

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18700223

研究課題名 (和文)：確率的情報処理に基づく医用画像再構成アルゴリズムに関する研究

研究課題名 (英文)：A study of application for medical imaging algorithm based on probabilistic information processing

研究代表者：

庄野 逸 (SHOUNO HAYARU)

電気通信大学 電気通信学部・准教授

研究者番号：50263231

研究成果の概要：

新たな医療画像アプリケーションを作成するための理論的な枠組みの構築と、医療診断を支援するようなプロトタイプ作成を主眼に置き研究を行った。特に近年発展してきているソフトコンピューティング分野の手法を援用することにより、観測ノイズによる画像の不鮮明性を考慮にいたした上での画像の特性を調査し、より効果的なアプリケーションの開発を行うことが出来たと考えられる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,200,000	0	1,200,000
2007 年度	1,300,000	0	1,300,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	300,000	3,800,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：統計力学的アプローチ，ニューラルネットワーク，医療画像情報処理

1. 研究開始当初の背景

医用画像として代表的な X 線 CT 画像はコンボリューション法や FBP 法などの方式を用いて決定論的に再構成されることが殆どである。これらの方式は観測データに欠落が無い場合に非常に有効な手段であるが、放射線が透過しない場合、センサ上でデータが欠落する場合があります。再構成画像上で本来存在しないアーチファクトを埋み出す。この

為、近年では観測過程を確率的なモデルとして扱う手法も提案されている。確率的情報処理を医療画像アプリケーションに対して導入するにあたって、理論的な枠組みの確立を行なう。最尤推定では、被写体である人体組織が持つべき情報に関しては何の仮定条件も課してはいないため観測データの S/N 比があまり良くない場合には、再構成画像はノイズに左右される。特に照射線量が低くなると、センサでの観測値はノイズに支配されやすくなりやすい。そこで事前知識を自然な形

で導入し、ノイズの混入を最初から考慮しているような Bayes 推定の枠組みを用いて様々なアプリケーションへの応用を考えていく。このアプローチを考えることとした。

2. 研究の目的

人に優しい医療を考えた場合、撮像デバイスによる侵襲は低強度の方が望ましいが、低強度の侵襲で得られる画像は一般に雑音成分が多くなるため、画像診断を行う上での困難が生じる。そこで近年のソフトコンピューティング技術で用いられている確率的情報処理の枠組みを用いて、画像の特性を考えた上で、様々なアプリケーションを作成し、その性能を評価することが目的である。本提案による研究の意義は、最尤推定による再構成原理を、近年の確率的情報処理で盛んに取りあつかわれてきている Bayes 推定法に置きかえることによって、より S/N 比が悪い観測信号からでも高精度な画像を再構成させることが可能にさせることがねらいである。Bayes 推定を導入することによる利点は、観測ノイズの評価を理論、シミュレーションならびに実測データの面からに統一的に議論することが可能になる点にあり、今後の医療画像の計測に対して重要な指標になると考えられる。

3. 研究の方法

画像モデルから高精度な画像を構成した上で、必要なことは画像がどのようなものかということを考えることが必要である。さらにこれを数理的に取り扱うためには、画像を確率場として扱い、そこに画像の画像たる所以の知識を導入することが必要であった。この議論の中核をなすのは Bayes 推定の枠組みであり、ノイズで観測されない情報を画像の事前知識で補うという方式を考案した。事前知識は Bayes 推定の言葉で言えば、事前分布として表現でき、この確率モデルの善し悪しによって画像の特性が変わってくる。本研究で導入した確率モデルはマルコフ確率場 (Markov Random Field: MRF) である。これは隣接しているピクセルがよく似た特性を持つという特徴を表すために用いられる。このマルコフ確率場を画像として捉え、各素子の確率生成モデルを考慮した。この確率生成モデルとしては Gaussian など考えた。通常医療画像は Poisson モデルを用いることが多いが、今回の研究では解析の容易さをとり、統計力学的な手法である平均場近似やクラスタ変分法などを用いて周辺尤度を計

算し、各近似における振舞いを考慮した。この研究計画のポイントは、ノイズ混入量と再構成画像の画質の定量的な関係、すなわち再構成の性能限界を知ること、および定量的性能限界に基づいて現実的な画像再構成システムを構築するための基盤作りを行うという2点にある。この点に着目するのであれば理論的な解析可能な階 (可解モデル) を中心に画像再構成の性質を研究することが効率的なアルゴリズムの構築を目指す際には必要であった。そのためには、確率モデルとして解析が容易である Gaussian プロセスから始めることとした。さらにこのような医療画像に対して、医療診断支援を行うようなソフトコンピューティング手法である。ニューラルネットワークの手法などを用い、医療支援診断を行う様々なプロトタイプシステムを構築した。

4. 研究成果

低侵襲な撮像方法を実現させるため、撮像時の被爆量を低減化は、画像を再構成する信号がノイズに埋もれやすい状況を作り出す。この為、決定論的な手法では ad-hoc 的にフィルタをかけるような操作が行なわれがちである。これに対し、モデリングの段階でノイズを内包するような確率モデルを導入することで、より自然な形での画像再構成理論の構築が期待できる。平成 18 年度は主に画像・信号修復の統計力学的な解析に関する研究を行った。特に多数のセンサを含むような観測信号からの復元に関する理論構築に関して考察を行ってきた。また実装の様々な形態を模索するために、ニューラルネットなどを用いた信号処理方式に関する研究を行った。研究自体はサーベイを中心に行い、現在までの画像再構築方式の方法や問題点を考察している。続く平成 19 年度の研究は現用の手法である FBP 法、ML-EM 法などの調査とシミュレーションをおこなった。また画像復元や認識アルゴリズムを導入することによって、より高度な再構成が期待できることから画像を取り扱うニューラルネットモデルの検討も行った。特にパターン認識を行うモデルとパターンの再構成を行うリカレントタイプのニューラルネットワークが画像修復の分野でも相性が良いかどうかを検討した。このようなモデルはニューラルネットワークモデルの分野で言えば連想記憶モデルと呼ばれるクラスにあたり、これを用いるようなアプリケーションを考えた。これは医療画像とは異なるが Sourlas 符号と呼ばれる符号の問題を解くような問題と関連づけることができる。この Sourlas 符

号をアナログニューラルネットワークで解いたときの性能表かをおこなった。これは理論的に求めることが出来る可解モデルであるため、類似の問題である画像再構成に対してもある程度の理論的な示唆が行えたと考えている。

また再構成のアプリケーションを考える際にはどのような特徴が必要であるかということ考察することが必要であったため画像認識モデルに関しても自然画像を扱う様なニューラルネットワークモデルを検討した。さらに性能を測定するために画像処理アプリケーションとして認識モデルとしてフィードフォワード型ニューラルネットワークなどの実装も行い、自然画像のデータ処理との相性を検討した。さらに最終年度の平成20年度ではアプリケーション主体の研究を行い実際の医用画像に対する援用を行い、結果を評価した。認識モデルとしては再構成した HDCT 画像に含まれるびまん性肺疾患の識別モデルとして、古典的な特徴量を用いた分類手法、自己組織化マップ(SOM)を使った方法、ブースティングと呼ばれる機械学習の分野で用いられる学習方式を用いた方法、その他にパーセプトロンと SOM を組み合わせたカウンタープロパゲーションネットワークと呼ばれるニューラルネットワークモデルを用いて性能評価実験を検討し、ブースティング手法を用いた場合に識別モデルとしては良い成績を与える事を示した。ブースティングは様々な認識機械を組み合わせる手法で、一つ一つの認識器の性能が悪くてもそれを組み合わせることで認識性能の向上がねらえるモデルである。特に医療アプリケーションのようなバリエーションが大きいようなモデルにおいても、統計的な組み合わせを自動的に構築していくことによって十分使用に耐えうるモデルが構築できることを示したことは評価出来ると考えている

また肋骨のバネ変位モデルを考えることで CT 画像の経時差分画像を取るモデルを構築した。経時差分画像は、時間経過した画像間の差異を検出するのに用いられるが、この画像を計算するには、同じ組織位置の対応点関係を取る必要がある。しかしながら軟組織の画像や肺画像のような気体を撮像したような画像では体積変化を起こしてしまうため対応点関係を取ることは難しかった。そこで我々は画像中の骨成分に着目しこれを対応点の指標とすることによって、その周辺の組織をバネモデルとして変位を算出するようなモデルを構築した。

対応点関係が解ける問題であれば差分画像を構成することの他にもアプリケーションが構築できる。これは複数人の画像を対応点関係を考慮した上で重ね合わせることによって、標準的な軟組織のテンプレート画像を

作成することが可能になる。このような標準テンプレート画像があれば、疾患で以上があるような画像でもその差異を見つけやすくなることができる。この標準的な肺テンプレート画像を作成することで胸水を持つような肺画像に対してもテンプレートからのずれを考慮して重ね合わせることを検討した。胸水を含むような肺は、肺領域が水分によって浸食されているため患者がどの程度の呼吸容量を持つことを算出することが困難であった。このような胸水を持つような肺画像に対して標準テンプレート画像の重ね合わせを行い、ある程度の肺容量の目安を算出することが可能になった。

これらのような医療用のアプリケーションを作成するための基礎的な考え方を確立し、あらたな医療支援診断技術の基盤の一端を担うことかできたと考えられる。

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 5 件)

1. 角森昭教, 庄野逸, 木戸尚治.
レジストレーション法を用いた胸水貯留を有する CT 画像からの肺野領域の抽出.
日本医用画像工学会論文誌, 26(5), 2008.
pp. 338-346. 査読有り
2. 菅田良博, 木戸尚治, 庄野逸,
胸部 CT 画像を用いたびまん性肺疾患画像解析のための2次元と3次元特徴解析の比較,
医用画像情報学会誌. 25(3), 2008,
pp. 44-47, 査読有り
3. 吉塚武治, 庄野逸, 宮本弘之, 他.
ネオコグニトロンによる視覚腹側経路のモデル化,
日本神経回路学会論文誌, 14, 2007,
pp. 266-272, 査読有り
4. 木戸尚治, 庄野逸.
肋骨の変位とばねモデルを用いた胸部 CT 画像の経時的差分画像.
医用画像情報学会論文誌, 24(4), 2007, pp
126-130, 査読有り

5. Masami.Takata, Hayaru.Shouno, Masato Okada:

Naïve Mean Field Approximation for Soulras Error Correcting Code,
IEICE Transactions of Information .& Systems. E89-D, 2006, pp.2439-2447, 査読有り

[学会発表] (計 4 件)

1. Masayuki Kuwahara, Shoji Kido, and Hayaru Shouno.

Classification of patterns for diffuses lung disease in thoracic CT images by AdaBoost algorithm,
International Society for Photo-optical Instrumentation Engineers (SPIE). Medical Imaging 2009: Computer-Aided Diagnosis, Vol.7260, 726037, 10 Feb. 2009, San Diego, U. S. A.

2. Hayaru Shouno.

Recent Studies around the Neocognitron.
International Conference on Neural Information Processing (ICONIP) 2007.
15, Nov. 2007. Kita-Kyushu, Japan

3. Yoshiharu.Goto, Hayaru Shouno, Shoji Kido.

Analysis of Idiopathic Interstitial Pneumonia by Self-Organization Map on High-Resolution CT Images.
International Conference on Parallel Distribution Processing Techniques and Applications (PDPTA)' 07, 25, Jun, 2007, Las Vegas, U. S. A

4. Takeshi Orihashi, Hayaru Shouno, Shoji Kido.

Discrimination of Lung Sounds using a Statistics of Waveform Intervals.,
International Conference on Parallel Distribution Techniques and Applications (PDPTA)' 06, 26, Jun, 2006, Las Vegas, U. S. A. .

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

庄野 逸 (SHOUNO HAYARU)

電気通信大学・電気通信学部・准教授

研究者番号 : 50263231