

3 体構造 RFQ 線形加速器の高周波電磁場解析

RF Electromagnetic Field Analysis of a 3-parts RFQ Linac

*細貝 達哉¹、池田 翔太¹、林崎 規託²

¹東工大院、²東工大研究院

本研究では、機械的精度と電力効率に優れた 3 体構造 RFQ 線形加速器における、高周波電磁場解析結果の再現性を明らかにし、その特長を活かした設計方法の確立を目指している。

キーワード：3 体構造 RFQ 線形加速器、高周波電磁場解析

1. 諸言

高周波四重極 (RFQ) 線形加速器は、イオン源直後の低エネルギー領域における陽子や重イオンの加速に適しており、その高周波加速空洞の内部に配置された 4 つの対向する RFQ 電極間に生じる四重極電場と、さらに各電極の先端に与えられたモジュレーション (凹凸波形) が生じるビーム進行方向の電場成分により、ビームの収束と加速を同時に行う仕組みをもつ。高周波加速空洞は、形状によって決まる固有の共振周波数をもつ空洞共振器であり、その形状寸法が共振周波数を左右するため、高い精度で構成部品を製作し、かつ高い精度で組み立てることが要求される。そして前者については、機械加工技術の進歩・発展により、加速器として必要な精度が確保されてきているが、後者については、①真空容器に後から加速電極をボルトで固定する方法や、②真空ロウ付や電子ビーム溶接で接合する方法が用いられてきており、組み立て精度や電気的性能などの改善が必要とされていた。本研究が取り扱う 3 体構造 RFQ 線形加速器は、金属板または金属ブロックから RFQ 電極も含めて削り出した、センタープレートとメジャーベーンと呼ばれる 3 つの部品を溶接やロウ付など使わずにボルト組み立てするものであり、機械的精度と電力効率に優れており、アライメント誤差などの影響を最小限に抑えることが可能である[1]。

2. 電磁場解析

3 体構造 RFQ 線形加速器の製作プロセスには熱処理が存在せず、マシニングセンターにより精密切削加工された構成部品をボルトで組み立てる方式なので、高周波加速空洞の機械的精度を一貫管理できる。このため従来よりも設計精度の実現が容易になることから、本研究を通じて実機における高周波電磁場解析結果の再現性を明らかにし、その内容を設計プロセスにフィードバックできれば、将来的に電場分布調整用チューナーなどを減らせると考えている。完全対称構造のクアドラントをもつ理想的な高周波加速空洞であれば、その電磁場分布の精度は機械的精度のみに依存するが、実機においてはチューナー、真空ポート、カプラーポート、サービスポートなどの構造的非対称性が入り込んでしまうため、それらが電磁場分布に及ぼす影響を 3 次元高周波電磁場解析ソフトウェア CST MICROWAVE STUDIO [2]により解析し、さらにその結果がビーム加速にもたらす影響を評価した。

参考文献

[1] 四重極型加速器および四重極型加速器の製造方法 (特許第 5317062 号)

[2] <https://www.cst.com>

*Tatsuya Hosokai¹, Syouta Ikeda¹, Noriyosu Hayashizaki²

¹.Tokyo Tech, ².IIR,Tokyo Tech