

氏 名	なかむら けんすけ <b>中村 顕輔</b>
学位(専攻分野)	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	博 乙 第 1 8 6 号
学位授与の日付	平成 24 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	<b>B-spline 曲面を用いた体形モデルの応用およびその特長を 継承するポリゴンモデルの展開</b>
審 査 委 員	(主査)教授 森本一成 教授 鋤柄佐千子 教授 中森伸行 准教授 桑原教彰 名誉教授 黒川隆夫

## 論文内容の要旨

衣服を人体に適合するように設計するためには、対象となる多数の人の身体サイズと 3 次元体形に関するデータが不可欠である。特に体形を記述し、体形分析や衣服設計等に応用する場合に求められるのが 3 次元体形モデルであり、従来から多数のモデルが提案されてきた。しかしそれらの体形表現力や応用性は限定的で、体形を高精度で表現するとともに、市場を構成する多数の人々の体形を統計的に分析する、サイズ値を導出するなど多用途に利用することは困難であった。

本論文は、まず 3 次元の体幹部形状を記述するために申請者が開発の一部を担当した B-spline 体形モデルが多数の対象者の体形を精度よく記述でき、かつ様々に応用できることを示し、3 次元体形モデルとして優れていることを明らかにしている。これらの優れた性質は、申請者が「体表同型」と呼ぶ、任意の 3 次元体表を構造的に対応させる性質を B-spline モデルがもつことに由来する。しかし B-spline モデルは体形記述精度を必要に応じて制御したり、設計や着装シミュレーションのために衣服との関係を明確に定義したりするには限界があり、より記述性と応用性の高い体形モデルが必要であるとしている。そしてこのために、前モデルから体表同型性などの特長を継承するものとしてポリゴン体形モデルを提案している。ポリゴンモデルは全身への拡張性をもつ点、記述精度を部位ごとに制御できる点、ポリゴンに関する従前の技術を適用できる点など新たな特長も有する。

本論文は 9 章より成る。第 1 章はまえがきで、研究目的を述べている。また第 2 章では研究の背景を詳述し、特に従来の体形モデルにおける体形記述法とその問題点を論じるとともに、体形モデルに必要な条件をまとめている。

第 3 章では、B-spline 体形モデルの定義と体形記述法、このモデルが体表同型性をもつことなどを述べている。

第 4～6 章では、B-spline モデルの応用可能性を明らかにしている。第 4 章では体形を統計的に分析する手法を提案し、日本人女性五百数十人を対象として体形記述誤差の分析、体幹部、乳房、腹部の体形分析を行っている。第 5 章では B-spline モデルと遺伝アルゴリズムを組み合わせる身体計測値を推定する方法を提案し、女性約 450 名について、身長やバスト周径など 21 項目を平均誤差率 2.87% 以下で推定可能なことを示している。第 6 章では、このモデルによりブラジャー着装形態を統計的手法でシミュレートする方法を開発し、乳房を柔らかさで分類すれば 5 mm 程度の誤差で予測可能なことを示している。この一方でそれぞれの応用面における B-spline モデルの限界についても論じている。

第7章では、新しくポリゴン体形モデルを提案している。まずB-splineモデルの種々の有用性を引き継ぐために、B-splineモデルの曲面座標と同じ平面座標上にポリゴンメッシュを定義するという新しい方法を採用している。またそれを体形記述対象となる多数の人の体表に最小自乗フィッティングして、記述精度との関係でポリゴン頂点の配置を求める方法を述べ、具体的なモデル導出例を示している。また記述対象部位を拡張する課題については下肢への拡張法と具体例を示している。

第8章は議論で、B-splineモデルとポリゴンモデルについて総括的な考察を行うとともに、今後の課題並びに展開を示している。

第9章はあとがきであり、結論を簡単に述べている。

## 論文審査の結果の要旨

人の体形を記述するためのモデルは種々提案されてきたが、次の3つの条件、①体形を高精度で表現することができること、②多人数の体形を統計的に分析できること、③衣服設計などに応用できることを同時に満たすものは見られない。本論文は体形モデルが満たすべき条件を示し、申請者が開発の一部を担当したB-spline体形モデルがそれらを満たすこと、さらに利用価値を高めるにはこのモデルの特長を継承して新たなモデルが必要なことを述べ、ポリゴン体形モデルを提案している。

論文はまず、従来のどのモデルも先の3つの条件のいずれかを成さないことを明らかにしている。一方、B-splineモデルは条件をすべて満たすことを述べ、このモデルを用いて体幹部全体の体形や局所体形の分析、本来は人手で計測されるサイズ値などの自動推定、ブラジャーの着装シミュレーションを行っている。申請者が「体表同型性」と呼ぶ性質がこれらの応用で本質的な役割を果たしている。しかしB-splineモデルは曲面であることによりいくつかの限界をもっている。このためB-splineモデルの拡張として、前記の条件を満たすとともに、体形記述精度の制御性、記述部位の拡張性、衣服モデルとの整合性など新しい特性を備えたポリゴンモデルを導いている。提案されたポリゴンモデルは記述精度や応用可能性などがすべて実証されているわけではないが、基礎を置いているB-splineモデルの特性に鑑みれば、体形モデルとして十分な性質をもつことが示唆される。

本論文で述べられた種々の手法は衣服分野だけでなく、人間工学、コンピュータグラフィックス等の分野においても応用できるものであり、また従来見られなかった有用な特性を備えた体形モデルを新規に提案したものとして高く評価できる。

本論文は査読制度をもつ学会誌等に掲載された7編の学術論文を元に執筆されたものであり、申請者が筆頭著者のものは4編ある。他に本論文に関連する査読付き参考論文が3編ある。

1. 崔童殷、中村顕輔、黒川隆夫：人体モデルを用いた乳房の3次元形状の分析と分類、*J. Textile Engr.*, 52(6), 243-251, 2006.
2. Choi D.-E, Nakamura K., Kurokawa T.: Simulation of brassiere-wearing figures, *Int. J. Fashion Design, Technol. and Educ.*, 1(3), 125-134, 2008.
3. Nakamura, K. and Kurokawa, T.: Analysis and classification of three-dimensional trunk shape of women by using the human body shape model, *Int. J. Comp. Appl. in Technol.*, 34(4), 278-284, 2009.
4. Nakamura, K. and Kurokawa, T.: An isomorphic polygon model for describing human body shape,

- Proc. 6th Int. Conf. on Inform. Technol. and Appl. (ICITA 2009)*, 43-48, 2009.
5. Nakamura, K. and Kurokawa, T.: Description of human body shape using an isomorphic polygon, *Int. J. Intel. Sys. Technol. and Appl.*, 9(3/4), 239-252, 2010.
  6. Choi D.-E, Nakamura K., Kurokawa T.: Analysis of Japanese women's abdominal shapes using the three dimensional human body model, *Textile Sci. and Engr.*, 48(1), 71-77, 2011.
  7. 中村顕輔, 黒川隆夫: 3次元人体形状モデルを用いた身体計測値の推定法, *繊維製品消費科学*, 52(6), 381-391, 2011.