

氏 名 (本 籍)	棚 橋 英 樹 (岐阜県)
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 号 番 号	甲第 109 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
専 攻	電子情報システム工学専攻
学 位 論 文 題 目	遺伝的アルゴリズムを用いた画像からの 3 次元形状再構成 (Reconstruction of Three-dimensional Shape from Image Using Genetic Algorithm)
学位論文審査委員	(主査) 教 授 山 本 和 彦 (副査) 教 授 池 田 尚 志 教 授 谷 和 男

論文内容の要旨

近年の 3 次元 CAD システム, コンピュータグラフィックス (CG) やバーチャルリアリティ (VR) 技術等の 3 次元形状表示技術, 3 次元形状処理技術の進展により, 3 次元情報は工業製品等の形状入力手段のみならず, 美術品や文化財等のデジタルアーカイブ化において自然物や人体等の計測による 3 次元形状情報の取得が重要な課題となっている。また, ロボットマニピュレータに対象物をつかませたり, 立体形状に基づく部品の識別を行わせるといった産業用ロボットの視覚や部品の平面や曲面の形状検査, 環境を認識して移動する自律移動ロボットの視覚においても 3 次元形状情報は必要不可欠である。特にリバースエンジニアリングやラビッドプロトタイピングといった既に存在する製品形状から 3 次元形状を再構成し, その形状を編集・処理することにより製品を生産する場合においては正確な 3 次元情報の取得は重要である。

高速かつ簡単に形状やその表面状態, テクスチャー等多くの情報を同時に得ることが可能なため, 3 次元形状の取得に画像が用いられている。画像には大別して 3 次元形状表面の光の反射による濃淡情報やカラー情報等の輝度画像と対象物までの奥行き情報を持つ距離画像に分けることができる。1 枚の輝度画像からは, 2 次元的な情報しか得ることができず, また距離画像においてもセンサの方向から得られた 2.5 次元の情報しか得ることができない。どちらの画像も 3 次元形状を空間でサンプリングした離散的なデータである。

一般に CG などの連続した 3 次元情報から 2 次元画像を生成する良設定問題とは対照に, こうした画像から 3 次元情報の再構成を行う問題は, 3 次元情報から画像が生成される課程において情報が縮退しているため, 不良設定問題と呼ばれ, そのまま解くことは困難である。そのため, 対象に対して何らかの仮定を設け, 自由度を減らしたり, 複数の位置から観測するなどにより得られる情報を増やすなどの方法で不良設定問題を回避する必要がある。

画像を用いて非接触で 3 次元情報を得るための手法は, 能動的手法と受動的手法の 2 つに大別できる。受動的手法は, 濃淡画像やカラー画像などの対象物を 2 次元平面に投影した画像から 3 次元情報を得る手法である。代表的な手法として複数の画像を用いるステレオ法や形状の画像の輝度変化を用いて表面反射モデルによる Shape-from-Shading, 形状表面のテクスチャー情報を用いた Shape-from-Texture 等 Shape-from-X で総称される手法がある。受動的手法は, 画像データが取得可能な環境においては適

用可能であるが、先に述べた逆問題を解く必要があり、また計測精度や計算時間の問題がある。能動的手法は、対象物にレーザー等の電磁波を照射し、その反射を測定することにより対象物までの距離を計測する。電磁波がセンサから対象物に反射し帰ってくるまでの時間や位相のずれを計測して対象までの距離を求める光レーダー法や、3角測量に基づきスポット光やスリット光、空間コード化パターン光などを照射し、カメラ等により計測して対象までの距離を求める光投影法等がある。能動的手法は、高速で高精度な計測が可能であり、直接3次元の情報が得られるが、計測の環境と計測対象が限定されるといった問題がある。どちらの手法においても特長や問題点を含んでいるが、環境と計測対象に適した手法を用いることにより、対象物の距離画像は得られる。

これらの手法から得られる3次元情報は離散的な座標の集合である。このため計測時におけるノイズや計測誤差を含み、得られた3次元情報から対象物の形状やその3次元空間における位置・姿勢を直接的にかつ正確に得ることは困難である。

本論文では、対象の形状を想定し画像に対して形状モデルを当てはめることにより、3次元形状再構成問題を形状モデルパラメータの探索問題として捉え、大域的探索能力に優れた探索手法である遺伝的アルゴリズムを用いて、その形状パラメータを探索し、3次元形状の再構築を行う手法について述べる。はじめに画像認識やCGで主に用いられている3次元形状表現手法について概説し、次に本論文で探索手法として用いた遺伝的アルゴリズムの手法及びこのアルゴリズムを用いた画像認識、画像からの3次元形状再構成における従来の研究について述べる。本論文では受動的な手法と能動的な手法を提案している。受動的な計測手法として3次元計測等が困難な古い陶磁器製品の1枚の濃淡画像を用いて、形状を回転体と限定し濃淡画像に回転体モデルを当てはめることにより3次元形状を再構築し、得られた3次元形状からその表面にある文様等のテクスチャーを2次的に展開する。能動的計測手法では、超2次曲面(SQ)で対象が表現可能であると想定し、非接触の3次元計測器で得られた距離画像に3次元形状モデルを当てはめることにより、3次元形状の再構築を行う手法について述べ、実験により本手法の有効性を示す。

学位論文等審査結果の要旨

近年3次元情報は工業製品等の形状入力手段のみならず、美術品や文化財等のデジタルアーカイブ化やロボットマニピュレータに対象物をつかませたり、立体形状に基づく部品の識別を行わせるといった産業用ロボットの視覚や部品の平面や曲面の形状検査において、3次元形状情報の取得が重要な課題となっている。

本論文では、画像に形状モデルを当てはめる3次元形状再構成問題を形状モデルパラメータの探索問題として捉え、大域的探索能力に優れた探索手法である遺伝的アルゴリズムを用いて、その形状パラメータを探索し、3次元形状の再構築を行う手法について述べる。はじめに画像認識やCGで主に用いられている3次元形状表現手法について概説し、次に本論文で探索手法として用いた遺伝的アルゴリズムの手法及びこのアルゴリズムを用いた画像認識、画像からの3次元形状再構成における従来の研究について述べる。本論文では受動的な手法と能動的な手法をそれぞれ提案している。受動的な計測手法として3次元計測等が困難な古い陶磁器製品からの1枚の濃淡画像を用いて、形状を回転体と限定し濃淡画像に回転体モデルを当てはめることにより3次元形状を再構築し、得られた3次元形状からその表面にある文様等のテクスチャーを2次的に展開している。能動的計測手法では、超2次曲面(SQ)で対象が表現可能であると想定し、非接触の3次元計測器で得られた距離画像に3次元形状モデルを当てはめることにより、3次元形状の再構築を行う手法について述べ、実験結果によって本手法の有効性が示されている。