
大学生の基礎学力を個別かつ高速に 把握する仕組みに関する考察

■
朝井千帆
篠原 健

大学のユニバーサル化が進展する中、18歳人口は減り続けている。この結果、多くの大学にとって基礎学力の不足する学生が相対的に増加しており、大学は教育方法を質的に転換せざるを得なくなっている。本学においても教育基盤の支援策の一環として、基礎学力の可視化と学習を支援する実験システムMANABOやアサーティブ入試のMABOSSなどの開発を行ってきた。本論文では、これらの機能を向上させ、基礎学力を個別に高速に把握する仕組みを実現することを目指して、考察と予備実験を実施した結果について報告する。対象は数学分野とした。仕組みの名称をシグマ・エンジン(仮称)としている。

1.はじめに

今、我々が生きている社会を表す言葉はいくつもあるだろう。例えば高度情報化社会、グローバル化、超高齢化社会、成熟社会、失われた20年など、その答えは人によって当然違うものであり、多種多様であるだろう。そして、社会が多様化するとともに、大学も志願者全入時代を迎え、社会の変化とともにこれまで以上に多様な学生が混在する場となっている。

予測困難な社会において、大学が果たすべき役割はこれまで以上に大きくなっており、大学は「教育方法を質的に転換することが求められている」⁽¹⁾のである。

平成24年3月に中央教育審議会大学分科会大学教育部会が出した審議のまとめ「予測困難な時代において生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学

へ」において、「求められる質の高い学士教育課程とは、教員と学生とが意思疎通を図りつつ、学生同士が切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら知的に成長する課題解決型の能動的学修(アクティブ・ラーニング)によって、学生の思考力や表現力を引き出し、その知性を鍛える双方向の講義、演習、実験、実習や技能等の授業を中心とした教育である」と、定義している。このような審議を受けて、中央教育審議会答申「質的転換答申」等において、大学の教育のスタンダードな方法としてアクティブ・ラーニングが普及することとなった。このアクティブ・ラーニングは初等中等教育の現場においても数年後から施行される新学習指導要領においても導入されることが決まっている⁽²⁾。

このように教育の現場においては、従来の一方的な授業形態から脱却し、学習者中心の授業形態、つまり児童・生徒・学生が主体的で、双方向的な授業を行うことが求められている。

しかし、大学においてアクティブ・ラーニングによる教育を行おうとすると、知識や技能の伝達に費やせる時間が減ったり、事前学修、事後の発展学修に費やす時間が少なかったり、学生の個人差の問題などが出現している。さらに、大学のユニバーサル化により、学生の背景も多様化しており、よりきめ細やかな指導や支援が必要となっていると考えられる。

また、大学教員にとっても、高等学校までの内容を一

人ひとりに指導するということは大変な労力であり、すでに理解している学生にとっては無意味な時間を講義や講義外の学習時間の中で生んでしまうこととなる。そこで、高校以前の知識や技能について、個々の学生の能力を測定し、強みとなりうるところをより発展的に学べ、弱点となるところは、何を習得していて何ができていないのかを明確にし、それぞれに合ったレベルの課題を提示し、適切な補助ができるようなシステム開発に取り組んでいる。

本稿では、算数・数学科の能力測定及びテスト作成のための評価項目と、これらをシステムに組み込むための予備実験を実施した結果について考察をする。

2. 初等中等教育における算数・数学科の取り扱いについて

我が国の初等中等教育は文部科学省が定めた学習指導要領に則って教育が行われている。現在、施行されている学習指導要領は、平成20年1月に出された中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」を受けて、平成20年3月に公表され、小学校は平成23年度、中学校は平成24年度、平成25年度入学生から（数学及び理科は平成24年度入学生から）完全実施された。

中央教育審議会の答申によると、「小学校算数科、中学校及び高等学校数学科は、算数的活動・数学的活動を通して、数量や図形に関する知識・技能の定着を図り、数学的な思考力・表現力を育成するとともに、それらを進んで活用する態度を育てる」ことをねらいとしている。このねらいを実現するために、それぞれの段階に応じて以下のように領域及び科目が設置されている⁽³⁾。

小 学 校:「数と計算」、「量と測定」、「図形」、「数量関係」の4領域及び「算数活動」

中 学 校:「数と式」、「図形」、「関数」、「資料の活用」の4領域及び「数学的活動」

高等学校:「数学Ⅰ」、「数学Ⅱ」、「数学Ⅲ」、「数学A」、「数学B」、「数学活用」の6科目

これらの領域及び科目について、基礎基本となる知識と技能の確実な習得・定着を図れることや、数学的な思考力や表現力を育成することなどが重要視されている⁽³⁾。

以上のことを踏まえて、学習指導要領⁽⁴⁾の各段階の領域及び内容、用語と記号の取り扱いについて次頁の表にまとめた。

表1 小学校学習指導要領(算数)の概略

学年	第1学年	第2学年	第3学年	第4学年	第5学年	第6学年
領域 (内容1)	内容1-1	内容1-1	内容1-1	内容1-1	内容1-1	内容1-1
数と計算	100までの数	1000までの数	1億までの数	1億を超える数 (億,兆)	偶数・奇数,素数, 倍数・約数	分数の乗法
	100をこえる数 (120程度)	簡単な分数	整数の加法・減法	概数,四捨五入	分数と小数,整数の 関係	分数・小数の 混合計算
	1位数の加法・減法	簡単な3位数の 加法・減法	整数の乗法	整数の除法	小数の乗法 (1/10,1/100の位)	小数・分数の計算の まとめ
	簡単な2位数の 加法・減法	九九,簡単な2位数 の乗法	1位数による簡単な 除法	整数の四則計算の まとめ	異分母分数の加減 分数の乗除 (分数 $\times$ 整数)	
			小数の意味・表し方 小数(1/10の位)の 加法・減法	小数の加減 (1/10,1/100の位)		
			分数の意味・表し方 簡単な分数の加法・ 減法	小数の乗法 (小数 $\times$ 整数) 同分母分数の加法・ 減法		
量と測定	長さ,面積(広さ), 体積(かさ)の大きさ の比較	長さの単位 (cm, mm, m) 体積の単位 (L, dL, mL)	長さの単位(km) 重さの単位(g,kg,t) 時間の単位(秒) 簡単な時刻・時間の 計算	面積の単位 (cm ² ,m ² ,km ² ,a,ha) 長方形,正方形の 面積 角度の単位 (度(°))	三角形,四角形, 平行四辺形,台形, ひし形の面積 体積の単位(cm ³ ,m ³) 直方体,立方体の 体積 測定値の平均	概形の面積 円・円の面積 角柱・円柱の体積 速さ
	時刻の読み方	時間の単位 (日,時,分)				
図形	平面図形	三角形,四角形, 長方形,正方形, 直角三角形 箱の形	円・球 正三角形,二等辺 三角形 角	垂直と平行 台形,平行四辺形, ひし形 直方体,立方体	単位量あたりの 大きさ 多角形,正多角形 三角形,四角形の 合同 円周率 角柱,円柱,見取図, 展開図	線対称,点対称 拡大,縮小
数量関係	加減の場面を式に 表す	加法と減法の相互 関係	除法の場面を式に 表す	四則混合の式,()を 用いた式	簡単な比例の関係 2つの数量の関係	文字を用いた式 比
	絵や図を用いた 数量の表現	乗法の場面を式に 表す	式と図の関連, □を使った式	□,△などを用いた 式	百分率,円グラフ, 帯グラフ	比例と反比例 資料の平均, 度数分布 起こりうる場合
		簡単な表やグラフ	表や棒グラフ	伴って変わる2つの 数量の関係 二次元の表, 折れ線グラフ		
用語・記号	一の位,十の位,+,-, =	単位,直角,頂点,辺, 面, $\times$, $>$, $<$	等号,不等号,小数 点,1/10の位, 数直線,分母,分子, $\div$	和,差,積,面,以上,以 下,未満,真分数,仮 分数,帯分数,平行, 垂直,対角線,平面	最大公約数,最小公 倍数,通分,約分, 底面,側面,比例,%	線対称,点対称,:

表2 中学校学習指導要領(数学科)の概略

学年	第1学年			第2学年			第3学年		
領域 (内容1)	内容1-1	内容1-1-1	用語・記号	内容1-1	内容1-1-1	用語・記号	内容1-1	内容1-1-1	用語・記号
数と式	正の数・負の数	正負の数の必要性和意味(数の集合と四則)	自然数	文字を用いた式の四則計算	整式の加減, 単項式の乗除	同類項	平方根	平方根の必要性和意味(有理数・無理数)	根号
		正負の数の四則計算	符号		文字を用いた式で表したり読み取ったりすること			平方根を含む式の計算	有理数
					目的に応じた式変形			平方根を用いること	無理数
	文字を用いた式	文字を用いることの必要性和意味	絶対値	連立二元一次方程式	二元一次方程式とその解の意味		式の展開と因数分解	単項式と多項式の乗法と除法の計算	因数
		乗法と除法の表し方	項		連立方程式とその解の意味			簡単な式の展開や因数分解	$\sqrt{\quad}$
		一次式の加法と減法の計算	係数		連立方程式を解くことと活用すること			文字を用いた式で数量関係をとらえ説明すること	
	一元一次方程式	文字を用いた式に表すこと(不等式を用いた表現)	移行				二次方程式	二次方程式とその解の意味	
		方程式及びその解の意味	$\leq$					二次方程式を解くこと(因数分解, 平方完成, 解の公式)	
		等式の性質と一次方程式の解き方	$\geq$					二次方程式を活用すること	
		一次方程式を活用すること(比例式)							
図形	平面図形	基本的な作図の方法とその活用	弧	平面図形と平行線の性質	平行線と角の性質	対頂角	図形の相似	平面図形の相似と三角形の相似条件	∞ (相似)
		図形の移動(平行移動, 対称移動, 回転移動)	弦		多角形の角の性質	内角		図形の基本的な性質	
	空間図形	直線や平面の位置関係	回転体	図形の合同	平面図形の合同と三角形の合同条件	外角		平行線と線分の比	
		空間図形の構成と平面上の表現(見取図, 展開図, 投影図)	ねじれの位置		証明の必要性和意味及びその方法	定義		相似な図形の相似比と面積比, 体積比	
		扇形の弧の長さや面積, 柱体や錐体及び球の表面積・体積	π		三角形や平行四辺形の基本的な性質	証明		相似な図形の性質を活用すること	
			平行			逆	円周角と中心角	円周角と中心角の関係(証明, 活用)	
			$\perp$			$\equiv$		円周角の定理の逆	
			$\angle$				三平方の定理	三平方の定理とその証明	
			$\triangle$					三平方の定理を活用すること	
	関数	関数関係の意味	関数	一次関数	事象と一次関数	変化の割合	関数 $y=ax^2$	事象と関数 $y=ax^2$	
		比例, 反比例の意味	変数		一次関数の特徴	傾き		関数 $y=ax^2$ の特徴	
		座標の意味	変域		二元一次方程式と関数			関数 $y=ax^2$ を用いること	
		比例, 反比例の意味特徴			一次関数を用いること			いろいろな事象と関数	
		比例, 反比例を用いること							
資料の活用		ヒストグラムや代表値の必要性和意味	平均値	確率	確率の必要性和意味, 確率の求め方		標本調査	標本調査の必要性和意味	
		ヒストグラムや代表値を用いること	中央値		確率を用いること			標本調査で母集団の傾向をとらえ説明すること	
		誤差や近似値, $a \times 10^x$ の表現	最頻値						
			相対度数						
			範囲						
			階級						

表3 高等学校学習指導要領(数学科)の概略

科目名	内容I	内容I-1	内容I-1-1	用語・記号
数学I	数と式	数と集合	実数	
		式	集合	
			式の展開と因数分解	
	図形と軽量	三角比	一次不等式	
			鋭角の三角比	余弦,cos
			鈍角の三角比	正接,tan
		図形の軽量	正弦定理・余弦定理	
			図形の軽量	
二次関数	二次関数とそのグラフ			
データの分析	二次関数の値の変化			
データの散らばり				
データの相関				
数学II	いろいろな式	式と証明	整式の乗法・除法、分式式の計算	虚数
		高次方程式	等式と不等式の証明	i
			複素数と二次方程式	
	図形と方程式	直線と円	因数定理と高次方程式	
			点と直線	
		軌跡と領域	円の方程式	
	指数関数・対数関数	指数関数	指数の拡張	累乗根
		対数関数	指数関数とそのグラフ	logax
			対数	
	三角関数	角の拡張	対数関数とそのグラフ	
			三角関数の加法定理	極限值,lim
		微分・積分の考え	角の拡張	三角関数とそのグラフ
	三角関数		三角関数の基本的な性質	
	三角関数の加法定理			
	数学III	平面上の曲線と複素数平面	平面上の曲線	微分係数と導関数
導関数の応用				
不定積分と定積分				
面積				
複素数平面			直交座標による表示	
極限		数列とその極限	媒介変数による表示	∞
			極座標による表示	
			極座標による表示	
			複素数の図表示	
		関数とその極限	ド・モアブルの定理	
微分法		導関数	無限等比級数の和	
			分数関数と無理関数	
			合成関数と逆関数	
			関数値の極限	
		導関数の応用	関数の和・差・積・商の導関数	
積分法	不定積分と定積分	合成関数の導関数	自然対数 e(自然対数) 第二次導関数 変曲点	
		三角関数・指数関数・対数関数の導関数		
		積分とその基本的な性質		
		置換積分法・部分積分法		
	積分の応用	いろいろな関数の積分		
数学A	場合の数と確率	場合の数	数え上げの原則	nPr
		確率	順列・組合せ	nCr
			確率とその基本的な法則	階乗
			独立な試行と確率	n!
	整数の性質	約数と倍数	条件付きの確率排反	
		ユークリッドの互除法		
		整数の性質の活用		
	図形の性質	平面図形	三角形の性質	
空間図形		円の性質		
		作図		
数学B	確率分布と統計的な推測	確率分布	確率変数と確率分布	
		正規分布	二項分布	
			母集団と標本	
			統計的な推測	
	数列	数列とその和	等差数列と等比数列	Σ
		漸化式と数学的帰納法	いろいろな数列	
			漸化式と数列	
	ベクトル	数学的帰納法		
ベクトルとその演算				
ベクトルの内積				
数学活用	数学と人間の活動	数や図形と人間の活動		
		遊びの中の数学		
	社会生活における数理的な考察	社会生活と数学		
		数学的な表現の工夫		

3.国際学力評価における算数・数学科の内容

ここでは、国際的な学力評価として、経済協力開発機構（OECD）が行っている生徒の学習到達度調査（以下、PISA）と国際数学・理科動向調査（以下、TIMSS）における算数・数学科について、内容を整理する。

3.1 PISA調査の概要

PISA（Programme for International Student Assessment）とは、国際的な学習の到達度を調査するものであり、2000年から義務教育修了者（15才、日本では高校1年生）を対象に、生徒が持っている知識や技能を、実生活の様々な場面で直面する課題にどの程度活用できるかを評価が行われている⁽⁵⁾。我が国では、PISAの調査が開始された2000年から参加しており、この調査で得られた結果をもとに、教育政策や教育実践の結果や検証に利用されている⁽⁶⁾。PISA調査では、読解力、科学的リテラシー、数学的リテラシーの3分野について調査が行われており、3分野の中の数学的リテラシーは、算数・数学科の内容に該当する。

PISA調査では、現実世界と数学世界とを行き来しながら現実の問題を数学を使って解決する活動過程を「数学科サイクル」として、モデル化している。そして、数学科サイクルを回すのに必要な数学的能力として、「思考と推論」、「論証」、「コミュニケーションモデル」、「モデル化」、「問題設定と解決」、「表現」、「記号言語、公式言語、技術的言語、演算を使用すること」、「支援手段と

道具の使用」であることを示している⁽⁷⁾。このことを踏まえて、PISA調査の設問を見てみると、問題はヒットチャートや点滴など、なじみのあるものを用いることで、身の回りにある事象を数学的に説明、解決できるような問題で構成されている。また、1つの問題において、複数の設問を設け、資料の解釈や計算、言語を用いて数学的に説明させるなど、いくつかの要素を複合的に出題されている。

3.2 TIMSS調査の概要

国際学力評価の一つである国際数学・理科動向調査（TIMSS）は、「国際教育到達度評価学会（IEA）」が、児童生徒の算数・数学、理科の到達度を国際的な尺度によって測定し、児童生徒の学習環境等との関係を明らかにするために実施⁽⁸⁾しているものであり、我が国では、小学校4年生と中学2年生を対象として、4年に1度実施されている。

TIMSSの算数・数学科の問題は「内容領域」と「認知的領域」の2つからなっている。

「内容領域」では、学校の算数・数学で学ぶ内容となっており、「認知的領域」では、「児童生徒が算数・数学の内容に取り組んでいるときに示すと期待される行動」と定義されている。具体的な内容は、表4のとおりである。

表4 TIMSSの具体的な内容

内 容 領 域	小学校4年生: 数、図形と測定、資料の表現 中学校2年生: 数、代数、図形、資料と確からしさ
認 知 的 領 域	知ること(知識): 数学的な事実、概念、道具、手順を基にした知識に関すること 応用すること(応用): 知識や概念的な理解を問題場面に応用すること 推論を行うこと(推論): 見慣れない場面の問題や複雑な文脈の問題や多段階の問題を解くこと

公表されている問題例を見てみると、算数や数学の授業や教科書、受験勉強などで1度は目にしたことがあるような問題が多くみられる。設問にはPISAのように、複

数の要素を持たせるのではなく、特定の能力を率直に測るような問題構成となっていると考えられる。

4. 本システムの仕組みに関する基本的考え方

学力測定について、網羅的に行おうとするとその負荷は大きなものとなる。

教育の立場からは、出来るだけ少ない手間で問題点が個別の学生ごとに特定できることと、更にその補強の道筋が付けられることが重要である。このような考えにいたった2つのケースを説明したい。

4.1 基礎学力が問題となっている具体的な事例

(ケース1) 筆者は学部専門科目としてのオペレーションブリサーチを担当している。代表的な手法として線形計画法があり、その基礎として連立一次方程式の知識が必要である。毎年その授業に先立ってEラーニングによってその知識を確認している。ほぼ3分の2の学生はその知識が不足している。授業の編成としてはこれらの学生への補習を含めた教材と、一方ではすでに分かっている学生についてはより高度な学習の2つを同時に実施する必要がある、そのように工夫を行っている。このような現象はおそらく他の教科、例えばマクロ経済学や金融などについても同様であろう。基礎教育においてある程度のレベルを確保した上で専門領域の学科を取得するのが本筋であろうが、現実にはこのような対応を取らざるを得ないのが実情であるし、むしろそれを前提に学生の基礎学力の穴を塞ぐ効率的な方式を考えることが現実的であると思われる。

(ケース2) 学生には考える力や未知の問題に取り組む姿勢を求められる。そのような問題としてフェルミ推定の問題を出してみた。

「あなたは毎朝、歯を磨き顔を洗いますね。日本全体で毎朝、何トンの水が消費されるか推定しなさい。」とい

う問題である。筆記式で、答えがある範囲に入っており手順が正しければ正解とした。驚いたことに非常に多くの学生が不正解であり、その要因としては

- ①文意が理解できない。
- ②数学モデルが作れない。
- ③日本の人口が正しくない。(例えば13億人)
- ④桁数の大きい計算が出来ない。
- ⑤単位が間違っている。(例えば1トンは10000キログラム)

要因とGPAや科目の点数との相関を分析した結果をみると、社会に出て意外な弱点を露呈する学生の存在が浮かび上がってくる。更に白紙の回答の学生が半数存在することは、このような考える事の訓練が不足していることを意味していると言えよう。

4.2 基本モデル

ボトムアップ方式で、全ての項目を網羅して検査する方式は手間がかかる。前述の(ケース2)は複合的な問題であり、このような複合的な問題から可能性のある問題項目をドリルダウン(ここでのドリルダウンとはデータの分析レベルを1つずつ掘り下げて詳細にする操作を意味する)で推定する方がより効率的であると考えられる。スイスチーズは内部にところどころ穴が開いている。学生が初等中等教育で特定の問題が理解できずそれがきっかけで数学全体を敬遠して、大学も数学の入学試験がないところを選んだようなケースがそれに当たる。

前述のケース2は複合問題であり、このような複合問題から包含関係や相関関係を介してドリルダウンすることを想定する。従って、絞込みのフェーズではカバレッジ

を広げるために複合問題を多く配置することが特徴である。このような仕組みをシグマエンジン(仮称)と呼んでいる。できるだけ少ない問題で、大人数の授業等でも教員らが個々の能力をできるだけ素早く適切に把握し、学生自らが自身の強みと弱みを把握できるようなフィードバックの仕組みを用いて、それぞれの能力に応じた学習教材の提供ができるようになることが期待される。

4.3 本システムにおける算数・数学の項目の選定

以上のことを踏まえて、我々が検討を進めているシステムで取り扱うべき内容を以下の表に示す。

学力をより詳細に測定し、適切なドリルを提示できるようにするために16の項目を設けた。さらに、各項目に対して、内容を構成するものとして要素を定義した。14～16の項目については、現在検討中である。

表5 本システムにおける算数・数学の項目

項 目	要 素
1 四則計算	加減乗除 剰余計算 計算順序【()あり/なし】
2 小数	小数で表す 小数の計算 小数と整数の混合
3 分数	分数で表す 分数の計算 分数の混合計算
	真分数 仮分数 帯分数 約分 通分 分数だけ
	分数と整数 小数と分数 分数と整数と小数
4 倍数・約数	倍数 約数 最大公約数 最小公倍数
	最小公倍数 最小公倍数
5 単位	長さ(m ,cm ,mm) 面積(cm ² ,m ² ,km ² ,a,ha) 体積(L,dL ,mL) 容積 重さ 速さ 時間 時刻
	角度(度) 大きさの比較
6 比・比例	反比例 比の計算
7 割合	% (百分率)
8 方程式	公式 不等式 等号の意味 一次不等式
	比例式 一元一次方程式 連立二元一次方程式
	二次方程式 因数分解
9 関数	関数の意味 一次方程式 二次関数
10 図形	面積 体積 容積 比 角 直角 円の性質
	円周率 合同 相似 線分 三平方の定理
11 平方根	
12 グラフ	統計資料の読み取り グラフの性質 標本調査
13 場合の数	組み合わせ 数え上げの原則 順列 円順列
14 確率	
15 ベクトル	
16 微積分	

5.具体的な算数・数学のサンプル問題

以上の考えに基づきサンプルテストの作成を試みた。ここでは、作成したテスト及び解説について概説する。

5.1 チェックテスト「速さ」

本テストは、「速さ」に関する択一式問題10問で構成した。問題の構成においては、問1から徐々に難易度が上がっていくようにした。また、問1から問6を基本問題、問7から問10までを複合問題として設定した(表6)。

基本問題では、「速さ」つまり、距離と時間と速さの単位をそろえたり、小数や分数などで表したり、基本公式を理解しているかどうかを問うような問題とした。複合問題では、基本要素をいくつか組み合わせたり、隠れた要因を推測したりする要素を取り入れた問題設定にした。また、複合問題では、SPIでよく出題される問題(問8や問10)、小学校算数で出題される文章題(問7)など、なじみのある問題を参考に作成した。また、本問題は大学

生を対象に実施することを想定しており、近年、課題解決能力の必要性が声高になっている中で、論理的な思考力を測るために、フェルミ推定に代表されるような、答えが容易に推測しにくい思考問題(問9)も加えた。

このように、問題のテーマとなる領域を狭くしつつも、問題構成については、「速さ」という領域において、我々が大学生として最低限身に付けておくのが望ましいと考える算数・数学の能力について測定できるようなものとした。

5.2. 解説の作成

チェックテストとして実施した問題について、設問すべての解説を作成した。解説については、思考の過程を再現できるように、構成した。また、基本中の基本となるところから解説することを心掛けた。

表6 チェックテスト「速さ」の項目要素

チェックテスト		速 さ		
設問構成	番号	問 題	項 目	要 素
基本問題	1	60分は何秒か？	四則計算	加減乗除
			単位	時間
	2	1時間30分を表しているものとして、最も適切なものを選び。	小数	小数で表す
			分数	分数で表す
			単位	時間
	3	時速60kmを分速で表すと何mか。	四則計算	加減乗除
			単位	速さ
	4	時速45kmで90000m進むとき、何時間かかるか。	四則計算	加減乗除
			分数	分数で表す 分数と整数 約分
			単位	速さ
			公式	時間
	5	100kmある道のりを2時間40分かけて進んだとき、時速何kmか。	四則計算	加減乗除
			小数	小数で表す 小数と整数の混合
			分数	分数で表す 分数の計算 分数の混合計算
				分数と小数と整数
			単位	速さ
			公式	速さ
	6	時速10kmで50分進むとき、□km進む。 □に入る数字として適当なものを選び。	四則計算	加減乗除
			分数	分数で表す 分数の計算
				分数と整数の計算
			単位	速さ
			公式	距離
複合問題	7	赤い自転車は時速18km、青い自転車は分速250m、緑の自転車は秒速5mのとき、一番速い自転車はどれか。	四則計算	加減乗除
			単位	速さ 比較
	8	周囲が1.5kmの池の周りを兄と弟が同時に同じ場所を出発し、同じ方向に進みます。15分後に兄が一周遅れで弟に追いつきました。兄が分速240mで進んでいるとすると、弟の速さ(m/分)は下記選択肢のどれですか？	四則計算	加減乗除 計算順序()あり
			単位	速さ(時速,分速,km,m)
			方程式	一元一次方程式
	9	地球を歩いて一周することになりました。休むことなく歩き続けた時、どれくらいかかるでしょうか。最も近いものを選び	四則計算	加減乗除
			小数	小数の計算 小数と整数の混合
			単位	速さ
			公式	時間
	10	S町からP町まで、Q町を経由して行くとき、S町からQ町までは自転車で時速15kmで走ると30分かかった。Q町からP町まではバスで平均時速45kmで走り、48分かかった。この時S町からP町までの距離はいくらか？	四則計算	加減乗除
			小数	小数で表す 小数の計算 小数の混合
			分数	分数で表す 分数の計算 仮分数 約分
				分数と整数と小数
			単位	速さ
			公式	距離

6. 予備実験の実施

6.1 目的

今回の予備実験では、われわれが作成したチェックテスト(速さの領域)の設問の精査及び学力測定の予備調査と位置づけ、集めたデータについてどのように処理をし、作成したテストの解釈基準の策定を検討することを目的として行った。

6.2 対象・実施方法

開発したチェックテストを用いて、授業の合間の10分ほどで、頭の体操という形で、実施した。本テストの目的から、テストの母集団は、比較的学力に問題のある学生をも含むもので、必ずしも特定のコースなどを前提としないものである。協力者のほとんどが大学1年生であり、約10名が大学2・3年生である。協力してくれた学生たち

には、このテストの結果が成績に含まれないこと、頭の体操だと思って気軽に、しかし自力で真剣に解答するように説明をしたうえで、回答をしてもらった。

本テストは、A3の用紙の左側に問題を印刷し、右側は白紙にしたものを一人1部ずつ配布して実施した。その際に、白紙のところは、計算の過程などを書くように指示をした。本チェックテストの実施時間については、原則10分としたが、学生からの要請があり5分延長した。15分後、解答用紙を回収した。実施日は2017年12月中旬である。

集めた情報については、個人情報などに十分配慮したうえで、GoogleFormのテスト機能を用いて、データの入力を行った。入力後、Excelのデータとして変換し、集計及び分析を行った。

7. 結果・考察

7.1 合計点について

実施したチェックテストは、計217人の学生が協力してくれた。協力してくれた学生の答案に白紙での提出はなく、最低1問以上に答えが書かれていた。よって、全体の有効回答数は217となった。しかし、設問によっては無回答の学生もいる。

テスト全体の平均点は10点満点中4.87点(小数第2位まで)であった。合計点の分布は、図のとおりであり、最頻値は4点である。

我々はこのテストを基本問題が全体の中に6問あるので、5点から6点ほどの平均点になるだろうと予想をしていたが、それよりも低い結果となった。

なぜ想定より低いものになったのか、その要因を探るべく、まずは各設問の正答率を算出した(表7)。

図1 合計点の分布

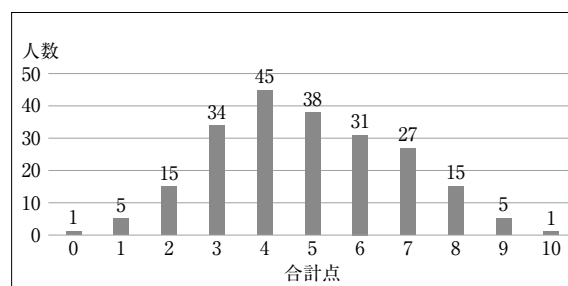


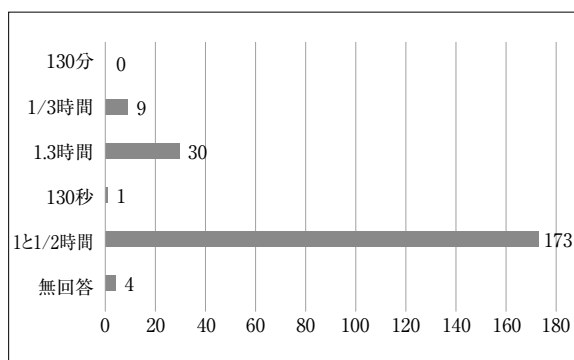
表7 各設問の正答率と回答者数

設問	正答率	回答数	無回答
1	0.96	216	1
2	0.80	213	4
3	0.67	198	19
4	0.82	214	3
5	0.24	163	54
6	0.35	177	40
7	0.52	195	22
8	0.17	152	65
9	0.07	180	37
10	0.27	165	52

7.2 正答率について

各設問の正答率を見ると、問1のような単位の変換をするだけの設問については、正答率が0.96と高く、テストを実施した母集団に対してとても容易な設問であった。また、問4のように、単位をそろえ、基本公式を用いて計算するという問題の、正答率が0.82で比較的高いと言える。しかし、基本問題として設定した設問(問5、問6)が、いくつかの複合問題(問7～問10)より、正答率が低く、小学生相当の設問(問2)でさえ、我々の想定よりも正答率が低かった。特に、問2については、「1時間30分を表すものとして適切なものを選び」という問いに対して、図2のような解答パターンとなった。

図2 設問2 選択肢分布



この設問では、時間を分数や小数で表記できるのかどうかを問うた設問であるが、正答の1½時間と答えたのは217人中173人にとどまり、正答率は0.80と我々の想定よりやや低いものとなった。誤答の選択肢として「1.3時間」がとても多かったことを考えると、選択肢に惑わされた可能性もあるのかもしれない。

また、本チェックテストの参与観察をした際に、学生の中に次のようなやり取りがあった。

学生A「問2で、もうわからん」

学生B「え! こんなん見たらわかるやん」

学生A「えっ(びっくり)。どれ?」

学生B「1½時間以外ありえへんやん」

学生A「なんで?」

学生B「なんでって言われても、これを見てわからんっていう方が、意味わからん」

結局、学生Aは、その場ではこの設問の答えがなぜ「1½時間」になるのかわからないままであった。

問2のひとつをとっても、学生Aのように、答えを言われても全くわからないというパターンもあれば、学生Bのように、なぜそれが正答であるのか、論理的に説明することができないというパターンもある。

そこで、問2で問うた、時間を分数や小数で表せるかどうかの能力について、もう少し詳しく見るために、同じ基本問題の問5及び問6の正答率に着目すると、いずれも、正答率が、0.24、0.35とかなり低いものであった。つまり、本チェックテストを実施した集団においては、時間を小数や分数で表すという能力が低いと推測できる。特に問5は、複合問題の正答率と比べても、正答率が低かった。このことから、よく出題される形の問題に比べて、より素直で個々の本質的な能力の理解を測る単純な問題の方が正解を導けないこともあるということが分かった。

表8 設問5と設問6

設問5 100kmある道のりを2時間40分かけて進んだとき、時速何kmか。

- ① 37.5km ② 38.5km ③ 39.5km
④ 40.5km ⑤ 41.5km

設問6 時速10kmで50分進むとき、□km進む。

□に入る数字として適当なものを選び。

- ① 3 ② 8½ ③ 8 ④ 3⅓ ⑤ 8⅓

その原因として、そもそも実施した領域における能力が極端に低いとき、我々が単純な問題だと想定しても、被験者にとっては、複合問題になっていると推測できる。つまり、実施したテストに対して被験者がほとんど正答できなかったとき、そのテストの有効性はあまりないと

考えられる。この点は、問1のような、純粹かつ難易度の低い設問を入れる必要がある。また、本テストを実施した集団のように、大人数で学力に大きなばらつきがあるような時には、鍵となる設問をいくつか繰り返しながら、上位レベルからドリルダウンをする必要があると言える。

次に複合問題について、考察する。問7の正答率は0.52と複合問題の中では高かった。問8や問10はSPIによく出題されるパターンであるが、それぞれの正答率は0.17、0.27と低く、無回答も多かった。要因として、問題が難しかっただけでなく、問題の構成上、後半に配置したことで集中力の途切れや飽きたり、問題が複雑になったことで能力があるにも関わらず、計算したり考えたりすることが面倒であると考えた学生が少なからずいると考えられる。実際、時間が余っている学生に対して解くように促すと、「計算が面倒だ」と主張した学生が何人かいた。

思考問題として設定した問9は、無回答は意外に少なかったが、正答率は0.07と最も低かった。無回答が少ない理由は、参与観察から、問題内容が学生の高い興味を惹いたことが大きな要因と考えられる。これまで問9のようなことを考えたことがないという学生が多く、本当に数字を使って推測ができるのか、なぜなぞのようなひねりのある問題なのではないかという疑問を持つ学生がいた。また、解答欄に答えを書くも、「死んでしまう」という答えこそが正しいと主張する答案もあった。つまり、問9の正答率はとても低い、興味・度合いが最も高いことがわかる。このように楽しみながら学べる問題を用いて基本能力をトレーニングするというのが有効かもしれない。

7.3 項目間の相関について

設問間の正答率の相関を取ってみると、相関がある部分とそうでない部分がある。全般的にみると相関が低いことが目に付く。相関行列で項目間の相関を比べたが、0.4以上の値がなかった。そもそも正答率が4.87と低く、問題そのものが集団に対して難しいと言える。また

、問題の分野の対象を比較的に狭く取ったこともその要因と考えられる。

問1から問6を基本問題、問7から問10を複合問題と位置づけたが、実際には問1から問6の中でも、複合問題のようになっていることが分かる。例えば問5がこれに相当する。相関が低い状況では我々が想定しているドリルダウンの仕組みは上手く働かないことを意味する。この問題に対応するには、基本問題をより易しく要素に純粹なものを用意することが必要だと判断できる。学力問題をスイスチーズの穴に例えたが、対象問題と対象学生によっては、穴の数が多すぎて分別できない状況に例えられる。

しかし、問5のような“かくれ複合問題”のみに着目し、他の問題と比較をしてみると、ドリルダウンがうまく働いているような関係性が見られた。問5を例に見てみると、構成する要素は先に表6で示したように、基本公式、単位の時間、分数もしくは小数で表す、分数や小数の計算などが含まれる。これらの要素は問2や問4に含まれている。よって、問5に正答できる人は問2や問4も正答すると考えられる。このことを、実際に実施したチェックテストの結果で確かめてみると、問5に正答した人は217人中53人であり、この53人中問2と問4の両方とも正解した人は48人であり、9割ほどが該当した。

以上のことから、ドリルダウンシステムを有効に作動させるためには、正答率のレベルに応じて次に出す問題の問題要素やレベルを適切に選定する必要性と、各問題を適切に構造化することが重要である。これらについては、個々に対して適切なドリルダウンができるように、システムが迅速かつ適切に判断できるように、領域、要素、問題を設定することが重要になることが分かった。

また、問題の種類によって負の相関が出てきているものが少数であるが存在する。非常に良く出題されているものについては比較的正解率が高く、一方で同じような要素を含みながら基本的な問題に意外に苦戦するケースがこれに当たると解釈される。

表9 集団全体の各設問の相関行列

	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8	問9	問10
問1	1.00									
問2	0.05	1.00								
問3	0.03	0.07	1.00							
問4	-0.01	0.24	0.13	1.00						
問5	0.11	0.29	0.04	0.18	1.00					
問6	0.04	0.27	0.04	0.21	0.37	1.00				
問7	0.06	0.20	0.17	0.14	0.24	0.27	1.00			
問8	0.02	0.15	0.03	0.08	0.11	0.06	0.13	1.00		
問9	-0.05	0.07	0.11	0.05	-0.04	0.07	0.16	0.20	1.00	
問10	-0.02	0.14	0.11	0.19	0.37	0.13	0.15	0.07	-0.03	1.00

8.今後の課題

今回、テストを実施してみて、対象とした集団にとっては、やや問題が難しかったと推測できる。分析の結果は重要な知見が得られた。今後、テスト内容の見直しを含め、学力モデルをより適切なものに見直す予定である。また、その上でテストの信頼性や選択肢の分析、項目反応理論を用いたより詳細なテスト及び能力の分析を行おうと考えている。そして、このような分析を繰り返しなが

ら、算数・数学の領域のチェックテストを増やしていこうと考えている。

学生に対して、よりきめ細やかで効率よく、継続して学べるようなテスト及びドリルの開発を目指している。そして個々のフィードバックや教員が学生の能力を可視化でき、その上で具体的な指導を支援できるようなシステムが目標である。

参考文献

- (1) 中央教育審議会(2008年)「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」
- (2) 中央教育審議会(2016年)「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」
- (3) 中央教育審議会(2008年)「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」(答申)
- (4) 啓林館「新学習指導要領における算数・数学内容系統一覧表」
- (5) 文部科学省「OECD 生徒の学習到達度調査(PISA2015)のポイント」
- (6) 文部科学省「OECD— PISA 調査パンフレット」
- (7) 田中耕治編(2009年)「やわらかアカデミズム・〈わかる〉シリーズ よくわかる教育課程」
- (8) 文部科学省「国際数学・理科教育動向調査(TIMSS2015)のポイント」