

[09-A02]

Problem on Circumference of Damping Ring

J.Urakawa, H.Hayano, S.Araki, N.Terunuma, K.Kubo, T.Naito

KEK, High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, Japan

M.Takano

Faculty of Science, Toho University

2-2-1 Miyama, Funabashi, Chiba 274-0072, Japan

We observed a change in the KEK/ATF damping ring circumference by up to +/-3mm, correlated with the temperature and season. Over one year, rf frequency changes of about +/-20kHz were required in order to maintain a centered beam orbit under these conditions. We present the measurement results and three plans to overcome this problem because linear collider (JLC) requires stable multi-bunch beam with extremely low emittance.

ダンピングリングの周長問題

1. はじめに

ATF ダンピングリングでは加速器室の温度変化および季節によって、リングの周長が +/-3mm 程度伸縮している。ビームを蓄積して減衰するために RF の周波数を調整しなければならない。リニアコライダーではこの問題を解決しなければならないので、現在までの測定結果と対策について報告する。

ビームのリング周回周期(revolution time)は高周波周波数(Harmonics Number 330)によって決定する(位相安定性)。リングの周長が変化した場合、リング周回周期を維持するためにビームの軌道およびエネルギーが変化することになる。以下の式に従って、ビームのエネルギーが変化することになるが、実際の運転ではビームを蓄積することができなくなるので、アーク部でのビーム軌道中心を維持するように高周波周波数を微調することになる。ダンピングリングの場合、入射リニアックの高周波周波数(2856MHz)の 1/4 の高周波周波数を採用して、完全同期で運転しなければならない。この条件によって、リングの周長が変化したときリニアックの位相

調整等も必要になる。この問題は ATF での開発研究を順調に進めるために解決しなければならないものである。

$$\frac{dE}{E} = -\alpha \frac{\Delta C}{C}$$

ここで α は momentum compaction factor、C は周長である。

2. 周長測定と季節の関係

97年1月からダンピングリングの運転を開始した後、1月、5月、7月、8月、9月の運転休止期間を利用して再 Alignment を行いながら、リングの周長を測定した。2種類の方法で周長変化量を求めて得られた結果を図1に示す。Wiggler 電磁石を励磁しないで運転しているので、1月のビーム蓄積では+20kHz 程度の高周波周波数の微調を行っていた。現在、-20kHz 程度の微調を行っている。momentum compaction factor の測定値と設計値は良く一致していて、0.0022 である。ダンピングリングの高周波基本周波数は 714MHz なので、周長変化量と周波数の微調は矛盾しない結果になっている。ダンピングリング床のコンクリートの一様な熱膨張が原因で

あると仮定した場合、周長 $\pm 3\text{mm}$ 伸縮を数度の温度変化で説明できる。周長と床の温度の関係を調べるために、熱電対を埋設して温度測定を開始した。周長伸縮の主な原因は床の温度によることが分かってきた。

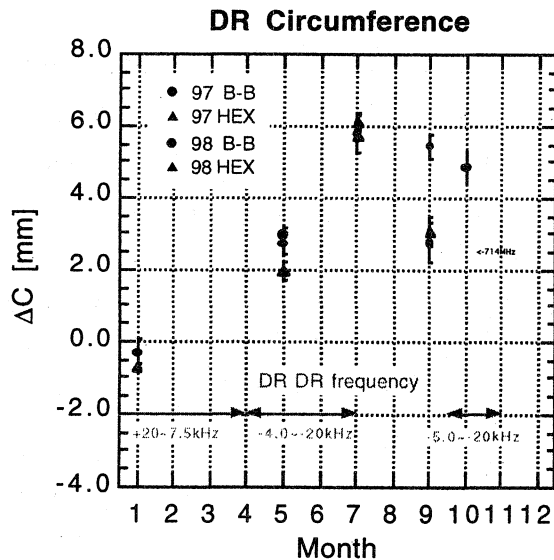


図1 周長変化量

B-B は36台の偏向電磁石間の距離測定から求めた周長変化量を示す。HEX はアーク部の二ヶ所の中心点と直線部の両端の距離測定から六角形を作って求めた周長変化量を示す。

3. 温度と高周波周波数

ダンピングリングはレーストラック型で、ドーナツ状の放射線シールド壁内に装置が設置されている。電源装置等はドーナツの穴の部分にあたる中庭と呼ばれる部分に設置されている。ダンピングリングは空調設備を持っていて、数度の範囲内で温度調整が可能である。ただし、中庭は空調設備が無いために、電源装置等を運転した場合二十数度から四十数度まで温度が上昇する。この温度がダンピングリングの床等に伝導して、床等の温度上昇をおこしているように推測できる。運転開始三日後程度で高周波周

波数を数 kHz 程度下げなければビームを蓄積できないことがよくある。これに関係する測定として、アーク部でのビーム軌道とダンピングリング床の温度および高周波周波数の関係を調べる予定である。

4. 対策

最も簡単な対策として、この夏の長期運転休止期間中に行う作業は中庭の熱風を強制排気する装置を導入することである。また、電磁石等の冷却水の不足分を増強して、冷却水の温度変化を数度から1度以内にできるように改造することになっている。これらの対策だけではリニアコライダーの要求を満たすビームを安定に生成できないであろうことは十分に推測できるが、秋から行われる種々の研究開発は順調に進められると確信している。次年度から行う対策として以下の2項目を検討している。

ダンピングリングの床等の温度変化範囲を1度以内に安定化できるように、空調設備も増強して、冷却水配管を床のスラブ内に埋設することである。外気温度、運転による温度上昇等を測定して、空調設備および冷却水装置の制御を行うように改造することが必要である。これは非常に費用がかかると予想できるので、本命の対策案として以下にのべる計画を昨年度から検討してきた。

二ヶ所の Wiggler (全長 2.2m) 部を取り外して、それぞれにビーム軌道長を伸縮するために4台の rectangular 偏向電磁石(four dipole chicane)を設置することである。これによって、温度・季節・月の引力等によるリング周長伸縮を補正できる。アーク部のビーム軌道を数ヶ所で常時測定して、この four dipole chicane を制御することになる。簡単にこのシステムがビームに与える影響について検討する。

まず、図2の Chicane 2組を使用して行える周長調整とこの Chicane がビームパラメーターに与える影響について議論する。Chicane は常にビー

ム軌道長を長くするので、偏向角は小さいとして最大偏向角の軌道長の伸びの半分になっているときを設計軌道とする。夏に温度環境を改善した後は $\pm 2\text{mm}$ のリング周長調整で高周波周波数を 714MHz に固定して運転できるとした場合、Chicaneの長さは 2.1m 程度にできる。この時、水平エミッタンスの増加は 4% 以内になる。momentum compaction factorおよびenergy spreadへの影響は無視できる程度である。ただし、以下の条件式を満足させる必要がある。

$$L = \Delta L = L_T / 6$$

ここで L_T はChicaneの全長である。Chicaneの偏向電磁石最大磁場は 0.86T で、最大偏向角度は 58.6mrad になる。また、偏向電磁石の有効長は 35cm になる。秋以降のビーム開発研究で周長の伸縮を $\pm 2\text{mm}$ 以内に小さくできれば、このFeedback Systemをリングに設置したいと考えている。

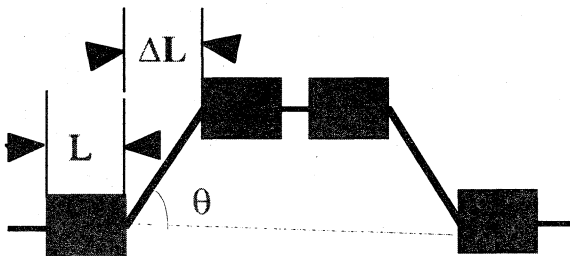


図2 four dipole chicane

一方、秋からの運転では周長の伸縮に対応して、自動的にリングの高周波周波数を調整しながらリニアックの位相調整等を行いつつ軌道自動調整機能を持ったシステムを構築することが検討されている。これが実現すれば優れたビーム制御技術を確立したことになる。取り出したビームのパラメーターはリングの高周波周波数の調整によって変化するので、取り出しラインの自動調整も必要になる。調整範囲が広いと以上の野心的技術開発は困難になると想像できるので、

夏の空調および冷却水の増強工事で周長の伸縮が $\pm 1\text{mm}$ 以内になることを期待している。

以上の対策以外にアーク部の架台を自動位置調整して、リングの周長を一定に保つ方法も考えられる。これを行うには架台の位置調整機構を遠隔操作で6自由度行えるように改造することが必要である。また、架台の精密位置測定装置を全数に取り付けなければならない。真空装置を壊さないために自動制御装置にリミッター装置を必ず付加しなければならない。この方法はダンピングリング設計開発段階で検討されたが、今は保留になっている。

ダンピングリングの周長問題はmomentum compaction factorの許容最小値を決める可能性があり、運転中にビーム軌道の変化からTuneが変化したり、ダイナミックアパチャーを減少させる原因になっている。そのため対策をしなければならないが、技術開発とビームによる種々の測定から深く研究した後に対応策を決定するべきであると考えている。

5. 謝辞

ATFオペレーショングループの協力に感謝致します。菅原機構長、木村物質構造科学研究所長、木原加速器研究施設長、岩田リニアコライダー推進室長、高田総主幹等の関係者の本研究に関する御理解と御尽力に感謝致します。

参考文献

- [1] Report on 4th International Collaboration Meeting, July 17, 1998, J.Urakawa editor, internal note
- [2] P.Emma and T.Raubenheimer, private communication, Dec. 1998.
- [3] J.Urakawa et. al., KEK Preprint 98-154, SLAC-PUB-7952, PAL-PUB-98-017, IHEP/BEPC/AP/98-12, LBNL-42333, CERN/PS 98-010, Sep. 1998, A