高校教育研究　第73号　2021　金沢大学附属高等学校

ISSN 0287-5233

高校教育研究

第 73 号

巻頭言 …… 学校長　中　澤　宏　一

今野日出晴『歴史学と歴史教育の構図』を読んで
― 私の受け止めと歴史教育の課題 ― …… 地理歴史科 …… 1
宮　崎　嵩　啓

類題作成・演習授業の設計と実践
― 主体的･対話的で深い学びにつながる演習授業とは ― …… 数学科 …… 9
酒　井　佑　士

生物学で楽しむ
― こんな授業をしてきました ― …… 理科 …… 19
深　田　和　人

実験から見いだして理解する授業展開：単振り子の実験
…… 理科 …… 31
渡會　兼也・小笠原　萌

新学習指導要領に向けて
― 授業形態の違いと生徒の到達度 ― …… 英語科 …… 41
阿部　雄太・荒納　郁美
北野真理恵・真木　啓生

２０２１

金沢大学附属高等学校

巻　頭　言

学校長　中澤 宏一

本校は，2019年４月に文部科学省WWL（ワールド・ワイド・ラーニング）コンソーシアム構築支援事業拠点校の指定を受け，本校では以下のような取り組みを行ってまいりました。

本事業は，社会の大きな変革としてSociety5.0が訪れようとする中で，我が国の新たな社会を牽引する人材の育成が求められることをふまえ，新たな時代に向けた学びの変革の一つ，さらには，文理両方を学ぶ高大接続改革にも寄与するものと考えております。

WWLコンソーシアムは，高度かつ多様な内容を，生徒個人の興味・関心・特性等に応じて履修可能とする高校生の学習プログラム開発と実践を担うことが期待されており，将来的には，すべての高校生がオンライン・オフラインで参加することを可能にする仕組みづくりを目指しています。

本校では，Society5.0において共通して求められる力

①　文章や情報を正確に読み解き，対話する力

②　科学的に思考・吟味し活用する力

③　価値を見つけ生み出す感性と力，好奇心・探究心　等

を基盤として，将来，新たな社会を牽引し，世界で活躍できるビジョンや資質・能力を有したイノベーティブなグローバル人材の育成に努めてまいりました。今後も国内外の高等学校・大学・企業・国際機関等の協力を得ながら，新たな時代に向けた学びの変革を実現してまいります。

また，テーマを通じた高校生国際会議を昨年度・今年度と開催し，自らの行動変容の実現や生徒主体のオールイングリッシュでの会議の運営等に取り組み，本校生以外にも高度な学びを提供する仕組み「アドバンスト・ラーニング・ネットワーク」（ALネットワーク）の拠点校として研究を進めてまいりました。

以上のような取り組みを進めてはまいりましたが，昨年度から現在に至るまで，新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け，当初予定していた活動を行えない状況が続いています。感染拡大を言い訳にしてはならないことは重々承知していますが，コンソーシアムを構築するにはオンラインに比重をおいた進め方は難しかったというのが実情です。

そのような中でも，生徒主体の取り組みに重点を置き，持続可能な実践を合言葉に実践し，その成果をようやく形にできたというのが正直なところです。そのため，稚拙な研究になっていることは否めません。是非，皆様からの忌憚のないご意見やご批判を頂戴できれば幸いです。それを今後の道標にして研究を進めてまいります。どうぞ宜しくお願い致します。

今野日出晴『歴史学と歴史教育の構図』を読んで

― 私の受け止めと歴史教育の課題 ―

地理歴史科　宮崎　嵩啓

本稿は，今野日出晴著『歴史学と歴史教育の構図』（東京大学出版会，2008年）の書評という形を通して，歴史教育のこれからを考えようとするものである。戦後の歴史教育の歩みを批判的にみつめた同書を読む中から，施行を目前に控えた新学習指導要領とそのもとで実施される歴史教育に，現場の教員はどう向き合うべきか，その手がかりを見出したい。

キーワード：　歴史学と歴史教育　新学習指導要領

１．はじめに

本稿は，今野日出晴著『歴史学と歴史教育の構図』（東京大学出版会，2008年）の書評という形を通して，歴史教育のこれからを考えようとするものである。周知のように，2022年４月から高等学校では新学習指導要領が施行され，特に歴史教育は新科目「歴史総合」が導入されるなど，大幅にその形が変更される。「歴史総合」は1949年以来の日本史・世界史２科目体制を解体して，両者を統合するものである。従来の「日本史Ａ」「世界史Ａ」が各２単位（計４単位）であったのに対し，統合後は２単位に半減されるほか，日本史と世界史を統一的に把握する方法も確立していないなど問題点が指摘されている。にもかかわらず，肝心の学校教育現場から批判的に受け止める声はほとんど聞かれない。

そこで本稿は，今野日出晴氏の著作を読むという方法で歴史教育の現状と課題を確認し，そこから新指導要領への向き合い方を考えることとした。以下，著作の構成と要約を筆者なりにまとめ，そこから学ぶべきことについてコメントを付したい。

２．『歴史学と歴史教育の構図』の構成と概要

本書は，1992年以降に著者が執筆した論文計14本を，一部再構成して一冊にまとめたものである。「歴史教科書問題が，大きなうねりとなって論壇を賑わすような状況に対して，実際に歴史を教えるものの責任として，歴史教育の現場からどう応答すべきか」（282頁）との問題意識から，著者は歴史教科書や歴史教育実践，授業研究，歴史認識，歴史叙述など歴史教育を構成する様々な領域について検討し，「歴史教育の輪郭」（ⅰ頁）を明らかにしようとした。その際，歴史教育がどのように論じられ，語られてきたのか，「歴史教育の認識方法」（ⅱ頁）に分析視角を置いている。本書は序章・終章を含め全３部12章で構成されており，まずは筆者の理解を示すためにも，各部ごとの章立てと要約を記したい。

序　章　歴史教育の構図

序章では歴史教育の現状分析を課題としていて，本書のその後の展開に繋がる入り口の役割を果たしている。著者はここで大きく２点，昨今の歴史教育の動向を批判的に検討していて，まず１つは近年の歴史教育が教師によって執筆される「実践記録」を中心に論じられていることについてである。教師は実践記録の中で，生徒の感想文や発言を根拠に自ら

の授業の先進性を主張することになるが，感想文や発言の選択において，多くの教師は自らの恣意性や取捨選択性に自覚的ではなく，実践記録自体が恣意的なものになっていると指摘する。こうした動向は1980年代以降,「教師の教え込み」が批判され,代わって「生徒の主体性」が称揚される中で深刻化してきており，著者は実践記録の書き方や読み方の方法的練り直しが必要としている。もう１つは『新しい歴史教科書』に顕著に表れた「物語として歴史を語る」という方法や加藤公明の実践に代表される「構成主義学習論」に対する批判である。その上で，実践記録も物語論も構成主義においても，主観性や恣意性に陥らないためにどのように係留点を確保するかが問われていると指摘する。

第Ｉ部　歴史教育実践の問題性

　第一章　逸脱する「授業研究」

　第二章　歴史教育実践の現在

第Ｉ部は，そのタイトルが示すように，歴史教育実践が孕む諸問題について，1980～90年代の藤岡信勝や加藤公明の実践を批判的に検討する中で明らかにしている。藤岡信勝については，1990年代以降のいわゆる「新しい歴史教科書をつくる会」の活動がしばしば取り上げられるが，著者は藤岡が80年代に取り組んだ「教育技術法則化運動」を検討し，その論理の中に現在までつながる授業研究の問題性を見出す。藤岡が主張したのは，授業実践を研究資料として蓄積し学問研究の対象に（「科学化」）するためには，実践記録が「伝達可能性」（授業の内容を読者の側に伝達できること）と「再現可能性」（授業記録をもとに同じ指導過程を読者が自分の授業として再現できること）を備えなければならないということであった。藤岡が提唱した「伝達可能性」と「再現可能性」は，その後実践記録を書く多くの教員を拘束していき，またこれを読んだ教員がそれぞれの教室で再現を試みてきたとされる。歴史教育のマニュアル化と言うべき事態であるが，「教室は決してガラスの実験箱のようなものではなく，そここそが，さまざまな社会的文化的文脈のなかで成立し，多くの矛盾が顕在化し噴出する」（41頁）場なのであって，その意味を解さない藤岡の方法は「授業研究栄えて授業滅ぶ」（佐藤学）という皮肉な現象を引き起こしたと指摘する。

1990年代には国の教育改革を先頭に，官民挙げて教え込み（知識伝達，講義式授業）が批判され，個性尊重の方針の下，討論授業やディベート授業が奨励されていく（藤岡信勝は歴史ディベート授業を提案し，また加藤公明は討論授業で積極的に発言した）。討論やディベートは民主主義社会を担う主体形成という大義名分を掲げて展開され，生徒の個性尊重の文脈の中で急速に裾野を拡大していった。しかしながら，これらの方法も作為性や恣意性が介在しやすく，ともすれば生徒が史実の探求や歴史像の構築を学ばないという事態も想定されるとして，歴史的思考力を鍛える方法として現時点では退けられるとする。

第Ｉ部を通して強調されたのは，1980～90年代に「歴史教育の転生」がしきりに唱えられ，またそれが受容されたということであった。企業社会が成立し，豊かさを享受した現代社会では，人びとは過去への関心を失い，歴史意識は枯渇するとされる。歴史教育の現場においても，おしゃべりや居眠り，内職といった形で歴史への関心の低さが顕在化しており，そうした現状を打開したいと希求する多くの教師に授業観の転換という言説は魅力的に響いたと著者は見る。また，現代は環境問題など「大人が確実な知識を手にできない」（宮澤康人）時代なのであって，そうした教師の側の知識のゆきづまりが，先の討論授業のような「子どもと一緒に考えよう」型の授業を生んでいると指摘する。

第Ⅱ部　歴史教育批判

第一章　疎外される歴史教育

第二章　民間学としての歴史教育

第三章　歴史教育の語られ方

第Ⅰ部が歴史教育実践に焦点を絞ってその問題性を明らかにしたのに対し，第Ⅱ部では教科書叙述と歴史認識，歴史学と歴史教育といった領域まで視点を広げて，歴史教育の現状と課題を整理している。

前者の教科書叙述と歴史認識について，著者は家永三郎第三次教科書訴訟を契機に，歴史学では1980年代に十五年戦争下の日本軍の加害責任に関する研究が飛躍的に進み，高校歴史教科書にも加害の実相など戦争を重層的に描く工夫が凝らされた一方で，肝心の生徒の戦争認識は深まらなかったと指摘する。その背景について著者は，岸本晴雄の議論を踏まえ，戦時の加害体験を当事者は苦渋を伴いながら語り，尋ねる非体験世代の側はそれを自身の問題に引きつけて受け止めてきたが，実際に授業で教師が加害を語るとき，こうした苦渋や意義は十分に意識されず，ともすれば「教える教師はいつも安全なところにいて，『加害』を『暴露』し弾劾するような構図のなかにい」て，「私たちと十五年戦争とのあいだにあるよそよそしさを拡大しただけではなく，教師と生徒とのあいだのよそよそしさ，相互疎外的な関係もうん」（94頁）だと指摘する。

後者の歴史学と歴史教育の関係については，敗戦直後に歴史学研究会が開催した「国史教育検討座談会」が，歴史学と歴史教育の分離という戦前の枠組みを厳しく批判し，両者を一体不可分のものとする認識が成立していたこと，また遠山茂樹の所論に依拠して，歴史学と歴史教育は一方的な従属関係ではなく，それぞれに固有の存在価値を有していて，特に歴史教育は運動としても位置づけられていたことを確認する。そして1970年代には髙橋磌一によって「歴史教育学」が提唱され，歴史学へのもたれかかりを乗り越え，教師自ら地域の歴史を掘り起こして授業実践に活かすなど，歴史教育は新たな領域を開拓し始めたとされる。著者はこれを戦後「民間学」の一つとして位置づける。ところが，それと軌を一にして，生徒を含む国民の歴史意識は変容を遂げる。第Ⅰ部で指摘された「歴史意識の枯渇」である。歴史教育が「戦後」意識（＝戦前の「軍国」や「専制」に対して，「平和」や「民主」という方向を持続的に追求する意思）に固執・擁護しても，学ぶ生徒の歴史意識との間には乖離が生じ,「一部の生徒に『居直り』的な反発」（目良誠二郎）が表れて歴史教育は困難に直面することとなった（この事態に教育方法の面から応答しようとしたのが，第Ⅰ部の教育技術法則化運動であった）。

歴史教育は史学史においても明確に位置づけられているわけでない。永原慶二著『20世紀日本の歴史学』では，歴史学は社会的責任において，歴史教育に責任を持たなければならないとされ，歴史教育は歴史研究者の良心と責任の問題として語られる。「歴史学の学問的課題を受け止める歴史教育」という構図は，歴史教育の側が歴史学に深刻に受け止めるべき問いを提出してこなかった証しでもあるとして，歴史教育の戦後の歩みが批判的に捉え返される。

第Ⅲ部　歴史教育から歴史叙述へ

第一章　方法としての教科書

第二章　歴史叙述の試み―「軍隊体験と戦場体験」

第三章　歴史を語る試み―「捕虜を殺す兵士・殺さない兵士」

第四章　歴史叙述の可能性

第五章　歴史叙述としての教科書

第Ⅲ部は第Ⅱ部を踏まえて，歴史学と歴史教育の関係を歴史叙述という視角から再構築しようとする著者の試みである。歴史叙述は歴史学の最終目標としても位置づけられる重要な営みであるが，歴史学

だけが専有するものではないとして，「現在において，深めなければならないのは，歴史教育の側からの歴史叙述という問題ではないだろうか」（217頁）との問題提起がなされる。

そこで著者は，まず方法としての教科書という視点で，歴史教育における教科書の位置を検討する。家永三郎教科書訴訟では，家永が，戦前国定教科書が権威として君臨したことへの強い悔恨から，教科書は一つの教材にすぎず，教科書の内容と教育内容は区別されるべきと説いたのに対し，文部省は教育水準の維持を名目に，内容の共通性・画一性が重要として，教科書絶対主義の立場をとって対抗していた。しかし，1990年代に「教育の自由化」現象が進むと，教科書の多様化や教材の多様化が進み，やがて自主教材やプリントを多用して「教科書を使わない」実践が称揚されるようになった。そして現在，「教科書叙述からどこか離れた地点でおこなわれてきた先進的実践と，教科書叙述を無批判に受容する多くの実践とが両極をなして存在して」おり，「両者は正反対に位置するようにみえながら，実は，どちらも教科書を，内容としても，方法としても，丁寧に吟味しないという点において共通した構え」（160頁）として，教科書内容と授業づくりの乖離が指摘される。

また，教科書は無味乾燥な叙述としてたびたび批判されてきた。こうした言説は教科書の特異な性格を顧慮しておらず，歴史叙述としての教科書の位置を正しく捉えていないのではと疑義を呈する。その上で現行の歴史教科書の特徴として，執筆者＝語り手が明示されず，また歴史上に生きた固有名詞を持った無名の大衆がほとんど描かれないことをもって，「無名性・匿名性」の二点に集約する。「固有名詞を持った無名の大衆がほとんど描かれない」ことに関しては，鹿野政直も指摘しているように，教科書では「公」のことばかりが書かれ，その対極にある「私」がほとんど描かれず，私的な人生や私的な人生からくる実感が排除されているとする。にもかかわらず，歴史教育では教科書の叙述が唯一の歴史像のように意識され，教師の語りもあたかも「御託宣」のように，「絶対的な語り」として教室を支配してきたとして，歴史叙述における「私」の回復，つまり固有名詞を明示した歴史を描くことが必要ではないかとの問題提起に至る。ここで，歴史の客観性という問題が出てくるが，著者は小田中直樹や中村政則の議論を引きつつ，歴史の客観性は多くの人に共有されることで担保されるとして，「個々の『a history』が，相互に批判され検証されることによって説得的な『a history』がうまれ，それが共有されることで，より真実に近いもの」（262頁），すなわち通説や定説（the history）になっていくとした。その上で，「『私』の語りから，『私たち』の語りへ，そして，ある種の普遍性を帯びた『彼らの語り』へと，歴史は叙述されることになる。したがって，教科書叙述は……『彼らの語り』として，本質的に『無名性』・『匿名性』を帯びざるを得ない」（264頁）として，冒頭の「無味乾燥な叙述」という言説が捉え返される。

このように第Ⅲ部では，教科書が教育実践の過程でほとんど顧慮されていないこと，そして教科書がその性質上，無味乾燥な叙述とならざるを得ないことが示された。その上で，そのことが私たちと歴史のよそよそしさ，教師と生徒のよそよそしさを増幅するとして，「固有名詞をもった一人一人の人生」（166頁）を見つめ，「それぞれの時代における経験のリアリティを伝えることができるような」（165頁）歴史叙述が必要ではないかと問題提起する（本書第二章・第三章はそれに対する著者の試みと言える）。第二章では普通の人びとが軍隊に組み込まれ，敵と戦い，村に帰ってくるという経験を，従軍記録を史料に叙述したもので，続く第三章は第二章を題材に，2002年に著者が筑波大学附属高等学校で行った授業実践を中心に論じたものとなっている。ここ

では歴史叙述が「叙述するという行為だけに限定されず，如何に歴史を語るのかという，『語り』の<場>の問題も含んで」（iv頁）問題提起されており，まさに著者なりの歴史学と歴史教育の関係を再構築する試みと言えよう。

終　章　歴史教育研究と歴史教育実践

ここまでの議論を総括して，著者はいま，歴史学も歴史教育も「経験」をいかに視野に収めるかが問われているとして，新しい経験主義を提唱する。授業実践は条件が揃えば再現できるようなものではなく，きわめて可変的で不確かなものであった。また歴史叙述においても，モノローグに歴史を語るのではなく，過去を生きた異質な他者の経験にいかに出会うかが重要であった。新しい経験主義は「さまざまな『歴史経験』や『教育実践』と接続可能性，共奏可能性，そして応答可能性をもつような，いくつかの可能性の束のなかで意味がみいだされるような『語り口』」(280頁）として構想することができ，「『経験』が性急に『科学』に翻訳されないで，『経験』のままで保持されていくような方法」（278頁）が模索されなければならないとして，本書をしめくくる。

３．歴史教育の側から，今どう受け止めるか

以上，要約としてはやや冗長なものになってしまったが，筆者なりの理解を記したつもりである。著者の意図を汲み取れていない部分や，誤読した箇所もあったかもしれない，ご寛恕を請う次第である。

ところで，書評を書くにあたっては，筆者自身のことも明らかにしておかなければなるまい。筆者は現在，石川県の金沢大学附属高校に勤務していて，主に歴史教育に従事している。教職歴は５年で，現在赴任している学校が初任校である。歴史教育の側に身を置きながら，著者の仕事から何を学ぶべきか，筆者なりの受け止めを記したい。

１）歴史教育の同時代史として

まず本書を通読して気づくのは，これが歴史教育の同時代史として描かれていることであろう。本書は1992年以降に著者が執筆・発表した論文を一部再構成して2008年に刊行したもので，分析対象にしている時期は敗戦後の歴史学や歴史教育の初心を確認しつつ，1970～90年代であった。公立高等学校で歴史教育に従事しながら，自らの足場を確認するように執筆された本書は，歴史教育の戦後史，歴史教育の同時代史として読むことができ，筆者を含め歴史教育の現場に立つ者には必読の書と言えよう。

そして，歴史教育の同時代史と言ったのは，それが単に直近の時代を対象にしているからではなく，歴史学や歴史教育が同時代に直面していた課題に真摯に向き合おうとしていたからである。本書が1990年代以降の歴史教科書問題という時代状況の中で執筆されたことは「あとがき」にも明記されているが，本書が編まれた時代は歴史教科書問題を機に，歴史叙述の客観性や科学性，また叙述する主体の問題などが提起された時代なのであり，本書はそうした問題群に対する著者の応答という意味が含まれている。歴史学と歴史教育が同時代に突きつけられた問いに向き合いながら，同時代史を描くという試みは大変な緊張を伴うものであろう。著者の足元にも及ばないが，筆者もいまという時代やいまの歴史教育を批判的に見つめながら，自らの仕事と向き合わねばなるまい。

２）歴史叙述という視角について

本書は歴史教科書問題を契機に，歴史教育がさまざまな位相で問われた時代にあって，肝心の歴史教育の現場からそうした問題に十分応答できていないことを問題意識として出発した著作であった。戦後の歴史教育の歩みを批判的に問い返すことに主眼を置きつつ，その中から今後の展望を見出すことが目指されている。

本書で度々強調されたことの一つに，1980～90年代の断層のようなものがある。つまり，歴史教育の転換期ということだが，著者はそうした変化を歴史教育の側に内在させて理解することに努めている。例えば，戦後歴史教育の出発点とされる1945年の「国史教育検討座談会」については，戦後歴史学の初心とされる一方で，「歴史教育が，歴史学の問題として論じられたということは，歴史教育，それ自体として問題が提出されなかったのではないかという疑いをおこさせる。その意味では，歴史教育の側が，戦前の体質を強く自己批判し，出発する契機を欠いたように思われる」（110頁）と分析して，歴史教育が固有に抱えた課題を指摘する。また，永原慶二著『20世紀日本の歴史学』を読み解いた場面でも，歴史教育について言及された箇所が多くないことに触れ，「それは，反省を込めていうなら，歴史教育の側が歴史学が深刻に受け止めなければならないような『問い』をこれまで提出してこなかったということの反映かもしれない。戦後の歴史教育は，歴史学の下請けとしての位置を超えることができなかったということの証左なのであろうか」（130頁）とされ，歴史教育が戦後拠って立つべき地歩を固められなかったことが指摘される。そこへ1980～90年代に企業社会の成立，歴史意識の枯渇，あるいは教育の自由化の波が押し寄せ，歴史教育は厳しい局面に立たされることになったのであった。

著者はそうした見取り図を描いた上で，歴史教育に携わる者に，「歴史学の学問的課題を受けとめ，研究成果を咀嚼しながら，そして，何よりも目前の子どもや若者の歴史意識を測りながら，歴史教科書を書くこと，すなわち歴史叙述をおこなうことが要請されている。さらには，その叙述を軸にしながら，授業実践の現場でそれを捉え返すこと」（138頁）を求める。歴史教師も歴史叙述を担っているのであり（それは，教育実践における教師の語りも含む），そこは歴史学と歴史教育が触れ合う場として重要な意味を持つ。そうした地点に立つことで，歴史教科書問題や，歴史叙述の客観性，科学性などの問題にも応答し得ると著者は構想する。筆者もこれに強く賛同するとともに，教育現場に立つ者としての責務を感じ，背筋が伸びる思いである。

しかし，その一方で，現在の学校教育を取り巻く環境はこうした構想をより困難にする方向へ加速度的に進んでいるように見える。筆者が所属する金沢大学附属高校も例外ではなく，2019年度には校長専任制の導入によりガバナンスが強化され，また文部科学省「WWL（ワールド・ワイド・ラーニング）コンソーシアム構築支援事業」（指定期間３年，年度あたりの事業規模約1,000万円）の指定を受けた。生き残りをかけて競争主義や管理主義が次々と持ち込まれ，多忙化の流れはとどまるところを知らない。こうした状況の中で，歴史教師が歴史学の成果を咀嚼しつつ教科書を叙述し，授業実践の中でそれを捉え返そうとすれば，それはかなりの覚悟が必要になってこよう。

３）新学習指導要領施行を前にして

筆者は恥ずかしながら，今回本書を初めて読んだ。読んでいく過程で共感し納得する部分が多かったのは，筆者が単に歴史教育に身を置くからだけではなく，本書が編まれた時点の歴史学や歴史教育を取り巻く時代状況が，現在においても本質的には変わっておらず，あるいは事態はより深刻になっているからではないかと思う。

そう考えたとき，直ちに脳裏に浮かぶのが2022年４月に施行される新学習指導要領とそのもとで実施される歴史教育である。新指導要領については既に多くの議論が積み重ねられているが，例えば本田由紀は，今回の改訂を2006年に第一次安倍政権で改正された教育基本法以来の歴史の中に位置づけ，今般改訂の本質は「教育全域の徳育化」だと指摘した[1)]。児美川孝一郎は，「これまでの学習指導要領は，何

を教えるべきかという教育内容を軸に編成され，そこから付随的に，教育方法や評価の問題等にも規定が及んでいた」が，新指導要領では「資質・能力」を軸に，その獲得のために教育内容と教育方法・評価が構成されていると指摘する[2)]。

歴史教育についても，問題点が指摘されている。今回新設される歴史総合は，1949年以来の日本史・世界史２科目体制を解体して，両者を統合した科目である。日本史Ａ／世界史Ａ（各２単位,計４単位）は統合後，２単位に半減される。とても従来の規模で近現代史を扱うことは難しく，また日本史と世界史を統一的に把握する方法も確立していない。なぜこのようなことになるのか。米山宏史は新指導要領を丁寧に検討して，「『歴史総合』の趣旨が従来の通史学習でなく，主題・テーマ学習であり，繰り返しの活動を通じて思考力・判断力・表現力等を習得することを意図した，歴史を題材に技能を学ぶ科目である」と分析した[3)]。そのうえで，「技能の獲得を優先した学習をおこなうならば，授業は歴史の知識と理解を保障しない『活動主義』『技能主義』に傾斜し，『歴史総合』は歴史を学ばず，歴史をツールとした技能習得の学習に陥る危険性がある」と警鐘を鳴らす。歴史総合は，通史学習よりも技能習得に重きが置かれているのだから，歴史意識の枯渇はその深刻度を増すであろう。本書においては検討の対象にはなっていなかったが，通史の意義および通史教育の意義についても，我々は再度考え直さねばならないように思う[4)]。

ところで，新指導要領をめぐっては様々な懸念にもかかわらず，歴史教育の側からの反応は乏しかった。「教育という領域は，ただでさえ国家の統制力が強く，上意下達の枠組みのなかで，さまざまな研究や研修をともなって，自発的／強制的に応答させられるところがある。そして，そうした制度化されたあり方自体を所与のものとして考えることを習い性にするところがある」（123頁）。著者の指摘を踏まえるならば，教育という領域が本質的に持つ国家との関係を教師の側は自覚しつつ，そこから一定の距離を保った視座を持っておかねばなるまい。少なくとも，いま目の前で始まろうとしている新指導要領を，盲目的に受容するだけの歴史教師であってはならない。

注：

1）本田由紀「『資質・能力』のディストピア―全域化する徳育―」（『人間と教育』第93号 2017年３月）。

2）児美川孝一郎「学校の〈道徳化〉とは何か―新学習指導要領に見る,生き方コントロールの未来形」（『世界』第914号 2018年11月）。

3）米山宏史「『歴史総合』―その批判的検討と授業づくりを考える」（『歴史地理教育』第881号 2018年7月）。

4）通史をめぐる論点については，大串潤児「歴史学と歴史教育」（『歴史学が挑んだ課題』大月書店，2017年）に詳しい。

類題作成・演習授業の設計と実践

― 主体的・対話的で深い学びにつながる演習授業とは ―

数学科　酒井　佑士

数学科における「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けて，参考書に掲載されている問題の類題を生徒自身が作成し，それを他の生徒と共有し，演習するという授業の実践報告を行う。また，得られた知見をもとに望ましい演習授業のあり方を模索する。

キーワード：数学　類題作成　演習授業　主体的・対話的で深い学び

１．はじめに

高等学校における数学の授業といえば，かつては教員が一方的に板書し，生徒はそれをノートに書き写しながら教員の解説に耳を傾けるスタイルが一般的であった。最近では学習指導要領[1]において「主体的・対話的で深い学び」の実現が謳われ，アクティブラーニングの視点からの授業改善が求められるようになった。具体的には，

・学ぶことに興味や関心を持ち，自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら，見通しを持って粘り強く取り組み，自己の学習活動を振り返って次につなげる「主体的な学び」が実現できているか。

・子供同士の協働，教職員や地域の人との対話，先哲の考え方を手掛かりに考えること等を通じ，自己の考えを広げ深める「対話的な学び」が実現できているか。

・習得・活用・探究という学びの過程の中で，各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら，知識を相互に関連付けてより深く理解したり，情報を精査して考えを形成したり，問題を見いだして解決策を考えたり，思いや考えを基に創造したりすることに向かう「深い学び」が実現できているか。

が重視されるようになった。

ここ数年，本校数学科では入試問題集を用いた通常の演習授業において，その提出課題として「入試問題集の類題作成」を課してきた。その意義として，すでにある問題の設定変更を試みる営みを通して，問題を俯瞰的に捉え，原題の内容をより深く理解できるようになることにあると考えている。しかしながらこの取り組みは生徒個人の宿題レベルにとどまっており，またそれを他の生徒と共有するところまでは至っていなかった。やらせっぱなしで終わることが続いており，どうにか発展的にこの状態を改善できないものかと考えていた。

本稿では数学科における「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けて，参考書に掲載されている問題の類題を生徒自身が作成し，それを他の生徒と共有し，演習するという授業の実践報告を行う。また，得られた知見をもとに望ましい演習授業のあり方を模索する。とくに，類題作成・演習授業の構成について詳細に述べるとともに，これらの活動の教育効果や教員の負担軽減の観点からの考察を行う。

２．類題作成・演習授業の設計

(1) 対象生徒・時期

２年次文系コース　28名

７月～９月の約30コマ

(2) 題材

本校では教科書は「数学 Advanced」シリーズ（東京書籍），問題集は「サクシード」（数研出版），参考書は「NEW ACTION LEGEND」（東京書籍）を採用している。今回は「NEW ACTION LEGEND 数学Ⅰ＋A」，「NEW ACTION LEGEND 数学Ⅱ＋B」（以下，レジェンド）を題材として，類題の作成を行った。

(3) 類題作成の手順とそのねらい

まず，既習範囲のうち，レジェンドの単元割に沿って類題作成担当割（表１）を筆者が作成した。

表１　類題作成担当割

第１時・第２時・第７時（A回）

数と式（数学Ⅰ）	集合と論証（数学Ⅰ）
２次関数（数学Ⅰ）	図形と計量（数学Ⅰ）

第３時・第４時・第８時（B回）

データの分析（数学Ⅰ）	場合の数と確率（数学A）
整数の性質（数学A）	図形の性質（数学A）

第５時・第６時・第９時（C回）

方程式･式と証明（数学Ⅱ）	図形と方程式（数学Ⅱ）
微分と積分（数学Ⅱ）	数列（数学B）

次に28人の生徒を７人１班の計４班に分け，１班につき１つの単元を割り当てた。この班分けはA回，B回，C回の回ごとに違う生徒同士が同じ班となるように筆者が行った。数学に対して意欲的な生徒と，必ずしもそうではない生徒が混在するクラスにおいて，各班にいろいろな層の生徒をまんべんなく配置することで，類題作成の際に自然と協働が生まれるようにしたいと考えてのことである。

各回では生徒は割り当てられた単元の問題から一人１題を選択し，その類題を「類題作成プリント」に作成した。その際，

・班内で問題がかぶらないように分担すること
・レジェンドを大いに参考にし，計算問題ならば数値を変える程度の類題でもよいこと
・解説も含めて解答を詳細に記すこと
・班内で相談しながらの作問を推奨すること

を伝えた。類題作成プリントの裏面には，作問のねらいや原題からの変更点，それによって解答に生じた変化を記載させた。これによって，漫然と原題に改変を加えるのではなく，「この問題でどのようなことを学べるのか」，「自らが加えた改変が問題にどのような変化をもたらし，それによって解放が変化するのかどうか」などに自然と意識が向くように仕向けた。

作問には１つの単元について２コマを費やした。３コマ目（第７～９時）には同じ班のメンバーが作問した類題を印刷して班ごとに配布し，その班員で互いに解き合って解答・解説の誤植や内容の吟味を行わせた。生徒には「作成された類題に対して演習前に教員が内容を細かくチェックすることはしない」と伝え，記載内容に班全体で責任をもたせるようにした。生徒は往々にして自分が書いた内容にミスがないか不安になるものであるが，自分一人だけでなく複数の目でチェックが入ることで安心感が得られる。一方で教員がチェックしてから演習に用いることも考えられたが，教員の負担軽減を図り「持続可能な演習授業」を志向してこのような運用とした。これによって生徒はさらに注意深く原稿に目を通すと期待した。単なる誤字脱字のチェックにとどまらず，計算結果を吟味しようとすると，実質的に自分の班が担当する単元の問題をここで演習することになっており，教員の負担軽減とともに一石二鳥をねらっている。さらに，チェックが終わった後には生徒に自分が作問した類題の「問題だけ」を記した類題作成プリントを作らせた。これと「問題＋解答」を記した類題作成プリントによって，演習時に

それぞれそのまま印刷して配布することが可能になり，これも教員の負担軽減に一役買っている。

(4) 演習授業の手順とねらい

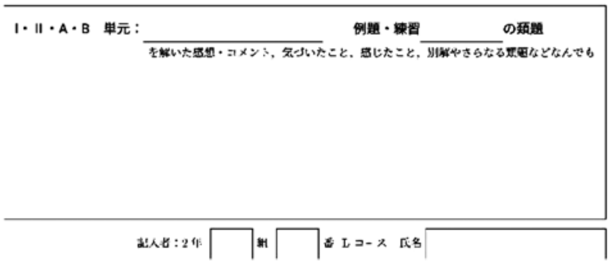
計９コマの類題作成授業によって，レジェンドの類題が計84題作成された。これを用いて，次のように演習授業を設計した。

まず，授業をＡ回，Ｂ回，Ｃ回の３種類に分け，各回には表１にある４つの単元の問題演習を行った。Ａ回→Ｂ回→Ｃ回→Ａ回→…の順に，１コマあたり各単元から１題，計４題を選び，演習プリントに掲載して配布した。

Ａ回，Ｂ回，Ｃ回の回ごとに４人１班をつくり，机を寄せて演習した。この班には作問時に割り当てた４つの単元から一人ずつ集まるように配慮した。各授業では演習プリントを配布後，最初の25分は各自で議論しながら問題を解答させた。25分経過時に解答を配布し，それを各々で読む時間を５分間とった。残りの時間で問題について自分がわからなかったところを他の班員に聞くなど班内で議論する時間とした。その際，質問は班内にいる「作問時の単元担当者」にするように促した。教員は原則として問題の解説をせず，個別に考えるヒントを伝えるのみに留めた。生徒の主体的・対話的な学びを意識してのことである。

最後の３分ほどで「ふりかえりシート」へふりかえりを記入させ，回収した（図１）。

１人あたり１回の授業につき，自分が担当した単元以外の３題について気付いたこと・考えたことや感想，別解を記した。回収したふりかえりシートは次のコマで生徒本人に返却するとともに，そのコピーを問題ごとにまとめ，作問担当者に渡した。自分が作問した類題を他の生徒がどのように解いたのか，何を考え何を感じたのかがフィードバックされ，新たな気づきにつなげるのがねらいである。


NEW ACTION LEGEND 数学Ｉ＋Ａ/ II＋Ｂ 類題演習 ふりかえりシート

I・II・A・B　単元：＿＿＿＿＿＿　例題・練習＿＿＿＿の類題

を解いた感想・コメント，気づいたこと，感じたこと，別解やさらなる類題などなんでも

記入者：２年［　］組［　］番 Ｌコース　氏名［　　　］

図１　ふりかえりシート（１題分）

３．類題作成の実際

(1) 作成された類題

作成された類題のうち代表的なものを抜粋する。

①図形の性質より（図２）

原題ではAB=６，BC=７，CA=５となっており，三角形の辺の長さを変更しただけである。解法は原題とまったく同じままになっている。右にコメントや別解が書かれているが，これもレジェンドに記されていたものと同じである。この問題では鋭角三角形であるが，鈍角三角形に変えると (2) の図が大きく変更される（外心Oが△ABCの外側にくる）のだが，裏面のふりかえりからはそのことに気付いているかは読み取れない。

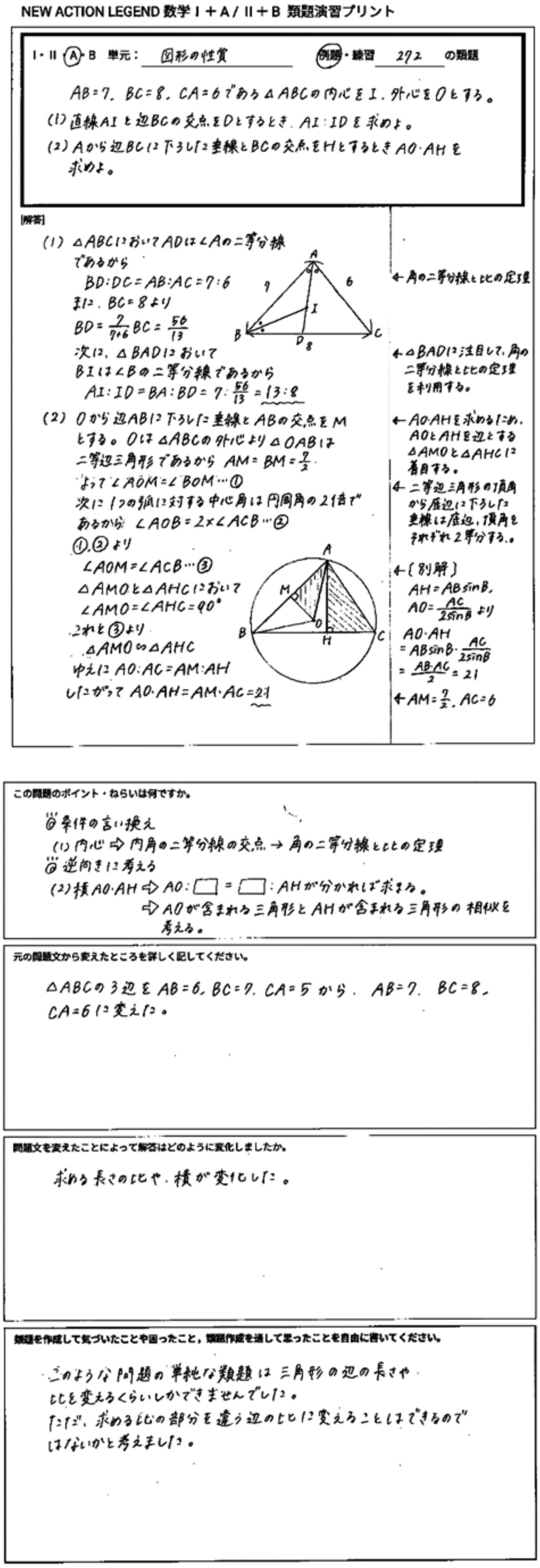
②数列より（図３）

原題の漸化式は $a_1=1, a_2=5$, および $a_{n+2}-5a_{n+1}+6a_n=0$ であったので，係数を変更しただけであり，解法も原題と同じである。しかし隣接３項間漸化式はその係数に応じて同じ解法ではうまくいかない場合（特性方程式が重解をもつ，虚数解をもつなど）があり，適当に係数を変えると大変な目に遭う。実際，裏面のふりかえりでは「問題が破綻するのを防ぐために別の問題集を参考にした」「問題作成を通じて理解を深める必要がある」とあり，生徒にとっては類題作成が難しい問題なのだと考えさせられた。

③数と式（１次不等式）より（図４）

こちらも原題は

「aを定数とする。２つの不等式



NEW ACTION LEGEND 数学Ⅰ＋A／Ⅱ＋B 類題演習プリント

Ⅰ・Ⅱ・Ⓐ・B 単元：図形の性質　　㊀例題・練習 272 の類題

$AB=7$，$BC=8$，$CA=6$ である $\triangle ABC$ の内心を I，外心を O とする。

(1) 直線 AI と辺 BC の交点を D とするとき，AI：ID を求めよ。

(2) A から辺 BC に下ろした垂線と BC の交点を H とするとき AO・AH を求めよ。

[解答]

(1) $\triangle ABC$ において AD は $\angle A$ の二等分線であるから
$BD:DC=AB:AC=7:6$　　← 角の二等分線と比の定理
また，$BC=8$ より
$BD=\frac{7}{7+6}BC=\frac{56}{13}$
次に，$\triangle BAD$ において
BI は $\angle B$ の二等分線であるから　　← $\triangle BAD$ に注目して，角の二等分線と比の定理を利用する。
$AI:ID=BA:BD=7:\frac{56}{13}=13:8$

(2) O から辺 AB に下ろした垂線と AB の交点を M とする。O は $\triangle ABC$ の外心より $\triangle OAB$ は二等辺三角形であるから $AM=BM=\frac{7}{2}$　　← AO・AH を求めるため，AO と AH を辺とする $\triangle AMO$ と $\triangle AHC$ に着目する。
よって $\angle AOM=\angle BOM$ …①　　← 二等辺三角形の頂角から底辺に下ろした垂線は底辺，頂角をそれぞれ2等分する。
次に1つの弧に対する中心角は円周角の2倍であるから $\angle AOB=2\times\angle ACB$ …②
①，②より
$\angle AOM=\angle ACB$ …③
$\triangle AMO$ と $\triangle AHC$ において
$\angle AMO=\angle AHC=90°$
これと③より
$\triangle AMO \backsim \triangle AHC$
ゆえに $AO:AC=AM:AH$
したがって $AO\cdot AH=AM\cdot AC=21$

← [別解]
$AH=AB\sin B$，$AO=\frac{AC}{2\sin B}$ より
$AO\cdot AH=AB\sin B\cdot\frac{AC}{2\sin B}=\frac{AB\cdot AC}{2}=21$
← $AM=\frac{7}{2}$，$AC=6$

この問題のポイント・ねらいは何ですか。

◎条件の言い換え
(1) 内心 ⇨ 内角の二等分線の交点 → 角の二等分線と比の定理
◎逆向きに考える
(2) 積 AO・AH ⇨ AO：□＝□：AH が分かれば求まる。
⇨ AO が含まれる三角形と AH が含まれる三角形の相似を考える。

元の問題文から変えたところを詳しく記してください。

$\triangle ABC$ の3辺を $AB=6$，$BC=7$，$CA=5$ から，$AB=7$，$BC=8$，$CA=6$ に変えた。

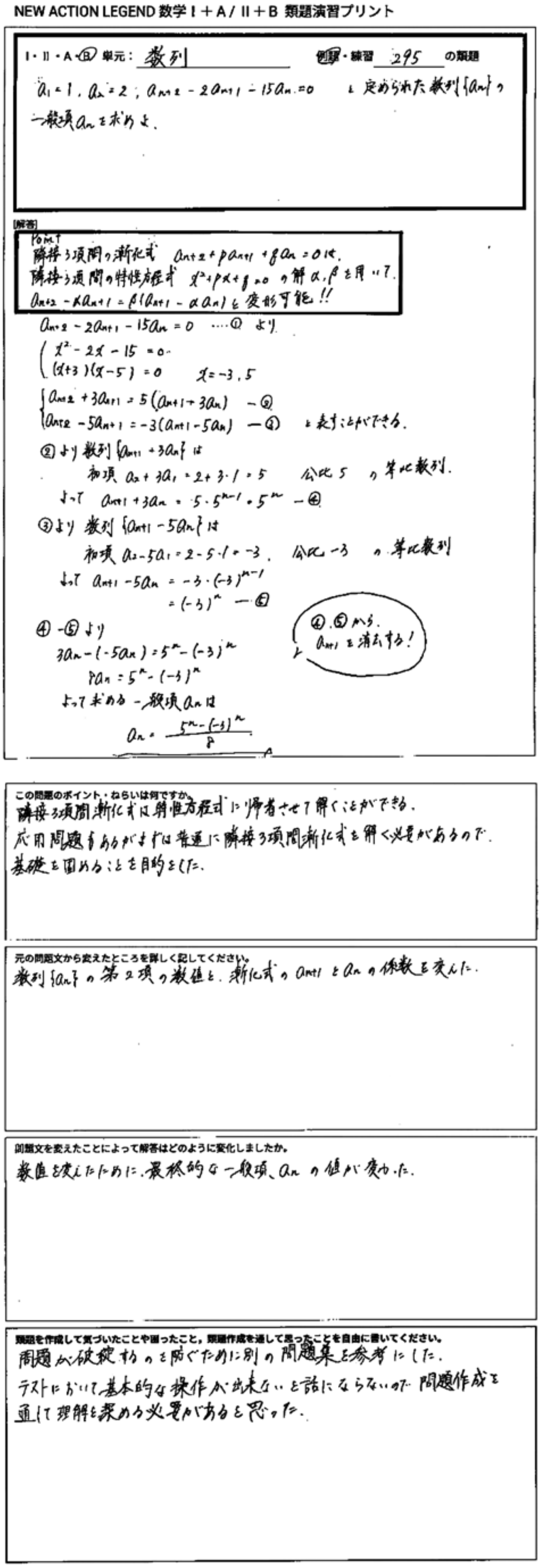
問題文を変えたことによって解答はどのように変化しましたか。

求める長さの比や，積が変化した。

類題を作成して気づいたことや困ったこと，類題作成を通して思ったことを自由に書いてください。

このような問題の単純な類題は三角形の辺の長さや比を変えるくらいしかできませんでした。
ただ，求める比の部分を違う辺の比に変えることはできるのではないかと考えました。

図２　生徒が作成した類題①



NEW ACTION LEGEND 数学Ⅰ＋A／Ⅱ＋B 類題演習プリント

Ⅰ・Ⅱ・A・Ⓑ 単元：数列　　㊀例題・練習 295 の類題

$a_1=1$，$a_2=2$；$a_{n+2}-2a_{n+1}-15a_n=0$ と定められた数列 $\{a_n\}$ の一般項 a_n を求めよ。

[解答]

Point
隣接3項間の漸化式 $a_{n+2}+pa_{n+1}+qa_n=0$ は，
隣接3項間の特性方程式 $x^2+px+q=0$ の解 α，β を用いて，
$a_{n+2}-\alpha a_{n+1}=\beta(a_{n+1}-\alpha a_n)$ と変形可能!!

$a_{n+2}-2a_{n+1}-15a_n=0$ ……① より
$x^2-2x-15=0$
$(x+3)(x-5)=0$　　$x=-3, 5$
$a_{n+2}+3a_{n+1}=5(a_{n+1}+3a_n)$ —②
$a_{n+2}-5a_{n+1}=-3(a_{n+1}-5a_n)$ —③　と表すことができる。

②より数列 $\{a_{n+1}+3a_n\}$ は
初項 $a_2+3a_1=2+3\cdot1=5$　公比 5 の等比数列。
よって $a_{n+1}+3a_n=5\cdot5^{n-1}=5^n$ —④

③より数列 $\{a_{n+1}-5a_n\}$ は
初項 $a_2-5a_1=2-5\cdot1=-3$，公比 -3 の等比数列
よって $a_{n+1}-5a_n=-3\cdot(-3)^{n-1}$
$=(-3)^n$ —⑤

④－⑤より　　（④，⑤から a_{n+1} を消去する！）
$3a_n-(-5a_n)=5^n-(-3)^n$
$8a_n=5^n-(-3)^n$
よって求める一般項 a_n は
$a_n=\frac{5^n-(-3)^n}{8}$

この問題のポイント・ねらいは何ですか。

隣接3項間漸化式は特性方程式に帰着させて解くことができる。
応用問題もあるがまずは普通に隣接3項間漸化式を解く必要があるので，基礎を固めることを目的とした。

元の問題文から変えたところを詳しく記してください。

数列 $\{a_n\}$ の第2項の数値と，漸化式の a_{n+1} と a_n の係数を変えた。

問題文を変えたことによって解答はどのように変化しましたか。

数値を変えたために，最終的な一般項，a_n の値が変わった。

類題を作成して気づいたことや困ったこと，類題作成を通して思ったことを自由に書いてください。

問題が破綻するのを防ぐために別の問題集を参考にした。
テストにおいて基本的な操作が出来ないと話にならないので，問題作成を通して理解を深める必要があると思った。

図３　生徒が作成した類題②

$2(3x-4)-1>-3(2x+11)$　…①

$4x+2a<3x+2$　…②

をともに満たす整数xがちょうど３個」であるから，数値を変えただけであり，解法もほぼ変更がないようにみえる。しかし生徒のふりかえりでは「不等式の解の範囲を表す式に分数が含まれた」「最後にaの範囲を求めるときに負の数の掛け算/割り算がなくなったので，難易度が少し下がった」と記されており，自ら加えた変更によって問題に生じた変化を機敏に察知し，理解を深めている様子がうかがえる。

④場合の数と確率より（図５）

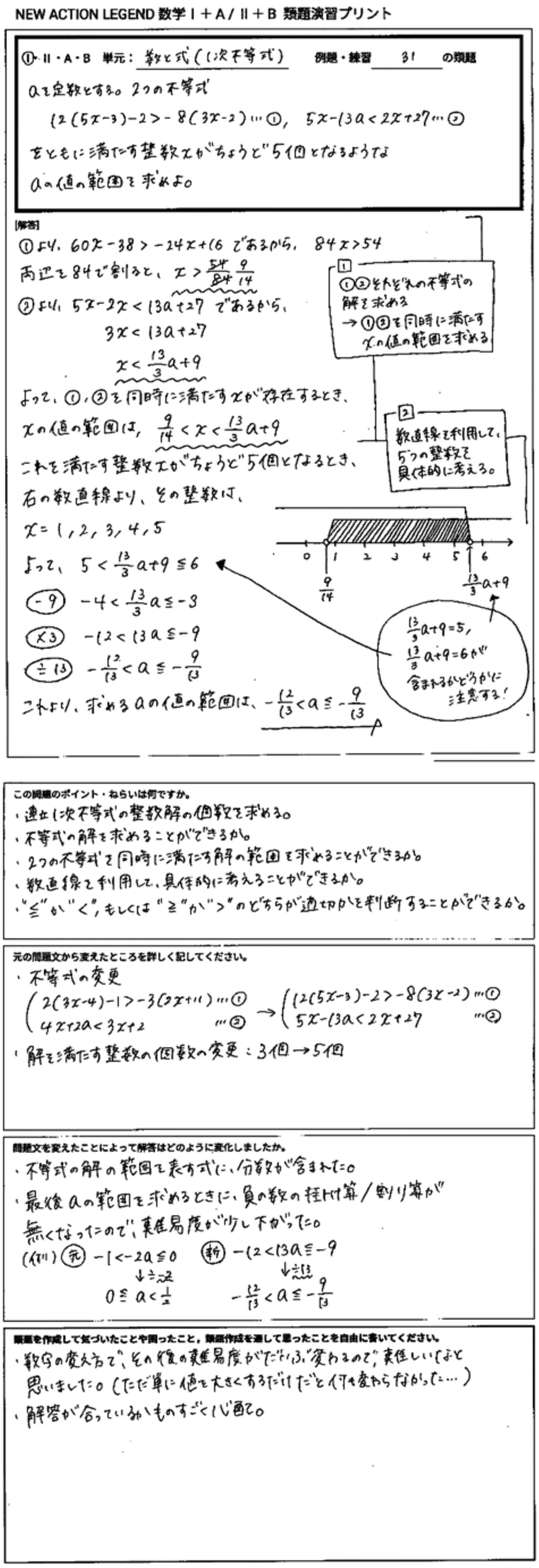
複数のさいころを振り，出る目の最大値・最小値について考察する問題であるが，数値を変えるだけで類題を作ったところ，生徒は「最大値と最小値の差が同じならば同じ構造なので答も変わらない」ことに気付いている様子がみてとれる。類題作成によって問題を俯瞰的に捉えることができたと考えられる。

(2) 類題作成の様子から

今回は９コマを費やして類題を作成させたが，その結果次のようなことが起こった。

まず，12の単元に分けて班ごとに活動させたが，その単元の中での問題選択は生徒に自由にさせた。すると，「まんべんなく」問題を選択するようにと伝えてはいたものの，内容に偏りのある選択になってしまった感が否めなかった。たとえば，「整数の性質（数学Ａ）」の単元では１次不定方程式に関する問題は半分を占めていたり，「数列（数学Ｂ）」の単元では等差数列・等比数列の基本事項に関わる問題は１つもなく，漸化式の解法ばかりになってしまっていた。これには問題の作りやすさや生徒がどのような問題を苦手と感じ，演習効果が高いと考えているのかという意識が大きく関係しているのではないかと考えている。

また，班ごとに協働して類題作成にあたることを


NEW ACTION LEGEND 数学Ⅰ＋A／Ⅱ＋B 類題演習プリント

Ⅰ・Ⅱ・A・B 単元：数と式（1次不等式）　例題・練習 31 の類題

aを定数とする。2つの不等式
$2(5x-3)-2>-8(3x-2)$ …①，$5x-13a<2x+27$ …②
をともに満たす整数xがちょうど5個となるようなaの値の範囲を求めよ。

［解答］
①より，$60x-38>-24x+16$ であるから，$84x>54$
両辺を84で割ると，$x>\frac{9}{14}$
②より，$5x-2x<13a+27$ であるから，
$3x<13a+27$
$x<\frac{13}{3}a+9$
よって，①，②を同時に満たすxが存在するとき，
xの値の範囲は，$\frac{9}{14}<x<\frac{13}{3}a+9$
これを満たす整数xがちょうど5個となるとき，
右の数直線より，その整数は，
$x=1,2,3,4,5$
よって，$5<\frac{13}{3}a+9\leqq 6$
-9　$-4<\frac{13}{3}a\leqq -3$
$\times 3$　$-12<13a\leqq -9$
$\div 13$　$-\frac{12}{13}<a\leqq -\frac{9}{13}$
これより，求めるaの値の範囲は，$-\frac{12}{13}<a\leqq -\frac{9}{13}$

1 ①②それぞれの不等式の解を求める → ①②を同時に満たすxの値の範囲を求める
2 数直線を利用して，5つの整数を具体的に考える。
$\frac{13}{3}a+9=5$，$\frac{13}{3}a+9=6$が含まれるかどうかに注意する！

この問題のポイント・ねらいは何ですか。
・連立1次不等式の整数解の個数を求める。
・不等式の解を求めることができるか。
・2つの不等式を同時に満たす解の範囲を求めることができるか。
・数直線を利用して，具体的に考えることができるか。
・"≦"か"<"，もしくは"≧"か">"のどちらが適切かを判断することができるか。

元の問題文から変えたところを詳しく記してください。
・不等式の変更
$2(3x-4)-1>-3(2x+11)$ …①，$4x+2a<3x+2$ …② → $2(5x-3)-2>-8(3x-2)$ …①，$5x-13a<2x+27$ …②
・解を満たす整数の個数の変更：3個→5個

問題文を変えたことによって解答はどのように変化しましたか。
・不等式の解の範囲を表す式に，分数が含まれた。
・最後aの範囲を求めるときに，負の数の掛け算／割り算が無くなったので，難易度が少し下がった。
(例) 元 $-1<-2a\leqq 0$ → $0\leqq a<\frac{1}{2}$　新 $-12<13a\leqq -9$ → $-\frac{12}{13}<a\leqq -\frac{9}{13}$

類題を作成して気づいたことや困ったこと，類題作成を通して思ったことを自由に書いてください。
・数字の変え方で，その後の難易度がだいぶ変わるので，難しいなと思いました。(ただ単に値を大きくするだけだと何も変わらなかった…)
・解答が合っているかものすごく心配。

図４　生徒が作成した類題③

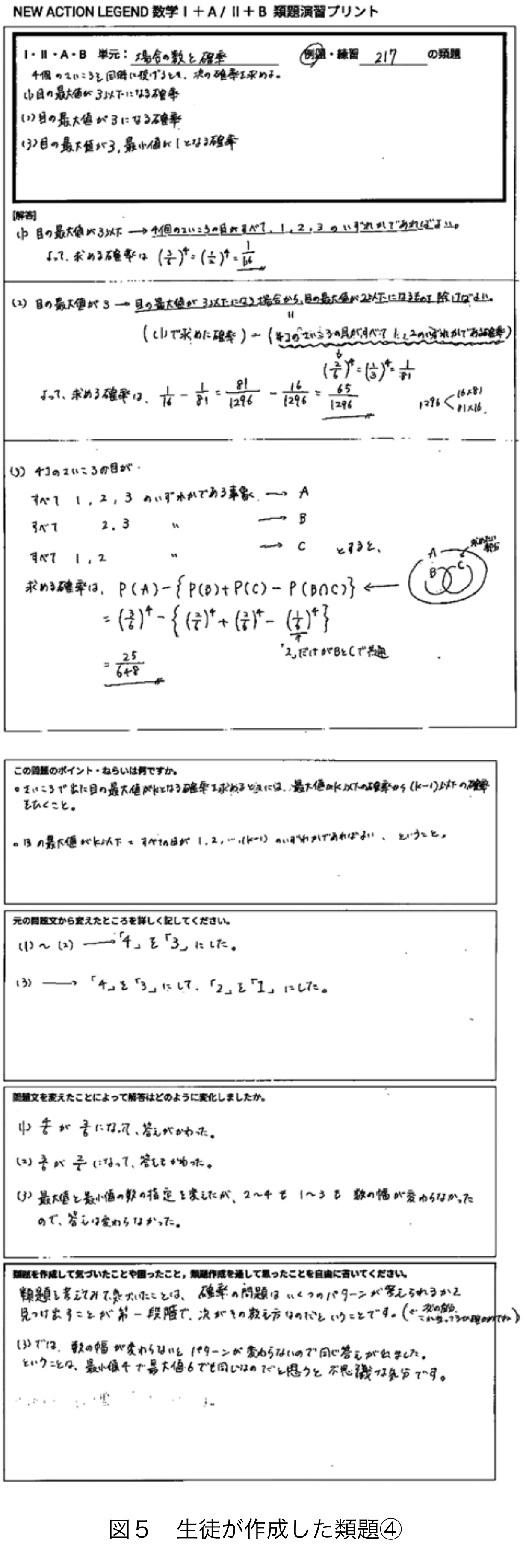


図５　生徒が作成した類題④

期待していたが，実際に活動してみると班内で一人一人がそれぞれ黙々とレジェンドや類題作成プリントにむかう場面がほとんどだったように見受けられた。ある程度問題が完成して書き終わった生徒が多い時間帯になっても，もう終わったからと別のことをしようとする生徒もいたりした。こちらから「他の人とプリントを交換して解きあってみたら」と促してようやく交流が始まるといった具合であった。なかなかこちらの思いは伝わっていないのか，この活動への意欲が高くないのか，思ったほど協働的に取り組んでいたとはいいがたい状況であった。

４．演習授業の実際

(1) 演習授業の様子から

実際に演習授業を行ってみたところ，いくつかの点でこちらが想定していなかった状況が現れた。

ひとつは,協働的な活動が乏しくなった点である。類題作成の段階でもそうであったが，演習の際にも一人一人が黙々と解き，後半の議論の時間にも配布された解答をじっくり読み込むだけになってしまう回がほとんどであった。その原因としては，クラス内の学力差が比較的大きいことが考えられる。できる生徒は自分でサクサクと理解して進んでしまうのに対して，そうでない生徒は解答を読んでもよくわからず，かといって周りも自分のことをしていてなかなか質問できない雰囲気が少なからずあった。レジェンドの類題演習なので，教科書の章末問題レベルの問題が中心であり，そこまで発展的な内容を扱っているわけではないことも大きいだろう。もっと難易度の高い問題であったり，思考力を要するような問題であれば，周囲と議論してそれぞれの考えを共有する意義を自然と見出して，活発に議論するのであろうが，今回はなかなかそのような状況になることは少なかった。

他にも，教員が解説をしないと決めてはいたものの，問題の難易度によっては前半の演習時間で手が

止まってしまう生徒も多く，思わずヒントを板書してしまう場面が多々あった。その結果として，なおさら協働を阻害してしまった節がある。

また，解答中に問題文に誤植があるのではないかと生徒が申し出るケースが何度かあり，混乱をきたした。これは事前に生徒のチェックのみで演習問題を作成している以上，ゼロにすることは難しいものの, こちらの想定以上に誤植が多かった印象がある。そもそも作問自体もけっして易しい作業ではなく，そのチェックも神経を使うものである。なかなか生徒のチェックで誤植を見つけることは難しく，今回のシステムでは致し方ない面もある。

(2) ふりかえりシートから

各コマの最後に生徒に提出させたふりかえりシートから，代表的なものを抜粋して掲載する。

①感想（的なもの）

・解けてうれしい
・難しかった/ややこしかった
・解けなかったのでまた復習したい
・苦手な分野だったのでいい復習になった
・解き方を忘れていたので思い出せてよかった

②プリントのクオリティについてのコメント

・いい問題だった
・計算が複雑にならないように工夫されていた
・別解がたくさん載っていてためになる
・字がきれいだった
・計算ミスがあった

③その他

・別解を記す
・類題作成のアドバイスをする

おおむねどのふりかえりシートも，後に手元に返ってくることと，作問担当者の目に触れることを意識してしっかり書かれていた。

５．生徒アンケート

「レジェンド類題作成・演習授業のよかったところ，改善してほしかったところを教えてください」と生徒に回答してもらった。以下にその内容を抜粋して順不同で列挙する。

・よく見る問題や基本の計算などはしっかりできるのがわかった。また難しい問題で自分が出来ないところが分かって復習しやすくなった。
・グループで話し合いをする時間にまだ解き終わっていない人がいてあまり話せなかったのは残念だった。
・類題作成の意味が私にはあまり感じられませんでした。色んな問題を演習できたのは良かったな，と思います。
・程良く難しい問題やときごたえのある問題もあってよかった。
・お互いに教え合うスタイルにしたかったのだと思われるけど，フタを開けてみると結局一人ずつやってた感じがした。
・みんなでつくった問題のチョイスはどうだったんだろうという疑問がある。
・わりと楽で受けやすかったです。
・今までに授業で学んでいた解法や公式を実際に問題演習することで頭に定着させることができた。苦手だったところが少し強くなった気がする。
・みんなが作った問題をとくのは楽しかった。
・グループでした意味はあんまりないかなと思った。
・類題作成を通して，問題中のどの数値がどのように答に関係してくるのかがわかった。
・解説が分かりやすかった。１つの問題をいろいろ考えることで分からないことが増えた。でも考えることも増えた。
・忘れていた単元の問題とかができたので，いい復習になったなと思った。自分で問題をつくることで，より細かく解答方法を知れたのは，とても役に立った。

・１年時に習った内容をふりかえって学べたのがよかった。問題をつくる事でちがう角度から問題と向き合えたので，理解が深まった。
・どんな問題でも初見ではある程度難しいので，解きごたえがあった。
・担当する問題によって類題の作成難易度が大きく変わるところが難しかった。
・分からなかったところをすぐに，まわりの友達などに相談できるのがとても良いです。
・類題作成をしたころで数値を変えたり，逆算して考えることの難しさを知れたのでよかった。忘れた状態でレジェンドの類題を解いていたので，回答を見るまで全然分からないということが多かった。
・レジェンドの類題やスタンダードの演習授業は基本に立ち返ることができて，とても良かったです。
・解説のプリントがもらえたので復習がしやすかったのがよかった。
・レジェンドの理解を深めることができ，レジェンドを一通り復習しようと思っていたので良かったです。ただ，ずっと同じようなことのくり返しだったので少し飽きがきてしまいました。
・自分で類題作成する事で，自分の苦手な分野の問題の解法をしっかり理解することができたので良かった。
・黒板にヒントを書いてくれたから解きやすかった。解説の時間がほしかった。
・類題作成の過程で計算を何回もするなど，普通に問題を解くよりも何倍も頭を使ったのでとても良かった。
・解き方を忘れてる問題とかを久々に解いて理解することができた。
・復習＋授業を通して，しっかり解法が身についていっている気がして良かったです。レジェンドのやる気が増えました。改善点は特にないです。
・レジェンドの例題にアレンジが加えられていたので苦手に気付けて，よりレジェンドに理解を深められた。

６．考察

今回の実践，および生徒のふりかえりから明らかになった，類題作成と演習授業のよかった点と改善点を整理する。また，これをもとに今後の望ましい演習授業の在り方を考察する。

(1) 類題作成のよかった点・改善点

類題作成には，当初から「問題を俯瞰的に捉え，原題の内容をより深く理解できるようになる」という意義を感じ，課題として取り組ませてきた。今回の生徒のふりかえりからも，類題作成の活動自体には好意的なコメントが寄せられていた。一方で，類題を作成する問題の選択には改善の余地があると考えられる。単なる計算問題のように，どのように数値を変えても問題として成立する問題もある一方で，適当に数値を変えるとまったく違う問題になってしまったり，これまでの解法が通用しなくなってしまう問題もある。類題作成を通してより深く問題を理解させることを目的のひとつとするならば，「類題を作成する意義の深い問題」を教員が選定し，その類題をつくることを授業の目的としてもよいのではないかと思う。そうすれば，全員が同じ課題に取り組むことになり，協働する価値を見出しやすくなると期待される。これは今後実践する価値があると感じている。

(2) 演習授業のよかった点・改善点

他の生徒が作った問題で演習することによって，出版社の問題集を解くよりもやる気につながった面は少なからずあるようである。教員の負担軽減の観点から見れば，演習の題材をすべて生徒が準備し，教員はそれを印刷して配るだけであるので，通常の演習授業よりは手間が少なくなったと言える。教員が問題の解説をしないことについても，こちらが想

定するほど否定的なコメントはなかった。しかしその一方で，演習プリントに少なからず誤植があったり，議論の時間に教員が完全に介在しない形にすると自習しているのと変わらない時間になってしまったりと，改善すべき点が多数見つかった。

(3) 望ましい演習授業とは

「望ましい演習授業」とは

①主体的な学び：生徒自身が意欲的に取り組むことができる題材や環境を整えてあること

②対話的な学び：他の生徒や教員とのやり取りを通して自らの考えを整理し，表現できること

③深い学び：演習を通して未知の問題に遭遇しても対応できる思考力・判断力が身につくこと

④持続可能性：生徒・教員にとってその準備が過度の負担にならないこと

を兼ね備えたものであると筆者は考えている。特に，④持続可能性は昨今の社会情勢を踏まえて，学習指導要領に掲げられている①～③に加えて重視すべき点であると考えている（図６）。

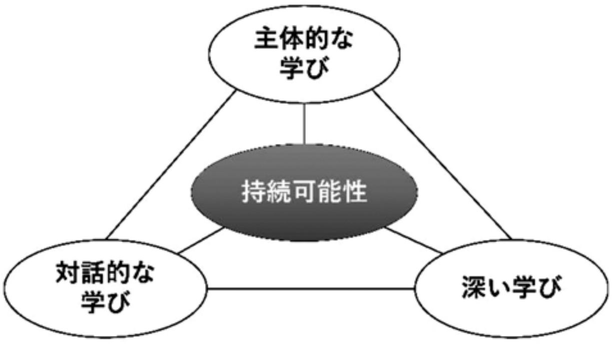


図６　「望ましい演習授業」のイメージ
（筆者作成）

今回実践した類題作成・演習授業では，類題作成において③深い学びがあり，演習授業では④持続可能性が一定程度確保されていたと考えられる。しかし，①主体的な学びや②対話的な学びについては，不十分であったと言わざるを得ない。単に班ごとの活動にするといった表面的な環境設定だけで①や②の条件をみたせるわけではないということである。前にも述べたように，必ずしも生徒が作成した類題を解く必要はなく，類題作成自体の数学的意義を前面に打ち出した授業を構想することが，より「望ましい演習授業」に近付くのではないかと考えさせられる実践であった。数学的内容に富んだ課題を協働的に取り組むほうが，高い演習効果を挙げる可能性を感じている。このことは，これまでに本校数学科が実践してきた「多様な解法[2]」にも通じるところがある。今後は「類題を作成することが深い理解につながる問題」を探究していこうと考えている。また，そのことと持続可能性をどのように担保していくかも課題としたい。

参考文献

1）学習指導要領（平成30年３月公示）文部科学省

2）高校教育研究，65号　53－58

生物学で楽しむ

― こんな授業をしてきました ―

理科　深田　和人

生物は暗記科目であるといわれる。初期発生の過程など，その後の内容の理解に必要な基礎知識を得ることは必要である。一方で，データの分析から分かることを導きだすことが自然科学に他ならない。暗記で終わらせないためにの実践を報告する。

キーワード：生物学的に探究する能力　授業実践

1．はじめに

「プロとアマの違ってなんだと思いますか。」

大学での理科教育法，本校での教育実習オリエンテーションで必ず学生に問うている。「プロはお金がもらえる」，「プロは夢を与える」等々，いろいろな答えが出てくる。「お金がもらえる」には「アマはお金を払う」が対応しており，一応の説明にはなっている。「夢を与える」に対応するのは……。

「何かのサークルに所属している人，手を挙げてください。」

この問いにはほとんどの学生が手を挙げる。サッカー，テニスのスポーツやバンド，オーケストラの音楽などなど。

３つ目，「次の空欄に当てはまる同じ漢字１文字を記入しなさい。　アマは［　］しむ，プロは［　］しませる。」

何故サークルに入っているのかと絡めて考えさせる。答えは［楽］。暗記中心の生物において，如何に生徒を楽しませるかに頭を悩ませた30数年。いくつかの項目に分けて，これまで実践してきたことの一部を紹介する。（「楽しませる」には面白可笑しいという意味もあります。このネタもたくさんありますが，研究紀要ということで，断腸の思いで割愛させていただきます。）

2．実験結果の考察

学習指導要領の生物基礎・生物の目標の一部には，「生物学的に探究する能力と態度を育てる」と記載されている（2022年度からのものは表現が異なるが，趣旨は変わっていない）。「生物学的に探究する能力とは何か」という問いの答えはいくつもあるが，実験結果を正しく考察できることがその１つであることは間違いないであろう。しかし，教科書に書かれていることはほとんどが事実の羅列，どんな実験をしてどんな結果が得られたからそういうことが分かったかを記載している単元はほとんどない。遺伝子がDNAであることを証明したエイブリーやハーシーらの実験，半保存的複製を証明したメセルソンらの実験，シュペーマンの二次胚誘導くらいであろうか。

教科書で扱ってる分野で，授業に使えそうな実験をいかに見つけるかが教材研究のテーマの１つであった。筆者が就職した昭和後期から平成初期は，インターネットは普及しておらず，専門書が唯一の教材研究の手段であった。１冊数千円の書籍の中から授業に使えるネタが１つでも見つかると，精神的に「元が取れた」と喜んだものである。授業で扱っている実験のいくつかを紹介する。

(1) 海水魚の塩類濃度調節

現行の生物基礎では，教科書によって扱いにバラツキがあり，本文に記載されているもの，参考で扱っているもの，全く触れていないものがある。旧課程の生物ⅠBや生物Ⅰでは全教科書が本文で扱っていた。例えば，数研出版改訂版高等学校生物Ⅰ（104　数研　生Ⅰ021）では，「水を補うために海水を飲み，同時に入ってくる無機塩類をえらにある特別な細胞（塩類細胞）で積極的に排出して」と書かれている。生物学に探究する能力を育てるには，この事実を覚えるのではなく，どうやってそのようなことが分かったかを理解させることがはるかに大切であると考える。

図１は，『適応の生物学』（内田清一郎，菅原浩著　講談社）に書かれている，海水ウナギのえらのNa^{+}輸送に及ぼす阻害剤の影響である。図２は，この図を参考に授業用に改めたものであり，えらの細胞が

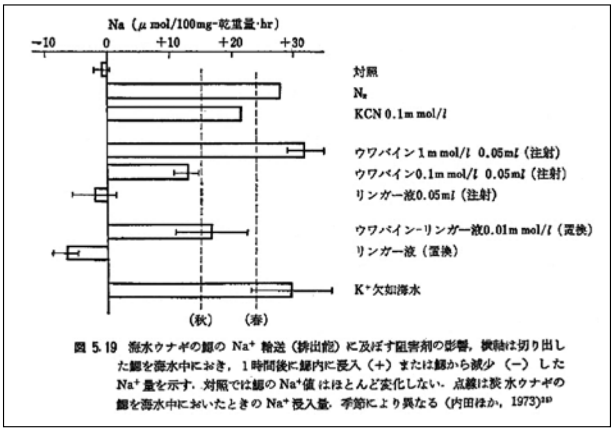


図１

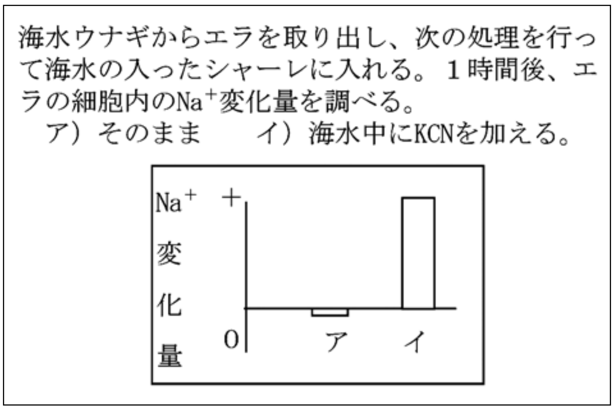


図２

どのようなしくみで塩類を排出しているか，実験結果から考察させている（旧課程では，能動輸送を詳しく扱っており，その復習・確認も兼ねて説明していた）。現行においても，腎臓におけるグルコースの再吸収で能動輸送について軽く触れ，塩類細胞を理解する上での基礎知識，前提としている。「KCNって何か知っている？」，「青酸カリが毒薬なのは何故？」等の教科書外の知識，一般教養から始まって，「KCNを加えるとNa^{+}が増えるのは何故？」，「じゃあ通常の細胞ではどんなことをしている？」というように，少しずつ順序立て情報を与えることで，全体を理解できるように努めている。

(2) 走性

各教科書とも，走性に関する記述はほぼ同じであり，「生物は，一定の刺激に対して一定の方向に移動することがある。」（実教出版　生物新訂版（７実教　生物308））と，軽く触れられている程度であり，本文中または表中にミドリムシ＝正の光走性と記載されているに過ぎない。筆者は，以下のように重力走性を扱うことで，生物学に探究する能力を育てている（水生微小生物は，実際はゾウリムシであるが，「繊毛を使って泳いで移動している」という答えが出ないよう，敢えて伏せている）。

試験管に多数の水生微小生物を入れ，空気が入らないようにゴム栓でふたをする。これを垂直に立て，放置すると，微小生物は口の付近に分布した（図３）。この理由として考えられる，微小生物の性質を３つ推測せよ。

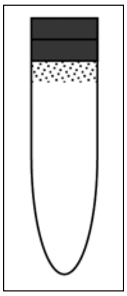


図３

自然科学に必要な能力として，事実を客観的に解釈できるかどうかがある。先入観が邪魔になって，「光から逃げる」や「空気のある所に集まる」などの答えが返ってくることが多い。求める答えは，「水に浮く」，「上に移動する」，「ゴムを好む」である。

ここで，微小生物＝ゾウリムシであることを明ら

かにし，上に移動する＝負の重力走性であることを説明する（「上に向かう＝重力に逆らう」が走性が何故「負」になるかも考えさせる。流れ走性を扱うときに，流れに“逆らう”のが「正」になることも考えさせている)。重力走性であることの確実な証明は，無重力環境に置いてどうなるかを調べなければならないが，まず無理である。ならば，「水に浮く」，「ゴムを好む」を否定する実験方法および結果を考えてくださいという流れで授業を進ませる。この後の詳細は省略するが，ゴムを好むを否定する実験方法として，ほぼ100％「ゴム栓をコルク栓に変えても同じところに集まる」という答えが返ってきて面白い。

⑶ 傾性

オーキシンによる光屈性は，ボイセン・イェンセン，ウェントなどが行った実験が教科書に載っており，これらを元に授業を進めることができる。一方で，傾性に関しては，「チューリップの花の開閉は，花弁の内側と外側の成長速度の差によって起こる成長運動である」，「オジギソウの接触傾性は，膨圧の変化によって起こる膨圧運動である」等と記載されているのみであり，これらに関する実験を扱った教科書は無い。専門書でもお目当ての実験を見つけることはできずに苦慮していると，大阪大学の1991年度入試が目に留まった。以後，この問題の図（図４）をほぼそのまま，内容を少しアレンジした授業を行っている。問題文を以下に示す。

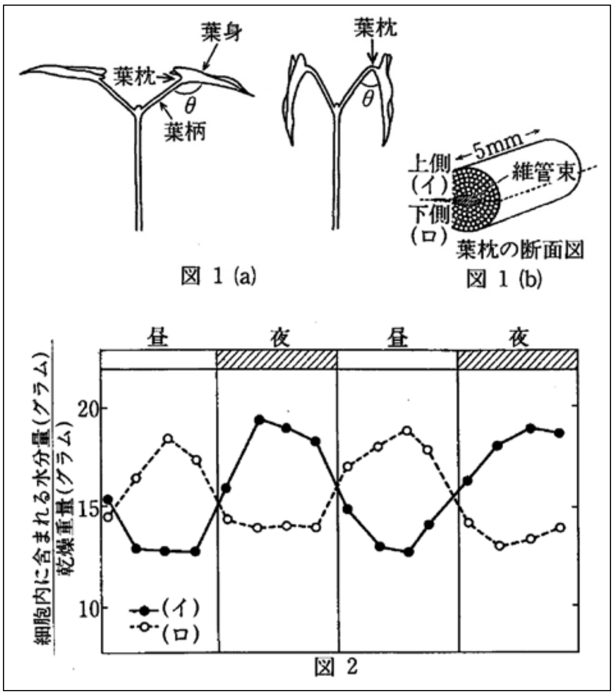


図４

インゲンマメの子葉の次にでる最初の本葉では通常の日照条件で，図１（ａ）に示すように，昼と夜で葉枕をはさむ葉柄と葉身の間の角度（θ）が変化する。この葉の運動は，葉枕の形が細胞数の変化なしに大きく変化することによって起こることが知られている。そこで，この運動の機構を理解するために次のような実験を行った。実験結果をもとにして，次の各問に答えよ。

〔実験１〕葉枕の部分を５mmの長さにカミソリで切り取り，図１（ｂ）に示すように維管束を境に上側の部分（イ）と下側の部分（ロ）に切断した。(イ)，(ロ）の重さを測り，これらをそれぞれの総重量とした。次に（イ），（ロ）を乾燥機に入れ，水分を完全に蒸発させてから重さを測り，それぞれの乾燥重量とした。総重量と乾燥重量との差を細胞内に含まれる水分量とした。図２は，２昼夜にわたり適当な時間間隔をおいて測定した（イ）と（ロ）の乾燥重量当たりの細胞内に含まれる水分量を示したものである。

問１．昼間に葉枕の部分を輪切りにして観察すると，（イ）の細胞と（ロ）の細胞ではどのような違いが見られると思うか。簡潔に述べよ。

問２．（イ）の細胞と（ロ）の細胞の違いは，夜になるとどのように変化すると思うか，簡潔に述べよ。また，そう思う理由を述べよ。

（以下略）

３．対照実験

実験考察能力と同じくらい強調したのが，対照実験という概念である。半分本気半分冗談で「悪徳商法に騙されないためには，対照実験の発想は大事だよ」と訴えている。対照実験を扱う分野は限られているが，であるがゆえにそのときの授業では必ず触れるようにしている。

(1) 体内環境の維持の仕組み

授業で最初に対照実験が出てくるのは，ホルモンである。両生類の変態と甲状腺，脳下垂体前葉との関係を例に，チロキシン，甲状腺刺激ホルモンのはたらきを扱っている。「甲状腺または脳下垂体前葉を除去すると変態は起こらないことより，変態には両者が関わっている。」と説明すると，素直な良い子である生徒は，頷いて納得する。そこで，待ってましたとばかりに「今頷いた生徒，悪徳商法に騙されないでね」と繰り出す。手術そのものの影響を見る必要があるので，手術をするけど何も除去しないことをしなければならないと説明すると，改めて頷いて納得する。

続いては，抽出物の注射である。甲状腺を除去したオタマジャクシに，甲状腺の抽出物を毎日適量注射すると変態が起こると説明すると，当然とばかりに頷く。ここで「この実験の対照実験はどういう実験？」と尋ねると，リベンジとばかりに自主的に発言する生徒が出てくる。

「注射そのものの影響を見なければならないので，針だけ刺して何も注射しない。」

「惜しい。他に影響を見なければならないものは無いかな。」

「・・・・・・」

「抽出物って何かの溶媒に溶かして注射するよね。」

「分かった！抽出物を溶かしている溶媒のみを注射する。」

寒冷刺激に対する対応については，ネコを例に紹介する。

室内の温度を一定に調節できる部屋があり，これを恒温室という。室温を４℃に設定した恒温室にネコを入れたところ，毛が逆立ち，筋肉で震えが観察された。

放熱抑制のための立毛筋の収縮であるが，さて対照実験は？　状況を理解するために，図５のような図を提示している。

「このネコは，閉所恐怖症かも。」

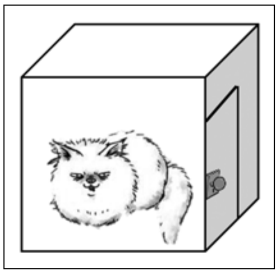


図５

(2) 動物の行動

実験結果の考察の項で述べたが，動物の行動の分野は，いろいろな実験が行われている。専門書にも多くの実験が紹介されており，授業ネタには困らなかった。中でも，『動物の行動』（日高敏孝ほか著　東海大学出版会）は方法および結果がはっきりしている実験が数多く扱われており，分かりやすいある意味，愛読書であった。

授業で扱ったのは，アメリカシロヒトリの性フェロモンである。『動物の行動』を元に，次の実験を紹介した。

アメリカシロヒトリは全身白色をした夜行性の蛾であり，オスがメスを探すのも夜である。オスがどのようにしてメスを探し出すかを調べる一連の実験を行った。

《実験１》メスの腹部を切り取って紙コップに入れ，小さな穴が多数開いた紙で蓋をする（図６）。これを野外に一晩放置する。

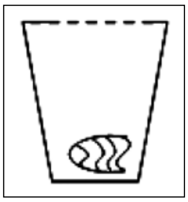


図６

結果：オスが紙コップに近づいてきた。

考察：オスは，メスの腹部から分泌される臭いを頼りにメスを探す。

この実験の対照実験を生徒に問うたときの答えに

は「メスの頭を入れる」,「オスの腹部を入れる」などが出てくる。生徒の中には，何かを入れなければならないという先入観がどうしてもついてくるようである。「何も入れない紙コップを放置する」というと,「何でそんなことする？　紙コップに寄って来るわけないやろ！」などという返事が返ってくる。理由を説明するとそれなりに納得するが，こういうところで，生物学的に探究する能力が育てられるのではないかと思う。

(3) 定期考査

本年度1年2学期の生物基礎の期末考査で，以下の問題を出題した。

> 胸腺のはたらきを調べるため，次の実験を行った。
>
> 《実験１》出生直後のX系統マウスから胸腺を取り出し，適量の放射線を照射した。この胸腺を，胸腺を除去したY系統マウスに移植した。その結果，Y系統マウスは自己免疫疾患を起こし，死亡した。
>
> 《実験２》実験1の対照実験を行ったところ，Y系統マウスは死亡することなく生育し続けた。
>
> 問１　実験2では，どのような実験を行ったか，説明せよ。

取り出した胸腺への放射線照射の影響を調べる必要があるので，正解は「出生直後のY系統マウスから胸腺を取り出し，適量の放射線を照照射した。この胸腺を，胸腺を除去したY系統マウスに移植した。」である。実験1のX系統をY系統に変えればよい。正解率は予想以上に高く，7割ほどの生徒が正解していた。対照実験の趣旨が理解されており，喜ばしく感じた。興味深いのはこれ以外の解答である。「Y系統マウスに手術は行うが，何も取り出さない」,「Y系統マウスの胸腺を取り出し，放射線を照射しないで元に戻す」など，Y系統に関するものには部分点を与えた。ただし，「Y系統の胸腺を取り除く」は0点とした。「X系統のマウスから胸腺を取り出し,放射線を照射せずにY系統に移植する」等，X系統からY系統への移植に関する解答も一定の割合で見られたが，これについては0点とした。

４．計算問題

生物で扱われる計算問題がいくつかある。ここでは，ヘモグロビンの酸素解離曲線と腎臓の再吸収などについて述べる。

(1) ヘモグロビンの酸素解離曲線

次の問題は，ヘモグロビンの酸素解離曲線の定番の計算問題である。

> 動脈血の酸素濃度は100，二酸化炭素濃度は40で，静脈血の酸素濃度は30，二酸化炭素濃度は80である。動脈血の酸素ヘモグロビンのうちの何％が組織で酸素を解離するか。

動脈血の酸素ヘモグロビンの割合が95％，静脈血のそれが40％とすると，$(95-40)/95\times100\fallingdotseq58$が正解となるが，多くの生徒は$95-40=55$というお決まりの間違いをする。ほぼすべての問題集に載っている問題なので，授業では扱うようにしているが，この問題の意義は何なのだろうかという疑問は払拭されなかった。数学ではなく生物学である。正解を答えて「わーい，うれしい」ではなく，その問題の生物学的意義を理解することに意味があるのではないだろうか。解離曲線がS字型をしているにはどんなメリットがあるかを考えさせる方が，はるかに意味深いことと思っている。

筆者は，次のような計算問題を出題している。

> 赤血球は血液の体積の45％を，ヘモグロビンは赤血球の重量の34％を占める。また，ヘモグロビン１gは1.4mLの酸素と結合できる。酸素の水に対する溶解度を0.3mL/100mLとすると，血液は水の何倍の酸素を運ぶことができるか。血液の比重を1.0とする。

答えは約70倍であるが，正解することが目的では

ない。70倍にはどのような意義を考えることで生命40億年のすごさを感じ取ってもらうのが目的である。生命活動が運ばれる酸素量に比例すると仮定すると，ヘモグロビンがないと活動量が１/70となる。歩く速度を時速４kmとすると，その１/70は60m弱となる。教室の端から端に移動するのに5分くらいかかるような話を入れることで，ヘモグロビンのすごさが伝わるのではと思われる。

ちなみに，酸素解離曲線を用いて計算力を問うものとして，定期考査や学力テストで次の問題を出題することがある。肺で酸素と結合するヘモグロビン量を求める問題は見たことがなく，筆者オリジナル問題である。

> 肺動脈を流れる血液と肺静脈を流れる血液とで酸素ヘモグロビンの割合を調べたところ，前者で20％，後者で96％であった。血液が肺を流れる間に，酸素と結合していないヘモグロビンのうちの何％が酸素と結合したか。

(2) 腎臓における水分の再吸収

再吸収量を求める計算問題も定番である。教育実習においても，ほとんどの実習生が扱い，１日180Ｌという答えを得意げに解説している。が，「この値の生物学的意義は何なの？」という問いに答えられる実習生はほとんどいない。「体の中のどこに180Ｌもあるんですか」という質問に対してはしどろもどろとなるのが常である。

筆者は，「血しょう量は血液の1/2であるとすると，この値は何を表しているか。」と問いかけている（血液量が５Lであることは算出済み）。グループディスカッション等を通して解答を導かせることで理解し，腎臓のすごさ・大切さを伝えるようにしている。（別件になるが，「何で“再吸収”，移動とか輸送ではなく吸収っていう語句を使うのは何でなの」という問い対してしっかりと答えられた実習生は皆無であった。）

(3) 卵割

計算問題を通して現象を理解させる場合もある。卵割の授業において，「卵割は同調的に起こる」，「卵割によって生じた割球は成長しない」という知識を前提として，以下の問題を扱っている。

> ある動物の卵は等黄卵であり，その直径は12.8mmであった。また，通常の体細胞（球形）の直径を調べたところ，25.0 μmであった。受精卵は，何回卵割すると通常の体細胞の大きさになるか。

ほぼすべての生徒は，最初に９回（12.8×1000/25＝512＝2^9）と答える（さすがに512回と答える生徒はいなかった）。「これだと受精卵のスライス，端の細胞と中央の細胞の形が違うのになるよ」とアドバイスすると，それに関しては納得するが，じゃあどうしてよいかは思いつかない。「１個のバスケットボールの中に何個のピンポン玉が入るかを求めるにはどうすればよいか」というヒントを出すと，解決へのイメージが少しづつ湧いてくる（球の体積を求める公式を思い出せない生徒がちらほら。）。ちなみにこの問題の趣旨は，「生じた割球は成長しないなら，段々小さくなっていくんじゃないですか。」という質問に対する答えでもある。卵細胞が通常の大きさに戻るのが卵割である。加えて，卵細胞には卵割に必要な栄養（卵黄）が含まれており，他の動物にとっては非常に栄養価の高いエサとなる。卵割の細胞周期が短いのは，早く敵から逃げられる体をつくるようにするためであると説明すると，卵割の意義の理解が深まると思われる。

５．モデル化

学習内容の理解を深めるためなどに，モデル化した教材を提示することがある。次の３つについて紹介する。

(1) 遺伝子突然変異

生物基礎ではコドン表の読み取りは発展として扱

われている。しかし，筆者は「ここまで勉強したんだから，これもやらないともったいない」という意味を込めて扱っている。その際，読み取りの練習に用いているのが次の例題である（生物基礎としては発展の発展になるのかもしれないが)。

一方の鎖の塩基配列が次のようなＤＮＡがある（これをＤとする。）

ＴＴＣＡＧＴＴＧＣＡＴＡＧＧＡ･･･

1）Ｄを転写したときのmRNAの塩基配列は?

2）このmRNAをもとに翻訳されたタンパク質のアミノ酸配列は？

3）Ｄにおいて，左から11番目の塩基がＣに変わった。このＤＮＡを転写，翻訳して生じるタンパク質では，左から［ア］番目のアミノ酸が［イ］に変化する。

4）Ｄに，ある突然変異が生じた。これを転写，翻訳したところ，リシン・グルタミン・アルギニン・イソロイシン ……というアミノ酸配列のタンパク質が生じた。Ｄで起こった突然変異は？

1）～ 3）は，これまでの内容が理解されていれば，簡単に求めることができる。4）は，まずは可能性のある塩基配列をすべて書き出させることから始める。(○は４種類すべての可能性あり)。

```
  A     ACG○       U
AA CA           AUC C
  G     GAG A       A
            G
```

次に，これと２）（下図）とを比較させる。

AAGUCAACGUAU

ここから先は，にらめっこ。上と下を比較して，違うところを見つけ出すしかない。鋭い生徒は，このままノーヒントで５分くらいで正解するものが現れる。しばらく様子を見た後，ヒントとして提示するのが次の英文である。

Whydidyougetthetieforhim ？

すべて３文字の単語であるのがポイントである。単語と単語の間は意図的にスペースを取っていないが，ほとんど生徒が正確に訳すことができる。これが２)，突然変異前のRNAに相当する。この後，次の英文を提示する。

Whydidyougetthecieforhim ？

CIEとは，国際照明委員会である。意味としては通じないが，文法的には間違いではない。これが３）の，１つ置換した突然変異に相当する（TがCに変わっているところが芸が細かい)。次が最後のヒントである。

Whyidyougetthetieforhim ？

これを見たときの生徒の反応は，見事に２つに分かれる。何を意味しているのかすぐに気づく生徒，どれだけ見ても分からない生徒。

生物基礎では，発展でも扱われないフレームシフト突然変異であるが，DNAの変異の仕方によっては大変なことが起こることが理解できるであろう。

(2) 予定運命の決定

近年，その扱いが少なくなってきたが，シュペーマンの交換移植による予定運命の決定は，古典的な実験である（図７　東京書籍　生物（２・東書・生物301）を改)。

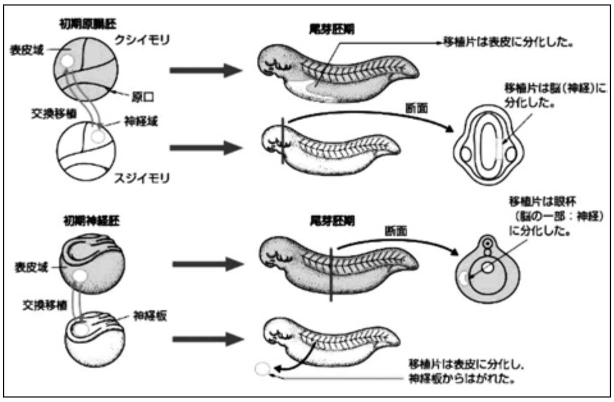
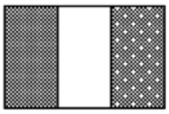


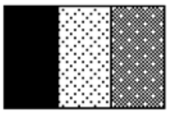
図７

これを学習した後，次のような国旗をモデルとした問題を出している。

フランスの国旗は左から青，白，赤であり，ベルギーの国旗は黒，黄，赤である。



フランス国旗



ベルギー国旗

はじめ白色の布であったものが，時間が経つにつれてそれぞれの旗に変化していくとすると，次の交換された布片は，予定運命の決定前，決定後でそれぞれ何色になるか。

ア）フランス国旗の予定青域を切り取って，ベルギー国旗の予定黄域に移植

イ）ベルギー国旗の予定黄域を切り取って，フランス国旗の予定青域に移植

決定前のア＝A　　決定前のイ＝B

決定後のア＝C　　決定後のイ＝D

これは，Wolpertが提唱したフランス国旗モデル（図８　柴谷篤弘著『発生現象の細胞社会学』講談社　旗の塗りつぶしパターンは，本文の図に合わせるように変更した）を元に，筆者が予定運命に応用したものである。

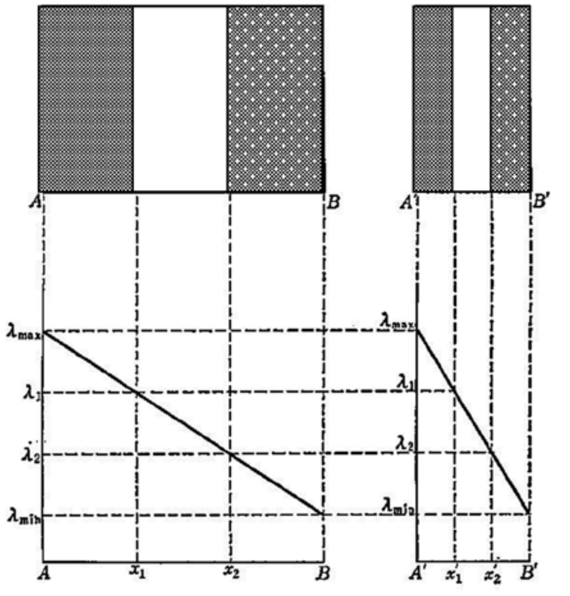


図 2-1　三色旗を指定する位置情報
三色の縦割の境界に対応する勾配の値 λ_1, λ_2 を閾値と考えれば，単調勾配によって三色旗を指定できる．その境界値 λ_{max} と λ_{min} が境界の性質と極性によって決まるとすれば，三色の区分線は三色旗の横幅 AB が $A'B'$ に減少しても，全体に対して同様の比率を保つ．

図８

思考力を養うために，フランス国旗に似ているベルギー国旗を用いている。決定後のＣは青，Ｄは黄になるのは明らかなので，これに関してはすぐに答えを与えている。

さて，ＡとＢ。「できたら言いに来て」というと，ほぼ全員が一斉にドヤ顔または「こんな簡単な問題答えさせるって，バカにしとるやろ」顔で，Ａを黄，Ｂを青と答える。「そんな簡単な問題，出すはずない」というと，あちこちで議論が始まる。これも，短かければ数分で答える生徒がいる。一方で，泥沼に嵌って出られなく生徒も多い。ヒントとしては，「図をよく見ること。クシイモリの皮膚の中にスジイモリの皮膚が混ざっているよ」というと，ようやく理解する生徒がいる一方で，どうしても泥沼から抜け出せない生徒も少なからずいる（こういう生徒は，答えを教えても納得いかない場合が多かったりする）。

(3) 葉っぱの経済学

生物の多様性と生態系の分野は，それこそ事実の羅列のオンパレード，どうしたら生徒を楽しますことができるかに悩まされるところである。「湿原で有名な尾瀬は３つの県にまたがっている。どことどことどこでしょう」，「レッドデータブックには野生絶滅という項目がある。これに該当する生物は？」，「絶滅キグ種って，ちゃんと漢字で書けますか」などなどの雑学で興味を引いている。

筆者は以前より，「暖かいと常緑樹，少し寒くなると落葉樹が生育するのは理解できるが，さらに寒くなると再び常緑になるのは何でだろう？」という疑問を抱いてきた。これに対する１つの考えが『葉の寿命の生態学』（菊沢喜八郎著　共立出版）に書かれている。筆者は，これを元に，自分なりの修正を加味して次のような授業を行っている。

暖温帯には常緑の照葉樹が，冷温帯には落葉の夏緑樹が生育する。冷温帯で冬に落葉する方が有利なモデルを考えよう。さらに，冬が長く厳しい亜寒帯で，落葉よりも常緑が有利となる条件，モデルを考えよう。

- ・1年を，光合成に適した季節（夏）と光合成に適さない季節（冬）の2つに分ける。横軸に時間，縦軸に葉からの有機物の供給量（みかけの光合成量）をとり，グラフを作成する。
- ・暖かさの指数を元に，平均気温が5℃以下の月を冬とする。該当する地域の気象データより，暖温帯，冷温帯，亜寒帯の冬の期間は，それぞれ2カ月，4カ月，6カ月となる。
- ・葉は，植物体の有機物を用いて作られる。すなわち，このときの葉からの有機物の供給量はマイナスの値をとる。葉を作るのに要する時間は，年に対して0とみなせる。
- ・照葉樹の葉は厚く，夏緑樹の葉は薄い。葉を作るのに必要な有機物量を，照葉樹で－3，夏緑樹で－1，針葉樹で－2とする。
- ・暖温帯におけるみかけの光合成速度を，夏は相対値1，冬は相対値－1とし，これを基準に冷温帯夏を3/4，冷温帯冬を－3/4，亜寒帯夏を2/3と仮定する（亜寒帯冬は後述）。

まずは基本となる照葉樹である。葉をつける夏の始めを1年の始めとする（以下同じ）と，照葉樹におけるグラフは，図9のようになる。

次に，冷温帯を考える。はじめに常緑の葉を仮定する。葉を作るのに－3の有機物が必要かつ冬のみかけの光合成速度が－3/4なので，図10－1のようなグラフになる。では，薄く落葉する葉のグラフはどうなるであろう。－1から始まり，8カ月間傾き3/4で増加する。冬は落葉するので，みかけの光合成速度は0となる。2年目以降も毎年新たに－1を出費して葉を作らなければならないが，冬に葉をつけたままの維持費（－3/2）よりも少なくてすむ（図10－2実線，破線は図10－1に同じ）。冷温帯では，常緑よりも冬に落葉した方が有利であることが分かる。

さて針葉樹。まず，薄い葉を作って冬に落葉すると仮定した場合，グラフは図11－1のようになり，次年の葉の作成コストと合わせると，毎年の収支は1となる。これを上回る常緑の葉を考えなければならない。ポイントは冬のみかけの光合成速度である。これまでのように，夏の値にマイナスを乗じた－2/3としたグラフが図11－2である。1年の半分が夏，半分が冬なので，これだと1年間の収支が0になって全く成長できない。落葉（破線）との比較以前の問題である。みかけの光合成速度を－1/3とすると，毎年の収支が1となるが，これは落葉の場合と変わらず，常緑であるメリットがない（図11－3）。－1/6としたグラフが図11－4である。4年目終了時点で落葉の場合と等しくなり，5年目以降で落葉を上回るようになる。亜寒帯で常緑になる条件は，「冬における耐寒性が照葉樹の6倍，葉の寿命が5年以上」というモデルを得ることができる。

夏冬のみかけの光合成速度等，前提条件として考慮しなければならない点は多々ある。また，針葉樹のモデル作成にあたって，どこまで生徒に考えさせるか（当授業は生物基礎で行っており，針葉樹に関してはほとんど解説するのみである。次期学習指導要領にある「見出して理解すること」として，理科系生物選択の生徒にディスカッションせるとどうなるか興味がある）等の課題はあるが，こう考えると説明がつく程度には理解が深まっているであろう。

6．終わりに

どうしたら暗記から脱却できるか，どうしたら生物学的に探究する能力を育てることができるか，どうしたら生物学で楽しませることができるかに頭を鰭り続けた30数年。少しでも，本稿を読んだ方のお力になれば幸いである。

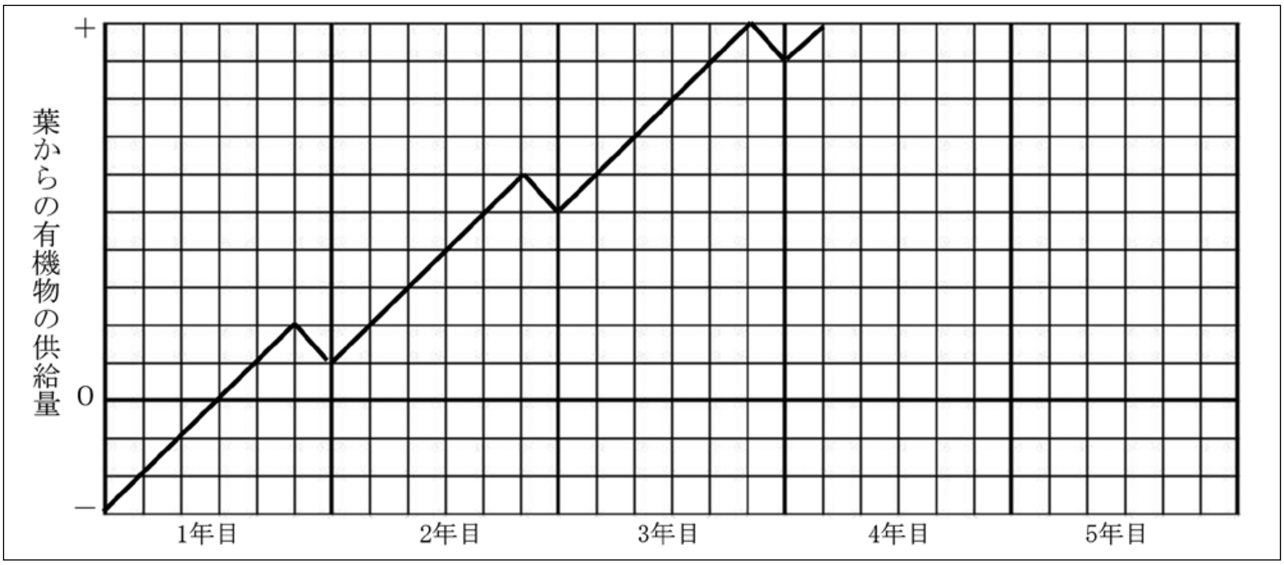

葉からの有機物の供給量
+
0
−
1年目
2年目
3年目
4年目
5年目

図9

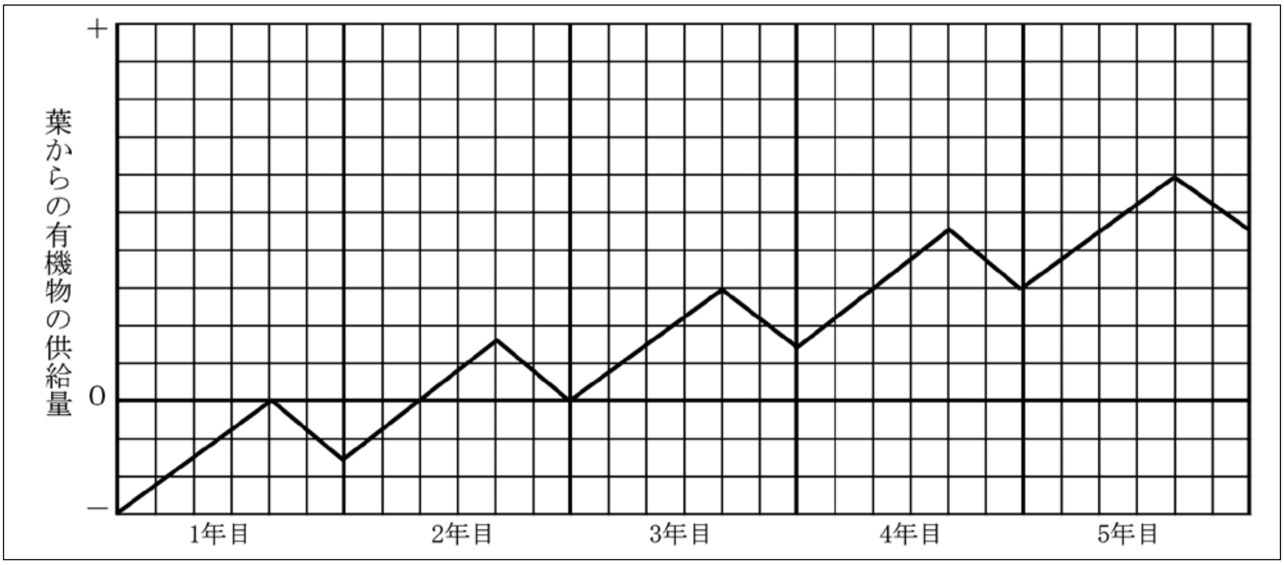

葉からの有機物の供給量
+
0
−
1年目
2年目
3年目
4年目
5年目

図10−1

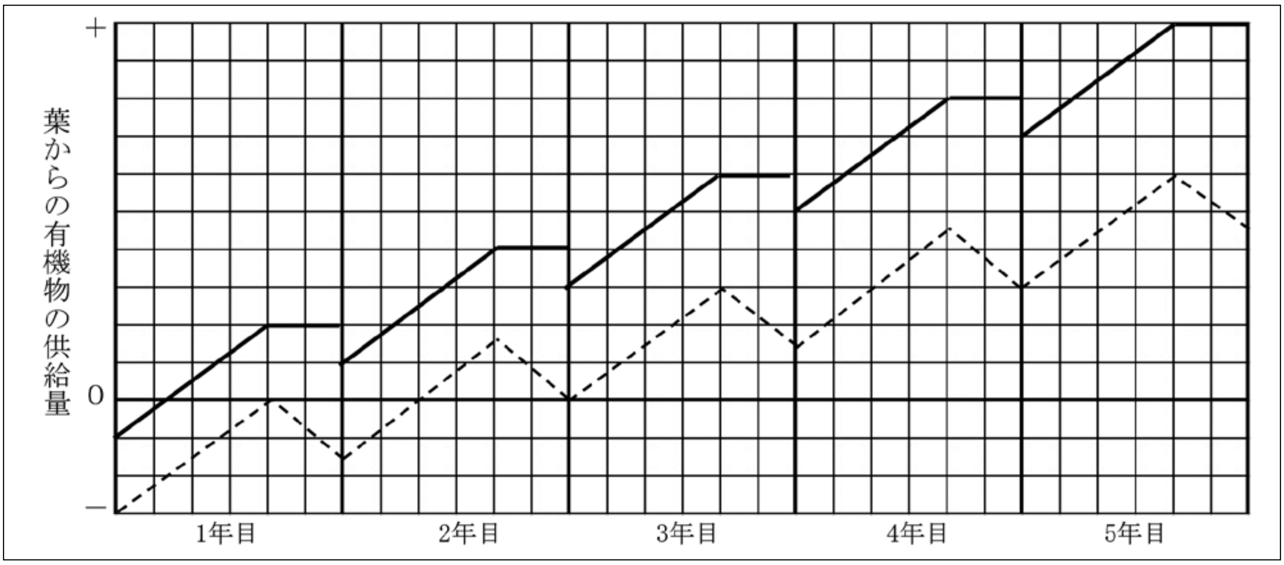

葉からの有機物の供給量
+
0
−
1年目
2年目
3年目
4年目
5年目

図10−2

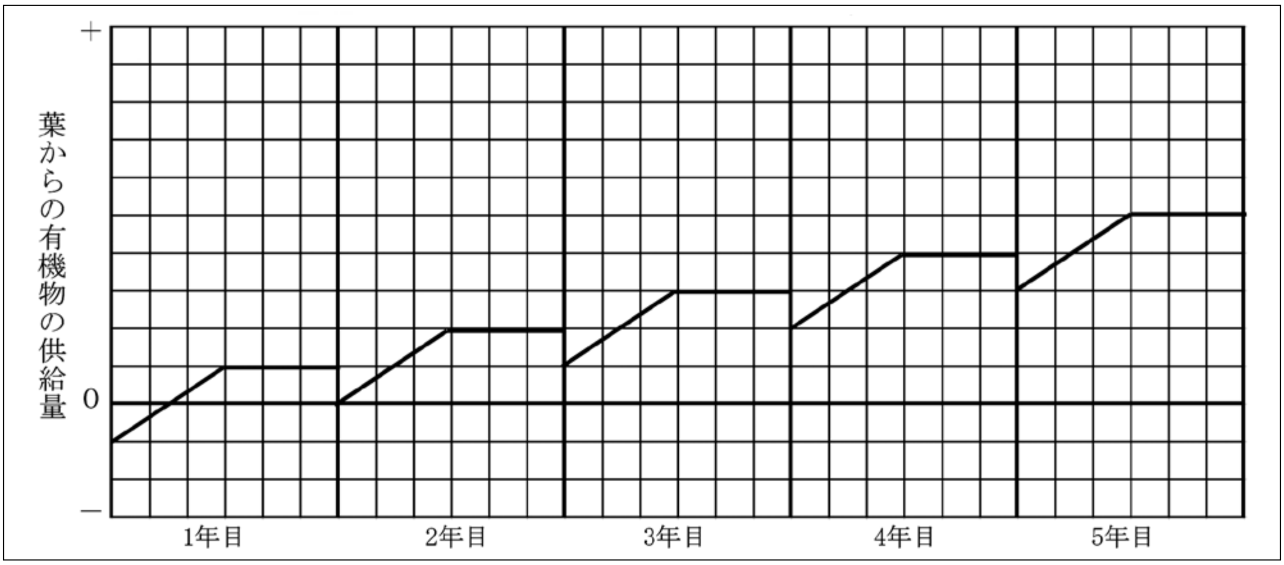


図11－1

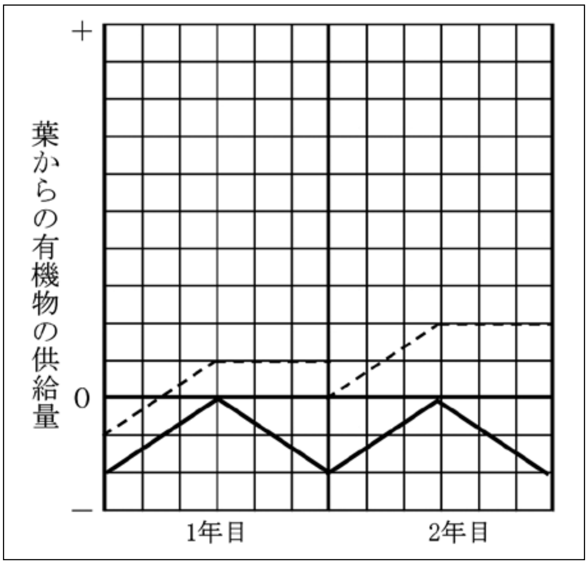


図11－2

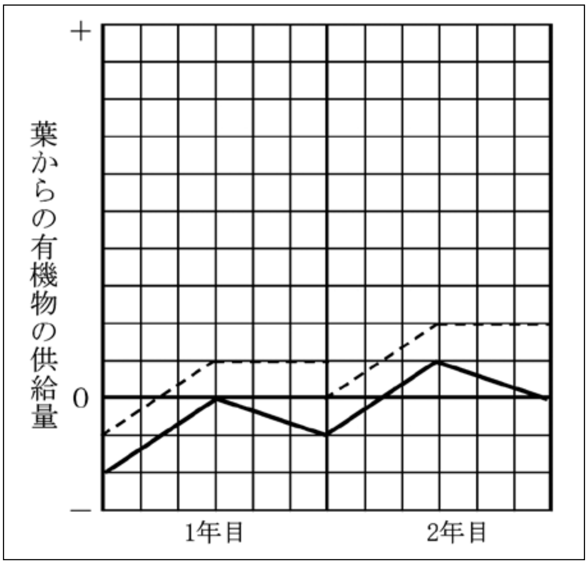


図11－3

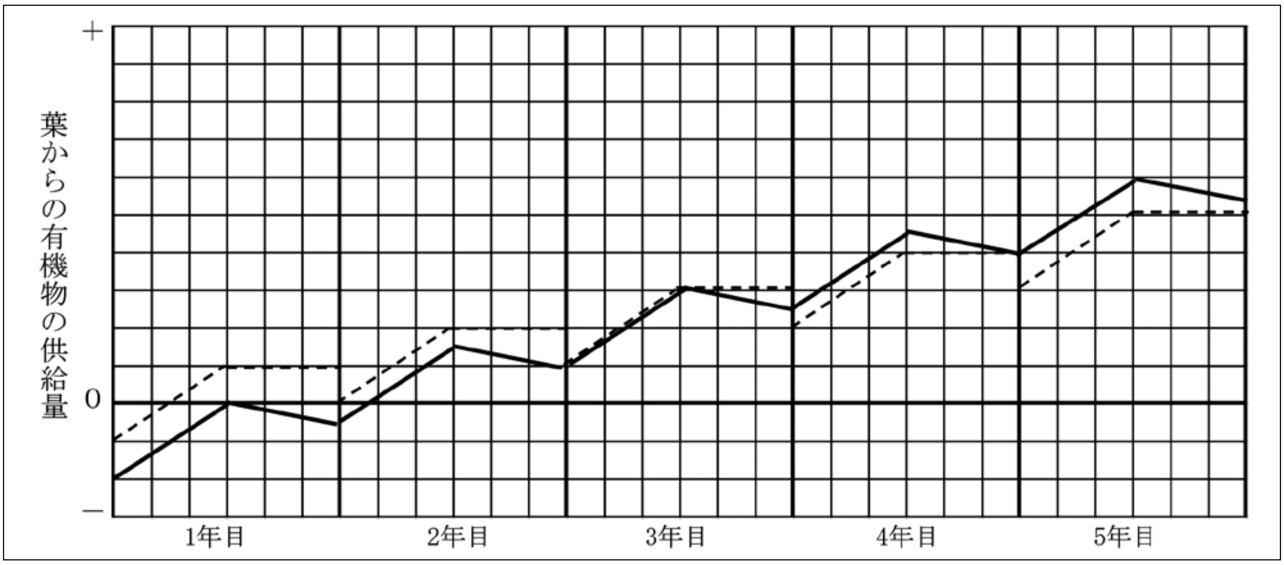


図11－4

実験から見いだして理解する授業展開：単振り子の実験

金沢大学附属高等学校　理科・物理　渡會　兼也
金沢大学理工学域物質化学類　４年生　小笠原　萌

平成30年３月に告示された高等学校学習指導要領において物理分野では「見いだして理解する」という文言が入った。これは理科本来の実験や観察から自然現象に対する法則や規則性を探る活動を推奨するものである。本稿では，物理分野の振り子の実験に注目し，この単元を見いだして理解する展開を考え，実践した結果を報告する。

キーワード：学習指導要領　見出して理解　物理実験　単振り子

１．はじめに

平成30年告示の高等学校学習指導要領解説 [1] の理科編では「見いだして理解する」という文言が随所に散りばめられている。文部科学省は「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善推進の中で，理科における学びを特徴づけており，その象徴が「見いだす」という表現である。今回の学習指導要領の改訂は，社会情勢に対応する資質を育成するために各教科においてその学び方に対する指針をある程度明確にした，という意味で画期的である。また，今回の改訂は高等学校における指導方法の課題を改善するためのメッセージも込められている。

高等学校の物理の授業において実験が不足していることは積年の課題である。例えば，山崎らが2007年に大学生2500人を対象に行ったアンケート調査によれば，高等学校の３年間で行った実験回数は平均6.1回であり，中には全く実験をせずに物理履修を終える学校が20%もあることが明らかになった [2]。学校が実験を行わない理由は，物理の時間が多く取れないこと，大学入試への対応，教師の多忙化，実験器具の不足やお金の問題など，様々な要因があると推測される。元筑波大附属高校の鈴木氏は，授業者が実験の重要性や必要性を理解しているかが本質的な課題，と主張している [3]。筆者はこの主張には賛同しつつも，多くの学校が実験できない現状を見ると，授業者の問題よりもシステムの問題が重大であると感じている。

一方で，近年大学教育においてアクティブ・ラーニングが叫ばれ，これまでの教員による一方的な講義を中心とした学び方を変えようというムーブメントがある。物理教育研究の分野では1990年代すでに能動的な学習が講義型の学習よりも学習効果が高いことが指摘されており，2000年代から日本国内の研究会や学会等でも議論されていた。特に物理の概念理解の獲得には，実験を通じて学生が持つ認知的な葛藤を誘起する課題を提供することが重要であると考えられ，多くの教材も開発されている [4]。例えば，相互作用的演示実験講義（ILDs）の手法・教材は高等学校においても徐々に認知され，普及し始めている [5]。こうした物理教育研究においても，学習者自身が自然の法則を見いだして理解すること，授業者は学習者の理解をサポートすること，が重視されている。これは次期学習指導要領の考え方に一致している。

次期指導要領の中で「見いだして理解する」という単元は「物理基礎」で３箇所（①直線運動の加速

度，②運動の法則，③物質と電気抵抗)，「物理」で３箇所（①剛体のつりあい，②単振り子，③電磁誘導）ある[1]。どの箇所も「・・・実験などを行い，○○○を見いだして理解する」という文章になっており，実験をベースにした授業を前提としている。「実験など」という表現から実験をせずとも見いだして理解できればよいと思われるが，前述のように実験不足の状況から少しでも実験回数を増やしたいという文部科学省の意図を汲むべきであろう。

本稿では，「物理」の単振り子の単元において，過去２年間本校で実施してきた単振り子の周期と振り子の長さの関係を実験から見いだす授業展開を示す。なぜこの単元を選んだかというと，現行の教科書と比べて明確に展開を変える必要があるからである。現行の教科書では，この単元は単振動に含まれており，単振り子を扱う前に通常の水平・鉛直ばね振り子は学んでいることが前提になっている。見いだして理解する授業の展開の詳細については２章で述べる。

２．見いだして理解する実験の設計・考え方

２．１　単振り子の授業設計

はじめに，高校物理での単振り子の周期について，単振動から導かれる式を書いておく。振り子の長さをL，重力加速度の大きさをgとすると，振り子の周期をTは，

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad \dots(1)$$

となる。ここで重要なのは，質量mに依存しないこと，長さLの平方根に比例すること，である。ただし，この式を導くには振れ角が十分に小さいという仮定が必要である。これまでの教科書では，この関係は単振り子の運動方程式から導出される関係式であり，この関係を見いだす必要はなかった。

これまでに単振り子の周期に関する実験は大きく分けて２種類ある。(a)周期が振り子の長さLの平方根に比例し，質量に依らないことを確認する実験と(b)式(1)を利用して，重力加速度を調べる実験である[6]。(a)(b)の実験は共に単振動の単元が終わった段階で行っている。(a)は事前に式(1)を学んでいるので，確認のための実験である。(b)は式(1)を利用した応用実験であるが，周期と長さをできるだけ正しく測定することで重力加速度がg=9.8m/s^{2}を確認する実験とも言える。

では，単振り子の周期に関する法則を「実験から見いだす」には，どのような実験にすればよいだろうか。単振り子の周期に関係する変数は，おもりの質量m，紐の長さL，振れ角θの３つである。このうち振れ角については角度が大きくなると単振動からずれ，扱いが難しくなるため，本実験では主に質量と長さの依存性を調べる方に焦点を当てることにする。あくまで，実験により周期と質量や振り子の長さとの関係をグラフ化することで，周期は質量に依存せず，振り子の長さの平方根に比例することを見いだす。この実験後に式(1)の導出を行い，考察を深める授業を展開とした。

見いだして理解する実験の展開をまとめると以下のようになる。

・これまでの展開

①法則導出②内容整理③まとめ・実験

・今回（見いだして理解）の展開

①課題設定と実験②内容整理(見いだす)③法則導出

つまり，実験を通じて法則につながるストーリーを工夫する必要がある。実は現行の小学校５年生の段階で単振り子の学習が行われており，教科書に掲載された実験はすでに上述の展開になっている[7]。見いだして理解する授業は，というのは初学者が発見するプロセスを大切にせよ，ということかもしれない。

２．２　実験の準備と設計

単振り子の実験は２年生の単振動の基礎（水平・鉛直ばね振り子）が終わった後に実施した。２コマ

の授業（50分×２）で完結させるために，１コマ目で実験を行い，各班での測定結果を提出させる。その結果を教師が集積し，考察のための資料（グラフ）を作成した後に，２コマ目の授業でその資料を生徒に考察させた。

単振り子の周期測定は標準的な方法である（図１）。おもりを適当な高さまで引き上げた後に静かに手を放し，おもりが支柱の中心部を10回通過するのに要する時間を計測した後，その時間の10分の１を単振り子の平均周期とした。※プリントは巻末に載せてある。

本来実験は，同じ方法・同じ装置を使って，何度も測定を行い，測定誤差を求める必要があるが，高等学校の生徒実験は主に時間的な制約のため，多くのパラメータを調べることが難しい。特に単位数の少ない学校では実験に多くの時間を割くことができない。ゆえに，次のような工夫を行った。各班で行う実験では質量を固定するが，班毎に質量を変えた。振り子の長さは３種類測定させ，それぞれに対し振れ角が大きなものと小さなもの２種類測定させることで，各班が６つのパラメータを調べるようにした。１つのパラメータの測定（３回測定して平均する）に対し，糸の長さの調整や記録などを含めると５分程度かかる。６つのパラメータを調べるには30分程度を要する。班毎に異なるパラメータを調べるので，集積した際には，質量が25g～85g，糸の長さは0.30m ～1.1m，振れ角は5.2° ～90° までのデータが得られるようにした。データの入力はGoogle Spreadsheetを利用し，生徒が自分のスマートフォンやPCで入力可能にした。

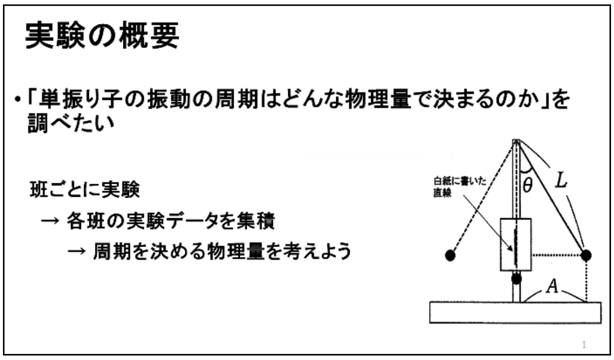


図１　授業で使用したスライド１

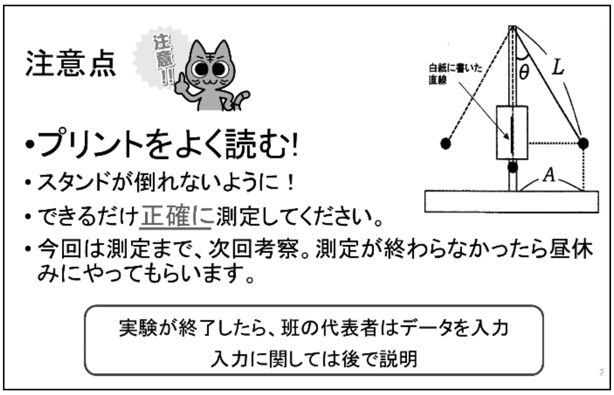


図２　授業で使用したスライド２

３．授業実践

３．１　生徒実験の実施

実験は2021年９月17日（金）と22日（水）に教育実習生の小笠原が本校の理系生徒90人（理系２クラス）に対して行った。測定データの共有から考察を行う授業は９月24日（金）と29日（水）に渡會が実施した。

見いだして理解する実験には，課題の設定が重要である。今回は，振り子の周期がどんな物理量で決まるのかを調べる，という課題とした（図１）。１つの班は３～４名とし，それぞれの班で測定する物理量の組み合わせを指示して実験を開始した。実験班の数は19班あり，各班で６つのデータを提出させた。

実験はプリントに沿って行うように指示した（図２）。明らかに間違った方法で実施している班には，再度プリントに沿って実施するように声をかけたが，それ以外の細かなミスはあえて声をかけないようにした。また，初期振れ角θは振り子の長さと支柱からの水平方向の距離を測ることで$\sin\theta$を算出した。殆どの班が１コマ（50分）の時間で測定を終わらせ，入力を完了することができた。

３．２　実験結果の集約と考察

集約したデータの分析も生徒が自分で分析できれ

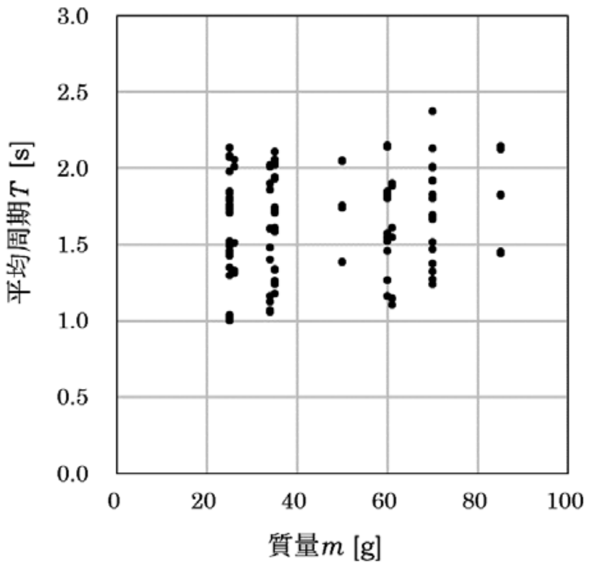


図３　平均周期とおもりの質量との関係（生徒実験2021年９月実施）。25gから85gのおもりを使用した。

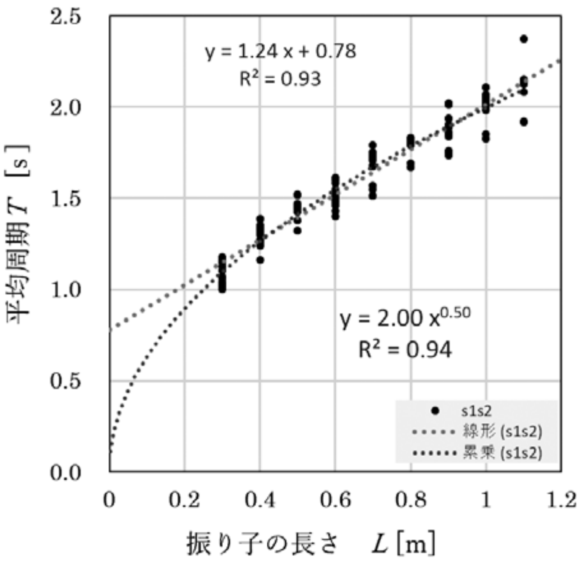


図４　平均周期と振り子の長さの関係（生徒実験2021年９月実施）。生徒のプリントには近似の直線と曲線は描かれていない。

ばよいが，分散の大きなデータの解釈や表計算ソフトのスキルの面で困難が生じる。今回は生徒から集約したデータのまとめは事前に教師が行い，考察に必要なグラフをプリント配布した。

２コマ目の授業で分析と考察を開始する前に，自分たちの班が取得したデータがグラフのどのあたりに来るかを班ごとに確認をさせる時間を取った。

図３が周期と質量の関係のグラフである。ここから班毎にわかることを考えさせた。ある質量に対して一定の幅で周期が分布するのは，振り子の長さが異なることを表している。そこで教師がExcelを操作する様子をスクリーンに投影し，振り子の長さが同じものだけをプロットすると，大体一定の周期が得られる。ここで教師は，データの分析をスクリーン上で演示するだけで，答えを言わないように注意した。分析を演示した後に何が言えますか，と問いかけ，しばらく時間を取った。班ごとに意見を聞くと，①周期は質量に依らない，②振り子が長いと周期も長い，の２つが得られた。教師は事実だけを黒板に記述し，次の考察に移った。

図４は周期と振り子の長さの関係である。振り子の長さが長いほど周期が長い。教師がスクリーン上でExcelの「近似曲線の追加」を実演し，線形（直線）でもフィットできるが，冪乗（曲線）でもフィットできることを示した。（※周期が直線でないことは，さらに長い振り子を使えば実験的に確かめられるが，支柱の高さを考えると生徒実験では1.2m程度が限界である。）直線の関係か，曲線の関係か，どちらなのだろうか，と教師は問いかけ，考えさせる。生徒からは，振り子の長さが０の極限を考える

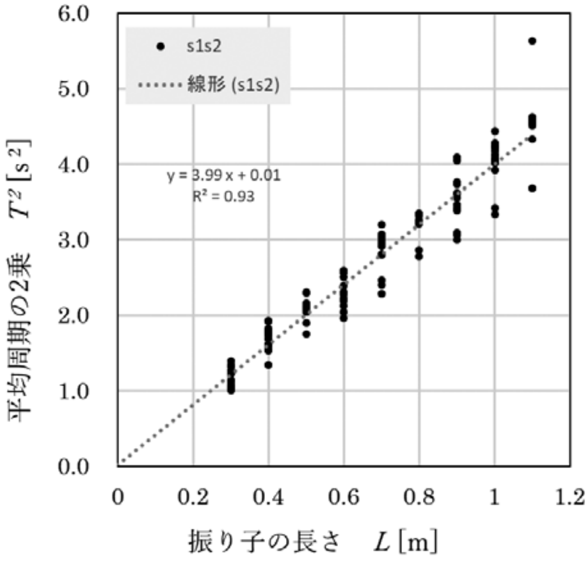


図５　平均周期の２乗と振り子の長さの関係。生徒のプリントには直線近似の線や式は描かれていない。

と，周期は０に近づくことが推測できるので直線ではない，という意見が出た。しかし，図４だけでは結論が出ないので図５の説明に移った。

図４で質問を投げかけた後に，縦軸を周期の２乗にしたものが図５であることを伝える。このグラフにExcelで近似直線を引くと原点を通る直線が得られる。これによって初めて，周期Tの２乗が振り子の長さLに比例する，つまり，周期が振り子の長さの根号に比例すること（$T^2 \propto L$）がわかる。これを整理すると，

$$T = k\sqrt{L} \ldots (2)$$

となる。ここで，kは定数である。縦軸に周期の２乗をとる，という発想は，図４の議論が無いと論理の飛躍に思えてしまう。よって，図４を考えてから図５を考えるという順番が重要である。実験から見いだすことができたのは，図３から周期が質量に依らないことと，周期が長さと式（2）の関係にあるということだけである。

科学の世界では２つの変数の関係を見出す際に，両対数グラフをとる方法がある。例えば，周期Tと振り子の長さLが「冪の関係」，$T = aL^b$を仮定すると，両対数を取ると，$\mathrm{Log}T = \mathrm{Log}a + b\mathrm{Log}L$となり，両対数グラフの傾きが冪指数を表すことになる。生

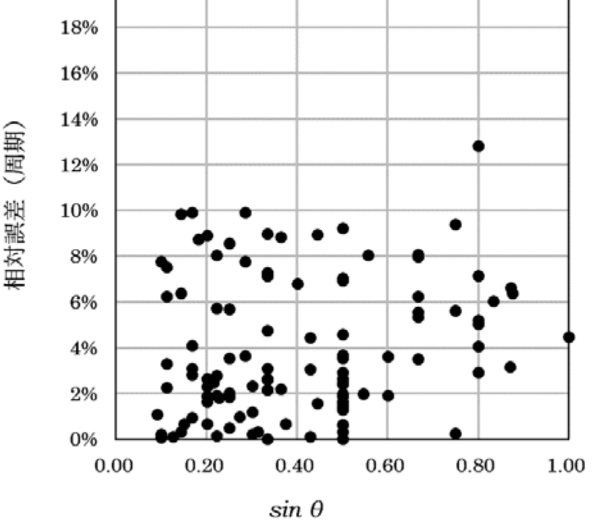


図６　平均周期と式(1)との相対誤差と振れ角との関係。

徒に両対数のグラフを描かせるには数学の授業進度が重要となる。今回は２年生の数学で対数が未習であったため，紹介だけにとどめた。

測定した平均周期と式（1）との相対誤差と振れ角の関係を示したのが図６である。実験で得られた平均周期をT_{e}，理論値をT_0，相対誤差εは，

$$\varepsilon = \frac{T_e - T_0}{T_0} \times 100\,\% \ldots (3)$$

と表すことができる。生徒が行う実験では，振り子の長さや周期の測定が丁寧に行われているものばかりではない。それにも関わらず図６の縦軸を見るとほとんどの班の測定誤差が10%以内におさまっている。これは不思議ではないですか？と問いかける。例えば，真の長さが1.0mの振り子を誤って，1.1mと測定したとする。式（2）によれば，周期は長さの平方根に比例するから，$\sqrt{1.1} \fallingdotseq 1.05$倍となる。つまり，長さの測定を10cm誤っても周期の値はそれほど影響が無い。ここから，そもそも長さを適当に測定しても誤差が生じにくい実験だったことに気付かせる。

では，なぜ10%程度の誤差の広がりがあるのは何故かを問う。そうなると次は，周期の数え間違いの可能性が疑われる。実際に実験を見回ると数え間違いをしている班が何班か確認できている。振り子が中央の線の部分を横切ってから数える，と実験のプリントにはあるが，横切ったときを１として数えた班もあった。周期１回の測定ミスは誤差10%程度になる。このような考察をさせている学校がどれほどあるかわからないが，本校では誤差の原因を考えさせることも重要な要素だと思っている。

個人的な印象かもしれないが，最近の生徒は実験がうまくいかなかったり，理論値と実験値との差があったときに，実験器具のせいにしたり，誤差で片付けようとする傾向がある。自らの実験を振り返り，どこに不備があるのか，誤差の原因がどこにあるかを考える機会が不足している。その一因は，学

校教育にあるかもしれない。つまり，これまで教師は生徒がミスをしないように丁寧に指導した結果，失敗を経験する機会を奪ってしまったのではないだろうか。教師が生徒実験を設計する際は，それなりの結果が出るように準備するが，失敗する余地を残し，指導しすぎないことも大事なのではないかと考える。※注：最初から失敗させようと思って授業をしている訳ではない。正しい測定の仕方は説明し，プリントにも載せてある。

これらの考察の後に，振れ角θが小さい近似のもとで式 (1) の導出をスライドショーで行い，授業後にプリントを提出させた。※振れ角θが大きいときの扱いについて触れることも考えたが時間の関係で割愛した。

４．自己評価の結果

この授業実践における４つの項目（理解度・実験精度・積極性・満足度）を生徒が自己評価した結果が表１と図７である。評価は５が高く１が低い。どの項目も自己評価は比較的高く，４と５の値を合わせると，理解度は90%，実験精度は86%，積極性63%，満足度は77%となった。積極性がやや低いのは，班員が４名の場合に手持無沙汰な生徒がいた影響が考えられる。実験精度は共同での考察や自分の班の実験を振り返って反省点をあげた生徒が多かった。

実験の感想・コメントを記述する欄には，多くの意見が書き込まれていた。文章の分析をすると，驚きや発見について記述した生徒が19%（13/70），次の実験への意欲を記述した生徒が26%（18/70）いることがわかった。従来の生徒実験では，確認できたことに対する驚きや発見は少ないと思われる。このような見いだすことを意識した授業展開による効果かもしれない。

表１　各項目の自己評価。

項目/評価	1	2	3	4	5	合計
理解度	0% (0)	0% (0)	10% (7)	61% (43)	29% (20)	100% (70)
実験精度	0% (0)	1% (1)	13% (9)	39% (27)	47% (33)	100% (70)
積極性	0% (0)	9% (6)	29% (20)	41% (28)	22% (15)	100% (69)
満足度	0% (0)	1% (1)	22% (15)	51% (36)	26% (18)	100% (70)

各欄の上段の数値は%，下段のカッコ内は人数を表している。※小数点以下を四捨五入しているので合計が100%にならない場合がある。

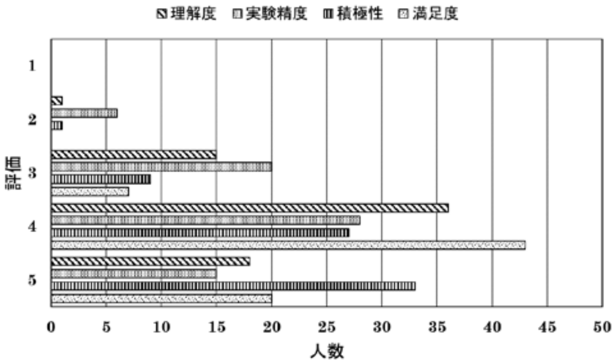


図７　自己評価の度数分布。評価は１が最も低く，５が最も高い。

以下，特徴的な感想を挙げる。

- 平均周期と振り子の長さとの間に曲線が引けることから，振り子の長さは平均周期の2乗と比例関係にあるといえることがわかった。実験結果の誤差が少ない理由がわかった。
- 今まで振り子の周期は質量に依存していると考えていたが，今回の実験を通じて振り子の周期は振り子の長さと比例関係にあり，質量と関係はないということがわかった。
- 実験では現象の大枠は捉えられるけれど細かな式等は導出できないことがわかったので，理論的な裏付けも科学には必要だと思った。
- 意外にもおもりの質量は周期に影響を及ぼさないということを知って驚きました。
- 誤差が10%以下におさまっていて驚いた。授業で，なぜ10%以下におさまったかを知れて納得した。

- 周期と振り子の長さ・重さの関係や誤差の現れ方などをよく理解できた。特に誤差の現れ方は興味深かった。
- 振り子という単純なものの中に，物理の内容がかなり詰まっていて驚いた。
- 実験はとても楽しいことを実感しました。手を使って実際に理論を確かめるのはとても嬉しいです。また，実験のデータの分析もとてもおもしろかったです。これからも実験あったら頑張りたいです。とても楽しくなってきました。これからも物理頑張りたいです。

5．まとめ

本稿では，次期指導要領の「見いだして理解する」，という趣旨に沿った授業展開例を実践した。

従来の確認実験とは異なり，見いだす実験は科学本来の考え方に基づくためか，生徒の自己評価が高い結果となった。今回の実験の感想には，実験の重要性や分析の際の解釈など，法則そのものよりも科学の考え方に気がついた生徒が多くいたように思われる。

実験誤差は小さいほど良いが，実験の仕方や科学の考え方を教えるには，必ずしも精度が高い必要はない。従来の確認実験は，法則を確認するためであるから，実験の目的が法則に一致しなければ，それまで学んだことに説得力が無くなってしまう。それに対して，今回の授業（実験）は関係性を見いだすことが目標になっており，正しいことを確認する実験ではないため，実験のプロセスや誤差にも目を向けることができる。そういう意味でも，実験から見いだして理解する授業展開を考えていくことは重要である。

次期学習指導要領によって学び方の方針が示されたのは良い機会であると我々は考えている。今後多くの学校で開発・実践されていくことを期待したい。

謝辞

本研究について有意義な議論をしていただいた，石川県教育総合研修センターの関戸暢氏に感謝する

参考文献

[1] 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説　理科編　理数編 , 文部科学省 , 平成 30 年 7 月

[2] 高校物理実験の実態　山崎　敏昭，井上賢，谷口和成，内村浩　物理教育　第 55 巻 2007 年，p33-38

[3] 学習指導要領の深い学びと高校での物理実験教育　鈴木亨，大学の物理教育，2018 年，24 号，p45 － 48

[4]「科学をどう教えるか」エドワード･F･レディッシュ著，丸善出版，2012 年，P206-P210

[5]「Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics」David R. Sokoloff, Ronald K. Thornton 著 , 2006, Wiley

[6] 物理基礎，物理　啓林館，平成 21 年度指導要領準拠

[7] 新しい理科　小学校 5 年生 , 東京書籍 , 令和 2 年

2021年　月　日（ ）	クラス S1・S2	出席番号 組　番	班	氏名

単振り子の周期1：実験編

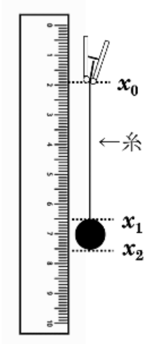
目的　単振り子の周期が，物体の質量や糸の長さとどのような関係にあるかを調べる。

準備　糸，おもり，スタンド，クリップ，ストップウォッチまたはタブレット端末・スマートフォンなどの計時機能

方法・手順

◎各班で糸の長さ（2種類）と質量（2種類）を変え，振り子の周期を測る。
※確認したら□にチェック✔を入れなさい。

□　（1）おもりに糸を付ける（取れないように）。クリップをスタンドにはさんで固定し，クリップで糸をはさむ。※糸の端を結んで，クリップからずり落ちないようにする。



□　（2）直線が書かれた紙を，スタンドの下部にテープで止める。※前方から見て直線と振り子の意図が静止状態で重なるように。

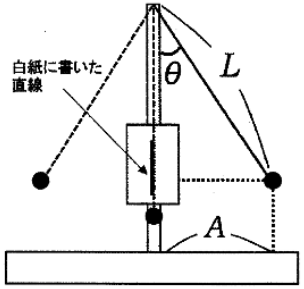
□　（3）右上図のようにものさし（あるいはメジャー）を糸に沿って鉛直に立て，水平方向からの糸の上端 x_0，おもりの上端 x_1，おもりの下端 x_2 をそれぞれの測定前に読み取る。

$$L=\frac{(x_1-x_0)+(x_2-x_0)}{2}=\frac{x_1+x_2}{2}-x_0$$

を計算し，振り子の長さ L とする。

□　（4）支柱からの水平距離 A を測定し，$\sin\theta$ を求める。※後に Excel シートで計算可能。

□　（5）1つのパラメータに対し，10周期に要する時間を3回計測する。10周期分の時間を計測するたびにストップウォッチをゼロに戻し，3回の計測がすべて独立事象になるようにする。振動回数は，白紙に書いた直線上を，糸が同一方向に通過する回数を数える。



結果と整理

①振り子の長さ L が 1.0 m になるようにして，質量を変える

質量 m：【　　】g　水平距離 A：【　　】m　※周期は 0.01s 単位まで測る

測定回数	10周期に要する時間		
1回目	s		
2回目	s	10周期の平均	s
3回目	s	平均周期 $\bar{T}$	s

質量：【　　】g　水平距離 A：【　　】m

測定回数	10周期に要する時間		
1回目	s		
2回目	s	10周期の平均	s
3回目	s	平均周期 $\bar{T}$	s

②振り子の長さ L を【　　】m に変え，質量を変える

質量：【　　】g　水平距離 A：【　　】m

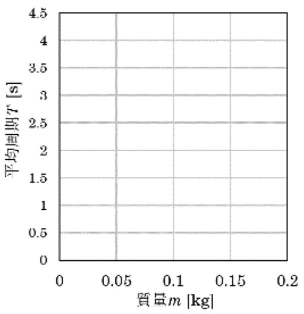
測定回数	10周期に要する時間		
1回目	s		
2回目	s	10周期の平均	s
3回目	s	平均周期 $\bar{T}$	s

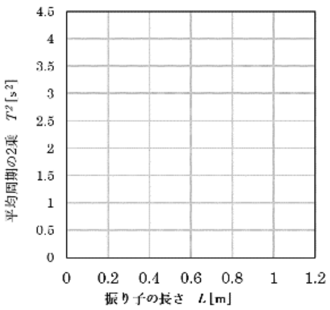
質量：【　　】g　水平距離 A：【　　】m

測定回数	10周期に要する時間		
1回目	s		
2回目	s	10周期の平均	s
3回目	s	平均周期 $\bar{T}$	s

※ここまで出来たら、L, m, A, $\bar{T}$ を報告しに来てください。

予想：みんなのデータを集積すると，どんなグラフになるだろうか？





2021年 月　日（ ）	クラス S1・S2	出席番号 組　番	班	氏名

振り子の周期２：結果＆考察編

結果

S1 と S2 で測定したデータを併せ、図１～４のようにまとめた。※理論予測とのズレが 20%以上のデータは除いている。

★自分たちの班が取得したデータがどのあたりにあるか，図中に印をつけなさい。

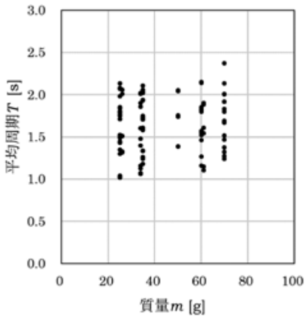


図１　平均周期と質量の関係（L=0.30～1.1m）

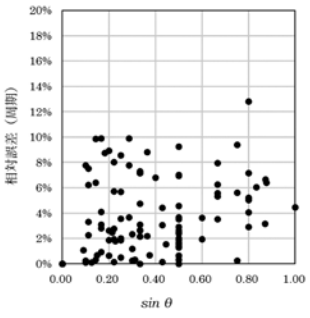


図２　理論予想との相対誤差と sin θ の関係。

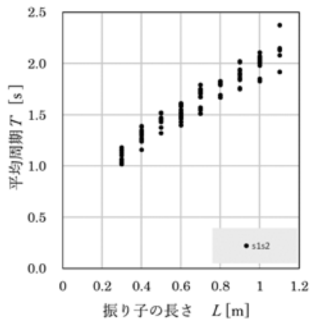


図３　平均周期と振り子の長さの関係。

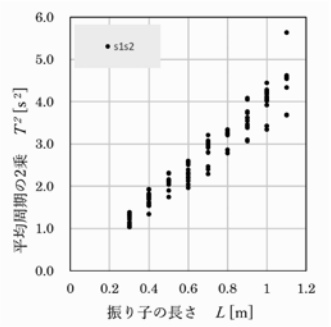


図４　平均周期の２乗と振り子の長さの関係。

考察

（１）図１から分かることは何か？

（２）図２から分かることは何か？

（３）図３、図４から分かることは何か？

Q　10 回振動する時間の測定の仕方が間違えた班があった場合，どの程度のずれが生じるか。

Q　振り子の長さの測定が 10%程度ミスしていた場合、どの程度のずれが生じるか。

自己評価

○をつけてください。（５：高い　⇔　１：低い）

（１）満足度・・・・・・・・・・	5	4	3	2	1
（２）積極性（協力・貢献度）・・	5	4	3	2	1
（３）実験精度・・・・・・・・・	5	4	3	2	1
（４）理解度・・・・・・・・・・	5	4	3	2	1

感想・気付いたこと

※提出〆切：9月　日（ ）　：

新学習指導要領に向けて

― 授業形態の違いと生徒の到達度 ―

英語科　阿部　雄太，荒納　郁美
北野真理恵，真木　啓生

キーワード：GTEC for students　新学習指導要領

1．はじめに

本校は１科目１担当制であり，また研究校ということもあり，授業方法が英語科４人で統一のものがない。その都度試行錯誤を繰り返しているが，それによって定着度に違いがないかどうかの振り返りができていない。そんな中，本校が GTEC for students を採用しだして６年が経った。それぞれの回生のGTEC点数データを見ながら，それぞれの授業の形態を洗い出し，次の新学習指導要領につなげていきたい。

2．成績データ

(1) 72回生

年度	2017	
学校名	金沢大学附属	
学校コード	17101	
学年	高校1年生	
回	31回B	
コース・科目	Total(3技能)	
受検人数	121	
平均スコア	631.9	
満点	810	
スコア（人数）	単純	累積
810		
800		
790	1	1
780	3	4
770	2	6
760	3	9
750	2	11
740	7	18
730	2	20
720	4	24
710	2	26
700	2	28
690	3	31
680	4	35
670	5	40
660	4	44
650	6	50
640	6	56
630	3	59
620	4	63
610	2	65
600	10	75
590	6	81
580	8	89
570	11	100
560	1	101
550		101
540	4	105
530	3	108
520	3	111
510	1	112
500	3	115
490	1	116
～490	5	121

(2) 73回生（現３年）

年度	2019		2020	
学校名	金沢大学附属		金沢大学附属	
学校コード	17101		17101	
学年	高校1年生		高校2年生	
回	37回A		41回A	
コース・科目	Total(3技能)		Total(3技能)	
受検人数	119		118	
平均スコア	667.1		718.2	
満点	960		960	
スコア（人数）	単純	累積	単純	累積
960	1	1		
950	1	2		
940		2		
930		2		
920		2		
910	1	3		
900		3	2	2
890	1	4		2
880		4	1	3
870		4	1	4
860		4		4
850	1	5	4	8
840	2	7	3	11
830	1	8	5	16
820		8	3	19
810		8	1	20
800	1	9	2	22
790	1	10	3	25
780	2	12	5	30
770	4	16	2	32
760	2	18	5	37
750		18	3	40
740		18	5	45
730	2	20	11	56
720	3	23	4	60
710	4	27	4	64
700	6	33	3	67
690	5	38	10	77
680	4	42	3	80
670	9	51	7	87
660	9	60	3	90
650	9	69	3	93
640	3	72	1	94
630	3	75	4	98
620	10	85	5	103
610	8	93	6	109
600	4	97	1	110
590	5	102	2	112
580	3	105		112
570	1	106	1	113
560	1	107	1	114
550	3	110	1	115
540	3	113		115
530	2	115	1	116
520	1	116	1	117
510	1	117		117
500		117		117
490	1	118		117
～490	1	119	1	118

(3) 74回生（現２年）

年度	2020		2021	
学校名	金沢大学附属		金沢大学附属	
学校コード	17101		17101	
学年	高校1年生		高校2年生	
回	41回A		47回A	
コース・科目	Total(3技能)		Total(3技能)	
受検人数	124		118	
平均スコア	654.4		708.9	
満点	960		960	
スコア（人数）	単純	累積	単純	累積
910～				
900			2	2
890				2
880	1	1	3	5
870	1	2	1	6
860	1	3	3	9
850		3	2	11
840		3	2	13
830		3		13
820	2	5	4	17
810	1	6	3	20
800	3	9		20
790	1	10		20
780	3	13		20
770	1	14	4	24
760	2	16	1	25
750		16	7	32
740		16	4	36
730	3	19	5	41
720	3	22	5	46
710	2	24	7	53
700	5	29	6	59
690	5	34	5	64
680	2	36	8	72
670	6	42	4	76
660	11	53	8	84
650	6	59	5	89
640	5	64	8	97
630	5	69	3	100
620	9	78	5	105
610	7	85	3	108
600	12	97	1	109
590	4	101	3	112
580	3	104	3	115
570	8	112		115
560	2	114		115
550	1	115		115
540	4	119		115
530	1	120		115
520	2	122	2	117
510		122	1	118
500	1	123		118
490	1	124		118
～490		124		118

(4) 75回生（現１年）

年度	2021	
学校名	金沢大学附属	
学校コード	17101	
学年	高校1年生	
回	47回A	
コース・科目	Total(3技能)	
受検人数	119	
平均スコア	684.9	
満点	960	
スコア（人数）	単純	累積
910~		
900	1	1
890		1
880	1	2
870		2
860	1	3
850	1	4
840		4
830	1	5
820	1	6
810	1	7
800	3	10
790	2	12
780	4	16
770	5	21
760	1	22
750	1	23
740	5	28
730	6	34
720	4	38
710	6	44
700	5	49
690	8	57
680	2	59
670	3	62
660	7	69
650	6	75
640	7	82
630	3	85
620	4	89
610	7	96
600	6	102
590	4	106
580	5	111
570	4	115
560		115
550	1	116
540	2	118
530		118
520		118
510	1	119
~500		119

３．授業で扱ってきたこと

(1) 72回生（現大学１年生）

<table>
<tr><td>3
年</td><td colspan="3">コミュ英Ⅲ(5)
荒納</td><td colspan="2">英表Ⅱ(2)
真木</td></tr>
<tr><td>2
年</td><td colspan="2">コミュ英Ⅱ(4)
荒納</td><td>表ⅡA(1)
北野
荒納</td><td>表ⅡB(1)
北野</td><td></td></tr>
<tr><td>1
年</td><td>コミュ英Ⅰ(3)
荒納</td><td>表ⅠA(1)
横野</td><td>表ⅠB(1)
横野</td><td></td><td></td></tr>
</table>

【１年次】

コミュニケーション英語Ⅰ

使用教材：

ATLANTIS Hybrid English Communication Ⅰ

授業内容：(予習なし)

①単語チェック

　パワーポイント→ペアワーク

②本文速読

③本文内容把握

　要約スライド

④本文音読　ペアワーク

⑤本文リフレーズ　ペアワーク

⑥家庭復習用に授業で扱ったスライドプリントを配布。要約スライドを用いて，自分の言葉でパート毎に伝えられることを目標とした。

表現ⅠA（英語表現Ⅰ／1単位）

使用教材：自作プリント

授業内容：

JTE １名，ALT ２名で担当

ペアワークを主体として，スピーキング活動を行った。

表現ⅠB（英語表現Ⅰ／1単位）

使用教材：Vision Quest English Expression Ⅰ
（啓林館）

授業内容：

文法説明の後，教科書の問題を解いた。

【２年次】

英語Ⅱ（コミュニケーション英語Ⅱ／3単位）

使用教材：

ATLANTIS Hybrid English Communication Ⅱ

授業内容：(予習なし)

①単語チェック

　パワーポイント→ペアワーク

②本文速読

③本文内容把握

　要約スライド

④本文音読　ペアワーク

⑤本文リフレーズ　ペアワーク

⑥本文発展内容表現活動

　本文に関連した内容（所見）を，相手に英語で伝える。

⑥家庭復習用に授業で扱ったスライドプリントを配布。要約スライドを用いて，自分の言葉で教科書本文についてだけでなく，関連した内容も伝えられることを目標とした。

SL（コミュニケーション英語Ⅱ／1単位）

試用教材：初級者からのニュース・リスニング
CNN Student News（朝日出版社）
Listening&Speaking Training
Seminar 2（Learns）

授業内容：

・１学期　CNN Student Newsを使い，ディクテーション活動を中心に。折に触れて，品詞や相，態といった文法事項についての解説も。

・２学期以降　ラーンズの教材で，ディクテーションから音読, Recitationまでの活動を網羅的に行った。

表現ⅡA（英語表現Ⅱ／1単位）
使用教材：Vision QuestⅡ（啓林館）
授業内容：

週1時間をJTE2名，ALT2名で担当した。1クラスを20名ずつに分け，それぞれをJTEとALTのTTで担当した。

・1学期 Paragraph Writing

Vision QuestのPART2を用いてパラグラフの構成について学習した。ディスコースマーカーを適切に使いながら，抽象→具体の順序でパラグラフを構成できるようになることをねらいとした。毎回の授業は，説明→Speaking→Writingの流れで行い，教科書の例文を確認後，例文とは異なるトピックを提示し，本時の学習事項を用いてパラグラフを構成する練習を行った。授業毎の評価はWritingにて行い，評価項目は「構成」と「正確さ」の2つとした。また，パラグラフ構成に関する学習の成果はSpeakingでも評価した。授業内のWritingのとは異なるトピックを事前に7つ提示し，テスト当日はそのうち1つについて2分間でスピーチし，その後スピーチの内容に関するQ&Aを行うというものである。このテストでは，「スピーチの構成及び内容」と「質問に対する応答」の2つを評価項目とした。

・2学期 Discussion

1時間1トピックとし，冒頭1/3はトピックに関するインプットの時間に充てた。インプットは生徒のプレゼンテーションとし，構成はトピックに関する概要と賛否両方の立場からの主張をまとめるものとした。聞き手側はメモを取りながら発表を聞き，そのメモをもとにディスカッションに臨んだ。ディスカッションは教員（JTEまたはALT）1名と生徒10名のグループで実施した。これまでに英語でのディスカッションの経験がない学年であったことから，ディスカッションリーダーは教員が務めた。授業最後の約5分でディスカッションの内容を記録した。各時間の評価は記録シートをもとに行い，学期末に全ディスカッショントピックからインタビューテストを実施した。今学期の評価は，プレゼンテーション，毎時間の記録シート，インタビューテストにて行った。プレゼンテーションでは「内容（General Information/ Pros /Cons）」と「話し方（声量，アイコンタクト等）」，記録では「内容」，インタビューテストでは「発表内容」と「質疑応答の充実度」を評価した。

・3学期 Informative Speech

先にディスカッションを実施したこともあり，発表後の質疑応答を充実させることを重視し，1人の持ち時間はスピーチ5分＋質疑応答3分の計8分とした。スピーチのトピックは聞き手にとって「新情報で興味深いもの」であれば何でもよいこととした。発表は10名ずつのグループで，聞き手を変えて2回ずつ行った。修正等を加えられるよう，2回目の発表日は1回目の2週間後に設定した。評価項目は「内容」と「話し方」の2つとし，教員の評価に加え，生徒は相互評価を行い，点数に加えコメントを添えた。相互評価シートはそれぞれの生徒に発表へのフィードバックとして返却した。

表現ⅡB（英語表現Ⅱ／1単位）
使用教材：Vision QuestⅡ（啓林館）
授業内容：

教科書のPART1を1時間1レッスンの進度で扱った。前レッスンの確認テスト→基本例文に関する解説・補足→パターンプラクティス→Exercisesの流れで行い，時間配分はおおよそ1/3ずつであった。

1年次に一通り文法事項の学習が済んでいることを踏まえ，既習事項の復習と新出事項の導入を抱き合わせながら行った。パターンプラクティスはペアで行い，練習の難易度は生徒自身が選択できるようにした。各自の到達度に応じて，基本例文をそのまま使う生徒から，数ヵ所を別の表現と入れ替えて負

荷をかける生徒までさまざまであった。Exercisesについては時間的制約から解説は和文英訳のみとした。生徒が板書した英作文を添削する形式とした。一方的な説明にならないよう，生徒に問いかけながら複数の別解を作ることを目指した。

文法の授業は生徒が説明を聞く時間が長くなりがちだが，生徒が自ら疑問を抱き，それを自ら解決しようとする過程を大切にしたいと考えた。時間効率を顧みず，生徒同士の対話や辞書検索により，生徒が自ら考え答えを見つけられるよう，ヒントを提示ししながら導くことを心がけた。

【３年次】

コミュニケーション英語Ⅲ

使用教材：

『FLEX English Communication Ⅲ』（増進堂）

授業内容

・１・２学期

①本文速読→T/F問題

②単語確認

③本文精読→要約問題等

④本文関連題材（TED TALK等活用）

・３学期

過去入試問題読解

英語表現Ⅱ（２単位）

試用教材：Steady Steps to Writing（数研出版）

　　　　　システム英作文（桐原書店）

授業内容：

典型的な和文英訳の授業。生徒板書を担当教員が添削。帯活動として，毎回の授業冒頭で文法項目別の小テストを行った。

(2) 73回生（現高校３年生）

<table>
<tr><td>3
年</td><td colspan="3">コミ英Ⅲ(5)
北野</td><td colspan="2">英表Ⅱ(2)
真木</td></tr>
<tr><td>2
年</td><td colspan="2">コミュ英Ⅱ(4)
北野</td><td>表A(1)
荒納
北野</td><td>表B(1)
阿部</td><td></td></tr>
<tr><td>1
年</td><td>コミュ英Ⅰ(3)
北野</td><td>表A(1)
阿部
真木</td><td>表B(1)
阿部</td><td></td><td></td></tr>
</table>

【１年次】

コミュニケーション英語Ⅰ（単位数：３）

使用教材：CROWN Ⅰ（三省堂）

　　　　　チャンクで英単語Advanced（三省堂）

１年次は週３時間で，毎時間の冒頭約10分を帯学習に充て，残りの40分で教科書を扱った。帯学習では『チャンクで英単語』のテストとスピーキング活動を交互に行い，１学期前半には単語学習と併せて発音記号を取り上げた。スピーキング活動では，最初の質問のみを提示し，その後は自由に会話を展開させることとした。相槌や質問を駆使しながら会話を継続・発展させることをねらいとした。トピックは自分の関することなど身近なものから始め，学期ごとに難易度を高くした。

教科書については，単語の意味調べを最低限の予習として課した。授業は，単語→内容理解→音読→リテリングまたは要約の流れを基本とした。内容理解はT/Fのように答えが１つで，正解/不正解が明確な設問で手短に済ませ，多くの時間を音読とサマリーに費やした。音読は①リピート（チャンク）→②リピート（文）→③Buzz Reading→④クレジットロール音読（虫食いなし）→⑤クレジットロール音読（虫食いあり）の順で行い，それぞれの回数は生徒の到達度に応じて決定した。音読の際には一人一人が明瞭な声を出すよう指導し，周囲と声をそろえる必要はないと強調した。リテリング及びサマリーはペアで行ったが，イラストを提示したりキー

ワードリストを配布したりすることはせず，生徒一人一人がゼロから内容を考える活動とした。発表時間の目安は設定したが，タイマーが鳴っても自分が言いたいことを最後まで話すよう指導した。ペア活動は頻繁に行ったが，毎時間同じ相手にならないよう座席の移動も頻繁に行い，生徒ができるだけ多くのクラスメイトの英語を聞くことができるようにした。

この授業ではパフォーマンステストを定期的に実施し，１年次は５回行った。内容は，物語の音読や教科書本文のリテリング，教科書の題材に関するプレゼンテーションなどである。テストに際しては，事前に評価の観点を示し，テスト後には個別にフィードバックを行った。

英語表現ⅠA
使用教材：使用教材：自作プリント

週１コマ。ALTとのチームティーチング。200～300words程度の題材を用意し，インフォメーションギャップ状態によるリテリング活動を行った。また，各学期に１～２回スピーキングのパフォーマンステストを実施した。形式は以下の通り。

①レシテーション
②インタビュー
③ペアスピーキング

英語表現ⅠB
使用教材：
『Vision Quest English Expression Ⅰ』

週１コマ。文法シラバスに基づくPPP形式での講義・演習を行った。

【２年次】
コミュニケーション英語Ⅱ（単位数：４）
使用教材：CROWN Ⅱ（三省堂）
チャンクで英単語Advanced（三省堂）
SDGs英語長文（三省堂）

新型コロナウイルス流行に伴う臨時休業中の取り組みについては『高校教育研究 第72号』にまとめた。本稿では学校再開後の取り組みについて記す。

学校再開後は，新型コロナの感染状況を考慮し，スピーキング活動を絞り込むことに決め，帯学習でのスピーキング活動については年度いっぱい取りやめることにした。単語は１年次同様１時間おきに継続した。

教科書については，題材に関する理解が教科書本文にとどまらないよう，１年次以上に海外ニュースや動画，統計などを積極的に活用した。単語→内容理解→音読までの流れは１年次同様で，２年次にはスピーキング活動の内容を問いに答える形式に変更した。問いは各セクション１つで，一問一答形式ではなく，経緯や因果関係等の説明を必要とするものにした。教科書本文の情報のみで答えるのではなく，背景知識や補足情報，具体例など教科書外の情報も盛り込み，「つながり」と「まとまり」のある話をするよう指導した。

副教材『SDGs英語長文』は，授業で扱う題材の数を増やしたいとの思いから選んだものであり，２冊目の教科書のような位置づけとした。文章が長いため音読は行わなかったが，本文や資料から題材に関する理解を深め，それを基にアウトプット活動を行う授業構成は教科書同様にした。２年次のパフォーマンステストは３回実施し，そのうち２回はこの教材を中心に出題し，グローバル問題について事実と意見を述べるというものであった。

そして，２年次より少しずつ大学入試を意識した問題演習も取り入れた。教科書や『SDGs英語長文』のレッスンを１つ読み終えたタイミングで１時間ず

つ和訳または速読の練習を行った。

表現ⅡA（英語表現Ⅱ／1単位）
使用教材：自作プリント（JET作成）
授業内容：
JTE２名，ALT２名で担当
クラスを20人×２で分割し，それぞれをJTE，ALT１名ずつで担当
・１学期
もともとは個人・グループプレゼンテーションを予定していたが，コロナ禍により断念。
zoom等を使用し，スピーキング活動を行える範囲で行った。
・２学期前半
コロナの状況が落ち着いてきていたので，プレゼンテーションに向けて動く。個人プレゼンならびにグループプレゼンテーションんを行った。
・２学期後半～３学期
コロナの状況が悪化したことにより，表現活動をスピーキングからライティングに移行。授業の半分をALTによる講義（内容はSDGs関連からトピックを選定し，ALTに短い講義を作成してもらった）をもち，後半はライティング活動に充てた。A４サイズのプリント半分に，講義の要約（文章でも図でも可），後半分に，トピックに関連する課題を与え，自由英作をさせた。

表現ⅡB（英語表現Ⅱ／1単位）
使用教材：
『Vision Quest English Expression II』（啓林館）
『Message Delivered ＜Intermediate＞
パターンで学ぶパラグラフ・ライティングとプレゼンテーション入門 ＜中級＞』（南雲堂）
週１コマ。パラグラフ・ライティングと文法演習を扱った。導入として，『Vision Quest』の Part２を用いてパラグラフの内容一貫性と，文と文の結束性について概要を説明した後，『Message Delivered』を用いて演習活動を行った。演習活動は以下の通り。
①文章構造の分析
②リライト
③入試問題ライティング
文法問題の演習は『Vision Quest』のPart１を用いて，オンラインで学習スケジュールを提示し，解答解説を提供，確認小テストを実施した。

【３年次】
コミュニケーション英語Ⅲ（単位数：５）
使用教材：CROWN Ⅲ（三省堂）
Cutting Edge Orange（エミル出版）
パワーマックス英語リスニング（Z会）
３年次には帯学習を行わず，授業時間50分をフルに教科書あるいは問題演習に充てた。
教科書を用いた授業の進め方は基本的には２年次と同じとしたが，音読後の活動ではスピーキングまたは日本語要約（字数制限あり）を行った。どちらにするかは新型コロナウイルスの感染状況次第で決定した。要約を行う時期は感染状況が良くなかったため，対面でのペア活動を控え，代わりに生徒が教室中を歩き回って机上に置かれたクラスメイトの要約を読むという形式をとった。その後リライトし，３名の評価を受けるという流れで行った。
３年次のパフォーマンステストは１回のみで，教科書本文を用いたスピーチとした。難易度の異なる２種類のテストから，どちらに挑戦するかを生徒が選択できるようにした。
問題演習については，２学期中間考査までは平均週１回程度行い，２学期中間考査後はすべての時間を演習とした。時間内に全員が同じ問題に取り組むことにはこだわらず，志望校に応じて要約を課したり，和訳問題を追加したりしながら，生徒が各自で考え，選択して取り組むことができるようにした。

英語表現Ⅱ（２単位）
試用教材：Steady Steps to Writing（数研出版）
システム英作文（桐原書店）
・１学期　典型的な和文英訳の授業。生徒板書を担当教員が添削。帯活動として，毎回の授業冒頭で文法項目別の小テストを行った。
・２学期　予習の取り組み具合，生徒の定着度といった観点から，授業スタイルを鑑み，「相互添削」を中心に授業を展開した。帯活動はそのまま，解答を先渡しし，生徒どうしの添削活動に転換。授業者は机間巡視し，質問に対応した。解答は先渡しせず，最後に机間指導での質問を全体に共有するなど，簡単な解説で授業を締めくくった方が，生徒の理解につながったという反省はあったが，相互添削に取り組んだ意義は大きかったように感じている。

(3) 74回生（現高校２年生）

2 年	コミュ英(4) 真木		表ⅡA(1) 荒納	表ⅡB(1) 荒納
1 年	コミュ英(3) 真木	表ⅠA(1) 阿部, 真木	表ⅠB(1) 阿部	

【１年次】
コミュニケーション英語Ⅰ（３単位）
使用教材：　FLEXⅠ（増進堂）
Corpus4500（東京書籍）
Blossom2（文英堂）
・４月～５月の２ヶ月間は，新型コロナウィルス感染症対策のため，オンライン講義を展開。休業期間中の取り組みに関しては本校の『高校教育研究 第72号』What we have done ―English lesson under the situation of social distancing― を参照のこと
・６月からの対面一斉授業ではTANABU Modelを参考に，各レッスンの４パートをインプット回（教科書の内容＋重要表現）とアウトプット回（５種類の音読＋リテリング）の２部構成で展開（以下TMFS：TANABU Model×FUZOKU Style）。予習と週末課題は一切なし（帯活動単語テストの自学のみ）。
・TMFS ver.1（６月）：語彙に焦点を絞って，教科書は単語と表現を中心に指導。
インプット回：①教科書の重要表現確認／②内容に関する英問英答（教科書付属＋自作）
アウトプット回：①Chunk Reading ／②Sentence Reading ／③Overlapping ／④Sight Translation ／⑤Wormhole Sentence ／⑥Retelling
・TMFS ver.2（７月以降）：授業評価でリスニング活動への要望が高かったため，冒頭に聞き取りで教科書内容を概要を把握する活動を導入。
①リスニング×４コマ並び替え（教科書付属の手書き風画像データ使用）／②教科書の重要表現確認／③内容に関する英問英答
・TMFS ver.2.1（10月以降）：表現の意味を調べるだけでも取り組みの差(主に活動にかかる時間の差)が大きく，また定着がみられなかったため，演習形式に変更。
①リスニング×４コマ／②重要表現演習問題／③内容に関する英問英答（完全自作）
・TMFS ver.2.2（11月以降）：リスニング活動の目的を書き取りとし，メモをペアでシェアした後にスクリーンで4コマ並び替えに変更。
①リスニングでパートの概況把握（メモをピアチェック）／②重要表現演習問題／③内容に関する英問英答
・TMFS ver.2.3（２月以降）：４コマ並び替えを完全に廃止。リスニング活動をペアでシェアした後，すぐスクリーン上にT/F問題を提示。
①リスニングでパートの概況把握（メモをピアチェック）／②T/F問題／③重要表現演習問題／④内容に関する英問英答
・帯活動：単語テスト（解説含め10分程度）。Corpus 4500（東京書籍）を１年間（６月～２月）

で１周のペースで出題。出題範囲は各ステージ約120語からランダムに25語ずつ。教科書が１レッスン４パート構成のため，１レッスン全４回の小テストで120単語中100語の出題。生徒が全120単語を繰り返し学習する仕組みとして，30語ずつ区切っての出題ではなく，毎回120語からランダム出題とした。一年次はアクセントや単語の意味を４択で答える選択形式で出題（時間短縮のため）。

英語表現ⅠA
使用教材：自作プリント

週１コマ。ALTとのチームティーチング。200～300words程度の題材を用意し，インフォメーションギャップ状態によるリテリング活動を行った。

また，各学期に１～２回スピーキングのパフォーマンステストを実施した。形式は以下の通り。

①レシテーション
②インタビュー
③ペアスピーキング

英語表現ⅠB
使用教材：
『Vision Quest English Expression Ⅰ』

週１コマ。文法シラバスに基づくPPP形式での講義・演習を行った。

【２年次】
英語Ⅱ（コミュニケーション英語Ⅱ／３単位）
使用教材：　FLEXⅡ（増進堂）
　　　　　　Corpus4500（東京書籍）
　　　　　　Vintage（いいずな書店）
授業内容：

本稿執筆段階の12月まではTMFS（TANABU Model×FUZOKU Style）の授業形式を継続。ただし，３学期（１月以降）は大幅な改変を予定（後述）。

・TMFS ver.3（５月以降）：リスニングの目的をディクテーションに変更。書き取り箇所ごとにポーズをとり，「聴きながら書き取り」ではなく「聴いて書き取り」形式で，聴き取れている／いない箇所の見える化を徹底。また，活動どうしのつながりを再考し，演習（と解説）を最後の活動として位置付けた。更に，アウトプット回では，音声によるSight Translation（授業では「つうやくごっこ」と呼称）を取り入れた。

インプット回：①ディクテーション／②T/F問題（自作）／③背景知識の解説（日本語）／④重要表現演習問題（＋解説）

アウトプット回：①Chunk Reading／②Sentence Reading／③Overlapping／④Sight Translation／⑤Wormhole Sentence／⑥Back Translation／⑦Retelling

・TMFS ver.3.1（10月以降）：より実践的な（具体的には模試で通用する）リスニング力に対する要望が高かったため，試験対策のためだけの活動にはならないよう注意しながら（＝よりコミュニカティブな活動を目指して）マイナーチェンジを施した。

インプット回：①内容に関する問題を提示（T/F問題＋記述問題）／②リスニング活動を通して解答（ペアでチェック）／③解説時，必要に応じてディクテーション／④背景・周辺知識の解説（TED）／⑤教科書重要表現の演習問題

・TMFS ver.4（１月以降予定）：１パートの語彙量の増加に伴い，従来の活動継続が困難に。具体的には，７種類の音読活動を50分で完結することが不可能に。そのため，アウトプット回は一部分を抜き出した音読や，ディスカッション，ディベートといった高次の表現活動への移行を検討中。また，インプット回では，教科書そのものを初見問題として扱い，これまで取り組む機会の少なかった，速読や和訳といった活動をコミュニカティヴに導入予定。

英語Ｐ（コミュニケーション英語Ⅱ／１単位）
使用教材：
Ａ）『CNN Workbook Extended Course 2021』（朝日出版社）
Ｂ）『Jigsaw Intro』（センゲージラーニング）
授業内容：
週１コマ。パラグラフ・ライティングとリスニング活動を扱った。
① 講義・演習（プリント）：
パラグラフの内容一貫性（coherence）と，文と文の結束性（cohesion）について
② リスニング/ノートテイキング/音読（CNN）
③ 文章構造のモデル分析（CNN, Jigsaw）
④ 入試問題ライティング（プリント）：
解答例分析とリライト

表現ⅡＡ（英語表現Ⅱ／１単位）
使用教材：自作プリント（JET作成）
授業内容：
JET１名，ALT２名で実施。教室は，一斉に行ったり，２つに分割したりして適宜行った。
・１学期
個人・グループプレゼンテーションを行う予定であったが，個人プレゼンを終えた５月下旬にコロナ状況が悪化。そのため，スピーキング活動からリスニングならびにライティング活動に移行。SDGs関連のトピックを扱ったTEDを用いて，リスニング活動ならびに内容把握を行い，最後トピックに関連する短いライティング活動を課した。
・２学期前半
コロナの状況がまだ悪かったため，１学期同様にTEDを用いたリスニング・ライティング活動を行った。
・２学期後半
パーラメンタリーディベートを，コミュニケーション英語と共同で行った。

表現ⅡＢ（英語表現Ⅱ／１単位）
使用教材：
『Vision Quest English Expression Ⅱ』（啓林館）
授業内容：
表コマ：隔週。基本例文を大切にしながら，文法事項を確認し，和訳問題に取り組む。１コマで１レッスン
①基本例文音読
②ペアワーク
基本例文　英語→日本語
日本語→英語
基本例文一部変更　日本語→英語
③和訳問題
裏コマ：隔週。巻末の単語集を用いて，それらの単語を用いた表現活動を行う。
①単語チェック
②ペアワーク
単語：英語→日本語
日本語→英語
単語を用いた文を各自で作成　日本語→英語
③お題が与えられ，それらに対して１～２分間のスピーキング活動（ペアもしくはグループ）

(4) 75回生（現高校１年生）

１ 年	コミュ英(3) 阿部	英表Ⅰ(2) 荒納

【１年次】
コミュニケーション英語Ⅰ（３単位）
使用教材（帯活動用）：
Ａ）『発音入門音トレーニングドリル』（アルク）
Ｂ）『ユメタン ライティング（１）高校標準編』（アルク）
Ｃ）『スピーキングジム スタンダード』（数研出版）
Ｄ）『LISTENING NAVIGATOR 3』（Z会）
Ｅ）『夢をかなえる英単語 新ユメタン（１）大学合

格必須レベル』（アルク）

使用教材（主活動用）：
X）『FLEX ENGLISH COMMUNICATION I』（増進堂）
Y）『Side by Side Extra Book & eText 3』（PEARSON）
Z）『CNN Comprehensive Trainer 2022』（朝日出版社）

授業内容：
帯活動（10～15分）＋主活動（30～35分）＋振り返り活動（５分）の組み合わせで１コマを展開した。予習を前提とせず（帯活動のEを除く），各自で復習と定着活動を行ったかどうかを，定期考査で評価した。各活動の具体的内容は以下の通り。

帯活動：
A）発音練習（１学期）
B）ディクテーション/音読（１～２学期）
C）ペアスピーキング/モデル文章音読（２～３学期）
D）リスニング問題演習/ディクテーション/音読（２～３学期）
E）フレーズ穴埋め小テスト（通年）

主活動
X）（１～２学期）《表コマ》
① 単語チェック（５～10分，個人→ペア→全体）
② ジグソーリーディング（約20分，グループ活動）
③ 内容理解 T/F問題（３分）
※帯活動はB）またはD）をおこなう
X）（１～２学期）《裏コマ》
① ディクテーション（穴埋め，15分）
② 音読（チャンク→シャドーイング，10分）
③ 文構造分析（文型・品詞・構文把握５～10分）
④ サイトトランスレーション（日→英，ペア，５分）
※帯活動はA）またはC）をおこなう
Y）（通年）《ALTとのチームティーチング》
① インプット（例文解説→音読）
② 定着活動（スピーキング，ペア活動）
※帯活動はE）で固定
Z）（３学期）《予定》
① 単語チェック（３～５分，個人→ペア→全体）
② リスニング/ノートテイキング/内容理解質問（10分）
③ リーディング/内容理解問題/穴埋め（5分）
④ 音読（オーバーラッピング→シャドーイング）
⑤ アウトプット活動（ライティング/スピーキング）

振り返り活動：
オリジナルのハンドアウト（A３縦）「Study Log」を配布し，①その日に行った活動　②学んだこと・感想　③パートナーからのコメントを記録させた

英語表現Ⅰ（２単位）

試用教材：

Vision Quest English Expression Ⅰ

授業内容：

基本例文を大切にしながら，文法事項を確認し，和訳問題に取り組む。

①基本例文音読

②文法説明

③ペアワーク

基本例文　英語→日本語

日本語→英語

基本例文一部変更　日本語→英語

④和訳問題

４．生徒到達度の違い

授業形態は違うが，GTECの点数データと比較してみても，顕著な違いは見てとれない。ただ，例えば音読に力を入れることが，必ずリーディングにつながるわけではなく，どこに表れるかは実際には不透明である，ということは読み取れるのではないかと思う。

新学習指導要領になり，観点別評価がなされることで，制約を受けつつも，今までも表現活動を続けてきた本校にとってはプラスに働くこともあるのではないかと考えている。この授業形態の洗い出しをもとに，今一度考察を行い，授業の更なる発展を目指していきたい。

資料提供：ベネッセコーポレーション 様

注：進研模試・Gtecとのクロス分析

(1) 72回生（現大学１年生）１年次

集計人数:113人　単位:人　対象:全組

2018年度 進研模試1年生7月記述	合計	0	100	200	300	400	500	600	700	800
S1	20							4	16	
S2	16							7	9	
S3	27						1	14	12	
A1	14						1	13		
A2	18						4	13	1	
A3	14						8	6		
B1	2					1	1			
B2	2						2			
B3	0									
合計	113	0	0	0	0	1	17	57	38	0

2018年度 GTEC33回Basic

72回生（現大学１年生２年次）

集計人数:113人　単位:人　対象:全組

2019年度 ベネッセ総合学力テスト2年生7月記述	合計	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
S1	16							1	6	9	
S2	31							6	17	8	
S3	21							10	9	2	
A1	14							10	4		
A2	19							11	8		
A3	9						1	8			
B1	1							1			
B2	2						1	1			
B3	0										
合計	113	0	0	0	0	0	2	48	44	19	0

2019年度 GTEC37回Advanced

(2) 73回生（現３年生）１年次

集計人数:117人　単位:人　対象:全組

2019年度 ベネッセ総合学力テスト1年生7月記述	合計	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
S1	31							11	11	6	3
S2	17							10	7		
S3	30						2	22	6		
A1	18						3	15			
A2	9						4	5			
A3	5					1	4				
B1	5						5				
B2	0										
B3	0										
C1	2					1	1				
合計	117	0	0	0	0	2	19	63	24	6	3

2019年度 GTEC37回Advanced

73回生（現３年生）２年次

集計人数:116人　単位:人　対象:全組

2020年度ベネッセ総合学力テスト2年生7月記述	合計	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
S1	14								5	8	1
S2	18								9	8	1
S3	19							3	12	4	
A1	18						1	8	9		
A2	19							14	5		
A3	16						3	9	4		
B1	6						1	4	1		
B2	4						1	3			
B3	0										
C1	1						1				
C2	1				1						
合計	116	0	0	0	1	0	7	41	45	20	2

2020年度 GTEC41回Advanced

74回生（現２年生）２年次

集計人数:117人　単位:人　対象:全組

2021年度ベネッセ総合学力テスト2年生7月記述	合計	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
S1	13								3	9	1
S2	15							3	5	6	1
S3	19						1	5	12	1	
A1	22							11	9	2	
A2	21							15	6		
A3	15						5	8	2		
B1	3							2	1		
B2	6						2	4			
B3	2							2			
C1	0										
C2	1						1				
合計	117	0	0	0	0	0	9	50	38	18	2

2021年度 GTEC47回Advanced

(3) 74回生（現２年生）１年次

集計人数:118人　単位:人　対象:全組

2020年度ベネッセ総合学力テスト1年生7月記述	合計	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
S1	18							7	8	3	
S2	16						1	6	6	3	
S3	24						3	15	5	1	
A1	22						3	18	1		
A2	26						11	15			
A3	8						6	2			
B1	2						1	1			
B2	2					1	1				
B3	0										
合計	118	0	0	0	0	1	26	64	20	7	0

2020年度 GTEC41回Advanced

(4) 75回生（現１年生）１年次

集計人数:117人　単位:人　対象:全組

2021年度ベネッセ総合学力テスト1年生11月記述	合計	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
S1	20							3	8	8	1
S2	11							1	10		
S3	27							9	17	1	
A1	16						2	14			
A2	25						6	17	2		
A3	13						6	7			
B1	5						3	2			
B2	0										
合計	117	0	0	0	0	0	17	53	37	9	1

2021年度 GTEC47回Advanced

高校教育研究　第 73 号

令和４年３月　発　行

発 行 者　中　澤　宏　一

編集委員　真　木　啓　生

発 行 所　〒921-8105
金沢市平和町１丁目１番15号
金沢大学附属高等学校
（TEL 076－226－2154）
（FAX 076－226－2150）

印 刷 所　〒920-0806
金沢市神宮寺3-4-17
株式会社栄光プリント

ISSN 0287-5233