

[原著論文]

理工系大学の初年次科目における教学 IR について ～統一試験に対する学習データ分析～

黒飛 紀美¹⁾, 亀田 真澄²⁾

1), 2) 山陽小野田市立山口東京理科大学共通教育センター

The teaching IR analysis in the first annual course of science and engineering university – Data analysis of learning using unified test –

Kimi Kurotobi¹⁾, Masumi Kameda²⁾

1), 2) Center for Liberal Arts and Sciences, Sanyo-Onoda City University

概 要

著者らは、理工系大学初年次 STEM^{*1}科目教育において、習熟度別に編成された少人数制クラスで 対面授業を行い、統一問題からなる定期試験を課して単位評価を行っています [1, 2]. 本稿では、IR (Institutional Research) を用いてこうした履修システムにおける諸問題を見出し、かつ解決するためのひとつの試みを提示します. すなわち、試験種別、クラス別、学科別、入学者選抜区分別など、多面的な学習データ分析：教学 IR^{*2} を統一問題の試験結果に対して施し、得られた結果について報告します.

キーワード：理工系大学，初年次教育，STEM 教育，教学 IR

Abstract

In the “STEM education^{*1}” of the first annual course of science and engineering university, we have conducted face-to-face classes with a small number of students and the same proficiency level in one class and have evaluated students' record by using the unified test imposed on every class [1, 2].

In this paper, “Institutional Research (IR)^{*2}” was conducted to find out various problems in this course system. That is, by analyzing the learning data of these students compared with many factors such as the unified test type, the class, the faculty, the entrance selection category and so forth, these problems just we faced became clear.

1 はじめに

山陽小野田市立山口東京理科大学（以下、本学と略記）の理工系初年次では、特にSTEM教育において4学期制のもと少人数制となるクラス編成での教育を提供しています。本稿では2017（平成29）年度に開講された必須の理工系初年次科目（以下、分析科目と略記）に対する学習データ分析の一考察を報告します。

分析科目は209人に履修指導されていて、年次別構成人数では1年次が204人、再履修が5人であり、学科別構成人数では機械工学科（以下、AMと略称）が64人、電気工学科（AE）が82人、応用化学科（AK）が82人で構成されています（図1）。

さらに分析科目の履修クラスは、2群（A群、B群で分類）で構成され、さらに3つの習熟度別に編成されています。クラス別には3学科混成の最上位クラス（以下、A1と略称）に61人、3学科混成の準上位クラス（同A2）に59人、AMの下位クラス（同BM）に26人、AEの下位クラス（同BE）に24人、AKの下位クラス（同BK）に39人でそれぞれ構成されています。その状況下、週3回のペースで全クラスが同時刻に実施される23回分（除試験日）の授業を開講しています。

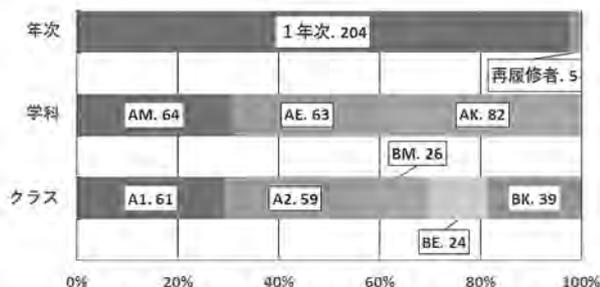


図1：履修構成人数（全履修者：209人）

2 定期試験の受験人数

分析科目では全クラスにおいて同一問題が出題された定期試験を2期分、すなわち中間試験と期末試験が課せられ、その試験評点と各クラスで独自の学習評価との組み合わせにて各クラス毎に最終的な単位評価が行われています。

実際、分析科目の履修者209人のうち、中間試験においては200人が受験し、9人（全体比4.31%）が未受験でした。また期末試験においては199人が受験し、10人（同4.78%）が未受験でした。さらに両方の定期

試験を受験した人数が196人、いずれかの定期試験を受験していない人数が13人（同6.22%）でした（図2）。この結果、分析科目の全履修者における4～6%が定期試験自体を受験していない実態が分かります。



図2：受験構成人数（全履修者：209人）

次に、定期試験のクラス別未受験について（図3（左））、中間試験の未受験者が9人であり、そのうちA1クラスが5人、他の4クラスが1人ずつでした。また期末試験の未受験者が10人であり、そのうちA1クラスが3人、A2とBE、BKの各クラスで2人ずつ、BMクラスで1人でした。まとめるといずれかの定期試験の未受験者が13人であり、そのうちA1クラスが5人、A2、BE、BKの各クラスで2人ずつ、BMクラスで1人でした。分析科目の定期試験のクラス別未受験はA1クラスに多く存在していることが分かります。

さらに、定期試験の学科別未受験について（図3（右））、中間試験の未受験者が9人であり、そのうちA1クラスが5人、AMで4人、AEで4人、AK学科で1人でした。また期末試験の未受験者が10人であり、そのうちAM学科で1人、AE学科で6人、AK学科で3人でした。いずれかの定期試験の未受験者が13人であり、そのうちAM学科で4人、AE学科で6人、AK学科で3人でした。この結果、分析科目の定期試験の学科別未受験はAE学科に多く存在していることが分かります。

3 入学者選抜区分

本学工学部の入学者選抜には9つの選抜区分が実施されています。すなわち前期日程A方式（単に、A方式と略称）、前期日程B方式（B方式）、公立大学中期日程（中期）、地域推薦入試〔市内枠〕（市内枠）、地域推薦入試〔県内枠〕（県内枠）、一般推薦入試（一般）、AO入試（AO）、外国人留学生入試（留学生）、

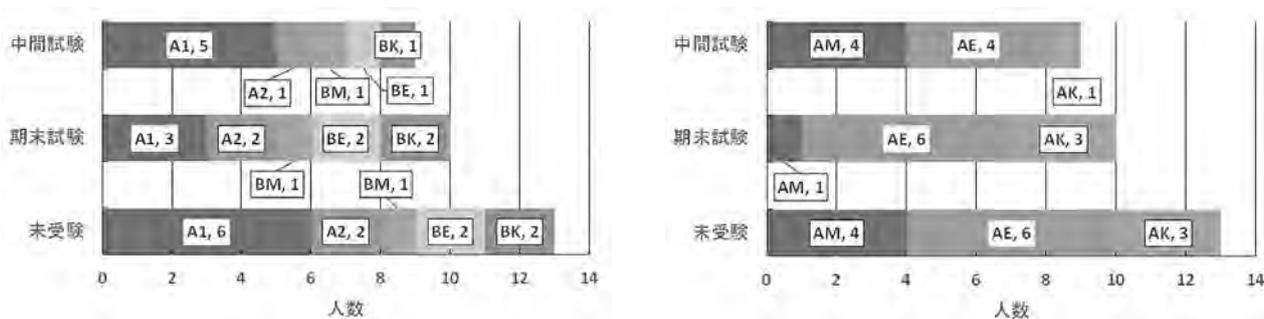


図3：試験種別未受験構成人数（クラス別（左），学科別（右））

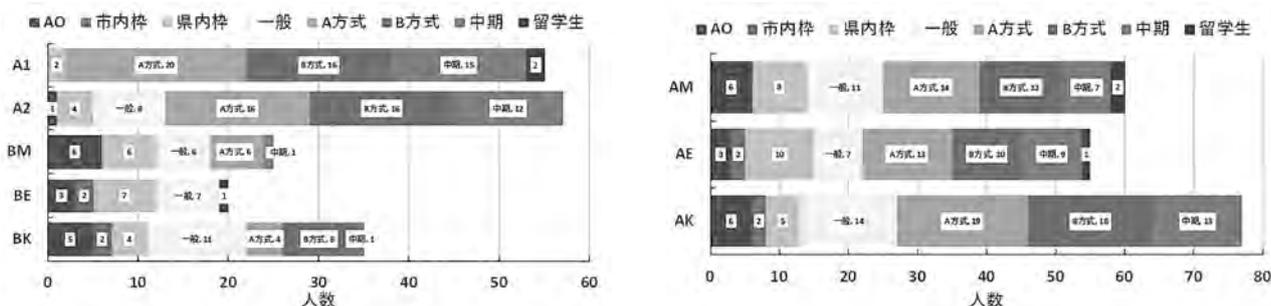


図4：入学者選抜別構成人数（クラス別（左），学科別（右））

社会人特別選抜が実施されています。

分析科目の1年次履修者は204人であり，社会人特別選抜を除く入学者選抜区分にて入学しています。この1年次履修者の構成人数について，クラス別を図4（左）に，学科別を図4（右）にそれぞれグラフ表示しています。

さらに，表1は分析科目の1年次履修者204人に対する中間試験と期末試験のそれぞれの未受験者を集計した結果です。この結果，分析科目の定期試験未受験に関して，一般入試B方式に多く存在していることが分かります。

4 定期試験評点について

分析科目の全履修者209人の中で，1年次かつ両方の定期試験を受験している履修者（以下，分析履修者と略記）が192人でした，この節では，これらの分析

履修者192人がもつ学習データに対する分析結果を報告します。

4.1 試験種別評点に関する分析

表2は分析履修者による試験種別評点に関する記述統計量^{*3}です。

中間試験と期末試験の各評点に対して，図5（左）には箱ひげ図を，図5（右）には散布図をそれぞれ表示させています。

この結果，定期試験評点分布における下側外れ値（lower outlier）について，中間試験には出現しなかったのが期末試験には9件のデータが新たに出現しています。さらに中間試験と期末試験の平均評点に対して有意差が認められます（ $df = 191, t = 5.49, p < 0.001$ ）。また中間試験と期末試験との相関係数 $r = 0.5918^{**}$ は有意な「正の相関あり」が認められます（ $df = 191, t = 10.12, p < 0.001$ ）。

表1：入学者選別区分別未受験構成人数（対象：1年次）

	推薦入試				一般入試			
	AO	市内枠	県内枠	一般	A方式	B方式	中期	留学生
中間試験	2	0	1	1	2	3	0	0
期末試験	2	0	1	1	0	4	1	0

表2：試験種別評点の記述統計量

	中間試験	期末試験
n	192	192
m	62.06	66.83
SD	13.63	12.97

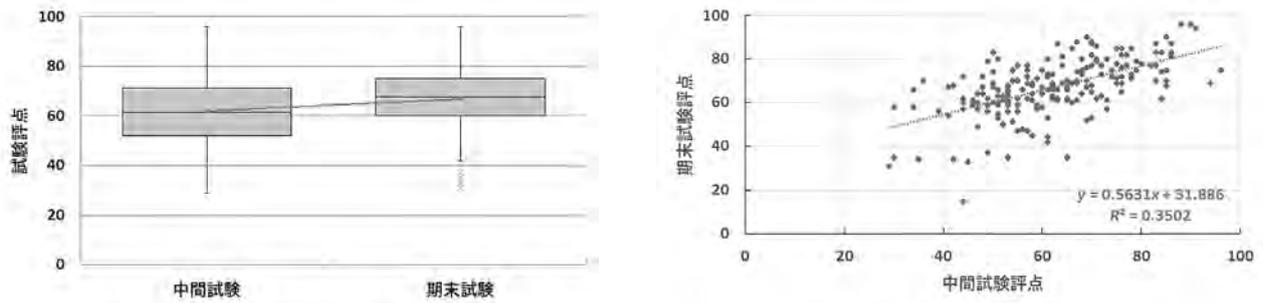


図5：中間試験評点と期末試験評点（箱ひげ図（左）、散布図（右））

4.2 試験種別クラス別評点に関する分析

表3は分析履修者192人に対する試験種別クラス別評点の記述統計量です。

さらに、図6は分析履修者の試験種別クラス別評点に対するグラフ表示になります。このとき、分析科目の定期試験における各クラスの平均値を結ぶ折れ線の形状が、両試験ともにほぼ同様なV字型であることが視覚的に認められます。

次に、表4は分析履修者の試験種別クラス群別評点の記述統計量です。

このとき、分析科目の中間試験において、t検定により2つのクラス群における平均に有意差が認められます ($df = 190, t = 9.26, p < 0.001$)。さらに分析科目の期末試験において、t検定により2つのクラス群における平均に有意差が認められます ($df = 190, t = 9.79, p < 0.001$)。

表3：試験種別クラス別評点記述統計量

	中間試験					期末試験				
	A1	A2	BM	BE	BK	A1	A2	BM	BE	BK
<i>n</i>	55	57	25	20	35	55	57	25	20	35
<i>m</i>	72.69	64.39	48.68	55.60	54.80	76.49	69.95	55.76	51.50	63.23
<i>SD</i>	11.29	11.85	9.06	9.06	10.21	11.43	6.86	14.46	10.29	6.67

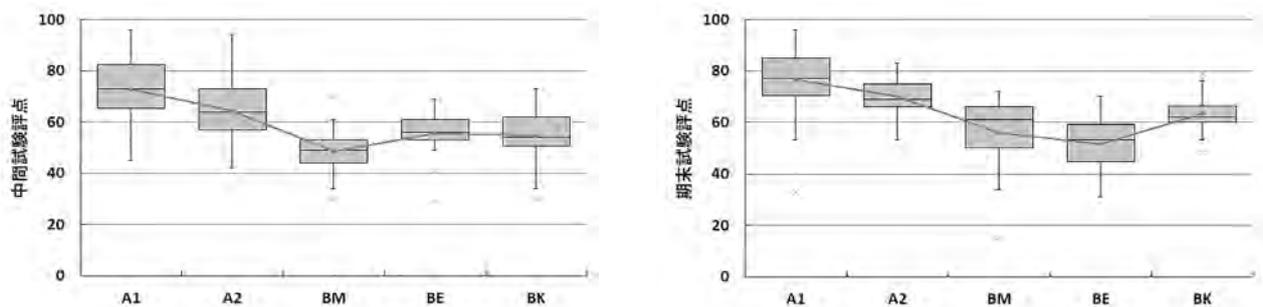


図6：試験種別クラス別試験評点（中間試験（左）、期末試験（右））

表4：試験種別クラス群別評点記述統計量

	群	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> 値
中間試験	A	112	68.46	12.26	
	B	80	53.10	9.93	**
期末試験	A	112	73.16	9.90	
	B	80	57.96	11.51	**

次に、図7は分析履修者の試験種別クラス別評点に対するパーセンタイル (percentile) ・グラフです。このとき、パーセンタイル曲線の位置状況について、中間試験ではBM, BK, BE, A2, A1の順に、期末試験ではBE, BM, BK, A2, A1の順に変化しています。その結果、分析科目のBEクラスにおける中間試験と期末試験の順位を比べて、相対的に期末試験において低下していることが視覚的に分かります。

4.3 試験種別学科別評点に関する分析

表5は分析履修者の試験種別学科別評点に対する記述統計量です。このとき、分析科目の中間試験における学科間に対して、3群の分散には有意差が認められ ($df = 2, \chi^2 = 6.51, p < 0.01$), 等分散ではない仮定

のものの検定により、分析科目の中間試験において、学科間の平均には有意差は認められませんでした ($F(2,119) = 0.27, p > 0.05$)。さらに分析科目の期末試験における学科間に対して、3群の分散には有意差が認められ ($df = 2, \chi^2 = 16.02, p < 0.001$), 等分散の仮定のものの検定により、分析科目の期末試験において、学科間の平均には有意差が認められませんでした ($F(2,107) = 1.76, p > 0.05$)。

次に、図8は分析履修者の試験種別学科別評点に対するパーセンタイル・グラフです。このとき、中間試験と期末試験とともに、3学科のパーセンタイル曲線がほぼ同等な形状であることが視覚的に認められます。ただし、期末試験において低位評点が存在していることが気になるところです。

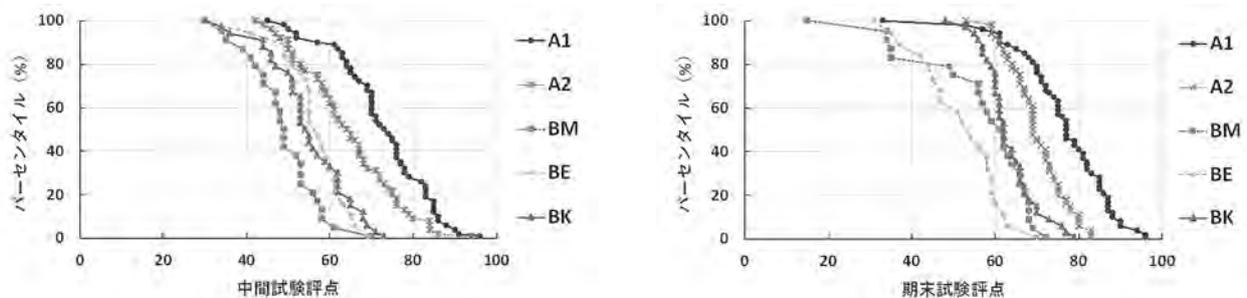


図7：試験種別クラス別試験評点パーセンタイル・グラフ（中間試験（左）、期末試験（右））

表5：試験種別学科別評点記述統計量

	中間試験			期末試験		
	A1	A2	BK	A1	BE	BK
n	60	55	77	60	55	77
m	60.93	62.78	62.42	65.82	65.22	68.77
SD	16.03	11.46	13.15	15.62	13.74	9.63

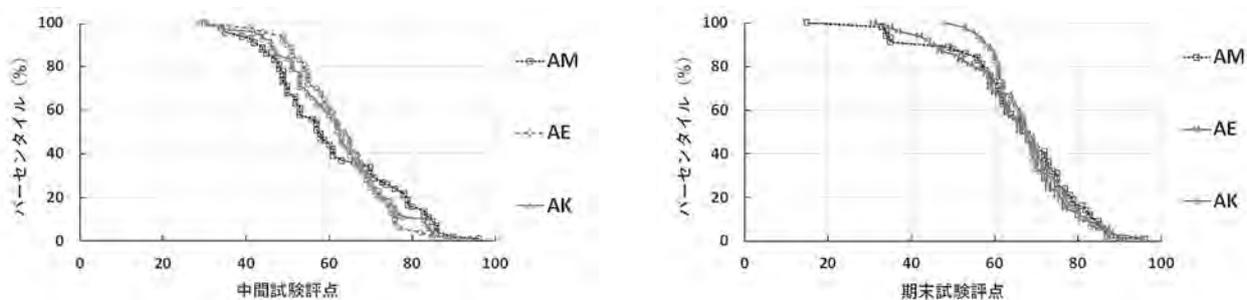


図8：学科別試験評点パーセンタイル・グラフ（中間試験（左）、期末試験（右））

5 偏差値について

この節では、分析履修者192人を対象に、標準化となる偏差値 (standardscore;ss) に対する学習データ分析を報告します。

始めに、変数 i の数値を次のように定めます。

$$i = \begin{cases} 1 & (\text{中間試験の場合}) \\ 2 & (\text{期末試験の場合}) \end{cases}$$

このとき、各試験種 ($i = 1, 2$) における平均値及び標準偏差をそれぞれ m_i, SD_i として、各履修者の評点 x_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, \dots, 192$) を次式により偏差値 ss_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, \dots, 192$) に変換させます。

$$ss_{ij} = 50 + 10 \times \frac{x_{ij} - m_i}{SD_i} \quad (i = 1, 2; j = 1, \dots, 192)$$

次に、各履修者がもつデータ値 X_j ($j = 1, \dots, 192$) として偏差値の合計 (以下、偏差値和と略称) で対応させます。

$$X_j = ss_{1j} + ss_{2j} \quad (j = 1, \dots, 192)$$

以下の小節では、この偏差値和を学習データとする分析を続けます。表6は分析履修者の試験種別偏差値、及び偏差値和に対する記述統計量*4です。

表6：試験種別偏差値、及び偏差値和記述統計量

	中間試験	期末試験	偏差値和
n	192	192	192
m	50.00	50.00	100.00
SD	10.00	10.00	17.84
max	74.90	72.49	142.99
min	25.75	10.04	46.80

5.1 クラス別偏差値和に関する分析

この小節では分析科目のクラス別偏差値和に対する分析を行います。表7はクラス別偏差値和に対する記述統計量、図9はクラス別偏差値和に対するグラフ表示です。

このとき、図9 (左) において、5群に対する等分散検定により有意差が認められず ($df = 4, \chi^2 = 8.60, p = 0.07$)、等分散を仮定した多重比較検定により、A1クラス (またはA2クラス) と他のクラスとの平均において有意差が認められます ($p < 0.001$)。

表7：クラス別偏差値和記述統計量

	A1	A2	BM	BE	BK
n	55	57	25	20	35
m	115.25	104.11	81.65	83.45	91.90
SD	14.67	11.34	15.58	11.55	10.42
max	142.99	130.03	106.73	97.63	115.94
min	61.41	82.19	46.80	48.13	69.68

また、図9 (右) において、偏差値和によるパーセントイル曲線の位置関係から、クラスがもつ学習能力について、A1, A2, BK,そしてBEとBMで定まる順位で学習能力度が視覚的に分かります。

5.2 学科別偏差値和に関する分析

表8は分析履修者の学科別偏差値和に対する記述統計量です。また図10は学科別偏差値和に対するグラフ表示です。

このとき、図10 (左) において、3群の等分散検定で有意差が認められ ($df = 2, \chi^2 = 8.77, p < 0.05$)、等分散を仮定しない多重比較検定により、学科間の平均において有意差が認められません ($p > 0.05$)。

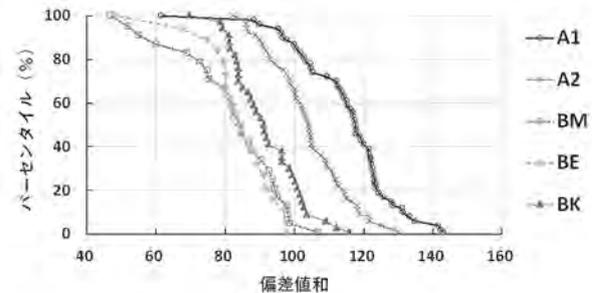
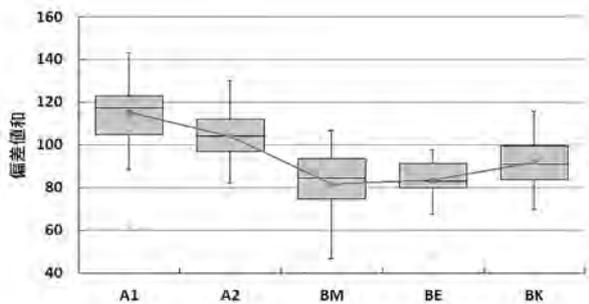


図9：クラス別偏差値和グラフ (箱ひげ図 (左), パーセントイル・グラフ (右))

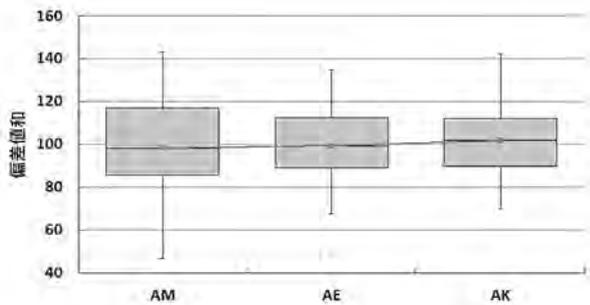
表8：学科別偏差値和記述統計量

	AM	AE	AK
<i>n</i>	60	55	77
<i>m</i>	98.40	99.29	101.76
<i>SD</i>	21.64	16.70	15.26
<i>max</i>	142.99	134.70	142.18
<i>min</i>	46.80	48.13	69.68

次に、図10（右）において、3学科の偏差値和によるパーセントイル曲線の状況より、学習能力度に差異が視覚的にないことが判断されます。

5.3 入学者選抜区分別偏差値和に関する分析

表9は分析履修者の入学者選抜区分別偏差値和に対



する記述統計量です。

図11は分析履修者の入学者選抜区分別偏差値和に対するグラフ表示です。

このとき、図11（左）において、8群の等分散検定により有意差が認められ ($df = 7, \chi^2 = 14.17, p < 0.05$), 等分散を仮定しない多重比較検定により、A方式、B方式及び中期の3つの入学者選抜区分と他の選抜区分との平均には有意差が認められます ($p < 0.05$).

また、図11（右）において、偏差値和によるパーセントイル曲線の位置関係から、中期、A方式とB方式、そして他の入学者選抜区分の順位で学習能力度を視覚的に判断できます。

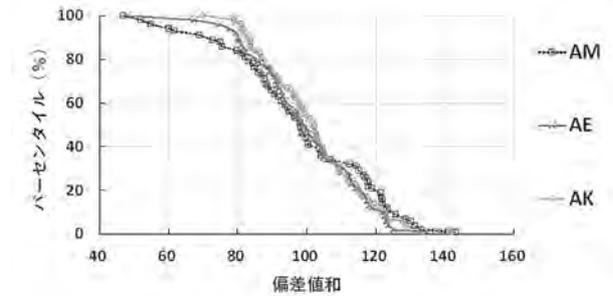


図10：学科別偏差値和グラフ（箱ひげ図（左）、パーセントイル・グラフ（右））

表9：入学者選抜区分別偏差値和記述統計量

	AO	市内枠	県内枠	一般	A方式	B方式	中期	留学生
<i>n</i>	15	4	23	32	46	40	29	3
<i>m</i>	88.78	83.02	87.13	89.31	105.09	108.02	112.07	89.89
<i>SD</i>	17.31	14.02	18.54	9.92	16.16	12.82	17.14	10.46
<i>max</i>	128.56	101.52	121.78	118.73	134.69	133.11	142.99	100.45
<i>min</i>	46.80	67.43	48.13	69.68	59.98	83.33	68.81	79.54

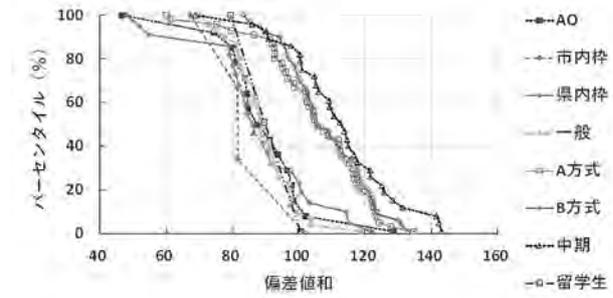
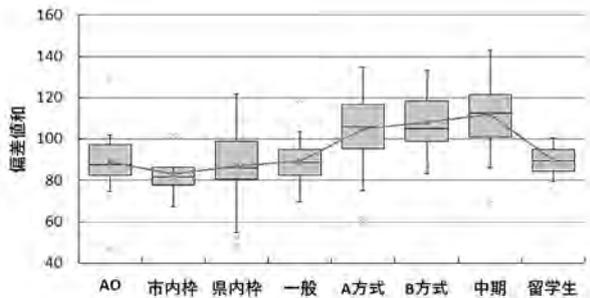


図11：入学者選抜区分別偏差値和グラフ（箱ひげ図（左）、パーセントイル・グラフ（右））

6 偏差値和による仮想クラス編成案

最終節では、本稿前半で取り扱った5クラス編成に対して、偏差値和を活用した仮想クラス編成を本稿後半において議論します。

6.1 仮想クラス編成案に関する統計分析

提案する仮想編成案では、上位群1クラスと下位群3クラスの計4クラスになります。上位群1クラスは、偏差値和の上位50位以内の3学科混成で編成させます（仮称、C1クラス）。下位群3クラスは、C1クラスに所属していない履修者かつ単独学科だけで編成させます。例えばAM学科所属の下位履修者で編成するクラス（DMクラス）、AE学科所属の下位履修者で編成するクラス（DEクラス）、AK学科所属の下位履修者で編成するクラス（DKクラス）になります。

この仮想クラス編成案を取り入れた場合、次のようなメリットが考えられます（5クラス編成にとってデメリットと捉えられる事実と考えます）。5から4へのクラス減数化（教員減員化）、下位クラスにおけるピア・インストラクションの増大化、全クラスではほぼ均等数となる少人数制クラス編成（数量的な少人数制維持）、そして準上位クラスの解消と4半期ごとに実行する関連科目クラス移動による迅速な学習指導が実行できます。さらに上位群クラスに所属することによる学習モチベーションが期待できます。

表10は仮想クラス別偏差値和の記述統計量です。また図12は仮想クラス別偏差値和に対するグラフ表示です。

このとき、図12（左）において、4群の等分散に対して有意差が認められ（ $df = 3, \chi^2 = 26.21, p < 0.01$ ）、等分散でない仮定のもとで多重比較検定により、C1クラスと下位群クラスとの平均には有意差が認められます（ $p < 0.001$ ）。

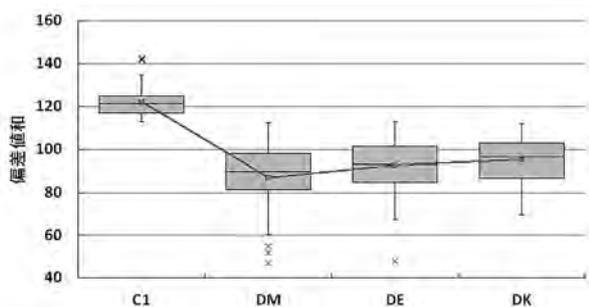


表10：仮想クラス別偏差値和記述統計

	C1	DM	DE	DK
<i>n</i>	50	41	42	59
<i>m</i>	122.33	86.90	92.76	95.33
<i>SD</i>	7.37	15.46	13.14	10.20
<i>max</i>	142.99	112.37	112.71	112.16
<i>min</i>	112.75	46.80	48.13	69.68

また、図12（右）において、偏差値和によるパーセンタイル曲線の状況から、C1クラスと下位群クラスの順位で学習能力度を視認できます。

さらに、下位群クラスに所属している履修者のクラス間学習能力に関して、あまり差異を認められないことが視認できます。

本稿の仮想クラス編成案は定期試験結果の偏差値和による結果論的編成でした。一方で、事前に履修者を編成させる要素として、プレースメントテストの調査結果、または分析科目より事前に開講され、かつ単位認定された関連講義の学習結果などをもとに決定することもできます。

6.2 仮想クラス編成案に関するポリシー分析

本学は教育理念として三つのポリシー：「入学者受け入れの方針（アドミッションポリシー）」「教育課程編成・実施の方針（カリキュラムポリシー）」「卒業認定・学位授与の方針（ディプロマポリシー）」を策定し、公表しています。以下において、三つのポリシーを軸とした仮想クラス編成案の教育的実践に対して総説します。

本学のアドミッションポリシー（一部抜粋）では、『高等学校教育課程の学習内容を修了した入学者に対して工学に関する基礎的知識を身に付ける上で十分な学力を有している人』『地域技術者の中核で活躍するキーパーソンを希う人』を求めています。しかし、分

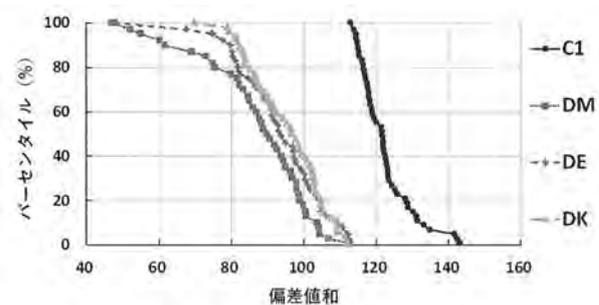


図12：偏差値和仮想クラス編成案のグラフ（箱ひげ図（左）、パーセンタイル・グラフ（右））

析科目における必要とする知識を保持した入学者ばかりではないことは先述の統計結果から分かります。それゆえ下位群3クラス（学科別クラス）を設けることにより、このアドミッションポリシーが必要とする基礎的かつ専門的な知識を、早期の大学初年次教育において補うことが出来る適切な少人数制クラス編成であると考えています。

本学のカリキュラムポリシー（一部抜粋）では、『段階的な知識の修得を支援するため工学分野における各専門分野の基盤となす「基礎科目」等を体系的に配置します』『「基礎科目」は「基幹基礎科目」等を効果的に配置します』を公表しています。本稿で扱った分析科目は、まさに基幹基礎科目に属しています。それゆえ分析科目を教学 IR で分析することは非常に重要な教育的行為であると考えています。

本学のディプロマポリシー（一部抜粋）では、『社会に役立つ工学を開拓できる基礎学力と専門知識を習得している』を公表しています。本稿で扱った分析科目に対して、充実した教育環境作りを構築することは「大学教育の質保証」となると考えています。

注

- * 1 「科学」「技術」「工学」「数学」の各分野における高等教育 (Science, Technology, Engineering and Mathematics Education)
- * 2 教育活動による大学内部のさまざまなデータの分析・管理・戦略計画の策定, 大学の教育プログラムのレビューと点検など包括的な内容を含む調査 (Analysis and management of various data inside the university through educational activities and formulation of strategic plan)
- * 3 n は人数, m は平均, SD は標準偏差
- * 4 max は最大値, min は最小値

参考文献

- [1] 亀田真澄, 宇田川暢: 理工学系大学の初年次教育における e-Learning 実践の7年間の振り返り, 東京理科大学紀要 (教養偏), preprint, 2018.
- [2] 黒飛紀美: 反転授業を効率的に遂行する唯一の方法ーワークシート『ESSENCE』を用いた教授法一, 東京理科大学紀要 (教養偏), preprint, 2018.