

高等学校における心理実験を用いた 課題探究活動の指導実践報告

樋田智美 (京都大学)
hida.tomomi.67a@kyoto-u.jp

はじめに

2019年度入学の高校1年生から学習指導要領の変更に伴って「総合的な学習の時間」が「総合的な探究の時間」となり、探究学習が必須となった。また、国立研究開発法人科学技術振興機構の次世代人材育成事業として「スーパーサイエンスハイスクール (SSH)」の認定も行われている。SSHは、先進的な理数教育の実施、高大接続、国際性を育むための取り組みや、創造性・独創性を高める指導法や教材開発などの取り組みを推進し、「創造性豊かな人材育成」を目的とするものである。

筆者は、京都大学の高大連携事業における「学びコーディネーター」として、毎年全国各地の高校生を対象に出前授業を行っている。2019年度からは、その一環として、課題探究活動の支援授業も行っている。また、2019～2020年度には、非常勤講師としてSSH指定校である京都府立桃山高等学校に勤務した。本稿では、これらの経験を活かして2020年度に京都府立桃山高等学校で実施した「心理実験を用いた課題探究活動指導」の実践報告を行う。

指導実践

実践校および授業概要

京都府立桃山高等学校の全日制は、自然科学科および普通科(2年次より文系・理系)を持つ高等学校である。2010年度よりSSH校の指定を受け、2020年度はSSH校指定第3期の1年目であった。「次世代社会を創造し牽引するグローバルサイエンス人材の育成」を目標とし、「5C」(Critical thinking and problem solving (批判的思考と問題解決), Creativity and innovation (創造力と革新), Collaboration (協働力), Communication (コミュニケーション力), Challenge (挑戦力))の資質・能力を育成することを目標としている。また、2020年度は、新型コロナウイルスによる休校措置などに対する学びの保証として、京都府立教育委員会よりClassi (<https://classi.jp/>)の利用サポートがあったり、学校内では、授業内に教員の許可があれば、生徒自身のスマートフォンやタブレット端末などを使用できるBYOD (Bring Your Own Device)の取り組みも始まった。

筆者が担当したのは、1年次に課題探究活動の基礎的な内容を履修済の普通科理系の2年生である。2クラスを1授業単位グループとし、理科や数学、音楽や体育など幅広い教科の教員8名程度が、科学的に「仮説検証型」の課題探究活動を行うという共通事項のもとで、各自の専門を活かして担当するグループの指導を行った。授業は週1回の2時間連続(50分×2コマ)で実施された。各担当教員は、授業内での活動状況や研究成果のプレゼンテーション、研究論文に関して、「5C」に基づき設定された5段階のルーブリックを用いて各学期末に評価した。

授業スケジュール

新型コロナウイルスの影響を受け、当初の予定とは異なり、6月から授業を実施した。初回授業では、担当教員全員が研究テーマに関するプレゼンテーションを行った。そのプレゼンテーションのもとに、テーマ希望調査を行い、原則として第1希望のテーマに班分けした。

班分け後は、各担当教員のもとで、先行研究の調査や実験などを実施した。夏期休暇明けの9月(2学期)には「経過報告会」として、手書き可の簡易的なポスター発表を行い、他の生徒や教員と意見交換を行った。その後、冬期休暇明けの1月(3学期)には「全班発表会」として、2会場に分割し、パワーポイントを用いたオーラルプレゼンテーション(発表7分)を実施した。全班発表会後は、生徒1人1人で研究論文(4ページ)を執筆し、1年間にわたる課題探究活動の総括とした。

各担当教員は、「経過報告会」「全班発表会」「研究論文」に向けたスケジュールリングを行いつつ、それ以外の授業内活動を基本的に自由裁量で行うことができた。そのため、筆者の担当班では、専門分野である認知神経科学をベースとして、心理実験を用いた課題探究活動を実施した。

テーマ設定

初回の教員プレゼンテーションにおいて筆者が提示したテーマは、「語彙習得における効果的な学習方略」である。高校生が実施する研究であるため、英単語を暗記するような必要性に迫られている生徒の状況を鑑み、身近で興味をもちそうな

テーマを設定した。プレゼンテーションの段階で、心理実験を実施すること、実験タスクの作成やデータ解析においてプログラミングおよび統計解析が必要となることを予め周知した。実験プログラムやデータ解析では、MATLABの導入が予算的に困難であったため、フリーソフトウェアであるGNU Octave (<https://www.gnu.org/software/octave/index>) と GNU Octave 上で動く Psychtoolbox (<http://psychtoolbox.org/>) を使用した。最新バージョンでないものをインストールしなければならなかったり、インストール順を間違えると作動しなかったりとトラブルが多いため、必要なソフトウェアのインストールは筆者が事前に行った。

班分けの後、最初に、脳内での記憶のメカニズムに関する基本的な知識の学習を行った。その後、CiNii や Google Scholar を用いて、個人で興味のある論文を調べた。調査時には、Wikipedia や個人のブログなどを調べる最初のとっかかりにするのは構わないが、情報の正確性が担保できない可能性があることを理解させ、信頼できる情報源を選択するよう指導した。その後、調べてきた論文を共有させる際は、Classi 内のグループを用いて共有し、その場で他の生徒も確認できるようにした。Classi では、Word や Excel, PDF など指定のファイル形式のものであれば、グループ内への投稿や「コンテンツボックス」という共有機能を用いてアップロードが可能である。また、「5C」の1つである「Critical thinking」のトレーニングとして、論文の問題点や疑問点を挙げさせた。その後、これらの論文をもとに、研究として発展させられそうなテーマをいくつか検討し、興味のあるテーマをもとにグループ分けをした。生徒の興味関心を最優先とし、語彙習得以外にも、色と記憶の関係をテーマにするグループもあった。その後、課題設定から発表までの研究のフローと今後の研究スケジュールを PowerPoint で提示した。実験およびデータ解析にかかる時間に関しては、「このぐらいの時間は見積もらなければいけなく、遅くともこの時期までに実験を終えること」という見通しを示した。また、「経過報告会」「全班発表会」「研究論文」のイベントに合わせて、各イベントまでにどれだけの時間があるかを順次事前に提示し、スケジュールリングも含めて研究であると話したところ、授業回数や修学旅行などの行事を考慮したスケジュール表を生徒自ら率先して作り始めた。

また、生徒は初回授業で1人1人研究ノート配布された。記入内容は、各担当教員に一任された。筆者の担当班では、調べた内容や疑問、アイデアなどすべてをノートに記入し、授業の最初には「その日の授業で何を行うべきか」、授業の

最後には「次回の授業までに何をしておくべきか」「次回の授業で何をする予定か」を書くよう指導したことで、目標をもって授業に取り組むことができた。進捗が芳しくないグループには、授業終了時に声をかけ、「次回の授業までに何をしておくべきか」を一緒に具体化し、必要であれば、翌週の授業までの間に Classi 上で中間報告をするよう指導した。

研究計画

まず、テーマに沿って「何を明らかにしたいのか」というリサーチ・クエスチョンを設定した。最初は壮大なテーマを設定してしまいがちなため、「必要機材など、予算的（必要機材費用）・時間的に実行可能なのか」など現実的な問題を直視していく必要があり、この段階が非常に大変である。例えば、生徒がどれだけ脳計測を行うような実験を行いたいと思っても、そもそも脳計測のための機材を用意することができない。もし、大学や研究所などで借りることができたとしても、データ解析を理解し、実際に自分で実験を実施し、解析を行うには時間が足りなさすぎる。興味があるのは非常にいいことではあるが、制限内で現実的に即した研究内容にしていく過程において、モチベーションが低下しないように留意する必要があった。更に、この課題探究活動だけで多くのものを検証しようとする傾向があった。例えば、第二言語習得において、リーディング・ライティング・リスニング・スピーキングの4技能すべてに関する研究を行うことは、ほぼ不可能である。大学や研究所などでの研究でも、すべてを一気に明らかにしているわけではなく、必要なパーツを少しずつ揃えていくことで大きな絵が完成していく。たとえ、小さく見える1ピースでも、研究全体にとっては有意義なものであるということを強調して指導した。

また、最初の動機づけおよびモチベーション維持のために、特に1学期の間は、授業実施日の間に Classi 上で進捗状況を確認するようなコメントを投稿した。これにより、「次回の授業までに何をしておくべきか」を思い出して実行する習慣づけを行った。更に、毎日出勤しているわけではないため、次回の授業を待たなくても、Classi 上で常時気軽に質問などができるような雰囲気を作り、生徒とのコミュニケーションをとる場にした。

その後、論文などをもとにした仮説を立てた。化学や物理の実験と異なり、ヒトを相手に研究する心理実験は、特に高校の授業で実施する場合、時間的な制約が大きく、失敗したからといってやり直すのは非常に困難である。そのため、仮説を

検証するにはどのような実験を行うのが最適か、先行研究との違い（研究のオリジナリティ）はどこなのか、また、どのようなデータ解析を行い、どのような結果が得られたら仮説を立証したといえるのか、実験実施前に時間をかけて検討した。

統計解析に関して、生徒は数学の授業で平均や中央値、箱ひげ図などを学習している程度であった。そのため、平均値を比較するだけでなく、なぜ統計解析が必要なのか、また、t検定と分散分析が主となる統計解析になると予測されたため、それぞれどのような場合に使用するのか、また何を比較しているのかを講義形式で説明した。分散分析に関しては、専修大学の小杉考司先生の「分散分析の計算手順についてのノート」(<http://kosugitti.sakura.ne.jp/wp/wp-content/uploads/2013/08/another.pdf>) を利用させていただき、具体的な数値データ例をもとに学習した。ただし、数学で微分・積分を学習しておらず、統計アレルギーを生み出さないためにも、最初の段階では極力数式を用いない説明を心掛けた。ただし、数学の授業ではないため、数式の手計算はプログラムに任せるので出来なくても構わないが、数式の意味は理解するよう指導した。今回は、時間的制約の大きい初学者ということもあり、近年問題となっている「p値信仰」に関しては目を瞑り、各グループの進捗に応じて、余力がある場合は、実際のデータ解析の際に統計量などの説明を行い算出させた。

研究計画を立てる段階から、「研究背景」「リサーチ・クエスチョン」「仮説」「実験計画」とテーマごとに PowerPoint に箇条書きで入力させた。心理実験の場合、実験が長期間にわたることもある。「経過報告会」と「全班発表会」に向けての慣れていないスライド作成時間も考慮すると、この段階から PowerPoint を用いることで、発表スライドのベースが完成し、発表直前のスライド作成にかかる時間短縮に繋がるためである。この発表スライドをもとに内容の精査を行った。同時に、Word テンプレートの「研究計画書」を配布し、文章でも記入させた。文章化することにより、「研究論文」のベースとなる上、箇条書きでは見落とししてしまうロジカルギャップを露呈させ、修正していった。

夏期休暇前には、各グループ 5 分間程度の研究計画プレゼンテーションを行い、生徒同士で問題点や疑問点などを指摘させた。研究内容に関して、ほぼ初見の別グループの発表に対して指摘を行うのは「Critical thinking」のトレーニングにもなる。また、発表側も内容に関して理解が不足している部分が露呈するため、「Critical thinking and problem solving」のトレーニングになる。

夏期休暇中には、実験計画が固まってきたグル

ープは「経過報告会」に向けて、伝えるためのスライドに変更する作業に取り掛かった。この間、生徒に対面指導する機会はなかったが、Classi を用いて添削など頻繁にやり取りを行った。Classi 上では、3 週間ほどの夏期休暇中で 2 回程、グループごとに簡単な進捗報告も行ってもらった。この進捗報告をきちんと行ったグループと行わなかった（Classi を確認しなかった）グループでは、その後の進捗に大きな差が生まれた。このような働きかけは、モチベーションの維持に役立ったと考える。

プログラミング学習

生徒全員がプログラミング未経験だった。MATLAB と GNU Octave はコードが類似していることから、無料アカウント登録で利用できる Math Works 社の「MATLAB 入門」(Figure 1; <https://jp.mathworks.com/learn/tutorials/matlab-onramp.html>) を用いて、初歩的な計算やデータの入れ方などをトレーニングした。プログラミングの初学者であっても、ヒントや解答が完備されているため、1 人でも学習できる。また、MATLAB や GNU Octave がインストールされていない家庭のパソコンなどでも、インターネットが利用できれば学習が可能であるため、アクセスできる生徒は夏期休暇中に進めるよう指示した。

Psychtoolbox を利用した実験プログラム作成に関しては、少ない時間で完成させる必要があったため、「画像を 1 枚呈示する」「あるキーを押すと次に進む」というような小さなプログラムを筆者がサンプルとして作成し、1 行 1 行何を行うコードなのかを解説した。最初からいきなりコードを書きがちであるが、プログラミングには論理的思考が求められるため、プログラムの構造を研究ノートやホワイトボード上で、「1 枚の画像呈示」→「10 枚の画像を順番に呈示」→「10 枚の画像をランダムに呈示」というように、ステップごとに考えさせてから、実際のコーディングフェーズに移った。また、Psychtoolbox での日本語表示の問題の未然防止および極力プログラムの簡素化のため、呈示する文字などは PowerPoint を用いて jpeg ファイルとして作成した。パソコンを使用しない実験タスクでも、「ランダムな 3 桁の数字を 50 個 (5×10) の組み合わせを 5 パターン作成する」というような実験刺激の選定時に GNU Octave を使用するよう指導した。

プログラミングを始めた当初は、パソコン上で実際に書いたプログラムを動かしても「なんか英語でエラーが出た」とエラーを読むことすら拒否していた。その都度、一緒にエラーを見て、「何行目のこれがおかしいと書いてある」とバグ取り

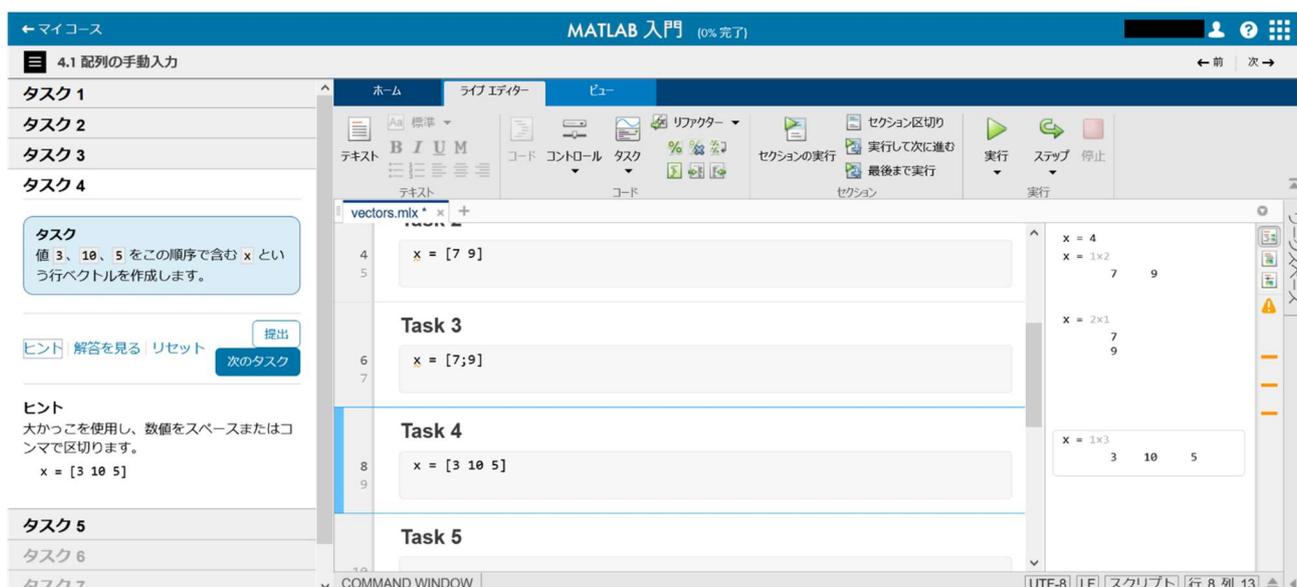


Figure 1. MATLAB入門のコース画面

の仕方をトレーニングするうちに、最終的には、生徒だけでバグ取りができるようになった。極力簡素化できるプログラム仕様にした分、多くのバグは、コーディングやタイピングに慣れると解決できるものであった。

分散分析は、「分散分析の計算手順についてのノート」の数値データを利用して、数式からプログラムを自作し、プログラム計算に間違いがないことを確認した上で、データ解析に適用した。筆者ともデータとプログラムを共有し、逐次確認した。その際、GNU Octaveのファイル形式はClass iでは対応していない拡張子であるため、zipファイルを作成することで対処した。ファイル・フォルダの圧縮・解凍は、残念ながら情報の授業では扱われておらず、この処理の教示も必要であった。

実験の実施

実験の実施にあたって口を酸っぱくして伝えたことは、「実験参加者の負担を増やさない」ことである。大学での研究と異なり、実験に参加していただいても、謝金をお支払することができない。生徒は自主的にチョコレートなどを用意していたが、ボランティアで参加していただくことになる。また、実験参加者の生徒は、昼休みであれば昼食の時間、放課後であれば部活動の時間を割いて参加する。そのことをしっかりと理解した上で、実験に臨むよう指導した。そのため、実験当日のミスやもたつきをなくためのリハーサルをしたり、紙の配り間違えが起こらないよう封筒で仕訳けたりと、生徒自ら考えて行動するようになった。実験が目前に迫ってくると、生徒も形が見えてきて楽しくなってきたのか、受動的だった生徒

も能動的に動き始め、協働力やコミュニケーション力が養われていった。また、ヒトを対象とした実験である以上、「実験クラスター」が生じないよう、新型コロナウイルス対策も可能な限り行った。この点に関して、「経過報告会」で他の班の生徒から感心されたと担当した全グループから報告を受けた。

グループによって、実験は2日間のものから3週間（9日）にわたって行うものまであり、実験で使用する部屋の確保から実験参加者の募集・選定、実験の遂行まで、生徒自ら行った。1グループ20人を目標として実験参加者を募った結果、1グループあたり13～23人となった。募集要項やアンケートなどは、恣意的・誘導的設問がないか事前に筆者が確認した。また、配布するクラスの担任の先生にも事前に確認していただき、了承を受けた上で配布した。何も指示をしないと、ショート・ホームルームなどの時間に配布・回収するよう、担任の先生に直前をお願いに行くことがある。ショート・ホームルームなどは、担任の先生が限られた時間の中で行うことを事前に計画していることがほとんどである。時間的余裕をもって話を通し、極力担任の先生方の負担を増やさず、生徒たちが自らの力で配布・回収を実施するにはどのように行ったらいいのかを事前検討させた。

「実験参加者募集やアンケートなどを行うのは迷惑だ」というイメージが教員間でついてしまうと、心理実験やアンケート調査などの手法を用いた課題探究活動が行いにくくなるため、このフェーズは意外にも重要である。

ディスカッション

実験データの解析後のディスカッションは、研

究において重要な位置を占めることを伝えた。結果をもとにその解釈を行うこと、またその際に、結果からいえることの範囲を認識し、データに対して真摯に向き合い、結果から言えることのみ言及するよう留意させた。実際、予想通りの結果になった班だけでなく、有意差が見られなかった班もあった。高校生の課題探究活動は真面目に取り組んでいたがうまくいかなかったからといって、単位が出ずに留年するということはない。思い通りの結果が出たら大成功だが、もちろん思い通りの結果が出るとは限らず、その場合でも「なぜその実験で仮説が立証できなかったのか」「どのように改善するといいいのか、またその根拠は何か」を考えることが非常に重要であり、うまくいかなかった場合の方がトレーニングとして力がつく可能性がある」と常々話した。限られた機材などによって、実験条件のコントロールがうまくできなかった可能性も大いにあり得る。様々な可能性を1つ1つ検討していく過程も課題探究活動において重要である。また、失敗してしまったと落ち込んでしまう生徒もいるため、最後までモチベーションを維持できるようフォローした。

発表練習

研究内容がどれだけ素晴らしくても、プレゼンテーションが悲惨だと内容のよさが目減りしてしまうため、発表もまた重要である。課題探究活動の成果報告発表で求められるのは、「アカデミックプレゼンテーション」である。生徒にプレゼンテーションを好きに作るよう指示した場合、多くは Steve Jobs のプレゼンテーションを模したものや文化祭の出し物のようなものを作りがちである。また、生徒の多くは、情報の授業で Power Point を利用したプレゼンテーションの経験がある程度である。そこで、まず「アカデミックプレゼンテーションとはどのようなものか」を講義形式で説明した。あくまでも、M-1 グランプリのように大笑いを取ることが目的ではなく、「聴衆に自分たちの研究成果を正しく理解してもらおう」ことが目的であり、そのための色やフォントの設定、スライドマスターの使い方、1スライドに含める情報量、アニメーションの多用禁止など、基本的な事項から説明した。特に、広い会場での発表経験がない場合、パソコン上の画面では問題なくても、会場では見えにくいカラーリングやフォントサイズなどの感覚がつかめないうため、このあたりは具体例を提示しながら明示的に指導した。今回は、聴衆となる他の生徒たちが統計解析を学習していないため、「p 値がいくつで、有意差があった（なかった）」という数値データを提示することは重要ではあるが、それがどのような意味を持

つのかをしっかりと説明するよう指導した。また、研究の流れは実験前の段階でできているはずなので、結果が出てプレゼンテーションを作る段階でストーリー（研究背景～実験方法）の方針を変更することがないようにした。これは、研究の初期からスライドを作成していくことで防ぐことが可能である。発表前の段階では「いかに伝わるスライドにするか」に注力した。オーラルプレゼンテーションは、字を読ませるものではなく、魅せるものである。字詰めのスライドや発表者の自己満足なスライドを作るのではなく、聴衆を第一に考えた「audience-friendly」なスライドを作成するよう心掛けさせた。

また、原稿を見ずに話せるようになるまで、鏡の前やビデオを撮りながら練習するよう指導した。発表直前には、筆者の出勤日の関係で直接練習を確認できなかったため、Classi を通して生徒の練習動画を確認し、1人1人に対してフィードバックを行った。この方法によって、生徒もフィードバックと共に動画を見直し、修正していくことができた。また、課題探究活動では、グループ発表になることがほとんどであり、個人練習だけでなく、グループ全体での練習も必須である。特に、大勢の聴衆の前でのプレゼンテーション経験が浅いことが多いため、発表練習には時間をしっかり割り、教員からのフィードバックを行うことが重要である。時間的ゆとりがあれば、生徒同士での相互フィードバックも行えたと、よりよかったのではないかと思う。

総括

今回、「単語の暗記を楽しみたい」「脳やプログラミングに興味がある」「情報系の学部への進学を考えている」という理由で筆者のテーマ選択をした生徒が多かった。研究のみならず、プログラミングや統計解析など、すべてのことが初めてであった。かなり「挑戦力」を求められる課題探究活動であったため、途中で挫折しそうになった生徒も多かったが、「この授業を真剣に取り組めば、自分たちの力になる」と授業時間内のみならず、授業時間外の時間も率先して活動していた。授業後には、「今日の授業の中で1番頭を使って疲れた」という感想も多く、なんとなく取り組むのではなく、自分の力にしようとしている姿勢が見受けられた。また、普通の教科とは異なり、課題探究活動であることから、教員が手取り足取り教えるスタイルではなく、「ファシリテーター」としての役割に徹した。もちろん、実験のノウハウやプログラミングなどは少なからず教示する必要がある。しかし、可能な限り生徒自身に考えさせ、大学での研究における指導教員のように、一

緒に伴走するイメージで取り組んだ。

本実践例で筆者が直面した課題探究活動における問題点を3点挙げる。1点目は、論文投稿などの成果発表に関するものである。筆者のような非常勤講師の場合、翌年以降も継続して同じ学校に勤務するとは限らない。教諭であっても、人事異動などがある。また、年度単位で行う課題探究活動の場合、1～3月の年度末に研究成果が出揃うことがほとんどである。この場合、大学などとは異なり、年度を跨ぐことによって、論文投稿の場合はリバイズなどでの対応に、学会などでの発表の場合は、発表指導権限などに大幅な制約がかかる。また、査読料や投稿料、発表に付随する参加費などの金銭的な問題も生じる。国内外の論文誌に投稿している高校生もいるが、そのバックに大学教員がついているのが現実である。高校生が学会などでの発表や論文として成果を公表することは、学術的・社会的貢献のみならず、その過程が生徒の成長に繋がる。The Colombia Junior Science Journal (<http://cjsjournal.org/>) などのように、高校生の投稿を前提とした論文誌もある。研究の成功・失敗に関わらず、やる気のある生徒が挑戦する機会を大人の事情が奪うことは、非常に残念である。

2点目は、認知心理学を課題探究活動に取り入れるハードルの高さである。今回の実践例からも、心理実験は、論理的思考や創造性、対メンバー・対実験参加者とのコミュニケーション力など、課題探究活動で求められる力を育成するのに適したツールであるといえる。しかし、認知心理学を高校の教科に対応させるのは難しい。認知心理学の知見をもっている教員が少ないため、課題探究活動で取り入れにくくなっていると考えられる。統計解析であれば、数学や理科の教員もカバーできるだろうが、心理実験に関するノウハウはない。アンケート調査を行うような場合でも、やみくもに質問項目を作成するのではなく、何を知るためにどのような質問項目が最適なのかを熟考する必要がある。また、恣意的・誘導的質問にならないよう文言にも配慮しなければならない。更に、仮説検証型であれば、データを取った後、どのような解析を行う必要をすれば仮説を検証できるのかを事前に検討してから実施する必要がある。なんとなくではなく体系的に考えなければならない。高大連携などを利用して、認知心理学に関する知見を高校生に広めることは、将来的にこの分野に興味をもって進んでくれる生徒を増やすことにも繋がる。分野の発展のためにも、そのような場を提供していく必要があるのではないだろうか。

3点目は、教員側の研究活動に関する経験値で

ある。筆者は、2020年度に学びコーディネーターとして課題探究活動におけるプレゼンテーション（オーラル・ポスター）指導に関する7件の授業を実施した。研究に力を入れる学校は多いが、成果発表のプレゼンテーションに関する指導まで手が回っていないのが現実である。特に、ポスター発表は、SfN（Society for Neuroscience）やCNS（Cognitive Neuroscience Society）などではメジャーな発表形式であるが、あまり行われない分野もあり、そもそも指導する教員が経験していないことも多い。ましてや、高校生はアカデミックプレゼンテーションを見たことも聞いたこともないことが多く、イメージができないことがほとんどである。研究の中身だけでなく、成果発表の仕方に関してもフォローしていくことが重要である。2つ目の問題点とも関連するが、例えば、研究計画発表や中間発表でも可能な「学会の高校生部門」のようなものを設けるなど、高校生の参入を推奨し、外部での発表の機会を設けると共に、研究者の行う「プロのアカデミックプレゼンテーション」を学ぶ場を作るような取り組みが必要なのではないだろうか。

最後に、今回の教育実践の一例として、筆者が指導したグループの1つが執筆した論文を付す。この論文は、「研究論文」提出後、限られた時間内で悪戦苦闘しながらも最大限努力をし、更に自主的に執筆されたものである。筆者の指導が至らぬ点も多いが、温かい目でご一読いただけると幸いである。今回、本稿をテクニカルレポートとして掲載していただいたことは、先述した高校での課題探究活動における問題解決への大きな一歩である。もちろん、本稿で筆者が行った方法は完璧なものではないが、今後の課題探究活動や高大連携、更に、認知心理学の分野の振興に寄与できるのであれば非常に光栄である。また、筆者が今回報告したような取り組みができたのは、現在筆者が博士後期課程において、日頃から温かいご指導をいただいている京都大学の水原啓暁先生のおかげである。水原先生のご指導がなければ、今回のような取り組みは絶対にできなかったと断言する。この場をお借りして深く御礼申し上げます。

付録

スキーマを利用した第二言語単語習得の向上

阿波野隼英, 塩田大空, 末廣晴也, 村上大知, 山本泉澄, 樋田智美
(京都府立桃山高等学校)

要旨

一般的に、「スキーマ理論」は第二言語習得における読解で用いられる。我々は、スキーマを用いた第二言語の単語学習が、短期記憶および長期記憶の定着においても効果的ではないかと考えた。高校1・2年生を対象に、スキーマあり群とスキーマなし群に分けて7日間、計2回の実験を行った結果、スキーマの利用が第二言語習得における単語習得において、短期記憶と長期記憶の両方で有効であると認められた。

序論

第二言語習得とスキーマ

「スキーマ理論」はCarell (1984) で提唱されている。スキーマ(構造化された背景知識)は、第二言語習得時の読解において、ボトムアップ処理とトップダウン処理の双方の相互作用で効果がみられる(高田, 1999; 丸山, 2010)。これは、スキーマ別に大脳皮質に記憶(情報)を固定保存される(吉川, 2016)作用を利用することで、ボトムアップ処理とトップダウン処理の双方を利用できる熟達化がみられるためである(O'Malley et al., 1989)。

第二言語習得における単語暗記とスキーマ

第二言語習得においてスキーマを利用した事例のほとんどが読解に関するものである。その中でも、平井(2011)は日本語母語話者の薬学部生を対象とした医学英語の単語暗記を題材にしている数少ない研究の一例である。この実験では、1週目はスキーマなし、2週目はスキーマありの条件で単語暗記を10分間黙読で行った後、時間を空けずにテストを実施した。3週目は1週目と2週目で暗記した単語を同じ比率で混ぜたテストのみを行い、スキーマの有無が短期記憶および長期記憶に影響があるかどうかを検証した。3週目のテストの結果から、単語暗記における長期記憶の定着においてのみ、スキーマが有効であると示した。しかしながら、平井(2011)の実験には2点問題が挙げられる。1点目は、3週目のテストにおいてスキーマありで覚えた単語の方が、スキーマなしで覚えた単語より直近の記憶であり、2週目の単語の得点率が1週目より高いのは、期間の差が影響した可能性も考えられる点。2点目

は、スキーマありとスキーマなしで単語を統一していないため、単語の難易度が影響して差が生じている可能性がある点である。これらの問題点から、平井(2011)からだけでは、第二言語習得における単語暗記時にスキーマの効果があったと言いつけることはできない。

本研究の目的

そこで、本研究では、主に第二言語習得における読解において用いられるスキーマ理論が、単語の習得にも有効であるかどうかを検証することである。平井(2011)の問題点を解消した、長期記憶の期間および単語の難易度を統一した実験パラダイムを作成し、スキーマを利用した第二言語の単語習得において、短期記憶および長期記憶の点で有効であるか検証した。

実験方法

実験参加者

視覚に問題がないと自己申告した日本語母語話者の高校1・2年生28人が、ボランティアとして実験に参加した。すべての実験参加者には、事前に実験に関する説明を行い、自由意思において実験参加への同意を得た。すべての実験参加者が右利きであることをFLANDERS利き手テスト日本語版(Nicholls, Thomas, Loetscher & Grimshaw, 2013; 大久保・鈴木・Nicholls, 2014)によって確認した(mean = 9.50, SD = 0.79)。なお、回答ミスが1問あった1名は、その質問に関して無効とした。

実験刺激

使用単語はフランス語の初級レベル30語とした。フランス語を使用した理由は2点ある。1点目は、学習済みの日本語や英語と異なり、馴染みのない言語を使用することで、先行知識による類推を防ぐためである。2点目は、日本語と英語を学習した実験参加者が識字可能な筆記システムであるためである。また、すべての実験参加者はフランス語の学習経験がないことを、事前に確認した。

実験手続き

実験は7日間(実験自体は2日)行った。実験参加者28人を、スキーマあり群13名(男性12

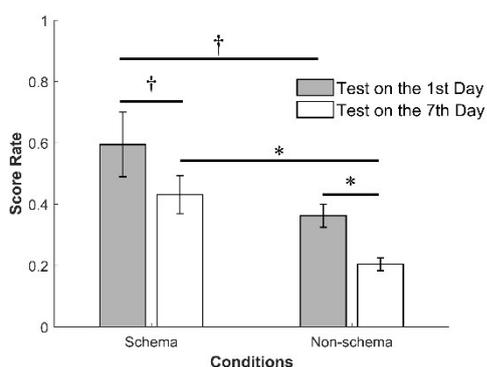


Figure 1. 各実験条件における正答率. エラーバーは標準誤差を示す.
(† $p < .10$, * $p < .05$)

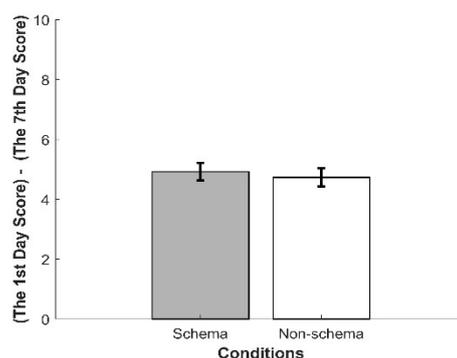


Figure 2. 1日目と7日目の点数の差分. エラーバーは標準誤差を示す.

名, 女性1名)とスキーマなし群15名(男性13名, 女性2名)の2グループにランダムに分け, それぞれ別の部屋で実験を実施した. これにより, スキーマあり群とスキーマなし群の長期記憶の期間を1週間に統一し, 平井(2011)の1つ目の問題点である記憶期間による影響を排除した. 1日目は, 実験参加者は配布された学習用紙に記載されたフランス語と日本語訳を10分間, 黙読によって記憶する暗記フェーズを行った. スキーマ群には, 説明スキーマを呈示した. 各グループ間の差は, 暗記する際に使用する学習用紙に, スキーマが記載されているか否かのみであり, 暗記する単語や暗記時間を統一した. これにより, 平井(2011)の2つ目の問題点である単語の難易度を統一した. 更に, 初頭効果および親近効果の影響を排除するために, 単語の順番のみが異なる学習用紙3種類を用意し, 1人に対しいずれか1種類を配布した. この学習用紙3種類内の単語の順番も, グループ間で統一した.

その後, ディスプレイ(241B8Q, PHILIPS; TH-P50GT3, Panasonic)上にランダムに呈示されたフランス語の日本語訳を回答するテストフェーズを行った. 7日目には, テストフェーズのみを実施し, 問題はGNU Octave上でPsychtoolbox

(Brainard, 1997; Pelli, 1997)を用いて制御することで, 1単語(1問)解答するのにかかる時間を統一し, 単語の呈示順序は, GNU Octave上でランダムに設定した. テストでは, 全30語を逐次的に1単語あたり15s呈示した. なお, 1日目と7日目の単語の順序は異なるが, 両群間では, 同じ順番で呈示した. 1日目の暗記フェーズ後, 学習用紙を回収し, 実験参加者が自宅での学習を行えないようにした. 実験参加者には, 実験に関する事前説明時に, 暗記フェーズ後にテストフェーズを行うことを周知した.

新型コロナウイルス感染対策として, すべての実験参加者に対して, 健康状態に関するチェックシートで体調に問題がないことを確認した. また, 実験に使用した部屋は換気を行い, 実験参加者の座席間隔をあけた. 実験参加者は, 実験参加中, 常時マスクの着用を行い, 実験者は, 実験に使用した机等は適切に消毒を行った.

データ解析方法

データ解析は, GNU OctaveおよびMatlab 2020b上で行った. スキーマの有無(被験者間要因)およびテストタイミング(被験者内要因)の要因影響を検証するため, 二要因混合分散分析を, 下位検定としてTukey's HSDを行った. また, スキーマの有無による忘却度合を検証するため, 個人ごとに1日目のテストの点数から7日目のテストの点数を引き, スキーマあり群・なし群を対応のない2標本t検定によって比較した. 二要因混合分散分析および対応のない2標本t検定では, 分散を一様にするため, 正答率(0~1)変換したものを逆正弦変換(角変換)した数値を使用した. また, 二要因混合分散分析に関しては, パーミュテーション検定を10,000回行った.

結果

スキーマの有無, テストのタイミング, および交互作用の効果を調べるため, 二要因混合分散分析を用いて解析を行ったところ, スキーマの主効果($F(1,26)=10.33$, $p=.003$, $\eta^2_p=.28$)とテストのタイミングの主効果($F(1,26)=39.90$, $p<.001$, $\eta^2_p=.61$)がみられ, 交互作用はなかった($F(1,26)=.002$, $p=.88$, $\eta^2_p<.001$).

どの条件間において有意差があったのかを調べるために, Tukey's HSDを用いて解析を行った結果をFigure 1に示す. スキーマあり群の1日目と

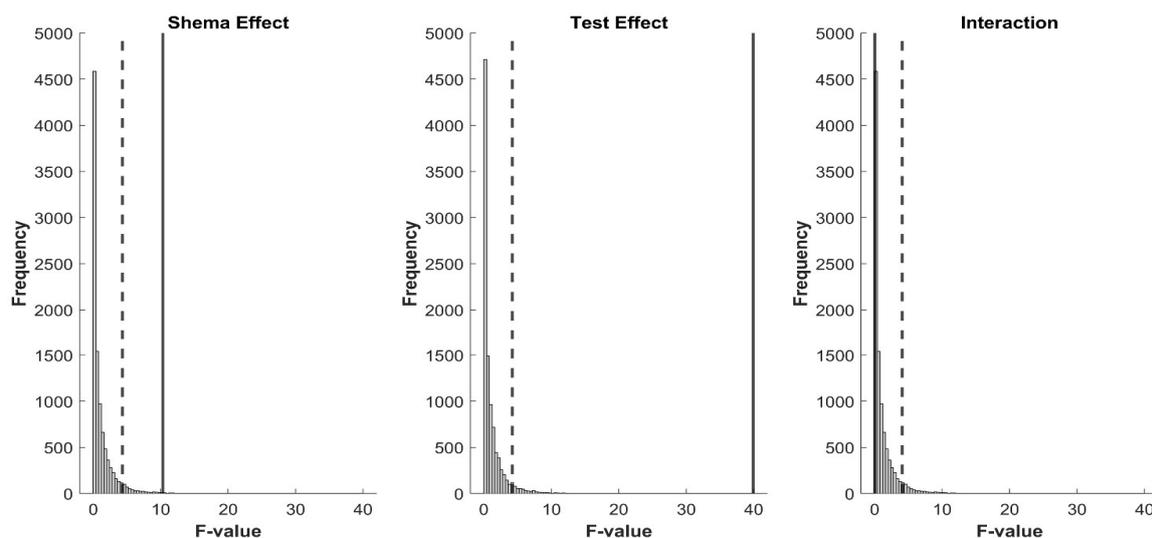


Figure 3. スキーマ主効果, テストタイミング主効果および交互作用のパーミュテーション検定結果. 破線はパーミュテーション検定で算出した95%点F値, 実線は実際の実験データのF値を示す.

スキーマなし群の1日目 ($q(26)=3.10, p=.02, d=1.06$), スキーマあり群の7日目とスキーマなし群の7日目 ($q(26)=3.00, p=.02, d=1.29$) に有意な差が認められた. また, スキーマあり群の1日目と7日目 ($q(24)=1.96, p=.08, d=.77$), およびスキーマなし群の1日目と7日目 ($q(28)=2.01, p=.08, d=.73$) には有意傾向がみられた.

また, スキーマあり群とスキーマなし群の忘却度合を調べるために, 対応のない2標本t検定を行った結果, スキーマあり群とスキーマなし群間に有意差は見られなかった ($t(26)=0.15, p=.88, d=.58$; Figure 2). スキーマの有無にかかわらず, 記憶の忘れ度合いに差はないといえる.

更に, データの再現性を担保するため, 二要因混合分散分析のパーミュテーション検定を行った. Figure 3に示したように, スキーマ主効果およびテストタイミング主効果に関しては, 実験データからのF値の方が大きいという結果が得られた.

考察

本研究では, 第二言語習得において主に読解で用いられるスキーマ理論が, 単語習得でも有効であるかを検証した. 結果として, スキーマを利用すると, 第二言語の単語習得において, 短期記憶と長期記憶の両方で効果的であることがわかった.

スキーマを利用した単語の短期記憶保持

スキーマあり群・なし群の1日目同士の結果から, スキーマが第二言語の単語における短期記憶の保持に有効であると示唆され, 効果量もかなり

大きかった. この結果は, 平井 (2011) の結果と矛盾する. 我々が指摘したように, 平井 (2011) では, スキーマありとスキーマなしの条件において異なる単語を用いており, 単語の難易度差が影響した可能性がある. 今回は, 全く同じ単語での比較であるため, スキーマが被験者の単語への理解を促進し, 短期記憶の保持に影響を与えたと考えられる.

スキーマを利用した単語の長期記憶保持

スキーマあり群・なし群の7日目の結果から, 平井 (2011) 同様に, スキーマが第二言語の単語における長期記憶の保持にも有効であると示唆され, 効果量も大きかった. つまり, 単語暗記においてもスキーマが長期記憶の定着を助けたと言える. 今回, 実験参加者にはフランス語の先行知識が全くなかったため, 基本的にボトムアップ処理で単語を習得したと考えられる. しかし, スキーマあり群は, 更にスキーマを利用したトップダウン処理も利用していたため, 長期記憶の保持にも効果があったと考えられる.

スキーマあり群とスキーマなし群, それぞれの1日目・7日目は, 有意傾向ではあるが, 効果量は大きいという結果をふまえると, スキーマが第二言語の単語習得においても長期的な記憶の保持に有効であることを示唆しているといえる.

しかしながら, 1週間以上経過した後の長期記憶の保持にもスキーマの影響があるとは本研究からは断言できない. スキーマが更に長期的な記憶に有効であると示すには, 1週間おきにテストフェーズを行う実験期間を延長するような実験を行うことで, スキーマが長期記憶の保持へ与える影

響を検討できる可能性がある。

また、両群の7日間での忘却度合は同じであったが、実験前にテストフェーズを行うことを周知したことで、実験参加者が高い点数を取ろうと努力した可能性もありうる。実験期間の延長は、スキーマが忘却度合に影響を与える可能性も検討できる。

本研究の意義

本実験においては、実験参加者が高校1・2年生のみであった。今後は、対象年齢を拡大して、年齢ごとに比較することで、スキーマを利用した第二言語習得における単語学習がどの年齢で有効なのか検討すべきである。少なくとも、臨界期を過ぎた高校生にとって、スキーマを利用した第二言語の単語習得は、短期記憶のみならず長期記憶に関しても有効であることを示唆するものである。日頃、単語暗記に苦しんでいる学生には是非活用してほしい。また、スキーマを活用した第二言語の単語教授法の開発にも示唆を与えるものである。

引用文献

- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 443—446.
<https://doi.org/10.1163/156856897X00357>
- Carrell, P. L. (1984). Schema Theory and ESL Reading: Classroom Implications and 32 Applications. *The Modern Language Journal*, 68(4), 332—334.
<https://doi.org/10.2307/328181>
- 平井美津子 (2011). 「医学英語における単語記憶保持についての研究」『長崎国際大学論叢』11, 33—38.
- 丸山佳奈 (2011). 「日本人英語学習者の読みにおける読解前活動の効果と躓きの原因を探る研究」『成蹊人文研究』19, 63—80.
- Nicholls, M. E. R., Thomas, N. A., Loetscher T. & Grimshaw, G. M. (2013). The Flinders Handedness survey (FLANDERS): A brief measure of skilled hand preference. *Cortex*, 49, 2914-2926.
- 大久保街亜・鈴木玄・Nicholls, M. E. R. (2014). 「日本語版 FLANDERS 利き手テスト—信頼と妥当性の検討—」『心理学研究』25, 474—481. <https://10.4992/jjpsy.85.13235>
- O'Malley, J. M., Chamot, A. U. & Kupper, L. (1989). Listening comprehension strategies in second language acquisition. *Applied Linguistics*, 10(4), 418—437. <https://doi.org/10.1093/applin/10.4.418>
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437—442.
<https://doi.org/10.1163/156856897X00366>
- 高田理孝 (1999). 「英語読解とスキーマの役割」

『都留文科大学研究紀要』51, 23—28.

山科美和子・釣井千恵 (2010). 「第2言語の語彙処理能力とリーディング力—単語認知と読書量・読解速度との関連を探る」『米英評論』24, 237—260.

吉川敏博 (2016). 「第二言語習得 (SLA) における明示的知識 (Explicit knowledge) と暗示的知識 (Implicit knowledge)」『外国語教育：理論と実践』42, 1—15.

謝辞

本研究にご参加いただいた実験参加者の皆様に深く御礼申し上げます。