

HIMAC 全体制御計算機のリプレース

藤田 誠^{A)}、近藤 貴律^{A)}、勝間田 匡^{A)}、藤原 秀樹^{A)}、
取越 正己^{B)}、高田 栄一^{B)}、山田 聡^{B)}

^{A)} 加速器エンジニアリング(株) 〒263-0043 千葉県千葉市稲毛区小仲台 2-13-1

^{B)} 独立行政法人放射線医学総合研究所 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

概要

HIMAC 制御系の全体制御計算機 (以下全系計算機) は、LAN 接続された各計算機との情報の授受、装置全体及び、各システムの運転状態監視を行っている。今回、既設計算機システムを汎用 PC サーバーによってリプレースするため、新システムの構築を行った。

運用を開始した新システムの開発と現状について報告する。

1 はじめに

1993 年にがん治療用重粒子線加速器として建設された放射線医学総合研究所の HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba) では、1994 年から炭素ビームを使用する臨床試験が始まり、現在までに約 1600 名の患者治療が行われてきた。HIMAC は入射器系[1]、主加速器系[2]、高エネルギー輸送系 (以下 HEBT 系) [3]及び、照射系[4]に大きく分けることができ、各系は独立に制御される。これら、各系制御計算機と安全管理系[5]及び、建屋設備系の制御計算機を接続することで、各計算機間の情報授受を行い全体統括するために全系計算機が設けられた。

MX5700 II をベースとする既存全系計算機は、これらの機能を持ち、順調に運用されてきたが、メーカーによる保守終了や部品の製造中止による供給停止等の問題もあり、代替機の準備が必要となった。一方、全系の機能は、個別の特殊な機器制御を行っていないため、汎用サーバーベースでの構築が比較的容易と予想された。そこで、約 2 年前より新全系システム更新のための設計・製作に着手し、2003 年 9 月から運用を開始した。

2 継承する機能

2.1 サブ系間通信

全系計算機は各制御計算機と LAN 接続されており、伝送フォーマットについては細かく規定されている。また、各制御計算機の情報には必ず全系計算機を経由し情報の授受を行うよう規定している。これは各系計算機のコード体系の違いや実数型の表記方法の違い、更にバイト列の考え方の違い等を全系計算機にて吸収させるためである。また、加速器側制御システム (入射器系・主加速器系・HEBT 系) とは LAN 接続の状態以外に接点情報による情報授受可否信号による制限も設けられている。この情報信号が双方向 (全系～各加速器側制御システム) 可となったとき、各システムが正常に運転可能となったと判断し、情報の授受が行われる。

2.2 グローバルインターロックと共通情報取得

グローバルインターロック[6]は、治療照射等による線量満了・ビームライン上にある電磁石電源等の機器異常・各ビームライン室の扉開閉状態等の信号を安全管理用機器から受け、安全管理室及び、加速器制御室にある制御盤にて必要なロジックを通した後、装置側の各ビームシャッターに閉指令を出力する機能である。当機能は、ハードウェア信号ロジックにて行っているが、全系計算機ではこのハードウェアロジックと同等の処理を行いハードウェア機能のバックアップも行っている。

冷却・圧空情報、無停電電源の状態、LAN 情報授受可否信号及び、グローバルインターロック盤からの各機器情報を接点にて監視している。

2.3 表示・操作パネル

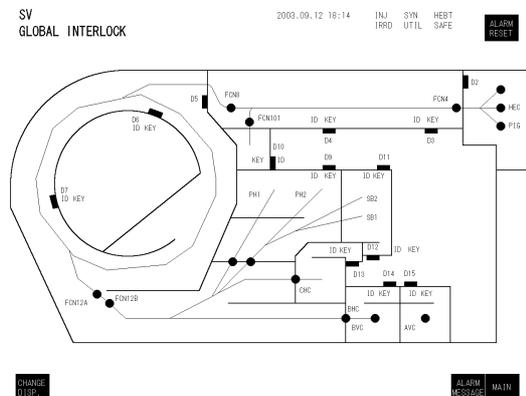


図 1. 画面の状態表示

制御卓表示パネルにて表示される情報は、各系の運転状態、パラメータファイルの情報、利用中のビームライン、各シャッターの開閉状態、ビームライン室の扉の開閉状態、治療照射スケジュール等があり、約 2 秒周期で表示更新される。また、操作パネルでは加速器側の機器群の一括 ON/OFF を行うことができる。

図 1 では表示パネルの一面面を示す。選択されたイオン源、選択コース、ビームシャッターの開閉状態及び、各照射室の扉開閉等の状況が分かる。また、グローバルインターロックの作動状況も確認出来るようになっている。

表示・操作の各パネルは旧システムでは全系計算機の端末として設計されていたが、その後の改造で表示・操作パネル毎に PC を端末エミュレータとして用いている。

3 新システムの構成と特徴

3.1 システム構成

新システムの構築にあたり、機器はできるだけ一般的なものにするためハードウェアはDOS/V互換機を、OSにはWindows NTを選択した。これは、旧システムで1メーカーに依存する非一般的な部分が多く、問題が発生した場合の処置に苦慮したためである。同様の理由により開発言語についても、今後のソフトウェア改造、改修が簡便に行えるようにVisual Basicを採用した。

各系計算機とのLAN接続は既存のシステムを利用したが、圧空・冷却情報等の接点信号は、信号切替器を新たに設け、48V電圧での取り合いを5V電圧に変更した。これにより、新全系システムはDigital I/OカードNI6508(National Instruments製)で各接点信号の入出力が行えている。

各制御計算機の主な機器、役割と新全系システムでのシステム構成を図2に示す。

3.2 データベースによる一元管理

新全系システムは、表示・操作パネル計算機をネットワーク接続しているため、各個別に情報を管理したのでは不整合を起しやすいため、各表示・操作パネルの表示や操作する情報、各制御計算機からのLAN情報及び、全系計算機で取り込んでいる接点情報を一元管理するため、データベースにORACLEを採用し、各パネル計算機をクライアントとする事により表示の信頼性を確保した。

4 実現にあたっての問題点と対策

4.1 処理高速化

新システム試験の初期において情報表示や、接点信号で生成された通信伝文の遅れが問題となった。

調査の結果、製作当初のデータベースのテーブル構成ではCPU負荷率が高く、各系計算機との通信応答に時間がかかる事が判明した。これを改善するため、LANや接点情報を反映するテーブル上の項目を並べ替え(レコード化)、CPU負荷の軽減、処理の高速化を図った。これによって、改善は見られたが、インターロックバックアップ等のためには一層の高速化が求められた。そこで、サーバー内部処理を高速化するため、新全系計算機内でグローバルメモリアreaを作成し、プログラム間のデータ処理の高速化を図る一方、グローバルメモリからデータベースへ情報を一括設定するプログラムを用意して、データベースアクセス待ちを少なくした。

上記改良を行った際の処理時間及び、CPU負荷率の測定結果を図3に示す。

- ① 設計当初のテーブル構成での結果
- ② 項目並べ替え後のテーブル構成での結果
- ③ グローバルメモリ使用時の結果

以上の結果、CPU負荷は大幅に軽減し通信速度は速くなった。

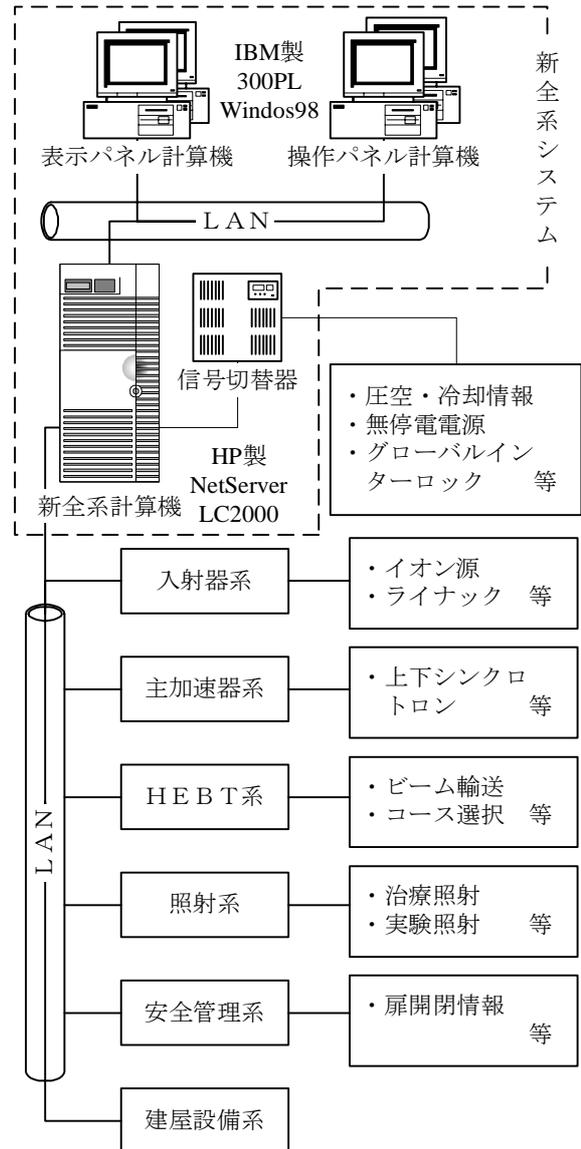


図2. システム構成

①	0.5秒周期	5秒周期
実測(平均)	2.60秒	2.64秒
CPU負荷率	20%	50%

↓ 項目の並べ替え後

②	0.5秒周期	5秒周期
実測(平均)	0.85秒	0.79秒
CPU負荷率	10%	10%

↓ グローバルメモリ使用後

③	0.5秒周期	5秒周期
実測(平均)	0.1秒以下	0.1秒以下
CPU負荷率	10%以下	10%以下

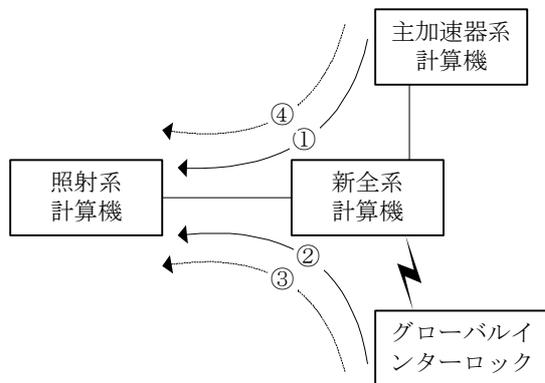
図3. 各処理におけるアクセス時間及び、CPU負荷率測定結果

4.2 旧システム同等化の措置

実環境でのシステム試験中に、照射系計算機が動作しなくなる不具合を発見した。これは、ビームシャッター（主加速器系最下流）のステータスについてグローバルインターロックからの接点情報で生成される伝文よりも、主加速器系計算機からの通知伝文を先に転送すると発生していた（図4）。

本来、HIMAC 制御の通信規定において、伝文の順序は固定されていないが、照射系計算機の改造に際して伝文受信時の順序は一定と前提してしまっていたために、伝文順序の逆転で同計算機の処理が終了しなくなるものであった。この問題については想定外であったが、現状の照射系システムでは改修が困難であると判断したため、新全系システム内で改修を行うことにした。

伝文順序逆転の原因究明のため新旧全系システムにて、接点情報の処理時間と通信伝文の処理時間の比較を行った。接点情報は読み取り方式の違いはあるが処理時間は同程度（約 0.2 秒）だった。しかし、通信伝文の処理時間においては新全系システムの方が速い事が判明し、新・旧全系計算機で受信から送信までの処理時間を計測したところ（図 5）、平均時間は新全系計算機で 0.29 秒、旧全系計算機で 1.52 秒の処理時間となった。対策として、新全系システムでこの LAN 情報を受信後、1.3 秒の遅延を行わせ送信する処理を追加することで回避した。



不具合時の送信順序

- ① 主加速器系計算機からの通信伝文の転送
 - ② 接点状態変化で生成される伝文の送信
- 改修後の送信順序
- ③ 接点状態変化で生成される伝文の送信
 - ④ 1.3 秒遅延後の主加速器系計算機からの通信伝文の転送

図 4. 不具合・改修後の送信順序の簡略図

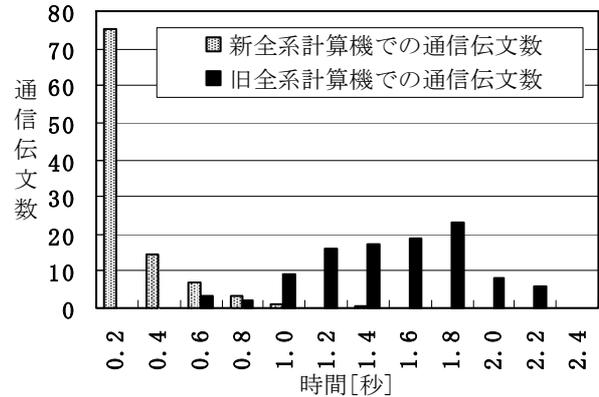


図 5. 新旧全系計算機での受信から送信までに要した処理時間と通信伝文数

4.3 通信輻輳時の処理

現状の問題点として、新全系システムでは伝文情報を短時間に集中受信した場合、先に受信した伝文を後回しする現象がある。

これは、Visual Basic でループ処理にて送信を行った場合、使用している関数の制約によるものと思われる。現在、送信処理方法の改善を検討している。

5 まとめ

新全系システムは、今年春までに開発を終え、4 月からの試験を経て、9 月より運用を開始した。現在まで通常順調な運用がなされている。今後、操作・表示機能の充実化を図り、制御計算機システムとしての改良を加えていきたいと考えている。

参考文献

- [1] T.Kohno et al., "Control system for HIMAC injector", Proc.7th Symp.Acc.Sci.Tech., Osaka,Japan,1989,pp.246-248.
- [2] E.Takada et al., "The HIMAC synchrotron control system", Nucl.Instru.Meth.A352,40(1994).
- [3] M.Torikoshi et al., "Control system for a high energy beam transport system of HIMAC",Proc.10th Symp.Acc.Sci.Tech., Hitachi-Naka,Japan,October'95,pp.306-308.
- [4] 金井 達明 他, 「重粒子線照射装置」,NIRS-M-136, pp.69-73.
- [5] 河野 俊之 他, 「HIMAC の安全管理システム」,BEAMS 95 報文集,pp.119-122.
- [6] 河野 俊之 他, 「HIMAC のインターロック・システムと安全対策」,BEAMS94 報文集,pp.19-22.

M.Katsumata et al., "Beam Interlock System for Medical Accelerator Complex HIMAC", Proc.13th Symp.Acc.Sci. Teck., Osaka,Japan, October,2001,pp.408-410.