

# RF measurement of ATF2 Q-BPMs

Y.Honda, Y.Inoue

2007/7/16

## 概要

Production of ATF2 Q-BPM had been done. 3 prototypes made in 2005, 11 production models in 2006, and 28 models in 2007 are now in KEK. We checked basic parameters for all of them. Frequencies, Q-factors, coupling strength, and x-y isolation were measured using a network analyzer.

## 1 はじめに

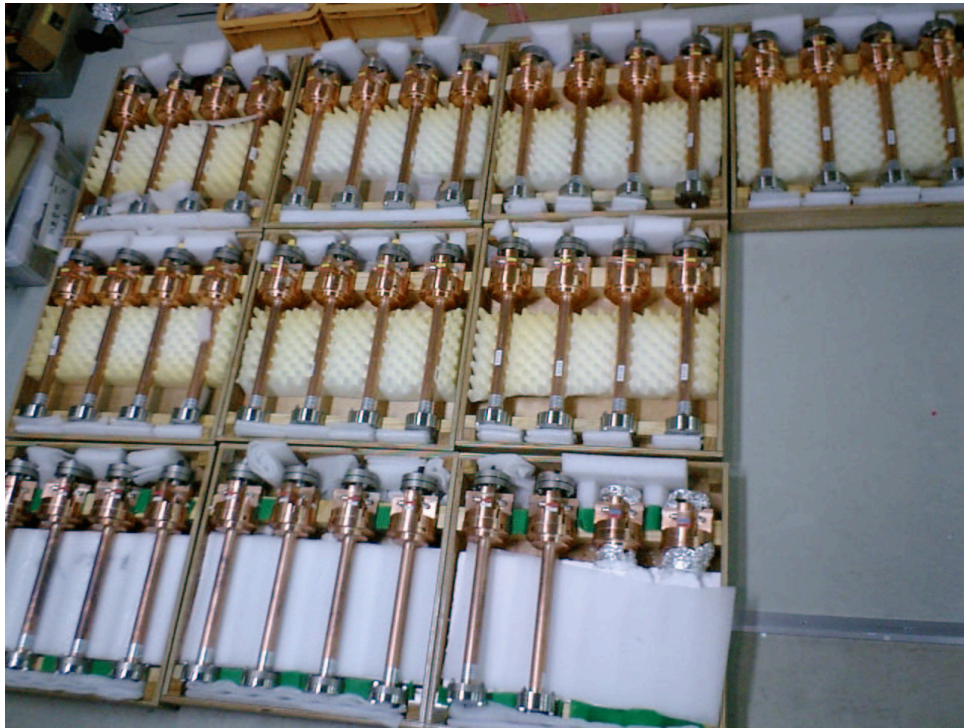


図 1: 保管されている Q-BPM

### 1.1 目的

ATF2 用 Q-BPM は全数が 2007 年 3 月までに製作完了し、現在アッセンブリホールに保管されている (図 1)。2005 年にプロトタイプとして製作したビームパイプの短い物が 3 台、2006 年に製作した実機が 11 台、2007 年に製作した実機が 28 台ある。ネットワークアナライザを用いたポート間の RF 測定で全数チェックを行った。以前に、あるいは PAL でも、既に測定したことはあるのだが、全数揃った時点で一定の環境で連続的に全数測定してまとめてみた。

## 1.2 セットアップ

測定の方法はいつもと同じなので記述は省略(図2)。測定はアッセンブリホールリニアックの上のハットで7/12~7/17にかけて行った。納入された状態で製作年毎に番号が記されているのでこれをそのまま各BPMのNo.とした。(製作年とNo.を合わせてはじめて同定できる。)抜けているNo.はKEKには送られて来ていないものである。納品された状態ではポートの名前付けのルールが年度によって違ったりしていたので、今後の混乱を避けるために改めて図のように時計周りにA,B,C,Dと名前付けし、シールを貼っておいた。図のように取り付けた場合、A,CポートがX方向、B,DポートがY方向になる。

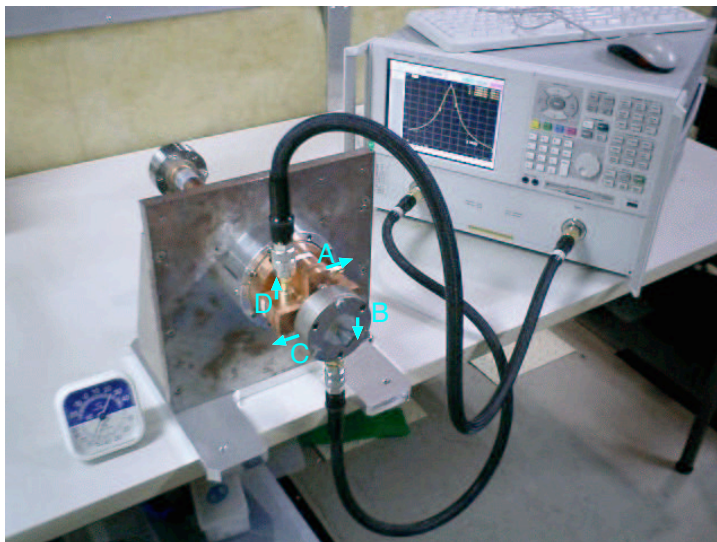


図 2: 測定のセットアップ (B-D ポート測定の様子)

2005年製作のプロトタイプは大気中で全ての測定を行った。

実機は全て真空中に封じた状態で納品されており、一通りの測定は封じられた状態のままで行った。ただし、1年半、あるいは半年、放置されていたものなので真空度が中途半端に下がっていると思われる。そこで、一度大気開放して大気中の状態で周波数のみ再測定した。測定ハットの気温と湿度は測定の度に測定しており、測定期間を通して気温は24~25度、湿度は55~60%の範囲であった。

2005-04と2006-07は、既に取り出しラインにインストールされているので、ビームラインにネットワークアナライザを持ち込んでインストールされて真空中に引かれた状態で測定した。測定時のビームラインの気温は25度。

## 2 測定結果

2ポートの透過測定で得られた結果をここにまとめる。

表1は2005年製作のプロトタイプについての結果。2005-01と2005-02はdents model, deep-dents modelと呼んでいるもので、X,Yの周波数をずらす工夫を施したもので、実機とは設計が異なる。また、この段階では周波数の微調整を行う前であったので設計値の6.426GHzからは離れている。(2005-04のみビームラインで真空状態での測定、他は測定室で大気状態での測定。)

表2は2006年製作の実機についての結果。(2006-07のみビームラインで真空状態での測定、他は測定室での測定。)

表3は2007年製作の実機についての結果。

周波数測定に関しては測定室の環境で大気中で行ったので、ビームラインの環境で真空中にした時にどれ

表 1: 2005 年モデル

No.	frequency (GHz)		$Q_L$		$Q_{ext}$		isolation (dB)	comment
	A-C port	B-D port	A-C port	B-D port	A-C port	B-D port		
01	6.420000	6.419313	5206.8	5227.5	26099.6	25098.1	50.2	dent model
02	6.418918	6.416163	5830.1	5658.0	26401.0	25768.1	56.1	deep dent model
04	6.422643	6.422561	5781.0	5786.1	25739.8	26201.8	52.9	vacuum

表 2: 2006 年モデル

No.	frequency (GHz)		$Q_L$		$Q_{ext}$		isolation (dB)	comment
	A-C port	B-D port	A-C port	B-D port	A-C port	B-D port		
02	6.422895	6.422948	5867.3	5782.9	26875.0	25185.6	49.8	vacuum
03	6.422762	6.422656	6431.1	6207.4	25967.0	24491.5	50.1	
04	6.422922	6.422789	6444.3	6470.1	27175.2	27429.3	50.1	
05	6.422629	6.422576	5993.1	6043.8	24123.8	25352.2	46.2	
06	6.422948	6.422895	6470.2	6405.6	25655.3	25399.4	48.6	
07	6.424950	6.425040	6189.7	6195.8	24666.1	23855.3	42.5	
08	6.423161	6.423001	6004.8	6336.3	24797.2	25764.5	44.6	
09	6.422629	6.422603	5278.9	5168.5	24460.8	26748.8	45.9	
11	6.422709	6.422975	6038.3	5894.5	27036.5	25122.7	45.9	
12	6.423134	6.423134	6412.2	6463.9	25552.8	26018.7	48.8	
13	6.422629	6.422709	5690.5	5862.0	26216.0	27644.9	46.9	

だけシフトするか調べておく必要がある。2006-13と2007-22をピックアップし、ビームラインのすぐそばに持って行き真空引きをして周波数測定を行った。表4に測定室での大気中の測定と、ビームラインでの真空中の測定の結果を比較する。周波数は平均2.436MHz上昇することが分かった。

### 3 結果のまとめ

表1～表3の結果に対して、インストールした状態での周波数変化を補正し、以下の図に結果をまとめる。製作年毎にNo.の若い順に結果を並べたもの。2005-04(2005年製作の一番右)がプロトタイプのうち最終的に実機と同じ設計になったもので、これまでビームテストもなされてきたものである。結果がこれと大きく変わらなければ問題無いと思って良いはずである(2005-04は周波数だけは少し違う)。

図3は周波数、ただし測定室大気中で測定した結果に2.436MHzの補正を加えてプロットしたもの。(ビームラインにインストールされている2005-04,2006-07については実測値。)設計値は6.426GHz±2MHzであるので、実機はすべて要求を満たしている。ただし、2006年と2007年のモデルには中心値にずれがある。

図4は $Q_L$ 。図5は $Q_{ext}$ 。図6は $Q_0$ 。図7は $\beta$ 。いずれもプロトタイプとほぼ同等のものが量産出来ている。2007年のものには製作順番に依存してドリフトしている傾向が見られる。図8はX-Yアイソレーション。PALでの出荷時に既に調整されており、要求の30dB以上を十分満たし、おおむね40dB以上が実現されている。

周波数、 $Q_L$ 、 $Q_{ext}$ 、アイソレーションについて分布をまとめたものを製作年毎に図9,図10に示す。X方向,Y方向の区別無くまとめて統計をとったものである。

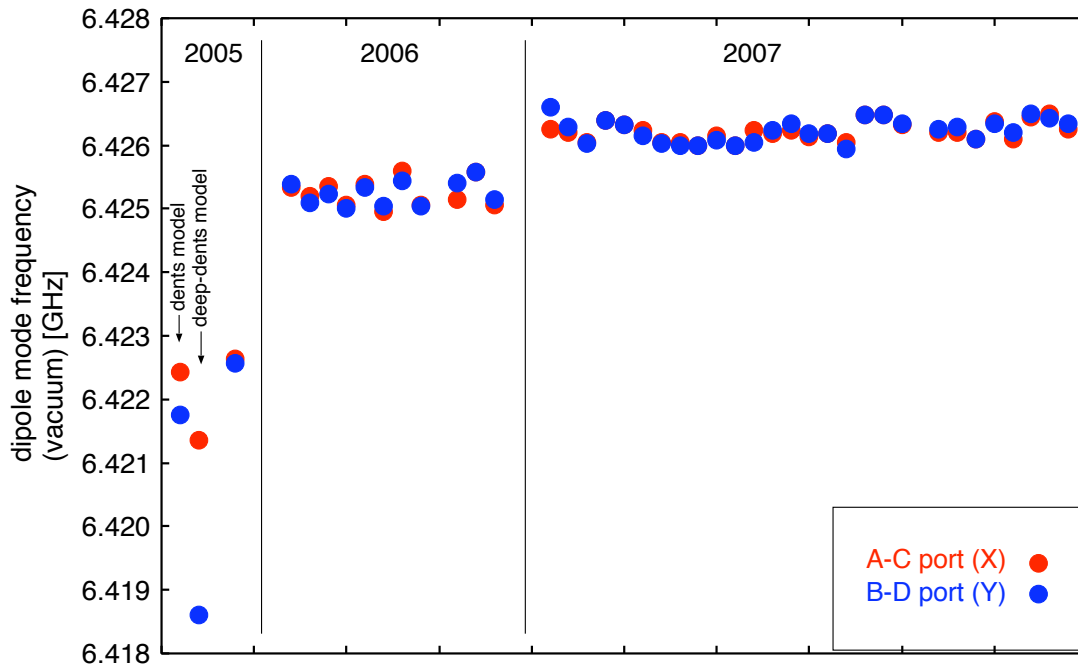


图 3: frequency of dipole modes

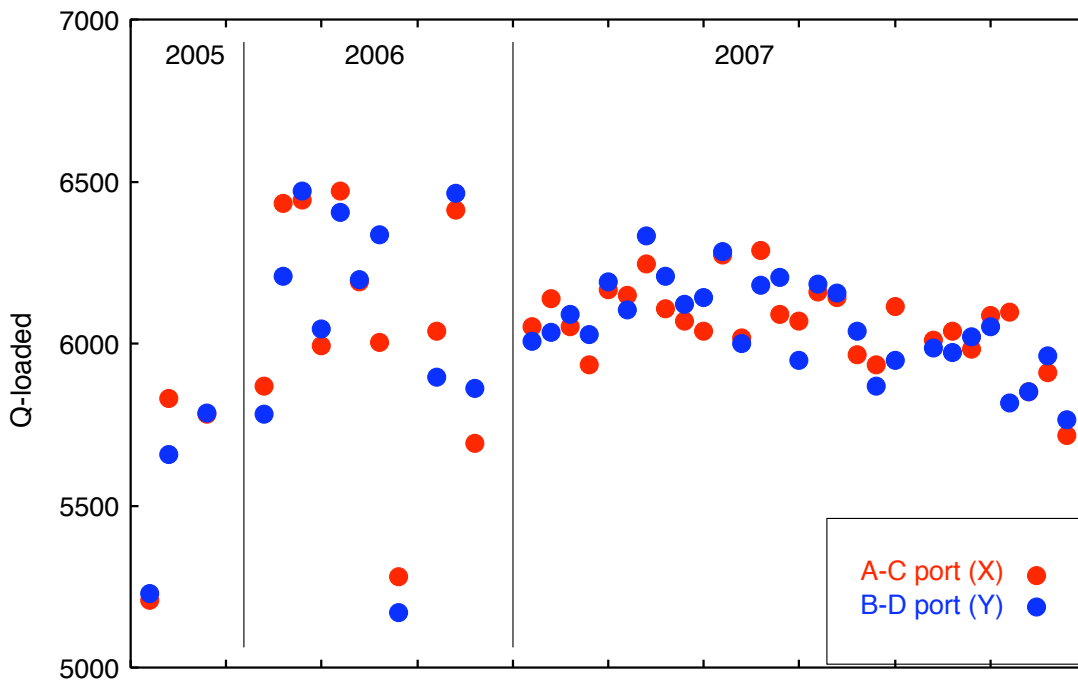


图 4: loaded quality factor of dipole modes

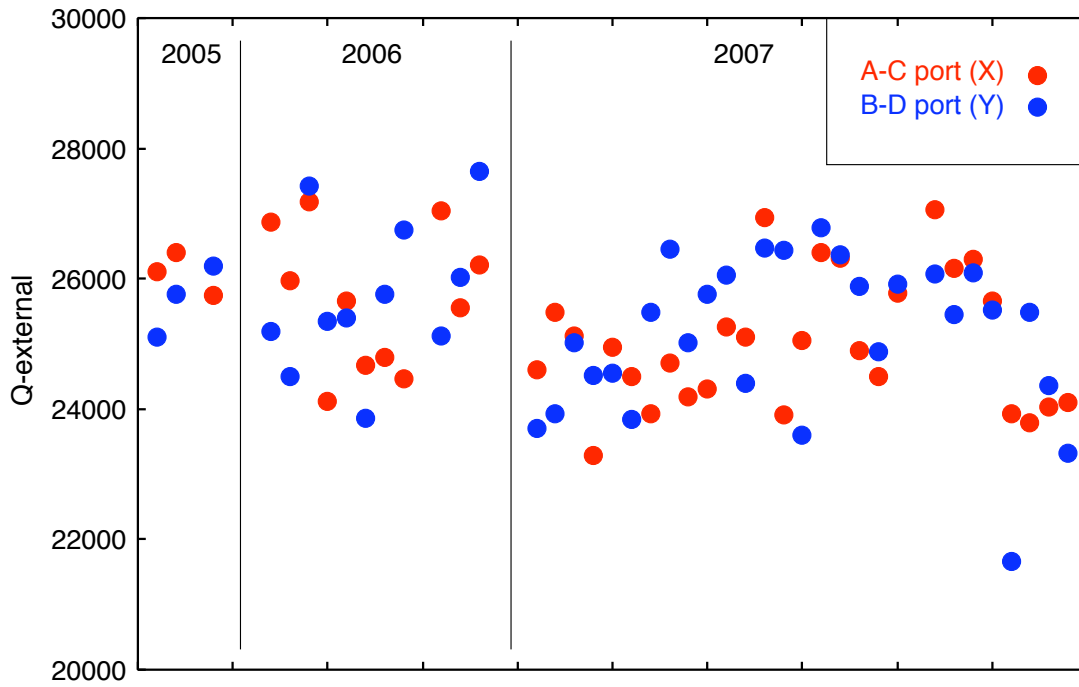


图 5: external quality factor of dipole modes

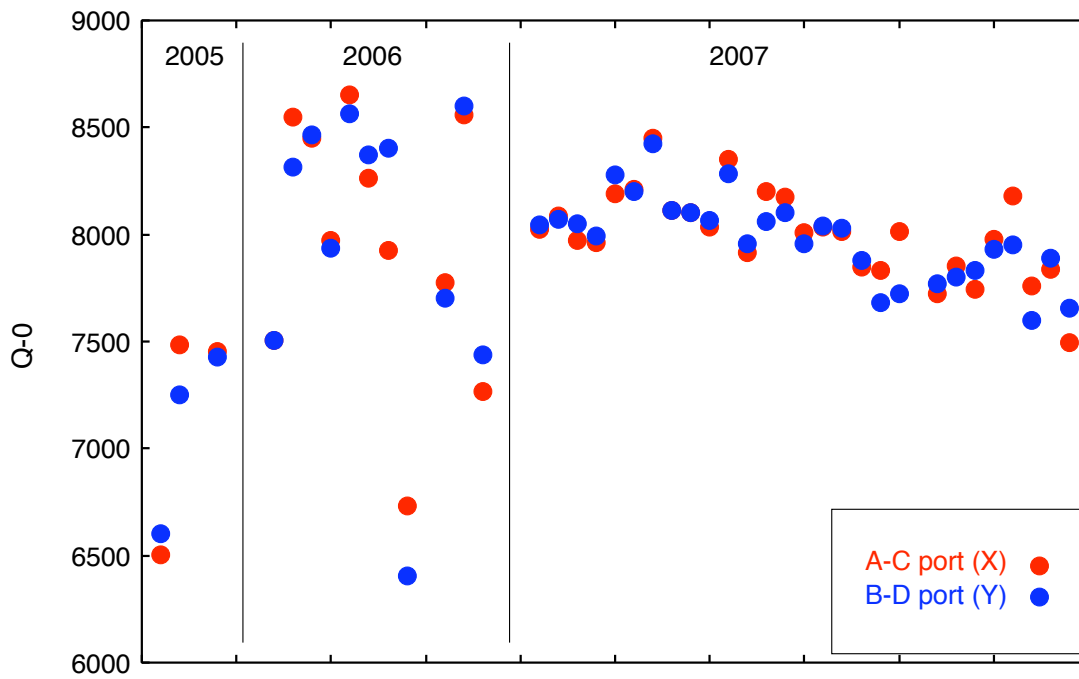


图 6: internal quality factor of dipole modes

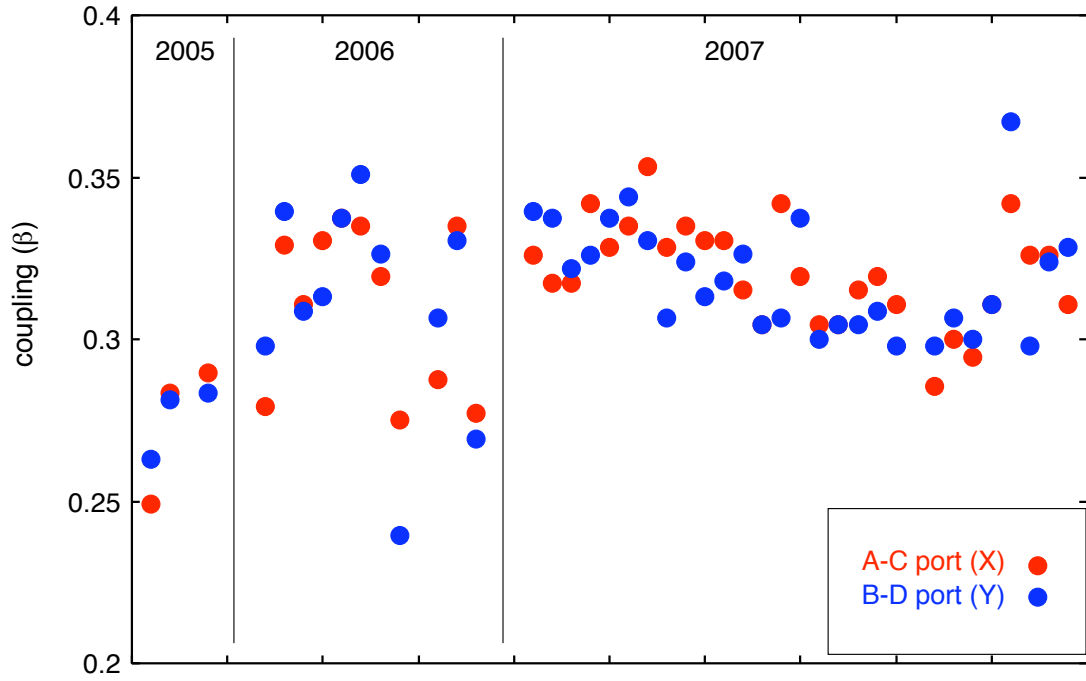


Figure 7: coupling strength of dipole modes

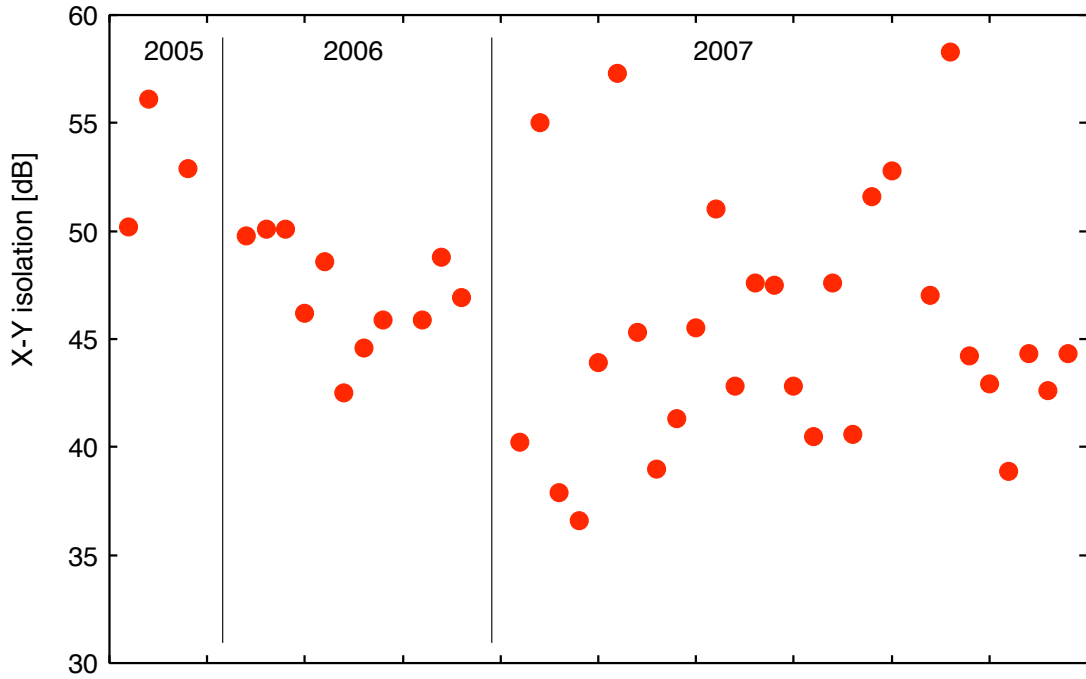


Figure 8: isolation between the dipole modes

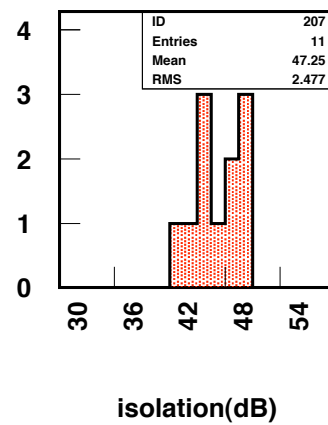
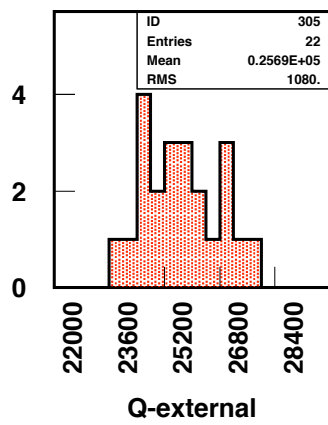
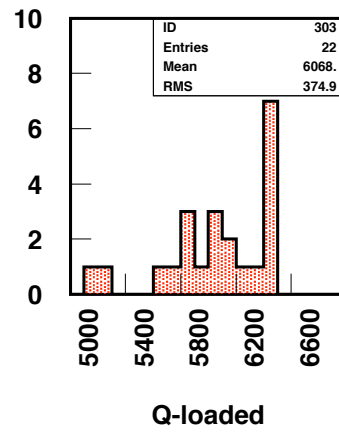
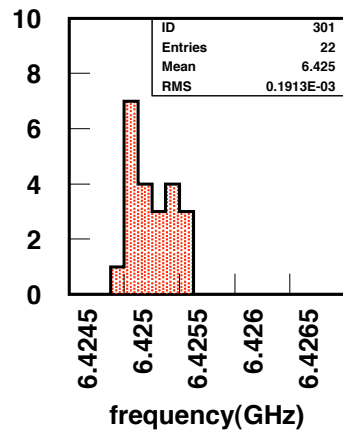


図 9: 2006 年製作分のまとめ

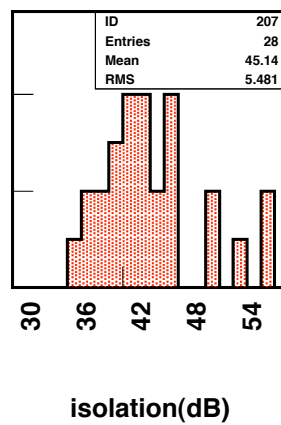
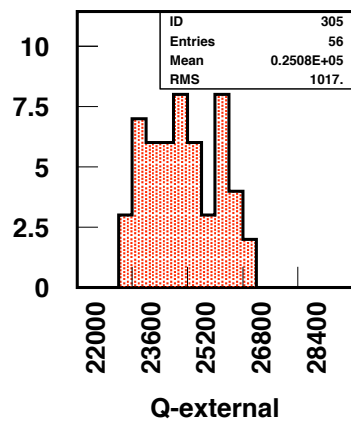
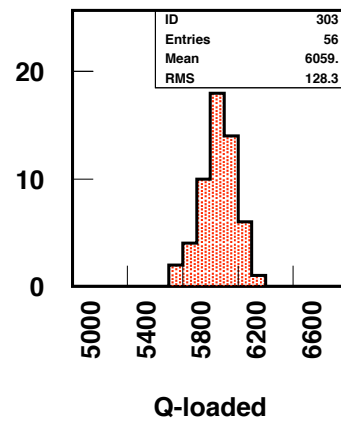
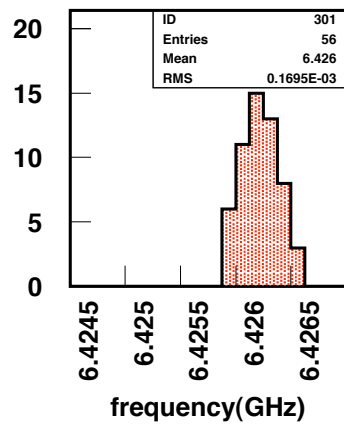


図 10: 2007 年製作分のまとめ



## 4 まとめ

Q-BPM の RF 基礎測定を全数行った。実機はすべて要求スペックを満たしている。周波数については 2006 年製作の 11 台と 2007 年製作の 28 台でシステマティックに 1MHz のずれがある。(周波数の揃ったものでレファレンス空洞の振り分けをしても良いかもしれない。)

プロトタイプのうち 2 台を使用するつもりであるが、周波数が設計値に対して 4MHz 程度低い。これらは本来の要求は満たしていないが、処理回路の帯域は問題無いので波形解析で少し頑張れば使用に問題は無い。

表 3: 2007 年モデル

No.	frequency (GHz)		$Q_L$		$Q_{ext}$		isolation (dB)	comment
	A-C port	B-D port	A-C port	B-D port	A-C port	B-D port		
01	6.423825	6.424171	6050.6	6005.7	24603.9	23695.8	40.2	
02	6.423772	6.423851	6137.4	6033.7	25476.4	23924.6	55.0	
03	6.423612	6.423586	6050.4	6090.5	25115.4	25021.4	37.9	
04	6.423958	6.423958	5933.4	6028.0	23295.4	24512.0	36.6	
05	6.423878	6.423878	6166.8	6190.6	24948.9	24546.7	43.9	
06	6.423798	6.423719	6149.0	6102.2	24503.8	23840.6	57.3	
07	6.423612	6.423586	6244.5	6330.6	23927.2	25482.2	45.3	
08	6.423612	6.423559	6108.0	6208.3	24711.0	26459.8	39.0	
09	6.423559	6.423559	6067.6	6119.6	24179.3	25012.0	41.3	
10	6.423719	6.423639	6039.2	6143.1	24309.3	25768.5	45.5	
11	6.423559	6.423559	6274.9	6284.9	25258.3	26047.6	51.0	
12	6.423798	6.423612	6016.7	5999.7	25106.2	24396.6	42.8	
13	6.423745	6.423798	6287.3	6178.6	26940.9	26475.0	47.6	
14	6.423798	6.423904	6090.8	6202.7	23913.2	26435.8	47.5	
15	6.423692	6.423745	6067.7	5949.7	25056.8	23591.8	42.8	
16	6.423745	6.423745	6160.8	6184.6	26398.9	26788.6	40.5	
17	6.423612	6.423506	6143.0	6154.7	26322.5	26372.6	47.6	
18	6.424037	6.424037	5966.4	6039.0	24896.3	25876.9	40.6	
19	6.424037	6.424037	5933.6	5868.6	24502.8	24878.9	51.6	
20	6.423878	6.423904	6114.1	5949.9	25782.6	25913.1	52.8	
22	6.423772	6.423825	6009.3	5987.0	27058.9	26074.5	47.0	
23	6.423772	6.423851	6039.3	5972.0	26159.5	25453.0	58.3	
24	6.423665	6.423665	5983.0	6022.3	26300.2	26085.6	44.2	
25	6.423931	6.423904	6085.2	6050.8	25660.7	25515.6	42.9	
26	6.423665	6.423772	6096.4	5815.1	23935.1	21657.3	38.9	
27	6.424011	6.424064	5852.3	5852.4	23797.5	25488.3	44.3	
28	6.424064	6.423984	5911.6	5960.9	24038.7	24364.3	42.6	
29	6.423825	6.423904	5716.9	5763.1	24107.9	23315.8	44.3	

表 4: 真空引きでの周波数の変化

BPM	ポート	大気中 (GHz)	真空中 (GHz)	差 (MHz)
2006-No.13	A-C	6.422629	6.424995	2.366
	B-D	6.422709	6.425130	2.421
2007-No.22	A-C	6.423772	6.426255	2.483
	B-D	6.423825	6.426300	2.475