

振動ワイヤーによるアンジュレーターの磁場測定 Field-measurement of undulator using vibrating wire

尾崎俊幸・KEK加速器

世界最初の XFEL である LCLS のアンジュレーターは、振動ワイヤーによる磁場測定法で調整された。(文献1)

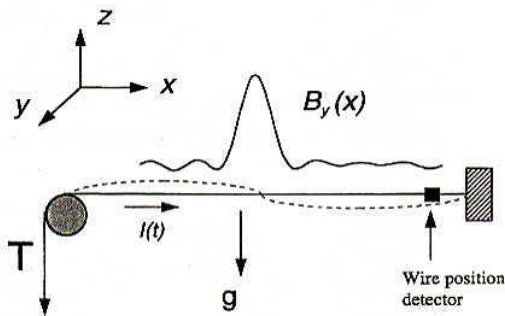


Fig. 1. Scheme of vibrating wire experiments.

この磁場測定は、磁場 $B_y(x)$ がある所に、ワイヤーを張る。また、このワイヤーに交流電流を流す。ローレンツ力で生じる振動幅をセンサーで読む。(Fig.1 は文献2から引用)

ワイヤーの位置 $U(x, t)$ は、下の波動方程式に従う。

$$\mu \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \gamma \frac{\partial U}{\partial t} - \mu g + B_y I_0 \exp(i\omega t)$$

両端で $U=0$ である。特解は sag を表す。磁場分布を $B_y(x) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin\left(\frac{\pi n}{l} x\right)$ と表現すると、ワイヤー位置は $U_d = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{B_n \sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right)}{(\omega^2 - \omega_n^2 + i\gamma\omega)} I_0 \exp(i\omega t)$ で表わされる。つまり、ある位置に置かれた振幅検出センサーのデータから磁場分布を再現する事が出来る。

試作器として、2mの銅ワイヤーを張り、～1kgの重りを付け、中央に10cm 長のフェライト磁石を置いた。～1Aの交流電流を流すと、26Hzで共振し、ワイヤーが大きく振動した。その高調波でも振動した。しかし、磁場分布を求めるには、さらに、パワーアンプでの電流歪み改善や位置検出をするフォトセンサの較正などの必要がある。

次に、移譲アンジュレーターの磁場測定をおこなう予定である。これは、約20年前に制作されたもので、周期長は 33.0mm、ピーク磁場は 5.76kG、最少ギャップは 13.5 mm、周期数は 61.5 である。ピーク磁場誤差 $\Delta B/B$ は 0.4 % (rms)との制作時の記録がある。劣化の有無などを判定したい。

試作器として、2mの銅ワイヤーを張り、～1kgの重りを付け、中央に10cm 長のフェライト磁石を置いた。～1Aの交流電流を流すと、26Hzで共振し、ワイヤーが大きく振動した。その高調波でも振動した。しかし、磁場分布を求めるには、さらに、パワーアンプでの電流歪み改善や位置検出をするフォトセンサの較正などの必要がある。

次に、移譲アンジュレーターの磁場測定をおこなう予定である。これは、約20年前に制作されたもので、周期長は 33.0mm、ピーク磁場は 5.76kG、最少ギャップは 13.5 mm、周期数は 61.5 である。ピーク磁場誤差 $\Delta B/B$ は 0.4 % (rms)との制作時の記録がある。劣化の有無などを判定したい。

(文献)

(1) Alexander Temnykh, Yurii Levashov and Zachary Wolf : LCLS-TN-10-2

(2) Alexander Temnykh: N. I. M. A399(1997)185-194