Osaka University Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 筋協調・平衡点・剛性に基づくヒト下肢運動の解析 |
| Author(s) | 富永, 健太 |
| Citation | 大阪大学, 2016, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/55905 |
| rights | |
| Note | |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

様式３

# 論　文　内　容　の　要　旨

| 氏　　名　　（　　富永　健太　　） | |
|---|---|
| 論文題名 | 筋協調・平衡点・剛性に基づくヒト下肢運動の解析 |

論文内容の要旨

ヒトの運動の生成機序の解明は，運動制御の研究における最も本質的なテーマの一つである．運動制御の分野でよく知られる筋シナジー仮説と平衡点仮説（λモデル）に基づくと，身体運動のメカニズムを理解する上で筋協調，平衡点，剛性といった概念は重要であると考えられる．しかし，筋シナジーに関する研究の多くは平衡点や剛性を考慮していない．また，運動中の平衡点や剛性の時系列パターンも不明瞭な部分が多い．本研究では，日常的に重要な移動動作である歩行や走行のメカニズムを筋協調，平衡点，剛性の観点から考察することを目的とする．まず，筋シナジーの機能的役割に着目し，矢状面内の下肢運動に適用可能な物理モデルに基づく筋シナジーの抽出法を提案する．この手法により，筋シナジーが平衡点の制御に果たす役割を明確化できる．さらに，下肢運動中の平衡点・剛性の推定法を提案する．そして，提案手法を用いて歩行，走行，坂道歩行から平衡点の制御に果たす役割が明確な筋シナジーの抽出を行う．その結果，（1）歩行，走行，坂道歩行中の筋活動は，被験者間，タスク間で不変の2つの筋シナジーの重ね合わせで約90%を表現でき，（2）それら2つの筋シナジーはそれぞれ股関節を中心とする極座標系において足先平衡点を動径方向あるいは偏角方向にのみ変動させる機能を有するということがわかった．次に，走行に焦点を当て，走行中の足先平衡点軌道を推定し，その生成メカニズムを考察する．その結果，足先平衡点の接線速度は5つの程度のガウス関数の重ね合わせで表現可能であり，走行速度からガウス関数のパラメータを回帰的に算出することで，接線速度を予測できるということがわかった．最後に，坂道歩行に焦点を当て，坂道歩行中の力学的エネルギーの変動と筋協調，平衡点，剛性の関係を調べる．その結果，上り坂で歩行中の重心の力学的エネルギーの増加量と，股関節を中心とする極座標系における足先の偏角方向の平衡点，剛性および足関節の平衡点，剛性との間にはそれぞれ強い相関があることがわかった．本研究の結果は，筋協調，平衡点，剛性が歩行や走行などの下肢運動の生成に重要な役割を果たしていることを示唆するものである．

様式7

# 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏　名　（　富永　健太　） | | |
|---|---|---|
| 論文審査担当者 | （職） | 氏　名 |
| | 主 査　教授 | 宮崎　文夫 |
| | 副 査　教授 | 和田　成生 |
| | 副 査　教授 | 野村　泰伸 |

## 論文審査の結果の要旨

ヒトの運動の生成機序の解明は、運動制御の研究における最も本質的なテーマの一つである。特に近年は、Bernsteinの冗長性問題に対する１つのアプローチであるシナジー仮説が注目され、運動のパフォーマンスのバラツキを減じるためのタスクに特化したニューロンの組織化として定義されるシナジーを生体情報から抽出する多くの試みが報告されている。しかし、その多くが中枢の制御コマンドに対する最終的な出力である運動学情報に基づく間接的な結果に留まっている。また、筋電位（EMG）から統計的手法によってより直接的にシナジーを抽出しようとする試みもあるが、得られたシナジーの物理的な意味が不明確であるという問題を残している。

本研究は、タスクの実行に関わる中枢の制御コマンドをEMGから推定する方法の提案と、それを用いた歩行および走行の運動制御メカニズムの解明を試みたものである。提案手法の大きな特徴は、平衡点仮説に基づいて中枢の制御コマンドをタスク変数（シナジー）の平衡点と剛性に分け、下肢運動に適用可能な物理モデルを介してEMG信号から抽出する点にある。この手法により、まず歩行および走行運動中のEMGおよび運動学データから、被験者間，タスク間で不変な2つのシナジーを抽出し、それらがそれぞれ股関節を中心とする極座標系において足先を動径方向あるいは偏角方向にのみ運動させる機能を有することを明らかにした。つぎに走行中の足先の平衡点軌道の生成メカニズムを考察し、足先平衡点の接線速度は5つ程度のガウス関数の重ね合わせで表現可能であること、および走行速度からガウス関数のパラメータを回帰的に算出することで、接線速度を予測できることを示した。さらに坂道歩行中の力学的エネルギーの変動と筋協調、平衡点、剛性の関係を調べ、歩行中の重心の力学的エネルギーの増加量と、足先の平衡点、剛性との間に強い相関があることを明らかにしている。

以上のように本研究は、ヒトの運動の生成機序の解明に大きく貢献するものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。