

【原著】

大学入学志願者の基礎的学力測定のための「数理分析力」の調査とその予備的検討

桜井裕仁（大学入試センター）、田栗正章（中央大学、大学入試センター）、
安野史子（国立教育政策研究所）、小牧研一郎、
荒井清佳、伊藤圭、椎名久美子、宮埜寿夫（大学入試センター）

AO入試や推薦入試などによる大学・短大への入学志願者を主な対象として、基礎的な学力を評価する試験についての検討を行った。既存の教科・科目の学科試験とは異なる観点から、新しい試験として「言語運用力」と「数理分析力」の問題を試作し、その評価のためのモニター調査を実施した。本稿では、2012年度に実施した数理分析力の調査について、その概要と試作した問題冊子の大問分析結果を報告する。分析の結果、試作した問題冊子は、今回の調査参加者の成績上位群と下位群をある程度識別できる問題で構成されていたことが示された。

1 はじめに

大学入学志願者の高校での履修教科・科目は多様化しており（山村・荒牧，2002；山村，2010），また，大学進学率の上昇とAO入試や推薦入試による選抜単位数の増加に伴い，幅広い学力層が大学に入学するようになってきている。このため，教科・科目別の試験とは異なる方法で大学入学後の履修に必要な基礎的な能力を担保する仕組みが求められている。

2000年11月には「総合試験」に関する答申（大学審議会，2000）が出され，林・伊藤（2010）では，約70の大学でこれに類する試験を実施していることが報告されている。試験内容の観点から総合試験を大別すると，教科・科目複合型の総合試験と教科・科目にとられないカリキュラムフリー型の総合試験に分類される（林・伊藤，2010）。前者の例としては，大学入試センター内に設置された総合問題調査研究委員会（第1期：2001年4月～2003年3月，第2期：2003年4月～2004年3月）による「総合基礎」問題の試作と評価がある（石井ほか，2004，2005；椎名ほか，2006；柳井ほか，2006a）。後者の例としては，大学の研

究者と大学入試センター研究開発部との共同研究による医学部学士編入学者選抜を想定した問題の試作と評価がある（伊藤ほか，2006，2011；赤根ほか，2006；柳井ほか，2006b；林ほか，2010）。

このような知見等を踏まえ，大学入試センター研究開発部では，AO入試や推薦入試などによる大学・短大への入学志願者を主な対象として，基礎的な学力を評価することを目的とした新しい試験の開発に関する調査研究が進められている。2012年度にはその一環として，「言語運用力」と「数理分析力」の問題が試作され，試作問題評価のためのモニター調査が高校2年生と大学・短大1年生を対象として実施された（椎名ほか，2014；伊藤ほか，2014）。本稿では，「数理分析力」に関する調査の概要と試作された4種類の問題冊子の大問分析結果を報告する。

2 数理分析力の測定

2.1 数理分析力の測定の枠組み

大学入学志願者の基礎的な能力として，数理的な理解力，思考力，問題解決能力などが

必要であり、このようなものを新しい試験で測定する基礎的な能力の枠組みに入れることにした。そして、「数理分析力」では表 1 に示すような能力を測定することを目指し、そのためには具体的にどのような問題を出題するのが相応しいかを検討することとなった。表 1 のラベル M1 や M2 だけでなく、M3 や M4 などの出題も重視する点で、数理分析力の試験は、既存の教科・科目の学科試験とは異なる総合試験の一種であると位置づけられよう。

ただし、各設問と表 1 の能力分類の対応づけは必ずしも 1 対 1 でなくてもよいものとし、1 つの設問で複数の能力を測ろうとする問題を作ることも認めた。これは、限られた設問数で多角的な能力測定を試みるためである。

2.2 試作問題と問題冊子の作成

数理分析力の問題は、表 1 の能力を測れるものとしたが、次に、想定する試験の難易度や内容のイメージ、対応する大学入試センター試験の科目、高等学校学習指導要領（1999（平成 11）年告示）の科目等を検討した。

具体的には、大学入試センター試験の科目に対応する、数学 I・数学 A（ほぼすべて）、数学 II・数学 B（統計の内容を中心）、工業数理基礎、情報関係基礎、などの問題を参考にすることにした。また、学習指導要領の科目では、数学基礎、工業数理を、さらに、2003～2010 年度に大学入試センターにより実施された法科大学院適性試験の第 1 部（推論・分析力）、2003 年度から日弁連法務研究財団により実施されている法科大学院全国統一適性試験（旧：法科大学院統一適性試験）の第 1 部（論理的判断力を測る問題）および第 2 部（分析的判断力を測る問題）なども視野に入れ、作題することとした。また、作題にあたっては、1 つの大問は 10 分で解ける程度の問題を目指すこととした。

複数の試作問題を作成後、「数理分析力」の問題冊子として、まずは 2 種類（冊子 (A)、冊

子 (B)) 作成した。これは、試作問題の各設問で測定しようとする能力のバランスを考慮しつつ、試作問題をさらに修正したり、取捨選択することにより構成されている。各問題冊子の出題内容は表 2 の通りである。解答方式は、大学入試センター試験の数学②と同様なマークシート方式とし、各冊子の解答時間は、ともに 40 分を想定して作成した。

数理分析力の冊子は、各冊子とも 4 つの大問で構成される。冊子作成の基本的な方針として、4 つの大問のうち、3 つ（第 1 問、第 3 問、第 4 問）は問題中に与えられた情報をもとに解答できる問題とし、残りの 1 つの大問（第 2 問）は、受験者の数学の能力を把握するため、数学 I・数学 A の小問集を入れることにした。これは、(i) 数と式、(ii) 連立不等式、(iii) 2 次関数、(iv) 三角比、(v) 確率、の内容から構成される設問を出題している。

3 モニター調査による検討

3.1 調査の概要

作成された試作問題の難易度や識別力、あるいは受験者にとって題意が伝わりにくい問題があるか否か等の検討を目的として、2 回に分けてモニター調査を実施した。ここで、数理分析力の試験（調査）を受験したのは、AO 入試や推薦入試による大学進学者が比較的多い公立高校と一般入試による大学進学者の多い公立高校の 2 年生、および、AO 入試や推薦入試による入学者の多い私立の大学と短期大学の 1 年生である。

まず、2012 年 10 月には、 H_1 高校の 2 年生 2 クラスを対象として、小規模なモニター調査を実施した。1 つのクラスで冊子 (A) を、もう 1 つのクラスで冊子 (B) を用いた。冊子 (A) と (B) の受験者数を表 3 に示す。

得られた得点データを解析したところ、両方の冊子ともに、正答率の極めて低い設問を含むことが判明した。そこで、新規の問題を作成するとともに、いくつかの問題は、問題

表 1: 数理分析力の能力分類

ラベル	測定する能力
M1	数と式, 関数に関わる計算ができる
M2	定義・ルールを理解し, 適用できる
M3	グラフや数表から内容を読み取れる
M4	数理的な思考力を働かせて問題を解決する

表 2: 各問題冊子の出題内容

大問番号	ラベル	出題内容	冊子の種類			
			(A)	(B)	(C)	(D)
第 1 問	M2	漢数字表示の規則の理解	○		○	
	M2	電子メールシステムの規則の理解		○		○
第 2 問	M1	数学 I・数学 A の小問集 (1)	○	○		
	M1	数学 I・数学 A の小問集 (2)			○	○
第 3 問	M1	絶対値を含む関数とグラフ	○			
	M3, M1	最小 2 乗法による近似直線の当てはめ		○		○
	M3	平均点の推移表とそのグラフの読み取り			○	
第 4 問	M4, M2	文字列を模様で表すための規則の理解	○		○	
	M4	蚊取り線香の燃えつきる時間		○		
	M4	平均値と中央値の計算				○

文の表現を変更したり, 出題方法を再検討することとなった。

次に, 2012 年 12 月には, 冊子 (A) と (B) だけでなく, それらに修正を加えた冊子 (C) と (D) も用いて, H_2, H_3 高校 (2 校 14 クラス) と U_1 短大, U_2, U_3 大学にてモニター調査を実施した。ここで, 冊子 (C) は冊子 (A) をベースに, 冊子 (D) は冊子 (B) をベースに, それぞれ作成したものである。ここで, 冊子 (A) と (B) の問題は, 想定する学力層の大学生や短大生には難しいことが予想されたため, これらの学生には冊子 (C) と (D) を用いた調査を行った。なお, 冊子 (C) と (D) では, 冊子内に数学 I の内容に関する公式集および三角比の表を添付し, 必要があれば参照できるようにもした。これは, 単に知識を問うだけでなく, 数理的活用力を見ることに主眼をおいているからである。各冊子での出題内容は表

2 に, 各冊子の受験者数は表 3 に, それぞれまとめている。

表 3: 受験者 (解析対象者) 数
冊子の種類

	冊子の種類			
	(A)	(B)	(C)	(D)
H_1 高校	33	34		
H_2 高校	76	75	40	39
H_3 高校	79	79	79	80
U_1 短大			72	31
U_2 大学			29	66
U_3 大学			60	56
合計	188	188	280	272

3.2 大問と合計点の得点率

本節では, 数理分析力の調査で得られたデータのうち, 得点データに着目し, 冊子 (A) ~ (D) の各大問と合計点の得点率を示す。ここで採点は, 採点単位が正答の場合は 1, 不正答の場合は 0 とし, 合計点を算出している。各

冊子の採点項目数（満点）は、冊子(A)が22、冊子(B)が21、冊子(C)が24、冊子(D)が26である。表4に各冊子の大問ごとの採点項目数をまとめる。

まず、図1と図2には、冊子(A)と(B)の各大問と合計点の得点率を示す。ここで、図1のA1からA4は冊子(A)の大問（第1問から第4問）に、Totalは合計点に、それぞれ対応し、図2のB1からB4、およびTotalも同様である。

表 4: 各冊子の採点項目数 (満点)

	冊子の種類			
	(A)	(B)	(C)	(D)
第1問	4	4	4	4
第2問	8	8	10	10
第3問	7	6	7	6
第4問	3	3	3	6
合計	22	21	24	26

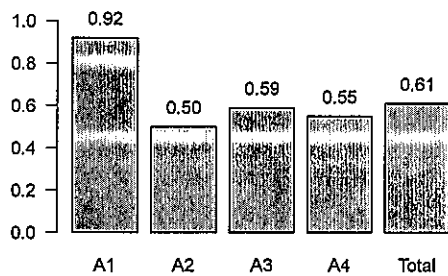


図 1: 冊子(A)の得点率 (高校2年生)

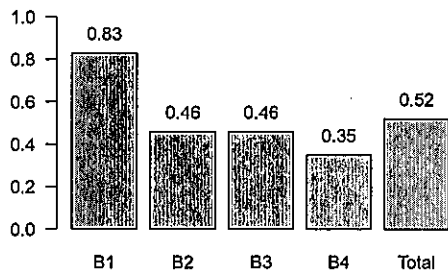


図 2: 冊子(B)の得点率 (高校2年生)

次に、図3~7に、冊子(A)と(B)の各大問と合計点に関する得点率分析図を示す。これは、個人の合計点に着目し、各冊子の受験者集団（高校2年生）を得点の高い順に、上位群(H)、中上位群(HM)、中位群(M)、中下位群

(LM)、下位群(L)、として人数がほぼ等しい5群に分け、各群の受験者の平均が考察の対象とする大問あるいは合計点の満点に対し、得点している割合をプロットして折れ線で結んだ図である。これらの図は、大問や冊子全体が、成績上位群と下位群の識別に寄与したかどうかを検討する際の目安となる。

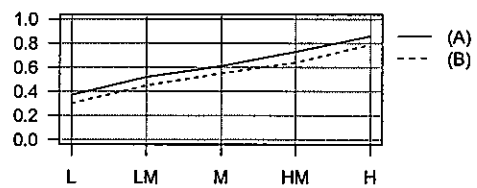


図 3: 得点率分析図 (冊子(A), (B), 合計点)

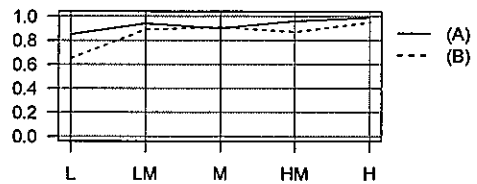


図 4: 得点率分析図 (冊子(A), (B), 第1問)

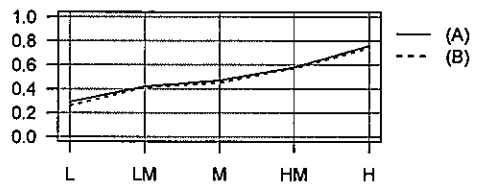


図 5: 得点率分析図 (冊子(A), (B), 第2問)

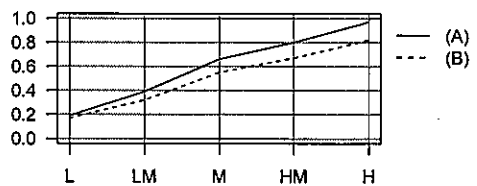


図 6: 得点率分析図 (冊子(A), (B), 第3問)

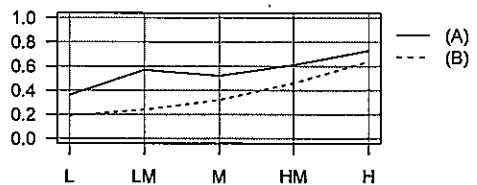


図 7: 得点率分析図 (冊子(A), (B), 第4問)

ここで、2つの冊子の難易度は、冊子(B)よりも(A)の得点率のほうが高くなることを目指して作成されている。図1, 2の合計点の得点率、および図3~7の5群の得点率を見る限り、そのような出題ができたと考えてよいであろう。なお、図5は、冊子(A)と(B)で同一の問題を出題した第2問の得点率分析図であり、2つの折れ線がほぼ重なっている。5群の正答率がほぼ等しく、また図1, 2の第2問の得点率もほぼ等しいことから、冊子(A)と(B)の受験者層は、同じような数学の能力を有している集団と判断してよいであろう。

次に、図8~11には、冊子(C)と(D)の各大問と合計点の得点率を示す。

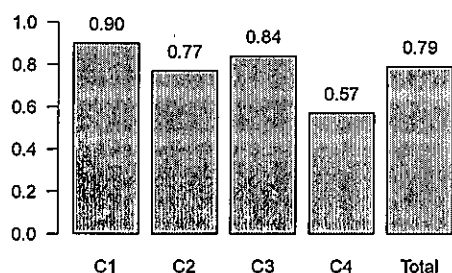


図 8: 冊子(C)の得点率 (高校2年生)

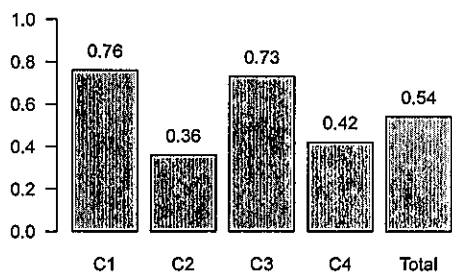


図 9: 冊子(C)の得点率 (大学・短大1年生)

冊子(C)と(D)について、高校2年生と大学・短大1年生の成績を比較すると、各冊子の全ての大問、および合計点において、高校生の方が得点率が高くなっていることが観察される。特に、数学I・数学Aの内容を出題した第2問での得点率の差が大きい。

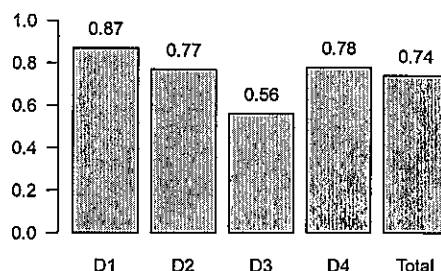


図 10: 冊子(D)の得点率 (高校2年生)

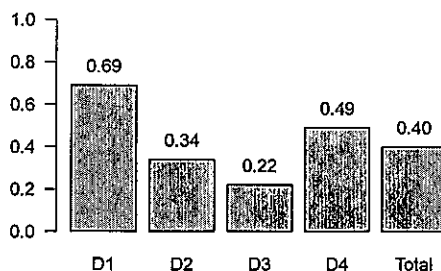


図 11: 冊子(D)の得点率 (大学・短大1年生)

3.3 数理分析力の問題冊子の改良

本節では、冊子を改良した効果を検討する。まず、各冊子の第2問として出題された数学I・数学Aの小問集については、冊子(A)と(B)での、(ii) 連立不等式、(iii) 2次関数、(iv) 三角比、に関する設問の正答率の低さを考慮し、小問集(2) (冊子(C)と(D)で共通の第2問)ではこれらを改良した。また、冊子(C)と(D)では、冊子内に数学Iの公式集と三角比の表をつけた。(i) 数と式、(v) 確率、に関する設問は変更せず、小問集(1)と小問集(2)で同一のものを用いた。図12では、冊子(C)と(D)の第2問がほぼ同じ得点率を示しており、これらは冊子(A)と(B)の得点率よりも上昇している。一方、冊子(A)~(D)の高校2年生の受験者は、成績によってクラス分けされていない集団であり、4つの受験者層は、いずれもほぼ等しい数学の能力を有する集団であると想定してよいであろう。したがって、上述したような得点率の上昇は、問題の難易によるものと考えられよう。

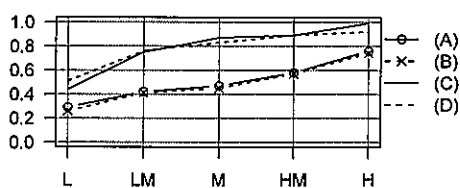


図 12: 得点率分析図 (冊子(A)~(D), 第2問, 高校2年生)

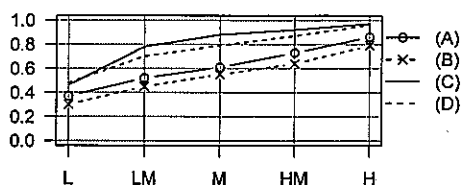


図 13: 得点率分析図 (冊子(A)~(D), 合計点, 高校2年生)

また、4種類の冊子の難易度は、冊子(B)が一番難しく、得点率は高いほうから、(C)、(D)、(A)、(B)の順になることを想定して作題を行った。各冊子の合計点の得点率は、図1, 2, 8, 10から、冊子(C)が0.79, 冊子(D)が0.74, 冊子(A)が0.61, 冊子(B)が0.52である。また図13において、(A)と(C)、(B)と(D)を比較すると、それぞれにおいて各群の得点率が上昇している。以上から、冊子改良の効果のあった可能性が高いといえるであろう。

3.4 高校生と大学・短大生の成績の比較

3.2節で高校生と大学・短大生の成績を比較した結果、高校生のほうが得点率が高いという結果が得られた。本節では、その違いをより詳しく見るために、高校生と大学・短大生の両者が受験した冊子(C)と(D)の得点率分析図を重ね合わせ、受験者を5群に分けた場合に、各群においてどの程度の差があるのかを検討する。ただし、調査に参加した高校と大学・短大には、さまざまな学力レベルの学校が含まれているため、以下では差が発生した原因については言及しない。

まず、図14~18に冊子(C)の合計点と第1問~第4問に関する得点率分析図を示す。実線

は高校生(HS)に、破線は大学・短大生(Univ)に、それぞれ対応する得点率を表す。第2問で両者の得点率の差の大きいことを3.2節で示したが、それは図16から、中上位(HM)群以下での差の大きいことが一因といえよう。

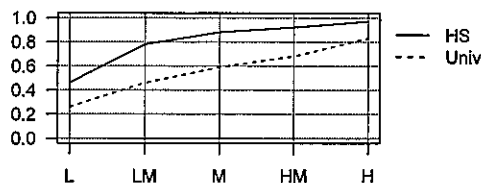


図 14: 得点率分析図 (冊子(C), 合計点)

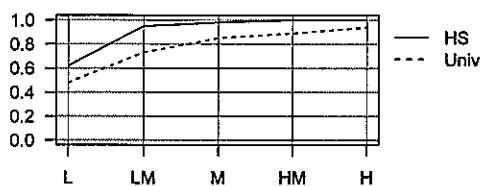


図 15: 得点率分析図 (冊子(C), 第1問)

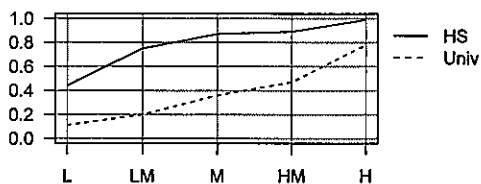


図 16: 得点率分析図 (冊子(C), 第2問)

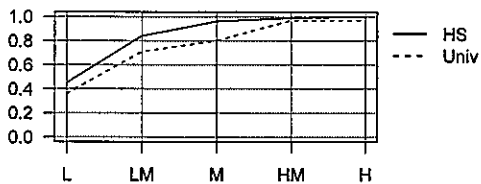


図 17: 得点率分析図 (冊子(C), 第3問)

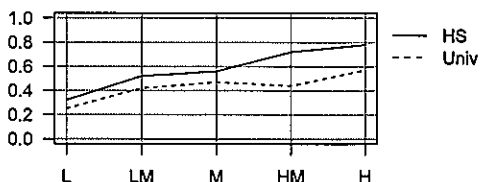


図 18: 得点率分析図 (冊子(C), 第4問)

次に、図19～23には、冊子(D)の合計点と第1問～第4問に関する得点率分析図を示す。冊子(D)の第2問(図21)も、図16と同様に、中上位(HM)群以下での差が大きくなっている。

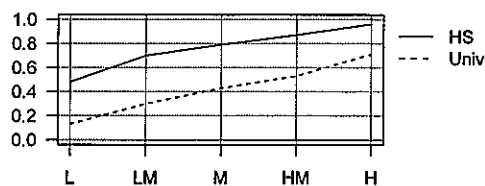


図19: 得点率分析図(冊子(D), 合計点)

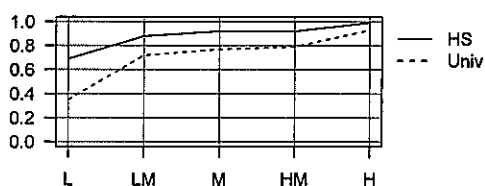


図20: 得点率分析図(冊子(D), 第1問)

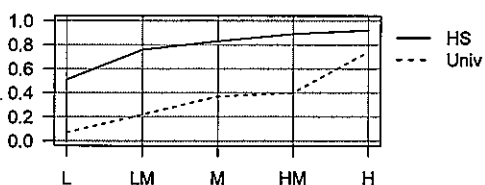


図21: 得点率分析図(冊子(D), 第2問)

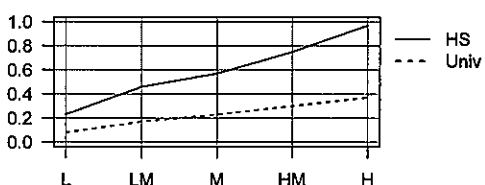


図22: 得点率分析図(冊子(D), 第3問)

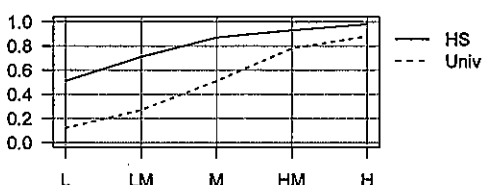


図23: 得点率分析図(冊子(D), 第4問)

以上では、得点率分析図の観点から高校生

と大学・短大生の成績を比較した。このような解析を行うことにより、2群の平均点差を見るだけでは分からない知見を得ることができ、試験の目的に応じた作題のためのヒントが得られる場合も多いであろう。

4 おわりに

本稿では、2012年度に実施された数理分析力の調査の概要、および調査で得られた得点データの解析結果を紹介した。表1で示した能力分類のうち、M1(数と式、関数に関わる計算ができる)、M3(グラフや数表から内容を読み取れる)、M4(数理的な思考力を働かせて問題を解決する)の測定を意図した問題については、3.2節と3.4節の大問得点率分析図から、今回のモニター調査参加者の成績上位群と下位群を識別する出題ができていたといえよう。ただし、同一の問題を解いた高校生と大学・短大生で、得点率の差が最大で0.4程度発生しているが、この結果の解釈については、今後さらなる検討が必要であろう。

今回の調査では、表1に基づいて数理分析力として測定する能力の分類を行ったが、よりよい分類方法があるかどうかなどについて、今後も引き続き検討を行う予定である。またこの調査では、解答後に各大問の問題の難易等に関するアンケート調査も実施しており、今後は、その結果も含めた解析を行う予定である。

本研究で得られた知見をもとに、2013年4月にはAO入試や推薦入試による入学者の多い大学と短期大学の新生を対象として、大規模なモニター調査を行った。この調査結果については、別な機会に報告する予定である。

謝辞

本稿を作成するにあたり、有益なコメントをいただいた査読者に御礼申し上げます。また、本研究に関する調査にご協力いただいた高校、大学、短期大学の教職員、および、各校の生徒・学生みなさまに感謝いたします。

参考文献

- 赤根敦・伊藤圭・林篤裕・椎名久美子・大澤公一・柳井晴夫・田栗正章 (2006). 識別指数による総合試験問題の項目分析, 大学入試センター研究紀要, 35, 19-47.
- 大学審議会 (2000). 「大学入試の改善について (答申)」 < http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_daigaku_index/toushin/1315961.htm > (2013 年 9 月 20 日)
- 林篤裕 (研究代表者) 他 (2010). 『新しい枠組みとしての総合試験の実証的研究』平成 18-20 年度プロジェクト研究報告書, 大学入試センター研究開発部.
- 林篤裕・伊藤圭 (2010). 「総合試験の実態調査」『大学入試研究ジャーナル』 20, 57-61.
- 石井秀宗・椎名久美子・柳井晴夫・荒井克弘・中山長年・山本善彦 (2004). 「国語と数学の基礎学力評価試作問題についての検討」『大学入試研究ジャーナル』 14, 127-134.
- 石井秀宗・椎名久美子・柳井晴夫・岩坪秀一・荒井克弘 (2005). 「基礎学力評価のための国語, 数学, 英語試験問題の開発研究」『大学入試センター研究紀要』 34, 1-17.
- 伊藤圭 (研究代表者) 他 (2011). 『新しい枠組みとしての総合試験の実証的研究 (2)』平成 21-22 年度プロジェクト研究報告書, 大学入試センター研究開発部.
- 伊藤圭・林篤裕・椎名久美子・大澤公一・石井秀宗・柳井晴夫・田栗正章・岩坪秀一・赤根敦・麻生武志・岩堀淳一郎・内田千代子・川崎勝・齋藤宣彦・武田龍司 (2006). 「医学部学士編入学者選抜のための総合試験の開発とその評価」, 『大学入試センター研究紀要』 35, 49-108.
- 伊藤圭・宮埜寿夫・椎名久美子・荒井清佳・桜井裕仁・田栗正章・小牧研一郎・安野史子 (2014). 「大学入学志願者の基礎的学力測定のための英語問題の試作とモニター調査による予備的検討— 正答率分析図を用いた問題内容と受験者の応答の事例分析—」『大学入試研究ジャーナル』 24, 59-67.
- 椎名久美子・石井秀宗・柳井晴夫 (2006). 「基礎学力評価のための試作問題の成績に関する入試属性分析」『大学入試研究ジャーナル』 16, 133-139.
- 椎名久美子・宮埜寿夫・伊藤圭・荒井清佳・桜井裕仁・小牧研一郎・田栗正章・安野史子 (2014). 「大学入学志願者の基礎的学力測定のための枠組みの検討および「言語運用力」についての予備的分析」『大学入試研究ジャーナル』 24, 41-49.
- 山村滋 (2010). 「高校と大学の接続問題と今後の課題— 高校教育の現状および大学で必要な技能の分析を通して —」『教育学研究』 77, 157-170.
- 山村滋・荒牧草平 (2002). 「高校教育多様化政策のもとでの受験シフト— 普通科からの大学進学者の履修実態・受験実態の分析—」『大学入試研究ジャーナル』 12, 101-107.
- 柳井晴夫 (研究代表者) 他 (2006a). 『総合試験問題の分析的研究 — 総合基礎編 —』平成 15-17 年度共同研究報告書, 大学入試センター研究開発部.
- 柳井晴夫 (研究代表者) 他 (2006b). 『総合試験問題の分析的研究』平成 15-17 年度共同研究報告書, 大学入試センター研究開発部.