



人体の運動動作解析と作業機能評価に関する研究

川野, 常夫

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1982-03-31

(Date of Publication)

2008-06-04

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0369

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000369>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	かわのつねお夫 (大阪府)
学位の種類	学術博士
学位記番号	学博い第4号
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
学位授与の日付	昭和57年3月31日
学位論文題目	人体の運動動作解析と作業機能評価に関する研究

審査委員 主査 教授 岩田 一 明
教授 中西 英 二 教授 進藤 明 夫

論文内容の要旨

本研究は、最適なマン・マシンシステムを検討する上で重要な人間の運動動作を運動学並びに動力学の立場から解析評価することを目的とし、人体に関する数字モデルに基づいて動作パターンの解析、評価、並びに身体各部に作用する力やトルクの計算による定量的な評価を行った。

各章における内容は以下のとおりである。

第1章では、研究の意義づけと従来の研究のまとめを行い、研究目的の設定を行った。

第2章では、人体の運動動作を記述しうる二次元数学モデルを構築し、その運動方程式を導出した。解析の対象として実際の起立・着席動作及び荷役作業動作を取り上げ、16ミリシネカメラを用いて運動を記録した後、その情報をミニコンピュータ内に取り込み、コンピュータ・グラフィックスを利用して、運動に伴う人間の動作パターンの解析・評価を行った。次いで身体各部の速度、加速度並びに各部に作用する力及びトルクを計算し、動作パターンとの相関、加齢による影響などについて定量的に検討した。

起立・着席動作の実験は22歳から80歳までの男子被験者19名について行い、基本的な動作パターン、身体の重心移動軌跡、身体各部の主要な関節角度の相関などを求めた結果、加齢と共に身体各部の動作に滑らかさがなくなることが定量的に明らかとなった。また運動方程式から各関節に作用する力とトルクを推定した結果、動作中、腰に作用するトルクの最大値は加齢と共に若干減少し、特に目の前のテーブルに手をつくことにより平均20%低下することなどが得られた。

次いで荷役作業動作は、22歳の男子被験者1名について両足をそろえ、肘を開かない動作に限定して行い、以後の複雑な作業解析を行うための方法論を確立した。

第3章では、自由度の大きい人体の運動動作を解析するため、人体に関する三次元数学モデルを構築し、三次元コンピュータ・グラフィックスを利用した動作パターンの表示法を確立すると共に、三次元運動において身体各部に作用する力及びトルクの推定方法を明らかにした。またシネカメラと鏡を用いた運動動作の三次元計測方法並びにホログラフィック・ステレオグラムを用いた三次元運動動作解析の方法論を明らかにした。

第4章では、実際の三次元運動動作について実験を行い、3章で展開した解析方法に基づいて具体的な解析及び検討を行った。

運動動作としては、実際に即した荷物の持ち上げ持ち下ろし動作並びに垂直跳び動作を取り上げ、コンピュータ・グラフィックスを利用した動作パターンの解析並びに身体各部に作用する力及びトルクに関する動力学的な解析を行った結果、荷役作業動作では動作時間、ひざと腰の協調運動及び重心移動軌跡において疲労による影響が現われることが明らかとなった。また、垂直跳びにおける跳躍量は離床前におけるひざ及び腰の屈曲運動並びに腕の振り上げ動作などに密接に関係していること、高齢者ほど跳躍量が少さくなることなどが明らかとなった。

次いで荷物の持ち上げ持ち下ろし動作に対して、ホログラフィック・ステレオグラムを作製するための原画撮影装置を試作し、これより得られたホログラムによる三次元再生像について検討を行った結果、動的な三次元画像を再生するにはホログラフィック・ステレオグラムを用いる方法が有効であり、本章で試作した原画撮影装置は十分実用的であることを明らかにした。さらに、三次元再生像から三次元位置情報を抽出する場合の測定誤差について検討した。

第5章では、通常の三次元的な動作に加えて身体各部のひねりを考慮した運動動作解析の方法を確立し、胴のひねりを伴う荷役動作と前腕のひねり動作について詳細な解析を行った。

胴のひねりを伴う動作の撮影には16ミリシネカメラを用い、前章までに展開した方法に基づいて、ひねり動作のパターン並びにひねりによって生じるトルクに関して定量的に評価した。前腕のひねり動作を解析するにあたっては、ITVカメラとミニコンピュータから成る画像処理システムを開発し、解析に必要な座標の抽出を行った。

胴のひねりを伴う荷役作業動作を直立姿勢における場合と正座姿勢における場合について行い、両者の比較検討を行った結果、正座姿勢における胴のひねり角度は直立姿勢の場合に比べて2倍程度大きいことが明らかとなった。

ITVカメラを利用した座標抽出方法は、前腕のひねり動作のような細部の解析には有効であることが明らかとなった。また、前腕のひねり動作についてパターン解析及びトルクの推定を行った結果、前腕には特によくひねられる箇所が存在すること、ひねりによって生じるトルクは極めて小さいことなどが明らかとなった。

第6章では、4章で得られた分析データに基づき、身体各部の関節角を関数表示することによって三次元荷役作業動作の計算機シミュレーションを行い、種々の荷役作業動作パターンに対して腰関節及び肩関節まわりのトルクを求め評価を行った。その結果、本章で確立したコンピュータ・グラフィックスに基づくシミュレーションの方法が、荷役作業を評価する上で有効であることを明らかにした。

さらに、動作中に作用する腰関節及び肩関節まわりのトルクを評価規準とし、荷物の持ち上げ動作に対する良し悪しの評価を行い、最適な動作に関する検討を行った。

第7章では、本研究において得られた結果の総括を行った。

論文審査の結果の要旨

生産の場における作業者が安全に無理なく、しかも高能率で作業を行い得る環境を実現し、真に最適なマン・マシン・システムを作り出すためには、人体の各種運動に伴う動作解析を行い、作業における動作機能の評価を行う方法論を確立することが重要である。本研究は、これまで、あまり研究対象とされていなかった動力学的観点からの動作解析を行うとともに、幅広い年齢層を対象に各種動作の解析・評価を行ったもので、得られた主要な成果は、以下のとおりである。

- (1) 平面内での人体の運動を記述し得る二次元数学モデルを構築して、その運動方程式を導出するとともに、16ミリシネカメラ、ミニコンピュータ及びグラフィック装置を用いて起立・着席動作などについての解析・評価を行っている。その結果、加齢と共に身体各部の動作に滑らかさの失われることが定量的に明らかにされ、また起立・着席時に目の前のテーブルに手をつくことによって、腰に作用するトルクが平均約20%低減することが求められるなど、従来、定性的に解析されていた人体の動作を、定量的に解析・評価し得るようになった。
 - (2) 人体に関する三次元数学モデルを構築し、その運動方程式を導出して、三次元的な運動に伴って身体各部に作用する三次元の力やトルクを求める方法を確立するとともに、鏡とシネカメラによる三次元動作計測法、ホログラフィック・ステレオグラムによる三次元動作解析法の開発を行っている。特に、ホログラフィック・ステレオグラムに関しては、従来にない新たな方法論の開発を行っている。
 - (3) 荷物の持ち上げと持ちおろし、垂直跳びを例にとり、人体の三次元的な運動の動作解析を行っている。その結果、各種の動作特性に及ぼす加齢や疲労の影響を定量的に明らかにしている。また、このほか三次元コンピュータ・グラフィックス及びホログラフィック・ステレオグラムによる動作の動的な三次元表示を可能にするなど新たな成果を得ている。
 - (4) 通常の三次元的な動作に加えて、身体各部のひねりをも考慮に入れた数学モデルを構築し、胴のひねりを伴う荷役動作、前腕のひねり動作について詳細な解析を行っている。その結果、胴のひねりとそれに要するトルクの大きさなどの定量的な関係が新たに明らかにされ、また、ITVカメラとミニコンピュータによる画像処理システムを用いて、ひねり動作の自動計測を行う方法の開発も行っている。
 - (5) 実験データに基づき、三次元荷役動作の計算機シミュレーションを行い、動作特性を評価する方法論の開発を行っている。この方法によれば、身体各部に作用する力やトルクなどを評価規準として、動作の評価を行うことが可能で、ここでは最適動作に関する検討を行っている。
- 以上のように本論文は、人体の動作解析と作業における機能評価に関する独創的研究であると認め

ることができ、方法論の開発と実験結果において重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。また、本研究は、工学、体育学、医学の分野に関連する総合的な研究であり、人間工学に寄与することが大である。よって論文提出者 川野常夫は学術博士の資格があると認める。