

## 3次元画像再構成用高速プロセッサの開発

### 1. はじめに

ポジトロン ECT(PET)装置は、ポジトロン(陽電子)が消滅するときに反対方向に放出される2本の511Kevの線を同時計数することにより、ポジトロン放出核種の分布をイメージングする装置である。生体に投与された放射性薬剤の分布を定量的な断層画像として得ることができ、生体の生理的パラメータの測定に用いられてきた。

近年このPET装置は、体軸方向の分解能を向上させるためにスライス厚が薄くなってきており、スライス当たりの感度が低下してきている。この感度低下を補うため、従来散乱線を除去するために用いられてきたスライスシールド(セプタ)を取り除き、可能な全ての同時計数を収集する3次元データ収集が注目されるようになってきた。この3次元データ収集では、検出感度が向上することによって測定時間が短縮できる、または放射性薬剤の投与量を少なくし患者の被爆を少なくできる、などのメリットがある。しかし、従来の2次元データ収集に比べ収集されるデータ量が膨大になるとともに、画像の再構成法も複雑なものになり、収集後の処理に時間がかかるデメリットがあった。

今回、秋田脳血管研究センターで稼働中の島津製PET装置SET-2300W(Headtome V)のための画像再構成システムを開発し、散乱線補正を含めた3次元画像再構成を短時間で行うことが可能となった。システムの概要と再構成時間の結果について報告する。

### 2. 三次元画像再構成システムの概要

再構成システムのブロック図を図1に示す。再構成システムは島津製の画像再構成装置を使用し、VMEバスをベースにして、8枚のFDP(Fast Digital Processor)基板と、2枚のMPM(Multi Port Memory)基板から構成される。1枚のFDP基板にはピーク性能60MFLOPsのDSP96002(モトローラ製)が2個搭載されており、合計16個のDSPが並列処理を行う。各FDP基板にはデータ処理用に64MBytesのDRAMと、96kワードの高速SRAMが搭載されている。MPM基板には256MBytesのDRAMが搭載されている。1枚のMPM基板に4枚のFDP基板が高速バスで接続されている。MPM基板にはノーマライズ処理されたサイノグラムデータが載せられ、各FDP基板のDRAMには、トランSMission・データの再構成画像と、エMISSION・データの初期画像が載せられる。再構成された画像は各FDP基板上にできるので、最後にこれを読みだして加算する。

3次元画像再構成は、reprojection法と呼ばれる3次元フィルタ逆投影法(3-D filtered backprojection method)をベースにした。この再構成法で主に時間がかかるのは、吸収補正用の投影データを作成するフォワード・プロジェクション処理、実際には収集されないエMISSIONの投影データを作成するためのフォワード・プロジェクション処理、再構成フィルタ(Colsher's filter)を施した後のバックプロジェクション処理である。島津製の再構成装置では、これらの処理を複数のDSPで並列処理することによって高速化を実現することができる。図2に処理の概要を示す。収集された3次元データは、ホストとなるワークステーション上で検出器間の感度補正と必

要に応じて散乱補正を行った後、再構成装置に転送される。各 FDP 上のプログラムは、そのデータからある方向の 2 次元プロジェクションを抜き出し、画像にバックプロジェクションするまでの一連の処理を行う。全ての方向のプロジェクションが処理された後、各 FDP 上の再構成画像を加算して最終的な画像を得る。

この際、再構成処理に必要な全幾何学的パラメータをあらかじめホストコンピュータ上で計算し再構成装置側に転送することで、FDP 上のプログラムを大きく変更することなく SET-2300W のデータの処理が可能となった。また、散乱線もサイノグラム・データの段階で補正できる高速な手法を開発したため、ホストコンピュータのみでの処理が可能となった。

### 3 . 結果

図 3 は、3 次元再構成時間を SET-2300W と SET-2400W および再構成システム間で比較したものである。TITAN2 は 150MHz の Alpha チップを CPU にもつ UNIX ワークステーションで、再構成処理装置のホストコンピュータを兼ねている。再構成装置は、8 枚の FDP 基板 (+ 2 枚の MPM 基板) の場合と 4 枚の FDP 基板 (+ 1 枚の MPM 基板) の場合とで実行時間を測定した。1 フレームあたりの再構成時間を比較するために、ここでの再構成時間にはノーマライズ・データの前処理時間およびトランスミッション・データの再構成時間は含まれていない。ただし、ホストコンピュータから再構成装置へのデータ転送時間は含まれている。

SET-2300W の場合、体軸方向の視野が 150 mm、検出器リング数が 24、スライス数が 63 と、SET-2400W の 3/4 であるが、3 次元収集を行った際の同時計数対 (LOR:Lines-of-response) は約 3500 万となり、SET-2400W (約 6200 万) の約半分である。したがって、再構成にかかる時間も約半分となっている。

TITAN2 のみで画像再構成を行うと、SET-2300W でも約 1 時間の計算時間が必要となり臨床上実用的とは言えない。しかし FDP を 8 枚用いるシステムではそれを約 10 分まで短縮できた。TITAN2 に比べておよそ 6 倍の速度である。

また、FDP 4 枚のシステムと比較すると、FDP 8 枚のシステムは約半分の再構成時間となった。図 4 に再構成に使用した FDP の枚数と FDP 1 枚の場合を 1 にしたときの再構成速度をプロットしたグラフを示す。SET-2300W の場合でも FDP の枚数にほぼ比例して速度が向上しており、高い並列化効率が維持されていることが分かる。

### 4 . むすび

島津製 PET 装置 SET-2300W(Headtome-V)における 3 次元再構成システムを開発した。これによって、3 次元構成の短所であった長時間の再構成時間を克服し、再構成時間を大幅に短縮することができた。3 次元収集の高感度を生かすことで、少ない投与量と短い収集時間で画像を得ることが可能になるため、今回のシステムが PET における脳研究を進める上で大いに役立つことが期待される。

### 参考文献

- 1) 天野昌治ほか:“ ポジトロン ECT 装置 HEADTOME-V(SET-2000W シリーズ)の開発 ”, 島津評論, 51, 59~65 (1994)

- 2) 田中栄一: “三次元アイソトープ像の計測と画像再構成”, RADIOISOTOPES, 39, 510-520 (1990)
- 3) 田中栄一: “PETの性能はどこまで向上できるか? -三次元PETの可能性とその問題点”, Isotope News, 9, 2-5 (1989)
- 4) Defrise M, et al.: “Implementation of three-dimensional image reconstruction for multiring positron tomographs”, Phys. Med. Biol., 35,10,1361-1372 (1990)
- 5) Defrise M, et al.: “Three-dimensional image reconstruction from complete projections”, Phys. Med. Biol., 34,5,573-587(1989)
- 6) Cherry S R, et al.: “Evaluation of a 3D reconstruction algorithm for multi-slice PET scanners”, Phys. Med. Biol., 37,3,779-790 (1992)
- 7) Defrise M, et al.: “A performance study of 3D reconstruction algorithms for Positron emission tomography”, Phys. Med. Biol., 39,305-320 (1994)
- 8) Defrise M, et al.: “Solution to the three-dimensional image reconstruction problem from two-dimensional parallel projections”, J. Opt. Soc. Am. A, 10,5,869-877 (1993)
- 9) Townsend D W, et al.: “Fully three-dimensional reconstruction for a PET camera with retractable septa” IEEE Trans. Med. Imaging, 10,4,505-512 (1991)
- 10) Guerrero T M, et al.: “Fast implementation of 3D PET reconstruction using vector and parallel programming techniques”, IEEE Trans. Nucl. Sci., 40,4,1082-1086 (1993)
- 11) Townsend D W, et al.: “Image Reconstruction Methods in Positron Tomography”, CERN 93-02, 16 June (1993)

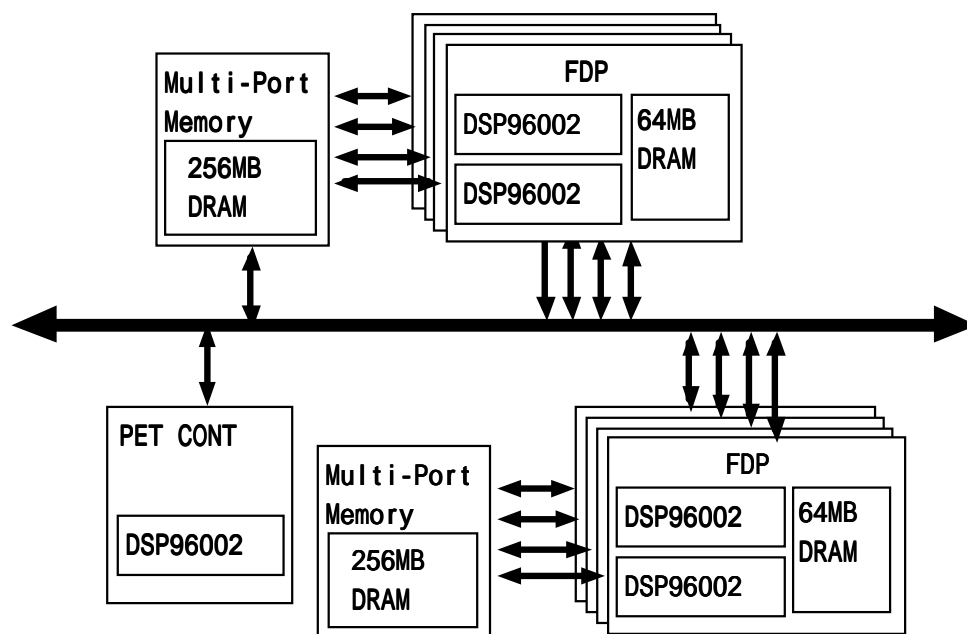


図1 3次元画像再構成システムの構成

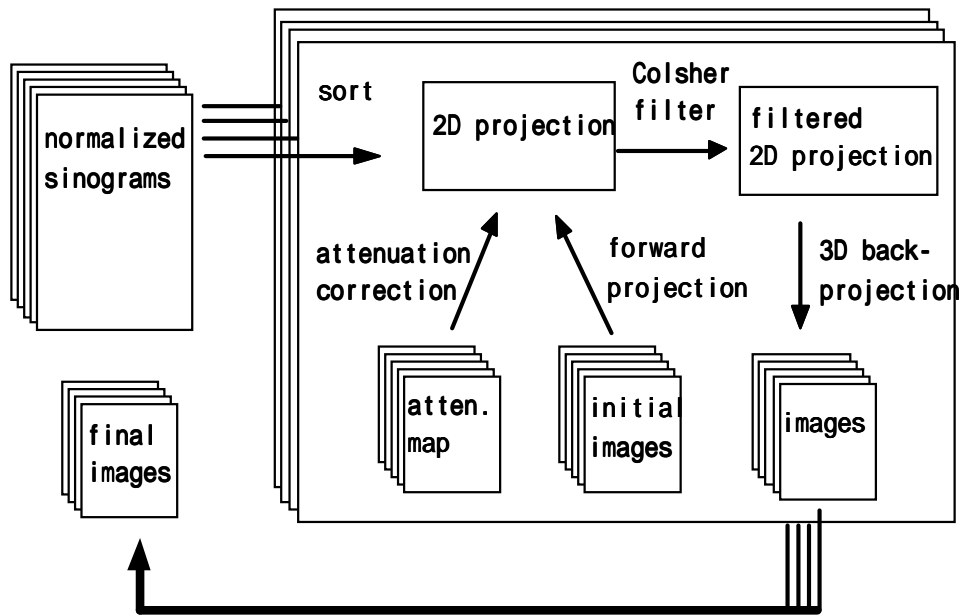
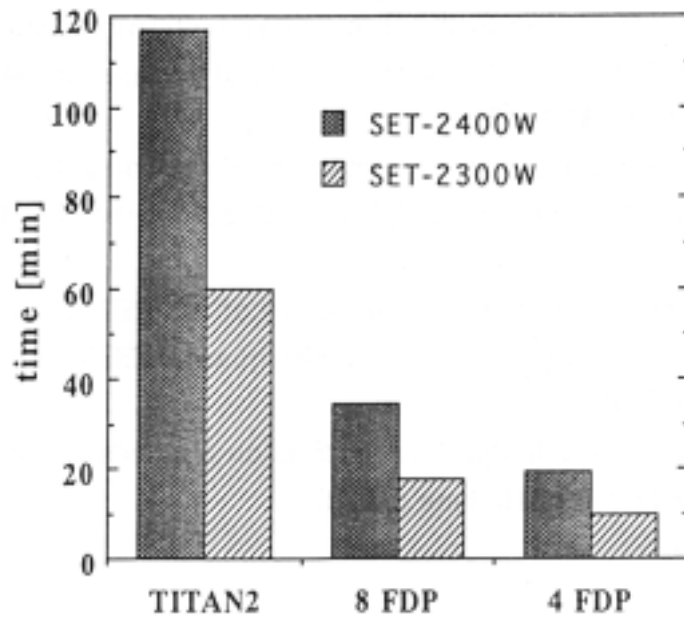


図2 3次元再構成並列処理の流れ



3 3次元画像再構成時間の比較

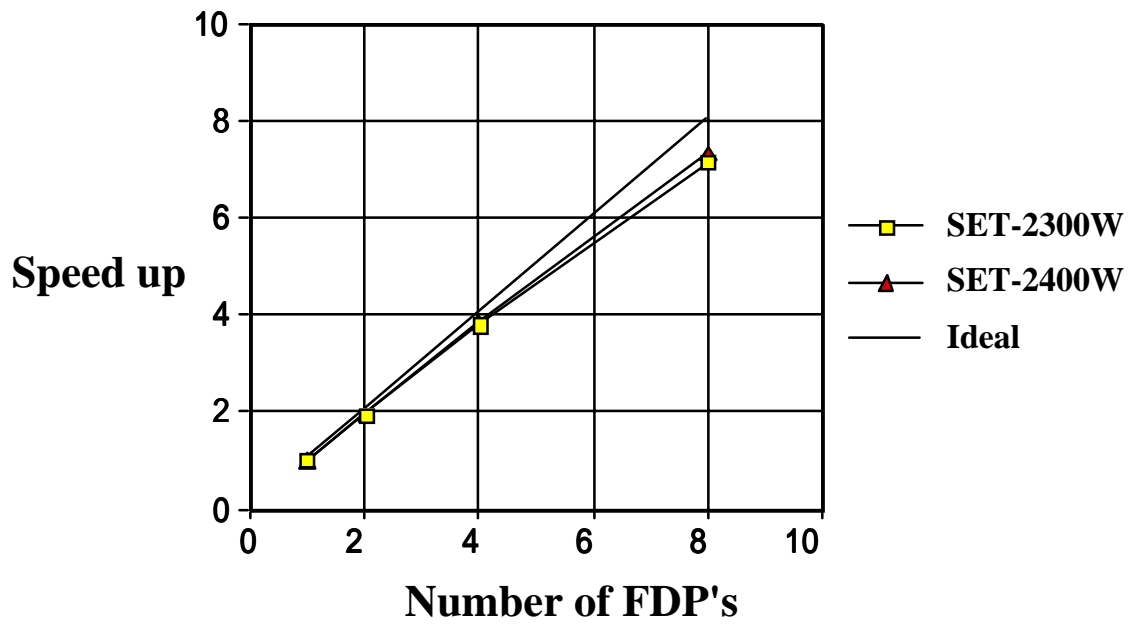


図4 FDP 基板の枚数と再構成速度向上比