

研究論文

3次元画像処理エキスパートシステム 3D-IMPRESS と
3D-IMPRESS-Pro における手順構成の性能比較周 向栄^{*1} 濱田 敏弘^{*2} 清水 昭伸^{*3}長谷川 純一^{*4} 鳥脇 純一郎^{*1}

要旨

筆者らはこれまで、コンピュータによる3次元画像の読影支援システムの開発を支援するために、3次元画像処理手順を自動構成するエキスパートシステム、3D-IMPRESSと3D-IMPRESS-Proの開発を進めてきた。この2つのシステムではそれぞれ手順構成の目的が異なり、3D-IMPRESSは目標図形の形状抽出精度、3D-IMPRESS-Proは目標図形の位置の検出精度を重視している。本論文では、両システムにおける手順構成時の評価尺度の違いに基づく構成手順の性質の差異について検討する。具体的には、実際に両システムを用いて3次元胸部CT像から異常陰影を検出する手順を自動構成し、構成された手順の性能を互いに比較・評価した結果について報告する。

Key words : three dimensional image processing expert system, automated construction of procedure, three dimensional chest CT image, cancer shadow detection.

1. はじめに

近年、CTやMRIなどのイメージング装置の進歩に伴い、医療分野では大量の2次元や3次元の濃淡画像が扱われるようになってきた。しかし、データ量の多さや、3次元画像の場合には3次元空間内の濃淡分布の観察が難しいことから、例えば画像内の病変部の検出を行う際に、それらを漏れなく正確に検出することは医師にとってかなりの集中力と経験が要求され、計算機による支援が強く期待されている[1,2,3]。実際、肺がん検診ではヘリカルCTで撮影された3次元胸部X線像の利用が試験的に始まり、早期発見が期待されているが、大量の画像データによる読影医師への負担が大きく、計算機による支援が検討されている[2,4]。しかし、このようなシステムは設計者の経験に基づいて作成されることが多く、処理手順やパラメータなどの最適化には非常に多くの時間と労力を必要とし、現実には不可能な場合も少なくない。そこで、必要な画像処理手順を自動構成できるシステムの開発が望まれている。

これまでに、2次元画像処理手順の設計を支援するためのエキスパートシステムが幾つか開発されており[5-9]、著者らも画像処理手順の自動構成を行うエキスパートシステムIMPRESSを提案してきた[10-12]。しかし、3次元画像を対象としたシステムは筆者らが提案した3D-IMPRESS[13]と3D-IMPRESS-Pro(3D-IMPRESS based on Probabilistic model)[14,15]以外には報告されていない。ここで、これらのシステムは、3次元の原画像とそこから抽出したい図形(サンプル図形と呼ぶ)の組を与えると、その図形を抽出するための3次元画像処理手順を自動生成するが、3D-IMPRESSはサンプル図形の形状の抽出精度、3D-IM-

PRESS-Proはユーザの与えたサンプル図形の存在の検出率をそれぞれ重視して手順を構成する。また、これまでに、上記システムを実際の3次元胸部CT像からの肺がん陰影検出問題に適用し、それぞれ目標とする手順の生成が原理的に可能である事を確認してきた。しかし、そこでは構成された両手順による処理結果の差異は示したが、手順の構成方式や構成された手順の性質の違いについては十分に検討していなかった。

本研究では、3D-IMPRESSと3D-IMPRESS-Proの比較評価を行う。具体的には、3次元胸部CT像から肺がん陰影を検出する手順をそれぞれ自動構成し、それらの手順による処理結果を評価しながら手順の構成方式や構成された手順の性質の違いについて考察する。

以下本文では、まず、3D-IMPRESSと3D-IMPRESS-Proにおける手順構成処理の概要を説明し、次に両システムを用いた異常陰影抽出手順の自動構成実験について述べる。最後に、その実験結果に基づいて両システムの手順構成方式の特色について幾つかの点から考察を行う。

2. システムの概要

2.1 3D-IMPRESSの概要[13,16]

3D-IMPRESSは、ユーザがサンプル図形と原画像の対(標本と呼ぶ)を入力すると、そのサンプル図形を原画像から抽出するための3次元画像処理手順を出力する。手順構成の流れをFig.1に示したが、まず、標本ごとに最適な画像処理手順(個別手順と呼ぶ)を独立に自動構成する。次に、その個別手順を利用して全ての標本に共通に働く手順を求める(手順集約処理と呼ぶ)。最後に、その手順の性能を評価し、ユーザの要求を満たしていればそれを出力する。そうでなければ各標本からの個別手順構成または手順集約処理に戻る。なお、以上の処理は3次元画像処理に関する知識データベースの内容を参照しながら行われる。以下ではそれぞれの処理をさらに詳しく述べる。

まず、個別手順の構成処理では、初めに、サンプル図形

*1名古屋大学大学院工学研究科 〒464-8603 名古屋市

*2香川県産業技術センター 〒761-8031 高松市

*3東京農工大学大学院生物システム応用科学研究所 〒184-8588 小金井市

*4中京大学情報科学部 〒470-0393 豊田市

投稿受付: 2000年 5月 30日

最終稿受付: 2000年 6月 20日

採用決定日: 2000年 6月 20日

の特徴を調べて、塊・面・線、および、点の何れかに分類する。次に、その結果を用いて、データベースに予め用意した大まかな処理手順を1つ選択する。ここでの大まかな処理手順とはそれぞれの目的に応じた典型的な処理手順を複数の基本処理の系列で記述したものであり、現在本システムは5種類の大まかな処理手順が登録されている。さらに、サンプル図形から推定される期待画像(各処理の入力として期待される画像)を用いて、実際の処理結果を評価しながら最適なアルゴリズムやパラメータを逐次的に決定する。例えば、塊状図形の場合には、Fig.2に示したように、「平滑化・差分」、「2値化」、「図形融合」、「小成分除去」、4つの各処理に対して、サンプル図形から推定された期待画像を用いて、最も期待画像と類似するような結果を得られる具体的な処理手順を逐次的に決定していく。最後に、自動構成された手順による出力図形とサンプル図形を比較して、一致度[13]があるしきい値以上の場合にはその手順を出力して処理を終了し、それ以外の場合には、サンプル図形の前処理または大まかな処理手順の選択まで戻って再び手順の構成を試みる。

次に手順集約処理について説明する。この処理では、基本的には従来提案した逐次型集約法[12]を用いる。ただし、そのまま適用すると3次元画像処理の場合には計算コストが非常に高くなる事が予想されるため、集約手順を求めるための探索空間を各個別手順を構成するアルゴリズムの和集合とした。このようにした理由は、集約の対象となる標本は互いに性質が類似している場合が多く、ある標本に対して最適なアルゴリズムは、他の標本に対しても上手く働く可能性が高い事が予想されるためである。

2.2 3D-IMPRESS-Pro の概要 [14, 15]

3D-IMPRESS-Proには、3D-IMPRESSと同じく原画像とサンプル図形(今回は異常陰影)の組が入力されるが、その他、ユーザから異常陰影の検出率と画像一枚あたりの拾いすぎ候補領域数(平均拾いすぎSR数と呼ぶ。SR: Suspicious Region)に関する要求も与えられる(注1)。また、出力はその要求を考慮して自動構成された3次元画像処理手順である。以下では3D-IMPRESS-Proにおける手順構成処理を説明するが、処理の概略はFig.3に示した通りであ

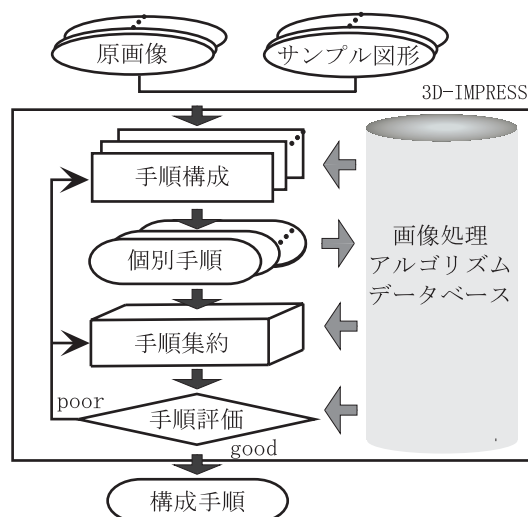


Fig.1 Outline of the 3D-IMPRESS.

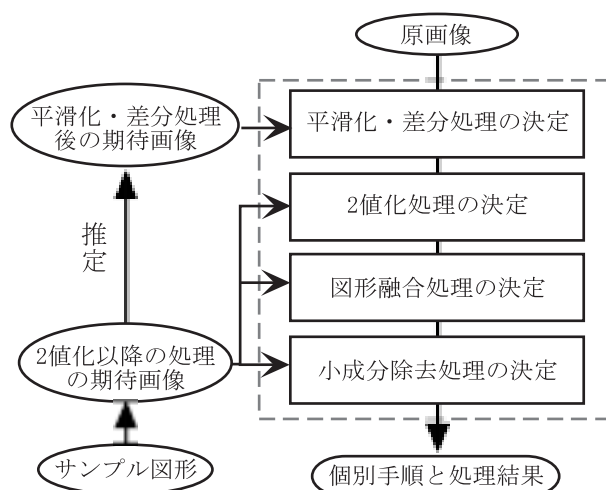


Fig.2 Flow of procedure construction for mass pattern extraction using a sample pair

る。ここで、このシステムでも局所処理(具体的なパラメータは未定)の直列合成[17]で定義される大まかな処理手順を用いるが、説明の簡単化のためにこの図には塊状図形用の大まかな処理手順を示した。

まず、ユーザが入力した要求から、大まかな処理手順を構成する各局所処理に要求される性能(検出率と拾いすぎに関する性能)を推定する。次に、その要求に基づいて作成した評価関数を用いて逐次的に各局所処理を決定していく。評価関数の詳細は文献14, 15に譲るが、ここでは画像処理データベース中のアルゴリズムを実際に入力画像に適用した結果を評価しながら処理の種類やパラメータを決定する。最後に、要求を満たす手順が存在する場合にはその中でSRの分類誤りが最も小さいもの、満たす手順が存在しない場合には分類誤りが最も要求に近いものを出力する。ここで、3D-IMPRESSと大きく異なる点は、各局所処理に要求される能力の推定処理、および、各処理を具体化する際の評価方法である。これらは手順構成処理の心臓部とも言うべき部分であり、筆者らが先に導いた確率モデル[14, 18, 19, 20, 21]に基づいて新しく開発した。なお、画像処理アルゴリズムデータベースや入出力インタフェースは3D-IMPRESSのものを用いている。

さらに、文献15では、できるだけ高い性能を持つ手順が構成されるように、SRの特徴量の測定・分類処理を自動決定する方法を改良した。また、実画像を用いた手順構成実験によって改良後の処理の有効性を評価した。

3. 試料画像と実験方法

3D-IMPRESSと3D-IMPRESS-Proの性能を比較するために、それぞれのシステムを用いて同一の3次元胸部CT像から肺がん陰影を検出する手順の自動構成を行った。

3.1 試料画像

実験には、胸部CT像31例(標本点間隔: $0.31 \times 0.31 \times$

(注1) この様な要求を入力として新しく加えたのは、実際のスクリーニングで診断精度に関する要求が存在すること、さらにその要求は検査コストや診断対象によって様々に異なるためである。実際、例えば、現在の肺がんのスクリーニングにおける要精検率は2~3%[4]、胃がんは約10%[22]であるという報告がある。

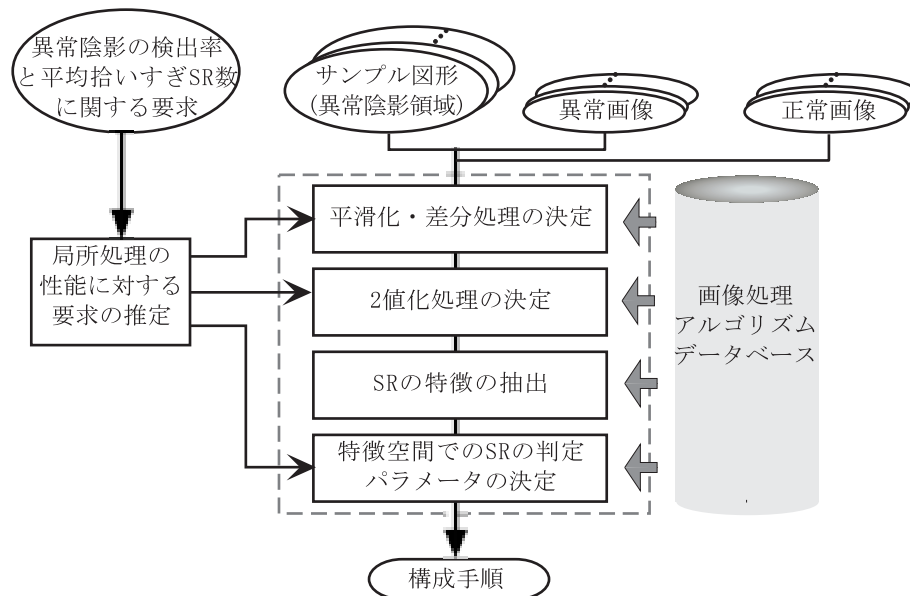


Fig.3 Procedure frame and procedure construction flow of the 3D-IMPRESS-Pro.

0.31(mm) ~ 0.42 × 0.42 × 0.42 (mm), 画像サイズ: 512 × 512 × 203 ~ 512 × 512 × 59(画素), 濃度レベル数 4096 (12 bit)を用いた。ただし, システムに入力する際にはあらかじめ手入力によって肺野内領域を切り出した。また, 各画像には肺がん陰影が1つ含まれており, それらを手入力した領域をサンプル図形とした。

3.2 実験方法

まず, 上記の31組の原画像とサンプル図形の組をそれぞれランダムに17組の設計標本と14組のテスト標本に分けた。次に, 設計標本を両システムに入力して画像処理手順を自動構成した。ここで, 大まかな処理手順はFig.2及びFig.3に示す通りである。また, 手順構成時に参照したデータベース内のアルゴリズムやそのパラメータの探索範囲は, 両方のシステムで共通に設定したが^(注2), 詳細については文献[13], [15]を参照されたい。さらに, 3D-IMPRESS-Proに入力した肺がん陰影の検出率と拾いすぎSR数に対する要求はそれぞれ1.0と1.5である。最後に, 自動構成された2つの手順を全ての原画像に適用し, 手順の性能を肺がん陰影の検出率, 平均拾いすぎSR数, および, 肺がん陰影の形状の抽出精度の三つの観点から評価した。

4. 実験結果

3D-IMPRESSと3D-IMPRESS-Proから自動構成された手順をTable 1, 及びTable 2に, また, 幾つかの原画像(1スライス)とサンプル図形(手入力の肺がん陰影)の組, および, その2つの手順を適用した結果をFig.4とFig.5に示した。ここで, 同図の(b), (c), (d)は透視投影法によって3次元表示したものである(視点と視線方向は同一標本では同じ)。また, Fig.4は設計標本の場合, Fig.5はテスト標本の場合である。さらに, Table 3には, 手順を全ての原画像に適用した結果から求めた肺がん陰影の検出率や抽出図形とサンプル図形の一致度などが示されている。

(注2) 大まかな処理手順の一部が異なるが, その部分については別々のアルゴリズムを参照した。

4.1 視覚評価

ここでは, 構成手順を原画像に適用した抽出結果(Fig.4及びFig.5の(b), (c), (d))に注目する。これを見ると, 3D-IMPRESSによる手順の方が肺がん陰影の形状に関する限り, より精度良く抽出できていることが分かる。しかし, 肺がん陰影以外の領域を見ると, 余分な図形(正常陰影の一部)の検出が多い。一方, 3D-IMPRESS-Proによる手順の方では, 肺がん陰影以外の余分な図形の検出がほとんどなく, 肺がん陰影のみを抽出している。ただし, 抽出された図形領域をサンプル図形と比べてみると, 特に表面形状の抽出精度が劣化していることが知られた。以上の結果は, 3D-IMPRESSと3D-IMPRESS-Proに用いられている手順構成法の違いを明確に表していると言える。

4.2 定量評価

次に, Table 3に示した肺がん陰影の検出率, 平均拾いすぎSR数, および, 抽出された図形とサンプル図形との一致度(全標本の平均)の三つの尺度から両手順を定量的に評価する。まず, 設計標本のサンプル図形との一致度は, 3D-IMPRESS-Proによる手順は0.49であり, 3D-IMPRESSの0.85と比べると約1/2であった。また, この傾向はテスト標本についても同様であった。一方, 検出率と平均拾いすぎSR数に関しては, 設計標本の場合を見ると検出率は共に1.0であるが, 拾いすぎSR数は3D-IMPRESS-Proによる手順の方が0.41と3D-IMPRESSの場合(27.59)の約1/67であった。一方, テスト標本に対する結果では, 拾いすぎSR数は設計標本の場合と同様3D-IMPRESS-Proの方がかなり少ないが, 検出率では3D-IMPRESSの方が高い値となった。これは, 3D-IMPRESS-Proによる手順のパラメータが設

Table1 Constructed procedure by 3D-IMPRESS

平滑化	メディアン, マスクサイズ=5(画素)
差分	鮮鋭化(18近傍), 差分間隔=26(画素)
2値化	濃度値 13060 → 1 それ以外 → 0
図形融合	収縮->拡散->拡散->収縮
小成分除去	体積 2998(画素) → 除去

Table2 Constructed procedure by 3D-IMPRESS-Pro

平滑化	一様重み, マスクサイズ=9(画素)
差分	2階差分, 差分間隔=26(画素) 方向ベクトル(0,0,1)
2 値化	濃度値 -1,220 → 1 それ以外 → 0
特徴量測定用 領域の抽出	濃度値 -743 → 1 それ以外 → 0
特徴空間での 判定	特徴量: 体積, 主軸方向における 各画素の座標値に関する分散 尤度比 1.055 → 異常と判定 それ以外 → 正常と判定

計標本に対して過学習したためである。そのため、今後は、テスト標本に適用しても設計標本に適用した時と同等の高い性能を示す手順が得られるように(=過学習を防ぐように)手順構成法を改善する必要がある。以上の結果を大まかにまとめると、異常陰影の表面の細かい形状の抽出精度に関しては3D-IMPRESSによる手順が、異常陰影の検出率と拾いすぎ誤りの抑制に関する性能は3D-IMPRESS-Proによる手順の方がよくなる傾向が認められた。また、今後、過学習の発生を抑えるように手順構成法を改善する予定である。

ここで、両システムの探索方式がどの程度異なるかを調べるために、3D-IMPRESSによる手順のパラメータのみを変更して3D-IMPRESS-Proによる手順の性能が実現できるかどうかを調べた。具体的には、3D-IMPRESSによる手順の全てのパラメータ(2値化のしきい値等)を独立に変化させて設計標本に適用して性能を評価した。その結果、検出率が1.0の条件下では拾いすぎSR数は最小で2.02(個/画像)であり^(注3)、従来の3D-IMPRESSの探索方式を単純に拡張しても3D-IMPRESS-Proに入力した検出誤りに関する要求や手順の性能を満たすことは難しいことが知られた。

これらの結果から、検出精度に関する要求を考慮しながら手順を構成するためには、3D-IMPRESS-Proの様に確率モデルを用いて各局所処理に要求される性能を推定し、その結果を元に一つ一つ処理を決定した方が良いと考えられる。その一方で、この節の最初に示した一致度を用いた手順の評価結果からは、陰影表面の細かい形状が抽出可能な手順(=一致度の高い手順)を構成するためには、3D-IMPRESSの利用が望ましいことが知られた。

4.3 計算コスト

17組の設計標本から一つの手順を構成する時間は、3D-IMPRESS-Proの場合は170時間、3D-IMPRESSは7時間であった(使用計算機: COMPAQ XP1000)。ここで、3D-IMPRESSの

計算時間の内、個別手順の生成時間は17(組)×約15(分/組)=約4.3時間、手順集約の処理時間は約2.7時間である。また、前節の後半で行った構成手順のパラメータを変化させる実験の計算時間は約85時間であった。以上のことから、パラメータ変更の実験を除けば3D-IMPRESSの計算コストはかなり低いと言える。これは、サンプル図形の近傍のみで処理を行えば良いためである。それに比べて3D-IMPRESS-Proの計算コストが大きいのは、手順構成時に拾いすぎSR数の確認のために画像全体を調べなければならないためである。ここで、この計算コストは、入力画像の大きさ、枚数、および、手順構成の際のパラメータの探索範囲の大きさなどにほぼ比例して増加するため、並列処理の導入なども含めた計算コストの削減が今後の重要な課題となっている。なお、計算時間が大きいのは、3次元画像処理そのものに時間がかかることにも原因があり、3D-IMPRESS-Proのみの問題ではなく、データベース中のアルゴリズムの改良も重要であると考えている。

5. 考察

ここでは上記の実験結果を踏まえて様々な観点から考察を行う。

(1) まず、手順を構成する時の評価尺度について考察する。3D-IMPRESSはサンプル図形の領域を正確に抽出する手順の構成が目的であり、その領域以外の図形の抽出は考慮していない。そのため、今回の実験でもサンプル図形に対応する領域は精度良く抽出されたが、それ以外の図形(拾いすぎ)を抽出する誤りに対しては、構成手順は抑制する能力を持っていない事が確認された。ただし、手順を構成する時にサンプル図形領域とその表面付近以外は評価する必要がないために、手順の構成時間は画像全体を評価する場合に比べてかなり短縮する事が可能である。一方、3D-IMPRESS-Proはサンプル図形に対応する図形の存在を正しく認識することが目的である。従って、画像全体でその図形の存在の認識率を評価するため、構成手順のサンプル図形以外の拾いすぎ成分の抽出抑制に関する性能は高い。ただし、手順の性能評価は画像全体で行うために、手順の構成時間は3D-IMPRESSより長くなる。

以上見てきたように、2つの手順評価方式は全く異なるため、一方の方式で構成された手順を後で使用条件のみ変えても(パラメータの調整などを行っても)もう一方の方式の仕様を満たすものを作れる保証は無い。この事は2.2節の実験においても確認されている。

(2) 次に、手順構成処理の流れ(処理方式)の面から検討する。3D-IMPRESSは、まず各標本からそれぞれ個別手順

Table3 Performance of the constructed procedures.

	設計標本(17症例)			テスト標本(14症例)		
	肺がん陰影の検出率	拾いすぎSR数	一致度	肺がん陰影の検出率	拾いすぎSR数	一致度
3D-IMPRESS	1	27.59	0.85	1	12.07	0.68
3D-IMPRESS-Pro	1	0.41	0.49	0.79	0.29	0.25

(注:3) この実験では、計算コストの問題から試料画像から切り出した部分画像(128×128×128画素)を用いた。実際の試料画像はこの部分画像の数倍になるため、拾いすぎSRはさらにかなり増える可能性が高いと考えられる。

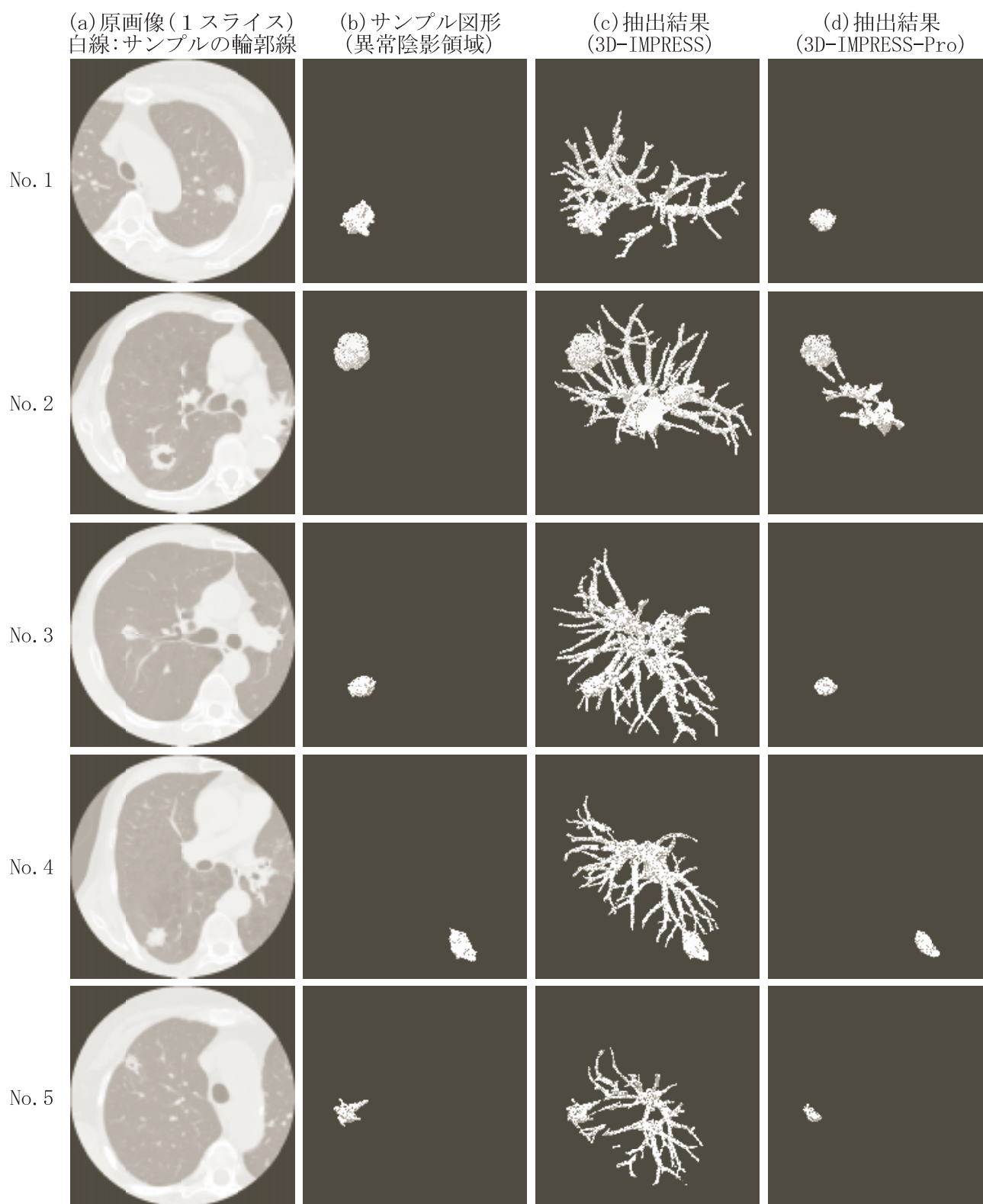


Fig.4 Original images, sample images and resultant images of applying the constructed procedures to design samples

を構成し、次に全ての標本を用いて1つの集約化手順を求める2ステップ方式である。この方式の特徴としては、例えば設計標本が新しく追加された場合の処理が新しい標本に対する個別手順の構成と手順集約処理のみで良い点が挙げられる。さらに、個別手順の構成が独立に行えるため、処理の並列化が容易である特徴もある。一方、3D-IMPRESS-

Proは常に設計標本の集合に対して1つの手順が構成される1ステップ方式である。これは手順構成時に標本集団に対する認識率を評価尺度としているためである。従って、新しく標本が追加された場合には全ての処理を再度行う必要がある。また、その計算コストは設計標本数に比例して増加するため、3D-IMPRESSよりかなりコストが高

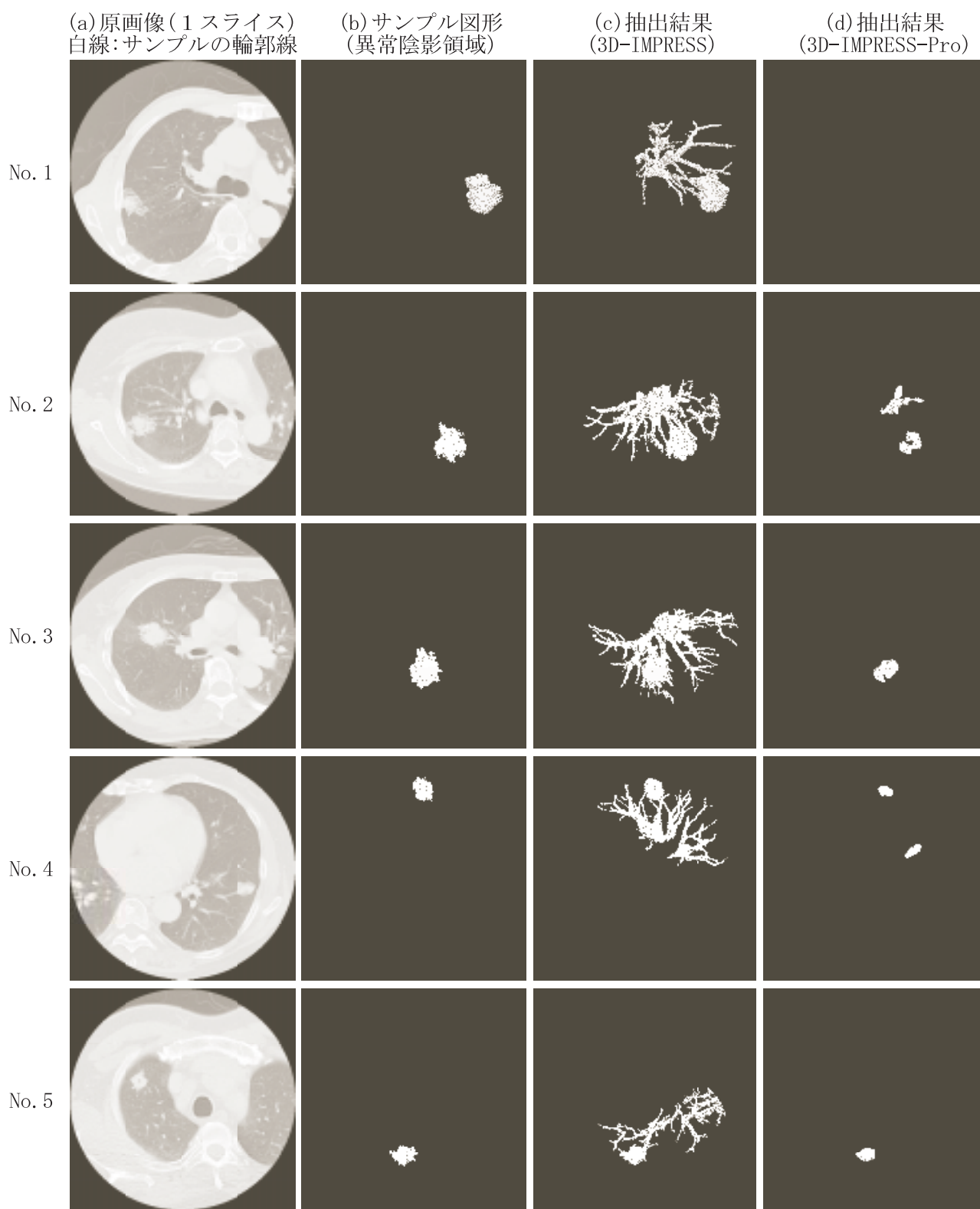


Fig.5 Original images, sample images and resultant images of applying the constructed procedures to test samples

い方式であると言える。しかし、手順構成時に行う評価処理はある程度は標本間で独立に行えるため^(注4)、部分的な並列化は可能である。

(3) ここでは、大まかな処理手順の違いについて注目する。今回の実験で用いた2つの大まかな処理手順の最も大

(注4) ただし、標本集団に対する認識率の計算時には全ての評価結果が揃う必要がある。

きい違いは3D-IMPRESS-Proの方に「特徴抽出 - 分類」処理が含まれていることである。これらの処理があるため、図形(=SR)が2値化処理で抽出された後、その特徴によって各図形の正常、異常の分類をすることが出来る。ここで、2値化処理では陰影の特徴が良く保存されるように多少大き目に図形を抽出した方が良く、そのために拾いすぎSR数が増えても「特徴抽出 - 分類」で除去できれば問題はない。

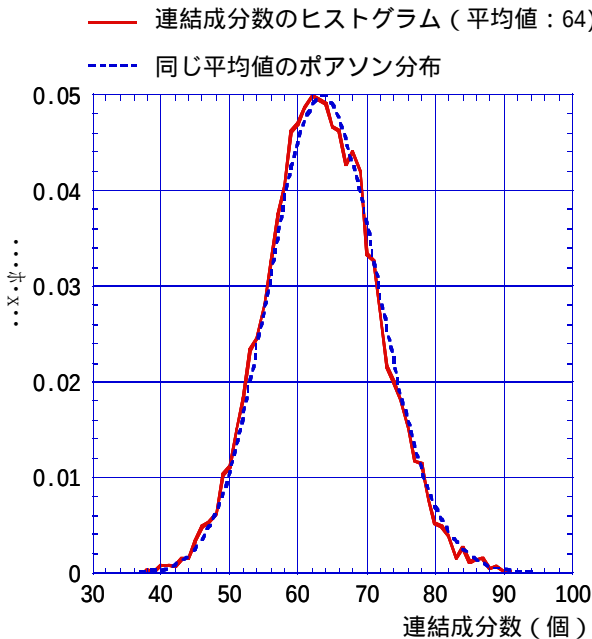


Fig.6 Distribution of number of connected components per an image.

しかし、このプロセスの能力が低い場合には拾いすぎSRの抽出は極力抑制しなければならず、2値化のしきい値を真の異常陰影を見落とさない範囲で出来るだけ高くとる傾向にならざるを得ない。この時、抽出図形の中にはその形状特徴が保たれにくいほど小さいものが増える傾向になり、それらに形式的に「特徴抽出・分類」処理を適用しても分類精度の向上は保証されない。従って、2値化処理での図形抽出のしきい値は、「特徴抽出・分類」処理によって調整されることが必要である[15]。これは、各処理グループ毎に逐次的に手順を最適化する3D-IMPRESSの手順構成法の1つの限界を意味する。

(4) 3D-IMPRESS-Proの処理手順構成時に用いられている画像処理の確率モデル[14,21]について考察する。この確率モデルでは、2値化後の拾いすぎSR数の分布をポアソン分布と仮定しているが、その妥当性、特に3次元画像の場合の妥当性についてはほとんど調べられていなかった。そこで、今回の実験に用いた設計標本の原画像をTable 2のしきい値付近で実際に2値化し、拾いすぎSR数を調べた。そして、帰無仮説「拾いすぎSR数はポアソン分布に従う」をK-S検定法により検定したところ判定は保留された(有意水準=0.005)。さらに、乱数を用いて人工的に作成した画像による検討も行った。具体的には、平均値1500、分散500の正規乱数を濃度値として10,000枚の人工画像(128×128×128画素)を生成し、2値化処理(しきい値=3000)を行って抽出された連結成分数(=拾いすぎSR数とみなす)の分布を調べた。結果をFig.6に示したが、この分布がポアソン分布に極めて近い事が分かる。実際、上と同じ帰無仮説を χ^2 検定法によって検定したところ判定は保留された(有意水準=0.001)。以上の事から、拾いすぎSR数に関する仮定は3次元画像の場合にもほぼ妥当であると考えられる。

(5) IMPRESSの両方式を知識発見の立場から検討することから、上記の項目には含まれない知見が得られる。これについては文献[23]に詳しく述べられている。

6 むすび

本論文では、著者らがこれまでに開発した2つの3次元画像処理エキスパートシステム、3D-IMPRESSと3D-IMPRESS-Proの比較を行った。具体的には、まず、それぞれのシステムを用いて実際の3次元胸部CT像から肺がん陰影を検出する手順の自動構成を行った。次に、それらの手順の性能を肺がん陰影の形状の抽出精度、陰影の検出の誤り率などの観点から評価した。最後に、その結果を基に様々な観点から各システムの手順構成方式の特色について考察した。

今後の課題としては、より多数の試料を用いた両システムの性能評価、他の手順構成問題への適用と比較、画像処理データベース内のアルゴリズムの充実や高速化、手順構成処理の高速化などが挙げられる。また、この2つのエキスパートシステムの特性に注目し、構成された手順を組み合わせることで実際の医用画像の診断支援システムを構築することも予定している。

謝辞 実験に使用したCT画像をご提供いただいた藤田保健衛生大学片田和廣博士、安野泰史博士及び国立がんセンター中央病院宮川国久博士に感謝する。また、日頃熱心に御討論頂く名古屋大学鳥脇研究室の諸氏に感謝する。なお、本研究には名古屋大学大型計算機センターおよび画像処理ライブラリSLIP-3Dを用いた。また、本研究の一部は文部省科学研究費補助金、厚生省がん研究助成金、文部省私立大学ハイテク・リサーチ・センター補助金、および、財団法人堀情報科学振興財団助成金による。

参考文献

- [1] 鳥脇純一郎, 館野之男, 飯沼 武編, “医用X線像のコンピュータ診断”, シュプリンガー・フェアラーク東京, pp.39, 1994.
- [2] 鳥脇純一郎, “医用X線像の計算機支援診断一動向と課題”, 信学論D-II, vol. J83-D-II, no.1, pp. 3-26, Jan. 2000.
- [3] 片田和廣, マルチスライスCTとCAD”, コンピュータ支援画像診断学会CADM NewsLetter, No.29, pp.10-12, May 2000.
- [4] 守谷欣明, “胸部間接X線像による肺癌集検の現状”, 胸部CT検診, Vol.1, pp.5-8, 1994.
- [5] 松山隆司, 尾崎正治, “LLVE: トップダウン・セグメンテーションのための画像処理エキスパートシステム”, 情処学論, vol. 27, no. 2, pp. 191-204, Feb. 1986.
- [6] 田村秀行, 佐藤宏明, 坂上勝彦, 久保文雄, “DIA-Expertシステムとその知識表現方法”, 情処学論, vol. 29, no. 2, pp. 199-208, Feb. 1988.
- [7] 久保文雄, 佐藤宏明, 坂上勝彦, 田村秀行, “粒子画像解析エキスパートシステムDIA-Expert/PA1”, 情処学論, vol. 29, no. 2, pp. 209-219, Feb. 1988.
- [8] R. C. Vogt, “Automatic Generation of Morphological Set Recognition Algorithm”, Springer-Verlag, 1989.
- [9] 依田育士, 山本和彦, 山田博三, “GAによる構造的モルフォロジー手順の獲得”, 信学論D-II, vol. J78-D-II, no.12, pp. 1758-1766, Dec. 1995.
- [10] 長谷川純一, 久保田浩明, 鳥脇純一郎, “サンプル図形提示方式による画像処理エキスパートシステムIMPRESS”, 信学論D, vol. J70-D, no.11, pp.2147-2153, Nov. 1987.
- [11] 長谷川純一, 久保田浩明, 高須晶英, 鳥脇純一郎, “画像処理エキスパートシステムIMPRESSにおける画像処理手順集約化機能について”, 情処学論, vol. 29, no.2, pp.126-133, Feb. 1988.
- [12] 濱田敏弘, 清水昭伸, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “ビジョンエキスパートシステムIMPRESSにおける画像処理手順の逐次型集約法とその性能評価”, 信学論D-II, vol. J82-D-II, no.11, pp.1982-1989,

- Nov. 1999.
- [13] 周向榮, 清水昭伸, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “3次元画像処理手順の自動構成のためのビジョンエキスパートシステム3D-IMPRESSとその性能評価”, 信学論D-II, vol. J82-D-II, no.11, pp.1949-1959, Nov. 1999.
 - [14] 周向榮, 濱田敏弘, 清水昭伸, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “医用画像からの誤り確率基準を満たす異常陰影検出手順の自動構成に関する研究”, 信学技報, M199-2, May 1999.
 - [15] 周向榮, 濱田敏弘, 清水昭伸, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “3次元画像処理エキスパートシステム3D-IMPRESS-Proの改良と肺がん陰影検出手順の自動構成への応用”, Vol.4, No.1, コンピュータ支援画像診断学会電子論文誌, May 2000.
 - [16] 牛島健博, 長谷川純一, “3次元濃淡画像からの特徴点抽出手順の自動構成に関する予備的検討”, 2000年電子情報通信学会総合大会講演論文集, D12-55, p.225, Mar.2000.
 - [17] 鳥脇純一郎, “画像理解のためのデジタル画像処理(I)”, 昭晃堂, pp.46, 1988.
 - [18] 清水昭伸, 鳥脇純一郎, 山本眞司, “画像処理による計算機支援スクリーニングシステムの確率モデルと能力の評価”, Med. Imag. Tech., Vol.11, No.5, pp. 645-652, Dec. 1993.
 - [19] 清水昭伸, 鳥脇純一郎, 山本眞司, “確率モデルを用いた計算機援用スクリーニングシステムの診断能力評価”, 医用と生体工学, Vol.31, No.3, pp. 22-28(BME,31,3), 1993.
 - [20] 濱田敏弘, 清水昭伸, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “誤り確率条件に基づく画像処理手順の自動構成の一種と画像処理エキスパートシステムIMPRESS-Pro”, 情報処理学会論文誌(採録決定)
 - [21] 濱田敏弘, 清水昭伸, 斎藤豊文, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “画像処理手順の自動構成のための図形検出システムの確率モデルに関する一考察”, 人工知能学会誌(採録決定).
 - [22] 河島輝明 他, “費用効果分析の手法を用いた読影精度の管理”, 日本消化器集団検診学会誌, Vol.19, pp.45-49, 1991.
 - [23] 鳥脇純一郎, 斎藤豊文, “知識の獲得・発見から見た画像処理エキスパートシステムIMPRESSの構成法の性質”, 発見科学: 巨大学術社会情報からの知識発見に関する研究—平成11年度科学研究費補助金特定領域研究(A)—研究成果報告書, pp.20-25, Mar.2000.

Comparative performance evaluation of three dimensional image processing expert systems 3D-IMPRESS and 3D-IMPRESS-Pro

Xiang-Rong ZHOU^{*1}, Toshihiro HAMADA^{*2}, Akinobu SHIMIZU^{*3}, Jun-ichi HASEGAWA^{*4}, Jun-ichiro TORIWAKI^{*1}

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

^{*2}Kagawa Prefectural Industrial Technology Center

^{*3}Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{*4}School of Computer and Cognitive Sciences, Chukyo University

Abstract

For assisting in development of computer aided systems for medical image diagnosis, we have already developed two expert systems 3D-IMPRESS and 3D-IMPRESS-Pro for automated construction of three dimensional(3D) image processing procedures. Evaluation criteria used in these systems are different. While 3D-IMPRESS puts stress on shape similarity of the extracted result with the corresponding sample figure to be extracted, 3D-IMPRESS-Pro places stress on classification accuracy for the given sample figure set. In this paper, characteristics of 3D image processing procedures constructed by each system are comparatively investigated based on the difference of evaluation criteria mentioned above. To do it practically, we apply both systems to construction of procedures for extracting abnormal shadows from real 3D chest CT images, and discuss the difference between performances of procedures obtained.

著者紹介



周 向栄 (しゅう こうえい)

1993 年中国ハルビン工業大・工・電気卒。1997 年名大大学院工学研究科博士前期課程了。現在同博士後期課程在学中。画像処理エキスパートシステムに関する研究に従事。



濱田敏弘 (はまだ としひろ)

昭 63 阪大・基礎工・生物工学科卒。平 2 同大大学院修士課程了。同年 4 月香川県工業技術センター勤務。画像処理に関する研究に従事。



清水昭伸 (しみず あきのぶ)

平 1 名大・工・電気卒。平 6 同大大学院了。同年同大・工・助手。平 10 東京農工大学・大学院・助教授。医用画像処理に関する研究に従事。



長谷川純一 (はせがわ じゅんいち)

昭 49 名大・工・電気・電子卒。昭 54 同大大学院博士課程(情報工学専攻)了。同年名大工学部電子工学科助手, 昭 61 同情報工学科講師。昭 62 より中京大学へ移り, 教養部助教授, 63 同教授を経て, 平成 4 年から同大学情報科学部教授。工博。パターン認識, 知的画像処理, および, それらの医療・スポーツ応用に関する研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本エム・イー学会, 日本医用画像工学会, 米国 IEEE 各会員。



鳥脇純一郎 (とりわき じゅんいちろう)

昭 37 名大・工・電子卒。昭 42 同大大学院博士課程了。同年 4 月名古屋大学工学部助手。以降, 昭 45 助教授, 昭 49 名古屋大学大型計算機センター助教授, 昭 55 豊橋技術科学大学情報工学系教授, 昭 58 名古屋大学工学部電子工学科教授を経て, 昭 60 年 4 月より同情報工学科教授。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), 情報処理学会, 日本エム・イー学会, コンピュータ支援画像診断学会, 人工知能学会, IEEE 各会員。