

CT Colonoscopyの新機能 —形状解析フィルタの特長—

New functions of CT Colonoscopy – Features of Shape Analysis Filter –

中澤 哲夫 Tetsuo Nakazawa
白旗 崇 Takashi Shirahata

田中 詩乃 Shino Tanaka

株式会社日立メディコ CTシステム本部

仮想大腸内視鏡検査で得られる大腸CT画像を解析するソフトウェアとして、CT Colonoscopyを開発した。CT Colonoscopyは、大腸を切り開いたような展開表示を行うパノラマ画像などさまざまな画像表示モードや大腸内部の隆起性部位の計測機能も備えたソフトウェアである。さらに、隆起性部位を色づけしパノラマ画像上で強調表示を行う形状解析フィルタ機能も搭載している。形状解析フィルタとは大腸内部でひだ以外の隆起した部位を他領域と色分け表示するフィルタで、読影者に隆起した部位をわかりやすく示す機能である。この機能により仮想大腸内視鏡検査の一つの問題である画像読影時間を短縮することが期待される。

CT Colonoscopy was developed as a kind of software to analyze CT images of colon obtained by virtual colonoscopy examination. CT colonoscopy is a piece of software equipped with various image displaying modes such as panoramic imaging displaying developed images of surgically opened colons and measuring function of protruded areas inside colon. In addition, it incorporates the shape analysis filtering function making enhanced display of colored protuberant areas on panoramic images. The shape analysis filter is a function to display the protruded areas other than gathers inside colon in different colors from other regions presenting protruded areas in an easy way to image readers. This function is expected to shorten the image reading time which constitutes one of the problems in virtual colonoscopy.

Key Words: CT Colonoscopy, Panoramic Images, Colon, Shape Analysis Filter

1. はじめに

近年、X線CT装置を用いた大腸検査として仮想大腸内視鏡検査が注目を集めている。仮想大腸内視鏡検査が普及している背景には大腸がん患者数増加に伴い¹⁾、注腸検査と大腸内視鏡検査では対応しきれない状況が挙げられる。また、通常の大腸内視鏡検査では直径15mm程度の内視鏡を大腸内部に挿入し検査を行うため被検者の身体的負担も大きく敬遠傾向にある。

これらの背景により、われわれは仮想大腸内視鏡検査で撮影された大腸CT画像を解析するソフトウェアとしてCT Colonoscopyを開発した。このCT Colonoscopyの最大の特長は形状解析フィルタである。

2. CT Colonoscopy

図1に示すように日本では食生活の欧米化などの影響により、大腸がんによる死亡率は男性で第3位、女性では第1位と

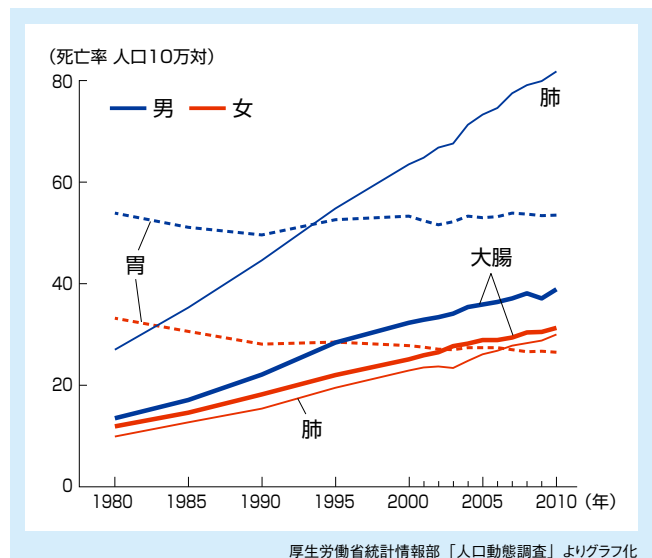


図1：悪性新生物の主な部位別死亡率

報告されている¹⁾。仮想大腸内視鏡検査は大腸を含む腹部のCT撮影を行い、得られた大腸領域に二次元、三次元的な画像処理を行う。これらの処理で得られた画像をもとに大腸内部をあたかも内視鏡で見ているかのように表示し観察する検査である。仮想大腸内視鏡検査は内視鏡を体内に挿入しないため、通常の大腸内視鏡検査に比べ患者の身体的負担が少ないメリットがある。また狭窄部位や狭窄部位より深い位置の観察も可能となるメリットもある。その一方、通常の大腸内視鏡検査と同じく腸洗浄を行う前処置が必要であることや画像読影に要する時間的な問題もある。

開発したこのCT Colonoscopyは最短2回のクリック操作で大腸領域の自動抽出や経路算出が行え(図2参照)、さまざま

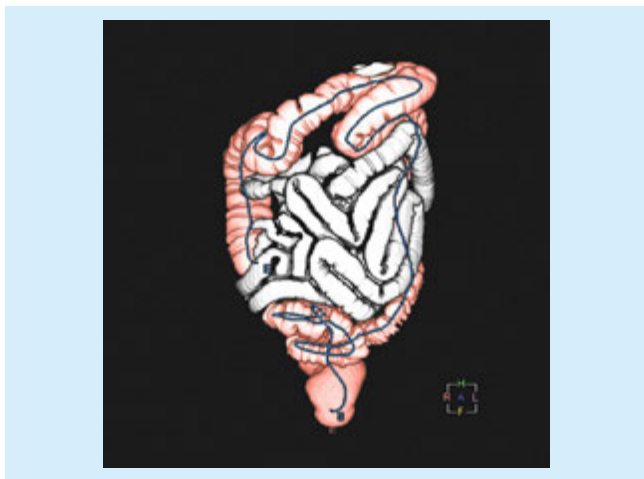


図2：大腸領域の経路算出

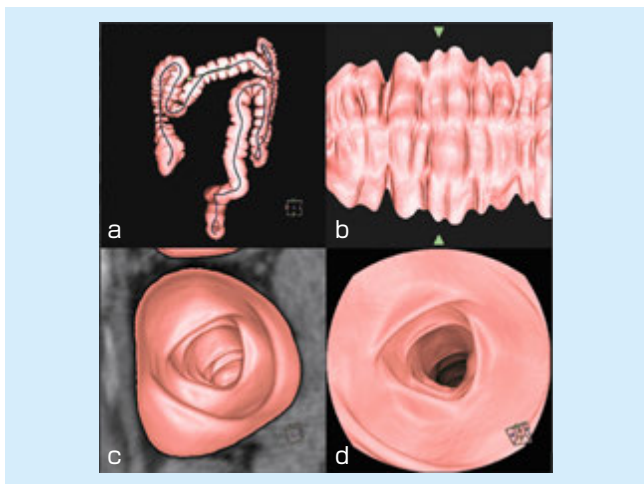


図3：各種表示モード



図4：形状解析フィルタの処理例

な表示モードにより大腸内壁の読影をサポートしている。また大腸内部の隆起状部位を他領域と色分け表示する形状解析フィルタにより、さらなる読影サポートを実現している。

2.1 3D-MPR画像・パノラマ画像・仮想内視鏡画像

大腸を表示する画像は、パノラマ画像・3D-MPR画像・仮想内視鏡画像の3タイプを用意している。これら3タイプの画像の表示例は図3のようになる。図3(a)は大腸の3D画像であり、大腸全体の観察が可能である。(b)は大腸を切り開いた表示方法であり、パノラマ画像や大腸展開画像と呼ばれる画像表示方法である²⁾。このパノラマ画像の特長は、大腸全体を一度に観察することができるため、ポリープなど隆起状部位の存在やその位置を把握し易い利点がある。(c)は3D-MPR表示であり、3D画像とMPR画像を組み合わせた画像表示を行うもので、大腸管腔外組織を観察する場合に適している³⁾。(d)は大腸内部をあたかも内視鏡で観察しているかのような画像を表示する仮想内視鏡画像である。このモードは大腸内部の壁面の凹凸を観察することが容易で、隆起している部位の距離計測などの解析機能も備えている⁴⁾⁵⁾。

2.2 形状解析フィルタ

形状解析フィルタは、大腸内部において大腸内壁などの部位と比較し隆起した部位を色分け表示するフィルタである。このフィルタ機能により、隆起した部位を画像読影者に提示することができ、読影時間を大幅に短縮することが期待される。

3. 形状解析フィルタ

3.1 概要

形状解析フィルタは図4に示すパノラマ画像において大腸内壁のひだ以外の隆起部位を色分けし、強調表示するフィルタ機能である。図4に矢印で示した部位は形状解析フィルタで強調表示した凸部である。

3.2 アルゴリズム

形状解析フィルタのアルゴリズムは、局所的凸部抽出と狭窄部位抽出の2つの処理で構成される。局所的凸部抽出処理は隆起性部位の直径が5mm以上でかつ短径が15mm以下のひだ以外の凸部の抽出を目的とした処理である。ここで直径とは隆起性部位の2点間の距離の最大値であり、短径は2つの主軸方向における径の短い方を示す。狭窄部抽出処理とは

狭窄した領域を抽出し、抽出された領域がパノラマ画像の上から下までつながっている場合に検出する処理である。この狭窄部抽出処理は、局所凸部抽出処理で検出されない短径15mmより大きい隆起性部位も検出するために開発した処理であり、大腸内部において隆起性の部位が大きくなるとそ

の部位周辺において狭窄を起こす性質を利用した検出方法である。この狭窄部抽出処理は、局所的凸部抽出処理だけでは検出できない全周性の隆起性部位の検出を目的としたものである。上記2つの処理を実行し、その結果を結合することで隆起性部位が強調表示されたパノラマ画像が得られている。図5では局所的凸部抽出処理結果(図5上段左、赤丸部分)と狭窄部抽出処理結果(図5上段右、青丸部分)を結合した出力結果を示す。

隆起性部位の強調表示の色は、それぞれの点に各点で算出したShape Index値に対して一意に与えられた色を割り当てる。Shape Indexは表面の形状が図6に示す形状の変化に対して0から1までの数値を連続的に与えるもので、より球形に近い隆起部位を赤く色分けするカラーマップである⁶⁾。

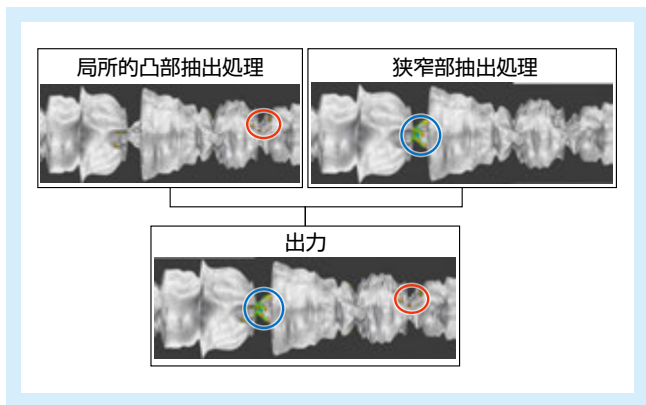


図5：形状解析フィルタのアルゴリズム

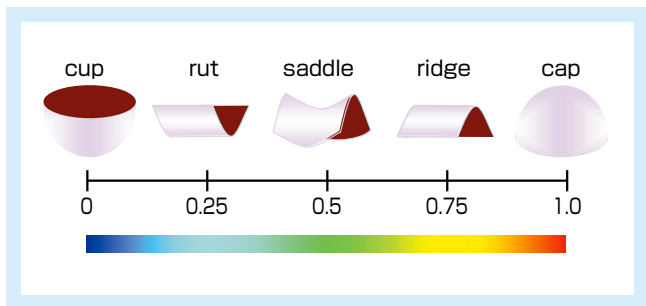


図6：Shape Index

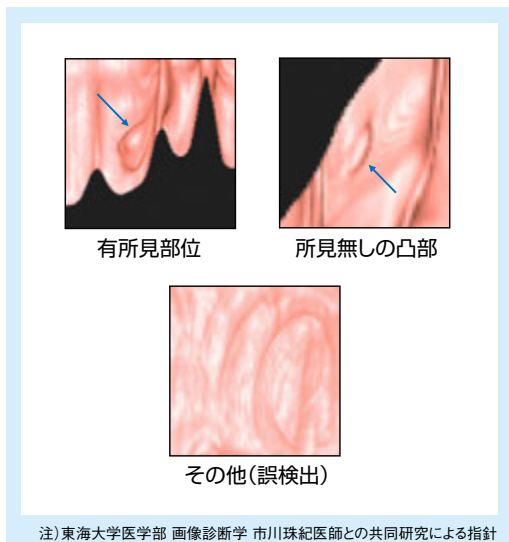


図7：3つの検出対象領域

3.3 評価方法

形状解析フィルタの性能評価では、「所見部の検出率」、「ターゲットの検出率」、「誤検出数」の3つの指標を用いた。隆起性部位のターゲットは、医師とのディスカッションの結果直径5mm以上かつ高さ3mm以上の凸部とすることにした⁷⁾。検出される領域は図7に示す「有所見部位」「所見無しの凸部」「その他(誤検出)」の3つに分けることができる。「有所見部位」は、ターゲットの定義範囲内かつ医師の所見があった凸部である。「所見無しの凸部」は、ターゲットの定義範囲に入るが医師の所見のない凸部のことである。強調表示された領域のうちこの2つの領域以外の領域を、強調表示すべきではない「その他(誤検出)」とする。

1つ目の指標の「所見部の検出率」は、「有所見部位」のうち、形状解析フィルタが強調表示した部分の割合を示し、以下の式で求める。

$$\text{所見部の検出率(\%)} = \frac{\text{形状解析フィルタで強調表示した所見の数}}{\text{有所見部位の総数}} \times 100$$

2つ目の指標の「ターゲットの検出率」は、「有所見部位」と「所見無しの凸部」を含めた検出率であり、以下の式で求められる。

$$\text{ターゲットの検出率(\%)} = \frac{\text{形状解析フィルタで強調表示したターゲットの数}}{\text{有所見部位の総数} + \text{所見無しの凸部}} \times 100$$

3つ目の指標である「誤検出数」は、その他(誤検出)領域の数とする。

3.4 性能評価および考察

図8に形状解析フィルタの処理結果画像例を示す。図8の赤丸で囲んだ部分は有所見部位に強調表示した部分である。

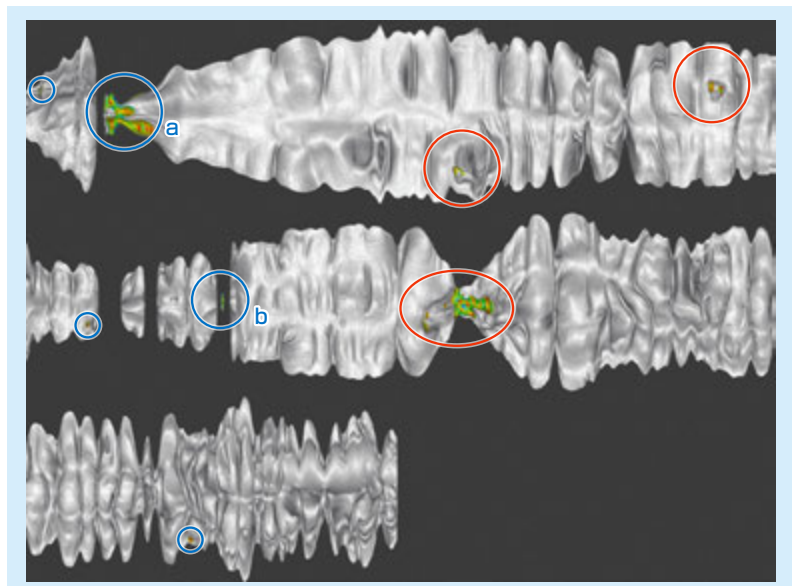


図8：形状解析フィルタの処理結果

青丸で囲んだ部分は、誤検出した部分である。誤検出は平坦な部分と、狭窄部抽出処理により抽出された部分(a、b)が見られた。

確定診断がついた8症例(仰臥位7例、腹臥位8例の合計15例)に対し、形状解析フィルタを適用した結果、所見部の検出率は86.7%、ターゲットの検出率76.6%、誤検出数は症例あたり18.5個であり、医師からの要望である20個以下を達成することもできた(表1参照)。誤検出数を減らすことができた理由としては、全周性の狭窄部抽出処理を適用したことで局所的な凸部を抽出する処理のパラメータを厳しく設定することができるようになったためであると考えられる。また、誤検出数は残渣が多いデータで誤検出数が多くなる傾向があった。残渣の有無は前処理に依存する部分であり、形状解析フィルタ側の範ちゅうを超えるものとする。また縦横比の閾値やShape Indexの平均値の閾値などのパラメータに対して誤検出数がセンシティブに変化する傾向があった。ターゲット以外で抽出されたものとしては、残渣部分や狭窄部分、角のある部分などがあった。狭窄部分は現状のアルゴリズムでは病変の有無にかかわらず狭窄して全周性であれば検出してしまいうためと考察する。

表1：性能一覧

項目	結果
所見部の検出率	86.7%
ターゲットの検出率	76.6%
誤検出数	18.5個/症例

4. 今後の展開

4.1 低線量仮想大腸内視鏡検査

仮想大腸内視鏡検査は仰臥位および腹臥位の基本二体位でCT撮影が行われる。これは大腸内部の残渣などにより異常部位の見落としをできる限り防ぐ目的で行われる。二体位で撮影を行うため、被ばく線量は二倍となるおそれがある。このため低線量での撮影が必要となるが、単に線量を下げた撮影を行うと画像ノイズが多くなり臨床的に有用な画像を得られない可能性が高まるため、低線量で撮影された画像の高画質化処理が必要となる。そのためにはIntelli IP[®](逐次近似法を応用したノイズ低減法)が最適であり、これは40%以上のノイズ低減効果が見込める有用な画像補正技術⁷⁾である。今後、Intelli IPと仮想大腸内視鏡検査により得られる低線量大腸画像用の低線量CT Colonoscopyの開発も必要となってくる。

4.2 エレクトリッククレンジング

現在、仮想大腸内視鏡検査ではCT撮影する前に腸洗浄などの前処置が必要である。この前処置は患者の身体的苦痛となっている。そこで腸洗浄に代わる技術として大腸の内容物を造影剤で標識し、画像処理によって内容物を除去するエレクトリッククレンジングが実用化されつつある。今後、当社においてもエレクトリッククレンジング技術のアルゴリズム検討を進める。

5. おわりに

X線CT装置を用いた仮想大腸内視鏡検査は2012年の診療報酬改定で保険適用となり、16列以上のCT装置で大腸CT撮影を実施した場合、所定点数に600点の加算が認められた⁸⁾。これによって今後の仮想大腸内視鏡検査はより一層普及し、大腸画像の読影量も増大すると予測できる。形状解析フィルタは増大する読影を支援する機能として開発したもので、直径5mm以上かつ高さ3mm以上の隆起性部位の検出をターゲットとした強調表示フィルタである。この数値は東海大学との共同研究で決定したもので、医師監修により“必ず検出して欲しい隆起性部位”を基準として定めた値である。CT Colonoscopyに搭載された本形状解析フィルタは前述の大きさの隆起性部位を86.7%の高い検出率で色分けによる強調表示を行うことが可能で、有効な読影支援技術として期待している。今後は低線量仮想大腸内視鏡検査においても検出率などの性能が低下しないよう形状解析フィルタの改良も検討する。

※ Intelli IPは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) 悪性新生物の主な部位別死亡率(人口10万人対)年次推移：厚生労働省HP
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai08/kekka3.html>
- 2) 佐藤一弘, ほか：パノラマ投影方法およびパノラマ投影装置(特許第3627066号)
- 3) 小倉敏裕, ほか：消化器マルチスライスCT技術 消化器撮影のための二次元、三次元画像の構築. 東京, 永井書店, 2005.
- 4) 中澤哲夫, ほか：CT Colonoscopyの開発. INNERVISION 第23巻, 第4号.
- 5) 角村卓是, ほか：大腸解析ソフトウェア CT Colonoscopyの開発, MEDIX, 49: 33-37, 2008.
- 6) 川田佳樹, ほか：3次元曲率特徴の抽出アルゴリズム, Med Image Tech 2001, Vol.19, No.3: 142-153.
- 7) 後藤大雅, ほか：逐次近似法を用いたCT用ノイズ低減処理の高性能化, MEDIX, 56: 43-46, 2012.
- 8) 厚生労働省HP 診療報酬の算定方法, 第3節コンピュータ断層撮影料 E200 コンピュータ断層撮影
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000021ei1-att/2r98520000021els.pdf>