

DRIFT OF BEAM ORBIT AT NEWSUBARU STORAGE RING

Yoshinori Hisaoka¹, Midori Ozaki, Satoshi Hashimoto, Yoshihiko Shoji, Ainosuke Ando
NewSUBARU, Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, University of Hyogo
1-1-2 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

Abstract

The orbit stability of an electron beam in a storage ring is one of the most important issues in synchrotron radiation facilities. In the NewSUBARU storage ring, various efforts have been performed to stabilize the beam orbit. However, the slow orbit drift of 40 micron with the period of about 20 minutes is still observed. Then we investigated the cause of the periodic drift. We have constructed a data acquisition system to measure both beam positions and temperature of air, cooling water, chambers, magnets, floor and so on. The measurement results show that air-conditioners in the storage ring tunnel greatly influence the beam orbit. Using the same system, we also measured the shift of beam orbit and betatron tunes during the energy ramping from 1.0 to 1.5 GeV. It gave information on the beam loss mechanism in this period.

ニュースバルにおける電子ビーム軌道の変動

1. はじめに

ニュースバル^[1]は兵庫県立大学（旧 姫路工業大学）高度産業科学技術研究所（LASTI）の附属設備であり、平成12年より放射光利用を開始している。放射光を用いた高精度な実験を行うためには、電子ビーム軌道の安定化を実現することが重要となっている。ニュースバルでも現在に至るまで電子ビーム軌道の安定化のため、電磁石冷却水の温度変動を±0.1℃以下に抑える^[2]、など様々な努力を行ってきた。また、ニュースバルはトップアップ運転が行われている。トップアップ運転はビームによる熱勾配を小さくすることから、チェンバーや架台の膨張収縮を抑え、軌道安定化につながる^[3]。よって、蓄積電流に依存する軌道変動を無視できるようになった。しかし、現在利用運転時にまだ利用上問題となる電子ビーム軌道の変動が確認されている。そこで、実際どのような軌道変動が起こっているのかを測定し、その原因調査を行った。

また、ニュースバルではSPring-8の線型加速器から入射された1.0GeV電子ビームを1.5GeVまで加速することができる。その1.0GeVから1.5GeVへの加速途中の電子ビーム軌道の変動の測定も行った。

2. 利用運転時の電子ビーム軌道の変動

ニュースバルでの利用運転は、午前9時からビーム入射・蓄積を行い、C.O.D.補正をして開始される。C.O.D.補正はこの利用運転開始前に行われるだけである。図1に利用運転時80分間の運動量分散のある場所での水平方向と垂直方向の電子ビーム軌道の変動を示す。

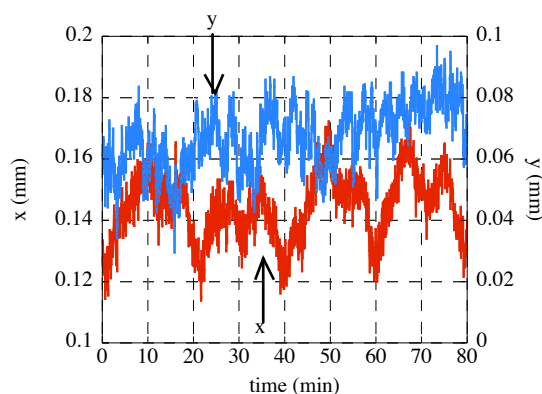


図1：利用運転時の電子ビーム軌道の変動

今回問題としているのは、図1に示すように水平方向の軌道に約20分で準周期的に起こっている約40 μm の変動である。図2に利用運転時80分間の蓄積リングトンネル内の各地点での室温変動を示す。

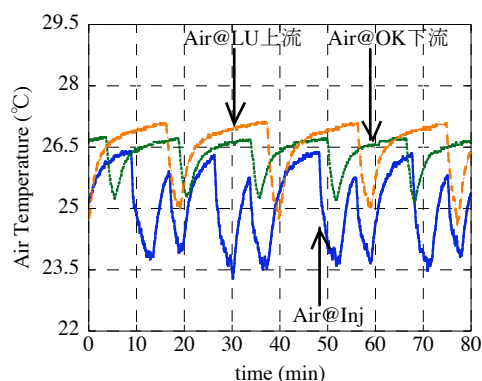


図2：蓄積リングトンネル内の室温変動。LUはLong Undulator、OKはOptical Klystron、Injは入射点の略。

¹ E-mail: hissa@lasti.u-hyogo.ne.jp

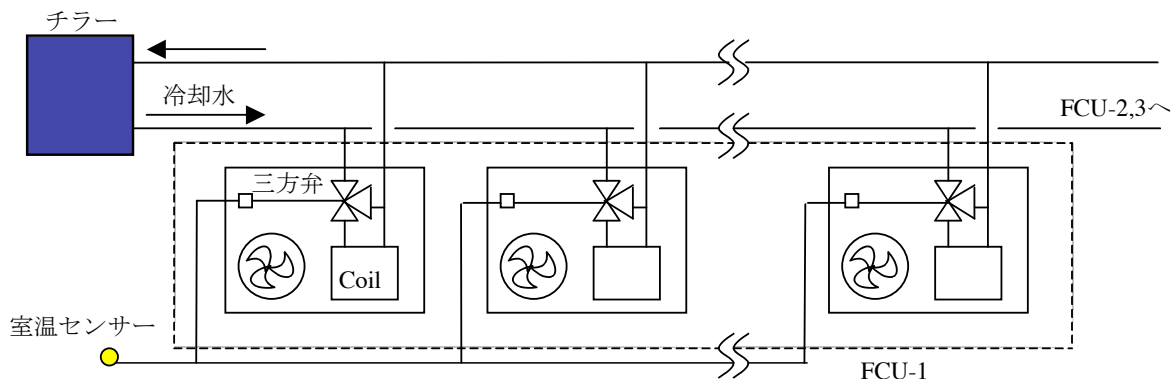


図3：ニュースバル蓄積リングトンネル内の空調設備のシステム図（1ゾーン）。3ゾーンある空調設備はそれぞれFCU-1,2,3と呼ばれる。FCU-2,3にもFCU-1と同様に温度センサーがあり、各ゾーンはそれぞれ独立している。

3. 原因調査

3.1 Fan Coil Unit

ニュースバル蓄積リングトンネル内は、実験ホールとは別系統で空調されている。蓄積リングトンネル内は、10台程度のFan Coil Unit (FCU) で1ゾーンを成す空調設備が3ゾーンある。図3にニュースバル電子蓄積リングの空調設備のシステム図を示す。作動状態のFCUは常に送風状態であり、各ゾーンのセンサーが設定上限温度を感知すると、三方弁が開き、FCUに冷水を供給する仕組みになっている。これら3ゾーンはそれぞれ独立しており、個々の周期で冷風を出している。図2に蓄積リングトンネル内の各地点での室温変動を示している。入射点、OK下流、LU上流とは、3ゾーンの各FCUの影響を受ける地点である。センサーが $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ を感知すると、冷風送風の切り替えを行っているが、図2より実際の蓄積リングトンネル内の気温分布は均一になっていないことがわかる。また、蓄積リングトンネル内の空気は、ビームトランスポートのトンネルを通して線型加速器側で強制排気しており、常に流れている。

3.2 FCU停止状態の電子ビーム軌道

FCUが電子ビーム軌道の変動の原因であるかを確認するため、FCUとチラー水を停止状態で電子ビーム軌道の変動を測定した。その結果を図4に示す。図4は、FCUを停止させることにより蓄積リングトンネル内の10~20分周期の室温変動がなくなるとともに準周期的な軌道の変動がなくなることを示している。

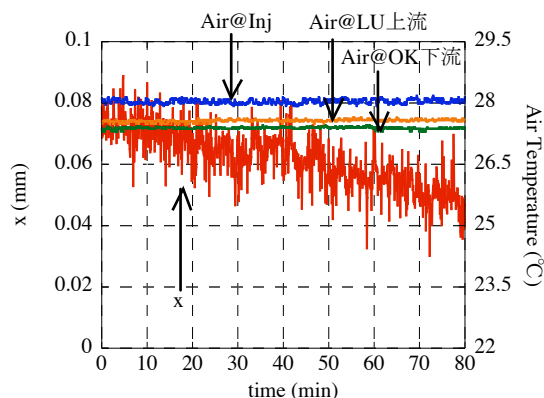


図4：FCU停止時の軌道変動と室温変動

3.3 スペクトル解析

電子ビーム軌道の準周期的な変動には蓄積リングトンネル内の室温が影響していると考えられる。そこで、軌道変動と室温変動のスペクトル解析を行った。その結果を図5に示す。

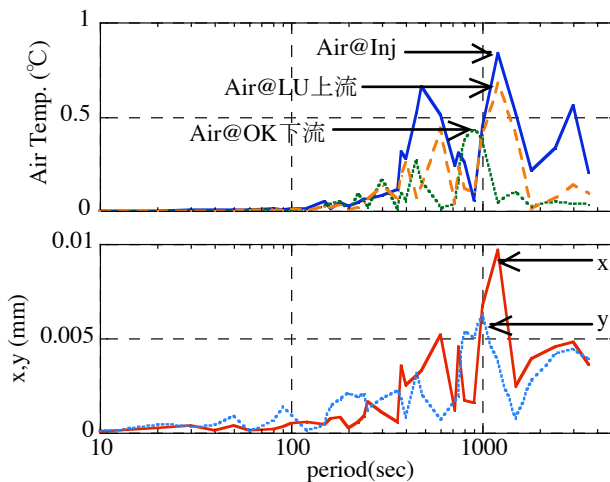


図5：軌道変動とトンネル内室温変動のスペクトル

水平方向の軌道変動と入射点付近、LU上流の室温変動のピークが一致していることがわかる。また、垂直方向の軌道変動とOK下流の室温変動のピークが一致していることがわかる。また、入射点付近に影響を及ぼすFCU-1を1ゾーンのみ作動させた時、もしくはLU上流部に影響を及ぼすFCU-2を1ゾーンのみ作動させた時も、変動する室温のピークと軌道変動のピークが一致していた。よって、現在起こっている軌道変動は室温変動が原因であることがわかった。入射点付近のFCUによる室温変動の山と谷での軌道の差を図6に示す。BPM-2,5,8,11,14,17が運動量分散のあるところで、図6より軌道変動はエネルギー変化が原因であることがわかる。その量は $\Delta p/p = -2.77 \times 10^{-5}$ である。このような軌道の差は、LU上流付近のFCUによる室温変動でも見られるが、OK下流付近のFCUによる室温変動からは見られない。

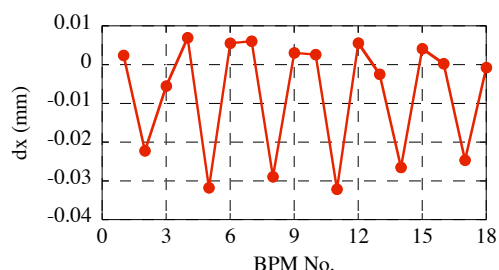


図6：入射点付近の室温の山と谷での軌道の差

蓄積リングトンネル内の室温が変動すると、架台の位置、電磁石のヨークが変動する。これから、磁場そして軌道の変動が引き起こされると考えられる。

4. 加速途中の電子ビーム軌道の変動

ニュースバルではSPring-8線型加速器から入射された1.0GeVの電子ビームを1.5GeVへと加速する。この加速はステップ数や加速時間は変更可能であるが、現在は0.04GeVずつ12ステップかけて、約15分で完了する。この加速途中の運動量分散のある場所での水平方向の軌道変動と偏向電磁石磁場をモニターするホール素子電圧の変化を図7に示す。

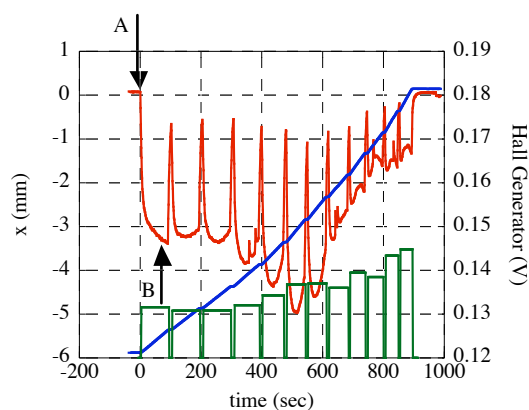


図7：運動量分散のある場所での1.5GeV加速途中の軌道変動とホール素子電圧。下部の折れ線は dB/dt 。

$dB/dt > 0$ の所では軌道は大きく変化し、 $dB/dt = 0$ になると元に戻る。1ステップの加速時間を2倍にすると、この変化は通常の加速時間の時と比べて約1/2になり、 dB/dt に比例していた。しかし、この変動は1.3GeVまでは $(dE/dt)/E$ にほぼ比例と見ることができ、1.3GeV以降はエネルギーとともに変動は小さくなっており、単純な渦電流の影響だけでは説明できない。図7の矢印A,B時の蓄積リング全体の軌道の差を図8に示す。これは逆偏向電磁石に均一に+0.06%のエラーがあり、エネルギーが大きくずれた場合の予測値とほぼ一致し、 $\eta = 1.36$ [m]とすると $\Delta p/p = -2.57 \times 10^{-3}$ となる。

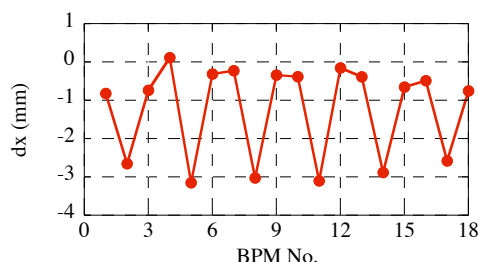


図8：図7でのAとBでの軌道の差

また、この加速途中のチューンも図7の軌道変動と同じようにスパイク状の変動をしている。これはエネルギー変化によるチューンシフトだけでは説明できない。加速途中の現象はまだ調査中である。

5. まとめと今後の予定

現在ニュースバルの利用運転時に起こっている10~20分周期の電子ビーム軌道の変動は、蓄積リングトンネル内の空調が原因である。水平方向の準周期的な変動は、ビームラインでも放射光強度の変動として観測されている。

現在、連続C.O.D.自動補正 (Slow Feedback) の開発^[4]や実験ホールも含めた蓄積リングトンネル内の空調の改善を進めている。

謝辞

ニュースバルの空調について説明して頂いた、SPring-8/JASRI施設管理部の山本典和氏、緒方芳文氏に深く感謝致します。

参考文献

- [1] A.Ando, et al., Journal Synchrotron Rad. 5(1998), p342.
- [2] S.Hashimoto, et al., "Stabilization of optical beam axis by the precise control of cooling water temperature", LASTI Annual Report Vol.4(2002).
- [3] Gwo-Huei Luo, et al., "FEASIBILITY STUDY OF CONSTANT CURRENT OPERATION AT TLS STORAGE RING", Proceedings of EPAC 2004, Lucerne, Switzerland.
- [4] Y.Shoji, et al., "CIRCUMFERENCE AND COD CONTROL ALGORythm OF NEWSUBARU", this proceedings.