

京都大学	博士 (医 学)	氏 名	大 西 裕 介
論文題目	Temporal impulse response function of the visual system estimated from ocular following responses in humans (追従眼球運動から推測されたヒト視覚系の時間インパルス応答関数)		
<p>(論文内容の要旨) 初期視覚は、一連の時空間的フィルターとして機能する。網膜像の変化を検出する能力は、これらのフィルターの時間軸方向の成分で決まる。この時間的フィルターは、double step method や、仮現運動に対する主観的反応を用いて、定量的に求められてきた。一方で、広い視野に及ぶテクスチャー刺激の急な動きで引き起こされる追従眼球運動 (ocular following response; OFR)より、初期低次視覚における時間的フィルターを定量的に求められる可能性があるが、そのような試みが行われたことはなかった。OFR のメカニズムとしては、motion energy model が想定されていることから、本研究では、2フレーム仮現運動に対する OFR より motion energy model を最適化することによって、初期低次視覚の時空間的フィルターを定量的に同定することを試みた。</p> <p>具体的には、二人の正常な被験者に対して、二つの系統的な実験を行った。二つの実験に共通する、正弦波刺激の空間周波数などは、過去の研究での眼球運動にとって最適な値を使った。被験者は固視点を見つめているように指示された。実験1では、二つのフレーム間で (一様なグレイ刺激を挟んで) 0 ms から 640 ms までの様々な時間間隔 (inter stimulus interval; ISI)と、1/4 波長の右/左方向のずれを伴う垂直方向の正弦波刺激が用いられ、反応が調べられた。この結果、ISI の値により、OFR が、刺激の実際の動きの方向とは逆の方向に振れることが観察された。これは OFR の指標として、眼球運動の各時刻での速度、open-loop 時における眼球位置の変位量のどちらを取っても同じであった。この性質は Sheliga ら (2006)、Nohara ら(2015)の先行研究と一致するものである。この性質は、時間的フィルターが二相性であれば導かれるものであるもので、この点からも motion energy model が支持された。また、ISI が 0 ms の条件では、OFR はごく微小な値となったが、第一フレームを提示する長さ (motion onset delay; MOD) からの影響が示唆された。そこで、実験2を行った。実験2では、MOD を 0 ms から 640 ms まで変えることで、MOD が長いほど、OFR が減少することが観察された。このことは、一種の adaptation であると解釈できる。実験1, 実験2での OFR の ISI および MOD 依存性から、motion energy model の時間的振る舞いに関わるパラメータが決定された (空間的振る舞いに関わるパラメータは先行研究より引いた) ($R^2 > 0.95$)。このパラメータ値は、実験1の結果のみあるいは実験2の結果のみを使って fitting したものとほぼ同じであり、OFR の ISI/MOD 依存性は、同じパラダイムで議論できることが示唆される。また、この時得られたパラメータの値は、仮現運動に対する知覚量から求められたものとよく似た値となった。さらに、得られたモデルの各フィルターの時間周波数特性を求めると、それぞれ 6-8Hz にピークを持つバンドパス型であることが分かった。OFR は低次のメカニズムで大部分決定されることから、今回の実験系からは低次視覚の特性しか知りえないが、他の方法とあわせることで、低次と高次を切り分けることに貢献しうる。</p>			

本研究での方法論は、被験者の主観に依存しない完全に客観的なものであり、それゆえ様々な被験者やモデル動物に適用可能と考えられる。

(論文審査の結果の要旨)

この論文は、ヒト視覚系での動きの検出機構を明らかにすることを目的としている。2フレーム仮現運動によって誘発される追従眼球運動を計測し、計測で得られたデータを用いて、視覚的運動検出のモデル motion energy model を最適化し、初期低次視覚の時間的フィルターを定量的に同定した。視覚刺激の2つのフレーム間の時間間隔、及び、第一フレームを提示する時間の長さを系統的に変化させ、眼球運動の大きさの変化がモデルで再現でき、その時間周波数特性が求められることを示した。

以上の研究は、ヒト視覚系の基本的な性質の解明に貢献し、その特性の客観的な計測を可能にする手法を開発したことで、視覚系の理解と研究の発展に寄与するところが多い。

したがって、本論文は博士 (医学) の学位論文として価値あるものと認める。

なお、本学位授与申請者は、平成29年2月23日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。

要旨公開可能日： 年 月 日以降