

Institute for Advanced Studies in Artificial Intelligence

2007.12

IASAI News

中京大学 人工知能高等研究所
ニュース No.21

発行人： 中京大学人工知能高等研究所
運営委員会（発行年2回）
〒470-0393 豊田市貝津町床立101
Tel 0565-46-1211 Fax 0565-46-1296
<http://www.cglab.sist.chukyo-u.ac.jp/IASAI/index.html>



〈表紙解説〉

2007年9月5～7日の3日間、中京大学豊田キャンパスで開催された第6回情報科学技術フォーラムFIT2007の会場風景です。詳細は巻末の会議報告をご覧ください。左上(大会受付):開催前日に設営を完了し万全の体制で臨んだため、特に混雑もなく受付の処理をすることができました。右上(特別講演):慶應義塾大学の村井純先生にご講演いただき、411教室が2階席まで満席となりました。左下(懇親会):19号館2階プラザ・リスタで開かれました。右下(展示会会場):地元企業による展示がされ、また無線LANコーナーとしても利用されました。

(情報理工学部 藤原 孝幸)

■ 巻頭言	「情報科学技術と人工知能」	1
■ 研究動向紹介概要		2
■ 研究動向紹介		3
■ 会議報告		32
■ 2007年度委託・共同研究一覧		35
■ 研究所員一覧		36
■ 編集後記		37

● 巻頭言

情報科学技術と人工知能

FIT2007 推進委員長 情報処理学会副会長 公立ほこだて未来大学学長
中島 秀之



情報処理学会と電子情報通信学会の情報・システムソサエティが共同で年1回開催している情報科学技術フォーラム（FIT2007）を中京大学豊田キャンパスで開催させていただきました。改めて実行委員会を始めとする中京大学の皆様にお礼申し上げます。お陰様で、総参加者は1800人と、前年度を200人程上回る盛況でしたし、黒字会計におさめることができました。これには現地実行委員会で提案いただいた企画なども貢献していると思います。

私は榮に宿をとりましたが、名古屋中心部から1時間くらいの場所であり、駅からも離れた位置にあるキャンパスですが、学バスが電車のダイヤに連動して運行されているので思ったほど大変でもなく（ただし運賃は別です）市内から通えました。中京大の豊田キャンパスは建物に統一感があって大変良いと思います。無計画（？）に建て増しを続けた古い大学とは違いますね。会議の期間中にはアイスアリーナの見学とデモもありました。これがパネル討論の裏に設定されていたので、個人的にはかの有名な学生さんたちが滑るのを見たさに、どちらに出ようか大変迷っていました（というよりほとんどパネル放棄の決心をしていました）。幸い男子学生ばかりが滑ると聞いて、本業のパネル討論の方に専念できました。なお、このアトラクションには150名ほど参加したようです。

懇親会には梅村総長にもお出ましいただき、（個人的な！）昔懐かしい話題なども提供いただきました。個人的ついでの話で恐縮ですが、中京大学は知己の教員の方々が大変多い大学（特にIASAI関連）です。残念ながらFITの会場ではあまりお目にかかりませんでした（田村所長も出張中だったとか）。

さて、最近世間ではITというキーワードが飛び交っていますが、皆がその中身を理解して使っているのかという若干疑問があります。うっかり「IT技術」と言ってしまう人もいるくらいで、I(nformation)とT(echnology)の意味を理解せず、雰囲気としてのITになってしまっているのがよくわかります。ITといえばインターネットと携帯電話だと思っている人も多いらしく、総務省ではICTとCommunicationを挟んだ用語に変えているようです。総務省として通信（だけ）が大事なのはわかりますが、それ以外にもITは重要なのだという認識を世の人に持ってほしいと思っています。そのときに最もわかりやすい例がAI技術です。音声・画像認識、自動翻訳、マルチエージェント技術など、我々の日常生活にすでに入り込んでいる技術がたくさんあります。これらは豊田市にある巨大自動車メーカーの製品にも使われているはずですが、いまや車はソフトウェアの塊ですから、聞くところによると銀行のシステムと同じくらいの量（ソフトを量で測ってはいけませんが）のソフトを搭載しているとか。私は情報技術のポテンシャルは大変高いと考えていますが、世間ではその認識を持っていないようにも思います。AIが先導して、世の認識を変えなければならない時期ではないかと思っています。そうしないと、日本はとんでもないIT後進国になってしまうような危機感を持っています。

そのようなわけで、様々な意味で同志であるIASAIの今後の益々の発展を祈りつつ筆を置きます（この表現、キーボードを打ちながら使うのは躊躇されますが）。

●研究動向紹介概要

今号の研究動向は、第6回情報科学技術フォーラム FIT2007での本研究所所員による発表から選んで特集である。FIT2007は、今年9月5日から7日にかけて本研究所のある中京大学豊田キャンパスで開催された。今号の研究動向には、そこから、本研究所所員による発表のうち、現地企画シンポジウム2件、大会発表要旨11件を収録した。巻頭言はフォーラムの実行委員長を務められた公立はこだて未来大学学長中島秀之氏にお願いした。当研究所とはゆかりの深い方ならではの巻頭言をいただき、御礼申し上げる。大会そのものの紹介は、会議報告にある。

本研究所所員による発表は、全部で現地企画シンポジウム4件、大会発表55件に上った。

今回収録できたのはその一部だが、そこからでも本研究所員の活動範囲の広さの一端を感じ取っていただき、新たな情報交換、新しい共同研究の計画などにつなげていただくことを期待したい。

三宅なほみ

●研究動向紹介－ FIT2007 現地企画シンポジウム

FIT2007 現地企画シンポジウム

「近未来技術と情報科学—スポーツと情報技術」

中京大学 生命システム工学部
長谷川 純一



はじめに

スポーツには、人間の身体能力の限界を追求するという競技志向的な側面と、人間生活に健全さと潤いを与えるという教育・文化的な側面がある。また、スポーツを取り巻く技術領域も、トレーニング法、運動生理学、スポーツ心理学、バイオメカニクス、用具開発、施設経営、TV中継など実に多岐にわたる。それらにさらなる進歩と新しい価値を求めるとき、その手段として情報技術にかかる期待は大きい。例えば、計測、映像処理、可視化、シミュレーション、VR、感性処理、学習、ネットワーク、データベースなどの情報諸技術は、その一部はすでに動作解析や運動機能評価などに応用されており、一部はトレーニング支援やスキル学習に応用されつつある。

本シンポジウムの目的は、そのような情報技術のスポーツ応用に関する最新の研究発表を通して、スポーツ情報科学とでも言うべき新しい学際分野の将来を展望することにある。講演では、動作の解析や可視化、運動技能の獲得などに関する4件の発表があり、その可能性や将来性について活発な質疑が行われた。以下、それぞれの講演内容を紹介する。

講演内容の紹介

最初の講演者である中京大学の藤原孝幸氏からは、「蛍狩りカメラ FCC の開発とアスリートパフォーマンス支援の試み」と題して、アスリートの運動軌跡を蛍狩りカメラ [1] を用いて3次元的に取得し、それらを運動解析に用いる手法が紹介された。モーションキャプチャ技術における計測方式には光学式・機械式・磁気式などが知られ、それぞれに長所・短所があり、また様々な分野でそれらの応用事例が見られる。

中京大学奥水大和氏らの提案する蛍狩り計測法に基づく蛍狩りカメラでは、球面収差の大きいレンズにより点光源をリング像に変換し、そのリング像の直径と位置から光源の3D位置を計測する手法を用いることにより、複数光源のリアルタイム計測を実現している。

通常のレンズ設計では、対象物を鮮明な像として撮影するために、対象物上の一点が点像に変換されるよう、レンズの収差はできるだけ小さく設計される。しかし、蛍狩り計測法では、レンズの球面収差をできるだけ大きくし、光軸より離れた場所を通過した光が光軸付近を通過した光よりもレンズで大きく屈折されるようにする。球面収差の大きいレンズとして、複数の半球レンズを用い、さらに半球レンズの球面側を図1のように向かい合わせることで、リング像の半径が小さくなり、かつ光軸近傍にリング像が形成される。蛍狩りカメラの利点として、画面内の複数の点光源を個々の円像として撮像できることがあげられる。これら円像に対し、円の Hough 変換を用いて投票原理による円の検出をする。図2に計測される円像の例を示す。得られた円の中心座標より XY 位置座標を、円の半径より Z 座標値を求める。

蛍狩りカメラを用いて複数の点光源の3D位置が計測できることを利用し、運動競技者の運動動作の計測がされた。本実証実験においては、頭頂部にマーカーを設置し、運動動作における頭の動作位置を計測した。頭頂部にはLEDを配置したボードを取り付け、複数のLEDを配置することにより、計測誤差および適切な位置に検出されなかった点光源の影響を削減することとした。イメージセンサへ写像されるリング像の直径にて距離を計測するため、写像される円の半径とイメージセンサの素子サイズより、本システムの計測できる距離の限界は、図3に示すような範囲となり、およそ1000mmとなっている。イメージセンサには画素数1280x1024、サイズ14x12mmのCMOSセンサを用い、3.4GHz-CPUのパソコンで30fpsを実現している。

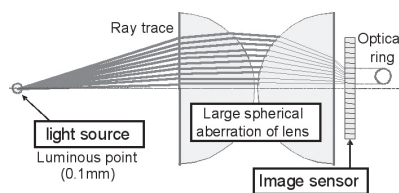


図1 球面収差の大きいレンズの光線軌跡とリング像

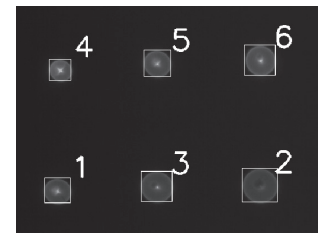


図2 円像の検出例

蛍狩りカメラを用いた本システムは、LEDによる軽量かつ取り扱いが簡便なマーカーを設置することで、陸上競技者の運動動作を計測することができた。この実証実験で計測した競技者は、ハンマー投げ、円盤投げ、短距離走、ハードル走各1名の計4名であった。計測した運動動作は、屈伸をした後に、回転動作をすることとし、それぞれの運動で詳細な指示は設けなかったが、システムの有効性を示す結果を得ることができた。

また、これらの分析に際しては、図4に示すような簡易のビューワを設計し運動動作の視覚化も図っている。現状では、各フレームの位置と軌跡を表示する程度となっているが、これら運動動作を効果的に視覚化することで、被験者への運動動作の教示システムへの展開も考えている。

今後は、様々な運動競技への展開を検討しており、フィギュアスケートのスピン等の様々な運動動作を分析するとともに、運動競技者のパフォーマンス支援システムとしての応用も検討している。さらに、頭頂部のみに設置するだけでなく、肩や腕さらにラケット等にも配置することで、他の競技への応用も検討しており、それらを可能とするため、蛍狩りカメラの計測範囲を拡大させる予定という。

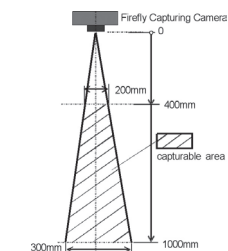


図3 システムの計測範囲

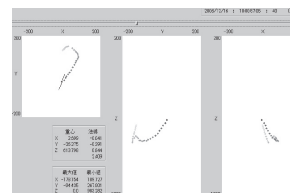


図4 身体運動の三面図表示

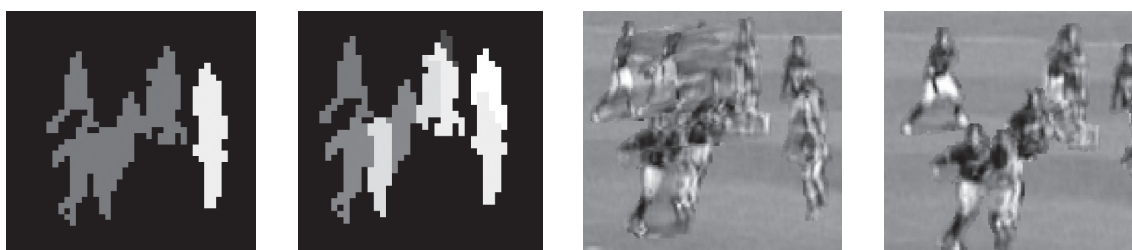
次に、慶應義塾大学の斎藤英雄氏からは、「スポーツ放送のための多視点カメラシステムの応用」と題して、多視点画像から自由視点画像を生成する技術を、実際のサッカーなどのスポーツ中継放送等に適用する試みが紹介された。さらに、オンラインでカメラをトラッキングすることにより新たな映像提示が可能となる複合現実表示技術を、多視点カメラシステムで撮影されたスポーツ映像の提示に応用することを目指したシステムについても報告された。

サッカーの自由視点画像生成では、斎藤氏が2006年ごろから中京テレビ、日本テレビと共同で行ってきた多視点画像からのサッカーシーンの中間視点画像生成手法を、実際のスポーツ中継番組で使うことを目指したシステム開発についての紹介があった。ここで実用を意識して行ったことは、下記のような点である。

- ・無理に完全自動化にはこだわらない。それを追求するあまり、肝心の画質が損なわれてはダメ。
- ・人による手作業も、無理に排除しない。最終的には人が見て評価するものであるから、人の手作業が介在することは止むを得ない。
- ・そのかわり、画質や速度の面で、実際の放送のために真の意味で利用可能なシステムを目標にする。

これらを意識して、彼らは、まず本当に放送中継に上記の中間視点映像生成が利用できるのか、ということを確認するための実験を行った。本実証実験では、敢えて自動処理を避け、確実に手入力で全フレームに対して選手境界領域を指定可能なインターフェースを自作し、手入力で確実に上記の前提を保証できる状態で、どの程度の画質の中間視点画像が合成可能なのかを検証してきた。

その結果、図5に示すように、選手が密集している場合においても、非常に良好な画質の中間視点映像が生成できることが実験で確認できた。



(a) 自動処理 [3] による不正 (b) 手動により切り出された (c) (a) による中間視点画像 (d) (b) による中間視点画像
確な選手領域の切り出し [2] 正確な選手領域

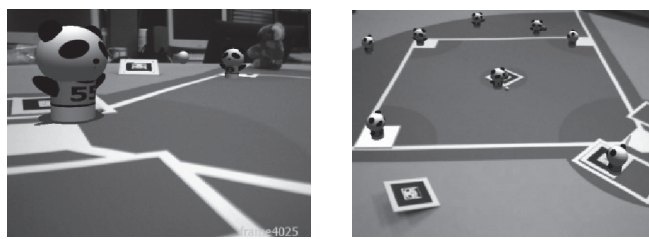
図5 選手境界領域の正確な切り出し (b) により生成した中間視点画像 (d) と、自動処理による不正確な切り出し (a) に基づいて生成した中間視点画像 (c) の比較。選手の重なりにより (a) では大きく画質が劣化していることがわかる。

一方、複合現実表示技術の多視点カメラシステムで撮影されたスポーツ映像の提示への応用では、斎藤氏の研究室で進めている、実際に人が居ないスタジアムやテーブル上のスタジアム模型の上に、CGキャラクターや実際のサッカーシーンに対して生成した自由視点画像を重畳表示し、あたかもそこで試合が行われているかのような提示を行う研究事例が紹介された。この研究における技術的なポイントは、カメラが視野に比べて大きな範囲を広く移動するため、一般的にARのために広く用いられている正方形のマーカーなどを利用したとしても、それを広範囲なエリアに設置しなければならない点であった。

これを解決するために、マーカーを広く分散させて配置させた場合において、マーカー相互の幾何学的関係が未知であっても、視野に入ってくるマーカーを基準にして、広範囲なエリアでカメラトラッキングを可能とする手法が提案されている [3]。スポーツのAR表示では、試合に登場する選手（キャラクター）に近いカメラ視点や、全体を俯瞰するカメラ視点など、カメラの向きや位置を広く動かした場合

に一つだけのマーカーを常に視野に捉えることは不可能になる。しかし、この手法では、図6に示すように、野球のベース（図では白地で隠している）や、ファールグラウンドなどの様々な位置にマーカーを適当な位置にマニュアルで置くことにより、広範囲なカメラ移動でも試合の様子をAR表示することができている。

今後は、この技術を実際の放送番組制作に利用するための方法について検討していく予定という。



(a) 選手（キャラクタ）視点 (b) 全体を俯瞰する視点

図6 複数のマーカーのランダム配置によるAR野球観戦システム。選手を表すキャラクタが現実の野球場を動き回る試合を任意視点から観察可能である。

続いて、中京大学の瀧剛志氏からは、「スポーツ競技における運動情報の可視化」と題して、同氏らのグループで開発を進めているトレーニング支援を目的とした運動情報の可視化・提示システムの紹介があった。

映像技術のスポーツ応用を考えたとき、スポーツ観戦者を対象としたものと、競技者や指導者を対象としたものとに大別できる。前者は、競技場の臨場感や競技の面白さ・難しさを視聴者にいかに分かりやすく伝えるかといった点に主眼がおかれ、例えば、複数のカメラで同時撮影された映像から立体的（3次元的）な映像を生成するものや、仮想的に配置されたカメラ視点の映像を擬似的に生成するものなど、様々な試みが行われている。一方、後者は、競技力向上のため自分自身の競技映像を見ながら動作のタイミングやフォームの改善を図るものや、対戦相手の特徴を分析するために過去の競技映像を繰り返し観察するものなど、こちらも映像は重要なメディアとして使われている。しかしながら、後者の場合、これまでは生のビデオ映像から人が直接的、経験的に必要な情報を獲得しようとするケースが圧倒的に多く、映像情報技術の活用という観点からみれば、未開拓の部分が多いという[4]。

このような背景から、同グループの取り組みとして、(1) 筋電図や足圧などの運動情報と、モーションキャプチャ装置で得られる身体の3次元姿勢との統合表示、(2) 複数の人が同時に運動する際に生じる相手との間合いやスペースの変化といった一般には直接みることのできない空間情報の可視化、(3) 競技環境の仮想再現と運動の体感提示、の3つが紹介された。結果の一例を図7に示す。以下、それぞれについて少し詳しく述べる。

(1) 運動計測値の可視化

人の動きを解析する際、単にその姿勢変化だけを観察するのではなく、種々の運動情報を同時に取得する場合が多い。そのため、スポーツ動作と運動情報を同時、かつ、直感的に分かり易く表示するための技術が求められている。例えば、打撃動作や投球動作の分析は、動作中に得られた筋電位や足圧などの運動機能情報と対応する動作フォーム映像を比較しながら行われることが多い。このような作業を支援するため、動作中の人物の各部位で計測した筋電位や床反力の値を、3次元CGにより描かれた人体モデル上の対応部位に色相の変化として貼り付け、アニメーション表示する。これにより、利用者は、動作フォームの変化に伴う運動状態とその時間変化を視覚的かつ直感的に理解することが可能となる。実際にゴルフスウィング動作、自転車のペダリング動作、スキージャンプ動作等に適用し、他の選手や過去の自分自身の動作との比較において提案手法が有効であることが確認された。また、自転車のペダリングのような反復動作においては、運動状態を映像としてリアルタイムにフィードバックさせることにより、トレーニングの効率化が図られている。

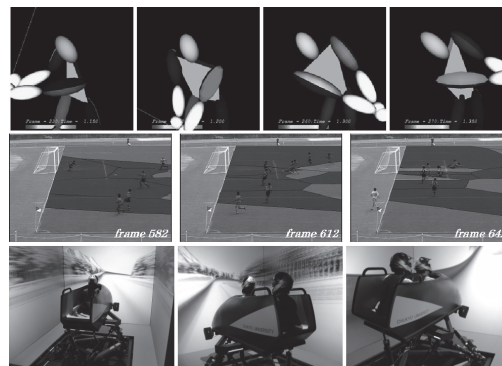


図7 スポーツ競技における運動情報可視化の例

(2) 運動により変化する空間情報の可視化

サッカーなどのチームスポーツにおいては、各個人のプレーがチームとしていかに機能しているかを定量的に評価することが重要であり、これには個人間の連係した動きに基づいたチームワークの解析が不可欠となる。例えば、サッカーやラグビーなどの競技では、攻守において意図的にスペースを奪い合うことが最も基本的で重要な戦術の一つといえる。そこで、その「スペース」を優勢領域と呼ぶ一種の動的な勢力範囲（相手よりも早く到達可能な領域）としてモデル化し、サッカーやハンドボール競技などのビデオ映像から、選手やボールの動き情報を算出し、各選手および各チームの優勢領域の変化に基づいた定量的なゲーム分析手法が述べられた。その結果、専門家でなくとも試合中の優勢・劣性な領域

を客観的に観察することができるようになり、フォーメーションや連係した動きの重要性をこれまでとは異なる観点から示すことが可能となった。このような情報をもとに選手のポジショニングやフォーメーションを修正するなど戦略策定やトレーニングへの応用が検討されている。

(3) 加速度の体感と映像提示

特にスキーやボブスレーなどのウィンタースポーツにおいては、競技場の数、気候や天候などの影響により、実践的なトレーニングを十分に積むことができないという問題があった。そこで、バーチャルリアリティ機器を利用したボブスレー滑走体感シミュレーターが開発され、イメージトレーニングのための新しい手段として、その利用可能性が検討されている。同システムは、3m×3mの大型スクリーンを正面、下面、左・右面の4面に設置し、各スクリーンにコンピュータで生成した映像（CGや実写合成など）を継ぎ目の見えないように投影することで、そこに高い没入感の得られる仮想空間を構築する。また、体験者が、周りを見回したり、その中を歩き回ったりすると、その位置や視線方向によって、表示される映像も変化し、液晶シャッターメガネを装着することで投影された映像を立体視することもできる。さらに、モーションベースとよばれる電動6自由度の動揺装置をその内部に設置することで揺れや衝撃を実際に身体で体感でき、映像と組み合わせることで非常に高い没入感が得られるようである。

以上の報告事例では、それぞれトップレベルの競技者または指導者からの評価・コメントが得られており、実際のトレーニング利用に向けた開発が進められている。瀧氏は講演の最後で、そのようなトップレベルの要望に応えようと努力する中から、まだまだ新しい情報技術が生まれる可能性があるかと結んだ。

最後の講演者である中京大学の諏訪正樹氏からは、「スポーツの技の習得のためのメタ認知的言語化：学習方法論(how)を探究する実践」と題し、未熟練者が身体知を獲得して熟練者に成長するプロセスを促す方法論の一つとして、「メタ認知」と呼ぶ体感を言語化するための手法が紹介された。

メタ認知とは一般に認知の認知であり、自分の身体で起こっている思考、知覚、身体動作の相互作用を意識するフェーズとそれを言語化するフェーズの2つからなる。無意識に身体が行っていることをあえて意識し、言語化できることだけを言葉にする試行がメタ認知的言語化である。言語化といっても、ここでは身体の動きを正しくモニターして制御することが目的ではなく、環境や自分の身体から体感できることを増やすことが目的である。諏訪氏は、そのような一種の内部観測こそが身体スキルの獲得につながるという。

ダーツ投げの練習を例として、メタ認知的言語化の実験が行われた。その結果、練習者のスコアの変化と意識して言語化した言葉（身体に関する変数）の変遷の間に明らかな関係が認められた。諏訪氏は、この中で練習者が意識した身体部位の増加はまさに学習過程そのものに合致するという。また、自分の身体内部の状態を多くの言葉で定常的に語れるようになることと、パフォーマンスの高度安定化には深い関係のあることもわかった。

同氏は、以上の理論と実験結果を総合して、メタ認知的言語化による学習プロセスをモデル化した。このモデルは、「言語化」「知覚」「身体動作」の3つのコンポーネントとそれらを結ぶ6つの矢印からなる。これを上記のダーツ投げの実験例に適用した結果、練習の過程でスキル獲得が行われていく様子がうまく説明できることを示した。

同氏は最後に、メタ認知が促すものは「身体行為-知覚-ことばの共進化」であること、本研究のような内部観測ベースの研究(how研究)は、映像分析や身体計測などの外部観測ベースの研究(what研究)と相補的な関係にあり、今後、両者を併用した研究の推進が急務であることなどを述べ、講演を締めくくった。

おわりに

以上、FIT2007で行われた「スポーツと情報技術」シンポジウムの講演内容について紹介した。最後に、この分野の研究推進には、研究者と現場との信頼関係が不可欠であることを講演者全員が指摘したことを述べて本稿を終えることにする。

参考文献

- [1] 瀬古保次, 佐口泰之, 山口義紀, 堀田宏之, K. Murai, 宮崎淳, 興水大和: “蛍狩り計測法-レンズの球面収差とハフ変換を利用した同時多点単眼3D位置計測-”, ViEW2005 ビジョン技術の実利用ワークショップ講演論文集, pp.300-305 (2005).
- [2] 林邦彦, 川本哲也, 窪川直毅, 藤原徹, 稲本奈穂, 斎藤英雄: “サッカー中継放送のための中間視点映像生成システム”, 第3回デジタルコンテンツシンポジウム (June 2007).
- [3] Yuko Uematsu, Hideo Saito: “AR Baseball Presentation System with Integrating Multiple Planar Markers”, ICAT2006, LNCS4282, pp.163-174 (Dec. 2006).
- [4] 瀧 剛志: “研究機関からの提案-スポーツにおける映像処理技術とその役割-”, 体育原理研究, Vol.35, pp.61-64 (Mar. 2005).
- [5] 諏訪正樹: “身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化”, 人工知能学会誌, Vol.20, No.5, pp.525-532 (2005).

●研究動向紹介－ FIT2007 現地企画シンポジウム

第6回情報科学技術フォーラム イベント企画 「近未来技術と情報科学－次世代ロボット技術を展望する－」 開催報告

中京大学 生命システム工学部
加納 政芳



FIT2007 現地イベント企画の1つとして「近未来技術と情報科学－次世代ロボット技術を展望する－」を、9月5日に開催いたしました。好天に恵まれたおかげで多くの聴講者が訪れてくださり、活気に満ちたイベントとなりました。

本イベント企画は、4つの講演とパネルディスカッションで構成いたしました。福村晃夫先生の現地イベント企画を総括するご講演から始まり、富士通研の永嶋史朗さん、神戸大の羅志偉先生、NECの藤田善弘さんから講演を頂きました（各講演の詳細は後述）。また、パネルディスカッションでは、永嶋さん、羅先生、藤田さんに、中京大学の清水優先生、青木公也先生、藤原孝幸先生と私をパネリストに加えて活発な議論を行いました。司会は、名工大の伊藤英則先生にお願いしておりましたが、先生の司会によって分野の異なる研究が有機的に結合し、ロボティクスの進展に一助できる内容になったと思います。

本稿は、イベント企画の内容を簡単にまとめたものです。そのときの楽しい時間をみなさまと共有できれば幸いです。

1. 開催趣旨

近い将来、超高齢社会に突入する日本。我々は、ロボットにどのようなことを望むのだろうか？人手をまかなってほしい、話を聞いてほしい、身の異変に気づいてほしい、など多岐にわたるであろう。近年のロボティクスでは、人と共存するロボットの開発が進んでいるが、これらの要望に十分に答えているとは言いがたい。一方で、情報科学技術は、ロボティクスに大いに関与しており、今、情報科学の視点からどのようにロボティクスをサポートしていくかが問われている。本シンポジウムでは、近未来ロボットと情報科学の関わり方と、その進むべき道を探る（司会 伊藤英則）。

2. 講演1「身体性技術 (Technologies of Embodiment)」(福村晃夫)

はじめに、本学名誉教授の福村晃夫先生から、ご講演をいただきました。FIT2007 現地イベント企画は、精神世界と物質世界というアンビバレントな世界をシームレスに接続する技術「身体性技術」を骨子として企画されたとの説明がありました。時空間を捨象する技術は、身体性技術とは呼べず、物理的世界と精神的世界を乖離させてしまいます（図1）。物理的タスクを支援するバーチャル技術、アンビバレントな存在である人と整合するロボット開発、体内へのコンピュータ埋め込み技術、工学的知識に裏づけされたスポーツ・健康技術などには身体性技術が不可欠であるとのお話でした。

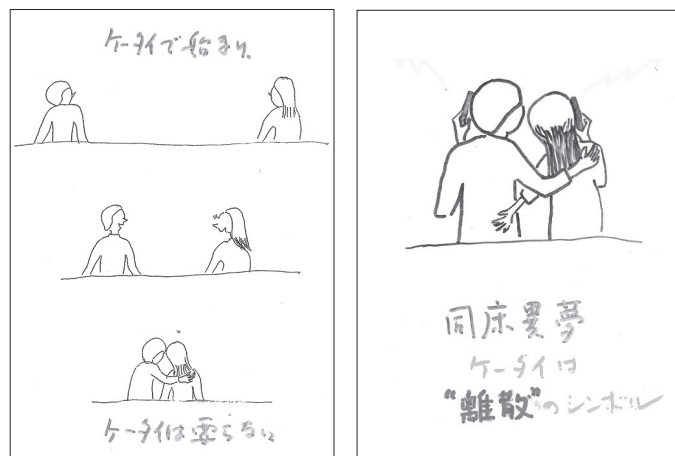


図1 身体性技術に基づかない技術は物理的世界と精神的世界を乖離させる（福村先生のご厚意により掲載）

3. 講演2「ロボットソフトウェアアーキテクチャを考える」(永嶋史朗)

続いて、富士通研の永嶋さんから、生物の神経網を工学的にモデル化したリカレントニューラルネットワーク (RNN) を用いたロボットソフトウェアアーキテクチャについてご講演をいただきました。永嶋さんの提案するアーキテクチャは、線形システムでありながら、線形出力だけでなく、非線形現象や振動を出力することができる素晴らしい特徴を持っています。これによって、ロボットの制御 (図2) のみならず、パタン認識 (図3)、音声認識 (図4) など行えるとの説明がありました。

身体性やアフォーダンス、ミラーニューロンなどは、制御なくしては語れないとおっしゃっていました。これらを実現するアプローチとして、RNN アーキテクチャがあると強く語っていただきました。永嶋さんのご研究については、文献 [1]などを参考にされるとよいでしょう。

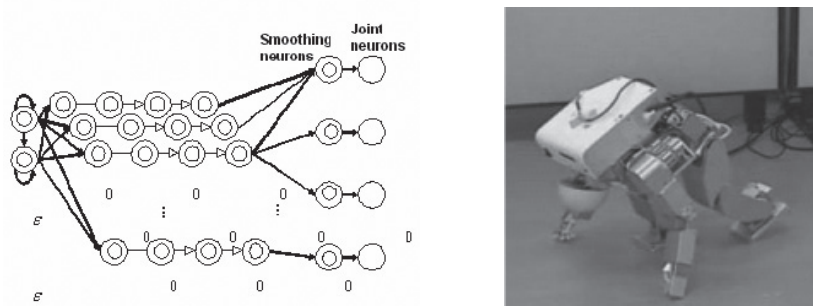


図2 線形 RNN によるロボットの動作生成の例 (永嶋さんご厚意により掲載)

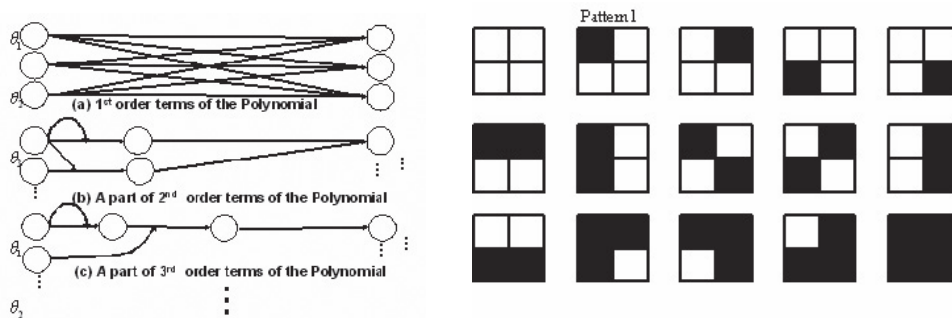


図3 線形 RNN によるパタン認識の例 (永嶋さんご厚意により掲載)

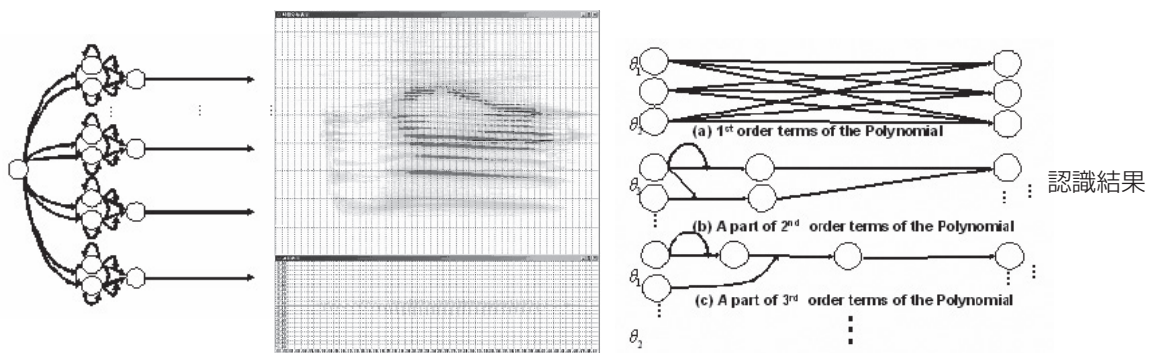


図4 線形 RNN による音声認識の例 (永嶋さんご厚意により掲載)

4. 講演3「ヒトに優しい介護支援ロボットの設計と評価」(羅志偉)

つぎに、神戸大学の羅先生より、介護支援ロボット RI-MAN (図5) と、その開発で使用されている没入型バーチャルリアリティシステムについてご講演をいただきました。まず、RI-MAN に用いられているさまざまな技術についてご説明をいただきました。安全かつ安心な動作を行うためのハードウェア・ソフトウェア設計は難しく、そのトライアルな問題に真正面から挑んでおられる羅先生のご研究内容は是非とも勉強しておくべきことと思いました。詳細については文献 [2]などを参考にされるとよいと思います。つぎに、バーチャル空間内に人間を写像し、その空間内に配置された仮想ロボットとインタラクションができるというシステム (図6) について、ご説明がありました。現状では、人への力覚フィードバックが完成されていないようでしたが、高い没入感が得られるすばらしいシステムです。これについては、文献 [3]などを参考にされるとよいでしょう。

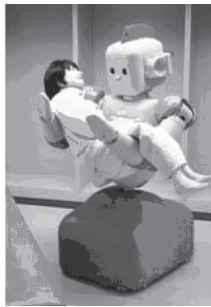


図5 子供を抱える RI-MAN。「やさしく」抱きかかえるためには想像以上の難しさがある (羅先生のご厚意により掲載)。

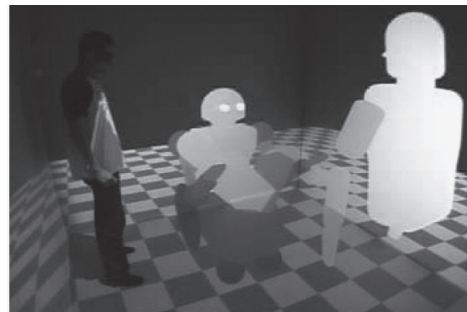


図6 没入型 VR システム。視聴覚情報やダイナミクスを共有できる (羅先生のご厚意により掲載)

5. 講演4「NEC におけるパーソナルロボットの研究開発 - パーソナルロボット PaPeRo や CG PaPeRo で目指す人にやさしいインターフェース」(藤田善弘)

講演の「とり」は、NECの藤田さんに飾っていただきました。人とのインタラクションに注力してデザインされたソフトウェアによって、子供から高齢者までが快適に接することができることを目指すロボット「PaPeRo」(図7) についてご講演をいただきました。コンセプトをもってデザインされたソフトウェアの質は非常に高く、感動を覚えました。また、CG PaPeRo を利用することで、さまざまな電子媒体に個人情報を持ち運べるシステム (図8) についてもお話をいただきました。さらに、ロボットのソフトウェアを手軽に開発できる RoboStudio (販売中) についてもお話があり、機能追加などが容易に行えるとのことでした。「察してくれる」インターフェースを目指した PaPeRo を是非とも商品化してほしいと願うばかりです。

藤田さんのご研究については、文献 [4,5]などが参考になるかと思えます。



図7 パーソナルロボット PaPeRo。PaPeRo みずからがアクティブに環境を認識・処理することでユーザとの対話の正答率が飛躍的に向上した (藤田さんのご厚意により掲載)



図8 CG PaPeRo を利用することで、さまざまなシチュエーションでロボットとの会話を楽しむことができる (藤田さんのご厚意により掲載)

6. パネル討論「近未来ロボティクスと情報科学」

6.1 討論概要

ロボティクスは学際的な学問であり、情報科学技術はそれに大いに関与している。近年では、人と共存するロボットの開発が前進しており、人と心理的・生理的に関わる場面を想定することが必須となりつつある。本パネルセッションでは、前出の3名の講演者の方々に加え、中京大学でロボティクスを研究しておられる先生をパネラーとして迎え、ロボット情報技術が我々の生活へ与える効果・影響について多角的に意見を集約し、今後のロボティクスにおける情報技術の方向性を議論する（司会 伊藤英則）。

6.2 討論内容

はじめに、ここからご登場いただいた清水先生、青木先生、藤原先生、そして私から、研究紹介がありました。清水先生のレスキューロボットの開発とそれに関わる要素技術、青木先生のマシンビジョンのご研究、藤原先生の似顔絵ロボット「ピカソ」のお話は、非常に斬新な内容でした。先生がたのご研究については、IASAI ホームページに掲載してあるかと思しますので、こちらをご参照ください。

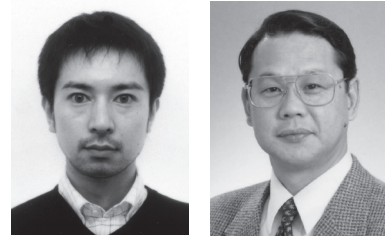
その後、「ロボティクスと情報科学」の接点について討論をしたのですが、あまり時間が無く非常に残念でした。ここでは、羅先生の「ロボティクスはまだ作られたルールの上を走る分野ではない」というご意見が非常に心に残っております。具体的には、産総研の「次世代ロボット連携群」などでは、ロボット開発の基礎となるインフラ技術をプラットフォーム化する動きが活発化していますが、このような流れに警鐘を鳴らすべき、とのご意見でした。確かに私たちの研究はまだ始まったばかりで、共通のソフトウェア上ですべての研究が推進できるとは言いがたいと感じます。私たちの情報科学・ロボティクス研究が個々に成長を続けて干渉しあうことで、今後、大きな「波」ができるのかもしれませんが。

参考文献

- [1] 永嶋 史朗：双線形時間遅れニューラルネットワークによるロボットソフトウェアシステム，日本ロボット学会誌， Vol.24, No.6, pp.53-64, 2006.
- [2] 小田島 正，大西 正輝，田原 健二，向井 利春，平野 慎也，羅 志偉，細江 繁幸：抱え上げ動作による移乗作業を目的とした介護支援ロボット研究用プラットフォーム “RI-MAN” の開発と評価，日本ロボット学会誌， Vol.25, No.4, pp.70-81, 2007.
- [3] 大西 正輝，小田島 正，羅 志偉，細江 繁幸：人間と接するロボット開発のための没入型三次元動力学シミュレーション開発，電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J88-D-II, No.2, pp.368-377, 2005.
- [4] 藤田 善弘：パーソナルロボット PaPeRo の開発，計測と制御， Vol.42, No.6, pp. 521-526, 2003.
- [5] 佐藤 幹，杉山 昭彦，宝珠山 治，山下 信行，大中 慎一，藤田 善弘：パーソナルロボット PaPeRo における音声インタフェース，日本音響学会誌， Vol.62, No.3, pp. 173-181, 2006.

蛍狩りカメラを用いたアスリートの 運動解析システムの提案

中京大学 情報理工学部
藤原 孝幸 興水 大和



1. はじめに

蛍狩りカメラ [1] を用いて、アスリートの運動軌跡を 3 次元的に取得し、それらを運動解析に用いる手法を提案した。モーションキャプチャ技術における計測方式には光学式・機械式・磁気式などが知られ、それぞれに長所・短所があり、また様々な分野でそれらの応用事例が見られる [2-4]。

我々の提案する「蛍狩り計測法」に基づく蛍狩りカメラでは、複数光源のリアルタイム計測を実現している。モーションキャプチャ技術の分類ではカメラとマーカを用いているものとなるが、光学式のような複数のカメラを必要とせず、また LED 光源をマーカとして用いているため、機械式・磁気式のようなマーカの制限（重量・大きさ）も非常に有利なものとなっている。

2. 蛍狩りカメラの概要

通常のレンズ設計では、対象物を鮮明な像として撮影するために、対象物上の一点が点像に変換されるよう、レンズの収差はできるだけ小さく設計される。しかし、蛍狩り計測法では、レンズの球面収差をできるだけ大きくし、光軸より離れた場所を通過した光が光軸付近を通過した光よりもレンズで大きく屈折されるようにする。球面収差の大きいレンズとして、複数の半球レンズを用い、さらに半球レンズの球面側を図 1 のように向かい合わせることで、リング像の半径が小さくなり、かつ光軸近傍にリング像が形成される。蛍狩りカメラの利点として、画面内の複数の点光源を個々の円像として撮像できることがあげられる。これら円像に対し、円の Hough 変換を用いて投票原理による円の検出をする。図 2 に計測される円像の例を示す。得られた円の中心座標より XY 位置座標を、円の半径より Z 座標値を求める。

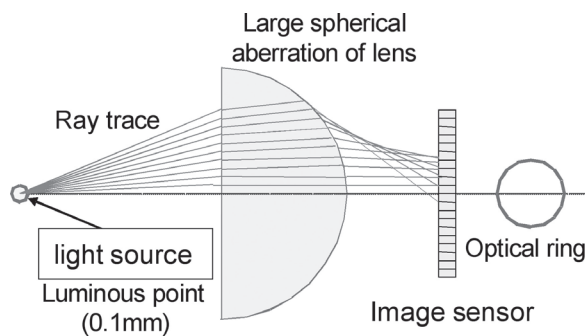


図 1 球面収差の大きいレンズの光線軌跡とリング像



図 2 円像の検出例

3. 3次元位置座標の計測

蛍狩りカメラを用いて複数の点光源の3D位置が計測できることを利用し、運動競技者の運動動作の計測を試みた。本実験においては、頭頂部にマーカを設置し、運動動作における頭の動作位置を計測することとした。頭頂部には図3に示すようにLEDを配置したボードを取り付けた。複数のLEDを配置することにより、計測誤差および適切な位置に検出されなかった点光源の影響を削減することとした。また、本システムの計測可能範囲を図4に示す。イメージセンサへ写像されるリング像の直径にて距離を計測するため、写像される円の半径とイメージセンサの素子サイズより、本システムの計測できる距離の限界は、およそ1000mmとなっている。本システムにおいては、イメージセンサには画素数1280x1024、サイズ14x12mmのCMOSセンサを用い、3.4GHz-CPUのパソコンで30fpsを実現している。

蛍狩りカメラを用いた本システムは、LEDによる軽量かつ取り扱いが簡便なマーカを設置することで、陸上競技者等の運動動作を計測することができた。予備実験として陸上競技者を被験者としたものと、一般の成人男性を被験者としたものを行い。それぞれの実験結果より本システムの有効性を示す結果を得ることができた。

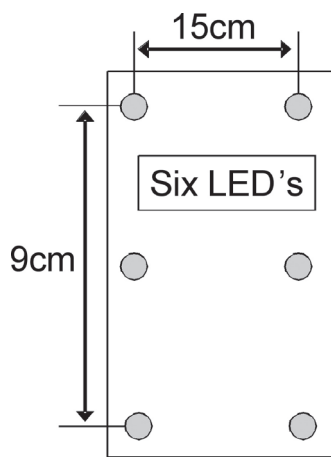


図3 LEDボードの配置図

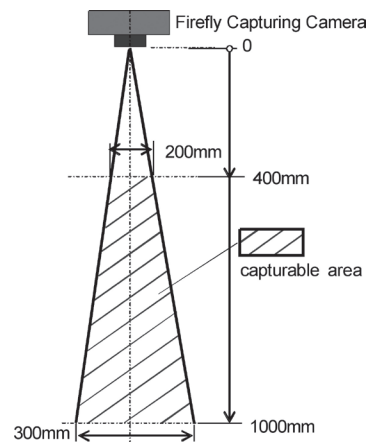


図4 本システムにおける計測範囲

4. 今後の課題

様々な運動競技への展開を検討しており、フィギュアスケートのスピン等の様々な運動動作を分析するとともに、運動競技者のパフォーマンス支援システムとしての応用も検討している。さらに、頭頂部のみに設置するだけでなく、肩や腕さらにラケット等にも配置することで、他の競技への応用も検討しており、それらを可能とするため、蛍狩りカメラの計測範囲拡大も試みている。

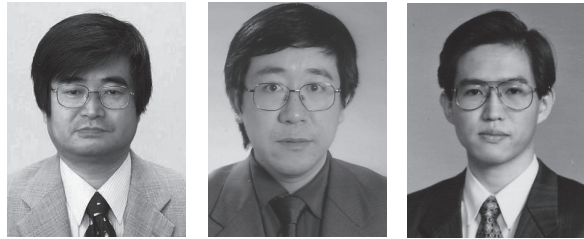
参考文献

- [1] 瀬古保次、佐口泰之、山口義紀、堀田宏之、K. Murai、宮崎淳、輿水大和：蛍狩り計測法 - レンズの球面収差とハフ変換を利用した同時多点単眼3D位置計測 -、ViEW2005ビジョン技術の実用ワークショップ講演論文集、pp.300-305, 2005.
- [2] 岡本賢一、八村広三郎、中村美奈子：舞踊譜 Labanotation に基づく身体運動データ入力・編集・表示システムの開発、情報処理学会「人文科学とコンピュータ」シンポジウム論文集、pp.73-80, 2001.
- [3] R. Okada, B. Stenger, T. Ike, and N. Kondoh: Virtual Fashion Show Using Real-Time Markerless Motion Capture, Proc. of Asian Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp.801-810, 2006.
- [4] 富山仁博、片山紀生、岩館祐一、今泉浩幸：視体積交差法とステレオマッチング法を用いた多視点画像からの3次元動オブジェクト生成手法、映像情報メディア学会誌、Vol.58, No.6, pp.797-806, 2004.

● 研究動向紹介－ FIT2007 大会発表要旨

迷惑メールの解析

中京大学 情報理工学部
 長谷川 明生 鈴木 常彦
 愛知県立大学
 山口 榮作



1. まえがき

迷惑メールは増加の一途をたどり、インターネットでのトラフィックのかなりの量が迷惑メールで占められているという報告がある。筆者ら¹は optout (迷惑メール送信者に対して送信停止を求める行為) が迷惑メールの停止にはつながらず逆に迷惑メール増加の原因になることを示した。この迷惑メール呼び込みの意図は、迷惑メール対策の効果の検証データ取得を目的としている。

2004年10月の optout による迷惑メール呼び込み開始から 24 ヶ月経過時点の 2006年9月末で 139 万通を超える迷惑メールが集まっている。これらのメールについて、ヘッダ情報をデータベース化し解析をおこなった。本論文では、解析により明らかになった点について報告し、あわせて迷惑メール対策についても考察する。

2. 迷惑メールの収集と時間動向

迷惑メールを呼び込むために optout を実施するとともに、optout 実施の時間、optout したメールアドレスおよび optout 先の URL もしくはメールアドレスをデータベースに記録する。受信専用ドメインのメールサーバは、そのドメイン宛のメールすべてを受信し、ファイルに残す設定になっている。手動で optout したメールアドレス数は、1269 件である。

この結果受信した迷惑メールの総数は 1392740 通である。受信メール数の月別変動を図 1 に示す。

図 1 で、「DB にあり」は、optout に使われたメールアドレス、「DB になし」は、optout の記録がないアドレス、すなわちドメイン上に実態が存在しない捏造されたアドレス宛に送られたメール数を示している。2005年10月頃から捏造アドレスの使用量の急増が見て取れる。

各メールについて、発信元の IP アドレスの国別分布を公開されているデータ²により検索した。図 2 に迷惑メール発信国数の月別変動を示す。また、メールが発信された国の数および発信数の上位 5 位の全メールに対する月別寄与率を図 3 に示す。

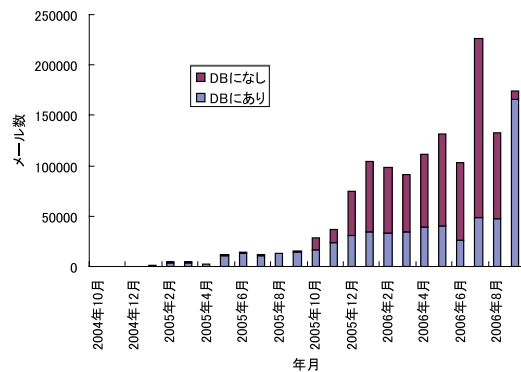


図 1 迷惑メール件数と捏造アドレス数

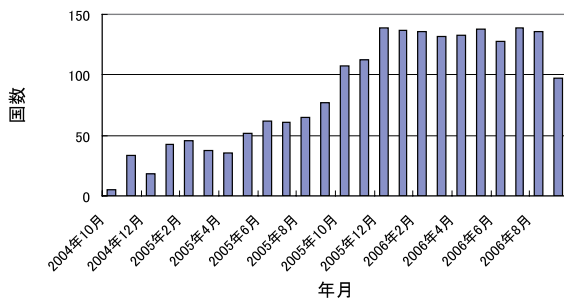


図 2 spam 発信国数

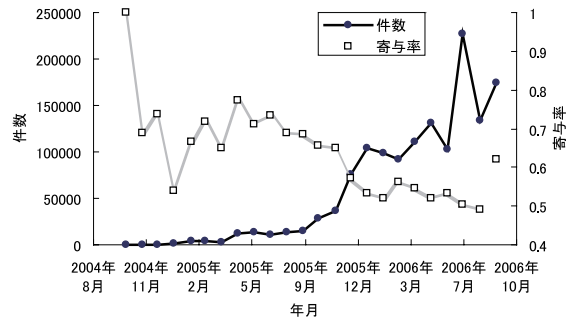


図 3 月別メール数と上位 5 国の寄与率

3. helo パラメータと捏造アドレス

適当な送信者を騙り、捏造されたアドレスに対する迷惑メール送信はボックスキャッタ問題として認識されている。そこで、これらの点について調査した。

3.1 ボックスキャッタの問題

不正なソフトウェアによって適当に生成されたアドレスに対するメール送信は、いわゆるボックスキャッタ問題に直結する。

図4に、メールアドレスの種別による受信メール数を示した。図の中でDBにありとは、optoutの記録があり正当な受信アドレスであることを示す。不明とは、optoutデータベースに登録を忘れた可能性のあるアドレスで、この2つを合算しても全メール数の46%のすぎない。残りの54%は適当なアドレスを生成して、送られたものであり大量のボックスキャッタの原因となる。

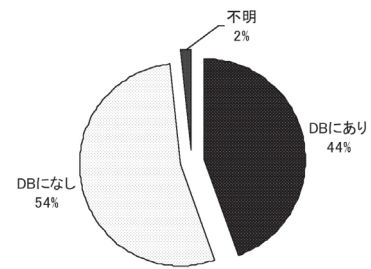


図4 ID 種別受信メール

3.2 helo パラメータと DNS の関係

SMTPセッションにおいて、helo パラメータのチェック有効かどうかを検証する。

helo パラメータと IP アドレスおよび DNS の逆引き設定の関係について個々の分類ごとのメールの件数に着目して調査した。メールのヘッダを解析し、メールを IP アドレスからホスト名が検索できないもの、検索可能であるが helo パラメータと一致しないもしくは helo パラメータがないものと helo パラメータと DNS 検索結果に矛盾がないものに分類し、メール数を調べた。その結果を図5に示す。この図から、helo パラメータのチェックを厳密に実施することで8割以上の迷惑メールが排除できることがよみとれる。

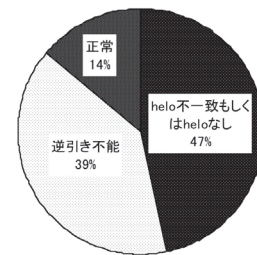


図5 メール数でみる helo パラメータと DNS の関係

つぎに、正当なアドレスかどうかの判定と helo パラメータによる判定を組み合わせると、どのような効果が得られるかを調べてみた。

その結果を表1に示す。

表1で、網掛け表示した部分は、helo パラメータが正常で、正当な受信者があるメールということで、あて先アドレスのチェックと helo パラメータの組み合わせでは排除できない迷惑メールである。

種別	メール数	パーセント
DB登録 helo 正常	156651	11.2
DB未登録 helo 正常	35377	2.5
DB登録 DNS未登録	310490	22.3
DB登録 helo 偽装	151409	10.9
DB未登録 DNS未登録	237735	17.1
DB未登録 helo 偽装	500949	36.0
DB登録 DNSなし	53	0.0
DB未登録 DNSなし	76	0.0

表1 helo パラメータとアドレスチェック

4. 結論

筆者らの収集した迷惑メールの集合に偏りがないと仮定すると、本研究から、迷惑メールを受信せず、かつボックスキャッタを発生させないためには、メール受信サーバにおいて、あて先アドレスの正当性の検査と、helo パラメータの厳密なチェックの併用が有効であることが結論づけられる。この対策により9割近い迷惑メールが排除可能である。

5. まとめ

本研究では、収集した迷惑メールから得られる情報の一部を解析しただけで、メール本文を含めた大半の情報の解析は未着手である。予備的に tcpd³ のログと迷惑メールの発信元アドレスの突合せを実施し、共通のアドレスが存在することを見出したが明確な結論を得られる段階にはいたっていない。

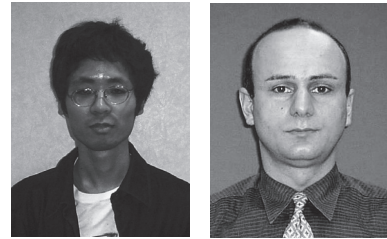
リアルタイムの spam 解析については、Ramachandran⁴の研究があるが、迷惑メール対策とあわせて、MailAvenger⁵等のツールの導入による、より詳細なデータの収集を考えている。

参考文献

- [1] 長谷川明生、山口榮作、鈴木常彦：“たかがspam、されどspam”，情報処理学会研究報告(2005-DSM-37)，VOL.2005，No.39，pp.75-78(2005.5.12-5.13)
- [2] <http://software77.net/cgi-bin/ip-country/geo-ip.pl>
- [3] Z.V.Wietse: <ftp://ftp.porcupine.org/pub/security/index.html>
- [4] A. Ramachandran and N. Feamster: "Understanding the Network-Level Behavior of Spammers", SIGCOMM'06, Sept.11-15, 2006, Pisa, Italy, pp.291-302
- [5] D. Mazières: <http://www.mailavenger.org/>

打鍵署名を利用した パスワード認証の強化について

中京大学 情報理工学部
山村 直也 George V. Lashkia



1. 研究背景

現在、個人認証の方法としてパスワード認証と生体認証などがあげられる。パスワード認証はユーザIDとパスワードを使用して簡単に認証を行う事が出来る。しかし、パスワード認証では、容易に推測されてしまう場合や、クラッキングや過失によってパスワードがもれてしまう場合がある。生体認証はコストが高く、偽造された場合に鍵を変更できないという問題がある。打鍵も生体認証であるが、特別なハードウェアを使用しないため有用な認証技術として注目されてきた。しかし、打鍵が変わりやすいため、現在の打鍵認証では精度が不十分である。そこで本研究では従来のパスワード認証システムの改善が目的である。パスワードと打鍵を利用する手法について研究を行う。いくつかの手法を提案し特性を議論する。

2. 従来研究

打鍵署名を利用した代表的な研究として、Joyce [1] と Bergadano [2] の手法があげられる。

[1]の手法はログイン時にだけ認証を行うため、短いテキストを扱う。これはいわゆる静的認証である。署名として digraph からなるベクトルを使用する。digraph は、ログイン時にあるキーを押してから次のキーを押すまでの時間である。リファレンス署名とテスト署名を比較し、差が閾値より小さければ本人であると認証される。この手法は打鍵時間と閾値を比べるため打鍵の変動の影響を受けてしまう。よって、精度が悪くなることが多い。

[2]の手法はユーザのタイピングを常に監視するため、長いテキストを用いる。これはいわゆる連続認証である。ユーザのタイピング時に trigraph を取得する。trigraph はあるキーを押してから2つ先のキーを押すまでの時間である。リファレンス署名とテスト署名を比較する時は並び替えた各時間の位置を比較する。この手法は打鍵の変動にロバストであるが、認証に長いテキストを必要とする。

3. 研究概要

本研究の目的は既存のパスワード認証の強化であるため、短いテキストであるパスワードのみによって認証を行う。また、取得時間には一般的に利用される digraph を使用する。提案された多くの打鍵署名を利用したシステムは propositional rule を用いて digraph と定数(閾値)との比較を行う ([1] など)。しかし、タイピングの時に digraph をミリ秒単位でコントロールする事よりリズムのコントロールの方が簡単であると考えられる。そこで本研究ではリズムを検出するために relational rule を使用して属性と属性を比較する。relational rule 用いる事によって、よりロバストなシステム構築を目指す。ここでは、M1,M2,M3 の3つの手法を提案し、[1]と [2]と比較する。

提案手法での処理の一般的な流れを示す。取得した digraph ベクトルから特徴を抽出し、特徴ベクトルを作成後、リファレンス署名を生成する。リファレンス署名は初回に数回タイプした特徴ベクトルから作成し、その後動的に更新される。ユーザのログイン時にパスワードが正しい場合は、digraph ベクトルから特徴ベクトルを生成しリファレンス署名と比較し認証を行う。

4. 研究内容

打鍵時間は様々な要因で変化するため認証において時間データより順序関係の方が重要である。そのため提案する2つの手法は順序関係を使用する。時間ベクトルを昇順に並べ、ラベルを付ける。ラベルベクトルを使用する手法の場合、時間データの単調な変化に左右されない。例えば、9文字のパスワードの場合、取得したミリ秒単位の時間ベクトルが以下であったとする。

(1156, 1089, 1360, 906, 478, 235, 758)

それに対応するラベルベクトルは以下のとおりである。

(7, 6, 3, 8, 5, 2, 1, 4)

M1は digraph ベクトルをラベル付し、それを特徴ベクトルとする。アクセスしたい時にはIDとパスワードをタイプし、パスワードが正しければ、取得した digraph ベクトルをラベルベクトルに変換し、テスト署名とする。リファレンス署名とテスト署名を比較する事で認証を行う。

M2は digraph ベクトルの隣あう属性の差を求める。その結果をラベルベクトルに変換し、特徴ベクトルとする。ログイン時に同様の手順でテスト署名を生成し、リファレンス署名と比較する。

M3は他の手法と違い、順序データを使用しない。より独特な認証手法を提案する。まず、digraph ベクトルの隣あう属性の差を求める。差データのシステムへの影響を少なくするために差データを equal interval width 法を用いて離散化し、その値を特徴ベクトルとする。時間の差がマイナスなら特徴ベクトルの値もマイナスになる。ログイン時にテスト署名を作成し、リファレンス署名と比較し、認証する。

Table.1 False alarm rate

Category	[1]	[2]	M1	M2	M3
1 (low-case)	37.00% ±7.73	3.80% ±1.99%	2.60% ±1.90%	0.00% ±0.00%	1.00% ±1.05%
2 (all keys)	31.84% ±9.28%	3.06% 1.67%	3.67% ±3.99%	0.00% ±0.00%	1.02% ±1.41%
3 (PIN)	29.89% ±13.27%	1.76% ±2.20%	4.40% ±7.41%	19.34% ±7.98%	17.80% ±7.85%
4 (free-style)	38.32% ±6.93%	4.99% ±2.72%	8.58% ±4.65%	37.13% ±4.91%	37.33% ±8.68%

Table.2 Impostor Pass Rate

Category	[1]	[2]	M1	M2	M3
1 (low-case)	0.00% ±0.00	7.41% ±19.0	0.00% ±0.00	0.00% ±0.00	0.00% ±0.00
2 (all keys)	0.00% ±0.00	8.06% ±21.3	0.00% ±0.00	0.81% ±4.35	7.26% ±27.1
3 (PIN)	0.00% ±0.00%	51.31% ±38.21%	24.09% ±30.45%	0.00% ±0.00%	0.37% ±1.84%
4 (free-style)	0.00% ±0.00%	38.03% ±40.85%	22.30% 27.82%	0.00% ±0.00%	0.00% ±0.00%

5. 評価実験

本研究ではシステムの精度を false alarm rate(FAR)と impostor pass rate(IPR)を用いて評価する。FARは正規のユーザがアクセスを拒否されてしまう確率である。IPRは攻撃者に侵入を許してしまう確率である。提案したシステムを評価するために本研究ではパスワードを4つのカテゴリに分け、実験を行う。1つ目のカテゴリは小文字の英字のパスワード、2つ目のカテゴリは1つ目に大文字の英字と数字を加えたパスワード、3つ目のカテゴリは文字数の少ないパスワードでキー同士が近いもの。これらのカテゴリはリズムを記憶している。最後のカテゴリはフリースタイルである。本研究では、各カテゴリにつき10人の学生に実験に協力してもらった。実験にはほぼ同じパソコンを使用した。リファレンス署名は1人のユーザにつき50回分、全体で2000回から得られる。各カテゴリにつき20人の攻撃者が10人のユーザの中からランダムに選ばれた人へ攻撃を試みる。全体で140回の侵入を試みた。攻撃者にはユーザのログイン情報としてパスワードだけを与える。ユーザのトライアルは目撃していないとする。認証システムとしてFARは5%以下、IPRは1%以下が望ましい。実験結果のFARをTable.1に、IPRをTable.2にそれぞれ示す。提案手法のカテゴリ1,2のFARは許容できる。M1のカテゴリ1,2、M2のカテゴリ1,3,4、M3のカテゴリ1,4でIPRが妥当である。1つの方法で全てのカテゴリで許容できるものは得られなかった。カテゴリ1,2はM1,M2が良い結果となったが、カテゴリ3,4に優れている手法は得られなかった。カテゴリ3で精度が極端に悪くなるのはパスワードが短すぎるためリズムが取りにくいからである。カテゴリ4が極端に悪いのはリズムを意識してなく、タイピングが一定ではないためであると考えられる。

6. まとめ

打鍵時間は様々な要因で大きく変化してしまう。そこで、本研究では、パスワード入力時に digraph を取得し、認証に使用する問題に取り組んだ。打鍵時間の変化に左右されないように、ユーザがタイプする時のリズムパターンを見つける事でユーザを特定する3つの手法を提案した。提案手法を評価するためにパスワードを4つのカテゴリに分け実験を行い、従来手法と比較した。提案手法は従来手法より優れた性能を発揮した。また、比較的長いパスワードを用いた場合、パスワードと digraph を用いる事により、セキュアなシステムを構築できる事を見つけた。

精度が特に悪いカテゴリ3を改善する事が一番の課題である。また、より多くの人に実験に協力してもらい、実験回数を増やす事も必要である。手法の複合的な適用によって精度を改善できると考えられる。リズムの学習をするソフトの開発にも取り組みたい。

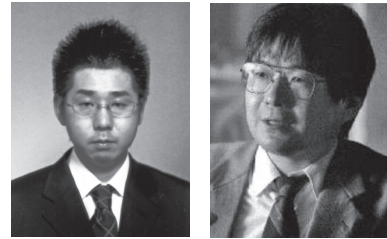
7. 参考文献

- [1] R.Joyce, G.Gupta : Identity Authentication Based on Keystroke Latencies, Communications of the ACM, Vol.33, No.2, 1990
- [2] F.Bergadano, D.Gunetti, Claudia Picardi : User authentication through keystroke dynamics, ACM Transactions on Information and System Security, Volume 5, Issue 4, 2002

●研究動向紹介－ FIT2007 大会発表要旨

体型に応じた楕円体3次元モデルを用いた サーモグラフィ画像からの人体の姿勢推測

中京大学大学院 情報科学研究科
早瀬 光浩 嶋田 晋



1. はじめに

近年、国内の高齢者数が増加傾向にあり、寝たきりの患者が増える可能性がある。寝たきりの患者は、持続的な皮膚の圧迫により床ずれと呼ばれる褥瘡が発生しやすい状態にある。このため、介助者が背抜きという方法により圧迫を除く必要があり、このとき介助者は支持する部位について、支持する部位が適正であるか判断する、介助者の支援となるようなシステムがあれば望ましい。

筆者らの研究室では、2次元の長方形・三角形・楕円等の基本形状に拡大、縮小、回転等の変化を運動として離散的に与えた「時空間モデル」を提唱している [1]。

本稿では、3次元のモデルに拡大・縮小、回転の自由度を与え、その2次元投影像から得られる時空間モデルを利用し、2次元のサーモグラフィ画像から人間の胴体部分の3次元の位置・姿勢を推測し、その有効性を確かめる。

2. 対象

2.1 サーモグラフィ

本稿では、Fig.1のように患者がベッドで寝ている状況を対象とした。通常、人間は、何らかの衣服を着用しており、服の色や模様は様々なので認識が困難であるので、サーモグラフィが有効であると考えた。対象となる患者は、ベッドが少し起き上がった状態で寝ており、横方向からサーモグラフィにより撮影される (Fig.2)。



Fig.1 scene

2.2 2次元モデルと3次元モデル

これまで、2次元の時空間モデルを利用した研究事例で、サーモグラフィで得た画像を対象として、人間の胴体部分の姿勢推測を行った [2]。人間の胴体部分を楕円で近似し、2次元的な位置や姿勢は推測できるが、3次元的な回転には対応できなかった。

そこで、2次元の時空間モデルを発展させて、3次元モデルの時空間モデルを仮定し、回転運動を離散的に作用させたモデルを構成した。それらの透視投影により得られた2次元投影像から得られる時空間モデルを利用し、サーモグラフィ画像から人間の胴体部分の3次元の位置・姿勢推測を行った [3]。このとき、対象となる人体のモデルとして楕円体を構成する3軸の大きさの比率を一定とした。しかし、人間の体型には、太っている、痩せている等の個人差があり、一定のモデルでは認識ができない。そこで、3次元モデルに回転の自由度に加え拡大・縮小を与えた。



Fig.2 thermograph image

3. 手法

3.1 トップダウン処理とボトムアップ処理

本システムでは、2次元投影像と処理画像とのマッチングで認識を行い、選択されたモデルのパラメータにより位置と姿勢を推測する。

処理は、トップダウン処理とボトムアップ処理の二つを行う (Fig.3)。トップダウン処理は、時空間モデルの構成、選択を行う。ここでは、3次元の楕円体を基本的な形状とし、時空間モデルを構成する。ボトムアップ処理は、入力画像に画像処理を施す。入力画像に対しては、しきい値処理 (しきい値により0と1の2値に分ける処理)、収縮・拡散 (ノイズ除去のため画素を1画素分、細くする、太らせる処理)、ラベリング (画像の中で連結している成分に同じ番号をつける処理) により対象の抽出を行う。

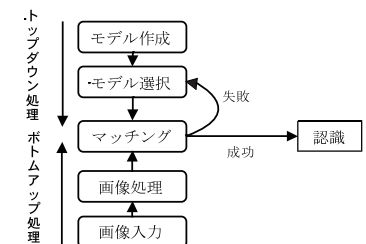


Fig.3 top-down and bottom-up process

3. 2 時空間モデルの構成

最初にボクセルの単位を1として、 $10 \times 10 \times 10$ の立方体に内接する球体3次元モデルを定義する。その大きさを始点として、モデル座標系において、x軸、y軸、z軸ごとに5単位ずつ拡大して30までスケールを離散的に変化させる。このモデルを「比率モデル」と呼ぶ (Fig4 (a))。これらのモデルは、独立に存在するのではなく、リスト構造によりつなぎ、リストをたどることによって双方向的な運動を作用させることができる。そして、各比率モデルに2軸の回転運動を施し、各回転モデルの2次元投影像を得る (Fig4 (b))。これを一つのモデルとするネットワーク構造で結ばれた時空間モデルを構成する。

3. 3 マッチングアルゴリズム

探索の目標は、時空間モデルと処理画像とのマッチ率が85%以上かつマッチング面積が最大とする。探索の開始は、最小のモデルから開始し、開始点は、処理画像の重心とモデルの重心を使用した。探索方法は、開始から最適な方向に時空間モデルを次々に進んでいく。これを繰り返しながら探索を行い、より大きいモデルを選択し、最適モデルを決定する。

4. 3次元モデルによる認識

実験は、サーモグラフィ画像 (Fig5 (a)) に対して、しきい値176で処理を行い (Fig5 (b))、収縮・拡散、ラベリングを行い、この処理画像に対して本稿の時空間モデルとマッチングアルゴリズムの実験を行った。

4. 1 実験結果

2次元投影像によるマッチング結果は、Fig.5 (c)に示すように、85%以上人間の胴体部分にマッチしている。また、マッチングモデルのパラメータより、3次元モデルの結果をFig.5 (d)に示した。結果より、人間の胴体にマッチしているといえる。マッチング時間は、モデルの総当たりでは、14.37秒、本稿のアルゴリズムでは、2.59秒と総当たりと比較して、約1/6の速さで処理ができた。

4. 2 評価

実験結果より、楕円体3次元モデルに拡大・縮小、回転運動を与えたモデルから得られた2次元投影像によるマッチングで、人間の胴体部分を抽出し、3次元情報の推定が可能である。また、マッチング時に重心の利用、時空間モデルのネットワーク構造により、ロボットに適用可能な処理時間で実現できた。認識精度に少々欠ける点があるが、これは幾何拘束条件を使用することにより解決可能であると考えられる。

5. まとめ

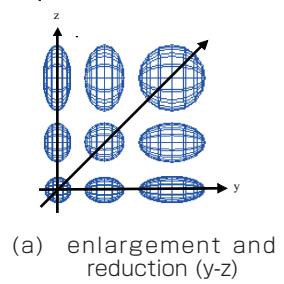
本稿では、楕円体3次元モデルの2次元投影像から得られる時空間モデルを用いて、2次元のサーモグラフィ画像からの人体の位置・姿勢推測を試みた。本稿で、拡大・縮小の自由度を与えた時空間モデルは有効であると確認することができた。

謝辞

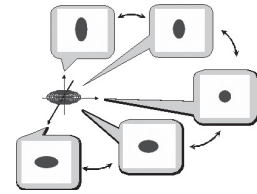
本研究は、国立長寿医療センター研究所との共同研究として行っている。研究の機会を与えていただいたことに感謝する。

参考文献

- [1] 嶋田晋：“時空間モデルを用いた図形的推論の枠組み”，情報処理学会研究報告，95-AI-100，pp.45-50，1995
- [2] 早瀬光浩，嶋田晋：“サーモグラフィ画像による時空間モデルを利用した人間の胴体部分の姿勢推測”，O-153，平成18年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集，2006
- [3] 早瀬光浩，嶋田晋：“3次元モデルの2次元投影像を用いた人体の姿勢推測”，D-12-71，電子情報通信学会2007年総合大会講演論文集，2007



(a) enlargement and reduction (y-z)

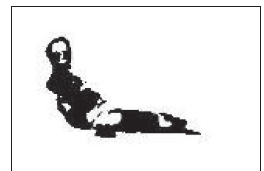


(b) rotation (y-z)

Fig.4 basic concept of time-space model



(a) image



(b) preprocessing (t=176)



(c) projected model



(d) 3D model

Fig.5 result of matching

●研究動向紹介－ FIT2007 大会発表要旨

簡易型モーションキャプチャ における捻り検出

中京大学大学院 情報科学研究科
本多 芳寛 青木 公也 輿水 大和



1. はじめに

現在、モーションキャプチャ(以下 MC)はエンターテインメントやスポーツ、医学の分野等において、人や動物の動作計測のために利用されている。MC は一般的に、計測対象に装着するマーカと、これらを検出するトラッカーにより構成される。また、使用機器に応じて光学式・機械式・磁気式等に分類されるが、これらの多くは、特殊なトラッカーや専用スタジオが必要等、コストや時間の面においてユーザが気軽に利用することは困難である。そこで著者らは、ステレオカメラ (Digiclops DIGI-COL-60、Point Grey Research 社) によって被計測者の腕に装着したマーカを検出し、その 3 次元的な動作をリアルタイムで計測する、光学式 MC に準ずる簡便なシステムを開発した。

MC により計測する動作として、首や腕などの捻り動作がある。光学式 MC による捻り動作の検出手法としては、マーカの数を増やす方法や、特殊な格子模様の服を装着する方法 [1] がある。しかし、この方法では捻りを検出する部位ごとに新たなマーカを増やす必要性が生じ、システムの簡便性が失われてしまう。本研究では、捻りを検出したい部分(リンク)に仮想マーカを設定し、その 3 次元運動(3D フロー)から、リンク部の長手方向軸回りの回転を算出する手法を提案する。これにより、従来手法のように新たにマーカを増やすことなく捻りの検出が可能となる。

2. 簡易型モーションキャプチャ [2]

簡易型 MC はまず、ステレオカメラにより得られたカラー画像 ($H \times W$ 画素) にラベリングを行なう。設定するカラー情報 (HSV カラーモデルにおいてしきい値を設定) を持つ画素 $m_{ij} = (x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$ の集合から重心を算出し、マーカ $M_l = (x_l, y_l, z_l)$ と認識する。

$$M_l = \frac{1}{S_l} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} m_{ij}^l$$

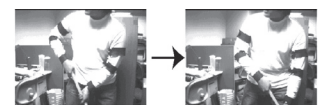
l はラベリング時のラベル番号兼マーカ番号、 h はラベル h を与えられた画素の数である。マーカはフレーム毎に得られるカラー画像にラベリングを行い、検出する。この時、ラベリングの走査範囲を前フレームのマーカの移動量を利用した予測位置の周囲に限定することにより、検出したマーカを前フレームと同一のマーカと認識する。

また、検出しきい値の自動調整、マーカ消失時におけるラベリング走査範囲の拡大により、ロバストなマーカ検出を可能とする。前者は、照明変動によってカラーマーカの色相・彩度・明度の変動した場合に、前フレームの検出マーカ領域の平均値を用いる。後者は、何らかの原因によりマーカを見失った場合、見失っている時間(フレーム数)に応じてマーカ検出範囲を拡大していくことにより、マーカ再発見率を高める。

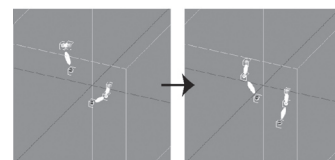
図 1 はシステムを用いて行った実験の例である。両腕にマーカを 3 個ずつ、計 6 個装着した人物を対象とし、日常的な動作を計測する実験を行った。入力画像各マーカの 3 次元座標が計測できていることが分かる。

3. 捻り検出アルゴリズム

マーカの絶対座標を検出した前項の簡易型 MC の拡張として、リンクの捻りを検出するアルゴリズムを導入する。光学式 MC における捻り動作の検出手法として、体に装着するマーカを増やし、マーカ的位置関係によって捻りを検出する方法がある。しかし、この方法では装着マーカの数が増えることによ



(a) Input Image



(b) 3D rendering

図 1 簡易型 MC 実験 (ブラシ掛け)

る動作の制限や、マーカの準備・脱着の手間等の問題が発生する。

そこで、本研究では捻りを検出したい部分に仮想的なマーカを想定する。本研究ではこれを“インビジブルマーカ”と呼ぶ。インビジブルマーカはすなわち、物体の局所領域における形状またはテクスチャ特徴量であり、フレーム間においてこの特徴量を追跡することにより3Dフローを検出する。インビジブルマーカには、HCH 特徴量 [3] を適用する。HCH 特徴量は、3次元物体の局所領域の形状及びカラーテクスチャ情報を表し、時系列距離画像から自由曲面上の任意点の3Dフローを検出する事が可能である。図2(a)に、フロー検出の例を示す。

ここで、検出した3Dフローを回転方向の特定に利用するため、ワールド座標系からリンクのローカル座標系への変換を行う。図3のように、リンクローカル座標はリンクの長手方向を軸として設定する。ローカル座標系に変換したフローを各軸の成分に分解し、各軸におけるフローの正負方向と大きさを算出する。一定以上の大きさを持つ算出結果を、正負の6パターンに分けて投票し、各軸の得票値の関係によってリンクが回転している方向を決定する。

- ・ z_L 軸の得票値が正負共に0以上
- ・ z_L 軸フローの正負において、少ない方の得票値の割合が、他方の10%以上
- ・ y_L 軸負の得票値 < 軸正の得票値

以上の条件に当てはまる場合、物体は x_L 軸回り正方向に回転していると判定する。回転量に関しては、フレーム間について一定量を付与した。また、図3のようにフローの検出範囲をリンクの長手方向軸から一定の距離以内、かつ2つのジョイントの midpoint を中心とした円の内部とすることにより、判定に関わるフローの数を制限する。図2(b)が特定のリンクのインビジブルマーカを検出した結果である。以上の方法で検出した回転を用いることにより、リンクの回転を検出することが可能となる。

4. 実験結果

図4にカラーマーカとインビジブルマーカを組み合わせた実験例を示す。実験では、肩・肘・手首にカラーマーカを装着し、肘-手首間のリンクの回転を検出している。また、検出結果は掌部分の直方体に適用している。画像では腕の捻りに合わせ、掌部分の直方体が回転する様子が検出できている。

ただし、現状ではカメラ精度による最適な3Dフロー数の設定、誤検出されたフローへの対応等の問題が残る。

5. おわりに

本研究では、簡易型MCにインビジブルマーカを付加し、物体の捻り動作を検出するシステムの構築を試みた。HCH 特徴量による3次元運動を適用することにより、物体の捻りを検出した。今後は、実際の回転角度と測定した回転角度を比べる等の定量的な評価を実施する予定である。

謝辞

本研究の一部は、科研費(課題番号:19700183)を用いて実施された。

参考文献

- [1] H.Tanie, K.Yamane, and Y.Nakamura, "High Marker Density MotionCapture by Retroreflective Mesh Suit," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2895-2900, April 2005.
- [2] 本多芳寛, 青木公也, 奥水大和:「モーションキャプチャによる道具の操作教示」, ビジョン技術の実利用ワークショップ講演論文集, pp.122-127 (2006)
- [3] 青木公也, 奥水大和:「時系列距離画像からの3Dフロー検出のための高さ・カラーヒストグラム(HCH)の提案」, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J89-D, No.9 pp.2033-2044 (2006)

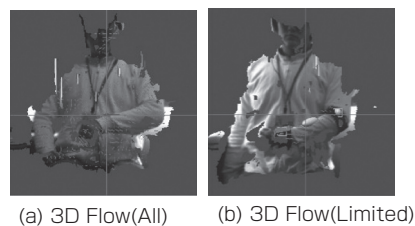


図2 3Dフロー検出

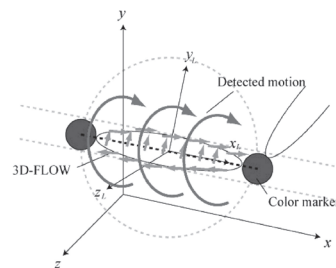


図3 フロー検出範囲

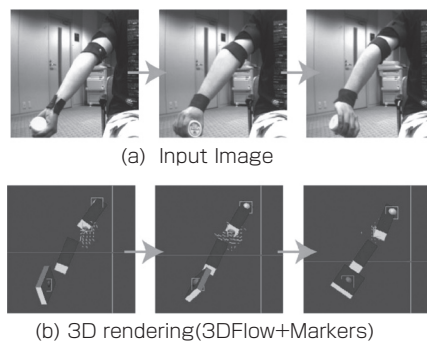
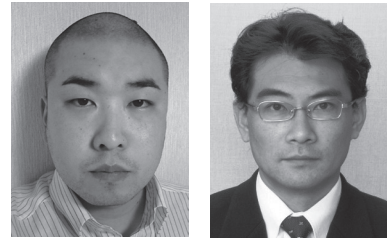


図4 捻り検出実験

●研究動向紹介－ FIT2007 大会発表要旨

音楽セッションを目的とした コミュニティサイトの提案

中京大学大学院 情報科学研究科
鈴木 茂樹 山田 雅之



1. まえがき

情報技術の進歩やインターネットの普及は、様々な分野に大きな影響を与えてきた。それは音楽という分野においても同様で、音楽の電子化・配信技術を基盤としたネット上の音楽共有・配信サービスが広く利用され、自作音楽の投稿サイトも出現している。さらに近年では、音楽に関するコミュニティが SNS 等を利用してネット上に形成されるなど、物理的に遠く離れた相手との音楽を通じた交流も盛んになり、音楽はネット上でも、コミュニケーションを図るための重要な媒介となりつつある。

本研究では「演奏」、特に独奏でなく複数メンバーによる合奏の形態（音楽セッション）を1つのコミュニケーションと捉える。実世界での音楽セッションは、同一の時間・空間の共有が前提であるため、「予定が合わない」「居住地が離れている」「スタジオを借りなければならない」など、地理的、時間的な制約などにより達成が困難な場合が多い。そこで本研究は、これらの制約を解消しうるネット上での音楽セッションシステムを実現し、新たなコミュニケーション手段として提案する [1]。

2. システム概要

実世界の音楽セッションでは演奏者の動作、表情、場の雰囲気など、音以外の情報もコミュニケーションを行う重要な要素である。そこで、仮想スタジオや 3DCG アバタを使い、視覚的なアプローチも含めた音楽セッションシステムを作成する。また、楽器を扱えない人向けに PC キーボードやジョイスティックデバイスなどを楽器として利用できる仕組みや、普段使っている楽器の音を再現するなど、音の自由度を提供するサンプラーを実装する。さらに、ネットワーク利用による伝送遅延を最小限に抑える通信データモデルを用い、できる限りリアルタイムなセッションを実現する。

本システムの構成は、セッションを行う相手を探すためのロビーサーバ、音楽セッションを行うためのクライアントソフトウェア、演奏のための楽器とキャラクタ操作のための入力機器からなる（図1）。通信方式はサーバクライアント型と P2P 型を複合し、手軽にセッションへ参加できる仕組みを提供する。ユーザは、ロビーサーバに接続し、相手を探す。相手が見つかったら P2P 接続により音楽セッションを開始し、PC に接続した楽器などで演奏を行う。このとき、演奏に合わせてキャラクタを自動的に動かすことや、演奏以外の動きを操作することで演奏相手とのコミュニケーションを図る。

クライアントソフトウェアの機能はネットワーク部、サウンド部、グラフィック部、入力制御部の4つに大別できる（図2）。ネットワーク部はロビーサーバと通信するロビークライアントの機能と他の PC と P2P 接続により音楽セッションを行うためのピアの機能を有する。入力制御部は、演奏やキャラクタ操作のための MIDI 楽器または入力デバイスの制御を行う。サウンド部は、演奏音の保持や音の再生などサウンドデバイスの制御機能を有する。グラフィックス部は、仮想スタジオ、キャラクタの表示やキャラクタ演奏動作の生成などの機能を有する。

クライアントソフトウェアは、ユーザが演奏やキャラクタ操作などの入力を行った場合、サウンド部から音データを、グラフィック部から動作データを受け取りセッション参加者へデータを送信する。

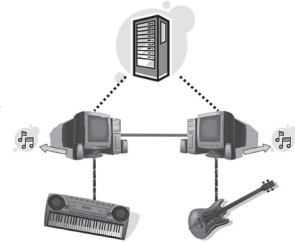


図1 音楽セッションシステムの概観

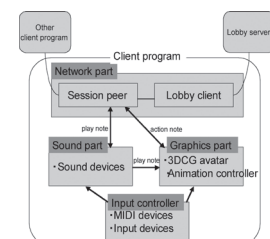


図2 クライアントプログラム構成図

3. 演奏データと再生音

ネットワーク上のリアルタイム音楽セッションでは、遅延を最小限に抑える必要があり、遅延を考慮したセッションシステムがこれまでに幾つか提案されている。[2]は、予め幾つかのパートを製作しておき、あるパートの演奏中に次のパートを決定し組み合わせしていく、コラージュ的手法を用いて、ネットワーク上で楽曲制作を試みている。リアルタイムで曲の流れをある程度変えていけるものの、曲を作る段階では演奏を済ませており、自由さに欠ける。[3][4]はMIDIに準じたデータモデルを通信に用いることで伝送遅延を最小限に抑える工夫をしているが、MIDIをそのまま音源として利用する場合、再生環境に用意された音源により再生音が異なることがある。最近のWindowsにはソフトウェアMIDI音源が標準でインストールされているが、これを用いるとソフトウェア音源であるため発音までにある程度時間がかかる。また、実際の音楽制作では楽器音をエフェクターを通すなどして変化させる場合がある。音作りも個性を表す重要な要素となるので、音の再現性を重視する必要がある。そこで本研究では、遅延の軽減のために演奏データ形式としてMIDIを用い、さらに、音の再現性のため、サンプラー機能を実装して、ユーザが自由に音源を用意でき、異なる環境のユーザが同じ音を再現できるようにした。サンプラーは再生時に音の高さを変更して出力することにより、一つの音源データから、複数の音階を生成する。

4. 演奏動作アニメーションの生成

これまでのネットワークを利用した音楽セッションの研究では、単純な音だけのやりとりであった。実世界では音だけでなく、演奏者の動作、表情など、音以外の要素も演奏に影響する。そこで、本研究では音だけでなく、視覚的なアプローチによるコミュニケーションも試みる。仮想空間に音楽スタジオを設置し、さらに演奏中のユーザを表す3DCGのキャラクターを表示させる。キャラクターには演奏データと同期するようなアニメーション[5]を追加し、実際にそのキャラクターが演奏しているように表現する(図3)。また、演奏以外の動作も追加し制御することで、ユーザがお互いに画面の向こう側に相手がいることをイメージでき、視覚的なコミュニケーションも可能となる。

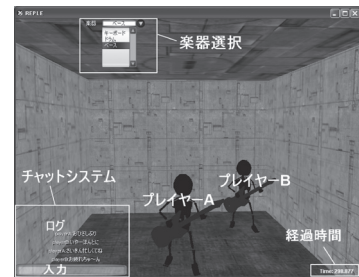


図3 仮想スタジオ内の3DCGキャラクター

5. 入力装置

本システムで扱うことのできる入力装置は、MIDI規格に準じたMIDI楽器、PCが認識するジョイスティックデバイス、PCキーボード、マウスである。MIDI楽器はキーボード、ドラム、ギターなど様々なものが市販されており、これらを使うことで通常に近い感覚で音楽演奏をすることができる。

また、楽器がない場合を想定し、仮想楽器を定義することで、様々な機器を使って自由に音楽演奏できるようにした。PCキーボードや、ジョイスティックデバイスなどの入力を仮想楽器に割り当てることにより、MIDI楽器を持たないユーザも演奏に参加することが可能である。

6. むすび

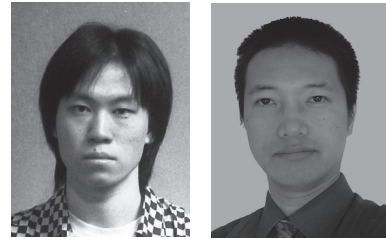
本研究では、3DCGアバタを用い、動作を交えながら演奏することにより実世界に近い感覚での音楽セッションによるコミュニケーションを行うための工夫をした。通信データとしてMIDIを用い、サンプラーの仕組みを組み込むことで環境によらない再生音を用意することができ、音源選択の自由度も増した。今後の展望として3DCGアバタのパーツ変更機能などコミュニケーションツールの拡充や、SNSなどの導入によりコミュニティ形成促進を図ることが重要であると考えている。

文献

- [1] 鈴木 茂樹, 遠藤 守, 山田 雅之, 宮崎 慎也, “音楽セッションを目的としたコミュニティサイトの提案,” FIT2007 公演論文集, pp567-570, Sep 2007
- [2] 小嶋 克徳, 近藤 育雄, 上島 紳一, “コンテンツ集約による音楽セッション方式の検討,” DEWS2004 I-5-02, July 2004
- [3] 後藤真孝, 根山亮, “Open RemoteGIG: 遅延を考慮した不特定多数による遠隔セッションシステム,” 情報処理学会論文誌, vol.43, no.2, pp.299-309
- [4] <http://nagasm.suac.net/ASL/GDSM/>
- [5] 鈴木 茂樹, 遠藤 守, 山田 雅之, 宮崎 慎也, “即興演奏の楽譜情報に基づいたドラム演奏動作の生成,” 信学技報, MVE2007-27, pp25-30, June 2007

動画像とレーザレンジセンサによる 移動ロボットの自己位置推定

中京大学大学院 情報科学研究科
日浦 一彰 清水 優



Abstract

本稿では単眼カメラとレーザレンジセンサを用いた移動ロボットの自己位置推定手法を提案する。ロボットの移動前後で得られる2枚のカメラ画像で対応する特徴点を追跡し、対応点情報から相対的なカメラの位置姿勢を推定する。また、レーザレンジセンサによるスキャンマッチングを併用することで、カメラ画像から推定した自己位置結果の補正を行う。実験結果より提案手法の有効性を示す。

1. はじめに

オフィスや一般家庭などの実環境で動作する移動ロボットは、福祉、介護、警備、災害救助など、さまざまな分野で活躍することが期待されている。これらのロボットは、果たすべき役割が異なることから、全く違う枠組みで動作しているように思えるが、それぞれのロボットが独自のタスクを達成するためには、共通の課題を解決しなければならない。その課題とは、ロボットが今どこにいるか、そして目的地に到達するにはどのように行動すればよいか、という自己位置問題である。自己位置を知ることは、移動ロボットにおいて最も基本的かつ重要な要素であり、移動ロボットは置かれている環境で自己位置を正確に把握することで、行動を決定し実行に移すことができる。本研究では、この自己位置問題に焦点をあて、未知環境において単眼カメラから自己位置を推定する手法を提案する。

2. ロボットの自己位置推定についての現状

ロボットの自己位置推定には、問題設定に応じて Position Tracking と Global Localization Problem の2つに分類することができる。

Position Tracking

Global Localization 問題に比べ簡単な問題である。ロボットには初期位置が与えられており、センサ情報をもとに次の位置を推定していく。ここでいう初期位置とは、一般的にはロボットの起動地点であり、その地点からロボットがどれだけ移動したのかをセンサ情報から推定していく。

Global Localization Problem

この問題は、ロボットの初期位置が未知の状態での自己位置推定をスタートし、直接ロボットの位置を推定するものである。

例えていえば、Position Tracking とは、迷路をスタート地点から始めることができ、経路を記録しながら進んでいくことであり、Global Localization Problem とは、迷路の途中に放り込まれ、地図などを用いて現在地を推定することである。

それでは、ロボットの自己位置を推定するために、現在どのような手法が用いられているかを説明する。ここでは、Position Tracking 問題における代表的手法であるオドメトリについて紹介する。オドメトリは、一般的に車輪型の移動ロボットに適用する手法であり、非常に単純な機構および計算式で完結できる。具体的には、車輪に取り付けられたエンコーダから出力されるパルスを積算することでロボットの位置と姿勢を推定する。

ロボットの自己位置推定問題にはその精度が重要視される。オドメトリについていえば、あらゆる環境に対して万能ではないが、凹凸のない路面環境に対しては良好であるといえる。オドメトリには一長一短の性質があるものの、その簡便性から多用され、ここ数十年、ロボットの自己位置推定研究における一つの基準となってきた。特に、Position Tracking 問題に関する研究の多くは、オドメトリをベースとし、そこに付加価値を与えることで推定精度を向上させるというアプローチで行われてきた。あるいは、オドメトリに代わる新たな手法を提案する研究では、その推定結果をオドメトリと比較することで、その有効性を評価してきた。

3. 本研究における自己位置推定の位置付け

本研究では、Position Tracking 問題に焦点をあて、単眼カメラを用いる自己位置推定手法を提案する。本手法は、オドメトリに依存することなく、単眼カメラの画像情報のみからロボットの自己位置推定を行う。これにより、オドメトリのようにロボットの機構を車輪型に限定されることはなく、あらゆる機構のロボットに適応することができる。また、カメラというありふれたセンサを用いることで、ハードウェア構成が簡単で小型化が可能になるという利点もある。

4. 処理の概要

ロボットの自己位置は、一定間隔毎にロボットが移動した前後の相対的な位置関係を算出し、そこから求められた移動量を随時累積していくことで推定できる。単眼カメラによる自己位置推定では、ロボットの移動前後に得られる2枚のカメラ画像を比較することで移動量を推定する。具体的には、ロボットの移動前に、あらかじめ画像からランドマークとなる特徴点を複数抽出しておき、動画像でその特徴点群を追跡する。移動前後で同じ対象を見ているなら、1枚目の画像中に存在する特徴点が、追跡した結果から2枚目の画像でどこに移動したのかを知ることができる。言い換えれば、対応関係の取れた2枚の画像を得ることができる。ここで、2枚の画像に対してステレオの原理を適用することで、3次元空間におけるカメラの動きとランドマーク位置を推定できる。この問題は、コンピュータビジョンの分野において、Structure from motion(SFM)と呼ばれており、複数枚の写真から3次元を復元する手法として応用されている。

5. 特徴点の抽出と追跡

取得した画像から画像間で対応している点を取るため、画像中の角や点など輝度値に特徴がある点を特徴点とし抽出し、動画像中で追跡する。本研究では、Lucas-Kanade-Tracker と画像をピラミッド化して探索する手法を組み合わせた特徴点追跡手法を用いる。

ここで画像中の特徴点を定量的に評価したものを特徴量と呼ぶ。特徴量が大きいほど特徴的な点であり、そのような特徴点ほど画像間の追跡が容易で対応が取りやすい。逆に特徴量が小さい点ほど対応が取りにくく、対応を誤る可能性がある。そこで、特徴量が大きい順に特徴点を抽出する。

6. 動画像によるロボットの位置姿勢推定

画像間の対応関係を取ることができれば、SFM の枠組みにより移動前後のカメラの動きを推定できる。本研究では、SFM の代表的な手法の一つである8点アルゴリズムを用いる。8点アルゴリズムとは、エピポーラ幾何の概念をもとに2枚の画像からカメラ運動(回転と並進)を推定する手法である。ここで求められるカメラ運動の並進ベクトルは単位ベクトルであり、具体的なスケールが決定できない。これは、3次元空間を拡大しても縮小しても、全く同じ画像が得られるためである。本研究では、スケールを含めた自己位置推定を実現させるため、8点アルゴリズムで求められるカメラ運動のうち、回転量のみを用いることにする。

スケールを含めた並進ベクトルは、カメラの俯角を与えることで得られる幾何学的関係を利用して推定する。この手法では、抽出する特徴点を地面領域に限定し、ロボットから地面上の特徴点までの距離を三角法を用いて算出する。そして、ロボットの移動前後で全ての特徴点についてロボットまでの距離を算出し、その変化量を計算する。最終的に、全ての変化量の中央値をロボットの相対的な並進移動量とする。

7. レーザレンジセンサによる自己位置補正

自己位置推定精度を向上させるため、レーザレンジセンサによる ICP スキャンマッチングを併用し、動画像により推定した自己位置を補正する。ICP 法とは、異なる地点で取得したレンジデータを位置合わせする手法で、マッチングの結果、一方の地点のレンジデータからもう一方の地点のレンジデータへの移動パラメータを求めることができる。そもそも、レンジデータを取得した地点の相対的位置関係を正確に求めたうえで、各レンジデータを位置合わせすれば、始めからずれなく当てはまることは言うまでもない。つまり、ここで求められる移動パラメータとは、相対的位置関係が正確に求められていないことから生じるずれである。この問題をロボットの自己位置推定に当てはめると、移動前に取得したレンジデータと、移動後に取得したレンジデータを位置合わせした結果、移動パラメータが0なら推定自己位置はずれなく正確な値で、移動パラメータが大きいほど推定自己位置の誤差が大きいといえる。よって、誤差である移動パラメータを、推定した自己位置結果に加えることで、推定自己位置を修正することができる。

8. 実験結果

提案した手法を評価するため、屋内環境にて実験を行った。具体的には、ロボットを100cm直進させた後、90度旋回させ、さらに100cm直進させた軌跡を評価した。実験の結果、終了時において、実測値と推定値の誤差は約9.2cmであり、総移動距離の約4%であった。本手法による自己位置推定は概ね正しい結果が得られたといえる。

●研究動向紹介－ FIT2007 大会発表要旨

画像入力を伴った グラフ電卓エミュレーション －携帯電話への実装－

中京大学 情報理工学部
伊藤 哲也 秦野 甯世
レッドフォックス株式会社
藤城 隆志



1. はじめに

数値計算ソフトウェアは大学においては数学、数値解析学、数値シミュレーション、そのほか工学の応用分野で用いられる。企業における先端技術開発においても広く使われる。市販されている数値計算ソフトウェアは多機能、高性能の統合化されたシステムになっていて高価である [1,2]。大学において数学など基礎科学を学ぶ場合には、電卓、関数電卓、グラフ電卓の機能を有するコンパクトで、安価な数値計算ソフトウェアが望ましい。一方、昨今の携帯モバイル技術の発展は目覚ましいものがある。携帯電話は幅広い層に普及しており、そのほとんどにカメラや電卓の機能が備わっている。今回、グラフ電卓エミュレーションを開発した。ここでいうグラフ電卓とはグラフ表示機能を持った関数電卓のことである。更にこのシステムの一部を携帯電話へと実装させた。本論文ではそのシステム(以下 HATLAB という)について述べる。

2. システムの概要

HATLAB では、ユーザ入力による対話的システムを実現し、陰関数表現の式のグラフ表示などをサポートする。また、携帯電話に付属している電卓は単純な四則演算しか行うことができず、関数や変数を用いた計算やグラフ表示といった機能は備わっていない。携帯アプリにおいて入力に手間が掛かるという問題点があったが、式の入力を手入力の他に携帯カメラや QR コードなどを用いて読み取ることで解決策とした。図 1 にその風景を示す。

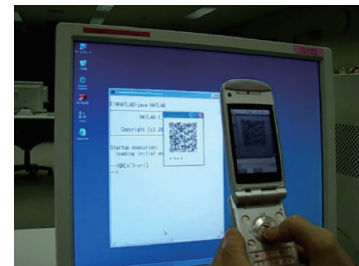


図 1. 携帯電話の使用風景

2.1. 画像数式認識

HATLAB ではスキャナやカメラから取得した画像から数式文字列を読み取ることができる。この機能は他の OCR (光学文字認識) とは異なり、添え字や根号、分数など数式構造の認識に特化している。上付き文字・根号についての手法を、図 2.1・図 2.2 に示す。

まず取得画像に対し 2 値画像化を行い、連結図形ごとにラベル付けを行う。ラベルそれぞれに対し文字のフェレ長 (最小外接長方形) ごとに切り出す。原画像の各画素の平均濃度をパターンとする登録されたテンプレートとのマッチングを行う。識別にはユークリッド距離を用い、距離の最小値を与えるテンプレートに対応するクラスを識別結果とする。添え字や根号、分数など文字のサイズや位置情報をもとに正規化を行い、前後の文字の認識結果を基に文字の最適化を行い数式構造として認識度を高める。

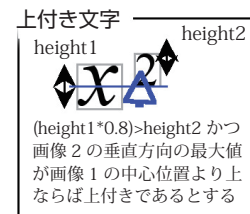


図 2.1 上付き文字認識の手法

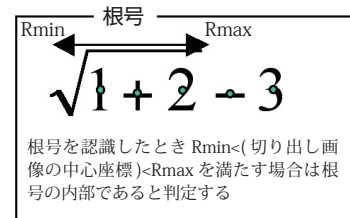


図 2.2 根号認識の手法

2.2. 数式構文解析

ユーザの入力した数式の構文解析の手法には複雑な式や、命令文などの解析を行うため再帰下降型構文解析法を用いた。式の再帰的な側面についての基本事項は、演算子の優先順位が暗黙であることと、式の構文解析と評価を行うこの手法が人間の算術式を評価するやりかたとよく似ていることである。本システムで採用した構文解析の手法は 3 で詳しく述べる [3]。

2.3. グラフ表示

グラフの描画は、ノンパラメトリック方式の陽的表現と陰的表現を使い分け描画を行う。陰関数式や図形の塗りつぶしの場合は判別関数を用いた陰的表現を用いる。この手法 [4] は図形描画精度に優れる反面、実行効率に問題がある。計算量と画質はトレードオフの関係であり、計算量を減らすため解像度を落としても、最低限の画質と処理速度を得ることができるようにした。図 3 に本システムのグラフの表示例を示す。

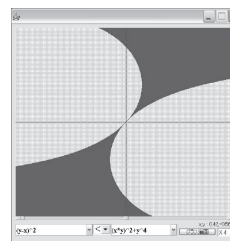


図 3 グラフの表示例

2.4. 携帯アプリ

携帯電話の入力パッドは手間がかかり扱いにくいいため、ここでは「QR コード」を用いた。QR コードの例を図 4 に示す。また一般的な教科書・参考書などの活字文字を携帯電話のカメラ画像として取り込む機能を実現した。また携帯電話では既存 Math クラスが使用できないため、初等関数を自作した [5,6]。



図 4 QR コード例

3. グラフ表示の高速化

携帯電話の CPU の処理速度はパソコンに比べて約十倍近く遅い。携帯電話において、図 3 で示したようなグラフ表示を行う際、数式を入力してから表示するまで 1 分近い時間がかかるという欠点がある。

現在の構文解析 [3,7] は文字列を取得し、再帰下降型構文解析法によって処理される。図 5 は構文解析の流れ図である。現状ではグラフ描画の際、1 画素を描く度に図 5 で示す解析を毎回行っている。

今回、グラフ表示の高速化を行うために、この構文解析の処理を数式入力直後、各画素に対応する数値評価を最初に行い、グラフ表示の際にはこの解析結果を利用して描画を行うようにする。携帯電話上での高速化が主眼であるが、パソコン上でも決して速いと言えるものではないので、まずパソコンでのグラフ表示高速化を行うことにした。

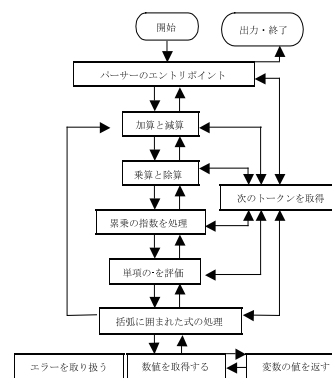


図 5 構文解析の流れ図

4. 今後の展望

今後の展望として画像数式認識における手書き文字への対応が挙げられ、認識精度の向上が課題である。

また、今回の開発は Docomo の一部でしか起動しなかったが、今後は他の携帯電話会社の携帯でも実行できるようプログラムの改変を行うという課題がある。

また HATLAB は携帯電話上での実行を実現し、従来の携帯に内蔵される電卓より高機能で、他の数式処理システムと比べ遜色ない機能を備えている。そういった点において、生徒にとってはコンピュータや電卓よりも、一番身近な携帯電話は格好の教材となるのではないだろうか。

また当研究室で作成されたその他の数値計算システムを機能の一部として取り込むことができ、高機能な数値解析ソフトウェアへの発展を目指す。

5. 最後に

生徒や学生に対してなじみのある携帯電話と数値計算を扱うコンピュータとを結びつけ能動的な学習意欲を駆り立てるための架け橋としてのシステムの提案を行った。本研究の成果 [7,8,9] により、コンピュータや携帯端末を知的活動の支援ツールとして利用できるようになることが期待できる。

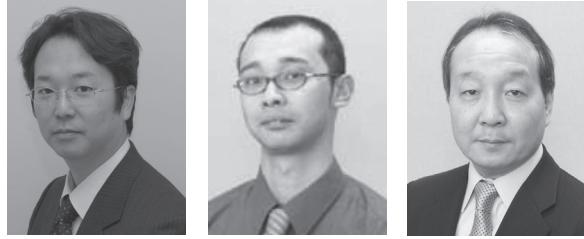
参考文献

- [1] MATHEMATICA, WOLFRAM RESEARCH Inc.(2003).
- [2] MATLAB, The MathWorks, Inc.(2007).
- [3] Herbert Schilt+James Holmes. 実習 JAVA, 技術評論社 (2004)
- [4] 足利裕人, 「グラフ電卓で楽しむプログラミングワールド」(2000)
- [5] 布留川英一, 「i アプリゲーム開発テキストブック」, 毎日コミュニケーションズ, (2005. 4)
- [6] アスキー書籍編集部 [著], 「i モード Java プログラミング」, ASCII (2004.1)
- [7] 藤城隆志, 中京大学情報科学研究科修士論文 (2007.1)
- [8] 電子情報通信学会 ソサイエティ特別企画「学生ポスターセッション」(2007.3)
- [9] 伊藤, 藤城, 秦野, FIT2007 (第 6 回情報科学技術フォーラム) p.133 (2007.9)

多時相 X 線 CT 像からの 肝臓がん検出

中京大学大学院 情報科学研究科
目加田 慶人 渡辺 恵人* 長谷川 純一

(*現在、東京大学医学部付属病院勤務)



1. まえがき

CT装置の高性能化に伴って高精度な画像診断が可能となっている。しかし、画像量もそれにともない、増加傾向にあり、読影する医師の負担となっている。特に肝臓の画像診断においては、1回の診断で造影剤注入前に1回、注入後に3回の計4回撮影を行ない、スライス枚数にして1600枚もの画像が発生することになる。また、過去に撮影された画像との比較を考えれば、その負担は一層大きくなる。そのため、計算機支援診断(CAD: Computer Aided Diagnosis)にかかる期待は大きい[1]。

筆者らのグループでは、この期待に答えるべく多時相CT像を対象にした肝臓領域のCADシステム開発を進めている。本稿では多時相CT像を入力画像として与え、肝臓領域を検出した後、肝臓内のCT値の時間変化を解析することによって肝細胞がん候補領域を自動的に検出するシステムについて述べる。肝臓領域の病変検出に関する研究は、これまでもいくつか報告されているが、それらは、単一の時相を対象にしたものや[2, 3]、二種類の時相をそれぞれ独立に処理した後、領域の統合などによって最終的な結果を得るもの[4, 5, 6]がほとんどであり、本文のように全時相から得られる濃度値の時間変化を利用するものはない。

2. 処理対象の画像

通常、肝臓診断に使用される画像は造影剤を注入する前に一回、造影剤注入後、約20秒後、約60秒後、3分後の三回撮影を行なう。造影剤注入前のCT像を非造影、造影剤注入後のCT像を早い方から早期相、門脈相、晩期相とよぶ。肝臓部に注目すると、早期相血管の一部(門脈)と病変部のCT値が高くなる。門脈相では全体的に造影剤が全体に行くため、CT値が全体的に高くなり、晩期相では造影剤が退くためCT値が下がる。多くの肝細胞がんの病変は、早期相では他の領域よりCT値が高くなり、門脈相では周りに比べ若干低くなる。晩期相では他の領域より低く、輪郭の値のみ高くなる性質があり、形状は球に近い。

3. 処理手法

3.1 処理概要

前述のように肝臓診断には、通常、非造影と3種類の造影CTが用いられる。以後、非造影、早期相、門脈相、晩期相をそれぞれF1からF4とし、4画像間で空間的に対応するある点pでの濃度値をそれぞれ $f_i(p) \sim f_4(p)$ とする。処理の流れとしては、(1)位置あわせ、(2)肝臓領域を抽出、(3)各画像の濃度変換を行い、その画像から、(4)濃度状態推移パターンの作成と(5)候補領域抽出を行ったのち、それらを統合して、(6)最終的な判定を行うことによって、病変候補領域を得る。

3.2 肝臓領域抽出手順

肝臓領域抽出処理は、非造影CT像より骨・空気領域以外の領域を抽出しその領域を軟部組織領域とする。そして、造影CT像の軟部組織内のCT値ヒストグラムを学習データに基づき正規化し、肝臓領域を抽出する。詳細は文献[8]を参照されたし。

3.3 濃度値状態推移パターンの分類

まず、各時相に対して肝臓領域内の濃度値を以下の式を用いて変換する。

$$g_t(x) = \frac{f_t(x) - \mu_t}{\sigma_t} \quad (1)$$

ここでtは時相番号、 μ_t 、 σ_t はそれぞれ時相tでの肝臓領域の平均CT値と標準偏差である。

3.3.1 濃度値状態推移の記述

まず、対象領域内の画素ごとに、その画素の値を成分とするn次元ベクトルを考える。

$$g = (g_1, g_2, \dots, g_n) \quad (2)$$

ここで、第i成分は第i画像の値を表す。こうして得られた濃度推移パターンgはその点の時間的な濃度変化を表すが、パターンの違いを直感的にとらえにくい。そこで、gの各成分を、3つのクラス(状態)に分類し、その結果を成分とするベクトルsを考える。

$$s = (s_1, s_2, \dots, s_n) \quad (3)$$

s_i の成分をそれぞれ、低濃度状態、中(平均)濃度状態、高濃度状態とよぶ。この分類法は次節で述べる。また、このsをその点の濃度状態推移パターンとよぶ。

3.3.2 実際の分類法

単純なしきい値で3クラスに分類した場合、造影のむらや個人差によって、本来高濃度領域に属してほしい領域が中濃度に分類されたりする。そこで、単純なしきい値で3クラス(高濃度、中濃度、低濃度)

に分類した後、高濃度領域と中濃度領域の間と、低濃度領域と中濃度領域の間にそれぞれクラスを作り、そこにある画素を隣り合うどちらかのクラスに割り振る。詳細は文献 [8] を参照されたし。

3.4 がん候補領域抽出

3.3 で求めた変換後の画像から、候補領域を抽出する。一般に、早期相で高濃度の領域は、血管と病変であり、門脈相で、病変は相対的に濃度値が低くなり、血管は高いままとされる。このため、 $g(p)-g_c(p)$ を行い、しきい値以下である領域を抽出し、これに図形融合処理を施して得られる領域を病変の候補領域とする。

3.6 判定処理

判定は濃度状態推移と形状による 2 段階からなる。

濃度状態推移による判定

3.5 で抽出した各領域内の各濃度状態推移パターンの頻度を調べ、それを要素とする 81 次元のベクトルを考え、その特徴量空間において k -近傍決定則 ($k=5$) を使用し 2 クラスに分類する。距離尺度には 2 ベクトルのなす角を使う。

形状による判定

濃度状態推移による判定を行った後、各点に対して、Hessian 行列の固有値解析 [7] を行い、線に分類された画素を除去した後、小成分除去をし、最終的な病変領域とする。

4. 実験

実験は国立がんセンター東病院で撮影された X 線 CT 像 (16 列マルチスライス CT 再構成間隔 0.5mm) 8 例を使用して行なった。いずれの症例にも肝細胞がんの病変が存在しており、合計 10 個病変が存在する。

肝臓はいずれも良好に抽出していること、病変検出に影響がある誤抽出がないことを確認した。がん候補領域抽出段階での抽出領域数は全部で 54 個であった。このときの見落としは確認されなかった。最終的な抽出領域は 12 個で、うち 9 個が病変で、3 個が拾い過ぎであった。見落としした病変については、中心部が壊死していたため、病変部のかなりの領域が面領域と判定された結果、形状による判定処理で見落とされた。図に抽出結果の一例を示す。

5. まとめ

本稿では、腹部 X 線 CT 像より時間変化の情報を用いることによって病変部を自動的に抽出する手法の開発を行い、実際のマルチスライス CT 像 8 例に対して実験を行なったところ見落とし 1、拾いすぎ 0.375 個 / 症例という良好な結果を得ることができた。

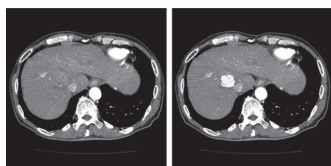
今後の課題としては、肝臓領域の抽出精度の向上、多症例による追加実験、他の種類の病変への対応があげられる。

謝辞

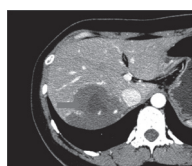
日ごろ、熱心に討論いただく中京大長谷川研究室、名大末永研究室の諸氏に感謝する。医学的な立場から指導頂く縄野繁博士、篠崎賢治博士に感謝する。本研究ではコンピュータ支援画像診断学会腹部 X 線 CT 像データベース [8] を利用した。本研究のプログラム作成には名大 COE 若手横断プロジェクトで開発された MIST および、名大末永研究室で開発された PLUTO を利用した。本研究の一部は中京大特定研究助成、文科省私学 HRC 助成金、学振科研費、厚労省がん研究助成金 (長谷川班) による。

参考文献

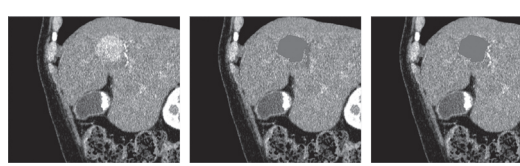
- [1] 縄野繁, “読影フィルムが津波のように押し寄せてくる”, コンピュータ支援画像診断学会ニューズレター (CADM News Letter), no. 28, pp.12-13, Sep. 2000.
- [2] 渡辺恵人, 瀧剛志, 長谷川純一, 目加田慶人, “領域拡張法を用いた多時相腹部 CT 像からの肝臓領域自動抽出手順”, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, vol.7, no.4.4, June 2003.
- [3] 榎本潤, 堀雅敏, 佐藤嘉伸, 村上卓道, 上甲剛, 中村仁信, 田村進一, “X 線 CT 像からの肝腫瘍自動抽出の検討”, 電子情報通信学会論文誌, vol.J83-D-II, no.1, pp.219-227, Jan. 2000
- [4] Jae-Sung HONG, Toyohisa KANEKO, Ryuzo SEKIGUCHI, Kil-Houm PARK, “Automatic liver tumor detection from CT”, IEICE Trans. Inf. Syst., vol.E84-D, no. 6, pp.741-748, June 2001
- [5] 脇田 悠樹, 林 雄一郎, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, “多時相 X 線 CT 像の時相間濃度特徴に基づく肝臓がん検出”, 画像の認識・理解シンポジウム, pp.341-346, July 2005
- [6] 清水 昭伸, 川村隆浩, 小畑秀文, “2 時相の 3 次元腹部 CT 像の情報融合に基づく肝がん検出支援システムの開発と評価”, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, vol.9 no.2, Oct 2005
- [7] Yoshinobu Sato, Carl-Fredrik Westin, Abhur Bhalerao, Shin Nakajima, Nobuyuki Shinichi Tamura, and Ron Kikinis, “Tissue Classification Based on 3D Local Intensity Structures for Volume Rendering”, IEEE Trans. Visualization and Computer Graphics, Vol.6, No.2, pp.160-180, June 2000
- [8] 18. 渡辺恵人, 目加田慶人, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, 篠崎賢治, 縄野 繁: 多時相 X 線 CT 像による肝がん自動検出システム, FIT2007 予稿集, G-031, pp. 535-538, 2007
- [9] “3 次元腹部データベース”, <http://www.tuat.ac.jp/~shimizulab/CADM/database.html>



抽出成功例



見落とし例



血管領域が消えた例
(左より元画像, 判定処理前の領域, 判定処理後の領域)

FIT2007 論文「時変動実体を扱う 情報システムの構築」について

中京大学 情報理工学部
田村 浩一郎



時間のない現実世界は考えられない。事物は変化し、その変化を感じる、あるいは表現するために、われわれは時間という概念を必要とし、実際、日常的に用いている。しかし、MacTaggart に言わせれば、「時間」は実在しない。時間は事物の変化を表現するための座標、すなわち表現の道具であり、表現の対象たる事物にはなり得ず、たしかにその意味で時間は「実在」しない。いずれにせよ、我々は、不変かつユニークな何か（事物）が時間とともにその状態を変え（通時性）、一方、ある時間はすべての事物が共有し（共時性）、どの事物も両者の交差点上にある、という座標系のイメージを、ほとんど無意識に持っている（これらの用語はユンクのそれらとは関係ない）。情報システムは実世界のモデル化（表現）の部分が枢要である。とすれば、時間と変化に関するこのイメージも何らかの方法で反映されることが必須となる。にもかかわらず、多くの、たぶんほとんどの情報システムは、事物の時変動性に対して一貫性、体系的に欠け、そのため、バグを生み、開発とメンテナンスを困難にしている。誤りが誤りとして自覚されないケースも多いと予想され、それだけに危険である。さらには、膨大な情報を集積しながら、実世界の変動とともに更新、すなわち過去とされる情報を書き換えるため、貴重なコミュニティの記録を捨て去る、という恐ろしい作業がひろく行われている（端的な例としてウェブページやメーリングリストがある）。まさに現在しか見ないという刹那的なシステムがいかにも多すぎるのではないだろうか。記録を残すシステムにしても、社保庁の例はひどすぎるが、その多くが体系的に構築されているとはいえない。データベースの分野では、時変動 temporal データベースとして研究が進められてきたが、われわれの入手できる文献で見える限り、残念ながらこの問題に真っ向から取り組んだものはみあたらなかった。情報システム全般としての取り組みについてはなおさら、考察例が見あたらない。

この論文では、この問題に対する一つの解法を示した。事物（と認識されるもの）を実体 entity と呼び、実体には固有の ID を与える。それぞれの実体の変化はその状態の変化と見なし、状態ごとのレコードを作り、そのレコードが示す事実の有効期間をともに記録する。実体の似たもの同士をまとめたものを概念と呼び、概念は OOP ではクラス、RDB ではテーブルとして具現化する。OOP というクラスのインスタンス、RDB でいうテーブルの各行はこうして、ある実体の状態に対応する。それぞれの実体の通時性を示すための実体の ID も同時にそのレコードに置く。概念感の関連 association に対応し、テーブルの結合を行うが、そこでは、外部キーが指すものとして、状態の ID（通常の主キー）ではなく、実体の ID を使用することで実体間の関連を与え、同時に、実体どうしの共時性を示す条件をつける。こうして、通時性と共時性を座標系とする体系として実世界をモデル化する情報システムを構築する。

具体的には、Ruby on Rails というすぐれたウェブアプリケーションのフレームワークをわずかに拡張するだけで、時変動性を体系的に扱い、かつそれによる性能劣化を招くことのないシステムの構築が可能となる。情報理工学部と生命システム工学部両学部のイントラサイトシステムに組み込む形で実験版を作成したところ、よい結果が得られている。さらに洗練させ、同イントラサイトの次期バージョンに本格的に取り入れる予定である。

なお、システムの構築、実験、そして論文作成はこの論文の主著者である並松鏡友君（大学院情報理工学専攻、2007 年卒）によるものである。興味のある方は同君の修士論文も参照されたい。

**n-BDD の遺伝的操作の提案と
ヒューマノイドロボットの運動生成への適用**

中京大学 生命システム工学部
加納 政芳



1 はじめに

文献 [1] では、多出力二分決定グラフ (n-BDD) を遺伝的プログラミングによって進化させる手法を提案している。同文献では、n-BDD の遺伝的操作として、insertion, deletion, mutation が利用されている。しかし、これらの遺伝的操作だけでは進化の終盤において、最適解を求めるのに必要な節点が十分に存在するにもかかわらず、節点のつながりを変更する操作が乏しいために、節点数が増え続け、その結果、無駄な進化を必要とすることになる。そこで本稿では、n-BDD の遺伝的操作として、replacement, inversion, abstraction を提案する [2]。

3 n-BDD

図 1 に n-BDD の遺伝的操作を示す。n-BDD の遺伝的操作は 3 つからなる。

insertion は、新たな変数節点をランダムに選んだ枝の上に追加する。追加した変数節点の 0 枝か 1 枝のどちらかは、追加前に接続されていた節点に接続する。もう 1 つの枝は、任意の定数節点または、追加された変数節点よりも下位の任意の変数節点に接続する。

deletion はランダムに選んだ変数節点を削除する。削除した変数節点に接続していた枝は、削除した変数節点のいずれかの枝が接続していた節点を指すように設定する。この処理は根に対しても適用される。

mutation は、ランダムに選ばれた変数節点の持つ 0 枝または 1 枝の指す向きを変更する。ただし、新たに指す節点は、任意の定数節点または、選択された変数節点よりも下位の任意の変数節点とする。

4 n-BDD のための新しい遺伝的操作

本稿では、n-BDD の遺伝的操作として、replacement, inversion, abstraction を提案する (図 2)。

replacement (図 2(a)) は、n-BDD の処理する変数からランダムに 2 つ変数 (x_i, x_j) を選び、その変数を入れ替える。

inversion (図 2(b)) は、ランダムに選ばれた変数節点の 0 枝と 1 枝の指す向きを交換する。

abstraction (図 2(c)) は、ある変数節点を根とする部分木を切り出す処理である。

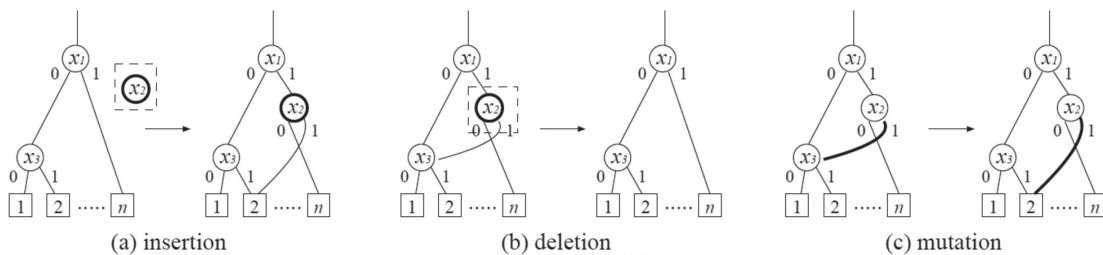


図 1 : n-BDD の遺伝的操作

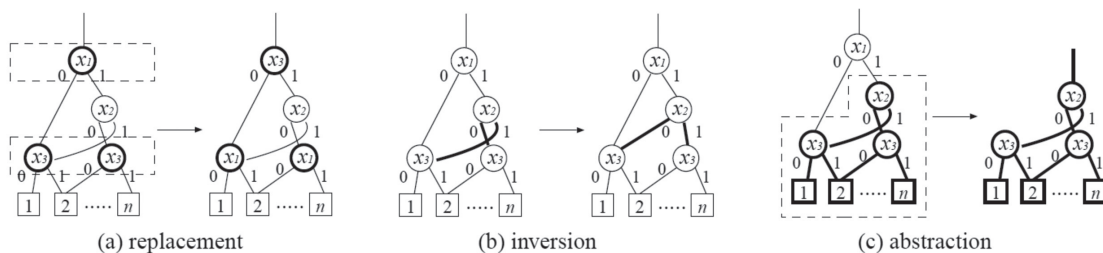


図 2 : n-BDD の新しい遺伝的操作

5 進化シミュレーション実験

椅子からの立ち上がり動作を獲得させる(図3). ヒューマノイドロボットとして, 図4に示す富士通オートメーション社製 HOAP-1 を用いた. 遺伝的操作の組み合わせは表1とした.

図5に進化終盤の動作例を示す. ロボットがバランスをとりながら立ち上がっている様子が見てとれる. 図6に実験(1)~(3)の適合度の推移を示す. 同図から実験(2)の進化効率が最も高いことがわかる. また, 実験(1)が最も進化が遅いことがわかる. この原因は, 集団の多様性にあると考える. 図7, 図8にエントロピーの推移を示す. これらの図から, 実験(1)では進化が進むにつれて個体群の多様性が失われていくが, 実験(2), (3)では, 高い多様性を維持しつつ進化が進行していることがわかる.

6 おわりに

本稿では, n-BDD の遺伝的操作として, replacement, inversion, abstraction を提案した.

参考文献

- [1] 森脇康介, 横井大祐, 犬塚信博, 伊藤英則: 遺伝的プログラミング技法を用いた多出力二分決定グラフの進化-食物連鎖におけるマルチエージェントの進化シミュレーション, 人工知能学会誌, Vol.14, No.3, pp.477-484 (1999).
- [2] 加納政芳, 鈴木悠司, 伊藤英則: n-BDD の遺伝的操作の提案とロボットの運動生成への適用による評価, 第6回情報科学技術フォーラム(FIT2007), 第2分冊, pp.425-427,2007.
- [3] Akers, S. B.: Binary Decision Diagrams, IEEE Transactions on Computers, Vol.C-27, No.6, pp.509-516 (1968).

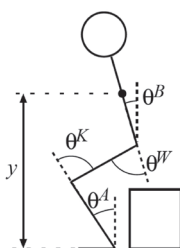


表1: ロボットの動作獲得のための遺伝的操作の組み合わせと遺伝的操作の割合

実験	insertion	deletion	mutation	replacement	inversion	abstraction
(1)	0.7	0.15	0.15	-	-	-
(2)	0.7	-	-	0.15	0.15	-
(3)	0.7	-	-	0.15	-	0.15

図3: 獲得動作

図4: HOAP-1



図5: 進化終盤の動作例

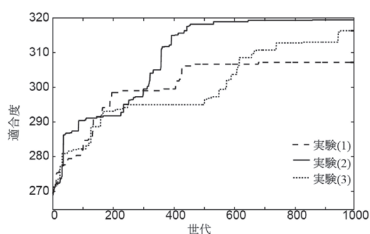


図6: 各世代の最大適合度 (10回平均)

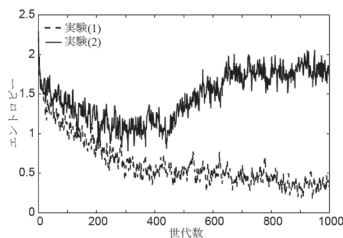


図7: エントロピーの比較 (実験(1), (2))

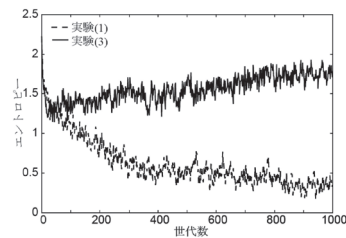


図8: エントロピーの比較 (実験(1), (3))

第6回情報科学技術フォーラム (FIT2007) 開催報告

FIT2007 現地実行委員会幹事
中京大学 情報理工学部
磯 直行

2007年9月5～7日の3日間、中京大学豊田キャンパスで第6回情報科学技術フォーラム (FIT2007) が開催されました。FIT2007は、社団法人情報処理学会が幹事学会となり、社団法人電子情報通信学会情報・システムソサイエティ、ヒューマンコミュニケーショングループが共催して行う、わが国最大級の情報科学技術関連の学術大会です。FITの歴史は、2002年の東京工業大学から始まり、札幌学院大学、同志社大学、中央大学、福岡大学と続き、今回の中京大学で6回目の開催になります。

FITは、これまでの形式にとらわれず、査読付き論文の発表制度といった新しい形式のセッションを企画し、タイムリーな情報発信、活気ある議論・討論、多彩な企画、他分野研究者との交流などを目的としています。また採録論文は、学会論文誌に掲載されているレター、テクニカルノート、ショートペーパー、研究速報等と同じ位置付けとして扱われ、独立した講演論文集「情報科学技術レターズ (Information Technology Letters)」に掲載されます。

FITでは財団法人船井情報科学振興財団からの賛同を得て、学術賞として船井業績賞および船井ベストペーパー賞を、またFITとしてFIT論文賞、FITヤングリサーチ賞の表彰を行っています。FIT2007の船井業績賞には日本国内のインターネット基盤を作られた慶應義塾大学の村井 純先生が選ばれ、「人と社会、そして、コンピュータとネットワーク」と題した特別講演も行われました。

さて、参加者を迎える中京大学としては、興水情報理工学部長を委員長とした現地実行委員会を発足させ、開催日まで毎月1回、合計8回の委員会を開催し、FITのスムーズな運営と現地開催校発信の企画を準備しました。現地企画として、まず、21号館アプローチプラザで地元企業14社によるブースを開設し産学連携・交流の場を作りました。次に、参加された方へネットワーク環境を提供することがFITの特徴となっていることから、地元中部テレコミュニケーション株式会社、株式会社メルコホールディングスの協力を得て、参加者が快適に利用できるネットワーク環境を用意しました。21号館2、3階では382人の参加者がこのネットワークを利用し、快適で素晴らしいとの感想が多く聞かれました。そして、今年5月にオープンしたばかりのアイスアリーナ「オーロラリンク」を260名の参加者に見学いただきました。スケート部員6名による素晴らしい演技は大変好評でした。また、2日目の夜に行われた懇親会では、梅村清弘 中京大学総長・理事長をはじめ、100名ほどの研究者が集まり、地元食材を中心とした料理を楽しんでいただきました。さらに、学内の教員・学生を中心に4セッションのシンポジウムと55件の研究発表を行ない、そのうち8件の論文が「情報科学技術レターズ」に採録され、論文投稿という形でも貢献しました。

このような多くの貢献も相まって、会場を無償で提供しFITに協賛した中京大学と、本フォーラムの成功を地元から応援いただいた財団法人栢森情報科学振興財団には、懇親会の席で両学会から感謝状が贈呈されました。また、FIT2007は中日新聞社、中部経済新聞社からの取材を受け、翌日の新聞記事に大きく採り上げられました。

残念ながら大会最終日は台風の影響で一部の方が来場できないというハプニングがあったものの、前回のFITを大きく越える1794名の参加者、899件の講演となり、歴代2位の規模となりました。台風が接近していなければ参加者が2000人を超えたのではないかと思いつつも、本学の教員やアルバイトスタッフとして活躍した多くの学生らに支えられ、無事FIT2007を終了できたことに感謝いたします。

なお、次回のFIT2008は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスで開催されます。

第 113 回情報科学部コロキウム

日 時：2007 年 6 月 21 日（木）18:15～20:00
場 所：中京大学メディア棟 1 階多目的スタジオ
講演題目：運動と音楽 /advanced filmachine phonics
講演者：渋谷 慶一郎

講演概要

※現在までに作曲家・高橋悠治や複雑系研究 / 東京大学助教授・池上高志、メディア・アーティストの藤幡正樹らと分野を横断する共同作業を継続的に展開しており、池上高志とは 2005 年末に東京オペラシティ内の ICC(インターコミュニケーションセンター)で共同制作したサウンド・インスタレーション作品の発表と非線形物理学の応用による変化と運動の音楽理論「第三項音楽」の研究発表 / コンサートを行ったのを皮切りに旺盛な活動を展開。その最初の結節点として 2006 年に YCAM(山口情報芸術センター)において 24 個のスピーカーと LED 照明を駆使したサウンドインスタレーション作品 "filmachine" を発表。



第 114 回情報科学部コロキウム

日 時：2007 年 9 月 27 日（木）18:30～20:00
場 所：中京大学メディア棟 1 階多目的スタジオ
講演題目：Lause+Toshimaru Nakamura featuring ERikM
講演者：Lause・中村 としまる

講演概要

※小型のミキサーに、音源からの入力結線をせず、内部発振を起こさせることで発音するという独自の手法を得て、ノー・インプット・ミキシングボードと名付けて演奏をする。共演者は世界各地に広がっており、日本、ヨーロッパ、北米にて活動する。韓国、ニュー・ジーランド、オーストリアでも演奏経験がある。ターンテーブルを楽器として使うのは、絵画でのコラージュ・文芸でのカットアップ・映画でのモンタージュなど他のアート分野の技法に由来するものである。LAUSEは様々なアートをインターリーピングの手法を用いることにより、各メンバーのメディアへの操作が互いにインパクトを与えるというプロジェクトである。ヴィジュアル担当の Billy Roisz は種々のカメラ（例えばマイクロスコープカメラなど）でビニールの溝や傷にまで深く入り込み、レーベルの構造やピクチャーディスクを探る。

ソフトサイエンスシリーズ 第28回

日 時：2007年10月12日（金）15:00～16:30

場 所：名古屋化学館サイエンスホール

講演題目：世界に広がる Ruby ～生みの親が語る～

講演者：まつもと ひろゆき

講演概要

オブジェクト指向プログラミング言語 Ruby は1993年の誕生以来、世界中のプログラマに使われ、愛されてきました。

近年では、Web アプリケーションフレームワーク、Ruby on Rails の台頭もあって、エンタープライズ領域での利用例も増加しています。

本講座では、Ruby の発展の歴史と経緯について概観し、Ruby とその周辺の今後についても考慮します。

また、これまでの Ruby の開発に伴う経験や、設計原理原則、および愛される理由についてもお話したいと思います。

● 2007 年度共同研究申請一覧表

氏 名	研究テーマ	研究期間	相手先
田村 浩一郎	プレゼンソフトのプロンプタ機能付与に関する研究	2007.9.10 ~ 2008.3.31	長浜バイオ大学 バイオサイエンス学部 松浦 希晃
奥水 大和	視覚感性を取り入れたマシンビジョンシステムに関する研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	早稲田大学 WABOT-HOUSE 研究所 富永 将史
奥水 大和	spam 対策システム評価	2007.4.1 ~ 2008.3.31	(株)リフレクション 鈴木 常彦
奥水 大和	Hough 変換の高速化、高精度化の研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	岐阜大学工学部 加藤 邦人
奥水 大和	似顔絵メディアのネットワークへのインプリメント	2007.4.1 ~ 2008.3.31	SKEN 鈴木 健志
奥水 大和	似顔絵メディアのプレゼンテーション援用の実践と評価	2007.4.1 ~ 2008.3.31	愛知淑徳大学文化創造学部 川澄 未来子
奥水 大和	顔特徴抽出の応用について	2007.4.1 ~ 2008.3.31	香川大学工学部 林 純一郎
奥水 大和	画像量子化定理による欠陥画像の分類	2007.4.1 ~ 2008.3.31	香川大学工学部 秦 清治
奥水 大和	高画質画像を用いた高精度画像処理検査の研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	大宏電機(株) 高木 和則
奥水 大和	高精度 3次元画像検査装置の開発、外観検査装置の開発	2007.4.1 ~ 2008.3.31	大宏電機(株) 渡辺 隆
奥水 大和	小型電子部品接点部の画像検査での最適な検査手法の開発	2007.4.1 ~ 2008.3.31	大宏電機(株) 草野 洸
奥水 大和	画像の量子化、機械学習	2007.4.1 ~ 2008.3.31	(株)ロゼテクノロジー エレメカ部 沼田 宗敏
奥水 大和	ネットワークセキュリティ	2007.4.1 ~ 2008.3.31	愛知学院大学総合政策学部 稲垣 充廣
奥水 大和	ピッキング向け三次元計測	2007.4.1 ~ 2008.3.31	シャープマニファクチャリングシステム部第3機器部 今田 宗利
奥水 大和	蛍狩りカメラによるパフォーマンス解析	2007.4.1 ~ 2008.3.31	中京大学体育学部 湯浅 景元
奥水 大和	似顔絵制作の研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	オフィス大岡 大岡 立一
奥水 大和	顔画像の分析による顔画像製作	2007.4.1 ~ 2008.3.31	ミズノ(株)西日本営業推進部 等々力 信弘
奥水 大和	アスリートのモーションキャプチャと画像解析	2007.4.1 ~ 2008.3.31	中京大学体育学部 室伏 広治
奥水 大和	人間的な画像認識技術の手の内化	2007.11.1 ~ 2008.3.31	トヨタ自動車(株) 計測技術部 三和田 靖彦
宮崎 慎也	地域社会情報化推進のためのデジタルデータ放送の利用に関する研究	2007.6.1 ~ 2008.3.31	名古屋大学大学院情報科学研究科 浦 正広
三宅 なほみ	人と車載機器のインタラクションの研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	(株)デンソー 基礎研究所 赤堀 一郎
小笠原 秀美	実験用アイマークレコーダ用ライブラリ開発	2007.4.1 ~ 2008.3.31	中京大学心理学部 行松 慎二
長谷川 純一	シミュレータによる認知的トレーニングの効果検証	2007.4.1 ~ 2008.3.31	中京大学体育学部 猪俣 公宏
長谷川 純一	運動生理学への可視化技術の応用	2007.4.1 ~ 2008.3.31	中京大学体育学部 北川 薫
長谷川 純一	身体動作の3次元解析に関する研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	中京大学体育学部 桜井 伸二
長谷川 純一	脳機能イメージング解析のための画像処理・可視化法の開発	2007.4.1 ~ 2008.3.31	国立長寿医療センター研究所 中井 敏晴
長谷川 純一	人体モデルを用いた身体動作の可視化に関する研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	愛知淑徳大学 現代社会学部 稲葉 洋
鳥脇 純一郎	人体の3次元画像処理とその医用応用	2007.4.1 ~ 2008.3.31	国立精神・神経センター神経研究所 山下 典生
鳥脇 純一郎	3次元濃淡画像の表示法の研究	2007.4.1 ~ 2008.3.31	名古屋大学大学院情報科学研究科 森 健策

● 研究所員一覧

■ 名誉所員	福村 晃夫			
■ 情報理工学部 情報システム工学科	川端 信男 秦野 甯世 濱川 礼 清水 優	山本 真司 嶋田 晋 高橋 和弘 青木 公也	田村 浩一郎 伊藤 秀昭 鈴木 常彦	飯田 三郎 ラシキア 城治 磯 直行
情報知能学科	笥 一彦 白井 英俊 白水 始	田中 穂積 諏訪 正樹	三宅 芳雄 小笠原 秀美	三宅 なほみ 土屋 孝文
情報メディア工学科	棚橋 純一 輿水 大和 大泉 和文 遠藤 守	幸村 真佐男 カール・ストーン 宮崎 慎也 曾我部 哲也	伊藤 誠 宮田 義郎 上芝 智裕 藤原 孝幸	興膳 生二郎 中山 晶 山田 雅之
■ 生命システム工学部 身体システム工学科	鳥脇 純一郎 長谷川 明生 目加田 慶人 森島 昭男 加納 政芳 山根 基	舟橋 康行 種田 行男 深津 鋼次 石原 彰人 宮阪 健夫 針本 哲宏	長谷川 純一 野浪 亨 白井 良明 瀧 剛志 西井 匠	井口 弘和 矢内 利政 王 建国 平名 計在 土居 隆宏
■ 体育学部	猪俣 公宏 室伏 広治	北川 薫	桜井 伸二	湯浅 景元
■ 科学技術振興機構	落合 弘之	田中 真一		
■ 愛知学院大学	稲垣 充廣			
■ 愛知淑徳大学	川澄 未来子	稲葉 洋		
■ 香川大学	林 純一郎	秦 清治		
■ 岐阜大学	加藤 邦人			
■ 早稲田大学 WABOT-HOUSE 研究所	富永 将史			
■ 名古屋大学大学院	森 健策			
■ 椋山女学院大学大学院	長谷 博子			
■ 国立長寿医療センター研究所	中井 敏晴			
■ 国立精神・神経センター神経研究所	山下 典生			
■ 大宏電機(株)	渡辺 隆	高木 和則	草野 洸	
■ SKEN	鈴木 健志			
■ (株)ロゼフテクノロジー	沼田 宗敏			
■ (株)リフレクション	山崎 浄			
■ (株)ケミトロニクス	山本 協子			
■ 余語陶器(株)	余語 大輔			
■ オフィス大岡	大岡 立一			
■ シャープマニファクチャリングシステム(株)	今田 宗利			
■ ミズノ(株)	等々力 信弘			
■ トヨタ自動車(株)	三和田 靖彦			
■ 準研究員	舟橋 琢磨 土屋 衛治郎 高橋 信之介 山田 雅之	荻野 雅敏 遠山 沙矢香 中村 嘉彦 岡本 郁子	湯浅 且敏 五十嵐 亜季 星野 喬之 浦 正広	山中 佑也 伊藤 育世 徳田 尚也 松浦 希晃

● 歴代所長

初代	戸田 正直	(1991.4.1 ~ 1998.3.31)
2代	田村 浩一郎	(1998.4.1 ~ 現在)

〈編集後記〉

今回は、今年9月に本学豊田キャンパスで開催された第6回情報科学技術フォーラム FIT2007での本研究所所員による発表特集である。本研究所員による発表は最初に記したとおり全部で59件に上った。発表の全容、特定の発表論文などに興味がおありであれば、ご連絡いただければコピーをお送りするなどの対処をさせていただきたい。巻頭言をいただいた公立はこだて未来大学学長中島秀之氏に改めて御礼申し上げる。

編集担当 三宅 なほみ・白水 始
編集補佐 富岡 旭容

★★★ 人工知能高等研究所の WWW ページのご案内 ★★★

アドレス <http://www.cglab.sist.chukyo-u.ac.jp/IASAI/>

☆☆☆ 中京大学の WWW ページのご案内 ☆☆☆

アドレス <http://www.chukyo-u.ac.jp/>

IASAI NEWS 第21号 2007年12月1日発行

- 発行・編集 中京大学 人工知能高等研究所
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101 ☎(0565)46-1211 (代表)
 - 印刷 ニッコアイエム株式会社
〒460-0024 名古屋市中区正木1-13-19
-

本誌記事の無断転載を禁じます。

© 2007 中京大学 人工知能高等研究所

