

算数学力の規定要因と その関連プロセスの検討

－ TIMSS2019 における日本の小学4年生データの2次分析を通して－

清水 優 菜

【キーワード】 算数学力, 情意要因, 教師要因, 社会要因, 2次分析,
TIMSS2019

1. はじめに

知識や技能などペーパーテストで測定された、児童の「算数¹⁾学力」²⁾の規定要因に関する研究は、数学教育学のみならず、教育心理学や教育社会学、教育経済学などの教育学諸領域において、数多くの検討が行われてきた。その中で、数学教育学と教育心理学では、問題解決方略 (e.g., 清水, 1996) やメタ認知 (e.g., Desoete et al., 2019) などの「認知要因」、自己効力やテスト不安 (e.g., 松沼, 2004) などの「情意要因」、および教師の指導方法 (e.g., Dignath & Buttner, 2008) などの「教師要因」に、教育社会学では、ジェンダー (e.g., 伊佐・知念, 2014) や出身社会階層 (e.g., 中西, 2017) などの「社会要因」に、教育経済学では、習熟度別授業の実施や学年生徒数 (e.g., 北條, 2011) などの「学校要因」に焦点が当てられ、それぞれが算数学力を規定すること、ならびにその寄与の程度が示されてきた。

しかし、「教師要因」、「社会要因」、「学校要因」の3つすべてを同時に取り上げた北條 (2011) のように、複数の異なる算数学力の規定要因を同時に取り上げた先行研究は、管見の限りほとんど見当たらない。北條 (2011) は、TIMSS2007 における日本のデータを2次分析し、教師要因 (教職経験年数など) と学校要因 (習熟度別授業の実施など) よりも、社会要因³⁾ (蔵書数や所有物など) が算数学力を強く規定していることを示した。北條 (2011) のように複数の要因を同時に取り上げることは、算数学力に強く寄与する要因を同定することにつながり、児童の算数学力の向上に資する教育ならびに政策を検討・立案する上で有益な知見を提供しうるため、より多くの検討が必要である。

さらに、先行研究の方法論にも、課題が残されていると言わざるを得ない。数学教育学や教育心理学の先行研究では、構造方程式モデリングなどの分析を行い、算数学力の規定要因とその関連プロセスが検討されてきた (e.g., 松沼, 2004) が、

全国学力・学習状況調査や TIMSS 調査などの大規模調査ではなく、特定地域の少数の学校での調査にて得られたデータを用いているため、サンプルの代表性、ひいては知見の妥当性に課題がある。他方、教育社会学や教育経済学の先行研究では、全国学力・学習状況調査や TIMSS 調査などの大規模調査のデータを用いて、重回帰分析やマルチレベル分析などを行い、算数学力の規定要因とその寄与の程度が検討されてきた (e. g., 北條, 2011) が、構造方程式モデリングなどの分析を行っていないため、算数学力の規定要因に係る関連プロセスを解明するには到っておらず、算数学力の獲得・向上に係るプロセスやメカニズムを十分に理解することに課題がある。ゆえに、大規模調査のデータを用いて、構造方程式モデリングなどの分析を行い、算数学力の規定要因とその関連プロセスを検討することが求められる。

そこで、本研究では、TIMSS2019 における日本の小学 4 年生データを 2 次分析し、算数学力とその規定要因、とりわけ情意要因、教師要因、社会要因の関連プロセスを明らかにする。

以下に、本研究が情意要因、教師要因、社会要因として焦点を当てる変数、ならびに想定する関連プロセスについて説明する。

第 1 に、情意要因についてである。本研究では、「算数に対する自己概念」と「算数の楽しさ」に焦点を当てる。数学に対する自己概念とは、「学業に対する有能感」と定義される学業的自己概念 (Marsh, 1990) の中でも算数領域に関するもの、すなわち「算数に対する有能感」と定義される。他方、算数の楽しさとは、Pekrun (2006) の達成関連感情理論に依拠すれば、「算数学習に対する活性化された快感情」と定義される。これら 2 変数は、数学の学習や学力と正に関連することが示されており (e.g., Marsh et al., 2005; Schukajlow & Rakoczy, 2016)、数学教育において重要な情意変数と位置付けられている (Schukajlow et al., 2017)。

第 2 に、教師要因についてである。本研究では、「授業方法」と「教師の熱意」に焦点を当てる。その 1 に、教師が用いる授業方法には多様な側面があるものの、とりわけ学習者の認知や動機づけを促すことを志向した授業方法は、数学の学力や肯定的な情意と正に関連することが示されている (e.g., Dignath & Buttner, 2008; Li et al., 2021)。その 2 に、教師の熱意は、教師の「感情的な傾向性」(鹿毛, 2013) と定義され、質の高い学習支援や教室マネジメントを介して、数学の学力や肯定的な情意と正に関連することが示されている (Kunter et al., 2013)。ゆえに、算数に対する自己概念と算数の楽しさが算数学力と直接的に関連するという想定を踏まえれば、教師要因に係る関連プロセスとして、学習者の認知や動機づけを促すことを志向した授業方法は算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示すことが想定される。な

らびに、教師の熱意は学習者の認知や動機づけを促すことを志向した授業方法を介して間接的に算数学力や算数に対する自己概念、算数の楽しさと正の関連を示すことが想定される。

第3に、社会要因についてである。本研究では、「社会経済的地位」と「ジェンダー」に焦点を当てる。その1に、社会経済的地位は、経済的、社会的、文化的、人的資源を利用できる状態と定義され、親の学歴や職業、世帯や家族の所得だけではなく、居住する近隣地域や学校の資源をも含むものとされる（National Center for Education Statistics, 2012）。学習者の社会経済的地位は、数学の学力や肯定的な情意と正に関連することが示されている（e.g., Li et al., 2021; 中西, 2017; 須藤, 2013）。その2に、ジェンダーについて、「女性は数学が苦手だ」というステレオタイプ（e.g., Fennema & Sherman, 1997）のように、数学は男性優位なものと考えられてきた。我が国の実証的研究において、数学学力と肯定的な情意のジェンダー差は、小学校段階では僅かである、あるいは認められないものの、中学校段階では男子が女子を上回ることが示されている（伊佐・知念, 2014）。よって、社会要因に係る関連プロセスとして、社会経済的地位は算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示すこと、およびジェンダーが男子であることは算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示すことが想定される。

本章の最後に、本研究の目的と仮説を整理する。本研究の目的は、TIMSS2019における日本の小学4年生データを2次分析し、算数学力とその規定要因、とりわけ情意要因（算数に対する自己概念・算数の楽しさ）、教師要因（授業方法・教師の熱意）、社会要因（社会経済的地位・ジェンダー）の関連プロセスを明らかにすることである。そして、この目的を達成するために、上述した先行研究に基づき、以下の仮説を設定した。

仮説1：算数に対する自己概念は算数学力と直接的に正の関連を示す。

仮説2：算数の楽しさは算数学力と直接的に正の関連を示す。

仮説3：学習者の認知や動機づけを促すことを志向した授業方法は算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示す。

仮説4：教師の熱意は学習者の認知や動機づけを促すことを志向した授業方法を介して間接的に算数学力や算数に対する自己概念、算数の楽しさと正の関連を示す。

仮説5：社会経済的地位は算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示す。

仮説 6：ジェンダーが男子であることは算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示す。

2. 方法

2.1. 使用データ

本研究では、国際教育到達度評価学会（IEA）が公開している TIMSS2019 における日本の小学 4 年生データ（児童 4196 名、教師 285 名、学校 147 校）を用いた⁴⁾。TIMSS は、第 4 学年と第 8 学年の児童生徒における数学と理科の到達度を国際的な尺度によって測定し、教育上の諸要因との関係を明らかにするために、1995 年より 4 年ごとに行われている国際的な大規模学力調査である。直近の TIMSS2019 では、58 カ国における小学校 11432 校の児童 308620 名、39 カ国における中学校 7636 校の生徒 227345 名が国際比較の対象となっている。我が国において、TIMSS2019 は、2019 年 2 月 25 日から同年 3 月 22 日までを実施期間として、日本全国から無作為に抽出された小学校・中学校の児童生徒と教師、保護者、調査責任者を対象に行われた（国立教育政策研究所、2021）。

2.2. 使用変数

以下、使用変数ごとにその詳細を述べる。

第 1 に、算数に対する自己概念についてである。算数に対する自己概念を児童に尋ねる 9 項目を使用した（項目は表 2 を参照）。教示文は、「算数について、どう思いますか」であり、「強くそう思う (1)」、「そう思う (2)」、「そう思わない (3)」、「まったくそう思わない (4)」の 4 件法にて回答を求めている。本研究では、結果を解釈しやすくするために、得点が高いほどそれぞれの項目を高く認識していることを示すように逆転処理を施している。同様の処理は、社会経済的地位、ジェンダー、算数学力以外の変数においても行なっている。

第 2 に、算数の楽しさについてである。算数の楽しさを児童に尋ねる 9 項目を使用した（項目は表 4 を参照）。教示文は、「算数の勉強について、どう思いますか」であり、「強くそう思う (1)」、「そう思う (2)」、「そう思わない (3)」、「まったくそう思わない (4)」の 4 件法にて回答を求めている。

第 3 に、授業方法についてである。算数の授業方法の頻度を教師に尋ねる 8 項目を使用した（項目は表 6 を参照）。教示文は、「あなたは、調査対象学級の算数の授業で、次のことを児童がするようにどのくらい指導しますか」であり、「いつも、または、ほとんどいつも指導する (1)」、「半分くらいの授業で指導する (2)」、「ときどき指導する (3)」、「まったく指導しない (4)」の 4 件法にて回答を求めている。

第 4 に、教師の熱意についてである。教師の熱意を教師に尋ねる 5 項目を使用

した（項目は表8を参照）。教示文は、「あなたは、教師であることについて次のように感じることはどのくらいありますか」であり、「とてもよくある（1）」、「よくある（2）」、「ときどきある（3）」、「まったく、または、ほとんどない（4）」の4件法にて回答を求めている。

第5に、社会経済的地位についてである。須藤（2013）を参考に、家の蔵書数と所有物の有無を児童に尋ねる10項目を社会経済的地位の指標として使用した（項目は表9を参照）。蔵書数について、教示文は、「あなたの家には、およそどのくらい本がありますか。（ただし、ざっし、新聞、教科書はかぞえません。）」であり、「ほとんどない（0~10 ざつ）（1）」、「本だな1つつ（11~25 ざつ）（2）」、「本ばこ1つつ（26~100 ざつ）（3）」、「本ばこ2つつ（101~200 ざつ）（4）」、「本ばこ3つつ、またはそれより多い（200 ざつより多い）（5）」の5件法にて回答を求めている。所有物の有無について、教示文は、「あなたの家には、次のものがありますか」であり、「はい（1）」、「いいえ（2）」の2件法にて回答を求めている。

第6に、ジェンダーについてである。ジェンダーを児童に尋ねる1項目を使用した。教示文は、「あなたは女ですか、男ですか」であり、「女（1）」、「男（2）」の2件法にて回答を求めている。本研究では、女子に0、男子に1を割り当てたダミー変数とし、以後では「男子ダミー」としている。

第7に、算数学力についてである。TIMSS2019における算数学力の得点は、テスト結果から項目反応理論によって推定されたPVs(Plausible Values)である。PVsはPV1からPV5の5つの値からなり、TIMSS1995の平均が500、標準偏差が100になるように調整されている(国立教育政策研究所, 2021)。本研究では、須藤（2013）と同様に、PV1からPV5の平均をとり、国内偏差値に換算したものを算数学力の指標とし、以後では「算数学力の偏差値」としている。

2.3. 分析方法

第1に、算数学力とジェンダー以外の使用変数の構造ならびに妥当性を検討するために、算数に対する自己概念、算数の楽しさ、授業方法、教師の熱意については探索的因子分析（最尤法・プロマックス回転）を実施した上で、信頼性係数 ω を算出し、社会経済的地位については主成分分析を実施した。探索的因子分析において、因子数と項目の削除基準は以下のように定めた。因子数は、堀（2005）の推奨に基づき、MAP基準による因子数を最小、対角SMC平行分析による因子数を最大とした上で、最大の因子数から順次因子を減らし、解釈可能性が担保される因子数を採用した。項目の削除基準は、因子負荷量0.350未満と共通性0.160未満をカットオフ値とした。

第2に、全ての使用変数について記述統計量（平均と標準偏差）を求めた。児童レベル変数については、当該変数の学級間のばらつき具合を確認するために、

表 1 算数に対する自己概念尺度における対角 SMC 平行分析と MAP の結果

因子数		1	2	3	4	5
固有値	実データ	4.500	1.164	0.809	0.607	0.481
	擬似データ	1.077	1.053	1.033	1.018	0.997
MAP		0.042	0.050	0.074	0.118	0.197

表 2 算数に対する自己概念尺度における探索的因子分析の結果

項目	I	h^2
I 算数に対する否定的自己概念 ($\omega = .874$)		
わたしは算数が苦手だ	0.835	0.303
わたしには、算数はほかの教科よりもむずかしい	0.721	0.509
わたしは算数のむずかしい問題をとくのが得意だ	-0.706	0.502
先生はわたしに算数がよくできると言ってくれる	0.701	0.872
算数でならうことはすぐにわかる	-0.644	0.585
算数の成績はいつもよい	-0.663	0.560
わたしは、クラスの友達よりも算数をむずかしいと感じる	0.631	0.602
算数はわたしをイライラさせる	0.612	0.626
算数はわたしをこまらせる	-0.358	0.481
寄与率	0.620	

級内相関係数 ICC を算出した。そして、尾崎ほか(2018)の推奨に従い、ICC が 0.050 以上の変数は、学級レベル変数としての効果も検討することにした。なお、男子ダミーと社会経済的地位、算数学力の偏差値以外の変数の尺度得点は、尺度ごとの加算平均を、社会経済的地位の尺度得点は、第 1 主成分の得点を正負逆転したものを用いている。

第 3 に、仮説 1 から 6 を検討するために、マルチレベル構造方程式モデリング(制限付き最尤法)を行った。ここでは、児童レベルのサンプルサイズが 1000 を超えることを踏まえて、有意水準は児童レベルを 1%、学級レベルを 10% とした。

なお、分析にあたって、R のパッケージ survey と EdSurvey, Wang (2020) の方法に基づくサンプリング・ウェイトの調整を行なった。

3. 結果と考察

3.1. 使用変数の構造ならびに妥当性の検討

第 1 に、算数に対する自己概念尺度についてである。対角 SMC 平行分析と MAP 推定値の結果を表 1 に記した。対角 SMC について、因子数が 3 のときに実データの固有値が擬似データの固有値を下回ったため、最大の因子数は 2 と判断できた。MAP に関して、因子数が 1 のときに最小となったため、最小の因子数は 1 と判断できた。そこで、2 因子解から順に解釈可能性を検討したところ、2 因子解では単純構造を示さなかったため、1 因子解を採用した。

1 因子解における探索的因子分析の結果を表 2 に記した。第 1 因子は、「わたしは算数が苦手だ」など否定的な自己概念が正の高い負荷量、「わたしは算数の

表3 算数の楽しさ尺度における対角 SMC 平行分析と MAP の結果

因子数		1	2	3	4	5
固有値	実データ	5.921	0.890	0.510	0.387	0.366
	擬似データ	1.075	1.049	1.035	1.013	0.998
MAP		0.032	0.050	0.084	0.172	0.189

表4 算数の楽しさ尺度における探索的因子分析の結果

項目	I	h^2
I 算数の楽しさ ($\omega = .933$)		
わたしは、算数が好きだ	0.922	0.849
算数の勉強は楽しい	0.872	0.761
算数の授業が楽しみだ	0.868	0.754
わたしは算数の問題をとくのが好きだ	0.847	0.718
算数はわたしの好きな教科の一つだ	0.841	0.707
わたしは数字に関する学校の勉強はどれも好きだ	0.785	0.616
算数でおもしろいことをたくさん勉強している	0.702	0.493
算数はたいくつだ	-0.640	0.409
算数の勉強をしなくてもよければいいのと思う	-0.525	0.276
寄与率	0.620	

表5 授業方法尺度における対角 SMC 平行分析と MAP の結果

因子数		1	2	3	4	5
固有値	実データ	2.474	1.305	1.213	0.813	0.806
	擬似データ	1.294	1.174	1.091	1.021	0.974
MAP		0.049	0.063	0.095	0.181	0.317

むずかしい問題をとくのが得意だ」など肯定的な自己概念が負の高い負荷量を示したため、「算数に対する否定的自己概念」と命名した。負の負荷量を示した項目を逆転処理した上で、 ω 係数を求めたところ、 $\omega = .874$ であり、高い内的整合性が確認された。

第2に、算数の楽しさ尺度についてである。対角 SMC 平行分析と MAP 推定値の結果を表3に記した。対角 SMC について、因子数が2のときに実データの固有値が擬似データの固有値を下回ったため、最大の因子数は1と判断できた。MAP に関して、因子数が1のときに最小となったため、最小の因子数は1と判断できた。そこで、1因子解を採用した。

1因子解における探索的因子分析の結果を表4に記した。第1因子は、「わたしは、算数が好きだ」など算数の楽しさに関わる項目が正の高い負荷量、「算数はたいくつだ」など算数への否定的な感情に関わる項目が負の高い負荷量を示したため、「算数の楽しさ」と命名した。負の負荷量を示した項目を逆転処理した上で、 ω 係数を求めたところ、 $\omega = .933$ であり、高い内的整合性が確認された。

第3に、授業方法尺度についてである。対角 SMC 平行分析と MAP 推定値の結果を表5に記した。対角 SMC について、因子数が4のときに実データの

表 6 授業方法尺度における探索的因子分析の結果

項目	I	II	h^2
I 知識習得型授業 ($\omega = .802$)			
教師の問題の解き方の説明を聞く	1.027	-0.114	0.995
教師の新しい算数の内容の説明を聞く	0.677	0.004	0.461
公式や解き方を覚える	0.578	0.117	0.390
II 問題演習型授業 ($\omega = .603$)			
解き方を自分自身で練習する	-0.127	1.030	0.995
既に習ったことを自分自身で新しい問題の状況に適用する	0.071	0.401	0.184
寄与率	0.374	0.250	
因子間相関	0.311		

注: 削除した項目は, 「教師の指示に従って学級全体で問題に取り組む」, 「能力が混じったグループ内で勉強する」, 「能力が同じグループ内で勉強する」であった。

表 7 教師の熱意尺度における対角 SMC 平行分析と MAP の結果

因子数		1	2	3	4	5
固有値	実データ	3.654	0.426	0.400	0.302	0.219
	擬似データ	1.186	1.079	1.002	0.920	0.813
MAP		0.072	0.221	0.385	1.000	—

表 8 教師の熱意尺度における探索的因子分析の結果

項目	I	h^2
I 教師の熱意 ($\omega = .908$)		
この仕事は私をやる気にさせる	0.885	0.217
私は自分の仕事に熱中している	0.837	0.300
私は自分の仕事に多くの意味や目的を見いだしている	0.827	0.316
私は教師という職業に満足している	0.816	0.335
私は自分のする仕事に誇りを持っている	0.777	0.397
寄与率	0.687	

固有値が擬似データの固有値を下回ったため, 最大の因子数は 3 と判断できた。MAP に関して, 因子数が 1 のときに最小となったため, 最小の因子数は 1 と判断できた。そこで, 3 因子解から順に解釈可能性を検討したところ, 3 因子解では項目を削除しても単純構造を示さなかったが, 2 因子では基準を満たさなかった 3 項目を削除したところ単純構造を示した。そこで, 本研究では, 2 因子解を採用した。

2 因子解における探索的因子分析の結果を表 6 に記した。第 1 因子は, 「教師の問題の解き方の説明を聞く」, 「教師の新しい算数の内容の説明を聞く」, 「公式や解き方を覚える」という, 公式や解き方などの知識習得を重視した項目が高い負荷量を示したため, 「知識習得型授業」と命名した。第 2 因子は, 「解き方を自分自身で練習する」と「既に習ったことを自分自身で新しい問題の状況に適用する」という, 問題演習を重視した項目が高い負荷量を示したため, 「問題演習型授業」と命名した。 ω 係数を求めたところ, 知識習得型授業は $\omega = .802$, 問題演習型授業は $\omega = .603$ と一定程度の内的整合性が確認された。

表 9 主成分分析による社会経済的地位尺度の作成

項目	負荷量
コンピュータまたはタブレット	-0.392
蔵書数	-0.391
インターネット	-0.374
植物図かん	-0.340
算数についての本やパズル（教科書、辞書、問題集は入れないでください）	-0.322
電卓	-0.320
自分の勉強づくえ	-0.278
天体望遠鏡	-0.264
自分の部屋	-0.257
自分のけい帯電話	-0.136
	寄与率 0.214

表 10 本研究の使用尺度の記述統計量

	平均	標準偏差	ICC
児童レベル (N = 3471)			
算数に対する否定的自己概念	2.320	0.450	0.003
算数の楽しさ	2.998	0.723	0.070
男子ダミー	0.511	0.500	0.000
社会経済的地位	0.067	1.461	0.210
算数学力の偏差値	49.926	9.997	0.071
学級レベル (N = 147)			
知識習得型授業	3.298	0.582	—
問題演習型授業	3.541	0.482	—
教師の熱意	3.167	0.579	—

第 4 に、教師の熱意尺度についてである。対角 SMC 平行分析と MAP 推定値の結果を表 7 に記した。対角 SMC について、因子数が 2 のときに実データの固有値が擬似データの固有値を下回ったため、最大の因子数は 1 と判断できた。MAP に関して、因子数が 1 のときに最小となったため、最小の因子数は 1 と判断できた。そこで、1 因子解を採用した。

1 因子解における探索的因子分析の結果を表 8 に記した。第 1 因子は、全ての項目が高い正の負荷量を示したため、「教師の熱意」と命名した。 ω 係数を求めたところ、 $\omega = .908$ であり、高い内的整合性が確認された。

第 5 に、社会経済的地位尺度についてである。主成分分析の結果を表 9 に記した。第 1 主成分は、全ての項目の負荷量が負であったため、「社会経済的地位の低さ」と解釈できる。そこで、第 1 主成分の得点を正負逆転した値を社会経済的地位の得点として用いることにした。

3.2. 使用変数の記述統計量

本研究の使用変数の記述統計量を表 10 に記した。算数の楽しさと社会経済的地位、算数学力の偏差値の ICC は、カットオフ値 0.050 以上であったため、マルチレベル構造方程式モデリングにあたっては、学級レベルの効果も検討する。

また、平均に着目すると、主に以下2点の知見を提示できる。その1に、4件法の意味的中央値2.500よりも、算数の楽しさの平均は高く、算数に対する否定的自己概念の平均は低かったため、集団的な傾向として、日本の小学4年生は、算数に対して楽しさと有能感を抱いていることが示された。その2に、4件法の意味的中央値2.500よりも、知識習得型授業、問題演習型授業、教師の熱意全ての平均は高かったため、集団的な傾向として、日本の小学校4年生を担当する教師は、熱意があり、かつ知識習得型授業と問題演習型授業の両方を行っていることが示された。

さらに、ICCに着目すると、主に以下2点の知見を提示できる⁵⁾。その1に、算数の楽しさと算数学力の偏差値のICCは0.070程度であったため、算数の楽しさと算数学力の偏差値は児童の所属する学級の違いにより約7%説明できることが示された。その2に、算数に対する否定的自己概念のICCは0.003であったため、算数に対する否定的自己概念は児童の所属する学級の違いによりほとんど説明できないことが示された。

3.3. マルチレベル構造方程式モデリングによる算数学力の規定要因とその関連プロセスの検討

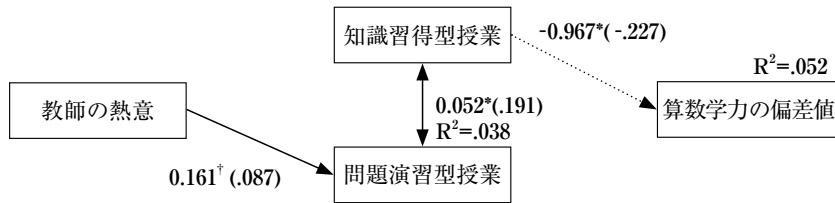
児童レベルと学級レベルそれぞれにおいて、有意水準を満たさなかったパスを削除しながら分析を行ったところ、最終的に図1の結果が得られた。図1のモデルの適合度指標は、CFI = 1.000, TLI = 1.000, RMSEA = .000, SRMR = .001 (児童レベル), .054 (学級レベル) と良好な値であった。また、図1より、社会経済的地位と男子ダミーは、算数の楽しさと算数に対する否定的自己概念を介して、算数学力の偏差値と関連する可能性が認められたため、これらの間接効果と総合効果の推定を行った。その結果を表11に示した。

以下では、まず、仮説1から6に関する結果を順に整理する。

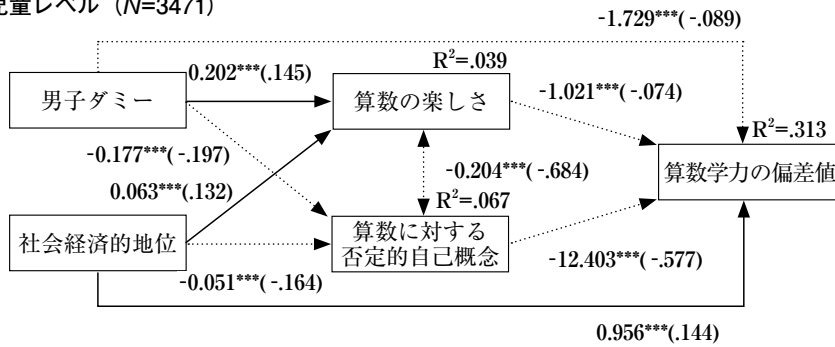
第1に、仮説1「算数に対する自己概念は、算数学力と直接的に正の関連を示す」についてである。図1の児童レベルの結果より、算数に対する否定的自己概念は算数学力の偏差値と負に関連することが示された。この結果は、算数に対する否定的自己概念が低い、つまり算数に対する自己概念が高い小学4年生ほど、算数学力は高いことを意味し、仮説1を支持する。社会経済的地位とジェンダーを統計的に統制していることを踏まえると、社会経済的地位とジェンダーに関わらず、算数学力を獲得・向上させる上で、児童が算数に対して有能感を抱くことができるように介入することが有効であると考えられる。

第2に、仮説2「算数の楽しさは、算数学力と直接的に正の関連を示す」についてである。図1の児童レベルの結果より、算数の楽しさは算数学力の偏差値と負に関連することが示された。この結果は、算数に楽しさを抱いている小学4

学級レベル (N=147)



児童レベル (N=3471)



***: $p < .001$, **: $p < .01$, *: $p < .05$, †: $p < .10$

注：実線のパスは有意な正の関連，破線のパスは有意な負の関連を示す。

注：パス係数の値は非標準化推定値（標準化推定値）を表す。

注：誤差変数は簡略化のため，省略した。

図1 マルチレベル構造方程式モデリングの結果

表11 男子ダミーと社会経済的地位が算数学力の偏差値に与える間接効果と総合効果の推定結果

	非標準化 推定値	標準化 推定値
間接効果		
男子ダミー→算数の楽しさ→算数学力の偏差値	-0.207**	-.011
男子ダミー→算数に対する否定的自己概念 →算数学力の偏差値	2.197***	.113
社会経済的地位→算数の楽しさ→算数学力の偏差値	-0.064**	-.010
社会経済的地位→算数に対する否定的自己概念 →算数学力の偏差値	0.627***	.095
総合効果		
男子ダミー→算数学力の偏差値	0.261	.013
社会経済的地位→算数学力の偏差値	1.518***	.229

***: $p < .001$, **: $p < .01$, *: $p < .05$, †: $p < .10$

年生ほど、算数学力は低いことを意味し、仮説 2 と相反するもので、興味深い知見である。Grigg et al. (2018) は、自己効力や自己概念などの有能さに関する情意変数を統計的に統制した上で、興味が数学の成績に及ぼす影響を検討すると、残る興味の効果は数学を探究しようとする動機づけを反映したものになるため、興味と数学の成績の間に有意な関連は認められないと指摘する。この Grigg et al. (2018) の指摘を援用すれば、本研究が検討した算数の楽しさは「授業では扱われない算数の内容を探究しようとする動機づけ」を反映したものであるため、授業で扱われる算数の学習を阻害し、その結果として算数学力と負の関連を示した可能性があるだろう。

第 3 に、仮説 3「学習者の認知や動機づけを促すことを志向した授業方法は算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示す」についてである。図 1 の学級レベルの結果より、知識習得型授業は算数学力の偏差値と負に関連することが示された。この結果は、教師が算数の知識習得を重視した授業を多く行っている学級の小学 4 年生ほど、算数学力は低いことを意味し、仮説 3 と相反する。この結果の背景として、我が国の小学 4 年生にとって、知識習得のみを重視する授業だけでは、認知や動機づけを促すことはできず、否むしろ阻害してしまうため、算数学力と負に関連した可能性があるだろう。また、問題演習型授業と算数学力の偏差値の間に有意な関連は認められなかったことも、仮説 3 とは相反する。問題演習型授業の平均 + 標準偏差は 4 件法の最大値を超えており、天井効果が生じたため、有意な関連が認められなかった可能性が指摘できよう。すなわち、ほとんど多くの教師が問題演習を重視した授業を行っているため、算数学力との関連はデータ上認められなかった、あるいは検討できなかった可能性がある。

第 4 に、仮説 4「教師の熱意は学習者の認知や動機づけを促すことを志向した授業方法を介して間接的に算数学力や自己概念、算数の楽しさと正の関連を示す」についてである。図 1 の学級レベルの結果より、教師の熱意は問題演習型授業とのみ正に関連することが示された。しかし、教師の熱意は、学級レベルで検討した算数の楽しさや算数学力の偏差値と有意な関連を示さなかったため、仮説 4 はほとんど支持されなかったといえる。教師の熱意は、学習者に伝染することが指摘されてきた（鹿毛，2013）が、我が国の算数教育において、現状そのような傾向はないのかもしれない。

第 5 に、仮説 5「社会経済的地位は算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示す」についてである。図 1 の児童レベルの結果より、社会経済的地位は算数の楽しさと算数学力の偏差値と正に関連し、算数に対する否定的自己概念とは負に関連することが示された。また、表 11 の結果より、社会経済的地位は算数学力の偏差値に対して、算数に対

する否定的自己概念を介した正の間接効果、ならびに算数の興味を介した負の間接効果を及ぼすものの、直接効果を含めた総合効果は正であることが示された。これらの結果は、社会経済的地位が高い小学4年生ほど、算数に対する自己概念と算数の楽しさ、ひいては算数学力が高いことを意味し、仮説5を支持する。

第6に、仮説6「ジェンダーが男子であることは算数に対する自己概念と算数の楽しさを介して間接的に、また直接的に算数学力と正の関連を示す」についてである。図1の児童レベルの結果より、男子ダミーは算数の楽しさと正に関連し、算数に対する否定的自己概念と算数学力の偏差値とは負に関連することが示された。ただし、表11より、男子ダミーは算数学力の偏差値に対して、算数に対する否定的自己概念を介した正の間接効果を及ぼすものの、算数の興味を介した負の間接効果を同時に及ぼすため、男子ダミーと算数学力の偏差値の関連における総合効果は有意ではなかった。これら結果は、小学4年生において、男子の方が算数に対する自己概念と算数の楽しさは高いものの、算数学力にはジェンダー差が現状では認められないことを意味し、仮説6を部分的に支持する。

仮説5と6に係る知見を踏まえると、我が国の小学4年生において、算数学力には社会経済的地位による格差が、算数の情意には社会経済的地位とジェンダーによる格差があることが示唆される。このことは、学術のみならず教育政策の立案という観点においても高い意義を有するだろう。

以上を踏まえると、本研究の使用変数の範疇においては、算数学力の直接的な規定要因は算数に対する自己概念、算数の楽しさ、知識習得型授業、社会経済的地位、ジェンダーであり、これらの関連プロセスとして、社会経済的地位が高いと、あるいはジェンダーが男子であると、算数に対する自己概念を高く算数学力も高いこと、および算数の興味は高いものの算数学力は低いことが示された。なお、ジェンダーと算数学力には直接のおよび間接的な関連が認められたものの、これらを総合的に見ると、ジェンダーと算数学力は関連しないことが示された。

では、本研究の結果から、算数学力にとりわけ寄与する要因は何であると言えるか。図1と表11の総合効果の標準化推定値から、算数学力の偏差値に最も寄与するのは、算数に対する否定的自己概念($\beta = -.577$)であり、その寄与の大きさは、社会経済的地位(総合効果: $\beta = .229$)や知識習得型授業($\beta = -.227$)の2倍以上であった。また、算数学力の偏差値に対する標準化推定値は、社会経済的地位(総合効果: $\beta = .229$)と知識習得型授業($\beta = -.227$)では、その絶対値がほぼ同程度であった。ゆえに、本研究の使用変数の範疇においては、社会要因や教師要因よりも情意要因が算数学力に寄与したこと、ならびに社会要因と教師要因は同程度に算数学力に寄与したことを指摘できよう。そして、この前者の指摘に基づけば、算数学力の獲得・向上を大きく左右するのは、児童の情意であり、授業方法などの「小学校教師にできること」の効果は限定的であると判

断せざるを得ないだろう。さらに、後者の指摘に基づけば、算数学力の獲得・向上には、「どのような環境で生まれるか、あるいは育つのか」は「小学校教師にできること」と同程度の効果を有し、重要な規定要因であると言わざるを得ないだろう。

4. まとめ

以上、本研究では、TIMSS2019における日本の小学4年生データを2次分析し、算数学力とその規定要因、とりわけ情意要因（算数に対する自己概念・算数の楽しさ）、教師要因（授業方法・教師の熱意）、社会要因（社会経済的地位・ジェンダー）の関連プロセスを検討した。その結果、算数学力の直接的な規定要因は算数に対する自己概念、算数の楽しさ、知識習得型授業、社会経済的地位、ジェンダーであり、これらの関連プロセスとして、社会経済的地位が高いと、あるいはジェンダーが男子であると、算数に対する自己概念を高く算数学力も高いこと、および算数の興味は高いものの算数学力は低いことが示された。なお、ジェンダーと算数学力には直接および間接的な関連が認められたものの、これらを総合的に見ると、ジェンダーと算数学力は関連しないことが示された。

本稿の締めくくりに、本研究の課題として、次の2点を示す。

第1に、TIMSS2019は1時点の横断調査であるため、独立変数が従属変数よりも時間的に先行しているという因果関係の必要条件を満たしておらず、厳密な因果関係までを言及できないことである。今後は、本研究の使用変数をパネル調査にて収集し、交差遅延効果モデルなどでの検証が望まれる。

第2に、本研究で着目した情意要因、教師要因、社会要因の変数は少数であるため、他の変数を使用した場合に類似した知見が得られるのか定かではない。今後は、それぞれの要因について、より多くの変数を測定することが望まれる。

注

- 1) 本稿では、小学生を対象とした研究では「算数」、小学生だけではなく中学生や高校生なども対象とした研究では「数学」と表記している。
- 2) 確かに、「客観テストでは測定しにくい、批判的思考力や問題追求能力、非認知能力、ひいては自律的な学習動機づけや興味など」も「算数学力」に加えるべきだという異論も想定される。しかし、「学力とは何か」という問いをめぐる学力論争は長年に渡り展開されてきたものの、「学力」の意味や定義は一致を見ることなく、万人が納得する「学力」の意味や定義を提示することは不可能である（須藤，2013）。そこで、本研究では、算数学力として確かな習熟が求められている知識や技能（例えば、文部科学省，2017）

- に焦点を当て、「算数学力」を「知識や技能などペーパーテストで測定された点数」と定めたのである。決して、「知識や技能などペーパーテストで測定された点数」以外の要素が「算数学力」として重要ではない、あるいは軽視してもよいと主張しているわけではないことに注意されたい。
- 3) 北條（2011）では、蔵書数や所有物などが「家庭要因」とラベリングされているが、これらは社会経済的地位の指標（石井ほか，2019）に含まれる。
 - 4) データは、<https://timss2019.org/international-database/> より入手した。
 - 5) 社会経済的地位の ICC は 0.210 と他の変数よりも高水準であったが、この背景として、児童の所属する学級をネストする学校や地域の違い（人口や経済など）による影響が大きかった可能性があげられる。

参考文献

- Desoete, A., Baten, E., Vercaemst, V., De Busschere, A., Baudonck, M., & Vanhaeke, J. (2019) Metacognition and motivation as predictors for mathematics performance of Belgian elementary school children. *ZDM*, 51, 667-677.
- Dignath, C., & Büttner, G. (2008). Components of Fostering Self-Regulated Learning among Students. A Meta-Analysis on Intervention Studies at Primary and Secondary School Level. *Metacognition and Learning*, 3, 231-264.
- Fennema, E., & Sherman, J. (1977) Sex-related differences in mathematics achievement, spatial visualization and affective factors. *American Educational Research Journal*, 14(1), 51-71.
- Grigg, S., Perera, H. N., McIlveen, P., & Svetleff, Z. (2018) Relations among math self efficacy, interest, intentions, and achievement: A social cognitive perspective. *Contemporary Educational Psychology*, 53, 73-86.
- 北條雅一（2011）学力の決定要因—経済学の視点から—。日本労働研究雑誌，53(9)，16-27。
- 堀啓造（2005）因子分析における因子数決定法—平行分析を中心にして—。香川大学経済論叢，77(4)，545-580。
- 伊佐夏実，知念渉（2014）理系科目における学力と意欲のジェンダー差。日本労働研究雑誌，56(7)，84-93。
- 石井僚，村山航，福住紀明，石川信一，大谷和大，榊美知子，鈴木高志，田中あゆみ（2019）家庭の所有物を用いた中学生用簡易版社会経済的地位代替指標の作成。心理学研究，90(5)，493-502。
- 鹿毛雅治（2013）学習意欲の理論—動機づけの教育心理学—。金子書房。
- 国立教育政策研究所（2021）TIMSS2019 算数・数学教育／理科教育の国際比較—国際数学・理科教育動向調査の2019年調査報告書—。明石書店。
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013)

- Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805-820.
- Li, H., Liu, J., Zhang, D., & Liu, H. (2021) Examining the relationships between cognitive activation, self-efficacy, socioeconomic status, and achievement in mathematics: A multi-level analysis. *The British journal of educational psychology*, 91(1), 101-126.
- Marsh, H. W. (1990) The structure of academic self-concept: The Marsh/Shavelson model. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 623-636.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005) Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: reciprocal effects models of causal ordering. *Child development*, 76(2), 397-416.
- 松沼光泰 (2004) テスト不安, 自己効力感, 自己調整学習及びテストパフォーマンスの関連性—小学4年生と算数のテストを対象として—. *教育心理学研究*, 52(4), 426-436.
- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 算数編.
- 中西啓喜 (2017) 学力格差拡大の社会学的研究—小中学生への追跡の学力調査結果が示すもの—. 東信堂.
- National Center for Education Statistics (2012) Improving the measurement of socioeconomic status for the national assessment of educational progress: A theoretical foundation. National Center for Education Statistics.
- 尾崎幸謙, 川端一光, 山田剛史 (2018) R で学ぶマルチレベルモデル [入門編] —基本モデルの考え方と分析—. 朝倉書店.
- Pekrun, R. (2006) The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315-341.
- Schukajlow, S., & Rakoczy, K. (2016) The power of emotions: Can enjoyment and boredom explain the impact of individual preconditions and teaching methods on interest and performance in mathematics? *Learning and Instruction*, 44, 117-127.
- Schukajlow, S., Rakoczy, K. & Pekrun, R. (2017) Emotions and motivation in mathematics education: Theoretical considerations and empirical contributions. *ZDM*, 49, 307-322.
- 清水紀宏 (1996) 数学的問題解決における方略的能力に関する研究 (V)—問題解決能力に対する方略的能力の寄与率の実証的検討—. *数学教育学研究*, 2, 59-68.
- 須藤康介 (2013) 学校のエデュケーション効果と階層—中学生の理数系学力の計量分析—. 東洋館出版.
- Wang, Z. (2020) When large-scale assessments meet data science: The big-fish-little-pond effect in fourth- and eighth-grade mathematics across nations. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 579545.