

外93-38

早稲田大学大学院理工学研究科

2061

博士論文概要

論文題目

画像データベースのための三次元情報入力・提示手法
ならびにプロトコル変換手法に関する研究

申請者

浜野 輝夫

TERUO HAMANO

平成 5 年 11 月

画像データベースシステムは、その黎明期から実用期に達しており、様々な分野で多くの人々がこれに接し、実際に利用し始めている。しかし画像データベースの普及が加速するに伴い、様々な問題点が生じる様になってきた。本論文では、これら画像データベースに関わる問題点のうち、(1)異種画像データベース間での情報の相互流通問題、(2)画像データベースにおける立体物の提示問題、(3)三次元情報データベース構築のための三次元情報入力問題の3点をとりあげ、これらに対する筆者の研究を述べている。

まず第1章では、これら3つの問題点に関する従来の研究動向を概観し、論文の基本理念および構成を述べる。

第2章では(1)の問題について述べる。(1)の問題は、多種多様な画像データベースが並存するために生じたものであり、異なる画像データベース間でいかにしてデータ流通を行うか、すなわち異種データベース間でのプロトコル変換をいかに行うかという問題である。このプロトコル変換問題の代表例として、ビデオテックスにおけるプロトコル変換をとりあげる。現在CAPTAINPLPS、NAPLPS、そしてCEPTの3方式が、ビデオテックス表現レベルプロトコルの国際標準方式である。しかし3方式間で互換性はないため、各々の画面データを相互に流通し、有効に活用することは困難な状況にある。そこで本論文では、ランク4以上のキャプテン端末を対象とするNAPLPSからCAPTAINPLPSへのプロトコル変換法を提案する。本プロトコル変換法によって、従来の変換手法では不可能であった文字情報、色情報、およびNAPLPSに特有の動的な画面表示等を完全にキャプテン端末上で再現することが可能となる。NAPLPSセンタとキャプテン端末とのプロトコル変換処理系を介して接続することで、オンラインでの実時間変換が可能であることも実験によって明らかにする。

第3章では(2)の問題について述べる。画像データベースの実際の用途としては、博物館や美術館の所蔵品データベースや電子カタログなどの様に実在する立体物を撮影した画像を扱うものが多い。しかし単に立体物の周囲から撮影した数枚の画像を提示しても、立体物の形状を速やかに三次元的に把握することは困難である。このため(2)の問題、すなわち美術品や動植物などの実在する立体物を画像データベース化する際に、その立体物の三次元形的状把握を容易に行うためには、どのような視点位置から撮影した画像を、どのように提示すべきかという問題が生じる。

そこで本論文では、まず物体を覆う仮想の半球に沿って連続的にくまなく撮影したM枚の画像から代表的なN枚の画像だけを選択・蓄積し、これを簡易な小領域動画によって会話的に検索・表示する動的検索法を提案する。動的検索法では物体の速やかな形状把握と高品質な画像の提示が同時に実現可能であり、しかもシステムの資源に応じて画像の蓄積量を選択することができる。ここでNとして数枚から数十枚を想定しており、いかにして代表的な画像を選択するか、即ちいかにして物体の代表的な撮影位置を決定するかが問題となる。この様な代表的な画像の撮影位置を、単純に仮想半球の経度と緯度を一定間隔でサンプリングして決めるとき高緯度になるほど経度方向のサンプリング密度が高くなってしまい、実質的にほとんど同じ画像を何枚も蓄積することになる。ま

た、単純な形状の物体でも複雑な形状の物体でも同じ位置から同じ枚数だけ撮影すると、人が各画像から実質的に受ける情報にバラツキが生じるため、画像を非効率的に蓄積することになる。したがって代表的な画像の撮影位置を決めるためには、同じ物体を異なる撮影位置から撮影した二枚の画像間の差を表す何等かの評価尺度を定め、これを用いて各画像間の差が一定になる様な撮影位置を求める必要がある。

そこで本論文では、この様な評価尺度として物体標本点変化量を提案し、主観評価実験によって物体標本点変化量の妥当性を明らかにすると共に、この物体標本点変化量を用いて、隣接する各画像間の情報量が一定になるように代表的な撮影位置を決定する手法を提案する。さらにシルエット法によって立体物の概形情報を求めて、実際に本手法を適用して代表的な撮影位置を決定する実験を行った結果について述べる。本手法によつて、客観的な評価尺度に基づく代表的な画像の撮影位置の決定が実現できる。したがつて動的検索法に要するデータ量を、システムの必要度に応じて効率良く削減することが可能となる。

第4章では(3)の問題について述べる。(3)は、将来の画像データベースの姿を想定した場合の問題である。美術品や動植物などの実在する立体物の画像データベースをさらに進化させると、三次元情報データベースになると考えることが出来る。三次元情報データベースでは、立体物を撮影した画像の代わりに、その立体物の形状の三次元情報および表面のテクスチャ情報をデータベースに蓄積しておき、ある視点位置に立体物を投影した像をこれらの情報から合成表示する。この三次元情報データベースを実現する上で、立体物の三次元情報をいかに入力するかが最大の問題となる。ここでは、三次元情報入力法として、立体物の周囲をカメラが少しづつ移動しながら撮影した画像列から、その三次元情報を抽出する方法をとりあげる。この様な画像列からの三次元情報抽出法は、時空間画像解析法と呼ばれる。従来提案されている時空間画像解析法では、カメラ運動の並進運動成分を既知の直線運動に制限するか、画像間での対応付け（特徴点軌跡の追跡）を必要とするか、あるいはこの両者を必要としていた。カメラ運動が直線運動に制限されるということは、カメラの移動手段にとって大きな制約となるだけでなく、幅狭角を効率良く大きくすることができないため、高精度な入力が困難であることを意味している。また、画像間での対応付けは遮蔽やノイズの影響で失敗する可能性が高いため、立体物の形状が複雑になると得られる三次元情報の信頼度は低いものになってしまいます。

そこで本論文では、カメラ運動が既知であり、画像撮影頻度と画像解像度が十分大きいという条件下で、カメラが任意の非直線運動可能であり、しかも画像間での対応付け（特徴点軌跡の追跡）を全く必要としない画像列からの三次元情報抽出法を提案する。カメラ運動が既知であるならば、立体物上の特徴点の各画像への投影点とカメラのレンズ中心を結ぶ直線（視線）を計算で求めることができる。本三次元情報抽出法は、この点に着目したものであり、立体物が存在するシーン空間への視線のボーティング（Voting）によって、立体物上の特徴点の三次元情報を抽出する。また本論文では、視線のボーティングに適当な重みを付けることによって、単純な視線のボーティングで発生

する誤対応点を完全に抑制することができることも示す。この重みは、時空間画像を局所フィルタリングして得られる時空間トンネル画像によって与えられる。本三次元情報抽出法では、立体物の三次元情報を画像間での対応付けによって抽出するのではなく、ボーティングによってハフ変換のように大局的に抽出していると考えることができる。したがって本手法は、遮蔽やノイズの影響をまったく受けない、きわめて堅牢な三次元情報抽出法である。実画像を用いた実験を行い、本手法が遮蔽の頻発する複雑な画像に対しきわめて有効であることを明らかにした。

第5章では、第4章で提案した視線のボーティングによる画像列からの三次元情報抽出法の改良と応用手法について述べる。第4章で提案している三次元情報抽出法では、画像の解像度が十分大きいという仮定の下に、画像の画素の大きさを無視して1画素を通過する視線を直線とみなしている。しかし實際には画像解像度は有限であるため、この仮定は現実とは異なる。このため画像の解像度によっては、三次元情報が抽出できなくなる場合が生じる。そこで透視投影を仮定し、直線の視線ではなく錐体型視線のボーティングによる3次元情報抽出法を提案している。本手法によって、画像の解像度（画素の大きさ）にかかわりなく、立体物の3次元情報を安定に抽出することが可能となる。また、錐体型視線の場合でも、直線の視線の場合と同様な重み付けが誤対応点発生の抑制に有効なことも明らかにする。さらに錐体型視線のボーティングによる三次元情報抽出法で得られた三次元情報を高精度化するために、ボーティング後に参照画像を用いて特徴点位置を正確に推定する手法を提案している。本特徴点位置推定法を併用することで、錐体型視線のボーティングによる三次元情報抽出法によって0.2%の測定精度が得られることを定量的に明らかにする。

さらに第5章では、ボーティングによる三次元情報抽出法を用いて携帯型の三次元情報入力装置を実現する手法について述べる。三次元情報データベースの入力手段としては、人がカメラを持って歩き回りながら撮影した画像列（動画像）から、シーンの三次元情報を抽出する携帯型の三次元情報入力装置が望ましい。しかしボーティングによる三次元情報抽出法ではカメラ運動が既知である必要があるため、なんらかの手段でカメラ運動を測定しなければならない。そこで本論文では、直交投影のカメラに軽量、高精度な光ファイバジャイロを固定することで、カメラの回転運動パラメータを画像撮影と同期して計測する携帯型三次元情報入力装置を提案している。この装置で得られた画像列とカメラの回転運動パラメータから、ボーティングによる三次元情報抽出法によって、立体物の三次元情報を抽出可能であることを、実画像を用いた実験によって明らかにする。

最後に第6章では本研究で得られた結果を要約し、さらに今後の課題についても述べる。