

学習ゲームを用いた発達障害児向け文字学習支援システム

金 山 貴 泰^{†1} 浅野 久美子^{†2}
西 野 哲 朗^{†1} 若 月 光 夫^{†1}

発達障害児教育においては、児童の学習に関する動機の喚起・維持が困難な場合が多い。この問題を解決するために、近年、発達障害児教育の現場において、ICT（情報通信技術）を用いた教育支援システムの活用が注目されている。本研究では、発達障害児の興味を引くように、学習ゲームの仕組みを取り入れた、文字学習支援システム『おとかな！』を開発した。その際、教員とのディスカッションを通して、本システムに難易度設定、問題設定、学習記録の自動化といった機能も組み込んだ。本システムの有効性を検証するために、開発したシステムを特別支援学校の授業で実際に使用した。その結果、本システムは、発達障害児の興味を引き出し、学習への集中時間を増加させる効果があることがわかった。さらに、ICT 教材の機能を活用することで、教材の準備にかかる教員の負担を大幅に軽減できることもわかった。

A Learning Support System for Children with Disabilities Using Learning Games.

TAKAHIRO KANEYAMA,^{†1} KUMIKO ASANO,^{†2} TETSURO NISHINO^{†1}
and MITSUO WAKATSUKI^{†1}

In this study, we developed a learning support system for children with physical or mental disabilities. In order to reduce the burden of supervisors in education of these children. Educating these children is a burden for teachers. Because these children difficult to maintain the motivation for learning Therefore we developed this system to apply learning game for pull these child's interest. Through discussions with teachers, I incorporated the function difficulty settings, question setting, and automatic recording. In order to verify the validity of this system, it experimented in the special support school. As a result, this system which pull these child's interest and concentration time was increased. Furthermore, it turned out that the burden placed on preparation of teaching materials is mitigable by employing the feature of ICT teaching materials efficiently.

1. はじめに

発達障害児に対する教育においては、健常児に対する教育の場合と比べ、教材を作成するのに必要な労力が膨大となる場合がある。これは、発達障害児に対する教育現場において用いられている教材の多くが、発達障害児の認知レベルに合わせて教員自身により一つ一つ自作されているためである。また、その教材を利用するときには、教員が児童一人一人に対して目を離さずに多くの時間を割いて指導する必要がある。発達障害児が学習項目を習得するためには、一般の児童に比べ一つの学習内容を数多く繰り返し学ばなければならないが、その中で飽きずに繰り返し学習させるためには、

教員が児童に対して随時、動機を喚起する必要があるからである。

近年、このような状況を改善するために、発達障害児の教育に対して、情報通信技術 (ICT) 教材を取り入れようという試みがある。ここでの ICT 教材とは、主に、情報通信技術 (Information and Communication Technology: ICT) を利用した、PC やタブレット端末上で動作する教材のことを指す。

ICT 教材を利用することによる教員の負担軽減が期待されているが、発達障害児は認知の発達段階に個人差があるため、市販の ICT 教材を利用することには困難である場合がある。なぜなら、発達障害児が使うことを想定していない市販の ICT 教材の場合、学習内容が対象となる児童にとって難度が高過ぎる場合があるからである。発達障害児に難度が高過ぎる学習内容を続けて学習させることは、学習に対する拒絶反応を引き起こす原因となる。

^{†1} 電気通信大学

University of Electro-Communications

^{†2} 東京都立調布特別支援学校

Chofu Special Support School

さらに、発達障害児の中でも、教員とのコミュニケーションが困難な児童に対する教育効果の高い ICT 教材作成の方法論は、未だ確立されていない。そのため、発達障害児教育用の ICT 教材作成のための枠組みの構築が求められている。

一般の教育現場において、学習にゲームの要素を取り入れた学習ゲームを利用することに関する研究は多数行われている¹⁾²⁾。これらの研究では、ゲームを用いることで、学習者の学習意欲を高めることに成功している。学習ゲームは、発達障害児の興味を引き出し、学習を繰り返し行わせることができる可能性があり、発達障害児教育においても有効であると考えられる。

本研究では、発達障害児の興味を引き出すために ICT 教材に学習ゲームの仕組みを取り入れ、効果的な学習を行うことができる文字学習支援システム『おとかな!』を作成した。さらに、そのシステムが、長時間集中して学習することが難しい発達障害児にも有効であるか否かについて検証を行った。なお、本研究は、東京都立調布特別支援学校と国立大学法人電気通信大学とが共同で行っている ICT 教材作成プロジェクトの一環として行った。

2. 発達障害児教育

発達障害児の教育では、学習項目の単純化と学習への反復を促すことが教員によって行われている。しかし、学習項目を反復することは発達障害児の「飽き」を引き起こす可能性がある。発達障害児は飽きてしまった学習に対して長時間集中することが難しい。そのため、教員による学習への継続的な動機づけが必要となる。さらに、発達障害児は認知レベルの違いが非常に大きいので、通常学級で行われている画一的な教育方法は、発達障害児の教育現場には適していない。従って、発達障害児に対する教育では、各児童の発達度合いや精神状態等を考慮して、それぞれの児童に適した教育を個別に行う必要があり、このための教材準備や児童への十分な教育的対応の負担軽減が望まれる。

2.1 学習ゲーム

学習ゲームとは、学習にゲームの要素を取り入れた教材である。学習ゲームを利用するユーザーは学習教材であることを意識することなく、ゲームの要素を楽しみながら、飽きることなく学習を行うことができる³⁾。

学習ゲームがこれからの教育現場の有効なツールとなり得るのかを調査する目的で、一般の教育現場への学習ゲームの導入に関する研究が行われている¹⁾²⁾⁴⁾。これらの研究では、ゲームを用いることで、学習者の

学習意欲を高めることに成功している。学習ゲームは、発達障害児の興味を引き出し、学習を繰り返し行わせる可能性があるため、発達障害児教育においても有効であると考えられる。

ゲームを教育に利用するメリットとして、次の 2 点が挙げられる⁵⁾。

- (1) 学習に対する動機の喚起・維持
- (2) 重要な学習項目を強調した学習体験

(1) については、前述の通り、発達障害児の教育において学習に関する動機の喚起・維持は教員にとって大きな負担となっており、これらを解決するためには、ゲームの持つ遊びの要素が有用である。学習ゲームによって、発達障害児に学習への興味を持たせ、学習内容に集中させることができると考えられる。

次に、(2) については、通常の学習では 1 つの学習項目に対して関連する情報が多く、問題の構造が複雑であるため、適切な学習環境を提供できない場合がある。そこで、個々の教材における学習の関連項目に対して、強調と単純化をすることで、学習の目的となる重点項目に焦点を当てることが可能となる。

以上のことから、学習ゲームを用いることで、学習に対する児童の集中時間を増加させることができるものと期待される。これにより、個々の発達障害児に対する、教員による学習への動機付けにかかる負担が軽減され、一人あたりの指導に要する時間も減らすことができる。その結果、同時に複数の児童に意識を向けることが可能となり、限られた授業時間内で児童一人当たりには掛けられる時間を増やせることから、教育の質が向上するものと期待される。

2.2 文字学習

本研究では、文字学習に関する学習ゲームを作成した。ここでは、文字学習を支援する意義について述べる。

2.2.1 ことばを教えることの意義

ことばに重度の遅れを示す発達障害児は、精神面で健常児と同じように成長し、発達することが困難である。なぜなら、ことばによるコミュニケーションを取ることが困難な発達障害児は、通常の学級で行われている授業を受けたとしても、その内容を理解することが困難であることが多いためである。また、自分の気持ちをことばで表現することが苦手な発達障害児は、人間関係の構築においても困難がある。

以上のような背景から、特別支援教育において最も優先して支援すべきは、発達障害児のことばの発達であるという見解がある⁶⁾。しかし、健常児においても、ことばの獲得は毎日の積み重ねで行われており、獲得

の過程は漸進的・段階的である。従って、健常児を基準とすれば、ことばの発達に遅れのある発達障害児に、ことばを教えるのには非常に長い時間を要する。

2.2.2 文字学習の意義

発話が無く、文字を上手く使えない発達障害児とのコミュニケーションは、絵カードや教員の身振り手振り、長年の経験で培われた勘に依存している部分が多い。また、ことばを理解する能力は高いが、ことばを表出することが苦手の児童は、欲求不満になりやすく、問題行動を起こしやすい傾向がある。従って、文字を学習することで、表現できる語彙は飛躍的に増え、文字を理解している人ならば、誰とでもコミュニケーションが可能となる。

3. 文字学習支援システム

本節では、本研究で開発した発達障害児向け文字学習支援システム『おとかな!』について説明する。

3.1 アプリケーション概要

『おとかな!』は、ことばの発達に遅れのある発達障害児の文字学習を支援する、iPad上で動作するアプリケーションである。『おとかな!』では、学習者のタップ入力に反応して、対応するひらがなの音声を出し、発達障害児が文字と文字のマッチングを学習することができる。図1は『おとかな!』のプレイ画面である。

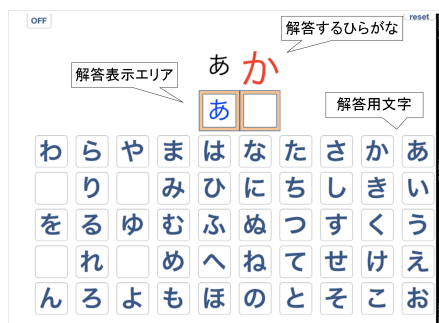


図1 『おとかな!』プレイ画面。
Fig.1 『OTOKANA!』play screen.

3.2 難易度調整

発達障害児は、認知能力の発達の度合いの個人差が大きい。さらに、各児童についてもその日の体調や精神状態によって取り組むことができる問題の難易度が変化する。そのため、児童の発達の度合いと各児童のその日の調子に適した教材を準備する必要がある。しかし、一般に市販されている教材では、難易度の調整が困難である場合が多く、各児童に合わせた教育が困

難であった。そのため、『おとかな!』では、発達障害児の発達の度合いや精神状態に応じて難易度調整を可能にする仕組みを取り入れた。

『おとかな!』には、3段階のレベルがある。例えば、レベル1では50音表の解答群から回答する文字のみを強調する(図2)。

教員は、アプリケーションを使用する発達障害児の状況に応じて、上記の3つのレベルから難易度を選択することが可能である。

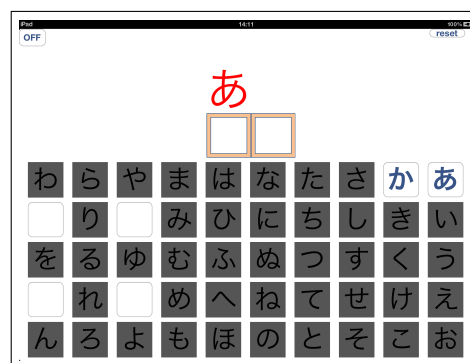


図2 レベル1のプレイ画面。
Fig.2 Play screen of level1

3.3 問題の設定方法

『おとかな!』では、教員による教材の準備にかかる負担を減らすために、問題の設定を容易に行えるようにした。



図3 問題設定画面
Fig.3 Question setting screen

3.4 学習記録

『おとかな!』では、学習記録を自動的に保存し、確認が可能な仕組みを取り入れた。図4は学習記録の確認画面の一例である。

3.5 実装環境

『おとかな!』はiPadのOSであるiOSver. 5.1.1上

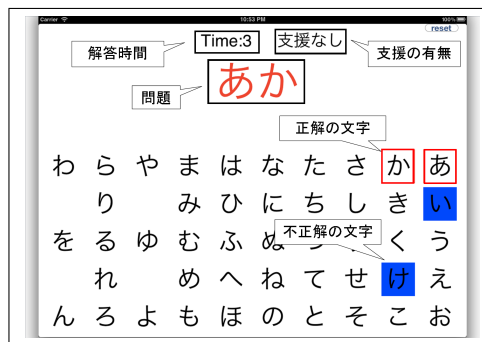


図 4 学習結果確認画面
Fig. 4 Result screen

で稼働している。『おとかな!』の開発は、JavaScript を利用して iOS・Android 向けのアプリケーションが 開発が可能である Appcelerator Titanium Mobile を 用いて作成した。

『おとかな!』は、UEC ソフトウェア・リポジトリ⁷⁾ に登録し、オープンソースソフトウェアとして公開す る予定である。

4. アプリケーション開発方法

4.1 開発モデル

通常のアプリケーション開発において、要求定義と 要件定義は重要であり、エンドユーザからの要求を開 発に取り入れる場合が多い。本研究の場合、エンドユー ザーが発達障害児であるため、対話によるコミュニケー ションが困難である。そのため、実際に、児童に『おと かな!』を利用してもらった中で、何度か 要求の変更が 発生した。

以上のことから、発達障害児教育用のアプリケーショ ン開発モデルとしては、ソフトウェア工学で古くから 導入されているウォーターフォールモデルのような各 プロセスが順次、適切に行われなくてはならないよう な開発モデルは適さない。開発を通して徐々に要求を 定義していく XP(extreme programming)⁸⁾ のような 開発モデルが適当であると考えられる。さらに、エンド ユーザーからの要求を取り入れることを前提としてい る XP とは異なり、エンドユーザーの要求を直接聞く ことなく開発を行う、新たな開発モデルが必要である。

本研究で考案した開発モデルは i(indirect)XP (間 接 XP モデル) とでも呼べるもので、発達障害児教育 用のアプリケーション開発モデルとして有効であると 考えられる。本開発モデルでは、発達障害児からの要 求は、すべて教員とのコミュニケーションを通して報 告される。そのため教員とのコミュニケーションを円 滑に行うことが重要となる。さらに、実際に動作するア

プリケーションを発達障害児に利用してもらい、教員 がアプリケーションを利用している発達障害児の反応 を見ることで教員の要求定義が適切に行われる。iXP モデルに基づく教員との議論を通じて、『おとかな!』 に難易度設定、問題設定、記録の自動化などの機能を 追加することになった。

4.2 開発時の留意点

本研究において、アプリケーションのエンドユーザー である発達障害児はことばによるコミュニケーション を取ることが苦手であり、そのため、発達障害児から直 接フィードバックを得ることは困難であった。対象と なる発達障害児にとってアプリケーションの仕様が適 切であるか否かについては、教員からのフィードバッ クを受けることで確認した。また、それに基づいて、学 習画面の表示方法や音声の出力方法などについて改良 を行った。

本研究では、開発者と教員とのコミュニケーション を通して、発達障害児が実際にアプリケーションを利用 している際に、教員が気付いた点に関して詳細な聞き 取りを行った。それらの聞き取りの中から、アプリ ケーションの不便な点や求められている機能を明確に した。本研究の場合のように、教員側にアプリケーショ ン開発に関する知識が不足している場合には、適切な 要求定義を行うために多くのコミュニケーション必要 となる。そのため、教員との信頼関係を築くことが重 要となる。教員の適切なフィードバックを得るために、 工夫した点を以下に挙げる。

- 実際に動作するアプリケーションを短期間で開発 し、発達障害児にそれを利用してもらう
- 児童の利用状況を確認した教員から、フィードバッ クを得るというプロセスを繰り返しながら開発を 進めて行く
- 教員からのフィードバックを得るために、作成す るアプリケーションは、どのプロセスにおいても、 教員と発達障害児にとって使いやすいものとする ことを心がけた

さらに、発達障害児向けのアプリケーションを作成 するために、工夫した点を以下に挙げる。

- 問題の難易度を複数段階用意し、教員が発達障害 児の状態に合わせて利用できるようにした。
- 児童の解答に対して即時評価を行い、正解時には 正解であったことを明確にする一方で、不正解時 には不正解であることを知らせて、再挑戦を可能 にした。
- 教員による問題の準備にかかる時間を極力少なく した。

- 児童の解答に関する様々な情報を学習の記録として保管するようにした。

これらの工夫点は、今後の発達障害児教育用のアプリケーション開発においても重要であると考えられる。

5. 実験

本研究では、ICT を用いた学習ゲームが、発達障害児教育支援に有効であるのかを検証するために、都立調布特別支援学校の発達障害児に本システムを利用してもらった。本節では、その実験環境を説明し、その結果判明した発達障害児教育における学習ゲームの有効性について述べる。

5.1 実験環境

学習ゲームが指導に利用された現場における指導の形態、指導の時間、指導の期間は以下の通りである。

- 指導の形態

特別支援学校における国語の個別指導の時間に児童3人に対して教師2人で指導をおこなう体制。

- 指導の時間

各日 15 分～20 分程度。

5.2 結果

5.2.1 学習時間

本研究の対象児童がアナログ教材を利用して文字学習をしていたときは、学習に飽きてしまい5分程度で学習を拒絶していた。そのため、対象児童が一日に集中して学習できる問題数は2,3問程度であった。学習内容がひらがなの習得であることから、学習できる問題が一日2,3問程度では学習期間が長期にわたるため学習の効率が極めて低い、という意味において教員の負担になっていた。一方、本研究で作成した学習ゲームを用いると、対象児童が一日に学習できる問題数が約15問程度にまで増加し、集中して学習できる時間も15分程度にまで増加した。さらに、児童が自ら学習を進める機能を実装したことで、教員がこれまで行っていた、動機の喚起・維持の必要がなくなった。以上のことから、学習ゲームは音や表示の演出を用いて児童の興味を引き出し、動機の喚起・維持に有用であると考えられる。

5.2.2 難易度設定

本研究で開発した学習ゲームでは、問題の難易度を選択できる機能を実装した。これにより、教員が各児童のその日の調子に合わせて難易度を調節することが可能となり、児童が無理無く学習することができるようになったため学習効率が向上した。

5.2.3 教材の準備時間

これまで、文字学習の為に利用されてきた教材は木

材のタイルと木材の枠を用いたアナログ教材であった。図5は実際に利用されていたアナログ教材の一部である。これらはすべて教員の手作りであり、問題の作成には1問あたり6分程の時間がかかっていた。



図5 アナログ教材:50音タイル。

Fig.5 analog Teaching materials: 50 sound Tile.

一方、本システムを用いると、問題の作成時間は、1問あたり10秒程になった。1日10問の問題を作成する場合、従来のアナログ教材では、1時間程の時間がかかっていたが、それに対して、『おとかな!』では、5分程で作成が可能となった。

さらに、問題を作成するための場所を確保する必要がなくなったため、短い時間を見つけて準備ができるようになったことが教員にとっての大きな負担の削減につながった。

教材の準備に時間がかからなくなったため、その他の教育内容に多くの時間を費やすことが可能となった。

5.2.4 学習結果の記録

アナログ教材を利用していたときは、各問題毎に教員が学習結果の記録を取っていた。したがって、教員は1人の児童が学習をしている間はその児童に集中する必要がある、他の児童の指導を行うことが難しい状況であった。

それに対して、本研究で作成した教材では、学習記録を自動で保存することが可能である。この機能により、教員が記録を取る手間が軽減された。さらに、教員が本システムを使用している児童を常に見続ける必要がなくなり、他の児童に対してより多くの時間を振り向けることが可能となった。また、学習記録はその場で確認するだけでなく、後日まとめて確認することも可能であるため、児童の学習状況についてより詳しく把握することが可能となる。

5.2.5 学習効果

学習ゲームの導入前と導入後にアナログの教材によるテストを行った。なお、本研究でこのテストを行う

ことが出来た児童は、クラスの中で1人であった。これは、発達障害児に対してアナログ教材を用いてテストを行う場合、そのテスト内容が発達障害児のレベルに合うものでなければならないからである。テスト内容は、ひらがなの選択肢カードを児童に見せ、50音表から同じ文字のタイルを選択させるという問題であった。

問題	に	し	ぬ	こ	い	ね	つ	わ	は	れ
導入前	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×
導入後	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表1 テスト結果.
Table 1 result of test.

表1は、対象児童の『おとかな!』導入前と導入後のテスト結果を示したものである。これを見ると、以前には解答できていなかった文字が解答できていることがわかる。このことから、本研究で開発した学習ゲームは文字学習に関して効果があったと考えられる。さらに、テストを行うことが出来なかった児童に対しても、学習効果の改善が見られた

5.3 考 察

ICTを用いた学習ゲームを導入することにより、教材準備の時間と授業中の動機・喚起・維持等の教員の負担を大きく減らすことができた。これは、ICT教材の特性と学習ゲームの特性の両方を、発達障害児教育に適した形で活用できたからだと考えられる。表2に、『おとかな!』を利用することで改善できた点についてまとめた。

改善項目	アナログ教材	『おとかな!』
児童の集中可能な学習時間	最大 5 分	最大 15 分
教員の準備時間	最大 6 分	最大 10 秒
教員の学習記録	手動	自動
教材の難易度調整	困難	容易

表2 アナログ教材との比較.
Table 2 Comparison with analog teaching materials .

特に、学習ゲームの特性である動機・喚起・維持が可能であったことは、長時間集中することが難しい発達障害児の学習上の大きな困難を取り除くことにつながるのではないかと考えられる。学習効果については、アナログ教材によるテストの結果から学習効果があったと考えられる。しかし、発達障害児に対する学習効果のテスト方法については標準化された判断基準が確立されていないことから、正確な学習効果を測定する方法については、今後検討して行く必要がある。

6. おわりに

本研究では、発達障害児向けの教育支援システムとして、ICT教材にゲームの要素を取り入れた学習ゲームを開発し、実際の教育現場で使用してもらうことでその有効性を検証した。その結果、学習ゲームは発達障害児の興味を引き出し、学習への集中時間を増やすことが可能であることがわかった。さらに、ICT教材の特性を活かすことで教員の準備にかかる負担を軽減できることが示された。

また、本研究で提案したiXP開発モデルは、発達障害児をはじめとするコミュニケーションを取ることが困難なエンドユーザーに対するアプリケーション開発におけるモデルとして、有効であることが示唆された

今後の課題としては、学習結果の記録画面において、児童が解答した順番等のより詳細な結果を表示することや、難易度調整をさらに細かく行えるようにすること等が挙げられる。

参 考 文 献

- 1) 梅津孝信, 垣屋良式, 平嶋宗, 竹内章, “問題解決演習を対象とした学習ゲーム作成法”, 電子情報通信学会論文誌 D. Vol.J91-D, No.2, pp.293-302, 2008.
- 2) 鷹岡亮, 渡邊由美子, 松嶋渉, 鬼武紫乃, 堀川隆史, 岡本敏雄, “学習者間の相互作用活性化を目指したゲーム型学習環境の開発”, 信学技報. ET2007-96, 2008.
- 3) Mark Prensky 著, 藤本徹 訳, “デジタルゲーム学習 シリアルゲーム導入・実践ガイド”, 東京電機大学出版局, 2009.
- 4) 佐々木整, 森川哲史, 竹谷誠, “対戦型ゲームを利用した論理的思考能力育成教材の開発”, 電子情報通信学会論文誌 D. Vol.J83-D-I, No.6 pp.635-643, 2000.
- 5) 藤本徹, “シリアスゲーム 教育・社会に役立つデジタルゲーム”, 東京電機大学出版局, 2007.
- 6) Ivar Lovaas 著, 中野良顕 訳, “自閉症児の教育マニュアル 決定版・ロヴァス法による行動分析治療”, ダイアモンド社, 2011.
- 7) UEC ソフトウェア・リポジトリ
<https://www.repository.uec.ac.jp>
- 8) Ian Sommerville, “Software Engineering(8th Edition)”, Pearson Education Press, 2007.