

文章題解決力向上のためのイメージ化支援教材の検討

神田 麻衣[†] 佐藤 哲司^{††}

[†] 筑波大学情報学群 〒305-8550 茨城県つくば市春日 1-2

^{††} 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科 〒305-8550 茨城県つくば市春日 1-2

E-mail: [†]s0711583@u.tsukuba.ac.jp, ^{††}satoh@slis.tsukuba.ac.jp

あらまし 教育の情報化が進み、新たな e ラーニング教材の開発が期待されている。本研究では、初中等教育において理解が難しいとされている算数の文章題を対象に、学習者が直接操作して体験することでイメージ能力を向上させることを狙いとした e ラーニング教材を検討する。距離と速さの関係を扱う旅人算を題材に、出題文を図に変換・統合する過程を「操作できる図」とする方法を提案し、実装・評価を行ったので報告する。

キーワード e ラーニング, 文章題

A Study for Improving Imaging Skills on Word Problems of Mathematics

Mai KANDA[†] and Tetsuji SATOH^{††}

[†] College of Knowledge and Library Sciences, School of Informatics, University of Tsukuba
1-2 Kasuga, Tsukuba, Ibaraki, 305-8550 Japan

^{††} Graduate School of Library, Information and Media Studies, University of Tsukuba
1-2 Kasuga, Tsukuba, Ibaraki, 305-8550 Japan

E-mail: [†]s0711583@u.tsukuba.ac.jp, ^{††}satoh@slis.tsukuba.ac.jp

1. はじめに

近年、教育の場において情報機器を利用する機会が増えている。子どもたちが情報社会に対応できる情報活用能力を身に付けるリテラシー教育だけでなく、これまでの教科科目においても情報機器を活用し、理解を深めることが文部科学省より推奨されている。[6] それに伴い、情報技術を利用した e ラーニング教材の開発が進んでいる。

e ラーニング教材の利点は、習熟度別の学習ができること、動きや変化を表現できるビデオやアニメーションによって理解を容易にできることなどである。これらは主に学習者側の利点であるが、教師側にも、学習者の進捗に応じた教材を選択してきめ細かい指導が行えるなどの利点があり、両者の利点を活かした教材作成が期待されている。

e ラーニング教材は、学年や単元^(注1)ごとに数多く開発されているが、その多くは画面上に本を再現したものに過ぎず、アニメーションによって理解度をさらに深めることができるという e ラーニングの利点が活かしきれていないといえる。本研究で

は、教科書だけでは指導が難しい単元を対象に、より効果的な e ラーニング教材が備えるべき要件を明らかにし、子どもたちの理解を深めることができる教材の開発をめざす。

指導が難しい単元の一つとして算数の文章題が知られている。そこで本研究では、文章題の理解を支援する e ラーニング教材の開発を事例として取り組む。文章題の解決過程で重要なのは、問題文に書かれていることを正確に理解することである。文章題解決力の高い学習者は、まず問題文を図に表し、その図を利用して考える傾向があるとされている。問題文を図に表すことはイメージ化と称され、本研究で行うイメージ化は、与えられた文章に登場する人や対象物の位置関係を図に表し、解決に必要な数値をその図に配置していくこととする。このようなイメージ化を、情報技術を用いて支援する手法を提案する。すなわち、e ラーニングの利点を活かした教材作成を試みる。そのために、学習者の進捗に合わせて動的にヒントを提示する。提示するヒントは、学習者自らが問題に登場する人や対象物を操作できるインタラクティブ性を備えたヒントであり、位置関係の変化を把握することができる特徴を有する。文章題を理解するためのイメージを利用した教材を開発し、文章題解決力向上の支援をする。

以下、本論文では、2章で関連研究を述べ、3章で提案手法のイメージ化支援について述べる。4章でイメージ化支援教材

(注1): 一定の教育目的のためにひとまとめにされた学習計画。教材や学習活動を主題ごとに関連をもたせて組織したもの。および、その構成要素となる主題そのもの。

の実装，5章で評価実験を行い，6章で考察をする．最後に7章で本研究をまとめる．

2. 関連研究

文章題解決力の向上は重要な課題であり，多くの先行研究がなされている．

吉野ら [1] はイメージ能力と文章題解決力の関係を調査し，文章を適切な図に表現できる子どもは，問題に正答できる傾向が高いことを明らかにしている．また，イメージ能力には複数の尺度があり，文章題の解決に必要なイメージ能力は，普段からイメージ化して考えることのできる常用性と，イメージを状況に合わせて変形することができる操作能力であることも示している．

一方，文章題を詳細に分析した研究に以下がある．廣瀬ら [2] は，速さに関する「出会う場面」と「追いつく場面」について，実際に2人の児童を歩かせる現物実験を行い，現物実験を体験することは，それら2つの場面の解決に有効であることを示している．「出会う場面」と「追いつく場面」は，児童にとって抽象度が高く指導が難しい．現物実験のような，問題になっている場面を体験することが理解の助けとなることを明らかにしている．

Mayer ら [3] は，文章題解決の過程は理解過程と解決過程の2つの過程からなり，さらに理解過程は変換過程と統合過程，解決過程はプラン化過程と実行過程からなり，文章題はこれら4過程からなるとしている．また藤井ら [4] は，Mayer らの文章題解決過程それぞれにおいて，どのような図の表現が有効に機能するのかを明らかにしている．

3. イメージ化支援の提案

3.1 イメージ化の概要

本研究で扱うイメージ化とは，与えられた文章を図に書き表すことである．図を作成することで問題文の理解度を高め，回答に至る数式を導出する問題の解決力を向上できると考える．イメージ化の支援には，現物実験を体験できる機能も含まれる．

学習者に提示するイメージ化支援の概要を図1に示す．図は，問題文・キャンパス・パレットから構成されている．画面の中央に位置するキャンパスは，上部に出題された問題文を読んでイメージ化を行う領域である．キャンパスにはアイコンを配置するための枠（破線の円）が問題に合わせて描かれている．また，対象物間の距離など解決に必要な数値を配置する枠（破線の四角形）も用意されている．パレットには，問題に登場する人や対象物のアイコンと，解決に必要な数値が配置されている．

学習者は，与えられた問題文を読んで，登場する人や対象物のアイコンと数値をパレットからイメージ化の枠へとドラッグする．学習者は，アイコンをドラッグしてイメージ化の枠を埋めていく操作を試行錯誤的に繰り返すことで，問題文の理解度を高めていく．なお，本研究は，問題文を正確に理解するイメージ化支援を目的とするので，問題文を読んで立式するまでの範囲を対象とする．

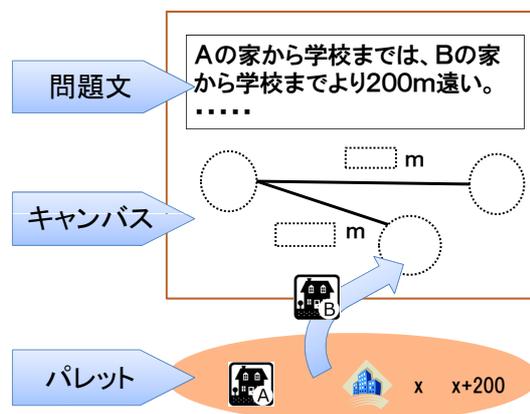


図1 イメージ化支援の概要

3.2 対象とする文章題

文章題はいくつかのパターンに分けることができる．最初に，文章題の分析を行い，パターン分けとイメージ化で支援する内容を検討する．小学校高学年で学ぶ文章題の類型を図2に示す．教科書で扱われている文章題は，速さ，買い物，数量関係など，設定された問題の状況によって大きく分類されている．これらの中で，速さに関する問題は，多くの児童が解決の困難さを感じている．また，速さに関する問題は，対象物の位置関係を把握することが重要となるので，図を描いて問題を解決することも多く，イメージ化によって解法を支援できると考えられる．そこで本研究では，速さに関する文章題を扱うこととする．

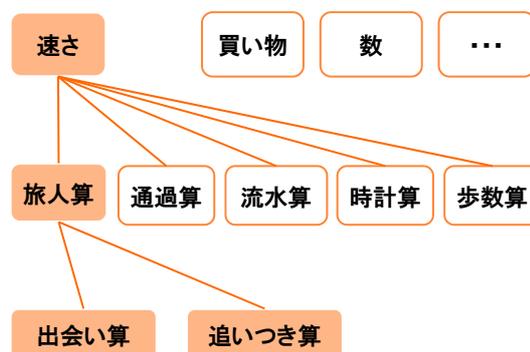


図2 文章題の類型

速さに関する問題は，問題になっている状況や求めるものによって，表1に示す5種類に分類される．それらの中で最も基本となるのは旅人算である．旅人算は小学校の算数における速さの問題として頻繁に出題されている．教育課程の早い段階で学習することから，旅人算は速さに関する問題の基本となっていると考えられる．その他の問題も旅人算の応用として解くことができ，公務員試験などでも頻出される重要な問題でもある．

旅人算には，出合い算と追いつき算の2種類がある．出合い算は，反対方向に進む2つの物の時間と隔たりに関する問題である．例えば，2つの物がある2地点から決められた速さで向かい合って進む場合に，何分後に出会うかを問う問題である．一方，追いつき算は，出合い算とは異なって同方向に進む2つの対象の時間と隔たりに関する問題である．すなわち，先に

表 1 速さに関する問題の種類

種類	説明
旅人算	動く物が2つあるとき、2つの物の隔たりの推移に関する問題。
通過算	列車が橋やトンネルにさしかかってから完全に通過するまでのように動く物の幅を計算に入れて考える問題。
流水算	流れる川を上下する船の速さに関する問題。
時計算	ある時刻を基準にして、時計の長針と短針（および秒針）のなす角が、指定された角度になるのはいつのことであるのかを求める問題。
歩数算	歩数・歩幅・速さという3要素の関係を利用して答えを求める問題。

発した対象を時間や距離の差をつけて追いかけると何分後に追いつくかを問う問題である。このように、出会い算と追いつき算の違いは、2つの物の進む方向であり、どちらかを応用するともう一方も解決できる。そのため本論文では、出会い算の例を用いて提案手法を述べていく。

基本的な出会い算の問題とそのイメージ化を図3に示す。出会い算を解く際の基本となる関係は以下である。

$$\text{「道のりの和」} \div \text{「速さの和」} = \text{「出会うまでの時間」}$$

図3の例は、A町とB町の2地点から、太郎と花子が向かい合って移動する場面である。「道のりの和」に相当するのは、A町とB町の距離600メートルである。また、反対方向に進む2人が出会う時間であるから「速さの和」は、太郎と花子の速度を加えたものである。したがって、両者が出会うまでの時間は、以下の式で算出することができる。

$$600 \div (30 + 20) = 12$$

このように、出会い算では「速さの和」を使うことが重要である。イメージ化を支援する際の課題は、「速さの和」を使うことを学習者に気付かせることである。

A町とB町は600m離れている。太郎がA町からB町へ分速30mで、花子がB町からA町へ分速20mで歩くと、2人は何分後に会おうか。

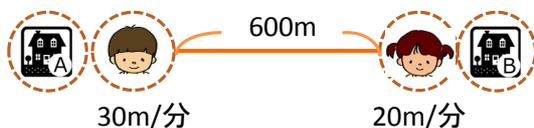


図3 基本的な出会い算

3.3 文章題の解決過程

関連研究で述べた通り、Mayerらは文章題の解決過程には4段階あるとしている。また、藤井らは文章題解決過程の各段階において、どのような図的表現が適切であるかを述べている。

文章題の解決過程と各段階における適切な図的表現の様式を図4に示す。文章題の解決過程は、問題文の内容を理解する理解過程と、答えを求めて問題を解決する解決過程とに大別される。この2つの過程は、更にそれぞれが2つの段階からなる。



図4 文章題の解決過程と適切な図的表現

理解過程は、変換過程と統合過程からなる。変換過程とは、問題文中の割当文・関係文・質問文それぞれを理解する過程である。この変換過程では、問題文の場面や状況を具体的に表した情景図や場面図が役に立つことが多い。出会い算を解く際には、この過程で問題文に登場する人や対象物を、適切な場所に配置していく作業をすることが有効であると考えられる。

統合過程とは、変換過程で理解した3つの文の内容を統合する過程である。この過程では、問題の構造や数量関係を把握するのに適した構造図や手続き図が役に立つことが多い。出会い算では、この過程で対象物間の距離や移動する物の速さを図に追加することが有効であると考えられる。

解決過程は、プラン化過程と実行過程からなる。プラン化過程とは、理解過程で得た内容をもとに、どのような演算をすればよいかを選択する過程である。問題の構造や数量関係の把握が必要なので、この過程では統合過程と同じく、構造図や手続き図が役に立つことが多い。出会い算では、立式のヒントとして経過時間による位置関係の変化を見せることが有効だと考えられる。実行過程とは、プラン化過程で選択した演算を実行する過程である。

以上述べたように文章題の解決は、変換過程・統合過程・プラン化過程・実行過程という段階を適切な順序で取り組むことが重要である。本研究では、学習者が文章題の解決過程に基づいて考えることができるような支援を行う。

3.4 動的なヒントの提示

本研究では、学習者の進捗による動的なヒントの提示を行う。学習者が、Mayerの文章題解決過程に沿って考えられるようにするためである。

各過程におけるヒントの内容を図5に示す。システムには「ヒント」というボタンを用意し、ボタンを押すと、その学習者がその時点で取り組んでいる、あるいは行き詰っている状況に合わせたヒントが提示されるようにシステムを構成する。学習

者が変換過程にいる場合には、対象物をイメージ化の枠に当てはめるように指示し、変換過程が終了している場合には、統合過程への移行を促すため、図に数値を加えることを勧める。このように、学習者が変換過程・統合過程・プラン化過程の順序で問題文を理解し、確実に立式できるようにヒントを提示する。

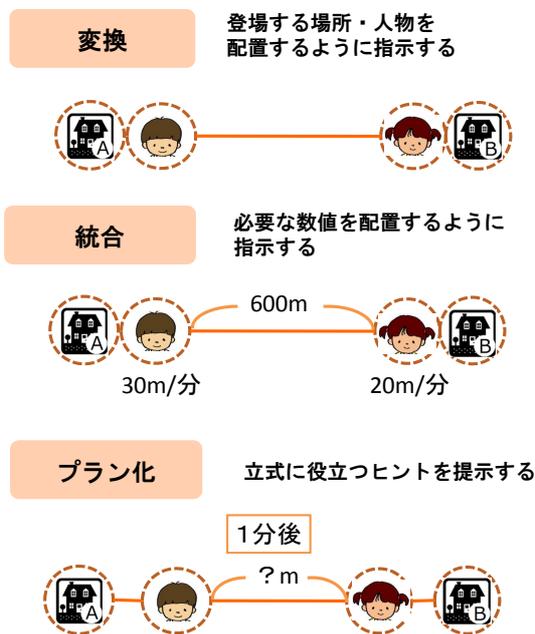


図 5 各過程におけるヒントの例

4. イメージ化支援教材の実装

4.1 実装環境

イメージ化支援を行う本研究では、多くの画像を扱い、ユーザの操作も必要である。そこで上記の機能を有する FLASH を実装環境とした。実装は FLASH 作成ソフトである AdobeFlash-ProfessionalCS5 で行った。このソフトは、イラストやアニメーションの作成が容易に行えるソフトである。また、ActionScript を使用することで、ユーザによる操作が可能なコンテンツを作成することができる。

4.2 問題解決の流れ

学習者に提示する出題画面の一例を図 6 に示す。この例は、基本的な出会い算として前節までの説明で用いた例である。画面の中央部に学習者が操作を行うキャンパスと式入力部分を配置し、下部に問題解決で使用する部品を並べたパレットを配置してある。また画面右側の枠内はヒントを表示する部分である。学習者は、「イメージ確認」「式確認」「ヒント」「式ヒント」の 4 種類のボタンを押すことで、問題解決の状態を進める。それぞれのボタンの機能を表 2 に示す。学習者は、出題に適したイメージ化を完成させるためのドラッグ操作と、判定およびヒント表示のためのボタンクリックを繰り返しながら問題を解決していく。

文章題の解決過程に基づいて、学習者が以下の順序で問題を解決できるようにする。

- (1) 登場する人や対象物をキャンパスに配置する

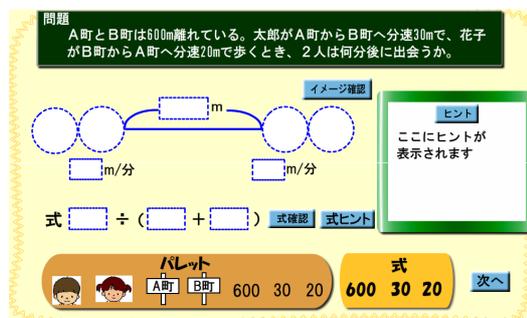


図 6 出題画面

表 2 ボタンの機能

ボタン	説明
イメージ確認	キャンパスへ対象物の配置が正しいかどうかを判定する。正しい場合は立式に進むように指示し、誤っている場合はヒントを参照するように指示する。
式確認	入力した式が正しいかどうかを判定する。正しい場合は次の問題に挑戦できるようになり、誤っている場合はヒントを参照するように指示する。
ヒント	学習者の進捗に合わせてイメージ化に関するヒントを提示する。
式ヒント	問題の時間を操作することができるヒントを別ウィンドウで表示する。

- (2) 解決に必要な数値をキャンパスに配置する
- (3) 答えを求めるための式を立てる

適切な順序で問題を解決するために、学習者の進捗に合わせた動的なヒントの提示を行う。ヒントボタンは、学習者が必要な時に何度でも使用することができる。例題におけるヒントの内容を表 3 に示す。表の上部から順に実行することが重要なので、ある状態の手順が完了していても、それまでの手順が完了していなければ、未完了の手順を行うためのヒントを表示する。学習者がつまづいてしまった場合、ヒントを提示することで解決を支援し、さらに、解決に有効な手順を指示する。

表 3 学習者の進捗に合わせたヒントの提示

進捗	ヒントボタンを押したときに提示されるヒント
開始時	A 町と B 町をキャンパスに当てはめよう
A 町・B 町の配置完了	太郎と花子をキャンパスに当てはめよう
太郎・花子の配置完了	A 町と B 町の距離をキャンパスに当てはめよう
距離の配置完了	太郎と花子の速さをキャンパスに当てはめよう
速さの配置完了	1 分後の 2 人の距離に注目して式を立ててみよう

4.3 出会い算の応用問題

出会い算の応用問題に以下がある。

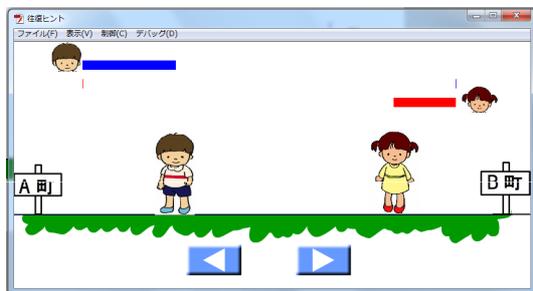
A 町と B 町は 600 m 離れている。太郎が A 町から B 町へ分速 30 m で、花子が B 町から A 町へ分速 20 m で歩き、A 町 B 町間をそれぞれ往復したとすると、2 人が 2 度目に 会うのは何分後か。

A 町・B 町・太郎・花子の位置は基本問題と同様である。ただ、

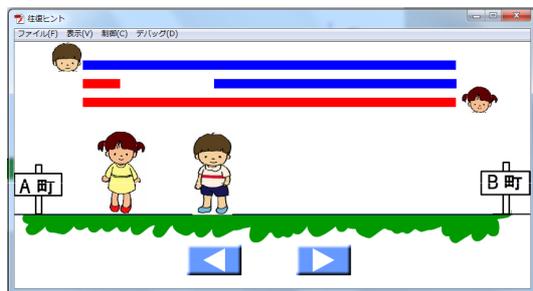
太郎と花子の移動する距離が往復へと変化しており、求める時間も2度目に出会う時間となっている。解決に重要なのは、太郎と花子が2度目に出会うまでに移動する距離の合計は、A町とB町の距離の3倍に等しいということである。このことに気付くことができれば、次式によって答を求めることができる。

$$600 \times 3 \div (30 + 20) = 36$$

この問題のイメージ化は、基本の出会い算と同様に行うことができるが、立式はキャンパスを埋めるだけでは困難であり、表3に示すテキストによるヒントだけでは気付きを与えることが困難なことが容易に想定できる。そこで、立式のヒントとして、問題の場面を操作することができる画面を提示する。往復問題のヒント画面を図7に示す。この画面は、問題の場面を表したもので、太郎と花子がそれぞれA町とB町に向かって移動する様子を見ることができる。(a)が5分後、(b)が3分2秒後の状態である。学習者は、画面下部のボタンによって問題の時間を操作する。ボタンを一回押すごとに、画面上の時間は1分変化する。時間は、太郎と花子が移動を開始したときから2度目に出会うまで進めるあるいは戻すことができる。時間の変化に伴い、画面上の太郎と花子が移動し、2人の移動した距離が画面上部にグラフとなって表示される。グラフ1段の距離はA町・B町間の距離に等しく、復路に進んだ際はグラフも折り返して2段目が増加する。2人が2度目に出会うときにはグラフが3段になることから、学習者は2人の移動した距離の合計がA町・B町間の距離の3倍であることを視覚的に捉えることができる。



(a) 5分後



(b) 3分2秒後

図7 時間経過を体験できるヒントの提示

5. 評価実験

5.1 実験方法

実装した教材の評価を行うために、小学6年生5名を対象に

利用者実験を行った。教科書の出版社によって多少差はあるが、小学校で速さを勉強するのは6年生の9月である。実験は2月に行ったため、対象である小学6年生は既に速さを勉強している。生徒の学力のレベルは様々であり、レベルによる有効性の違いも検証する。また、小学校で担任をした経験のある教師へのインタビューも行った。

実験は以下の手順で行った。

手順1： 応用問題をプリントで解く

手順2： 練習問題をシステムで解く（インストラクター付き）

手順3： 基本問題をシステムで解く

手順4： 応用問題をシステムで解く

実験の手順と使用する問題を図8に示す。手順1では、プリントで応用問題を解かせる。実験で解く問題はすべて、時間を求める問題である。確認のため、プリントの問題を解いている間、時間を求める式を知っているか生徒に質問する。分からない場合は口頭で教える。この応用問題はかなり高度なもので、自力で解くことができる生徒はほとんどいないと考える。システムを使って、最終的にこの問題を解くことができるかを検証する。手順2では、操作の説明を兼ねて、練習問題を一緒に解く。ドラッグ操作の説明や各ボタンの機能、ヒントの使い方などを説明する。生徒が自力で取り組める部分は基本的に任せ、最小限の指示をすることとした。手順3は、基本問題を自由に解かせる。問題は基本の出会い算で、登場する対象物や数値が手順2とは異なっている。ここで、出会い算の解き方を理解させるのが狙いである。手順4では、手順1で解いた問題をシステムを使って自由に解かせる。間違えたり、途中で手が止まってしまった場合は、ヒントを使うように指示し、適宜口頭での説明を加える。

5.2 実験結果

生徒が到達した課題を表4に示す。時間を求める式を知っていたのは3名だった。手順4でヒントを使用して応用問題を解くことができたのはこの3名であった。基本問題は全員解くことができた。練習問題で覚えた解法を繰り返し、迷わず回答していた。基本問題でヒントを使用した生徒は少なかった。手順4の応用問題は、イメージ化までは全員解くことができた。立式では、A町とB町の距離を2倍して不正解となる例が多かった。実験終了後に2倍した理由を質問すると、「2人が2度目に出会うときだから」という答えだった。式ヒントで時間を進めて、2人の移動した距離を確認すると、3名は式を理解することができた。

表4 到達した課題

課題	人数(5人中)
時間を求める式を知っている	3
プリントで応用問題を解くことができた	0
システムで基本問題を解くことができた	5
システムで応用問題を解くことができた (式ヒント不使用)	0
システムで応用問題を解くことができた (式ヒント使用)	3

1. 応用問題をプリントで解く

A町とB町は600m離れている。太郎がA町からB町へ分速30mで、花子がB町からA町へ分速20mで歩き、A町B町間をそれぞれ往復したとすると、2人が2度目に出会うのは何分後か。

2. 操作説明を交え、練習問題をシステムで解く

A町とB町は600m離れている。太郎がA町からB町へ分速30mで、花子がB町からA町へ分速20mで歩き、A町B町間をそれぞれ往復したとすると、2人が2度目に出会うのは何分後か。

3. 基本問題をシステムで解く

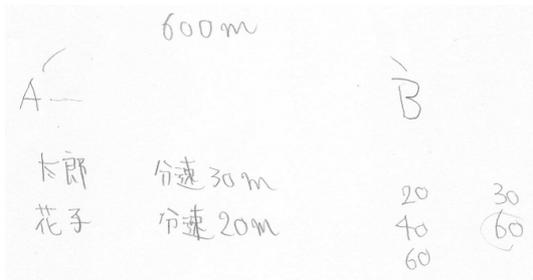
A町とB町は240km離れている。車でA町からB町へ時速45kmで、自転車でB町からA町へ時速15kmで歩くと、2台は何分後に出会うか。

4. プリントと同じ応用問題をシステムで解く

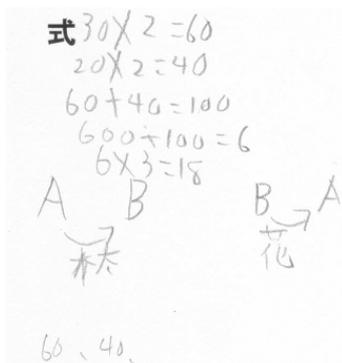
A町とB町は600m離れている。太郎がA町からB町へ分速30mで、花子がB町からA町へ分速20mで歩き、A町B町間をそれぞれ往復したとすると、2人が2度目に出会うのは何分後か。

図 8 実験手順と使用する問題

手順1で生徒が書いたイメージを図9に示す。生徒Aは、本研究で提案しているイメージ化とかなり類似している。しかし、生徒Bのように、2つに分けてイメージ化をする例もあった。



(a) 生徒A



(b) 生徒B

図 9 プリントでのイメージ化

以下は教師からのコメントである。

- 速さの単元は親も教えられないことが多く、生徒の理解は授業次第となっている。よって、サポートの必要性は十分にある。特に速度は目に見えないものなので、生徒に理解させることが難しい。
- コンピュータを利用する教材は、ゲーム慣れしている子どもに合っている。
- この教材は、中～上位の学力のある生徒でないといえない。下位の生徒は、おそらく適当に入力して遊んでしまう。そのため、問題を読ませる工夫など、下位の生徒に合った仕様が必要である。
- 下位の生徒は教師が基本から教え、その間に他の生徒にはこのシステムで応用問題をたくさん解かせる、という使い方が考えられる。
- 時間を操作できるヒントは画期的である。教師が黒板等で表現しようとすると、正確にはできない。また、速度が可視化されていることで理解がしやすくなっている。

6. 考 察

本研究では、文章題解決力向上のためのイメージを利用した教材の開発を行った。eラーニング教材の課題として、学習者が積極的に関わって動きや変化を体験できる、教科書を発展させた新たな教材の開発が期待されている。教科書では表現できない動きや変化を、情報技術を用いて表現することが必要だと考える。

本研究で行ったイメージ化は、問題に登場する人や対象物をドラッグ操作で移動させ、関係を図に書き表すものである。教科書やノートを使用した学習では、紙に図を書くことはできるが、それを操作することはできない。対象物の操作が容易なことで、行き詰ってしまっても繰り返し考えることができ、学習者の理解も深まると思われる。また、文章題の解決過程に基づいたイメージ化を行うことで、学習者は、効果的な図の書き方を学ぶこともできる。よって、文章題が苦手な学習者だけでなく、文章題を初めて学ぶ学習者にも有効だと考えられる。

実験において、式ヒントを参照することで、応用問題を解くことができた生徒は3人増加した。教師からのコメントにもある通り、速度を可視化したことで理解の向上につながったと考える。また、式ヒントは現物実験を体験することも可能である。プラン化過程の式ヒントは最も効果が高かったといえる。

しかし、応用問題が解けたのは学力上位3名のみであった。よって、学力の程度によってシステムの有効性は異なると考えられる。そのため、現状のシステムを利用するには、生徒の学力によって対象を絞る必要がある。対象となるのは中～上位の学力の生徒で、基本的な理解ができている生徒である。

基本問題は全員解くことができたので、操作は容易に理解できるものであったと考える。しかし、練習問題と基本問題はかなり似通った問題になっているため、出会い算の解法が身に付いたかどうかは長期的な観察が必要である。

教師へのインタビューで、下位の学力の生徒ではこのシステムを使いこなせないという指摘があった。この教師が想定して

いる下位の生徒とは、実験に協力した5名よりも学力が下位の生徒である。問題を読まずに、システムを動かして遊ぶだけになってしまうのではないかという意見であった。下位の生徒に対応させるためには、より基本的な理解の支援をしなければならない。問題文を読ませる工夫などが必要だと考える。変換過程には課題が残った。

7. ま と め

本研究は、理解が難しいとされている算数の文章題を題材として、eラーニングの利点を生かした教材作成を行った。文章題の解決で重要となるのは、出題文を正確に理解することである。そのためには、出題文に登場する人や対象物を図に表し、解決に必要な値を図に配置することが有効と考えられる。これをイメージ化と呼び、本研究ではイメージ化を情報機器を用いて支援する手法を提案する。

手法を実現するために、まず文章題の分析を行った。多くの児童が解決に困難さを感じていること、また、対象物の位置関係の把握が重要となることから、速さに関する問題を対象とすることにした。速さに関する問題は、状況や求めるものによって5種類に分類される。その中で最も基本となるのは、2つの物の隔たりの推移から時間や距離を求める旅人算である。旅人算には、出会い算・追いつき算という2つのパターンがあり、本研究では出会い算を題材に教材の開発を行った。

さらに、学習者が文章題の解決過程に基づいて考えるための支援も行った。出会い算を解く際の、各段階における適切な図的表現を考案し、学習者の進捗に合わせた動的なヒントの提示で解決過程に基づいたイメージ化を支援する。変換過程では、問題に登場する人や対象物を配置する情景図を、統合過程では、速さなどの数量関係を配置する構造図を用いた。

教材の実装では、動的なヒントの提示に加え、プラン化過程における操作可能なヒントを考案した。学習者は、問題の時間を操作し、登場人物の移動した距離をグラフで確認することで立式に役立てることができる。出題文のイメージ化と動きや変化を表現するヒントによって、文章題の解決力向上の支援を行った。

利用者実験によって、操作可能なヒントの有効性が示された。しかし、生徒の学力によって有効性は異なる。今回の実験では効果が低かった学力下位の生徒に対応させるためには、より基本的な理解の支援が必要である。変換過程を改善することが今後の課題である。

謝 辞

本研究の一部は科研費(21500091)の助成を受けたものである。ここに記して謝意を示す。

文 献

- [1] 吉野巖. PB049 イメージ能力と数学文章題解決力との関連: 心的回転課題, VVIQ 質問紙, VVQ 質問紙を用いて. 日本教育心理学会総会発表論文集, No.51, pp.148, 2009.
- [2] 廣瀬隆司. 「出会う場面」と「追いつく場面」にける「速さ」の概念獲得過程について. 数学教育論文発表会論文集, No.40, pp.79-84, 2007.

- [3] Mayer, R.E. Mathematical problem solving. Thinking, problemsolving, cognition. second edition, pp.455-489, 1992.
- [4] 藤井淳. 算数文章題解決における図的表現の役割に関する研究. 数学教育論文発表会論文集, No.40, pp.109-114, 2007.
- [5] 鈴木克明. e-Learning 実践のためのインストラクショナル・デザイン (特集: 実践段階の e ラーニング). 日本教育工学会論文誌, Vol.29, No.3, pp.197-205, 2006.
- [6] 生涯学習政策局参事官. "情報化への対応: 文部科学省." 文部科学省. http://www.mext.go.jp/a_m/enu/shotou/zyouhou/main18a2.htm (参照 2011-02-14).