

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：32309

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02712

研究課題名（和文）失明者が対人距離を認識するための通電覚の信号化に関する研究

研究課題名（英文）A study on the signalization of electric current perception for recognition of interpersonal distance in people with blindness

研究代表者

木村 朗（Kimura, Akira）

群馬パース大学・リハビリテーション学部・教授

研究者番号：20367585

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：失明者においてコロナ禍ではphysical distanceへの対処困難が生じていた。赤外線センサーと低周波を皮膚へ通電することを利用して信号を作り、それによって対人接近を認識させるシステムを開発した。実用性を阻む弱点として「せかさされるような心理的な負荷によって生じる皮膚電位の急変」によって、間隔の短い不連続な打点が連結して判読困難となることが判明した。前腕部の通電部位と手掌において発汗に伴うインピーダンスの変化が原因であることを突き止め、電極の吸湿性素材を用いた電極により発汗の問題は解決した。しかし吸湿性素材を含む電極による通電信号は反応時間の潜時を引き起こすことが課題となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電気を通して合図を送る装置を失明された人に使ってもらうと、心理的・生理的緊張に伴って急に通電信号のモジュール信号がわからなくなる場合があります。この原因はわかっていませんでした。そこで、汗が関係していると思われて、汗を吸い取る電極を用いることでこの現象が変化することを確かめました。ただ、この電極には反応時間が遅延するという弱点があることが判明しました。この弱点を克服すれば視覚や、聴覚に障害のある子どもから成人、高齢者に至る人々の安全な行動を助けることができます。このような通電信号を感じ取り判断するという知覚と認識の性能を高める装置の改良によって実用性が飛躍的に増えるものとなるでしょう。

研究成果の概要（英文）：In blind people, the corona disaster caused difficulties in coping with physical distance. A system was developed to recognise interpersonal proximity by creating a signal using an infra-red sensor and low-frequency electric current to the skin. The weakness that hindered their practicality was found to be that "sudden changes in skin potential caused by psychological pressure, such as being rushed", resulted in a series of discontinuous strikes with short intervals that were difficult to decipher. The problem of sweating was solved by using electrodes with hygroscopic material in the electrodes, after it was found that the impedance changes caused by sweating in the energised areas of the forearm and palms were the cause. However, the problem was that the energising signal with electrodes containing hygroscopic material caused a latency in the reaction time.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：失明者 電流印加 心因性発汗 通電信号情報 危険回避 生体インピーダンス ドライブ現象 吸湿性材料

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、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

2020年5月に実施された日本視覚障害者連盟による調査によると、失明者コミュニティの人々はコロナ禍で要求されたphysical distanceへの対処困難を訴えていた。本研究は、通電覚の利活用に欠かせない生体インピーダンスの変化に起因すると見られるドライブ現象の抑制の可変条件を明らかにして、このシステムの実装性を高め、失明者が実際にセンサーとその情報処理による情報によって視覚によらない視覚依存性情報の利用が可能となる情報の効果を失明者によって明らかな行動の表出で示すことを目指した。

## 2. 研究の目的

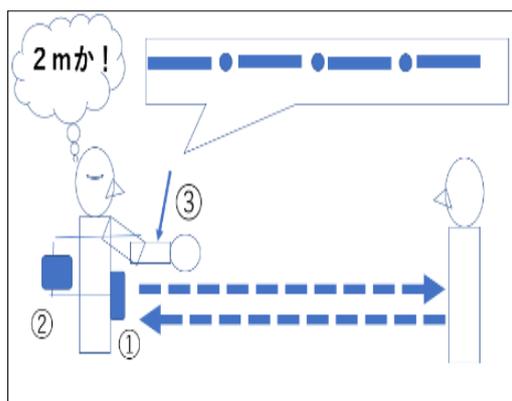
通電の際のドライブ現象の原因として、心理的負荷に応答した意識外の交感神経機能の亢進に起因する、ある特定部位での微量発汗による皮膚のインピーダンスの変化が関わっている可能性が考えられた。これらの要因がドライブ現象を示す原因であることをインピーダンスの変化を軽減すると考えられる吸湿性電極を用いてあきらかにすることであった。また失明者が一定の距離を認識する通電情報 の成績を示すことを目指した。

## 3. 研究の方法



被験者と対人との Physical Distance 情報獲得の実験の様子

データの測定: 6m×3mの室内にて、被験者の前に立位および椅子座位で制止する人を配置し、被験者の前額面、矢状面上に高解像度カメラと Kinect sensor を設置する。低周波通電対人距離認識システムを操作させ、対人距離 2m を認識ら合図として手首を 90 度返す(背屈する)よう指示し、素早く対人距離を言葉で表すように指示し、せかすことで心理的ストレスを加えた介入条件と、それがない対照条件での試行を行った。



図中の①赤外線センサーによる対人距離計測、②センサーの情報処理および低周波通電用信号生成、③信号化された通電覚の出力(モールス信号様合図の知覚化)

対人距離をランダムに設定の上、直線距離で誤差 10 cm に移動を成功とし、この成功率に寄与する要因をセンサーの設置条件、高分子生体電気伝導性素材などの異なる通電刺激素材毎の生体インピ

ーダンス、通電周波数を可変した際の通電知覚、試行開始時点から被験者が移動開始するまでの反応時間を測定した。この時、3軸加速度・心拍 RR 間隔測定装置を胸部に貼付し自律神経機能も測定した。一部の実験では簡易脳波形測定装置を装着して脳波も測定した。

アウトカム・分析方法: 主アウトカムは、両条件における成功率とした。副アウトカムは生体インピーダンス、認識した信号の内容、実施前後の感想を聞き取り記録した。

#### 4. 研究成果

人との距離の情報を取得する成功率はドライブ現象を惹起する条件で88%、ドライブ現象を惹起しない条件で96%であった。反応時間0.5秒以内の正答率は、先天性失明者と後天性失明者間で異なった。

通電信号による人の近さの判断について80%以上成功した場合の被験者における先天性失明者と後天性失明者間での非通電期間中のインピーダンスと等価平均電位の差は0.003mA ( $p < .05$ )を示した。また吸湿性電極を用いた場合、ドライブ現象は抑制されるが、現行の回路ではセンサーが反応してから被験者が信号を認識して人の接近・存在を認識するまでに約0.15秒時間以上の遅延が生じていた。通電周波数の影響としては、正答率が高いほど通電知覚に必要な通電周波数が低くなる傾向がみられた。これは被験者に通電知覚としてモールス信号用の打点間隔を認識させるために、インピーダンスの変動に伴って、その都度電流の印加を変動させたことが原因の一つであると考えられる。通電期間と電位あるいは印加電流の積分値が時間当たりのインピーダンスを決定することから、周波数が低い状況で通電知覚のベースラインが決定された場合、印加電位を上昇させる可能性が考えられ、またモールス信号として短点と長点の長さの認識に影響がある印加周波数の上限はこれまで未知であったが、この効果は10Hz条件では誘発されず、本被験者においては晴眼者を含む参加者全員が10Hz以上にて調整を必要とせず自覚可能であった。ドライブ現象による通電信号の解釈が困難になる事象について、吸湿性電極を用いた対策は、ドライブ現象を抑制するものの、非常事態を検知した装置の警告に至る所要時間の遅延をもたらすことが判明し、さらにこの方法の実装性を妨げていることがあきらかになった。

研究の副産物として、視覚障害者において人との一定の距離を保つための情報を正確に取得するためのセンシングおよび情報プロセッシング回路を用いたマンマシンインターフェース装置による危険回避を通電信号によって支援するシステムにおいて感覚刺激条件を設定する際の印加条件には電位の強さに先行して周波数を決定することが重要であることが見いだされた。実装性向上のために今後、生体内情報伝達遅延性に対する課題に取り組む必要がある。

このような知見を報告した国内外の研究は、現時点できわめて少ない。視覚代替性情報伝達手法の開発は、視覚障害者に限らず、聴覚障害のある者や、加齢に伴う視覚や聴覚の低下を伴うひとにおける安全な行動支援技術として位置づけられる。

通電信号の生体内の情報処理過程は、まだ解明されていない。今後それらの知見と介入によるアウトカムへの影響を評価していくことが望まれる。弱点の補足によって確実に実装性が高まるであろう。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Akira Kimura	4. 巻 8
2. 論文標題 A Success rate of recognition by electrical energization devices that signal interpersonal distance in Blind and Normal Subjects with Closed Eyes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Public Health Physical Therapy	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24642/jjphpt.8.2_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Akira Kimura	4. 巻 8
2. 論文標題 Variation of Biological Impedance during Activation of Hazard Avoidance Reaction by Electric Signal of Interpersonal Proximity Information in Blind Persons	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Public Health Physical Therapy	6. 最初と最後の頁 6-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24642/jjphpt.8.2_6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Akira Kimura	4. 巻 9
2. 論文標題 Stimulus Frequencies that Produce the Perception of Visual Substitutability in the Visually Impaired	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Public Health Physical Therapy	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） 10.24642/jjphpt.9.2_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Akira Kimura
2. 発表標題 Identification of brain activity sites in blind people during successful interpersonal collision avoidance by signal energization using maximum frequency coherence variation
3. 学会等名 100th ACRM 第100回アメリカリハビリテーション医学会議学会（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村 朗
2. 発表標題 動的な視空間情報を通電信号によって人が視覚によらず通電信号で知覚するための通電周波数に関するパイロット研究
3. 学会等名 第85回情報処理学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村 朗
2. 発表標題 複合的な視空間情報を通電信号によって人が知覚するための基礎的研究
3. 学会等名 日本公衆衛生理学療法研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

科学研究 失明者が対人距離を認識するための通電覚の信号化に関する研究 <a href="https://kimuakilabo.main.jp/kaken3-page1.html">https://kimuakilabo.main.jp/kaken3-page1.html</a>
---

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

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
---------	---------