

J-PARC ACS型加速管のアルミモデル測定

秋川 藤志^{1,A)}、青 寛幸^{A)}、林崎 規託^{B)}

A) 日本原子力研究所 大強度陽子加速器施設開発センター
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方2-4

B) 東京工業大学原子炉工学研究所
〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1

概要

J-PARCリニアックACS空洞開発の一環として、ハーフスケールのアルミモデルを用いた高周波測定を進めている。これらのモデルを用いた試験の現状と結果について報告する。

1. はじめに

大強度陽子加速器施設(J-PARC)の建設が開始された。50GeVシンクロトロン、3GeVシンクロトロンに先立つリニアック部は、出射エネルギーが3 MeVのRFQ、50 MeVのDTL、191 MeVのSDTL、400 MeVのACS(Annular Coupled Structure)の各部分から成る。RFQからSDTLまでのRF周波数は324 MHz、ACSのRF周波数は972 MHzである。

ACSは $\pi/2$ モードで動作する定在波型の結合空洞型加速管で、軸対称性を持つ結合セルと、これを加速セルと繋げる結合スロットを特徴とする。

ACS空洞の製作に先立って、実際の半分の大きさのアルミモデルの製作を行った。現在、空洞性能評価を行い必要工作精度などを確認しながら、実機製作を同時に進めている。

2. 測定の概要

各モデルはその片面ずつに加速セルと結合セルをハーフセルの形で持ち、互い違いに合わせることで実際のセル構造を形成するように作られている。必要な加工精度を確認するため、現時点では結合セル側は普通旋盤による加工のみを、加速セル側は鏡面仕上げによる調整加工を行っている。

結合セル側を2枚ずつ向かい合わせにして実機と同様の境界条件にし、端版と重ねてスタックして、加速セル側の測定を行った。3セル構造の加速セル側が端版によりショートされる形になる。締め付け強度の違いによる変形の効果で特性が変化するため、締め付けトルクを接触面の面圧に換算して評価を行った。

また、加工誤差によるモデルごとのばらつきを確認するため、単体による測定も行った。この場合は加速セル、結合セルの両方がショートされる

2 セル空洞構造となる。

3. 測定

まずモデル単体の測定では、三種類のモードを測定した。低い側の二種(f_1, f_2)は軸対称の励起モード(0モード/ π モード)、高い側の一種(f_3)は非軸対称の励起モードである。製作された28枚のモデルについて、それぞれの周波数がどのように分布しているかを図1に示す。最低次のモードが幅2MHz程度の範囲に分布しているのに対して、上位のモードはより大きく分散している。上位モードでは電場分布がより複雑なため、工作誤差や締め付けによるセル変形の影響が大きいと思われる。

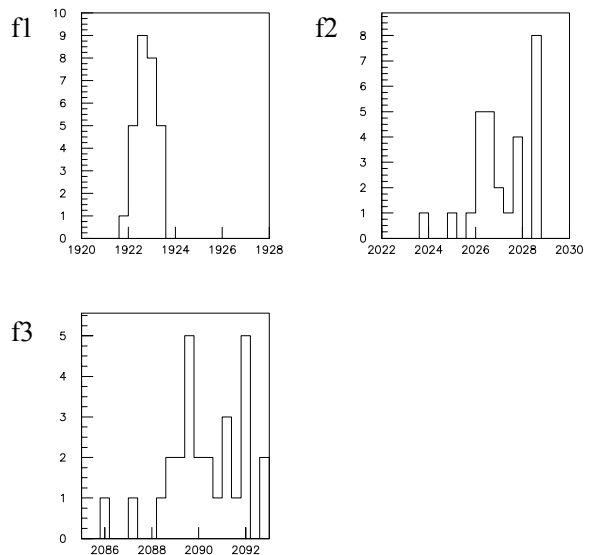


図 1: 単体での測定周波数 (単位: MHz)

周波数は接触面圧により変化するため、ここでは直線関数による近似を行い、外挿を行って面圧ゼロの点での周波数を計算して評価に用いた。Q値を見ると収束に向かうのは面圧1~2kg/mm²あたりからであり、それより小さい点では接触が不完全と考えられるので、fittingには1kg/mm²以上のデー

¹ E-mail: akikawa@linac.tokai.jaeri.go.jp

タのみを用いた。一例を図2に示す。面圧により数百kHz程度の変化があるので、評価方法についてはより一層の検討が必要である。

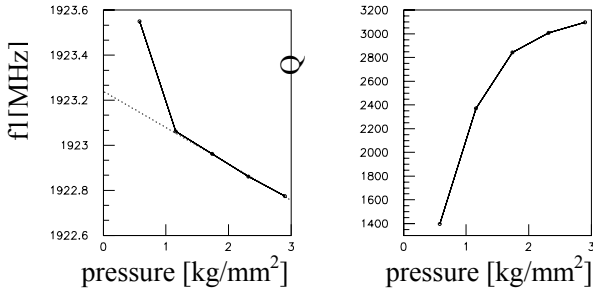


図 2 : 単独測定時の0モード周波数の変化の一例

2枚ずつ向かい合わせにしての測定では、それぞれ、0モード、 $1/2$ モード、 1 モードに相当する三種類(f_1 - f_3)のモードを観測した。このうち二番目のモードが実際に加速で使われるRF周波数($972\text{MHz} \times 2 = 1944\text{MHz}$)に対応するものである。 f_1, f_3 の周波数は単独測定の場合と同様に変化するため評価も同様に行ったが、 f_2 については面圧 1kg/mm^2 を越えた付近からの変化が他の場合に比べ急激に小さくなるのが確認されたので、その時点での周波数を測定値とした。典型例としてあるモデルの周波数変化の様子を図3に示す。同時にQ値も収束に向かっており、実際の組み立て時の必要面圧としては 1.5kg/mm^2 程度で十分であると思われる。

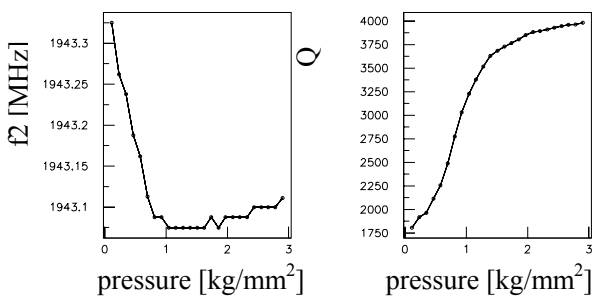


図 3 : 2枚組み合わせ時の $1/2$ モード周波数の変化の一例

図4は、測定した28枚のモデルについて、測定周波数の分布をまとめたものである。 f_1, f_3 では幅2MHz程度、 f_2 では600kHz程度の範囲に収まっている。単体での測定と比較して分散の程度が小さくなった原因としては、他のモデルと組み合わせることによりモデルの個性が平均化されること、加工精度の低い結合セル側がショートされていないため影響が少なくなったことなどが考えられる。

実機では同程度の加工精度でサイズが2倍になるため、幅はこのモデルの半分の程度(f_2 で約300kHz)になると期待される。

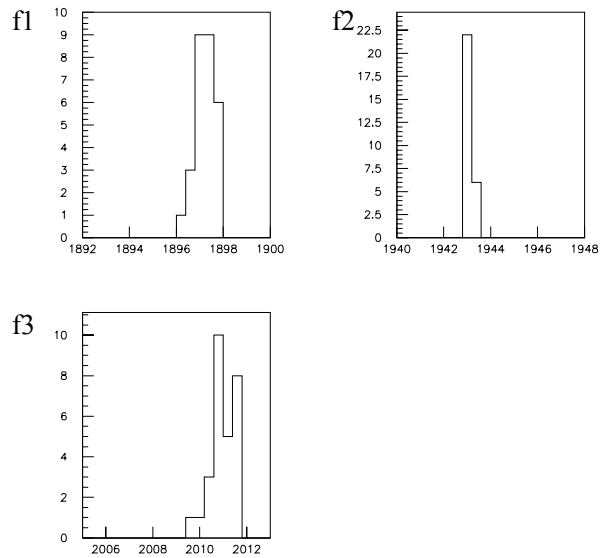


図 4 : 2枚組み合わせ時の測定周波数 (単位 : MHz)

4. まとめ

ACSの $1/2$ アルミモデルについて、加速セルの高周波測定を行い、測定手順と周波数特性の確認を行った。今後は、これらの数値を元に更に精密加工を行い、周波数調整を進めていく予定である。