

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：34101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04565

研究課題名(和文)プロトタイピング手法を用いた重度・重複障害児のICT活用教材の開発研究

研究課題名(英文)Development of ICT teaching materials with prototyping for children with severe and multiple disabilities

研究代表者

大杉 成喜(OSUGI, Nariki)

皇學館大学・教育学部・教授

研究者番号：10332173

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文): 障害が重く身体をほとんど動かすことができない児童生徒を対象に、プロトタイピングの手法を用い教材制作環境を開発した。視線入力デバイスと、MS PowerPointを用い、視線でスイッチ・トイを制御できるようにした。開発した教材制作環境は、安価でプログラム方法も簡単であり、肢体不自由特別支援学校のICT担当教諭に支持された。これまで重い身体障害のためスイッチ・トイの操作が困難であった児童生徒も、視線入力を用いることで、複数の動きの操作が可能となった。視線による操作は見ることも合わせて同じ目を使用するため、複雑な動きや速い動きについては、その教材の配置や動作設定に工夫が必要であることが判明した。

研究成果の概要(英文): We developed teaching material production environment using prototyping method for children with sever and multiple disabilities who can hardly move their bodies. Using eye-gaze input device and MS PowerPoint, children with sever and multiple disabilities can control switch toy with eye-gaze. Our developed teaching material production environment was inexpensive and easy to program, and was supported by teachers of ICT at a special school for physically disabilities. Children who had difficulty in using switch-toys due to sever and multiple disabilities made it possible to manipulate multiple movements by using eye-gaze input. Operation by eye-gaze uses the same eye in combination with seeing. So, it turned out that complicated movements and fast movements need ingenuity in arrangement and operation setting of the teaching materials.

研究分野：特別支援教育

キーワード：特別支援教育 教育工学 重度重複障害 プロトタイピング 視線入力 外部機器制御 教材開発

1. 研究開始当初の背景

障害が極めて重く、肢体不自由のため随意に動かせる部分がきわめて少なく、また複数の障害を併せ有する児童生徒に対して、個に応じた教育を実施し、コミュニケーションや社会参加の手がかりを増やしていくことは重要な課題である。

本研究では、障害が重く重複している児童生徒の個に応じた ICT 等の手段を活用した学習を進め、それらを応用したコミュニケーション等の方法を構築することを第一の目的とした。

また、これまでに開発した障害に応じた機器利用計画の策定 (アシティブ・テクノロジー・コンシダレーション) システムを活用し、個に応じた教材開発からその実施・評価に至る方法を確立させることを第二の目的とした。

2. 研究の目的

大杉 (2014) は全国の特別支援学校に調査を実施し、重度・重複障害教育課程および訪問教育課程を有すると回答のあった 276 校のうち 198 校 (71.7%) において、ほとんど身体を動かすことができない重度・重複障害のある児童生徒への ICT・コンピュータ等の利用が行なわれていると回答があったと報告した。その課題として「児童生徒がより使いやすいスイッチの選定・調整 (63.0%)」「児童生徒の適切な課題設定 (56.2%)」「児童生徒の自発的な動きを引き出せる教材・ソフトウェアの選定・調整 (56.2%)」「児童生徒の適切な教材呈示方法の工夫 (43.5%)」「単純なスイッチ操作からコミュニケーションに発展させる方法 (42.4%)」「児童生徒の興味・関心の拡大 (42.0%)」があげられたと報告した。

これらの課題に対して、教育、工学、医療等の総合的な観点から検討を行うことは有効である。障害が極めて重く随意に動かせる部分が少ない児童生徒についても、その学習環境や教材、指導方法を整えれば、より発展した学習が可能であると考えられるが、これまでそういった研究はまだ少ないのが現状であった。

そこで、本研究では障害の極めて重い児童生徒について、これらの学習について分析し、その教材開発と指導方法を検討することを課題とした。

3. 研究の方法

本研究はプロトタイプリング (prototyping) の手法を用い教材開発を行った。プロトタイプリングとは工業製品の開発手法の一つで、設計の早い段階から実際に稼動する製品モデルの作成と検証を反復することにより、仕様の検討や詳細な設計を進めていく手法である。

学習者である重度・重複障害児、保護者・教員は、はじめはどのようなニーズがあり、

どのような機能をどのように使いたいのかが明確には理解していない場合も多い。プロトタイプリングでは、要求を分析する初期の段階で、最低限の機能や操作画面を実装した原型 (プロトタイプ) を用意して、利用者の要求を引き出ししていく。プロトタイプの作成と検証を繰り返すことにより、次第にシステムに必要とされる機能・仕様が具体化・明確化していく。この方法を用いることで、当初想定していたスイッチ入力環境・教材より有効なものを作成できる。

障害のある当事者もプロジェクトに参加し、ユーザの立場から開発を行う方法はインクルーシブ・デザインと呼ばれている。本研究ではこれらの手法を用いて開発を行った。

開発した教材は研究協力校だけでなく多くの学校にも順次提供していくこととした。研究協力校は特別支援学校を中心に開発途上の段階から教材 (プロトタイプ) を提供し、サポートを行いながらその成果と問題点を検証していく。開発した教材がある程度まとまってくれば、希望する特別支援学校に対してマニュアル等パッケージ化したものを提供し、より少ないサポート下での使用できるかをはかっていく。

このように開発・検証と研究成果の普及を並行して行うことにより、その問題を明らかにし、より利用しやすい教材開発・実施環境を発展させていくこととした。

4. 研究成果

(1) 視線入力デバイスの活用

近年、情報技術の発展により、眼の動きを測定し障がいのある人の入力デバイス (装置) として利用する方法が普及しはじめている。これまで、眼の動きを利用したスイッチ入力として、まばたきや眼電位によるもの、PC のフェイスカメラを利用するデバイス等があったが、これらは上下左右といった大きな眼の動きは検出できるが、細かい視線の位置を測定してマウスカーソルを動かし、画面上のキーボードを指定するような使用には適していなかった。近年注目されている強膜トラッカー法は、近赤外線を照射し、眼球の外側の白目の部分 (強膜) と黒目の部分 (角膜) の境界から視線方向を算出する方法で、検出精度が高く、安価なゲーミングデバイス等としての利用の普及も進んできた。

目を動かすことにより、PC 入力ができれば、重い肢体不自由があり身体の部位を使っでのスイッチ操作が難しい児童生徒も、身体的・精神的な負担を少なく入力を行うことが可能となる。「障害のある児童生徒の学習上の支援機器等教材に係るニーズ調査 調査報告書」(文部科学省、2015) においても「今後、必要と考えられる支援機器教材」についての設問に対し、肢体不自由部門及び病弱の部門で視線入力型意思伝達装置があげられ期待が示されている。

海外では視線入力装置の福祉的利用が進み、

ALS（筋萎縮性側索硬化症：Amyotrophic lateral sclerosis）等の成人患者から普及してきている。障がいの重い児童生徒については、幼少時からの学習段階に応じた利用が検討されている。（Eye Gaze Software Curve, COURTNEY ら, 2015）（伊藤史人, 2017）成長とともに視線により PC 画面上のスクリーンキーボードを操作し、文書作成やメール等の業務、リモコン等環境操作に活用できるようになることが目標となる。

わが国においても、身体の障がいの重い児童生徒が就学する特別支援学校教員は視線入力デバイスの利用に大きな関心を寄せていたが、利用できる教材ソフトウェアが少なく高価であるため、児童生徒に合ったものを多種購入することができない、児童生徒の個別のニーズに応じた自作教材が作りにくい、などの課題を有していた。

これまで、肢体不自由特別支援学校現場では児童生徒の個別のニーズに応じたスイッチでスイッチ・トイ（外部スイッチで動作する電動おもちゃ）や外部機器を動作させる教材が作られてきた。これらを視線入力デバイスと視線マウスで操作し利用することができれば、児童生徒の学習や生活に役立てられると期待されている。

本研究では普及期を迎えてはじめた視線入力装置を安価に活用できる教材作成環境を制作した。プロトタイピングの手法を用い、教材開発環境を作成し、利用実践を進めるとともに、学習の分析を行った。

(2) 視線入力教材環境の開発と外部出力教材

障害が極めて重く、肢体不自由のため随意に動かせる部分がきわめて少ない児童生徒に対して、目の動きを使ってスイッチトイ等を操作する教材開発環境を作成した。

視線マウスおよび教材製作の環境
視線入力デバイスは利用者の視線を検出し、その位置を PC 画面上の座標情報 (x, y) として出力する。近年は USB ケーブルを介して 1/60 秒間隔で座標情報を PC に伝えるものが主流となっている。本研究ではゲーム用デバイスとして普及してきた「The Eye Tribe」、 「Tobii EyeX」および「Tobii Eye Tracker 4C Gaming Peripheral」を利用した。

視線マウス(ソフトウェア)はその情報を調整しマウスカーソルの動きとして具現化する。本研究では視線マウスとしての精度が高く、安価である(株)ユニコーン開発の miyasuku EyeCon LT を使用した。また、PC からスイッチ・トイ等外部機器操作のインタフェースとして Arduino の Firmata プロトコルを使用し、スイッチインタフェース「パワポ DE スイッチ君」(接続した 4 つのスイッチ、5 つのサーボモータ、1 つの振動モータを制御できる)を開発した (Fig.1)(Fig.2)。

また、特別支援学校現場での教材作成が多い MicroSoft PowerPoint 上でこの Firmata プロトコル通信を行うアドオンソフト miyasukuPFA を開発し、PowerPointVBA で制御できる教材開発環境を構成した (大杉・小林, 2017) (Fig.3)。miyasukuPFA の関数を Table 1 に記す。

Table 1 アドオンソフトmiyasukuPFAの関数

- Setting 関数: 初期設定
- DigitalWrite 関数: デジタルピンの出力指定
- AnalogWrite 関数: アナログピンの出力指定
- OnOffWait 関数: ピンの On/Off と Wait 時間指定
- ServoWait 関数: サーボの制御と Wait 時間指定
- Servo 関数: サーボの制御
- Play 関数: Wav ファイルの再生

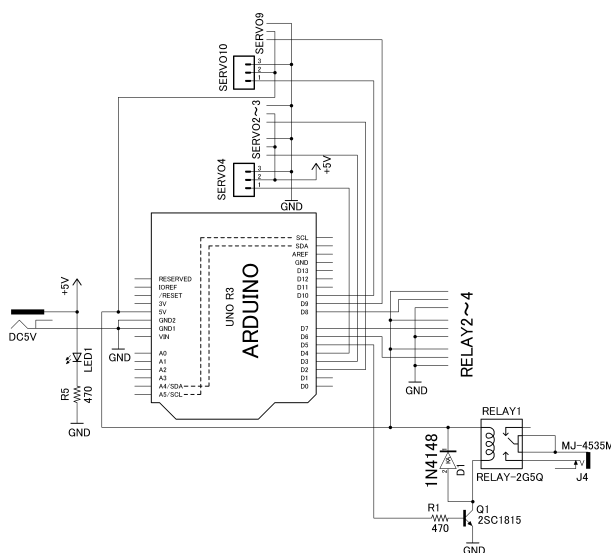


Fig.1 スイッチボックスの回路図



Fig.2 「パワポ DE スイッチ君」

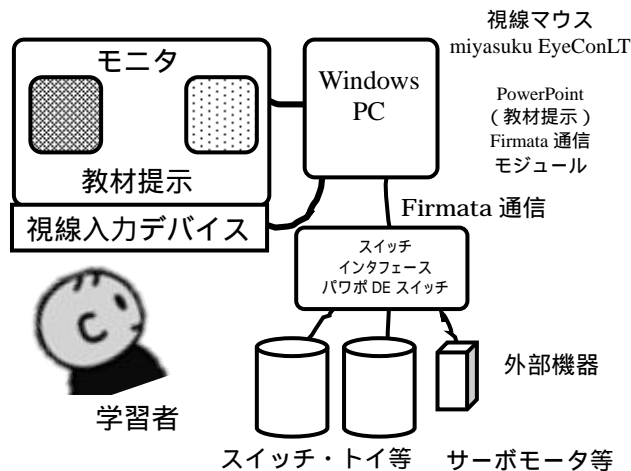


Fig.3 教材制作環境の構成

視線マウスの利用方法

視線でパソコンを操作するには、基本的には3つの方法がある。

第一は、目的のもの（アイコンや画像）にカーソルが移動したらすぐ動作する「Mouse Over」である。初期段階の学習（行動と反応）として利用しやすいが、見比べの段階でも動作してしまう。

第二は、目的のもの（アイコンや画像）に視線でマウスカーソルを移動させ、一定時間そのままであったらマウスクリックとする「視線停留」である。

第三に、目的のもの（アイコンや画像）に視線でカーソルを移動させ、スイッチを押してマウスクリックとする方法「視線+スイッチ決定」がある。

視線マウスの操作が通常のマウス操作と違う点は、「見ること」「選ぶ・決定すること」が同じ目の動きでなされることである。「視線停留」は素早く入力できる効果的な方法だが、同じところを一定時間見ていると、勝手にクリック信号が送られてしまい、意図した操作にならないこともある。「視線停留」を上手にできるようになるには、視線を道具として使うための段階を踏んだ練習が必要である。

視線入力による外部機器制御教材例

視線入力マウスとMicrosoft PowerPointとFirmata通信アドインソフト miyasukuPFA、スイッチインタフェース「パワポ DE スイッチ君」を使用した、重複障がいのある児童生徒のための教材とプログラム例を述べる。

Table 2 スイッチ・トイの制御プログラム

```
' pin5 を On にし、5.28 秒後に Off にする。
Sub Pin5_On_Off()
    Call OnOffWait(5, HIGH, 5.28)
End Sub
```

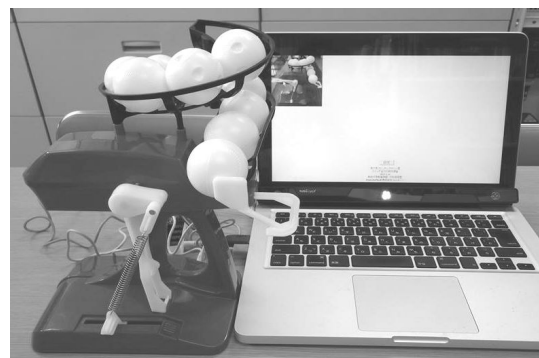


Fig.4 スイッチ・トイの制御例

PC 画面上のアイコンを Mouse Over/視線停留によるクリックが行われると、一定時間スイッチを On にし、ピッチングマシンを動作させるプログラムである (Fig.4, Table2)。ピッチングマシンのアームの動きに合わせて 5.28 秒動作するように設定している。これまで使用されてきたラッチアンドタイマーと同様の機能をもつ。Mouse Over により続けて動作しないように OnOffWait() コマンドを使用し、動作時の追加命令は受け付けないようにしている。

OnOffWait() コマンドを使用し、4つのスイッチ・トイそれぞれ一定時間動作させる教材を Fig.4, Table3 に示す。モニタのアイコンのすぐ上に小鳥のおもちゃ (BD アダプタを接続している) を配置し、実物の小鳥に視線を送ると動作するように設定している。OnOffWait() を使用し、動作中は指定した Pin への追加命令は受け付けないようにしている。このため命令が溜まって動作不能に陥ることがない。

このように視線マウスとスイッチ出力インタフェース、Microsoft PowerPoint VBA 制御により、障害の重い子どもの教材を手軽に自作できる環境整備ができた。本教材制作セットは日本教育情報学会特別支援教育 AT 研究会および九州地区特別支援学校 e-AT 研究会を通じて障がいの重い児童生徒の教育の担当者に配布し、教材制作実践を進めた。



Fig.3 4つのスイッチ・トイの制御例

Table 3 4つのスイッチ・トイの制御プログラム

```
' Pin5 を On にして, 4.1 秒後に Off
Sub pin5_On_4_Off()
  Call OnOffWait(5, HIGH, 4.1)
End Sub

' Pin6 を On にして, 4.1 秒後に Off
Sub pin6_On_4_Off()
  Call OnOffWait(6, HIGH, 4.1)
End Sub

' Pin7 を On にして, 4.1 秒後に Off
Sub pin7_On_4_Off()
  Call OnOffWait(7, HIGH, 4.1)
End Sub

' Pin8 を On にして, 4.1 秒後に Off
Sub pin8_On_4_Off()
  Call OnOffWait(8, HIGH, 4.1)
End Sub
```

視線入力による教材操作について、視線の動きを視線パスやヒートマップ（視線停留時間の長い順に青から赤で表示する）で可視化することにより学習状況を検証することができる（Fig.4）。これにより、児童生徒に適切な画像や選択肢の提示方法を見当することができる。

この教材開発環境を、九州地区を中心とし

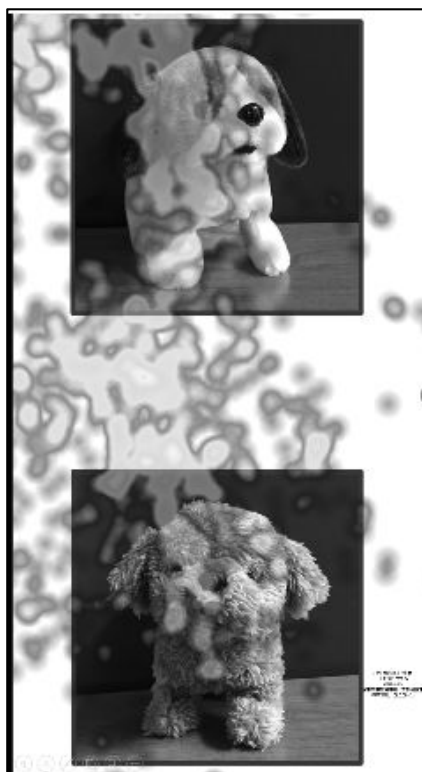


Fig.4 ヒートマップの記録例

た肢体不自由特別支援学校に配布し、自由な活用を促したところ、Table 4 のような様々な使用が行われた。また、視線による操作は偶然マウスカーソルが動いて動作したものか、意図的に動作させたものかの判断が難しいとの指摘があった。これについてはPowerPointのスライドを問題提示用と操作用に分け、指示があつてから動作させるという工夫がなされていた。また、児童生徒がマウスオーバーで操作ができるようになると、視線停留（マウスクリック）による操作に切り替えて使用されていた。

視線入力教材作成・利用上の課題

視線で様々なデバイス进行操作するにあたって、PC画面上に設定された操作ボタンに視線を送ることと、操作するスイッチ・トイを見ることが両方を本人の目で行うため、動きの

Table 4 学校現場での視線入力スイッチ・トイの使用例

方法等	使用例		
決定	マウスオーバー	視線停留(マウスクリック)	
操作	1つのスイッチの制御	複数のスイッチの制御	
	ひとつのサーボモータの制御	複数のサーボモータの制御(連続した動き)	
スイッチ・トイの例	歩く動物, 動く車のおもちゃ	回転灯	シャボン玉マシン
	扇風機	振動モータ(振動足枕等)	旗の上げ下げ
	紙飛行機の発射	パーティクラッカーの発射	ゴム銃の発射
	ピッチングマシン操作	Tシャツを畳む装置	電機製品のスイッチ操作
	リモコンの操作	ACリレーの操作	

速いものはその確認が難しいことがわかった。そこで、スイッチ・トイを PC 画面にできるだけ近づけること、動きの速いスイッチ・トイは動き始めるのに間を持たせることなどの工夫が必要となった。

また、この方法を援用し、コンシューマゲーム機のコントローラを操作したいとのアイデアも出された。

開発・実践の成果・課題として以下の2点が明らかになった。

(1) これまで重い身体障害のためスイッチ・トイの操作が困難であった児童生徒も、視線入力を用いることで、複数の動きのスイッチ・トイ操作が可能となった。

(2) 視線による操作は、見ることと合わせて同じ目を使用するため、複雑な動きや速い動きについては、その教材の配置や動作設定に改変が必要である。

研究成果の中間評価、普及にあたって、学会発表等とは別に、特別支援学校関係者が集まる研究会・大会において展示・実演を行った。同時にキット化した「パワポ DE スイッチ君」の制作・使用講座を行いその普及に努めた。

本研究の目的である、障害が重く身体をほとんど動かすことができない児童生徒に対し、近年めざましく発展・普及してきた視線入力に用いた教材制作環境を開発・普及させることができた。

プロトタイプングの手法により開発した教材制作環境は、比較的安価でプログラム方法も簡単であり、肢体不自由特別支援学校の ICT 担当教諭に支持された。この環境を用いて開発・実践される教材も増えてきた。今後はこれらの自作教材とその学習成果を整理し、さらなる教材開発の資料を作成するとともに、普及につとめる必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

大杉成喜, 岡元雅, 特集視線入力でらくらくコミュニケーション2, 解説2 視線入力を使ったシンプルテクノロジー2, 社会福祉法人日本肢体不自由児協会, 手足の不自由な子どもたち はげみ 933号, 査読無, 23-31, 2018.

大杉成喜, 特集視線入力でらくらくコミュニケーション, 解説2 視線入力を使ったシンプルテクノロジー, 社会福祉法人日本肢体不自由児協会, 手足の不自由な子どもたちはげみ 921号, 査読無, 18-24, 2017.

大杉成喜, 小林秀雄, 視線入力を活用した障害の重い児童生徒の教材制作環境の提案, 日本教育工学会論文誌, 査読有, 40(Suppl.), 149-152, 2017.

〔学会発表〕(計 7件)

大杉成喜, 笹野潔, 森本誠司, 清田公保, 視線入力と外部機器制御を用いた重度障害児の教材開発, 日本福祉工学会九州支部第2回大会, 2017.

大杉成喜, 視線入力と外部機器制御を用いた障害の重い児童生徒の教材開発(2)自作教材制作環境の普及, 日本教育情報学会第33回年会, 2017.

塩塚敬介, 大杉成喜, 重度・重複障害児に対する個に応じた視線入力教材の検討, 日本教育情報学会第33回年会, 2017.

大杉成喜, 視線入力と外部機器制御を用いた障害の重い児童生徒の教材開発: 自作教材制作環境の開発とその教材事例, 日本教育情報学会第32回年会, 2016.

大杉成喜, 重度・重複障害のある児童生徒の教材開発 - 視線入力と外部機器制御を用いた教材開発システムの作成 -, 日本育療学会第20回学術集会, 2016.

大杉成喜, プロトタイプングの手法を用いた重度・重複障害児の教材開発, 日本教育情報学会第31回年会, 2015.

大杉成喜, 坂崎優平, 重複障害児のための視線入力を利用した教材の試作, Japan AT フォーラム 2015 in 長野, 2015.

〔図書〕(計 1件)

大杉成喜, 皇學館大学出版部, 教育の探求と実践-皇學館大学教育学部 10周年記念論集-(共著), 2018, 181-190, 15 障がいの重い児童生徒の教材・教具の開発~視線入力・外部出力教材開発環境の活用~.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大杉 成喜 (OSUGI, Nariki)

皇學館大学・教育学部・教授

研究者番号: 10332173

(2) 研究分担者

森本 誠司 (MORIMOTO, Seiji)

熊本保健科学大学・保健学部リハビリテーション学科・講師

研究者番号: 70568782

清田 公保 (KIYOTA, Kimiyasu)

熊本高等専門学校・人間情報システム工学科・教授

研究者番号: 80186353

(3) 研究協力者

笹野 潔 (SASANO, Kiyoshi)

中島 勝幸 (NAKASHIMA, Katsuyuki)

小林 秀雄 (KOBAYASHI, Hideo)