

報告番号

※
乙 第2498号

主論文の要旨

題名 立位における姿勢制御特性の解析
と制御能力の評価に関する研究

氏名 大西 昇

主論文の要旨

報告番号	※第	号	氏名	大西 昇
<p>立位姿勢はヒトと他の動物とを区別する重要な振る舞いで、歩行などの種々の身体動作の基本と言える。前庭器官、視覚、皮膚感覚や深部感覚などの感覚フィードバック情報が、中枢系により情報処理され、その結果各骨格筋の収縮と弛緩が行われ、立位は安定に制御されている。立位姿勢維持のための複雑な制御機構の解析、形態面から見た姿勢の良否の判定、各種の疾患による平衡機能の低下および回復程度の評価などを目的として、広範な分野で立位姿勢の研究がなされている。立位維持に関与する種々の感覚系の遮断もしくはこれらの刺激をはじめとするさまざまな条件設定のもとで、両足・片足立位の姿勢についての多くの研究がある。</p> <p>本研究は、立位における静的および動的動作を解析することによりヒトの姿勢制御の静特性と動特性を明らかにし、平衡機能の評価法を確立し、その結果を主としてリハビリテーションにおける平衡機能の訓練とその評価に結びつけることを目的としたものである。</p> <p>立位での静的動作としては、指標注視の両足での静止立位をとりあげ、確率過程の認識のもとに重心跡動揺データの空間平均的処理による解析を行った。従来の研究は標本関数の時間平均的処理によるものばかりで、本研究のように定常性などの確率過程としての統計的性質を調べた研究はほかにはみられない。立位の姿勢制御の動特性を調べる方法としては、</p>				

主論文の要旨

報告番号	※ 乙 第	号	氏名	大西 昇
<p>被験者に物理的外乱を与えるものと視覚目標値に追従した姿勢制御の2つがある。前者は反射動作、後者は随意動作に着目した方法で、制御機構および制御能力について多くの情報が得られるとして、近年注目され始めた実験方法で、これら動作の解析に関する研究は極めて少ない。リハビリテーションでの訓練としては随意動作が望ましく、また被験者に外乱を与えることは安全性の点で問題があるので、本研究では後者の方法を採用した。そして立位の被験者が視覚フィードバックによりランダムな時間間隔で変化するステップ的な目標値に追従して、体重を左右に移動させる動作の実験を行った。計測されたステップ応答を制御工学の立場から解析することで動特性を明らかにし、さらに動的な姿勢制御能力の評価法を導いた。</p> <p>本論文は序論、結言のほか8章から構成されている。以下に各章の内容を要約する。</p> <p>第1章序論では本研究の目的を述べ、さらに研究の特徴、位置づけを明確にすべく立位姿勢に関する従来の研究をまとめた。ついで、各章の内容を簡単に説明し、本論文の概要を述べた。</p> <p>第2章では、本論文の展開に必要な知識を、従来の研究成果にもとづいて述べた。その内容は、①身体運動の運動学および運動力学的計測方法、②運動の制御機構についての生</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	大西 昇
------	-----	---	----	------

理学的知見、③姿勢制御モデルである。

第3章では、姿勢制御の静特性を解析した。二名の被験者それぞれについて同一条件下で、静止立位時の重心跡動揺の計測を84回以上行った。そして、計測データの空間平均的処理により、確率過程である重心跡動揺の統計的性質を調べた。その結果、2名の被験者について同じ結果が得られ、任意の時刻における重心の x （左右方向）、 y （前後方向）座標値はともに一次元正規分布の観測値であることが分かった。また、約41秒間での平均値の定常性が、重心の x 座標値では成立したが、 y 座標値では成立せず時間の経過とともに後方へ移動するトレンドがみられた。

第4章では姿勢制御の動特性を調べる方法として、ステップ的な目標値に追従して被験者が視覚フィードバックにより体重を左右に移動させる随意動作について記述した。製作した実験装置と健常者および片麻痺患者について行った実験について説明した。さらに、体重の左右移動の実験により得られたステップ応答に観察される逆応答や非線形性を第5および第6章で解析するために、人体を剛体リンクとし立位の倒立振子モデルを導き、生理学的知見に基づく神経-筋系のモデル化により、体重の左右移動動作の数学モデルを導出した。この数学モデルは、実験結果を十分シミュレートでき、第5および第6章での解析に十分有効なものであることが確かめ

主論文の要旨

報告番号	※甲 乙	第	号	氏名	大西 昇
<p>られた。</p> <p>第5章では、体重の左右移動などの立位姿勢における身体動作で観察される逆応答などの興味ある現象を制御工学の立場から解析した。まず議論を混乱・複雑にしないために、制御工学における逆応答の定義を明確にした。体重の左右移動のステップ応答の初期にみられる逆応答は、立位が倒立振り子であることに起因する不安定性（一入力一出力系での逆応答の発生原因）によることを明らかにした。さらに、逆応答の特徴について詳細に検討した結果、逆応答の大きさは動作開始時の筋収縮によるトルクの大小を評価しうる重要なパラメータであることが分かった。また、体重の左右・前後移動や歩行開始時の垂直床反力やその作用点が、体重心の移動と比べると一見逆な軌跡を描くことについても、立位の不安定性によることを明らかにした。さらに、多入力多出力系となるような一般的な身体運動について思考モデルにより制御工学の立場から考察した。そして、多入力多出力系と考えられるような身体運動では、身体各部の制御の仕方で、床反力作用点の軌跡に逆応答が発生したりしなかったりすることを示した。</p> <p>第6章では、体重の左右移動動作パターンの解析と比較を行った。体重の左右移動動作の観測量である垂直床反力の波形は、健常者のパターンと患者にのみ観察された3種類のバ</p>					

主論文の要旨

報告番号	※第	号	氏名	大西 昇
<p>ターンに大別された。ヒトの非線形動作を考慮して4種類のパターンの制御方法における差異を解析した。健常者や軽症の患者のトラッキング動作(タイプ1)は、初期の速応性の高い状態から、神経-筋系の制御モードの切換えにより、後期は速応性を減じ応答を改善している。患者に観察される応答(タイプ2, 3, 4)は、神経解剖学および心理学的基盤に由来する機能低下のため、タイプ1とは逆に、減衰定数を大きな値から小さな値に切換えている。また、タイプ2, 3, 4の違いは、制動量の大小により説明できることが分かった。</p> <p>第7章では、ステップ的な目標値に追従した体重の左右移動の実験結果の検討と動的姿勢制御能力の評価法について述べた。健常者と片麻痺患者についての実験結果を比較したところ、両者のステップ応答には有意な差があった。また、片麻痺の程度と応答の良否とは良い相関関係があり、臨床症状を反映していることが分かった。さらに、片麻痺患者の成績をhepta-gramと評点で記述することにより、成績の直観化と定量化法を確立し、リハビリテーションにおける患者の平衡機能の客観的な評価を容易にすることができた。</p> <p>第8章では、リハビリテーションの臨床において使用に耐えうるマイコンを応用した総合的なバランス訓練・評価装置について記述した。第7章において動的立位バランスの臨床</p>				

主論文の要旨

報告番号	※ 甲 乙第	号	氏名	大西 昇
<p>での評価法としての有効性が確かめられた、目標値に追従した体重移動の訓練を、対話形式の簡単な操作で実施し、かつオンライン処理により訓練結果をただちに評価できるようにした。さらに、障害者が訓練に楽しみとくつろぎを見いだし、自発的に訓練を受けられるようにリハビリ訓練へのゲーム性の導入を考えた。そして、その一試みとして、テレビゲームを応用した動的バランス訓練法を開発し、この訓練法の身体面および心理面での効果について検討した結果、十分有効な訓練法であることが確かめられた。</p> <p>第9章結言では、本研究全体の総括と今後に残された課題について述べた。</p>				