

## LCG のチューニングに関する課題

2003.7.9 T.Kato

LCG が行うビームチューニングの内容を具体的に決める時期となっていると考えます。人によりチューニングのイメージが違っている事もあるので、まずは、いくつかの課題を提案致します。本案に、皆さんがそれぞれ持つ課題等を加えて、最終案を作り、それをどのように実現するかについて議論を始めたいと思います。

(ここでは、機器制御、主要なモニターの基本的な測定データ取得が達成されている事を前提とする)

### 1) マッチング部分のチューニング法

1. IS-RFQ
2. RFQ-MEBT
3. MEBT-DTL
4. DTL-SDTL
5. SDTL-A0BT
6. A0BT-ARC1
7. ARC1-straight
8. Straight-ARC2
9. L3BT 横コリメータ部分
10. デバンチャー (チューニング及びエネルギーFB)

具体案の作成：

1. 条件、その変化への対応
2. 目標設定：設定範囲、精度
3. 方式
4. 使う機器とパラメータ
5. 使うモニター
6. はずれた時の処置
7. ソフト

注1) 個々の方式及びソフトは、統一されていなくてもよいし、必ずしもビームダイナミクス計算とリンクしていなければいけないというものではない。しかし、リニアック全体としては、ビームダイナミクスの結果と実際のビームの振る舞いが対応ある事を目標にする。

注2) 以下の項目でも、考え方は同じ。

## 2) 各セクション内のパラメータ設定

マッチングパラメータとも関連するが、セクション内では、ある値を設定しなければならない。この時の重要な変数は電流値。

1. IS
2. LEBT
3. RFQ
4. MEBT
5. DTL(DTQ + DT field)
6. SDTL(Q + field)
7. A0BT
8. L3BT

これらは、定常運転時の立ち上げ時においては、予定電流等を勘案の上、機器グループが設定する値となると予想する。これは、ビームコミッショニングがある程度進んだ段階では、順次そのように形になると思われる。最終的には、あるパラメータセットに自動設定か。

## 3) beam-loading のチューニング法

ビーム損失が問題となる初期（立ち上げ時など）のチューニングは弱い電流で行う事が望ましい。その時は、電場チューニング後、ピーク電流を増やさなければならない。あるいは、これが難しい場合には、デューティーを極端に落として、ピーク電流が高いまま、初期チューニングを行う方法もある。ここでは、まず弱い電流でRFのチューニングを行い、その後、ピーク電流を増やす事を考える。その場合に、

- A) RF feed back : これは大きな問題点はないとされているが、
- B) ただし、Single cavity の beam loading は要検討。

C) 複数タンクの位相ロック、ref との位相ロックは。

D) 横収束の問題：基本的には二つの方法があり、どちらが良いかは判定が難しい。

加速電流が変化する場合に：

1. 弱い電流の時の位相進みのままで行う方法

2. 空間電荷効果を含む位相進みを（電流に対して）一定にする方法

前者では、収束磁石の電流を変えない。後者では、ある仮定のもと（電流増加）で、磁場強さを変える。いずれの場合も、マッチング部分の調整は必要となるであろう。前者で、全体としての収束力が充分ならば、それで良いとの考え方もある。最終的には、大強度ビームで最適な収束力状態があり、弱い電流の場合には、両者のチューニングが出来る限り容易にできるような設定にすると考えられる。大強度ビームでどのような収束力状態が最適であるかも重要な課題となる。この場合の判断基準は、リニアックと RCS のビームの状態となる。

E) チョッパー（チョッピング率）対応策。

#### 4) 電場強度と位相のチューニング

これは、すでに最重要課題としてとりあげており、検討中だが、多少機能不全の所がある。

#### 5) チョッパーのチューニング

当初は、MEBT の閉じた状態でチューニングが出来るが、最終エネルギーまで加速後に微調整が必要となると予測する。

#### 6) ビーム位置調整

それぞれのチューニング段階で、ビーム位置は調整されるはずであるが、全体を通したチューニングが必要であろう。

#### 7) ビーム（局所的）フィードバック運転の検討

ビームの安定性を高めるには FB が有効。

7.1 ビームエネルギーの FB： 個別エネルギー、最終エネルギー

あるエラーのもとでは、最終平均エネルギーをある範囲に設定

しなおす必要がある。その場合の方策。

7.2 デバンチャーのFB。平均エネルギー、エネルギー幅を両方するか、幅のみか。

7.3 ビーム位置のFB

精度内で設定が行われていても、リニアックの途中で位置の振動振幅が大きくなる。これを押さえる。

7.4 横マッチング部分のFB

横マッチングのずれは、下流の振幅の増大に直結するので、これを押さえる。

7.5 縦マッチングのFB: 今の所、観測手段はバンチ長さ。

7.6 アークベンド (エネルギー測定、ベンド磁場、ステアリング)

それぞれのアーク出口位置固定。

7.7 L3BT 横スクレーパビーム損失

7.8 パルス内変動への対処法。

それぞれ、どの量をモニターして、どの機器にFBをかけるか。

FBシステムでは、不安定化対策が必要。

8) プリチューニング

各ステージ毎のチューニング時の低エネルギービームへの対応

9) チョップ有無への対応

モニター、タイミングシステムを含めて、システム全体として。

10) リニアック全系のパラメータ (機器設定、ビーム、運転状態) の検証システム

運転状態の程度を即座に把握できるようなシステム (モニター&表示) を構築する。これは、現在の設定が正常である事が判別できるもの。これらの多くは、ビーム計算との対応を目指す。

10.1 ビームと機器設定とのタイミング検定

10.2 空洞電場強度と位相設定

10.3 収束磁場設定

- 10.4 ビーム電流、ビーム透過率(CT)及びロス率(loss monitor)
- 10.5 各部エネルギー変動及びFB 使用の場合には、FB 量の状態
- 10.6 ビーム位置 (ステアリング、加速パラメータ、整列データ)
- 10.7 パルス内の変動 (位置、ビーム幅、エネルギー、バンチ長さ)
- 10.8 チョッパー過渡部分の状態
- 10.9 ビームロスの状態 (ロスモニター)
- 10.10 ビーム状態により、ビーム停止となった時の、直接及び本当の原因表示。

#### 1 1) リニアック運転状態の記憶システム

ある加速状態のシステム全体 (設定、実測、ビーム、及びその他全ての運転状態に関係すると思われるパラメータ) を記憶しておく事が必要。この設定を次の似た機会に本当に使えるようにするにはどうするか。例えば、測定値が相対値であると次のレファレンスにならないので意味がない。

運転休止後の立ち上げ時は、前回 (いつかの) の主要な運転パラメータを再現するところが出発点と予想される。その場合、パラメータの設定値のみならず、実際にそれにより設定される値が、前回とどのようになっているかを検定出来る事が重要。

#### 1 2) 立ち上げ手順の作成

各セクションの予想設定値がほぼわかっている時に、どのような手順で、各段階を設定していくかの最速立ち上げシナリオ&ソフト。

#### 1 3) 局所的なダウン時の回復手順の作成

各機器毎の復帰手順。全体の確認手順等。ローカルなダウン時のリセット後には、その時の状態に応じて、ビームモードを選択してビームをスタートさせる。ダウンの種類に応じて、次の開始モードは、ほとんど自動的に決まるのでは。

#### 1 4) 定常運転の操作・モニター画面

機器グループ

LCG

## コミッショニングに使用するソフトについての私見

- 1) 言語は制限なし。ただし、制御グループ、あるいは、他の方との連携があまりに難しい物は避ける。測定、スタディをする担当者が、一番能率的あるいは効果的と判断する言語を用いて自分の守備範囲を構築するのがやりやすいのではないか。
- 2) ビームダイナミクスソフトは、必要に応じて何を使ってもよい。Parmila, trace3d は候補。SAD を使えるようにするかどうかは、検討課題とする。柔軟性がないと使えないだろう。
- 3) DTL -1 のビームテストの検討を行えば、どのソフトがどの程度実際に使えるかは、見当がつくと考える。
- 4) リングとの関係は？
- 5) SAD については、60-MeV 加速で応用出来る範囲でテストする。同時に、
  1. まず慣れる事。事始め。
  2. リニアック用 beam dynamics subroutine 追加についての検討開始。