

振動問題[主空洞]

2014/12/19

加6 佐藤昌史

マイクロフォニックス

- 9セル空洞に機械振動が乗るとチューニングが揺らいでしまう。
- LLRFで加速電圧、位相を制御している。
- High-Q運転に対応する時は機械振動は抑制した方がよい。
- 周辺の振動状態はどうなっているか？
- マイクロフォニックスに影響する振動は何か？

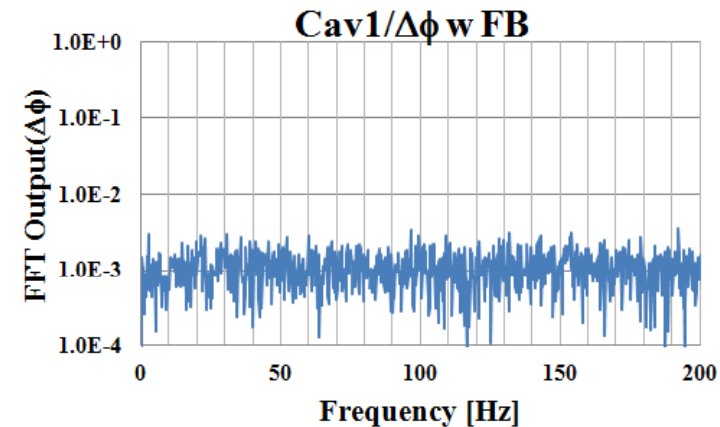
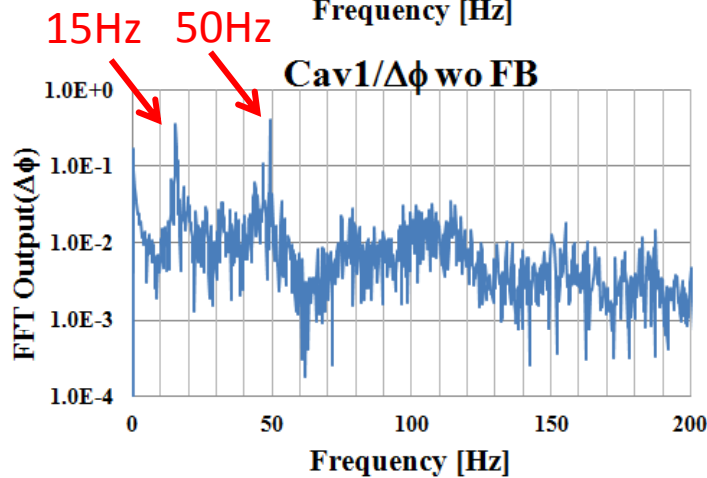
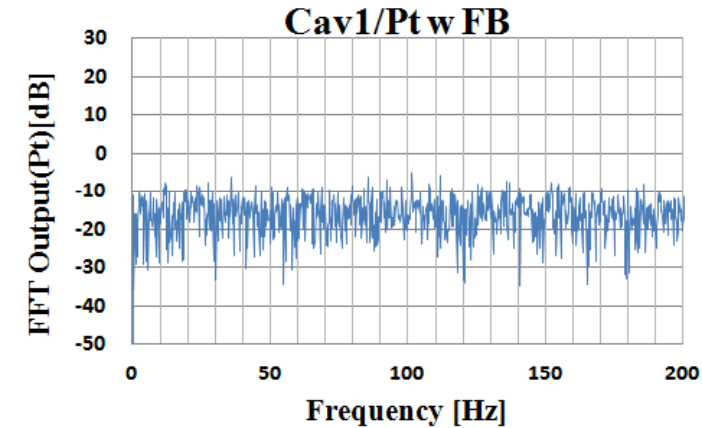
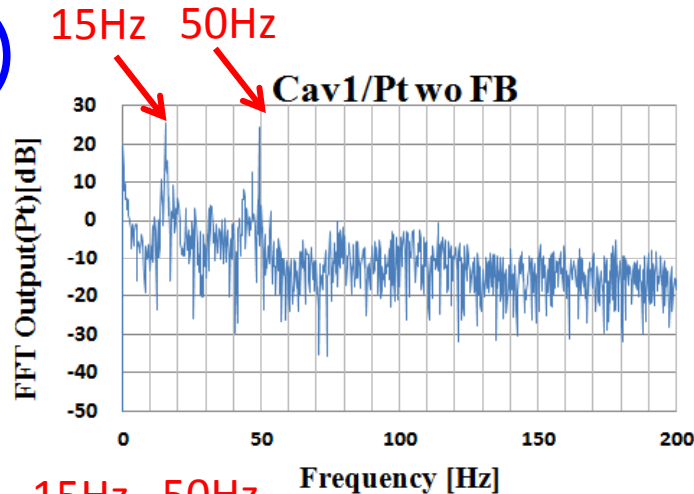
報告内容

- cERL運転中のマイクロフォニクスデータ
- 空洞単体の振動測定(9セル空洞の固有振動)
- クライオモジュール冷却時の振動測定
 - ピエゾによる測定 → 空洞の機械的振動
 - RF信号(Pt)による測定 → 加速電圧の揺らぎ
- 床及びクライオモジュール本体の振動測定
- 測定結果のまとめ
- 50Hzはどこが振動しているか。

ML1:マイクロフォニックス(LLRF)

Data by Qiu-san
March 2014

①



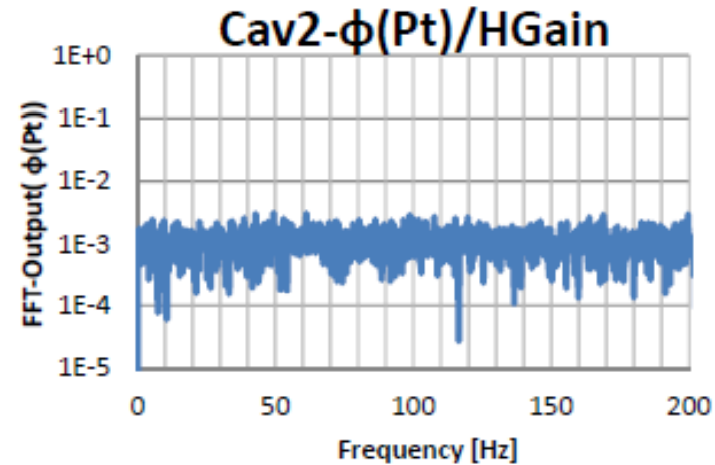
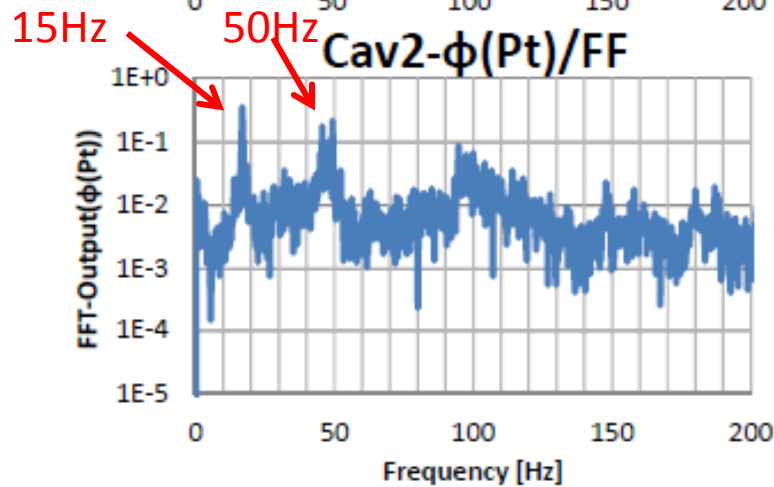
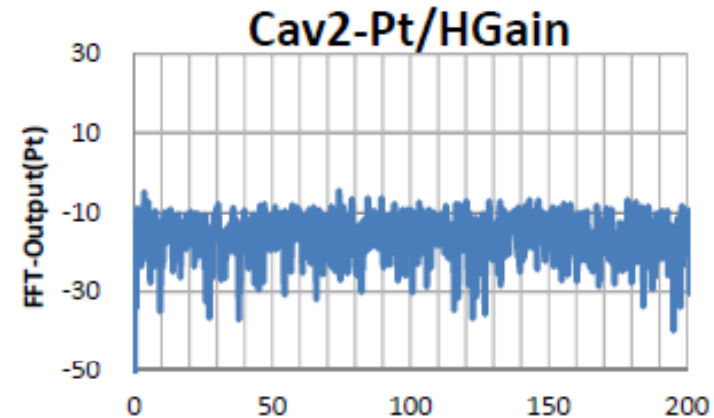
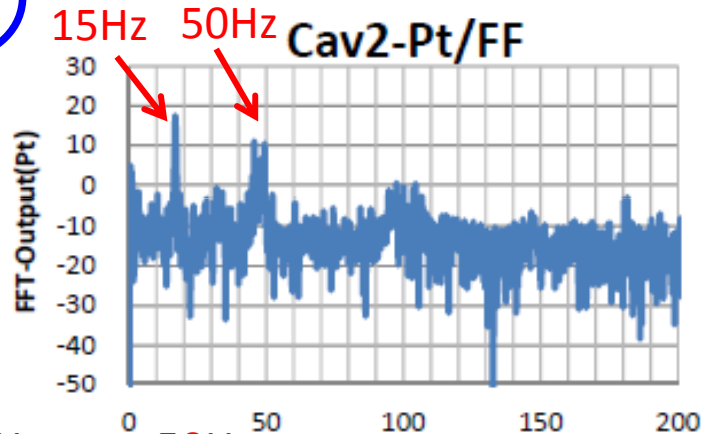
15Hz and 50Hz are dominant, and 31Hz, 53Hz, 74Hz, 78Hz, 86Hz, 97Hz, 100Hz, 107Hz, 114Hz, 134Hz, 136Hz, 140Hz, 147Hz, 150Hz, 155Hz, 173Hz, 176Hz, 187Hz can be seen.

RF stability: Eacc 0.012%, ϕ 0.015°
(LLRF FB/ON, ML1)

ML2:マイクロフォニックス(LLRF)

Data by Qiu-san
March 2014

①



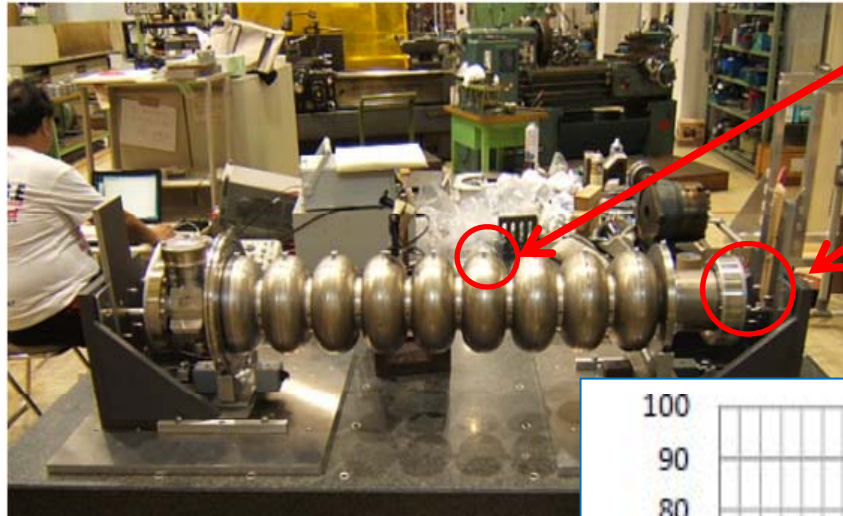
- ・15Hz, 50Hzが大きい。
- ・FBにより電圧、位相ともに安定

RF stability: Eacc 0.012%, ϕ 0.015°
(LLRF FB/ON, ML2)

②

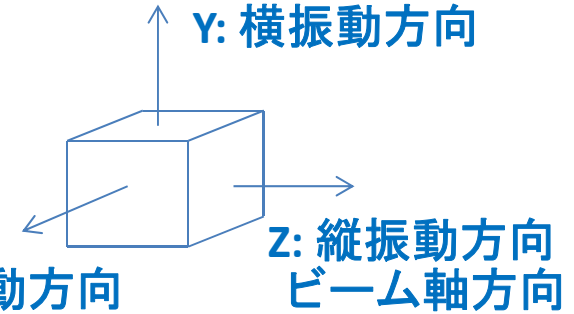
空洞単体試験(第二工作棟)

2012年5月

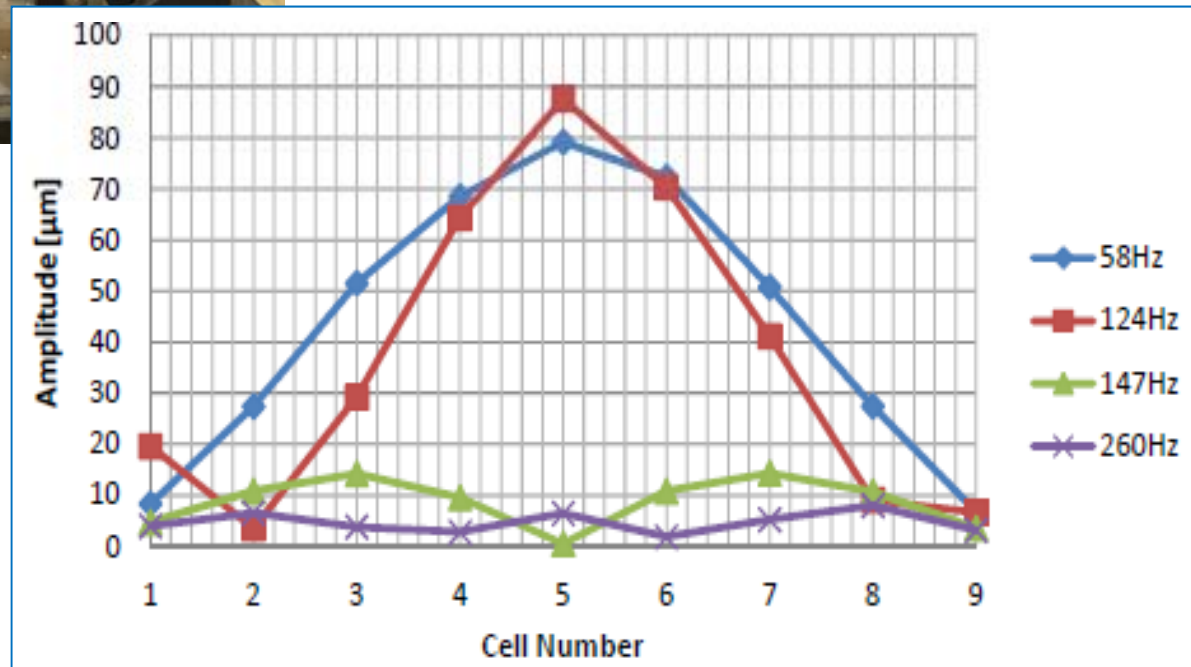


10mm角Al - cube

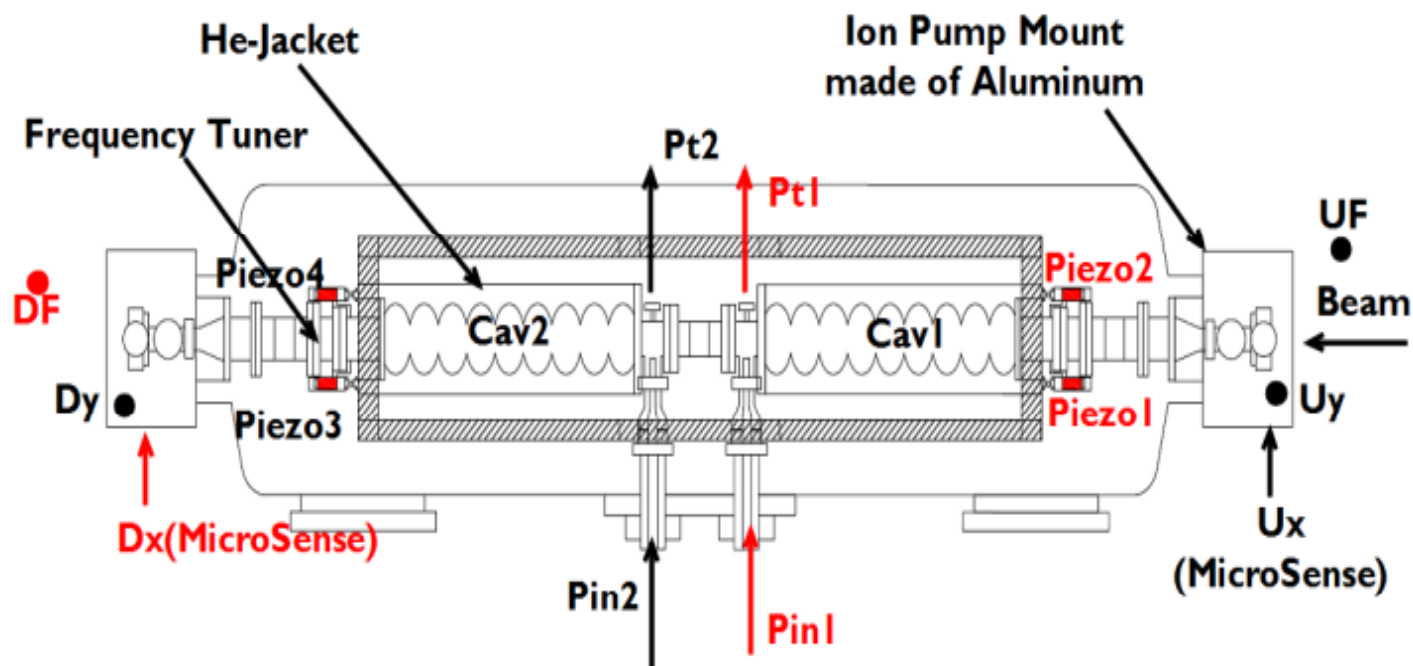
Piezo



Mode	Frequency
横 - f1	58Hz
縦 - f1	124Hz
横 - f2	147Hz
横 - f3	260Hz



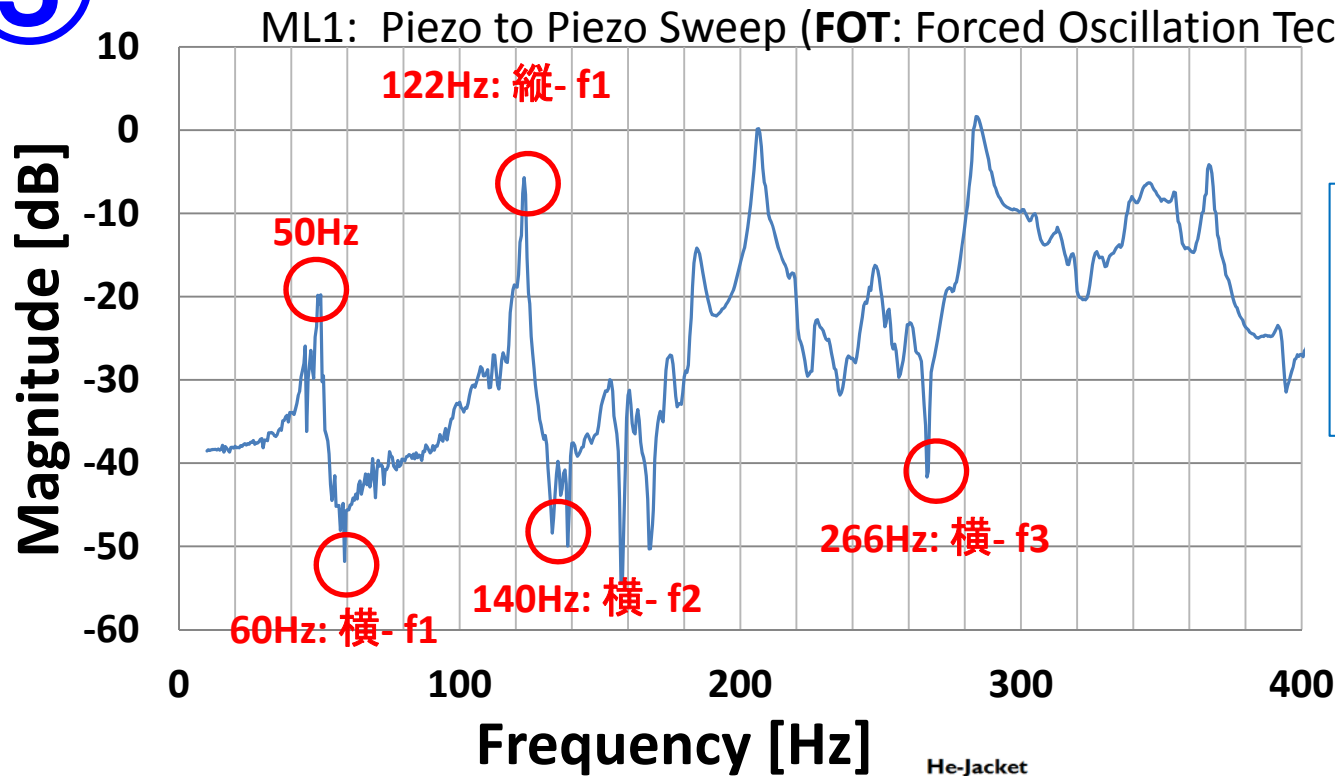
CM設置後の振動測定



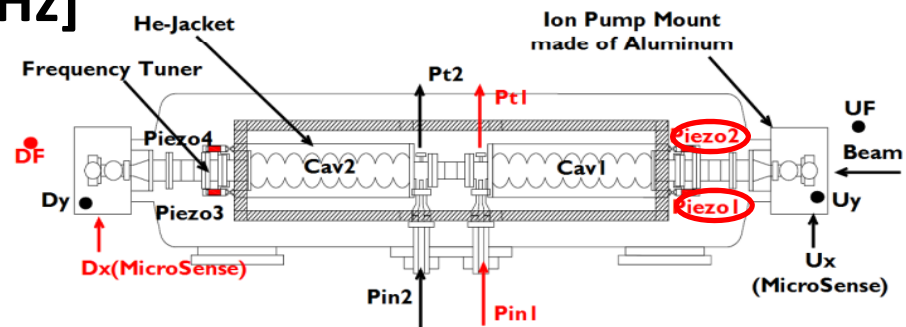
1. Piezo駆動 Piezoセンサによる強制振動法
 2. Piezoセンサによる振動測定(FFT)
 3. 低電力RF信号による信号測定(FFT)
 4. 低電力RF信号によるPiezo駆動による強制振動法
 5. 床とクライオモジュールの振動測定(FFT, 容量系距離計を使用)
- } 空洞と周辺の機械振動
- } 加速電圧の揺らぎ

Piezo駆動、Piezoセンサ強制振動法

3

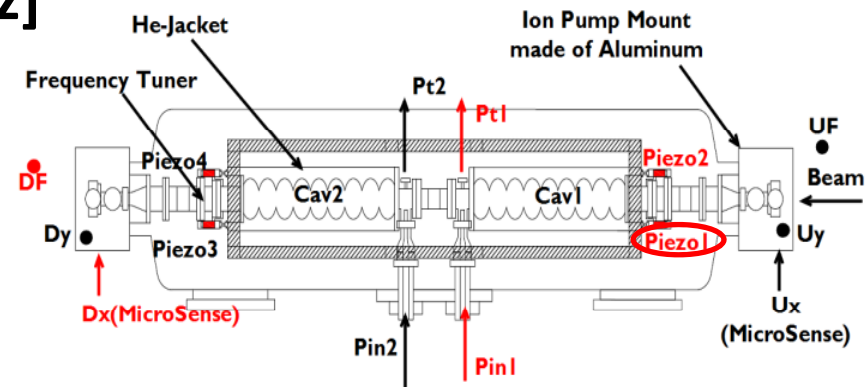
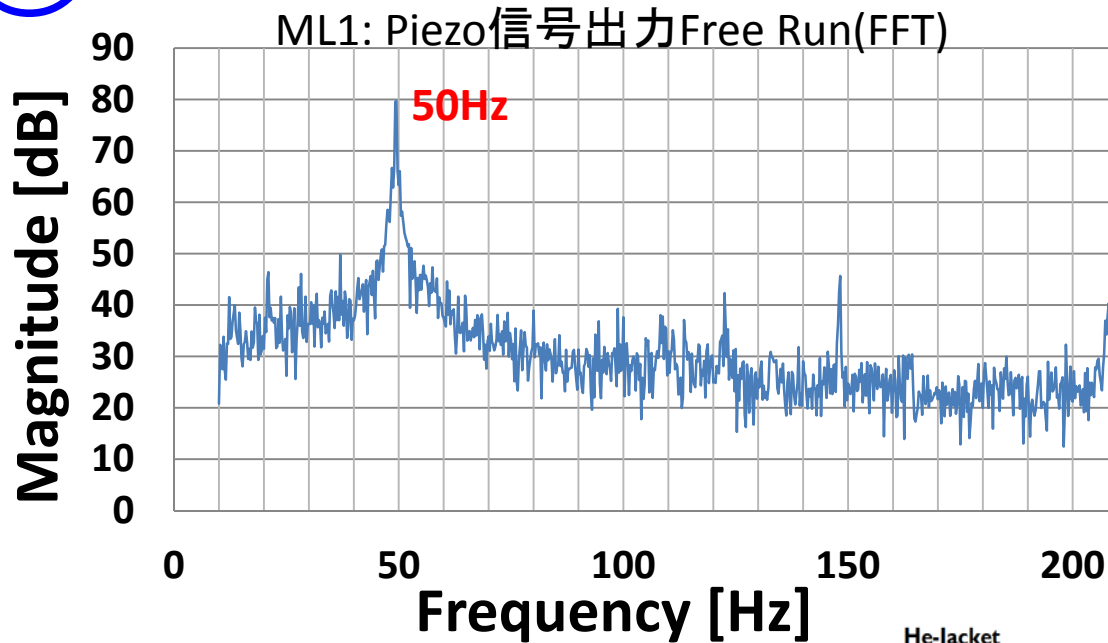


50Hzのマイクロフォニックスが見えているのと、空洞単体の固有振動も見えている。



Piezoセンサによる振動測定(FFT)

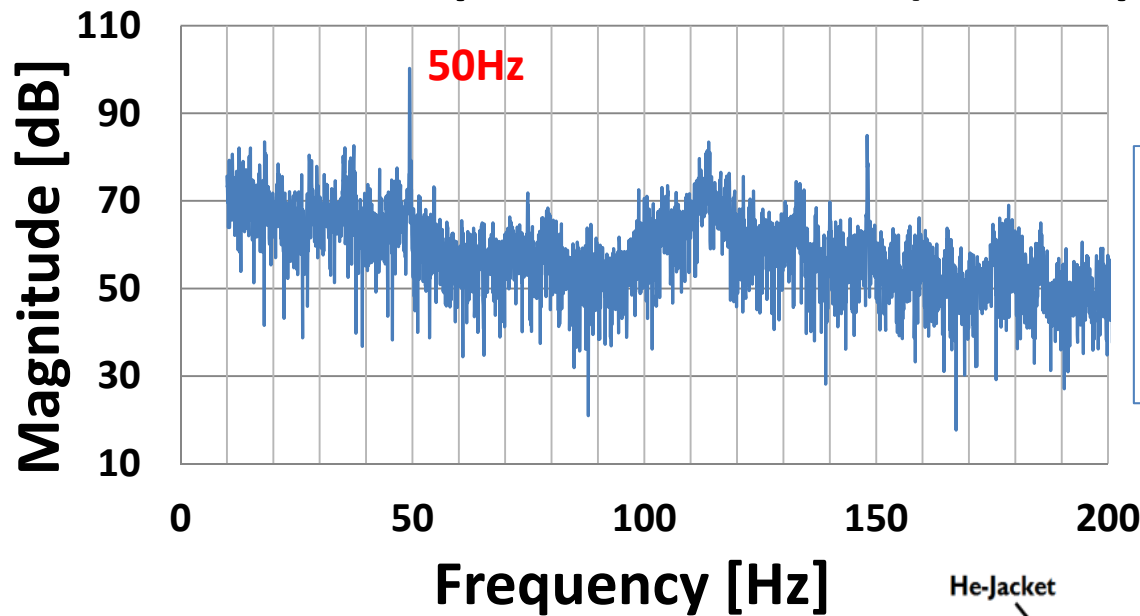
4



RF信号による振動測定(FFT)

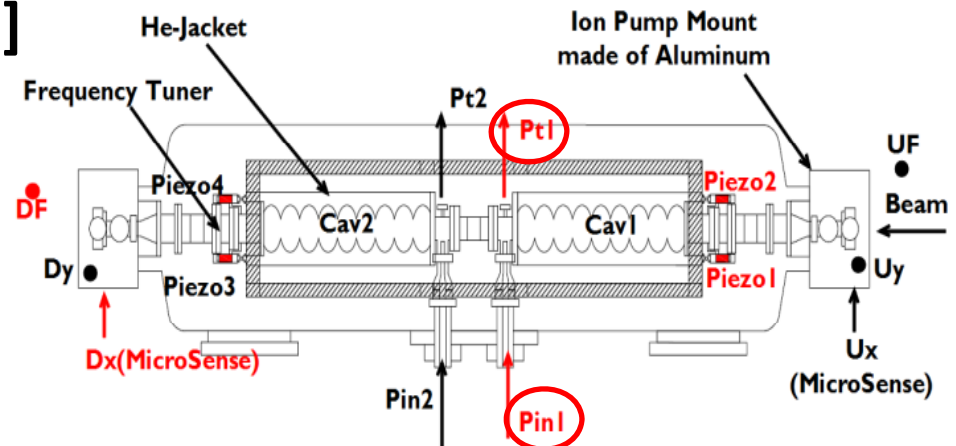
5

位相差 ϕ Free runのFFT (Free - ϕ)



ϕ : Pin - Ptの位相差

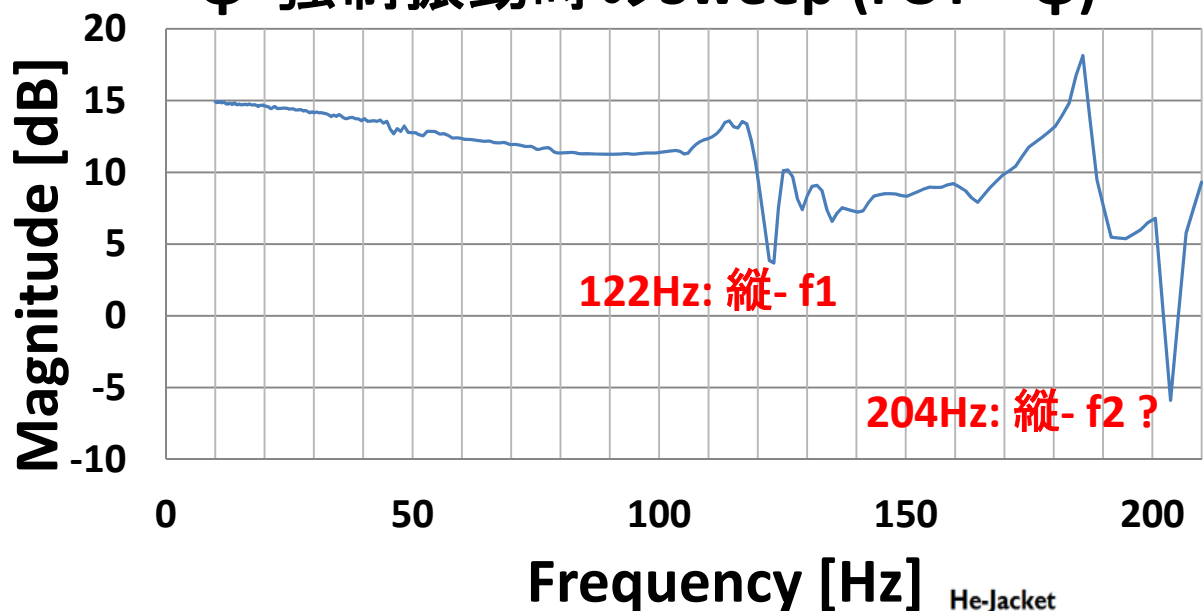
15Hzは見えず、50Hzしか見えていない。低温時にPin-Ptの位相差なのでLLRFの条件と変わらないはず。



強制振動法によるRF信号揺らぎ

⑥

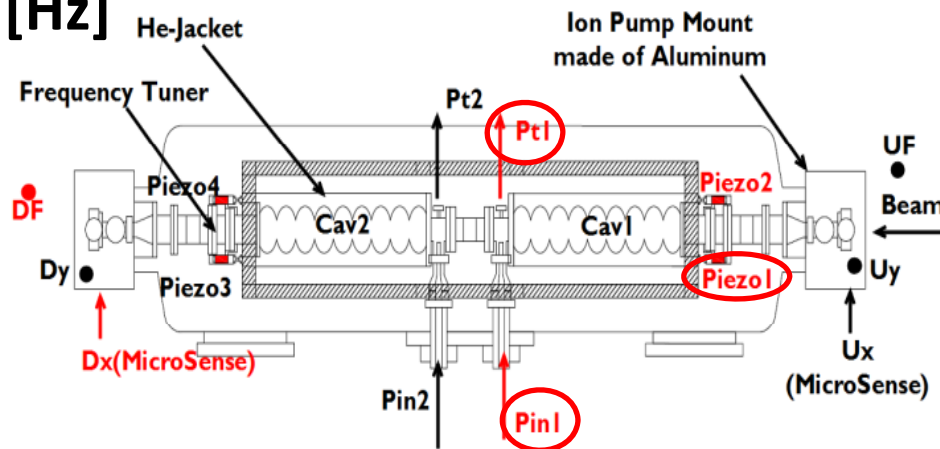
φ 強制振動時のSweep (FOT - φ)



φ: Pin - Ptの位相差

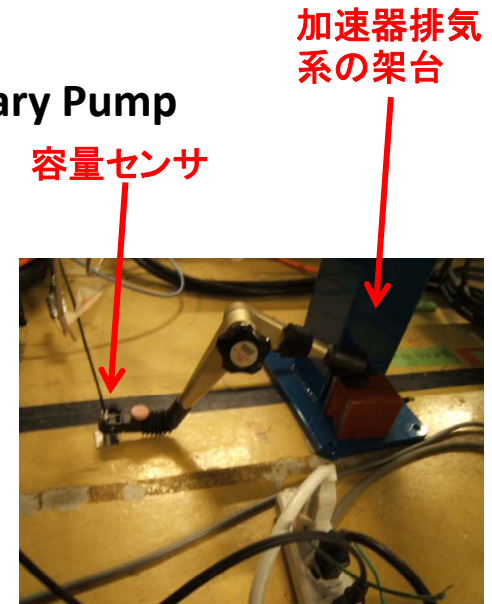
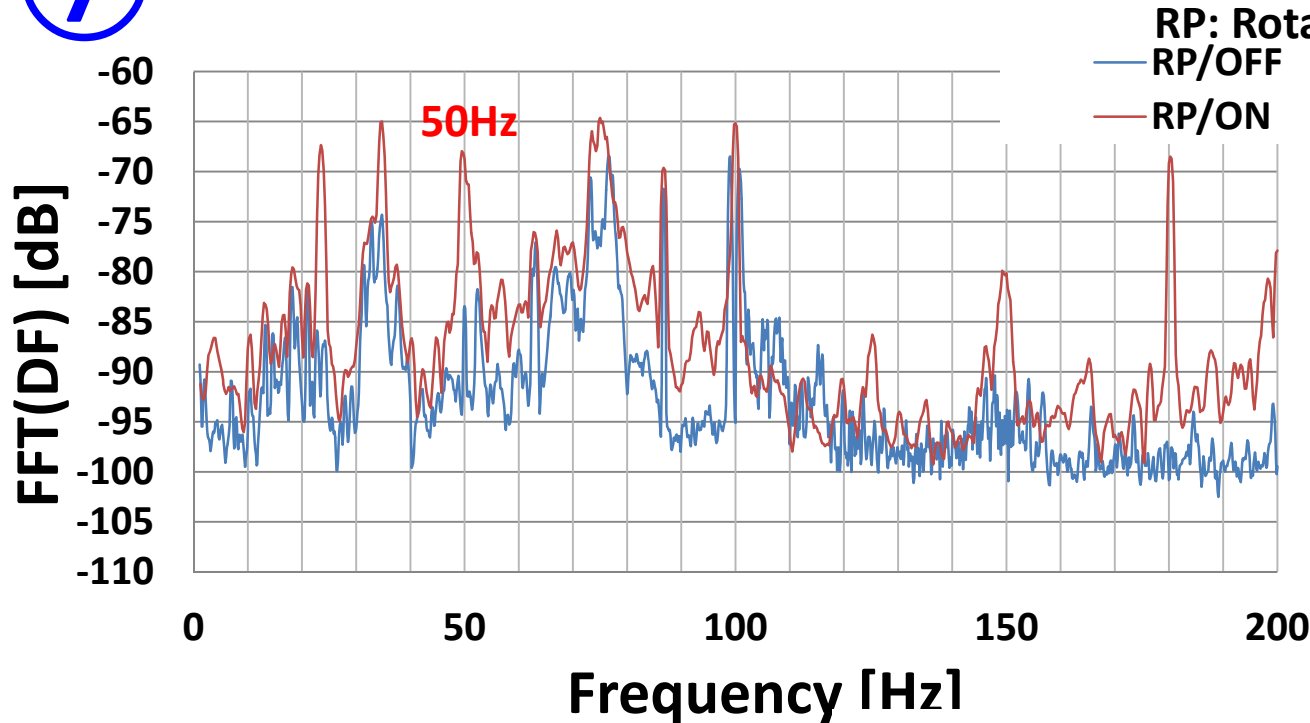
強制振動を掛けると空洞単体の縦方向の固有振動しか見えなくなる。Piezo to Piezoの強制振動時も空洞の固有振動が見えていた。

Frequency [Hz]



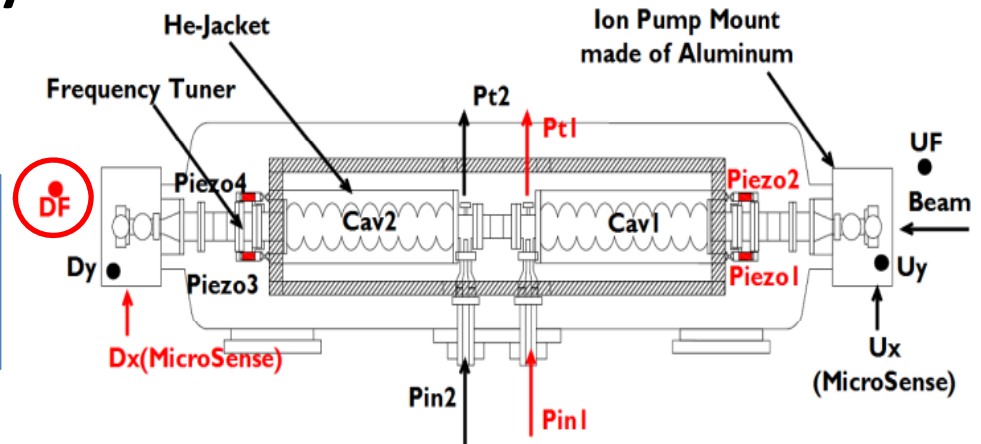
床の振動(FFT)

7

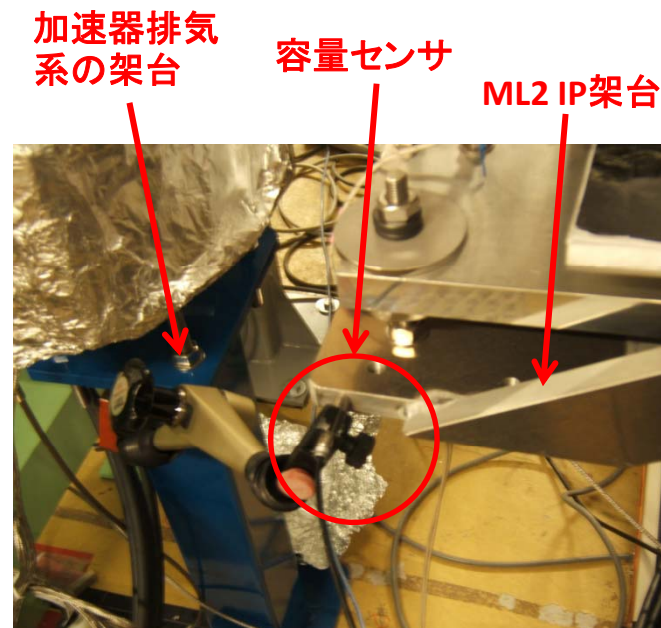
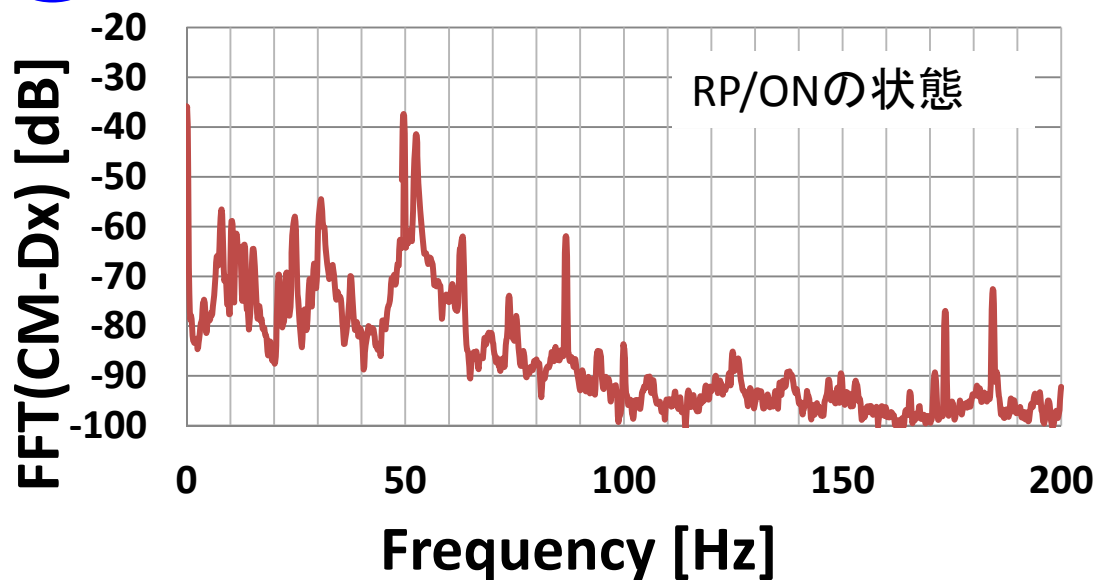


13Hz, 18Hz, 24Hz, 35Hz, 50Hz, 57Hz, 67Hz, 75Hz, 87Hz, 100Hz, 125Hz, 135Hz, 150Hz, 165Hz, 180Hz.

ロータリーポンプ(RP)のON/OFFにより50Hzが励起されており、マイクロフォニックスの原因の一つとして疑われる。

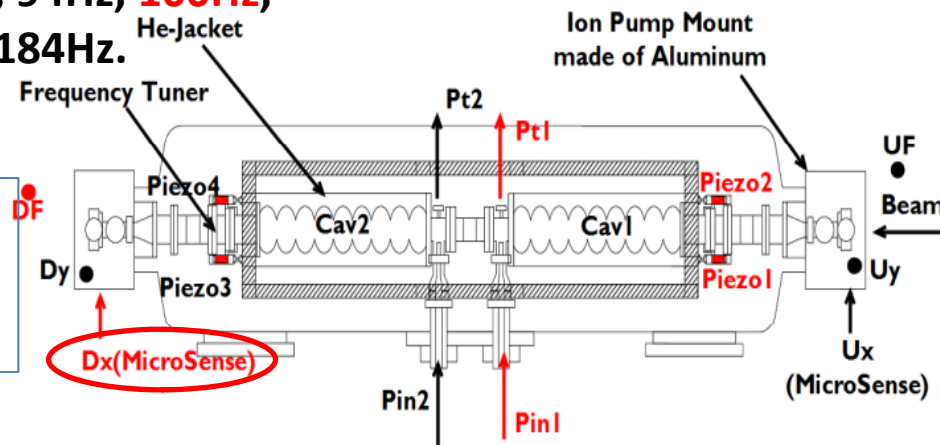


⑧ クライオモジュール水平方向(FFT)



8Hz~12Hz, 24Hz, 30Hz, 50Hz, 63Hz, 74Hz, 94Hz, 100Hz, 125Hz, 137Hz, 150Hz, 165Hz, 173Hz and 184Hz.

50Hzに大きなピークがある他、8Hz~15Hzにも細かいピークが多く見られる。



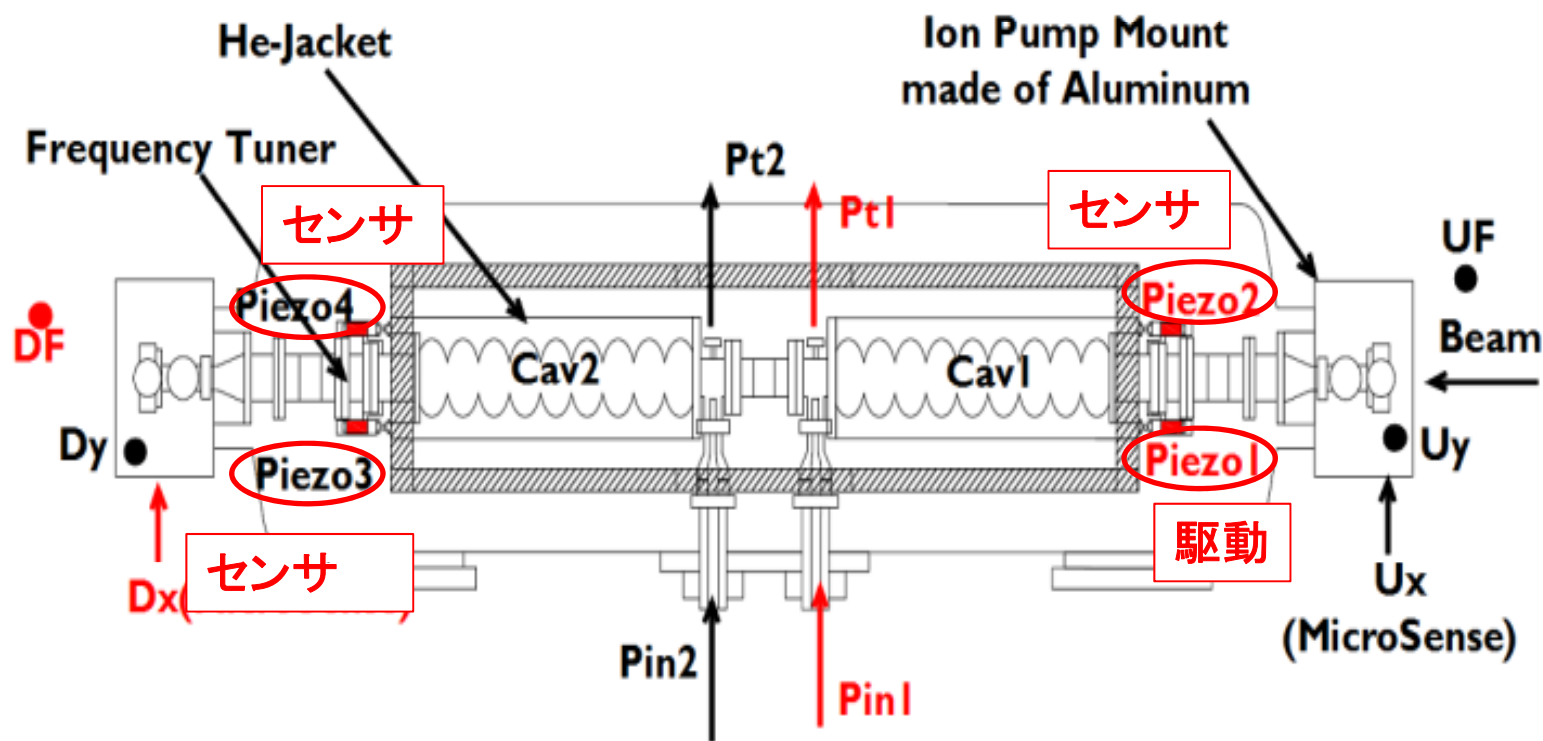
振動測定の結果[0Hz ~ 200Hz]

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
	LLRF	Off Line	FOT	Free	Free- ϕ	FOT- ϕ	Floor	CM
[Hz]	Fig1	Fig3	Fig5	Fig6	Fig7	Fig8	Fig9	Fig10
10~15	◎	×	×	○		×	○	○
18~24	×	×	×	○	○	×	○	○
25~30	×	×	×	○	○	×	○	○
35~37	×	×	×	○	○	×	○	○
50	◎	×	○	○	○	×	○	○
58	×	○	×	×	×	×	×	×
63	×	×	×	×	×	×	×	○
74~78	○	×	×	×	×	×	○	○
87	×	×	×	×	×	×	○	○
94	○	×	×	×	×	×	×	○
100	○	×	×	○	×	×	○	○
110~115	×	×	×	○	○	○	×	×
122~124	×	○	○	○	×	×	○	×
132	×	×	×	×	○	×	×	×
147	○	○	×	○	×	×	×	×
150	○	Unknown	×	×	○	×	○	×
173	×	Unknown	×	×	×	×	×	○
178~180	○	Unknown	×	×	○	×	×	○
184~186	○	Unknown	×	×	○	○	×	○

15Hz, 50Hzは何が振動しているか？

- 15Hzは調査中
- 50Hzは5Kフレームの振動

室温時54Hzのモード確認



一つのピエゾを駆動し強制振動を掛ける。そして、3つのセンサピエゾ信号の位相を調べた。

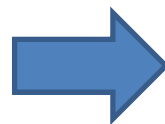
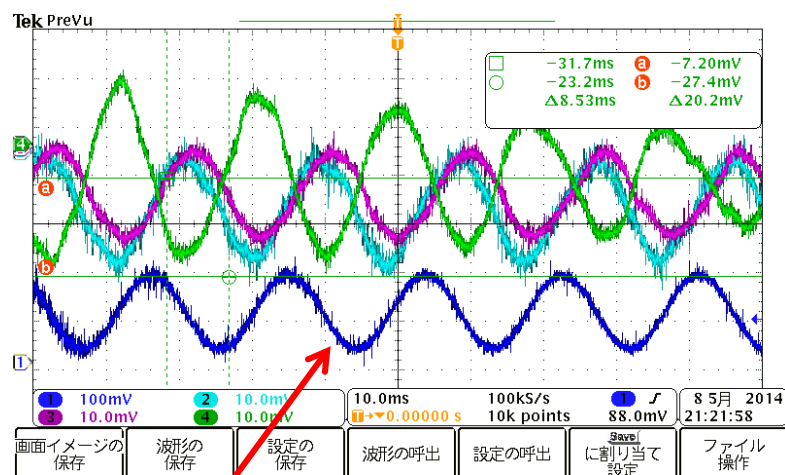
Piezo1駆動の時のモード変換

Piezo2

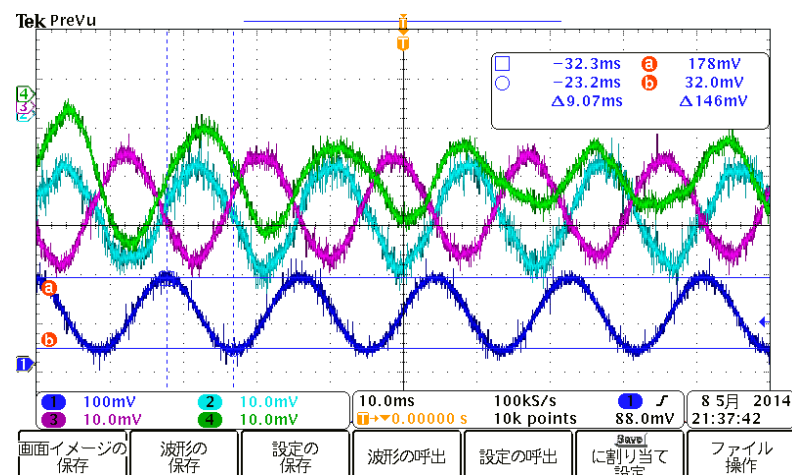
Piezo3

Piezo4

53.2Hz

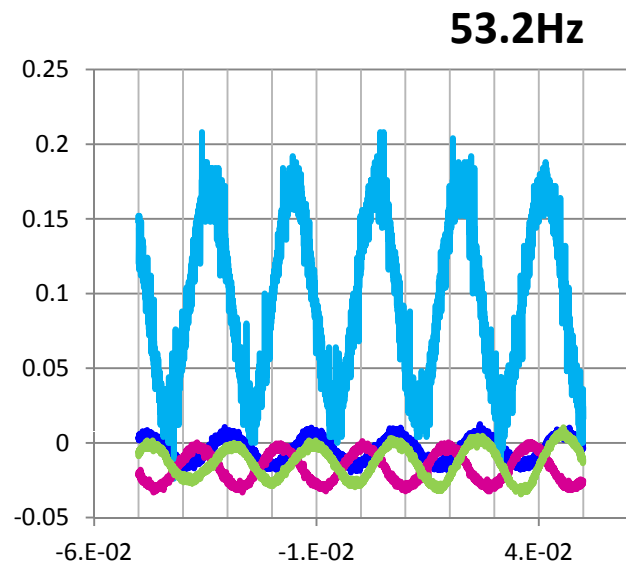


54.7Hz

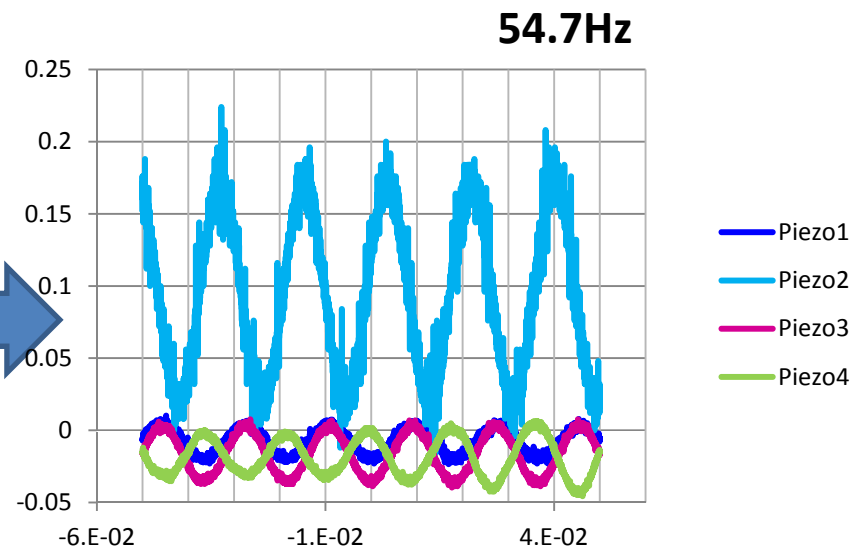
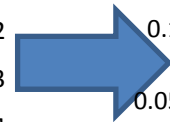


Piezo1: Drive

Piezo2駆動の時のモード変換



— Piezo1
— Piezo2
— Piezo3
— Piezo4



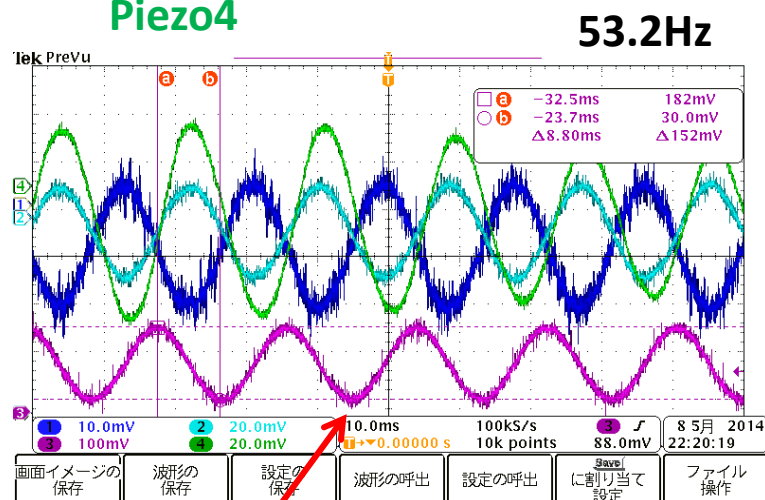
— Piezo1
— Piezo2
— Piezo3
— Piezo4

Piezo3駆動の時のモード変換

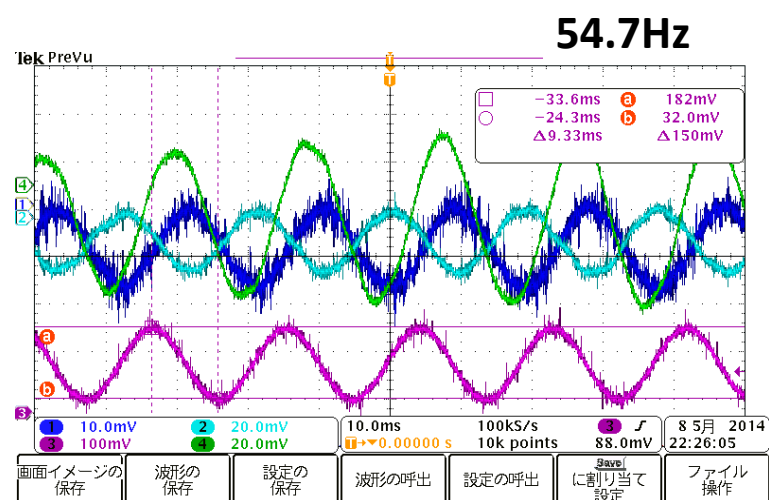
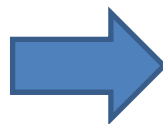
Piezo1

Piezo2

Piezo4



Piezo3: Drive

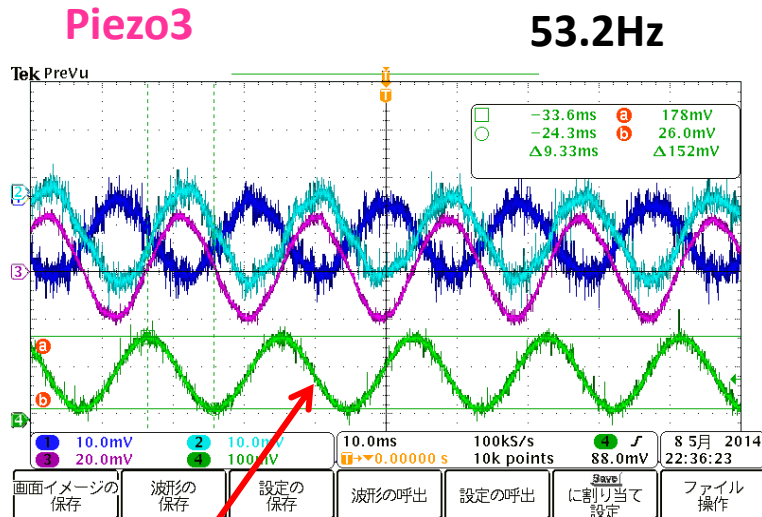


Piezo4駆動の時のモード変換

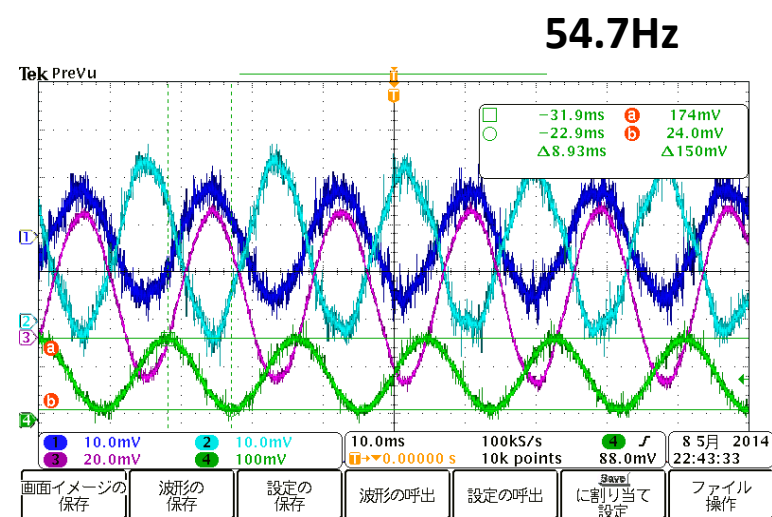
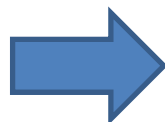
Piezo1

Piezo2

Piezo3

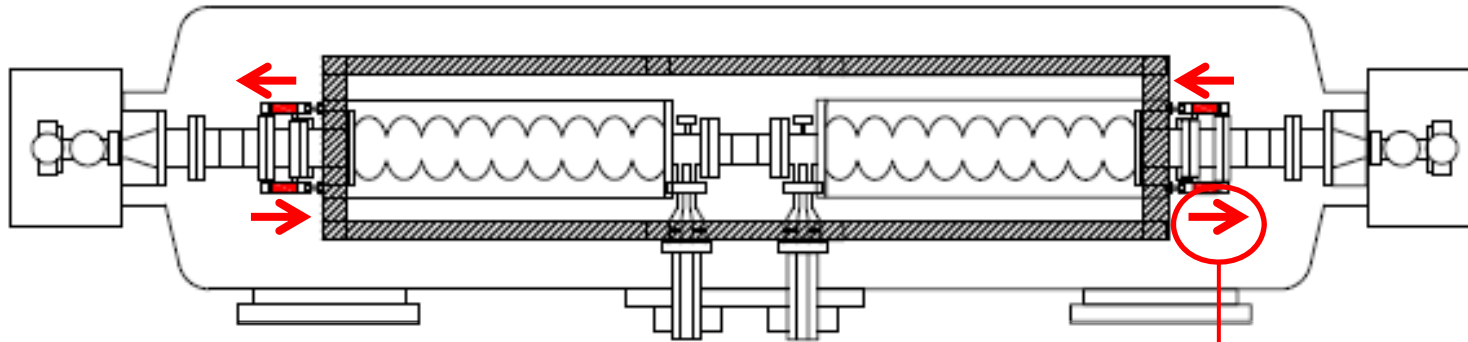


Piezo4: Drive



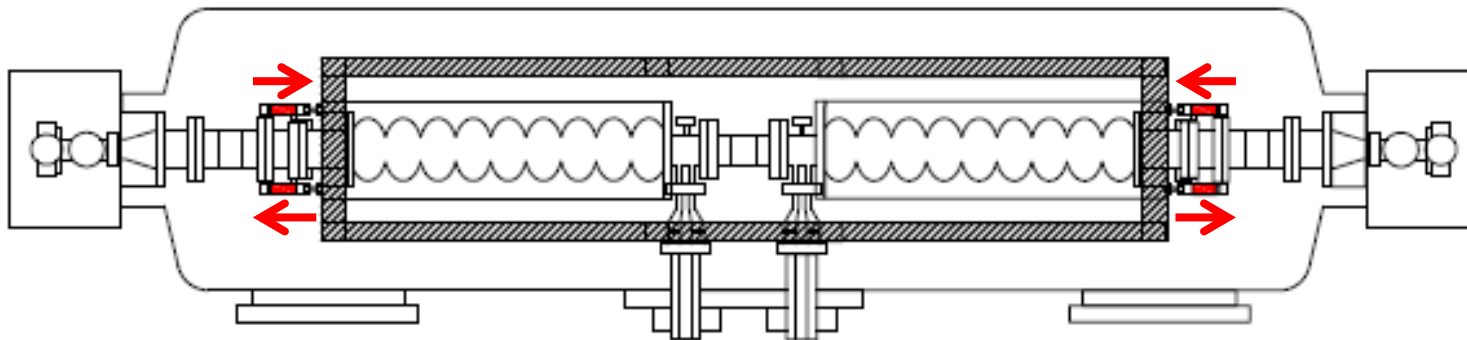
室温54Hz前後でモード変換

53.2Hz



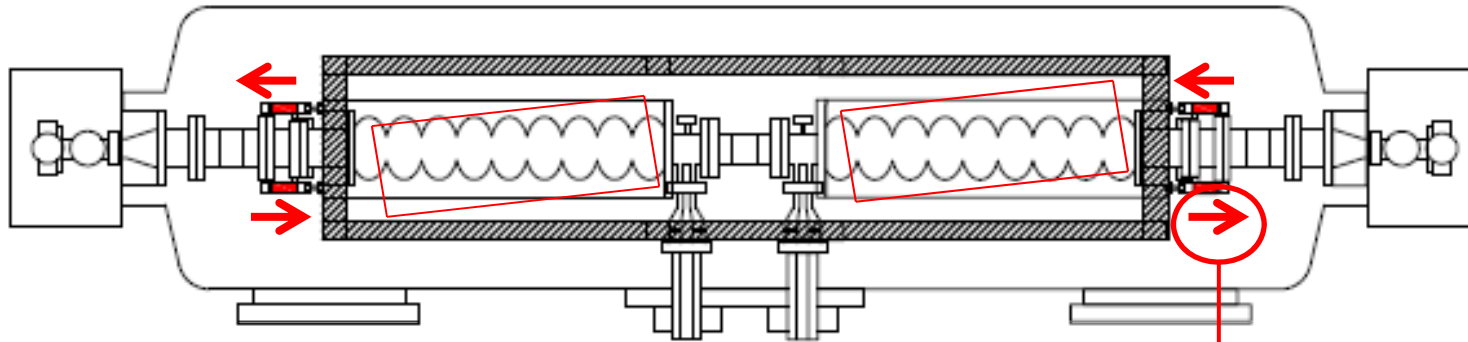
<注> 矢印はある時刻での
ピエゾの変位を示す

54.7Hz



室温54Hz前後でモード変換

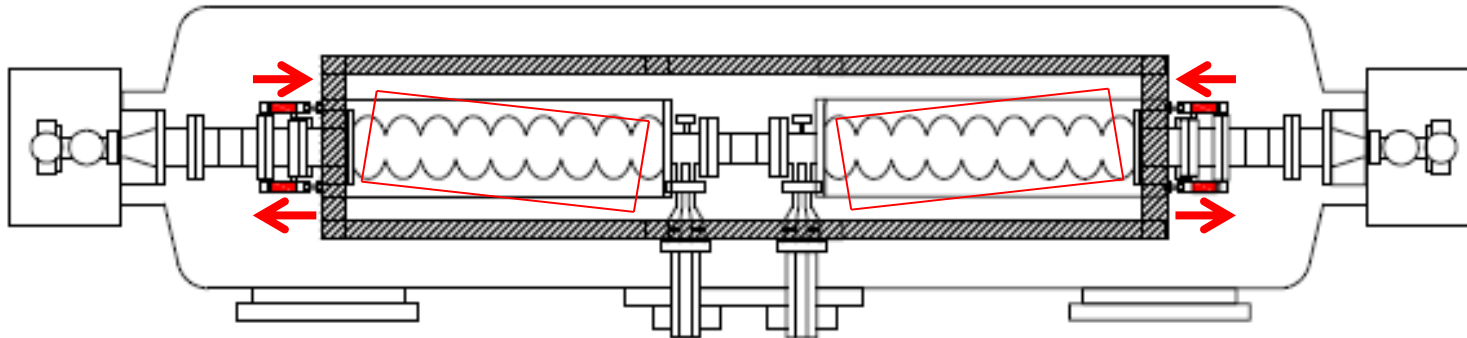
53.2Hz



<注> 矢印はある時刻での
ピエゾの変位を示す



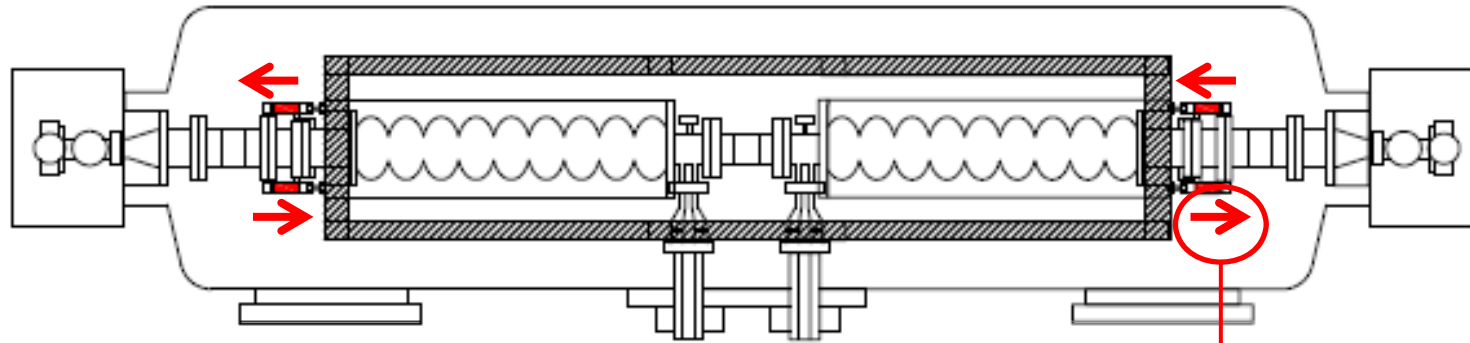
54.7Hz



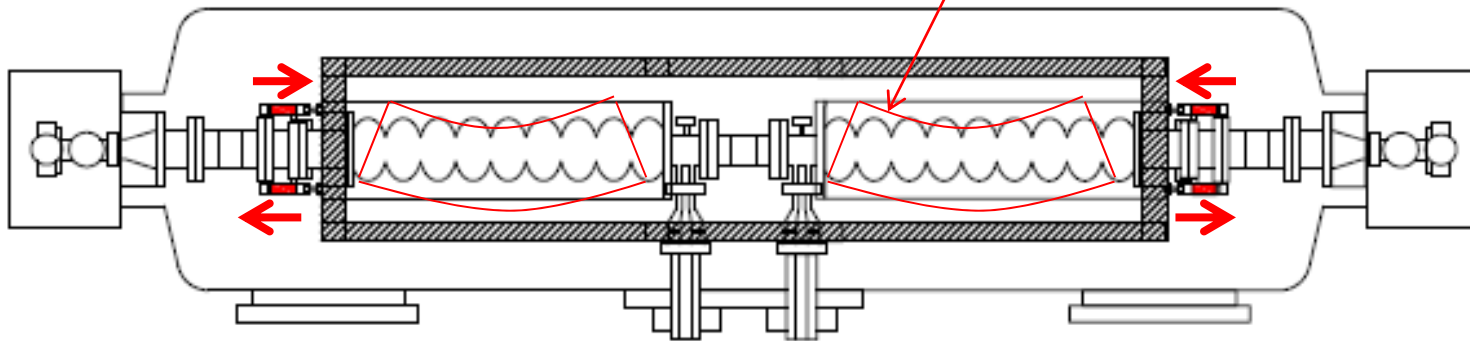
室温54Hz前後でモード変換

53.2Hz

54Hz付近には2空洞系からなる振動モードがあり、ロータリーポンプを振動源とする外乱により、このモードが励起されているようである。



54.7Hz



<注> 矢印は全てある時刻での Piezo の変位を示す

まとめ

- マイクロフォニックスは15Hz, 50Hzが大きい。
- 9セル空洞単体の固有振動はマイクロフォニックスに寄与していなかった。
- 9セル空洞以外の外乱により、マイクロフォニックスは生じていると考えられる。ロータリーポンプは原因の一つと考えられる。
- 50Hzは振動源はRPで、5Kフレームで連結された2空洞系が振動していると考えられる。15Hzは調査中である。