

NewSUBARU 蓄積リングにおける電子ビーム軌道変動

理学部 物質科学科 ビーム物理学 SB01M082 久岡 義典

指導教員：安東 愛之輔 教授 ・ 庄司 善彦 助教授 ・ 橋本 智 助手

1. 研究目的

放射光は、蓄積リング内を周回する電子から放射されている。よって、なんらかの原因で電子の軌道が変動すれば、放射光の光源が変動することになる。そこで、放射光を用いた高精度な実験を行うためには、電子蓄積リングを運転する際に、電子ビーム軌道の変動を理解し、電子ビーム軌道の安定化を実現することが重要である。

電子ビーム軌道の変動を起こす要因として、機械振動のような速いものから、四季による地温の変化のようなゆっくりしたものまで様々ある。本研究では、現在利用運転時に NewSUBARU 蓄積リングで起こっている電子ビーム軌道変動の原因を探った。「分」～「日」のオーダーで考えられる電子ビーム軌道を変動させる要因として、冷却水温度の変動、蓄積リングトンネル内の気温の変動、電源の電流値の変動が考えられる。2003 年、冷却水温度の変動を±0.1℃以下におさえるように改善されている[1]。実際、冷却水温の変動を測定してみると、±0.1℃以下に抑えられており、電子ビーム軌道に影響を及ぼしていなかった。そこで、蓄積リングトンネル内の気温の変動と電子ビーム軌道の変動の関係を調べた。

また、NewSUBARU では 1.0GeV から 1.5GeV への加速を行うことができ、その 1.5GeV 加速途中の電子ビーム軌道の変動を調べた。

2. 利用運転時の電子ビーム軌道

現在、利用運転中の電子蓄積リングトンネル内は、温度ドリフトを防ぐために 3 系統の Fan Coil Unit (FCU) が作動している。これらは個々にセンサーを持っているので、個々に冷風を出している。利用運転時、BPM-8 での 1 時間の電子ビーム軌道の変動を Fig. 1 に、電子蓄積リングトンネル内の各地点での気温の変動を Fig. 2 に示す。Fig. 1 に見られる電子ビーム軌道の周期的な変動は、利用運転には問題ないとされている。

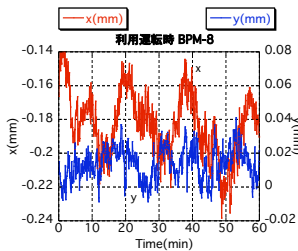


Fig. 1

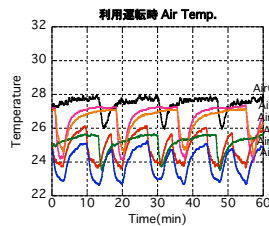


Fig. 2

3. 3 つの FCU を停止させた時の電子ビーム軌道

FCU が電子ビーム軌道の変動に及ぼす影響を調べるため、まずチラー水と 3 系統の FCU をすべて停止させた状態で、電子ビーム軌道変動の測定を行った。BPM-8 での 1 時間の電子ビーム軌道の変動を Fig. 3 に示す。この時、電子蓄積リングトンネル内の各地点での気温は、Fig. 2 に見られるような変動はなく、ほぼ一定である。

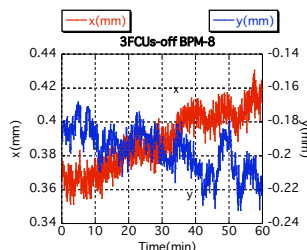


Fig. 3

Fig. 1, Fig. 3 より、FCU をすべて停止させると、水平方向の電子ビーム軌道の周期的な変動がなくなり、ほぼドリフトのみになっていることがわかる。

4. FCU を 1 系統作動させた時の電子ビーム軌道

次に、FCU を 1 系統 (LU 上流部) だけ作動させた状態で、電子ビーム軌道変動を測定した。BPM-5 での 1 時間の電子ビーム軌道の変動と気温の変動を Fig. 4 に示す。Fig. 4 の BPM-5 での電子ビーム軌道変動を Fig. 1 の BPM-8 での変動と比較すると、ドリフト以外の変動幅は約 1/5 であり、電子蓄積リングトンネル内の気温と相関がより見られる。

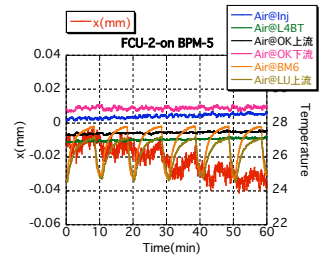


Fig. 4

5. 結果

電子ビーム軌道の変動と蓄積リングトンネル内の気温の変動をフーリエ変換し、スペクトル解析した結果を Fig. 5 に示す。Fig. 5 より、電子ビーム軌道の変動と LU 上流の気温の変動が同じ周期であることがわかる。よって、蓄積リングトンネル内の気温の変動が電子ビーム軌道に影響を及ぼしていることがわかった。また、気温の変化の山と谷で C.O.D. 測定を行い、差を取ると、dispersion の存在する場所での値が大きくなった。

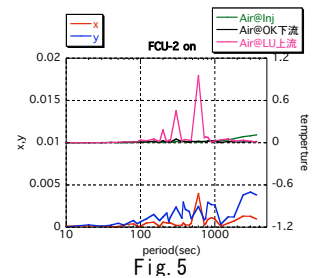


Fig. 5

6. 推定

電子蓄積リングトンネル内の気温が変化することにより、「電磁石」や「架台」や「床」の膨張・収縮が考えられる。これらの膨張・収縮により電子ビームの軌道長の変化がする。

$$\frac{\Delta C}{C} = \alpha \frac{\Delta p}{p} \quad x_e = \eta \frac{\Delta p}{p}$$

加速周波数が一定であるので、軌道長 C が変化すると、電子ビームの運動量は、蓄積リングに整合したものから変化する。その結果、 $\Delta p/p$ が変化し、dispersion η の存在するところで、電子ビーム軌道の変動が起こっていると考えられる。 $\eta = 1.38[\text{m}]$ とすると、FCU を 1 つ作動させた時の「リップル」の大きさから、 $\Delta p/p = \pm 3.62 \times 10^{-6}$ となる。

また、1.5GeV 加速途中の水平方向の電子ビームの軌道は、dispersion が存在する場所と 0 に近い場所で、とげの大きさが異なり、Fig. 6 のようになった。これは、1step の加速途中に、偏向電磁石や真空チェンバーに渦電流が流れたことにより、軌道長が変化したためだと考えている。

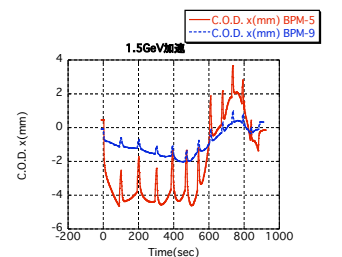


Fig. 6 (旧パターン)

参考文献

[1] A. Ando, et al., LASTI Annual Report Vol. 5 (2003) p. 2