

教科科目フリー型総合問題を用いた モニター調査の分析

椎名 久美子*
柳井 晴夫*

要 約

平成 8～10 年度の共同研究「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」(研究代表者柳井晴夫)の一部として、情報を問題文中で与えて、教科・科目間の壁を取り払うことを目指した問題(以後、教科科目フリー型総合問題と呼ぶ)の試作を大学の教官に依頼し、大学 1,2 年生を被験者としてモニター調査を実施した。本稿では、モニター調査の分析結果をまとめ、教科科目フリー型の問題の特徴を示した。

工学を専攻する学生や文系受験者のように、対象被験者の特性をある程度しぼった問題においては、学部系間の大問平均得点に有意差が認められ、出題意図と被験者の解答結果の特性が一致する傾向が見られた。ただし、文章を書かせる問題だからと言って、必ずしも文系の被験者が高得点をあげるとは限らず、文章中に書かれた法則を適用する問題や、与えられた文章を読んで新しい概念を理解するような問題では、学部系間の得点の違いは小さかった。

小問得点データに対して主成分分析を行ったところ、第 1 主成分の寄与率は低く、各小問で測定される能力が、合計点のような 1 つの成分では説明しきれないことが示唆された。さらに因子分析を行ったところ、同じ大問に属していても、異なる因子に負荷が高い小問の存在が示された。これは、その大問が、様々な角度からの出題で構成されていることを示すものである。

科目の知識の有無を直接的には問わない問題、科目の知識に関連の深い題材が用いられた問題、共に、関連する教科の履修経験科目数が多い被験者に有利な傾向が一部で見られた。後者のタイプの問題では、測定しようとする能力や資質が、入学前の履修経験を通じて間接的に身についた可能性がある。

各問題でどんな資質が測定されると感じたかを、被験者に挙げてもらったところ、出題者が測定しようとした資質とのずれが見られ、被験者が問題に対して抱く印象が、問題の解答形式などの見た目に左右される傾向が示された。

キーワード: 総合試験, 教科科目フリー型

1 はじめに

わが国の国公立大学における入試は、共通第 1 次学力試験やセンター試験等の共通試験で

は、高校卒業段階での教科・科目別の学習の達成度を測定し、個別試験では、専門分野で学ぶための適性を測定することを目指す、という枠組みで、実施されてきた。従来、多くの大学の個別試験では、教科・科目別の試験という形で

* 大学入試センター研究開発部進学適性研究部門

〒153-8501 東京都目黒区駒場 2-19-23 e-mail: shiina@rd.dnc.ac.jp Fax: 03-5478-1297

yanai@rd.dnc.ac.jp

適性の評価がなされていたが、平成2年度の分離分割型入試の導入をきっかけとして入試方式が多様化し、個別試験に推薦入試、面接、小論文や、高校の履修教科・科目名に直接該当しない名称の試験（「総合科目」、「総合問題」など）を導入する大学の数が増加した。

ところで、全国の国公立大学教官5,500名を対象に（回収率69.9%）、大学入試センター研究開発部が平成3年度に実施した調査によると（大学入試センター、1993）、大学で学ぶための資質として、探求心、論理的思考力、持続力、判断力、文章表現力等が、専門分野にかかわらず、必要度が高いと考えられていることが判明した。このような資質は、従来型の教科・科目別の学科試験では測定しにくい面を備えている。近年、個別試験において、教科の枠を超えた試験を導入する大学の数が増加している背景には、教科・科目別の学科試験で測定しにくい資質を評価したいという要求があると思われる。また、上記の調査によると、教員養成系学部、法学部、医学部や、看護学科、心理学科においては、高校教育と大学に入ってから専門教育との接続がうまくいっていないという結果が得られている。

海外で大学入学希望者を対象に実施されている試験の中にも、科目別ではない形式で実施されている試験がいくつか見られ、平成9～11年度にかけて、国際比較研究が実施されている（大学入試センター、2000）。もちろん、それらの試験の目的や位置付けは国や地域によって様々で、共通カリキュラムの有無や大学進学率の違いなどの背景によって異なっている。アメリカ合衆国では、科目別でない試験として、推理力を測定していると言われるSAT IのVerbal Questions, Mathematical Questionsや、ACTのScience Reasoning Testが実施されているが、これらは、統一的な学習指導要領を持たない国における共通試験としての性格が強い。また、オレゴン州では、生徒の高校での活動を多面的に評価する基準を作成する動きがある。オーストラリアのクイーンズランド州で実施されているコアスキルテストは、特定の科目の到達度テストではないが、中等教育のカリキュラムの共通

要素の到達度を測ることを目的としている。科目別でないという点では、他に、イスラエルのPsychological Entrance Testや韓国の大学修学能力試験などが挙げられる。また、医学部の入試では、批判的思考力や問題解決能力に的を絞った試験が各国で実施されてきており、アメリカ医科大学入学者選抜試験（Medical College Admission Test）、フィンランドの医学部個別試験、スイスの医学部入学試験、ドイツで1995年まで実施されていた医科大学適性検査などが挙げられる。

平成8～10年度の共同研究「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」（研究代表者柳井晴夫）では、平成8年度の国公立大学入試の個別試験において高校の履修教科・科目名に直接該当しない名称（「総合科目」、「総合問題」、「専門適性検査」など）の試験を実施した27大学76学科（学部）を対象に、自由記述を中心とした郵送調査を実施した（大学入試センター、1998）。本稿では、高校の履修教科・科目名に直接該当しない試験名で実施された試験問題を総称して、「総合問題」と呼ぶことにする。郵送調査では、総合問題で測定しようとする学力・資質や、総合問題の良かった点、問題点などについての自由記述を中心としたアンケートを行うと共に、出題された問題も収集された。なお、平成10年度には、47大学117学科の国公立大学の入試で総合問題が用いられていることが報告されている（柳井、1999a）。

総合試験導入の動機としては、専門教育の特色に合う学生を選抜したいという記述が見られた一方、多様な資質の学生を集めたいという記述も見られた。これは、個別試験としての総合試験が、各大学の選抜方針に従って柔軟に実施されていることを示唆している。また、従来実施されていた小論文試験が浸透した結果、解答のパターン化が進んだことを、総合試験導入の動機として挙げた記述も見られた。

総合試験で測定しようとする能力としては、人文系、教員養成系、法律・経済系、医学系、理工系で共通して、思考力、表現力、理解力などが挙げられている一方で、医学系や理工系で

は問題解決力、人文系では日本語の表現力など、それぞれの専門教育の段階で重視される能力が挙げられた。総合試験の問題点として、問題作成の困難さや採点の負担についての記述が多く見られたのは、各学科の特色を打ち出した問題にするために広い範囲から問題の題材を求めたり、記述式の問題が多かったりすることの現れと思われる。採点の負担が大きいことは、現在総合試験を実施している大学の学部・学科の多くにとって、多数の受験生に対して総合試験を実施するのが困難であることを意味しており、総合試験が一部の日程（後期日程等）でしか課されていないことの一因と言えよう。総合試験を導入して良かった点として、測ろうとした能力を持った学生が増えた点などが、印象としては多く挙げられている。しかし、入試データを分析した、あるいは、分析中、と回答したのは約半数の学科であり、測ろうと意図した能力が測定できているかどうか、等についての客観的分析が十分なされているとは言い難い。

収集された総合問題を教科・科目という観点から分類すると、情報を問題文中で与えて、教科・科目間の壁を取り払うことを目指した問題（教科科目フリー型）と、複数の教科・科目を融合させた問題（教科科目複合型）の2種類に大別された。この分類をもとに、大学の教官と高校の教員に教科科目フリー型と教科科目複合型の問題の試作を依頼し、総合問題で測られる能力についての基礎研究として、大学1,2年生を対象としたモニター調査を実施した。

本稿では、モニター調査のうち、教科科目フリー型の総合問題に関して、問題の構成、出題意図や、被験者が属する学部系間での差異、大問間の相関、小問得点の因子分析を中心とする分析結果を報告する。さらに、同時に実施された教科科目複合型総合問題との関連、高校時代に履修した科目数が教科科目フリー型の総合問題の成績に与える影響、総合試験の問題の成績を小問の合計点といったように一次的に表示することが望ましいかどうか、についての分析結果も報告し、今後総合試験を実施する予定の各大学関係者の参考に供したい。

2 モニター調査について

2.1 被験者

モニター調査は、平成10年3月（以後、第1回と呼ぶ）と平成10年9月（以後、第2回と呼ぶ）に、大学1,2年生を被験者として実施された。被験者は、首都圏近郊の3つの国公立大学の1,2年生を、文系学部と理系学部の学生が各大学においてほぼ同数になるように募集した。調査時には、履修経験に関するアンケートも合わせて実施し、被験者が高校で履修した課程（旧課程:平成8年3月までに高校卒業、または新課程）や高校時の各科目の履修経験を調査した。

表1に分析対象人数を学部系別に示す。2回の調査では、出題する問題の大部分が異なっているため、両方の調査への重複しての応募を許した。表1には重複受験者数も示した。

表1 分析対象人数

	第1回	第2回	重複受験者
文系	191	208	14
理系	206	204	10
計	397	412	24

2.2 問題の構成および出題意図

表2に教科科目フリー型総合問題の実施回別の問題構成を示す。解答時間は、第1回、第2回共に135分である。モニター試験において出題された問題を、付録として示す。ただし、第1回第4問は、平井他(2001)で示されているので、ここには収録しない。

平成8年8月に実施された「総合問題に関する研究会」の出席者のうち、個別試験で総合試験を実施している大学の教官に対して、教科・科目間の壁を取り払うことを目指した問題の試作を依頼した。平成8年12月には、試作した問題を持ち寄り、作成者の出題意図や問題の内容などについての検討を行い、モニター調査に用いる問題を選定した。以下に、検討された出題意図を、大問ごとに示す。

第1回第1問と第2回第1問は、同じ問題で

ある。この問題は、医学部受験者を想定して、理解力、判断力、および問題解決能力を判定する意図で作成されており、解答に必要な情報はすべて問題の中に含まれている。日本の一部の医学部の入試においては、アメリカ合衆国で医学部受験者に対して実施されていた New MCAT (Medical College Admission Test) 中の Skills Analysis を参考にした適性試験が実施されてきており、平成 5 年度から平成 7 年度にかけて組織された MCAT Skills Analysis 研究会を中心に、日本の医学部での実施例や分析例が報告されている (大学入試センター, 1996; 上田, 1997; 椎名他, 1997)。今回のモニター調査に用いた問題は、実際の医学部の入試で適性試験として出題されたもののうち、上位群と下位群の識別が良かった問題を、一部改変して作成したものである。また、第 1 回と第 2 回の調査における被験者の学力特性が均質かどうかを見る目的で、この問題を共通問題とすることにした。

第 1 回第 2 問と第 3 問は、工学を専攻するための専門適性に必要とみられる、好奇心、創造性、理解力、判断力、および問題解決能力の測定を目的として作成された問題である。第 2 問については、工学的現象の解析に不可欠なグラフ表示データの読み取り能力、第 3 問については、一見複雑に見える現象をどのように解決できるか、与えられた問題に対する取り組み能力を、判定することを目指している。

第 1 回第 4 問は、文系受験者を想定して、大量の文章を読んで内容を的確に把握し、それを自分の言葉で表現する力、本文の内容をもとに自分なりの考えをまとめ、それを表現する力、を測定することを目指している。小問ごとに見ると、問 1 は、本文のルールを当てはめて判断させる問題であり、的確な読解と応用力の測定を意図している。問 2 は、客観的・分析的な視点からの解釈を要求しており、深い読解力と、自分の言葉で再構成する力の測定を意図している。問 3 は、記事をバランスよく反映して端的に表現することを要求しており、自分の言葉で再構成する力と言葉のセンス、独創性の測定を目指している。問 4 は、幅広い視点から問題を考えることを要求しており、論理的展開力と表

表 2 教科科目フリー型の総合問題の構成
(実施回別)

	大問	題材	小問数 (解答箇所)	解答形式	配点
第 1 回	1	アルコールによる物質抽出	5(5)	多肢選択	5
	2	システムの入出力グラフ	5(13)	記述 (数字, 式)	13
	3	印刷用紙への頁配置	(45)	記述 (数字)	45
	4	少年犯罪の報道をめぐる新聞記事	4(4)	記述 (文章)	28
第 2 回	1	第 1 回第 1 問と同一問題			
	2	カオスを題材とした文章	6(17)	多肢選択	17
			2(2)	記述 (文章)	15
3	エントロピーについての長文	4(4)	記述 (文章)	100	

現力、日常の問題意識の測定を意図している。

第 2 回第 2 問は、領域固有の知識を日常の問題に還元して、所与の文脈で柔軟に考えるという意味での「総合」力の測定を意図したものである。取り扱った題材は、政治・経済、倫理、物理、英語といった複数の領域にまたがっているが、複数の領域という意味での「総合問題」を意図したものではない。株価の大暴落、カオス理論、相対性理論、クーンによる科学理論の転換といった多様なコンテキストを準備して、所与の材料や基礎知識を用いた的確、柔軟な思考ができるかどうかを測るのが作題者の出題意図である。また、「単純な知識」といわれる問題も、各教科 (知識固有の領域) におさまらない基本的な知識は出題してよいのではないかと、という観点から、出題されている。

第 2 回第 3 問は、問題文を読むことによって初めて接するエントロピーの増大という概念が、どの程度理解されたかを評価するという意図で出題されたものである。長文を読ませるため、長文読解力や科学的思考力が必要であり、文章表現による解答形式のため、作文能力や自己表現力も問われることになる。問 1 では長文読解力、問 2~4 では科学的思考力を中心に測定することが想定されている。

2.3 問題の採点方法

多肢選択形式の問題（第1回第1問，第2回第1問，第2問前半），及び，数字記述形式の問題（第1回第2問）については，各小問につき1点で採点した。第1回第3問は小問に分かれていないが，数字等を記入する欄が45箇所あるので，1箇所につき1点で採点した。文章記述形式の問題については，問題作成者が作成した採点基準に基づいて複数名の大学院生が採点したり（第1回第4問（平井他，印刷中），第2回第3問），問題作成者が作成した採点基準に基づいて1名の大学院生が採点したり（第2回第2問後半の一部），問題作成者が採点したり（第2回第2問後半の一部）した。記述式の問題の配点は，問題作成者が決めたものを用いた。複数名の大学院生が採点した問題については，採点者の付けた得点の平均値を各被験者の得点として用いた。

3 分析結果

3.1 大問および小問における学部系間の違い

表3に大問得点率（大問の配点に対する百分率）の学部系別（文理）の平均値，標準偏差，学部系間の差についての t 検定結果を示す。共通問題である第1問については，第2回調査での重複受験者のデータを除いて，初見で問題を解いた時のデータのみを用いた（2回の調査の被験者を合わせて文系385名，理系400名）。また，第1回の第4問については，分析中に採点ミスが発見されたので，それらを除いた387名（文系190名，理系197名）のデータを用いた。第2回調査の第2問については，大問ではなく，多肢選択形式（問1～6）と文章記述形式（問7～8）の部分ごとに小計を算出して，それぞれの形式部分の配点に対する得点率として算出した値を用いた。大問得点率は，30%台から90%台まで幅広く分布しているが，第2回の問題のほうが，全体的に大問得点率が低い。

表4には，第1回と第2回の共通問題である第1問の大問得点率（大問の配点に対する百分

率）の平均値を，第1回被験者全員と，重複受験者を除いた第2回被験者とで比較したものを示す。

表5～表10には，各大問を構成する設問について，多肢選択形式の設問については正答率を，文章記述形式の小問については小問得点率（小問の配点に対する百分率）の平均値を，学部系間で比較したものを示す。

第1回第3問については，小問形式ではないので，相当する表はない。

共通問題である第1問の大問得点率には，学部系別の平均値に有意差は認められない（表3）。この問題では，豆科の種子からのアルコールによる抽出データを扱っており，題材としては理系であるが，表5に示されるように，文系・理系ともに，各小問の正答率が非常に高く，問3以外では正答率に対する学部系は独立である。また，表4に示されるように，第1問を初めて解いた被験者について比較した大問得点率の平均値にも，第1回と第2回とで有意差は認められない。

この問題は，実際に医学部の入試における適性試験（松岡他，1996）に用いられた問題の中で，受験者の成績上位群と下位群の識別が良かった問題をもとに作成されたこともあり，各回のモニター調査の被験者の学力が等しいかどうかを吟味する目的で共通問題にしたものである。しかし，大問得点率の平均値が90%を越えていることを考えると，本調査の被験者にとっては易しすぎる問題で，被験者の成績の差が出にくい問題であったと言える。

入学志願者にとっては被験者間の差が出ても，既に入試を経て入学した学生にとっては易し過ぎて差が出ない，ということから，この問題は，学部や専攻にかかわらず，大学で学ぼうとする学生に要求される基礎的な能力を測定していると思われる。

第1回第2問と第3問の大問得点率は，理系学部の被験者のほうが平均値が高く標準偏差が小さく，文系学部の被験者の平均値との間で有意差が認められた。表6に示されるように，各小問においても，理系学部の被験者の正答率が文系学部の被験者の正答率を大きく上回ってい

表3 大問得点率 (%) の平均値と標準偏差
(学部系別)

調査回 および 大問番号	各大問 の配点	文系		理系		t 値	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
共通	第1問	5	91.9	20.4	94.2	17.0	-1.679
第1回	第2問	13	64.3	33.1	83.5	24.1	-6.568**
	第3問	45	71.1	31.3	80.9	26.2	-3.381**
	第4問	28	44.6	12.7	38.9	13.7	4.323**
第2回	第2問 (選)	17	56.9	15.5	54.5	14.7	1.651
	第2問 (記)	15	38.3	22.9	36.2	24.7	0.892
	第3問	100	62.7	17.3	61.1	16.7	0.913

** : $p < 0.01$

表4 共通問題 (第1問) の大問得点率 (%)
(調査回別)

	人数	平均値	標準偏差	t 値
第1回被験者全員	397	93.6	17.4	0.840
重複受験者を除いた 第2回被験者	388	92.5	20.1	

る。この2つの大問は、工学を専攻するための適性を強く意識して作成されており、表3や表6に示される学部系別の平均値の傾向は、出題意図を反映していると言えるだろう。

第1回第4問の大問得点率は、文系学部の被験者の平均値のほうが高く、理系学部の被験者の平均値と有意差が認められた。この大問は、大量の文章を読んで内容を的確に把握し、自分の考えを説得力のある文章で表現する能力をみるもので、文系受験者を想定して出題されたものである。小問ごとの平均値において、学部系間の平均値に有意差が認められたのは問2と問4であり(表7)、これら2問は文章を書かせる問題である(問2は200字程度、問4は400字程度)。それに対して、有意差が認められなかった2問は、与えられた文章中の規則を適用する問題(問1)と、新聞記事の見出しを考える問題(問3)である。大問得点率の平均値における学部系間の差が、主に文章を書かせる小問で生じていることは事実だが、問3については、小問得点率が30%を下回っており、難易度

が高いことも、学部系間の有意差が認められなかった一因と考えられる。

第2回第2問は、多肢選択形式部分の得点率(問1~問6)と文章記述形式部分の得点率(問7~問8)のいずれにも、学部系別の平均値に有意差は認められない(表3)。この問題は、与えられた文章をもとに、いろいろな観点からの出題を試みたものであり、小問によって異なる題材が用いられている。各設問の正答率をみると(表8)、理系学部の被験者の正答率が文系学部のそれを上回ったり(問3)、文系学部の被験者の正答率が理系学部のそれを上回ったり(問4-2)している。問3では物理、問4では倫理の科目の内容を含んでいる。また、問5で与えられている文章は英語で書かれているが、問5-7を除けば、正答率に対する学部系は独立であり、学部系の影響はそれほど大きくない。文章記述形式部分には2つの小問があるが、問7では理系の平均値のほうが文系よりも高く、問8では文系の平均値のほうが高くなっている。また、問7の小問得点率は30%を下回っており、今回の被験者にとって適切な難易度とは言えない。以上に示されたように、この大問では、どちらの学部系が出来るかが小問ごとに異なるので、単純に和をとった大問得点には、学力特性が現れにくくなっているものと思われる。

第2回第3問では「エントロピー」が題材として用いられており、与えられた長文を読むことで新しい概念を理解し、自分の考えを表現する力を見る意図で出題されたものである。大問得点率には、学部系別の平均値に有意差は認められない。問1以外の3つの小問では、100~200字の文章記述が求められているが、問2においてのみ(表10)、文系学部の被験者の平均値と理系学部の被験者の平均値に有意差が認められた。

3.2 大問間の相関

表11、表12に、第1回調査と第2回調査それぞれにおける大問得点間の相関係数を示す。第2回調査における重複受験者の第1問の大問

表 5 共通問題 (第 1 問) の小問正答率 (%) (学部系別)

小問番号	文系 (385 名)	理系 (400 名)
問 1	96.9	97.3
問 2	94.3	95.8
問 3 **	92.2	96.8
問 4	88.3	92.0
問 5	87.8	89.0

** : p<0.01 (χ^2 検定)

表 6 第 1 回第 2 問の設問正答率 (%) (学部系別)

設問番号	文系 (191 名)	理系 (206 名)
問 1	83.3	86.4
問 2	87.4	91.3
問 3-1 **	63.4	85.9
問 3-2 **	64.4	82.5
問 3-3 **	59.2	79.6
問 3-4 **	34.6	58.3
問 4 **	62.3	81.6
問 5-式**	53.9	79.1
問 5-1**	62.3	87.9
問 5-2**	68.1	88.4
問 5-3**	66.0	89.3
問 5-4 **	66.5	86.9
問 5-5 **	64.9	88.8

** : p<0.01 (χ^2 検定)

表 7 第 1 回第 4 問の小問得点率 (%) (学部系別)

小問番号	小問配点	文系 (190 名)		理系 (197 名)		t 値
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
問 1	5	51.1	27.5	52.1	27.0	-0.371
問 2	5	58.9	18.1	47.1	20.8	5.949**
問 3	8	29.7	23.9	27.6	22.4	0.906
問 4	10	46.2	21.6	36.9	22.1	4.199**

** : p<0.01

表 8 第 2 回第 2 問多肢選択形式部分の設問正答率 (%) (学部系別)

設問番号	文系 (208 名)	理系 (204 名)
問 1	83.2	76.0
問 2	92.3	92.7
問 3-1*	48.6	59.8
問 3-2**	56.3	72.6
問 4-1	46.2	51.0
問 4-2a**	52.9	33.8
問 4-2b	48.6	41.7
問 4-2c*	59.6	47.6
問 4-2d*	42.3	30.4
問 5-1	65.4	62.8
問 5-2	63.5	59.3
問 5-3	90.4	90.7
問 5-4	58.2	55.4
問 5-5	33.7	31.9
問 5-6	41.8	38.7
問 5-7*	39.9	28.9
問 6	45.2	52.9

* : p<0.05, ** : p<0.01 (χ^2 検定)

表 9 第 2 回第 2 問文章記述形式部分の小問得点率 (%) (学部系別)

小問番号	小問配点	文系 (208 名)		理系 (204 名)		t 値
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
問 7	5	17.3	22.3	29.9	31.5	-4.674**
問 8	10	48.7	31.1	39.3	29.1	3.176**

** : p<0.01

表 10 第 2 回第 3 問の小問得点率 (学部系別)

小問番号	小問配点	文系 (208 名)		理系 (204 名)		t 値
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
問 1	15	81.2	36.0	85.9	30.2	-1.423
問 2	30	62.3	25.0	57.0	24.1	2.156*
問 3	25	43.6	35.0	43.4	35.9	0.054
問 4	30	69.7	21.0	67.7	22.9	0.949

* : p < 0.05

得点は、初見で解いた時の値として、第1回調査時の値を用いた。表11と表12には、母相関係数=0という帰無仮説を検定した結果も示した。

第1回調査では、第1問～第3問の間にある程度の相関が認められる。この3問は、大問得点率において(表3参照)、理系学部の被験者の平均値が文系学部のそれを上回る傾向を示した大問であり、この3問が理系志向の能力を反映していることを示唆している。第4問は、第1～3問との相関がほとんど認められず、他の3問とは異なる能力を反映していると思われる。

第2回調査において、第2問文章記述形式部分と第3問がある程度の相関を示しており、文章表現の能力を共通して反映していると思われる。他の大問どうしの相関は非常に弱く、それぞれ異なる能力を測定していると言えるだろう。

表11 大問得点間の相関係数(第1回調査の問題)
(n=387)

	第1問		
第2問	0.299**	第2問	
第3問	0.241**	0.281**	第3問
第4問	0.093	-0.002	-0.002

**: $p<0.01$

表12 大問得点間の相関係数(第2回調査の問題)
(n=412)

	第1問		
第2問(選)	0.095	第2問(選)	
第2問(記)	0.091	0.171**	第2問(記)
第3問	0.182**	0.174**	0.269**

**: $p<0.01$

3.3 小問得点の因子分析

小問得点データに対して主成分分析を行った。第2回第2問については、小問がさらに下位の問題から構成される形式になっているが、同じ小問に属する問題でも出題の視点は様々であるので、それぞれの設問を小問とみなして分析した。すなわち、第2回調査の第2問は、形式上の小問は8問だが、16問とみなした。ま

た、第2回調査における重複受験者の第1問の小問得点は、初見で解いた時の値として、第1回調査時の値を用いた。

表13と表14に、それぞれ、第1回調査と第2回調査で用いた問題における第1主成分負荷量を示す。

第1回調査で用いた問題では、第4問の各小問における第1主成分への負荷量が小さい傾向がある。第2回調査で用いた問題では、第1問の各小問を除いて、全般的に第1成分への負荷量が小さい。第2問では、第1主成分負荷量が0.2より大きい小問は2つのみで、第1主成分負荷量が0に近い小問が多い。数学や英語等の問題項目の主成分分析では、通常、第1主成分負荷量が0.3以上になり、それぞれの項目の得点を合計することが正当化される。それに対して、本論文で扱った総合問題においては第1主成分への負荷量が小さい。これは、項目の得点を合計する意味がないことを示しており、多面的な学力が測定されていることを示唆する。

また、第1回調査の問題、第2回調査の問題に含まれる小問の主成分分析で得られた第1成分の寄与率は、それぞれ24.6%と13.1%と低い。これも、各小問で測定される能力が、合計点のような1つの成分では説明しきれないことを意味している。

そこで、小問得点データに対して promax 斜交回転による因子分析を行うことで、複数の因子を抽出し、因子の解釈を試みた。心理学や教育心理学の研究では、因子分析が多用されるが、因子分析の回転法としては、1980年代後半から、varimax 直交回転にかわって promax 斜交回転の利用が急速に増加し、その有効性が確認されている(柳井, 1999b)。

表15に、第1回調査で用いた問題における斜交回転後の因子負荷パターンを示す。表中には、他の因子の影響を除去した累積因子寄与率も示す。

第4因子までの累積寄与率は約50%であるが、各因子への負荷が高い小問が、大問の区分とほぼ同じ分け方をしている。

表 13 第 1 主成分負荷量 (第 1 回調査の問題)

		第 1 主成分
第 1 問	問 1	0.534
	問 2	0.642
	問 3	0.670
	問 4	0.646
	問 5	0.546
第 2 問	問 1	0.481
	問 2	0.530
	問 3	0.626
	問 4	0.645
	問 5	0.507
第 3 問		0.434
第 4 問	問 1	0.160
	問 2	-0.032
	問 3	0.170
	問 4	0.001
	寄与率	0.246

表 14 第 1 主成分負荷量 (第 2 回調査の問題)

		第 1 主成分
第 1 問	問 1	0.684
	問 2	0.747
	問 3	0.800
	問 4	0.742
	問 5	0.665
第 2 問	問 1	0.097
	問 2	0.167
	問 3-1	-0.003
	問 3-2	0.141
	問 4-1	0.077
	問 4-2	0.102
	問 5-1	0.014
	問 5-2	0.127
	問 5-3	0.265
	問 5-4	-0.023
	問 5-5	0.112
	問 5-6	0.092
	問 5-7	0.073
	問 6	0.198
	問 7	0.272
	問 8	0.197
第 3 問	問 1	0.374
	問 2	0.208
	問 3	0.169
	問 4	0.276
	寄与率	0.131

第 4 因子に負荷の高い項目は第 3 問と第 4 問の間 1 であるが、前者は、与えられた例 (8 頁の冊子作成) を拡張して 32 頁の冊子を作成する問題、後者は、与えられた原則 (少年事件報道にあたっての記述原則) に基づいて、事例を (実名報道するかどうか) 判断する問題であることから、第 4 因子は与えられた規則を適用する能力と解釈できる。

第 2 問と第 3 問は、工学系で学ぶ学生を意識して作られた問題であるが、第 3 問は第 4 因子への負荷が高いのに対し、第 2 問の小問は第 2 因子への負荷が高く、この 2 つの大問はやや異なる能力と解釈される。

表 16 に、因子間相関係数を示す。第 1 因子と第 2 因子の相関係数が 0.312 で比較的高いほかは、因子間相関係数は非常に低く、各因子には異なる能力が反映されていることを示している。

表 17 に、第 2 回調査で用いた問題における斜交回転後の因子負荷パターンを示す。表中には、他の因子の影響を除去した累積因子寄与率も示す。

第 1 問のすべての小問は、第 1 因子への負荷が高い。

第 2 因子に負荷が高いのは、第 3 問の間 2~4 と第 2 問の間 8 である。これらの問題では、与えられた文章の内容を理解した上で、ある程度の長さの文章を書くことが求められている。よって、第 2 因子は、文章理解力および文章構成力と解釈できる。

第 4 因子への負荷が高い小問には、第 2 問の間 3-2 や問 6 があるが、これらの問題では、与えられた問題文の文脈を理解したり、著者の主張を推論したりすることが要求されていることから、第 4 因子は推論能力と解釈できる。第 2 問の間 7 は、文章を書くことが求められている問題だが、第 2 因子よりも第 4 因子への負荷が高い。これは、第 2 問の間 7 と問 8 は「文章を書かせる」という解答形式の点では似ているが、反映される能力は異なることを示唆している。この傾向は、学部系別の小問得点の平均値 (表 9) にも、現れている。

第 3 因子に負荷が高い第 2 問の間 1, 問 2,

問 5-1, 問 5-2, 問 5-3 は、与えられた文章の一部を題材にした出題である。よって、第 3 因子は、知識の有無、と解釈できる。

第 2 問の間 4-2, 問 5-4 は、第 5 因子に負荷が高いが、第 5 因子についての解釈は困難である。

第 2 回調査で使用された問題は、第 5 因子までの累積寄与率は 34.6%と低い。第 2 問では、小間によって負荷の高い因子が異なっており、様々な角度からの出題で構成された大間であることと一致している。

表 18 に因子間相関係数を示す。相関係数の値は全般的に低く、各因子には異なる能力が反映されていることを示している。

第 1 回、第 2 回調査で使用された問題についての因子分析においては、因子の解釈はあまり一致しておらず、現段階では、各設問を SAT I における言語-非言語のように大きく分類することは困難と思われる。

表 15 promax 斜交回転後の因子負荷パターン
(第 1 回調査の問題)

		第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
第 1 問	問 1	0.622	-0.020	0.173	0.231
	問 2	0.806	-0.051	0.031	0.099
	問 3	0.795	0.019	-0.033	-0.011
	問 4	0.790	0.006	-0.048	-0.059
	問 5	0.626	0.043	-0.001	-0.018
第 2 問	問 1	-0.123	0.652	-0.057	0.355
	問 2	-0.052	0.677	0.122	0.243
	問 3	0.021	0.805	0.074	-0.096
	問 4	0.072	0.767	0.005	-0.077
	問 5	0.051	0.667	-0.020	-0.304
第 3 問		0.153	0.270	-0.353	0.411
第 4 問	問 1	0.084	-0.062	0.020	0.726
	問 2	-0.041	-0.047	0.576	0.338
	問 3	0.216	0.063	0.487	-0.178
	問 4	-0.038	0.089	0.756	-0.011
	累積寄与率	0.168	0.326	0.412	0.490

表 16 因子間相関係数 (第 1 回調査の問題)

	第 1 因子		
第 2 因子	0.312	第 2 因子	
第 3 因子	-0.045	-0.080	第 3 因子
第 4 因子	0.055	0.074	0.128

表 17 promax 斜交回転後の因子負荷パターン
(第 2 回調査の問題)

		第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子	第 5 因子
第 1 問	問 1	0.754	0.016	-0.059	-0.088	0.019
	問 2	0.780	0.072	0.015	-0.079	-0.078
	問 3	0.787	0.046	0.111	0.010	-0.013
	問 4	0.799	-0.129	0.049	0.068	-0.017
	問 5	0.713	-0.033	-0.095	0.094	0.037
第 2 問	問 1	-0.056	-0.112	0.508	0.163	-0.021
	問 2	0.046	0.151	0.402	-0.184	-0.053
	問 3-1	0.050	-0.164	0.002	-0.032	0.266
	問 3-2	-0.037	-0.095	0.160	0.618	0.002
	問 4-1	-0.019	0.099	0.093	0.026	0.335
	問 4-2	-0.073	0.158	0.278	-0.014	0.466
	問 5-1	-0.044	-0.014	0.421	-0.156	-0.297
	問 5-2	-0.020	-0.018	0.522	-0.088	0.307
	問 5-3	0.093	-0.104	0.590	0.146	0.053
	問 5-4	0.000	-0.134	-0.078	0.029	0.592
	問 5-5	0.040	0.061	0.251	0.050	-0.512
	問 5-6	0.011	0.105	0.178	-0.111	0.252
	問 5-7	0.057	0.092	0.136	-0.213	-0.001
	問 6	0.033	0.008	-0.025	0.668	-0.085
問 7	0.101	0.211	-0.136	0.492	0.092	
問 8	-0.104	0.511	0.071	0.338	-0.096	
第 3 問	問 1	0.258	0.193	0.068	0.068	0.256
	問 2	-0.014	0.642	-0.082	0.027	-0.036
	問 3	0.026	0.527	-0.036	-0.155	-0.016
	問 4	0.028	0.669	-0.016	-0.001	0.043
	累積寄与率	0.118	0.180	0.238	0.292	0.346

表 18 因子間相関係数 (第 2 回調査の問題)

	第 1 因子			
第 2 因子	0.149	第 2 因子		
第 3 因子	0.113	0.187	第 3 因子	
第 4 因子	0.106	0.137	0.117	第 4 因子
第 5 因子	0.008	0.085	0.062	0.051

3.4 教科科目複合型問題との相関

各調査回において、被験者は教科科目複合型問題も解いている(平, 1999)。教科科目複合型問題の各大問は、2つの科目を複合して作成されたものである。表19と表20に、教科科目フリー型問題(フリー型)の各大問得点と教科科目複合型問題(複合型)の各大問得点の相関係数を、第1回調査と第2回調査についてそれぞれ示す。大問間の相関(3.2)や因子分析と同様に、第2回調査における重複受験者の第1問の各大問得点は、初見で解いた時の値として、第1回調査時の値を用いた。表19と表20には、母相関係数=0という帰無仮説を検定した結果も示した(*:p<0.05, **:p<0.01)。

第1回調査においては(表19)、フリー型第1問は、複合型の大問との相関は非常に弱く、フリー型第2問と第3問は、「国語、物理(第4問)」、「英語、物理(第6問)」、「地理、数学(第7問)」のように、物理や数学を含む複合型の大問との相関が高い。フリー型第4問は、複合型の「国語、生物(第9問)」とある程度の相関を示しているが、複合型のその他の大問との相関は非常に弱い。

第2回調査においては(表20)、フリー型第1問(第1回と共通問題)は、「世界史+物理(第3問)」、「地理+数学(第6問)」のように、数学を含む複合型の大問とある程度の相関を示している。フリー型第2問のうち、多肢選択形式部分の得点については、「倫理+世界史(第1問)」、「世界史+物理(第3問)」、「英語+物理(第7問)」との相関が高く、文章記述形式部分の得点は、「倫理+世界史(第1問)」、「地理+数学(第6問)」、「英語+物理(第7問)」との相関が高い。フリー型第3問は、「英語+物理(第7問)」、「国語+生物(第10問)」、「国語+物理(第4問)」、「世界史+物理(第3問)」とある程度の相関を示している。

以上から、教科科目フリー型問題の各大問は、解く際に要求される能力や知識に関連する科目を含む教科科目複合型問題の各大問と、ある程度の相関を示す傾向があると言えよう。

表19 教科科目フリー型問題の各大問得点と教科科目複合型問題の各大問得点の相関係数
(第1回調査の問題)(n=387)

教科科目複合型問題	複合させた科目	教科科目フリー型問題			
		第1問	第2問	第3問	第4問
第1問	倫理+世界史	0.057	0.058	-0.084	0.051
第2問	倫理+生物	0.101*	0.077	0.096	0.162**
第3問	世界史+物理	0.054	0.198**	0.109*	0.065
第4問	国語+物理	0.073	0.305**	0.243**	0.096
第5問	日本史+化学	0.096	0.169**	0.055	0.061
第6問	英語+物理	0.072	0.405**	0.243**	-0.132**
第7問	地理+数学	0.177**	0.314**	0.290**	0.020
第8問	英語+地学	0.082	0.070	0.153**	0.088
第9問	国語+生物	0.105*	-0.002	0.011	0.219**

*:p<0.05, **:p<0.01

表20 教科科目フリー型問題の各大問得点と教科科目複合型問題の各大問得点の相関係数
(第2回調査の問題)(n=412)

教科科目複合型問題	複合させた科目	教科科目フリー型問題			
		第1問	第2問(選)	第2問(記)	第3問
第1問	倫理+世界史	0.083	0.326**	0.185**	0.110*
第2問	日本史+地学	0.127*	0.183**	0.175**	0.153**
第3問	世界史+物理	0.236**	0.305**	0.151**	0.214**
第4問	国語+物理	0.136**	0.251**	0.209**	0.215**
第5問	化学+生物	0.179**	0.157**	0.173**	0.175**
第6問	地理+数学	0.223**	0.206**	0.226**	0.145**
第7問	英語+物理	0.163**	0.419**	0.277**	0.267**
第8問	数学+地学	0.188**	0.190**	0.167**	0.147**
第9問	国語+英語	0.068	0.118*	0.051	0.166**
第10問	国語+生物	0.073	0.147**	0.113*	0.255**

*:p<0.05, **:p<0.01

3.5 履修経験科目数と大問得点率

各大問得点率に影響を及ぼす要因として、各教科の履修科目数と学部系という2つの要因を考慮した分散分析を行った。表21に、各教科において履修したかどうかを数えた科目を示す。各教科の主な選択科目のうち、入学までに何科目を履修したか(以後、履修経験科目数と呼ぶ)を、アンケートの自己申告に基づいて算出した。理科については履修課程別(新・旧課程)に分散分析を行った。

表22に、第1回第2問の各大問得点率平均値

を、数学の履修経験科目数と学部系別に示す。数学の履修経験科目数 ($p<0.05$) と学部系の両方 ($p<0.01$) の要因において、有意な主効果が認められ、有意な交互作用は見られなかった。これは、同じ学部系に属する被験者どうして比較した場合、数学の履修経験科目が多い者ほど第2問で高得点を取ったことを示している。また、第1回第2問に関して、新課程履修者(172名)の理科の履修経験科目数と学部系の2つの要因について同様の分散分析を行ったところ、理科の履修経験科目数に有意な主効果 ($p<0.05$) が認められた。ただし、旧課程履修者の理科の履修経験科目数と学部系については、有意な主効果および交互作用は認められなかった。第1回第2問は与えられたグラフの読み取りの問題であり、数学の微分・積分などの知識そのものは要求されないが、それでも、数学や理科で多くの科目を履修してきた被験者が有利な傾向が示された。すなわち、数学や理科の履修が、このような問題を解くのに必要な能力の育成に間接的に関与していると考えられる。

表23に、第2回第2問の多肢選択形式部分得点率の平均値を、公民の履修経験科目数と学部系別に示す。公民の履修経験科目数には有意な主効果が認められた ($p<0.05$)。多肢選択形式部分得点率に関しては、地理・歴史の履修経験科目数と学部系の2要因の分散分析でも、地理・歴史の履修経験科目数に有意な主効果が認められた ($p<0.05$)。第2回第2問の文章記述形式部分得点率についても、地理・歴史の履修経験科目数と学部系の2要因の分散分析において、地理・歴史の履修経験科目数に有意な主効果が認められた ($p<0.05$)。これらは、公民や地理・歴史でたくさんの科目を履修した被験者のほうが、第2回第2問で高得点を取る傾向を示している。この問題のように、1つの文章を題材に対して様々な角度からの見方を要求している問題では、地理・歴史や公民分野において幅広い履修経験をしてきた被験者が有利であることを示唆していると思われる。

他の大問についても同様の分散分析を行ったが、履修経験科目数の主効果や、履修経験科目

数と学部系の交互作用が有意になった大問は見られなかった。

表21 履修経験科目数の算出方法

教科	履修したかどうかを数えた科目 () 内は旧課程での対応科目)
数学	数学 I, 数学 II, 数学 C (微分・積分), 数学 B・C (確率・統計)
公民	現代社会, 倫理, 政治・経済
地理・歴史	地理 B (地理), 日本史 B (日本史), 世界史 B (世界史)
理科 (新課程)	物理 IB, 化学 IB, 生物 IB, 地学 IB, 物理 II, 化学 II, 生物 II, 地学 II,
理科 (旧課程)	理科 I, 物理, 化学, 生物, 地学

表22 第1回第2問の大問得点率の平均値 (数学の履修経験科目数と学部系別)

		数学の履修経験科目数*					計
		0	1	2	3	4	
学部系**	文系 (人数)	15.4 (1)	100.0 (1)	56.2 (43)	66.9 (64)	66.9 (82)	64.6 (191)
	理系 (人数)	(0)	(0)	34.6 (2)	67.7 (6)	84.6 (198)	83.8 (206)
	計 (人数)	14.3 (1)	100.0 (1)	55.4 (45)	66.9 (70)	79.2 (280)	

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$

表23 第2回第2問多肢選択形式部分得点率の平均値 (公民の履修経験科目数と学部系別)

		公民の履修経験科目数*					計
		0	1	2	3		
学部系	文系 (人数)	53.5 (18)	57.6 (62)	56.5 (96)	59.4 (32)	57.1 (208)	
	理系 (人数)	44.7 (19)	51.8 (62)	57.6 (103)	54.7 (20)	54.7 (204)	
	計 (人数)	51.2 (37)	54.7 (124)	57.1 (199)	57.6 (52)		

*: $p<0.05$

表 24 各大問を解答する上で大切な資質

調査回	被験者数	大問番号	資質 (挙げた人数)
共通	785	第1問	数理能力 (647名), 論理的思考力 (362名), 集中力・持続力 (105名)
第1回	397	第2問	数理能力 (341名), 論理的思考力 (154名)
		第3問	空間図形への関心 (255名), 発想力 (186名), 集中力・持続力 (168名), 論理的思考力 (142名)
		第4問	文章表現力 (291名), 社会問題への関心 (228名), 自己表現力 (159名)
第2回	412	第2問	知識・教養 (230名), 語学力 (220名), 論理的思考力 (130名)
		第3問	文章表現力 (286名), 論理的思考力 (137名), 読書力 (114名), 社会問題への関心 (107名)

3.6 総合試験で測られる能力について

被験者がどのような能力を測られたと感じたか、を調べるために、解答終了後のアンケートで、各大問を解答する上で大切な資質と思うものを、27の資質の中から最大3個まで選んでもらった。27の資質は、平成3年度及び平成4年度に大学入試センター研究開発部の共同プロジェクト「大学の各専門分野の進学適性に関する調査研究」(大学入試センター, 1993)における、大学の各専門分野で必要とされる資質の調査に基づくものである。

表24に、各大問で多くの人が挙げた資質を示す。比較的測りにくいとされている発想力や、論理的思考力や自己表現力のような、作題者が測定を意図した資質も挙げられてはいるものの、題材にグラフや表が使われている問題では数理能力、文章を書かせる問題では文章表現力、英文を与えた問題では語学力、など、問題中で用いられた題材を直接表すような名前のついた資質を非常に多くの被験者が挙げている。

4 考察

4.1 学部系間の差と作題意図について

医学、工学、文系、のように、受験者の専攻分野をある程度しぼった問題のうち、第1回第2問、第3問(工学)と第1回第4問(文系)では、大問得点率の平均値に学部系間で有意差が認められた。これらの問題では、出題意図と被験者の解答結果の特性が一致したと言える。第1回と第2回の第1問(共通問題)は、医学部受験者を対象として作成されたが、大問得点率や各小問の正答率は非常に高く、学部系間の差は非常に小さかった。本調査の被験者にとっては易しい問題だったと言える。この問題で測定しようとする程度の問題解決力は、専攻にかかわらず、大学で学ぶために要求される基礎的な能力と言えるであろう。また、問題文中で与える情報(表、数式、グラフ、図)が、専攻で学ぶ内容にどのくらい関係が深い題材か、という要素も、共通問題(第1回第1問、第2回第1問)と、第1回第2問や第3問の間で、難易度や学部系間の差の有無に違いをもたらしたのかもしれない。

第1回第4問、第2回第2問の一部、第3問では、文章記述による解答形式が用いられた。読んだ文章をもとに人物像を考えさせたり、自分の考えを述べさせたりする問題(第1回第4問の間2や間4)や、与えられた文章から著者の主張を読み取る問題(第2回第2問の間8)では、文系の被験者のほうが高得点をあげる傾向が見られた。一方、文章中に書かれた法則を適用する問題(第1回第4問の間1)や、与えられた文章を読んで新しい概念を理解するような問題の大部分の小問(第2回第3問)では、得点率に学部系間の有意差は認められなかった。第2回第3問では、エントロピーを題材にした文章が用いられていることから、題材によっては、理科系の学生でも文章記述の問題において文科系の学生と同じくらいの得点をあげることが出来ると言えよう。これは、文章記述で解答する形式の問題でも、題材の選び方によっては、文系と理系の得点差が小さくなり、

入学してくる学生の学力特性に多様性を持たせることが出来る可能性を示唆している。

問題で用いる題材の選び方が、評価する適性の範囲や難易度に、具体的にどのように影響するか、は、今後の課題である。

4.2 履修経験および複合型問題との関係について

第2回第2問は、題材に対して様々な角度からの見方を要求する問題であるが、公民と地理・歴史の履修科目数が多い被験者が高得点をとる傾向が示された。また、教科科目複合型問題の大問の中で、この問題との相関係数が高かったのは、英語+物理、倫理+世界史、世界史+物理の複合問題であった。この問題が、物理学を題材とした小問や、題材の一部が英文で提示された小問や、歴史や倫理の知識を問う形の小問から構成されていることから、問題の題材と関連のある科目を含む複合型問題との相関が高くなったと思われる。以上は、関連する科目の学習や幅広い履修経験が、様々な角度からの見方が必要な問題を解くのに有利に働いたという意味では、作題意図と合致した結果と言える。

工学を学ぶための適性の評価を想定して作成された第1回第2問と第3問は、英語+物理、地理+数学、国語+物理の複合型問題の得点との相関係数が、他の科目を複合させた問題よりも高い、という点で一致した。数学や物理を含む総合問題との相関が高いということは、工学を学ぶための適性という作題意図がある程度反映されていることの傍証になるだろう。ところで、第1回第2問については、高校での数学や理科の履修経験科目が多い被験者が高得点をとる傾向が示されたが、第1回第3問については、いかなる教科の履修経験科目数の影響も認められていない。よって、測定しようとする能力や資質が似ていても、入学前の履修経験数が同じように有利に働くかどうか、については、本調査の結果からは明確ではない。

現行の大学入試においては、高校で履修しない内容を出題することに強い抵抗がある。受験者の高校での履修状況の違いによる不公平感を

引き起こさずに、教科科目の壁をどこまで外すことが可能なのか、を検討するためにも、履修経験科目数の影響については、今後も継続してデータを集めて吟味する必要がある。

4.3 出題意図と被験者が受ける印象とのずれ

小問得点データに対して行った主成分分析では、第1主成分の寄与率が、24.6%（第1回調査の問題）、13.1%（第2回調査の問題）と低く、各小問で測定される能力が、合計点のような1つの成分では説明しきれないことを示しており、多様な学力が反映されていることが示唆された。また、因子分析の結果、第2回第2問では、同一の大問の中でも負荷の高い因子が小問によって異なっており、1つの大問でも、多面的な能力を測定できることが示唆された。

しかし、被験者が各大問を解答する上で大切な資質として、多く挙げられた資質は、数理解能力（共通問題、第1回第2問）、空間図形への関心（第1回第3問）、文章表現力（第1回第4問、第2回第3問）、社会問題への関心（第1回第4問）、知識・教養、語学力（第2回第2問）など、問題の形式や題材を直接表すような名称の資質がほとんどである。問題でグラフや新聞記事が用いられていたり、問題文に英語が用いられていることは事実であり、それらの見かけから受ける印象が非常に強いことがわかる。

ただし、論理的思考力については、見かけの印象を直接的に表す資質には及ばないにせよ、第1回第4問を除いたすべての大問に共通して、ある程度の人数の被験者が、解答する上で大切な資質として挙げている。論理的思考力が、本調査で用いたほとんどの問題の作題意図に含まれていたことを考えると、ある程度は本調査の目的が達成されたとみなすことができよう。

しかし、今回のような教科科目フリー型の総合問題が、ほとんどの被験者にとって目新しいタイプの問題であったことを考慮しても、本調査では、出題意図と被験者の意識にずれが生じたことは否定できない。教科科目フリー型の総

合問題を入試問題として出題する際には、測定しようとする資質についての情報を正しく受験者に説明すると共に、その資質を育成するにはどの教科・科目を履修することが効果的で、どのような学習のしかたが望ましいのか、という情報も受験生に対する的確に届くようにする必要があるだろう。

4.4 今後の総合試験研究に関する展望

平成 9～11 年度の 3 年間にわたる総合試験の国際比較研究をまとめた報告書（藤井他，2000）によると、海外の大学入学試験で総合試験に相当する試験は、特定教育課程に準拠して作成される問題（タイプ A）と教育課程で学ぶ個別科目に準拠して作成される問題（タイプ B）に分類される。本稿で提唱した教科科目フリー型の総合問題は、教科・科目間の壁をとり払うことを目指して作成されており、その意味では、タイプ A に分類されよう。タイプ A は、さらに、複数の科目に共通する能力を測る試験（タイプ A1）と特定の分野へ進学するための能力・適性を測る試験（タイプ A2）に大別される（藤井他，2000）。今回のモニター調査で用いた問題を、出題意図という点から見ると、第 1 回調査の 4 つの大問がタイプ A2、第 2 回調査のうち第 1 問を除く 2 つの大問がタイプ A1 に近いと言える。

被験者側からの印象という点から今回のモニター調査の問題を見ると、被験者は、論理的思考力、集中力・持続力などの従来の教科科目別の試験では想定しにくいとされている資質を、解答する上で大切な資質として挙げている。これは、本研究のひとつの目的が達成されたとみなすことができよう。今後、論理的思考力や集中力・持続力等を測定する他のテストを併用してモニター調査を実施することで、作成された総合問題にどのような能力が反映されているかが、明確になるとと思われる。

通常の教科・科目別の試験では測りにくいとされている、判断力、注意力、持続力、問題解決力を測定するための試験問題のあり方については、今後、さらに検討を進める必要がある

う。さらに、総合試験の問題における採点方式、入試問題としての総合試験問題の妥当性分析なども、今後の研究課題である。

平成 15 年度に予定されている高等学校の新学習指導要領の導入によって、教科を横断した総合的な学習時間の創設、理科における総合科目の新設、情報科目の必須化などの変化が生じることが予想され、履修内容の多様化が一層促進されるものと思われる。高校教育と大学教育をつなぐ接点としての入試のあり方に関する論議の中で、入学試験において増加することが予想される総合試験の持つ意味が大きくなっていくものと思われる。この意味で、本研究が、総合試験に関する研究の一つの布石となることを願うものである。

謝 辞

教科科目フリー型の総合問題の作成にあたって、福岡大学の松岡雄治先生、千葉大学の三位信夫先生、東京都立大学の平井洋子先生、国際基督教大学の栗山容子先生、旭川医科大学の谷本光徳先生、高知医科大学の岩堀淳一郎先生に御協力いただきました。また、記述式部分の採点に際して、平井先生、栗山先生、谷本先生に御尽力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

本稿は、平成 8～10 年度「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」最終報告書に収録された原稿（椎名，1999）に対して、加筆、修正を経たものである。付録として、本モニター調査に用いた教科科目フリー型総合問題（第 1 回第 4 問は平井他（2001）に収録）を載せるが、これらは、平成 8～10 年度「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」最終報告書別冊総合試験モニター調査テスト問題集（大学入試センター，1999）からの再録である。1 ページで A4 サイズとして作成された問題冊子を、2 ページで A4 サイズに縮小したものである。

参考文献

- 上田芳文 (1997), 高知医科大学における総合試験について, 大学入試フォーラム, 20, 23-29.
- 椎名久美子・柳井晴夫・松岡雄治・西園昌久・佐藤淑子 (1997), 福岡大学医学部における入試データの分析, 大学入試センター研究紀要, 27, 19-33.
- 椎名久美子 (1999), 教科科目フリー型問題 (テスト A) の分析, 大学入試センター (平成 11 年 3 月), 平成 8~10 年度「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」最終報告書, 49-58.
- 大学入試センター (1993), 大学の各専門分野の進学適性に関する調査研究報告書.
- 大学入試センター (1996), MCAT Skills Analysis 研究会に関する総合報告書.
- 大学入試センター (1998), 「総合試験」に関する調査結果, 平成 8~10 年度「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」中間報告書, 付録 B, B1-B32.
- 大学入試センター (1999), 平成 8~10 年度「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」最終報告書別冊総合試験モニター調査テスト問題集, 3-20.
- 大学入試センター (2000), 藤井光昭編, 大学入試における総合試験の国際比較研究—我が国の入試改善に向けて—研究成果報告書.
- 平 (倉本) 直樹 (1999), 教科科目複合型総合試験モニター調査 (テスト B) の分析, 大学入試センター (平成 11 年 3 月), 平成 8~10 年度「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」最終報告書, 71-94.
- 平井洋子・椎名久美子・柳井晴夫 (2001), 文系学生向き総合論述問題による能力測定の試み, 大学入試センター研究紀要, 30, 1-20.
- 藤井光昭・柳井晴夫・荒井克弘 (2000), 第 4 章まとめ, 大学入試センター, 大学入試における総合試験の国際比較研究—我が国の入試改善に向けて—研究成果報告書, 243-247.
- 松岡雄治・佐藤淑子 (1996), 福岡大学医学部における適性検査 (Skills Analysis) とその追跡調査:入試成績と留年, 国試合否との相関解析の試み, MCAT Skills Analysis 研究会に関する総合報告書, 49-62.
- 柳井晴夫 (1999a), 総合試験とは何か, 大学入試センター, 平成 8~10 年度「大学の各専門分野への適性の評価を目的とする総合試験のあり方に関する共同研究」最終報告書, 11-20.
- 柳井晴夫 (1999b), 因子分析法の利用をめぐる問題点を中心として, 教育心理学年報, 39, 96-108.

Analysis of Monitor Test Using Curriculum-Free Testlets

Kumiko SHIINA*

Haruo YANAI*

Abstract

As a part of Joint Research(April '96 - March '99), monitor tests, in which experimental testlets developed by several researchers in universities were used, were executed. The examinees were freshmen and sophomores whose major were categorized into arts or sciences courses.

In these experimental testlets, information to solve them was given to examinees in order to eliminate borders between subjects. Hereafter such kind of testlets shall be called "curriculum-free" testlets.

There were significant differences of mean testlet scores between examinees of arts and sciences courses as for testlets, which tried to evaluate abilities of students with the intention of majoring specific course such as engineering or arts. In such testlets, the differences of mean testlet scores between examinees' major were consistent with expectation of testlet developers.

However, the differences of mean testlet scores between examinees' majors were small in testlets, in which examinees were required to apply rules shown in given passages or understand new concept from given passages. Because the examinees were required to write essay in such items, it did not necessarily follow that performance of examinees in arts major would be better.

Principal component analysis for items indicated low loading values, therefore contribution ratio of the first principal component is low. It suggested that abilities evaluated by each item were difficult to be explained by single component. As a result of factor analysis, it was shown that several items of a testlet loaded different factors. It is consistent with the testlet developer's intention of making items from various points of view.

Examinees who learned more related subjects in high school got higher scores in some of the testlets, in which material related to specific subjects was used or examinees were not directly required knowledge of subjects to solve the testlet. It might be possible that abilities intended by testlet developers were indirectly improved by experiences of learning related subjects in high school.

There were gaps between abilities, which testlet developers tried to evaluate and those examinees felt to be evaluated by each testlet. Examinees' impression of testlets seemed to be much influenced by their appearance such as answer style.

Key Words : Integrated test, Curriculum-free test

* Scholastic Aptitude Section, Research Division, The National Center for University Entrance Examinations.
2-19-23 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8501 Japan. E-mail: shiina@rd.dnc.ac.jp Telefax: 03-5478-1297

付 録

第1回モニター試験・第2回モニター試験共通

第1問 次の資料をみて設問に答えよ。

ある豆科の種子AとBは外見上全く区別できない。しかし、Aは強い強心作用をもった物質Xと鎮痛作用を持った物質Yの両方を含有しているがBには物質Xのみが存在し、Yは含まれていない。物質Xの抽出には食塩水が用いられ、抽出されるXの量は表1のように食塩の濃度に依存している。物質Yの抽出にはアルコールが用いられ、これも表2のように抽出されるYの量はアルコールの濃度に依存している。なお、物質Xの抽出にYを抽出した残渣を用いても、あるいは物質Yの抽出にXを抽出した残渣を用いても抽出されるXまたはYの量に変化はみられないものとする。また、種子1粒あたりのXまたはYの含量には差はないものとする。

抽出に用いた 食塩の濃度(%)	種子100粒当たりのXの抽出量 (mg)	
	種子A	種子B
2.0	25	40
4.0	50	80
6.0	75	120
8.0	100	160
10.0	125	200

抽出に用いた アルコールの濃度(%)	種子100粒当たりのYの抽出量 (mg)	
	種子A	種子B
5.0	50	0
10.0	100	0
15.0	150	0
20.0	200	0
25.0	250	0

次の設問に対する正しい答えを a. b. c. d. e. の中から1つ選びなさい。

問1 原料1には種子AとBが混っている。この原料1を4.0%の食塩水で抽出した結果、物質Xが84mg、更に20.0%のアルコールで抽出した結果、物質Yが80mg得られた。この原料1に含まれる種子AとBの粒数として共に正しいのはどれか。

- a. A 20粒 : B 120粒 b. A 30粒 : B 70粒 c. A 40粒 : B 80粒
d. A 50粒 : B 100粒 e. A 60粒 : B 80粒

問2 原料1をもし10.0%の食塩水で抽出したとすれば、得られる物質Xの量として正しいものはどれか。

- a. 110 mg b. 150 mg c. 180 mg d. 200 mg e. 210 mg

問3 原料2は、種子AとBの混った150粒である。15.0%のアルコールで抽出し、物質Yを60mg得ることができた。この原料2を10.0%の食塩水で抽出して得られる物質Xの量として正しいのはどれか。

- a. 70 mg b. 140 mg c. 170 mg d. 220 mg e. 270 mg

問4 原料3を2.0%の食塩水で抽出し、物質Xを80mg、更に5.0%のアルコールで抽出し、物質Yを40mg得ることができた。この原料3には全体で何粒の種子が含まれているか。

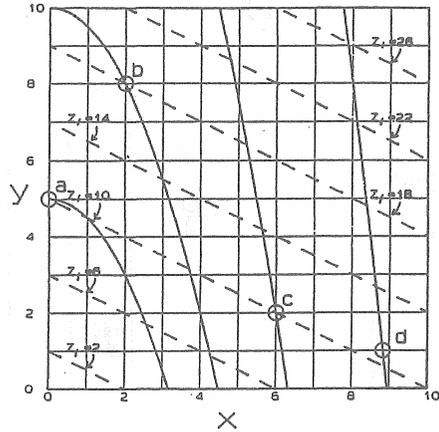
- a. 130粒 b. 160粒 c. 180粒 d. 200粒 e. 230粒

問5 原料1、2、3について間違っているのはどれか。

- a. 原料1と2は同じ数の種子Aを含んでいる。
b. 原料3は原料1または2の2倍の数のAを含んでいる。
c. 原料3は最も多くの数の種子Bを含んでいる。
d. 原料1のBと原料3のAは同数である。
e. 原料1、2、3の全部を合計すると種子Bは種子Aのちょうど2倍の数になる。

第2問

システム1は、その出力 z_1 が2つの変数 x, y の関数 $f_1(x, y)$ で与えられる。すなわち $z_1 = f_1(x, y)$ と表すことができる。下の図は、二次元直交座標の横軸に x 、縦軸に y をとり、 $z_1 = \text{一定}$ の軌跡を破線で示したもので、変域は $0 \leq x \leq 10$ 、 $0 \leq y \leq 10$ である。各破線には、それぞれ z_1 の値を添えてある。



一方、システム2の出力も2つの変数 x, y の関数で与えられ、これも同様に $z_2 = f_2(x, y)$ と表すことができる。上の図に実線で描かれた曲線は、 $z_2 = \text{一定}$ の軌跡を示す。各実線に対応する z_2 の値は明記されていないが、システム1とシステム2の出力差、すなわち上の図の各座標点における $z_2 - z_1$ の値は x のみで定まり、 y の値が変わっても変化しないことが明らかになっており、また、 $z_2 - z_1$ と x の間には、一定の関係があることも明らかになっている。下の表に、 $x = 0, 1, \dots, 10$ の各座標点に対する $z_2 - z_1$ の値の一部を示す。

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$z_2 - z_1$	0		2		12		30		56		90

問1 $f_1(x, 9) = 24$ を満たすおおよその x の値を求めなさい。

問2 $f_1(4, y) = 12$ を満たすおおよその y の値を求めなさい。

問3 上の図中の点 a, b, c, d にそれぞれ対応するシステム2の出力 z_2 のおおよその値を求めなさい。

問4 $f_2(4, y) = 20$ を満たすおおよその y の値を求めなさい。

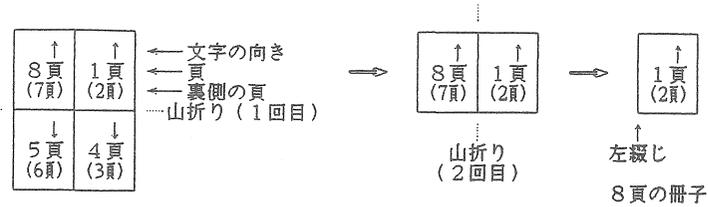
問5 x と $z_2 - z_1$ の関係式を示し、下の表の空欄を埋めなさい。

(下書用) (答は解答用紙の所定の位置に記入)

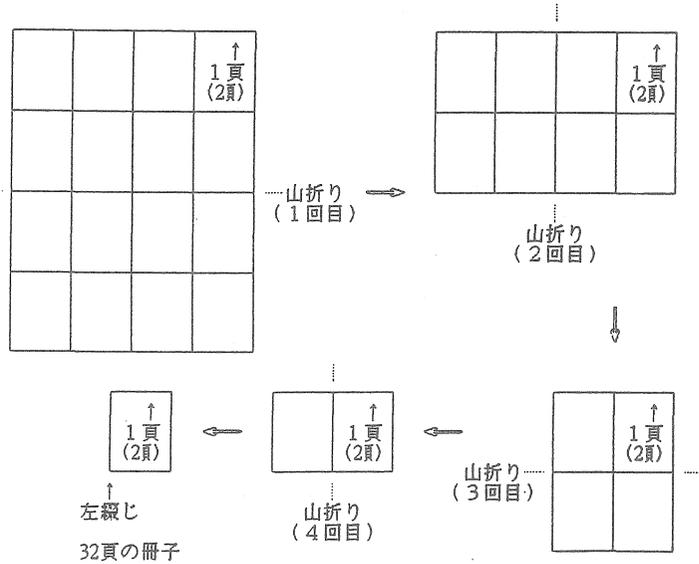
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$z_2 - z_1$	0		2		12		30		56		90

第3問 長方形の大きな印刷用紙1枚の両面に印刷したのち、2つ折りを4回繰り返して、折った紙の一边を綴じたのち他の3辺の線を切り落とし、縦長、左綴じの32頁からなる冊子を作りたい。

たとえば、8頁からなる冊子を作る場合、1枚の印刷用紙に下記のように頁を配置して印刷し、2つ折りを2回繰り返したのち一边を綴じ、他の3辺の線を切り落とすと、縦長、左綴じの8頁からなる冊子ができる。



上の例にならって、つぎの32頁の冊子のための大きな印刷用紙への両面印刷の頁配置(文字の向き、頁、その裏側の頁)を埋めなさい。ただし、この問題冊子や解答用紙を実際に折って、頁配置を求めてはいけません。



第2問 次の【資料】を読んで、設問に答えよ。

【資料】

1997年秋、香港の株価大暴落から連鎖反応して、世界同時株価大暴落の激震が生じた。過去の歴史においても、突然のこのような株価の大暴落が大恐慌を引き起こしている。私達は、^(ア) このような過去の歴史から学び、現象を予測し、危機を回避することはできなかったのだろうか。

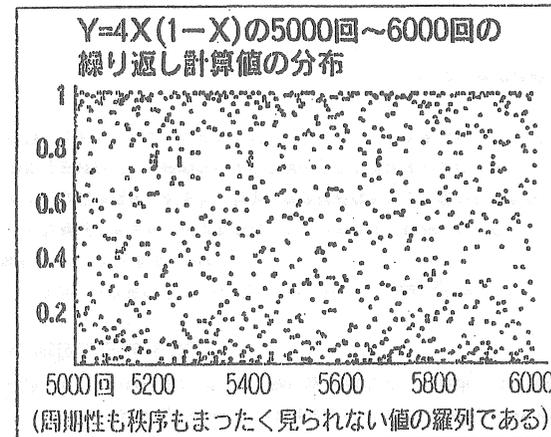
科学の進歩は、^(イ) 自然、社会、人間行動を予測し、制御することによって、人間の快適な生活や幸福を実現するところに方向づけられてきた。その究極の目的は、経験された多くの自然現象や社会的事象から、これを説明し、予測する公式を見いだすことであつたといつてもよい。その意味において、人間固有の認識における、表象の世界が構築されてきたともいえる。自然科学における物理学はもちろんのこと、社会科学の分野における経済学、人間科学の分野における精神物理学もそうである。

しかし、現実には、予測不能な出来事が生じている。

次の引用を考えてみよう。『ごく単純な^(ウ)式 $Y=4X(1-X)$ を考える。生物の個体群の消長を示す式で、 X は最初の個体数、 Y は次世代の個体数とする。生き物が世代交代を繰り返すように、得た Y の値を次々に X に代入を繰り返していくとどうなるか。出てくる数値は全くランダムで、傾向とか、動向とかを口にできるようなシロモノではないことがグラフでもわかる。減るのか増えるのかの予測すら不能なのだ。』黒崎政夫氏、日本経済新聞1995.11.14)

次ページのグラフでは、 X と Y の単純な式の繰り返しによって与えられる結果に、複雑さが内在していることが示されているが、そればかりでなく、初期値を百億分の一変えただけで、何回か繰り返した値は全く違ってくるというのだ。これは地球の人口をたった一人、数えまちがえただけで、結果は天と地ほど違ってしまうというわけである。これが1970年代からのカオス研究で、近代科学の決定論に根底から疑問を投げかけたのである。

さて、それでは、私達は、予測不能の混沌とした現実、採まれて生きていくほかないのだろうか。人間の認識における予測と制御を問題にする場合には、この^(エ) カオス理論では、重要なものを欠いているような気がする。それこそが、多様性と複雑さにおいて、人間行動の予測を可能ならしめ、適応的に、現実生きることを可能にしていると思うのである。



グラフ注) 横軸の値は反復回数として与えてある。

次の設問に対する答を選択肢の中から1つ選べ。

問1. 【資料】の文中に「^(ア) このような過去の歴史」と記述されているが、これは1920-30年代にかけて起こった大恐慌をさしている。当時の米国のルーズベルト大統領は強い指導力でこの混乱を切り抜けたことで知られている。この時に米国においてとられた政策の特徴は次のどれか。

- 自由競争による市場の活性化
- 政府の経済への積極的介入
- 被雇用者の権利の拡大
- 需要と供給の均衡化

問2. 一方、株価の急落をはじめとする、最近の日本の金融システムの混乱は、政府の無策にあるという点にも非難が集中しており、強いリーダーシップを求める声も少なくない。しかし、一方で、^(イ) 危険もはらむ。今世紀最大の欧州の悲劇もそのひとつであり、^(ロ) 政治プロセスは自然現象よりも予測が難しい。

上述の文では「^(ロ) 危険もはらむ」と述べられているが、この文脈からは、どのようなことが予想されるか。

- 多民族主義の否定
- 国際関係の悪化
- 独裁政治への傾倒
- 宗教的論争と対立

(次頁に問題は続きます)

問3. 力学の理論に転じよう。

ニュートンの力学では運動量の大きさを次のように定義できる。

$$p = mv \quad (1)$$

ただし m は質量、 v は速度

一方、アインシュタインの特殊相対性理論にいくと運動量の大きさの定義は次のようになる。

$$p = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} v \quad (2)$$

ただし、光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

これは、画期的な理論の出現であった。しかし、ニュートンが誤っていたのではない。所与の条件の問題である。すなわち、ニュートン物理学では物体の速さが、光速 c に比較して非常に小さかったので、(2) の分母を 1 でおきかえても、実際にはごくわずかな誤差しか生じなかったためである。

たとえば、仮に、光速の 100 分の 1 ($v = 1/100 c$) の速度で運動している物体の運動量の大きさを考えてみよう。この場合、相対性理論で考えた運動量の大きさが、ニュートン力学を基にして算出した運動量の大きさの何倍になるかを考えると、わずかな (注) 誤差であることがわかる。

(3-1) 上の論述から、2つの運動量の大きさの (注) 誤差はどれくらいと考えられるか。

- a. 5%
- b. 0.5%
- c. 0.05%
- d. 0.005%

(3-2) この記述にある2つの理論の關係の妥当な結論はどれか。

- a. 現在の科学の発展からすれば、当然、相対性理論に書き換える必要がある。
- b. 物体の速度などを考慮して、科学的理論を適宜使い分けるのではなく、統合的な理論に統一することである。
- c. 所与の条件を明確にし、人知によって、科学的な知識を構築していくことである。
- d. ニュートン力学は誤っていないが、これを包括する理論があるのだから、これに転換する必要がある。

問4. 思想の啓蒙期においては、学問は、人文科学も自然科学も教養のひとつであった。

(4-1) 次に挙げた哲学者や思想家のうち、ニュートン物理学に強い関心を抱き、「私は何を知らるか」という問いに対して、人間理性による認識と自然科学の成立可能性の根拠から答えようとした人物はどれか。

- a. ヘーゲル
- b. カント
- c. ルソー
- d. ヴォルテール

(4-2) (4-1) に掲げた思想家、哲学者の著書は、次に挙げた W. X. Y. Z. のうち、それぞれどれか。

- W. 人間不平等起源論
- X. 精神現象学
- Y. 哲学書簡
- Z. 純粋理性批判

問5. アインシュタインは一般相対性理論の決定実験で、「重力による光の屈折が実験の結果正しくない」と判明すれば、自分は直ちに自分の理論を放棄する」といったそうである。このように理論は実証や検証という過程を経て、新しい理論にとってかわる。

次の英文は科学理論の転換について述べられた文の一部である。

【英文A】 Kuhn's notions of how scientists work and how revolutions occur drew (注) as much hostility as admiration when he first published them in 1962 and the controversy has never ended. (注) He pushed a sharp needle into the traditional view that science progressed by the accretion of knowledge, each discovery adding to the last, and that new theories emerge when new experimental facts require them. He deflated the view of science as (注) an orderly process of asking questions and finding their answers. He emphasized a contrast between the bulk of what scientists do, working on legitimate, well-understood problems within their disciplines, and the exceptional, unorthodox work that creates revolutions. Not by accident, he made scientists seem (注) less than perfect rationalists.

(5-1) クーン(Kuhn)の見解が (注) 'as much hostility as admiration' として迎えられた理由を推論すると、次のどれが妥当か。

- a. 妥当な見解であるが、科学者の弱点をありのままに指摘したから
- b. 本質的な問題提起であるが、科学的な発展を疎外すると思われたから
- c. 発想は新鮮だが、伝統的な科学の発展の過程を否定するものであったから
- d. 問題の捉え方はユニークであるが、現実性がないと考えられたから

(次頁に問題は続きます)

(5-2) 文中の ' (※) an orderly process' と意味的に対峙する語をこのパラグラフから探すとどれにあたるか。

- a. disciplines
- b. progress
- c. revolution
- d. discovery

(5-3) 文中の ' (※) He pushed a sharp needle into the traditional view' の比喩表現の意味に最も近いことわざはどれか。

- a. 斧を投ぐ
- b. 虎口を探る
- c. 牛耳を執る
- d. 一石を投ずる

(5-4) (5-3) の文で指摘されている内容として妥当なものは次のどれか。

- a. 伝統的な科学は基本的に実験成果を蓄積することに執念を燃やしてきた
- b. 科学者の役割は、実験成果とこれを解釈する理論の一致を図ることである
- c. 実験結果が既存の理論で説明できないと、そこで新理論が提起される
- d. 実験の方法が確立されているので、新事実として寄与する部分が少ない

(5-5) クーンが科学者を ' (※) less than perfect rationalists' とした理由として、考えられることは次のどれか。

- a. 科学者は妥当な実験の成果を蓄積するだけではないはずだから
- b. 科学者であれば合理的な解釈をするものだから
- c. 科学者は問題対象について、一貫した論理をもっているはずだから
- d. 科学者といえども、常に理路整然とした考えがあるわけでないから

次の英文は生物システムにおける数学モデルの発展について述べられたものである。

【英文 B】 The result of a mathematical development should be continuously checked against one's own (※) intuition about what constitutes reasonable biological behavior. When such a check reveals disagreement, then the following possibilities must be considered:

- A: A mistake has been made in the formal mathematical development;
- B: The starting assumption is incorrect and/or constitutes a too drastic oversimplification;
- C: One's own intuition about the biological field is inadequately developed;
- D: A penetrating new principle has been discovered.

(5-6) 数学モデルをチェックする際、不一致が生じた場合として【英文 B】に挙げられた4つの可能性 A, B, C, D のうち、【英文 A】の論旨から読みとれる主張に最も近いものはどれか。

- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

(5-7) 【英文 B】の文中にある ' (※) intuition' に文脈上の意味が近い語を、【資料】の文中から探すとどれが最も適切か。

- a. 予測
- b. 表象
- c. 経験
- d. 認識

問 6. 【資料】の文中で、' (※) カオス理論では重要なものを欠いているような気がする。' と著者は述べているが、その主張の内容を推論すると次のどれが妥当か。

- a. 人間は有限な存在であり、無限のこのような反復は実際に考えにくいので、カオスとはならないこと
- b. 多様な現象が混在している現在、このような単純な式から問題を検討することは難しいこと
- c. 人間の精神的な営みは事象の見方を与えるものであり、結果の解釈と予測は常に選択的であること
- d. 予測という科学の使命の、重要な反証例であるが、実際の現象と離れすぎて、説得力に欠けること

(次頁に問題は続きます)

第2回モニター試験

第三問 次の文章を読んで、後の設問に答えなさい。

熱力学の第一法則と第二法則は、物理学の初歩で学ぶが、そこで述べられていることは、ごく単純で当たり前なように思われる。この二法則は、ともに次のようにごく簡単に説明がつく。

「宇宙における全エネルギーの総和は一定で（第一法則）、全エントロピーは絶えず増大する（第二法則）」

第一法則をさらに敷衍すると、エネルギーは創成することも消滅することも無い、ということになる。時が始まって以来、宇宙におけるエネルギーの全総和は一定であつて、時が終焉を告げるまで不変であろう。この熱力学の第一法則は、「エネルギー保存の法則」とも呼ばれていて、エネルギーは創成し、また消滅することはないが、ある形態から別の形態に変換することは可能だ、と言い換えることができる。

もっと具体的な例として、自動車のエンジンを採り上げてみよう。この場合には、ガソリン中のエネルギーは、「エンジンによって作り出された仕事に、発生した熱と排気ガス中のエネルギーを加えたもの」に等しいということになる。

永久運動をする機関を開発しようとした試みがすべて失敗したように、無からエネルギーを作り出すことに成功した人間は、たしかにまだかつていなかったし、今後もしこれが不可能である。人間にできることといえば、エネルギーのある状態から別の状態に変えることではない。

事実、存在する一切のものの姿、形、そして動きは、エネルギーをさまざまに集中・変換した結果が具体的な形となつて現われているにすぎない（これを陸上にストックされたエネルギーと呼ぶ）。人間にしろ超高度ビルにしろ、また自動車にしろ一本の草にしろ、これらはすべて、ある状態から別の状態へ変換されたエネルギーの量を表わしている。超高度ビルあるいは一本の草が出来上がるためには、どこか別の所から採取したエネルギーが使用されているはずだ。また、超高度ビルが取り壊されたり、一本の草が枯れるときにも、このエネルギーは消滅しない。これは単に環境のなかで、エネルギーが別の場所に移動したにすぎないわけである。

次に、エネルギーの変換や移動の仕方について考えてみよう。熱力学の第一法則だけを考えても、エネルギーを使ひ果たさず、何度も何度もエネルギーを使用する方法などない、ということとは直感的にわかることである。たとえば、石炭を燃やしてみよう。エネルギーは得られても、二酸化硫黄やその他のガスが発生して、空气中に拡散する。その過程においてエネルギーが失われることはないもの、一度燃やした石炭をまた燃やすことはできないし、ましてや同量の仕事をやることはできない。

そして、これを科学的に説明できるのは、熱力学の第二法則の他にはない。第二法則は、エネルギーが、ある状態から別の状態へと変わるたびに、将来、なんらかの仕事を行なうのに必要な「使用可能なエネルギー」が失われてしまう、ということだ。エントロピーと呼ばれるものは、このことを指し、もはや仕事に変換することができないエネルギー量の度合なのである。

つまり、エントロピーが増大するということは、「使用可能なエネルギー」が増えるということの意味している。自然界で何が起るたびに、将来なんらかの仕事をするためにエネルギーが使用不可能となる。そして、この使用可能なエネルギーの最たるものに公害がある。また産業廃棄物も、浪費されたエネルギーと言え、熱力学の第一法則によれば、エネルギーは創成することも消滅することもなく、可能なことは変換するだけで

12

しかない。また第二法則によれば、エネルギーは一つの方向、すなわち使用された状態にしか変換できない。この点からして、公害とは、まさしくエントロピーに与えられた別名で、いつてみれば、ある「系」（相互関連を持った反応システム）に現われた使用不可能なエネルギーの量を示すのである。

エネルギーを消費するという言葉をよく耳にするが、このことは消費量が増えれば目的としての仕事量も増えるが、同時にそれに比例して使用不可能なエネルギーも排出されるということなのである。消費量に対する仕事量の割合を効率とよんでいる。

ところで、この地球上には、陸上のストックと太陽からの日射という二つの使用可能なエネルギー源がある。そして、太陽エネルギーは、一秒経つごとに力が弱まりはするものの、地球上の使用可能なストックが完全に使い尽くされた後々まで、そのエントロピーが最大に達することは無い。

これに対し、陸上にストックされたエネルギーを使えばどうなるのか。たとえば、タバコに火をつけるたびに、地球上の使用可能なエネルギーは減少する。もちろん、水をよりエントロピーの低い氷の状態にできるように、特定の状況においては、人為的にエントロピーの流れを逆にすることは可能である。だが、この場合には、電力などの他のエネルギーが多量に必要となる。したがって、この場合においても、地球上の全エントロピーは増大することになる。

このことは、特に「再生利用」という問題を考える場合に、大切な観点となる。われわれは、自分たちが使っているほとんどすべての物が、適切な技術を開発しさえすれば、まず完全に再生し、利用できるものと思ひ込んでいる。だが、これは間違ひだ。将来、この世界が経済的に生き残っていくにはリサイクルリング（再生利用）をさらに効率的に推進していくことは不可欠であり、これは言うまでもないことだが、一〇〇パーセント再処理できる方法などないのも事実である。

たとえば、清涼飲料の空罐を考えればよくわかるように、大部分の使用済み金属を見れば、平均的な再生利用効率は、現在三〇パーセントとなっている。さらにリサイクルリングのためには、使用された素材の収集・運搬・処理というように、別のエネルギーが必要となつて、環境の全エントロピーが増える結果になる。したがって何かを再生利用するには、新たに使用可能なエネルギーの出費と、環境の全エントロピーの増大という犠牲が必ずつきまとうわけである。

次に、製品の生産過程におけるエントロピーの問題に目を向けてみよう。製品を生産する過程において、言うまでもなくそのいずれの段階においてもエネルギーが消費される。つまりエネルギーは、人間および機械によつて消費されるわけだ。そのエネルギーの一部は製品のなかから吸収され、他の一部は無駄に費やされる。要するに、経済過程が一段と進歩すれば、それだけ多くのエネルギーが失われることを意味する。高度の工業社会において、経済過程の段階が進行しつづければ、それにつれてエネルギーの消費が高まる。その結果、エントロピーの無秩序も増大して、すぐには解決のつかない大きな問題が、社会にもたらされることになる。

たとえば、マフィン（小麦粉、トウモロコシ粉などで作る円形のパン）を例に採つてみよう。小麦を生長させるための現代の石油化学農法は、まさに非効率なエネルギー利用の極端な例であるといえる。

13

つまり、小麦が大きくなって収穫されると、アメリカ人の「加工食品好き」といった国

