

VIBRATION MEASUREMENT OF RING ELEMENTS AT NEWSUBARU

Yoshihiko Shoji^{1,A)}, Yasuyuki Minagawa^{B)}, and Takahide Shinomoto^{B)}

^{A)}NewSUBARU/SPring-8, LASTI, University of Hyogo

1-1 Kouto, Kamigori, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

^{B)}SPring-8, JASRI

1-1 Kouto, Sayo, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

Abstract

Mechanical vibration of magnets around the NewSUBARU storage ring was measured. Quantitatively the results agreed with the expected. The vibration in vertical direction was much smaller than that in horizontal direction. The character frequencies of different magnet type was different. It distributed above 15 Hz and possibly be a source of horizontal beam vibration.

ニュースバルにおける振動測定

1. はじめに

多くの電子蓄積リングで、電子ビームの振動原因となる真空チェンバーや電磁石の振動が確認され、対策が行われているが、ニュースバルではほとんど手つかずの状態である。しかし、より高い安定度を必要とする擬アイソクロナス運転[1]などを行う際には、電子ビームの軌道振動対策が不可欠であり、対策の必要性が高まってきた。一例として、分散部におけるhorizontal dipole fieldによる周長変化が挙げられる。Fig.1は分散部における水平方向ビーム軌道振動の周波数スペクトルである[2]。多くの60Hzの高調波成分の原因は、振動振幅と位相の分布から、逆偏向電磁石の磁場リップルであると特定できた[3]。一方、20Hz付近をピークとする連続成分は、振動振幅のmomentum compaction factor依存から、やはり分散部の垂直方向磁場が原因と考えられるが、その振動原因は特定に至っていない。

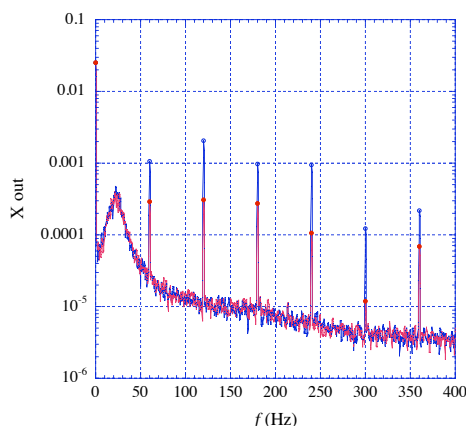


Fig. 1: FFT power spectrum of the horizontal deviation.

振動原因として考えられるのは60Hz高調波の原因でもある、電磁石の磁場リップルと、電磁石等の機械的振動の2つである。一般に電磁石架台は数十Hz程度に共振周波数を持つ事が多く、かなり疑わしい。特に問題となりそうなのは、電磁石の支持である。Fig.2の写真から見て取れるように、電磁石は共通架台の上で、3本のネジで支持されている。この方法を4本支持と比較すると、機械的ストレスは小さい一方で、振動に対しては弱そうである。特に薄い電磁石のビーム軸方向は外部振動に弱く（電子ビームにどう効くかは別にして）、共通架台の振動が増幅されて磁石振動になりそうである。

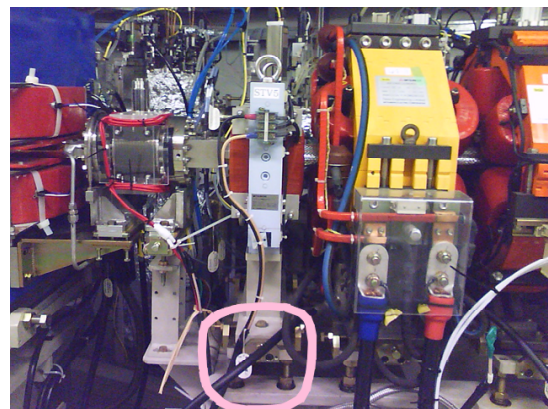


Fig.2 共通架台上の多極電磁石群。右から6極（橙）、4極（黄）、ステアリング（灰青）。左は別架台上の偏向電磁石（青）。桃色の囲いで示した部分がステアリングの指示部。リング内側（通路側）は2本足で、写真に写らない外側は1本足。

¹ E-mail: shoji@lasti.u-hyogo.ac.jp

我々の振動対策の第一段階は、蓄積リング内の振動測定である。ここではその測定結果を報告する。

2. 測定方法

測定には小野測器の加速度センサーNP3120を用いた。センサーのパラメーターを表1に示す。この加速度出力を HANDHELD FFT で周波数スペクトルに換算、積分して、速度スペクトルとして記録した。

表1 加速度センサーのパラメーター

加速度計	シェア型加速度ピックアップ
感度	1mV/(m/s ²) ±1dB
共振周波数	約50Hz
周波数範囲	5Hz~5kHz ±0.5dB/ 5Hz~12kHz ±3dB
検出器ノイズ	20uV以下

当初測定結果に電源の60Hzの高調波が現れたが、測定機器等の電源としてACアダプタを使用せずバッテリーを用い、PCとの接続も切る事で除く事ができた。この状態で床面の振動を計測したところ、測定方向や周波数レンジと無関係に、周波数軸をデータチャンネルにとるとほぼ一定となる連続スペクトルが得られた。これはHANDHELD FFTのノイズであると考えられるので、測定結果から差し引くことにした。従って、床振動は今回の測定限界以下であった事になる。

加速度は垂直方向(V)、水平方向(H)、ビーム軸方向(L)の3方向に対して測定した。周波数レンジはfull scale 200Hzの測定と1kHzで測定した。但しここでは、確実にビーム振動が確認できている20Hz付近を重視(Fig.1)して解析し、200Hz rangeで測定した100Hz以下に限って示すことにする。

電磁石の振動測定は、通常状態での測定に加えて、磁石を叩いて振動を起こす事により、固有周波数も確認できるようにした。測定対象は全磁石のなかから適当にサンプリングした。

3. 測定結果

生データは大量で、雑音も大きかったので、データ解析時に磁石の大きさによってグループに分け、グループ毎に振動の平均をとった。その結果がFig.3に太い線で示した速度スペクトルである。同じ図に細い線で示したスペクトルは、電磁石等の要素を叩いた時の振動スペクトルである。縦軸は0.5Hz幅に対する振動信号をdBVで表しており、1mV=1m/sである。

この報告では、磁石架台や真空チェンバーの振動測定の結果は省くが、ニュースバルのホームページ

から、詳細を記したテクニカルノートを見て頂く事ができる。

偏向電磁石と比べて、小さな多極電磁石の振動が大きい事が確認され、同一の共通架台に乗った電磁石間でも同様の傾向が見られた。特に薄い多極磁石の振動振幅は、垂直方向振動<ビーム軸方向振動<水平方向振動 という傾向が見られた。構造解析をしていないので確実な事は言えないが、ビーム軸方向より水平方向の振動が大きいのは意外であった。ビーム軸方向には架台振動が小さいからかもしれない。

周波数の点では、磁石と振動方向によって差はあるが、概ね水平とビーム軸方向は20~40Hzに振動のピーク(共振周波数)を持ち、ビーム振動の原因となっている可能性がある。

同一共通架台上の電磁石であっても振動スペクトルが異なる事から、架台と電磁石間が重要な要素となっていると考えられる。「はじめに」で推測したように、この機械的に弱い部分への対策が有効であると推測できる。

6. まとめ

ニュースバル電子蓄積リングで機械的振動調査を行った。その結果、20Hz付近をピークとする電子ビーム振動の原因として、可能性がある事を確認した。機械的振動対策としては、第一に磁石支持部の強化が有効であろう。

次のステップとして、もう一つ原因として可能性の高い電磁石リップルを測定する予定である。こちららの原因への対策の方が容易であると考えられ、既に60Hz高調波は確認されているので、先行して対策を進める予定である。仮に電磁石リップルが支配的原因であったとしても、長期的に見ると機械的振動対策は必要である。特に、ニュースバルでは多機能補正電磁石の導入を予定しているが[4]、その支持部の設計には注意をはらうつもりである。

参考文献

- [1] Y. Shoji, et al., "Bunch compression at the SPring-8 linac and successive generation of THz pulse train in the isochronous ring", Y. Shoji, et al., *Infrared Physics and Technologies*, vol.51 (2008) pp.394-396.
- [2] Y. Shoji, "How to identify noise source which excites a longitudinal oscillation—is this an rf ripple or a magnet ripple?-", 第8回加速器電源シンポジウム, 2005年12月8-9日。
- [3] Y. Shoji, "Identification of longitudinal coherent oscillation induced by path-length fluctuation", *Phys. Rev. ST-AB*, Vol.11, 010701 (2008).
- [4] 庄司善彦「ニュースバル用多機能補正電磁石の設計」本プロシーディングズ。

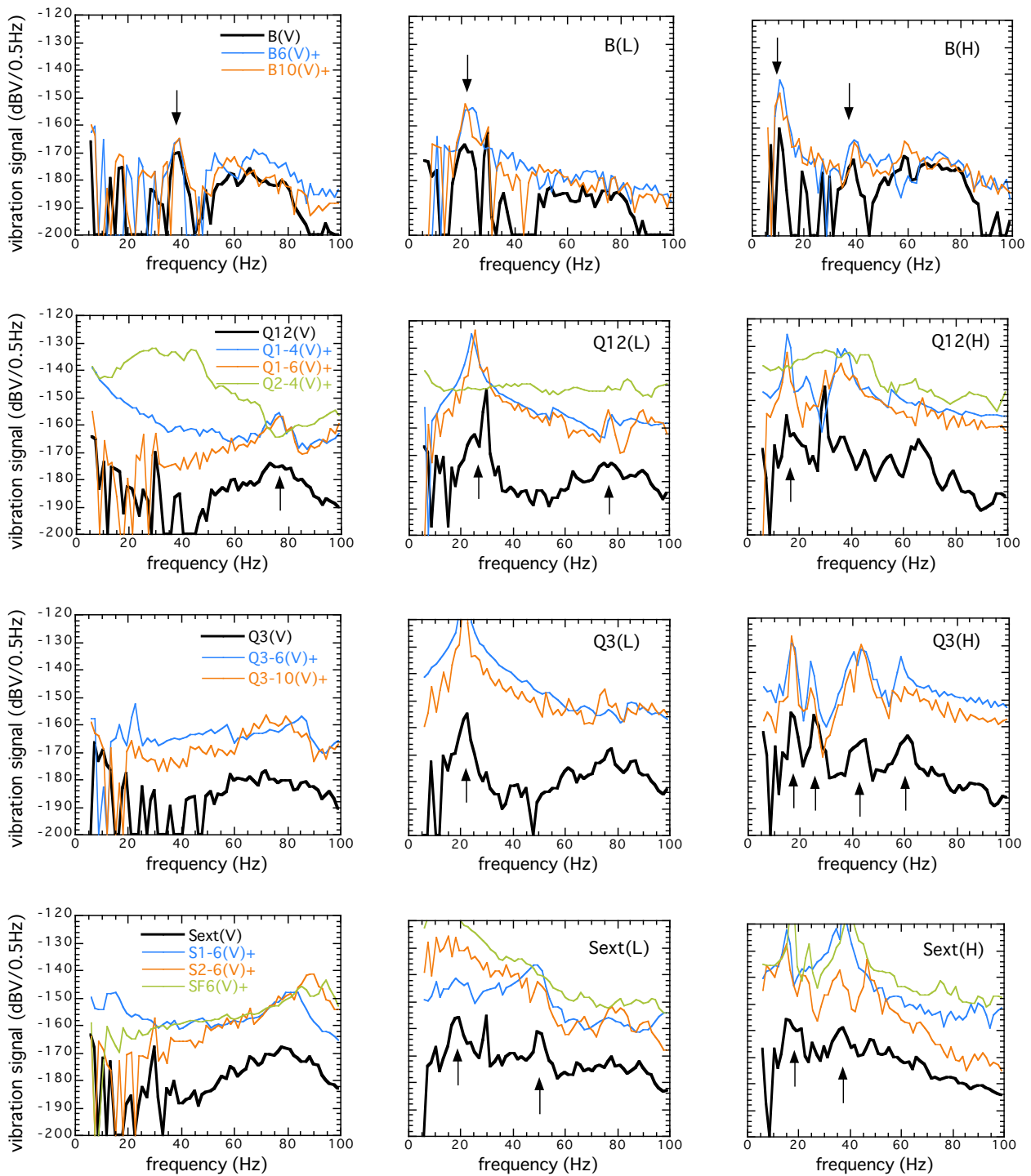


Fig.3 電磁石の種類毎の振動パワーの平均値（太線）。細い線は要素を叩いた時の振動。上段から偏向電磁石(B)、4極電磁石(Q12;ヨーク長)、4極電磁石(Q12;ヨーク長)、6極電磁石(Q12;ヨーク長)。また、左から垂直方向(V)、ビーム軸方向(L)、水平方向(H)である。矢印は通常状態の振動スペクトルと、磁石を叩いたときのスペクトルに共通するピーク。Vibration signalは速度で、1mV=1m/s.