

# The synchronous operation of the Tokyo Institute of Technology linear accelerator system

Y.Aoki, K.Satoh, T.Hattori and E.Arai

Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology.  
Ohokayama Meguro-ku, Tokyo 152, Japan

## Abstract

T.I.T. heavy-ion linear accelerator system consists of two types of negative ion sources (Sputter & P.I.G.), a 1.6MV tandem (Injector), a high-energy gain ( $E_{out}/E_{in}=10$ ; Main accelerator) and a low-energy gain ( $E_{out}/E_{in}=1.4$ ; Booster) lineacs with IH structure. We have constructed over the Main accelerator and have been supplied heavy-ion beams for various experiments.

The Booster were tested by proton D.C. beam accelerating experiments in 1986, but not realized a synchronous operation with the Main accelerator.

For a synchronous operation, we were adjustment of the Booster's frequency controller and phase-sifter systems.

## 東京工業大学線形加速器システムの同期運転及び同期加速

### 1. 序

東京工業大学線形加速器システムは、2種の負イオン源（スパッター&PIG）・1.6MVタンデム型静電加速器（インジェクター）・前段IH型線形加速器（主加速器）・後段IH型線形加速器（ブースター）から成り、主加速器までは完成し実験に供せられている。

ブースターは86年12月にインジェクターからのプロトンDCビームによる加速試験が行われているが、主加速器との同期運転は実現されていない。

同期運転・同期加速のために必要な、ブースターの周波数固定系・位相偏差系の整備と性能試験を行った。

### 2. ブースターの周波数制御

加速空洞は高周波入力につれて熱によって変形し、共振周波数は下降する。その変化に追従するために、2種類のインダクティブチューナー（Lチューナー）を備えている。1つはループ型（Fig. 1）でCoarseとして手動で動かされ、もう1つはブランジャー型（Fig. 2）でFineとして自動で動かされる。

## 2.1 ループ型チューナー

ループ型チューナーはこれまでタイミング・ベルトで駆動されていたが、周波数の変化が早過ぎることがわかった。そこでウォームギヤを用いる方法にかえた。これによりループの振れ角は毎秒 $0.1^\circ$ （周波数にして $250\text{ Hz}$ ）の調整スピードとなりCoarseとして適当な精度となった。

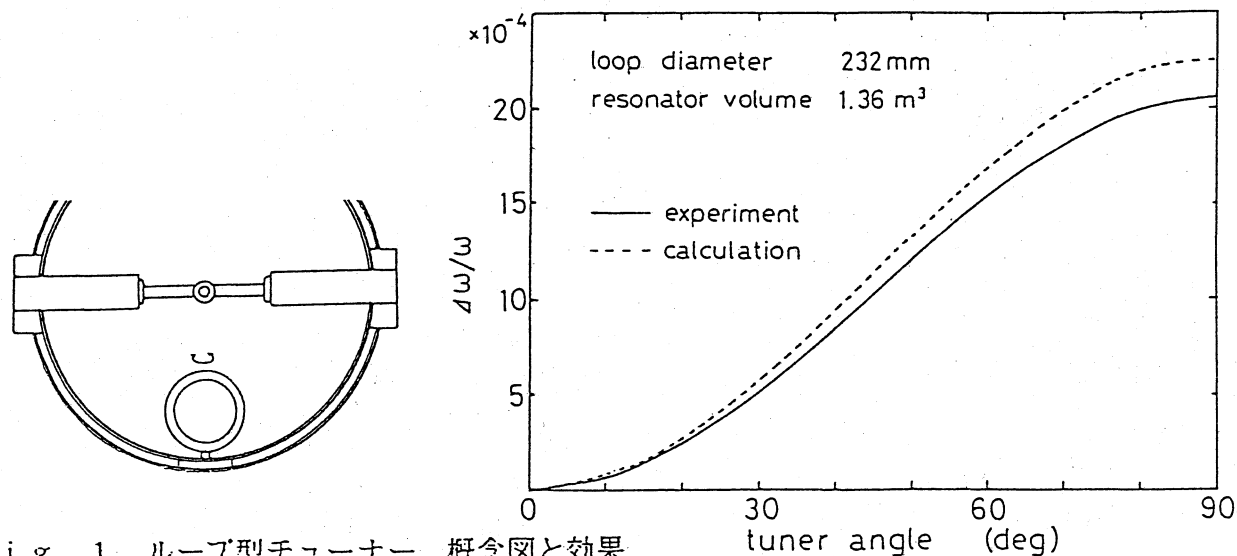


Fig. 1 ループ型チューナー 概念図と効果

## 2.2 ブランジャー型チューナーとA. F. C.

このブースターの場合、A. F. C. (Auto Frequency Controller) はブランジャー型チューナーを共振点から外れないように駆動する回路である。共振点の検出にはV. V. M. (Vector Volt Meter)を使う。V. V. M. は2つの同じ周波数の信号（入力A、B）を比較してAとBの位相差を与える。入力Aにブースターのpickupからの信号を入れ、入力Bに方向性結合器の出力を入れる。共振が取れている時に位相差=0（具体的には空洞からの反射が最小となるように手動で合わせる）としておけば位相が0からずれば共振から外れたことになる。この状態で位相差=0を保つような制御をかければ周波数の固定ができることになる。

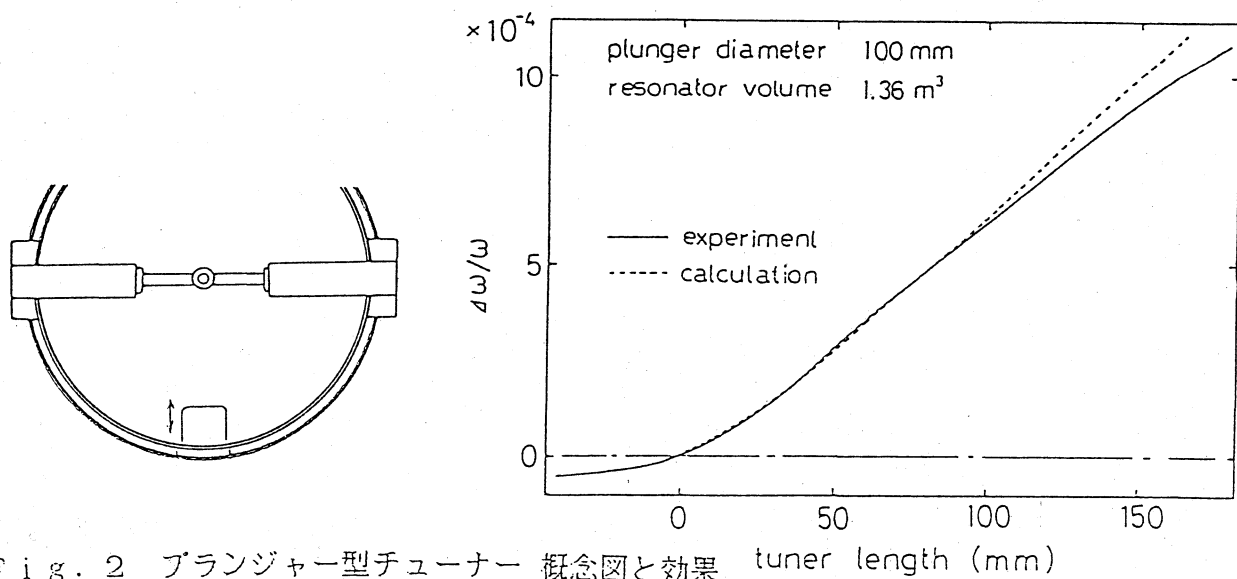


Fig. 2 ブランジャー型チューナー 概念図と効果

まず、マイクロコンピュータを用いて制御することを試みた。(Fig. 3) このシステムで7kW入力に成功した。ところが6k~7kW入力時にプログラムが突然Stopしてしまう事故が発生した。これは再現性があり、5kWではおきないが6kWを越えると30分以内にこの症状が表れて制御が外れた。おそらくノイズによってメモリの内容が一部書き替わるのだろうと思われる。対策として電源・アースをメインアンプと別から取る、アイソレーションアンプ(光カブラ)を入れる、等をためしてみたが止まらなかった。

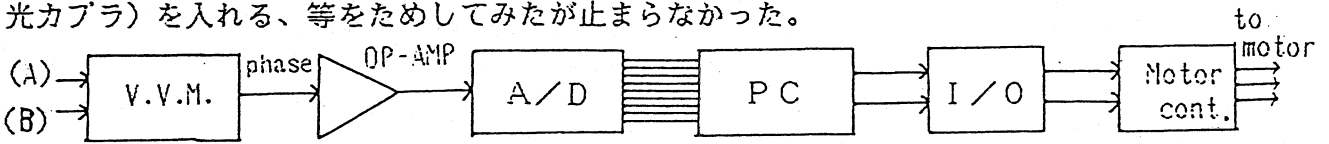


Fig. 3 マイクロコンピュータによる制御

そこで、マイクロコンピュータによる制御をあきらめて、もっと簡単なロジック回路による制御に代えることにした。武蔵工大の堀内先生にご指導いただきFig. 4の回路を組んだ。この回路は完成し、高Power入力時にも安定に働いて11.5kW入力を達成した。

結果、位相で3.3°の精度(周波数で150Hz)が得られた。これは、主加速器A.F.C.の精度1.4°(これは主加速器完成時に確認されている)が共振周波数が二倍のブースターからは2.8°に見えることを考えると同期運転に十分な性能だといえる。

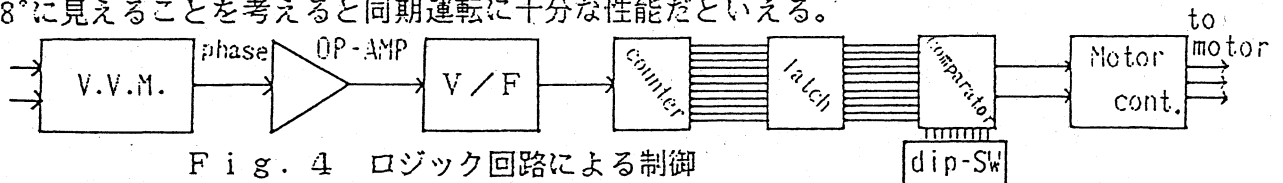


Fig. 4 ロジック回路による制御

### 3. 主加速器・ブースター間の位相差の検出と設定

一般に線形加速器をカスケードにつなぐ場合、両方の共振周波数は同じである。しかし、我々のブースターは主加速器の二倍の周波数である。だが、ちょうど二倍であるために位相の検出に本質的な困難はない。この二者の間の位相差は両加速空洞のPickupの信号を前出のV.V.M.に入力することによってもとまる。(主加速器からの信号はダブラー[Double]er)を通す)

位相差を望みの値に設定するためにフェイズシフターを使う。フェイズシフターはコントロール電圧(<15V)によって位相を360°以上動かせる装置でありこれにより我々は必要な位相差を二つの加速器間に与えることができる。

加速器システム全体の高周波系をFig. 5に示す。

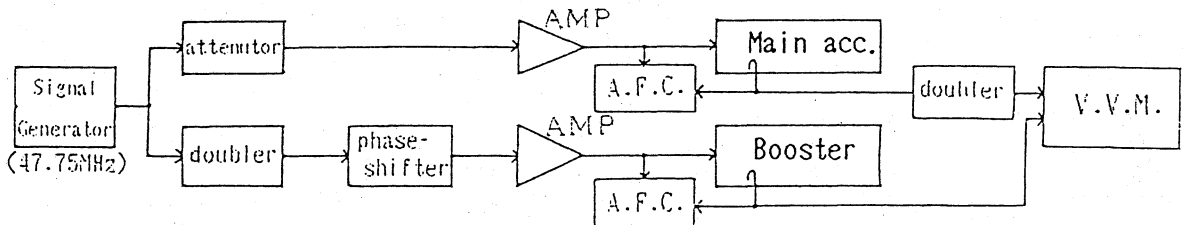


Fig. 5 東京工業大学線形加速器システムの高周波系

### 4. 今後の予定

これまでに述べた周波数制御系・位相偏差系の整備により、主加速器とブースターの同期運転が可能となった。主加速器・ブースターともにいくつかのトラブル(ドリフトQ磁石の短絡・真空漏れ等)があったため現段階ではまだ行われていないが、それらの修理が7月末に完了したので近々実験を行う予定である。