「わかる」「できる」を実感できる数学の授業づくり
－障害特性を踏まえて－

川口　真理

金沢大学大学院教職実践研究科　学習デザインコース

【概要】本研究は，特別支援学校肢体不自由教育部門高等部の類型Ⅱにおける数学の授業において，生徒の障害特性を踏まえた教師側の教科の指導力や専門性の向上と生徒側の学習意欲の向上を図るために，生徒がわかる喜びや学ぶ楽しさを実感できるような授業をデザインすることを目標とする。その方法として，現実的数学教育論における「創発的モデル化」を視点としたアクションリサーチを行う。教師が，生徒の現実感や固有の見方・考え方を大切にし，また生徒の障害特性を配慮した学習環境を提供しつつ，徐々に抽象的な数学的な知識や技能を獲得するような授業をデザインする。本稿では，正負の数と連立方程式の単元を取り上げ，創発的モデル化の視点に基づく授業のデザインの工夫と，実際の授業における 3 名の生徒の学びの態様について，それぞれの障害特性を踏まえた教師の支援の在り方を示す。また，授業実践の分析を通して，障害特性の異なる一人ひとりの生徒が互いに自己の学び方を生かし他者と適切に関わりつつ, 数学がわかり，できる喜びを実感できることを示す。最後に肢体不自由教育類型Ⅱの授業改善に向けた教育的示唆を述べる。

Ⅰ　はじめに

１．問題意識とテーマ設定の理由

本校の肢体不自由教育部門高等部では，下表（表 1）のように，生徒の能力，特性に応じて 5 つの類型からなる教育課程を編成している。

類型Ⅰ	高等学校学習指導要領に準ずる教育課程
類型Ⅱ	下学年を適用する教育課程
類型Ⅲ	教科別の指導と領域・教科を合わせた指導を主とした教育課程
類型Ⅳ	領域・教科を合わせた指導を主とした教育課程
類型Ⅴ	「自立活動」を主とした教育課程

表１　5 類型の教育課程

私は，5 つの類型の中で主に類型Ⅰと類型Ⅱの数学を担当している。類型Ⅰでは高等学校と同じ教科書を使った授業を行っており，類型Ⅱでは，教科によっては中学校の復習を行ってから高等学校の内容に入っている。本校では，現在各学年類型Ⅰには 0～2 名程度，類型Ⅱには 1～4 名程度の生徒が在籍しており，場合によっては生徒と 1 対 1 になる授業もある。以上が本校の肢体不自由教育部門高等部の現状である。

私の考える問題意識は主として 2 点ある。一つは，数学科の教師は複数名いるが，それぞれが違う科目を担当しているため，授業は個々の教師のやり方に任されていて，教師間で授業や教材研究について工夫をしたり交流をしたりする時間が十分に持てないことである。その結果，教科書に準拠したワークシートの課題を取り上げ，知識や手続きを教師の側から丁寧に説明していくような授業が多くなりがちである。もう一つは，少人数の授業においても，数学に対する生徒の理解度や意欲，特に障害からくる学習の困難さに違いが

見られることである。一人ひとりの生徒は数学を自分なりにわかろうとしており，また「わかりたい」「できるようになりたい」と願っている。他方で，一人ひとりの障害特性に起因してか，数学に対して「わからない」「難しい」など苦手意識を持つ生徒も少なくない。このように，障害特性を配慮した教師側の教科の指導力や専門性の向上と，生徒側の学ぶ意欲の向上という 2 つの観点から，生徒がわかる喜びや学ぶ楽しさを実感できるような教材研究や授業づくりが必要だと考え，本研究のテーマを設定するに至った。

２．実践と理論の往還に向けて

上記の問題意識と研究テーマに関して，私は，日本の数学の教科書が性急に抽象的で形式的な数学的知識や技能を提示しており，生徒が持っている既有経験や意味理解の様々なレベルや障害の特性に応じた生徒の学びにくさに配慮していない点に主たる原因があるのではないかと考えた。そして，こうした課題に対して，私は「現実的数学教育理論」（Realistic Mathematics Education）における「創発的モデル化」（Emergent Modeling）が，直面する課題を改善し，個々の障害特性に応じて生徒にわかる，できる数学の学習を実現できるのではないかと考えた。Realistic とは真実味があり，zich REALISEren （イメージすること）（Van den Heuvel-Panhuizen, M., 2000: 4）を重視しており，「わかる」「できる」を実感できるために重要な示唆を与えうると考えたからである。

現実的数学教育理論における「創発的モデル化」とは，生徒の現実感や固有の見方・考え方を大切にし，また生徒の障害特性を配慮した学習環境を提供しつつ，徐々に抽象的な数学的な知識や技能を獲得するような授業をデザインするための理論である。この理論を参考にすることで，障害特性の異なる一人ひとりの生徒が互いに自己の学び方を生かし，また他者と適切に関わりつつ，数学が「わかり」「できる」喜びを実感できることができるのではないかと考えた。

Ⅱ　研究の目的と方法

本研究は，肢体不自由教育部門類型Ⅱの数学の授業において，創発的モデル化の考え方に基づき，抽象的な数学の形式的な学習に入る前に，その素地となるような教材をデザインすることで，一人ひとりの障害特性に応じた学習が可能になり，生徒がわかる喜びや学ぶ楽しさを実感できるかを明らかにすることを目的とする。

その目的を達成するための方法として，本研究では以下の 4 つの下位課題に取り組む。

①創発的モデル化の理論を整理する。

②具体的な指導内容に関して，日本の教科書と創発的モデル化に基づく教科書を比較する。具体的には，「正負の数」と「連立方程式」の単元での両者の特徴を明確にする。

③担当する 3 名の生徒に対する授業をデザインし，研究実践を行う。

④研究実践における授業の実際について質的データを示し，3 名の生徒の学習の態様を障害の特性を視点としながら記述する。

以下では，Ⅲで①を，Ⅳで②を，Ⅴで③を，Ⅵで④を述べ，最後にⅦで，肢体不自由教育部門の類型Ⅱの授業改善に向けた一般的な示唆を示す。

Ⅲ　創発的モデル化の理論について

著名な数学者・数学教育者であるハンス・フロイデンタールの数学論を基に，フロイデンタール研究所とその前身の研究所で開発されてきた数学教育の理論は現実的数学教育理論（以下 RME）と称されている。RME 理論とは，生徒がリアルだと実感できる状況（context）の下で学習活動を行うことを重視する数学教育のあり方を意味する。RME 理論はいくつかの原理から成り立っており，その

一つに水準論がある。Gravemeijer（2007）は，それを創発的モデル化と称して，4 つの水準を設けた。

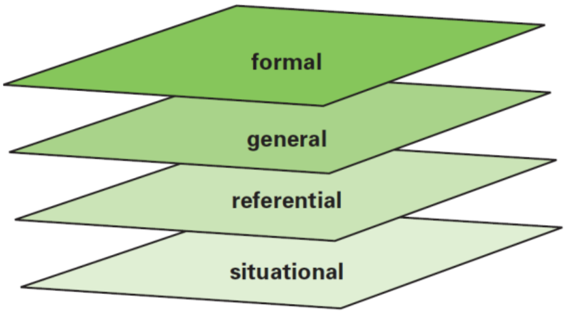


図 1　創発的モデル化の 4 水準

創発的モデル化は，現実的な状況（situational）から出発して，参照や一般の水準を経て，最終的に形式的な数学の知識や技能からなる水準を獲得していけることを提案している。

水準	一般的な特徴
形式的水準 (formal)	標準的な表記やアルゴリズムを使って解決する
一般的水準 (general)	置き換えられたモデルから形式的な数学の知識を獲得するための数量関係や規則性をとらえる
参照的水準 (referential)	具体的な状況を表した文脈を線分図や表などのモデルに置き換えて解決する
状況的水準 (situational)	具体的にイメージできる状況で，これまでの経験や学習をもとに解決する

表 2　各水準における特徴

ここで，「創発」とは複雑系の概念であり，現象が複数の構成部分，ここでは複数の水準からなるときに，下層の水準には元々なかった性質が上層に現れることを意味している。また，モデル化という用語は，下層から上層に至る間に異なるモデルが現れることを指している。創発的モデル化において，参照的水準では「状況のモデル」（model-of situation）が機能し，一般的水準では，「推論のためのモデル」（model-for mathematical reasoning）が機能する。創発的モデル化では，モデルの機能の変化，すなわち model-of から model-for への変化が極めて重要意味を持つ。例えば，同じ数直線でも，それは状況を参照するモデルとして機能する水準と，推論のために機能する水準とがある。これまでの日本の数学教育では，こうしたモデルに 2 つの機能があるという視点がなかったために，生徒は性急に抽象的な数学的知識や技能について考えることを強いられてきた。そのために，「わかる」ことや「できる」ことに実感を持つ機会が乏しかったと思われる。本研究では，現実的数学教育論の創発的モデル化に着目し，その理論を取り入れた教科書や教材を取り上げることにした。それが，以下で述べる Mathematics in Context である。

Ⅳ　Mathematics in Context について

1．Mathematics in Context とは

Mathematics in Context（以下 MiC）とは，オランダのユトレヒト大学とアメリカ合衆国ウイスコンシン大学が協同し，全米科学財団の支援を受けて開発した教科書のことである。MiC では，RME 理論の創発的モデル化に基づき，身近な生活場面の状況から始まり，それを自分なりに参照する表現で考えつつ，常に自分なりの目的意識をもった活動を通して，次第に重要な数学的なアイデアに気づいていき，最終的には抽象的な概念や形式的な処理方法へと洗練していくよう，教材が創意工夫されている。

2．日本の教科書と「MiC」との比較

教材研究として，実践を行う「正負の数」と「連立方程式」の単元で，2 つの教科書の内容を比較した。

（1）正負の数

本校で使用している教科書（東京書籍）では，導入で「『高い，低い』をみつけよう」ということで，標高や水深，気温など，身のま

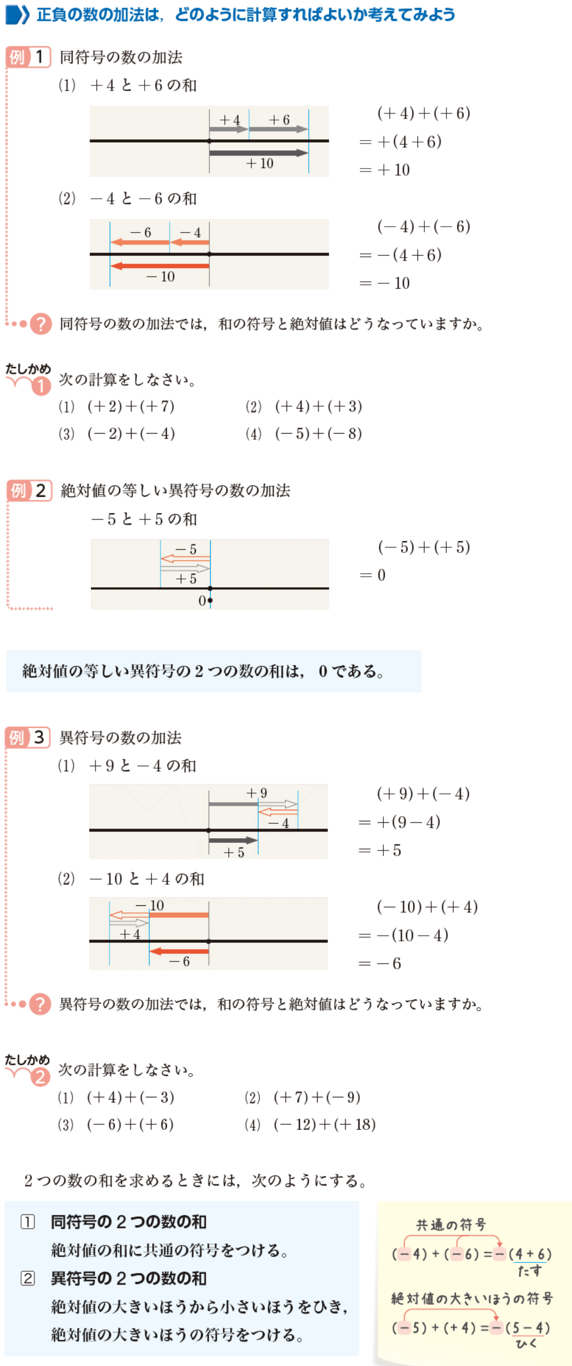
わりで正負の数を利用している場面を提示し，その場面でどのように正の数や負の数が利用されているかを考えるようになっている（写真 1）。

写真 1　正負の数の導入場面

次に，反対の性質を持つ量や基準との違いを正負の数を用いて表すこと，正負の数を数直線上に表して正負の数の大小を考えること，その関係を不等号を使って表すことなどを学んでいく。

正負の数の加減に入ると，東への移動を正の数，西への移動を負の数で表す，という例で正負の数の加法を説明している。また「同符号どうし」「絶対値の等しい異符号どうし」「異符号どうし」と，きまりが目立つように 3 つにパターン化された例を解くことで，それぞれの計算方法を学び，加法の計算方法を簡潔にまとめるという流れになっている。このように，日本の教科書では，数直線は状況を参照するためのものとしてではなく，推論のためのモデルとして具体的な必然性もなく性急に現れ，それを用いて計算の仕組みを理解することを要求している。（写真 2）。

この正負の数の例のように，日本の教科書は，導入では日常的な場面である「状況」を扱っているが，早い段階で「形式」のレベルに進みがちである。一方 MiC では，素地的学習を重要視しているため，参照や一般の活動を大切にし，model-of から model-for への移行に時間をかけている。


正負の数の加法は，どのように計算すればよいか考えてみよう

例1　同符号の数の加法
(1)　＋4 と＋6 の和
$(+4)+(+6)$
$=+(4+6)$
$=+10$
(2)　−4 と−6 の和
$(-4)+(-6)$
$=-(4+6)$
$=-10$
同符号の数の加法では，和の符号と絶対値はどうなっていますか。

たしかめ 1　次の計算をしなさい。
(1)　$(+2)+(+7)$　(2)　$(+4)+(+3)$
(3)　$(-2)+(-4)$　(4)　$(-5)+(-8)$

例2　絶対値の等しい異符号の数の加法
−5 と＋5 の和
$(-5)+(+5)$
$=0$

絶対値の等しい異符号の 2 つの数の和は，0 である。

例3　異符号の数の加法
(1)　＋9 と−4 の和
$(+9)+(-4)$
$=+(9-4)$
$=+5$
(2)　−10 と＋4 の和
$(-10)+(+4)$
$=-(10-4)$
$=-6$
異符号の数の加法では，和の符号と絶対値はどうなっていますか。

たしかめ 2　次の計算をしなさい。
(1)　$(+4)+(-3)$　(2)　$(+7)+(-9)$
(3)　$(-6)+(+6)$　(4)　$(-12)+(+18)$

2 つの数の和を求めるときには，次のようにする。
1　同符号の 2 つの数の和
絶対値の和に共通の符号をつける。
2　異符号の 2 つの数の和
絶対値の大きいほうから小さいほうをひき，絶対値の大きいほうの符号をつける。
共通の符号
$(-4)+(-6)=-(4+6)$ たす
絶対値の大きいほうの符号
$(-5)+(+4)=-(5-4)$ ひく

写真 2　パターン化された例題

MiC では，導入で時差に関する話題が取り上げられ，タイムゾーンマップを使って解く問題が出されている。時差の他にも，標高や気温など日本と同じような例が挙げられている。数直線を使った学習では，日本の教科書は正負の数を数直線上に表したり正負の数の大小やを考えたりするなど，やや抽象的な場面で使っているが，MiC では，時差や標高など具体的な場面で数直線を扱っており，また

標高を表す場合は数直線を縦にするなど，生徒がイメージしやすいものになっている。

正負の数の加減に入る際，ロボットが数直線上を動く例が挙げられている。東京書籍の例と似ているが，動き方が少し違っており，「たす」の場合は数直線上のプラスの方向を，「ひく」の場合はマイナスの方向を向き，その後に続く数が正の数の場合は前進，負の数の場合は後進する，というルールでロボットが動く。スタート位置，向き，指示をいろいろ変えながらロボットを動かしたり，自分がロボットになって実際に動く活動をしたりして，いろいろな式をつくり，それらを自分たちでパターンに分類することで，正負の数の加減の計算方法を自分たちでまとめるような流れになっている（写真 3）。

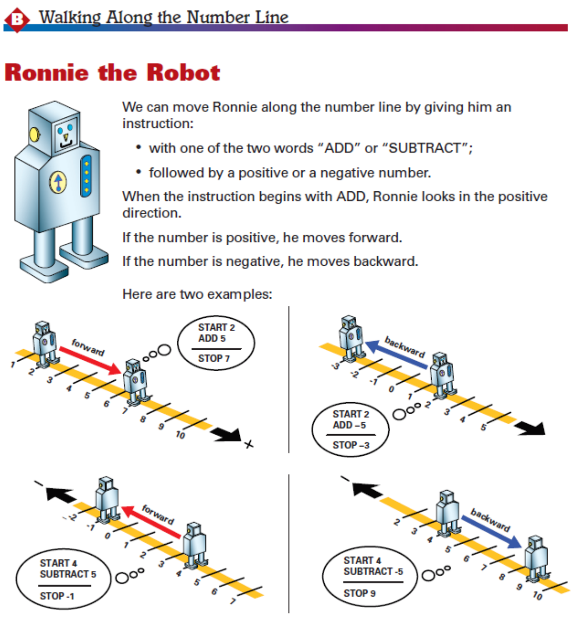


写真 3　ロボットが動く例

（２）連立方程式

東京書籍の教科書では，導入でバスケットボールのシュート数と得点から 2 点シュートと 3 点シュートの本数を求めるという例を挙げている。導入の段階では，表を使ったり，2 つの 2 元 1 次方程式を満たす正の整数を求め，両方に共通する x と y を探したりして解を求めている。その後は，果物の個数と代金の問題で，りんごやオレンジを○や●で表して加減法のように解いた後，すぐに文字を使った加減法の学習に入っていく。

一方 MiC では，方程式の導入として物々交換，天秤，綱引きなど具体的な操作や言葉の式を使って解くような例が多く挙げられている（写真 4）。

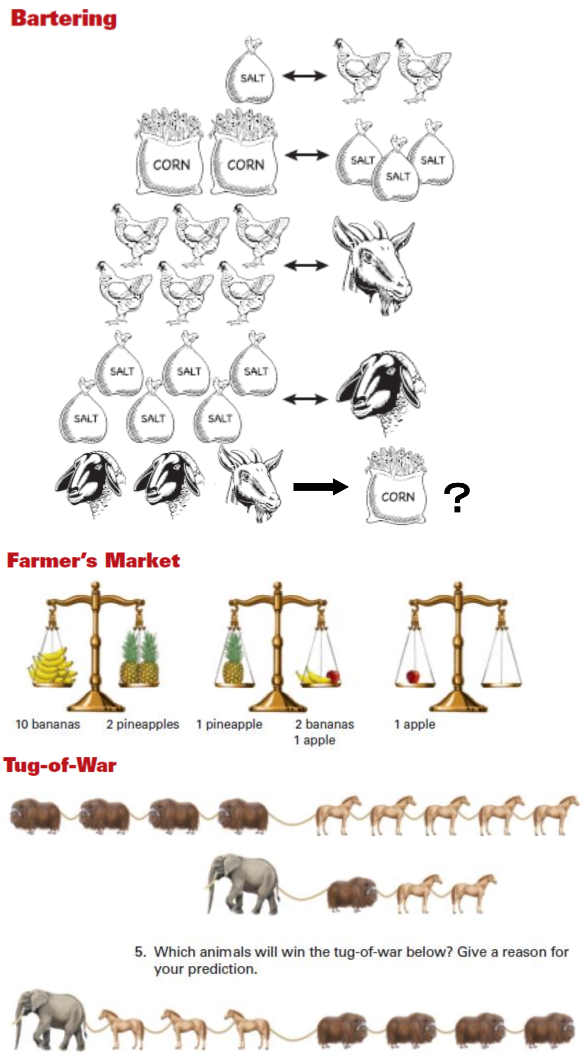


写真 4　物々交換，天秤，綱引きの例

具体物の操作の後も，すぐには立式による解法には入らず，表を使って解くような問題が続く。学校の購買の無人販売で消しゴムと鉛筆を販売したとき，箱の中の金額から消しゴムと鉛筆がそれぞれいくつ売れたかを求める，という例が扱われている。

最初の段階では，それぞれの価格表をつくり，2 つを見比べながら指定された合計金額になる組み合わせを探す。次の段階では，2 次元表を使って指定された合計金額になる組

み合わせを探す。最後に 2 次元表の中の規則性を見つける，という流れになっている（写真 5)。

Erasers	Price
0	$0.00
1	$0.25
2	$0.50
3	$0.75
4	$1.00
5	$1.25
6	
7	

Pencils	Price
0	$0.00
1	$0.15
2	$0.30
3	
4	
5	
6	
7	

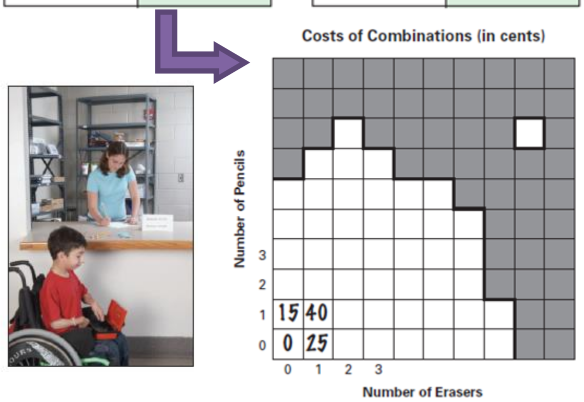
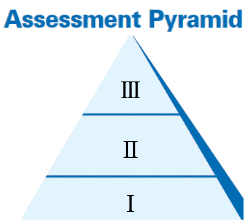


写真 5　学校の購買の例

3．MiC の評価について

MiC では，学習内容を 3 つのレベルに分けて評価している。連立方程式を例に挙げると，レベルⅠは絵カードなど具体物を操作して問題を解くことができる，レベルⅡは少し抽象度が増して，2 次元表などを使って問題を解くことができる，レベルⅢは連立方程式を使って問題を解くことができる，といった 3 段階で評価している。日本の教科書ではピラミッドの頂点のレベルの解法のみで生徒を評価しているが，MiC ではどの単元でもこのような 3 段階で評価し，レベルⅢに至る前の解法も評価しているところが特徴的である。



（連立方程式の例）
Ⅲ：方程式の活用
Ⅱ：2 次元表の活用
Ⅰ：絵カード操作

図 2　MiC の評価ピラミッド

Ⅴ　実践

1．対象

本研究では，本校肢体不自由教育部門高等部 3 年生 3 名（類型Ⅱ）を対象とし，授業を行った。

2．期間

授業実践は，平成 30 年 4 月～平成 30 年 12 月にかけて，以下の 4 つの期に分けて行った。

Ⅰ期：4～5 月　　生徒の実態把握
Ⅱ期：6～9 月　　実践①　正負の数
Ⅲ期：10～11 月　実践②　連立方程式
Ⅳ期：12 月　　　分析

3．単元計画

以下に示すものは，2 つの単元の基本的な計画である。

＜正負の数＞ ①タイムゾーンマップを使った時差についての問題（8 時間） ②日本や世界の最高地点，最低地点など標高や水深についての問題（7 時間） ③数直線を使った時差，海抜など具体的な場面の問題（4 時間） ④ロボット操作による正負の数の計算方法の発見（8 時間）
＜連立方程式＞ ①物々交換，天秤，綱引きなど具体物や言葉の式を使って解く課題（3 時間） ②組み合わせ表の見方とその中にあるパターンを見つける課題（6 時間） ③2 次元表を使って連立方程式を解く課題（5 時間）

4．データ収集と分析

データ収集は，実際の授業過程をビデオカメラで録画･録音するという方法を利用した。生徒全員の発言や表情がおさめられるように，教室の前方にビデオカメラを 1 台配置した。研究授業の際は，板書等授業の流れを全体的

に撮影できるよう，後方にもう1台ビデオカメラを設置した。毎時間，授業後に板書の写真を撮影した。また，二次的資料として，生徒が操作している様子の動画，生徒が書いたワークシート等を適宜収集した。

５．具体的な実践

（１）Ⅰ期（生徒の実態把握）

私は，対象とする生徒を今回初めて受け持った。そのため，まず3名の生徒の実態把握を丁寧に行った。

知的な遅れはないが，身体的な障害から様々な困難さがあるため，授業の進度がかなり遅れている学習集団である。現在高等部 3年生だが，中学校の内容を学習している。また肢体不自由の生徒に多く見られる傾向として，車椅子で生活しているがゆえに経験できないことがあることから，同年代が経験しているようなことが知識として蓄積されてないことがある。

4〜5月は，小学校6年生算数の「資料の調べ方」を学習した。その中で把握した生徒一人ひとりの様子は以下のとおりである。

A	・授業に対する意欲はあり，発言もするが,数学に対する苦手意識が強く，一度つまずくと先に進めない。 ・複数のことを一度に指示，説明されると理解できず混乱する。 ・3人の中では手先は器用である。
B	・学習に対してとても意欲的で，発言が多く，考えることを好む。 ・なぜそうなるのかにこだわり，納得できるまで質問する。 ・視覚と手先に困難さがあり，筆記や操作に時間がかかる。
C	・とても真面目で，学習内容の理解度は高い。 ・すぐに発言せず，じっくりと考える傾向がある。 ・筆記に時間がかかるので，暗算で計算することが多い。

（２）Ⅱ期（実践①「正負の数」）

①時差についての問題

MiCの教科書のとおり，タイムゾーンマップを使った時差の問題から始めた。ちょうど社会の授業で時差の学習をしていたこともあり，生徒Cから「社会の勉強みたい。」，生徒Bからは「なんで数学に関係するんだろう。」という発言があった。生徒Cは「時差を求めるとか，そういうところが関係しているのではないか。」と予想していた。また，考えたことを文章で答える問題が多いため，生徒Bからは「このまま文章を書く問題ばかりで，計算は出てないのか。」と心配する声も上がった。また，時差を実感するような経験はあるか，という問いに，生徒Cは「ない。」と答え，生徒Bは「アメリカにいるいとこに夜中に電話をかけてしまって迷惑をかけた。」というエピソードを話してくれた。1 年生で同じ授業をしたときに出た「リオオリンピックをテレビで観るとき，日本では夜の時間帯だった。」という意見を提示したが，生徒Cには「テレビをあまり観ないので。」と言われてしまった。生徒Cは，平日は家庭を離れ，学校に隣接する病院から登校しているため，自由にテレビを観る環境にないことから，このような発言になったのだと思われる。

タイムゾーンマップを使って時差を求める問題では,見慣れない地図ということもあり，地図下部の正負の数が何を意味しているのかを理解するのに時間がかかった（写真6)。

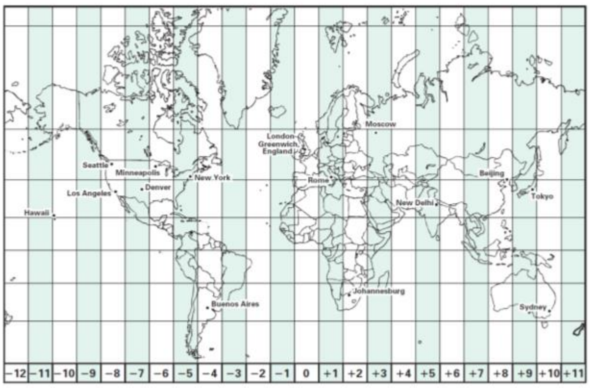


写真６　タイムゾーンマップ

生徒Ｂは初め，プラスとマイナスで午前，午後が分かれると勘違いしていたが，東京が午前 0 時のとき北京は午後 11 時となり，その考えが違っていることに気づいた。地図上のゾーンを 1 つ移動するごとに 1 時間進んだり戻ったりすることから，最初の段階では数えて時刻を求められればよかったのだが，地図の下に正負の数が書いてあることで，生徒たちの混乱を招いてしまった。生徒Ｂは下の数字を見ないようにして，マスを数えて解答したが，視覚的な困難さがあるため，地図のマスを数える，という作業にも苦戦していた。生徒Ｃは 14 時間時差があるということから，12 時間で午前と午後が変わるからそこから 2 時間ひけばいい，という考えを発言し，生徒Ｂは「確かに。賢い！」と反応していた。

また，アメリカでは時刻を午前午後で表記しており，それをそのままワークシートに表したが，午後 0 時の 2 時間前は午前なのか午後なのかがわからなくなり，生徒にとっては混乱する原因の一つになってしまった。24 時間表記にしていれば，混乱は少し軽減されていたのではないかと思われる。

②ハイキングコースのアップダウン問題

正負の数の加減の計算方法を知る前に，表や図の情報から，ハイキングコースのゴール地点はスタート地点より高くなるか低くなるか，という問題に取り組んだ。生徒Ｂは，マイナスで表された数は引き算と捉えて順番に書き，足し算と引き算をくり返していけば答えが出せると考えた。ただ，くり返すうちにマイナスの計算になるかもしれないと予想した。生徒Ｃは 3 つ目までの和が 137 で，4 つ目に－370 という数値が出てくるので引けないから，残りのプラスの数値＋110 と＋140 を足して－370 と比較してはどうか，という意見を出した。これに対して生徒Ｂは，プラスどうし，マイナスどうしを足してから引けばよいのではないか，という意見を述べた。ただし，マイナスどうしの足し算の方法はまだわからないので，どう計算したらよいかわからないとも発言した。生徒Ｃは計算の仕方はわからないけど，マイナスよりプラスの方が大きいか小さいかを確かめるだけなら，数直線を使って求めることができるかもしれない，という意見を述べた。MiC の教材は生徒自身の考えを活かすものであることから，生徒はそれぞれ自分の考え方で答えを求めていくこととなった。生徒Ｂは，直感的にマイナスどうしの和を絶対値の和にマイナスをつければよい，と考え，最終的に 387－447 という式にたどり着いた。生徒Ｂが先に終わったので，3 人で生徒Ｃのやり方を一緒に考えることにした。生徒Ａがわからなくなると，生徒Ｂと生徒Ｃが交互に説明し，3 人とも納得してから次の計算に進んだ。生徒Ｂも生徒Ｃも，生徒Ａを置いていってはいけないという思いを持っており，生徒Ａがわかるまで根気よく説明していた。同じような作業をくり返すうち，生徒Ａもスムーズに答えを出せるようになった。生徒Ｂは 387－447 の計算方法を，数直線を活用しながら次のように説明した。

0 までは引けるので，447 のうちまず 387 だけ引くと 0 になる。0 より下の部分があとどれだけあるかは 447－387 を計算すればよい。0 より 60 だけ下がるから答えは－60 になる。

本授業では，同じ課題でも異なる推論をすることが可能であり，他者の異なる考え方と自己の考え方を比較しながら，共通の考え方へと高めることができた。

③ロボットの操作による正負の数の加減

まずプレゼンテーションソフトを使って，ロボットの動き方とその動きを加法の式で表す方法を生徒と確認した。次に実際に数直線とロボットを使って，確認した例と同じ動きを操作してみた。生徒がロボットを操作する

にあたり，生徒の実態に合わせた数直線を作成することにした。最初は普通の数直線（写真 7）を作成したが，視覚的な困難さや肢体不自由からくる手の不器用さのある生徒もいるため，目盛りが短いと，どこまで動いたかがわからなくなることが想定された。

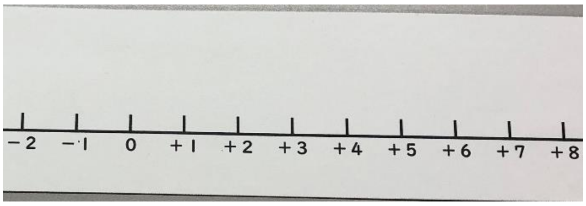


写真 7　最初の数直線

次にロボットの操作のしやすさを考えて，マス目のあるもの（写真 8）も考えたが，マスでは数直線の概念を適切に表現できないため，最終的には目盛り線を長く伸ばした数直線を作成し，使用することにした（写真 9)。

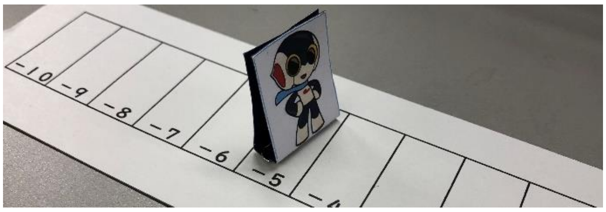


写真 8　マス目のある数直線

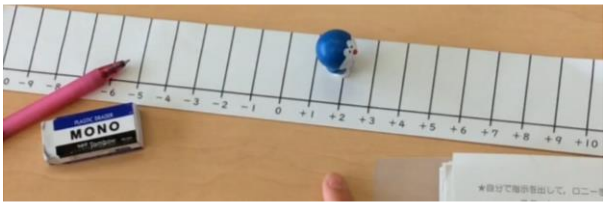


写真 9　最終的に使用した数直線

「目盛り線を踏みながら移動する」というルールにすることで，生徒たちは目盛りを飛ばしたりずれたりすることなく移動させることができた。また形式的な計算のルールを覚えることが苦手な生徒Ａも，ロボットを動かせば答えが出せるので，安心して問題に取り組むことができた。

通常，解答の発表の場面では黒板に書いたり黒板で操作したりして説明するが，本校は車椅子の生徒が多いため，前に出て説明することは難しい。そこで，このときは自分の席で操作している様子を iPad で撮影し，テレビに写して全員で確認することにした。生徒たちは，自分が操作する様子も友達が操作する様子も真剣に，興味をもって見合っていた。数学に苦手意識があり，なかなか解答を発言できない生徒Ａにとっては，自分のやったことを友達に認められるよい機会にもなった。

次に，計算方法を自分たちで考える活動を行った。まず，各自で加法の式とその答えを考え，生徒同士で問題を出し合い，実際にロボットを動かして答えが合っているかを確認した。生徒たちが考えた式をすべて挙げ，それらを自分たちなりのルールでグルーピングをし，それぞれのグループでの計算方法を自分たちで考えた。「正＋正」「負＋負」「答えが正になる異符号どうし」「答えが負になる異符号どうし」の 4 パターンに分けるのではないかと想定したが，生徒たちは初め，「正＋正」「負＋負」「正＋負」「負＋正」の 4 パターンに分類した。しかし，いろいろな式を徐々に挙げていく中で，答えの符号にも着目するようになり，試行錯誤した結果，最終的には写真 10 のように分類し，計算方法をまとめた。

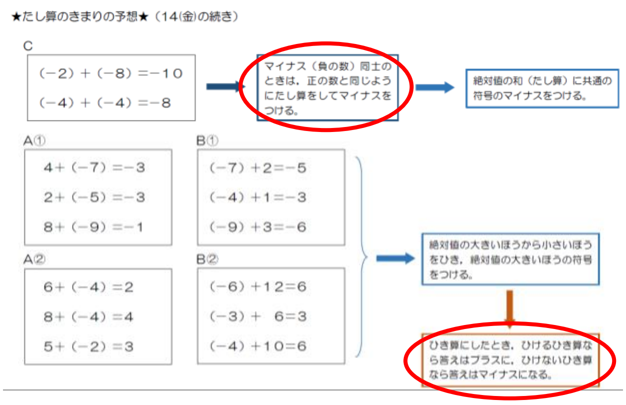


写真 10　生徒たちがまとめた加法のきまり

負の数どうしの加法は，計算方法をまとめることも，それを理解して計算に活用することもスムーズだった。しかし異符号どうしの加法については，計算方法をまとめることはできても，それを活用して計算するのは難しく，慣れるまでは頭の中に数直線を描いて，0

を超えるか超えないかで，答えの符号を判断しているようだった。したがって，自分たちで計算方法を考えた後は，日本の教科書に示されているように，括弧を外して項を書き並べた形にするとわかりやすい，減法は加法に直して計算するようにすれば加法の計算方法だけ覚えればよい，といったことを伝えることで計算方法がスムーズに理解できたようだった。最終的には日本の教科書の指導方法を使ったが，初めから日本の教科書のようにパターン化された問題を解き，計算方法を与えられたとしたら，項だけを並べたり減法は加法に直したりすると計算が楽になる，といった感覚を生徒が持てなかったのではないかと思われる。

（３）Ⅲ期（実践②「連立方程式」）

①　物々交換

物々交換や天秤の問題では，実際に操作できるよう具体物を準備し，価値や重さの等しいものを交換しながら答えを求められるようにした（写真 11，写真 12）。具体物は，厚紙を台紙にし，裏にマグネットをつけ，小さなホワイトボードに並べて操作するようにした。そうすることで，手先に不器用さがあっても，ある程度安定して操作することができた。

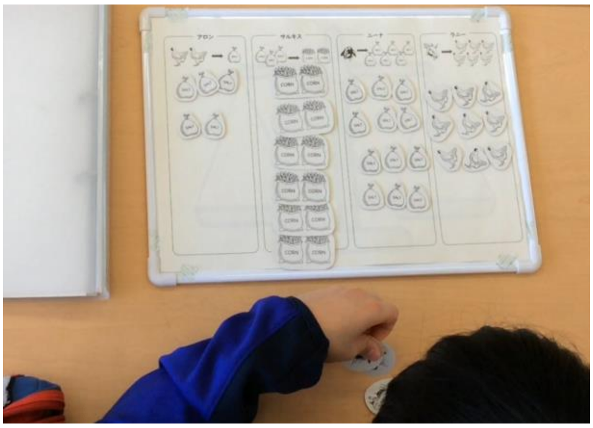


写真 11　物々交換の教材

物々交換では，交換する相手と物が複数あるため，生徒たちはかなり試行錯誤していたが，物の操作が得意な生徒Ｃは写真 11 のように操作しながら，操作に時間のかかる生徒Ｂは写真 13 のように，交換したものを言葉でメモしながら考えていた。

このように，生徒たちがそれぞれ自分の得意な方法を選択して問題に取り組んでいる様子が伺え，自分なりにリアルな数学を基に授業を進めることができた。

写真 12　天秤の教材

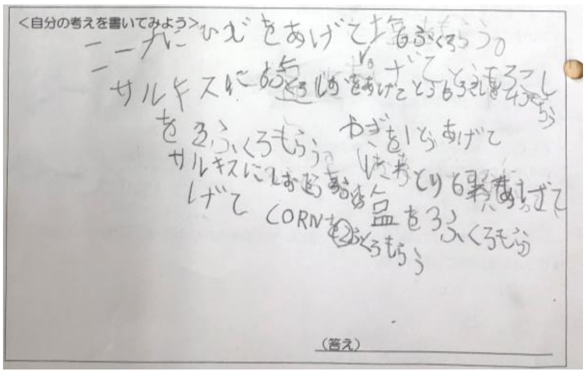


写真 13　生徒Ｃのワークシート

ニーナにひつじをあげて　塩６ふくろ

サルキスに６ふくろしおをあげて
とうもろこし４つもらう

やぎを１とうあげて　にわとり６わ　あげて
塩３ふくろもらう

サルキスにしおを３ふくろあげて
ＣＯＲＮを２ふくろもらう

資料１　生徒Ｃのワークシート内容

正負の数と同様，操作している様子を iPad で録画し，全員で見合った。数学に対して苦手意識を持っている生徒Ａの操作の様子を見て，生徒Ｂが「Ａさんの手の動きがわかりやすい」と感想を述べており，生徒Ａは友達に

認められたことに思わず笑顔になっていた。

天秤の問題は，生徒にとっては難易度が高かったようだ。教師側から見ると，物々交換も天秤も綱引きも，等しいものを置き換えていく同じような問題だと感じていたが，生徒は，場面が変わると新しいものとして捉えているようだった。物々交換では，交換する物と個数が明確なため，とりあえず交換してみることが可能だったが，天秤では「バナナ 10 本とパイナップル 2 個がつり合っている」という状況から，左右両方とも半分にして「バナナ 5 本とパイナップル 1 個もつり合う」という発想になかなか至らなかった。生徒 C は，等式の性質である「等式の両辺から同じ数を引いても等式は成り立つ」や「等式の両辺を 0 でない同じ数でわっても等式は成り立つ」ということが感覚的にわかっていたようで，そのように操作しながら解を求めていた。生徒 A，生徒 B は解法が思い浮かばなかったので，生徒 C が自分の考え方を 2 人に説明した。なんとなくわかったような雰囲気になったが，生徒 B は自分の力で解けなかった悔しさと，本当にわかったか確かめたいという気持ちから，「今度はもう一回自分でやってみたい」とつぶやいていた。

②2 次元表の活用

MiC で扱われていた購買の例は，生徒にとって実感が伴わないこと，本校の文化祭で過去に作業製品を無人販売していたことから，場面を「学校の購買」から「作業製品の無人販売」に変更し，状況をよりリアルなものとなるように工夫した（写真 14）。

写真 14　授業の様子

この授業では，例えば，料金箱に 220 円入っていたとき，製品がそれぞれ何個ずつ売れたか，またその金額になる組み合わせは他にもあるかを求める，というような問題が提示された。ここでは，2 次元表を使うと同じ金額になる組み合わせを見つけるのが簡単だ，と生徒たちに感じてもらうことがねらいだった。実際に授業を進めていく中で，最初に提示した個数と代金の表（写真 15）では，「どことどこを組み合わせれば 220 円になるかを探すのが難しい」という発言が生徒から出た。

写真 15　個数と代金の表

次に 2 次元表（写真 16）を提示し，表の埋め方を説明した。埋め方はすぐに理解できたが，生徒に配付したワークシートの表はすべて空欄だったため，マスを埋めるのにかなり時間を要してしまい，肝心の同じ金額を探す時間が少なくなってしまった。自分の力で計算してほしいという思いから白紙の表にしたが，生徒の計算や書くスピード，同じ金額を探すことにかける時間等を考慮すべきだった。しかし，時間がかかっても自分で表を埋めたおかげで，横に進むと「50 円増える」や「縦に進むと 30 円増える」といった表の規則性に生徒自身で気づくことができたようだった。

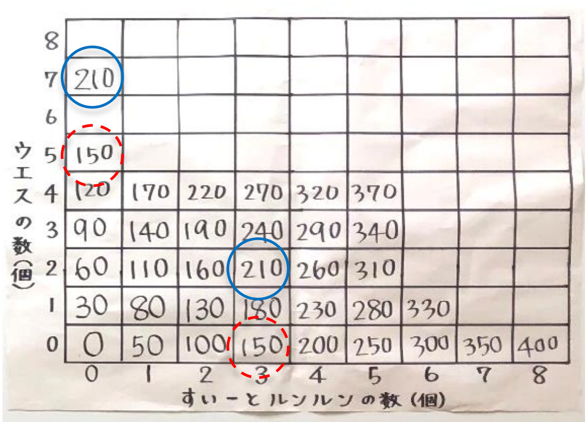


写真 16　2 次元表

表がある程度埋まっていくと,「2 次元表の方がわかりやすい」というつぶやきがあり,「2 次元表を使うと便利だ」ということを生徒たちは実感できたようだった。ただし，2 次元表を使っても，同じ数字がどこにあるのかを探すのに苦労している生徒もいた。視覚的な困難さが原因だと考えられる。

授業整理会で，タイムマネジメントの観点から，ICT を活用してはどうかという助言をもらい，Excel で作った表を次時に提示してみた（写真 17）。

価格の組み合わせ（円）

ウエスの数（個） ＼ すいーとルンルンの数（個）	0	1	2	3	4	5	6
6	180	230	280	330	380	430	480
5	150	200	250	300	350	400	450
4	120	170	220	270	320	370	420
3	90	140	190	240	290	340	390
2	60	110	160	210	260	310	360
1	30	80	130	180	230	280	330
0	0	50	100	150	200	250	300

写真 17　Excel で作成した 2 次元表

Excel で使った表は，色を塗ったり消したりするのが簡単で，とても見やすかった。金額が同じところに同じ色を塗ると，同じ金額が一目でわかりやすい上に，例えば 150，200 と金額が同じになるところを見つけ同じ色を塗ると，その隣の 250, 300 もすぐに見つけることができ，さらに表にはないが，350，400 といった数値も同じになるのでは，という予想まで生徒たちから挙がった。タイムマネジメントの観点からの助言であったが，一目で同じ金額がわかるこの表は，視覚的な困難さのある生徒にとっては非常に有効な手立てであったことがわかった。

次に，作成した 2 次元表からパターンを見つける活動を行った。初めはなぜそのような数字の変化になるのかわからなかったが，いくつかくり返すうちに，ウエスとすいーとルンルンの個数の増減と金額に関係があることに気づくことができた。また，同じ向きの矢印ならば，どのマスからどのマスへの矢印でも同じ金額の変化になることも理解できた。ここまで理解できると，金額の入っていない表（写真 18）でも矢印の向きから金額の増減を見つけ出したり，逆に個数の増減を表す矢印を書いたりすることができるようになった。

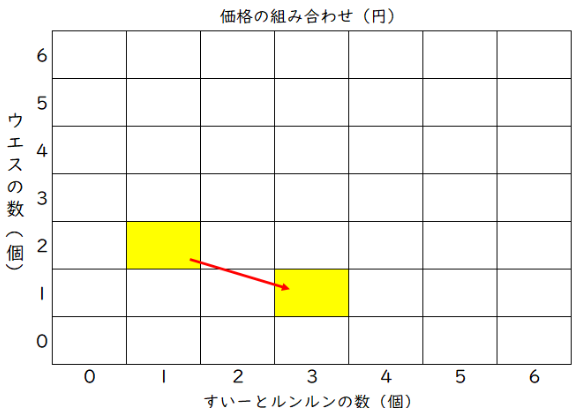


写真 18　金額の入っていない 2 次元表

その後，写真 19 のように，0 と 2 つの数から〇にあてはまる数を求める活動を行った。これは次時の 2 次元表を使って連立方程式を解くための素地となるものである。

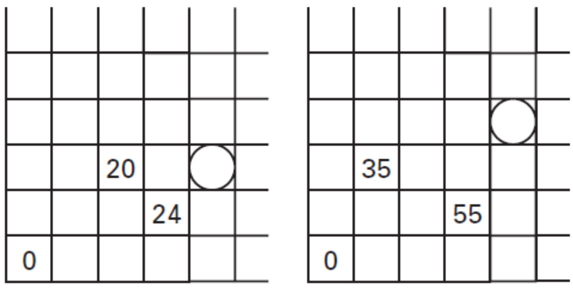


写真 19　2 次元表のパズル

③2 次元表を使った連立方程式の解法

次時は写真 20 のようなワークシートで授業を進めた。物々交換や天秤のときのように具体物も準備したが，生徒たちは表で考えることを選択した。

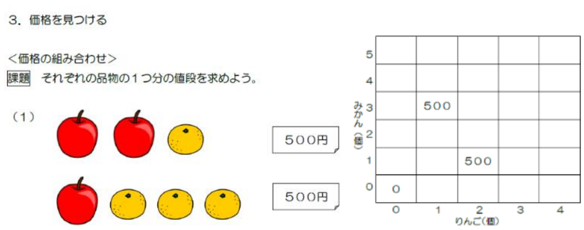


写真 20　連立方程式のワークシートの一部

まず，問題からわかる数字を埋め，そこからどんな矢印を引けばよいかを考えた。パズルで練習してきたのでスムーズに解けるかと思ったが，0 以外の数がどちらも 500 ということもあり，どの数を結ぶ矢印を引けばよいかがなかなか思い浮かばないようだった。最初はどうしても 0 と 500 を結びたがったが，そうすると 1 あたりの量からどんどん遠ざかってしまい，試行錯誤が繰り返された。そのうち，生徒Ｂから「500 どうしを結ぶ」という意見が出て，同じ向きの矢印ならば進んだ先のマスにも 500 が入ることを 3 人とも納得し，みかん 5 個で 500 円になることから 1 個 100 円であると求めることができた。その後，生徒Ａが 500－100 を計算し，りんご 2 個で 400 円になるから 1 個 200 円になると答えた。生徒Ｂから「それでいいんじゃない。すごい！」と生徒Ａを認める声かけがあった。また生徒Ｃからは「表を使って求めるとしたら…」という発言があり，みかん 1 個分の値段の 100 を表に埋めることで，下に 1 マス下がると 100 減ることを見いだし，500 の下が 400 になることからりんご 2 個で 400 円になることを表から見つけることができた（写真 21）。この考えに，生徒Ａも生徒Ｂも納得していた。

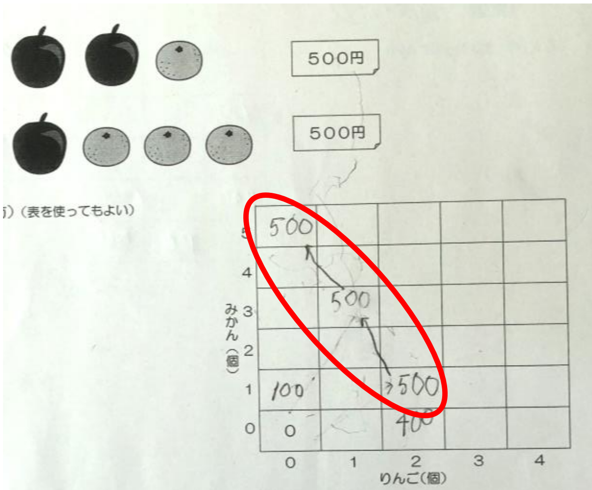


写真 21　生徒のワークシート

その後は，ハンバーガーとサンドイッチ，Ｔシャツとトレーナーと品物を変えた問題や，ケーキとクッキーを何個かずつ交換したら得するのはどちらか，といった問題に取り組んだ。写真 22 はハンバーガーとサンドイッチの問題の生徒の解答である。

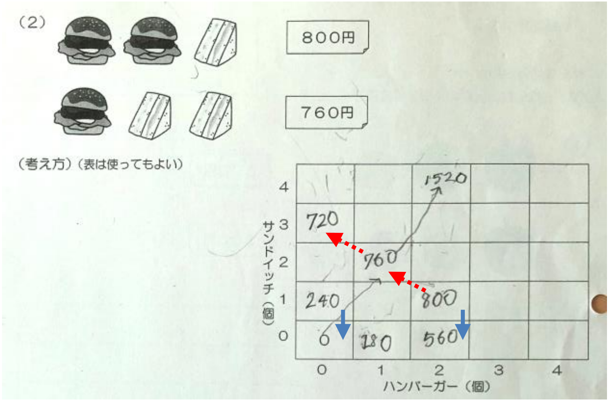


写真 22　生徒のワークシート

まず，2 次元表に 800 と 760 を埋める。初めは 0 から 760 への矢印を引き，同じ向きの矢印の先は 760＋760＝1520 と求めたが，1 あたり量から遠ざかっていることに気づいた。次に 800 から 760 への矢印を引き，40 減っているので，同じ向きの矢印の先が 800－40＝720 になることがわかる。サンドイッチ 3 個で 720 円あるから，1 個分は 720÷3 で 240 円と求めることができる。また，そのことから下に 1 マス下がると 240 円減ることがわかるので，800 の下は 800－240＝560 となる。ハンバーガー2 個で 560 円であるから，1 個分は 560÷2 で 280 円と求めることができる。

このように，2 次元表の活用によって，連立方程式を解くことができるようになった。

Ⅵ　考察

１．MiC の有効性について

数学に苦手意識をもつ生徒Ａにとっては，抽象的な計算ではなく，具体物の操作や表などを使って解答できることで，安心して自信をもって課題に取り組むことができた。また自分の解答に対して生徒Ｂや生徒Ｃから認めてもらえる反応をもらえたことも，生徒Ａの自信につながったと思われる。一方，じっくり考えることが好きな生徒Ｃや，自分の考え

たことを友達と議論することが好きな生徒Bにとっては，自分たちで計算のルールを考え出す活動や，解答に至るまでにいろいろな考え方があるような活動は，とても興味深かったようだった。

日本の教科書は道筋が決まっており，生徒を道筋通りに導いていくようなイメージがあるが，実際 MiC を取り入れた授業をしてみると，抽象的な計算やいわゆる公式を使って求めるだけでなく，具体物や数直線，2 次元表など様々な解法が提供されることで，生徒たちが自由な発想や考え方で問題に取り組む姿が見られた。

このように，MiC を取り入れた授業は，生徒一人ひとりの理解度や数学への興味の度合いに関わらず，その生徒なりの「わかる」や「できた」を保障するものであったと考える。

本校の準ずる教育課程では，学習指導要領に従って，1 年間で学習する内容が定められているが，下学年適用の教育課程では，学習内容や進度を生徒の実態に合わせることができるという点で，対象生徒たちには MiC の教材が合っていたと考える。

しかし，MiC のすべてがよいというわけではない。正負の数の導入では，身近な事例がたくさん扱われていたが，例えばタイムゾーンマップを使った時差の問題は，アメリカでは一般的な例かもしれないが，日本ではあまり馴染みのないものなので，扱うときには工夫が必要だと感じた。また，正負の数の乗除に関して，MiC では負の数の倍数の数直線を使って説明しているが，これは抽象度が高い説明になっており，生徒たちには理解が難しかったようだ。したがって，正負の数の乗法については，東京書籍の「東西に時速 4km で移動する」例で生徒たちに説明した。多少ルールは違ったが，ロボットを数直線上で動かす活動をしていたこと，教科書付属のソフトで人の動きが動画として見ることができたことなどから，負の数×負の数＝正の数になることがスムーズに理解できた。

２．教師の変容

これまで私は教科書通りの授業を行ってきた。ワークシートは作成するが，それは書字に困難さがある肢体不自由の生徒に対する支援の一つであって，内容は教科書のままだった。そのようなドリル形式のワークシートでは,わかる生徒はどんどん先に進んでしまい，集団でいながら個別の学習になりがちであった。研究授業等で指導いただく中で，ワークシートについて改善するきっかけをいただいた。

また,研究授業の教材研究をするにあたり，対象生徒の実態がよくわかっている同僚に，授業内容や教材について相談した。他教科ではあるが生徒の実態をよく把握しているため，適切な助言をもらうことができた。このように普段から他の教師と生徒や教材，授業についての相談をすることの大切さを再確認した。

授業スタイルについても，生徒と教師の 1 対 1 対応になりがちであったが，答えの正解不正解だけではなく，なぜそうなるのか理由を考えさせることを，前よりも増して意識するようになった。生徒の質問に教師が答えるのではなく，生徒に説明してもらうなど，生徒どうしの関わりもより大切にするようになった。

Ⅶ　まとめ

１．結論

どの生徒にとってもその子なりのわかり方を保障する MiC の教材は，特に下学年適用の教育課程で学ぶ生徒にとっては有用であると考えた。

このことは，次の 3 つに集約できる。

①身近な生活場面である状況を，導入のみで扱うのではなく十分に繰り返すことで，生徒自身が重要な数学的なアイデアに気づくことができる。

②一問一答形式ではなく，試行錯誤するような課題を設定することで，多様な考え方を引き出すことができ, 生徒の興味関心が高まる。
③評価ピラミッドの頂点であるレベルⅢのみで評価するのではなく，レベルⅠやレベルⅡの段階でも評価することで，数学に対して苦手意識のある生徒にも認められる機会が与えられる。

２．今後の課題

今回は正負の数と連立方程式の 2 つの単元のみで実践を行ったが，今後は他の単元にも広げていきたい。ただし，その際には，MiC の内容と日本の教科書の内容をよく吟味し，両方のよいところを取り入れるような教材のデザインをしていく必要があると考える。

本校肢体不自由教育部門の生徒は，その障害特性から，同年代の生徒に比べて様々な生活経験が不足している。時差やハイキングコースの問題のように，経験していないことが問題を解く際の妨げになっている，ということが少なくないように思われる。題材を選定する際は，これらのことも考慮に入れる必要があると考える。

今回初めてこのような取り組みを行い，ある程度の成果を実感できた。これを自分だけの財産にするのではなく，同じ高等部の数学の教師や中学部の教師にも共有し，互いに深め合ったり広め合ったりできるようにしていきたい。

引用・参考文献

Abels,M. et.al.,(2010). *Compering Quantities* (*Algebra*). Austin, Texas: Holt, Rinehart and Winston.

Abels,M. et.al.,(2010). *Compering Quantities* (*Algebra*). *Teacher'sGuide*. Austin, Texas: Holt, Rinehartand Winston.

Kindt, M. et.al.,(2010). *Operations* (*Algebra*). Austin,Texas: Holt, Rinehart and Winston.

Kindt, M. et.al.,(2010).*Operations* (*Algebra*) *Teacher's Guide*. Austin, Texas: Holt, Rinehartand Winston.

Gravemeijer, K. (2007). *Emergent modeling and interactive processes of design and improvement in mathematics education.* A paper presented at *APEC-TUKUBA International Conference* Ⅲ. University of Tukuba.

Meyer, M. R. et.al.,(2006). *The Teacher Implementation Guide*. Austin, Texas: Holt, Rinehart and Winston.

藤井斉亮ほか (2016)「新編新しい数学１」, 東京書籍.

藤井斉亮ほか (2016)「新編新しい数学２」, 東京書籍.

平岡賢治，野本純一 (2015)「数学の教科書をより有効的に使う力の育成に関する研究(2) ―RME 理論を手がかりにして―」, 長崎大学教育学部紀要合併号第 1 巻.

宮城宏 (2009)「創発的視野に着目した一次方程式における指導の改善」，金沢大学大学院教育学研究科修士論文（未公刊）.