

令和元年6月21日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13597

研究課題名（和文）重度肢体不自由児のインクルージョン促進のための携帯型視線情報共有システムの開発

研究課題名（英文）Development of the Portable Eyes Sharing System of Severe Motor Disabilities to support communication in living space.

研究代表者

宮地 弘一郎 (Miyaji, Koichiro)

信州大学・学術研究院教育学系・准教授

研究者番号：40350813

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：重度肢体不自由児が生活空間上で何をどのように見ているのかをゴーグル型アイカメラで測定し、離れた位置の他者が持つ携帯端末で共有するシステム（Portable Eyes Sharing System；PESS）の開発を試みた。結果、注視を分析可能な水準で受信できた。意図読み取りについては、複雑な視覚探索条件等での視線については読み取り方略の訓練が必要と思われた。重度肢体不自由児への適用に関しては、3Dプリンタと3Dスキャナによるゴーグル作成によって、アイカメラ測定が可能となった。実用に向けてキャリブレーション精度の向上が課題であるが、PESSによるコミュニケーションの可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

PESSは重度肢体不自由児と共同生活者とのコミュニケーションにおいて、従来の視線を用いたATとは異なる、新しいコミュニケーションを提供できる可能性が示された。2015年9月には「医療機関における電波利用の推進に関する検討の開始」（総務省）が公示されており、最重度の障害児が生活する病院等でも今後の活用が期待される。

また本研究では、個別の重度肢体不自由児の姿勢や頭部形状に対応したアイカメラ用ゴーグルについて、デジタルファブ리케이션を用いた非接触かつ安価な作成法を開発した。この技術は様々な身体部位における補助具作成にも活用できるため、肢体不自由児の教育、福祉の現場での幅広い活用が期待される。

研究成果の概要（英文）：A system that uses goggle type eye-cameras to measure what and how a child with severe physical disabilities sees and to shares it with mobile devices possessed by others (Portable Eyes Sharing System; PESS) we tried to develop. It was possible to receive any of the gaze frequency and gaze duration at a level that can be analyzed. In the simple array of figures and word search task, the wearer's search target could be read accurately. But the picture where the illustration was arranged at random was difficult to read the gaze. It is necessary to train how to read. For the use of PESS in children with severe physical disabilities, the use of an eye camera has become possible by creating goggles with a 3D printer and 3D scanner. In addition, we could estimate to some extent what children with severe physical disabilities were trying to see on the blackboard by PESS. It is necessary to study about calibration in the future, but the possibility of communication by PESS was shown.

研究分野：発達生理心理学

キーワード：重度肢体不自由 コミュニケーション支援 視線 遠隔共有 ゴーグル型アイカメラ ICT デジタルファブ리케이션

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

脳性まひや脊髄性筋萎縮症（SMA）I型など乳幼児期から重度の肢体不自由があるケースでは、家族や友人などの共同生活者、また援助者が、本人の反応や意図を読み取ることがきわめて困難であることから、知的障害や感覚障害の有無に関わらず適切な生活刺激や参加を保障できない問題がある。インクルージョンはもちろん、発達においても大きな制約となっている。このような重度肢体不自由児の問題に対し、意思表示支援のための Assistive technology (AT) の開発研究が進められてきた。全身の運動障害を有する重度肢体不自由児においては、アイトラッキング技術を用いた視線の活用が注目されている。眼球は感覚器であり効果器であるという特性から、視線は本人の選択的注意をダイレクトに反映する。これを活用して、視線で PC を操作して文字入力や選択を行うような機器の開発が試みられている（伊藤他, 2000；大杉・小林, 2016；Borgestiga, 2017）。しかしながら、重度肢体不自由児の場合、視線の活用以前に視覚の意図そのものの獲得困難を持つケースも多い（宮地他, 2008）。視覚は本来、触覚や運動との相互作用により発達する感覚のためである（吉川他, 2012）。重度肢体不自由児の視覚の発達および活用を促進するためには、他者との関係の中で視覚の意図が強化されるような活動、参加の状況づくりが重要と思われる。そこで我々は、重度肢体不自由児本人に視線を活用させる AT ではなく、家族や友人、教師等の共同生活者が、重度肢体不自由児の生活空間で生じた視線の動き、すなわち生活上の視覚的な興味や注意をリアルタイムで共有できるシステムを開発することで、共同生活者側からのコミュニケーションが促進されるのではないかと考えた。視線に対する周囲から本人への具体性を持ったコミュニケーションは、本人のインクルージョンを促進することはもちろん、本人の視線コミュニケーションの発達への相互作用を生み出す効果が期待される。生活空間のアイトラッキング機器として、ゴーグル型アイカメラがあるが、近年、小型化と低価格化が進んでいる。また、ICT 分野の飛躍的な発展により、デジタル情報の高速通信環境を誰でも使用できるようになってきた。これらの技術を用いて、重度肢体不自由児のための新しい視線活用のシステムが開発できるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究は、行動表出がきわめて困難な重度肢体不自由児のインクルージョン促進のための、ゴーグル型アイカメラとタブレット端末を活用した携帯型視線情報共有システム（Portable Eyes Sharing System；PESS）の開発を目的とし、以下の研究を実施した。

- ①ゴーグル型アイカメラで測定した生活空間上の視線情報を共同生活者のタブレット端末にリアルタイムで送信する PESS システムを開発した。
- ②PESS を用いた視線コミュニケーションの有用性について検討した。

3. 研究の方法

(1) PESS の基本システムの開発。ゴーグル型アイカメラには、竹井機器工業製 TalkEye Lite を使用した。TalkEye Lite では、近赤外光による眼球運動解析と視野カメラ画面を合成し、視野映像内の装着者の視線移動をリアルタイムで制御 PC のモニタ上に表示する。TalkEye Lite のモニターソフトにはリアルタイムでの注視を判定する機能はないため、注視を判定して音でフィードバックするプログラムを解析ソフトに組み込んだ。このプログラムにより、装着者が何かを注視した際にまず音によって周囲への注意喚起がなされ、画面から注視対象を確認できる。タブレット端末は NEC 製 N-08D を使用し、タブレットの画面を PC のサブディスプレイ化ソフトウェア（ABT. Co. Ltd 製 komado2）を使用して、制御 PC 上の視線測定画面を表示した。通信には Wifi を使用した（Figure 1）。通信による共有の妥当性の検証のため、大学生 1 名にアイカメラを装着し、大学の講義場面および授業のない時間帯（以下、授業外場面）で制御 PC からタブレット端末への送信を行った。さらに、授業者の行為に対して生じた学生の注視をタブレット画面から抽出することを試みた。

(2) 視線情報からの意図読み取りの検証。アイカメラの視線情報から、第 3 者がどの程度意図を読み取ることが可能かについて実験的検討を行った。大学生 94 名が実験に参加した。アイカメラ装着者（以下、装着者）の視線測定画面を録画した動画を刺激とした。参加者は、装着者が実施した 3 つの視覚探索課題における装着者の視線マーカーから装着者の視覚探索行動の読み取りを行った（Table 1）。結果より、PESS による視線情報共有における課題を検討した。

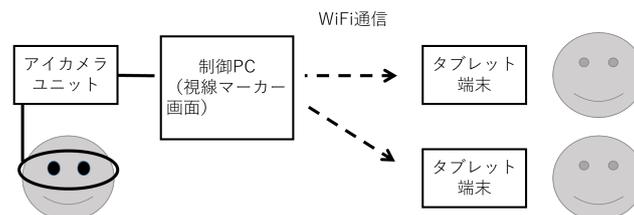


Figure 1. Portable Eyes Sharing System (PESS).

Table 1 Movie stimulus (Visual search task that eye-camera wearers were carried out)

Task	Procedure
A 見本合わせ (Visual matching task)	モニタに呈示された顔図形の見本合わせを行った。画面の左端にターゲット図形が呈示され、画面中央には、ターゲットと同じ図形およびディストラクターを1つ以上含んだ類似図形がランダムな配列で呈示された。装着者は、ターゲット図形と見比べながら同じ図形を探索した。刺激は、サトウ他(2014)より引用し、図形数が12個(4列×3行)、24個(6列×4行)の2刺激実施した。課題終了後に質問紙調査を行い、①比較対象に用いた特徴(髪型、図形の向き、色、など)、②注視した図形の順序を回答した。



B 単語探索課題 (Word search task)	モニタ上に90個の漢字が10列×9行に配置された中から、指定された2文字の単語を探索し、配列上に含まれるターゲット語の総数を報告した。2刺激実施し、各刺激図のターゲット語は「倉庫」「海老」であった。課題終了後に質問紙調査を行い、それぞれのターゲット語について、①探索の基準とした文字、②抽出した数、を回答した。
--------------------------------	---

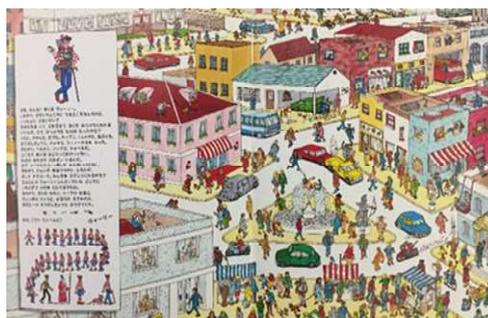
食草車今倉愛題候庫量
包察祝歌庫色老倉陸食
車倉牛粉蓬脈海車名今
今漁石食庫昨雲食車犬
給食車組店九倉明息笑
車泳糸養整家車倉極勇
静南倉駅家今福庫芽失
麦食馬車岸庫父楽米車
歴車魚音食散車空倉州

Character matrix 1

約海芽道兆愛題候老量
包察老組歌色海老陸銅
欠梅杏粉杏海脈課杏梅
続漁石海下束雲物海犬
給笛杏組店老梅明老笑
上泳糸養杏家來倉極勇
静梅鏡駅家英福談芽失
麦杏海時岸一父楽杏石
歴通魚老食海着空梅州

Character matrix 2

C テキスト情報に基づく結合探索 (Combining search task depend on text information)	人物および人物以外のイラストが多数含まれる絵の中から、指定されたテキスト情報(性別、年齢、持ち物、服装)に該当する人物を探索した。刺激は、ハンドフォード(2013)より1枚の図を引用しモニタ上に呈示した。同じ刺激内において、2つのターゲットが抽出される課題であった。なお、動画刺激は、課題開始時点から90秒の時点まで終了とした。装着者がターゲット図形を抽出する前に動画が終了するため、被験者はターゲット図形を視線マーカーから直接確認することはできなかった。
--	--



(3) 重度肢体不自由児のためのアイカメラゴーグルの開発。未予定の児においては、後頭部が常に床面と接しているため既製ゴーグルの適用は困難であることに加え、頭部が変形している場合もある。そこで、信州大学 FabLab と共同で、3D スキャナと 3D プリンタによる、個別の重度肢体不自由児の姿勢や頭部形状に即したゴーグルの作成を試み、実際の重度肢体不自由児への適用から有用性について検証した。

(4) 重度肢体不自由児の PESS 活用の実践。重度肢体不自由事例 (SMA-I 型, 9 歳) を対象に、PESS による視線コミュニケーションの実践を実施した。対象児には事前に、注視を他者が明確に把握できるための視線活用方法の指導を実施した。視対象への注視持続時間の延長と、他者との共有を意識した視線移動制御すの指導を実施した。その上で、特別支援学級の自立活動の時間において PESS の適用を試みた。対象児が黒板に貼られたイラストを注視し、教師、研究者、保護者が、タブレット端末から対象児が何を注視したかを確認する課題を実施し、PESS の有効性について検討した。

4. 研究成果

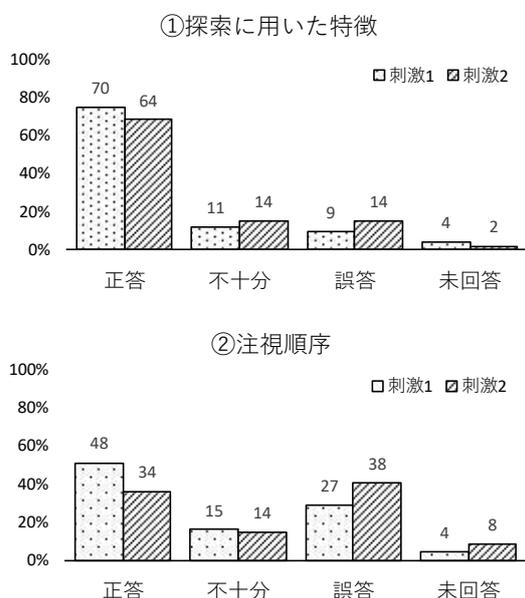
(1) アイカメラ制御PCからタブレット端末への伝送速度について、授業場面では授業外場面と比べ低かった。授業場面は多くの学生がいる遮蔽物の多い環境であり、またWifiと接続したスマートフォンを所持する学生もいると思われる、これらの影響によると思われる。しかしながら、タブレット端末から授業者の行動に対する注視を分析した結果、注視率、注視時間について被験者の注視の傾向を明らかにできた (Table2)。つまり、人的環境によるWiFiへの影響は、視線情報の送信において大きな問題とはならなかった。PESSの基本システムについて実用可能な水準といえ、学校等での活用においても通信上の問題は生じにくいと思われる。

(2) 他者による視線意図の読み取りについて、単純な配列上の注視対象の読み取りについては十分可能であると思われるが、抽出のプロセスや、ランダムな配列の視覚情報における注視対象の読み取りについては課題がみられた。ただし、一部の参加者は正確に視線意図の読み取りができており、視線マーカーからの意図読み取り方略を明らかにすることで、PESSを有効に活用できると思われる。本検討では、アイカメラ装着者は他者に読み取らせることを想定せずに視覚探索を行っており、重度肢体不自由児がPESSを使用する初期においてはより読み取り困難な状況が生じやすいと思われる。他者との視線の共有を意識して注視の維持や視線の制御を行うことで、PESSによる視線コミュニケーションが向上する可能性が考えられ、導入前または導入初期において視覚的な共同注意に関する指導を実施することが重要と思われる。

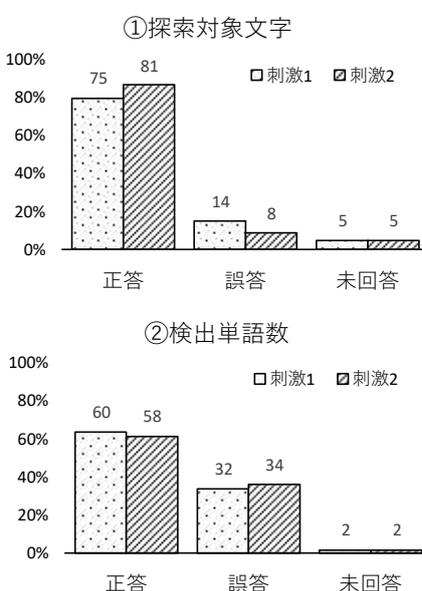
Table 2 Number of teacher Behavior, and, eye-gaze index (number, rate, duration) of the eye-camera weaner.

授業者行動 (括弧内は頻度)	注視頻度 (括弧内は注視率)	平均注視時間 (単位は秒)
指さし(32)	27(84.4)	17.2
音声誘導(15)	13(86.7)	21.1
板書(18)	17(94.4)	5.5
ジェスチャー(12)	3(25.0)	9.2
移動(25)	9(36.9)	13.8

課題A：見本合わせ



課題B：単語探索



課題C：テキスト情報に基づく結合探索

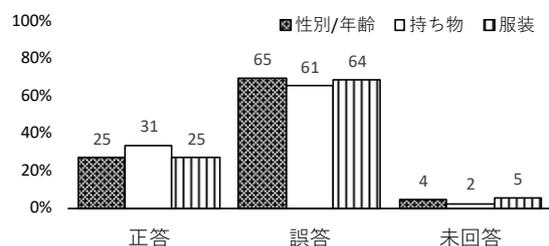


Figure 2. Percentage of correct answer of subjects.



Photo 1. Eye-camera goggle by 3D printing (Left : For lateral position ; Right: For supine position).

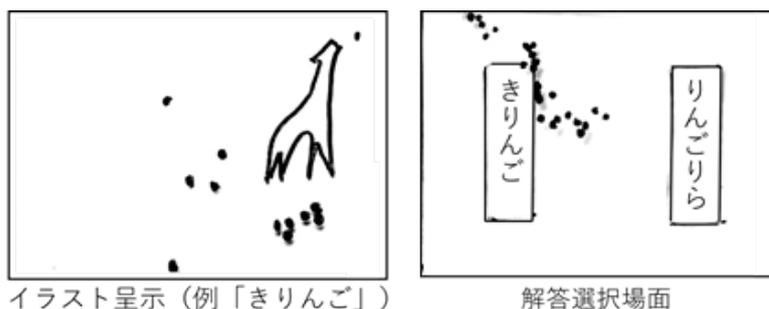


Figure 3. Eye mark of a case with SMA- I (9 years old) in the picture to word matching task.

(3) 耳当て部分を床面に接触しないよう改良した既製ゴーグルを使用した場合の瞳孔検出率は30～80%程度であった。3D スキャナと3D プリンタにより作成した自作ゴーグル (Photo 1) ではほぼ100%の検出率となった。なお3D スキャナでの頭部形状の測定、および自作のゴーグルの装着について、対象児の不快感はみられなかった。これらより、重度肢体不自由児へのゴーグル型アイカメラの適用においては、個々の事例の頭部形状に対応したゴーグルの必要性が明らかとなり、また3D スキャナと3D プリンタを用いた個人用ゴーグルの有用性が示された。3D スキャナと3D プリンタを用いたこの個人用ゴーグル作成法は、安価かつ本人への負担のない方法であり、様々な身体部位の補助具や教材への適用も可能である。

(4) 重度肢体不自由児の注視対象の共有について、黒板のどのあたりを見ようとしているかの推定はある程度可能であったが、キャリブレーションの精度を向上させるための検討が必要である (Figure 3)。また、タブレット端末使用者が対象の注視を評価できたことから、PESSによるコミュニケーションの可能性が示された。キャリブレーションについて改善することで、授業等での活用が期待される。

(5) 以上の研究成果より、PESSは重度肢体不自由児と共同生活者とのコミュニケーションにおいて、従来の視線を用いたATとは異なる、新しいコミュニケーションを提供できる可能性が示された。2015年9月には「医療機関における電波利用の推進に関する検討の開始」(総務省)が公示されており、重度肢体不自由児者や重症心身障害児(者)が生活する病棟等での活用も期待される。一方で、実用化に向けての課題も明らかとなった。今後、PESSによる意図共有の精度を上げるための、重度肢体不自由児、共同生活者のそれぞれの課題に基づいたさらなる研究が必要である。

<引用文献>

- ①伊藤和幸, 数藤康雄, 伊福部達, 重度肢体不自由者向けの視線入力式コミュニケーション装置. 信学論 (D), 83(5), 2000, 495-503.
- ②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, 40, 2016, 149-152.
- ③Borgestiga, M., Rytterströma, P. and Hemmingsson, H., Gaze-based assistive technology used in daily life by children with severe physical impairments: parents' experiences. Developmental Neurorehabilitation, 20(5), 2017, 301-308.
- ④宮地弘一郎, 松島昭廣, 片桐和雄, 重症心身障害児の生活関連刺激に対する応答性についての心拍および局所脳血流を指標とした評価の試み—視覚刺激に対する反応の乏しい一事例を対象として—. 人間学研究, 7, 2008, 77-86.

- ⑤吉川一義, 堤友海, 宮地弘一郎, 重複障害児の初期認知機能発達における感覚と運動の役割. リハビリテーション・エンジニアリング, 27(2), 2012, 79-82.
- ⑥サトウタツヤ, 北岡明佳, 土田宣明, 心理学スタンダード—学問する楽しさを知る—. ミネルヴァ書房, 京都, 2014.
- ⑦ハンドフォード, M. (作/絵), 唐沢則行 (訳), ウォーリーを探せ! トラベルコレクション. フレーベル館, 東京, 2013.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ①宮地弘一郎, 蛭田直, 渡邊流理也, 村松浩幸, 重度肢体不自由児のためのアイカメラ用ゴーグル開発に関する基礎研究—デジタルアプリケーションを活用した個人用ホルダの作成—. 人間学研究, 16, 2018, 37-45. 査読有
- ②宮地弘一郎, 前田菜々子, 糀谷由真, 脊髄性筋萎縮症 I 型児における, スイッチの活用に関する事例研究—空圧スイッチの改良およびスイッチの機能理解のための教材開発—. 教育実践研究 (信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要), 16, 2017, 179-188. 査読無
<http://hdl.handle.net/10091/00020045>
- ③田巻 義孝, 堀田 千絵, 宮地 弘一郎, 加藤 美朗, 脳性麻痺(3): 脳性麻痺に係る包括概念と関連障害. 信州大学教育学部研究論集, 10, 2017, 157-170. 査読有
<http://hdl.handle.net/10091/00019528>
- ④田巻 義孝, 堀田 千絵, 宮地 弘一郎, 加藤 美朗, 脳性麻痺(4): 筋ジストロフィー, 先天性ミオパチ, 代謝性ミオパチ. 信州大学教育学部研究論集, 10, 2017, 171-194. 査読有
<http://hdl.handle.net/10091/00019529>

[学会発表] (計6件)

- ①宮地弘一郎, 津瀬直彦, 堅田明義, 重症心身障害児の自発運動を促す映像空間に関する検討. 日本特殊教育学会第56回大会, 2018
- ②川隅堇, 宮地弘一郎, 脊髄性筋萎縮症 I 型児の顔の運動と数概念の学習に関する検討. 日本特殊教育学会第56回大会, 2018
- ③宮地弘一郎, 渡邊流理也, アイカメラを用いた新しい補助・代替コミュニケーション (AAC) のための基礎的検討—生活場面の視線情報共有システムの検討—. 中部人間学会 17 回大会, 2017
- ④宮地弘一郎, 重症心身障害児の援助における評価指標としての瞬目の活用 (シンポジウム: 教育現場でもまばたきでコミュニケーションしよう!), 日本心理学会第81回大会, 2017
- ⑤津瀬直彦, 宮地弘一郎, 重症心身障害児(者)に対する映像を使用した多重感覚環境の効果(1)—心拍及び瞬目を用いた検討—. 日本特殊教育学会第54回大会, 2016
- ⑥宮地弘一郎, 津瀬直彦, 重症心身障害児(者)に対する映像を使用した多重感覚環境の効果(2)—映像コンテンツと行動との関連性を中心に—. 日本特殊教育学会第54回大会, 2016

[その他]

ホームページ: <http://soar-rd.shinshu-u.ac.jp/profile/ja.upfejhkh.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 渡邊 流理也

ローマ字氏名: Ruriya Watanabe

所属研究機関名: 新潟大学

部局名: 人文社会学系

職名: 准教授

研究者番号 (8桁): 40750120

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 島田 英昭

ローマ字氏名: Hideaki Shimada

※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。