



Title	滑動性追跡眼球運動系における起動機構と適応機構に関する研究
Author(s)	小川, 正
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40971
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	小 川 ^{がわ} ^{ただし} 正
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 5 3 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 2 月 18 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	滑動性追跡眼球運動系における起動機構と適応機構に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 笠 井 健 (副査) 教 授 佐 藤 俊 輔 教 授 木 村 實 教 授 佐 藤 宏 道

論 文 内 容 の 要 旨

比較的ゆっくりと移動している小さな視覚刺激を注視するときは、網膜上での刺激像の滑り誤差を減らすように眼球位置を変える滑動性追跡眼球運動（スムーズパシュート）が起動される。本論文では、「スムーズパシュート系が示す高い精度の追従性能を維持するための適応機構」、及び「他の眼球運動系と協調して動作するときにスムーズパシュート系の起動機構に及ぼされる影響」に焦点を当てて研究をおこない、以下に示す事柄を新たに明らかにした。(1)人工的で複雑な学習機構を考えなくても、網膜滑り誤差信号のみで駆動される適応機構によって眼球運動系の最終共通経路及び神経積分器の適応性が実現できることを理論的に示した。また、複数の適応系（スムーズパシュート系、最終共通経路など）が同時に作動している状況下では各適応系間における相互干渉によって適応が誤って進行する可能性があるが、生体で観察されるような適応速度の差を各適応系に与えることによって適応系間の相互干渉を回避できることを示した。(2)周辺視野の運動視標で起動されたスムーズパシュートの適応性を調べることによって、スムーズパシュートの適応機構が視標位置に対して選択的な（トポグラフィ性のある）適応が可能であること、また適応はパシュートゲイン（パシュート速度/視標速度）の更新によって行われること、さらにスムーズパシュートの適応がサッカード系における運動視標の視標速度推定機構に影響を与えないことを明らかにした。(3)従来は独立だと考えられていたサッカードとスムーズパシュートの起動機構が時間的に高い同期性をもって作動していることを示し、スムーズパシュート系のパシュートゲインがサッカードの起動プロセスに同期した抑制性信号によって修飾されている可能性を明らかにした。さらに、急激なスムーズパシュート速度の増加が実現されるためには、脳内で推定された外部空間の視標速度信号によってスムーズパシュート系が駆動されている必要があることをパシュートモデルを用いたシミュレーションによって明らかにした。

論文審査の結果の要旨

眼球運動の制御においては、多数の適応機構によって系の特性変化を補償し、高い性能が実現されており、その実態の解明は高次脳機能の理解のために重視されている。

この論文では、滑らかに動く対象物を追跡する眼球運動（スームスパシユート）の制御系の動作分析および理論的考察に基づき、起動と適応の神経機構について新しい考え方を提案し、生理学的知見との関連性についても検討を行っている。

まづ脳幹にある神経積分器の構成について理論的考察を行い、個々には ms オーダーの時定数しか持たない神経細胞の正帰還結合によって 20 sec 以上の時定数を実現でき、バイアス信号を積分せず、それに重畳された速度指令信号のみの積分を可能にする神経回路の構成を提案した。この研究のオリジナルな点は、積分器を安定に動作させるため神経回路の結合の強さを高い精度で特定の値に保持出来なければならないという問題に対して、生理学的な神経結合に忠実な構成と、網膜像の速度スリップの信号を誤差信号とした適応機構によってそのことが可能であることを実証したことにある。また神経積分器の時定数とゲインが、生体に見られると同様の適応速度の違いを導入する事によって、相互干渉せず同時に学習可能であることを示した点も重要である。

次に周辺視野に提示された運動指標の追跡速度の適応機能を人のスームスパシユートの測定によって調べ、適応が網膜上の指標位置によって選択的に生じることを実験的に示した。網膜上の異なる位置の運動指標に対して異なる追従ゲインを学習させ得ることを初めて明らかにし、スームスパシユートの速度ゲインの適応が、網膜位置情報を保存した神経構造のレベルで行われている可能性を初めて指摘したことは重要である。またスームスパシユートに伴って起こるサッカードには適応の効果が伝搬しないことを突きとめ、スームスパシユート系の適応がサッカード系に指標の速度情報を送る分岐点より後ろの神経回路において行われていることを指摘した。

最後に従来独立と考えられてきたサッカードとスームスパシユートが時間的にロックして起動されていることを実験的に示した。スームスパシユートの追従ゲインが随伴サッカードの起動に先立って低下することを初めて実験的に明らかにし、すでに提案されている Robinson モデルにおいて、サッカード系からの抑制による現象として説明できることをシミュレーションにより示し、この抑制が対象物注視に効果的な役割を果たすという考え方を提案した。

これらの成果は、眼球運動の中核神経機構について、神経科学上重要な示唆を与えるものであり、脳の高次機能を理解する研究に貴重な貢献をするものとして、博士論文として価値あるものと認める。