

## 複数の検出手法の統合による3次元腹部X線CT像からの リンパ節自動検出に関する検討

中村 嘉彦<sup>†</sup> 北坂 孝幸<sup>††</sup> 水野 慎士<sup>††</sup> 古川 和宏<sup>†††</sup> 後藤 秀実<sup>†††</sup>  
藤原 道隆<sup>†††</sup> 三澤 一成<sup>†††</sup> 伊藤 雅昭<sup>‡</sup> 縄野 繁<sup>‡‡</sup> 森 健策<sup>‡‡‡</sup>

<sup>†</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科 メディア科学専攻 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

<sup>††</sup> 愛知工業大学 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247

<sup>†††</sup> 名古屋大学大学院医学研究科 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

<sup>‡</sup> 国立がんセンター東病院 〒277-8577 千葉県柏市柏の葉 6-5-1

<sup>‡‡</sup> 愛知県がんセンター中央病院 〒464-8681 愛知県名古屋市千種区鹿子殿 1-1

<sup>‡‡‡</sup> 国際医療福祉大学三田病院 〒108-8329 東京都港区三田 1-4-3

<sup>†††</sup> 名古屋大学情報連携統括本部 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

E-mail: [tynakamura@mori.m.is.nagoya-u.ac.jp](mailto:tynakamura@mori.m.is.nagoya-u.ac.jp)

**あらまし** 本論文では、大腸がんや胃がんの術前診断支援を目的とした、腹部リンパ節の自動検出手法について述べる。転移リンパ節の可能性のある腫大リンパ節を自動的に検出することにより、切除範囲決定支援などの術前診断支援、ならびに検出したリンパ節の提示による術中支援の実現を目的とする。今回、従来手法の問題点であった過検出の削減の改良として、最小方向差分フィルタを用いた過検出削減を行った。腹部CT像28例に対する実験の結果、腹部リンパ節を約70%の精度で検出としたときの過検出数は約156個/例であった。

**キーワード** コンピュータ支援外科手術, リンパ節抽出, 局所濃淡構造解析, 最小方向差分フィルタ

## A study of automatic lymph node detection method based on combining a number of detection techniques from 3D abdominal X-ray CT images

Yoshihiko NAKAMURA<sup>†</sup>, Yukitaka KITASAKA<sup>††</sup>, Shinji MIZUNO<sup>††</sup>, Kazuhiro FURUKAWA<sup>†††</sup>,  
Hidemi GOTO<sup>‡‡</sup>, Michitaka FUJIWARA<sup>‡‡†</sup>, Kazunari MISAWA<sup>‡‡†</sup>, Masaaki ITO<sup>‡</sup>, Shigeru  
NAWANO<sup>‡‡</sup>, and Kensaku MORI<sup>‡‡‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603 Japan

<sup>††</sup> Aichi Institute of Technology, 1247 Yachigusa, Yakusa cho, Toyota, Aichi, 470-0392 Japan

<sup>†††</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603 Japan

<sup>‡</sup> National Cancer Center Hospital East, Kashiwanoha, 6-5-1, Kashiwa, Chiba, 277-8577 Japan

<sup>‡‡</sup> Aichi Cancer Center Hospital, 1-1, Kanokoden, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, 464-8681 Japan

<sup>‡‡†</sup> International University of Health and Welfare Mita Hospital 1-4-3, Mita, Minato-ku, Tokyo, 108-8329 Japan

<sup>‡‡‡</sup> Information and Communications Headquarters, Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8601 Japan

E-mail: [tynakamura@mori.m.is.nagoya-u.ac.jp](mailto:tynakamura@mori.m.is.nagoya-u.ac.jp)

**Abstract** We have been developing automatic abdominal lymph node detection methods to aid pre-operative diagnosis of the colon or the stomach cancer. Our purpose is to achieve the aid for resection area decision in pre-operative diagnosis and the aid for intra-operative by displaying detected lymph nodes. We have proposed methods for detecting lymph nodes based on estimation and classification of local intensity structure. In this paper, we improve false positive reduction process using the minimum directional difference filter. By applying the proposed method to 28 cases abdominal 3D CT images, it was possible to detect about 70 % lymph nodes with 156 FPs/case.

**Key words** computer aided surgery, lymph node detection, local intensity structure analysis, minimum directional difference filter.

## 1. はじめに

近年、CT 装置に代表される 3 次元医用イメージング装置から得られる画像を利用した画像診断、外科手術誘導などの支援を行う画像診断支援システム、外科手術支援システムの開発が盛んに行われている。本研究では、大腸がんや胃がんの治療手法のひとつである外科手術の術前診断の支援を目的とする。外科手術では、病巣および、転移部位を含む領域の切除が行われる。このとき、過剰に切除が行われた場合に手術を受ける患者の生活の質 (Quality of Life) の低下を引き起こす、もしくは、切除が不足していた場合に再発の可能性が高くなるなどの問題が発生する。そのため過不足なく、かつ、適切な切除範囲を設定することが必要となる。これらの問題に対し、術前に CT 像から主な転移経路であるリンパ節を抽出できれば、より適切な切除範囲を決定できると考えられる。さらに、リンパ節抽出結果と同時に血管領域などを CT 像上やボリュームレンダリング画像上に重畳表示することで、切除すべき範囲の確認や周辺の組織の把握が容易となる。また、術中の参照用画像としても利用することで、よりの確ながん外科手術の実施が可能となる。

腹部リンパ節抽出に関しては、テンプレートマッチングを用いた手法 [1] や、PET 像から検出する手法 [2], [3] などある。また、CT 像のみから抽出する手法として最小方向差分フィルタ [4] に基づく手法がある [5]。

これらの手法に対し、我々の研究グループでは、リンパ節を塊状構造と仮定し、CT 像上の各画素における局所的な濃淡構造の推定・分類に基づく方法によるリンパ節抽出を行なう手法を開発してきた [6]。本稿では、従来手法への最小方向差分フィルタによる検出処理の統合、および、直径の異なる様々な大きさのリンパ節の同時抽出について述べる。

以下、第 2 章で本稿で提案する局所濃淡構造解析を用いたリンパ節抽出手法、および、最小方向差分フィルタ過抽出領域削減手法の説明、第 3 章で実験条件とリンパ節抽出結果、第 4 章で考察、第 5 章で結論を述べる。

## 2. リンパ節検出手法

リンパ節検出には、ヘッセ行列の固有値を局所濃淡構造の推定に利用する。また、直径が 5mm から 10mm のリンパ節を対象として「小リンパ節検出処理」、直径 10mm 以上のリンパ節を対象として「大リンパ節検出処理」によりそれぞれ抽出を行い、その結果を最終的に統合することでリンパ節検出結果とする。実際のリンパ節の例として、図 1 に直径 5mm 程度のリンパ節と直径 15mm 程度のリンパ節を示す。それぞれ、右側の拡大図内の矢印の先の領域がリンパ節である。

### 2.1 小リンパ節検出処理

#### 2.1.1 塊状構造強調処理によるリンパ節検出処理

リンパ節を塊状構造と仮定し、ヘッセ行列の固有値を用いた局所濃淡構造解析により塊状構造を強調する。まず、前処理として、ガウシアンフィルタによる平滑化を施す。次に、CT 像上の各画素について、二階微分係数からヘッセ行列を算出し、各ヘッセ行列の固有値の大小関係から塊状構造強調を行う [7]。こ

のとき、大きさの異なるリンパ節を同時に抽出するために、複数のスケールでの塊状構造強調処理を行う。ここで、スケールとは前処理に用いたガウシアンフィルタの分散  $\sigma$ 、および、塊状構造強調処理における二階微分係数を算出する際の近傍領域の大きさ  $h$  の決定に用いるパラメータであり、スケールの値  $s$  によって抽出するリンパ節の大きさを変更することができる。このとき、 $\sigma = s[\text{mm}]$ 、 $h = 2 \times s[\text{mm}]$  としている。また、スケール  $s$  ごとに得られた強調結果画像  $\mathbf{G}_B^s$  の各画素  $\mathbf{p}$  において、

$$M(\mathbf{p}) = \max_s(\alpha_s \mathbf{G}_B^s(\mathbf{p})) \quad (1)$$

によりスケール間の強調結果を統合し、求まった強調結果  $M$  について、しきい値  $T_{Sblob}$  以上の領域を小リンパ節候補領域とする。ここで、 $\alpha_s$  は、スケールごとの出力値のばらつきを補正するためのパラメータである。

#### 2.1.2 最小方向差分フィルタによる候補領域削減処理

直径の小さなリンパ節を対象とした小リンパ節検出処理では、多数の小領域が候補領域として検出される。そこで、3 次元最小方向差分フィルタ (3D Minimum Directional Difference Filter; 以下、3DMinDD フィルタ)、および、拡張 3 次元最小方向差分フィルタ (3D Extended Minimum Directional Difference Filter; 以下、3D 拡張 MinDD) を用いて、候補領域の絞り込みを行う。3DMinDD フィルタおよび 3D 拡張 MinDD フィルタは、塊状構造を強調可能なフィルタであり、特に 3D 拡張 MinDD フィルタは、精度良く塊状構造を強調可能である。しかし、3D 拡張 MinDD フィルタをそのまま適用した場合には計算量が大きくなるため、3DMinDD フィルタを適用し得られた結果に対して 3D 拡張 MinDD フィルタを適用する。まず、前節で得られた初期候補領域内の各画素において、半径  $r$  の 3DMinDD フィルタを適用する。このとき  $r = s[\text{mm}]$  とする。得られた強調画像でしきい値  $T_m$  以上の領域について 3D 拡張 MinDD フィルタを適用する。この結果得られた画像にしきい値  $T_{me}$  でしきい値処理を行った結果を初期小リンパ節候補領域とする。

### 2.2 大リンパ節検出処理

大リンパ節を対象とした検出処理を行う。このとき、小リンパ節検出処理をそのまま適用すると、各種フィルタのサイズが非常に大きくなり、検出処理に要する時間が大幅に増大する。そこで、大リンパ節検出処理では、まず、CT 画像の大きさを各軸とも 2 分の 1 に縮小する。この縮小した画像について、局所濃淡構造解析に基づく塊状構造強調処理を施し、リンパ節領域の検出を行う。直径の大きなリンパ節を強調するために分散の大きなガウシアンフィルタによる平滑化を行った場合、濃度値分布が近く、隣接する別の組織の間の境界があいまいになり、連結した領域として強調処理が行われることがある。そのため、対象とするリンパ節領域のみを強調できない場合や、他のスケールの強調結果と統合することで、リンパ節から離れた領域が候補領域となってしまう場合があった。そこで、大リンパ節検出処理では、スケール間の統合は行わず、スケール  $s$  ごとに候補領域を得るものとする。このとき、スケール間で強調

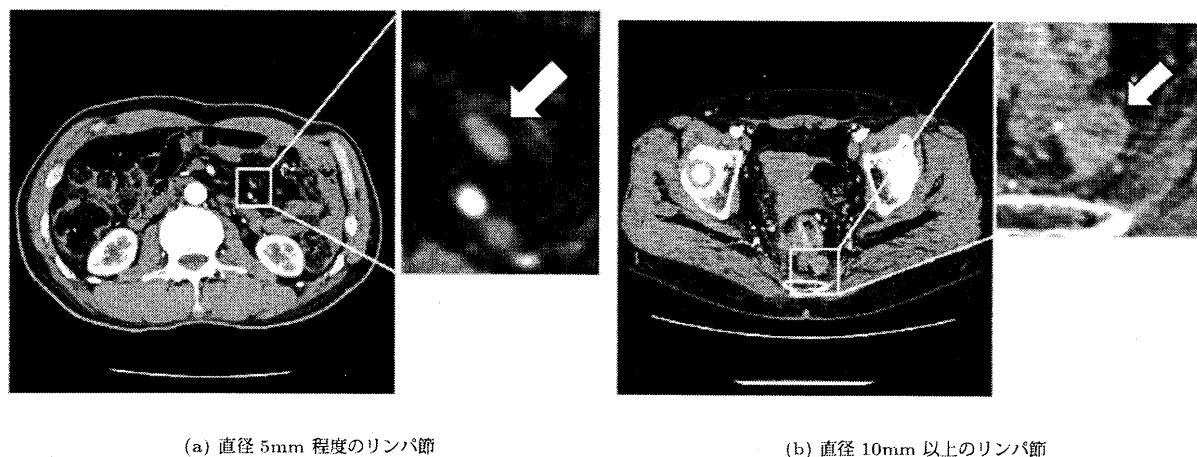


図1 腹部リンパ節の例

結果の値が異なるため、スケール  $s$  ごとに得られた塊状構造強調画像  $G_B^s$  の画像上の各座標  $p$  において、

$$M_s(p) = (\alpha_s G_B^s(p)) \quad (2)$$

によりスケール間の強調結果の値の正規化を行い、求められた各スケールごとの強調結果  $M_s$  について、しきい値  $T_{Bblob}$  以上の領域を各スケールごとの大リンパ節初期候補領域とする。得られた初期大リンパ節検出結果に対して、過検出削減処理を行う。

### 2.3 過検出削減処理

小リンパ節検出処理、および、大リンパ節検出処理共に得られたリンパ節候補領域についてそれぞれ過検出領域を削減する。以下の3つの処理からなる処理により、過検出削減を行う。ただし、小リンパ節候補領域、および、大リンパ節候補領域、それぞれの候補領域に施す処理の内容そのものは同様であるが、それぞれの検出時に用いたスケールの値により各処理におけるパラメータが選択される。

#### (1) 領域拡張処理を用いた抽出領域の形状補正

塊状構造強調処理により得られた各リンパ節候補領域について領域拡張処理により形状補正を行う。これは、塊状構造強調処理により得られた領域は、実際のリンパ節領域の一部分しか抽出できていないことが多いため、候補領域としてリンパ節領域全体を抽出するためである。同時に、リンパ節領域全体を抽出することにより、以降の過検出削減処理において領域内の濃度特徴や抽出された領域の形状特徴、ならびに、周囲の正常組織との関係などの情報を利用するためである。領域拡張処理では、まず、候補領域内の各画素を seed 点として領域の拡張を行う。領域拡張に用いる構造要素には球を使用し、その半径は塊状構造強調処理時に使用したスケール  $s$  に応じて調節する。このとき、領域拡張を行う際に候補領域の周辺に濃度値の近い他の組織などが存在すると、そのような領域を含んだものを候補領域として抽出してしまう場合がある。そこで、抽出されるリンパ節の大きさが初期候補領域を抽出したスケール  $s$  に従っていることから、領域拡張処理の開始点を中心とした半径  $L_s$  の球を

設定し、この球を超えて領域拡張処理が行われる場合には、その候補領域そのものを過検出として削除する。

#### (2) 正常組織に基づく過検出削減

リンパ節が存在しない骨や空気など、濃度値の分布によって特定が容易な領域をあらかじめ抽出しておき、それらの領域と重なっている部分が一定値以上である候補領域を過検出領域として削減する。

#### (3) 特徴量解析による過検出削減

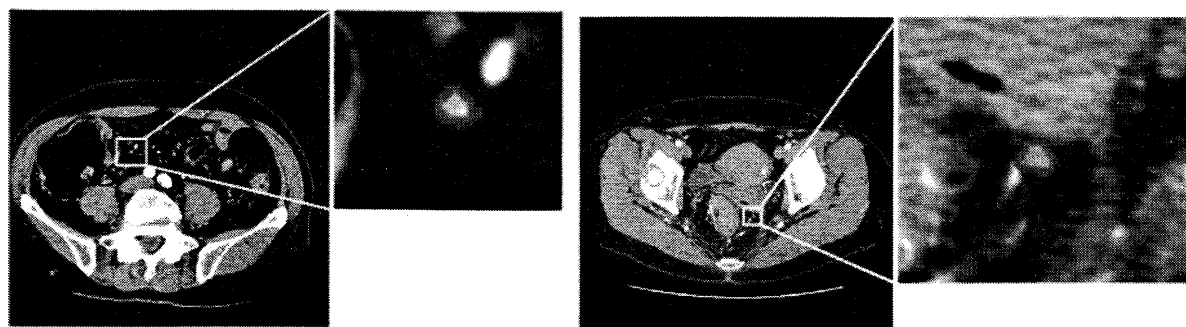
各リンパ節候補領域内の濃度値や抽出された領域の形状などを特徴量とした過検出削減を行う。今回、形状特徴量としてリンパ節領域の体積と表面積の比、外接球形度、内接球形度、領域内の最大距離値の3つ、濃度特徴量として抽出されたリンパ節領域内の濃度値の平均値の6つ、合計9個の特徴量を用いる。次に、正解領域と過検出領域のそれぞれのグループごとにこれらの特徴量から主成分分析を行う。この結果を用いて、未知の候補領域と、正解領域および過検出領域からのそれぞれのマハラノビス距離を算出し、2次分類器により正解か過検出かの識別を行う。このとき、各候補領域の初期検出時のスケール  $s$  ごとに正解領域と過検出領域のグループに分類し、各スケールごとに識別器を構築する。これは、スケール  $s$  ごとに抽出される領域の大きさや特徴などが大きく異なるため、識別器の精度が低下することを防ぐためである。

以上の過検出削減処理の後、残った領域を最終的なリンパ節候補領域とする。

## 3. 実験と結果

### 3.1 実験条件

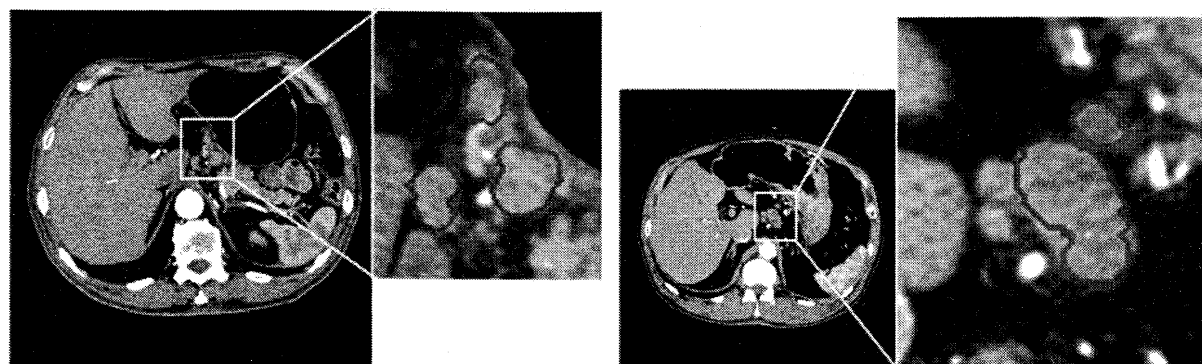
本稿では、造影3次元腹部X線CT像28例を使用した。うち、5例が大腸がんの症例、23例が胃がんの症例である。すべての画像は動脈優位相であり、画像の仕様は画像のサイズは  $512 \times 512 \times 401 \sim 406[\text{voxel}]$ 、画素のサイズは  $0.625 \times 0.625 \times 0.500 \sim 0.702 \times 0.702 \times 1.00[\text{mm}^3]$  である。今回、小リンパ節検出処理におけるパラメータは、スケールは  $s = 1.0, 2.0[\text{mm}]$  の2段階、大リンパ節検出処理における



(a) 孤立しているリンパ節の例 (左: Axial 断面像, 右: 拡大図)

(b) 他組織に隣接するリンパ節の例 (左: Axial 断面像, 右: 拡大図)

図 2 TP 例 (小リンパ節検出処理)



(a) 他組織に隣接するリンパ節の例 (左: Axial 断面像, 右: 拡大図)

(b) リンパ節同士が隣接している例 (左: Axial 断面像, 右: 拡大図)

図 3 TP 例 (大リンパ節検出処理)

スケールは  $s = 3.0, 4.0, 5.0[\text{mm}]$  の 3 段階とした。また、ガウシアンフィルタは  $\sigma = s[\text{mm}]$  でマスクサイズ  $2\sigma[\text{mm}]$  を適用した。各スケールにおける二階偏微分係数を求める際の近傍領域の大きさは  $h = 2s[\text{mm}]$  とした。塊状構造強調処理におけるしきい値等のパラメータについては予備実験の結果より、 $T_{Sblob} = 0$ ,  $T_{Bblob} = 40$ ,  $\alpha_s = s^{2.0}$  とした。これは、従来、 $T_{Sblob}$  の値を出来る限り過検出が発生しないような比較的高い値に設定していたため、そのまま使用すると見落としが発生する場合があるためである。同様に、3DMinDD フィルタおよび 3D 拡張 MinDD フィルタの半径  $r$  は  $r = s[\text{mm}]$ 、各フィルタでのしきい値  $T_m$ ,  $T_{me}$  についても、できる限り見落としを少なくするため、共に 0 と設定した。また、特徴量解析による過検出削減における識別は、Leave-one-out 法により評価を行った。他のパラメータについては予備実験の結果から設定した。今回使用した正解領域は、28 例中 26 例は医師により確認されたものであり、残りの 2 例については医用画像に詳しい工学者 2 人により確認されたものを使用した。

### 3.2 実験結果

抽出結果の例として、小リンパ節検出処理、大リンパ節検出処理それぞれにおける TP, FP, FN の例を示す。図 2, 3 に正検出 (True Positive; TP)、図 4, 5 に過検出 (False Positive;

FP)、図 6, 7 に未検出 (False Negative; FN) 例をそれぞれ示す。各図において、図中の左側が原画像、右側が注目部分の拡大図である。また、本手法により抽出された領域を枠線で示しており、黒色が TP、白色が FP を示す。図 6, 7 において FN は矢印で示す。結果として、約 70% を検出するとき、過検出数は約 156 個/例であった。

## 4. 考 察

実験結果より、様々な大きさの腹部リンパ節を検出可能であった。今回新たに 3DminDD フィルタおよび 3D 拡張 minDD フィルタの 2 つの最小方向差分フィルタを従来の手法に組み合わせることにより、見落としなく初期候補領域数を従来の約 21% まで削減することができた。しかし、最小方向差分フィルタを追加した場合としない場合の検出結果について、検出率を同じにしたときの最終的な過検出数は約 157 個/例であり、個数としての削減はほとんど行えなかった。これは、領域拡張処理などによる過検出削減処理により、初期候補領域内の過検出の多くが削減できていたためであると考えられる。しかし、最終的に検出された領域の比較を行うと、図 8 に示すような明らかな過検出の削減が行えていることがわかる。削減された明らかな過検出領域の多くは大腸壁やひだの一部や静脈などの血

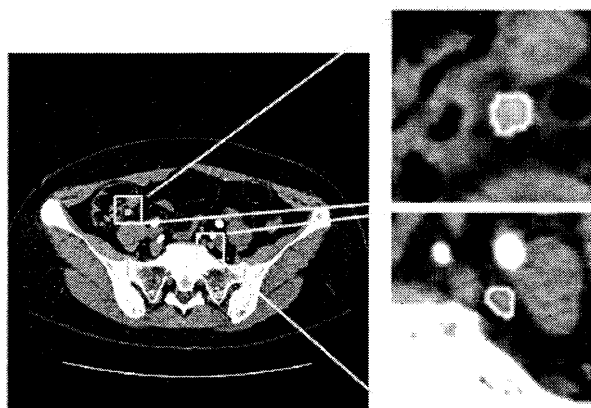


図4 FP例（小リンパ節検出処理）  
（左：Axial 断面像，右：拡大図）

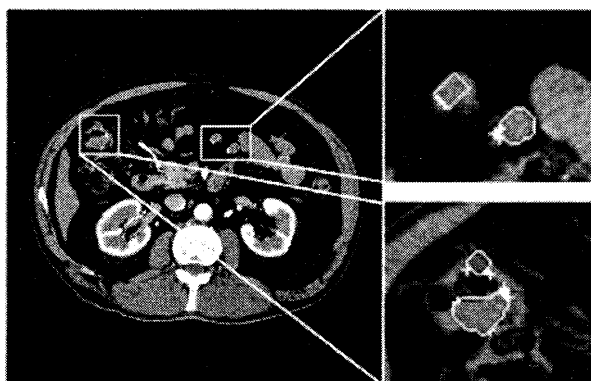


図5 FP例（大リンパ節検出処理）  
（左：Axial 断面像，右：拡大図）

管に起因するものであった。これは、大腸壁やひだの一部などのように部分的に塊状構造を示す領域を局所濃淡構造解析による塊状構造強調処理で強調されてしまうのに対し、最小方向差分フィルタは、そのような領域であっても他の領域と連結している場合には強調されないためである。しかし、このことは、従来の最小方向差分フィルタを用いたリンパ節抽出における、他の組織に隣接するリンパ節を見落とす主な原因であった。これに対し本手法では、あらかじめ塊状構造協調処理により得られた適切な半径の情報から、適切な最小方向差分フィルタの半径を容易に設定することが出来、その結果として見落としなく過検出領域の削減を行えたものと考えられる。

最終検出結果について見てみると、正検出については、小リンパ節検出処理において、図2(a)に示す孤立したリンパ節だけでなく、図2(b)に示すような濃度値の近い領域に隣接するリンパ節も良好に検出可能であり、同時に、隣接する領域を含むことなくリンパ節領域のみを抽出可能であった。大リンパ節検出処理においても図3(a)のような他の組織に隣接するリンパ節や図3(b)のような複数のリンパ節同士が隣接している場合であってもリンパ節領域のみの抽出が可能であった。過検出について、小リンパ節検出処理の主な過検出は静脈などの血管や大腸内残渣などであった。図4において、右側の拡大図上段が高コントラストな領域からなる大腸内残渣の一部、拡大図下

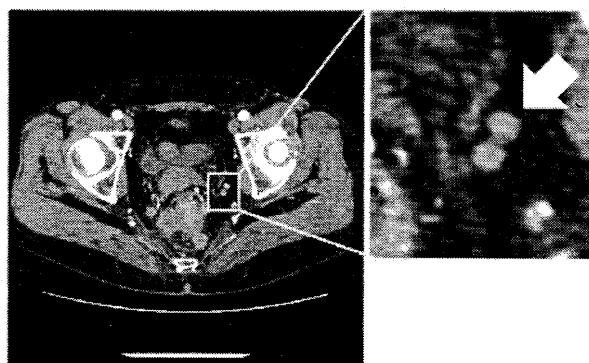


図6 FN例（小リンパ節検出処理）  
（左：Axial 断面像，右：拡大図）

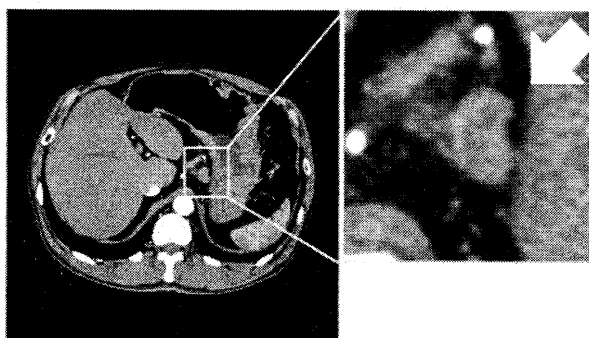


図7 FN例（大リンパ節検出処理）  
（左：Axial 断面像，右：拡大図）

段が静脈の一部である。このように、濃度値の分布が塊状構造であり、リンパ節の濃度値と近い値をもつ領域は腹部に多数存在し、そのような領域に起因する過検出が多数発生している。同様に、大リンパ節検出処理での主な過検出の原因も図5のように腸管の壁やその中の残渣である。このように、大小どちらの検出処理においても過検出の多くは大腸や小腸などの腸管に関連するものであるが、腸管そのもののセグメンテーションは困難であるため、周辺の臓器などを用いた解剖学的な情報に基づく過検出削減手法の検討が必要である。

また、図に示すように、複数のリンパ節が連結した領域（図6）や橢円体を折り曲げたような不規則な形状のもの（図7）が見落とされた。これは、最小方向差分フィルタの追加によりリンパ節だけでなく過検出領域についても、得られる領域の形状が球や橢円体に近づき、より不規則な形状を持ったリンパ節領域が見落とされてしまったためと考えられる。そのため、このような見落としを防ぐためにも、他の臓器や血管などの情報からリンパ節の存在位置の限定など、過検出削減と同様に解剖学的知識に基づく手法の検討が必要であると考えられる。

本手法の検出結果を図9に示すような仮想腹腔鏡像[8]に重畳表示することによって術中支援への応用することが考えられる。図中の左側が仮想腹腔鏡像のポリウムレンダリング画像、右上が仮想腹腔鏡の外観、右中央、右下はそれぞれAxial断面像とCoronal断面像である。また、ポリウムレンダリング画像内で▲印が指示する部分が腫瘍、△印が指示している部分が検出されたリンパ節領域である。このように、仮想腹腔鏡

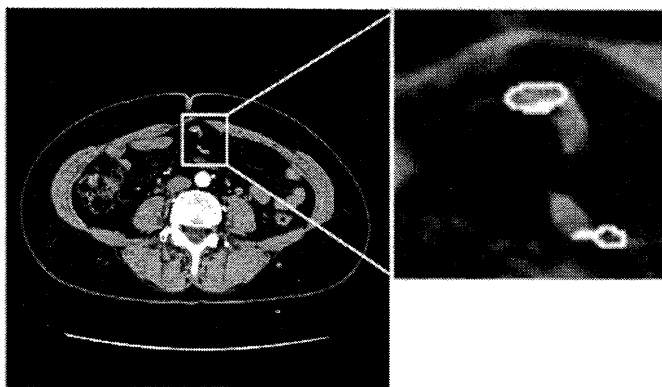


図 8 最小方向差分フィルタによる削減例  
(左: Axial 断面像, 右: 拡大図)

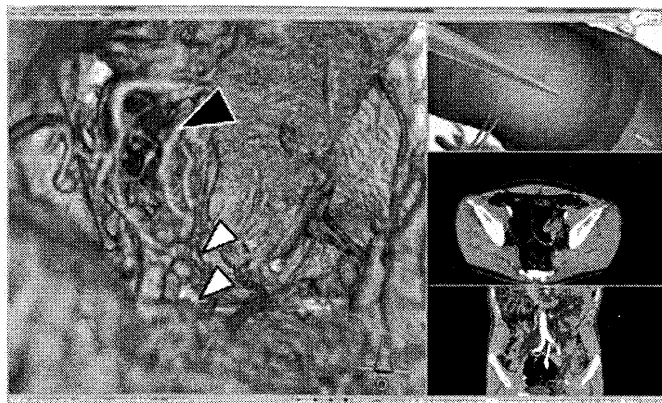


図 9 仮想腹腔鏡像への重量表示

像上に腫瘍とそれに関連する腫大リンパ節の自動検出結果, および, 動脈などの血管領域を分かりやすく表示することで, 術前に決定された郭清領域との対応を術中に把握を容易にすることなどが期待される. 同時に, 検出された領域の大きさや血管などとの関係から, より重要なリンパ節については, 別途強調するなどの処理を追加することによって, より効果的な支援を行えると考えられる.

## 5. む す び

本稿では, 局所濃淡構造の解析による塊状構造強調処理および最小方向差分フィルタを用いた腹部リンパ節の自動検出, および, 過検出削減処理の改良を行った. 本手法を腹部 CT 像 28 例に適用した結果, 様々な大きさの腹部リンパ節を約 70% の精度で検出可能であり, そのときの過検出数は約 156 個/例であった.

今回, 最小方向差分フィルタによる削減処理を追加したことにより, 領域数で見れば過検出の削減効果はみられなかったものの, 明らかな過検出を削減が可能となった. 同時に, 過検出領域として検出された領域については, 一部, リンパ節であるかどうかの判断が医師にとっても困難なものも含まれており, 検出結果に関するより詳細な検討が必要である.

今後の課題としては, 明らかな過検出が削減されたことにより, 検出される領域間での形状などの差異が小さくなったこと

から, さらに適切な特徴量の選択, ならびに, 候補領域の周辺の他の組織の構造などを用いることによって過検出削減処理の精度を高める必要がある.

**謝辞** 日頃御討論頂く名古屋大学森研究室諸氏に感謝する. 本研究の一部は, 文部科学省・日本学術振興会研究費補助金, 国立がん研究センターがん研究開発費, 愛知県「知の拠点」, ならびに栢森情報科学振興財団研究助成金によった.

## 文 献

- [1] 政清 史晃, 久保 満, 河田 佳樹, 仁木 登, 西岡 将規, 宮本 英典, 吉川 幸造, 島田 光生, 西谷 弘, “腹部 CT 画像を用いた肥大リンパ節の抽出アルゴリズム,” 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 108, no. 45, pp. 55-58, 2008.
- [2] 佐藤礼子, 清水昭伸, 小畑秀文, 織内昇, 遠藤啓吾, “PET 像と CT 像の組み合わせを用いた異常部位検出処理の改善,” 第 25 回日本医用画像工学会大会予稿集, Op10-2, 2006.
- [3] 渡辺達也, 本谷秀堅, 新田修平, 湯浅哲也, 深見忠典, 赤塚孝雄, 武田徹, 呉勁, 織内昇, 遠藤啓吾, “PET/CT 画像中のリンパ節候補領域検出手法,” 第 25 回日本医用画像工学会大会予稿集, Op13-1, 2006.
- [4] 清水昭伸, 羽飼誠, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “3 次元胸部 CT 像からの肺がん陰影検出のための 3 次元強調フィルタの性能評価,” Medical Imaging Technology, Vol. 13, pp. 853-864, 1995.
- [5] T. Kitasaka, Y. Tsujimura, Y. Nakamura, K. Mori, Y. Suenaga, M. Ito, and S. Nawano, “Automated Extraction of Lymph Nodes from 3-D Abdominal CT Images Using 3-D Minimum Directional Difference Filter,” Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, LNCS 47921, Part II, pp. 336-343, Brisbane, Australia, 2007.
- [6] K. Mori, Y. Nakamura, T. Kitasaka, M. Ito, S. Nawano, K. Misawa, M. Fujiwara, “Automated detection and display of abdominal lymph nodes from CT volumes based on local intensity structure analysis,” International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 5, Suppl. 1, pp. S125-S126, Geneva, Switzerland, 2010.
- [7] Y. Sato, C. Westin, A. Bhalerao, S. Nakajima, N. Shiraga, S. Tamura, “Tissue Classification Based on 3D Local Intensity Structures for Volume Rendering,” IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, vol. 6, no. 2, pp. 160-180, 2000.
- [8] K. Mori, M. Kito, T. Kitasaka, K. Misawa, M. Fujiwara, “Patient-specific laparoscopic surgery planning system based on virtual pneumoperitoneum technique,” International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 4, Suppl. 1, pp. S140-142, Berlin, German, 2009.