

[F18p31]

Status of time-sharing-acceleration at the HIMAC injector

Chihiro KOBAYASHI, Yasuo HONDA, Hideki FUJIWARA, Yusei KAGEYAMA, Tomohiro MIYATA, Tetsuya FUJIMOTO, Takanori OKADA, Wataru TAKASUGI, Hisao SAKAMOTO, Mitsugu YAMAMOTO, Takashi YOKOYAMA, Toshitaka FUKUSHIMA, *Tomohiro TAKAYASU, *Masayuki MURAMATSU, *Atsushi KITAGAWA, *Takeshi MURAKAMI, *Yukio SATO and *Satoru YAMADA

Accelerator Engineering Corporation (AEC)
2-13-1 Konakadai Inage-ku, Chiba 263, Japan
*National Institute of Radiological Sciences (NIRS)
4-9-1 Anagawa Inage-ku, Chiba 263, Japan

Abstract

A time-sharing-acceleration (TSA) system has been developed in the HIMAC injector, in order to simultaneously supply the different ion species from three ion sources to two synchrotrons and the medium-energy course. This report mainly describes the control system for TSA.

HIMAC入射器における時分割運転の現状

1. 時分割運転システム開発の目的

HIMACには、上シンクロトロン（上リング）ビームを利用する治療・実験コース、下シンクロトロン（下リング）ビームを利用する治療・実験コース、線形加速器直後で分岐する6 MeV/uのビームを利用する中エネルギー実験コース（中エネ）が存在する。

HIMACは月曜日から土曜日まで24時間/日の運転を行っており、火曜日から金曜日の9:00~20:00の間に上下リングでのCビームを使用した臨床試行を、他の時間帯を利用して主にCビームを利用した上リングでの生物実験、重い粒子（Ar、Neなど）を利用した下リングでの物理実験、中エネでのHe~Arビームを使用した実験が行われている。

各実験室の特色を活かした実験を効率よく行うために、質量電荷比の異なる3つのビームを1台の入射器で同時加速する時分割運転システム（Time Sharing Acceleration 以下TSA）を開発した。

2. 時分割運転システムの概要

TSAは、線形加速器、電磁石などから構成される1台の加速・輸送系を、時分割で使用することにより、3台のイオン源からの質量電荷比の異なるビームを、

同時に3つのコースに供給することが可能である（Fig. 1）。

TSAの典型的な運転パターンはFig. 2のように行われる。上リングにはCビームを、下リングにはArビームを、中エネにはHeビームを供給する場合を示している。加速・輸送系の各機器には、イオン源に対応した3つの運転パルスが交互に入力され、各運転パルス（質量電荷比）に対応したパラメータで運転が行われる。最大3Hz運転を可能とするため、電磁石の場合では、磁場の立ち上がり、立ち下がり、極性切換も含め1周期333msec以内で行われている。

3. 時分割運転のためのタイミング制御

TSAでは、イオン源から出射されるビームに同期させ、全ての加速・輸送系機器のパルス運転を行う必要がある。ビームを加速・輸送するためには、RFによる加速系機器、電場による輸送系機器、磁場による輸送系機器、これら立ち上がり時間の異なる各機器のフラットトップ部分（立ち上がり完了から立ち下がり開始までの部分）が同じタイミングにならなければならない。このタイミングをコントロールする制御系のブロック図をFig. 3に示す。タイミング制御系は、基

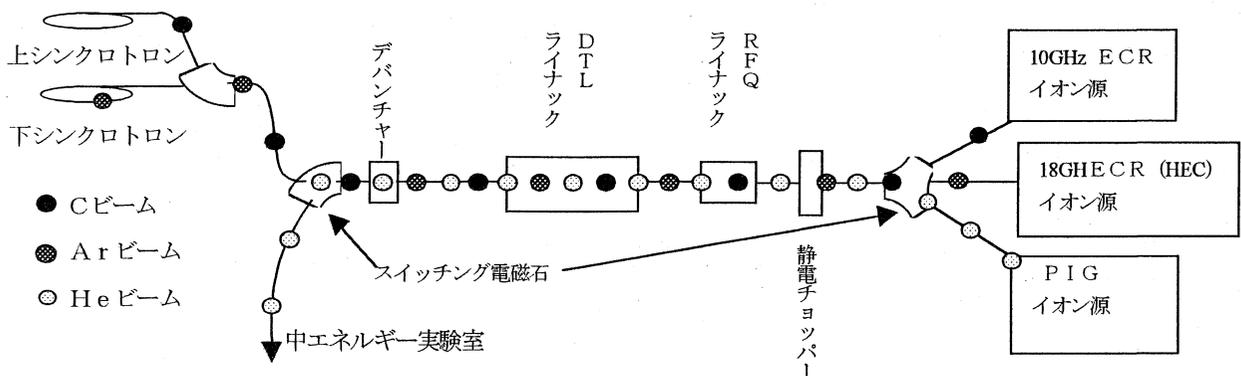


Fig. 1 HIMAC入射器レイアウト&時分割運転模式図。各イオン源から出射される質量電荷比の異なるビームを、TSAにより3つのコースに同時供給している様子を表している。

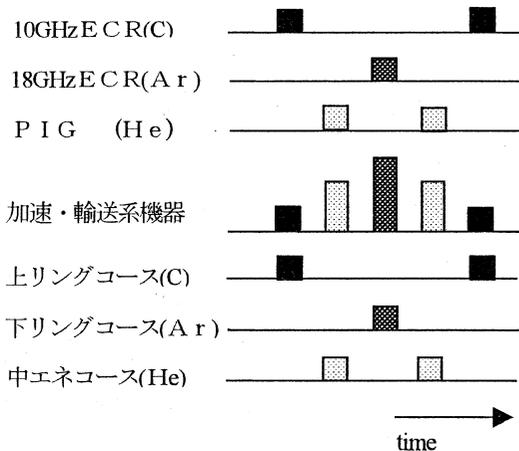


Fig. 2 典型的なTSA運転パターン。各イオン源はビーム射出タイミングを、加速・輸送系機器は運転タイミング及び加速輸送するビームの質量電荷比に合わせパラメータを変更している様子を、各コースはビームが供給されるタイミングを時系列で表している。

準信号発生装置、基準信号選択装置、同期信号発生装置から構成され、これら制御装置は全て基準信号発生装置から供給される同一クロックにて動作している。

上、下リング用の運転パルスは、リングの運転パターンに合わせてリング側より入射要請信号として各々供給される(0.3~1.5Hz)。中エネ用の運転パルスは、リング用運転パルスの合間に挿入する形で基準信号発生装置で生成される。入射器系各機器の運転周期を維持するため、リングからの運転パルスが中断した場合、すぐに同一周期の入射器ローカル運転パルスを発生させる機能も基準信号発生装置に備わっている。この場合は、リングにビームを入射することのないよう、RFQライナック手前の静電型ビーム偏向器(静電ビームチョッパー)でビームを遮断している。

各コースへの供給をどのイオン源から行うかは、要求されるイオン種の内容によりオペレータが判断し、該当する運転パルスをイオン源に割り当てる。この操作は制御卓より簡単なオペレーションで可能となっている。この操作により、基準信号選択装置から3種類のイオン源に対応した運転パルスが同期信号発生装置に出力される。但し、同一イオン源からのビームを複数のコースに供給した場合に、ビームの時間中、ビームのバンチ構造を各コース毎に設定できるようにするため、静電ビームチョッパー(CHP)と、デバンチャー(DBC)には各コースに対応した運転パルスが供給される。

各機器は、同期信号発生装置からの運転パルスにより、機器の立ち上げ開始、立ち下げ開始、出力値のサンプリングを行う。同期信号発生装置は、各イオン源用(ECR、HEC、PIG)、各RF用(RFQ、DTL、DBC)、ビーム輸送系用(BT、MEBT、MEXP)、ビームモニタ用(DIAG1、DIAG2、CTN1、CTN2)に計12台が設置され、全ての機器のフラットトップ部分が一致するよう同期信号発生装置で遅延時間とパルス巾が各々設定された運転パルスが供給される。

各機器には、イオン源に対応した3つの独立した運転パルス入力ポートがあり、入力ポート各々に独立したパラメータが割り当てられている。運転パルスが入力されると、入力ポートに対応したパラメータが出力され、質量電荷比の異なるビームに対応した運転を可能としている。

4. 時分割運転のためのソフトウェア

全ての機器は、制御卓からの遠隔操作により計算機で制御され、機器のON/OFF、パラメータの変更などの操作が行われる。各機器は、いくつかのグループ、ブロックに分類され、<グループ名、ブロック名、デバイス名、パラメータ名>で表されるオペレーションネームで管理されている。TSA化により、1つの機

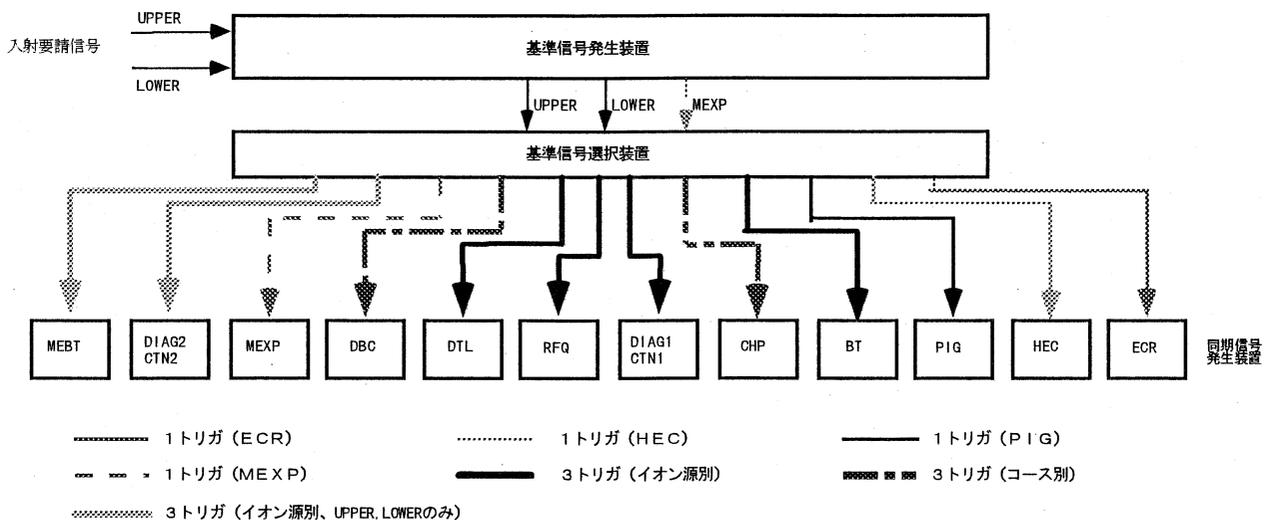


Fig. 3 タイミング制御系ブロック図。リング入射要請信号から、各機器の運転パルスを作成するための制御装置、及び信号のフローを示す。各信号の説明中にある数字は、信号の数を示し実際にその数だけの光ケーブルが敷設されている。

器がイオン源に対応した3つのパラメータを持つことになったが、計算機上では各パラメータ名の最後に各イオン源名称の頭文字“_E”、“_H”、“_P”を付加し、どのイオン源に対応するパラメータであるかを識別している。(Fig. 4)

各イオン源からのビーム調整運転は、1台の制御卓から、制御卓に設けられた切替スイッチにより、<ECRイオン源からのビームの調整>/<HECイオン源からのビームの調整>/<PIGイオン源からのビームの調整>のいずれかの調整モードを選択して行っている。1つの制御卓上で同時に3つのパラメータの調整・表示は不可とし、切替スイッチにより選択された調整モードのパラメータのみ可能としている。

ソフトウェアでは、管理されている全パラメータのうち、該当する調整モードのパラメータのみを抽出し、抽出された論理データに対してのみ、制御卓からのアクセスを可能としている。これは、TSA化前のマンマシンインターフェースを維持することによりTSA化への移行の容易さを狙ったものであり、また他サブ系(シンクロトロン系、高エネルギー輸送系)のインターフェースとの共通化も維持されている。

但し、制御卓で選択されていない調整モードのパラメータについても全パラメータの計測・監視プロセスは動作を続け、時系列データの記録/異常発生時の通知等を行っている。

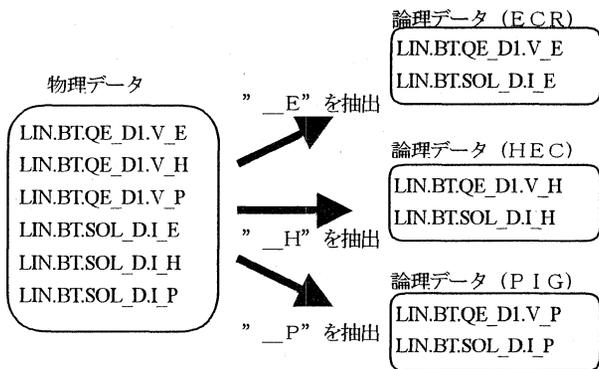


Fig. 4 計算機内部でのパラメータデータベースの射影。例として、<ビーム輸送系、静電四極電源、電圧のパラメータ>と<ビーム輸送系、ソレノイド電磁石電源、電流のパラメータ>を示している。制御卓からの選択により、該当する論理データのみアクセス可能としている。

5. 時分割運転の現状

TSA移行への改造は、HIMACで年2回行われる定期点検の時期を利用し実施され、96年3月から行われた改造[*1]が、98年3月に終了した。

現在の運転状況は、臨床試行用のビーム供給は、従来どおりCビームのみで行っているが、共同利用実験のためのビーム供給では、生物系実験室へCビーム、物理系実験室へArビーム、中エネ実験室にHeビームなどの組み合わせでTSA供給が行われている。

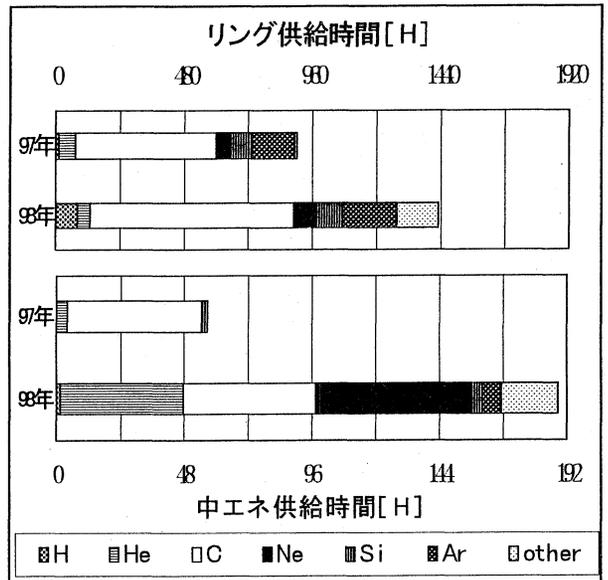


Fig. 5 HIMAC入射器ビーム供給実績。中エネ、リング(臨床試行は除く)への97年度、98年度(各々4月~7月の3ヶ月間)のイオン種別供給実績を示している。

97年度と98年度の4月~7月の3ヶ月間の中エネ、上下リングへの供給実績(Fig. 5)を比較してみると、中エネへの供給では、従来C以外の供給が主に週末であったのに対し、TSA稼働後は、平日に利用できるようになったため、He、Ne等の利用が飛躍的に増大した。総合の供給時間でも、98年度は前年比3倍の実績があり、TSA稼働により、中エネルギー実験室の利用が効率的に行われるようになったことを示している。上下リングへの供給では、平日昼間は、従来どおり、Cビームによる臨床試行に利用されているが、夜間は、主にCビームとAr、Neビームなどの組み合わせにより、TSA供給が行われている。4月から7月の3ヶ月間のTSAの供給実績は約400時間となっている。これにより、ほぼ全イオン種で前年を上回る供給実績を残し、常時上下リングを使用している実験が行われている。また98年度は新たなイオン種としてFe、Kr、Xeなどの供給が実施されているが、共同利用実験者への供給前にTSAを利用してのビーム試験調整なども行えるようになった。

6. 今後の予定

現在HIMAC入射器では、従来の6MeV/uに加えて、4.6MeV/u、2.3MeV/u、0.8MeV/uのエネルギーによるビーム供給について検討している[*2]。エネルギーの異なるビームによるTSA運転など、新たな課題について今後検討する予定である。

7. 参考文献

- [*1] T. Fujimoto, et al. "Time-Sharing-Acceleration of the RF system in the HIMAC Injector Linac" Proc. 11th Symp. Accel. Sci. & Technol. (1997)
- [*2] W. Takasugi, et al. "Status of the HIMAC Linac", presented at this meeting.