

研究種目：基盤研究（C）  
研究期間：2007～2009  
課題番号：19500160  
研究課題名（和文） モデルを使った事例生成型学習による医用3次元画像の認識  
研究課題名（英文） 3-D medical image recognition by model-based generative learning  
研究代表者  
目加田 慶人（MEKADA YOSHITO）  
中京大学・情報理工学部・教授  
研究者番号：00282377

## 研究成果の概要（和文）：

本研究課題は、限られた画像データや限られた症例（実例）から起こりうる事象に対して適用可能な分類器を生成型学習により構成し、3次元医用画像の認識に利用することである。一般に分類器を構成するには、対象の見え方に関するバリエーションを増やす必要があるが、限られたサンプルしか得られない場合には難しい問題である。そのため、画像の見え方を直接的に生成する方法と、特徴空間で画像の見え方の変化を表現する方法を検討した。提案手法を用いることで、非常に高速に医用画像の位置合わせができることを示した。

## 研究成果の概要（英文）：

In this research project, we developed a method to construct pattern classifier from limited learning sample by generative learning and applied them to the medical image segmentation and detection of lesion. In general, huge learning sample is required to make an efficient classifier. However, it is difficult to collect adequate sample like cancer. To overcome this, we developed methods to generate both appropriate learning images and appropriate feature vectors. By using this method, we realized a novel quick rigid registration method of three dimensional medical images.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：パターン認識，医用画像処理，生成型学習

## 1. 研究開始当初の背景

本研究では、近年注目されている事例ベースの画像認識方法を、臓器や疾病の検出など医用画像処理の主課題への適用と、その際に

問題となるサンプル数の少なさのモデルベース的な解決を検討する。

医用画像処理の分野では画像撮影装置の進歩による画像情報量の爆発に対して、医師

の診断が追いついていないという危機的な状況にある。そのために、診断の定量化・客観化を目的としたコンピュータ支援診断システム(Computer Aided Diagnosis, または Computer Aided Detection. 以下, CAD と略記)の開発が活発に行われている。CAD システムでは, 医学書に記述されている疾病の形状や濃淡構造に関する所見(特徴) に対応する特徴量に基づく経験的な評価関数によるアルゴリズム開発が典型的である。それは, 医師に結果を提示するとき根拠を示すことが容易であるという長所を持っている。

一方で, このような開発方法は大量のデータを生かしてきていないという指摘もある。特に, 医用画像の画質が劇的に向上し, 人の目では十分に診断できないほどの量になり, また, 新たな撮像装置やそれらの同時利用といった診断の変化, 医師の診断論理自体も日々更新されているため, 工学者には医師が新しい所見を見つけ出す手助けをすることも求められている。

## 2. 研究の目的

本申請課題では, 医師の経験的な知見と事例からの疾病モデルの記述を目的とする。

細胞診断などのような特殊な場合を除けば病変検出として取り組む問題の殆どは, 実際の検出アルゴリズム開発に使えるサンプルの数は, 画像として描出される病変の濃度・形状的なバリエーションを記述するには圧倒的に少ないといえる。そこで, 対象の濃度と形状の特性を記述する方法を検討する。一個人の中でも様々に変わる, 画像の見えをパラメータ化する方法と, 画像間の直接的, または, 特徴空間でのマッピングによる事例ベース的なアプローチの両者を検討し, それらの長短を明らかにする。

## 3. 研究の方法

以下に研究の方法を項目毎にまとめる。

### (1) 特徴を記述するパラメータのモデル化

対象の解剖学的な特徴を記述するための画像パラメータの推定や, 病変の発生位置, 形状, 濃度パターンなどの特徴量にて, 対象の見えのバリエーションを記述するための方法を検討する。具体的には, 腹部では肝臓周辺, 胸部では両肺の存在する範囲を対象とする。

### (2) 事例生成のためのパラメータ推定

事例生成方法の基礎的な検討も平行して実施する。

数学的, 物理的に見え方の変化がモデル化できるものに関しては, それらのパラメータ表現法を, 直接モデル化ができない部分に関しては, シミュレーションにより生成を行う方法を検討する。

## 4. 研究成果

本研究課題では, 上記目標に挙げた各項目を中心に研究を進めた。以下に, それらの概要をまとめる。

### (1) 医用画像の高速な位置合わせ

近年 X 線 CT 装置の高精度化が著しく進んでいる。それに伴い患者一人当たりから得られる 3 次元医用画像枚数が非常に膨大なものとなっている。そのため, 治療計画の立案や画像診断といった治療時における基本行為である「過去の画像と現在の画像間の対応付け」が医師にとって非常に大きな負担となっている。これらの問題を解決手法として従来は正規化相互相関等が提案されているが, この手法は位置合わせの精度は正確であるものの, 多くの計算時間を要してしまうという問題がある。実際の臨床の場では高速な位置合わせを望む声があるため, 速度を優先し人手で修正可能な数 mm 程度の誤差での位置合わせを行うことを目的とした手法が望まれる。さらに, 撮影毎に画像の座標系に対して異なる位置で画像化され, さらに病状の進行具合によって人体自体が変形しているため, これらに対処できる位置合わせ手法が望まれる。本課題では, このような変形を伴う画像間の位置合わせを剛体レジストレーションとして扱い, パラメトリック固有空間法に基づく, 平行移動と回転移動を特徴空間上で生成して表現する方法を用いた手法を開発した(図1)。

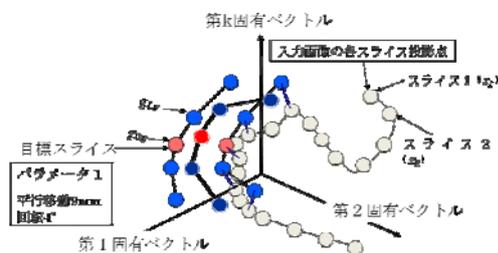


図1. 固有空間での見えの生成

実験では同一被験者の, それぞれ撮影時期の異なる 3 つの腹部 X 線 CT 画像のうち, 非造影, 門脈相のもの, および, 胸部の画像を使用した。なお, 門脈相とは造影剤投与後 60 から 70 秒後に CT 撮影されたものであり, 肝臓内の門脈が視認できる画像のことである。それぞれスライス枚数は約 300 枚程度である。特徴空間ベクトルは 1200 次元程度であった。これを, 固有値の大きいほうから固有空間上に投影した。固有空間の軸として採用したベクトルを画像化したものを, 図2に示す。固有空間次元数は実験的に 20 次元とした。なお, 考慮する移動量は平行移動が肩方向にそれぞれ 0mm,  $\pm 3$  mm,  $\pm 6$  mm,  $\pm 9$  mm であり, 回転変形は背腹方向を回転軸にそれぞれ  $0^\circ$ ,

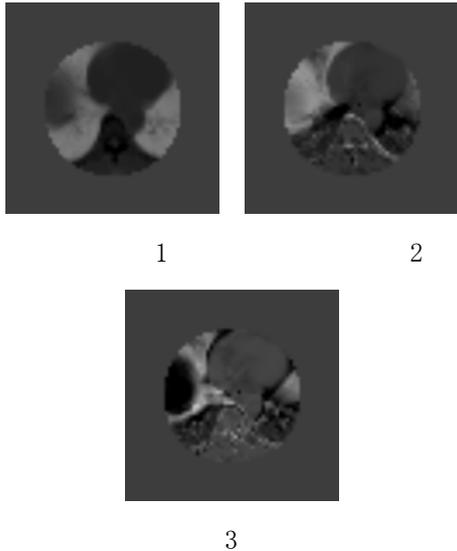


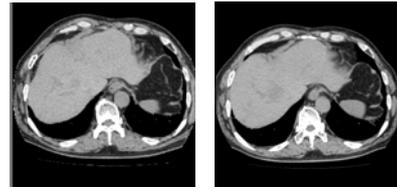
図 2. 固有ベクトル例. 固有ベクトルを 0 から 255 に正規化して表したものである

$\pm 2^\circ$ ,  $\pm 4^\circ$  の組み合わせの 35 パターンで、これらの見え方を固有空間で生成した事になる。

胸部 X 線, 腹部 X 線 CT 画像ともに, 肩方向 2 自由度の平行移動と背腹方向 1 自由度の回転に対応した剛体位置合わせの結果, 誤差は数ミリ程度と良好であった. 臓器変形の大きい腹部においても胸部の場合と同様, 画像間に極端な変形がなければ十分な精度での位置合わせが可能であることが分かった (図 3~5). 位置合わせに要した計算時間は Intel®Core™2 Duo, U9300@1.20GHz, メモリ 4G の計算機で平均 0.3 秒と, 従来通りの高速な位置合わせが行えた.

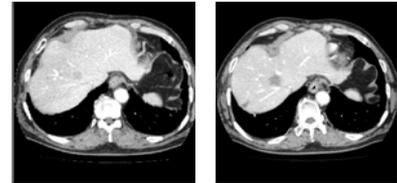
## (2) 投票に基づく X 線 CT 画像からの肝臓領域抽出

肝臓を診断するには, 造影剤なし(非造影), 早期相, 門脈相, 晩期相という最大で 4 回の撮影が行われる. このうち肝細胞がんの診断には, 早期相と晩期相の画像変化が有効であり, 転移性ががんの診断には門脈相の画像が用いられている. この差は, 肝細胞がんと転移性ががんの栄養経路が異なっていることに起因している. 肝臓領域の抽出手法は様々提案されているが, 大きく分けて, 濃度分布推定に基づくものと臓器の確率アトラスに基づくものに分けられる. 様々な肝臓抽出処理の比較検討を行い, それらの統合を目指すものや, 濃度分布推定の立場で肝細胞がん診断支援のために, 早期相と晩期相の非剛体位置合わせと EM アルゴリズムによる濃度分布推定に基づく肝臓領域抽出手法を提案している. 本研究課題では, 門脈相のみから



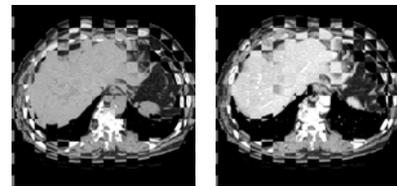
(a)学習画像[60] (b)入力画像[67]

図 3. 非造影位置合わせ結果([スライス番号])



(a)学習画像[74] (b)入力画像[66]

図 4. 門脈相位置合わせ結果([スライス番号])

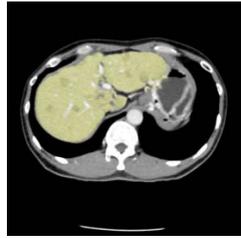


(a)非造影 (b)門脈相

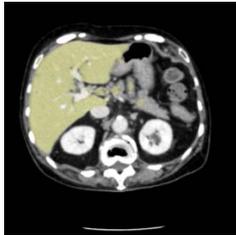
図 5. チェッカーボード表示

EM アルゴリズムで濃度分布推定をおこない, 肝臓領域を抽出する方法を検討した. この場合 EM アルゴリズムの初期値の与え方に問題が発生する. すなわち, 造影効果の個人差により, 肝臓領域に対応する分布の平均値が画像毎に異なり, 全ての画像に対して同じ初期値を指定した場合, 正しく分布推定が出来ないということである. そこで, 肝臓領域に対応する分布の初期値を乱数によって発生させ, 推定された濃度分布によるしきい値処理を複数回行い, 多数回抽出された結果を最終結果とする方法を開発した. 実際に, 画像によっては筋肉の分布と肝臓領域の分布が非常に近く, 初期値の与え方によっては適切な分布を推定できない場合がある. しかしながら, そのような状況は全体から見れば少ないため, 分布の初期パラメータを乱数で多数発生させ, そのパラメータ毎に肝臓領域を抽出すれば, 多くの場合は適切に肝臓領域が得られる. つまり, 各画素に対して前節の処理で領域分割をおこない, 肝臓領域として抽出された回数が多い画素を最終的な肝臓領域とすることで, 造影効果の個人差に頑健な肝臓領域を抽出できることが期待される.

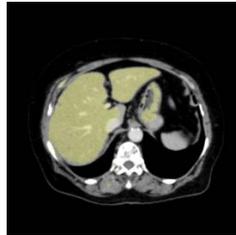
門脈相 CT 画像 20 例に適用した. 結果の一例を図 6 に示す. 20 画像のいずれに対しても, 肝臓領域は抽出されていた. ただし, 濃度分布が類似している脾臓や心臓, 血管の一部が



(a) 良好



(b) 他臓器の過抽出



(c) 胃袋の過抽出

図6 抽出結果の例 (黄色い領域が抽出された領域)

過抽出されていた。臓器アトラスを利用する方法と併せることで、精度向上が期待される。

### (3) 生成型学習の基礎

生成型学習の基礎的・理論的な解析のために、生成型学習による物体検出の検討を進めた。様々な対象の見え方の変化を少数のサンプル画像から推定し、変化を確率的、または、幾何学的に表現する方法を検討した。実際に、乱数でそれらのパラメータを発生させて画像の見え方を生成することで、検出精度が格段に向上することを示した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 8 件)

① 目加田慶人, 平澤宏祐, 鷺見和彦, 村瀬洋, パラメトリック表現に基づく医用画像の高速位置あわせ, 電気学会論文誌 (C), 査読有り, 2009, Vol. 129, No. 9, 1699-1704

② 目加田慶人, X線CT画像診断支援のための画像処理, O PLUS E, 査読無し, Vol. 30, 2008, No. 6, 599-602

〔学会発表〕 (計 16 件)

① 澤田匡秀, 目加田慶人, 鳥脇純一郎, 平澤宏祐, 鷺見和彦, 村瀬洋, パラメトリック固有空間法による同一被験者CT画像の高速な位置合わせ, 日本医用画像工学会大会論文集, 査読無し, 2009年8月4-5日, 名古屋

② 澤田匡秀, 目加田慶人, 鳥脇純一郎, 平澤宏祐, 鷺見和彦, 村瀬洋, パラメトリック固有空間法による同一被験者CT画像の高速な位置合わせ, 第12回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2009)講演予稿集, 2009年7月20-22日, 松江

③ Md. Khayrul Bashar, Kensaku Mori, Yasuhito Suenaga, Takayuki Kitasaka, and Yoshito Mekada, Detecting Informative Frames from Wireless Capsule Endoscopic Video Using Color and Texture Features, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI2008, 査読有り, 2008年9月6-10日, New York

④ 道満恵介, 高橋友和, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, 生成型学習とカスケード型識別器による道路標識検出・認識, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2008)講演予稿集, 査読無し, 2008年7月29日, 軽井沢

〔その他〕

ホームページ等

<http://mekada.org/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

目加田 慶人 (MEKADA YOSHITO)

中京大学・情報理工学部・教授

研究者番号：00282377

### (2) 研究分担者

鳥脇 純一郎 (TORIWAKI JUNICHIRO)

中京大学・生命システム工学部・教授

研究者番号：30023138

村瀬 洋 (MURASE HIROSHI)

名古屋大学大学院・情報科学研究科・教授

研究者番号：90362293

北坂 孝幸 (KITASAKA TAKAYUKI)

愛知工業大学・経営情報学部・講師

研究者番号：00362294