

数学科における ICT を活用した 指導と評価の実践研究

～CBT を活用した学習評価の工夫・改善～

北海道教育大学附属函館中学校 有金 大輔, 櫻川 祥貴

1 はじめに

平成 29 年告示の新学習指導要領が小学校では 2020 年度、中学校では 2021 年度から全面実施され、高等学校では本年度の入学生から年次進行で実施されている。今回の改訂では、小・中・高等学校の教育を通じて育成すべき資質・能力の 3 つの柱に基づいた目標や内容の再整理を踏まえて、観点別学習状況の評価の観点についても、「知識・技能」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」の 3 観点に整理された。また、『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料』では、「指導と評価の一体化を図るためには、児童生徒一人一人の学習の成立を促すための評価という視点を一層重視し、教師自らの指導のねらいに応じて授業での児童生徒の学びを振り返り、学習や指導の改善に生かしていくことが大切である」⁽¹⁾と述べている。すなわち、これからの授業はどのように教えるかという視点を考えることと同時に、学習評価を意図的・計画的に位置付け、児童生徒の学習状況を的確に捉え、児童生徒が自らの学びを振り返ることができるようにすることをより重視して考える必要がある。

2 研究の経過

本校数学科では平成 29～30 年度に国立教育政策研究所の研究指定を受け、学習指導要領の趣旨を実現するための学習・指導方法及び評価方法の工夫改善に関する実践研究を行った。研究主題は「思考力・判断力・表現力等の育成を図るための具体的な授業の在り方と評価方法等の実践研究～数学的活動への取り組みを促し、新たな疑問や問いを導き出すための単元構成の工夫・改善～」である。この 2 年間の研究で、問いを生み出すための視点を明確にし、問題発見・解決の課程を意識した授業を展開することで、生徒の学習に臨む態度が養われ思考力・判断力・表現力等の育成に繋がることや単元の指導計画(図 1)の作成に当たり、「新たな疑問や問い」を生み出すための発問と視点を単位時間ごとに設定することで、問いを生み出す視点を意図的、計画的にもたせることができることなど成果が見られた。また単元を通じて 1 枚のワークシート(図 2)に「新たな疑問や問い」を蓄積させ、問いを生み出す視点も意識しながら、次の問いの発生に繋げることができた。令和 2～3 年度においてはそれら研究成果を基に ICT を活用することで、さらなる実践研究を行った。提示する単元計画の資料や「新たな疑問や問い」を蓄積するワークシートをデジタル化(図 3)することで、容易に振り返りを行うことができるようになった。さらに、「新たな疑問や問い」を蓄積するワークシートについては、1 枚のシートをクラス全員で共有する形式で作成することで、他の生徒の記述内容を参考にし、より価値の高い疑問や問いを生み出すことができるようになった。

時数	学習内容	学習目標	疑問や問いを導き出す手立て
1,2	相似な図形	相似な図形の性質や相似比の意味を理解することができる。	発問:「合同な図形と相似な図形の関連から言えそうなことは?」
3,4,5	三角形の相似条件	相似な三角形をかき、相似条件を見いだすことができる。	発問:「相似条件を利用したらどのような図形の性質が言えるだろうか?」

単元の指導計画の一部【図1】

Small Question sheet		2年	
<単元名> 第4章「平行と合同」			
No	日付	今後解決してみたい疑問や問い(解決できたものには区をかこう)	
1	10/9	99角形を三角形に分けるやり方は何通りあるのか。	<input type="checkbox"/>
2	10/9	その99角形によって分け方の種類には差があるのか。	<input type="checkbox"/>
3	10/12	対頂角、同位角、錯角以外に角の性質はあるのだろうか。	<input type="checkbox"/>
4		平行線に平行するための条件には、同位角が正しい	

疑問など蓄積するワークシート【図2】

R3 CQシート 数学科「新たな疑問や問い」			
氏名	氏名「 」	疑問数	325
解決数	254	解決率	
分類	NO	今後解決してみたい疑問や問い	
ひろげる	10	() がある式とない式の違いは	カッコ内を優先的に計算する
ひろげる	11	なぜカッコは外せるのか	() に1が隠されているため逆反ができる!
かえる	12	多項式は筆算ができるのか	できる。
かえる	13	カッコとカッコの間の符号が-でも分配法則がなりたつのか	成り立つ。マイナスが入って
かえる	14	除べきの順のように、符号を小さい順からおく理由は、見やすい以外あるのか。	その特徴を得られるから
ひろげる	15	xが分数の分母に及ぶ場合の答えや問題はありますか。また、その場合の計算方法はどのようなのか。	ある。また、連立方程式しか
まとめる	26	逆算とは	数字や文字をひっくり返す
その他	25	なぜ中学では帯分数を使わないのか。	数字の概念をわかりやすくす
かえる	27	どのような場合に左から順に計算するのか?	掛け算AND割り算だけか一つ

疑問など蓄積するワークシート(スプレッドシート)【図3】

3 本年度の研究

本校は2013年度より1人1台端末環境下でのICTを活用した教育を学校全体で実践している。数学科においてもICTを活用して日々授業実践を行っている。これまでの研究により意図的に疑問や問いの視点を与え続けることで、生徒自身が数学的な見方・考え方を働かせて疑問や問いを生み出し、自力解決できる力が育成できた。しかし、これまでの数学的活動の中で、学習の過程や成果を適切に評価することが課題であった。そこで本年度の数学科の研究は、これまでの指導方法を継続しつつ、1人1台端末環境下でのICTを活用した指導と学習評価の工夫・改善について実践研究を行うことと考えた。これまでのICTを活用した授業の方法を改善し、さらに「知識・技能」を見とるために活用してきたCBTをもっと効果的に活用する方法を実践したいと考え、以下の研究主題を設定した。

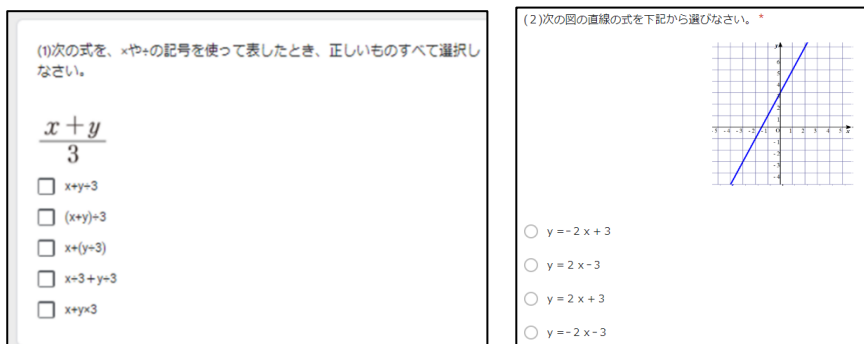
数学科におけるICTを活用した指導と評価の実践研究
～CBTを活用した学習評価の工夫・改善～

4 研究実践例

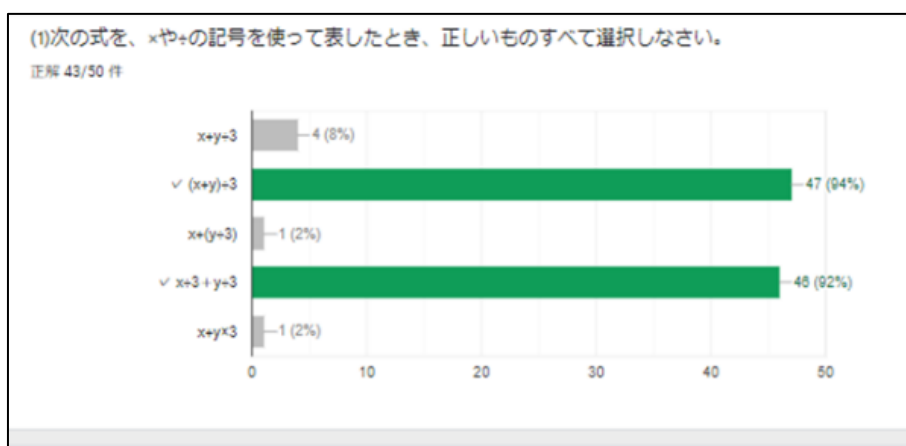
4.1 これまでのCBT活用

本校のこれまでのCBTの活用は、授業の冒頭に小テストや長期休業後のテストという形式で実施していた。(図4) CBTはPBT(紙でのテスト)と違い、採点が自動で行われ、瞬時に生徒へフィードバックすることを可能とする。さらにテストの結果が教師の端末に表示される。(図5) またそれらはシートで一覧表示される

ため、データを移行する必要もない。この方法を用いることで、生徒の「知識・技能」を見とるための学習評価には十分に活用ができた。さらに、提出については終わった人から随時提出をし、残りの時間はCBTで解説を見たり、類似問題を解いたりなど「個別最適な学び」を可能とした。



CBT のテスト問題例【図4】



教師端末の結果表示【図5】

これまでの活用では、現状でのPBT（小テストや章末テストなど）をそのままCBTに置き換えるという実践であった。CBTのメリットを活かし十分な成果を上げることができたが、今年度はさらに学習評価を形成的評価（主に学習改善につなげる評価）と総括的評価（主に評定に用いる評価）に分類し、「知識・技能」での学習評価だけでなく、「思考・判断・表現」，「主体的に学習に取り組む態度」にも重点を置いた授業実践を行った。

4.2 本年度のCBT活用

本年度はこれまでの活用に次のような工夫を加えた。

- ① 単元計画に意図的なCBTの組み込み（形成的評価に用いる「授業冒頭のCBT」、総括的評価に用いる「節終了後のCBT」）

- ② 自己調整シート(SRシート)(図6)の活用（「主体的な学習に取り組む態度」を見とるためのシート）

※自己調整シートは各単元における自己調整を促すためのシートである

本校数学科ではSRシート(Self Regulatedシート)と呼ぶ。

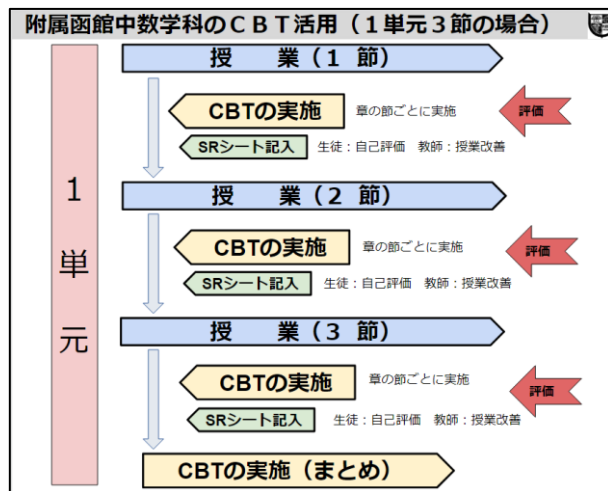
SRシートについても、ICTを活用しGoogleスプレッドシートを活用し作成した。

R4 SRシート 数学科「自己調整学習」					
氏名「 」	章	節	振り返り（課題を含め）	自己調整（課題の克服のための工夫を含め）	最終自己調整（章のまとめ）
2章 平方根	1 平方根	1	「平方根を求めなさい」と「根号を使わずに表しなさい」とで、どちらをよけるのかと考えていた。それでは意味を理解していないと同じだと思った。	まず「 $a+b=2$ 」の数があつたことを表して、ある数 x を2乗して a になるとき、 x を a の平方根という。この意味を捉えて正の数の平方根は2つあると考える。	今回ではじめてルートという概念が出てきたため、考え方を正しく理解し、基礎基本をひたすらやることを心がけた。今まで、ただ単に計算スピードあげようとしていたから練習問題を解いて慣れようとしていた。慣れることは大事だけれど、計算の中のさらにどの部分を早くできれいいかを考えた。自分の場合は a から b に変えるところをより早くする意識で計算に取り組んだ。また、つけられることなど今までなかったミスがあつたので今後のミスを少しでも減らせるように自分なりの途中式を模索した。
		2	途中式が出てきた 3×6 を一度「18」と計算し、「18を3で2に割って計算していた。課題…手間が少なくなるような計算方法を考え続ける。	$3 \times 6 = 3 \times 3 \times 2$ と考えると18から a の形に変える手間を減らして3と2と通ける。このように計算の途中、ほんの少し工夫をして手間を減くようにした。	
		3	難しめの問題は予習よりも授業で先生の解説を聞いてから理解して、帰ってからの復習を多めに取り組んでいた。	今回、テスト前ということもあって自分だけでやらなければならぬと思い、予習を多めに行った。ワークにある類似問題や過去問の解説を見たり、友達に聞いてみたりして大体の内容を掴んでから授業を受けた。	
3章 2次方程式	2 2次方程式とその解き方	1	因数分解、平方根、解の公式と3通りの解き方があるが、大体因数分解で解くことが多いことがわかった。因数分解のときに、九九の範囲外の組み合わせを出すスピードがまだ遅いので、慣れていく方の数を2や3で割るなどして因数分解のスピードを早めていく。	教育実習生の人に教えてもらった範囲だったので、有倉先生に比べてなんでもなるというのを考えることが少なかった。それで去年のテストの点数を落としてしまったので、今回は自然先生から発問されなくても自分で「なんで」の部分を考えて利用した。	前回の分野の反復に引き続き、計算の中のどの部分を早くできれいいかを考えた。今回は解き方が3通りあるわけだから、どれで解けれいいかという判断を速めることを意識してみた。なので、利用の問題に関して今まで方程式をつくり、計算して答えまで出てとやっていたが、解を文字と置くかを考え、方程式をつくり、3通りのどれで解けようかを考えたら答えを出すにその問題を終わらせたりもした。けれど、2次方程式では解が問題に過ぎない場合があるので、問題に適するか過ぎないか判断する練習をする時はようにした。
		2	今回で初めて解が問題に過ぎない場合もあることを学んだ。テスト中解って答えをそのまま書いてしまいうので、問題文をよく読み、自然数や整数という言葉に印をつけて問題に適しているか確かめ、その理由も忘れず書く。	今まで利用の問題は章の問題Aやワークの鉛筆マークのついた基本本で書いていたが、Aテストをやってみて応用が足りないと感じた。なので、少し難しいと感じる問題にも一度は取り組み、わからなかったら解説を見てその後もう一度取り組んだ。	

SRシート【図6】

1単元を節ごとに分け、節終了後にCBTを実施する。またCBT実施後にSRシートを記入する。これを節ごとに繰り返し、単元の終了後には章のまとめとしてSRシートを記入する。つまり節ごとに実施するCBTは教師側が「知識・技能」を見とるとともに、生徒側はその節を振り返る材料として活用する。またCBTの結果をみてから、SRシートを記入することで自己調整についての客観的な理由とできる。このシートの内容は「主体的に学習に取り組む態度」として学習評価としても活用が可能となる。

これをイメージ図にすると以下のようなになる（図7）



CBT活用のイメージ【図7】

4.3 CBT活用事例

<第3学年 第1章 多項式「授業冒頭のCBT」の活用例>

(4) $a^2 - 5a - 6$

回答を入力

(5) $2x^2 + 6x + 6$

回答を1つ

$2x^2 + 6x + 6$

【授業冒頭のCBT】

(5) $2x^2 + 6x + 6$

73問の得点

【つまずきの把握】

1章 多項式⑩ 2節 因数分解

目標 因数分解の公式を利用して、いろいろ

◎ いろいろな式の因数分解

Q1 次の式を因数分解しなさい。

$2x^2 + 4x - 16$

【本日の授業の問題】

授業冒頭の CBT では、学習評価がねらいではなく、授業に活かすことを重点において行った。CBT で行うことで瞬時に間違いが多いことを確認でき、それを本日の授業に活かすことをできるようになった。

＜第3学年 第2章 平方根 「2節終了後のCBT」活用例＞

R4_小テスト 2章 平方根 2節 (根号を含む計算)

(1) 分母に根号がない形に表すことを、分母を () するとい () に当てはまる言葉を漢字で入力しない。 10ポイント

回答を入力

(2) $\sqrt{2}=1.414$ とするとき、 $\sqrt{20000}$ の値を求めなさい。 ※小数で答えるこ 10ポイントと

回答を入力

(3) 次の計算をしなさい。 10ポイント

$$\sqrt{12} \times \sqrt{20}$$

回答を入力

【節終了後の CBT】

「自己調整学習」			
氏名「 」	章	節	自己調整 (課題の克服のための工夫を含め)
2章 平方根	2	根号を含む式の計算	$\sqrt{3 \times 6} = \sqrt{3 \times 3 \times 2}$ と考え、 $\sqrt{18}$ から $ab\sqrt{c}$ の形に変える手順を省いて $\sqrt{3 \times 2}$ と導ける。このように計算の途中、ほんの少し工夫をして手順を省くようにした。
		3	平方根の利用
3章 2次方程式	1	2次方程式とその解き方	教育実習生の人に教えてもらった範囲だったので、有金先生に比べてなんでこうなるっていうのを考えることが少なかった。それで去年のテストの点数を落としてしまったので、今回は日景先生から発問されなくても自分で「なんで」の部分を考えるようにした。
		2	2次方程式の利用

【SR シート記述例】

節終了後に CBT を行い、その節を振り返るときに必要な問題を作成し、CBT の結果を踏まえ SR シートが記入できるようにした。また、SR シートは書く内容の質の向上を考え、SR シート交流会も実施した。

さらに CBT の問題内容についても、記述式も用いるようにした。(図8) 下記のような内容はこれまでは授業実践の中で発問し口頭で答えるか、またはノートに書くことが多かった。それらを節ごとの CBT に組み込むことにより、「思考・判断・表現」の評価へと活用することを可能とした。これら内容はシートに一覧表示されるため(図9)、それらを共有することで「協働的な学び」として活用することもできた。

(4) 「 $\sqrt{\quad}$ の中はマイナスにならない。」その理由を説明しなさい。 ※記述 10ポイント式

この問題はあとで点数を通知します。

回答を入力

戻る 送信 フォームをクリア

記述式の CBT 【図8】

氏名を記入	(4) 「 $\sqrt{\quad}$ の中はマイナスにならない。」その理由を説明しなさい。 ※記述式
 	マイナスとマイナスをかけてもプラスになるため
	2乗して負の数になることはないから。
	$\sqrt{\quad}$ の中は二乗されるので、マイナス×マイナスでプラスになるから。
	なにかの数に二乗してマイナスになることはないから。
	二乗の計算を行う際は同符号をかけて求め、 $- \times - = +$ か $+ \times + = +$ の計算にしかならないため。
	$\sqrt{\quad}$ は二乗してその数になるもので、二乗するとマイナスは消えるから
	実数範囲内でどんな数を2乗しても負の数にはならないから。
	$\sqrt{\quad}$ の中は正の数になるって書いてあるから
	ある数を二乗するとプラス×プラスかマイナス×マイナスとなる。そのため計算結果は正の整数になり、実数で表せないから。
	$\sqrt{\quad}$ を2乗したとき、マイナスがついていてもついていなくても必ずプラスの値になるため、つける必要がないから。
	$\sqrt{(-2)^2}$ では、同符号×同符号で正の数になるため、 $\sqrt{\quad}$ の中はマイナスにならない。
	二乗してマイナスになる数はないから。
二乗してマイナスになる数が実数の範囲では、ないから	
二乗して負の数になることはないから	

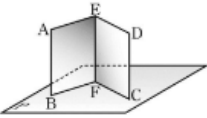
記述式の一覧表示 【図9】

4.4 CBT 以外での ICT を活用した評価例

前項の実践より、CBT を用いることで、「即時性」と「個別化」の有用性を見いだすことができている。反面、生徒がどのように思考していったのかという「思考の過程」を評価することは困難さを感じている。そこで、CBT ではなく Google Workspace for Education の機能を活用して、形成的評価で見取ることを目的とした課題を作成した。課題は Google クラスルームで提示し、懸念されている採点に時間を作れるよう授業中に取り組んだものを後日限定公開のコメントで返す形式で行った。

<第1学年 第6章 空間図形 「形成的評価のための課題」活用例>

問6 上の問4で、3点 A, D, E で決まる平面は、平面 P に平行であるわけをいいなさい。



根拠:

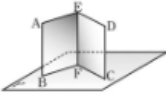
今回の問題で必要な説明
この中にゴール(結論)と前提(条件)がある

3点A,D,Eで決まる平面は平面Pと平行

直線AB,DCも平面Pに垂直

$EF \parallel AB, EF \parallel DC$

$EF = AB, EF = DC$

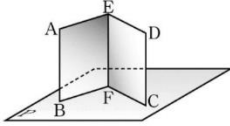


【課題提示画面】

【課題に対する補足】

上記は図形の性質を利用し筋道立てて説明することの習得をめざして、Google スライドで解答を作成する課題である。結論に辿り着くために説明する必要があることから補足した上で、生徒は説明する順番とそれぞれの根拠を考えた。

問6 上の問4で、3点 A, D, E で決まる平面は、平面 P に平行であるわけをいいなさい。




根拠：直線AB, CD, EFの長さがすべて一緒で、3点以上で確かめられているから


3点A,D,Eで決まる平面は平面Pと平行

【授業で提出したときの記述】

限定公開のコメント

 shoki sakuragawa
2月6日 17:34

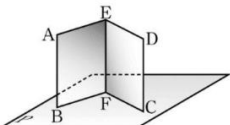
非常によく説明できています。最後の根拠が長さが等しいだけでは平行を確かめられません。あとは何を示せばいいかな？

 XXXXXXXXXX
2月8日 15:48

再提出しました。

【教員からのコメント】

問6 上の問4で、3点 A, D, E で決まる平面は、平面 P に平行であるわけをいいなさい。



根拠：直線AB, CD, EFはすべて平行で、平面Pと垂直なことと長さが等しい事がわかっていて、平面が一つに決まるときの確認に必要な3点で確かめられているから

3点A,D,Eで決まる平面は平面Pと平行

【教員からのコメントを受けて修正した記述】

授業で提出した後に教員から限定公開のコメントで修正点を提示し、やり取りを重ねた。内容の正誤に加え、説明の順番や根拠の示し方など、記述問題に関わる解答の仕方についてもアドバイスをすることができた。記述による解答であるため、教員から生徒一人ひとりに対してのフィードバックはある程度の時間と労力が必要だったが、授業時間以外でコメントが可能となり、教員が個別に対応できる時間が確保された。また、クラスルーム上でのやり取りのため、教員と生徒の両者が常にデータにアクセスすることができ、再提出も短期間で対応することができた。生徒としては助言の記録がいつでも確認できることや、教員からの指摘を受けて修正し再提出することも認めていたため、一定の期間は要するが正答になるまで思考を続けることができた。

このような教師と生徒のやり取りを行うことは、なかなか正解に辿り着かない生徒はコメントと修正の繰り返しが多くなるが、粘り強く取り組ませることで「主体的に学習に取り組む態度」の育成にもつながる。今回は形成的評価として行った課題であったが、この課題の事後に再度 CBT として実施することで、総括的評価へもつながるのではないかと考える。

5 成果と課題

(成果)

- CBT を活用することで、瞬時に採点がされ大幅な時間の短縮につながった。またその場で採点がされることで振り返りがしやすくなった。
- 意図的・計画的に CBT を単元計画に組み入れることで、「知識・技能」だけでなく、「思考力・判断力・表現力」や「主体的に学習に取り組む態度」を見とることができ、学習評価を適切に行うことができるようになった。
- SR シートを記入する直前に CBT を行うことで、自身の記述に対して振り返りを行い、記述内容の質の向上につながった。

(課題)

- 数学の数式など CBT に向かない点も多く、混乱する生徒が若干名生じた。定期テストでも実施してみたが紙で実施したいという意見が生徒から多数出された。
- 学習評価に活用できることが分かったが、「思考力・判断力・表現力」についての記述問題は、自動採点がされないため、手間は同じであった。
- 問題作成においてどのような問題を作成するべきなのかまで分析を行えなかった。

6 おわりに

これまでの本校数学科における CBT を活用した授業実践の多くは、小テストや単元テストなどに位置づける活用が多かった。それは PBT で実施することも可能であり、ICT を最大限に発揮することができていないと考えたため、本実践を行った。今年度の研究において CBT を分類し、意図的・計画的に活用したことで、学習評価の際に効果的に活用できることが分かった。今後については、現状の ICT を活用した授業と CBT をどのように組み合わせることでより効果が発揮されるのか、または CBT の効果的な問題作成などについて実践研究を行っていきたい。(文責 有金 大輔, 櫻川 祥貴)

<引用文献>

- 1) 国立教育政策研究所『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料【中学校数学】』
東洋館出版社（令和2年）

<参考文献>

- ・中学校学習指導要領（平成29年告示）文部科学省
- ・北海道教育大学附属函館中学校 数学科研究指定 「平成30年度研究成果報告書」（平成29～30年度）
- ・国立教育政策研究所『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料【中学校数学】』
東洋館出版社（令和2年）
- ・北海道教育大附属函館中学校（平成26年）「教育研究大会研究紀要」