

Beam Transport of PF 2.5-GeV LINAC

Takahiro SHIRAGA, Akira ASAMI, *Tsuyoshi SUWADA, *Hitoshi KOBAYASHI

Naruto University of Education

Takashima, Naruto-cho, Naruto City, Tokushima Pref. 772

*KEK, National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tukuba City, Ibaraki Pref. 305

ABSTRACT

The beam transport is one of the most important problems in the linac to be used as the injector for the B-FACTORY accelerators.

A basic problem of the beam transport is how to correct transport parameters immediately when a klystron becomes off. This is studied with the PF 2.5-GeV linac.

PF2.5GeV リニアックのビームトランスポート

1. はじめに

現在、高エネルギー物理学研究所で計画されている B-FACTORY の入射器では、大電流の電子ビームを、比較的長い距離にわたって加速することが計画されている。加速管内でのウエーク場によるエミッタンスの増大を防止するには、ビームは加速管の中心を通る必要がある。このためビーム位置モニタの開発が急務となっている。一方、ビームの誘導に関してもそれを生かすべく、種々の検討が必要である。

いままでの 2.5GeV ライナックでは、陽電子ライナックにウエーク場の影響が観測されているものの、大電流を加速する電子加速部の距離が短いこと、基本的に長い部分は比較的低電流であったことより、ビーム誘導に関してはかならずしも神経質になる必要はなかった。また、従来各コンポーネントの安定性、信頼性が高いことから、運転中にビーム誘導に関連して問題となることは皆無と言ってよかった。一方、その影響でビーム誘導に関する取り組みが遅れていることも見逃せない。ここではまず、ビーム誘導技術研究の第一歩として、今迄に唯一のトラブルであるクライストロンダウンに伴うビームの軌道ずれの解析について行った初歩的な検討について報告する。

2. クライストロンの停止とビーム軌道

長い加速器においては、一般に必要な数よりわずかに多いクライストロンを用意し、万一のダ

ウンに備えてスタンバイしているのが一般的である。このため、クライストロンのダウンに伴うマシンの停止はほとんど無い。もちろん例えば、最初的一本目がダウンすれば全体が止めることは確実である。従来は、クライストロンの信頼性に甘え、二本目以降のダウンに備えてのビーム誘導に関しては準備されていなかった。昨年唯一の例として第一セクターの六番目のクライストロン(1-6)がダウンし、この際はビームを維持することができず、修理が完了するまでの間、運転を停止してしまった。手始めにこの際のビーム軌道を再現し、どう対処すればよかったかを、「TRANSPORT」プログラムを用いてシミュレーションする。

リニアックは入射部と主加速部からなり、入射部では、35 MeVまで加速する。主加速部は5セクターから成り、1セクターに8ユニット、1ユニットは1本のクライストロンと4本の加速管により構成される。クライストロンは、全部で41本あり、上記の様にセクターとユニット番号で表す。加速器の全長は約400mである。

まず、TRANSPORT を用いて現在のビーム軌道を、現在用いている磁石パラメータを入力して再現する(図-1)。TRANSPORT の初期条件としてはバンチャー直後のビームを想定して、次のパラメータを仮定する。X方向、Y

方向共にビームサイズ（直径）0.5 cm、同方向のダイバージェンス2.0 mrad、エネルギー10 MeV、とした。この際に、若干のパラメータの調整を行わないと有意な軌道を再現することができなかった。これは、各々の加速管のエネルギーゲインの見積り等に若干の違いがあるためと思われる。さて、その状態で、前述のライナック停止に近い状態を作るため、1—4のクライストロンを停止する。この結果を図—2に示す。このように明らかに下流側でビーム径は加速管のアーチャ（半径1 cm）を越えることがわかる。そこで、停止したクライストロンの下流のQ磁石の電流値をビームが得ることのできなかったエネルギーに比例して下げてやる。最初にクライストロン1—4がマイクロ波を供給している加速管の直後に設置されたQ磁石（QM1—4）と次のQ磁石（QM1—5）とをエネルギー減少に応じた分だけ下げた結果を図—3に示す。ビームの振幅は図—2の状態に比べ減少していることがわかる。同様な補正を加速管2—4の前のQ磁石まで合計7台について補正した結果を図—4に示す。予想に反して上記の様な単純な補正だけではビームを終わりまで通すことができなかった。特にX方向の運動は小さい振幅のままであるがY方向の振幅が大きいままである。原因としては初期設定したQ磁石のパラメータが最適化されたものではなかったことなどが考えられる。

Q磁石を適当に調整さえすればクライストロン1—4が停止した状態でも当然ビームを通す

ことは可能であって一例を図—5に示す。最適化したパラメータを初期に設定しておけばエネルギーの変化だけを考慮した調整で良いと考えられるが、これを明らかにすることは今後の課題である。

現在は、前述のように装置の信頼性だけに頼ってもかなりの稼働率（平均で98.5%）を実現することができるが、B-FACORYのようなルミノシティマシンでは、各クライストロンダウンすべてに対して磁石パラメータを準備したほうがよいのかも知れないと考える。

3. 今後の課題

上記のようにトランスポート系の最適パラメータを求めること、クライストロン停止時のトランスポート再調整法を明らかにすることが今後の課題である。この他にエミッタンス測定法に関する研究がある。Q磁石とスクリーンモニタを用いてのエミッタンス測定は非常によく用いられている。先に述べたTRANSPORTの計算でも入力をインプットするためには、適当な部位でのビームのTWISSパラメータを知る必要がある。この方法に関する問題としてはビームにあるエネルギー幅があるときにこの計測法が与える誤差がある。ビームの入力部、つまり、かなり最初の部分と出力部でのTWISSパラメータが必要になることが多い。出力部ではスペクトルはよくなるものの、ベータトロン振動の位相が大分進んだところであり、そのため生ずる誤差も重要である。この評価も今後検討する予定である。

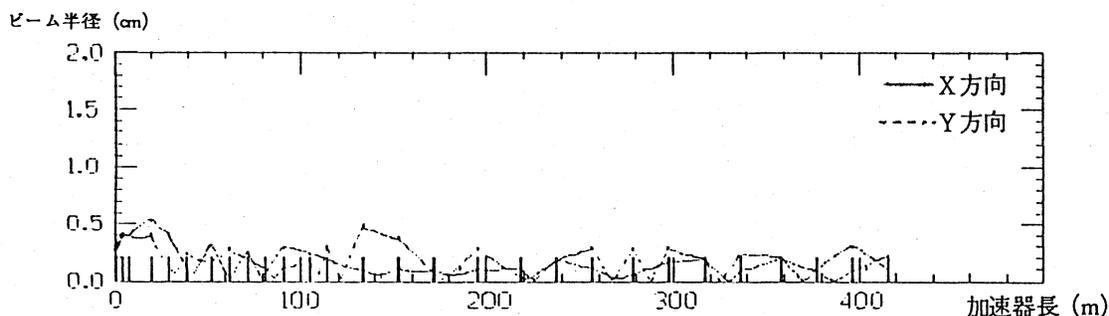


図1. 定常運転時のビームエンベロープ

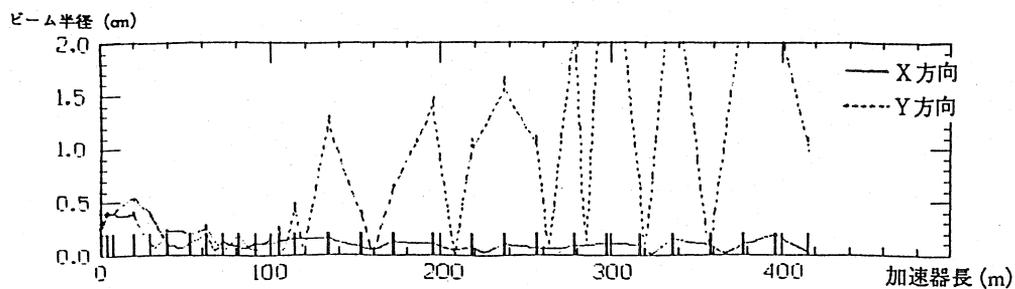


図2. クライストロン1-4停止時のビームの様子

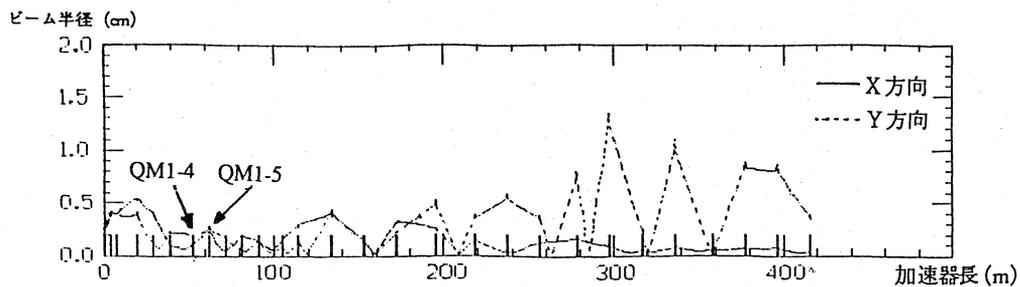


図3. 図2よりQM1-4,QM1-5を補正した後の様子

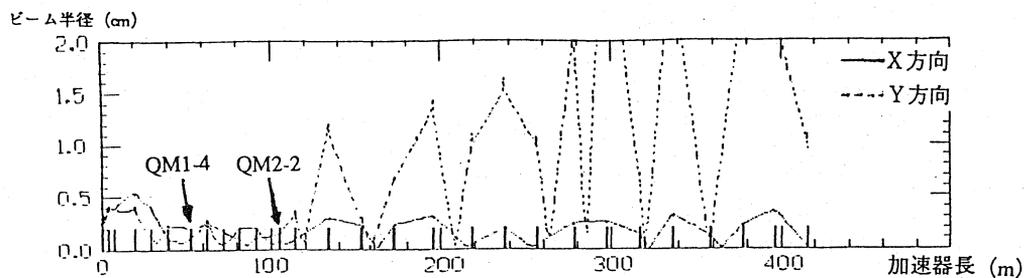


図4. 図2よりQM1-4からQM2-2までを補正した後の様子

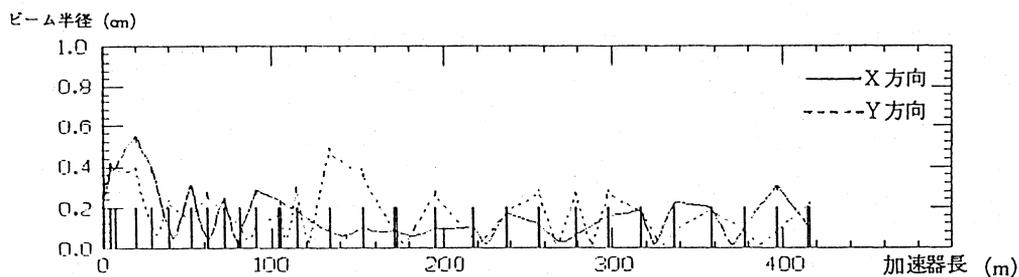


図5. 図2よりQ磁石を適当な値に調整しビームを通すことのできた一例

参考文献

- 1) K.L.Brown et al., "TRANSPORT A COMPUTER PROGRAM FOR DESIGNING CHARGED BEAM TRANSPORT SYSTEMS (1980)
- 2) H.Kobayashi, OHO'88 高エネルギー加速器セミナー"電子線形加速器" 1988
- 3) M.Kikuchi, OHO'90 高エネルギー加速器セミナー"ビームトランスポート" 1990
- 4) K.Kohara et al., PHOTON FACTORY ACTIVITY REPORT 1982/83