

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：32402

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K18698

研究課題名（和文）視覚障害者が能動的に白杖で叩くことによる音情報の作製と利用に関する基礎的研究

研究課題名（英文）Fundamental research into the production and use of sound information by visually impaired people actively tapping with a white cane

研究代表者

布川 清彦（Nunokawa, Kiyohiko）

東京国際大学・人間社会学部・教授

研究者番号：90376658

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では視覚障害者の環境認知における、白杖を用いて能動的に作られた音の効果を実験的に検証した。白杖で硬度の異なるゴム板を叩くことによって生じた音響情報を測定した。さらに、全盲者とアイマスクをした晴眼者が、視覚障害者に利用されている異なる3種類の握り方で硬度の異なるゴム板を叩き、硬さの違いをマグニチュード推定法によって推定した。これらの結果、視覚障害者は硬さを推定する際に聴覚情報と触覚情報の両方が必要であり、白杖が硬さ情報を強調する道具になっていることが分かった。本研究の発展は、歩行訓練プログラムの改良やVRを利用した歩行訓練システムの開発、マルチモーダルの機序解明に役立つことができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、視覚障害者が積極的に知ろうとする対象を白杖で叩いたときに対象が発する音の効果について、実験的に検討するものである。これにより、音と環境認知との関係に関する新しい知見を収集する。そして、得られた知見に基づき、1) 音による対象認知と間接触に関する基礎研究と2) 視覚障害者の誘導支援に役立つ支援機器開発に関連する研究を進展させることができるかどうかについて検討することである。本研究の発展は、a) 音情報による対象認知や間接触の機序解明の基礎的知見となり、b) これまでに行われてきている白杖の経験的な利用方法に基礎づけを与え、白杖を用いた視覚障害者の歩行訓練に役立つことが期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study experimentally examined the effect of actively produced auditory information as the white cane comes into contact with an object on the environmental perception of visually impaired people. Auditory information produced by mechanically tapping rubber plates of different hardness with a white cane was measured. Furthermore, a totally blind person and a sighted person wearing an eye mask tapped rubber plates of different hardness with different grips (Index finger grasp, Pencil grasp, and Thumb grasp), respectively, and the differences in hardness were estimated using the magnitude estimation method. These results showed that visually impaired people need auditory and tactile information when estimating hardness, and that the white cane is a tool to emphasize the hardness information. The development of this study can be used to improve gait training programs, develop VR-based gait training systems, and elucidate the mechanisms of multimodality.

研究分野：実験心理学，福祉工学

キーワード：白杖 聴覚 音響情報 硬さ 間接触 視覚障害 移動支援

## 1. 研究開始当初の背景

白杖は視覚障害者の単独歩行を支援する道具として最も広く使われている。目の代わりとして身体から離れた環境情報の取得に重要な役割を果たす。白杖は手に握った棒による触覚的探索の道具であるが、同時に能動的に音情報を作製する道具でもある。白杖を利用して単独歩行する視覚障害者は、移動する環境内の手がかりを得るために、受動的に音を捉えるだけでなく、能動的に白杖で叩いて探索対象に関わる音を作ることで探索対象の触覚的特徴を捉えたり、空間の広さや障害物の有無を認知したりしている。そして、触覚よりも聴覚によって触覚的属性を判断していると考えられる場面もある。しかし、白杖を介して取得できる聴覚情報と触覚情報に関する基礎的な知見は、ほとんど得られてきていない。著者はこれまでに視覚障害者が使用する白杖の開発を行ってきており、白杖という媒体を通して対象についての認知を行う間接触のメカニズムに関する研究と視覚障害者の白杖を利用した歩行支援に関する研究を行ってきている。それらの先行研究では、白杖による環境情報取得を支援するために取得可能な感覚情報を特定し、操作方法の効果を明らかにすることを実験的に試みた。探索対象の硬さと肌理に対する感度を測定する研究を行う中で、視覚障害者が移動時に必要な環境情報を取得するために白杖を利用する時に、白杖の先端で対象に触れる事による触覚情報の取得だけでなく、能動的に音情報を作り出すための道具として白杖を利用していることに気づいた。当初は白杖を触覚情報取得の道具として考えていたため、これは新しい発見であった。白杖による能動的な音情報の作製と利用は、これまでの歩行訓練では扱われてきておらず、この能動的な音情報の作製と利用について調べる事で、歩行訓練プログラムやバーチャルリアリティ(VR)を利用した歩行訓練システムの開発に資する事ができる。さらに、音情報による聴覚ではない触覚や視覚に素材や質感といった感性情報や空間の広さに関する知見も得ることができると考えたため、VRや触覚と聴覚を中心とした新たな拡張現実システムの構築などに貢献する知見にもなると考えた。また、間接触のメカニズムを検討していく中で、視覚系情報処理システムが発達していない先天盲の視覚障害者を参加者とする事で、視覚系情報処理システムが関与しないで発達した触覚系情報処理システム、聴覚系情報処理システム、および触覚系と聴覚系のクロスモダリティについて検討を進める事ができると考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、視覚障害者の環境認知において能動的に白杖を対象に接触させて生じた音の効果を実験的に検証する。認知対象の属性として、硬度を選んだ。そして、機械的に白杖で叩いた条件と視覚障害ユーザが叩いた条件のそれぞれで音響情報と振動情報を分析し、視覚障害ユーザの主観的な硬さ感覚の測定結果と比較する。さらに、学習の効果を確認するために、視覚障害ユーザとアイマスクをした晴眼者の感覚を比較する。これにより「音と触覚」の関係、そして「音と環境空間認知」との関係に関する新しい知見を収集する。

\* コロナ禍の影響により、当初の目的としていた「音と環境空間認知」に関する研究を実施することができなかった。

## 3. 研究の方法

研究は、大きく次の2つに分かれる。

研究1：白杖の音響情報に関する物理的特性の解明

研究2：全盲ユーザとアイマスク晴眼者による白杖を用いた硬さ推定

研究1：白杖の音響情報に関する物理的特性の解明

音響情報の測定方法

硬さを判断する対象として、他の材料と比較して硬度の制御が容易なゴム板を用意した。また、白杖も視覚障害者が日常生活で利用しているものを用意した。

音響情報を計測するために、次の2つの実験を行った。

実験1：人を介さずに機械的に白杖でゴム板を叩き、音響情報と振動(触覚)情報の両方を同時に計測する。

実験2：視覚障害者が日常生活において白杖を利用して単独歩行する際に使用する白杖の3種類握り方を用いて、実験者がゴム板を叩いて音響情報を生成して計測する。

a) 実験1と2に共通するゴム板と白杖

・ゴム板

白杖で叩く対象として、一辺の長さが300mmの正方形で、その厚さが12mmであるゴム板を用いた。ゴムの硬さは、47, 56, 69, 74, 82, 84, 86, 92度の8種類であった(単位: JIS A; Mitutoyo Co., 811-329-10で計測した、昭和ゴム株式会社製)。ゴムを選択した理由は、材料による硬度の制御が比較的行きやすかったためである。

・白杖

使用した白杖(ジオム社)は直杖で、主体がアルミニウム合金シャフトで、長さは1200mmで

あった。そのうち、ゴム製のグリップ部は260mmで、ナイロン製石突部の形状はペンシル型で、その長さは75mmであった。また、重さは約200gであった。

#### b) 実験1: 人を介さない機械的測定

測定時に同じ軌道の打撃動作を再現するための装置を製作した。白杖のグリップ部をベアリングで固定した。白杖を成人男性の腕の高さである900mmから水平姿勢から自由落下させ、ベアリングによってグリップ部の中央を回転中心とする軌道でゴム板の中心を打撃するように調整し、白杖先端の落下位置に対象物であるゴム板を配置した。そして白杖がゴム板に接触した時に生じた打撃音と白杖先端からグリップ部まで伝わる振動を計測した。打撃音はUSBマイクロフォン(Marantz, MPM-2000U)によって計測した。マイクロフォンのサンプリング周波数は176.4kHzとし、計測されたデータはPCに送られて、Matlab R2018b(Mathworks inc.)によって処理された。自由落下によって白杖の跳ね返りが生じなくなるまで計測した。振動の計測には加速度ピックアップ(Brüel & Kjær, Type-4517)とアンプ(Brüel & Kjær, Type-2693-0S1)を使用した。加速度ピックアップは相対的な振動の変化を求めるために、白杖の先端とグリップの根元の2箇所に取り付け、176.4kHzのサンプリング周波数でデータ・アキュイジション(National Instruments Co., USB-6343)を用いて時系列データを収集した。ゴム板の各硬度に対して10試行の計測を行った。計測した音響と振動の時系列データを高速フーリエ変換し、10試行分の加算平均を求めることで打撃時の周波数応答の典型例を求めた。その際、音響データについては、使用したUSBマイクロフォンでは音圧に応じて-1~1の範囲の値が出力するため1を基準とする相対値に変換した。そして、振動データに関しては先端の周波数応答を基準とする相対値に変換した。

#### c) 実験2: 人が白杖を握ってゴム板を叩く(音響情報の固さ識別モデルによる検討)

データ収集は、三面がコンクリート壁で一面に窓がある教室で行った。

音響計測装置の構成は、以下の通りである。録音マイクは次の3種類であった。

- ・ マイク A: プリアンプ付きマイクロホン
- ・ マイク B: ショットガンマイク
- ・ マイク C: ダイナミックマイク

各マイクは、マイクプリアンプとADコンバータを通して、iMac(2017, OS10.15.7)上のアプリケーションLabChartによって記録した。AD変換は、量子化ビット数16bit、サンプリング周波数40kHzとし、全チャンネルは同期して記録されマルチチャンネルのRIFF-WAVE形式の音データとして保存される。マイクAは、ゴム板の中央から2,250mm上方に先端(ヘッドケース)がゴム板を向くように設置した。マイクBは、ゴム板の中心から辺の中央を通るように伸びた直線上のゴム板の中心から210mm離れた床面から上方210mmの位置に先端がゴム板の中心を向くように設置した。マイクCは、マイクBの反対側で同様に設置した。音は次の2種類の方法で作成した。

- ・ 機械式: 装置を用いて床面から高さ900mmの位置に白杖の握りを紐でつるし(半固定)、白杖の先端を800mmの高さから落下させてゴム板の中央部を叩き、そこで生じた音を録音した。
- ・ 人: 実験者が白杖を3種類の持ち方、標準握り・ペン握り・包丁握り、で握り、白杖でゴム板を叩いた音を録音した。

標準握りは、白杖のグリップの平らな面に人差し指をのばした状態で合わせて親指と他の三指で軽く握る方法である。ペン握りは、鉛筆を持つようにしてグリップ部分を握る方法である。包丁握りは、親指をグリップの平らな部分に当て、四指で握りこむ方法である。ペン握りは、白杖の振り方(手首の角度)によって白杖先端が対象に接触するときのロール軸角度が変わる。そのため、グリップ上で親指が上側に来て叩くパターンと人差し指が上側に来て叩くパターンの2種類を行った。叩く時の杖先の高さ(ゴム板表面からの距離)を握りごとに測定した。その結果、標準握りと包丁握りは170mm、ペン握りとペン握りは90mmであった。機械式と人の全ての条件において、10回ずつ白杖によってゴム板を叩いた。

### 研究2: 全盲ユーザとアイマスク晴眼者による白杖を用いた硬さ推定

#### a) 条件と装置

視覚障害者を対象とした実験(実験1, 2)と、アイマスクを装着した晴眼大学生を対象とした実験(実験3, 4)を行った。そして、それぞれの実験において、聴覚情報のない条件(実験1, 3)と聴覚情報のある条件(実験2, 4)を設けた。全ての実験において、参加者は人差し指と標準握りで握った白杖の先でゴム板を叩き、マグニチュード推定法を用いて硬さを推定した。人差し指を用いた条件を先に行い、その後白杖を用いた条件を行った。白杖とゴム板は、研究1と同じであった。

#### b) 実験参加者

本研究は、東京国際大学倫理委員会の審査を受けて行われた(TKD No.2-55)。実験1, 2の参加者は、日常的に白杖を用いて単独歩行している全盲者であった。実験1には7名が参加し、実験2には8名の視覚障害者が参加した。参加者CとFは実験2のみに参加し、参加者Iは実験1のみに参加した。この3名が1つの実験にしか参加しなかったのは、スケジュールが合わなかったためである。実験3には晴眼大学生21名、実験4には晴眼大学生20名が参加した。実験に際して、参加者には事前に目的や手続き等を十分に説明して参加について同意を得た。参加者は、実験中、視覚情報を制限するためにアイマスクを装着した。また、実験1と3では、聴覚情報を

制限するために耳栓をした上にイヤーマフを装着した。まず、参加者は椅子に座り、その前に机を配置した。机上の参加者正面の位置にゴム板を置いた。実験に入る前に、楽な姿勢で推定ができるように位置関係を調整した。参加者は、指を指すように人差し指を突き出し、残りの四指を軽く握った。実験者は参加者の指先をゴム板の端に当てるように誘導し、その後参加者自身がゴム板の中央部まで、手を持ち上げたまま移動して、人差し指の先で1回だけゴムを叩いてゴム板の硬さに対する推定値を報告した。各ゴム板の提示順序はランダムで、それぞれに対して1回のマグニチュード推定を行った。次に、参加者は白杖を利き手で持ち、標準握りで握った。参加者は、白杖の先を自らゴム板の中央部まで持ち上げたまま動かして、白杖の先で1回だけゴムを叩いて、推定値を報告した。各ゴム板の提示順序はランダムで、それぞれに対して1回のマグニチュード推定を行った。

#### 4. 研究成果

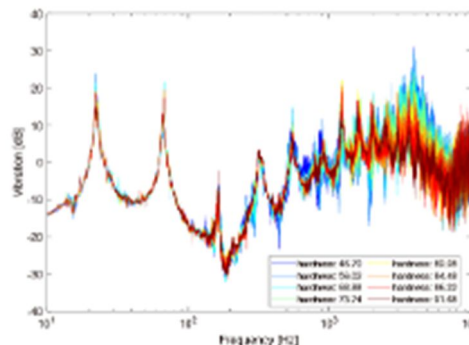
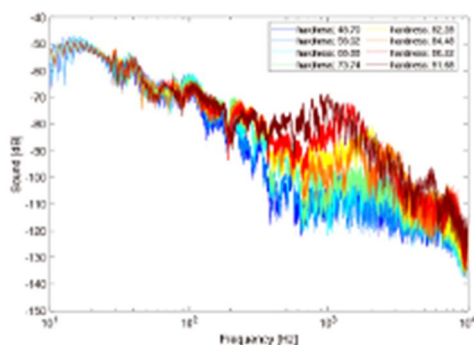
研究1：白杖の音響情報に関する物理的特性の解明

実験1：人を介さない機械的測定

ゴム板の硬度ごとの音響特性の典型例を図1(a)に示し、振動特性を図1(b)に示した。図1(a),(b)の両方の横軸は周波数(単位:Hz)を表す。図1(a)の縦軸は音圧レベル(単位: dB)を表す。図1(b)の縦軸は白杖の先端を基準としたグリップ部根元の振動強度の利得(単位: dB)を表す。図1(a)より、音響特性に関しては全ての硬度において高周波になるにつれて音圧レベルが低下した。10 Hz 付近の音圧レベルは-50 dBで10 kHzでは-120 dB程度となっており、10Hzから10 kHzの間は徐々に音圧が低下している。10Hzから300 Hzまでは、硬度に関係なくほぼ同じ音圧で低下を続けており、300Hzで-90dB程度になった。しかし、300 Hzから3 kHzでは硬度によって音圧レベルの低下傾向が異なっている。硬度が高いほど音圧レベルが高く、硬度86と92では1kHz付近で-70dBまで上昇し、その後低下している。図1(b)より、振動情報では全ての硬度において25 Hz付近と75 Hz付近に20 dB程度の利得のピークが確認され、200 Hz付近で-30 dB程度に落ち込む傾向が見られた。硬度の違いによる周波数応答の大きな変化は見られず、全ての硬度の応答がおおむね同じであった。音響情報の測定結果では、全ての硬度において高周波での音圧低下が見られた。特に、300 Hzから3 kHzでは硬度が高いほど前述の範囲の音圧レベルが高かったことから、硬度が高いほど高周波成分を多く含んだ打撃音が発生したことが考えられる。一方で、振動情報については、硬度の違いに関係なく同様の傾向が見られた。これにより、白杖の物理的特性という視点からは、白杖で対象の硬さを確認する際には白杖で叩いた際に生じた振動情報、つまり触覚で得られる情報よりも、白杖で叩いた際に生じた音響情報を利用していることが考えられる。

図1(a) 音響情報の計測結果

図1(b) 振動情報の計測結果



実験2：人が白杖を握ってゴム板を叩く

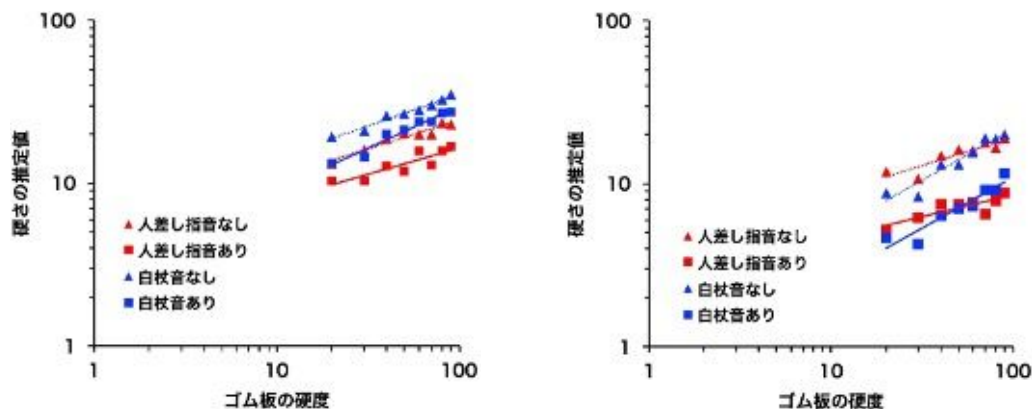
本研究では、ある分析時間窓(20 ms~80 ms)に対して MFCC 特徴(8~24次元)を分析窓幅の1/3~1/2でシフトしながら切り出し、打撃音の特徴ベクトル列を抽出した。特徴抽出処理には汎用的な信号処理ツールキットである SPTK [3] の各種プログラムを用いた。対象音は人が白杖をもって叩いた場合のものとし、次の条件の組からなるデータの組ごとに混合ガウスモデル(GMM)を構成した。握り方(p, pv, t, sの4種類)、ゴムの固さ(20度~90度まで8種類)。なお、握り方については標準握りをs、ペン握りをp(親指が上側)またはpv(人差し指が上側)、包丁握りをtと略記する。握り方と固さ条件のそれぞれの音データを対象にMFCC特徴列を算出し、その握り方と対象物の固さに固有の音の特徴(MFCC系列の統計的性質)をGMMによってモデル化する。各条件の音データのうち、8割を学習データ、2割を評価データとした10通りの組み合わせについて実験を行い、未知データ(未学習データ)に対する分類精度の平均値を求めた。GMMの学習と評価には前処理と同様にSPTKを利用し、gmmならびにgmmpコマンドを用いた。各混合ガウス分布の初期値は学習データの平均値を与え、複雑さに相当するガウス分布の数は16とした。その結果、全体的な性能について見ると、握り方が一定(固定)の条件なら対象物の固さを約86%の精度で分類できること、握り方による分類性能に大きな差は見

られないことが分かる。固さによる差はそれほど大きくはないものの、総じて見ると固いほうが分類しやすく、柔らかい方の分類が難しいことが分かる。分類時の誤り傾向について調査したところ、誤認識されたものは固さの近いクラスに多く含まれていることが分かった。具体的には、推定した固さが正解の $\pm 10$ のものは全体の約10%、 $\pm 20$ のものは約3%あった。このことから、固さ推定を $\pm 10$ 度あるいは $\pm 20$ 度まで許容した場合には、それぞれ約96%、約99%の精度で分類できたことになる。固さの近いクラスで誤りが多いことから、固さを表す特徴は特徴空間内でも類似しており、ある種の連続性があることが示唆された。また、複数種類の握り方によって生じた音情報から固さの分類がどの程度可能か、また握り方による打撃音の差異がどの程度かを検証することが目的として、握り方と打撃音の特徴の関係を確認するため、4種類の握り方のデータが混在したデータからGMMを学習した。全体的な性能について見ると、約84%の精度で分類できた。握り方による差異はそれほど大きなものではないことが示唆される。総じて見ると固いほうが分類しやすく、柔らかい方の分類が難しいことが分かる。また、固さの誤差を許容した場合、硬度 $\pm 10$ で約94%、硬度 $\pm 20$ で約98%の精度で分類できていたことが分かった。これにより、握り方による音への影響は固さに比べると小さい可能性が示され、固さを判別する際には握り方による差異は比較的小さなものであることが分かった。

## 研究2：全盲ユーザとアイマスク晴眼者による白杖を用いた硬さ推定

実験1から4で得られた結果を図2(a)と2(b)にまとめた。全盲者では白杖を用いて対象の硬さを推定する場合、白杖が対象と接触した時に生じる音情報の影響を受けていることが示唆される。一方、アイマスクをした晴眼大学生の結果を示す図1(b)において、人差し指の傾きは、音の有無に関係無く、視覚障害者と同程度に緩やかであった。しかし、白杖では音の有無に関係無く、人差し指に比べて急であった。そのため、晴眼大学生は、白杖を使ったときに聴覚情報の影響を受けずに、相対的に人差し指で直接叩くよりも対象物の硬さを認識できることになる。

図2(a)研究2実験1・2 視覚障害参加者の結果 図2(b)研究2実験3・4 晴眼大学生参加者の結果



## 総合考察

白杖が硬さ情報を強調する道具になっていることが分かった。指も白杖も、柔らかいときには硬さについての感覚が良く、硬くなるにつれて感覚が悪くなるが、「指で直接触れるよりも白杖の方が硬度に対する硬さを弁別できる範囲が広い」ことが明らかになった。そして、視覚障害者は、硬さを推定する際に聴覚情報と触覚情報の両方を使うことが有効であり、アイマスクをした晴眼者では触覚情報が優位で、聴覚情報を利用していないことが示唆された。そのため、移動支援の道具を設計する場合には、触覚情報と聴覚情報の両方を提供する必要がある。また、触覚情報と聴覚情報の両方を利用する様な場面に用いる視覚障害支援の道具・機器開発の評価において、アイマスクをした晴眼者を評価者とする場合には、視覚障害者と聴覚情報の利用が異なる点に注意が必要であろう。音に基づく物体の検出と認識に関する論文は相当数あるが、白杖を用いて能動的な探索をする際に聴覚情報と触覚情報がどのように利用されているのかというテーマに関する論文は、ほとんど見つからなかった。センサーやGPSなどを利用した、電子白杖の開発が進められてきているが、まだまだ普及が進んでいない。また、災害時や移動環境の条件によっては、それらの機能が使えない状況も生じる。そのため、既存の白杖は、その利用がまだ続くと考えられる。本研究を発展させて知見を得ることにより、次のような成果が期待できる。1) 現在使用されている白杖の利用方法を学ぶ歩行訓練プログラムに音響情報利用に関する新しい知見を加えることによって、視覚障害者の移動支援に役立てることができる。さらに、2) VRを利用した歩行訓練システムの開発に役立てることができる。また、3) 間接触や聴覚と触覚のマルチモーダルのメカニズム解明にも役立てることが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takeshi Tanabe, Kiyohiko Nunokawa, Kouki Doi, Shuichi Ino	4. 巻 11
2. 論文標題 White Cane-Type Holdable Device Using Illusory Pulling Cues for Orientation & Mobility Training	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 28706 - 28714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2023.3259965	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 -

1. 著者名 布川清彦, 田辺健, 土井幸輝, 酒向慎司, 関喜一, 井野秀一	4. 巻 121
2. 論文標題 白杖を用いた硬さ推定における音情報利用に関する予備的研究 - 全盲ユーザとアイマスク晴眼者の比較 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 (WIT2021-12)	6. 最初と最後の頁 59-62
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 -

1. 著者名 Takeshi Tanabe, Kiyohiko Nunokawa, Kouki Doi, and Shuichi Ino	4. 巻 -
2. 論文標題 Identification of Physical Factors Contributing to Hardness Perception of Objects During Indirect Tapping Using White Canes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE World Haptics Conference 2021	6. 最初と最後の頁 451-456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WHC49131.2021.9517141	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 布川清彦, 田辺健, 滝沢穂高, 土井幸輝, 井野秀一	4. 巻 121
2. 論文標題 白杖グリップにおける牽引力錯覚を用いた情報提供デバイス開発に向けた振動イメージ測定の試み - 下方への振動に対するイメージ -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 (WIT2021-14)	6. 最初と最後の頁 1-4
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 -

1. 著者名 田辺健, 布川清彦, 土井幸輝, 井野秀一	4. 巻 26
2. 論文標題 白杖を用いた間接的なタッピングによって発生する振動・打撃音・反力と硬さ知覚の関係	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集	6. 最初と最後の頁 2E1-4
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 -

1. 著者名 Takeshi Tanabe, Kiyohiko Nunokawa, Kouki Doi, and Shuichi Ino	4. 巻 30
2. 論文標題 Training System for White Cane Technique using Illusory Pulling Cues Induced by Asymmetric Vibrations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering	6. 最初と最後の頁 203-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNSRE.2022.3148770	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 Nunokawa, K., Tanabe, T., Takizawa, H., Doi, K., & Ino, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Navigation for precise walking of blind people based on pulling illusion devices embedded in white canes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech)	6. 最初と最後の頁 235-238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LifeTech53646.2022.9754872	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 Takeshi Tanabe; Kiyohiko Nunokawa; Kouki Doi; Shuichi Ino	4. 巻 -
2. 論文標題 Contribution of Vibration, Tapping Sound, and Reaction Force to Hardness Perception During Indirect Tapping Using a White Cane	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Haptics( Early Access )	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TOH.2022.3155106	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 酒向慎司, 布川清彦, 田辺健, 土井幸輝, 関喜一, 井野秀一	4. 巻 23
2. 論文標題 白杖で叩くことによって生じる音情報を用いた自動固さ識別と固さの知覚に関する考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会研究報告集	6. 最初と最後の頁 1, 4
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 -

1. 著者名 布川清彦, 田辺健, 近井学, 酒向慎司, 関喜一, 土井幸輝, 井野秀一	4. 巻 45
2. 論文標題 白杖が対象を叩いた時に生じた音響情報・振動情報と対象の硬さとの関係 - 周波数分析の試み -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第45回 (2019年) 感覚代行シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 21, 24
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15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 布川清彦, 田辺健, 土井幸輝, 酒向慎司, 関喜一, 井野秀一
2. 発表標題 白杖を用いた硬さ推定における音情報利用に関する予備的研究 - 全盲ユーザとアイマスク晴眼者の比較 -
3. 学会等名 第112回福祉情報工学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeshi Tanabe, Kiyohiko Nunokawa, Kouki Doi, and Shuichi Ino
2. 発表標題 Implement of the Training System for White Cane Technique using Haptic Illusion
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Takeshi Tanabe, Kiyohiko Nunokawa, Kouki Doi, and Shuichi Ino
2. 発表標題 Identification of Physical Factors Contributing to Hardness Perception of Objects During Indirect Tapping Using White Canes
3. 学会等名 IEEE World Haptics Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 布川清彦, 田辺健, 滝沢穂高, 土井幸輝, 井野秀一
2. 発表標題 白杖グリップにおける牽引力錯覚を用いた情報提供デバイス開発に向けた振動イメージ測定の試み - 下方向への振動に対するイメージ -
3. 学会等名 第114回福祉情報工学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田辺健, 布川清彦, 土井幸輝, 井野秀一
2. 発表標題 白杖を用いた間接的なタッピングによって発生する振動・打撃音・反力と硬さ知覚の関係
3. 学会等名 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田辺健, 布川清彦, 土井幸輝, 井野秀一
2. 発表標題 視覚障害者の白杖操作のための牽引力錯覚を利用した訓練システムの開発
3. 学会等名 電気学会知覚情報研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nunokawa, K., Tanabe, T., Takizawa, H., Doi, K., & Ino, S.
2. 発表標題 Navigation for precise walking of blind people based on pulling illusion devices embedded in white canes
3. 学会等名 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒向慎司, 布川清彦, 田辺健, 土井幸輝, 関喜一, 井野秀一
2. 発表標題 白杖で叩くことによって生じる音情報を用いた自動固さ識別と固さの知覚に関する考察
3. 学会等名 第181回ヒューマンインタフェース学会研究会「高齢者、障がい者支援技術および一般 (SIGACI-27)」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 布川清彦, 田辺健, 近井学, 酒向慎司, 関喜一, 土井幸輝, 井野秀一
2. 発表標題 白杖が対象を叩いた時に生じた音響情報・振動情報と対象の硬さとの関係 - 周波数分析の試み -
3. 学会等名 第45回感覚代行シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 布川清彦, 近井学, 関喜一, 土井幸輝, 井野秀一
2. 発表標題 視覚障害リハビリテーションに資するための白杖による硬さ情報取得における学習効果に関する実験的検討
3. 学会等名 第18回日本VR医学会学術大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究者情報 <a href="https://poti.tiu.ac.jp/kgResult/japanese/researchersHtml/0166440/0166440_Researcher.html?_gl=1*op60y0*_ga*MTc0NDh0NDY1ODQxNjY3MTk1OTY3*_ga_5D86V2DKPR*MTY4NDExMTQ4Ni40Mi4wLjE2ODQxMTE0ODYyNjAuMC4w">https://poti.tiu.ac.jp/kgResult/japanese/researchersHtml/0166440/0166440_Researcher.html?_gl=1*op60y0*_ga*MTc0NDh0NDY1ODQxNjY3MTk1OTY3*_ga_5D86V2DKPR*MTY4NDExMTQ4Ni40Mi4wLjE2ODQxMTE0ODYyNjAuMC4w</a> 研究業績ページ <a href="https://tiu-op-prtl.tiu.ac.jp/kg/japanese/researchersHtml/060704/060704_Researcher.html">https://tiu-op-prtl.tiu.ac.jp/kg/japanese/researchersHtml/060704/060704_Researcher.html</a> 東京国際大学 研究業績システム 布川清彦 <a href="https://tiu-op-prtl.tiu.ac.jp/kg/japanese/researchersHtml/060704/060704_Researcher.html">https://tiu-op-prtl.tiu.ac.jp/kg/japanese/researchersHtml/060704/060704_Researcher.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
研究分担者	井野 秀一  (Ino Shuichi)  (70250511)	大阪大学・大学院工学研究科・教授   (14401)	
研究分担者	関 喜一  (Seki Yoshikazu)  (60357316)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・上級主任研究員   (82626)	
研究分担者	酒向 慎司  (Sako Shinji)  (30396791)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授   (13903)	

	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
連携研究者	田辺 健  (Tanabe Takeshi)  (60847557)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員   (82626)	

#### 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
---------	---------