

PISA2000調査が測定する数学的リテラシーの側面

金 田 茂 裕

Aspects of mathematical literacy measured by the PISA 2000

KINDA Shigehiro

PISA (Programme for International Student Assessment) 調査は、OECD (経済協力開発機構) による学習到達度に関する国際的な比較調査で、各国の子どもたちが、将来生活していく上で必要とされる知識や技能を、義務教育終了段階において、どの程度身につけているかを測定することを目的としている。IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement; 国際教育到達度評価学会) による調査 (国立教育政策研究所, 2001a) など、学校カリキュラムの教科内容の理解度や到達度を調べた従来の国際的な比較調査とは異なり、PISA調査は、一定の範囲の知識の取得を超えた部分までを評価しようとするものであり、習得した知識や技能を活用する能力を調べるものであるという特徴を持つ。

PISAの調査方法は、国際的に共同開発された課題 (例として、図1) をもとに、読解力 (reading literacy)、数学的リテラシー (mathematical literacy)、科学的リテラシー (scientific literacy) の3分野で、学習到達度を測定するものである。第1回調査は、2000年に、参加32ヶ国、約26万5000人の生徒 (平均年齢15.7歳) を対象として行われ、日本も参加 (高校1年生, 133校)

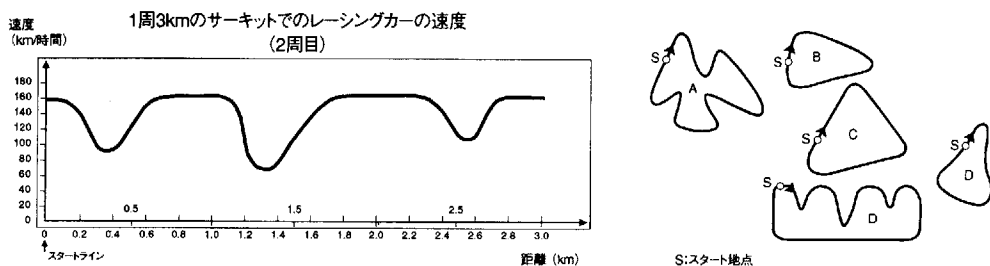


図1 PISA調査における数学的リテラシー測定課題の一例 (国立教育政策研究所, 2002より引用)。問題文 (一部改変) は、「右の図は、5種類のサーキットを表しています。左のグラフで速度変化が示されているレーシングカーが走行したのは、どのサーキットですか。次のうちから一つ選んでください」である。

り、約5300人を対象)した。収集されたデータの統計的分析により、上の3分野における各国の平均得点の国際比較、男女差の検討、および、同時に実施された質問紙調査(生徒の学習の背景を調べる内容)の結果との関連などが調べられた(国立教育政策研究所、2002)。

しかし、PISA調査の内容と方法に関して、次の2点が明らかでないと考えられる。第一は、PISA調査で測定される能力が、従来のIEA調査で測定される学習到達度と、どの程度、異なるのかという点についてである。第二は、PISA調査で開発、使用された課題が、従来の学校カリキュラムの教科内容の理解度や到達度を調べるための課題と、どのような点で、どの程度異なるのかという点についてである。

本研究の目的は、数学的リテラシーに分野を限定して、上の2点について調べることである。この2点を調べることにより、従来の調査、および、従来の課題と比較しながら、PISA調査の特徴を明らかにし、PISA調査で測定される能力としての数学的リテラシーとは何かという点について考察したい。

I. PISAとIEAの調査結果比較

PISA調査(国立教育政策研究所、2002)と、IEA調査(国立教育政策研究所、2001a)は、標本抽出の方法や、調査対象において異なる(PISA調査の対象者は15歳3ヶ月以上、16歳2ヶ月以下で、平均年齢15.7歳であるが、IEA調査の対象者は、13歳以上14歳未満の大多数が在籍する連続した2学年の上の学年の生徒である)が、調査結果が各国の生徒の状況の縮図を描き、国際比較可能となるように、標本とした調査対象の調査結果から、母集団全体の結果を推定している点で共通であり、さらに、調査結果について、各国の平均得点を間隔尺度で算出している点でも共通している。これにより、PISA調査と、IEA調査の両方に参加した国について、それぞれの調査に対する平均得点の相関係数を算出することで、2つの調査の測定内容の異なる程度について検討するための参考資料を得ることができると考えられる。

そこで、PISA調査(2000年実施)と、IEA調査(最近では、1995年と1999年に実施)の両方に参加した国を全てリストアップし、平均得点について分析した結果、PISA調査(2000年実施)とIEA調査(1999年実施)の両方に参加した国は13カ国で、2つの調査間での得点の相関係数は

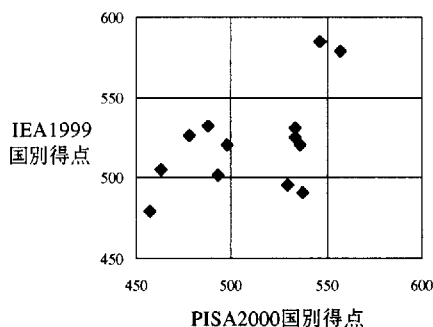


図2 PISA調査(2000)とIEA調査(1999)における得点の関係

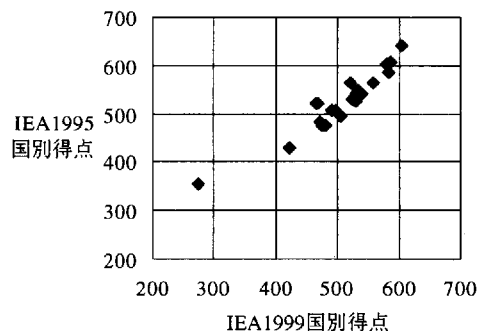


図3 IEA調査(1999)とIEA調査(1995)における得点の関係

.56 ($p<.05$) で、中程度の相関があった(図2)。同様に、PISA調査(2000年実施)とIEA調査(1995年実施)について、両方に参加した国は23カ国、相関係数は .66 ($p<.01$) で、中程度の相関があった。一方、IEA調査(1999年実施)とIEA調査(1995年実施)の両方に参加した国は24カ国で、相関係数は .94 ($p<.01$) で、高い相関があった(図3)。

以上より、PISA調査の結果と、IEA調査の結果には、中程度の相関があること、一方で、最近2回のIEA調査には、高い相関があり、IEA調査の信頼性は高いことがわかった。これより、PISA調査により測定される能力は、IEA調査により測定される能力としての、学校カリキュラムの教科内容の理解度や到達度と、関連するが異なる内容のものである可能性が示唆される。ただし、この点については、今後の分析が必要であり、今後実施予定のPISA調査(2003年と2006年に実施予定)の結果を合わせ、実施年の異なるPISA調査間での結果の相関関係を調べ、PISA調査結果の信頼性を検討しなければならないと考えられる。

II. PISA調査と学校教科書の課題比較

PISA調査の課題の特徴を調べるためには、PISA調査で使用された課題のうち、最もよくPISA調査の特徴を反映していると考えられる課題を選出し、その課題の特性を、学校教科書における最も基礎的な課題、および、最も応用的な課題の両者と比較することがひとつの方法であると考えられる。そのために以下では、まず、サンプルとなる課題の選出を行う。

PISA調査で使用された課題(国立教育政策研究所, 2002)について調べたところ、数学的リテラシーを測定するための課題の一部は、今後の調査(2003年と2006年に実施予定)で使用する目的のため、非公開(大問16題のうち5題、小問32題のうち10題は公開)となっていた。そのため、現段階で公開されている課題に限定して調べた結果、各大問における各小問は、「力量クラス(competency classes)」の類型により、1~3の3段階(力量クラス1は、簡単な計算、および、定義を思い出すことにより解ける問題であり、力量クラス2、力量クラス3となるに従い、熟考が必要とされる問題となっている)にランク付けされており、そして、各大問において、各小問の配列は、力量クラス1から、力量クラス3へと進む順で並べられていた。

そこで、本研究では、力量クラスのランクが高い課題が、PISA調査の特徴をより反映した課題であると考え、公開されている大問5問中の3問について、最後に位置する小問を1問ずつ、計小問3問を選出し、検討対象とすることにした。選出した課題の1つ目は、大問「大陸の面積」中の小問(以下では、「PISA課題1」とする)であり、図4に基づいた課題である。2つ目は、大問「レーシングカーの速度」中の小問(以下では、「PISA課題2」とする)であり、図1に基づいた課題である。3つ目は、大問「りんご園」中の小問(以下では、「PISA課題3」とする)であり、図5に基づいた課題である。

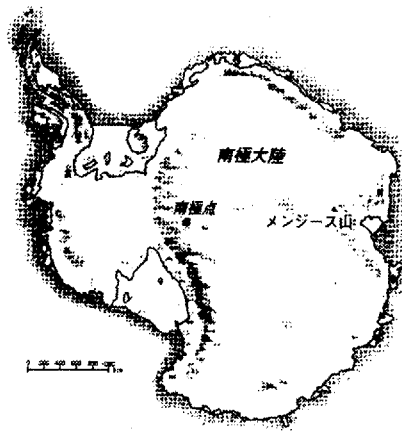


図4 PISA調査における数学的リテラシー測定課題の一例（国立教育政策研究所，2002より引用）。問題文（一部改変）は、「地図の縮尺を用いて，大陸のおよその面積を求めてください。どのように求めたかも説明してください」である。

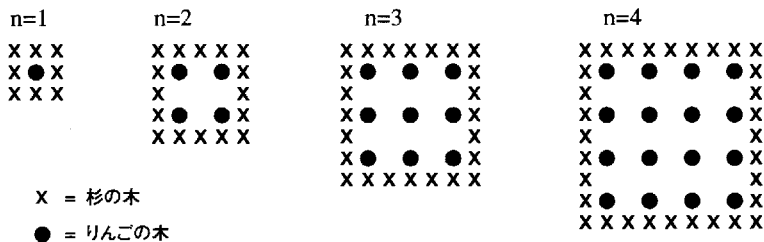


図5 PISA調査における数学的リテラシー測定課題の一例（国立教育政策研究所，2002より引用）。問題文（一部改変）は、「ある農夫が，りんごの木を正方形の形に植えます。風からりんごの木を守るため，その周りに木を植えます。上は，この状況を示した図です。この図から，りんごの木の列の数（n）によって，どのようにりんごの木と杉の木が並んでいるかがわかります。この農夫が，木の列の数が多い，もっと大きなりんご園を作りたいと考えたとします。この農夫がりんご園をもっと大きくするとき，りんごの木の数と杉の木の数では，増え方が早いのはどちらですか。どのように答えたかも説明してください」である。

一方，比較の対象とする課題は，学校教科書である福森他（2002）より，以下の方法で，6題を選出した。まず，先に選出した，PISA課題1，PISA課題2，PISA課題3について，課題内容が，学校の学習内容との対応で，最も領域的に近いものとして，中1の学習内容である「平面図形」，中2の「1次関数」，中3の「2次関数」の3つの章が，それぞれ順に対応すると考えた。次に，これらの3つの章に数ページずつ掲載されている章末問題から，最も基礎的な課題をそれぞれ1題ずつ（以下では，それぞれ順に，「A課題1」，「A課題2」，「A課題3」とする），さらに，最も応用的な課題をそれぞれ1題ずつ（以下では，それぞれ順に，「B課題1」，「B課題2」，「B課題3」とする），あわせて6題を選出した。

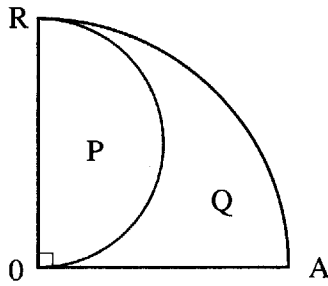


図6 学校教科書の基礎的な課題の一例（福森他，2002より引用）。問題文（一部改変）は、「上の図のように、半径8cm，中心角 90° のおうぎ形OABを、OBを直径とする半円によって2つに分けます。このとき、図の2つの図形P，Qの長さ（弧の長さ）と面積を求めなさい」である。

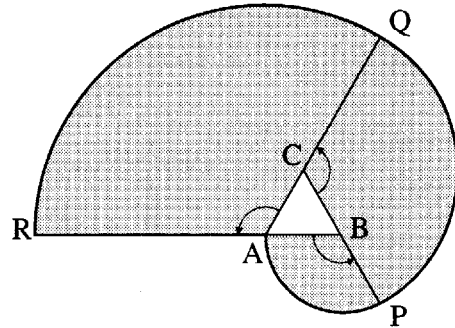


図7 学校教科書の応用的な課題の一例（福森他，2002より引用）。1辺2cmの正三角形を紙にかき、頂点A，B，Cに針を立てて糸を巻きつけていくと、その端がAにきました。糸をひっぱりながら、ほどいていくと、糸の端は上の図のような曲線を書いています。色をつけた部分の面積を求めなさい」である。

なお、Aのタイプに分類される課題は、章末問題の第一ページより選出したものであり、A課題1は図6に基づいた課題、A課題2は図8に基づいた課題、A課題3は図10に基づいた課題である。一方、Bのタイプは、章末問題の最終のページより、発展的内容の課題を掲載したコラムから選出したものであり、B課題1は図7に基づいた課題、B課題2は図9に基づいた課題、B課題3は図11に基づいた課題である。

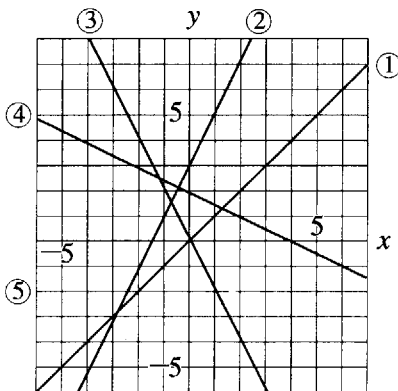


図8 学校教科書の基礎的な課題の一例（福森他，2002より引用）。問題文（一部改変）は、「次の方程式で表される直線の番号を、上の図から選びなさい。 $x+2y=4$ ， $2x-y+3=0$ ， $y=-2$ ， $2x+y=0$ 」である。

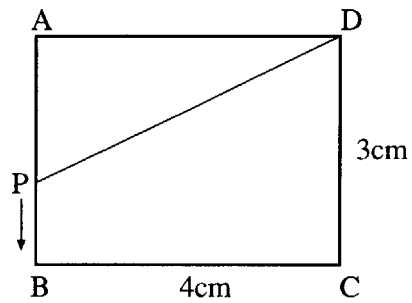


図9 学校教科書の応用的な課題の一例（福森他，2002より引用）。問題文（一部改変）は、「上の図のような長方形ABCDで、PはAから出発して、毎秒1cmの速さで、周上をB，Cを通過してDまで移動します。PがAを出発してからx秒後の $\triangle PDA$ の面積 ycm^2 は、xの変化につれて、どのように変わるでしょうか。x，yの関係を式に表しなさい。また、x，yの関係を表すグラフを書きなさい」である。

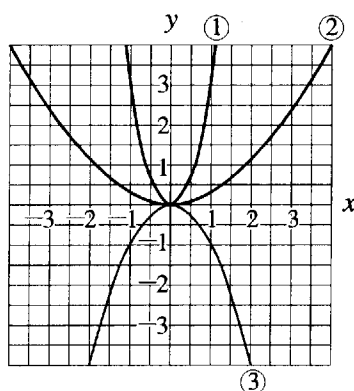


図10 学校教科書の基礎的な課題の一例（福森他，2002より引用）。問題文（一部改変）は、「上の図は，3つの関数， $y=\frac{1}{4}x^2$ ， $y=3x^2$ ， $y=-x^2$ のグラフを，同じ座標軸を使ってかいたものです。①，②，③は，それぞれの関数のグラフになっていますか」である。

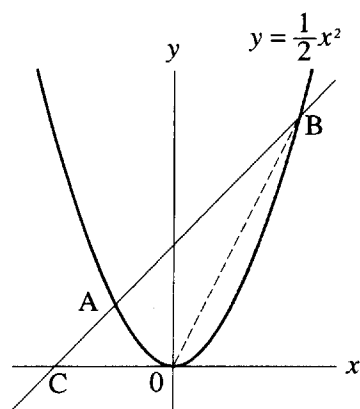


図11 学校教科書の応用的な課題の一例（福森他，2002より引用）。問題文（一部改変）は、「上の図のように，関数 $y=\frac{1}{2}x^2$ のグラフ上に，点A，Bがあります。A，Bのx座標は，それぞれ，-2，4です。A，Bを通る直線がx軸と交わる点をCとすると， $\triangle BCO$ の面積を求めなさい」である。

以上の課題を比較するために，PISA調査（国立教育政策研究所，2002），および，PISA調査関連の報告書（国立教育政策研究所，2000，2001b，2001c，2001d，2001e），IEA調査（国立教育政策研究所，2001a）を参考に，後述する5つの評価項目を設定した。そして，大学生を対象に，課題評価の調査を実施し，その結果に基づいて，PISA調査における課題の特性を，学校教科書との比較により，位置付けることを目的とした。

方 法

対象

国立大学2～4年生36名（男性21名，女性15名）。数学の履修歴は，中学1年から数えて，全員が6年以上であり，高校3年間を通して数学を履修していた。

課題

PISA調査における数学的リテラシー測定課題より3問（PISA課題1，PISA課題2，PISA課題3），中学数学教科書（福森他，2002）の章末問題より，基礎的な課題を3問（A課題1，A課題2，A課題3），応用的な課題を3問（B課題1，B課題2，B課題3），あわせて9つの課題を使用した。

評価項目

評価項目は，次の5つであり，難易度「15歳（中学卒業程度）の平均的生徒にとって，難しい課題である」，典型度「中学数学の課題として典型的な内容である」，基礎的知識測定度「数学の基礎的知識を問う課題である」，応用力測定度「数学的知識の応用力を問う課題である」，実用度「実社会での数学的知識の活用力を問う課題である」について，それぞれ，「あてはまらない」，「どちらかといえばあてはまらない」，「どちらともいえない」，「どちらかといえばあてはまる」，「あてはまる」の5段階評定により回答してもらった。

手続き

課題冊子を大学生に冊子を個別に配布し、回収する形式で調査を実施した。なお、評価の対象となる9つの課題には、それぞれ、解答を付け、課題評価の際の参考としてもらった。

結 果

5つの評価項目間の相関

課題に対する評価は、調査対象者36名により、9つの課題に対して行われたので、合計36名×9課題、のべ324回行われたとみなして、5つの項目について、項目間の相関係数を算出した。

その結果、表1のように、難易度と応用力測定度、難易度と実用度、典型度と基礎的知識測定度、応用力測定度と実用度の合計4組の項目の組み合わせについて、有意な正の相関があった。一方、難易度と典型度、難易度と基礎的知識測定度、典型度と応用力測定度、典型度と実用度、基礎的知識測定度と応用力測定度、基礎的知識測定度と実用度の合計6組の項目の組み合わせについて、有意な負の相関があった。

PISA課題、A課題、B課題のプロフィール分析

次に、PISA課題の特性を調べるために、5つの項目について、PISA課題1、PISA課題2、PISA課題3をあわせた評定値の平均を、それぞれ算出し、A課題（A課題1、A課題2、A課題3）、および、B課題（B課題1、B課題2、B課題3）における評定値の平均と比較した（図12）。

難易度について、A課題の評定値の平均は1.84、B課題は3.27、PISA課題は3.69であった。ここで、評定値の平均について、A課題、B課題、PISA課題の3条件間で、1要因の分散分析を行った結果、条件間で有意差があった（ $F(2, 107)=108.08, p<.001$ ）。Ryan法による多重比較の結果、A課題<B課題<PISA課題であった。

典型度について、A課題の評定値の平均は4.32、B課題は3.92、PISA課題は1.93であった。ここで、評定値の平均について、A課題、B課題、PISA課題の3条件間で、1要因の分散分析を行った結果、条件間で有意差があった（ $F(2, 107)=203.54, p<.001$ ）。Ryan法による多重比較の結果、PISA課題<B課題<A課題であった。

表1 5項目間の相関係数

	難易度	典型度	基礎的知識 測定度	応用力 測定度
典型度	-.38**			
基礎的知識 測定度	-.53**	.55**		
応用力 測定度	.68**	-.35**	-.49**	
実用度	.36**	-.45**	-.36**	.46**

** $p<.01$

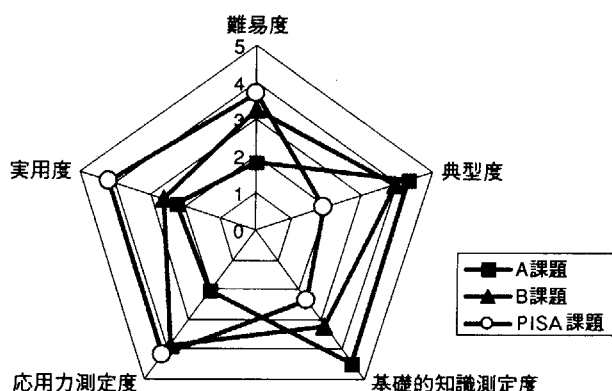


図12 A課題、B課題、PISA課題の平均評定値

基礎的知識測定度について、A課題の評定値の平均は4.42、B課題は3.23、PISA課題は2.39であった。ここで、評定値の平均について、A課題、B課題、PISA課題の3条件間で、1要因の分散分析を行った結果、条件間で有意差があった ($F(2, 107)=116.90, p<.001$)。Ryan法による多重比較の結果、PISA課題<B課題<A課題であった。

応用力測定度について、A課題の評定値の平均は2.06、B課題は3.86、PISA課題は4.20であった。ここで、評定値の平均について、A課題、B課題、PISA課題の3条件間で、1要因の分散分析を行った結果、条件間で有意差があった ($F(2, 107)=151.19, p<.001$)。Ryan法による多重比較の結果、A課題<B課題<PISA課題であった。

実用度について、A課題の評定値の平均は2.20、B課題は2.60、PISA課題は4.17であった。ここで、評定値の平均について、A課題、B課題、PISA課題の3条件間で、1要因の分散分析を行った結果、条件間で有意差があった ($F(2, 107)=162.20, p<.001$)。Ryan法による多重比較の結果、A課題<B課題<PISA課題であった。

以上をまとめると、難易度、応用力測定度、実用度において、A課題<B課題<PISA課題であり、一方、典型度、基礎的知識測定度において、PISA課題<B課題<A課題であった。

さらに、上の結果に基づいて、PISA課題の特徴をより明確にするために、5つの尺度について、PISA課題の評定値の平均と、A課題、および、B課題の平均との差が、両方とも1以上であるケースを抽出した。その結果、PISA課題は、典型度において、A課題と2.39、B課題と1.99の差があり、さらに、実用度において、A課題と1.97、B課題と1.57の差があった。

また、同様の分析を、PISA課題1、A課題1、B課題1の間、および、PISA課題2、A課題2、B課題2の間、PISA課題3、A課題3、B課題3の間で行ったところ、上とはほぼ同様の傾向を示す結果が得られた。

考 察

PISA調査における数学的リテラシー測定課題の特徴

PISA調査、および、学校教科書（福森他，2002）から課題のサンプルを選出し、大学生を対象に、5つの項目（難易度、典型度、基礎的知識測定度、応用力測定度、実用度）で、課題評価の調査を行った結果、PISA調査における数学的リテラシー測定課題の特徴として、次の2点が示されたと考えられる。

第1は、典型度についてであり、PISA調査における数学的リテラシー測定課題には、学校教科書における典型的な数学の課題と、内容的に大きく異なると考えられる課題が含まれている点である。第2は、実用度についてであり、PISA調査における数学的リテラシー測定課題には、実社会での数学的知識の活用力を問うと考えられる課題が含まれている点である。これらの2点に追加される形で、その他の特徴として、難易度、および、応用力測定度の点で、学校教科書の最も応用的な課題よりも若干難しく、応用的であると考えられる課題が含まれている点、基礎的知識測定度の点で、学校教科書のさまざまな課題よりも基礎的でないと考えられる課題が含まれている点があると考えられる。

PISA調査における数学的リテラシーの定義は、「数学が世界で果たす役割を見つけ、理解し、現在および将来の個人の生活、職業生活、友人や家族や親族との社会生活、建設的で関心を持って思慮深い市民としての生活において、確実な数学的根拠にもとづき判断を行い、数学に携わる能力」とされている（国立教育政策研究所，2002）が、これに関連して、本研究の調査結果により示された点は、PISA調査における数学的リテラシー測定課題が、特に実用度の点で、数学的リテラシーの定義を満たすものであると考えられる点である。

しかし、PISA調査における数学的リテラシーの定義には、数学的リテラシーの構成要素として、実用度で測定されるもの以外にも、判断力、積極性、審美性など、さまざまな内容が含まれる可能性があると考えられる。また、調査対象の年齢、職業・社会生活などにより、数学的リテラシーの内容や性質が異なる可能性も考えられる。さらに、調査方法について、課題を評価してもらう方法以外にも、課題を解いてから評価してもらう方法などが考えられる。これらの点については、今後の検討が必要である。

今後の研究課題

今後の研究課題として、次の2点があげられる。第1は、本研究で実施した調査の内容と関連すると考えられるが、既存の数学的リテラシー測定課題の評価と、新規の課題開発である。既存の課題の評価では、大学生のみならず、中学生、高校生や、数学の教諭、社会人も対象とし、実用度の内容などをより詳細に検討できる項目を使用して、PISA調査が測定する数学的リテラシーの側面について、さらに調査する必要があると考えられる。

また、課題の新規開発では、数学的リテラシーの定義に基づいて行われたと考えられるPISA調査の課題作成方法に関して、課題評価の結果を課題作成過程に反映させることも必要であると考えられる。例えば、本研究の調査結果をふまえるならば、実用度が高いと評価されることが予

想できる課題を中心として、課題の候補となる材料を収集する方針が導き出されることが考えられる。

第2は、数学的リテラシーの得点と、学校カリキュラムの教科内容の理解度や到達度との関係性を調べることである。それにあたり、PISA調査（国立教育政策研究所、2002）の調査対象は、義務教育終了段階の15歳の生徒に限定されていたが、今後の研究では、調査対象となる年齢の範囲を中学生、小学生などにも広げ、数学的リテラシー得点の異年齢間の比較を行うことで、数学的リテラシーの発達に関わる側面、および、教育に関わる側面を調べることも重要であると考えられる。

OECD（2000）、文部科学省（2002）、市川（2002）などでは、学校カリキュラムの教科内容の理解度や到達度に関する「学力低下」の問題や、学校カリキュラムの教科内容の範囲の知識の取得を超えた部分を含む「生きる力」の問題が取り上げられているが、これらの問題について検討するためには、数学的リテラシーの側面について調べるのがひとつの手がかりとなると考えられる。

謝 辞

本論文の作成にあたり、ご指導いただきました京都大学大学院教育学研究科の子安増生教授に深く感謝いたします。また、本研究の実施にあたり、平成14年度京都大学教育学部3年生の川口彰範さん、佐々木聡さん、三浦由起子さん、京都大学大学院教育学研究科修士課程1年生の河合宏文さん、西山裕美子さんにご協力をいただきました。記して感謝いたします。

文 献

- 福森信夫他 2002 文部省検定済教科書 中学数学1～3年 啓林館
市川伸一 2002 学力低下論争 筑摩書房
国立教育研究内OECD-PISA調査プロジェクトチーム 2000 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）調査問題例 光和商事
国立教育政策研究所（編）2001a 数学教育・理科教育の国際比較 第3回国際数学・理科教育調査の第2段階調査報告書 ぎょうせい
国立教育政策研究所（研究代表者 渡辺良）2001b OECD教育インディケータ事業の動向と評価に関する研究 中間資料（1） 島崎印刷
国立教育政策研究所（研究代表者 渡辺良）2001c OECD教育インディケータ事業の動向と評価に関する研究 中間資料（2） 島崎印刷
国立教育政策研究所（研究代表者 渡辺良）2001d OECD教育インディケータ事業の動向と評価に関する研究 中間資料（3）-1 島崎印刷
国立教育政策研究所（研究代表者 渡辺良）2001e OECD教育インディケータ事業の動向と評価に関する研究 中間資料（3）-2 島崎印刷
国立教育政策研究所（編）2002 生きるための知識と技能 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）ぎょうせい
文部科学省（編）2002 21世紀の教育改革 文部科学白書 平成13年度 財務省出版局
OECD 1998 *Overcoming Failure at School. Organization and Economic Cooperation and Development.*（嶺井正也・他（訳）2000 学力低下と教育改革 ―学校での失敗と闘う アドバーテンスジャーバー）

（博士後期課程3年生，教育認知心理学講座）