

fMRI を用いた仮現運動刺激時の賦活部位の推定

○関川 康太*, 王 力群**, 川澄 正史*

Estimation of Activation Part Under the Apparent Movement Stimulus using fMRI

Kouta SEKIKAWA* , Li-qun WANG ** and Masashi KAWASUMI*

1. はじめに

情報技術の発展普及により、大量の映像情報が氾濫し、日常生活中に人工現実感(Virtual Reality: VR)が入りつつある。しかし、人間は視覚、平衡感覚、体性感覚を統合させることにより、バランス機能を維持しているため、VRにより矛盾した視覚情報が与えられると、脳の視覚情報処理システムと、視覚体験の間にギャップを生じる^{[1][2]}。心的像を通すことによって、VR酔いや光過敏症などの人間への影響が考えられ、より細かな基礎研究が必要である^[3]。

本研究では錯視に着目し、視覚による脳内情報処理の基本的側面を解析するために、映像の基礎である仮現運動を提示した際の脳の知覚機能を、fMRIにより解析した。異なる位置の光点を交互に点滅させることにより、運動している様に見える現象を仮現運動と言う。これは、光点を静止画に置き換えても同じことであり、静止画を不連続に見せることで、動いているように見える。

2. 実験方法

被験者は22歳から28歳の健康男性5名である。全員が右利きで、4名は眼鏡(コンタクトレンズ)を使用しているが、視覚に異常はない。倫理的配慮として、事前に実験内容、注意事項、被験者自身の負うリスクについて説明し、被験者の同意を得た。

被験者には頭部の動きを控えるよう指示し、更に頭部と顎部をバンドで固定して課題を実行し、fMRIの撮影手順に従って撮影をした。実験中Task時とControl時の切り替えを、いずれも暗黙に行う事と、室内は光量を落とすことを、事前に説明した。実験において、脳の知覚機能のみに着目するため、画面に提示する図形の空間的範囲を制限し、可能な限り視線を動かさず、課題に関係のない作業と判断を避け、課題にのみ集中するよう指示した。

刺激提示は、プリズム付眼鏡を装着させ、コンピュータで作成した白色の円形を、足元方向にあるスクリーン(ディスプレイ)に提示した。スクリーンは3.67m前方で、68cm×48cm(視野角5.3度×3.7度)の視野範囲で画像が得られる。

視覚提示方法は白色の円形が、スクリーン上を移動し、仮現運動を表す移動パターンと、対照としてスクリーンの中央で、まったく動かないパターンの2種類を用意した。

実験デザインは刺激状態、安静状態を交替するBox-car Typeを採用した(Fig.1)^[4]。各実験の中で、刺激状態と安静状態を、各50s間交互に繰り返す、これを1セットとし、3セット繰り返した。刺激状態、安静状態はそれぞれ10scanずつ頭部画像を撮影した。また、1scanの頭部画像は28枚の軸断面画像で構成された。

3種類の刺激は刺激誘導型とし、課題の順序はランダムとした。各実験で用いた仮現運動を表す移動パターンは、以下の3つとした。

- (i) 四角形の各頂点と中心点の計5点が、8の字の軌跡を描くように現れ、点灯0.5s、滅灯0.1s間隔で、点滅を繰り返す(Fig.2(a))。
- (ii) 画面上で図形位置が不規則に現れ、点灯0.5s、滅灯0.1s間隔で、点滅を繰り返す(Fig.2(b))。
- (iii) (ii)での視覚刺激間の図形移動距離間隔を短くした(Fig.2(c))。

各課題実行の間の安静状態を、コントロールとした(Fig.2(d))。

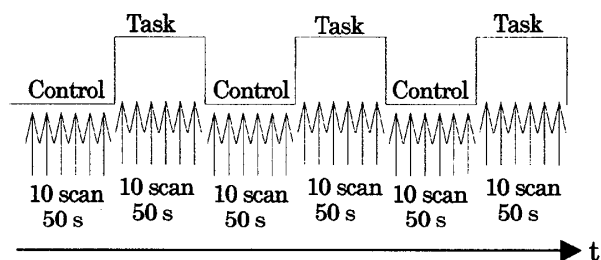


Fig.1 Box-car Type

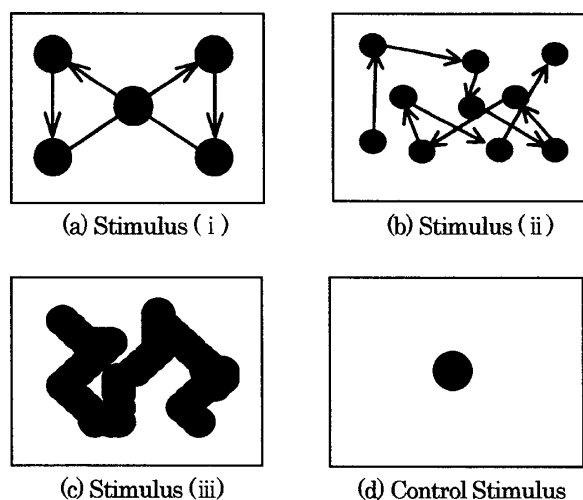


Fig.2 Each Stimulus

*東京電機大学 工学研究科 情報メディア学専攻

**東京電機大学 先端工学研究所

3. 結果

3通りの刺激をスクリーンに提示した実験の結果を、Fig.3(a)-(c)に示す。Fig.3(a)-(c)より各課題に共通して確認できた賦活部位は、左脳の頭頂葉と運動前野であった。

Talairachの3D座標におけるX, Y, Z座標と各結果を整合させた(Tab.1)。

賦活強度に着目すると、刺激(i)では運動前野に、刺激(ii)では側頭葉に強い賦活を確認できる。これより、仮現運動における賦活部位の特徴としては、左脳に強い賦活が確認できた。

Tab.1 3D Coordinates and Each Result

移動パターン	賦活部位および (Brodmann Area)	Talairach 空間座標(mm)		
		X	Y	Z
(i)	頭頂葉 (BA7)	-24	-72	42
	運動前野 (BA6)	-50	6	44
	二次視覚野 (BA19)	-26	-82	28
	側頭葉 (BA37)	-65	-52	-16
(ii)	頭頂葉 (BA7)	-22	-76	44
	運動前野 (BA6)	-38	-8	58
	側頭葉 (BA37)	-60	-52	-16
(iii)	頭頂葉 (BA7)	-14	-72	56
	運動前野 (BA6)	-40	-6	56
	二次視覚野 (BA19)	-26	-84	30
	側頭葉 (BA37)	-46	-78	-12

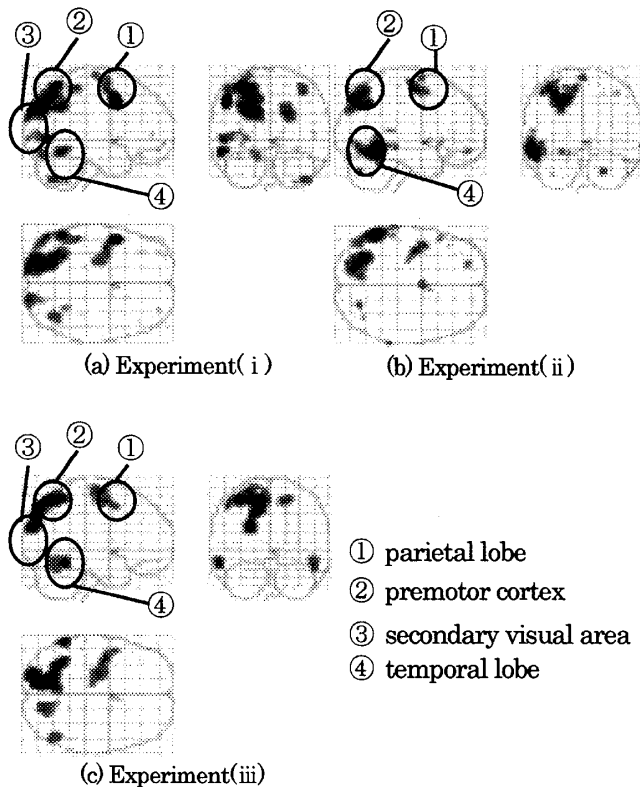


Fig.3 Results of Experiments

4. 考察

Fig.2(d)の仮現運動を誘発しない課題と比較した結果、Fig.3より各実験で共通して確認できた賦活部位は、左脳の頭頂葉と運動前野であった。これにより、仮現運動によって賦活する部位は、空間認知を司る頭頂葉と、直接運動とは関係のない認知を司る運動前野であると推定した。また、頭頂葉の賦活は、左脳では計算などの論理的思考、総合的判断の中枢である。すなわち、左脳優位の理由には、仮現運動を知覚することで、空間認識を行うだけでなく、何らかの仮説をたて、この仮説を検証する「仮説検定」的思考が働いていると考える。

Fig.3(a)から、仮現運動を誘発する一般的課題である8の字軌跡の刺激を行うタスクより、図中③の眼球運動を司る二次視覚野に賦活が確認できた。これはタスク時に決まった軌跡を描くために、次の位置を予測し眼球を動かす視覚のフィードフォワードが働いたためと考えられる。

Fig.3(b), Fig.3(c)により、視野範囲内を図形がランダムに提示されると、側頭葉に賦活が確認できた。(ii)(iii)で視野範囲内を図形がランダムに提示されることで、一つひとつの動きを空間的に識別するため、賦活したと考える。

(ii)(iii)で賦活の強度を比較すると、図中①, ②, ④の部位で(iii)の方が強く賦活している。これは(ii)のように、図形が0.5秒間隔で点滅を繰り返し、視覚刺激が与えられるのではなく、視覚刺激間の移動距離間隔を短くすることで、より明確に仮現運動が誘発されたためと考える。これにより、左脳だけではなく、右脳にも賦活が現れたと考える^{[5][6]}。

5. おわりに

本研究は、仮現運動を提示した際、脳内の情報処理と知覚機能を、fMRIにより解析した。仮現運動の知覚において左脳の頭頂葉と運動前野が賦活することが確認できた。この部位における賦活の有意差が、仮現運動による視認性の違いを反映している可能性がある。また、仮現運動は厳密に観ているのではなく、何らかの「仮説検定」的思考によることが示唆された。さらに共通の賦活部位においても、刺激デザインによって、賦活の強度が異なることが確認できた。

謝辞

本研究の一部は、東京電機大学ハイテク・リサーチ・センタープロジェクト研究の助成を受けて行われた。

参考文献

[1] 島田尊正, “機能的MRIを用いた視覚による物体の移動の判断に伴う脳内情報処理の解析”, 第42回日本エム・イー学会大会プログラム, p. 572, 2003

[2] 館暉, “人工現実感の基礎”, pp. 118-144, 東京, 培風館, 2000

[3] 鈴木真, “動画像による脳賦活状態のfMRI計測”, 第42回日本エム・イー学会大会論文集, p. 575, 札幌, 2003

[4] 杉下守弘, “機能的MRIにおける心理的課題”, 認知神経科学 vol. 1, pp. 56-59, 1999

[5] 島田尊正, “機能的MRIを用いた視覚による物体の移動の判断に伴う脳内情報処理の解析”, 第42回日本エム・イー学会大会論文集, p. 572, 2003

[6] 牧野達郎・柿崎祐一, “心理学1 知覚・認知”, pp. 131-134, 有斐閣双書, 1983