

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：32616

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K20210

研究課題名（和文）教師の支援が数学的問題解決の要因と関連プロセスに与える影響の解明

研究課題名（英文）Investigating the impact of teacher support on the factors and related processes of mathematical problem-solving

研究代表者

清水 優菜（Shimizu, Yuno）

国土館大学・文学部・講師

研究者番号：40910237

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、数学教師の支援を測定できる質問紙尺度の開発、および数学教師の支援が数学的問題解決の要因と関連プロセスに与える影響を解明することであった。高校生を対象としたWEB調査から、次の2点の成果を得た。第一に、一定程度の妥当性を有する「動機づけ支援」「思考支援」「協働学習支援」「授業風土支援」「ICTの活用」の5下位尺度30項目からなる数学教師の支援尺度を開発できた。第二に、数学教師の支援の中でも、動機づけ支援と思考支援が、生徒の数学学習への積極的な取り組みと肯定的な感情、認知的な参加を促すことで、数学的問題解決ができるようになること、ひいては数学学力が向上・改善することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的および社会的意義は、次の2点である。第一に、数学教師の支援を測定できる質問紙尺度を開発できたことから、多くの教師に共通する支援の測定、ならびに測定に掛かる時間やコストの大幅な削減が可能となったことである。第二に、数学的問題解決の要因と関連プロセスに寄与する数学教師の支援を解明でき、どのような支援が望ましいのかを提示することができたことである。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the study was to develop a questionnaire scale that could measure mathematics teachers' support and elucidate the impact of mathematics teacher support on the factors and related processes of mathematical problem-solving. The following two results were obtained from a web-based survey of high school students. First, I developed a mathematics teacher support scale comprising 30 items from five subscales with a certain degree of validity: 'motivational support', 'thinking support', 'collaborative learning support', 'classroom climate support' and 'use of ICT'. Second, among the mathematics teachers' support, the results suggest that 'motivational support' and 'thinking support' encourage students' positive engagement, positive affect and cognitive participation in mathematics learning, which leads to their ability to solve mathematical problems and, in turn, to the improvement and enhancement of their mathematics academic performance.

研究分野：教育学

キーワード：数学教師の支援 数学的問題解決

1. 研究開始当初の背景

数学の概念や知識を用いて解という目標に到達する「数学的問題解決」は AI のみならず科学技術の基盤である。それゆえ、Society5.0 という新時代の実現に向けて、生徒に数学的問題解決を促すことの重要性がより一層高まっている（例えば、文部科学省, 2018）。

では、数学的問題解決を説明する要因は何か。Mayer (1998) や Batchelor et al. (2019) は、数学的問題解決の説明要因として数学の知識や学習の取り組みだけでは不十分であり、学習動機づけなどの情意に焦点を当てる必要性を指摘した。そうした中で、筆者の研究により、次の 2 点が解明されつつある（例えば、清水, 2020）。

- 学習動機づけは学習の取り組みを媒介して、数学的問題解決に影響を与えること
- とくに、学習内容の習得を志向した学習目標や問題解決に対する自己効力、数学への不安が学習の取り組み、そして数学的問題解決に影響すること

数学的問題解決の要因や関連プロセスを解明した研究は、数学的問題解決の促進に向けて焦点を当てるべき変数を示唆するものの、具体かつ詳細な支援のあり方を明示しない。ゆえに、これまでの研究で示された数学的問題解決の要因や関連プロセスに対して、どのような数学教師の支援が影響を与えるのかを明らかにする必要がある。

教師の支援が数学的問題解決の要因と関連プロセスに与える影響について、申請者の知る限り我が国では目立った研究は見当たらない。欧米では実証研究（e.g., Yildirim, 2012）が数学教育学と教育心理学において行われている。しかし、これらの研究では、教師の支援の対象が生徒個人あるいはクラス全体のどちらか一方のみに焦点を当てており、教育実践における数学教師の支援を詳細に捉えきれていない現状にある。さらに、教師の支援の様相には文化差が指摘されており（e.g., Federici & Skaalvik, 2014）、欧米の研究で使用されている尺度が日本において適用可能なものかは定かではない。また、教師の支援については、自己決定理論（e.g., Deci & Ryan, 1987）やソーシャルサポート（e.g., Wentzel, 2016）の文脈においても研究が行われているが、これらの研究は、特定の教科ではなく学業全般における教師の支援に焦点を当てているため、数学教師特有の支援を検討していない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下 2 点である。

- 数学教師の支援を測定できる質問紙尺度（以下、数学教師の支援尺度）を開発すること
- 数学教師の支援が数学的問題解決の要因と関連プロセスに与える影響を検証すること

3. 研究の方法

(1) 数学教師の支援尺度項目原案作成に向けた予備調査

数学教師の支援尺度項目原案作成に向けた予備調査として、次の 2 つの調査研究を実施した。第一に、日常的に数学教師が行なっている具体的な支援を把握するために、高校 1～3 年生 150 名を対象とした WEB 調査を実施した。第二に、数学教師の支援を測定している PISA ならびに TIMSS 調査のデータを二次分析し、既存の研究で得られている数学教師の支援尺度の構造と妥当性を検討した。この既存の尺度については、本研究が開発を企図している数学教師の支援尺度の妥当性を検討する上で、外的変数として使用するものであった。

(2) 全国の高校生を対象とした本調査

数学教師の支援尺度の開発、ならびに数学教師の支援が数学的問題解決の要因と関連プロセスに与える影響を検討するために、全国の高校 1～3 年生を対象とした WEB 調査を実施した。調査項目は、以下の通りであった。

- 属性：性別、家庭の所有物、両親の学歴
- 数学教師の支援尺度原案（予備調査をもとに作成した 63 項目）
- 数学教師の支援尺度の外的変数：認知的活性化尺度（8 項目：OECD, 2014）、数学教師の教育方法尺度（5 項目：清水, 2024）、自律性支援尺度（7 項目：三和・外山, 2021）
- 数学的問題解決の要因に関する変数：数学不安尺度（8 項目：Shimizu, 2022）、学習エンゲージメント尺度（16 項目：Reeve & Tseng, 2011）
- 数学的問題解決に関する変数：数学に関する学業水準の知覚尺度（3 項目：鈴木・武藤, 2013）

4. 研究成果

(1) 数学教師の支援尺度の開発

数学教師の支援尺度原案 43 項目について、探索的因子分析（ミンレス法・オブリミン回転）を行なったところ、5 因子解 30 項目にて単純構造が得られた（表 1）。第 1 因子は、「先生は、数学と日常生活や科学技術を結びつけて説明してくれる」や「先生は、日常生活と関連した数学の問題を出してくれる」など、生徒の動機づけを高めようとする項目が高い負荷量を示したため、「動機づけ支援」と命名した。第 2 因子は、「先生は、公式や定理の導き方を教えてくれる」や「先生は、いろいろな解き方がある問題を出してくれる」など、生徒の数学的思考を高めようと

表1 数学教師の支援尺度の探索的因子分析の結果

設問	I	II	III	IV	V	h ²
I 動機づけ支援						
先生は、数学と日常生活や科学技術を結びつけて説明してくれる	0.876	-0.059	0.058	-0.033	0.052	0.816
先生は、日常生活と関連した数学の問題を出してくれる	0.820	-0.004	0.115	-0.052	0.009	0.777
先生は、数学と関連するニュースがあれば教えてくれる	0.795	0.018	0.075	-0.116	0.035	0.682
先生は、数学が日常生活でどのように役立つか教えてくれる	0.781	-0.034	0.043	0.085	0.027	0.731
先生は、数学が希望の進路と実現するのに重要だと教えてくれる	0.627	0.221	-0.073	0.050	0.045	0.586
先生は、数学の面白さを教えてくれる	0.578	0.179	-0.032	0.225	0.009	0.661
先生は、数学が入試や就職に必要なだと教えてくれる	0.531	0.204	-0.124	0.199	0.051	0.543
先生は、私たちが楽しめるような活動を設けている	0.524	-0.007	0.157	0.226	0.086	0.691
先生は、どのように勉強を進めるといいかアドバイスしてくれる	0.445	0.064	0.036	0.358	0.063	0.635
II 思考支援						
先生は、公式や定理の導き方を教えてくれる	-0.078	0.883	0.020	-0.049	-0.013	0.681
先生は、いろいろな解き方がある問題を出してくれる	0.116	0.845	0.047	-0.110	-0.033	0.726
先生は、いろいろな問題の解き方を教えてくれる	0.024	0.789	0.016	0.009	-0.011	0.650
先生は、公式や定理の証明を説明してくれる	-0.027	0.732	-0.032	0.081	0.089	0.645
先生は、難しい問題を解くためのヒントを出してくれる	-0.037	0.697	-0.021	0.136	0.124	0.679
先生は、解き方を自分たちで考えるようにしてくれる	-0.051	0.558	0.162	0.071	0.084	0.505
先生は、類似問題を提示してくれる	0.156	0.516	0.018	0.166	0.055	0.580
先生は、公式や定理の具体的なイメージを教えてくれる	0.163	0.494	0.085	0.217	0.004	0.627
先生は、新しい内容を勉強するとき、前の内容とのつながりを説明してくれる	0.209	0.464	0.026	0.170	0.074	0.595
III 協働学習支援						
先生は、グループで話し合う時間をくれる	0.072	-0.006	0.887	-0.018	-0.016	0.844
先生は、グループで問題を解く時間をくれる	0.040	-0.036	0.839	0.062	0.005	0.778
先生は、グループで考える時間をくれる	0.000	0.187	0.645	-0.115	0.154	0.639
先生は、生徒同士で教え合う時間をくれる	0.002	0.066	0.621	0.218	0.077	0.681
IV 授業風土支援						
先生は、私たちに寄り添って授業してくれる	0.046	0.142	0.172	0.603	0.062	0.718
先生は、私たちの目線に立って授業してくれる	0.154	0.100	0.167	0.557	0.059	0.712
先生は、質問しやすいように教室を巡回している	-0.013	0.096	0.267	0.463	0.112	0.553
先生は、授業でわからないことがあったか聞いてくれる	0.189	0.083	0.073	0.457	0.142	0.575
先生は、勉強するときに大切なところを教えてくれる	0.170	0.200	0.063	0.438	0.114	0.621
V ICTの活用						
先生は、ICT機器・教材を使って、新しい内容を教えてくれる	0.093	-0.086	0.026	-0.050	0.886	0.798
先生は、ICT機器・教材を使って、考える時間をくれる	-0.007	0.108	0.031	-0.082	0.804	0.718
先生は、練習問題をプリントやICT機器・教材で提示してくれる	-0.074	0.017	-0.029	0.144	0.768	0.623

する項目が高い負荷量を示したため、「思考支援」と命名した。第3因子は、「先生は、グループで話し合う時間をくれる」など、協働学習を促す項目が高い負荷量を示したため、「協働学習支

援」と命名した。第4因子は、「先生は、私たちに寄り添って授業してくれる」や「先生は、質問しやすいように教室を巡回している」など、授業風土を良好にしようとする項目が高い負荷量を示したため、「授業風土支援」と命名した。第5因子は、「先生は、ICT機器・教材を使って、新しい内容を教えてくれる」など、ICTを用いた支援に関する項目が高い負荷量を示したため、「ICTの活用」と命名した。

「動機づけ支援」9項目、「思考支援」9項目、「協働学習支援」4項目、「授業風土支援」5項目、「ICTの活用」3項目の妥当性を検討するために、 α 係数、CR、AVE、因子間相関を求めたところ、いずれの指標も十分な値を示したため、本尺度は一定程度の内的整合性、収束的妥当性、弁別的妥当性を有することが確認された。また、外的変数の相関係数を算出したところ、いずれも中程度から大きい正の相関関係が認められ、一定程度の基準関連妥当性も確認された。

以上から、本研究は、一定程度の妥当性を有する「動機づけ支援」「思考支援」「協働学習支援」「授業風土支援」「ICTの活用」の5下位尺度30項目からなる数学教師の支援尺度を開発することできた。

(2) 数学教師の支援が数学的問題解決の要因と関連プロセスに与える影響

数学教師の支援が数学的問題解決の要因と関連プロセスに与える影響を検討するために、パス解析を行った(表2)。モデルの適合度指標は、CFI=0.980、TLI=0.898、RMSEA=0.101、SRMR=0.066と良好な値であった。本分析により得られた主たる知見を整理すると、次の3点となる。

第一に、数学教師から動機づけ支援を受けていると自覚している生徒ほど、数学評価不安が低く、かつ数学学習に対して感情的および認知的にコミットすることで、数学の学業水準が高いと感じている傾向にあることが示された。よって、数学と日常生活や科学技術を結びつけて説明することや数学の面白さを教えてくれるなど、数学教師から動機づけ支援が行われることにより、生徒の数学評価不安が低減し、数学学習への肯定的な感情と認知的な参加が促されることで、数学的問題解決ができるようになる可能性が示唆された。

第二に、数学教師から思考支援を受けていると自覚している生徒ほど、数学学習に対して行動的、感情的、認知的にコミットすることで、数学の学業水準が高いと感じている傾向にあることが示された。よって、公式や定理の導き方を教えてくれることやいろいろな解き方のある問題を出してくれるなど、数学教師から思考支援が行われることにより、生徒の数学学習への積極的な取り組みと肯定的な感情、認知的な参加が促されることで、数学的問題解決ができるようになる可能性が示唆された。他方、数学教師から思考支援を受けていると自覚している生徒ほど、数学評価不安は高い傾向にあることから、数学教師からの動機づけ支援を統制した場合、思考支援は数学評価不安を惹起する可能性が示唆された。以上の知見を鑑みると、数学教師は思考支援だけでなく動機づけ支援も行わなければ、数学不安という、数学学習ならびにその成果に非適応的な情意を惹起しかねないことに留意する必要がある。

第三に、数学教師から授業風土支援を受けていると自覚している生徒ほど、数学学習に対して行動的にコミットしている傾向にあることが示された。よって、質問しやすいように教室を巡回することや授業でわからないことがあったかを聞いてくれるなど、授業風土を良くするような支援をすることにより、生徒の数学学習への積極的な取り組みが促される可能性が示唆された。

(3) 今後の展望

本研究の今後の展望として、次の2点に取り組む予定である。

第一に、生徒の属性により、数学教師の支援の実態と機能が異なるのかを検討することである。筆者の博士論文において、数学教師の指導法は生徒の経済社会文化的背景により異なることが示されており、本研究が開発した尺度においても同様の知見が得られる可能性がある。ジェンダーや経済社会文化的背景という、生徒自身ではどうすることもできない属性により、数学教師の支援の実態や機能が異なる、とりわけ、これらの属性が「有利」な生徒にのみ数学教師の支援が効用をもつのであれば、「公正性」の観点から、その是正が求められよう。

第二に、数学教師の支援の実態として、どのような支援を複合的に行っているのかを解明し、その機能を検討することである。本研究では、数学教師の支援の側面各々が個別的に数学的問題解決の要因と関連プロセスに影響を与えるのかを検討している。しかし、実際の数学教師は、これらの支援を複合的に行っていることも想定されるだろう。

参考文献

- Batchelor, S., Torbeyns, J., & Verschaffel, L. (2019). Affect and mathematics in young children: an introduction. *Educational Studies in Mathematics*, 100(3), 201-209.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1987). The support of autonomy and the control of behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53(6), 1024-1037.
- Federici, R. A., & Skaalvik, E. M. (2014). Students' perception of instrumental support and effort in mathematics: The mediating role of subjective task values. *Social Psychology of Education: An International Journal*, 17(3), 527-540.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving.

Instructional Science, 26(1-2), 49-63.

- 三和秀平, 外山美樹. (2021). 教師の教科指導学習動機は小学生の自律的な学習動機づけと関連するのか—自律性支援を媒介要因として—. 教育心理学研究, 69, 26-36.
- 文部科学省. (2018). 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説 数学編 理数編.
- OECD. (2014). Results: ready to learn: Students' engagement, drive and self-beliefs (Volume III). Paris, France: OECD Publishing.
- Reeve, J., & Tseng, C.-M. (2011). Agency as a fourth aspect of students' engagement during learning activities. Contemporary Educational Psychology, 36(4), 257-267.
- 清水優菜. (2020). 高校数学におけるベクトルの知識と達成目標, エンゲージメントの関連. 日本教育工学会論文誌, 43(4), 351-362.
- 清水優菜. (2024). 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 年生の 2 次分析を通して—. 国士館人文学, 14, 79-94.
- Shimizu, Y. (2022). Learning engagement as a moderator between self-efficacy, math anxiety, problem-solving strategy, and vector problem-solving performance. Psych, 4(4), 816-832.
- 鈴木雅之, 武藤世良. (2013). 平均的な学業水準との比較による学業的自己概念の形成—学業水準の高い高校に所属する生徒に焦点を当てて—. パーソナリティ研究, 21(3), 291-302.
- Wentzel, K. R. (2016). Teacher-student relationships. In Handbook of motivation at school (pp. 211-230). Routledge.
- Yildirim, S. (2012). Teacher support, motivation, learning strategy use, and achievement: A multilevel mediation model. Journal of Experimental Education, 80(2), 150-172.

表 2 パス解析の結果

従属変数	数学学習不安			数学評価不安		
	B	SEB	β	B	SEB	β
動機づけ支援	0.085	0.111	0.054	-0.570***	0.116	-0.319
思考支援	-0.079	0.115	-0.045	0.262*	0.127	0.129
協働学習支援	0.116	0.085	0.083	-0.009	0.094	-0.006
授業風土支援	-0.233	0.121	-0.145	0.154	0.125	0.084
ICT の活用	0.094	0.074	0.067	0.086	0.083	0.054
R ²	0.014			0.044		

従属変数	行動的 エンゲージメント			感情的 エンゲージメント			認知的 エンゲージメント		
	B	SEB	β	B	SEB	β	B	SEB	β
動機づけ支援	-0.025	0.127	-0.015	0.524***	0.138	0.263	0.572***	0.127	0.312
思考支援	0.691***	0.108	0.354	0.543***	0.122	0.241	0.330**	0.112	0.159
協働学習支援	-0.034	0.082	-0.022	-0.072	0.108	-0.040	0.036	0.097	0.022
授業風土支援	0.417**	0.123	0.235	0.247	0.138	0.121	0.114	0.124	0.060
ICT の活用	-0.07	0.07	-0.046	-0.096	0.082	-0.054	0.033	0.078	0.020
数学学習不安	0.071	0.057	0.064	-0.103	0.065	-0.081	0.026	0.06	0.022
数学評価不安	0.066	0.051	0.068	-0.083	0.054	-0.074	-0.086	0.051	-0.084
R ²	0.262			0.280			0.277		

従属変数	学校の学業水準			高校生内の学業水準			学校内の学業水準		
	B	SEB	β	B	SEB	β	B	SEB	β
数学学習不安	0.086	0.058	0.074	0.032	0.054	0.028	-0.126*	0.057	-0.106
数学評価不安	0.006	0.049	0.006	-0.121*	0.048	-0.121	-0.174**	0.051	-0.168
行動的エンゲージメント	0.065	0.061	0.061	0.029	0.059	0.027	0.012	0.054	0.011
感情的エンゲージメント	0.106	0.072	0.116	0.255***	0.068	0.282	0.271***	0.062	0.290
認知的エンゲージメント	0.210**	0.071	0.211	0.145*	0.070	0.148	0.180**	0.065	0.177
R ²	0.262			0.280			0.277		

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

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 清水優菜	4. 巻 14
2. 論文標題 算数学力の規定要因とその関連プロセスの検討ーTIMSS2019における日本の小学4年生の2次分析を通してー	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 国土館人文学	6. 最初と最後の頁 79-94
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------