

渡辺 睦
M. Watanabe

近年、コンピュータの高速化、小型化、民生用映像機器の普及に伴うテレビカメラの小型化、低コスト化が進み、従来は検査、位置決めなどのFA (Factory Automation) が中心であった画像応用の実用範囲が大きく広がることが期待できる。また、画像監視、移動ロボット、マルチメディア、画像ヒューマンインタフェースなど、新しい分野への画像応用が立ち上がりつつある。

ここでは、これらを支える画像処理・解析技術の現状について、研究の動向、および当社の事例を中心に紹介する。

Accompanying the popularization of high-speed and compact computers as well as small television cameras with high image quality in recent years, applications for machine vision technologies are expected to widely expand beyond the field of conventional factory automation (FA). In addition, new fields of application are being cultivated such as surveillance, mobile robotics, multimedia and visual human interfaces.

The paper describes the recent trends in machine vision technologies, centering around the trends in research and examples of applications in Toshiba.

1 まえがき

近年、コンピュータの高速化、小型化と、テレビカメラの分解能、感度向上、小型化、低価格化が並行して進みつつあり、これまで工場内の検査自動化が中心であった画像応用が大きく広がる条件が整いつつあると考えられる。

これを支える画像処理・解析技術は、パターン認識技術の一分野であるが、元来当社の得意技術の一つであり、1975年前後から画像処理による自動化システムの研究開発を行ってきた。また、パターン大プロ、ロボット大プロなどの国家プロジェクトに参加し、世界に先駆けて高速専用画像処理装置TOSPIX_{TM}を商品化するなどの成果を挙げてきた。

この特集では、実用化の進展とともに新たな分野への展開を見せつつある画像処理・解析技術の動向と、当社の取組みについて紹介する。

2 画像処理・解析技術の技術分野

人間の視覚機能をコンピュータプログラムとして実現しようという試みは、人工知能の研究が立ち上がり始めた1960年代から今日に至るまで活発に研究が行われているが、実用化されているものは必ずしも多くはない。

図1に示すように、研究の流れは、人工的な限定世界から現実世界へ、二次元静止画像から三次元動画像へ、というく

あいに、より高次で複雑なターゲットに向かっている。

1960年代は、多面体シーンの線画を入力に、線分の連結性、頂点の凹凸、線分の両側の明るさなどの属性に基づくラベル付けを行い、矛盾のない一意な解釈を得る“積み木の世界の解釈”が中心課題であり、同時に、微分演算によるエッジ抽出などの基本アルゴリズム開発が行われた。

1970年代に入ると、ステレオ立体計測などの三次元情報抽



図1. 画像処理・解析研究の流れ 画像処理・解析技術の研究開発は、人工知能の一分野として1960年代初期から始まり、今日に至るまで活発に行われている。

Evolution of machine vision technologies

出法の研究が興り、屋内移動ロボットの視覚などに試用された。このステレオ立体計測は、複数のカメラで同一物体を撮影し、三角測量の原理に基づき、おのおののカメラ画像における対象物の投影位置と焦点を結ぶ視線の交点として対象までの距離を求める手法である。装置構成が簡単であり、測定対象に対する制約が少ない、などの利点がある反面、視点の異なる画像間で同一物体の投影位置を探索する対応付けと、画像中の投影位置から距離情報への変換式をあらかじめ推定するカメラ校正、の二つの技術課題を解決せねばならない。これらの技術課題に対処するため、カメラの片方をレーザーポット光投光装置に置き換えたレーザーレンジファインダ、スリット光などのパターンを投影する光切断法などのさまざまな能動的ステレオ立体計測法の提案が行われた。

1980年代以降は、屋外シーンを積極的に扱うようになり、動画像解析の研究が勃興、活発化し、今日に至っている。この動画像解析の基本であるオプティカルフロー抽出は、時系列画像を入力に、特定領域の動きベクトルを求めるものであり、こう配法、特徴照合法、時空間解析法などの手法が提案

されているが、精度、処理時間、安定性の面で問題があり、実用的な方式はまだ提案されていない。また、1980年代後期に、曲面物体を対象に、Snakesと呼ばれるエネルギー最小化原理に基づく動的輪郭追跡法が提案され、ロボット視覚や医用画像解析など多くの分野に利用されている。

画像処理・解析にかかわる技術の主な研究分野を図2に示す。コンピュータグラフィックスなど画像生成に関する技術も、画像処理・解析と密接に関係するため、同図に含めて示した。全体はコンピュータビジョン関連技術とコンピュータグラフィックス関連技術の二つに大別され、さらに、奥行き計測・形状入力技術、表面情報入力・処理技術、動画解析技術、画像認識技術、レンダリング技術、高度映像作成技術、モデル表現技術に分類される。このうち、モデル表現はコンピュータビジョンとグラフィックスの両者に共通する技術である。

3 研究発表の動向

国内における1994年の画像処理・解析技術関連の研究発表件数を、2章で述べた各技術分野別にまとめた結果を、図3に示す。調査対象は、国内における研究発表の中心的な場である、情報処理学会のコンピュータビジョン(CV)研究会、グラフィックスとCAD(CG)研究会、および電子情報通信学会のパターン認識・理解(PRU)研究会に1994年1月から12月までに発表されたもの^{(1),(2),(3)}である。総件数は223件である。ちなみに、当社の発表件数は6件である。

全体的には、文字・図面認識も含めた画像認識技術が25%を占めており、もっとも多い。エッジ抽出、領域分割などの表面情報入力・処理に関する基礎技術の発表が二番目

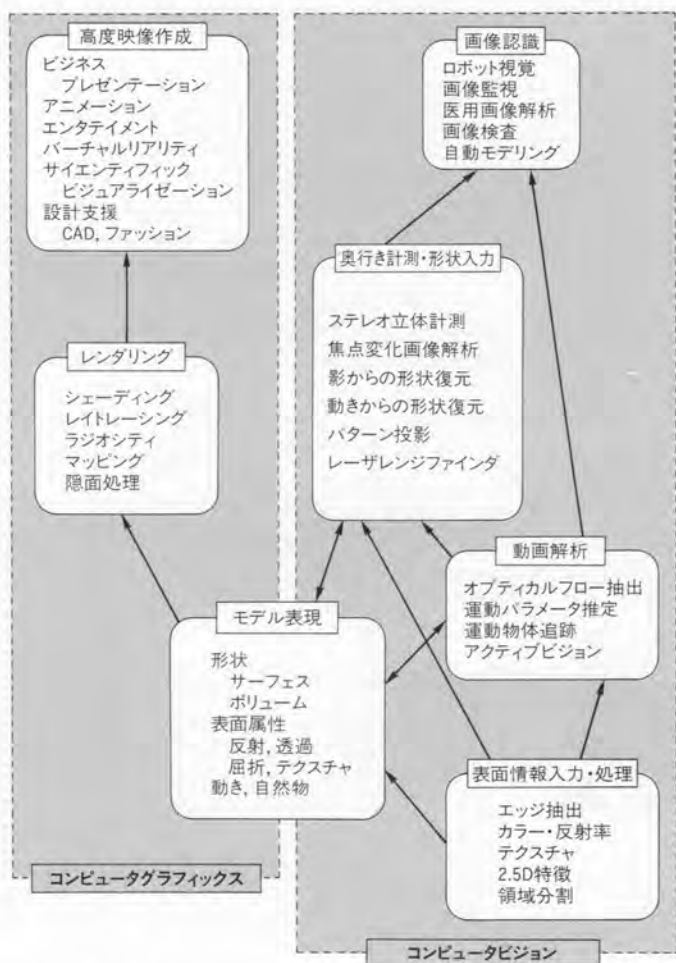


図2. 画像処理・解析の関連技術分野 画像処理・解析関連技術は、コンピュータビジョンとコンピュータグラフィックスに大別され、さらに七つの技術分野に分類される。

Technical fields of machine vision

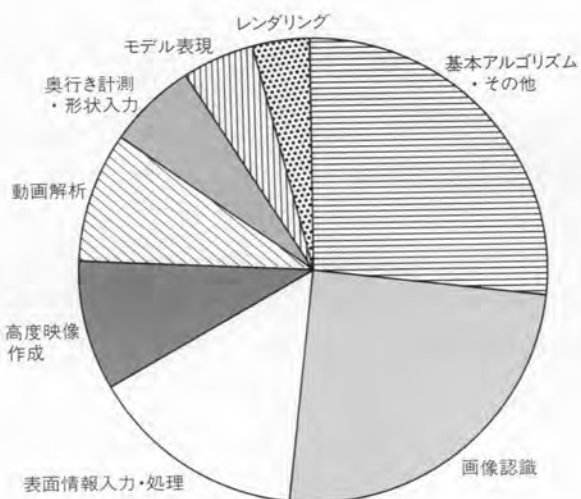


図3. 画像処理・解析技術関連研究発表の技術分野別分類 1994年1月から12月の期間に情報処理学会 CV, CG研究会, 電子情報通信学会 PRU研究会で発表されたものの技術分野別分類結果である。

Breakdown of machine vision research reported in 1994

(15.2%)であり、次いで、高度映像作成技術(9.0%)、動画解析技術(8.5%)の順となっている。

画像処理・解析技術の研究は件数も多く活発に見えるが、新しいアルゴリズムの案出に偏重し、実際の応用に役にたつものは少ないという批判が最近よく聞かれる。この状況に対処する方策として、数理モデルを用いた理論解析により、試行錯誤的なむだを省き、限界性能を見極める技法⁽⁴⁾、古典的パターン認識における統計的処理を積極的に採用し、三次元物体の方向を安定に得る方式⁽⁵⁾、実環境で安定に働く比較的単純なモジュールを複数個統合することにより、認識などの複雑な問題に対処できる視覚システムを構築する提案⁽⁶⁾などの解決案が提案されている。この安定性能の確保に関する研究は今後も増えていくと予想される。

4 東芝グループにおける技術開発状況

当社では、1975年前後から、総合研究所と生産技術研究所を中心に、画像処理を用いた自動化の研究開発、実用化を行ってきた。現在でも、産業用画像処理・解析応用の中心は、人間による目視作業の省力化、自動化にあり、社内および東芝グループ内の多くの部署で研究開発が行われている。

1986年から1994年の間の技術開発事例の推移をみると、1986年にはロボットマウンタなどの位置決め・補正、ICパッケージなどの外観検査、ピンの異物などの欠陥検査などのFA応用が全体の70%近くを占めていたが、1994年にはこの割合が50%以下に低下している。この代わりに、番号・文字・図面の読取り応用事例の割合が増加し、また、ステレオ立体計測などの三次元画像処理、Snakesなどの動画解析技術を用いた画像監視、自立移動車、医用画像解析、画像ヒューマンインタフェースなどの新しい応用例が出てきている。このうち、画像ヒューマンインタフェースに関する事例については、この特集で取り上げ、紹介している。

この推移状況から、従来は工場が中心であった画像応用の場が、オフィス、病院、屋外などに拡大していることがわかる。また、マルチメディア化の流れに従い⁽⁷⁾、三次元アニメーションなどの高度映像作成に要求される膨大な画像データを処理する必要が生ずるなど、これまで人手で行っていた作業を支援し省力化する画像ヒューマンインタフェース関連技術が今後伸びていくと予想される。これに伴い、環境変動に対する安定性、精度、処理時間などの要求仕様も厳しくなっ

てきており、システム開発と定量的な性能評価を合わせて行っていく必要がある。

5 あとがき

画像処理・解析技術の動向について、国内における研究発表の状況と東芝グループにおける開発状況について述べた。

画像応用は従来、工場内の検査作業の省力化、自動化が中心であったが、この数年間に適用範囲がオフィス、屋外などの一般環境に広がるとともに、医師やデザイナーなどの専門家の作業を支援する高度技術の開発が強く求められるようになってきている。

これらのニーズにこたえるためには、単なる新規アルゴリズム提案にとどまらず、分量の画像を用いて定量的な性能評価を行い、実環境で安定に働くシステムに向け、方式改良を継続して行っていくことが不可欠であると思われる。すでに、これまで開発されてきた画像処理・解析研究の体系化、処理ソフトウェア、評価のためのツール、データベースの標準化を旨としたIUE (Image Understanding Environment) プロジェクト⁽⁸⁾が米国を中心に、欧州諸国、およびわが国が協力する形で進められており、今後の動静を注視していく必要がある。

文 献

- (1) 情報処理学会研究報告, 94-CV-87~91 (1994)
- (2) 情報処理学会研究報告, 94-CG-67~72 (1994)
- (3) 電子情報通信学会技術研究報告, PRU93-113~154, PRU94-1~96 (1994)
- (4) K. Kanatani: Geometric Computation for Machine Vision, Oxford Engineering Science Series 37 (1993)
- (5) 村瀬 洋, 他: 2次元照合による3次元物体の認識とその学習——パラメトリック固有空間表現——, 電子情報通信学会技術研究報告, PRU93-120, pp.31-38 (1994)
- (6) 石黒 浩, 他: Computer Vision 研究の将来展望——Roboticsにおける視覚研究としてのComputer Vision——, 情報処理学会研究報告, 95-CV-92, pp.105-112 (1995)
- (7) 東芝レビュー: ヒューマンインタフェース特集, 49, 1 (1994)
- (8) 松山隆司, 他: Image Understanding Environment (IUE) プロジェクト, 情報処理, 36, 3, pp.203-211 (1995)



渡辺 睦 Mutsumi Watanabe

1981年入社。医用画像処理、三次元ロボット視覚などの研究に従事。現在、研究開発センター関西研究所研究主務。Kansai Research Lab.