



学士課程教育における数学的リテラシーの考え方について

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	http://hdl.handle.net/10466/00017139

学士課程教育における数学的リテラシーの考え方について

高 橋 哲 也

(大阪府立大学高等教育推進機構)

〔キーワード：共通教育，質保証，数学的リテラシー，全国調査，高大接続〕

1. 概要

課題研究「学士課程教育における共通教育の質保証」のサブテーマ2「数理科学分野における共通教育の質保証」では共通教育全体をととして学生に獲得させようとしている能力のうち「数学的リテラシー」の育成に焦点をあてている。数理科学分野の科目における教育の現状を調査し、数理科学分野の教育の質保証に向けて、学士に求められる数学的リテラシーの範囲と水準を規定し、その水準の達成度を測定する方法の開発に取り組むことが当初の本研究の目的であった。共通教育のなかで実施されている数理科学分野の科目には、理系の学生を主たる対象とする専門基礎教育科目と文系の学生も対象に含む教養教育科目がある。本研究では、学士課程教育における共通教育の質保証という観点から文系を含めた教養教育科目（本来の一般教育科目）としての数理科学教育に焦点を当てている。なお、大学教育において「数学」が純粋数学を指すことが多いため、統計を含む応用数学を含んだ内容として「数理科学」を用いている。

本稿では、サブテーマ4「共通教育における質保証のためのマネジメント」を担当するサブグループ4が実施した全国調査の数学的リテラシーに関する質問項目の結果から、大学における数学的リテラシーに関する状況を報告し、高校、大学におけるそれぞれの数学教育の問題点とその解決に向けて一つの方向性を示すものとして大阪府立大学の取組を紹介する。

2. 全国調査の結果

サブグループ4が実施した共通教育のマネジメントに関する全国調査（岡田・高野，2015）において、数学的リテラシーに関して設けた調査項目のうちいくつかの集計結果を紹介する。

調査項目

- ・全学の教育目標に数学的リテラシーに関する教育目標が位置づけられていますか

- ・専門科目以外（教養系科目等）で「数学的リテラシー」に関する科目を開講していますか

- ・「数学的リテラシー」に関する科目の履修条件

- ・「数学的リテラシー」に関する科目の開講科目数（クラス数ではなく科目数）をお教えてください

上記質問項目の集計結果は以下の通りであった。

表1からは「全学の教育目標に数学的リテラシーに関する教育目標が位置づけられていますか」という質問項目に対して、大学全体で「とてもそう思う」が1.6%、「まあそう思う」が16.3%であり、全学の教育目標に数学的リテラシーを身につけることが掲げられていない状況であることが分かる。教育目標（学修成果目標）がなければ、質保証の議論は不可能であり、数学的リテラシーについて組織的な質保証の議論は困難な現状が明らかになった。また、表2からは、数学的リテラシーを身につける科目が開設されていない大学が4割を超えており、表3、表4からは開設されている大学でも自由選択科目が多く開講科目数も少ない状況である。このことから、数学的リテラシーを身につけるための教育自体があまり行われていないことが我が国の高等教育の現状であることが明らかになった。

表1 教育目標の位置づけ

全学の教育目標に数学的リテラシーに関する教育目標が位置づけられていますか						
		全く そう 思わ ない	あまり そう 思わ ない	まあ そう 思う	とても そう 思う	合計
国立	度数	8	16	10		34
	%	23.5	47.1	29.4		100.0
公立	度数	10	12	2		24
	%	41.7	50.0	8.3		100.0
私立	度数	37	61	19	3	120
	%	30.8	50.8	15.8	2.5	100.0
短大	度数	17	16	4		37
	%	45.9	43.2	10.8		100.0
合計	度数	72	105	35	3	215
	%	33.5	48.8	16.3	1.4	100.0

表2 科目の開講状況

専門科目以外(教養系科目等)で「数学的リテラシー」に関する科目を開講していますか				
		はい	いいえ	合計
国立	度数	20	14	34
	%	58.8	41.2	100.0
公立	度数	12	13	25
	%	48.0	52.0	100.0
私立	度数	75	44	119
	%	63.0	37.0	100.0
短大	度数	13	25	38
	%	34.2	65.8	100.0
合計	度数	120	96	216
	%	55.6	44.4	100.0

表3 科目の履修条件

「数学的リテラシー」に関する科目の履修条件						
		必修	選択必修	自由選択	学部・学科により異なる	合計
国立	度数	3	7	4	7	21
	%	14.3	33.3	19.0	33.3	100.0
公立	度数	3	4	6	5	18
	%	16.7	22.2	33.3	27.8	100.0
私立	度数	9	14	45	21	89
	%	10.1	15.7	50.6	23.6	100.0
短大	度数	2	2	11	5	20
	%	10.0	10.0	55.0	25.0	100.0
合計	度数	17	27	66	38	148
	%	11.5	18.2	44.6	25.7	100.0

表4 開講科目数

「数学的リテラシー」に関する科目の開講科目数(クラス数ではなく科目数をお教えてください)。		
	度数	%
3科目以下	114	74.0
5科目程度	28	18.2
10科目程度	9	5.8
15科目程度	3	1.9
合計	154	100

また、数学的リテラシーに関する教育目標の設定に肯定的な回答をした大学から開講科目数、履修要件(必修、選択必修)、開講科目名とそのシラバスの内容を検討し、3つの大学についての聞き取り調査を行った。聞き取り調査の結果の公表について各大学の了解を得ていない段

階であり、大学名を伏して結果の概要について簡単に述べるに留める。なお、詳しい結果については、大学教育学会学誌に投稿予定の論文に掲載する。

国立大学1校(総合大学)、私立大学2校(総合大学1校、小規模大学1校)にヒアリングを行ったが、総合大学での数学的リテラシーに関する教育は、教育目標に掲げられている場合であってもカリキュラムレベルでの対応でなく教員個人の努力で行われており、カリキュラムポリシーにまで反映されているとは言えない状況であった。なお、小規模大学では、学力不足への対応としてリメディアル的な内容であるが、数学的リテラシー教育として数学と社会の結びつきを意識させる数学の科目を全学必修科目として実施するという意欲的な取組もあった。

このような調査結果から、サブグループ2では学士課程教育において身につけるべき数学的リテラシーについての質保証を日本の学士課程教育全体に対して考える段階に達していないと考えるに至った。そのため、この状況を招いた原因について、中等教育・高等教育のそれぞれの数学教育の現状についての分析とと大学における数学的リテラシー教育の実践例を共有することを本報告の目的とする。

3. 中等教育における数学教育の課題

義務教育段階の算数・数学教育についてはTIMSS、PISAの国際調査の結果からも「学力」(知識・技能)の問題点は少ないと考えられる。TIMSS2011(国立教育政策研究所, 2013a)において小学校4年生の算数問題、中学校2年生の数学問題の得点は平均点とともに調査国中5位(全42か国/地域)であり、PISA2012(国立教育政策研究所, 2013b)の数学的リテラシー平均得点では7位(全65か国)である。しかし、TIMSS2011で「数学を使うことが含まれる職業につきたいかどうかについて」(中学2年生のみ対象)に「強くそう思う」と答えた日本の生徒は4.3%(国際平均21.9%)、「そう思う」と答えた生徒は13.6%(国際平均29.7%)でいずれも最下位であり、PISA2012では数学的道具的動機付け指標(「将来つきたい仕事に役立ちそうだから、数学はがんばる価値がある」等の質問項目群)に対して、「まったくその通りだ」「その通りだ」と答えた生徒の割合は参加国中下から2番目という結果である。これらの結果から、数学が「社会で必要である、役に立っている」、「将来の職業も含めて人生で必要かもしれない」という認識が日本の児童・生徒には希薄であることが推察される。数学を勉強するのは、入試に必要なからであり、入試を終えたあとは数学を学ぶ

動機付けは失われてしまう危険性が高い。

高校段階では履修状況についても問題が起きている。現在の学修指導要領では、必修教科目は数学Ⅰのみである。大学入試センター試験を受験する文系の生徒は「数学Ⅰ・A」を受験するが、数学Ⅰの単元は「数と式」「図形と計量」「二次関数」「データの分析」であり、数学Aの単元は「場合の数と確率」「整数の性質」「図形の性質」となっている。したがって、文系を目指すクラスではかなりの生徒が数学Ⅰ・Aの履修で終わってしまい、「数列」「ベクトル」(数学B)「指数関数・対数関数」(数学Ⅱ)について高校で学ばない可能性が高い。「預貯金やローンなどの仕組みは、等比数列や指数関数についての知識等がなければ理解しにくい」と学習指導要領解説(文部科学省, 2009)にも書かれており、マグニチュード、デシベル、pHといった日常生活において重要な単位も対数関数を知らずには理解できない。したがって、内容の面からも数学が日常・社会生活、そして科学技術の面でどれほど役に立っているかを実感できる内容を教育するのが困難な状況である。新指導要領では「数学活用」という科目が設けられており、この科目は指導要領にも「知識基盤社会において求められる事象を数理的に考察する能力や数学を積極的に活用する態度など(いわゆる数学的リテラシー)を育てるため」の科目と書かれている。文系の生徒には特に学んで欲しい科目であるが、2014年度の数学活用の教科書の採択率は数学Ⅰの教科書の2%強(時事通信, 2014)であり、大学入試に出題されない科目であることが影響していると考えられる。大学入試が高校の教育を規定している面も大きい。数学の「良さ」を感じて、自分の将来に必要なだと認識させる教育が中等教育段階でも必要であろう。いずれにせよ、文系・理系を高校の早い段階で選択する現行のシステムに大きな問題がある。

中央教育審議会が昨年末に「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について」(文部科学省, 2014)を答申し、入試を含めて高校と大学の教育の接続についての改革が行われる予定である。大学入試センター試験に代わる新テストの内容によっては数学的リテラシーが高校段階で一定確保される可能性もあるが、まだ当分は数学的リテラシーについて身につけていない高校生が大学に進学する状況が継続する。

4. 大学における数学的リテラシー教育

数学についての学力不足の問題は2000年前後から話題になっているが、この点については大学入試が選抜機

能を果たさなくなっていることで状況は悪化している。私立大学では、個別学力試験を受験しない入学生が5割程度まで増加しており、国公立大学でも科目数が減少するなかで、極端な学力不足に問題意識が集中している。しかし、今回全国調査で明らかになったように多くの大学では共通教育として数学的リテラシーについての目標設定やカリキュラムは用意されておらず、文系の学生は数学が社会と無関係で自分のキャリアとも関係がないという認識を持って大学を卒業する可能性が高い。

PISA2012では数学的リテラシーを「様々な文脈の中で定式化し、数学を適用し、解釈する個人の能力であり、数学的に推論し、数学的な概念・手順・事実・ツールを使って事象を記述し、説明し、予測する力を含む。」と定義しており、この定義を今回の課題研究でも採用している。前述のように、高校段階では数学的リテラシーを身に付ける教育が十分に行われる状況ではない。しかし、大学ではこの状況はより悪化していることが今回の調査結果から明らかになった。文系の学生に対しては、数学的リテラシーを身に付ける科目がある場合でも選択科目として提供され、受講する学生はごく一部であり、科目の開講数も少ないことが明らかになった。大学1年次の共通教育としての数理科学教育は、「専門教育」「専門基礎教育」「教養教育」としての役割があるが、学力不足の問題もあって理系の専門基礎教育としての数理科学教育に関心が集まるのが現状である。しかし、学士課程教育において学士に求められる数学的リテラシーを身に付けて社会に送り出すべきであると本研究グループでは考えている。

5. 大阪府立大学の取組

5-1. 数学的リテラシー教育の実施準備

ここでは組織的な数学的リテラシー教育が行われている例として大阪府立大学現代システム科学域における取組を紹介する。

大阪府立大学は2012年度に学士課程をそれまでの7学部・28学科から4学域・13学類へ全面改組した。4学域の中で工学域、生命環境科学域、地域保健学域は既存の学部・学科を統合再編した形であったが、現代システム科学域については、「専門性と実践力はもとよりマネジメントや国際性を兼ね備えた人材の養成が必要になるとの観点から、文系と理系の垣根を越えた新たな領域として設置する。」と設置趣旨に書かれているように全学部から人員を集めて新設した学域である。ただし、中心となったのは人間社会学部・経済学部という文系学部であり、入試ではほとんどの学生が数学Ⅱ・Bまでのいわゆる文

系型の個別学力試験を経て入学している。

この学域では、全学類で数学・統計学の基礎科目を必修としており、文系型入試で入学した学生も、数理的な分析の基礎力の修得を目標としている。このようなカリキュラムが可能となった大阪府立大学の数理科学教育の体制について説明する。

大阪府立大学は2005年度に法人化し、府立の3大学を統合して新たにスタートしたが、その際に総合教育研究機構という名称の基礎教育・教養教育に実施・運営に責任を持つ部局を創設した。この組織は2011年度には、高等教育推進機構と名称変更されているが、以下共に「機構」と略記する。機構の数学グループでは主に理系の専門基礎教育としての数学教育について組織的に以下の取組を実施した。

- (i) 線形代数、微積分学の共通教科書の作成
- (ii) 授業目標・シラバスの統一
- (iii) 質問受付室の設置
- (iv) 授業と連動したe-learning教材の開発

これらの継続的な取組(高橋, 2012a)により、2007年には特色GPに「大学初年次数学教育の構築」というタイトルで採択された。しかし、取組内で行った全国の大学の数理科学教育としての提供科目の調査から、文系に対しての数理科学教育が非常に手薄であるという結果が得られ、学内でも文系に対する数理科学教育についての検討を開始した時期が大学の学士課程改組が検討される状況と重なった。

現代システム科学域のカリキュラム検討の中で数学的素養を基礎としたシステム思考を1つの軸とする方向が示され、文系向けの数学的リテラシー教育を検討することとなったのが2010年当初である。現代システム科学域の教育心理学の専門家と機構の数学グループの教員とが1年弱の準備期間を経て、2011年度に教養科目として「人文・社会科学のための数学A・B」という科目を開講した。現代システム科学域の必修科目のために1年間行った授業の結果を取り入れるとともに教科書(川添・岡本, 2012)を作成し、2012年度からの現代システム科学域の専門基礎科目「基礎数学I・II」の開始にこぎつけた。(高橋, 2012b)

5-2. 数学的リテラシー教育の内容

文系の学生向けに必修科目として数学に関する科目を実施するには困難な課題が存在する。選択科目の場合は文系の学生であっても数学に対する意欲・関心を持っていることが期待されるが、必修とすると数学についての苦手意識や嫌悪感を持っている学生も受講する。したがって、このような苦手意識、さらには数学に対する嫌

悪感を払拭することがこの授業では必要となる。

苦手意識の大きな原因としては、数式や図による数学的説明についていけないことが挙げられる。抽象化された数式が意味するものが言語化できず、また、文章で表された内容を数式として表現することを最初から諦めてしまう。その際に、言葉と数式をつなぐ数学的なツール、(表・グラフ・図等)を媒介として翻訳していくという学習経験が少ないので数式自体が現実的な意味を離れた抽象的なものとして数式や数学的記号を入試のために暗記する対象と認識してしているのである。



図1 言葉・図・数式の関係

また、大学入試に合格することを目標として、解法のパターンの暗記と計算の訓練を行うので、大学合格後には数式や数学的記号はもう関わりたくない対象と認識される。したがって、文系の学生に数学的な内容を教えるためには、この負の側面を乗り越えなければならない。そのためには、数式に意味を持たせて理解しやすいようにし、数学を現実と結びつけるものとする必要がある。

基礎数学の授業では、日常的・現実的な文脈の中で数学を用いる活動を中心におき、数学が現実的問題・日常的問題の解決に活用できること(数学の有用性)を理解させることを目標としている。学習の促進には、実世界での問題の性質を反映した環境での課題の実行や問題解決が重要であると考え、状況に埋め込まれた学習を授業時間内外で促している。現実的問題・日常的問題の解決に数学を活用する力(数学活用力)を身につけることの意義を学生が認識することと、実際にその能力を身につけることを目指している。授業を進める上では、数学者が暗黙のうちに使ってしまう数学的用語・記号や思考方法を意識して使わないことが必要となる。数学者は、長年数学を研究していて日常的に当たり前になっていることが、学生にとって全く意味不明な言葉として聞こえていることに気付かないことが多い。この点では、教育心理学の専門家が、数学者が行う授業を見学し改善を図っており、その結果が授業の指導案にも反映されている。

図2のように、通常の数学の授業では図の右半分で閉

じているものを、この授業では現実世界との往還に重点をあてている。このことによって、数学的解決が学生にとって意味あるものと認識されるのである。

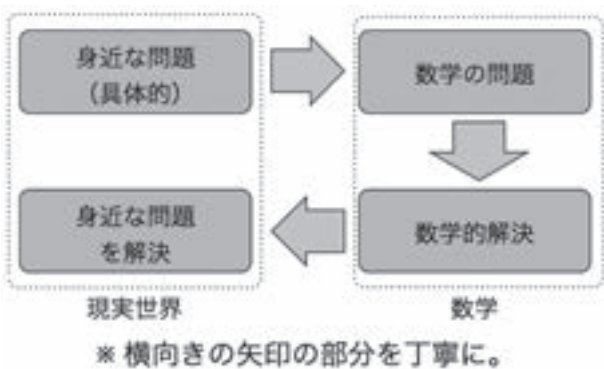


図2 基礎数学の授業の進め方

2012年4月から現代システム科学域で授業が始まり、4クラス（4人の数学教員が担当）が開講され、教育心理学の教員がサポートしている。基礎数学で実際に扱っている数学的内容とそれぞれの題材は以下の通りである。

表5 基礎数学の内容

	単元	応用例（演習内容）
基礎数学Ⅰ	文字と式	線形計画法
	数列	薬の体内残量、複利計算、ローン、現金の時間的価値
	行列	表計算、人口移動、社会ネットワーク分析
	関数	心的回転、生産関数、感染爆発と対数グラフ
	確率	宝くじ、リスク分析、ベイズ推定
基礎数学Ⅱ	行列（続）	格付遷移行列、推移行列（生態系、経済）、主成分分析
	関数（続）	ムーアの法則、電力需要の変動、潮位変動
	微分	コブ・ダグラスの生産関数、ニュートンの冷却法則、限界利潤、経済的発注量、ロジスティック曲線
	積分	速度変化と走行距離、標準正規分布、偏差値
	多変数関数	標準肺活量、住宅ローンの総返済額

6. まとめ

サブテーマ2「数理科学分野における共通教育の質保証」では、「数学的リテラシー」の育成に焦点をあて、学士に求められる数学的リテラシーの範囲と水準を規定

し、その達成度を測定する方法の開発に取り組むことを目指していたが、サブテーマ4で実施した全国調査の結果から、数学的リテラシーを育成することを目標に設定している大学も少なく、目標設定をしていても実施体制が不十分である現状が明らかになった。その原因としては、中等教育では生徒は数学を入試のために必要なものとして認識し、その修得が自分の将来のために役立つものと認識していないこと、高等教育では、学力不足の問題もあって理系の専門基礎教育としての数理科学教育に関心が集まり、学士に求められる数学的リテラシーを身につける教育まで対応出来ていないことが考えられる。本稿では、組織的に数学的リテラシーを育成する授業を実施している大阪府立大学について、実施されるまでの過程と数学的リテラシー教育の内容と実施体制について紹介した。

我が国の高等教育の現状では、数学的リテラシーを育成する教育のアセスメントを体系的に検討することは困難である。今後は、個別の数学的リテラシー教育の取組についてその知見を共有すること、その取組の質保証のあり方を考えていくことを検討していきたい。また、数理科学教育についての高校・大学の教育接続が重要であり、中教審答申（2014）に沿って提示されている高大接続改革実行プランの行方も注視していく。

参考文献

- 岡田有司・高野篤子（2015）共通教育マネジメントにおけるPDCAサイクルとその関連要因—2014年度全国調査の分析結果から—、大学教育学会誌、37巻1号（掲載予定）
- 川添充、岡本真彦（2011）思考ツールとしての数学、共立出版。
- 国立教育政策研究所編（2013a）算数・数学教育の国際比較、明石書店。
- 国立教育政策研究所（2013b）生きるための知識と技能(5)—OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2012年調査国際結果報告書一、明石書店
- 高橋哲也（2012a）答えだけは教えない 組織としての教育改善、小田隆治・杉原真晃編著「学生主体型授業の冒険 2 予測困難な時代に挑む大学教育」、ナカニシヤ出版
- 高橋哲也（2012b）学士課程教育における数学力育成の取組について、大学教育学会誌、34巻2号、pp.23-28
- 時事通信（2014）2014年度高校教科書採択状況—文科省まとめ（中）、内外教育第6305号（2014.1.21）
- 中央教育審議会（2014）新しい時代にふさわしい高大接

続の実現に向けた高等学校教育，大学教育，大学入学者選抜の一体的改革について（答申）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/01/14/135419

1.pdf

文部科学省（2009）高等学校学習指導要領解説 数学編
理数編，実教出版。