

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：11302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02851

研究課題名(和文) 視覚障害児に適した主体的・対話的な生体情報を用いたプログラミング学習方法の開発

研究課題名(英文) Development of active learning methods for visually impaired students to learn computer programming using biological information.

研究代表者

安藤 明伸 (Ando, Akinobu)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号：60344743

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、視覚障害者向けのアクティブラーニングを取り入れたプログラミングの学習方法を開発した。そして、その学習の過程で生体情報として脳波を用いてロボットを動作させるシステムを開発した。本研究では2つの方法を開発した。1つは、マイコンボードを用いたロボットを用いる方法、もう1つはロボット教材として市販されているものを用いる方法である。生徒たちは、ダンボールで作成できるプログラミングブロックを実際に机に並べて、ロボットへのプログラムを実行することができる。遠隔で実施したワークショップの結果、生徒たちが自分の作ったプログラムを相互に確認し授業が実施できることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の触覚プログラミング言語は、自作できる点が大きな特徴である。そのため特に個に応じた支援が求められる児童生徒向けに最適な形状や大きさの命令ダンボールブロックを自由に作成できる。また視覚支援が必要な児童生徒にとっては、沈黙の時間は何が行われているのか状況をつかめないが、脳波の状態で動作するロボットを開発できたことにより、簡易的ではあるが相手が何かを思考していることが把握できるようになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed active learning methods for visually impaired students. We have also developed a system that operates a robot using brain waves as biological information. In this research, we have researched two methods to move a robot car. One is a method using a unique robot with the Raspberry-pi, and the other is a method using a commercially available robot. Students can actually arrange programming blocks that can be created with cardboard on their desks and execute programs for robots. As a result of the workshop conducted remotely, we were able to confirm that the students could confirm their programs and the result each other.

研究分野：教育工学，情報教育，技術教育

キーワード：視覚支援 プログラミング教育 触覚プログラミング 生体情報

## 1 . 研究開始当初の背景

特別支援 , 特に視覚支援教育において対話的な学習活動の意義を高める背景

学習指導要領の改訂で , 主体的・対話的で深い学び ( いわゆるアクティブ・ラーニング , 以下 A L ) が教育活動で重視された。これは , 今後必要とされる資質・能力を形成する授業改善の視点である。即ち , 教科の学習を深めるという点と , 汎用的で能動的な能力を向上させることが求められている。従来 , 特別支援教育においては , 児童生徒個別の障害に応じて A L 的な指導や研究が行われてきたが , 特に視覚障害をもつ児童生徒にとっては , 対話に必要な相手の状況は声色や言葉による具体的描写に依存している。そのため , 知的な遅れがなくても , 今の周囲の状況や話し相手の状況を視覚的に把握することが困難であるため , 主体性・能動性に制限が掛かりやすく , また対話では言語情報への依存が高くなりがちで , 非言語情報を含んだコミュニケーションが困難であるため , 交流できる情報量が限定的になる。

特にプログラミング教育も視野に入れる背景

現在 , プログラミング教育について , 先駆的な実践報告が出されてきているが , そこで使用されているのは , 画面上のブロックを繋ぎ合わせ , 視覚的な反応を観察するビジュアル言語が大半である。ここで大事なことは , 児童自身が考え , 直接操作しながら試行錯誤し , 反応が本人に分かる形で即座に返ってくることだが , 視覚障害児には , 自分で操作できず , 反応が自分では捉えられない形態で現れることになる。それゆえ , 視覚に障害の無い児童生徒に対して効果的な実践方法をそのまま導入しても , 学習指導要領に謳われている「プログラムの働きやすさ」に気付くことや , 「コンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度」を育むというねらいに対する適切な実践方法ではない。中教審分科会報告「共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進 ( 報告 ) 」では , 視覚障害児に対する教育上の合理的配慮の観点として , 視覚による情報が受容しにくいことを考慮した学習内容の変更・調整を行うことや見えにくさに応じた教材及び情報の提供を行うことが示されている。

身近なデバイスとなった生体情報の取得の背景

これまで表情認識・推定および脳波の計測は , 認識精度が高いものの , 大がかりな準備が必要であり日常的な利用は事実上困難であった。しかし , 近年医療目的ほどの高精度ではないが , 小型で軽量の簡易的な表情認識装置や脳波計測装置が発売されるようになってきた。

視覚障害のある子供たちにも , 今後重視される主体的で対話的な学習活動を促進し , その効果十分に享受でき , 教科における深い学びやプログラミング的思考に関する資質・能力を育む必要があるのではないだろうか。

## 2 . 研究の目的

視覚支援が必要な子供たちにも , 主体的で対話的な学び ( いわゆるアクティブ・ラーニング ) を充実できるよう , 生体情報 ( 脳波 ) 計測のリアルタイム処理によって , 非言語情報を相互に認知できる方法を開発し生徒の主体性を引き出して , 対話的な学習活動の意義を高めることを目指す。プログラミングの学習活動では , 触覚型プログラミング言語を開発し , 従来の視覚に頼るプログラミングの課題を解決することを目指し , その評価法・ガイドラインを作成する。

## 3 . 研究の方法

現状把握 :

- 宮城県および山形県の視覚支援学校のプログラミング教育実施状況および児童生徒の実態把握 ( ワークショップ形式 )
- 脳波デバイスの動作検証

開発：

- 効果的なロボットの選定・開発
- 脳波デバイスの精度検証

実証：

- 視覚支援学校の児童生徒を対象としたワークショップにて実証と課題の明確化

#### 4．研究成果

##### 脳波デバイスの動作・精度検証

本研究では、特殊環境下での学習活動ではなく、いわゆる普通教室での学習環境を想定している。そのため、脳波デバイスについては医療用の物ではなく、民生用機器を利用することとした。中でも、Neurosky社のポータブル脳波計MindWave Mobileに注目した。脳波のRawデータはノイズも多く取り扱いにノウハウを要するため、本機器で取得される独自指標のAttention rate(AR)とMeditation rateを用いることが可能か検証した。ARは、ベータ波を中心とした脳波の変化量からリアルタイムに測定され、Meditation rateはアルファ波を中心とした脳波の変化量から算出される。これらの値について、実践的環境下での有用性を検証した。その結果、Attention rateについては、本人の自意識及び有識者らによる観察と取得された値との考察で整合性が高い一方で、Meditation rateについては解釈が困難な値を示すことが多く、現時点では対象から除外することにした。

また、このARを効率的に取得し、リアルタイムデータベースに保存するためのアプリケーションの開発を行った。アプリケーションは、Android用として開発し、BluetoothでMindWave Mobileと接続し、Android上でリアルタイムにグラフ描画されるほか、リアルタイムにデータベースへ匿名化された値を送信する。図1は、本アプリケーションを試行実験した際の時間とARの変化と、ARの高い場面に対しての注釈である。ARが低い場所は、機械的な操作であったり、何度も繰り返しているような作業場面が含まれていた。

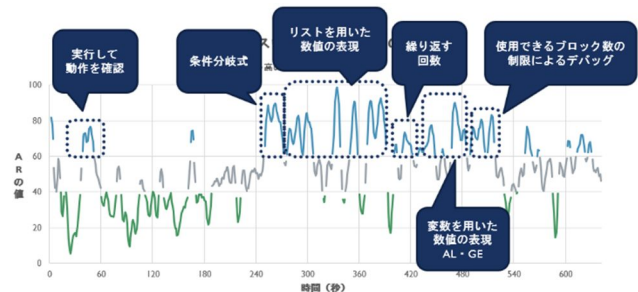


図1 本研究で開発したAR値取得アプリから描画したグラフの例

##### 効果的なロボットの選定・開発およびシステムの概要

視覚支援が必要な児童生徒に対しては、ロボットの動作状況や場所の感覚を動作音で把握できるよう配慮した。そのため、ギアボックスなどからの音が比較的大きく出るキットを選定した。また、児童生徒は、ロボットの移動や停止したあとの位置を把握するため、手を載せてプログラムを実行したり、机との相対的な位置関係をつかむためにロボットに触れたりすることが予想される。そのため、滑りが出にくい足回りのものが望ましい。本研究では、データの送受信とDCモータの動作にRaspberry Piを使用するものと、マイクロコントローラにESP32を搭載しているArtec社のアーテックロボ2.0を用いる物の2つを選定・開発した。図2は、Raspberry Piを利用したロボットとモータドライバを取り付けたRaspberry Piとアーテックロボ2.0に拡張ボードを取り付け、車輪型で構成したロボットである。図3は本研究で開発したシステムの概要である。

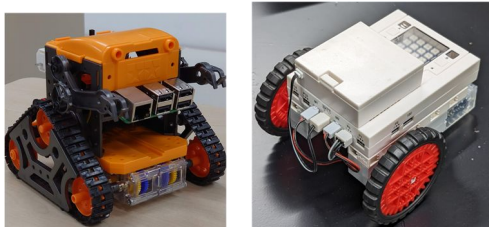


図2 開発したロボット



図3 システムの概要

図3で示したように、本研究での基本的な仕組みは、脳波計測もしくはダンボールで作成したブロック相当の命令をスマホのカメラで撮影した結果が、リアルタイムデータベースに送られ、そこからインターネット経由でロボットを動作する信号として送信されるというものである(図4)。詳細な動作は、以下の通りである。物理的な触覚でロボットに対する命令を構成するために、段ボール等で作成するブロックの形状とそれに対応するQRコードを用意した。アーテックロボ2.0用にはGoogle AutoML Vision等でブロックの形状を機械学習させて処理することができる。読み取られたデータは、インターネット上のFirebaseに送信されJSON形式で保持する。このFirebaseとRaspberry Piは、RPC Remote Procedure CallにてTCP接続されている。ブロックのデータが読み込まれた終了フラグを検知し次第、Raspberry Piへリアルタイムにサーバプッシュし実行フラグを立てる。Raspberry Piもしくはアーテックロボ2.0上では、実行フラグが取得されると、Firebaseに保持されているプログラムデータを全て取得し、ステップ実行する。図5はこのロボットで実施したロボットプログラミングの様子である。

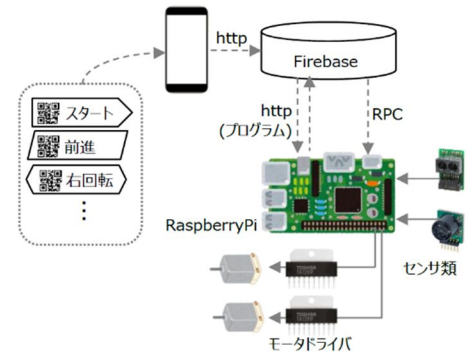


図4 システムの技術的な概要

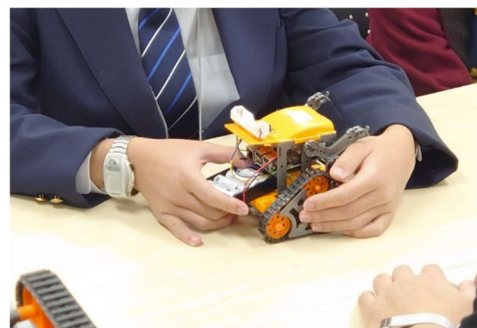


図5 視覚支援学校の生徒を対象とした、ロボットプログラミングの様子

#### Mindwave Mobileの特性について

本研究では、MindWave Mobileと民生用の脳波計測装置として採用し、そのAttention Rateをロボットの動作に用いている。このAttention Rateは具体的な算定式が公開されていない。実施上再現性があるため、便宜的に学習者の状況を把握する指標として採用しているが、その具体的な特性を明らかにした。研究分担者の川崎らの調査により、以下の点が明らかになった。

「Mindwaveで計測されるAttention が 波由来であることも鑑みれば、Attention が低い場合、十分に課題解決のための思考が十分に働いていない状態を反映している可能性も高いと考えられる。FAB遂行中のpnn50を従属変数とした重回帰分析においても適合度は高くないもののAttentionは独立変数として有意であった ( $r = 0.45$ )。すなわちAttentionが副交感神経活動の指標であるpnn50に影響を及ぼしており、前述のAttentionが低い状態に関する考察を支持するものといえる。Attention に関してAdem et al は課題の集中状態に関連すると報告しており、今回の検討結果では一部その内容を支持する<sup>1</sup>。今後の応用の可能性として、教育場面への応用が考えられる。今回の知見から、教育場面においてMindwaveを活用することで、学習者が低いAttentionを示した場合には課題に対して不適応状態を示していることとなり、教授者が助言や指導を行うための一つの指標となる可能性が考えられる」(川田拓(指導教員：川崎聡大)教授者および学習者の実態把握に関する研究(2020))

<sup>1</sup> Adem SEZER, Yusuf İNEL, Lecturer Ahmet Çağdaş SEÇKİN, UfukULUÇINAR: An Investigation of University Students' Attention Levels in Real Classroom Settings with NeuroSky's Mindwave Mobile (EEG) Device. International Educational Technology Conference 2015, p88-101.

#### テレビ会議を用いたオンラインでのプログラミング実践

2021年度に実施できた実践研究では、宮城県盲学校と山形県盲学校の児童生徒合計9名を対象

に行った(図6)。テレビ会議システムを利用して仙台と宮城の4か所から接続し、学校では児童生徒の保護者にもその様子を参観していただいた。段ボールで作成したプログラミングブロックをより並べやすくする工夫(テープを貼ったホワイトボードやマグネットを利用して、よりブロックを並べやすくする等)をすることで、視覚障害のある児童生徒が扱いやすいものにできた。命令とプログラミングで重要なガイドラインとしては、1:止まった時にスタート位置からの移動距離を確認させる。2:児童の手を軽くロボットに手を当てておいて、動作を実感させる。3:付箋のマーカ―を適宜使う。4:止まった時にスタート位置からの大まかな回転角度やズレを確認させる。が重要であることが実践的に実証された。

最終年度は機材の関係で、脳波を用いた実践は同時にすることができなかったが、これまで科学に興味があるものの、そうしたワークショップには一度も参加したことが無かった児童生徒が事後のアンケート調査で、80%の児童生徒が肯定的に回答し、保護者からは90%が満足との評価であった。図7は、この時実施した児童生徒からのアンケート結果(n=9)である。通信状況の不安定さや、リモートでの状況把握が課題として残されたが、本研究で提案する接触型のプログラミング言語が視覚障害がある児童生徒にとって、生体情報(本研究では脳波)による反応や、音や手で触ることで実際のロボットの位置や動作が変化する様子からプログラミング的思考を意識化することができ、学習指導要領で例示されている正多角形の授業にも対応できるものと評価することができる。



図6 テレビ会議システムで宮城県視覚支援学校と山形県盲学校の児童生徒に対して遠隔でプログラミング実践をしている様子

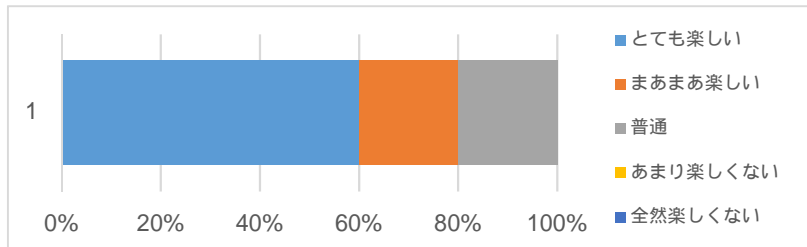


図7-1 満足度

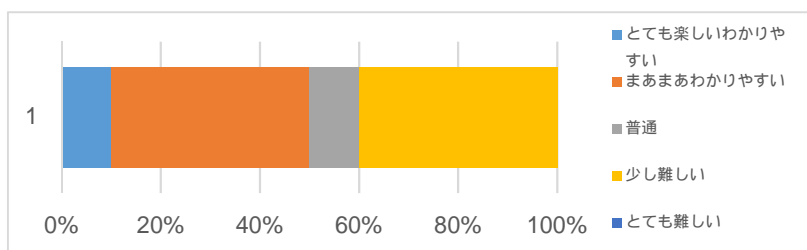


図7-2 わかりやすさ

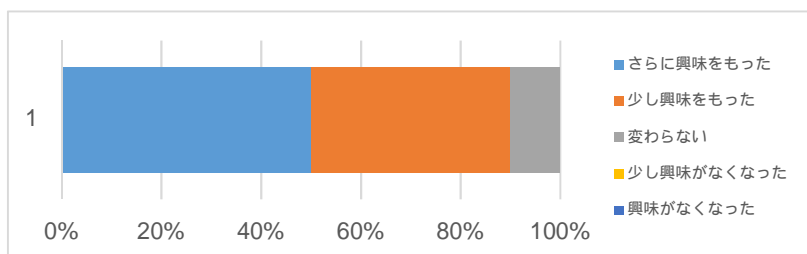


図7-3 科学技術への興味

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 岡本恭介, 安藤明伸	4. 巻 44
2. 論文標題 ビジュアル型とテキスト型プログラミングにおける学習順序が教育的効果に与える影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 97-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 板垣翔大, 佐々木健太郎, 貝森義仁, 安藤明伸	4. 巻 12
2. 論文標題 特別支援教育での木材の加工における フィードバック装置を用いた技能支援の事例研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会東北支部研究論文集	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林優, 安藤明伸	4. 巻 21
2. 論文標題 授業時の集中状態を用いた授業分析の試み	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宮城教育大学 技術科研究報告	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小林優, 安藤明伸, 浅水智也, 佐藤正直, 久野雅樹, 住谷徹, 砂金善弘, 小村俊平
2. 発表標題 授業参観者の脳波変化に着目した授業レビュー場面の抽出
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤明伸, 岡本恭介, 浅水智也, 蘆田優
2. 発表標題 Blockly Gamesを用いたプログラミング教育導入の可能性
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林優, 安藤明伸, 小村俊平, 住谷徹, 久野雅樹
2. 発表標題 プログラミング時における集中場面の推定
3. 学会等名 第 37 回日本産業技術教育学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤明伸, 砂金善弘, 永井伸幸
2. 発表標題 触覚でロボットを制御するプログラミング手法の開発
3. 学会等名 第 37 回日本産業技術教育学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤明伸, 小林優, 浅水智也, 佐藤正直, 久野雅樹, 住谷徹, 砂金善弘, 小村俊平
2. 発表標題 簡易的な脳波計測デバイスによる技術の模擬授業における脳波の変化
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第61回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺崎健志朗, 安藤明伸
2. 発表標題 計測・制御におけるアーテックロボ 2.0 を用いた教材の開発
3. 学会等名 第 37 回日本産業技術教育学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大林要介, 安藤明伸
2. 発表標題 アーテックロボ2.0による計測・制御を中心とした統合的な問題解決の学習の題材提案
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第63回全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永井 伸幸 (Nagai Nobuyuki)  (50369310)	宮城教育大学・教育学部・准教授  (11302)	
研究分担者	川崎 聡大 (Kawasaki Akihiro)  (00444654)	東北大学・教育学研究科・准教授  (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件



8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------