

「数理分析力」試験の開発と検討 —— 大学新入生に対する 2013 年度調査の結果とその分析 ——

桜井裕仁（大学入試センター）、田栗正章（中央大学）、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を経て大学・短大に入学しようとする者を主な対象として、基礎的な能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」の試験問題を試作し、その評価のためのモニター調査を実施した。本稿では、2013 年度に実施した「数理分析力」試験の調査について、その概要と試験の得点データの分析結果を報告する。分析の結果、今回調査対象とした集団に対しては、試作問題により上位群と下位群の識別がある程度できていること、大問間の相関はあまり高くはないこと、大問の出題内容や出題形式の違いによる特徴を抽出できる可能性のあることなどが示された。

1 はじめに

近年の大学入試において、AO 入試や推薦入試などでは高校の学習指導要領の教科・科目別の学力試験を課さない募集単位が数多く存在する。また、幅広い学力層が大学進学を目指し、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により、大学入学後の履修に必要となる基礎的な学力や能力を身につけているかどうかを把握する仕組みが求められている。

大学入試センター研究開発部では、問題解決や課題遂行に必要となる基礎的な能力や適性を多面的に評価することや、実践的な言語運用能力を評価することを目的とした試験の開発に関する調査研究が進められてきた（例えば、椎名ほか、2007；杉澤ほか、2009）。2012 年度には、AO 入試や推薦入試などを経て大学に入学することを希望する受験者層の基礎的な能力を評価することを目的として、「言語運用力」と「数理分析力」の試験が開発され、それらの試作問題の性能を評価するために、高校 2 年生と大学・短大 1 年生の約 900 名を対象としたモニター調査が行われた（椎名ほか、2014；桜井ほか、2014；伊藤ほか、2014）。

2013 年度には、入学直後の大学・短大 1 年生約 2200 名（以下ではまとめて「大学生」と呼ぶ）を対象として調査が行われた。本稿で

は、2013 年度に行われた調査のうち、「数理分析力」試験に関する調査の概要と分析結果を報告する。

2 モニター調査による試作問題の検討

2.1 数理分析力の測定と問題冊子の作成

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」試験では表 1 に示すような能力を測定することを目指し、試作問題を作成することとなった。数理分析力の試験は、数と式、関数に関わる計算ができる（表 1 のラベル M1）や定義・ルールを理解し、適用できる（M2）といった能力測定に関する出題だけではなく、グラフや数表から内容を読み取れる（M3）および数理的な思考力を働かせて問題を解決する（M4）という能力測定に関する出題も重視する点で、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。

数理分析力の試験として、2012 年度には 4 種類の問題冊子 (A), (B), (C), (D) が試作された。各冊子は四つの大問から構成されており、四つの大問のうち、三つ（第 1 問、第 3 問、第 4 問）は教科（数学）・科目の個別の知識・技

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

能を要求するのではなく, これまでに修得した数理的な見方や考え方をを用いて, 与えられた情報をもとに解答できる問題とした。また, 残りの一つの大問(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A¹⁾の(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問題を入れることにした。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40分である。

2013年度の調査では, 冊子(C)をもとに作成された冊子(E)を用いて上記と同様な方式・解答時間により調査が行われた。冊子(E)の出題内容を表2にまとめる。冊子(E)は, 冊子(C)とほぼ同じ内容であるが, 第2問の2次関数, 三角比に関する設問が変更されている。このような変更がなされたのは, 2012年度の調査においてこれらの設問の正答率が低かったためである。

なお, 冊子(E)では, 冊子(C)と同様に, 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, これらを参照できるようにしている。これは, このような資料を適切に活用できるかどうかを見ることに主眼をおいているからである。

2.2 調査の概要

2013年度に行われた調査は, AO入試や推薦入試による入学者の多い一つの短大と四つの大学, 合計で5大学(それぞれ U_1, U_2, U_3, U_4, U_5 と表記する)の入学直後の1年生を対象とした。各大学での調査では, 「言語運用力」試験(伊藤ほか, 2015), 「数理分析力」試験, 基本的な能力・資質に関するアンケートの三つが行われた。これら三つの調査すべてに参

加した受験者は全部で2208名おり, 各大学の受験者数は表3に示すとおりである。

3 分析結果

本節では, 数理分析力の試験の得点データに基づく分析結果をまとめる。ここで採点は, 採点単位である採点項目に対して正答の場合は1点, 不正答の場合は0点を与える2値採点(0/1採点)とし, 各大問と冊子全体の合計点を算出している。冊子(E)の採点項目数(満点)は25である。

3.1 基本統計量の計算結果と得点分布

表3に, 各大学の受験者および5大学の全受験者に対する, 冊子(E)全体の合計点についての基本統計量の計算結果をまとめる。表4には, 全受験者に対する冊子(E)の四つの大問それぞれについての基本統計量の計算結果を示す。また, 図1に全受験者に対する冊子(E)全体の合計点の得点分布を, 図2には, 全受験者および各大学の受験者の得点分布を平行箱ヒゲ図で示す。

本調査で使用された問題は, 調査対象の受験者層に対して全体の平均正答率が6割程度となることを目指して作成されたが, 表3の結果を見る限り, そのような出題ができたといつてよいであろう。また, 全体および各大学の冊子全体の合計点についての α 係数は約0.9であった。項目数が25と多いとはいえない状況であることを考慮すると, この結果は比較的高い信頼性であると思われる。

図1の得点分布に着目すると, 全体としては高得点寄りへの多少の偏りが見られる。また, 平均正答率は全体としては6割程度であるが, 低い大学では5割前半, 高い大学では6割後半である。今回の調査対象となった大学は, AO入試や推薦入試による入学者が多いという点では似ているが, 大学によって得点分布に多少の違いが見られる。

大問の成績に着目すると, 第2問(数学I・数学Aの内容)の平均正答率は5割程度であった。しかし, 与えられた情報をもとに解答できることを想定した第1問と第3問の平均正

表 2: 冊子 (E) の出題内容

大問番号	ラベル	出題内容
第 1 問	M2	漢数字表示の規則の理解
第 2 問	M1	数学 I・数学 A の内容 (数と式, 連立不等式, 2 次関数, 三角比, 確率)
第 3 問	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

表 3: 冊子 (E) の合計点についての基本統計量の計算結果 (全体および大学別)

	全体	U ₁ 短大	U ₂ 大学	U ₃ 大学	U ₄ 大学	U ₅ 大学
受験者数	2208	145	152	1059	518	334
採点項目数 (満点)	25	25	25	25	25	25
平均	14.45	15.13	15.49	13.31	14.84	16.68
平均正答率 (得点率)	0.58	0.61	0.62	0.53	0.59	0.67
中央値	14	15	16	13	15	17
第 1 四分位数	10	11	12	9	11	13
第 3 四分位数	19	19	20	17	19	21
標準偏差	5.67	5.58	5.43	5.60	5.64	5.24
最大値	25	25	25	25	25	25
最小値	0	1	2	0	1	2
α 係数	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88

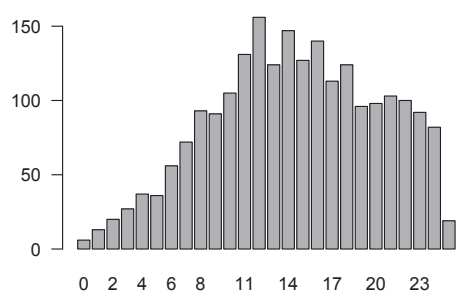


図 1: 合計点の得点分布 (全体)

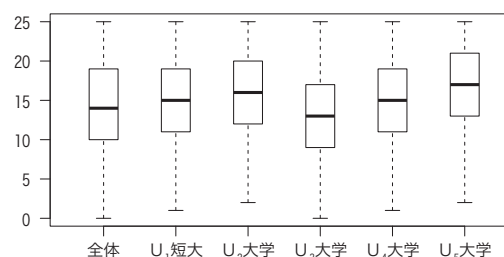


図 2: 合計点の得点分布の比較

答率はいずれも 7 割台前半であり, 表 1 の分類 M2 や M3 の設問には, ある程度解答できている。第 4 問は, 4 割台前半の平均正答率で, 四つの大問の中では一番難しい問題であった。

3.2 得点率分析図

図 3~7 に冊子全体の合計点と大問の得点率分析図を示す。ここで, 得点率分析図は, 個人の冊子全体の合計点に着目し, 受験者集団を得点の高い順に, 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 4~6 から, 第 1 問から第 3 問は, 5 群の識別がよくできていると見てよいであろう。また図 7 から, 第 4 問も 5 群の識別はできているが, H 群と L 群の正答率の差は 2 割程度

表 4: 冊子 (E) の大問についての基本統計量の計算結果 (全体)

	第1問	第2問	第3問	第4問
受験者数	2208	2208	2208	2208
満点 (採点項目数)	4	11	7	3
平均点	2.97	5.16	5.06	1.25
平均正答率 (得点率)	0.74	0.47	0.72	0.42
中央値	3	5	5	1
第1四分位数	2	2	4	1
第3四分位数	4	8	7	2
標準偏差	1.22	3.36	1.99	0.78
最大値	4	11	7	3
最小値	0	0	0	0

であり, 他の三つの大問と比較してその差は小さくなっていることが読み取れよう。

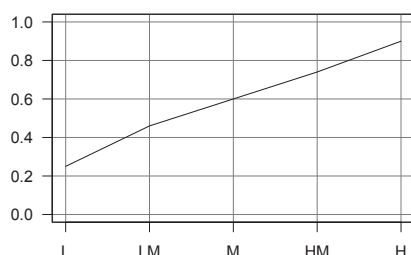


図 3: 合計点の得点率分析図

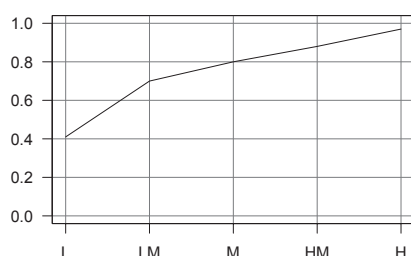


図 4: 第1問の得点率分析図

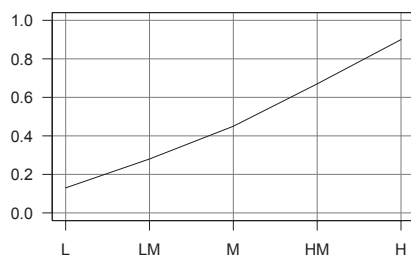


図 5: 第2問の得点率分析図

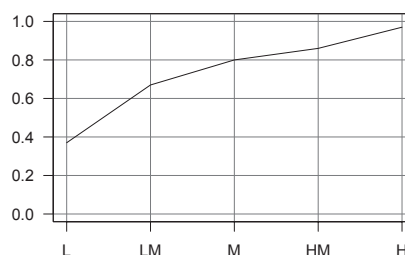


図 6: 第3問の得点率分析図

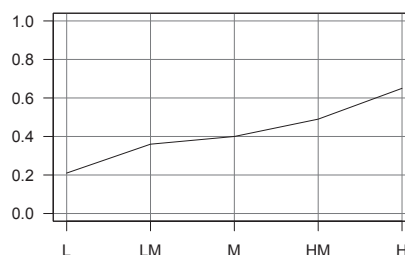


図 7: 第4問の得点率分析図

3.3 各設問の正答率と識別力

表 5 に各設問の正答率と識別力を示す。ここでは, 各設問 (項目番号 i) の識別力とは, 項目番号 $i (= 1, \dots, 25)$ の得点と冊子全体の合計点との相関係数のことである。また図 8 には, 表 5 の正答率と識別力を組にした散布図を示す。横軸は正答率, 縦軸は識別力を表し, 図中の 1~25 の数字は, 各設問に対応する項目番号を表す。

図 8 から, 冊子 (E) には受験者にとって易

表 5: 各設問の正答率と識別力

大問 番号	項目 番号	正答率	識別力
第 1 問	1	0.72	0.34
	2	0.64	0.50
	3	0.82	0.46
	4	0.80	0.49
第 2 問	5	0.59	0.58
	6	0.41	0.56
	7	0.71	0.57
	8	0.67	0.60
	9	0.51	0.58
	10	0.56	0.61
	11	0.65	0.57
	12	0.36	0.65
	13	0.31	0.57
	14	0.17	0.55
	15	0.22	0.58
第 3 問	16	0.91	0.42
	17	0.88	0.39
	18	0.91	0.40
	19	0.72	0.56
	20	0.54	0.62
	21	0.62	0.51
	22	0.48	0.61
第 4 問	23	0.82	0.44
	24	0.31	0.47
	25	0.12	0.18

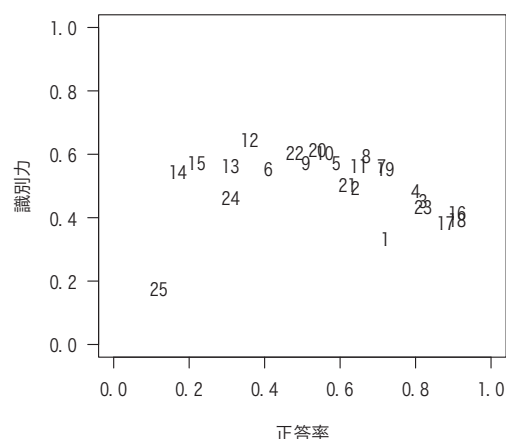


図 8: 各設問の正答率と識別力

本節では、数理分析力の試験における非教科・科目型の問題の得点と教科・科目型の問題の得点との相関を調べる。まず、表 6 に大問得点、冊子全体の合計点間の相関係数を示す。次に、非教科・科目型の問題の得点と教科・科目型の問題の得点との相関を調べるため、図 9 に、検討の対象とする二つの変量の散布図を示す。ただし、図 9 の散布図では、図中の丸印の大きさ（面積）は、データの頻度に対応した大きさを表現している。各データの縦軸と横軸に対応する周辺度数（周辺分布）は、各軸の棒グラフに示されている。また、各散布図の右上の数値は、検討の対象とする二つの変量間の相関係数である。

表 6 と図 9 から、各大問の得点間の相関は 0.3~0.4 程度、また第 2 問と残り三つの大問を一緒にしたときの得点間の相関は 0.5 程度であり、いずれも相関は高くないといえるであろう。

しい問題から難しい問題までが含まれていたといえよう。すなわち、正答率が 1 割から 9 割程度の設問が偏りなく出題されていることが読み取れる。また、正答率が 0.2~0.7 程度においては、識別力が高い傾向も見られる。

3.4 大問間の相関

表 1 で示した能力分類について、今回の調査で使用了問題冊子に関しては、さらに次のような分類ができよう。すなわち、第 2 問は、数学 I・数学 A の内容であり、これは教科・科目型の問題といえる。一方、残り三つの大問は、教科・科目の内容にとらわれない作題がなされているという意味で、非教科・科目型の問題とってよいであろう。

表 6: 大問得点、冊子全体の合計点間の相関係数

	第 2 問	第 3 問	第 4 問	合計点
第 1 問	0.41	0.36	0.30	0.63
第 2 問		0.43	0.41	0.89
第 3 問			0.38	0.74
第 4 問				0.58

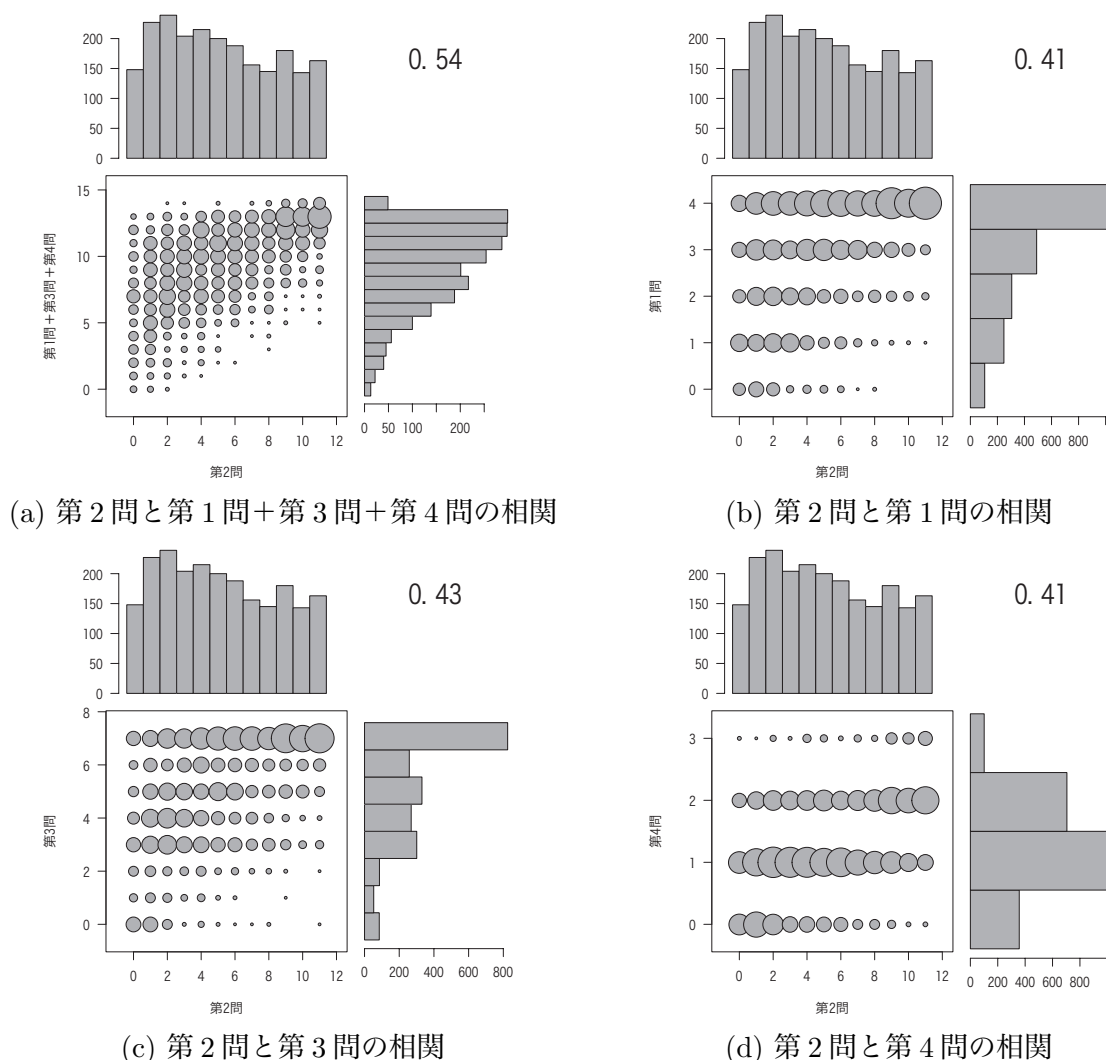


図9: 大問間の相関

3.5 多重対応分析

調査で得られた正誤データに多重対応分析を適用したところ、大きさが1以上の固有値は五つあり、それぞれ6.86, 2.29, 1.54, 1.48, 1.22である。ここで、多重対応分析に基づく5次元までの項目尺度値を表7に示す。また、表7の次元1と次元2の項目尺度値を組にした散布図を図10に与える。

表7より、次元1はすべての項目尺度値が負となっており、これは総合評価を表していると考えてよいであろう。次に、次元2に着目する。第2問(項目番号5~15)の項目尺度値はすべて負であるが、第1問(項目番号1~4)と第3問(項目番号16~22)は項目尺度値がすべて正である。また第4問は、項目番号

23で項目尺度値が正、項目番号24と25で項目尺度値が負になっているものの、それらの絶対値は非常に小さく、項目番号23~25の項目尺度値は、ほぼ0とみなしてよいであろう。以上をまとめると、明確には分離していないが、次元2の項目尺度値は、第2問に対応する項目番号では負の値であるのに対し、残り三つの大問(第1問, 第3問, 第4問)に対応する項目番号では正またはほぼ0とみなせる。したがって、次元2は第2問と残り三つの大問(第1問, 第3問, 第4問)との対比を表しており、これは大問の出題内容や出題形式の違いによる特徴を抽出している可能性があるとして解釈してよいであろう。

表 7: 数理分析力の項目尺度値

大問 番号	項目 番号	次元1	次元2	次元3	次元4	次元5
第1問	1	-0.07	0.01	-0.14	0.13	0.01
	2	-0.14	0.02	-0.23	0.24	0.02
	3	-0.08	0.02	-0.13	0.21	-0.05
	4	-0.09	0.02	-0.16	0.22	-0.06
第2問	5	-0.18	-0.13	0.07	-0.01	-0.10
	6	-0.26	-0.22	0.04	-0.05	0.08
	7	-0.14	-0.06	0.18	0.05	-0.22
	8	-0.16	-0.07	0.17	0.04	-0.27
	9	-0.22	-0.18	0.14	0.02	-0.27
	10	-0.21	-0.16	0.15	-0.03	0.00
	11	-0.16	-0.11	0.12	-0.01	-0.02
	12	-0.34	-0.30	0.04	-0.10	0.14
	13	-0.33	-0.28	-0.11	-0.11	0.49
	14	-0.47	-0.47	-0.19	-0.24	0.85
	15	-0.42	-0.39	-0.06	-0.21	0.38
第3問	16	-0.05	0.11	0.09	0.05	0.06
	17	-0.06	0.13	0.11	0.04	0.08
	18	-0.05	0.11	0.10	0.06	0.07
	19	-0.13	0.19	-0.07	-0.14	-0.06
	20	-0.22	0.21	-0.15	-0.23	-0.10
	21	-0.15	0.22	-0.14	-0.26	-0.14
	22	-0.24	0.25	-0.24	-0.34	-0.16
第4問	23	-0.08	0.06	0.03	0.04	0.06
	24	-0.26	-0.05	-0.29	-0.12	0.34
	25	-0.15	-0.02	0.09	-0.21	0.47

4 まとめと今後の課題

本稿では、2013年度に約2200名の大学生を対象として実施された「数理分析力」試験の調査の概要、および調査で得られた得点データの分析結果を報告した。この調査で用いられた問題冊子(E)は、全体の平均正答率が6割程度になることを目指して作成されたが、分析結果を見る限り、そのような出題ができたと考えてよいであろう。また、四つの大問間の相関はあまり高くはないが、冊子全体としては上位群と下位群の識別はある程度できていること、多重対応分析を適用すると、第2問と残り三つの大問との対比の特徴が現れる可能性のあることなどの知見が得られた。

今後は、「数理分析力」試験が表1で分類したような四つの能力をどの程度測っているのか、またどのように出題すれば、想定した受験者層に対して困難度や識別力などの観点からより適切と考えられる試験を構成できるかについて研究を進める予定である。今回の調査で対象とした5大学の受験生に対しては、概ね

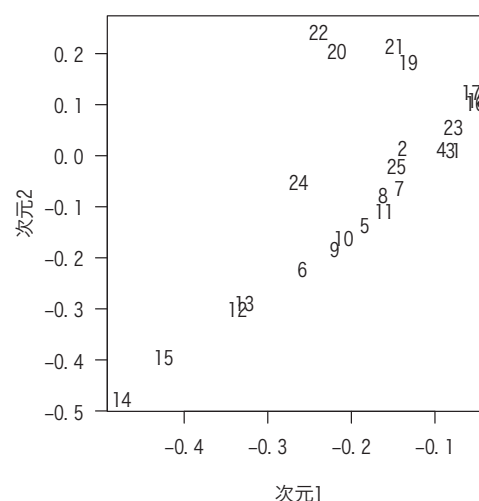


図 10: 次元1と次元2の尺度項目値の散布図

意図したとおりの応答が得られたが、別な同程度の受験者層に対しても同様な応答が得られるかどうかを検証するためには、作成された試作問題に基づき別途モニター調査を行うことが必要である。調査の実施規模や調査対象については、引き続き今後の検討課題としたい。また、本稿では主として冊子全体と大問レベルの分析結果を扱い、一部の節では設問レベルの分析結果も紹介した。試作問題の諸種の性能を評価するためには、本稿の分析結果だけでは十分とは言い難い点もあるため、今後はより精緻な分析を進め、得られた知見等は別な機会に報告する予定である。さらに、言語運用力と数理分析力の試験で得られた得点データを同時に分析することや、これらの試験と一緒に行われた基本的な能力・資質に関するアンケートの結果を含めた分析を行うことなども今後の課題であると考えている。

注

- 1) 平成11年(1999年)公示の高等学校学習指導要領に基づく内容である。

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大学、短期大学の教職員、および、各校の学

生のみなさまに感謝いたします。

参考文献

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.

伊藤圭・荒井清佳・椎名久美子・宮埜寿夫・桜井裕仁・小牧研一郎・田栗正章・安野史子(2015). 「「言語運用力」試験の開発と検討 — 大学新入生に対する 2013 年度調査の結果とその分析 —」『大学入試研究ジャーナル』 **25**, 13-20.

桜井裕仁・田栗正章・安野史子・小牧研一郎・荒井清佳・伊藤圭・椎名久美子・宮埜寿夫(2014). 「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」『大学入試研究ジャーナル』 **24**, 51-58.

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.

椎名久美子・杉澤武俊・櫻井捷海(2007). 「法科大学院の入学選抜における適性試験とその他の選抜資料の関係」『大学入試センター研究紀要』 **36**, 101-112.

杉澤武俊・内田照久・椎名久美子(2009). 「法科大学院適性試験が測定している能力・特性に関する実証的研究」『日本テスト学会誌』 **5**, 127-135.