

# 干渉計型重力波検出器TAMA300

## 開発の現状 II (干渉計開発)

国立天文台, 東大天文<sup>A</sup>, 東大宇宙線研<sup>B</sup>, 東工大<sup>C</sup>, 東大地震研<sup>D</sup>, 東大理<sup>E</sup>,  
ピサ大<sup>F</sup>, カリフォルニア工科大<sup>G</sup>, 東大新領域<sup>H</sup>, 阪市大<sup>I</sup>, 電通大<sup>J</sup>,  
**TAMA Collaboration<sup>K</sup>**

新井宏二, 佐藤修一, 高橋竜太郎, 阿久津智忠<sup>A</sup>, 中川憲保<sup>B</sup>, 辰巳大輔, 常定芳基<sup>C</sup>,  
福嶋美津広, 山崎利孝, 高森昭光<sup>D</sup>, 飯田幸美<sup>E</sup>, **A.Bertolini<sup>F</sup>, R.DeSalvo<sup>G</sup>,**  
三代木伸二<sup>B</sup>, 長野重夫, 安東正樹<sup>E</sup>, 森脇成典<sup>H</sup>, 神田展行<sup>I</sup>, 武者満<sup>J</sup>, 三尾典克<sup>H</sup>,  
川村静児, 藤本眞克, 坪野公夫<sup>E</sup>, 大橋正健<sup>B</sup>, 黒田和明<sup>B</sup>, **TAMA Collaboration<sup>K</sup>**

# TAMA300検出器

## ● 300m基線レーザー干渉計型重力波検出器TAMA300

サイト: 国立天文台 三鷹キャンパス (東京都)

## ● TAMA300の目的

1. 近傍銀河で発生する
  - 重力波イベントを
  - 検出可能な
  - 実証型検出器の開発
2. 将来のkm級干渉計に
  - 必要な技術の確立

理論感度限界  $\sim h_{\text{RMS}} = 3 \times 10^{-21}$   
観測帯域の中心周波数300Hz  
(バンド幅300Hz)



# Noise hunting

## ● 低周波帯(DC~200Hz)

地面振動 (DC~20Hz)

アラインメント制御により混入する雑音 (20Hz~200Hz)

## ● 中間周波数帯

基本的には雑音源不明 (200Hz~2kHz)

散乱光雑音 (真空槽内・外)

電気系雑音

変調系雑音

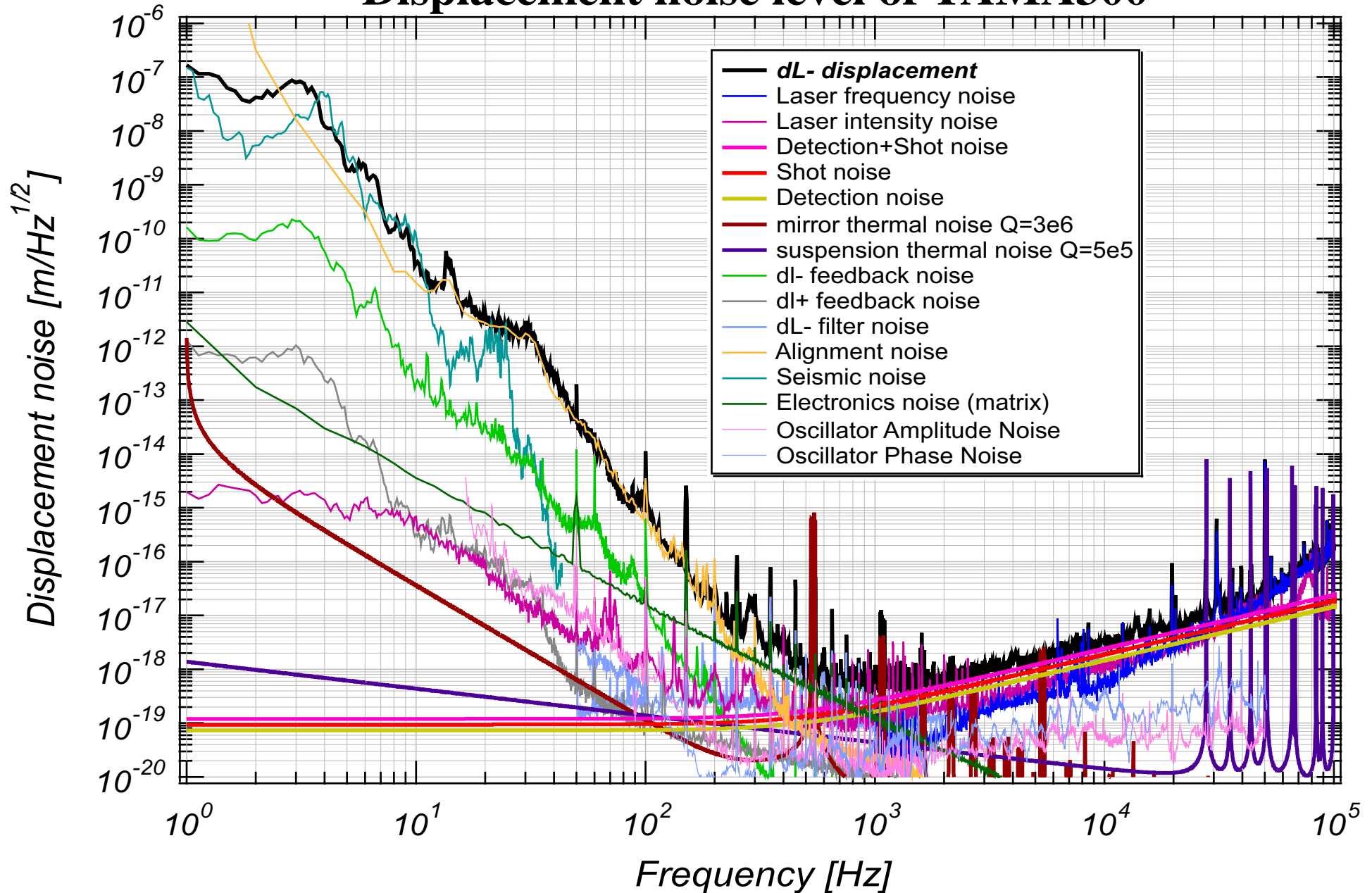
## ● 高周波帯

~ 散乱雑音 (2kHz~50kHz)

レーザー周波数雑音 (50kHz~)

# Noise budget

## Displacement noise level of TAMA300



# Noise hunting

## ● 低周波帯(DC~200Hz)

地面振動 (DC~20Hz)

アラインメント制御により混入する雑音 (20Hz~200Hz)

## ● 中間周波数帯

基本的には雑音源不明 (200Hz~2kHz)

散乱光雑音 (真空槽内・外)

電気系雑音



変調系雑音

## ● 高周波帯

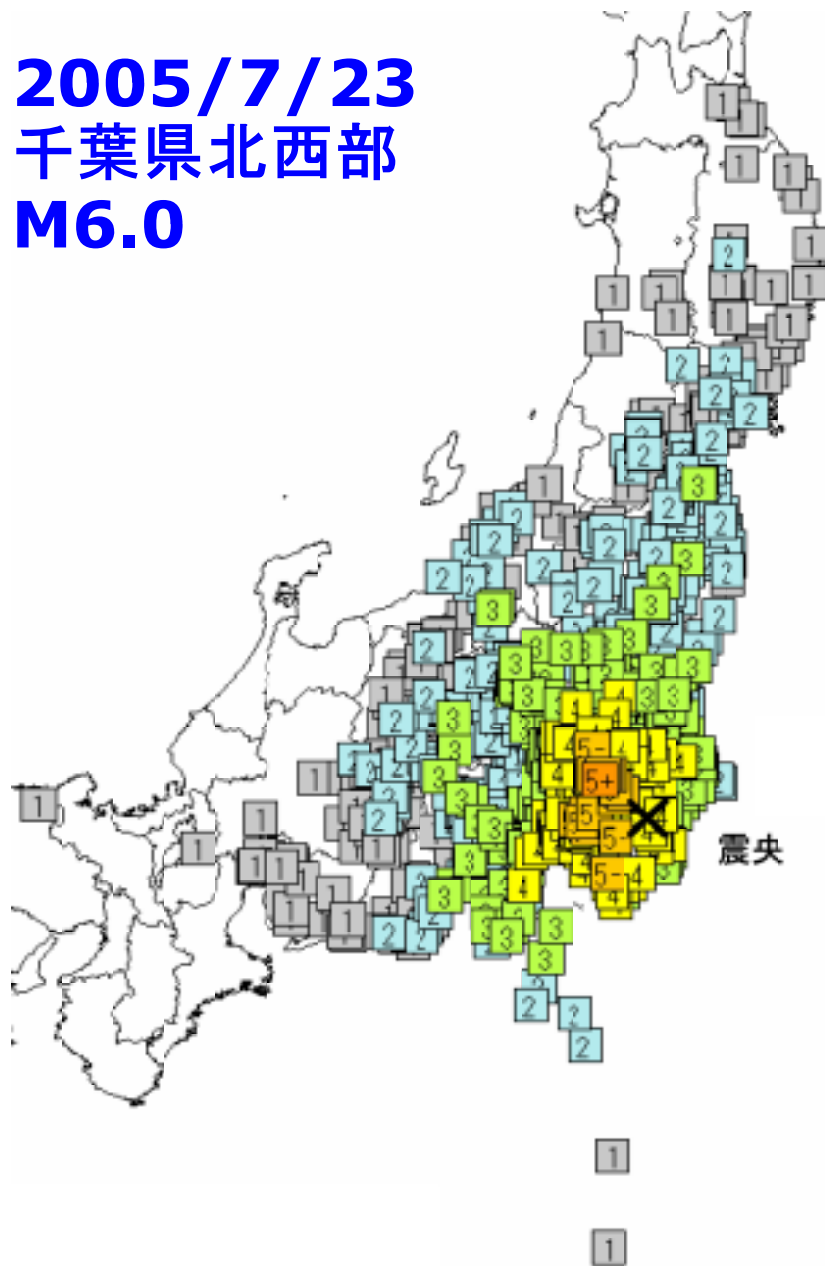
~ 散乱雑音 (2kHz~50kHz)

レーザー周波数雑音 (50kHz~)

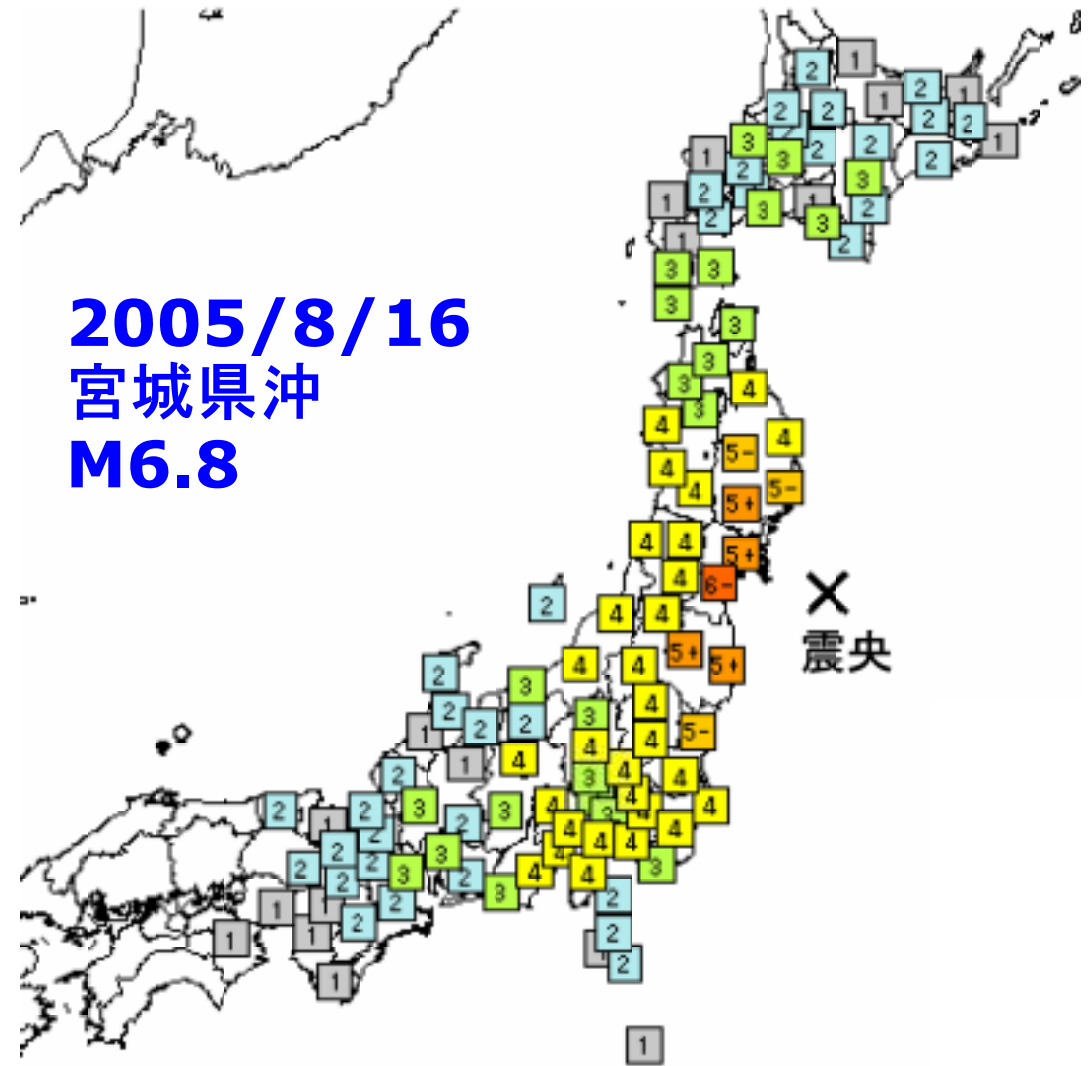


# Influence of earthquakes

2005/7/23  
千葉県北西部  
M6.0



2005/8/16  
宮城県沖  
M6.8



# *Influence of earthquakes*

## ●地震の影響

多くのミラーのミスアラインメント

3つのミラーで磁石の損傷

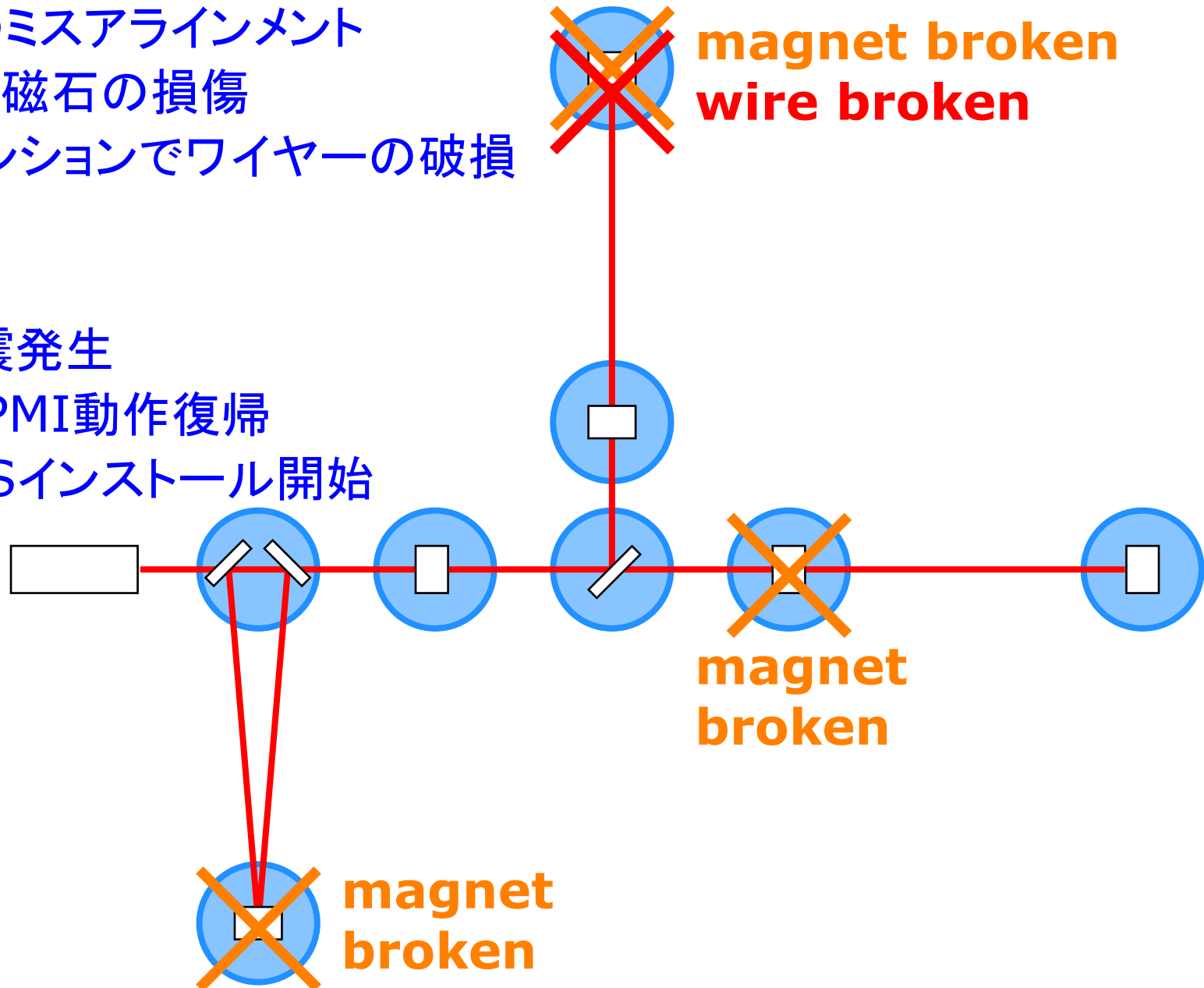
1つのサスペンションでワイヤーの破損

## ●復旧作業

7/23 地震発生

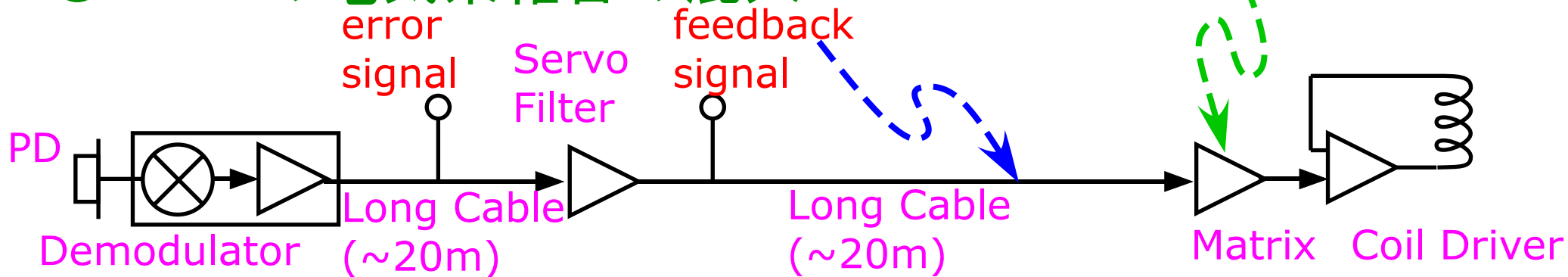
⇒ 8/27 RFPMI動作復帰

⇒ 8/31 SASインストール開始

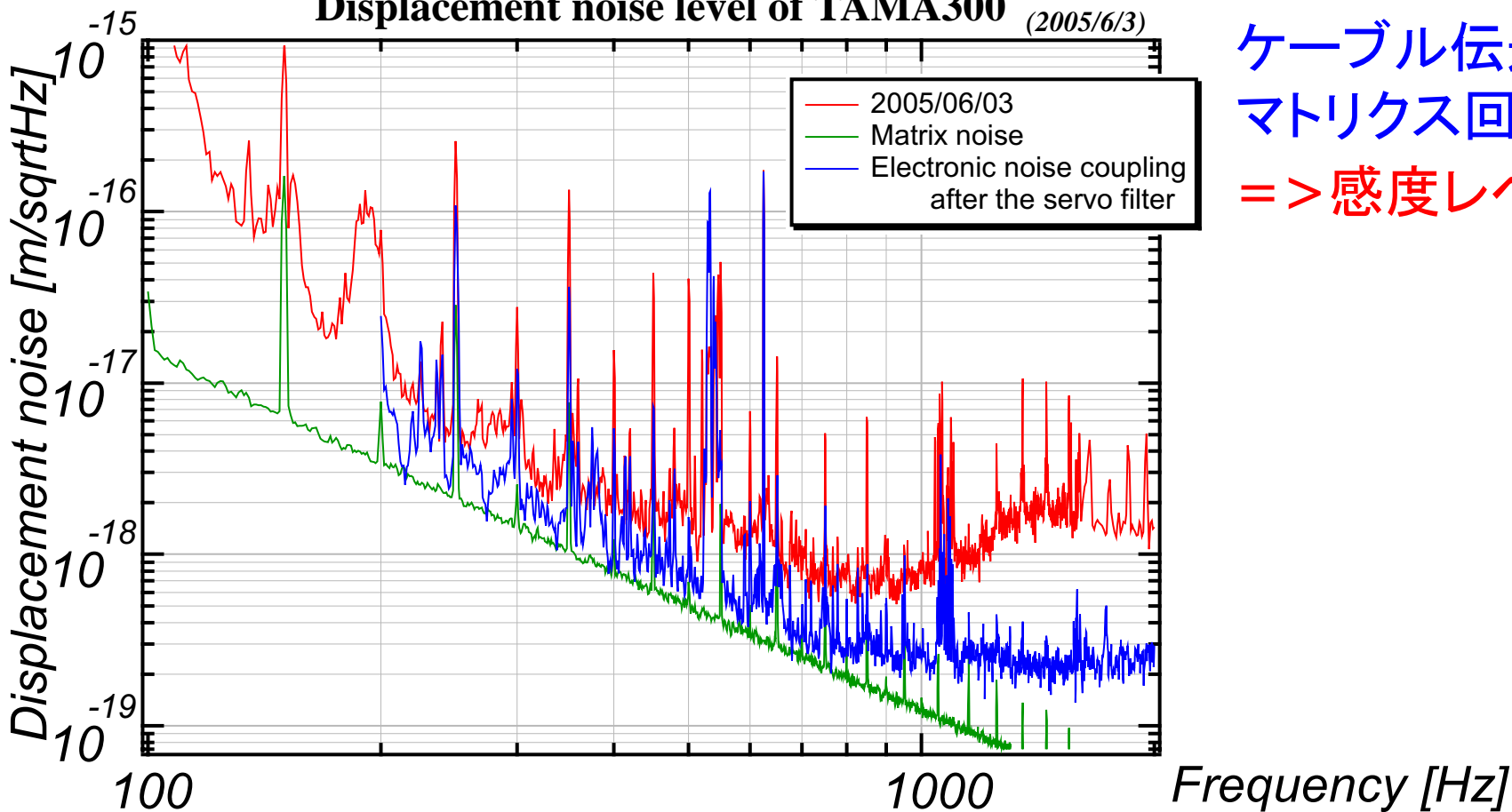


# Electronics noise

## ● dL-への電気系雑音の混入



Displacement noise level of TAMA300 (2005/6/3)

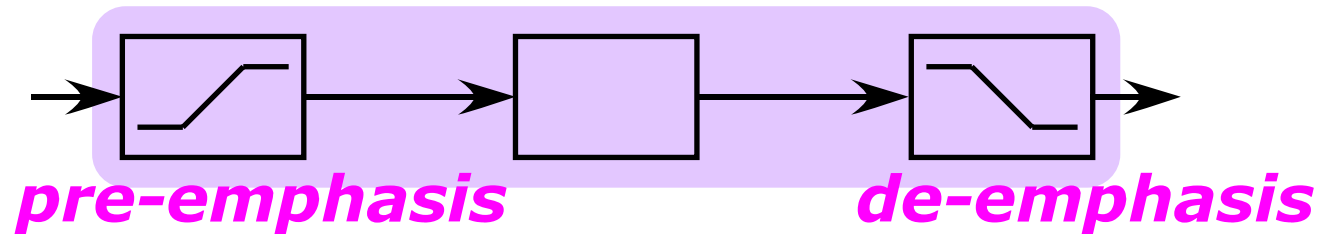


ケーブル伝送前後で乗る雑音  
マトリクス回路の雑音  
=> 感度レベルに近い



# Pre-emphasis / De-emphasis

- 制御ループ内に相殺するような伝達関数ペアを挿入  
pre-emphasis filter / de-emphasis filter  
信号レベルをアップ



- メリット

フィルタで挟まれた部分では雑音耐性が上がる

雑音の根拠によらない

c.f. LIGO/VIRGO ~ ADC/DAC雑音

GEO ~ 原因は不明だが雑音寄与低減

- デメリット

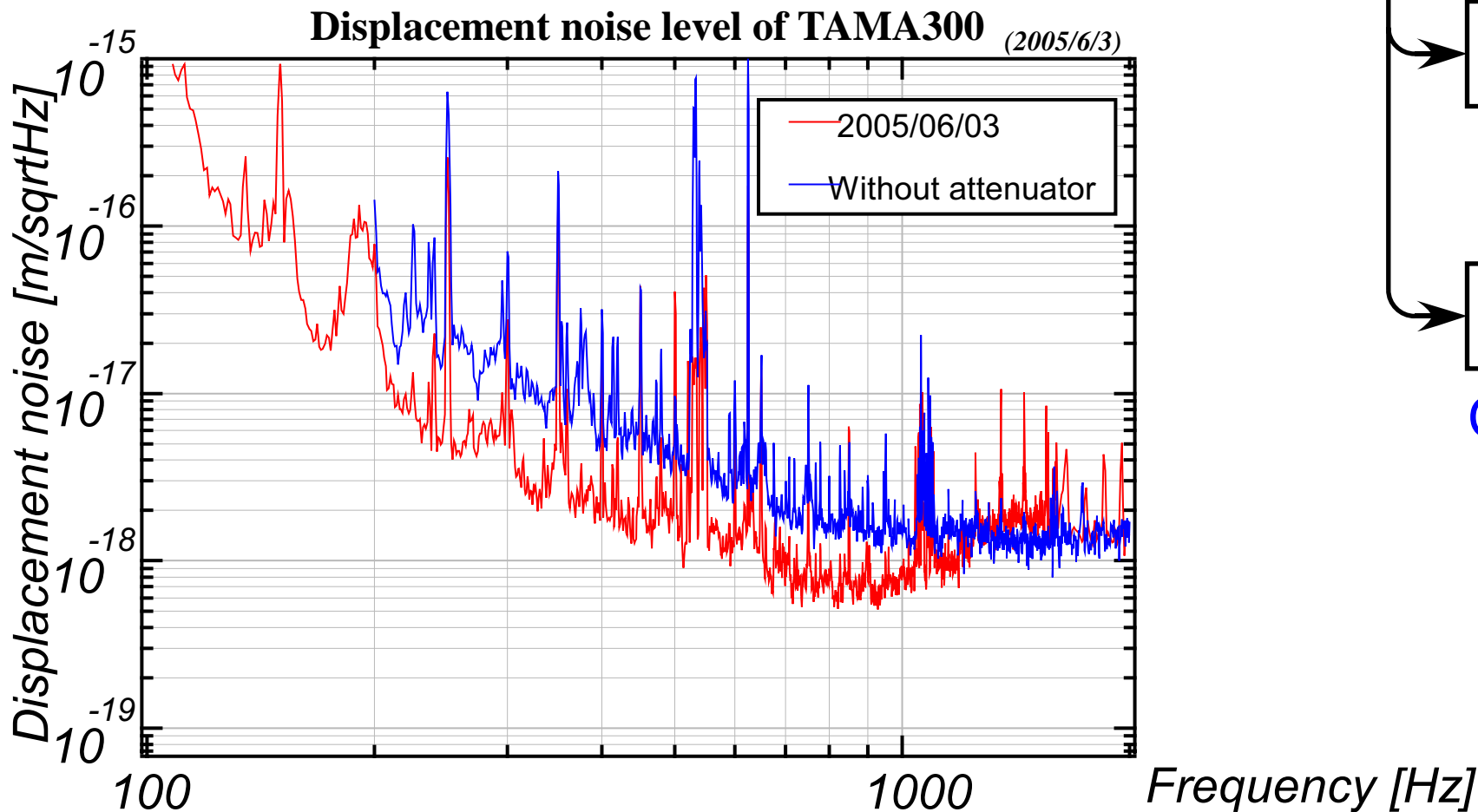
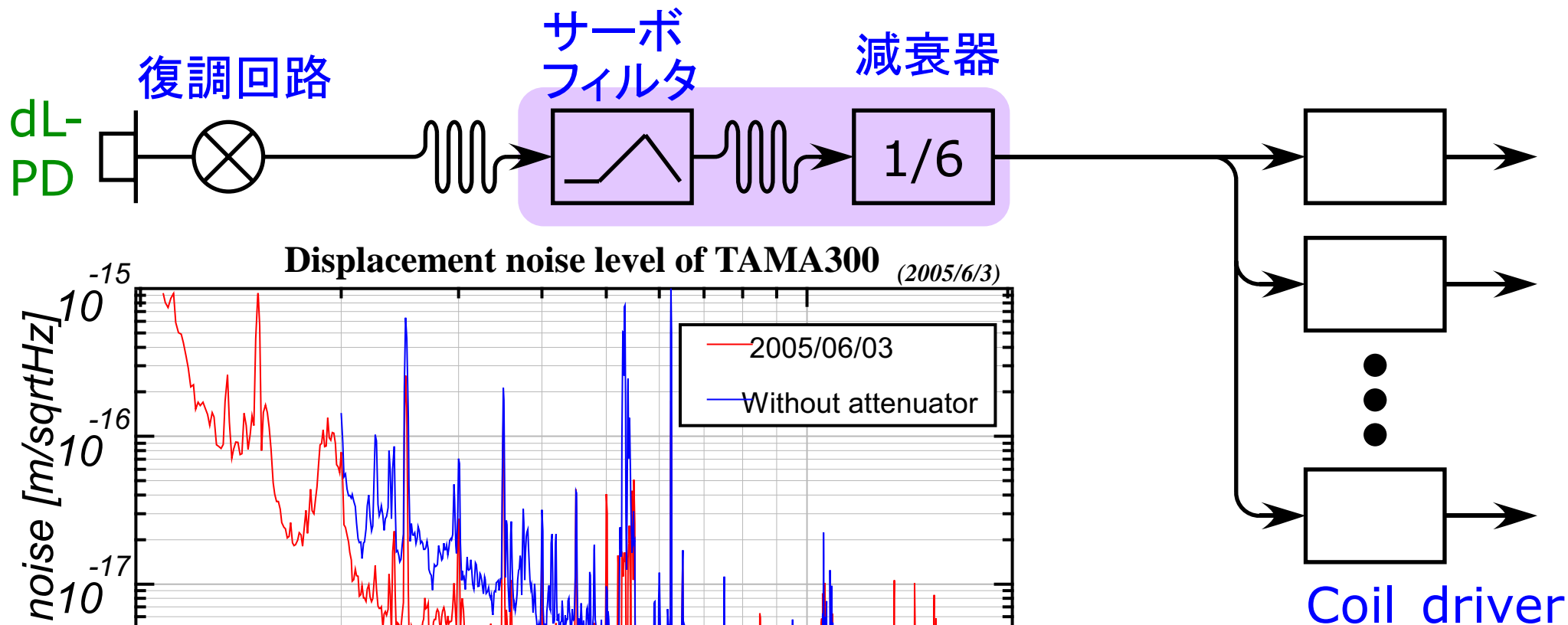
レンジが制限される

ロックしてからオンにするのが一般的

# Previous Configuration

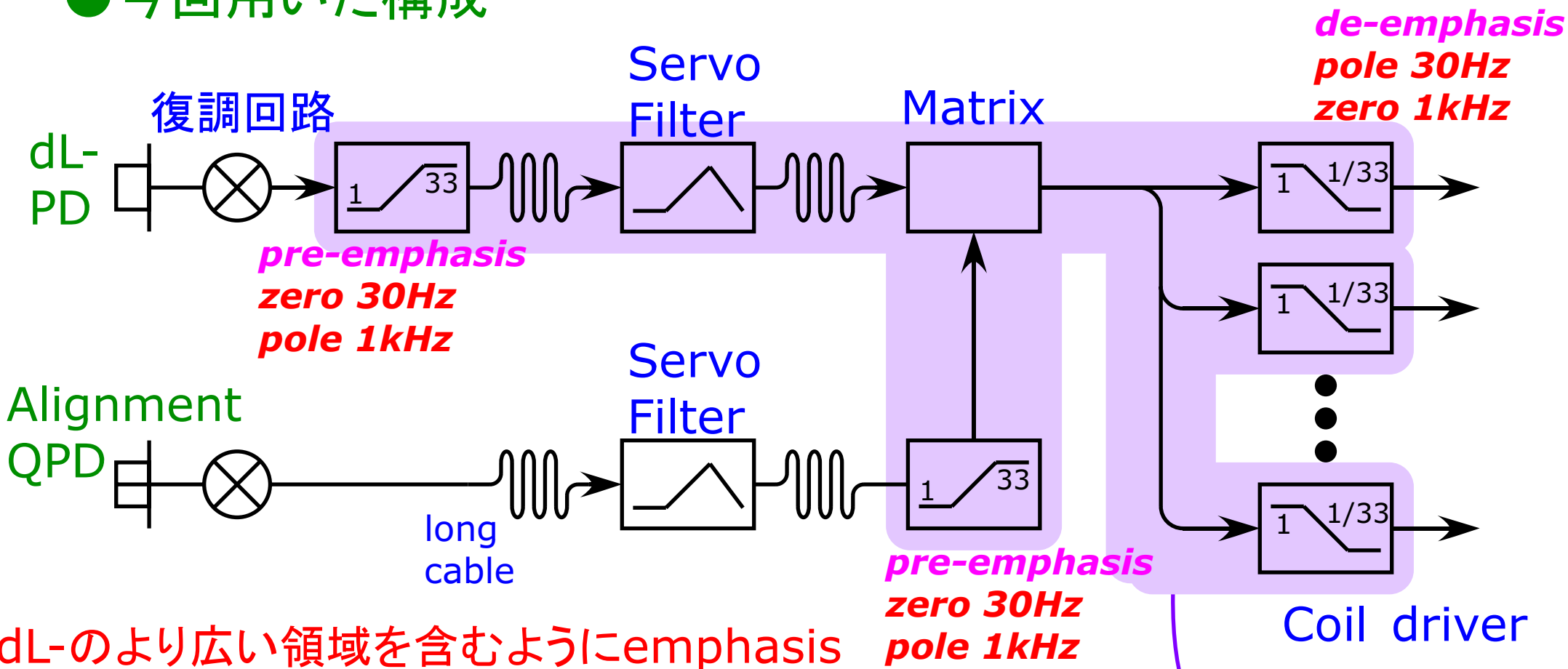
## ●これまでのemphasisフィルタ

emphasisの効果が局所的 / 全帯域でレンジ制限される



# Configuration

## ●今回用いた構成



dL-のより広い領域を含むようにemphasis

コイル1つ1つが周波数特性を持つ

アラインメント系のemphasis必要

今回はテスト的にmatrixとcoil driverの間だけemphasis

~無用な困難を避けるため

emphasisの  
効果がある領域

# De-emphasis filter

●コイル自体に組み込む方法  
高周波で電流をバイパス

電流ドライバーの雑音も減らせるので理想的

しかし現在のコイル(直流抵抗 $8\Omega$ )では  
パラメータが非現実的

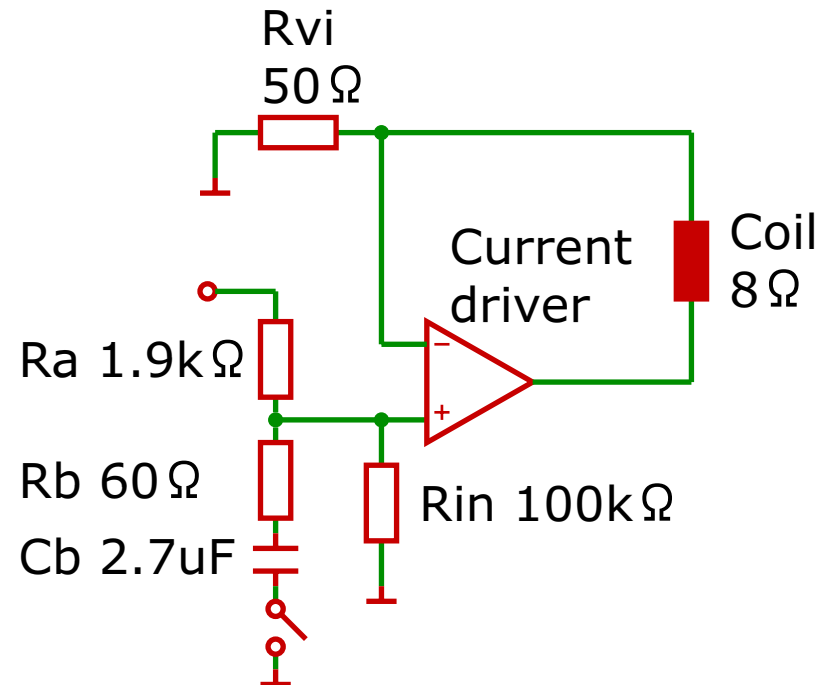
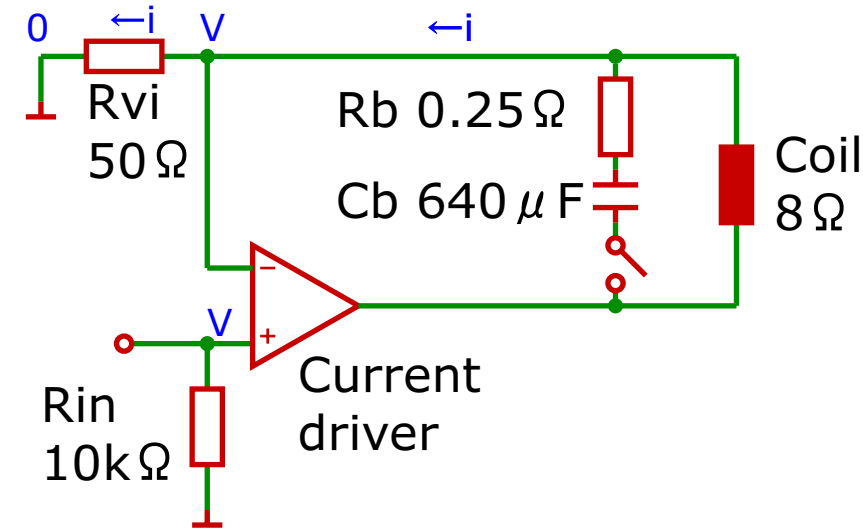
$R_b=0.25\Omega$ ,  $C_b=640\mu\text{F}$ が必要  
(pole  $30\text{Hz}$ , zero  $1\text{kHz}$ )

●コイルドライバの入力を抵抗分割  
高周波で抵抗分割

現実的パラメータ

電流ドライバーの雑音は減らせない

⇒今回採用

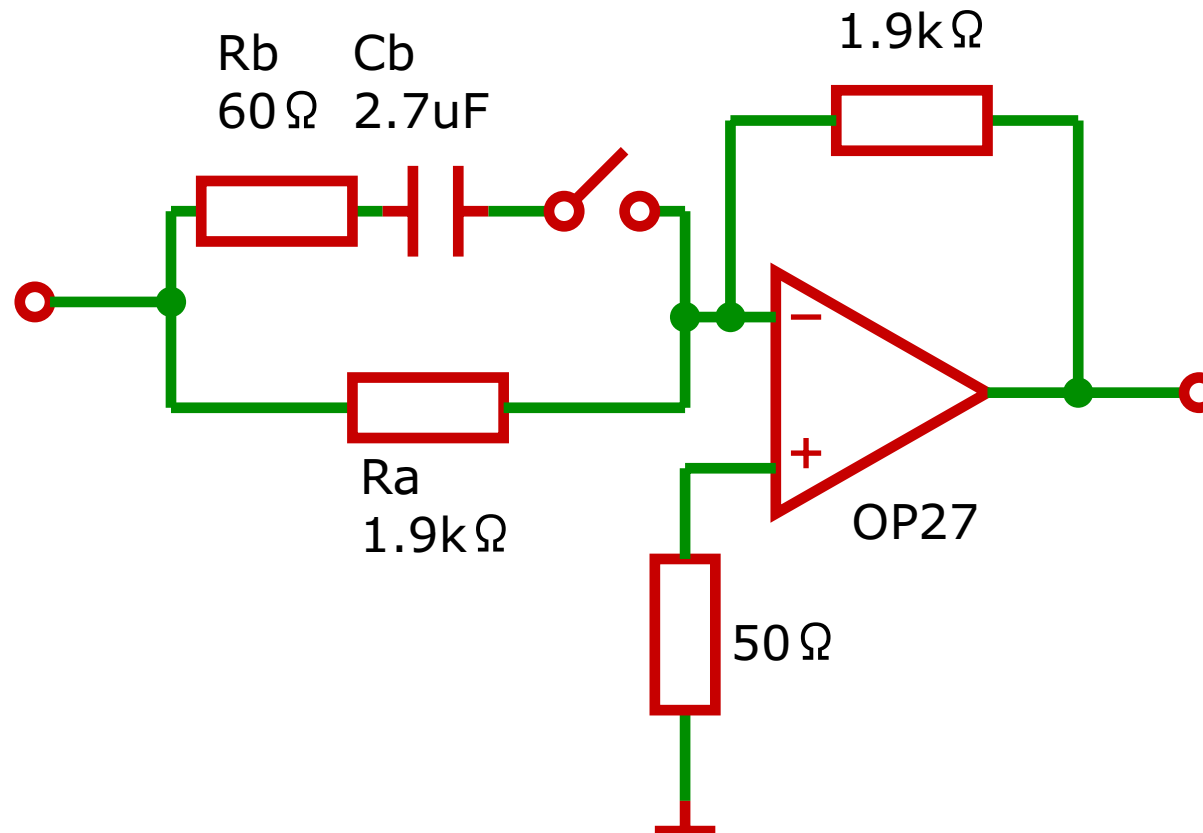


# Pre-emphasis filter

●復調器やマトリクス回路に内臓

zero 30Hz, pole 1kHz

十分に低雑音(input equivalent noise ~数nV/sqrtHz)



# Experiments with TAMA300

## ● pre-emphasis/de-emphasisフィルタのスイッチング

ロックアクイジションの最中はemphasis無効

ロック後にemphasisをONにする

pre-emphasisとde-emphasis ⇒同時にONにしなければならない

フィルタ切り替えのスイッチはTTLデジタルで制御

## ● RFPMIでの試行

成功せず

ONの瞬間にUnlock

## ● 300m FParm (mass制御)での試行

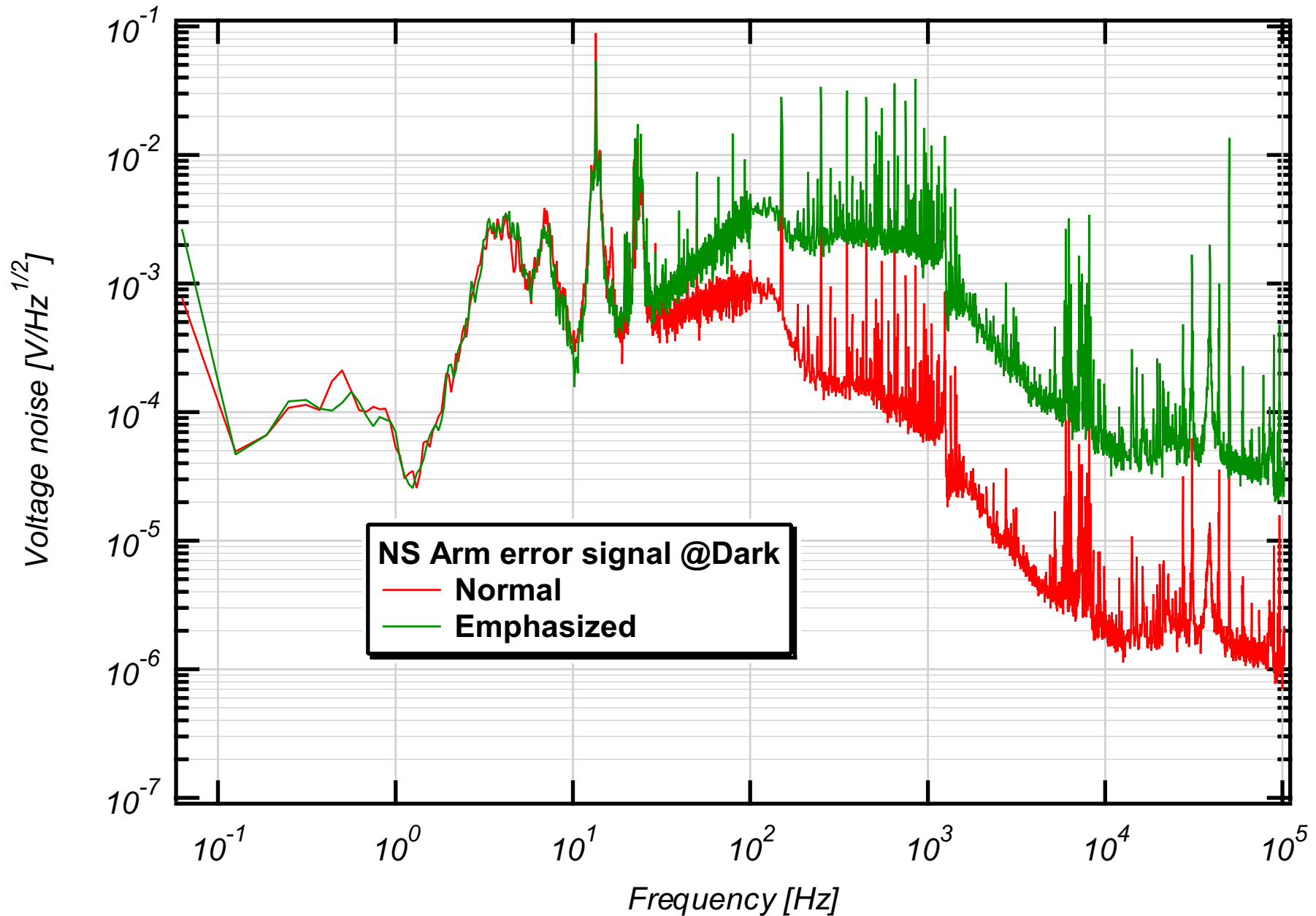
いちおう切り替えに成功

レーザー周波数安定化ループで支えておかなければ切り替わらない



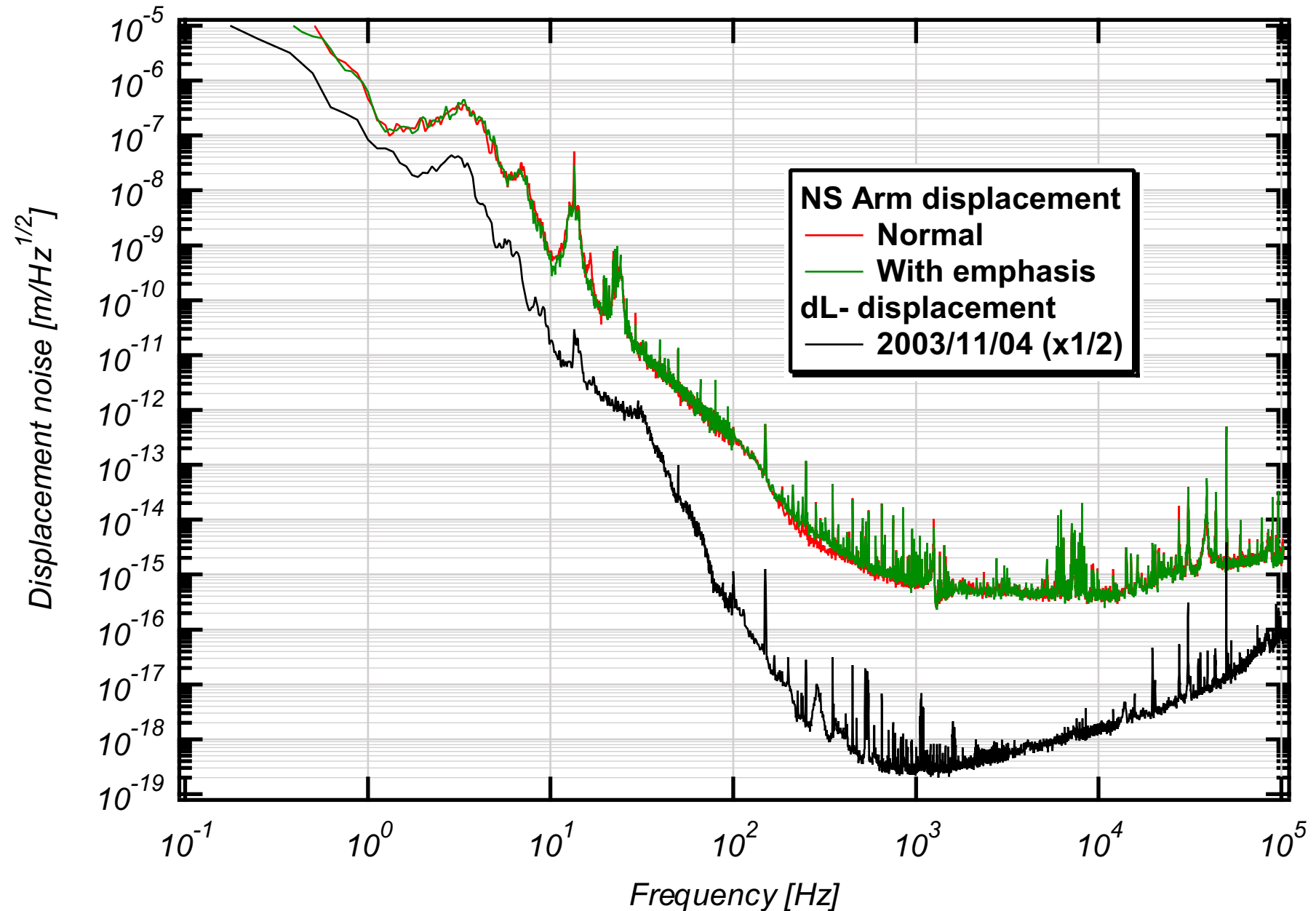
# Experiments with TAMA300

- pre-emphasis後の誤差信号 ~ 信号レベルの増強確認



# Experiments with TAMA300

- emphasis有効時の変位雑音 ~変化なし・飽和などの問題も無し



# Conclusion

## ● 干渉計型重力波検出器TAMA300

感度・安定度向上のための開発

SAS・そのほかの開発項目

## ● pre-emphasis, de-emphasisフィルタの導入

emphasisされている領域では外来雑音に対して強くなる  
その分レンジ制限される

ロック後にL-をemphasisするフィルタを実装

Zero 30Hz, Pole 1kHz

RFPMIではemphasisを有効にした瞬間にロックが落ちてしまう

片腕の実験では切り替えに成功・基本動作は確認

よりマイルドにemphasisする工夫が必要