

フィンランドの児童の数学的思考と学習観に関する発達的研究

教育内容開発コース 藤村 宣之

A Developmental Study on Finnish Children's Mathematical Thinking and their Views of Learning

Nobuyuki FUJIMURA

What factors constrain Finnish children's high level of mathematical and scientific literacy? How does each Finnish child solve mathematical problems and how does she/he think about their learning? This study examined Finnish children's mathematical thinking and their views of learning by using individual interview methods. Finnish 3rd and 5th graders (8 students in each grade) in an elementary school individually solved non-routine mathematical problems which require conceptual understanding and expressions of their variable thoughts, and answered questions which assess their beliefs about learning methods and about learning environments. The results showed that Finnish children tend to think mathematical problems mainly based on their everyday knowledge. They also tend to think both collaboration with others and consideration about thinking processes as important, compared to Japanese counterparts.

目次

1 問題

- A 子どものリテラシーや学力をどのように心理学的に分析するか
- B 国際比較調査にみられる日本とフィンランドの子どもの思考の特質
- C 本研究における検討課題：フィンランドの児童の数学的思考と学習観

2 目的と方法

- A 目的
- B 方法
 - 1. 調査対象
 - 2. 実施課題
 - 3. 実施手続き

3 結果と考察

- A フィンランドの児童の数学的思考
- B フィンランドの児童の学習観
 - 1. 思考のプロセスを重視するか結果を重視するか
 - 2. クラスでの協同を重視するか
 - 3. 児童の学習観と思考はどのように関わるか
- C 総合考察

引用文献

1 問題

A 子どものリテラシーや学力をどのように心理学的に分析するか

学校教育を通じて獲得された知識や技能を日常場面で活用する力としてのリテラシーを、各国の15歳（高校1年生）を対象として2000年から3年おきに測ってきている国際比較調査に、経済協力開発機構（OECD）による生徒の学習到達度調査（PISA）がある。日本の生徒の数学、科学、読解に関するリテラシーの得点は2006年まで低下傾向を示してきたが、2009年以降は上昇傾向がみられる。一方で、日本の高校生の数学や理科への関心はOECD加盟国の平均よりも低く、また、学習する内容を日常生活と関連するものとは考えていないという特徴も一貫してみられてきている（国立教育政策研究所, 2013b, 2016など）。

PISAやTIMSS（国際教育到達度評価学会IEAによって小中学生を対象に4年おきに実施されてきている算数・数学、理科の学力調査）のような国際比較調査の結果や、小中学生を対象として国内で実施されている全国学力・学習状況調査（A問題、B問題）などの結果を、認知心理学の視点から問題解決プロセスに着目して分析すると、年齢段階や教科を越えて共通した、次のような日本の子どもの学力やリテラシーの特質が見えてくる（藤村, 2012）。

日本の子どもは、解法が一つに決まるような定型的な問題に対して、一定の手続きを適用して正答を導いたり（手続き的知識・スキルの適用）、定義や性質などを暗記して、覚えたとおりに再生したり（事實的知識の再生）、選択肢から正答を選んだりする問題に対しては、高い正答率を示す。このように定型的問題に対して手続き的知識やスキルを適用したり、事實的知識を再生したりして解決する力を「できる学力」と表現する。

一方で、解法や解釈が多様であり、多様な知識を関連づけて考えることが必要な記述形式の問題、言い換えれば概念的理解の深さが問われる非定型的な問題に対して、判断の理由などを自分のことばや図式で説明したりすることに関して、日本の子どもは国際的にみても水準が高いとは言えない。このように多様な知識を関連づけることによって諸事象をとらえる本質的枠組みを形成する概念的理解やそれに関わる思考プロセスを表現する力を「わかる学力」と表現する。また、そのような非定型的な記述問題に対して無答率が高いのも日本の子どもの特徴である。日本の子どもの無答率の高さは、同じアジアに位置する中国やシンガポールなどと比較した場合にも顕著である（藤村, 2004; 恒吉・秋田・藤村, 印刷中）。

B 国際比較調査にみられる日本とフィンランドの子どもの思考の特徴

PISA調査において、フィンランドは数学的リテラシー、科学的リテラシー、読解力ともに上位を保ってきている。具体的に、数学的リテラシーの得点（国際平均が500点）をみると、2000年が536（日本は556）、2003年が544（日本は534）、2006年が548（日本は523）、2009年が541（日本は529）、2012年が519（日本は536）と、2012年の得点がそれまでの年度に比べて低いほかは、ほぼ540点前後で推移しており（国立教育政策研究所, 2013b）、2006年を境に低下傾向から上昇傾向へと転じている日本とは対照的である（フィンランドの2012年の得点結果の解釈については後述する）。

日本とフィンランドの子どものリテラシーの特徴を分析するためにPISA2012年調査の「数学的リテラシー」のなかの定型的問題、つまり「できる学力」が問われる問題と、「わかる学力」が問われるような非定型的問題、それぞれに対する両国の子どもたちのアプローチの違いをみてみよう。

まず、「できる学力」を問う、定型的問題の例として、「点滴の滴下速度に関する問題」（問2）をみてみよう。

点滴の滴下速度には「 $D = dv/60n$ 」という公式がある。3つの変数（ D, d, n ）の数値が与えられたときに、点滴量（ V ）はどうなるか、公式から正解を導くという問題である。日本の生徒の正答率は43%で、OECD平均が26%であるから、日本の方が20%近く上回っている。この問題に答えない日本の生徒の割合、無答率は19%で、OECD平均の26%に比べてやや低くなっている。このような、すでに式が与えられていて、直接的にその式を適用して解決するという問題を日本の子どもは得意としているが、こうした定型的な問題については他のアジア諸国も優れており、シンガポールの正答率は64%にもものぼる。これに対して、フィンランドの生徒の正答率は23%、無答率は24%であり、いずれも国際平均と同程度であった。やや複雑な計算を含むような定型的問題についてフィンランドの生徒の解決水準が日本ほど高くないという結果は、PISA2003年調査の数学的リテラシーの公開問題を検討したときにもみられた特徴であり（藤村, 2014参照）、その傾向に変化がみられないことがうかがえる。

次に、「わかる学力」を問う、非定型的問題の例をみてみよう。

PISA2012年調査の公開問題（数学的リテラシー）では、日常的文脈を用いているが、選択肢や短答で答えたり、記述型問題でも解法が一つに定まったりする定型的な問題が多くを占めている。そのなかで、やや例外的な「帆船に関する問題」（問3）をみてみよう。これは、貨物船がディーゼル燃料を用いると1Lあたり0.42ゼット（ゼットは仮定の単位）という高い費用がかかるが、貨物船に帆をつけることで燃料の消費を全体で約20%削減することが見込めるという、燃料消費削減の文脈の問題である。帆を使用しない場合のディーゼル燃料の年間消費量が約350万L、帆をつけるための費用が250万ゼットのとき、帆をつけるための費用をディーゼル燃料の削減量で取り戻すにはおよそ何年かかるか、計算式を示して答えを書くことが求められる。この問題の解決には、① x 年かかるとして、不等式を立式して解く（ $350万 \times 0.42 \times 0.20 \times x > 250万$ ）、②年間削減量（ $350万 \times 0.20$ （L））または年間燃料費（ $350万 \times 0.42$ （ゼット））から年間削減費用（ $350万 \times 0.42 \times 0.20$ （ゼット））を算出して、それで帆をつける費用（250万ゼット）を割る、③②で求めた年間削減費用に自然数を1から順にかけていき、250万ゼットを越える乗数を答える、といった複数の問題解決方略が想定される。方略に多様性はあるが、その幅は比較的小さく定型的問題に近い問題でもあるが、過

剩情報（船長117m, 船幅18m, 積載量12000t, 最高速度19ノット）を含む多くの情報のなかから上記の必要な情報を抽出し、思考プロセスを表現するという点で「わかる学力」の一部を測っている問題であるとも考えられる。

この問題に対する日本の生徒の正答率は19%（OECD平均は15%）であったのに対して、無答率は38%とOECD平均（32%）をやや上回っていた。他のOECD諸国、たとえば、オランダ（正答率25%、無答率9%）、韓国（正答率21%、無答率16%）、カナダ（正答率21%、無答率21%）と比較しても、またOECD非参加のアジア諸国・地域、たとえば、シンガポール（正答率38%、無答率13%）、香港（正答率37%、無答率16%）、台湾（正答率36%、無答率22%）と比較しても、正答率が一般的に4割以下の難しい問題ではあるが、日本の生徒の無答率の高さが際立っている。一方、フィンランドの正答率は16%、無答率は27%であった。日本と正答率は大きく変わらないが、無答率が日本と比べると10%程度低く、「わかる学力」のうちの第一段階にあたる「思考プロセスの表現」という点では、従来からの特質を維持していると考えられる。

小中学生を対象とした算数・数学、理科の学力を測る国際比較調査（TIMSS）のなかにも「わかる学力」を測る非定型の問題が少数ながら含まれている。小学校4年生を対象としたTIMSS2011年調査の理科の問題をみてみよう。「体積と重さ」の問題では、かさ（体積）の大きいものから小さいものの順に並べられた発泡スチロール、レンガ、リンゴの絵が示され、「かさが大きいものほど重い」という考えに対して同意するかどうかを選択し、その理由を説明することが求められる。この問題の解答例としては、「いいえ」を選択し「大玉ころがしでつかう大玉よりも鉄球がおもいように、小さくても中が詰まったり金ぞくであればおもいから」という解答が示されている（国立教育政策研究所、2013a）。この問題に対する日本の児童の正答率は45%であり、国際平均（42%）と同程度であった。他の参加国・地域では、台湾（74%）、オーストリア（74%）、フィンランド（71%）、韓国（68%）のように、正答率が7割前後の国・地域もいくつかみられた。この問題では複雑な計算スキルなどは求められていない。体積、質量、密度を区別して判断し、日常的事象などに関連づけて説明するという概念的理解が日本の児童の場合には不十分であることが、上記の正答率に関する結果から示唆される。先述のように、フィンランドの正答率は7割台であり、特に定量的な計算が求

められず、日常的事象に関連づけられた定性的な判断が求められる場合の概念的理解の深さがうかがえるという点が、日本と対照的である。

同様の傾向が示されている、TIMSS2011年調査のなかの理科の問題に、中学校2年生を対象とした「地形図と等高線」の問題がある。この問題では、2つの峰と一つの湾口がある島について等高線を示した地形図が示され、「川がどこから流れ出し、どのように流れるか」を考えて、川の経路や文章で示すことが求められる。この問題の解答例としては、「山から流れて、しゃめんにそって流れる」といった言葉による説明も示されている（国立教育政策研究所、2013a）。この問題に対する日本の生徒の正答率は52%であり、国際平均（38%）を有意に上回っているが、フィンランドの生徒の正答率はさらに高い84%であり、42か国・地域のうちで第一位であった。この問題も定量的な計算は求められず、多様な解答が可能な非定型の記述問題であり、フィンランドの生徒は、日常的・具体的事象に関して地理学的内容と地学的内容を関連づける統合的な概念的理解に優れていることがうかがえる。

以上のように、認知心理学の視点から国際比較調査にみられる日本の子どものリテラシーを分析すると、①手続き的知識・スキルの再生や事実に基づく知識の再生による定型の問題の解決という「できる学力」の水準は高いが、②多様な知識を関連づけて思考プロセスを構成し、概念や事象の本質を理解して非定型の問題を解決するという「わかる学力」の水準は相対的に低く、③さらに概念的理解の深さを求められる非定型の問題に対する無答率が高いという傾向が、教科や学年の違いを越えた全般的傾向としてうかがえる。一方、フィンランドの子どものリテラシーには、「できる学力」は日本ほど高くないが、「わかる学力」の水準は相対的に高いという特徴がうかがえる。具体的には、フィンランドの児童・生徒は、思考プロセスの表現という「わかる学力」の第一段階の達成度が高く、また上述のTIMSS2011年理科調査などの結果からは、日常的事象と関連づけられた記述型課題においては「わかる学力」の第二段階に対応する深い概念的理解も一定程度、達成していることが伺える。

それでは、日本やフィンランドの子どもは概念的理解の深さを求められる非定型問題に対して、実際にはどのように取り組んでいるのだろうか。その検証のための前段階として、まずPISA調査が想定しているリテラシーと、実際に実施されている調査問題の内容の関係を認知心理学の観点から分析した。PISA調査で

は、知識・技能を日常場面に活用して問題を解決する能力がリテラシーとされているが、心理学的には、その内容が大きく二つに区分されると考えられる。それが先述したような「できる学力」と「わかる学力」である。

定型の問題とは、先にみたような「点滴の滴下速度に関する問題」のように、解き方が一つに定まっており、計算式や公式などを直接適用して解決する日常的問題である（「できる学力」型の問題）。それに対して非定型の問題とは、日常に関わる事柄について、多様な知識やスキルを関連づけて思考プロセスを構成し、事象や概念の本質を理解して解決できる問題である（「わかる学力」型の問題）。たとえば、先の「帆船に関する問題」では、帆をつけるという費用をディーゼル燃料の削減量で「取り戻す」という現実的問題について、「新規の固定資産の購入費用を経年費用の削減分の累積によって償却する」といったメカニズムが本質であることを理解したうえで、単位あたり量（1Lあたり0.42ゼット）や割合（20パーセント）に関する知識を関連づけて「経年費用の削減分」を算出し、さらに除法（包含除）や不等式に関する知識を関連づけて「償却に要する年数」を求めることで解決が可能になると考えられる。

本来PISAが「知識・技能を日常場面に活用して問題を解決する能力をリテラシーとする」のであれば、そのリテラシーを測る問題としては非定型タイプの問題が適切であると考えられるが、実際はPISAで公開されている問題の多くが（日常的文脈を付与された）定型の問題で占められている（小問ごとの分析結果の詳細については、藤村（2014）、藤村・鈴木（2015）なども参照）。自由記述型の問題であっても、結局、解き方が一つに定まってしまうと「できる学力」型の問題になる。こうした定型タイプの問題が最近のPISAの調査問題に一定程度、含まれていると推測されることが、PISAにおける国別の得点に関してアジアの国が上位に位置する一因となっているのではないかと、またフィンランドの順位や得点が緩やかに低下傾向にあることの背景要因の一つになっている可能性も考えられる。

C 本研究における検討課題：フィンランドの児童の数学的思考と学習観

リテラシーを考えるにあたってPISAによる分析に不十分さがみられる点としては、第一に、上記のように非定型タイプの問題が少ないことと、第二に、知識

を関連付けることで深く理解することが可能な問題でも、その深い理解が目標とされていないことが挙げられる。PISAにはどのような考えでも何らかの形で問題に関連した考えが記述されていれば正答と判断するといった緩やかな基準（loose criterion）を設定している問題が多いと考えられる。子どものリテラシーの向上を考えるうえでは、今後はその基準に概念的理解の深さという厳しい基準（strict criterion）を加えることを考えていく必要があるだろう。

また、PISAが主に対象としてきた領域は、「数学的リテラシー」「科学的リテラシー」「読解力」に限られているが、本来、社会生活に活用可能なリテラシーとしては、法律、政治、経済など社会科学に関するリテラシーも想定される。また、社会生活における問題解決に必要なリテラシーという点では、対人関係に関わるリテラシーも想定されるであろう。以上のように、子どもの「社会生活に活用できるリテラシー」を育成していくうえでは、現行のPISAに含まれる調査問題や分析基準に範囲を限定するのではなく、質の深まりと幅の広がりとの両側面から、子どものリテラシーに関する目標を設定し、それを達成することをめざした授業を組織し、その達成状況を評価していくことが本来必要であると考えられる。

そこで、本研究では、概念的理解、特に数学的概念の理解の深さを測ることのできる記述型問題を開発し、また、他者との関わりや探究のプロセスについての子どもの考え（学習観）を測ることのできる因果的質問を作成して、フィンランドの子どもにおける広義のリテラシーの特質を、数学的思考と学習観の2つの側面から検討することとした。

2 目的と方法

A 目的

本研究の目的は、フィンランドの児童のリテラシーの特質を、数学的思考と学習観の観点から詳細に明らかにすることである。その際、一人一人の思考プロセスを詳細に検討するために、比較的少人数の児童を対象に個別面接（インタビュー）を実施することとした。人数の少なさによる代表性の問題が考えられるが、①日本の児童にはみられないような固有の思考プロセスを抽出すること、②判断理由や因果関係を問う質問を実施することで質的分析を深め、知識構造の特質を明らかにすること、③同一国同一校の異学年児童を対象として同一環境内の発達の変化を検討することによ

り、得られた知見の一般化を図ることとした。

B 方法

1. 調査対象

フィンランド国のヘルシンキ近郊都市の公立小学校における3年生、5年生、各8名をインタビュー対象とした。

2. 実施課題

日本の児童に対して以前に実施している、数学的思考課題と学習観質問を個別面接場面で実施した。数学的思考課題は、算数としては未習ではあるが、日常的知識や既習の計算を組み合わせることで小学校中学年の児童でも解決可能なものとした。学習観質問は、因果的説明を引き出すために、判断に迷うような葛藤場面を提示し、なぜそのように考えるのかを尋ねることとした。

(1) 数学的思考課題

児童の概念的理解の深まりを問うために、濃度(ジュースの濃さ)と速度(模型自動車の速さ)に関する比較課題を3題実施した(5年生については、応用的な理解を問う速度課題をさらに1題実施したが、本論文では発達的变化の検討を行うために、分析の対象外とした)。課題文脈と数値設定から、課題1(濃度領域、整数比・等価)、課題2(濃度領域、非整数比・非等価)、課題3(速度領域、整数比・非等価)の3課題を設定した。数値の設定については、先行研究(藤村, 1997, 2004など)から、内包量比較課題に関しては、次元内の整数比課題よりも非整数比課題が、比較結果の等価課題よりも非等価課題が、また速度領域よりも濃度領域が、それぞれ難しいことが明らかにされており、小学校中学年から高学年にかけてそれらの課題解決成績が向上することが示されていることから、3年生から5年生までの発達的变化が想定される課題として、以上の課題(小問)を設定した。各課題では、絵カードで課題場面を示しながら、速度や濃度の大小判断とその判断の理由を問い、その理由に不確かさがみられた場合などには、その内容を明確化するための補足質問を追加した。

(2) 学習観質問

児童の学習観に関しては、日本の小学生から大学生に対する質問紙研究や面接研究から、「正しい答えと解法は一つであり、正しい解法を覚えて適用することが学習である」という「暗記・再生」型学習観と、「答えや解法は多様であり、自分自身の知識や他者の知識を利用しながら、考えを構成していくことや、その思

考プロセスを表現し、他者と共有することが学習である」といった「理解・思考」型学習観という、2種類の学習観がみられることが指摘されている(藤村, 2008など)。また、それらの研究では、記述型課題の成績とそれらの学習観との間に関連がみられることも示されている。そこで、フィンランドの児童の学習観を明らかにするために、「暗記・再生」と「理解・思考」のどちらの学習観を重視するかという質問(質問1:算数の勉強で、なぜそうなるのかはわからなくても答えが合っていることは大事か?)を設定した。なお、本質問では、他の先行研究(Schoenfeld, 1985など)においても「暗記・再生」型学習観に対応する学習者の信念が報告されており、2種類の学習観の対比がより明確になると考えられる、算数(数学)を対象教科として設定した。さらに、「理解・思考」型学習観における協同(collaboration)の側面を明らかにするために、協同の意義を尋ねる質問(質問2:授業の時にクラスで話し合うことは大事か?)を設定した。以上の2つの質問に対しては、判断理由を詳しく尋ねることで児童の学習観が明確になるため、個別面接の利点を生かして、生徒の判断やその理由に対して、さらにそれにつながる理由を尋ねる補足質問を体系的に実施した。なお、本研究の面接場面では、学習観に関連して、教科の選好やその理由、特定の教科の学習方法に対する判断やその理由なども尋ねたが、本論文では、分析の対象外とした。

3. 実施手続き

1で示した公立小学校の図書室において、個別面接形式で実施した。面接者による質問内容は熟練した通訳者によって同時通訳して児童に伝えられ、次に児童の回答内容は通訳者によって面接者に伝えられ、さらにそれに応じて面接者が補足質問を実施するという形式で進められた。数学的思考課題、学習観質問等をあわせて、実施時間は一人あたり15~20分であった。

3 結果と考察

A フィンランドの児童の数学的思考

まず、各課題に対して児童が行った判断とその理由を分析し、各課題に対する問題解決方略を同定した。同定の際には、同種の内包量比較課題を用いた先行研究(藤村, 1997, 2004; Fujimura, 2001など)において示された分類基準をベースとした。全般的な傾向を明らかにするために、各課題に対する問題解決方略を、厳密な正答基準を満たす方略(倍数操作、個別単位、

単位あたり方略：2種類の量が定量的に適切に関連づけられている方略)と、緩やかな基準を満たす方略(論理的な比例、変化量の相対比較：2種類の量が定性的に、または部分的に定量的に適切に関連づけられている方略)、およびそれ以外の誤方略の3つに区分した。

児童が3つの課題に対して行った判断と理由づけ、およびそれにもとづいて同定された問題解決方略を示したのがTABLE 1である。網掛けは厳密な正答基準を満たす方略を、イタリック(斜字体)は緩やかな正答基準を満たす方略を示している(方略名を表す記号は、藤村(1997)などに対応している)。少人数データではあるが、発達の変化の全般的な傾向を検討するために、3課題中の平均正答数の学年差について統計的検定を行った。その結果、厳密な正答基準を用いた場合には、3年生(M=0.25, SD=0.43)と5年生(M=1.50, SD=1.22)の間の平均正答数の差が有意であり($t_{(14)}=2.30, p<.05$)、一方で緩やかな正答基準を用いた場合には、3年生(M=1.00, SD=0.71)と5年生(M=1.87, SD=1.09)の間の平均正答数の差は有意でなかった($t_{(14)}=1.53, n.s.$)。このことから、フィンランドの児童は3年生から一定程度、2つの量(溶液量と溶媒量、時間と距離)を定性的または部分的に定量的に適切に関連づけることが可能であり、5年生になると定量的な関連づけがより適切になる(洗練される)ことが示唆された。

次に、5年生に多くみられた、厳密な正答基準を満たす方略の内容を検討したところ、自分で一方の量の単位を増加方向または減少方向に設定して他方の量を比較する個別単位方略(TABLE 1のB')が8人中4人(50%：TABLE 1のNo.51, 54, 56, 58)にみられた一方、1秒あたりや1カップあたりの数値を比較する単位あたり方略(TABLE 1のCmやCf)は2人(25%：TABLE 1のNo.52, 56)にしかみられず、うち1人(No.56)は個別単位方略も用いていた。また少数ながらみられた単位あたり方略も3事例中2事例で具体的な量による意味づけ(TABLE 1のCm)がなされていた。

さらに、3年生に多くみられた誤方略の内容を検討したところ、論理的な比例や変化量の相対的比較によって2つの量を関連づけるが判断の際に誤りとなる方略(TABLE 1のD0, B0; Da, D1, D3)が、緩やかな基準で全問正答となる1人(No.31)を除く7人中6人(86%：TABLE 1のNo.33~38)にみられた一方、一方の量のみに着目した説明(A3)や状況説明のみ(N)は、誤方略と分類された15事例中3事例(20%)

にすぎなかった。

以上のことから、フィンランドの児童は、3年生の時点から2つの量を定性的、あるいは部分的に定量的に関連づける推理を(最終的な正誤は問わず)ほとんどの者が行っていること、5年生になるとより洗練された定量的な推理を行う者が増加するが、その推理は具体的な文脈情報を生かして2つの量が関連づけられる、自発的に構成された方略(個別単位方略など)が中心であることが示された。同種の課題を用いた日本の児童に対する研究結果と比較すると、3年生から5年生にかけて、倍数操作や単位あたりなど、より洗練された定量的な推理が増加する点は共通している。一方で、日本の3年生にみられるような、一次元的方略や数のみを組み合わせる方略、5年生にみられるような、数のみに着目した手続き重視の単位あたり方略の出現頻度は相対的に低く、フィンランドの児童は日本の児童に比べて、日常世界の中の「量」に着目して、それに関わる多様な知識を関連づけて思考を構成する傾向が強いことが示唆された。

B フィンランドの児童の学習観

1. 思考のプロセスを重視するか結果を重視するか

児童の「理解・思考」型学習観が強いのか、「暗記・再生」型学習観が強いのかを明らかにするために、「算数の勉強で、なぜそうなるのかはわからなくても答えが合っていることは大事か、どうしてそのように考えるか」を尋ねた。TABLE 2の左列に各児童の行った説明を示す。「大事ではない」と判断した場合をプロセス重視の学習観(理解・思考型)、「大事」と判断した場合を結果重視の学習観(暗記・再生型)、「どちらも大事」のように述べた場合を学習観が未分化・並立の状態であると、児童が述べた理由も考慮したうえで判断した。その結果、3年生ではプロセス重視が1名、結果重視が3名、未分化・並立が4名であり、5年生ではプロセス重視が6名、結果重視が2名となった。少人数データであるが、Fischerの直接確率計算法(両側検定)を用いて検定を試みたところ、プロセス重視の学習観の選択者の割合が3年生(13%)から5年生(75%)にかけて有意に増加することが示された($p=.041$)。フィンランドの児童において、小学校中学年から高学年にかけて、思考の結果よりもプロセスや理由を重視するような学習観が形成されていく傾向がうかがえる。

また、同じ質問を実施した日本の5年生とフィンランドの5年生を比較したところ、フィンランドの児童

TABLE 1 数学的思考を問う課題に対するフィンランドの児童の回答内容（問題解決方略）

課題1（整数比・等価、濃度）	課題2（非整数比・非等価、濃度）	課題3（整数比・非等価、速度）
<p>オレンジジュース 2カップ 水 4カップ</p> <p>Miina 4カップ Hanna 8カップ</p>	<p>オレンジジュース 2カップ 水 8カップ</p> <p>Senna 3カップ Tiina 9カップ</p>	<p>赤 2秒 青 4秒</p> <p>進んだきより 4_分 6_分</p>
31 同じ。水とジュースの量が多いか少ないかだけで、（水とジュースの量の）割合は同じ。→Cm	Tiina。このようにやったことはないけれど、（Tiinaのオレンジジュースと自ら）1カップ、1カップ取ると同じで、ジュースが増えているから濃いと思う。→（B'）	赤。2秒で4メートルも行くのに、6メートルで4秒もかかるから。→D
32 Miina…やっぱり同じ。水が増えていてジュースも増えているだけだから。→D	同じ…やっぱりTiinaがちょっと濃い。ジュースが1カップ多いから。<水はどうか>ちょっと多いかな。→D	同じ。秒が増えているから。→A3
33 Hannaが多い…濃いような気がします。ジュースも多いけれど水も多いから。→D3	Tiinaが濃い。こっち（Senna）は2つしかジュースがないのに、水が8カップある。こっち（Tiina）はジュースが1つ増えて、水は1個しか増えていない。→D	青。6メートルの方はずっと長いけれど、短い時間で済んだから。4秒が短い。→D3
34 同じ。Hannaは、ジュースと同じくらい水が多いから。→D	同じ。Tiinaは水が1つ増えて、オレンジジュースも1つ増えているから。→Da	同じ。赤い自動車に比べて、青い方は秒とメートルのどちらも2増えているから。→Da
35 Minna。ジュースが多いから。→A3	Sennaの方が少し濃い。Tiinaはジュースが3で水が多い。Sennaはジュースが2だけ水が少ない。→D3	同じ。時間は赤が2、青が4で2倍になっている。動いた距離は赤が4、青が6で、6は4より大きい。→B _l
36 同じです。水もジュースも2倍になっているから。→B	同じ。水は1個増えて、ジュースも1個増えて、1個ずつ少ないから同じ→Da	同じ。（時間も距離も）どちらも2倍になっているから。→B _l
37 同じ。（Hannaの方は）ジュースも多くなつたし、水も同じように多くなっているから。同じくらいの量が増えている。→D（B）	同じ。Tiinaは水も増えて、ジュースも増えている。Sennaは水も少なくてジュースも少ない。→D _l	ほとんど同じ。さっき（課題2）のジュースと同じ。青は時間もかかっているし、その分だけ距離も長くなっているから。赤は距離が短くて、時間も少ない。→D _l
38 Minnaの方。ジュースが多くあるから。水も多くあるからです。→D1	Sennaの方。水が少ない。Sennaの方は水が増えているけれど、ジュースも増えているから。→D3	両方とも同じ…青かな…やっぱり赤かな。2秒で動いたから（時間が短いから）→A3
51 同じ。2のジュースに4の水を入れている。Miinaは2に4を入れている、Tiinaはもう一つの2が4に入っている。（水とオレンジジュースが）倍になっている。→B'+B	Tiina。Sennaはジュースの2個に（それぞれ）水が4つ入っている。Tiinaはジュースの3個目にも同じように水が4つ分ないといけないのにそれだけの水がないから、ジュースが（相対的に）多い。→B'	青がゆっくり。赤は2秒で4メートル。青は同じスピードだと8メートル進まないといけないのに6メートル。→B'
52 同じ。2と4、4と8で、同じ比率で入っているから。→Cf	Tiina。（Sennaは）水が4倍で、こっち（Tiina）は水が3倍。→Cm	赤。短い間に長い距離を行っている。…ちょっとわかりにくくなってきた…やっぱり同じ。倍の4秒かかっているけれど、進んだ距離が長い。→B1
53 Miina…やっぱりHannaかな。水の量が少ないから。→A3（D3）	Senna。水で比べたら少ない。→A3	同じ。2秒で4メートルで、4秒で6メートルで、あー、よくわかんない。（時間と距離の）両方とも伸びているから。→D _l
54 Miina。ジュースの部分が多いから。<水の部分はどうか？>…考え直したら、同じだと思う。2と4、4と8で同じくらい、倍に増えているから。→B	同じ。（Tiinaは）9と3。（Sennaは）8のときに2で、少なくなっているから。→D _l	赤。2秒で4メートル、4秒で6メートルだから。青は4秒で倍の時間かかっているけれど、6メートルだと（倍より）少ない。→B'
55 同じくらい。説明がよくできません。<何か気づくことある？>こっち（オレンジジュース）が多くて、こっち（水）が少ない。→D	Tiina。理由はない。→N	同じ。理由はない。→N
56 同じ濃さ。Hannaは作った量が少ない。2と4を比べると、オレンジジュースの倍の4カップの水で薄める。Miinaはジュースも倍だけど、（ジュース4に水8で）ジュースの倍の水がある。量はMiinaが多いけど、1つのカップの中に半分の水がある。→Cm+B	Tiina。（Sennaは）ジュースの量が水の1/4。（Tiinaは）ジュースの量が水の1/3だからです。→Cm	赤。1秒で2メートル。（青は）2秒で3メートル。<もう少し詳しく説明して>もし同じスピードだとしたら、（赤が6メートルになるのは）3秒だから。→B'
57 同じ。うまく説明できないけど、8と4で水が増えていてジュースも増えている。→（D）	こっちの方がもっと難しい。ちょっとわからない。→N	青。4秒で6メートルも進んだからです。→D3
58 同じ。ジュースが半分、水が半分だからです。→B	Tiina。ジュースのカップが多いけれど、水は1つしか増えていないから。→D	赤。1秒で2メートル動く。青は4秒で6メートルだから2秒で3メートル。（赤の方が）短い時間でたくさん動くから。→B'

の方が、プロセス重視の回答が多いという傾向がみられた。TABLE 2に示された児童の回答内容を検討すると、プロセス重視と同等された5年生6名のいずれの回答も、「意味」や「考え方」が大切であることが一貫して述べられていた。さらに半数（3名）の児童では、TABLE 2の網掛け部分のように、その理由として「今後の学習に役立つか」という将来の有用性についても言及がみられた。日本の5年生に同様の質問をした研究では、プロセス重視と結果重視がほぼ半々に分

かれ、フィンランドよりも結果重視の学習観を持つ者が多かったが、プロセス重視の中には、「途中の記述も点数になるから」のように、結果的に得点を重視している者（見かけ上のプロセス重視）も一定数見られた。フィンランドの児童には、そのような途中経過が得点として評価されると答える者は、両学年ともにみられなかった。

2. クラスでの協同を重視するか

「理解・思考」型学習観に関連して、協同の意義に

TABLE 2 学習観に関する質問に対するフィンランドの児童の回答内容

	質問1 (思考の結果vs.プロセス) 算数の勉強で、なぜそうなるのかはわからなくても答えが合っていることは大事か？	質問2 (協同の意義) 授業の時にクラスで話し合うことは大事か？
31	(プロセス) 考えが間違っても道筋がわかることが大切だと思う。→プロセスがわかると間違いが起らない。	楽しいことといらいらすることの中間→楽しいのは一緒にやると楽しんで楽にできる。いらいらするのは、間違っていると「違うよ」と言われるから。
32	(未分化) 僕はいつも答えが合っている。きっと考え方が合っているからで、考え方は間違っていない。	グループで作業するのが楽しい→一人で考えなくていい。
33	(結果) 答えが合っていることが大切。→点数がよくなるから。	一緒にグループ作業するのが好き→友だちとできると楽しい
34	(結果) 答えが合っていることが大切。→30問のうち合っているのが4つだと点数がひどくなる。でも間違ってもよい。	話し合いながらするのが楽しい→いろんなことや違うことができる。テーマについて、一緒にゲームをするのが楽しい。
35	(並立) わかんないで答えが合っているのは本当はよくない。→プロセスがわかると覚えていて後で役に立つ。でも、答えが合っているとうれしい。→点もいいし、自動的に答えが出てくるのがいい。	ペアやグループで話し合うのが楽しい→友だちと一緒に何かできるから。
36	(結果) 急いでやって、答えが合うことでもいい。→答えが合ってるのはいいこと。繰り返していくうちに、途中もみていくことになるからいい。	みんなで話し合うのが楽しい。
37	(並立) 両方とも大事。わかって答えが出る。＜わかることが大切なのは？＞もしきちんと理解できていないと、計算がいい加減になるから。	話し合うのが楽しい→一緒にできる。一人きりにならない。
38	(未分化) よくわからない。＜なぜかがわからないと困ることがある？＞教えてもらえば、私もわかります。	グループ作業では一人でやるよりも友だちとやるから楽しい→一人だとつまらないけれど、友だちとだと話しながら楽しい。
51	(プロセス) たとえば、やり方を教えてくれて正しい答えは出る。どうしてこの計算なのか意味を考えることが大切。→意味を考えないと先でわからなくなるから。	自然に話し合いをするので好き。
52	(結果) 僕にとっては、深く理解できていなくても、きちんと計算して答えが合っていることが大事。＜次の時に解き方がわからなくても？＞それでも大丈夫。	話し合うのが楽しい→友だちと意見交換したり、自分の考えを話せるのが楽しい。
53	(結果) 答えが大事と思う。＜計算の仕方がわからないと困らない？＞努力して、その時に考えてみます。	友だちと話し合うのが好き。
54	(プロセス) 途中のプロセスの方が大切。今はたまたま当たっても、当たらないこともあるから。	友だちと一緒にやるのが好き→一人でも集中できて好きだけど、友だちと一緒にだと教えてもらうことが多い。
55	(プロセス) 計算の仕方とか、どうしてかがわかることが大切。	友だちと話し合うのが楽しい→一人で居るより友だちの方がいい。
56	(プロセス) どうしてかの理解が大切。次の時に同じ答えになるとは限らないから。	グループや話し合いが好き→友だちをよく知れる。コミュニケーションの取り方がうまくなる。
57	(プロセス) 答えが正しくなくても、考え方が正しい方がいいと思う。	グループや友だちと話す楽しい→話し合うと、うまくいくと感ずることが多い。
58	(プロセス) 間違いがあっても、意味がわかる方が大切。	グループ作業で話し合うのが好き→特に算数や国語で、いろんな話が聞ける。

ついでに児童の考えを明らかにするために、「授業の時にクラスで話し合うことは大事か、それはどうしてか」を尋ねた。その結果、3年生は「大事」が7名、「どちらともいえない」が1名、5年生は8名全員が「大事」と答えていた。日本の5年生に対する研究でも「大事」と答える者が多かったが、フィンランドの方がよりその傾向が3年生の時点から多くの者に行き渡っているということがうかがえた。

学習観の背景を探るために、「なぜ大事か」についての理由を分析した。児童の回答内容をTABLE 2の右列に示す。3年生では、全般的に「友だちと場を共有することの楽しさ」を理由として挙げる人が多いが、それに対して、5年生では、「他者の考えを知ることができること」や「自分の考えを表現できること」など、交流によって自分自身が得るものがあることへの言及が増える傾向がうかがえた。

3. 児童の学習観と思考はどのように関わるか

それでは、以上の学習観と1で検討した数学的思考はどのように関わるのであろうか。プロセス重視、結果重視の学習観と数学的思考の内容との関わりを検討した。その結果、3年生で唯一みられた「プロセス」重視の学習観選択者(No.31)は、数学的思考課題では緩やかな正答基準による唯一の全問正答者であった。一方、5年生で2人にみられた「結果」重視の学習観選択者は、数学的思考課題では、手続きのみの単位あたり方略(Cf)の唯一の利用者(No.52)と、緩やかな正答基準を用いた場合の唯一の全問誤答者(No.53)であった。これらの事例から考えると、具体的な文脈において多様な知識を関連づけて定量的・定性的な問題解決方略を試みるようなフィンランドの児童は、思考のプロセスを重視した「理解・思考」型学習観を有していることが推察される。

C 総合考察

以上の結果より、フィンランドの児童の数学的思考に関して、3年生から5年生にかけて、2つの量を関連づける、より洗練された定量的な推理が増加する(概念的理解が発達する)という日本の児童と共通する発達の変化の方向性が示唆された。一方で、フィンランドの児童は日本の児童に比べて、3年生の時点から、日常世界の中の「量」に着目して、それに関わる多様な既有知識を自分なりに関連づけて思考を構成する傾向が一貫して強く、それが正答を導く方略であっても誤方略であっても、問題解決方略の種類や内容に表現されていることが推察された。

また、フィンランドの児童の学習観に関して、学習場面での他者との協同の意義については3年生から意識されているが、5年生にかけて、その意味づけが「共有の楽しさ」から「協同することで得られる成果」へと発達的に変化することが示唆された。また、思考の結果(解答の正誤)よりも思考のプロセス(判断の理由や過程)を重視する「理解・思考」型の学習観が、3年生の時点での結果重視や並立・未分化が共存する状況から、5年生にかけて発達的に形成されることや、その形成過程と先述の多様な既有知識を関連づけた数学的思考の深まりが関連することも推察された。その背景には、日常世界に関連づけて多様な知識を活性化し、思考のプロセスの表現を重視する授業過程を経験している可能性が推測される。

フィンランドの小学校や総合学校(小中一貫校)で行われている算数授業の一単位時間の構成を心理学的な視点から分析した研究(藤村, 2014)では、フィンランドの算数授業の特質として、教師による内容や解法の説明と個別演習を組み合わせた授業形態といった知見(熊倉, 2013など)に加えて、(a)1単位時間中の多様な学習内容(様々な視点からの定型的発問)、(b)日常的事象と関連づけられた教材、(c)思考のプロセスや理由を問う発問、(d)ペアやクラス単位での適宜の話し合い、(e)教師の発案による非定型的発問(多様な解法を関連づける討論の欠如)といった特徴がみられた。また、日本の算数授業のビデオを対比的な視聴材料としてフィンランドの学習内容や学習方法を検討した研究(藤村・鈴木, 2015)では、質問紙調査やグループインタビューを通じて、それらの特徴((a)-(e))が、フィンランドの算数授業の構成要素となることが確認された。また、同研究のグループインタビューにより、子ども一人一人の特質に応じた教育といった理念や、知識や技能を関連づけ日常的な問題を解決することを目標とする教育観が、授業の構成や児童の活動を方向づけていることが明らかになった。

本論文の発達的研究において見いだされた先述の結果は、子ども一人一人の特質に応じ、知識や技能を関連づけて日常的な問題を解決することを重視する、フィンランドの教師の教育観やそのもとに構成された授業を経験することが、フィンランドの児童の数学的思考を日常的知識を関連づけて構造化する方向で発達させ、また、各個人の思考プロセスの表現とその他者との共有を重視する学習観の形成につながるという可能性を示していると考えられる。

今後の課題としては、本研究において比較的少数の

児童に対する個別面接研究を通じて示された「フィンランドの児童の思考や信念の発達の形成プロセス」がどの程度、一般性を持つかについて、多数の児童を対象とした集団調査などの方法を用いて明らかにすることが挙げられる。さらに「児童の思考や信念の発達のメカニズム」を明らかにしていくためには、友人観や対人関係の枠組みなど社会性の発達に関わる調査をあわせて実施することや、フィンランドの教育を通じた同一児童・生徒の縦断的変化を分析することも必要になると考えられる。

引用文献

- 藤村宣之 1997. 児童の数学的概念の理解に関する発達の研究：比例・内包量・乗除法概念を中心に 風間書房
- Fujimura, N. 2001. Facilitating children's proportional reasoning: A model of reasoning processes and effects of intervention on strategy change. *Journal of Educational Psychology*, 93, 589-603.
- 藤村宣之 2004. 児童の数学的思考に関する日中比較研究 教育心理学研究, 52(4), 370-381.
- 藤村宣之 2008. 知識の獲得・利用とメタ認知 三宮真智子(編) メタ認知：学習力を支える高次認知機能 北大路書房 Pp. 39-54.
- 藤村宣之 2012. 数学的・科学的リテラシーの心理学：子どもの学力はどう高まるか 有斐閣
- 藤村宣之 2014. フィンランドの児童の思考の特質とそれに関連する環境要因：小学校における算数授業過程の分析から 東京大学大学院教育学研究科紀要, 53, 273-283.
- 藤村宣之・太田慶司 2002. 算数授業は児童の方略をどのように変化させるか：数学的概念に関する方略変化のプロセス. 教育心理学研究, 50, 33-42.
- 藤村宣之・鈴木豪 2015. フィンランドの児童の思考に影響を及ぼす環境要因の検討：フィンランドの教師の授業観の分析 東京大学大学院教育学研究科紀要, 54, 459-476.
- 国立教育政策研究所(編) 2013a. TIMSS2011理科教育の国際比較：国際数学・理科教育動向調査の2011年調査報告書 明石書店
- 国立教育政策研究所(編) 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 明石書店
- 国立教育政策研究所(編) 2016. 生きるための知識と技能6 OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2015年調査国際結果報告書 明石書店
- 熊倉啓之・吉田明史・長尾篤志・國宗進・川合公孝 2009. 教科書と授業からみるフィンランドの数学教育 日本数学教育学会誌, 91(7), 36-45.
- 熊倉啓之(編著) 2013. フィンランドの算数・数学教育—「個の自立」と「活用力の育成」を重視した学び 明石書店
- 清水宏幸 2007. 日常の場面で関数を活用させる指導—売上金額の一番多いTシャツの値段を設定しよう— 日本数学教育学会誌, 89(11), 2-9.
- Schoenfeld, A. H. 1985 Mathematical problem solving. New York: Academic Press.
- Stigler, J. W. & Hiebert, J. 1999. *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York: Free Press. / スティグラー・ヒーバート(湊三郎訳)
2002. 日本の算数・数学教育に学べ：米国が注目するjugyou kenkyuu 教育出版
- 恒吉僚子・秋田喜代美・藤村宣之 印刷中. 国際比較からさぐる日本の学校改革の方向性—二一世紀型教育の実現に向けて 勁草書房
- 山口武志 2010. フィンランドの算数・数学教科書 日本数学教育学会誌, 92(6), 4-8.