

機関番号：32402

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500487

研究課題名（和文） 機器の身体化を指標とする身体補完技術の評価システムモデルの構築

研究課題名（英文） Construction of a model of the evaluation system for Assistive Technology that use tool-body assimilation as index

研究代表者

布川 清彦（NUNOKAWA KIYOHICO）

東京国際大学・人間社会学部・准教授

研究者番号：90376658

研究成果の概要（和文）：全盲者の白杖利用を対象として対象認知のために必要となる感覚情報を特定し、感覚情報と機器の身体化との関係を明らかにするために、マグニチュード推定法を用いて、利き手で握った白杖を用いた場合のゴムの硬度と硬さ感覚の関係を実験的に明らかにした。これにより白杖ユーザの移動支援のために、1)触覚と聴覚というマルチモーダルな情報提供を行う道具としての白杖に関する基礎的知見と、2)それに対応する環境側のデザインを考察するための手がかりが得られた。

研究成果の概要（英文）：We investigate tool-body assimilation resulting from experiment that to understand basic tactile perception using white canes, we compared tapping and pushing methods using the index finger and using a white cane, with and without accompanying auditory information. Results indicated that when using a white cane to estimate the hardness of a target, it is most effective to have two different modalities of tactile and auditory information derived from tapping.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：実験心理学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：支援機器，白杖，視覚障害，評価システム，身体化

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、平成17年度から18年度にかけて科学研究費補助金の課題として、視覚障害者をモデルとした「高齢・障害当事者のコミュニティ参加を促進するナビゲーションシステムの在り方」を検討した。そこでは、生活者としての人と変化に富むまちのインタラクションという生態学的な視点から、人的支援（まちづくりのコーディネータ等）を含めたトータルなナビゲーションシステムについて、ア）生活者・当事者としての人的

特性、イ）人をいざなう環境としてのまちの特性、ウ）人とまちの間を埋める支援技術の3つの視点から総合的にアプローチすることを試みた。これらのアプローチのうち、ア）生活者・当事者としての人的特性においては、視覚障害者のまちでの移動特性に関する研究を実施し、視覚障害者がまちの中を移動する場合に、環境からどのような情報を得ているのか、また情報を得るためにどのような行動（働きかけ）をしているのかについて、実際にまちの指定した場所へ移動するという問

題解決場面から分析するアクションリサーチを行ってきた。既知の場所への移動と未知の場所への移動の2場面を設定し、インタビューや当事者の視点に設定したVTRによる移動中の映像と逐語の収録、そして、観察者の立場からの移動の行動観察という3つの生態学的アプローチを用い、条件分析を含む実験的検討を行った。その結果、特に視覚障害者に特化したナビゲーションシステムである視覚障害者誘導用ブロックの利用については、移動する際の白杖と足裏の利用方法という点から、視覚障害者を大きく5つに分類できることが分かった。さらに、触圧センサーを利用することにより、状況に応じて歩き方や体重のかけ方を変えて、足底からの情報入手を行っていることが分かった。この研究の過程で、申請した課題の目的を超えて、視覚障害者の白杖利用に関する次の2点の発見が得られた。1)単に移動のために用いる場面での白杖利用の方法と、探索する対象を見つけた時に用いる方法には違いがある。2)白杖利用を日常的に行っている視覚障害者の中には、白杖が自分の手の延長のように思える場面があると報告する人がいる。白杖が手の延長のように思えるという報告内容は、これまでに心理学において「道具の身体化」として扱われてきた問題である。道具の身体化とは、使い慣れた道具を使用するとき、道具がまるで自分の身体の一部のような感じがするという経験である。これまでに、道具が身体化するためには習熟の過程が必要であることが指摘されてきている。しかしながら、身体化の有無によって具体的に取得される情報に違いがあるのかどうか、取得される情報の視点から身体化のために必要となる条件は何かといった点については、それほど研究が進んではいない。そして、支援技術における情報の視点の重要性については、求心性情報(感覚情報)―脳―遠心性情報(手足の筋肉等)という情報のフィードバック・ループという点から述べられてきている(伊福部, 2004)。白杖は、シンプルな支援機器(道具)である。白杖がどのような過程を経て身体化するのか、そして、その身体化の条件は何であるのかを、環境から取得される情報という視点から明らかにすることを通して道具の身体化を定義し、機器の有効性とユーザビリティを評価するための手がかりとすることができると考えた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、身体機能を補う機器がどれだけユーザ本意のものであるのかに焦点をあて、a) 身体機能補完技術の種類によって身体化の有無が異なるのかどうかを調査し、その理由を探り、b) 全盲者の白杖利用を対象として対象認知のために必要となる感覚情

報を特定し、感覚情報と機器の身体化との関係を明らかにすることで機器の身体化を指標とする身体機能補完技術の評価システムモデルを構築することである。

## 3. 研究の方法

### (1) 参加者

20代から30代までの日常的に白杖を用いる先天盲者と晴眼者の2群を参加者として心理実験を行った。全ての参加者がアイマスクを着用した(全盲者においても光覚が活用されている場合があるため)。また、聴覚情報を制限する条件では、耳栓とイヤーマフを装着した。

### (2) 手続き

白杖による探索行動によって知覚することが可能な環境情報を明らかにするために、知覚対象のa)硬さ、b)テクスチャー(肌理)に関する感度測定(人差し指による直接接触と白杖による間接触の比較)を行った。対象の硬さを条件とした実験では、押すと叩くという二つの異なる接触方法が用いられた。硬さとテクスチャー(肌理)のどちらについてもマグニチュード推定法を用いて、対象の属性に対する感度を測定した。マグニチュード推定法は、実験参加者に一連の刺激を呈示し、刺激の主観的な大きさに対応する数値として反応するという感覚の大きさの直接的な測定法である。この方法は様々な刺激について測定が行なわれてきており、「刺激の物理的強度」と実験参加者の反応から推測される「感覚の大きさ」との対応関係を調べるための方法である。この方法は、各刺激に対する反応が1回だけで良く、実験実施の時間が短くてすむため、視覚障害や高齢の実験参加者の負担をかなり減らす事ができた。また、道具の身体化については、本人の主観的な部分であることから、全ての参加者に身体化経験の有無と関連する事項についてヒアリングを行った。

### (3) 装置及び実験材料

使用した白杖(ジオム社)は、主体がアルミニウム合金シャフト(軽金属)で、長さは1200mmであった。そのうち、ゴムのグリップ部は260mmで、ナイロン製石突部が75mmであった。また、重さは約200gであった。

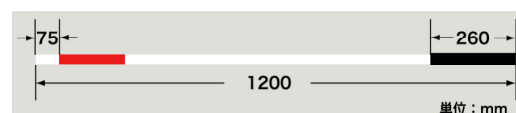


図1 白杖の大きさ

硬さを推定する対象として、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、20度から10

度刻みで90度までの8種類であった(単位: JIS A; (株) テクロック社製デュロメーター硬度計GS-719GタイプAで計測, 昭和ゴム株式会社製)。

肌理の粗さを推定する対象として, 18種類の耐水研磨紙(三共理化学株式会社)を用いた。研磨紙の平均粒子径は, 6.7

(#2000) から  $279\mu\text{m}$  (#60) であった(括弧内は粒度)。耐水研磨紙は, 指でなぞる場合には縦1cm×横25cmに切り取られたスリットを持つ型紙を用意し, スリットを通して接するように指の接触範囲を制限した。また, 白杖を使用してなぞる場合には, 縦23cm×横25cmの枠で固定された。

#### 4. 研究成果

##### (1) 主な成果

全盲者の白杖利用を対象として対象認知のために必要となる感覚情報を特定するために行われた心理実験のうち, 対象の硬さを条件とした実験でユニークな成果が得られた。それは, 日常生活で白杖を利用している全盲者が, 触覚情報を取得するための道具である白杖を硬さに関する聴覚情報を作る, 叩いて音を出すための道具として利用するというものである。

硬さ条件で聴覚情報を制限した場合に, 晴眼大学生と日常的に白杖を利用して単独歩行する全盲者の間には, 異なる傾向が得られた。ここでは, 触覚情報のみの効果を検討するために, 参加者が耳栓とイヤーマフを装着することにより聴覚情報を制限した。

表1 叩く方法と押す方法を用いて聴覚情報を制限した条件下でゴムの硬さに対するマグニチュード推定法による冪指数の一覧

	叩く		押す	
	人差し指	白杖	人差し指	白杖
晴眼大学生	0.47	0.65	0.63	0.59
全盲障害者	0.34	0.4	0.44	0.32

マグニチュード推定法の結果として得られた冪指数は, 値が1に近いほど物理的な硬さの変化に対する感度が高いと言える。

晴眼大学生を参加者として得られた冪指数は, 人差し指で叩く条件では0.47, 白杖で叩く条件では0.65, 人差し指で押す条件では0.63, 白杖で押す条件では0.59であった。従って, 晴眼大学生では, 人差し指の先を用いる場合には, 叩くのか押すのかという探索方法によって冪指数が異なり, 叩く方法よりも押す方法で冪指数が大きいことから, 押す方が叩くよりも硬さの変化に関する感度が相対的に良いと言える。そして, 白杖を用いた場合には, 叩くのか押すのかという探索方

法の違いは硬さ感覚には影響せず, 人差し指で叩くよりも感度が良い事が明らかになった。一方, 日常的に白杖を利用する全盲者は, 人差し指で叩く条件では0.34, 白杖で叩く条件では0.4, 人差し指で押す条件では0.44, 白杖で押す条件では0.32であった。従って, 人差し指の先か白杖の先か, そして, 叩くのか押すのかという違いのどちらについても, 設定した条件は硬さ感覚には影響せず, その冪指数が小さいことから, 硬さの変化に関する感度が低かった。つまり, 白杖を利用して対象の硬さを知覚する場合に, 日常的に白杖を利用する全盲者の方が晴眼大学生よりも相対的に感度が低いことになる。

この晴眼大学生と全盲障害者の違いは, それぞれが日常の移動において利用する情報の質と量の違いに有ることが考えられる。晴眼大学生は様々な情報を利用しながら移動しているが, 最も多く利用しているのは視覚情報であろう。しかし, 全盲障害者は視覚情報が制限されており, 聴覚情報と触覚情報の利用が多く, 全盲障害者が白杖を利用して対象の硬さ知覚を行う際に, 聴覚情報の有無によって感度が異なり, 聴覚情報を同時に利用することが考えられる。日常生活の移動で聴覚情報をあまり使っていなかった晴眼大学生では, 対象の属性(本条件では硬さ)を知覚する際に聴覚情報を必要とせず, 白杖で対象を叩くことによって得られる手から伝達される触覚情報のみによって対象の属性を知覚する事ができ, 聴覚情報を利用する全盲障害者は触覚情報のみでは対象の属性を知覚することが難しいと考えられる。

この点を明らかにするために, 耳栓とイヤーマフを装着しない事で聴覚情報を制限しない条件下で, 晴眼大学生と全盲者に叩く方法を用いて同じ実験を行った。その結果, 聴覚情報を制限しない(音あり)条件で, 全盲者の感度が晴眼大学生と同程度に高まる事が確認された(図2, 図3)。

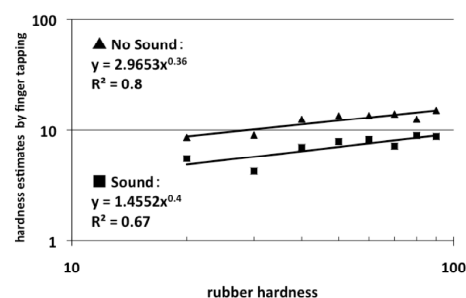


図2 全盲者における人差し指の先で叩く条件でのゴムの硬度と硬さ感覚の関係

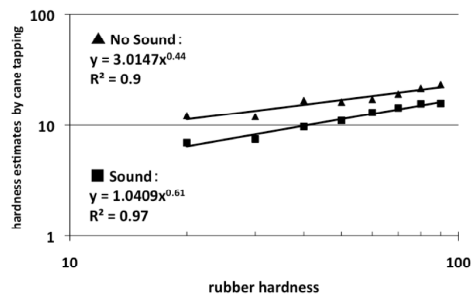


図3 全盲者における白杖の先で叩く条件でのゴムの硬さと硬さ感覚の関係

聴覚情報の有無に関わらず人差し指の先を用いて叩いた場合と聴覚情報を制限して白杖で押した場合は、ほぼ同じ程度で相対的に小さい冪指数が得られた。そして、聴覚情報を制限しないで白杖を用いた場合の冪指数は、叩いても押しても先の3条件よりも大きいため、白杖を叩くことによって得られる手から伝達される触覚情報と叩いたときに生じる聴覚情報の両方を同時に利用した方が硬さの変化に関する感度が相対的に良い事になる。聴覚情報を制限した条件で人差し指を用いた場合、叩くよりも押す方法の方が冪指数がより大きいのは、硬さという触特性を他の感覚情報を使わずに手で直接で探る場合には、押すという動作が有効である事が考えられる。また、聴覚情報を制限していないにも関わらず、人差し指で叩く方法において冪指数が相対的に小さいのは、指で叩いた時に生じる音が硬さ推定の手がかりとしては不十分であり、逆に、白杖で叩いたときに生じる音には硬さ推定の手がかりになる周波数成分が含まれているか、あるいは、より強調されており、全盲者は日常生活における聴覚情報の利用により、この聴覚情報の利用が可能になっていることが考えられる。そのため、白杖による対象認知においては、白杖を通して手から得られる触覚情報だけではなく、白杖によって作られる聴覚情報についても考慮する必要があると言えよう。この点については、今後、聴覚情報と硬さ感覚の関係に関する実験を行うことにより検証する。

### (2) 国内外における位置づけとインパクト

主な成果を国内外の学会で発表したことにより、視覚障害リハビリテーション研究者とロボット開発の研究者から本研究成果の詳細について問い合わせがあった。視覚障害リハビリテーションにおいては、白杖を利用した環境認知の熟達に関わる基礎的な知見が得られた事により、その教育プログラムに資する事ができる。合わせて、全盲者の白杖を利用した単独歩行を支援する福祉のまちづくりデザインに資する事ができる。また、ロボット開発においては、道具や布のような素材を媒介として対象を知覚する「間接触」

の基礎的なメカニズムを明らかにし、習熟と合わせて道具の身体化に関する基礎的な知見を得たことにより、操作系のユーザビリティの点に資する事ができる。

### (3) 今後の展望

本研究の結果から、白杖ユーザの移動支援のために、1)対象の知覚属性と対応する周波数成分を特定し、2)対象の知覚属性に関与する音の周波数成分を強調するような材料や構造の工夫を行い、さらに、3)周囲の素材と異なる音と硬さを特性として持つような素材を利用したランドマークデザインについて検討を進めることが必要であると考えられる。また、触覚による対象認知の特性には、硬さ以外に肌理の粗さ(テクスチャー)、全体の形、部分の形、重さなどがあり、白杖によってどの特性の認知が可能であるのか、またその範囲がどれ位であるのかに関する知見を集める事により、白杖を利用した環境認知の可能性について考察を進めることができるであろう。

さらに、これまでに成人の晴眼大学生と全盲者を参加者として道具の身体化について実施してきた 1)心理実験を更に進めると共に、取得される情報と習熟という2つの視点から、新たに2)動作解析と筋電測定、3)センサによる情報解析を行い、さらに誰が用いるのかというユーザ自身の視点から、失明時期、白杖利用教育の有無、日常生活での移動環境、加齢による感覚・認知機能の低下や学習機能の変化といったユーザ自身の特性を研究に組み込み、4)ユーザ自身の特性と情報取得のための動作との関係を明らかにすることにより、様々な心身機能・身体構造を持つユーザが作る情報取得のための動作と取得される情報との関係を明らかにし、身体化を促進するためにユーザそれぞれに適した効率的な学習方法・内容について検討する。これらの研究をまとめ、よりユーザ本意である白杖利用の方法に関するプログラムを開発し、支援機器の身体化を促進するための(教育・訓練)プログラムのモデルとする。

本研究において白杖を対象として開発される生活機能補完技術(支援機器)の身体化促進プログラムのコンセプトは、道具とユーザの関係という視点から身体化の過程を明らかにする事が研究の基盤となっていることから、多様な障害や経年による変化を伴うユーザとある種の支援機器に対しても適応可能であると考えられる。また、白杖の身体化促進プログラムは、これまでに確立されてきている白杖を用いた歩行訓練プログラムの発展に資する事ができると考えられ、同時に、白杖による対象の認知が可能となることで、まちの中や鉄道駅といった視覚障害者の移動空間に、あらかじめ白杖による認知を想

定したランドマーク(位置を示す様々な目印)を用意しておくことも移動支援の視点からは有効となり、福祉のまちづくりデザインにも役立つ。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

1. 布川 清彦, 井野 秀一, 伊福部 達, 白杖を用いた対象の知覚に関する基礎的研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集, 無, 2008, pp.527-530
2. 布川 清彦, 井野 秀一, 井手口 範男, 白杖を利用した対象認知の方法に関する実験的考察, 人間工学第 45 巻特別号 (日本人間工学会第 50 回記念大会講演集), 無, 2009, pp.202-203
3. 布川 清彦, 井野 秀一, 伊福部 達, 白杖による対象認知の精度を高める操作方法対象の硬さ推定, 第 35 回 (2009 年) 感覚代行シンポジウム講演論文集, 無, 2009, pp.65-68
4. Nunokawa, Kiyohiko, Ino, Shuichi, An Experimental Study on Target Recognition Using White Canes Proceedings of the 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society "Merging Medical Humanism and Technology", 有, 2010, pp.6583-6586

[学会発表] (計 17 件)

1. 布川 清彦, 白杖を用いた対象の硬さ知覚指先と白杖によるゴムの硬さ知覚, 日本応用心理学会第 75 回大会, 2008 年 9 月 15 日, 横浜国立大学
2. 布川 清彦, 井野 秀一, 伊福部 達, 白杖を用いた対象の知覚に関する基礎的研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008, 2008 年 9 月 2 日, 大阪大学コンベンションセンター
3. 布川 清彦, 井野 秀一, 伊福部 達, 白杖による対象認知の精度を高める操作方法, 第 35 回感覚代行シンポジウム, 2009 年 12 月 8 日, 産総研臨海副都心センター別館バイオ・IT 融合研究棟
4. 布川 清彦, 井野 秀一, 白杖を用いた間接的な触覚特性に関する実験的検討 日常利用 (視覚障害) の有無による硬さ知覚の違い, 第 10 回 (社) 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009 年 12 月 24 日, 芝浦工業大学豊洲キャンパス
5. Nunokawa, Kiyohiko, Ino, Shuichi, An Experimental Study on Target Recognition Using White Canes, 32nd Annual International Conference of the IEEE

Engineering in Medicine and Biology Society "Merging Medical Humanism and Technology", 2010 年 9 月 4 日, Buenos Aires Sheraton Hotel, Buenos Aires, Argentina  
6. 布川 清彦, 井野 秀一, 伊福部 達, 白杖を用いた対象のテクスチャー知覚に関する実験的研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010, 2010 年 9 月 9 日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス

[その他]

ホームページ等

<http://www.tiu.ac.jp/~nunokawa/>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

布川 清彦 (NUNOKAWA KIYOHICO)

東京国際大学・人間社会学部・准教授

研究者番号: 90376658

(2) 研究分担者

伊福部 達 (IFUKUBE THORU)

東京大学・先端科学技術研究センター・特任教授

研究者番号: 70002102

井野 秀一 (INO SHUICHI)

産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号: 70250511

(3) 連携研究者

中邑 賢龍 (NAKAMURA KENRYU)

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号: 70172400

井手口 範男 (IDEGUCHI NORIO)

徳山大学・福祉情報学部・准教授

研究者番号: 90396929

大河内 直之 (OKOCHI NAOYUKI)

東京大学・先端科学技術研究センター・産学官連携研究員

研究者番号: 50447330