

大学入学者選抜改革推進委託事業成果報告書

平成 28 年～平成 30 年度

「高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革」

高大協働型（ボトムアップ的アプローチ）グループ

広島大学（代表校）

京都工芸繊維大学

九州大学

東京理科大学

大学主導型（トップダウン的アプローチ）グループ

東京工業大学

北海道大学

筑波大学

東京大学

早稲田大学

2019 年 5 月 30 日

目次

第1章	はじめに.....	1
第2章	大学入学者選抜改革を進める上での具体的な課題や問題点の整理.....	3
2.1.	ボトムアップ的アプローチからみた入学者選抜における問題点.....	3
2.2.	トップダウン的アプローチからみた入学者選抜における問題点.....	12
2.2.1.	はじめに.....	12
2.2.2.	入試改革研究法の問題点.....	12
2.2.3.	大規模入試における思考力・表現力測定に関わる疑問.....	14
2.2.4.	アメリカの入試システムの調査.....	15
2.2.5.	書類等の選考を加味した一般入試.....	17
2.2.6.	一般選抜での思考力問題.....	19
2.2.7.	思考力等を評価の対象とする選抜方式の実施大学状況調査.....	24
2.2.8.	高校・大学現場への聞き取り調査と新選抜方法の模索.....	25
2.2.9.	基礎学力担保としての外部試験.....	27
2.2.10.	まとめ.....	28
第3章	思考力等に関する多面的・総合的な評価を行うための実践的で具体的な評価手法、 問題の開発.....	30
3.1.	ボトムアップ的アプローチによる実践的で具体的な評価手法、問題の開発.....	30
3.1.1.	理数分野における思考力・判断力・表現力の捉え方（考え方）.....	30
3.1.2.	思考力等の評価方法・問題例.....	32
3.2.	トップダウン的アプローチによる多面的・総合的な選抜方法の開発.....	60
3.2.1.	理数分野における思考力・判断力・表現力の捉え方.....	60
3.2.2.	入学者選抜の設計と学力の3要素.....	61
3.2.3.	具体的な入学者選抜方法のモデル例.....	65
第4章	開発した成果を全国の大学に普及することによる大学の入学者選抜改革の推進.....	87
4.1.	思考力等の評価のための理数分野における入試改革セミナー（ボトムアップ的・ト ップダウン的アプローチ共同）.....	87
4.2.	ウェブサイトの開設（ボトムアップ的・トップダウン的アプローチ共同）.....	88
4.3.	ボトムアップ的アプローチによる新しい入試問題を用いた入学者選抜改革の推進	90
4.3.1.	高校教員を対象としたセミナーの開催.....	90
4.4.	トップダウン的アプローチによる新しい選抜方法を用いた入学者選抜改革の推進	91
4.4.1.	新選抜方法を用いた入学者選抜改革の推進.....	91
4.4.2.	実際に導入（予定）した新選抜方法の例.....	92
第5章	まとめ.....	93
5.1.	ボトムアップ的アプローチによる理数分野における入学者選抜改革推進の総括.....	93
5.2.	トップダウン的アプローチによる理数分野における入学者選抜改革推進の総括.....	94
5.3.	全体の総括.....	95

第1章 はじめに

高大接続改革を実現するためには、高等学校教育と大学教育の接続面である大学入学者選抜において、「学力の3要素」（(1) 知識・技能, (2) 思考力・判断力・表現力等, (3) 主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度）を多面的・総合的に評価し、大学教育における質の高い人材育成につなげていくことが重要である。このため、個別大学の入学者選抜において、「思考力・判断力・表現力」や「主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度」を評価することが必要である。

大学入学者選抜改革推進委託事業（以下「本事業」という）は、「思考力等」や「主体性等」を評価する大学入学者選抜改革を進める上での具体的な課題・問題点を整理するとともに、多面的・総合的な評価を行うための実践的で具体的な評価手法を構築し、その成果を全国の大学に普及することにより、各大学の入学者選抜の改革を推進することを目的としており、入学者選抜は高等学校教育、大学教育と一体的に行う教育改革の一部をなすものであるというのが本事業のベースとなる考え方である。

本事業の理数分野「高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革」（以下「理数分野」という）では、高等学校、大学がともに思考力等の高い生徒を求め、育てているが、現状では大学入試が知識暗記型の能力を評価する形式で行われるがゆえにボトルネックとなって、両者が一体となった教育を阻んでいるという問題意識を前提に、大学側では「求める人材像」とその人材を確保するための「入試問題」との「ズレ」が、高等学校側では「付けるべき資質・能力」と実際に「入試対応」のために付ける能力との「ズレ」が生じていることを明らかにして、その対応策の開発を進めた。本報告書では、平成28年度から3年間に亘って実施された理数分野における成果を報告する。

理数分野における入学者選抜改革の検討にあたっては、多くの大学で広く活用できることを目指して、高等学校教員をメンバーに加えて高等学校と大学の双方から課題や意識の「ズレ」の解決を図り、理数分野で思考力等を評価する問題を開発するボトムアップ的アプローチ「高大協働型グループ」と、各大学において実施している様々な取組をベースとして、理数分野

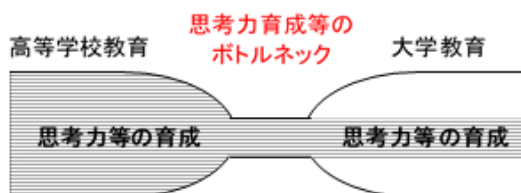


図 1.1 高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革の取組の概念図

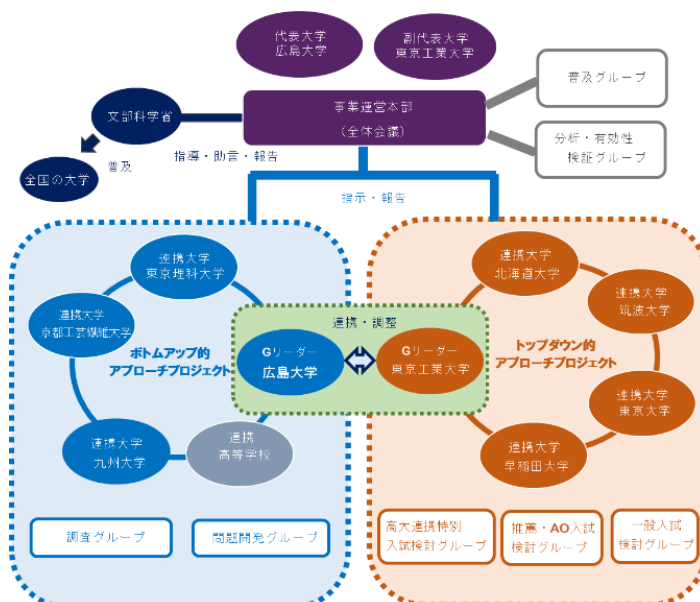


図 1.2 ボトムアップ的アプローチ「高大協働型グループ」とトップダウン的アプローチ「大学主導型グループ」の実施体制のイメージ図

と、各大学において実施している様々な取組をベースとして、理数分野

における多面的・総合的な入試・評価手法を開発するトップダウン的アプローチ「大学主導型グループ」に分かれて、多角的に大学入学者選抜の問題・手法の開発にあたった。両グループの構成大学は、以下のとおりである。

「高大協働型グループ」	「大学主導型グループ」
広島大学【代表校】	東京工業大学【副代表校】
京都工芸繊維大学	北海道大学
九州大学	筑波大学
東京理科大学	東京大学
	早稲田大学

なお、理数分野の開発を進めるにあたっては、委託事業を以下の3事業に整理し、段階を踏んで実施した。

【事業1】 大学入学者選抜改革を進める上での具体的な課題や問題点の整理

【事業2】 思考力等に関する多面的・総合的な評価を行うための実践的で具体的な評価手法の構築

【事業3】 開発した成果を全国の大学に普及することによる大学の入学者選抜改革の推進

第2章 大学入学者選抜改革を進める上での具体的な課題や問題点の整理

2.1. ボトムアップ的アプローチからみた入学者選抜における問題点

調査1: 高等学校教員, 大学教員を対象としたアンケート調査

調査目的:

ボトルネックを生み出している原因として, 大学側では「求める人材像」とその人材を確保するための「入試問題」との「ズレ」, 高等学校側では「付けるべき資質・能力」と「入試対応」との「ズレ」があると推測できる。そこで本調査では, 思考力等の資質・能力の育成が, 高等学校教育や大学教育においてどの程度重視されているかについての認識と入試においてどの程度それらの資質・能力が評価されているかについての認識を測定し, 両者のズレを把握する。思考力育成において, 入試がボトルネックとなっているという想定からは, 高等学校教員や大学教員は, 高等学校教育や大学教育において, 思考力等の資質・能力は育成すべき能力として重視しているものの, 入試においてその評価が十分になされていないという認識が生じていると予測される。

調査方法:

調査対象者および分析対象者: 高等学校 3000 校, 大学 824 校に調査票を送付し, 数学教員・理科教員各 1 名から回答を得た。回答数 3376 名の内, 調査項目に欠損のない 2908 名のデータを分析対象とした。分析対象となった高等学校教員は 2370 名 (数学 1207 名; 理科 1163 名), 大学教員は 538 名 (数学 270 名; 理科 268 名であった)。

調査票の設計: 「高大接続システム改革に関する調査」というタイトルで, 調査票を作成した。1 ページでは, 大学あるいは高校名や設置区分等を尋ねた。2 ページでは, 学力の 3 要素および, それらを各教科に照らして具体化したものの説明を行った。具体的には, ①「高大接続システム改革」においては, 高等学校教育, 大学入学者選抜, 大学教育を通して, 「学力の 3 要素」の育成を目指していること, ②学力の 3 要素とは「1) 十分な知識・技能, 2) それらを基盤にして答えが一つに定まらない問題に自ら解を見いだしていく思考力・判断力・表現力等の能力, 3) これらの基になる主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度」を指すことを説明した。さらに, 各教科別に学力の 3 要素を具体化したものとして, 数学科においては「a. 数学における基本的な概念や原理・法則の体系的な理解, b. 事象を数学的に考察し, 表現する能力, c. 数学に対する関心や主体的に数学を学ぼうとする意欲, d. 事象を数学的に表現し, 正しい数学的推論によって得られた結果に基づいて, 合理的に判断する能力, e. 他者と協働して学ぶ態度」の 5 つの資質・能力・態度を呈示し, 理科においては「a. 自然の事物・現象についての理解, b. 自然の事物・現象について問題を見だし, 科学的に探究する能力, c. 自然の事物・現象に対する関心や探究心, d. 体系化された知識に基づいて, 自然の事物・現象を分析的, 総合的に考察する能力, e. 他者と協働して学ぶ態度」の 5 つの資質・能力・態度を呈示した。

3 から 7 ページにおいては, これらの 5 つの資質・能力・態度のそれぞれについて, 高等学校教育や大学教育での育成の現状についての認識や入学者選抜での評価についての認識などを尋ねた。具体的には以下の 7 つ観点で, 各項目 4 段階で評価させた。「1. 社会で自立して活動していくために, どの程度重要だと思いますか, 2. 高等学校で育てる資質・

能力としてどの程度重視されているとご思いますか¹, 3. 高等学校での教育によって, どの程度育まれているとご思いますか², 4. 大学教育で育てる資質・能力として, どの程度重視されているとご思いますか³, 5. 大学教育によって, どの程度育まれているとご思いますか⁴, 6. 大学入学者に求める資質・能力として, どの程度重視されているとご思いますか⁵, 7. センター試験において, どの程度評価されているとご思いますか」。また, 各観点についての回答ラベルは, 観点 1 においては「1: 全く重要ではない, 2: あまり重要ではない, 3: ある程度重要である, 4: 非常に重要である」, 観点 2, 4, 6 においては「1: 全く重視されていない, 2: あまり重視されていない, 3: ある程度重視されている, 4: 非常に重視されている」, 観点 3, 5 については「1: 全く育まれていない, 2: あまり育まれていない, 3: ある程度育まれている, 4: 非常に育まれている」, 観点 7 については「1: 全く評価されていない, 2: あまり評価されていない, 3: ある程度評価されている, 4: 非常に評価されている」であった。

8 ページにおいては, 高大接続システム改革についての意見を呈示し, それらの意見に対する同意度を 4 段階で評価させた。高大接続システム改革についての意見に関しては, 改革に対する肯定的意見と否定的意見を含め, 計 11 項目を用意した。具体的には, 「1. どのような社会が実現されていくか予見できない, 先行きの不透明な時代であるからこそ, 学力の 3 要素の育成が重要である, 2. 大学入学者選抜は, 本来の役割を超え, 実態として高等学校教育以下の初等中等教育と大学教育とに大きな影響を与えている, 3. 現状の大学入学者選抜は, 知識の暗記・再生や暗記した解法パターンの適用の評価に偏りがちである, 4. 複数の情報を統合し構造化して新しい考えをまとめる思考・判断の能力や, その過程を表現する能力をよりよく評価するためには, 記述式問題が有効である, 5. 入学者選抜において記述式問題を導入することは, 高等学校教育において, 習得・活用・探究の学習過程における言語活動等の充実や生徒の能動的な学習をより重視した授業への改善を促す, 6. マーク形式で回答させる設問では, 複数の情報を統合し構造化して新しい考えをまとめる思考・判断の能力の測定はできない, 7. 選抜性の高い国立大学で実施されている本格的な記述式の問題でさえ, 高等学校教育において, 言語活動や探究活動を促す力があるかどうかは疑わしい, 8. 大学入学者選抜においては, 知識・技能を評価すれば十分である, 9. 大

¹ この項目は高等学校教員が回答する際には「ご所属の高等学校で育てる資質・能力として, どの程度重視されているとご思いますか」とし, 回答者の所属の高等学校での現状についての認識を測定している。

² この項目は高等学校教員が回答する際には「ご所属の高等学校での教育によって, どの程度育まれているとご思いますか」とし, 回答者の所属の高等学校での現状についての認識を測定している。

³ この項目は大学教員が回答する際には「ご所属の大学で育てる資質・能力として, どの程度重視されているとご思いますか」とし, 回答者の所属の大学での現状についての認識を測定している。

⁴ この項目は大学教員が回答する際には「ご所属の大学での教育によって, どの程度育まれているとご思いますか」とし, 回答者の所属の大学での現状についての認識を測定している。

⁵ この項目は大学教員が回答する際には「ご所属の大学で入学者に求める資質・能力として, どの程度重視されているとご思いますか」とし, 回答者の所属の大学での現状についての認識を測定している。

学入学者選抜において、思考力・判断力を評価することは実施コストを高めるばかりで、得られるものはさほどない、10. 大学入学者選抜を改革していくことは、高等学校教育を充実させていく上で、非常に重要なことである、11. 大学入学者選抜を改革していくことは、大学教育を充実させていく上で、非常に重要なことである。」であり、回答ラベルは「1: 全く同意できない, 2: あまり同意できない, 3: ある程度同意できる, 4: 非常に同意できる」であった。

調査結果:

調査の目的は、思考力等の資質・能力の育成が、高等学校教育や大学教育においてどの程度重視されているかについての認識と入試においてどの程度それらの資質・能力が評価されているかについての認識を測定し、両者のズレを把握することであった。

そこで、5つの資質・能力・態度について7つの観点から評価させた回答を、教科(数学 or 理科)の別と教育機関(高等学校 or 大学)の別を組み合わせた4グループ別に、回答のパーセントを積み上げ棒グラフの形で図2.1.1~2.1.5に示した⁶。

各図のパネルにおいては、一番左にそれぞれの資質能力が社会で自立して活動していくために重要だと思うかについての認識が示されている。「数学に対する関心や主体的に数学を学ぼうとする意欲」における大学教員の認識(図2.1.3の右上パネル)においてのみ、重要であるという認識と、ある程度重要であるという認識の合計(以下、これら2つの認識を合わせて重要であるという認識と表記する)が75%を下回っているものの、他の能力・資質については重要であるという認識は高く、5つの能力・資質が社会で自立して活動していくために重要であるという認識は、高等学校教員や大学教員共に共通認識として存在していることが示され、高等学校教員と大学教員は、生徒および学生に、高等学校教育や大学教育を通じて、これらの資質・能力を育む必要性を認識していると考えられる。

⁶ 各図のx軸は7つの観点をあらわしている。項目ラベルと観点对の対応を「項目ラベル = 観点」の形で以下に示す。社会で重視 = 社会で自立して活動していくために、どの程度重要だと思いますか、高校で重視 = 高等学校で育てる資質・能力としてどの程度重視されていると思いますか、高校で育成 = 高等学校での教育によって、どの程度育まれていると思いますか、入試 = センター試験において、どの程度評価されていると思いますか、大学が求める = 大学入学者に求める資質・能力として、どの程度重視されていると思いますか、大学で重視 = 大学教育で育てる資質・能力として、どの程度重視されていると思いますか、大学で育成 = 大学教育によって、どの程度育まれていると思いますか。

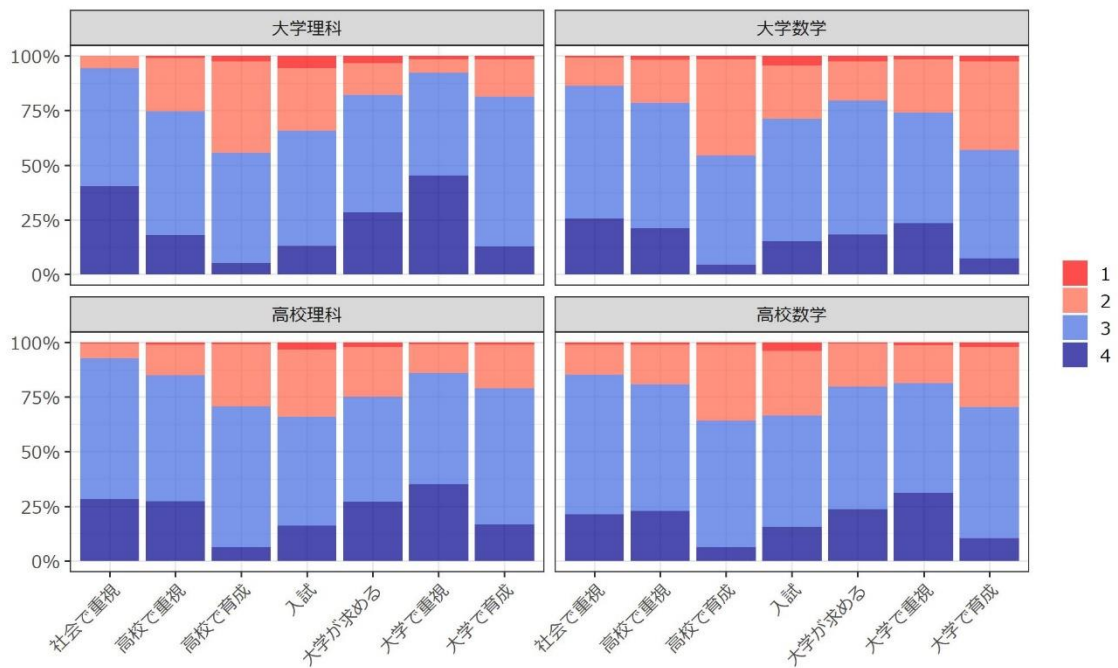


図 2.1.1 知識・技能項目についての認識（数学：数学における基本的な概念や原理・法則の体系的な理解；理科：自然の事物・現象についての理解）。

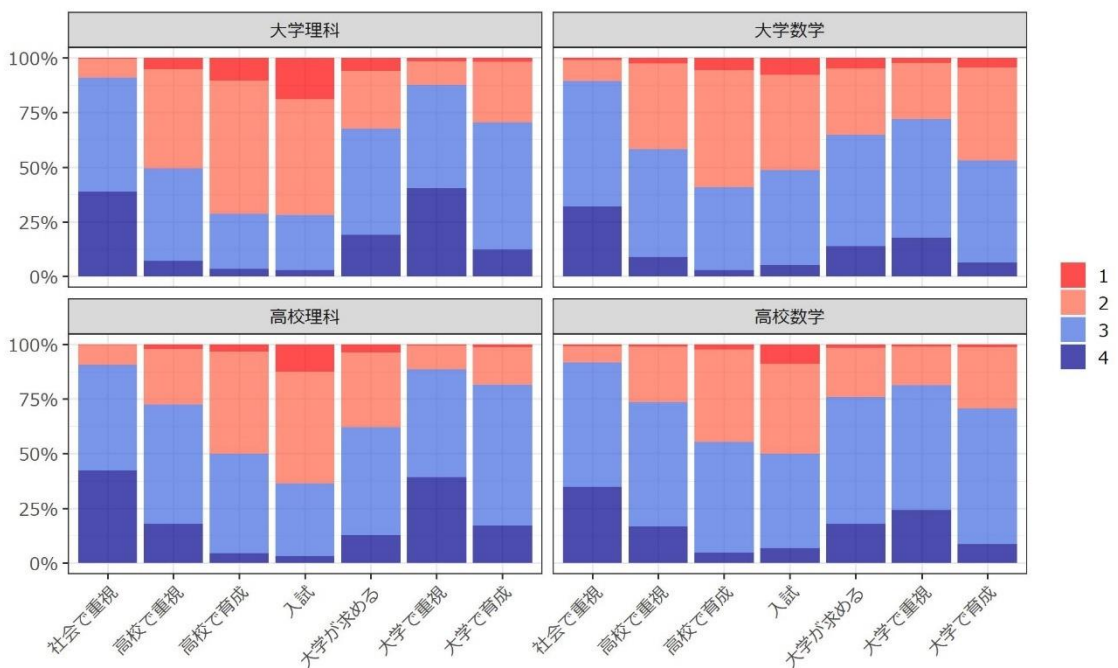


図 2.1.2 思考力・判断力・表現力項目についての認識（数学：事象を数学的に考察し，表現する能力；理科：自然の事物・現象について問題を見いだし，科学的に探究する能力）。

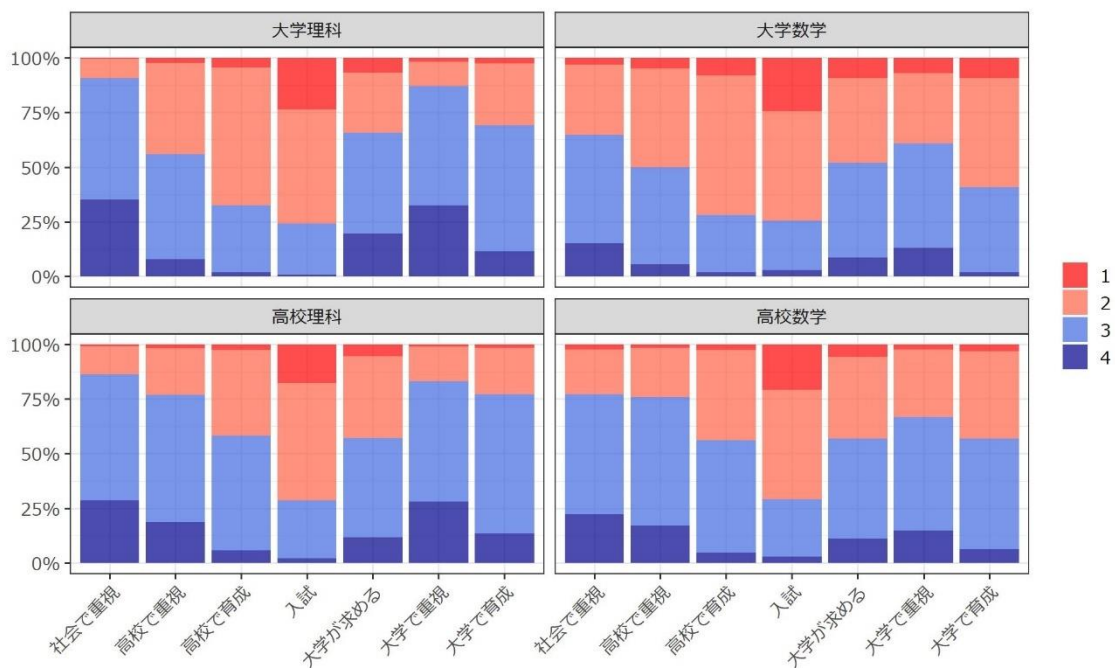


図 2.1.3 関心・意欲・態度項目についての認識（数学：数学に対する関心や主体的に数学を学ぼうとする意欲；自然の事物・現象に対する関心や探究心）。

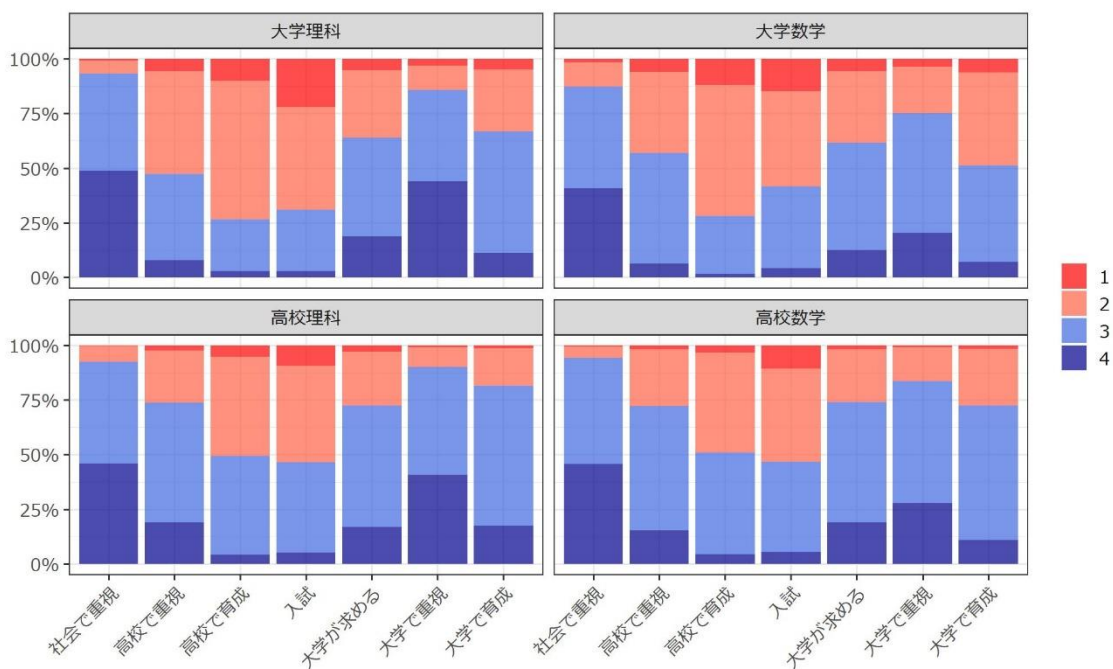


図 2.1.4 問題解決能力・活用力項目についての認識（数学：事象を数学的に表現し，正しい数学的推論によって得られた結果に基づいて，合理的に判断する能力；体系化された知識に基づいて，自然の事物・現象を分析的，総合的に考察する能力）。

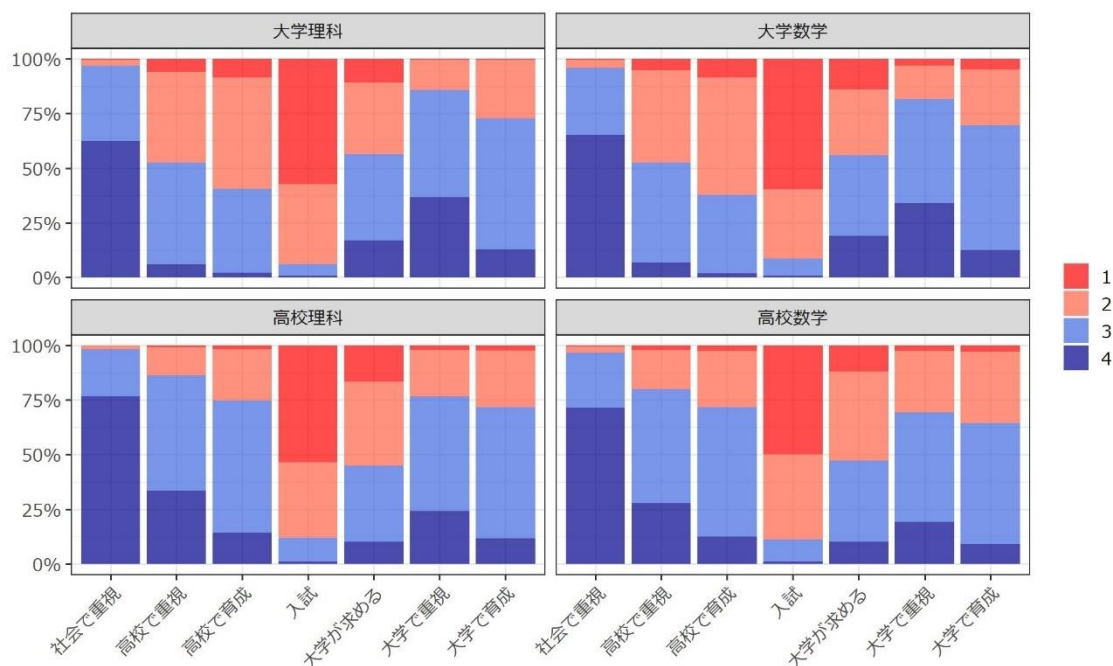


図 2.1.5 協働性項目についての認識（数学と理科で同一：他者と協働して学ぶ態度）

思考力等育成におけるボトルネックの存在 入試がボトルネックとなっている状況は、「高等学校教育や大学教育において、その育成が重視されているほどには、入学者選抜において評価がされていない」という認識に現れると考えられる。思考力等の資質能力として、問題解決能力・活用力といった高度な思考力に関する能力（図 2.1.4）を例にあげる。この資質・能力について、高等学校教員の高等学校教育で重視しているという認識（ある程度重視されているという認識と非常に重視されているという認識の合計；以下同様）は、数学と理科で 73%程度であり、育成が重視されていることが窺える数値であるが、入学者選抜において評価されているという認識（ある程度評価されているという認識と非常に評価されているという認識の合計；以下同様）は数学と理科で 47%程度と、過半数はそれらの能力が評価されていないという認識を持っていた。同様に、大学教員の大学教育で重視しているという認識は、数学で 75%、理科で 85%であったが、入学者選抜において評価されているという認識は、数学で 41%、理科で 31%にとどまった。

一方で、既存の入学者選抜制度においても評価されていると考えられる知識・技能については、高等学校教員の高等学校教育で重視しているという認識は、数学で 85%、理科で 81%であり、入学者選抜において評価されているという認識は数学と理科で 66%であり、重視しているという認識よりは低いものの、過半数は入学者選抜において評価されているという認識であった。同様に、大学教員の大学教育で重視しているという認識は、数学で 74%、理科で 92%であり、入学者選抜において評価されているという認識は、数学で 71%、理科で 66%であった。

調査の結果、知識・技能項目については、入試において評価されているという認識が過半数を超えているが、他の資質能力においては多くの人が入試において評価されていないという認識を持っていることが示された。また、知識・技能においては、高等教育や大学

教育での育成や入試での評価について、重視されているという認識や育成できているという認識が支配的であるのに対し、その他の資質能力については、重視されていないという認識や育成できていないという認識が増えていることも見てとれる。

調査 2: 高校生を対象としたアンケート調査

調査目的:

高校生の学習において、その学習動機づけを支えるものに、志望する大学に入学するため、というものがあると想定される。このような学習動機に動機づけられている生徒は、その学習において、志望する大学に入学するための学習を優先すると考えられる。そこで、生徒が入試問題を解く際にどのような要素が重要であると認識しているかを測定することによって、高校生の入試対応の実態を調査することを目的とした。また、第 3 章で開発する思考力等を測定すると想定される問題によって、思考力等を育むための活動が必要であると認識されるかどうかについても調査することを目的とした。

調査方法:

調査対象者および分析対象者:平成 29 年度 2 月に、高大協働型グループが実施した、高校対象の試行試験の解答者 1688 名から回答を得た。そのうち、調査項目に欠損のない 1577 名のデータ(数学 782 名;理科 795 名)を分析対象とした。

調査票の設計:「試験実施後のアンケート」というタイトルで調査票を作成し、試行試験への解答終了後に回答を求めた。調査票は問題の認識を測定するパートと生徒の学習動機づけを測定するパートから構成されていた。解答した問題およびセンター試験で出題されたような問題についての認識については、後述の項目を用い 5 段階で評価を求めた。なお、設問の教示文は、解答した問題についての認識においては「今回解答した問題を解くためには、以下の事柄はどの程度重要だと思いますか」であり、センター試験で出題されたような問題についての認識においては「これまでのセンター試験で出題されたような問題を解くためには、以下の事柄はどの程度重要だと思いますか」であった。

使用した項目について説明する。数学科においては、「1. 問題の解き方を覚えておくこと、2. 問題文をよく読み、問題の場面を理解すること、3. 式の意味や変形の根拠を考えること、4. 同じような問題を何回も解いて慣れること⁷、5. 用語を暗記しておくこと、6. 問題を解いているときや解いた後で、解き方や結果を振り返ること、7. 公式を暗記しておくこと、8. 問題を解く前に、解決の見通しをたてること、9. 問題を解くための見方や考え方は、他の問題を解くために使えないかを考えること」について評価を求めた。これらの項目の内 1, 4, 5, 7 は暗記にかかわる要素を、2, 3, 6, 8, 9 は思考力にかかわる要素をとらえていると想定している。また、理科においては 1, 4, 5, 7 は数学科の項目と同じ項目を用い、「2. 仮説を検証する方法を考えること、3. 複数の情報を統合し、新しい考えをまとめること、6. 資料やグラフから、問題解決に必要な情報を読み取ること、8. 実験結果に基づいて仮説を立てること、9. 身近な現象について科学的な根拠にもとづいて、解釈したり、

⁷ 試行問題について評価させる際には、「今回と同じような問題を何回も解いて慣れること」とし、センター試験のような問題について評価させる際には、「センター試験と同じような問題を何回も解いて慣れること」とした。これらの項目では、その問題を繰り返し説くことで慣れることの重要性を評価させることを意図している。

説明したりすること」について評定を求めた。回答ラベルは、「1: 全く重要だと思わない, 2: あまり重要だと思わない, 3: どちらともいえない, 4: やや重要だと思う, 5: 非常に重要だと思う」とした。

動機づけを測定する尺度として西村・河村・櫻井 (2011) の自律的学習動機尺度を採用し, 4 因子の下位尺度からそれぞれ 3 項目を選定し, 計 12 項目の尺度を構成した。

調査結果:

学習動機づけについて: 学習動機づけの得点の平均値を比較した結果, 数学においても理科においても, 同一化的調整の得点が最も高いことが示された。同一化的調整とは, 将来の目標の実現を理由に学習をする動機づけを指し, 「将来の成功につながるから, 自分の夢を実現したいから, 自分の希望する大学に進みたいから」といった項目から構成されるものである。この結果から, 学習そのものの楽しみを理由に学習するもの (内的調整) よりも, 希望の大学に入学することを含んだ将来の目的のために学習が動機づけられていることが示された。

問題の認識について: 教科別に, 試行試験の問題とセンター試験のような問題とで, 各項目が重視されている程度の平均値と標準偏差を Table 1, 2 に示す。数学において, 試行試験の問題を解く際に重視されている程度の高い 3 項目は, 「3. 式の意味や変形の根拠を考える, 2. 問題文をよく読み, 問題の場面を理解すること, 8. 問題を解く前に, 解決の見通しをたてること」といった思考力にかかわる要素であるのに対し, センター試験のような問題を解く際に重視されている程度の高い 3 項目は, 「4. 同じような問題を何回も解いて慣れること, 1. 問題の解き方を覚えておくこと, 7. 公式を暗記しておくこと」といった, 慣れや暗記にかかわる要素であることが明らかとなった。

同様に, 理科において, 試行試験の問題を解く際に重視されている程度の高い 3 項目は, 「6. 資料やグラフから, 問題解決に必要な情報を読み取ること, 3. 複数の情報を統合し, 新しい考えをまとめること, 2. 仮説を検証する方法を考えること」といった思考力にかかわる要素であるのに対し, センター試験のような問題を解く際に重視されている程度の高い 3 項目は, 「4. 同じような問題を何回も解いて慣れること, 7. 公式を暗記しておくこと, 1. 問題の解き方を覚えておくこと,」といった, 慣れや暗記にかかわる要素であることが明らかとなった。

本調査によって, 高校生の学習が希望の大学に入学することを含め, 将来の目的の達成に動機づけられていること, そして, センター試験のような問題を解く際には, 暗記にかかわる要素が重要だと認識されていることが示され, 入試対応によって, 暗記などの活動に従事する可能性が示唆された。一方で, 本事業で開発を進めた思考力を測定すると想定される問題については, それらの問題を解くうえでは, 思考力にかかわる活動が重要だと認識されていることが示され, このような問題によって, 入試対応においても思考力育成に寄与する活動が促進される可能性が示唆された。

表 2.1.1 数学についての認識

項目	試行試験		<	センター試験	
	<i>M</i>	<i>SD</i>		<i>M</i>	<i>SD</i>
1 問題の解き方を覚えておくこと	3.45	(1.18)	<	4.42	(0.75)
2 問題文をよく読み、問題の場面を理解すること	4.45	(0.72)	>	4.29	(0.81)
3 式の意味や変形の根拠を考えること	4.51	(0.70)	>	4.03	(0.95)
4 今回(orセンター試験)と同じような問題を何回も解いて慣れること	3.57	(1.11)	<	4.58	(0.69)
5 用語を暗記しておくこと	2.77	(1.17)	<	3.65	(1.14)
6 問題を解いているときや解いた後で、解き方や結果を振り返ること	3.97	(0.89)	<	4.10	(0.94)
7 公式を暗記しておくこと	3.38	(1.15)	<	4.40	(0.80)
8 問題を解く前に、解決の見通しをたてること	4.03	(0.92)	<	4.05	(0.91)
9 問題を解くための見方や考え方は、他の問題を解くために使えないかを考えること	3.94	(0.95)	>	3.83	(1.02)

表 2.1.2 理科についての認識

項目	試行試験		<	センター試験	
	<i>M</i>	<i>SD</i>		<i>M</i>	<i>SD</i>
1 問題の解き方を覚えておくこと	2.95	(1.23)	<	4.38	(0.81)
2 仮説を検証する方法を考えること	3.86	(0.97)	>	3.26	(1.06)
3 複数の情報を統合し、新しい考えをまとめること	4.17	(0.89)	>	3.44	(1.10)
4 今回(orセンター試験)と同じような問題を何回も解いて慣れること	3.39	(1.19)	<	4.58	(0.72)
5 用語を暗記しておくこと	3.15	(1.20)	<	4.26	(0.91)
6 資料やグラフから、問題解決に必要な情報を読み取ること	4.56	(0.70)	>	4.17	(0.87)
7 公式を暗記しておくこと	3.15	(1.16)	<	4.39	(0.81)
8 実験結果にもとづいて仮説を立てること	3.85	(0.97)	>	3.29	(1.09)
9 身近な現象について科学的な根拠にもとづいて解釈したり、説明したりすること	3.86	(1.04)	>	3.21	(1.11)

2.2. トップダウン的アプローチからみた入学者選抜における問題点

2.2.1. はじめに

大学入学者選抜は、高等学校（中等教育学校後期や高等学校卒業程度認定試験等の後期中等教育に相当するもの、以下総称して「高校」と略す）までの学習の成果を公正に評価し、大学以降の学習や仕事に適切につなげていくために大きな役割を果たす。その改革は、各大学が期待する生徒を選抜できるという意味での選抜機能の質向上につながるだけでなく、日本全体の教育と評価の質向上につながるものである。もし新しい入試等の大学入学者選抜が高校におけるより十全な学習を促し、そこで培われた子どもたちの学力を余すところなく評価できれば、社会全体で子どもたちの学力を伸ばして見とることが可能になるからである。

その一方で、こうした教育と評価の在り方の改革は、単に選抜の改革だけでなく、高校教育や大学教育の改革と一体となって初めて意味を成すものである。特に選抜はわずか数日の期間で、国公立大学であれば数千人、私立大学では十数万人の受験者を対象としなければならないという厳しい制約がある。その制約の中で試せることも限られる。それゆえ、入学者選抜改革においては、各大学が選抜において最も課題と考えている点を中心に改善を行い、その効果を入学者後の追跡調査等で明らかにしていく努力が求められる。言わば、入学者選抜改革に関する「仮説」を検証し、よりよい選抜方法を探究していく努力が改革成功の鍵を握ると言える。そのためには、各大学がアドミッションポリシー（AP）を定義・共有し、それを選抜に結び付けて実行し、効果を丁寧に検証するサイクルが必要である。

本事業は、高校教育・大学教育で最も育成すべき能力として「思考力」を同定し、その評価が大学入学者選抜で重要視されていないことが育成のボトルネックとなっているとの仮説に基づき、思考力評価の選抜試験等を開発しようとするものである。本節では、まず、この仮説自体がどの程度もつともなのか（思考力を評価するといっても知識と関連づいた形での思考力を評価すべきではないかなど、学力の三要素間の関係についても検討を加える）、もつともだとしてそれをどう実現できるのか、効果をどのように検証できるのか（検証においてどのような点に気を付けるべきなのか）を検討する。

2.2.2. 入試改革研究法の問題点

現行の入試を評価するため、ある大学の近年 10 年間に入学した約 2 万名分の大学成績と高校評定や入試得点の相関、入試区分毎の大学成績、推薦入試の問題や AO 入試の評価項目等を分析した。その結果、大学成績と高校評定に弱い正の相関があるものの、大学成績と入試得点では明確な傾向はみられなかった。これは、分析が入学者に限定されてしまう「選抜効果」のためで、成績調査方法自体の限界であると判断できた。例えば、センター試験得点と二次試験得点の場合では、志願者で存在する高い相関が、入学者に限定してしまうと相関がなくなったり、負の相関が出たりする場合がある（図 2.2.1）。つまり、本来センター試験得点と二次試験得点の間にある関係が、入学者という一定の学力層に限定された場合では、誤った結果を導いてしまう場合があるのである。

同様なことが、入試改革に関する調査研究でも起こりえる。つまり、入学者という一定の学力層に限定されたデータに対して、入試成績内の相関、入試成績と大学成績の相関、大学成績と様々な要因（入試成績、評定平均、課外活動等）の相関を調べても、「選抜効果」

のため正しい結果の保証がない。したがって、この不正確な相関に基づいて、入試改革のデータとしても全く意味がない。つまり、新傾向の問題を作成し、それを大学生に解かせても、現行の入試問題との相関や大学の成績との相関は測れないのである。

また所謂「選抜効果」の問題は、入試全体の設計をする時にも問題をもたらす。今後の入試において学力 3 要素をバランス良く配分することが求められている。第 1 要素は知識・技能、第 2 要素は思考力・判断力・表現力、第 3 要素は主体性・協働性・多様性とされ、従来の筆記試験問題は第 1 要素と第 2 要素を測ってきた（注：第 2 要素が足りないという指摘はある）。これに、第 3 要素を加味する場合、まずどの程度従来の筆記試験には揺らぎがあるかを評価することが重要になる。すなわち、筆記試験問題を複数回繰り返した場合、ある試験問題では合格圏内にいた者が他の試験問題では不合格圏内になるかという逆転率である。こうした試験を繰り返しても常に合格圏内にいるような生徒は、大学としては是非とも入学してもらいたい集団である。しかし、問題によって合格と不合格が入れ替わる層は、学力的に優劣を付けることが難しく、そもそも優劣自体に意味があるようには思えない。すなわち、この合格と不合格が入れ替わる層に対して、第 3 要素をもって評価すれば、筆記試験を重視する一般選抜において効果的な選抜が出来る（もちろん、推薦や AO 入試では、この層を超えて第 3 要素を評価する場合も必要である）。

しかし、同じレベルの問題を大学生に対して何度試験を行っても、「選抜効果」のため逆転の割合を知ることは出来ない。予備校は一見入学者ではなく、志願者全体のデータを持っているように思えるが、時期が異なってしまい、各人が受験時に同じ学力レベルである保証がない。この問題を解決するには、不合格者も含めた志願者全体に対して、同時期に試験を実施したデータが必要である。これを解決したのが次節で述べる調査研究である（2.2.5.）。

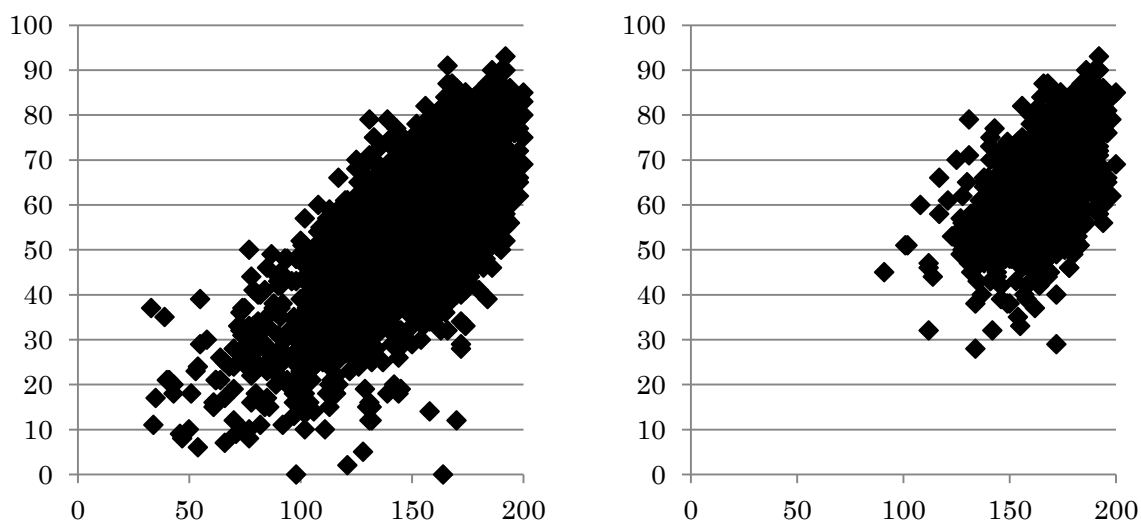


図 2.2.1 センターと二次試験の相関。左が志願者を、右が入学者のデータを示す。

もう一つの問題が、情報収集の手段である。大学は情報収集の手段として、高校側にアンケート調査を行う。高校の回答は、非常に誠実であり、丁寧に各質問に答えてくれている。しかし、「無記名である」、「入試には一切影響しない」と断っても、なかなか本音、特

に批判的な内容を書いてくれない。時には、「学校としてではなく、一個人のお考えを」と書いても、学校として検討し、アンケート提出前に高校で決済が必要だったり、コピーを取ってから送付したりする。無記名でこの状態であるので、記名であれば尚更本音を聞くことは難しい。そこで、本調査研究では、アンケート調査を補助的なものと位置付け、高校を実際に訪問して進路担当教員等から直接聞き取り調査を行った（2.2.8.）。

2.2.3. 大規模入試における思考力・表現力測定に関わる疑問

大規模入試においては、面接やグループ作業等によるパフォーマンス評価は、インタビューやグループ活動を自動的に記録・認識する技術に乏しい現時点では困難である。そのため、大規模入試における思考力・表現力測定方法には大まかに分けて 2 種類存在する。一つは、高校生活での活動やエッセイ等を評価することであり、もう一つは筆記試験で測定することである。このような大規模入試において思考力・表現力等のジェネリックスキルを測定するにあたっては、以下のような 3 つの疑問が生じる。

2.2.3.1. いかにして効率よく書類から思考力・判断力・表現力を読み取るのか？

創造的思考や意思決定等は、高校レベルの理系問題にはほとんど現れない。そのため、書類選考を活用することになる。アメリカでは、現在アイビーリーグ大学や大規模州立大学の願書は共通化されている。しかも願書にそれほど多くの情報を要求していない。それでは、海外の大規模大学では、数万の願書から合否に必要な情報をどのように読み取っているのだろうか？この問題を見るために、アメリカの大規模入試について視察を行った。

2.2.3.2. 一般選抜に書類選考を加味する場合、筆記試験での学力保証を保つ入試が可能か？

日本における選抜性の高い大学においては、筆記試験のみの一般選抜は依然として主流となっている。しかし、今後学力の 3 要素の重要性をすべての高校生に意識してもらうためにも、すべての大学において一般入試に書類選考を加味していくことが重要と考えられる。書類選考と学科試験による入試を行うとき、現在の一般入試での学力保証を保ったままそれが実現可能かという疑問が生ずる。この疑問を解決するために、現在の一般入試による学力の測定精度を検証した。

2.2.3.3. 普通の問題でも平均点を 60 点に上昇させるのに苦労しているのに、思考力問題をいれると平均点が下がってしまうのではないか？

通常の教科書問題では、思考力をアルゴリズムの記憶で代用できる。そのため、一般的に思考力問題とは、新規性のある問題や複雑な科学的問題を指すことが多い。この場合、正答率が低く、ボーダーライン付近の学生において、思考力問題が不正解となるため、選抜問題としては機能しなくなる可能性が高くなる。それでは、そもそも平均点が低くならない思考力問題とはどのようなものであろうか？この疑問を解決するために、思考力問題とはそもそもどのようなものかを検討しつつ、海外の共通テストにおける思考力問題について調査を行った。

2.2.4. アメリカの入試システムの調査

アメリカの大学では高校成績や共通テスト、エッセイ等による数万にもおよぶ願書を処理して入試を行っている。アメリカの受験参考書やアドミッションオフィサーの著作等を参考にもできるが、実際にどのような作業をしているかを調査することが重要であると考えた。そこで、2017年3月27日から29日にかけて、ノースカロライナ大学チャペルヒル校(UNC Chapel Hill)とNC州立大学(NC State)で視察を行った。ノースカロライナ大学チャペルヒル校は、ランキング国内30位の大学であり、2016年志願者数35,875名、合格者9,386名(入学者4,228名)という大規模入試が行われている。両校共、アドミッションオフィサーにインタビューを行った。

両校共、The Common Application という、アイビーリーグ大学を含む700校以上が参加する願書システムを利用している。これは、高校生にとっては同一の願書で多数の大学への出願が可能であると同時に、大学にとっても志願者数の増加が見込まれるという利点がある。実際に、The Common Application に切り替えたところ、UNCでは25%ほど志願者数が増加したとのことであった。

2.2.4.1. 選考プロセス

ファーストレビューアは、多少小規模になるアイビーリーグ大学では二人というところも多いようだが、数万人の願書を処理するUNC, NC Stateではたった一人で対応する。ただそれだけにレビューは過去の願書例を元に相当の訓練をしているとのことであった。レビューは一日に約20程度の願書を処理する。1願書あたりの平均時間はわずか15分である。なぜこのような迅速な処理が可能なのであろうか？まずアカデミックな強さが明らかでない場合、課外活動記録やエッセイはほどほどでもよいから、レビューにかかる時間は少なくても良い。また、アカデミックな強さが感じられない場合、よほど他に優れた点が見当たらない限り不合格となるので、こうした学生にかかる時間も少ない。そして、多くの時間をかけるのがアカデミックな強さが曖昧な学生の場合であり、アカデミック以外の要素を良く読み取っていく。

以下、調査書の項目からどのような情報を読み取っていくのかを見ていく。

2.2.4.2. 公的試験

公的試験には、SATとACT, SAT Subject Testがある。SATまたはACTに加えてSAT Subject Test 数科目を要求するケースが多い。UNC Chapel Hillsでは、Advanced Placement(AP) Testも評価する。アメリカでは現在、受験が過熱しており受験に際して10以上のAPスコアを提出する受験生も珍しくないようだ。

SAT, ACTは年間7回ほど受験機会がある。ほとんどの高校生は日本の高校2年の3月か5月に最初の試験を受けるが、アイビーリーグを狙う高校生はさらに早い時期に受験する。ただし、SATやACTは平易であり、知識・理解ベースであり、思考力測定には向かない。

2.2.4.3. 高校成績

高校成績評価は、日本以上に高校格差のあるアメリカでは困難な項目であると推測され

る。州内の受験生については、緊密な関係があるため、成績の信頼性の確保はそれほど困難でないということであった。ただし、州外であり入学実績のない高校からでは判断が難しいとのことであった。ただし、これらの州立大学においては合格者のほとんどが GPA3.5 以上であるので、高校成績で選別が難しい受験生はそれほど多くないと考えられる。ちなみにアメリカにも名門高校があり、非常に厳しい授業を行い高校成績の信頼性が高いことから、名門高校は大学入試において有利になる。一方では、“Equity”という概念がアメリカ社会では浸透しており、地域性、人種、家庭環境等によって補正される。

2.2.4.4. 課外活動

課外活動記録はアメリカにおいては重視される。リーダーシップ等の指標の他、UNC では忍耐力を評価の指標に上げている。これは大学でのアカデミックな活動には忍耐力が重要となるためということであった。このため、長期間の課外活動を評価する傾向にある。課外活動としては、芸術、宗教活動、クラブ活動、コミュニティー活動、生徒会活動、趣味、メディア、音楽、スポーツ、ボランティア活動、アルバイト、大学のプレカレッジプログラム等である。アイビーリーグ大学では、アカデミックな部分ではすでに差がつきにくいいため、課外活動はより重要になってくる傾向がある。こうした大学では優秀な生徒の場合、勉強ばかりしていたら成績や公的試験成績が良くなるのは当然という意識があるようだ。現状より大学入学後の生徒のポテンシャルを見るということである。また、両州立大学とも課外活動記載なしの願書はまれであるとのことであった。

2.2.4.5. 推薦書

推薦書は、高校の先生やあるいは課外活動のコーチ等、生徒をよく知るインストラクタに評価してもらう。アメリカでは日本の高校のように先生が生徒の課外活動を見ていることはなく、推薦者は二人ほど用意する。インストラクタの評価項目には長期的に見なければ評価しにくい項目もある。The Common Application におけるルーブリック評価の項目として、「学力」、「知性」、「文章力」、「創造的・独創的思考」、「生産的な討論」、「先生への敬意」、「課題への取り組み習慣」、「成熟性」、「動機」、「リーダーシップ」、「他人への関心」、「主体性」、「自信」、「イニシアチブ・独立」、「挫折への対応」という評価項目がある。具体性を伴う非常に強い推薦は評価される。ルーブリックでは「平均以下」「平均」「良い（平均以上）」「非常に良い」「優秀（トップ 10%）」「顕著（トップ 5%）」「過去に出会うことが少ないほど顕著（トップ 1%）」の区別により行われる。The Common Application の利点は、インストラクタは多くの推薦書を書く必要があり、かつインストラクタごとに結果をソートできるので、全体的に甘い評価をすると、すぐに識別されてインストラクタの評価信頼性が低くなることである。このためインストラクタは、推薦する学生に関して、トップの生徒ほど相対評価することを求められることになる。州内の高校とアドミッションオフィサーとが信頼関係を築いている。

以上のように、The Common Application には一見詳細すぎるような評価項目のリストがあるので、高校生は評価項目を上昇させるような活動に取り組み、それを評価者に見せていく必要が生じる。

2.2.4.6. エッセイ

The Common Application のエッセイのタイトルは複数のタイトルから選択する。年度ごとに異なるが、例えば挫折した経験をどのように克服したか等のテーマがある。これとは別に大学ごとに別のエッセイを要求することもできる。非常に光るエッセイはまれであり、ある程度優れているものがほとんどということである。これは、エッセイに関する参考書も複数存在し、スクールカウンセラー等からアドバイスを受けることもできるためであろう。

両方の大学とも、エッセイやパーソナルステートメント等を元に個々に定量化して評価するが、それらの総点で評価することはないという。それはすべてのジェネリックスキルがそうであるように、評価項目が独立なものではないからであり、評価項目ごとのパターンを認識して総合的に評価する。例えばリーダーシップや粘り強さ等は評価項目としているが、ある意味関連性がある。アメリカにおいては **Holistic admission** ということが強調されるが、日本において総合型選抜に携わった方もほとんどこれは同意することであろう。例えば入試においてルーブリック評価を導入している場合でも、総合的判断により各項目を後から修正することがよくあるのである。

2.2.4.7. まとめ

視察したアドミッションセンターの意向で、報告書に記載できない部分も多かったが、基本的にボーダーラインと考えられる願書以外の作業時間を減少させることで、書類選考は大幅に簡素化されていることがわかった。

アメリカの入試ではアカデミック、課外活動等の項目評価の内容が不明であるため、高校生は高校生活においてアカデミック・パーソナリティー双方において入試を意識した生活をする必要がある。

もう一つ重要であると考えられるのが、推薦に際しての評価項目である。推薦者の推薦項目が明確なため、高校生は観点を重視した高校生活を送ることが求められる。これら州立大学ではアカデミックな部分が主体であるので、基本的にその精度はそれほど問題視されないが、高校生にとっては少しでも良くしたいと思うであろう。

一方、大学側は、大学のためになる生徒を入学させる。この意味で、日本の企業入社と同様の選抜であると言える。ただし日本の国立大学のように、併願が制限される場合には、アメリカと同様のスタイルで良いのかについては十分に注意する必要があると考えられる。

2.2.5. 書類等の選考を加味した一般入試

多くの大学において、一般選抜に書類選考による点数を加味することが検討課題になっている。一方では、筆記試験による従来型の学力は、大学での学びに重要であるという観点から、書類選考によって既存の学力の保証が失われるのではないかと懸念もある。

こうした観点から、二次試験の信頼性と妥当性の検証として従来行われてきたのが、大学1年生を対象とした試験である。しかし、大学合格者のみを対象とした試験では、試験ごとに合格者がどの程度入れ替わるのか等を議論することは困難である。このようなことから、大学二次試験の信頼性に関するデータが一つも存在しなかった。

2.2.5.1. 北大模試による個別学科試験の信頼性測定

この事業では、札幌北高校の北海道大学理系志望の生徒約 100 名に対して、数学および理科 2 科目（選択）という、北海道大学レベルの入試を想定した模擬試験を 2 度行った。二日連続で行ったので、その間の学力の上昇は無視できる。そして合格点を設定して、合格順位の入れ替わりを解析した。理科科目は選択であるため、平均点の差異を解消するため、合計は偏差値による順位とした。その結果わかったのは、北海道大学レベルの入試難易度の場合、ボーダーラインから 20%程度は、学力以外に問題との相性という偶発的な要素によって、合否が入れ替わるということである。

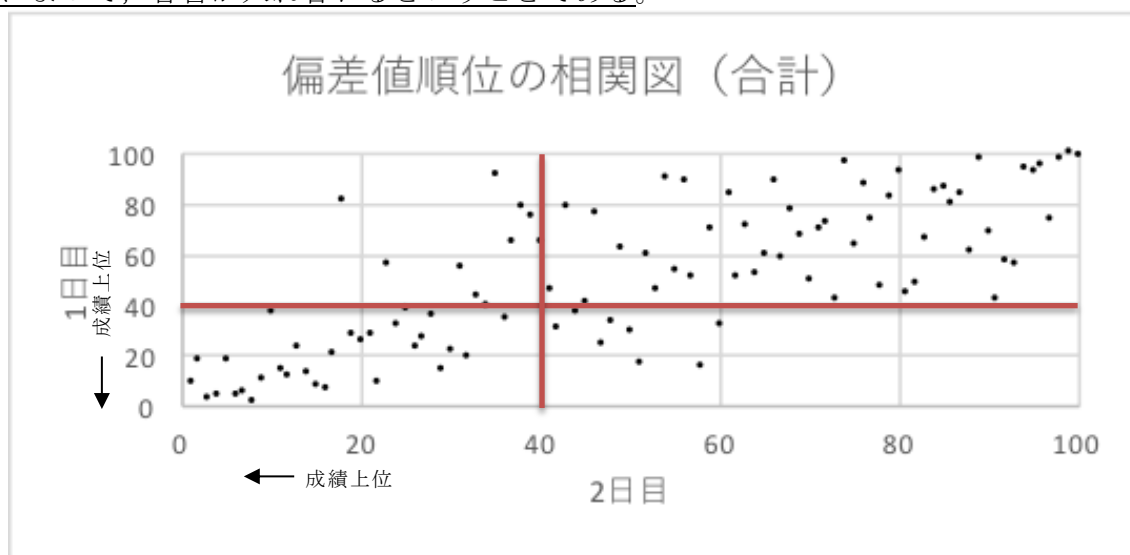


図 2.2.2 偏差値順位の相関。ほぼどこにボーダーラインを引いてもどちらの試験でも合格となるのは 8 割程度となる。

これは統計的にも有意な値である。この結果は大学二次試験の信頼性に関する初めてのデータとなる。

この結果は我々が高校生の頃からある程度認識してきたことでもある。そもそもほとんどの生徒には科目ごとに得手不得手が存在するだけでなく、同一科目内でも問題の設定やパターンごとに得手不得手がある。そのため、個別学科試験等のように限られたテーマの出題では、問題と個人との相性という問題が発生する。これは特に複雑な設定や見慣れない問題等、思考力問題に関して起こりやすくなると考えられる。また、北海道大学レベルの受験生の場合、計算ミス等をしたかどうか合否を分ける要因になりやすい。逆に言えば受験生にとって出題された問題が生徒にとって計算ミスをしやすい問題であるかどうか合否を分ける場合があるということである。予備校の大学偏差値は、合格率が 50%や 60%となる偏差値を指していることが多いが、合否は高校生の努力だけでなく、運も加味されることを表しているとも言える。

2 回の試験結果では、入れ替わりが必ずしもボーダーライン近くの生徒に限っていないことにも注意する必要がある。図 2.2.2 にあるように一つでは非常に順位が高く、もう一つでは順位が非常に低くなる生徒もいるのである。これは、制限時間内での問題解決能力測定では、知識・理解・思考力以外に生徒の心理的側面も重要になるためであると解釈できる。例えば最初の科目の正答率による心理的作用は、その後の科目の正答率に対して、

個人によって異なる作用を引き起こす。ただし、こうした順位の差異が激しい学生の率は少なく、今回の結果では大まかにはボーダーライン 20%程度が入れ替わると近似しても良いと考えられる。

2.2.5.2. 一般入試への書類選考導入

以上の結果を踏まえると、ほぼボーダーライン 20%前後に関しては、書類選考による入れ替えを許しても、既存の学力は現状通りに保証されると見なすことができる。

こうしたことから、書類選考の実施法として以下の二つが考えられる。

- A. 合格者の 80%を試験のみで決定し、試験ランキング 80%から 120%までのの中から、書類選考のみで合格者を決定する。
- B. 書類選考の配点を 20%程度入れ替わる範囲で設定し、合計点で合否を判定する。

2.2.5.3. 現状の解析での検討課題

2018年に実施した模擬試験は、サンプリングとして 100名程度であるので 10%程度の統計誤差が見込まれる。現在北海道大学レベルを想定したが、問題の難易度によって順位の入れ替え率がどの程度変化するかは検討課題であろう。

2019年度には、上記の問題点や疑問点を解消するために、さらに母体数を増やした大規模な模擬試験を実施する予定であったが、残念ながら予算削減で実施することができなかった。

2.2.6. 一般選抜での思考力問題

2.2.6.1. 出題者からみる思考力問題の問題点

問題にも様々なタイプが存在し、問題解決プロセスは異なる。しかし、高校での科学的問題のほとんどは、状況設定、手法、結果がほぼ一意的なアルゴリズム問題である。これらの問題解決のステップは以下ようになる。

1. 問題文を読んで、設問の意図を認識する。
2. 問題解決に必要な特定の項目を思い出し、整理する。（思考力が必要）
3. 問題を解くステップを遂行する。
4. 解答を得る。チェックし間違いがあるときは新たな解答を得る。

さて、思考力を最も要求されるのがステップ 1 と 2 の段階である。しかし、アルゴリズム問題では、1 と 2 の段階は思考ではなくアルゴリズムの記憶で一体化して解答可能となってしまう。

そのため、個別学科試験では、以下のような思考力問題を設定することが多い。

1. 新規の状況設定で、既存のアルゴリズムとして認識しにくい設定にする。
2. 発見型の解法を要求する。
3. いくつかの要素を組み合わせた複雑な設定とする。複雑な科学的問題とする。

これらの問題を解くためには、より基本をしっかり認識することが必要となり、思考力が要求される。

個別学科試験の出題者の抱える最大の悩みは、これらの問題の最大の問題点は平均点が低くなることである。研究大学における入試問題の作題では往々にして、出題者が独自性を発揮して、そのままではとても解けないような思考力問題を作ることが多い。このため出題チームは、工夫して誘導問題としてなんとか誘導を理解すれば解けるようにする。ところが、こうした誘導は問題解決力で最も重要な2のステップを教えることとなり、思考力というより文章理解の優秀さと科目の知識・理解を見る問題となってしまう。

また多くの大学では思考力問題の出題では次のような悩みを抱えている。そもそも、理科科目では選択科目となることや、ボーダーライン上の学生をできるだけ緻密に判別するために、平均点を60点等と設定していることが多い。教科書や参考書にあるアルゴリズム問題でも完全解答となる受験生が少ないため、オーソドックスな設定あるいは思考力問題の中での誘導によって確実に解ける問題を8割程度にする必要がある。問題の難易度設定は、受験生の理解度の平均を予測して行う。こうした中で受験生があまり目にしたことのない思考力問題を出題しても、ボーダーライン近くの学生は解いてくれずに、可否には影響しない問題となりがちである。また、受験では球技同様、スーパーショットよりもミスショットの方が勝敗を分けやすくなる。このため、受験生にとっては、思考力問題に時間をかけて取り組むより、むしろ解けた問題を見直すほうに時間をかけた方がよい。また、見慣れない問題の場合、時間制限内ということもあり、思考力というより過去に類題を解いたことがあるか等偶然性も作用し、個人レベルの思考力測定の信頼性に問題も生じてしまう。このようなことから、多くの大学において、アルゴリズム問題を確実に解けば合格点がとれるということになり、思考力問題は必要ないということになってしまうのである。

以上のようなことから、私たちが通常考えている思考力問題は多くの大学の入試において、活用が難しいものになってしまう。

2.2.6.2. 批判的思考力のパフォーマンスによる定義

理系の二次試験における問題として私たちが思考力問題と呼んでいるものは、先に述べたように新しい状況に際しても、解法をデザインし、サイエンスの基本的原理を応用して正しく適応できるものを指していた。しかし、そもそも思考力とはどのようなものであろうか？ここでは最も重要な思考力である批判的思考について見てみよう。**Critical Thinking**の「批判的思考」という訳には違和感もあり、「するどい思考」との訳がこれに近い。要するに仕事ができる人の多くに備わっている思考力である。

批判的思考は浅い思考から深い思考まで様々だが、テストで問うことができるのは限定的である。このようなことから、Hyynesらは、(Stein, B., Haynes, A., Redding, M., Harris, K., Tylka, M., & Lisic, E. (2010). Proceedings of the 2009 International Joint Conferences on Computer, Information, and System Sciences, and Engineering: Faculty driven assessment of critical thinking: National dissemination of the CAT instrument.) Critical Thinking Assessment Test(CAT)を作成するにあたり、次のパフォーマンスができることをもって批判的思考力があると認定する。

Q1 不適切な推論をせずに、結果のパターンをグラフにまとめることができるか。

Q2 相関型データが仮説をどの程度強く支持しているか評価できるか。

- Q3 多くの原因が考えられる結果のパターンについて、代替の説明ができるか。
- Q4 観測や実験において仮説や特定の説明を正当化または否定するのに必要な追加情報を特定できるか。
- Q5 主張を強く支持している根拠が誤りであると評価できるか。
- Q6 誤った関係について別の説明ができるか。
- Q7 仮説/解釈を評価するために必要な追加情報を特定できるか。
- Q8 広告中の主張が情報によって裏付けられているかどうかを調べることができるか。
- Q9 情報の適切な代替解釈ができるか。
- Q10 現実世界の問題を解決するときに、関連性のない情報と関連性のない情報を区別できるか。
- Q11 現実の問題を解決するために、別々の情報源から情報を分析して統合できるか。
- Q12 現実の問題を解決するのに役立つ基本的な数学的スキルを使うことができるか。
- Q13 関連情報を利用して、現実の問題に対する適切な解決策を特定できるか。
- Q14 適切な情報を用いて、実社会の問題に対する最善の解決策を見つけ、説明できるか。
- Q15 実際の問題の状況の変化が解決策にどのように影響するかを説明できるか。

すなわち、仕事ができる人が通常行っていると感じられることをもって、近似的にも思考力があると定義していると言える。CAT では学習理論におけるブルームのタクソノミー (Bloom's taxonomy) ではかなり高度な段階も含むが、評価しやすい項目を抽出している。また、Q14のようにアルゴリズム問題ではないものも含む。

このような観点から、思考力問題とは、近似的に上記の 15 のパフォーマンスに関連した問題と定義することもできるだろう。

いくつかの項目は「論理国語」の中でも出題可能であると思われるが、エビデンスベースの現代社会では数値を扱うことが多く、思考力測定は理系の科目で問うことになる。

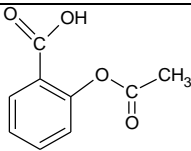
問題の分類としては、Jonassen による 11 タイプの分類があるが、科学に現れる問題のパターンは、論理問題、アルゴリズム問題、ストーリー問題、ルール使用問題のように限られたものにすぎない。例えば、刻々と変化する火事の状況から消火計画を変化させていくといった意思決定問題は、通常の科学的問題には現れない。問題パターンによって問題解決プロセス自体も異なってくるため、科学的問題を先の CAT のパターンに当てはめるためには問題タイプを通常の問題から変更する等の工夫を要する。

2.2.6.3. 海外の共通試験における理系思考力問題

それでは、海外の試験ではどのような思考力問題が出題されているのであろうか？およそ西洋の共通試験においては、日本の選抜性の高い大学に見られる複雑な問題はほとんど見られない。A-level Test や IB を含めて過去問を調査すると、数学、理科の科目では多くは日本の個別学科試験に比べて平易な状況設定となっている。他方、先に述べた意味の思考力を問うている問題が出題されている。例えば、海外では正解が一つではないが、理解度を解答に応じて測定することで、全く解答ができないことを回避している例がある。一般に、状況設定、手法、結果が一意的な問題をアルゴリズム問題と言い、状況設定、手法、結果いずれかが一意的でないものをオープンエンド問題といい、どれが曖昧かによって問題解決に必要とされるスキルは異なる。理系の教科書にある問題はアルゴリズム問題に対して、社会における問題の多くがオープンエンド問題である。海外の共通テストでは、アルゴリズムを外れオープンさを制御した形で、思考力や表現力を測定する問題を出題している例もある。以下では主として西洋における共通テストでの、数学および理科科目での

思考力・表現力問題を見ていこう。

A. スコットランドの共通試験：スコットランドの共通試験 (Scottish Qualifications Authority, SQA) の化学と物理学においてオープンエンド問題が出題されている。例題として公表されているのが以下の問題である。



アスピリンの構造式は図のようになる。
化学の知識を用いて、アスピリンの物理的・化学的性質について述べなさい。

質問が漠然としているため解答者自らどのような答えが適切かを判断する必要がある。特徴としては、オープンエンド問題では生徒の知識・理解レベルに応じて解答することができることである。つまり、部分点を与えやすくして、平均点を上昇させることができる。

物理学の分野でも多くの例が見られる。また、ある生徒が間違った主張をしてそれに対してコメントを求めるといった、CAT の Q5 にあたる問題も出題されている。

B. イングランド A-level テスト：イングランドの A-level テストでも、記述式問題で、「この問題では文章コミュニケーション力が評価される」と明確に記述したものがある。主として物理学の分野であるが、「モーターで物体を持ち上げるとき、速度が一定だと証明する実験を記述しなさい。」という CAT の Q4 に対応する問題がある。このようなことから、一部ではあるが、思考力や表現力を意識した問題が作成されている。

C. アメリカ Advanced Placement (AP) テスト：アメリカの Advanced Placement Test の物理では、実験をデザインさせる等、必ずしも答えが一意的でない問題が出題されている。また、「スーパーボールの広告で、完全に弾性的に跳ね返るという記述があったが、ある生徒はこれを間違いであると思った。」から始まる、CAT の Q8 にあたる形とした例もある。また AP 微積分では、映画館の時間ごとの入場者数を数理モデル化し、様々な量を数理モデルから計算させる問題が出題されている。これらは CAT の Q1, Q2 の問題に該当する。

D. 国際バカロレア (IB)：アメリカの AP, イギリスの A-level, 国際バカロレア Higher Level のいずれもが、出題範囲としては日本の学習指導要領よりも広い。しかし、日本の選抜性の高い大学における個別学科試験のような複雑な科学的問題は出題されていない。これは、基本的に高校生全体に関する試験という、日本のセンター試験同様の困難さを抱えているためであろう。記述式問題が多いことから表現力が問われる。ここでもやはり CAT の Q1, Q2 のように、実験データから結果を読み取る等の思考力問題も多い。IB では記述式問題が多数あり、かつ 7 段階評価等 1 点刻みでない入試であることで採点の精度の問題を回避していると推測される。他方では、中国の GaoKao のように、一点刻みでも記述式問

題にしている場合もある。ちなみに、中国では GaoKao による大学教員や大学院生の採点負担は相当大きいようである。

E. オックスフォード大学、ケンブリッジ大学の Thinking Skills Assessment(TSA) : オックスフォード大学やケンブリッジ大学の文系学部では、批判的思考力や問題解決力測定のための Thinking Skills Assessment(TSA)を行っている。90 分で 50 問という選択問題である。多くの状況設定を扱い、テストの信頼性を確保しているが、逆にあまり深い思考力の判定は不可能となっている。結論を導くのに十分な証拠となっているのか等、主として科学的思考に関するもので、理系ではあえて必要ないレベルでもある。ちなみに、オックスフォード大学の理系の学部では適性試験という学力試験を行っている。これは A-level Test ではほとんど差がつかないことから行われており、日本の個別学科試験と同様の問題となっている。

F. アメリカメディカルカレッジ入学資格試験 : アメリカメディカルカレッジ入学資格試験(The Medical College Admission Test, MCAT)では、生物学、物理科学、心理学等に加えて、Critical Analysis and Reasoning Skills (CARS)という科目が存在する。大問 9 で、53 問、90 分である。CARS の扱う問題タイプはほぼ CAT と同様のものである。生物学や物理科学はアルゴリズム問題であるが、CARS には統計学等の数学も必要とされ、基本的に科学的な理由付け能力を測定するものとなっている。そもそも Medical School は大学院であるため、オックスフォードやケンブリッジの TSA よりも内容が豊富であり、非常に面白い試みとなっている。国語、理科科目、数学のいずれの枠内にもとらわれていないテストである。理想的には日本においても、大学が CARS に対応する問題を出題しても良いと思うが、対策が立てにくいことから入試倍率が低くなると予想され、実現可能性は低いと考えられる。

2.2.6.4. 共通テストでの思考力問題の欠点

SQA では、採点ルーブリックも公開している。基本的には理解度に応じて配点するという内容である。オープンエンド問題とはいえ、解答パターンは限られた作題となっているが、おそらくまれに判断が困難な場合もあると予想される。ただし、配点は必ずしも大きくない。例えば満点が 4 点ないし 5 点である。それは採点者による揺らぎを少なくするためであると考えられる。逆に言えば、このオープンエンド問題では、非常に深い思考力を測ることができないことを示している。

深い思考力測定の場合、正答率も妥当性も下がるという問題を回避するのは極めて困難である。ジェネリックスキル測定では、パフォーマンス評価が重要であるが、我々日常生活においても得手不得手が存在し、すべての話題に関して完全なパフォーマンスを遂行できる人はまれである。このため、世界的なジェネリックスキル試験 CLA や、スキルを限定的にした PISA の試験においても、個人レベルの測定精度はない。このようなことから、短時間での測定では海外の共通テストにおいてそうであるような割り切りが必要となる。

2.2.6.5. まとめと日本の個別学科試験への示唆

海外の共通テストにおいて、様々な思考力問題が出題されていることを見た。それは私たちが考えている思考力問題と異なり、しかも平均点を下げにくい工夫がなされている。

生徒に日頃から思考力・表現力を修練するようにするためには、思考力問題の出題は重要である。他方日本の共通テスト思考試験において思考力問題も工夫されてはいるが、海外の共通テストに比べて日本はマークシート方式であるというデメリットが非常に大きい。そのため、各大学の個別学科試験においても思考力問題の出題が望まれる。また、出題者側にも従来の思考力問題から新しい思考力問題の考え方を周知する必要があるだろう。

また、アメリカの MCAT やオックスフォード・ケンブリッジ大学の TSA のように、思考力測定を知識・理解項目から独立させる試みも今後の検討課題の一つと考えられる。

2.2.7. 思考力等を評価の対象とする選抜方式の実施大学状況調査

2.2.7.1. 思考力等を評価の対象とする選抜方式の実施大学状況調査

調査概要：一般選抜を除く AO 入試や推薦入試等大学独自の思考力等を評価の対象とする方式の特別選抜を中心に、理数分野に限らず文系分野も含め国公立大学の状況を調査した。

調査件数：国立大学 34 大学 63 学部 86 学科，公立大学 15 大学 19 学部 26 学科，私立大学 42 大学 95 学部 199 学科を調査した。

分析：各大学に共通して言えることは、思考力、判断力、表現力を評価することに主眼があり、さらにアドミッションポリシーに見合う課題や提出物が求められている。

国公立大学は、募集人員が非常に少ないため、志願者数もそれほど多くない。そのためじっくり時間をかけて受験生の資質を見ることが出来る。レポートや課題を通し間接的に、面接やプレゼンテーションを通して直接的に見ることで、一般入試では見落とししてしまうかもしれない優秀な受験生を受け入れることができる。

私立大学も同様であるが、調査した内容から判断すると、一般選抜より早く入学が決まる大学が多いため、早い時期での学生の確保という点もあるように思われる。また、実技（技術）色の強い学部系統では、学力の 3 要素を踏まえた入試というより、むしろ別の能力を見出すことに主眼が置かれている。

一方で、受験生は出願に向けて早い時期から準備を始め、教員に内容をチェックしてもらい、提出書類を作成する。また、面接対策等は予備校でも実施しているため、同じような受け答えになることは十分考えられる。各受験生の個性をどのように引き出すか難しい課題となる。また、受験生にとっては、普段の学校生活に加え、夏から準備を進めることになるため、少なからず負担となる。

2.2.7.2. 思考力等を評価の対象とする選抜方式に対する高校生の意識調査

調査概要：高校 1・2 年生に対し、大学独自の思考力等を評価の対象とする方式の大学入試に関わる意識調査を実施。調査エリアは、札幌、仙台、大宮、千葉、東京、横浜、名古屋、大阪、京都の各地区で実施した。

調査件数：回答者数は高 1 生が 1,182 人，高 2 生が 3,252 人であり、「大学入試意識調査アンケート用紙」に記入してもらった。

分析：知識だけでなく、受験生をさまざまな視点で評価することについては好意的にとらえているが、一方で、その準備や負担を避けたいという声や自己肯定感の低さもうかがえる。また、低学年であるため入試自体をまだよく理解していない生徒もおり、この点については高校や大学がきちんとわかりやすく説明（広報）することが必要である。特に進路がはっきりと決まっていな生徒も多くいるため、安易に進路を決めてしまわないような指導が重要といえる。

2.2.8. 高校・大学現場への聞き取り調査と新選抜方法の模索

全国の高校等のべ40校および全国の13大学を直接訪問し、入試担当教員や理数系担当教員から聞き取り調査を実施した。また、平成29年3月、平成29年8月、平成30年3月、平成31年3月に、高校教員と大学教員との情報交換会を実施し、意見交換を行った。

高校等からの意見としては、推薦・AO入試でも知識や思考力等の学力（第1・2要素）を見るべきだという意見が多かった。課題研究を行っている高校からは、思考力や主体性（第2・3要素）として研究成果も見て欲しいという意見があったが、それ以外からは、特殊な活動（研究も含む）を評価する傾向を懸念する声もあった。

そして、推薦・AO入試における、学力を多面的・総合的に評価する新しい選抜手法を考案した。その中で、合同コンテスト選抜法、高校教員採点法、自己採点法、大学オフア一法、大高接続法、中高大接続法、外部面接員法については、高校側に評価を求めた。

A. 合同コンテスト選抜法：科学コンテストや発表会の参加や受賞は、既に推薦・AO入試の出願要件や評価項目に加えられている場合も多い。同時に独自の科学コンテストや研究発表会を主催している大学も少なくない。形式としては、大学で指導をして成果を発表するもの、県内や近県の高校で行った研究を募るものと様々である。

そこで、複数の大学が合同で科学コンテストを主催し、その成績を入試で利用する方法を検討しうる。採点は、統一の基準を設けて共同で行うこともできるが、各大学独自の基準で行ってもよい。利用法としては、一定の成績を出願要件や評価項目に加える方法を採用することもできるが、科学コンテストでの採点や講評をそのまま入試に利用することも可能である。合同で行うので、教員負担が減ると同時に参加者数の増加も見込める。

B. 高校教員採点法：今後の入試では学力の第3要素「主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度」を評価することが求められる。しかし、この評価は単純ではない。面接や書類で審査したとしても、客観的に採点し、差を付けることは難しい。高校側は、採点基準の明確化や透明性を求めるが、具体的な採点基準が公開されれば、それに「対応」した指導が取られ、ますます評価が難しくなる。実際に現状の面接においても、高校生の受け答えは画一的なものになりがちである。

今後調査書の改定やe-ポートフォリオの導入があれば、書かれる情報量は格段に増え、多くの情報からどの項目をどう評価するかが問題となる。また、何か特別な活動を行わなければ主体性や多様性が評価されないのではと懸念している高校教員も多い。

そこで、高校が採点した点数をそのまま入試で使用することを検討しうる。第一の目的は、入試の透明性を高め、高校の通常の教育活動を評価するメッセージを送ることである。

すなわち、高校で普通に頑張っていれば 9 割の得点になるように点数を設定する。基本的に調査書を根拠にするので、賞状や成績証明書の提出は求めず、可能な限り簡略化する。入試得点に対する配点も、最大でも総点の数パーセント以内とする。

C. 自己採点法（センター試験と前期日程の間に実施する入試対象）：センター試験への記述問題の導入により、大学入試センターから各大学への成績提供が従来に比べ 1 週間ほど遅れる。これまでセンター試験後に出願し、センター試験の得点で第一段階の選抜を行う推薦・AO 入試は、日程的に非常に厳しくなる。センター試験は曜日固定だが、前期試験は日付固定なので、年によっては日程的に不可能になる場合もある。そこで、自己採点を利用して第一段階の選抜を行い、大学入試センターから成績提供を待って最終判定する方法を検討しうる。

第一段階での絞り込み（足切り）によって、可能性の少ない受験生は早く前期日程に向けて準備して欲しいという配慮と、人数が増えすぎると面接が実施できなくなる可能性があるためである。最終的な選抜については、大学入試センターから提供される正規の得点を使い、面接員に自己採点得点を見せない等の方策は必要である。

これに対する指摘は、そもそも不確定な点数で選抜を行ってよいかという問題である。この点については慎重な検討が必要だろう。

また、自己採点は実際の得点と 10 点以上異なる場合も珍しくなく、不公平性も指摘される。もし自己採点を高く見積もってしまった場合は、正規の得点を判定に使い、正規の得点が第一次選抜基準点より下回った場合は、どんなに二次試験の得点が高くても不合格とすることで対応できる。しかし、低く見積もってしまい、本来なら二次試験でも高得点が取れる生徒に対しては、対応できない。もし足切りを避けるため意図的に自己採点を高く申請する受験生が出た場合には、深刻な問題へと発展するかもしれない。

D. 大学オファー法：学生科学賞をはじめとする科学コンテストの受賞者や科学オリンピックの上位入賞者を推薦・AO 入試の資格要件にする大学は多い。しかし、志願者は期待したように集まっていない。そこでこの方法では、大学から資格要件および大学アドミッションポリシーを満たしていることを生徒に伝え、より積極的に該当者の受験を促すものである。進路多様校の場合、本来なら十分に合格できる実績を持った生徒が、この程度の実績では無理だろうと諦めてしまう場合も多いそうである。

実際にこれに類似することは、スポーツの分野では既に行われている。

E. 高大接続法：高大接続が繰り返し強調されてはいるが、これまでの高大接続における情報の流れは高校から大学への一方通行（高→大）であった。そこでこの方法では、大学成績等の情報を積極的に高校へ提供する（大→高）。既に多くの大学で保護者への成績通知は行われ、一部の大学では高校への成績通知も始まっている。

高校を訪問した際に卒業生の大学成績や様子を聞かれることがある。高校で伸びると思った生徒が大学で実際に伸びているか等が知りたいとのことである。これは、どのような人材がどの大学あるいはどの学部・学科に向いているかを見極め、適切な進路指導がしたいという考えからである。

F. 中高大接続法：推薦・AO入試の資格要件に関する内容は、ほとんどの場合が高校での取り組みである。しかし、1998年の学校教育法改正により、中等教育学校という新しい設置形態の学校が誕生し、中高一貫教育が増えてきている。また、中学校で優れた研究を行った生徒が、高校では受験に専念する場合も珍しくない。そこで、資格要件に中学校の成果を加え、高校の基礎的な学力を合わせて評価し、中高大という長いスパンでの接続を促す。

G. 外部面接員法：面接員の中に、企業等の人事を担当している方を加える。職種間あるいは企業間での違いが大きいと予想されるので、一人が一区分すべての面接を担当できる少人数の入試では実現可能であろう。ただし、入試の守秘性や公平性から誰を面接員とするかについては慎重に検討する必要がある。

表 2.2.1. 新選抜方法に対する評価。望ましいを5点、少し望ましいを4点、どちらでもないを3点、あまり望ましくないを2点、望ましくないを1点として平均点を求めている。

方法	評価
大高接続法	3.28
大学オファー法	3.00
合同コンテスト選抜法	2.80
中高大接続法	2.44
外部面接員法	2.21
自己採点法	1.44
高校教員採点法	1.39

これらについては、平成30年3月29日の筑波大学主催「文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業・公開シンポジウム」において、高校生や高校・大学教員等に対して、アンケート調査を行った。その結果、大高接続法、大学オファー法、合同コンテスト選抜法については、肯定的な結果を得た。そこで、新しい選抜方法にこれらを取り入れて、入試全体のデザインを行った。

2.2.9. 基礎学力担保としての外部試験

高校等や大学への聞き取り調査では、双方から理系の大学で学ぶ上で「基礎学力」の重要性が指摘された。後述(3.2)するように、学力には様々な要素があり、それらの定義や位置付けも研究者間で異なる。ここでは、「基礎学力」を知識や最低限の思考力として、以下の議論を行う。

推薦・AO入試に対しては、学力不足との指摘が再三再四なされている。そこで、現在のセンター試験や大学入学共通テストを利用する方法がまず考えられる。しかし、推薦・AO入試が主に行われるのは9月から11月であり、1月に行われるセンター試験を課したのでは、合格発表までに時間を要してしまう。また、高校における評定を利用する場合は、近年は評価が「甘く」なり、A評定の割合が高い学校も増えている。すなわち、A評定の生徒であっても、その学校の内秀でた生徒である保証がないのである。そこで、センター試験や高校の評定以外で学力を客観的に担保する外部試験等の活用が望まれる。

まず語学力、理系では特に英語の力は、大学において研究論文を読むのに必須の力であ

る。そこで、議論になっている外部英語四技能検定について、平成 29 年 3 月 30 日（木）に筑波大学東京キャンパス文京校舎にて、高校進路担当教諭と大学教員の間で、「情報交換会」を行った際に意見を求めた。同時に過去に大学で行ったアンケート調査の回答を再分析した。高校からは「経済的・地理的な事情により、外部英語試験が受けられない生徒も出るので、受験への影響は最小限に留めて欲しい。」等の要望が寄せられていた。

そこで、着目したのが、米国において College Board が主催する SAT Reasoning Test (SAT I) および SAT Subject Tests (SAT II) である。平成 29 年と平成 30 年、筑波大学の大学生を対象として、SAT II の問題について調査を行った。実際に SAT II の数学の問題を数問選んで解答させたところ、英語での試験ではあるが、一定の正答率が得られた。数学と英語の基礎学力を判断する手段として SAT II が利用可能であると考えられた。この成果の一部は、既に平成 29 年度から実施されている筑波大学「海外教育プログラム特別入試」の中に取り入れられている。

2.2.10. まとめ

高大接続改革に資する「思考力、判断力、表現力」を問う新しい入学者選抜の形を作ることは重要なことであり、現在でも、AO 入試や推薦入試あるいは大学独自の名称で実施されている。しかし多くの大学では一般選抜への募集人員の配分が多いため、現実には一部の受験生がチャレンジするに留まっているのが現状である。「知識」を担保しつつ「思考力、判断力、表現力」あるいは「主体性、多様性、協働性」を評価するために、どのような手法が新たな入試方式の拡大につながるか検討していくことが必要であると考えられる。

それは同時に「学力」という用語で一体何を指すのかの一般的な定義の定め難さも含意する。学力に上記の通りの「3 要素」を含めることは、知識・技能のみから学力の概念を拡張する点で意味があるが、実際には知識と完全に独立した思考力は評価し難いことや、思考力を問う場合でも知識の担保を求めたくなる大学が多い等、要素間の関係や切り分け、そして学力全体の定義は難しい。各大学が AP に従って、求める生徒像に合わせて的確に定義することが必要だろう。

高校では、授業にアクティブラーニングを取り入れた学校が増えている。受動的授業から主体的に協働して学ぶ態度を身に付けることが目的だが、その能動的授業がどのように行われているか大学関係者が把握することは極めて重要なことであり、ここに高大接続の本質があると考えられる。そこから大学入試を通して、生徒と大学がうまくマッチングすることで双方にとって、やがては国にとって大きな人的資産となると考える。

最後に、このような入試方式が継続的かつ多くの大学で利用され、多くの優秀な学生を得るための、本調査から浮かび上がった入試モデル作成に向けた主な課題をあげる。

<主な課題>

- ・ 選抜に関わる教員等のマンパワーの確保
- ・ 募集人員を増やす場合の試験会場等ハード面の準備、確保
- ・ 合宿制のようなケースでは宿泊施設の問題
- ・ 出願要件のわかりやすい広報
- ・ 受験生にとっての経済的負担（宿泊費、交通費等）

- ・合格してから入学までの期間における受験生の学びの確保
- ・大学で学ぶ上で必要な基礎学力の見極め
- ・入学した学生に対するフォローと追跡調査のための体制作り
- ・大学の負担を過度に増やさないように運営する手法の開発

第3章 思考力等に関する多面的・総合的な評価を行うための実践的で具体的な評価手法，問題の開発

3.1. ボトムアップ的アプローチによる実践的で具体的な評価手法，問題の開発

3.1.1. 理数分野における思考力・判断力・表現力の捉え方（考え方）

平成28年12月の中央教育審議会答申「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」に示された資質・能力の整理のうち，数学科では次の諸点が思考力・判断力・表現力等として示された。

- 事象を数学的に考察する力
- 既習の内容を基にして問題を解決し，思考の過程を振り返ってその本質や他の事象との関係を認識し，統合的・発展的に考察する力
- 数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表現する力

数学科では従来より，このような思考力等の育成のために，「数学的活動」を重視してきた。数学的活動はこれまで，問題意識をもつこと・主体的であること・数学に関わりがあることによって概括的に捉えられてきたが，この度の学習指導要領の改訂にあたり，「事象を数理的に捉え，数学の問題を見だし，問題を自立的，協働的に解決することができる」とされた。したがって，より明確にされた数学的活動を通して，教科の固有性でもある数学的な見方や考え方を働かせて，思考力等を育成することとなる。こうした動向の背景には，校種を問わず数学科では，育成を目指す資質・能力は「算数・数学の学習過程のイメージ」(図3.1.1; 教育課程部会・算数数学WG資料)によって示すという立場がある。

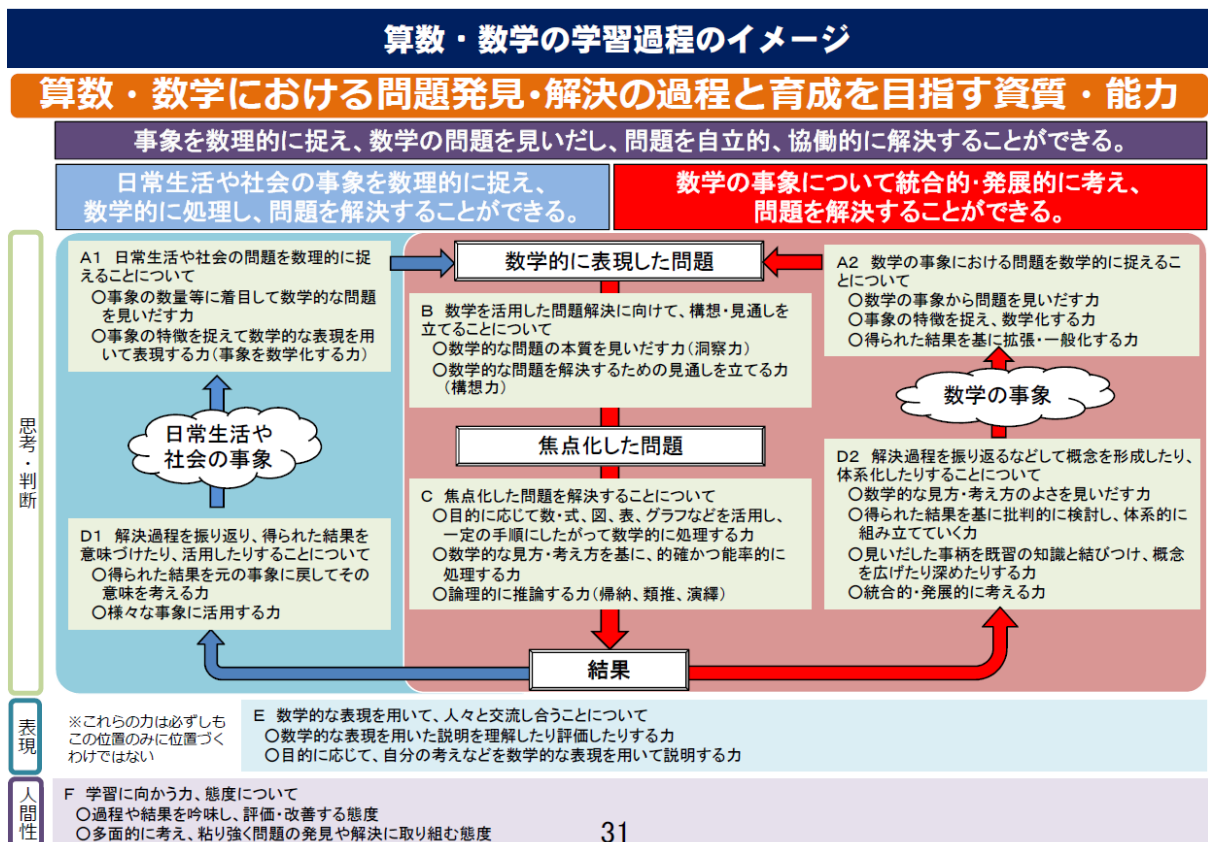


図 3.1.1 算数・数学の学習過程のイメージ

したがって今後は校種を問わず思考力・判断力・表現力等もまたこの過程イメージに基づいて扱われることになる。たとえば、日常生活や社会の事象から数学で取り扱われるように形式化することも思考力等に含まれるし（図 3.1.1 中の A1）、与えられた問題を解決した後、その結果を事象のなかで解釈したり意味づけたり（D1）、あるいは次なる数学的知識や技能の発展のために使ったりする（D2）こともまた思考力等として位置づけられる。もし、従来の思考力等を問う問題が上記の過程の一部しか問うていないのであれば、なぜそれが問われねばならないのかという経緯や、それを解くことによって得られる結果はどのように役立ちそうかを考えることによって、現代求められるようになってきた思考力等を問う問題として発展させることができるだろう。数学的に十分に整備されて、解決にあたって使うべき知識や技能が明確になっている状態の問題は、上記の過程イメージでは「焦点化した問題」として分類されるのであり、一方的に刷新しなければならないのではなく、一連の問題解決過程の一部として位置づけられ得るのである。

理科についても同様に、上記答申に示された資質・能力の整理から、高等学校理科において育成を目指す資質・能力をそのまま用い、本事業における思考力・判断力・表現力等と捉えることにした（表 3.1.1 参照）。

表 3.1.1 高等学校理科において育成を目指す資質・能力（抜粋）

	思考力・判断力・表現力等
選択科目	○科学的な探究能力（論理的・分析的・統合的に考察する力） ○新たなものを創造しようとする力
必修科目	○自然事象の中から見通しをもって課題や仮説を設定する力 ○観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する力と科学的な根拠を基に考えを表現する力 ○仮説の妥当性や改善策を検討する力

さらに、問題作成においては、平成 30 年 6 月に大学入試センターが公表した「【理科】作問のねらいとする主な「思考力・判断力・表現力」についてのイメージ（素案）」に示された大学入学共通テストにおいて問いたい「思考力・判断力・表現力」も参考にした（表 3.1.2 参照）。

表 3.1.2 大学入学共通テストにおいて問いたい「思考力・判断力・表現力」（抜粋）

	課題の把握	課題の探究（追究）		課題の解決	
	抽出・整理した情報について、それらの関係性や傾向を見いだすとともに、課題を設定することができる	見通しをもち、検証できる仮説を設定し、それを確かめるための観察・実験の計画を評価・選択・決定することができる	観察・実験等の結果を分析・解釈することができる	仮説の妥当性を検討したり、考察したりすることができる	全体を振り返って推論したり、次の課題を発見したり、新たな知識やモデル等を創造したりすることができる
大学入学共通テストにおいて問いたい「思考力・判断力・表現力」	図・表や資料等から、自然の事物・現象に係る情報を、原理・法則に従って抽出し、関係性などを発見することができる	自然の事物・現象に係る仮説を立証するため、原理・法則に従い、その方法・過程などを決めることができる	自然の事物・現象に係る基本的な概念と、観察・実験等の結果などから得た情報を、原理・法則に従って統合することができる	観察・実験等の結果から考察した情報と、自然の事物・現象の基本的な概念との整合性を、原理・法則に従って判断することができる	自然の事物・現象の基本的な概念を基に、見いだした課題について、原理・法則に従って推論することができる
	図・表や資料等を基に、設定した条件を自然の事物・現象に係る情報を、原理・法則に従い、整理することができる	自然の事物・現象の基本的な概念を活用し、原理・法則に従って新たな情報を基に仮説を立てることができる	自然の事物・現象に係る基本的な概念を基に、原理・法則に従って情報を一定の条件で処理することができる	自然の事物・現象に係る新たに得た情報と、結果などから得た情報を、原理・法則に従って統合することができる	探究活動を振り返り、自然の事物・現象に係る新たな課題について、原理・法則に従って再設定することができる

3.1.2. 思考力等の評価方法・問題例

3.1.2.1. 思考力等の評価方法・問題例（数学）

（1）問題作成に当たっての留意点

以上のことから、数学での問題作成にあたっては、「算数・数学の学習過程のイメージ」を念頭に置くことによって、特に次の諸点に留意することとした：

- ① 事象を重視すること。事象には、日常的・社会的なもの、数学的なものがある。
- ② 数学的な見方・考え方を働かせることによって、置かれた立場から判断したり、結論を導いたりすること。
- ③ 数学科で学んだ知識・技能や、問題解決の過程を振り返って再評価すること。
- ④ 自らの思考過程および結果・結論を、簡潔・明瞭・的確に表現すること。そのため、結果・結論を導くまでのポイントを取り出してかくこと。

(2) 作成した問題を用いた試行テストの概要

問題は、高等学校での数学科の履修状況に応じて、理系用（数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・A・Bのすべてを履修）・文系用（数学Ⅲは未履修；その他の科目の履修状況は問わない）のセットとして作成した。作成の留意点を反映させるために、短答問題・多肢選択式問題に加えて、説明や照明を完成させる記述式問題や、グラフの概形をかかせる問題を作成した。数学主体の理数融合問題とあわせて1セットあたり4つの大問で構成され、大問1つあたり20分で行われるようにした。

試行テストは、大学入学直後の学部1年生を対象として実施した。2017年度実施分では該当する4大学のすべてで共通の問題のみを扱い、2018年度実施分では4大学のうち、広島大学・九州大学は理系用・文系用の二種類、京都工芸繊維大学・東京理科大学は理系用の一種類で実施した。さらに、4大学で理系用・文系用問わない共通問題を扱いつつも、各々の大学のアドミッションポリシーを問題に反映させるべく、理系用には独自開発の問題を扱うことにした（表3.1.3；各問の詳細は資料編参照）。

表 3.1.3 2018年度実施分の数学科問題の分布

	広島大学		九州大学		京都工芸 繊維大学	東京理科 大学
	理系	文系	理系	文系	理系	理系
問題Ⅰ	理文共通	理文共通	理文共通	理文共通	理文共通	理文共通
問題Ⅱ	理系共通		理系共通		理系共通	理系共通
問題Ⅲ	理系オリジナルA		理系オリジナルB		理系オリジナルB	理系オリジナルC
問題Ⅳ	理系共通		理系共通		理系共通	理系共通
問題Ⅴ		文系共通		文系共通		
問題Ⅵ		文系共通		文系共通		
問題Ⅶ		文系共通		文系共通		

次節では、表3.1.3のうち、理文共通問題Ⅰおよび文系共通問題Ⅵを事例として、出題意図と特徴、問題作成のための具体的留意点を挙げる。

(3) 作成した問題の事例と作成方法，問題の意図と特徴

まず，理文共通問題 I は次の通りである（図 3.1.2）。

I さくらさんは，中学校の数学の教科書を読み返しているとき，三角形の合同条件は本当に正しいのかどうか疑問を持ちました。今の教科書では，2 つの図形が合同であることの定義は「ぴったり重なるとき」とされており，これでは直観的であって，三角形の合同条件は厳密に証明されていないと感じたからです。そこで，図書館に行って昔の数学の教科書を調べると，高等学校のある教科書には次のようにかかれていることを見つけました。

さきへ進むまえに，三角形の合同ということをはっきりとさせておこう。

二つの三角形 ABC ， $A'B'C'$ が合同であるというのは，

$$BC = B'C', \quad CA = C'A', \quad AB = A'B'$$

$$\angle A = \angle A', \quad \angle B = \angle B', \quad \angle C = \angle C'$$

がなりたつことである。そして， $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ が合同であることを，記号でつぎのようにかく。

$$\triangle ABC \equiv \triangle A'B'C'$$

（小松勇作編『新編 数学 IIB〔新訂版〕』，旺文社，昭和 52 年，187 ページ）

また，中学校で学んだ三角形の合同条件の 1 つである「2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しい」は，英語圏では「Side - Angle - Side」と呼ばれ，簡潔に SAS とかけられること，さらに日本でも以前はその条件は「二辺夾角^{にへんきょうかく}」と呼ばれていたことを知り，これらのほうが覚えやすいと思いました。

図形が好きなさくらさんは， $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ に対して，

$$AB = A'B', \quad BC = B'C', \quad \angle B = \angle B'$$

のとき，上の教科書にしたがえば， $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ が合同であることは次のような手順で証明できるという見通しを立てました。

【手順 1】

$CA = C'A'$ であることを示す。

証明

余弦定理より，

$$CA^2 = AB^2 + BC^2 - 2AB \cdot BC \cos \text{ア}$$

$$= A'B'^2 + B'C'^2 - 2A'B' \cdot B'C' \cos \text{イ}$$

$$= C'A'^2$$

$CA > 0$ ， $C'A' > 0$ より， $CA = C'A'$ である。

〔手順 2〕

$\angle A = \angle A'$ および $\angle C = \angle C'$ であることを示す。

次の (1), (2) に答えなさい。

(1) 〔手順 1〕の **ア**, **イ** に当てはまる記号を入れなさい。

(2) 〔手順 2〕の議論を完成させて、2 組の辺とその間の角がそれぞれ等しければ、その 2 つの三角形は合同であることを証明しなさい。

図 3.1.2 理文共通問題 I

図 3.1.2 は、中学校で扱う「三角形の合同条件」が数学的に成り立つかどうかという数学的事象を背景としている。そして証明の一部（手順 1；対応する 2 つの辺が等しいことをいう）を読むことでそのアイデアを読み取り、証明を完成させることを問う問題である（手順 2；対応する 2 つの角が等しいことをいう）。また、三角比の余弦定理は高等学校数学 I および数学 II で学ぶ内容である。従来の問題では、与えられた三角形に応用して辺の長さや角の大きさを求めるという、文脈のない計算問題として使われることが多かったが、この問題では、証明を完成させるという目的のために使うことが問われている。

2 つの小問題から構成している。問 (1) では手順 1 に該当し、図 1 の過程イメージでは「焦点化した問題」にあたる。2 つの三角形の辺や角の対応が把握できれば余弦定理の単純な当てはめによって求めることができる。したがって、この小問題だけ独立させれば単純な技能をみる問題になるが、思考力等を測る問題においては目的志向の使い方を問うことになる。そのために作成したものが問 (2) である。

学校数学においては、三角形の合同条件は事実に基づく検証を根拠にするのみであって、改めて数学的に成り立つかが扱われることはほとんどされない。しかしながら、この問題中の資料として示されている教科書が使われていた当時、頻出の数学的定理でさえもそれが数学の体系のなかでどのように位置付くかが扱われていた。したがってこの問題では、解決に取り組みながらこれまで学んできた基本的な事柄を見直すこともねらいとしている。

当然のことながら、余弦定理には使い道が多く、この事例のような使い方はその一例にすぎない。したがって、思考力等の問題の作成にあたって余弦定理のような使用頻度の高い定理については、教科書でも扱われているように定理を発見して証明するまでに道筋を追わせたり、それが日常や社会のなかでどのように役立つかを追体験させたりすることも問題開発のための指針になる。

次に、文系共通問題VIは次の通りである（図 3.1.3）。

VI 10 を底とする対数を常用対数といいます。常用対数の近似値は、16 世紀以来、様々な方法によって計算されてきました。ここでは、対数の性質を利用することで、既知の常用対数の近似値から、未知の常用対数の近似値を求めてみましょう。

$\log_{10} 2 = 0.3010$, $\log_{10} 3 = 0.4771$ として、次の (1), (2) に答えなさい。

(1) ア ~ ウ に当てはまる数値を入れなさい。また、エ には当てはまる式を ① ~ ③ のなかから 1 つ選び、記号で答えなさい。

$\log_{10} 4 = \text{ア}$, $\log_{10} 5 = \text{イ}$, $\log_{10} 6 = \text{ウ}$ である。

また、 $\alpha = \log_{10} 5 - \log_{10} 4$, $\beta = \log_{10} 6 - \log_{10} 5$ とおくと、エ である。

① $\alpha < \beta$ ② $\alpha = \beta$ ③ $\alpha > \beta$

(2) 対数関数を学んだ A さんは、 $\log_{10} 7$ の近似値を求める方法について、次のように考えました。

【A さんの考え】

$7^2 = 49 \doteq 48$ を利用する。

$$\log_{10} 7^2 \doteq \log_{10} 48$$

ここで、 $\log_{10} 48 = \log_{10} 2^4 \cdot 3 = 4\log_{10} 2 + \log_{10} 3 = 1.6811$ であるから

$$2\log_{10} 7 \doteq 1.6811$$

したがって、 $\log_{10} 7 \doteq 1.6811 \div 2 = 0.84055$

また、B さんは、A さんの考えをもとにして、次のように考えました。

【B さんの考え】

$7^4 = 2401 \doteq 2400$ を利用する。

$$\log_{10} 7^4 \doteq \log_{10} 2400$$

ここで、 $\log_{10} 2400 = \log_{10} 2^3 \cdot 3 \cdot 10^2 = 3\log_{10} 2 + \log_{10} 3 + 2 = 3.3801$

であるから $4\log_{10} 7 \doteq 3.3801$

したがって、 $\log_{10} 7 \doteq 3.3801 \div 4 = 0.845025$

$\log_{10} 7$ により近い値を求めたのは A さんですか、それとも B さんですか。理由とともに答えなさい。ただし、理由の説明にあたっては、図やグラフを利用してもよいことにします。

図 3.1.3 文系共通問題VI

これは、数学Ⅱで扱う「指数・対数」のうち「常用対数」について、その有用性を感じさせることをねらいとしている。そのため、ある式の近似値を求めるという数学的事象を背景としているが、近似値を求めること自体には社会的背景も伴っており、現実的には何らかの計算機やソフトウェアがその役割を果たすのであるが、いずれにしてもどの程度の近似値を扱うかという問題には、単なる焦点化された問題を超える関心が含まれている。

この事例では、常用対数を利用して近似値を求める方法そのものをテーマとして、二人の説明からいずれがよりよい近似であるかを判断させる。従来の問題では、必要最小限の情報と常用対数の基本的性質とから値を求めることに留まることが多かったが（問(1)）、この問題では、常用対数の使い方だけでは無く、よりよく使うための数の見方、すなわち素因数分解とその利用まで含めて問題としている（問(2)）。

2つの小問題から構成している。問(1)は図3.1.1の過程イメージでは「焦点化した問題」にあたるが、得られた値や値の大小関係をみることによって、「常用対数は近似値を求めるために使われる」という数学的文脈と、整数を対数で置き換えることによる変化の仕方の違いに気づかせることをねらいとしている。すなわち、単調増加の場面において、独立変数にあたる2つの値の差は、それらに対応する従属変数にあたる2つの値の差とは異なる点であり、これは次の問(2)に取り組むための伏線となる。なお、単純な知識・技能をみるための問題の作成においては、「知らなければ解けない」という問題を避けるために、通常は自由に使える道具（計算機やコンピュータ、この問題でいうところの対数表）を与えることもありうるが、大問全体の構成上、既知の対数の値をいくつか与えるという作成方法をとることにした。

この小問題そのものは基本的な常用対数の性質を用いればその単純な当てはめによって求めることができる。したがって、この小問題だけ独立させれば単純な技能をみる問題になるが、思考力等を測る問題においては目的志向の使い方や、得られた結果を反省して見る必要がある。そうして作成したものが問(2)である。学校数学ではとかく確定する結果のみを扱いがちであるのに対して、不等式によって表される領域を結果としたり、本問題のように概ねの値を結果としたりすることは、今後も重要な思考力等といえる。したがって、この問題では、実際に近似を求める手順を追体験して、いずれの方法がよりよい近似を与えるかという判断力を問うている。

（4）採点基準と採点結果

事例として挙げた2つの問題について、それぞれ採点基準（図3.1.4, 3.1.5）ならびに採点結果を示す。いずれの問題にも記述式の小問題が含まれているが、表現力そのものを問う問題ではないため、表現の数学的厳密さは重視することなく、解答のためのアイデアの有無によって部分点を与えることにしている。実際の採点では、厳密に一致するわけではないものの概ね解答例のいずれかのアイデアに沿うものであったため、部分点の判定も解答例のいずれかに沿って与えることにした。

まず、理文共通問題Ⅰについては次の通りである（図3.1.4）。

問(1)ア $\angle B, B, \angle ABC$ など イ $\angle B', B', \angle A'B'C'$ など

* 短答問題であるが表記の仕方によって答え方はさまざまである。したがって、正答例のいずれかがかかっている場合にのみ、それぞれ 10 点を与えることとした。

問(2)

<正答例 1>

余弦定理より、

$$\cos A = \frac{AB^2 + CA^2 - BC^2}{2AB \cdot CA}$$

$$= \frac{A'B'^2 + C'A'^2 - B'C'^2}{2A'B' \cdot C'A'}$$

$$= \cos A' \quad [10 \text{ 点}]$$

$0^\circ < A < 180^\circ$, $0^\circ < A' < 180^\circ$ より, $A = A'$ 。

[10 点; ただし A, A' の評価が無い場合は部分点は出さない]

同様にして $C = C'$ 。 [10 点]

<正答例 2>

仮定より, $\angle B = \angle B'$ 。

手順 1 より $CA = C'A'$ なので, 正弦定理より $\triangle ABC$ と $\triangle A'B'C'$ の外接円の半径は等しい。 [10 点]

こうして, 円周角の定理より, 等しい長さの弦 BC , $B'C'$ に対する円周角 $\angle A$ と $\angle A'$ は等しい。 [10 点]

同様に, $\angle C$ と $\angle C'$ は等しい。 [10 点]

<正答例 3>

正弦定理より, $\frac{BC}{\sin A} = \frac{B'C'}{\sin A'}$ だが, $BC = B'C'$ なので, $\sin A = \sin A'$ である。同様

にして, $\sin C = \sin C'$ となる。 [10 点]

もし $\angle A = \angle A'$ ならば, 三角形の内角の和は 180° であることから, $\angle B = \angle B'$ であることとあわせて, $\angle C = \angle C'$ が導かれる。 $\angle C = \angle C'$ であったとしても同様にして, $\angle A = \angle A'$ が導かれる。 [10 点]

また, もし $\angle A = \pi - \angle A'$ かつ $\angle C = \pi - \angle C'$ ならば,

$$\pi = \angle A + \angle B + \angle C = (\pi - \angle A') + \angle B' + (\pi - \angle C')$$

となり, $\angle A' + \angle C' = \pi + \angle B'$ である。つまり $\angle A' + \angle C' > \pi$ となるので, 三角形の内角の和は 180° であることに反する。よって, $\angle A$ と $\angle A'$, $\angle C$ と $\angle C'$ が互いに補角になることはない。 [10 点]

図 3.1.4 理文共通問題 I の模範解答

問(1)は余弦定理を当てはめるだけの短答問題であり、正誤ははっきりと定まるものである。4つの大学の平均通過率は93%であり(n=747)、またいずれの大学も90%を超えていることから、このような数学的事象での定理の使用も十分にできることが推測される。

問(2)は記述式問題であり、図3.1.4の3つの解答を模範として、部分点を与えていく方式で採点した。4つの大学の平均通過率は28%であり、基本的定理であってもそれを用いることによって証明を完成させることは難しいことがわかる。特に、平均得点14.5点(満点は30点;結果は0点,10点,30点に三分される)、標準偏差11.6であることから、できる・できないが全く二分されるというよりもむしろ、証明の途中段階まではできるが完成までは到らないものが多いことがわかる。なお、4つの大学ごとの傾向の特徴として、1つの大学の通過率が50%であったのに対して、他の3つの大学のそれは20%台であったというように、大問全体としてみたときの識別力は高い問題と言える。

次に、文系共通問題VIについては次の通りである(図3.1.5)。

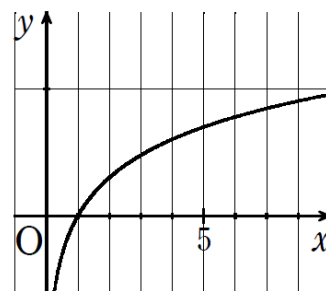
問(1)ア 0.6020 イ 0.699 ウ 0.7781 エ ③

問(2)

$\log_{10} 7$ により近い値を求めたのは (Bさん)

【グラフを使った説明の場合】

右のグラフのように、 $y = \log_{10} x$ は x の値が増加すると、 y の値も増加する。増加の仕方に着目すると、 x の値が大きいほど、 x の値が1増加したときの y の値の増加量は少なくなる。



[増加の仕方への言及：10点]

したがって、 x の値が大きいほうが $\log_{10} 7$ により近い値に近づくと考えられる。 [問題についての判断：10点]

よって、Bさんのように、 $x=7^4$ を考えたほうが、 $\log_{10} 7$ に近い値が求められる。 [Bさんの選択：10点]

【数値の評価による説明の場合】

$\log_{10} \frac{48}{49}$ について、

$$\log_{10} 49 - \log_{10} 48 = \log_{10} \left(1 + \frac{1}{48} \right)$$

$$\log_{10} 7^4 - \log_{10} 2400 = \log_{10} \left(1 + \frac{1}{2400} \right) \quad [\text{式の変形：10点}]$$

より， $\frac{1}{2400} < \frac{1}{48}$ であるから， $[\text{真数部分の評価：10点}]$

Bさんのほうが近い値が求められる。 $[\text{Bさんの選択：10点}]$

図 3.1.5 文系共通問題VIの模範解答

問(1)は4つの小問題から構成されているが単純な技能を問う問題として平均得点によって通過率を算出している。2つの大学の平均通過率は73%であった(n=220)。2つの大学の通過率は69%、90%であったことから出来に差があることが推測される。

問(2)は記述式問題であり、図 3.1.5 の2つの解答を模範として、部分点を与えていく方式で採点した。2つの大学の平均通過率は12%であり、近似値の精度の判定とその根拠の説明は難しいことがわかる。ただし、2つの大学の傾向の特徴として、一方の大学の通過率は7%、もう一方の大学のそれは43%であったことから、問(1)のような技能を問う問題の出来の傾向と、判断させることを伴う思考力等の問題の出来とは概ね対応する様子が分かる。

常用対数についての知識や基本的性質、それらを活用するための技能は問(1)でみることになるが、「あなたはどのように考えるか」という第三者の立場での判断とその理由を記述することまで含めてみた場合、思考力等の達成には大きな違いがあることがわかる(大問全体の2つの大学の標準偏差12.20)。理文共通問題Iおよび文系共通問題VIとも、図 3.1.1 の過程イメージを念頭に置きながら作成している。これはこれからの学校教育における算数・数学科の授業づくりにも影響を与えるものであり、今回の試行テストの結果から、授業のなかで数学的に考えたり活動したりすることの一層の促進の必要性が窺われる。

3.1.2.2. 思考力等の評価方法・問題例（理科）

（１）問題作成に当たっての留意点

思考力等を問う従来の問題には、（１）ある時点での知識や技能の習得状況を見る、（２）「与えられた問題」という限られた場面で発揮される力を見る、（３）解決の方針が示されており、その状況で発揮される力を見る、といった特徴がある。

しかし、前項で示した理数分野における思考力・判断力・表現力等には、（１）複数の情報を統合し構造化して、新しい考えをまとめ、その過程や結果を表現する力、（２）目の前の情報から必要な情報やデータを自分で抽出し、思考する力、といった要素が含まれており、多面的・複合的な思考力等をみる必要があるといえる。そこで、問題作成に当たっては、次の点に工夫した。

- ①問題を解決する過程に沿って、小問を作成する。
- ②問題の文脈を捉えやすくするため、日常生活の場面や高等学校での授業内容を取りあげる。
- ③複数の知識を組み合わせさせて考えさせ、マーク式でも対応可能なものにする。

これら①～③のうち、とりわけ②の日常生活や高等学校での授業内容として、表 3.1.4 に示すような題材を取りあげた。

表 3.1.4 作成した問題の特徴的な題材（抜粋）

題材	領域
重力加速度の実験（生徒による実験）	物理
科学史（ラボアジエやドルトンなどによる化学の基本法則）	化学
スポーツドリンクの甘味（水溶液の凝固）	化学
薬品庫の整理（物質の性質）	化学
生物の進化	生物
ヒトの腎臓の構造と働き	生物
洗濯物の乾き方（生徒による実験）	地学

（２）作成した問題を用いた試行テストの概要

問題は、物理、化学、生物、地学の領域ごとに作成し、出題範囲は、基礎を付した科目の内容とした。また、解答形式はマーク式を基本とし、一部記述式を取り入れた。なお、大問一つの解答時間を概ね 20 分と想定し、その時間内で解答可能な問題とした。

以上のような問題を作成し、物理、化学、生物、地学の 4 問から 2 問選択し、次項で示す理数融合の 2 問を必須とし、合計 4 問を 80 分で解答する試行テストを準備した。この試行テストは、大学入学直後の学部 1 年生を対象とし、4 大学（広島大学、京都工芸繊維大学、九州大学、東京理科大学）において、2017 年、2018 年に各 1 回実施した。2017 年は、4 大学が同一の問題を作成・実施し、2018 年は各大学で独自の問題を作成・実施した。

(3) 作成した問題例・出題意図とその特徴

(a) まず、2018年に作成・実施した物理領域の問題(図3.1.6)を例にし、出題意図(表3.1.5)とその特徴を示す。

1. 物理基礎の授業で、40名の生徒が次のような実験を行った。実験結果・考察に関する下の問い(1)~(5)に答えなさい。

目的

物理の教科書には「空気の抵抗力などがはたらかない理想的な状況では、物体が落下するときの重力加速度は物体の質量によらず約 $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ である。」と記載されている。このことを調べるために、質量の異なる物体を落下させ、物体が落下するときの加速度を測定し、考察する。

<実験方法および実験装置>

- [1] 落下物(おもりと記録テープを合わせた物体)の質量を測定する。
- [2] 図1の装置を設置する。
- [3] 静かに手を放して、落下物の落下運動を記録タイマーで記録する。記録タイマーは記録テープに 0.1 [s] 毎に打点を打つ。(図2)
- [4] 記録テープより平均の落下速度を計算し、平均の落下速度と時間のグラフ($v-t$ 図)を作成する。
- [5] $v-t$ 図の傾きから、落下加速度を求める。

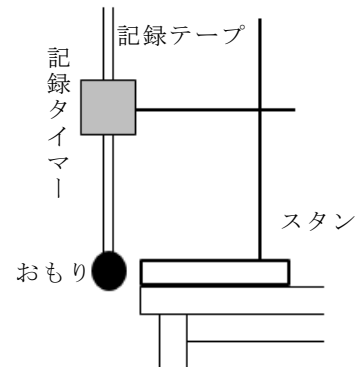


図1

(1)図2は、実験手順[3]で得られた記録テープの一例で

ある。この記録テープに記録された落下物の運動について 0.1 [s] から 0.2 [s] における平均の落下速度を算出せよ。

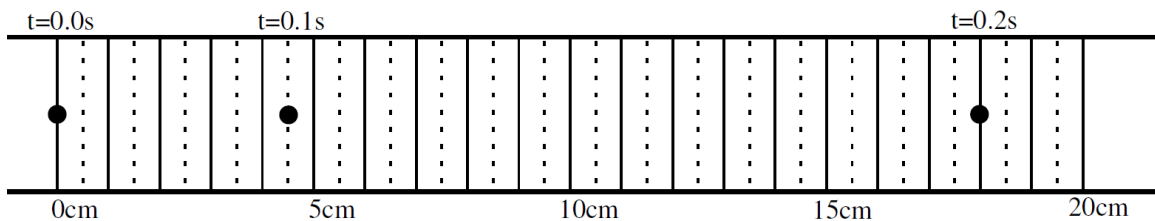
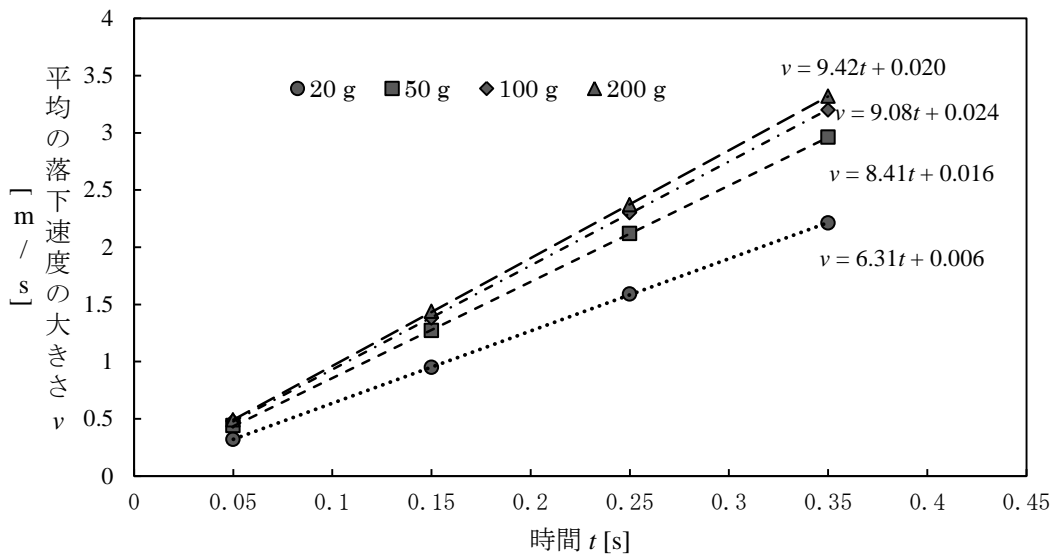


図2

(2)図3は実験手順[4]で得られた $v-t$ 図の一例である。図3に示すように、測定を行った時間の範囲内では、どの質量の実験においても、速さは時間の1次関数(直線)としてよく表現できている。このことから、落下物にはたらく力の合力の性質について述べたものとして、適切なものを次の①~④のうちから一つ選び番号で答えなさい。

- ①落下物の速さによらず、力の大きさは一定である。
- ②落下物の速さに比例して、力の大きさは大きくなる。

- ③落下物の速さの2乗に比例して、力の大きさは大きくなる。
- ④落下物の速さの平方根に比例して、力の大きさは大きくなる。



(図中の直線はデータ点からのずれが最も小さくなるように引いた直線である。)

図 3

(3)質量 20g, 50g, 100g, 200g の落下物について、40 人が得た落下加速度の平均値は次の表 1 のようになった。表 1 の落下加速度の平均値はどの質量でも、教科書に記載されている重力加速度の値 $9.8 \text{ [m/s}^2]$ より小さな値となった。これは手を離れた後、落下物に空気抵抗のような落下を妨げる力がはたらいていたためだと考えられる。このような力として、どのようなものが考えられるか、空気抵抗以外の力を答えよ。

表 1

落下物の質量 [g]	20	50	100	200
落下の加速度 $[\text{m/s}^2]$	6.3	8.4	9.1	9.4

(4)表 1 の結果を縦軸に測定された落下加速度の平均値、横軸に落下物の質量または質量の逆数を取り、グラフで表したものが図 4 である。図 4 の右図からわかるように、落下物の測定された落下加速度の平均値と質量の逆数の関係は直線でよく近似されている。このことから、落下物にはたらく重力以外の力の合力の大きさ F の性質について述べたものとして、適切なものを次の①～⑤のうちから一つ選び番号で答えなさい。

- ① F は落下物の質量に比例して大きくなる。
- ② F は落下物の質量の逆数に比例して大きくなる。
- ③ F は落下物の質量に関係なく一定である。
- ④ F は落下物の速さに関係なく一定である。

⑤ F は落下物の速さに比例して大きくなる。

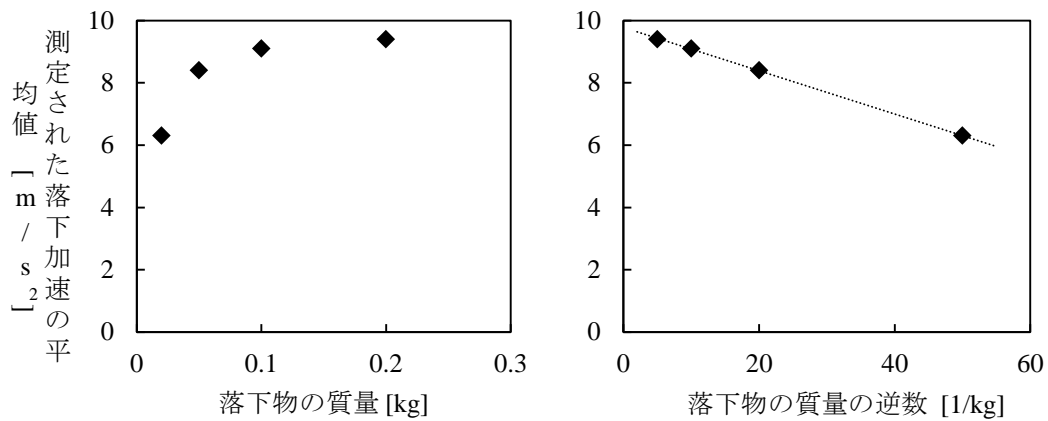


図 4

(5) 図 4 の右図において 4 つのデータ点の最も近くを通る直線の方程式が、横軸を x 、縦軸を y として、 $y = ax + b$ (a, b は実数値) で表されたとする。このとき、重力加速度 g [m/s²] の大きさと重力以外の力 F [N] の大きさを a, b で表したときの組み合わせとして、適切なものを次の①～⑧のうちから一つ選び番号で答えなさい。

	g	F
①	a	b
②	a	$\frac{1}{b}$
③	a	$-b$
④	a	$-\frac{1}{b}$
⑤	b	a
⑥	b	$\frac{1}{a}$
⑦	b	$-a$
⑧	b	$-\frac{1}{a}$

図 3.1.6 作成した問題例 (物理領域)

表 3.1.5 出題意図

問題	問いたい思考力等	出題意図
(1)	実験データから物理量を求める力。	速さの定義を理解し，実際の実験データから平均の速さを計算する能力を問う問題。
(2)	実験結果を表現したグラフから，本質的な事項を読み取る力。	グラフには複数の実験条件の結果が示されているが，それに惑わされることなく，運動の法則から力の性質を見抜く力を問う問題。
(3)	理想化された状況ではなく現実のデータに基づいて分析して解釈する力。	理想化された状況ではなく，現実の問題として，実験を分析する力を問う問題。
(4)	実験データを分析し，意味のある情報を見出す力。	複数の実験の分析結果を与え，そこから，本質的な情報を引き出す能力を問う問題。
(5)	習得した知識を具体的な問題に適用する力。特に，数式と現実の物理量を結びつける力。	実験結果を運動の法則などを表現した数式を用いて分析し，そこから情報を引き出す能力を問う問題。

従来の問題と比較しながら，作成した問題（図 3.1.6）の特徴を示す。まず，「鉛直投げ上げ」を題材とした従来の問題例を図 3.1.7 に示す。

屋根の上から，ボールを初速度 v_0 [m/s] で鉛直上向きに投げ上げた。投げ上げた位置を原点として鉛直上向きに y 軸を取る。このとき，ボールの速度 v [m/s] は下図のように変化した。次の値を求めよ。

- ①ボールが最高点に達した時刻と小球の初速度
- ②ボールが達した最高点の位置
- ③ボールが原点を下向きに通過した時刻とその時の速度

The graph shows a linear decrease in velocity over time. The vertical axis is labeled v [m/s] and has a tick mark at v_0 . The horizontal axis is labeled t [s] and has tick marks at 1.0, 2.0, and 3.0. The line starts at $(0, v_0)$, passes through $(1.0, 0)$, and ends at $(3.0, -v_0)$. A dashed vertical line is drawn at $t = 3.0$ s, extending from the t -axis down to the line.

図 3.1.7 従来の問題例

図2に示した問題は、①実際に実験を行った状況ではなく、理想的な状況において思考する、②公式に数値を代入することによって解答できる、という特徴がみられる。これに対し、今回作成した図1の問題は、理想的な状態ではなく、実際の実験をもとに「理想値と実測値のずれ」の原因を思考させる点が特徴である。この問題は、実際に高等学校の授業で行う生徒実験から着想を得ており、教科書に記載されている理想値が得られなかった場面を取りあげている。このように、授業や日常生活に着目し、現実的な文脈を設定することに留意した。

(b) 続いて、2017年に作成し、2017、2018年に実施した地学領域の問題（図3.1.8）を例にし、出題意図（表3.1.6）とその特徴を示す。

1. 次の文を読み、下の問い(1)～(6)に答えなさい。

友人と話をしているときに「晴れた昼間は洗濯物がよく乾くね」という話題になった。しかし、太陽の光が当たらなくても洗濯物は乾く。そこで、洗濯物が乾くことには日光以外の要因があるのではないかと考え、乾き方には「湿度」が関係しているという仮説を立てて、研究を行うことにした。まず、よく晴れた日に太陽の光が当たらない日陰で洗濯物が乾くようすを調べるために、次の実験を行った。



<実験>

- 1)木綿のタオルハンカチを10枚用意し、それぞれに番号を付ける。
- 2)1)のタオルハンカチを洗面器に入れた水にひたし、脱水機にかけた後にそれぞれの質量（干す前の質量）を測定する。
- 3)2)で質量を測定したタオルハンカチを、上の写真のように、直射日光の当たらない場所に並べて干す。
- 4)3時間後に、再びそれぞれのタオルハンカチの質量（干した後の質量）を測定する。
- 5)1)～4)の実験を、8時からと18時からの2回行って、蒸発した水の量を比較する。

なお、実験開始の時刻を8時からと18時からに決めたのは、よく晴れた日の湿度を調べたら、この付近では8時頃と18時頃の湿度が同じ値になる日が多いという特徴を見つけた。

<結果>実験結果は、次の表のようになった。

表 干した時刻の違いによる、蒸発した水の量の違い（単位はg）

		布の番号					平均
		1	2	3	...	10	
8時～11時に 干したとき	干す前の質量	52.4	48.5	49.9	...	52.3	52.7
	干した後の質量	32.2	29.9	30.8	...	31.2	33.1
	蒸発した水の量	20.2	18.7	19.1	...	21.1	19.7
18時～21時に 干したとき	干す前の質量	56.7	51.6	45.9	...	49.0	51.4
	干した後の質量	39.9	36.6	32.0	...	33.1	36.2
	蒸発した水の量	16.8	15.0	13.9	...	15.9	15.3

また、次の図1と図2は、実験を行った日に百葉箱で記録された気温と湿度のデータである。図3は、飽和水蒸気量のグラフである。この研究に関して、あとの各問いに答えなさい。

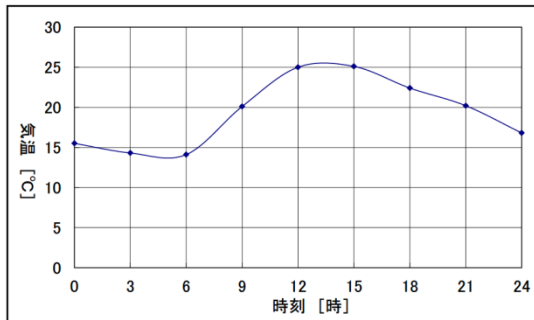


図1 気温の変化

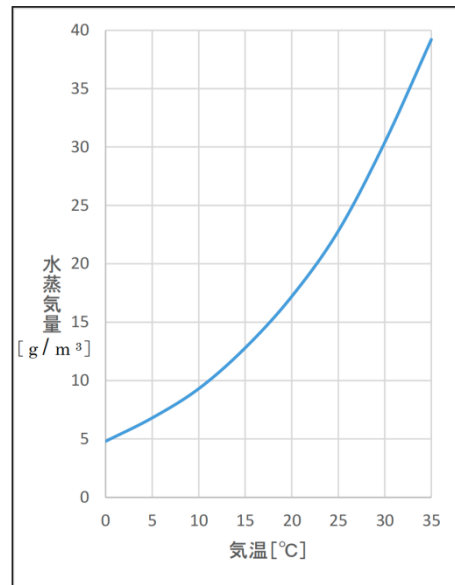


図3 各気温における飽和水蒸気量

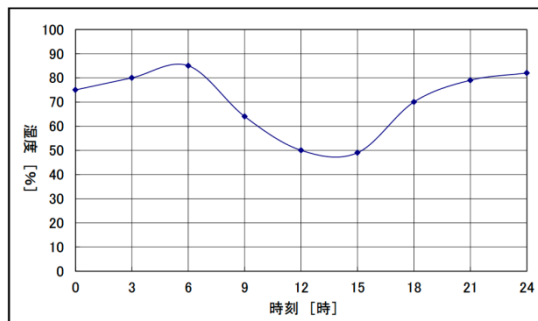


図2 湿度の変化

(1)湿度の測定には乾湿計を用いる。自分で湿度を測定するために、乾湿計を自作しようと考えた。乾湿計を自作するときに必要なものを、次の①～⑥のうちから三つ選びなさい。(ア)

- ① 2本の温度計
- ② ガーゼ
- ③ 金属製のコップ
- ④ エタノールとエタノールを入れる容器
- ⑤ 水と水を入れる容器
- ⑥ 氷と氷を入れる容器

(2)洗濯物の乾きかたを、温度や湿度の変化から考えるために、この日の12時の気温(25°C)と湿度(50%)をもとにして、露点の値を求めることとした。まず、12時の露点を求める方法について、解答用紙の飽和水蒸気量のグラフに、線や点、矢印などを用いて説明を記入しなさい。また、露点の値を、最も近い整数で答えなさい。(イ)

(3)洗濯物の乾き方の違いは、「湿度が同じ」条件で比較してみるとよいのではないかと考えた。図2では、実験を行った日も8時と18時の湿度が70%で、同じになっている。しかし、8時と18時を比較すると、18時の方が水の蒸発が起きやすい

と考えた。あなたはその意見に賛成しますか、反対しますか。理由も含めて、あなたの考えに最も近いものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。(ウ)

- ①反対。湿度が同じなので、水の蒸発の起こりやすさは同じ。
- ②反対。湿度は同じでも 8 時の方が、気温が低く飽和水蒸気量が小さいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ③反対。湿度は同じでも 8 時の方が、気温が低く飽和水蒸気量大きいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ④賛成。湿度は同じでも 18 時の方が、気温が高く飽和水蒸気量が小さいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ⑤賛成。湿度は同じでも 18 時の方が、気温が高く飽和水蒸気量大きいので、水の蒸発が起こりやすい。

(4)実験の結果を見ると、8 時～11 時に干した方が 18 時～21 時に干したときより、蒸発した水の量が多いことが分かった。私はこの実験結果が、上記の(3)で考えたことと一見すると矛盾しているように感じて、実験結果を説明する理由を考えた。次のアからエの中から、実験結果を説明する理由として、最も適当なものを①～④のうちから一つ選びなさい。(エ)

- ① 8 時の時点では 18 時よりも気温が高かったが、その後の 3 時間のあいだに気温が低下したから。
- ② 8 時の時点では 18 時よりも気温が高かったが、その後の 3 時間のあいだに湿度が低下したから。
- ③ 8 時の時点では 18 時よりも気温が低かったが、その後の 3 時間のあいだに気温が上昇したから。
- ④ 8 時の時点では 18 時よりも気温が低かったが、その後の 3 時間のあいだに湿度が上昇したから。

(5)洗濯物の乾き方に関係する日光以外の要因は、湿度のほかにもあるのではないかと考えて、さらに実験をしてみようと思います。洗濯物の乾き方に関する「要因」を調べる実験として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。

(オ)

- ①洗濯物にあたる風のようにすを変えて、干してあるタオルハンカチに扇風機の風があたる場合とあたらない場合で、蒸発した水の量を比較する。
- ②洗濯物の大きさを変えて、同じ素材のタオルハンカチとバスタオルで、蒸発した水の量を比較する。
- ③洗濯物が含む水の量を変えて、タオルハンカチを手で軽くしぼった場合と脱水機でしぼった場合で、蒸発した水の量を比較する。
- ④洗濯物の布の材質を変えて、もめん 100%の布とポリエステル 100%の布で、蒸発した水の量を比較する。

(6)この実験では、洗濯物の乾き方には「湿度」が関係しているという仮説を立てて実

験を進めた。実験の最後に、まとめをおこなった。実験のまとめとして誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。(カ)

①よく晴れた日の昼間は、気温が高くなると湿度が低くなるので、気温が低くなる夜間よりもタオルハンカチはよく乾く。

②よく晴れた日の気温は午後2時頃に最も高く、湿度はその頃最も低くなるので、この頃にタオルハンカチを乾かしていると、1日の中で最も早く乾く。

③くもりの日は、気温の変化が少ないので湿度の変化も少なく、湿度の値が安定しているので、よく晴れた日と比べてタオルハンカチがよく乾く。

④雨が降り続けているときは湿度が高い状態が続くので洗濯物は乾きにくいですが、暖房された室内や、エアコンで除湿された室内であれば、タオルハンカチを乾かすことができる。

図 3.1.8 作成した問題例 (地学領域)

表 3.1.6 出題意図

問題	問いたい思考力等	出題意図
(1)	乾湿計のしくみを考えながら、知識にもとづいて思考する力。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象観測の方法や記録の仕方について、観測機器の原理や仕組みも含めて身に付けているかを問う問題。 ・ 身近な気象現象とのかかわりから洗濯物の乾き方を取り上げ、飽和水蒸気量や湿度の変化と蒸発について分析し、状況を判断することができるかを問う問題。 ・ 実験結果をまとめ考察する過程において、既知の概念を適用し、分析・解釈することができるかを問う問題。 ・ 実験の条件や方法を考え、適切な実験を構想することができるかを問う問題。
(2)	温度や湿度の値を飽和水蒸気量のグラフに当てはめて露点の値を求めるといふ、グラフを活用する力。	
(3)	湿度が同じである2つの時刻において、温度や湿度をもとにし、状況を分析し、意見を改善する力。	
(4)	実験結果や気温、湿度等のデータを読み取って多面的に分析し、実際の状況に適用し、判断する力。	
(5)	新たな仮説を設定し、課題を解決するための追実験を適切に計画する力。	
(6)	気温や湿度等の気象要素に関わる知識を適用し、洗濯物の乾き方の違いを明らかにする力。	

従来の問題と比較しながら、作成した問題 (図 3.1.8) の特徴を示す。まず、「地球大気」を題材とした従来の問題例を図 3.1.9 に示す。

次の文章の「ア」～「コ」の中に最も適当な語句を入れて、文章を完成させよ。解答は解答欄に記入せよ。

(1)地球表面の気温は、地表に届く太陽からの放射エネルギーと地球から宇宙空間に放出されるエネルギー（地球放射）のバランスで決まっている。太陽からの放射エネルギーは主に波長 $0.38\sim 0.77\mu\text{m}$ の「ア」によってもたらされるが、地球放射はより波長の長い「イ」に主による。地表から放出された「イ」は大気中に存在する水蒸気、「ウ」、メタンなどの「エ」ガスに吸収され、地球大気を温める。大気中の「エ」ガスの量が変化すると地球の気候に影響すると考えられる。地球ができた頃と比べて、現在の大気中の「ウ」濃度は「オ」と考えられている。

(平成 28 年度広島大学学力検査問題より抜粋)

図 3.1.9 従来の問題例

図 3.1.9 に示した問題は、記憶した知識の再生によって解答することができる、という特徴がみられる。これに対し、今回作成した図 3.1.8 の問題は、グラフから気温や湿度等の値を読み取り、それらを多面的に分析し、思考させる点が特徴である。この問題は、日常生活でよく目にする場面を取りあげ、生徒が疑問に感じたことを探究していく過程に沿って小問を構成している。このように、身近な日常生活に着目し、現実的な文脈を設定することに留意した。

(4) 採点基準と採点結果

先に例示した物理領域および地学領域の問題（図 3.1.6, 3.1.8）について、採点基準と採点結果を、それぞれ表 3.1.7, 3.1.8 に示す。

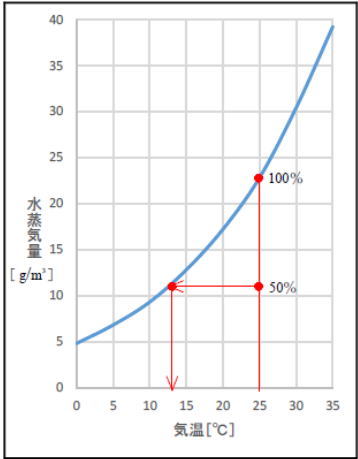
表 3.1.7 物理領域の問題の採点基準と採点結果

問題	正答	通過率
(1)	1.35 m/s または 135 cm/s	66%
(2)	①	70%
(3)	記録テープと記録タイマーの間の摩擦力	32%
(4)	③	14%
(5)	⑦	29%

(3)の採点

- ・力を以外の事柄を述べている【0点】
例)人為的なミス, 解析のミス, など
- ・手による力を述べている【0点】
例)手を放すときに手が記録テープを引いてしまった力, など

表 3.1.8 地学領域の問題の採点基準と採点結果

問題	正答	2017年 通過率 n=95	2018年 通過率 n=105
(1)	①, ②, ⑤	55%	48%
(2)	 露点の値： <u>13</u> °C	57%	47%
(3)	⑤	62%	63%
(4)	③	79%	90%
(5)	①	76%	75%
(6)	③	79%	90%

(1)の採点

- ・完答のみ正解とする。

(2)の採点

- ・湿度 50%の水蒸気量を示し、その値が飽和状態になる温度が 13°Cであることを図示した上で、値を 13°Cと解答している。【1 点】
- ・図示が不十分で、値を 13°Cと解答している。【0.5 点】
- ・値が 13°Cと解答できていない。【0 点】

まず、物理領域の問題については、小問(3)(4)(5)の通過率が相対的に低かった。

例えば小問(3)は、「理想化された状況ではなく現実のデータに基づいて分析して解釈する力」を問う問題であり、理想的な状況において思考させる従来の問題と異なる点であった。通過率は低かったものの、それはこれまでにない観点からの出題であったことに起因すると考えられ、問題としては妥当であったと判断できる。また、小問(4)は「実験データを分析し、意味のある情報を見出す力」を問う問題であり、与えられた複数の実験結果から、必要な情報を抽出して思考させる点が特徴であった。従来の問題では、一つの実験結果が示され、それをもとに思考させることが多いため、今回の問題の通過率は低かったのではないかと考えられる。しかし、出題意図に沿って問題が作成され、被験者は問題の意

味を理解した状況で解答していると推察されることから、問題としては妥当であったと判断できる。小問(5)についても同様といえる。

次に、地学領域の問題については、2017年と2018年に同一の問題を実施したが、両年とも小問(1)(2)の通過率が相対的に低かった。それに対し、小問(4)(5)(6)については、通過率が相対的に高かった。

例えば、小問(1)は、「乾湿計のしくみを考えながら、知識にもとづいて思考する力」を問う問題であった。これについては知識を問うものであり、乾湿計に関する知識が十分身に付いているとはいえない状況が明らかになった。続いて小問(2)は、「温度や湿度の値を飽和水蒸気量のグラフに当てはめて露点の値を求めるといふ、グラフを活用する力」を問う問題であり、表から必要な情報を読み取らせたり、それをもとにグラフを作成させたりすることにより、温度や湿度の変化に着目して洗濯物の乾き方を思考させる点が特徴であった。これは単に知識を再生させる問題ではなく、知識を活用させる問題であったため、通過率は低かったと考えられるが、問題としては妥当であったと判断できる。また、小問(4)は「実験結果や気温、湿度等のデータを読み取って多面的に分析し、実際の状況に適用し、判断する力」、小問(5)は「新たな仮説を設定し、課題を解決するための追実験を適切に計画する力」、小問(6)は「気温や湿度等の気象要素に関わる知識を適用し、洗濯物の乾き方の違いを明らかにする力」を問う問題であり、データを多面的に分析させたり、つい実験の方法を構想させたりする点が特徴的であった。これらは、出題意図に沿って問題が作成され、被験者は問題の意味を理解した状況で解答していると推察され、通過率も想定範囲であったことから、妥当な問題と判断できる。

3.1.2.3. 思考力等の評価方法・問題例（理数融合）

（1）問題作成に当たっての留意点

理数融合領域について、本事業では「数学科と理科とで養われる見方・考え方を働かせたり、知識や技能を活用したりする、必ずしも領域固有ではない能力」と捉え、問題を作成することにした。具体的には、数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行する力を問うものとし、次のような場面を想定した。

- ① 検証可能な仮説を立てる。
- ② 事象を数理的に捉え、構想や見通しを立てる。
- ③ 仮説を検証するために適切な観察、実験、調査等を行う。
- ④ モデルをつくりシミュレーションを行う。

（2）作成した問題を用いた試行テストの概要

出題範囲は、数学は、数学Ⅰ・数学A、理科は、物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎の内容とした。また、解答形式はマーク式を基本とし、一部記述式を取り入れた。なお、大問一つの解答時間を概ね20分と想定し、その時間内で解答可能な問題とした。

以上のような問題を作成し、数学、理科ともに、各科目に関する問題を2問選択するとともに、理数融合の2問を必須とし、合計4問を80分で解答する試行テストを準備した。この試行テストは、大学入学直後の学部1年生を対象とし、4大学（広島大学、京都工芸

繊維大学，九州大学，東京理科大学）において，2017年，2018年に各1回実施した。2017年は，4大学が同一の問題を作成・実施し，2018年は各大学で独自の問題を作成・実施した。

(3) 作成した問題例・出題意図とその特徴

2018年に作成・実施した問題（図3.1.10）を例にし，出題意図（表3.1.9）とその特徴を示す。

1. 次の文章を読み，下の問いに答えなさい。

主要組織適合性複合体抗原（MHC抗原）は，細胞表面に発現しているタンパク質であり，多様性に富み，免疫系における自己と非自己の識別に利用されている。実験用のマウスでは，MHC抗原がホモ接合になったマウスが移植等の実験に用いられている。

MHC抗原がa ($a \times a$) 系統のマウスとb ($b \times b$) 系統のマウスを交配したF₁（雑種第一代）は，a系統およびb系統のMHC抗原を発現する $a \times b$ 系統になる（図1）。このF₁マウスに親のマウスの組織を移植すると，F₁マウスは移植片を拒絶せず，移植片は生着する。一方，F₁マウスの組織を親に移植すると，親は移植片を拒絶する。これは，F₁マウスでは，a系統およびb系統のMHC抗原がいずれも自己と認識されるが，親マウスでは，a系統，もしくはb系統のMHC抗原のいずれかのみが自己と認識されるからである。

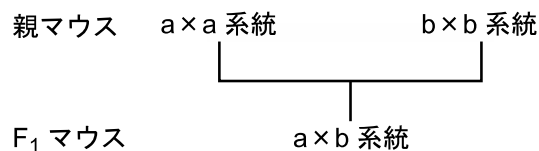


図1 親マウスとF₁マウスのMHC抗原の関係

(1) F₁マウス同士を交配したF₂マウス（雑種第二代）に親の組織を移植する場合，移植片が生着する確率は， $\frac{\text{ア}}{\text{イ}}$ である。, に当てはまる数を入れなさい。
なお，解答する場合は，それ以上約分できない形で答えなさい。

(2) マウスX，マウスY，マウスZは，MHC抗原の遺伝子型がそれぞれ異なり， $a \times a$ 系統， $b \times b$ 系統， $c \times c$ 系統， $a \times b$ 系統， $b \times c$ 系統， $a \times c$ 系統のいずれかのマウスとする。次の3つの条件をすべて満たすマウスX，マウスY，マウスZのMHC抗原の遺伝子型を下の表1の①～⑩の中からすべて選び，番号で答えなさい。

条件1 a系統のマウスの組織をマウスXに移植すると，移植片は生着しない。

条件2 マウスYの組織をマウスXに移植すると，移植片は生着する。

条件3 マウス Y とマウス Z を交配した F₁ マウスに、マウス X の組織を移植すると、約半数のマウスで移植片が生着する。

表1 マウス X, マウス Y, マウス Z の MHC 抗原の遺伝子型

番号	マウス X	マウス Y	マウス Z
①	a × b	a × a	a × c
②	a × b	b × b	a × c
③	b × c	b × b	a × a
④	b × c	b × b	c × c
⑤	b × c	b × b	a × b
⑥	b × c	b × b	a × c
⑦	b × c	c × c	a × b
⑧	b × c	c × c	a × c
⑨	b × b	b × c	c × c
⑩	c × c	b × c	b × b

(3) 臓器移植における拒絶反応を抑制する薬剤の一つとして、カビから単離されたシクロスポリン (C₆₂H₁₁₁N₁₁O₁₂) という物質が使用されている。体重 60 kg の患者に、シクロスポリン 7 [mg/kg] を投与する場合に必要なシクロスポリンの物質質量 [mol] を求めなさい。ただし、原子量を H 1.0, C 12, N 14, O 16 とし、有効数字三桁を四捨五入し有効数字二桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

(4) マウスを用いて皮膚移植の実験を行った。移植した皮膚の形は図2に示した四角形であった。この移植片は、マウスの体表面積の何パーセントに相当するか、有効数字3桁を四捨五入し有効数字2桁で答えなさい。ただし、マウスの体表面積を 70 cm² とし、必要に応じて、 $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{5}=2.24$, $\sqrt{6}=2.45$, $\sqrt{7}=2.65$ を用いなさい。次の〔ア〕～〔ス〕に当てはまる数を答えなさい。なお、分数形で解答する場合は、それ以上約分できない形で答えなさい。

図2の三角形 ABC において、1.6 cm と 1.4 cm に挟まれた角を θ とすると、

余弦定理により、 $\cos \theta = \frac{〔ア〕〔イ〕}{〔ウ〕〔エ〕}$

$\sin \theta > 0$ であるから、 $\sin \theta = \frac{〔オ〕\sqrt{〔カ〕}}{〔キ〕〔ク〕}$

移植した皮膚の面積を S [cm²] とすると、 $S = \frac{〔ケ〕\sqrt{〔コ〕}}{〔サ〕}$

よって、マウスの体表面積に対する移植片の割合は、

〔シ〕 . 〔ス〕 % である。

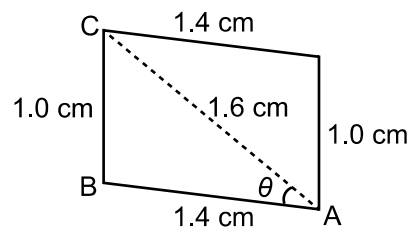


図2 移植した皮膚の形

2. 次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

MHC 抗原の異なるマウスを用いて皮膚移植の実験を行った。a 系統マウス(10 匹)の皮膚片(1.0 cm × 2.0 cm)を b 系統マウス (10 匹) にそれぞれ移植した後、皮膚片の状態を観察し、皮膚片が脱落し始めた日 (開始日) と皮膚片が完全に脱落した日 (終了日) を記録した (1 回目の移植)。さらに、b 系統マウスに移植した皮膚片が脱落した直後、1 回目の移植に用いた同一の a 系統マウスから採取した皮膚片を b 系統マウスに再度移植し、皮膚片の状態を観察し、皮膚片が脱落し始めた日と皮膚片が完全に脱落した日を記録した (2 回目の移植)。これらの実験結果をまとめたのが表 2 である。

表 2 皮膚片の同種移植と拒絶反応

1 回目の移植			2 回目の移植		
開始日	終了日	中間値(日) ^a	開始日	終了日	中間値(日) ^a
7	10	8.5	4	8	6.0
9	12	10.5	5	8	6.5
6	10	8.0	4	7	5.5
6	10	8.0	4	7	5.5
8	11	9.5	5	8	6.5
7	11	9.0	3	7	5.0
8	10	9.0	5	8	6.5
6	9	7.5	4	7	5.5
7	11	9.0	3	7	5.0
8	11	9.5	5	8	6.5

^a 中間値 (日) は、開始日と終了日の中間の日を示している。

データは、柳本 誠一郎 岡山医学会雑誌 81(5-6), 435-455(1969-1970)より抜粋した。

箱ひげ図とは、あるデータの最大値を M、最小値を m、第 1 四分位数を Q_1 、中央値を Q_2 、第 3 四分位数を Q_3 とするとき、これらの 5 つの値に対しての図をいう (図 3)。

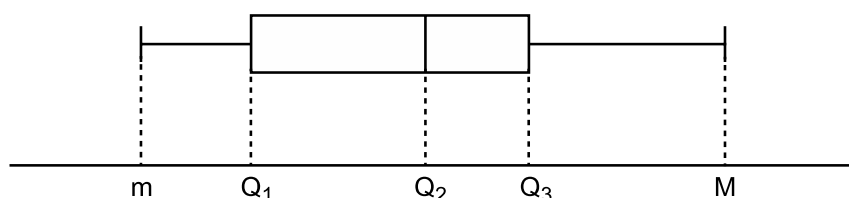


図 3 箱ひげ図

(1) 1 回目の移植と 2 回目の移植における中間値 (日) に相当する箱ひげ図を、次の図 4 の A~F の中から選び、その適切な組合せを下の①~⑨のうちから一つ選び番号で答えなさい。

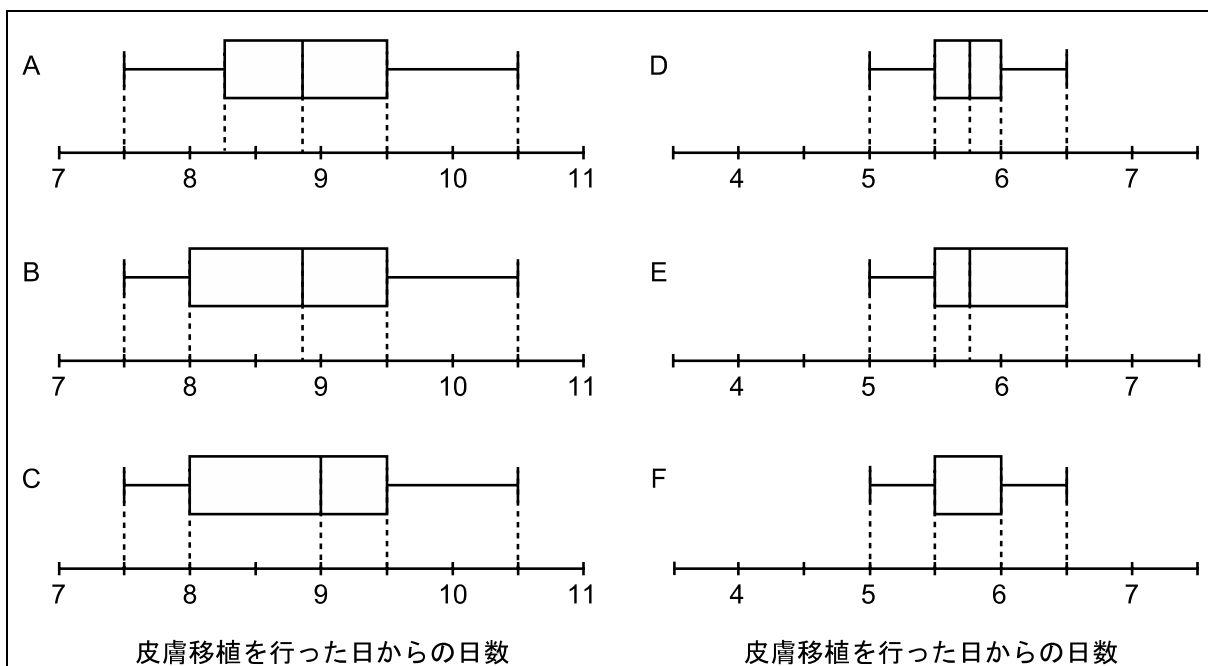


図 4 1 回目の移植と 2 回目の移植の中間値 (日) の箱ひげ図

番号	1 回目の移植	2 回目の移植
①	A	D
②	A	E
③	A	F
④	B	D
⑤	B	E
⑥	B	F
⑦	C	D
⑧	C	E
⑨	C	F

【参考文献】

柳本誠一郎「同種皮膚移植の実験的研究，とくに移植皮膚片に対する物理的ならびに生物学的全処置が拒絶反応におよぼす影響について」岡山医学会雑誌 Vol. 81, No. 5-6, pp. 435-455 (1969-1970)

図 3.1.10 作成した問題例 (理数融合領域)

表 3.1.9 出題意図

問題	問いたい思考力等	出題意図
1 (1)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能）	移植片が生着する確率を，遺伝子型から求める生物の知識を問う設問である。生物学的内容として，遺伝子型の基本知識を理解しているか問うことを意図している。
1 (2)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能） ○教科の枠にとらわれない，多面的・多角的，複合的な視点で事象を捉え，数学や理科に関する課題として設定するとともに，「数学的な見方・考え方」や「理科の見方・考え方」を豊かな発想で活用したり組み合わせたりできる力（思考力・判断力・表現力等）	与えられた3つの条件を満たす条件を問う設問である。MHC 抗原の遺伝子型の知識と3つ条件を全て満たす組み合わせを導き出す判断力があるかどうかを問うことを意図している。
1 (3)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能）	患者に必要なシクロスポリンの物質量を求める化学の知識を問う設問である。化学的内容として，物質量の基本知識を理解しているか問うことを意図している。
1 (4)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能） ○教科の枠にとらわれない，多面的・多角的，複合的な視点で事象を捉え，数学や理科に関する課題として設定するとともに，「数学的な見方・考え方」や「理科の見方・考え方」を豊かな発想で活用したり組み合わせたりできる力（思考力・判断力・表現力等）	移植片の面積の割合を問う設問である。数学的内容として，三角関数を用いた面積の導出方法について理解しているか問うことを意図している。

2 (1)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能）	表や箱ひげ図から代表値を問う設問である。数学的内容として、統計の基礎を用いたデータの処理の方法について理解しているか問うことを意図している。
----------	--	--

この問題は、前項（１）②「事象を数理的に捉え、構想や見通しを立てる」場面として、患者に対する皮膚移植という状況を設定している。その状況の中で、理科的な側面から患者に必要なシクロスポリンの物質量を求めさせたり、数学的な側面から移植片が生着する確率を求めさせたりし、小問によって科学的、数学的に思考させ、大問全体として理数融合の視点で思考させる点の特徴である。

（４）採点基準と採点結果

先に例示した理数融合領域の問題（図 3.1.10）について、採点基準と採点結果を表 3.1.10 に示す。

表 3.1.10 理数融合領域の問題の採点基準と採点結果

問題	正答	通過率
1(1)ア	3	11%
1(1)イ	4	14%
1(2)	⑥, ⑦	17%
1(3)	3.5×10^{-4} (0.00035) mol	19%
4	(ア) 1 (イ) 1 (ウ) 1 (エ) 4	55%
4	(オ) 5 (カ) 3 (キ) 1 (ク) 4	49%
4	(ケ) 4 (コ) 3 (サ) 5	28%
4	(シ) 2 (ス) 0	16%
2(1)	⑧	34%

(1)の採点

- ・完全正答のみ、正解とする。

(2)の採点

- ・完全正答のみ、正解とする。

(3)の採点

- ・不正解の場合、計算過程を確認し、「分子量を求める式」と「物質量を求める式」が正しい場合は部分点【0.5点】とする。

(4)の採点

- ・完全正答のみ、正解とする。

全体的に通過率は低く、難易度がやや高かったのではないかと推察される。探究の過程を取り入れ、科学的、数学的に思考させることを試みたものの、用いる用語等も含めて、設定した場面の想起が困難であったのではないかと考えられる。この点については改善の必要があるものの、例えば小問 4(1)は、三角関数を用いて移植片の面積の割合を求める問題であり、通過率は低かったが問題としては妥当であったと判断できる。同様の手続きにより、通過率の高低や問題の難易度も考慮しつつ、当該問題が設定した思考力を問う問題になっているかを吟味し、問題の妥当性を検討する必要がある。

3.2. トップダウン的アプローチによる多面的・総合的な選抜方法の開発

3.2.1. 理数分野における思考力・判断力・表現力の捉え方

第2章の課題と問題点の整理(2.2)に基づくと、選抜改革において、学力の3要素の関係を整理し、各大学がアドミッションポリシーに従って評価したい学力を自覚的に定義し、具体的な評価手法を定めていく必要があると言える。以下では、こうした作業を進める際に参考となる一般的な指針を紹介する。

理数分野において思考力等(学力第2要素)は、重要である。なぜなら、理数分野の学習や研究において必須とされるものは、不良定義問題の創造的解決や協調的問題解決、試行錯誤や失敗からの学びであり、それらには思考力等が常に求められる。それは探究活動にも必須ある。その一方で、思考力等を働かせるための知識や技能(学力第1要素)も一定程度必要である。同時に、具体的な研究等の文脈(課題)において、思考力等を働かせることが重要となる。そこで、入学者選抜においても資質・能力の洗い出し(図3.2.1の縦軸)と具体化(横軸)を行う。すなわち、学力第1要素と学力第2要素との関係をよく考慮しながら、入試問題等へと具体化していくことが重要である。

例えば、下記の問題を出題する場合には、図3.2.1の矢印内に示したような「どのような資質・能力を問うているのか」(縦矢印)や「それをどう具体的に問うのか」(横矢印)を明確にする作業が必要になる。

問題例：なぜ水は100°Cで沸騰してそれ以上、温度が上がらないのか、原子や分子について知らない小学校高学年の児童にわかるように簡潔に説明せよ。

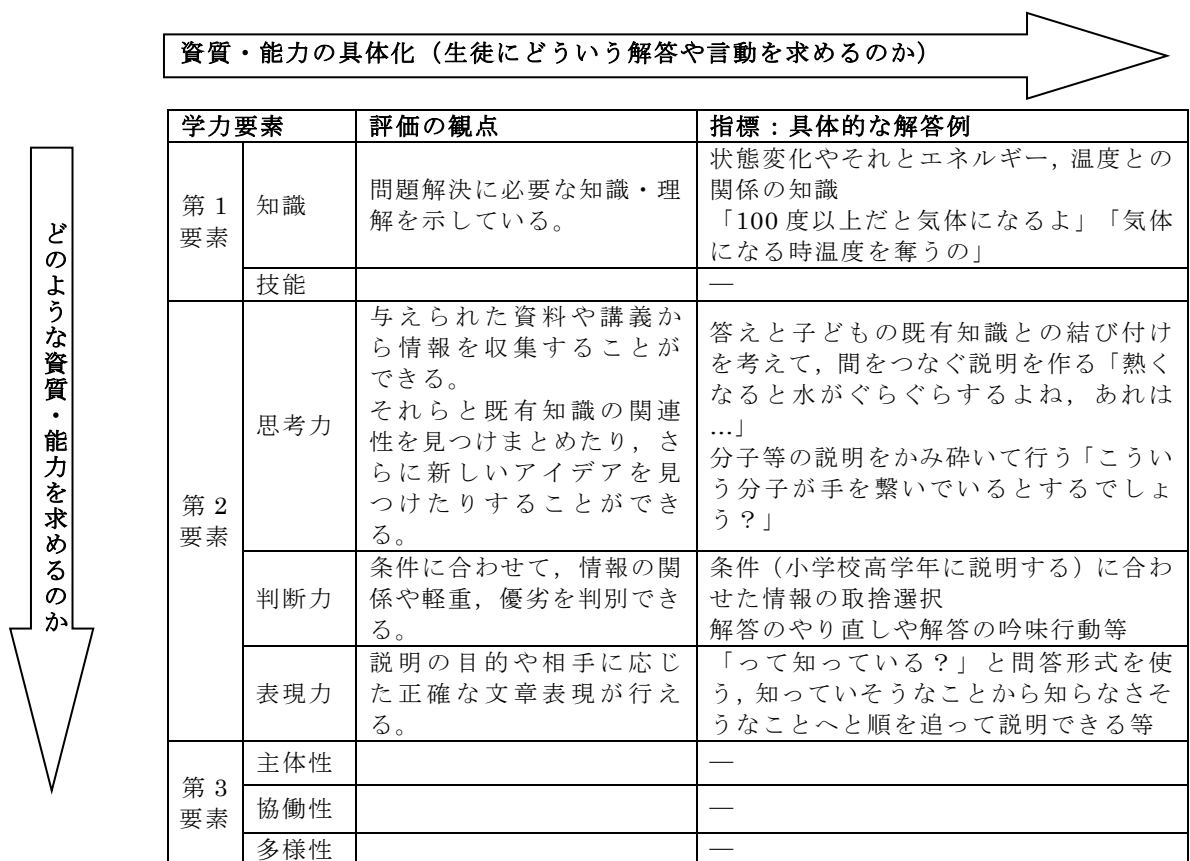


図3.2.1 学力要素、評価の観点、指標・具体的解答例を表す表と求める力の対応。

なお、こうした表を作ったとしても、「この問題であれば必ずこの力が測れる／測れない」という「正解」としての表ではなく、たとえ同じ問題でも評価者によって「評価したい」、あるいは、「評価できる」と思う項目は変わってくるものであり、対象とする受験者層によって右列で想定する解答例（パフォーマンス）も変わってくるものとして位置づけることが重要である。以後、本章で示す表はその位置づけで捉えて頂きたい。

3.2.2. 入学者選抜の設計と学力の3要素

3.2.2.1. CP・DP・APの明確化

最初に、入学した学生に対してどのような教育を行うのかという教育課程編成・実施の方針（CP）と、どのような資質を身に付けた学生を卒業させるのかという卒業認定・学位授与の方針（DP）を明確にした上で、それに相応しい生徒はどのような生徒かという入学者受入れの方針（AP）を決定する。APが抽象的な大学も多いが、それでは高校生や高校に意図は伝わらない。

3.2.2.2. 各選抜で求める学力と人数

次に大学が掲げるAPをもとに、各選抜区分で特に求める学力を、第1要素（知識、技能）、第2要素（思考力、判断力、表現力）、第3要素（主体性、協働性、多様性）に分け、決定する。一例を表3.2.1に示す。もし、複数の選抜区分で同じ学力を見ていれば、同じ観点に基づく複数の選抜を同時期に行う必要は薄れる。同時にどの選抜に、どれだけの入学定員を配分するかも検討する。

表 3.2.1 各選抜区分で特に求める学力例.

学力		一般選抜		学校推薦型選抜 (推薦)	総合型選抜 (AO)
		前期	後期		
第1要素	知識	◎	○	○	
	技能				
第2要素	思考力	◎	◎	○	○
	判断力		○		
	表現力			○	○
第3要素	主体性		○	○	◎
	協働性				○
	多様性			○	

3.2.2.3. 人数に応じた選抜モデル

どの選抜を行うかが決まったら、それぞれのAPや募集人数に相応しい選抜方法を選ぶ。複数の試験を組み合わせたり、小規模と中規模に学科試験（大学入学共通テスト）を課したりして、積極的に基礎学力をみることも可能である。

表 3.2.2 選抜モデル例.

小規模の選抜例 A. 課題（パフォーマンス評価）型選抜 B. 育成（研究指導）型選抜
中規模の選抜例（小規模にも応用可） C. 実績評価（科学コンテスト活用も含む）型選抜 D. 研究評価（成果重視，プロセス重視）型選抜

E. 育成（講座）型選抜 F. 課題（パフォーマンス評価発展）型選抜 G. 小論文（講義問題も含む）型選抜 H. 人物評価型選抜
大規模の選抜例（小・中規模にも応用可） I. 学科試験＋主体性評価（面接，小論文，調査書，ポートフォリオ）型選抜 J. 学科試験＋限定的主体性評価型選抜 K. 学科試験型選抜

3.2.2.4. 選抜の各項目で評価する学力と観点

ここでは学力 3 要素をさらに細分化して定義する。この細分化は、久野⁸の思考力の細分化をもとに理数分野・大学主導型グループでさらに追加したものである。しかし、学力の考え方には様々な意見があり、さらなる議論が必要である。最終的には各大学がそれぞれに学力 3 要素を定義して改革を進めるべきであるが、以下の議論は、「進め方」を例示すべく、一例としてこの細分化表に基づいて進める。

分類のねらいとして、第 1 要素は、高校までの教育に既習の知識・技能をそのまま用いることを評価する観点、第 2 要素は、それらを活用して未習の課題を解決できることを評価する観点、第 3 要素は、第 1 及び第 2 要素を日々活用・発揮しながら「研究活動」に従事できるかを評価する観点として位置付け、詳細化した。すなわち、科学的な研究活動は、「問題の発見」・「設定・定義」・「解決の方法の探索・計画」・「解決の実行」・「解決結果の振り返り・検証」・「成果の発信」等のステップを有するサイクルを繰り返し行うことで進められるものであり、その各ステップで主体性、協働性等が求められる。

最も大事なことは、各大学でこうした細分化（マトリックスの作成）を「どこまでの範囲の学力（資質・能力）を評価するのか」、および、「具体的に何を評価するのか」の二点に留意しながら行うことである。

表 3.2.3 AO 選抜において評価する学力と観定の例。課題（パフォーマンス評価）型と研究評価（成果重視）型を組み合わせたものに対する学力と観定であり、他の種類では異なる学力と観定が求められる。

学力		調査書	志願理由書	研究論文	グループワーク	面接	具体的な観定（例）
第 1 要素	知識	○		◎			高校で学習した内容を理解した上で、それを活用して研究を進めている
	技能						高校で学習した研究技能を理解した上で、それを活用して研究を進めている
第 2 要素	思考力 (狭義:知識を活用する)	内容を理解する力				○	A の説明を聞いて／読んで、A の内容を理解することができる
		関連付け・比較する力				○	A と B の関連性を見つけ、両者の関係や優劣を判別できる
		類推・発見する力				○	A と B の内容を掘り下げ、新しい C を見つけることができる
		統合・推論する力				◎	断片的に分かったことをまとめることができる
	独創力（知識とは独立な思考力）						ユニークな解答 Z を導くことができる

⁸ 久野靖, “思考力・判断力・表現力を測るには?”, 情報処理, **58**, 733-736 (2017)

	判断力				◎	一度出した解答を見直し、正しい答えに導くことができる	
	表現力				○	準備してきた回答ではなく、自分自身の言葉で説明できる	
第3要素	主体性	主体性（狭義：思考力を必要とする）		○		◎	明確な目標を持ってテーマに取り組んでいる 自ら問題発見を行うことができる
		積極性（思考力を必要としない主体性）					活動に対して積極的に参加する
	協働性				○		他者の意見に対して、理解が不十分な所を確認できる 異論を受容し、自らの研究の参考にできる
	多様性						成果を専門あるいは専門外の分野へと発信し多様な立場の意見を聴取することができる 先行研究や反駁に触れ、自らの立場を客観視できる
	継続性			○			現在の研究を発展させ次の研究課題を探究している 継続的に研究を行っている

それぞれの選抜区分について、各項目（学科試験、口頭試問、調査書、志願理由書、学習・研究計画書、研究論文、活動報告書、小論文、個人面接、集団討論、プレゼンテーション、適性検査、外部試験成績、資格、受賞歴等）から評価する学力と具体的な観点を決定する。各項目は、入試規模（人数）に照らし合わせて、実行可能なものでなければならない。

研究や活動の評価に関しては、成果そのものを評価するのか、成果を出すプロセス自体を評価するのかで全く異なってくる。どちらを評価するかで、手法や観点も異なる。

理数系においては、多くの高校で研究活動に取り組み、一部はかなり高いレベルで行っている。その一方で、これらの研究活動には指導が入っている場合も多く、指導者も、高校教員、大学教員、外部有識者、保護者等様々である。こうした指導の影響を正しく判別する方策も検討するべきである。

3.2.2.5. 作題や評価における注意点

学力と作題や評価の観点の関係を考える際に注意や区別すべき点があり、それらの問題点を列挙する。

偽思考：知識でなく、思考力を問う問題を出題しても、その意に反して、知識や公式のみで作られた解答が大半を占める場合がある。これは、問題が偽思考的になっているためである。例えば、問題文中のAという情報からXという解答を導いて欲しいと出題しても、Xという知識を持っていれば解答可能なら、受験生は普段の学習においてXという知識を得ようとするし、受験時にもそのように解答するだろう。所謂「出題者の意図に反して」という場合であり、これでは思考力を問う問題とは言い難い。

多義的思考：問題文中のAという情報からXという解答が、Bという情報からYという解答が導ける場合、問題は多義的になってしまう。XとYのどちらが正解かは問題文から判断できない場合、結局、Xという正答を知っているか否かになってしまう。オープンエンドな問題であれば良いが、一意的な解答を求める問題では不適である。自覚的に多義的な解答を求めるのかどうかを確かめておきたい。

思考力と独創力：もう一つ思考力を測る上で、重要なのが知識を必要とする「狭義の思考力」と、知識を必要としない汎用的な「独創力」を区別する必要がある点である。例えば「新しいデザインを考える」ような場合、思考とは独立な発想による場合があり、この一種センスに近い発想力を「独創力」という力に対応する。一部の情報系や芸術系の学部だと重要視される可能性がある。独創的な思考力を問うのか、学力を必要とする狭義の思考力を問うのかも区別しないとイケない。独創力を問うのであれば、オープンエンドな問題でも良い。

もちろん、これらについても厳密に区別できる訳ではないが、意識して作題に当たることが肝要である。以上を表3.2.4にまとめる。

不要長文：説明を読んで「内容を理解する力」も思考力として位置付けると、長文読解問題は確かに思考力を問う問題になる。しかしながら、無意味な長文、すなわち問題のすべてを読まなくてもごく一部（例えば下線部や設問のみ）だけ読めば解答できる問題が、度々出題されている。数学や理科では、問題を抽象化することも多いので、「不要長文」は比較的少ないのだが、英語では毎年その指摘がされている。今回の入試改革においても、思考力を無理に問おうとして、出題者が無意味な長文を出す危険性は十分存在する。

積極性：主体性の中にも様々な主体性が存在する。十分な思考を伴って自ら進んで行う「狭義の主体性」を備えた生徒もいれば、何でも良いから取りあえず参加してみる単なる「積極性」のみを有する生徒もいる。後者の場合は、発話も積極的な場合も多く、グループワークや面接において注意しないと、APに沿った真の主体性が評価できない。

表 3.2.4 思考力の細分表。

思考力	偽思考（思考力がなくても知識で代用可）		問題文中の A という情報から X が導けるが、単に X という知識を持っているだけでも解答可能である。
	多義的思考（答えが一つにならない）		A から X が導ける。B からは Y が導ける。X と Y のどちらが正答か判断できない。
	思考力 （狭義：知識を必要とする）	内容を理解する力	問題文中の A を理解し、B との関連性を見出し、問題文中にない C を発見し、これらをまとめることができる。
		関連付け・比較する力	
		類推・発見する力	
統合・推論する力			
独創力（知識とは独立な思考力）		ユニークな解答 Z を導くことができる。	

3.2.2.6. 理数系の入学者選抜方法で求められる力

基礎学力（知識と最低限の思考力）：知識と最低限の思考力を「基礎学力」と見なすとすると、理数系の学科試験を課さない選抜においては、基礎学力（知識と最低限の思考力）をどう担保するかが問題である。例えば、主な工学系の分野においては、数学や物理の基礎学力は必須であり、高校までにきちんと学修していないと、大学の授業についていけない。もちろん、自由な独創力をより重要視する分野も存在するが、その場合はその分野に特化した選抜で評価すればよい。研究論文の中から評価するのか、別途学科試験を課すのか、様々な方法が考えられる。

研究力：理数系で求められる力の一つに「研究力」がある。「研究力」とは、それぞれの研究者によって重要視するポイントは異なるが、例えば、一定の基礎学力があれば、より主体性のある学生を入学させたいという研究者は多いだろう。

主体性についても、単に様々なことを行うだけの「積極性」と、自ら考えた上で行動す

る思考力を必要とする「狭義の主体性」に分けて評価すべきである。後者の中で、「問題発見・解決能力」は理数系において特に重要である。

継続性：大学における理数系教育に求められる探究や研究活動には、継続性が求められる。これは最近言われるレジリエンス（粘り強さ）にも通ずるものである。

近年高校教育でも、総合的な学習の時間を利用して優れた研究活動を行っている例が、目立つようになった。さらに卒業研究や課題研究を課す学校も増え、SSHやSPPのサポートもあって、研究のレベルは格段に上がっている。同時に科学オリンピック等の各教科の実力を競うコンテストもある。しかしながら、問題となるのは、その継続性と主体性である。1年だけのノルマで終わっていたり、1年間はサポートがあったので熱心に行ったりしたが、それ以降は殆ど行っていないという例も見られるようである。これを区別して評価するには、ノルマとして課されていない部分での継続性を見れば良い。

3.2.3. 具体的な入学者選抜方法のモデル例

本節では具体的な入学者選抜方法のモデルを示していく。その中には、現状の入試の実施体制や実施方法に立脚しており、近々に実施可能な現実的なモデルから、現状の入試の実施体制における制約を緩和した発展的なモデルまで、多種類のものが含まれる。そこで、前者の実施実績があるようなモデルの場合は、その先行例を明記し、それ以外は明記しないことによって両者を区別することとする。

3.2.3.1. 小規模の選抜例：「課題（パフォーマンス評価）型選抜」

「A. 課題（パフォーマンス評価）型選抜」の開発過程とその実践例（モデルイメージ例）を以下に示す。また、その実施概要を下に示す。

3.2.3.1.1. 実践モデル開発のための試行の実施

東京工業大学では、思考力等に関する多面的・総合的な評価を行うサマーチャレンジを中心とした高大連携特別入試を2004年から実施しており、小規模課題（パフォーマンス評価）型の開発にあたっては、これを原型として試行を行うこととした。試行は、平成29年度及び30年度に入試を想定した模擬講義形式の授業（以下「模擬チャレンジ」という）形式で行うこととし、東京工業大学へ入学実績のある高校から各年度200名程度の生徒の参加を得て実施した。また、平成29年度には大学外の地方会場での小規模実施を想定して、広島の高校を会場にした模擬チャレンジを実施した。実施後は、参加生徒へのアンケートのほか参加高校教員及び大学教員による意見交換会を実施し、模擬チャレンジへの評価等下記項目を中心に新たな入試モデルに対する意見聴取を広く実施し、モデル開発のための課題抽出等の参考とした。

- 1) 高校の教育において、問題とされる従来型の知識暗記型教育の現状と問題点
- 2) 高校の教育における、創造性やディスカッションを重視する先駆的な取組の現状と問題点
- 3) 大学入学者選抜において、知識暗記型教育で詰め込まれた能力以外の能力を、総合的・多面的に評価するために必要な入試手法
- 4) 大学入学者選抜において、総合的・多面的な評価を取り入れることができない問題点と可能な条件

(模擬テストの開催概要)

平成 29 年度

1. 日程：平成 29 年 5 月 28 日 (日)
9 時 40 分～15 時 40 分 「模擬チャレンジ」①,②
16 時 00 分～17 時 00 分 意見交換会 (教員のみ参加)
2. 場所：東京工業大学 大岡山キャンパス
3. 参加者：高校 17 校, 全体で 216 名
4. 実施チャレンジ
 - ① 「音声認識」(情報系) — 講師：篠田浩一教授 (情報理工学院)
コンピュータが人の声をどう「聞いて」いるのか? いろんな声でいろんなセリフをマイクに吹き込んでスペクトル分析してみる。
 - ② 「ヒドラ観察」(生物系) — 講師：立花和則准教授 (生命理工学院)
シャーレ上のヒドラを顕微鏡で観察し、ピペットでエサをあげて、何が起こるか観察する。

平成 30 年度

1. 日程：平成 30 年 6 月 3 日 (日)
9 時 40 分～15 時 40 分 「模擬チャレンジ」①,②

模擬チャレンジ(実証テスト)の開催

・2017年5月28日(日)開催
東工大・大岡山キャンパス
・東京近郊17校, 216名参加
1年生: 37名, 2年生: 110名, 3年生: 69名
・チャレンジA「音声認識」108名
チャレンジB「ヒドラ君」108名
・各チャレンジ 90分
・チャレンジ終了後, 高校教員(20名)と本委託事業関係者との
実証性検証を中心とした意見交換会を実施

チャレンジA「音声認識」
コンピュータが人の声をどう「聞いて」いるのか? いろんな声でいろんなセリフをマイクに吹き込んでスペクトル分析してみる。
講師: 篠田浩一教授 (情報理工学院)

チャレンジB「ヒドラ君」
シャーレに飼育するヒドラの観察。顕微鏡で観察し、ピペットでエサをあげて、何が起こるか観察する。
講師: 立花和則准教授 (生命理工学院)

【高校の先生方のご意見(一部)】

- ・ 観察が詳細ができるのか? グループ内の役割分担はこなせるのか?
- ・ もしも思い切った観察や評価が求められればどう対応できるのか?
- ・ 評価の基準や結果をどのように公表・共有していくのか?
- ・ 数日間隔が公表するにしても対応に追いつかないという課題は出てくるのか?
- ・ ペーパーテストでは測れない生徒の表現力や観察力などはどう評価できるのか?
- ・ グループワークでは、リーダーシップ・発言力のある生徒が自立し、そうでない生徒は評価できるのか?
- ・ この入試を設けた場合、高校の生徒の負担がそれと同等かそれ以上か? 負担のないような生徒が評価できるチャンスと視野が広がるのか?

- 16 時 00 分～17 時 00 分 意見交換会 (教員のみ参加)
2. 場所：東京工業大学 大岡山キャンパス
3. 参加者：高校 18 校, 全体で 189 名
4. 実施チャレンジ
 - ① 「シナプスの精妙なメカニズム」 講師：一瀬宏准教授 (生命理工学院)
からだの中で情報はどう動くのか
 - ② 「分子建築学」 講師：河野正規教授 (理学院)
自己集合により超分子を設計してみよう

(模擬テスト (地方会場) の開催概要)

平成 29 年度

1. 日程：平成 29 年 12 月 23 日 (土)
13 時 30 分～14 時 30 分 大学紹介・アイスブレイク
15 時 00 分～17 時 00 分 「模擬チャレンジ」
2. 場所：修道中学校・高等学校 (広島市)
3. 参加者：高校 5 校, 全体で 16 名
4. 実施チャレンジ
「超伝導」 講師：岡村哲至教授 (工学院機械系)
極低温での不思議な現象

3.2.3.1.2. 実践モデル開発のための課題抽出と検討①

以下に、模擬チャレンジ実施に際して、その実施内容と評価等に関して行った課題抽出

及び改善点の検討過程について、H29年度模擬チャレンジ①を例として記す。

(H29年度模擬チャレンジ①についての検討過程)

実施内容についての意見例

- ・課題1が協働問題解決にふさわしいもの（一人では解けないので力を合わせたくなった；課題も身近でわかりやすかった）であった。
- ・考えを進めるための道具（実験して結果をすぐにチェックできる）も適切に用意されていた。
- ・募集方法の適切さか、基本的に学習意欲の高い生徒が集まり、協調的に活動できていた。また解答をスマホで探す生徒もおらず、気持ちのよい場になっていた。
- ・6人組という設定も若干多いが、全体人数を考えると、適切。
- ・先生の導入の講義や解説もわかりやすかった。先生の専門性に基づいて、高校生に適切な課題を提示されていた。

評価に向けた課題1の観察結果

- 1.多様な音の吹き込み方がなされていた：
 - ・「あいうえお」と続けて。「あい」「いう」と切って。「おえういあ」と順番を変えて
 - ・「あ」だけを全員
 - ・トーンを平板にコントロール。声の大きさを変えるなど
 - ・「うくすつぬ」「おこそとの」等子音を変えて。
- 2.音声波形とスペクトログラムの多様な使い方（どちらを見るか）
- 3.多様な協働の仕方（リーダーが引張る、全員参加型、役割分担等）
- 4.多様な気づき（きれい、ぎざぎざ、数値）
- 5.多様なまとめ方（文字だけ、図-グラフ、数字、色）
- 6.多様な発表（気づきのポイントの違い、知識の違い-「周期が長いので低い声」「汚いので合成されている」-）

評価論から見た改善ポイント

- ・軸となるのは「問い」「答え（期待する解答の要素）」「解き方」のセット
- ・「知識・技能」「思考・発想力」「協調性・リーダーシップ」「表現力」もこれと関連付けながら行う。
- ・その上でAPに従って何を重視するか、評価規準を決めておく（それを基にさらにワイルドな評価：受験後の継続発展学習等）。
- ・個人個人の変化（プロセス）が追えるデータを収集しておく。
- ・データの収集をなるべく楽に行う。
（評価員の必要数、事前準備等も上記との関係で決まる）

評価手法（データ収集法）に関する改善案

（優先順位順：2までは改善の必要大）

- 1.グループ活動時の課題提示及びグループの解決過程を記録するためのシートを用意する。
- 2.個人個人の変化を追うために、事前（グループ活動前）に一度個人で同じ問いに対する答えを書かせ、事後（グループ活動及び全体発表後）も答えを書かせ、変化を捉える。
・事前課題案：「あいうえお」の違いについて、各々声を出してから、その体験を基に仮説を書いてみる、等。
・なお、グラフの見方を説明する等、課題理解をある程度深めておくのが重要+TAの活動中の介入・補足説明を最低限する（TAが介入するとグループの活動が落ちていたため）
- 3.吹き込む音声と見た画面のログを自動的に収集しておく。
- 4.「試した音」「見た画面」「気づきの会話」「記録・まとめの記述」の4点で観察
- 5.余裕があれば、全班にICRやビデオで記録を取る（上記4のためにも効果的）。

分析に関する改善案

- ・期待する解答（の要素）を定める：「周波数の違い」「周波数の合成のされ方に関する違い」「それぞれの値」等
- ・上記の解答にたどり着く（アプローチする）ための道筋のモデル
- ・正解にたどり着きやすい道筋は何か
- ・正解の道筋をたどっているとよいのか
- ・単なる試行錯誤等多様であればよいのか
- ・試行錯誤しながら軌道修正できるとよいのか、等
- ・上記の解答を軸に「知識・技能」「思考・発想力」「協調性・リーダーシップ」「表現力」を定める。

評価の分析規準案: APIに従って、課題に応じて矢印間を行き来しながら設定するのがきわめて大事

評価項目	評価規準(内容)	課題1での指標例
知識・技能	期待する解答の要素の前後記述; 作業や発表中の発話・記述	周波数やその合成の違いへの気づき; あいうえおの値
柔軟な思考と斬新な発想力	上記要素を論理的・批判的・科学的に導出できているか; 新しい違った視点を提供できているか	実験の仕方、結果の解釈(VOTAT, 共通性・相違性の組織的検証); 新しい実験の提唱(おこそとの等)
協調性, リーダーシップ	自他の意見の統合(多くの意見の収集・傾聴); 適切な役割分担・交代 グループを話し手として牽引, 又は聞き手として統合できるか	気づきの共有・取捨選択・精緻化; 実験役とまとめ・記録役; 課題遂行(何からやる? ~ってみようか?) モニタリング(ってこと? 他には? ~だったら~っていうことになる?)
表現力	多様な方法(言葉, 描画)で表現しているか; 言い直しや話しながら考えているか; 発表時にグループ議論を代表しているか	言葉・ジェスチャ・描画・モデル化; 言い直し・質疑応答による精緻化; 大事な気づきを落とさずに発表+他のメンバーの貢献への言及

3.2.3.1.3. 実践モデル開発のための課題抽出と検討②

平成 29 年度及び 30 年度に東京工業大学で実施した、思考力等に関する多面的・総合的な評価を行うサマーチャレンジを中心とした高大連携特別入試を、高校教員・本事業参加大学教員等に傍聴してもらい、新たな入試モデルの構築を目的とした研究会等を通して、評価・分析を行い、課題・問題点を整理した。以下に、新たなモデル開発に向けて、その実施手法と評価等に関して行った課題抽出及び改善点の検討過程について、H29 年度サマーチャレンジを例として記す。

(H29 年度サマーチャレンジの概要と、新たなモデル開発に向けた検討過程)

【実施概要】

日時：2017 年 8 月 8 日～10 日

場所：埼玉県比企郡嵐山町 国立女性教育会館

参加生徒：12 校 64 名

実施講義：生徒は 6 名程度のグループに分かれ、グループワークを通じて各課題を解決していく。

① コラムランド (工学院 経営工学系 山室恭子 教授)

事前に各自が執筆してきた短い文章を、匿名の状態ディスカッションして評価しあう。

② お役立ちポリマー — ペットボトルの「おへそ」のわけ (物質理工学院 応用化学系 石曾根隆 教授)

身近な物品である、ペットボトルや発泡スチロールをよく観察し、どのように作られているかグループでアイデアを出しあって考え発表する。

③ ボールペンの書き味とは? (物質理工学院 材料系 上田光敏 准教授, 篠崎和夫 教授)

何種類ものボールペンと紙を用いてボールペンの書き味を決める因子を考える。アナログキッチンタイマーを分解または観察し、その仕組みを考え精度を検証する。グループワークを通じて様々なアイデアを出しあって機能を解明し、その成果を翌日発表する。

④ 電気をどうやって送りますか? — 直流か交流か、それが問題だ (工学院 電気電子系 安岡康一 教授)

知っている単位記号を全部書き出し、電気の単位を確認した後、直流電気が届く距離を計算し、三相交流の利点を数式で説明する。電気を送る直流と交流の違いを考え、自分たちが家を建てる時の配線は直流と交流どちらにするかグループで討論し発表する。

⑤ 分子建築学 — 自己集合により超分子を設計してみよう — (理学院 化学系 河野正規 教授)

分子の構造や立体について考え、球体の超分子の用途について発想する。細長い紙をひねったり、切ったり、結合しながら実際に超分子を設計する。

⑥ 情報をコントロールせよ! — シナプスの精妙なメカニズム — (生命理工学院 生命理工学系 一瀬宏 准教授)

脳の機能の特徴を知り、治療薬をとおして化学物質による伝達メカニズムを理解する。脳の研究によって実現したいアイデアを研究プロジェクトのように各グループで議論し、模造紙上に絵や文字

で描いて発表する。生命科学の研究手順を体得する。

【分析・課題】

大学関係者のみならず、高校教員の考えも広く参考とするために会場に入ってもらい、直接評価者目線での体験をしてもらった。終了後にアンケート、研究会を開催し、入試モデル開発に向けた意見交換・課題抽出等を行った。多面的・総合的な評価の狙いが達成されているかどうかについては、おおむね高い評価を得られており実験やグループワーク、プレゼン等を取り入れた形式は成功していると考えられるが、新しい入試モデルに向けた主な課題点として、下記があげられた。

【新たな入試モデルに向けた実施内容に関する課題点】

- ・ 教育プログラムとして非常に有意義で価値があるが、入試となるとマンパワー、コストがかかる。実行可能にするには、コストパフォーマンスをいかに良くするか検討が必要。
- ・ 一斉にテーマを与えてグループワークをさせて発表なり質疑応答なり、与える課題によって時間も短縮できる。テーマによって生き生きする生徒としない生徒がいるので、最初にアイスブレイクを入れてから、いくつかのテーマでグループワークをさせ、リーダー等の役割を決め、それを交代させことで、それぞれの資質を十分に見て行くみたいなことをやれば、一般化して大学のキャンパスで時間、回数も短くしてできるか検証が必要。
- ・ 挙手して、複数回当たった生徒もいれば、当たらなかった生徒もいた。一般化された入試となると有利、不利で必ず苦情が来るがどう解決するか。
- ・ 同一評価者が全員評価しないので完全な公平とはいええず、実施可能性とのバランスを考えた評価方法を考えるべきだが、公平性を担保しないと苦情に耐えられなくなる場面があるので工夫が必要。
- ・ 最終評価は、チャレンジの評価、高校の評定平均、高校の実力テストを加味する等定性的な評価との組み合わせが必要。また、合否判定の際は、数式化、数値化等定量的な評価が必要。
- ・ 日本は公平性のために数式化して点数の上位者から順位を付ける形になっているが、アメリカでは大学によって違うが、合計点での判断は基本的にしないことが基本スタイルになっている。SAT等ある程度の学力が保証できた後は、むしろ特別な資質に注目して、こういう学生にこの大学に来てもらいたいという、大学で取りたいポリシーを決めてそれに合致する人を求めている。このような視点も必要。
- ・ この方式の他では得難い評価のポイントとして、生徒たちが悩んでいる姿だとか、分からないと言いながら粘り強く考えている姿というのを評価するということが、画期的なところであり大事な点。
- ・ 全国化され、いろいろな高校から出てきた場合、学力担保というのはどこで見るとか。一切それは考慮しないという方針でこのチャレンジで光るものがあればとってしまうのか。やはり一般化した場合には、学力を担保して絞ってから実施するのがよい。
- ・ 頭だけでなく、体も動く生徒、研究室の核になる資質をどのように評価するか。
- ・ 社会的な課題に対する関心・意欲や、課題解決に当たったの自由な発想等どう評価するか。
- ・ 文献要約の小レポートや講義のまとめを作成する等の理系的な文書作成能力等も評価する必要。
- ・ 各グループに対する評価者数が少ないため、グループ間で評価点数の偏りが出る可能性がある。評価基準の更なる明確化等が必要である。
- ・ 各講義については、担当教員が十分な準備をしているが、事前にその内容や評価方法について全体的な検証・調整をどの程度行っていか、さらなる検討が必要である。
- ・ 新たな入試モデルではさらに受験者数を増やすことを想定しているが、現状の形式から大規模になった場合、実施日数、実施場所、担当教員、評価者、統一的な評価方法等の点で対応ができるのか、実施可能性を検証する必要がある。

普及モデル開発への課題－入学者選抜としてのフィージビリティ

実現可能な制度

規模－受験生、会場、日程、評価者、実験機器、補助者、予算 etc.

- ・受験者の上限は？ 50, 100, 200 ...500!?
- ・倍率想定？ 2倍, 3倍 ...5倍!?
- ・受験資格？ 足切り？ 高校推薦, 活動報告書, 高大連携授業参加, 評定平均 etc.
- ・実施時期は？ 9月, 10月, ... 3月!? ・期間は？ 1日, 2日, 1泊, ...2泊!?
- ・入試コスト(大学側) コストパフォーマンスは、いい？ 悪い？ 大学側コストがかかりすぎ？

公平性

- ・各生徒に均等に発言や実験機会がある？
- ・班メンバーの公平性(班ごとのレベルが偏る)
- ・実験機器が作動しないなどのトラブル対応は？
- ・予備校が対策？

公正な評価

- ・各評価者の統一した評価視点の確保
- ・評価項目・重点は公表？ 非公表？
- ・学力担保は？
- ・リーダーシップ？メンバーシップ？
- ・高校における同じような探求活動実績やその評価を取り入れられないか？
- ・1点刻みではない評価として、ある程度の思い切りが必要か？



3.2.3.1.4. 課題（パフォーマンス評価）型選抜の実践例

これらの課題抽出等を踏まえ実践例を示すと、生徒は少人数のグループに分かれ、大学教員による専門分野の講義を受ける。講義担当教員は、講義内容に関連したディスカッション課題、製作課題、実験課題等を与える。評価担当教員が、グループ毎に課題解決の過程をみて、生徒毎に事前に決めた評価観点で評価する。例示として、「重力波をつかまえろ！」という講義を次に紹介する。

規模：60名程度、5～6名/グループ×10～11グループ
 評価：グループ毎に教員を配置し、学生を観察、評価する
 形態：講義、作業、実験・製作、ディスカッション、発表
 時間：90分講義（講義、作業、発表等）、210分講義（作業、プレゼン）の2種類から選択
 期間：3日間、7講義、うち、2講義（タイプ3）は同一テーマを2講義で実施
 講義：タイプ1：講義、ディスカッション課題
 タイプ2：講義、作業/実験・観察、ディスカッション
 タイプ3：実験、観察、ディスカッション

表 3.2.5 小規模課題（パフォーマンス評価）型選抜の実施例.

選抜形態	総合型選抜（AO）
実施日	9月～
出願要件	次のいずれかに該当し、大学入学共通テストで基準点以上のもの (1) 日本学生科学賞の全国大会に選出された者 (2) 高校生科学技術チャレンジの全国大会に選出された者 (3) 国際科学オリンピックにおいて二次試験に進んだ者 (4) 科学の甲子園の全国大会に選出された者 (5) スーパーサイエンスハイスクール（SSH）生徒研究発表会（全国大会）に出場した者（グループ研究の場合は研究を中心となって推し進めた者に限る。） (6) 課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行った者
提出書類	調査書、志願理由書、研究・活動概要（要件（6）に該当する者については詳細を提出）
実施方法	一次：書類審査（要件（6）については実質的な査読を行う）

	二次：グループワーク＋個別面接 最終：大学入学共通テスト
評価方法	一次：思考力，判断力，主体性，および継続性を評価する。 二次：グループワーク 70%，面接 30%（一次の書類は面接の参考資料とする）で評価する。 最終：基準点（630点）以上の得点を条件とする。
備考	二次の実施規模内容を以下に示す。 規模：名程度，5～6名/グループ×10～11グループ 評価：グループ毎に教員を配置し，学生を観察，評価する 形態：講義，作業，実験・製作，ディスカッション，発表 期間：2日間，3～4講義，2日目午後は面接

3.2.3.1.5. 課題（パフォーマンス評価）型選抜の具体例

タイトル：重力波をつかまえろ！（図 3.2.2）

講義概要：物理学系教員の専門分野である重力波の検出について，どのような原理で検出するかを高校生にわかるように講義する。講義の中で，重力波検出装置を構成する各種装置の性能／設置条件等を説明し，その性能を計算する式を説明文とともに与える。グループメンバーは事前に分担した役割（プロジェクトマネージャ，システムエンジニア，理論チーフ，防振チーフ，鏡チーフ，レーザーチーフ）のなかで，各装置，設置条件等についてその能力を計算し，重力波検出装置の仮想的な費用を積算する。その結果をもとに，与えられた予算内で，最高の性能を実現する組み合わせをみつける。この際，使用できる装置の種類／数や設置場所の種類は限られており，グループ間の早い者勝ちで入手する必要がある。

講義時間・方式：90分，講義，グループディスカッション，プレゼン

生徒の活動：装置を与えられた予算内で実現するため，各装置の担当者は，必要な性能を与えられた計算式を用いて算出し，それらを組み合わせたときに予算内で高い性能を出すべく検討する。全員のディスカッションが必要。サイエンス・ロールプレイング・買い物ゲームのような授業。生徒の個性を見極めるための様々な観点が含まれる。

評価方法：評価の観点や期待する解答を表 3.2.6 に示す。

上記の選抜方法であれば，表 3.2.1 の学力（資質・能力）を，表 3.2.6 のように評価可能だと考えられる。

グループワーク課題

「重力波検出器を作る大型プロジェクトを率いる立場で検出器の設計を行う」

- ① 私から各チームに150億円の予算をあげます
- ② 各チームで話し合い、検出器に必要なアイテムを調達します
- ③ 各チームが作った検出器の感度から、どれだけ遠くのブラックホールや中性子星を観測できるか、私が計算します
- ④ どのような話し合いをして検出器の設計をしたかを最後に聞きます

役割分担

いまから3分間、グループ内で話し合い、それぞれが次に示す役割のうちどれか1つに就いてください

役割	仕事	道具
プロジェクトマネージャー	全体の総括・物品の調達	予算+プロマネバッジ
システムエンジニア	インターフェイスの調整	テキストX
理論チーフ	重力波信号の計算	テキストA
防振チーフ	低周波雑音の計算	テキストB
鏡チーフ	熱雑音の計算	テキストC
レーザーチーフ	量子雑音の計算	テキストD




図 3.2.2 実際の講義における課題，役割分担および様子。

表 3.2.6 小規模課題（パフォーマンス評価）型選抜におけるグループワークの評価例。

学力		評価の観点	期待する解答や言動例	
第1要素	知識	高校物理・数学で学習した内容を理解した上で課題を進めている	万有引力の法則，重力，三角関数等 「重力波っていても波長だから，三角関数が使えるよ」「重力加速度は $G=GM/R^2$ だから」	
	技能	高校数学で獲得した計算力を使える	費用やコスパが計算できる	
第2要素	思考力 (狭義：知識を活用する)	内容を理解する力	講義を聞き，資料を読み込んで，内容を理解することができる	相対性理論，ブラックホール，中性子「アインシュタインは空間のゆがみで速度が決まると考えたから」「重力波でさらにゆがむ」
		関連付け・比較する力	AとBの関連性を見つけ，両者の関係や優劣を判別できる	同じ予算で二つの検出器，装置の性能を比較する；同じ性能で予算を比較する
		類推・発見する力	AとBの内容を掘り下げ，新しいCを見つけることができる	ブラックホールの合体等重力波の原因，検出器のメカニズム等に関する発見
		統合・推論する力	断片的に分かったことをまとめる	関連付け発見したことを用いて検出器を構成できる
	独創力（知識とは独立な思考力）	ユニークな解答を導くことができる	—	
	判断力	一度出した解答を見直し，正しい答えに導くことができる	検出器とその下位装置の組合せを何度作っては壊してやり直したか	
表現力	準備してきた回答ではなく，自分自身の言葉で説明できる	検出器とその費用，制約，工夫，今後の課題を適切にプレゼンし，質疑応答できる		
第3要素	主体性	主体性（狭義：思考力を必要とする）	明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる 自ら問題発見を行うことができる	アウトプットに向け，ディスカッションの質を高める役割をそれぞれが取る 「ここを考えよう」「そのアイデアを進めよう」「～してみたらどう？」
		積極性（思考力を必要としない主体性）	活動に積極的に参加している	—
	協働性	他者の意見に対して，理解が不十分な所を確認できる 異論を受容し，課題解決の参考にする	検出器の理解や構成について他者とやり取りしながら深めて創造することができる 「ってどういうこと？」「じゃない？」「わかんないんだけど...」	
	多様性	多様なアプローチに触れ，自らを客観視できる	問題の理解やアプローチ，理学と工学の重視等におけるメンバーの多様性を享受	
	継続性	研究の成果から課題を発見し，2年以上継続的に研究を行っている	—	

3.2.3.1.6. 課題（パフォーマンス評価）型選抜の評価実績

東京工業大学に高大連携特別入試で入学し，修了した修士および学士取得の学生達について，入学後の活動を一般の入学者との比較データ（教員アンケート，GPA等）から分析し，多面的・総合的な評価による入試で入学した生徒の大学における学修状況等について検証した。その結果，学士課程及び大学院課程修了者に対する指導教員の評価においては，専門知識，理解力や熱意といった10項目すべてにおいて一般学生の平均を上回る評価を得ており，この型の入試による入学者が入学後に高い評価を得ていることが検証された。また，進路については，①学部で卒業する学生の割合が高い，②博士後期課程へ進学する

学生の割合が高い、③留年・退学率は同程度であることが判明した。このことから、開発する新しい入試モデルについても、適切に設計すれば同様の効果が期待されることが裏付けられた。検証結果の一部を以下に記す。

アンケートは、一般学生を（4：平均的）として、（1：大変劣っている）から（7：大変優れている）までの7段階で評価してもらった。評価項目は以下の10項目であり、教員の全般的なコメントも得た。結果を図3.2.3および3.2.4に示す。

- ・当該分野の専門知識
- ・当該分野で研究を進める上での理解力
- ・当該分野で研究を進める上での柔軟性
- ・当該分野で研究を進める上での実験計画能力
- ・当該分野で研究を進める上での実験スキル
- ・当該分野で研究を進める上でのレポート／論文執筆
- ・当該分野で研究を進める上での粘り強さ
- ・当該分野で研究を進める上での説明力
- ・研究室での先輩とのコミュニケーション力
- ・自分の研究に対する熱意

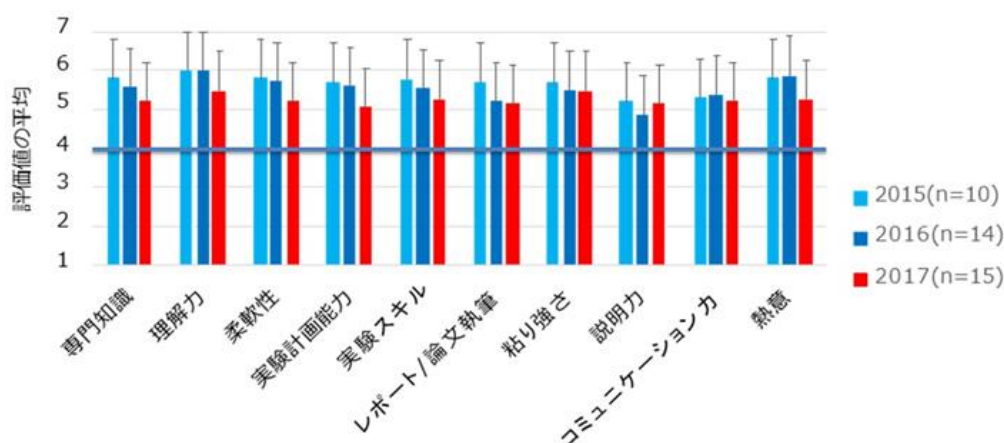


図 3.2.3 2015-2017 年度の指導教員による評価平均値（学士課程）。

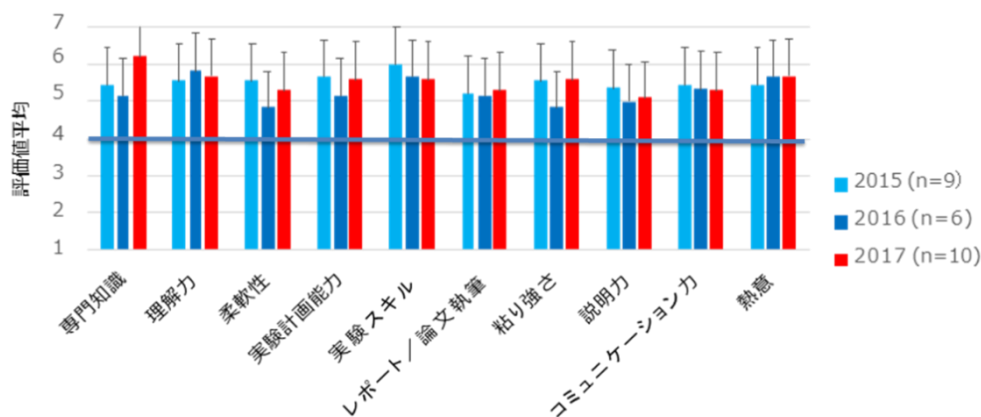


図 3.2.4 2015-2017 年度の指導教員による評価平均値（修士課程）。

3.2.3.2. 「知識構成型ジグソー法」を用いたパフォーマンス評価例

小規模選抜例のその他の実施方法として、「知識構成型ジグソー法」（東京大学 CoREF (2008)）を用いたパフォーマンス評価も考えられる。高大接続事業としては実施していないが、東京大学では高大連携事業として次の取組みを行った。

そもそも、一般に選抜資料としないものを高大連携事業、するものを高大接続事業と呼ぶとすれば、オープンキャンパスや出前講義、研究室訪問といった短期的なものから、大学教員による個別研究指導、連続物の出張授業など長期的なものまで、既にたくさんの高大連携・接続事業が展開されている。そこには、高校生に大学を知ってもらうと同時に、学問・研究の最先端に触れてもらって生徒の「心に火をつける」一学問への探究心を高めたり、理系進学者を増やしたりといったことも狙われているであろう、

しかし、悩ましいのはそうした場をどうデザインし、評価するかである。一般的には、多少の体験を交えたりしつつも教員が講義で押し通したり、逆に「研究者の背中を見ておけ」とばかりに研究室を訪問させたりといった「本物に触れさせる」活動が主である。学習理論に基づいて、意図された活動が起きるように、しっかりとデザインされた高大連携・接続事業は多くはない。逆にそれができれば、デザイン意図と比較対照することで、たとえ一日であっても、生徒の学びの様子は相当把握（評価）しやすくなるはずである。

そこで東京大学 CoREF では「知識構成型ジグソー法」を中核として、東京大学や学外の理数系研究者と協働しながら、生徒が最先端の大学知に触れつつ、理数系人材に求められる学び方も体験する「知の協創実践学講座」を展開してきた。

下記が事業期間 3 年間の主要な講座内容である。「物理を学ぶ, 物理を作る」については、今後の普及モデルを発信すべく、講座の完成度を高めるため、教員対象に一度行い、生徒用に結果も踏まえながら二回実践した。その教材は CoREF (2019) で入手できる。

表 3.2.7 「知識構成型ジグソー法」を用いた高大連携事業例.

時期	タイトル	協働機関
H29.3 月	大学への数学と大学からの数学	数理科学研究科
H29.8 月 (教員用)	物理を学ぶ, 物理を作る ～高校物理から宇宙研究の最先端へ～	Kavli 数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)
H30.1 月 (生徒用)	同上	同上
H30.7 月 (生徒用)	同上 ※	同上
H30.8 月	AI って何? ～AI は社会の中でどう使えるか～	工学研究科 革新知能統合研究センター

表 3.2.7 中「※」の「知識構成型ジグソー法」演習では、観測と観測、あるいは理論と観測とが矛盾するエキスパート資料を三つ合わせて、「三つの矛盾を解消するための一つの仮説を考える」課題に取り組んだ。例えば、一つ目の資料は光の程度から考えられる銀河団の質量とその観測される速度から考えられる銀河団の質量とが矛盾するもの、二つ目の資料は、太陽系であてはまるケプラーの第 3 法則が太陽系外の銀河の回転速度ではあてはまらない、などである。こうしたそれぞれ異なる三つの視点からの矛盾を持ち寄って、中高生は、それを解消するための仮説的構成体として「ダークマター」に気づいていくものとなっていた。

重要なのは、この授業で終わらせるのではなく、その後に研究者（IPMU 村山斉教授）の講義を聞くチャンスがあること、及びその後で「宇宙についてさらに知りたくなったことと科学者は広い宇宙をどう探究しているか」のポスター作成・発表活動を準備している点である。これが講義だけであれば、生徒は単に最先端の知識に触れるだけになるが、先に自分たちで仮説を構成しておくことで、それと対比しながら講義を聞くことができるし、そこからさらに次の疑問を生成することができる。

その過程で、最初の協調的な活動（「知識構成型ジグソー法」授業）で自らの考えをどう変化させていったか、仮説が間違っていたとしても新しい情報や他者との対話を通して、それをどう修正していったか、講義をどう聞き取り、そこから何を学んで、具体例から科学者の探究過程についてどのような抽象化・モデル化をはかったか、宇宙の探究や物理学全般についてどのような次の疑問を見つけたかを評価することができる。

実際、生徒は「思いっきり例外的・非標準的な仮説を立てること」の面白さも含め、科学が既知をもとに未知を切り拓いていくことを体得した模様である。

高大接続の観点で考えれば、こうした実践を複数の大学のリソースを持ち寄ってデザインし、数か月に一回継続的に行って、内容に合わせて受験生に参加してもらって、それを出願要件にしたり、そこでの学びを選抜資料にしたりすることが可能であろう。

さらに、ジグソー法の教材と大学教員の講義ビデオとをセットにして、別大学や高校現場での「理数探究」「総合的な学習／探究の時間」などで実践し、広く高校生に大学知に触れてもらうと同時に、進学希望者の母数を増やしたり、現場教員の調査書・本人の推薦書の充実につなげてもらったりするなどの取組も可能である。

3.2.3.3. 小規模の選抜例：「育成プログラム型選抜」

3.2.3.3.1. 育成プログラム型選抜に向けての試行実施例

早稲田大学において、育成型（研究評価）選抜に向けての試行実施例として、数学コンテストの実施とその活用を検討した。

目標：高校時代に自由に好きな数学の才能を伸ばし、受験を意識せずに思う存分勉強できる環境を構築する。その結果自然に身についた数学力が入試でもそのまま正しく評価される。このような入試制度を新たに創設するために、高大連携にもとづく研究力育成型教育を試行しその入試への活用法を検討する。

実施概要：コンテスト試行のモデル校を選定し、大学側から高校生(2年生対象)に数学に関する講演を行い、関連した数学の研究テーマを高校生に提案してもらう。それを大学教員が高校教員と協同して指導し、論文に仕上げる。その内容を数学コンテストとして発表してもらい大学側で評価する。試行としては3回程度の大学教員の講義を行い、高校生の興味がわけば引き続きテーマの設定と研究指導を継続し、数学コンテストまでもっていく。

・実施準備(28年度)：

基本構想立案：(～28年12月)

平成29年度に高大連携による数学コンテストを試行するための構想として、具体的なコンテスト実施内容とスケジュール案を早稲田大学において策定した。

a.モデル校の選定と実施スケジュールの企画：(28年12月～29年3月)

高大連携を機会として地方創生へも貢献するという観点から、早稲田大学北九州キャンパスの活用を図る。モデル校としては、スーパー・サイエンス・ハイスクール (SSH) にも選定され、それに関して早稲田大学との連携実績をもつ福岡県立東筑高校を選定し、実施スケジュールを検討した。

b.大学との連携協議：(29年1～3月)

講師陣の派遣等については地理的背景から、九州大学大学院数理学研究院（福岡市）との連携を協議しその内容・計画に関して基本的な合意を得た。

・実施状況(29年度)：

a.企画立案と対象モデル校および協力大学の選定（4～5月）

早稲田大学北九州キャンパス関係者との連絡調整を行うとともに、モデル校である福岡県立東筑高校教員との間で具体的な実施スケジュールの調整を図った。また、九州大学大学院数理学研究院との連携協議のもと同研究院の教授3名を講師として選定し、講義、テーマ相談、論文作成指導および発表会審査等の進め方を検討した。

b.コンテストに向けた取り組みの実施（6月～2月）

高大連携による数学コンテストに向けて以下の取り組みを実施した。

- i. 高校側があらかじめ選定した約40名の2年生を対象に、九州大学3名の教授による3回の特別講演会（6月1日、9日、15日）を実施した。講演タイトルは、「微分方程式」「結び目と素数」「自然数の累乗和とベルヌーイ数」等、何れも高校の学習指導要領の範囲を超えたものであったが、多くの生徒達が興味を啓発され、講演聴講後に自主的にテーマを設定し3つの班を構成（各7名、3名、1名）した。
- ii. 高大間の緊密な連絡のもと継続的なテーマ別の個別相談を行い、早稲田大学担当者が東筑高校および大学を適宜訪問して円滑な実施と進捗状況の把握に努めた。具体的には
 - ① メールによる相談：テーマにより異なるが適宜実施して課題探究・論文作成を指導
 - ② テーマ選定後の相談会：対話形式で九州大学側から東筑高校を訪問して4回実施
 - ③ 大学訪問相談：一部のテーマについてはメール相談をさらに詳細化し、発展させるため、生徒を九州大学へ招聘して個別指導を行った。
- iii. 本取り組みの総仕上げとしてテーマ発表会を開催し、高大連携指導の総括評価を行うとともに、AO入試に向けてその成果の活用法を検討した。発表会は2018年2月22日に『高大連携による数学課題研究成果発表会』というタイトルにて東筑高校を会場として開催し、早稲田大学、九州大学と東筑高校の関係教員参加のもと、各班代表生徒による研究成果発表と質疑応答および大学側による講評を行った。その後別室で関係者による本取り組み全体への意見交換と総括討議を実施した。なお、発表会当日のテーマとその内容は次の通り：

- ・「18.44の軌跡」・・・投球したボールがなぜ18.44m直進できるかの流体力学的考察

- ・「結び目～The Theory of Knot」・ ・結び目のジョーンズ多項式による特徴づけ
- ・「近似多項式」・ ・複雑な関数がなぜ多項式で表現できるかの理論的探究

これらは何れも i.の講演テーマに関連して設定したものであるが、さらにそれを発展させたタイトル・内容となっており、卓越した数学的センスを窺わせる論文発表も見られた。

c.成果と展望

- ①大学教員による特定のテーマに対する高校教育の枠を超えた指導を、長期間にわたって継続することで、多様な教育効果の可能性を明らかにできた
- ②自発的な理系の思考力を啓発・涵養する高大連携教育（人材育成）に対する知見を得た
- ③数学コンテストによる「自ら育つ力」を見出す新たな AO 入試制度への示唆が得られた

・実施結果の考察：

今回の試行では、高校・大学間で緊密な連携をとりつつ、大学教員による講義，研究テーマ相談，論文とりまとめと発表・講評まで、およそ 9 ヶ月にわたって指導を継続実施した。数学コンテストによる評点を査定するまでには至らなかったが、コンテストによる評価の指針を得ることができた。また早稲田大学がこれまで実施してきた科学コンテスト（名称：「小田原白梅ライオンズクラブ・早稲田大学科学コンテスト」）との関連性を検討した。結論として、高大連携による研究力養成型の指導を適切に行うことで、冒頭に掲げた目標を達成するための AO 入試実現への可能性を見出すことができた。

3.2.3.3.2. 「育成プログラム型選抜」モデル

以下のような選抜モデルを提唱する。自前の育成プログラムを主なターゲットにするが、それ以外も排除しない。

表3.2.8 小規模育成プログラム型選抜モデル.

選抜形態	総合型選抜（AO）
実施日	9月～
出願要件	次の1から3のすべてに該当する者としてします。 1 次のいずれかに該当する者 (1) 高等学校を卒業した者及び平成##年3月卒業見込みの者 (2) 2 次のいずれかに該当する者 (1)〇〇大学主催の育成プログラム「△△」の最終審査に合格した者で、大学入学共通テストで基準点（60%）以上の得点を有するもの (2)〇〇大学主催の育成プログラム「△△」の二次審査に合格した者で、大学入学共通テストで基準点（70%）以上の得点を有するもの (3)課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行った者で、大学入学共通テストで基準点（80%）以上の得点を有するもの 3 合格した場合には入学することを確約できる者
提出書類	調査書，研究レポート（50ページ以内）
実施方法	一次：書類審査 二次：個別面接 最終：大学入学共通テスト
評価方法	一次：思考力，判断力，および継続性を評価する。 二次：表現力，主体性を評価する。 最終：基準点以上の得点を条件として最終合格者を決定する。

入学者選抜を前提とした育成プログラムの概要：

高1夏 高1夏～高2春	・研究計画書によって、プログラム参加者を第一次選抜する。 ・一次合格者については、生徒1名に対して大学院生1名のチューターを付け、計画書に沿った自主研究を行う。同時にプログラム参加者向けの講義を数回行う。
高2春 高2春～高2冬	・自主研究の発表会を行い、二次選抜する。 ・二次合格者は、大学教員と相談の上、研究を計画し、教員やチューターの指導のもと研究を行う。
高2冬 高2冬～高3冬	・研究発表会を行い、最終合格者を決定する。 ・最終合格者は、継続して研究を行う。
※高2夏からの参加も認める。ただし、この場合は最終合格者となっても継続研究指導は行わない。	

育成プログラム運営および入学者選抜上の注意：

- ・入学者選抜と育成プログラムはあくまで独立とする。したがって、育成プログラム以外で研究を行った者の出願も認める。同様の理由で、育成プログラム参加者が他大学に出願することも認める。
- ・上記要件2(1)～2(3)について異なる大学入学共通テスト基準点を設定しているが、同一でもよい。
- ・9月に選抜を行うので、高2からの参加者については条件付き合格とし、その後の最終審査の結果によって判断する。
- ・この選抜の合格者にふさわしい志願者がいないと判断した場合は、募集人員どおりに合格者を決定することはせずに、一般選抜の募集人員によって、その人員を充足する。

3.2.3.4. 中規模の選抜例「研究評価（プロセス重視）型＋小論文型選抜」

3.2.3.4.1. 入学者選抜における小論文の問題点

推薦入試に関しては、以前の大学入学者選抜実施要領（文部省）では、「出身学校長の推薦に基づき、学力検査を免除し調査書を主な資料として判定する方法」であり、「入学志願者について面接を行い、又は小論文を課することが望ましい」とされている。このため、学科試験的なものを課してはいけないと思いついでいる大学教員もいる。しかし、現行の大学入学者選抜実施要領では、「各大学が実施する検査（筆記、実技、口頭試問等）による検査」が推薦書・調査書だけでは入学志願者の能力・適性等の判定が困難な場合に講ずることが望ましいとされている。したがって、各大学が推薦で筆記試験を行っても全く問題ない。

3.2.3.4.2. 「研究評価（プロセス重視）型＋小論文型選抜」モデル

実施例および評価例を表3.2.9および表3.2.10に示す。

表 3.2.9 中規模の選抜例「研究評価（プロセス重視）型＋小論文型選抜」の実施例。

選抜形態	学校推薦型選抜「研究評価（プロセス重視）型＋小論文型選抜」
実施日	11月～

出願要件	評定平均が A 段階（4.3 以上）の者又は〇〇大学の一般選抜に合格できる程度以上の学力を有する者の中で、課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行ったもの
提出書類	調査書、志願理由書、研究論文
実施方法	書類審査＋小論文＋個別面接
評価方法	書類審査 40%，小論文 40%，面接 20%

表 3.2.10 中規模の選抜例「研究評価（プロセス重視）型＋小論文型選抜」の評価例。

学力		調査書	志願理由書	研究論文	小論文	面接	具体的な観点
第 1 要素	知識	○		○			高校で学習した内容を理解した上で研究を進めている
	技能						
第 2 要素	思考力 (狭義：知識を必要とする)	内容を理解する力				○	A の説明を聞いて、A の内容を理解することができる
		関連付け・比較する力				◎	A と B の関連性を見つけ、両者の関係や優劣を判別できる。
		類推・発見する力			○	○	A と B の内容を掘り下げ、新しい C を見つけることができる
		統合・推論する力			◎		断片的に分かったことをまとめることができる
	独創力（知識とは独立な思考力）						
	判断力			○		一度出した解答を見直し、正しい答えに導くことができる	
	表現力					○	準備してきた回答ではなく、自分自身の言葉で説明できる
第 3 要素	主体性	主体性（狭義：思考力を必要とする）		○		◎	明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる
		積極性（思考力を必要としない主体性）					
	協働性						他者の意見に対して、理解が不十分な所を確認できる
	多様性						
	継続性			○			2 年以上継続的に研究を行っている

小論文の問題例（数学）：

上記で指摘した点を改善した問題である（2014 年度筑波大学の問題を改変）。

関数の列 $f_n(x)$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) が、 $x > 0$ において関係式
$f_n(x) = \int_1^x f_{n-1}(y) \log y dy \quad (n = 1, 2, \dots)$
を満たすとする。
$f_1(x) = \frac{1}{x} - 1 - \log x$
のとき、 $x > 0$ の範囲で $f_n(x) \geq 0$ ($n = 1, 2, \dots$) が成り立つことを示せ。

この問題に対しても、上記の学力分類表に照らし合わせ、入試全体のデザインと相違ないか、各項目で観点は適当か、偽思考力になっていないか等を十分検討する。

表 3.2.11 数学における学力分類および観点の表。

学力要素	評価	具体的な評価観点例
第 1 要素 知識	○	微分積分についての基礎的な知識を有している。
第 1 要素 技能	○	微分積分の計算能力
第 2 要素 思考	×	微分積分学の基本定理を概念的に理解しておく必要があり、単なる知識の暗記では、解答を導けない。

	多義的思考 (答えが一つにならない)	×	正解は唯一つであり，曖昧さの懸念はない。	
		思考力 (狭義：知識を必要とする)	◎	微分積分学の基本定理を正確に把握でき，その応用問題であることを，理解できていること
			○	関数列を具体的に構成せず，漸化式からその性質を導く能力
			○	最大・最小問題に関連させた微分法の応用力
			○	積分および微分計算を関数不等式の証明に結びつけること
	独創力 (知識とは独立な思考力)	×		
	判断力	×		
表現力	○	証明の論理的な記述を正確に表現する文章が書ける。		
第3要素	主体性	主体性 (狭義：思考力を必要とする)	×	
		積極性 (思考力を必要としない主体性)	×	
	協働性	×		
	多様性	×		
	継続性	×		

小論文の問題例 (物理)：

以下の問題は，教科書持込み可として実施可能である(2016年度筑波大学の問題を改変)。

定積モル比熱と定圧モル比熱の比 γ が1より小さいのはなぜか。式を用いず定性的に述べよ。

表 3.2.12 物理における学力分類および観点の表。

学力要素		評価	具体的な評価観点例		
第1要素	知識	○	気体分子の比熱についての基礎的な知識を有している。		
	技能	×			
第2要素	思考力	偽思考 (思考力がなくても知識で代用可)	×	問題文からのみでは解けず，また「定性的に」と加えていることで，即座な回答はできない。	
		多義的思考 (答えが一つにならない)	×	定圧変化と定積変化の定義から答えられるため，ほぼ一意の答えとなる。	
		思考力 (狭義：知識を必要とする)	内容を理解する力	×	
			関連付け・比較する力	◎	定圧変化と定積変化の内容を知っていて，その違いがどこから生じるかを議論できる。
			類推・発見する力	×	
	統合・推論する力		×		
	独創力 (知識とは独立な思考力)	×			
判断力	×				
表現力	○	定性的な記述を求めることで，より文章力が必要となる。			
第3要素	主体性	主体性 (狭義：思考力を必要とする)	×		
		積極性 (思考力を必要としない主体性)	×		
	協働性	×			
	多様性	×			
	継続性	×			

小論文の問題例 (化学)：

(2010年度筑波大学の問題を改変)

スズと亜鉛では，亜鉛の方がイオン化傾向は大きい。これを確認するためにはどのような実験をすればよいか，予想される結果とともに述べよ。

表 3.2.13 化学における学力分類および観点の表.

学力要素		評価	具体的な評価観点例		
第1要素	知識	○	イオン化傾向とは何かを知っている必要がある。		
	技能	×			
第2要素	思考力	偽思考（思考力がなくても知識で代用可）	×	問題文で既に $\text{Sn} > \text{Zn}$ と与えている。	
		多義的思考（答えが一つにならない）	×	答え方は複数あるが酸の種類や沈殿の有無等，高校生が学習範囲であればおよそ一意に回答できる。	
		思考力（狭義：知識を必要とする）	内容を理解する力	○	イオン化傾向の大小を理解している。
			関連付け・比較する力	◎	Sn と Zn が与えられて，その科学的な性質の違いを理解している。
			類推・発見する力	×	
			統合・推論する力	×	
	独創力（知識とは独立な思考力）	×			
判断力	×				
表現力	○	違いを示す実験の内容と予想される結果を述べる。			
第3要素	主体性	主体性（狭義：思考力を必要とする）	×		
		積極性（思考力を必要としない主体性）	×		
	協働性	×			
	多様性	×			
	継続性	×			

小論文の問題例（生物）：

以下の問題は，字数を変えることによって難易度を変えることができる（2009年度筑波大学の問題を改変）。

DNA の半保存的な複製について説明しなさい。

この問題に対しても，上記の学力分類表に照らし合わせ，入試全体のデザインと相違ないか，各項目で観点は適当か，偽思考力になっていないか等を十分検討する。

表 3.2.14 生物における学力分類および観点の表.

学力要素		評価	具体的な評価観点例		
第1要素	知識	○	遺伝学についての基礎的な知識を有している。		
	技能	×			
第2要素	思考力	偽思考（思考力がなくても知識で代用可）	×	全体の流れを求めているので，暗記に単なる知識では解答を導けない。	
		多義的思考（答えが一つにならない）	×	他の経路はないので，一意的に解答は決まる。	
		思考力（狭義：知識を必要とする）	内容を理解する力	○	用語が遺伝に関する用語であることを理解できる。
			関連付け・比較する力	◎	具体的な「複製」の過程の中で「半保存的」な部分が正しく説明されている。
			類推・発見する力	○	その他の遺伝に関する関連事項についても言及できる。
			統合・推論する力	○	いくつかの過程を統合できる。
	独創力（知識とは独立な思考力）	×			
判断力	×				
表現力	○	論理的な記述を正確に表現する文章が書ける。			
第3要素	主体性	主体性（狭義：思考力を必要とする）	×		
		積極性（思考力を必要としない主体性）	×		
	協働性	×			
	多様性	×			
	継続性	×			

選抜における注意点：

第一次選抜の書類審査については，研究論文を使用する。注意すべき点は，入試デザイ

ンの際には学力要素を詳細に分け、それぞれの観点を決めたが、採点の際にその細分化では、細か過ぎて採点不可能になることである。複数の採点者が共通に区別できる項目としては3つ程度が限界である。また、学力の分類は学力を考える上であくまで便宜的に分けたものであり、それぞれが排他的に分類されたものでないで、評価の過程で区別できない場合も多い。

そこで書類審査では、以下のような評価項目を設定する。これは発見や継続性等のプロセスを重視した評価項目と観点であり、もし成果を重視するのであれば評価項目や観点を変える必要がある。

表3.2.15 書類審査における評価項目.

評価項目	学力要素	具体的な観点例
発見	思考力（類推・発見） 判断力	従来の知見をもとに新しい問題設定ができています。 結果を見直し、次の問題を発見できている。
実践	主体性 継続性	十分なデータを出している。 2年以上継続して研究を行っている。
統合	思考力（推論・統合） 表現力	正しくまとめられている。 適切な表現を用いている。

第二次選抜は面接が相応しいだろう。この面接で重視しなければいけないのが、生徒自ら実際に考え、手を動かして研究を行っているか、すなわち同一性（著者性）である。最近の高校生の研究は、SSH等の影響もあり、非常に高い成果を上げている。しかし、その高い成果を上げた研究には、大学教員等の補助を受けている場合もあり、中には方法等を理解していない場合もある。また、グループ研究も多く、中心人物ではない者が出願するケースもある。そこで、面接において、同一性を判定しなければならない。

表3.2.16 面接における評価項目.

評価項目	学力要素	具体的な観点例
同一性（著者性）	主体性	本人自ら行っている。
表現	表現力 協働性	適切な表現を用いている。 自らの主張と異なる意見にも柔軟に対応できる。

3.2.3.5. 中規模の選抜例「実績評価（科学コンテスト活用）型選抜」

3.2.3.5.1. 科学コンテストの実施と入学者選抜における利用

理系においては、高校で優れた研究活動を行っている場合が多い。さらに近年卒業研究や課題研究を課す学校も増え、文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール事業のサポートもあり、研究のレベルは上がっている。優れた研究には様々な科学コンテストから賞が贈られて、研究の励みとなっている。同時に科学オリンピック等の各教科の実力を競うコンテストもある。こうした活動を行う生徒を積極的に募集するため、入賞歴や研究内容そのものを評価する入試も既に行われている。

日本学生科学賞や高校生科学技術チャレンジのように参加者が多い全国規模のコンテストがある一方、大学独自の科学コンテストや研究発表会を主催している場合も少なくない。形式としては、大学で指導をして成果を発表するもの、県内や近県の高校で行った研究を募るものと様々である。特定の学部や特定の教員だけで運営されている場合も多く、かなりの負担を強いられている。しかし、それらの参加した高校生の多くは他大学に進学して

しまう。純粹に社会貢献と考えればよいのかもしれないが、自分の大学に進学して欲しいと考える場合も少なくない。

ここでは、2つの科学コンテストの事例を分析し、入学者選抜に適用可能かを検討する。まず、最初は筑波大学が実施する「科学の芽」賞である。2007年より筑波大学が実施し、採点は筑波大学・附属校教員が務めている。(図3.2.5) 毎年3,000名近い応募があるが、多くは小・中学生であり、これだけを出願要件とした入試は厳しいだろう。

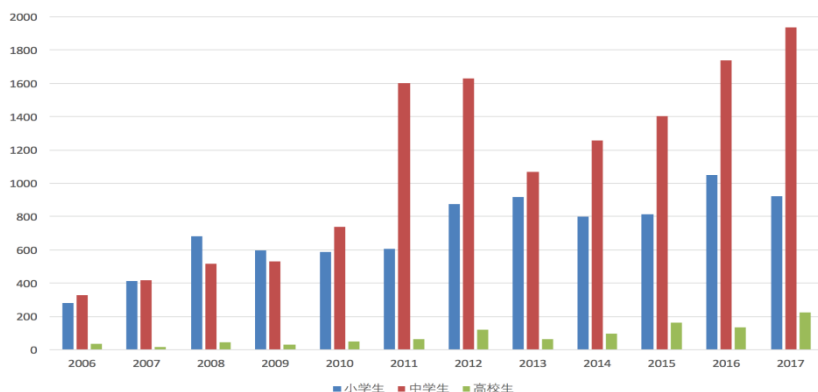


図3.2.5 「科学の芽」賞の応募者数.

次に早稲田大学の「小田原白梅ライオンズクラブ・早稲田大学科学コンテスト」を考える。中学生、高校生の科学への関心を高め、豊かな創造力と問題解決の力を育み、研究への意欲を醸成することを目的として、2008年に地元ライオンズクラブの創立記念事業としてスタートしたものに、2013年から早稲田大学が連携・協力している。神奈川県西部地区の中学生・高校生しており、地元の私立大学が用いることは問題ないが、国立大学や大きな私立大学がこれだけを要件とすると、入試の公平性の問題が発生するだろう。

しかしながら、他のコンテストと共に出願要件とすれば、全く問題ない。そこで、次に挙げるような入試モデルを提案することにした。

3.2.3.5.2. 「実績評価（科学コンテスト活用）型選抜」モデル

実施例および評価例を表3.2.17および表3.2.18に示す。

表 3.2.17 中規模の選抜例「実績評価（科学コンテスト活用）型入試」の実施例.

選抜形態	総合型選抜 (AO) 「実績評価 (科学コンテスト活用) 型入試」
実施日	9月～
出願要件	以下のいずれかに該当する者で、大学入学共通テストで基準点以上のもの (1) ○○大学主催の科学コンテスト「□□」において、△△賞以上の賞を受賞した者 (2) 日本学生科学賞の全国大会に選出された者 (3) 高校生科学技術チャレンジの全国大会に選出された者 (4) 国際科学オリンピックにおいて二次試験に進んだ者 (5) 科学の甲子園の全国大会に選出された者 (6) スーパーサイエンスハイスクール (SSH) 生徒研究発表会 (全国大会) に出場した者 (グループ研究の場合は研究を中心となって推し進めた者に限る。) (7) 課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行った者
提出書類	調査書, 志願理由書, 研究・活動概要 (要件 (7) に該当する者については詳細を提出)

実施方法	一次：書類審査（要件（7）については実質的な査読を行う） 二次：グループワーク＋個別面接 最終：大学入学共通テスト
評価方法	一次：思考力，判断力，主体性，および継続性を評価する。 二次：グループワーク 70%，面接 30%（一次の書類は面接の参考資料とする）で評価する。 最終：基準点（630点）以上の得点を条件とする。

表 3.2.18 中規模の選抜例「実績評価（科学コンテスト活用）型入試」の評価例。

学力		調査書	志願理由書	研究論文	面接	共通テスト	具体的な観点	
第1要素	知識	○				◎	高校で学習した内容を理解している。	
	技能							
第2要素	思考力 (狭義：知識を必要とする)	内容を理解する力				○	Aの説明を聞いて（読んで）、Aの内容を理解することができる	
		関連付け・比較する力					AとBの関連性を見つけ、両者の関係や優劣を判別できる。	
		類推・発見する力		○			AとBの内容を掘り下げ、新しいCを見つけることができる	
		統合・推論する力		◎			断片的に分かったことをまとめることができる	
	独創力（知識とは独立な思考力）							
	判断力				○		一度出した解答を見直し、正しい答えに導くことができる	
	表現力				◎		準備してきた回答ではなく、自分自身の言葉で説明できる	
第3要素	主体性	主体性（狭義：思考力を必要とする）		○		○	明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる	
		積極性（思考力を必要としない主体性）						
		協働性						他者の意見に対して、理解が不十分な所を確認できる
		多様性						
	継続性			○			2年以上継続的に研究を行っている	

3.2.3.6. 大規模の選抜例

3.2.3.6.1. 一般選抜における逆転

大規模な選抜において、これまで主に評価してきたのは筆記試験で問えるような基礎学力（知識と最低限の思考力）である。しかし、知識や思考力を問うような比較的公平性の高い問題を使用しても、問題との相性やその日の体調等によって、かなりの「不確定層」が出ることである。この場合の「不確定層」とは、ある入試問題であれば合格圏内に入っていたが、別の問題だと不合格になってしまう層である。

さらに「平成33年度大学入学者選抜実施要項の見直しに係る予告（文部科学省）」では、「筆記試験に加え、『主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度』をより積極的に評価する」ことが求められている。一般入試のような大規模選抜において、何度筆記試験を受けても合格圏に入ってくる志願者を「主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度（以下、主体性等）」によって不合格にしたいとまで考える大学はないだろう。一方、「不確定層」は、筆記試験で問えるような基礎学力に差がないと判断することができるので、書類審査のような他の尺度、すなわち「主体性等」によって合否を判定しても、大きな影響は与え

ないと考えられる。一方、推薦・AO入試のような小・中規模選抜では、「主体性等」が大きな評価のウェイトを占めても問題はない。ここが、大規模選抜と小・中規模選抜の違いである。

しかし、この「不確定層」がどの程度あるか知ることは、従来のデータでは難しかった。これを改善したのが、先に述べたデータである(2.2.5.)。ここでは、仮に「不確定層」が全体の約20%と見積り、過去に実施した入試データと照らし合わせて、20%の逆転が起こる点数を計算する。この得点分が「主体性等」の得点であり、この点数分の評価を書類審査等で行えばよい。書類の例としては、学習・研究計画書や活動報告書があり、その他の「主体性等」の評価方法としては、面接、プレゼンテーション等が考えられる。

下の例(図3.2.6)では、「不確定層」と同じ割合を逆転させている(ケース③)。しかし、「不確定層」を超えて、積極的に「主体性等」で逆転させることも可能である(ケース②)。一方、「主体性等」での逆転を「不確定層」より少なく設定したり(ケース④)、合否ラインで同点の場合のみ「主体性等」の評価で判定することも可能である。また、推薦入試・AO入試であれば、筆記試験で問える学力と無関係に「主体性等」で判断することも可能である(現在の大学入学者選抜実施要項では推奨されていない)。

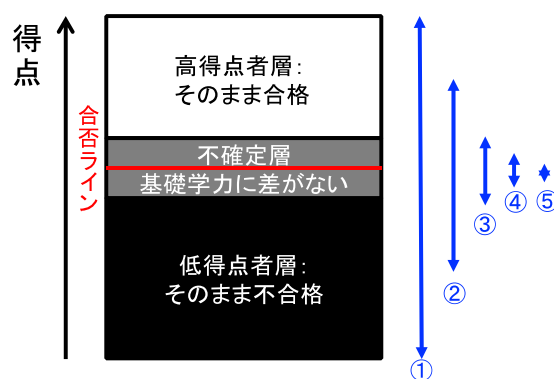


図3.2.6 入試を複数回行った時のバラツキ。今回のモデルでは、「不確定層」と同じ割合を逆転させている(③)。

3.2.3.6.2. 大規模な選抜のモデル

実施例および評価例を表3.2.19および表3.2.20に示す。この大規模な選抜とは、国立大学では主に前期入試が、私立大学においては一般入試が該当する。

表 3.2.19 大規模な選抜の実施例.

選抜形態	一般選抜
実施日	1月～
出願要件	以下のいずれかに該当する者 (1) 高等学校を卒業した者及び平成##年3月卒業見込みの者 (2)
提出書類	調査書、研究・活動報告書
実施方法	大学入学共通テスト+個別学力検査+書類審査
評価方法	大学入学共通テストと個別学力検査の合計点に書類審査の得点を加えて評価

表 3.2.20 大規模の評価例.

学力		調査書	共通テスト	個別学力検査	書類審査	具体的な観点
第1要素	知識		◎	○		高校で学習した内容を理解している
	技能					
第2要素	思考力 (狭義: 知識を必要とする)	内容を理解する力	○	◎		問題文中の A を理解し, B との関連性を見出すことができる。
		関連付け・比較する力				
		類推・発見する力				
		統合・推論する力				
	独創力 (知識とは独立な思考力)					
判断力						
表現力						
第3要素	主体性	主体性 (狭義: 思考力を必要とする)			◎	明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる
		積極性 (思考力を必要としない主体性)				
	協働性					
	多様性					
	継続性					

第4章 開発した成果を全国の大学に普及することによる大学の入学者選抜改革の推進

4.1. 思考力等の評価のための理数分野における入試改革セミナー（ボトムアップ的・トップダウン的アプローチ共同）

大学教員の意識改革，各大学の入試問題の改善が図られることを目的として，大学教職員を対象に，全国6カ所で「思考力等の評価のための理数分野における入試改革セミナー」を開催(北海道・東北地区は，地震により中止)し，開発した成果を全国の大学に普及することにより，大学の入学者選抜改革を推進することを目的とした。内容は，理数分野における思考力の捉え方，それを測定するための評価方法ならびに評価問題の作成などに関し，本事業の成果を解説するとともに，参加者と意見交換を実施した。

全開催を通じて，206名の参加者があり，そのうち，アンケート回収率70.4%であった。アンケートについて，「非常に参考になった」と及び「参考になった」と回答した者は，いずれの設問でも，90%程度(以下，【アンケート集計結果 概要】参照)となり，本委託事業で開発した成果を全国の大学に十分に普及することができたと考えられる。

図 4.1 入試改革セミナーパンフレット

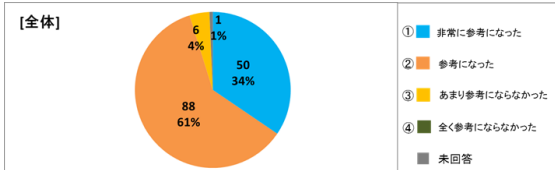
【開催日程・場所及び参加者】

- 平成 30 年 9 月 21 日 北海道・東北地区 (会場:北海道大学) ※地震により中止
- 平成 30 年 9 月 22 日 関東地区 (会場:東京工業大学): 75 名参加
- 平成 30 年 11 月 16 日 中国・四国地区 (会場:広島大学): 30 名参加
- 平成 30 年 11 月 17 日 九州・沖縄地区 (会場:九州大学): 30 名参加
- 平成 30 年 12 月 2 日 近畿地区 (会場:京都工芸繊維大学): 35 名参加
- 平成 30 年 12 月 15 日 中部地区 (会場:名古屋大学): 36 名参加

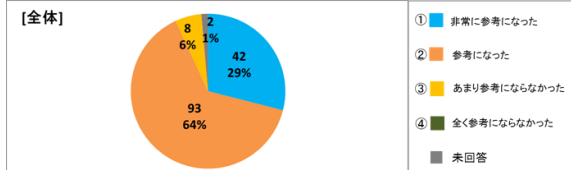
【アンケート集計結果 概要】 ※アンケート回答率：70.4%

全体	参加者数 206名	アンケート回答者数 145名
<内訳>		
関東地区(会場:東京工業大学) 2018.9.22(土)	75	58
中国四国地区(会場:広島大学) 2018.11.16(金)	30	16
九州沖縄地区(会場:九州大学) 2018.11.17(土)	30	18
近畿地区(会場:京都工芸繊維大学) 2018.12.2(日)	35	33
中部地区(会場:名古屋大学) 2018.12.15(木)	36	20

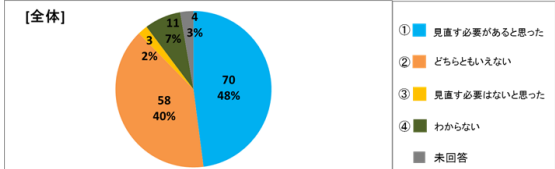
【Ⅰ】貴大学の入試の改善の参考になりましたか？



【Ⅱ】貴大学の入試問題の作問及び評価方法の参考になりましたか？



【Ⅲ】貴大学の入試問題及び評価方法の内容を見直す必要があると思いませんか？



「非常に参考になった」及び「参考になった」の回答者は、全体で、
 設問【Ⅰ】が、95%
 設問【Ⅱ】が、93%
 設問【Ⅲ】が、88%
 で、いずれも9割程度が、「参考になった」と回答

(自由記述の主な意見)

【Ⅳ】貴大学で入試改革が進まないとしたら、何が原因かについてご記入下さい。

- ・教職員の意識の問題(意識改革の必要性)
- ・人的、時間的資源の不足
- ・学外的には大量受験の志向や受験生の日本的な進路志望決定の仕方
- ・大学のレベルに応じた改革の方向性の多様性
- ・得点の公平性への懸念
- ・高校等への伝わり方(高校側の変化)
- ・国家試験との関係
- ・受験生の確保

【Ⅴ】今後の取組みに参考になること、成果(報告)として期待すること、ご希望、その他ございましたらご記入ください。

- ・思考力を評価する問題や記述問題の実際の解答を採点するにあたっての問題点、問題点をクリアする方策
- ・問題の実例数を増やしていただきたい(理数の複合問題について特に)
- ・新旧タイプ問題の作成(改良)例のデータベース、冊子
- ・記述式問題の公正・公平な採点の仕方
- ・大規模入試での主体性評価の成果。具体的な評価方法。
- ・大規模大での入学者選抜の有効的な方法
- ・新しい入学者選抜方法の具体的事例

図 4.2 入試改革セミナー受講者アンケート結果

また、高等学校教員及び大学教員を対象に「高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革セミナー」を平成 29 年 11 月 29 日に東京並びに平成 29 年 12 月 27 日に広島で開催した。東京会場 184 名、広島会場 323 名の参加があった。

4.2. ウェブサイトの開設(ボトムアップ的・トップダウン的アプローチ共同)

この事業で開発した成果を全国の大学に普及することによって大学の入学者選抜改革を推進するために、代表大学にウェブサイトを開設した。そこでは、全国各地で実施したセミナーの配布資料およびプレゼンテーション資料を誰でも参照できるように PDF ファイルとして公開している。これらの資料には、この事業で作成した試行問題の具体例やその解答例だけでなく、問題の特徴や出題意図などが含まれており、問題作成や採点マニユ

アルとして活用することが可能である。

開設したウェブサイトには、全国各地で実施したセミナーの開催日時および場所を掲載しており、このことも事業の開発成果を普及する一翼を担っている。さらに、この事業を高大協働型グループと大学主導型グループに分けて実施したことなどを事業の概要として掲載しており、事業の全体像を把握しやすいように配慮している。ただし、最初にこのことを掲載するよりは成果を公開することを優先し、ウェブページ内の掲載順を考慮している。

この事業に関する問い合わせ先を記載して、事業終了後も質問等に対応できる体制を整えている。この情報をウェブページの末尾付近に掲載しているのは優先順位を下げるという意味ではなく、このような配置がページ全体の中で適切と考えたためである。なお、当初は問い合わせフォームを設置し、問い合わせ内容を直接書き込んで送信ボタンを押すような利用形態を想定したが、昨今の情報セキュリティに関する懸念を考慮して、単に連絡先を記載する形式としている。

開発成果 セミナー 事業の概要 お問い合わせ

思考力等の評価のための入試改革(理数分野)

大学入学者選抜改革推進委託事業
「高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革」

開発成果

この事業によって開発された成果を公表しています。

[試行問題例](#)
 [解答例](#)
 [問題作成マニュアル](#)

[採点マニュアル](#)

セミナー

全国各地でセミナーを開催しました。

日時	開催場所
2018年9月21日(金) (開催中止)	北海道大学 フロンティア応用科学研究棟2階 レクチャーホール
2018年9月22日(土)	東京工業大学 大岡山キャンパス西講義棟1 レクチャーシアター
2018年11月16日(金)	広島大学 露キャンパス 応仁会館
2018年11月17日(土)	九州大学 伊都キャンパス 総合学習プラザ
2018年12月2日(日)	京都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス センターホール
2018年12月15日(日)	名古屋大学 野依記念学術交流館

カンファレンスホール

事業の概要

つぎの2つのグループに分かれて事業を進めています。

- ・高大協働型グループ

入試の課題や問題点の調査や分析、地域間格差のない評価方法の開発など
担当: 広島大学(代表), 東京理科大学, 京都工芸繊維大学, 九州大学

- ・大学主導型グループ

理数系分野の入試の方法の研究や開発、入試関係の国内外の大学の状況調査など
担当: 東京工業大学(代表), 北海道大学, 筑波大学, 東京大学, 早稲田大学

お問い合わせ

入試改革(理数分野)に関するご意見やご質問があれば、以下のお問い合わせ先にご連絡ください。

739-8511 東広島市鏡山一丁目3番2号
広島大学入学センター
TEL 082-424-6704, FAX 082-424-6710

参考(文部科学省のサイト)

大学入学者選抜改革について
[「大学入学者選抜改革推進委託事業」](#)
[「大学入学者選抜改革推進委託事業」選定事業](#)

図 4.3 思考力等評価のための入試改革(理数分野) Web サイト

4.3. ボトムアップ的アプローチによる新しい入試問題を用いた入学者選抜改革の推進

4.3.1. 高校教員を対象としたセミナーの開催

本事業の成果として、大学入試センターからも専門家を招き、理数分野における思考力等を評価する問題開発や採点方法などについて高等学校教員を対象とした「思考力等の評価のための理数分野における入試改革セミナー」を平成30年10月6日に東京会場（東京理科大学）及び10月14日に京都会場（京都工芸繊維大学）の2カ所で開催した。

2会場を通じて、216名（東京理科大学84名、京都工芸繊維大学132名）の参加者があり、そのうち、アンケート回収率86.6%であった。アンケートについて、「非常に参考になった」及び「参考になった」と回答した者は、いずれの設問でも、90%程度(以下、【アンケート集計結果 概要】参照)となり、本委託事業で開発した成果を高等学校に十分に普及することができたと考えられる。

【開催日程・場所及び参加者】

＜東京会場＞

日 時：平成30年10月6日（土）13：00～15：50
 会 場：東京理科大学 葛飾キャンパス 図書館大ホール
 参加者：84名

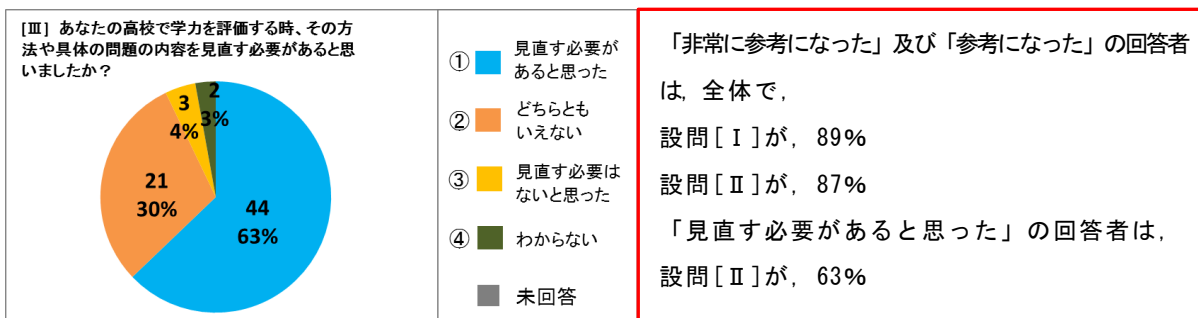
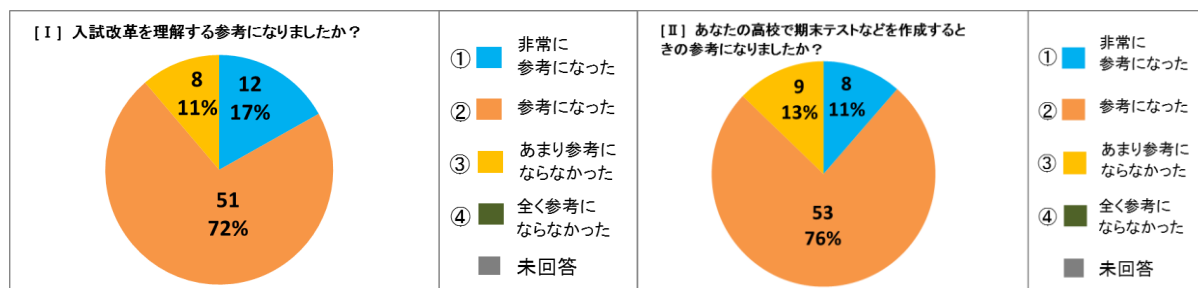
＜京都会場＞

日 時：平成30年10月14日（日）13：00～15：50
 場 所：都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス センターホール
 参加者：132名

【アンケート集計結果 概要】

※アンケート回答率：86.6%

＜東京会場＞ 参加者数：84名 アンケート回答者数：70名



<京都会場> 参加者数：132名 アンケート回答者数：117名

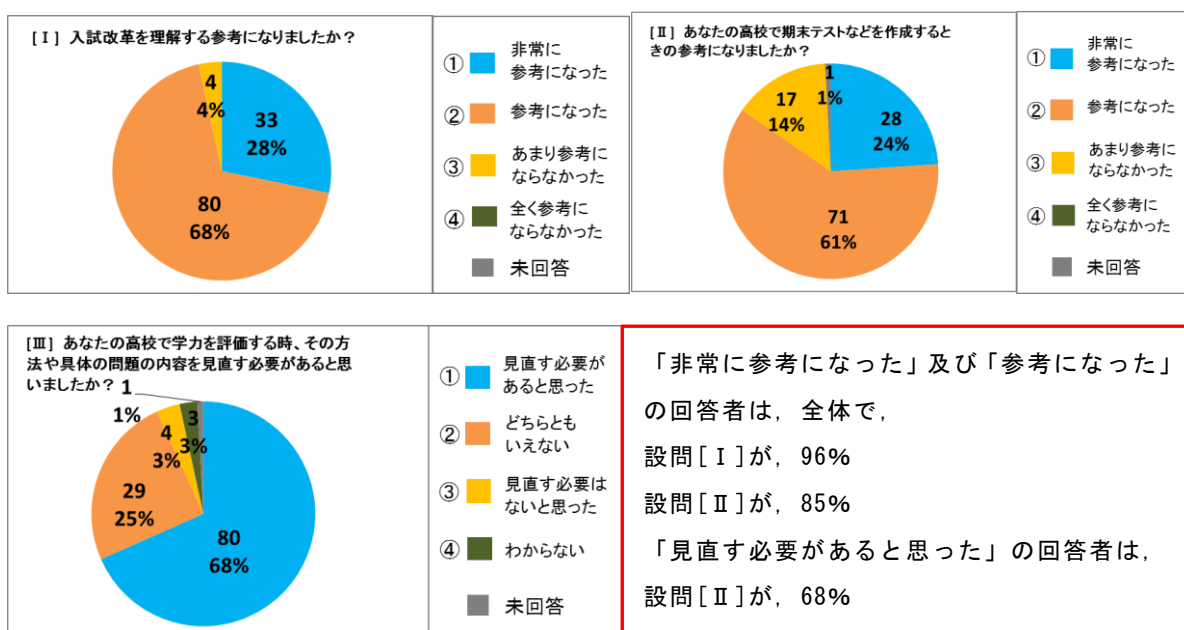


図 4.4 ボトムアップ的アプローチによる入学者選抜改革の推進：高校教員を対象としたセミナーの開催

4.4. トップダウン的アプローチによる新しい選抜方法を用いた入学者選抜改革の推進

4.4.1. 新選抜方法を用いた入学者選抜改革の推進

4.4.1.1. 新規導入のための模擬サマーチャレンジの実施とその評価

小規模入試（パフォーマンス評価型）については、平成 28 年及び 29 年にそのモデルの試行を行い、生徒所属高校の教員及び委託事業取組大学等の教員延べ 50 名に広く公開するとともに、意見交換会を実施し、フィードバックを得た。

その際のアンケートでの主な意見は以下のとおりであるが、多面的・総合的な評価を行う入試の一形態として、その意図するところは概ね理解を得ているとの評価を得た一方、入試として導入する際の課題の指摘も多くいただいた。

主な指摘としては、次のものがあげられる。これらの指摘については、小規模入試（パフォーマンス評価型）モデルの改善のための検討材料とし、普及のためのマニュアルにおける評価基準例や試験実施例に反映させた。

- ・ 厳密な評価ができるのか？ グループ内の相対評価になるのか？
- ・ むしろ割り切って厳密な評価をしない良さを認めてもいいのでは？
- ・ 評価の基準を募集要項等で公表してはどうか？
- ・ あまり細かく公表するとどうしても対策に走るのでは、ほしい人材や狙い等だけでいいのでは。
- ・ ペーパーテストでは測れない生徒の良さを評価してほしいと思っている。そういうニーズに応じてくれるので歓迎。
- ・ グループワークでは、リーダーシップ・発言力がある生徒が目立つ。そうでない子も評価を。
- ・ この入試を受けるとした場合、高校や生徒の負担がそれほど増えるとは思わない。多様な生徒が合格できるチャンスと前向きに考えたい。

また、アンケートの中で、試行当日に実施した試行講義について当初の目的が達成できているかという設問に対しては、60%以上が全体として達成できているという項目の 5 段

階中 4 以上の評価を与えている。また、学力の 3 要素のうち思考力等についても十分評価できるものとなっているかについては、各講義でバラつきはあるものの一定の評価を得ており、試行講義の狙いは概ね理解されているとの結果を得た。

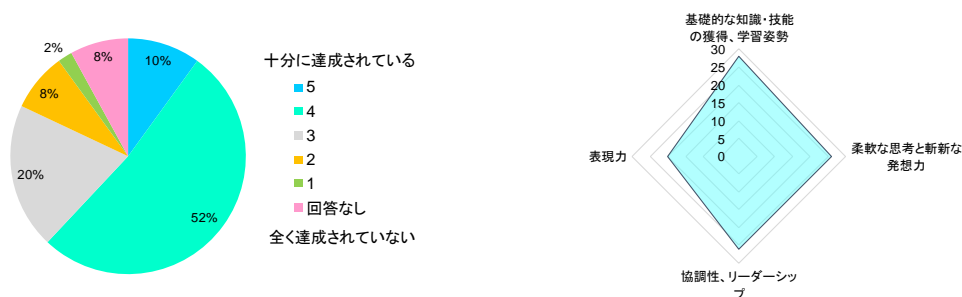


図 4.5 小規模の選抜例（パフォーマンス評価型）モデル試行のアンケート調査結果

4.4.1.2. 公開シンポジウム・入試改革合同セミナーの実施

平成 29 年 3 月 30 日と平成 30 年 3 月 29 日に入試改革公開シンポジウムを筑波大学分校校舎において実施した。案内は、全国の高校 1,097 校に高等専門学校 62 校に送付し、周知に努めた。それぞれの参加者は高校等教諭、保護者、高校生、大学生等のそれぞれ 85 名と 100 名であり、講演後有意義な議論が行われた。

また、平成 31 年 3 月 28 日に高校教員を主な対象とした入試改革合同セミナーを、筑波大学分校校舎において実施した。案内は、全国の高校 1,189 校に高等専門学校 62 校に送付し、周知に努めた。

また、平成 30 年 3 月 29 日の公開シンポジウムと平成 31 年 3 月 28 日の合同セミナーは、文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業・主体性等分野と共同開催であり、分野間の連携を図り、相乗効果を狙った。

表 4.1 トップダウン的アプローチによる入学者選抜改革の推進に関するシンポジウム，セミナー実績

公開シンポジウム「これからの大学入試改革」 平成 29 年 3 月 30 日 「筑波大学の入試改革」白川友紀（筑波大学・特命教授） 「保護者のための大学入試改革講座」本多正尚（筑波大学・教授） 「高校から見た大学入試の問題点」大村勝久（静岡県立浜松北高等学校・教諭）
公開シンポジウム「新しい入学者選抜法の開発にむけて」 平成 30 年 3 月 29 日 「大学入試改革の現在」島田康行（筑波大学・アドミッションセンター長） 「文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業（主体性等分野）～Japan e Japan e-Portfolio の活用について～」尾木義久（関西学院大・高大接続センター次長） 「東工大における多面的・総合的評価の試み」武田行生（東京工業大学・入試実施部門長）
合同セミナー「理数分野大学主導型・主体性等分野合同入試改革セミナー」 平成 31 年 3 月 28 日 「理数系に求められる学力とは？」本多正尚（筑波大学・教授） 「Japan e Japan e-Portfolio の活用について～」尾木義久（関西学院大・高大接続センター次長）

4.4.2. 実際に導入（予定）した新選抜方法の例

本委託事業で得られた成果の一部は、平成 30 年度入試から筑波大学「海外教育プログラム特別入試」として既に実施されている。また、平成 32 年度入試から筑波大学「研究型人材入試」として実施予定である。

第5章 まとめ

5.1. ボトムアップ的アプローチによる理数分野における入学者選抜改革推進の総括

本事業では、思考力、判断力、表現力を中心として多面的、総合的に理数分野の学力を評価する方法について提案してきた。

高大協働型グループでは、センター試験との対比で、知識の単純な再生のみでなく、思考力を測定することを目指した問題を作成し、試行した。

その結果、問題の形式に関わらず（すなわち選択式問題を使った場合でも）、出題内容によって「測ることができる力」が変化することが、第2章 2.2. 調査2の主観評価や成績間の相関関係から示唆された。

ここで成績間の相関関係とは、広島大学生を対象に実施した高大協働型グループが作成した数学で思考力を測定することを目指した試行テストとセンター試験の得点との相関であり、数学Ⅰ、数学Aと0.38、数学Ⅱ、ⅡBと0.32という結果であった。同じく理科の試行テストを受けた場合では、物理0.42、化学0.50で数学に比べるとやや高い相関がみられたが、それでも能力の共通性は25%以下となった。一部で切断効果がみられる科目もあったがそれを除いても、問題を変えることで合格者が変わることを示唆していると言える。

ただし、この結果は単に相関しない面があるという結果を示すだけであり、思考力などの狙った力をどの程度評価できているかについては、個別の問題の解答過程に期待する思考を明らかにした上で、思考発話実験により想定と実態を比較するなどの調査が引き続き必要と考える。

こうした調査を将来的に高大協働で継続的に行うことで、問題の質向上と共に高校現場への大学で育てたい力のメッセージ発信が可能である。

実際、取組の過程で、問題づくりが初等中等教育理数分野において資質・能力の育成を図る授業デザインの指針を得るにも有益ということが見えてきた。これは、高大協働（ボトムアップ的）アプローチの一つの強みではないか。

冒頭でも述べたが、本事業の最終的な目的は、入試改革によって高校、大学双方の教育改革を進めることである。予測不可能な社会が到来したと言われている。これまでに人類が想像すらできなかった課題を解決する必要に迫られている。それには思考力は必須の能力である。それをキーワードとした入試改革をしなければならない。

5.2. トップダウン的アプローチによる理数分野における入学者選抜改革推進の総括

これまでに述べた大学主導型グループの事業成果に鑑み、入学者選抜改革において3つの原則を提案する。入学者選抜は各大学で毎年出題者が変わりやすく、個別具体的な作問のノウハウだけでなく、これらの原則を大学の状況に落とし込んで、抽出・共有・継承することが重要である。

① AP, CP, DP の一体化・明確化

社会で求められる人材像に応じた学生像（ディプロマ・ポリシー：DP）、そのための大学での教育の革新（カリキュラム・ポリシー：CP）、その教育に求められる高卒時点での資質・能力と生徒像（アドミッションポリシー：AP）を各大学が自覚し、明確化し、関連付けること。

本グループでは、大学で理数系の研究に携わる教員や、企業での研究活動・産学連携の共同研究経験のある関係者が事業遂行に関わったため、大学入学時だけでなく、学部・大学院・研究者・企業人生活における理数系人材に求められる活動の観点から、選抜方法を検討した。その検討からは、各大学が入学者にどのような教育を提供し、その後どのような場面で活躍するかの一貫したビジョンに基づいて、選抜もデザインすべきことが何よりも重要であることが示唆された。

② 資質・能力の三つの柱の多面的・総合的評価

思考力・判断力・表現力や創造力、研究を進める力等、多面的な資質・能力が知識・技能と共に評価・育成されること、および選抜においても複数の手法でそれらを総合的に評価すること。

あらゆる学問領域同様、理数系分野でも研究・企業活動はこれまでの知識基盤の上で「巨人の肩」に乗って前進する。その点で、思考力等は知識と組み合わせあって真価を発揮するが、選抜時点では「高卒時点までの『詰め込み』ではないその場で考える力を測りたい」「知識では多少劣っても入学後周囲に好影響を与える態度や人間性を持った高卒生に来てほしい」など多様なニーズで多彩な方法が試される。これらが仮説通り期待する選抜につながったかを多様なメジャー（個人のGPAだけでなく、第三者評価や周囲への影響等）で検証しつつ、選抜時にも一人の受験者から多様な資料を得ておくことや、入学生を「チーム」と見立てて集団として「知識・技能」や「思考力等」が補い合われ、建設的に相互作用することを狙うなどの工夫が考えられる。

③ 入学者選抜改革方法の継続的改善

各大学が定めたAP, CP, DPに応じた入学者選抜改革方法を設計・実施するだけでなく、その成果を検証し、選抜方法を継続的に改善すること（年毎に入試をよくすること）。

上記を各大学で実践する具体的なプロセスとして言えば、【各大学におけるAP, CP, DPを明確に設定し、そのAPを資質・能力の三つの柱と関連付けながら、入学者選抜改革に対応した入試問題等に落としこみ、実施後に成果を検証し、翌年度の改革に結びつける】ということである。言い換えれば、APは課題ごとの具体的指標まで落とし込んで、初めて評定に活用できるということであり、評価項目と指標を作成して「APに適う生徒ならば指標で想定した言動を導ける課題になっているか？」という視点から結果を踏まえて課題（選抜方法）を見直すというサイクルを各大学で実践することが入学

者選抜改革の肝である。

最後に、大学主導型グループの事業成果として得た4点の知見について、以下に述べる。

- 大学入試等の入学者選抜の方法は、毎年継続的に改善していくことができる。それゆえ、「これで決まり」という唯一の入試問題や選抜方法がどこかにあって、それを適用すれば、どの大学にとっても満足のいく選抜ができるものはない。
- 継続的な改善のためには、「評価したい資質・能力像（AP）の明確化」と「選抜方法（入試問題などの課題や各種のデータ）の具体化」とそこで選抜した「学生の入学後の成長の追跡調査」を一体的に行い、狙った資質・能力像を接続場面で具体化し、その狙いに即した成果を得られたのかを常に検証していくことが必要になる。
- 入試改革は高校教育に大きな影響を与えるため、上記の継続的改善を図りながら、高校での生徒の学びをより良質な方向へと導くことができる質のものを提示していくことが必要となる。
- 入学者選抜改革は負担が大きいため、選抜改革の狙いと方法の背景にある指針・原則を関係者全員で共有し、上記のような継続的な改善を図ることが重要になる。

5.3. 全体の総括

理数分野における多面的・総合的な評価について、ボトムアップ（高大協働型グループ）とトップダウン（大学主導型グループ）の2つのアプローチから検討を試みた。

それぞれのアプローチから上記のような成果が得られたが、これらを組み合わせることにより、より高い次元で良質な、あるいは、よりバリエーションに富んだ多面的・総合的な入学者選抜の可能性が想起される。

詳細な検討は今後の課題であるが、想定される成果に加え、今後の展開をも導き出したことなどを踏まえると、本活動は十分な成果があったと言える。

本報告書は、文部科学省の大学入学者選抜改革推進委託事業による委託業務として、国立大学法人広島大学が代表校となり、9大学が参加して実施した平成28年～平成30年度「高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等には文部科学省の承認手続きが必要です。

大学入学者選抜改革推進委託事業成果報告書

平成 28 年～平成 30 年度

「高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革」

資料編

高大協働型（ボトムアップ的アプローチ）グループ

広島大学（代表校）

京都工芸繊維大学

九州大学

東京理科大学

大学主導型（トップダウン的アプローチ）グループ

東京工業大学

北海道大学

筑波大学

東京大学

早稲田大学

2019 年 5 月 30 日

高大協働型（ボトムアップ的アプローチ）グループ版 補足資料

問題例（数学）

<理系・文系共通> 数学の事象

(1) 整数の平方を平方数といいます。どのような自然数も多くとも4つの平方数の和として表されることが知られており、昔からどのような自然数が2つあるいは3つの0でない平方数の和として表されるかが調べられてきました。

146は $12^2 < 146 < 13^2$ からわかるように平方数ではありません。しかし、146を0でない2つの平方数の和として、次のように表すことはできます。

$$146 = \boxed{\text{ア}} + \boxed{\text{イ}}$$

$\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる数を入れなさい。ただし、数の順序は問いません。

(2) 167もまた平方数ではなく、0でない2つの平方数の和として表すこともできません。このことは背理法を用いて、次のように証明することができます。

[証明]

0でない整数 a, b を使って、 $167 = a^2 + b^2$ と表されると仮定する。そうすると、167は奇数なので、 a, b のいずれか一方は偶数であり、他方は奇数でなければならない。よって、 $a = 2m, b = 2n + 1$ (m, n は整数) としてよい。このとき、

$$a^2 + b^2 = 4m^2 + 4n^2 + 4n + 1$$

となり、167を4で割った余りが1となってしまう、矛盾する。よって、167は0でない2つの平方数の和として表すことはできない。

同じように背理法を用いて、167は0でない3つの平方数の和として表すこともできないことを証明することができます。

[証明]

0でない整数 a, b, c を使って、 $167 = a^2 + b^2 + c^2$ と表されると仮定する。そうすると、167は奇数なので、 a, b, c のうち、1つだけが奇数か、すべてが奇数である。

まず、 a, b, c のうち1つだけが奇数である場合を考える。この場合、 $a = 2l + 1, b = 2m, c = 2n$ (l, m, n は整数) としてよい。このとき、

$$a^2 + b^2 + c^2 = 4l^2 + 4l + 1 + 4m^2 + 4n^2$$

となり、167を4で割った余りが1となってしまう、矛盾する。よって、この場合、167は0でない3つの平方数の和として表すことはできない。

残りの場合、すなわち a, b, c のすべてが奇数である場合に矛盾を導き、証明を完成させなさい。

(3) (2)で証明したように、167はそれ自身が平方数ではなく、0でない2つおよび3つの平方数の和として表すことはできません。しかし、最初に述べたように、0でない4つの平方数の和として表すことはできます。そのうちの1つは次のように表すことができます。

$$167 = \boxed{\text{ウ}} + \boxed{\text{エ}} + \boxed{\text{オ}} + \boxed{\text{カ}}$$

$\boxed{\text{ウ}} \sim \boxed{\text{カ}}$ に当てはまる数を入れなさい。ただし、数の順序は問いません。

[解答]

<p>(1) 10点</p>	<p>ア</p>	<p>1 2 1</p>	<p>イ</p>	<p>2 5</p>
<p>ア、イの正しい組み合わせがかかれている場合にのみ、<u>10点</u> (ア、イの数は逆でも正解)</p>				
<p>(2) 25点</p>	<p>[証明] $a=2l+1, b=2m+1, c=2n+1$ (l, m, n は整数) とおく [3点]。 このとき、 $a^2+b^2+c^2 = 4l^2+4l+1+4m^2+4m+1+4n^2+4n+1$ $= 4l(l+1)+4m(m+1)+4n(n+1)+3 \quad [7点]$ となるが、連続する 2 つの整数の積は偶数であることから、167 を 8 で割った余りが 3 となってしまう、矛盾する。[10点] よって、この場合も、167 は 0 でない 3 つの平方数の和として表すことはできない。[5点] ----- <ul style="list-style-type: none"> ● a, b, c のすべてを奇数として文字式で表したら、<u>3点</u> l, m, n は整数であることをかいていなくても可。 ● l, m, n を代入して $a^2+b^2+c^2$ を計算し、4 でくくり、+3 が見える形に整理していれば、<u>7点</u> ● この式を 8 で割ると (3 が余るので) 矛盾が起こることをかけば、<u>10点</u> 「連続する 2 つの整数の積は偶数」であることをかいていなければ、<u>5点</u>のみ。 ● 証明を最後までかいて結論を述べていれば、<u>5点</u> </p>			
<p>(3) 15点</p>	<p>ウ、エ、オ、カの組み合わせは、以下のいずれか： $(121, 36, 9, 1), (100, 49, 9, 9), (81, 81, 4, 1), (81, 49, 36, 1), (81, 36, 25, 25)$ ----- ウ、エ、オ、カの正しい組み合わせをかいている場合にのみ、<u>15点</u> (ウ、エ、オ、カの数値は順が異なっても正解)</p>			

<理系・文系共通> 日常の事象

空から日本を見せるあるテレビ番組で、建物の角のとり具合を測るコーナーがありました。そこで、近所にある角のつがった2棟の建物について、角の大きさを測ろうと考えました。しかし、テレビ番組のように実際に分度器を当てて測ることはできないので、三角比を利用することにしました。

(1) 1つ目の建物の角については、一方の壁面の角から5mの箇所にマークを付け、もう一方の壁面を延長した方向に角から7m進んだところからマークまでの距離を測ると11mでした(図1)。この建物の角の大きさを α とするとき、

$$\cos \alpha = \boxed{\text{ア}}$$

となります。 $\boxed{\text{ア}}$ に当てはまる数を入れなさい。

(2) 2つ目の建物の角については、角に対して左側の壁面に角から7mの箇所にマークを付け、右側の壁面に角から5mの箇所にマークを付けました。図2の通り、少し離れた点Aから左側の壁面のマークの見える方向に対して右の垂直の方向に進みました。2m進んで到達した点Bから角が真横に見え、更に3m進んで到達した点Cから右側の壁面のマークが真横に見えました。この建物の角の大きさを β とするとき、

$$\cos \beta = \boxed{\text{イ}}$$

となります。 $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる数を入れなさい。

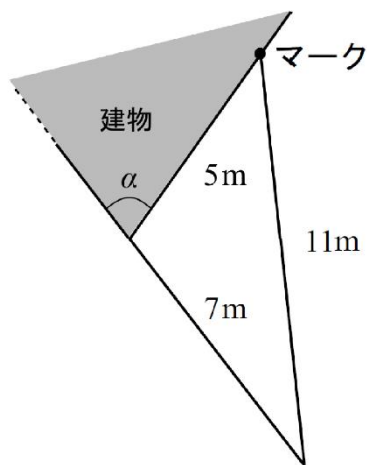


図1

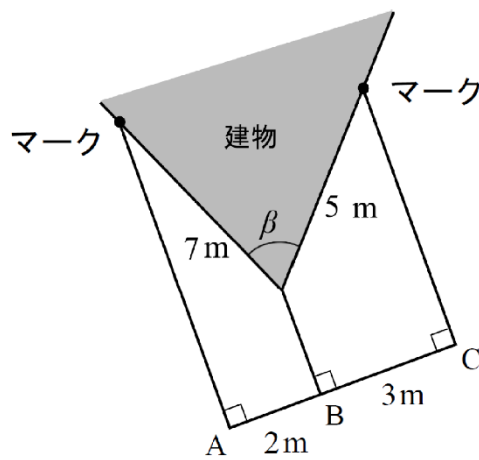


図2

[解答]

(1) $\frac{47}{70}$ (2) $\frac{12\sqrt{5}-6}{35}$

[註]この問題は「建物の角のとり具合」を三角比によって捉えようとするものである。(1), (2)に続いて、角に注目した場合の建物の特徴を調べることを問うことも考えられるが、本報告書では省略している。

<理系・文系共通> 数学の事象

下の〔解答 1〕は、座標平面上の放物線 $y=2-x^2$ を C 、放物線 C 上の点 $P(a, 2-a^2)$ における C の接線を l としたとき、直線 l と点 $A(0, 1)$ の距離の最小値を求めたものです。〔ア〕、〔イ〕 に当てはまる数を入れ、あとの (1)、(2) に答えなさい。

〔解答 1〕

l の方程式は $y=-2ax+a^2+2$ であるから、直線 l と点 $A(0, 1)$ の距離 h は

$$h = \frac{|2a \cdot 0 + 1 \cdot 1 - a^2 - 2|}{\sqrt{(2a)^2 + 1^2}} = \frac{a^2 + 1}{\sqrt{4a^2 + 1}}$$

である。

ここで、 $t = \sqrt{4a^2 + 1}$ とおくと $h = \frac{1}{4} \left(t + \frac{3}{t} \right)$

と表される。 $t > 0$ であるから、相加平均と相乗平均の大小関係により、

$$t + \frac{3}{t} \geq 2\sqrt{t \cdot \frac{3}{t}}$$

よって、 h は $t = \frac{3}{t}$ のとき、つまり $a = \pm$ 〔ア〕 のとき、最小値 〔イ〕 をとる。

(1) 上の〔解答 1〕のように、相加平均と相乗平均の大小関係は、関数の最小値を求める場合に利用できますが、この大小関係を注意して用いなければ誤りが生じることもあります。次の<問題>に対する〔答え〕には、誤りが含まれています。誤っている箇所を A ～ C のうちからすべて選び、記号で答えなさい。

<問題> 2 つの実数 p, q が正であるとき、 $\left(2p + \frac{1}{q}\right)\left(q + \frac{2}{p}\right)$ の最小値を求めよ。

〔答え〕

$2p > 0, \frac{1}{q} > 0, q > 0, \frac{2}{p} > 0$ であるから、相加平均と相乗平均の大小関係により

$$2p + \frac{1}{q} \geq 2\sqrt{2p \cdot \frac{1}{q}} = 2\sqrt{\frac{2p}{q}} \dots \text{①}, \quad q + \frac{2}{p} \geq 2\sqrt{q \cdot \frac{2}{p}} = 2\sqrt{\frac{2q}{p}} \dots \text{②}$$

不等式①、②の両辺は共に正なので

$$\left(2p + \frac{1}{q}\right)\left(q + \frac{2}{p}\right) \geq 2\sqrt{\frac{2p}{q}} \times 2\sqrt{\frac{2q}{p}}$$

すなわち $\left(2p + \frac{1}{q}\right)\left(q + \frac{2}{p}\right) \geq 8$

よって、最小値は 8 である。

(2) a の関数 $f(a) = \frac{a^2+1}{\sqrt{ka^2+1}}$ (k は正の実数) について、冒頭の〔解答 1〕のような方法を利用して最小値を求めることができるような k の値の範囲を調べよう。以下の \square ウには数、あ \square エには k についての等式、 \square オには説明文、 \square カ、 \square キには k についての不等式を入れて、下の〔解答 2〕を完成させなさい。

〔解答 2〕

$$t = \sqrt{ka^2+1} \text{ とおいて } f(a) \text{ を変形すると } f(a) = \frac{1}{k} \left(t + \frac{k - \square \text{ウ}}{t} \right)$$

ここで、 $t + \frac{k - \square \text{ウ}}{t}$ について、相加平均と相乗平均の大小関係を用いることを考える。

まず、2 つの項が共に正の数でなければならないから $k > \square \text{ウ}$ …… ①

このとき、不等式 $t + \frac{k - \square \text{ウ}}{t} \geq 2\sqrt{t \cdot \frac{k - \square \text{ウ}}{t}}$ が成り立つ。

ここで、等号が成立するためには、

\square エ

が成り立たなければならない。さらに、 $t = \sqrt{ka^2+1}$ であるから、 $\square \text{エ}$ を満たす実数 a が存在するための k の値の範囲を求めればよい。

\square オ

であるから、

$\square \text{エ}$ を満たす実数 a が存在するための k の値の範囲は $\square \text{カ}$ …… ②

したがって、①、②より、〔解答 1〕のような方法が利用できる k の値の範囲は $\square \text{キ}$ である。

[解答]

	ア 5点	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	イ 5点	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
(1) 8点	C			
(2)	ウ 5点	1		
	エ 7点	$t = \frac{k-1}{t}$, すなわち $t^2 = k-1$ ----- ● $t = \frac{k-1}{t}$, あるいは $t^2 = k-1$ がかけていたら, <u>7点</u>		
	オ 10点	$ka^2 + 1 = k-1$ より $ka^2 = k-2$ となるので, $a^2 = \frac{k-2}{k}$ となる。よって, $a^2 \geq 0$ ----- ● $ka^2 = k-2$ までかけていたら, <u>7点</u> ● $a^2 \geq 0$ や $ka^2 = k-2 \geq 0$ のように, a^2 や ka^2 に関する式が 0 以上であることがかけていたら, <u>3点</u>		
	カ 5点	$k \geq 2$	キ 5点	$k \geq 2$

<理系>数学の事象

中間値の定理を学んだ A さんと B さんは、この定理を応用して「赤道上空を一定の高度で一周しながら気温を計るとき、計測開始時と計測終了時の同地点における気温が等しいならば、計測された気温の分布において、気温の等しい 2 つの地点が少なくとも 1 組存在する」…(*)と主張しようとしています。次の A さんと B さんの会話を読み、あとの(1), (2)に答えなさい。

A さん「中間値の定理を応用するには、変数や定数を設定しないといけないね。次のようにしてみよう。」

(I) 地球を中心 O の球とみなし、気温の計測を始める地点を X とする。一周する円の軌道上の任意の地点 P に対して、始線 OX と動径 OP のなす角を θ とする(図 1)。ただし、 θ は $0 \leq \theta \leq 2\pi$ である。

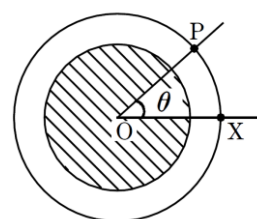


図 1

(II) 地点 P における気温を T とする。気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化するとみなすとき、T は θ の連続関数 $T(\theta)$ である。

B さん「主張(*)が成り立つことを説明するには、このように設定した関数 $T(\theta)$ について何を示せばよいのだろう。」

(1) B さんの問いに対する答えは次のようになります。ア に当てはまる式を①～⑤のなかから 1 つ選び、記号を入れなさい。

関数 $T(\theta)$ について、次のことを示せばよい。

「 $T(0)=T(2\pi)$ ならば、区間 $[0, 2\pi)$ に異なる 2 つの実数 c_1, c_2 が存在し、ア が成り立つ」…(**)

- ① $c_1 < c_2$ ② $c_1 > c_2$ ③ $T(c_1) < T(c_2)$ ④ $T(c_1) = T(c_2)$ ⑤ $T(c_1) > T(c_2)$

(2) A さんと B さんの会話を聞いていた C さんは、A さんが(II)で $T(\theta)$ を連続関数としたことに対して疑問を抱きました。次の会話を読み、あとの(2-1), (2-2)に答えなさい。

C さん「A さんは、気温 T が角 θ の変化に対応して連続的に変化すると仮定したけれど、この仮定が必要な理由は何だろう。」

B さん「中間値の定理は閉区間で連続な関数で成り立つと学んだけれど、設定した関数 $T(\theta)$ が閉区間 $[0, 2\pi]$ で連続ではなかったら、(**)は成り立たないのだろうか。」

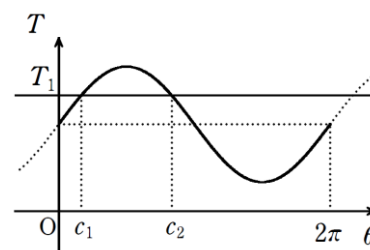


図 2 関数 $T(\theta)$ のグラフ

A さん「関数 $T(\theta)$ が閉区間 $[0, 2\pi]$ で連続ではないとき、(**)は成り立つ場合もあるし、成り立たない場合もあると思うよ。」

C さん「関数 $T(\theta)$ が閉区間 $[0, 2\pi]$ で連続のとき、例えば $T(\theta)$ のグラフは図 2 のようになって、気温が T_1 で等しくなるような 2 つ地点の組 (c_1, c_2) が存在することが視覚的にも分かるね。」

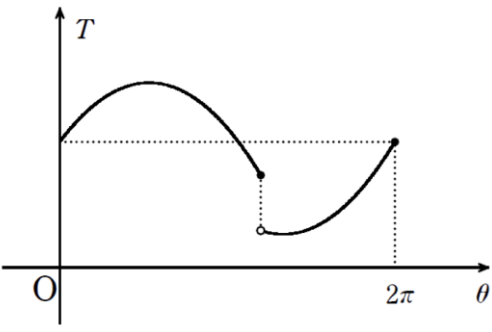
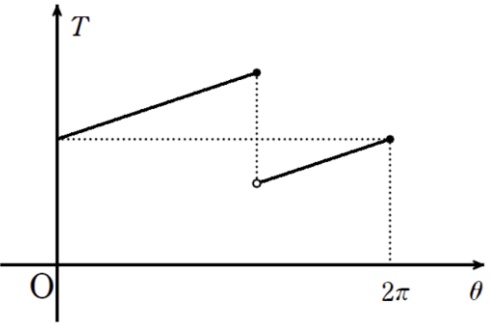
B さん「グラフを考えることで、(**)が成り立つ例や、反対に(**)が成り立たない例をあげることができそうだね。」

(2-1) 閉区間 $[0, 2\pi]$ で連続ではないが、(**)が成り立つような関数 $T(\theta)$ のグラフの概形

をかきなさい。

(2-2) 閉区間 $[0, 2\pi]$ で連続ではなく, (***)が成り立たないような関数 $T(\theta)$ のグラフの概形をかきなさい。

[解答]

<p>(1) 20 点</p>	<p>ア</p>	<p>④</p>	<p>完答のみ</p>
<p>(2) 30 点</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>正答例： 関数の値が等しい2点 1組だけあり，また不連続 な点が1つだけあるよう なグラフの場合は，左図の ようになる。</p> </div> </div> <p>不連続な点を含むグラフで，開区間$(0, 2\pi)$で関数の値が等しくなるような2点が少なくとも1組存在するものがかけている。 [15点]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 閉区間$[0, 2\pi]$で連続な関数のグラフをかいている：得点なし ● $T(0)=T(2\pi)$となっていないグラフをかいている：[10点] ● 不連続な点はいくつあってもよく，また微分可能ではない点を含んでいてもよい。 		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>正答例： 線分のみからできるグラ フの場合は，左図のよう になる。</p> </div> </div> <p>不連続な点を含むグラフで，関数の値が等しくなるような2点が存在しないものがかけている。 [15点]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 加点の方針は(2-1)と同じ。 			

<理系>数学の事象

与えられた立方体の2倍の体積をもつ立方体の一辺を、定規とコンパスのみを用いて作図するという問題は、立方体倍積問題として古くから考えられてきました。これは、数学的には、与えられた立方体とその2倍の体積をもつ立方体の一辺をそれぞれ p , x とするとき、 $x^3 = 2p^3$ となる x を求め、その長さをもつ線分を作図することと言い換えられます。定規とコンパスのみで作図できる数は、二次方程式をある回数だけ繰り返し解いて得られる範囲の数であることが知られていますから、立方体倍積問題とは、 $\sqrt[3]{2}$ は自然数に対して四則計算(加法・減法・乗法・除法)および平方根をとる操作を繰り返し行うことによって得られる数かどうかを判定するという問題になります。例えば、有理数 a , b , m , n (ただし $m > 0$, $n > 0$) を用いて $a + b\sqrt{m}$ や $\sqrt{a\sqrt{m} + b\sqrt{n}}$ の形で表される数は、自然数に対して四則演算および平方根をとる操作を何回か繰り返し行うことによって得られる数ですから、定規とコンパスを用いて作図することができます。

ところで現在では、 $\sqrt[3]{2}$ は上のような形で表すことはできないことが知られています。このうち、 $\sqrt[3]{2}$ は $a + b\sqrt{m}$ (a , b は有理数, m は1以外の平方数を約数としてもたない正の整数) の形で表すことができないという事実について、次のような手順で確かめてみましょう。次の(1), (2)に答えなさい。

(1) $\sqrt[3]{2}$ は有理数ではないことを示しなさい。

(2) $b \neq 0$ とするとき $\sqrt[3]{2} = a + b\sqrt{m}$ のように表せないことは、次のように示すことができます。文章中の $\boxed{\text{ア}}$, $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる式をかきなさい。また、 $\boxed{\text{ウ}}$ には矛盾となる理由をかきなさい。ただし、 \sqrt{m} は無理数であることは証明なしに用いてもよいことにします。

$\sqrt[3]{2} = a + b\sqrt{m}$ ($b \neq 0$) と表せたとしよう。

この式を変形すると、 $2 = \boxed{\text{ア}}$ となる。 $b \neq 0$ であるから、この式から、 $\sqrt{m} = \boxed{\text{イ}}$ と表されることが分かる。このことから、 $\boxed{\text{ウ}}$ ことがいえるため、示したいことの条件と矛盾する。したがって、 $b = 0$ でなければならず、当初の式は $\sqrt[3]{2} = a$ となり、(1)で示したように、 $\sqrt[3]{2}$ は有理数ではないことと矛盾する。

よって、 $\sqrt[3]{2} = a + b\sqrt{m}$ と表すことはできない。

[解答]

(1) 20点	$\sqrt[3]{2} = \frac{m}{n}$ のように $\sqrt[3]{2}$ が既約分数で表されたとする。 両辺を 3 乗して整理すると、 $2n^3 = m^3$ となる。 左辺は偶数であるから、右辺も偶数となる。よって、 m は偶数でなければならない。 [5点]	
	そこで、 $m = 2k$ とおいて上の式に代入して整理すると、 $n^3 = 4k^3$ となり、同様に して n も偶数でなければならない。 [5点]	
	以上のことから、 m 、 n 共に偶数であることは、 $\sqrt[3]{2}$ が既約分数で表されたとする ことに矛盾する。 [5点]	
	よって、 $\sqrt[3]{2}$ は無理数である。 [5点]	
(2) 30点	ア	$a^3 + 3a^2b\sqrt{m} + 3ab^2m + b^3m\sqrt{m}$
	イ	$\frac{2 - a^3 - 3ab^2m}{b(3a^2 + b^2m)}$
	ウ	右辺は有理数となる
それぞれ 10点		

<理系>数学の事象

周の長さを変えずに輪をできるだけ広くなるようにすると、輪の形は円になることが予想されます。この問題は等周問題、すなわち「周の長さが一定であるような平面図形のうち、面積が最大になるものはどのような図形であるか」として、古くから考えられてきました。結論は予想通り円なのですが、その証明には高度な数学を必要とします。しかし、具体的に何らかの図形に注目すると、その面積は円より小さくなることを実際に調べることができます。ここでは、具体的な図形として正多角形に注目して、この問題を考えていきます。次の(1)について、**ア**、**イ** に当てはまる式をかきなさい。また、(2)に答えなさい。

(1) 頂角が θ (ただし $0 < \theta < 2\pi$)、底辺の長さが a であるような二等辺三角形の面積は、 θ と a を使って **ア** と表されます。また、 n を 3 以上の自然数とするとき、周の長さが L であるような正 n 角形の面積を S_n とします。このとき、 $S_n =$ **イ** となります。

(2) $S_n < S_{n+1}$ であることを示し、それによって周の長さが L であるような円の面積は、 S_n より大きいことを示しなさい。

[解答]

(1) 20 点	ア	$\frac{a^2}{4 \tan \frac{\theta}{2}}$	それぞれ, <u>10 点</u>
	イ	$\frac{L^2}{4n \tan \frac{\pi}{n}}$	
(2) 30 点	<p>$f(x) = \frac{x}{\tan x}$ とする。</p> $f'(x) = \frac{\tan x - \frac{x}{\cos^2 x}}{\tan^2 x} = \frac{\sin x \cos x - x}{\cos^2 x \tan^2 x} = \frac{\sin 2x - 2x}{2 \cos^2 \tan^2 x}$ <p>$0 < x < \frac{\pi}{2}$ のとき, $\sin 2x - 2x < 0$ であるので, $f'(x) < 0$ となる。よって, $f(x)$ は単調減少である。 [10 点]</p> <p>ここで, $S_n = \frac{L^2}{4\pi} \times \frac{\pi}{\tan \frac{\pi}{n}}$ のように書き直すと, 上の結果より,</p> $\frac{\pi}{n+1} < \frac{\pi}{n}$ <p>であるから, $S_n < S_{n+1}$ となる。 [10 点]</p> <p>また, 周の長さが L であるような円の面積は $\frac{L^2}{4\pi}$ と表される。</p> <p>$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{L^2}{4\pi}$ であり, S_n は単調増加であるから,</p> <p>$S_n < \frac{L^2}{4\pi}$ がいえる。 [10 点]</p>		

<理系>社会の事象

世界史の授業で扱われたマルサスの『人口論』に興味を持った K さんは、図書館でその日本語訳版を借りて読んでみました。以下はその一部です。

この島国の人口はおよそ七百万人とされる。現在の農業生産量はこの七百万人を養う分にひとしいと仮定しよう。二十五年後、人口は千四百万人になるが、食糧も倍増するから、生存の手段もひとしく増加していることになる。さらに二十五年後、人口は二千八百万人になるが、生存手段は二千百万人を養う分しかない。そして、今から百年後、人口は一億一千二百万人となるが、生存手段は三千五百万人分しかなく、残りの七千七百万人はまったく食糧にありつけないだろう。

(斉藤悦則『人口論』, 光文社. 2011 年)

(1) 次の問いに答えなさい。

① 上の文章にしたがって、ある農業生産量で養われる人数 $F(t)$ と、人口 $P(t)$ が増加する様子を時刻 t (年) の連続関数で表すことを考えてみよう。『人口論』によると、食糧などを生産する能力は大きくは変わらないので、 $F(t)$ は一次関数で表すことにしよう。それに対して、人口は劇的に増えていくので、 $P(t)$ は指数関数で表すことにしよう。4 つの時点(すなわち、現在・25 年後・50 年後・100 年後)での値を満たすようにこれらの関数の式を求めると、次のようになる。

$$F(t) = \boxed{\text{ア}}, \quad P(t) = \boxed{\text{イ}}$$

ただし、 t は 0 以上の実数であり、現在の時刻は $t=0$ とする。 $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる式をかきなさい。

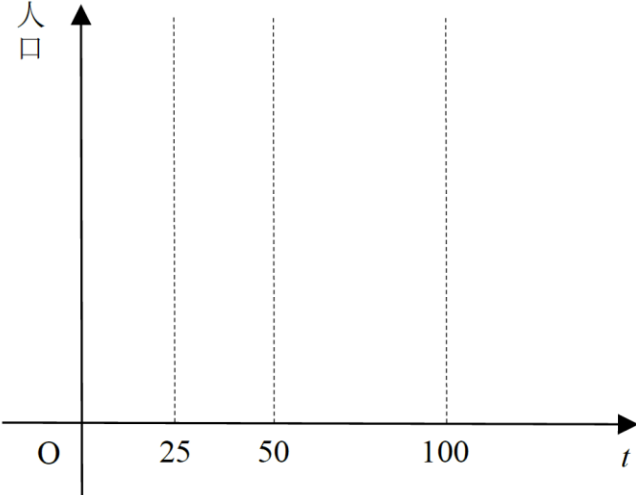
② 人口を縦軸、時刻 t を横軸とする座標平面に、2 つの関数 $F(t)$ 、 $P(t)$ のグラフの概形をかきなさい。ただし、グラフ上の交点の座標を求めて記入する必要はありません。

(2) K さんは上の 2 つの関数 $F(t)$ 、 $P(t)$ を使って、農業生産量と人口が増加する様子を調べることになりました。次の問いに答えなさい。

① 人口は現在七百万人と 7 桁ですが、初めて 8 桁になるのは現在から何年後でしょうか。 $\log_{10}7=0.85$ として計算し、小数第一位を切り上げて整数で求めなさい。

② 『人口論』によれば、現在の人口は、五十年後には二千八百万人と 8 桁に、百年後には一億一千二百万人と 9 桁になります。K さんは「人口は五十年ごとに桁数が 1 つずつ増えていくだけなので、農業生産量と人口の増加の仕方にはそれほど違いはない」と考えました。あなたはこの考えに賛成しますか。理由とともに答えなさい。

[解答]

(1) 20 点	①	ア	$7000000 \times \left(1 + \frac{t}{25}\right)$	イ	$7000000 \times \left(2^{\frac{t}{25}}\right)$
	* ア, イのそれぞれに 5 点。				
	②	 <p style="text-align: center;">* F(t) : 直線, P(t) : 指数関数, 双方のグラフ [5 点] * t=25 で双方のグラフが交わっている [5 点]</p>			
(2) 30 点	①	1 3			
	* 完答のみ, 10 点。 * 「12 年目の途中」という趣旨の解答でも可。				
	②	<p>K さんの考えに (賛成する ・ 反対する) その理由 :</p> <p>* 賛成か反対かの意思表示, 理由を合わせて評価する。 * いずれかの理由が書けていたら, 20 点。</p> <p>(正答例)</p> <p>「賛成する」</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 現在・五十年後・百年後だけをみれば, 農業生産量も人口も増加の仕方はたしかにそれほど違いはないといえる。 <p>「反対する」</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 問(1)で求めた式をみてもわかるように, 農業生産量と人口の増加の仕方は大きく違う。[式のタイプ] ● 問(1)でかいたグラフをみてもわかるように, 農業生産量と人口の増加の仕方は大きく違う。[グラフの形状] ● 桁数が1つずつ増えることと, 一次関数のような変化の仕方には違いがないとはいえない。[変化の比較] 			

<文系> 日常の事象

とよ子さんは折り紙をしようとしたのですが、短い辺の長さ長い辺の長さの比が $1:\sqrt{2}$ であるような、正方形ではない長方形の紙しかありませんでした。とよ子さんは、どんな多角形でもうまく切り張りして形を変えれば、もとの多角形と同じ面積の正方形を作ることができることを聞いたことがありました(これは *Wallace-Bolyai-Gerwien* の定理と呼ばれます)。そこで、この長方形の紙を切り張りして、少しも無駄にすることなく正方形の紙を作ろうと考えました。ただし、張るときののりしろは考えないことにします。

まず、この長方形 $ABCD$ において、 $AB = \sqrt{2}$ 、 $BC = 1$ とします。次の手順で切り張りを考えます(図 1)。

手順(a) : 線分 AB 上に両端以外の点 E をとり、線分 CE で長方形を切ってできる三角形 CEB をずらして、 DA と CB を張り合わせます。

手順(b) : E で交わるような線分 CE の垂線と線分 DF との交点を G とします。線分 GE で平行四辺形 $FECD$ を切ってできる台形 $DGEC$ をずらして、 FE と DC を張り合わせます。

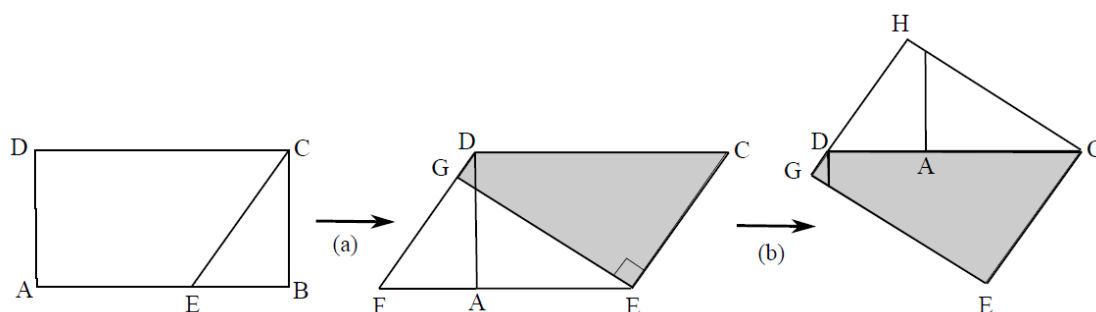


図 1 切り張りの 2 つの手順

このとき、 $EB = t$ において、次の(1)~(5)に答えなさい。

- (1) 線分 CE の長さを求めなさい。
- (2) 線分 EG の長さを求めなさい。

(3) $\frac{EG}{CE}$ は $\sqrt{2}$ より小さいことを示しなさい。

(4) とよ子さんは、はじめの E の位置をうまくとったので、正方形を作ることができました。とよ子さんのように、2 つの手順を一回だけして正方形ができるような t^2 の値を求めなさい。

(5) 寮の同じ部屋に住んでいるすみ子さんがこの様子を見て、「私も折り紙をしたいけれど、どんな長方形でも E の位置をうまくとれば、とよ子さんと同じ手順を一回だけすれば正方形が作れそうね」と言いました。すみ子さんの言うことは正しいでしょうか。いろいろな形をした長方形について試しながら、正しいかどうか答えなさい。

[解答]

<p>(1) 10点</p>	$\sqrt{1+t^2}$	<p>(2) 10点</p>	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{1+t^2}}$
<p>(1)(2)は完答のみ, それぞれ, <u>10点</u> (2)は正答と同じ式であれば正答とする</p>			
<p>(3) 15点</p>	<p>$t > 0$であり, (1)(2)より, $\frac{EG}{CE} = \frac{\sqrt{2}}{1+t^2}$ [<u>10点</u>] $1+t^2$ は1より大きい正の数であるから, $\frac{\sqrt{2}}{1+t^2} < \sqrt{2}$ [<u>5点</u>] よって, $\frac{EG}{CE}$ は $\sqrt{2}$ より小さい。 * $\frac{EG}{CE}$ の計算ができて (t の式で表して) <u>10点</u> * $\sqrt{2}$ より小さいことが評価できて <u>5点</u></p>		
<p>(4) 10点</p>	$\sqrt{2}-1$	<p>完答のみ, <u>10点</u></p>	
<p>(5) 5点</p>	<p>すみこさんの予想は (正しい ・ 正しくない) その理由: * (4)まで正答の場合のみ採点対象とする。 * 何らかの検討とともに「正しくない」とする <u>5点</u> * 検討の内容は問わない。</p>		

<理系・文系共通>

(1) 物理学では、次の<事実1>と<事実2>が知られています。

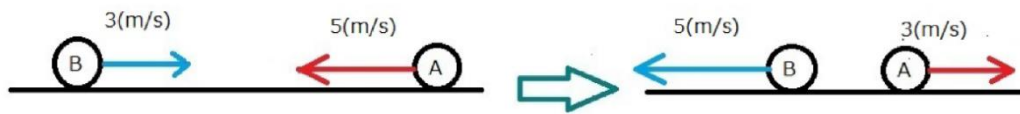
<事実1>「理想的な状態で、同じ質量の2つの質点が同一直線上を同じ速さで互いに反対方向から衝突すると、衝突後の速度は向きが反対になり、大きさは変わらない。」

<事実2>「理想的な状態で、同じ質量の2つの質点 A, B が直線上を A は右から左へ 5 (m/s) で、B は左から右へ 3 (m/s) で進み衝突すると、衝突後、A は左から右へ 3 (m/s) で進み、B は右から左へ 5 (m/s) で進む。」(図1)

<事実2>は<事実1>をもとにして次のように説明できます。

理想的な状態で同じ質量の2つの質点 A, B が直線上を A は右から左へ 5 (m/s) で、B は左から右へ 3 (m/s) で進んでいるとき、観測者が右から左へ (m/s) で進むと、観測者にとっては A は右から左へ 4 (m/s) で、B は左から右へ 4 (m/s) 進んでいるように見える。<事実1>から、観測者にとっては、衝突後、A は左から右へ (m/s) で、B は右から左へ (m/s) で進んでいるように見える。よって、静止しているものから見ると、衝突後、A は左から右へ 3 (m/s) で進み、B は右から左へ 5 (m/s) で進む。

~ に当てはまる数を入れなさい。



(2) 必ずしも理想的というわけではない状態を考えます。それぞれ一定の速度 $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ で同一平面上を運動している質量 m_1, m_2, \dots, m_n の n 個の質点が、衝突後にそれぞれ一定の速度 $\vec{v}'_1, \vec{v}'_2, \dots, \vec{v}'_n$ になったとします。

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}'_i$$

と仮定すると、任意の速度 \vec{v} について、次の2つの式が成り立つことを示しなさい。

$$\sum_{i=1}^n m_i (\vec{v}_i - \vec{v}) = \sum_{i=1}^n m_i (\vec{v}'_i - \vec{v})$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i |\vec{v}'_i - \vec{v}|^2 - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i |\vec{v}_i - \vec{v}|^2 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i |\vec{v}'_i|^2 - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i |\vec{v}_i|^2$$

速度 \vec{v} で運動している質量 m の質点に対して、 $m\vec{v}$ をその質点の運動量、 $\frac{1}{2} m |\vec{v}|^2$ を運動エネルギーといいます。また、いくつかの質点の集まりを系といいます。(2) からわかる記述として適当なものを、以下の(ア)～(カ)の中からすべて選び、その記号を書きな

さい。

(ア) (2) の仮定では、衝突前後で**運動量**の総和は変化しない。

(イ) (2) の仮定では、衝突前後で**運動エネルギー**の総和は変化しない。

(ウ) (2) の仮定が成り立つ系に対して等速直線運動をしている任意の系について、衝突前後で**運動量**の総和は変化しない。

(エ) (2) の仮定が成り立つ系に対して等加速度直線運動をしている任意の系について、衝突前後で**運動量**の総和は変化しない。

(オ) (2) の仮定が成り立つ系と、その系に対して等速直線運動をしている任意の系で、衝突前後における**運動エネルギー**の総和の変化量は同じ値になる。

(カ) (2) の仮定が成り立つ系と、その系に対して等加速度直線運動をしている任意の系で、衝突前後における**運動エネルギー**の総和の変化量は同じ値になる。

[解答]

(1) 10点	ア	1	イ	4
	ウ	4	ア, イ, ウのすべてがこの順にかけていたら, <u>10点</u>	
(2) 35点	<p>〔証明〕</p> <p>一つ目の式について,</p> $\sum_{i=1}^n m_i(\vec{v}_i - \vec{v}) = \sum_{i=1}^n m_i\vec{v}_i - \sum_{i=1}^n m_i\vec{v} = \sum_{i=1}^n m_i\vec{v}_i - \sum_{i=1}^n m_i\vec{v} \quad (\text{仮定})$ $= \sum_{i=1}^n m_i(\vec{v}_i - \vec{v})$ <p>となる。[15点] 同様に, 二つ目の式について,</p> $\sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i \vec{v}_i' - \vec{v} ^2 - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i \vec{v}_i - \vec{v} ^2$ $= \sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i(\vec{v}_i' ^2 - 2\vec{v}_i' \cdot \vec{v} + \vec{v} ^2) - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i(\vec{v}_i ^2 - 2\vec{v}_i \cdot \vec{v} + \vec{v} ^2)$ $= \sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i \vec{v}_i' ^2 - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i \vec{v}_i ^2 - \left(\sum_{i=1}^n m_i\vec{v}_i' - \sum_{i=1}^n m_i\vec{v}_i \right) \cdot \vec{v}$ $= \sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i \vec{v}_i' ^2 - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2}m_i \vec{v}_i ^2 \quad (\text{仮定})$ <p>となる。[20点]</p> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 一つ目の式について, 仮定の等式を使って結論までかかれたら, <u>15点</u> ● 二つ目の式も同様に, 仮定の等式を使って結論までかかれたら, <u>20点</u> ● 一つ目, 二つ目とも, 式変形の途中に対して部分点は与えない。 			
	(3) 5点	<p>ア, ウ, オ</p> <p>-----</p> <p>ア, ウ, オのすべてをかいている場合にのみ, <u>5点</u></p>		

<理系>

熱容量を無視することができ、また熱の出入りのない魔法瓶がたくさんある状況について考えます。 n を自然数とします。 $k = 1, 2, \dots, n$ に対して、 k 番目の魔法瓶には比熱 n_k 、温度 T_k 、質量 m_k の液体 A_k が入っているとします。これらの液体すべてを 1 つの魔法瓶に移し、しばらく時間が経つと、混合されたその液体の温度 T は、熱量保存の法則から

$$\left(\sum_{k=1}^n m_k n_k \right) T = \sum_{k=1}^n m_k n_k T_k$$

を満たすことが知られています。次の (1), (2) に答えなさい。

(1) ①, ②の文章を読み、**ア**, **イ** に当てはまる数値を入れなさい。また、**ウ** には当てはまる数値を入れるとともに、それを求める過程もかきなさい。

① 温度 25 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 100 (g) の液体 A_1 が一方の魔法瓶に、温度 40 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 200 (g) の同じ液体 A がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し、しばらく時間が経つと、混合された液体の温度は **ア** ($^{\circ}\text{C}$) になります。

② 温度 34 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 **イ** (g) の液体 B が一方の魔法瓶に、温度 25 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 100 (g) の同じ液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し、しばらく時間が経つと、混合された液体の温度は、 31 ($^{\circ}\text{C}$) になりました。

次に、温度 34 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 400 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に、温度 25 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 100 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し、しばらく時間が経つと、混合された液体の温度は、 31 ($^{\circ}\text{C}$) になりました。

最後に、温度 20 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 200 (g) の液体 C が一方の魔法瓶に、温度 40 ($^{\circ}\text{C}$)、質量 300 (g) の液体 B がもう一方の魔法瓶に入っています。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し、しばらく時間が経つと、混合された液体の温度は、**ウ** ($^{\circ}\text{C}$) になります。

(2) 比熱 n_i の液体のみについて考えます。 m_1, m_2, \dots, m_n を自然数とします。

(a) $i = 1, 2, \dots, n$ に対して、温度 T_i 、質量 1 (g) の液体が m_i 個の魔法瓶にそれぞれ入っているとします。これらの $m_1 + m_2 + \dots + m_n$ 個の魔法瓶の中の液体の温度の平均を T とします。

(b) $k = 1, 2, \dots, n$ に対して、 k 番目の魔法瓶には温度 T_k 、質量 m_k の液体が入っているとします。これらの液体を 1 つの魔法瓶に移し、しばらく時間が経ったときの混合された液体の温度を T_0 とします。

このとき、 $T = T_0$ となることを示しなさい。

[解答]

(1) 30点	ア	35	イ	200
	ウ	35	ア, イは完答のみ, それぞれ, <u>10点</u> ウは求める過程と答えのそれぞれ, <u>5点</u>	
<p>[ウを求める過程]</p> <p>A_1, A_2の比熱をそれぞれ n_1, n_2 とすると, 熱量保存の法則より, $34 \times 400 \times n_2 + 25 \times 100 \times n_1 = (400 \times n_2 + 100 \times n_1) \times 31$ これより, $n_1 = 2n_2$ となる。 [5点] 熱量保存の法則より, $ウ = \frac{20 \times 200 \times n_2 + 40 \times 300 \times n_1}{200 \times n_2 + 300 \times n_1} = 35 \quad [10点]$</p>				
(2) 20点	<p>[$T = T_0$ となることの説明]</p> <p>平均の定義から, $T = \frac{\overbrace{(T_1 + \dots + T_1)}^{m_1} + \dots + \overbrace{(T_n + \dots + T_n)}^{m_n}}{\sum_{k=1}^n m_k} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k T_k}{\sum_{k=1}^n m_k} \quad [10点]$</p> <p>熱量保存の法則から, $T_0 = \frac{\sum_{k=1}^n m_k n_1 T_k}{\sum_{k=1}^n m_k n_1} = \frac{n_1 \sum_{k=1}^n m_k T_k}{n_1 \sum_{k=1}^n m_k} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k T_k}{\sum_{K=1}^n m_k}$</p> <p>よって, $T = T_0$ [10点]</p>			

<文系>

図1はダイヤモンドの結晶構造のモデル図です。ダイヤモンドは、図2のように配置された5個の炭素原子（1つの炭素原子の周りに、4つの炭素原子が正四面体の頂点の位置に配置されており、これを単位四面体と呼ぶことにします）が、図1のように、互いにつながるように規則正しく並んでいることが知られています。

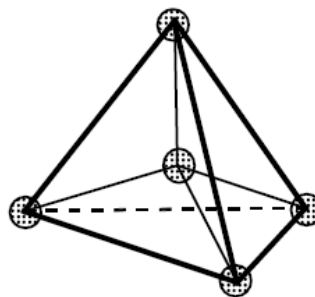
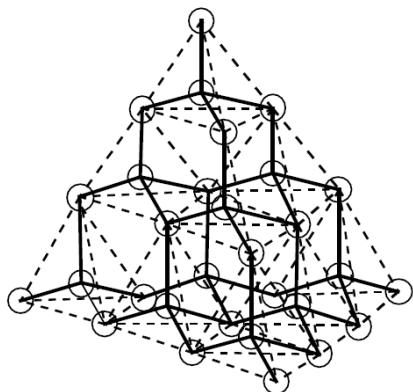


図1 ダイヤモンドの結晶構造のモデル 図2 ダイヤモンドの炭素原子の配置(単位四面体)

このダイヤモンドに含まれる炭素原子の数と体積を計算して、ダイヤモンドの密度を求めてみましょう。

まず、図2の単位四面体が、図3のように何層にも重なった、より大きな四面体の結晶を考えます（これを「一辺が単位四面体 n 個分の正四面体」と呼ぶことにします。図3は3個分の単位四面体が重なっているので、「一辺が単位四面体3個分の正四面体」です）。また、この大きな四面体を、図4のように結晶の底面に平行で、高さが単位四面体1つ分になるように層に分けていき、上から順に第1層、第2層、...と呼ぶことにします。

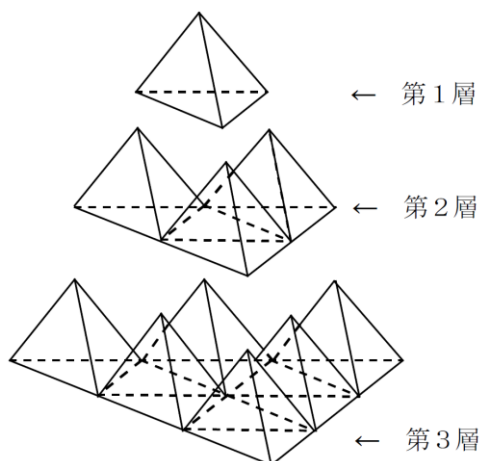
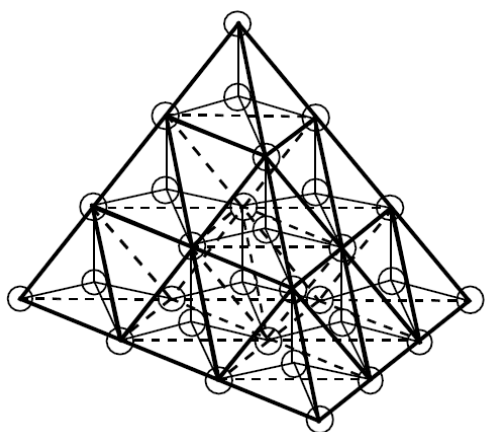


図3 一辺が単位四面体3個分の正四面体 図4 正四面体の結晶の層

(1) 次の **ア**、**イ**、**ウ** に数や式を当てはめて、文章を完成させなさい。

「一辺が単位四面体3個分の正四面体」に含まれる単位四面体の個数は、図3と図4から分かるように **ア** 個となります。また、「一辺が単位四面体 n 個分の正四面体」では、第 k 層 ($1 \leq k \leq n$) に含まれる単位四面体の個数を k を用いて表すと **イ** 個です。よって、例えば $n=6$ の場合、「一辺が単位四面体6個分の正四面体」に含まれる単位四面体

の個数は、 個となります。

(2) 「一辺が単位四面体 6 個分の正四面体」の結晶を考えます。ただしこの結晶では、単位四面体 1 個につき、炭素原子 2 個が含まれているものとします。この結晶について、ダイヤモンドの単位四面体の一辺の長さを a cm とすると、その体積は $\frac{\sqrt{2} \times a^3}{12}$ (cm³) と表されます。また、炭素の原子量を 12.0、アボガドロ定数を 6.0×10^{23} として密度を計算すると (註)、 $\frac{b}{a^3}$ g/cm³ という式で表されました。このとき、 b に当てはまる値を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし $\sqrt{2} = 1.4$ として計算して下さい。

(註) 原子がアボガドロ定数の数だけ集まると、その質量 (g) は、原子量の値に等しくなります。

[解答]

(1) 30 点	ア	10	イ	$\frac{k(k+1)}{2}$
	ウ	56	それぞれ, <u>10 点</u>	
(2) 20 点	<p>「一辺が単位四面体 6 個分の正四面体」の一辺の長さは $6a$ (cm)である。よって、条件よりこの正四面体の体積は、</p> $\frac{\sqrt{2} \times (6a)^3}{12} = 18\sqrt{2}a^3 (\text{cm}^3) \text{となる。} \quad [5 \text{ 点}]$ <p>この正四面体に含まれる単位四面体の個数は 56 個だから、そこに含まれている炭素原子は、$2 \times 56 = 112$ 個である。 <u>[5 点]</u></p> <p>また、この正四面体の質量は、$12.0 \times \frac{112}{6.0 \times 10^{23}} = 224 \times 10^{-23}$ (g)となるので([5 点; この途中式が無く、次の密度計算ができていれば <u>10 点</u>)、</p> <p>密度を計算すると次のようになる。</p> $\frac{224 \times 10^{-23}}{18\sqrt{2}a^3} = \frac{56\sqrt{2} \times 10^{-23}}{9a^3} = \frac{8.7 \times 10^{-23}}{a^3} (\text{g/cm}^3)$ <p>したがって、求める b の値を有効数字 2 桁で表すと、8.7×10^{-23} となる。 <u>[5 点]</u></p> <p>* 正四面体の体積 $18\sqrt{2}a^3 (\text{cm}^3)$ が求められていたら, <u>5 点</u> * 正四面体の中に含まれている炭素原子の個数 112 個が求められていたら, <u>5 点</u> * 正四面体の質量 224×10^{-23} (g) が求められていたら, <u>5 点</u> * b の値を有効数字 2 桁で表して, <u>5 点</u></p> <p style="text-align: right;">b に当てはまる値 <u>8.7×10^{-23}</u></p>			

問題例A

I 物理領域

1. 次の問い(1), (2)に答えなさい。

- (1) 温度 T_0 [K]の液体を熱して蒸発させ、温度 T_1 [K]の気体にするときに必要な熱量 Q を求めたい。液体の比熱 C_0 [J/(K kg)]と気体の比熱 C_1 [J/(K kg)]は温度によらないとする。 Q を計算するためには、 T_0 , T_1 , C_0 , C_1 以外にどのような物理量が必要になるか。必要な物理量を解答欄にすべて列挙しなさい。
- (2) 物体を水平な床の上で自然に滑らせて、動摩擦係数を測定する実験を行う。どのような量を測定すれば良いか、次の①～⑦の解答群を用いて、過不足ない組み合わせをすべて答えなさい。なお、一つの解答欄には一つの組み合わせ（番号を列挙したもの）を記入し、過不足ない組み合わせが四つ未満のときは、空白の解答欄が残ってよい。 , , ,

解答群

- ① 重力加速度
- ② 物体の体積
- ③ 物体の質量
- ④ 物体の床に接している部分の面積
- ⑤ ある時刻 t_0 における物体の速さ
- ⑥ 時刻 t_0 から止まるまでに動いた距離
- ⑦ 時刻 t_0 から止まるまでの時間

2. 図1は、 x 軸上を正の向きに速さ2.0 [m/s]で進む正弦波の、 $x=0$ [m]での媒質の振動の様子（時刻 t における変位 y ）を表している。また図2は、図1をもとに必要なグラフを描き、 $x=4.0$ [m]の点にある媒質の、時刻 $t=3.0$ [s]での変位を求める過程を模式的に表したものである。下の問い(1)に答えなさい。

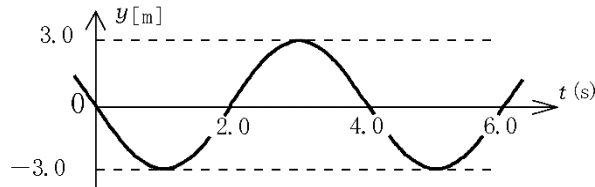


図1

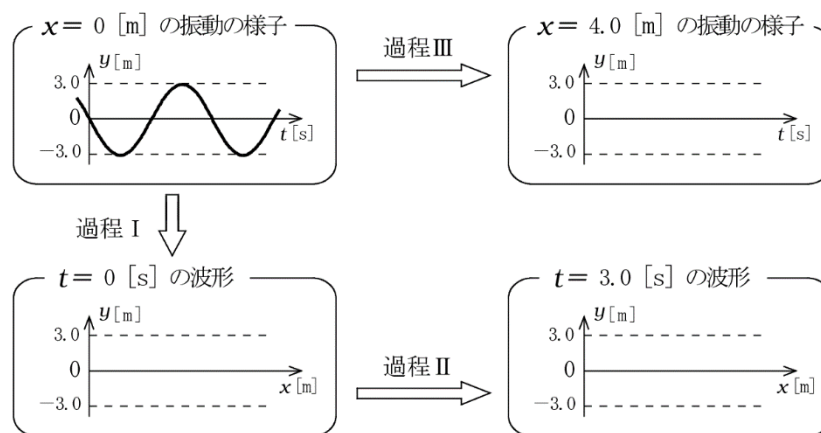


図2

- (1) これを説明した以下の文中の空欄 (ア) ~ (カ) に入る適切な語句，図，または値として最も適当なものを，下の解答群に示した選択肢のうちからそれぞれ一つ選びなさい。

まず [過程 I] を考える。 $x=0$ [m]の振動の様子から，この点にある媒質の $t=0$ [s]での変位が $y=0$ [m]，速度が (ア) であることを読み取ることで， $t=0$ [s]での波形が (イ) のグラフで示されることがわかる。

次に [過程 II] を考える。 $t=0$ [s]での波形は， $t=3.0$ [s]までに $+x$ の向きに波長の (ウ) 倍だけ進行することから， $t=3.0$ [s]での波形が (エ) のグラフで示されることがわかる。このグラフにおける $x=4.0$ [m]の点の変位 y が求める値である。

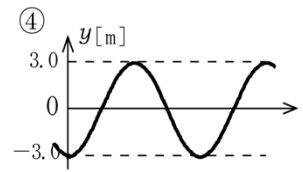
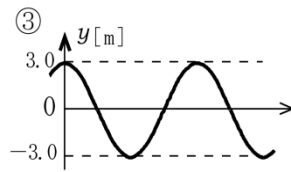
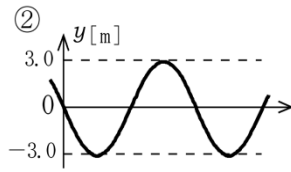
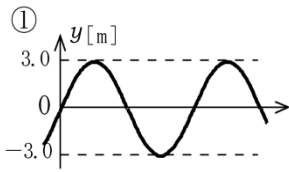
別の方法もある。[過程 III] を考える。 $x=4.0$ [m]の点は， $x=0$ [m]よりも周期の (オ) 倍だけ遅れて振動することから， $x=4.0$ [m]の振動の様子が (カ) のグラフで示されることがわかる。このグラフにおける $t=3.0$ [s]での変位 y が求める値である。

解答群

(ア) の選択肢

- ① $+y$ の向きに最大 ② $-y$ の向きに最大 ③ 0

(イ) , (エ) , (カ) の選択肢



(グラフの横軸は、時刻 t [s] または 座標 x [m] を表す。)

(ウ) , (オ) の選択肢

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ $\frac{3}{4}$ ④ 1

3. 図3は、気柱共鳴管（管口からの距離の目盛りを刻んだガラス管で、水だめとゴム管でつながれている）を用いて音波の波長を測定する実験の様子を示している。下の問い(1)～(3)に答えなさい。

実験の手順

- [1] 既知の振動数 f で振動するおんさをゴムづちで叩いて振動させ、ガラス管の管口付近に近づける。
- [2] 管内の水面を管口付近から徐々に下げていき、共鳴音が最も強く聞こえるときの、管口から水面までの距離 L_1 を測定する。
- [3] さらに水面を下げ、2度目に共鳴音が極大になるときの管口から水面までの距離 L_2 を測定する。
- [4] ガラス管内の気体の温度 t を測定する。
- [5] [2] ～ [4] を5回繰り返す。

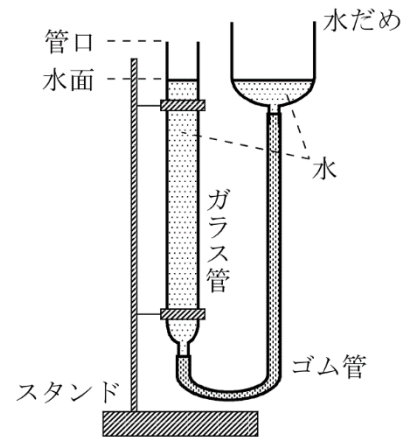


図3

(1) 以下のA～Cは、正確な測定値を得るために必要な実験操作について、 $\alpha\sim\gamma$ はその目的や効果について述べたものである。A～Cと $\alpha\sim\gamma$ を関係づけたものとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 ア

A: L_1 を5回連続測定してから L_2 を5回連続測定するのではなく、[2] ～ [4] を5回繰り返す。

B: L_1 と L_2 を測定するたびにガラス管内の気体の温度 t を測定する。

C: 5回ずつ測定した L_1 と L_2 の値の平均値を用いて波長を計算する。

α : 測定の対象となる物理量が、実験中、一定に保たれていることを確認する。

β : 測定のたびに偶然生じる、音の聴き方や目盛りの読み方のばらつきによって生じる誤差を相殺する。

γ : 水だめの位置、目盛りの読み取り、測定者の意識などの点で、前回の実験が及ぼす影響を小さくする。

	A～C と $\alpha\sim\gamma$ の組み合わせ		
①	A- α	B- β	C- γ
②	A- α	B- γ	C- β
③	A- β	B- α	C- γ
④	A- β	B- γ	C- α
⑤	A- γ	B- α	C- β
⑥	A- γ	B- β	C- α

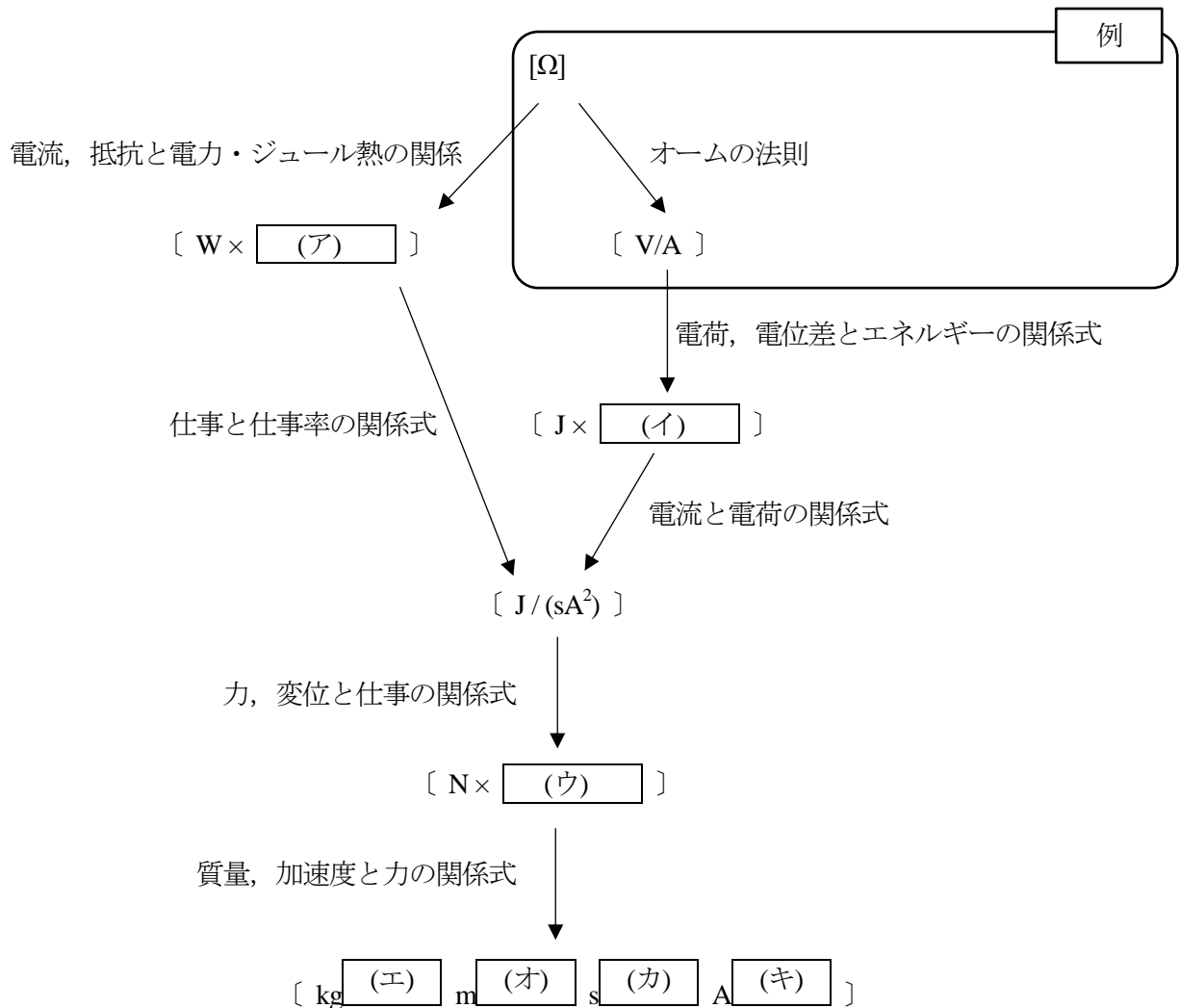
(2) おんさの振動数 f と、実験の[2], [3]から求められる $L_2 - L_1$ の平均値 ΔL を用いて、この条件下での音速 V を表した式として最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選びなさい。 (イ)

- ① $\frac{\Delta L}{f}$ ② $\frac{2\Delta L}{f}$ ③ $\frac{4\Delta L}{f}$ ④ $\frac{f}{\Delta L}$ ⑤ $\frac{f}{2\Delta L}$ ⑥ $\frac{f}{4\Delta L}$
 ⑦ $f \Delta L$ ⑧ $2 f \Delta L$ ⑨ $4 f \Delta L$

(3) 管内の気柱がおんさの振動に共鳴しているとき、管口付近にできる定常波の腹の位置は、管口よりもわずかだけ外側になることが知られている（これを Δx とする）。この Δx と管内を伝わる音波の波長との関係を知るためには、どのような実験をすればよいか。実験の容易さや測定精度なども考慮した上で最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選びなさい。ただし、書かれた以外の条件は一定に保つものとする。 (ウ)

- ① 室温を様々に変えながら L_1, L_2 を測定し、 Δx の値の変化を調べる。
- ② 管口からおんさまでの距離を様々に変化させながら L_1, L_2 を測定し、 Δx の値の変化を調べる。
- ③ 気圧や湿度が異なる複数の日に、同じ室温で L_1, L_2 を測定し、 Δx の値の変化を調べる。
- ④ 内径の異なる様々なガラス管を用いて L_1, L_2 を測定し、 Δx の値の変化を調べる。
- ⑤ 様々な振動数のおんさを用いて L_1, L_2 を測定し、 Δx の値の変化を調べる。

4. 電気抵抗の単位[Ω]は、例に示すようにオームの法則の関係式を利用して[V/A]と書き換えることができる。これにならって、矢印の横に示した関係を用いて単位を書き換え、最後はSI基本単位[kg], [m], [s], [A]のみで表現しなさい。なお、解答に際しては、下の解答群に示した選択肢のうちからそれぞれ一つ選びなさい。



解答群

(ア), (イ), (ウ) の解答群

- | | | | | |
|--------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| ① $[CA]$ | ② $[C^{-1}A^{-1}]$ | ③ $[A]$ | ④ $[A^2]$ | ⑤ $[A^{-1}]$ |
| ⑥ $[A^{-2}]$ | ⑦ $[sA]$ | ⑧ $[sA^{-2}]$ | ⑨ $[s^{-1}A^{-1}]$ | ⑩ $[msA]$ |
| ⑪ $[msA^2]$ | ⑫ $[ms^{-1}A^{-1}]$ | ⑬ $[ms^{-1}A^{-2}]$ | | |

(エ), (オ), (カ), (キ) の解答群

- | | | | |
|------|------|------|-----|
| ① 0 | ② 1 | ③ 2 | ④ 3 |
| ⑤ -1 | ⑥ -2 | ⑦ -3 | |

Ⅱ 化学領域

1. 次の文を読み、下の問い(1)～(7)に答えなさい。

天びんの発達により、18世紀の後半から化学反応における質量の関係が明らかにされるようになり、まずラボアジェによって質量保存の法則が見出された。以下に示すのは、質量保存の法則以降の「化学の基本法則」が発表された年と発見者の名前である。

- 1774年 質量保存の法則 (ラボアジェ)
- 1799年 定比例の法則 (プーレスト)
- 1803年 倍数比例の法則, 原子説 (ドルトン)
- 1808年 気体反応の法則 (ゲーリュサック)
- 1811年 アボガドロの法則, 分子説 (アボガドロ)

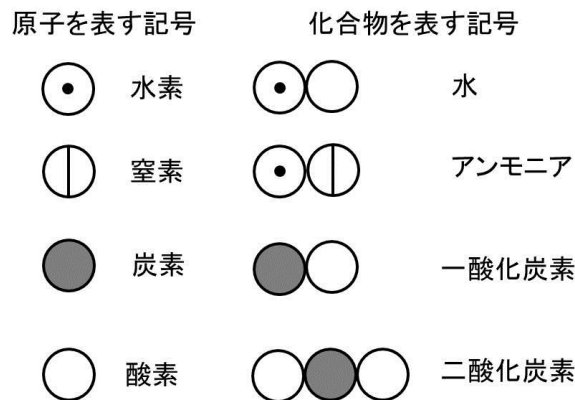


図1

表1

気体	密度 [g/L]	密度÷ 水素の密度	原子量	原子量÷ 水素の原子量
水素	0.0899	1	1.01	1
窒素	1.250	13.90	14.01	13.85
酸素	1.429	15.90	16.00	15.84
フッ素	1.696	18.87	19.00	18.81
塩素	3.214	35.75	35.45	35.11

原子説を提唱したドルトンは、「原子を表す記号」や「原子量」といった、今日の化学に必要不可欠なものを考案した。図1は、ドルトンが考案した、原子を表す記号と化合物を表す記号の例である。これを見ると、当時は正しい化学式が求められていない物質があったことがわかる。

表1は、標準状態(0°C, 1.013×10⁵Pa)における水素, 窒素, 酸素, フッ素, 塩素の密度(単位: g/L), 各気体の密度を水素の密度で割り算した値(水素を基準とする各気体の密度の比), 原子量, 各気体の原子量を水素の原子量で割り算した値(水素を基準とする原子量の比)を示したものである。

- (1) 各気体の密度を水素の密度で割り算した値と、各気体の原子量を水素の原子量で割り算した値がよく一致していることに基づく記述として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

(ア)

- ① 気体 1 L あたりに含まれる陽子の数は同じである。
- ② 気体 1 g あたりに含まれる陽子の数は同じである。
- ③ 気体 1 L あたりに含まれる電子の数は同じである。
- ④ 気体 1 g あたりに含まれる電子の数は同じである。
- ⑤ 気体 1 L あたりに含まれる原子の数は同じである。
- ⑥ 気体 1 g あたりに含まれる原子の数は同じである。

- (2) (1)の内容と最も関連が深い基本法則の名称を、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 (イ)

- ① 質量保存の法則 ② 定比例の法則 ③ 倍数比例の法則
- ④ 気体反応の法則 ⑤ アボガドロの法則

表2は、標準状態における一酸化炭素と二酸化炭素の密度 (単位: g/L)、各気体の密度を水素の密度で割り算した値、分子量、分子量を水素の原子量で割り算した値を示したものである。

表2

気体	密度 [g/L]	密度÷ 水素の密度	分子量	分子量÷ 水素の原子 量
一酸化炭素	1.250	13.90	28.01	27.73
二酸化炭素	1.977	21.99	44.01	43.57

- (3) 表2では表1と異なり、気体の密度を水素の密度で割り算した値と、分子量を水素の原子量で割り算した値とが一致していない。この理由として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。 (ウ)

- ① 水素が空気より軽い気体であるから。
- ② 水素が二原子分子からできているから。
- ③ 一酸化炭素と二酸化炭素を構成する元素に水素が含まれないから。
- ④ 一酸化炭素と二酸化炭素の分子が、いずれも水素分子より大きいから。

表3は、標準状態における単体の気体A～Cの密度（単位：g/L）、各気体の密度を水素の密度で割り算した値、各気体の原子量、原子量を水素の原子量で割り算した値を示したものである。

表3

気体	密度 [g/L]	密度÷ 水素の密度	原子量	原子量÷ 水素の原子量
A	0.1785	1.986	4.00	3.96
B	0.900	10.01	20.18	19.98
C	1.784	19.84	39.95	39.95

(4) 表3では表1と異なり、各気体の密度を水素の密度で割り算した値と、原子量を水素の原子量で割り算した値とが一致していない。これは、A～Cの分子に共通するある特徴のためである。その特徴を記しなさい。 (エ)

(5) 気体Xはある元素の単体であり、標準状態における密度は水素の23.8倍である。この気体の分子量に最も近い値を、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 (オ)

- ① 12 ② 24 ③ 36 ④ 48 ⑤ 60

(6) 気体Xは、表1に記載されたいずれかの気体と同じ構成元素をもつ単体である。Xの化学式を (カ) に、名称を (キ) に記しなさい。

(7) アンモニアが、ドルトンの示した記号通りの粒子からなる気体であると仮定すると、標準状態におけるアンモニアの密度は何g/Lと求められるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 (ク)

- ① 0.54 ② 0.68 ③ 0.76 ④ 0.81 ⑤ 0.92

Ⅲ 生物領域

1. 次の文章を読み、下の問い(1)～(6)に答えなさい。

生物の進化を考えると、ミトコンドリアや葉緑体は、原核生物が核をつくり、原始真核生物が誕生した後に、好気性原核生物およびシアノバクテリアがそれぞれ共生したものがその由来だと考える説が有力である。その根拠の一つとして、それぞれの細胞内小器官は、独自のDNAをもつことが挙げられる。また、ミトコンドリアと葉緑体を包む膜は二重の膜から構成されている。解析の結果、ミトコンドリア内膜には独自の脂質が存在することが確認された。

光合成反応を担う葉緑体は動物細胞には存在せず、藻類や陸上植物に存在している。シアノバクテリアを構成している膜は、糖脂質と呼ばれる糖鎖が結合した脂質が脂質全体の約8割を構成している特徴があり、高等植物の葉緑体も同様の組成である。

葉緑体内で行われる光合成は、二酸化炭素(CO_2)と水(H_2O)を出発物質とし、光由来のエネルギーでショ糖やデンプンなどの高エネルギー化合物が合成され、酸素が発生する反応である。光合成生物は、上述の陸上植物・藻類以外にも二酸化炭素と水の代わりに二酸化炭素と硫化水素を出発物質とする、光合成細菌と呼ばれる種が存在する。

(1) 下線部(ア)に関連し、ある細胞内小器官における独自のDNAの塩基組成として、最も適当な組み合わせが次のA~Dの中に一つ存在する。

A: アデニン 22%, グアニン 28%, シトシン 28%

B: アデニン 22%, グアニン 28%, シトシン 22%

C: アデニン 20%, グアニン 20%, シトシン 20%

D: アデニン 28%, グアニン 20%, シトシン 22%

上記のA~Dのうちから、最も適当な組み合わせ一つを選び、その塩基組成から判断される細胞内小器官由来DNAのチミンとウラシルの割合を求めなさい。解答に際しては、次の①~⑩のうちからア~エに入る最も適当なものをそれぞれ一つ選びなさい。ただし、10の位が0の場合は空欄にせず、0を選択すること。

チミン: ア イ%

ウラシル: ウ エ%

- ① 0
- ② 1
- ③ 2
- ④ 3
- ⑤ 4
- ⑥ 5
- ⑦ 6
- ⑧ 7
- ⑨ 8
- ⑩ 9

(2) 下線部(イ)で述べているように、ミトコンドリア内膜には独自の脂質が存在することが確認された。このことから、内膜の由来は何であると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① 共生した好気性原核生物
- ② 共生したシアノバクテリア
- ③ 共生時宿主の細胞膜
- ④ 共生時宿主の小胞体
- ⑤ 共生したウイルス

(3) 下線部(ウ)に関連し、光合成細菌と陸上植物の光合成反応の基本的な仕組みが同じだと仮定すると、光合成細菌は酸素を発生しない。光合成細菌は、酸素のかわりに何の分子を排出すると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① アンモニア
- ② 窒素
- ③ 硫黄
- ④ 炭素
- ⑤ 一酸化炭素

(4) 単離葉緑体と、その光合成活性を保持するように調整したショ糖溶液を透明なガラス容器に入れ、pH 指示薬を加え、可視光を照射したときと暗所に置いたときの色の変化を調べた。この時、色の変化はどのようになると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

注1：対照実験として、葉緑体を加えずに同じ実験を行ったところ、可視光照射時、暗所とも色の変化はなく黄緑色であった。

注2：本実験で用いた pH 指示薬は pH 7 で黄緑色、pH 6 で黄色、pH 8 で青色を呈す。

- ① 可視光照射：黄色 暗所：青色
- ② 可視光照射：青色 暗所：黄色
- ③ 可視光照射：青色 暗所：青色
- ④ 可視光照射：黄色 暗所：黄色
- ⑤ 可視光照射：黄緑色 暗所：黄緑色

(5) 一部のシアノバクテリアは、窒素固定を行い大気窒素からアンモニウムイオンを作り出す。この窒素固定を行う酵素はニトロゲナーゼと呼ばれており、酸素存在下で容易に失活することが知られている。この窒素固定可能なシアノバクテリアについて調べたところ、数十～数百の細胞が繊維状につながった構造をもち、通常細胞とは別に、窒素固定に特化した細胞を通常細胞 10 個あたり約 1 個発現していることが明らかになった。この、窒素固定に特化した細胞では何が生じていると仮説可能か。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。

- ① 水の分解が抑えられている
- ② 水の分解が促進されている
- ③ デンプンの分解が促進されている
- ④ 二酸化炭素の固定が促進されている

(6) 光合成生物には、陸上植物以外に藻類が存在し、その固定するエネルギー量は陸上植物にも匹敵する。そのため、化石燃料にかわるエネルギー源として注目されている。この藻類を培養したところ、培地から吸収された硝酸カリウム(KNO_3)の 60%が用いられて、105 [g]のタンパク質が合成された。タンパク質の窒素含有量を 16%とすると、細胞が培地から吸収した硝酸カリウムは何グラムになるか求めなさい。解答に際しては、次の①～⑩のうちから ～に入る最も適当なものをそれぞれ一つ選びなさい。

ただし、100 と 10 の位、または 100 の位が 0 の場合は空欄にせず、0 を選択すること。また、分子量は $\text{N}=14$ 、 $\text{O}=16$ 、 $\text{K}=39$ とする。

必要硝酸カリウム：. g

- ① 0
- ② 1
- ③ 2
- ④ 3
- ⑤ 4
- ⑥ 5
- ⑦ 6
- ⑧ 7
- ⑨ 8
- ⑩ 9

IV 地学領域

1. 次の文を読み、下の問い(1)～(6)に答えなさい。

友人と話をしているときに「晴れた昼間は洗濯物がよく乾くね」という話題になった。しかし、太陽の光が当たらなくても洗濯物は乾く。そこで、洗濯物が乾くことには日光以外の要因があるのではないかと考え、乾き方には「湿度」が関係しているという仮説を立てて、研究を行うことにした。まず、よく晴れた日に太陽の光が当たらない日陰で洗濯物が乾くようすを調べるために、次の実験を行った。



<実験>

- 1) 木綿のタオルハンカチを 10 枚用意し、それぞれに番号を付ける。
- 2) 1)のタオルハンカチを洗面器に入れた水にひたし、脱水機にかけた後にそれぞれの質量（干す前の質量）を測定する。
- 3) 2)で質量を測定したタオルハンカチを、上の写真のように、直射日光の当たらない場所に並べて干す。
- 4) 3時間後に、再びそれぞれのタオルハンカチの質量（干した後の質量）を測定する。
- 5) 1)～4)の実験を、8時からと18時からの2回おこなって、蒸発した水の量を比較する。

なお、実験開始の時刻を8時からと18時からに決めたのは、よく晴れた日の湿度を調べたら、この付近では8時頃と18時頃の湿度が同じ値になる日が多いという特徴を見つけた。

<結果> 実験結果は、次の表のようになった。

表 干した時刻のちがいによる、蒸発した水の量のちがい（単位はg）

		布の番号					平均
		1	2	3	...	10	
8時～11時に 干したとき	干す前の質量	52.4	48.5	49.9	...	52.3	52.7
	干した後の質量	32.2	29.9	30.8	...	31.2	33.1
	蒸発した水の量	20.2	18.7	19.1	...	21.1	19.7
18時～21時に 干したとき	干す前の質量	56.7	51.6	45.9	...	49.0	51.4
	干した後の質量	39.9	36.6	32.0	...	33.1	36.2
	蒸発した水の量	16.8	15.0	13.9	...	15.9	15.3

また、次の図1と図2は、実験を行った日に百葉箱で記録された気温と湿度のデータである。図3は、飽和水蒸気量のグラフである。この研究に関して、後の各問いに答えなさい。

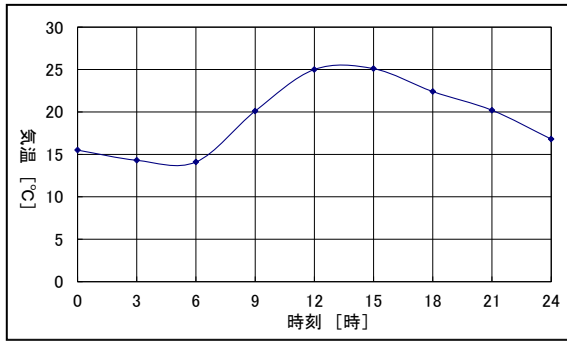


図1 気温の変化

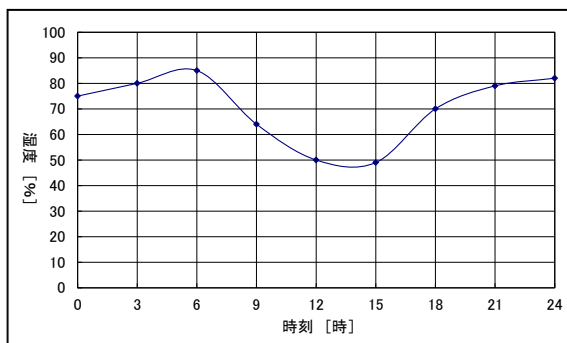


図2 湿度の変化

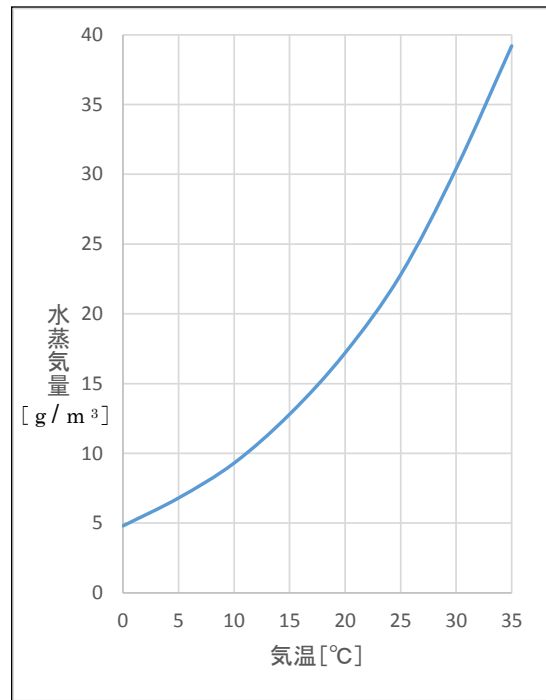


図3 各気温における飽和水蒸気量

(1) 湿度の測定には乾湿計を用いる。自分で湿度を測定するために、乾湿計を自作しようと考えた。乾湿計を自作するときに必要なものを、次の①～⑥のうちから三つ選びなさい。 **(ア)**

- ① 2本の温度計
- ② ガーゼ
- ③ 金属製のコップ
- ④ エタノールとエタノールを入れる容器
- ⑤ 水と水を入れる容器
- ⑥ 氷と氷を入れる容器

(2) 洗濯物の乾きかたを、温度や湿度の変化から考えるために、この日の12時の気温(25°C)と湿度(50%)をもとにして、露点の値を求めることとした。まず、12時の露点を求める方法について、解答用紙の飽和水蒸気量のグラフに、線や点、矢印などを用いて説明を記入しなさい。また、露点の値を、最も近い整数で答えなさい。 **(イ)**

(3) 洗濯物の乾き方の違いは、「湿度が同じ」条件で比較してみるとよいのではないかと考えた。図2では、実験を行った日も8時と18時の湿度が70%で、同じになっている。しかし、8時と18時を比較すると、18時の方が水の蒸発が起こりやすいと考えた。あなたはその意見に賛成しますか、反対しますか。理由も含めて、あなたの考えに最も近いものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 (ウ)

- ① 反対。湿度が同じなので、水の蒸発の起こりやすさは同じ。
- ② 反対。湿度は同じでも8時の方が、気温が低く飽和水蒸気量が小さいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ③ 反対。湿度は同じでも8時の方が、気温が低く飽和水蒸気量が大きいため、水の蒸発が起こりやすい。
- ④ 賛成。湿度は同じでも18時の方が、気温が高く飽和水蒸気量が小さいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ⑤ 賛成。湿度は同じでも18時の方が、気温が高く飽和水蒸気量が大きいため、水の蒸発が起こりやすい。

(4) 実験の結果を見ると、8時～11時に干した方が18時～21時に干したときより、蒸発した水の量が多いことが分かった。私はこの実験結果が、上記の(3)で考えたことと一見すると矛盾しているように感じて、実験結果を説明する理由を考えた。次のアからエの中から、実験結果を説明する理由として、最も適当なものを①～④のうちから一つ選びなさい。 (エ)

- ① 8時の時点では18時よりも気温が高かったが、その後の3時間のあいだに気温が低下したから。
- ② 8時の時点では18時よりも気温が高かったが、その後の3時間のあいだに湿度が低下したから。
- ③ 8時の時点では18時よりも気温が低かったが、その後の3時間のあいだに気温が上昇したから。
- ④ 8時の時点では18時よりも気温が低かったが、その後の3時間のあいだに湿度が上昇したから。

(5) 洗濯物の乾き方に関する日光以外の要因は、湿度のほかにもあるのではないかと考えて、さらに実験をしてみようと思います。洗濯物の乾き方に関する「要因」を調べる実験として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。 **(オ)**

- ① 洗濯物にあたる風のようにすを変えて、干してあるタオルハンカチに扇風機の風があたる場合とあたらない場合で、蒸発した水の量を比較する。
- ② 洗濯物の大きさを変えて、同じ素材のタオルハンカチとバスタオルで、蒸発した水の量を比較する。
- ③ 洗濯物が含む水の量を変えて、タオルハンカチを手で軽くしぼった場合と脱水機でしぼった場合で、蒸発した水の量を比較する。
- ④ 洗濯物の布の材質を変えて、もめん 100%の布とポリエステル 100%の布で、蒸発した水の量を比較する。

(6) この実験では、洗濯物の乾き方には「湿度」が関係しているという仮説を立てて実験を進めた。実験の最後に、まとめをおこなった。実験のまとめとして誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。 **(カ)**

- ① よく晴れた日の昼間は、気温が高くなると湿度が低くなるので、気温が低くなる夜間よりもタオルハンカチはよく乾く。
- ② よく晴れた日の気温は午後2時頃に最も高く、湿度はその頃最も低くなるので、この頃にタオルハンカチを乾かしていると、1日の中で最も早く乾く。
- ③ くもりの日は、気温の変化が少ないので湿度の変化も少なく、湿度の値が安定しているので、よく晴れた日と比べてタオルハンカチがよく乾く。
- ④ 雨が降り続けているときは湿度が高い状態が続くので洗濯物は乾きにくいですが、暖房された室内や、エアコンで除湿された室内であれば、タオルハンカチを乾かすことができる。

V 理数融合領域

1. 次の文を読み、下の問い(1)~(3)に答えなさい。

大阪に住んでいるひろしさんのグループは、図1の三角公園にタンポポがどの程度咲いているのか、調査することになった。しかし、ひとつずつ数えていくことは現実的ではないため、これまでに学んだ別の方法を使って調査することにした。

調査方法を考える際、ひろしさんと同じグループのゆかさんは、ア区画法を提案した。実際に調査をするまえに、まず図2のような仮の問題を用いて調査の練習をすることにした。なお、ひまわり公園は、縦横1[m]ごとのマスで整理したときに図2のような分布になった。

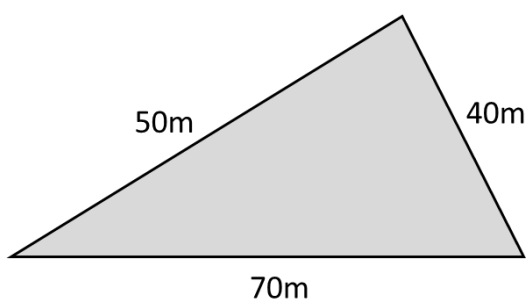


図1 三角公園

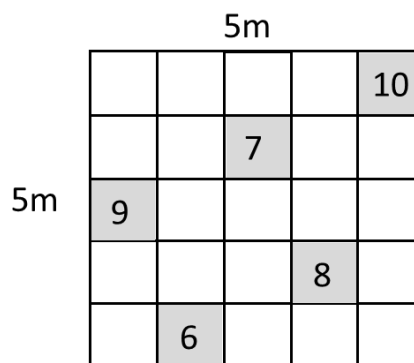


図2 ひまわり公園

(1) 下線部(ア)の区画法はどのような方法か。その方法に基づく調査の仕方の特徴を80字以内で説明しなさい。 (ア)

(2) ひまわり公園全体では、何個体のタンポポが咲いていると推定できるか。 (イ)

(3) 次に、三角公園を区画法で調査した。三角公園内を広域に1[m]四方で地点A～地点Jまでの10カ所の区画で調査した結果、下の表1に示す個体数が確認できた。三角公園全体では、何個体のタンポポが咲いていると推定できるか。□(ウ)

なお、必要に応じて、 $\sqrt{2}=1.41$ 、 $\sqrt{3}=1.73$ 、 $\sqrt{5}=2.24$ 、 $\sqrt{6}=2.45$ 、 $\sqrt{7}=2.65$ 、として活用すること。また、三角公園の面積を求めるにあたり、50[m]と40[m]の辺を挟む頂点を点A、70[m]と50[m]の辺を挟む頂点を点B、40[m]と70[m]の辺を挟む頂点を点C、として考える。

表1 三角公園の地点調査結果

地点A	4	地点F	5
地点B	5	地点G	6
地点C	4	地点H	3
地点D	7	地点I	4
地点E	5	地点J	7

2. 次の文を読み、下の問い(1)~(3)に答えなさい。

西日本の19府県ではタンポポの調査が行われている。ひろしさんたち3人は、独自に四国4県のタンポポの在来種の分布について調査をすることにした。なお、表2は西日本19府県における調査で採取された各種タンポポのサンプル数を、タンポポの種類ごとに示したものである。

ただし、タンポポのカテゴリ(分類)として、在来種二倍体、黄色型在来種倍数体、白花型在来種、外来種を用いる。

*表2と図3は、タンポポ調査・西日本(2015)『調査報告書』タンポポ調査・西日本実行委員会より引用し、一部加筆した。

表2 タンポポ種類ごとの府県別サンプル数

	和名	福井県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県
在来種二倍体	カンサイタンポポ	0	406	760	542	2674	936	529	602	4	0
	トウカイタンポポ	0	323	62	1	3	0	0	41	1	2
	セイタカタンポポ	158	16	241	1	0	1	0	0	0	0
	オキタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
	シナノタンポポ	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0
	カントウタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	在来種二倍体(不明)	0	0	10	0	0	0	1	0	0	0
黄色型在来種倍数体	ヤマザトタンポポ	50	3	7	6	0	61	0	0	11	130
	クシバタンポポ	1	4	7	1	0	20	7	0	7	16
	ソクシタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	モウコタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	エゾタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	オオクシバタンポポ	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
	黄花型在来種倍数体(不明)	0	4	13	0	0	0	0	0	0	0
白花型在来種	シロバナタンポポ	51	249	202	63	190	118	109	81	25	199
	キビシロタンポポ	0	51	26	0	0	9	11	0	21	7
	白花型在来種(不明)	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
外来種	セイヨウタンポポ	376	464	274	418	2175	571	595	270	121	509
	アカミタンポポ	54	69	54	96	567	136	131	48	18	59
	外来種(不明)	282	1322	1515	806	2498	1355	589	540	446	411
	計	972	2911	3180	1935	8107	3211	1972	1582	654	1486

表2 タンポポ種類ごとの府県別サンプル数(続き)

	和名	岡山県	広島県	山口県	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	計
在来種二倍体	カンサイタンポポ	2350	111	15	4897	3482	71	54	37	5	17475
	トウカイタンポポ	8	1	40	0	1	163	14	1	0	661
	セイタカタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	417
	オキタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
	シナノタンポポ	0	0	5	0	0	1	10	0	4	24
	カントウタンポポ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	在来種二倍体(不明)	0	3	0	0	0	1	0	0	0	15
黄色型在来種倍数体	ヤマザトタンポポ	37	30	1	0	0	108	7	0	0	451
	クシバタンポポ	81	15	1	54	1	5	161	0	0	381
	ツクシタンポポ	0	0	0	0	0	5	11	2	0	18
	モウコタンポポ	7	1	0	0	3	0	0	62	0	73
	エゾタンポポ	0	0	0	0	0	0	2	0	5	7
	オオクシバタンポポ	0	0	25	0	0	0	0	0	0	28
	黄花型在来種倍数体(不明)	14	0	0	0	0	1	0	0	0	32
白花型在来種	シロバナタンポポ	339	528	337	203	146	1966	2638	87	506	8037
	キビシロタンポポ	741	128	21	0	8	267	20	6	0	1316
	白花型在来種(不明)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9
外来種	セイヨウタンポポ	1110	889	545	565	623	2237	2656	504	1023	15925
	アカミタンポポ	415	396	96	236	364	631	639	147	197	4353
	外来種(不明)	1492	1073	314	1411	1024	1602	1342	418	504	18944
	計	6596	3175	1400	7366	5652	7058	7554	1264	2244	68319

(タンポポ調査・西日本 2015 調査報告書 タンポポ調査・西日本実行委員会より引用, 一部加筆)

(1) まず、四国4県の外来種の分布が、西日本19府県の平均と比べ、多いのか少ないのかを調べることにした。表2から、西日本19府県の調査で採取されたタンポポのうち外来種の割合[%]を求めなさい。ただし、小数点以下を四捨五入して整数で答えること。 (エ)

(2) これまでのタンポポの調査から、在来種二倍体が多く分布する地域では、外来種の割合は環境指標として有効であると考えられている。そこで、表2をもとに19府県のタンポポ全体における外来種の割合(外来種率)と、在来種全体における二倍体の割合(二倍体率/在来種)をグラフにして表すと図3のようになった。

香川県に相当する点を、図3の①~⑤の中から1つ選びなさい。 (オ)

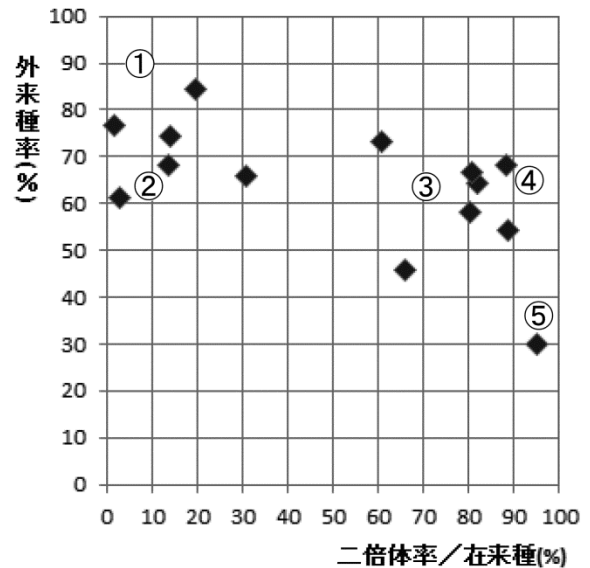


図3 19府県の二倍体率と外来種率

(3) 愛媛県と高知県に特徴的な個体として、シロバナタンポポがあることがわかった。そこで3人は、まず高知県に調査に出かけ、シロバナタンポポの個体を探すことにした。最初に見つけたタンポポの個体が、3人ともすべてシロバナタンポポである確率は何%であるか答えなさい。なお、3人が個体を見つける際、個体による探しやすさに違いがないものと仮定し、小数点第2位を四捨五入して答えること。 (カ)

出題意図

I 物理領域

問題	資質・能力
1. (1)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
(2)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
2. (1)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解 科学的根拠に基づき，多面的，総合的に判断する態度 複数の事象間の関係を図的に整理して体系的に理解する能力 示された文脈に沿って自らの知識・理解を活用・更新する，コミュニケーションの態度
3. (1)	科学的探求についての理解 探求のために必要な観察・実験等の技能 科学的に探求する態度
(2)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解 観察・実験し，得られた結果を分析して解釈する力
(3)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解 自然現象の中から見通しをもって仮説を設定する力 仮説の妥当性や改善策を検討する力
4.	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）

II 化学領域

問題	資質・能力
1. (1)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
(2)	自然の事象に対する概念や原理・法則を体系的に理解する能力
(3)	仮説の妥当性や改善策を検討する力
(4)	データを基に科学的に探求する力と科学的な根拠を基に考えを表現する力
(5)	データを基に科学的に探求する力
(6)	データを基に科学的に探求する力
(7)	データを基に科学的に探求する能力

III 生物領域

問題	資質・能力
1. (1)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
(2)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
(3)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
(4)	観察・実験し，得られた結果を分析して解釈するなど科学的に探求する力と科学的な根拠を基に考えを表現する力
(5)	得られた結果を分析して解釈するなど科学的に探求する力と科学的な根拠を基に考えを表現する力

(6)	観察・実験し，得られた結果を分析して解釈するなど科学的に探求する力と科学的な根拠を基に考えを表現する力
-----	---

IV 地学領域

問題	資質・能力
1. (1)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解
(2)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解 科学的な根拠を基に表現する能力
(3)	観察・実験し，得られた結果を分析して解釈する能力 情報収集して仮説の妥当性を検討したり，考察したりする力
(4)	観察・実験し，得られた結果を分析して解釈する能力
(5)	新たな知識やモデル等を創造したり，次の課題を発見したりする力 自然現象の中から見通しをもって仮説を設定する力
(6)	事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり，獲得したりする力 学んだことを次の課題や，日常生活や社会に活用しようとする態度

V 理数融合領域

問題	資質・能力
1. (1)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
(2)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
(3)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）
2. (1)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解 科学的根拠に基づき，多面的，総合的に判断する態度 複数の事象間の関係を図的に整理して体系的に理解する能力 示された文脈に沿って自らの知識・理解を活用・更新する，コミュニケーションの態度
(2)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解 科学的根拠に基づき，多面的，総合的に判断する態度 複数の事象間の関係を図的に整理して体系的に理解する能力 示された文脈に沿って自らの知識・理解を活用・更新する，コミュニケーションの態度
(3)	科学的な探求能力（論理的・分析的・統合的に考察する力）

採点基準

物理領域

1.

(1)(ア) (液体の) 沸点 , 蒸発熱 , 質量			
(2)(イ) ①, ⑤, ⑥	(ウ) ①, ⑤, ⑦	(エ) ①, ⑥, ⑦	(オ) (空欄)

2.

(1)(ア) 2	(イ) 1	(ウ) 3	(エ) 3	(オ) 2	(カ) 1
-------------	----------	----------	----------	----------	----------

3.

(1)(ア) 5	(2)(イ) 8	(3)(ウ) 5
-------------	-------------	-------------

4.

(ア) 6	(イ) 2	(ウ) 13	
(エ) 2	(オ) 3	(カ) 7	(キ) 6

化学領域

1.

(1)(ア) ⑤	(2)(イ) ⑤	(3)(ウ) ②	
(4)(エ) 単原子分子であること。			
(5)(オ) ④	(6)(カ)化学式 O_3	(キ)名称 オゾン	(7)(ク) ②

生物領域

1.

(1)(ア) ③	(イ) ③	(ウ) ①	(エ) ①
(2)(オ) ①	(3) (カ) ③	(4) (キ) ②	(5) (ク) ①

(6)(ケ) ②	(コ) ⑦	(サ) ③	(シ) ①
-------------	----------	----------	----------

地学領域

1.

(1)(ア) ①, ②, ⑤	(2)(イ)	
	<p>露点の値： 13 °C</p>	
(3)(ウ) ⑤	(4)(エ) ③	(5)(オ) ①
(6)(カ) ③		

理数融合領域

1.

(1)(ア)	個	着	性	の	生	物	や	植	物	等	に	適	用	し	,	調
	査	地	に	い	く	つ	か	の	一	定	の	区	画	を	設	定
	し	,	そ	の	中	の	生	物	の	数	を	調	べ	,	1	m
	四	方	の	区	画	ご	と	の	密	度	か	ら	全	体	の	個
	体	数	を	推	計	す	る	方	法	。						
(2)(イ) 200	個体						(3)(ウ) 4900	個体								

2.

(1)(エ) 57 %	(2)(オ) ⑤
(3)(カ) 4.3 %	

問題例B

I 物理領域

1. 物理基礎の授業で、40名の生徒が次のような実験を行った。実験結果・考察に関する下の問い(1)～(5)に答えなさい。

目的

物理の教科書には「空気の抵抗力などがはたらかない理想的な状況では、物体が落下するときの重力加速度は物体の質量によらず約 $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ である。」と記載されている。このことを調べるために、質量の異なる物体を落下させ、物体が落下するときの加速度を測定し、考察する。

実験方法および実験装置

- [1] 落下物（おもりと記録テープを合わせた物体）の質量を測定する。
- [2] 図1の装置を設置する。
- [3] 静かに手を放して、落下物の落下運動を記録タイマーで記録する。記録タイマーは記録テープに 0.1 [s] 毎に打点を打つ。（図2）
- [4] 記録テープより平均の落下速度を計算し、平均の落下速度と時間のグラフ（ $v-t$ 図）を作成する。
- [5] $v-t$ 図の傾きから、落下加速度を求める。

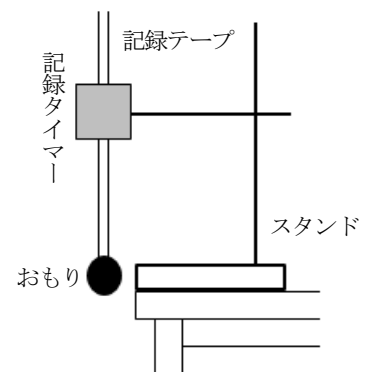


図1

- (1) 図2は、実験手順 [3] で得られた記録テープの一例である。この記録テープに記録された落下物の運動について 0.1 [s] から 0.2 [s] における平均の落下速度を算出せよ。

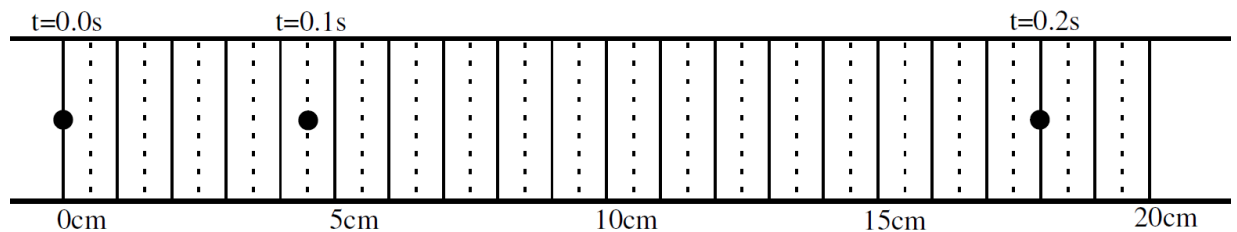
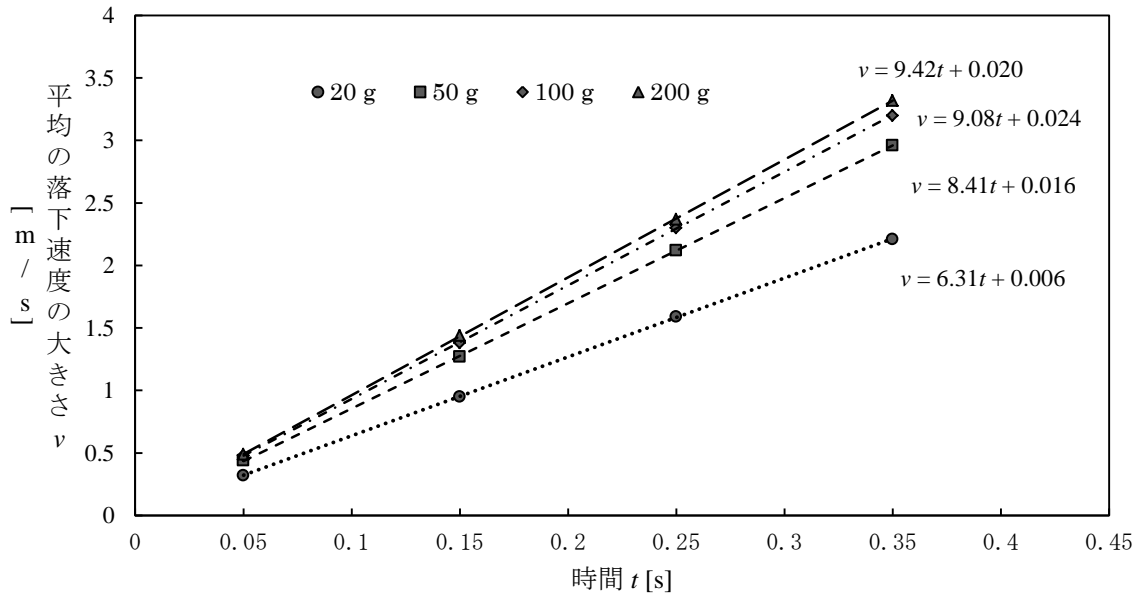


図2

- (2) 図3は実験手順 [4] で得られた $v-t$ 図の一例である。図3に示すように、測定を行った時間の範囲内では、どの質量の実験においても、速さは時間の1次関数（直線）としてよく表現できている。このことから、落下物にはたらく力の合力の性質について述べたものとして、適切なものを次の①～④のうちから一つ選び番号で答えなさい。

- ① 落下物の速さによらず，力の大きさは一定である。
- ② 落下物の速さに比例して，力の大きさは大きくなる。
- ③ 落下物の速さの2乗に比例して，力の大きさは大きくなる。
- ④ 落下物の速さの平方根に比例して，力の大きさは大きくなる。



(図中の直線はデータ点からのずれが最も小さくなるように引いた直線である。)

図3

(3) 質量 20 g, 50 g, 100 g, 200 g の落下物について，40 人が得た落下加速度の平均値は次の表 1 のようになった。表 1 の落下加速度の平均値はどの質量でも，教科書に記載されている重力加速度の値 $9.8 \text{ [m/s}^2]$ より小さな値となった。これは手を離した後，落下物に空気抵抗のような落下を妨げる力がはたらいていたためだと考えられる。このような力として，どのようなものが考えられるか，空気抵抗以外の力を答えよ。

表 1

落下物の質量 [g]	20	50	100	200
落下の加速度 $[\text{m/s}^2]$	6.3	8.4	9.1	9.4

(4) 表1の結果を縦軸に測定された落下加速度の平均値, 横軸に落下物の質量または質量の逆数をとって、グラフで表したものが図4である。図4の右図からわかるように、落下物の測定された落下加速度の平均値と質量の逆数の関係は直線でよく近似されている。このことから、落下物にはたらく重力以外の力の合力の大きさ F の性質について述べたものとして、適切なものを次の①～⑤のうちから一つ選び番号で答えなさい。

- ① F は落下物の質量に比例して大きくなる。
- ② F は落下物の質量の逆数に比例して大きくなる。
- ③ F は落下物の質量に関係なく一定である。
- ④ F は落下物の速さに関係なく一定である。
- ⑤ F は落下物の速さに比例して大きくなる。

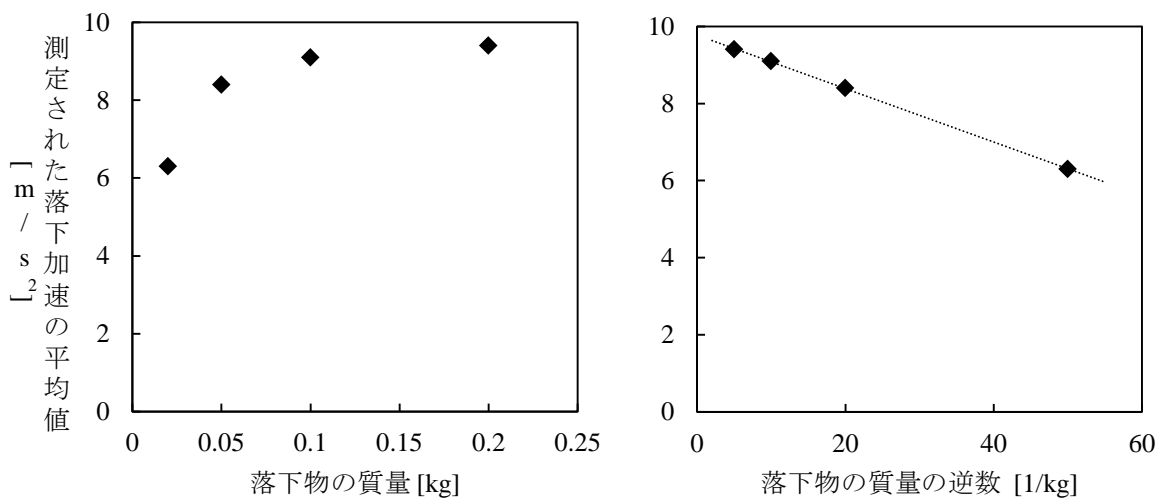


図4

- (5) 図4の右図において4つのデータ点の最も近くを通る直線の方程式が、横軸を x 、縦軸を y とし、 $y = ax + b$ (a, b は実数値) で表されたとする。このとき、重力加速度 g [m/s^2] の大きさと重力以外の力 F [N] の大きさを a, b で表したときの組み合わせとして、適切なものを次の①～⑧のうちから一つ選び番号で答えなさい。

	g	F
①	a	b
②	a	$\frac{1}{b}$
③	a	$-b$
④	a	$-\frac{1}{b}$
⑤	b	a
⑥	b	$\frac{1}{a}$
⑦	b	$-a$
⑧	b	$-\frac{1}{a}$

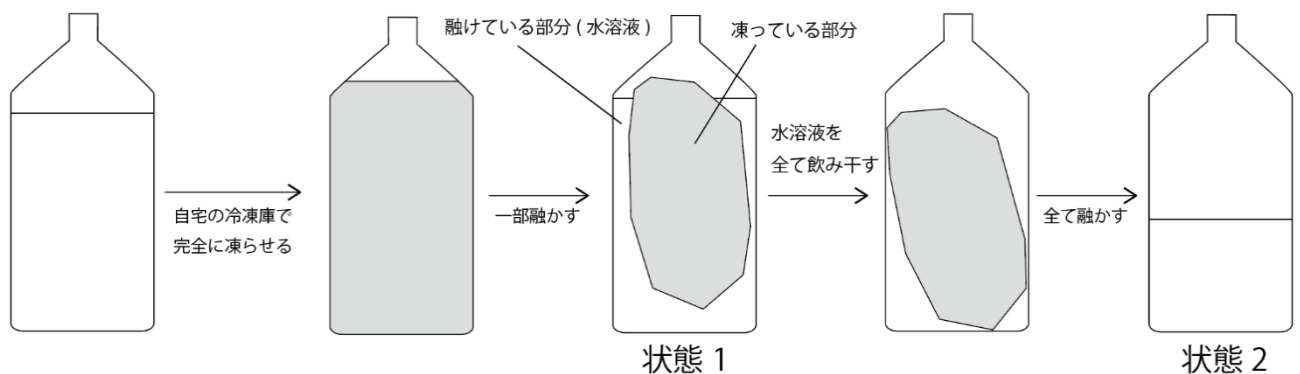
Ⅱ 化学領域

1. 次の文を読み、11 ページの別添資料を参考に下の問い(1)～(7)に答えなさい。

高校1年生の京太郎くんは夏の部活動中、自宅で完全に凍らせておいたスポーツドリンクが少し融けたときに飲むと、凍らせる前よりも甘味が強くなっていることに気がついた。このことを先生に話すと、これを課題研究のテーマに設定してみてもどうかと提案され、水溶液の凝固について課題研究を行うことにした。

京太郎くんの観察結果

- ・甘味が強くなるのは少し融けたときに飲んだ場合であった。
- ・凍っている部分が残っているときには飲まずに、全て融けきってから飲んだ場合、甘みの強さは凍らせる前と同じであった。
- ・一部融けた状態（状態1）で融けている部分を飲んでみると甘味は強かった。その時点での融けている部分（水溶液）をすべて飲み干した後、凍っている部分が全て融けてから（状態2）味を確かめると、甘味は弱かった。



(1) 観察結果より、京太郎くんは次の仮説を立てた。

仮説：「水溶液を冷却し、水溶液が凍っていく過程で、凍っている部分に溶質は含まれない」

この仮説を確かめるための実験操作として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選び番号で答えなさい。

- ① 10%塩化ナトリウム水溶液の凝固点を調べる。
- ② 10%塩化ナトリウム水溶液を冷却し水溶液中に固体が生成し始めたときから一定時間ごとに水溶液を取り出し、その水溶液の塩化ナトリウム濃度を調べる。
- ③ 10%塩化ナトリウム水溶液を冷却し、水溶液中に固体が生成し始める温度を調べる。
- ④ 10%塩化ナトリウム水溶液を冷却し、水溶液すべてが凝固する温度を測定する。

京太郎くんは(1)で立てた仮説を確かめるための実験を行っている際に、水溶液の凝固点は純水の凝固点(0°C)よりも低くなることに気がついた。そこで、水溶液の濃度と凝固点との関係を探るため、次の【実験1】を行った。実験結果の表中の Δt [K] は凝固点降下度とよばれる値であり、水の凝固点 0°C と測定した水溶液の凝固点 T_f [°C] から、以下の式で求められる。

$$\Delta t [\text{K}] = 0 - T_f [^\circ\text{C}]$$

【実験1】

グルコースを水 100 g に溶解させ、凝固点を測定した。次の表は、溶かしたグルコースの質量 [g] と凝固点降下度 Δt [K] の関係を示している。

溶かしたグルコースの質量 [g]	2.00	4.00	6.00
Δt [K]	0.207	0.413	0.620

次に、京太郎くんは溶質の種類によって水の凝固点がどの程度低くなるのか、その影響を調べるため、以下の【実験2】、【実験3】を行った。

【実験2】

尿素を水 100 g に溶解させ、凝固点を測定した。次の表は、溶かした尿素の質量 [g] と凝固点降下度 Δt [K] の関係を示している。

溶かした尿素の質量 [g]	2.00	4.00	6.00
Δt [K]	0.620	1.24	1.86

【実験3】

塩化ナトリウムを水 100 g に溶解させ、凝固点を測定した。次の表は溶かした塩化ナトリウムの質量 [g] と凝固点降下度 Δt [K] の関係を示している。

溶かした塩化ナトリウムの質量 [g]	2.00	4.00	6.00
Δt [K]	1.28	2.56	3.84

- (2) 【実験1】の全ての結果を解答欄のグラフ用紙に「○」で点を打ちなさい。線でつなぐ必要はない。
- (3) 【実験2】の全ての結果を解答欄のグラフ用紙に「×」で点を打ちなさい。線でつなぐ必要はない。
- (4) 【実験1】，【実験2】の結果に基づく考察として適切でないものはどれか，下の①～⑤のうちから番号で答えなさい。ただし，複数ある場合はすべて答えなさい。
- ① 溶解させたグルコースの物質質量と凝固点降下度は比例の関係にある。
 - ② 溶媒が水である場合，溶質 1.00 g あたりの凝固点降下度は溶質の種類には関係なく一定である。
 - ③ 水溶液の凝固点降下度は溶質の質量に比例する。
 - ④ 同じ質量で比較した場合，尿素の方がグルコースよりも凝固点を低下させる効果大きい。
 - ⑤ 凝固点降下度は溶媒の種類に関係なく，溶質の種類と物質質量によって決まる。
 - ⑥ 凝固点降下度は溶質の種類に関係なく，溶質の物質質量によって決まる。
- (5) 【実験3】の全ての結果を解答欄のグラフ用紙に「△」で点を打ちなさい。線でつなぐ必要はない。
- (6) 【実験3】の結果に基づく考察を行った場合，【実験1】と【実験2】の結果に基づく考察とは矛盾する点がある。矛盾すると考えられる考察を(4)の①～⑥から選び番号で答えなさい。ただし，(4)で適切でないと選択したものを選ぶことはできない。また，複数ある場合はすべて答えなさい。
- (7) 【実験1】～【実験3】より，硝酸カリウム 3.48 g を水 100 g に溶かしたときの凝固点降下度 $\Delta t [K]$ を予想しなさい。ただし，答えは有効数字2桁で求めなさい。

別添資料

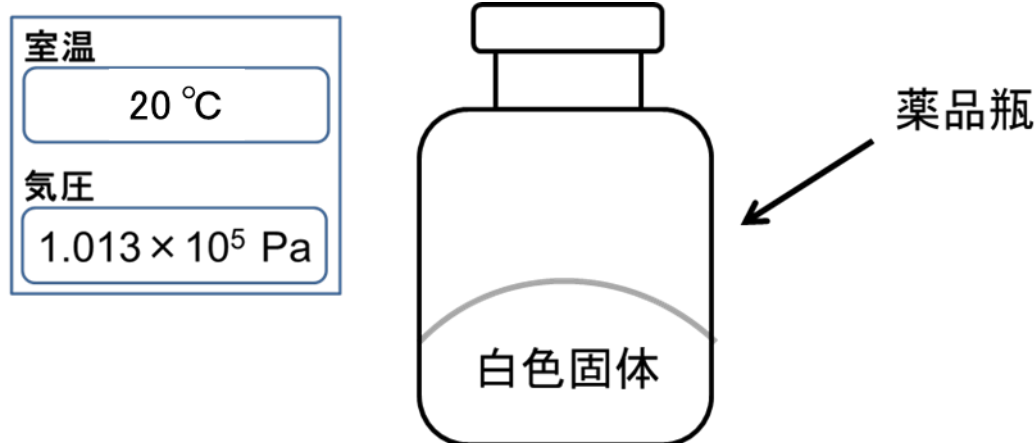
表1 純物質の融点, モル質量

名称	化学式	1気圧で測定したときの融点 [°C]	モル質量 [g/mol]	水 100 g に対する溶解量 (20°C)
酸素	O ₂	-218.9	32	3.11 mL
ナトリウム	Na	99.9	23	—
マグネシウム	Mg	650	24	—
塩素	Cl ₂	-101.0	71	230 mL
カルシウム	Ca	851	80	—
ヨウ素	I ₂	113.7	254	0.029 g
水	H ₂ O	0	18	—
二酸化炭素	CO ₂	-78.5 (昇華点)	44	87.8 mL
塩化水素	HCl	-114.2	36.5	77.0 g
硫酸	H ₂ SO ₄	10.4	98	—
硝酸	HNO ₃	-41.3	63	—
水酸化ナトリウム	NaOH	318.4	39	109 g
水酸化マグネシウム	Mg(OH) ₂	加熱分解	58	0.09 g
水酸化カルシウム	Ca(OH) ₂	加熱分解	56	0.16 g
塩化ナトリウム	NaCl	800	58	35.8 g
塩化コバルト	CoCl ₂	735	130	52.9 g
硫酸ナトリウム	Na ₂ SO ₄	884	142	19.4 g
硫酸マグネシウム	MgSO ₄	1155	120	33.7 g
硫酸銅(II)	CuSO ₄	—	160	20.1 g
硝酸カリウム	KNO ₃	339	101	31.6 g
硝酸銀	AgNO ₃	208.5	170	215 g
炭酸カルシウム	CaCO ₃	加熱分解	100	0.091 g
炭酸水素ナトリウム	NaHCO ₃	加熱分解	84	9.55 g
ヨウ化マグネシウム	MgI ₂	加熱分解	278	140 g
グルコース	C ₆ H ₁₂ O ₆	146.5	180	—
尿素	CO(NH ₂) ₂	132	60	—

表1の融点等の値は「岩波理化学辞典増訂版 (増訂第8刷)」、「化学便覧基礎編改訂4版」、「安全データシート (昭和化学株式会社)」等を参考にしている。なお、記載がなかったものは「—」としている。

2. 次の文章を読み，11 ページの別添資料を参考に下の問い(1)～(3)に答えなさい。

先生と京子さんが薬品庫の薬品を整理していると，次の図のような薬品ラベルのはがれた薬品瓶を発見した。薬品瓶の中には，白色の固体が入っていた。



京子さんはその見た目から，(ア)『この白色固体は水酸化カルシウムではないか』と考え，先生に尋ねた。

京子：「先生，この試薬瓶に入っているのは白色固体なので，水酸化カルシウムだと思います。」

先生：「白色粉末だけで水酸化カルシウムと決めることはできますか。」

京子：「うーん。じゃあ水に溶かして pH を測定し，塩基性であることを確かめます。」

先生：「塩基性の白色固体は水酸化ナトリウムなど，他にも考えられますね。物質を特定するためには複数の実験を行う必要があります。京子さん，この白色固体が水酸化カルシウムであることを確かめるための実験計画を立ててみてはいかがでしょうか。」

京子：「分かりました。やってみます！」

- (1) 下線部(ア)について、京子さんは先生の助言をもとに実験計画を立て、想定される結果についてもまとめた。以下は、京子さんがまとめたレポートである。空欄①～④に当てはまる実験方法もしくは想定結果を答えなさい。

【実験1】 水溶性を確かめる	⇒	【想定結果1】 溶けにくい
【実験2】 フェノールフタレイン溶液を加える	⇒	【想定結果2】 (①)
【実験3】 炎色反応を確かめる	⇒	【想定結果3】 (②)
【実験4】 加熱する	⇒	【想定結果4】 (③)
【実験5】 (④)	⇒	【想定結果5】 炭酸カルシウムの白色沈殿が生成する

京子さんの実験計画

京子さんは先ほどの実験計画に従って実験を行ったところ、想定結果ではない結果になり、白色固体は水酸化カルシウムではないことが分かった。

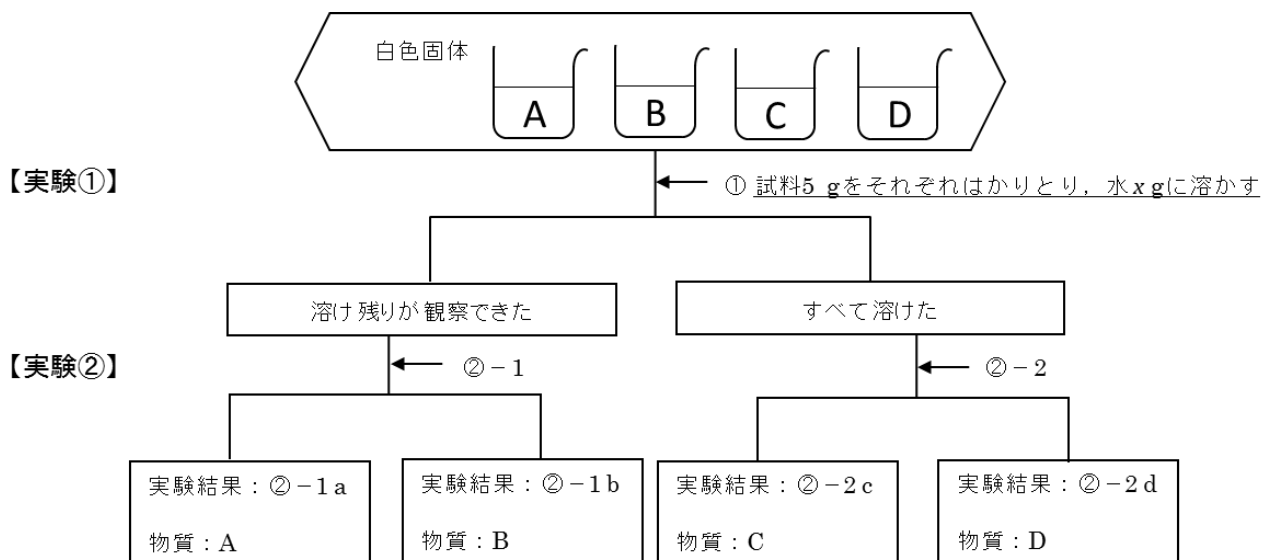
京子：「先生、水酸化カルシウムではありませんでした。」

先生：「やはりそうでしたか。実は、いつかつてその瓶の周辺には塩化ナトリウム・炭酸水素ナトリウム・水酸化マグネシウム・ヨウ化マグネシウムがあったようです。」

京子：「・・・。」

先生：「この白色固体は、塩化ナトリウム・炭酸水素ナトリウム・水酸化マグネシウム・ヨウ化マグネシウムのいずれかであると考えられますので、このうちの一つを特定するための実験を考えましょう。」

- (2) 下線部(イ)について、この白色固体が塩化ナトリウム・炭酸水素ナトリウム・水酸化マグネシウム・ヨウ化マグネシウムのいずれかであるとき、白色固体を同定する実験のフローチャートを下図のように考えた。ただし、白色固体は純物質であり、各実験では試料の一部を試薬瓶から新しく取り出して用いる。また安全上、直接試薬を触る、味を確認するといった実験操作は出来ない。



- (α) 実験①では、水溶性によって4種類の試料を2つのグループに分ける。試料5gをそれぞれはかりとり水に溶かす場合、溶け残りが観察できるもの2つ（炭酸水素ナトリウムと水酸化マグネシウム）、すべて溶けるもの2つ（塩化ナトリウムとヨウ化マグネシウム）という結果を得るための水 x [g] の範囲を求めよ。ただし、数値は小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで示せ。

- (β) 実験②では、4種類の試料を一つずつに分類する。②-1と②-2にあてはまる実験方法及びその方法によって得られる実験結果②-1a、②-1b、②-2c、②-2dを答えよ。また、その実験結果によって特定される物質A~Dの化学式を答えよ。ただし、各実験方法は(1)で京子さんが考えた実験を含む方法は除くものとする。

フローチャートに従って実験したところ白色固体が塩化ナトリウムに該当することがわかった。

京子：「白色固体は塩化ナトリウムだと思われます。」

先生：「薬品名を記録しておこうと思いますので、最後に塩化ナトリウムだと確定するための実験を考えてみましょう。」

- (3) 下線部(ウ)について、塩化ナトリウムであることを確認するための実験方法及びその方法によって得られる想定結果の例を2つ挙げなさい。ただし、本問については、(2)の実験①，実験②で用いた実験方法は除くものとする。

Ⅲ 生物領域

1. 次の文章は、ヒトの腎臓の構造と働きについて述べたものである。これを読み、下の問い(1)～(5)に答えなさい。

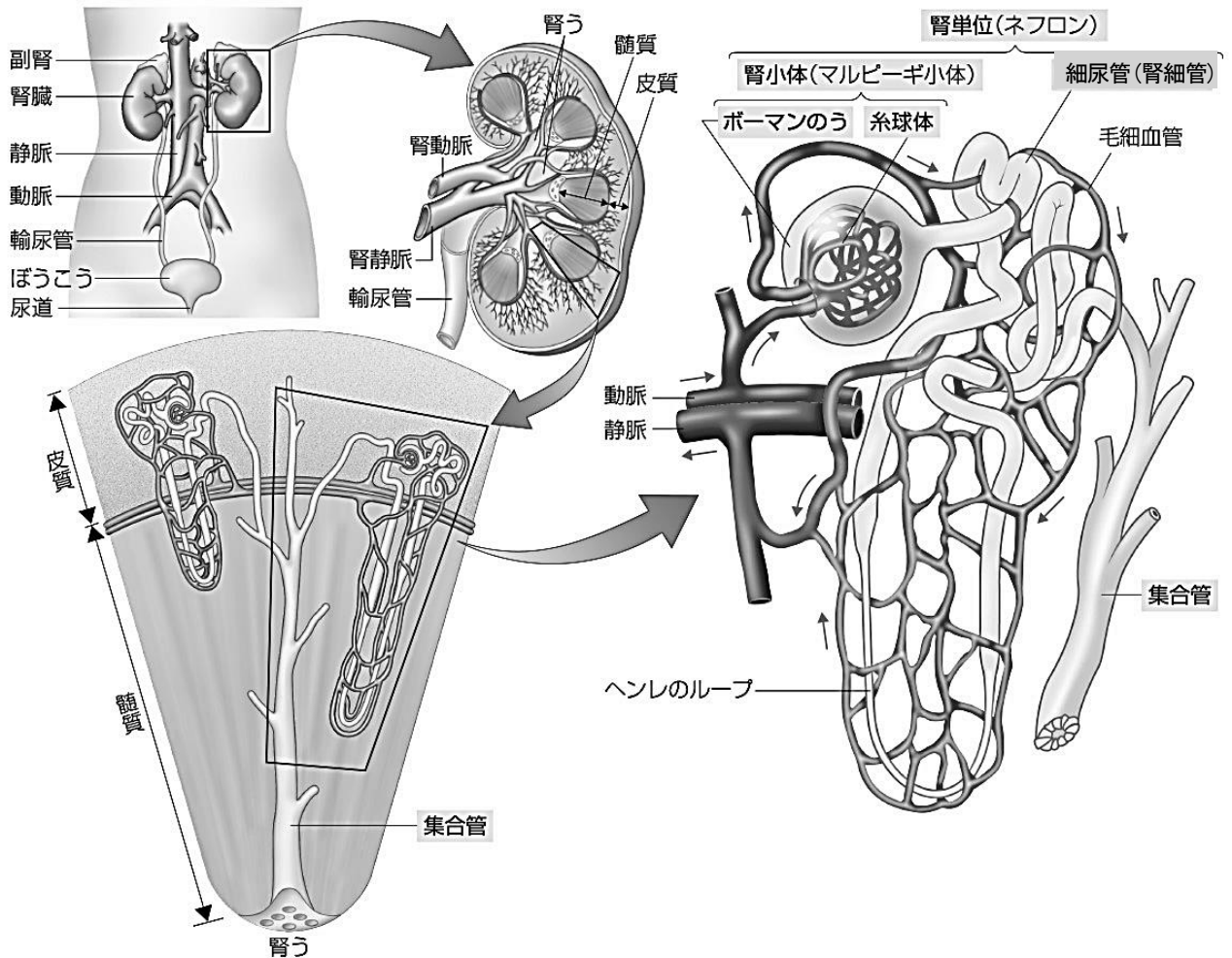


図1

図1に示すように、ヒトの体内には、腎臓が左右一対存在しています。成人の場合、1つの腎臓に、腎動脈と腎静脈の2つの太い血管と輸尿管がつながっており、腎臓で生成された尿は輸尿管を経て膀胱へ送られ、尿道から体外へ排出されます。

腎臓の主な働きは、尿の生成を通じた血液の浄化と体液の濃度調節です。この働きを担う構造として、左右それぞれの腎臓の内部には、ネフロン（腎単位）が約100万個存在しています。1つのネフロンは、腎臓の内部にある腎皮質と腎髄質を往来するように存在しています。そして、1つのネフロンは、腎小体と細尿管から構成されています。腎小体は毛細血管が球状に集まった糸球体とそれを包み込んでいるボーマンのうで構成されています。細尿管は、ボーマンのうに続く近位細尿管からヘンレのループを経て、遠位細尿管へと曲がりくねった構造をしています。また、細尿管の周囲には毛細血管が密着しています。遠位細尿管は、集合管という太い管に接続しており、集合管は、腎うへとつながっています。

腎臓では腎動脈から入った血液が、動脈を経て、球状の毛細血管である糸球体へ送られます。ここで、血液の血しょう中に含まれる一部の物質は、糸球体からそれを包むボーマンのうへ送られます。これをろ過といいます。ろ過されてボーマンのう側へ送られた液体を原尿といい、原尿には、水、 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ などの塩類、 HCO_3^- 、 H^+ 、尿素、グルコース（ブドウ糖）、アミノ酸などが含まれます。ろ過されないタンパク質などの物質は糸球体から毛細血管を経て、静脈へ送られます。

図2に示すように、ろ過されてボーマンのう側へ送られた原尿は、再吸収と分泌という過程を経て、尿として排出されていきます。再吸収と分泌の過程は、以下の【1】～【4】の順に進んでいきます。

【1】 原尿は、まず、近位細尿管へ送られます。ここでは、原尿に含まれるほぼすべてのグルコース（ブドウ糖）などの栄養素が再吸収されるとともに、約80%の Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ などの塩類と水が再吸収されます。再吸収には、濃度差に応じて物質が移動する「受動的な」と、濃度差に逆らって多量のエネルギーを消費することによって物質を輸送する「能動的な」ものがあります。ここでの再吸収のしくみは、まず、栄養素と

Na^+ が細尿管内から細尿管の輸送上皮細胞に受動的に移動したのち、輸送上皮細胞から細尿管を浸す組織液へと能動的に輸送されます。 Na^+ の移動に伴って Cl^- も移動し、水も受動的に組織液側へと移動していきます。そして、栄養素と塩類、水は近接する毛細血管内へとさらに移動していきます。また、輸送上皮細胞から H^+ が細尿管内へ能動的に分泌されるのに伴って、 HCO_3^- が受動的に再吸収されます。

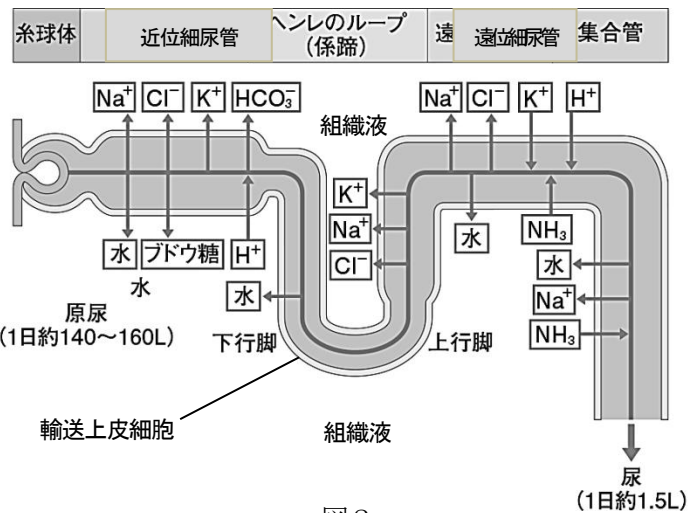


図2

【2】 次に、ヘンレのループでは、まず、(ア)下行脚で水が受動的に再吸収されます。また、上行脚では、 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ などの塩類が能動的に再吸収されます。

【3】 さらに、遠位細尿管では、 Na^+ 、 Cl^- などが能動的に、水が受動的に再吸収されるとともに、 K^+ などが能動的に細尿管内へ分泌されます。また、(イ)輸送上皮細胞から H^+ が細尿管内へ能動的に分泌されるのに伴って、アンモニア (NH_3) が細尿管内へ能動的に分泌されます。

【4】 最後に、集合管では、水が受動的に再吸収されるとともに、 Na^+ 、 Cl^- などが能動的に再吸収されます。また、 K^+ 、 NH_3 などが分泌されます。

こうして、ろ過によってこし出された原尿のうち、約99%の水やほぼすべてのグルコース（ブドウ糖）、アミノ酸などの栄養素、 Na^+ 、 Cl^- などの塩類が再吸収され、残りのわずかな水と尿素、アンモニアなどの老廃物が尿として排出されます。

【図1の出典】

・吉里勝利ほか監修、『五訂版スクエア最新図説生物 neo』，第一学習社，2017年，p.118.

【図2の出典】

・増田敦子編著、『身体のしくみとはたらき—楽しく学ぶ解剖生理』，サイオ出版，2015年.

(<https://www.kango-roo.com/sn/k/view/1901>)

【説明文の引用・参考文献】

・増田敦子編著、『身体のしくみとはたらき—楽しく学ぶ解剖生理』，サイオ出版，2015年.

(<https://www.kango-roo.com/sn/k/view/1901>)

・池内昌彦ほか監訳、『キャンベル生物学（原書第9版）』，丸善出版，2013年.

(1) 図2に示す近位細尿管の輸送上皮細胞を観察したところ、細胞内部に他の組織の細胞と比べてある特徴がみられた。この特徴に関する説明文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選び番号で答えなさい。

- ① リボソームが多量に存在していた。
- ② 原形質流動がみられなかった。
- ③ ミトコンドリアが多量に存在していた。
- ④ 液胞が発達していた。

- (2) 下線部 (ア) について、ヘンレのループの (1) 下行脚で水が受動的に再吸収された場合、および (2) 上行脚で塩類が能動的に再吸収された場合、細尿管内の原尿と組織液の濃度の関係を表すものの組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選び番号で答えなさい。

	(1)	(2)
①	原尿 > 組織液	原尿 > 組織液
②	原尿 > 組織液	組織液 > 原尿
③	組織液 > 原尿	組織液 > 原尿
④	組織液 > 原尿	原尿 > 組織液

- (3) 下線部 (イ) の働きによって、ヒトの尿中にはわずかながら、細尿管の輸送上皮細胞で分泌されたアンモニア (NH_3) が含まれている。アンモニアが H^+ (水素イオン) とともに、輸送上皮細胞で分泌される理由の説明として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選び番号で答えなさい。

- ① H^+ (水素イオン) の分泌に必要なエネルギーを生じる際の老廃物として分泌されていると考えられる。
- ② 輸送上皮細胞内の H^+ (水素イオン) 濃度調節のために分泌されていると考えられる。
- ③ ヘンレのループ下行脚での、水の再吸収を促進するために分泌されていると考えられる。
- ④ 遠位細尿管での、塩類の再吸収を促進するために分泌されていると考えられる。

- (4) 糸球体からろ過された原尿中および尿中における尿素の濃度をそれぞれ調べた結果、原尿中に含まれる尿素の約 29% が再吸収されていることがわかった。老廃物である尿素がなぜ再吸収されるのか。図 2 をもとにして、その理由として考えられることを述べなさい。

(5) 血液の血しょう中に含まれるグルコースが腎臓で尿中に排泄された場合、尿中に含まれるグルコースを尿糖といい、糖尿病の診断においては尿糖の検査が行われる。

図3は、血しょう中に含まれるグルコースの濃度 [mg/100mL] に対する、糸球体でのグルコースのろ過速度 [mg/分]、尿中のグルコース排泄速度 [mg/分]、細尿管でのグルコースの再吸収速度 [mg/分] をそれぞれ表している。図3のグラフをもとに、どのようにして尿中にグルコースが排泄され、尿糖が生じるのかを具体的に説明しなさい。

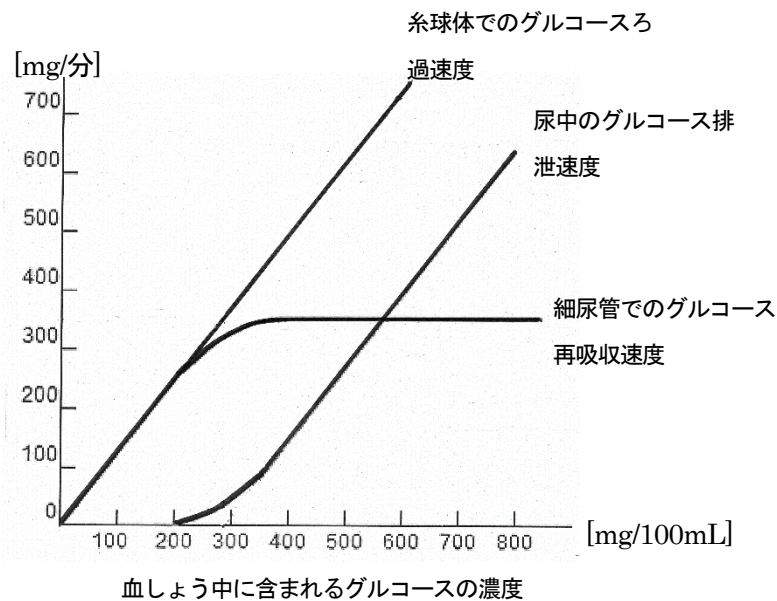


図3

【図3の出典】

患者力 UP!で糖尿病息災© 2008-2016 Double-Cradle.JP

(<http://www.double-cradle.jp/diabetes-mellitus-knowledge/signs-and-symptoms/sugar-in-urine.html>)

IV 地学領域

1. 次の文を読み、下の問い(1)～(6)に答えなさい。

友人と話をしているときに「晴れた昼間は洗濯物がよく乾くね」という話題になった。しかし、太陽の光が当たらなくても洗濯物は乾く。そこで、洗濯物が乾くことには日光以外の要因があるのではないかと考え、乾き方には「湿度」が関係しているという仮説を立てて、研究を行うことにした。まず、よく晴れた日に太陽の光が当たらない日陰で洗濯物が乾くようすを調べるために、次の実験を行った。

<実験>

- 6) 木綿のタオルハンカチを 10 枚用意し、それぞれに番号を付ける。
- 7) 1)のタオルハンカチを洗面器に入れた水にひたし、脱水機にかけた後にそれぞれの質量（干す前の質量）を測定する。
- 8) 2)で質量を測定したタオルハンカチを、上の写真のように、直射日光の当たらない場所に並べて干す。
- 9) 3 時間後に、再びそれぞれのタオルハンカチの質量（干した後の質量）を測定する。
- 10) 1)～4)の実験を、8時からと 18 時からの 2 回おこなって、蒸発した水の量を比較する。

なお、実験開始の時刻を 8 時からと 18 時からに決めたのは、よく晴れた日の湿度を調べたら、この付近では 8 時頃と 18 時頃の湿度が同じ値になる日が多いという特徴を見つけた。

<結果> 実験結果は、次の表のようになった。

表 干した時刻のちがいによる、蒸発した水の量のちがい（単位は g）

		布の番号					平均
		1	2	3	...	10	
8 時～11 時に 干したとき	干す前の質量	52.4	48.5	49.9	...	52.3	52.7
	干した後の質量	32.2	29.9	30.8	...	31.2	33.1
	蒸発した水の量	20.2	18.7	19.1	...	21.1	19.7
18 時～21 時に 干したとき	干す前の質量	56.7	51.6	45.9	...	49.0	51.4
	干した後の質量	39.9	36.6	32.0	...	33.1	36.2
	蒸発した水の量	16.8	15.0	13.9	...	15.9	15.3

また、次の図1と図2は、実験を行った日に百葉箱で記録された気温と湿度のデータである。図3は、飽和水蒸気量のグラフである。この研究に関して、後の各問いに答えなさい。

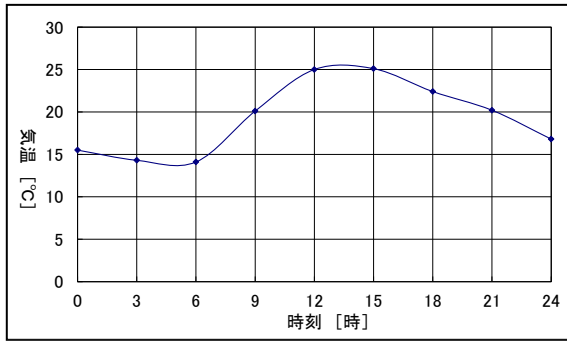


図1 気温の変化

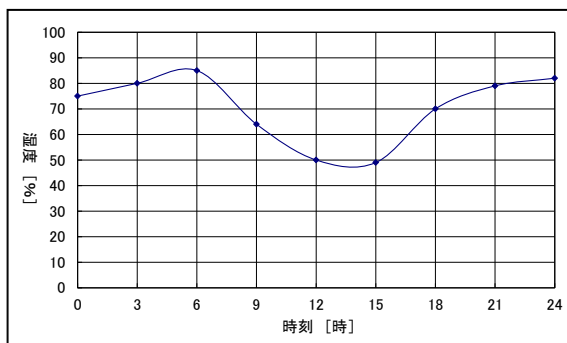


図2 湿度の変化

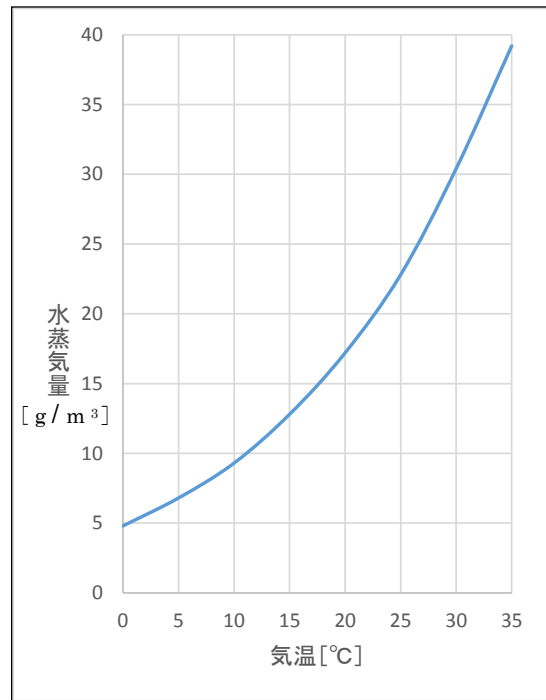


図3 各気温における飽和水蒸気量

(1) 湿度の測定には乾湿計を用いる。自分で湿度を測定するために、乾湿計を自作しようと考えた。乾湿計を自作するときに必要なものを、次の①～⑥のうちから三つ選びなさい。 **(ア)**

- ① 2本の温度計
- ② ガーゼ
- ③ 金属製のコップ
- ④ エタノールとエタノールを入れる容器
- ⑤ 水と水を入れる容器
- ⑥ 氷と氷を入れる容器

(2) 洗濯物の乾きかたを、温度や湿度の変化から考えるために、この日の12時の気温(25°C)と湿度(50%)をもとにして、露点の値を求めることとした。まず、12時の露点を求める方法について、解答用紙の飽和水蒸気量のグラフに、線や点、矢印などを用いて説明を記入しなさい。また、露点の値を、最も近い整数で答えなさい。 **(イ)**

(3) 洗濯物の乾き方の違いは、「湿度が同じ」条件で比較してみるとよいのではないかと考えた。図2では、実験を行った日も8時と18時の湿度が70%で、同じになっている。しかし、8時と18時を比較すると、18時の方が水の蒸発が起こりやすいと考えた。あなたはその意見に賛成しますか、反対しますか。理由も含めて、あなたの考えに最も近いものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 ウ

- ① 反対。湿度が同じなので、水の蒸発の起こりやすさは同じ。
- ② 反対。湿度は同じでも8時の方が、気温が低く飽和水蒸気量が小さいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ③ 反対。湿度は同じでも8時の方が、気温が低く飽和水蒸気量が大きいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ④ 賛成。湿度は同じでも18時の方が、気温が高く飽和水蒸気量が小さいので、水の蒸発が起こりやすい。
- ⑤ 賛成。湿度は同じでも18時の方が、気温が高く飽和水蒸気量が大きいので、水の蒸発が起こりやすい。

(4) 実験の結果を見ると、8時～11時に干した方が18時～21時に干したときより、蒸発した水の量が多いことが分かった。私はこの実験結果が、上記の(3)で考えたことと一見すると矛盾しているように感じて、実験結果を説明する理由を考えた。次のアからエの中から、実験結果を説明する理由として、最も適当なものを①～④のうちから一つ選びなさい。 エ

- ① 8時の時点では18時よりも気温が高かったが、その後の3時間のあいだに気温が低下したから。
- ② 8時の時点では18時よりも気温が高かったが、その後の3時間のあいだに湿度が低下したから。
- ③ 8時の時点では18時よりも気温が低かったが、その後の3時間のあいだに気温が上昇したから。
- ④ 8時の時点では18時よりも気温が低かったが、その後の3時間のあいだに湿度が上昇したから。

(5) 洗濯物の乾き方に関する日光以外の要因は、湿度のほかにもあるのではないかと考えて、さらに実験をしてみようと思います。洗濯物の乾き方に関する「要因」を調べる実験として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。 **(オ)**

- ① 洗濯物にあたる風の様子を変えて、干してあるタオルハンカチに扇風機の風があたる場合とあたらない場合で、蒸発した水の量を比較する。
- ② 洗濯物の大きさを変えて、同じ素材のタオルハンカチとバスタオルで、蒸発した水の量を比較する。
- ③ 洗濯物が含む水の量を変えて、タオルハンカチを手で軽くしぼった場合と脱水機でしぼった場合で、蒸発した水の量を比較する。
- ④ 洗濯物の布の材質を変えて、もめん 100%の布とポリエステル 100%の布で、蒸発した水の量を比較する。

(6) この実験では、洗濯物の乾き方には「湿度」が関係しているという仮説を立てて実験を進めた。実験の最後に、まとめをおこなった。実験のまとめとして誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。 **(カ)**

- ① よく晴れた日の昼間は、気温が高くなると湿度が低くなるので、気温が低くなる夜間よりもタオルハンカチはよく乾く。
- ② よく晴れた日の気温は午後2時頃に最も高く、湿度はその頃最も低くなるので、この頃にタオルハンカチを乾かしていると、1日の中で最も早く乾く。
- ③ くもりの日は、気温の変化が少ないので湿度の変化も少なく、湿度の値が安定しているので、よく晴れた日と比べてタオルハンカチがよく乾く。
- ④ 雨が降り続けているときは湿度が高い状態が続くので洗濯物は乾きにくいですが、暖房された室内や、エアコンで除湿された室内であれば、タオルハンカチを乾かすことができる。

IV 理数融合領域

1. 次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

主要組織適合性複合体抗原（MHC 抗原）は、細胞表面に発現しているタンパク質であり、多様性に富み、免疫系における自己と非自己の識別に利用されている。実験用のマウスでは、MHC 抗原がホモ接合になったマウスが移植等の実験に用いられている。

MHC 抗原が a ($a \times a$) 系統のマウスと b ($b \times b$) 系統のマウスを交配した F_1 (雑種第一代) は、a 系統および b 系統の MHC 抗原を発現する $a \times b$ 系統になる (図 1)。この F_1 マウスに親のマウスの組織を移植すると、 F_1 マウスは移植片を拒絶せず、移植片は生着する。一方、 F_1 マウスの組織を親に移植すると、親は移植片を拒絶する。これは、 F_1 マウスでは、a 系統および b 系統の MHC 抗原がいずれも自己と認識されるが、親マウスでは、a 系統、もしくは b 系統の MHC 抗原のいずれかのみが自己と認識されるからである。

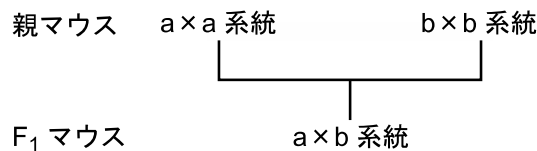


図 1 親マウスと F_1 マウスの MHC 抗原の関係

(1) F_1 マウス同士を交配した F_2 マウス (雑種第二代) に親の組織を移植する場合、移植片が生着

する確率は、 $\frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}}$ である。 $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる数を入れなさい。なお、解答する場

合は、それ以上約分できない形で答えなさい。

(2) マウス X, マウス Y, マウス Z は、MHC 抗原の遺伝子型がそれぞれ異なり、 $a \times a$ 系統, $b \times b$ 系統, $c \times c$ 系統, $a \times b$ 系統, $b \times c$ 系統, $a \times c$ 系統のいずれかのマウスとする。次の 3 つの条件をすべて満たすマウス X, マウス Y, マウス Z の MHC 抗原の遺伝子型を下の表 1 の①～⑩の中からすべて選び、番号で答えなさい。

条件 1 a 系統のマウスの組織をマウス X に移植すると、移植片は生着しない。

条件 2 マウス Y の組織をマウス X に移植すると、移植片は生着する。

条件 3 マウス Y とマウス Z を交配した F_1 マウスに、マウス X の組織を移植すると、約半数のマウスで移植片が生着する。

表1 マウス X, マウス Y, マウス Z の MHC 抗原の遺伝子型

番号	マウス X	マウス Y	マウス Z
①	a × b	a × a	a × c
②	a × b	b × b	a × c
③	b × c	b × b	a × a
④	b × c	b × b	c × c
⑤	b × c	b × b	a × b
⑥	b × c	b × b	a × c
⑦	b × c	c × c	a × b
⑧	b × c	c × c	a × c
⑨	b × b	b × c	c × c
⑩	c × c	b × c	b × b

(3) 臓器移植における拒絶反応を抑制する薬剤の一つとして、カビから単離されたシクロスポリン ($C_{62}H_{111}N_{11}O_{12}$) という物質が使用されている。体重 60 kg の患者に、シクロスポリン 7 [mg/kg] を投与する場合に必要なシクロスポリンの物質質量 [mol] を求めなさい。ただし、原子量を H 1.0, C 12, N 14, O 16 とし、有効数字三桁を四捨五入し有効数字二桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

(4) マウスを用いて皮膚移植の実験を行った。移植した皮膚の形は図 2 に示した四角形であった。この移植片は、マウスの体表面積の何パーセントに相当するか、有効数字 3 桁を四捨五入し有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、マウスの体表面積を 70 cm^2 とし、必要に応じて、 $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{5}=2.24$, $\sqrt{6}=2.45$, $\sqrt{7}=2.65$ を用いなさい。次の (ア) ~ (ス) に当てはまる数を答えなさい。なお、分数形で解答する場合は、それ以上約分できない形で答えなさい。

図 2 の三角形 ABC において、1.6 cm と 1.4 cm に挟まれた角を θ とすると、

$$\text{余弦定理により, } \cos \theta = \frac{\boxed{\text{ア}} \boxed{\text{イ}}}{\boxed{\text{ウ}} \boxed{\text{エ}}}$$

$$\sin \theta > 0 \text{ であるから, } \sin \theta = \frac{\boxed{\text{オ}} \sqrt{\boxed{\text{カ}}}}{\boxed{\text{キ}} \boxed{\text{ク}}}$$

$$\text{移植した皮膚の面積を } S [\text{cm}^2] \text{ とすると, } S = \frac{\boxed{\text{ケ}} \sqrt{\boxed{\text{コ}}}}{\boxed{\text{サ}}}$$

よって、マウスの体表面積に対する移植片の割合は、 $\boxed{\text{シ}} \cdot \boxed{\text{ス}} \%$ である。

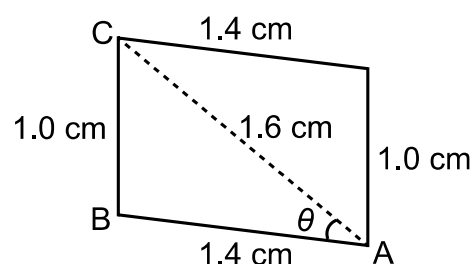


図 2 移植した皮膚の形

2. 次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

MHC 抗原の異なるマウスを用いて皮膚移植の実験を行った。a 系統マウス(10 匹)の皮膚片(1.0 cm × 2.0 cm)を b 系統マウス(10 匹)にそれぞれ移植した後、皮膚片の状態を観察し、皮膚片が脱落し始めた日(開始日)と皮膚片が完全に脱落した日(終了日)を記録した(1 回目の移植)。さらに、b 系統マウスに移植した皮膚片が脱落した直後、1 回目の移植に用いた同一の a 系統マウスから採取した皮膚片を b 系統マウスに再度移植し、皮膚片の状態を観察し、皮膚片が脱落し始めた日と皮膚片が完全に脱落した日を記録した(2 回目の移植)。これらの実験結果をまとめたのが表 2 である。

表 2 皮膚片の同種移植と拒絶反応

1 回目の移植			2 回目の移植		
開始日	終了日	中間値(日) ^a	開始日	終了日	中間値(日) ^a
7	10	8.5	4	8	6.0
9	12	10.5	5	8	6.5
6	10	8.0	4	7	5.5
6	10	8.0	4	7	5.5
8	11	9.5	5	8	6.5
7	11	9.0	3	7	5.0
8	10	9.0	5	8	6.5
6	9	7.5	4	7	5.5
7	11	9.0	3	7	5.0
8	11	9.5	5	8	6.5

^a 中間値(日)は、開始日と終了日の中間の日を示している。

データは、柳本 誠一郎 岡山医学会雑誌 81(5-6), 435-455(1969-1970)より抜粋した。

箱ひげ図とは、あるデータの最大値を M、最小値を m、第 1 四分位数を Q_1 、中央値を Q_2 、第 3 四分位数を Q_3 とするとき、これらの 5 つの値に対しての図をいう(図 3)。

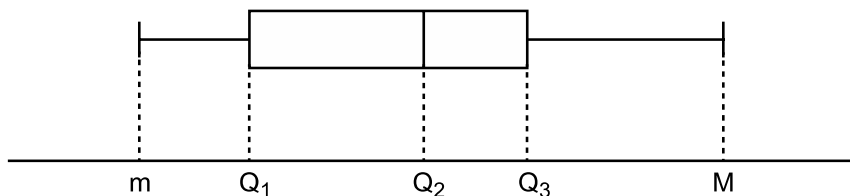


図 3 箱ひげ図

(1) 1回目の移植と2回目の移植における中間値（日）に相当する箱ひげ図を，次の図4のA～Fの中から選び，その適切な組合せを下の①～⑨のうちから一つ選び番号で答えなさい。

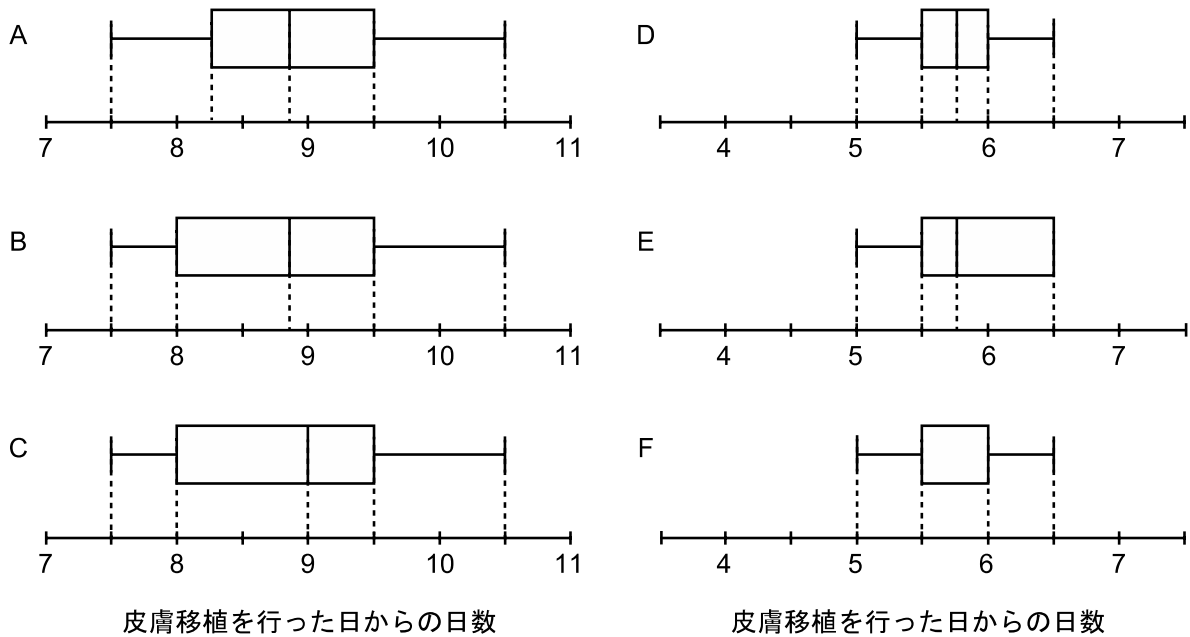


図4 1回目の移植と2回目の移植の中間値（日）の箱ひげ図

番号	1回目の移植	2回目の移植
①	A	D
②	A	E
③	A	F
④	B	D
⑤	B	E
⑥	B	F
⑦	C	D
⑧	C	E
⑨	C	F

【参考文献】

柳本 誠一郎「同種皮膚移植の実験的研究，とくに移植皮膚片に対する物理的ならびに生物学的全処置が拒絶反応におよぼす影響について」岡山医学会雑誌 Vol. 81, No. 5-6, pp. 435-455 (1969-1970)

出題意図

I 物理領域

問題	資質・能力
1. (1)	実験データが物理量を引き出す力
(2)	実験結果を表現したグラフから、本質的な事項を引き出す力
(3)	理想化された状況から現実の問題へ応用する力
(4)	習得した知識を具体的な問題に適用する力
(5)	実験データを分析し、意味のある情報を見出す力

II 化学領域

問題	資質・能力
1. (1)	探求のために必要な観察・実験等の技能 仮説の妥当性や改善策を検討する力
(2) (3)	探求のために必要な観察・実験等の技能
(4)	科学的探求についての理解 観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探求する力 仮説の妥当性や改善策を検討する力
(5)	探求のために必要な観察・実験等の技能
(6)	科学的探求についての理解 観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探求する力 仮説の妥当性や改善策を検討する力
(7)	自然事象に対する概念や原理・法則の理解 自然事象の中から見通しをもって課題や仮説を設定する力 科学的な根拠を基に考えを表現する力
2. (1)	探究のために必要な観察・実験等の技能 観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的な根拠を基に考えを表現する力
(2)	探究のために必要な観察・実験等の技能
(ア)	観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する力と科学的な根拠を基に考えを表現する力
(イ)	科学的探究についての理解 探究のために必要な観察・実験等の技能 観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する力と科学的な根拠を基に考えを表現する力 仮説の妥当性や改善策を検討する力
(3)	科学的探究についての理解 探究のために必要な観察・実験等の技能 観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する力と科学的な根拠

	を基に考えを表現する力 仮説の妥当性や改善策を検討する力 科学的根拠に基づき、多面的、総合的に判断する態度
--	---

Ⅲ 生物領域

問題	資質・能力
(1)	自然事象の中から見通しをもって課題や仮説を設定する力
(2)	自然事象の中から見通しをもって課題や仮説を設定する力
(3)	自然事象の中から見通しをもって課題や仮説を設定する力
(4)	自然事象の中から見通しをもって課題や仮説を設定する力 観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する力と科学的な根拠を基に考え表現する力
(5)	観察・実験し、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する力と科学的な根拠を基に考え表現する力

Ⅳ 地学領域

問題	資質・能力
1. (1)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解
(2)	自然現象に対する概念や原理・法則の理解 科学的な根拠を基に表現する能力
(3)	観察・実験し、得られた結果を分析して解釈する能力 情報収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力
(4)	観察・実験し、得られた結果を分析して解釈する能力
(5)	新たな知識やモデル等を創造したり、次の課題を発見したりする力 自然現象の中から見通しをもって仮説を設定する力
(6)	事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力 学んだことを次の課題や、日常生活や社会に活用しようとする態度

Ⅴ 理数融合領域

問題	資質・能力
1. (1)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能）
1. (2)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能） ○教科の枠にとらわれない、多面的・多角的、複合的な視点で事象を捉え、数学や理科に関する課題として設定するとともに、「数学的な見方・考え方」や「理科の見方・考え方」を豊かな発想で活用したり組み合わせたりできる力（思考力・判断力・表現力等）
1. (3)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な

	理解をする力（知識・技能）
1. (4)	<p>○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能）</p> <p>○教科の枠にとらわれない，多面的・多角的，複合的な視点で事象を捉え，数学や理科に関する課題として設定するとともに，「数学的な見方・考え方」や「理科の見方・考え方」を豊かな発想で活用したり組み合わせたりできる力（思考力・判断力・表現力等）</p>
2. (1)	○探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解をする力（知識・技能）

採点基準

物理領域

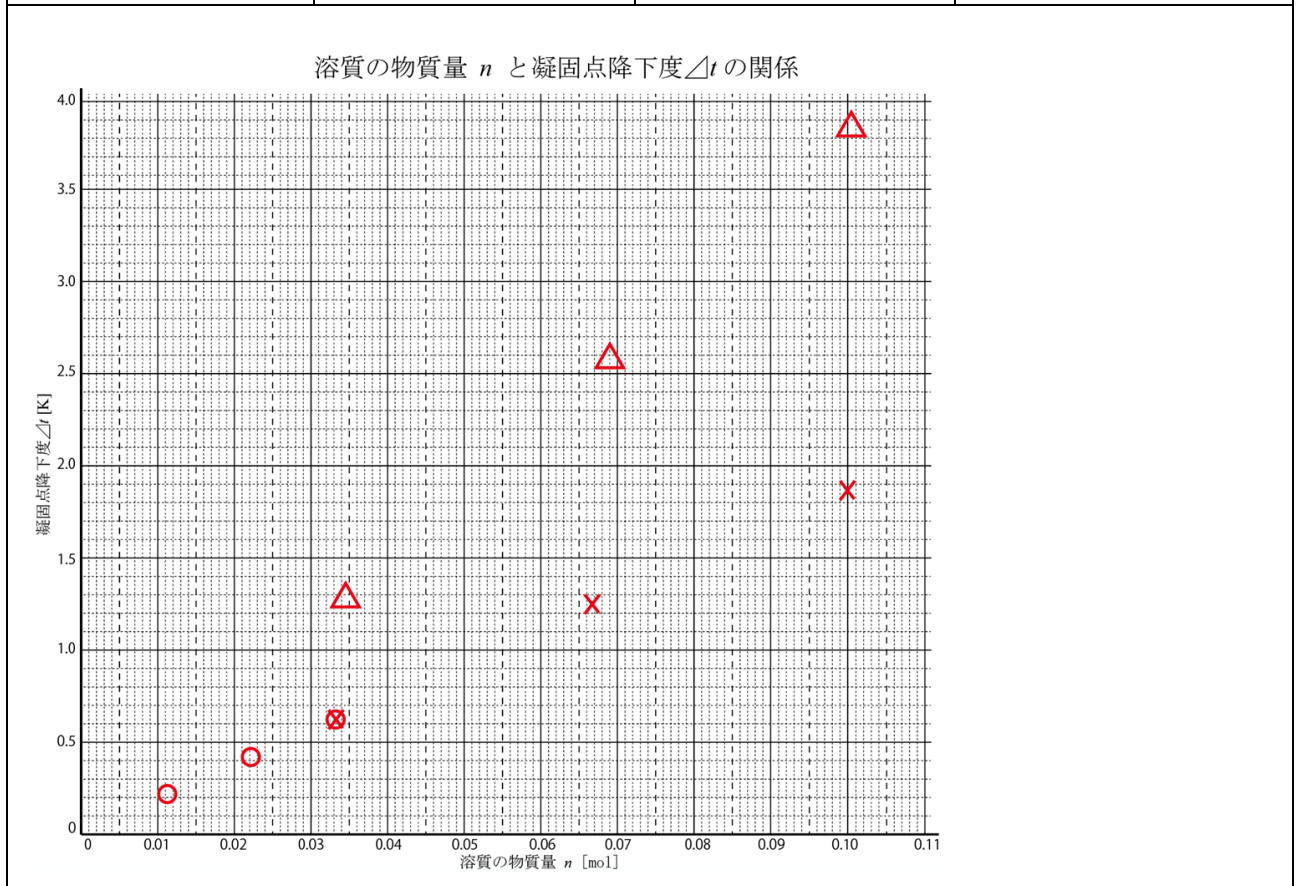
1.

(1) 1.35 m/s または 135 cm/s	
(3) 記録テープと記録タイマーの間の摩擦力	
(4) ③	(5) ⑦

化学領域

1.

(1) ②	(2) 下のグラフ用紙に○で 解答しなさい	(3) 下のグラフ用紙に×で 解答しなさい	(4) ② ⑤
(5) 下のグラフ用紙に△で 解答しなさい	(6) ⑥	(7) 1.3 K	



2.

(1)	①	赤色になる	
	②	橙色の炎が観察できる	
	③	水が発生する	
	④	水に溶かして，二酸化炭素を通じる	
(2)	(α)	14.0 < x \leq 52.4	
	(β)	実験方法 ②-1 欄外	
		実験結果 ②-1a	物質 A
		欄外	欄外
		実験結果 ②-1b	物質 B
		欄外	欄外
		実験方法 ②-2 欄外	
		実験結果 ②-2c	物質 C
欄外	欄外		
	実験結果 ②-2d	物質 D	
	欄外	欄外	

実験方法②-1 実験結果②-1a 実験結果②-1b について

○方法：希塩酸を加え，発生した気体を石灰水に通す。：

結果：石灰水は白濁する。 → NaHCO_3

結果：石灰水は変化しない。(希塩酸に溶解する，気体が発生しない) → Mg(OH)_2

※試薬を加熱し，発生した気体を石灰水に通す。→ 実験計画を一部含む(下線部)ため，誤答
実験方法②-2 実験結果②-2a 実験結果②-2b について

○方法：水に溶かして塩素水を加える。

結果：変化しない。 → NaCl

結果：溶液が褐色になる。(別解：黒紫色の沈殿が生成する) → MgI_2

○方法：水溶液を電気分解する：

結果：陽極付近が褐色になる → MgI_2

結果：陽極から気体が発生し，刺激臭がする → NaCl

○方法：臭素水を加える：

結果：溶液が褐色になる(黒紫色の沈殿を生じる) → MgI_2

結果：変化なし → NaCl

○方法：硝酸銀水溶液(酢酸鉛(II)水溶液)を加える：

結果：黄色沈殿が生成する(変化しない：化学基礎で扱わないため許容) → MgI_2

結果：白色沈殿が生成する → NaCl

○方法：硝酸水銀(Ⅱ)水溶液を加える：

結果：橙赤色沈殿が生成する → MgI₂

結果：白色沈殿が生成する → NaCl

(3)	1 つ 目	実験方法 欄外
		想定結果 欄外
	2 つ 目	実験方法 欄外
		測定結果 欄外

○実験方法：炎色反応を調べる。

想定結果：黄色の炎が観察できる。

○実験方法：水に溶かして BTB 溶液を加える。

想定結果：BTB 溶液の色が緑色のまま変化しない。

○実験方法：融点を測定する

想定結果：801℃で融解する。

○実験方法：再結晶する

想定結果：立方体の結晶が得られる。

○実験方法：水溶液を電気分解する

想定結果：陽極から気体が発生し，刺激臭がする

○実験方法：硝酸銀水溶液（酢酸鉛(Ⅱ)水溶液）を加える

想定結果：白色沈殿が生成する

○実験方法：硝酸水銀(Ⅱ)水溶液を加える

想定結果：白色沈殿が生成する

生物領域

1.

(1) ③	(2) ③	(3) ②
(4) 組織液側の濃度を高くして、 <u>水分の再吸収を促すため</u> と考えられる。 ※ <u>実線部</u> で○， <u>実線部</u> + <u>波線部</u> で◎		

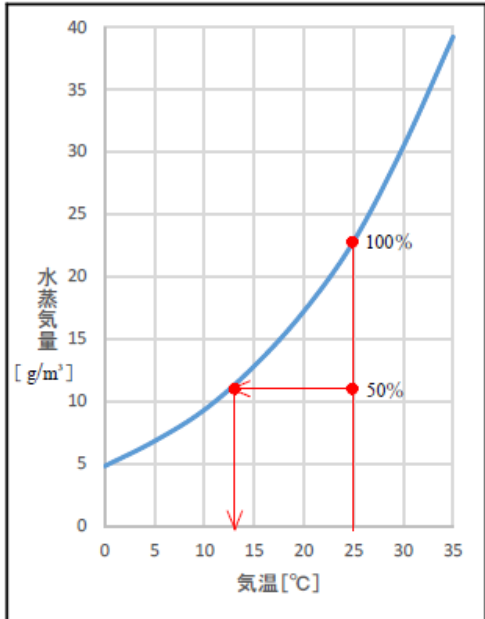
(5)

- ① 細尿管でのグルコースの再吸収には限度があり、350mg/100mL 以上になると再吸収速度が最大となるため、グルコースの再吸収率が徐々に小さくなる。このため、
 ② 血しょう中のグルコース濃度が高い場合は、その濃度に応じて、尿中のグルコース排泄速度が大きくなり、それだけ尿中にグルコースが排泄される。

※下線部①「グルコースの再吸収には限度がある」＋「350mg/100mL」が必須、
 下線部①＋下線部②で◎、下線部①のみは○、下線部②のみは×

地学領域

1.

<p>(1)(ア) ①, ②, ⑤</p>	<p>(2)(イ)</p>  <p>露点の値： <u>13</u> °C</p>	
<p>(3)(ウ) ⑤</p>	<p>(4)(エ) ③</p>	<p>(5)(オ) ①</p>
<p>(6)(カ) ③</p>		

理数融合領域

1.

<p>(1)(ア) 3</p>	<p>(イ) 4</p>	<p>(2) ⑥ ⑦</p>
<p>(3) 3.5×10^4</p>	<p>計算過程 $C_{62}H_{111}N_{11}O_{12}$ の分子量を求めると、</p>	

(0.00035) mol	$62 \times 12 + 111 \times 1 + 11 \times 14 + 12 \times 16 = 1201$ になる。 (分子量を求める式)		
	$0.007 \text{ (g)} \times 60 \div 1201 \text{ (g/mol)} = 0.000349\dots \text{ (mol)}$ (物質量を求める式)		
(4)(ア) 1	(イ) 1	(ウ) 1	(エ) 4
(4)(オ) 5	(カ) 3	(キ) 1	(ク) 4
(4)(ケ) 4	(コ) 3	(サ) 5	
(4)(シ) 2	(ス) 0		

2.

(1)
⑧

高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革

大学主導型（トップダウン的アプローチ）グループ版 補足資料

本資料は、文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業：理数分野大学主導型（トップダウン的アプローチ）グループの事業成果のまとめであると同時に、順にお読みいただくことで、各大学の理数分野における入学者選抜改革の在り方や手法をガイドするマニュアルともなるものである。

1. はじめに

理数分野では、社会で求められる理数系人材の資質・能力、及び国民全体に求められる科学的な資質・能力（リテラシー）育成に鑑み、入学者選抜改革において、次の原則の重要性を提案する。

○ AP, CP, DP の一体化・明確化：

社会で求められる人材像に応じた学生像（ディプロマ・ポリシー：DP）、そのための大学での教育の革新（カリキュラム・ポリシー：CP）、その教育に求められる高卒時点での資質・能力と生徒像（アドミッションポリシー：AP）を各大学が自覚し、明確化し、関連付けること。

○ 資質・能力の三つの柱の多面的・総合的評価：

思考力・判断力・表現力や創造力、研究を進める力など多面的な資質・能力が、知識・技能（以下一部で「基礎学力」）と共に評価・育成される高大教育改革、および入学者選抜でも複数の手法でそれらを総合的に評価すること。

○ 入学者選抜改革方法の継続的改善：

各大学が定めた AP, CP, DP に応じた入学者選抜改革方法を設計・実施するだけでなく、その成果を検証し、選抜方法を継続的に改善すること（年毎に入試をよくすること）。

上記をマニュアル的に表現すれば、【各大学における AP, CP, DP を明確に設定し、その AP を資質・能力の三つの柱と関連付けながら、入学者選抜改革に対応した具体的な入試問題等に落としこみ、実施後に成果を検証し、翌年度の改革に結びつける】ということになる。

付言すれば、AP は課題ごとの具体的指標まで落とし込んで、初めて生徒の評定に活用できることであり、評価項目と指標を作成して「(AP に適う生徒ならば) 指標で想定した言動を導ける課題になっているか？」という視点から結果も踏まえて課題（選抜方法）を見直すというサイクルを各大学で実践することが入学者選抜改革の肝である。

入学者選抜は各大学で毎年出題者が変わりやすく、これらの原則を共有・継承することが重要である。

2. 理数分野における思考力・判断力・表現力の捉え方（考え方）

本節では、海外の入試問題等の動向を踏まえた、一般選抜における思考力・判断力・表現力（以下「思考力等」と略す場合がある）を重視した問題（以下「思考力問題」と略す場合がある）の特徴や出題、採点方法、及び、それらをさらに一般化した AP の設定、出題・評価方法について述べる。

2.1. 海外動向を踏まえた一般選抜における思考力・判断力・表現力重視問題

2.1.1. 問題解決のステップとは？

問題解決のステップは、一例として、下記のとおり定式化できる。

- i) 問題文を読んで、設問の意図を認識する。
- ii) 問題解決に必要な特定の項目を思い出し、整理する（思考力必要）。
- iii) 問題を解くステップを遂行する。
- iv) 解答を得る。チェックし間違いがあるときは新たな解答を得る。

2.1.2. 新しい状況設定による思考力問題の困難さ

新規な状況設定で思考力を問う問題を出題したいが、下記の問題がある。

- まず思考力が最も必要なのが、上記 i と ii のステップ
- テキスト問題類題では、i と ii のステップはアルゴリズムの記憶で一体化して解答可能
- 多くの大学が行った新規の状況設定による設問では、i と ii のステップで躓きやすく、平均点が低くなりやすいため、ボーダーラインの学生の選別には不向き

そこで、通常の選抜における解決法として下記の方法が用いられるが、「→」以降の問題がある。

- 誘導問題とする → 思考力より、読解力や思考力より、読解力や理解の早さを問う問題となる。
- 頻出問題から次第に新規の状況へ → 思考力問題が、合否を左右しない問題となりがち
→ 新規の状況設定による思考力問題は、多くの大学における一般選抜には適さない。

2.1.3. 一般選抜における思考力問題に求められる要素

以上より、以下の要素を満たした問題を出題することが重要となる。

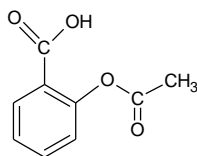
- i) ほぼすべての生徒が自分の理解度に応じて解答することができること。
- ii) 採点者は、生徒の理解度に応じて部分点をつけることができ、また、採点が比較的容易であること。
- iii) 作題が容易であり、たとえ高校側で受験対策を立てたとしても生徒自身の思考力・判断力・表現力向上に役立つこと。
- iv) 解答は一意的でないものが望ましい。
- v) 正しいことを書いているのかを、採点者が読みとりやすいだけでなく、誰にでもわかりやすく説明しているのかなどの表現力も採点できること。

2.1.4. オープンエンド問題を用いた思考力問題

海外で実施されている思考力等を意識した共通テストとしては、国際バカロレア、アメリカの Advanced Placement Tests, イングランドの A-level テストなどがある。これらでは、状況設定、手法、結果のいずれかが曖昧なオープンエンド問題を用いて、一般選抜においても思考力等の測定をしている。曖昧さ故に自分の理解度に応じた解答ができ、多くの受験生の思考力等を見ることが可能となっている。

○化学

スコットランド化学



アスピリンの構造式は図のようになる。

化学の知識を用いて、アスピリンの物理的・化学的性質について述べなさい。

○生物学と数学

ある生徒が進化についてこう言った。「進化と退化は実は同じである。進化とは、環境に合わせてこうなった方が良くということが子孫の多くに伝えられて、向上していく。また洞窟の中のほとんどの魚の目が見えないのは、暗闇で目が必要ないからということが子孫に伝えられていくからである。さもなければ、洞窟に目の見える魚がないことを説明できない。」

生物学の知識を基に、この生徒の説明についてコメントしなさい。なお、この問題では文章コミュニケーション能力も採点対象とする。

ある生徒が、三角関数の加法定理についてこう言った。「三角関数の加法定理はベクトルの性質から求めることもできると思う。」

数学の知識を基に、この生徒の主張にコメントしなさい。

2.1.5. 作題, 採点のポイント

- 「何かを示せ」といった通常の問題を、示す式なども曖昧にしてコメントする形に変更し、解答に自由度を与える。知識や理解度により採点する。
- 何かを示す実験をデザインしてもらう問題では、測定できそうなものすべてを正答とし、誤答でもうまく表現していれば部分点を与える。
- 物理などでは、数式でなく言葉で理由を表現してもらう問題とするのが望ましい。
- 意外な解答には、理解度を見ることによってその都度対応する。

2.2. 理数分野における思考力・判断力・表現力の捉え方の基本

理数分野において思考力等は、下記の理由で重要であり、基礎学力（知識・技能）との関係をよく考慮しながら、入試問題等へと具体化していくことが重要である。

- 思考力は理数分野の学習や研究において必須：不良定義問題の創造的解決や協調的問題解決、試行錯誤や失敗からの学び、探究活動に必須
 - 一方で、思考力等を働かせるための基礎学力も一定程度必要
 - 具体的な研究等の文脈（課題）において思考力を働かせることが重要
- ↓
- 入学者選抜においても資質・能力の洗い出し（次頁図1の縦軸）と具体化（横軸）が重要

例えば、下記の問題を出題する場合には、図1の矢印内に示したような「どのような資質・能力を問うているのか」(縦矢印)や「それをどう具体的に問うのか」(横矢印)を明確にする作業が必要になる。

問題例：なぜ水は100°Cで沸騰してそれ以上、温度が上がらないのか、原子や分子について知らない小学校高学年の児童にわかるように簡潔に説明せよ。

資質・能力の具体化(生徒にどういう解答や言動を求めるのか)

学力要素		評価の観点	指標：具体的な解答例
第1要素	知識	問題解決に必要な知識・理解を示している。	状態変化やそれとエネルギー、温度との関係の知識 「100度以上だと気体になるよ」「気体になる時温度を奪うの」
	技能		—
第2要素	思考力	与えられた資料や講義から情報を収集することができる。それらと既有知識の関連性を見つけまとめたり、さらに新しいアイデアを見つけたりすることができる。	答えと子どもの既有知識との結び付けを考えて、間をつなぐ説明を作る「熱くなると水がぐらぐらするよね、あれは...」 分子等の説明をかみ砕いて行う「こういう分子が手を繋いでいるとするでしょう?」
	判断力	条件に合わせて、情報の関係や軽重、優劣を判別できる。	条件(小学校高学年に説明する)に合わせた情報の取捨選択 解答のやり直しや解答の吟味行動など
	表現力	説明の目的や相手に応じた正確な文章表現が行える。	「って知っている?」と問答形式を使う、知っていそうなことから知らなさそうなことへと準を追って説明できるなど
第3要素	主体性		—
	協働性		—
	多様性		—

どのような資質・能力を求めるのか

図1. 学力要素と評価の観点, 指標・具体的解答例

上記の点に加え、下記にも留意すべきである。

- ☆ 思考力等を各大学においてさらに詳細化するかを考える。
- ☆ 独創力・考察力など独自に設定する場合は、学力要素といかに関係づくかを考える。
- ☆ 第1要素と第2要素との関係、さらに両者を包含した第3要素との関係を考慮する(例: 既習の知識・技能をそのまま用いる第1要素, それらを活用して未習の課題を解決する第2要素, これらを日々実践する研究活動に従事できる証拠としての第3要素など)。

3. 多面的・総合的な選抜方法例

各大学が多面的・総合的な選抜方法を取り入れる際の手順を、マニュアルとして示す。

3.1. CP・DP・APの明確化

最初に、入学した学生に対してどのような教育を行うのかという教育課程編成・実施の方針（CP）と、どのような資質を身に付けた学生を卒業させるのかという卒業認定・学位授与の方針（DP）を明確にした上で、それに相応しい生徒はどのような生徒かという入学者受入れの方針（AP）を決定する。APが抽象的な大学も多いが、それでは高校生／高校に意図は伝わらない。

3.2. 各選抜で求める学力と人数

次に大学が掲げるAPをもとに、各選抜区分で特に求める学力を、第1要素（知識，技能），第2要素（思考力，判断力，表現力），第3要素（主体性，協働性，多様性）に分け，決定する。一例を表1に示す。もし，複数の選抜区分で同じ学力を見ていれば，同じ観点に基づく複数の選抜を同時期に行う必要は薄れる。同時にどの選抜に，どれだけの入学定員を配分するかも検討する。

表1. 各選抜区分で特に求める学力例

学力		一般選抜		学校推薦型選抜 (推薦)	総合型選抜 (AO)
		前期	後期		
第1要素	知識	◎	○	○	
	技能				
第2要素	思考力	◎	◎	○	○
	判断力		○		
	表現力			○	○
第3要素	主体性		○	○	◎
	協働性				○
	多様性			○	

3.3. 人数に応じた選抜モデル

どの選抜を行うかが決まったら，それぞれのAPや募集人数に相応しい選抜方法を選ぶ。複数の試験を組み合わせたり，小規模と中規模に学科試験（大学入学共通テスト）を課したりして，積極的に基礎学力をみることも可能である。

3.3.1. 小規模の選抜例

- A. 課題（パフォーマンス評価）型選抜
- B. 育成（研究指導）型選抜

3.3.2. 中規模の選抜例（小規模にも応用可）

- C. 実績評価（科学コンテスト活用も含む）型選抜
- D. 研究評価（成果重視，プロセス重視）型選抜
- E. 育成（講座）型選抜
- F. 課題（パフォーマンス評価発展）型選抜
- G. 小論文（講義問題も含む）型選抜
- H. 人物評価型選抜

3.3.3. 大規模の選抜例（小・中規模にも応用可）

- I. 学科試験＋主体性評価（面接，小論文，調査書，ポートフォリオ）型選抜
- J. 学科試験＋限定的主体性評価型選抜

K. 学科試験型選抜

3.4. 選抜の各項目で評価する学力と観点

ここでは学力3要素をさらに細分化する。AO選抜の例を表2に示す。この細分化は、久野¹の思考力の細分化をもとに理数分野・大学主導型グループでさらに追加したものである。しかし、学力の考え方には様々な意見があり、さらなる議論が必要である。をもとに理数分野・大学主導型グループで便宜的行ったものであり、さらなる議論が必要である。また、各項目が必ずしも排他的に分類されていないことにも注意が必要である。

分類のねらいとして、第1要素は、高校までの教育で既習の知識・技能をそのまま用いることを評価する観点、第2要素は、それらを活用して未習の課題を解決できることを評価する観点、第3要素は、第1及び第2要素を日々活用・発揮しながら「研究活動」に従事できるかを評価する観点として位置付け、詳細化した。すなわち、科学的な研究活動は、「問題の発見」-「設定・定義」-「解決の方法の探索・計画」-「解決の実行」-「解決結果の振り返り・検証」-「成果の発信」等のステップを有するサイクルを繰り返し行うことで進められるものであり、その各ステップで主体性、協働性等が求められる。

最も大事なことは、各大学でこうした細分化（マトリックスの作成）を「どこまでの範囲の学力（資質・能力）を評価するのか」、および、「具体的に何を評価するのか」の二点に留意しながら行うことである。

表2. AO選抜において評価する学力と観点の例

3.3節の分類では、課題（パフォーマンス評価）型と研究評価（成果重視）型を組み合わせたものである

学力		調査書	志願理由書	研究論文	グループワーク	面接	具体的な観点例：◎がある項目は◎について
第1要素	知識	○		◎			高校で学習した内容を理解した上で、それを活用して研究を進めている
	技能						高校で学習した研究技能を理解した上で、それを活用して研究を進めている
第2要素	思考力 (狭義：知識を活用する)	内容を理解する力			○		Aの説明を聞いて／読んで、Aの内容を理解することができる
		関連付け・比較する力			○		AとBの関連性を見つけ、両者の関係や優劣を判別できる
		類推・発見する力			○		AとBの内容を掘り下げ、新しいCを見つけることができる
		統合・推論する力			◎		断片的に分かったことをまとめることができる
	独創力（知識とは独立な思考力）						ユニークな解答Zを導くことができる
	判断力				◎		一度出した解答を見直し、正しい答えに導くことができる
表現力					○	準備してきた回答ではなく、自分自身の言葉で説明できる	
第3要素	主体性	主体性（狭義：思考力を必要とする）	○			◎	明確な目標を持ってテーマに取り組んでいる 自ら問題発見を行うことができる
		積極性（思考力を必要としない主体性）					科学全般に興味を持ち、探索を行っている 各種メディアからの情報収集を行っている
	協働性				○		他者の意見に対して、理解が不十分な所を確認できる 異論を受容し、自らの研究の参考にできる
	多様性						成果を専門あるいは専門外の分野へと発信し 多様な立場の意見を聴取することができる 先行研究や反駁に触れ、自らの立場を客観視できる

¹ 久野靖, “思考力・判断力・表現力を測るには?”, 情報処理, 58, 733-736 (2017)

継続性		○	現在の研究を発展させ次の研究課題を探究している 継続的に研究を行っている
-----	--	---	---

それぞれの選抜区分について、各項目（学科試験、口頭試問、調査書、志願理由書、学習・研究計画書、研究論文、活動報告書、小論文、個人面接、集団討論、プレゼンテーション、適性検査、外部試験成績、資格、受賞歴等）から評価する学力と具体的な観点を決定する。各項目は、入試規模（人数）に照らし合わせて、実行可能なものでなければならない。

研究や活動の評価に関しては、成果そのものを評価するのか、成果を出すプロセス自体を評価するのかで全く異なってくる。どちらを評価するかで、手法や観点も異なる。

理数系においては、多くの高校で研究活動に取り組み、一部はかなり高いレベルで行っている。その一方で、これらの研究活動には指導が入っている場合も多く、指導者も、高校教員、大学教員、外部有識者、保護者等様々である。こうした指導の影響を正しく判別する方策も検討すべきである。

3.5. 作題における注意点

第2要素については、第1要素との関係でその詳細を考えておくべきなど（2.1節参照）、注意すべき点がある。そうした問題がどのように解かれるかとの関係性から考えた注意点を列挙する。

3.5.1. 偽思考と多義的思考

知識でなく、思考力を問う問題を出題しても、その意に反して、知識や公式のみで作られた解答が大半を占める場合がある。これは、問題が偽思想的になっているためである。例えば、問題文中のAという情報からXという解答を導いて欲しいと出題しても、Xという知識を持っていれば解答可能なら、受験生は普通の学習においてXという知識を得ようとするし、受験時にもそのように解答するだろう。所謂「出題者の意図に反して」という場合であり、これでは思考力を問う問題とは言い難い。

また、問題文中のAという情報からXという解答が、Bという情報からYという解答が導ける場合、問題は多義的になってしまう。XとYのどちらが正解かは問題文から判断できない場合、結局、Xという正解を知っているか否かになってしまう。オープンエンドな問題であれば良いが、一意的な解答を求める問題では不適である。自覚的に多義的な解答を求めるのかどうかを確かめておきたい。

3.5.2. 思考力と独創力

もう一つ思考力を測る上で、重要なのが知識を必要とする「狭義の思考力」と、知識を必要としない汎用的な「独創力」を区別する必要がある点である。理数系の各分野でも独創力を重視する分野と狭義の思考力を重視する分野がある。独創的な思考力を問うのか、学力を必要とする狭義の思考力を問うのかも区別しないとイケない。独創力を問うのであれば、オープンエンドな問題でも良い。

もちろん、これらは厳密に区別できる訳ではないが、意識して作題に当たることが肝要である。以上を表3にまとめる。

表3. 思考力の細分表

思考力	偽思考（思考力がなくても知識で代用可）		問題文中のAという情報からXが導けるが、単にXという知識を持っているだけでも解答可能である。
	多義的思考（答えが一つにならない）		AからXが導ける。BからはYが導ける。XとYのどちらが正解か判断できない。
	思考力 （狭義:知識を必要とする）	内容を理解する力	問題文中のAを理解し、Bとの関連性を見出し、問題文中にないCを発見し、これらをまとめることができる。
		関連付け・比較する力	
		類推・発見する力	
統合・推論する力			
独創力（知識とは独立な思考力）		ユニークな解答Zを導くことができる。	

3.6. 理数系の入学者選抜方法で求められる力

3.6.1. 基礎学力（知識・狭義の思考力）

理数系の学科試験を課さない選抜においては、基礎学力（知識・狭義の思考力）をどう担保するかが問題である。例えば、主な工学系の分野においては、数学や物理の基礎学力は必須であり、高校までにきちんと学修していないと、大学の授業についていけない。もちろん、自由な独創力をより重要視する分野も存在するが、その場合はその分野に特化した選抜で評価すればよい。

研究論文の中から評価するのか、別途学科試験を課すのか、様々な方法が考えられる。

3.6.2. 研究力

理数系で求められる力の一つに「研究力」がある。「研究力」とは、それぞれの研究者によって重要視するポイントは異なるが、例えば、一定の基礎学力があれば、より主体性のある学生を入学させたいという研究者は多いだろう。

主体性についても、単に様々なことを行うだけの「積極性」と、思考力を必要とする「狭義の主体性」に分けて評価すべきである。後者の中で、「問題発見・解決能力」は理数系において特に重要である。

3.6.3. 継続性

大学における理数系教育に求められる探究や研究活動には、継続性が求められる。これは最近言われるレジリエンス（粘り強さ）にも通ずるものである。

近年高校教育でも、総合的な学習の時間を利用して優れた研究活動を行っている例が、目立つようになった。さらに卒業研究や課題研究を課す学校も増え、SSHやSPPのサポートもあって、研究のレベルは格段に上がっている。同時に科学オリンピック等の各教科の実力を競うコンテストもある。しかしながら、問題となるのは、その継続性と主体性である。1年だけのノルマで終わっていたり、1年間はサポートがあったので熱心に行ったが、それ以降は殆ど行っていないという例も見られるようである。これを区別して評価するには、ノルマとして課されていない部分での継続性を見れば良い。

3.7. 理数系の入学者選抜方法

3.7.1. 小規模の選抜例：課題（パフォーマンス評価）型

3.3節の「A. 課題（パフォーマンス評価）型選抜」の実践例（モデルイメージ例）を以下に示す。また、その実施概要を表4に示す。

A-1. 概要

生徒は少人数のグループに分かれ、大学教員による専門分野の講義を受ける。講義担当教員は、講義内容に関連したディスカッション課題、製作課題、実験課題等を与える。評価担当教員が、グループ毎に課題解決の過程をみて、生徒毎に事前に決めた評価観点で評価する。

例示として、東京工業大学で、2016年に実際に実施された講義内容の一つを紹介する(<https://www.titech.ac.jp/news/2016/036252.html>)。なお、東京工業大学で実際に用いている評価項目、評価基準は本資料で述べるものとは同一ではない。

規模：60名程度、5～6名/グループ×10～11グループ

評価：グループ毎に教員を配置し、学生を観察、評価する

形態：講義、作業、実験・製作、ディスカッション、発表

時間：90分講義（講義、作業、発表等）、210分講義（作業、プレゼン）の2種類から選択

期間：3日間、7講義、うち、2講義（タイプ3）は同一テーマを2講義で実施

講義：タイプ1：講義、ディスカッション課題

タイプ2：講義，作業/実験・観察，ディスカッション

タイプ3：実験，観察，ディスカッション

表4. 小規模課題（パフォーマンス評価）型選抜の実施例

選抜形態	総合型選抜（AO）
実施日	9月～
出願要件	次のいずれかに該当し，大学入学共通テストで基準点以上のもの (1) 日本学生科学賞の全国大会に選出された者 (2) 高校生科学技術チャレンジの全国大会に選出された者 (3) 国際科学オリンピックにおいて二次試験に進んだ者 (4) 科学の甲子園の全国大会に選出された者 (5) スーパーサイエンスハイスクール（SSH）生徒研究発表会（全国大会）に出場した者（グループ研究の場合は研究を中心となって推し進めた者に限る。） (6) 課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行った者
提出書類	調査書，志願理由書，研究・活動概要（要件（6）に該当する者については詳細を提出）
実施方法	一次：書類審査（要件（6）については実質的な査読を行う） 二次：グループワーク＋個別面接 最終：大学入学共通テスト
評価方法	一次：思考力，判断力，主体性，および継続性を評価する。 二次：グループワーク70%，面接30%（一次の書類は面接の参考資料とする）で評価する。 最終：基準点（630点）以上の得点を条件とする。
備考	二次の実施規模内容を以下に示す。 規模：名程度，5～6名/グループ×10～11グループ 評価：グループ毎に教員を配置し，学生を観察，評価する 形態：講義，作業，実験・製作，ディスカッション，発表 期間：2日間，3～4講義，2日目午後は面接

A-2. 具体例（タイプ2）：重力波をつかまえろ！（図2）

講義概要：物理学系教員の専門分野である重力波の検出について，どのような原理で検出するかを高校生にわかるように講義する。講義の中で，重力波検出装置を構成する各種装置の性能/設置条件等を説明し，その性能を計算する式を説明文とともに与える。グループメンバーは事前に分担した役割（プロジェクトマネージャ，システムエンジニア，理論チーフ，防振チーフ，鏡チーフ，レーザーチーフ）のなかで，各装置，設置条件等についてその能力を計算し，重力波検出装置の仮想的な費用を積算する。その結果をもとに，与えられた予算内で，最高の性能を実現する組み合わせをみつける。この際，使用できる装置の種類/数や設置場所の種類は限られており，グループ間の早い者勝ちで入手する必要がある。

講義時間，方式：90分，講義，グループディスカッション，プレゼン

生徒の活動：装置を与えられた予算内で実現するため，各装置の担当者は，必要な性能を与えられた計算式を用いて算出し，それらを組み合わせたときに予算内で高い性能を出すべく検討する。全員のディスカッションが必要。サイエンス・ロールプレイング・買い物ゲームのような授業。生徒の個性を見極めるための様々な観点が含まれる。

評価方法：評価の観点や期待する解答を表5に示す。

グループワーク課題

「重力波検出器を作る大型プロジェクトを率いる立場で検出器の設計を行う」

- ① 私から各チームに150億円の予算をあげます
- ② 各チームで話し合い，検出器に必要なアイテムを調達します
- ③ 各チームが作った検出器の感度から，どれだけ遠くのブラックホールや中性子星を観測できるか，私が計算します
- ④ どのような話し合いをして検出器の設計をしたかを最後に聞きます

役割分担

いまから3分間、グループ内で話し合い、それぞれが次に示す役割のうちどれか1つに就いてください

役職	仕事	道具
プロジェクトマネージャー	全体の視括・物品の調達	予算+プロマネバッジ
システムエンジニア	インターフェイスの調整	テキストX
理論チーフ	重力波信号の計算	テキストA
防振チーフ	低周波雑音の計算	テキストB
鏡チーフ	熱雑音の計算	テキストC
レーザーチーフ	量子雑音の計算	テキストD



図2 実際の講義における課題，役割分担および様子

表 5. 小規模課題（パフォーマンス評価）型選抜におけるグループワークの評価例

学力		評価の観点	期待する解答や言動例	
第1要素	知識	高校物理・数学で学習した内容を理解した上で課題を進めている	万有引力の法則，重力，三角関数等「重力波っていても波長だから，三角関数が使えるよ」「重力加速度は $G=GM/R^2$ だから」	
	技能	高校数学で獲得した計算力を使える	費用やコスバが計算できる	
第2要素	思考力 (狭義：知識を活用する)	内容を理解する力	講義を聞き，資料を読み込んで，内容を理解することができる	相対性理論，ブラックホール，中性子「アインシュタインは空間のゆがみで速度が決まると考えたから」「重力波でさらにゆがむ」
		関連付け・比較する力	A と B の関連性を見つけ，両者の関係や優劣を判別できる	同じ予算で二つの検出器，装置の性能を比較する；同じ性能で予算を比較する
		類推・発見する力	A と B の内容を掘り下げ，新しい C を見つけることができる	ブラックホールの合体など重力波の原因，検出器のメカニズムなどに関する発見
		統合・推論する力	断片的に分かったことをまとめる	関連付け発見したことを用いて検出器を構成できる
	独創力(知識とは独立な思考力)	ユニークな解答を導くことができる	—	
	判断力	一度出した解答を見直し，正しい答えに導くことができる	検出器とその下位装置の組合せを何度作っては壊してやり直したか	
表現力	準備してきた回答ではなく，自分自身の言葉で説明できる	検出器とその費用，制約，工夫，今後の課題を適切にプレゼンし，質疑応答できる		
第3要素	主体性	主体性(狭義：思考力を必要とする)	明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる 自ら問題発見を行うことができる	アウトプットに向け，ディスカッションの質を高める役割をそれぞれが取る 「ここを考えよう」「そのアイデアを進めよう」「～してみたらどう？」
		積極性(思考力を必要としない主体性)	活動に積極的に参加している	—
	協働性	他者の意見に対して，理解が不十分な所を確認できる 異論を受容し，課題解決の参考にする	検出器の理解や構成について他者とやり取りしながら深めて創造することができる 「ってどういうこと？」「じゃない？」「わかんないんだけど...」	
	多様性	多様なアプローチに触れ，自らを客観視できる	問題の理解やアプローチ，理学と工学の重視などにおけるメンバーの多様性を享受	
	継続性	研究の成果から課題を発見し，2年以上継続的に研究を行っている	—	

A-3. 小規模課題（パフォーマンス評価）型選抜の評価実績

東京工業大学では，本提案の原型にあたる「高大連携サマーチャレンジ」を10年以上にわたり実施してきており，入学後の活動を一般の入学者との比較データから分析し，検証している。その結果，例えば進路については，①学部で卒業する学生の割合が高い（自分の目的意識をしっかりとって進路を選択していると考えられる），②博士後期課程へ進学する学生の割合が高い，一方，③留年・退学率は同程度であることが判明している。また，学士課程及び大学院課程修了者に対する指導教員の評価においては，専門知識，理解力や熱意といった10項目すべてにおいて一般学生の平均を上回る評価を得ており，この型の選抜方式による入学者が，入学後に高い評価を得ていることが実証されている。

A-4. 小規模の選抜における評価例

上記の選抜方法であれば，表2の学力（資質・能力）を，表5のように評価可能だと考えられる。

3.7.2. 小規模の選抜例：育成プログラム型

自前の育成プログラムを主なターゲットにするが，それ以外も排除しない（要件2（3）の場合）。

表 6. 小規模育成プログラム型選抜の実施例

選抜形態	総合型選抜 (AO)
実施日	9月～
出願要件	次の1から3のすべてに該当する者としてします。 1 次のいずれかに該当する者 (1) 高等学校を卒業した者及び平成##年3月卒業見込みの者 (2) 2 次のいずれかに該当する者 (1) ○○大学主催の育成プログラム「△△」の最終審査に合格した者で、大学入学共通テストで基準点 (60%) 以上の得点を有するもの (2) ○○大学主催の育成プログラム「△△」の二次審査に合格した者で、大学入学共通テストで基準点 (70%) 以上の得点を有するもの (3) 課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行った者で、大学入学共通テストで基準点 (80%) 以上の得点を有するもの 3 合格した場合には入学することを確約できる者
提出書類	調査書, 研究レポート (50 ページ以内)
実施方法	一次: 書類審査 二次: 個別面接 最終: 大学入学共通テスト
評価方法	一次: 思考力, 判断力, および継続性を評価する。 二次: 表現力, 主体性を評価する。 最終: 基準点以上の得点を条件として最終合格者を決定する。

【育成プログラム「△△」の概要】

- i) 研究計画書によって、プログラム参加者を第一次選抜する。〈高1夏〉
- ii) 一次合格者については、生徒1名に対して大学院生1名のチューターを付け、計画書に沿った自主研究を行う。同時にプログラム参加者向けの講義を数回行う。〈高1夏～高2春〉
- iii) 自主研究の発表会を行い、二次選抜する。〈高2春〉
- iv) 二次合格者は、大学教員と相談の上、研究を計画し、教員やチューターの指導のもと研究を行う。〈高2春～高2冬〉
- v) 研究発表会を行い、最終合格者を決定する。〈高2冬〉
- vi) 最終合格者は、継続して研究を行う。〈高2冬～高3冬〉

※高2夏からの参加も認める。ただし、この場合は最終合格者となっても継続研究指導は行わない。

【育成プログラム運営および入学者選抜上の注意】

- ・ 入学選抜と育成プログラムはあくまで独立とする。したがって、育成プログラム以外で研究を行った者の出願も認める。同様の理由で、育成プログラム参加者が他大学に出願することも認める。
- ・ 要件2 (1) ～2 (3) について異なる大学入試共通テスト基準点を設定しているが、同一でもよい。
- ・ 9月に選抜を行うので、高2からの参加者については条件付き合格とし、その後の最終審査の結果によって判断する。
- ・ この選抜の合格者にふさわしい志願者がいないと判断した場合は、募集人員どおりに合格者を決定することはせずに、一般選抜の募集人員によって、その人員を充足する。

3.7.3. 中規模の選抜例：「研究評価（プロセス重視）型＋小論文型選抜」

実施例および評価例を表7および8に示す。

表7. 中規模の選抜例「研究評価（プロセス重視）型+小論文型選抜」の実施例

選抜形態	学校推薦型選抜「研究評価（プロセス重視）型+小論文型選抜」
実施日	11月～
出願要件	評定平均がA段階（4.3以上）の者又は〇〇大学の一般選抜に合格できる程度以上の学力を有する者の中で、課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行ったもの
提出書類	調査書、志願理由書、研究論文
実施方法	書類審査+小論文+個別面接
評価方法	書類審査40%、小論文40%、面接20%

< 「小論文」の問題例（数学） >

関数の列 $f_n(x)$ ($n=0, 1, 2, \dots$) が $x>0$ において関係式

$$f_n(x) = \int_1^x f_{n-1}(y) \log y dy \quad (n=1, 2, \dots)$$

を満たすとする。

$$f_1(x) = \frac{1}{x} - 1 + \log x$$

のとき、以下の問いに答えよ。

- (1) $\lim_{x \rightarrow 1} f_0(x)$ を求めよ。
- (2) $x>0$ の範囲で $f_1(x)$ の最小値を求めよ。
- (3) $x>0$ の範囲で $f_n(x) \geq 0$ ($n=1, 2, \dots$) が成り立つことを示せ。

表8. 中規模の選抜例「研究評価（プロセス重視）型+小論文型選抜」の評価例

学力		調査書	志願理由書	研究論文	小論文	面接	具体的な観点
第1要素	知識	○		○			高校で学習した内容を理解した上で研究を進めている
	技能						
第2要素	思考力 <small>(狭義:知識を必要とする)</small>	内容を理解する力				○	Aの説明を聞いて、Aの内容を理解することができる
		関連付け・比較する力				◎	AとBの関連性を見つけ、両者の関係や優劣を判別できる。
		類推・発見する力			○	○	AとBの内容を掘り下げ、新しいCを見つけることができる
		統合・推論する力			◎		断片的に分かったことをまとめることができる
	独創力 <small>(知識とは独立な思考力)</small>						
	判断力			○			一度出した解答を見直し、正しい答えに導くことができる
表現力					○	準備してきた回答ではなく、自分自身の言葉で説明できる	
第3要素	主体性	主体性 <small>(狭義:思考力を必要とする)</small>		○		◎	明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる
		積極性 <small>(思考力を必要としない主体性)</small>					
	協働性						他者の意見に対して、理解が不十分な所を確認できる
	多様性						
	継続性			○			2年以上継続して研究を行っている

3.7.4. 中規模の選抜例：「実績評価（科学コンテスト活用）型選抜」

実施例および評価例を表9および10に示す。

表 9. 中規模の選抜例「実績評価（科学コンテスト活用）型入試」の実施例

選抜形態	総合型選抜（AO）「実績評価（科学コンテスト活用）型入試」
実施日	9月～
出願要件	以下のいずれかに該当する者で、大学入学共通テストで基準点以上のもの (1) ○○大学主催の科学コンテスト「□□」において、△△賞以上の賞を受賞した者（注1-3） (2) 日本学生科学賞の全国大会に選出された者 (3) 高校生科学技術チャレンジの全国大会に選出された者 (4) 国際科学オリンピックにおいて二次試験に進んだ者 (5) 科学の甲子園の全国大会に選出された者 (6) スーパーサイエンスハク（SSH）生徒研究発表会（全国大会）に出場した者（グループ研究の場合は研究を中心となって推し進めた者に限る。） (7) 課題研究や自主研究等において優れた理系の研究を行った者
提出書類	調査書、志願理由書、研究・活動概要（要件（7）に該当する者については詳細を提出）
実施方法	一次：書類審査（要件（7）については実質的な査読を行う） 二次：グループワーク＋個別面接 最終：大学入学共通テスト
評価方法	一次：思考力、判断力、主体性、および継続性を評価する。 二次：グループワーク 70%、面接 30%（一次の書類は面接の参考資料とする）で評価する。 最終：基準点（630点）以上の得点を条件とする。
備考	（注1）資格要件を満たしていることを募集期間前に郵送で該当者に伝えてもよい。 （注2）複数の大学が合同で科学コンテストを主催し、その成績を大学間で、入試で共用してもよい。 （注3）中学校での受賞者も対象にしてよい。

表 10. 中規模の選抜例「実績評価（科学コンテスト活用）型入試」の評価例

学力		調査書	志願理由書	研究論文	面接	共通テスト	具体的な観点
第1要素	知識	○				◎	高校で学習した内容を理解している。
	技能						
第2要素	思考力 <small>（狭義：知識を必要とする）</small>	内容を理解する力				○	Aの説明を聞いて（読んで）、Aの内容を理解することができる
		関連付け・比較する力					AとBの関連性を見つけ、両者の関係や優劣を判別できる。
		類推・発見する力		○			AとBの内容を掘り下げ、新しいCを見つけることができる
		統合・推論する力		◎			断片的に分かったことをまとめることができる
	独創力 <small>（知識とは独立な思考力）</small>						
	判断力				○		一度出した解答を見直し、正しい答えに導くことができる
	表現力				◎		準備してきた回答ではなく、自分自身の言葉で説明できる
第3要素	主体性	主体性 <small>（狭義：思考力を必要とする）</small>		○	○		明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる
		積極性 <small>（思考力を必要としない主体性）</small>					
	協働性						他者の意見に対して、理解が不十分な所を確認できる
	多様性						
	継続性			○			2年以上継続的に研究を行っている

3.7.5. 大規模の選抜例

実施例および評価例を表11および12に示す。

表 11. 大規模の実施例

選抜形態	一般選抜
実施日	1月～
出願要件	以下のいずれかに該当する者 (1) 高等学校を卒業した者及び平成##年3月卒業見込みの者 (2)
提出書類	調査書, 研究・活動報告書
実施方法	大学入学共通テスト+個別学力検査+書類審査
評価方法	大学入学共通テストと個別学力検査の合計点に書類審査の得点を加えて評価

表 12. 大規模の評価例

学力		調査書	共通テスト	個別学力検査	書類審査	具体的な観点
第1要素	知識		◎	○		高校で学習した内容を理解している
	技能					
第2要素	思考力 (狭義:知識を必要とする)	内容を理解する力	○	◎		問題文中のAを理解し、Bとの関連性を見出すことができる
		関連付け・比較する力				
		類推・発見する力				
		統合・推論する力				
	独創力 (知識とは独立な思考力)					
判断力						
表現力						
第3要素	主体性	主体性 (狭義:思考力を必要とする)			◎	明確な目標を持ってテーマに取り組むことができる
		積極性 (思考力を必要としない主体性)				
	協働性					
	多様性					
	継続性					

4. おわりに

大学主導型（トップダウン的アプローチ）グループが大学選抜他の高大連携事業において様々な試みを実践できるという強みを生かして展開した事業成果として得た知見は、次の4点である。

- 大学入試等の入学者選抜の方法は、毎年継続的に改善していくことができる。それゆえ、「これで決まり」という唯一の入試問題や選抜方法がどこかにあって、それを適用すれば、どの大学にとっても満足いく選抜ができるものではない、ことでもある。
- 継続的な改善のためには、本マニュアルで提案したような「評価したい資質・能力像 (AP) の明確化」と「選抜方法（入試問題などの課題や各種のデータ）の具体化」と、そこで選抜した「学生の入学後の成長の追跡調査」を一体的に行い、狙った資質・能力像を接続場面で具体化し、その狙いに即した成果を得られたかを常に検証していくが必要になる。

- 入試改革は高校教育に大きな影響を与えるため、上記の継続的改善を図りながら、高校での生徒の学びをより良質な方向へと導くことができる質のものを提示していくことが必要となる。
- 入学者選抜改革は負担が大きいため、選抜改革の狙いと方法の背景にある指針・原則を関係者全員で共有し、上記のような継続的な改善を図ることが重要になる。また、負担軽減の方策として、3.7.4節（表9）で示唆したように、複数の大学が合同でパフォーマンス型課題解決演習を行い、それを出願資格とする方法などの工夫も考えられる。

継続的改善については、例えば、3.7.1節で紹介した課題（パフォーマンス評価）型選抜であれば、次のように改変することができる。

メイン課題：「重力波が観測できるようになると、どのようなことが解明されると期待できるだろう？」
 （このメイン課題を解決するために、次の3資料を異なるグループで読み合い、内容を交換・統合する）

資料A <一般相対性理論>

- ・重力による空間のゆがみ
- ・ニュートンとの違い

資料B <ブラックホールと中性子星>

- ・ブラックホール
- ・中性子星（太陽との比較）

資料C <「重力波」検出装置のしくみ>

- ・レーザーの波長と検出精度
- ・地球上では4kmほどが限界：より精度をあげるためにどうすればよいか

このように改変するとより良い選抜ができるということではなく、このような構造化を図ることで、専門家がどのような知識の要素を持っているのか、それをどのように組み合わせて重要な課題への解を導いているのかなどを意識することができるということである。その構造化の中で当該年度にどのような課題を提示したのかも理解しやすくなる。それによって、翌年度、同じパフォーマンス型の評価を行う際に、どのような教材や活動を用意するかをより意図的にデザインすることができるようになり、よりの確に入学希望者の資質・能力を見とることができるようになる。

理数分野大学主導型（トップダウン的アプローチ）グループは、本事業において、今後も単に入試問題例を提供するだけでなく、こうした選抜方法のサイクルを、その具体例と共に提供していきたい。

本報告書は、文部科学省の大学入学者選抜改革推進委託事業による委託業務として、国立大学法人広島大学が代表校となり、9 大学が参加して実施した平成 28 年～平成 30 年度「高大での教育改革を目指した理数分野における入学者選抜改革」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等には文部科学省の承認手続きが必要です。