

数 学 科

思考力・判断力・表現力の育成を目指した学習評価の工夫

附属函館中学校 大 山 裕 之, 森 茂 之

I はじめに

今回の改訂学習指導要領では、学力の重要な要素が「基礎的・基本的な知識・技能の習得」、「知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等」、「主体的に学習に取り組む態度」と整理された。数学科においては、数学的活動を通して基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させ、それらを活用して課題を解決させることで数学的な思考力・判断力・表現力を高め、主体的に学んでいく態度を育てていくことが求められていると考えられる。

知識・技能を活用させて思考力・判断力・表現力を育てていくためには、生徒一人ひとりの学習評価を次の指導に生かしていくことが必要不可欠である。これまで数学科では主にペーパーテストを用いて評価してきた。これまで実施してきたペーパーテストを振り返ってみると、知識・技能の習得を見取るための問題が多く、個々がどのように思考・判断したのかを見取るための問題が少ない。生徒の思考過程よりも問題の正誤を重視していたことが原因ではないかと考えられる。このような評価方法では、生徒一人ひとりの思考力・判断力・表現力を高めていく指導をすることは難しいと考えられる。

数学的な思考・判断は生徒の内的な活動であるため、外から直接見て評価することができない。しかし、これらの見えにくい力を可視化して評価し、指導を工夫していくことが必要である。数学的な思考力・判断力・表現力を高めるための学習課題や学習評価はどうあるべきかということについて、研究・実践を推進していきたい。

II 研究の経過

本校では 2009 年から、数学的活動の充実を目指した指導の工夫により、数学に対する意欲や、数学を活用して考えたり判断したりする力の育成を目指してきた。この 2 年間の研究と実践の中で、次のような成果と課題が明らかになった。

- 数学的活動の充実は、数学の有用性を実感させ、数学を学ぶ意欲を高めることにつながるということがわかった。
- 数学的活動の充実は、日常に数学を活用しようとする態度を育て、数学を活用して考えたり判断したりする力を高めることにつながるということがわかった。
- 生徒の数学的な知識や技能が、活用に転化できるものとして習得できているかどうかについては不十分さを感じる。新しい研究テーマと関連させ、この課題を解決していくことが必要である。
- 生徒一人ひとりの思考力・判断力・表現力がどのように高まっていったのかということを確認にとらえきれない。表出しづらいこれらの力を一層高めていくという観点から、指導の改善をするための学習評価の工夫について研究を進める必要がある。

これらの成果と課題から、思考力・判断力・表現力を高めていくための学習評価や指導の工夫・改善に視

点をあてた研究が必要であるということが明らかになった。

Ⅲ 本年度の研究

1. 本校研究との関連と教科研究主題設定理由について

本年度の本校研究主題は「学習指導要領に定められた目標等の実現状況を把握するための評価方法についての研究開発」である。数学科では、昨年度までの研究の課題を踏まえ、新学習指導要領において学力の重要な要素として挙げられている思考力・判断力・表現力を高めるための研究を推進していくことが必須であると考え、本年度の教科研究テーマを「思考力・判断力・表現力の育成を目指した学習評価の工夫」と設定した。生徒の内的な活動である思考・判断を言語活動を通して表現させ、それをどう評価し、どう指導の改善に役立てていくのかということについて実践研究を展開していく。

2. 思考力・判断力・表現力を高めるための指導の在り方について

新学習指導要領では、学力の重要な要素が「①基礎的・基本的な知識・技能の習得、②知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力、③主体的に学習に取り組む態度」と整理された。思考力・判断力・表現力は習得した知識・技能を活用する場面においてはぐくまれるということである。知識・技能の習得を、単に公式や解き方、言葉を暗記したり、反復したりすることとらえてしまうと、活用に転化できる習得とはならない。知識の意味内容をより豊かに習得し、活用に転化できるものとして習得させていくことが必要である。

また、習得した内容を活用することができるように、適切な課題を設定しなければならない。活用させるためには、次のような課題解決の過程が考えられる。「①現実の問題や複雑な問題を数学の問題に定式化する。②定式化したものを数学的な技法で解いて解を求める。③求めた解を再びもとの問題に解釈して解決する。」このような知識・技能を活用させる授業の中で、思考力・判断力・表現力がはぐくまれていくと考えられる。

3. 思考力・判断力・表現力の高まりを見取るための学習評価の工夫について

生徒の思考力・判断力・表現力を高めていくためには、生徒一人ひとりの思考力・判断力・表現力を評価し、その評価を指導の改善に生かしていくことが必要であるが、思考・判断は生徒の内的な活動であるため、直接目で見えて評価することはできない。生徒が思考・判断した内容について言語活動を通して表現させることで可視化し、評価していく必要がある。生徒の思考力・判断力を可視化する方法として、次のものが考えられる。

- (1) 活動の仕方と発問への応答を断片的に評価する。
- (2) 操作を伴った課題解決や口頭試問、面接などの実技を通して評価する。
- (3) 教科語彙を適切に用いて1つの概念についての知識のつながりを書かせて評価する。
- (4) ある意図に従って作問させ、その問題を通して評価する。
- (5) 数学的に整理されていない現実の問題や、複雑な問題を取り組ませ、その解決の思考過程を評価する。

これらの学習活動を計画的に実施していくことで生徒一人ひとりの思考力・判断力・表現力の高まりを見取り、指導の改善に生かしていくことが必要であると考えられる。

IV 教科研究仮説

前述のように、思考力・判断力・表現力を高める学習課題や学習評価を工夫することで、知識・技能が活用に転化できるものとして習得されているのかということ判断することができるとともに、思考力・判断力・表現力を効果的に高めていくことができるのではないかと考えた。

思考力・判断力・表現力を高めるための学習課題はどのような工夫が必要なのか、また、見えにくい学力である思考力・判断力を可視化するためにはどのような工夫が必要なのかを追求するために、本年度の研究仮説を以下のように設定した。

内的な思考力・判断力を可視化する学習課題と学習評価の工夫より、知識・技能の確実な習得を促すことができ、思考力・判断力・表現力を効果的に高めることができる。

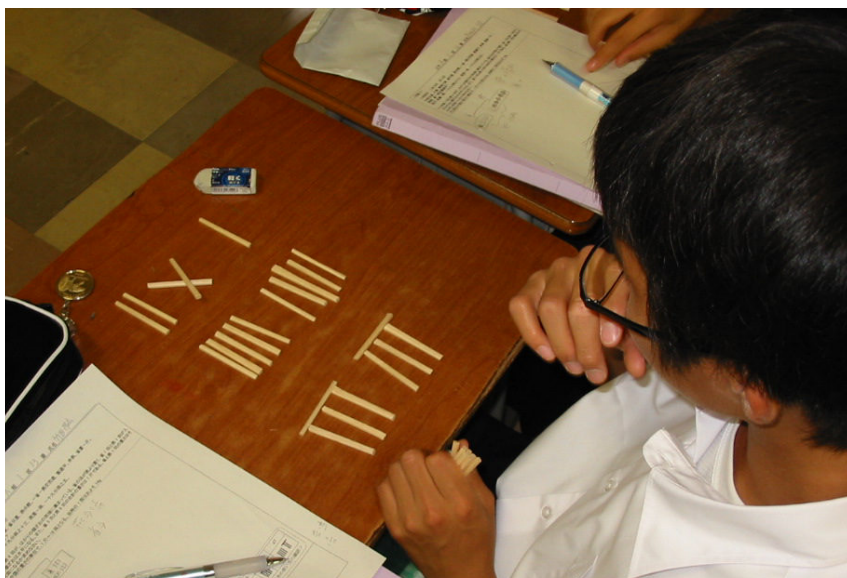
V 研究仮説に基づく実践例

1. 題材「古代中国の連立方程式」

この題材は、連立方程式の知識・技能を活用できるものとして習得させるとともに、思考力・判断力・表現力を高めることをねらいとして取り扱った。前述Ⅲ－3で示した「(2)操作を伴った問題の解決や口頭試問、面接などの実技を通して評価する。」と、「(5)数学的に整理されていない現実の問題や、複雑な問題を取り組ませ、その解決の思考過程を評価する。」の実践例である。

2. 学習課題の工夫

今回の題材である「古代中国の連立方程式」では、古代中国の数学書である、九章算術の中の問題を取り扱った。昔の人々が実際に解いていた問題に触れることで、連立方程式の文化的側面や、魅力を感じとることができるのではないかと考えた。また、当時は算用数字の代わりに算木という道具を用いて計算していた。算木の使い方は、おはじきに近く、扱いにくいものではないので、数の操作を半具



算木を操作している様子

体物の操作を通して行うことができる。よって、算用数字では省略されてしまいがちな途中計算や、計算の思考過程が見えてくるのではないかと考えた。

1問目は算木の操作に連立方程式の知識・技能である、「未知数の消去」や「加減法」が活用できるかどうかという部分に視点をあてた。2問目は、最初の算木の置き方(立式)に思考を要する問題を選び、取り組ませることで、連立方程式を利用して問題を解決する技能を活用させることをねらいとして出題した。

3. 学習評価の工夫

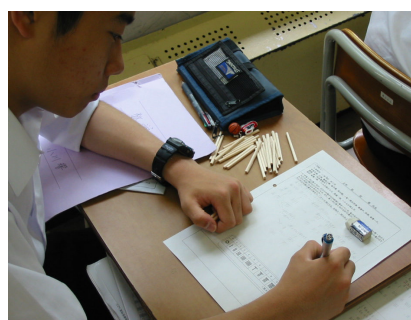
今回の実践では、思考力・判断力・表現力を評価するために、算木の操作の過程を評価することと、立式から問題の答えを導くまでの思考過程を評価する必要があった。

(1) 算木の操作の評価

算木を用いて問題を解決することで、連立方程式の知識・技能である「消去」や「加減法」をどこで、どのような考えで活用したのかを評価することができる。また、ノートやワークシートに書いたものを評価すると、書いた後に見直しや相談をして修正することも考えられるが、操作自体を評価するので、生徒一人ひとりがどのような思考過程で解決しているのかということを時系列でとらえ、評価することができると考えられる。今回の実践では、個々の操作を評価するために、算木の操作をしている様子をビデオで撮影した。

(2) 課題解決に至るまでの過程の評価

問題を定式化し、解を求め、解決するという過程における思考を評価するために、考えた道筋をワークシートに書き残させた。ワークシートに書き残したのを見ることによって、どのようなアイデアで定式化したのかということや、どこにどの知識を活用しているのかということの評価ができると考えられる。



ワークシートへの思考過程の記入

4. 実践の内容

(1) 学習目標

- ・連立方程式の知識や技能を活用して問題を解決することができる。【数学的な見方・考え方】

(2) 学習の展開

| | 学習活動 | 教師のかかわりと留意点 | 評価規準 |
|------|--|--|--|
| | ○古代中国の九章算術を知る。 ○問題1の把握 | ○九章算術の八章を紹介し、その歴史的背景を伝える。 | |
| | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>今有牛五, 羊二, 直金十兩。牛二, 羊五直金八兩。問牛羊各直金幾何? 答曰: 牛一, 直金一兩, 二十一分兩之一十三, 羊一, 直金二十一分兩之二十。</p> </div> | | |
| 1時間目 | ○原文と算木の使い方を理解し、答えを求め。 ○算木を用いた操作の過程をワークシートに記述する。 ○立式や操作の手順を説明する。 ○連立方程式で問題を解く。 | ○漢字から状況を想像させる。 ○加減法の考え方を活用させ、算木を操作させて答えを求めさせる。 ○どのような操作・考え方を通して計算したのかということについての説明を記述させる。 ○操作の手順について、根拠を明らかにしながら説明する。 ○連立方程式で解かせ、算木の操作と比較させる。 | ○算木の操作に加減法の考え方を活用することができる。【数学的な見方・考え方】(ワークシート・ビデオ) |

| | | | |
|------------------|---|--|---|
| 2 時 間 目 | ○問題2の把握 | | |
| | <p>今有五雀、六燕、集稱之衡、雀俱重、燕俱輕。一雀一燕交而處、衡適平。并燕、雀重一斤。問燕、雀一枚各重幾何？</p> <p>→いま雀5羽と燕6羽が、はかりの横ざおの両端に集まっている。雀の法が燕より重く、雀1羽と燕1羽が入れかわると横ざおは水平になる。また、雀5羽と燕6羽の合計の重さは1斤である。雀と燕1羽の重さはそれぞれ何両になるか求めなさい。斤と両は中国の重さの単位で、1斤=16両となる。当時の1両はおよそ14g</p> <p>答曰：雀重一兩、一十九分兩之十三、燕重一兩、一十九分兩之五。</p> | | |
| | ○立式のアイデアを考え、その方法を説明する。 | ○図等を用いて考えさせる。 | ○連立方程式の考え方を活用して立式することができる。【数学的な見方・考え方】(ワークシート・ビデオ) |
| | ○算木を操作して答えを求める。(ペアグループ) | ○加減法の考え方を活用させ、算木を操作させて答えを求めさせる。 | |
| | ○立式や操作の手順の説明をワークシートに書く。 | ○どのような操作・考え方を通して計算したのかということについての説明を記述させる。 | ○立式や算木の操作に連立方程式の考え方を活用することができる。【数学的な見方・考え方】(ワークシート・ビデオ) |
| | ○立式や操作の手順を説明する。(ペアグループ) | ○相手にわかりやすく説明できるように、思考した事柄を順序立てて説明できるようにさせる。 ・作業の早い生徒は連立方程式で解かせ、それぞれの解法を比較させる。 | |

評価規準

- A→連立方程式の知識である「消去する」、「そろえる」、「加減法を使う」等の言葉を適切に用いて解にたどり着くまでの算木の操作の説明をすることができる。
- B→連立方程式の考え方を活用して算木を操作し、解を求めることができる。

5. 実践の結果

(1) 算木の操作の評価について

問題1に取り組んだ際、これまで機械的に係数をそろえて加減していた生徒が、「牛の金額を求めたいから羊の数をそろえて消去する」など、意図をもって「消去」や「加減法」の活用をすることができるようになった。また、加減をする際の式の上下はどちらでも良いということを理解しきれいなかった生徒が、算木の操作を通して、なぜ式の上下を反対にしても良いのかということの意味を理解することができた。計算が苦手な生徒も、半具体物である算木を用いることで、粘り強く計算し、解にたどり着くことができた。

① ②

牛 ||| | | ||

羊 || | | | |

兩 | |||

羊が2頭と牛が5頭で10兩。
羊が5頭と牛が2頭で9兩。を表す。

最初に羊の値を求めするために、牛の値を消去。次に牛の値を求めために羊の値を消去。

①×2 ②×5

牛 | | | | | |

羊 || | | | |

兩 || + |||

牛 || | | | |

羊 || | | | |

兩 || → 21

↓

兩 || → 20

↓

羊... 20/21 兩

①×5 ②×2

牛 || ||| | | |

羊 | | | | | |

兩 || | | | |

牛 || | | | |

羊 || | | | |

兩 || | | | |

↓

34

21

↓

13

21

牛... | 13/21 兩

羊の値をそろえたので加減法で消去。

問題1のワークシート

また、算木の操作をビデオに撮影して評価することで、生徒が見通しをもって知識を活用しながら計算

しているのか、その場の思いつきで計算しているのかがわかり、その後の指導に役立たせることができた。生徒の思考過程が算木の操作にそのまま表れるので、係数をそろえる部分でつまづいているのか、加減をする部分でつまづいているのか、解を求める最後の分数計算でつまづいているのかを評価することができた。

しかし、算木の操作の手順をワークシートに記入させる時間帯に2人ペアをつくり、1人が算木を操作し、もう1人がそれをビデオに撮影するという形で記録させたが、2時間の中で生徒全員の操作をすべて撮影することができなかつた。評価規準のBに



算木の操作を撮影している様子

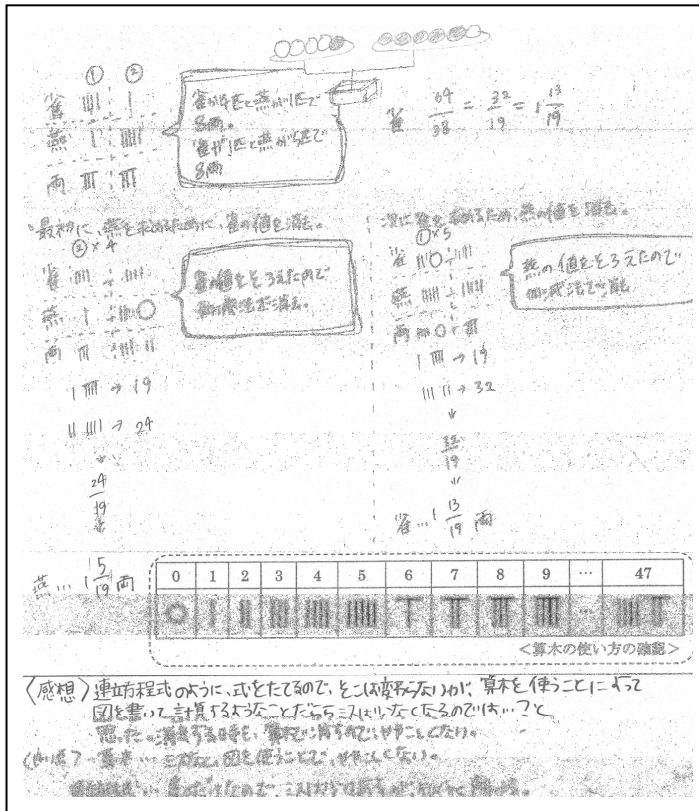
到達していない生徒に対しては授業者が個別に支援し、B以上の生徒の操作を撮影するという工夫や、1年間を通して計画的に生徒一人ひとり进行评估していく等の工夫が必要であると感じた。

(2) 課題解決に至るまでの過程の評価

問題2について、最初の算木の並べ方についての考え方を書き残させることで、生徒がどのように問題を定式化したのかを評価することができた。また、生徒自身も考えの道筋を書き残していくことで、知識・技能の活用の仕方を再認識する機会とすることができた。

ただ、ワークシートに思考過程を記入する際、となりの生徒と相談したり、他の生徒の説明を聞いたりしてしまうと、ワークシートに書かれている内容を本人が本当の意味で考えて記入しているのかが分からなくなってしまうということが起きてしまった。解決方法としては、もう一度類題を解かせて評価するという方法や、ワークシートとビデオの映像の両方を見て評価する方法が考えられる。

思考力・判断力・表現力には個々に大きな差や個性があるので、生徒全員に対して同じ評価方法を用いることは適切であると言えない。事前の思考力の評価がB以上の生徒には言葉で説明をさせて、事前の思考力の評価がBに到達していない生徒にはワークシートに記入して説明させる等、生徒一人ひとりの力を高めていくためには生徒によって評価の場面や方法を変える等といった個に応じた指導と評価を工夫していく必要がある。



問題2のワークシート

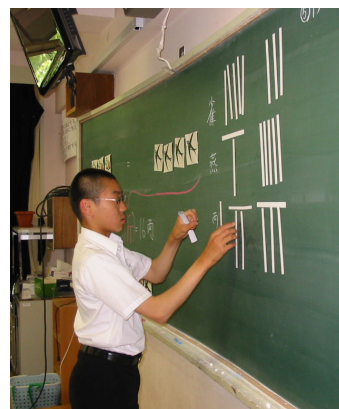
VI 仮説の検証

教科研究仮説について、次の2点について検証する。

- (1) 知識・技能の確実な習得を促すことはできたのか。
- (2) 思考力・判断力・表現力を効果的に高めることはできたのか。

これらの仮説について、多くの生徒が満足するような結果を残すにはまだまだ時間が必要である。だが(1)については、実践例で紹介した生徒のワークシートからも見てとれるように、連立方程式を求めるための「消去」や「加減法」の意味について、機械的に暗記するのではなく、その意味内容をより豊かに理解し、様々な場面に活用できるものとして習得させることができた。知識・技能を活用させる場面で、知識・技能をどのように理解し、習得しているのかということを的確に把握し、活用させていくことで、活用に転化できる習得を促すことができるものと考えられる。また、生徒のワークシートに、「算木の計算過程を考えることによって連立方程式の考え方が深まった。」や「算木で問題を解決しようとしたことで問題についての理解が深まった。」等の感想が書かれていた。生徒自身も知識・技能が活用できるものとして深まっていったことを実感しているものと考えられる。このような学習活動を各領域で展開していくことで、習得した知識・技能を単元や教科の枠を超えて活用する力が育まれるのではないかと考えられる。ただ、実践例で紹介した授業の実施前後で、連立方程式の計算技能を確かめるテストを実施した結果、実施前の正解率が79.3%であったのに対し、実施後の正解率は80.9%であった。1.6%しか上昇していないため、今の段階では確実な知識・技能の習得を促すことができたとは言いがたい。今後も実践を継続し、より多くのデータを収集しながら仮説の検証をしていく必要がある。

(2)については、思考力・判断力・表現力は短期的に高まるものではなく、長い時間をかけて高まっていくものと考えられるため、今回の実践だけで十分な成果を得ることはできていない。今回の実践で得た映像やワークシートの評価を蓄積し、長期的に評価を繰り返していくことで、今後、生徒一人ひとりの思考力・判断力・表現力の高まりが見取っていくのではないかと考えている。



VII 成果と課題

本年度の研究を通して次のような成果が得られた。

- (1) 知識・技能を活用させる場面において、生徒がどのような考え方で活用したのかを可視化することで、生徒がその知識・技能をどのように理解しているのかを評価することができ、活用に転化できる知識・技能を確実に身につけさせるための指導を工夫することができるといったことがわかった。
- (2) 生徒一人ひとりの思考・判断を見取るためには、問題解決の結果ではなく、解決に至るまでの過程を評価することが重要であるということが分かった。そのためにも、ワークシートへの書き残しや、説明の様子撮影等が有効であり、それらを蓄積していくことによって長期的に見取っていく必要があるということがわかった。
- (3) 生徒全員の思考力・判断力・表現力を1単位時間の中で評価することは難しいので、長期的視野に立って、計画的に個に応じた評価していくことが効果的であることがわかった。

また、今後の研究の取り組みにおいて、次のような課題が明らかとなった。

- (1) 思考力・判断力・表現力を評価するためのワークシートやビデオでの撮影は効果的であるが、実施するためにはその準備と事後処理に多くの時間をかけなければならない。日々の実践において効率よく運用していくためにも、実施の時期や方法、対象生徒等についてさらに工夫する必要がある。
- (2) グループ等の集団で思考させた場合、生徒のつぶやきや思いつきが解決の糸口となることもある。この場合、ワークシートでは集団の思考の過程を細かに評価し、個々にその評価を返すことは難しい。また、集団で問題を解決できたとしても、全員が確実に理解できたと言い切ることはできない。個々の事前の評価を参考にしながら、計画的に個に応じた評価を実施していく必要がある。

Ⅷ おわりに

本年度は思考力・判断力・表現力の評価を中心に実践を行ってきた。学習者の力を授業者が適切にとらえ、それを指導の工夫に生かすということが形成的評価の機能であるが、その積み重ねによって学習者自身の自己評価能力も高まっていくのではないかと考えられる。生徒の自己評価能力が高まっていくことによって、生徒はより客観的に自分の中の数学の世界をとらえられるようになり、主体的に数学の世界を広げていこうとする態度も育成されるのではないかと感じている。今後も生徒の自己評価能力の変化を感じとりながら、思考力・判断力・表現力の評価についての実践を継続していきたい。

(文責 森 茂 之)

<参考文献>

- ・北海道教育大学附属函館中学校(2009, 2010)「教育研究大会研究紀要」
- ・松下佳代著(2007)日本標準ブックレット No.7「パフォーマンス評価」
- ・田中耕治著(2010)日本標準ブックレット No.12「新しい評価のあり方を拓く」