

身体性を伴う自己認知に関する神経機構 Neural mechanisms of self-recognition with embodiment

跡見 友章^{*1,4}
Tomoaki Atomi

廣瀬 昇^{*1}
Noboru Hirose

田中 和哉^{*1}
Kazuya Tanaka

^{*1} 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学科

^{*1} Teikyo University of Science, Faculty of Medical Science, Department of Physical Therapy

長谷川 克也^{*2}
Katsuya Hasegawa

清水 美穂^{*3}
Miho Shimizu

跡見 順子^{*3}
Yoriko Atomi

^{*2} JAXA 宇宙研究開発機構

^{*3} 東京農工大学

^{*2} Japan Aerospace Exploration Agency

^{*3} Tokyo University of Agriculture and Technology

則内 まどか^{*4}
Madoka Noriuchi

菊池 吉晃^{*4}
Yoshiaki Kikuchi

^{*4} 首都大学東京大学院

Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science Graduate School of Tokyo Metropolitan University

Self-recognition with embodiment varies dependent on physical and internal condition. Which internal model consists of integration of combination of nervous structure/mechanism based on the inputs from various sensory systems, such as distinction between self and others, sensori-motor integration, interoceptive and emotional system etc. This study examines the neural mechanisms of self-recognition with embodiment based on the experimental data obtained from neural responses to relating human body and motion stimuli using neuroimaging technique.

1. はじめに

ヒトの行動は、意識下、無意識下を問わず、身体と外環境とのインタラクションを伴って遂行される。そのため、自己の身体の状態によって、外環境から得る情報の受け取り方や、外環境への働きかけは異なったものとなる。従って、身体に関する自己認知の内部モデルは、身体に関する自他の区別、運動と感覚の統合、内受容性感覚、情動系など、様々な感覚モダリティからの入力を基盤とした神経機構の組み合わせによって構築されていると考えられ、その神経機構を検討することは、ヒトの高次の行動の神経基盤においても重要である。

自己認知に関連する神経機構について、Sugiura¹⁾は physical self, interpersonal self, social-value of self と、主として3つのカテゴリーから捉えている。この中で、physical self に含まれる因子は、身体に関する自己認知の基盤となっていると考えられる。身体に関して自己に特異的に発現する神経機構については、ラバーハンドや視覚系への外乱刺激を用いるなど、感覚系のモダリティに外乱を加え、その結果生じる神経生理学的応答を検討する方法論²⁾³⁾などから検討されることが多い。また、脳イメージング研究の手法を用いたものでは、脳損傷例に関する検討⁴⁾、表情や、顔を含めた身体部位、身体動作などを刺激として提示した際の脳活動について、自己と他者を比較する方

法論などによって、個体に特異的な神経機構が検討されている。

本研究では、身体性を含み、自己に特異的な神経機構を検討するにあたり、身体バランスが不安定な状態の動画刺激を用いることとした。身体バランスが不安定な状態を制御する神経機構は、転倒による自己の生命維持の危機的状況からの回避戦略を含む神経機構であると考えられることから、より自己に特異的に応答する脳領域が活動すると考えられる。そこで今回、身体バランスが不安定な状態の動画について、自己動画と他者動画を提示された際の脳活動を比較することにより、身体性を伴った自己認知に関する神経機構について検討した。

なお、本研究は首都大学東京荒川キャンパス研究安全倫理委員会の承諾を得て実施した。

2. 方法

2.1 対象者

右利きの健常な男性 13 名(年齢 24.7±4.3 歳)。

2.2 刺激動画

3 種類のバランス課題(動的不安定条件: Dynamically Unstable: DU, 動的安定条件: Dynamically Stable: DS, Dynamically Stable: DS) を実施している際の様子を、背面より VTR にて撮影し、動画編集ソフトにて刺激提示用に編集した。被験者自身の動画にはマーク(白丸)を提示するように設定した。刺激動画は、自己・他者について、バランス課題の 3 条件を 4

連絡先: 跡見友章, 帝京科学大学医療科学部理学療法学科
〒409-0193 山梨県上野原市八ツ沢 2525, Tel: 0554-63-4411, e-mail: atomi@ntu.ac.jp

クリップずつとした計 24 クリップからなり、鏡を通してスクリーン上にプロジェクターから映像を投影し、刺激動画をランダムに提示した。

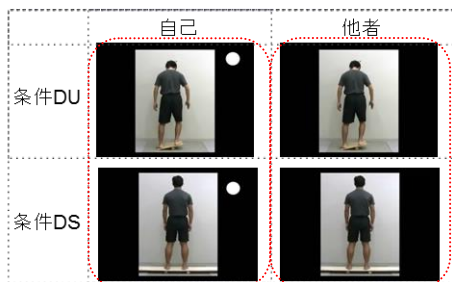


図 1. fMRI 刺激動画

2.3 fMRI 撮像

1.5T の MR 装置(Signa Horizon LX,GE 社), GRE 型, EPI 法にて鏡を通してスクリーン上に刺激動画を提示した。撮像パラメーター:TR=4sec, TE90.5ms, flip angle80°, マトリックスサイズ 128×128pixels, FOV24×24cm2, Slice 厚 7mm. 小脳から頭頂をカバーし, 20 枚撮像した。

2.4 脳画像解析

脳画像解析は, MATLAB(Math Works)上で開発された SPM2 を用いて行った。まず, 体動などによる脳の位置のずれの補正処理 (normalization)を行い, 次に MNI 標準脳を用いて標準化 (smoothing)を施し, 賦活部位の統計処理を行った。この処理を個人レベルで行った後, 13 名の被験者について変量効果(random effects)による集団解析を行った($P < 0.001$, uncorrected, クラスターサイズ, $k > 10$)。今回は, 自己と他者に応答する神経機構を検討するため, 自己 DU > 自己 DS, 他者 DU > 他者 DS のコントラストについて検討した。

3. 脳画像結果

3.1 自己 DU > 自己 DS

自己 DU > 自己 DS の比較からは, 右運動前野, 右頭頂島前庭皮質, 両側下頭頂小葉を中心とした領域に活動が認められた。

3.2 他者 DU > 他者 DS

他者 DU > 他者 DS の比較においては, 右 EBA, 左上頭頂小葉領域に活動が認められた。

4. 身体性を伴う自己認知に関連する脳領域

結果より, 自己 DU > 自己 DS の結果から, 右 PIVC (Parieto-insula vestibular cortex), 両側下頭頂小葉を中心に活動が認められた。また, Berlucchi ら⁵⁾は, 脳内において様々な身体因子が表象される領域として, 頭頂葉, EBA (Extrastriate Body Area), 島皮質を挙げ, 中でもヒトの身体性を伴う認知には島皮質が重要な役割を果たしていると述べている(図 2)。島皮質は, 内受容性感覚や情動, 運動感覚に関連するだけでなく, 島皮質から側頭頭頂接合部にかけて, ヒトの一次前庭皮質とされる頭頂島前庭皮質 (PIVC:Parieto-insula vestibular cortex) を構成する。

一方で, 他者 DU > 他者 DS では, 右 EBA 領域に大きな活動が認められた。EBA 領域はヒトの身体部位が視覚刺激として用いられた際によく応答する領域であり, 特に他者の身体部位や

他者中心の視点による身体部位の視覚認知においては, 特に右半球優位に活動することが知られている⁶⁾。

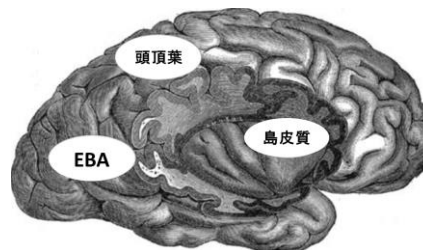


図 2. 身体関連皮質領域 (文献 5 より引用. 一部改変.)

以上より, 身体バランスが不安定な状態について, 視覚的な解析を行う際に, 自己の場合は前庭系のモダリティを活性化させ, 他者の場合は視覚系のモダリティを活性化させていることが示唆された(図 3)。

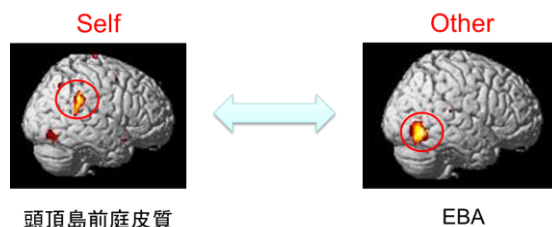


図 3. 自己と他者で活動の異なる領域

前庭系と視覚系は相互に抑制しあう関係性を有するとされており⁷⁾, 身体バランスの自己認知に関しては, 前庭系と視覚系の相互抑制的な関係が自己識別に大きな役割を果たしている可能性が示唆された。前庭系は自律神経系や情動系とも密接に関わる⁸⁾とされていることから, 自己認知に影響の大きなモダリティであることが示唆された。

また, 前庭系や内受容系, 自律神経系, 情動系といった各モダリティからの感覚入力収斂する領域である島皮質⁹⁾は, 身体性を伴う自己認知に関する神経機構において, 重要な役割を果たす領域である可能性が示唆された。

本参考文献

- 1) Sugiura, M.: Associative account of self-cognition: Extended forward model and multi-layer structure, *FrontHumNeurosci*, 2013.
- 2) Tsakiris, M.: The role of the right temporo-parietal junction in maintaining a coherent sense of one's body, 2008.
- 3) Blanke, O.: Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness, 2012.
- 4) Karnath, HO.: Spatial neglect- a vestibular disorder?
- 5) Berlucchi, G.: The body in the brain revisited, *ExpBrainRes*, 2010.
- 6) Peelen, MV.: The neural basis of visual body perception, 2007.
- 7) Brandt, T.: Reciprocal inhibitory visual-vestibular interaction, visual motion stimulation deactivates the parieto-insular vestibular cortex, 1998.
- 8) Balaban, CD.: Neurologic bases for comorbidity of balance disorders, anxiety disorders and migraine: neurotherapeutic implications, *ExpertRevNeurother*, 2011.
- 9) Craig, AD.: The sentient self, *BrainStructFunct*, 2010.