

アダプティブラーニングを指向した算数デジタル教材のモジュール化

湯川真子（株式会社東大英数理教室）・小野寺健吾（株式会社東大英数理教室）

西尾康宏（シャープビジネスソリューション株式会社）

五十嵐俊子（東京都日野市立平山小学校）・東原義訓（信州大学）

概要：特別な支援を必要とする児童や習熟度に差のある児童が同じクラスで学ぶための算数デジタル教材・学習支援システム改良の視点，研究開発の過程と今後の課題について述べる。クラス内の一部の児童が個別の必要に応じて既習内容を学び直すケースにおいて，單元ごとにパッケージ化された教材では「別教材」という形で用意する必要がある。本研究では，教材を單元よりも細かい単位に細分化（モジュール化）した上で算数の系統の観点からモジュールどうしをリンクするという方法で，学年や単元を越えて一人ひとりがアダプティブラーニングを進められるものとして再構成した。

キーワード：アダプティブラーニング，インクルーシブ教育，算数の学習系統，
スモールステップ，モジュール化，学びの道しるべ

1 はじめに

近年，特別な支援を必要とする児童が通常学級で共に学ぶケースが増えてきている。インクルーシブ教育の視点に立ち，特別な支援を必要とする児童や習熟度に差のある児童が同じクラスで学ぶために，個に応じた学習を実現する算数デジタル教材とそれを支える学習支援システムを開発した。本報告では，特別な支援を必要とする児童や習熟度に差のある児童が同じクラスで学ぶための算数デジタル教材（Study21）・学習支援システム（スタディサーバ for Web）改良の視点，研究開発の過程と今後の課題について述べる。

2 開発対象の教材と学習支援システムの特長

当教材の基本的な構造として，初めに理解度を判定するための“診断問題”が出題され，正答ならばそのまま次の診断問題へ，誤答ならば“補充コース”へ進むように振り分けられる。

補充コースは学習者の入力する回答に応じて画面遷移が決定されるもので，用意された数百画面の中から，学習者ごとに適した数画面・数

十画面を通ることになる。先の診断問題を対象として，スモールステップで考え方や解き方に気づくことができる。

一例をあげると，「 $49 \div 7$ 」という診断問題に対応する補充コースでは「この問題を解くには何の段の九九を使いますか」をスタートに，正答できれば次のステップの画面へ進み，正答できなければそのつまずきの原因をたどって「七の段の九九を復習する」ところまでさかのぼることも可能である。

システム側で回答に応じた適切なメッセージを表示することで，ほとんどの児童はコンピュータとやりとりをしながら自学自習で進めることが可能になり，教師はクラス全体の学習状況を把握し，直接指導が必要な児童の対応に専念することができる。

3 開発のポイント

とりわけ特別な支援を必要とする児童，算数が苦手な児童においては，新規学習内容の前提となる既習内容の理解が不十分で，「振り返り」「レディネスチェック」というよりも更に時間

をかけて「前の学年で習ったことをもう一度しっかり学び直す」必要が出てくるケースが想定される。さかのぼり学習にどの程度時間をかける必要があるのかは児童一人ひとりの実態によって様々であるため、個に応じた学習が有効となる。

本教材・システムでは「学習者の入力する回答に応じて画面遷移が決定される」ので、(習熟度別授業のように)初めから「算数が苦手なグループ」と振り分けられてしまうこともなく、一つの教室でそれぞれの児童が自分に合った学習を進めることができる。

補充コース内では、前述のようにスモールステップでつまずきの原因を診断しながら学習を進めることができるが、算数という教科の特性上、該当の学年・単元に対応する補充コースでは不十分な場合がある。例えば「4年 面積」の単元を学習中に「かけ算」や「九九」につまずきの原因がある場合、いくら「面積を求める公式」のような内容をスモールステップで学んだところで、効果は期待できない。

これを解決するための方法を検討し、従来の教材に「モジュール化」という改良を加えることとなった。教材を学習内容の細かい要素ごとに分けて管理することで、学年や単元といった従来の教材の枠組みにとらわれず、児童一人ひとりにとって最適な教材にジャンプして学習を進められる教材・システムを開発・改良した。

4 事例紹介「くり下がりのあるひき算」

(1) 実証に用いたコースの概要

「くり下がりのあるひき算」に焦点を当て、「2桁-2桁のくり下がりのあるひき算」をすでに学んでいる2年生が必要に応じて1年生の「2桁-1桁のくり下がりのあるひき算」を学習するコースを開発した。

「2桁-2桁のくり下がりのあるひき算」では図1のように、計算の手順の中で「2桁-1桁のくり下がりのあるひき算」が必須となる。2年生の児童の中に「2桁-1桁」につまずき

のある児童がいることを想定し、そのような児童にとっては1年生の教材にさかのぼることが有効であることを確かめるために実証を行う。

図1 2桁-2桁の計算の手順

今回は予想される誤答のパターンを、1年生の教材にさかのぼる必要が「ある」「ない」の2つに分ける方法をとった。「誤答のパターンを予測して進み先を振り分けることができる」という学習支援システムの特長を活かし、図2のように「2桁-2桁」を解く過程で一の位のひき算ができていないと見られる誤答(例では一の位が8以外)の場合には1年生の教材へ進み、図3のように一の位の計算はできていると見られる(一の位が8)誤答の場合には、1年生の教材へさかのぼる必要はないとみなし従来の教材と同じ「2年生の補充コース」へ進むものとした。

1年生にさかのぼる判定		誤答例
3	位ごとに大きい数から小さい数をひいてしまう	87-19 = 72
4	ひき算をするところを、たし算をしてしまう	87-19 = 106
5	一の位をたし算、十の位をひき算で計算してしまう	87-19 = 86

図2 1年生にさかのぼる誤答パターン

2年生の補充に行く判定		誤答例
1	くり下がりの数をひき忘れてしまう	87-19 = 78
2	一の位の計算だけしてしまう	87-19 = 8

図3 2年生の補充に進む誤答パターン

1年生の教材へさかのぼった場合、まず「2桁-1桁」の診断問題を解き、誤答があった場合のみ1年生の「2桁-1桁」の補充コースに進むことになる。その場合、「くり下がり」の方法を「ひかれる数を10と□にわける方法」や、「ブロック図」などを使って計算の手順を確かめながらスモールステップで対象の問題を解いていくことになる。

(2) 試行の結果

2016年6月～7月、日野市立平山小学校の2年生3クラス・児童90名を対象に実証を行った。「2桁-1桁」のひき算を学んだあとに「長さ」の単元を学習した時期で、ひき算のやり方を忘れていた児童が多いことが想定された。

事前の予想では、1年生の教材にさかのぼる必要があると判定された児童は、1年生の補充コースへ入りスモールステップで「2桁-1桁」を学び直して2年生の教材に戻ってくる(図4のC)と推測していたが、実際には異なるケースが見られた。1年生の教材にさかのぼったものの、診断問題「2桁-1桁」をスムーズに正解し、1年生の補充コースを通らなかったケース(図4のB)である。このケースでも、2年生の「2桁-2桁」に戻ると最初より正答率が上がっていた。

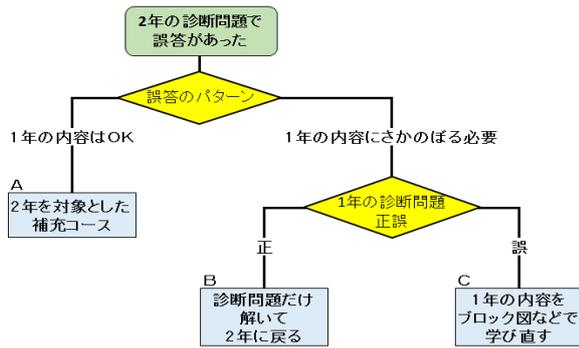


図4 3パターンの学習経路

これらの分析をする上で用いた児童個人の応答履歴の一例を、図5と図6に示す。

BとCの学習経路を通った児童の差は、問題を解く過程のノートにも表れていた。診断問題を解いただけで「2桁-1桁を思い出した」Bの経路の児童は、「2桁-1桁」の問題は筆算を書かずに解いていたが、「思い出せなかった」Cの経路の児童の中には、図7のように「2桁-1桁」を筆算で書いてしまい、行き詰まっている姿が見られた。2年生で新たに学習した「筆算を使った計算方法」の方が記憶に新しいために、基本となる1年生で学習した「2桁-1桁」のくり下がりの方法を思い出せずにいたと考え

られる。

画面名	カテゴリ	回答
Login		
2dB00 2 2桁-2桁		
2年生 2dB02 92-57	正	35
2年生 2dB04 87-19	正	68
2年生 2dB06 30-15	正	15
2年生 2dB08 68-59	誤	1
2年生 2dB08 68-59	誤	11
2dB10-2 2桁-2桁		
1年生 1qBB02 12-9	正	3
1年生 1qBB04 14-8	正	6
1年生 1qBB06 11-6	正	5
1年生 1qBB08-1 結果		
1年生 1qBB00 タイトル		
1年生 1qBB02 12-4	正	8
1年生 1qBB04 11-3	正	8
1年生 1qBB06-1 結果		
1年生 1qBB00 タイトル		
1年生 1qBD02 13-5	正	8
1年生 1qBD04 16-7	正	9
1年生 1qBD06-1 結果		
2dB00 2桁-2桁		
Login		
2dB00 2桁-2桁		
2年生 2dB02 92-57	正	35
2年生 2dB04 87-19	正	68
2年生 2dB06 30-15	正	15
2年生 2dB08 68-59	正	9

図5 学習経路Bの例(1年生の診断問題のみ)

画面名	カテゴリ	回答
Login		
2dB00 2桁-2桁		
2年生 2dB02 92-57	誤	33
2年生 2dB02 92-57	誤	32
2年生 2dB04 87-19	正	68
2年生 2dB06 30-15	誤	25
2年生 2dB06 30-15	正	15
2年生 2dB08 68-59	誤	1
2年生 2dB08 68-59	誤	10
2dB10-3 2桁-2桁		
1年生 1qBB02 12-9	誤	1
1年生 1qBB02 12-9	誤	2
1年生 1qBB04 14-8	誤	10
1年生 1qBB04 14-8	誤	9
1年生 1qBB06 11-6	正	5
1年生 1qBB08-3 結果		
1年生 スモールステップ1	正	3
1年生 スモールステップ2		
1年生 スモールステップ3	正	6
1年生 スモールステップ4		
1年生 スモールステップ5	誤	15
1年生 スモールステップ6	正	4
1年生 スモールステップ7		
1年生 スモールステップ8	誤	
1年生 スモールステップ8	誤	5
1年生 スモールステップ8	誤	6
1年生 スモールステップ9		
1年生 スモールステップ10	誤	4
1年生 スモールステップ10	正	5
1年生 スモールステップ11		
1年生 スモールステップ15	誤	4
1年生 スモールステップ16		
1年生 スモールステップ17	正	
1年生 スモールステップ18		
1年生 スモールステップ19	正	7
1年生 スモールステップ20		
1年生 スモールステップ21	正	8
1年生 スモールステップ23		
1年生 たしかめ問題	正	8
1年生 1qBB00 タイトル		
1年生 1qBB02 12-4	正	8
1年生 1qBB04 11-3	正	8
1年生 1qBB06-1 結果		
1年生 1qBB00 タイトル		
1年生 1qBD02 13-5	正	8
1年生 1qBD04 16-7	正	9
1年生 1qBD06-1 結果		
2dB00 2桁-2桁		
2年生 2dB02 92-57	誤	5

図6 学習経路Cの例(1年生の補充コース)

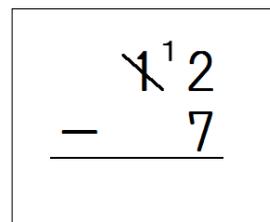


図7 2桁-1桁の方法を忘れていた児童のノート

(3) 従来の教材と改良した教材との比較

従来の教材（単元ごとにコースになっている教材）では、2年生の「2桁－2桁」を誤答した場合には例外なく「2年生のための補充コース」に進んでいた。この場合、スモールステップとはいえ「筆算での計算」が前提となるため、どうしても筆算の正しい書き方や位取りの概念が中心となる。図7をノートに書いた児童のように、1年の「2桁－1桁」を忘れてしまっている場合に対しては、筆算の書き方のスモールステップが適切な補充になるとはいえない。「くり下がり」の基礎となる「2桁－1桁」を学習し直すためには、図6のように1年生の内容を「1年生と同じ方法で」学び直すことが有効であるといえる。

モジュール化した2年生と1年生の教材を組み合わせることで、つまずきのある児童がより適切な教材に進んで学習できることが確かめられた。

5 まとめ

今回の事例で明確になった大きなポイントは、学年や単元を越えて教材間をジャンプする制御を組み立てる際に、「診断問題」「誤答の予想」の精度を上げていくことがいかに重要かということである。

「くり下がりのあるひき算」「2年生から1年生」という焦点を小さくしぼった実証の中でさえ、結果的に図4に示したようにA・B・Cと3パターンの学習経路があった。この経路を本当に一人ひとりの学習者にとって最適なものにするためには、実力を診断するための診断問題が適切な内容であり適切なタイミングで出題されること、誤答パターンを予想して「つまずきの原因」ごとに分類することが不可欠である。

そしてこの「一人ひとりにとっての最適な学習経路」は、学年が上がれば上がるほど分岐が増え、より複雑になることは言うまでもない。そのため、誤答からつまずきの原因を判定し適切な教材へジャンプしたり、正答してつまずき

がクリアされたと判定されればすぐに元の教材に戻ったりするための仕組みが確実なものではない。「学びの道しるべ」ともいえる教材から教材への分岐点を確かなものにするため、実証で得られる実際の学習履歴分析を活かして改良を繰り返していくことが必要といえる。

また、教材から教材への分岐で重要とってくる1つのポイントが「算数の学習系統」である。

例えば「小数」という単元には十進法位取りの理解・演算の方法などいくつかの系統の要素が含まれており、「小数」の単元を学習中につまずきがあった場合に、学習上どの系統に属する内容でのつまずきがあったのか、「位取りの理解（小数点以下あり／なし）」「演算の方法（加法減法／乗法除法／九九／くり上がり／くり下がり）」など、さかのぼるべき対象の教材をまずは系統別にしぼりこむことができるからである。

以上のように、本開発では

- ①適切な診断問題（内容とタイミング）
 - ②誤答パターンとつまずきの原因とのひもづけ
 - ③つまずきの原因に対する適切な教材
 - ④算数の学習系統を重視した研究
- を柱として、教材と学習支援システムの改良を続けている。

謝辞

本開発は文部科学省委託「学習上の支援機器等教材開発支援事業」のうち「特別な支援を必要とする児童が通常学級で共に学ぶためのタブレット用算数教材と支援システムの開発（開発代表者：東原義訓）」によるものである。国立大学法人信州大学が受託し、シャープビジネスソリューション株式会社、株式会社東大英数理教室が再委託を受け、信州大学附属松本小学校、坂城町立南条小学校、日野市立平山小学校の協力により得られたデータを利用している。