

CAM を用いた超並列型三次元情報抽出システム*

5K-3

細谷 英一†

中西 衛†

小倉 武‡

† NTT システムエレクトロニクス研究所 ‡ NTT ヒューマンインタフェース研究所

1 はじめに

多視点画像上の特徴点を三次元ボクセル空間へ逆投影しボーティング処理することにより、物体の三次元形状を復元する手法が提案されている [1][2]。ボーティング法は、雑音に強く、複数画像間の対応点探索が不要である利点を持つが、大きなメモリ量と膨大な処理量を必要とする。これに対し我々は、連想メモリ (CAM) を用いることによりハードウェア量、処理時間を大幅に削減したハードウェアアルゴリズムを提案した [3]。本稿では、336Kbit の CAM [4] を搭載した超並列型画像処理ボード [5] を使い、提案したハードウェアアルゴリズムを実装することによって実現した小型でリアルタイム処理可能な三次元形状情報抽出システムについて提案するとともに、性能を評価した結果を示す。

2 ハードウェアアルゴリズム

入力画像 R 枚のうち任意の 1 枚を基準画像、他を参照画像とし、基準画像の逆投影線が通過するボクセルと同じボクセルを通過する参照画像の逆投影線の数をカウントすることをボーティング処理と定義する。一辺 N の三次元ボクセル空間をスライスした平面毎にこのボーティング処理を実行する。順次すべてのスライス平面に対して処理した後、基準画像の逆投影線上でカウント値が最大になるボクセル座標を物体の特徴点の三次元座標として抽出する。

逆投影線の通過位置の更新のための加算処理、ボーティング処理のための通過位置の一致検索処理をすべて並列に処理可能な超並列プロセッサアレイとして機能する CAM を用いている。CAM の容量として 1 画像上の逆投影線数に等しい V ワードの CAM

を視点数 R 個持つことにより、完全並列を実現している。これにより、三次元空間における物体上の特徴点の三次元座標を $O(VN)$ の処理時間でリアルタイムに求めることが可能となる。

3 三次元情報抽出システム

考案したハードウェアアルゴリズムによる三次元情報抽出システムを PC 上に実現した。図 1 にシステムの構成を示す。本アルゴリズムを実装した三次元情報抽出ボード、カメラからの画像を入力しエッジ抽出を行う市販の前処理ボード、これらを搭載する PC、及び 4 台のカメラで構成される。

前処理ボードは、カメラで撮られた 4 枚の画像をエッジ抽出し、画像バスを通して三次元情報抽出ボードへ送る。三次元情報抽出ボードは、入力エッジ画像の全特徴点 (エッジ点) の通過座標の初期値を算出した後、ボーティング処理を実行し、特徴点の三次元座標リストを作成する。PC は、ISA バスを介して上記 2 枚のボードの制御を行うとともに、得られた座標リストから任意視点の投影画像を表示する。

三次元情報抽出ボードは、超並列プロセッサアレイとして機能する 84 bit \times 4096 word の 1 チップ

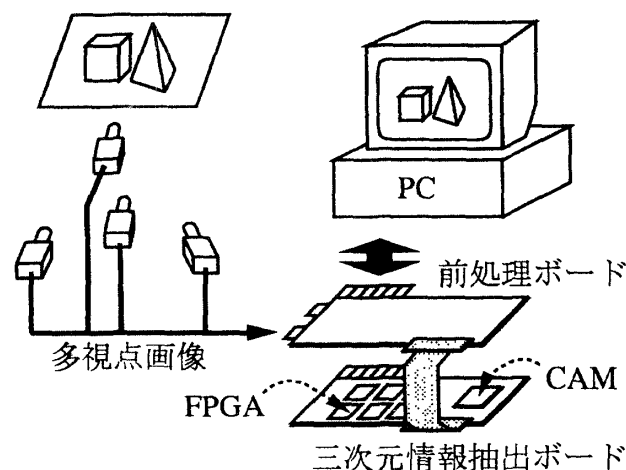


図 1: システム構成

* CAM-based 3D Reconstruction System on PC

Eiichi Hosoya†, Mamoru Nakanishi†, Takeshi Ogura‡

† NTT System Electronics Laboratories,

‡ NTT Human Interface Laboratories.

のCAMと、その制御を画像処理アルゴリズムに応じて可変にするための書き換え可能な論理回路（FPGA）を搭載しており、本ハードウェアアルゴリズムを実装している。動作周波数は20MHzである。ボードに搭載しているCAMが1個であるため、ハードウェアアルゴリズム本来の処理時間 $O(VN)$ に対し、CAMを時分割で使用する本システムの処理時間は $O(RVN)$ となっている。

4 実験結果

本システムで三次元情報抽出にかかった処理時間を図2の実線に示す。ボクセル空間の1辺 $N=128$ 、特徴点数 $V=100$ の場合の処理時間は29[ms]であった。本手法は画像間の対応付けの必要がないので、特徴点の数を増やしても三次元座標算出にかかる時間は V にほぼ比例するだけであり、更に多くの特徴点に対しても高速処理を実行できる。また複数個のCAMを搭載可能なボード構成にすることにより、処理時間は更に3倍近く高速化することも可能である。その場合の処理時間は図中の点線のようになり、 $V=150\sim 300$ 個程度までリアルタイム処理可能になる。

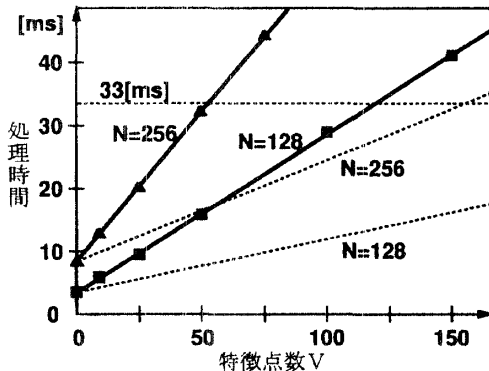


図2: 処理時間

抽出性能を評価するため、三次元座標が既知である物体としてCGで作成した多面体のデータを用いて実験を行った。図3に入力画像と抽出結果（三次元データ）を示す。画像サイズ 256×256 、ボクセル空間の1辺 $N=256$ 、特徴点数 $V \approx 500$ である。この場合、抽出した点の約88%が誤差4ボクセル以内で抽出されており、カメラ数を $R=4$ 個としても、これまでの $R=6$ 個の場合とほぼ近い抽出性能が得られた。

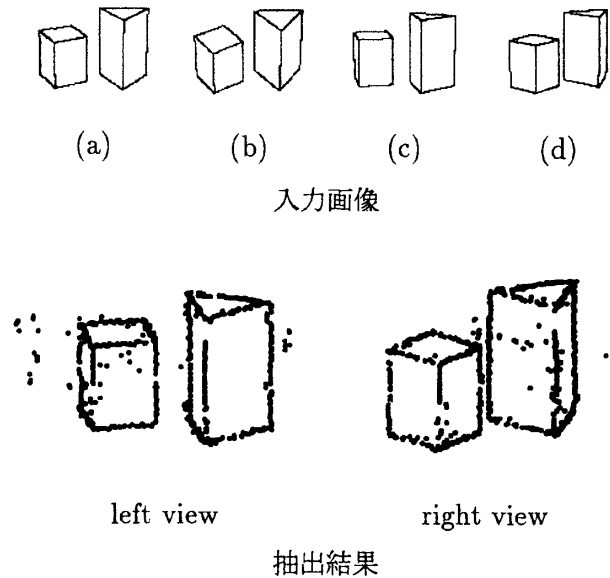


図3: 三次元物体の抽出例 ($N=256, V \approx 500$)

5 まとめ

CAMを搭載した超並列型画像処理ボードを用いることにより、小型でリアルタイム処理可能な三次元情報抽出システムを実現した。また実験によりシステムの動作を確認し、処理速度の評価を行った。本システムは高速に物体の三次元情報を抽出できることから、物体の認識処理、物体の動作抽出や動作解析処理への応用の前処理として有効である。今後は、本ボードに三次元特徴点の追跡処理を実装したリアルタイムモーションキャプチャリングシステムの開発を目指す。

参考文献

- [1] 浜野, 安野, 石井: “空間への Voting による 3 次元環境情報抽出手法”, 信学論 (D-II), J75-D-II(1992).
- [2] 川戸: “2 回逆投影法による複数画像からの 3 次元情報の抽出”, 情処研資, CV-79-7(1992).
- [3] 細谷, 小倉, 中西: “CAM を用いた三次元情報抽出の超並列ハードウェアアルゴリズム”, 1995 信学ソサイエティ大会, D-226.
- [4] 小倉 他: “超並列画像処理用 336-kbit CAM LSI”, 1996 信学総合大会, C-596.
- [5] 中西, 小倉: “リアルタイム直線抽出ハフ変換用超並列型ボード”, 1997 信学総合大会, D-12-7.