

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 15 日現在

機関番号： 32692

研究種目： 基盤研究（C）

研究期間： 2010 ～ 2012

課題番号： 22531074

研究課題名（和文）

発達障がい併せ有する聴覚障がい児の算術力向上を支援する AHS 構築に関する研究

研究課題名（英文）

A study on development of an AHS to support hearing impaired children with developmental disability in learning fundamental arithmetic

研究代表者

松永 信介（MATSUNAGA SHINSUKE）

東京工科大学・メディア学部・准教授

研究者番号： 60318871

研究成果の概要（和文）

近年の調査で、発達障がい併せ有する聴覚障がい児童が潜在的にいることがわかってきた。本研究では、そのような児童を主対象として、基礎算術学習用の教材の開発とその学習を支援する学習者特性適応型の e ラーニングシステムの構築を行った。教材内容は計数・数唱から簡単な足し算・引き算までであり、システムに関しては、児童の既有知識やスキル、障がいの種類や程度、可変的な内面心理を学習者特性に反映して次に提示する教材を確定するなどの支援サービスを実装した。評価実験の結果、いくつかの課題が残ったものの、対象児に教材に取り組む姿勢が認められるとともに一定の学習効果が確認され、システムが児童の学習支援に十分に資することが示唆された。

研究成果の概要（英文）

A recent research shows that there potentially exist hearing impaired children with developmental disability. Focusing on such children, this study aims to develop several learning materials on fundamental arithmetic and also an e-learning system adaptive to learner-characteristics. The learning materials range from number counting up to basic addition and subtraction, while the learning system is designed to deliver next recommended materials according to learner's abilities, classification and levels of disability, and a sort of emotion or feelings. Several evaluation experiments indicated that though there remain some problems to be solved, the system increased learner's motivation and improved his/her academic ability to some extent.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野： 社会科学

科研費の分科・細目： 教育学・特別支援教育

キーワード： 発達障がい，聴覚障がい，算術，学習者特性，AHS

1. 研究開始当初の背景

発達障がいを抱える児童・生徒に対する教育環境はここ10年ほどで大きく変化した。特殊教育は特別支援教育へと名称を変え、それまで支援が必要な障がいと十分に認識されていなかった発達障がいもその支援の対象となった。そして、文部科学省は2007年に特別支援教育を学校教育法に位置づけ、旧来の特殊教育の範囲に留まらず、特別な支援を必要とする者に対して個々の違いを認識した上で適切な支援を行うことを規定した。現在、各種教育機関や地域での取り組みにおいて特別支援教育のシステムが確立されつつあり、今後もさらなる発達障がいの理解と教育的対応、専門性を活かした指導法に基づいた教材開発が求められている。

このような背景のもと、近年、発達障がいを併せ有する聴覚障がい児が潜在的にいることがわかってきた。2007年に全国のろう学校を対象に行われた「発達障がいを併せ有する聴覚障がい児・生徒に関する調査」は、小学部・中学部を合わせた1777人の16%にあたる289人が、発達障がいの可能性があるという結果を提示している。聴覚障がい者は概して読み書きが困難であることから、自分の意思を伝える、相手の意図を読み取るといったコミュニケーションに関しての苦手意識がある。そして、そのことが聴覚障がい者が発達障がいを抱えているということに周りの人が気づきにくい要因の一つになっていると考えられている。一方、ろう学校を対象とした別の全国調査では、在籍する児童の13.5%が計算に著しい困難を示し、この割合が他の学習面(読む・書く・聞く・話す)での困難と比べて高い値であるということを指摘している。さらに、ろう学校の在籍児童の17.6%に発達障がいの疑いがあるという調査結果もあり、これらのことを総合すると、算数困難の一要因として聴覚障がいや発達障がいと考えられ、こうした障がいを抱える児童への学習支援が重要であるといえる。

2. 研究の目的

上述のような背景のもと、本研究の目的は大きく三つある。

第一は、発達障がいを併せ有する聴覚障がい児を主たる対象とした、基礎算術学習用の教材およびその学習コースの設計・開発である。ここでいう基礎算術とは、数概念理解の入口にあたる計数・数唱、そして四則演算の中の簡単な足し算や引き算を指す。

第二は、対象児の学習履歴や種々の特性に応じて次に推奨する教材を可変提示するAHS (Adaptive Hypermedia System) 型のシステム(プラットフォーム)の構築である。特性に関しては、児童の既有知識やスキル、障がいの種類や程度などの客観的な特性、趣味・嗜好や障がい特有の癖などの主観的な特性、そして児童の心情や精神状態によりそばにいる教師や保護者が操作・関与できる準主観的な特性を設ける。

第三は、昨今進化の著しいタンジブルデバイスの援用である。個人学習が成立しづらい発達障がい児への対応として、対面使用あるいはグループ使用可能なテーブルトップ型の大型モニタを導入し、また聴覚障がい児への対応として、音信号を振動に変換して情報伝達する機器を導入する。これらの機器についても、その有用性の評価を行う。

3. 研究の方法

図1は、システムと児童・教師・保護者の関わりを示した学習支援のモデルである。

従来の対面型を基本とする児童に対する教師や保護者の指導、教師と保護者間の情報の共有・交換など(図1の円環)を補完する目的で、システムが「児童への教材の配信」「学習記録の管理」「教師・保護者間の連絡や相談」など(同図円環内部)を担う。

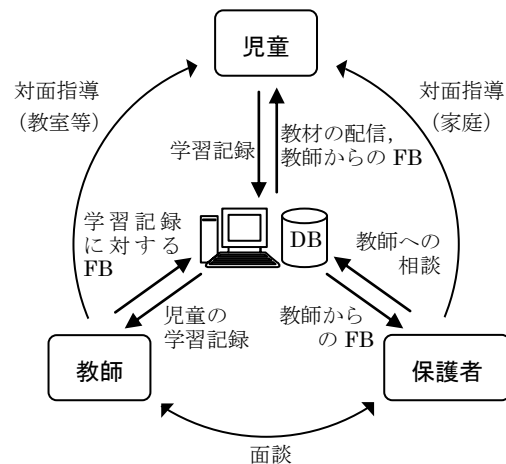


図1 学習支援モデル

本研究は、上述の目的に即する形で、このシステムの基幹部分に、各種学習者特性因子を格納するデータベースや、実際に配信する教材・学習コースなどを組み込み、その実践使用による効果検証を行うことで進める。以下に、これらのことを詳述する。

(1) 学習者モデルの設計と特性因子の選定

本研究における学習者モデルは、学習者がシステムにアクセスするたびに変容しうる一時モデルであるが、概して心情が不安定な本研究の対象児にとっては意義のあるものである。システムはそのモデル情報を認識し、同じ教材であっても分量やデザインを必要に応じて変更し、児童に配信する。

このモデルを決定する因子として本研究で採用するのは、まず第一に、WISCの結果などに基づく障がいの種類や程度である。WISCは知能検査であるが、かなり確度の高いデータが得られる。第二は、学習が完了するたびに更新される既有知識やスキルの情報である。これらは通常のAHSで用いられる客観的特性である。そして第三として、児童の趣味・嗜好、性格や障がい特有の癖、学習前的心情や精神状態（以下、内面心理）をある程度加味できる要素を取り入れる。これらは児童の自覚のもと、あるいは無意識に変容しうる主観的特性であるが、最後の内面心理は、後述するように、その児童の指導にあたる教師や保護者（以下、支援者）が操作するという仕様であるため、いわば準主観的特性である。支援者は、児童のその時々々の心理状態や集中力の持続性などを汲み取り、この因子を必要に応じて変更し、学習時間や教材デザイン等をシステム側に間接的にリクエストすることができる。

(2) 学習コースの設計

図2は、本研究で取り扱う学習内容を階層的に記したスキル階層図およびコース概略である。個々の児童に配信されるその時々々の学習コースは、この中から適宜必要なものを抽出することで自動生成される。

本研究では、算数の中でも特に2~3桁の加減算までの習得を最終目標に据えており、大別して「計数」「数唱（数の表象）」「Count on 方略による足し算」「足し算」「引き算」という5つの単元がある。いずれの単元も小学校の学習指導要領の第1学年の「数と計算：数の意味と表し方」を参考に順序立てて学習できるように階層化している。対応する個々の教材については(4)で触れる。

(3) システムの設計

システムの全体像を図3に示す。中心の学習管理システムが、学習者特性や学習コース・教材などの情報を、4つのデータベース(DB) — 認知モデルDB・成績DB・スキルDB・教材DB — により管理・運用する。



図2 スキル階層図／コース概略

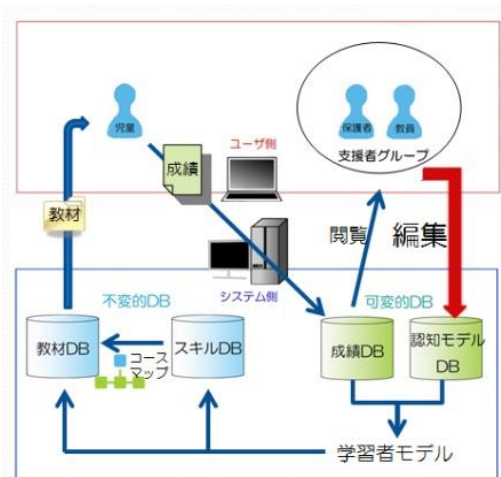


図3 システム

まず WISC の検査結果などに基づく認知特性を保持する認知モデル DB と、既有知識やスキルに関するデータを保持する成績 DB が連動して、学習者モデルを暫定確定する。スキル DB はそれを受け、その時点で対象児に最も相応しいと思われるコースマップを内部生成する。最終的にそのマップと学習者モデルの一部情報に基づき、教材 DB から次に取り組むのに望ましい推奨教材を適当なデザインのもと児童に提示する。

なお、先述した支援者が操作できる内面心理に関わる特性因子情報は認知モデル DB の一部として扱われる。

(4) 教材の開発

① 計数

計数の習得モデルとして、Gelman が提唱した次の5原理がある。

1. 1対1対応
2. 安定した順序
3. 基数性
4. 順序無関連
5. 抽象性

本研究では、ケーキ作りをモチーフとした各原理に対応する教材を開発した。図4は、「1対1対応」と「安定した順序」に関する教材である。

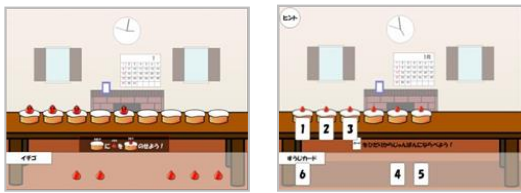


図4 計数の教材

② 数唱（数の表象）

数唱の習得モデルとして、Fuson が提唱した次の発達5段階がある。

1. 糸状段階
2. 分割できない数詞の系列段階
3. 数詞の系列の分割段階
4. 数詞の抽象化
5. 数の基本的理解

この教材群は、特に聴覚障がいを意識した仕様となっており、指文字を用いた数の表象を行うことで、実際に数を唱えることと同様のスキル習得効果をはかることをねらいとしている。図5は、「糸状段階」と「分割できない数詞の系列段階」に関する教材である。右側の画面上部のエリアがタイムラインとなっており、これに合わせて一定のリズムで指文字表現を反復練習する。なお、この教材に骨伝導ヘッドホンや振動クッションなどの振動デバイスをつなげて、リズムを身体で感じることもできるようになっている。



図5 数唱の教材

③ Count on 方略による足し算（引き算）

計数や数唱ができるようになると、数えられる範囲内であれば、Count all 方略により実質的な足し算は可能である。ここでの課題は、その効率をさらに高める Count on 方略による足し算（およびその発展の引き算）である。開発教材は、②の数唱の系列のものであるが、指文字を用いて、既存の数を起点に必要な分だけ一つずつ加えていくイメージである。図6は、Count on 方略による足し算の様子である。6に3を加えるという問題に対して、6の指文字から7・8・9と指文字を変化させることを支援している。

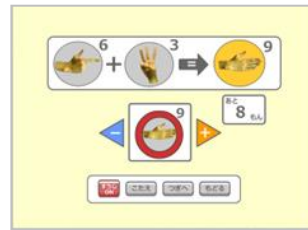


図6 Count on 方略による足し算

④ 足し算・引き算

ここでいう足し算・引き算は、通常の式によるものを指す。小学校学習指導要領に沿う形で3桁の足し算・引き算を最終目標とするが、後述する教材が担うのは「1位数同士」「2位数と1位数」「2位数同士」の3タイプの2桁計算で、これにさらに繰り上がりや繰り下がり有無で分けて教材設計を行っている。3桁については、別の位取りの教材で補完する仕組みとした。本教材は、百玉そろばんと呼ばれる1列10個の珠が10列並べられたそろばんをタッチパネル上に疑似的に再現したものであり、児童はそれを指で操作しながら、計算原理の理解を深めていく。各学習の段階や難易度は学習者自身が自由に設定できる。図7は、百玉そろばんによる、2位数と1位数の足し算の様子である。

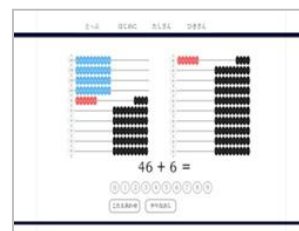


図7 百玉そろばんによる計算

(5) システムの評価

学習者モデル、学習コースや教材、そしてシステム総体としての評価を行うため、それぞれ次のような評価指針を設定する。

① 学習者モデル

ここでは、主にシステム側で自動管理する障がいの種類や程度、既存知識やスキルなどの客観的特性、中長期的にはそれほど大きく変化しない趣味・嗜好などの主観的特性、支援者が児童の様子を観察しつつ変更することが可能である準主観的特性に関して、その妥当性を検証する。

② 学習コース・教材

ここでの一次資料は学習ログである。アクセス時間・学習の進捗状況・正答率などから、配信教材の妥当性と学習効果を検証する。なお、一部の児童には、スクーリングの際に大型タッチパネルや振動デバイスも使用してもらっており（図 8 参照）、これらの機器と教材との相性やデバイス自体の学習支援効果についても検証する。



図 8 百玉そろばん使用時の様子

③ システム

①、②が含まれるが、それ以外の検証視点として次の二つを設定する。一つは、児童の学習意欲や集中力への影響であり、これについてはそばにいる支援者の観察評価とする。もう一つは、システム利用の定期性・継続性であり、これらは学習ログから分析する。

4. 研究成果

3(5)の趣旨のもと、2012年12月中旬より2013年1月末にかけて最終の評価実験を実施した。以下に、その結果を記すとともに、研究期間全体を通じての総括を行う。

(1) 評価実験

対象は、本研究の協力先の一つであるNPO法人大塚クラブと東京学芸大学の一研究室が主催する学習支援活動「ダンボ」に通う児童2名（3年生1名、1年生1名）および東京都内のろう学校の2年生児童6名である。なお、ダンボの児童はともに発達障がい（算数困難・軽度の多動性）と聴覚障がいを抱えている。

実施方法としては、児童には保護者の介助のもとで自宅のPCからインターネットを通じてシステムにアクセスし、学習を進めてもらった。システムの利用期間は2012年12月中旬～2013年1月末で、その利用頻度は各児童と保護者の判断に委ねた。

① ダンボの児童2名の結果

まず、3年生の児童に関しては、利用開始時より1月上旬までは定期的・継続的に学習が進み、当初課題であった計数についてはすべて習得し、次の数唱4段階目からは独習で先に進めなくなった。ただ、スクーリング時には、百玉そろばんを用いる上位の教材もこなしていたため、コース設計や特性の設定にやや課題が残った。

一方、1年生の児童に関しては、やはり定期的・継続的に学習を進め、計数・数唱の初歩的な4スキルの習得まで進んだ。これは同年齢の健常児に近いレベルであり、スクーリング時でも算数を毛嫌いする対象児が自宅での独習でこの段階まで到達したことから、教材やシステムが有用であったことが窺える。なお、この児童は、各教材利用後のダンボでの同課題の理解度確認にて、従来より解答スピードが速まるとともに、正確性が高くなったと指導員は評価している。

また、両児童の保護者による教材の評価は高く、クリックやタッチによる解答の簡便性が多動性障がい児に見られがちな集中力の欠如を適度に解消していると指摘している。特に、3年生の児童は途中から保護者の介助なしに学習できるようになっていた。

② ろう学校の児童6名の結果

対象児は全員、学校ですでに引き算の一部を教わっている。表1は、期間終了時点での各児童の学習到達度（完了課題数）である。ここで、L1は計数と数唱に関する7種の課題からなるレッスン、L2は計数と数唱に関する3種の課題に指文字による計算課題1種を加えたレッスン、L3とL4はそれぞれ足し算と引き算に関する6種の課題からなるレッスンを表している。

表1 児童の学習到達度

レッスン	L1	L2	L3	L4
A児	7	4	3	0
B児	2	0	0	0
C児	7	4	6	0
D児	7	4	6	6
E児	7	4	6	6
F児	1	0	0	0

マウス操作に慣れずに挫折してしまった B 児を除くと、この結果は概ね担当教員が認識している各児童の潜在スキルや能力に比例しており、特性適応が適度に機能したものである。B 児が挫折した計数の教材はドラッグ操作が必要であり、ユーザインタフェース上の課題が残る形となった。

(2) 総括

本研究では、発達障がいや聴覚障がいを抱える児童を主対象として、基礎算術学習用の教材の開発とその学習を支援する AHS の構築を行った。上述の評価実験やそれ以前の形成的評価を通じて、AHS を機能させるための学習者特性はある程度適切に設定されていたものと考えられる。ただ、準主観的特性に関しては、形成的評価の段階で教師や指導員から評価を受けたものの、最終の評価実験ではあまり活用されず、その有用性の検証が十分にできなかった。教材については操作性の課題が残ったが、各障がいに配慮したデザインや仕組みにより、自宅での復習に十分に資することが確認された。また、ダンボでの実践により、タッチパネルや振動クッションなどのタンジブルデバイスが学習の支援になることが示唆され、今後普及が予想されるタブレット端末の援用が期待される。障がい児支援の基本は対面であるが、本研究で開発した教材やシステムがそれを補完しうることを確認できたのは意義深いといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- ① 松永信介, 稲葉竹俊, 山田萌香: 発達障がいを併せ有する聴覚障がい児童向け学習支援モデルの構築, CIEC 研究会論文誌, 査読有, Vol. 4, pp.41-47 (2013)
- ② 松永信介, 稲葉竹俊, 池守樹: 発達障がい/聴覚障がい児童向け基礎算術学習用 AEHS の構築, 教育システム情報学会研究報告集, 査読無, 27 (7), pp.32-37 (2013)
- ③ 高橋秀二, 安藤公彦, 松永信介, 稲葉竹俊: 学習者特性適応型協調スクリプトを活用した CSCL システムの構築と評価, 日本教育工学会研究報告集, 査読無, JSET12-1, pp.373-380 (2012)
- ④ 池守樹, 松永信介, 稲葉竹俊, 濱田豊彦: 算数困難児を対象とする学習用教材と支援システムの開発, 教育システム情報学会研究報告集, 査読無, 26 (5), pp.3-8 (2012)
- ⑤ 鈴木貴大, 松永信介, 稲葉竹俊: 探求学習を支援する学習者特性適応型電子図鑑の開発と評価, Computer & Education, 査読有, Vol. 28, pp.67-72 (2010)

〔学会発表〕(計 8 件)

- ① 松永信介, 池守樹: 算数困難児を対象とする学習者特性適応型 e ラーニングシステムの構築, 情報処理学会, 2013 年 3 月 8 日, 東北大学
 - ② 松木丈士, 井上智史, 松永信介: 発達障がいと聴覚障がいを有する算数困難児支援 e ラーニング教材の研究 ~指文字による数唱学習~, 情報処理学会, 2013 年 3 月 6 日, 東北大学
 - ③ 渡辺聖也, 井上智史, 松永信介: 発達障がいと聴覚障がいを有する算数困難児支援 e ラーニング教材の研究 ~百玉そろばんによる加減算学習~, 情報処理学会, 2013 年 3 月 6 日, 東北大学
 - ④ 池守樹, 松永信介: 算数困難児を対象とするたし算用 e ラーニング教材の開発, 日本特殊教育学会, 2012 年 9 月 30 日, つくば国際会議場
 - ⑤ 池守樹, 松永信介, 稲葉竹俊: 算数困難児を対象とする計数学習用 e ラーニング教材の実践と評価, 情報処理学会, 2012 年 3 月 8 日, 名古屋工業大学
 - ⑥ 鳥井大幹, 土山将弘, 松永信介, 稲葉竹俊: 算数困難児を対象とする計数学習用 e ラーニング教材の実践と評価, 情報処理学会, 2012 年 3 月 7 日, 名古屋工業大学
 - ⑦ 池守樹, 松永信介, 稲葉竹俊, 濱田豊彦: 発達障がいと聴覚障がいを併せ有する児童向けかけ算学習支援システムの構築, 日本教育工学会, 2011 年 9 月 18 日, 首都大学東京
 - ⑧ 池守樹, 松永信介, 稲葉竹俊, 濱田豊彦: 発達障がいと聴覚障がいを併せ有する児童のための算数用デジタルコンテンツの研究, 情報処理学会, 2011 年 3 月 3 日, 東京工業大学
- ## 6. 研究組織
- (1) 研究代表者
松永 信介 (MATSUNAGA SHINSUKE)
東京工科大学・メディア学部・准教授
研究者番号: 60318871
 - (2) 研究分担者
稲葉 竹俊 (INABA TAKETOSHI)
東京工科大学・教養学環・教授
研究者番号: 10386766
 - (3) 連携研究者
濱田 豊彦 (HAMADA TOYOHICO)
東京学芸大学・教育学部・教授
研究者番号: 80313279