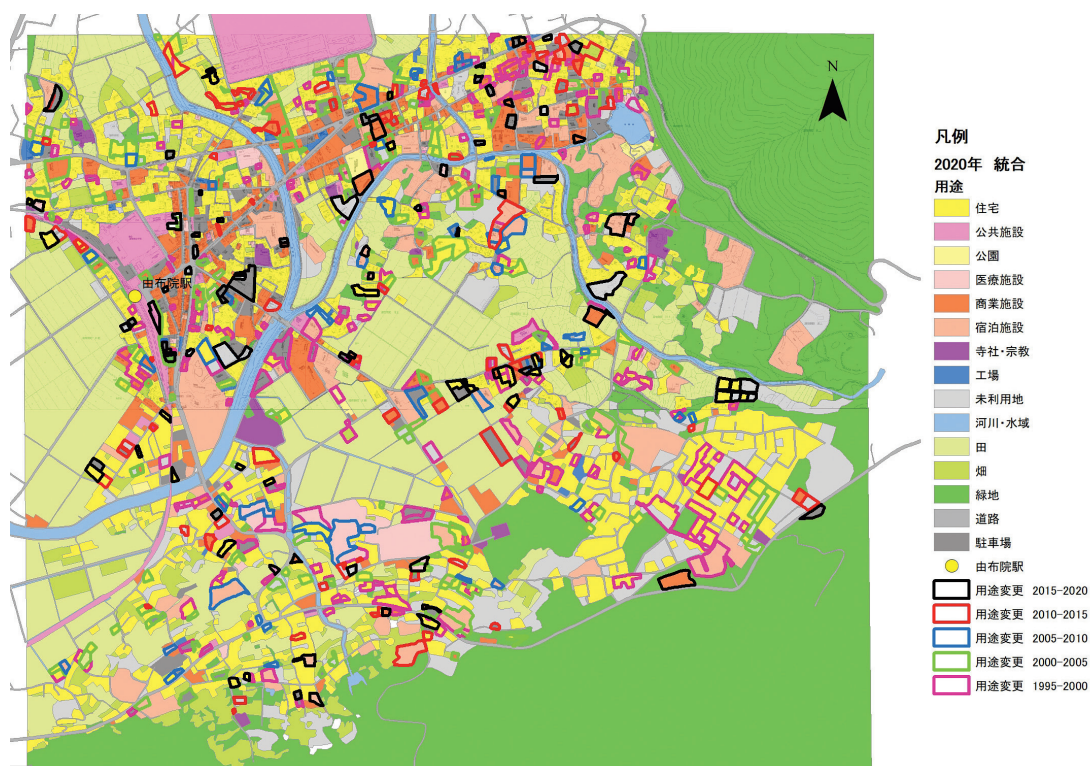


図2 2020年の土地利用現況図

との比較など、様々な視点から変化の特徴や傾向の分析を行い考察することとした。また、これまでの研究で分析を行った市街地を中心とした範囲の中から選定した4地区についても、5年毎の変化について分析を行い、全体と比較を行った。

新たに追加した地区の概要

感覚的なものではあるが、近年、盆地の南側斜面一体に建物が増加していると感じ、研究対象範囲を広げることとした。このエリアは、観光辻馬車のルート、田園風景の中を散策するルートが含まれている。

土地利用の変化として東側の住宅密集地の多くは、別荘であり、1995年当時は宅地造成後の未利用地が広がっていた。保養所として使用されている宿泊施設が多く、最近では医療施設の増設による土地利用の変化が主である。

対象地区全体の分析

25年間で面積が大きく変わった用途は、住宅、宿泊施設、駐車場が増加、田畑、未利用地は減少し、商業施設は増加しているが、面積比率では0.7%と微増である、

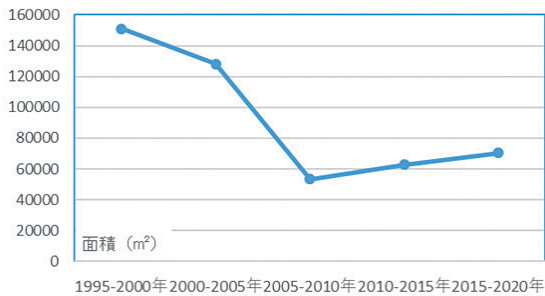
緑地も0.6%の減少で微減傾向である。5年毎の用途の変化を見ると、1995年から2000年、特に住宅と駐車場が大きく増えており、田畑、未利用地が大きく減少している。すでに宅地造成による未利用地が多くあり、田畑を造成して住宅、駐車場、宿泊施設、商業施設へと変わっている。2000年から2005年まで同じような状況であったが、駐車場が増加しているが、大きな増加ではなくなった。2005年から2010年には田畑の減少が少し大きいものの、全体的に増減量は減っている。また、少しではあるが、2010年から2015年には未利用地が増加し、商業施設が減少しており、2015年から2020年には宿泊施設が減少している。2010以降は全体的に用途の変化は緩やかとなってきたことが分かった。(図1, 図2)

土地の用途が変更された部分の分析

用途が変更した土地の変化内容として、1995年～2000年は約15万㎡の敷地の用途が変化しており、2000年～2005年は約13万㎡、2005年～2010年には約5.3万㎡、2010年～2015年には約6.3万㎡、2015年～2020年には約7万㎡が変化している。対象地区全体の分析と比較する

と、2005年以後、土地利用の変化の割合が緩やかになると同時に、変化する土地面積が減少してきていることがわかった。しかし、近年、徐々に増加傾向にあることも分かった。(表2)

表2 年代別土地利用変化



選定した4地区の分析

由布院駅から金鱗湖周辺までの地域
面積約220万㎡

25年間で、主に増加した用途は住宅が1.5%、商業が1.3%、駐車場が1.6%となっている。減少した用途は未利用地が1%、田が3.2%となっている。

2005年以降は、どの用途もほとんど変化がなく、田のみ少し大きく、1.1%減少していた。2005年以前と比較すると1995年から2000年までは田が1%程度減少して、駐車場が0.9%増加しているが、ほかの用途はあまり大きな変化は見られなかったが、2000年から2005年の間に

住宅が1%、商業が0.8%増加し、田が1%、未利用地が0.8%ほど減少していた。

25年間を通して、主に増加した用途は住宅が1.5%、商業が1.3%、駐車場が1.6%となっている。減少した用途は未利用地が1%、田が3.2%となっている。

未利用地は1995年から2010年までは徐々に減少しており、田・畑、緑地の減少量と比較すると、住宅、宿泊施設、商業施設に変化したと考えられる。(表3)

表3 由布院駅から金鱗湖周辺までの面積比率の変化

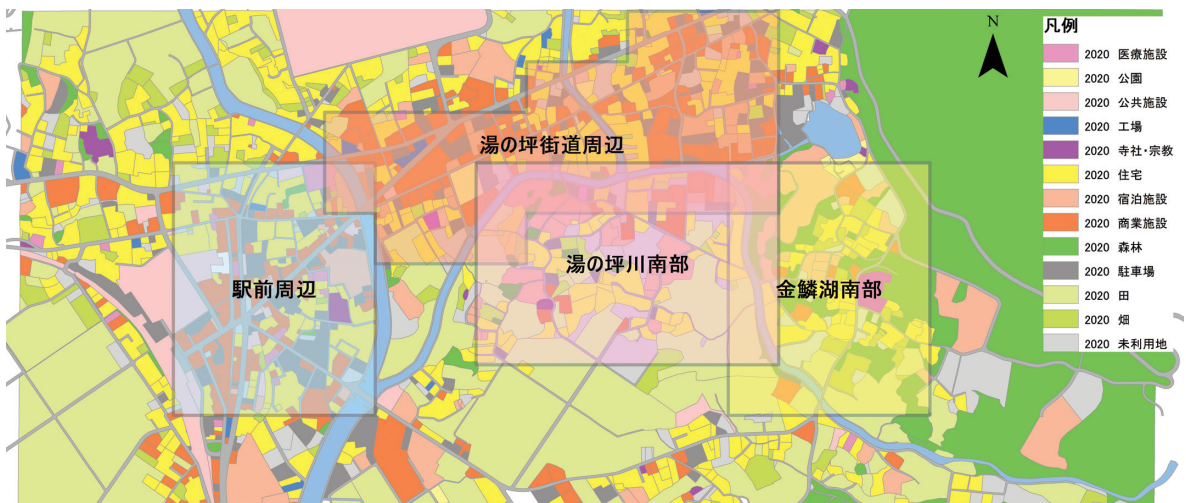
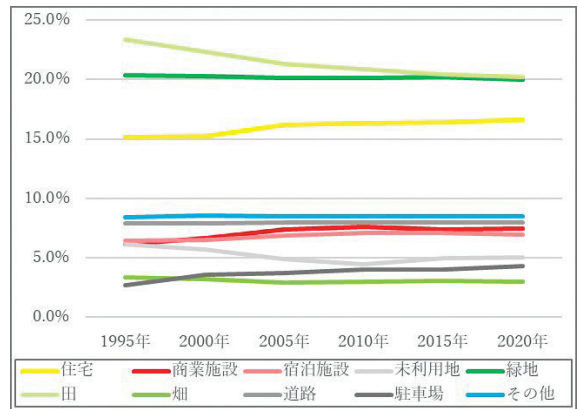


図3 土地利用現況図と選定した4地区

駅前周辺

表 4 - 1

面積約20万㎡

25年間で主に増加したのは駐車場が3.2%だけで、減少したのは住宅が1.3%、宿泊施設が2%となっており、全体的に変化が少ない。観光の玄関口である由布院駅の周辺であるため、駐車場は大きく増加していると考えられるが、宿泊施設がこの10年の間に減少していることがわかった。(★1)

湯の坪街道周辺

表 4 - 2

面積約29万㎡

25年間で主に増加した用途は商業施設3.8%、駐車場3.6%で、減少している用途は住宅2%、田2.6%となっており、宿泊施設が1.3%、未利用地1.1%とやや大きい比率で減少している。

この地域は観光の中心であるため、商業施設、駐車場の増加が大きいことは予想していたが、2010年から2015年の間に商業施設はやや減少していた。また、住宅は2000年に大きく減少したものの、2010年まではやや増加して、2015年からは再び減少傾向になっている。同様に宿泊施設も2015年までは、大きくはないものの増加したり減少したりと変化しているが、2015年から2020年までの間に1%の減少へととなっている。(★2) 未利用とも

2010年までは減少しており最大2.5%の減少をしていたが、2010年以降は再び増加傾向になり、1.4%増加した。駅前周辺でもあったが、この10年で宿泊施設がやや減少傾向になりつつあり、宿泊の中心が観光の中心からやや離れ始めている傾向にあるように思われる。(★3)

湯の坪川南部周辺

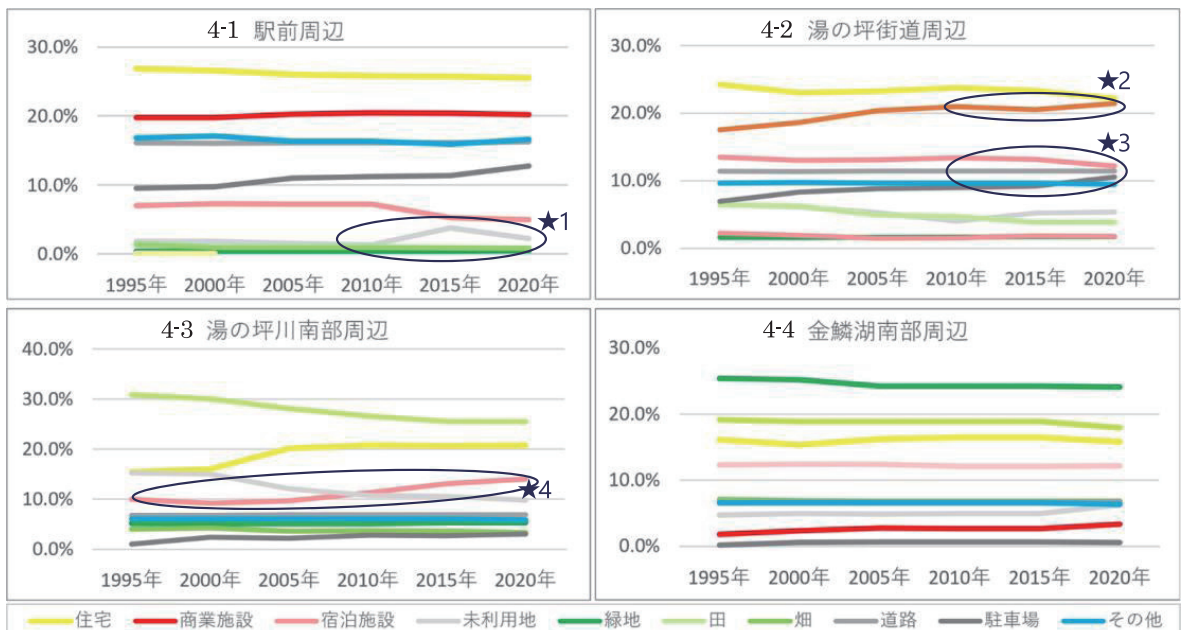
表 4 - 3

面積約24万㎡

25年間で主に増加した用途は住宅が5.2%、宿泊施設が4.1%、駐車場が1.9%で、減少している用途は、未利用地が5.5%、田と畑を合わせて6.2%となっており、用途の変化が最も大きい地域である。

住宅は2000年から2005年に4.1%増加し、2005年以降はやや増加したものの、ほとんど変化がなくなっている。また、宿泊施設は1995年から2000年にはやや減少していたが2000年以降は増加傾向にあり、5年毎に1%以上増加している。(★4) 未利用地、田・畑が多い地域であり、徐々に減少している。未利用地、田、畑の減少量と、主に増加している用途の比率がほぼ同じなので、未利用地、田、畑が住宅、宿泊施設、駐車場へと変化していると思われる。商業施設が少なく2005年にはやや増加したものの、大きな変化は少なく、湯の坪街道周辺とは分けて開発されているように思われる。

表 4 特徴のある4地区の面積比率の変化



金鱗湖南部周辺
面積約20万㎡

表 4 - 4

25年間で主に増加した用途は商業施設が1.5%，未利用地が1.5%で，減少している用途は，緑地が1.3%，田が1.3%となっており，大きく変化した用途でも1.5%程度と非常に変化が少ないことが分かった。

住宅が増加や減少はあるものの，25年間では大きな変化はなかった。未利用地は2015年まではほぼ変化はなく，2020年に増加している。

湯の坪街道の商業および宿泊施設の変化
現地調査と観光の中心エリアの分析

2020年の研究で作成された湯布院町の土地利用現況図のGISデータを基にして，2021年に現地調査を行い，土地利用の変化があったところを記録していった。また，対象地区を写真や動画で撮り，現在の湯布院観光の

特徴や傾向の分析をおこなった。また，商業施設，宿泊施設を独自の判例で細分類して，新たにGISデータを作成し，様々な視点から変化の特徴や傾向の分析をおこなった。研究対象地区は，商業施設と宿泊施設の特徴が最もあらわれると思われる，観光客が集中している湯の坪街道を中心とし，湯布院駅から金鱗湖までの主要な道路周辺に対象を絞って分析を行うこととした。

土地利用の変化の分析

2020年から2021年の土地利用の変化を比較したところ，未利用地，宿泊施設，商業施設，駐車場が増加し，住宅，田，畑が減少していた。田・畑の減少のほとんどは耕作放棄した未利用地へと変わっており，住宅の減少は主に宿泊施設，駐車場へと変化していることがわかった。商業施設はわずかに増加している程度であった。（図4，表5）

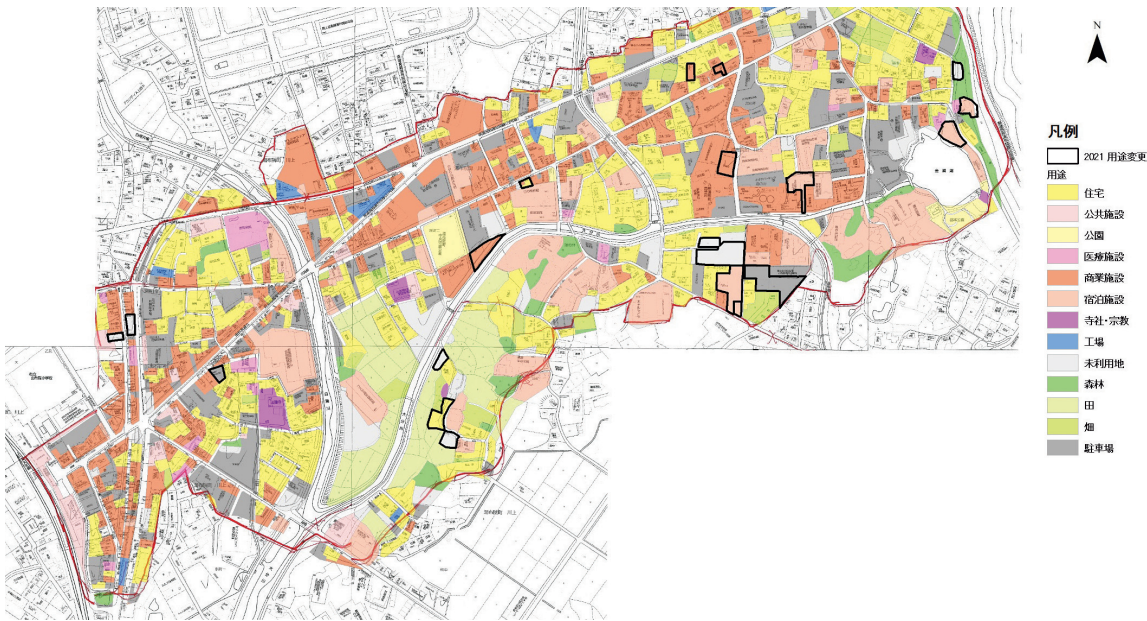


図 4 2021年の土地利用現況図と対象範囲

表 5 主な土地利用の変化

	未利用地	住宅	宿泊施設	商業施設	駐車場	田	畑
2020	25022.6	127979.5	65721.2	99062.1	68076.5	33824.8	13888.6
2021	26853.4	126206.3	68893.3	99121.8	69604.2	32332.7	13482.4
面積の増減 (㎡)	1830.9	-1773.2	3172.1	59.7	1527.6	-1492.1	-406.2

細分類した用途の分析

湯布院の土地利用で最も増加傾向にある商業施設、宿泊施設に注目して、2003年の研究の際に用いられていた細分類の凡例を基にして、商業施設は、物販、飲食店、会社・事務所、美術館・ギャラリー等、空き店舗、サービス業（理容室、レンタカーなど）、その他（パチンコ店など）の7種に分類した。宿泊施設は、旅館・ホテル、ペンション、民宿、貸別荘の4種に分類した。商業施設は、由布院駅周辺から、湯の坪街道に入るまでの間に飲食店が多く点在していることがわかった。また、地元の人を中心とした理容室などのサービス業も多くあった。観光のメイン通りとなる駅前通り周辺は観光客中心の飲食店が立ち並んでおり、駅前通りから北と南の通りに入ると地元の人向けの飲食店などが多く、地元の人と観光客の両方に向けた飲食店が多くあることが分かった。湯の坪街道に入ると、飲食店が減り、観光客向けの物販店がほとんどになっている。物販店が多くあるものの、おみやげ物や食べ歩きが中心の飲食物の販売が多い。観光向けの大型バスの駐車場がある民芸村周辺までにかけて物販店が多く集中している。金鱗湖周辺では、物販店が少なくなり、湖を見渡せるような配置でカフェなどの飲食店が多くなっていることが分かった。また、近年は通り沿いのみの店だけではなく、敷地内に通りをつくり、いくつかのお店を連ねてお客を引き込むモール型の商業施設

が増えており、通りよりも奥に引き込むような作りの商業施設が増加していることがわかった。宿泊施設は、湯の坪街道の付近の大分川の南側から金鱗湖までにかけて大型の旅館・ホテルなどがあることが分かった。また、土地利用の増加していた宿泊施設の分類をみると、すべて貸別荘であることがわかり、貸別荘が増加傾向にあるようにみられた。（図4、表5）

現地調査での分析

2020年から、流行している新型コロナウイルスの影響で、インバウンドによる外国人観光客が訪れなくなり、湯布院の観光のあり方が変わってきたと思われる。新型コロナウイルスの影響がほとんどなくなっていた2021年の10月～11月での調査では、平日でも多くの観光客が戻ってきており、土日には10時ごろには駐車場が埋まってしまい、車を止める場所を探さなければいけないほど観光客が訪れていた。しかし、新型コロナウイルスの流行前のような外国人観光客はほとんど見ることはなかった。また、湯の坪通りの中心部でも空き店舗がいくつか発生していた。参考程度に駐車場や通行している車のナンバープレートから、どの辺りの人が訪れているのかを見てみたところ、福岡、北九州の方面からが4～5割程度、大分が2～3割程度、残りが九州各県の車が多く、九州の特に北部の方からの観光客が多い傾向にあった。

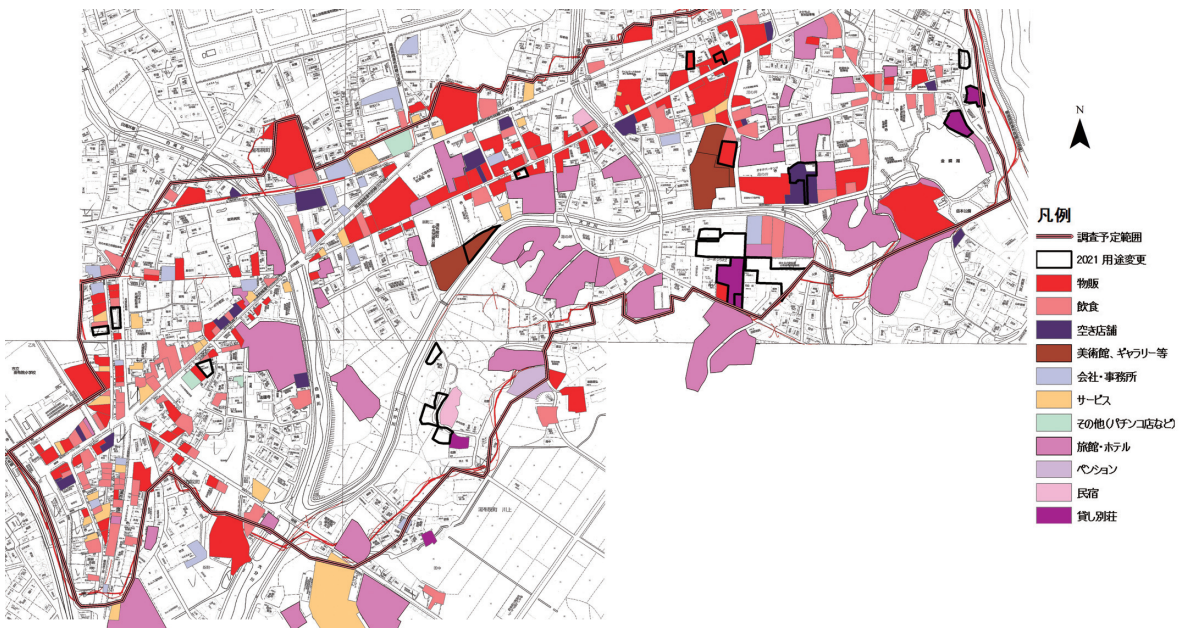


図5 細分類した用途の現況図（2021）

10月は福岡の中学校が1校、修学旅行生が訪れていたが、それ以外の観光バスを見ることはなかった。湯布院民芸村周辺の通りには、屋台形式の臨時店舗やキッチンカーなどが数店舗連なっており、その内の1店舗は飲食店が店舗内では客を入れず、店の表に屋台を作って、食べ物を販売しているところや、貸テナント形式で屋台の店舗スペースを貸しているスペースなどもできていて、今後、このような屋台形式のお店が増える傾向もあるように感じた。12月末は車が多く、どこの駐車場もいっぱいまで車が止められない状態であった。

1月中旬にはオミクロン株が増え始めた影響もあり、駐車場に多くの車はあったものの、ある程度どこにでも駐車できる余裕があった。11月の頃と同様に、福岡、北九州の車が最も多く6～7割程度であり、大分が2～3割程度の観光客の割合であった。1月末にまん延防止等重点措置が適用されてからは、観光客は激減して、11月の頃に比べて駐車場の利用率が半分以下になっていたものの、コロナの影響が落ち着いていたところに募ったと思われる大型の観光ツアーを中止できずに行っていて、大型バス10台以上の観光客が来ていた。軽症・無症状が多いことやワクチン接種者はあまり気にしないで観光に来る人も増えたようにも感じた。しかし、飲食店や食べ歩きのような物販店も昼食時の時間帯にあっても人が並んでいる姿を見ることがなく、店によっては臨時休業を行っている店もあった。(図5)

まとめ

湯布院観光に最も大きな影響がある商業地については、おおきな増減はなく、少しずつ増加しているように

見えるが、近年増加し始めているモール型の集合型商業施設の増加で、通り沿いだけでなく、奥に広がっていく商業施設が増加している傾向に見られた。しかし、近年の新型コロナウイルスの影響もあり、空き店舗が増えたことや、飲食店の経営が難しいため、屋台形式の飲食店の出店も増えており、新型コロナウイルスが終息した後の商業施設の変化の傾向が変わってくる様子がみられた。宿泊施設に関しても、旅館やホテルのような宿泊施設よりも貸別荘などの一グループのみで宿泊して、他の客と交わることがない宿泊の形式の施設の増加が見てとれた。新型コロナウイルスが終息すると、観光業の在り方も変化すると思われるので、今後も土地利用変化の内容をより詳細に分析していく必要があると考えられる。

参考文献

- 『ムラ』の風景をつくる～農村文化にささえられる、いやしの里の豊かな暮らしの風景 H15.3 ゆふいん建築・環境デザイン協議会
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 2005年9月p209-210
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 2005年9月p211-212
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 2011年8月p237-238
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 2021年9月p187-190

〔論 文〕

限られた画像特徴量に基づく MAV 姿勢運動計測*

藤田 浩輝^{*2}, 衛藤 蒼^{*3}, 永井 弘人^{*4}, 長崎 秀司^{*5}, 金城 寛^{*6}

An Estimation Method of Micro Aerial Vehicle's Attitude Motions Using a Limited Number of Image Characteristics*

Koki FUJITA^{*2}, Aoi ETO^{*3}, Hiroto NAGAI^{*4}, Shuji NAGASAKI^{*5}, Yutaka KINJYO^{*6}

^{*2}Department of Aerospace Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*3}Department of Aerospace Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University (Graduate, AY2021)

^{*4}Graduate School of Engineering, Nagasaki University

^{*5}Faculty of Engineering, Kyushu University

^{*6}School of Engineering, Kyushu University

Abstract

This paper proposes a method to estimate attitude motions of a micro aerial vehicle (MAV) during a specific flight phase such as a hovering or a reciprocating motion. Instead of a six-axis motion sensor (with a three-axis gyroscope and a three-axis accelerometer), a few fixed high-speed cameras and a limited number of markers in image sequences capturing a target vehicle are utilized to estimate the attitude angles and their rates during the vehicle's motion. Through a flight experiment tracked by two high-speed video cameras, this study ultimately verifies that a vehicle's motion can be efficiently measured by selecting appropriate locations of the markers corresponding to the points on the vehicle's body surface.

キーワード：超小型飛翔体 (MAV), 運動推定, 画像特徴量

Keywords : micro aerial vehicle (MAV), attitudes and motion estimation, image characteristics

*2022年6月15日受理

*2 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 教授

*3 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 (2021年度卒業)

*4 長崎大学大学院工学研究科 准教授

*5 九州大学大学院工学研究院 助教

*6 九州大学工学部 技術員

1. 研究背景および目的

現在世界中に広く普及する回転翼型ドローンと異なり、人間に対する親和性・安全性がより高い小型飛翔体 (Micro Air Vehicle = MAV) として、羽ばたき型ドローンの開発が国内にて進められている^{[1]–[3]}。

現在開発中のドローンについては、羽ばたき翼によって自重を支える揚力発生メカニズムの解明や、それを実現する翼構造についての先行研究を経て、プロトタイプ機によるフリーフライトが成功しているが、長時間にわたる安定したフライトの実現には未だ課題が残されている。

一般に、内界センサの搭載が困難なほど小型の飛翔体の運動を計測するには、機体の外部から非接触で運動計測を行えるような画像計測の手法が望ましい。しかし、任意の機体形状や運動状態に対応するには、多数の高速度カメラから成る大規模な計測システムが必要と考えられる。一方で、動画像データから機体の姿勢運動を計測するために機体上に設けられる画像特徴点 (画像フレーム間で追尾を行うための剛体に貼られたマーカー) の配置や個数の最適化を施すことにより極力少ない台数のカメラで動態を計測できれば、同様の MAV を開発する上での有用性は高い。

本研究では、限られた画像特徴量に基づく MAV の運動推定を行うことを目的とする。

3次元空間中の物体の運動データを計測することを目的として、慣性センサ (3軸加速度計・3軸ジャイロスコープを組み合わせた計測器) が利用されるが、ペイロードの制限により MAV への搭載が不可能な場合がある。また、フライト中の墜落による破損の可能性を考慮した場合、機体外部から遠隔で運動状況を計測できるセンサが望ましい。

ここでは、特に、機体の周囲に配置された複数台の高速度カメラと、機体表面に貼られた限られた数のマーカーを用いて、MAV の3次元姿勢運動を計測する手法の導出を行い、実機を用いた検証を行う。一般的に、このような画像解析に基づく3次元運動推定手法は、極力多くの点数の画像特徴量に基づき精度を担保することになるが、特にここでは特徴点の選択を工夫することで、比較的少数の特徴点であっても良好な姿勢運動推定が実現できることを示す。

さらに、実機として比較的安定した飛行実現が可能な小型の回転翼型ドローンを用い、上記画像計測と同時に機体に直接搭載された運動センサ (慣性計測ユニット)

による運動計測を行い、両者の結果を比較することで、動画像からの運動計測結果の妥当性が高いことを示す。

2. 画像特徴量を用いた小型飛翔体運動推定手法

2-1 3次元空間座標系の定義

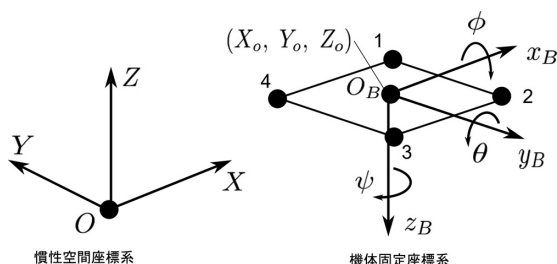


図1. 機体位置・姿勢を計測するための座標系

フライト中の機体の位置や姿勢を表現するために、図1に示されるような座標系を定義する。図1左側の慣性空間座標系は、機体外部の地表面上に原点がある、いわゆる慣性空間に固定された座標系であり、重心位置のような機体の代表点や動画像解析の際に機体上に仮定した特徴点の位置を表すために用いられる。また、図1右側の機体固定座標系は、剛体と仮定された機体上の複数の点 (1, 2, 3, 4) に基づいて決められた、機体に固定された座標系であり、機体の姿勢や姿勢変化を表すために用いられる。

ここで、機体の占める空間内に原点 (O_B) をとり、機体軸上進行方向に x 軸 (x_B)、それと直交下向きに z 軸 (z_B)、さらに、この2つの軸と直交し右手系を成すように y 軸 (y_B) を仮定する。原点 O_B が機体重心近くであれば、これは一般的な航空機の機体固定座標系^[4] とほぼ等価とみなすことができる。また、 x , y , z 各軸周りの回転角度 (姿勢角度) を φ (ロール角), θ (ピッチ角), ψ (ヨー角) とする。

このような座標系の仮定に基づき、今後、機体表面に設けられた4つの特徴点の画像上の位置に基づく3次元空間座標の復元と、3つの姿勢角およびそれらに対応する角速度の推定を行う。

2-2 画像特徴量に基づく姿勢および姿勢変化推定

画像特徴量として、機体 (剛体) 上にマーカー (周囲と色・明るさの異なる点状の模様) を設け、画像上で認識できるようにする。一般には、機体上の広い領域にわたるそのような特徴点を多く設定し、多数のカメラの視点から得られた動画像を解析することにより、撮影対象

の機体の姿勢やその変動をより正確に推定することが可能であると考えられる^{[5][6]}。

しかし、ここでは、特徴点の位置や特徴点同士の位置関係を工夫することにより、極力少ない数の特徴点を用いて機体の姿勢運動推定を試みる。図1右側の機体固定座標系の図に示される4つの点(1, 2, 3, 4)は、本研究で用いられた特徴点とその位置関係を示しており、これらを頂点とする矩形領域が機体固定座標系の $x_B - y_B$ 平面と平行で、かつ、矩形の各辺の方向が x_B 軸もしくは y_B 軸に平行になるように位置が決められている。なお、これは一般的なクワッドロータ型ドローン回転翼の回転軸頂点部分に相当する点とみなすことができる。

そこで、実際にこれら特徴点の慣性空間における位置座標が得られたと仮定して、機体の代表点(機体固定座標系原点 O_B)位置や、姿勢角および姿勢角速度を計算する方法を以下に導く。

図1右側に示される特徴点(1, 2, 3, 4)の慣性空間座標系(図1左側)における位置座標 (X_i, Y_i, Z_i) ($i = 1, 2, 3, 4$) が得られたとする。このとき、機体固定座標系原点 O_B の慣性空間座標系における位置座標 (X_o, Y_o, Z_o) と、機体固定座標系に基づいて定義された姿勢角 (ϕ, θ, ψ) が、以下のように求められる。

$$\begin{aligned} X_o &= \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4}, \\ Y_o &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{4}, \\ Z_o &= \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4}{4}, \end{aligned} \quad (1)$$

表1. 小型ドローン (Tello) 諸元

重量	91.5g (含衝撃緩和用フレーム)
全長	92.5mm
全幅	98.0mm
高さ	41.0mm
プロペラ直径	76.0mm(3.0inch)

$$\begin{aligned} \phi &= \tan^{-1} \frac{\bar{z}_2}{\sqrt{\bar{x}_2^2 + \bar{y}_2^2}} \\ \theta &= \tan^{-1} \frac{-\bar{z}_1}{\sqrt{\bar{x}_1^2 + \bar{y}_1^2}} \\ \psi &= \tan^{-1} \frac{-\bar{y}_1}{\bar{x}_1} \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、

$$\bar{x}_j = x_j / \sqrt{x_j^2 + y_j^2 + z_j^2}, \quad \bar{y}_j = y_j / \sqrt{x_j^2 + y_j^2 + z_j^2},$$

$$\bar{z}_j = z_j / \sqrt{x_j^2 + y_j^2 + z_j^2}, \quad (j = 1 \text{ or } 2)$$

また、

$$\begin{aligned} x_1 &= 0.5 \times (X_3 + X_4 - X_1 - X_2), y_1 = \\ &0.5 \times (Y_3 + Y_4 - Y_1 - Y_2), z_1 = 0.5 \times (Z_3 + Z_4 - \\ &Z_1 - Z_2), x_2 = 0.5 \times (X_1 + X_4 - X_2 - X_3), y_2 = \\ &0.5 \times (Y_1 + Y_4 - Y_2 - Y_3), z_2 = 0.5 \times (Z_1 + Z_4 - \\ &Z_2 - Z_3) \end{aligned}$$

である。

一方、上記姿勢角に対応する角速度 $(\dot{\phi}, \dot{\theta}, \dot{\psi})$ については、高速度カメラにより高いサンプリングレート(後述の実験条件では、2msのサンプリングレートに相当)でデータ取得が可能であることを利用し、各角度推定値の差分より近似的に角速度を求める。

3. 回転翼型小型ドローンを用いた飛行・撮影実験

前節で述べた画像運動解析手法を検証するため、図2に示す小型ドローン(Ryze Technology 製 Tello)を用いたフライト撮影実験を行った。

ここでは特に表2に示されるようなシナリオに基づき、機体固定座標系 x_B 軸方向と y_B 軸方向にそれぞれ正弦波状の周期的な変位をドローンのコントローラ(スマートフォンによる操縦アプリケーション)に与え、その様子を2台の高速度カメラ(Photron 製 FASTCAM MINI UX50)にて1080×1024[pixels], 500[fps]の動画画像データを約8.7[s](4350[frames])取得した。続けて3次元運動解析ソフトDIPP-MOTION V/3D(DITECT 製)を用いて特徴点の3次元位置計測を行った。なお、表2における3つめのシナリオ(c)は、他のシナリオとの比較のためにデータ取得した、ホバリング(空中静止)のみのフライト条件である。



図2. RyzeTech 製小型ドローン Tello および特徴点位置

表2. フライト撮影実験時における運動シナリオ

	運動方向 (回転軸)	運動パターン
a. シナリオ1	y軸 (ピッチ軸)	正弦波状
b. シナリオ2	x軸 (ロール軸)	正弦波状
c. シナリオ3	なし (空中静止)	なし (空中静止)



図3. 高速度カメラによるドローン撮影画像例 (シナリオ1の運動パターン時)

2台の高速度カメラでフライト時のドローンを撮影した画像（フレーム）の例を図3に示す。また、高速度カメラで撮影されたマーカー（4点）の画像から計測された3次元位置（各マーカー位置の慣性空間座標系におけるX(青), Y(橙), Z(緑) 座標成分の時間履歴で、シナリオ1の実験結果）を図4に示す。

これらの計測結果は、実験時の飛行高度や各シナリオに沿った運動における水平面内の変位を考えると妥当な結果と思われたため、この座標計測値を用いて、続けて（1）、（2）式に基づく撮像フレーム毎の機体姿勢角 ϕ, θ, ψ および、それぞれの時間差分から計算された角速度 $\dot{\phi}, \dot{\theta}, \dot{\psi}$ を求めた。その結果を図5に示す。

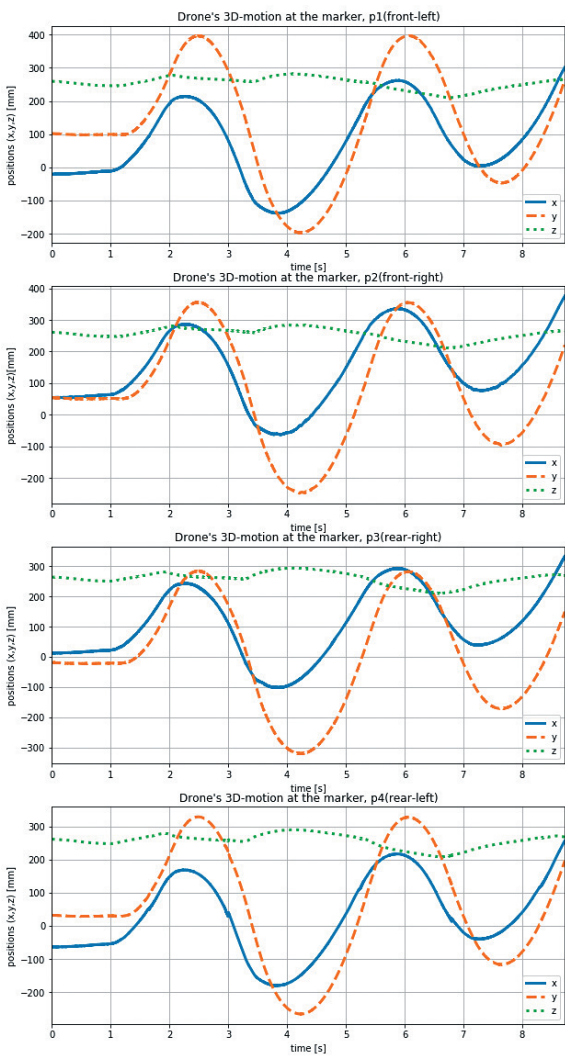


図4. マーカー（4点）位置推定結果 (シナリオ1の実験結果)

これらの図から、シナリオ1および2の結果では、それぞれの運動パターンに応じて、特定の機体固定座標軸周りの姿勢角度や角速度（シナリオ1：青で表される $\theta, \dot{\theta}$, シナリオ2：橙で示される $\phi, \dot{\phi}$ ）が周期的に変化する様子が得られていることや、図4に示されるマーカーの位置座標の結果と異なり、必ずしも理想的な正弦波状の変化となっていないことが分かる。

一方で、比較のために撮影を行ったホバリング時（シナリオ3）の動画像から、撮影時間を通していずれも殆ど変化がない結果となることが分かった。

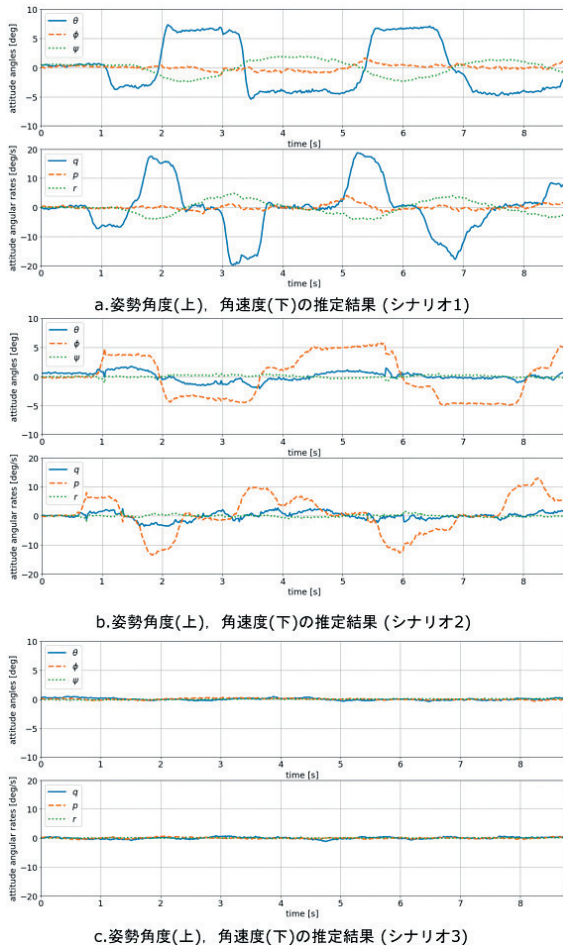


図5. 動画画像解析による姿勢角度・角速度推定結果

続いて、これらの推定結果の妥当性や精度を検証するため、別の運動センサから取得した計測結果を図5に示す。ここで、運動センサとして WitMotion 製の慣性計測ユニット (IMU), WT901BLECL を使用し、ドローン本体下部に固定した状態で、表2の各シナリオでの実験時に高速度カメラ撮影と同時に計測を実施した。なお、姿勢角速度の計測値はいずれも高周波あるいはスパイク状のノイズが顕著であったため、各計測時刻直前の5点分を用いた移動平均値により結果を示している。

図4および図5の結果の比較から、まず、ホバリング時 (シナリオ3) に関しては、運動センサによる計測結果は、画像計測の結果と大きな違いは見られず、いずれの軸周りの姿勢角度・角速度もほぼゼロに近い状態で時間的に推移していく様子が見て取れる。一方、ピッチ軸 (シナリオ1) もしくはロール軸 (シナリオ2) 周りに

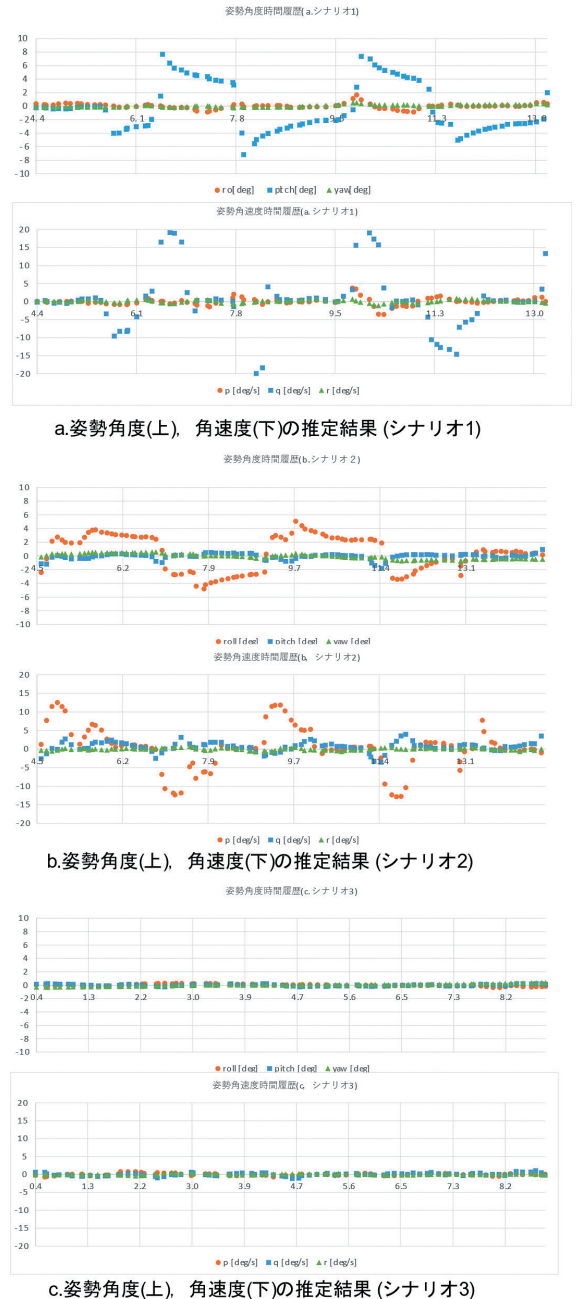


図6. 運動センサによる姿勢角度・角速度計測結果

周期的な運動パターンを与える場合の結果については、特に姿勢角 (青で示される θ , もしくは橙で示される ϕ) に関して、画像計測値が周期運動のピークが一定値に持続される矩形波に近い形で推定されるのに対し、IMU

によって計測された結果は各姿勢角のピーク値が時間経過と共に低減する、鋸波に近い形で得られていることが分かる。

このような両者の波形の違いが生じる原因としては、画像計測では、最初に姿勢角の推定値を求め、その後姿勢角速度を微分（差分）により計算しているのに対し、IMUによる計測では、センサの計測原理上、まず姿勢角速度が計測され、それを時間積分することで姿勢角度が算出されるといった計測（計算）手法の違いが大きいと考えられる。

特に、図6の姿勢角速度の計測結果は、移動平均値を求める前の比較的高い周期成分（急速な変動）のデータが実際には含まれていると考えられ、そのような急激な運動変化が姿勢角の結果に表れていると考え、本画像計測では推定が難しい運動状態があることが予測される。

しかしながら、周期的な姿勢変化のタイミング(周期)やピーク時の姿勢角および姿勢角速度の値について、両者はかなり近い値となっており、画像計測の結果は、精度的な面からも信頼性が高いと言える。

4. 結論および今後の課題

本研究では、小型羽ばたき機のようなMAVの運動安定性を解析することを目的として、限られた数の高速度カメラと画像特徴点（マーカー）の配置による動画画像運動計測の手法を提案し、小型ドローンを用いた実験による検証を行った。

その結果、機体表面上適切な配置により、高々4点分のマーカーで、飛翔体の特定の（パターン化された）運

動時における3次元姿勢角度・角速度の推定が行えることが分かった。

一方で、実際の小型羽ばたき機の形状や運動状態を考慮した場合、今回と全く同じマーカー配置や比較的安定した運動条件を想定することは困難であり、今後、より汎用性の高いマーカーの配置や個数や計測可能な運動条件をより詳細に調べる必要がある。

参考文献

- [1] Hiroto Nagai, Kazutaka Nakamura, Koki Fujita, Issei Tanaka, Shuji Nagasaki, Yutaka Kinjo, Shintaro Kuwazono, and Masahiko Murozono, "Development of Tailless Two-winged Flapping Drone with Gravity Center Position Control", *Sensors and Materials*, Vol. 33, No. 3, pp. 859–872, 2021.
- [2] 永井弘人, 中村和敬, 藤田浩輝, 長崎秀司, 金城寛, "生物を規範とした羽ばたき型ドローンの開発", *昆虫と自然*56 (14), pp. 41–44, 2021.
- [3] 桑園慎太郎, 永井弘人, 藤田浩輝, 長崎秀司, 有蘭仁, "羽ばたき翼型ドローンのホバリング時の固有安定性に関する研究", 第59回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2019-5017, 2021.
- [4] 加藤寛一郎, 大屋昭男, 柄沢研治, "航空機力学入門", 東京大学出版会, 1982.
- [5] 佐藤敦, "コンピュータビジョンー視覚の幾何学ー", コロナ社, 1999.
- [6] 出口光一郎, "ロボットビジョンの基礎", コロナ社, 2000.

〔論 文〕

単純繰返し作業に於ける Human Error の研究*

船山 博**, 中山 周一**

Research on Human Error in Simple Repetitive Tasks

Hiroshi FUNAYAMA**, Shuichi NAKAYAMA**

**Department of Aerospace Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University

Abstract

Human error is more likely to occur in simple repetitive tasks. The purpose of this research is to investigate the factors affecting human error in performing simple repetitive tasks. In this research, test procedure simulates cabin maintenance work of passenger aircraft.

キーワード：ヒューマンエラー

Keywords : Human Error

1. はじめに

航空機も目的や用途に応じて進化を遂げてきた。しかし、技術が時代と共に大きく発達する一方で、人間自身はその特性や基本的な能力についてそれほど変化していないために航空機整備におけるヒューマンエラーはゼロにはなっていない。フライバイワイヤ機では航法センサの誤配線が重大事故に直結し、我が国におけるF2戦闘機事故(2007/10/31)、米国におけるV-22ティルトロータ機事故(1991/6/11)は、航空機整備におけるヒューマンエラーにより発生した重大事故の典型的な事例である。

2. 研究概要

民航機の整備現場で筆者が経験した客室内広範囲の酸素マスク収納作業におけるヒューマンエラーに着目した。個々の客席に同じ酸素マスクが装備されるのだが、その収納方法は座席により異なり、収納方法を間違えると非常時にマスクが落下しなくなる。整備現場では、作業指示書の中に写真付きの注意喚起情報により対策としているが、ヒューマンエラーを助長している要因を実験的に検証し、対策を立案するのが望ましい。しかしながら、整備現場ではそのような検証が難しい。本研究では、酸素マスク収納を模擬した単純繰返し作業を、本大学の教室を使用して実験的に検証した。作業指示書、作業環境、体調および実験者の性格から作業ミスの要因を実験であきらかにする。2019年度は作業指示書、作業環

*2022年6月20日受理

**日本文理大学工学部航空宇宙工学科 教授

境、体調について、2020/2021年度は実験者の性格を追加して実施した。また2021年度は航空棟の耐震工事のため、作業指示書を3パターン、条件を3パターンに絞り、作業の慣れがどのようにミスと関係しているのかを中心に調べた。なお被験者は2019年度：6名、2020年度：7名、2021年度：6名で実施している。2019年度は実験協力者の協力も得た。

3. 実験方法

客室内の酸素マスクの収納方法は座席により収納方法が違うため2教室を仮想客室とし、プラスチックコップを仮想酸素マスク、紐を仮想酸素チューブとして約300個準備し、机の上の上に仮想マスクを置いて、場所により仮想酸素チューブの巻き方の違いを作り、その巻き方を指示した各種の作業指示書を使用してヒューマンエラーのデータを収集した。また客室はファーストクラス、ビジネスクラス、エコノミークラスに振り分けた。



図1. 仮想酸素マスクとチューブ
(酸素マスクに収納法を2種類想定し、時計回りと反時計回りの紐の巻き方の違いで表現)

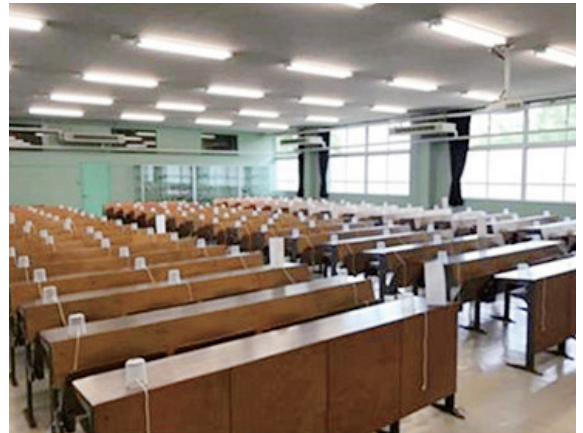


図2. 実験スタート前の状況

3. 1 作業指示書

作業指示書 No.1

右巻き right
左巻き left

作業指示書 No.2

右巻き R
左巻き L

Class	Mask Type	Tube Type
FIRST CLASS	CTE - O2 MASK 1	right, right
	BRE - O2 MASK 2	left, right
BUSINESS CLASS	CTE - O2 MASK 3	right, left
	BRE - O2 MASK 4	left, left
ECONOMY CLASS	CTE - O2 MASK 5	right, right
	BRE - O2 MASK 6	left, left

No1 文章で表示

No2 アルファベットで表示

作業指示書 No.3

右巻き 赤色
左巻き 黄色

Class	Mask Type	Tube Type
FIRST CLASS	CTE - O2 MASK 1	right, right
	BRE - O2 MASK 2	left, right
BUSINESS CLASS	CTE - O2 MASK 3	right, left
	BRE - O2 MASK 4	left, left
ECONOMY CLASS	CTE - O2 MASK 5	right, right
	BRE - O2 MASK 6	left, left

No3 色で表示

作業指示書 No.4

右巻き →
左巻き ←

Class	Mask Type	Tube Type
FIRST CLASS	CTE - O2 MASK 1	right, right
	BRE - O2 MASK 2	left, right
BUSINESS CLASS	CTE - O2 MASK 3	right, left
	BRE - O2 MASK 4	left, left
ECONOMY CLASS	CTE - O2 MASK 5	right, right
	BRE - O2 MASK 6	left, left

No4 矢印で表示

図3. 作業指示書

3. 2 実験工程

- ①実験者は実験前に性格検査を受ける。
- ②チェックシートに実験条件を記入する。
- ③擬似酸素マスクを座席に配置する。

- ④実験者は座席の前から作業指示書を見ながら順番に疑似マスクを巻いていく。
- ⑤一つの教室が終わったら次の教室へ行き、同じように前から順番に巻いていく。
- ⑥検査係はかかった時間を記入する。
- ⑦検査係が作業書を見ながらチェックする。
- ⑧ミスがあればチェックシートにミスの箇所を記入する。
- ⑨上記の方法で実験を繰り返し、作業指示書や実験環境を変えながら様々なパターンで実験を行う。
- ⑩結果をもとに考察する。

3. 3 実験条件 (2021年度は条件1～3で設定)

- ・条件1 適温 (ノーマル) ・条件2 適温 (睡眠不足)
- ・条件3 適温 (食事抜き) ・条件4 高気温 (ノーマル)
- ・条件5 高気温 (睡眠不足) ・条件6 高気温 (食事抜き)
- ・条件7 低気温 (ノーマル) ・条件8 低気温 (睡眠不足)
- ・条件9 低気温 (食事抜き)

※ノーマル…食事有り, 睡眠時間7時間以上

食事抜き…実験前日の夜～実験当日の朝: 食事無し
睡眠時間7時間以上

睡眠不足…食事有り, 実験開始の24時間前に起床
(その日の睡眠時間は最大3時間)

適温…気温25℃前後, 湿度60%前後

高気温…気温30℃以上, 教室の窓を全て閉め切った状態

低気温…気温9℃以下 (10℃以上ある場合は半袖若しくは薄着), 教室の窓を全て開けた状態,
ファン使用

4. 実験結果

4. 1 指示書と条件ごとのミスの合計を示す。
2019, 2020年度は9条件について実施した。また2021年度は条件を3つに絞り, 3回実施し慣れの傾向を調べた。これらのグラフから細分化して比較, 検討する。

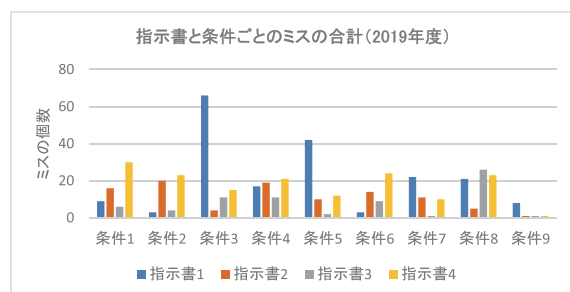


図4. 指示書と条件ごとのミスの合計 (2019年度)

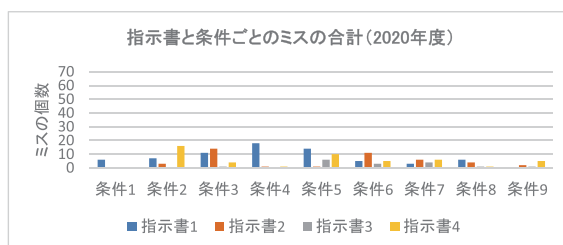


図5. 指示書と条件ごとのミスの合計 (2020年度)

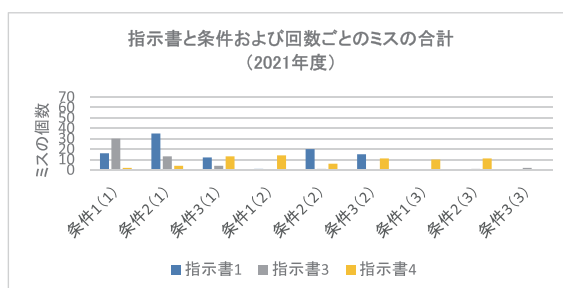


図6. 指示書と条件および回数ごとのミスの合計 (2021年度)

4. 2 指示書, コンディション, 温度および作業の慣れの影響

- ①指示書ごとのミスに関しては, 図4より, どの年度でも指示書3が最もミスが少なかった。指示書1と4は文字と記号の表記で意味が分かりにくくヒューマンエラー発生要因の一つと言える。2021年度は指示書を3つに絞ったための指示書2のデータはない。なお2019年度の指示書1と指示書4のミスが多い。これは被験者と実験協力者が大量のミスを発生させた結果である。特に実験協力者については実験に不慣れな中, 指示書1の適切な説明が伝達されていなかったため注意が必要である。

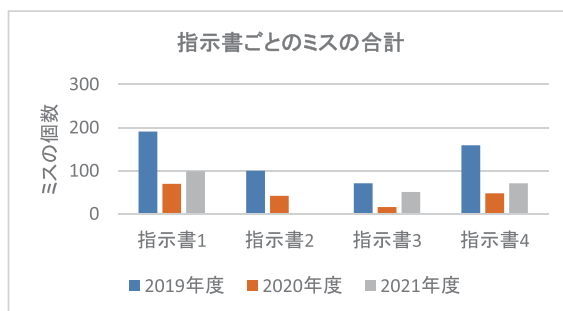


図7. 指示書ごとのミスの合計

②コンディションごとのミスに関しては、図8より環境に左右されるので検証は難しいが、睡眠不足でのミスが多い傾向にある。ただしノーマルでもミスは発生し、空腹時のミスは少ないことは意外な結果であった。

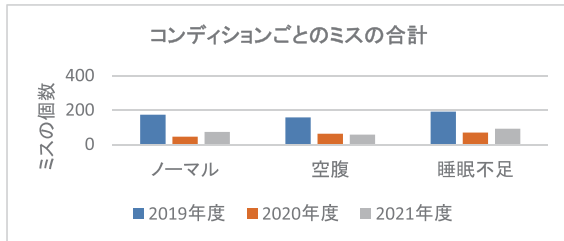


図8. コンディションごとのミスの合計

③温度ごとのミスに関しては、図9より2019、2020年度の比較となるが、高気温でのミスが多い。また適温でもミスが多いこと、また低気温ではミスが少ないことも注意すべきことである。適温時は実験のスタート時期であり、実験の指示内容が正しく把握できていなかったことや、状況に慣れていなかったこと、またコンディションに左右されて多くのミスをしたと推測できる。低気温の時にミスが少ないのは、実験の終盤であり実験の慣れによるものと推測できる。

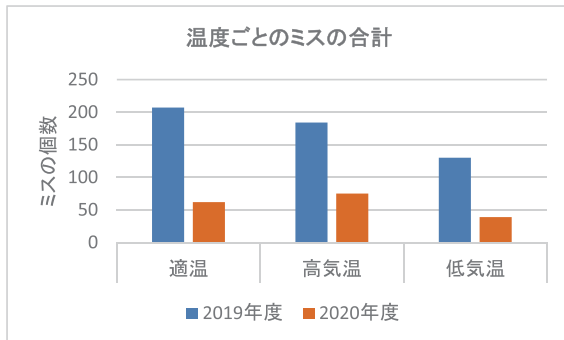


図9. 温度ごとのミスの合計

④作業の慣れによるミスに関しては、図7より2021年度に実施した3つの条件で3種類の作業指示書を使用して3回作業を実施した時のミスの傾向である。指示書1は徐々に慣れてきてミスの減少傾向がわかる。また色で表示した指示書3は明らかに慣れてきてミスはほぼゼロに近づいた。指示書4の矢印の指示書については3回の回数ではミスの減少傾向はわからない。

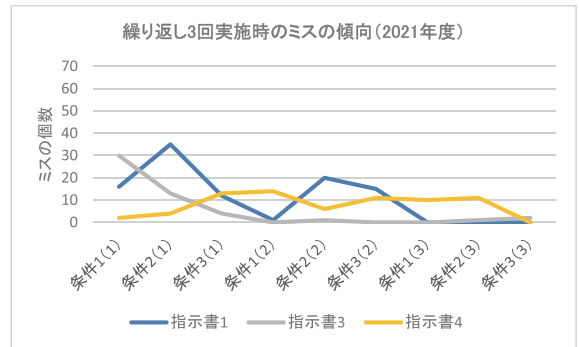


図10. 2021年度の3回実施時のミスの傾向

5. 実験者の性格診断からの実験結果

性格診断のためのビッグ・ファイブ理論とは、1990年代に心理学者のルイス・ゴールドバーグ氏が提唱した「パーソナリティ性格分析」において「人間が持つ様々な性格は、5つの要素の組み合わせで構成される」とする考え方である。現在、パーソナリティ理論の中では最も有力なものとして広く活用されている。ビッグ・ファイブの5要素は研究者によって多少内容は異なるが、基本的な考え方は全て同じで、現在最も広く利用されているのは「コスタ&マックレー」のモデルである。このモデルでは、「外向性」「調和性」「誠実性」「神経症傾向」「開放性」の5つに大別される。これら5つの特性の強さ、弱さ、バランスをもってその人の性格と強みや弱みを判別する。

- ①: 誠実性 (勤勉性) ②: 調和性 (協調性)
- ③: 開放性 (チャレンジ力)
- ④: 神経症 (情緒不安定, 感情的)
- ⑤: 外向性 (社交的)

5. 1 性格診断による実験者のミスの個数の関係

図11と図12より性格診断実施者が2020年度は7名、2021年度は6名とデータは少なく考察は難しいが、誠実性と調和性の高い人はミスが少ない傾向にある。ビッグ・ファイブ理論では誠実性の高い人は粘り強く取り組み、完璧主義である傾向が強く、調和性の高い人は冷静である傾向が強い。ミスの多い人はいろいろな要因が絡み合っているが、基本的に誠実性が低い傾向にある。また図12のCのように誠実性が高くても調和性が低い場合はミスが多いことも注意すべきことである。

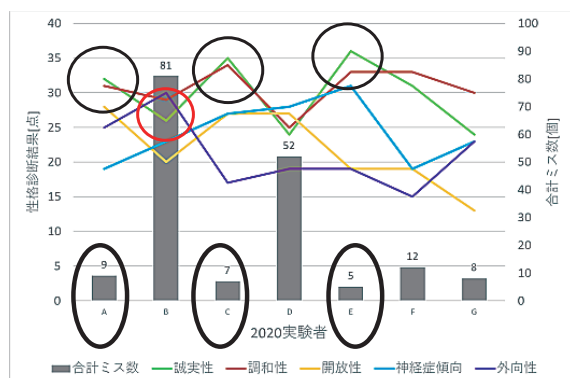


図11. 2020年度 性格診断からのミスの合計

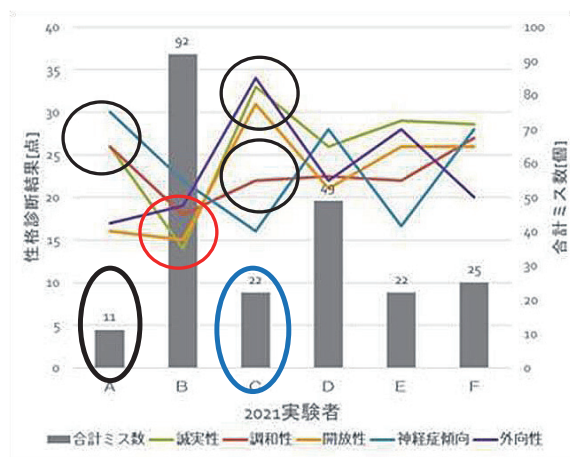


図12. 2021年度 性格診断からのミスの合計

5. 2 実験者のミスの発生率の関係

客室整備時のマスク収納作業におけるミスの発生率はおおよそ1%と考えると、図13、図14より極端にミスの多い被験者を除いても発生率は約1～2%の範囲で、整備現場を模擬できており今回の実験結果は妥当であると判断する。

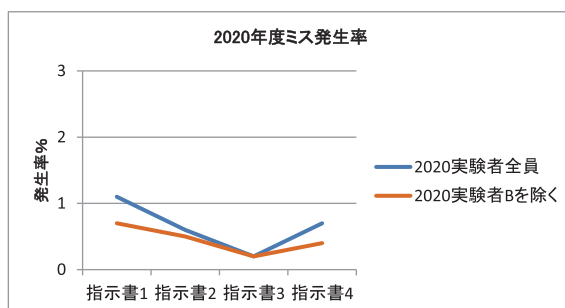


図13. 2020年度 ミスの発生率

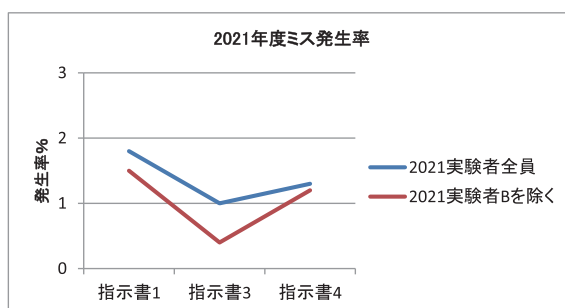


図14. 2021年度 ミスの発生率

5. 3 2020年度と2021年度の実験者全員とミスの多い実験者Bを除いた場合

実験者Bを除いてミスの数値は減少しているが、ミスを誘発する傾向にあまり変化はない。

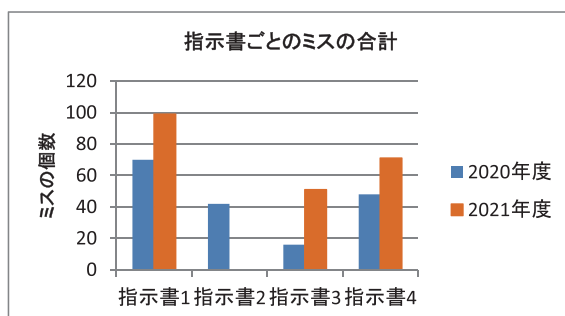


図15. 指示書ごとのミスの合計

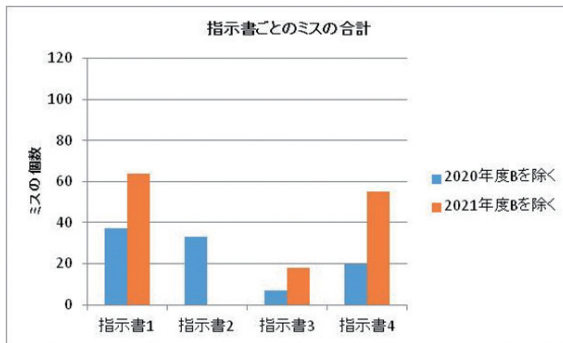


図16. 実験者 B を除いた指示書ごとのミスの合計

5. 4 実験者と平均作業時間の関係

図17と図18よりミスが少ない人も、ミスが多い人も作業時間に相関は見られない。

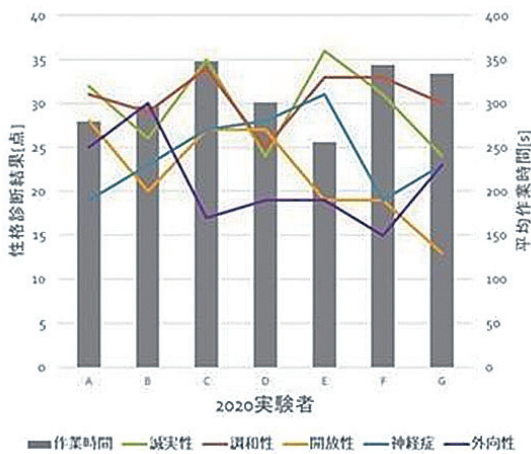


図17. 2020年度 実験者と平均作業時間

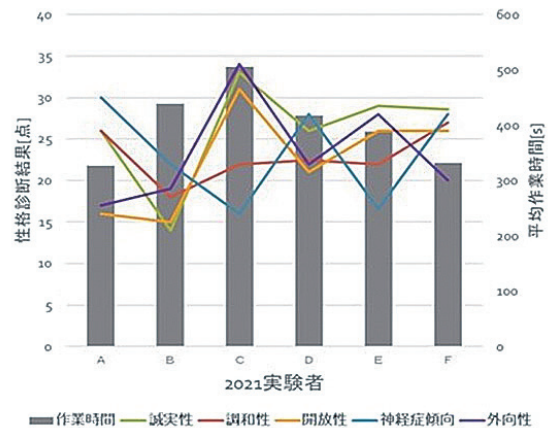


図18. 2021年度 実験者と平均作業時間

5. 5 作業時間とミスの個数の関係

2020年度と2021年度を比較すると被験者の作業時間とミスの個数に特に相関は見られない。

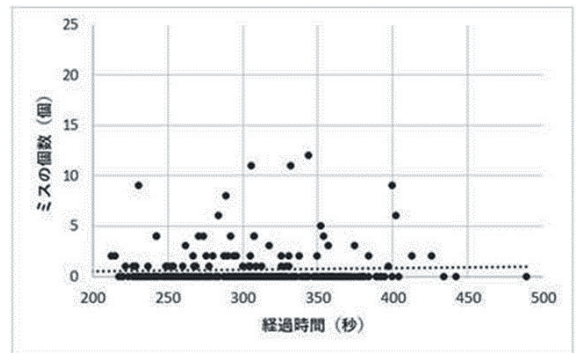


図19. 2020年度 作業時間とミスの個数の関係

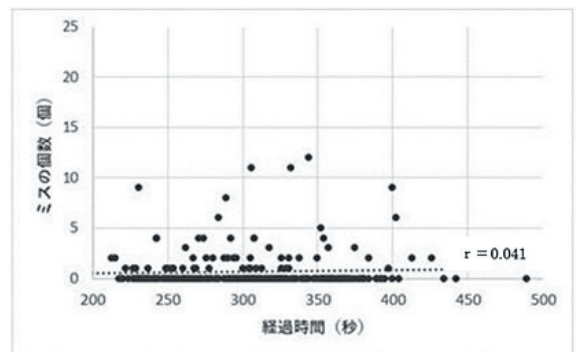


図20. 2021年度 作業時間とミスの個数の関係

6. まとめと今後の課題

6. 1 まとめ

①作業指示書については、文字や記号の表記の仕方が分かりにくいことや不明確な場合はミスを誘発しやすい。改善策としては、文字や記号の大きさを変え、適切な間隔をあける等の対策が必要である。また作業指示書に色を付けるとミスは少なくなることも分かったので、作業の現場では写真付きの注意喚起情報と色を付けた作業指示書の両方を使用することが対策の一つと考える。

②コンディションについては、睡眠不足は集中力が低下して多くのミスを誘発しており、作業前には十分な睡眠が必要である。また空腹時にミスが少ないのは、空腹時は記憶力と集中力が高まると言われている。3年間で同じ結果が得られたことは、ミスを誘発するのではなく抑制する傾向にあることが分かったが、作業者の体調を考えると空腹での作業は推薦できない。

③現場の温度環境については、高気温では注意力が散漫になり作業に集中できずにミスを誘発しているが、現場の環境は適温で作業することはほとんどない。現場リーダーの判断で作業者の体調を考慮し、休憩時間を頻繁にとることが有効である。ただし適温でもミスが多い結果が出た。適温であってもコンディションが悪いとミスを誘発すると考えられ、温度環境に関係なく、体調維持の基本となる睡眠がミスと深く関係していると考ええる。

④作業の慣れについては、この実験からは慣れてくるとミスは減少傾向になることはある程度分かった。慣れによるミスの増加は確認できなかったが、慣れについては

十分に注意が必要である。

⑤性格診断から判断すると、誠実性（勤勉性）と調和性（協調性）の2つの性格を兼ね備えた人はミスが少ない傾向にあるため、このような人材を現場に集めることが理想である。ただし現実的には無理があるため、特に広範囲の単純作業前には、現場リーダーによる作業者に対しての作業内容、作業の重要性について指導、教育が必要である。またリーダーが作業中に作業者全員に気を配るマネジメント能力も必要である。

6. 2 今後の課題

過去3年間のデータをまとめたが、今後は慣れによるミスの傾向、実験の支援者に作業を依頼するときの作業依頼の方法によるミスの傾向、作業途中で中断し対面で口頭のみで申し送りを実施したときと申し送りシートを使用したときのミスの傾向などを研究課題としたい。

7. 謝辞

本研究のために、献身的に協力してもらった、船山研究室の2019年度から2021年度の学生および実験協力者に対して感謝する。

参考文献

- [1] 渡利邦宏, ヒューマンファクターの基礎, 2002. 8 発行
- [2] 自身の「強み」と「弱み」は紙一重? ビッグファイブで自身の特性を把握, https://manager-life.net/oyakudachi/thought_mindset/post_2431/, 2019. 7最終更新, 2021. 11. 28アクセス

〔論 文〕

1 m × 1 m 風洞における空気力計測*

イユジョン^{*2}, 清水 健太^{*2}, 田原 久雄^{*3}, 中山 周一^{*4}

Aerodynamic Force Measurement in the NBU 1 m × 1 m Wind Tunnel*

Lee YOOJOUNG^{*2}, Kenta SHIMIZU^{*2}, Hisao TAHARA^{*3}, Shuichi NAKAYAMA^{*4}^{*2,*3,*4}Department of Aerospace Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University

Abstract

This paper describes the aerodynamic force measurements system in the NBU 1 m × 1 m wind tunnel as of Japan Fiscal Year 2021 and its test trial results in JFY 2021. Although the sting type six component force measurement system was introduced in JFY 1998 (1999/3), its data recording PC and servo motor to change pitch angle were found to be inoperative in JFY 2021. In order to make the force measurement system operational, a state-of-the-art data logger was introduced and a sting pitch angle deflection system was modified to a simple manual jack up system.

キーワード：風洞試験, 6 分力

Keywords : wind tunnel testing, six component aerodynamic force

1. はじめに

本報告では、2021年度に実施した 1 m × 1 m 風洞での力計測結果を報告する。本学の 1 m × 1 m 風洞は、2021 年度時点、学生実験（航空工学実験 1 での圧力分布計測）や卒業研究（フラッター関連）で用いられているが、力計測については 2003 年の吉永らの紀要報告¹⁾以降の記録がない。

2021 年度に著者の一人である中山が着任後、吉永らの

紀要報告で用いられた 1 m × 1 m 風洞のスティング型力計測装置の状況を確認したところ、データ記録に使われたと思われるパソコンは起動できたものの、データ収録に使われたはずのプログラム／ソフトウェアを確認することができなかった。また、試験模型を支持するスティングの変角装置は制御器にエラーコードが表示され、作動不能状態であった。

このように非稼働状態にあった力計測装置を稼働状態に戻すために実施した調査検討と復旧後の試計測結果について報告する。

*2022年6月15日受理

*2 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 学部生

*3 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 技術員

*4 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 教授

吉永らの報告¹⁾の参考文献には「紀要投稿予定」として「低速風洞用6分力試験装置」が列挙されているが、未投稿である。今回の現況調査では、以前の具体的研究状況がよくわからず苦慮したところが多々あり、この「低速風洞用6分力試験装置」が紀要投稿されていれば、状況は改善できたのではないと思われる。この教訓から「低速風洞用6分力試験装置」に記載されていたであろう、具体的な設備状況も本報告に記載することとした。

2. スティングカート・6分力計測装置

吉永ら¹⁾が力計測に用いたスティングカートを図1に示す。同カートの製造者は、三菱重工系の中菱エンジニアリング株式会社である。

スティングの先端には図2に示す6分力天秤が装着されている。天秤は3軸の力とモーメントのいわゆる6分力についてブリッジ回路を構成している。



図1. スティングカート全景

ブリッジ回路の端子間の抵抗を、図1に示すカートのコネクタ部にて、テスターで計測した結果、Ch6(Fz)以外は、一般的な120[Ω]のゲージとして正常な抵抗値が確認できた。入力同士、出力同士を計測した場合は「120[Ω]×2の並列」で120[Ω]、入力と出力を計測した場合は「120[Ω]×3と120[Ω]の並列」の90[Ω]となる。

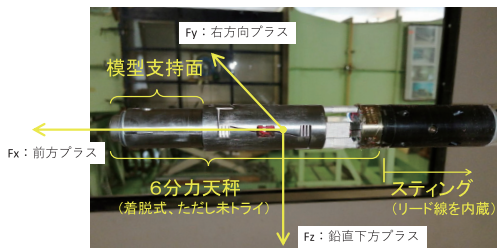
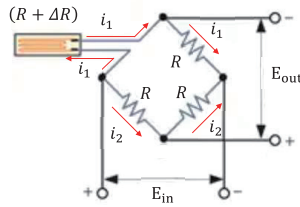
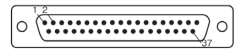


図2. 6分力天秤



注) 左図はアクティブゲージを1つで図示しているが、実際の天秤ゲージは4アクティブ法

* 表中の番号は以下のD-sub37のコネクタ番号



CH1(FX)	1*	2*	20*	21*	CH4(MX)	7*	8*	26*	27*
1*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω	7*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω
2*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω	8*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω
20*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω	26*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω
21*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—	27*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—
CH2(FY)	3*	4*	22*	23*	CH5(MY)	9*	10*	28*	29*
3*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω	9*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω
4*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω	8*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω
22*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω	28*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω
23*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—	29*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—
CH2(FZ)	5*	6*	24*	25*	CH6(MZ)	11*	12*	30*	31*
5*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω	11*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω
6*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω	12*	120 Ω	—	100 Ω	100 Ω
24*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω	30*	90 Ω	100 Ω	—	120 Ω
25*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—	31*	90 Ω	100 Ω	120 Ω	—

図3. 天秤端子間抵抗計測結果

実際のゲージは4アクティブゲージであるが、ブリッジ回路の4つの抵抗のうち、1つが荷重の作用により、抵抗値が $R + \Delta R$ に変化した場合について考える。2つの入力側経路のうち、抵抗変化が発生した側の経路を流れる電流を i_1 、反対側を i_2 とすると、入力電圧は、

$$E_{in} = i_1(R + \Delta R) + i_1 R = i_2 R + i_2 R$$

で表される。これから i_1 、 i_2 を求めると、

$$i_1 = \frac{E_{in}}{2R + \Delta R}, \quad i_2 = \frac{E_{in}}{2R}$$

となる。一方、 i_1 、 i_2 により出力電圧は

$$E_{out} = i_2 R - i_1 R = -i_2 R + i_1(R + \Delta R)$$

と表されるので、抵抗変化が発生していない経路を表す最初の式に i_1 、 i_2 を代入すると、

$$E_{out} = \frac{E_{in}}{2R} R - \frac{E_{in}}{2R + \Delta R} R = \frac{\Delta R}{2(2R + \Delta R)} E_{in}$$

が得られる(反対側の経路について計算しても同じ結果となる)。荷重作用によるわずかな抵抗変化をとらえるとの意図から、 $\Delta R \ll R$ を仮定し、

$$E_{out} = \frac{\Delta R}{4R} E_{in}$$

とする。このようにブリッジ回路により抵抗変化 ΔR に比例した出力電圧が得られる。後述するシグナルコンディショナがブリッジ回路に印加電圧 $E_{in} = 4[V]$ を供給し、同時に出力電圧 E_{out} を取り込んでいる。

各軸方向に単位荷重を作用した時の出力電圧はゲージ

が貼付されているエレメントの剛性により異なり，単位荷重に対する電圧の比率は天秤検定により取得される。今回天秤検定は行わず，付録Bに示すカート導入時の天秤検定データを用いることにした。ただし，シグナルコンディショナを接続した状態で，天秤に3分力方向の力を手で加え， F_x は風洞上流方向がプラス， F_y は機体右方向がプラス， F_z は鉛直下向きがプラスであることを確認している。

天秤はスティングに固定されているので，計測される力は風軸²⁾での揚力や抗力ではなく，風洞模型の機体軸²⁾での6分力である。

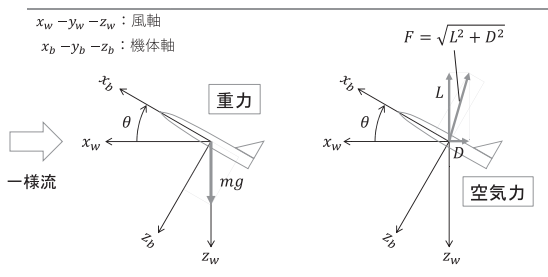


図4. 計測座標系

頭上げをピッチ角プラスとすると，自重は

$$\begin{cases} F_z = mg \cos \theta \\ F_x = -mg \sin \theta \end{cases}$$

となり，風軸の揚力と抗力で表した空気力は

$$\begin{cases} F_z = -L \cos \theta - D \sin \theta \\ F_x = -D \cos \theta + L \sin \theta \end{cases}$$

となる。天秤には重力と空気力の両方が計測されるので，揚力や抗力を評価するためには，模型に加わる重力をテアロード²⁾として差し引いたうえで，機体軸から風軸へ座標変換する必要がある。

カートのコネクタ部からD-subケーブルが計測室内に引き込まれ6個の共和電業製シグナルコンディショナ(CDV-700A)に接続されていた。1つのCDV-700Aが6分力のうちの1分力に対応している。シグナルコンディショナの出力は，図5に示すBNC端子台につながり，このBNC端子台がデスクトップPCの拡張ボードに繋がっていた。したがって，このデスクトップPCでデータ処理を行っていたはずである。ただし，このPCは起動できOSはWindows98であることは確認できたものの，風洞試験データ処理に使われたプログラム類は確認することができなかった。

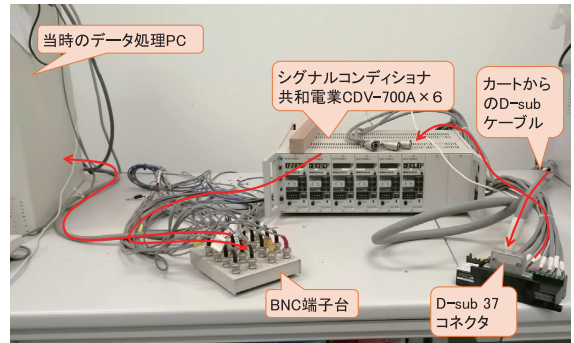


図5. 吉永らによるデータ記録系

以上から，導入当時のデスクトップPCに代わるデータ記録装置が必要となる。導入時と同様な専用プログラムを実装したパソコンを手当する場合，費用が高額になる他にも難点があると考えた。本学では数年ごとに交代する教員が多いという事情がある。専用設備化された実験装置は，導入当時の教員が退職すると使用頻度が下がる，もしくは使用されなくなることが懸念される。吉永以降，力計測の記録がないのはこのような事情の影響が大きいと思われる。使用頻度が下がることは，実験装置は死蔵化・休眠化につながり，休眠期間が長くなると，使用不能な事態に陥りやすい。

そこで，データ記録装置は1 m × 1 m 風洞の力計測用専用設備とするのではなく，他の用途にも使える汎用のデータロガーとしてキーエンス製NR-Xシリーズを選定した。他用途も含め同じデータロガーを使うことで，使用頻度が高くなり実験活動が活性化することが期待される。他の案として，パソコン上にLabviewによるデータ記録システムを構築する案も検討したが，Labviewをプログラミングする必要がある「すぐに使える」ためにはデータロガーの方がよいと考えた。

試験を支持するスティングの変角装置について述べる。図6は，スティング角度変更に用いられるカート上部のサーボモータとボールスクリューである。モータ軸の歯車がボールスクリュー側の歯車を回転させてストラットが上下に変位しストラットに取り付けられたアームとリンクを動かすことで，風洞計測部の模型上下位置を保持したままスティングを傾斜させる仕組みとなっている。その仕組みを図7に示す。ストラットの上下変位を拘束する固定ピンがカート上部のガイド部にあり，水平以外のスティング角度に変角する際には，固定ピンを外す必要がある。駆動モータは，意図した角度に合わせ

ることができ、その角度で保持できる機能を持ったサーボモータが使われている。

ただし、付録 A に示すようにサーボモータは作動不能状態であり、吉永らの当時状況を復元するには100万円以上の経費が必要であることが判明したため、安価に代替する手段を検討した。

サーボモータを外してアームを油圧ジャッキで上下させる方法を試したところ、問題なく動かすことができたので本方式を採用した。この状態で次項に示す試計測に臨んだ。スティング角度を計測するポテンシオメータのラインはモータ制御装置のラインと一体化されているようなので今回は故障探求を行わなかった。ピン固定時のスティング角度は水平であることは確認されていたが、水平以外の角度に動かした場合に、その角度が何度になっているか計測する手段はなかった。

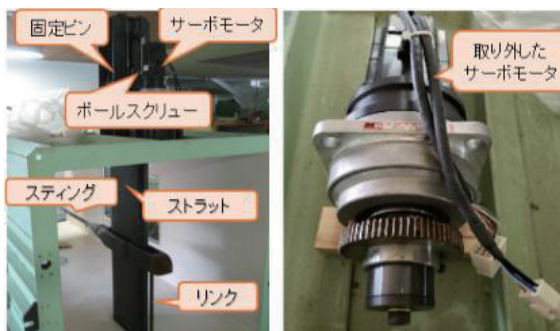


図6. サーボモーターとボールスクリュー

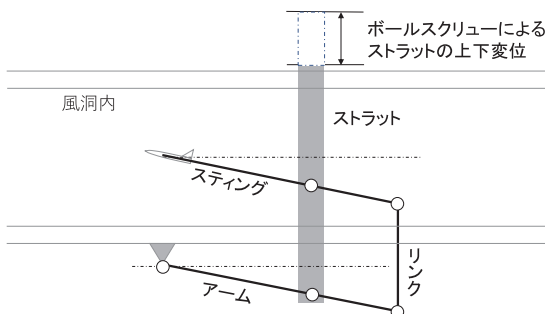


図7. 変角装置の仕組み

試計測の後に行ったスティングの角度の測定方法の検討結果について述べる。図8に示す分度器をアームに取り付けスティングの角度を読みとる方法を採用した。カートの図面から、スティングとアームが平行になっていることを確認し、アームの角度を測定することでス

ティングの角度も測定することができる。水準器をアームに置き水平になっていることを確認し、分度器の90度の位置に重りを付けたタコ糸が一致するように分度器をアームに取り付けた。

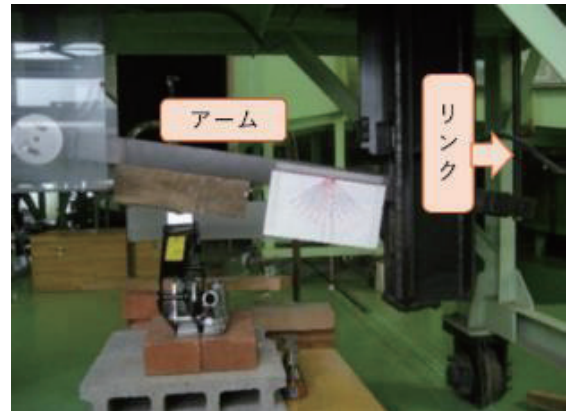


図8. ジャッキによる変角と角度計測

3. 風洞試験模型

試験模型は1 m × 1 m 風洞に保管されていた図9に示す SST (SuperSonic Transport, 超音速機) 模型を用いた。本模型の重量は4.4[kgf]で、6 分力天秤に装着可能となっており、その際に天秤位置は、本模型の縦方向重心位置辺りになる。本報告では空力係数への変換等はい行わないため、翼面積等の諸元は省略する。

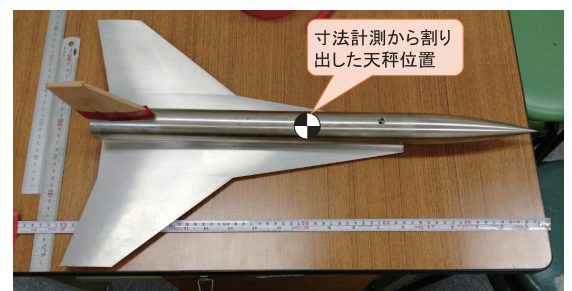


図9. 風洞試験模型

4. 試計測結果

2022/02/16に実施した最初の試計測の状況を図10に示す。

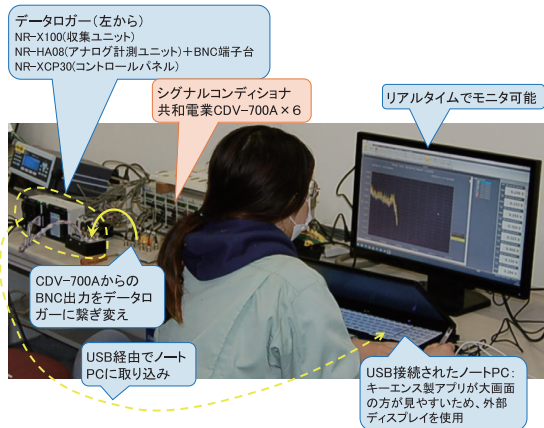


図10. データロガー使用状況

マニュアル等を事前に勉強することなく試計測に臨んだが、図10に示すようにUSB接続したパソコンからキーエンス製アプリを使うことで特に問題なくデータロガーの操作を行えた。

データロガーへの接続は、図5に示す吉永らの状態を踏襲し、シグナルコンディショナ (CDV-700A) の出力をアナログ計測ユニット (NR-HA08) に取り込んだ。その理由は不明であるが、吉永らの計測ではシグナルコンディショナ (CDV-700A) からBNC端子台に接続する段階で、ひとつの分力チャンネルがHとLに分岐されている。今回もそれを踏襲しチャンネル配置は表1とした。そのほか、シグナルコンディショナ (CDV-700A) の設定は変更しておらず、吉永らの計測当時のまとなっている。データロガーのデータ取り込み設定は、全チャンネル、レンジ±5[V]、サンプリングレートは100[ms]である。

表1. チャンネル設定

NR-HA08	BNCケーブルのマーキング
Ch1	CH0L(Fx-L)
Ch2	CH0H(Fx-H)
Ch3	CH1L(Fy-L)
Ch4	CH1H(Fy-H)
Ch5	CH2L(Fz-L)
Ch6	CH2H(Fz-H)
Ch7	CH3L(Mx-L)
Ch8	CH3H(Mx-H)

csvフォーマットで書き出した試験結果をexcelでグラフ化したデータロガーに記録された電圧値の計測結果

を図11に示す。

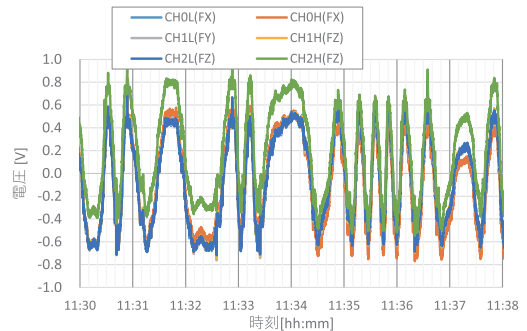


図11. 試計測結果 (電圧値)

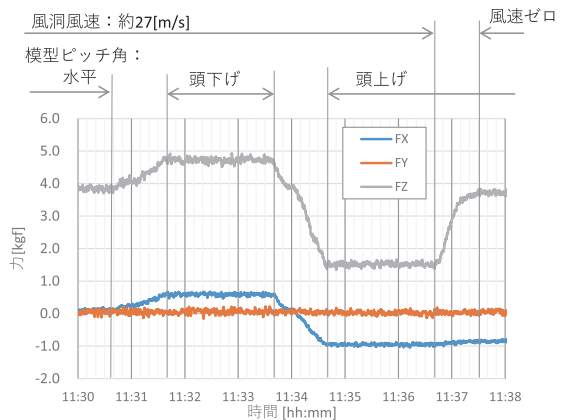


図12. 試計測結果 (3分力)

図11に示す電圧値において、各チャンネルの“H”と“L”の差分をとるとノイズが大きかったため、電圧値1[s]間隔で移動平均をとった後に“H”と“L”の差分を取り、導入時に取得された天秤検定による天秤係数により物理量(力)に変換した結果を図12に示す。天秤検定結果を付録Bに示す。

風速データ、姿勢角データはオンライン化されておらず、データロガーには取り込まれていない。風洞風速は風洞に設置されたピトー管の差圧 Δp をベンツ型マンオメータで読み取った。

$$\Delta p = \rho_w g \Delta h = \frac{1}{2} \rho V^2$$

Δh は表2に示すマンオメータの読み、 ρ_w は水の密度(998[kg/m³])、 g は重力加速度である。空気密度は、空気の気体定数 $R=287$ [J/Kg-K]と状態方程式から次のように求められるので、

$$p = \rho RT \rightarrow \rho = \frac{p}{RT}$$

上記2式から風洞風速は

$$V = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{2\rho_w g \Delta h \left(\frac{RT}{p}\right)}$$

にて計算される。当日の試験記録としてマノメータの読みは記録したものの、気温と気圧を記録し忘れたので、代替手段として気象庁による2022/02/16の11:30頃の大分市の気温6.9[℃]と気圧 $p = 1018$ [hPa]を代入し約27[m/s]を得る。

図8に示す分度器による姿勢角計測は試計測時点未実施であったため、正確な姿勢角は不明であり、 $\theta_1 < 0$ (頭下げ)、 $\theta_2 > 0$ (頭上げ)と表記している。データ取得時の模型の状況を図13に示す。

表2. 試験条件

時刻	マノメータ読み	姿勢角
11:28:30	47.0[mm]	水平
~11:30:40	—	水平
~11:31:40	—	水平→ θ_1
~11:33:40	—	θ_1 保持
~11:34:40	—	$\theta_1 \rightarrow \theta_2$
~11:36:40	—	θ_2 保持
~11:34:40	46.8[mm]→風洞停止	同上
~11:37:30	停止	同上



図13. 試計測時のピッチ角

図12の計測結果は、模型に加わる重力と空気力の両方を含んでいる。本来は、重力のみを計測した結果により、空気力だけを表すようテアロード処理²⁾をおこなうべきだが、今回は未実施である。左右対称の模型形状から、 F_y は終始ほぼ0[kgf]となっていることが確認できる。 F_x と F_z の計測結果について、時間順に以下にのべる。

初期状態から11:31:40までは、ピッチ角はゼロである

ことから空気力は小さく重力が支配的になると考えられ、 F_z は模型自重4.4[kgf]に近い値を示している。

11:30:40から11:31:40までの頭下げ変化(風洞風速一定)により、鉛直下向きの空気力(揚力)が発生するとともに、自重成分の内訳が変化する。 F_z に対する自重の変化は余弦(cos)成分となるため小さく、 F_z の約1[kgf]増加は主に空気力の寄与によるものと考えられる。逆に、 F_x に対する自重の変化は正弦(sin)成分となるので、 F_x の約0.8[kgf]増加は主に自重成分が前向きによるもので、空気力(抗力)の寄与は小さいと考えられる。

11:33:40から11:34:40までの頭上げ変化(風洞風速一定)は頭下げ変化の逆となり、 F_z の約3.5[kgf]減少は鉛直上向きの空気力変化、 F_x の約1.9[kgf]減少は自重の後ろ向き成分によるものと考えられる。

11:36:40から11:37:40まで風洞運転停止(姿勢角は頭上げで一定)では自重成分には変化がなく空気力だけが変化する。 F_z の2.5[kgf]増加は鉛直上向き(F_z としてはマイナス成分)の揚力がなくなった効果、 F_x の0.1[kgf]増加は後ろ向きの抗力(F_x としてはマイナス成分)が無くなった効果によるものと考えられる。

5. まとめ

今回の試計測の結果、模型ピッチ角の変化、風洞風速の変化に対し整合する力計測結果が得られており、力計測の本格再稼働に向けた最初の段階をクリアできた。

新たに導入したデータロガーは、マニュアル等を事前に勉強することなく学生でもすぐに使えた。専用設備ではなく汎用性の高い実験設備により、休眠化・死蔵化を回避するとの意図は達成されたと考える。

ただし、空気力計測による研究活動を本格化させるためには、数多くの要検討事項が残っている。主要な検討課題を列挙しておく。

- ・天秤ブリッジ回路の抵抗計測結果からch6(Mz)は壊れている可能性が疑われ、ch6(Mz)の計測データの精査が必要
- ・重力のみのデータ取得とテアロード処理
- ・機体座標系ではなく、風洞軸に変換(揚力・抗力)したうえで評価
- ・風洞風速、スティング角度のデータロガーへの取り込み等

参考文献

- 1) 吉永崇, 森健, 矢ヶ部純一, 短い回転楕円体鈍頭円柱の空力特性, 日本文理大学紀要 vol. 31, no. 2 (2003. 10)
- 2) 進藤章二郎, 低速風洞実験法, コロナ社, 1992, pp. 17-19, p. 54
- 3) 気象庁過去の気象データ <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

サーボモータ

現行品: SGMP-04AWJ46B

相当品: SGM 7 P-04A 7 AH76C

サーボバック

現行品: SGDA-04AP

相当品: SGD 7 S-2 R 8 A00A

ただし、サーボモータの取付互換性なし、エンコーダ分解能が24bitに向上、保持ブレーキ電圧がDC24Vへ変更されている。相当品の見積価格は約50万円であり、設置工事及び付属品を考慮すると100万円を超過するのは間違いない。

付録 A. スティング変角装置の現況調査結果

スティング角度は、図14に示す変角装置制御盤で制御することとなっており、サーボモータ及びサーボバック（制御器）は安川電機製である。今回の調査では、この制御盤からモータを作動させることはできなかった。

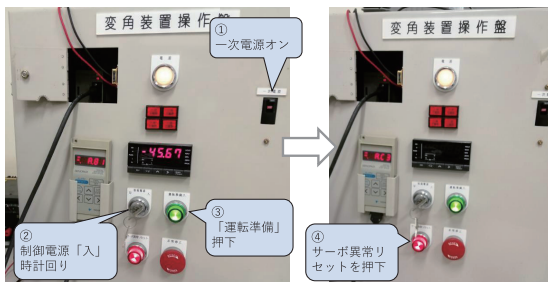


図14. スティング変角装置現況

「一次電源: オン」→「一次電源: 入」→「制御電源: オン」→「運転準備」により「A. 81」表示, 「サーボ異常リセット」が点灯（赤）となる。その状態から「サーボ異常リセット」を「押下」操作すると、表示が「A. 81」から「A.C 3」に変わる。

TS-S800-15E(シリーズ SGM □ / SGDA ユーザーズマニュアル) によると「A. 81」「AC. 3」共にエンコーダに関するエラーで、同じく TS-S800-15E にあったエンコーダ用の電池の交換とエンコーダの「初期化」を実施するも、前記症状は変わらなかった。

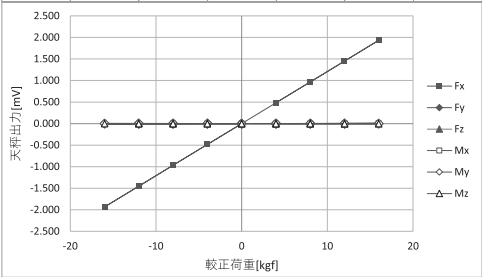
この状況を安川電機の代理店に相談したところ、サーボモータとサーボ制御器（サーボバック）の更新を推奨された。ただし、同一品は現在入手不可であり、安川電機のコンタクトセンターから情報提供を受けた相当品は次となる。

付録 B. 天秤係数

導入当時の天秤検定結果を収録しておく。

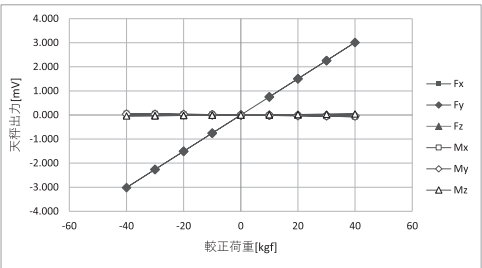
Fx

校正荷重	天秤出力					
[kgf]	[V]					
Fx	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
4	0.483	-0.001	-0.002	0.002	0.001	0.000
8	0.967	-0.001	-0.003	0.004	0.001	0.000
12	1.451	-0.002	-0.005	0.007	0.002	0.000
16	1.935	-0.003	-0.006	0.009	0.003	0.000
12	1.452	-0.002	-0.004	0.007	0.002	0.000
8	0.968	-0.001	-0.003	0.004	0.001	-0.001
4	0.484	-0.001	-0.002	0.002	0.001	-0.001
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
-4	-0.483	-0.001	0.002	-0.002	0.001	0.000
-8	-0.966	-0.001	0.003	-0.004	0.001	0.000
-12	-1.452	-0.002	0.005	-0.007	0.002	0.000
-16	-1.934	-0.003	0.006	-0.009	0.003	0.000
-12	-1.453	-0.002	0.004	-0.007	0.002	0.000
-8	-0.967	-0.001	0.003	-0.004	0.001	-0.001
-4	-0.484	-0.001	0.002	-0.002	0.001	-0.001
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
係数	8.26873 [kgf/mV]					
零点	-0.00052 [kgf]					



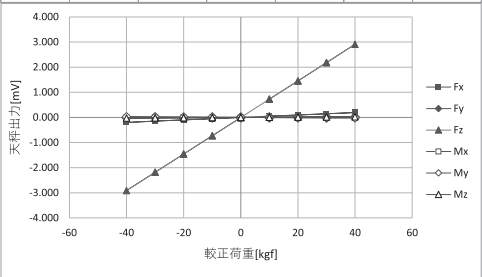
Fy

校正荷重	天秤出力					
[kgf]	[V]					
Fy	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
10	-0.004	0.753	0.000	-0.018	-0.009	0.011
20	-0.005	1.507	0.001	-0.034	-0.018	0.021
30	-0.007	2.262	0.001	-0.051	-0.028	0.031
40	-0.007	3.016	0.002	-0.067	-0.037	0.042
30	-0.007	2.263	0.001	-0.050	-0.028	0.031
20	-0.005	1.509	0.001	-0.034	-0.019	0.021
10	-0.003	0.755	0.000	-0.017	-0.010	0.011
0	-0.001	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.001
-10	0.004	-0.754	0.000	0.017	0.009	-0.010
-20	0.008	-1.508	-0.001	0.032	0.018	-0.020
-30	0.014	-2.263	-0.001	0.048	0.027	-0.031
-40	0.020	-3.017	-0.002	0.065	0.036	-0.040
-30	0.013	-2.264	-0.001	0.048	0.027	-0.030
-20	0.008	-1.510	-0.001	0.032	0.018	-0.020
-10	0.004	-0.756	0.000	0.016	0.009	-0.010
0	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
係数		13.25820 [kgf/mV]				
零点		0.00663 [kgf]				



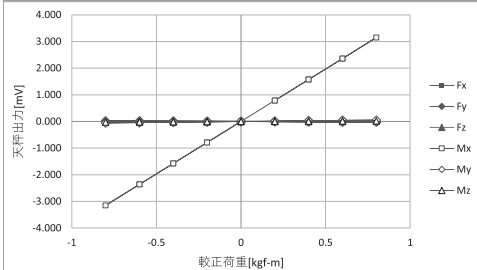
Fz

校正荷重	天秤出力					
[kgf]	[V]					
Fz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
10	0.048	0.005	0.727	-0.002	-0.004	0.007
20	0.097	0.009	1.454	-0.004	-0.007	0.013
30	0.145	0.014	2.182	-0.006	-0.011	0.019
40	0.193	0.019	2.909	-0.008	-0.014	0.025
30	0.146	0.014	2.182	-0.007	-0.010	0.019
20	0.097	0.009	1.455	-0.004	-0.007	0.013
10	0.049	0.004	0.728	-0.002	-0.004	0.007
0	-0.001	0.000	0.001	-0.001	-0.001	0.001
-10	-0.050	-0.005	-0.727	0.002	0.004	-0.006
-20	-0.100	-0.009	-1.454	0.004	0.008	-0.012
-30	-0.149	-0.014	-2.182	0.006	0.011	-0.018
-40	-0.199	-0.019	-2.910	0.007	0.015	-0.025
-30	-0.149	-0.014	-2.183	0.006	0.011	-0.019
-20	-0.100	-0.010	-1.456	0.004	0.007	-0.012
-10	-0.050	-0.005	-0.728	0.002	0.004	-0.006
0	0.000	-0.001	-0.001	0.000	-0.001	0.000
係数			13.74764 [kgf/mV]			
零点			0.00258 [kgf]			



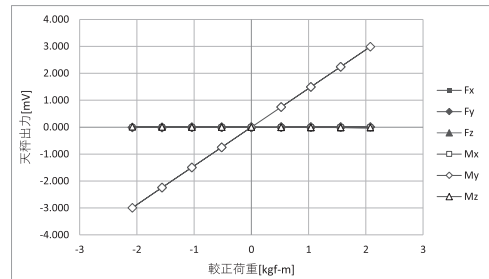
Mx

校正荷重	天秤出力					
[kgf·m]	[V]					
Mx	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
0.2	-0.008	-0.006	0.001	0.787	0.013	0.006
0.4	-0.016	-0.012	0.002	1.574	0.027	0.012
0.6	-0.026	-0.018	0.003	2.361	0.040	0.017
0.8	-0.036	-0.024	0.004	3.149	0.053	0.023
0.6	-0.026	-0.018	0.003	2.362	0.040	0.018
0.4	-0.017	-0.012	0.002	1.576	0.026	0.012
0.2	-0.008	-0.006	0.001	0.788	0.013	0.006
0	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
-0.2	0.007	0.006	-0.001	-0.787	-0.013	-0.006
-0.4	0.012	0.012	-0.002	-1.574	-0.027	-0.011
-0.6	0.018	0.018	-0.004	-2.363	-0.040	-0.017
-0.8	0.022	0.024	-0.005	-3.149	-0.054	-0.022
-0.6	0.017	0.018	-0.004	-2.362	-0.040	-0.017
-0.4	0.012	0.012	-0.002	-1.577	-0.027	-0.011
-0.2	0.006	0.006	-0.002	-0.789	-0.014	-0.005
0	-0.001	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000
係数				0.25401	[kgf/mV]	
零点				0.00006	[kgf]	



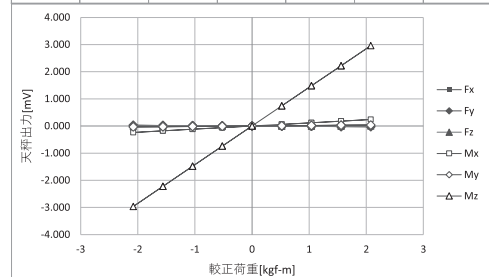
My

校正荷重		天秤出力					
[kgf-m]	[V]						
My	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
0.52	-0.003	0.002	-0.006	0.001	0.748	-0.003	
1.04	-0.007	0.004	-0.011	0.001	1.496	-0.005	
1.56	-0.012	0.006	-0.016	0.002	2.244	-0.008	
2.08	-0.018	0.008	-0.022	0.003	2.992	-0.010	
1.56	-0.012	0.006	-0.016	0.002	2.244	-0.008	
1.04	-0.007	0.004	-0.011	0.001	1.496	-0.005	
0.52	-0.003	0.002	-0.006	0.001	0.748	-0.002	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.001	
-0.52	0.002	-0.002	0.005	-0.001	-0.747	0.003	
-1.04	0.004	-0.004	0.011	-0.002	-1.496	0.006	
-1.56	0.004	-0.006	0.016	-0.003	-2.244	0.009	
-2.08	0.003	-0.008	0.022	-0.004	-2.993	0.012	
-1.56	0.004	-0.006	0.017	-0.003	-2.244	0.009	
-1.04	0.004	-0.004	0.011	-0.002	-1.496	0.006	
-0.52	0.002	-0.002	0.006	-0.001	-0.748	0.004	
0	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.001	0.001	
係数	[kgf-m/mV]					0.69516	
零点	[kgf-m]					0.00000	



Mz

校正荷重		天秤出力					
[kgf-m]		[V]					
Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
0.52	0.007	-0.007	0.000	0.059	0.009	0.740	
1.04	0.014	-0.013	0.001	0.119	0.017	1.481	
1.56	0.022	-0.020	0.001	0.178	0.026	2.221	
2.08	0.029	-0.026	0.001	0.238	0.035	2.961	
1.56	0.021	-0.020	0.001	0.178	0.026	2.221	
1.04	0.014	-0.013	0.001	0.119	0.017	1.481	
0.52	0.007	-0.006	0.000	0.060	0.009	0.741	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
-0.52	-0.007	0.007	0.000	-0.058	-0.009	-0.740	
-1.04	-0.013	0.013	-0.001	-0.118	-0.018	-1.481	
-1.56	-0.018	0.020	-0.002	-0.178	-0.026	-2.222	
-2.08	-0.024	0.026	-0.003	-0.237	-0.035	-2.963	
-1.56	-0.019	0.020	-0.002	-0.178	-0.026	-2.222	
-1.04	-0.013	0.013	-0.001	-0.119	-0.018	-1.481	
-0.52	-0.006	0.007	-0.001	-0.059	-0.009	-0.741	
0	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	-0.001	
係数	[kgf-m/mV]					0.70223	
零点	[kgf-m]					0.00022	



〔論 文〕

往復動圧縮機における状態把握のための周期性計測*

福島 学^{*2}, 伊藤 毅登^{*3}, 沖田 和久^{*4}, 林 友哉^{*4}, 近藤 善隆^{*5}, 手島 祐二^{*5}

Periodicity Measurement for Condition Monitoring in Reciprocating Compressors*

Manabu FUKUSHIMA^{*2}, Taketo ITO^{*3}, Kazuhisa OKITA^{*4}, Yuya HAYASHI^{*4},
Yoshitaka KONDO^{*5}, Yuuji TESHIMA^{*5}

^{*2, *3}Department of Media Technologies, School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*4}Department of Environmental Engineering and Applied Information Science,
Graduate School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*5}J-TEC Co., Ltd.

Abstract

Reciprocating compressors used in chemical plants to compress gases and transport them to the production site are the most important equipment for operations. This equipment must be kept in safe operating condition. For this reason, TBM (time based maintenance), in which repairs are made at regular intervals, is used. However, the amount of load applied to the equipment varies depending on the operating conditions. As a result, malfunctions may occur earlier than expected. Conversely, if the time interval is made too short, maintenance is performed even though the equipment is in a less deteriorated state, which not only increases maintenance costs but also reduces production volume due to the time that the equipment is out of operation. Therefore, CBM (condition based maintenance), in which repairs are performed according to the condition of the equipment, is required. This research aims to realize CBM. In this paper, we attempted to accurately detect the period of measurement signals. As a result, it was found that the accumulated deterioration status of the equipment and the recovery status by periodic repairs can be obtained. It was also confirmed that it is possible to obtain the operating status of the engine, which is a similar device.

*2022年6月15日受理

^{*2}日本文理大学工学部情報メディア学科 教授

^{*3}日本文理大学工学部情報メディア学科 学部生

^{*4}日本文理大学大学院工学研究科環境情報学専攻 大学院生

^{*5}(株)ジェイテック

キーワード：往復動圧縮機, TBM (time based maintenance), CBM (condition based maintenance), 周期検出

Keywords : reciprocating compressors, TBM (time based maintenance), CBM (condition based maintenance), period term detection

1. はじめに

工業分野において、回転運動を動力源とすることが多い。例えば、気体を使用する化学プラントにおいて、効率良く気体を供給するために、往復動圧縮機にて気体を圧縮する方法がある。往復動圧縮機は最重要機材であり、往復動を回転運動から生み出している。配管パイプの保守は気体材料が外部に漏れないようにするために重要であるが、気体の気圧を上げる圧縮機が正常動作していなければ、生産量だけでなく製品品質にも大きく影響を与える。このため往復動圧縮機のメンテナンスはプラントだけでなく、地域の安全安心においても重要である。

一般にメンテナンスは使用する部品の耐久時間から整備計画を立てる TBM (Time Based Maintenance・時間メンテナンス) である。しかし、プラント全体を停止すなわち生産量 0 という大きな犠牲を払ってメンテナンスしても取り換える程には劣化していない場合がある。逆に、大雨や嵐などのような想定外の外力により、想定よりも早く劣化する場合がある。劣化が少ない場合は不要な部品交換となるだけでなく、部品交換後のエイジング時に品質が不安定になるだけでなく他の機体部品に負荷をかけることになる。劣化が大きい場合は、事故につながり働いている人の人命にかかわるだけでなく、気体材料の種類によっては地域の安全を脅かす脅威となりかねない。このため、TBM ではなく機械の状態に応じたメンテナンスである CBM (Condition Based Maintenance・状態メンテナンス) が提案されている^[1]。

しかし、現状では機械の安全を確認する検査は行っているものの、CBM に何が必要かが明確化されていないのが現状である。

そこで本研究では、これまでに回転機械の振動計測とその分析に関し取り組んできている。著者らはこれまでに、回転機械稼働状況を把握するための時間・周波数分析手法についての検討^{[2][3]}、計測時のアタッチメント^{[4][5]}、過渡的現象となる弁運動の解析についての検討^[6-11]、について検討を進めてきている。

気体は外気温や天候による気圧変化により変化するた

め、1 周期以内の詳細な分析ではデータのばらつきが大きく、CBM につなぐことが難しい。

一方で、周期そのものを正確に推定する PLATE 法は、1 周期または概周期信号を構成する周期信号を分析するために考案した手法であるが、原理的に長時間波形における周期を検出することが可能である^{[2][3]}。

そこでここでは、これまでの観測時間波形のミクロ的な分析ではなく、マクロ的な分析に PLATE 法を適用することで、CBM につながる手がかりを探すこととする。

2. 往復動圧縮機

往復動圧縮機は、図 1 に示すように、吸入した気体をピストン運動により圧縮し、指定圧力を超過すると吐出する機械である。これにより化学プラントに材料を送るため、生産にかかわる重要な装置である。

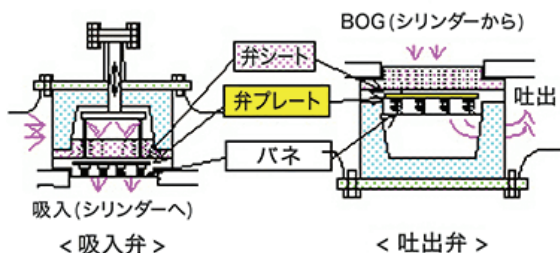


図1 往復動圧縮機の模式図^[12]

吸入弁および吐出弁には弁プレートがあり、図2に示すような構造となっている。



図2 弁プレート

図2に示した弁プレートは一般に図3に示す構造となっている。

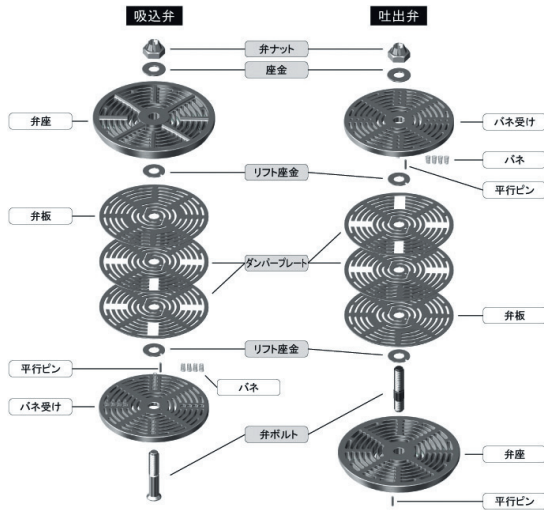


図3 吸入・吐出弁の構造

このため、往復動圧縮機の弁近くに計測プローブを接触し計測した加速度の時間変化は図4のようなになる。図は横軸に時間を秒で、縦軸に計測値を示している。

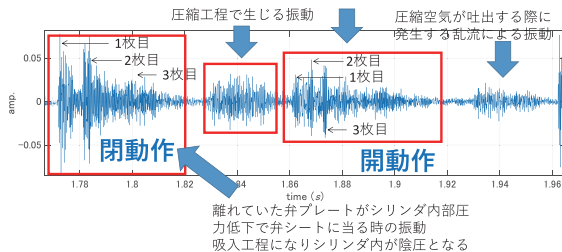


図4 弁付近で計測した加速度データの例

図4からわかるように、3枚の弁プレートがぶつかるタイミングは気体の状態に依存し、吸入および吐出の際に生じる気流は統計的なもので確定的に捉えることができない。図5に約5周期の動作を観測した例を示す。なお、図中赤枠は図4に示した範囲である。

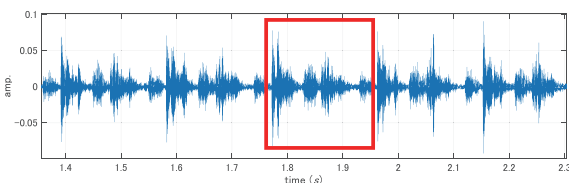


図5 約5周期の計測データ例（赤枠が図4）

図5から、前後の周期において同じ波形が繰り返していないことがわかる。このような観測信号において、動作状況を把握し、劣化の状況を確認することが、往復動圧縮機において求められる。

一般に機械の保全管理では、波形の大小およびスペクトルピーク位置から部品の状態を推察する。ベテラン検査員は機械から生じる音の音色を機械近傍または聴音棒を使用して確認する。

そこで、これまでに図6に示すように PLATE 法を使用した周期の精密分析に基づき、高精細ソノグラムにより状態把握の可能性を試みてきた。図は1段目左に時間波形、右側に横軸に時間、左手方向に周波数、縦軸に大きさを dB で示している。図の2段目は横軸に時間、縦軸にパワーを dB で示している。図3段目および4段目はソノグラムであり、横軸に時間、縦軸に周波数を示している。3段目は周波数をリニア、4段目は対数で示している。

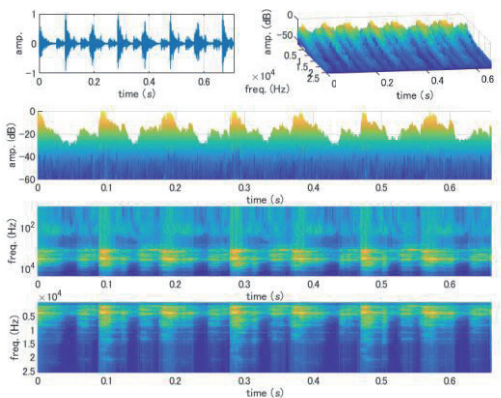


図6 PLATE 法による高精細ソノグラムによるエネルギー変動および周波数の時間変化を可視化した例

ソノグラムが2種類あるのは、機械のうねり音が低周波に、音色が倍音で現れるためである。

図6から、エネルギー変動が図5と同様に周期毎に異なること、ソノグラムも同一ではないことがわかる。従来の平均パワースペクトルを使用するのに比べ、ソノグラムにすることで時間的な変化を確認することができ、現場の印象を反映させることができています。

しかしばらつきが大きく、劣化を把握するには至っていない。そこで原点に立ち戻り、図4に示した基本周期の検出を行い、部品劣化に伴う基本周期の変化を確認する。ここでは、2017年9月から2020年7月までのデータを対象とし、定期修理（期間内に3回）における劣化回

復と劣化累積を分析することとする。

計測時期が異なるデータを比較するには、波形の先頭位置を合わせないと時間波形の比較ができない。そこで、図4に示した閉動作を波形先頭となるように周期を切り出すことを考える。

各月の計測データから先頭波形を取り出した結果を図7および図8に示す。図は横軸に時間を秒で示し、縦軸に振幅を示している。なお、図8の図タイトルに計測した日付を入れている。

各月の先頭位置を自動検出した結果と、検査員が確認し訂正した結果を図9に示す。図9は横軸に月、縦軸に先頭位置を示している。

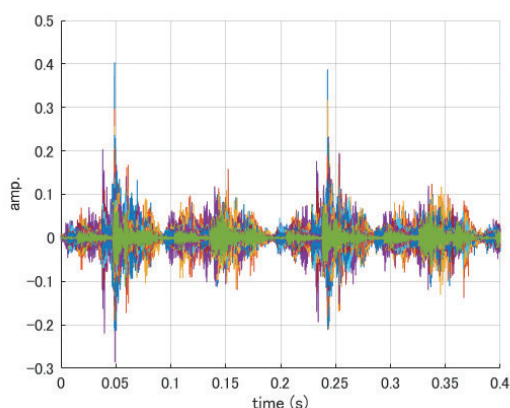


図7 各月の先頭波形を重ね書きした図

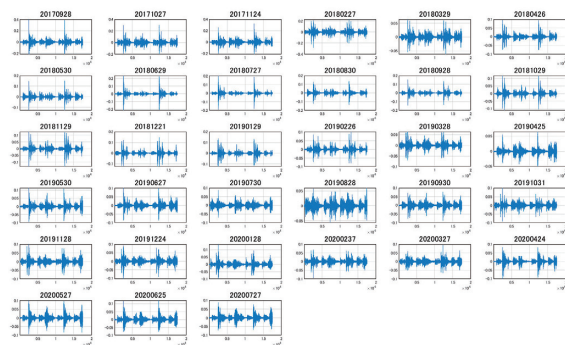


図8 各月の先頭波形の個別図

次に各月の計測データから PLATE 法を用いて周期を抽出する。PLATE 法は、周期信号において正確に周期を区間として自己相関関数を求めると、そのスペクトルがパワースペクトルとなるという性質を利用した周期検出方法である。この手法では、図10上段に示す時間波形

において、信号末尾から波形を1サンプルずつ短縮しながらその自己相関関数のスペクトルの位相累計値を求める。各サンプルにおける位相累計値を図10中段に示す。この最小値を最適区間長とし、切り出した波形を図10下段に示す。なお、探索範囲は対象時間波形の半分までである。

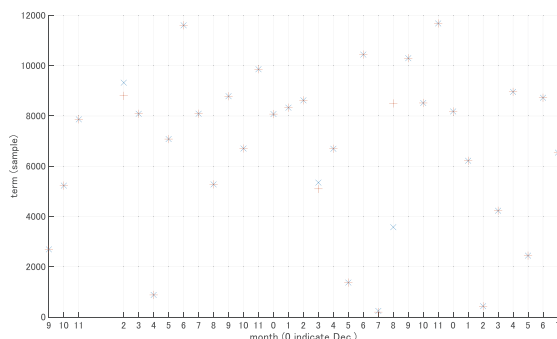


図9 各月の先頭位置
(自動検出結果：青×，検査員による補正結果：赤+)

このようにして求めた区間波形を3D表示した結果を図11に示す。図は、横軸に時間、左手方向に切り出し順、縦軸に振幅を示している。

図11は、図5または図6に比べ、より周期によるばらつきが生じていることが可視化されていることがわかる。

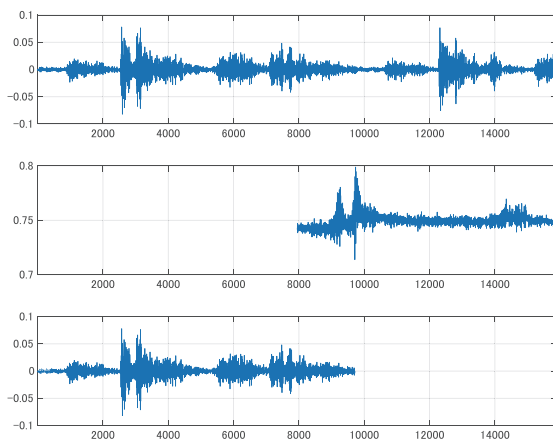


図10 PLATE による周期検出
(上段：対象時間波形，中段：区間長と位相累計値，下段：最適区間長で切り出した時間波形)

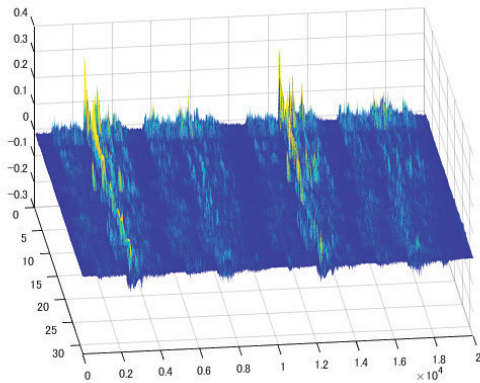


図11 PLATE 法により切り出した1月の周期波形を3次元表示した例

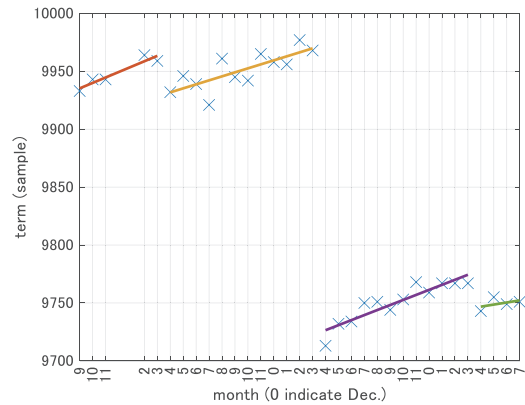


図13 各月推定周期の中央値と定期修理後（4月）から翌年定期修理前（3月）の近似直線

3. 定期修理における回復と劣化の累積調査

対象区間において図11に示した周期検出を行った。検出された周期の中央値と分散を調べた結果を図12に示す。図の横軸は計測月、縦軸に周期をサンプル数で示している。

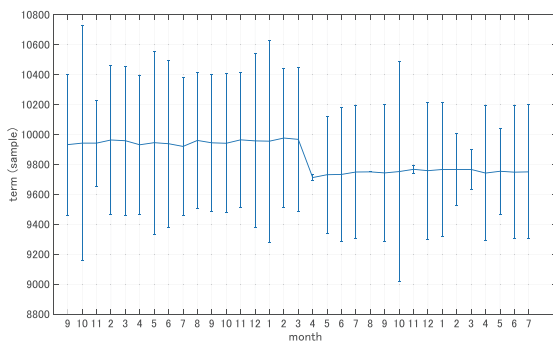


図12 計測月における回転数の中央値と分散

図12より、図5、図6、および図11で確認した通り分散が大きいことがわかる。ここでは、計測月の中央値に着目し、中央値の変化を調べる。定期修理は毎年3月に行われるため、3月の計測データが定期修理前、4月の計測データが定期修理後となる。図13に各月の計測データから推定した周期の中央値を示す。図に4月（定期修理後）から翌年3月（定期修理前）で直線近似した補助線を合わせて示す。図は横軸に計測月、縦軸に周期を示している。

図13は、図中央（2019年3月）の定期修理で大規模な修理が行われたことを示している。この修理後の近似直線における中央値の分布とのずれ方と、定期修理前の分布が異なるため、直線近似ではなく2次曲線近似を試みた。その結果を図14に示す。図の横軸および縦軸は図13と同じであり、近似曲線のみが異なる。

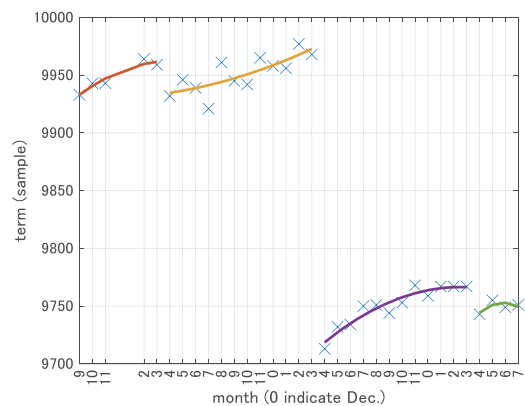


図14 各月推定周期の中央値と定期修理後（4月）から翌年定期修理前（3月）の2次近似曲線

図14は、現場で「大規模修理後は交換した部品が他の部品となじむまで」という経験値と対応した2次曲線の曲率を示しており、大規模修理前と反り方が逆になっていることを示している。また図右側にある定期修理前後の差が、図左側にある定期修理前後の差よりも小さく、定期修理の回復量に差がある可能性を示している。これは、定期修理による回復量が劣化累積を知る手がかりに

なる可能性を示している。
そこで定期修理前後の差を調べる。表1は図13に示した直線近似と、図14に示した2次曲線の両方を示す。表1は曲線近似がより修理による回復の度合いを適切に示していることを示している。

表1 定期修理前後の近似線の差
左：1次曲線／直線近似 右：2次曲線

1次曲線（直線）			2次曲線		
2018年3月	9963.4		2018年3月	9961.6	
2018年4月	9931.8	31.6	2018年4月	9934.7	26.9
2019年3月	9969.8		2019年3月	9972.7	
2019年4月	9726.5	243.3	2019年4月	9718.6	254.1
2020年3月	9774.4		2020年3月	9766.5	
2020年4月	9746.8	27.6	2020年4月	9744.3	22.2

4. 周期検出の応用

往復動圧縮機の動作状態を把握するため、PLATE法を用いた精密周期推定を行い、その中央値の変化で劣化の状況が把握できることを確認してきた。
この手法は、周期的な動きをする全ての装置において適応可能であると考えている。特にこの手法では装置が稼働状況下において内部状況を把握することが出来る。多くの装置においてオンサイトすなわち稼働状況下での状態把握は、装置およびそれにかかわる人の安全を守るために重要である。
そこで、動力源であるエンジンの破損で人身事故につながりやすい装置としてバイクに着目する。ここではシンプルなモデルとして単気筒エンジンを搭載しているバイクの例として図15に示すホンダ製CB223Sを対象とする。なお、搭載エンジンの諸元は表2の通りである。走行中のバイクに加速度計測用プローブを接触させつつ安全を確保することが難しいため、吸排気周期を因とする排気音を使用することとする。收音は車検に準じて排気口の右後方とすることで、排気で生じる気流の影響を受けない条件とする。



図15 エンジン音を計測したバイク（CB223S）^[13]

表2 搭載されているエンジンのスペック^[14]

エンジン型式	MD33E
エンジン種類	空冷4ストロークOHC 単気筒
総排気量 (cm ³)	223
内径×行程 (mm)	65.5×66.2
圧縮比	9.0

計測した排気音の一部を図16に示す。図は横軸に時間を秒で、縦軸に振幅で示す。また、拡大したものを図17に示す。図の縦軸と横軸は図16と同様で示す。図17から0秒から約0.5秒の間に約6周期が含まれていることがわかる。

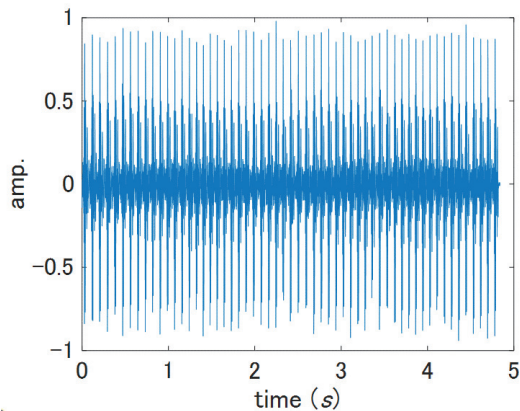


図16 排気口右後方の計測データの時間波形

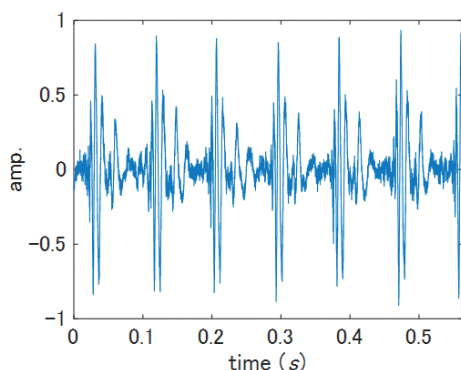


図17 約6周期の計測データ

図16の時間波形包絡線は、振幅に揺らぎを示しており、往復動圧縮機と同様に不安定要素を含む現象であることが確認できる。これは図17に示された1周期の時間波形を個々に確認しても同様に時間波形に違いを生じていることから確認できる。

これらのことから、バイク排気音からここで提案している周期推定手法が適用可能であると判断した。

手法を適用し得られた結果を図18に示す。図18は各図のタイトルに検出された順番を示している。また横軸と縦軸は図16と同じである。

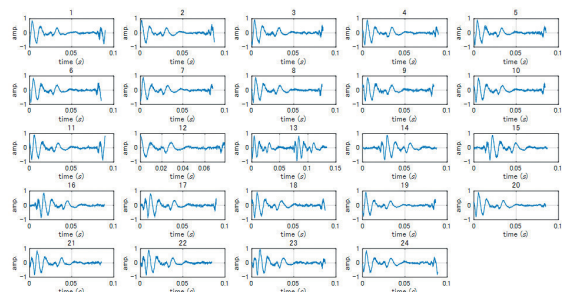


図18 バイク排気音に対して周期検出した結果例

図18は、図8と比較して概ね波形の先頭が検出されているものの、一部の区間で先頭検出が出来ていないことを示している。検出が出来なかった図18の個別図14（検出番号14番目）は、本来先頭となるべき波形ではないそれまでの周期の途中から始まっている。周期検出は、前の周期検出の次サンプルから周期検出するため、このずれは1つ前の周期検出にあると考えられる。

そこで1つ前の検出番号13番（図18中個別図タイトル13）を図19に示す。図の横軸と縦軸は図16と同じである。

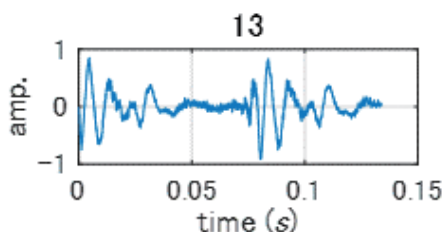


図19 図18のタイトル13を拡大した図

図19は、本来0.07秒付近で周期の終わりを検出すべきものが、次の周期の同様部分を周期の終わりとして検出している。単に2周期を分割できなかったのであれば検出番号13が2周期となり、検出番号14に影響を与えないはずである。

周期検出では、往復動圧縮機は装置によって周期に規定値があり、概周期で稼働することが求められている。このため周期検出では想定周期の大きな逸脱を検出するため検出周期範囲に制限をかけている。一方バイクの場合、路面状況や走行速度によって回転数すなわち周期の変化が大きいのが特徴である。検出周期番号13の事例は、対象の想定周期を安定周期が前提の往復動圧縮機のままで解析したことによって周期制限により検出番号13で打ち切りが生じ、その影響が検出番号14に及んだものであると判断する。

このことから、ここで提案する周期推定手法は、同様の装置においてオンサイトで部品の劣化状況を把握することの可能性を示しているが、対象装置の特性や目的に応じて推定周期範囲の変更を必要とすることが明らかとなった。

5. おわりに

化学プラントにおいて、気体を効率よく供給するために必要な気体の圧縮を行う機器である往復動圧縮機は、操業だけでなく地域の安全安心を提供するためにも重要機器である。この装置を安全に稼働し、その状態を維持することが求められる。このため一定時間で修理を行うTBM（Time Based Maintenance）が行われている。しかし、稼働状況により装置にかかる負荷量に変化する。これにより想定よりも早期に異常をきたす場合がある。逆に修理期間の間隔を短くしすぎると、劣化が少ない状態であるにも関わらず保守を行うため、保守費用がかさむだけでなく操業できない時間による生産量低下を生じる。このため、装置の状態に応じた修理を行うCBM

(Condition Based Maintenance) が求められている。本研究は CBM 実現を目指している。本稿では、計測信号の周期を正確に検出することを試みた。その結果、装置の劣化累積状況や定期修理による回復状況が得られることを明らかにした。また同様の装置であるエンジンにおいても稼働状況を把握できる可能性が確認された。

参考文献

- [1] 里永憲昭, "化学プラントにおける限界劣化判定法による回転機械設備の状態監視・診断・余寿命予測技術に関する研究", 三重大学・学位論文(博士), 2008年 <http://hdl.handle.net/10076/10949>
- [2] 福島学, 大里一矢, 大塚柊, 河合修平, 上原正志, 河納隼一, 近藤善隆, 手島祐二, 柳川博文, "回転機械稼働状況把握への PLATE 法適用の一検討", 日本音響学会, 日本音響学会2018年秋季研究発表会講演論文集, 1-P-44, 2018
- [3] 長瀬翔太, 大塚柊, 大里一矢, 高橋瑞希, 舟橋宏樹, 河納隼一, 近藤善隆, 福島学, 松本光雄, 風間道子, 手島祐二, 柳川博文, "位相情報に着目した高解像度周波数分析法(PLATE)の提案", 日本音響学会, 日本音響学会2018年春季研究発表会講演論文集, 1-P-40, 2018
- [4] 福島学, 鶴飼拓也, 近藤善隆, 手島祐二, "現場機材による回転機械振動診断で用いるアタッチメントの簡易特性調査", 日本文理大学, 第44巻, 第2号, pp. 45-54, 2016
- [5] 福島学, 鶴飼拓也, 近藤善隆, 松本光雄, 手島祐二, 柳川博文, "回転機械振動診断におけるアタッチメントにより生じる計測値の差異改善に関する一検討", 電子情報通信学会応用音響研究会, EA 2016-50, pp. 13-18, 2016
- [6] 福島学, 鶴飼拓也, 近藤善隆, 松本光雄, 柳川博文, "回転機械振動診断における計測精度改善に関する一検討", 日本音響学会2016年秋季研究発表会講演論文集, 1-P-11, 2016
- [7] 福島学, 鶴飼拓也, 篠原康平, 河納隼一, 近藤善隆, 窪田泰也, "短時間事象の時間周波数分析手法の一検討", 日本文理大学紀要, 第43巻, 第2号, pp. 77-84, 2015
- [8] 福島学, 岩村直樹, 松井庸佑, 三角健太, 河納隼一, 平居安康, 近藤善隆, "無歪周期分析法の時間追従への拡張", 日本文理大学紀要, 第41巻, 第2号, pp. 33-41, 2013
- [9] 福島学, 近藤善隆, 河納隼一, 平居安康, "計測信号から目的データを正しく抽出するための手法について", 日本文理大学紀要, 第41巻, 第1号, pp. 75-86, 2013
- [10] 福島学, 黒岩和治, 近藤善隆, "伝送路特性の周波数振幅包絡に生じる変調分析による距離推定手法を用いた微振動計測の研究", 日本文理大学紀要, 第40巻, 第1号, pp. 37-44, 2012
- [11] 福島学, 近藤善隆, 山下涼介, 大里一矢, 山上洋志, "振動信号による往復動圧縮機吸吐弁劣化診断に向けた定期計測データにみる劣化進行状況の検討", 日本文理大学紀要, 第47巻, 第2号, pp. 7-pp. 16, 2019
- [12] 東邦ガス, "BOG 圧縮機樹脂製弁プレートを使用した吸入・吐出弁 | 生産技術 |", <https://www.tohogas.co.jp/corporate/approach/technologies/technologies-supply/output/output-01/> (2022年6月13日)
- [13] 本田技研工業, "Honda | バイク | CB223S", <https://www.honda.co.jp/CB223S/photo/> (2022年6月14日)
- [14] 本田技研工業, "Honda | バイク | CB223S", <https://www.honda.co.jp/CB223S/spec/> (2022年6月14日)

〔論 文〕

インターネット空間の変容と市民参画ジャーナリズム* －韓国におけるオンラインニュースメディアの変容を中心に－

高 文 局**

Transformation of Internet Space and Citizen participatory journalism
－ Focusing on the Transformation of Online News Media in The Republic of Korea －

Munguk KO**

Department of Media Technologies, School of Engineering,
Nippon Bunri University

Abstract

The main purpose of this paper is to consider the transformation of the Internet space as a communication practice space from the viewpoint of online journalism. For this purpose, I began by looking at transforming the Internet space as a public space. In addition, as a practical example, I examined the transformation of Korean online news media and investigated its characteristics in four periods.

キーワード：インターネット空間，市民参画ジャーナリズム，オンラインニュースメディア，
メディア実践

Keywords : internet space, citizen participatory journalism, online news media, media practice

1. はじめに

今日我々は新型コロナウイルス（COVID-19）によるパンデミックの時代を生きている。2年以上にわたる長いコロナ禍の状況において我々の「日常」も大きく変容しているのである。ソーシャルディスタンスが日常化

され、マスク着用が当たり前の今日、人々の働き方においてもリモートワークが増え、そのために「デジタル化」や「DX（digital transformation）化」が急速に進むようになった。特に我々の日常におけるコミュニケーションの在り様も大きく変容し、ZOOMやMEETなどのオンラインメディアによるリモートコミュニケーションが一般的になった。今まで副次的な仮想空間として認識さ

*2022年6月15日受理

**日本文理大学工学部情報メディア学科 准教授

れていたインターネット空間が当たり前の日常的な公共空間となったのである。そのような意味においても、コミュニケーション的实践空間としてのインターネット空間を公共空間として、さらにはメディア空間としてその変容などを考察することはある意味社会的要求であり、課題でもあると言える。本稿は以上のような問題意識から出発するものである。

さて、本稿はコミュニケーション的实践空間としてのインターネット空間の変容をオンラインジャーナリズムの観点から考察することを主な目的とするものである。その際、本稿においてはまず、インターネット空間の公共空間としての変容について考察する。そうすることによってインターネット空間をオンライン公共圏として思惟することの意義とともに、インターネット空間における一般市民のメディア実践をオンラインジャーナリズムの観点から考察することの可能性についても言及したい。

さらに、その具体的な事例として本稿においては、主に韓国のオンラインニュースメディア環境の変容を、メディアテクノロジー、ニュース生産者、ニュース利用者、ニュース流通行為者を中心に検討し、その特質や特徴などを明らかにする。また、韓国のオンラインニュースメディア環境の変容を通して、一般市民のメディア実践の意義や位置づけをオンラインジャーナリズムの観点から再考することにした。

2. 公共空間としてのインターネット

インターネット空間を新たな公共空間として読む際、我々はどこで、どのようにインターネット空間の公共性たる性質を導き出すことができるのであろうか。

『広辞苑』第六版によると、公共性とは「広く社会一般に利害や正義を有する性質」と記述されている。しかし、実際のところその捉え方や観点は多岐にわたっている。筆者は、「インターネットを「可能性空間」として読む」¹⁾という研究において概略的ではあるが公共性を「一般市民（公衆）が開かれている空間（場）において、公正なコミュニケーション行為を通して共通の利害にかかわる性質」のことでありと概念定義を試みたことがある。この概念定義を用いるならば、インターネット空間は誰に対しても開かれている空間であり、公衆たる市民が平等で公正な意見表明の機会を持ち、共通の事柄について自由に意見交換を行い纏った意見を形成する「場」でなければならない。議論の展開のため、本稿においては主にハーバーマス（Habermas, J.）の「公共圏」論を

取り上げ議論することにした。

周知のように、ハーバーマスは、著書『公共性の構造転換：市民社会の二カテゴリーについての探求』²⁾を通して、合理的な議論を通して世論を形成する「公衆として集合した私人たちの生活圏」として「公共圏」を打ち出している。そこで彼は公共圏を「文化的、政治的その他様々な問題をめぐって、市民が平等な立場で自由に議論を行い、公の意志＝公論＝世論（public opinion）を形成していく空間」であると定義し、「それは「公的」な場ではあっても、私人＝市民が参加することによって形成される場であって、「公権力」とは距離を置き対立すべきものとして位置づけられるとする」³⁾。その社会空間としての公共圏の原型は、公衆が顔をつき合わせて時空間を共有する物理的な場所（サロンやカフェ、コーヒーハウスなど）にあった。だが、この空間は、コミュニケーションに参加する公衆の規模の増大につれて、物理的に拡大し、さらに物理的拘束から離れて、メディアによって媒介された仮想的な空間へと拡大していく。ハーバーマスはこれを「公共圏の抽象化」と呼んでいるが、この公共圏の抽象化はコミュニケーション構造に変化をもたらし、公衆のメディア実践によって社会空間の複雑化、細分化を生じさせた。さらに、市民の討論と世論形成を仲介・助勢していた媒体は、次第にマス・メディアとなり、合理的な議論を通して世論を形成するという「理性の保証」とみなされてきた本来の「市民的公共圏」は、その姿を大きく変貌させていたのである⁴⁾。

インターネットという新たなメディア・コミュニケーション空間の登場は、そのようなマス・メディア公共圏の出現によって変貌してしまった本来の市民的公共圏の再現という観点から注目されたのであった。というのも、インターネットを通して形成されるオンライン公共圏は、時間と空間の制約から自由な空間であり、より多くの市民の参加を可能にするという期待があったからである。さらには、マス・コミュニケーション状況においてメディア・テキストの受動的な受け手でしかなかった市民がメディア・テキストの生産者という位相を獲得できること、何より市民同士がオンライン公共圏を通して相互作用できる双方向的なメディア空間であることからマス・メディア公共圏の限界を克服できるオルタナティブな公共圏としてみなされたのであった⁵⁾。

しかし、インターネット空間を新たなオンライン公共圏として思惟することに対しては多くの議論が浮き沈みを繰り返してきた。特に、電子掲示板、ブログ、SNS（Social Networking Service）といった各種サービスの利用が一般化した2000年代前半以降、ハーバーマスの公

公共圏概念を援用した研究は影を潜めていく。その理由としては、インターネット空間・環境の実態がハーバーマスのいう公共圏の制度的基準、つまり「平等性」「自律性」「公開性」とかけ離れていたためと考えられる。

例えば、公開性や平等性に関しては、政治的・社会的討論が展開されているサイトにアクセスしても、積極的に意見表明を行い議論に参加するとは限らず、アクセスしても発言をしないラウカー（潜在者）、あるいはROM（Read Only Member）にとどまる人⁶⁾が問題となる。また、議論の内容についても、フレーミングや炎上、ヘイトスピーチなどの現象にみられるように、オンラインのやりとりは理性的というより感情的なものが多く、まとまりや理性的な合意を欠く。さらに、同好集団の議論が意見の過激化を招くという批判⁷⁾が存在する。自律性に関しても、インターネット空間・環境は広告収入をもくろむ商業的な利害により市場の影響を強く受けている。さらに、国家からの自律性も十全とは言えず、周知のとおり独裁的な国家では体制に不都合なサイトへのアクセス遮断や書き込み内容の検閲などが秘密裏に行われている、という批判である。

このような批判に対して、ハーバーマスの公共圏論に向けられた様々な批判⁸⁾を取り入れて、インターネット空間の特徴や実態を反映して理論的發展を図る試みもある。

例えば、フレイザー（1992=1999）は、ハーバーマスの公共圏論はブルジョア的で、男権主義的であると批判しながら、公共圏から排除されてきた女性、労働者、有色人種、ゲイ、レズビアンといった従属的な社会集団の構成員がつくる対抗的な公共圏の存在に注目する。「従属的な社会集団の構成員が自分たちのアイデンティティ、利害関心、要求をめぐってそれを覆すような解釈を定式化する対抗的な討議を考え出し、流布させていく同時並行的に存在する討議の舞台が、下位の対抗的公共性」⁹⁾であると主張するのである。フレイザーのこの指摘はインターネットを対象としてはいないが、インターネット空間を通じて生成された言説や集まりの中には上述したような対抗的公共性が認められるものも存在することは確かであろう。さらに、ダルバーク（2007）も、「インターネットは言説的に周縁化され、熟慮から排除された集団の成員にコミュニケーション空間（メーリングリスト、ブログ、ウェブサイト）を提供し、対抗的な公共性を発展させる。討論や批判を展開する多数の参加者が「オルタナティブ」な言説アリーナを構成し、主流の公共圏による支配に対抗的な言説（アイデンティティ、解釈、社会的想像力、言語）を強化・発展させる¹⁰⁾」と

インターネット空間の対抗的公共性の可能性を主張する。

また、遠藤（2004）は、ハーバーマスの想定する公共圏は一元的であると指摘し、今日のような多メディア環境を踏まえたより多層的で小さな公共圏（小公共圏）を想定した公共性の把握が適切であると主張する¹¹⁾。

確かに、ハーバーマスの公共圏論が持っているブルジョア的で一元的な問題を克服するために、小公共圏あるいは抵抗的公共圏へ着目することは、多元的な言説や集まりが認められるインターネット空間においては、公共性を考える上で有効な観点を提供してくれる。しかし、インターネットに多様な言説や集まりが認められるとしても、それらは閉鎖的な同好集団が点在しているに過ぎないという「断片化問題」や「集団分極化¹²⁾」といわれる問題が存在する。つまり、インターネット上の各種サービスがそれぞれの接点を持たず、同質的な、もしくは偏った意見や選好を持つ人々のみが交流し、排他的に凝集してしまい「誰に対しても開かれている」状態とはかけ離れた状況を生み出しているという問題である。

そうであるなら、インターネット空間の持つ言説や集まりの多元性や抵抗性を損なわず、さらには断片化問題や集団分極化の問題も踏まえた公共性の構想はどのように可能なのか。

ダルバーク（2007）は、闘技民主主義の代表的な論者であるムフ（1993=1998）が提示した「民主主義的等価性¹³⁾」概念に注目し、その概念を参照しながら、インターネットを介して生成された言説や集まりの断片化問題や集団分極化の問題を乗り越えようとする。ダルバークは、公共圏を援用するウェブ論は合意がもたらす支配や排除の側面を看過していると批判しながら、排除された周縁的・対抗的な言説が発展し、抵抗が発生する領域としてのウェブについて論じている。特に、先述したムフの「民主主義的等価性」概念を参照しながら、「節合的实践」による諸言説の編成に注目する。

インターネット空間における各々の集まりが孤立している場合は、そこで生成された対抗的な言説は周縁的・局所的なものにとどまる。しかし、それぞれの集まりや対抗的言説が民主主義的価値（自由と平等の深化、差異への尊重、抑圧、搾取、排除の撤廃など）のもとに節合される場合は、支配的な言説に対抗する有力な拠点となる。つまり、周縁的・局所的な言説や集まりがウェブを通じてネットワーク化されることで、様々な立場や価値を取り込んだアリーナが構成されていく。そこには「誰に対しても開かれている」という状態を見出すことができるのである¹⁴⁾。

確かに、インターネット空間における多様な集まりや言説の持つ断片化問題や集団分極化を乗り越えるという意味で、「民主主義的等価性」のもと「節合的实践」による諸言説のネットワーク化という考え方は、非常に有用ではある。しかし、筆者の研究¹⁵⁾においても言及したように、むしろ重要なのは、インターネット空間におけるそれぞれの集まりや言説が民主主義的価値のもと節合されるその結節点 (nodal points) あるいは契機はどのように思惟すればよいのかということであろう。筆者は、同研究において「インターネット空間におけるそれぞれの集まりや言説が節合的实践によって繋がる結節点や契機として、インターネット空間で実践される一般市民による「ジャーナリズム活動」に注目したい」と提案した。その議論は、単純にインターネットが持っているメディアとしての特質（脱中心的、インタラクティブ、ハイパーリンクなど）を並べ、ジャーナリズム活動の可能性を論じるだけでは十分ではない。オンラインジャーナリズム環境における重要な行為者であるニュース生産者、ニュース利用者、ニュース流通行為者の特質や特徴などを相互作用的な観点から考察し、その変容などを「市民参画ジャーナリズム」の観点から明らかにして、一般市民が参画するオンラインジャーナリズム活動が持つ結節点として、または契機としての可能性を実証的に検証していくことが求められるのである。

3. 韓国におけるオンラインニュースメディア環境の変容

韓国における公共空間としてのインターネット空間の変容は、概ね「PC通信・電子掲示板 (BBS)・mixiのようなコミュニティサイト・ブログ・SNS」といった流れで展開されてきた。

ここで注目すべきことは、このような展開のなかで人々はそれぞれ相違のユーザー体験 (UX: User Experience) や現象を生み出していたことである。

例えば、PC通信や電子掲示板の段階では、仮想の空間に参加した市民が各自の意見を提示し「討論する体験」を、コミュニティサイトの段階では、多様な領域で同じ関心事を共有する人々が「集まる体験」を、ブログの段階では、メディアとしての自分自身を媒介として「関係を結ぶ体験」を、今日のSNSの段階では、ポータルサイトのような凝集力 (cohesion) を持つメディアを通さなくても、ソーシャルメディアを通して多くの繋がりを生成しその影響を発揮することができる「個人的なネットワークの威力」を体験し始めたのである。

ここで注意すべきことは、上述したそれぞれのオンラ

イン公共空間が独自の特性を持っていて、新しいものが過去のものを代替するような形で展開しているのではないということである。今でもPC通信を除けば、電子掲示板・コミュニティサイト・ブログ・SNSはすべて持続的に存在するものであって、お互いが繋がっているのが現状である。

要するに、公共空間としてのインターネットを生きる公衆たる個人々は複数のユーザー体験を持ってインターネット空間を生きる存在であり、そのような複数のユーザー体験を多様なオンラインニュースメディア環境で重層的に実践しているのである。その意味において、韓国におけるオンラインニュースメディアはこのような多様なユーザー体験の相互作用的な実践の場であり、そのような前提でその変容を考察する必要がある。

ここでは、以上のような問題意識のもと、複数のユーザー体験を持っている一般市民がオンラインジャーナリズム環境において果たしてきたジャーナリズム的实践を中心に、金ギョンヒ (2020) の「韓国社会におけるインターネットニュース生態系の進化」¹⁶⁾を参照しながら、韓国のオンラインニュースメディアを4つの時期に分けて考察を行うことにする。

1) インターネット新聞と市民参画ジャーナリズム (1995年～2003年)

この時期の韓国は、超高速インターネットインフラを基盤に、多様なインターネットサービスや相互作用的ウェブサービスによる検索ポータルサイトが登場した時期でもあり、インターネット利用者がより積極的にコミュニティサイトで活動をしたり、掲示板にコメントを書いたりインターネット利用がより一般的になった時期であった。特にインターネット空間における多様なオルタナティブメディア¹⁷⁾が登場し、その利用者たる市民ネットワークが社会の変化に大きな影響力を発揮し始めた時期でもあった。

さて、ニュース生産という側面からこの時期において注目すべきことは、初めてインターネットニュースサービスが登場したことである。1995年3月、中央日報社が自社の新聞ニュースを、インターネットを通して提供したのである。紙媒体の新聞とデジタル技術が出会い新たなインターネットニュースサービスが本格的に展開された重要な起点であったのである。それによって、インターネットニュースサービスの可能性が認識され数多くの「インターネット新聞」¹⁸⁾が登場するようになったのである。

特に、この時期オンラインニュースメディア環境に最

も大きな変化をもたらした出来事は、2000年創刊された独立型インターネット新聞「OhmyNews (www.ohmynews.com)」の登場であった。「すべての市民は記者である」というスローガンを掲げ、「市民記者制」を前面に打ち出して出発したこの新聞は、市民が直接記事を作成し、報道するニュース生産の主体として、既存専門的職業ジャーナリストとともにニュースを生産していく「記者・市民共同主導型市民ジャーナリズム」¹⁹⁾形態を取った。専門記者ではない一般市民が「市民記者」となり、自分の日常に潜んでいる社会的 이슈を公論化していく「場」の存在自体、大きな意味をもつといえよう。「OhmyNews」の市民参画ジャーナリズムとしての存在意義がそこにある。既存言論が持っていた議題設定の役割と機能、権限をインターネット利用者である一般市民も行使できるという意味において、「市民参画ジャーナリズム」の実現に向けた大きな動きであったと言えるのである。

また、ニュース流通という側面からも大きな変化があった。それはポータルサイトにおけるニュースサービスの始まりである。このサービスは、ニュースの消費形態の変化やニュース産業及びオンラインニュースメディア環境全体にも大きな変容をもたらした。2003年、ポータルサイトである「メディア Daum (https://news.daum.net)」が独自の取材チームを構成して、ニュースコンテンツを生産・供給しリアルタイムのニュース検索サービスを始めた時は、ポータルサイトが単純なニュース流通行為者ではなく、ニュース生産者としての役割も担っていくような勢いもあったが、以後「ネイバー (www.naver.com)」を中心としてニュース生産はせず、流通サービス行為者として定着するようになった。

さらに、ポータルサイトでニュースコンテンツを効率的に利用することが可能になったことで、ポータルサイトでのニュース消費が日常化されていた時期でもあった。

2) ポータルサイト中心のニュースサービス構築

- ポータルサイトのブログ活用 -

(2004年～2008年)

この時期は、ブログというオンラインメディアの登場によって、市民中心のニュースコンテンツの生産と拡散が活性化された時期でもある。この時期一般市民が直接ニュースコンテンツを生産し、また生産されているニュースコンテンツに意見や情報を付け加えて新たなコンテンツを生産できたのもブログというオンラインメディアが大きな役割を果たしたからである。勿論、プロ

グは2003年以前から存在していたが、2003年ポータルサイト「Naver」「Daum」がブログを活用するようになってからブログを利用する人が急激に増えたのである。

このようなポータルサイトのブログサービスは、韓国のオンラインニュースメディア環境にも大きな影響を及ぼした。ニュースの形式や内容における多様化をもたらしたことはもちろんのこと、ポータルサイトがニュース流通チャネルという機能だけではなく、ブログが議題設定とイシュー解釈に影響を及ぼす個人メディアとして位置づけられることで、世論形成の機能も担うようになったのである。また、政治的な色合いが強かった「OhmyNews」の市民記者とは違って、ブログは独立的な個人が運営する1人メディアとして、多様な領域のイシューを扱い、より主体的にニュースを生産することができたのである。

特にこの時期はコミュニティサイトやブログが活性化されていた時期で、複数のユーザー体験を持つ利用者がニュース記事一つに影響を受けることなく、ニュース記事に付いている掲示板や共感比率(賛成や反対)を参照しながらニュースを消費するという新たなニュース消費文化が形成された時期でもあった。

さらに、この時期の出来事として押さえていきたいことは、ポータルサイト「Daum」のアゴラサービス²⁰⁾である。このサービスは、討論部屋、物語り、請願、ネチズン対話などで構成されたインターネット討論掲示板であり、韓国のオンラインニュースメディア環境に討論文化を定着させる重要なプラットフォームであった。単純な討論掲示板の役割だけではなく、メディアニュースで扱われる社会的イシューについての討論と世論形成、社会参加²¹⁾へと繋がる公共空間としての役割を果たしていたのである。

3) ソーシャルメディアを通したニュース流通の拡散 (2009年～2013年)

この時期は、スマートフォンという新たなメディアテクノロジーが変化の中心的な役割を果たした時期である。スマートフォンの普及は、FacebookやTwitterのようなグローバルソーシャルメディアの利用を促し、韓国のオンラインニュースメディア環境に大きな変化をもたらした。人々は、何時でも、何処でもニュースを消費することができるようになった。さらに、ニュース生産過程においても大きな変化が現れ、ニュース形式や内容もスマートフォンに合わせた形へと変化した時期であった。

特に、この時期はポータルサイト「Naver」が韓国の

オンラインニュースメディア環境において大きな影響力を持っていた時期で、ニュースキャストサービスを開始した時期でもあった。ニュースキャストサービスとは、ポータルサイトのメインページに各言論社が直接編集したニュースタイトルがサービスされ、利用者はニュースをクリックすると各言論社のホームページへ繋がるというアウトリンクのサービスであり、各言論社が収益を得て、ニュース編集権も持つというサービスであった。その結果、各言論社間の過度なトラフィック競争が起こり、結果的には煽情的ニュース編集やアビュージンニュース (Abusing News)²²⁾が絶えない状況となった。それに対する社会的な批判が大きくなり、「Naver」はニュースキャストサービスを廃止し、ニューススタンドへと政策を替えることになる。しかし、この時期各言論社の「Naver」への依存はさらに強くなり、韓国のオンラインニュースメディアが「Naver」によって大きく影響を受けるような状況が生まれたのもこの時期であった。

また、2010年 Facebook や Twitter のようなソーシャルメディア利用者の急増とカカオトークサービスの開始は、韓国のオンラインニュースメディア環境に大きな影響を及ぼすことになる。その影響の一つは、誰もが簡単にニュースを生産できるオンラインメディア環境が整えられたことである。スマートフォンとソーシャルメディアの普及というコラボレーションが本格的な 1 人メディア時代の幕を開けたのであった。もう一つは、ニュースの流通と拡散が早くなったことである。ソーシャルメディアを通したニュースの素早い拡散は、ニュースを媒介とした公衆の集合的な行動の動因ともなった。さらに、ニュース取材者が読者と直接意思疎通できるようになったこともその影響の一つとして挙げることができる。つまり、取材者が言論を介さずイシューを議題化することができるようになり、ソーシャルメディアにおけるイシューがオフラインの議題を先取りするようになったのである。

この時期のオンラインニュース利用者たる一般市民は、ニュースを言論社のサイトで読むのではなく、ポータルサイトやソーシャルメディアで読むというユーザー体験を積んでいた。さらに、ソーシャルメディアを通してより早くニュースを生産、流通、消費する主体でもあり、ニュースを媒介としてコミュニケーションを取り、共感し、集合的に集まり行動する積極的な社会参加者でもあった。

4) アルゴリズムによる編集と映像プラットフォーム 1 人ニュース (2014年～2019年)

この時期のメディアテクノロジーとして注目すべきことは、ポータルサイト「Naver」のアルゴリズムを活用した編集方式の導入、ソーシャルメディア「Facebook」の「インスタントアーティクル (Instant Articles)」と呼ばれるニュースサービスや「YouTube」のモバイルライブ放送開始によるソーシャルメディアのニュースプラットフォームへの変容である。

この時期、既に韓国のオンラインニュースメディア環境に大きな影響力を持っていたポータルニュース「Naver」に対しては様々な政治的問題提議がなされた。いわゆるポータルニュースの公正さに対する問題提議である。ニュース配列の公正さに関する議論をはじめ、ライブ検索語の操作可能性に関する議論などがそれである。そのような問題提議などを踏まえ、さらにはビジネスの戦略の意味合いもあって、「Naver」はアルゴリズムを活用した機械編集へと方針転換を図った。それによって「Naver」が提供するニュースサービスは利用者が購読を希望する言論社が直接編集を行う領域と AiRS (AI Recommender System)²³⁾による推薦からなる個人化されたニュース領域とに構成されるようになった。

さらにこの時期は多様なニュースプラットフォームが登場した時期であり、その中でも「Facebook」の「インスタントアーティクル (Instant Articles)」と呼ばれるニュースサービスと「YouTube」のモバイルライブ放送は、各言論社が活用できるニュースプラットフォームとして注目を浴びた。

2015年5月、Facebook は「トラフィックリファラー (traffic referrer)」の役割に留まらず、「シームレスな経験 (seamless experience)」と「ローディング (loading) 速度の向上」というユーザーに対する更なる利便性の向上とそのサービスの提供を理由として同社サービス内で完結する、オリジナルのニュースコンテンツの投稿を求める「インスタントアーティクル」というニュースサービスを始めた²⁴⁾。これをきっかけにポータルニュース以外にソーシャルメディアを基盤とする多様なニュースチャンネルが登場することになった。

また、2016年「YouTube」が始めたモバイルライブ放送は、「YouTube」を通したニュースや時事チャンネルの利用を大きく増加させた。その結果、政治や時事問題を扱う 1 人ユーチューバーが多く登場することになった。

この時期のオンラインニュース利用者たる一般市民のメディア実践活動もさらに活発になった。2014年のセ

ウォル号沈没事故に対するオフラインメディアの無分別な報道に対する不信感や大統領弾劾とロウソク集会、太極旗集会²⁵⁾などで、政治的葛藤が深まった時代的な脈略のなかで、一般市民のメディア実践活動はオンラインニュースを消費するメディア実践だけではなく、積極的に多様な「YouTube」ニュースを直接生産する主体となり、さらに、ソーシャルメディアを通じたニュース共有と積極的な意見提示を通して活発な社会参画を行うようになったのである。

4. おわりに

本稿は冒頭でも述べたように、コミュニケーションの実践空間としてのインターネット空間の変容をオンラインジャーナリズムの観点から考察することを主な目的とするものであった。そのために本稿においてはまず、インターネット空間の公共空間としての変容について考察し、インターネット空間における一般市民のメディア実践を、インターネット空間を公共空間として読む際の可能性として言及した。

さらに、その具体的な事例として韓国のオンラインニュースメディア環境の変容を4つの時期に分け、メディアテクノロジー的变化をはじめ、ニュースの生産、消費（利用）、流通を一般市民のメディア実践との関係において考察を行った。

本稿の考察を通してまず、韓国のオンラインニュースメディア環境の変容において、ニュース利用者たる一般市民のメディア実践の重要性をもう一度認識することができた。

「インターネット新聞」の市民記者として、「ブログ」という個人メディアを通して積極的に議題設定を行う主体的なニュース生産者として、様々なソーシャルメディアを活用する本格的な1人メディア時代の主役として、多くの社会的な 이슈を公論化させ、積極的に参画していくジャーナリストであったと言えるのである。勿論、ポータルサイト中心のニュース消費パターンを定着させることで、ある意味奇形なオンラインニュース地形を作ってしまった原因の一つでもあったことは否めない事実である。

もう一つは、ポータルサイトの影響力についての再確認である。特に韓国社会におけるポータルサイトは圧倒的なニュース源になったことで、ポータルサイトのニュースサービス方針の変化は、そのまま各言論社のニュースコンテンツや生産方式にも大きな影響を及ぼす結果となった。「Google」のようなグローバルなニュー

スプラットフォームの影響を考えれば、「Naver」や「Daum」のような韓国独自のローカルなニュースプラットフォームが存在すること自体、大きな意義があると言えるが、より健全なオンラインニュースメディア環境のためにも解決すべき課題は多いと言わざるを得ない。

また、新たなオンラインニュースメディアの登場とメディアテクノロジーの影響についても確認することができた。早くから市民記者制度を導入し、「市民参画ジャーナリズム」の基礎を作った「OhmyNews」のような「インターネット新聞」、「ブログ」、「Facebook」や「Twitter」、「YouTube」などのオンラインメディアの登場とスマートフォンのようなメディアテクノロジーとの出会いは、ニュースの生産や利用、流通において大きく変容をもたらしたのである。

今日我々は、2年以上にわたる長い新型コロナウイルスの時代を生きている。コロナ禍における何よりの大きな変化は、今まで副次的な仮想空間としてのイメージが強かったインターネット空間が当たり前の日常の現実空間となったことである。その現実空間としてのインターネット空間で我々は更なるオンラインメディアと出会い、またその出会いから生まれる新たなコミュニケーションを体験しながら、公共空間としてのインターネット空間を生きているのである。

そのような状況の中で、我々はどのような具体的な出来事と出会い、さらにどのようなオンラインニュースメディア環境を創り出しながら生きることになるのだろうか。その世界は今現在進行形として流れている。

最後に、本稿においては韓国のオンラインニュースメディア環境についての各時期別の出来事を紙面の関係もあり、詳細に論じることができなかった。今後筆者に与えられた課題は、本稿を叩き台として、現在進行中であるコロナ禍におけるオンラインニュースメディアの変容を具体的な事例分析とともに実証的に検証していくことであろう。

注

- 1) 高文局（2018）、「インターネットを「可能性空間」として読む」『日本文理大学紀要』第46巻第2号、pp. 114-115。
- 2) ハーバーマス、J.（1994）、『公共性の構造転換 第2版』細谷貞雄・山田正行（訳）未来社。
- 3) 松野良一（2005）、『市民メディア論』ナカニシヤ出版、p. 201。

- 4) 松野良一 (2005), 『前掲書』, pp. 205-206。
- 5) 高文局 (2021), 「オンライン公共圏の変容に関する一考察」『日本文理大学紀要』第50巻第1号, p. 72。
- 6) 遠藤薫 (2000), 『電子社会論』実教出版, pp. 123-126。
- 7) Sunstein, Cass (2001) *Republic.com.*, Princeton University Press. (石川幸憲訳 (2003) 『インターネットは民主主義の敵か』毎日新聞社)。
- 8) 様々な批判に関しては, 阿部潔 (1998=2000), 『公共圏とコミュニケーション』ミネルヴァ書房, pp. 170-212。に詳しい。
- 9) Fraser, Nancy (1992) Rethinking the Public Sphere: A Contribution to the Critique of Actually Existing Democracy, In: Calhoun, Craig J. (eds.) *Habermas and The Public Sphere*, MIT Press. (山本啓・新田滋訳 (1999) 『ハーバーマスと公共圏』未来社)。
- 10) Dahlberg, Lincoln (2007) The Internet and Discursive Exclusion, In: Dahlberg, Lincoln and Siaper, Eugenia (eds.) *Radical Democracy and the Internet*, Palgrave Macmillan.
- 11) 遠藤薫編 (2004), 『インターネットと〈世論〉形成 - 間メディアの言説の連鎖と抗争』東京電機大学出版局。
- 12) 集団分極化とは, グループで議論すれば, メンバーはもともとの方向の延長線上にある極端な立場へとシフトする現象を指す言葉である。(Sunstein, (2001=2003), 『前掲書』, p. 80.)
- 13) Mouffe, Chantal, (1993) *The Return of the Political*, Verso. (千葉真・土井美徳・田中智彦・山田竜作訳 (1998) 『政治的なものの再興』日本経済評論社)。
- 14) 平井智尚 (2013), 「ウェブと公共性に関する概念・理論的研究の整理 - 新たな考察の展開に向けて -」『メディア・コミュニケーション (No. 63)』慶応義塾大学メディア・コミュニケーション研究所。
- 15) 高文局 (2018), 『前掲書』, p. 117。
- 16) 金ギョンヒ (2020), 「韓国社会におけるインターネットニュース生態系の進化: 歴史的な主要事件を中心とした探索的アプローチ」『コミュニケーション理論』2020年16巻1号, pp. 49-106。
- 17) オルタナティブメディアに関する議論は, 拙稿「高文局 (2013), 「オルタナティブ・メディア」 - その代案的特性の回復を目指して - 韓国の「インターネット新聞」を例として -」『日本文理大学紀要』第41巻第2号」を参照のこと。
- 18) 韓国における「インターネット新聞」の法的な地位や発展過程に関する議論は, 拙稿「高文局 (2012), 「オンライン・ニュースメディア」に関する一考察 - 韓国の「インターネット新聞」を中心に -」『日本文理大学紀要』第40巻第2号」を参照のこと。
- 19) 金ギョンチョル (2006), 『市民社会と市民ジャーナリズム』, ソウル: 韓国外国語大学校出版部。
- 20) この「Daum」のアゴラサービスは, 2004年12月に始まり, 2019年1月に終了したサービスである。
- 21) その一例として2008年「アメリカ産牛肉輸入反対ロウソク集会」がある。この集会は, 韓国のオンラインニュースメディア環境にも大きな影響を及ぼしていた。一つは, 公共議題がポータルニュースや討論掲示板など, インターネット空間を媒介として設定されるという構造が完成されたこと。もう一つは, 既存言論報道の限界が明らかになり, 1人ジャーナリストによるライブ報道ジャーナリズム活動の重要性が確認されたこと。さらに, 主要日刊紙の政治的立場を気にするようになり, 一般市民の政治的立場によるニュース消費パターンが強化され, 選択的ニュース消費の傾向が強くなったことである。
- 22) ニュースと関連して「アビュージン (Abusing)」とは, 言論社が記事に対するクリック数を上げてトラフィックを上昇させるために, 題目や内容を替えながら同じ内容の記事を繰返して送稿する行為を意味する。
- 23) 詳細な内容については, https://m.blog.naver.com/naver_diary/220936643956 (韓国語による説明であるため自動翻訳機能を利用する必要がある) を参照のこと。
日本語による説明や課題については, 次のリンクの記事を参照されたい「<https://roboteer-tokyo.com/archives/7982>」。
- 24) 高文局 (2015), 「ソーシャル・メディアとオンライン・ジャーナリズム」『日本文理大学紀要』第43巻第2号, pp. 85-86。
- 25) 太極旗集会とは, 朴槿恵大統領の弾劾を求めて2016年末から始まったロウソク集会に対抗し, 朴大統領擁護のために開催されたもの。

〔論 文〕

樹木構造接近法による与信リスク因子の探索*

衛 藤 俊 寿**

Searching for Credit Risk Factors by the Tree-Structured Approaches*

Toshihisa ETO**

**School of Engineering, Nippon Bunri University

Abstract

In this paper, the data mining methods are applied to analyze the credit risk management of a financial business, especially for consumers. To evaluate the present credit scoring model, we search for the credit risk factors affecting credit contract defaults. In this case, two tree-structured approaches, namely, the CART and CHAID methods are applied. Through the process of data analysis, the risk factors related to the credit scoring model and their specific profiles are discussed.

キーワード：データマイニング，樹木構造接近法，与信リスク因子，消費者金融

Keywords : data mining, tree-structured approaches, credit risk factors, consumer finance

1. はじめに

近年，企業ではデータウェアハウスの構築が完了し，蓄積されたデータを活用するための新しいデータ解析の概念が利用されている。その考え方や方法は，社内の各部門で断片的に蓄積・廃棄されていたデータを集め，顧客データ解析を行ったうえで，顧客重視の事業戦略を立て事業構造転換を図るCRM（Customer Relationship Management）の分野でとくに注目されている。

データマイニング（Data Mining）と呼ばれるこの概

念は，近年に注目されているデータサイエンスの概念に包含され，収集・蓄積された膨大な情報（データ）に対して，データ解析の目的を設定し，必要なデータを抽出・加工し，マイニング手法を駆使することによって意味のある結果（知見）を導き出す一連の過程（プロセス）のことである。その適切な使い方は，データマイニングの考え方や方法を業務プロセスに結びつけ，有益で実行可能な情報を作り出すことである^[1]。

本稿では，金融業，とくに消費者金融における与信リスク管理へのデータマイニングの適用を試みた。消費者に無担保で融資を行う消費者金融では，入会時の限られ

*2022年6月13日受理

**日本文理大学工学部 教授

た情報（申込用紙に記述された性別、年齢、月収といった情報）によって融資の可否と融資限度額を決定しなければならない。このときの融資には貸倒れ、すなわち契約の償却というリスクを伴い、金融業者にとってこのリスクをうまく管理し制御することが重要な関心事である。これを「初期与信リスク管理」と呼ぶ（因みに、融資途上において融資限度額を変更し危険顧客を抽出することを「途上与信リスク管理」という）。ここでは、初期与信リスク管理に焦点をあて、初期与信時の融資契約が償却するか否かに影響を及ぼす因子をデータマイニングによって抽出した。

本稿では、まず、消費者金融業における与信リスク管理の現状での問題点と解決へのアプローチについて述べる。次に、データマイニングの概要について触れ、その手順とここで使用した方法を紹介する。さらに、実際のデータセットへの適用事例について述べ、解析結果を考察する。

2. 与信リスク管理の問題点と解決へのアプローチ

従来、消費者金融業では、初期与信時の融資の可否と融資限度額の決定に「伝統的・経験的」に作成された貸付採点表が利用されてきた。貸付採点表とは、初期与信時に顧客への点数づけ（スコアリング）を支援するための点数表のことである。金融業者は貸付採点表から顧客情報に対応した点数を導きだし、その合計点数に基づいて融資の可否と融資限度額を決定する（例えば、L件数（他の金融業者から融資を受けている多重債務件数）が0件の顧客には5点、1件には4点、2件には3点…、年収が100万円未満の顧客は1点、100万円以上300万円未満には2点…など）。しかし、効率的で比較的安全な融資を実施するという観点から、この伝統的・経験的な貸付採点表の信頼性がどの程度のものであるかを科学的な見地から評価することが必要となっている。

そこで、償却の有無（すなわち償却する契約と償却しない契約）に真に影響を及ぼしている要因を特定することによって、貸付採点表の項目が妥当であるか否かを判断することとした。さらに、要因探索の過程でその影響の度合を考察することができれば、顧客への点数づけ（スコアリング）の妥当性を検討できる。

実際のデータセットでは、要因の候補として、契約情報データ上の顧客背景因子（性別、年齢、住所など）、顧客資金因子（住居、会社情報、収入など）、顧客取引因子（カード発行回数、利用目的、CL変更記録など）が観測されていた。ここで、償却契約とは、①データ上

に事故コードが入っている契約または31日以上延滞中の契約、または②事故を起こした契約であり、それ以外の契約のことを正常契約とした。また、事故とは、①償却（債権放棄）したもの、または②例外処置（利息免減などによる債権減少）をした契約のことである。

3. データマイニングの手順と方法

品質改善という目的に対して、実験を実施する際の一連のサイクルは「計画(plan)」「実行(do)」「検討(study)」「行動(act)」というプロセスの繰り返しである^[2]。このサイクルと科学的に同等と考えられるプロセスは「デザイン (design)」「実施 (execute)」「解析 (analysis)」「予測 (predict)」となるであろう^[3]。この科学的サイクルを本マイニングにあてはめると図1のような一連のプロセスとなる。なお、ここで実施したデータマイニングでは、図1に示すマイニングプロセスのうちデータ解析過程のすべてとフィードバック過程の一部を実施するにとどまったことに留意されたい。

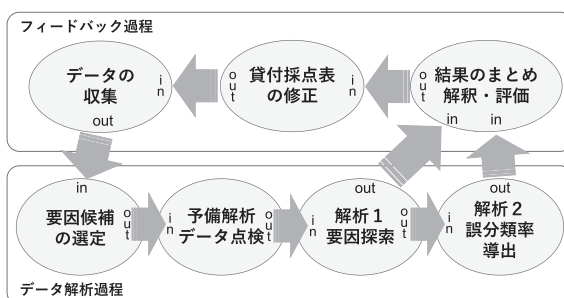


図1 本マイニングのプロセス

データ解析過程では、まず、以下の手順で予備解析を実施した。第一に、連続データおよびカテゴリーデータの分布を検討した。前者については、要約統計量を吟味し、分布を視覚的に確認するためにヒストグラムおよびBoxplotを作成した。その結果、異常値が発見されれば、これらの異常値は欠測値として扱うことにした。後者については、度数表およびヒストグラムを作成した。その結果、数個の異常値が発見されれば、それらはその異常値を含まない最大のカテゴリー区分のデータとして包含することにした。第二に、要因候補変数間の関連を検討した。連続データについては相関解析を実施し、変数間の関連を視覚的に観察するために散布図を作画した。カテゴリーデータについては $m \times n$ 度数表(m および n は変数それぞれのカテゴリー区分数)を作成し

独立性のカイ二乗検定を実施した。

次に、要因探索過程については、償却の有無に影響を及ぼす因子を探索するという目的を考慮して樹木構造接近法を採用した。樹木構造接近法は、分類や予測に広く使われているデータ解析法であり、誰にでもわかりやすい“ルール”によって作成される点に特徴がある（詳細については[1]を参照されたい）。

結果が樹木図で表現される樹木構造接近法には数種類のアルゴリズムがあり、それぞれ解析の目的やデータの属性によって使い分けられる（データの属性によるアルゴリズムの体系的整理については[4]を参照されたい）。ここでは、要因候補のデータ属性に従って、CART（連続量データに対して適用される）とCHAID（カテゴリーデータに対して適用される）を採用した。

CART（Classification And Regression Tree）^[5]は分類回帰樹木と呼ばれる2分割成長アルゴリズムである。CARTは、データを2つのサブセットに分割し、各サブセット内の均質性が分割前のサブセット内の均質性より増すように分割される（具体的には、分割前のデータ群内の平方和と2分割されたサブセット内の平方和の合計との差が最大となる分割が採用される）。そして、所与の等質性基準あるいは分割停止基準が満たされるまでこの分割を繰り返す。

一方、CHAID（Chi-squared Automatic Interaction Detection）^[6]はデータのセグメンテーションに非常に効果を発揮するデータ解析法である。CHAIDは、まずデータ内で均質と判断されたカテゴリー内データを結合し、異質と判断されたデータと区別する。次に最も均質と判断されたサブセットと異質と判断されたサブセットに分割される。この分割過程を所与の分割停止基準が満たされるまで繰り返す。CHAIDでは、分割の基準として統計的仮説検定のp値を利用して潜在的説明変数のカテゴリー対のデータをすべて評価する。

最後に、樹木構造接近法により抽出された影響因子の妥当性を評価した。ここでは、判別解析を実施し、その判別性能を評価するために、交差確認法（Cross-Validation）によりその誤分類率をもとめた。

この誤分類率が現状の誤分類率（35%）より向上することが確認できれば本マイニングによる業務改善の効果があったと判定できる。

4. 与信リスクデータセットへの適用と結果

4. 1. データセットの内容

消費者金融で実施する消費者ローンに契約した顧客を

対象に、初期与信時における契約情報が収集されていた。ここでは、初期与信リスクに関与すると考えられる53個の因子候補および当該契約の償却の有無に関するデータが観測されていた。因子候補はそれぞれ、属性因子（背景因子、職業因子、住居因子）、借入因子、貸付因子、償却因子と考えることができた。なお、初期与信時には、償却因子および貸付因子のデータは発生しないことから、初期与信リスクの解析ではこれらの因子は採用しなかった。データは顧客の既存システムのデータベースに格納されていたが、本解析のためCSVテキストファイル形式に抽出された。このとき、顧客既存システムが最新版となった1997年以降のデータがその信頼性の観点から解析対象データとして抽出された。その結果、解析対象データは12,461件であった。表1および表2に観測された項目とそのカテゴリー区分を示す（償却の有無については、1：償却なし、2：償却あり）。

4. 2. 解析の内容と結果

影響因子候補から償却の有無に影響を及ぼす因子を探索するために、償却の有無を応答とする樹木構造接近法を作成した。ここでは、説明変数を連続値（あるいは順序のあるカテゴリー値）とカテゴリー値に分けて、それぞれCARTおよびCHAIDで解析した。

CARTによる解析では、説明変数として、性別、年齢、既婚区分、同居人数、子供人数、勤続年数、給与支給日、役職、申込限度額、申込借入総額、従業員数、賞与、月収、住宅費月払い、住宅費ボーナス払い、住居年数、L件数、総残高金額を採用した。なお、解析では樹木を4段階まで成長させた。CART解析の結果を図2に示す。

この結果、償却の有無へは、L件数、申込限度額、申込借入総額がこの順に影響を及ぼしていることが示唆される。とくに、L件数が5件以下で申込限度額が5,000円以下の契約は償却になる傾向があり（応答の平均値：2.0、件数：123件）、逆に、L件数が3件以下で申込限度額が5,000円より大きい契約は償却とならない傾向のある（応答の平均値：1.07、件数：7,445件）ことが示唆される。

また、L件数が5件以下の契約では申込限度額が影響を及ぼしているのに対して、L件数が6件以上の契約では申込借入総額が償却の有無に影響を及ぼしている傾向がある。

一方、CHAIDによる解析では、説明変数として、同居人数、職種、役職、会社ランク、月収、住宅形態、住宅費区分、住居年数、持参資料、利用目的、L件数、年

表1 観測された項目のカテゴリー区分：属性因子

因子候補	カテゴリー	因子候補	カテゴリー	因子候補	カテゴリー
(1)性別	男 (8314 件) 女 (4147 件)	(7)役職	係長以上 (752 件) 課長以上 (540 件) 部長以上 (988 件) その他 (1964 件)	(13)住宅形態	持家 (4009 件) 社宅 (653 件) 賃貸 (6169 件) 同居 (1335 件) 独身寮 (220 件) その他 (42 件)
(2)既婚区分	未婚 (6371 件) 既婚 (6090 件)	(8)従業員数	0 人 (7691 件) 1～99 人 (3322 件) 100～999 人 (1041 件) 1000～9999 人 (335 件) 10000 人以上 (72 件)	(14)会社ランク	官公庁 (329 件) 都市上場 (569 件) 地方上場 (356 件) その他 (9273 件)
(3)同居人数	0 人 (3275 件) 1 人 (2007 件) 2～3 人 (4611 件) 4～5 人 (2237 件) 6 人以上 (331 件)	(9)賞与	0 ヶ月 (4769 件) 1～3 ヶ月 (2987 件) 4～6 ヶ月 (2377 件) 7～9 ヶ月 (314 件)	(15)住宅費区分	ローン (2175 件) 賃貸 (6738 件) なし (3425 件)
(4)子供人数	0 人 (7491 件) 1 人 (1904 件) 2 人 (2156 件) 3 人以上 (910 件)	(10)月収	10 万未満 (718 件) 10～19 万 (2432 件) 19～27 万 (3143 件) 27～35 万 (2352 件) 35 万以上 (3816 件)	(16)住宅費月払い	0 万 (11849 件) 1～4 万 (2342 件) 5～9 万 (1538 件) 10～19 万 (471 件) 20 万以上 (47 件)
(5)年齢	20～25 歳 (1779 件) 26～34 歳 (3398 件) 35～55 歳 (5873 件) 56～60 歳 (745 件) 60 歳以上 (666 件)	(11)勤続年数	0 年 (310 件) 1～2 年 (2332 件) 3～6 年 (3998 年) 7～9 年 (1800 件) 10～14 年 (1522 年) 15～24 年 (1239 年) 25 年以上 (787 件)	(17)住宅費ボーナス払い	0 万 (11849 件) 1～19 万 (267 件) 20～39 万 (292 件) 40 万以上 (53 件)
(6)職種	事務管理職 (1460 件) 労務 (3877 件) 専門技術 (1193 件) 販売・営業 (3006 件) 経営 (361 件) 自由業 (189 件) その他 (1295 件) 雇員 (1964 件)	(12)給与支給日	上旬 (1862 件) 中旬 (1732 件) 下旬 (7672 件)	(18)住居年数	1 年未満 (1624 件) 1～2 年 (2332 件) 3～4 年 (1718 件) 5～9 年 (2863 件) 10 年以上 (3924 件)

表2 観測された項目のカテゴリー区分：借入因子

因子候補	カテゴリー	因子候補	カテゴリー	因子候補	カテゴリー
(19)申込 借入総額	借入なし (4512 件) 1～100 万未満 (4361 件) 100～200 万未満 (2606 件) 200～300 万未満 (807 件) 300 万以上 (175 件)	(21)利用目的	生活費 (1816 件) 出産・教育 (531 件) 慶弔費 (577 件) 旅行・レジャー (2979 件) 車・車検 (1519 件) ショッピング (1727 件) その他 (3312 件)	(23)L 件数	0 件 (1934 件) 1 件 (1844 件) 2 件 (1895 件) 3 件 (1850 件) 4 件 (1977 件) 5 件 (1718 件) 6 件以上 (1243 件)
(20)申込 限度額	0～10 万未満 (179 件) 10～50 万 (2516 件) 50～100 万未満 (9727 件) 100 万以上 (38 件)	(22)持参資料	保険証 (7256 件) 免許証 (4632 件) その他 (573 件)	(24)総額 残高金額	残金なし (53 件) 1～50 万未満 (1940 件) 50～100 万未満 (2006 件) 100～500 万未満 (2325 件) 500 万以上 (6137 件)

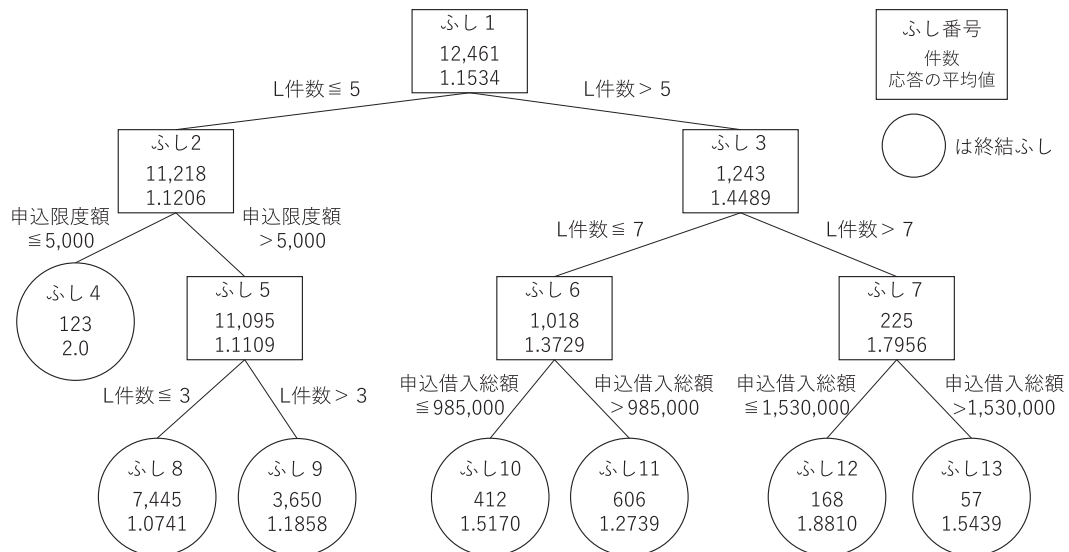


図2 連続データに対する CART 図

齢、勤続年数を採用した。ここで、連続データについては、表1および表2に示すカテゴリー区分でカテゴリー化した。また、CHAIDのカイ二乗検定の有意水準は0.05とし、樹木の分割深度は4段階とした。CHAID解析の結果、償却の有無へは、月収、L件数、住居年数、住宅形態、勤続年数が影響を及ぼしていることが示唆された。

とくに、月収が10万～19万円未満でL件数が6件以上である契約は償却となる傾向のあることが示唆される（応答の平均値：1.64、件数：144件）。逆に、月収が10～27万円未満でL件数が1件以下、住宅形態が独身寮・社宅・同居である契約は償却とならないことが示唆される（応答の平均値：1.0024、件数：421件）。また、月収なし、10万～27万円未満、27万円以上の各層では償却の有無に影響を及ぼす要因が異なっていた（月収なし：住居年数・L件数、10万～27万円未満：L件数・勤続年数・住宅形態、27万円以上：住宅形態・L件数）。

以上の解析結果から、初期与信リスクに影響を及ぼす因子として、L件数、申込限度額、申込借入総額、住居年数、勤続年数、月収、住宅形態が重要であり、とくに、L件数および申込限度額は契約の償却の有無に大きな影響を与えていることが示唆される。

4. 3. 評価と考察

償却の有無に影響を及ぼす因子と判断された因子（L件数、申込限度額、申込借入総額、月収、住居年数、勤

続年数、住居形態）がどの程度に実際の償却の有無を正しく判断しているか否かを評価するために、影響因子を説明変数とする判別解析を実施した。判別解析の誤分類情報を表3に示す。

表3 判別解析における交差確認法の誤分類情報

応答/判別結果	償却	正常	合計	誤分類率
償却	287件 (16.69%)	1483件 (83.31%)	1780件 (100.0%)	83.31%
正常	141件 (1.38%)	10049件 (98.62%)	10190件 (100.0%)	1.38%
合計	438件 (3.66%)	11532件 (96.34%)	11970件 (100.0%)	13.57%

判別解析および交差確認法の結果から、償却の有無に影響を及ぼすと思われる上記の因子を説明変数とする場合、正常契約を「償却」または償却契約を「正常」と誤って判断する率は低かった（誤分類率：13.57%）。また、実際には正常である契約を「正常」と正しく判断する傾向が強く（分類率：98.62%）、逆に「償却」と誤って判断する傾向は弱かった（誤分類率：1.38%）。一方、実際には償却となる契約を「償却」と正しく判断する傾向は弱く（分類率：16.69%）、逆に「正常」と判断する傾向が強かった（誤分類率：83.31%）。ただし、初期与信においては、なるべく多くの顧客と契約し契約件数を拡

表4 償却の有無に関する契約プロフィール

償却 傾向	プロフィール の識別	応答の平均値	影響因子		
			L件数	申込限度額	申込借入総額
大 ↑ ↓ 小	a	2.0	5件以下	5,000円以下	—
	b	1.88	7件より大	—	1,530,000円以下
	c	1.54	7件より大	—	1,530,000円より大
	d	1.52	5件より大7件以下	—	985,000円以下
	e	1.27	5件より大7件以下	—	985,000円より大
	f	1.19	3件より大5件以下	5,000円より大	—
	g	1.07	3件以下	5,000円より大	—

大することに留意すると、実際には償却である契約を「償却」と判断することより、実際に正常な契約を「正常」と判断することがより重要であろう。

従来の貸付採点表での契約における正常／償却の誤分類率が35%（すなわち分類率は65%）であったことを考慮すると、本マイニングで抽出された因子に重点を置いて貸付採点表を再検討することによって誤分類率を13.57%（すなわち分類率86.43%）まで向上させることができる。すなわち、樹木構造で表された顧客プロフィールに留意して貸付採点表の採点項目に、L件数、申込限度額、申込借入総額、月収、住居年数、勤続年数、住居形態を取り込むことによって、業務を効率的・経済的に運営することが可能となる。

また、図2に示すCARTの結果から、償却の有無に影響を与える契約（顧客）のプロフィールを整理した（表4を参照）。このプロフィール表から、貸付採点表での点数づけの方針を提案することができる。すなわち、表4で上部の契約プロフィールほど償却する傾向が強く、下部の契約プロフィールほど償却しにくい傾向があるため、これを参考に点数づけを行えばよい。

例えば、L件数が5件以下で申込限度額が5,000円以下の契約は償却する傾向が非常に高いため点数づけを小さくする。逆に、L件数が3件以下で申込限度額が5,000円より大きい契約は償却しにくいので高い点数づけをおこなってもよい。

5. 結びにかえて

本稿では、金融業、とくに消費者金融におけるデータマイニングのプロセスと契約の償却にデータマイニング手法の一つである樹木構造接近法を適用した。そこでは、CARTおよびCHAIDによって抽出された影響因

子を採用することでより良好な業務運営が可能なが提示された。

今後には、本稿で非定型的に実施されたデータマイニングの一連のプロセスをどのようにシステム化し、定型的に業務へ結びつけることができるか否かに留意しなくてはならない。

また、本マイニングの結果を参考に新しい貸付採点表を作成し、そこで新たな契約データを収集することが必要である（図1のフィードバック過程を参照）。さらに、そのデータをマイニングにかけることによって今回の結果を評価し、解析結果を業務にフィードバックしていくことが重要であろう。このように、図1のマイニングプロセスを繰り返し適用していくことで、より精度の高い信用リスク管理を実現することができる。

一般に、樹木構造接近法に基づく方法では、説明変数（ここでは要因候補となった項目）と応答（ここでは償却の有無）の絡み具合を定量的に評価することが困難であり、説明変数の分割に基づく標本の分離に伴い過大あてはめになりがちである。したがって、実地の適用では諸種の妥当性確認手段を組み入れた結果を提示し、経験則やデータの背後にある知識を整備して解釈に活かすことが肝要であろう。

参考文献

- [1] Berry, M. J. A & Linoff, G. (1997). Data Mining Techniques : For Marketing, Sales, and Customer Support. John Wiley & Sons, Inc. [江原淳・佐藤栄作共訳 (1999). データマイニング手法. 海文堂]
- [2] Deming, W. E. (1986). One of the Crisis. Cambridge : Massachusetts Institute of Technol-

- ogyPress.
- [3] Nelder, J. A. (1999). Statistics for the Millennium : From statistics to statistical science. The Statistician, 48 (2), 257-269.
 - [4] Eto, T.. Survival CART and its applications. Department of Informatics and Mathematical Science, Graduate School of Engineering Science, Osaka University.
 - [5] Breiman, L. , Friedman, J. H., Olshen, R. A. & Stone, C. J. (1984). Regression trees. Classification and Regression Trees. Ch. 8, 216-265, Wadworth.
 - [6] Kass, G. V. (1980). An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. Appl. Statist. , 29, 119-127.
-

〔研究ノート〕

数理解析プログラミングを用いた高等学校教育における 数学教育に関する検討*

伊藤 順治^{*2}, 飯干 亮成^{*3}, 大牟田桃矢^{*3}

An Examination of Mathematics Education in High School Education Using Mathematical Analysis Programming

Junji ITO^{*2}, Ryouna IIHOSHI^{*3}, Touya OHMUTA^{*3}

^{*2}Department of Mechanical and Electrical Engineering, School of Engineering,
Nippon Bunri University

^{*3}Department of Mechanical and Electrical Engineering, School of Engineering,
Nippon Bunri University (Graduate, AY2021)

1. はじめに

今日の高等教育の情勢として、プログラミング教育が必修化されることが話題となっている。大学で理工学を学ぶ際、「数値計算法（数値解析）」は、解析的に解くことが困難な様々な数学の問題を、計算機の処理能力を駆使することによって数値的に求める方法である。解析的に解くことが困難な制御系解析/設計の問題などを、数値的に解くことが時代のトレンドとなっている。このように、現在、「数値計算法」は様々な「工学」の分野での問題を解くために不可欠なツールであり、高性能な製品を開発する上で重要な役割を担っている。プログラミングによる数値解析もその一つの手段である。また、工学においては「微分方程式」が重要となる。物理現象を微分方程式で記述する能力や、微分方程式から記述され

ている物理現象を読み取り、数学的に解を求める能力を身につけることは、理工学を学ぶうえで必須となっている。しかし、現在の高等教育では微分方程式を扱わない。また、プログラミング教育の実施は、高等教育の各教科の学習指導要領には明記されていない。これらのことを問題点として挙げ、工業系の大学への進学を目指す高校生に対し、その準備として高等教育でも取り入れられるべきだと考え、高等教育数学科の観点から、工業系の大学への進学を目指す生徒に対する指導の在り方について考察し、プログラミング教育の導入の適用に関する研究を行い、課題や問題点を明確にすることを目的とした。

2. 高等学校数学科教育の観点から

本研究において、数学Bから数列、数学Ⅱ・数学Ⅲ

*2022年6月15日受理

*2 日本文理大学工学部機械電気工学科 教授

*3 日本文理大学工学部機械電気工学科 (2021年度卒業)

から微分法・積分法の3つの単元を題材として授業資料及び学習指導案を作成した。

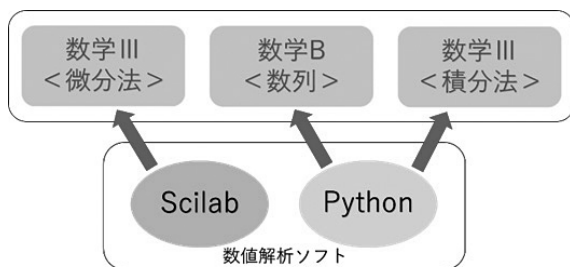


図1 数学教育とプログラミング

〈数列〉

等差数列や等比数列の仕組みを理解し、それらの一般項や和を求める作業、漸化式の一般項を求め、Pythonによるプログラムの実践の中で、構文を用いて一般項を表し、手計算では求めることが難しい第 n 項を数値解析によって求める。これらの作業を通して、教科の学習到達目標の達成及び深い学びにつながるよう作成した。

〈微分法〉

微分法では、関数のグラフの単元を扱う。Scilabを用いたプログラミングにより、plot関数を用いてグラフの概形を求める作業を行う。いくつかの例題を通してプログラミングに慣れてもらった後、実際にチャート等の問題集を用い、練習問題で実践する。増減表など手計算ではグラフを描くことが困難な関数を問題として提示し、プログラミングを用いて概形を求める作業を通して、関数のグラフへの理解が深まるよう作成した。

〈積分法〉

積分法では、区分求積法の単元を扱う。長方形の面積の和、刻み幅を変化させたときの誤差について意識させることで、従来の「積分＝微分の逆」ではなく、「積分＝面積を求める計算」の概念を確立し、プログラミングによる数値解析を通して、積分法に対する理解を深まるように作成した。

3. アンケート調査の実施及び考察

作成した学習指導案や高等教育への微分方程式の導入、数学科教育へのプログラミング教育の導入に対する意識調査を目的とし、現職の私立高等学校数学科教員（29歳～45歳以下）を対象としてアンケート調査を実施した。依頼した8名のうち回答のあった6名の回答をもとに考察する。

質問項目は下記の1～10とした。

1. 数学科教育へのプログラミング教育の導入は、数学への深い学びにつながると思う。
2. 数学科教育へのプログラミング教育の導入は、数学的活動の促進につながると思う。
3. プログラミングによる数値シミュレーションや、データ解析手法の教育は、今後の数学科教育に取り入れるべきだと思う。
4. 今後、情報教科以外を指導する教員もプログラミングに関する知識を身に付ける必要があると思う。
5. 本研究にて提言した授業は、数学へのより深い学びを実現できると思う。
6. 本研究にて提言した授業は、プログラミング教育の導入により、数学科教育の幅を広げることができると思う。
7. 本研究にて提言した授業は、環境面も含めすぐに実践可能であると思う。
8. 微分方程式は高等学校数学科教育で必修化するべきだと思う。
9. 提言した授業について考えられる問題点や改善すべき点期待できる点があれば簡単に記述してください。
10. 数学科教育へのプログラミング教育の導入に対して、教員の立場として考えられる問題があれば簡単に記述してください。

質問項目1～8

質問項目1については「わからない」2人、「少し思う」3人、「強く思う」1人と全体を通して肯定的な回答となった。図2参照。現職の教員もプログラミング教育の導入が数学への深い学びにつながる教材になりうることに可能性を感じていることが分かった。

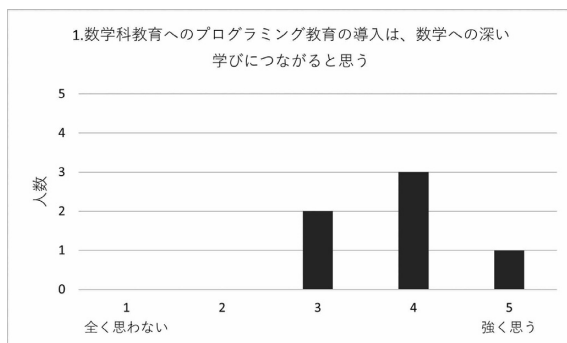


図2 質問1の回答

質問項目2については「あまり思わない」1人、「わ

からない」1人、「少し思う」3人「強く思う」1人と質問1と比較して回答が割れた。図3参照。実際に数学科教育へプログラミング教育を導入した授業実践がされていない現在において、数学的活動の促進につながるか否かはわからないのが現状であるが、Society5.0とも呼ばれる新たな時代の到来に伴い、ICTを活用し問題解決につなげる力は今後求められる。

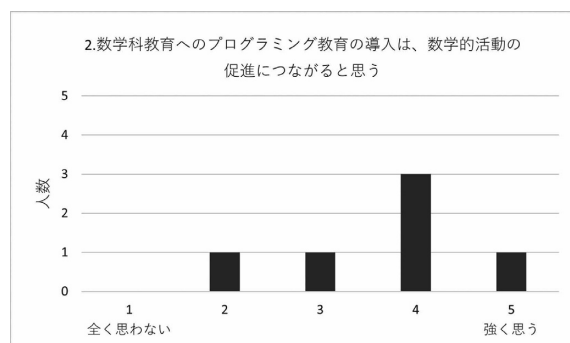


図3 質問2の回答

質問項目3については「わからない」2人、「少し思う」4人と肯定的な回答が多かった。図4参照。微分方程式を高等教育で扱ってほしいという大学からの要望がある現在、文理問わず全ての生徒に対してではなく、理系の中でも、特に工業系への進学を目指す生徒に対しては、これらの教育を実践すべきだと考える。

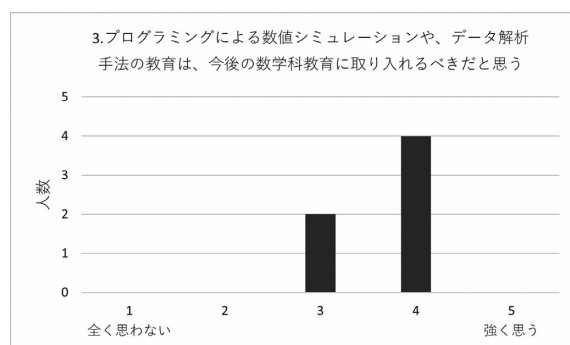


図4 質問3の回答

質問項目4については、「わからない」2人、「少し思う」2人、「強く思う」2人と肯定的な回答が多かった。図5参照。高等教育の各教科の学習指導要領にはプログラミング教育の導入に対する明確な記載はないが、情報教科のみならず他教科の教員もプログラミングに関する知識を身に着ける必要があると考えていることが分かった。

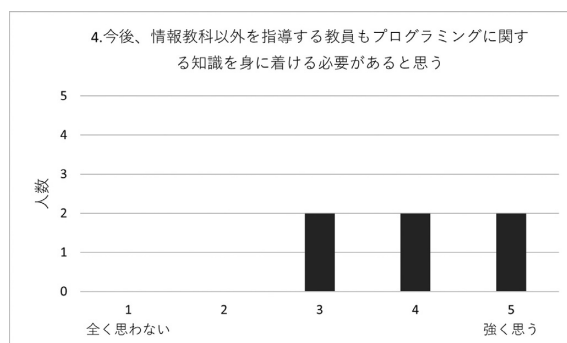


図5 質問4の回答

質問項目5については「わからない」1人、「少し思う」5人と肯定的な回答が多かった。図6参照。今回は作成した授業資料と学習指導案に目を通してもらい回答してもらったものであるため、授業実践や研究授業等を見学することで回答が変わってくることが予想される。しかし、この結果から、現段階では数学科の学習到達目標の達成及び、深い学びにつながる事が期待できる授業が作成できた。

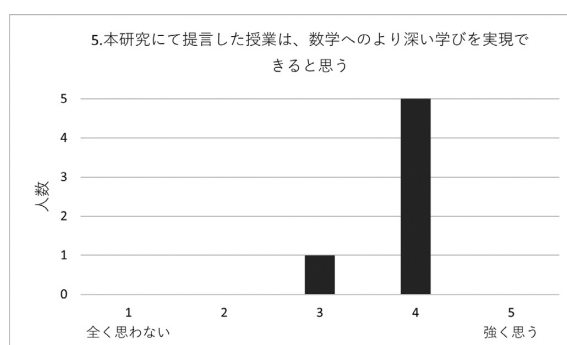


図6 質問5の回答

質問項目6については「わからない」1人、「少し思う」5人と、質問5と全く同じ結果となった。図7参照。

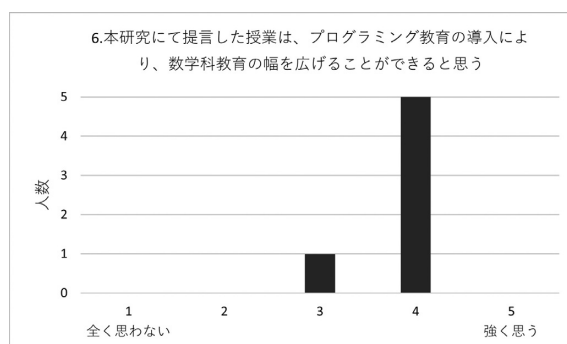


図7 質問6の回答

質問項目7については、「あまり思わない」3人、「わからない」2人、「少し思う」1人と否定的な意見が多かった。図8参照。

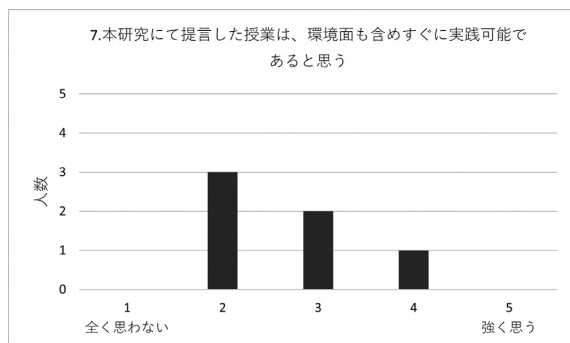


図8 質問7の回答

授業実践となると、いくつか問題点が考えられるが、ICT教育を行える環境が不十分であることや、教員側と生徒側にプログラミングスキルが必要となることが考えられるため、この結果は妥当であると考ええる。

質問項目8については、「あまり思わない」2人、「少し思う」が1人、「強く思う」が1人と意見が分かれた。図9参照。質問3同様、微分方程式を扱って欲しいという大学からの要望があるため扱うべきにとらえる人もいたが、必修化となると授業時間の確保が必要となるなど、問題点も存在し、意見が分かれる形となった。

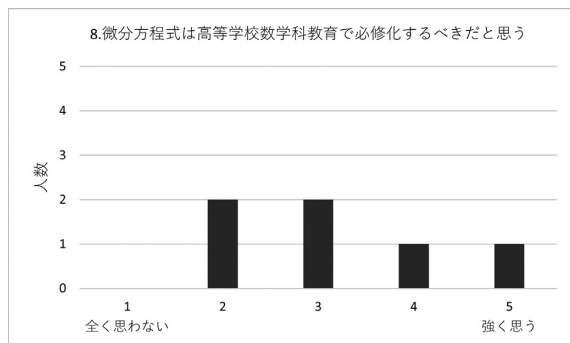


図9 質問8の回答

質問項目9

- ・プログラミングに触れさせるという今までにはない授業でとても面白い授業であると感じた。
- ・指導案を見る限りでは、プログラムによる数値計算を利用して、区分求積法の考え方が確かに面積とかかわりがあることを実感できるように思う。

- ・苦手意識を持っている生徒がいる標準クラスにおいては授業の中身が濃すぎる（詰め込みすぎる）と思う。生徒からすると授業内容の幅が広くて結果的に何も頭に残らないということが起こることが考えられる。もう少し内容を絞って生徒の印象に残るように工夫すると尚良くなると思う。

など肯定的な意見や改善点についての意見が挙がった。

質問項目10

- ・数学的な知識・技能と情報システムの知識・技能の両方を活用することになるため、教員、生徒のそれぞれにそれなりの能力が求められるのではないかとと思う。
- ・時間的な猶予と、その環境がなければ負担は増えると考ええる。学校として動いていくのであれば、全体の共通理解というか、意志の方向性の統一が必要と考ええる。
- ・授業時間の確保が必要などの意見が挙がった。

4. まとめ

本研究の目的は、工業系の大学への進学を目指す生徒に対する指導の在り方について、大学で実際に行われている授業や高等学校数学科教育へプログラミング教育を導入した授業提案をもとに考察し、具体的な課題や問題点を明確にすることであった。

高等学校数学科教育へのプログラミング教育の導入は、今後の数学科教育分野に影響を与え、従来の手計算で行う計算数学と、解析数学の統合という形で反映されることが予想される。本研究では、高等学校学習指導要領に従い、数学科教育の学習到達目標の達成及び、より深い学びにつながるような授業を提言した。実際にコンピュータを用いたプログラミングを通して、数値解析を経験し、ICTを用いて問題解決をする活動に対して、興味をもつきっかけにもなりうる。今後、実際に授業実践を通して、浮き彫りになった課題や問題点を解決、改善し、その活動を繰り返しながら次の授業へと質を高めていくことが必要となってくる。コロナ禍にある現在、実際に高校生を対象とした授業実践には至らなかったが、現職の高等学校数学科教諭へのアンケート調査や調べたことをもとに、現在考えられる問題点や課題についてまとめる。現代においてICTを取り入れた学習活動が盛んに取り入れられているが、各学校においてICT教育を用いた教育が行える環境に差があることが問題点として挙げられる。また、本研究で提言した授業では、教員側のプログラミングスキルも求められる。事前に用意した学習指導案や授業資料をもとに授業に臨むが、思

わぬエラーや、生徒の質問に適切に指導するにはプログラミングについてある程度熟知していなければならない。その場合、教員のプログラミングスキルの研修が必須となってくる。また生徒に対しても、for 文や if 文などの構文を教育する時間が必要となるため、プログラミングの知識を獲得させるためには、追加で授業時間を確保しなければならない可能性がでてくる。結果、教員側と生徒側それぞれでプログラミングスキルの獲得が必要となり、時間が必要となってくるため、今後すぐに数学科へのプログラミング教育の導入は困難だといえる。本研究では各単元を教科書で既習し、ある程度の理解度を得た生徒に対する授業を計画した。各単元を既習した後に演習としてプログラミング教育の導入を行う場合では、数学科での授業では意識しなかったことに気づき、数学科教育への深い学びにつながる事が期待できる。一方で、各単元を習いながらプログラミング教育を導入すると、生徒の中で混乱が起こり、慣れないプログラミングに手一杯となり、本来の目的である単元への理解が浅くなり、学習到達目標に達することができない可能性がある。どの学習段階に本研究で計画した授業を導入していくかについて、授業実践を通して模索し、検討していく必要がある。これらの問題点や課題を解決し、全体の共通理解や意志の方向性の統一が図れれば、プログラミング教育の数学科教育への導入は、数学科教育の幅を広げ、大学での数学科教育の準備としても最適であると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、アンケート調査への御協力をいただきました高等学校数学科教職員の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- (1) Scilab で学ぶわかりやすい数値計算法 川田昌克 (著) 森北出版株式会社
- (2) Scilab 入門 電気電子工学で学ぶ数値計算ツール 望月孔二 (著)
- (3) Python [完全] 入門 松浦健一郎/司ゆき著 SB Creative
- (4) 科学技術計算のための Python 入門 (開発基礎, 必須ライブラリ, 高速化) 中久喜健司 (著) 技術評論社出版
- (5) 数値シミュレーション入門者のための NumPy&SciPy 数値計算 実装ハンドブック 松田康晴 長井隆 大川洋平 (著) 秀和システム
- (6) Python による数値計算入門 河村哲也・桑名杏奈 (著) 朝倉書店
- (7) Python による数値計算とシミュレーション 小高知宏 (著) オーム社
- (8) Python 科学技術計算入門 NumPy/SymPy/SciPy/pandas による数値計算・データ処理手法 かくあき (著) SHOEISHA 出版
- (9) 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 数学編 数理数編
- (10) 初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価 情報処理学会論文誌: プログラミング 兼宗 進 中谷 多哉子 御手洗 理英 福井 眞吾 久野 靖
- (11) 文部科学省 (2016) 小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について
- (12) 新課程 チャート式 解法と演習 数学ⅡB チャート研究所 編著 数研出版
- (13) 新課程 チャート式 解法と演習 数学Ⅲ チャート研究所 編著 数研出版

〔研究ノート〕

電子工学実験におけるライントレーサのデジタル化検討*

伊藤 順治*², 原田 恒迪*³

An Examination of Digitization of Line Tracers in Electronic Engineering Experiments*

Junji ITO*², Hisamichi HARADA*³

*², *³Department of Mechanical and Electrical Engineering, School of Engineering,
Nippon Bunri University

1. はじめに

近年、義務教育へのプログラム教科導入などプログラミングスキルを早期に身に付ける事が重要な課題となっている。本学、機械電気工学科においては1年次後期に「Cプログラミング入門」で基本的なプログラミングのコーディング演習を行うが、その後の講義、演習、実験において、本格的にプログラミングスキルを向上させるプログラムはほとんど無いと言わざるを得ない状況である。一方で就職先の企業の業務内容は従来の物理的なもの作りだけではなくその機器を制御するプログラムまで作成し、ハードが分かるプログラミング技術が強く求められている。本研究ノートでは電子工学実験で広く使用されているアナログ制御型ライントレーサを用いて、その回路動作をシミュレーターにより再現し、原理を理解すると同時に、フィードバック制御を行う回路部をマイコンに置き換えることによりデジタル化する。実験および作成したプログラムにより、ライントレーサのデジタル化を実現したのでその実験内容および結果について報

告する。

2. 実験方法

・実験1-1

まず初めに従来のアナログライントレーサ(図1)について動作原理を確認するためにkeysight社のAd-

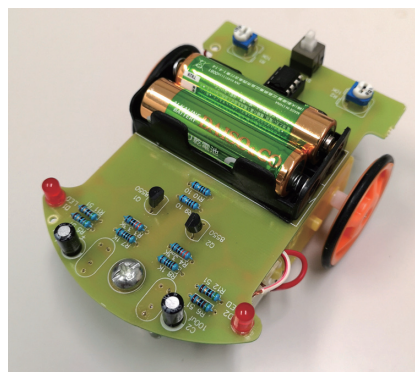


図1 アナログライントレーサ

*2022年6月15日受理

*²日本文理大学工学部機械電気工学科 教授

*³日本文理大学工学部機械電気工学科 学部生

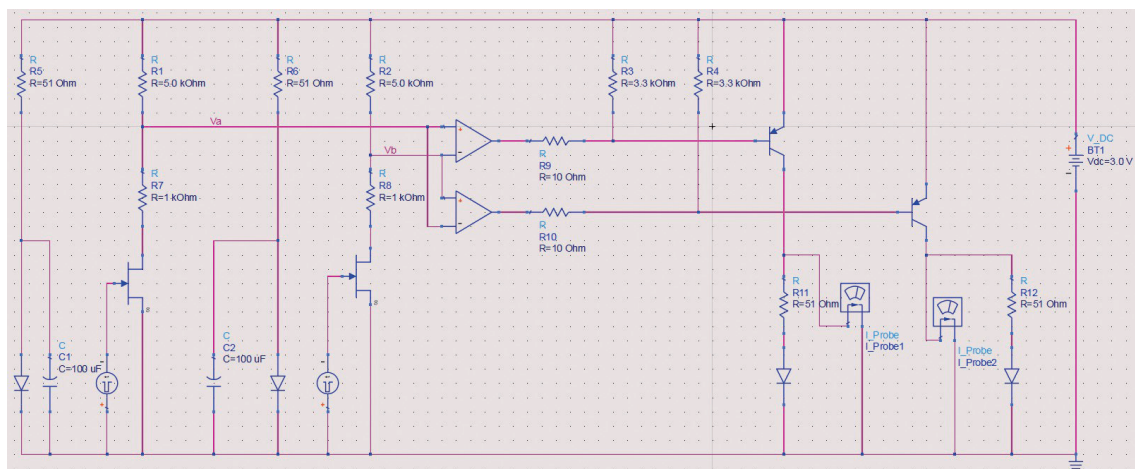


図2 ライトレーサシミュレーション回路

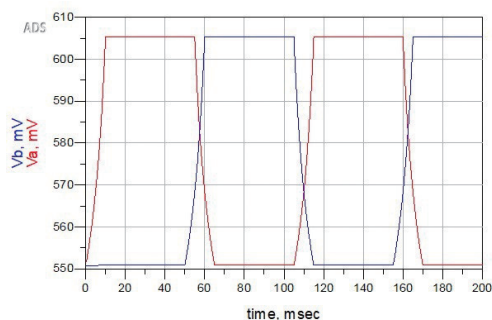


図3 コンパレータ入力波形

vanced Design System2022を使用してシミュレーションを行った。作成した回路を図2に示す。この回路の動作原理を簡単に説明する。

左右のLEDの反射光を光電素子フォトレジスタCdSにより抵抗値の変化に変換し、それを電圧変化量としてデュアルコンパレータによって比較する。図2の回路ではCdSの代替としてJ-FETを使用して抵抗値を可変した。ラインは幅18mmの黒線であることからセンサがライン上にある時には反射光は減少し、ラインから外れると反射光は増加することから、左右のセンサの位置がライン上部かそうでないかを判別する。その結果からライン上にある反対側のモーターを動作させることによりラインをトレースすることが出来る。図3にエミュレートしたコンパレータに入力される電圧波形を示している。具体的には方形波におけるRise Time/Fall Time等のパラメータによって設定した。この入力を理想オペアンプで構成したコンパレータに入力し、2つのモーター

を駆動する電流をシミュレーションした。結果を図4に示す。

図4に示すように駆動電流が交互にON/OFFしている事が確認できた。

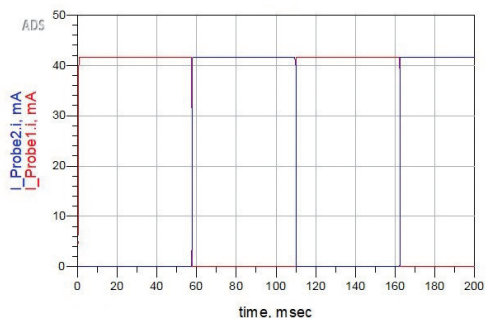


図4 モーター駆動電流シミュレーション結果

・実験1-2

次に本実験の目標であるデジタル化を行うが、実際にはコンパレータをRaspberry Pi Pico^[1] (以降RP2)に置き換える。作成した実験機を図5に示す。

図5では電池ボックスの前方にRP2を追加配置し、他の回路と干渉しないように設置した。

次にデジタル化した場合のシミュレーションを行った。具体的には回路のコンパレータの代わりに3.3Vの方形波信号源2台を接続した。シミュレーション回路を図6に示す。方形波の設定では一定時間クロスする設定を行った。これは直進制御信号を想定したためである。

想定した入力方形波とモーター駆動電流のシミュレー

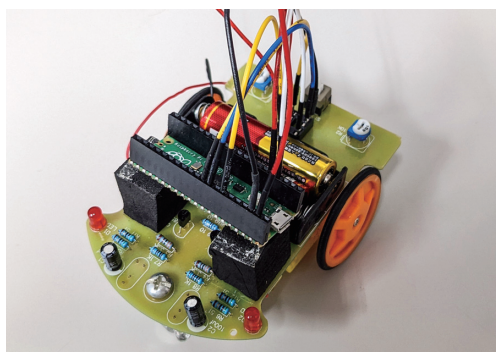


図5 RP2 を搭載したライントレーサ

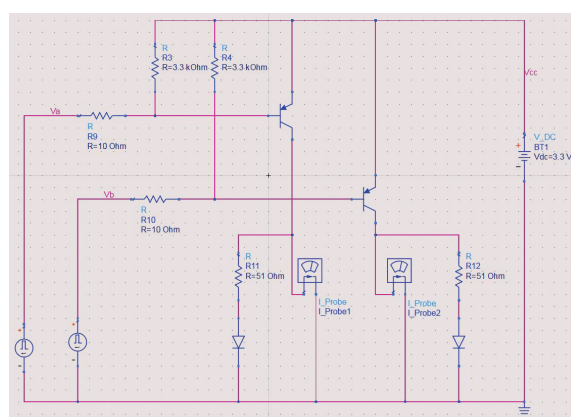


図6 方形波信号源でのシミュレーション回路

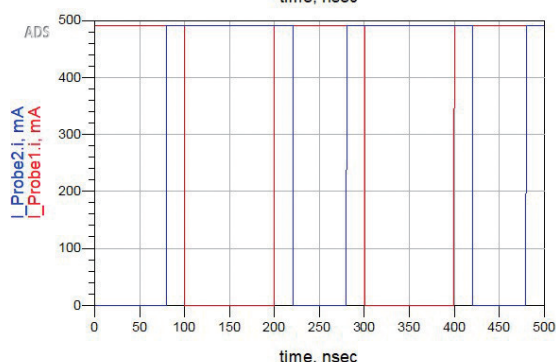
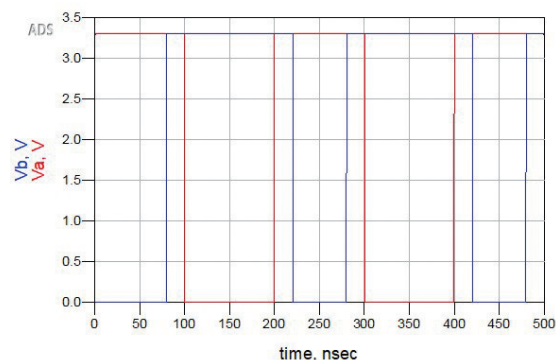


図7 デジタル化した時のシミュレーション結果

シミュレーション結果を図7に示す。入力信号 V_a 、 V_b に同期してモーター駆動電流が出力されていることが分かる。

・実験1-3

次に、光電素子を制御する際の指標とするためガイドライン中心からの距離によるCdSの抵抗値変化を測定した。具体的には白紙上に幅18mmの黒ビニールテープを貼り(図8)、テープ中心を0mmとしてCdSを左右17mmまで1mmずつ動かし、DMMを用いて V_{CC} と V_R 、 V_L を測定する。得られた値と $R_{1,4} = 5k\Omega$ 、 $R_{2,5} = 1k\Omega$ として式(1)に代入しフォトレジスタ抵抗値 $R_{3,6}$ を算出した。

$$R_{3,6} = \frac{V_{R,L}}{V_{CC} - V_{R,L}} \times R_{1,4} - R_{2,5} [\Omega] \quad \dots (1)$$

右CdSを0mm～17mmスライドさせた場合の左右CdS抵抗値変化を図9に示す。

赤の折れ線グラフは右CdS抵抗値を示し、青の折れ線グラフは同じ位置での左CdS抵抗値を示している。

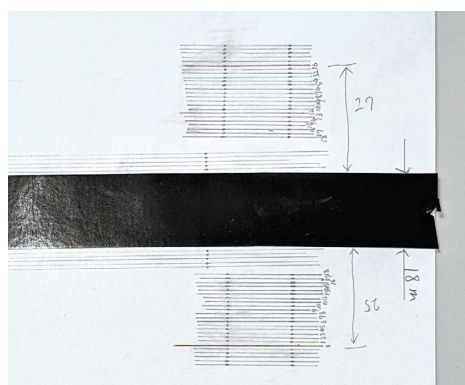


図8 試験用ライン台紙

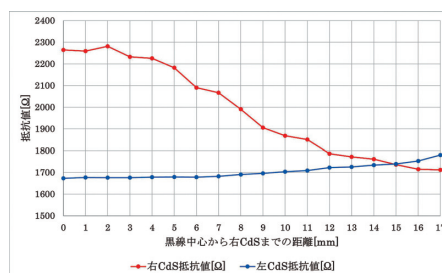


図9 右CdS基準でスライドした場合の抵抗値変化

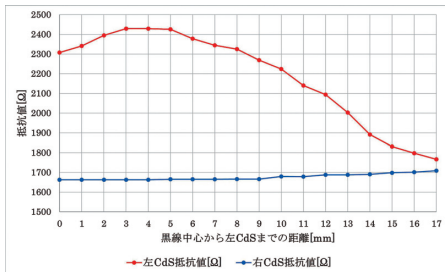


図10 左 CdS 基準でスライドした場合の抵抗値変化

赤の折れ線グラフは左 CdS 抵抗値を示し、青の折れ線グラフは同じ位置での右 CdS 抵抗値を示している。

3. プログラム作成

実験 1 - 3 で得られた測定値を元に作成したプログラムを図11, 図12に示す。

本プログラムは、CdS の入射光が弱くなる（黒線に近づく）と抵抗値が大きくなる性質を利用した。初めに、 V_R, V_L, V_{CC} を RP 2 の ADC を用いて読み取る。次に、 $R_{1,4} = 5k\Omega, R_{2,5} = 1k\Omega$ として式(1)によって CdS 抵抗値 $R_{3,6}$ を求め、その大小を比較する。 $R_3 > R_6$ の場合は R_3 を基準 R_b として $R_{3,6}$ の差の割合 Δf を式(2)によって求める。反対に、 $R_3 < R_6$ の場合は R_6 を基準値 R_b として Δf を算出する。 $R_3 > R_6$ かつ $R_3 < R_6$ でない場合は処理を終了する。

$$\Delta f = \frac{R_a - R_b}{R_b} \times 100[\%] \dots (2)$$

次に、図9から右 CdS の位置が11mm の場合に右 CdS が左 CdS より大きい事が明確に判断できるため、その位置での $\Delta f = 8[\%]$ を基準に右左折・直進を判断する。例えば、 $R_3 > R_6$ の時 Δf が 8 % 未満の場合はラインに対して車体が大方平行であると判断し直進する。8 % 以上の場合は左方向に向かってしていると判断し右折する。また、 $R_3 < R_6$ の時 Δf が 8 % 未満の場合はラインに対して車体が大方平行であると判断し直進する。8 % 以上の場合は右方向に向かってしていると判断し左折する。

4. 実験結果

プログラムを実行したところ、ライントレーサは直線区間では直進し、カーブ区間は小刻みに右左折することなく走行できる事を確認した。しかしながら、直線区間において安定して直進するまで発振がみられたため、パラメータの調節や PID 制御の導入を検討している。

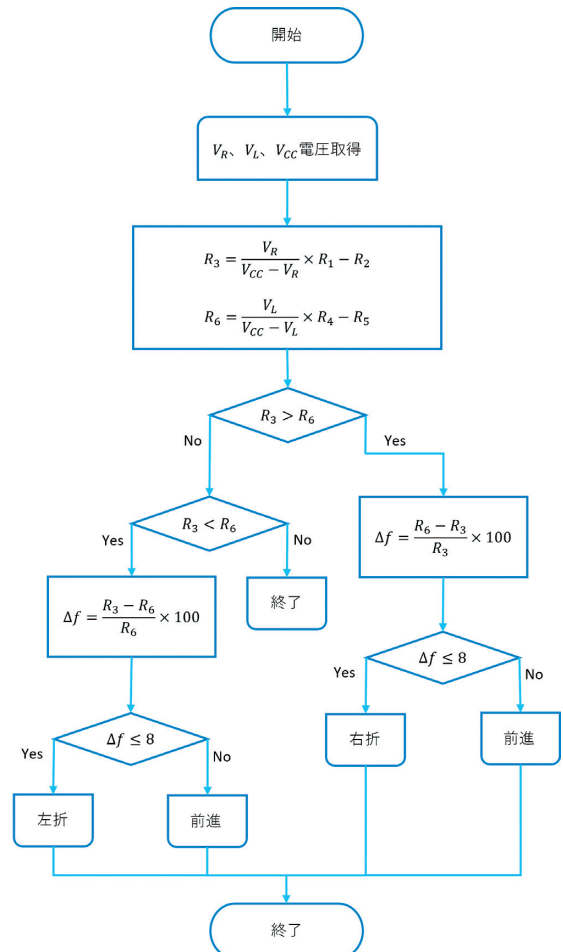


図11 プログラムフローチャート図

参考資料

- [1] Gareth Halfacree, Ben Everard, "Get Started with MicroPython on Raspberry Pi Pico" Raspberry Pi Press, January 25, 2021

```
while True:

    RVout = cds_r.read_u16() * (3.0 / 65535)
    LVout = cds_l.read_u16() * (3.0 / 65535)
    Vcc = vcc.read_u16() * (3.0 / 65535)
    R3 = (RVout/(Vcc-RVout))*5000-1000
    R6 = (LVout/(Vcc-LVout))*5000-1000

    if (R3 > R6):
        df = abs((R6-R3)/abs(R3))*100
        if (df <= 8):
            motor_R.value(0)
            motor_L.value(0)
        else:
            motor_R.value(1)
            motor_L.value(0)
    else:
        if (R3 < R6):
            df = abs((R3-R6)/abs(R6))*100
            if (df <= 8):
                motor_R.value(0)
                motor_L.value(0)
            else:
                motor_R.value(0)
                motor_L.value(1)
        else:
            pass
```

図12 Python を用いた制御プログラム

〔研究ノート〕

キャンパス内での低コスト GNSS 受信機を用いた干渉測位の精度*

石川 拓海^{*2}, 岡本 尚也^{*3}, 阿南 壘^{*3}, 池見 洋明^{*4}Accuracy of the Relative Positioning with Carrier Phase Observation
using low-cost GNSS Receivers on campus*Takumi ISHIKAWA^{*2}, Naoya OKAMOTO^{*3}, Rui ANAN^{*3}, Hiro IKEMI^{*4}^{*2,*4}Department of Architecture, School of Engineering, Nippon Bunri University^{*3}Department of Architecture, School of Engineering, Nippon Bunri University (Graduate, AY2021)

Abstract

In this study, using low-cost GNSS receivers and the RTKLIB baseline analysis package, we performed the relative positioning with carrier phase observation at 20 stations of our survey training and examined the accuracy in the basis of standard deviation of the calculated position coordinate. Next, a sky factor based on a photograph was calculated and compared with the standard deviation in horizontal and vertical directions in each station. As a result, it was found that an accurate survey result can be obtained if the sky factor is approximately 60% or more.

キーワード：低コスト GNSS 受信機, 相対測位, 天空率

Keywords : low-cost GNSS receiver, relative positioning, sky factor

1. はじめに

日本文理大学工学部建築学科では測量実習用に TOPCOM 社製 GNSS (Global Navigation Satellite System) 受信機 GP-SX 1 (図1) を3台所有しているが, メーカーの保証対象外となっていることや2016年以降にロールオーバー状態¹⁾になっていることから教育や研究での活用が不可能となっている。そのため, 例えば, ドローン等による空中写真から SfM (Structure from Motion)



図1. 日本文理大学所有 TOPCOM 社製 GP-SX 1 (信頼性の高いメーカーの機種, 現在はロールオーバー状態, サポート対象外のため使用不可¹⁾)

^{*}2022年4月19日受理^{*2}日本文理大学工学部建築学科 学部生^{*3}日本文理大学工学部建築学科 (2021年度卒業)^{*4}日本文理大学工学部建築学科 教授

技術によりデジタル標高モデルを作成するといったことが不可能となっていた。また、大手の測量機器メーカーが販売する GNSS 受信機は一般に高価であり、容易に機器を更新できないという問題もあった。

一方、近年、低コストで高精度な GNSS 受信モジュールを使用した製品が入手できるようになってきた。これらの製品は、機器や解析ソフトの使い易さ、実績や信頼性という点で大手測量メーカーの機器に対して見劣りがする。しかし、測量自体が本来の目的ではない教育や研究の分野では、機器の精度や確度がその要求性能を満たすのであれば、遂行上、特に問題はない場合が多い。

そこで、本報告では測量学実習を想定し、Drogger 社製の低コスト GNSS 受信機 DG-PRO 1 RWS (図2) を使用して干渉測位を行い、機器の運用や測量精度の確認・検証を行う。具体的には、日本文理大学のキャンパス内において、測量学実習で使用している測点(ローカル基準点を含め合計20点)を使用し、スタティック法による GNSS 測量及び基線解析を実施して、その精度と角度について検討する。次に、測点の天空率を求めて基線解析結果を比較し、GNSS 測量の運用について検討する。

2. 研究方法

2-1 低コスト GNSS 受信機

Drogger 社製 DG-PRO 1 RWS は GNSS 受信モジュール u-blox F9P を搭載しており、アンテナには u-blox 2 周波 GNSS アクティブアンテナを使用している。また Bluetooth を介して Android 端末より操作、データ保存を行う仕様となっている。現在の価格は本体とアンテナを含め 6 万円弱であるが、2021 年度にはバッテリーケース、Android スマートフォンなどの他の付属品を含めて 1 台 15 万円弱で購入した。また、アンテナをより高精度にした DG-PRO 1 RWX が出ており、これは国土地理院 1 級 GNSS 測量機として登録されている。本報告では標準アンテナ装備 (u-blox ANN-MB-00) を使用した DG-PRO 1 RWS の測量結果を報告する。

2-2 GNSS 測量法 (干渉測位法)

GNSS 測量は単独測位法と干渉測位法 (相対測位) の 2 つに大きく分類される。単独測位は 1 つの受信機で複数の衛星からの搬送波を受信し 3 次元座標を求める方法であり、一般的にカーナビゲーションやスマートフォンで利用され、精度は 1~10m 程度である。一方、干渉測位は基準局を含む複数の受信機で衛星からの搬送波を



図2. 低コストの Drogger 社製 GNSS 受信機 (円盤部に受信機とアンテナ、円筒部分にバッテリーを内蔵)

受信し、位置座標が既知の基準局から各側点までのベクトル (基線) を求めて 3 次元座標を求める方法である。精度は数 mm から数 cm と高く、この方法は測量にも採用されている。また受信機の利用方法によりスタティック法とキネマティック法に分けられ、さらにキネマティック法の中でリアルタイムに測位を行う方法を RTK 法と呼ぶ。

各方法の詳細については省略するが、本報告では、佐賀関の電子基準点を基準局としたスタティック法により各側点 (測量学実習用 19 測点 + ローカル基準点) を移動局として測量を実施する。各測点の観測時間は 1 時間以上とし、衛星システムには GPS、QZSS、Galileo、BeiDou を使用する。なお観測の詳細 (オプション) は Android 端末の Drogger GPS アプリで設定し、Advanced Option では RAW (観測) と Nav (航法記録) データの記録オプションをチェックして観測を実施する。

2-3 基線解析

GNSS 測量では測位衛星の位置、搬送波の位相と時間から衛星と受信機の距離を求めることができる。基本的に 3 つ以上の衛星からの距離が得られれば 3 次元座標を得ることはできる。しかし、大気などによる遅延、衛星と受信機の時間誤差、建物や山からの反射、ノイズなどを起因とした誤差が発生するため、単独測位では十分な精度はなく、測量には適さない。一方、干渉測位法では 4 機以上の衛星からの搬送波の位相を差分すること (二重位相差) により時間誤差を解消でき、また座標値が既知の基準局との相対的な位置を求める基線解析により、両局において同じ原因で発生する誤差を取り除くことができる。この効果は基準局と移動局との直線距離が近いほど高くなり、計測時間の短縮にもつながる。これらの

表 1. 各測点の GNSS 測量結果

測点	平均値			標準偏差 (σ)			
	緯度 度	経度 度	標高 m	緯度 度	経度 度	水平方向 m	鉛直方向 m
A1	33.231028821	131.722974448	48.890	3.8E-08	1.7E-08	0.007	0.004
A2	33.230667346	131.723240086	48.892	7.9E-07	1.1E-06	0.220	0.140
A3	33.230886769	131.723683743	48.816	3.0E-08	4.4E-08	0.006	0.006
A4	33.231130671	131.724088073	54.685	1.9E-05	1.4E-05	4.769	2.313
A5	33.231521011	131.723924989	48.791	3.5E-07	7.0E-07	0.268	0.084
A6	33.231266304	131.723452236	54.703	7.2E-05	3.1E-05	15.620	7.584
B1	33.230627121	131.723303866	33.231	2.3E-08	2.3E-08	0.000	0.003
B2	33.230439254	131.723404789	47.358	2.2E-04	2.6E-04	14.402	35.662
B3	33.230258028	131.723532238	49.921	8.1E-07	1.5E-06	0.106	0.180
B4	33.230374504	131.723741963	49.842	2.7E-06	1.7E-06	0.990	0.314
B5	33.230471990	131.723945036	48.834	2.7E-08	2.4E-08	0.006	0.004
B6	33.230674289	131.723802214	51.095	1.9E-05	7.9E-06	1.570	1.990
B7	33.230844817	131.723625300	48.786	3.2E-08	6.0E-08	0.007	0.007
C1	33.231006337	131.723888292	49.202	2.2E-08	5.4E-08	0.012	0.006
C2	33.230817107	131.723978405	52.612	5.9E-06	1.8E-05	3.237	2.045
C3	33.230647840	131.724160344	48.600	2.8E-08	3.6E-08	0.006	0.005
C4	33.230839938	131.724509766	47.951	2.8E-08	3.2E-08	0.010	0.004
C5	33.231113322	131.724391130	48.571	2.3E-07	2.6E-07	0.638	0.036
C6	33.231227153	131.724205768	49.010	3.8E-08	1.7E-08	0.007	0.004
ローカル基準点	33.229526432	131.725694973	38.755	5.2E-09	2.9E-08	0.007	0.003

理由から干渉測位は、数 mm から数十 mm 程度の精度を確保でき、測量にも適用できる。なお、一般に電子基準点を用いたスタティック測位では基準局と移動局の距離が長くなるため、精度良く測量を行うためには移動局において1時間以上の観測が必要となるが、近くにローカルの基準局を設置するキネマティック測位ではより短時間での測量が可能となる。

本報告では RTKLIB を用いたスタティックあと解析による基線解析を実施する。RTKLIB は GNSS 観測データを解析するオープンソースの測位演算アプリケーションである²⁾。加えて解析手順やパラメータなど、インターネットの様々なサイトで事例³⁾が紹介されており、誰もが高精度な干渉測位を行えるような環境を実現している。以下に今回実施した解析手順を示す。

- ① GNSS 受信機 (Android) より解析 PC に Bluetooth を介して観測データをダウンロードする。
- ② ①の観測データ (ubx 形式) から Rtkconv アプリケーションを用いて、Rinex 形式に変換する。この時オプションの設定では、RINEX のバージョンを 3.02 に設定、Satellite Systems を GPS, Galileo, QZSS, BeiDou にチェック、Observation Types をすべてチェック、Frequencies の L1 + L2 にチェックする。デフォルトの設定では3つ

の拡張子のファイルが出力されるが、そのうち使用するのは obs (観測) と nav (航法記録) データである。

- ③ Rtkplot アプリケーションを用いて、受信衛星の数、配置、SNR (Signal to noise ratio) を確認して、観測データの品質を評価する
- ④ Rtkpost アプリケーションを用いて、電子基準点 (基準局) と GNSS 受信機 (移動局) の観測データを元に基線解析を実施する。電子基準点のデー

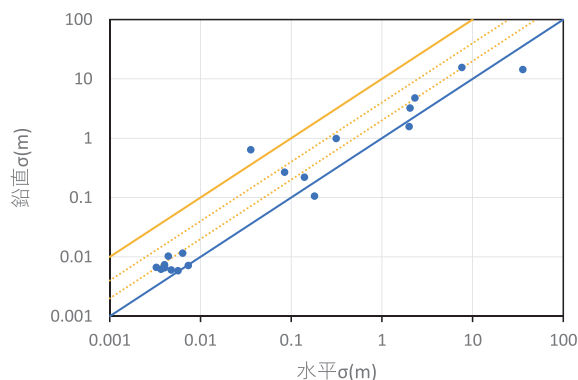


図 3. 水平方向と鉛直方向の標準偏差 (σ) の関係 (青線は水平：鉛直の σ が 1 : 1, 黄色は 1 : 10)



図4. 各測点のFix解及びFloat解の分布（地理院タイルの標準地図に測量結果を記載）

タは、電子基準点データ提供サイト⁴⁾より2時間以上前の観測データからダウンロード可能である。なお観測データは衛星がGRJE、バージョンはRINEX ver3.02を選択する。解析は「Execute」ボタンで実施され、拡張子「pos」でテキストファイルに出力されたものをExcel等を用いて緯度、経度、標高の平均値と標準偏差を求める。また地理情報システム（GIS）で出力結果を表示できる拡張子「.gpx」ファイルにもコンバートできる。なおアプリケーションの主なオプション設定は次のとおりである。Positioning Mode：Static, Frequencies / Filter Type：L1 + L2, Elevation Mask：10, SNR MASK：35, Integer Ambiguity Res/GPS：Continuous, BDS：ON, Datum / Height：Geodetic, Geoid Model：GSI2000, Roverのアンテナ高さは実測値、佐賀関電子基準点の位置及び楕円体高には以下の値を入力する。

X（緯度）：33.229526472°

Y（経度）：131.725695160°

楕円体高：70.1799m

Sattellite / Receiver Antenna PCV Fileには電子

基準点データ提供サイト⁴⁾より入手できる電子基準点の補正データ⁴⁾、Geoid Data Fileには国土地理院よりダウンロード可能なジオイドモデルのファイルを指定する。

3. 各測点におけるGNSS測量の精度と確度

表1には各測点の測量結果として、経度、緯度、標高の算術平均と標準偏差（ σ ）を示した。 σ については、緯度（X）方向と経度（Y）方向に加え、それらを合成した水平方向及び鉛直方向（標高）のものを示した。また水平方向の σ は単位を距離（m）に換算した値とした。なお平均と σ の計算には整数値バイアス（衛星とGNSS受信機の間の波数）が決定されたFix解を用いた。一方、整数値バイアスが決定できていない値をFloat解という。図3には水平方向と鉛直方向の標準偏差の関係を示した。水平方向に比べ鉛直方向の σ は概ね2倍から10倍程度大きい結果となった。図4には各測点のfix解とfloat解の分布を示した。Fix解のプロットでばらつきが少なく良好な測点での σ は0.01m以下を示した。一方、ばらつきが大きく、Fix解がなかなか得難かった

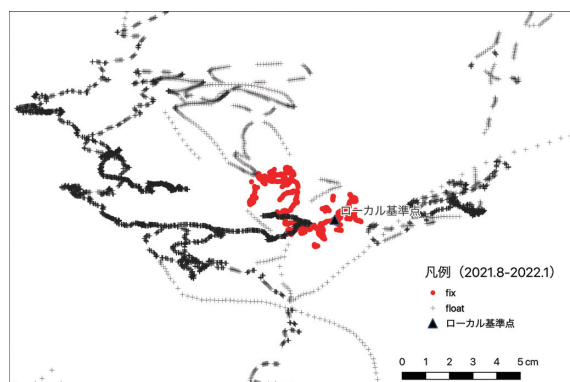


図5. 約半年間のローカル基準点の計測値分布

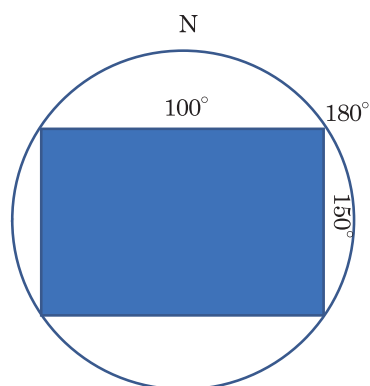


図6. 対角180°とした天空写真（青色）の範囲

測点での σ は1 m 以上となった。なおB1測点の σ が小さいのはFix 解の数が極端に少ないためであり、信頼できる値というわけではない。図5には第4駐車場の東端に設置したローカル基準点の2021年8月から2022年1月にかけて測量した結果を示した。今回の報告ではキネマティック測位の結果は示さないが、将来的に利用する目的としてローカル基準局を設置している。この測量結果から、良好な観測点において、GNSS 測量の確度はおよそ5 cm 以内であろうことが予測された。

なお図中の測点のラベル位置は、測量学実習のトラバース測量で得られた相対位置に基づくプロットであり、GNSS 測量結果と異なるところがいくつか確認できた。これはトラバース測量で計算に用いる既知点位置及び方位角について再度検討する必要があることを示している。

4. 天空率と GNSS 測量結果との比較

一般的に GNSS 測量の精度は測点周辺の環境に大きく依存するとされている。そこで、GNSS 測量の標準偏差と観測の環境を比較するために各測点における天空率を求めた。天空率の算出は測点1 m 直上から撮影した写真から行った。写真には、一眼レフカメラ Pentax KP に魚眼レンズ HD PENTAX-DA FISH-EYE10-17 mmF3.5-4.5ED を装着し、コンパスを用いてカメラ上部を北に合わせて、広角側10mm で上空を撮影したものを使用した。魚眼レンズの設計から撮影範囲は対角線が180°、長辺が150°、短辺が100°の天空を撮影していることになる（図6）。図7には天空写真の例として、測点B1の例を示した。この写真から Adobe photoshop を用いて空の面積を求め、その値を全体の面積で除した値を



図7. 天空率50.57%となった測点B1の天空写真

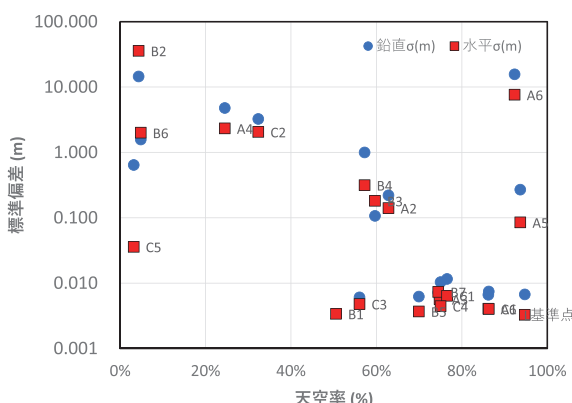


図8. 天空率と水平・鉛直方向の標準偏差との関係（縦軸は対数、ラベルは測点名、基準点はローカル基準点のこと）

天空率とした。図8には天空率と水平・鉛直方向の標準偏差の関係を示した。ローカル基準点など天空率が高い測点では標準偏差が小さくなる傾向を示し、概ね60%前後で標準偏差の値が変化することがわかった。しかし、A5、A6測点など天空率が高いにも拘わらず、標準偏差が大きい箇所も確認でき、天空率と標準偏差の関係は明確ではないことがわかった。今後、測量の精度向上には、パラメータを変えるなどして基線解析を再度実施し、その原因を特定する必要があると考えられる。なお、このA5、A6については観測当時、銀杏並木が測点近傍にあり、その影響が考えられたが、現在は工事に伴って伐採されているため、再度測量を実施する必要があると考えている。

5. まとめ

本報告では、Drogger社製の低コストGNSS受信機DG-PRO1RWS及びRTKLIBを使用して、測量学実習で使用している19測点について、スタティック法による干渉測位を実施し、その精度と確度について検討した。

次に、各測点の天空率を求めて水平・鉛直方向の標準偏差と比較した。その結果、天空率が概ね60%以上であれば良好な測量結果が得られることがわかった。

参考文献

- 1) TOPCON サポートサイト
<https://www.topcon.co.jp/topics/4381/> (2022. 6. 7 閲覧)
- 2) RTKLIB ダウンロードサイト
<http://www.rtklib.com/rtklib.htm> (2022. 6. 9 閲覧)
- 3) 農研機構 (2019) : 小型 GNSS 受信機を用いた高精度測位マニュアル (ドローン用対空標識編)
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130441.html (2022. 6. 9 閲覧)
- 4) 電子基準点データ提供サイト
<https://terras.gsi.go.jp>

〔研究ノート〕

流体中の近接する球に作用する潤滑力の簡易式*

永 田 裕 作**

Convenient Formula for Lubrication Force between Particles*

Yusaku NAGATA**

Department of Aerospace Engineering, School of Engineering,
Nippon Bunri University

Abstract

In this paper, a new convenient formula for lubrication force acting between two objects was derived. The equation of lubrication force acting between two disks was derived using Hele-Shaw approximation, and then the equation between two spheres was derived by introducing an approximation of the calculation range and distance. Many applications of this formula, such as motion analysis of many particles, can be expected, thanks to its simplicity.

キーワード：潤滑力，ヘレショー流れ，粒子流体間相互作用

Keywords : lubrication force, Hele-Shaw flow, interaction between particle and fluid

1. はじめに

1-1 流体中で物体は接触しない？

地球の表面は水や空気に覆われており，その中での運動はそれら流体の影響を大きく受ける。陸上を移動する人や動物は地面に足を接触し，その間に作用する摩擦力により，滑らずに歩行することができる。ところが，流体力学から考えると，その一見当たり前のように思える物体同士の接触は，実に不思議な現象に見えるのであ

る。

流体中を2つの物体が接近していく状況を，例えば考えてみよう。2つの物体が接近するということは，物体間の空間が徐々に狭くなっていくことであり，それはつまり，間にある流体が領域の外に逃げていくことに相当する。物体間の距離がかなり離れている場合には，間にある流体は容易に外に流れていくが，間隔が非常に狭くなると，流体の粘性が効きはじめて流れにくくなり，やがては流体の圧力が上昇して物体の接近を妨げる方向に作用する。この作用が有効であれば，接近する物体間に

*2022年6月13日受理

**日本文理大学工学部航空宇宙工学科 准教授

は必ず流体が存在することになり、物体同士は直接接接触することはなくなってしまう。このような、接近物体間に作用する流体の効果は「潤滑効果 (Lubrication Effect)」と呼ばれ、現代的な流体力学の創始者の一人であるレイノルズにより最初に解析された。この流体による潤滑作用は、工業的に「流体潤滑」と呼ばれ、オイル軸受けなど摩擦を低減する必要のある各種製品に応用されている。

一方でこの潤滑効果は、我々が普段の生活において、手で物体を触ったりすることと、大きく矛盾しているように見える。このパラドックスに、流体力学をはじめとした物理の研究者は大いに悩まされてきた。現在その大筋の説明として、物体同士が接近すると、例えば手の皺のような物体表面の微小な凹凸や表面の静電的效果が影響するようになり、さらに非常に狭くなると流体の連続体としての性質が満たされなくなる (分子スケールになる) ため接触が実現する、というのが専門家の共通認識である (例えば Granick (1999) など)。

この潤滑効果は、微細な世界だけでなく、日常生活においても見る事ができる。例えば、フローリングのような滑らかな床の上に、A4サイズの紙を落としたことがある人は、紙が床を滑るように移動するのを見たことがあるはずである。地面付近に紙が落ちててもすぐには静止せずにしばらく移動するのは、まさにこの潤滑効果によるのである。それから、液体中で接近する2つの気泡がすぐには合体して一つにならず、しばらく付着した状態を保つのも潤滑効果が関係している。

1-2 流体中の球の潤滑力

この潤滑効果は、流体中で運動するすべての物体間に作用するが、例えば固体が高速で移動し変形や破壊を伴う衝突をする場合は、衝突の効果が卓越するので潤滑効果は無視できる場合が多い。特に潤滑効果を考慮する必要があるのは、液体中で物体運動や気体中で粒子の沈着など比較的緩やかな現象でかつ物体同士が非常に接近した場合である。

潤滑効果を正確に求めるためには、対象とする複数物体間の運動に伴って流体から受ける物体表面の圧力およびせん断力を、各物体の表面全体にわたり積分すればよい。しかし、形状が複雑であったり、物体数が非常に多い場合には、潤滑効果を厳密な方法で求めるのは非常に困難である。

本論文では、半径の等しい2球および球と壁の相対運動により生じる潤滑力の実用的な式を導出することを目的とする。2球間の潤滑力が求まれば、球が多数になっ

ても重ね合わせによりすべての球についての潤滑効果を計算することができるようになる。はじめに、最も単純な場合として、2つの同一半径同軸平行円板間に作用する潤滑力について導出し、その発展として2球および球と壁に作用する潤滑力の簡易式を示す。

2. 潤滑力の簡易式

2-1 平行円板間に作用する軸方向潤滑力

球の潤滑力を求めるに際し、まず平行円板間に作用する潤滑力を導出する。2つの円板の配置と座標系を図1に示す。半径 R の2つの円板のうち、下にあるものは静止し、上にある円板が中心軸下方向に運動する場合を考える。下の円板の上面の中心に原点を取り、面に沿った方向の座標を r 、中心軸上方向の座標を h とする。そして上にある円板の下面の h 座標の値を H とする。(この図では、座標系を示すために円板間の距離が大きく開いているが、潤滑力が作用する範囲は $H \ll R$ であり、実際は非常に狭い。)

次に、この円板を取り巻く流体の粘性率を μ 、周囲の圧力をゼロとし、円板間の領域の流れについて、

①流速 U は、 h 方向に一樣

②流速 U は、 r 方向のみに依存し、周方向は一樣
という2つの仮定を置くこととする。①は円板間の距離 H が円板半径 R に対して非常に狭い場合 ($H \ll R$) に成り立つ近似であり「Hele-Shaw 近似」と呼ばれている。②は、非常に緩やかな流れに対して、対称性から成り立つものである。

①と②の仮定から、この流れは、位置 r における圧力を P として、以下のように表すことができる。

$$U(r) = -\frac{H^2}{12\mu} \frac{dP}{dr} \quad (1)$$

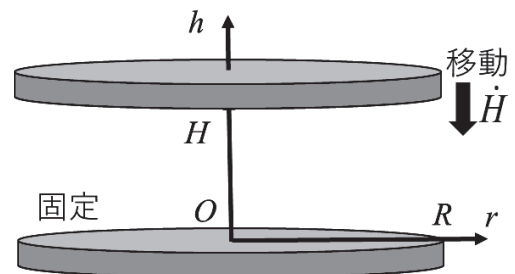


図1：2円板間の潤滑力計算に用いる座標系

そして、円板の移動領域と円板間の流体が流出する体積が等しい（体積保存）から、以下の式が成り立つ。

$$-\pi r^2 \dot{H} = 2\pi r H U(r) \quad (2)$$

ここで $\dot{H}$ は、円板位置の時間微分つまり円板の移動速度を表している。

これらを整理し積分することにより、圧力を求めることができる。（円板の外の圧力をゼロとしている）

$$P(r) = \int_r^R 6\mu \frac{\dot{H}}{H^3} r dr = 3\mu \frac{\dot{H}}{H^3} (R^2 - r^2) \quad (3)$$

そして、円板の面上で圧力を積分することにより、この場合に生じる潤滑力を求めることができる。

$$F_L = \int_0^R 2\pi r P(r) dr = -\frac{3}{2} \pi \mu \frac{\dot{H}}{H^3} R^4 \quad (4)$$

2-2 2つの球間に作用する中心軸方向潤滑力

半径が a の2つの球の間に作用する潤滑力について考える。基本的な導出過程は円板の場合と同様であるが、球の場合は2球間の距離が半径方向でみていくと大きく変化する（図2a）。例えば円板の潤滑力の式（4）を見れば、間隙の距離 H のマイナス3乗に比例している。このことから、球の場合においては、最近接領域付近が潤滑力のほとんどの割合を占めることが予想される。ここでの目的は球間に作用する潤滑力の簡易式を求めることであるので、球間の最近接領域の範囲で潤滑力を求めることとする。この範囲は、2球間の最近接距離 H と球の半径 a に関係するとして、後の計算の便宜も考え、単純に両者の相乗平均をとるものとする。これは $R \ll a$ においては合理的である（図2b）。

そして、2つの球の配置と座標系を図3に示す。半径 a の2つの球のうち、下にあるものは静止し、上にある球が中心軸下方向に運動する場合を考える。下の球の上面の2球の最近接位置に原点を取り、中心軸上方向の座標を h 、中心軸に直交する方向の座標を r とする。そして、上にある球の最近接位置の h 座標の値を H とする。それから、潤滑力算出の r 方向の範囲を R とし、それは先にも述べたように相乗平均

$$R = \sqrt{aH} \quad (5)$$

とする。

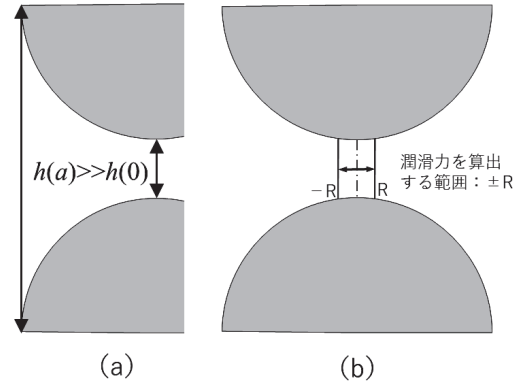


図2：近接する2球間の距離の違いと計算範囲

(a) 計測位置による距離の違い

(b) 潤滑力算出に用いる範囲

そして、この球を取り巻く流体の粘性率を μ 、周囲の圧力をゼロとし、球間の領域の流れについて円板の場合と同様に、

①流速 U は、 h 方向に一樣

②流速 U は、 r 方向のみに依存し、周方向は一樣という2つの仮定を置くこととする。

すると、①と②の仮定から表される式は、円板の場合と全く同じで、以下のように表すことができる。

$$U(r) = -\frac{[h(r)]^2}{12\mu} \frac{dP}{dr} \quad (6)$$

$$-\pi r^2 \dot{H} = 2\pi r h(r) U(r) \quad (7)$$

ここで注意すべきことは、円板の場合は r 方向に一樣であった物体間距離 h （円板の場合は H ）が、球の場合には r の関数となっていることである。この場合は球であるため、 h と r の関係は容易に導くことができ、

$$h(r) = H + 2a - 2\sqrt{a^2 - r^2} \quad (8)$$

である。

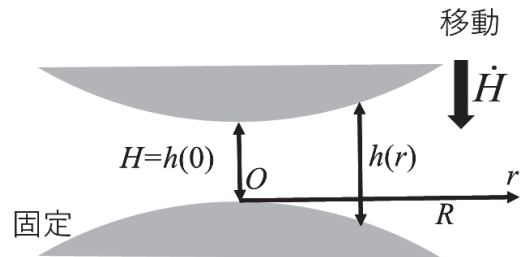


図3：2球間の潤滑力計算に用いる座標系

そして、今回の場合は簡易式の導出であり、球の半径 a は距離 H に対して十分大きく ($H \ll a$) 最近接点付近の狭い領域 $\pm R$ での計算であるため、式 (8) に対して二項近似を適用した式 (9) を用いることとする。

$$h(r) \approx H + \frac{r^2}{a} \quad (9)$$

これらの式 (6), (7) および (9) から積分により圧力を求めることができる。(円板の場合と同様、外の領域の圧力をゼロとしている)

$$\begin{aligned} P(r) &= \int_r^R 6\mu \frac{\dot{H}}{[h(r)]^3} r dr \\ &= \frac{3}{2} \mu \dot{H} a \left((4H^2)^{-1} - \left(H + \frac{r^2}{a} \right)^{-2} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

そして、球表面上で圧力を積分することにより、この場合に生じる潤滑力を求めることができる。

$$F_L = \int_0^R 2\pi r P(r) dr = -\frac{3}{8} \pi \mu \frac{\dot{H}}{H} a^2 \quad (11)$$

2-3 球と壁の間に作用する鉛直方向潤滑力

底面や容器の中に入った粒子を扱う場合には、壁との間の潤滑力を考慮する必要がある。この場合は、球と壁との間の距離 h を以下のようにすればよい。

$$h(r) = H + a - \sqrt{a^2 - r^2} \approx H + \frac{r^2}{2a} \quad (12)$$

そして2球の場合と同様に計算することで、以下の式が得られる。

$$F_L = -\frac{2}{3} \pi \mu \frac{\dot{H}}{H} a^2 \quad (13)$$

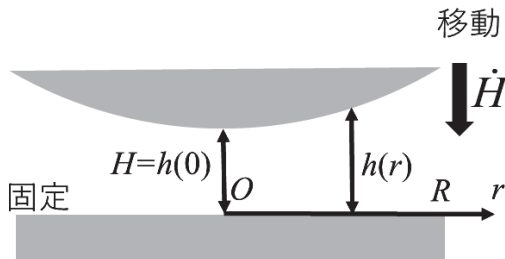


図4：球と壁の間の潤滑力計算に用いる座標系

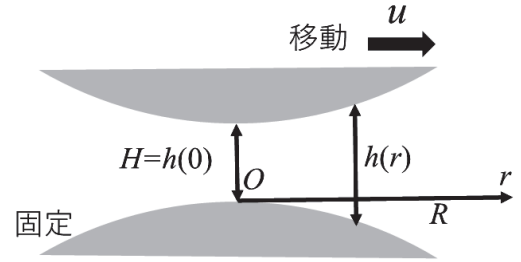


図5：2球間の接方向の潤滑力計算に用いる座標系

2-4 2つの球間に作用する接方向潤滑力

次に、2つの球が中心軸に対して垂直な方向に速度 u で運動する場合の潤滑力について考える。この場合は、ニュートンの粘性法則により、球表面に作用するせん断力 τ は

$$\tau(r) = \mu \frac{u}{h(r)} \approx \mu \frac{u}{\left(H + \frac{r^2}{a} \right)} \quad (14)$$

となる（距離 h に二項近似を適用）。

この式を、対象とする表面範囲で積分することにより、接方向の潤滑力を求めることができる。

$$F_T = \int_0^R 2\pi r \tau(r) dr = -\pi \mu u a \ln 2 \quad (15)$$

2-5 球と壁の間に作用する接方向潤滑力

そして、球と壁の間に作用する接方向潤滑力は、距離 h を2-3と同様に変えればよい。

$$\tau(r) = \mu \frac{u}{h(r)} \approx \mu \frac{u}{\left(H + \frac{r^2}{2a} \right)} \quad (16)$$

これを表面について積分することで、以下の式が得られる。

$$F_T = \int_0^R 2\pi r \tau(r) dr = -2\pi \mu u a \ln 1.5 \quad (17)$$

2-6 潤滑力の簡易式のまとめ

これまでの結果を、以下にまとめる。

① 2球間に作用する潤滑力

・ 中心軸方向

$$F_L = -\frac{3}{8}\pi\mu\frac{\dot{H}}{H}a^2 \quad (11)$$

・ 接線方向

$$F_T = -\pi\mu a \ln 2 \quad (15)$$

② 球と壁の間に作用する潤滑力

・ 中心軸方向

$$F_L = -\frac{2}{3}\pi\mu\frac{\dot{H}}{H}a^2 \quad (13)$$

・ 接線方向

$$F_T = -2\pi\mu a \ln 1.5 \quad (17)$$

3. おわりに

本論文では、2つの物体（2円板、2球、球と壁）に作用する潤滑力について、物体間の相対運動による簡易式を導出した。潤滑力は、本来は物体まわりの流体運動及び物体運動を計算した上で、物体表面に作用する流体力（圧力およびせん断力）を表面全体にわたって積分することにより求められるものである。そのため、例えば粒子集団の干渉沈降のような非常に多数の粒子が関係するような現象の解析に対しては、潤滑力の正確な導入は困難であった。本論文で導出した簡易式を用いれば、物体の相対運動が分かれば潤滑力を求めることができ、多数の粒子運動を扱う場合でも容易に導入することができる。

また、本論文のような相対運動から潤滑力を求めるアプローチにおいても、より正確な式を導出することは可能であるが、非常に複雑な表式となる。本論文の方法では

・ 積分範囲を球半径と距離との相乗平均に限定

・ 流体に対する Hele-Shaw 近似

・ 距離の二項近似

という3つの合理的な近似を導入することで、正確さを大きく犠牲にすることなく短い平易な式にすることができた。

本論文の潤滑力の式では、分母に距離が入っており、接触した状態では潤滑力は無限大となる（「はじめに」で述べたパラドックス）。粒子集団運動の数値解析に本式を導入する場合には、例えば物体間距離がある範囲よりも小さくなった場合には一定値になるようにするなど、無限大を回避する工夫が必要である。

潤滑力簡易式の応用としては、流体中の粒子運動の数値解析に組み込んで実現象に近づけることが、まず挙げられる。それから氷上のスポーツであるカーリングでは、競技が行われる氷面は、粒状の氷が撒かれて表面が形成されている。この氷粒を粒子とみなして復氷の原理により液膜が氷粒子とカーリングストーン底面間にあるならば、壁と粒子の潤滑式がこの問題に応用できる可能性がある。従来より容易に潤滑力を導入できるようにするため、その他にも非常に多様な用途が期待できる。

参考文献

Granick, S. (1999). "Soft Matter in a Tight Spot". *Physics Today*. 52 (7) : 26-31.

Reynolds, O. (1886). "On the Theory of Lubrication and Its Application to Mr. Beauchamp Tower's Experiments, Including an Experimental Determination of the Viscosity of Olive Oil". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 177 : 157-234.

Hele-Shaw, H. S. (1898). "The Flow of Water". *Nature*. 58 (1489) : 34-36

フリードランダー (1983) 『エアロゾルの科学』 産業図書

〔研究ノート〕

音響情報提示における音量感を犠牲にしない気中音抑制と 狭間隔音源による広間隔音像定位制御*

福島 学^{*2}, 沖田 和久^{*3}, 林 友哉^{*3}

**Airborne Sound Suppression without Sacrificing Loudness in Acoustic Information Presentation and
Controlling the Localization of a Wide-Spaced Sound Image with a Narrow-Spaced Sound Source***

Manabu FUKUSHIMA^{*2}, Kazuhisa OKITA^{*3}, Yuya HAYASHI^{*3}

^{*2}Department of Media Technologies, School of Engineering, Nippon Bunri University

^{*3}Department of Environmental Engineering and Applied Information Science,
Graduate School of Engineering, Nippon Bunri University

キーワード：情報提示, 音量, 振動, 狭間隔, 音像

Keywords : information display, sound level, vibration, narrow spacing, sound image

1. はじめに

インターネットに代表される通信インフラの整備により, 様々なコンテンツが利用されるようになってきている。特に低遅延^[1]の実現により双方向性に対するニーズに対応する技術の実現が必要となる。このためこれまでに双方向音場共有ネットワーク (ISFN: Interactive Sound Field Network) を提案^[2]している。ここでは, 物理的に等価な現象再構築を目指す VR (Virtual Reality) に対して, 心理的に等価な再構築を目指すため, 音空間印象の主観評価実験に取組み, 「広い」感に関して制御可能であることを示してきた^[3]。

このようなシステムを社会実装するには, 利用環境の条件への適用が必要となる。特に集合住宅においてはリモート接続により多様な目的を同一室空間で利用する。これは, 例えばコンサートのような周囲への配慮が設計^[4]に盛り込まれている空間で実施するものを, 想定音量がはるかに小さいアパートの1室に再現するようなものである。このため, 生活音ですら騒音苦情の要因となる環境において問題の要因を増やすことになる。一方, リモートでコンサートに参加している人からすると, 周囲への配慮の結果, 満足できない体験しかできないこととなる。

このような問題は, 発生する音響エネルギーに対し, 室外部への遮音性能^[5]の問題である。しかし, 遮音性

*2022年7月15日受理

*2 日本文理大学工学部情報メディア学科 教授

*3 日本文理大学大学院工学研究科環境情報学専攻 大学院生

能はコストおよびメンテナンスの問題のため、日常生活を想定する室をコンサート等の大音量を想定することは現実的ではない。そこで、発生する音響エネルギーを抑制しつつ、音響エネルギーとして提示される音響情報の受信者が満足できる音量感を感じることの出来る技術を考える。

ここではこの問題のうち、空気を伝搬して耳で知覚する気中音のエネルギーを抑制する方法と、空間マスキング^[6]により放射エネルギーを抑制する方法について検討する。

2. 音量感を犠牲にしない気中音抑制

2-1 基音知覚

人は倍音構成となる、例えばド($4f_0$)ミ($5f_0$)ソ($6f_0$)の和音を聴くと、提示されていないはずの基本周波数(f_0)を知覚する。この現象を「Missing Fundamental」という^[7]。これを考えるために、時間波形(左側)とその振幅スペクトル(右側)を図1に示す。図の1段目に純正律の「ド(C4)」で周波数が264Hz、2段目に「ミ(E4)」で周波数330Hz、3段目に「ソ(G4)」で周波数396Hz、4段目に上3段を合成した「和音(ドミソ)」が提示されると、基本周波数(1段目から3段目の最大公約数(Greatest Common Divisor)の周波数 $f_0=66\text{Hz}$)を知覚することを意味している。時間波形(左側)は横軸に時間、縦軸に振幅、図の右側はFFTで求めたスペクトルから導出した振幅スペクトルであり、横軸に周波数、縦軸に振幅をdBで示している。

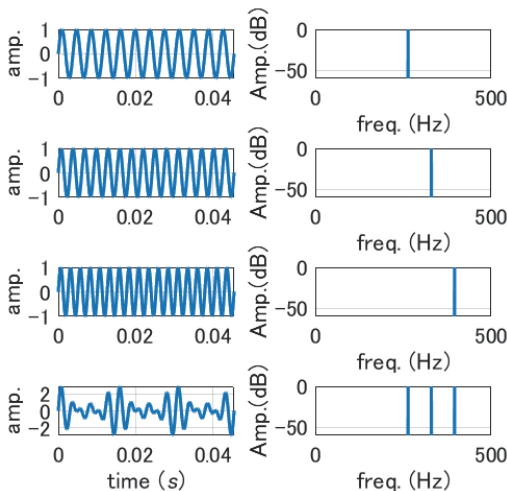


図1 純正律 ド(1段目)ミ(2段目)ソ(3段目)3和音(4段目)の時間波形と振幅スペクトル

図1は、1段目の「ド」よりも2段目の「ミ」、さらに3段目の「ソ」の周期(繰り返し1回分の時間)が短くなっており、周期の逆数である周波数が高くなる、すなわち音高(音の高さを表すもので俗称では「音程」と言う)が上がっていることを示している。

図1の4段目の時間波形は、図横軸の表示時間区間(0.0455(s))内に3回の繰り返しを示している。この周期(0.0152(s))の逆数が66Hzであることから、包絡線の周期を知覚していると考えられる。図1はFFTで求めたスペクトルを使用しており、FT(Fourier Transform: フーリエ変換)が、純音(単一周期の正弦波)の和で構成された複合音から、合成されている純音の大きさと周期を求める手法であり、図1の4段目左側に示す搬送波と包絡線の積で構成された複合音に対応していないため f_0 が存在しないかのようなグラフとなっている。

一方、純音の和で構成される複合音において必ずしも基本周波数(Fundamental Frequency)を知覚しない^[8]ことも報告されている。これは、純音を合成した複合音において、和の関係のみを分析するFFTでは検出できない周期信号が存在することを示唆している。

そこで最初にドミソを式で考えることとする。ドミソは、 $f_0 = 66 \text{ Hz}$ としたときに、各周波数 f_k は、

$$\text{ド} \quad f_1 = 4f_0 \quad (1)$$

$$\text{ミ} \quad f_2 = 5f_0 \quad (2)$$

$$\text{ソ} \quad f_3 = 6f_0 \quad (3)$$

となる。すなわち、式(1)から(3)からなる和音は、

$$\sin(2\pi 4f_0 t) + \sin(2\pi 5f_0 t) + \sin(2\pi 6f_0 t)$$

$$\text{但し、} t \text{ は時間、} \quad (4)$$

となり、式(4)は加法定理に基づき、

$$\begin{aligned} &= \sin(2\pi 5f_0 t) \\ &\quad + \sin(2\pi f_0 t(5-1)) + \sin(2\pi f_0 t(5+1)) \\ &= \sin(2\pi 5f_0 t) + 2\sin(2\pi 5f_0 t) \cos(2\pi f_0 t) \\ &= \sin(2\pi 5f_0 t) \{2 \cos(2\pi f_0 t) + 1\} \end{aligned} \quad (5)$$

となる。式(5)は和音が、ミ($5f_0$)を搬送波、 f_0 を包絡線とする積であることを示している。図2に式(5)最終式第一項の搬送波(1段目:左側が時間波形、右側が振幅スペクトル)、式(5)最終式第一項以降($\{ \}$ の内側)の包絡線(2段目)、式(5)最終式(3段目)を示す。

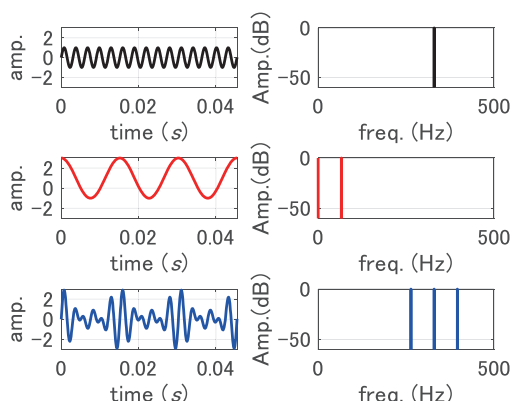


図2 搬送波（1段目）包絡線（2段目）3和音（3段目）の時間波形と振幅スペクトル

図1の4段目と図2の3段目が等しいことから、式(5)が正しいことと、FFTでは積で構成される波形を和の関係にしたものしか求めることができないことが確認できる。そこで、図2の3段目の時間波形（左側）を改めて図3に拡大表示し、時間領域の構造を確認する。図の青線が図2の3段目左側に示した和音の時間波形である。図の横軸は時間、縦軸は振幅を示している。式(5)の最終式第一項以降で示される包絡線を赤線で示す。この時、包絡線

$$2 \cos(2\pi f_0 t) + 1 \quad (6)$$

において $\cos$ は ± 2 の値域（値の範囲）であるのに対し、オフセットが1、すなわち過変調であることがわかる。赤線の符号反転波形を緑線で示す。ここで着目すべき赤線と緑線が交差する過変調の範囲を黒四角枠で示す。

図3の黒四角枠は、青線で示した搬送波が過変調により符号反転を生じていることを示している。そこで包絡線を、プラスの領域と、過変調により生じるマイナスの領域に分けてそれぞれの性質を考える。

図4の1段目左側に搬送波、2段目左側に包絡線のプラスの領域、3段目左側に包絡線のマイナスの領域、4段目左側に1段目と2段目の積と、1段目と3段目の積、を加算した時間波形を示す。この時間波形は図3の青線で示した和音の時間波形と同じである。

時間領域の積は周波数領域で畳み込みとなる。そこで、1段目右側に示す搬送波のスペクトルに、1) 2段目右側の包絡線プラス領域のスペクトルを畳み込み、2) 3段目右側の包絡線マイナス領域のスペクトルを畳み込み、両者の和を4段目右側に振幅スペクトルとして示す。これは、FFTにより求めた振幅スペクトル

と異なり、時間領域の積と対応する周波数領域の畳み込みで求めたものである。

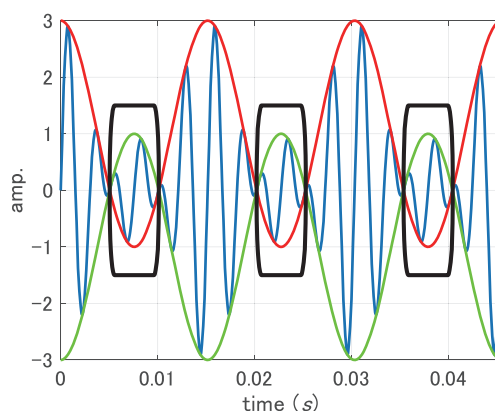


図3 3和音の時間波形と包絡線

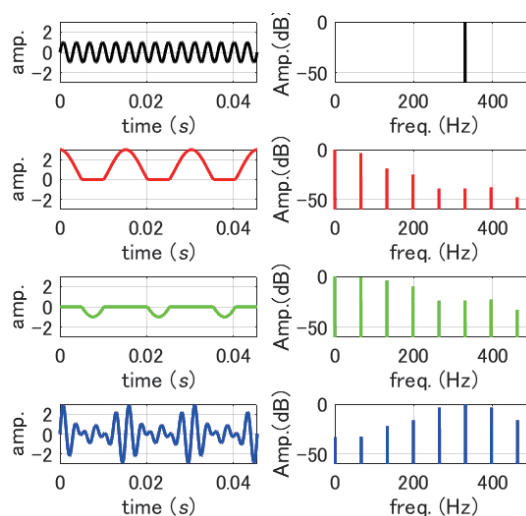


図4 搬送波（1段目）振幅が正の包絡線（2段目）振幅が負の包絡線（3段目）3和音（4段目）

図4の4段目右側に示した振幅スペクトルが正しいことを確認するため、1) 周期を正確に推定する PLATE 法^[9]で周期検出し対応を調べる、2) 主観評価実験により知覚される周波数を調べる^[10]、を行う。

図5の1段目に再び図4の4段目右側の振幅スペクトルを示し、2段目に PLATE 法で検出した周期の逆数から求めた周波数を横軸上に×で示す。図5の3段目に音高探索として、ピッチ知覚と同様に和音と純音を提示し同等と判断される純音を調べた結果のヒストグラムを示す。ここでは周波数探索範囲を48Hz（発振機の下限周

波数) から170Hzとしている。図5の1段目から3段目の横軸は周波数を示し、1段目の縦軸は大きさをdBで、3段目の縦軸は音高探索で回答された回数で示す。

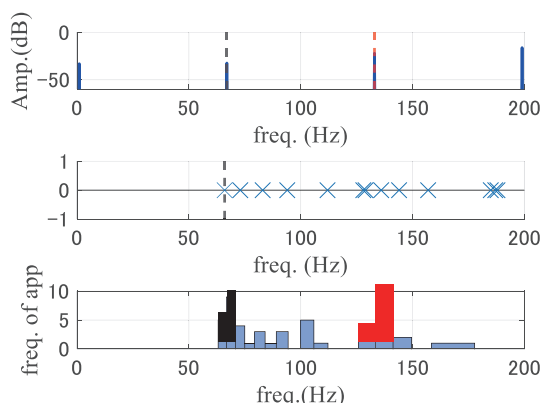


図5 3和音の振幅スペクトル(1段目), PLATE法で検出した周期の逆数から求めた周波数(2段目), 音高探索結果のヒストグラム(3段目),

図5の1段目は、66Hzの位置に黒破線と132Hzの位置に赤破線を示しており、2段目は66Hzの位置に黒破線を示す。図5の3段目は1段目と対応する箇所を黒と赤で塗りつぶしている。

以上のことから、式(6)に示した包絡線のスペクトルを知覚していると判断する。

2-2 振動提示による音圧抑制

人が基本周波数(f_0)を知覚していることが明らかとなった。空气中に放射される音(気中音)は、両耳で信号を受け取るため、信号の位相スペクトルが変化すると音色が変わって感じることがある。しかし、低周波は振動として感じることができ、接触により知覚する振動において、位相差の知覚感度は高くない。それでも人が受け取るエネルギーが知覚量として等しくなるならば、低周波振動を提示することで気中音の音圧エネルギーを低下させても、人は同等の音量感を知覚することが考えられる。

気中音は例えば賃貸アパート等における騒音問題の要因となる。振動を直接人に提示するならば、それによる振動騒音の可能性が低くなる。すなわち、気中音の音圧エネルギーを抑えつつ受聴者の音量感が損なわれないならば、コンサートやライブ会場、映画館といった大音量で提示される場所と同等の音量感を味わえる。

この発想に基づき、ボディソニックという製品があ

り、現在も聴覚障がいの方が音楽やリズムを楽しむことの出来る装置として活用がなされている^[11]。しかし、これらでは音源をフーリエ変換しローパスフィルタ通した低周波成分を振動として提示している。このため、図1の4段目右側の低域部分のみを提示することになり過変調の元となる音源が存在しないため、図4の4段目右側の低域(過変調により発生する周期)が提示できていない。

そこで、ここでは基本周波数を振動として提示することで、気中音圧レベルを抑えることが可能であるかを調べる。

実験は主観評価実験を行う。刺激は2種類で、気中音として3和音、振動として3和音の f_0 である。3和音はドミソである式(1)(2)(3)の周波数で構成され、合成すると式(4)となり、 f_0 は66Hzである。このとき、刺激の長さはそれぞれ2秒間、振幅は 10^{-1} 、 $10^{-0.5}$ 、 10^0 、と対数で3段階とし、計9個の刺激とする。

振動を再生するため図6に示す振動板を作成した。材質はアクリル板を使用しており、寸法70mm×120mm、厚さが3mmである。

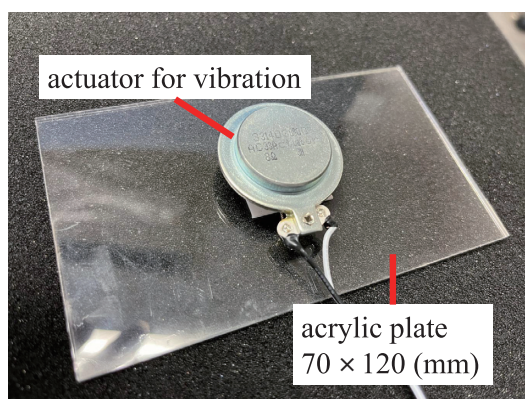


図6 振動板(アクリル板とアクチュエータで構成)

実験協力者は、図7に示すように機器を装着する。3和音の気中音(sound)はヘッドホンにより提示し、振動(vibration)は図7赤丸で示す胸下に図6の振動板をベルトで装着する。

主観評価実験の回答は一对比較法2者強制選択法で行う。対で提示される刺激のいずれが「大きいか」を回答する。計4名の実験協力者で実験を行った結果を図8に示す。横軸は気中音(3和音)のエネルギーをdBで、縦軸は振動のエネルギーをdBで、丸の大きさは選択頻度(数値は選択度数)、である。図中青線は振動刺激の



図7 機器の装着状況

エネルギーが等しい箇所、赤線は気中刺激のエネルギーが等しい箇所、青破線枠は同一振動エネルギーにおける気中音エネルギーが変化する範囲、赤破線枠は同一気中音エネルギーにおける振動エネルギーが変化する範囲を示している。

図8は、青破線枠における気中音エネルギーが低下したときの選択度数の変化が、赤線枠における振動エネルギーを低下した時の選択度数の変化に比べて少ないことを示している。破線枠以外においてこれが全て成立している。図8の気中音と振動の大きさが共に最大（0 dB）である刺激が29回と最も選ばれているが、気中音の大きさのみを10dB下げ振動の大きさはそのまま（0 dB）である刺激は28回選ばれており、気中音を10dB下げても両者が最大の時と同等の選択回数を示している。

これらのことから基本周波数を振動として提示することで、気中音を10dB抑制しても同等の音量感が得られることが明らかとなったと判断する。

3. 音像定位制御

3-1 音像形成阻害要因と制御

音響情報提示において、気中音の音圧エネルギー（音量）を下げて基本周波数を振動で提示することで音量感が損なわれないことが分かった。

さらに気中音の音圧エネルギーを低下する方法として、空間マスキング^[12]がある。これは、同一方向から到来する音響エネルギーにおいて小さな音が大きな音によりマスク（聞こえなくなる）されるものである。単耳

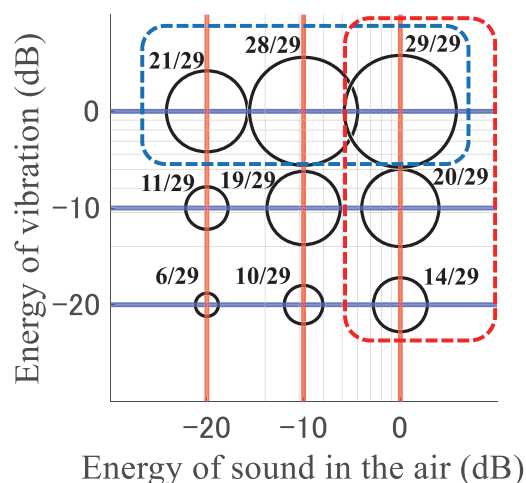


図8 主観評価実験により得られた選択度数
(横軸：気中音のエネルギー、縦軸：振動のエネルギー、丸の大きさ：選択頻度)

マスキングはMPEGにおける情報圧縮^[13]でも用いられているものである。これを拡張すればさらに気中音エネルギーを抑制できると考えた。

そこで音の到来方向を制御する音像定位制御に着目する。

両耳聴による空間把握は、両耳時間差およびレベル差により形成される音像^[14]により音源および反射物を、響きの長さや特徴から室の容積^[15]や概形を知覚^[16]する。このことから、音響的に空間を再構築するには、反射を含む音源と室印象の提示が必要となる。キルヒホッフ積分を基本原理とする音響場^[17]では、この両者を境界面の記録と再構築で行うものである。しかし、設備的に大規模となり、気中音エネルギーの抑制が必要な賃貸アパートでは実現が難しい。

そこでここでは空間把握の内、音像に着目し、小規模かつ外来雑音や近傍壁面等による音環境変化に頑強な音像定位制御を考える。またここでは、ヘッドホンやイヤホンが、装着ストレスや難聴の危険性を持つ^[18]と指摘されていることから、トランスオーラル（外部スピーカによる音響情報提示）で考えることとする。

トランスオーラルで音像を定位するには、本来音源が所定の場所にある場合に両耳に届く音響現象を両耳で形成すれば良い。しかし、トランスオーラルでは、1つのスピーカから放射された音響信号は両耳に届いてしまう。すなわち、図9に示すように、右耳（ear R）で形成すべき信号を右のスピーカ（Sp R）から放射しても、赤の破線を通して左耳（ear L）に届いてしまう。この

目的外の耳に届く伝送路をクロストーク（図9中の赤破線）と言い、電話における混線（他の人の通話が聞こえる現象）と同じである。このクロストークが音像の定位位置を障害する。

このクロストークをキャンセルするには、左耳に届く右スピーカの音を打ち消す（符号反転信号）を制御スピーカ・左スピーカ（Sp L）から放射しなければならない。しかし、左スピーカから放射された制御信号は、青破線を経由して右耳に届くクロストークを生じる。このため、スピーカと耳の伝送特性を計測し、キャンセルする方法が提案されている。しかし、これは伝送路における逆関数問題であるため、系の特性変化に脆弱である。

このため、目的地点に指向性を持つスピーカの利用^[19]や、スピーカアレイによる波面合成^[20]を行う方法が提案されている。その1つが音響樽である。

いずれの手法も図9に示すクロストーク制御信号 $h_c(t)$ をいかに構成し、環境変化に頑強な音像定位制御方式とするかが課題である。

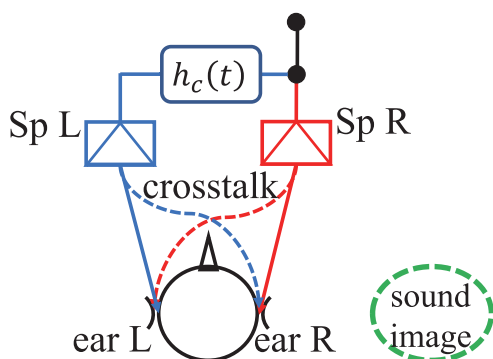


図9 定位を障害するクロストーク（赤と青の破線）とフィルタ $h_c(t)$

3-2 AVS方式

これまでの音像定位制御が物理特性から定位制御を試みているのに対し、人が定位を感じた際のパラメータを利用するのがAVS (Adjustable Virtual Surround) 方式である^[21]。この方式は図9が伝送路に着目しているのに対し、図10に示すように片側チャンネルから制御信号を放射するシンプルなものであり、聴知覚が音量差 (ICLD: Inter Channel Level Difference) と時間差 (ICTD: Inter Channel Time Difference) であることからこの2パラメータを音像が所望の位置に定位するように調整する方法である。

パラメータ探索は聴覚の臨界帯域幅が1/4オクター

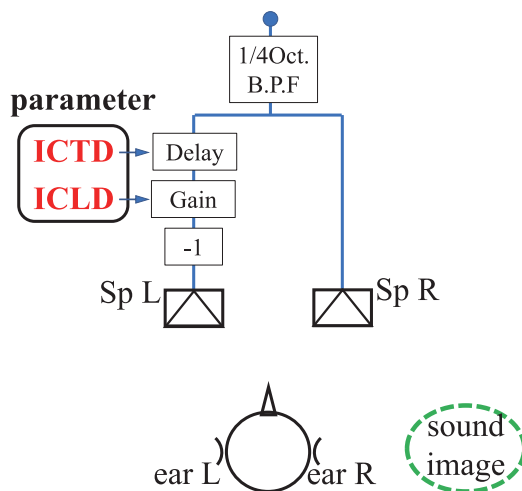


図10 AVS方式の基本処理

ブバンドである^[22]ことから、1/4オクターブバンド毎に事前に行う。探索には帯域バンドパルスや帯域バンドノイズを試験音として使用する手法が提案されている^[23]。これまでに主観評価実験により事前に探索したパラメータを探索時と異なる近傍壁面での反射がある環境下でも狭間隔に配置した音源の位置条件が同じであれば、音像定位が安定することが確認されている^[24]。

従来法で課題だった逆関数問題を生じず室および周辺反射音環境に頑強な手法であるが、人の聴知覚に基づく手法であるため、音像定位のメカニズムについて解明されていない点がある。

これまでにメカニズムの一部で両耳に到達する信号は音源が定位位置に存在している時の信号と必ずしも一致せず、人が誤って知覚してしまう「錯聴」による定位制御である可能性が示唆されている^[25]。このため、AVS方式における定位の要因をさらに調査し解明する必要がある。

3-3 定位角制御要因解明の取組

AVS方式のパラメータを探索し、その時の定位音像角と両耳計測信号を記録する。図11は実験時の機材配置図を示しており、図12には実際の実験環境を示している。ダミーヘッドを聴取者の頭部と見立て、ダミーヘッドの両耳位置(図12赤丸)にイヤホンマイクを装着した。反射によって探索結果に影響を与えることを抑えるため壁面や床面には吸音材を設置した。またダミーヘッド及び2スピーカ間の中心を室内の対角線上を通るように設置した。各スピーカからダミーヘッド中心までを1m

離し、両スピーカの開き角は 50° とした。入力及び計測信号のサンプリング周波数は44.1kHzとした。

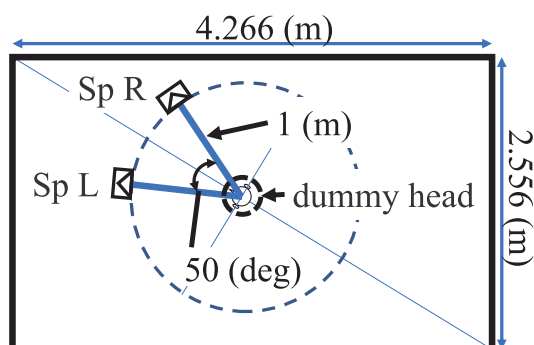


図11 実験時の機材配置図

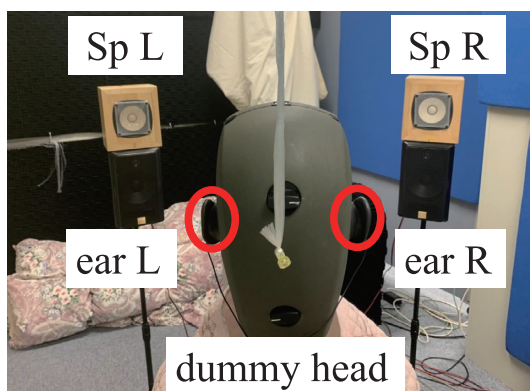


図12 実験時の様子

今回は側方定位時のパラメータだけでなく、異なる定位角についてもパラメータを探索することで側方定位と横方向定位との比較を行う。今回探索した帯域は中心周波数500Hzである。図13に、音像マップに記録した定位音像角（黒丸）と角度に対応するパラメータを示す。音像マップには音像の位置を記録しやすいように 0° から 15° 刻みで 120° まで①～⑧までのマーカを設けた。スピーカは図中のマーカ番号①と②の間に位置する。記録した音像定位角は3つであり、最も側方に定位したのは 90° で、最も正面に近く定位したのは 30° であった。パラメータについて見てみると定位角が変わるごとにICTDとICLDともに変化している。特にICLDの変化が顕著である。

図14に音像定位角ごとの両耳計測信号の時間波形を示す。図は上段に左耳位置、下段に右耳位置で計測した信号をそれぞれ横軸に時間（秒）、縦軸に振幅（6つの信

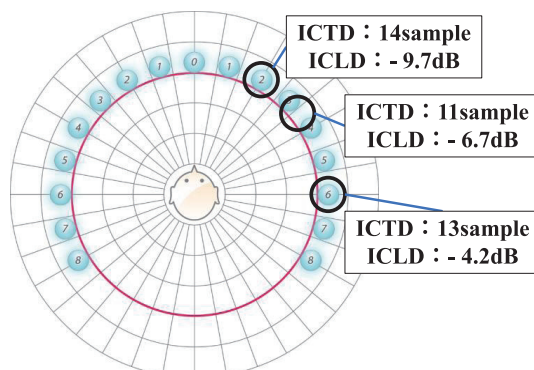


図13 中心周波数500Hz 帯域のパラメータ探索結果

号の最大値で正規化）で表示している。図中の黒破線で囲った箇所を定位角ごとに比較すると、 90° 定位時は左耳より右耳の振幅が大きいのにに対して、定位が正面に近づくにつれて右耳の振幅は小さくなっている。この変化が定位角の制御に影響を与える要因の一つであると考えられる。

定位角の違いによってパラメータ及び両耳計測信号の変化が見られた。特に放射エネルギーと関連するレベルの変化が顕著に表れており、気中音の抑制に繋がることが確認できた。引き続きパラメータや帯域、受聴者等を変えて調査を進めていく。

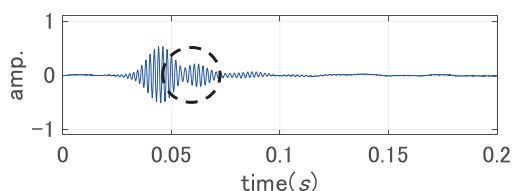
4. おわりに

通信インフラの整備に伴うコンテンツの多様化は、低遅延の実現によりさらにその可能性を高めている。その中の1つに種々のイベントを仮想的に体験するインタラクティブエンタテインメントが含まれている。

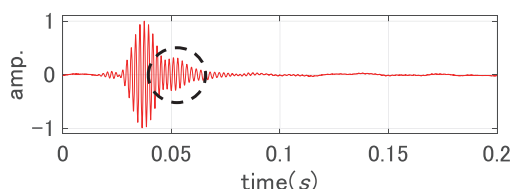
しかし、音響設計された室であれば周囲への騒音問題を生じないが、自室を用途に応じて使い分ける場合、日常生活を想定した室において同等の刺激提示が必要となる。これは騒音問題の要因となり、日常生活に支障をきたすことが考えられる。

そこで本稿では、空気中を伝搬する音（気中音）のエネルギーを利用者が感じる音量感を損なうことなく抑制する技術として、1）空気を伝搬して耳で知覚する気中音のエネルギーを抑制する方法、2）空間マスキングにより放射エネルギーを抑制する方法、について検討した。

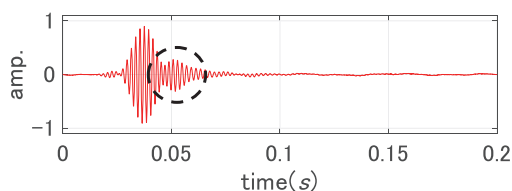
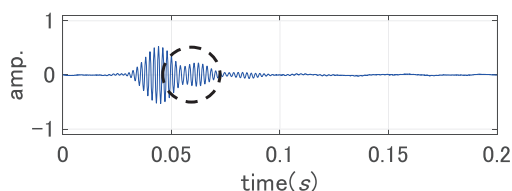
検討の結果、気中音とならずまた室外部に伝搬することのない装着型振動板により振動エネルギーを提示することにより、気中音のエネルギーを10dB抑制しても同



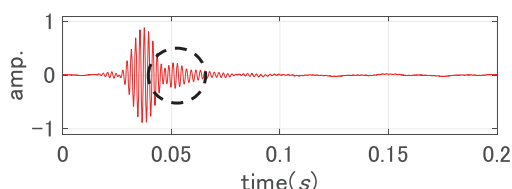
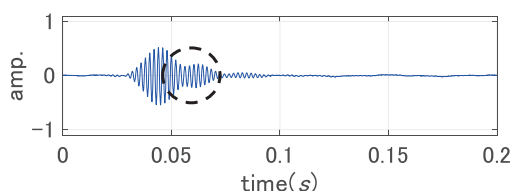
(a) 90° 定位時の両耳計測信号



(b) 55° 定位時の両耳計測信号



(c) 30° 定位時の両耳計測信号

図14 定位角ごとの両耳計測信号
(上段：左耳，下段：右耳)

等の音量感となることを明らかとした。また、音像定位制御として、室内反射等の一般に音像定位を阻害するといわれる要因に対してロバストな AVS 方式において、定位要因の一部が明らかとなった。

参考文献

- [1] 徳差雄太, 松谷健史, 空閑洋平, 村井純, "低遅延により自然な遠隔コミュニケーションを実現する映像配信システムの提案", 情報処理学会, マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp. 911-917, vol. 2013, 2013-07-03
- [2] 通信・放送機構: ISFN (Interactive Sound Field Network) の研究 (研究開発), 1998年7月~2003年3月
- [3] 八子勲, 福島学, 柳川博文, "双方向音場共有ネットワーク (ISFN: Interactive Sound Field Network) 構築のための音場表現語の選定・類別と音場表現語「広い」に対する知覚量の制御", R&D 研究開発報, 株式会社パイオニア, pp. 1-11, No. 3, 2001
- [4] 橋秀樹, "室内音響測定の実状と今後の課題", 日本音響学会誌49巻, 2号, pp. 97-102, 1993
- [5] 木村翔, 安岡正人, "建築物の遮音性能基準 (JIS 案) について", 日本音響学会誌, 32巻, 10号, pp. 647-661, 1976
- [6] 加藤巧大, 西口正之, 渡邊貫治, 高根昭一, 安倍幸治, "聴覚の空間的マスキング効果を考慮した3D音響信号の符号化に関する基礎検討", 信学技報, vol. 118, no. 495, EA2018-145, pp. 271-278, 2019年3月
- [7] Wikipedia, "Missing fundamental", https://en.wikipedia.org/wiki/Missing_fundamental, (2022年6月21日)
- [8] 大串健吾, "複合音の高さの知覚形成のメカニズム", 日本音響学会誌, 32巻 (5号), pp. 300-309, 1976
- [9] 長瀬翔太, 他, "位相情報に着目した高解像度周波数分析法 (PLATE) の提案", 日本音響学会, 1-P-40, 2018.
- [10] 林友哉, 沖田和久, 伊藤毅登, 福島学, 松本光雄, 風間道子, 柳川博文, "和音 (3音) の非整数比と整数比によるピッチ知覚に関する一検討", 日本音響学会, 日本音響学会2022年春季研究発表会講演論文集, 2-1P-5, 2022

- [11] Pioneer, "身体で聴こう音楽会とボディソニックについて", <https://jpn.pioneer/ja/corp/sustainability/karadadekikou/about/>, (2022年6月16日)
- [12] K. Saberi, L. Dostal, T. Sadralodabai, V. Bull and D. R. Perrott, "Free - Field Release from Masking", *J. Acoust. Soc. Am.*, 90 (3), pp. 1355-1370, 1991
- [13] 興子田未踏, 中沢誠, 山崎芳男, "空間的マスキングを用いた高能率符号化", 日本音響学会講演論文集, 1-8-10, 1998
- [14] イェンス ブラウエルト, 森本政之, 後藤敏幸, "空間音響", 鹿島出版会, pp. 129, 1986
- [15] Schroeder, Manfred R., "New method of measuring reverberation time.", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 37, pp. 409-pp. 412, 1965
- [16] Dokmanić, I., Parhizkar, R., Walther, A., Lu, Y. M., & Vetterli, M., "Acoustic echoes reveal room shape", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (30), pp. 12186-pp. 12191, 2013
- [17] 伊勢史郎, "没入型聴覚ディスプレイ「音響樽」", 日本バーチャルリアリティ学会誌, 25巻(2号), pp. 7-pp. 12, 2020
- [18] WHO, "1.1 billion people at risk of hearing loss", <https://www.who.int/vietnam/news/detail/10-03-2015-1.1-billion-people-at-risk-of-hearing-loss>, (2022年6月13日)
- [19] 前田久美, "超指向性スピーカのチャンネル間レベル差による音像制御", 三重大学, 2013
- [20] 木村敏幸, 勝本道哲, 寛一彦, "波面合成法を用いた立体音場再生における合成音像定位モデル", 情報処理学会研究報告音楽情報科学(MUS), 2007巻(81号), pp. 73-pp. 80, 2007
- [21] Takeshi Shiraishi, Kazuyuki Nishimura, Hirofumi Yanagawa, and Manabu Fukushima, "Expanding sound image localization by using narrowband inter-channel time and level differences", *Proc. of AES 13th Tokyo Regional Convention*, July, 2007
- [22] 氏原淳一, 境久雄, "聴覚神経系の側抑制と臨界帯域の関連", 日本音響学会誌, 29巻(6号), pp. 339-pp. 346, 1973
- [23] 西村一行, 白石健, 高岡創, 棚原憲照, 福島学, 柳川博文, "音像定位領域拡大手法における試験音の比較検討～狭帯域パルスと狭帯域ノイズの比較検討～", 日本音響学会秋季研究発表会, 3-P-24, 2007
- [24] 高岡創, 棚原憲照, 西村一行, 白石健, 福島学, 柳川博文, "反射のある室における狭帯域 ICTD および狭帯域 ICLD による音像定位領域拡大手法の実験的検討", 日本音響学会秋季研究発表会, 3-P-23, 2007
- [25] 沖田和久, 林友哉, 上原正志, 加藤弘士朗, 福島学, 松本光雄, 柳川博文, "AVS 方式におけるパラメータ探索結果と両耳マイク計測信号の関係調査", 日本音響学会, 日本音響学会2022年春季研究発表会講演論文集, 2-1P-2, 2022

〔研究ノート〕

社会系教科教育のジェンダー主流化に関する一考察*

—女性の不平等に着目する政治学の議論を踏まえて—

齊 藤 雄 次**

A Study on Gender Mainstreaming in Social Studies Education:
Based on Argument in Political Science about Female Inequality*

Yuji SAITO**

**Department of Business and Economics, School of Business and Economics, Nippon Bunri University

1. はじめに

近年は、男女間の平等の実現やLGBTQの人々への権利保障の実現など、後天的につくられた性(ジェンダー)にもとづく格差の解消や性の多様性の承認の問題が、国内外を問わず注目を集めるようになってきている。特に女性をめぐる問題は、日本が他国に比べて政治や経済の分野で女性の進出が遅れていることが、世界経済フォーラムの発表したジェンダー・ギャップ指数をめぐる報道によって示された。また近年は、2021年2月に東京オリンピックに関する指導的立場にある男性が女性蔑視とも取れる発言を行い、それが社会的な注目を集めることにもなった。このように、男女の非対称な関係の改善は、いまや社会的な課題として認識されるようになってきている。

一方、学校教育の領域においても、ジェンダーにもとづく格差の解消は重要な課題となる。子どもは将来の社会の担い手であり、子どもがジェンダー意識を高めることは、将来の社会におけるジェンダーにもとづく格差の

解消、すなわちジェンダー平等の実現にも影響を与えることになると考えられるためである。そして小中学校の社会科に加え、高校の地理歴史科、公民科を含めた社会系教科は、政治や経済、社会や文化というテーマを様々な時間軸・空間軸から扱う教科でもあり、ジェンダー平等の現状や課題について、子どもに学習させやすいと思われる。そのため、社会系教科教育を通じた将来的なジェンダー平等の実現は、検討に値する。

また社会系教科教育にジェンダーの視点を取り入れることは、ジェンダー主流化としてその意義が近年語られるようになってきている。例えば小浜は、ジェンダー主流化を「コンテンツとしてのジェンダー関連トピックの重視だけでなく、コンピテンシーとしてのジェンダーに敏感に社会をとらえ、考え、行動する力を育てること」と定義し、社会科教育のジェンダー主流化を、「社会科教育の多様な場面で、ジェンダー視点を生かすこと、つまり歴史的に形成され変化するジェンダー構造に注意して社会を認識し、判断し、行動する力を育成すること」(小浜2021:120)であるとしている。男女の非対称な関係は、政治や経済など現在どのような領域で見ら

*2022年6月14日受理

**日本文理大学経営経済学部経営経済学科 助教

れるのか（公民）、過去の状況はどうであったのか（歴史）、それは日本特有の問題なのか（地理）といった観点から社会系教科におけるジェンダー平等について子どもに考えさせ、子どものジェンダー意識を高めることができれば、それはジェンダー主流化を、社会系教科教育を通じて実現すること、社会系教科教育のジェンダー主流化を実現することにもつながるものと思われる。

一方、これまでの社会が女性を排除するものであったことは、政治学の領域においても様々に語られてきた。例えば山田は、「一般的には男女の普通参政権の実現をもって『男女平等は実現済み』とされてしまうのに対して、現実の女性は経済的・社会的に（そして実は政治的にも）劣位の状態に固定されがちなのであって、女性の視点からすれば『女性にとってデモクラシーは存在しない』ということにもなる」（山田2010：99）と述べ、複数政党制と普通選挙制度を基盤とする自由民主主義の抱える課題の一つとしての女性の地位の問題を指摘している。また山田は、そうした女性の置かれる状況を改善するデモクラシー論として「ラディカル・デモクラシー」の議論があることを紹介するとともに、ロックヤルソールの社会契約論の思想などが男性中心的なものであることを明らかにしたキャロル・ペイトマンの主張に注目し、その主張もラディカル・デモクラシー論に含まれるとしている（山田2010）。

このように、自由民主主義、またはそれ以前の民主主義観にもとづく社会が前提とする市民は男性であり、女性は市民に含まれてこなかったことが、政治学の知見によって明らかになっている。もしもジェンダーを社会系教科の学習で適切に扱わない場合、子どもは男性中心的な市民へと育成されてしまう可能性も、あるのではないだろうか。社会系教科教育を通じたジェンダー平等の実現、社会系教科教育のジェンダー主流化の推進は、民主主義社会に生きる市民の育成という観点からも求められるということになる。

だが、こうした政治学の知見を踏まえて社会系教科のジェンダー主流化の意義を主張する先行研究は管見の限り見られず、ジェンダー主流化の実現につながる授業のあり方についても、小浜の先行研究も含め未だ提示されていない。そこで本稿では、社会系教科教育のジェンダー主流化を考える上で有用であると考えられる先行研究と政治学的知見がもたらす市民像も踏まえて、様々な学校段階でジェンダー主流化の実現につながるような授業の姿について考察する。

2. 社会系教科教育のジェンダー主流化に関わる先行研究の到達点と今後の示唆

2-1 社会系教科におけるジェンダーの取り扱い

社会系教科教育のジェンダー主流化のあり方を考えることにもつながる議論は、これまでの社会科教育研究においても様々に見られてきた。

例えば2018年には、社会科教育の研究者と小中高等学校の教員によってジェンダーを子どもに意識させる授業が実施されたり、提案されたりしている（升野ほか編2018）。また、社会系教科の学習内容にジェンダーの視点が不足していることを指摘する研究は、歴史学者など社会科教育を専門としない研究者によっても様々になされている。例えば久留島は、2008・2009年に改訂され、子ども同士の対話的な学びが言語活動として重視されるようになった学習指導要領よりも前に編成された高校の科目「日本史B」の教科書を分析し、教科書に登場する女性の数が男性に比べて少ないことを指摘している（久留島2010）。

あるいは河西は、2008・2009年改訂版の学習指導要領のもとで編成された高校の科目「日本史B」の教科書の記述を、近現代史を中心に分析し、教科書に登場する女性が少なく、特定の人物に集中していること、女性の歩みが通史的に理解できるような構成となっていないことなどを課題として挙げている（河西2014）。

さらに、教科書記述に占める女性の記述の不足をはじめ、日本の社会系教科の教科書がジェンダーを子どもに意識させるものとなっていないことは、2006年に発行された高校の科目「世界史B」の教科書を分析した富永によっても示されている（富永2010）。富永は、2008・2009年より以前の学習指導要領にもとづく世界史教科書の問題として、男性が565人登場するのに対して女性は21人と少なく、記述も断片的であること、そこから女性の歩みを読み取ることができないことを挙げている。加えて富永は、男性中心の世界史から逆照射されることとして、「女性は女性であるがゆえに現実の政治・経済の表舞台から排除されていったのみならず、女性であるがゆえに歴史記述から抹殺されてきたこと」、「男性支配の確立の背後には男性エリートによる『知の独占』があったこと」を挙げ、「単に既存の歴史に女性を登場させたり、女性史を書き加えたりすることではなく、女性の社会的地位の変化がどのようにして起こったのか、その力学を歴史過程の中で明らかにすること」（富永2010：59）が重要であるとしている。

このように、社会系教科の学習がジェンダー主流化から遠いものであったことは様々に指摘されてきた。

2-2 社会系教科のジェンダー主流化に関わる提案

一方、社会系教科教育のジェンダー主流化につながる提案もまた、これまでの先行研究では行われてきた。

まず教材分析に関しては、高校日本史について河西が、男性が中心の歴史叙述だけでなく、女性の記述も組み込み、平等・人権・平和の観点から歴史を学ばせること、男女や親子、家族関係などと政治や経済、社会との関わりについて学ばせ、子どもの生活の身近な単位である家族を意識させること、コラム形式で女性を取り上げるのではなく、女性に関する歴史を通史的に理解させる教科書記述にすることを提案している(河西2014)。河西は、「取り上げ方が曖昧な部分も多く、女性に関する記述は『点描』にとどまっている」こと、すなわち、「教科書は男性中心の叙述で、女性はその中でのエピソードとして紹介されていること」(河西2014: 59)を現行の日本史記述の最大の問題点としている論者であるために、上記のような改善を主張しているのであるが、女性をエピソードとして取り上げる限り、「歴史を形成してきたのは男性である」というジェンダーに対する先入観や偏見(ジェンダーバイアス)を、教科書を見る子どもに抱かせる可能性は生じうる。そのため、河西の指摘は社会系教科教育のジェンダー主流化を目指す上でも参考になる。

また高校世界史に関して富永は、日本と同様に女性を取り上げる数が少ないアメリカの教科書においては、名前を持つ女性の活動、男性と異なる経験をした無名の女性の存在に多くのページ数が割かれている点に注目し、日本の世界史教科書も「女性が閉じ込められてきた社会史の領域を、政治・経済の領域と接合する」(富永2010: 61)などの改善が必要であると述べる。

さらに、校種を問わず地理の学習にあたってジェンダーに配慮することが必要であるとの提案が、金によってもなされている。金は、男性が空間的認知能力に優れており、女性が言語的認知能力に優れているという一般的な言説に従えば、地理学習は女性に不利に働きかねないという点に注目し、集団による協同的な学びを展開するアメリカの地理学習プロジェクトを、ジェンダーフリーな地理教育を考える上での足がかりにすべきであるとしている(金2008)。あるいは高校公民科に関しては、升野が2008・2009年改訂よりも前に発行された科目「政治・経済」の教科書を分析し、「性別を示さない語が男性のみにあてはまる文脈で使われている」、「男女差別を

限定的な文脈でしか提示しない」、「男性のみの問題を全体の問題として扱っている」、「性別役割分業を当然視した内容が書かれている」(升野2008: 85)單元があることなどを課題として挙げるとともに、シティズンシップ論などから社会科学に対して寄せられた批判に公民科や社会科も耳を傾けるべきであるとしている(升野2008)。

このように、教材分析に関する先行研究からは、社会系教科教育のジェンダー主流化の実現にもつながる様々な示唆が見られる⁽¹⁾。

次に授業開発に関しては、例えば塙は平等権に焦点を当てる科目「政治・経済」の授業を実施し、「男は会社、女は家事」のような考え方が性差別にあたることや、日本に性差別が存在することなどについて生徒に考えさせている。塙の報告では、これまで気がつかなかったことに気づき、性差別を表面的ではなく本質的に理解しようとする生徒が多かったこと、生徒が平等を多義的に理解できるようになったことが、成果として挙げられている(塙2018)。

また大学生向けに実施された授業であるが、小中高の各学校段階における学習にも活用可能なものとして、單元「バービー人形で考える社会」も金によって開発されている。この單元では、バービー人形が発展途上国の工場で作られ、そこで働く労働者も若い女性であることにについても考えさせることになっている(金2018)。こうした学習は、中学や高校では地理の一環として展開することが可能であるとともに、女子が低賃金労働に従事する社会的背景についても扱うことができるならば、日本の男女の労働状況との比較などを通じて、ジェンダーの問題が日本だけでなく世界に存在することを、子どもに理解させることにもつながるであろう。

さらに、ジェンダーに敏感な(ジェンダー・センシティブな)子どもを育成する授業の提案も、先行研究においてはなされている。例えば関と斎藤は、文献や教育委員会等のウェブサイトから収集できたジェンダー平等の実現に関する小学校の授業例のうち、社会科に関するものがわずかであったことを指摘し、固定的な性別役割分担を子どもに批判的に検討させる授業を提案している(関・斎藤2019)。また渡辺と斎藤は高校の生徒を対象にジェンダーに関するアンケートを行い、「男性が労働によって生計を担うべきである」、「女性が子どもを預けて働くべきではない」という性別役割分業観を持つ生徒が一定数いることなどを明らかにするとともに、童話をもとに性別役割分業観について批判的に検討させる授業、女性の議員比率の問題について考えさせる授業、女性労働者の置かれる状況について考えさせる授業を、科

目「現代社会」を対象として開発・実践している(渡邊・斎藤2019)。

以上、主要な先行研究に注目して、社会系教科に関する研究が示すジェンダー主流化の可能性や意義について確認してきた。地理歴史科、公民科などの社会系教科は「民主的な社会に生きる市民」を育成することを目標とする教科であり、ジェンダーに敏感な市民を育てることは、性別、民族といった属性に関わりなく個人が社会に意見を届けることができる、民主的な社会、多様性が保障され、一人ひとりが包摂される社会を長期的に形成する上でも重要となろう。

3. 政治学におけるジェンダー不平等をめぐる議論

ジェンダーの問題は教科書記述についての研究を行ってきた歴史学の領域だけでなく、政治学の領域においてもなされてきた。それは、女性が歴史的に男性に比べて不平等な立場に置かれてきたことに対する批判や、男性を中心とした市民像、市民性(シティズンシップ)の捉え直しである。

また、こうした知見に着目する研究は、社会系教科教育研究においてもなかったわけではない。例えば升野は、そうした例としてのウィル・キムリッカの公私区分の見直し論、キャロル・ギリガンやネル・ノディングスの「ケア」概念、ナンシー・フレイザーのジェンダー公正モデルなどに言及し、社会系教科教育のあり方に反省を迫っている(升野2008)。ただし、升野の研究は具体的な授業像を提示するものではなく、升野が挙げた以外にも、社会系教科教育のジェンダー主流化の実現を考える上で役立つ知見は存在する。そこで、本章ではそうした例としてのナンシー・フレイザー、キャロル・ベイトマンなどの主張に注目し、政治学の知見を社会系教科教育で考慮することの意義について確認する。

3-1 フレイザーの主張と女性の不平等

フレイザーはその著書『中断された正義』において、ジェンダー平等を達成するための男女の労働に関するモデルを3つ提示している(フレイザー2003)。

一つ目は、女性に男性並みの雇用の機会を保障することで男女を平等にしようとする「総稼ぎ手モデル」である。性別役割分担意識に倣った場合、「男性が労働してお金を稼ぎ、女性が家事・育児などのケアワークを担う」ことが効率的であるとされるが、これでは所得格差をはじめとする男女の格差は解消されない。そこで総稼ぎ手モデルでは、ケアワークを家族から市場や国家に移

し、女性の労働市場への参入を促すことによって、男女が共に働くことができるという意味での平等が実現されるとされる。

二つ目は、女性が主に担っているケアワークに対して経済的な保障を行うことで男女を平等にしようとする「ケア提供者対等モデル」である。「男性が労働してお金を稼ぎ、女性が家事・育児などのケアワークを担う」という構造の問題点は、女性を無償でケアワークに従事させ、女性が「ケアワークをやって当たり前の存在である」とみなされかねないことである。そこで、女性が家庭で担うケアワークに対価を払い、ケア提供者の役割を一家の稼ぎ手と同じにすることで、男女が対等な尊厳と幸福を受け取ることができるとされる。

三つ目は、男性にケアワークを担わせることで男女を平等にしようとする「総ケア提供者モデル」である。総稼ぎ手モデルは女性を男性並みの労働者にしようとするもの、ケア提供者モデルは女性に男性並みの稼ぎを与えようとするものであったが、いずれのモデルも女性にだけ環境の変化をもたらし、男性に環境の変化を求めない点で不平等が存在する。また、総稼ぎ手モデルのもとでは、ケアワークが市場化されても結局その担い手は女性になると考えられており、ケア提供者対等モデルとともに、ケアを担うのが女性であるという事実、女性ばかりがケアの負担を負わされるという構造も変わらない。そこで、そうした不平等を解消するのに有効な手立てとして、男性が有償労働を担いながらケアワークにも携わり、ケアの負担を女性にだけ押し付けない真にジェンダー公正なモデルとして、総ケア提供者モデルが提唱されている。

このジェンダー公正モデルを社会系教科の、特に公民分野の授業で教材として扱うならば、子どもに身近な出来事をもとに社会のあり方について考えさせることが可能になるであろう。子どもが住んでいる場所でも、誰かがケアワークを担っているはずであり、その分担が性別役割分担にもとづいているのであれば、性別役割分担とは何かということ子どもに考えさせることができる。またケア提供者対等モデルにならって、「ケアワークは無償労働のままで良いのか」と問えば、「企業で働くなどの有償労働が、家事を担うなどの無償労働よりも上である」といった、男女の間に上下の関係をもたらすことにつながる考え方を、子どもに批判的に検討させることも可能になる。このように、ジェンダー公正モデルの教材化はジェンダー主流化の実現に関わるものとなる。

また、フレイザーは「サバルタン対抗公共圏」という概念も提示している。公共圏とは、「言語的コミュニ

ケーションを媒介として政治参加が決定され、市民が自由に共通のものごとについて討議するなかで、国家に対する批判的な意見を生み出していく空間」(徐2005: 115)、様々な形の公論形成の場のもと、「公共の問題を議論する開放的な討論の空間」(船橋・壽福2013: 43)などと定義されるもので、ドイツの思想家ユルゲン・ハーバーマスのその起源をヨーロッパの貴族のサロンやカフェハウスに求めた(ハーバーマス1994)。しかし、ハーバーマスが公共圏の主体として想定していたのは、社会において支配的な立場の白人の男性であったため、そうではない人々も、公共の場ではない非公開の場で、公共圏を形成していたはずであるとの見方がフレイザーによって打ち出された。それが、「従属的な社会集団のメンバーが自分たちのアイデンティティや利害、必要について反体制的な解釈を組み立て得るような対抗的言説を発明し伝達する並行的な言説＝討議のアリーナ」(フレイザー2003: 123-124)と定義されるサバルタン対抗公共圏である。

フレイザーはこのサバルタン対抗公共圏の例として、20世紀後半にアメリカで発達した、それまで女性の私的な問題として片づけられてきたセクハラやデートレイプなどの出来事に言葉を与え、社会に対策を求めるよう訴えたフェミニズムの運動を挙げている。またフレイザーは、19世紀の北アメリカにおいても公式の公共圏から排除されていた女性たちが、女性だけの慈善団体をつくる、男性労働者が抗議行動を起こすときにそれを支える、街頭で抗議や行進を行うなどの形で社会に異議申し立てを行っていたことを示す先行研究をもとに、対抗的な公共圏は非民主的なものも含めて様々に展開されてきたと述べている(フレイザー2003)。このフェミニズムの運動やアメリカの女性の活動のような事例を歴史上の事実から探し、授業の教材とすることができれば、それは富永がかつて指摘した「女性の社会的地位の変化がどのようにして起こったのか、その力学を歴史過程の中で明らかにすること」(富永2010: 59)につながるように思われる。

3-2 ペイトマンの主張と女性の不平等

ペイトマンは選挙を介した政治への参加だけでなく、普通の人々が職場など日常生活の中で民主主義を体験することも政治参加に含める「参加民主主義論」を説く政治学者であり、1980年代にはフェミニズムに関する論文も多数発表している。そのうち、「社会契約」に関するものと「福祉国家」に関するものは、社会系教科教育のあり方を考える上でも示唆に富む。

まず社会契約に関しては、ペイトマンはロックやルソーなどの思想家が提示した社会契約論が、女性を排除するものであったことを明らかにしている。具体的には、王権神授説を唱えたロバート・フィルマーの説を否定する論者であるロックの主張に、フィルマーの主張との共通点も見られることを次のように指摘する。

現にロックは、政治権力をなぜ[父権的権力から]区別するのかを示そうとして、『統治二論』の冒頭で、妻に対する夫の支配が他の(非政治的な)形態の権力に含まれるのは当然だといっている。ロックは、夫に妻が従属するのは「自然の中にその根拠が」あり、夫は生まれながらに「より有能でより強い」のだからかれの意思が家庭内で支配的になるべきである、とする点で明らかにフィルマーと同意見なのである。だが、生まれつき従属的でありながら、同時に自由で平等であるなどあり得ない。こうして、女性(妻)は「個人」の地位から排除され、平等、同意、慣習といった公的世界への参加から排除されるのである。(ペイトマン2014: 182)

このように、本来平等な個人が契約を交わして政府をつくるという、一見自由で平等な社会を構築しようとしているように見える思想であっても、そこには「男性が主で女性が従」という構造が内包されている。またペイトマンは、「このような契約がつくるのは家父長的な市民社会であり、近代的ではあるが男性の属性に基づいた女性支配」であると述べ、こうした特徴を持つ社会契約を「兄弟は、自分たちの法を制定し、独自の性的支配・夫婦間支配の形を確立する」(ペイトマン2014: 64)兄弟愛的な社会契約とも表現する。

さらにペイトマンは、ルソーの社会契約の主張に対しても、「女性をシティズンシップから排除しなければ政治的秩序は守れないとかれが明言している事実を、見落としていた」(ペイトマン2014: 9)と述べ、その男性中心性をあらためて批判している。またペイトマンは、質的功利主義を唱えたイギリスの思想家ジョン・スチュワート・ミルも、女性の参政権獲得を擁護するなど女性の政治参加の発展に理解のある人物であったと評する一方で、性別役割分業を自然なものとして肯定している点に注目し、その主張には矛盾があると述べている(ペイトマン2014)。

このように、ペイトマンの主張にあつては、科目「世界史」や「現代社会」などで民主主義を支える思想として紹介される社会契約論もまた、ジェンダーの視点から

は課題を含むものであることが示される。もちろん、これまでの教育課程においても、「世界史 A」の教科書などで「フランス人権宣言には女性に関する規定がない」という事実が紹介されるなど、ジェンダーの視点が教科書記述に反映されていなかったわけではない（岡崎ほか2016）。しかし、上記のような記述の仕方では、フランス人権宣言に影響を与えた社会契約論という思想の中に女性差別の要素が含まれているという事実にも子どもに目を向けさせることができず、社会契約論という思想に対して、「何となく素晴らしいものである」というイメージを、暗黙裡に植え付けることになりはしないだろうか。ペイトマンの主張は、多面的・多角的に歴史的事実や思想をジェンダーの視点から考察させ、子どものジェンダー意識を高めるための一つの視点を提供しているように思われる。

次に福祉国家に関するペイトマンの指摘であるが、福祉国家とは、政府が社会福祉をはじめとする公共サービスを国民に積極的に提供するような国家を指し、行政サービスを市場に委託し財政負担を減らす小さな政府とは対極をなすものとして語られるものである。また科目「現代社会」や「政治・経済」にも用語として出てくるものであり、言葉だけを聞けば「福祉国家のもとでは、誰もが手厚い公共サービスを受けられるのだから、福祉国家には何も問題はない」というイメージを子どもが抱く可能性も否定はできない。

だが、日本も含め戦後多くの国々が転換したこの福祉国家に関して、ペイトマンは「労働を担い自立する男性と、その稼ぎに依存し家庭を守り、ケアを国家に代わって男性に提供する女性」によって成り立つ家父長的な福祉国家であったとの批判を展開している。具体的には、「女性は、男性の被扶養者とされ、正統な『仕事』は私的領域に位置づけられている」と述べ、福祉国家の発展が、「病気の夫や老人、親族の介護」など「福祉のある側面は、公的対策ではなく、家庭の女性（妻）がおもに担い続けるだろうし、またそうでなければならない」（ペイトマン2014：286）という点を前提にしていたことを明らかにしている。

このように、福祉国家とは「兵役に就くこと、および労働し納税すること」のように「市民としての義務・貢献」を果たすことのできる男性が「失業などで労働市場に参入できなくなった場合」（山田2010：114）に福祉を享受できる仕組みであり、女性を男性と同等な存在として捉えるものであるとはみなすことの難しい概念でもある。こうした福祉国家概念におけるジェンダーをめぐる課題は、高度経済成長期に年金をはじめとする公共サー

ビスが拡充されつつも、男女別の職務や賃金が正当化されてきた日本の状況を思い起こすことによっても、より理解しやすくなるであろうが、現在の日本社会においても解消されていない性別役割分業を子どもに批判的に検討させることを考える上で、ペイトマンの主張は示唆に富む。

3-3 その他の政治学における議論

以上、ラディカル・デモクラシー論に関わる2名の論者の主張に注目して、それらの主張と社会系教科教育におけるジェンダー主流化の実現との関係について考察してきたが、このほかにも歴史とジェンダーをめぐる興味深い指摘が見られる。例えば中村は、ヨーロッパの宗教改革を担ったルターも、「男性は広い胸と小さな腰を持つがゆえに知恵を持ち、女性は大きな腰と尻を持つがゆえに、静かに座っているべき（家にいるべき）」という考えを持っていたことに触れ、プロテスタントの教えであっても女性に対する男性の支配が正当化されていたと述べる（中村2021）。

また、ルソーの主張が男性中心的なものであることは、ラディカル・デモクラシーの論者の一人であるアイリス・マリオン・ヤングによっても指摘されている。それは、例えば以下のヤングの主張に現われている。

たとえば、ルソーの社会構想においては、女性は、情緒と欲望と身体を有するケアの担い手であると考えられ、シティズンシップの公的領域から排除されている。欲望や身体的ニーズに基づく訴えかけが公的な議論に影響を与えることを許せば、市民間の結合関係は断片化され、公的な熟慮の基礎は壊れてしまうと考えられたのである。さらに家庭内でも、女性は支配されなければならなかった。女性の危うい異質な性的特質のため、女性には貞淑が求められ、性的な事柄は生活のみに限定された。女性に貞淑を求めることにより、家族という結合体は互いに分離したままにとどまり、非嫡出子が生まれることによって生じる混沌や血縁関係の混乱を防止することができる。（ヤング1996：103）

ヤングはシティズンシップ概念が男性中心に理解されていることを問題にする過程でルソーの主張を取り上げるのであるが、結局のところこうした男性中心的なシティズンシップ理解にもとづいてシティズンシップを与えようとする限り、女性や労働者、ユダヤ人、アジア人、インディアンといった市民の定義から排除されてい

る人々に同質性を押し付け、集团的差異を抑圧することになるとも述べている（ヤング1996）。そのためヤングの主張は、多様性が保障され、包摂が実現する社会をつくるためには、シティズンシップから排除される人々の存在にあらためて目を向けることが重要であるとのメッセージを内包している。

社会系教科教育のジェンダー主流化を考えることは、そうしたメッセージに応えることにもつながるであろう。例えばルターの主張をはじめ、キリスト教にも男性中心主義が垣間見えることを子どもに理解させることができれば、「女性にヴェールの着用を義務づけるなど女性差別的な宗教であるとのイメージがもたれやすいイスラムだけが、女性差別と関わりのある宗教ではない」という事実をあらためて子どもに示し、宗教をより客観的に子どもに捉えさせることも可能になる。また、「歴史の教科書に書かれているような人々が歴史に影響を与えることができたのは、そうした人々が男性であったから、あるいはそれゆえにシティズンシップを持つ市民であるとみなされ、人々に受け入れられたからであると考えられる」という見方を子どもに提示することができれば、「なぜ歴史に女性の登場人物が少ないのか」という点について子どもに疑問を持たせ、多面的・多角的に歴史を見る視点を獲得させることができるかもしれない。

このように、ラディカル・デモクラシー論をはじめとする政治学の知見は、社会系教科教育のジェンダー主流化を考える上でも有益となる。

4. 政治学の知見を踏まえた授業像の提案

ここまでの議論を踏まえて、本章では公民、歴史、地理の各分野で考えられる授業の姿について考察する。

まず公民に関しては、第2次安倍政権のもとで進められた「女性活躍」が、「フレイザーのジェンダー公正モデルでいうとどれにあたるのか」という問いのもと、男女の賃金格差を示す資料や育児休業の男女間格差を示す資料を用いながら、現在の日本のジェンダー政策の到達点について確認する授業が考えられる。女性活躍は「女性が安心して働けるようになる社会をつくる」ことを目指して行われた政策であるが、これに対しては女性の人権を守るといっても、女性を単に国家や企業に貢献する労働力とみなすものであり、女性がケアを中心的に担っている事実が考慮されていないとの批判も存在する（竹信2020）。そのため、女性活躍の現状は、フレイザーの示す総稼ぎ手モデルにとどまっており、ケアを担

うがゆえに非正規雇用で働かざるを得ない女性の存在にはスポットが当てられていない、と見ることも可能である（田村ほか2020）。

また上記の問いに加えて、「男女の非対称な関係がいつから形成されてきたのか」という問いを発し、日本が福祉国家の方向性に転じた戦後の時期からすでにその片鱗が見られたことについて子どもに理解させることができるならば、公民の授業であると同時に歴史の授業であるような授業を展開することも可能である。

なお、こうした授業を展開するにあたっては、「歴史的にそうした状況が続いてきたから簡単には変わらない」という諦念ではなく、「だからこそ状況を改善する必要がある」という切実感を子どもに持たせるような工夫も重要である。歴史を学ぶことの意義は、過去の出来事をもとに今の社会のあり方や未来の社会のあり方を考えさせる点にあると考えるが、知識や概念をただ理解させるような授業では、子どもに切実感を抱かせることは難しいであろう。特に、ジェンダー平等のあまり進んでいない日本の状況だけを扱うのでは、子どもの中にジェンダー平等の実現は難しいものであるという印象が形成されるかもしれない。そこで、ジェンダーについて学ぶ授業を社会系教科で展開する際には、諦念ではなく切実感にもとづく学びとなるように、アメリカのフェミニズム運動をはじめとする外国の様々な事例を取り上げ（すなわち、地理的な視点にも触れ）、ジェンダー平等の実現がどの国も困難と隣り合わせであったこと、その結果として女性の地位が向上していったことなども示していく必要がある。

次に歴史に関しては、日本史であれば明治大正期に展開された女性解放運動の活動に焦点を当て、女性の政治参加を強めたという「結果」だけでなく、運動がどのように展開されたのかという「過程」に注目する学習が考えられる。ジェンダー研究の成果においては、女性のための女性による雑誌『青鞥』の書き手が「自然主義文学の男性ジェンダー化された文体や語り」を「社会に読まれることを意識」（久留島ほか編2015：194）して用いたことが示されている。この事例は、男性中心の当時の公共圏に影響を与えることを意図したと解釈することも可能である。また、雑誌が出版され、公共空間で多くの人々の目にとどまるまでに「非公開の場」で女性たちの中でどのような議論があったのかという点に注目すれば、そこには「対抗的公共圏」が成立していた可能性がある。このように、社会運動も含めて女性解放の様々な試みがどのように行われていたのかという内実を授業教材として扱うことができれば、単に女性が参政権を獲得

したという事実だけでなく、どのように女性が男性中心の社会に影響を与えようとしたのかという動的な側面（ダイナミズム）についても、子どもに学ばせることができるであろう。

一方、世界史に関しては、フランス革命期だけでなく、ロックが社会契約説を展開した時代のイギリスにおける女性の状況や、キリスト教と女性との関係について資料を示し、子どもに歴史と性の関係について考えさせるような授業が考えられよう。あるいは、富永が日本の世界史教科書の課題として指摘する「叙述が政治史と経済史に偏り、そこから排除された女性の活動の場であった社会史が外されている」（富永2010：61）点に注目し、政治史や経済史だけでなく、社会史や文化史に焦点を当てるような授業を行っていくことも一つの方法であろう。

そして地理に関しては、学習内容をジェンダーに配慮したものにするという方法が考えられる。例えば、イスラーム地域について学ぶ単元で女性が自動車を運転できるようになったサウジアラビアの事例を取り上げることで、イスラームという世界宗教であっても世界全体で見れば多様な形が存在することを生徒に理解させることができるであろう。一方で、そうした単元の授業を行う際に、「それは女性に対する人権を認める動きとして理解できるのか、それとも別の思惑があるのか」と問うたり、「サウジアラビアでは全ての女性が自動車を運転することができるのだろうか」と問うたりして、サウジアラビアの実態について生徒に探究させるならば、一見理想的に見える政策でも実態は異なる可能性があるということについて、実感を伴って理解させることもできるのではないだろうか⁽²⁾。

社会契約説や福祉国家という、一見すると何ら問題のないように見える概念の中に女性差別が内包されているというラディカル・デモクラシー論の指摘も踏まえれば、この「問題のないように見えるものを批判的に検討させる」学習こそが、ジェンダー主流化を実現するための重要な鍵となるように思われる。

5. おわりに

ここまでの議論によって、地理歴史科、公民科を含む社会系教科の学習には、市民を育成する教科であるにも関わらず学習を通じたジェンダー意識の向上、およびそれを通じた将来的なジェンダー平等の実現という点では課題があること、そうした課題を解消し、社会系教科教育のジェンダー主流化を目指すために、社会系教科教育

研究の知見に加えて政治学研究の知見にも目を向けることも、多様性が保障され包摂が実現した民主的な社会の実現に向けて役立つことが明らかになった。

一方、本稿においては未検討の課題も存在する。例えば序章において確認した山田の、選挙権が与えられても女性にデモクラシーは存在しないということになる、との主張は、投票による政治参加の限界を示してもいる。そして投票による政治参加を促すことは、2015年の選挙権年齢の引き下げに伴って学校現場で取り入れられた主権者教育においても重視されてきたことである。すなわち、山田や山田の依拠するペイトマンの主張は、現行の主権者教育を批判的に見る際の一つの手がかりともなる可能性がある。こうした点の検討については、今後の課題である。

註

- (1) 中学校や小学校の教科書をめぐっても、ジェンダーの視点から見た課題は指摘されている。例えば中学校社会科公民的分野に関しては、2008・2009年版学習指導要領にもとづいて編集された公民の教科書を分析した橋本が、フランス人権宣言が女性の人権を考慮しないものであったことを記載していた教科書から該当する記述が削除され、教科書記述におけるジェンダーの視点が後退した部分もあることなどに言及している（橋本2015）。
- (2) なお、サウジアラビアにおける女性の自動車運転の普及については、都市部では進んでも地方ではなかなか容易ではないという予想が立てられている（福田2019）。

参考文献

- 岡崎勝世、相澤隆、川手圭一、近藤一成、小林亜子、黒木英充、工藤元男、松重充浩（2016）『明解 世界史 A』帝国書院。
- 河西秀哉（2014）「高校日本史では「女性」をいかに教えているのか？—近現代史学習の中で—」『神戸女学院大学論集』第61巻2号，pp. 51-61。
- 金弦辰（2008）「アメリカの地理教育におけるジェンダー学習の展開と特質—NCGEのFinding a Way Projectを手がかりに—」『中等社会科教育研究』第27号，pp. 55-68。
- 金弦辰（2018）「女の子のおもちゃ？男の子のおもちゃ？」升野伸子、國分麻里、金弦辰（編）『女性

- の視点でつくる社会科授業』学文社, pp. 14-24。
- 久留島典子 (2010) 「高等学校日本史教科書にみるジェンダー」『学術の動向』第15巻5号, pp. 67-69。
- 久留島典子, 長野ひろ子, 長志珠絵 (編) (2015) 『歴史を読み替える ジェンダーから見た日本史』大月書店。
- 小浜正子 (2021) 「社会科教育のジェンダー主流化を」『社会科教育』第746号, pp. 120-123。
- 徐阿貴 (2005) 「在日朝鮮女性による「対抗的な公共圏」の形成と主体構築—大阪における夜間中学独立運動の事例から—」『ジェンダー研究』第8号, pp. 113-128。
- 関友里, 斎藤周 (2019) 「ジェンダーに敏感な視点に立った小学校社会科授業構築の試み」『群馬大学教育学部紀要 人文・社会科学編』第68巻, pp. 51-68。
- 竹信三恵子 (2020) 「ジェンダー平等と日本社会の未来 政治・平等・文化—「企業ファースト化する日本〈働き方改革〉は何を連れてくるのか」—」『人間文化研究所年報』第15号, pp. 2-19。
- 田村哲樹, 近藤康史, 堀江孝司 (2020) 『アカデミックナビ 政治学』勁草書房。
- 富永智津子 (2010) 「高校世界史教科書のジェンダー化に向けて」『学術の動向』第15巻5号, pp. 58-61。
- 中村敏子 (2021) 『女性差別はどう作られてきたか』集英社。
- ハーバーマス, ユルゲン (1994) 『公共性の構造転換—市民社会の一カテゴリーについての探求—』細谷貞雄, 山田正行 (訳), 未来社。
- 橋本紀子 (2015) 「中学校社会科公民的分野教科書のジェンダー視点からの分析」『教育学研究室紀要「教育とジェンダー」研究』第12号, pp. 114-134。
- 堀枝里子 (2018) 「「平等」から性差別を考えると？」升野伸子, 國分麻里, 金弦辰 (編) 『女性の視点でつくる社会科授業』学文社, pp. 36-48。
- 福田安志 (2019) 「サウジアラビアでの女性の自動車運転の解禁」『中東レビュー』第6巻, pp. 30-33。
- 船橋晴俊, 嘉福眞美 (2013) 「はじめに」船橋晴俊, 嘉福眞美 (編) 『公共圏と熟議民主主義—現代社会の問題解決—』法政大学出版社, pp. 3-10。
- フレイザー, ナンシー (2003) 『中断された正義—ポスト社会主義的 条件をめぐる批判的考察—』仲平昌樹 (監訳), 御茶ノ水書房。
- ペイトマン, キャロル (2014) 『秩序を乱す女たち? —政治理論とフェミニズム—』山田竜作 (訳), 法政大学出版社。
- 升野伸子 (2008) 「高等学校公民科「政治・経済」教科書の分析—隠れたカリキュラムとしてのジェンダーメッセージ—」『ジェンダー研究』第11号, pp. 73-89。
- 升野伸子, 國分麻里, 金弦辰 (編) (2018) 『女性の視点でつくる社会科授業』学文社。
- 山田竜作 (2010) 「フェミニズムとデモクラシー理論—キャロル・ペイトマンの再検討を中心に—」『政治思想研究』第10号, pp. 98-129。
- ヤング, アイリス・マリオン (1996) 「政治体と集団の差異—普遍的シティズンシップの理念に対する批判—」施光恒 (訳), 『思想』第867号, pp. 97-128。
- 渡邊麻奈美, 斎藤周 (2019) 「ジェンダーに敏感な視点を育てる高校公民科の授業」『群馬大学教育実践研究』第36号, pp. 15-29。

〔事例報告〕

新しい止水システムを用いた水替え工法に関する研究*

池畑 義人^{*2}, 稲富 丈夫^{*3}, 中山 周一^{*3}, 高木 怜^{*4}, 甲斐 明^{*5}, 森 健^{*5}, 小澤 和史^{*5}

A Study of a Novel Plug System for Water Change Method*

Yoshito IKEHATA^{*2}, Takeo INATOMI^{*3}, Shuichi NAKAYAMA^{*3}, Rei TAKAKI^{*4}
Akira KAI^{*5}, Takeshi MORI^{*5}, Kazushi OZAWA^{*5}^{*2}Department of Architecture, School of Engineering, Nippon Bunri University^{*3}Department of Aerospace Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University^{*4}Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University^{*5}Hoshin Co., Ltd.

キーワード：共同研究，下水道，社会基盤，止水プラグ

Keywords : cooperative research, sewer pipe, infrastructure, water stopping plug

1. はじめに

高度成長期に敷設された上下水管の多くが耐用年数を迎え、そのメンテナンスの問題が顕在化している。下水管のメンテナンスにおいては、下水道を稼働させながら施工空間を確保するために止水工が求められ、様々な止水工法が提案されている。止水工のひとつに、止水ボールと呼ばれる風船状の物体を下水管内で拡張して止水する方法がある。止水ボールはマンホールからの搬入が容易であり、空気ですばるボールを拡張すれば短時間で止水が可能だという利点を有している。一方で、止水ボールは拡張時の破裂の危険があることから、住宅密集地に下水管が敷設されている我が国では、使用がためらわれる場面も多い。そこで、株式会社ホーシン（以下、ホーシン）は従来の止水ボール工法を改良したリングチューブ式止水プラグを提案している。

本方式は、従来の止水ボールと比べて破裂の可能性が低い構造で、拡張用流体に圧縮性のない水を使用する為、万一破裂した際でも爆発による事故の心配が無い。バイパス管と呼ばれる“芯”にリングチューブを巻き付け、その周囲をグリップカバーと称する袋状のシートで覆うことから、下水管内壁に止水プラグを固定するための摩擦力の作用経路が複雑であり、その機構が成立するための力学的な検討が必要となる。

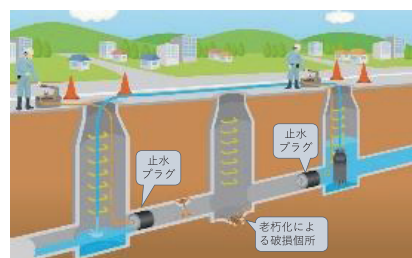


図1. 止水プラグを用いた下水管メンテナンス工事

*2022年6月15日受理

*2 日本文理大学工学部建築学科 教授

*3 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 教授

*4 日本文理大学工学部機械電気工学科 教授

*5 株式会社ホーシン

2. 力学的検討

図2に研究開発中の止水プラグの構造様式を示す。

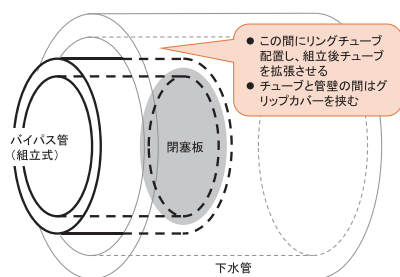


図2. 止水プラグ概要

剛なバイパス管と下水管の間にリングチューブを配置する構造となっており、組立設置後リングチューブを拡張し、下水管壁に対して圧力を作用させ、摩擦力で位置固定する。従来の止水ボールでは下水管の断面全体にボール拡張させるのに対して、拡張する部分を断面の一部にとどめることが特徴である。これにより高压化が可能であり、信頼性の向上が期待できる。

リングチューブは、圧力を保持するだけではなく、管軸方向の止水圧荷重を伝達する必要がある。この働きについて、数値シミュレーション（Altair HyperWorks）を行った結果、リングチューブの物性によっては、リングチューブが変形し、止水圧による管軸方向荷重を保持できない場合があることが分かった。

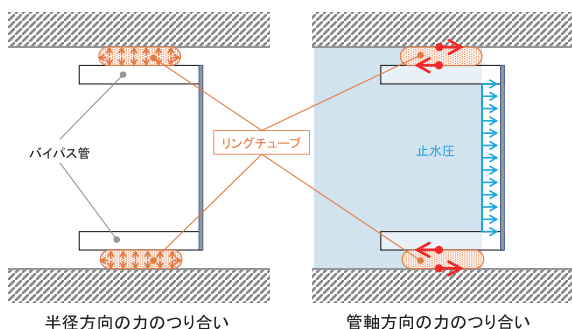


図3. リングチューブに働く力

検証のため、図5に示すシリコンチューブ（円断面）を使った試験をおこなった。管軸方向巻きではバイパス管（塩ビパイプ）の位置固定可能であったが、円周方向巻きの場合はチューブ同士の接触の有無によって結果は

異なる。間隔を空けた円周方向巻きの場合はシリコンチューブが転がり、塩ビパイプを固定できなかったが、チューブ同士を接触させて配置した場合は、塩ビパイプを固定できた。図6に示すように、チューブの断面内の4カ所の接触力について、最大摩擦係数は異なってもその静止摩擦力が「拘束力」として同じ大きさの力が作用することで釣り合っているようである。

止水ボールがバーストする力学的現象は明らかになっていない一方、リングチューブにも複雑な力が作用していることが分かってきた。チューブ同士が接触するよう円周方向に巻いた場合は、チューブの管軸方向位置が固定されチューブが拡張できないため、バーストのリスクが抑制できているかもしれない。

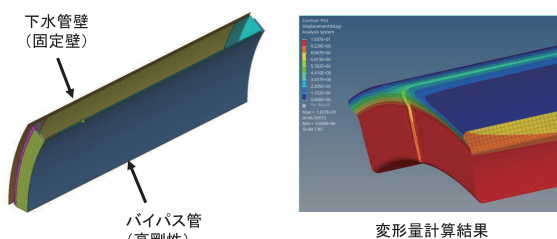


図4. 数値シミュレーション例

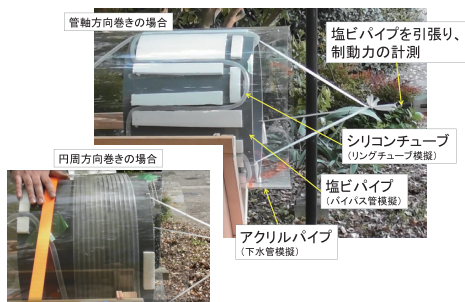


図5. 検証試験の様子

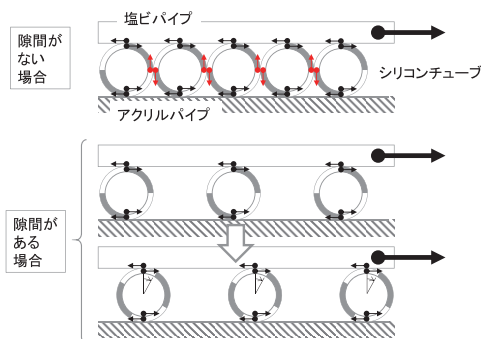


図6. チューブの力のつり合い（検証試験）

〔事例報告〕

早期介入が必要な要支援学生の情報共有に関する試み*

坂井 美穂^{*2}, 瀧上千香子^{*3}, 黒田 匡迪^{*4}, 東寺 祐亮^{*4}

A Report on the Information Sharing of Support- Needing Students Requiring Early Intervention

Miho SAKAI^{*2}, Chikako FUCHIGAMI^{*3}, Masamichi KURODA^{*3}, Yusuke TOJI^{*3}^{*2}Department of Media Technologies, School of Engineering, Nippon Bunri University^{*3,*4}School of Engineering, Nippon Bunri University

1. はじめに

2020年度以降、新型コロナウイルス（COVID-19）感染症対策の一環として、遠隔授業の導入が行われ、現在でも一部科目においてはオンデマンドやライブ形式による遠隔授業が継続されている。一方、2021年度からは、対面授業に移行した科目もある。

そこで、前期科目である情報メディア学科の社会参画応用受講者と基礎学力講座・国語および数学の1stクォータ受講者に対し、5月末時点のアンケート調査を行った結果を報告するとともに、早期介入が必要な要支援学生の洗い出しならびに情報共有に関する試みについて報告する。

2. 出席状況について

2-1 社会参画応用

2年時の必修科目である社会参画応用は担任制の科目であるため、比較的学生の出席状況が高い科目である。この科目の2020年度から2022年度までの初回時と5月末時点での3年間の出席状況比較について図1に示した。

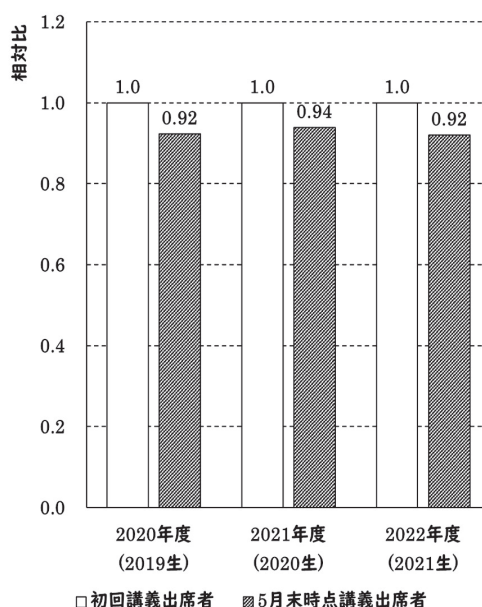


図1 情報メディア学科 社会参画応用3年間の初回時と5月末時点での出席状況比較

*2022年6月15日受理

*²日本文理大学工学部情報メディア学科 教授*³日本文理大学工学部 助教*⁴日本文理大学工学部 准教授

社会参画応用では、Google フォーム（以降 gForm）を活用し、学生の出席確認等のアンケート調査を行っている。

この講義での出席確認は、遠隔時は gForm の回答（締め切り期限あり）と Meet への規定時間の参加状況の2つで確認し、対面時は gForm の回答と座席指定による教員目視の在籍確認の2重確認を行っている。そのため、gForm のみの回答者で Meet や教室への滞りが無い場合は欠席と扱い、2020年度および2021年度は遠隔で、2022年度は対面で講義を行った。2020年度は5月始まりであったため、5月末は第4回目講義、2021年度は第8回目講義、2022年度は第7回目講義である。各年度とも初回時の出席者数を1とし、5月末時点での出席者数の相対比を示した。

図1よりすべての年度において、5月末時点での欠席者が1割程度存在することが示唆された。このことから、担任科目である社会参画応用でも欠席が多い場合、他の科目の出席状況について5月末時点で確認し、支援を開始する必要がある。

2-2 基礎学力講座・国語および数学

基礎学力講座の国語および数学についても、社会参画応用と同様、遠隔時は gForm の出席時および退室時の回答（締め切り期限あり、退室時には講義ノートおよび小テスト点数記入）と Meet への規定時間の参加状況の3つで確認し、対面時は gForm の出席時および退室時の回答（締め切り期限あり、退室時には講義ノートおよび小テスト点数記入）と座席指定による教員目視の在籍確認での3重確認を行った。

2021年度と2022年度の国語の初回時と14回目講義時点の出席状況比較結果を図2に、数学の結果を図3に示した。基礎学力講座はクォータ制科目であるため、第14回目講義が5月末時点に相当する。なお、2022年度基礎学力講座・国語の第14回目は6月1日に開講されているが、14回目で統一し、経年比較を行った。各科目、各年度ともに初回時の出席を1とし、14回時点での出席者数の相対比を示した。

2021年度の場合、初回時は対面、5月以降遠隔授業であり、2022年度は全回対面授業であった。

図2および図3より、2021年度の数学のみ第14回目の出席率が増加したが、その他はすべて減少していた。また、2022年度では、国語、数学ともに1割以上の学生の出席状況の悪化が示唆された。

以上の出席状況の比較から、初年次のリメディアル科目における欠席過多学生に対し、早期介入や科目担当教

員と担任教員による情報共有が必要であると考えている。

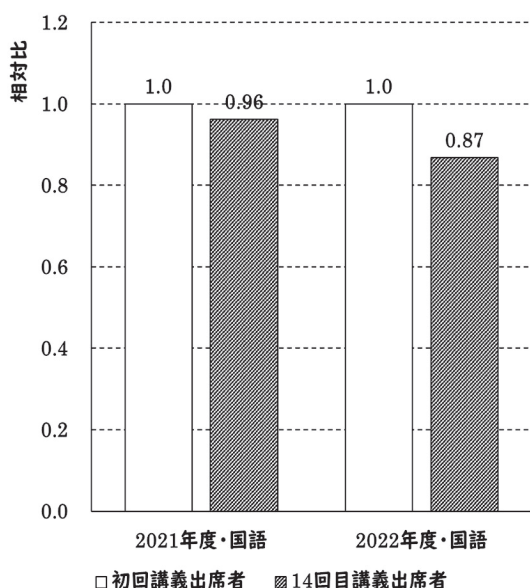


図2 2021年度および2022年度の基礎学力講座・国語の初回時と14回講義（5月末時点）での出席状況比較

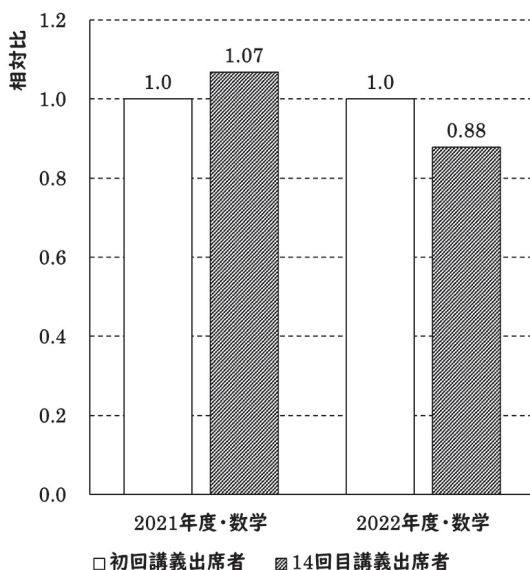


図3 2021年度および2022年度の基礎学力講座・数学の初回時と14回講義（5月末時点）での出席状況比較

3. 学生が自覚するストレスについて

今回出席状況調査を行った社会参画応用と基礎学力講

座・国語および数学の3科目でアンケート調査を行った。アンケート調査結果より学生自身が感じているストレス要因のうち、当該講義内容にかかわらない部分を抜粋し、図4から図9に示した。なお回答は複数選択可能である。

3-1 社会参画応用

メールの数、外出ができない、友人と会えない、遠隔講義、体調不良の5つの2020年度から2022年度までの3年間の推移を図4に示した。

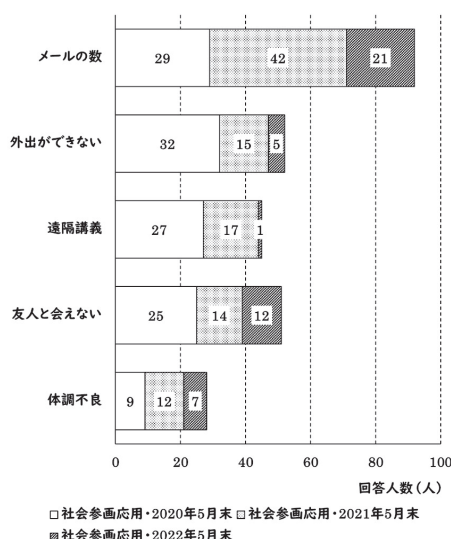


図4 3年間の自覚するストレス要因の推移

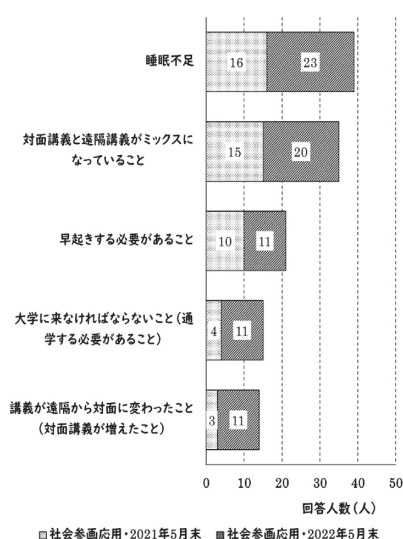


図5 2年間の自覚するストレス要因の推移

図4より対面授業ができるようになった2022年度は外出ができない、遠隔授業等のストレス要因は減少に転じている。一方で、メールの数に関しては多くの学生がストレスに感じている。これは Google クラスルーム（以降 gClass）を通じた情報配信が多くの科目で2020年度以降行われていることに起因するのではないかと考えられる。なお、社会参画応用では1回の講義当たり、2～3の課題等を配信している。

図5には2021年度、2022年度に調査した2年間のストレス要因の推移を示した。対面の授業が増えた2022年度では睡眠不足に加え、通学する必要があることや対面講義が増えたことにストレスを感じている学生が増加傾向にある。

3-2 基礎学力講座・国語および数学

基礎学力講座・国語および数学を受講している1年生の傾向についても調査し、図6～図9に示した。

基礎学力講座は、2021年度は対面と遠隔ライブ授業が半々、2022年度は全回対面授業であった。そのため、図8および図9より2021年度に受講した学生のメールの数、外出ができない、友人と会えない、遠隔講義、体調不良の5つストレス要因のうち、メールの数以外は減少していた。一方でメールの数には変化が見られなかった。なお、gClass から配信される投稿数は、国語が1回あたり4投稿、数学が1回あたり2投稿であった。

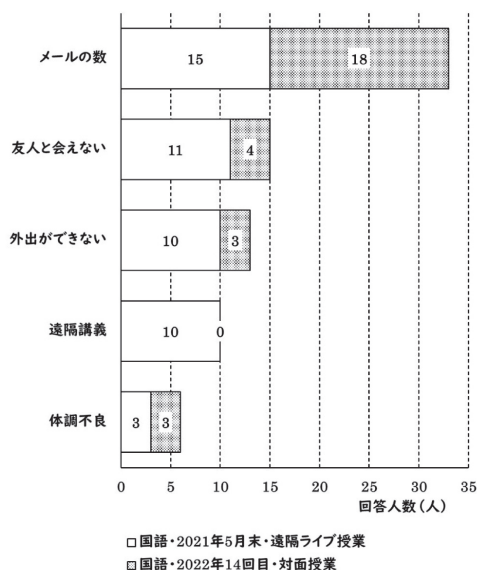


図6 基礎学力講座・国語の2年間の推移

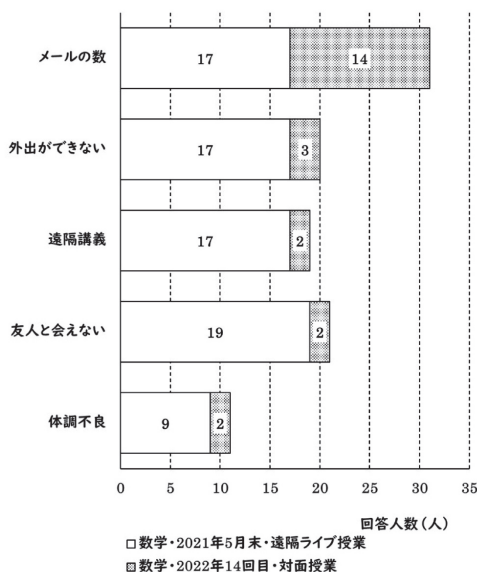


図7 基礎学力講座・数学の2年間の推移

睡眠不足や早起しする必要があること、対面講義と遠隔講義がミックスになっていること、通学する必要があること、対面講義が増えたことに5つのストレス要因に関する項目は2021年度に比べ、国語および数学共通で減少傾向にあるもしくは変化がない項目は、睡眠不足、早起しする必要があること、対面講義と遠隔講義がミックスになっていること、対面講義が増えたことの4つであった。一方で、国語と数学で異なる結果を示した項目は通学する必要があることであった。

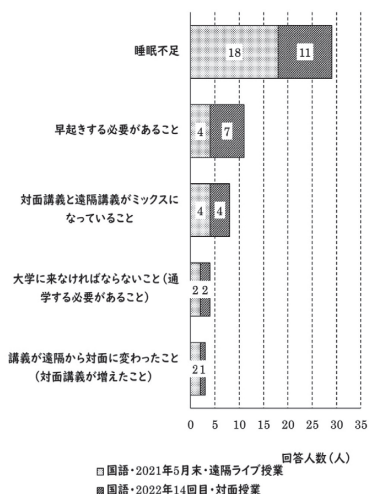


図8 基礎学力講座・国語の自覚するストレス要因の推移

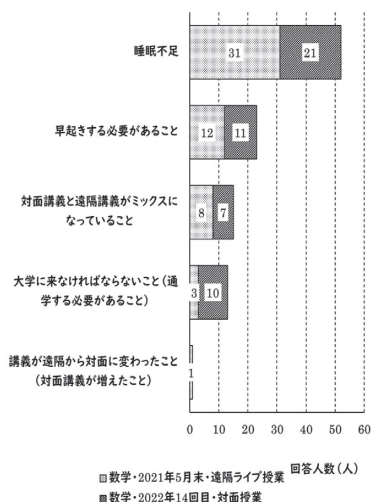


図9 基礎学力講座・数学の自覚するストレス要因の推移

このような異なる結果になったかについては履修者の学科別等詳細な分析が必要であると考えている。

図4から図9より、遠隔授業に慣れた学年の場合、対面講義が増えたことや通学する必要があることに対し、ストレスを感じていると考えられるため、これらのストレスを感じている層への働きかけやサポート体制づくりが要支援学生へのケアにつながるのではないだろうか。

4. 情報共有に関する試行

担任制科目である社会参画応用の場合、学生の履修状況や課題提出等に関し、学習支援システムのユニバーサルパスポート（以降ユニパ）で早期介入支援が必要な学生を確認することができる。しかしながら、リメディアル科目のように担任を持たない科目担当教員の場合、課題提出不足や欠席過多や2連続欠席等、早期介入支援が必要な学生に対し、学生本人に gClass を通じ、直接連絡し、課題提出不足等の注意を促す、もしくは、学生担任へ連絡し、指導を依頼することしかできないのが現状である。また、ユニパの仕様変更により、仕様変更前より要支援学生の担任確認も難しくなっている。さらに、要支援学生への指導呼びかけを毎回講義ごとに依頼するのは科目担当教員負担が増加することも問題点として考えられる。

そこで、2020年度より大学で一括契約している Google を活用し、リメディアル科目担当教員と学科専門科目学生担任教員（以降、担任）と情報共有する簡易的な方法について、2022年度基礎学力講座・国語および数学の2

nd クォータ履修者から試行を行うことにした。

使用するのは Google スプレッドシート（以降 g シート）である。今回は試行のため、大学 Google ドライブの個人アカウントの中に g シートを作成し、科目担当教員から担任へ共有を行った。参考の g シートを図10に示した。

図10 共有用 g シート

共有する情報は、①対面出席状況、②課題提出状況、③小テストを行った場合は小テストの点数等の学習履歴である。

これらを各シートに作成し、講義回終了時に科目担当教員が情報を更新し、それを担任は常時閲覧できるようになっている。なお、情報漏洩等に注意するため、閲覧権限を有する共有範囲を担任のみに指定した。

g シートは Excel ファイル同様の操作が可能である。この共有シートの利点は、いつ、だれが編集したか確認できる点である。（図11参照）

ア) g シートでの確認画面

イ) 最終編集クリック後の画面
図11 最終編集者と編集者氏名

複数の科目担任で情報を追記する際に、いつ、だれが編集を行ったか表示で確認できるだけではなく、最終編集の下線部分をクリックすることで、詳細に確認し、記入漏れや情報抜けのリスクを軽減することが可能である。

さらに、共有した担任がいつ閲覧したかどうかについても編集者はアクティビティダッシュボードによる確認が可能であるため、早期介入が必要な学生の担任の閲覧がない場合のみ、科目担当教員から担任へ学生指導依頼をすることができる。これにより毎回の依頼を行う必要がなくなり、科目担当教員の負担軽減につながると考えられる。

このような情報共有は個人情報の保護の観点から注意が必要だと考えられるが、学生が何らかの悩みを抱え大学に通学できなくなっていたり、講義に参加できなくなっていたりする状況をいち早く確認し、サポートをしていく上で重要である。

今回、基礎学力講座・国語および数学の2nd クォータで試行した。今後、この情報共有により、どの程度学生への早期介入につながったか等詳細な検討を行う必要があると考えている。

5. おわりに

COVID-19の感染の広がりにより遠隔授業に慣れ、対面での講義にストレスを感じたり、体調不良になったりする学生の増加が問題になっている¹⁾。これまでとは異なる学生の不調による怠学傾向をサポートするためには、担任だけではなく、初年次のリメディアル科目や必修科目を担当している教員との連携や情報共有により、学習状況の早期把握、学生支援への早期介入が可能になるのではないだろうか。

6. 参考文献

- 1) オンライン慣れ「対面授業怖い」、不調の訴え増加…
[コロナ警告]ゆらぐ対人関係、読売新聞オンライン、
<https://www.yomiuri.co.jp/national/20220601-OYT1T50088/>、2022年6月10日閲覧

日本文理大学紀要

第 50 卷 第 2 号

令和 4 年 10 月 31 日 発 行

編 集 日本文理大学紀要編集委員会

発 行 日 本 文 理 大 学

大分市大字一木 1727-162

TEL (097) 524-2711(図書館)

FAX (097) 593-5166

印 刷 株式会社 佐伯コミュニケーションズ

大分市広瀬町 2 丁目 3 番 21 号

TEL (097) 543-1211(代表)

[Study Notes]

An Examination of Mathematics Education in High School Education Using Mathematical Analysis Programming	
Junji ITO, Ryouna IIHOSHI, Touya OHMUTA	85
An Examination of Digitization of Line Tracers in Electronic Engineering Experiments	
Junji ITO, Hisamichi HARADA	91
Accuracy of the Relative Positioning with Carrier Phase Observation using low-cost GNSS Receivers on campus	
Takumi ISHIKAWA, Naoya OKAMOTO, Rui ANAN, Hiro IKEMI	97
Convenient Formula for Lubrication Force between Particles	
Yusaku NAGATA	103
Airborne Sound Suppression without Sacrificing Loudness in Acoustic Information Presentation and Controlling the Localization of a Wide-Spaced Sound Image with a Narrow-Spaced Sound Source	
Manabu FUKUSHIMA, Kazuhisa OKITA, Yuya HAYASHI	109
A Study on Gender Mainstreaming in Social Studies Education: Based on Argument in Political Science about Female Inequality	
Yuji SAITO	119

[Case Reports]

A Study of a Novel Plug System for Water Change Method	
Yoshito IKEHATA, Takeo INATOMI, Shuichi NAKAYAMA, Rei TAKAKI, Akira KAI, Takeshi MORI, Kazushi OZAWA	129
A Report on the Information Sharing of Support- Needing Students Requiring Early Intervention	
Miho SAKAI, Chikako FUCHIGAMI, Masamichi KURODA, Yusuke TOJI	131

CONTENTS

[Peer-Reviewed Papers]

School of Engineering

Practical Seminar for the Teaching Profession and Achieving the SDGs-related Trial Lessons:

Report on Practice and Effects

Toshikazu YABUUCHI, Yoshifumi YAMAMOTO, Milena SATO, Yoshio SUGIURA,

Keiichiro YOSHIMOTO, Yuji KAWAMURA, Atsushi HARADA, Masahiko NAKAO 1

School of Business and Economics

A Study on Changes in Basic Skills for Working People in PBL-Type Lectures

Yuji KAWAMURA, Hidekazu TANAKA, Aiko KONO,

Kousaku NABETA, Yuko MINO, Takakazu HAYASHI 9

Trends in New Product Development Research in Japan

: Approach by Quantitative Text Analysis

Yusuke KOKUBO, Tatsushi OGU 19

[Papers]

School of Engineering

A Study on the Process of Land Use Change in Yufuin, Oita

Masayuki SUGA, Takenori SATO 29

An Estimation Method of Micro Aerial Vehicle's Attitude Motions

Using a Limited Number of Image Characteristics

Koki FUJITA, Aoi ETO, Hiroto NAGAI, Shuji NAGASAKI, Yutaka KINJYO 37

Research on Human Error in Simple Repetitive Tasks

Hiroshi FUNAYAMA, Shuichi NAKAYAMA 43

Aerodynamic Force Measurement in the NBU 1 m × 1 m Wind Tunnel

Lee YOOJOUNG, Kenta SHIMIZU, Hisao TAHARA, Shuichi NAKAYAMA 51

Periodicity Measurement for Condition Monitoring in Reciprocating Compressors

Manabu FUKUSHIMA, Taketo ITO, Kazuhisa OKITA, Yuya HAYASHI,

Yoshitaka KONDO, Yuuji TESHIMA 61

Transformation of Internet Space and Citizen participatory journalism

– Focusing on the Transformation of Online News Media in The Republic of Korea –

Munguk KO 69

Searching for Credit Risk Factors by the Tree-Structured Approaches

Toshihisa ETO 77