

令和元年6月19日現在

機関番号：12604  
研究種目：基盤研究(B) (一般)  
研究期間：2016～2018  
課題番号：16H03072  
研究課題名(和文) ナチュラルユーザインタフェースを用いた重度重複障害児(者)の視覚認知発達支援  
  
研究課題名(英文) Natural user interface for developmental support of visual-cognitive functions in persons with severe physical and intellectual disabilities  
  
研究代表者  
小林 巖 (KOBAYASHI, Iwao)  
  
東京学芸大学・教育実践研究支援センター・教授  
  
研究者番号：90305300  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：アイトラッカーをベースとした NUI (Natural User Interface) を重度重複障害児(者)に適用し、視覚認知や視覚の活用に関する発達支援を目的とした情報システムについて検討した。ユーザの評価に関する教育心理学的検討では3つの観点による多角的な評価手法が検討され、実際に10名のユーザを対象にNUI活用の事前事後において評価が行われた。システムの構成とプログラムに関する教育工学的検討では、ローコストのシステムおよび先導的なシステムの2つの観点から開発・活用がなされ、教育的効果や可能性が確認された。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

重度重複障害児(者)を対象としたアイトラッカーの教育的活用は国内でも注目を集めてきているが、活用前後の視覚認知や視覚の活用に関する評価は必ずしも十分ではない。本研究により3つの観点による多角的な評価手法が検討され、今後の教育現場での活用が期待される。ローコストのシステムの検討では、教育関係者による導入の負担軽減に配慮したパッケージ教材が作成され、教育現場での実用的な活用の一助となると考えられる。また、先導的なシステムの検討は、より未来的・発展的な技術開発の可能性を示すことができたといえる。

研究成果の概要(英文)：This study examined information systems based on a natural user interface (NUI) including an eye-tracking system to support the development of visual-cognitive functions and activities in persons with severe physical and intellectual disabilities. Research was conducted from two perspectives: educational-psychological examination of user evaluations and educational-technological examination of system structures and programs of learning. In the former, multiple evaluation methods were surveyed from three perspectives. The methods were used for system uses of 10 users. In the latter, implementations and trials were conducted of both low-cost systems and systems with a pacesetting function. Educational effects and possibilities of the systems were confirmed.

研究分野：障害児(者)心理学、情報科学

キーワード：教育工学 ユーザインタフェース 重度重複障害 認知発達 視線計測 アイトラッカー

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者はこれまでに、知的機能および運動感覚機能の両面で障害の程度が重篤な重度重複障害児(者)(以下、重度重複児(者)と示す)を対象とし、彼らの教育における ICT (Information and Communication Technology) の活用に関する研究を進めてきた。平成 21 年 3 月告示の特別支援学校学習指導要領(文部科学省, 2009)では、児童生徒の状態等に応じて「コンピュータ等の情報機器などを有効に活用し、指導の効果を高めるようにするものとする」と指摘されている。重度重複児(者)にとっても、ICT の活用は教育や生活の質を高めるために重要であると考えられる。しかし一方で、彼らは一般に刺激や働きかけに関して「反応がない、乏しい」と言われており、教育・療育関係者にとって関わりが容易でない場合も多い。そのような難しさのためか、彼らを対象とした ICT の活用に関する研究や実践も少ない状況である。

そこで研究代表者は、重度重複児(者)を対象とし、複数の科学研究費補助金の支援のもとに、彼らのコミュニケーション支援や彼らの反応を客観的に評価することを目的とした情報システムの検討を行ってきた。その一方で、障害児(者)と ICT の活用に関係する分野では、近年、障害者の権利に関する条約において指摘されている「合理的配慮」の手段として ICT の活用に対する期待が高まっているといった社会面での新しい動向が見られている。また、技術面においては、ナチュラルユーザインタフェース(NUI)の導入が注目されてきている。

東京工芸大学(2012)によると、NUI は「人間の五感や人間が自然に行う動作によって機械を操作する方法」である。従来のユーザインタフェースの種類として、文字主体の CUI (Character User Interface) や画像主体の GUI (Graphical User Interface) があり、それぞれ入力手段としてキーボードやマウスといった装置を主体としているが、NUI はこれらの装置を用いずに、より自然な動作(身振り、手振り、発話など)を使用する点に特徴があるとされる(IT用語辞書バイナリ, 発行年不明)。

NUI のような新しい技術の普及により、重度重複児(者)の ICT 活用における個別対応の幅が広がるものと考えられる。それは個々の「合理的配慮」にも繋がることであり、教育的にも重要である。しかし、現状の重度重複児(者)を対象とした NUI の活用状況を見ると、意図的な動きのある者を対象にした利用例が多く、それ以前の発達初期の段階に留まっている者に対する検討は少ない。また、NUI の技術的手段として、眼球の動きを捉えるアイトラッカーの活用も一般的には検討が進められているが、重度重複児(者)の教育場面での適用はまだ少ない。重度重複児(者)の中には視覚の活用に課題がみられる者も多く、その発達を促す上でも、アイトラッカーを用いた NUI の活用や教育的適用について検討することは、彼らの教育における ICT 活用の幅を広げる意味でも価値あるものと考えられる。

### 2. 研究の目的

上記 1 で説明した背景を踏まえ、本研究では、アイトラッカーを用いた NUI を重度重複児(者)に適用し、視覚の活用における発達支援を目的とした情報システムについて検討した。また、実際にシステムを教育の場で適用して検証を行った。具体的には、ユーザの評価に関する教育心理学的検討、およびシステムの構成とプログラムに関する教育工学的検討の 2 点が主な課題事項である。

### 3. 研究の方法

#### (1) ユーザの評価に関する教育心理学的検討

視覚認知発達の観点から、重度重複児(者)の事前アセスメントや、システム利用の効果を確認するための評価手法等について検討した。教育の場における重度重複児(者)を対象とした視覚評価としては、チェックリストによるものや検査などの様々な方法が実施されているが、重度重複児(者)によるアイトラッカーの活用を取り上げた先行研究・報告の中で、これらの方法を踏まえたアセスメントや評価は必ずしも十分ではない。本研究ではこれらの方法のいくつかを採用し、実際に評価を行った。

#### (2) システムの構成とプログラムに関する教育工学的検討

重度重複児(者)により簡便に利用可能なシステムについて検討した。そのため、システムに必要な条件の検討や、実際に利用する際に有効なプログラムやガイドラインの検討を行った。検討を踏まえた上で、実際にシステム等の作成を行い、教育現場に適用した。また、その結果を踏まえ、システム等の評価および必要な部分の改善作業を行った。なお、システムの観点として、現在の教育現場での普及が大きく望めるローコストの NUI を用いたシステムと、近未来的な利用を想定し、より先導的なシステムの 2 種類の教材システムについて検討を行った。

#### (3) 倫理的配慮

本研究の実施にあたり、東京学芸大学研究倫理委員会による審査及び承認を経た上で行った(受付番号 183 及び 246)。

### 4. 研究成果

#### (1) 評価手法の検討

アイトラッカーを活用する障害児(者)などを対象とした視覚認知の評価・学習システムとして、英国 Inclusive Technology 社から「Insight」というタブレット用のアプリが開発され、同社の運営するホームページ(<http://www.inclusive.co.uk/insight>)から市販されている。機能的視機能評価や視覚認知の評価が可能であり興味深いシステムである。しかし、本研究では画面に呈示された細かな刺激に対する反応が生じない、または反応が極めて読み取りにくいレベルの重度重複児(者)も想定しており、Insight のようなタブレットでの刺激呈示に明確な反応を示さない場合も考えられる。また Insight は期間限定のフリートライアル版があるものの、本格的に使用する場合、1人用の記録が可能でライセンスだけでも199ポンドかかり、高額である。以上を踏まえ、本研究では独自の評価手法を検討することにした。重度重複児(者)の発達・心理的評価に採用されている手法には大きくチェック式 観察式 測定式の3つの手法があり、本研究でもこれらの方式を検討し、多角的な評価が可能となるようにした。具体的には以下の手法を採用した。

チェック式：広島県立福山特別支援学校(2018)による『重度・重複障害児のアセスメントチェックリスト』のうち、認知「視覚等」の項目の記入をユーザの担当教員に依頼した。  
観察式：教育的視機能検査として、視力および固視・追視の確認を行った。視力は Teller Acuity Cards II (TAC-II) または STYCAR 法を用いた。固視・追視は Ohashi ら(2013)の評価手法を用い、呈示刺激として iOS 用アプリ「ペンライト」(Oneko no Gundan 提供)の星型刺激(レインボーモード)を Apple 社製 iPhone SE で呈示した。  
測定式：重度重複児(者)の反応を客観的に確認する方法として生理指標が活用されている(片桐ら, 1999)。本研究では上記の固視・追視用刺激呈示の際の脳機能計測(NIRS)を行った。測定は Spectratech 社製 OEG-17APD を用い、測定部位は前頭葉、チャンネル数は 16ch である。測定データは血流動態分離法による脳機能成分の抽出、加算処理およびベースライン補正による処理が行われた。その後、刺激呈示時間帯における一般的な神経活動時の典型的変化である酸化ヘモグロビンと総ヘモグロビンの上昇、および脱酸化ヘモグロビンの低下(酒谷, 2012)を示すチャンネル数の確認が行われた。

## (2)評価の実施

評価には肢体不自由特別支援学校2校の児童生徒10名(女子3名、男子7名)が参加した。取り組み開始時の年齢は9~17歳(平均13.3歳)であった。学校の自立活動等の授業の中でアイトラッカーを使った学習に取り組むよう担当の教員に依頼した。そのため、各学校に Tobii 社製のアイトラッカーと、これに対応した学習ソフト(SensoryGuru 社製 センサリーアイ FX および Smartbox Assistive Technology 社製 Look to Learn)をインストールしたパソコンを1台、また(3)で後述するローコストのアイトラッカーをベースとしたシステムを一式(分校等のある学校には2式)提供した。取り組みの期間は短い参加者で約半年、長い参加者で約2年半である。取り組み開始時と本研究最終年度の年度末に上記(1)の評価を実施した。評価の手法ごとの主な結果は以下の通りである。

チェック式：参加者10名中、6名の事後評価が事前評価よりも何らかの項目で向上した。3名が変化なしであった。残りの1名では評価が下がった。

観察式：視力は5名で改善が見られ、5名で変化なしであった。固視は事前事後ともに全ての参加者において確認された。追視は8名に改善が見られ、1名が変化なし、1名の評価は下がった。

測定式：参加者の体調やプローブの装着の難しさから、4名の測定はできなかった。また評価を行った6名のうち、3名においてはいくつかのチャンネルでデータ計測の不備があった。データ不備のない3名のうち、2名ではチャンネル数の増加が見られ、1名ではチャンネル数が減少した。

全体的に見ると、全ての評価手法で改善が見られたのは1名だけであったが、他の9名はいずれかの評価手法で改善が確認されている。このことから、本研究のように複数の手法を併用することにより、様々な角度からの検証が可能で有意義と考えられる。

一方、評価手法については今後も様々な検討が必要であることが伺われた。まず、今回の結果によるデータの向上は、必ずしもシステムの使用のみによるものであるかが明確でない。本研究で想定しているユーザの障害様相は様々であるため、システムを使用しない対照群を設定し比較するような検討は難しい。そのため、アイトラッカーを用いた学習の取り組み状況と事前事後評価との関連性を参加者ごとに細かく分析するなどの検討を進める必要がある。

本研究での学習の取り組み状況については担当教員から報告を受けており、一部の参加者に関しては視線の動く範囲が広がったという報告や、視線の記録の変化が示されるものもあったが、このようなデータが明確でないものもあったため、取り組み状況の記録についても検討項目としたい。肢体不自由教育等の分野におけるアイトラッカーの活用に関する報告を見ると、視線の軌跡や画面の様子が取り上げられることが多いが(社会福祉法人日本肢体不自由児協会, 2017; 同, 2018)、実際の活用場面では、単にアプリケーションを呈示しているだけでなく、担当教員が声かけを行うなどの働きかけや他の刺激呈示も少なくない。例えば、研究代表者らは本研究に取り組む以前に、光に対しても反応が極めて少なかった児童に対してアイトラッカーを用いた取り組みを行い、環境調整や、呈示刺激と誘引刺激を併用するなどの工夫により、児童の視覚反応を促すことができたという結果を報告している(内田ら, 2016)。以上のように、

ユーザへの様々な刺激や働きかけ、およびそれに対するユーザの反応を総合的に踏まえた分析を行う必要がある。

また、3つの手法の中ではチェック式と観察式は容易であったが、測定式の実施が難しかった。生理指標の導入は、反応がない、あるいは乏しいユーザの状況把握に役立つものと考えられるため、今後、より簡便な計測法の工夫が求められる。

### (3) ローコストシステムによる検討

システムの構成とプログラムに関する教育工学的検討のうち、ローコストのシステムは2万円程度の安価なイトラッカーをベースとしたシステムである。近年、肢体不自由教育等の分野では、このような安価な製品をコミュニケーション支援のツールとして活用する方法がかなり注目を集めており、この製品の利用を想定して作成された教材用フリーソフトなども作成されてきている（社会福祉法人日本肢体不自由児協会, 2017; 同, 2018）。しかし一方で、教育現場においてこのようなシステムを活用するためには、イトラッカーやソフトの初期設定や使用上の環境設定等の作業を教員等の支援者が行う必要があり、準備が煩雑である。また、システムの活用にあたり、ユーザの操作状況に対応した教材ソフトの選定が必要であるが、いろいろなソフトとユーザの操作状況の対応については必ずしも明確に示されていない。これらの状況を鑑みると、機器やソフト等が1つのパッケージ教材として整った状況で支援者に提供されることが望ましいと考えられるため、このようなパッケージ教材の作成を試みた。

教材パッケージは機器（パソコン、イトラッカー、スピーカー、固定具）、ソフト（フリーの教材ソフト及び視線マウスソフト）、簡易マニュアル（自作）から構成され、できるかぎり安価なシステムとなっている。利用上のガイドラインとして、教材ソフトの操作レベルをCall Scotland（2016）による7段階の学習曲線に位置付けてマニュアルに示し、ユーザの操作状況と対応するソフトの目安が確認できるようにした。このパッケージ教材を肢体不自由特別支援学校2校に提供し、2週間程度学校で利用してもらい、各学校のICT関係担当の教員に評価を求めた。評価の方法は、システムの使いやすさ及び構成要素に関する評価に関する5段階評価、及び児童生徒への教育的効果や、システムの課題等についての記述式での回答である。その結果、システムの使いやすさ、システムの構成要素に関する評価では、ほぼ全ての項目で本研究のパッケージ教材が従来までに各学校で使用していたシステムよりも高評価であった。記述式の回答も肯定的な意見が多かったが、「対象物をユーザの好きなものに変えられると良い」、「キャリアレーションやフィッティングがしやすくなると良い」という課題も指摘された。

### (4) 近未来的・先導的なシステムの検討

近未来的、先導的なシステムとして求められる機能を考えた場合、やはりキャリアレーションフリーのイトラッカーシステムは候補の1つとして挙げられるであろう。現在でも、肢体不自由教育等で用いられるイトラッカーの活用において、操作の初期段階では他者のキャリアレーションのデータ値をベースする方法が採用されたり、キャリアレーションのポイントを少なくしたり、キャリアレーションなしの状態での操作に配慮した教材ソフトも作成されるなど、キャリアレーションの負担をカバーする方法が検討されている。しかしシステムとしての汎用性を考えると、キャリアレーションフリーの技術が進展することも将来的に重要と考えられる。

一方、日本国内ではnac社によりキャリアレーションフリーの機能（CALFREE）を内蔵した視線計測システム（EMR ACTUS）が販売されている（nac Image Technology, Inc., 発行年不明）。CALFREEはコンピュータで視軸を計算してキャリアレーションなしでの視線計測を実現する技術である。これによる視線計測は通常のキャリアレーションを実施した場合よりも誤差が大きいが、計測機器としての販売の実績があるレベルであり、本研究で想定しているようなイトラッカーの活用において、このような技術導入の検討の意義はあるものと考えられた。しかしEMR ACTUSは視線計測システムであるため、本研究で想定しているような視線によるコンピュータの入力機能を含んでいない。そこで本研究では、EMR ACTUSをベースにキャリアレーションフリーの視線入力システムを開発した。

システムの開発はEMR ACTUS SDKを用いて行われ、EMR ACTUSから得た視線情報をもとに、マウスカーソルが視線のある場所に位置付けられる。また本システムでは視線情報、マウスカーソル位置、画面情報が記録され、使用後に操作の再生が可能である。本システムを肢体不自由特別支援学校の3名の児童生徒の教育場面に導入し、30分程度試用したところ、2名では概ね支障なく動作が可能であった。特に1名の児童はかなり集中して取り組み、通常利用しているイトラッカーシステムでは操作が安定しないレベルの教材ソフトで長時間安定した操作が可能であった。一方、残りの1名では本人の車椅子に設置している机がシステムのセンサの障害となり、操作が安定しなかった。これは、センサに対する身体の位置・角度の影響と、EMR ACTUSが大きい（画面サイズが23インチワイド）ことによるフィッティングの難しさによる影響が考えられた。そのため次に、小型（17インチ）のディスプレイをベースとした小型EMR ACTUSの開発を行った。汎用性を考え、センサ等の部品を装着したディスプレイがVESA規格のディスプレイマウントに装着できるようにした。完成したシステムを2名の児童生徒の教育場面に導入したところ、支障なく動作が可能であった。また、本体が小型であるためフィッティングが容易であった。EMR ACTUSを使用したシステムでは、カメラでユーザの眼球をモニターするため

にモニター画面を呈示するが、この画面があるためにフィッティングの確認がしやすいという意見も設定担当者から得られた。

なお、本システムでは試用のための教材ソフトの開発も行われた。ソフトは Unity 5.6.3p2 及び Microsoft Visual Studio Community 2017 (ver. 15.2) を用いて開発され、対象物を注視するとサウンドとともに大きさが変化するというシンプルな教材である。前述の(3)の指摘を踏まえ、対象物、背景、サウンドをユーザの好むものに自由に変更できる。また対象物の動作速度や動数なども自由に設定可能である。この教材ソフトを上記の学校で利用してもらい、操作自体には支障がないことを確認した。このソフトは(3)で述べた安価なシステムでも利用可能であり、活用の範囲は広いものといえる。一方で、ユーザの好きなものとして、支援者や家族からアニメーションのキャラクターが指摘されることがあり、今後、著作権等を踏まえた導入の検討が必要と考えられた。

以上のような結果から、キャリブレーションフリーの視線入力システムの可能性が示されたと言えるが、教育現場での長期的な活用や、分析機能の充実等の検討にはまだ至っていないため、今後の検討課題としたい。また、近未来的なアイトラッカーの技術としては、1システムによる複数ユーザの同時利用なども考えられるため、今後も様々な観点から研究を進展させていきたい。

#### <引用・参考文献>

- Call Scotland, Eye gaze software curve, 2016,  
<https://www.callscotland.org.uk/common-assets/cm-files/posters/eye-gaze-software-curve.pdf>
- 広島県立福山特別支援学校、重度・重複障害児のアセスメントチェックリスト—認知・コミュニケーションを中心に—ver.5.0, 2018
- IT用語辞典バイナリ、NUI、出版年不明、  
<https://www.weblio.jp/content/Natural+User+Interface>
- 片桐和雄、小池敏英、北島善夫、重症心身障害児の認知発達とその援助—生理心理学的アプローチの展開、北大路書房、1999
- 文部科学省、特別支援学校幼稚部教育要領 特別支援学校小学部・中学部学習指導要領 特別支援学校高等部学習指導要領（平成21年3月告示）2009、  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2009/09/09/1284518\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2009/09/09/1284518_1.pdf)
- nac Image Technology, Inc., EMR ACTUS, 発行年不明,  
[https://www.eyemark.jp/product/emr\\_actus/index.html](https://www.eyemark.jp/product/emr_actus/index.html)
- Ohashi, T., Kobayashi, I., Ooe, H., Nakagawa, E., Visual cognitive function in infants with intractable epilepsy before and after surgery, Child's Nervous System, Vol. 29, Issue 2, 2013, pp. 255-261
- 酒谷薫（監）NIRS—基礎と臨床—、新興医学出版社、2012
- 社会福祉法人日本肢体不自由児協会、特集 視線入力でらくらくコミュニケーション～障がいの重い子どもの新しいコミュニケーションツール～、はげみ、No. 374、2017、pp. 4-58
- 社会福祉法人日本肢体不自由児協会、特集 視線入力でらくらくコミュニケーション2～視線入力装置を使いこなす～、はげみ、No. 380、2018、pp. 4-78
- 東京工芸大学、東京工芸大学、ナチュラルユーザーインターフェースに関する調査、2012、  
<https://www.t-kougei.ac.jp/static/file/nui.pdf>
- 内田考洋、小林巖、アイトラッキングシステムを用いた「見る力」を促す実践研究—肢体不自由特別支援学校での取り組み、日本特殊教育学会第54回大会発表論文集、2016、p. P10-8

#### 5. 主な発表論文等

##### [雑誌論文](計2件)

- Kobayashi, I., Sato, K., Chiba, N., Nunokawa, H., & Uchida, T., Calibration-free eye-tracking system in education for students with severe physical and intellectual disabilities, Proceedings of 2018 IEEE TALE, 2018, pp.1169-1171  
DOI: 10.1109/TALE.2018.8615194
- Kobayashi, I., Educational material kits using a low-cost eye-tracking device for students with severe physical impairments, Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities, 2018, p.629  
DOI: 10.1111/jar.12476

##### [学会発表](計3件)

- Kobayashi, I., Uchida, H., & Inada, T., Methods of evaluating visual functions and activities of students with severe physical disabilities before and after training using an eye-tracking system, IASSIDD World Congress 2019, 2019 (accepted)

Kobayashi, I., Sato, K., Chiba, N., Nunokawa, H., & Uchida, T., Calibration-free eye-tracking system in education for students with severe physical and intellectual disabilities, IEEE TALE 2018, 2018

Kobayashi, I., Educational material kits using a low-cost eye-tracking device for students with severe physical impairments, 5th International IASSIDD Europe Congress, 2018

## 6 . 研究組織

### (1)研究協力者

研究協力者氏名：佐藤 究

ローマ字氏名：( SATO, kiwamu )

研究協力者氏名：布川 博士

ローマ字氏名：( NUNOKAWA, hiroshi )

研究協力者氏名：内田 考洋

ローマ字氏名：( UCHIDA, takahiro )

研究協力者氏名：稲田 健実

ローマ字氏名：( INADA, takemi )

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。