立命館大学 山内研究室

野木 武[†], 宮内 崇旭[†]

[†] 立命館大学 大学院 理工学研究科 創造理工学専攻

"Yamauchi Laboratory, Ritsumeikan University" by Takeshi Nogi and Takaaki Miyauchi ("Yamauchi Laboratory, Ritsumeikan University, Shiga")

1. ま え が き

筆者らは、2008年4月現在、立命館大学の山内寛紀教授率いるマルチメディア集積システム研究室にて、画像処理、組込みシステムの研究に従事しています。本稿では、大学の沿革と研究室内の紹介、および研究室の主な研究内容について紹介します。

2. 立命館大学

学校法人立命館は、立命館大学と立命館アジア太平洋大学の二つの大学と、四つの付属高校、中学校、小学校を有しています。

山内研究室が所属する電子系は、電気電子工学科、光電子情報工学科、電子情報デザイン学科の3学科からなります。この学部と研究科の組織とは別に、総合理工学研究機構（総研）が設置されています。これは、産官学のプロジェクトや共同研究を推進する組織であり、VLSIセンターを始め、13の研究センターから構成されていて、理系の教員はどれかのセンターまたは研究

センターに所属しています。この総研が立命館大学の特長の一つであり、事務部門と知財部門を持ち、国プロ、共同研究、科研費などの申請から報告までのすべてにわたって強力にサポートしてくれています。立命館大学の改革の先頭を走っている組織と言えます。

3. 山内研究室

山内研究室（図1）は、今年で13年目を迎えます。現在、修士院生が18名、卒研究生が10名在籍しています。山内研究室の博士課程修了者である西門講師、今年度着任した福水助教、VLSIセンターの加藤客員研究員および江田研究員と密接に連携して学生指導を行っています（図2）。現在の研究は、画像処理、組込みシステム、プロセッサ合成の3分野です。

4. 研究テーマ紹介

4.1 メディアプロセッサ自動合成システム

近年、システムLSIを短期間で設計しなければならず、設計者の負担が非常

に大きくなってきています。そこで、本研究室では、C言語によって記述されたアプリケーションからメディカルプロセッサ（図3）の自動生成システムの開発を行っています。ここで、メディカルプロセッサとは、用途毎に高機能化が必要となるバックエンドを指します。ここに自動合成システムを用いることで、本研究室で開発したセンサチップを容易にカスタマイズ化することができます。図4に処理フロー、以下に各モジュールの説明をします。

4.1.1 MILPROF

Milprofとは、C言語解析ツールです。プログラムの構造を明確化するために、まず、C言語で記述されたアプリケーションプログラムに構文解析・タスク分割・依存解析を行い、プログラム構造を維持した階層的なCDFG（Control Data Flow Graph）の生成を行います。次に、ユーザが定義した各演算（＋、－など）の重みを基に階層型CDFGから、プログラムの任意の粒度での演算量や並列度を算出します。これにより、どの部分をIPとしてハード

図1 山内研究室が所属している立命館大学 ローム記念館

図2 山内研究室のメンバ

図3 メディカルプロセッサ

ウェアで処理すべきか、どの部分をミドルウェアとしてソフトウェアで処理すべきかの指標を提供することができず。さらには、データ演算部とアドレス演算部の区別もCDFG上で可能となるので、DSPのようなALUとは別に、アドレス演算器を持つアーキテクチャに対しても、効率の良いハードウェアアーキテクチャの選択が可能であると考えられます。

4.1.2 Suffix Trie

Suffix Trieは、入力されたC言語の中から頻出演算処理パターンを発見するモジュールです。まず、最右拡張法を用いて、高速にすべての順序木パターンを生成すると同時に、CDFGの中に複数回存在する頻出パターンをすべて抽出し、その頻出回数も求めます。次に、抽出した情報を基に専用演算器に適した複合演算を決定します。そして、抽出した複合演算をCDFG上に反映させます。最後に、最適化した

CDFGと複合演算情報を出力します。

4.1.3 RTL Generation

本自動合成システムのハードウェア生成部であるRTL Generationは、Suffix Trieから提供される、複合演算情報とプロセッサIPを基に、対象とする解析に最適なメディカルプロセッサのRTL記述ファイルを出力するモジュールです。

4.2 マイクロ体内ロボット用システムの研究

近年、従来の大規模な切開を伴う外科手術による診断・治療に対して、患部の機能温存、手術部位の低感染、患者への低負担など、QOLを向上させる医療が問われるようになってきています。そのような低侵襲医療の中で、現在注目されているものの一つにマイクロ体内ロボットがあります。

このロボットは、コンピュータを組込んだ医療用カプセル型ロボットです（図5）。このロボットを飲み込むと、

人間や動物の体内を循環し、情報収集や医療診断、さらに病巣治療まで行えます。このロボットは、外部のサーバから無線通信で制御することで、患者や被検体への負担を少なく検査・治療をすることが可能になります。

本研究では、このロボットの頭脳に当たる、制御用コンピュータについて研究・開発をしています。このコンピュータには、全体を制御するMPU、外部と通信を行う通信モジュール、体内画像を圧縮するためのビデオモジュール、体温や心拍などを測定するセンサモジュール、アクチュエータの制御やロボット移動のためのドライブモジュールなどを搭載しています（図6）。

マイクロ体内ロボットは、体内に長期的に滞留することや、サイズを小さくしなければならない等の問題から、このコンピュータは極低消費電力かつ、低演算量にする必要があります。このコンピュータに搭載されているモジュールは、これらの条件を満たすように、各モジュールをアルゴリズムから検討して、一つのシステムLSIを開発しました。

4.3 マンモグラフィにおける腫瘍陰影および石灰化陰影検出の研究

本研究では、マンモグラフィ診断において、医師の負担や見落としの軽減を行うことを目的として、癌の候補を検出し、診断に必要な情報を提供する診断補助システムの開発を行っています。

乳癌には大きく分けて腫瘍と石灰化、構築の乱れの3種類があります。

腫瘍にはアイリスフィルタと呼ばれ

図4 システム処理フロー

図5 マイクロ体内ロボットイメージ図

図6 体内コンピュータ構成図

る手法をベースに改良を加えるほか、腫瘍のテクスチャを利用して領域を抽出する手法、境界線を探索して腫瘍の浸透領域を抽出するといった新たな領域分割の手法を用いています（図7）。また石灰化に対しては、モルフォロジーのトップハット変換という手法を発展させ、周波数空間上での処理やエッジ検出処理後の独自処理も行っています。そして検出した陰影の領域を囲んでどの位置にどんな陰影がみられるかといった情報を表示することができるように検討しています。

今後、大量のデータによる評価を行い、さらにレファレンスをを用いた統計的な検出も検討しています。

4.4 Webカメラによるリアルタイム空間認識の研究

特化型ロボットの普及などによっ

て、身近な商品から電子機器・重機等の製造効率が急激に上がり、日本経済を引っ張ってきました。その中で介護用ロボットなどの歩行・移動が可能な汎用型ロボットの研究も活発に行われ、身近に汎用型ロボットが広がるの

も遠い話ではなくなってきています。

このような背景のもとで、本研究はロボットが歩行・移動するのに必要なカメラによる空間認識（距離計測）について検証しています。現在では、計測技術に関しては、レーザ光線により数kmまで距離をほぼ正確に測れますが、価格が高いという点や人体への影響などの問題点もあります。そのため本研究では比較的安価なWebカメラを用いることにより、価格面や安全性での実用性を考慮しています。

研究内容としては3台のWebカメラから得られる画像の特徴点を縦・横方向でマッチングして距離を算出し、ディスプレイ上でその距離画像の表示を行いました。この方法は、従来からよく使われているステレオマッチング法ですが、市販のWebカメラを使うことで、精密なカメラ設置は困難なため、プログラム上で独自の自動カメラ位置補正機能を組んでいます。この機能は、リアルタイムに常に動作するため、撮影中の固定されたステレオカメラの

図8 3台のカメラによる距離計測

図7 腫瘍の症状がみられる画像と抽出結果

図9 視界不明瞭な画像と改善後

一方のカメラが衝撃などで正規位置からずれたときに、この機能がズレ補正としても働きます(図8)。

4.5 顔検出・認識システム

近年、社会の高齢化にともない、老人の会話の相手をするコミュニケーションロボットに対するニーズが高まり、ロボットに人間を検出・認識する機能が必要になると考えられます。そこで、本研究室では、人間の顔を検出・認識するアルゴリズムを研究しています。

顔の検出には、顔画像の特徴データを集める学習部と、その特徴データを利用して顔を探し出す検出部があります。学習部では、まず、大量の顔画像データと非顔画像データを準備します。次に、この画像データより明暗条件を利用して何万もの積分特徴量を取り出し、すべての特徴量に仮説と重みをもたせます。そして、この特徴の中からBoostingを利用して顔の検出に必要な顔の特徴を選び出し、学習モデルを生成します。検出部では、学習モデルのサイズを拡大しながら画像を走査し、顔と判断された領域を顔候補とします。そして、その顔候補の領域に対して、設定した数値以上の肌色領域を含んでいるものを最終的に顔とします。このアルゴリズムを利用して、顔を検出するプログラムを実装し、3種類のデータベース各100枚に対し検出実験を行ったところ、条件のよい正面顔については、高い検出率が得られることが確認できました。しかしながら、現在の顔検出器の問題点として、両目がしっかり見えていない顔や太陽光により特殊な影のできた顔に弱いことが挙げられます。そこで、学習モデルの情報を増やすことで、顔の角度や光の影響に対応し、カメラが固定の場合は環境を学習させる処理を検討しています。また今後は、完成した顔検出プログラムをシミュレーションモデルとして、ARMプロセッサとFPGAを搭載し

たボード上にアルゴリズムを実装することを検討しています。

顔の位置を検出した後に、その人物が誰であるのかという顔の認識を行います。これは検出とは違い、顔という共通した特徴の中から、各人物が持つ特有の情報を抽出することが必要となってきます。そこで、本研究室ではActive Appearance Model (AAM) という学習モデルを用いて、目や口や鼻、輪郭といった顔の細かい顔器官を抽出してから、個人の特徴を得る顔認識手法を検討しています。

4.6 画像改善アルゴリズムの研究

屋外に設置する監視カメラや将来実用化が期待されている車の自動運転では、霧や吹雪、砂嵐等の影響により人の顔や車のナンバープレート等が読取れなくなり、車が衝突してしまうことなどが想定されます。そこで本研究では、このような不鮮明な画像を、できるだけ鮮明になるように改善していくという研究を始めています。主に視界不鮮明な画像の改善アルゴリズムの研究と、低解像度画像から、より解像度の高い画像を得る高解像度・超解像度技術の研究を進めています。

4.6.1 視界不鮮明な画像の改善

霧や吹雪等の場面では、全体的に白っぽくなっていてコントラストが低くなっています。そのため、まず高コントラスト化処理を画面全体に行い、次に、画面をブロック分割してブロック単位に輝度の改善を行うことによって、さらに鮮明な画像を得る手法を提案しています(図9)。

今後は、パラメータを推定して、適応的に処理が行えるようなシステムを目指し、さらに商品化まで行えるよう検討しています。

4.6.2 高解像度・超解像度技術

本研究では現在、防犯カメラに写る犯人画像の高精細化や顔認証・検出における、とても小さい顔画像の拡大処理などを目的として研究を行っています。

す。高解像度手法には、いくつかの手法がありますが、特に顔検出・認証の前処理として考えており、高速でかつ顔画像に適した手法を検討しています。現在は、近傍画素の情報を利用した補間法、周波数領域における補間法とそれぞれの観点からの高解像度手法を研究しており、高精度な顔検出・認証の実現を目指しています。

今後は複数枚の画像を組合せることにより、高解像度画像を得る“超解像度処理技術”を取り入れ、より高精細な画像の生成手法の開発を進めています。超解像処理は一般に処理時間が大幅にかかることが知られており、リアルタイム処理にまでは到達できない状況ですが、本研究ではリアルタイム処理に向けた超解像度手法を検討し、顔検出・認証ソフトへの組み込みを考えています。

5. む す び

本稿では、私達の所属する山内研究室について紹介させて頂きました。当研究室では、さまざまな企業等と共同研究を行っております。本稿を通じて少しでも多くの方に本研究室に興味を持って頂けたら幸いです。

(2008年5月15日受付)

野木 武

2008年、立命館大学理工学部電子情報デザイン学科卒業。現在、同大学大学院博士前期課程在学中。医用画像処理や画像改善アルゴリズムの研究に従事。

宮内 崇旭

2008年、立命館大学理工学部電気電子工学科卒業。現在、同大学大学院博士前期課程在学中。メディアカルプロセッサ自動合成システム開発に従事。