

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 17 日現在

機関番号：63905

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700326

研究課題名（和文）素材の質感を形成するクロスモーダルな神経基盤の解明

研究課題名（英文）Crossmodal neural mechanisms underlying material perception

研究代表者

北田 亮（KITADA RYO）

生理学研究所・大脳皮質機能研究系・助教

研究者番号：50526027

研究成果の概要（和文）：触覚の素材知覚に関する2つの実験を実施した。まず触覚による粗さ知覚と不快知覚の関係性を心理物理学実験によって検討した。その結果、両者の知覚強度の関数パターンは酷似しているが、不快知覚の場合は粗さ知覚と比較して速度に対する恒常性が弱いことが明らかになった。次に触覚と視覚で呈示された素材の一致性の検出に関する脳活動を機能的磁気共鳴法（fMRI）により計測し、方位知覚とは異なる脳領域が一致性に関与することを発見した。

研究成果の概要（英文）：I conducted the following two studies on tactile material perception. (1) We compared the psychophysical patterns of roughness perception and unpleasantness. The psychophysical functions between the two percepts were highly similar, whereas the constancy of roughness to motion was greater than that of unpleasantness. (2) We investigated brain activity during detecting congruency/incongruency of materials presented visually and haptically. We found that neural substrates revealing the congruency/incongruency effect during perception of materials were different from those during perception of spatial properties of an object (e.g., orientation).

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：触覚・脳機能イメージング・視覚・多感覚・心理物理学・fMRI

1. 研究開始当初の背景

ヒトは物体を見るだけで、粗さ・柔らかさのような素材の質感を経験できる。これらの質感はもともと触覚によって知覚するものであり、質感のメカニズムを理解するには、触覚がどのように素材の質感を処理し、それを視覚と結びつけるかを明らかにする必要がある。しかし触覚による素材の質感処理に関わる脳認知科学的モデルには不明な点が多く、触覚と視覚の情報がどのように結びつくかについては未だに不明である。

2. 研究の目的

心理物理学実験と機能的磁気共鳴画像法（fMRI）を駆使して、「触覚から得られる素材の質感が脳でどのように処理され、視覚と結びつくのか」について明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

触覚と視覚のクロスモーダル知覚を理解するためには、触覚の質感についてより深い理解が必要である。初年度は触覚による粗さ知覚とそれに関わる情動を心理物理学実験に

よって比較した。次年度には fMRI 実験を実施した。

(1)粗さと不快さに関する心理物理学実験

①素材

平らな表面に円錐台のドットを配置する点状表面を用いた。円錐台同士の距離を変化させることで、知覚粗さを変化させることができる。

②刺激方法

皮膚に与える圧力や速度を統制するため、特殊な刺激装置を使用した。この刺激装置は天秤で作られており、片側に点状表面が設置され、反対側にはおもりが設置されている。おもり側に比べて点状表面側は 30g 重軽く、参加者はこの力を過不足なく与えないと、天秤が上下することにより、点状表面に触れることはできない。この天秤がモーターによって左右に動くことで参加者の皮膚の接線方向に刺激した。

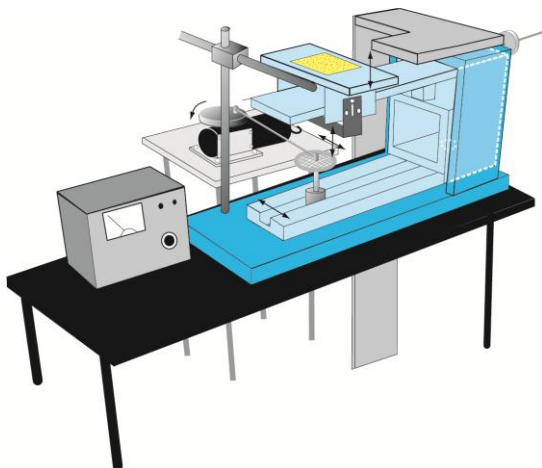


図1 実験装置

③実験計画

無毛部と有毛部では受容器やその情報伝達が異なることが指摘されており、それぞれの部位を刺激するため、2つの実験を実施した。実験1では無毛部である手掌側の人差し指・中指・薬指を使用し、実験2では有毛部である前腕内側部を用いた。

各実験は3要因の分割プロットデザインを採用した(2参加者内要因×1参加者間計画)。参加者内要因として点同士の距離と刺激速度を採用し、参加者間要因として知覚表象(粗さ・不快さ)を採用した。知覚表象を参加者間計画にすることにより、同じ参加者が粗さと不快さを混同する可能性を排除した。

自由強度推定法を採用し、参加者は刺激から知覚表象の強さを推定した。推定値を参加

者ごとに標準化し、合計48名のデータを解析した。

(2)素材の視覚と触覚におけるクロスモーダル知覚のfMRI研究

① 刺激・刺激方法

我々が頻繁に使用する素材を刺激として用いた。触覚の実験を実施する際、体性感覚野付近の活動を測定する場合、手の運動は避けたほうがよい。その一方で fMRI 実験では金属を使用できないため、手動で参加者の指を刺激する装置を開発した。この刺激装置により参加者の手掌側の中指と人差し指を素材表面で刺激した。さらに触覚刺激中に同じ素材の写真を視覚的に呈示した。

② 実験計画

2 要因の参加者内計画を採用した。1 つの要因は選択的注意の対象(素材の種類・長方形の方位)であり、他方の要因は視覚と触覚の一致性(一致する・一致しない)であった。参加者は各試行で指示された選択的注意の対象が視覚と触覚で一致しているかどうかについて判断した。これにより合計22名のデータを収集・解析した。

4. 研究成果

(1)粗さと不快さに関する心理物理学実験

①実験1(指)

粗さ強度も不快強度も点状表面の点同士の距離に応じて単調増加した。この増加は3段階の変化させた運動速度のいずれでも観察された。次に不快強度と粗さ強度のパターンを比較すると、非常に強い相関が観察された(ピアソンの相関係数 $r > 0.97$)。このことから粗さと不快強度には非常に強い関係性があることが分かった。

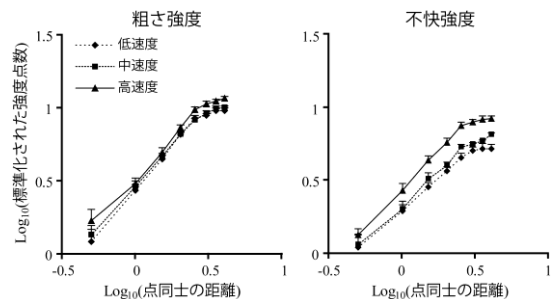


図2 指の結果

次に動きの速度に対する恒常性について検討した。図1にあるように速度が上昇するにつれて、粗さ強度も不快強度も有意に上昇

したが、その上昇率は不快強度の方がはるかに強かった。このことから粗さ強度と不快強度は全く同じものではなく、速度に対する恒常性という点で異なることが明らかになった。

② 実験 2 (腕)

粗さ強度も不快強度も実験 1 とほぼ同様な結果が得られた。大きな違いは指に比べて腕の刺激の方が速度に対する感受性が強く、動きに対する恒常性が保たれにくかったという点である。

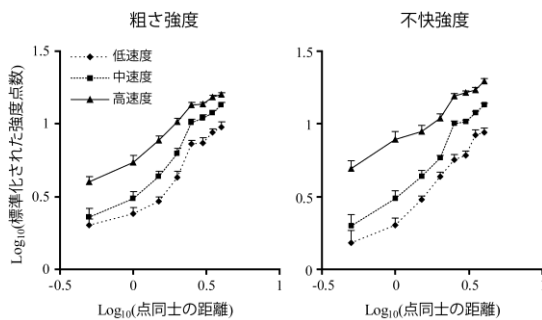


図 3 前腕の結果

①と②まとめると無毛部・有毛部に関係なくどちらの皮膚部位でも、粗さと不快強度の関係性は類似しているが、速度に対する恒常性という点で異なることが分かった。

現在の触覚研究では痛みや快といった情動を伝える経路と物理的特徴を伝える経路は分離されていると考える傾向にある。それに対し本研究の成果は両者の関係が密接であることを示した。例えば今後粗さに関わる心理物理学の特徴や神経基盤を明らかにする場合、それが情動とどのように関わるのかを知るうえで重要な知見となった。この研究は Perception 誌に採択された (Kitada et al., 2013)。この成果は「どのような素材の物理的特徴と付随する情動の関係性を明らかにする」という観点から、日本繊維製品消費科学会シンポジウムや脳科学コンソーシアムでの講演を通じて紹介した。

今後は素材の弾性に着目し、粗さと同様に物理的特徴と情動に関する処理の機序を心理物理学実験と脳機能イメージング法により比較していく予定である。

(2) 素材の視覚と触覚におけるクロスモーダル知覚の fMRI 研究

① 素材の注意課題

素材に対して選択的に注意を行っている条

件では方位に対する注意条件に比べて、紡錘状回といった腹側視覚経路が活動し、この活動の強弱は視覚と触覚の一致性の有無に関係なく観察された。素材の一致性の有無で活動する領域は後頭頂葉内側部に観察された。

② 方位の注意課題

方位に対して選択的に注意を行っている条件では素材に対する注意課題に比べて、頭頂間溝周辺が活動し、この活動の一部は視触覚の方位の一致性の有無で活動が変化した。

これらの結果は素材と方位では異なる神経基盤が視触覚統合に重要な役割を果たすことを示している。これまでの研究では空間的情報の統合に関する神経基盤のみが明らかにされており、素材知覚において視覚と触覚の情報が脳のどこで影響を与え合うのかに関しては議論が分かれるところであった。本研究の結果は方位と素材の視触覚統合の二重解離を示した点に意義がある。

当初の仮説は体性感覚野や視覚野において一致性の効果が観察されるというものであった。今回の fMRI 研究で採用した解析手法は比較的保守的なため観察できなかった可能性は否定できない。そこで今後、より感度の高い現在マルチボクセルパターン解析を採用し、活動パターンとして一致効果が観察されるかどうかを明らかにする。この解析が終了し次第、成果を論文としてまとめ学術誌に掲載する予定である。

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 2 件)

(1) Ryo Kitada, Norihiro Sadato, Susan J Lederman Tactile perception of nonpainful unpleasantness in relation to perceived roughness: Effects of interelement spacing and speed of relative motion of rigid 2-D raised-dot patterns at two body loci, Perception, 査読有, vol. 41, 2012, pp. 204-220.
DOI:10.1068/p7168

(2) 北田 亮

触覚による社会的コミュニケーションの認知脳科学的メカニズム日本ロボット学会誌、査読無、30 巻、2012、pp. 466-468

[学会発表] (計 1 件)

(1) 北田 亮、触覚の物体認知に関わる脳内メカニズム、日本繊維製品消費科学会 快適

性を考えるシンポジウム（招待講演、2012年10月26日、キャンパスプラザ京都、京都）

〔図書〕（計1件）

(1) 北田 亮（分担執筆）、誠信書房
心理学研究法、第1巻 知覚、2011,
pp. 184-185

〔その他〕

・ホームページ

<http://researchmap.jp/ryokitada/>

・アウトリーチ活動

- (1) 応用脳科学コンソーシアム講義「触覚と脳が作る素材感」（2013年2月27日、豊洲センタービル、東京）
- (2) 日本機械学会講習会「触覚技術の基礎と応用」講師（2012年7月20日、名古屋工業大学、名古屋）
- (3) 日本機械学会講習会「触覚技術の基礎と応用」講師（2011年10月28日、電気通信大学、調布）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北田 亮 (KITADA RYO)

生理学研究所・大脳皮質機能研究系・助教
研究者番号：50526027

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者