

頭部 CT 画像における急性期脳梗塞のコンピュータ検出

長島宏幸¹⁾, 原川哲美²⁾, 白石順二³⁾, 土井邦雄³⁾
 須永眞一⁴⁾, 小林 誠⁴⁾, 小屋栄一⁴⁾, 須藤安廣⁵⁾
 後閑隆之⁵⁾, 根岸 徹¹⁾, 白石明久¹⁾, 下瀬川正幸¹⁾
 小倉敏裕¹⁾, 五十嵐 均¹⁾

- 1) 群馬県立県民健康科学大学 診療放射線学部 診療放射線学科
- 2) 前橋工科大学 情報工学科
- 3) シカゴ大学 放射線科 カートロスマン放射線像研究所
- 4) 桐生厚生総合病院 放射線科
- 5) 中央群馬脳神経外科病院 放射線科

目的：本研究では，頭部 CT 画像の左右対称性を考慮したコントララテラル差分技術を利用し，急性期脳梗塞の病巣を検出する，コンピュータ支援検出法を開発した。

方法：本手法は，原画像からミラー画像を引き算することにより，コントララテラル差分像を作成した。コントララテラル差分像に対し，多重しきい値処理技術を使用し，フィルタ処理を適用して初期候補を特定した。偽陽性候補の除去において，ルールベース手法を適用するため，3つの画像から27種類の特徴量を抽出した。

結果：コントララテラル差分技術を用いた本システムの急性期脳梗塞における検出感度は，71例に対し93.3%となり，偽陽性率は1画像あたり1.54個となった。

結論：コントララテラル差分技術を用いて急性期脳梗塞を検出するコンピュータ支援検出法は，疑わしい病巣を明らかにすることができ，CT 画像上の急性期脳梗塞における放射線科医の意思決定に有用である。

キーワード：頭部 CT 画像，急性期脳梗塞，コンピュータ支援検出，コントララテラル差分技術，ルールベース法

1. 緒 言

先進諸国における脳卒中は，死因の第3位，介護性疾患の首位を占めており¹⁾，わが国において高齢化社会が進む中で，脳血管障害は増加の一途を続けている。発症してから間もない脳梗塞に対する画像診断は，第一選択としてCT検査が施行されている。CT検査は，これまで出血などの病変を除外する目的で行われてきたが，マルチスライスCTの登場により画像特性が向上し，脳虚血の初期変化であるearly CT sign²⁻⁴⁾の画像所見を検出できるようになった。early CT signは，発

症6時間以内に出現するレンズ核の不明瞭化，脳溝の消失，皮髄境界の消失を伴う所見であり，脳実質に低吸収域として出現する淡い陰影である。

そのため，early CT signはCT画像を慎重に読影しないと見落とすことがあり，観察者間で検出に差が生じると報告されている²⁻⁴⁾。

一方，わが国において，2005年10月に脳梗塞に対する新たな薬剤である組織型プラスミノゲン・アクティベータ(rt-PA，以下：アルテプラゼ)の静脈内血栓溶解療法が認可された⁵⁾。アルテプラゼを用いた血栓溶解療法は，劇的な症状改善をもたらすが，治療開始時間が経過するほど，救

済可能と考えられるペナンプラ領域に不可逆的な変化を来し治療の有効性が低くなり、さらに、梗塞性出血などの重大な合併症を招く可能性もあると報告されている⁶⁾。そのため、発症から治療開始までの時間的因子が非常に重要であり、治療指針^{5,6)}には厳密に記されている。この治療指針において、血栓溶解療法の適応を判断するための画像診断には、CT 検査が最も重要であると考えられている。これは、装置が普及していること、24時間使用可能であること、発症数時間以内に治療を開始しなくてはならないこと、さらに、CT 検査における血栓溶解療法のトライアルが実施され、エビデンスが得られているためである。このことにより、今後は、CT 画像で脳実質の early CT sign を確認し、各種神経徴候の適応基準や除外基準を満たした発症後 3 時間以内の脳梗塞では、アルテプラゼの投与が行われると考えられる。MRI 検査における拡散強調画像は、虚血領域の検出感度が高く、また灌流強調画像との併用により、可逆性のペナンプラ領域を診断できるとされているが、現時点では、血栓溶解療法の適応決定や予後の向上、重大な合併症の防止に役立つかは明らかになっていない⁷⁾。よって、短時間で容易に検査可能な CT 検査を利用し、early CT sign を早期に見落とすことなく検出することは、初期段階で脳梗塞を診断でき、さらに血栓溶解療法の適応を迅速に決定するために非常に有用であると考えられる。

そこで本研究では、頭部 CT 画像における急性期脳梗塞領域をコンピュータの使用により自動抽出し、その画像を読影医師に提示して注意を喚起させ、見落としを減少させることを目的としたコンピュータ支援検出 (Computer-Aided Detection, 以下: CAD)⁸⁻¹⁴⁾ システムを開発し、性能評価の結果から、システムの有用性について検討したので報告する。

2. 方 法

2-1 画像データベースの評価

本研究に使用した画像データベースは、MRI 拡散強調画像において梗塞部位の確定した、発症後 6 時間以内の 75 個の急性期脳梗塞を含む 71 例の頭部 CT 画像で構築されている。その内訳は、男性 36 名、女性 35 名、年齢 39~91 歳 (平均 73.3 ± 11.3) である。

CT 画像における急性期脳梗塞陰影は、臨床病型や障害部位、発症時間の相違により、梗塞巣の位置、大きさ、CT 値が様々に変化する。そのため、本研究にて開発した CAD システムの有用性を検討するためには、利用した画像データベースの評価が必要となる。そこで、画像データベースにおける各症例画像の梗塞部位に対する検出難易度を主観的に評価した。視覚評価した観察者は、6~26 年 (平均 11.6 ± 8.2) の経験を持つ 5 名の放射線科医である。観察者実験は、まず観察者に対し、本研究内容、観察方法、および評価基準について十分に説明し認識させた後、十分なトレーニングを行った。観察方法は、最初に CT 画像を観察し梗塞部位を決定した後、MRI 拡散強調画像を観察して梗塞部位を確認するよう説明した。次に、CT 画像の梗塞部位を再度確認し、CT 画像における検出難易度を 5 段階で評定するよう説明した。評定確信度法における 5 つのカテゴリ分類は、1: 脳梗塞は絶対ある、2: 脳梗塞はたぶんある、3: 脳梗塞があるかないかわからない、4: 脳梗塞はたぶんない、5: 脳梗塞は絶対ない、とした。得られた 5 名の観察者による評定結果を症例ごとに平均し、検出難易度のカテゴリに分類した。本研究における観察媒体は、汎用の液晶モニタを使用し、観察条件は、ウインドウ幅を 80 とした。また、観察距離は自由とし、観察時間は 20 秒以内で行うよう観察者に依頼した。

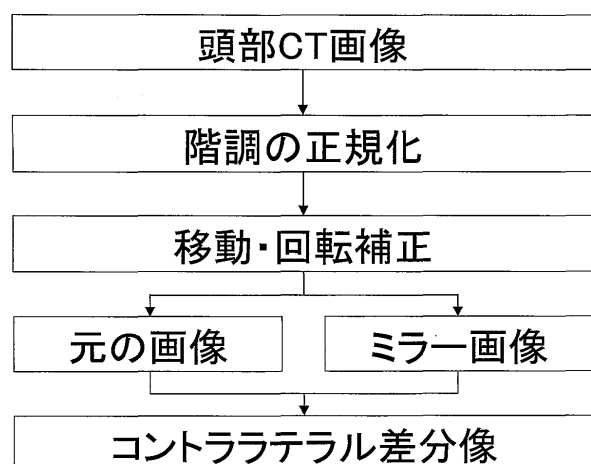


Fig. 1 コントララテラル差分像の作成法の概略

2-2 コントララテラル差分像の作成

本研究の主たる画像処理アルゴリズムは、人体の左右対称性を利用したコントララテラル差分技術¹⁵⁻¹⁷⁾である。コントララテラル差分技術は、左右反転させた画像と元の画像との差を求め、片側だけに存在する異常陰影を検出する技術である。臨床において、水平断面のCT画像を読影する医師は、左右対称に病変を確認しながら診断することから、この技術を適用した。

コントララテラル差分像の作成法の概略をFig. 1に示す。まず、各症例について、所見の最も顕著なCT画像1枚を選択し、コンピュータに読み込んだ後、脳実質のCT値が変化しないよう、256階調の正の整数値に線形変換を行った。次に、脳梗塞の候補陰影を検出するための前処理として、CT画像から濃度ヒストグラムを求め、最大頻度となるCT値を利用して、線形的に階調の正規化を行った。その後、CT画像の重心を求めて画像中心に移動させ、脳画像の正中矢状線がCT画像の垂直中心線と合わさるよう回転させ、画像の傾きを自動的に補正した。さらに、回転した画像を横方向に反転してミラー画像を作成し、元の画像からミラー画像を引き算することにより、コントララテラル差分像を得た。

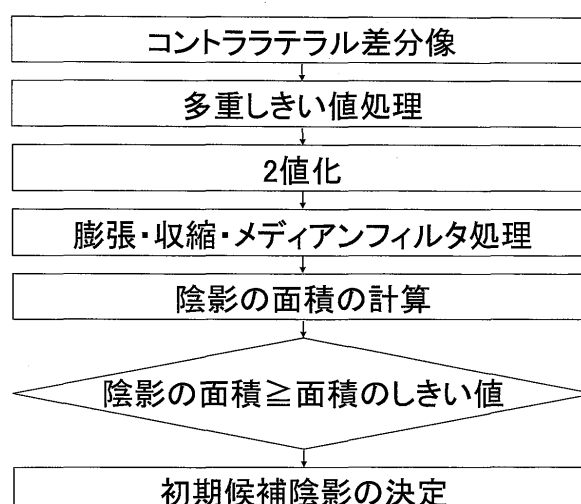


Fig. 2 脳梗塞の候補陰影の自動抽出法の概略

2-3 脳梗塞の候補陰影の自動抽出

脳梗塞の候補陰影の自動抽出法の概略をFig. 2に示す。前述した方法により作成したコントララテラル差分像のデジタル値は、0を中心とした正負の整数値であり、原画像で低吸収域を呈する脳梗塞陰影は、差分処理により負の整数値となる。そのため、まず、コントララテラル差分像の負のデジタル値に対し、多重しきい値処理を行った。次に、しきい値処理した画像に対し2値化を行い、隣接したピクセルを連結し且つ雑音成分を除去するため、膨張処理、収縮処理、およびメディアンフィルタリングを行った。その後、明らかに小さい候補陰影を除去するため、ラベリングを行って面積を計算し、設定したしきい値以下であるものは、候補陰影から除外し、脳梗塞の初期候補陰影を抽出した。設定した陰影の面積におけるしきい値は250ピクセルとした。

2-4 抽出した脳梗塞候補陰影の特徴量分析

抽出した初期候補陰影の特徴量分析法の概略をFig. 3に示す。本研究では、特徴量として、統計的特徴量である平均ピクセル値、標準偏差、変動係数、幾何学的特徴量である面積、円形度、不整度、および複雑度の尺度を計算した。また、濃度ヒス

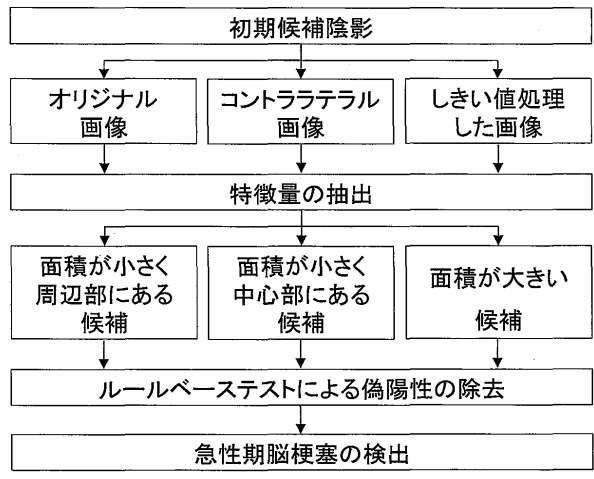


Fig. 3 抽出した初期候補陰影の特徴量分析法の概略

トグラムから求めた最大頻度となるデジタル値と、テンプレートマッチングによる脳溝の有無も特徴量として計算した。ここで、陰影の円形度、不整度、および複雑度は、以下に示す式から求めた^{18,19)}。

$$\text{円形度} = \frac{A}{S} \dots \dots \dots \text{(式1)}$$

$$\text{不整度} = 1 - \frac{C}{L} \dots \dots \dots \text{(式2)}$$

$$\text{不整度} = 4 \pi \times \frac{S}{L^2} \dots \dots \dots \text{(式3)}$$

なお、式1のAは陰影と同じ面積を持つ円を陰影の重心に重ねたときに、円内に含まれる陰影の面積、Sは陰影の面積であり、式2のCは陰影の面積と同じ面積を持った円の円周の長さ、Lは陰影の周囲の長さである。

これら9個の特徴量の尺度は、オリジナル画像、コントララテラル差分像、しきい値処理した画像の3画像からそれぞれ計算し、計27個の特徴量を求めた。次に、幾何学的特徴量である面積と、脳内における候補陰影の位置を利用し、初期候補を、面積が小さく周辺部にある候補、面積が小さく中心部にある候補、および面積が大きい候補の3つに分けた。なお、候補陰影の面積のしきい値を1000ピクセルとし、脳領域辺縁から画像中心に向かって14mm以内にある候補陰影は周辺部にある候補と

した。最後に、それぞれの候補ごとにルールベーステストを行い、偽陽性候補を除去した。ルールベーステストは、脳梗塞の検出感度を落とさないよう各特徴量に対して独立なしきい値、および複数の特徴量に関係するしきい値を設定した。また、各特徴量のうち一つでも脳梗塞でないと判断したものは偽陽性と判断し、脳梗塞候補陰影から除外した。一方、すべての特徴量で脳梗塞の可能性があると判断したものは、脳梗塞の候補陰影として残すようにした。候補陰影が脳梗塞であるのか否かの判定は、以下に示す一致率の式を用いて行った。

$$\text{一致率} = \sqrt{\left(\frac{H}{T} \times \frac{H}{I} \right)} \dots \dots \text{(式4)}$$

なお、式4のTは放射線科医がMRI拡散強調画像を確認し、CT画像にマーキングした梗塞部位の面積、Iは抽出した候補陰影の面積、Hは放射線科医がマーキングした梗塞部位と抽出した候補陰影が重なり合った面積である。本研究では、一致率が0より大きくなった候補を脳梗塞候補とし、0となった候補を偽陽性候補とした。また、一つの脳梗塞に対し二つの候補陰影が重なり合った場合には、それぞれに対し一致率を求め、加算し平方根した値をその画像の一致率とした。

3. 結 果

画像データベースの検出難易度における主観的評価結果をFig.4に示す。評定確信度法におけるカテゴリの1から5までを0.8ずつ5段階に分割し、得られた平均評定点を設定したカテゴリに分類した結果、1の脳梗塞は絶対あるに分類された症例は23例(30.7%)、2の脳梗塞はたぶんあるに分類された症例は17例(22.7%)、3の脳梗塞があるかないかわからないに分類された症例は11例(14.7%)、4の脳梗塞はたぶんないに分類された症例は14例(18.7%)、5の脳梗塞は絶対ないに分類された症例は10例(13.3%)であった。

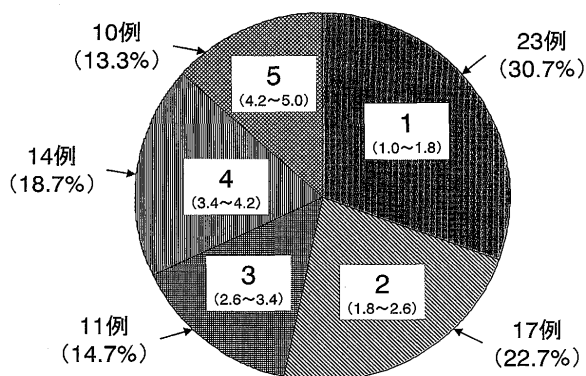


Fig. 4 画像データベースの検出難易度に対する主観的評価の結果

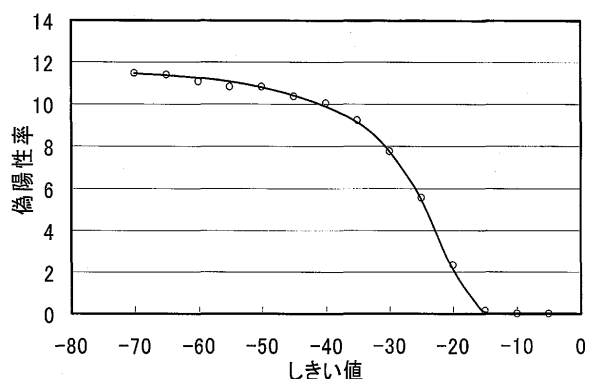


Fig. 6 しきい値の変化における脳梗塞初期候補の偽陽性率

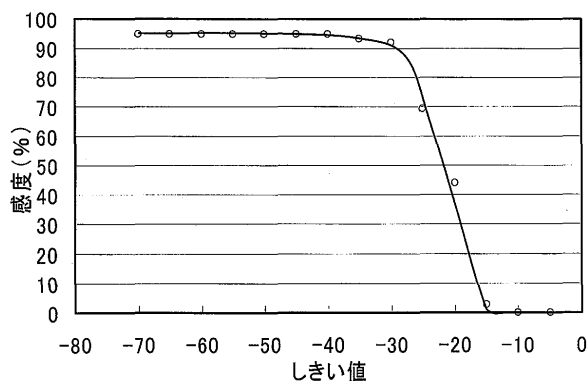


Fig. 5 しきい値の変化における脳梗塞初期候補の検出感度

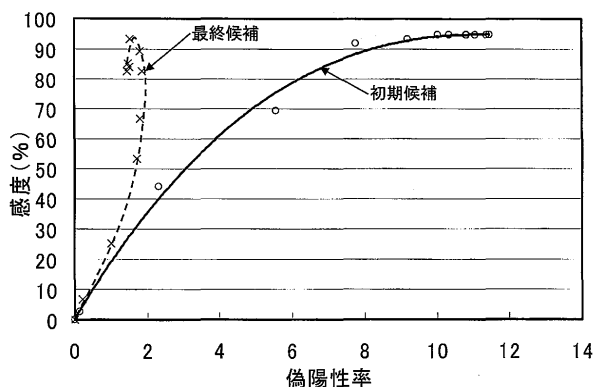


Fig. 7 しきい値の変化における検出感度と偽陽性率との関係を表した FROC 曲線

コントララテラル差分像に対する多重しきい値処理において、しきい値の変化における脳梗塞初期候補の検出感度、および画像内の偽陽性数（以下：偽陽性率）のグラフを Fig. 5, 6 に示す。なお、多重しきい値処理の一方のしきい値を-1に固定した。本 CAD システムの検出感度は、-40以下のしきい値で94.7% (71/75) と一定になったが、しきい値の上昇により感度は低下し、-15以上に達すると検出できない結果となった。偽陽性率は、しきい値の上昇により低下し、-15以上に達すると候補が存在しない結果となった。以上の結果から、本システムの実用化を考慮し、未知な症例においても適応できるようにしきい値を-50に決定した。

しきい値の変化における検出感度と偽陽性率と

の関係を表した FROC 曲線を Fig. 7 に示す。本 CAD システムの性能は、75個の急性期脳梗塞に対し、初期候補の検出において感度94.7% (71/75)、偽陽性率10.85個/画像 (770/71)であったが、27種類の特徴量を用いたルールベーステストを行った結果、感度93.3% (70/75)、偽陽性率1.54個/画像 (109/71) となった。

また、画像データベースの検出難易度における主観的評価結果から分類した各カテゴリそれぞれに対し本 CAD システムの検出感度を求めた結果を Table に示す。カテゴリ 1 の脳梗塞は絶対ある、および 2 の脳梗塞はたぶんあると判断された症例は、本 CAD システムですべて検出されていた。また、3 の脳梗塞があるかわからないと判断された症例は検出感度が90.91% (10/11)、

Table 画像データベースの主観的評価結果から分類した各カテゴリに対する本CADシステムの検出感度

カテゴリ (平均評定点)	症例数		感度 (%)
	主観的評価	CADシステム	
1 (1.0~1.8)	23	23	100
2 (1.8~2.6)	17	17	100
3 (2.6~3.4)	11	10	90.91
4 (3.4~4.2)	14	13	92.86
5 (4.2~5.0)	10	7	70.00

4の脳梗塞はたぶんないと判断された症例は92.86% (13/14), 5の脳梗塞は絶対ないと判断された症例は70.00% (7/10)であった。

本研究で用いたオリジナル画像(A), 作成したコントララテラル差分像(B), しきい値処理した画像(C), および放射線科医がマーキングした脳梗塞陰影(実線)と抽出した最終候補陰影(点線)をオリジナル画像に重ねた画像(D)をFigs. 8~10に示す。Figs. 8~10は, それぞれ医師による主観的評価においてカテゴリ1, 3, 5に分類された画像である。急性期脳梗塞が存在するCT画像に対して自動的に抽出した陰影は, 実際の脳梗塞陰影の大きさと多少の違いは見られるものの, その位置は, 視覚的にほぼ満足できる程度に一致していた。他の急性期脳梗塞CT画像においても同様な結果であった。一方, 偽陽性陰影については, 抽出した部分をオリジナル画像と比較したところ, 陳旧性脳梗塞や部分容積効果の影響など, 急性期脳梗塞と間違えそうな陰影を捉えていることが分かった。

4. 考 察

近年, 医用画像領域において, デジタル画像技術の発達により, ほぼ全ての画像のデジタル化が可能になった。その中で, デジタル画像は診断情報をできるだけ抽出しやすい, あるいは新たな診断情報を付加した画像の提供が重要な課題となってきた。そのため, デジタル画像を用い

た画像診断において, 高度な画像処理技術の開発^{20,21)}が必要であり, さらに, 画像データの解析を行い, その結果を画像診断に利用するCADシステムの開発は, デジタル画像の特徴を最大限に利用した技術として不可欠であると考えられる。しかし, これまでCADに関する研究は, 胸部単純画像, 乳房画像, 血管造影像, 胸部CT画像などの一部に限られており, 今後は, 様々なモダリティや対象部位・疾病に対するCADが開発されていくものと思われる。本研究では, 早期診断が患者の生死および予後に影響を及ぼし, さらに, 病巣の検出が困難で医師の熟練度に左右される, 頭部CT画像における脳梗塞の検出に着目し, CT画像上にて淡い低吸収域を呈する急性期脳梗塞の自動抽出を試みた。

CADシステムの研究において, 検出感度の向上と偽陽性数の低減は, 実用化に向けての重要な課題である。本研究では, 脳梗塞の検出感度を落とさないよう, コントララテラル差分像に対するしきい値処理の検討を行った結果, 75個の急性期脳梗塞を含む71例のCT画像において, 感度94.7% (71/75), 偽陽性率10.85個/画像 (770/71)となるしきい値を決定できた(Fig. 5, 6)。次に, 抽出した初期候補陰影に対し偽陽性候補を除去するため, オリジナル画像, コントララテラル差分像, しきい値処理した画像から, 計27個の特徴量を計算した。Figs. 8~10より, コントララテラル差分像における急性期脳梗塞陰影は, 周囲の陰影に比べデジタル値の低下が見られ, また, しきい値処理した2値化画像では, 候補陰影内の信号となるピクセルが密となっていることから, 統計的特徴量が効果的であると推測された。そこで, 統計的特徴量と, 濃度ヒストグラムから求めた最大頻度となるデジタル値のみを用いて, ルールベーステストを行った結果, 初期の偽陽性候補770個のうち446個 (57.9%)を偽陽性として除去できた。

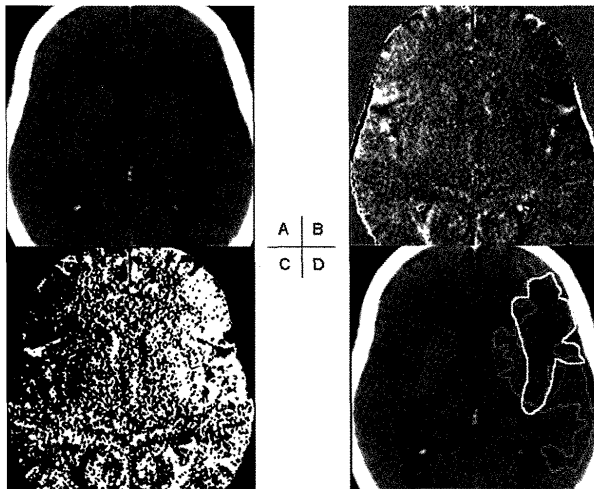


Fig. 8 画像データベースの検出難易度に対する主観的評価においてカテゴリ 1 に分類された画像。

A：オリジナル画像，B：コントララテラル差分像，C：しきい値処理した画像，D：放射線科医がマーキングした脳梗塞陰影（実線）と抽出した最終候補陰影（点線）をオリジナル画像に重ねた画像

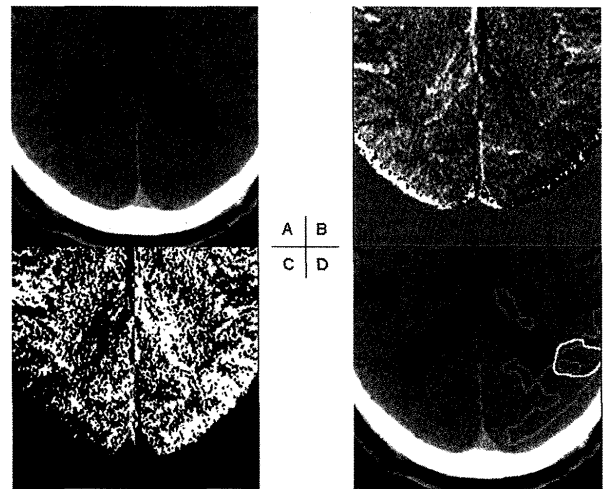


Fig.10 画像データベースの検出難易度に対する主観的評価においてカテゴリ 5 に分類された画像。

A：オリジナル画像，B：コントララテラル差分像，C：しきい値処理した画像，D：放射線科医がマーキングした脳梗塞陰影（実線）と抽出した最終候補陰影（点線）をオリジナル画像に重ねた画像

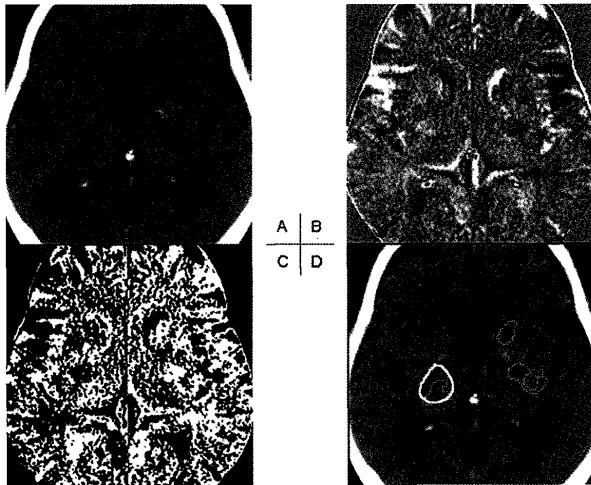


Fig. 9 画像データベースの検出難易度に対する主観的評価においてカテゴリ 3 に分類された画像。

A：オリジナル画像，B：コントララテラル差分像，C：しきい値処理した画像，D：放射線科医がマーキングした脳梗塞陰影（実線）と抽出した最終候補陰影（点線）をオリジナル画像に重ねた画像

本研究では、画像処理技術として左右対称性を考慮したコントララテラル差分技術を使用した。

Figs. 8～10の画像において、左右対称性は画像中心部で十分保たれているが、脳辺縁部では失われており、脳周囲にある脳溝が偽陽性候補陰影として抽出されると考えられる。そのため、抽出した初期候補陰影に対し、陰影の面積と位置を利用して3つ候補に分類した。そして、面積が小さく周囲部にある候補陰影に対しテンプレートマッチングにより脳溝を抽出し、脳溝の有無を特徴量として求め、偽陽性の除去に利用した。その結果、周辺部に存在する偽陽性候補441個のうち126個(28.6%)を脳溝として除去できた。

これら偽陽性候補の除去において有効な特徴量を用いてルールベーステストを行い、本CADシステムの最終的な性能評価を行った。その結果、初期検出で、感度94.7%(71/75)、偽陽性率10.85個/画像(770/71)であった性能が、感度93.3%(70/75)、偽陽性率1.54個/画像(109/71)となった(Fig. 7)。つまり、脳梗塞候補を1個失うことで偽陽性候補を661個、すなわち85.8%除去できた。この結果は、今回使用した陰影の特徴量が脳梗塞候補と

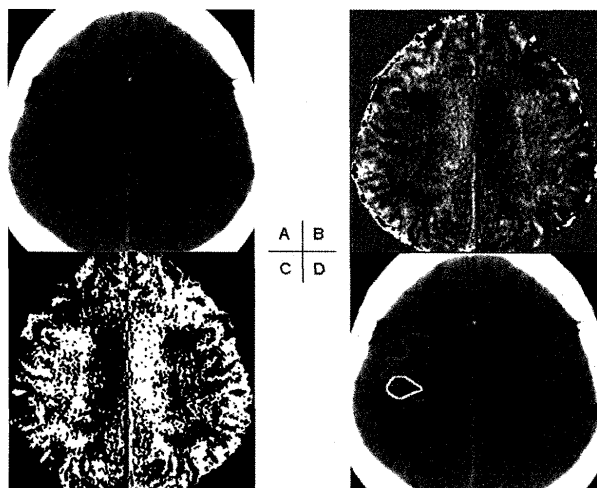


Fig.11 画像データベースの検出難易度に対する主観的評価においてカテゴリ4に分類された、両側に陳旧性脳梗塞が存在する画像。A：オリジナル画像，B：コントララテラル差分像，C：しきい値処理した画像，D：放射線科医がマーキングした脳梗塞陰影（実線）と抽出した最終候補陰影（点線）をオリジナル画像に重ねた画像

偽陽性候補の判別において十分利用できる尺度であることを示している。

本CADシステムの有用性を検討するため、利用した画像データベースの梗塞部位に対する検出難易度について主観的評価を行った。その結果、見落とす可能性がある症例(カテゴリ3, 4, 5)は、全体の約47%存在することが確認できた。また、脳梗塞はたぶんあると判断されたものも含めると全体の約69%存在した(Fig. 4)。これら画像データベースの主観的評価結果のカテゴリごとに本CADシステムの検出感度を求めた結果、脳梗塞があると判断された症例はすべて検出でき、見落とす可能性がある症例(カテゴリ3, 4, 5)においては感度85.7%(30/35)となった(Table)。さらに、医師による主観的評価においてカテゴリ5の脳梗塞は絶対がないと判断されたFig.10の症例において、コントララテラル差分像(B)では梗塞部位が低吸収域を呈しており、また、多重しきい値処理した2値化画像(C)においても梗塞部位が抽出されている。これらの結果より、視

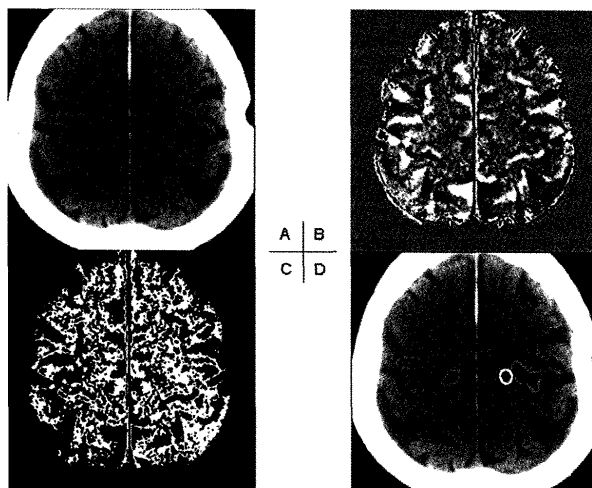


Fig.12 画像データベースの検出難易度に対する主観的評価においてカテゴリ4に分類された画像。A：オリジナル画像，B：コントララテラル差分像，C：しきい値処理した画像，D：放射線科医がマーキングした脳梗塞陰影（実線）と抽出した最終候補陰影（点線）をオリジナル画像に重ねた画像

覚評価における観察条件の影響はあるが、医師にとって検出が非常に困難で、読影の際に見落とす可能性がある薄い陰影を呈する急性期脳梗塞診断において、コントララテラル差分技術を用いた本CADシステムは、医師の読影を支援できる可能性が高いと考える。

コントララテラル差分技術は片側に存在する病変の検出は非常に有用であるが、両側且つ脳の正中矢状線に対し左右対称に存在する病変の検出は非常に困難となることが予想される。Fig. 9に示したオリジナル画像(A)では、脳梗塞陰影の反対側の位置に陳旧性脳梗塞が認められ、急性期脳梗塞と間違えて捉えられていた。そのため、抽出した陰影と実際の脳梗塞陰影の大きさは半分程度的一致となっている。Fig.11に示した医師による主観的評価でカテゴリ4に分類された画像においては、両側に陳旧性脳梗塞が認められ、急性期脳梗塞陰影との境界が不明瞭である。そのため、医師の読影上、急性期脳梗塞として判断することは困難を要すると考える。しかし、本CADシステ

ムでは、急性期脳梗塞陰影のデジタル値が、反対側に比べ軽度低下していたことで検出できた。

この症例は、コントララテラル差分技術の有用性の向上に寄与する一例である。ただし、時間の経過した陳旧性脳梗塞は、一般的に非常に鮮明な低吸収域を呈するため、本CADシステムでは検出が困難になると推測される。したがって、鮮明な低吸収域を呈した陳旧性脳梗塞を初期段階で抽出するなどの画像処理技術の開発が必要である。

自動抽出した陰影は、実際の脳梗塞陰影の大きさと多少の差異が見られたが、位置はほぼ満足できる程度に一致していた(Figs. 8~10)。本研究では、脳梗塞候補の決定にMRI拡散強調画像を利用し、考案した評価指標である一致率を用いて判定した。しかし、脳梗塞領域は時間に経過とともに大きさが変化し、CT検査後、MRI検査が行われるまでの経過時間により各画像の脳梗塞陰影の大きさに違いが見られる⁹⁾。本研究で用いたCT画像とMRI拡散強調画像の撮像時間を調査した結果、即日MRI検査が施行された症例が25例、翌日に施行された症例が17例、二日以上経過した後に施行された症例が29例であった。本来、それぞれの検査間で時間差のほとんどないMRI拡散強調画像を脳梗塞陰影として用いることが最適であり、画像データベースの再構築の必要性が示唆された。また、Fig.12に示した画像は、マーキングした脳梗塞陰影と候補陰影との一致率が低い、本研究で脳梗塞候補と判定した症例である。このような症例では、抽出した候補陰影を医師がどう捉えるかを十分考慮した脳梗塞候補の判定法の検討が必要であると考えられる。胸部単純画像や乳房画像などのCADシステムでは、十字型マークや矢印マークなどを用いて、病巣の位置を示している。この方法は、観察する医師がマークされた位置の周囲にも注意を払い、病巣の検出が喚起されることを期待して利用されている。今後、医師による観察者実験^{22,23)}を行う必要があると思われる。

5. 結 語

本研究では、頭部CT画像の左右対称性を考慮したコントララテラル差分技術を利用し、急性期脳梗塞領域を自動抽出するCADシステムを開発した。その結果、自動抽出した陰影は実際の脳梗塞陰影とほぼ満足できる程度に一致していた。本CADシステムの性能は初期候補の検出において高い感度を示し、27種類の特徴量を用いたルールベーステストにより偽陽性候補を85.8%除去できた。また、見落とす可能性がある約47%の症例に対し、本CADシステムの検出感度は85.7%であった。したがって、医師にとって検出が非常に困難な急性期脳梗塞のCT画像診断において、コントララテラル差分技術を用いた本CADシステムは、疑わしい病巣を明らかにすることができ、医師の読影における意思決定に有用であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 緒方利安, 岡田 靖(2005): 急性期脳梗塞の画像診断再入門 急性期脳梗塞の診療と画像診断の役割. 画像診断 25 (12); 1448-1453
- 2) 成富博章 (2001): 脳梗塞超急性期—Brain attack 時代の診断と治療, p.25-31, 医歯薬出版株式会社, 東京
- 3) 橋本洋一郎(2003): 脳卒中を防ぐ—病診連携の最前線, p.81-104, 南山堂, 東京
- 4) 前田正幸(2005): 急性期脳梗塞の画像診断再入門 頭部CTの臨床的意義と課題—血栓溶解療法を行うにあたり—. 画像診断 25(12); 1454-1462
- 5) 日本脳卒中学会医療向上・社会保険委員会 rt-PA (アルテプラゼ) 静注療法指針部会 (2005): rt-PA (アルテプラゼ) 静注療法適正治療指針. 脳卒中 27 (2); 327-354
- 6) 平野照之(2005): 急性期脳梗塞の画像診断再

- 入門 初期虚血病変の範囲判定の現状と課題.
画像診断 25 (12) ; 1471-1480
- 7) 木津 修, 山田 恵, 西村恒彦(2005) : 急性期脳梗塞の画像診断再入門 頭部 MRI の臨床的意義と課題. 画像診断 25 (12) ; 1464-1470
- 8) Nakamura K, Yoshida H, Engelmann R, et al. (2000) : Computerized analysis of the likelihood of malignancy in solitary pulmonary nodules with use of artificial neural networks. *Radiology* 214 : 823-830
- 9) Kakeda S, Nakamura K, Kamada K, et al. (2002) : Improved detection of lung nodules by using a temporal subtraction technique. *Radiology* 224 : 145-151
- 10) 土井邦雄 (2004) : CAD 最前線 コンピュータ支援診断の研究・開発はどこまで進んだか 世界の CAD 事情 CAD 開発における国際的歴史と実用化の世界情勢. *INNERVISION* 19 (10) ; 1-4
- 11) 土井邦雄 (2004) : CAD の最新動向と読影現場への導入の可能性 CAD の最近の研究開発と実用化システムの概況. *映像情報 Medical* 36 (4) ; 390-397
- 12) Doi K. (2004) : Overview on research and development of computer-aided diagnostic schemes. *Semin Ultrasound CT MRI* 25 : 404-410
- 13) Doi K. (2005) : Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. *The British Journal of Radiology* 78 : 3-19
- 14) Suzuki K, Shiraishi J Abe H, et al. (2005) : False-positive reduction in computer-aided diagnostic scheme for detecting nodules in chest radiographs by means of massive training artificial neural network. *Academic Radiology* 12 (2) : 191-201
- 15) Fleming JS.(1979) : Technique for contralateral subtraction in lateral lung radionuclide imaging. *Med Biol Eng Comput* 17 (6) : 751-756
- 16) Yoshida H. (2004) : Local contralateral subtraction based on bilateral symmetry of lung for reduction of false positives in computerized detection of pulmonary nodules. *IEEE Trans Biomed Eng* 51 (5) : 778-789
- 17) Shiraishi J, LI Q, Suzuki K, et al. (2006) : Computer-aided diagnostic scheme for the detection of lung nodules on chest radiographs : localized search method based on anatomical classification. *Med Phys* 33 (7) : 2642-2653
- 18) 杜下淳次, 桂川茂彦, 土井邦雄(2001) : 胸部 X線写真における肺結節状陰影の形状特徴量分析による偽陽性陰影の除去, *日放技学誌* 57 (7) : 829-836
- 19) 岡崎彰夫 (2002) : はじめての画像処理技術, p.73-108, 工業調査会, 東京
- 20) Li Q, Sone S, Doi K. (2003) : Selective enhancement filters for nodules, vessels, and airway walls in two- and three-dimensional CT scans. *Med Phys* 30 (8) : 2040-2051
- 21) 高橋規之, 李 鎔範, 蔡 篤儀ほか(2005) : 適応型部分移動平均フィルタによる頭部単純 CT 画像における急性期脳梗塞の描出脳の改善, *日放技学誌* 61 (11) : 1531-1541
- 22) Shiraishi J, Abe H, Engelmann R, et al. (2003) : Computer-aided diagnosis to distinguish benign from malignant solitary pulmonary nodules on radiographs : ROC analysis of radiologists' performance-initial experience. *Radiology* 227 : 469-474
- 23) Abe H, MacMahon H, Engelmann R, et al.

(2003) : Computer-aided diagnosis in chest radiography : Results of large scale observer

tests at the 1996-2001 RSNA scientific assemblies. RadioGraphics 23 : 255-265

Detection Using Computer of Acute Cerebral Infarctions in Brain CT

Hiroyuki Nagashima¹⁾, Tetsumi Harakawa²⁾, Junji Shiraishi³⁾, Kunio Doi³⁾,
Shinichi Sunaga⁴⁾, Makoto Kobayashi⁴⁾, Eiichi Koya⁴⁾, Yasuhiro Suto⁵⁾,
Takayuki Gokan⁵⁾, Toru Negishi, Akihisa Shiraishi¹⁾, Masayuki Shimosegawa¹⁾,
Toshihiro Ogura¹⁾, Hitoshi Igarashi¹⁾

- 1) School of Radiological Technology, Gunma Prefectural College of Health Sciences
- 2) The Department of Information Engineering, Maebashi Institute of Technology
- 3) Kurt Rossmann Laboratories for Radiologic Image Research, Department of Radiology,
The University of Chicago
- 4) Department of Radiology, Kiryu Kosei General Hospital
- 5) Department of Radiology, Central Gunma Neurosurgical Hospital

Objectives : In this study, we developed a novel computer-aided detection (CAD) scheme for detecting the local lesions of acute cerebral infarctions using a contralateral subtraction technique, which utilizes the bilateral symmetry of the brain CT images.

Methods : In our computerized scheme, contralateral subtraction images were derived by subtracting the reversed mirror image from the original image. Initial candidates for acute cerebral infarctions were identified using a multiple thresholding technique and filter techniques to obtain contralateral subtraction images. Twenty-seven image features of initial candidates were extracted from the original image, the contralateral subtraction image, and the application image of the multiple-thresholding technique, in order to apply a rule-based scheme for removing the number of false positive candidates.

Results : The sensitivity in the detection of acute cerebral infarctions using contralateral subtraction technique was 93.3% (70/75) with 1.54 false positives per image.

Conclusions : The CAD scheme using a contralateral subtraction technique can assist radiologists in imaging-based decision making by detecting lesions of suspected acute cerebral infarctions.

Key words : Brain Computed tomography (CT) image, Acute cerebral infarction,
Computer-aided detection (CAD), Contralateral subtraction technique,
Rule-based scheme