

資料

多元デジタル映像処理に基づくがんの画像自動診断システムの開発に関する研究、厚生省がん研究助成金研究成果報告

鳥脇純一郎*¹

要旨 本稿は厚生省がん研究助成金プロジェクト「多元デジタル映像処理に基づくがんの画像自動診断システムの開発に関する研究」(代表:鳥脇純一郎)の平成10年度研究成果報告書を転載したものである。このプロジェクトは、主としてがんの計算機支援診断に関するさまざまな研究を行っており、医学系4名、工学系5名で構成されている。主な研究テーマとして、X線像およびCT像に基づく肺がん、乳がん、胃がんの計算機診断、仮想化内視鏡システムの応用、診断論理の確率論的評価、2および3次元画像処理アルゴリズム、などがある。各研究者の発表成果一覧を含む。

Key words : CAD, X-ray image, CT image, mammogram, stomach cancer, lung cancer, breast cancer, image processing, pattern recognition

あらまし

本稿は、多元デジタル映像処理に基づくがんの画像自動診断システムの開発に関する研究と題して、厚生省がん研究助成金の支援によって、平成10年5月～平成11年3月にわたって行われた研究の報告である。報告の原文は、平成10年度厚生省がん研究助成金による研究報告集(国立がんセンター、平成12年3月発行) pp.517-530 に発表されたものである²。研究プロジェクトのメンバーがすべて本学会のアクティブな会員であり、また、研究成果、および、方法論の全てにわたって本学会会員の関心が高い領域にあると思われる。それにも係わらず、本報告書は恐らく一般の方の目には殆ど触れないであろう。このような事情を考慮して、特に国立がんセンターの了解を得てここに転載するものである。なお、本報告原稿の執筆時点は平成11年4月であり、既にその後約1年が経過している。分担研究者の所属、地位等は全てその時点のものであり、また、研究成果刊行の記録もその時点のものである。しかし、医学と工学の広い領域にわたって発表されたCAD関係の諸報告がこれだけ組織的にまとめて記録されているものは他には見当たらない。その意味でも本報告の転載は意義があると考えている。なお、本稿の発表がこのように遅れたのは、主に上記の研究報告集が漸く最近になって出されたことによる。

[報告本文]

9-42 多元デジタル映像処理に基づくがんの画像自動診断システムの開発に関する研究
主任研究者 鳥脇純一郎
所属施設 名古屋大学大学院工学研究科

研究成果の要旨

本研究は、デジタルラジオグラフィおよび3次元CT像に基づくがんの計算機支援診断(CAD)システムの開発を行うものである。対象として、肺がん、胃がん、乳がんを取り上げ、その集団検診の過程の一部を自動化することおよび新しい次世代診断ツールの開発をめざす。実験例として、例えば、マンモグラフィからの乳がん診断においては4000枚以上に対して、乳癌腫瘍検出率90%(擬陽性陰影1.37個/1画像)、微小石灰化検出率93%、胸部CT像からの肺がん検出において、ある地区で得た約170例(スライス4000以上)に対して確定診断のある7例中5例は腫瘍検出(擬陽性陰影3個/1スライス)を得た。マンモグラフィは総合的に見てマーキング機能に基づくスクリーニング支援の実用化へさら一步近づいた。また、バーチャルリアリティ応用による仮想化内視鏡システムは、気管支、血管、および、胃に症例数数十にわたって適用され、臨床診断、および、教育への利用の可能性が確認された。その他、単純X線像による肺がんおよび肺気腫のCAD、胃X線二重造影像のCADにも多様な成果を上げた。

*¹名古屋大学大学院工学研究科 情報工学専攻(〒464-8603 名古屋市中種区不老町)

投稿受付: 2000年5月10日
最終稿受付: 2000年6月20日
採用決定日: 2000年6月20日

²プロジェクトは平成9,10年度の2年間にわたる。報告は毎年度末に提出されており、本文は平成10年度分である。

研究者氏名および所属施設

研究者氏名 所属施設および地位, 分担研究課題

鳥脇 純一郎 名古屋大学大学院工学研究科 教授
胸部X線像および3次元CT像によるがんの自動診断システムの研究

西谷 弘 徳島大学医学部 教授
3次元CT像を用いた肺がん診断システムの研究
名取 博 札幌医科大学機器診断部 教授
胸部X線像とCT像による肺がんの計算機診断の研究

山本 真司 豊橋技術科学大学工学部 教授
デジタルX線像に基づく胃がん、乳がんの計算機診断の研究

小畑 秀文 東京農工大学大学院工学研究科 教授
デジタルマンモグラフィの読影診断自動化システムの開発とその臨床応用の研究

池田 充 名古屋大学医学部 助教授
デジタルマンモグラフィによる乳がんの診断支援と自動化の研究

縄野 繁 国立がんセンター東病院放射線部 医長
デジタルX線像に基づく胃がん、乳がんの計算機診断の研究

長谷川 純一 中京大学情報科学部 教授
デジタルX線像に基づく胃がんの自動診断システムの開発に関する研究

松本 徹 放射線医学総合研究所
高度診断機能ステーション 主任研究官
がん診断支援システムの評価と医師の読影の分析に関する研究

1 研究目的

本研究は、パターン認識、グラフィックス、バーチャル・リアリティ（仮想現実感 VR）等の最新の映像メディア技術を駆使して、2次元および3次元のデジタルX線像による、がんの診断支援および自動診断（両者を含めて以下ではcomputer aided diagnosisとよび、CADと略記する）を行うシステムを開発する事を目的とする。本研究の特色は、スパイラル（ヘリカル）CTなどの3次元画像と従来のデジタルX線像の統合利用、および、パターン認識、グラフィックス、映像メディア技術、VR・シミュレーション、等の先端的画像処理技術を積極的に援用して、高度な診断支援および自動診断を実現しようとする点にある（多元という言葉はこれら2つの側面での統合を意味する）。具体的にはスクリーニングの部分的自動化、および精密検査の支援を含

む。最近の超高性能コンピュータ、高速・大容量ネットワーク、高度グラフィックス・マシンの発展がこれらを可能にすると期待される。また、CTを含めて急増する健康診断用画像の処理には、これらの新技術の導入が不可欠である。さらに、仮想化された人体の利用に依る新しい診断法の開発、がん診断の基盤強化の意味でCADを広範囲の対象に広げる事も含む。

具体的に、本研究では、死亡率の高さおよびスクリーニングとの関係で自動化と高精度化の期待が大きい肺がん、乳がん、胃がんの診断自動化と新しい画像処理技術の導入による診断支援の高度化を目標とする。

(1) 乳がんのCAD マンモグラムに基づく自動スクリーニングシステム（マーキング機能を中心とする）の開発をめざす。本年度は、従来開発してきた手法を実際の病院における症例に適用して評価を行い、微小石灰化像や辺縁部の陰影、スピキュラ像等の高次処理の手法の導入によって拾いすぎ誤りの半減をめざす。

(2) 肺がんのCAD 従来型直接像、間接像と3次元CT像がある。本年度は両者の特性を明確にし、今後の統合化したスクリーニングシステムへの基礎を確立する。また、直接撮影像、間接像に関しては、従来の手法の偽陽性率を減らし、症例を1000例レベルに増やしてCADを実用に近づける。CT像に関しては、検診車データによる評価を進め、false positiveの減少をはかる。さらに、バーチャル・リアリティを使った各臓器の仮想化内視鏡システムはここで最も効果を発揮すると思われ、臨床評価による新しい診断技法の基礎を確立する。

(3) 胃がんのCAD 本年度は二重造影像中の胃輪郭とがん候補領域の自動抽出手順を組み合わせ、システム化を計るとともに数百例レベルの実験を行う。また、3次元画像応用を進め、CADシステムに解剖学的知識を導入する。仮想化胃内視鏡システムの実験も加える。

(4) 新しいツールの開発と評価 バーチャル・リアリティ応用（仮想化内視鏡等）については各臓器ごとの基礎手法の蓄積とナビゲーション診断によるがん診断の方法論を確立する。コンピュータ・ビジョンの方法論を導入して3次元仮想化人体の活用を検討する。CADの有効性評価とマン・マシン系設計の基礎理論を確立する。

2 研究成果

上記の各項目すべてにおいて着実な進展が見られたが、そのなかで特に注目されるのは、マンモグラ

ムのCADにおいて実用化に近づいたこと、CTによる肺がんのCADの進展、仮想化内視鏡システムという新しいツールの進歩、があげられる。以下に各項の詳細を述べる。

2.1 乳がんのCAD

マンモグラフィCADは、ごく近い将来の実用を意識して、開発されたシステムの一層厳密な能力の評価と、次のステップを意識した基礎研究が並行して行われた。

当班で少なくとも3種のシステムが開発、テストされている[小畑、縄野、池田]

(システムA)1000例以上の症例についてテストし、微小石灰化像については、真陽性率(sensitivity)を90%と設定したとき、擬陽性陰影(false positive)は平均0.39個/1画像であった。また、おおよそ異常のない症例の50%は正しく除外できる。ここで誤りの主な原因は粗大石灰化の一部の混入、血管内に沈着した石灰化、および血管交差部の誤認識であることを確かめ、一番目の要因についてはその8割は除去できるようにした。その他については検討中である。腫瘍陰影については、ウェーブレット変換と平滑化フィルタで能力改善を図り、悪性腫瘍28例中疑いの強い陰影から4位以内で24例は検出可能である[小畑]

(システムB)実際の外来でとられた約1000症例4000枚の画像で実験し、年齢別の詳細な分析によって、検診想定年齢を40歳以上とすると、腫瘍のsensitivity 91%, false positive 1.4個/画像、集簇石灰化のsensitivity 95%, false positive 0.4個/画像と予想できることが知られた[縄野]

(システムC)愛知県がんセンター病院における2ヶ月分約1700枚の画像に対して、微小石灰化像についてはsensitivity 90%, false positive 0.7個/画像、腫瘍陰影についてはsensitivity 80%, false positive 1.8個/画像であった。さらに、ニューラルネットワークによる微小石灰化像の良/悪性鑑別を試み、検出率93%, 真陰性率92%を得た。腫瘍影に関しては左右乳房比較と微分画像を導入してsensitivity 91%, false positive 0.82個/画像であった[池田 - 藤田 - 遠藤]

これらの実用に近い現行の方式の画像の診断を支援するCADシステムの評価実験の他、スピキュラ検出フィルタ、動的輪郭抽出による腫瘍陰影抽出などの新手法の開発、乳腺濃度の影響、年齢別の検出率評価、3次元超音波画像に対するCADシステムの開発、デジタル化の解像度を上げる、等の次世代

を意識した多彩な実験が始められている[小畑、縄野、池田]

例えば腫瘍影については左右乳房の比較を導入してfalse positive削減をはかり、sensitivity 0.91, false alarm 陰影0.82個/1画像を得ている。また、腫瘍の良悪性鑑別に関しては、スピキュラ検出と辺縁不整の情報を利用して正認識率は、良性、悪性、それぞれ、0.93、0.92であった。3次元超音波像に対しては、動的輪郭抽出による腫瘍陰影検出アルゴリズムを開発し、28症例1428枚の画像について適用した結果、sensitivity 0.79, false alarm 5.9個/1症例という結果を得た[池田 - 藤田 - 遠藤]

2.2 肺がんのCAD

肺がんのCADに関する研究対象は、現行方式(間接撮画像によるスクリーニング、および、直接撮画像による診断、あるいは、2次元画像による診断)の支援、および、CT像による診断(あるいは3次元像による診断)の支援、さらにその他の診断法における支援の可能性に大別される。

(1)2次元画像のCAD これまで開発してきた胸部間接像のスクリーニング支援に同一人の過去の写真を併用して異常候補領域を比較し、CADの精度を上げる方法を検討し、従来と比べてfalse alarmの候補領域をおよそ4割程度に減らし、さらに、パラメータの最適化によって検出率を約5%向上させることができた。しかし、間接像の検出率自体がなお不十分で、今後の検討が必要である。また、このシステム的大幅改造によって、CADシステムの使いやすさを大きく改善する事ができた[鳥脇]

さらに、直接像から肺気腫の病勢進行度を定量的に評価するシステムを開発し、実際の直接撮画像10枚(関心領域約150)に適用して、専門の医師の評価と相関係数0.73の評価値を求められることを確認した。これは肺気腫の定量診断としては初めての成果である[鳥脇、名取]

これらの基礎として、異常陰影候補の腫瘍影を検出するフィルタと可変しきい値処理、細くて淡い血管影を抽出する可変形状モデルと最適化型手法の組合せ、特徴量画像の導入[鳥脇、名取]等の新しいアルゴリズムを開発した。

(2)3次元画像のCAD ここでは、まず、車載型ヘリカルCTでとられたCT像によるCT検診の支援システムが少なくとも二グループで開発され、テストが進んでいる。一つは国立がんセンター中央病院および東病院で1年間500症例に対して臨床応

用テストが行われた。その結果5人の専門医の合議結果との比較において、医師間にも診断にばらつきがあり、CADシステムはこれを補完するに十分な検出能力を持つことが確かめられた。false positive をどこまで減少できるかが今後の検討のキーポイントとなる[西谷-仁木] もう一つのシステムでは検出対象を従来の10ミリ径から5ミリ径にあげて精度向上を図り、がん症例見落とし無しでfalse positiveを従来の11個から4.6個に改善できた。また、シネ表示、3次元マーキング画像表示、MIP表示などの機能を持つ対話的支援システムを作成し、北米医学放射線学会学術展示で発表して高い評価を得た[山本]

これらのシステムを評価するために、診断支援システムの評価に用いるCT画像を収集した。実際の車載型CTによる画像を千葉、東京、大阪の3地区で収集し、現在9303例を蓄積している。また、これらに必要な補助情報(医師の診断結果、等)を付加し、画像データベースとして整備しつつある。例えば、確定診断のついた大阪地区撮影の177例を上記のシステムでテストした結果、病巣12個中7個を正しく抽出、false positiveは平均1スライスあたり3個程度となった。この誤りの主な原因としては、この症例の撮影条件に対してシステムのチューニングがやや不十分であったことがあげられる[松本]

その他、上記のCT像に基づく冠動脈石灰化の自動検出手法を開発し、実際の画像に対して医師と比較したところ、false positive陰影が1症例あたり0.3個で見落とし無しという成果を得て、多臓器のCT検診への発展の可能性を示した[西谷-仁木] また、喀痰細胞診の正常細胞と異常細胞を区別するシステムの基礎実験を行い、50症例に対して検査スクリーナーと同程度の検出能を得た[西谷-仁木]

これらを支えるアルゴリズム基礎としては、Beje曲面に基づくdeformable modelを用いた3次元の肺領域輪郭面抽出のアルゴリズムを導出し、胸壁や縦隔に接触した病巣陰影に影響されずに肺輪郭面を検出できる手順を開発した[鳥脇] また、3次元画像の読影・診断支援用に、2次元画像と同じ感覚で3次元濃淡画像を操作できる『次元シームレス』のコンセプトに基づく濃淡画像読影支援システムを新たに開発した[鳥脇] さらに、仮想化気管支内視鏡システムに関しては、バーチャルリアリティ用の手袋型入力装置、ヘッドマウントディスプレイ、等の導入も進んでいる。また、多数の臨床応用がなされ、実用ツールとして定着する可能性が見えてきた。

2.3 胃がんのCAD

胃X線二重造影像のCADについては、従来の研究に続いて、陥凹型胃がん特有の胃壁ひだ集中を伴うものを自動検出するシステムの能力の向上を図った。本年度は特徴量として線集中度とエッジ集中度の比較を行い、がん検出能力に関しては線集中度の方がやや優位であることを確認した。次に、同一被験者の複数枚の胃X線二重造影像同士の対応付けを目的として胃袋の3次元的な変形のシミュレーションを行い、体位変化や造影剤の量の変化による胃袋の変形をある程度実現した[長谷川] さらに、やはり同一被験者の胃X線テレビ像と腹部CT像の対応付けの基礎研究を行った。これは二重造影像の撮影作業支援を目指すもので、従来にはなかった研究である[長谷川] また、二重造影像中の胃輪郭線、脊柱、の検出の新しいアルゴリズムを開発し、異常候補陰影マーキングの全プロセスのコンピュータ化への目途をつけた[長谷川、福島(研究協力者)]

仮想化胃内視鏡システムはおよそ十例近い症例に適用を試み、良い成果を上げた。特に、胃の仮想2次元展開と仮想切除標本の生成は本年度(第99回)日本外科学会総会の特別企画ライブ手術中継の中でも取り上げられ、臨床医からも高い評価を得た。また、このプロセスの中で胃壁ひだを仮想胃内視鏡と仮想展開標本と元のCTスライス像の三者間で互に対応をとってマークする試みも良好な結果を得た。同学会では本システムの展示デモを3日間に渡って行い、プ・スへは延べ100人以上が訪れた[長谷川、鳥脇]

2.4 診断支援基礎

(1) 視線解析 医師の画像読影機能のメカニズムを理解し、CADの開発に役立てるために、視線解析に関する基礎研究を継続している。本年度は視線解析用の実験システムを新たに構築し、評価実験を行った。実際のCT画像を医師に呈示して視線の振る舞いを分析した。その結果、医師のパターン認識能力は画像の見やすさ(情報量)に依存し、所見検出所要時間および視線を巡らす範囲が情報量が大きくなる(直感的には見にくくなる)程大となる傾向を確認した。次のステップとして判断結果の正誤とどう結びつくかを検討する予定である。

(2) CADシステムの使用法 医師とコンピュータ診断を共用する場合に適したシステム構成を知るために、医師とCADの判断結果の関連度を表す指標として相関係数を導入し、実際の胃部X線像を用いて検討した結果、例えば、医師とCADがほぼ同

程度の能力で が負のときはCADの使用は慎重に、CADが医師よりもかなりよくて が正ならCADを重視して良い、などの指針が得られた。

2.5 画像処理手法基礎

画像処理の手法に関しては、CT画像の増加に対応して、3次元濃淡画像の処理に多くの成果が得られた。

(1) 画像処理アルゴリズム 3次元濃淡画像の細線化手法として、これまでつくられていなかった3次元の尾根線追跡型の手法を開発した。実現には4次元濃度値曲面の4次元主曲率を特徴量として用いる。応用例としては仮想化された人体(3次元CTからの再構築)内の血管芯線抽出がある。ある範囲の太さの血管では中心付近のCT値が大きく辺縁部では小さいため、その芯線の抽出には尾根線抽出がよく適合する[鳥脇、長谷川]

画像処理のエキスパートシステムに関しても、研究代表者のグループで先に開発された2次元画像処理のエキスパートシステムIMPRESSを3次元画像に拡張して、3D-IMPRESSの開発をすすめた。今年度で3次元画像の線図形、面図形、塊状図形の三種に対してサブシステムを開発することができた。3次元図形に関してはサンプル図形の入力が必要な問題であるが、後に述べる「次元シムレス」な画像操作システムでは、ある程度これに対応できる見通しを得ている[鳥脇、長谷川]

また、これとは別に異常陰影の検出率の要求を満たす認識手順を自動生成するタイプのエキスパートシステムの開発に着手し、原理的には可能であることを確認した。3次元の濃淡画像の輪郭曲面、2次元濃淡画像中の輪郭線の認識のために、可変形状モデル(deformable model)に基づく輪郭抽出アルゴリズムを開発した。前者は肺輪郭面の抽出(2, 2(2))、後者は直接像の血管抽出に用いられた[鳥脇、長谷川]

(2) 画像表示 3次元画像の操作(manipulation)のキとなる技法の1つであるコンピュータグラフィックス(CG)に関する領域では、最大値投影(MIP)やボリュームレンダリングなどの投影型レンダリング法の高速化で、リアルタイム表示を可能にした。これによって、対象臓器のセグメンテーション(認識・抽出)を行わずに直接に仮想化された人体の内部のナビゲーションを行うことが可能になり、一般のナビゲーション診断に向けて重要な一段階を進めることができた[鳥脇、長谷川]

これと合わせてナビゲーション途中で、ボリュームレンダリング画像を介して、3次元画像中の関

心領域にマークをつけたり部分画像を切り出したりできる手法を開発した。これによって、上述のボリュームレンダリング画像を介して、リアルタイム処理で、仮想化された人体の中のナビゲーションを行い、マークをつけ、変形を加えることができる見通しが得られた。

さらに、これとは別に4次元空間のレイトレーシングによる4次元濃淡画像の可視化も試みた。

これらを統合したものとして、2次元、3次元の濃淡画像を、特に次元を意識することなく操作できるという意味で、「次元シムレス」な濃淡画像操作(および診断・読影支援)システムを開発した[鳥脇、長谷川]

(3) 臓器形状の変形シミュレーション 手術のシミュレーションおよび臓器の仮想展開などのために、軟部組織の変形をシミュレートするモデルを検討し、従来の質点・バネモデルに改良を加えたものと有限要素法を詳細に調べた。これらは気管支へのステント挿入、胃の2重造影複数枚の対応づけ、および胃の仮想展開に応用し、有効性を確認した[鳥脇]

2.6 次世代に向けての支援ツール

がん診断において現行のスクリーニングの方式に把われずに新しい支援の可能性も検討している。この領域での本年度の主要な成果は3次元画像の利用に関わるものにおいて出ている。

(1) 仮想化された人体の利用 ヘリカルCTの高精度化に伴い、人体もしくは関心対象臓器の3次元像を、一層容易かつ、高精度でコンピュータ内に再構築できるようになっている。これを「仮想化された人体(virtualized human body(VHB))」と名付けた。VHBの可能性のある用途について多面的に検討し、随所に報告した[鳥脇]。

(2) ナビゲーション診断 上記VHBの使用法の第一段階は自由な探索、すなわち、診断である。VHB内を移動しつつ診断を行うことを提案し、「ナビゲーション診断」と名づけた。その第一歩は高速レンダリングと3次元画像の自由なマニピュレーションにあり、これを実現するツールとして前記のシムレスシステムを開発した[鳥脇]

(3) 仮想化内視鏡システム ナビゲーション診断の具体例として、特定の対象臓器の境界面を抽出し、その内部を対話的に移動するシステムを仮想化内視鏡システム(virtualized endoscope system)と名づけた。今年度はこれを気管支、結腸、および胃に適用し、多くの改善を行った。また、気管支に関しては教育への応用を進め、そのために、ナビゲーションの途中で画面上に見えている気管支の枝名を自動

的に表示する機能、やはり画面に見える枝名の設問の自動生成と採点機能、経路の指定と実際にナビゲーションを行った結果の評価、などの機能を開発した。これは実際の医科大学の実習に取り入れて評価を行っている [鳥脇、名取]

仮想化胃内視鏡に関しては、十例以上の症例に適用して有効性を確認した。さらに、手袋型入力やヘッドマウントディスプレイなどのバ - チャルリアリティ・ツ - ルを用いて、実際に人体内部にいるような感覚 (侵入感) を伴う中でナビゲ - ションを体験する基礎実験も行った [鳥脇、長谷川]

(4) 臓器の仮想展開 主に胃に関しては、上記のVHBの対象となった胃を切開して仮想的な胃切除 (もしくは胃展開) を行うことを試み、実際の切除標本とも比較して有効性を確認した。胃がんにおける胃壁ひだの状況は仮想展開図上でもよく確認できた。これらの成果は第9回外科学会総会特別企画で実演およびデモ展示を行い、臨床家の評価を得た。また、NHKおよびTBS九州でも特別番組の中で紹介され、一般からも関心を集めた [鳥脇]

(5) 知識科学の導入 VHBのナビゲ - ションによる人体の探索は情報科学で話題になっている知識の獲得と発見の好例である。ナビゲ - ション診断を大規模画像からの知識の発見のプロセスと見て新しい手法を開発する研究を開始した [鳥脇]

研究成果の刊行に関する一覧表

外国語論文

[代表 鳥脇純一郎・分担研究者長谷川純一との共著を含む]

- (1) Katsuya Yoshida, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Virtualized angiography of the thoracic aorta in a rabbit model of atherosclerosis, Japanese Circulation Journal 62, 3, pp.198-200 (1998.3)
- (2) Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Visualization of the human body toward the navigation diagnosis with the virtualized human body, 可視化学会誌(Journal of Visualization), 1, 1, pp.111-124 (1998)
- (3) Yasushi Hirano, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Three Dimensional Index as a Feature of Line Pattern Distribution in Three Dimensional Space, FORMA, 13, pp.233-245, 1998
- (4) Kensaku Mori, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : A method for generating virtually stretched image of stomach using 3-D abdominal CT images, H.U.Lemke, M.W.Vannier, K.Inamura & A.Farman Edts.:Proc. of the 12th International Symposium and Exhibition of Computer Assisted Radiology and Surgery (CAR'98), pp.112-117 (1998.), Elsevier Science B.V.,
- (5) Jun-ichiro Toriwaki : Study of computer-aided diagnosis of X-ray and CT images for detecting cancer in Japan, in Keizo Chiyotani, Yutaka Hosoda, and Yoshiharu Aizawa eds.:Advances in the Prevention of Occupational Respiratory Diseases (Proc. of the 9th International Conf. on Occupational Respiratory Diseases) pp.1185-1194, 1998
- (6) Y.Hirano, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Three-dimensional concentration index - a local feature for analyzing three dimensional digital line patterns and its application to chest X-ray CT images - , Proc. of 14th ICPR,

pp.1040-1043 (1998.8)

- (7) Kensaku Mori, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : A procedure for automated assignment of anatomical names of bronchial branches extracted from 3-D X-ray CT image and its application to virtualized bronchoscopy system, Proc. of the 1st International Workshop on Computer Aided Diagnosis, (1998.9)
- (8) Jun-ichiro Toriwaki : Computerized analysis of chest CT images, Proc. of the 1st International Workshop on Computer Aided Diagnosis, (1998.9)
- (9) Kensaku Mori, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Automated labeling of bronchial branches in virtual bronchoscopy system, Proc. of the 1st Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI98), pp.870-878 (1998)
- (10) Toyofumi Saito, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Knowledge discovery through the navigation inside the human body, Setsuo Arikawa and Hiroshi Motoda eds.: Discovery Science, Proc. of the First International Conf. Proceedings, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1532, Springer, pp.449-450, 1998
- (11) Kensaku Mori, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, Hiroshi Natori, et al. : Automated display of anatomical name of bronchial branches in virtual bronchoscopy system and its application as a training tool for medical students, SPIE's International Symp.on Medical Imaging p.211,(1999.2) (印刷中)
- (12) Takayuki Kitasaka, Jun-ichiro Toriwaki, Jun-ichi Hasegawa, et al. :Automated Extraction of lung region from 3-D X-ray CT images by using shape model information of lung, Proc of the 9th SCIA (1999.6) (印刷中)

[分担研究者 小畑秀文・一部に分担研究者縄野繁との共著を含む]

- (13) Shigeru Hashimoto, Hidefumi Kobatake : Automated Tumor Detection System for Full-Digital Mammography Using Bilateral Comparison in Feature Space, Proc. CAR'98, pp.207-212,1998.
- (14) F. Iseki, Hidefumi Kobatake, et al. : Extraction of 3D Tree Structure of Blood Vessels in Lung Area from Chest CT Images, Proc. CAR'98, pp.45-50, 1998.
- (15) H. Kitaoka, Hidefumi Kobatake, et al. : Shape Analysis of Pulmonary Nodules in 3D-CT Images with a New Method of Curvature Estimation, Proc. CAR'98, pp.51-56, 1998.
- (16) Hidefumi Kobatake, Shigeru Nawano, et al. : Tumor Detection System for Full-Digital Mammography, N. Karssemeijer et al. Ed.: Digital Mammography, pp.87-94, 1998.
- (17) Hidefumi Kobatake, Shigeru Nawano, et al. : Microcalcification Detection System for Full-Digital Mammography, N. Karssemeijer et al. Ed.: Digital Mammography, pp.201-204, 1998.
- (18) Yukiyasu Yoshinaga, and Hidefumi Kobatake: Robust extraction of curvilinear convex regions with weak contrast using a gradient vector distribution model, Proc. Int. Symp. on Noise Reduction for Imaging and Communication Systems, pp.157-162, 1998.
- (19) Hidefumi Kobatake, et al.: Convergence Index Filter for Vector Fields, IEEE Trans. on Image Processing, (in printing).
- (20) Hidefumi Kobatake, S. Nawano: Computerized detection of malignant tumors on digital mammograms, IEEE Trans. on Medical Imaging, (accepted).

[分担研究者 山本真司・一部に分担研究者松本徹との共著を含む]

- (21) H.Jiang, Shinji Yamamoto, Tohru Matsumoto, et al. : A GUI system for computer-aided diagnosis of lung cancer screening by using CT, Computer Assisted Radiology and Surgery (CAR'98), pp.236-241 (1998.6)
- (22) Toshiaki Okumura, Shinji Yamamoto, Tohru Matsumoto, et al. : Variable N-Quoit filter applied for automatic detection of lung cancer by X-ray CT, Computer Assisted Radiology and Surgery (CAR'98), pp.242-247 (1998.6)
- (23) Toshiaki Okumura, Shinji Yamamoto, Tohru Matsumoto, et al. : Automatic Detection of Lung Cancers in Chest CT Images by Variable N-Quoit Filter, 14th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'98), pp.1671-1673 (1998.8)

- (2 4) H. Jiang, Shinji Yamamoto, Tohru Matsumoto, et al. : Computer-aided diagnosis system for lung cancer screening by CT, First International Workshop on Computer-aided Diagnosis (1998.8) (印刷中)
- (2 5) Hao JIANG, Shinji Yamamoto, et al. : A Method for Automatic Detection of Spicules in Mammograms, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, 2, 4, 1-9 (1998.10)
- (2 6) H. Jiang, Shinji Yamamoto, et al. : A Computer-aided Diagnosis System for Lung Cancer Screening by CT, 84th Scientific Assembly and Annual Meeting 1998 Scientific Program RSNA(Radiological Society of North America) p.675 (1998.11)
- [分担研究者 長谷川純一 .一部に分担研究者松本徹、代表者 鳥脇純一郎との共著も含む]
- (2 7) Y. Hirano, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Three Dimensional Concentration Index as a Feature of Line Pattern Distribution in Three Dimensional Space, Forma, 13, pp.233-245 (1998)
- (2 8) K. Mori, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : A Method for Generating Virtually Stretched Image of Stomach Using 3-D Abdominal CT Images", in H.U. Lemke, M.W. Vannier, K. Inamura and A.G. Farman (eds.): CAR'98 Computer Assisted Radiology and Surgery(Proc. CAR'98), International Congress Series 1165, Elsevier, pp.112-117> (June 1998)
- (2 9) Y. Hirano, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, et al. : Three Dimensional Concentration Index - A Local Feature for Analyzing Three Dimensional Digital Line Patterns and Its Application to Chest X-ray CT Images", Proc. 14th International Conference on Pattern Recognition (14thICPR), Vol.II, pp.1040-1043 (Aug. 1998)
- (3 0) Y. Mekada, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, S. Nawano, et. al. : Automated Extraction of Cancer Lesions from Double Contrast X-ray Images of Stomach, in M. Doi (ed.): 1st International Workshop on Computer-Aided Diagnosis (Proc. IWCAD'98), International Congress Series 1182, Elsevier (Sep. 1998) (in printing)
- (3 1) A. Shimizu, Jun-ichiro Toriwaki, Jun-ichi Hasegawa : Reduction of False Positives in Computer Diagnosis of Chest X-ray Images Using Interval Change Detection between Two Images, in K. Doi (ed.): 1st International Workshop on Computer-Aided Diagnosis (Proc. IWCAD'98), International Congress Series 1182, Elsevier (Sep. 1998) (in printing)
- [分担研究者西谷弘 .一部に共同研究者仁木登も含む]
- (3 2) R. Sammouda, N. Niki, H. Nishitani, et al. : Segmentation of Sputum Color Image for Lung Cancer Diagnosis Based on Neural Networks, IEICE Trans. Inf. & Syst., E81-D, 8, pp.862-871, 1998.
- (3 3) R. Sammouda, N. Niki, H. Nishitani, et al. : Color Spaces Representations in Segmenting Sputum Color Image Using Artificial Neural Networks, Int.Conf. on Intelligent Processing Systems, Gold Coast, pp.17-21, 1998.
- (3 4) K. Kanazawa, N. Niki, et al. : Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images, Computerized Medical Imaging & Graphics, 22, pp.157-167, 1998.
- (3 5) K. Kanazawa, N. Niki, et al. : Computer-Aided Diagnosis for Pulmonary Nodules Based on Helical CT Images, Int. Conf. on Pattern Recognition, Brisbane, , pp.1683-1685, 1998.
- (3 6) K. Kanazawa, N. Niki, et al. : Computer Aided Diagnosis System for Pulmonary Nodules based on Helical CT Images, 1st. Int. Workshop on Computer-Aided Diagnosis, Chicago, in press, 1998.
- (3 7) K. Kanazawa, N. Niki, et al. : Computer-aided diagnostic system for pulmonary nodules using helical CT images, 1st Int. Conf. on Medical Image Computing & Computer-Assisted Intervention, Boston, pp.449-456, 1998.
- (3 8) H. Taguchi, N. Niki, et al. : Lung Cancer Detection Based on Helical CT Images Using Curved Surface Morphology, SPIE Medical Imaging, in press, 1999.
- (3 9) H. Satou, N. Niki, et al. : Computer aided diagnosis system for lung cancer based on retrospective helical CT images, SPIE Medical Imaging, in press, 1999.
- (4 0) Y. Ukai, N. Niki, et al. : A Coronary Calcification Diagnosis System Based on Helical CT Images, IEEE Trans. on Nuclear Science, pp.3083-3088, 1998.
- (4 1) Y. Ukai, N. Niki, et al. : A Coronary Calcification Diagnosis System Based on Helical CT Images, SPIE Medical Imaging, San Diego, 3338, pp.1482-1489, 1998.
- (4 2) Y. Ukai, N. Niki, et al. : Computer Assisted Diagnosis System for Coronary Calcifications Based on Helical CT Images, 1st Int. Workshop on Computer-Aided Diagnosis, Chicago, in press, 1998.
- (4 3) Y. Ukai, N. Niki, et al. : A CAD-system for coronary calcifications based on helical CT images, SPIE Medical Imaging, in press, 1999.
- (4 4) R. Sammouda, N. Niki, H. Nishitani : Artificial Neural Networks in Segmenting Medical Images for Cancer Diagnosis, CARS'99, Paris (印刷中) .
- [分担研究者 池田充 共同研究者遠藤登喜子、藤田広志との共著も含む]
- (4 5) S. Kasai, H. Fujita, T. Endo, et al. : Development of a detection algorithm for masses around thick mammary gland on mammograms, Proc. of the 12th International Symposium and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery (CAR'98), 213-218 (1998).
- (4 6) M. Matsubara, H. Fujita, T. Endo : New algorithm for mass detection in digital mammograms, Proc. of the 12th International Symposium and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery (CAR'98), 219-223 (1998).
- (4 7) M. Goto, H. Fujita, T. Endo, et al. : Detection of spicules on mammograms based on multi-stage pendulum filter Digital Mammography (Computational Imaging and Vision, vol. 13), Kluwer Academic Publishers, 135-138 (1998).
- (4 8) T. Matsubara, H. Fujita, T. Endo, et al. : Development of a new algorithm for detection of mammographic masses, Digital Mammography (Computational Imaging and Vision, vol. 13), Kluwer Academic Publishers, 139-142 (1998).
- (4 9) D. Fukuoka, H. Fujita, T. Endo, et al. : Automated detection of clustered microcalcifications on digitized mammograms, Digital Mammography (Computational Imaging and Vision, vol. 13), Kluwer Academic Publishers, 197-200 (1998).
- (5 0) T. Hara, H. Fujita, T. Endo, et al. : Performance studies of a computer-aided diagnostic system on mammograms, Digital Mammography (Computational Imaging and Vision, vol. 13), Kluwer Academic Publishers, 407-410 (1998).
- (5 1) H. Fujita, T. Endo, et al. : Development of a mammogram CAD system: Performance studies with large databases, Proc. of First International Workshop on Computer-Aided Diagnosis, in press
- [分担研究者 松本徹]
- (5 2) K. Andoh, K. Odagiri, T. Matsumoto et al. : Computed radiography excretory urography: Can the system sensitivity value be used as an image quality indicator?, J. Dig. Imag. 10(3) Aug. : 132-136, 1997
- (5 3) T. Matsumoto, et al. : Development of mobile CT unit for lung cancer screening, Advances in the Prevention of Occupational Respiratory Diseases, Proceedings of the 9th International Conference on Occupational Respiratory Diseases, Kyoto, Japan, 13-16 October, 1997, Excerpta Medica International Congress Series 1153, ELSEVIER, 485-489, 1998
- (5 4) T. Okumura, T. Matsumoto et al. : Image processing for computer-aided diagnosis of lung cancer-screening system by CT(LSCT), proceedings of SPIE, Medical Imaging 1998; Image processing, Vol. 3338, 23-26 Feb. 1998
- (5 5) K. Imamura, T. Matsumoto et al. : Off-site evaluation system and database of mammography quality control phantom images, Radiology 1998, The British Institute of Radiology, 1998

June1-3(London)

- (56) K. Imamura, T. Matumoto et al.: Quantitative evaluation of phantom images for mammography quality control, CAR'98, Computer Assisted Radiology and Surgery, 12-th International Symposium and Exhibition, June 24-27, 1998(Tokyo)

日本語論文

[代表 鳥脇純一郎]

- (1) 森健策、鳥脇純一郎、長谷川純一、他：仮想化内視鏡システムー3次元医用画像に基づく仮想化人体の観察システム、画像ラボ、9、2、pp.1-7 (1998.1)
- (2) 舟橋健司、鳥脇純一郎、他：仮想空間における両手による協調操作モデル、情報処理学会論文誌、36、5、pp.1334-1342 (1998.5)
- (3) 遠藤知彦、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：肋骨の形状情報を利用した3次元胸部X線CT像からの肺野領域自動抽出、電子情報通信学会論文誌 D-II、J81-D-II、6、pp.1429-1438 (1998.6)
- (4) 舟橋健司、鳥脇純一郎、他：3次元仮想空間における仮想手による物体操作モデルと一実現法、電子情報通信学会論文誌 J81-D-II、5、pp.822-831 (1998.5)
- (5) 鳥脇純一郎：人体の三次元画像をめぐる画像処理技術、医学のあゆみ、186、5、pp.317-321 (1998.8.1)
- (6) 鳥脇純一郎：医学におけるコンピュータグラフィックス、日本AEM学会誌(J. of Applied Electromagnetics and Mechanics)6. 3. pp.218-224 (1998.9)
- (7) 野口博和、鳥脇純一郎、他：仮想空間でのハサミによる切断操作のモデルと実現、情報処理学会論文誌、39、12、pp.3304-3314 (1998.12)
- (8) 舟橋健司、鳥脇純一郎、他：仮想空間における仮想手による道具操作のための知識とモデル、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、3、3、pp.167-176 (1998)
- (9) 鳥脇純一郎：バーチャルリアリティ技術による診断・治療支援、コンピュータ外科学会論文誌、1.1 (1998.12) (印刷中)
- (10) 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：医用画像に対する知識ベース型処理とその3次元CT像への応用、医用画像工学会 JAMITFRONTIER '98、講演論文集、pp.30-35 (1998.1)
- (11) 榎田晃弘、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：3次元腹部CT像に基づく胃の仮想的展開像作成手法、医用画像工学会 JAMITFRONTIER '98、講演論文集、pp.98-103 (1998.1)
- (12) 舟橋健司、鳥脇純一郎、他：仮想手による様々な仮想道具利用のための知識とモデル、情報処理学会グラフィックスとCAD研究会資料、グラフィックスとCAD、90-6 (1998.4)
- (13) 北坂孝幸、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：可変形状モデルを用いた3次元胸部X線CT像からの肺野領域抽出、画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'98)論文集、pp.11-213--218 (1998.7)
- (14) 齊藤豊文、鳥脇純一郎、他：仮想化された人体データからのナビゲーションに基づく知識発見、人工知能学会人工知能基礎論研究会(第35回)資料、SIG-FAI-9803-22 (1998.12)
- (15) 平野靖、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：3次元濃淡画像のための極大点追跡型細線化アルゴリズムの性能評価、1998年度(平成10年度)電子情報通信学会1998年総合大会講演論文集、情報・システム2、p.285(1998-3)
- (16) 竹内章、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：人体臓器の形状変形シミュレーションのための弾性臓器モデルの検討、1998年度(平成10年度)電子情報通信学会1998年総合大会講演論文集、情報・システム2、p.403(1998-3)
- (17) 榎田晃弘、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：3次元腹部CT像を用いた胃の仮想的展開像作成手順の改善、1998年度(平成10年度)電子情報通信学会1998年総合大会講演論文集、情報・システム2、p.402 (1998-3)
- (18) 澤田雅明、鳥脇純一郎、他：三次元濃淡画像探索における境界知覚のための力覚モデル、1998年度(平成10年度)電子情報通信学会1998年総合大会講演論文集、基礎・境界、p.389 (1998-3)
- (19) 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：3次元胸部CT像における気管支の解剖学的ラベリング手順の改善、1998年度(平成10年度)電子情報通信学会1998年総合大会講演論文集、情報・システム2、p.400 (1998-3)
- (20) 武藤勝彦、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：仮想化内視鏡システムのための内視鏡操作シミュレーション、1998年度(平成10年度)電子情報通信学会1998年総合大会講演論文集、情報・システム2、

p.405 (1998-3)

- (21) 宋在旭、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：動的輪郭モデルとスケールスペース処理を用いた胸部X線像からの末梢血管影の自動抽出、医用電子と生体工学、第36巻特別号、Vol.36 Supplement (第37回日本ME学会大会論文集) p.337 (1998-4)
- (22) 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：仮想化内視鏡システムを用いた内視鏡操作シミュレーション、Medical Imaging Technology、16、4(第17回日本医用画像工学会大会号) pp.363-364 (1998.7)
- (23) 吉田裕一、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：知識型処理に基づく気管支枝名自動対応付け手順の改善、Medical Imaging Technology、16、4(第17回日本医用画像工学会大会号) pp.361-362 (1998.7)
- (24) 竹内章、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：手術シミュレーションのための弾性臓器変形手法の検討、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会合同論文集、pp.79-80 (1998.10)
- (25) 伊達宜之、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：仮想化内視鏡システムにおける内視鏡操作シミュレーション法の開発、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会合同論文集、pp.91-92 (1998.10)
- (26) 渡名喜元史、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：仮想化内視鏡システムにおける内視鏡操作シミュレーション法の開発、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会合同論文集、pp.99-100 (1998.10)
- (27) 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：仮想空間操作を利用した仮想化内視鏡システム、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会合同論文集、p.153 (1998.10)
- (28) 石川貴洋、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：3次元医用画像の次元独立な観察支援ツール、医用画像工学会研究会 JAMITFRONTIER '99 講演論文集、pp.219-224 (1999.1)
- (29) 宋在旭、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：直接撮影胸部X線を用いた肺気腫の病勢進行度の定量評価、コンピュータ支援画像診断学会論文誌、3、1、pp.1-9 (1999.1)
- (30) 鳥脇純一郎：仮想化された人体のナビゲーションに基づく診断・治療支援、日本外科学会雑誌、第100巻臨時増刊号、第99回日本外科学会総会号抄録、p.18、1999.3
- (31) 宋在旭、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：胸部X線像からの肺気腫進行度の定量化手順とその性能評価、Medical Imaging Technology (採録決定)
- (32) 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：ポリリウムレンダリング画像における関心領域の指定とその仮想化内視鏡への応用、日本エム・イー学会平成11年度春季大会講演論文集 (1999.4)(印刷中)

[分担研究者 名取博]

- (33) 三谷正信、名取博：遠隔診療支援と臨床教育、日本ME学会雑誌12(11):54-58。(1998)
- (34) 五十嵐知文、名取博、他：外来における超音波診断の用い方、呼吸器外来、臨床画像14:406-411 (1998)
- (35) 名取博：医用デジタル画像による診療支援。(1998)北海道医学会総会1998年9月25日
- (36) 名取博：デジタル化が進む画像診断の今後と超音波診断の位置づけ：第23回日本超音波検査学会総会特別講演、in 超音波検査技術1998; 23:106。(1998)
- (37) 平田健一郎、名取博：腹部領域の知っておきたいサイン。消化器外科21:1173-1179 (1998)。
- (38) 名取博：病院情報システム。形浦昭克、郷久敏二編、より良い生と死を求めて - 現代におけるターミナルケアのあり方 - 南山堂、pp.310-320。(1999)

[分担研究者 山本真司 分担研究者 松本徹との共同研究も含む]

- (39) 山本真司 松本徹：胸部X線CT像からの肺野領域肋骨側境界線の精密抽出法の検討、第17回日本医用画像工学会大会Medical Image Technology, Vol.16, No.4, pp.451-452 (1998.7)
- (40) 山本真司 松本徹：肺がん検診用CT(LSCT)の診断支援システム、Medical Image Technology, Vol.16, No.4, pp.373-374 (1998.7)
- (41) 鎌野智、山本真司、松本徹、他：胸部X線CT像における肺がん病巣候補の定量化と分析、Medical Image Technology (日本医用画像工学会論文誌)、Vol.16, No.4, pp.375-376 (1998.7)
- (42) 加古純一、山本真司、松本徹、他：可変 N-Quoit フィルタによる肺癌病巣候補自動抽出、画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'98)論

文集II pp.207-212(1998.7)

- (4.3) 奥村俊昭、山本真司、松本徹、他：肺がん検診用CT(LSCT)の診断支援システム、コンピュータ支援画像診断学会論文誌、2,3,1-8 (1998.7)
- (4.4) 奥村俊昭、山本真司、松本徹、他：胸部X線CT像からの肺野領域肋骨側境界線の精密抽出法の検討、Medical Image Technology, Vol.16, No.4, pp.451-452 (1998.7)
- (4.5) 奥村俊昭、山本真司、松本徹、他：胸部X線CT像からの肺野領域精密抽出、第8回コンピュータ支援画像診断学会/第7回日本コンピュータ外科学会合同論文集、pp.167-168 (1998.9)
- (4.6) 西村修、山本真司、松本徹、他：肺がん検診用CT(LSCT)の診断支援システム、第8回コンピュータ支援画像診断学会/第7回日本コンピュータ外科学会合同論文集、pp.143-144 (1998.9)
- (4.7) 鎌野智、杉山篤志、山本真司、松本徹、他：胸部X線CT像の診断支援システムにおける肺がん病巣候補領域の定量的解析、平成10年度日本エム・イー学会東海支部学術集会 p.35 (1998.10)
- (4.8) 滝沢穂高、山本真司、松本徹、他：3D物体モデルと認識の不確かさを考慮した胸部X線CT画像からの肺がん病巣認識、医用画像工学会 JAMIT Frontier 99, pp.34--39 (1999.1)
- (4.9) 奥村俊昭、山本真司、松本徹、他：Active Cylinder Model を用いた胸部X線CT像からの肺野領域精密抽出、医用画像工学会 JAMIT Frontier '99 講演論文集、pp.124-129 (1999.1)
- (5.0) 西村修、山本真司、松本徹、他：肺がん検診用CT(LSCT)の診断支援システム、医用画像工学会JAMIT Frontier'99 講演論文集、pp.237-241 (1999.1)
- (5.1) 鎌野智、山本真司、松本徹、他：胸部X線CT像の診断支援システムにおける肺がん病巣候補領域の定量的解析、医用画像工学会 JAMIT Frontier'99 講演論文集、pp.28-33 (1999.1)
- (5.2) 江浩、山本真司、松本徹、他：肺癌検診用のコンピュータ支援診断システム、胸部CT検診、Vol.6, No.1, p.10 (1999.2)
- (5.3) 奥村俊昭、山本真司、松本徹、他：胸部X線CT像からの肺野領域精密抽出、胸部CT検診、Vol.6, No.1, p.11 (1999.2)
- (5.4) 鎌野智、山本真司、松本徹、他：胸部X線CT像の診断支援システムにおける肺がん病巣候補の定量的解析、胸部CT検診、Vol.6, No.1, p.11 (1999.2)
- (5.5) 三輪倫子、山本真司、松本徹、他：可変 N-Quoit フィルタを用いた胸部X線CT像からの肺がん病巣候補自動抽出、電子情報通信学会論文誌、J82-D-II, 2, 178-187 (1999.2)
- (5.6) 奥村俊昭、山本真司、松本徹、他：Active Cylinder Model を用いた胸部X線CT像からの肺野領域精密抽出、1999年電子情報通信学会総合大会講演論文集、D-12-47 (1999.3)
- (5.7) 滝沢穂高、山本真司、松本徹、他：3D物体モデルを用いた胸部X線CT画像からの認識の不確かさを考慮した肺がん病巣認識、1999年電子情報通信学会総合大会講演論文集、D-12-48 (1999.3)

[分担研究者 小畑秀文]

- (5.8) 井関文一、小畑秀文、他：胸部CT画像からの気管支3次元木構造の抽出の手法、電子情報通信学会論文誌、Vol. J80-D-II, No.10, pp.2841-2847, 1997.
- (5.9) 小畑秀文、他：アイリスフィルタとその特性解析、計測自動制御学会論文誌、第34巻、第4号、pp.326-332, 1998.
- (6.0) 吉永幸靖、小畑秀文：濃度勾配ベクトルを用いたコントラストや幅に影響されない線領域の検出法、電子情報通信学会論文誌、Vol. J81-D-II, pp.2547-2555, 1998.
- (6.1) 萩原義裕、小畑秀文、他：CT画像を用いたじん肺粒状影の抽出とじん肺症自動分類の試み、Medical Imaging Technology, Vol.16, No.5, pp.578-584, 1998.

[分担研究者 縄野繁]

- (6.2) 縄野繁、他：FCRを利用したマンモグラフィ - 診断支援システム(CAD)の開発、第7回日本乳癌画像研究会、日本乳癌画像研究会、P29, 1998.2
- (6.3) 縄野繁、他：デジタルMMGを用いたコンピュータ診断支援システムの開発、日医放Vol158, No2 P236, 1998.
- (6.4) 伊藤直樹、下宮一見、縄野繁、他：MR画像からの転移性脳腫瘍の自動検出、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会、コンピュータ支援画像診断学会、P141, 1998.
- (6.5) 下宮一見、伊藤直樹、縄野繁、他：MR画像からの脳実質の自動抽出、第8回コンピュータ支援画像診断学会、P165.1998、コンピュータ支援

援画像診断学会、1998.

- (6.6) 縄野繁、他：FCRを利用したマンモグラフィ - 診断支援システムの開発、第8回コンピュータ支援画像診断学会、P173, 1998.
- (6.7) H.Takeo, K.Shimura, H.Kato, F.Kobatake, S.Nawano : On-demand Computer-aided Diagnosis Workstation in Full Digital Mammography Radiology Volume 209(P)P673
- (6.8) 縄野繁、他：FCR-MMGを利用したコンピュータ診断支援(CAD)装置の開発、第8回日本乳癌画像研究会、日本乳癌画像研究会、1999.
- (6.9) S.Nawano et al. : Computer-aided diagnosis in full digital mammography Investigative Radiology in press、1999.

[分担研究者 長谷川純一、一部に 代表鳥脇純一郎との共著も含む]

- (7.0) 宋在旭、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：Deformable Modelを用いた胸部X線像からの血管影の自動抽出手順、MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY (採録決定)
- (7.1) 小崎友彰、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：ビジョンエキスパートシステム3D-IMPRESSにおける3次元線図形抽出手順の自動構成、画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'98)講演論文集II, pp.11-125-11-130 (July 1998)
- (7.2) 平野 靖、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：集中度フィルタを用いた3次元形状特徴の抽出とその胸部X線CT像診断への応用、画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'98)講演論文集II, pp.11-201-11-206 (1998.7)
- (7.3) 宋在旭、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：肺気腫の病勢進行度の定量化手順とその性能評価、医用画像工学会研究会(JAMIT Frontier'99)講演論文集、pp.44-49 (Jan. 1999)
- (7.4) 寺澤真人、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：間接撮影胸部X線像からの肺がん検出支援システム、医用画像工学会研究会(JAMIT Frontier'99)講演論文集、pp.225-230 (Jan. 1999)
- (7.5) 濱田敏弘、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：画像処理に基づくパターン認識手順の自動構成、計測自動制御学会第46回パターン計測部会研究会資料、(1999.1)
- (7.6) 宋在旭、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：スケールスペース処理を用いた胸部X線像からの末梢血管影の自動抽出、第37回日本MEE学会大会論文集、1H3-3 (1998.5)
- (7.7) 平野 靖、長谷川純一、鳥脇純一郎：3次元曲率を用いた3次元濃淡画像の細線化、第37回日本MEE学会大会論文集、3G1-3 (1998.5)
- (7.8) 森 健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：3次元腰部CT像に基づく胃の仮想的展開像作成手順の改善、MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY、16、4、pp.407-408 (1998.7)
- (7.9) 周 向榮、長谷川純一、鳥脇純一郎、他：3次元画像処理エキスパートシステム、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会大会合同論文集、p.153 (Sep. 1998)
- (8.0) A.Shimizu, J.Hasegawa, J.Toriwaki, et al. ; A Semiautomatic Segmentation Procedure of Three Dimensional Images Using a Deformable Model", 第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会大会合同論文集、pp.171-172 (Sep. 1998)
- (8.1) 松本 徹、長谷川純一、縄野 繁、小畑秀文、他：所見探索行動の計量、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会大会合同論文集、pp.181-182 (Sep. 1998)
- (8.2) 平野 靖、長谷川純一、鳥脇純一郎：4次元曲率を用いた3次元濃淡画像の細線化手法、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会大会合同論文集、pp.183-184 (Sep. 1998)
- (8.3) 桐 利之、長谷川純一、縄野繁、他：仮想化された胃内壁モデルの変形手法について、第8回コンピュータ支援画像診断学会大会/第7回日本コンピュータ外科学会大会合同論文集、pp.187-188 (Sep. 1998)

[分担研究者 池田充 共同研究者藤田広志、原武士を含む]

- (8.4) 五藤三樹、遠藤登喜子、藤田広志：マンモグラム上の腫瘍陰影の良・悪性鑑別について、医用画像情報学会雑誌、15-1, 27-35 (1998).
- (8.5) 福岡大輔、藤田広志、遠藤登喜子、他：初期輪郭の自動生成と制御点の統合を含んだ動的輪郭抽出法 - 乳腺超音波画像への適用 - 電子情報通信学会技術研究報告、97 (581), 45-48 (1998).
- (8.6) 原 武士、藤田広志、他：医用3次元画像と知的情報処理の基礎(特集)3次元画像と知的情報処理、Medical Imaging Technology、16-2, 103-110 (1998).

- (8 7) 基礎 放射線画像工学 分担編集(藤田広志), オーム社, 東京 (1998)
- (8 8) 松原友子, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: マンモグラムのためのコンピュータ診断支援システムの開発 - 腫瘍陰影の自動検出における低濃度領域抽出法の改善 -, 日本乳癌検診学会誌, 7-1, 87-101 (1998)
- (8 9) 福岡大輔, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: 初期輪郭の自動生成と制御点の統合を含んだ動的領域輪郭抽出法, 電子情報通信学会論文誌D-II, J81-D-II-6, 1448-1451 (1998) .
- (9 0) 五藤三樹, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: 多段型振り子フィルタによるマンモグラム腫瘍陰影のスピキュラ検出, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'98) 論文集 II (情報処理学会), 195-200 (1998) .
- (9 1) 松原友子, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: 乳房 X 線写真における腫瘍陰影検出アルゴリズムの改良 - テクスチャと形状解析および左右比較による偽陽性候補の削除 -, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'98) 論文集 II (情報処理学会), 239-244 (1998)
- (9 2) 福岡大輔, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: Snakes を利用した乳腺超音波断層像における腫瘍像の自動検出, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'98) 論文集 II (情報処理学会), 245-250 (1998)
- (9 3) デジタル放射線画像, 分担編集(藤田広志), 分担執筆(藤田広志・原 武史), オーム社, 東京 (1998)
- (9 4) 原 武史: パソコンによる JSRT 標準デジタル画像データベースの活用 - Mathematica も使ってみよう - (パソコンソフト活用術(第 6 回)), 日本放射線技術学会雑誌, 54-9, 1171-1175 (1998)
- (9 5) 加藤元浩, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: 微小石灰化クラスターの自動検出における動的しきい値法を用いた偽陽性候補の削除, 医用画像情報学会雑誌, 15-3, 171-178 (1998) .
- (9 6) 藤田広志: 知的画像処理による腫瘍性病変の画像診断支援技術, INNERVISION, 13-13, 86-88 (1998) .
- (9 7) 笠井 聡, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: 腫瘍陰影自動検出アルゴリズムにおける左右乳房画像の比較, MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY, 16(6), 655-666 (1998) .
- (9 8) 大塚 修, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: 2 次統計量を用いたマンモグラム CAD システムにおける腫瘍陰影の偽陽性候補の削除, 医用画像情報学会, 16-1, 13-19 (1999) .
- (9 9) 谷 芳伸, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: 乳房 X 線写真における腫瘍陰影の鑑別システムの開発, MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY, 17, 掲載決定 (1999) .
- (1 0 0) 新井 傑, 藤田広志, 遠藤登喜子, 他: コンピュータネットワークを用いた支援診断システムの開発 - www を用いた乳房 X 線写真のためのシステム -, 日本放射線技術学会雑誌, 55-4, 印刷中 (1999)
- [分担研究者 松本徹]
- (1 0 1) 館野之男, 松本 徹, 他: マンモグラフィの診断精度の相違が乳癌検診のリスク/ベネフィット関係に及ぼす影響, 日乳癌検診学会誌, 6(2) 255-261, 1997
- (1 0 2) 館野之男, 松本 徹, 他: 放射線高感受性群に対するスクリーニング MMG のリスク, 日乳癌検診学会誌, 6(2) 263-270, 1997
- (1 0 3) 松本 徹: マンモグラフィの QA/QC システムの確立とその実施システムについて, 日乳癌検診学会誌, 6(2), 191-199, 1997
- (1 0 4) 富田稔啓, 山本真司, 松本 徹: モデル情報と最小値投影法による胸部 CT 像の肺野領域抽出, Med. Imag. Tech. 15(2), 164-174, 1997
- (1 0 5) 福久健二郎, 松本 徹, 他: 肝臓疾患の超音波断層像および肝シクラムによる診断能の客観的評価に関する研究(その 1) - 日本で収集した 9 3 症例による国際読影実験, Med. Imag. Tech. 15(2), 139-151, 1997
- (1 0 6) 山本真司, 松本徹, 他: 肺がん検診用 CT (LSCT) の診断支援システム, 胸部 CT 検診, 4(3): 219-222, 1997
- (1 0 7) 加古純一, 山本真司, 松本 徹, 他: 可変 N-Quoit フィルタによる肺病巣候補自動抽出法の解析と実証, Med. Imag. Tech. , 15(4) July, 523-524, 1997
- (1 0 8) 増藤信明, 山本真司, 松本 徹, 他: 肺がん検診用 CT (L S C T) の診断支援システム, Med. Imag. Tech. , 15(4) July, 561-562, 1997
- (1 0 9) . 奥村俊昭, 山本真司, 松本徹, 他: 肺がん検診用 (L S C T) の診断支援システム, コピュタ支援画像診断学会論文誌, Vol. 2(3) July: 1-8, 1998
- (1 1 0) 楠洋子, 松本徹, 他: CT 技術の臨床応用 (CT が「ド」下微少肺癌診断) はどう発展するか?, 第 1 2 回肺癌「カンファレンス」論文集, 東北大学出版会, 17-30, 1998
- (1 1 1) 奥村俊昭, 山本真司, 松本 徹, 他: Active Cylinder Model を用いた胸部 X 線 CT 像からの肺野領域抽出, Med. Imag. Tech. 16(1): 61-71, 1998
- (1 1 2) 松本徹: 人間の見方と機械の見方, CADM NewsLetter, 23, 5-9, 1998
- (1 1 3) 古川章, 松本徹, 山本真司, 他: らせん CT による肺癌診断支援システム評価のための L S C T (Lung cancer Screening CT) 画像データベースの構築について, 放射線医学物理 (日本医学放射線物理学会・日本医学物理学会共同機関誌) Suppl. 56: 45, April, 1998
- (1 1 4) 福久健二郎, 松本徹, 他: 胸部らせん CT の腫瘍影読影について, 放射線医学物理 (日本医学放射線物理学会・日本医学物理学会共同機関誌) Suppl. 56: 46, April, 1998
- (1 1 5) 堤直葉, 松本徹, 他: 胃 X 線写真の観察時の視線解析 (基礎実験との差異), 放射線医学物理 (日本医学放射線物理学会・日本医学物理学会共同機関誌) Suppl. 56: 48, April, 1998
- (1 1 6) 高木博, 松本徹, 他: CT 肺癌検診の被曝線量と画質 - シミュレーションによる検討, 放射線医学物理 (日本医学放射線物理学会・日本医学物理学会共同機関誌) Suppl. 56: 60, April, 1998
- (1 1 7) 松本徹, 長谷川純一, 縄野繁, 小畑秀文: 画像読影機能の分析 - 所見探索行動に及ぼす図形性の強さの効果について, 放射線医学物理 (日本医学放射線物理学会・日本医学物理学会共同機関誌) Suppl. 56: 67, April, 1998
- (1 1 8) 吉村明修, 松本徹, 他: らせん CT による肺癌一次検診の費用効果分析, 肺癌, 第 3 9 回日本肺癌学会総会号, 38(5) Sep/1998, F69: 536
- (1 1 9) 諏訪孔二, 松本徹, 他: 視線解析の為の画像提示システム, 第 76 回日本医学放射線物理学会大会, 第 1 6 回日本医学物理学会大会 (JARP-JAMP 合同学術大会) JARP-JAMP ' 98 報文集, 放射線医学物理 18 Supplement 57, 19pA1: 77-80, 1998
- (1 2 0) 古川章, 松本徹, 山本真司: らせん CT による肺癌検診の評価のための web 上で動作する CT 画像データベース, 第 76 回日本医学放射線物理学会大会, 第 1 6 回日本医学物理学会大会 (JARP-JAMP 合同学術大会) JARP-JAMP ' 98 報文集, 放射線医学物理 18 Supplement 57, 19pA2: 81-83, 1998
- (1 2 1) 松本徹, 長谷川純一, 縄野繁, 小畑秀文: 画像読影機能の分析 - 胃 X 線像所見探索行動のひた集中依存性について, 日本行動計量学会 第 2 6 回大会発表論文抄録集, 135-138, 1998
- (1 2 2) 松本徹, 長谷川純一, 縄野繁, 小畑秀文: 所見探索行動の計量, ICBME/ISBM RE/JCCAS ' 98, 第 8 回コピュタ支援画像診断学会大会, 第 7 回日本コピュタ外科学会大会合同論文集 181-182, 1998
- (1 2 3) 古川章, 松本徹, 山本真司: CT 画像データベースを用いた肺癌検診支援システムの評価, ICBME/ISBM RE/JCCAS ' 98, 第 8 回コピュタ支援画像診断学会大会, 第 7 回日本コピュタ外科学会大会合同論文集, 145-146, 1998
- (1 2 4) 奥村俊昭, 山本真司, 松本徹: 肺がん検診用 (L S C T) の診断支援システム, コピュタ支援画像診断学会論文誌, Vol. 2(3) July: 1-8, 1998
- (1 2 5) 飯沼武, 松本徹, 他: 肺癌検診用 CT (L S C T) が備えるべき基本性能の試案, 胸部 CT 検診, Vol. 5(2): 29-31, 1998

(報告書の規定により、著者名は先頭著者および分担研究者のみを記す。)

[報告転載ここまで]

あとがき

本研究プロジェクトは、標記の通りのテーマのものであるが、広い意味ではがんの画像診断に計算機を駆使して新しい可能性を見出し、実用につなぐまで展開する役割を担ってきたと筆者は考えている。この観点からすれば、各時代において同様の役割を担ったプロジェクトが既に 10 年以上にわたって行われてきており、現在も「多元デジタル映像の認識と可視化に基づくがんの自動診断システムの開発に関する研究」(代表: 長谷川純一) において継承され

ている。過去にも、これらの研究班の中から発生したもの、他所で考案され、特にがんの診断支援の観点からその時々で研究班で評価され、磨きをかけられたもの、などがいくつも実用、もしくはそれに近い状態にまで発展している。例えば、最近では、マンモグラムの計算機診断、肺がんのCT検診のCAD、仮想化内視鏡システムの応用、等があげられる。本格的な3次元画像の時代を迎え、今後の益々の発展が期待される所以である。

なお、本文、および、報告書の文章そのものは筆者（鳥脇）が作成したものである。また、報告書中には班員（分担研究者）しか含まれていないが、実際の研究には各分担研究者と共同研究の形で、あるいは、本プロジェクトの研究協力者として、そして、班会議への参加者として、他の多くの研究者が参加して頂いていることを付記し、謝意を表する次第である。

終わりに、厚生省がん研究助成金の支援、および、転載を快諾いただいた国立がんセンターに深謝する。

著者紹介



鳥脇純一郎(とりわき しゅんいちろう)

昭和37年名大・工・電子卒。昭和42年同大学大学院博士課程了。同年4月名古屋大学工学部助手。以後、昭和45年助教授、昭和49年名古屋大学大型計算機センター助教授、昭和55年豊橋技術科学大学情報工学系教授、昭和58年名古屋大学工学部電子工学科教授、昭和60年4月より同情報工学科教授を経て、平成6年より同大学院工学研究科情報工学専攻教授。工博。パターン認識、画像処理、グラフィックス、および、それらの医学情報処理への応用に関する研究に従事。著書「画像理解のためのデジタル画像処理Ⅰ,Ⅱ」(昭晃堂)、「パターン情報処理の基礎」(朝倉書店)、「認識工学」(コロナ社)、電子情報通信学会、情報処理学会、日本エム・イー学会、人工知能学会、IEEE各会員。

**Research Report of the Project on Development of Automated Image Diagnosis
System of Cancer using Multimodal Digital Image Processing
by the Grant-in-Aid for Cancer Research, the Ministry of Health and Welfare,
Japanese Government**

Jun-ichiro Toriwaki^{*1}

^{*1}Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Nagoya University