医用画像のデジタル化処理 ——システムの概略について——

葛井 正・富田 滋・早乙女雅彦・斉藤 俊夫
大島 勝・高森 等・熊澤康雄・園山 昇

Digital Processing of Medical Images ——An Outline of the Systems——

Tadashi KATSUI・Shigeru TOMITA・Masahiko SAOTOME
Toshio SAITO・Masaru OHSHIMA・Hitoshi TAKAMORI
Yasuo KUMAZAWA・Noboru SONOYAMA

Abstract: Preservation of medical images by converting them to digitize, which is among the recent advances in medical electronics equipment, is useful in preventing deterioration of the images and in storing, retrieving and transmitting the images. In addition, alteration of the expression of the digitalized images, e. g., by coloration, enables more accurate recognition of a part which is difficult to distinguish in former images.

At present, monochrome images obtained by Roentgenography etc., are extensively used in the medical field, as an aid for diagnosis and research. In the present study, images of dental X-ray films and microradiograms were read optically, converted to digital signals, and subjected to coloration, in order to evaluate the usefulness of digitization of medical images.

The above procedure resulted in more objective confirmation of parts which are difficult to distinguish macroscopically, demonstrating that it is useful in clinical practice and research in combination with the use of current monochrome images.

This method is characterized by the facts that high precision of the image is maintained because of the use of linear scan with a drum scanner, and that information from a monochrome image is digitized and stored preliminarily. These features allow repetition of reproductive display, coloration, change in shade, and pattern classification of the image, with the same information and in a short period of time.

Key words: medical images, coloration, computer image processing

緒 言

日常臨床, 研究などにおいては, 従来よりX線写真などを中心とする白黒の画像が多用されており, その情報量の多さから現在でも有用であるが, 正確な読影には長

年の経験, 教育などに負う部分も多く, その際読影者の主観が診断を左右する可能性もあり, さらに初学者では識別が困難な場合も少なくない。

また, マイクロラジオグラムなどの画像では画像の中のある部分が全体に占める割合, その比率など画像を定量的に分析する必要のある場合も多い。

近年の M.E. 機器の進歩, 特に医用画像をデジタル信号化して保存する方法は, 信号化した画像の表現に拡大, 縮小, 疑似カラー化などさまざまな処理を施し, もとの画像では識別の困難な部分をより具体的に認識することも可能で, さらに画像の保管, 検索, 伝送等に多くの利点をもっており, コンピュータ断層撮影 (以下 CT

日本歯科大学口腔外科学教室第2講座

(主任: 園山 昇教授)

Department of Oral and Maxillofacial Surgery II,
Nippon Dental University, Tokyo (Chief: Prof.
Noboru Sonoyama)

受付日: 昭和60年11月25日

写真1 中央演算処理装置，ディスプレイ

写真3 ドラムスキャナ

写真2 磁気ディスク装置

図1 システムブロックダイアグラム

と略)のごとく、一部ではすでに実用化されているものもある。これらは主に電算機の高速演算、大容量化によって可能となったもので、過去においては大型機のみで行われていた画像処理が現在では比較的安価な小型電算機によって行われており、処理能力も多様化している。このような小型画像処理システムでは、本体や記憶装置もさることながら、豊富な周辺機器の選択が可能な場合が多く、特に入力装置系の選択は、システム全体の性格を決定するといっても過言ではない。

医用画像の入力方法には、被写体を通過するX線または放射線量などを直接計測するもの¹⁾と、一度画像にしたものを再度入力する場合の2つに大別されるようであり、前者には、CT、デジタルX線^{2,3)}などが、また後者にはTVカメラ⁴⁾、フライングスポットスキャナ、そして今回使用したドラムスキャナなどが含まれる。

図2 基本的な処理の流れ

右側下顎角部顎嚢胞患者の後頭前額撮影

写真 4a 読み取り直後

写真 4b ポインティング、階調処理

写真 5 後頭前額撮影の嚢胞部拡大

現在、精度の点から考えるなら、線量差などを直接計測する方式のほうが、より高精度な計測が可能と思われるが、電算機を占有する場合が多いようで、汎用的でなく、CT のように非常に高価なものになってしまう。

われわれは歯科領域におけるX線写真を中心とした多くの画像に用いることのできる汎用画像処理系を検討していたが、今回 M-301B 画像解析システムを使用する機会に恵まれたので、システムの概要ならびに、階調処理、拡大、疑似カラー化などの処理例について報告する。

システム構成

本システムは、写真1に示すごとく、中央処理装置としてデータ・ゼネラル社製の micro ECLIPSE S/20 を用い、周辺機器の制御および演算処理を行っている。画像記憶装置として 50 MB の磁気ディスク (写真2)、画像表示装置として 512×512 画素のカラーディスプレイ、また、濃度ヒストグラムなど作成用プリンターを用いて

いる。

画像入力装置には SD-500 ドラムスキャナ (スキャンングデンシトメーター、写真3) を使用した。本装置は、検索する画像を白黒もしくはカラー濃度に分解し、走査するもので、走査間隔は 25~1,000 μm の間で6段階に変化させることができ、リニアスキャンであるため TV カメラ入力時のレンズ補正などを必要としない。

本システムのブロックダイアグラムを図1に、また基本的な処理の流れを図2に示す。

画像はドラムスキャナで走査し、グレースケールを256分割した後、磁気ディスクに取りこみ、必要に応じて各種の処理を行い、カラーディスプレイ上に表示する。このようにデジタル変換された画像データは何度でも繰り返し処理が可能で、しかも画質の劣化がなく、オリジナルデータや処理を行ったデータのうち必要なものは磁気テープに保存しておくこともできる。なおプログラムはフォートランで記載されている。

画像処理例

写真4aは右側下顎角部顎嚢胞の患者の後頭前額撮影をドラムスキャナで走査し、画像処理システムに読み込み、カラーディスプレイ上に再現表示させたものである。

嚢胞部を強調表示するためにディスプレイ上のポインターを移動して嚢胞部を囲み、同部のヒストグラムをプリンターに出力した。これにより、嚢胞部がどの程度の濃度を中心に構成されているかを知ることができる。この濃度を中心にグレースケールを再構成して新しい画像を作成した (写真4b)。

以上が基本的な階調処理であるが、さらに局所の拡大 (写真5)、疑似カラー化も簡単に行うことができる。

写真6aは下顎前突症患者の側貌セファログラムであ

下顎前突症患者の側貌セファログラム

写真 6a 読み取り直後

写真 6b エッジ処理

るが、これにエッジ処理を施したのが写真 6 b である。軟組織トレース時などに有用と思われる。

なお、カラーディスプレイ右側には、濃度に対応した色の配列が表示されており、後述の写真 7 b では画像の濃度が高い部分は青く、低い部分は白く表示されている。この濃度に対する色の関係は、16色の中から任意に選ぶことができる。

写真 7 a は良性セメント芽細胞腫⁵⁾のマイクロラジオグラムで、写真 7 b はグレースケールを再構成した画像をカラー化したものである。セメント質ないし象牙質の石灰化度に近い硬組織が多数歯根を取り囲むように樹枝状あるいは放射状に配列している。硬組織間には間隙が比較的多く存在し、硬組織は接する歯根を虫喰い状に吸収し、セメント質へ移行している。これらのことはカラー化によってより著明に確認できた。

写真 8 a はラット下顎第 1 臼歯抜歯後 1 週目のマイクロラジオグラムで、抜歯窩側壁および窩底部から抜歯窩中央部にわたり、石灰化度のかかなり低い砂粒状の新生骨の形成が認められる一方、固有歯槽骨、根間隔部および下顎下縁皮質骨の一部に骨吸収像がみられる。写真 8 b では砂粒状の新生骨は淡いブルーとして表現され、周囲歯槽骨と明確に区別されている。写真 9 a は骨腫のマイクロラジオグラム所見である。腫瘍は歯根とは連続せず、骨様の梁状構造を示しており、その石灰化度は比較的均一であり、カラー画像により、腫瘍の大部分が歯根セメント質とは異なる濃度として判別できる(写真 9 b)。

次に歯科用パノラマ X 線写真に画像処理を行ってみた。

症例は 16 歳男子で 167 根尖部の X 線不透過像を某歯科医より指摘され、精査のため、当科を受診した。同部は現在経過観察中で確定診断は出ていない。写真 10 a は初診時オルソパントモグラムのグレースケールを再構成しカラー化したもので、画像が煩雑になってしまい一見

して読影は困難であった。そこで画面を拡大し次いで擬似カラー化を行った(写真 10 b)。167 根尖部周囲の不透過像はセメント質とはほぼ同じ透過度を有していることが推測される。

考 察

元来 X 線写真を中心とする医用画像は白黒のものが多く、撮影法の改良などと相まってその画像に含まれる情報量は膨大なものであり、現在でも診断や研究には欠かせない存在意義をもっている。しかし、そのなかから必要とする情報を正確に抽出するためには長年の経験や知識に裏づけられた統合的な技術が必要で、この技術は画像情報から必要な特徴を見出す、ある種のフィルターと考えることができる。

画像診断で問題となるのは、このフィルターが個人によって異なっていることで、同一の画像から得られる結果が異なっていることは往々にして起き、また画像の特徴は誰にでも直観的に認識できるというものではない。

さらに、白黒画像における人間の目の識別域にはおのずと限界がある。

以上の問題に対する手段の 1 つとして画質変換がある。これは、もとの画像にさまざまな処理を施すことにより、識別の困難な部分をより具体化しようとする試みである。

このような画質変換の試みは以前から行われており、古本ら⁶⁾に報告される X 線のカラー化なども同様な目的をもったアナログ的な手技の 1 方法であると考えられる。

近年では電算機の演算速度の向上と記憶容量の飛躍的な増加により、画像を標本化、量子化して階調処理、エッジ強調、鮮鋭化、雑音除去、擬似カラー化などさまざまな処理を行うことが可能となった。

また、1 度入力された画像は原理的に劣化しないの

で、画像の保存という点からも有利であるし、画像データベースとして効率よく検索することもできる。

ただ注意しなければならないのは本装置に用いたドラムスキャナやTVカメラなどの1度画像としたものを再度入力する形式の装置では、原画の全情報が電算機に取り込まれるとは考えにくく、恐らくはいくらかの欠落が起き、またノイズも混入するであろうから、入力後に原画が必要ないということではない。この点では、CTやデジタルX線^{3,4)}のように、被写体を通過するX線量などをセンサーで検出して直接電算機に入力する、いわゆるオンライン方式の方が有利であろう。

今回用いた入力装置のドラムスキャナは高分解能でしかもX線写真をはじめとするさまざまな画像を取り込むことができ、TVカメラ入力時のような種々のひずみの補正を必要としない。また画像の出力は512×512画素のCRTに行ったが、特に特徴抽出に関しては解像度が劣ると思えなかった。

今回中心として用いた画像のカラー化については、後頭前額撮影やオルソパントモグラムのような画像を直接カラー化してもかえって読影が困難になることがある。これは同一組織内でも僅かな濃度差が色の変化として表現されてしまうため、大きな画面や断層像では画面が煩雑になってしまうからであろう。しかし、このような場合にも病変部の拡大、階調変換を行えば診断の一助として有用であると思われた。

X線のカラー化について、鈴木⁷⁾は単にX線写真をカラー化するだけでは、情報の向上は期待できないと述べているが、われわれはただ単にカラー化するだけでなく、画質変換を含めた種々な操作が重要と考えている。

そこで、今回行った画像処理の対象としては、より単純で二次元的な画像が適していると思い、われわれはマイクロラジオグラムに注目した³⁾。

通常、マイクロラジオグラム作成にあたっては、照射量、照射時間、現像条件を変化させ、よりよい画像を得ようと苦慮するところである。

このようなことは被写体の厚みを可及的に均一にし⁸⁾、適当な写真処理を施し、さらに本画像処理を行えば原画では識別しにくい濃度差を簡単に読みとることができ、写真8bのカラー変換にみられるように、白黒処理では抜歯窩骨梁の読みとりには困難を感じる部分をカラー化することにより一見して判別することができる。

画像処理による画像の劣化という観点からみると、一般に肉眼で識別できるグレースケールは5ビット(32階調)までといわれており、さらに心理的錯覚や濃度傾斜などにより、実際の分解能はこれほど高くならない⁹⁾。今回用いたドラムスキャナは8ビット(256階調)の分解能をもち、肉眼のそれをはるかに越えており、実用上十分な精度であると考え、このことと、CRTの表示能力を合わせた画像は先にも述べたとおり原画とは異なるものではあるが、必要とする情報は数値的に貯えてあるはずであり、その微細な差異は元来肉眼では識別が不可能で、デジタル変換したことによるある種の違和感はあるものの、十分な情報量をもっている。このような観点からすれば、原画像の保存も可能と考えられる。画像の階調変換、拡大、擬似カラー化などの処理は、情報量の低下に外ならないが、われわれが日常臨床でX線写真から読影し、診断するまでの過程も全く同様であると考えられる。いいかえれば、本処理により診断ができるというのではなく、あくまで診断という過程を補佐し、より客観的な情報を与えるものである。

医用画像のデジタル化処理は、独立した画像として診断の補助に有用であると思われ、現在の機器の進歩からすると、今後はマイクロコンピュータレベルでより高密度の画像を手軽に扱えることにもなろう。

共通化オペレーティングシステムの開発や、データの互換性などいまだ問題点も多いが、今後の発展に期待したい。

結 論

われわれは(株)きもとの協力によりM-301B画像解析装置を用いて医用画像のデジタル化処理を行い、次のような知見を得た。

- 1) ドラムスキャナ入力装置は、多くの画像に応用でき、汎用性に富んでいると考えられる。
- 2) マイクロラジオグラム所見では、肉眼での識別が困難な部分をより具体的に認識することができた。
- 3) オルソパントモグラムなどを擬似カラー化すると、一時的に画面が煩雑になったが、この場合にも拡大、階調変換を行うことにより、病変部の認識が可能であった。
- 4) 本法は、現行の画像と併用することにより、診断の補助として有用であると思われた。

引 用 文 献

- 1) 安藤正一、西岡敏雄：X線像の量的情報処理。日大歯学 42: 85-87 1968。
- 2) 板井悠二：デジタルラジオグラフィ。医用電子と生体工学 20: 221-228 1982。
- 3) 飯沼 武：最新の医用画像工学。医用電子と生体工学 20: 527-531 1982。
- 4) 夏目長門、河合 幹：Automatic Image Analyser Systemを使用した筋組織の定量化に対する試み。愛院大歯誌 22: 320-328 1984。
- 5) 斉藤俊夫、高森 等：良性セメント芽細胞腫の2症例について。日口外誌 31: 173-183 1985。
- 6) 古本啓一、庄内芳春：X線写真のカラー化。歯界展望 35: 381-384 1970。

- 7) 鈴木信一郎：X線写真のカラー化について，
Quintessence 1: 14-17 1982.
8) 須賀昭一：顕微X線法による歯の形成と破壊の

- 研究，歯学 62: 441-453 1974.
9) 尾上守夫：医用画像処理，第1版，朝倉書店，
東京，1982，40-41頁，

写 真 説 明

- 写真 7a, b 良性セメント芽細胞腫のマイクロラジオグラム所見
a : 読み取り直後，b : 階調処理，カラー化。
写真 8a, b ラット下顎第1臼歯抜歯後1週目のマイクロラジオグラム所見
a : 読み取り直後，b : 階調処理，カラー化。
写真 9a, b 骨腫のマイクロラジオグラム所見
a : 読み取り直後，b : 階調処理，カラー化。
写真10a, b オルソパントモグラム所見
a : 全画面に階調処理，カラー化を行った場合，b : 拡大後，同処理を行ったもの。