

『考える教育・引き出す教育・ほめる教育』 (数理工教育研究センターの実践)

Conceiving, Educating and Encouraging Education
in Kanazawa Institute of Technology
(Practice of Mathematics and Science Education Research Center)

青木 克比古
Katsuhiko Aoki

金沢工業大学は、組織的な活動による数理教育の質の向上をめざし、現在の数理工教育研究センターを2000年に設立した。センターでは、学生に対し「考えさせ、能力を引き出し、ほめる」ことを基本的な考え方として、数理教育を実践している。これまで、この考えに基づき、数理統合、授業支援講座や数理リテラシーパスポートなど正課や課外でさまざまな取組を行ってきた。ここでは、上記の教育の考え方やこれまで得られた成果などを今後の課題とともに報告する。

キーワード：数理統合，FD，課外学習，学習支援

Kanazawa Institute of Technology established Mathematics and Science Education Research Center (MSEC) to improve education quality of the mathematics and science education by organized activity in 2000. The basic idea of the mathematics and science education is “conceiving, educating and encouraging” education for our students. Up to now, we have implemented various efforts in both classroom and out of class lessons such as the integrated mathematics and their application for engineering, class lesson support program and math. and science literacy passport program and so on.

Herein, the above idea and resulting effects are reported together with future developments.

Keywords : Mathematics and Science Education, Faculty development, Out-of-class learning, Learning support

1. まえがき

金沢工業大学（以下本学という）数理工教育研究センター（以下センターという）は、数理基礎教育課程として、全学部対応の「数理教育」を担当している。本学の『自ら考え行動する技術者の育成』のため、数理分野での能力育成を目指し、「行動する技術者としての基礎を築くために、数学の基礎とその工学系分野（工学、情報学、理工学〈バイオ・化学〉）への応用を学び、それらの知識や考え方を身につける。さらに、自学自習の習慣を身につけ、論理的思考力および人間力を養う」を学習・教育目標としている。

すなわち、センター（数理基礎教育課程）は、「数理教育」として数学、物理、化学、生物に関する正課（授業）とその課外学習（学習支援）を担当しており、数理における高校教育や専門教育との接続を

考慮しながら、数理能力の涵養と定着化を目指している。特に正課においては、学部（4 学部）の特長を考慮した学部別の数理統合教育を、課外においては、その学習支援として、個別・グループ指導や補習などを実施している。センターのこのような教育システムは、多様化した入学生を、それぞれの目指す専門に対応し『考えさせ』、個別指導や特別講座などで個々の能力を『引き出し』、がんばった成果に対し『ほめる』ことを基本としている。ここでは、センターが進めている『考える教育』、『引き出す教育』、『ほめる教育』の実践とその成果について報告する。

2. ここ4年間の入学生の状況

センターでは、毎年入学時に新入生の数学学力診断、学習歴および学習意識・動機の調査を行っている。この調査は、習熟度別のクラス編成や学生の学習指導に活かされるとともに、同じ調査を継続することで入学生の状況に的確に対応した授業運営やカリキュラム改善の基本データに反映されている。ここでは、入学生の状況として、2010年度から2013年度の各種データを示す。

入学時に実施している「修学のための学力診断（数学）」の結果について、特徴的な学科における2010年度から2013年度の4年間の平均正答率の変化を図1に示す。ここで、EMは機械工学科、EEは電気電子工学科、EPは情報工学科、FPは心理情報学科、VAは建築学科、BBは応用バイオ学科である。この図より、学科により違いがあるものの、全般的には、正答率は上昇傾向にある。

図1と同じ学科での高校での学習歴として、高校数学Ⅲの履修者の割合を学科単位で2010年度と2013年度について図2に示す。この図より、FP、VAを除き、全体としては数学Ⅲの履修者の割合は増加傾向にある。この傾向は図1の学力状況と類似している。

ここで、FPは文理融合型の学科であり、数学Ⅲの履修者の割合が2013年度では30%台となっており、学科の特長が顕著である。また、他の学科に関しても、70%から90%となっており、学科（学部）により多様な学生が入学している状況が分かる。

次に、やはり同じ学科での、入学時の意識・動機の変化を図3に示す。ここでは、学生一人ひとりの入学時の学習の意識・動機の志向を、実用、充実、報酬、関係の4つの志向のいずれ

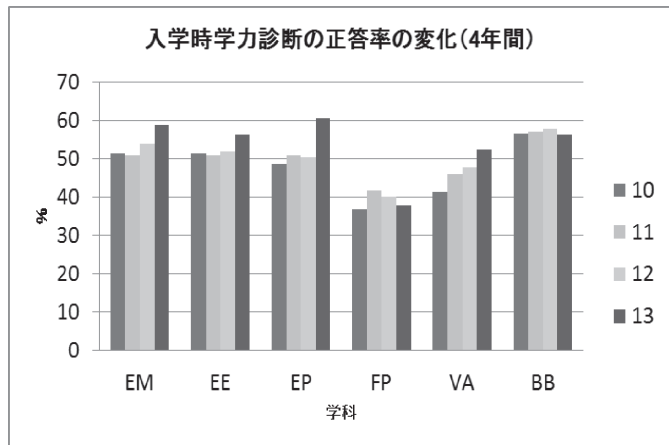


図1 入学生の学力状況（学力診断の平均正答率）

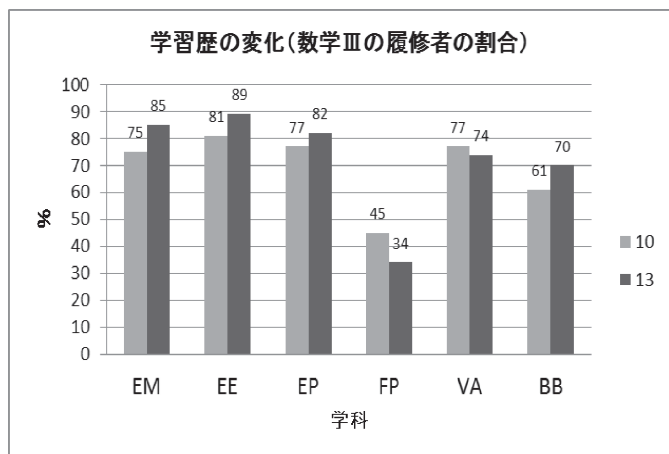


図2 高校数学Ⅲの履修者割合の変化

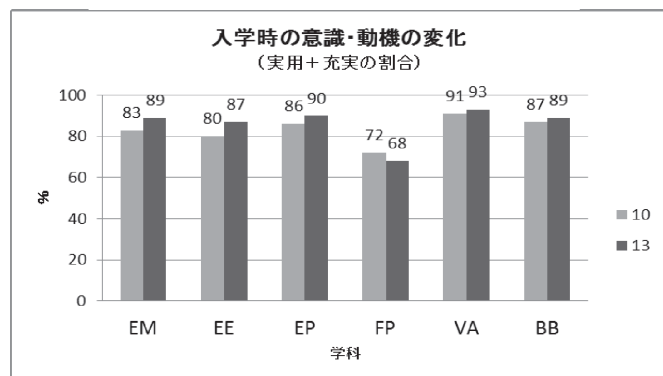


図3 学習の意識・動機の変化

かに区分し、そのうち、実用志向と充実志向の学生の和（実用＋充実）の割合（学科別）を示したものである。ここでもこの4年間では、全体的には、実用＋充実の志向の割合は増加傾向にあることが分かる。

3. 数理工教育研究センターの活動

3.1 センターの理念と特長

本学は、2000年に「工学基礎教育センター」（2009年に「数理工教育研究センター」と改称）を設立し、学力低下への対応と組織的活動による数理教育の質の向上を図ってきた²⁾。センターの理念は、学生に「考える楽しさと学ぶ喜び」を体得する場を提供することである。センターは、この場を通して、多様な学生がそれぞれの授業やその学習支援により、必要な基礎学力を身に付け、自学自習など自己学習力を育み、考える力を醸成していくことを願っている。

3.2 センターの活動

センターの活動は二つの柱から成っており、一つは授業（カリキュラム）としての「学部別数理統合教育」などを中心とした数理教育であり、他の一つは、それに対する学習支援つまり自学自習の支援である。前者では、質の高い教育の実施を、後者では学力・学習意欲の向上を目指している。図4はその活動を図式的に示した、活動の基本スキームである。センターの教員は、授業と自学自習の2本柱に沿って、組織的に活動している²⁾。

本学では、プロジェクトデザイン教育を支柱しており、センターはその基礎を支える「数理教育」を担っている。図5はその「数理教育」の全体像である。2で述べたように、学部により、ますます多様な学生が入学する状況を踏まえ、2012年度から全学の第5次教育改革の一環で、4学部に対応し、専門への接続性をより強めた“工学系の数理”、“情報フロンティア系の数理”、“環境・建築系の数理”、“バイオ・化学系の数理”を中心とした『考える教育』を正課とした。この『考える教育』に、課外の『引き出す教育』と『ほめる教育』を連携させ、数理教育の全体としている。

以下にそれぞれの教育について詳しく述べる。

3.3 『考える教育』

『考える教育』の方策は、(1) 学部の特性を考慮したきめ細かい数理統合教育の導入、(2) 授業の総合力・ラーニング化、(3) 専門教員との連携授業の実施などである。

具体的には、(1) 学部の特性を考慮したきめ細かい数理統合教育として、①文理融合型学部を含む4学部のそれぞれに対応する数学の学習内容を基本とした統合教育とし、必修科目および必修単位数を学部別に設定する、②習熟度を配慮したクラス運営や課外での授業支援講座を開講するなどが挙げられる。

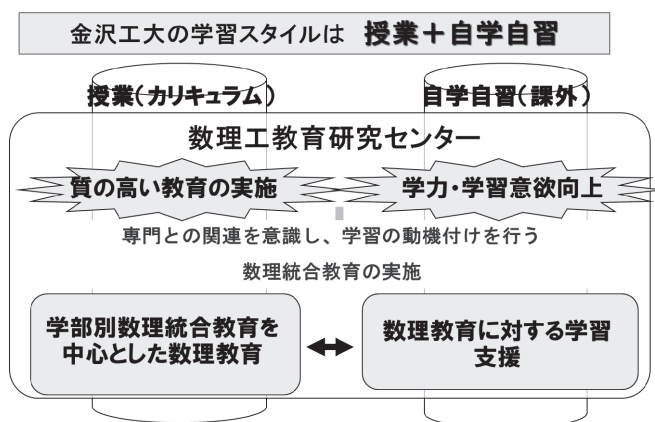


図4 センター活動の基本スキーム

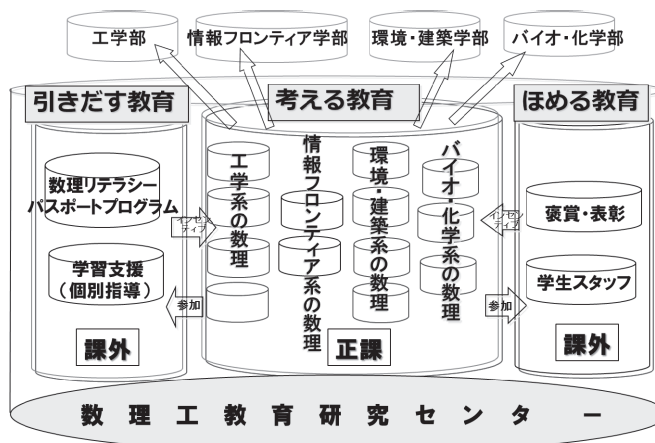


図5 数理教育の全体像

また、(2) 授業の総合力・ラーニング化として、①講義、演習、発表などのアクティブラーニングの導入、②分かりやすい授業の実施、③予習の定着化（シラバスに記述）を行っている。さらに、(3) 専門教員との連携では、①「環境・建築系数理」での連携授業の実施、②専門基礎科目として機械数学、電気数学、情報数学の設定が挙げられる。

学部別の必修科目と単位数は、工学部(E)では、微分・積分関係の2科目8単位、線形代数関係の2科目4単位の計12単位、情報フロンティア学部(F)では、情報のための数学4単位と線形代数2単位の計6単位、環境・建築学部(V)では、微分・積分関係の2科目6単位、線形代数関係の2科目4単位の計10単位、バイオ・化学部(B)では、微分・積分関係1科目4単位、線形代数2単位、統計2単位の計8単位である。これらの必修科目はいずれも1年次に配当されている。

習熟度を配慮したクラス運営のために、前述の数学の学力診断により、主要科目で「基礎クラス」と「標準クラス」に分けている。その内、「基礎クラス」の学生に対して、授業の補習として「数理ミーティング」を開催している。また別の科目では、全学生を対象として「授業支援講座」(Jプロ)も開講している。

さらに、すべての授業において、積極的に演習時間を設け、机間巡視などで演習を徹底させるとともに、予習・復習課題などの宿題により自宅学習を促している。

3.4 『引き出す教育』

センターでは、多様な学生のそれぞれの「個」の能力を引き出すために、学力不振者から上位まで、幅広く学習支援を行っている。学力不振者に対しては、主に個別指導で対応している。質問のためにセンターを訪れる学生は、高校の学習歴、入試形態、学習行動などで様々なバックグラウンドを持っている。そこで、センターでは、このような学生の個々の特性をみとめ、答えを教えるのではなく、答えに導くことを基本に、それぞれの「個」の能力に沿った学習支援を行っている。センターの丁寧な個別指導を通じて、多くの学生は自己の数理能力を伸ばしている。

一方、学力上位の学生に対しては、本学独自の「数理リテラシーパスポート」を用いた個別教育プログラムを実施している³⁾。学生は各専門分野に応じて設定された高度な数理能力(リテラシー)を、休業期間中の「数理リテラシー特別講座」の受講を通じて習得することにより、さらなる学力向上を図っている。彼・彼女らはこのパスポートにより、自らの数理能力の向上を段階的に確認できる。

3.5 『ほめる教育』

センターでは、学生の自主的な活動を基本に、

- ① 個別・グループ指導や授業の補習
 - ② 「授業支援講座」や「数理リテラシー特別講座」などの課外講座の開講
 - ③ 数理考房の支援
- などを実施している。

学習支援の狙いは、学生が「分かった」ことで、学習に「感動する」ことである。学生に対する丁寧な指導の過程で、ほめることも大切である。学生はほめられることで、学習を自発的に進め、学習を習慣づける。このプロセスを経て、基礎学力を向上させながら、なぜを追求する「考える力」を育むことになる。センターでは、「授業で分からないことは明日に伸ばすな」と常に学生に呼びかけている。

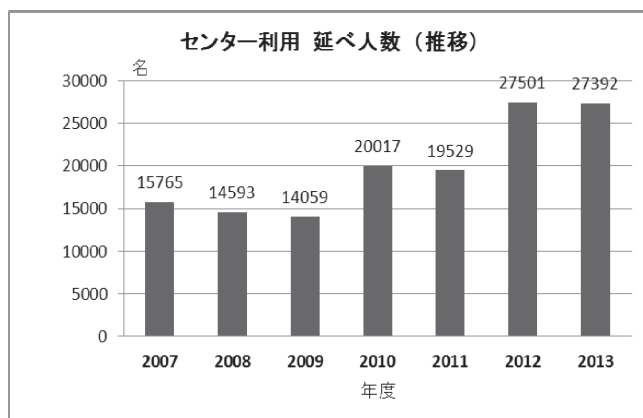
「数理ミーティング」や「授業支援講座」を熱心に受講した学生には授業科目の成績に反映させるなどのインセンティブを与えている。また、「数理リテラシーパスポート」プログラムや学生主体のプロジェクト活動である数理考房(数学技能検定試験へのチャレンジ、理工学基礎プロジェクト、物理プロジェクト)の課外学習活動において優れた成果を挙げたり、著しく成長した学生に対し、センター長表彰を授与している。特に優れた学生を、学内インターンシップでセンターの学生スタッフ(ピア・サポーター)に雇用している。

4. 数理工教育研究センターの教育効果

4. 1 2013年度の学習支援のデータ

4. 1. 1 センター利用の延べ人数

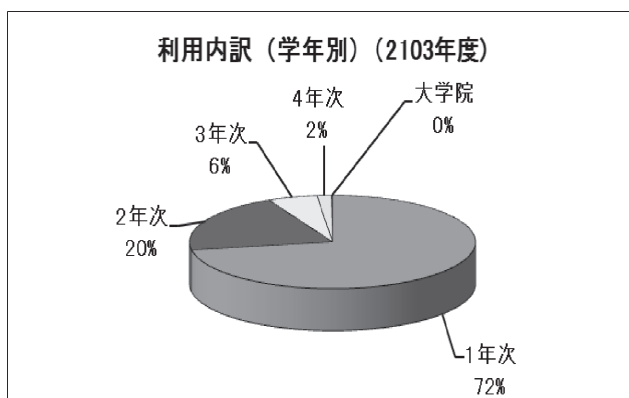
2000年にセンターが開設されて以来、図6(a), (b), (c), (d)に示すように、センター利用者(a)は、当初年間延べ6000人程度であったが、その後徐々に増加し、最近では2万7000名を越えている。2013年度の利用人数の内訳(c)は1年次生が72%、2年次生が20%、3年次生6%、4年次生2%である。また、学習支援の内容(d)は、質問、補習、講座に分かれ、それぞれ25%、20%、55%である。



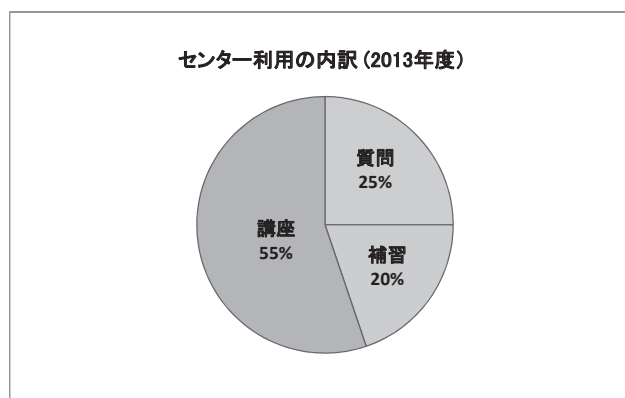
(a) 延べ利用者数

	質問	補習	講座	計
1年次	4,245	2,736	12,802	19,783
2年次	1,899	2,147	1,550	5,596
3年次	452	394	688	1,534
4年次	213	147	83	443
大学院・専攻科	36			36
合計	6,845	5,424	15,123	27,392

(b) 利用の内訳 (2013年度)



(c) 利用内訳 (学年別) のグラフ (2013年度)



(d) 利用内訳 (支援内容別) のグラフ (2013年度)

図6 センター利用に関するデータ

次に、センターを利用した学生に関して、入学時の学力診断の点数や1年次の成績(QPA)との関連について調査した。

学力診断の点数(0点から25点)とセンター利用回数(延べおよび一人あたり)の関連を図7に示す。図より、一人当たりの利用回数(図中の折れ線グラフ)では、点数の低い学生とともに点数の高い学生の利用が多いことが分かる。これは、点数の低い学生の場合は個別指導など、点数の高い学生は数理リテラシー特別講座の受講などの利用のためである。

次に、成績(ここでは1年次修了時の全科目のQPA)とセンター利用回数との関連を図8に示す。図より、成績と利用回数の関係はほぼ比例的であり、成績のいい人ほどセンターの利用回数が多いことが分かる。なお、QPAが1以下の学生の場合、利用が一人あたり5回程度に留まっている。図7で、学力診断が下位の学生でのセンター利用回数が一人あたりほぼ20回であることから、入学時の学力診断

が下位の学生が必ずしも QPA が低い (1 以下) とはいえない。むしろ、入学時の学力診断が下位の学生はセンターを利用することにより、成績が良くなっているという見方もできる。

次に、入学時の入試区分 (一般試験, センター試験利用, 推薦試験, 目的志向型, 専門高校特別選抜) とセンター利用回数の関連について、調査した結果を図 9 に示す。入試区分による差異はほとんどなく、一人当たりの利用回数はほぼ 6 回である。

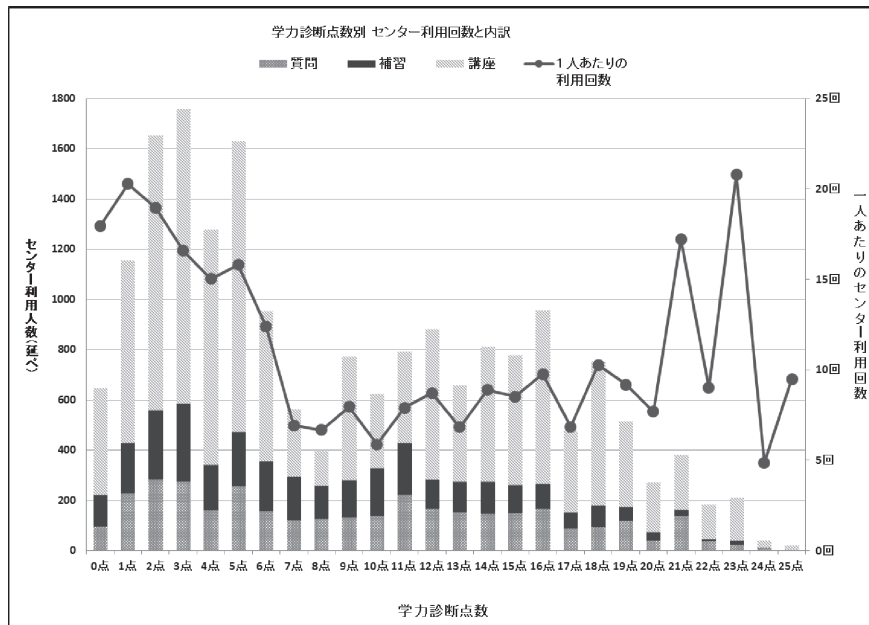


図 7 学力診断点数とセンター利用回数の関連

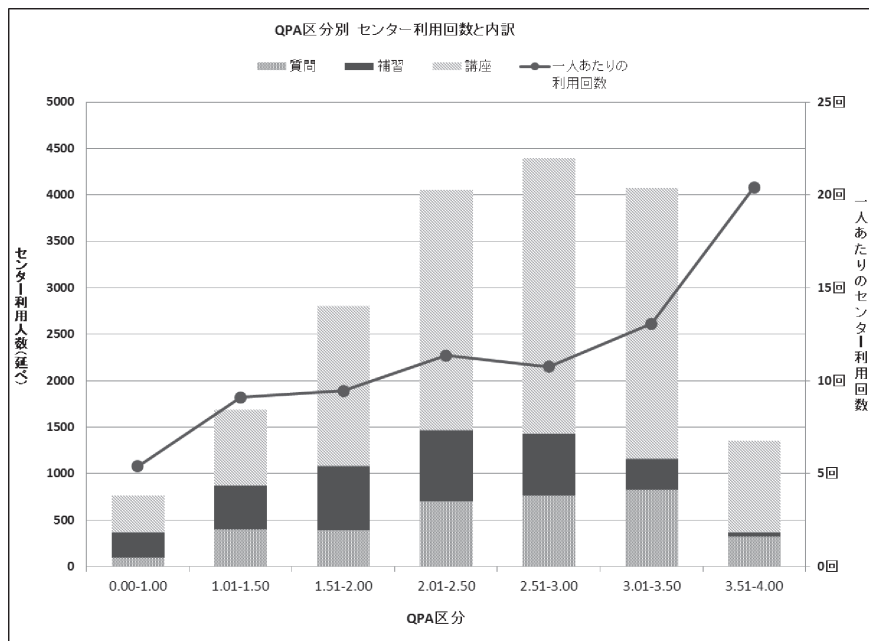


図 8 成績(QOA)とセンター利用回数との関連

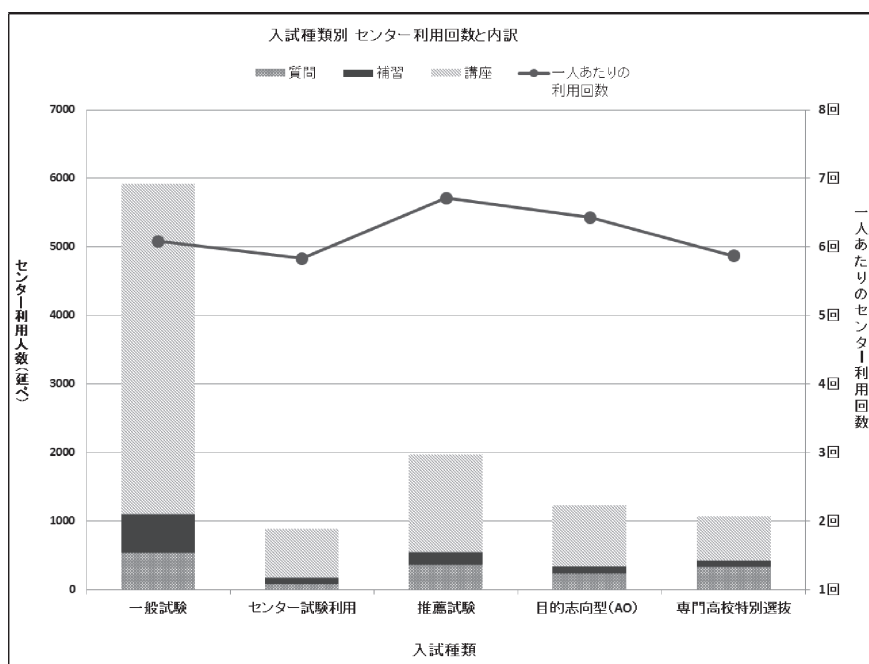


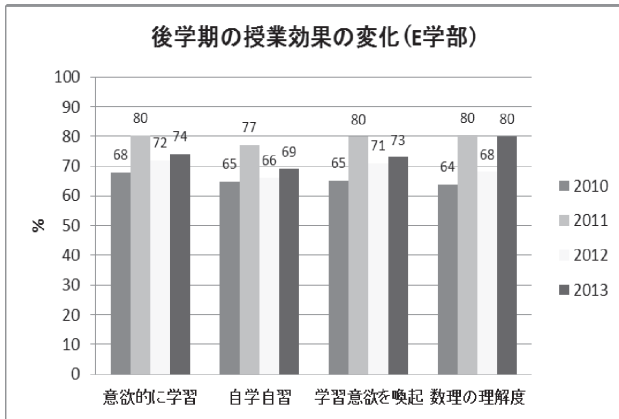
図9 入試区分とセンター利用回数との関連

4. 1. 2 パフォーマンス分析

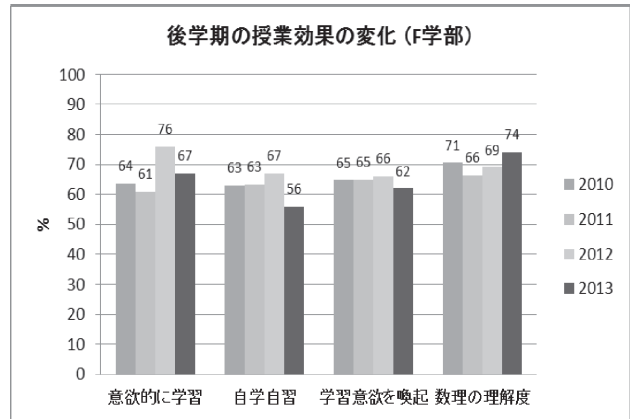
センターの教育活動のパフォーマンス分析として、数理統合科目の授業効果を取り上げ、“意欲的に学習に取り組んだか”、“自学自習の習慣がついたか”、“学習意欲が高まったか”、“数理の理解度はどうか”、“1回の授業に対する予習・復習時間はどのくらいか”の5項目について、継続的に調査・分析している。

図10(a), (b), (c), (d)はそれぞれ工学部(E), 情報フロンティア学部(F), 環境・建築学部(V), バイオ・化学部(B)の1年次生の後学期での前述の4項目すなわち“意欲的に学習”, “自学自習”, “学習意欲の喚起”, “数理の理解度”の2010年度から2013年度のデータ(平均値)である。各設問とも, ‘思う’, ‘やや思う’, ‘あまり思わない’, ‘思わない’の4段階の評価で, 図は肯定的に捉えた‘思う’と‘やや思う’回答の和の割合を示している。

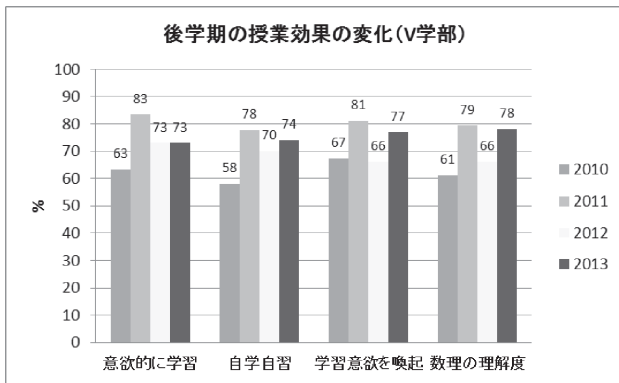
工学部(E)と環境・建築学部(V)では, 全体としては, 改善傾向にあり, 2013年度では目標としている70%以上をほぼ達成している。なお, 2012年度がすべての項目でいったん低下しているのは, 新カリキュラムのためと推測される。一方, 情報フロンティア学部(F)では, “自学自習”の項目が50%台となり, 他の項目の評価も2012年度より低下している。バイオ・化学部(B)では, “学習意欲の喚起”の評価が低いし, また全体的に2012年度より低下している。今後もこの調査を継続し, 必要に応じて, シラバスの内容, 授業運営などを見直す予定である。



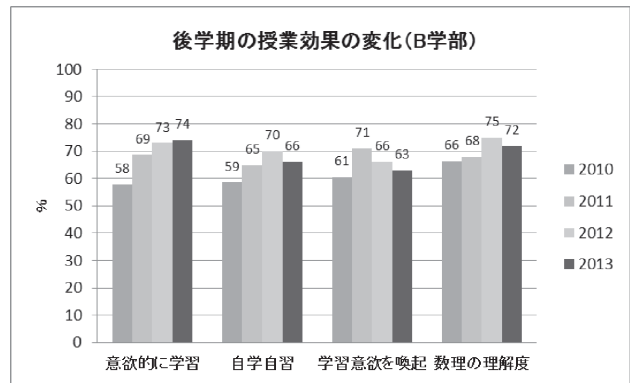
(a) E 学部



(b) F 学部



(c) V 学部



(d) B 学部

図 10 授業効果の変化(2010~13 年度)

予習・復習の時間（2013 年度後学期）は、図 11 に示すように、1 回の授業（2 時間）に対して、「2 時間以上」と「1~2 時間」がほぼ 40%を占めている一方、「ほとんどしなかった」層が 20%程度である。「ほとんどしなかった」層が少し多い点が課題である。

さらに『考える教育』との関連で、“分かりやすい授業であったか”、“課題に対してよく考えて解答したか”、“さらに進んだ内容を学習したいか”、“授業の満足度はどうか”の 4 項目を 2013 年度の後学期に追加調査した。図 12 は学部別での調査結果であり、全学的には学生は課題に対してよく考えて取り組み、授業には満足している一方、“さらに進んだ内容を学習したい”についてはあまり積極的でないという状況である。また、“分かりやすい授業であったか”は学部により評価に差がある。前述の調査結果と合わせ、今後の検討課題となっている。

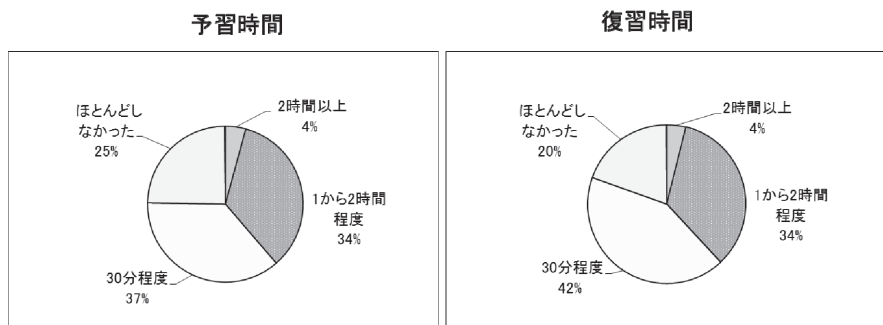


図 11 予習・復習の時間(1 回の授業に対し)

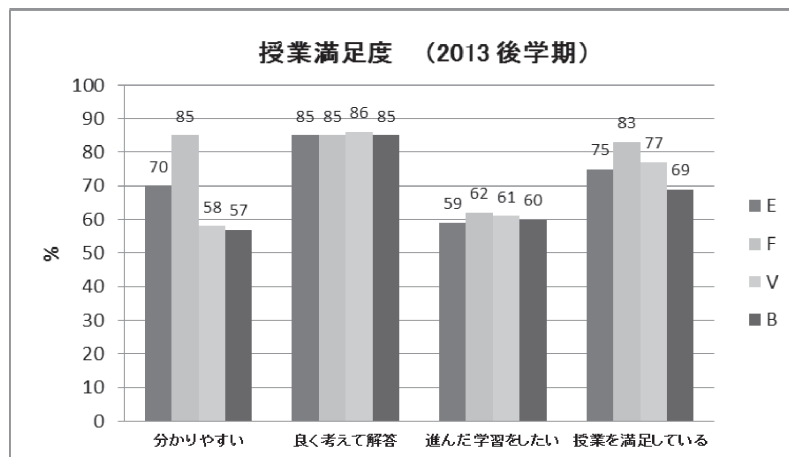


図 12 授業の満足度(2013 年度 後学期)

4. 1. 3 パフォーマンス分析のフォローアップ

センターでは、教員全員が参加する「数理教育研究会」や「センターFD 研修会」を組織しており、この研究会や研修会がセンターの FD 活動となっている⁵⁾。この活動は、前述のパフォーマンス分析、授業アンケートや教員のアンケート調査をベースに、組織的な活動により数理教育の教育改善を目指すものであり、これまで適宜その活動結果をカリキュラム改定に反映させてきた。

ここで述べた『考える教育』、『引き出す教育』、『ほめる教育』は、2012 年度から 2013 年度にかけて、少しずつ教育効果は上ってきたが、まだ学部によっては目標とする 70%には達していない項目がある。

特に、学部によって、“分かりやすい授業である”という回答や、全学部を通して“さらに進んだ内容を学習したい”という回答が 60%程度に留まっている。

また、第 5 次教育改革のフォローアップとして行った「FD 研修会」の教員アンケートによれば、必要な「知識」については、学生はある程度獲得していると評価する一方、それを「応用する力」はまだ不十分であるという意見が多い。また、現在の 4 学部に対応した学部別の数理科目の内容についても、特に数理統合としての応用面での改善を図るべきだという意見もある。

今後、現在のカリキュラムで授業運営面での改善などを続け、大きな改革は「数理教育研究会」などで検討し、次期の第 6 次教育改革での数理教育カリキュラムに反映させることを計画している。

5. まとめ

毎年 27000 名以上の学生がセンターを利用している。これは、センターが、学力上位層にも、不振層にも授業満足度を上げるため、いろいろな対応を行っていることによる。特に、学生はすべて、向学心に燃えて入学してきている。その向学心をいかに持続させるかが、センターの責務である。そのため、授業内容を厳選する、授業運営を工夫する、発展的な講座を開講する、丁寧な学習指導を行うなどを組織的に実践している。

ここでは数理工教育研究センターが実践してきた、『考える教育』、『引き出す教育』、『ほめる教育』の概要とその成果を報告した。センター（数理基礎教育課程）が担当する「数理教育」の授業満足度は徐々に改善されるなど一定の教育効果が見られるものの、改善すべき点も分かった。今後、現在のカリキュラムで授業運営面での改善などを続け、抜本的には次期の第 6 次教育改革での数理教育カリキュラムに反映させることを計画している。

われわれは、「学生を信頼し、尊重すること」が学生成長の原点であるという思いで学生に接している。また、できないからといって、学習を強要せず、自主に任せることも肝要である。センターは地道に、

丁寧に、愚直に教育の王道を進むべく日頃活動を続けている。

参考文献

- 1) 青木克比古, 山野剛助, 松岡史和, 福田一郎, 槻橋正見, 藤本治男, 大林博一, 中勉, 高香滋: 工学基礎(数学・物理)教育における人間力教育に関する実践的な研究(その2), KIT Progress 工学教育研究, No.12, pp.55-68, 2007.
- 2) 水澤丕雄: 工学基礎教育センターの開設とその活動の展開, KIT Progress 工学教育研究, No.12, pp.163-172, 2007.
- 3) 青木克比古: 組織的な教育による工学基礎教育の実践, 工学教育, 第57巻5号, pp.23-28, 2009.
- 4) 谷口進一, 青木克比古, 西誠, 中村晃: 数理リテラシーパスポートを利用した大学全入時代における『個』に対する数理教育, 工学教育, 第59巻2号, pp.126-131, 2011.
- 5) 青木克比古: 金沢工業大学の数理教育のFD活動の事例紹介, 工学教育, 第62巻2号, pp.40-44, 2014.

[受理 平成26年9月5日]



青木 克比古
教授・博士(情報学)
教育支援機構
数理工教育研究センター所長