

予測形状を利用する 4E-6 二重造影像の胃領域輪郭の推定

喜多泰代

電子技術総合研究所

1. はじめに

胃の集団検診では条件を変えて数枚のX線像を撮影する。このうち、図1に示す二重造影正面像(以下二重造影と略す)は重要な情報を多く含むが処理が難しい画像である。このX線像からは胃内部のしわの状態を調べるが、このためには、まず胃領域を抽出する必要がある。胃領域の輪郭は基本的には明るい線(以下白線とよぶ)として現れるが、はっきりとでていいるところは少なく、さらに、骨や腸の線や胃領域内部のしわによる線など紛らわしい線も多いので、胃領域抽出は非常にむずかしい問題である。

問題をさらにむずかしくしているのは、胃はその形が個人差により非常に多様で、確からしい一部が確定されても残りの部分の予測が容易でないことである。そこで、撮影条件は異なるが、同じ方向から撮影された立位充満正面像(以下立位充満と略す)の胃領域から二重造影像の胃領域の形を予測して胃領域抽出時にこれをモデルとして利用することを考えた(図2参照)。胃は柔軟な組織であるので、両画像間で胃がどのように変形するかを考慮する必要があるが、この予測手法についてはさきに発表した¹⁾。ただし、この結果得られる予測形は実際とは多少異なる。本稿では、この予測形を基にしたモデルを、立位充満と二重造影の位置の変動に対して位置合わせした後、snake²⁾で表し二重造影の白線と重なるように変形することにより、より正確に胃領域輪郭を推定する処理について述べる。

2. 処理の概要

処理の大きな流れは次のようである。

- 1) 二重造影から白線度画像を作成する。
- 2) 立位充満から得られるモデルが二重造影の白線ともっとも相関が高くなるように、モデルの位置合わせをする。
- 3) 二重造影の明るい領域(胃泡や腸)とモデルとの位置関係より、二重造影に輪郭が現れている部分(モデル線分)を推定する。
- 4) モデル線分をsnakeで表し、モデル線分の方角とあう白線を用いて作成した輪郭度ポテンシャルの中で変形し、胃領域の推定をする。

以下、順に説明する。

3. 白線度画像の作成

まず縦、横、斜め2方向の4方向の方向別白線度画像(多値) W_k ($k=1\sim 4$, 方向を示す)を作成する。図3(a)に図1の縦方向の白線度画像を示す。

さらに、付随情報として、輪郭である確率の高い線を選定しておく。基本的には、4方向の白線度画像の最大値を画素の値とする画像から長い線を抽出する。大弯噴門側は

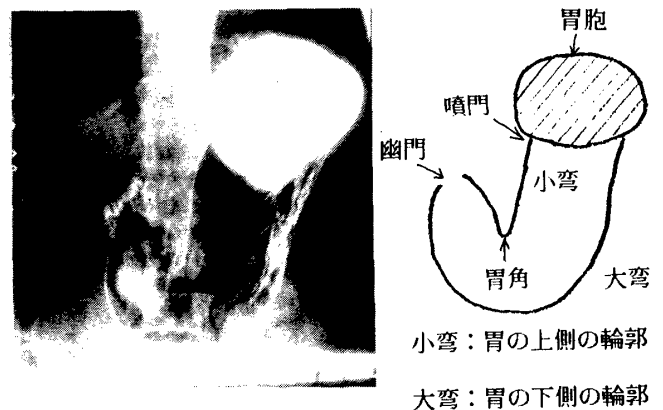


図1 二重造影正面像

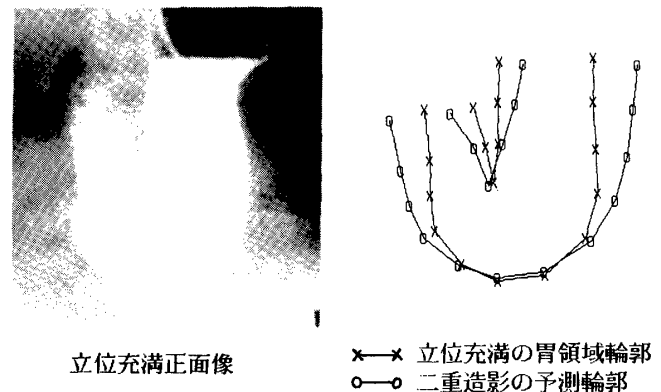
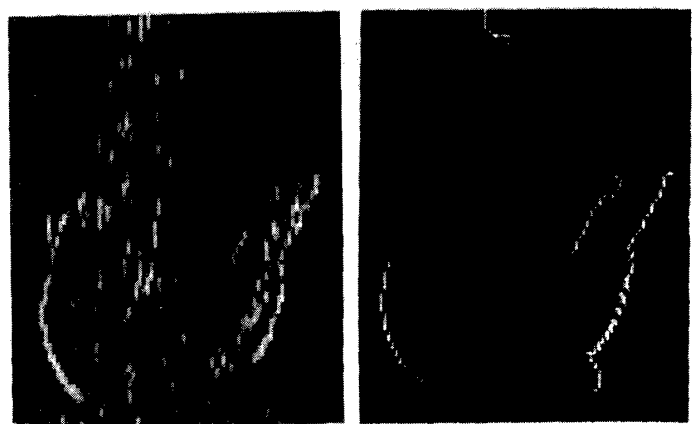


図2 立位充満正面像から得られるモデル



(a)縦方向の白線度画像 (b)輪郭である確率の高い線

図3 白線度画像

しわが多く、多くの白線がでたり、明るい領域となることがあるので次の処理をする。ここでは胃領域の外側（右側）は暗い領域であることが多いので、白線の最も右側、または明るい領域の右側の輪郭を胃胞を位置の目安として抽出し、これを輪郭である確率の高い線に加える。図3(b)に図1の画像に対する選定結果を示す。

4. モデルの位置あわせ

文献1)で述べた手法では、胃内部のバリウムの重力の影響を考慮することにより、柔軟で固定されていない胃がどのように変形するかを予測した。しかし、幽門（胃領域左上端）か噴門（胃領域右上端）のどちらかで固定されている場合もあり、この場合は胃領域の左半分が右半分が変形しないで立位充満とはほぼ同じ形のままとなる。そこで、立位充満の胃領域（モデルOとする）と、変形予測後の胃領域（モデルTとする）、さらに右半分がOで左半分がT、右半分がTで左半分がOの4つの型のモデルを候補として、それぞれで次に述べるように位置合わせをし、重なり度の最大のモデルを初期モデルとする。

モデルの位置合わせでは、モデルを平行移動させて各位置におけるモデルと白線度画像との重なり度 M を算出し、その最大となる位置を選ぶ。モデルは図2に示すように胃の輪郭である小弯、大弯を代表点の座標の系列 (x_i, y_i) で表してある。まず、各代表点（移動後の座標 (x'_i, y'_i) ）の重なり度 m_i を、その点での輪郭の接線方向と一致する白線度画像 W_k の (x'_i, y'_i) の近傍の各点 $(x'_i + \Delta x, y'_i + \Delta y)$ に対して、

$$W_k(x'_i + \Delta x, y'_i + \Delta y) \cdot (1 - c_0 \cdot \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2})$$

を算出した結果の最大値とする。ここで c_0 は定数 $(0 < c_0 < 1)$ である。輪郭である確率の高い線との重なり度を重視するために、モデルの重なり度 M は各代表点の重なり度 m_i の和に、3. で求めた輪郭である確率の高い線との相関を加算する。

5. モデル線分の推定

二重造影では腸領域が明るく重なって、輪郭が隠れている場合もある。このような状態を無視すると輪郭探索を誤る確率が高くなるので、前もって明るい領域との重なりを調べてその部分を削除しておく。また、立位充満で得られる輪郭は一部であることが多いが、胃胞近傍では欠けている輪郭部を予測できるので、これを補間する。これにより、図4(a)の初期モデルから、図4(b)の探索すべきモデル線分が得られる。

6. 胃領域輪郭の推定

モデル線分の近傍領域の各画素について、輪郭度ポテンシャル $P(i, j)$ を次のように計算する。 (i, j) に一番近いモデル線分の接線方向と同じ方向の白線度画像 W_k において (i, j) の近傍の各点 $(i + \Delta i, j + \Delta j)$ に対して、

$$-W_k(i + \Delta i, j + \Delta j) \cdot (1 - c_1 \cdot \sqrt{(\Delta i)^2 + (\Delta j)^2})$$

の値を算出し、その最小値を $P(i, j)$ とする。ここで c_1 は定数 $(0 < c_1 < 1)$ である。したがって $P(i, j)$ は、方向の一致する白線に近い画素ほど絶対値の大きい負の値を持つ。

各モデル線分を初期長さ、角度を保つようなsnakeで表し、この輪郭度ポテンシャルで最小エネルギーを持つように収束するまで変形する²⁾。

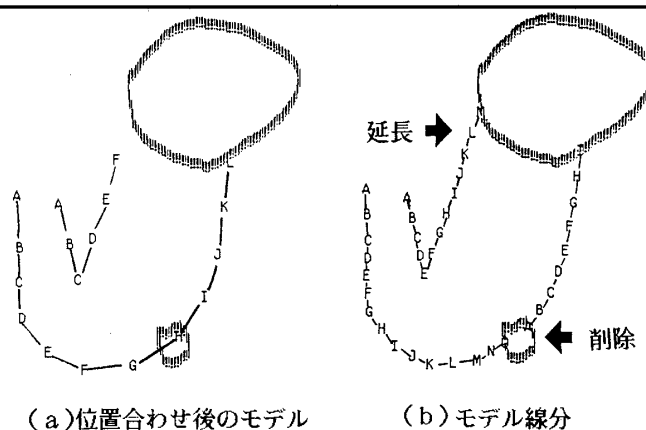


図4 抽出すべきモデル線分の抽出

7. 実験結果

図5に図1の胃領域輪郭推定の結果を示す。胃角部は2本の輪郭線同士がごく近いので正確にはでていないが、輪郭抽出のための十分な推定結果が得られている。

8. おわりに

立位充満像から得られる二重造影の胃領域予測形状をモデルとして、胃領域を推定する手法を開発した。二重造影から抽出した白線度画像に、モデルを輪郭の方向性を重視して位置合わせし変形することにより、紛らわしい線の多い画像からも正しい胃領域を推定することができた。これにより、困難とされてきた二重造影からの胃領域抽出を実現できる見通しが得られた。

<謝辞>

胃X線像読影に関して御指導いただいた筑波大医学部福富久之教授、伊藤葉子医師に感謝いたします。また日頃有益な御助言をいただいている阪大の白井良明教授に感謝いたします。研究の機会を与えてくださり、ご支援いただいた電総研知能システム部の弓場敏嗣部長および視覚情報研究室の大島正毅室長、および日頃有益な討論をいただいている視覚情報研究室の皆様に感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 喜多: "胃の2次元モデルによるX線像の胃領域形状の予測"、情処研資c v 60-5(1989).
- 2) Kass, M., Witkin, A., and Terzopoulos, D.: "Snakes: Active Contour Models", International Journal of Computer Vision, pp. 321-331(1988).

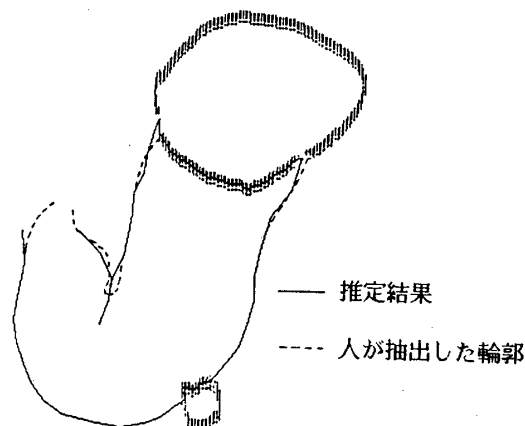


図5 図1の胃領域輪郭推定結果