

## 胃画像診断のためのCAD

目加田慶人

宇都宮大学工学部

### Computer-aided Diagnosis for Stomach X-ray Images

Yoshito MEKADA

Faculty of Engineering, Utsunomiya University

#### 1. はじめに

胃がんによる死亡者数は減少傾向にあるとはいえ、今でも高い水準にある<sup>[1]</sup>。X線像によるスクリーニングの有効性も実証されており、多量に発生するX線像の読影を計算機により支援できれば、医師の労力削減や定量化・客観化などのメリットを生む。

本稿では胃がん検診に重要な役割を果たしている、胃X線像を対象としたCAD(computer-aided diagnosis)について、ここ数十年の研究動向を中心にその概略をまとめる。

#### 2. X線二重造影像を対象としたCAD

二重造影像を対象としたCADの試みは1980年ごろから始まる。その初期においては直接的な診断支援ではなく領域分割、特に比較的大きな閉領域を作る線状構造の検出という工学的な興味から、胃部領域検出が主に行われてきた。病変部検出としては、陥凹型病変の周辺性状として重要な所見である粘膜集中に着目し<sup>[2]</sup>、これを定量化する特徴量を用いて行われてきた。

##### 2.1 胃部図形構造要素検出

充満像においては胃部領域は比較的明確なエッジで構成されており、その検出は比較的古くから行われてきた<sup>[3-5]</sup>。二重造影像においては、造影剤溜まりのエッジ状陰影とそれ以外の線状陰影で構成される胃部領域が、脊椎や腸に流れ出る造影剤などとの重なるため、その検出には複雑な処理を要する。

主に、立位充満像からの変形予測、動的輪郭モデルの利用、試行錯誤的な追跡などの手法が提案されている<sup>[6-9]</sup>。また、二重造影像撮影時のTVモニタ映像を対象として、それが時間的には十分連続しているという特性を利用して動的輪郭モデルによる胃部領域追跡を扱った研究もなされている<sup>[10]</sup>。その他にも脊椎陰影、造影剤溜まりの認識など二重造影像を構成する構造物の認識が試みられている<sup>[11-13]</sup>。

##### 2.2 病変検出

二重造影像からの病変検出の試みは約10年前から始まり、陥凹性病変によく見られる粘膜ひだ集中を伴う病変を、集中度と呼ばれる画像特徴量により

抽出したものがその最初となる<sup>[14]</sup>。これに対して、集中度に基づく画像特徴量による拾いすぎ領域の削減処理や、ひだ陰影をより精密に抽出する処理などを加えることにより改善が行われた<sup>[15,16]</sup>。その処理の概略は、ひだ陰影の検出、集中度フィルタによる病変部候補領域の抽出、疑陽性削除という流れである。ひだ集中を伴う77症例からなるデータベースにこのCADを適用した結果、約92%の病変部検出精度の時に1枚あたりの拾いすぎ領域数が9個程度という結果であった。病変検出結果の一例を図1に、このCADシステムにおけるFROCを図2に示す。この他に、胃内壁の性状をフラクタル解析により分類する試みも報告されている<sup>[17]</sup>。

#### 3. 腹部3次元理解

マルチスライスCTに代表される人体の広範囲を高い空間分解能で記録可能な装置の出現により、教育支援や新しい観察法の開発を目的とした人体の仮想観察に関する研究が行われている。これらの研究

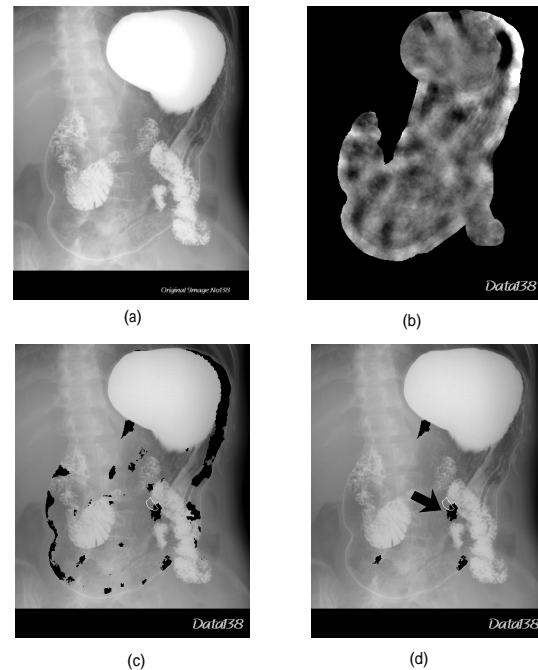


図1 検出結果の一例 (a) 原画像。(b)集中度画像(白い部分が高い集中度を示す)。(c)初期病変部候補領域(黒い領域)。(d)最終結果と真の病変部(矢印で示す)。

は、3次元濃淡画像から観察対象となる構造物を適当な手法で抽出し可視化する場合と、構造物の物理特性の近似モデルを用いて仮想変形を行うものに大別される。どちらの場合においても、被験者の個別情報に基づく仮想観察を、条件を変えて行うことが可能であり、腹部3次元像を対象としたCADの開発も活発に行われている。

### 3.1 CT像からのひだ抽出とその仮想観察

二重造影診断において重要な画像構成要素であるひだ陰影は、CT画像上では胃内壁面上に山脈状に映る陰影である。特に大彎側には太く明瞭なひだ陰影が存在している。この陰影の抽出を行い仮想観察することにより内壁性状の理解を支援する。実際

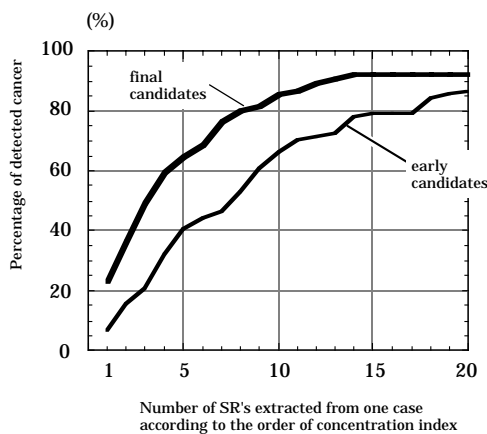


図2 胃X線二重造影像からの病変検出CAD<sup>[16]</sup>における拾いすぎ領域削減手順の効果(FROC)

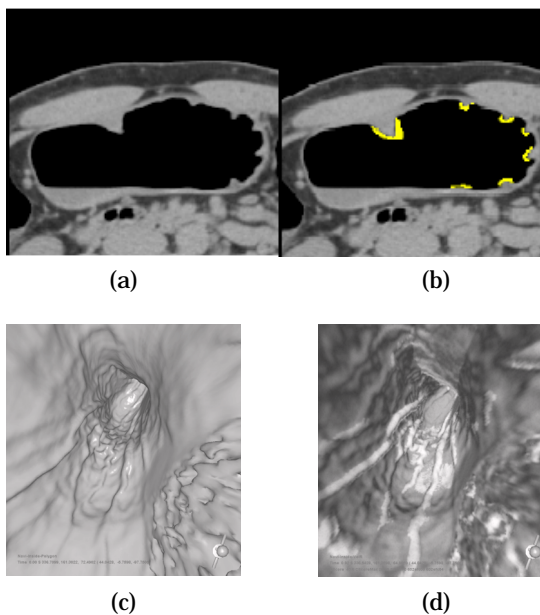


図3 ひだ陰影抽出結果:(a) 原画像の一スライス。(b) ひだ陰影抽出結果。(c) 胃壁面のポリゴン表示。(d) 抽出結果のボリュームレンダリング表示、白い領域が抽出されたひだ陰影

のひだ陰影抽出には、モルフォロジー演算の一種であるtophat演算を基本とした手法で行い、それを仮想化内視鏡で観察する。CT撮影時に摂取する発砲剤の量や撮影時の体位の違いと抽出されるひだ陰影の関連が調査されている<sup>[18-20]</sup>。健常者の腹部マルチスライスCT像からの抽出結果の一例を図3に示す。図(c)(d)において画像下部は大彎部、上部が小彎部であり、(d)において抽出されたひだ陰影部分を白く表示してある。仮想観察は実際の検査の予行演習や解剖学的知識の獲得という面からその有効性は認識されているが、ひだ陰影などの付加情報の重畳による新たな観察方法として期待されている。

### 3.2 仮想化胃袋による撮影シミュレーション

放射線技師は二重造影撮影時、TVモニタに映るX線透視像(X線TV像)と観察窓から見る被験者の体位状態だけを参考にしながら、適切な体位変換を指示することにより撮影対象領域が脊椎などの陰影とできるだけ重ならないよう、胃壁に付着する造影剤の量を調節し、病変部やひだ陰影の撮影を行っている。撮影技師の教育支援を目的とし、二重造影撮影のために撮影者が理解すべき胃形状や内部状態の可視化を、2次元動画像である被験者の体位、同時刻のX線TV像を用いて実現する仮想化胃袋が開発されている<sup>[21]</sup>。

撮影時のX線TV像から抽出する胃輪郭線情報、被験者の様子を映したビデオ映像からの体位情報をもとに、その時点で胃が受けている重力や胃壁面の弾性力を弾性輪郭モデルにより実現し、撮影中の胃形状や造影剤の分布、脊椎との位置関係を理解するための3次元像を仮想化する。胃袋仮想化結果の一例を図4に示す。同一被験者の複数の二重造影像間の対応付けへの応用が望まれている<sup>[22]</sup>。

### 3.3 弾性モデルによる胃袋仮想展開

抽出後の胃袋は展開され、病変の位置や進展の程度に関する判定が行われる。これを計算機上で仮想的に行う手法が開発されている<sup>[23]</sup>。胃壁面はばねモデルによって定義され、病理標本と同様な形状に展開され、これに胃内壁の凹凸情報を付加する。仮想化内視鏡観察と異なり一度に胃壁面を観察可能であるという長所を有する。また、切開シミュレーションへの応用など新しい診断法として期待できる。

## 4. あとがき

本文では胃X線像を対象としたCADについての現状を概観した。2次元像を対象としたCADにおいては、胃部領域検出や粘膜ひだ集中を伴う病変検出が行われてはいるが、造影剤の量や体位が被験者や撮影者

によっては異なる場合があること、胃袋形状自体が多様であることなども原因として考えられるが、いまだ単体で実用に耐えうる CAD は存在していないと考えられる。腹部 3 次元理解のセクションで述べたように、複数二重造影像間の対応を知った上での個々の抽出精度向上や診断論理の再構築が当面の課題となる。

胃 X 線像 CAD の今後の進展のためには、3 次元情報を積極的に取り入れた二重造影像の理解がますます重要になってくると考える。

### 参考文献

- [1] 厚生労働省人, 統計情報部, 口動態統計年報 [http://www1.mhlw.go.jp/toukei/toukeihp/11nenpo\\_8/deth3.html](http://www1.mhlw.go.jp/toukei/toukeihp/11nenpo_8/deth3.html)
- [2] 市川平三郎, 山田達哉, 土井偉誉: 胃 X 線診断の実際, 文光堂, pp.60-83, 東京 (1964).
- [3] 福島重廣, 宇都宮俊二, 相馬敬司: 胃 X 線像の辺縁抽出, 医用電子と生体工学, 15(6), pp.383-388 (1977).
- [4] 羽鳥光俊: 胃 X 線像の自動読影, 電気学会誌, 98(11), pp.1048-1052 (1978).
- [5] 白井良明: フィードバック法による胃 X 線充満像の胃領域抽出, 電子情報通信学会論文誌(D), J68-D(3), pp.269-276 (1985).
- [6] 羽鳥光俊: X 線写真の辺縁抽出, 情報処理学会論文誌, 20, 12, pp.1089-1095 (1979).
- [7] 中村鎮雄, 宮崎修: 線の識別と大域的理論を考慮した胃 X 線二重造影像の胃部抽出, 情報処理学会論文誌, 24, 2, pp.165-174 (1983).
- [8] 喜多泰代: 立位充満正面像からの予測形を利用する 2 重造影正面像の胃領域輪郭抽出, 電子情報通信学会論文誌(D-II), J74-D-II, pp.873-886 (1991).
- [9] 福島重廣, 上井弘樹, 吉本康一: 最適化に基づく胃 X 線 2 重造影像からの胃領域の認識, 電子情報通信学会論文誌(D-II), J83-D-II(1), pp.154-164 (2000).
- [10] 目加田慶人, 長谷川純一, 春日正男, 縄野繁: X 線 TV 像からの胃部領域追跡, 第 10 回コンピュータ支援画像診断学会大会/第 9 回日本コンピュータ外科学会大会合同論文集, pp.153-154 (2000).
- [11] 福島重廣, 吉本康一: ハフ変換に基づく胃 X 線 2 重造影像からの脊椎領域の認識, 電子情報通信学会論文誌(D-II), J83-D-II(1), pp.145-153 (2000).
- [12] 福島重廣, 宮崎晃一, 吉本康一: 群化にもとづく胃 X 線二重造影像からのバリウム溜り領域の認識, 医用画像情報学会雑誌, 17(1), pp.29-39 (2000).
- [13] 尾崎 誠, 小林 富士男: 胃 X 線画像からの高精度な胃領域輪郭線自動抽出, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, 4-4, pp.1-8 (2000).
- [14] 長谷川純一, 筒井武敏, 鳥脇純一郎: 胃 X 線二重造影像におけるひだ集中を伴うがん病変部の自動抽出, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J73-D-II, pp.661-669 (1990).
- [15] 目加田慶人, 尾坐幸一, 長谷川純一, 鳥脇純一郎: 線図形における局所的集中パターンの特徴量とその応用, 信学論 (D-II), J77-D-II, pp.1788-1796 (1994).
- [16] 目加田慶人, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, 縄野繁, 宮川国久: 線状陰影強調フィルタと胃 X 線像におけるがん病変部自動検

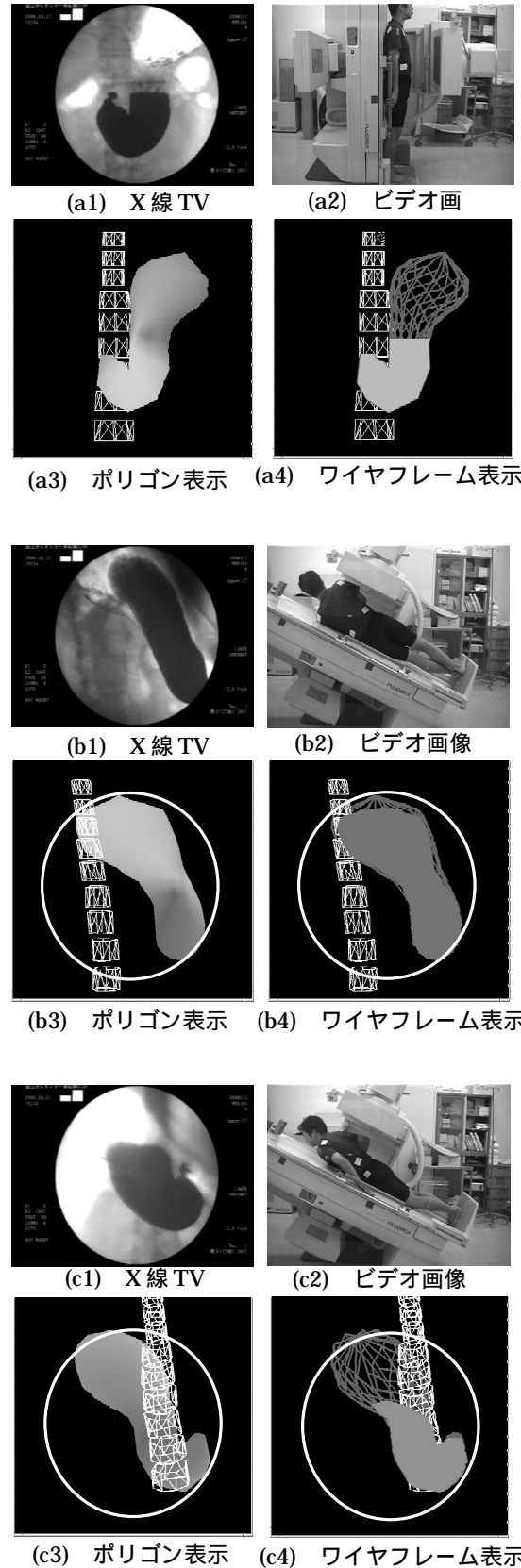


図 4 二重造影像シミュレーション。それぞれ左上が X 線 TV 像, 右上が同時刻の被験者の体位, 左下が仮想化胃袋の表面, 右下が胃壁面のワイヤフレーム表示とバリウムの上面を表示。



- 出への応用, MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY 誌, 14(3), pp.269-279 (1996).
- [17] 目加田慶人, 長谷川光司, 春日正男, 縄野繁, 宮川国久: 胃 X線二重造影像におけるフラクタル次元, MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY 誌, 15(5), pp.609-614 (1997).
- [18] 江縁和史, 桐利行, 目加田慶人, 春日正男: 腹部 X線 CT 像からの胃壁ひだの抽出について, 1999年電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-12-50, p223(1999).
- [19] 渡辺恵人, 長谷川純一, 目加田慶人, 森健策, 縄野繁: 胃部の3次元診断へ向けた腹部 X線 CT 像からの胃壁ひだ自動抽出, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2000) 講演論文集 (2000).
- [20] 渡辺恵人, 長谷川純一, 目加田慶人, 森健策, 縄野繁: 3次元腹部 CT 像からの胃壁ひだ自動抽出の追加実験, 電子情報通信学会医用画像研究会資料 MI2000-61, pp.63-68, (2000).
- [21] 目加田慶人, 桐利行, 春日正男: 3次元胃内壁モデルによる X線撮影時の模擬, 電子情報通信学会論文誌, J83-DII, No.1, pp.245-253(Jan. 2000).
- [22] 桐利行, 大島誠一, 目加田慶人, 長谷川光司, 春日正男: 3次元胃袋モデルを用いた複数の胃 X線像対応付け, 情報処理学会コンピュータビジョンイメージメディア研究会資料, 108-10 (Nov. 1997).
- [23] 森健策, 櫛田晃弘, 長谷川純一, 末永康仁, 鳥脇純一郎, 片田和廣: 3次元医用画像の変形に基づく管腔臓器の仮想展開像の作成と胃 X線 CT 像への応用, 電子情報通信学会論文誌, J83-DII, No.1, pp.351-361(Jan. 2000).