

固定磁場強集束加速器におけるスキュー磁場を考慮した 軌道解析手法に関する研究

Study of orbit analysis methods considering skew magnetic field for Fixed Field alternating
gradient Accelerator

*足立 恭介¹ 池田 伸夫¹ 有馬 秀彦¹ 米村 祐次郎¹ 和賀 雄飛¹ 森 義治²

¹九州大学 ²京都大学

ノーマル磁場成分のみを用いた集束系からなる固定磁場強集束加速器(FFA)の光学設計では、転送行列を用いた軌道解析法が用いられてきた。しかし、ねじれ磁場であるスキュー磁場成分を用いた集束系に対する軌道解析法の研究は広く行われていなかった。本研究では、スキュー磁場成分を含む FFA の光学設計に適応できる転送行列を用いた軌道解析法を提案し、その妥当性を評価した。本発表ではその結果を報告する。

キーワード： 固定磁場強集束加速器 スキュー磁場 軌道解析 転送行列

1. 緒言

固定磁場強集束加速器(FFA)^[1]は大強度二次粒子ビームの高効率生成に適した高エネルギー大強度ハドロンビーム加速器として注目されている。現在、我々は将来の大強度高エネルギー加速器の候補としてスキュー磁場成分を有する集束系からなる FFA ^[2]の基礎研究を行っている。FFA の初期設計の一つに電磁石配置や磁場勾配などを決定する光学設計がある。FFA は非線形の磁場も含んだ加速器であるが、磁場を線形に近似することでシンクロトロンと同様な集束系に近似できる。そのため、ノーマル磁場成分のみを用いた集束系からなる FFA の光学設計では転送行列を用いた軌道解析法が用いられてきた^[3]。しかし、ねじれ磁場であるスキュー磁場成分を用いた集束系に対する軌道解析法の研究は広く行われていなかった。

2. 研究内容

一般に転送行列は磁場中の粒子の運動方程式より求められるが、スキュー磁場成分を含む磁場中においては水平・垂直方向の粒子の運動は独立にならないため、転送行列を通常の方法で求めることはできない。そこで本研究では、スキュー四極磁場成分を含む電磁石を偏向電磁石と薄レンズ近似を行ったスキュー四極電磁石を組み合わせた電磁石に近似できると仮定し、転送行列を求めた。そして、スキュー磁場成分を含む磁場中の粒子の運動方程式を数値解析的に解いた軌道解析結果と比較することで仮定の妥当性を評価した。

3. 結論

本研究で提案したスキュー四極磁場成分を含む電磁石系の転送行列を用いることにより、従来同様、初期光学設計に対して転送行列を用いた軌道解析法の適応が可能であることが分かった。その結果、スキュー磁場成分を含む FFA の光学設計において、電磁石配置や磁場勾配などを決定する設計指針を定めることができた。

参考文献

- [1] K.R. Symon, *et al.* : "Fixed-Field Alternating-Gradient Particle Accelerators", Phys. Rev., Vol. 103, No. 6, pp. 1837-1859 (1956).
- [2] Y. Mori, *et al.* : "Harmonictron", Proceedings of IPAC 2018, pp.1063-1065 (2018).
- [3] 横井武一郎 : "FFAG 加速器" OHO'03 高エネルギー加速器セミナー (2003).

*Kiyosuke Adachi¹, Nobuo Ikeda¹, Hidehiko Arima¹, Yujiro Yonemura¹, Yuhi Waga¹ and Yoshiharu Mori²

¹Kyushu Univ. ²Kyoto Univ.