

機関番号 : 14401

研究種目 : 若手研究 (B)

研究期間 : 2009~2010

課題番号 : 21700136

研究課題名 (和文) デザイン幾何学に基づく計算機支援三次元デザイン

研究課題名 (英文) Computer-Aided Three-Dimensional Design Based on Design Geometry

研究代表者 : 金谷 一郎 (KANAYA ICHIROH)

大阪大学・工学研究科・准教授

研究者番号 : 50314555

研究成果の概要 (和文) :

本研究は「デザイン幾何学」という新しい幾何学に基づく三次元形状計算機支援設計(3D-CAD)に関するものである。デザイン幾何学とは従来のユークリッド幾何学と異なり、人間(とりわけデザイナー)の感性に基づいた形態の「味わい」などを考慮した幾何学である。本研究では「デザイン幾何学」に基づいた三次元 CAD システムとそのユーザインタフェースの開発を行った。

研究成果の概要 (英文) :

This research is on 3-D Computer Aided Design (CAD) based on what we call design geometry. The design geometry is a new kind of geometry based on human's Kansei, that considers taste of shapes, and different from conventional geometry at this point. The conventional CAD system is based on simple geometric shapes (straight line, circle, ellipse, and conic splines) and Bernstein-Bezier curve, polynomial splines. The BB curve is considered easy enough to draw out aesthetic shapes, and the most popular tool in industrial design field, however, it has been not very good at fitting to human's Kansei, nor expanding to 3D design. We applied differential geometry to aesthetic shapes and found relationships between human's Kansei and shape geometry so far, and built up a prototype CAD system. This research expanded the former research of us to 3D and brought a new user (designer) interface on top of it.

交付決定額

(金額単位 : 円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野 : 総合領域

科研費の分科・細目 : 情報学, メディア情報学・データベース

キーワード : ヒューマンインタフェース, デザイン支援インタフェース

## 1. 研究開始当初の背景

多くの工業製品が成熟化し、機能的な差別化が困難であるマーケットが存在する現在、工業デザインにおける造形デザインの重要性はますます高まっている。しかしながら、コンピュータ支援設計(CAD)が前提である工業生産システムでは、デザイナーが製品コンセプトと印象に基づいて描く造形デザインは一旦 CAD システム向けにパラメタ化されるが、この過程で造形デザインの印象、造形デザイナーが描いた印象をそのまま工業製品として意匠化し生産できている例は少ない。

我々はこれまでにデザイン曲線の作風ごとの微分幾何学的特徴を抽出することに成功し、この特徴量を利用した感性的曲線ドローイングツールを開発し、またこれらの知見をデザイン幾何学としてまとめ、造形デザイナーに高く評価されている。本特徴量を3次元幾何に拡張し、より普遍的な造形デザイン特徴量を構築し、現在工業製品設計で主流になりつつある 3次元 CAD システムに応用することは極めて重要である。また、特に現在普及しつつある3次元 CAD システムは造形デザイナーの印象を CAD システムへ伝えることが2次元 CAD 以上に困難であるとされるため、前述の知見に基づいた新しい3次元 CAD 向けユーザインタフェースの開発も求められている。

## 2. 研究の目的

工業製品、立体造形などにみられる造形デザイン（とりわけ意匠曲面）の感性的類似度を定義し、造形デザインの感性的分類、検索、挿入、外挿を可能にすることを目的とし、究極的にはコンピュータによるデザイナー感性の創発をみることを目的とする。次のサブゴールを設定する。

研究項目 1 曲面の「曲がり具合の味わい・ボリューム感」を変化させながら提示できる装置を構築する

研究項目 2a 研究項目 1 の装置を用いデザイナーによる3次元造形の感性的特徴を解析しモデル化する

研究項目 2b 研究項目 1 の装置およびデザイナー動作をセンシングする装置を用い、デザイナーによる3次元造形動作の運動的特徴を解析しモデル化する

研究項目 3 研究項目 2a および 2b の結果を用い、造形デザインの数学モデルを実装したデザイナー感性を理解する CAD システムを構

築する

## 3. 研究の方法

意匠曲面の「味わい」に関する感性的評価および微分幾何モデルを構築するために、バーチャルリアリティ技術を応用した 3D デザイン支援装置の実装 (研究項目 1) を行う。従来研究から、曲面の印象のうち「ボリューム感」は実在の物体の存在感に、「味わい」は曲面上のハイライトパターンに大きく左右されることがわかっており、本実験装置によって意匠曲面のハイライトパターンを任意に制御可能とすることで、曲面の「味わい」を制御することを可能にする。本装置を用いて、デザイナーによる造形の完成の数学的特徴およびデザイナー動作の特徴を解析し、モデル化を行い、デザイン支援装置を試作する。

## 4. 研究成果

バーチャルリアリティ技術を応用した 3D デザイン解析装置を用いてデザイナーによる造形の完成の数学的特徴およびデザイナー動作の特徴を解析、モデル化を行った。また同装置を改良して 3D デザイン支援装置を試作した。

以下に具体的な研究成果を HYPERREAL 三次元デザインシステムを中心に述べる。

HYPERREAL 三次元デザイン支援システムは、CAD システムにおける三次元デザインの容易さとクレイモデリング（物理モデリング）のもつ実物体の「味わい」「ボリューム感」の提示能力を併せ持ったデザイン支援システムである。本システムは白色実物体に「もしこの物体が変形していたらこう見えるであろう」影や映り込みを再現することで、視覚的に実物体の自由な変形を可能としている。デザイナーに頭部トラッカを装着することで、この影、映り込みはデザイナーの視点を追従する。これらの機構により、従来のコンピュータ画面では得られない高度な「味わい」「ボリューム感」の提示と制御が可能になっている。

この HYPERREAL 三次元デザインシステムは、高速度 3D 映像プロジェクタと組み合わせることでさらに表面の微細形状までも高度に表現できることが確かめられた。

CAD システムはその複雑な操作体系を反映して、複数階層からなるメニューを複数備えているのが普通である（通常 100 前後の機能を備える）。一方、クレイモデリングにおいては複数（通常 100 前後）の道具を切り替えな

がら（持ち替えながら）創作を行うことが普通である。このように、CAD システム、クレイモデルともデザインのためのインターフェイスとして優れているとは言えない。なぜなら、造形作業はデザイナーの高度な創造能力に基づくものであり、インターフェイスが煩雑であるとする、創造過程の邪魔になるからである。

そこで、本研究ではデザイナーが道具を握るときの握り形状が道具によって異なることに着目し、デザイナーの握りをセンシングするデバイスを試作した。これは長さが10[cm]の棒状のデバイスで、デザイナーがどこに力をかけてデバイスを握ったのかをセンシングすることが可能である。本デバイスを用い、二次元のドローイングから三次元の造形までデザイナー一般の動作を繰り返し行って、道具に因る握りパタンの違いを収集した。また、このパターンに基づいて自動的に道具を切り替えるシステムの試作を行った。

その結果、二次元のドローイング、三次元の造形するときそれぞれ道具ごとの特徴的な握りパターンを発見した。またこの知見に基づき、道具を自動的に切り替えるシステムを構築した。

具体的には、二次元のドローイングの場合には、「あたりをつける」「ラフな線を描く」「精緻な線を描く」の三通りにわけられ、また「精緻な線を描く」は「直線」「真円」「楕円」「放物線」の四通りに分けられることがわかった。前述の「あたりをつける」「ラフな線を描く」「精緻な線を描く」はペンの握り方でほぼ分類できることがわかった。すなわち、ドローイング動作前に何を描こうとしているのかがわかることになり、本発見はコンピュータによるデザイン支援にとって重大な知見と言って良い。また「直線」「真円」「楕円」「放物線」の描き分けはドローイング直後（0.1秒から0.2秒）にドローイングの幾何特徴から認識可能であることを確認した。

三次元の造形に関して、道具（スパチュラ、ナイフ、ホッガーなど）の持ち替えによる握り方の変化を確認したところ、長さ10[cm]の棒状のデバイスにおいて1.0[cm]間隔に圧力センサないし on/off を検出する電極を配置すれば十分に握りパターンを検出できることを発見した。この握りパターンに基づいて道具を切り替えるシステムを試作した。

本システムによって三次元造形を行うことで、CAD システムがもつ柔軟性、効率性と、実物体が持つ「味わい」「ボリューム感」の提示能力の双方を両立させ、かつデザイナーの

創造性を邪魔しないインターフェイスの構築への見通しがたった。

さらに、HYPERREAL システムにおいては従来影、映り込みのシミュレーションのみを行っていたが、ガウス曲率を色彩にマッピングしたパターンを投影することで、高度な訓練が必要であったガウス曲率の認識を誰でもできるように改良した。ガウス曲率は物体が見られるときの光源状態によっては、物体形状の「味わい」に決定的に影響を与えるものの、デザイナーは想定しうるすべての光源状態をデザイン時に再現できないので、屋内照明ないし2,3の特殊な照明環境の中で物体形状を確認した上で、ガウス曲率をいわば「心眼で」見ることが求められている。本色彩マッピングサブシステムによってデザイナーの創造行為をより詳しく調べることが可能になると同時に、より高度なデザイン支援が可能となった。

本システムでのデザイン実践や、他のデザイン実例から、デザインにおける「感情的」側面を抽出することができた。感情的とは、デザインにおける非論理的、非生理的（非感覚的）かつ心理的側面のことである。（デザインにおける他の要素として「直感的」側面がある。）感情的側面は定義によって非論理的であるために、従来の論理（述語論理）に基づく古典数学では記述が不可能である。これは論理的側面、生理的（感覚的）側面が古典数学で記述可能である点と対照的である。デザインの感情的側面が一般束(lattice)論に基づく数学で記述可能であるとの見通しがたったため、今後はデザインの感情的側面の数学的記述を研究対象とする。予備的な研究として、ロボットデザインにおける感情表現を研究した結果、従来考えられていたよりもデザインにおける感情的側面は制約の度合いが強く、数学的に記述が可能であるとの予測がたてられた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) Shohei Nakamura, Ichiroh Kanaya, Yuko Ohno, Kazuo Kawasaki: System Design for Automated Time Study for Nursing; E-Health, pp. 228-230, pringer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K, 2010.

〔学会発表〕(計5件)

(1) Matsushima, Nakamura, Nakahara, Kanaya: Computational Holography, ACM Siggraph, Los Angeles, USA, 2010.7.27.

(2) Kanazawa, Imura, Kanaya: The Mirror of Transfiguration, ACM Siggraph 2010 CG Source, Los Angeles, USA, 2010.7.27.

(3) Kanaya: Toward Digitizing Whole Giza Plateau, Microsoft Research Asia eHeritage workshop, Taipei, Taiwan, 2010.5.18.

(4) 金谷一朗, 土井彰一, 川崎和男: ロボットの表情に関する考察; 日本バーチャルリアリティ学会大会予稿集, 1B3-5, 金沢市, 2010.9.15.

(5) 金澤麻由子, 井村誠孝, 金谷一朗: スイートホーム~想像力との対話を生む装置としてのメディアアート; 環境芸術学会大会予稿集, 6A, さいたま市, 2010.10.16.

〔図書〕(計1件)

千原國宏, 落合克人, 金谷一朗, 吉田裕之, 高橋俊也, 四角英孝, 宮沢篤, 石井源久, 田村尚希, 加藤博一, 中郡聡夫, 盛川浩志, 河合隆史, 氏家弘裕: 3D 映像の技術と市場 2011, CMC 出版. P. 20-26.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.pineappledesign.org/>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

金谷一朗 (KANAYA ICHIROH)  
大阪大学・工学研究科・准教授  
研究者番号: 50314555