

数学科における方法の検討を促進させる教材の開発

－ 相互評価をいかす授業の実践 －

井上 優輝

本校数学科ではクリティカルシンキングを「与えられた事象について、数学的根拠に基づいて正しい判断をしようとする能力や態度」と解釈し、新指導要領と合致するものとして捉え、教材開発を行ってきた。本稿では、問題解決の相互評価をいかすことにより、新学習指導要領に合致したクリティカルシンキングを育むことを意図して開発した教材を紹介する。

キーワード：クリティカルシンキング，相互評価，ルーブリック評価

1. はじめに

クリティカルシンキングはしばしば批判的思考と訳されるが、本校数学科では「与えられた事象について、数学的根拠に基づいて正しい判断をしようとする能力や態度」と解釈し、より建設的なイメージで捉えている。このようにクリティカルシンキングを建設的なイメージで捉え、相互評価により生徒のクリティカルシンキングを育むことができるのではないかという仮説のもと、教材開発を行った。具体的には、松本（2011）により提案されたルーブリックを用いて解決方法を評価させる授業の深化を目指し、中学校2年生対象の教材を開発した。

2. 授業の概要

本研究で開発を行った教材（小単元「論証の進め方」を特設、全3時間）は以下のようなものである。

対象：中学校2年生

題材：三角形の合同条件の再検討

ねらい：三角形の合同条件についての検討・相互評価などの活動を通じて、適切な論証を行うための指標を他者との議論の中で獲得・深化させる。

各時の目標、内容、主な発問は以下である。なお、授業はグループワーク形式（6～7人）で行っている。

【目標】

I	三角形の合同条件について検討させることで、論証のしかたに意識を向けさせる。
II	三角形の合同条件についての検討内容を互いに評価させる活動の中で、適切な論証を行うための指標を自発させ、それを他者との議論の中で深めさせる。
III	他グループの評価規準を参照し、レポートを再構成する活動の中で、他者の知見から適切な論証を行うための指標を得る。

【内容】

I	6～7人のグループで「三角形の合同条件が3つで良いこと」について議論させ、レポートを作成させる。
II	他のグループのレポートを評価するためのルーブリックを作成させ、実際に評価させる（ここで各グループのレポートの点数がきまる）。
III	他のグループのルーブリックを吟味しながら、グループで再度レポートを作成させる。

【主な発問】

I	三角形の合同条件は3つでよいでしょうか？
II	評価規準を作ろう。 他のグループのレポートを評価しよう。
III	満点をとれるレポートを作ろう。

とりわけ、第3時では他者の指標の獲得を目的としており、この授業で最も重要視しているものである。また、この授業では「達成度を数段階にわけて行う評価」を厳密ではないが「ルーブリック評価」と表現することになっている。

3. 授業の内容

事前：ルーブリック評価の提示

3時間の授業を行う前に生徒たちには1度ルーブリック評価を提示している。具体的には、問題演習の場面で、

長さが2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cmの6本の線分がある。この中から3本を使って三角形をつくるとき、互いに異なる（合同でない）三角形は全部で何通りできるか。

という問題を扱った際に、各々の解答をこちらが提示したルーブリックをもとに添削させた。ここで提示したルーブリックは4項目「結果の正しさ」「論理性」「記号や言葉の使い方」「表現・伝え方」について4段階の評価を行えるものであった。これは、生徒たちにルーブリ

ックに慣れさせるという目的で行っており、小単元の中でそのまま応用できるようなものも含めている。各項目の評価規準は以下のようなものである。

「結果の正しさ」

4	正しい結果を求められている。
3	抜け落ちや重複により、1通りの違いがある。
2	抜け落ちや重複により、2通りの違いがある。
1	抜け落ちや重複により、3通り以上の違いがある。

「論理性」

4	単に結果を求めるだけではなく、他に三角形ができる場合がないことをしっかりと確認できている。また、三角形ができない場合についてはその理由も書けている。
3	他に三角形ができる場合がないこと、三角形ができない場合についてしっかりと確認できてはいないが、それが読み取れるような論理展開ができています。
2	論理的に結果を求めようとしているが、論理的な間違いを含む。
1	ただ単に結果を求めているだけである。

「記号や言葉の使い方」

4	数学用語や記号を適切に用いている。
3	数学用語や記号を適切に用いようとしているが、少し誤りがある。
2	数学用語や記号の使い方に誤りがあるものの伝えたい内容は伝わる。
1	数学用語や記号の使い方に誤りが多く、誤解を招く。

「表現・伝え方」

4	図を用いたり、わかりやすく分類をしたり、考えたことが他者に伝わりやすいように工夫しており、実際にわかりやすいものとなっている。また、書かれている文章もわかりやすいものである。
3	図を用いたり、わかりやすく分類をしたり、考えたことが他者に伝わりやすいように工夫している。また、文章もわかりやすくなるように努力できている。
2	文章に難があるなど、内容がややわかりにくい。
1	記号などが並べられているだけであるなど、内容がわかりにくいものである。

第1時：三角形の合同条件についてのレポート作成

導入 (15分)	・三角形の合同条件の確認 ・問題提起
展開 (30分)	・グループでの議論 ・レポートの作成
まとめ (5分)	・レポートの提出 ・次時の内容の確認

導入では、まず、3つの合同条件「3組の辺がそれぞれ等しい」「2組の辺とその間の角がそれぞれ等しい」「1組の辺とその両端の角がそれぞれ等しい」を確認した。その後、「1組の辺と3組の角がそれぞれ等しい」「1組の辺が等しい」が合同条件に含まれていない理由を確認した（既知の条件に帰着できる、合同にならない場合がある）。そして、他の場合ではどうかを問いかけ、本時の中心となる「三角形の合同条件は3つでよいか」を発問した。展開では、グループでレポートを作成させた。各グループとも考えられる条件を羅列しながらレポートを作成していた。

第2時：評価規準の作成とレポートの評価

導入 (5分)	・課題の確認、提示
展開 (40分)	・ルーブリックの作成 ・他グループのレポートの評価 ・評価結果の確認
まとめ (5分)	・ルーブリックの提出 ・次時の内容の確認

導入で、本時はルーブリックを作成し他グループのレポートを採点することを告げ、ワークシートを配布した。生徒たちは、そのワークシートにルーブリック評価を行うための規準を書き込んでいくことになる。その後、前時のレポートのコピー（全グループ分）を各グループに配布し、採点を行わせ、結果を集計した。ルーブリックは4項目4段階であり、採点は16点満点で行うことになる。クラスを6グループに分けており、自分のグループ以外の5グループに採点されることになるので、前時のレポートは最終的には80点満点で数値評価される。

また、ルーブリックの4項目のうち3項目はあらかじめワークシートに記載されており、それは「数学的な正しさ」「記号や言葉の使い方」「わかりやすさ」である。残りの1項目はグループで定める自由項目とした。自由項目の設定により多様な考えが出るようにしている。

第3時：評価規準をもとにレポートを再構成

導入 (10分)	・課題の確認，提示 ・他グループのルーブリックの確認
展開 (35分)	・レポートの再構成
まとめ (5分)	・レポートの提出 ・小単元のまとめ

導入で，他グループのルーブリックの確認を行わせ，その上で「満点がとれるようにレポートを書き直そう」と発問した。そうすれば，自ずと他の全てのグループのルーブリックを意識しながらレポートを書くことになる。この活動を通して，様々なことに気をつけながら論証をするとその精度が高まることに気付かせていった。

4. 生徒の活動（作成したルーブリック）

こちらから提示した3項目について

3項目「数学的な正しさ」「記号や言葉の使い方」「わかりやすさ」については，事前に提示したルーブリックを参考にして記述したものばかりであった。例をあげると以下である。

「数学的な正しさ」

4	数学的に正しい説明ができています。
3	ほぼ正しいが，抜け落ちや重複が1～2カ所みられる。
2	3カ所に抜け落ちや重複が見られる。
1	数学的に不適切なところが見られる。

「記号や言葉の使い方」

4	記号や言葉を正しい意味で使って説明できている。
3	使い方に少し誤りがある。
2	誤解は招かないが，2～3個の誤りがある。
1	使い方の誤りが多く，誤解をまねく可能性のある説明になっている。

「わかりやすさ」

4	きちんと順序を立てて，考えたことが他者に伝わりやすいように工夫している。
3	順序を立ててはいるが，少し他者に伝わるには難がある。
2	文章に難があるなど，内容がややわかりにくい。
1	ただ単に結果を求めているだけで，内容がわかりにくい。

自由項目について

自由項目として，以下の項目があげられた。

独創性，オリジナリティ	4グループ
読みやすさ，見やすさ	3グループ
やる気，熱意	3グループ
余白の多さ，文章量	2グループ
まとまり，構成	2グループ
抽象性	1グループ
ていねいさ	1グループ
例を用いているか	1グループ
関心を持てるか	1グループ
全18グループ（6グループ×3クラス）	

自由項目の内容を例示すると，以下である。

「独創性」

4	他の班には見られない，独創的な発想や表現がある。
3	特徴的な図がある。
2	少しアレンジがある。
1	極めて一般的で，教科書を丸写ししたような説明。

「読みやすさ」

4	読み手を意識して読みやすくまとめられている。
3	読み手を意識しようと字が書かれているが，少し誤りがある。
2	誤字脱字が多いなど，読み手をあまり配慮していないが，内容は伝わる。
1	読み手をまったく配慮していないし，内容もわかりにくい。

「やる気」

4	たくさん書いていてやる気が感じ取れる。
3	ていねいさなどで，量は少し少ないが，やる気は感じられる。
2	少しやる気が感じられる。
1	量が少なく，雑でまとめられていない。

「文章が紙面の何割か」

4	8割以上
3	5割以上8割未満
2	3割以上5割未満
1	3割未満

「構成」

4	順序よく証明できている。
3	最初の前置きや結論がない。
2	少し抜け落ちている箇所がある。
1	順序が不自然であり、まとまっていない。

「例を用いているか」

4	例をたくさん用いていて、伝わりやすいようにしている。
3	たくさん用いているが誤りがある。
2	例が少ししかないので伝わりにくい。(言いたいことは伝わる)
1	例を用いずに文章だけで伝えようとしており、誤解をまねく可能性がある。

5. 生徒の活動（レポートの変容）

第3時では、「三角形の合同条件が3つでよいことを説明せよ。ただし、前回と同じように採点を行ったときに、80点（満点）となるようにせよ。」という課題を出し、第1時と同じグループで同様のレポートを書かせた。多くのグループで、読み手にとってわかりやすくということを意識したであろう改善が見られた。具体的には、「例示する図を増やし、説明をわかりやすくした（18グループ中10グループ）」「説明の文章を増やし、説明をわかりやすくした（18グループ中7グループ）」などがあげられる。

6. アンケート結果

第3時終了後にアンケート調査（回答数119）を実施した。アンケート項目は以下である。

【問1】1時間目と3時間目にレポートを書くときの意識の変化はありましたか。以下の4つの中から選び、○をつけなさい。

あった 少しあった
あまりなかった 全然なかった

【問2】今回の形態での授業をまたやりたいと思いますか。以下の4つの中から選び、○をつけなさい。また、その理由を書きなさい。

またやりたい やってほしい
できればやりたくない 二度とやりたくない

【問3】問1の内容を踏まえながら、3時間の感想を書きなさい。

結果は以下であった。

【問1】意識の変化

あった	少しあった	あまりなかった	全然なかった
45	65	9	0

【問2】情意

またやりたい	やってほしい	できればやりたくない	二度とやりたくない
41	59	18	1

【問1】では、92.4%の生徒が意識の変化が「あった」「少しあった」と解答した。

【問2】では、84.0%の生徒が授業形態を肯定的に捉えた解答をしている。また、【問2】の回答の理由（自由記述）に書かれた内容を大別すると、以下の5項目に分類できた。

楽しさ	「楽しかった」など、楽しさを記述したもの
協力○	「いろいろな考えを知れてよかった」など、グループ活動を肯定的に捉えたもの
協力×	「協力しづらかった」など、グループ活動を否定的に捉えたもの
難しさ	「難しかった」など、問題の難しさを記述したもの
時間×	「時間が足りなかった」など、課題に取り組む時間の短さを記述したもの

【問2】での回答ごとに、上記5項目を記述した生徒の割合をまとめると以下ようになる。ただし、「班で協力するのが楽しかった」は項目「楽しさ」と項目「協力○」の両方に含まれるなど、重複して扱っているものもある。

	楽しさ	協力○	協力×	難しさ	時間×
またやりたい	0.561	0.512			0.024
やってほしい	0.254	0.237	0.051	0.034	0.034
できればやりたくない			0.222	0.278	0.111
二度とやりたくない				1.000	

※ 0は省略し空欄としている

【問3】では、第1時と第3時にレポートを書いたときの意識の変化や、第3時での新たな気づきを記述する回答が多かった（40人）。具体的には以下である。

- ・自分たちの班は具体例がないことがわかったので、実際に三角形をかく証明することができたのでよかった。
- ・自分たちで考えるループリック評価の項目からも「こういう目線で見たら私たちのレポートにはだめなところがあるなあ」と気付くことができました。
- ・他の班に評価をしてもらうことで、自分たちでは気付けないところや抜け落ちに気付くことができました。
- ・あまり疑問に思わないところに視点を置いて、班で考えることができてよかった。
- ・どこに何を置いたらより伝わるのか、たくさん考えられて楽しかった。
- ・レポートを改善しようとする意欲が出た。
- ・レポートは誰にでもわかりやすくあるべきだということがよくわかった。
- ・もっとよくするためにはどうしたらいいのかや、何がポイントになるのだろうかなどを、いつも以上に考えて書いた。

また、論述の難しさへの気づきをあげる生徒も少なからずいた（12人）。

- ・改めてレポートを書くのが難しいことがわかった。
- ・いろいろな人の意見を聞き、1番良い形になるようにすることは、とても難しかった。
- ・なかなか完全なレポートはかけないと思った。
- ・自分たちが考えていることを文字にして、さらに相手に正しく伝えるということの難しさを身をもって感じた。

7. 改善可能な点

グループの構成について

アンケート結果より、「グループでうまく協力できた・できなかった」が「同様の形式の授業を受けたい・受けたくない」に大きく関わっていると読み取れる。今回は、6～7人のグループを構成させたが、アンケートでも「人数が多く協力しづらい」「人数が多くて、できる人中心になってしまった」などのように、グループの人数の多さを指摘するものも少なくなかった。改善としては、グループの人数を少なくすることが考えられる。しかし、相互に評価を行い、評価規準を参照しようという授業形態においては、グループの数を増やすことは第2時以降の内容を展開するのに要する時間の増加に直結する。したがって、グループの人数に関しての改善を行うためには、4～5時間の設定（今回は3時間の設定）で授業展開していく必要がある。

課題の内容について

今回はレポート課題として「三角形の合同条件が3つでよいことを説明せよ」を設定した。課題を決定する際には、①生徒たちにとってある程度難しいものであること、②3時間かけて行う価値のあるもの、という2つの条件を満たすものを考えた。今回の課題は2条件を満たすものであった。しかし、課題が難しかったために、議論に入りにくい生徒もいた。

変容の評価について

5節で述べたとおり、生徒が仕上げた第1時のレポートと第3時のレポートから、論述に関して、明らかな変容が見られた。しかし、これは感覚的・経験的な評価であり、客観的な評価とは言えない。今回見受けられた変容は数値評価できるようなものではないため、ループリック評価がこの変容を評価するのに適した方法といえるのかもしれない。

点数化について

今回は生徒が積極的に取り組めるように、ループリックにより評価した各段階を単純に足し合わせ、レポートの点数とした。しかし、種々の項目がひとまとめになってしまうこの方法では、本来のループリック評価の目的からそれてしまう。

8. 授業プランの例

この形態の授業の良さをいかしながら、7節であげた点を改善するための授業プランとして、例えば、以下が考えられる。

1

I	4～5人のグループで課題について議論させ、レポートを作成させる。
II	レポートを完成させ提出させる。 他のグループのレポートを評価するためのループリックを作成させる。
III	他のグループのレポートを評価させる。
IV	他のグループのループリックを吟味しながら、グループで再度レポートを作成させる。

生徒が議論に参加しやすくするための方法の1つとして、グループ数を増やし、各グループの人数を4～5人にするということが考えられる。しかし、その場合、評価にかかる時間が単純に増えてしまう。そのため、4時間展開とし、時間の不足についての指摘の多かったレポート作成にあてる時間を増やしている。

2

I	6～7人のグループで課題について議論させ、レポートを作成させる。
II	他のグループのレポートを評価するためのルーブリックを作成させ、実際に評価させる。
III	他のグループのルーブリックを吟味しながら、グループで再度レポートを作成させる。
IV	再度、採点を行わせる。ただし、その際に採点者からのコメントを記入させる。

2度目のレポートを再度採点し合うことで、自分たちのレポートの変容を数値で感じさせることができる。しかし、これでは本来のルーブリック評価の趣旨とはなれてしまうので、数値以外の要素も必要だといえる。

3

I	6～7人のグループで現実的な問題の解決について議論・調査させる。
II	前時の活動をもとにレポートを作成させる。
III	他のグループのレポートを評価するためのルーブリックを作成させ、実際に評価させる。
IV	他のグループのルーブリックを吟味しながら、グループでレポートの反省点についてまとめさせる。

この授業形態は、問題解決を行うための方法の検討に適しているため、問題解決学習に適用しやすいと考える。松本（2011）では、建築物の測量をテーマに扱っているが、その場面では、評価項目を巧く設定することにより「この方法は今回の課題解決に適したものか」「妥当性のある方法なのか」などについての深い検討ができるであろう。また、明確な答え（最終的に正しいとする答え）がないような（もしくは、学習者にわからないような）課題（例えば、おはじきのちらばりの問題、座席による黒板に書かれた文字の見やすさの比較、など）を設定すれば、より方法の検討へ意識を向かわせやすいであろう。

9. 今後の研究の方向性

今後、以下の方向性でこの研究の推進・検討ができる。

授業形態の改善

- ・ルーブリックの扱い方の検討、確立（数値を足し合わせる方法の是非）
- ・ルーブリックを生徒に有効にフィードバックする方法の検討、確立

具体的な教材開発

- ・他学年、他分野で扱える教材の開発（高校生を対象とした教材の開発を含む）
- ・問題解決学習と直結した教材の開発

授業評価

- ・ルーブリックを用いた生徒の変容の評価についての検討
- ・事前、事後の評価問題の実施による評価についての検討

〈参考文献〉

松本大地（2011）、「課題学習とその評価方法ーパフォーマンス評価とルーブリック評価の観点からー」, 第63回広島県算数・数学教育研究（呉）大会発表資料
高浦勝義・松尾知明・山森光陽 編著（2006）, ルーブリックを活用した授業づくりと評価②中学校編, 教育開発研究所

本研究は、科学研究費補助金（奨励研究, 課題番号24909008）の助成を受けて行われたものである。