

3次元仮想化空間を用いた知的活動支援システムの開発 Development of Systems for Supporting Intellectual Human Activities Based on 3D Virtual Space

長谷川純一† 瀧 剛志† 渡辺恵人†
Junichi HASEGAWA Tsuyoshi TAKI Shigeto WATANABE

1. まえがき

中京大学ハイテクリサーチセンターでは、筆者らを含む学内9名の研究者らによって、「3次元仮想化空間を用いた知的活動支援システム」の研究開発プロジェクトが進められている。このプロジェクトでは、VR技術を人間の知的活動支援に応用することを目指し、仮想化、モデル化、可視化、対話操作などのVR基礎技術、ならびに、それらを用いた複数の応用システムの開発が試みられている。現在、開発中のシステムには次のものがある、

- (1) 腹部X線CT像を用いた診断支援システム、
- (2) 滑走スポーツのための仮想体感システム、
- (3) チームスポーツの戦略的スペース可視化システム、
- (4) 集団行動シミュレーションシステム、
- (5) 仮想空間における弾性物体操作システム、
- (6) 強化現実感による安全運転支援システム、

ここでは、最初の3つのシステムについて、最近の成果を含めて紹介する。

2. 腹部X線CT像を用いた診断支援システム

2.1 概要

近年のCT装置の高性能化に伴い、高細精CT像を用いた精密画像診断が可能となってきた。しかし、扱う画像量も増加の一途をたどり、読影する医師の大きな負担となっている。そのため、コンピュータ支援診断(CAD; Computer Aided Diagnosis)への期待は大きく、本プロジェクトでも、腹部X線CT像を用いたCADシステムの開発を進めてきた。それらの中で、ここでは、胃および肝臓を対象にしたCADシステムについて述べる。

2.2 仮想化内視鏡を援用した胃がんCAD

これまでの胃がん検診では、X線二重造影検査法や内視鏡検査法などが使われてきたが、患者への負担は大きかった。それらに比べれば、X線CT検査法は比較的患者への負担は小さい。また、CT像があれば、仮想化内視鏡の技術を用いて、実際の胃内視鏡像に近い画像を得ることができる。この仮想化内視鏡像に、コンピュータによる計測結果や自動診断結果を重畳表示することができれば、さらに有効な診断支援ツールとなると考えられる。

ところで、胃がん病変部には胃のひだが集中しやすいという事実がある。そこで筆者らは、CT像から胃壁ひだの集中度を計測し、その結果に基づいて検出したがん病変の候補領域を仮想化内視鏡像上に表示するシステムを開発した。以下、個々の処理を少し詳しく述べる。

(1) 胃壁ひだ領域の自動抽出

胃壁ひだは、胃壁面から空気領域側へ突起した山脈状の領域である。そのような突起部分を抽出するため、ここではモルフォロジー演算の一種であるトップハット変換を利用する[1]。抽出結果を仮想化内視鏡像に表示する際は、ボリュームレンダリングにおける陰影値と不透明度を他と異なる値にして表示する[2](図2.1右上)。

(2) 胃壁ひだの集中度計測

胃壁ひだは滑らかな胃壁面上に存在する線状領域である。そこで、曲面上の線図形に対する局所的な集中度を新たに定義し、その計算法を開発した。実験の結果、実際にひだが集中する病巣部分に高い集中度が得られた[1]。計算結果の表示には、集中度の値に応じてその部分の色相を変化させる擬似カラー表示を用いる[2](図2.1左下)。

(3) 病変部候補領域の抽出

上記(2)で得られた集中度がある値以上の領域をがん病変候補領域として抽出する。仮想化内視鏡像には、その部分がある特定の色相で表示する[2](図2.1右下)。

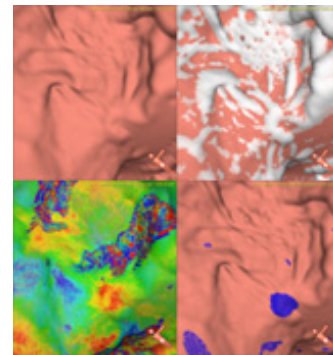


図2.1 仮想化胃内視鏡像への付加情報の表示例
(左上:通常内視鏡像, 右上:ひだ領域の表示,
左下:集中度の表示, 右下:病変候補の表示)

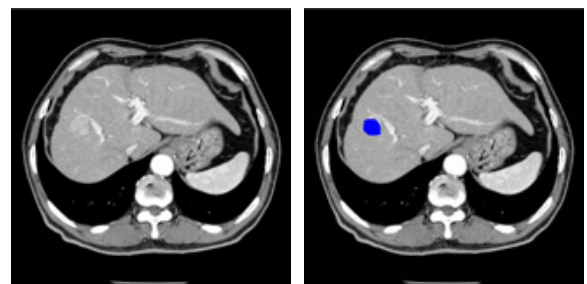


図2.2 肝がん検出結果例(左:入力, 右:抽出結果)

†中京大学生命システム工学部

2.3 CT 値の時間変化特徴を用いた肝がん CAD

肝臓診断に用いる CT 像は、1 回の診断で造影剤注入前に 1 回、注入後に 3 回の計 4 回撮影される。医師は、これらの時相の異なる CT 像(4 時相画像) のそれぞれの特性を考慮して診断する。肝臓全体を十分に含むためには約 20cm 程度の範囲を撮影することになるが、体軸方向の空間解像度を 0.5mm とすると、1 回に約 400 スライス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診断も考えれば、読影の負担は一層大きくなる。

そこで、4 時相 CT 像を用いて、肝臓内各点の CT 値の時間変化を解析し、その結果から肝臓がんの候補領域を自動抽出するシステムの開発を試みた。具体的な手順は、(1)肝臓領域の自動抽出、(2)肝臓内 CT 値の時間変化記述、(3)がん病変候補領域の抽出、からなる。とくに、ステップ(2)では、まず、各相の濃度値を各相の肝臓領域内の CT 値と分散値によって正規化し、各点を高濃度、中濃度、低濃度の 3 種類に分類する。次に、時相間の対応する画素をベクトルの成分として考え、各点を 81 通りのパターン(濃度状態推移パターン)に分類する[3]。最後のステップ(3)では、まず、特定の時相間の濃度差で初期の候補領域を抽出し、次に、濃度状態推移パターンをもとに最終的な候補領域を決定する。

実際のがん症例 8 例(10 病変)を用いて実験を行なったところ、見落とし 1 個、拾いすぎ 1 症例あたり 0.37 個であった[4]。結果の一例を図 2.2 に示す。

3. 滑走スポーツのための仮想体感システム

3.1 概要

滑走スポーツの多くは、季節や施設の制約から十分なトレーニングができないため、VR 技術を用いたトレーニング支援環境の実現が望まれている。本プロジェクトでは、4 面投影装置と 6 軸動揺装置を併用した没入体感型リアルタイムボブスレーシミュレータを開発し、そのトレーニング支援への可能性検討した。

3.2 シミュレータの外観

ボブスレーシミュレータの外観を図 3.1 に示す。前面および左右面に設置された背面投影型スクリーン(3 m×3 m)と床面には、4 台の PC で同期生成された滑走シーンの立体視映像が投影される(図 3.2)。スクリーンで囲まれた空間のほぼ中央に 6 軸電動アクチュエータ方式のモーションベース(三菱プレジジョン製 MMS612E II)が置かれ、その上にボブスレーのキャビン(機体)が固定されている。また、キャビン前方には左右一対のスピーカーが置かれ、ボブスレーの滑走音などが再生される。

3.3 シミュレータの処理内容

本システムの滑走コースは、長野市に実在するコースを模擬して作成した。

滑走運動の力学計算には、リアルタイムシミュレーションを実現するために、いくつかの制約条件下での近似計算法を採用した[5]。

動揺装置は、計算されたキャビンの加速度と位置情報に基づいて制御される。ただし、動揺装置で発生できる加速

度は、キャビンにかかる実際の加速度に比べて非常に小さいため、計算で得られた加速度に誇張処理を施すなどして、搭乗者へ与えるリアリティを高める工夫をしている[6]。

3.4 評価実験

5 名の被験者による本システムの評価実験を行い、誇張処理の効果については概ね良好な結果を得た。

また、本システムのトレーニング支援としての有効性については、ボブスレーの現ナショナルチームの監督、コーチ、現役選手らから以下の評価が得られた。

- ・ 滑走軌跡に関しては、実際の滑走に見られるそり競技特有の軌跡が良く再現されている
- ・ 動揺の提示に関しては、実際よりかなり弱い感覚であるが、滑走コースの把握には有効である
- ・ 実際に滑走させると危険を伴う未経験者や初心者、体が未発達な年少者のイメージトレーニングとしての利用には効果的である



図 3.1 ボブスレーシミュレータの外観

図 3.2 生成された滑走シーンの一例

4. チームスポーツにおける戦略的スペース可視化システム

4.1 概要

フットボールなどのチームスポーツにおいては、攻撃を展開するためのスペースや直接ゴールに結びつくようなスペースを意図的に作り出し、そのスペースをいかに効率よく利用できるかが勝敗を大きく左右する。しかし、動的に変化するスペースを定量的に分析しようとする研究はこれまで多くは見られない。本プロジェクトでは、映像処理によりゴール前のスペースを自動的に計算し、その時間変化を可視化するシステムの開発を試みた。

4.2 処理方法

ここでは、一般にテレビ中継される映像を入力とし、選手およびボールの位置をもとにゴール前のスペースを抽出する。その具体的手順を以下に示す。

(1) 映像の取得

ビデオ映像をフレームごとに画像ファイルとして記録する。

(2) キャリブレーション

カメラ映像から選手のグラウンド上での位置を算出するため、少なくとも 4 点の参照点(白線の交点などの実際の位置が既知である点)を指定し、射影変換行列を求

める。ただし、ここではグラウンド平面上のみを対象とし、高さ情報は扱わないものとする。

(3) 選手位置の追跡

テンプレートマッチングの手法を用いて、各選手の位置を自動追跡する。追跡が失敗した場合やコーナーキックなど選手が密集する場面では、選手の足下位置を手作業で入力する。

(4) スペースの抽出

選手の位置および速度情報をもとに、優勢領域（ある選手が他のどの選手よりも早く到達可能なフィールド上の場所）を算出し[7,8]、ボールやゴールとの位置関係からゴール前のスペースを抽出する[9]。

(5) スペースの分析

スペースの位置、大きさ等の情報を用いて、即ゴールに結びつくスペースと、ゴール前に展開するためのスペースを分類する。さらに、抽出したスペースと実際のプレー内容を比較・検討する。

4.3 実験結果

実験では、筆者らが撮影した映像(テスト映像)、および、2002 FIFA WORLD CUP のゴール特集映像(中継映像)を用いた。テスト映像に対して、選手の位置および速度から各選手の優勢領域を計算した結果の一例を図 4.1 に示す。図中の□は各選手の位置、中央の明るい領域がゴールを決めた選手の領域である。さらに、その結果から攻撃に有利なスペースを抽出し、実映像に重ねて表示したものが図 4.2 である。この例では、抽出されたスペースの位置(楕円状の濃い領域)は、競技経験者の指摘する位置とほぼ一致していた。また、他のいくつかのシーンでも同様の結果が得られた。これにより、スペースの位置、形状、時間変化などが自動抽出できることが分かった。それらの特徴は、選手の動きやポジショニングの評価に有効に利用できると考えられる。

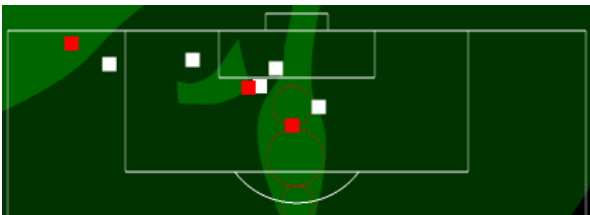


図 4.1 ゴール前の優勢領域とスペース抽出結果

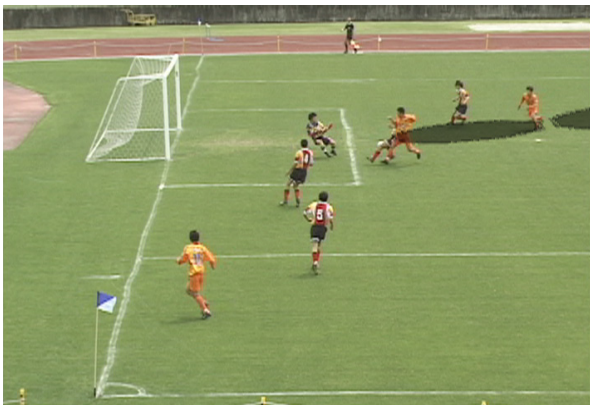


図 4.2 抽出されたスペースの実映像への重ね表示例

5. あとがき

3次元仮想化空間を用いた知的活動支援システムとして、腹部 X 線 CT 像を用いた診断支援システム、サッカーの戦略的スペース可視化システム、および、ボブスレー競技用の仮想体感シミュレータを紹介した。

診断支援システムの開発では、臓器認識や病変検出の手法を開発した。また、それらの結果を重畳表示することにより仮想化内視鏡の利用価値を高めた。

スペース可視化システムにおいて、スペース抽出のために開発した優勢領域は、動きのある集団の勢力関係を表現するのに優れており、サッカーに限らず他の多くの集団スポーツにも応用できる。

ボブスレーの仮想体感システムでは、動揺装置が発生できる物理的な加速度は 1G が限界であるため、現実に近い加速感を与えるための制御方法をさらに検討する必要がある。

謝辞

本プロジェクトでは、国立がんセンター、プロサッカーチーム、自動車メーカー、本学体育学部などから実験試料や専門知識を提供していただいた。また、実験には、本学情報科学研究科および人工知能高等研究所の実験施設、ならびに、生命システム工学部の仮想体感実験室、動作解析実験室などを利用した。

参考文献

- [1] 渡辺恵人, 長谷川純一, 目加田慶人, 森健策, 縄野繁: “腹部 X 線 CT 像を用いた胃壁ひだパターンの集中性解析”, 電子情報通信学会論文誌(D-II), J87-D-II, 1, pp.155-163 (Jan. 2004)
- [2] Shigeto WATANABE, Junichi HASEGAWA, Yoshito MEKADA, Kensaku MORI and Shigeru NAWANO: “New Display Mode for Emphasizing Concentration of Fold Patterns in Virtual Gastroscopy”, CARS 2003 Computer Assisted Radiology and Surgery (Proc. CARS 2003, London, UK, June 2003), ICS 1256, ELSEVIER, pp.47-52 (2003)
- [3] Shigeto WATANABE, Yoshito MEKADA, Junichi HASEGAWA and Junichiro TORIWAKI: “Liver Cancer Detection by Using Density Transition Features Obtained from Multi-phase CT Images”, Proc. SPIE Conference on Image Processing, Vol.5747, pp.783-789 (Feb. 2005)
- [4] 渡辺恵人, 目加田慶人, 長谷川純一, 鳥脇純一郎: “腹部 X 線 CT 像からの肝がん自動検出手順の改善”, 電子情報通信学会技術研究報告, MI2006-65 (Sep. 2006)
- [5] 荻野雅敏, 瀧剛志, 北島章雄, 尾倉芳昌, 宮崎慎也, 長谷川純一: “モーションベースと大型多面スクリーンによるボブスレー体感シミュレータ”, 電子情報通信学会技術研究報告, MVE2004-36 (Oct. 2004).
- [6] 荻野雅敏, 瀧剛志, 大塚勝也, 北島章雄, 宮崎慎也, 長谷川純一: “ボブスレー競技のための体感型トレーニングシミュレータの構築”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 11, 4, pp.469-478 (Dec. 2006).
- [7] 瀧剛志, 長谷川純一: “ゲーム展開の分析と可視化”, パイオメカニクス研究, 10, 2, pp.125-131 (June 2006)
- [8] Tsuyoshi TAKI and Junichi HASEGAWA: “Analysis and Simulation of Group Behavior Using a Dynamic Sphere of Influence”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII), Vol.9, No.2, pp.159-165 (Mar. 2005)
- [9] 瀧剛志, 岡野弘幸, 長谷川純一: “サッカー映像を用いたゲーム中のスペース変化に関する研究”, 日本フットボール学会 4th Congress 抄録集, p112 (Dec. 2006)