

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2014

課題番号：22300091

研究課題名(和文)物体触知の能動性：注意移動と運動制御に関する心理学実験と生理学実験

研究課題名(英文)Attentional process of haptics: psychological and physiological experiments

## 研究代表者

喜多 伸一(Kita, Shinichi)

神戸大学・人文学研究科・教授

研究者番号：10224940

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、手指が物体に触れるときの情報処理過程を調べるため、心理学実験と生理学実験を行い、触覚的注意の性質を解明することを目的として遂行した。そのためまず基礎科学に重きを置いた研究として、健常者を対象とした触覚探索の実験を行った。またその後実世界での応用に重きを置いた研究として、視覚障害者を対象に含めて触地図内の図形の探索実験を行った。これらの実験により、触覚的注意の時空間特性を計測して視覚的注意と比較し、物体触知の能動性を解明した。

研究成果の概要(英文)：The present study was aimed to examine mechanisms for the information processing for touch by finger tips, by performing psychological and physiological experiments to elucidate haptics or tactile attention. We conducted experiments of haptic search by sighted people to examine the prevalence effect, which had been examined in visual search, and did experiments of tactile maps by sighted and blind people. By measuring spatiotemporal property of those search processes, we clarified the mechanisms of attentional process in haptics.

研究分野：認知科学

キーワード：触覚 感覚 注意 視覚障害

【はじめに】

科学研究費基盤研究(B)(22300091)の助成を受けて遂行した本研究では、心理学実験、生理学実験など多種の技法を用いて物体触知の能動性を調べた。ここでは基礎科学に重きを置いた「触覚探索における出現頻度効果」(論文7,16)と、応用性に重きを置いた「触地図の有効性評価」(論文11)について述べる。

1. 研究開始当初の背景

(1) 触覚探索における出現頻度効果

乳がんを早期発見するためのマンモグラフィや子宮頸がんの予防・早期発見を可能にする細胞診、危険物発見のための空港の荷物検査は、現実場面における視覚探索課題の一例である。またこれらの課題は、われわれの命を守るために重要な探索課題の一例でもある。しかし、長年の経験を積んだ専門家(放射線科医や細胞診の専門医、空港の保安検査員)が細心の注意を払ってこれらの課題を行っているにもかかわらず、時として標的(がん細胞や細胞の異形成、危険物など)が見落とされ、その結果として生命に危機が及んでしまうことがある。なぜ、専門家が細心の注意を払ってこれらの課題を行っているにもかかわらず、時として標的が見落とされてしまうのだろうか。全く異なる探索場面であるにもかかわらず、これらの課題には共通する特徴がある。それは、これらの課題において標的の出現頻度が極端に低いという点である(例えば通常のマンモグラフィの場合、放射線科医の乳がんの検出率は医用画像1000枚のうち6枚程度であり、実際の乳がんの出現頻度もその程度であると思われる)。

めったに出現しない危険物が見落とされてしまい、その結果として重大な局面に陥ってしまった一例としては、2001年9月11日に発生したアメリカ同時多発テロが挙げられる。アメリカ同時多発テロから数年後、Harvard Medical SchoolのWolfe教授らはアメリカ国土安全保障省・運輸保安庁からの援助を受け、“Rare items often missed in visual searches”という論文を発表した。実験室で行われる視覚探索課題では、標的が課題中に存在する試行(標的的存在試行)と標的が課題中に不在である試行(標的不在試行)の割合はそれぞれ50%であることが多い。しかし、現実場面での視覚探索では、標的の出現頻度が極端に低い場合がある。そこで彼らは、標的の出現頻度が視覚探索に与える影響を検討するために、標的の出現頻度を操作した視覚探索実験を行った。彼らは空港の荷物検査を模した視覚探索課題(スーツケースのX線画像の中から、危険物を探す課題)を用いて、このような課題を初めて行う参加者を対象にして実験を行った。その結果、標的の出現頻度が50%の場合は見落とし率(標的的存在試行時に、標的がないと答える確率)が7%だったのに対して、10%の場合は16%、1%

の場合は見落とし率が30%にまで急増した。彼らはこの研究の中で、放射線科医や細胞診の専門医、空港の保安検査員だけでなく、われわれの多くが「めったに出現しないものはよく見落とす」という傾向を持つことを明らかにした。この傾向について研究代表者の喜多伸一はWolfe教授と共同研究を行い、出現頻度効果が反応時間にも影響することを明らかにした(論文20)。

(2) 触地図の有効性評価

本研究に先立ち、研究代表者の喜多伸一は、神戸大学医学部の高岡裕准教授、新潟大学工学部の渡辺哲也准教授らとともに、平成23年度から25年度に総務省SCOPEの助成を得て、点字と触地図を用いた視覚障害者支援の研究開発を共同で遂行した。その研究開発において渡辺は触地図の自動生成システムを開発し、ウェブ上で広く公開している。このシステムは日本国内の任意の住所に対し地図の電子情報を、触地図に好適な形で提供し、利用者は点字プリンタやカプセルペーパー(内蔵されたカプセルが加熱により膨張し凹凸が表現できる特殊用紙)により触地図を作成することができる(この方法による研究が論文17,18,19)。

SCOPEの研究開発チームは、若年者(平均年齢19.8歳)と高年者(平均年齢62.0歳)の視覚障害者に被験者として参加してもらい、出発地・目的地の記号の探索や周囲の方位座標の効果を調べる評価実験を行った。

2. 研究の目的

(1) 触覚探索における出現頻度効果

本研究では、出現頻度効果が視覚探索だけでなく触覚探索においても成立するかどうかを心理学実験により調べた。出現頻度を小さくすると全体の繰り返し数が増大し、このような心理学実験に不慣れた視覚障害者には負担が大きくなりすぎることから、この実験は心理学実験の経験がある晴眼者を被験者として遂行した。

(2) 触地図の有効性評価

SCOPEの研究開発実績に基づき、本研究では視覚障害者に被験者として参加してもらって探索すべきターゲット図形の大きさの効果を調べた。

3. 研究の方法

(1) 触覚探索における出現頻度効果

目隠しをした20名の晴眼者が被験者として実験に参加した。課題は、図1に示すような図形を凹凸がある触図として示し、標的図形である円形図形があるかどうかをできるだけ速く判断することであり、反応時間を計測して指標とした。90試行の練習の後、被験者は出現頻度が10%の条件と50%の条件で触覚探索の実験を80試行ずつ行った。これにより10%のような低頻度の条件で見落と

し率が増大するかどうかを調べた。

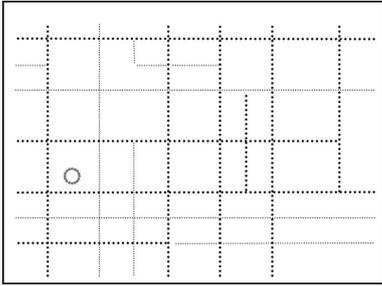


図1 触覚探索における刺激図形。

## (2) 触地図の有効性評価

被験者は、中途失明者からなる全盲者5名と弱視者4名が務めた。また対照実験の被験者は晴眼者が務めた。実験課題は、図1のような刺激図形の中にある円形図形をできるだけ速く探索することであり、反応時間を計測して指標とした。ターゲット図形には図2に示すような3パターンを用いた。これらはいずれも円形であり、直径は3.0mm、7.6mm、9.0mmであり大きさが異なっている。図形は点字プリンタにより作成した。

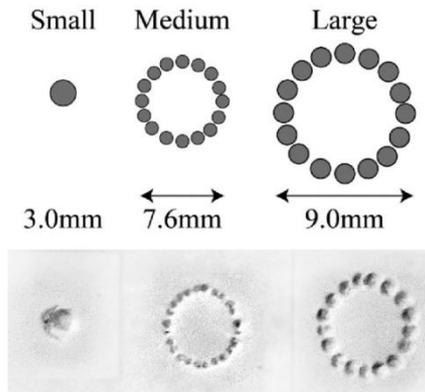


図2 ターゲットの大きさの効果を調べた触覚探索実験のターゲット図形。

## 4. 研究成果

### (1) 触覚探索における出現頻度効果

結果を図3(a)から(d)に示す。図3(a)は、10%の条件では50%の条件よりも見落とし率が約2倍に増大しており、触覚探索にも出現頻度効果が見られることを示している。また図3(b)はこれら2つの条件では反応時間の違いはないことを示しており、図3(c)はこれら2つの条件では検出能( $d'$ )の違いはないことを示している。これらのことは、図3(a)に見られる出現頻度効果は反応時間や検出能では説明できないことを示している。また図3(d)は、見落とし率の条件間の差と反応時間の条件間の差を被験者ごとにプロットすると、若干の相関がみられることを示している。

これらの結果から本研究は次のように結論した。

(a) 従来は視覚探索において観察されてきたターゲットの出現頻度効果は触覚探索においても観察される。

(b) 触覚の出現頻度効果は反応時間や検出能では説明できず、この点においても視覚と同様である。

(c) 見落とし率と反応時間には条件間で解析すると関連があり、見落とし率の差として表れている出現頻度効果の一部が反応の打ち切り基準(quitting threshold)と関連している。

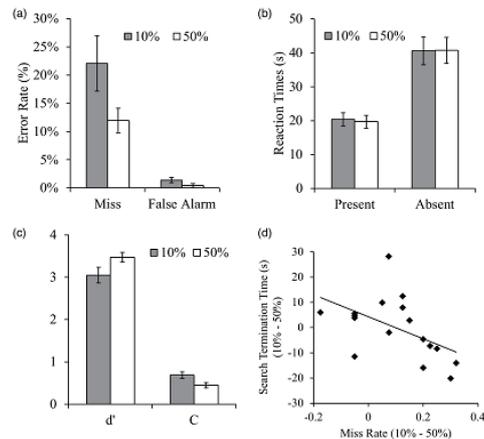


図3 (a) 見落とし率。(b) 反応時間。(c) 検出能( $d'$ )。(d) 反応時間との関係。

### (2) 触地図の有効性評価

中途失明による視覚障害者の実験結果を図4、対照群である晴眼者の実験結果を図5に示す。視覚障害者と晴眼者の実験結果は類似している。まず反応時間は視覚障害者も晴眼者も30秒内外で、差は見られない。ターゲットの大きさについては小さなものは大きなものよりも探索時間がかかっており、検出が困難であることを示している。正答率は両者とも90%を超えており、信頼性は高い。

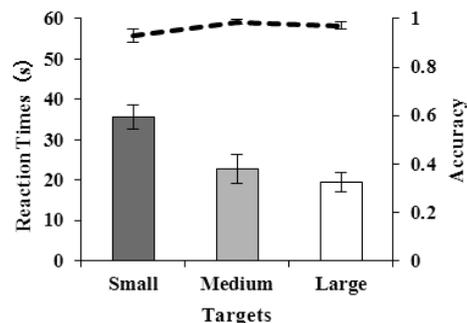


図4 視覚障害者の触覚探索実験での反応時間(棒グラフ)と正答率(折れ線グラフ)。

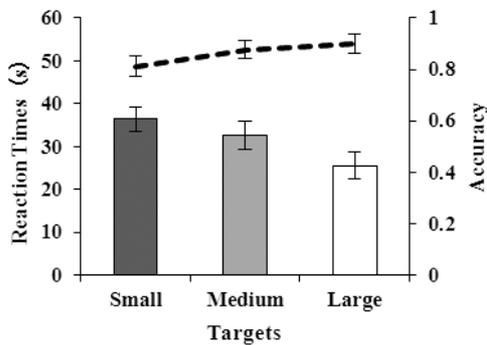


図 5 晴眼者の触覚探索実験での反応時間 (棒グラフ) と正答率 (折れ線グラフ)。

これらの結果から本研究は次のように結論した。

- (a) 触覚探索課題においては、中途失明者からなる視覚障害者も晴眼者と同様に、大きなターゲットの方が検出しやすい。
- (b) 中途失明者からなる視覚障害者と晴眼者では、反応時間や正答率に差は見られない。
- (c) このように中途失明者の遂行成績は晴眼者と大きな差はなく、それゆえ触地図の探索においては、晴眼者のデータは中途失明者のモデルになりうる。

#### 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 25 件)

- (1) 永井聖剛, 柴田寛, 喜多伸一. 特集「知覚研究の発展と展望」の編集にあたって. Introduction to the Feature: Perception - Current studies and future directions. 認知科学, 21(3), 291-294. 査読なし. 2014年9月.
- (2) Ishibashi, K. & Kita, S. Expected target prevalence influences miss rate and criterion in visual searches. *i-Perception*, 5(3), 170-175. 査読あり. 2014年7月.  
<http://iperception.perceptionweb.com/journal/1/article/i0649rep>
- (3) Yokoyama, T., Noguchi, Y., Tachibana, R., Mukaida, S., & Kita, S. A critical role of holistic processing in face gender perception. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 477. 査読あり. 2014. doi: 10.3389/fnhum.2014.00477
- (4) Yokoyama, T., Noguchi, Y., Koga, H., Tachibana, R., Saiki, J., Kakigi, R. & Kita, S. Multiple neural mechanisms for coloring words in synesthesia. *NeuroImage*, 94, 360-371. 査読あり.
- (5) Kabata, T., Yokoyama, T., Noguchi, Y., & Kita, S. Location probability learning requires focal attention. *Perception*, 43(4), 344-350. 査読あり. 2014年4月.  
doi:10.1068/p7589
- (6) Yokoyama, T., Sakai, H., Noguchi, Y., & Kita, S. Perception of direct gaze does not require focus of attention. *Scientific Reports*, 4: 3858, 1-8. 査読あり. 2014年2月.  
doi:10.1038/srep03858
- (7) 石橋和也, 喜多伸一. 視覚探索における出現頻度効果. 基礎心理学研究, 32(1), 1-9. 査読あり. 2013.
- (8) 渡辺哲也, 渡部謙, 山口俊光, 南谷和範, 大内進, 高岡裕, 喜多伸一, 石橋和也. 点図触地図自動作成システムにおける点格子模様の識別性の評価. 電子情報通信学会論文集(D), J96-D(11), 2737-2745. 査読あり. 2013年11月
- (9) Yokoyama, T., Noguchi, Y., & Kita, S. Unconscious processing of direct gaze: Evidence from an ERP study. *Neuropsychologia*, 51(7), 1161-1168. 査読あり. 2013年6月.  
doi:10.1016/j.neuropsychologia.2013.04.002
- (10) 渡辺哲也, 渡部謙, 山口俊光, 南谷和範, 大内進, 宮城愛美, 高岡裕, 喜多伸一. 立体コピー触地図の触読性の評価. 電子情報通信学会論文集(D), J96-D(4), 1075-1078. 査読あり. 2013年4月
- (11) 石橋和也, 嘉幡貴至, 小田剛, 渡部謙, 渡辺哲也, 高岡裕, 喜多伸一. 触地図上で発見しやすい触知記号の大きさ点字経験者と未経験者を対象にした検討. 視覚リハビリテーション研究, 2(1), 1-10. 査読あり. 2013年1月
- (12) Oda, T., Sugano, A., Shimbo, M., Miura, K., Ohta, M., Matsuura, M., Ikegami, M., Watanabe, T., Kita, S., Ichinose, A., Maeda, E., Matsumoto, Y., & Takaoka, Y. Improvement in accuracy of word segmentation of a web-based Japanese-to-Braille translation program for medical information. *Journal of Communication and Computer*, 10(1), 82-89. 査読あり. 2013年1月

2014年7月.

doi:10.1016/j.neuroimage.2014.01.039

- (13) 大田美香, 小田剛, 三浦研爾, 梅田由紀恵, 塚本紗代, 花岡澄代, 松浦正子, 渡辺哲也, 喜多伸一, 前田英一, 菅野亜紀, 高岡裕. 触読学習を可能にした音声ガイド付き点字 e-learning. 電子情報通信学会技術報告, ET, 2012-66, 79-82. 査読なし. 2012年11月.
- (14) Yokoyama, T., Noguchi, Y., & Kita, S. Attentional shifts by gaze direction in voluntary orienting: Evidence from a microsaccade study. *Experimental Brain Research*, 223(2), 291-300. 査読あり. 2012年10月.
- (15) Noguchi, Y., Yokoyama, T., Suzuki, M., Kita, S., & Kakigi, R. Temporal dynamics of neural activity at the moment of an emergence of a conscious percept. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(10), 1983-1997. 査読あり. 2012年10月.
- (16) Ishibashi, K., Watanabe, K., Takaoka, Y., Watanabe, T., & Kita, S. Prevalence effect in haptic search. *i-Perception*, 3, 495-498. 査読あり. 2012年9月.  
doi:10.1068/i0509sas
- (17) 渡部謙, 渡辺哲也, 山口俊光, 秋山城治, 南谷和範, 宮城愛美, 大内進, 高岡裕, 菅野亜紀, 喜多伸一. 点図触地図自動作成システムの開発と地図の触読性の評価. 電子情報通信学会論文集(D), J95-D(4), 1-12. 査読あり. 2012年4月.
- (18) 石橋和也, 水田浩美, 渡辺聡, 渡部謙, 渡辺哲也, 高岡裕, 喜多伸一. 触地図上で見つけやすい触知記号の提案. 電子情報通信学会技術報告, WIT, 2011-61, 57-62. 査読なし. 2012年1月.
- (19) 渡部謙, 渡辺哲也, 山口俊光, 大内進, 高岡裕, 喜多伸一, 石橋和也. 点図におけるドットパターンの識別特性の評価. 電子情報通信学会技術報告, WIT, 2011-59, 45-50. 査読なし. (2012年度電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション賞受賞 2012年12月) 2012年1月.
- (20) Ishibashi, K., Kita, S., & Wolfe, J. M. The effects of local prevalence and explicit expectations on search termination times. *Attention, Perception and Psychophysics*, 74(1), 115-123. 査読あり. 2012年1月.
- (21) Tsujimoto, S., Yokoyama, T., Noguchi, Y., Kita, S., & Kakigi, R. Modulation of neuromagnetic responses to face stimuli by preceding biographical information. *European Journal of Neuroscience*, 34(12), 2043-2053. 査読あり. 2011年12月.
- (22) Hirata, S., Ukita, J., & Kita, S. Implicit phonetic symbolism in voicing of consonants and visual lightness using Garner's speeded classification task. *Perceptual and Motor Skills*, 113(3), 929-940. 査読あり. 2011年12月.
- (23) 平田佐智子, 浮田潤, 喜多伸一. 有声子音・無声子音の発音と視覚刺激の明度の適合性. 認知科学, 18(3), 470-476. 査読あり. 2011年9月.
- (24) Yokoyama, T., Ishibashi, K., Hongoh, Y., & Kita, S. Attentional capture by change in direct gaze. *Perception*, 40(7), 785-797. 査読あり. 2011年7月.
- (25) 菅野亜紀, 大田美香, 渡辺哲也, 喜多伸一, 前田英一, 高岡裕. 先進国の障害者サポートと視覚障害者支援プログラム. 電子情報通信学会技術報告, WIT, 2011-21, 111-116. 査読なし. 2011年5月.
- 〔学会発表〕(計 2 件)
- (1) 菊野雄一郎・喜多伸一. 触覚探索における特徴統合. 日本心理学会「注意と認知」研究会(名古屋). 査読あり. 2014年3月16日.
- (2) 喜多伸一. 無意識のときだけ作動する脳機能. 電子情報通信学会総合大会(立命館大学). 査読なし(招待講演). 2014年3月12日.
- 〔図書〕(計 2 件)
- (1) 喜多伸一. 「感性と心理 感性情報の計測」(pp. 38-49), 「生活環境のデザイン 感性情報の提示と選択」(pp. 64-78). 『生活環境と情報認知』(川原靖弘・片桐祥雅(編著), 250ページ). 放送大学教育振興会. 2015年3月.
- (2) 喜多伸一. 「錯覚」(pp. 236-241), 「図形残効」(pp. 407-408). 『最新心理学事典』(藤永保編, 870ページ). 平凡社. 2013年12月.
- 〔産業財産権〕  
なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.lit.kobe-u.ac.jp/faculty/shinichi-kita.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

喜多 伸一 (KITA, Shinichi)  
神戸大学・大学院人文学研究科・教授  
研究者番号：10224940

### (2) 研究分担者

松本絵理子 (MATSUMOTO, Eriko)  
神戸大学・大学院国際文化学研究科・  
准教授  
研究者番号：00403212

辻本 悟史 (TSUJIMOTO, Satoshi)  
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・  
准教授  
研究者番号：20539241

野口 泰基 (NOGUCHI, Yasuki)  
神戸大学・大学院文化学研究科・准教授  
研究者番号：90546582

寺本 渉 (TERAMOTO, Wataru)  
室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：30509089

山口 俊光 (YAMAGUCHI, Toshimitsu)  
新潟大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：40554283