

# 通電警告装置を用いた歩行中の視覚障害者が 実際に制止可能な接近者の上限速度の検討

木村 朗<sup>†1</sup>

**概要:** 近年、スマホ歩きをする人が増加し、他人に衝突することがある。視覚障害者が駅のホームで彼らの衝突に備える方法として、雑踏の中で人の急接近を知覚する方法として、人の接近を赤外線センサー等を用いて検知し、警告方法に皮膚への通電を行う装置を開発した。本研究の目的は、模擬駅ステーションのプラットフォーム環境にて電気刺激警告装置を使用させ、歩行中の人と人の衝突を回避するための接近者の速度の上限値を明らかにすることであった。対象と方法は、全盲者もしくはアイマスクを用いて視覚を遮断した弱視者 18 名に対し、5m の歩行路を白杖により歩行するよう指示し、ランダムに人が接近する状況を設定した。装置の ON/OFF もランダムに設定したうえで、人接近の認識の可否を調べ、接近する人の速度を算出し、装置の反応速度に加え、警告を受けてから、制止するまでの時間および、直前の速度を求めた。通電警告装置が機能する、接近する人の速度の平均値にもとづく、可能上限速度を調べた。結果、装置使用者がおおよそ 0.9m/秒で歩行し、接近者がおおよそ 1.3m/秒の速度で近づく条件で、本装置の通電アラートは使用者への人接近情報を伝達し、使用者も自ら制止可能であった。

**キーワード:** 視覚障害者、スマホ歩き、電気刺激警告装置

## Study on the upper limit speed of approaching individuals that visually handicapped persons with walking with an electricity alert device can actually stop

AKIRA KIMURA<sup>†1</sup>

**Abstract:** In recent years, the number of people who walk on smaho increases, there are times when they may collide with others. As a method for visually handicapped people to prepare for their collision at the station's home, as a method to perceive a rapid approach of a person in a crowd, people 's approach is detected by using an infrared sensor or the like, and a warning method is applied to the skin We developed a device to do. The purpose of this research was to clarify the upper limit value of the approaching person's speed to avoid collision with a person walking by allowing the electric stimulus alarm device to be used in the simulated station platform environment. Objects and methods instructed 18 people with low vision who blocked vision using a blind person or an eye mask to walk by 5 m walking path with white cane and set a situation where people approach at random. The ON/OFF of the device is also randomly set and it is checked whether or not the person approaching is recognized and the speed of the approaching person is calculated and in addition to the response speed of the device, the time from when the warning is received to when it is stopped, and the time Was calculated. We investigated the possible upper limit speed based on the average value of the speed of the approaching person, where the energization warning device functions. As a result, with the condition that the user of the apparatus walks at approximately 0.9 m / sec and the approaching person approaches at a speed of approximately 1.3 m / sec, the power supply alert of the apparatus transmits the person approaching information to the user, and the user also He was able to deter himself.

**Keywords:** visually handicapped, electric stimulation, alert device

### 1. はじめに

近年、スマホ歩きをする人が増加している。彼らは人に衝突することがあるが、視覚障害者が駅のホームで彼らの衝突を回避する、または衝突に備える方法としての移動支援方法を実装可能とする装置の開発が待たれる。本研究の意図とするところは、雑踏の中で人の急接近を知覚する方法として音や振動によらず、電気刺激を皮膚に通電することで、警告の認知が可能であることを確かめた上で、現在市販されている赤外線センサー等を用いて試作した装置の感度/特異度と、実際にアラートの役目を果たすうえで、スキ

ヤニング可能な速度限界を明らかにすることを目指した。

### 2. 通電警告装置の開発の経緯

2014 年、私たちは群馬県草津町の視覚障害者の会の会員に対し、自己健康づくり教室を開催する機会を得た。目的とした運動強度を得るために、適正なリズムに合わせた身体の位置を保つことが有用であることに加え、普段慣れない動作を行うことに伴うストレスが大きいことが判明し 1)、それらを軽減する方策として、彼らに全身像を何らかの方法で認識できるようにできる装置を用いて指導するこ

<sup>†1</sup> 群馬パース大学大学院  
Graduate School of Health Sciences Gunma PAZ University

とを模索した。しかし、市販完成品の装置を見つけることが出来なかったことから、私たちの手でそれらの情報を知覚できるようにする装置の開発を試みることにした。同装置のイメージとして、カメラによる画像情報を取得し、身体像の輪郭を描出させ、紙片の凹凸を作成し触覚を利用して彼らに自分自身の全身像を認識させるものでシステムを考えた。コストを考慮し、この一連の情報処理には、当時安価に購入可能であった Raspberry を用い、OS には LINUX を用いた同コンピュータ上の画像処理プログラムを用いた。Raspberry に接続したカメラで、撮影環境として白い背景上で撮像した画像を取り込んだ単純な二値化処理により、人体と周辺環境の境界を描出させ、熱を加えるとインクが膨張する紙片を用いて、印刷したものをドライヤーによって熱し、最終的に凹凸を作成するペーパーを作成した。この一連のシステムを盲人の運動指導に用い、二次元空間座標上の位置、すなわち姿勢を全盲の人に示し、姿勢の修正をするためのフィードバック情報を与え、その効果を検討する試みを行ってきた2)。

当初、この盲人の健康管理のために実用性のある運動指導を行い、身体不活動を予防することに主眼を置きながら、これらに取り組んでいた。その継続的過程の中で、徐々に屋外や鉄道駅構内、特にプラットフォームの歩行に不安を訴える者が少なくないこと、私自身の身内もホーム落下事故によって救急搬送された経験があることなどから、この問題への対応を考えることにした。

2016 年頃より、機械学習による物体認識に関する情報処理技術に関する報告が増えてきたことから、歩行中のナビゲーションシステムを安価な市販品の組み合わせで作ることを指向した。

2017 年、スマホ歩き者がホーム白線付近の移動中の盲人に衝突しホーム転落事故が生じることを防ぐことへの喫緊の対策が必要であると認識し、機械学習による画像認識処理を除き、市販品を基に組み立てる装置システムを作ることを目指した。科研費を受けることができ、実装するための作業に取り組んだ。同年 8 月にプロトタイプとして、赤外線センサーからデジタル情報を取得し、iOS 上で作動する MESH アプリケーションによってプログラムを作成した。同装置をブルートゥースにて GPIO に接続した低周波出力機器から被験者の皮膚上に通電信号を流すことに成功した。この比較的単純なリレー回路を用いた人の接近の危険を知らしめる装置の実装性をアイマスクによって視覚遮断下の健常者で試し、良好な結果を得たことから、盲人において、この装置の使用可能性を調べた3) 4)。

2018 年には、更に、実用性を高めるための課題を抽出するために、機器廻りのブラッシュアップを行いながら、危険回避性能を明らかにする研究に取り組んだ。この中で、試作した装置が白杖を使用しながら移動する視覚障害者(以下被験者)に「人の接近という事象」の知覚を通電の

入力パターンの変化によって与え、その結果、危険を察知し人の接近から接触または衝突前に「身構え」ができるように作動するための条件をあきらかにするため、実証実験を行った。

本研究報告では、「人の接近という事象」のモデルとして、実際に模擬スマートフォンを見ながら歩行する人(以下、接近者)を用意し、この接近者の歩行速度の多寡に対し、被験者の相対速度と合わせて、知覚の可否および、「身構え」の成否に対し、制感度/特異度を分析し、実際にアラートの役目を果たすうえで、検出可能な接近者の上限速度を明らかにすることを目指した。

### 3. 本研究で用いた装置の概要 (図 1)

#### 3.1 警告情報の流れ

この人接近通電警告情報化装置は、警告情報を生体への通電による信号として、1に示す人体の接近を2m地点で検出し、2に示した装置の使用者が3に示した赤外線センサーから入力された人の接近事象を無線通信で連結し、4に示す携帯型コンピュータ上のソフトウェアにおいてデジタル信号をアナログ信号に変換した後、5に示すリレー回路を無線通信により働かせ、6に示す生体に通電を行う回路から出力された低周波電流として、7に示す電極によってオシロスコープによって可視化可能な3Hzの周波数で規則的に通電する青信号と、接近を知らせ、警告するためにこの規則的な通電の切断を行うものである。6に示す装置は無線通信によって、この警告を8に示す無線通信によって6と連結するスイッチでリセットすることで、再び、人の接近の有無を検知し、警告装置を継続して働かせるスイッチにより、静止状態のみならず、本装置を移動しながら使用することが可能となる。

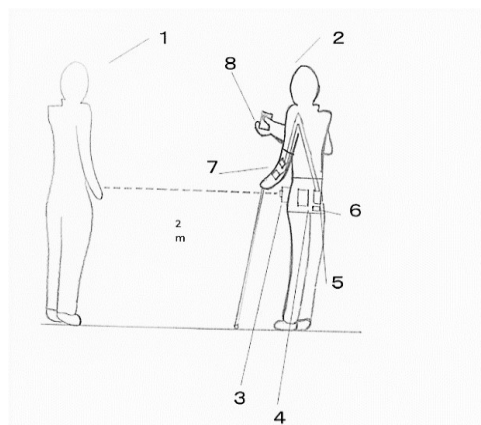


図 1 人接近通電警告情報化装置

Figure 1 Human collision notification information energization device.

## 4. 目的

目的は、模擬駅ステーションのプラットフォーム環境にて人接近報知情報化通電装置(以下通電装置)を使用させ、接近者を検出可能な接近者の歩行速度の上限速度を明らかにすることであった。

## 5. 対象と方法

研究デザインは比較対象条件をランダムに設定したシングルアームの実験研究とした。

研究期間は2018年8月23日および10月29日の午前9時30分から16時の間、場所を群馬県草津町福祉センターおよび群馬県福祉センターの一室に設定した10m×7mの空間を確保して実施した。模擬プラットフォームは5mの直線路上に床2cmの幅2cmのウレタンテープを床上に設置して設定した。

参加者は、草津町視覚障害者の会および群馬県視覚障害者協会に協力を要請し、実験参加に応じた19名であった。このうち、安静時より著しい心拍数、血圧の標準値を超える場合、除外した。全盲者もしくはアイマスクを用いて視覚を遮断した弱視者18名に対し、5mの歩行路を白杖により歩行するよう指示し、スマートフォンを見ながら歩行する人が5m前方から鋭角に衝突する動作を行うように設定した。前述した装置が人の接近の検知を行ってから通電出力部において正常駆動する場合と、出力しない場合をランダムに設定したうえで、人接近の認識の可否を知覚し、歩行停止の可否を調べた。エンドポイントは人の接近から衝突を事前に察知し、「身構える」ことが出来ることとした(図2)。

測定は、試行実施中の動画を1フレーム30コマおよび、kinect(Microsoft)において1フレーム25コマで撮影し、動画を再生して、画像上のランドマークを手掛かりにして、事象発生コマ数を数え上げ、それぞれ所要時間、移動距離を算出して、速度を求めた。

赤外線センサー(MESH、SONY)が動きを検知した場合、MESHアプリケーション(MESH、SONY)と連携させLEDを点灯させることにした、タイムラグは0.01秒以内であったことから、そのまま画像解析上のセンサーの検知時点を求める指標とした。

効果指標には、装置使用者の歩行速度、スマートフォン歩行者の速度を算出し、装置の反応速度に加え、警告を受けてから、制止するまでの時間および、直前の速度を求めた。通電警告装置が機能する、接近者の速度の平均値にもとづく、検出可能上限速度を検討した。

倫理的配慮として、本研究は群馬パース大学倫理委員会において審査の上、承認されて実施された(承認番号30-07)。研究は実施前に臨床試験登録がなされた(CTR-ID:

UMIN000027880)。

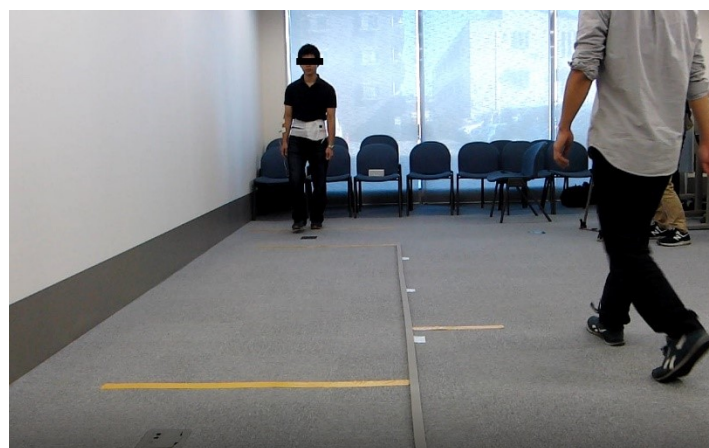


図2 測定環境の様子

画面中央にウレタンテープで白杖を誘導する点字ブロック様の凸を設け、5mの歩行路を設定した。

画面右からは接近者が合図によって、移動を開始し、被験者も前方への移動を始めようとしている。

腰にはコルセットに縫い込んだポケットにセンサーおよび、低周波通電装置がブルーーツースにて無線により接続しており、奥の椅子の上には、センサーが動態を取られて作動した瞬間にLEDライトが点灯するものが設置されている。

## 6. 結果

参加応募者は19名であった。解析は安静時より血圧が150mmHg以上あった1名を除き、18名を被験者とした。参加者の平均年齢は65歳、男性10名、女性9名であった。

試行は112試行を実施した。

装置の不具合の発生は、装置のGPIO部分の接触が不良になる件があったが、速やかな機器の変更によって遂行に支障はきたさなかった。

112試行の結果は以下の通りであった。

接近者の歩行速度は平均±SD: 1.35±0.74 (m/秒)。

被験者の歩行速度は平均±SD: 1.95±0.85 (m/秒)。

このうち、分析に用いた112試行中、通常の歩行速度を超えるとみられる、被験者および接近者の速度が3m/秒以上のケースを外し、73試行の結果は以下の通りであった。

接近者の歩行速度は平均±SD: 1.25±0.66 (m/秒)。

被験者の歩行速度は平均±SD: 1.71±0.55 (m/秒)。

センサーの検知を誘発した接近者の速度は平均1.46(m/秒)、第1四分位値は0.92、第3四分位値は1.94であった。

被験者が衝突前に「身構え」に成功した、接近者の速度は平均1.25 (m/秒)、第1四分位値は0.82、第3四分位値は1.45であった。

被験者が衝突前に「身構え」に失敗した、接近者の速度

は平均 1.47 (m/秒) 第 1 四分位値は 0.82、第 3 四分位値は 1.96 であった。

### ROC 分析結果

被験者の速度を遅い・普通・速いと 3 層に分類し、それぞれの条件で、接近者の「身構え」が最も可能であった上限は:遅い場合、ROC 分析適応にならず、普通の場合で ROC 面積が最大になるのが 0.599 (95%CI: 0.404~0.795)、接近者のカットオフ値の速度は 1.4m/秒であった (図 3)。

速い速度で移動している場合では、ROC 面積が最大になるのが 0.696 (95%CI:0.401~0.99)、接近者のカットオフ値の速度は 1.0m/秒であった。

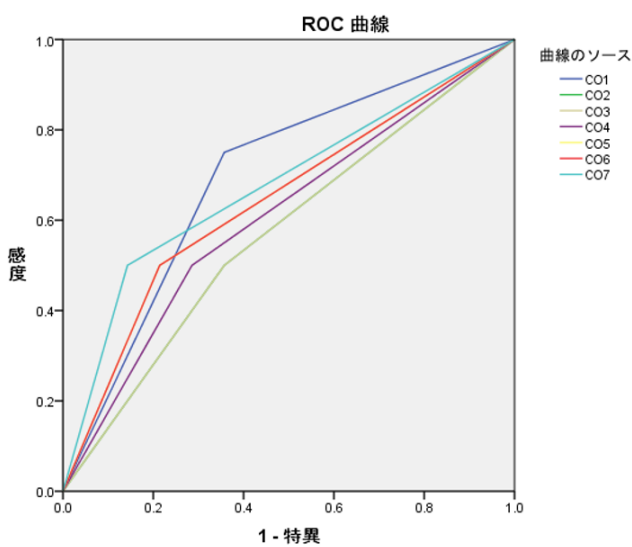


図 3 接近者の速度のカットオフ値を決定するための ROC 曲線

被験者の速度を遅い・普通・速いと 3 層に分類し、「速い」の条件で、接近者の「身構え」が最も可能であった上限速度は CO1: 1.0m/秒であったことを示している。

装置使用者がおおよそ 0.9m/秒で歩行し、接近者がおおよそ 1.3m/秒の速度で近づく条件で、本装置の通電アラートは使用者への人接近情報を伝達し、使用者も自ら制止可能であった。

この装置の使用感として、被験者は概ね、継続的に興味があると述べていた。

## 7. 考察

センサーの検知を誘発した接近者の速度は平均 1.46 (m/秒) と被験者が衝突前に「身構え」に成功した、接近者の速度は平均 1.25 (m/秒) の間に 0.2m/秒の壁が存在するものと考えられる。被験者が衝突前に「身構え」に失敗した、接近者の速度は平均 1.47 (m/秒) であり、この間の速度の

多寡は、センサーに入力された信号が、低周波出力を行うまでにかかるフィードバック制御にかかる所用時間を含むものとみられる。通常、生体機能における制御には、フィードバック制御にかかる所用時間が 0.2 から 0.3 秒を要することが知られている。本装置ではセンサーが検知してから GPIO への出力信号が発生するまで 0.05 秒程度かかり、通電刺激パターンとしていわゆる青信号として 3Hz の刺激が入力されるが、赤信号として、信号が青のままであれば進めるところを、予定していたパルスが来ないという情報を基に、休止の信号として認識するための構造上のタイムラグは 0.2 秒要するとすれば、被験者はこの入力パターンを予測し、来るべき信号が欠如した瞬間にブレーキを踏むことになるだろう。したがって、相対的に被験者と接近者の速度が合算され、短い時間で生じるセンサーから出力に至る時間として 0.25 秒程度は最低必要となる。

フィードフォワード制御にかかる時間は、多めに見積もって 0.3 秒として、5m 先より接近開始した接近者が 1.3m/秒の速度を超えた瞬間に、この実験条件において約 40 cm の距離の接近がもつ意味が、衝突前の身構えの準備時間を担保するのかもしれない。

この装置のセンサーは市販されているものであり、そのおおよその規格は、赤外線反射光の検出範囲は 3m から 5m の間にあるものとみられ、この実験における接近者は被験者から 5m 先に待機し、そこから被験者の斜め前額面を目指して接近するような軌跡を取ることを指示されている。

本センサーの仕様依存する動体の検出能力を反映している可能性が高い。

これらに鑑み、この装置の許容使用限界条件は、接近者が 1.3m/秒の速度あたりにあるものと推測した。

また、この装置を使用して移動する場合に接近者の情報をセンサーが検出し、衝突前に身構えが可能な、移動速度の上限は、安全域を考えた場合、おそらく、0.8m/秒付近になるものと考えられる。

この速度を上回っても、1.45m/秒までは、本装置のセンサーは接近者を検出するが、フィードバック制御に要する 0.3 秒の壁によって、実際、安全性を確保することが難しい。つまり、本装置の実用性を考えた場合、装置の機械的な制限および、人間特性的制限によると思われる限界の複合要因により、装置使用者がおおよそ 0.9m/秒で歩行し、接近者が最大 1.3m/秒の速度以下の範囲の事象において適応になるものと考えられる。

更に、装置の改良これらの条件をさらに精査し、実用性を検討する必要があるだろう。

## 8. 結論

装置使用者がおおよそ 0.9m/秒で歩行し、接近者がおおよそ 1.3m/秒の速度で近づく条件で、本装置の通電アラートは使

用者への人接近情報を伝達し、使用者も自ら制止可能であった。この数値を上回る場合、本装置の機能的な制限および、人間特性的制限によると思われる検出限界が見られると考えられた。この条件をさらに精査し、実用性を検討する必要がある。

**謝辞** 本研究の実施に際し、協力いただきました群馬県草津町身体障害者の会・盲人会、群馬県視覚障害者福祉協会の皆様、実験の協力をいただいた群馬パース大学大学院保健科学研究科臨床身体活動学教室のOB,院生の皆様に心よりお礼申し上げます。本研究は科学研究助成史費（17K12417）によって実施された。

## 参考文献

- [1] Akira Kimura, An experiment to classify the clinical fear seen during aerobic movement acquisition in adults with visual impairment J Phys Ther Sci. Vol.28、No.6.(2016).pp.2409-241.
- [2] Akira Kimura, Can the novel educational method by the object recognition technology give an aerobics movement to obesity person with loss of eyesight? The XIII International Congress on Obesity (ICO) International congress center in Vancouver, Canada(2017). 4.29.(Poster)
- [3] Akira Kimura, Effect of Electric-Stimulation Alert Device for Object Collision Avoidance During Walking of People With Blindness. 95<sup>th</sup>,ACRM,Dallas,USA(2018).10.3.(Poster)
- [4] 木村 朗、視覚障害者のホーム転落事故対策用通電アラートシステムの開発ーパイロット試験の成績. 第77回日本公衆衛生学会.(2018).10.26.福島県。