



## 学士課程教育における数学力育成の取組について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-11-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高橋, 哲也 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10466/00017136">http://hdl.handle.net/10466/00017136</a>

## 学士課程教育における数学力育成の取組について

高橋 哲也  
(大阪府立大学高等教育推進機構)

〔キーワード：数学教育，数学力，学習支援，質保証システム，学習ポートフォリオ〕

大阪府立大学では、2005年度の3大学統合の際に、基礎・教養教育の実施・運営の責任部局として総合教育研究機構を設置したが、その設置に合わせて理系の基礎教育としての数学教育の組織的な改革を行い、特色GPに採択されるなど、授業時間外の学習支援を中心に一定の成果を上げてきた。しかし、さまざまな調査で文系の学生が大学で数学に関連する科目を全く履修せずに卒業していく実態が明らかになる中で、文系の学生も含めて「数学力」を身につける教育が必要だという方向で数学教育の改革を進展させることとなった。学士課程を全学的に改組するのに合わせて、学士課程全体を通して数学力育成に取り組むべく、2010年度から大学教育推進プログラムの援助も受けて取り組んできたことについて報告する。

### 1. 理系の専門基礎としての数学教育

大阪府立大学の組織的な数学教育のもとでの授業が始まったのは、2005年に大阪府立の3大学が統合し公立大学法人大阪府立大学が設置されたときからである。総合教育研究機構という教養教育・専門基礎教育の担当部局の発足に合わせて、1年次の理系の数学教育について、以下の組織的改革を行った。

- 1年ほどかけて、授業内容、到達目標について議論して教科書の目次を決めた上で、線形代数、微積分の統一教科書を作成して授業で使用した。
- 再履修の学生が多い工学部で、工学部の教員と議論して、時間割を調整して再履修生専用のクラスを線形、微積でそれぞれ設置した。
- 授業時間外の学習を支援するために「質問受付室」という数学の質問にだけ答える部屋を1つ確保し数学教員がその部屋で質問に答えた。
- 作成した授業内容に合わせて、单元ごとに演習問題が載せられているWeb数学学習システムを開発して授業でも活用した。

- 入学時の学力を測定するために、毎年ほぼ同じ問題での数学基礎学力試験を実施した。

これらの取組を中心に、組織的な数学教育を「大学初年次数学教育の再構築」というタイトルで特色ある大学教育支援プログラム(特色GP)に申請し採択されたのは2007年度である。この取組の中心である授業時間外の学習支援の取組について説明する。

質問受付室は、オフィスアワーが機能しない反省から考えられた「部屋」であり、学生が利用しやすいよう講義棟内に設置し、授業期間は、毎日定まった時間に開室することとした。1年次の数学授業担当教員(常勤・非常勤)が全員で担当し、担当授業・クラスに関わらず、数学科目についてすべての学生からの質問に対応することとしている(大学院入試の問題についての質問や大学院生が専門の論文の中の数式についての質問も一緒に考えている)。安易に答えを教えず、自分の力で解けるようになることを目的とした指導を行っている。

Web数学学習システム(Math On Web)は、入力に対して正解を示すのではなく、正解か不正解かの判定を返し、さらに、不正解の場合には、間違えた箇所とどのように間違えたかを指摘するものである。繰り返して不正解の場合は、理論上の階層構造に従って、より基本的問題の再学習を促すメッセージを表示している。また、自分が現在全問題の中でどの程度解答を進めているのか、また全学生の中でどの位の順位かなど、利便性や学習意欲を高める情報も提供している。大学のポータルにログインしたあとは、ワンクリックでMath On Webの画面に辿り着き、学外からもアクセス可能である。

	月	火	水	木	金
12:15~ 13:15	松本	鄭	吉富	高橋	石井
14:40~ 16:15	山口	鈴木	小林	吉富	宮内
16:15~ 17:50	川添	鄭	鈴木	数見	松本

図1 2011年度前期 質問受付室担当者時間割

## 線形代数：計算ドリル型問題一覧

学習したい問題を選んでクリックしてください。

平面・空間ベクトル

☺：完了 ☹：中断 Ⓜ：ギブアップ マークなし：未実施

単元	問題 ※()内の数字は完了者人数		
空間内の直線・平面	空間ベクトルの内積 (217人)	空間ベクトルの長さ (176人)	空間ベクトルの直交性 (150人)
	直線の方程式(1) (155人)	平面のベクトル方程式 (137人)	平面の方程式(1) (114人)
	平面の方程式(2) (80人)	平面の方程式(3) (55人)	平面の方程式とパラメータ表示(1) (44人)
	平面の方程式とパラメータ表示(2) (47人)	2平面の交線 (26人)	
平面の1次変換	1次変換を表す行列 (74人)	正射影 (39人)	対称変換 (32人)
	回転変換 (62人)	1次変換の像 (30人)	
空間の1次変換	1次変換を表す行列 (27人)	直線への正射影 (16人)	平面への正射影 (10人)
	直線に関する対称変換 (7人)	平面に関する対称変換 (6人)	1次変換の像 (7人)

行列と行列式

☺：完了 ☹：中断 Ⓜ：ギブアップ マークなし：未実施

単元	問題 ※()内の数字は完了者人数		
行列	行列の積(1) (138人)	行列の積(2) (93人)	
	行列の基本変形	列に関する基本変形 (105人)	基本変形と基本行列(1) (63人)
連立1次方程式	行に関する基本変形 (118人)	列に関する掃き出し (84人)	行に関する掃き出し (68人)
	基本変形と基本行列(2) (67人)	行に関する階段行列 (32人)	行列の階数 (54人)
	行に関する階段行列 (59人)	被約階段行列 (42人)	テスト01 (0人)
	逆行列 (40人)		
連立1次方程式	連立1次方程式(初歩) (27人)	連立1次方程式(3元) (22人)	連立1次方程式(4元) (16人)
	連立1次方程式(5元) (10人)	斉次連立1次方程式(3元) (14人)	斉次連立1次方程式(4元) (9人)

図2 Math On Web 学生用画面

授業と連動した形で、数学質問受付室、Web数学学習システムの利用が促進され、学生の授業時間外の学習時間も増えている。Web数学学習システムでは、課題利用が促進され、質問受付室が課題遂行を支援するという役割分担が機能し、授業全体の改善にもつながっている。特に質問受付室があるおかげで理解してない学生のサポートが容易になり、小テストを毎週実施するスタイルが教員全体に定着した。理系の基礎教育として、まだまだ改善の余地はあるものの組織的な教育システムが確立できたと考えている。

しかし、この延長線上ではどうしても解決できない課題も見えてきた。一つは数学の能力が本当に身についているのかは、成績データだけでは分からないという点である。特に、時間が経過したあとでもその授業で修得した能力が維持されているかという問題は、1年次の数学科目のように知識と手続きを「覚える」ことである程度点数を取ることが可能な科目では課題として残っている。

もう一つは、文系向けの数学である。特色GPの事業として、全国の大学で開講されている数学科目について調査したが、文系向けに開講されている数学関連科目は理科関連の科目と比較しても著しく少ないことも判明した。理系の学生は専門の内容の基礎として数学が必要であるが、社会科学を専門とする学生にとっても統計を含めて数学は専門の基礎として必要である。さらに、専門分野を問わず、学士の学位を取得する卒業生が数学に関する能力を身につける必要があるのは当然である。しかし、高校では、数学Iしか必修ではなく、高校2年生以降は数学を全く学ばず学士となる学生も多い。入試の教

科・科目の設定の問題、さらに、推薦・AO入試等のように個別学力試験を受験してこない入学生が増えていることなど、問題は根深いが、入学した学生に数学が社会の役に立っていることを理解させ、一定の数学を使って問題を解決する能力を身につけさせることは、全ての大学に求められているはずである。

2009年度で特色GPプログラムへの支援が終了したのち、2010年度から、これらの課題に対応することを新たな目標とした。

## 2. 学士課程における数学力育成の取組

これまでの理系の1年生の数学教育プログラムを学士課程全体に拡げ、質保証も目指すという構想を掲げて、「学士課程における数学力育成—Math for all—」という本学の取組が2010年度大学教育・学生支援推進事業【テーマA】大学教育推進プログラムに採択された。このプログラムは、

- 学士課程教育で培うべき数学的能力の明確化と数学力育成のためのカリキュラム策定
- 理工系以外も含めたすべての学生への数学教育の展開
- 授業時間外の学習支援の拡充
- 数学力育成についての質保証
- 単位の実質化（授業時間外の学習時間の増加）

を目標としている。

大阪府立大学では、2012年4月から学域・学類への移行という学士課程の全学的な改組が行われた([1])。7

ステップ	内容
1. シンボルへの翻訳	情報を抽出してシンボルを用いて表現できる。(ここでのシンボルは表、グラフ等の数式以前のシンボル)
2. シンボルの解釈	現象の中の数学的構造を探ることができる。(シンボルで表された現象の構造についての解釈)
3. 数学的定式化	数学の問題として定式化できる。(数式で表す)
4. 問題解決	解法を組み立て問題を解決できる。

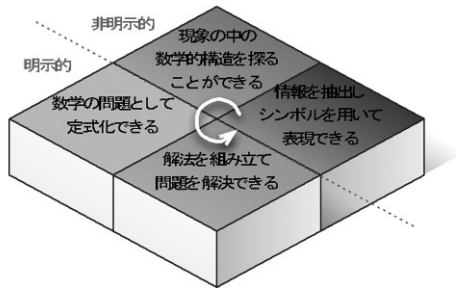
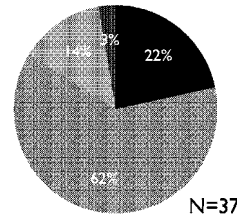


図3 数学力のイメージ図

学部28学科から4学域・13学類へ大括りの教育組織にし、入試も大括りでいい、経過選択型で2年次に専門の課程を選択する形に再編した。この改組に合わせて、各学域・学類のカリキュラムの中で数学力をどう育成するかを検討しようという意図を持って上記の申請を行った。前節で述べた「質問受付室」と「Web数学学習システム」を活用して、授業時間外の学習をサポートし、学類のカリキュラムを分析して数学力に関連する科目を抽出していけば可能であろうという見通しもあった。また、この改組にもなって、教員組織と教育組織が分離され、それまで3つの部局に分かれていた数学教員が数学系という教員組織で集まったこともこの取組を後押ししてくれた。しかし実際の作業は、最初の「学士課程教育で培うべき数学的能力の明確化」の段階で行き詰まった。「数学力」をどう定義すべきか、数学が日常語となっている数学者にとって数学概念の理解自体が暗黙知となっている部分が多く、フロイデンタールの数学化等についても学ぶ必要があった。

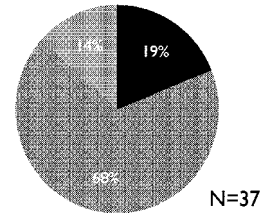
また、大学改革で学内全体に余裕がないこともあり、学類のカリキュラムの中での数学力育成の中身までは、なかなか議論が進まなかった。さらに、3年間の予定のプログラムが2年で打ち切りという通知が昨年12月に突然届き、この対応にも苦慮した。(GPの申請をする際には、資金援助が終わった後も継続できるように計画をしっかりと作成することを求める文部科学省が、3年で申請させたプログラムを何の評価もなく、2年で打ち切るというのは、大学との信頼関係を大きく損ねるものであ

数学への興味関心はどうなったか？



- 非常に高まった
- ◐ 高まった
- ◑ 変わらない
- 低くなった
- ◒ 非常に低くなった

数学を用いて考える力は怎么样了か？



- 非常に上がった
- ◐ 上がった
- ◑ 変わらない
- 下がった
- ◒ 非常に下がった

図4 人文社会のための数学Aアンケート結果

る。大学全体として制度的な問題と捉え、きちんと抗議すべきであった)。

今回のプログラムで進展したのは、文系向けの数学科目の開発である。従来の大学の数学教育とは異なり、現実の問題を「数学化」する部分に重点をおく、数学と教育心理学を専門とする教員のコラボレーションで産まれた画期的な授業であり、2011年にパイロット授業(人文・社会科学のための数学A、B)として文系の学生を対象に実施された。数学教員は、日常的に授業の中で数式を含む「数学語」を既有知識として無意識に使っているため、文系の学生に対する授業はその前提を覆さないと成立しない。これは、日常会話のレベルで起きており、外部からの干渉なくしては崩すことができない。この部分に対応するため、数学教育に造詣が深い数学者と教育心理学の専門家とが徹底的に議論しながら毎週の授業案を作成し、教材開発も含め、1年間継続的に授業を作り上げるという作業の中で組織的な文系数学の授業が出来上がった。

そして、この4月から各回の授業計画まで統一した形で4名の教員により、文系の学生にも必修科目として提供されている。

もう1つの進展は理系科目についてWeb数学学習システムに2年次の部分まで拡張したコンテンツが出来上がったこととWeb数学到達度評価システムが完成したことである。数学系の教員が集まることにより、微分方程式、複素解析といった応用的な内容の共通科目についても授業と連動したコンテンツ作成が可能となった。到達度評価システムはテストとして使える、問題生成、時間管理、成績評価、成績管理を行うシステムであり、高学年での専門基礎としての数学の理解力を測定する仕組みは出来つつある。

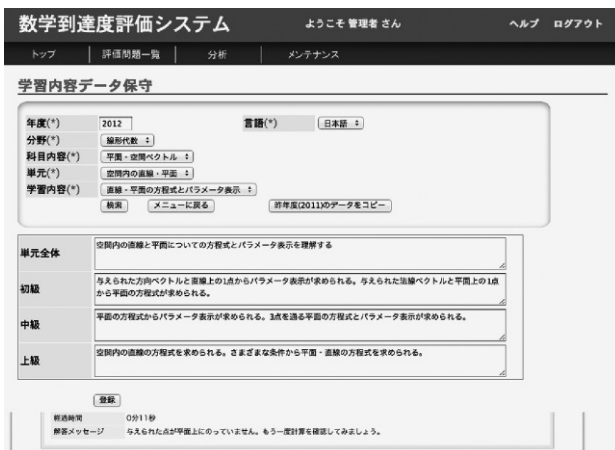


図5 数学到達度評価システム設定画面

### 3. 数学力の質保証と教育情報の活用

学士課程教育における数学力の質保証、特に文系も含めた数学力、日常的問題や現実的問題・現象を、数学を用いて解釈し、数式で表現する能力を測定することは現状では困難と言わざるを得ない。

しかし「学士力」等の「新しい能力」([3] 参照)の獲得を大学でいかに質保証していくかということに対して日本の高等教育は取り組んで来たのであろうか。大阪府立大学では、学士課程における学修成果目標(ラーニングアウトカム)を図6のように定めている。これらの能力をどうやって学生が獲得していくかを、各学域・学類のカリキュラムの中で明示する必要があるが、現在はそのレベルまで達していない。

これは、ディプロマポリシー(以下、DP)とラーニングアウトカム(以下、LO)の不整合という根本的な問題の存在にも影響を受けている。日本の大学では、学士の学位授与要件は卒業要件と同じであり、必修科目・選択科目から卒業に必要な単位数を揃えることであって、人材養成の目的(通常、LO)とは直接関係がない。卒業要件とLOを繋ぐためには、各授業の成績評価がLOの能力と直結する必要がある。

このように、単位制のもとでのDPとLOが直接的に結びつくことは制度的に困難であり、これを少しでも実現しようと思えば、各科目で身につけた能力のリストを大学としてチェックしていくしかないが、それが各科目の成績評価とまで繋がっていく必要がある。このためには、DPとLOを結びつけるカリキュラムポリシー(CP)が必要であるが、さらに成績評価が能力の獲得と連動していないという問題もある。まずは、各科目でLOのどの部分をどのレベルまで身につけるかを検討していかなければならない。数学力について考えれば、まず学域・学類の

### 大阪府立大学学士課程が目指す学修成果

学士課程教育を通して、自律的な判断基準を形成し、他者の意見を尊重しつつ自分の責任で判断と行動ができ、また、卒業後も生涯にわたって学び成長できる学生を養成する。この目標を達成するために、全ての学生が(知識)(技能)(判断・行動)の領域で下記の具体的な学修成果をあげることを目指す。

(知識)

- ・人間と文化、科学と技術、社会と歴史、環境と健康についての理解を深め、利用できる。
- ・それぞれの専門領域における知識と技術を体系的に学び、応用できる。

(技能)

- ・日本語で論理的な文章を読み、書くことができ、説得力のある議論ができる。
- ・英語で読み、書くことができ、他者と意思疎通できる。
- ・物事を客観的・分析的に理解するための批判的思考を身に付ける。
- ・インターネットなどを用いて収集した多様な情報を、量的・質的に分析して適正に判断できる。

(判断・行動)

- ・必要な情報を収集し論理的に分析したうえで、すでに獲得した知識・技能を総合的に活用し、問題を解決できる。
- ・自分で考え、良心と社会のルールにしたがって自分の責任で判断し行動できる。
- ・自ら学ぶ姿勢を身に付け、生涯にわたって進んで学習できる。

図6 大阪府立大学学修成果目標

カリキュラムでどの程度身につけられるかを検証することが必要となる。

図7は今回、環境システム学類(現代システム科学域)の標準カリキュラムに対して、数学に関する部分を抜き出したものであるが、こういった作業は、最低限必要なものであり、足りない部分があれば授業内容の変更も必要となる。本来はこういった作業をさまざまな「能力」に対して検討する必要があるが現状そこまで出来ている大学は殆どないであろうし、また、それを行ってもLOの獲得には直接結びつく保証はない。

今、求められているのは、大学が各カリキュラムを通じて、学生が身につけている能力を把握することであり、授業での評価の積み重ね(取得単位数、GPA等)が、学生が卒業時に身につけている能力に繋がっているかについて、データによって検証していくことが必要となる。

こういったことは、教学IRという形で近年取り上げられているところであり、大阪府立大学では、戦略的学問連携推進プログラムに採択された「相互評価に基づく学士課程教育質保証システムの創出—国公立4大学IRネットワーク」(同志社大学、北海道大学、甲南大学、大阪府立大学)での共同の学生調査(間接評価)とGPA等の直接評価を結びつける形でデータを収集し、分析結果を全学委員会に報告している。今後のカリキュラムポ

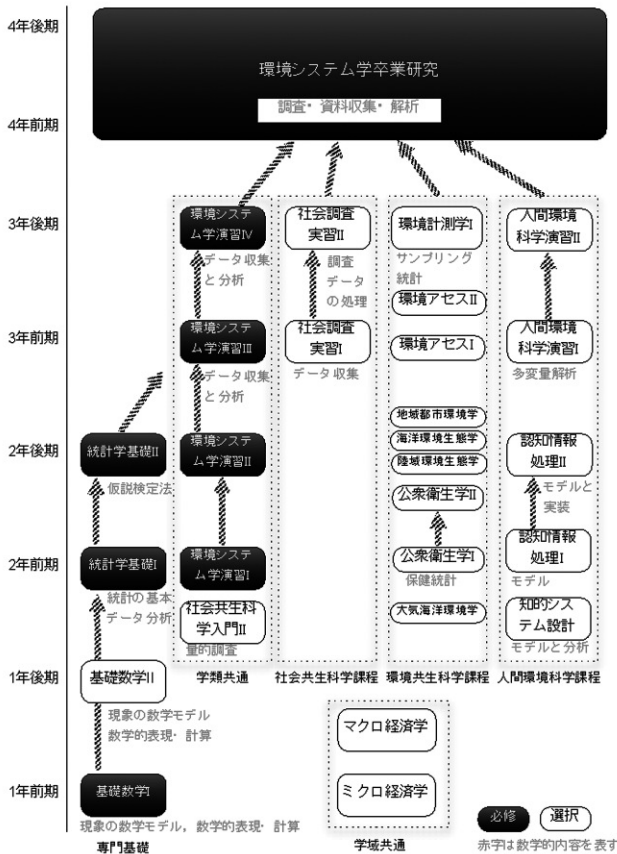


図7 環境システム学類のカリキュラムと数学的内容

リシーの検証，科目のナンバリングのあり方に活用していく予定である（〔6〕）。

もう1つの方策としては，学習の中身について学生の自己省察を促していくことである。これも，各大学で近年取り入れられていることであるが，大学全体としての取組は一部の大学に留まっている。大阪府立大学では，学生のポートフォリオ（学習履歴）システムが2012年度入学生から導入され，科目ごとに学生が授業目標の達成度を自己評価する。ポートフォリオについては，質疑応答のところで詳しく述べる。

シラバスの内容（全科目学外公開），カリキュラムとそのポリシーの共有，ポートフォリオや各種学生調査と科目の成績のデータを丹念に収集し分析していくことで，質保証にまで結びつけたい。成績情報と学生調査を含め，教育情報の利活用については組織的に行われているので，数学力の質保証に向けて，随時情報を発信していく予定である。

#### 4. シンポジウムでの質疑応答

e-ポートフォリオ（大阪府立大学では，「教育・学習支援サイト」と呼ばれるポータルが作られ，この中にポートフォリオ（学習履歴）が組み込まれる形。以下，大阪



図8 学習・教育支援サイト

府立大学のe-ポートフォリオを学習ポートフォリオと記す）。に関して，対象としている学生・授業科目・使用状況についての質問をしていただいたので，当日の回答を補足する形で学習ポートフォリオの導入と現状について記しておく。

今回の学士課程の改革は，学士課程答申（〔2〕）を受ける形で学内に設置されたカリキュラムデザイン会議の答申に基づいて（結果的には）行われてきた。学習ポートフォリオについては，この答申の中で，学修成果目標の達成のために提供する学習環境の例示として，「学生ポートフォリオを導入し，個々の科目の評価のみでなく学士力にあたる能力の自己評価・相互評価を通して，ラーニングアウトカムに関するプロセス評価を行う。」と挙げられており，これに沿う形で導入された。しかし，学内ではトップダウンの形で進む改革に反対も強く，最後は，全部局長が出席する「教育運営会議」で全学生対象ではなく，学域生から導入することで決着した。このため，半期の目標設定，半期の振り返り，受講した授業の成績分布の表示等の機能は学域生だけが使える形になっている。なお，各授業の振り返り（授業アンケートを含む）については，学部生も対象となっている。授業科目は，全授業が対象であるが，成績分布の表示は受講生10名以下クラスを除外している。2012年新入生の半期の目標設定記入率は96.3%となっており新入生には浸透しているようである。今後，継続して「学習履歴」に自己振り返りが積み重ねていけるかということとその結果の活用が課題である。

（追記：8月16日現在，新入生の「授業の振り返り」の入力率は48.16%である）。

### 参考文献

- [1] 奥野武俊「『学修成果』目標の策定とそれに基づく教養教育のあり方」大学教育学会誌32(1), 2010, 25-30.
- [2] 文部科学省 中央教育審議会「学士課程教育の構築に向けて」答申, 2008.
- [3] 松下佳代編著「〈新しい能力〉は教育を変えるか 学力・リテラシー・コンピテンシー」ミネルバ書房, 2010
- [4] 高橋哲也「変わる大学教育改革 大阪府立大学一大学初年次数学教育の再構築」文部科学時報2008年2月号, 68-69.
- [5] 大阪府立大学総合教育研究機構 文部科学省「特色ある大学教育支援プログラム」平成19年度採択取組「大学初年次数学教育の再構築」成果報告書, 2010
- [6] 大学IRコンソーシアム, “大学IRコンソーシアム”, <http://www.irnw.jp/index.html>