

演習課題 : 超伝導高周波加速空洞—“電磁気学・超伝導・加速器科学の面白さを堪能しよう”—

高周波加速空洞とは、金属でできた空洞（図1）の中に高周波（マイクロ波）を入れて、マイクロ波が発生する電場で電子や陽電子などの荷電粒子を加速する装置のことです。加速器では心臓部に当たります。空洞は銅など、電気伝導率の高い材料を使って常温で運転する常温高周波空洞とニオブなどの超伝導材を使って

4.2~2Kの極低温で運転する超伝導高周波空洞の二つがあります。超伝導高周波加速空洞は、現在推進されている国際リニアコライダー計画

(ILC)の中核技術です。本演習課題では、世界最高加速電界発生可能な高電界超伝導高周波加速空洞(図1)の研究開発現場に接し、加速器科学の面白さを体験します。



図1 : ILC用高電界超伝導加速空洞（イチロー空洞）
理論上51MV/mの加速電界が可能でその数字に因んでイチロー空洞と名付けられています。フランジや液体ヘリウムタンク用ベースプレート以外は、全てニオブ製です。ILCの第一期(500GeV)の衝突マシンでは3.5kmに及ぶトンネルの中にこのような空洞が17000台据え付けられます。

本演習課題では、電磁気学による空洞設計法の学習・空洞パラメータの常温での測定・超伝導空洞の2Kでの性能評価を行います。これを通して電磁気学の本当の面白さ、超伝導の威力、そして加速器科学の面白さを肌で感じてもらいます。

最初に電磁気学を使って解析的(手計算)に解ける円筒空洞を扱い、高周波空洞の基本設計法を理解します。次に有限要素法による空洞設計コードを使い再びピルボックス空洞を計算し、手計算との比較を行い、設計コードを検証します。その後、本題であるILC高電界空洞(図1)の中央単セル空洞を設計コードで計算します。ここでは、電磁気学の面白さを体得できます。

演習ではこれらの空洞を自作する時間がないので、予め用意した空洞の共振周波数、Q値(共鳴バンド幅)、電磁場モードのポーラリゼーションを測定し、計算結果と比較します。これは共鳴現象を観察する(図2)ので原子核や素粒子の共鳴現象を理解することにも役立ちます。

最後に、イチロー中央単セル空洞を液体ヘリウムで冷却して空洞性能を評価します。4.2Kから2Kへの冷却中に空洞の表面抵抗の温度依存性、2Kで空洞内に発生できる最大加速電界とQ値を測定し、空洞性能を評価します。超伝導空洞の醍醐味を味わってもらい

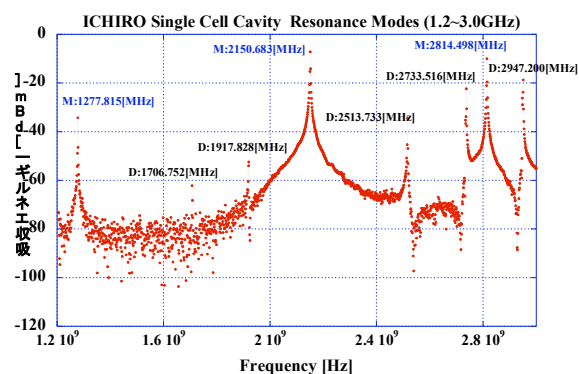


図2 : イチロー中央単セル空洞の共鳴周波数の測定例
演習では、各共鳴モードの周波数、Q値、ポーラリゼーションを測定します。

ます。