

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04561

研究課題名(和文) 視覚障害者に特有な質感知覚特性に基づく触覚・聴覚拡張技術

研究課題名(英文) Tactile and auditory augmentations based on the mechanism of perceptions acquired by visually impaired people

研究代表者

伊福部 達 (Ifukube, Tohru)

東京大学・先端科学技術研究センター・名誉教授

研究者番号：70002102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：視覚障害者の効果的な感覚代行・拡張手法を開発するために、視覚障害者による触覚と聴覚の「質感」を調査し、質感を提示する触覚デバイスを試作した。151名の視覚障害者の協力を得て(A)日常生活場面で聴覚・触覚情報をどのように利用しているかを明らかにした。それを基に、(B)触覚・聴覚表示システムのプロトタイプを設計した。触覚表示では、10mm×10mmの領域に64本の振動ピンを配置し、様々な触感を表示するデバイス(Tactule-64)を開発した。さらに(C)触覚コントローラ(TactCon)に応用し、ゲームを通じてその有用性を実証するとともに、触感を提示できる視覚代替・拡張手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

先天的な視覚障害者に加えて、高齢者の増加とともに失明に至る人たちも増えている。代表者らは、視覚障害者のための感覚代行を設計する上で、環境や文字・画像の情報を符号化して伝えるだけでなく、環境、物体、音声の持つ「質感」を提示する重要を示してきた。

本研究では、触覚や聴覚を通して視覚的なイメージを惹起させる感覚代行・拡張手法を設計するために、質感をどのように知覚しているかを調べ、質感を提示できるシステムを試作した。その成果は、視覚障害者の支援に活かされるとともに、バーチャルリアリティ(VR)や各種ゲームなどのICT産業へも貢献することから、研究の社会的意義は高い。

研究成果の概要(英文)：In order to develop effective sensory substitution and reinforcement methods for the visually impaired, we investigated tactile and auditory "textures" by the visually impaired and developed a prototype tactile device that presents textures. First, with the cooperation of 151 visually impaired persons, we determined (A) how they use auditory and tactile information in everyday life situations.

Based on the results, we designed a prototype of (B) a tactile and auditory display system. For the tactile display, we developed a device (Tactule-64) that displays various tactile textures by placing 64 vibrating pins in a 10 mm x 10 mm area.

Furthermore, (C) we applied it to a tactile controller (TactCon) and demonstrated its usefulness through games, and proposed a new visual substitution/enhancement method that enables tactile texture presentation.

研究分野：医療福祉工学

キーワード：視覚障害 触覚特性 聴覚特性 質感知覚 感覚代行 感覚拡張 クロスモーダル バーチャルリアリティ

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究代表者らは過去に、視覚障害者の聴覚を介して環境情報を提示する「超音波メガネ」や文字情報を音声と触覚情報で提示する「触覚ジョグダイヤル」などの視覚代行方式を開発してきた。一方では、視覚障害者が音色の違いで環境を知覚する「障害物知覚」のメカニズムを調べ、障害物知覚では環境音の「質感」を手掛かりにしていることを示してきた。

それらの研究から、視覚代行を設計する上で、環境や文字・画像の情報を符号化して伝えるだけでなく、環境や物体さらに音声の持つ「質感」を提示する重要性を示してきた。その間に、バーチャルリアリティ (VR) や人間拡張技術の著しい進歩があり、質感知覚を調べるための様々な方法とそれを提示する基礎技術も開発されてきた。そのような背景のもとで、本課題を提案することとした。

2. 研究の目的

視覚障害者のために効果的な感覚代行・拡張手法を提案することを目標とし、視覚障害者によって知覚される触覚と聴覚の「質感」について心理物理的な手法で調べ、晴眼者との質感知覚特性と比較しながら、質感の最適な提示方法を提案することが目的である。特に、視覚障害者の

- (1) 聴覚による環境情報と音声の質感知覚特性
- (2) 触覚による材質・テクスチャの質感知覚
- (3) 触覚と聴によるマルチモーダル知覚

の3項目に焦点を当てて調査し、

その結果に基づいて感覚代行・拡張手法を検討した。

初年度 (2020 年度) は、主に視覚障害者を対象としたアンケート調査と、指先へ触覚提示する実験システム (Tactule-64) の設計・開発を行った。次年度以降は、触覚提示システムの改良とそれを使ったゲームを通じて、触覚提示の有用性を考察した。

3. 研究の方法

- 図1に示したように、上記目的の3項目につき、
- (A) 視覚障害者への質感知覚に関する聞き取り/アンケート調査
 - (B) 触覚・聴覚への同時提示のための実験システムの設計・開発
 - (C) システムを用いた質感知覚の実験的評価
- という3段階を経て、視覚障害者への質感提示・感覚拡張指針を提言する。

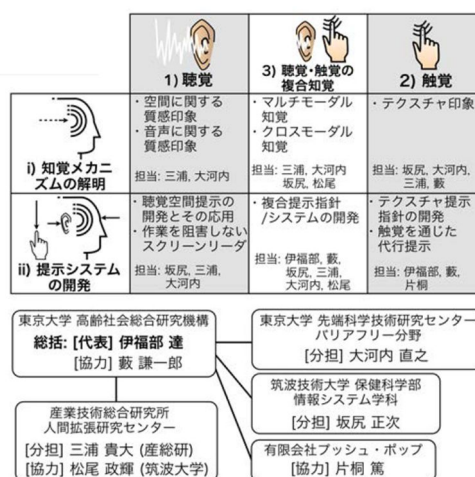


図1 研究方法と実施体制

4. 研究成果

- (A) 視覚障害者への質感知覚に関する聞き取り/アンケート調査について。
 弱視者、全盲者を含む 151 人によるアンケート調査を行った。調査では日常で手がかりにしている質感をオノマトペ等で答へさせた。ここで、手がかりとしている質感を ADL (Activity of daily living) の項目(condition)ごとに聴取し、得られたデータ統計的に分析し、5段階 (value1 ~ 5) に分類した。

触感手掛かりの結果の例を図2に示した。まず、弱視者よりも全盲者の方が、生活上の場面で聴覚・触覚情報をより多く手がかりにすることを確認した。

有意に手がかりにされるケース(value 3 以上)として、掃除(clean)、料理(cook)、皿洗い(dishwash)、着替え(dress)、食事(eat)、爪切り(nails)、買い物(shop)、音声通話(voice phone)、などがあり、晴眼者との違いが浮き彫りにされた。また、音の質感と異なり、「フワフワ」、「ゴワゴワ」、「ツルツル」、「サラサラ」、「ザラザラ」という表現が多かったことも特徴的である。

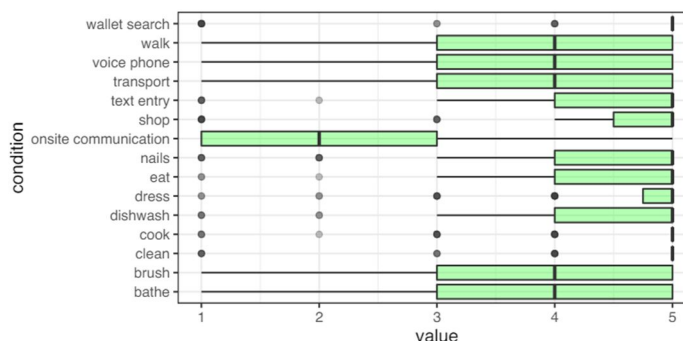


図2 全盲者の触覚利用に関するアンケート結果

(B) 触覚・聴覚への同時提示のための実験システムの設計・開発について。

次に、触覚への質感情報を提示するための触覚デバイスを開発した。本デバイス (Tactule-64) は、図 3 (a) (b) に示したように、まず約 10mm の正方形に 8 行 8 列の振動ピンが配置された触覚提示マトリクスからなる。先行研究の試作機と比べて、ピン配置を高密度にしたことと、振動のパターン変更のレートを上げて滑らかな変化を提示できるようになった。また、各振動ピンの周波数や強度は独立に変えることができるようにした。

一方、振動デバイスの背面に開けた窓からレーザを当てて、その反射から振動ピンの変位を測定できるようにして、色々な硬さを持つゴム版をデバイス上に乗せた時の振動振幅を調べた。その結果、図 3 (c) に示したように、皮膚硬さ (約硬度 10) を中心に振動振幅が変わることから、振動の振幅や周波数の違いで物体の硬さ情報を推測できることが分かった。本デバイスを用いて、どのような振動パターンでどのような質感を得られるかを調べるためのツールを完成させた。今後は、本デバイスを用いて、環境、物体、音声の持つ質感を提示させる方式について研究を進めていきたい。

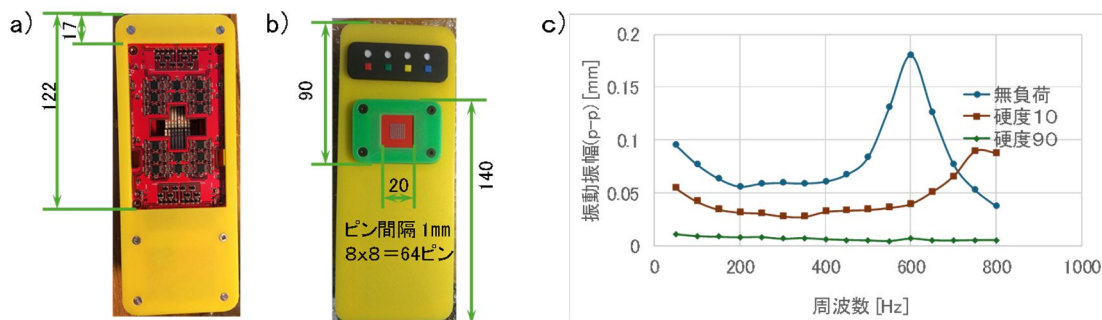


図 3 触覚デバイス(a)(b)、周波数対振動振幅(c)

(C) システムを用いた質感知覚の実験的評価について。

ここでは、触覚デバイス (Tactule-64) を利用して、図 4(a) に示したような触覚提示コントローラ (TactCon) を開発し、視覚障害者と晴眼者がともに楽しめる「ゲーム」を通じて、触覚と聴覚の同時提示によるモダリティをどこまで適切に表現できるかを調べた。

図 4 (b) に示したような、本デバイスを 2D 横スクロールアクションゲームに実装し、ゲーム内に映っている人形の上下左右の動きを、触覚ディスプレイにより左右の指先で振動部位の動きで認識できるようにした。本ゲームを、2 ヶ月間の展示会にて実施し、その評価を行った。その結果、聴覚と触覚の即時提示は、視覚障害者ばかりでなく晴眼者にとっても重要であることが示され、これに質感情報を加えることにより、さらに臨場感のあるゲームへ発展させることが推察された。以上から視覚代行・拡張方式を設計する上で重要な知見を示すことができた。

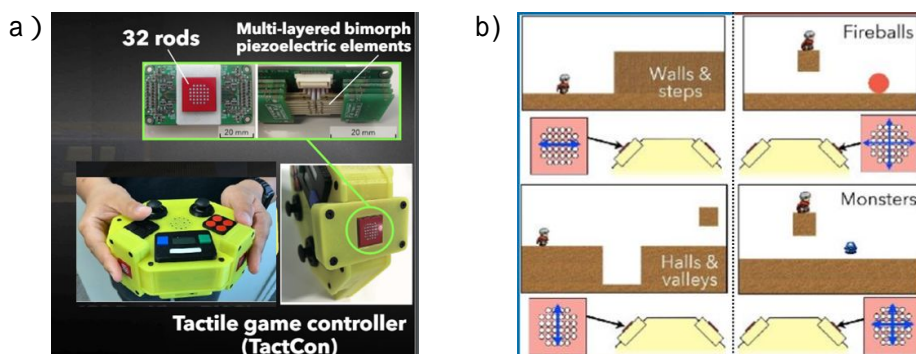


図 4 触覚提示ゲームコントローラ (Tactcon) と提示例

< 引用文献 >

[1] Matsuo M, Miura T, Yabu K, Katagiri A, Sakajiri M, Onishi J, Kurata T, Ifukube T. "Inclusive Action Game Presenting Real-time Multimodal Presentations for Sighted and Blind Persons," in Proceedings of the 2021 International Conference on Multimodal Interaction, in ICMI '21. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Oct. 2021, pp. 62–70. <https://doi.org/10.1145/3462244.3479912>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3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 Matsuo Masaki, Miura Takahiro, Yabu Ken-ichiro, Katagiri Atsushi, Sakajiri Masatsugu, Onishi Junji, Kurata Takeshi, Ifukube Tohru	4. 巻 2021
2. 論文標題 Inclusive Action Game Presenting Real-time Multimodal Presentations for Sighted and Blind Persons	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2021 International Conference on Multimodal Interaction	6. 最初と最後の頁 62-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3462244.3479912	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 Miura Takahiro, Matsuo Masaki, Yabu Ken-ichiro, Katagiri Atsushi, Sakajiri Masatsugu, Onishi Junji, Kurata Takeshi, Ifukube Tohru	4. 巻 4
2. 論文標題 GAME: Game As a Measurement Environment: Scheme to Evaluate Interfaces and Game Contents Based on Test Theories	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies	6. 最初と最後の頁 1-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3432702	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 Matsuo Masaki, Miura Takahiro, Yabu Ken-ichiro, Katagiri Atsushi, Sakajiri Masatsugu, Onishi Junji, Kurata Takeshi, Ifukube Tohru	4. 巻 2021
2. 論文標題 Inclusive Action Game Presenting Real-time Multimodal Presentations for Sighted and Blind Persons	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ICMI '21: Proceedings of the 2021 International Conference on Multimodal Interaction	6. 最初と最後の頁 62-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3462244.3479912	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 三浦 貴大	4. 巻 77
2. 論文標題 視覚障害者が音で見る世界 感覚代行と支援機器	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 199-207
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20697/jasj.77.3_199	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Takahiro Miura, Masaki Matsuo, Ken-ichiro Yabu, Atsushi Katagiri, Masatsugu Sakajiri, Junji Onishi, Takeshi Kurata, Tohru Ifukube
2. 発表標題 GAME: Game As a Measurement Environment: Scheme to Evaluate Interfaces and Game Contents Based on Test Theories
3. 学会等名 ACM UbiComp 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦 貴大
2. 発表標題 視覚障害者が音で見る世界と人間拡張への応用
3. 学会等名 HCGシンポジウム2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾政輝, 三浦貴大, 藪謙一郎, 片桐淳, 坂尻正次, 大西淳児, 蔵田武志, 伊福部達
2. 発表標題 インクルーシブな開発体制によるアクセシブルアクションRPGの開発～視覚障害者・晴眼者の共同作業に着目して～
3. 学会等名 HCGシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂尻正次
2. 発表標題 音バリアフリーの観点から視覚障害・聴覚障害者のオンライン会議ツールの利用状況を考察する
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miura Takahiro, Matsuo Masaki, Yabu Ken-ichiro, Katagiri Atsushi, Sakajiri Masatsugu, Onishi Junji, Kurata Takeshi, Ifukube Tohru
2. 発表標題 GAME: Game As a Measurement Environment: Scheme to Evaluate Interfaces and Game Contents Based on Test Theories.
3. 学会等名 ACM UbiComp 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Matsuo Masaki, Miura Takahiro, Yabu Ken-ichiro, Katagiri Atsushi, Sakajiri Masatsugu, Onishi Junji, Kurata Takeshi, Ifukube Tohru
2. 発表標題 Inclusive Action Game Presenting Real-time Multimodal Presentations for Sighted and Blind Persons.
3. 学会等名 2021 International Conference on Multimodal Interaction (ICMI '21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦 貴大
2. 発表標題 視覚障害者が音で見る世界と人間拡張への応用
3. 学会等名 HCGシンポジウム2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 廣瀬 通孝、伊福部 達	4. 発行年 2021年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 256
3. 書名 シリーズ超高齢社会のデザイン ジェロンテクノロジー 高齢社会を支える情報通信技術の展開	

〔産業財産権〕

〔その他〕

伊福部研究室ホームページ
<https://www.human.iog.u-tokyo.ac.jp/>

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	大河内 直之 (Okochi Naoyuki) (30361679)	東京大学・先端科学技術研究センター・特任研究員 (12601)	
研究分担者	坂尻 正次 (Sakajiri Masatsugu) (70412963)	筑波技術大学・保健科学部・教授 (12103)	
研究分担者	三浦 貴大 (Miura Takahiro) (80637075)	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
---------	---------