

入・出射光学系の防振（光軸方向）

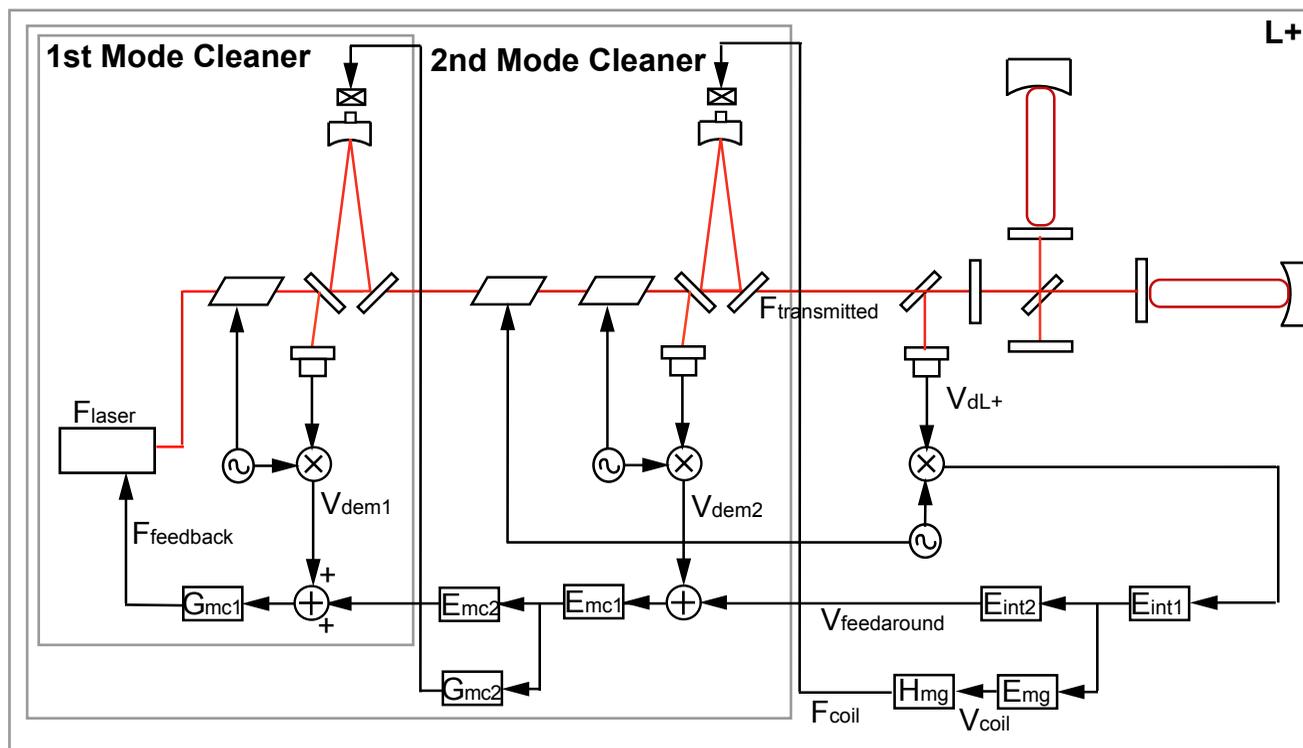
長野重夫、森脇成典

国立天文台、東大新領域

Outline

1. モードクリーナーの防振
2. テレスコープの防振
3. アウトプットMCの防振

LCGTの周波数安定化トポロジ



3 段階の周波数安定化

1st モードクリーナー (10m)

2nd モードクリーナー (180m)

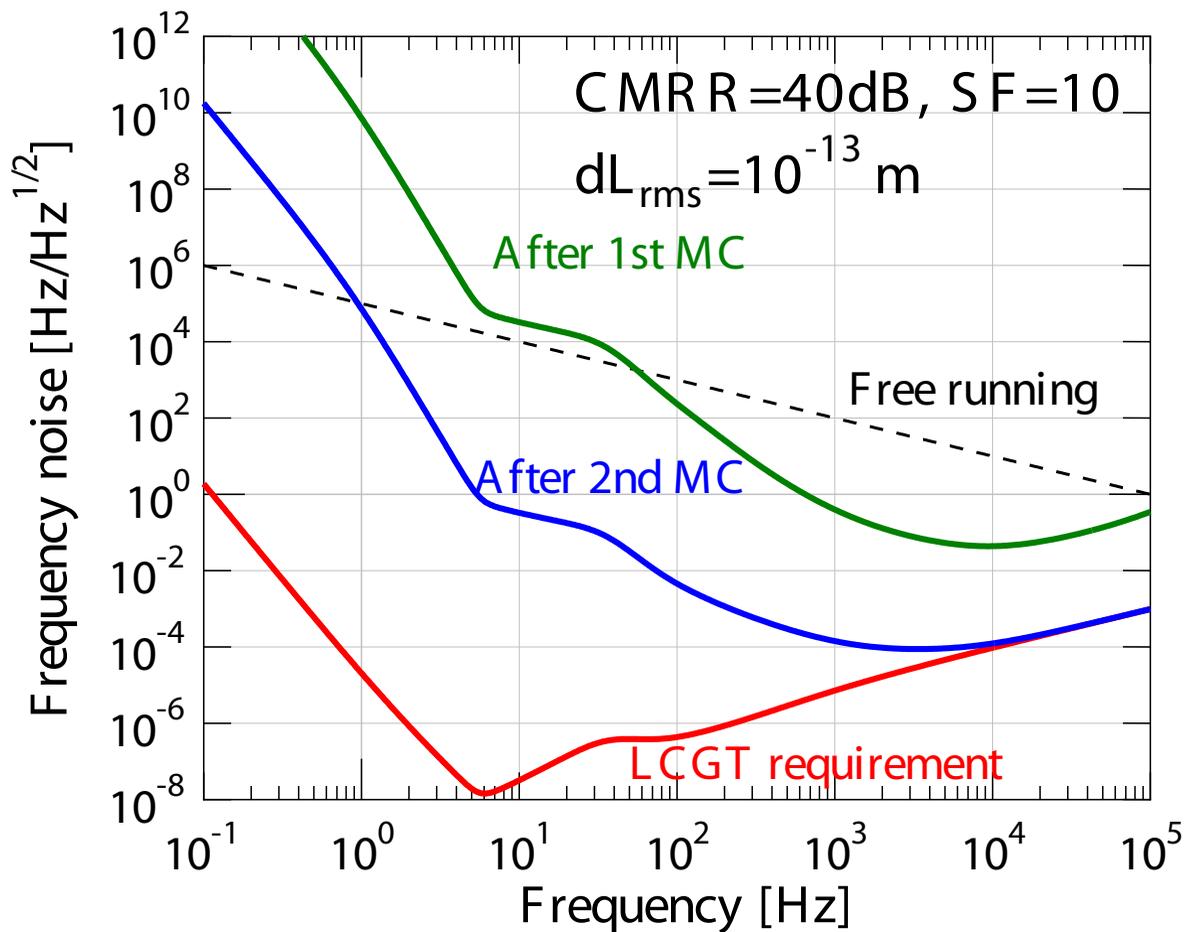
腕キャビティ同相信号 (3000m)

大きな制御ゲインを各ステージ割り振ることができる

スプリアスな経路による制御ゲインの減少を抑制

高周波帯域の安定化が可能 (1st MCのFSR = 15MHz)

周波数ノイズへの要求



宗宮君の最新の結果を利用

同相雑音除去比(CMRR) 40dB

ダークポートの
ロック点付近の揺らぎ 10^{-13} m

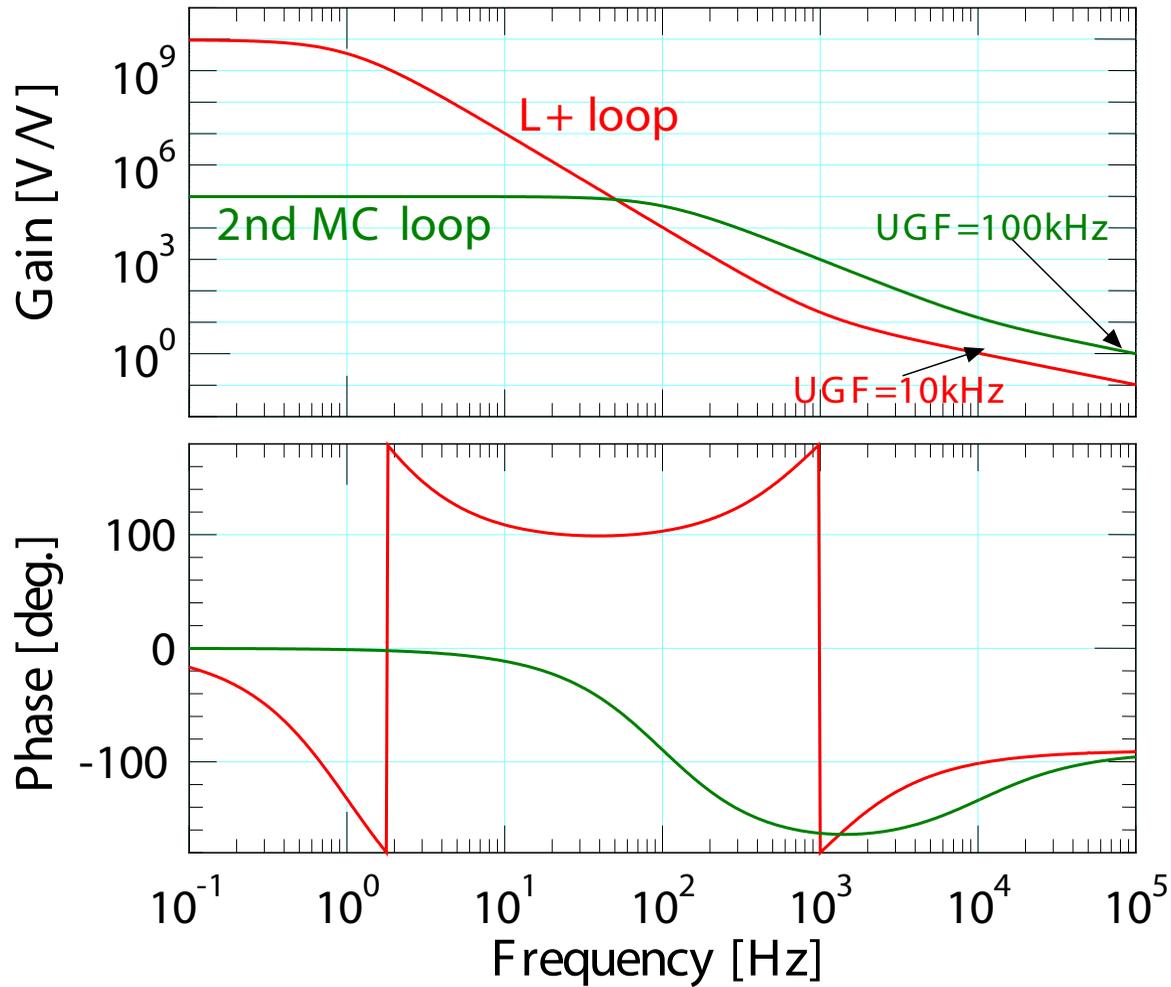
安全係数 10

LCGTの要求周波数安定度

$$\delta v = 10^{-8} \text{ Hz/Hz}^{1/2} @ 6 \text{ Hz}$$

ただし、L+信号に対する相対安定度であることに注意

周波数安定化の制御ゲイン



腕キャビティ FSR=50kHz

L+ループ

UGF=10kHz

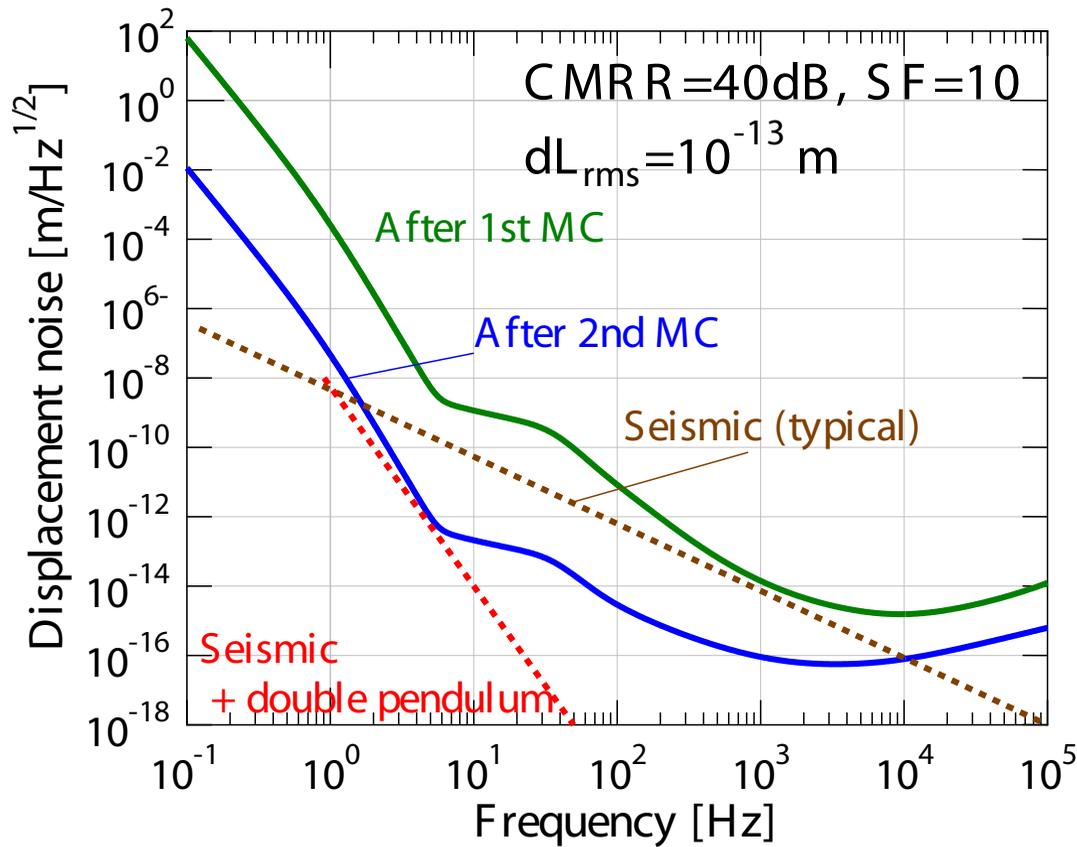
制御ゲイン>150dB @6Hz

2nd MC FSR=830kHz

2nd MCループ

UGF=100kHz

モードクリーナーの防振



地面振動 = $10^{-8}/f^2$ m/Hz^{1/2} を仮定

CMRR=40dB, 安全係数10を満たす設計

2nd MCの光軸方向の揺らぎ < 青線



共振周波数1Hzの2段振り子が必要



TAMA同様の防振装置(2段振り子とスタック)があれば理論上は十分

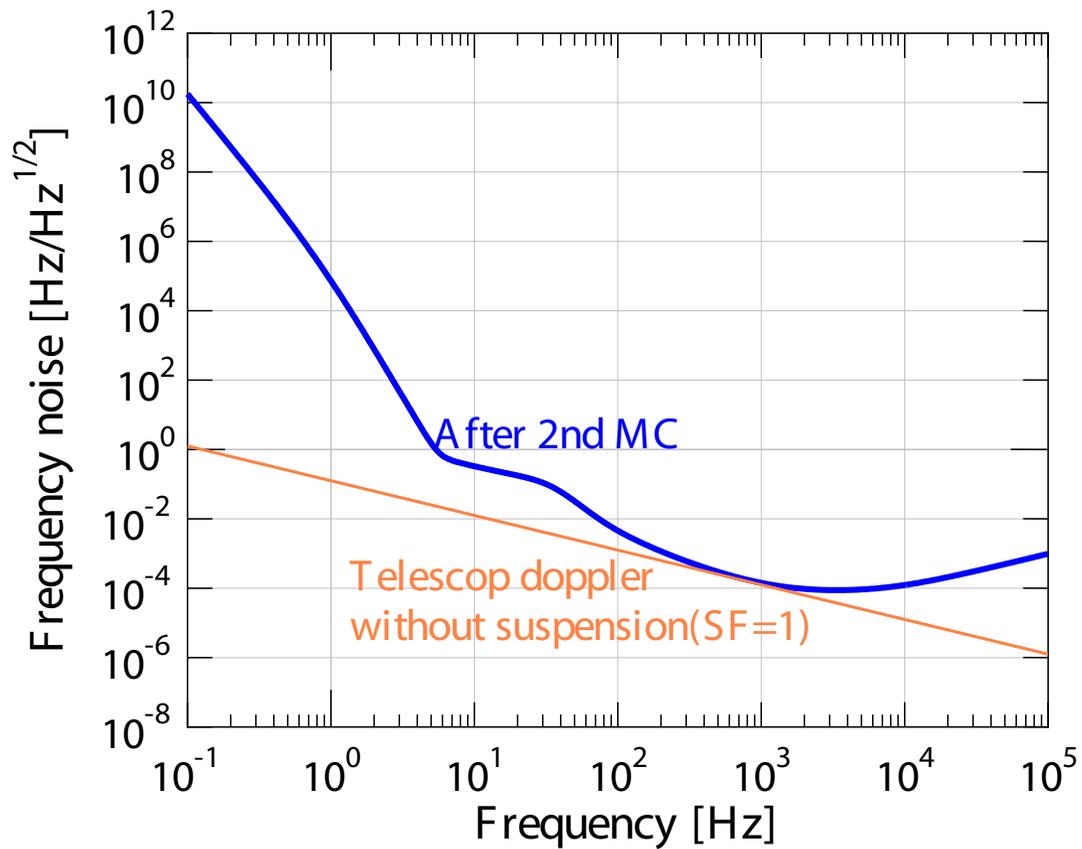
ちなみに

1st MCの光軸方向の揺らぎ < 緑線



周波数安定化だけからは防振不要

テレスコープの防振



2nd MCの後にモードマッチング用
テレスコープが配置される

テレスコープの揺れはドップラーシフト
を引き起こす

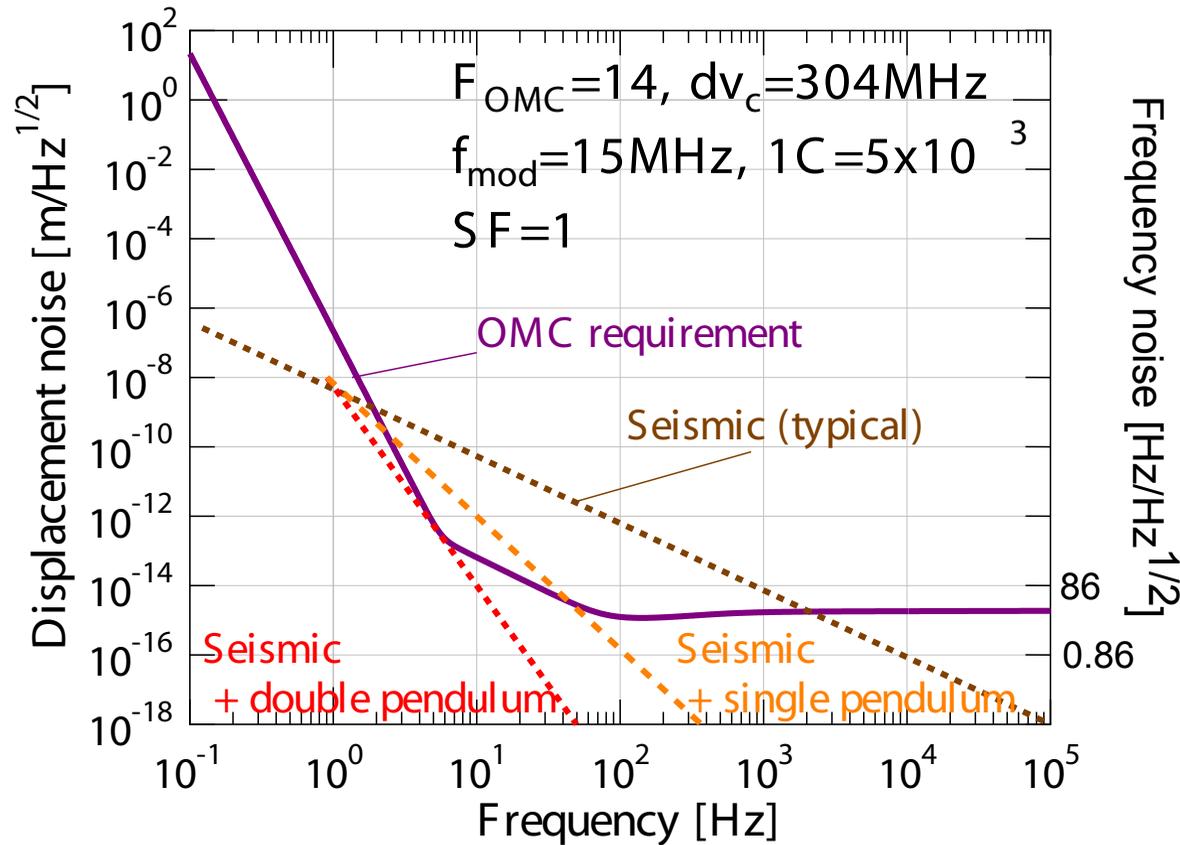
ドップラーシフト < 青線



2nd MCと同程度の防振装置があれば
問題なし

地面振動 = $10^{-8}/f^2$ m/Hz^{1/2} を仮定

アウトプットMCの防振



地面振動 = $10^{-8}/f^2$ m/Hz^{1/2} を仮定

アウトプットMC

フィネス=14, 線幅=304MHz

(透過) 変調周波数=15MHz, 安全係数=1

アウトプットMCの長さ揺らぎは雑音になる

OMC長さ揺らぎ < 紫線



$$\delta v_{\text{OMC}} = 15 \text{ Hz/Hz}^{1/2} @ 100 \text{ Hz}$$

OMCの機械共振を考慮した設計が必要

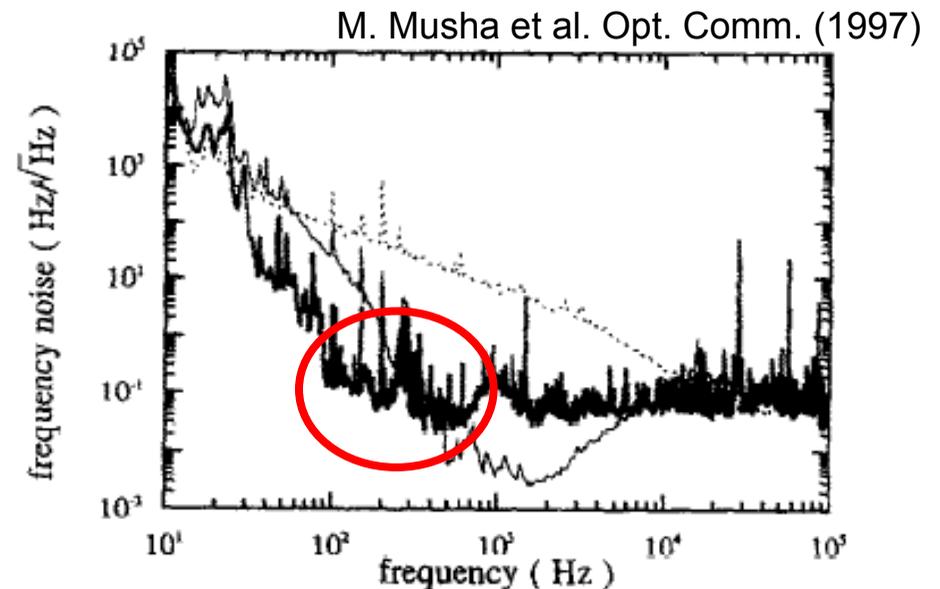


Fig. 4. Frequency noise spectra obtained from the mode-cleaner; the dotted line is the frequency noise spectrum at the free running state, bold line is that of the laser stabilized to the rigid cavity and thin line is that stabilized to the mode-cleaner.