

毛細血管画像を用いた遠隔自動病名判断の方法の研究

鳥居大哉 柴田義孝

東洋大学工学部 情報工学科
{torii,shibata}@sb.cs.toyo.ac.jp

医学はこれまで治療医学から予防医学へと移り変わってきた。これからは予測医学へ向かうといわれている。予測医学では医療画像の持つ解像度やノイズなどの問題や、医学における高度な専門知識のために、素人による予測は非常に困難である。そこで本研究では、実際に臨床より得られた、病気を有する人の毛細血管に関する医療画像からその特徴を取り出して知識ベース化する一方、病名判断するために被験者の毛細血管画像を顕微鏡によりリアルタイムに取り出し、これを知識ベースのパターンとマッチングさせることにより、遠隔地より被験者の病気を短時間で正確に、また専門家でなくてもある程度の病気を判別できるシステムの実現を目的とする。

Remote automatic decision making of diseases recognition from vessel images

Hiroya Torii and Yoshitaka Shibata

Department of Information and Computer Sciences, Toyo University
{torii,shibata}@sb.cs.toyo.ac.jp

Medical science has changed from treatment medicine to preventive medicine, and will change to estimate medicine in the future. So far, nonprofessional people can't easily estimate diseases from various medical images of the objective person, because medical images have serious problems, namely, noise and resolution problems and complicity of medical knowledge. Our research object is to accurately recognize person's disease from capillary vessel images without complicity of medical knowledge. We realize a disease recognition system based on a number of statistical data and knowledge from real clinical data by extracting features in capillary vessel image and establishing knowledge-base concerned with the related human diseases.

1. はじめに

医学はこれまで、病気が発病してから症状をみて、その症状から病名を判断し、その病気に対する治療を行う「治療医学」から、一般的にかかりやすい病気や命にかかわる病気に対して予防接種などで予防する「予防医学」へと移り変わってきた。しかし、全ての病気に対して「予防」は不可能である。また、ある人にとっては「予防」を行わなくても発病しないこともあり、逆に普段は「予防」する必要のない病気もある人にとっては必要である場合もある。ここで、もしある特定の個人に対する「発病

する可能性の高い病気」がわかれば、その病気に前もって対処することができ、発病を抑えることができるはずである。このように今後の医学では病気を予測する「予測医学」へ向かうと言われている [1]。

現在、体の未発達な幼児が大人になる過程から、大人になって起こり得る病気を予測する方法などが研究されている。その「予測医学」の一つに、毛細血管画像から病気を予測するものがある [1]。これは多数の臨床例を基に、毛細血管の形と後に発病する病気とを関連づけたもので、このような病気を示す血管像が画像の中で占める割合によって病気を推

測するというものである。しかし、臨床例及び病気の種類は非常に多数であり、また、これらの血管像から病気を予測できるのはごく限られた専門家にしかできない。さらにこのような医療画像は、極度のノイズがのっており、その除去が困難であり、解像度が悪く、白黒の画像に限定される場合が多い。そして2次元画像であるなどの問題がある。

一方、近年のコンピュータの高性能化に伴い、高速な計算が可能になり、膨大な情報量を扱う画像処理やデータベースの分野において、実用的な時間内でこれらの処理が行なえるようになった。医学の分野においても、高性能のコンピュータによる画像処理、データ処理などが実用化されてきている。

2. 遠隔医療 インターネットの普及により遠隔医療が身近になってきている。身体の情報を探る機器とネットワークへ接続する機器があれば、得られたデータをネットワークを用いて病院医院の医師へ送ることで、自宅にいながらにして医師の指示を受けることが可能になる。このようにして日々の健康管理を行うことができ、得られたデータを蓄積してその後の医療に役立てることも考えられる。また、体が不自由で病院に足を運べないような場合や、地理的に病院が遠い場合など患者は病院まで出向かずにすみ、学校や企業の健康診断などにおいて医師は病院を出る必要がなくなる。

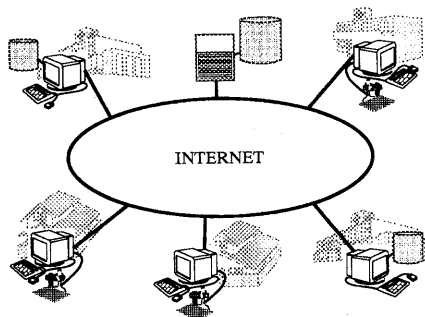


図 1: 遠隔医療

3. 毛細血管像からの病名判断

心身相関の立場から小児の精神神経的発達の研究の具体的な一方法として、人間の皮膚毛細血管像の発育と機能の研究が行われていた [1]。そして現在、毛細血管像学的に一つの水準を作るところまで来た。毛細血管像学における利点は、データの採取が被験者に対して無害、無苦痛であり、実施するの

が非常に簡単な点である。普段は気づかない体の異変も毛細血管に形として現れるので、病気を早くから知ることができ、また、幼児から大人になる過程から、血管像の発育変化を見ることで、将来かかる可能性の高い病気を知ることができる。また、長い臨床的検索により、体質や疾病、心身相関の問題に関して、毛細血管像学的実証の第一歩に成功している。しかし毛細血管像学は、内科的、部分的一過性的観察のみを行うのではなく、小児科学的、経時継続的かつ、生活環境的といった諸側面を考慮した総合的見地に立つ必要があり、膨大で複雑なデータが大きな壁となっている。

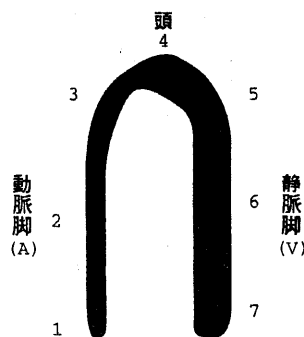


図 2: 血管像部位呼称

3.1 血管像と病気の関係 血管像は表記、分類のために記号(略語)化された。図2に血管像のモデルと、表1に血管像の形を示す記号(略語)の一部の説明、さらに図3にいくつかの血管像の形の例を示す。

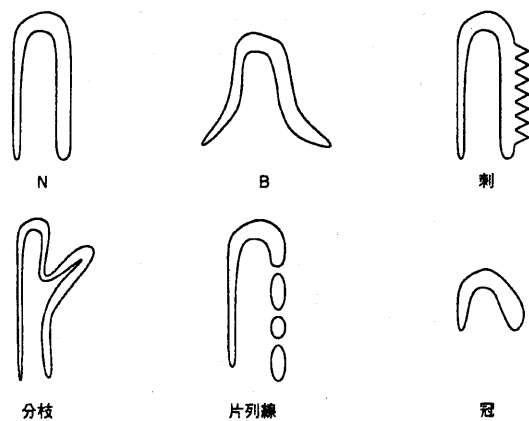


図 3: 血管像の形状の例

| 記号(略語) | |
|--------|--------------------------------------|
| N | 正常蹄係 |
| B | 蹄係基部の開大像すなわち山形像 |
| 曲(K) | 蹄係部の曲折 |
| 曲突 | 脚の曲折による先端鋭角的突出形成 |
| K r | 両脚交叉 |
| 刺 | 脚にみる刺(内外壁、上下指向) |
| 分枝 | 蹄係一部の分枝形成 |
| 細脚 | AまたはV脚の細化 |
| R | 一種の残像、蹄係血流(7~5)を欠き、1-2が細、3-4-5が粗、充血性 |
| 粗 | 粗々の血流 |
| 片列線 | 整然たる連続性片による線形成 |
| 錘 | 紡錘状、歪錘、不全錘 |
| 重 | AとV二脚の重層(一本化) |
| 基細 | 蹄係基部の細化像 |
| 冠 | 頭頂部の冠型各種、充血 |

表 1: 血管像を示す記号の一部

またこの中で血管像と病気のかかわりあいについて、例えば癌の発病前に予告的に出現する血管像として、重合、基細(クサビ型)、曲突、外刺などが比較的多いという結果が出ている。このことから、病気を予測するのに血管像の形を知ることが重要になる。

また、被験者が幼児であっても必要となるデータは顕微鏡写真だけであるので、簡単にデータを得ることができる。

4. 目的

本研究では文献[1]をもとに、本来長い経験などで培う毛細血管像からの病名予測を、実施の容易性を継承しつつ、コンピュータを用いることで迅速に、正確に、またネットワークを用いることでデータを効率的に分散し、どこにいても、いつでも手軽に、医学的知識がなくともある程度の病気を判別できるシステムの構築を目標とする。

血管像の形を判別するために、コンピュータによりいくつかの画像処理を施すことで処理をし、また、臨床例をもとに予測をするので、人間ではとて

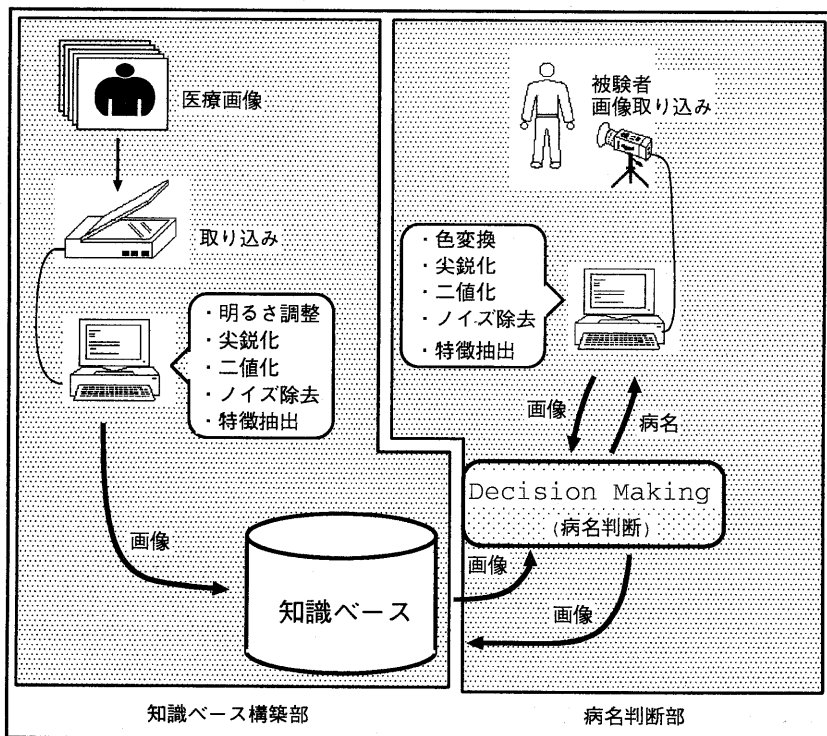


図 4: システム構成

も処理しきれない膨大な量のデータが必要になるが、これもコンピュータの知識ベース処理により解決する。

5. システム構成 図4のようにあらかじめ病気を示す多数の血管画像を登録しておき、ある被験者の血管画像とその場で照合し、病気を判断するシステムを作成する。病名を判断するにあたって、参考文献[1]に述べられているように、血管の形と病気に関連性を持たせ、そのような血管が血管群の中で占める割合が基準となっている。

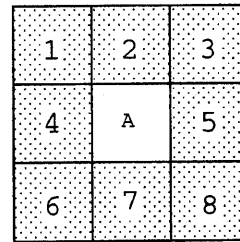
全体的には2つの流れに分けて考える。一つは病気と血管画像を関連付けた知識ベースの作成の部分で、もう一つは実際に病気を判断、推測する部分である。また、ネットワークを利用して画像をサーバに送り、結果を得ることで遠隔医療を実現でき、必要となるデータは、被験者から得られた画像数枚分のデータだけであるので、電話回線などの低速狭帯域のネットワークでも実現が可能である。

6. 血管像抽出のための画像処理法

6.1 ハイパスフィルタ エッジの抽出を行なうことを目的として、画像の低周波部分をカットすることで尖鋭化を行なう。処理には二次元フーリエ変換を用い周波数成分に変換し、低周波部分をカットして2次元逆フーリエ変換をかけて元の画像に戻すことを行なう。この処理では、画像をブロックに分けてそのブロックごとに変換を行なう。しかし、変換後の画像は分割した影響で4辺にノイズがでてしまうので隣のブロックと重ね合わせるようにしてこれに対処する。フーリエ変換、逆フーリエ変換のアルゴリズムは文献[5][8]に基づいて実行される。

6.2 二値化 特徴抽出や、ノイズ除去など後の処理を行いやすくするために、二値化を行う。閾値を設けて、画素の階調値が閾値以上なら最大値、閾値より小さいなら最小値を新しい階調値とする。これを全ての画素に対して行なうことで二値化を行なう。

6.3 くり抜きによる縁どり処理 二値化されている画像に対して次のような処理を行なう。ある画素に対し、その周りの全ての画素が「ドットあり」ならばその画素は「ドットなし」にする(図5)。これを全ての画素に対して行なう。これにより、画像は



1~8すべてドットありのとき
Aの画素をドットなしにする。

図5: くり抜き処理のアルゴリズム

くり抜かれた状態になり、縁取られた線は必ず4近傍で途切れなく接続される。

6.4 ノイズ除去と血管像の補正 2値化され、縁取りされた画像に対し、テンプレートを使ったフィルタを用いてノイズ除去、血管画像補正を行なう。これは、元のパターンと変換後のパターンを作り、血管画像に左上から右下に向かって元のパターンと照合し、合致したなら変換後のパターンにしたがって変換する。パターンは、元のパターンを「ドット有」「ドット無(o)」「どちらでもよい(?)」という記号で構成し、変換後のパターンを「ドット有」「ドット無(o)」「元のまま」という記号でテキストファイルにして編集する。パターンは1つではなく、目的に応じて数種類用意する。例えば、3x3以内のドットを消去する為には、

| | |
|--------|----------|
| ooooo | ooooo |
| o???? | ooooo |
| o???? | ooooo |
| o???? | ooooo |
| ooooo | ooooo |
| 元のパターン | 変換後のパターン |

というパターンを用いる。この処理では左上から右下へ処理した後、右下から左上に向かって再び処理をする。

6.5 カラー画像に対する尖鋭化 被験者から直接取り込んだ画像は、RGB各8ビットのフルカラー画像である。この画像から血管像を取り出すために、色の特徴による尖鋭化を考える。まず、このRGBの画像をHSLに変換する。HSLとは色相、彩度、明度のことで、HSL \leftrightarrow RGBの変換は文献[6]を参考にした。

血管像は赤いということに着目し、このHSLそれぞれのパラメータに閾値を設けて、血管像を色から抜きだす。

6.6 テンプレートをを用いたフィルタによる横縞の除去 インターレースによって現れる横縞を除去するために6.4章と同じアルゴリズムで、別のパターンを用意し、一列おきの線がある画像に対応する。

7. 血管像登録のための画像処理法 血管画像を抜き出すための処理を考える。血管像を自動で判別する方法が見つからないので、人間が血管像を抽出する。人が血管像の上部をクリックし、そこから下に走査しはじめにぶつかった点を血管像の縁と認識する。そこから進行方向の左側をみて、ドットがあればそちらに進み、なければ直進、さらになければ右側に進む。これを再帰的に繰り返し、はじめの点まで行なうことで、一本で、4近傍でつながった血管の輪郭ができる。ここで、血管の外郭をたどるためには、はじめの進行方向が問題になる。ここでは、縁取られている線は、ハイパスフィルタで得たものであるため、元のグレイスケールの画像のピクセル値が、この縁取られた線の内側が小さく、外側が大きいということに着目し、ピクセル値が大きい方、すなわち外側が左に来るように進行方向を定める。

8. 知識ベースの構築法 実際に臨床により得られた病気を有する人の毛細血管画像を、フィルムスキャナにより取り込んだ画像から血管像を抽出し、血管の形と病気を関連づける知識ベースを作成する。量が膨大なので、自動化する必要がある。用意されている血管画像は、白黒で撮影されたフィルムである。

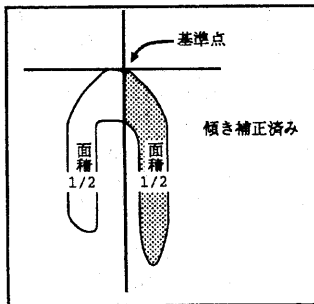


図6: 重ね合わせのための基準点

パターンマッチングでは血管のスケールが問題になるが、血管ごとのスケールの調整をすると正しい病名判断ができないので、この元の画像の情報として登録する。また、病気のデータは血管像一本ごとに対して登録するので、この画像の情報とは別に行う。したがって、元の画像には被験者名、被験者の年齢、被験者の性別、画像の倍率という情報を付加する。

6章で述べた方法で抽出された血管像は血管像のID、元の画像名、元の画像での座標、その血管像が示す病気を関連づけて登録し、知識ベースを作成する。

9. 病名判断の処理法

9.1 テンプレートマッチング 血管像を実際に重ね合わせ、重なった面積の割合によりマッチングを行なう。一つは被験者から、もう一つは知識ベースからの塗りつぶされた2つの血管像を用いる。ここでは、血管像の傾き、基準となる座標、スケールが問題となる。血管像の傾きに関しては、登録の際に人為的に行なう。基準となる座標を決定するために、まず縦方向に関しては、血管の最上部を基準とする。これは、傾きを入力するときに、血管の頭部が上に来るように指定するので、その頂点を指す。また、横方向に関しては、血管像の総面積の中心を基準とする。これは、総面積の半分を血管像の左から計算して導き出す(図6)。

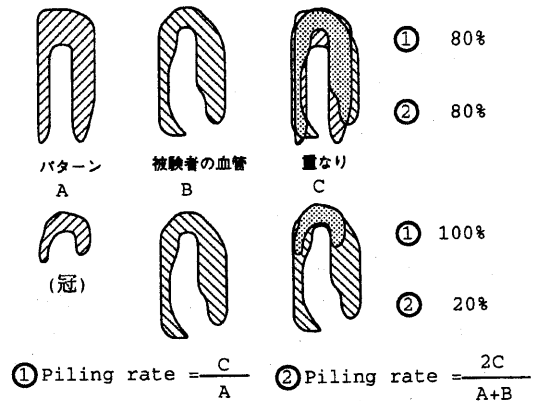


図7: 重なり率

スケールをあわせるときに、血管ごとに面積や幅、高さなどで調整してしまうと、ひとまわり大きな「巨性」と呼ばれる血管像や「冠」と呼ばれる頭

部のみが現れる血管像のマッチングで問題が起こる。そこで、取り込まれた血管画像全体に対してスケールを設定する。マッチングでは、このスケールで拡大し、マッチングを行なう。

このように重なった割合から重なり率を計算し、重なった割合の高い血管の形状に関連づけられている病名から、病名を予測する(図7)。

10. 実行結果 図8に処理に用いた画像を示し、図9に画像処理の結果を示す。また、図10に知識ベースの中の血管像から形状の近い血管像を選び出した結果を示す。

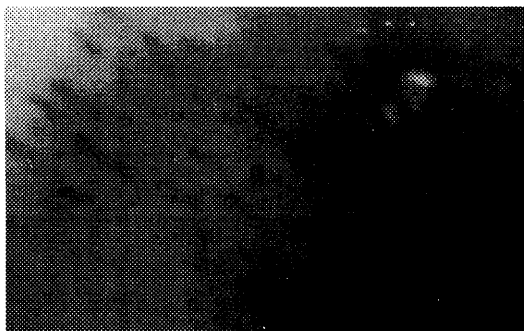


図8: 実際の血管像の例

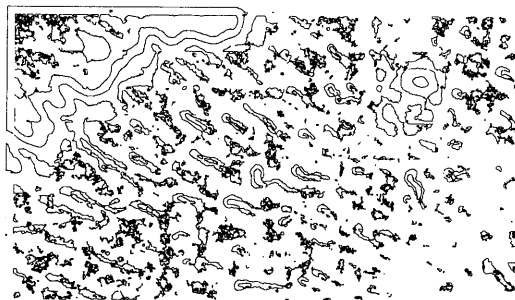
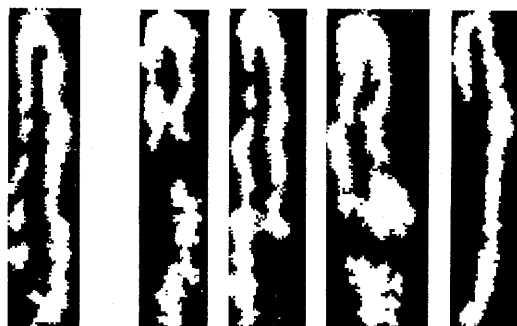


図9: 画像処理の結果

11. まとめと今後の課題

文献[1]の病名予測を、画像処理により血管像および特徴の抽出を行い、仮の病名データを用い知識ベースを作成し、知識ベースから近い形状の血管像を選びだし病名を判断するプロトタイプを構築した。いくつかの実データを入力して、それに近い形の血管像を選び出すことができた。このことにより、病名予測システムの実現は可能であると考えられる。



入力した
血管画像

知識ベースから選ばれた上位4つの血管像

図10: パターンマッチングの結果

今後の課題としては、全ての処理の自動化、血管像抽出処理の精度の向上、実際の病名を用いた知識ベースの構築、病名判断の判断率向上のためのアルゴリズムの検討、誰でも簡単に扱えるような分かりやすいGUIの構築、ネットワークを用いた実装および評価があげられる。

また現在は血管像一本から病気を導き出しているが、画像の中にある複数の血管像の持つ病気の情報から、ある病気にかかる確率を導き出せるようにすることを考えている。

参考文献

- [1] 小川 三郎:「毛細血管像と臨床」, 鳥海書房, 1994.
- [2] 福江 潔也, 下田 陽久, 坂田 俊文: 「HSI-RGB 変換に関する諸方式の比較」, 第一回色彩工学コンファレンス, 1984.
- [3] 宮原 誠, 吉田 有弘: 「色データ (R,G,B)↔(H,V,C) 数学的変換方法」, テレビジョン学会誌 Vol.43 No.10, 1989.
- [4] 平子 賢一, 藤田 広志, 原 武史, 遠藤 登喜子: 「乳房 X 線写真における微小石灰化検出フィルタの開発—濃度こう配と3重リングフィルタ解析に基づく方法—」, テレビジョン学会誌 Vol.43 No.10, 1989.
- [5] 安居 院猛, 中嶋 正之, 木見尻 秀子: 「C 言語による画像処理」, 昭見堂, 1990.
- [6] 八木 信行, 井上 誠喜, 他: 「C 言語で学ぶ 実践画像処理」, オーム社, 1992.
- [7] 花木 真一, 岩下 正雄, 寺嶋 廣克: 「パソコン画像処理」, テレビジョン学会編, 1987.
- [8] 千葉 則茂, 村岡 一信, 他: 「C アルゴリズム全科」, 啓学出版, 1994.
- [9] B.W. カーニハン, D.M. リッチー, (石田 晴久 訳): 「プログラミング言語 C 第2版」, 共立出版, 1989.
- [10] 木下 凌一, 林 秀幸: 「X-Window Ver.11 プログラミング言語 C 第2版」, 日刊工業新聞社, 1993.