

CT 画像処理システムの構築

川崎医療短期大学 放射線技術科

板谷 道信 北山 彰 村中 明
西村 明久 西下 創一

(平成4年8月24日受理)

Construction of a CT Image Data Processing System with Personal Computer

Michinobu ITAYA, Akira KITAYAMA, Akira MURANAKA
Akihisa NISHIMURA and Soichi NISHISHITA

*Department of Radiological Technology
Kawasaki College of Allied Health Professions
Kurashiki, Okayama 701-01, Japan
(Received on Aug. 24, 1992)*

Key words : CT 画像, マッキントッシュ II fx, 医用画像処理

概 要

CT 装置で記録された画像データフロッピーを、パーソナルコンピュータで媒体と記録形式の変換を行い、最終的にアップル社製のマッキントッシュ II fx 上で画像処理専用のソフトを使用し様々な処理を行った。

画像処理ソフトはパブリック・ドメイン・ソフトウェアや市販のものが数多く存在するが、CT 画像をマッキントッシュ II fx 上で処理するためには、前処理として CT 画像データをこれらのソフトが扱える画像記録形式に変換する必要がある。

今回は筆者らが先に開発した CT 画像データを MS-DOS 上のファイルとして取り込むソフトに追加する形で、各種のソフトを開発し CT 画像データの各種画像処理が可能となったので報告する。

はじめに

1992年3月に私学振興財団の補助金でアップル社製マッキントッシュ II fx (以下 Mac II fx) を中心とした画像処理システム一式が放射線技術科に導入された。

各種医用画像処理を目的とし、入力装置として CCD カメラ2台 (透過型および反射型各1台)、カラーイメージスキャナ1台、CT 画像入力用8インチフロッピードライブ1台、コンピュータはメインとして Mac II fx が1台、サブとして学生教育用 Mac II si が5台、PC-9801DA が1台、出力装置として、レーザープリンタが1台、カラースライド作成機が1台、その他と

して5インチの光磁気ディスクドライブ、CD ロムプレイヤーで、構成されている。コンピュータは TOPS を使用して LAN を構成しており、周辺機器は SCSI でメインコンピュータと接続されている。

カメラやイメージスキャナで直接 Mac II fx に取り込んだ各種の画像については、Ultimage を中心とするソフトにより各種の画像処理を施すことが可能である。しかし、CT 装置で使用されている8インチフロッピーに記録された画像データを直接 Mac II fx に取り込むことができない。

このために、今回、先に筆者らが開発した CT 画像データを MS-DOS 上のファイルに変換す

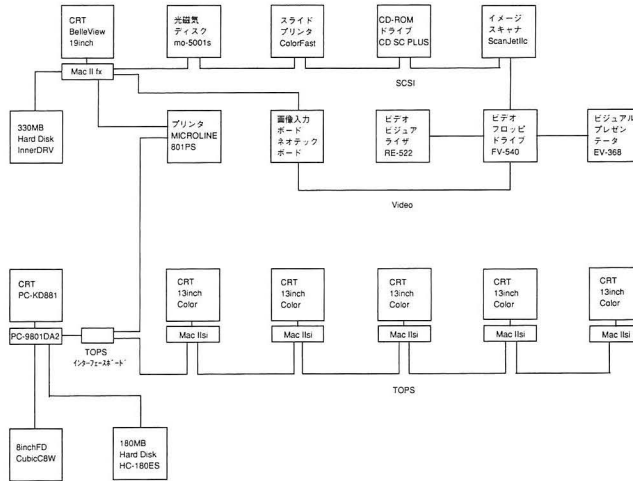


図1 画像処理システムの構成

るソフトを利用し、更に各種の前処理を施し最終的に Mac II fx 上で画像処理を行えるように、バイナリファイルから PICT や TIFF などの画像ファイルのフォーマット変換を含めてソフトウェアとハードウェアについて検討した。

使用機器と使用言語およびソフトウェア
画像処理システム一式を図1に示す。

機器の構成は先に述べたようになっておりメインコンピュータで処理した結果を LAN を通じてサブコンピュータが受け取り最終的な処理はそれぞれのコンピュータで実施する。ソフトウェアについてはメインコンピュータのハードディスクを自分のハードディスクとして認識できるので、サブコンピュータの負荷を軽減できる。

CT 画像を Mac II fx に取り込むには、PC-9801 DA を使用して CT 装置専用の 8 インチフロッピーを MS-DOS のファイルに変換する必要がある。また、CT 値のオフセットを変化させたり、関心領域の設定や、Mac II fx で画像処理する際の制約により CT 値を 256 の範囲に設定する必要もある。

使用言語は PC-9801DA については、QC Ver. 2.0 (日本語版) (以下 QC) と JGAWK Ver. 2.9 (以下 JGAWK) を使用した。Mac II fx 用ソフトは Graftek France 社製の Ultimage/24 Ver. 2.0 (以下 Ultimage) を中心として各種のものを使用した。図2にデータファイルとプログラムの関係を示す。

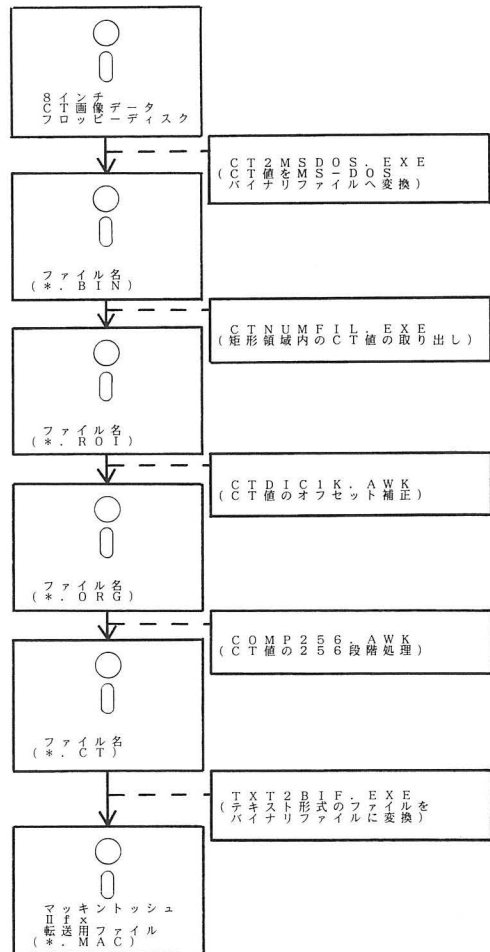


図2 データファイルとプログラムの関係

方 法

(1) CT 画像データフロッピーの読み取り

CT 装置で記録された 8 インチフロッピーの CT 画像データは、そのままではコンピュータ処理できない。先に述べたように一旦 5 インチや 3.5 インチの MS-DOS フォーマットのフロッピーに CT 値をバイナリ形式で記録する。1 枚の画像あたり 320×320 のマトリクスサイズで数百キロバイトの記憶容量を必要とし、必ずしも効率が良くないが、容易に CT 値を読み取ることができる。この段階で必要に応じて圧縮ソフトを使用して画像データに圧縮を掛ければ約半分に容量を減少することもできる。この処理を行うソフトは QC で作成した。

(2) 関心領域の設定

CT1 スライス分を 1 画面に表示した場合、必ずしも全部の領域が必要でなく関心領域 (以下 ROI) を設定する場合が多い。最終的な処理の段階でも ROI の設定はできるが、前処理の時間を短縮したり、MS-DOS へ変換した際のファイルの先頭部と末尾に付着している不要なデータを取り除くために、あらかじめ ROI を設定してその部分の CT 値のみをテキスト形式で取り出している。

この処理を行うソフトは QC で作成した。

(3) CT 値のオフセット値変更

8 インチのフロッピーには CT 値に 1000 を加算したものが記録されているので、この段階でもとの値に戻すため 1000 を減算している。この場合、処理した CT 値は + から - の値をとり、後で高速フーリエ変換処理 (以下 FFT 処理) を実施する場合の制約からもう一度 CT 値の圧縮伸長やオフセット値の変更等が必要になる。

これらの処理は JGAWK を用いて処理を行った。

(4) CT 値の 256 段階処理

Mac II fx で FFT 処理を実施する場合の制約から、CT 値の取りうる範囲は 0 から 255 までの 256 しかない。ROI の CT 値がこの範囲内であれば問題ないが、それ以外の場合はオフセット値の変更や CT 値圧縮の必要性がある。

これらの処理は JGAWK を用いて行った。

(5) バイナリファイルへの変換

MS-DOS 上の最終的なファイルが作成された段階で、テキスト形式をバイナリ形式に変換する。

この処理を行うソフトは QC で作成した。

(6) 各種の画像記録方式への変換

バイナリ形式のファイルを各種の画像記録方式に変換すれば、Mac II fx は言うに及ばず IBM-PC/AT をはじめとする MS-DOS パーソナルコンピュータ上で、様々な画像処理ソフトを利用できる。今回パーソナルコンピュータで一般的に使用されている各種の画像記録様式の、TIF, PICT, GIF などのフォーマットについて、バイナリファイルからの変換が可能なが確認できた。

(7) MAC 用画像処理ソフト Ustimage による画像処理

今まで述べた方法により、Mac II fx で画像処理を実施するためのバイナリファイルが作成できたことになる。

Mac II fx の画像処理ソフト Ustimage は、市販されている画像処理ソフトの中で代表的なものであり、C や PASCAL といったプログラミング言語を使用して機能を追加できる。今回はインポート機能によりバイナリファイルの直接

表 1 Ustimage の諸機能 (抜粋)

ファイル	PICT, TIFF, AIPD Import (MS-DOS)
データ形式	8, 16, 32 bit
Image サイズ	64 × 64 ~ RAM 最大
ディスプレイ 類似カラー	System, Gray, Temp, Binary, Gradient, Document
拡大縮小 特殊表示	× 1, × 4, × 8, ... × 256 Amination
ユーティリティ RIO の設定 イメージ変換 データ処理	長方形, 円, ポリゴン プロフィール, 回転, 反転, シフト, 3D 表示 ヒストグラム, 域値処理
イメージ処理 LUT 変換 画像演算 空間フィルタ フーリエ変換	Equalize, Log, Expo, Reverse, Square, 他 四則演算, 論理演算, 他 3 × 3, 5 × 5, 7 × 7 box DFT (real, image, magni, phase), 逆フーリエ (フィルター可)

読み込みにより最終的な画像処理を実施できるようにした。ただし、バイナリファイルの読み込みの際にはマトリックスサイズの設定が必要である。

Ultimage の機能は多岐にわたり、詳細については割愛するが、代表的な機能を表 1 に掲げる。

結 果

1 枚の 8 インチフロッピーに 4 スライスの CT 画像が記録されているので、目的とするスライスの画像を PC9801DA 上に表示し確認した後、変換作業に移る。ここでは、便宜上 16 色の擬似カラー表示を行っている。以下方法の項で述べたソフトを用いて、Mac II fx で読み込めるバイナリファイルを作成した。

Ultimage を用いた Mac II fx での画像処理について、以下に代表的なものを示す。

(1) CT 画像表示

バイナリファイルの取り込みの際には、X 軸 Y 軸方向のマトリックスサイズの指定と 1 画素のビット数の指定と CT 値の範囲の指定を行った後、画像が 256 階調の白黒画像として表示される。図 3 に結果を示す。

(2) 3 次元表示

(1) で表示した画像の 3 次元表示で、2 次元の白黒画像とは違った画像情報が読み取れる。ただし、この表示方法は 1 枚の画像しか表示できず、視点を変えることもできない。図 4 に例を

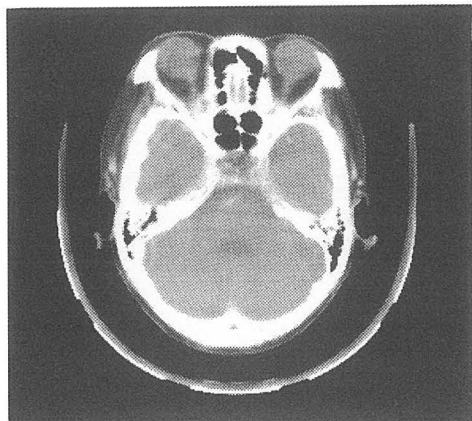


図 3 マッキントッシュ II fx 上の CT 画像 (320 × 320 のマトリックスサイズ, 1 ピクセル 8 ビット, CT 値は 0 から 2 2 5 までの 2 5 6)

示す。

(3) プロフィール処理

(1) で表示した画像に対して任意の 2 点間を直線で結び、その間のプロフィール処理を実施することができる。図 5 に例を示す。

(4) フィルタ処理

原画像に対して高域周波数強調画像や低域周波数強調画像などの各種周波数処理を行うことができる。容易に各種のフィルタ処理を実施できるので、非常に便利である。図 6 に例を示す。

(5) FFT 処理のための ROI 設定

FFT 処理は画像処理では一般的な手法であるが、その性質上、マトリックスサイズが縦横ともに 2 の階乗に制限されているので、この処理を実施するためには予め ROI の設定が必要になる。ROI を設定して切り取った画像を FFT 処理用に準備したフレームに転送し、FFT 処理を実施することになる。

(6) FFT 処理の画像と 3 次元表示

FFT の処理結果は濃淡情報として画像表示される。また、3 次元表示も可能である。リアルパート、イマジナリパート、パワースペクトル

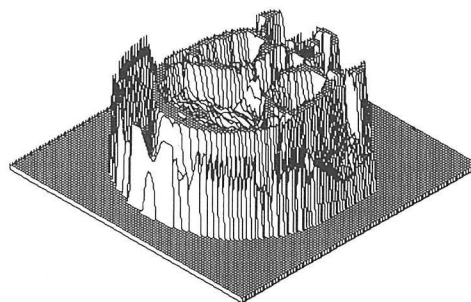


図 4 図 3 の画像の 3 次元表示

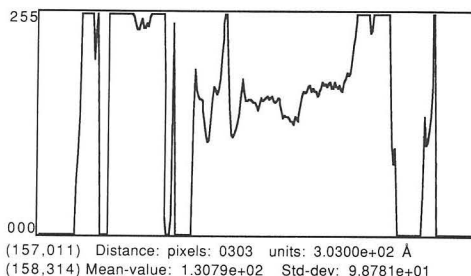


図 5 CT 画像のプロフィール表示 (図 3 の画像の中央縦方向)

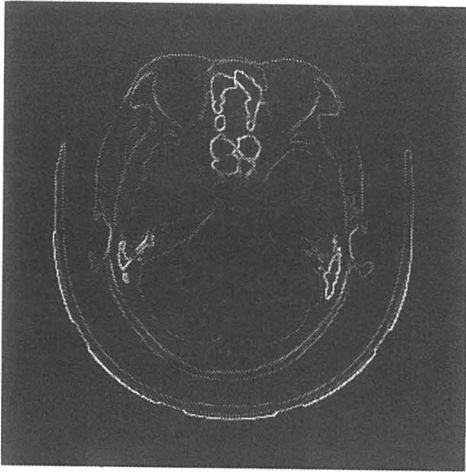


図6 CT 画像のフィルタ処理
(図3の画像に微分フィルタを実施)

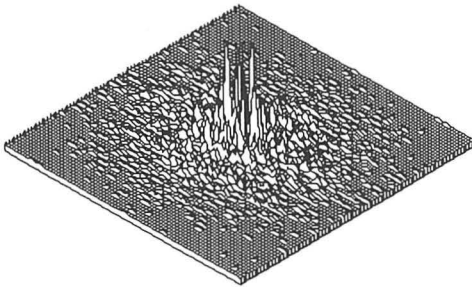


図7 FFT 処理後のリアルパート 3次元表示
(図3の画像に対して実施)

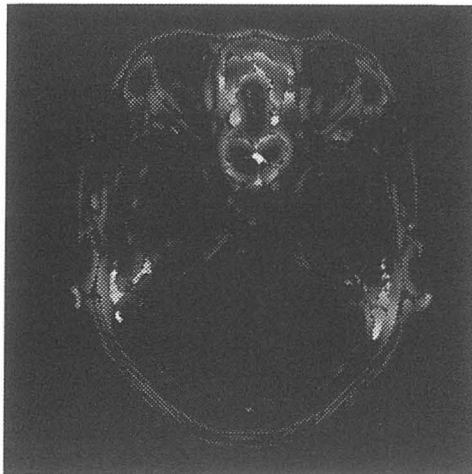


図8 逆フーリエ変換後の CT 画像
(図7の画像に周波数処理実施後)

の表示が可能である。これらに対して周波数処理が可能である。図7に例を示す。

(7) 周波数処理と逆フーリエ変換画像表示

周波数領域で各種の処理を実施し、逆フーリエ変換をして原画像に対する処理結果を見ることができる。図8に例を示す。

(8) 各種処理のカラー表示

Mac II fx に取り込んだ画像は白黒画像であるが、CT 値の高いものに暖色、CT 値の低いものに対して寒色を割り当てたカラー表示などが可能である。

考 察

CT 画像処理システムの構築に際して、運用上指摘された問題点と改善点を以下に述べる。

(1) 前処理としての ROI の設定の是非

CT 画像を Mac に取り込む前に、ROI の設定を前処理として実施した。最終的な処理では ROI の設定は矩形、円そして任意の閉曲線で設定でき、前処理として ROI を設定しその中の CT 値だけを取り出さなくてもよいと思われる。ただし、先に述べたように変換した CT 画像データの先頭と末尾に不要なデータの存在する場合があります、少なくともこれらについて取り除く必要がある。したがって、任意の ROI の設定を行うのではなく、不要なデータを除去するための ROI 設定が必要である。

(2) CT 値オフセットと256への圧縮の方法の検討

現在 MS-DOS 上の CT 値は、実際の CT 値にオフセット値として1000。加算したものになっている。まずこれを元に戻す必要があるが、問題は FFT 演算処理を Mac II fx で行う場合、整数値0から255までの範囲とい制約があり単純にオフセット値を減算処理しただけでは、対応できない点である。

処理の必要な ROI 内の CT 値にたいして CT 値の圧縮を実施したり逆に伸長したり、下限と上限を設定して、その差が256の範囲に入るようにする必要がある。これらの処理は画像ごとにその都度操作する必要がある、柔軟な処理操作が必要になる。

現在これらの処理は JGAWK を利用しているがインタープリタ言語であり処理速度の点で間

題があり、コンパイラ言語を使用して専用のプログラム作成の必要がある。また、CT 画像データの PC-9801DA への取り込みの際に、ROI 内の CT 値を読み取る必要がある、先に開発した CT 値読み取りプログラムの機能化を図る必要がある。

(3) 変換作業の複雑性

現在のところ各処理はフロッピー上の特徴的な拡張子をつけたファイルを仲介して行っているが、複雑な作業が続き効率が悪いので、PC-9801DA 上でバイナリファイルを作成するまでの過程を総合して行えるプログラムを開発すると、PC-9801DA と Mac II fx が LAN を形成しているので、直接 Mac に CT 画像データを転送することが可能になり、作業効率の大幅な向上が期待できる。

(4) Mac 上のファイルの圧縮保存

Mac II fx への CT 画像はバイナリファイルで行ったが、他の Mac II fx 用ソフトでの画像処理を考慮すると Mac 上で共通に使用できる PICT, TIFF, GIF, EPSF などのフォーマットに変換した方がよい。また、その際に、データの保存容量の関係から、圧縮を掛けられる場合は、圧縮を掛けた方がよく、最終的には光磁気ディスクなどに保存すれば良いと考える。

(5) FFT 処理の256の整数値の制限

Ultimage の FFO 処理の制約上、CT 値は 0 から 255 までの 256 しかとれない。これより広い範囲の CT 値の処理は現在のところ実現の見通しがついていない。今後何等かの方法でこの点については対処していきたい。また、精密な画像解析を行う場合画像処理を含め各種処理の数値化とその保存の必要があると考えるので、これらの点についても今後検討しなければならない。

(6) 他の Mac 用ソフトとの連携

今回は、このシステムが導入されてまだ間もなく、十分な使用経験を積んでいないので Mac II fx 用の他のソフトとの有機的な連携を行っていない。すべての処理を Ultimage だけで行うのではなくて、オプションソフトを含め他の画像処理ソフトや統計計算ソフトなどを利用して

広範囲に活用できるシステムにしなければならない。

結 語

今回 CT 画像のコンピュータ上での処理を行った。画質の劣化を考えると CCD カメラやイメージスキャナからの画像入力最後の手段として考えたほうがよく、原画像を忠実にコンピュータで処理するためには医用画像機器が装備している各種の電子的な記録媒体に対応した画像入力を行うほうがよい。

今回のシステムの構築を通じて得られた経験をもとに、今後は光磁気ディスクなどの他の記録媒体を仲介した画像の取り込みや MRI 画像などの他のモダリティのコンピュータ処理等を積極的に行ってゆきたい。

そして、今後は、CCD カメラなどの間接的な画像入力とフロッピーなどによる直接的な CT 画像入力について、画質がどのように変化するかについても検討してゆきたい。

謝 辞

今回の研究に関して、貴重なデータの提供をしていただいた川崎医科大学附属病院 CT 室に深謝いたします。

文 献

- 1) 板谷道信他：パーソナルコンピュータによる CT 画像データの解析と医用画像教育への応用について、川崎医療短期大学紀要, 11, 19-23, (1991)
- 2) 伴野辰雄：Mac の画像医学への応用その 1：画像入力について, 23, 2, 71-75, (1991)
- 3) 伴野辰雄：Mac の画像医学への応用その 2：画像処理ならびに画像出力について, 23, 4, 223-226, (1991)
- 4) 伴野辰雄：Mac の画像医学への応用その 3：画像処理のアプリケーションについて, 23, 7, 357-361, (1991)
- 5) Graftek France 社編：Ultimage User's Manual, (1992)
- 6) 高木幹雄他監修：画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, (1991)