The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	並進運動時の視覚安定化に関わる眼球運動の制御機構に関する研究
Author(s)	疋田, 真一
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43532
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

【142】

氏　　名	疋田真一（ひきたしんいち）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　17115　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学位論文名	**並進運動時の視覚安定化に関わる眼球運動の制御機構に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　笠井　健 （副査） 教　授　佐藤　俊輔　　教　授　佐藤　宏道　　教　授　赤澤　堅造

論文内容の要旨

日常生活の中で頭部は頻繁に動揺するが、視覚のぶれは感じない。このことは、頭の動きに応じて眼球運動を適切に制御するしくみが脳内に存在することを示唆している。頭が並進運動したとき、眼球を頭の運動方向と逆向きに回転させることにより視覚の安定化が図られる。この補償性眼球運動はLVORと呼ばれ、頭部の直線加速度を検出する耳石器宮の信号から生成されると考えられている。LVORの性質について、眼球角速度の大きさは目標までの距離に依存することが知られているが、頭部回転時に働くAVORに比べて知見は少なく、未だ不明な点が多い。

本研究では、並進運動時の補償性眼球運動生成のメカニズムを明らかにするため、ヒトを被験者とする心理物理実験を行い、①耳石系における直線加速度から眼球角速度への変換機構、②耳石系と視覚のフィードバックによるパシュート系との相互作用、③サッカード系と耳石・パシュート系の相互作用について検討を行った。

問題①について、耳石器官の信号は輻輳角情報ではなく距離知覚により修飾されることがわかった。しかし、暗闇下のLVORゲイン（眼球角速度／目標速度）は小さく、耳石系の働き（頭の動き情報と距離知覚）だけでは高速な眼球運動をつくることができなかった。このことから、耳石系よりはむしろパシュート系が眼球運動の生成に寄与しているのではないかと考え（問題②）、正弦波運動刺激を用いてLVORとパシュートの目標追従性能を調べた。その結果、耳石系の信号はLVORゲインを増加させること、パシュートによる位相連れを低減させること、パシュート系によってつくられた眼球運動の速度成分に対して耳石系の信号がゲイン、位相を改善する形で修飾していることがわかった。

次に、耳石系とパシュート系が線形加算かどうかを検証するため、突然左右に頭を動かしたときに生じる眼球運動の速度を調べた。その結果、並進運動が生じると最初は耳石系の信号のみによって眼球運動がつくられ、続いて視覚のフィードバックによるパシュートが併せて生じること、耳石系とパシュート系が線形加算されて補償性眼球運動がつくられることが明らかになった。

問題③について、LVORでもパシュート時と同様に視線の向きと目標までの位置誤差を減少させる捕捉サッカードが見られた。LVOR速度のスムーズ成分が捕捉サッカードのダイナミクス（振幅、所要時間、ピーク速度）に与える影響を調べたところ、サッカード信号とスムーズ成分の信号は加算されることがわかった。

論文審査の結果の要旨

日常、頭の回転・並進に対して視覚の乱れを感じないのは頭の動きに対応した眼球運動による視覚安定化のしくみがあるためと考えられている。頭の回転運動に対する視覚の安定のしくみ（VOR）については詳しく研究されているが、並進運動に対してはセンサーの耳石器官の関与も含め、目標注視の眼球運動に関わる神経機構の実態は明らかにされていない。

本論文は直線加速装置を用い、左右方向の並進運動中に視覚目標を注視する被験者の視線の動きを計測分析することによって、並進運動中の視覚安定に関わる神経機構の働きを明らかにしたものである。まず、身体が左右に往復運動をする状態で静止空間に固定された目標を注視するときの眼球運動（LVOR）の滑らかな成分を、身体が静止し目標だけが同じ相対速度で動くときの追従性眼球運動（パシュート）と比較した。視覚的に相対速度の情報を与えられるだけの後者に比べて、頭部並進の運動情報も併せて与えられる前者の方が注視精度が高いことを示し、網膜経由の視覚情報に併せて、耳石器官からの運動情報が重要な寄与をしていることを明らかにした。並進運動中の目標注視においては、要求される眼球運動速度は目標までの距離に依存するので、両眼で目標を単一視するための輻輳角情報により眼球運動速度が修飾されるとの仮説が提唱されてきた。しかし暗闇で正弦波状の加速度刺激に反応して生じる眼球運動速度は輻輳角には依存せず、被験者の記憶した目標までの距離知覚によって修飾されることを明らかにした。さらに本研究では耳石器官由来の眼球運動単独では目標を捕捉するに充分な眼球速度が生成されないことを見いだした。そしてパルス状の加速度刺激に対する眼球運動の反応から耳石器官からの頭の速度信号が網膜経由の相対速度信号に加算されることによって、ゲインは低いが、潜時の短い耳石器官系と潜時が長くてゲインが高いパシュート系が協調して高い追従性能が実現されていることを示した。また、LVOR において間欠的にみられる急速な眼球運動（サッカード）はパシュート中に見られる捕捉サッカードと同じ性質を持ち、緩徐成分を作る運動命令とサッカードを作る運動命令が線形加算されていることを明らかにした。以上の研究は並進運動中の視覚の安定化における耳石器官の関与、および LVOR の眼球運動を発現する神経機構について未知であった部分を明らかにし、今後の研究の道を切り開くものであり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。