Osaka University Knowledge Archive

Title	Spatio-temporal dynamics of the visual system revealed in binocular rivalry
Author(s)	田谷, 文彦
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46196
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【4】

氏　　名	田　谷　文　彦（たや　ふみ　ひこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（医　学）
学　位　記　番　号	第　１９７０４　号
学位授与年月日	平成 17 年４月 28 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 医学系研究科情報伝達医学専攻
学　位　論　文　名	Spatio-temporal dynamics of the visual system revealed in binocular rivalry （両眼視野闘争に於ける視覚系の時空間ダイナミクス）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　柳田　敏雄 （副査） 教　授　福田　　淳　　教　授　内山　安男

論　文　内　容　の　要　旨

〔　目的　〕

ヒトの視覚系は高度に発達しており、物の動きのような生存上重要な特徴を捉える為に、並列的に情報処理を行っている。他方、行動は逐次的にしか行うことができず、心理学的に視覚系の並列的な情報処理機構を調べることは困難であった。

我々は、視野の広い領域の時空間構造を統計的に扱うことができる手法 spatio-temporal sampling method を提案する。この手法を用いて、両眼視野闘争の実験を行った。

ここで両眼視野闘争とは、左右の眼を通して異なる画像を見たときに、左眼に提示した画像と右眼に提示した画像が視野を争うように入れ替わる現象のことである。刺激を固定したままでも主観的な経験が変化することから、意識を研究する上で重要な現象であると見なされている（Crick and Koch, 1995）。同時に、目立つ特徴が優位になる傾向が知られており、視覚系が資源としての視野を割り当てる際の時空間ダイナミクスを調べる上で有効であると考えられる。

両眼視野闘争に於いて、脳のどの領域で闘争が起きているのかが問題の焦点となり、数多くの研究が行われているが、一見すると相反する結果が報告されている（for review, see Blake and Logothetis, 2002）。一次視覚野（V1）は、左右の眼からの情報を統合する領域であることから、有力な候補であると考えられており、この仮説を支持する結果も数多く報告されている。他方、電気生理実験により、サルの報告に相関する活動が V1 ではなく、IT 野や MT 野などの V1 以遠の視覚領野で見つかっている。心理実験でも、眼優位性の変化が、オブジェクト単位で行われることが報告されており、高次の領域が深く関わることが示唆されている。

これまでは技術的な困難さから、多くの研究では、両眼視野闘争を単純な左右の眼の闘争と捉えており、視野の空間的な拡がりを考慮に入れて来なかった。Spatio-temporal sampling method を用いることで、眼優位性の時空間構造を扱うことが可能となり、両眼視野闘争に於ける神経機構を調べる上で有効な手法となりうることを示す。

〔　方法ならびに成績　〕

動く対象などの目立つ特徴を提示すると、提示した側の眼の優位性が提示位置から周辺に拡がることが知られている（Wilson et al. 2001）。我々は、左右の眼に青色と黄色の背景を提示し、その背景上を水平方向に一定速度で往復する黒い円を提示した。被験者には、定期的に点滅する指示子が提示された瞬間に、指示子の周辺の色を報告して貰った。指示子の提示位置を変えて複数回実験を行い、得られたデータを再構成することで、眼優位性の時空間構造を統計的に解析した。

まず、円の動きが目立つ特徴として働いていることを確認する為に、ふたつの動く円とふたつの静止した円を提示したときの視野に現れている円の数を報告して貰った。その結果、動く円は常にふたつとも見えたのに対して、静止した円は時折視野から消えてしまった。

次に、単一の動く円を提示した場合と、ふたつ動く円を提示した場合の眼優位性の時空間構造を調べた。その結果、単一の円を提示した場合には、常に提示した円の位置から dominance wave が拡がったのに対して、ふたつの円が常に逆方向に動き、画面中央で交差する場合には、視野の左右の眼優位性が画面中央で反転することが分かった（flip-flop）。すなわち、視覚系は、単一の動く円の周辺は後追いで処理したのに対して、ふたつの円が交差する場合、まるで円の軌跡を予測したかのように先回りして視野を割り当てたのである。

この結果は、一見、刺激の動きに反応選択性を持つ V5 野などの比較的広い受容野を持つ高次領野からのフィードバック信号が関わっていることを示しているように見えるが、モデルにより、単一の円を提示したときの眼優位性の時空間構造から、ふたつの円が交差する場合の時空間構造が予測できた。このことは、動く円により引き起こされる局所的な優位性とその後の疲労効果により大局的なパターンの変化を説明することができることを示唆している。

〔　総括　〕

我々は、視野の広い領域の時空間構造を統計的に扱うことができる手法を用いることで、dominance wave の詳細な時空間構造を調べ、視覚系が目立つ特徴を効率的に表現する為にどのように資源を割り当てているのかを調べた。その結果、一見大局的で、高次の領野の情報処理を要求しているように見える現象であっても、低次の領野の神経細胞間の局所的な相互作用から説明が可能なことを示した。この手法は、fMRI や MEG のようなイメージングと組み合わせることで、より詳細に視覚系の時空間ダイナミクスを調べることが可能となるだろう。

論文審査の結果の要旨

ヒトの視覚系は、並列処理により生存上重要な目立つ特徴を捉えることができるが、逐次的な行動を観察する心理物理的手法では、視覚系の並列処理を調べることが困難であった。

本論文では、逐次的な行動データを外部刺激の構造に合わせて統計的に処理することにより、広い視野の時空間構造を再構築する手法を提案している。そして、両眼視野闘争と呼ばれる現象を用いて、視覚系が目立つ特徴を提示されたときに資源を配分する際の神経機構を調べている。複数の目立つ特徴を提示したときに、眼優位性の変化が大局的なパターンを示すことを、詳細な時空間ダイナミクスとして視覚化することに成功している。さらに、モデル予測により、局所的な変化により、一見大局的な変化を説明することが可能であることを示している。

逐次的な行動データから、統計的にデータを再構築するという独自の手法を用いて視覚系の並列処理を調べることを可能にし、大局的な変化には高次の領野の処理が要求されるという見方を覆した点に於いて、本論文は学位の授与に値すると考えられる。