

大腸解析ソフトウェア CT Colonoscopyの開発

Development of Colon Analysis Software “CT Colonoscopy”

角村 卓是 Takayuki Kadomura
國分 博人 Hiroto Kokubun

白旗 崇 Takashi Shirahata
中澤 哲夫 Tetsuo Nakazawa

株式会社日立メディコ CTシステム本部

X線CT装置を用いた大腸の仮想内視鏡表示は、腸内に内視鏡を挿入せずに大腸内壁の観察が可能であるため、被検者への身体的負担が少ない検査法として注目されている。そこで当社では大腸がん検診への適用を目的とした大腸解析ソフトウェアCT Colonoscopyを開発した。

本ソフトウェアは仮想内視鏡画像表示や展開画像表示などの機能を有しており、大腸内をさまざまな視点で観察することができるため、内視鏡を入れることができない部位の観察に有用である。さらに自動大腸認識処理など操作性にも配慮しており、大腸のスクリーニング検査におけるスループット向上が期待できる。

The virtual endoscopy using X-ray CT system is drawing keen attention as less invasive examination because it allows observation of the inner wall of the colon without inserting endoscope in the colon. We developed the colon analysis software, “CT Colonoscopy,” for the purpose of its application to colorectal cancer screening.

This software has several functions such as virtual endoscopic image display, panoramic image display, and allows observation of the inside the colon in any direction. Therefore, it is useful to apply it to the observation of the region where endoscope cannot be inserted. In addition, with its examined operativity, it has a possibility of improving the throughput in colorectal cancer screening.

Key Words: CT Colonoscopy, Virtual Endoscopy

1. はじめに

近年わが国では、食生活の欧米化の影響などにより大腸がんが急速に増加している。がんの種類別にみた罹患率では、1980年では全がんの10%だったのに対して2001年では18%となっており、死亡率は2005年では肺がん、胃がん、肝臓がんに次いで第4位である。注目すべきは、女性では胃がんを抜いて第1位となっていることで、今後も罹患患者数の増加が予想されている¹⁾。

しかし大腸がんは早期に発見し、治療を施せば高い治療効果が得られ、5年相対生存率はⅡ期のがんでも90%以上となっている。このような背景から大腸がん検診が重要視されている。

大腸がん検診には一次検査として便潜血検査、二次検査として内視鏡検査や注腸X線検査があるが、近年、X線CT装置で撮影した画像から大腸内を仮想的に内視鏡表示する検査法が注目されはじめている²⁾³⁾。大腸仮想内視鏡表示は、腸内に内視鏡を挿入せずに大腸内壁の観察が可能であるため、受診者への身体的負担が少ない。さらにCT画像から仮想的に腸内の3次元画像を作成するため、腸内をさまざまな角度から観察でき、狭窄などにより内視鏡が挿入できない部位の観察にも有用である。

当社では大腸仮想内視鏡表示を主とし、大腸がん検診への適用を目的とした大腸解析ソフトウェアCT Colonoscopyを

開発した。本稿では開発したCT Colonoscopyの機能および特長について述べる。

2. CT Colonoscopyの機能

2.1 大腸領域の自動認識と経路算出

大腸内を仮想内視鏡表示しながら走行するには、CT画像から大腸領域を認識し、さらに大腸内を通る経路を決定する必要がある。

大腸領域は空気で満たされており周囲組織とのコントラストが高いため、その抽出は比較的容易である。しかしCT装置で大腸全てを含む範囲を撮影すると、大腸のほかに肺野(肺底部)や小腸といった空気領域も画像中に含まれるため、これらを区別して大腸領域のみを認識しなければならない。

そこで大腸領域認識処理では、読み込んだ腹部のCT画像から体内の空気領域を抽出し、この領域を肺野領域と、腸と連結している空気領域と、その他の空気領域の3つの領域に区別している(図1)。最終的には図2に示すように肺野領域を削除し、直腸と連結している空気領域を大腸領域として色づけして3D表示する。画像読み込みから3D表示までの一連の処理は自動で実行される。

経路算出処理では、MPR画像上で経路の開始点と開始方向を大腸領域内に設定すると、連結している大腸領域の経路

を自動で検索する。経路算出領域が複数の領域からなる場合は、領域ごとに開始点を設定して経路を求める。求めた経路は開始点の設定順に繋ぎ1つの経路にする。こうして求めた経路を図3に示すようにMPR画像と3D画像上に重ねて表示する。

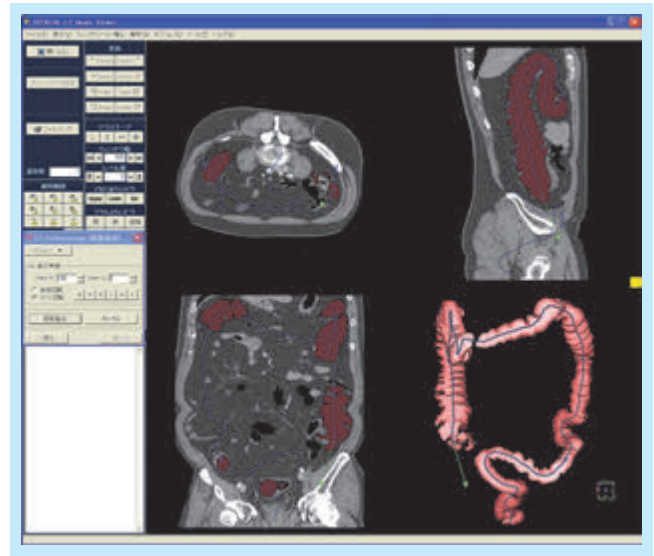


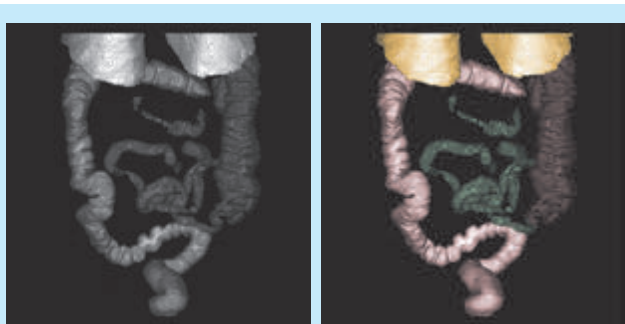
図3：経路算出結果画面

2.2 画像表示モード

CT Colonoscopyでは、大腸領域内を観察するための表示モードとして、仮想内視鏡画像表示モード、3D-MPR画像表示モード、展開画像表示モードの3種類の表示モードを用意した。以下に各モードの内容を説明する。

(1) 仮想内視鏡画像表示モード

仮想内視鏡画像表示モードは、図4に示すように観察する視点を大腸内に設定し、内視鏡のような画像を表示するモードである。経路算出処理で求めた経路に沿って移動し、大腸壁面の形状を観察することができる。また大腸内を観察する方向を任意に変えることができるため、大腸ひだの間も観察することができる。



a：空気領域3D画像

b：区別結果3D画像

図1：大腸領域認識処理



図2：大腸領域認識結果画面

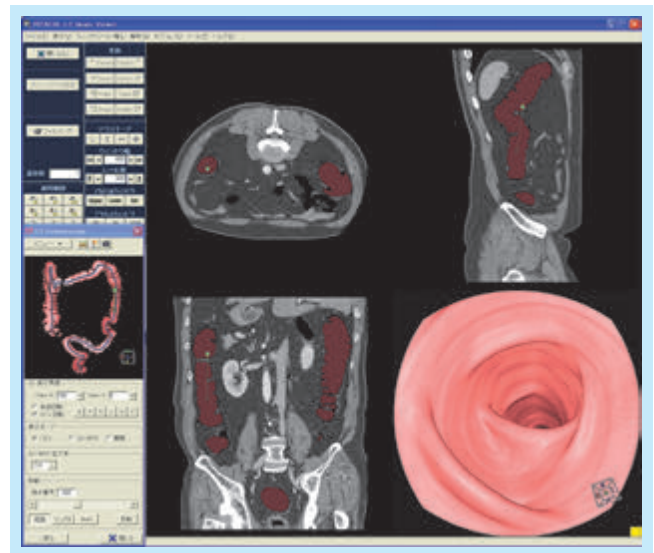


図4：仮想内視鏡画像表示モード画面

(2) 3D-MPR 画像表示モード

3D-MPR 画像表示モードは、図5に示すように求めた経路に直交するMPR画像内の大腸内腔部分を3D表示するモードである。3D-MPR 画像は、言わばMPR画像と仮想内視鏡画像を融合した画像であり、仮想内視鏡画像では表示できない濃度情報を提示することで、大腸周辺の組織やポリープなどの断面構造を観察することができる。

(3) 展開画像表示モード

展開画像表示モードは、図6に示すように大腸を仮想的に切り開いた画像を1画面内に表示するモードである。展開画像は、図7に示すように経路の各点で径方向に見た画像を2次元平面に投影して3D画像にしたものである。投影する際には大腸の径を考慮し、投影平面において画素の縦と横の長さが均等になるようにしている。これにより、径を考慮せずに平面に投影した場合に比べて、ポリープやひだの形状を実際

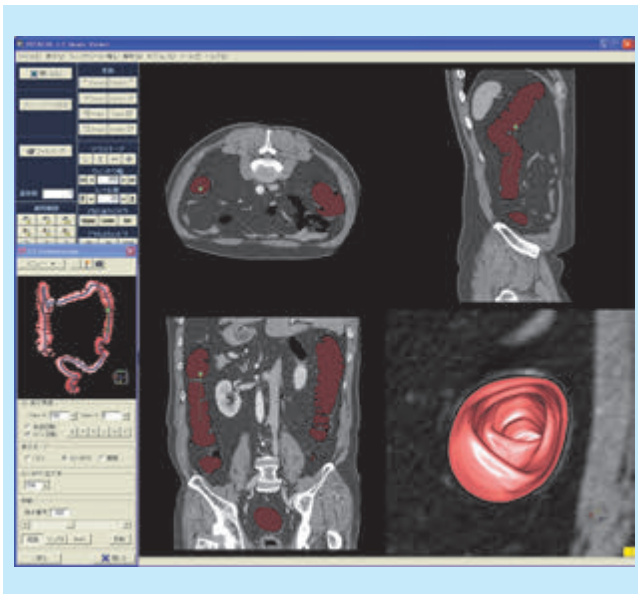


図5：3D-MPR画像表示モード画面

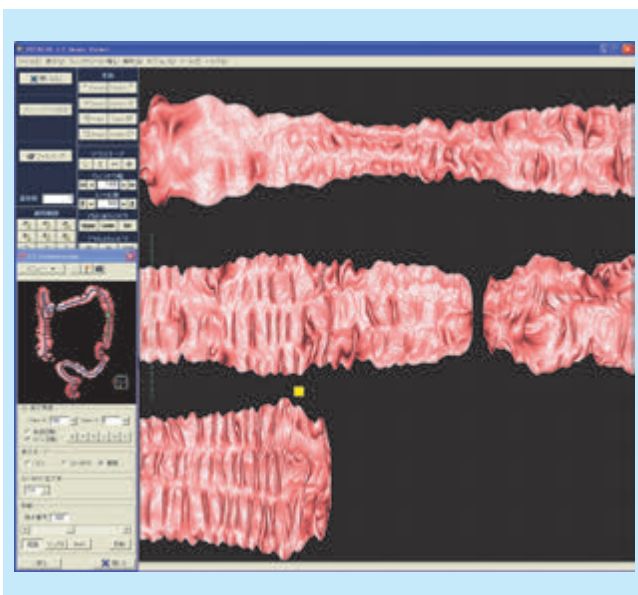


図6：展開画像表示モード画面

の形状に近い形で表示することができる(図8)。展開画像表示モードは、展開画像を1画面内に表示するため、大腸内壁の形状が一望でき、ポリープなどの位置を容易に把握することができる。

これらの表示モードは、観察中に自由に切り替え可能であり、目的に応じた画像を即座に提供することができる。

2.3 解析機能

上述した表示モードと合わせて大腸内を解析する機能として、距離計測機能、Bookmark登録機能がある。

距離計測機能では、仮想内視鏡画像上で指定した2点間の

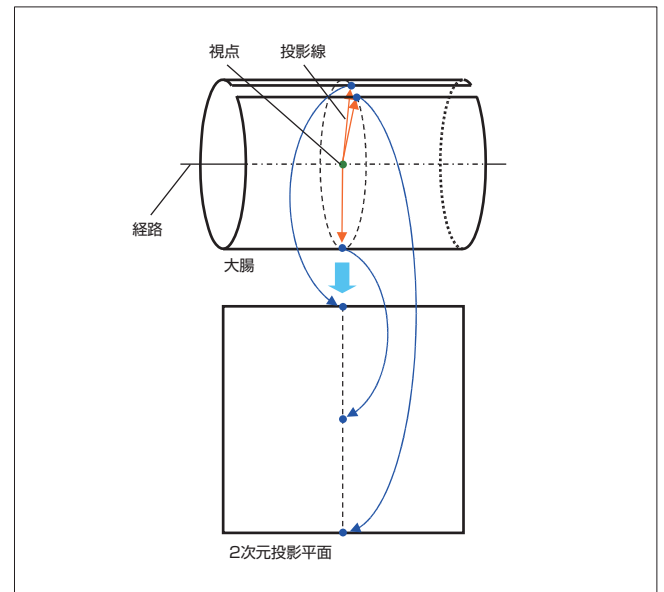


図7：展開画像の作成方法

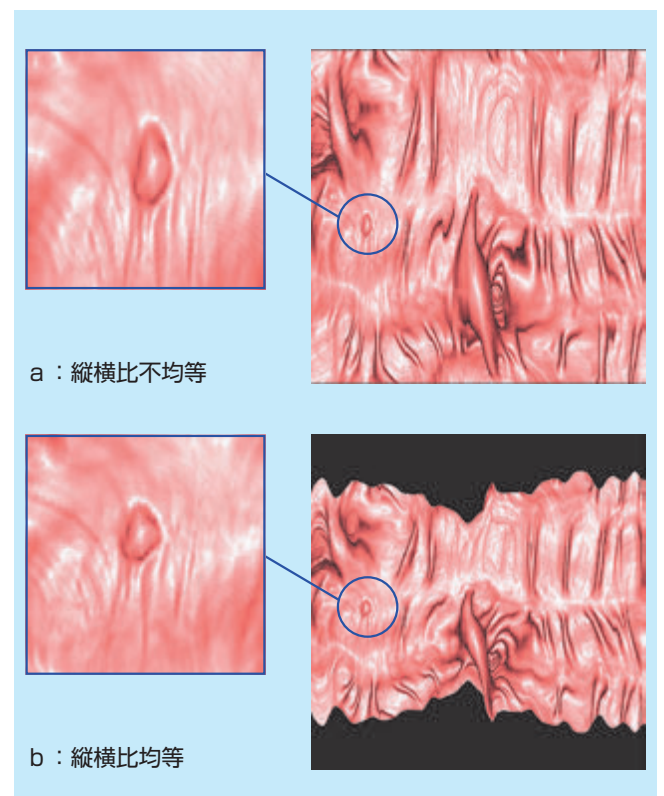


図8：展開画像表示方法の比較

距離を計測する。図9にポリープを計測した画像を示す。計測結果は画像の左側に数値で表示し、ポリープなどの大きさの把握が可能となっている。

Bookmark登録機能は、仮想内視鏡画像または3D-MPR画像の視点位置や視線、距離計測結果を一時的に保存する機能である。図10にBookmark登録の流れを示す。後で観察したい部分をBookmark登録すると、その視点位置と視線を、距離計測をした場合は計測結果を保存し、リストに登録する。リストに登録した情報は、ソフトウェアの起動中において保持されており、別の視点位置に移動してもリストから情報を呼び出すと、登録した時の状態を再現することができる。

そのほかにも仮想内視鏡画像、または3D-MPR画像を経路に沿って自動的に移動させる機能や仮想内視鏡画像を表示する視線を180度反転させる機能など、解析のスループット向上を図る機能を有している。

3. 補正技術

3.1 視線補正

経路算出処理では、大腸領域の経路を求めるほかに、仮想内視鏡画像または3D-MPR画像を表示する際の視線も各位置で求めている。血管などの比較的曲がり小さい管腔臓器の画像処理では、先の視点に向かうように視線を決定してい

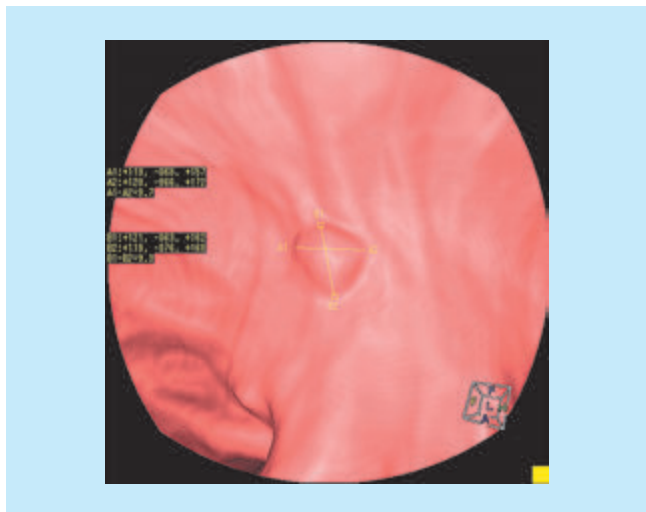


図9：距離計測結果画像

た。しかし大腸の場合は上行結腸から横行結腸の部分など大きく曲がっている部分があるため、この方法ではカーブの外側を向くことになり内側が死角になる可能性がある。そこで大腸の曲がり具合に応じて視線を内側に向けるような補正を施し、仮想内視鏡表示の際の死角を低減した。図11に補正前と補正後の視線決定方法の概略図、図12に補正前と補正後の仮想内視鏡画像を示す。図12は大腸が大きく曲がっている部分の内側に10mm程度の擬似ポリープを配置している。補正前では擬似ポリープが画像の左下に僅かに写っている程度だが、補正後ではその全容をはっきりと確認することができる。

3.2 展開画像歪補正

展開画像は2.2項で述べたように、経路に直交する面において経路の各点から径方向に見た画像を2次元平面に投影す

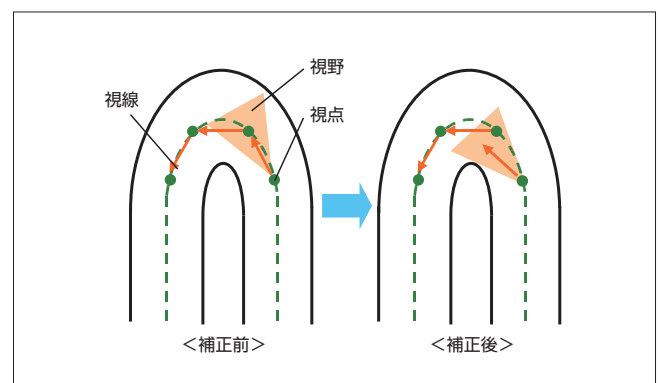


図11：視線決定方法

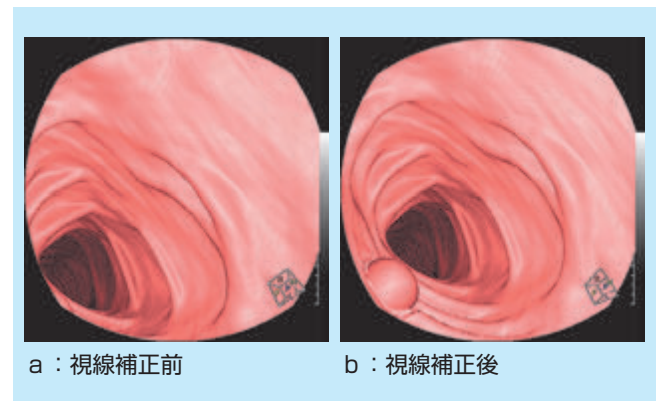


図12：視線補正比較画像

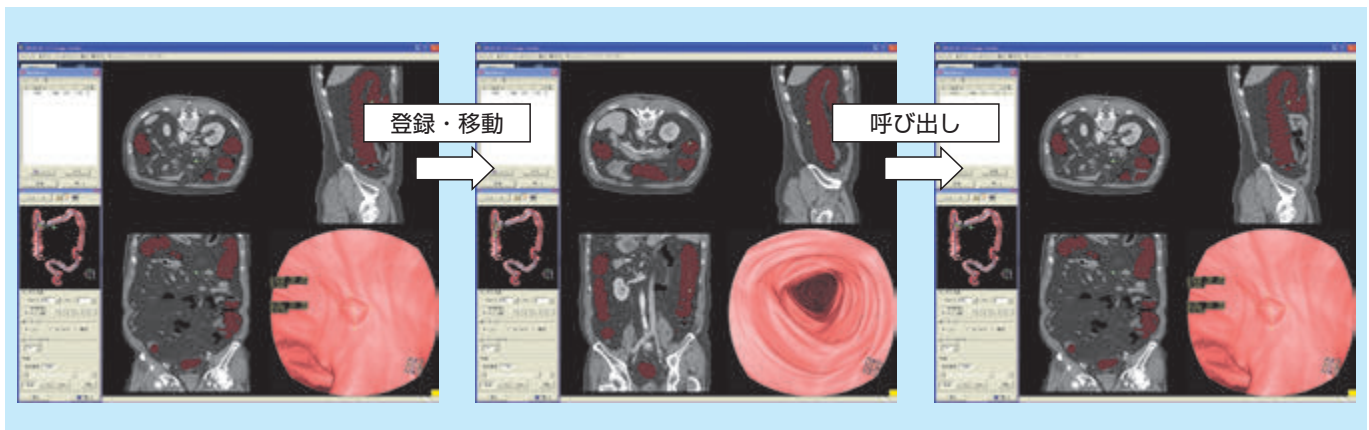


図10：Bookmark登録の流れ

ることで作成する。しかし、図13に示すように大腸が大きく曲がっている部分では直交する面が前の視点の面と交差し、展開画像上に偽像(歪)となって現れる。

展開画像の歪補正では、経路の各点で大腸の曲率を求め、曲率に応じて展開画像を作成する際の面の角度を変化させている。これにより面の位置関係が前後せず、展開画像の歪を低減することができる。図14に歪補正前後の画像を示す。補正前で生じている偽像(画像中丸印内)が補正後では現れておらず、歪低減効果が確認できる。

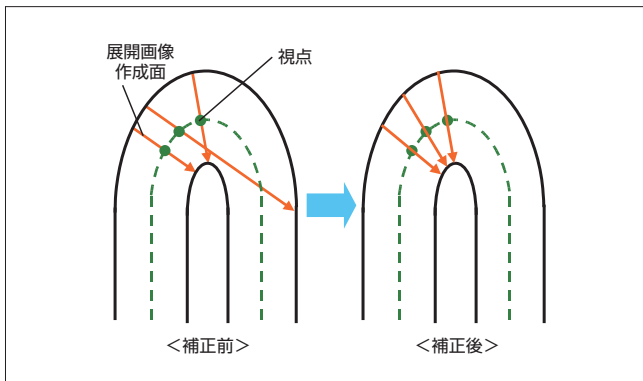


図13：展開画像歪補正方法

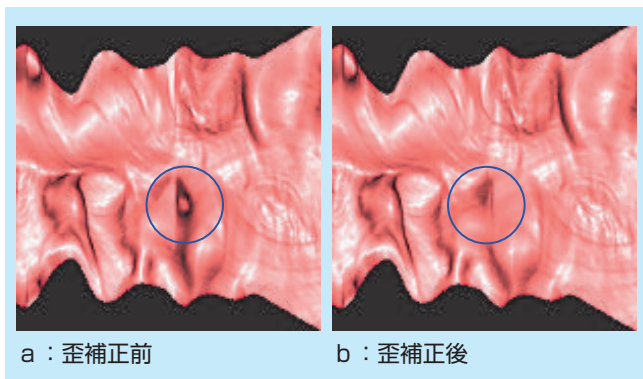


図14：展開画像歪補正比較画像

4. ワークフロー

ここではCT Colonoscopyを用いた大腸解析のワークフローの一例を紹介する。

(1) 画像表示

解析するCT画像を読み込み、大腸領域認識、経路算出を経て展開画像を表示する。

(2) 観察部分の選択

展開画像を観察し、詳細に観察したい位置をBookmark登録する。

(3) 詳細観察

Bookmark登録した位置を順次呼び出し、仮想内視鏡画像モードまたは3D-MPR画像モードに切り替えて大腸内壁の形状や断面構造などを観察する。

(4) 距離計測

詳細観察している画像中にポリープなどがあれば距離計測機能を用いてサイズを計測し、再度Bookmark登録をして計

測結果を一時保存する。

(5) 画像保存

観察が終了したら距離計測などを行った部分をBookmark登録リストから呼び出し、画像を保存する。

(6) 画像転送・フィルミング

保存した画像をフィルミングまたはサーバー転送する。

5. おわりに

本稿では、大腸解析ソフトウェアCT Colonoscopyの機能と特長について紹介した。自動化処理やさまざまな表示モードを有する本ソフトウェアは、閉塞などで内視鏡が挿入できない部位の観察や、大腸がん検診のスクリーニング検査に有用である。しかしCT Colonoscopyが真に大腸がん検診の1検査法として普及するにはまだ下記の課題が残っており、これらを解決する技術の開発が望まれている。

- ・ 前処置における被検者の負担軽減
- ・ 被検者への被ばく低減
- ・ 読影効率の更なる向上

現在も腸内の残渣を画像処理によって除去するElectronic Cleansingや、被ばく低減を目的としたノイズ低減フィルタ、新しい展開画像表示方法などが研究されている⁴⁾⁵⁾。

今後は、CT Colonoscopyがさらに被検者にやさしい検査となるようソフトウェアのレベルアップを図っていきたい。

参考文献

- 1) 財団法人 がん研究振興財団「がんの統計」, 2007.
- 2) M. Macari, et al.: Prospective Comparison of Thin-Section Low-Dose Multi-Detector Row CT Colonography and Conventional Colonoscopy for Detection. Radiology, vol. 224, No. 2: 383-392, 2002.
- 3) D. H. Kim, et al.: CT Colonography versus Colonoscopy for the Detection of Advanced Neoplasia. The NEW ENGLAND JOURNAL of Medicine. vol. 357, No. 14: 1403-1412, 2007.
- 4) D. Chen, et al.: A Novel Approach to Extract Colon Lumen from CT Images for Virtual Colonoscopy. IEEE Trans. Med. Imag, vol. 19, No. 12: 1220-1226, 2000.
- 5) Michael E. Zalis, et al.: Digital Subtraction Bowel Cleansing with Mucosal Reconstruction-Initial Observations. Radiology, vol. 226: 911-917, 2003.