

最大瞬間学力のパラドックス

——日本・シンガポールの比較を通じて——

*平 真木夫・**レオン・チャンフーン

The Paradox of Maximum Momentary Learning Ability: A comparative study between Japanese university students and Singaporean university students

TAIRA Makio and Leong Chan-Hoong

Abstract

This research examines the process of decline of mathematical abilities of university students. The target contents knowledge are permutation, trigonometry, and vector. The authors controlled two factors: curriculum (related to nationalities) and major (arts or science). Increase/decrease of learned knowledge is, of course, depended on curriculum of each student's major, but also affected by how they had learned during high-school days. For example, all science major Singaporean university students have to take the Further Maths and it contains basic Mechanics so that it is clear for them to learn trigonometry and vector in high-school days. They have to learn trigonometry and vector by using higher-order learning strategies. Contrary to the science major Singaporean students, the Mechanics are not required content for the Japanese science major students. This difference affected the current performance of each content domain and, moreover, the Japanese students had shown paradoxical pattern of negative correlation between effort rates in high-school days and current math abilities, i.e. the more they learned in high-school days, the more they forget.

Key words : decline of academic performance
learning strategies
learning meaning

1. 緒言

本研究の目標は、受験をゴールとした学習動機と学習方略との関係の分析を通じ大学入学後にどれだけ学力が低下するのか、そのメカニズムを考察することである。

たとえば、どのような学習方法をとったかと、その方法によって学習された内容がどれだけ記憶に残っているかには密接な関係がある。つまり学習者は学習する目的や動機付けに応じて学習方略を切り替えているといえる (Anderman & Midgley, 1997)。また「受験勉強」に特化したような暗記重視型の勉強は、瞬間的な学力の形成には役立つが、反復練習をしなくなると容易に忘れ去られてしまう現象が指摘されている (西林, 2004)。受験に

* 宮城教育大学教育学部 Miyagi University of Education m-taira@staff.miyakyo-u.ac.jp

** シンガポール国立大学政策研究所 National University of Singapore, the Institute of Policy Studies
leong.chanhoong@nus.edu.sg

向かって必死に勉強しても最終的にそれに見合った知識が得られないのが実情だが、そのような学習方略を自発的に選択していると言えよう。

このような現象を本論文では瞬間最大学力とよび、日本の大学生とシンガポールの大学生の学習実態を比較調査することによって、逆説的でパラドシカルな構造（力を入れて勉強した单元ほど忘却されやすい）を明らかにしたい。

1. 1 瞬間最大学力の定義

瞬間最大学力に対して恒常的な学力として、本論文では OECD や文部科学省が提唱する活用型の学力・知識を望ましい学力と定義したい。たとえば OECD による PISA 調査 (Programme for International Student Assessment) のリテラシの定義の中で、今回の調査でも中心となる数学的リテラシを挙げると次のように定義される (OECD, 2007)。

「数学が世界で果たす役割を見つけ、理解し、現在及び将来の個人の生活、建設的で関心を持った思慮深い市民としての生活において確実な数学的根拠に基づき判断を行い、数学に携わる能力」

このような数学的根拠に基づき判断を行うための活用型の知識は、単純な暗記によって形成された知識とは異なっており、知識のネットワーク構造の中で様々な概念と結びついており、そのリンクの数が多いので忘却されにくいと考えられる。たとえば松見 (1994) は、2重符号仮説と加算効果の検証として均衡バイリンガルと英語の初学者を被験者として実験を行ったが、(1)想起すべきターゲット概念へ辿り着く経路が多いほど想起しやすいこと、(2)記憶を再生するときには、周辺知識も芋づる式に活性化されていることを示している。すなわち、意味ネットワークの中でリンクの数が多いほど、概念として精緻化されているほど忘却率も低下するといえよう。

それに対して学習する意義や目的が不明確な場合には、一般的に反復練習によって切り抜けるしか方法がない。そのため反復作業の傾向が強くなり、そのような状態は概念間のリンクが少なくなりやすい。したがって、反復作業が中止されると学んだことが急激に忘却されると予想される。実際に、「自分の知的能力のピークは受験のときだった」と大学生が自嘲気味に語っても、我々はそれほど違和感もなく聞き流すことが多いように思われる。

学習に対するこのような虚無的な態度はある種の極端な合目的性に基づいて形成されたものといえ、達成目標理論 (achievement goal theory) の枠組みで説明可能と考えられる (Anderman, Maehr, & Midgley, 1999; Anderman & Midgley, 1997; Anderman & Young, 1994)。そして、受験などの特定の場面の利用に特化した知識を「学校知」と本論文では定義したい。たとえば、「忘れても構わない」という態度に影響をもつ要因のいくつかをまとめると図1のようになるであろう。

なお、通俗的な認識論に基づけば、学校で教授される学校知は体系的で科学的なため教育的に価値あるもの（学問知）と受け止められ、日常的な知識（日常知）は、体系的でも科学的でもなく教育的に価値の低いものと見なされてきたといえよう。逆にいうと、学校で学ぶことへの正統性を背景として、そこで学ばれる知識はあたかも「学問知」として正統性が保証され、生徒は強引にでも勉強するようになり、受験に特化した学校知を受け入れやすくなるであろう（安彦, 1998）。

更に別の角度から学校知の成立過程を考えると、日常生活を送る中で獲得された各種の素朴概念は一般に強固なもので、科学的な知識へと置き換えることが難しいことが原因となっている可能性もあるだろう（麻柄, 1990）。実際に、枝葉の知識を使って整合性が求められる科学的な説明と比べて、素朴概念は一般的にその場限りの知識でアドホックな説明しかできないことが多いが、それで満足することもある。たとえば「ボールを斜めに投げ上げるときに、最も球速が速いのはボールが落下する直前である」、「減速している電車の中でキャッチボールをしても、ボールを受け取るスピードは変わらない」といった素朴概念などを例に挙げることができるが、これらの概念を科学的知識抜きに統一的に説明することは困難であろう。

しかし、説明の破綻や不具合を明確に認識しない限り、我々は誤概念である素朴概念を捨てることは難しく、学校で学習する科学的な知識の有用性が明確にならない（高垣ら, 2008）。つまり、実用性が感じられない状態で学

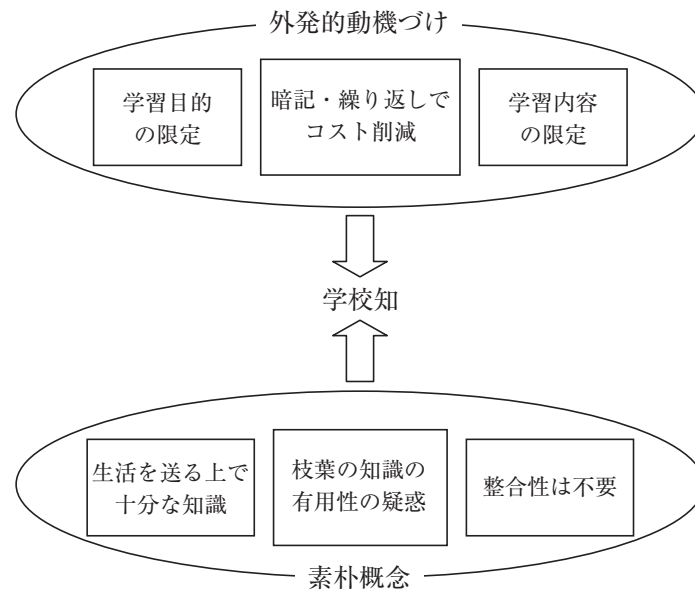


図1. 学校知を形成する二つの要因の模式図

校の中で学ばれる知識は日常的な知識ともかけ離れており、カッコで括られたような特殊な「学校知」と認識され、そのような知識であればすぐに忘却しても構わないと考えられても仕方がないであろう。

このようなものの見方が最大瞬間学力を生み出す動力源である一方で、そのような態度を更に強固なものに促進させる要因が、図1に示した外発的な動機づけであろう。たとえば、Midgley らが行ってきた一連の達成目標理論研究では、学習目標に対するコスト対効果の分析といった概念も紹介されている（Midgley, Kaplan, & Middleton, 2001）。つまり、試験にパスすることが学習目標であれば、その目標を最小限のコストで達成しようとすることは自然なことであり、高得点がとれるのであれば、暗記のような浅い処理で切り抜けても問題がないことになる。他にも、村山（2003）がテスト形式が学習方略に影響を及ぼしていることを報告している。村山（2003）は、テスト実施に際して記述形式のテストを予告されるよりも、空欄補充テストを実施予告される方が有意に暗記に重点を置く浅い学習法略をとることを示している。

以上のように、素朴概念や外発的動機づけに基づく暗記方略それぞれの充足感、この二つの要因によって大学生の瞬間最大学力が形成されているのであれば、逆に、そのどちらかの要因がなくなれば、入学後も維持されるような活用型の学力が形成されるのではないだろうか？本研究はこの仮説についても検証してみたい。

ここで本論文の仮説を大まかにまとめると、「活用場面にに関する知識がないまま勉強していた単元ほど知識は剥落し、逆に、知識の活用方法が明確な単元の知識は残りやすい」となる。その理由は、(1)丸暗記した知識と比べて知識活用と結びつけられた知識はリンクの数多くて記憶に残りやすいこと、(2)学習目的が明確で学習動機が比較的高く精緻化（elaboration）されやすいことを挙げることができる。

なお、本研究では学力の残存状態を規定する要因として、学習方略と学習目標がどの程度影響力を持つのかを考察することになる。このような分析を行うときには、教育レベルが類似していて学習目標が異なる学習者を比較対象とした調査が有効である。その点でシンガポールは調査地として適切と考えられる。たとえば、シンガポールは受験圧が日本よりも高い。教育内容がより精選されており、単元の選択と授業時間の集中が日本よりも進んでいるところもあるが、カリキュラムそのものは日本と類似点が多い。以上のことから、日本の大学生と比較を行うのにシンガポールの大学生が適していると判断して調査を行った。

2. 方法

2. 1 被験者

日本人大学生47名、シンガポール人大学生38名が調査に参加した。日本人学生はすべて国立大学の教育学部で、シンガポール人学生はシンガポール大学と南洋工科大学の学生であった。

日本人学生のうち、推薦入試によって入学した学生が8名、受験タイプなどから理系と推測された学生が9名、文系と推測された学生が30名であった。シンガポール人学生のうち、理系の学生は14名、文系の学生は24名であった。シンガポール人学生は全員 GCE (General Certificate of Education) の A-Level という試験を受験してきた学生たちであった。GCE とは旧英国植民地で広く採用されている試験制度で、日本のセンター試験に概ね相当している。

シンガポールで理系を志望する高校生には、応用数学として物理の力学分野が必須科目として課せられている。応用数学の一部として力学分野を学習する利点は様々であるが、速度・加速度の計算で微積分を使うことは当然として、力の合成・分解を行うときには三角関数やベクトルが活躍する。つまり、数学の教科書においてそれぞれの単元の学習を「例題」に例えると、力学分野の学習はそれぞれの知識を活用する「応用問題」と位置づけることができるであろう。「応用問題 (力学)」の学習を通じて、「例題 (微積分、三角関数、ベクトルなど)」の理解が深められることが期待されていると言いかえることができるであろう。それに対して、シンガポールの文系学生は数学に関してシラバスは基本的に日本人が履修する数学 (I A、数学 II B) に相当する範囲を履修することになっていて、そして A-Level では理科そのものが選択科目となっているので必ずしも物理は選択されない。

以下に理系数学の当該分野のシラバスを例示する。

FURTHER MATHEMATICS A LEVEL (2007)

GCE ADVANCED LEVEL SYLLABUS (6 ページ)

THEME OR TOPIC CURRICULUM OBJECTIVES

Candidates should be able to:

MECHANICS (Sections 1 to 5)

2 Circular motion

- recall and use the radial and transverse components of acceleration for a particle moving in a circle with variable speed;
 - solve problems which can be modelled by the motion of a particle in a vertical circle without loss of energy (including finding the tension in a string or a normal contact force, locating points at which these are zero, and conditions for complete circular motion).
-

これに対して日本では、力学分野の本格的な学習は、高校の段階で物理学を選択しない限りほとんど触れる機会がない。特に昨今の理系離れを反映して、物理学の選択者自体が急速に減っている。理科的な素養を高めるだけでなく、一般的、基礎的な数学的な学力形成に関しても日本は危機的な状態にあるといえるのではないだろうか。

2. 2 課題

GCE の A-Level Math の中から、基礎的・標準的と判断された課題を抽出し、日本人学生とシンガポール人学生の被験者に実際に解答するように求めた。(付録 I 参照)

上述したとおり、カリキュラムの内容は日本とシンガポールとで若干異なっているが、調査に用いた数学の問題に関してはセンター試験と GCE A-level は、難易度含もめてかなり似かよっているといえるであろう。たとえば数 I A、数 II B に相当する「数学」は、文系の学生でも理系の学生でもほぼ全員が受験する点も日本と似ている。

解答時間は60分で、順列・組合せ、三角比、ベクトルの問題がそれぞれ2題ずつ含まれていた（付録1参照）。日本の入試問題と比較しても、標準的かやや易しい問題であることが数学教育の専門家によって確認されている（いわゆる教科書の例題レベルの問題）。一般的なGCE A-levelの問題としても易しい問題となっている。

この数学の問題に加えて、日本人学生は2006年度のセンター試験の国語、シンガポール人学生は国語に相当するGeneral Paper IIの問題を解答するように求めた。それぞれ解答時間は90分と60分であった。国語（言語教育）は、両国のあいだでカリキュラムが大きく異なり、また試験の実施形態も異なっている。たとえば、日本が選択式の問題であるのに対して、シンガポールのGeneral Paperは全て記述式の問題で、小論文並みの記述量の問題も含まれている。逆に、General Paperの中で文学作品が出題されることは、受験者がそのような課題（文学）を選択しない限りない。このようにカリキュラムの構造が大きく異なるため、国語に関して本論文では分析対象から除外することにする。

2. 3 評定課題（付録2参照）

GCE A-levelの問題を実際に解答したあとに、各被験者はそれぞれの問題（単元）の、(1)高校時の学力、(2)現在の学力、(3)努力率、(4)典型性、(5)当時感じた目的の明確さを評定し、その後、勉強の進め方と知識の残存度について自由に記述するように求めた。それぞれの項目は、-5から+5のあいだで評定するように求められた。

現在の学力は、高校時の学力に対してどれだけ解けるようになったのか（解けなくなったのか）を被験者が評定する項目である。たとえば、-5と評価した場合には、すっかり解けなくなったことを表す。努力率とは、その他の教科の勉強を含めて、どの程度その単元に力を入れて勉強したかその労力を評定する項目である。たとえば、5と評価した場合には他教科と比べても特に力をいれて取り組んだ単元であることを示す。当時感じた目的の明確さとは、「受験勉強のため」という学習目的以外に、何のために勉強をするのか、知識を活用する領域や他の単元との関係が明確であるかどうかを問う項目である。たとえば、5と評価した場合には応用領域や他の単元との関係がかなり明確であったことを示す。

典型性に関する評定は、日本人学生にとって違和感のない問題であったかどうかを把握するために設定した項目であるが、意図したとおりの評定結果が示された（-5～+5で典型性を評定：順列組み合わせの平均3.4、標準偏差1.9；三角関数の平均2.6、標準偏差2.1；ベクトルの平均1.4、標準偏差2.3）。

これらの評定が終了した後、被験者は受験生の頃の学習方法と、今後の学力変化に関する見通しについて自由に記述するように求められた。

3. 結果

3. 1 自由記述の分類

本論文では知識観と学習方略を合わせて被験者が保持している認識論と考えるが、それにしがつて被験者が報告した自由記述を、学習方略として(1)勉強方法・工夫に関して特徴的なもの、主立った知識観として(2)今後の知識の行く末や残存度の2つに大別したものを下に示す。

(1) 学習方略

自由記述から、一般の日本人文系学生にとって、数学の典型的な学習方法とは、問題集をひたすら繰り返し解くことであり、これと平行して公式を暗記していく作業が行われることが示唆された。しかし、今回参加した日本国内の被験者にとって公式の意味を理解した上での記憶ではないので、三角比やベクトルのように公式の利用を前提とした問題ではほとんど手が出ない状況になりやすいことが示された。特に、「(受験時)ベクトルは捨てた／諦めた」という回答が多く見られた。受験勉強の対策を立てるプロセスの中で、勉強時間の割りあてすらない単元を自己の判断で設定していたということである。そして、数学に関していうと、ベクトルの単元がそのような受験対

策すら放棄される単位となりやすかったということが示された。

また、センター試験のレベルの数学では、問題のパターンを記憶することによって解くことが実際に可能である。問題の中身を理解して解くのではなく、解決手続きを暗記してそれを当てはめることによって機械的に解く方が時間コストも低くすむと認識されているからである。

たとえば定型的な問題が出題されることが多い状況では、類似した問題の解法を含めて記憶し適応するだけでおおよそ対応することが可能であったことが報告された。実際に、「この問題昔解いたな、でも解法がわからない」ということが最悪なパターンとして認識され、公式や解法を“思い出す”ようなスタイルで対処していたことが書かれていた。

それに対して望ましい学習スタイルは、教科書の例や例題の意味を理解し、個々の『公式』等の証明を理解することだと思われるが、問題を解くことに限定するならば、被験者にとって解法を思い出す方法が学習スタイルとして効率的と写っていた可能性が示唆された。

それに対して、シンガポール人の理系学生は、既に述べたとおり応用数学の中に力学分野が含まれている。そのため、シラバスに示したとおり力学単元の学習を通じて三角比やベクトルの学習目的がかなり明確になっていた。

しかしながら、順列・組合せのようないわゆる「計算問題」は、日本人学生にとっても中学までの延長線上にあるため、比較的容易に解くことができるようであった。実際に、確率の計算をするときに確率事象の数え上げが必要とされるため、日常生活でどのような場面を使えば良いのかも比較的明確であったことが推測された。

(2) 知識観：今後の知識の行く末と残存度

日本人被験者の自由記述の報告から、以下のような記述を抜粋することができた。

「(知識の) 使い道が限定されているから知識の消失はとまらない」、「数学の因数分解、ベクトル、微積など、どのように生活に活用するか分からないので、絶対に忘れる」、「国語や英語は今後も役立つと思うが、数学は実用性がないので衰退する。社会や理科は分野によっては活用されるけど、日常と関連していない限り忘れる」、「教科の知識が実際の生活において必要とされることはないので、忘れている。不必要となった現在、忘れています。(受験) そのために限って勉強させられていたという意識がある」

また、これをうけた受験時の学習スタイルについて聴取したところ、以下のような特徴的な報告が得られたので挙げてみよう。

「実問を数多く解いた方が効率がいいので、要点をノートにまとめることはしなくなる。まとめて理解するよりも、問題を多くこなした方が効率が良い。参考書の選び方は変わらない。要点がすぐに分かるものを選ぶ」、「(受験勉強で獲得した勉強スタイルは) 資格試験のために使うかもしれないが、ノートをまとめるなどは時間がかかるので、丸暗記の方が効率的な勉強方法として残る」

藤澤 (2002) に示されているような「ごまかし勉強 (上) p124-129」のテクニック、考え方がほぼそのまま同じようなニュアンスで報告されていたのが特徴的と思われた。藤澤 (2002) が特に注意を喚起する「ごまかし勉強」の特徴として、(1)学習範囲の限定、(2)代用主義、(3)機械的暗記志向、(4)単純反復志向、(5)過程の軽視志向の5つを挙げているが、本研究の被験者の報告の中にも幾つか当てはまる記述が見られた。

たとえば、参考書を選択するときに、できるだけ要点がすぐに分かりやすいものを選ぶことを述べていた被験者が実際に見られた。また、入試直前において顕著な行動として、教師が配布する教材に限定して勉強を行っていた被験者も見られた。要点を絞ることによって応用の可能性や発展性が大きく妨げられるが、有限の時間の中で効率よく対処するための行動として確立されていたことが示唆される。

3. 2 高校時の学力

高校時の学力について分析したものが図2である。値が高いほど高校時に得意であったことを示し、0が一般的な得意度に相当している。マイナスになるほど苦手意識が強くなる。

最大瞬間学力のパラドックス

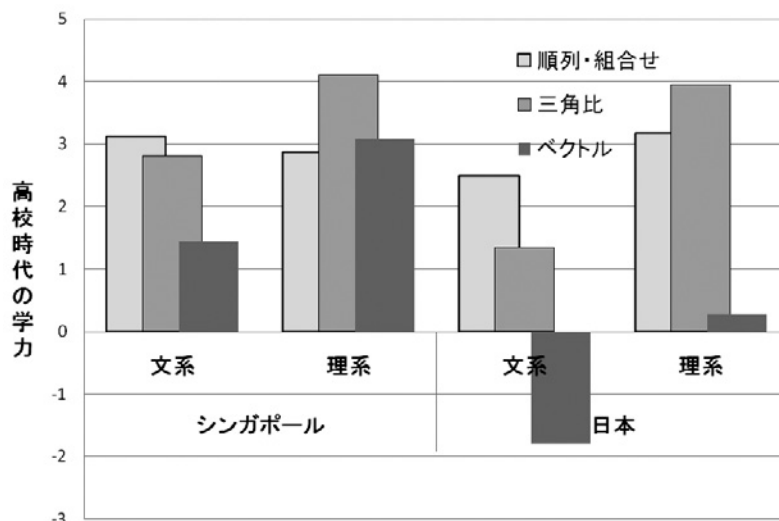


図2. 高校時代の学力評価 (+5 ~ -5 の評価平均)

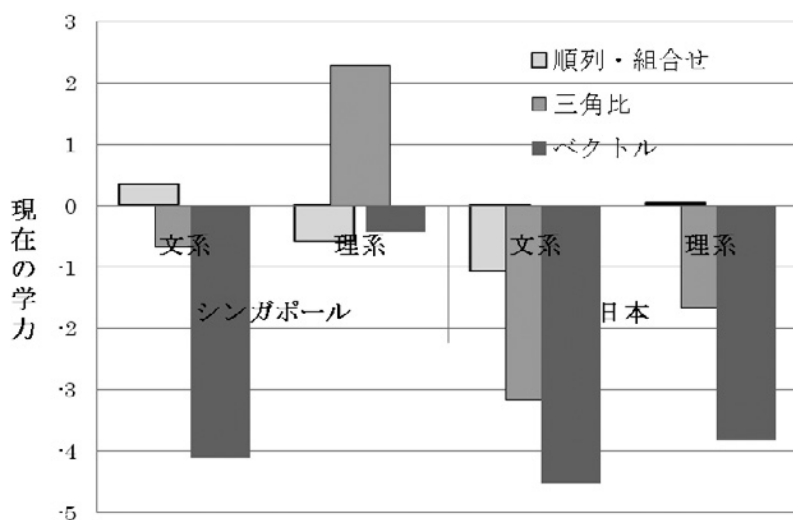


図3. 単元ごとの現在の学力評価 (+5 ~ -5 の評価平均)

独立変数として、国（日本、シンガポール）、専攻（文系、理系）、単元（順列・組合せ、三角比、ベクトル）の3つを設定し、従属変数として高校時の学力の高さを設定した。国と単元の組合せの交互作用と ($F(2, 162) = 8.795$, $MS = 35.68$, $p < .001$)、専攻と単元の組合せの交互作用 ($F(2, 162) = 3.725$, $MS = 15.11$, $p < .05$) が統計的に有意であった。図2から読み取れるように、全体的にシンガポール人学生たちの方が受験時に得意意識が高く、文系よりも理系の方が得意意識が高いが、単元の効果がかなり明確になっている。具体的には、専攻によって、三角比の学力に関して大きな違いが見られたといえるであろう。また、国によって、ベクトルの得意度が大きく異なっている。これは、両国の受験圧の高さか、参加大学の学力差を反映していたと考えられるであろう。

3. 3 現在の学力

現在の学力に関して分析したものが図3である。図2で評価した学力と同程度の学力が維持されていたときには0と評価するように求めた。プラスになるほど大学入学後に学力が向上したことを示し、マイナスになるほどより解けなくなったことを示す。所属する専攻の専門性の影響が大きい、いわゆる残存学力に相当している。

独立変数として、国（日本、シンガポール）、専攻（文系、理系）、単元（順列・組合せ、三角比、ベクトル）の3つ

を設定し、従属変数として現在の学力の高さを設定した。国と専攻、単元の組合せの高次の交互作用 ($F(2, 162) = 6.791$, $MS = 26.22$, $p < .001$) が統計的に有意であった。

図3から明らかなように、シンガポール人学生の理系生徒たちの、三角比とベクトルの残存学力の高さが目立つ。特に三角比に関しては、日常的に活用可能な順列・組合せよりも残存学力が高く、傑出しているといえるであろう。

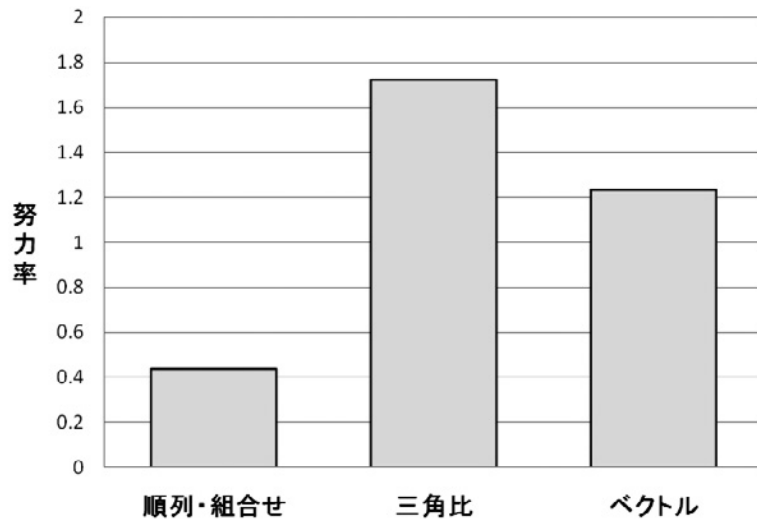


図4. 受験時の各単元の努力率 (+5 ~ -5 の評定平均)

3. 4 努力率

高校時の努力率に関して分析したものが図4である。いわゆる勉強時間に相当する内容となっており、努力率が高いほど他教科と比較して特に力を入れたことを示す。他教科と同じ程度に勉強時間を割りあてていた場合には0と評価するように求めている。独立変数として、国 (日本、シンガポール)、専攻 (文系、理系)、単元 (順列・組合せ、三角比、ベクトル) の3つを設定し、従属変数として努力率を設定した。

単元の主効果のみが統計的に有意であった ($F(2, 162) = 6.19$, $MS = 26.75$, $p < .01$)。図4から読み取れるように、国や専攻によらず、三角比の単元が最も力を入れて勉強され、順列・組合せの勉強時間が最も少なかったことが分かる。

3. 5 学習意図

学習意図の明確さに関して分析したものが図5である。何のために勉強するのかがどれだけ明確であったかについて聞いており、図1に示した学校知学力の形成過程と密接な役割をもっていると仮定していた。学習の意図が明確であるほどプラスの方に高く評価するように指示し、逆に学習の意図が全く把握できなかったような場合にはマイナスの値をつけるように指示していた。独立変数として、国 (日本、シンガポール)、専攻 (文系、理系)、単元 (順列・組合せ、三角比、ベクトル) の3つを設定し、従属変数として学習意図を設定した。

専攻と単元の交互作用 ($F(2, 162) = 6.23$, $MS = 25.69$, $p < .01$) が統計的に有意であり、国と単元の交互作用 ($F(2, 162) = 2.71$, $MS = 11.19$, $p = .069$) が惜しくも統計的に傾向差を示すにとどまった。しかしながら、図5から明らかなように、シンガポール人の理系学生が三角比の単元で明確な優位性を示している。特に、順列・組合せと比べても学習意図が明確であったと評価していたことは、その他の学生たちと比べて突出しているといえるであろう。

逆に、専攻と単元の交互作用が有意であったことから示唆されるように、国と関係なく、文科系の学生たちにとって三角比やベクトルは学習意図が見えにくい単元であったといえるであろう。自由記述でも見られたように、特にベクトルは「捨てた単元」であり、勉強すること自体を放棄したくなるほどの単元であったといえるであろう。そ

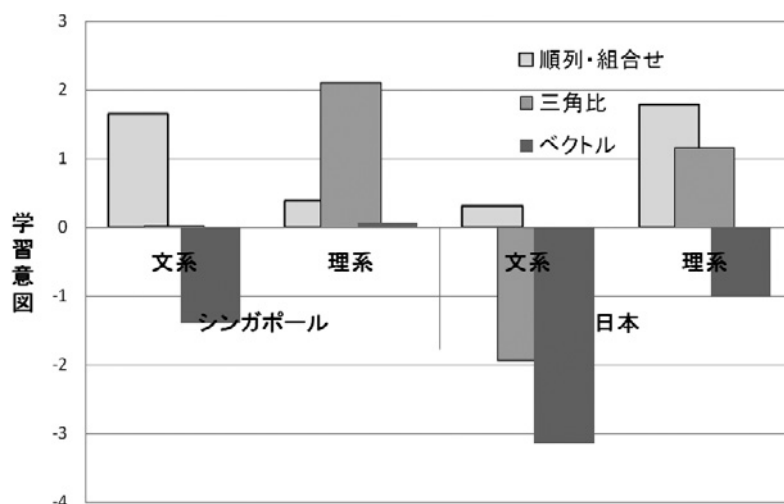


図5. 受験時の各単元の学習意図の平均（+5～-5の評定平均）

表1. 学力残存度と各要因の関係

日 本	学習意図	努 力 率	学 力	決定係数	F(3, 44)
順列・組合せ	0.21	-0.09	τ 0.42	0.20	*5.02
三角関数	τ 0.25	τ -0.23	*0.66	0.53	*18.70
ベクトル	0.17	-0.15	0.20	0.02	1.31
シンガポール	学習意図	努 力 率	学 力	決定係数	F(3, 34)
順列・組合せ	0.12	0.08	*0.51	0.26	*5.41
三角関数	τ 0.27	-0.08	*0.56	0.39	*8.76
ベクトル	0.15	0.11	0.35	0.09	2.17

決定係数は自由度調整済みの R^2 * $p < .01$ τ $p < .05$

れに対して、三角比は（相対的に）まだ多少は学習意図が見えていた単元であり、その結果、図4に示されているように、努力率も高く維持されていたと推測される。

3. 6 学力残存度の予測

現時点での学力の高さ（残存度）に対して、高校時の学力の高さ、努力率、学習意図の明確さのどの要因が強く影響をもつのか、単元と国ごとに分析する。

表中の R^2 とは調整済み決定係数と呼ばれる数値であり、独立変数に対応する従属変数の全変動に対する独立変数で説明できる変動の割合である。たとえば、 R^2 が0.204とは、分析モデル（高校時の学力、努力率、学習意図の明確さ）によって現在の学力の約20%を説明できることを意味している。そして、それぞれの要因の偏相関の値が寄与の方向と強さを表しており、p-値はその寄与の強さが統計的に有意であったかどうかを示している。たとえば、偏相関の値が0.42というのは、その値が高いほど従属変数が高くなることを意味する。そして、p-値が0.005とは、偏相関の影響が0.5%水準で統計的に有意であったことを示し、強い影響力を持っていたと推定される。

3. 6. 1 順列・組合せ

表1に順列・組合せの残存学力に対する分析結果を示した。日本人学生の重回帰モデルは統計的に有意であり、高校時の学力のみが統計的に有意な影響をもつことが示された。シンガポール人学生の分析結果も日本人学生と同

じく重回帰モデルは統計的に有意であったが、同様に高校時の学力の高さの明確さのみが統計的に有意な影響をもつことが示された。

3. 6. 2 三角比

表1に角比に関する分析結果を示した。日本人学生の重回帰モデルも統計的に有意な結果であり、全ての要因が統計的に強い値を示した。しかしながら、偏相関の値をそれぞれ見ていくと、努力率の高さが負の値を(-0.23)示しているのが分かる。これは、「高校時代に勉強すればするほど、大学に入ったときには忘却率が高く感じられる」という結果となっており、学習実態として極めて問題のある状況にあることが推測される。

シンガポール人学生の結果(表1下)も日本人学生と同様に統計的に有意ではあったが、努力率の高さは統計的に有意ではなかった。つまり、日本人学生と異なって、高校時の学力の高さと、学習意図の明確さが残存学力を決定していたことを示している。図4に示したとおり三角関数は両国の学生ともに最も力を入れた単位であることを考えると、日本人学生たちの学習実態の不自然さ、異様さがより際だつ結果といえるのではないだろうか。

3. 6. 3 ベクトル

日本人学生、シンガポール学生に関してベクトルの残存学力の分析を行ったが、双方の学生も重回帰分析モデルは統計的に有意ではなかった(表1)。

4. 考察

本論文で初めに「活用場面に関する知識がないまま勉強していた単位ほど知識は剥落し、逆に、知識の活用方法が明確な単元の知識は残りやすい」と仮説づけたが、表1上に示したように、三角関数における逆説的な結果はおおむね仮説を支持していたと考えて良いだろう。他にも、図3「現在の学力」と図5「学習意図」を比べてみると、類似したパターンを示していることが分かるであろう。つまり、図1に示した学校知の枠組みと異なって、整合性のある知識活用の必要性が示されれば勉強方法も変化し、学力も残りやすい可能性が示唆されたといえるのではないだろうか。

もちろん、シンガポール人の理系学生の専攻が純粋な理工系であることを考えると、残存学力の高さは大学入学後の学習による影響も大きいと考えられる。しかしながら、日本人学生の三角比の単元の重回帰分析の結果から示されるように(表1上)、学習意図が分からない場合には、勉強すればするほど入学後の残存学力が低下する可能性が高い。入学後の残存学力が低下するという表現よりも、徒労感が増すと換言する方が適切かもしれない。いずれにしても、学習目的が分からないのにも関わらず闇雲に勉強する状況とは、機械的に公式を適用し、条件反射のようにひたすら問題を解いていくような状況が相当していると考えられるであろう。

つまり、図1に示したように、何のために学習するのか明確でなく、受験にパスするだけで十分であれば、入学後に綺麗サッパリ忘れてしまっても当然な学習方法を採用していると推察される。極端に書くと、「積極的に勉強した内容ほど忘れやすく、学力低下も著しい」という逆説的な結果となっており、学力の形成と保持に関して深刻な問題が存在していると考えられる。

このような問題状況を打破するためには、シンガポール人の理系学生のように、「応用(力学)を勉強することで基礎(三角比、ベクトル)の理解が明確になり、残存学力も高まる」という仕組みが有効と推測される。しかし、今回の調査結果はその予想を必ずしも全面的に支持するものではない。残存学力の分析から大学入学後の専攻の専門性の影響を除外すること自体が困難であるが、今後はそのような調査手法を開発していく必要があるだろう。

謝 辞 本研究は科学研究補助金基盤研究(C)(課題番号18530501、21530675)の補助を受けている。

参考文献

- 安彦忠彦 (1998). 学校知の転換を図る—カリキュラム開発の在り方, 安彦忠彦 (ed), 学校知の転換—カリキュラム開発をどう進めるべきか, ぎょうせい, 第6章, 144-171.
- Anderman, E. M., Maehr, M. L., & Midgley, C. (1999). Declining motivation after the transition to middle school: Schools can make a difference. *Journal of Research and Development in Education*, 32, 131-147.
- Anderman, E., & Midgley, C. (1997). Changes in personal achievement goals and the perceived classroom goal structures across the transition to middle level schools. *Contemporary Educational Psychology*, 22, 269-298.
- Anderman, E. M., & Young, A. J. (1994). Motivation and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 811-831.
- 浅沼茂 (1999). カリキュラム研究とその理論的前提, 安彦忠彦編『新版カリキュラム研究入門』勁草書房, 第2章, P29-63
- 駒林邦男 (1992). 学校知, その基本的性質, 岩手大学教育学部研究年報第51巻第2号 (1992.2) 97-109.
- 麻柄啓一 (1990). 誤った知識の組み替えに関する一研究 教育心理学研究, 38, 455-461
- Midgley, C., Kaplan, A., & Middleton, M. J. (2001). Performance-approach goals: Good for what, for whom, under what circumstances, and at what cost? *Journal of Educational Psychology*, 93, 77-86.
- 西林克彦 (2004). いま必要な学習論 指導と評価, 50, 17-20
- 松見法男 (1994). 第2言語習得における単語の記憶過程, 心理学研究, 64, 460-468.
- 村山航 (2003). テスト形式が学習方略に与える影響 教育心理学研究, 51, 1-12.
- 高垣マユミ・田爪宏二・松瀬歩 (2007). 相互教授と概念変容教授を関連づけた学習環境の設定による概念変化の促進—溶解時の質量保存の事例的検討— 教育心理学研究 55, 426-437
- OECD (2007). PISA2006年度調査評価の枠組み, <http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/13/57/39116722.pdf> (アクセス日: 2011年9月10日)

(平成23年9月30日受理)

付録1：課題例【GCE 'A' level Mathematics】

以下の6問は“A level Mathematics (TOPICAL) 2005 Edition”, Redspot Publishing: Singaporeから採録した。

順列・組合わせ

問1 20名の生徒がいて、この集団は2つの異なる学年から構成されている。それぞれの学年は10名ずつである。

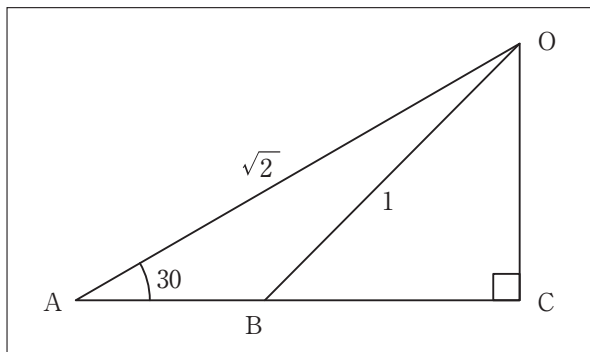
この20名の生徒の中から5名を選ぶが、選ぶ順番はどのようなものであってもかまわない。以下の問題を解答せよ。

- (i) 可能な組み合わせの数を求めよ。
- (ii) 5名の中で少なくとも一人は学年が異なる組み合わせの数を求めよ。

問2 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9の十個の数字から構成されている整数がある。先頭の数字が0以外の数で、奇数の数はいくつか。その数を求めよ。

三角関数

問3 以下の三角形 OAB において、 $OA = \sqrt{2}$ であり、 $OB = 1$ 、 $\angle OAB = 30^\circ$ である。CはOからABに対して引いた垂線である。



- (i) $\angle ABO$ を求め、 AB の長さが $2\sin 15^\circ$ であることを示せ。
- (ii) $\angle OAC$ を用いて AC の長さを求めなさい。
そして、 $\sin 15^\circ$ が $\frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$ であることを示しなさい。

問4 三角形 ABC において AB , BC , CA はそれぞれ 7 cm , 2 cm , $b\text{ cm}$ である。また、 $\angle C$ は 30° である。余弦定理を用いて、 $b^2 - (2\sqrt{3})b - 45 = 0$ であることを証明し、 b の長さを求めなさい。また、 $\sin B = \frac{5\sqrt{3}}{14}$ であることを示しなさい。

ベクトル

問5 原点 O から同一直線上にない位置ベクトル \mathbf{a} , \mathbf{b} , \mathbf{c} , \mathbf{d} がある (それぞれの点は A , B , C , D)。このとき、 $\mathbf{a} - \mathbf{b} = \mathbf{d} - \mathbf{c}$ とする。四角形 $ABCD$ が平行四辺形であることを示せ。

また、 $\mathbf{a} - \mathbf{b} = \mathbf{d} - \mathbf{c}$ であるときに $|\mathbf{a} - \mathbf{c}| = |\mathbf{b} - \mathbf{d}|$ であったとき、平行四辺形 $ABCD$ の形が何になるかを証明しなさい。

問6 原点 O から点 A と点 B に引いた位置ベクトルは、それぞれ $3\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ と $\mathbf{i} - \mathbf{j}$ である。線 l は以下のベクトル方程式によって求められる。

$$\mathbf{r} = 5\mathbf{i} + 5\mathbf{j} + t(2\mathbf{i} - \mathbf{j})$$

このとき、線 l と Ab を結んだ直線との交わる角を小数点第一位を四捨五入して求めよ。(Formula sheet に添付した $\cos \theta$ と角度の対応表を利用すること)

付録2 質問紙の概要

評価項目1：受験当時の難易度判断

受験生の頃のあなたの学力を思い出し、その当時はそれぞれの問題がどれくらいの難易度であったかを、以下の尺度にしたがって評価してください。

$-5 \sim -4 \sim -3 \sim -2 \sim -1 \sim 0 \sim +1 \sim +2 \sim +3 \sim +4 \sim +5$
 (難しい) (普通) (簡単)

評価項目2：現在の学力の判断

それぞれの問題を解答する力が、受験生の頃と比べてどれくらい変化したか、以下の尺度にしたがって評価してください。

- (a) 受験当時の学力を基準（変化度が0）として評価します。
- (b) 受験生の頃よりも楽に問題が解けるようになったと感じた場合には、+5の方に評価し、解くことが難しくなったと感じた場合には-5の方に評価してください。

$-5 \sim -4 \sim -3 \sim -2 \sim -1 \sim 0 \sim +1 \sim +2 \sim +3 \sim +4 \sim +5$
 (難しくなった) (普通) (簡単になった)

評価項目3：各単元の努力率の判断

数学、国語の各設問はそれぞれ一つの単元として構成されています（数学：順列・組合せ、三角関数、ベクトル、国語：評論文、エッセイ、古文、漢文など）。このとき、それぞれの単元の勉強に対して、どれくらい労力を注ぎ込んだか、以下の尺度にしたがって評価してください。

- (a) 社会科、理科などの勉強時間も考慮に入れて、当時の勉強時間・努力の高さを評価する。
- (b) 全くと言っていいほどほとんど勉強しなかったときには-5、その他の教科・単元と比べて特に力を入れて勉強していたときには+5に評価する。
- (c) 受験に課されるその他の教科と同じ程度に、普通に勉強していた場合には0に評価する。

$-5 \sim -4 \sim -3 \sim -2 \sim -1 \sim 0 \sim +1 \sim +2 \sim +3 \sim +4 \sim +5$
 (ほとんどしなかった) (ほどほど) (特に力を入れていた)

評価項目4：各問題の入試問題としての典型性判断

以下の尺度にしたがって、入試問題としてどれくらい典型的かを評価してください。

$-5 \sim -4 \sim -3 \sim -2 \sim -1 \sim 0 \sim +1 \sim +2 \sim +3 \sim +4 \sim +5$
 (非典型的) (どちらともいえない) (典型的)

評定項目5：学習する目的・意義の評定

受験勉強をしていたときに、各単元を学習する目的と意義（受験勉強のためという理由は除く）をどの程度理解していたかを、以下の尺度にしたがって評定してください。学習する目的・意義が明確であった場合には+5に、目的・意義が推測できなかった場合には-5に評定してください。

- 5	～	- 4	～	- 3	～	- 2	～	- 1	～	0	～	+ 1	～	+ 2	～	+ 3	～	+ 4	～	+ 5
(推測できなかった)					(どちらともいえない)										(明確であった)					

最後に、受験生の頃の勉強の進め方について書いてください（数学や国語以外の教科についても言及可）。

1. それぞれの教科をどのように勉強しましたか？ノートを取り方、まとめ方、記憶術など、何か創意工夫を凝らしたことがあれば書いてください。
2. 受験を通じて勉強した知識は、今後どのようにになると予想しますか？その予想と理由を書いてください。