

外96-12

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文概要

論文題目

高機能マルチメディア通信を志向した
多次元情報の獲得・蓄積・提示手法に
関する研究

申請者
安野 貴之

Takayuki YASUNO

1996 年 7 月

昨今の World Wide Web システムに代表されるインターネットの爆発的普及拡大は目を見張るものがある。この一因として、潜在的に存在していたマルチメディアコミュニケーションへの要求が、Gopher、WWW (World Wide Web) システムといった技術者以外の一般ユーザにも使い易いアプリケーションの登場により一気に顕在化したことがいえるであろう。即ち、容易なマウス操作だけで、ハイパーリンクを自由に辿り、データベースに分散蓄積された文字のみならず、静止画像や音声、映像といったマルチメディア情報を自在に得ることが、一般化したわけである。また、次の段階の高機能コミュニケーションに対する要求の拡大として、人間の生きている3次元世界の環境情報を伝達することが考えられ、臨場感通信システムや仮想現実感通信システム等として提案されている。これらの高機能通信において、3次元空間情報をコンピュータの中に入力再現する技術が求められている。特にインターネットの環境において、VRML (Virtual Reality Modeling Language) のような新しいプロトコルが WWW 上の3次元バーチャルリアリティ通信を目的として提案されてきている。3次元再構成技術が必要とされる3次元モデルベース符号化手法も次世代の画像符号化手法として提案されている。従来は3次元データは3次元モデラや CAD (Computer Aided Design) システムによって人手により構築・入力しなければならなかった。もしビデオカメラを用いて自動的に3次元情報を再構成出来れば3次元通信は飛躍的に進歩する。

一方、インターネットユーザの拡大に従ってネットワーク資源の逼迫が一般ユーザにとっても切実な問題となっている。たとえ広帯域 ISDN ネットワークの実サービスが数年以内に実施されたとしても、その帯域拡大に応じて情報提供量も音声、静止画像、動画像と増大する一方なので、ネットワーク資源逼迫の問題解決には充分とはいえない。すなわちデータベースの内容 (コンテンツ) に即した階層的ネットワークトラフィック削減策が必須の技術となる。

以上述べたように、次世代ネットワークにおいて、2次元情報である画像データや3次元情報である物体形状データ等の多次元情報通信の実現が期待されており、本論文では、その高機能マルチメディア通信としての多次元情報通信に関して、入力・記述・蓄積の新技术を提案・検討した。

本論文は、6章より成っており、以下に各章の概略を述べる。

第1章は、「序論」であり、本研究の背景と目的および本研究に関連する従来の研究について述べ、本研究の位置づけを明確にしている。

第2章は、「同心球時空間画像を用いた運動立体視」と題し、球面投影変換の導入による運動立体視におけるカメラ運動の自由度の拡張について述べている。

得られた画像を撮像系の焦点距離を半径とする球面上に写影する、球面投影変換を導入することにより、運動立体視におけるカメラ運動の自由度の拡張を行なった。球面投影変換された像は光学系の焦点を中心とする回転に対して変形を生じない。従って、カメラ運動の回転に対する補正が容易になり、画像変化の回転運動によって生じる成分と並進運動による成分との分離が可能となる。

球面投影変換された像をカメラ運動の並進方向に平行な自転軸を持つ極座標系で表現すると、画像の特徴点は、極座標の経線上を移動する。そこで、球面投影された画像列を移動距離に応じて半径を大きくして重ねて同心球時空間画像 (HSSI: an Homocentric Spherical Spatiotemporal Image) が構成できる。画像特徴点の軌跡は HSSI の極座標の経線を通る平面による断面上に曲線となって描かれる。さらにカメラ運動が直線運動のときは特徴点軌跡はパラメータ表現による関数記述が可能となり、ハフ (Hough) 変換によるロバストな追跡ができる。従来手法においては、Hough 変換は3次元直線を抽出するためだけに用いられていた。しかし、本提案手法により、特徴点の3次元座標も3次元直線同様に求めることが可能となる。本手法の有効性を確かめるためにシミュレーションと実験を行った。まず、カメラの光軸方向に直線運動をさせた場合の合成画像を用いたシミュレーションを行い、特徴点の3次元位置が再構成されることを確認した。更に、並進1回転1自由度の運動として、カメラを回転させながら並進運動させて実画像を入力し、静止環境の3次元構造が再構成されることを確認した。本手法により被写体を画面から外すことなく追い続けることが可能となり、基線長の長い高精度の計測が実現できることを示している。

第3章は、「時空間画像の遮蔽解析を用いた面構造復元」と題し、直線運動させたカメラで撮影した時空間画像から遮蔽解析を利用して静止物体の面構造を復元する新しい手法の提案を行なっている。

まず、エピポーラ平面画像からハフ変換を用いてエッジ軌跡を抽出する。その結果、カメラから各エッジまでの距離が求められる。つぎに、エッジ軌跡の交点を8つのパターンに分類する。このパターンをオクルージョンタイプ (occlusion types) と呼ぶ。同一エピポーラ線上の隣接したエッジ間の面の存在有無を、エッジ軌跡交点の隣合う対 (オクルージョンタイプペア: occlusion type pairs) を用いて判定する。面が存在する場合、エッジ点間を3次元線分で連結して、水平方向に面を復元する。最後に、隣接する2枚のエピポーラ平面画像上に同じオクルージョンタイプのエッジ点が近接して存在する場合、それらのエッジ点を3次元線分で連結して、垂直方向に面を復元する。以上の様にして、我々は、エピポーラ平面画像の遮蔽解析により3次元面の再構成を実現している。

第4章は、「共軸複眼カメラによる振動立体視」と題し、二視点の画像間の対応点探索を回避して運動する物体の3次元情報を抽出することが出来る新しい3次元入力方式の提案を行なっている。

従来方法の運動立体視法においては、計測対象物が静止していなければならないという制限があった。2台のカメラのレンズ光軸をハーフミラーを用いて一致させた共軸複眼カメラシステム (coaxial camera system) を用いることにより、上述のような問題を解決し、運動する物体の3次元情報を抽出することが出来る3次元入力方式を提案する。本手法では、周期的に2台のカメラの光軸を一致させることにより、ステレオ解析における二視点の画像間の対応点探索を回避することができる。そして、移動カメラの画像から算出された動きベクトルに対して静止カメラの画像から算出さ

れた動きベクトルを用いて補正を施し、動物体も静止物体同様に3次元形状を再構成することができるのである。我々は1台の移動カメラと1台の静止カメラを、全反射鏡とハーフミラーの組合せによる光学系により光軸を一致させて共軸複眼カメラシステムを開発した。移動カメラは水平直線に沿って移動をする。ある時点で、両方のカメラの光軸は光学系により完全に一致しており、双方の撮像する画像も同一のものとなる。次に、移動カメラはアクチュエータにより光軸に垂直に直線移動する。二つのカメラから撮像される二つの画像系列から動きベクトルが算出される。更に、周期的なカメラ運動から誤対応を周期的に修正し動物体の形状を再構成することが、可能となる。本稿では、提案方式の原理を説明し、合成画像によるシミュレーションと実画像を用いた実験の結果を示す。本手法により動人物形状が再構成できることを示している。

第5章は、「グレースフルな忘却機構と3次元ブラウザを有する画像データベースシステム」と題し、画像情報を効率的に分散蓄積する新しい方式を提案している。

提案する画像データベースの機構を述べ、World Wide Web(WWW)システム上に構築したプロトタイプの構成を示す。更に分散データベースの2次元静止画像を、その情報量に基づいて3次元空間に投影してユーザの直感的理解を助ける画像提示方式を提案する。提案するデータベース情報蓄積方式の概要は次の通りである。センターツウエンド形で画像を対象とする場合、センターに設置された画像データベースを通信ネットワークを介して検索利用する大規模なシステムを想定した場合、ユーザの近くにサブデータベースを置き、利用度の比較的高い画像データはこのサブ画像データベースにダウンロードし、ユーザはセンターデータベースに直接アクセスする代わりに、サブデータベースにアクセスすることにすれば、回線使用料やセンターマシンの処理への負担等の軽減が図れる。この時、限りのあるサブ画像データベースの蓄積容量を有効に活用するため、画像を階層的に符号化しておき、ユーザからアクセスされてから一定時間が経過するごとに、記憶しておく画像のサイズが縮小して行き（じわじわと忘却する）、再び検索されると、不足分をセンターの画像データベースから補給してフルサイズに復旧する（突然、想起する）。この時、ユーザは必ずしもフルサイズの画像を要求するのではなく、自己が持つディスプレイのサイズに応じた大きさの画像を要求する。従ってセンターから補給されるのはそのサイズに対応した中間階層の画像迄である。この様に人間の記憶様式に似た画像蓄積形態を採ることによって、サブ画像データベースに蓄積可能な画像数を飛躍的に増やすことが可能となる。

第6章は、「結論」においては、各章の研究結果を総括して、結論を述べている。