

# ホワイトニングフィルタ伝達関数の個 体値検査

2017/04/10

Takaaki Yokozawa

# イントロダクション

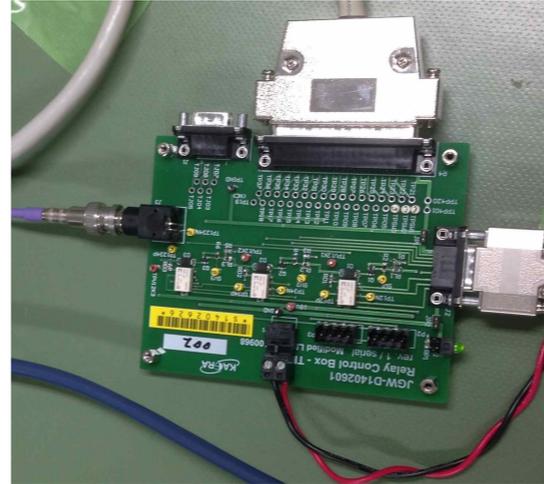
- ・ 先月、ホワイトニングフィルタ回路34枚のノイズ・伝達関数測定が完了した。
  - ・ 2014年度版4枚と2016年度版30枚
- ・ 伝達関数の個体値は、 $h(t)$ 再較正にダイレクトに影響がある可能性があるため、その調査を行った。
- ・ いくつか結果に対して議論を行いたい。

# measurement system

各所にレベル整合のための50Ω抵抗を配置

## - TF measurements

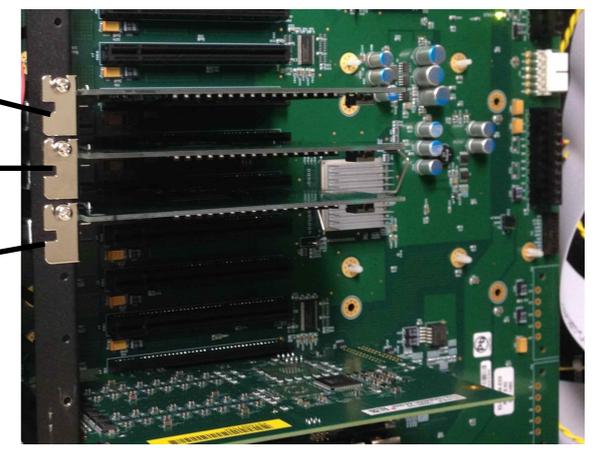
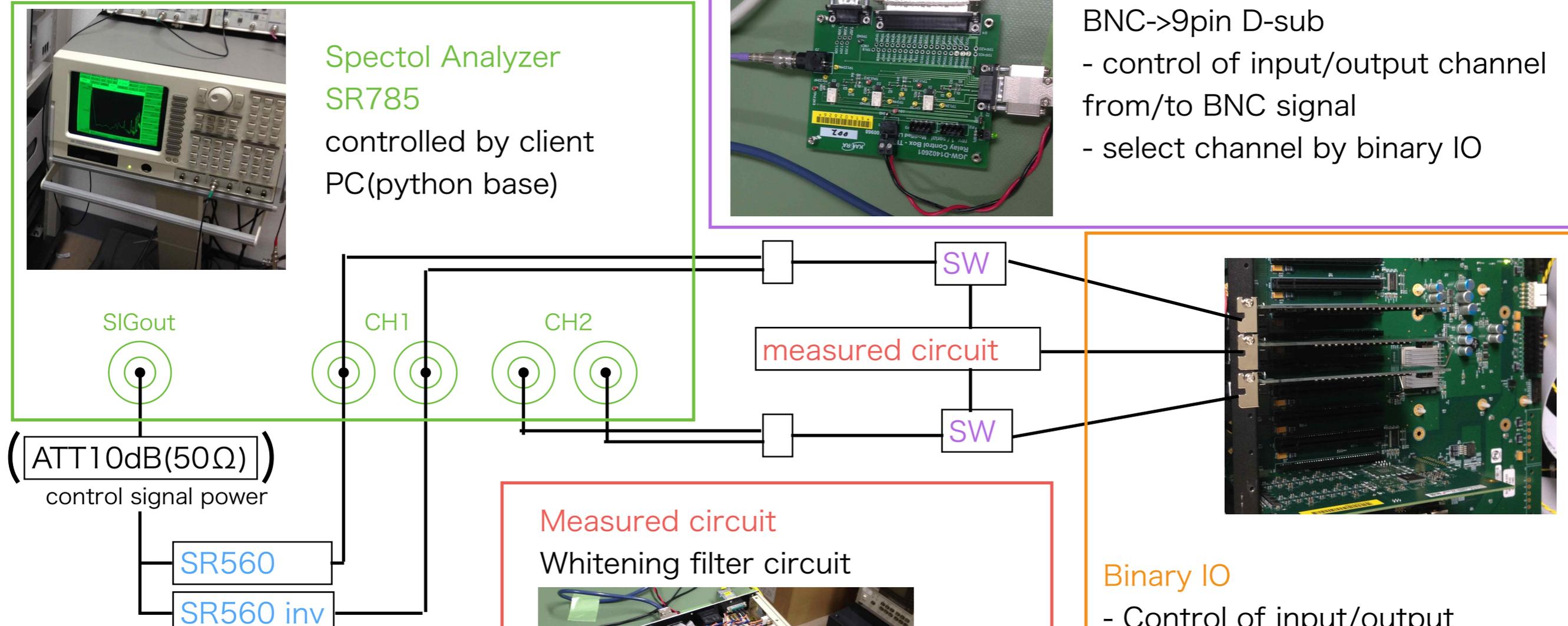
Spectol Analyzer  
SR785  
controlled by client  
PC (python base)



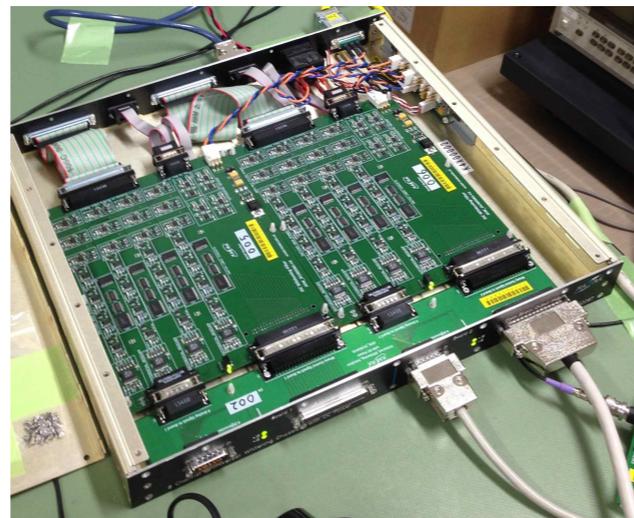
### Switching circuit (SW)

BNC->9pin D-sub

- control of input/output channel from/to BNC signal
- select channel by binary IO



Measured circuit  
Whitening filter circuit



### Binary IO

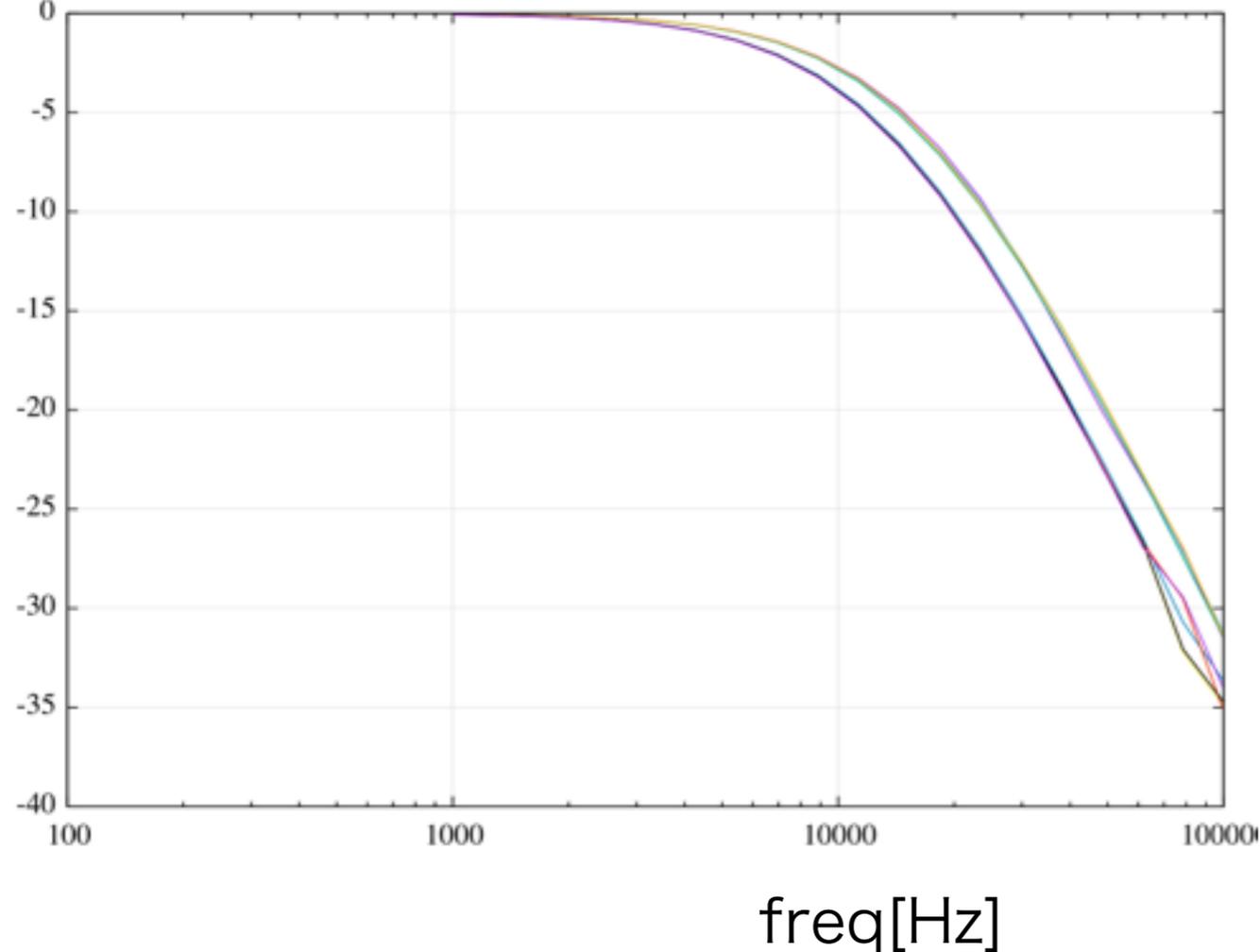
- Control of input/output channels of SW circuit
- Set configuration of Whitening filter and Coil Driver circuit
- Develop RTS and output from standalone PC

SR560 : make differential signal



# TF measurements result

gain[dB]



2014年回路

2016年回路(2016年版のほうが、高周波でのゲイン減少が大きい)

これは、100-1000000Hzの伝達関数のゲインを示している。

製造年度が2014年と2016年で高周波の振る舞いに変化している。

ここからは、2016年製造のホワイトニングフィルタに関して議論していく。

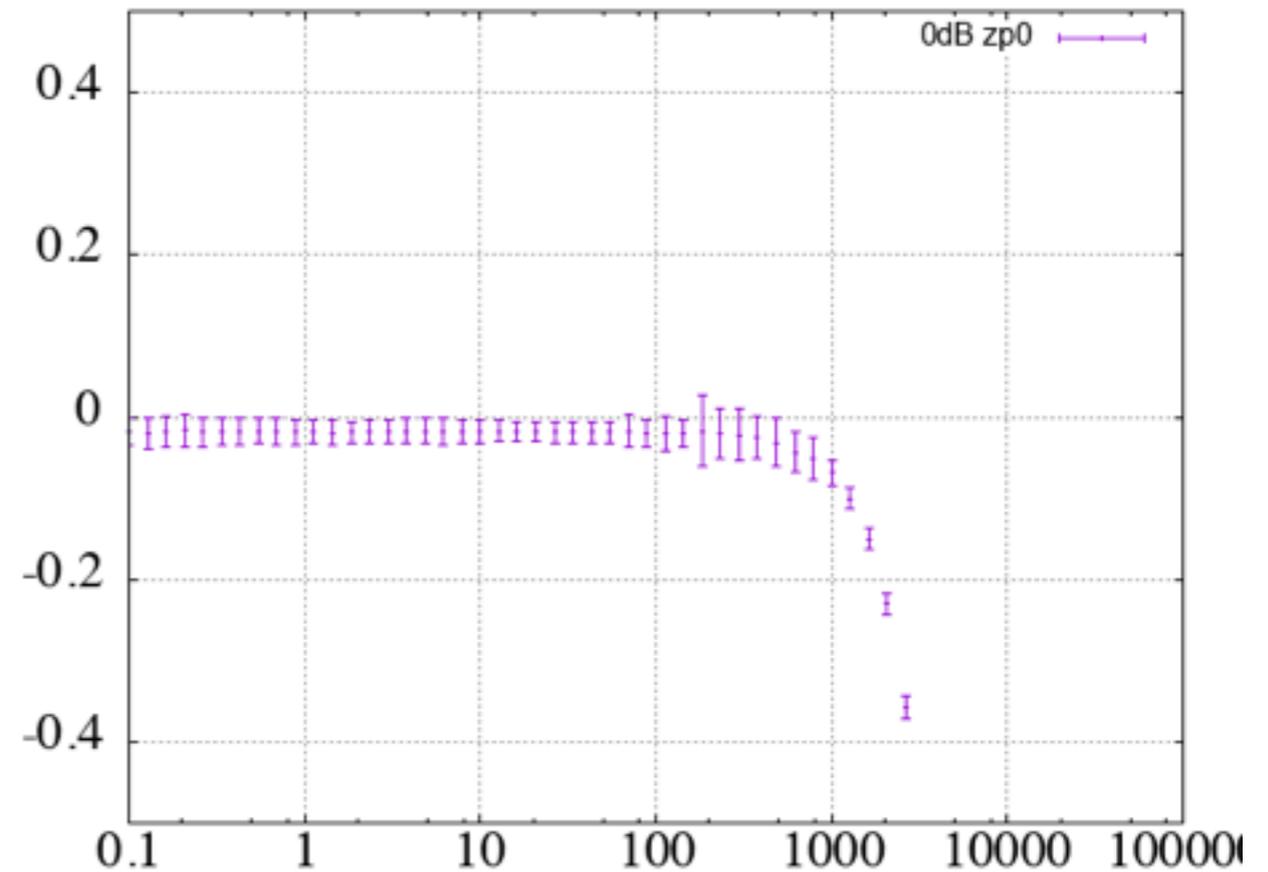
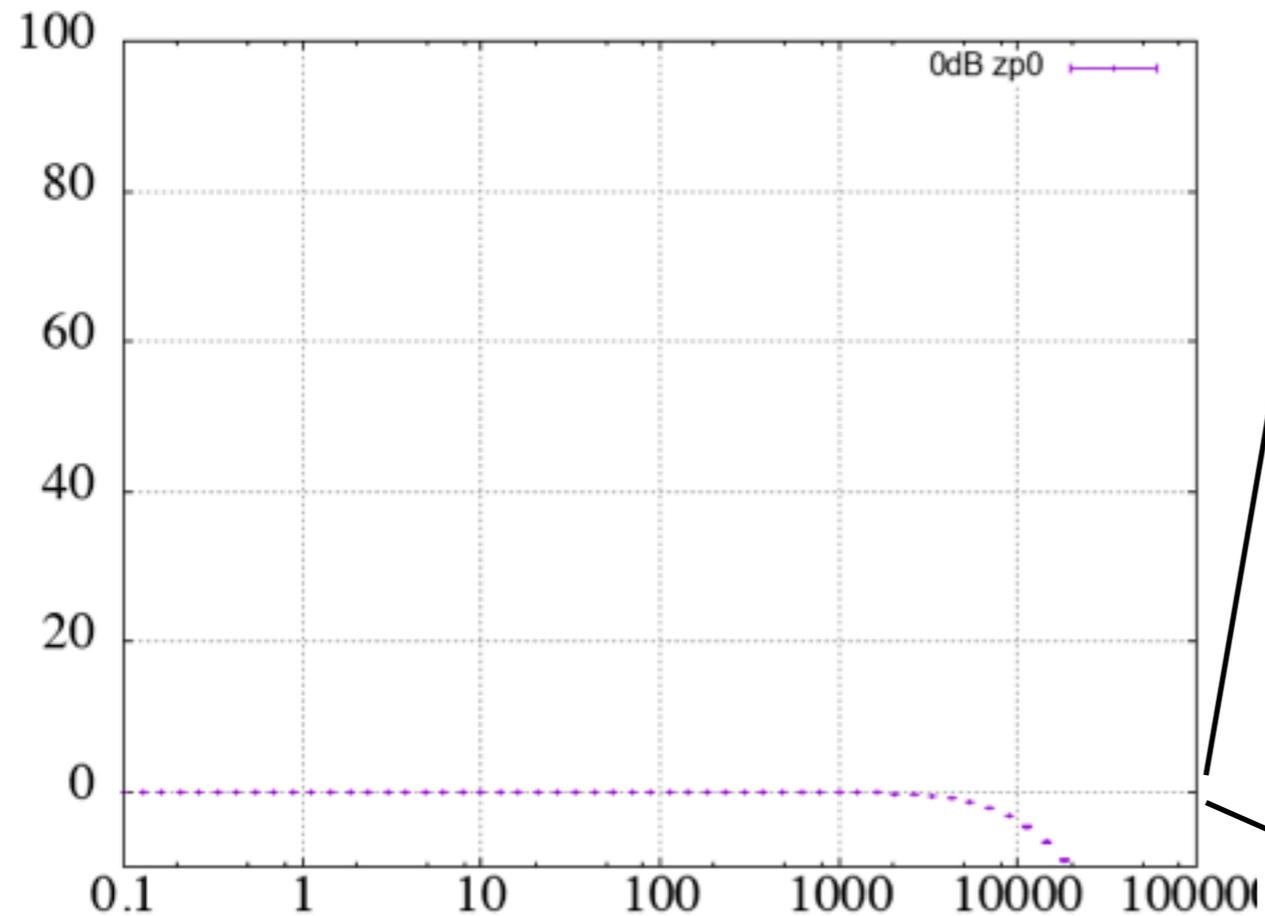


# purpose

- ・ 2017年1月から測定を始めたホワイトニングフィルタ回路30枚の伝達関数の個体値に関する解析と考察を行う。
  - ・ S160\*\*\*\*のシリアル番号が振られている回路(30枚)
- ・ ch1-4(4チャンネル)×30枚 = 120個の伝達関数の平均と分散を求める。
- ・ そのzero-poleのオーダー、ゲインのdependenceを評価する。
- ・ 個体値のふらつきから大きくそれている回路があった場合に報告する。
- ・ ゲインのふらつきはcalibrationで補正することは容易だが、伝達関数の形に個体値(周波数依存性)があった場合はかなり厄介なのでより考察が必要。

$$\text{mean} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x} \quad \text{variance} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 = \sigma^2$$

# result (1) gain:0dB, zero-pole 0th order



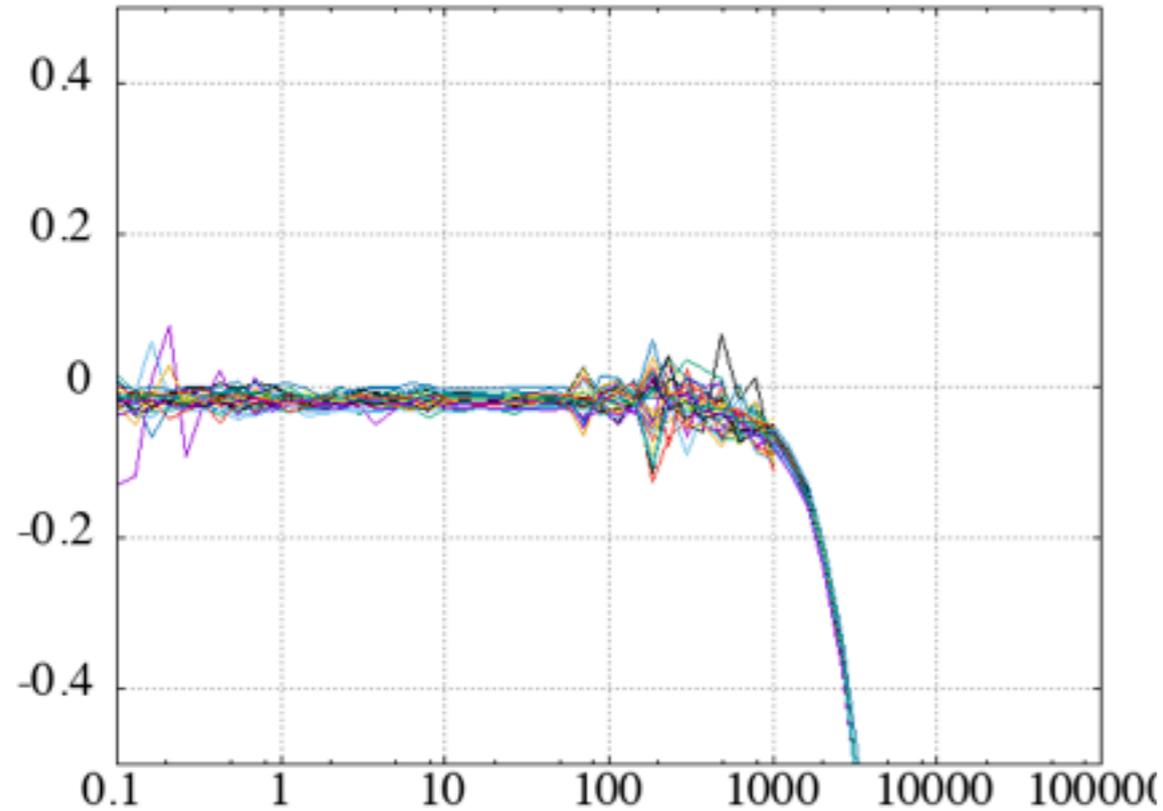
## 伝達関数のゲインを比較

平均と分散を比較してみるに、形の個体値はないように見え、ゲインの個体値は少しあるように見える。(ただし、0.02dB→0.2%程度)

100-1000Hzは分散が大きいようだが、低周波と高周波部分の分散の大きさには違いがないように見える。

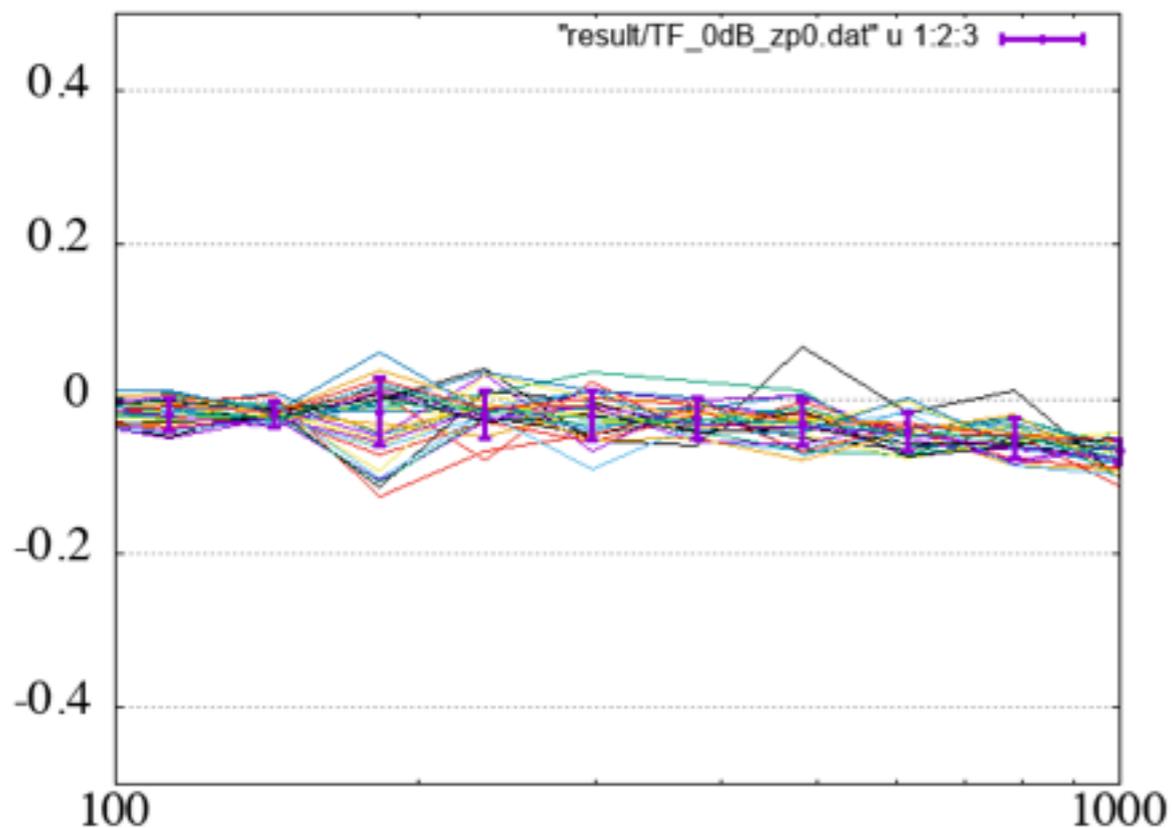
まずは、100-1000Hzをもう少し拡大してみる。

# result (1) gain:0dB, zero-pole 0th order



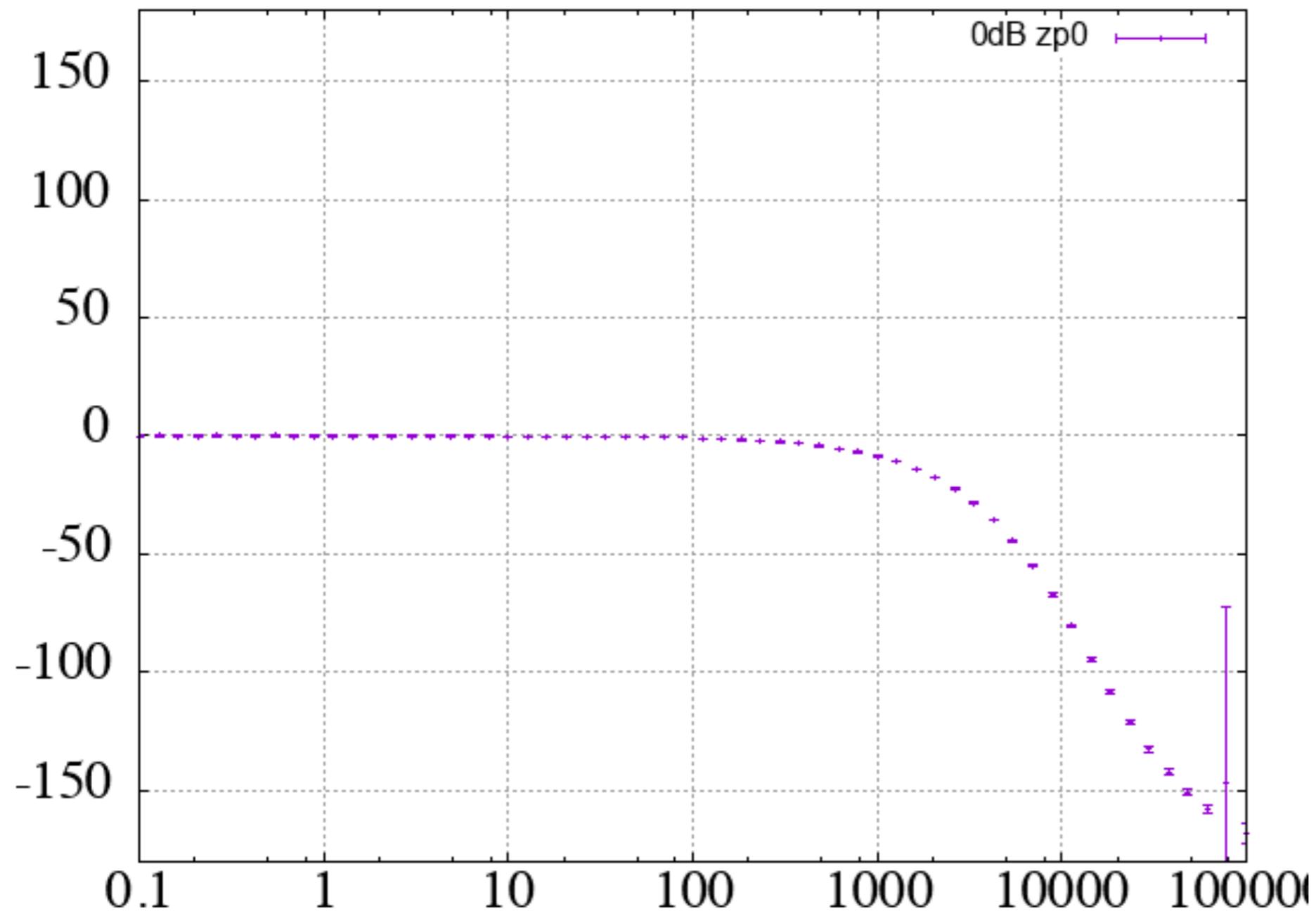
伝達関数のゲインを比較

1. (100-1000Hzは一様に分散が大きいが、特に)180Hzの分散が目立つ。測定環境によるものなのか、回路自身の特性なのかは調査が必要。回路の問題なら180Hz付近の物理現象に注意が必要になる可能性が高くなる(BH-BHのリングダウンと一致する可能性がある。)



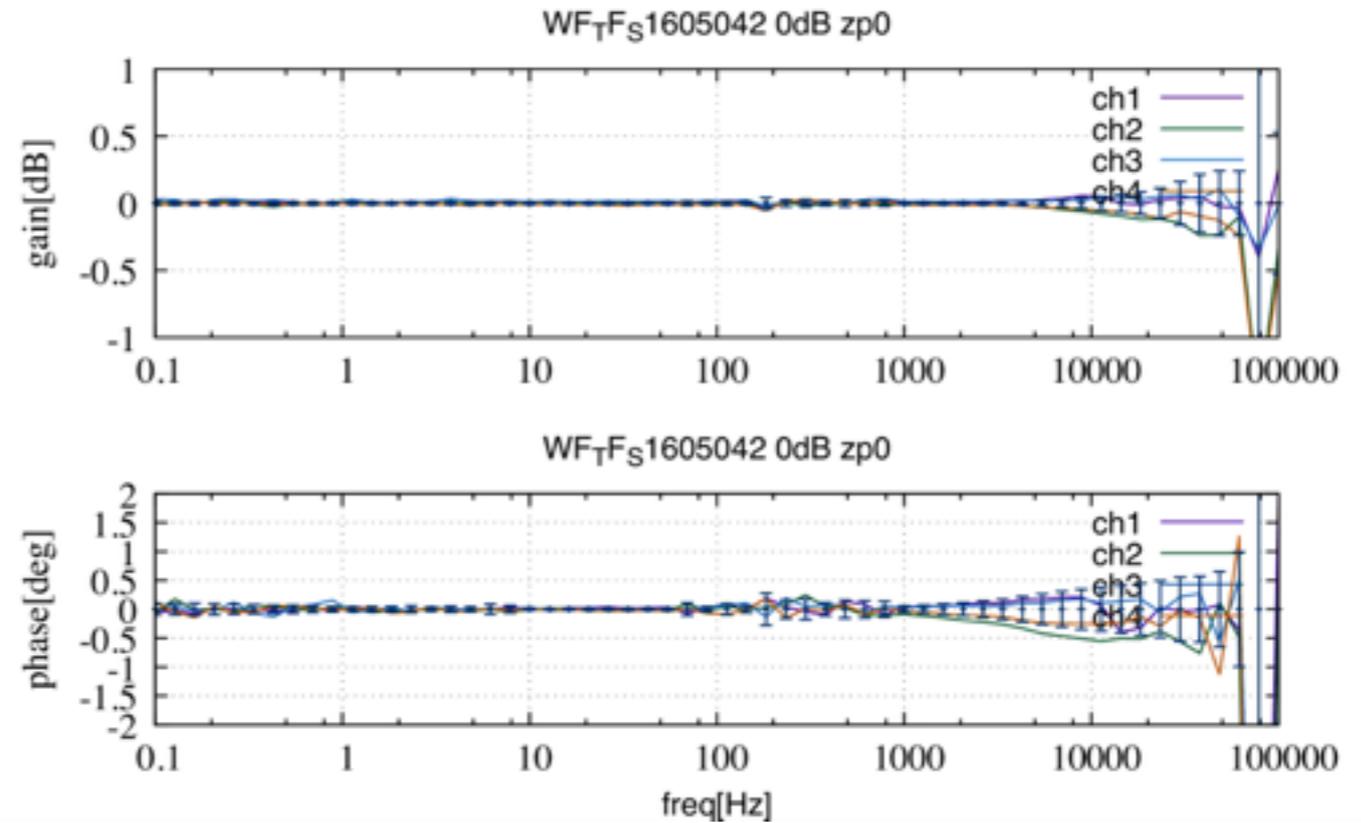
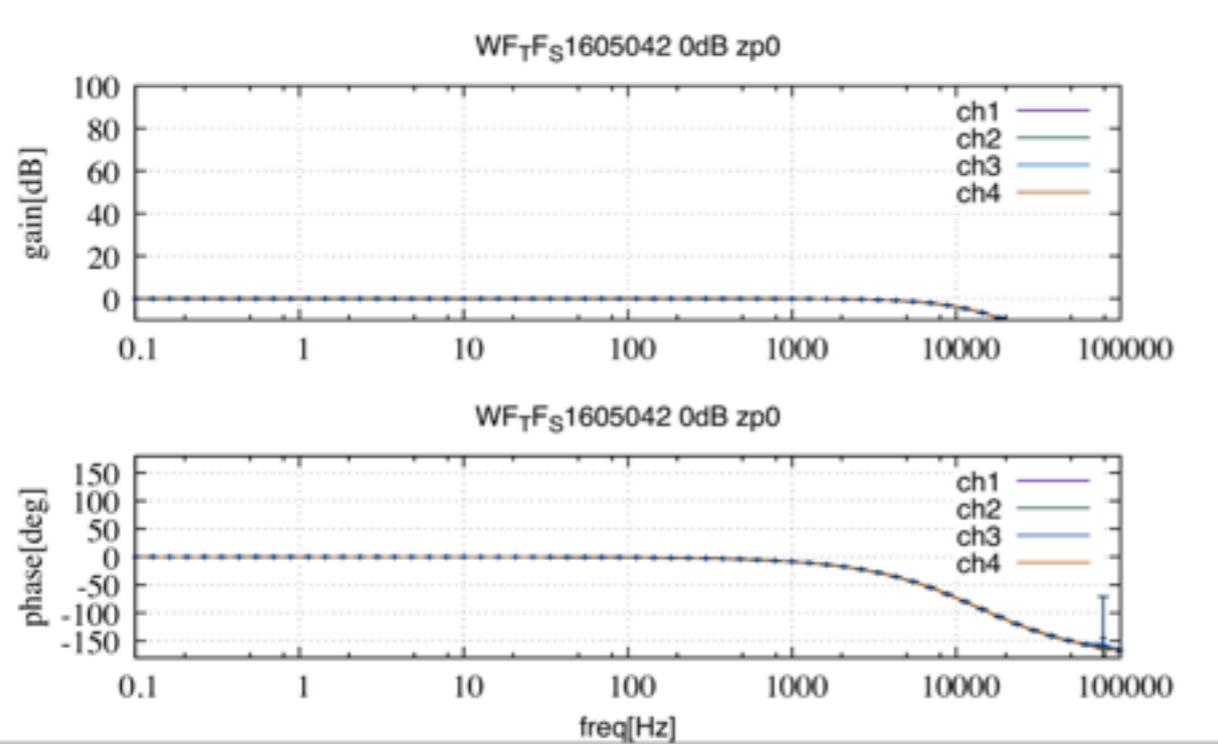
2. 低周波を見ると、紫と水色が分散が大きく、高周波では黒のチャンネルが分散が大きく見える。この図だけではなんとも言えないので各ボードの結果を見せるための図を作成する。

# result (1) gain:0dB, zero-pole 0th order



phaseの方はすごく安定しているように見える。(もちろん詳細チェックします。)  
(最高周波数の部分の分散が著しく大きくなっているのは幾つかのチャンネルが  
+180付近の値を示しているからで解析補正が必要。)

# 各ボードに対しての解析結果



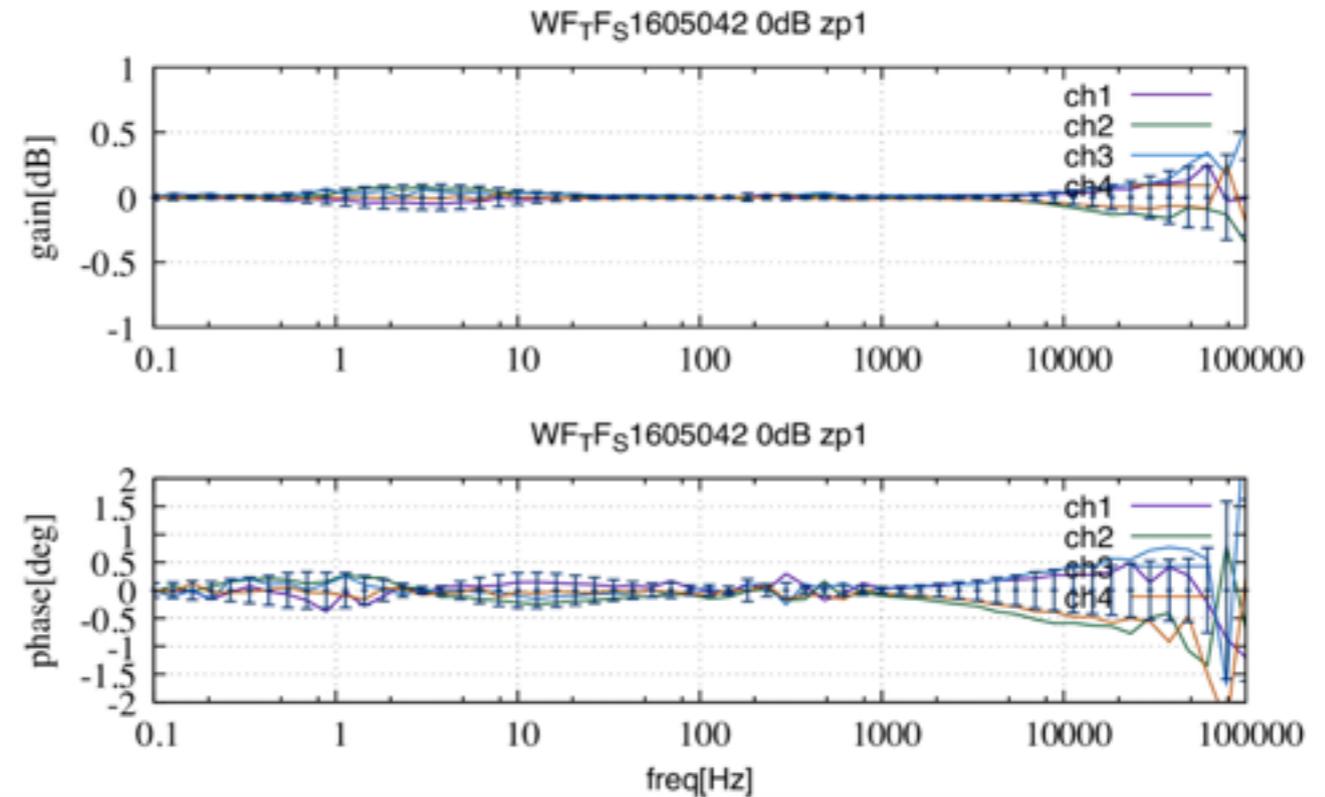
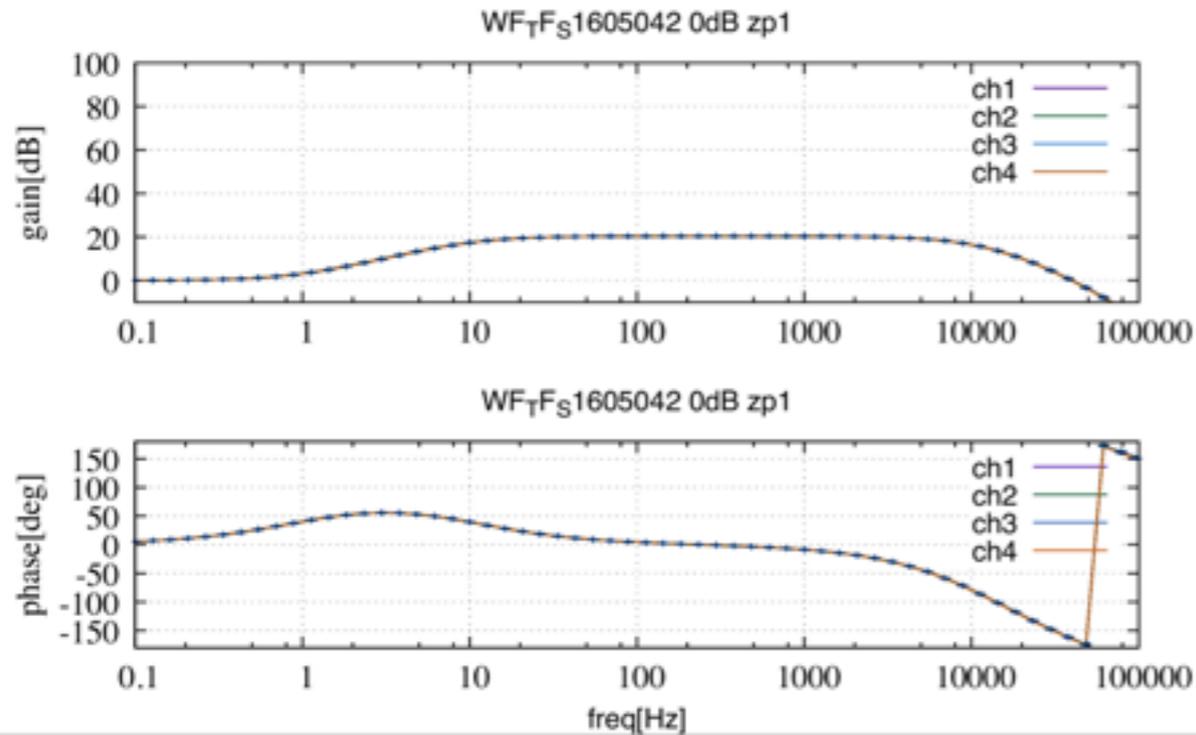
各board(例えばS1605042)に対して

(左) 各チャンネルの伝達関数と平均と分散との比較

(右) 各チャンネルの伝達関数と平均の差分を表示したもの  $(x_i(f) - \bar{x}(f))$

この図を0-3dBとzp0-3のconfigurationで得られた伝達関数に対してapply  
16×2=32枚の図が1枚のboardから得られた。

# 各ボードに対しての解析結果



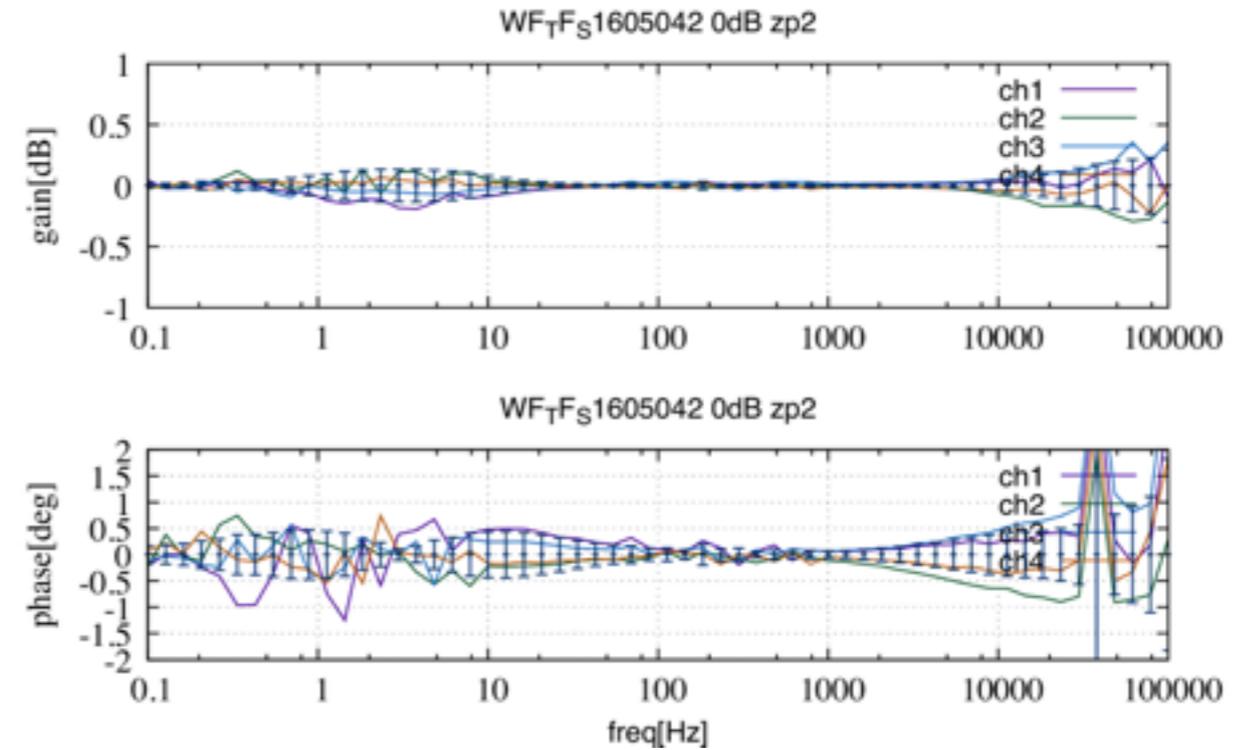
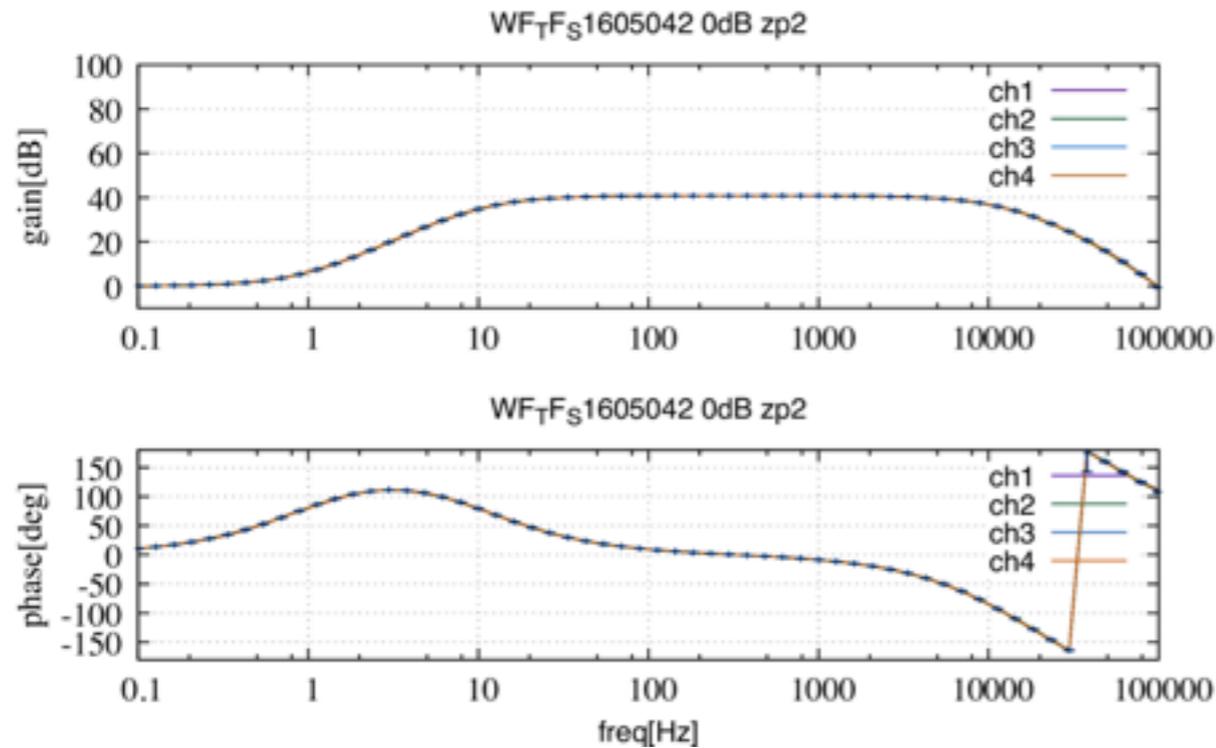
各board(例えばS1605042)に対して

(左) 各チャンネルの伝達関数と平均と分散との比較

(右) 各チャンネルの伝達関数と平均の差分を表示したもの  $(x_i(f) - \bar{x}(f))$

この図を0-3dBとzp0-3のconfigurationで得られた伝達関数に対してapply  
16×2=32枚の図が1枚のboardから得られた。

# 各ボードに対しての解析結果



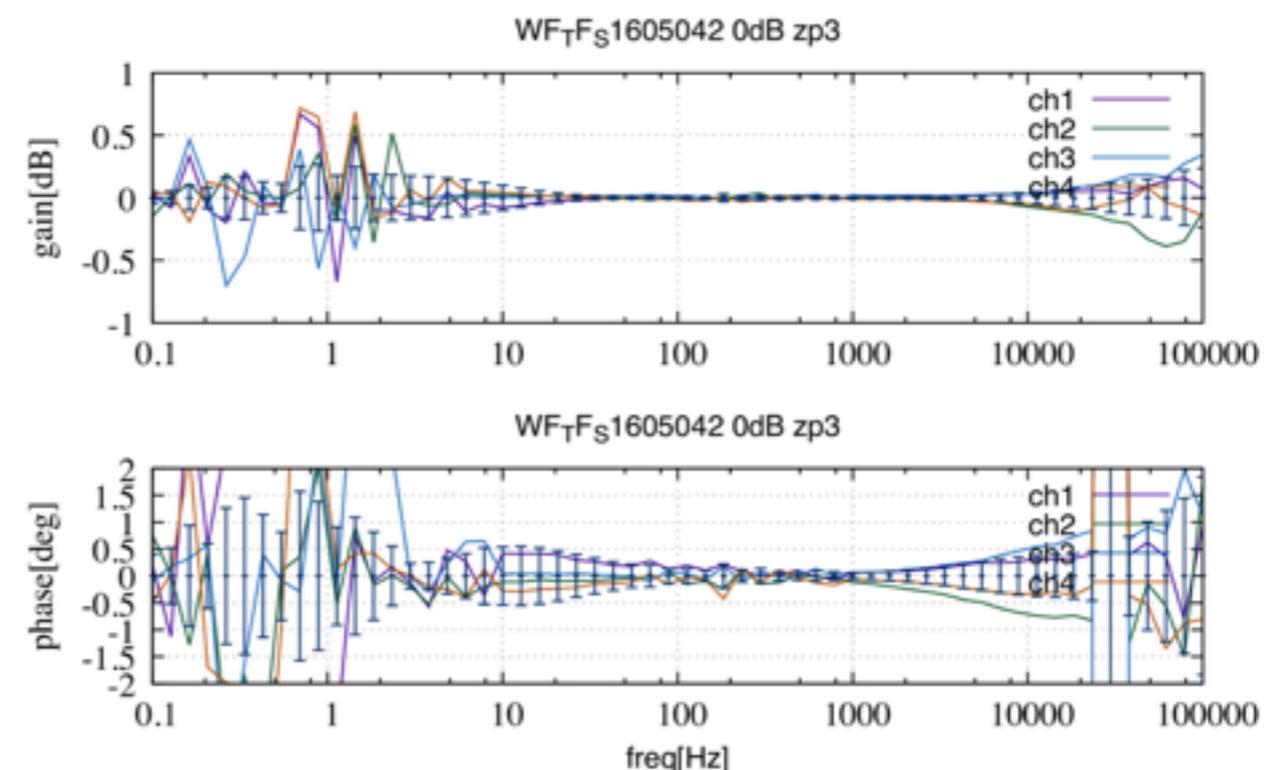
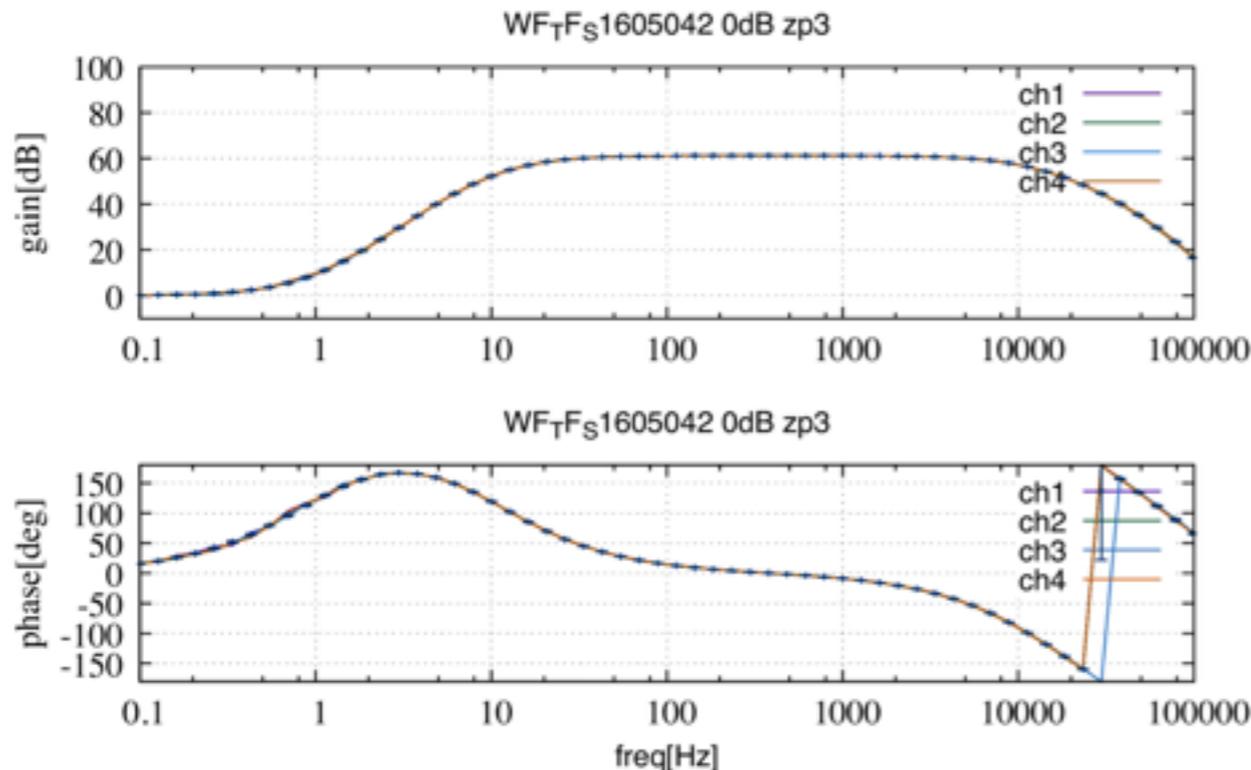
各board(例えばS1605042)に対して

(左) 各チャンネルの伝達関数と平均と分散との比較

(右) 各チャンネルの伝達関数と平均の差分を表示したもの  $(x_i(f) - \bar{x}(f))$

この図を0-3dBとzp0-3のconfigurationで得られた伝達関数に対してapply  
16×2=32枚の図が1枚のboardから得られた。

# 各ボードに対しての解析結果



各board(例えばS1605042)に対して

(左) 各チャンネルの伝達関数と平均と分散との比較

(右) 各チャンネルの伝達関数と平均の差分を表示したもの  $(x_i(f) - \bar{x}(f))$

この図を0-3dBとzp0-3のconfigurationで得られた伝達関数に対してapply  
16×2=32枚の図が1枚のboardから得られた。

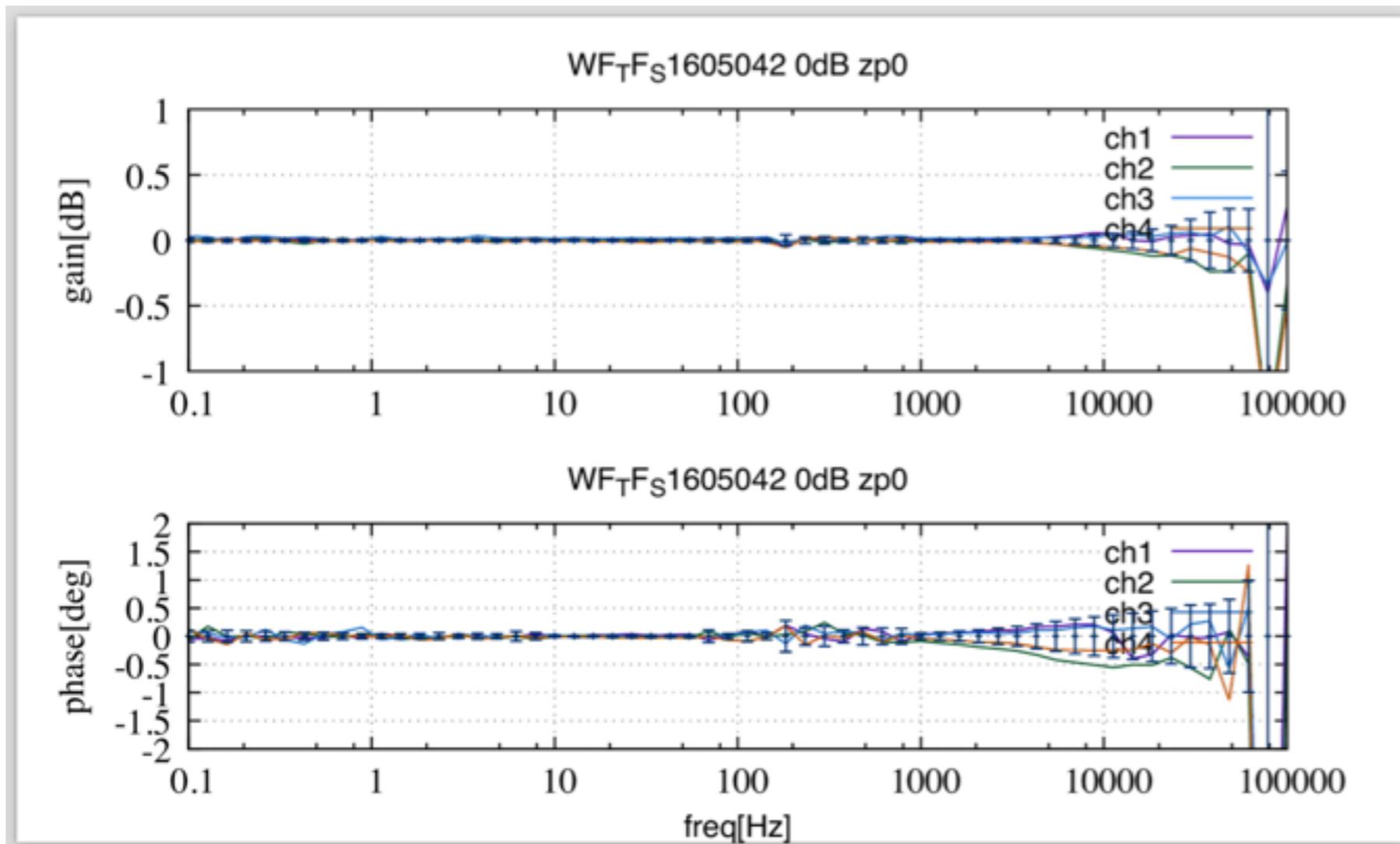
zero-poleの字数が高いconfigurationの伝達関数測定の際はもう少し統計を稼いだほうがいいかもしれません。測定時間が爆発的に伸びて大変ですが。。

# 全回路で見られる傾向

1. 100-1000Hzのふらつきが(なぜか)比較的大きい

測定中、0.1-10Hz、10-1kHz、1k-100kで平均回数などを変化させている。

単純により平均回数を増やせばよかったのか、測定環境の問題なのか、回路の問題なのかの切り分けが必要でありそう。一枚1chをより精密に調査してみます。



# 全回路で見られる傾向

2. gainが増えるところで特徴的な振る舞いが見られる。

1-10Hzのgainが平均よりも小さいと1Hz付近の位相のズレがマイナス方向に働き、10Hz付近の位相のズレがプラス方向に働く。

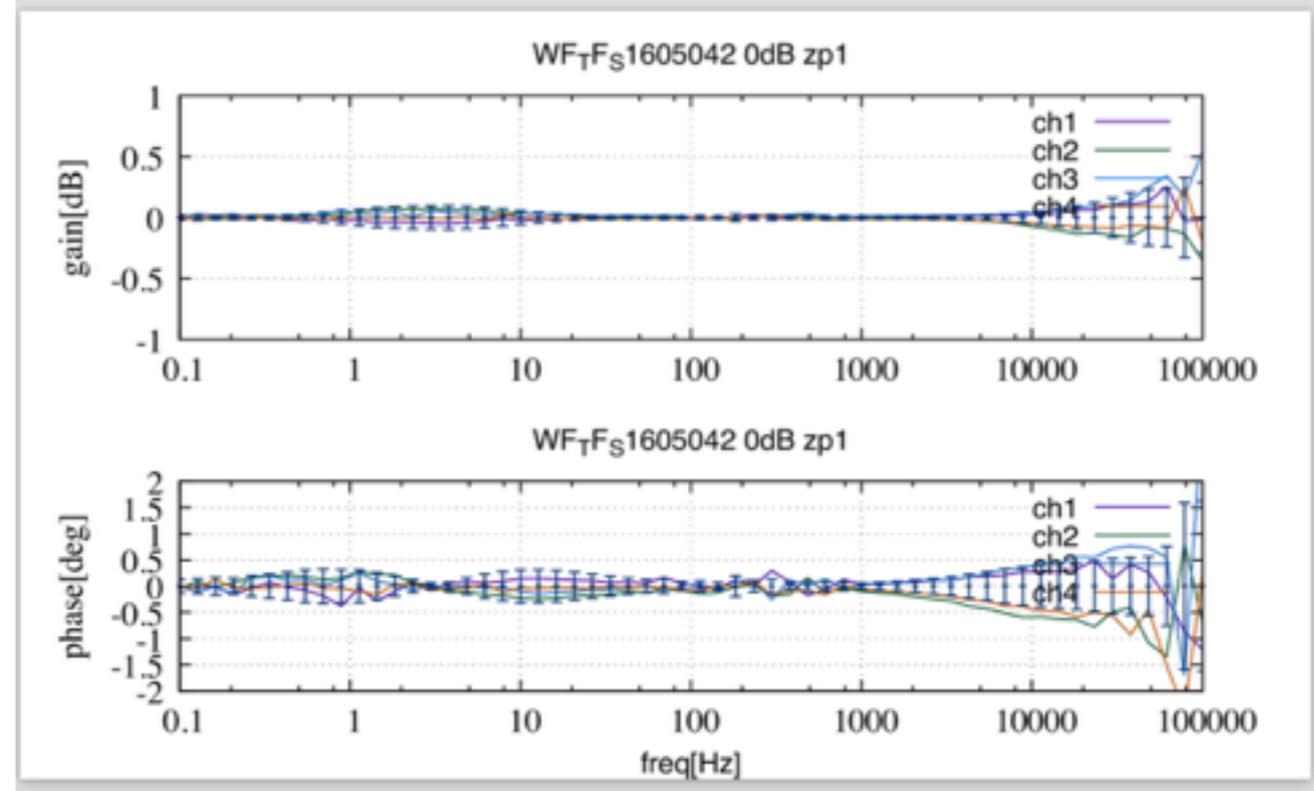
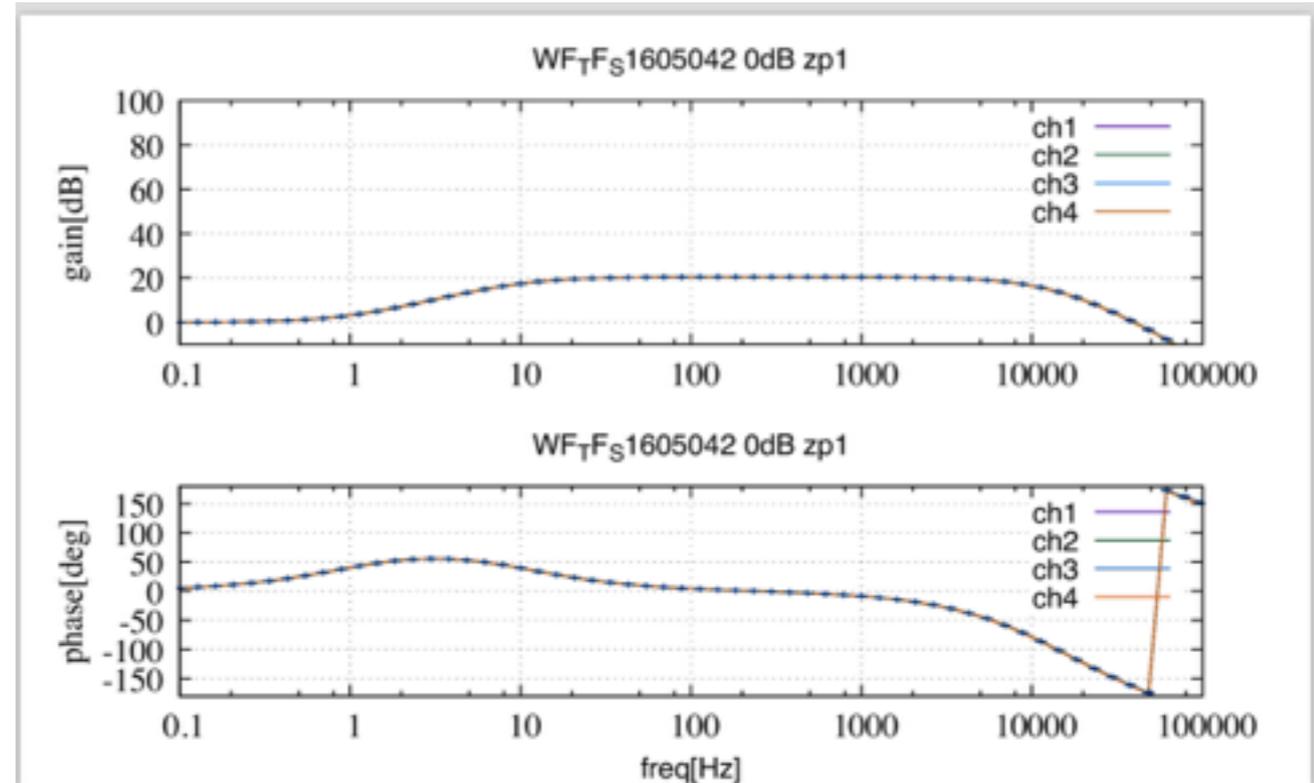
これは予測と一致している。

が、gainの伸び方の個体値がどれくらいまで許されるのか？

0.1dB->1.012倍(電圧)->1.2%程度@1-10Hz、10Hz以降は1zpでは影響が少ないように見える。

1kHz以上は別の考察が必要。

liso fitting toolを使ってzeroとpoleの最適値の計算なども行っていく予定。

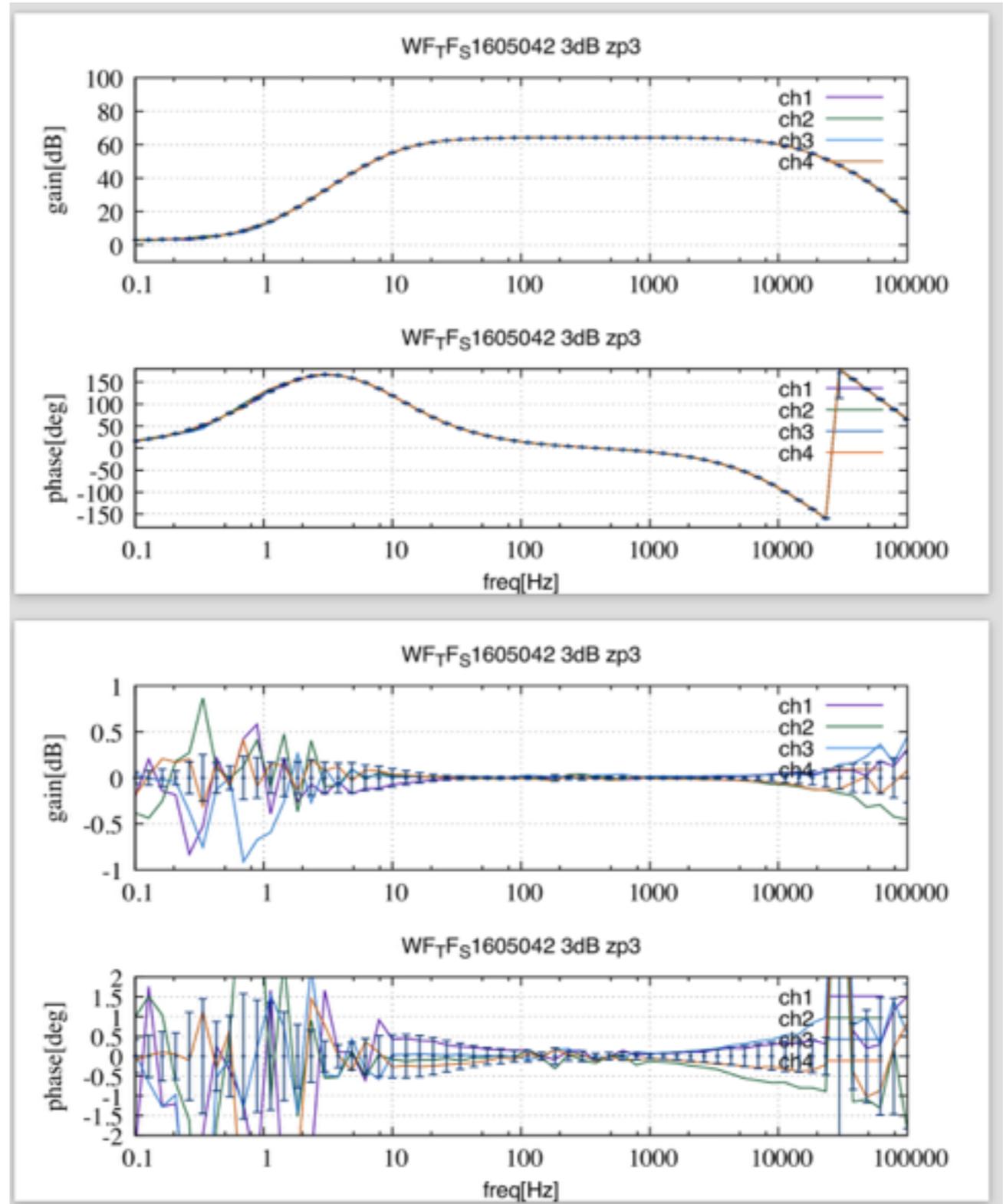


# 全回路で見られる傾向

3. zero-poleの次数が大きいほど不定性が大きい。

上記(2.)で述べた振る舞いに似た傾向も見られるが、単純に測定誤差が大きいように見受けられる。

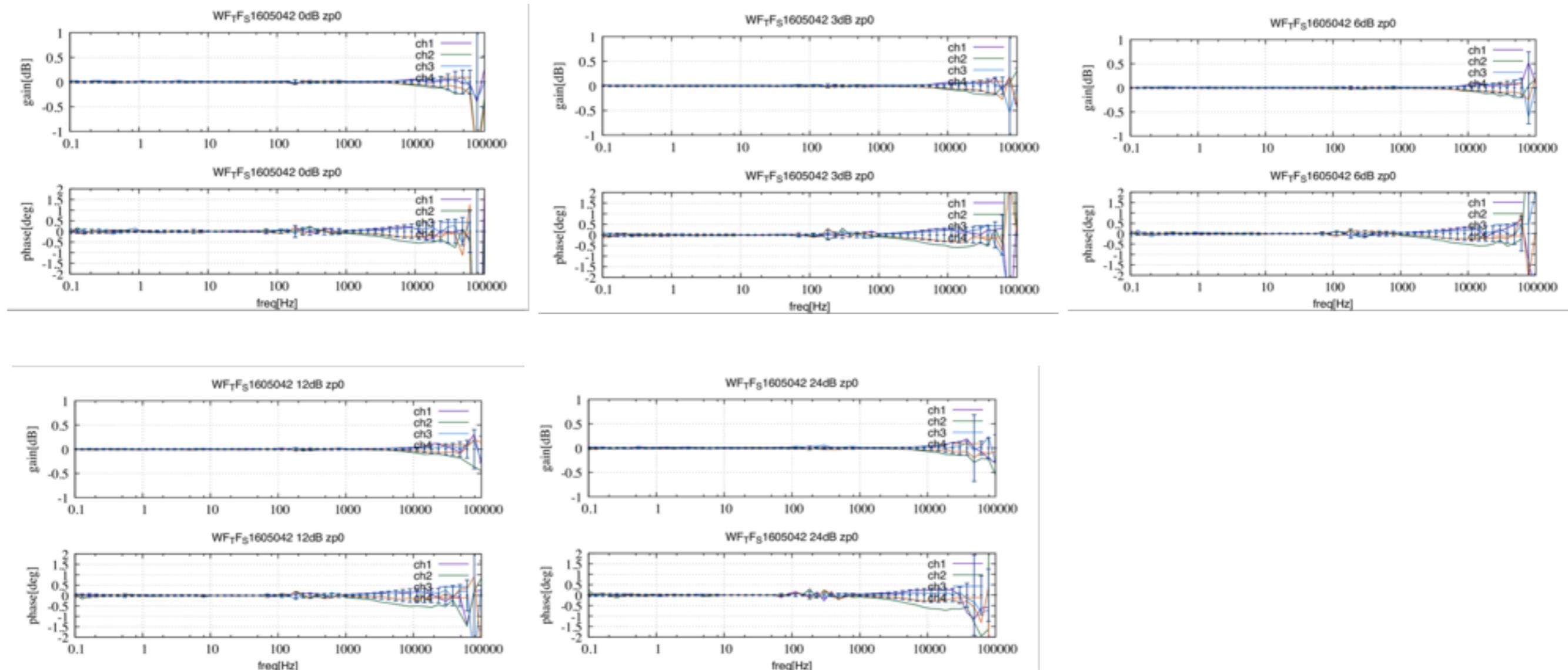
これまで差分を取ってこなかったのがあまり気にならなかつたが、重要な場所に使われるホワイトニング回路は設置位置(坑内)でより時間をかけて測定を試みる価値があるかもしれません。(10Hz以下なので大きな影響がないかもしれませんが。)



# 全回路で見られる傾向

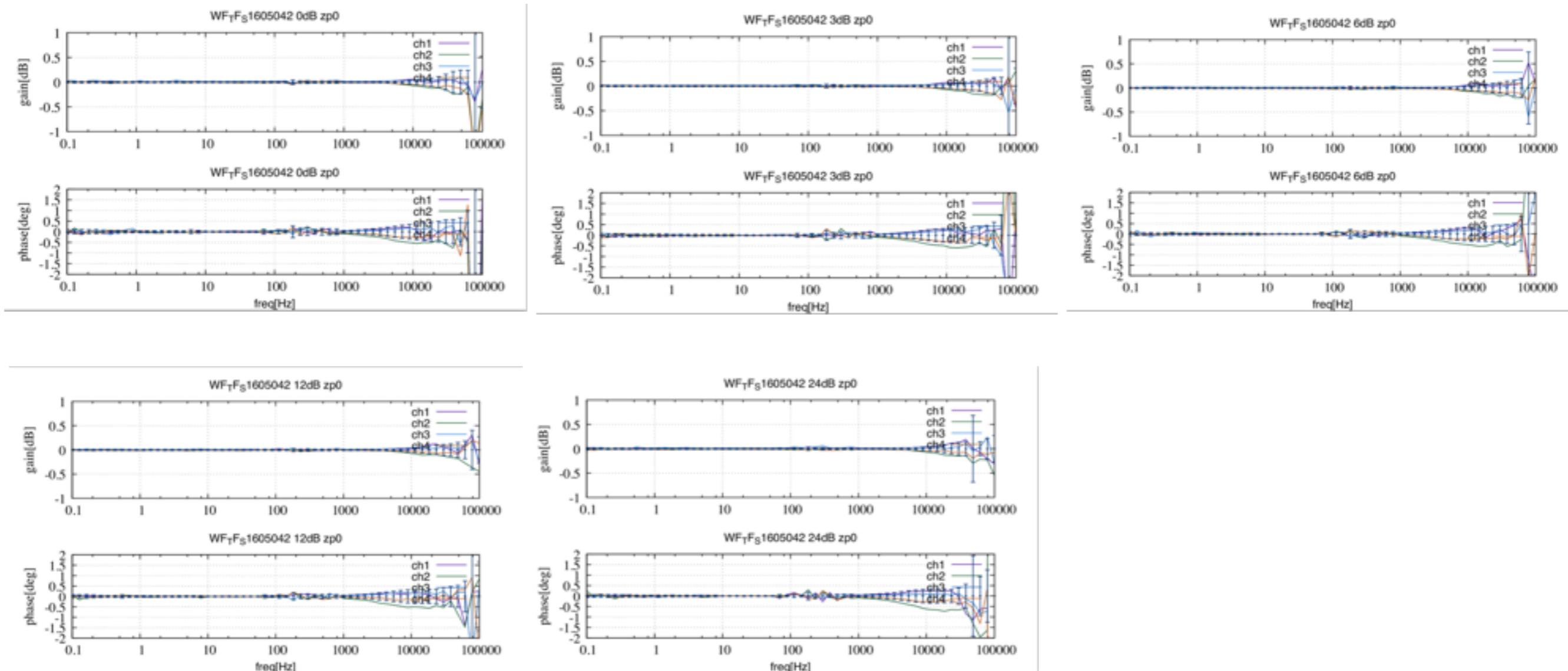
4. ゲインによる伝達関数の揺らぎは大きな相違は見られない。

これは、モデルからの差を取っているのではなく回路測定から求めた平均と分散を比較してということなので”相対的に”揺らぎが大きくないが、”絶対的”にはどうなのかは別の判断が必要。



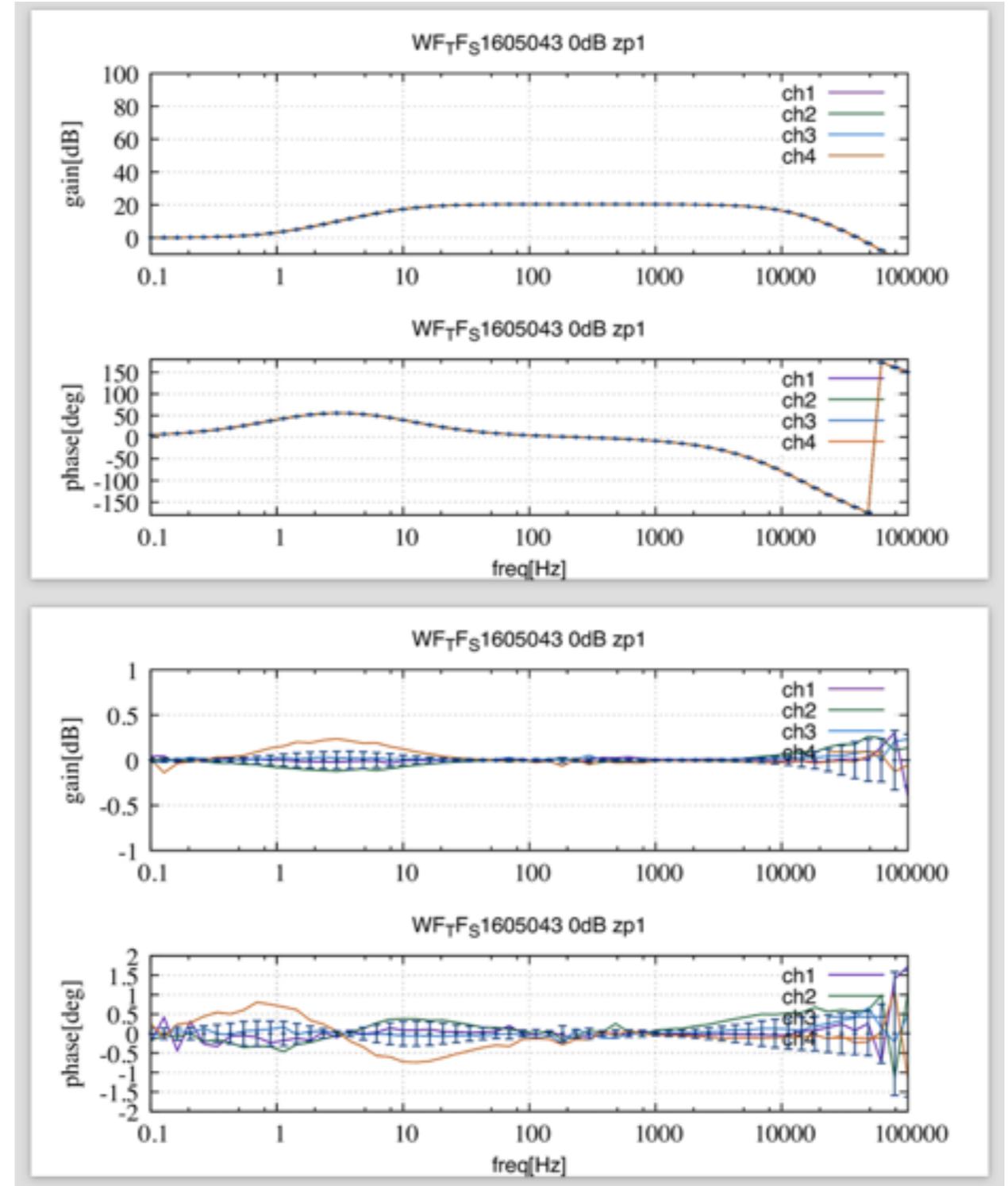
# 全回路で見られる傾向

4. 傾向としてS1605042の基盤はch2,4が似た傾向が見られ、ch1,3が似た傾向がみられる。何かのsystematicの傾向を見つけられたら面白いが、深追いは大変そうです。。



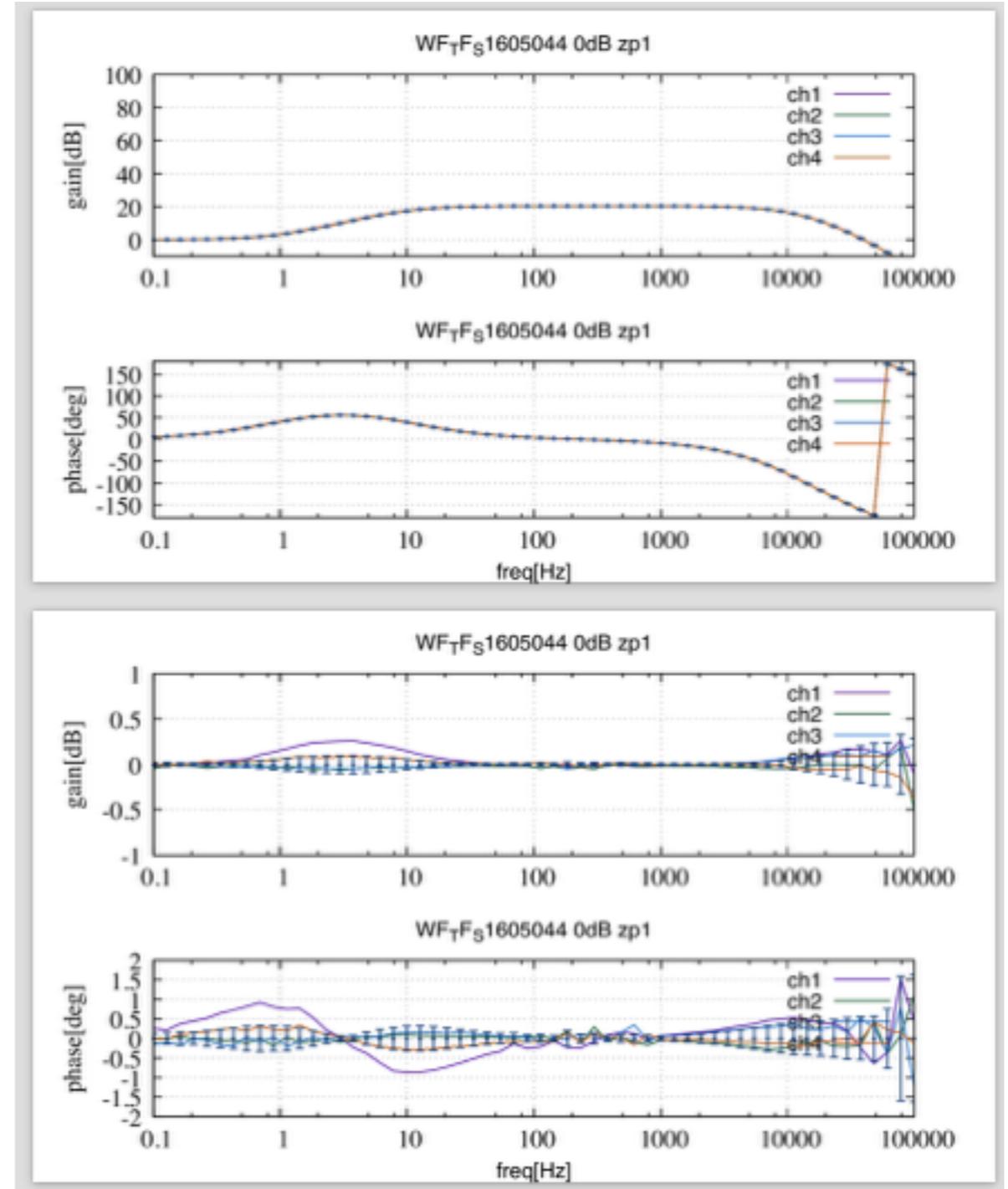
# 問題がありそうな回路

(比較的というレベルではありますが)  
S1605043のCH4は平均よりもズレが大きい傾向が少し見えています。  
使用に問題があるレベルではありません。



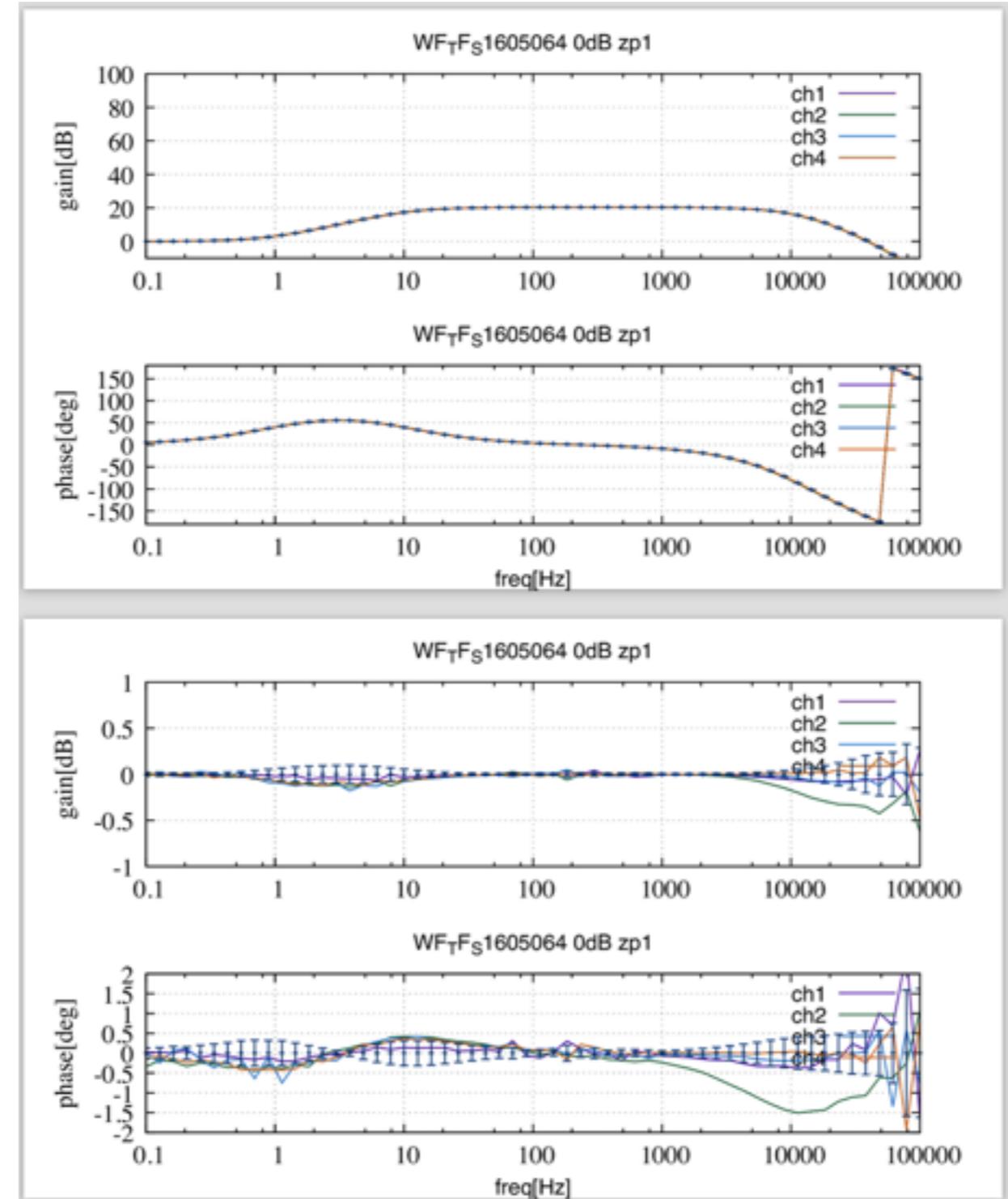
# 問題がありそうな回路

(比較的というレベルではありますが)  
S1605044のCH1は平均よりもズレが大きい傾向が少し見えています。  
使用に問題があるレベルではありません。



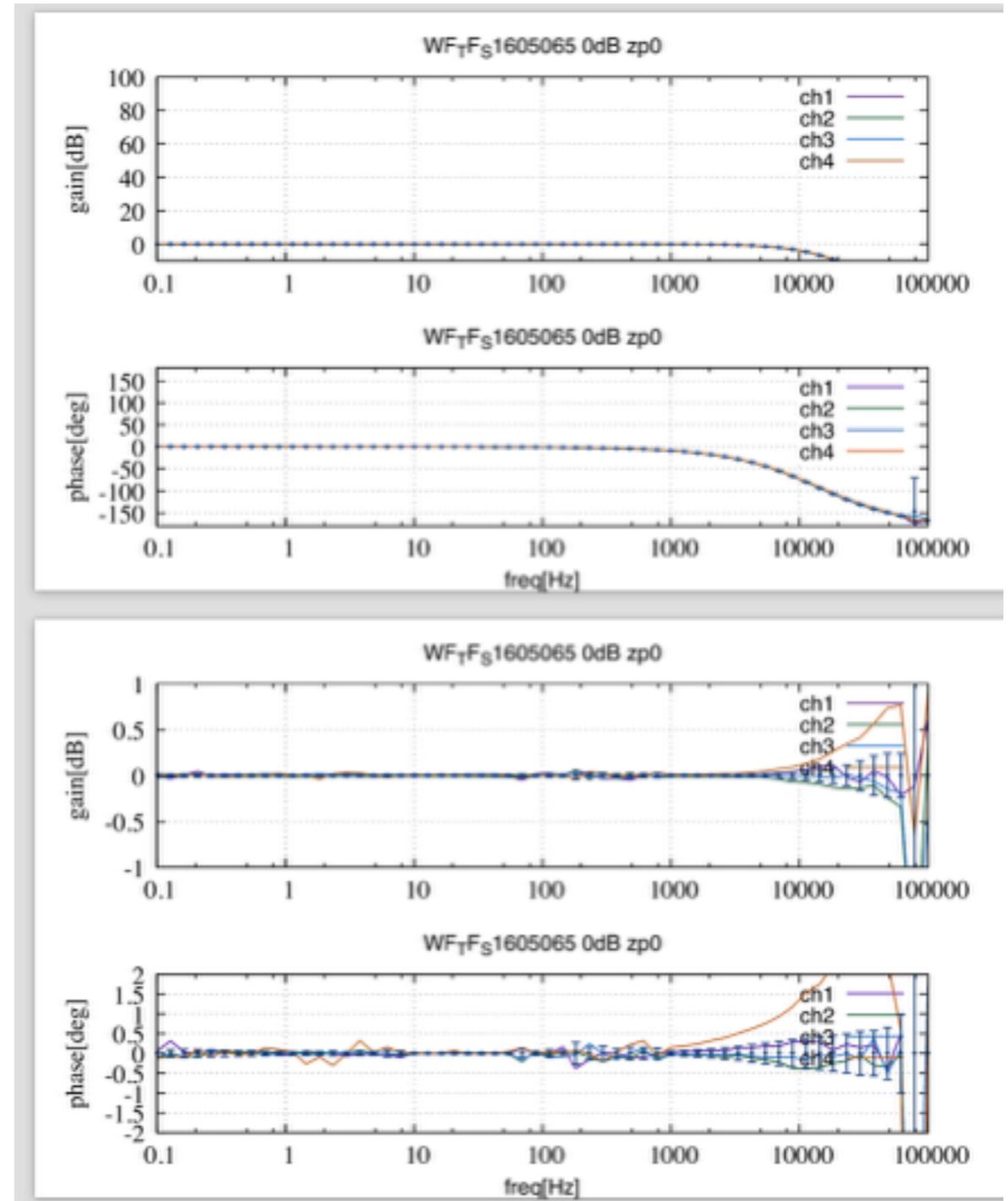
# 問題がありそうな回路

(比較的というレベルではありますが)  
S1605064のCH2は平均よりもズレが大きい傾向が少し見えています。  
高周波の挙動が他の回路には見られない不自然な振る舞いをしているので使用を控えたほうがいいかもしれません。



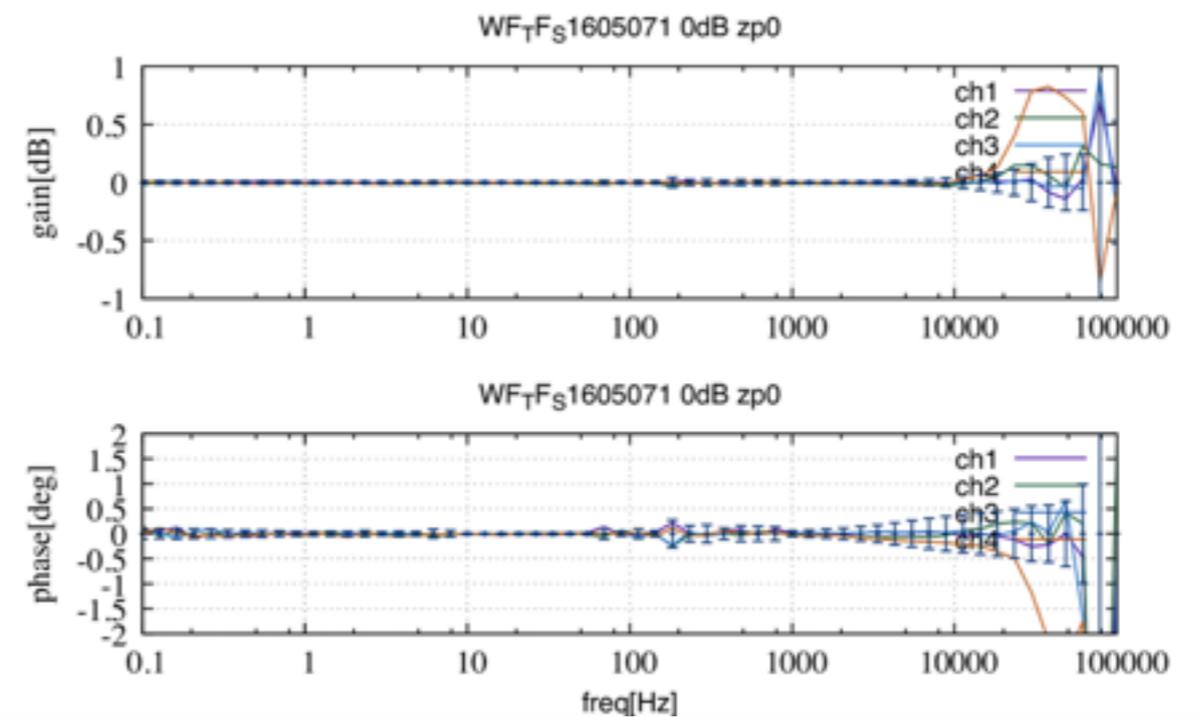
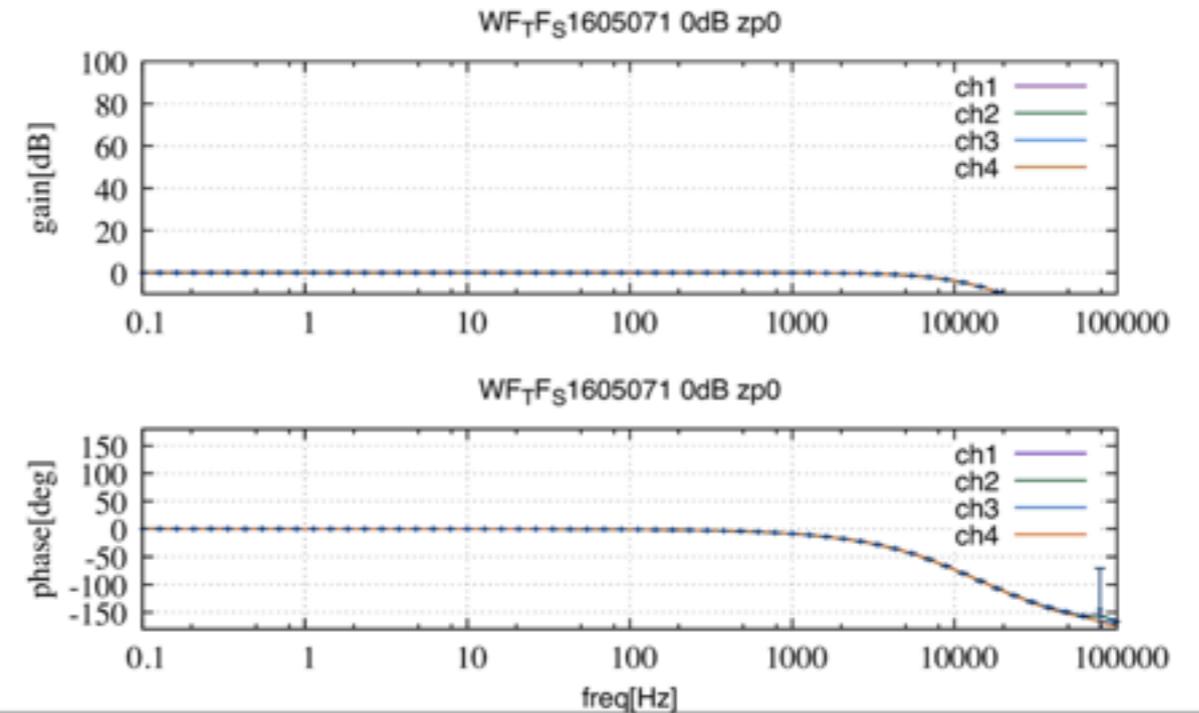
# 問題がありそうな回路

(比較的というレベルではありますが)  
S1605065のCH4は平均よりもズレが大きい傾向が少し見えています。  
高周波の挙動が他の回路には見られない不自然な振る舞いをしているので使用を控えたほうがいいかもしれません。



# 問題がありそうな回路

(比較的というレベルではありますが)  
S1605071のCH4は平均よりもズレが大きい傾向が少し見えています。  
高周波の挙動が他の回路には見られない不自然な振る舞いをしているので使用を控えたほうがいいかもしれません。

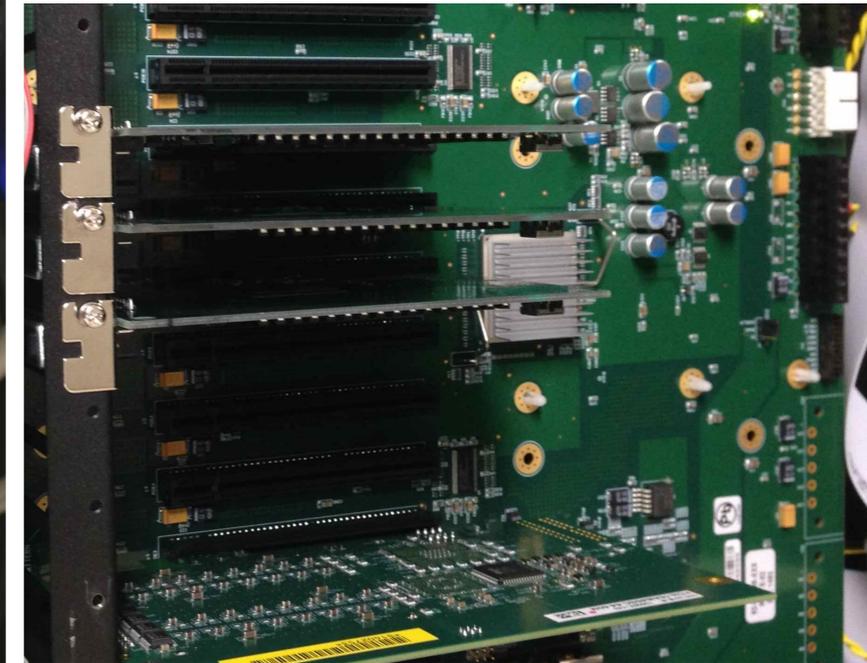


# summaryと今後の予定

- ・ 3月までに測定されたホワイトニングフィルタ30枚の個体値検査を行った。
- ・ 各dBとzpで平均と分散を求め、1枚(4ch)ごと比較する図を作成した。
- ・ いくつか挙動が怪しいチャンネルが見つかったが、使用に支障をきたすレベルではない。しかし、重要チャンネルへの使用は避けたいと思われる。
- ・ zero点とpole点をfittingして理論値や作成時系列フィルタとの比較

# Backups

# Binary IO control monitor



switch回路のch1からch4の選択  
(どのD-sub pinに信号を入れるか)

Whitening回路のconfiguration  
どのGain回路を通るか、zero-pole回路を通るかを  
スイッチで選択

# TF measurements (program)

```
start_freq="100000"  
stop_freq="1000"  
npoint="20"  
settleCycles="100"  
intCycles="1000"
```

```
start_freq="1000"  
stop_freq="10"  
npoint="20"  
settleCycles="1"  
intCycles="10"
```

```
start_freq="10"  
stop_freq="0.1"  
npoint="20"  
settleCycles="1"  
intCycles="1"
```

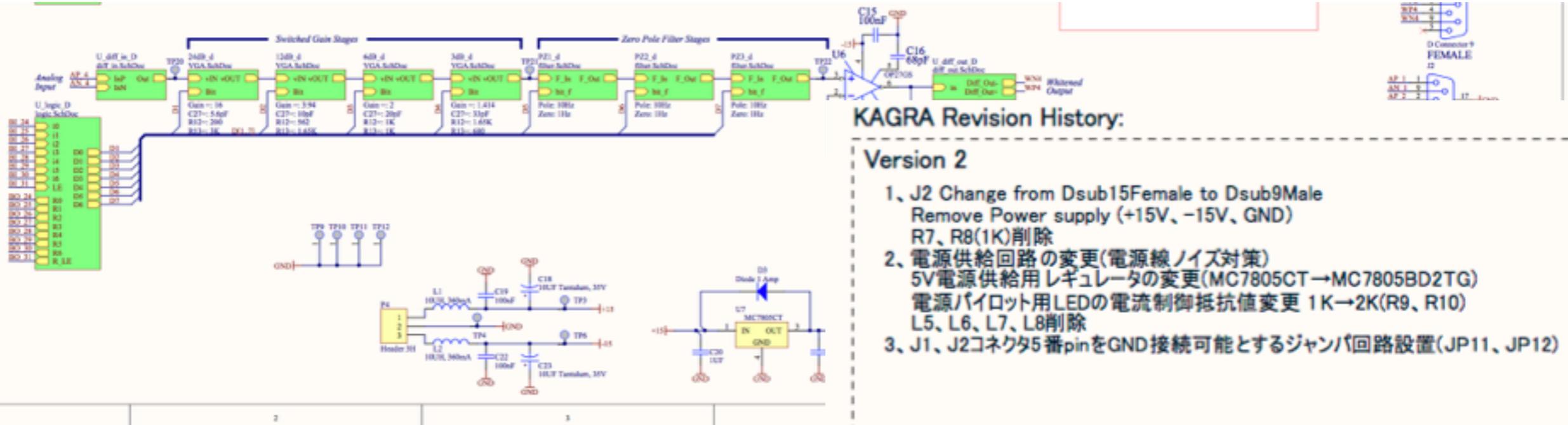
start\_freqからstop\_freqまでの周波数の間をlogで等しくなるようにnpointで分割し、settleCycles後にintCycle回信号を注入して伝達関数を測定する。

周波数 ゲイン 位相

の順に保存されているdat fileを生成する。

# TF measurements result

2014年ver.

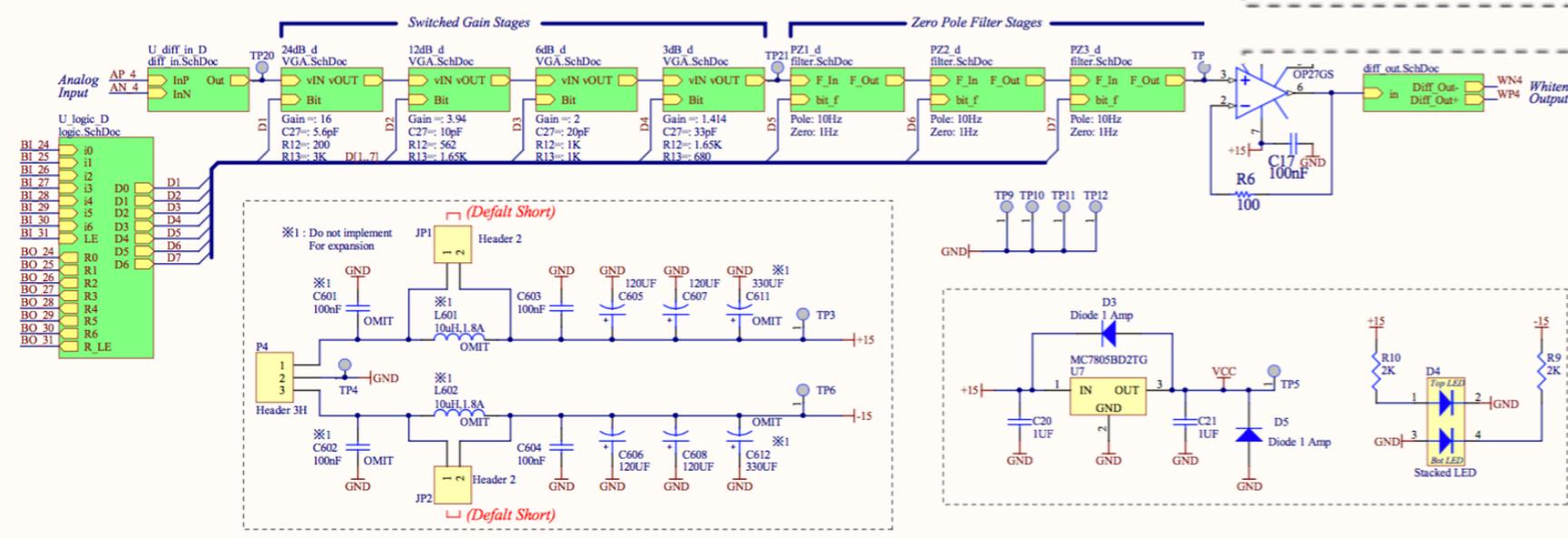


## KAGRA Revision History:

### Version 2

- 1、J2 Change from Dsub15Female to Dsub9Male  
Remove Power supply (+15V, -15V, GND)  
R7, R8(1K)削除
- 2、電源供給回路の変更(電源線ノイズ対策)  
5V電源供給用レギュレータの変更(MC7805CT→MC7805BD2TG)  
電源パイロット用LEDの電流制御抵抗値変更 1K→2K(R9, R10)  
L5, L6, L7, L8削除
- 3、J1, J2コネクタ5番pinをGND接続可能とするジャンパ回路設置(JP11, JP12)

2016年ver.



## KAGRA Revision History:

### Version 2

- 1、J2 Change from Dsub15Female to Dsub9Male  
Remove Power supply (+15V, -15V, GND)  
R7, R8(1K)削除
- 2、電源供給回路の変更(電源線ノイズ対策)  
5V電源供給用レギュレータの変更(MC7805CT→MC7805BD2TG)  
電源パイロット用LEDの電流制御抵抗値変更 1K→2K(R9, R10)  
L5, L6, L7, L8削除
- 3、J1, J2コネクタ5番pinをGND接続可能とするジャンパ回路設置(JP11, JP12)

LIGO-D1001530-v5からの変更点  
1、回路はLIGO-D1001530-v5と全く同じ  
PCBにおいて  
1、KAGRAロゴの追加  
2、Doc.Noの追加  
3、P板.comの製造基準準拠のためのデータ修正実施  
但し、シルクに関しては未修正(修正量が膨大、文字が見え難くなるだけで、特性、製造上の問題にはならないため)  
Modified design based on LIGO-D1001530-v5 (aLIGO ISC Whitening Board) 2nd ver. 2016/01/18  
Based Designed by Rich Abbott 1st ver. 2014/06/09

Title Universal Whitening Filter		KAGRA Project ICRR University of Tokyo		KAGRA	
Size: C	Doc Number: D1302081	Sch/PCB Revision: v2.0	Engineer: Kamizumi, M	Date: 2016/02/15	Time: 15:18:18
File: white_top.SchDoc			Sheet 1 of 6		

回路図を確認すると、電源周りが大きく変更されている。  
詳細がわかり次第、改めて記述を追加。

