

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：20103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560014

研究課題名(和文)聴覚情報を利用した盲人用道路横断訓練ソフトウェアの開発とその評価

研究課題名(英文)Development of Road Crossing Training Software for Visual Impaired Persons by Acoustic Virtual Reality Technique

研究代表者

伊藤 精英 (Ito, Kiyohide)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・准教授

研究者番号：90325895

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：今回開発した道路横断訓練ソフトウェアは、パソコン上にリアルな道路場면을音で再現する。右側から近づいてきた車が左側に走り去ったかと思えば、また同じ方向から車が近づいてくる等、10種類の状況が再現される。車の音に耳を澄まし、「渡れる」と思ったタイミングでキーを押すと、その判断が正しく安全であったか、危険だったかを音声で教えてくれる。試作ソフトウェアを盲学校教員及び盲人数名に使用してもらったところ、「まるで本当にその場にいる様だ」と高評価であった。ただし、使い勝手の悪い点を何点が指摘された。改良版ではキーの操作性や、状況説明、フィードバックも改善し、より学習しやすいソフトウェアとなった。

研究成果の概要(英文)：I developed software for the visually impaired to learn the safety judgment for crossing road. The software presents the acoustic situations where cars are running on a road in a virtual acoustic space. For example, a car came from right and ran away to the left, then another car is coming from right again, and a parked car started-up engine. Trainees are asked to listen carefully to the presented sounds, push a space key when they think they can cross the road safely. The software gives feedback if the judgments were safe or not by synthesized speech. A teacher of a blind school and five visual impaired tried the software for evaluation. They all reported that the auditory situations were real enough as if cars were running in front of them. In response to their advices, we changed the key assignment, order the tasks in appropriate order, and added explanation of situation in feedback. These improvements made the software more user-friendly and effective for learning.

研究分野：生態心理学

キーワード：音響VR 歩行訓練 視覚障害者 ソフトウェア

### 1. 研究開始当初の背景

重度視覚障害者(以下、盲人)が、社会に積極的に参加するためには、盲人自身が独力で何の制約もなしに自立して移動できることが重要である。ITが進歩し、携帯GPSも現実味を帯びてきた現代であるが、GPSナビゲーションでは解決できない「危険性」を回避できない限り、盲人の自力移動はやはり困難なままであろう。

盲人の自力移動の際、最も危険なのは車道を横断する時である(図1参照)。目的地に歩いてたどり着くためには、大抵は車道を横断しなければならないが、音響装置付信号機がないケースの方が多い。このような場所では、自力で安全確認を行い、適切なタイミングで車道を横断しなければならないが、判断を間違えると車両と衝突する危険をはらんでいる。

2015年度に起きた交通事故のうち、被害者が重度視覚障害者だったケースは全国で44件であった。日本の人口に占める視覚障害者の率を考えると、この件数は決して少なくない。現状を鑑みると、車道の横断という技能習得の困難さが、盲人の積極的な外出を阻害していることは否めない。故に、車道の横断訓練は、盲人の社会参加を支援するという点で極めて重要である。

車道を安全に横断するためには、走行車両の知覚情報から接近時間を推定し、自己の横断に要する時間の予想と照らし合わせて、横断できるか否かを決定する、という認知機能が働く。晴眼者であれば視覚情報から、盲人であれば聴覚情報から接近時間の推定をするのが一般的である。

盲人の移動訓練においては、歩行訓練士が経験に基づいて指導にあたっており、体系的な訓練手法は確立されていない。その主たる理由は、道路横断に果たす知覚的情報が明らかとなっていなかったこと、交通事故の危険性から試行錯誤的な実地学習が極めて難しいこと、の2点だと考えられる。

知覚的情報に関しては、横断歩道における横断の正確性に関する研究(大倉、1989)、環状交差点(ラウンドアバウト)を歩行横断することを検討した研究(Guth, et al., 2005)から示唆されている。さらに、研究代表者はこれまで音響VRにより横断場面の音場を再現し、盲人の移動音源定位の正確性と横断判断に果たす音響情報の検討を行ってきた。その結果、移動する車両音の強度変化

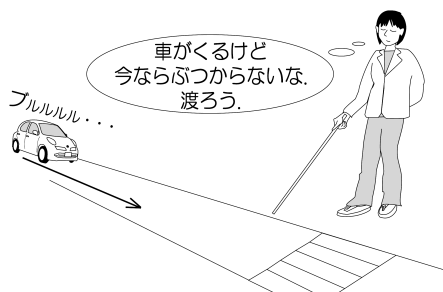


図1 車道を横断するタイミングを測る盲人

および路面反射音、街路の残響音レベルが音響情報として有用であることが明らかになった(伊藤ら2005、Shiose et al., 2008)。この知見は、佐々木(1996)が記述している盲人当事者の報告とも合致している。

実地学習を可能にするものとして、音響VRを利用した移動訓練システム(広範囲聴覚空間認知訓練システムWR-AOTS™)が、関らにより開発されている。WR-AOTS™は汎用性に優れており、多様な場所、個々の訓練対象者に対応した訓練カリキュラムを作成することができるという長所を有する一方、盲人自身が使用するには困難が伴う様である。盲人が自分で容易に操作できるシステムならば、当事者が訓練に対してより高い動機づけを維持できるのではないかと思われる。

### 2. 研究の目的

本研究では、盲人にとって重要なニーズである「道路横断訓練」を、聴覚訓練によって行うことができるソフトウェア(Road Crossing Training Software: RCTS)を開発することにある。「道路横断」という行動の習得を、聴覚訓練によって行おうという点が特長である。

RCTSは盲人ユーザーの視点から開発する「当事者研究者参加型」のアプローチをとり、盲児および中途失明者でも容易にかつ手軽に操作できるソフトウェアを作成する。さらには使用者の印象評価を実施して、有用性を明らかにする。本研究の成果を元にソフトウェアの実用化を目指す。

### 3. 研究の方法

#### (1)RCTSの概要

RCTSは、「あたかも眼前を車が往来する音状況」を複数提示し、それらを聴きながら盲人が横断可能かを判断し、その正誤をフィードバックするソフトウェアである。RCTSに組み込むサウンドコンテンツの作成、ユーザーインターフェースのデザイン、プログラムの作成を行った。

#### (2)サウンドコンテンツの作成

直線走行路にて、実際に車両を個別走行させ、等速音(30km/h、60km/h)、加速音、減速音、アイドリング音を録音した。車種は、乗用車(ガソリン車、ハイブリッド車)及びトラックであった。環境騒音として、街の雑踏音と自然環境音を録音した。録音には、ポータブルPCMレコーダーを使用した。

録音された車両走行音と環境騒音は個別にサウンドスペースプロセッサ(Roland, RSS-10)で加工し、音響VRに配置できるようにした。

個々の音ファイルを波形編集ソフトで合成し、10種類の横断状況場面を作成した。横断状況場面は、等速走行場面、加速・減速場面の二つに分けられる。

### (3)ユーザーインターフェースのデザイン

ソフトウェアでの横断場面は、信号機のない横断歩道を想定している。音状況が再生されると、車両走行音が任意の間隔で再生される。聴取者は、安全に渡れると思った時にキーを押す様求められる。その判断が安全なタイミングだったかどうかのフィードバックが与えられる。

車両が等速走行する場面では、「1台の車が正面を通過してから、次の車が通過するまでの間に、車道を横断できるかどうか」の判断がフィードバックされる。VR空間内で、安全な横断に要すると推定される時間（SM: safety margin）は「車両が聴取者に到達するまでの時間」-「車道の横断所用時間」により求められる。実際には横断行動を行わないので、横断時間は対象道路をゆっくりと歩行した場合の所用時間とした。音状況の難易度は、同時に聞こえる走行車両の台数、速度、車種、車間距離により変化させた。

加速・減速場面では、横断歩道付近にアイドリングしていた車両が発進したり、走行してきた車両が横断歩道の手前で減速、停止したりする。ユーザーのキー押しが、車両の停止後あるいは通過後になされたかどうかで正誤のフィードバックを与えた。

### (4)プログラムの作成

上記、ユーザーインターフェースを実現すべく、表1の仕様を満たすプログラムを作成した。

表1 RCTS ソフトウェアプログラム仕様

動作環境	Microsoft Windows 上で動作すること
GUI	晴眼者と盲人が共に操作できるよう、直感的であること。
操作	操作ガイドが音声でなされること。マウスを使わず、キーボードのみで操作できること。
音状況	音声ファイル(wav, mp3形式)を複数組み込み再生できること
フィードバック	道路横断判断の正誤が音声でなされること。

## 4. 研究成果

### (1)試作ソフトの評価結果

試作した RCTS（以下、試作ソフトウェア：図2参照）を実際に盲人5名及び盲学校教員（晴眼者）1名に使用してもらい、難易度、操作性、フィードバックの妥当性、音状況の聴覚印象、に関して評価を行った。

#### 難易度の評価

等速走行場面の難易度に関して、5場面のうち4場面において、横断判断が難しいという回答が得られた。具体的には、「横断できるタイミングが見つからない」、「なぜ横断できるのかが分からない」、という回答であった。加速・減速場面は、5場面全てにおい

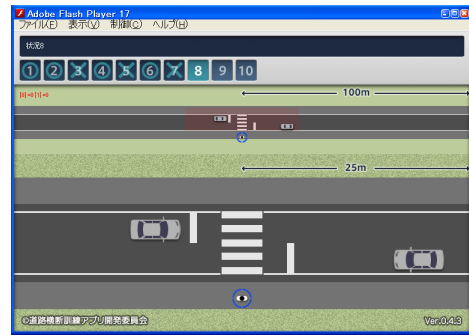


図2 RCTSにおける画面表示例

て難易度が高いという判断された。具体的には、「車両が路上駐車しているのか、横断歩道の手前で停止したのか分からず、横断の判断ができない」、「ハイブリッド車のアイドリング音が聞こえず、停止した車があることが分からない」などであった。これらを解決するためには、音声による具体的な横断状況の説明が必要であると思われる。

#### 操作性の評価

試作ソフトウェアでは、キー操作で制御できる機能が限定されており、そのことに関しての改善要望が多く寄せられた。具体的には、「音状況の強制的な停止」、「ソフトウェアの終了」、「同じ音状況の再生」、「任意の状況の再生」などをキーに割り当てて欲しい、とのことであった。

#### フィードバックの妥当性評価

試作ソフトウェアでは、横断判断のタイミングについてのフィードバックが音声でなされた。しかし、「今の判断は安全です」「今の判断は危険です」の2種類のフィードバックしかされなかった。全ての評価者より、2種類のフィードバックだけでは学習しにくいとの指摘を得た。特に「危険な判断」については、具体的な理由が分かるようなフィードバックを要求された。

#### 音状況の聴覚印象評価

本ソフトウェアで再生される音状況の全てにおいて、「まるで目の前を車が実際に通過している気がする」という様に、全評価者が高い臨場感を抱いた。このことから、再生される音状況の音質、音場空間については妥当だと考えられる。

### (2)改良版ソフトウェアの作成

これらのユーザビリティ評価を受け、改良版ソフトウェアを作成した。

#### 難易度の改良

難易度及びソフトウェアのゲーム性を考慮して、個々の音状況と提示順序を改良した。状況1から状況6は横断歩道がない道を横断する場面とし、通過車両のみが提示された。状況1~4は1車線とし、走行車両の間隔を

一定にした。安全に横断できる時間(SM)を長くとり、渡るタイミングをより分かりやすくした。

状況 5、6 は 2 車線の道路とし、走行車両の間隔は再生される度にランダムに変化させることで難易度を上げた。SM も状況 1~4 と比べて短くし、すばやい判断が求められる課題とした。これは、横断できるタイミングを見つけるというゲーム性を高めることを意図したものである。

状況 7~10 は、横断歩道はあるが、信号機は設置されていない場面である。4 つの状況のうち半数は、安全に横断できるタイミングがない様に作られている。「横断せずに待つ」のが正しい判断となる課題であるが、これは再生場面の音を、より注意深く聴くことを促すことを意図している。

ハイブリッド車が後ろから接近していたのに気がつかなかったという話はしばしば耳にする。ハイブリッド車は低速走行の際の音が小さく、盲人歩行者にとって大きな問題となっている。状況 8 はガソリン車、状況 10 はハイブリッド車の走行音を用い、その他の条件は全く同じにすることで、ハイブリッド車の音を学習できるよう配慮した。

#### 操作性の改良

音状況について、それぞれの場면을説明する音声を追加し、事前に状況を知りたい時には再生できるようにした。また、一時停止、繰り返し再生、再生中にメインメニューへ戻る、指定した音状況にジャンプで進める等、キーボードでの操作性を高めた。

#### フィードバックの改良

横断タイミングの判断が不適切であった場合、「今のタイミングは危険です。エンジンをかけた駐車中の車があります。」等、危険だった理由を説明する音声をフィードバックするよう改良した。これにより、盲人の単独使用においても、学習が進むことが期待できる。

#### (2)今後の課題

今回改良したソフトウェアをベータ版として一般公開し、改良を進めると同時に、ベータ版ソフトウェアを使用した聴覚訓練が実際の横断判断に有効であることを実地調査・検討する。リハビリテーション施設、盲学校の協力を得る。その後、正式版ソフトウェアを公開することを目指す。本ソフトウェアの改善改良を継続できるよう、開発グループを立ち上げる。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

(1)Ito, K., Fujimoto, Y., Okamoto, M., Akita, J., Masatani, A., & Ono, T., FutureBody – finger: A novel alternative aid for visually

impaired persons. International Journal on Advances in Life Sciences, 査読有, 7, 2015, 54-65.

[http://www.iariajournals.org/life\\_sciences/ocv7n12.html](http://www.iariajournals.org/life_sciences/ocv7n12.html)

〔学会発表〕(計 7 件)

(1)Fujita, Y., Sakurazawa, S., & Ito, K., Response in Delayed Human Control System. 18<sup>th</sup> International Conference on Perception and Action, 2015 年 7 月 14 日 ~ 18 日, Minneapolis (アメリカ)

(2)Ito, K., & Takiyama, M., Auditory Perception of Shaking Events. 18<sup>th</sup> International Conference on Perception and Action, 2015 年 7 月 14 日 ~ 18 日, Minneapolis (アメリカ)

(3)Sakurazawa, S., Noto, A., & Ito, K., Relationship between Physiological Tremor and Haptic Perception. 18<sup>th</sup> International Conference on Perception and Action, 2015 年 7 月 14 日 ~ 18 日, Minneapolis (アメリカ)

(4)Ito, K., Sawada, M., Mishima, H., Takiyama, M., & Kikuchi Y., Medium facilitates the perception of affordances of touch. 18<sup>th</sup> International Conference on Perception and Action, 2015 年 7 月 14 日 ~ 18 日, Minneapolis (アメリカ)

(5)櫻沢繁、能登嵐土、伊藤精英、環境としての生理的振戦と触知覚の関係、電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2014、2014 年 12 月 17 日 ~ 19 日、海峡メッセ下関 (山口県下関市)

(6)Akita, J., Ono T., Ito, K., & Okamoto, M., Touch at a distance: simple perception aid device with user's exploration. SIGGRAPH Asia 2014, 2014 年 12 月 3 日 ~ 12 月 6 日, Shenzhen (中国)

(7) Ito, K., Fujimoto, Y., Otsuki, R., Niiyama, Y., Masatani, A., Komatsu, T., Akita, J., Ono, T., & Okamoto, M., FB-Finger: Development of a novel electric travel aid with a unique haptic interface. 15<sup>th</sup> International Conference on Computers Helping People with Special Needs. 2014 年 7 月 7 日 ~ 11 日, Paris (フランス)

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

伊藤 精英 (ITO KIYOHIDE)

公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・准教授

研究者番号：90325895