

# GR20/Amaldi10 帰朝報告

8-12 July 2013

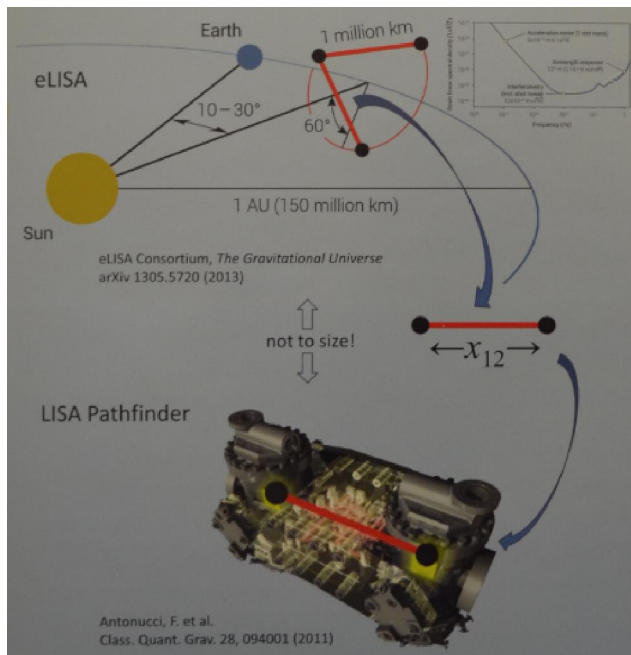
桑田 綾香

ポーランドの首都ワルシャワにて GR20/AMALDI10 の会議が行われた。中でも主に、C3(Progress and Challenges in Advanced Ground Based Detectors)、C4(Concepts and Research for Future Detectors)、C5(Space Based Detectors)のセッションを中心に参加した。特にポスターセッションでは様々な国の研究者の方々と交流することができ、私自身の研究内容についても多くのアドバイスを頂くことができた。

今回は、自身の研究内容の理解を深めるため、FINESSE 開発グループの Daniel Brown さん、サスペンションのコントロールを研究されている量子制御グループの Dirk Schuette さんのポスター発表について、以下にまとめた。また、オーラル発表に関しては、スペース干渉計のしくみについて興味があったため、LISA の発表をされた Michele Armano さんの発表内容の概要を以下に記した。

## 1 SCIENCE AND MISSION SCENARIOS FOR A SADDLE POINT TEST OF MODIFIED GRAVITY WITH LISA PATHFINDER (C5)

Michele Armano



ここでは、理論的な LISA パスファインダーの軌道についての研究が紹介された。

LISA パスファインダー(左図参照)は、2015 年末まで飛行予定で、LISA で用いる様々な技術のテスト及び、太陽-地球ラグランジュ点における高精度な自由落下実験を行うことが目的である。スペース干渉計では、軌道の修正を行う必要があるが、LISA パスファインダーにはいくつかのシステムパラメーター (Various first-order force couplings, Control force, etc.)があり、それらを調整に用いている。この軌道修正により、LISA パスファインダーは太陽-地球における鞍点の近くを巡航するようになる。また、MOND(修正ニュートン力学)をテスト理論として用いることでパラメーター・スペースを減らすことができる。

“Measuring test mass acceleration noise in LISA Pathfinder”  
Giuseppe Congedo

## 2 ACTIVE DAMPING OF TRIPLE-SUSPENDED MIRROR FOR THE 10M PROTOTYPE VIA MODERN CONTROL TECHNIQUES (C4)

MSc. Dirk Schuette

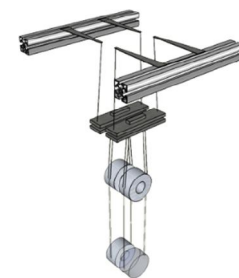
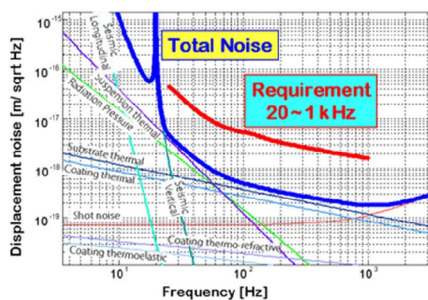
AEI では、10mのプロトタイプ機を用いて次世代検出器のための先進技術や SQL(標準量子限界)の高精度計測などが行われている。近代の制御技術は、複合システムを制御するためのフィードバックループのデザイン処理を容易にする。本研究では Linear-Quadratic-Gaussian(LQG)コントローラを用いることで、サスペンションの Active Damping が遂行されたことが示されている。



- High power laser (35W)
- Ultra-high vacuum system
- Advanced seismic isolation
- Fully digital control infrastructure(CDS)

AEI 10m prototype (<http://10m-prototype.aei.uni-hannover.de/>)

低周波領域においてデザイン感度(下左図参照)を達成するためには、いくつかの免振が必要となる。3つの振子のデザインは下中央図・右図のようになっており、これらの3つの振子の台が免振の役割を果たす。このとき、Active damping(制御対象の状況：変位・加速度等に応じてダンピングを働かせる)というローカルコントロールを用いると、振り子の機械的な固有モードのダンピング(共振)を低減することができる。これにより、サスペンションによる雑音を減らすことができる。



ここで、Active damping 制御技術のために、LQG という最適制御とカルマンフィルタを合わせたフィードバック制御系を用いる。LQG コントローラはサスペンションの出力からカルマンフィルタで状態変数を推定し、状態フィードバックをかけるため、Active damping を適切に行うことができる。以下の式は、カルマンフィルタのから導かれる algebraic riccati equation である。

$$K = R^{-1} B^T P$$

$$0 = Q - P B R^{-1} B^T P + P A + A^T P$$

A=system matrix; B=input matrix; C=output matrix

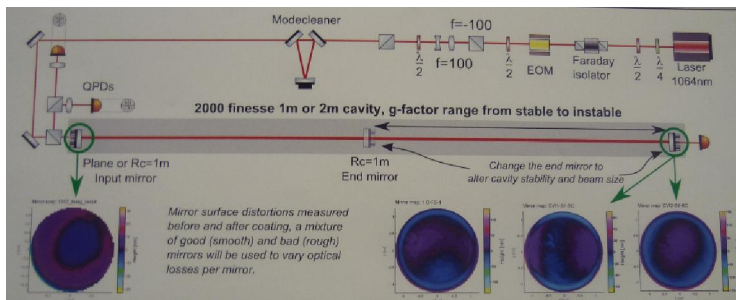
u=controlled input(= -Kx ...Control law); Q= $\tilde{B} \tilde{B}^T$ ; T=time

私自身の実験では実際に、サスペンションによるダンピングの影響が問題となっていたので、大変参考になった。

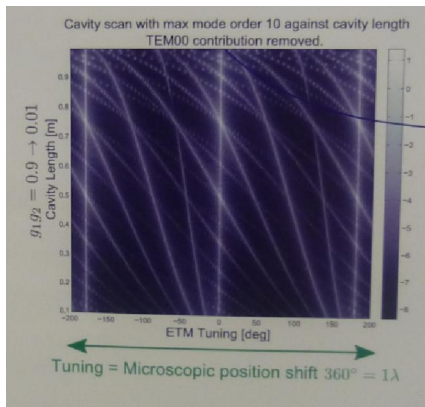
### 3 MODELLING MIRROR SURFACE DISTORTION EFFECTS IN LOW-LOSS, NEAR-UNSTABLE FABRY-PEROT CAVITIES (C4)

Daniel Brown

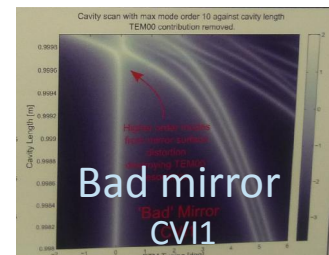
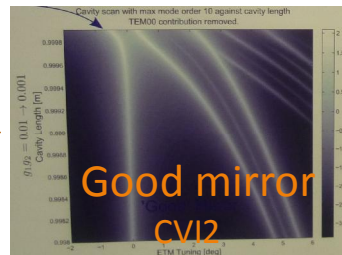
量子雑音を低減させるためにスクイーズ光を入れると、光学損失の影響を下げるができる。同時に、鏡のスポットサイズを大きくすることで、熱雑音を減少させることができる。ここでは、その低損失および不安定近くの共振器について研究するため、数値モデルを用いた。



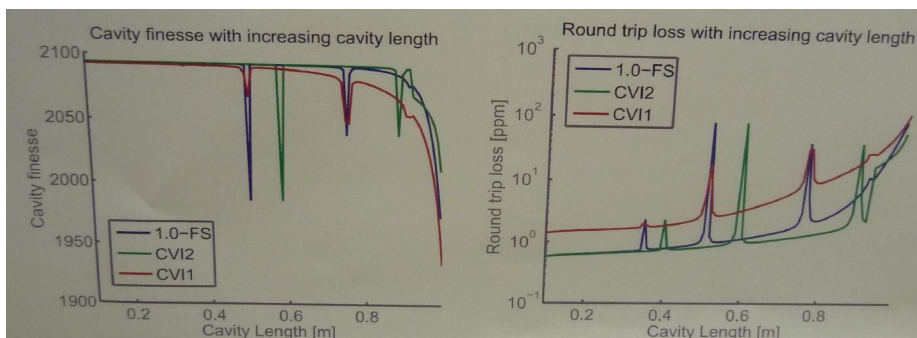
不安定な共振器内では、ガウスモードと高次モードが同時に共振する点がある。今回はシミュレーションツール FINESSE 上で左図のようなシンプルなモデルを考え、ETM を微小に動かし、共振器をスキャンした。



明線は各モードの共振を表しており、中心に見える直線の明線がガウスモード(TEM00)、斜めの明線が高次モードである。このとき、簡単のため、高次モードには TEM00 の寄与は含まれていない。



上図を見てみると、TEM00 と高次モードの共振値が同時に起こる点(明点と明点のクロス部分)があるのが見受けられる。この点で共振器を設置してしまうと、ほしいモード以外も共振してしまうことになる(悪い鏡)。



ほとんどの良い鏡と悪い鏡の間では、ほぼ違いが見られなかったが、CVI1(悪い鏡)と CVI2(良い鏡)の間には目に見えるくらいの違いがあり、悪い鏡では結果としてラウ

ンドリップ損失の上昇を引き起こしている(上図参照)。

もし鏡表面の光学的プロファイルがかなりの精度で計測できれば、その結果を、エラー信号のような予想された働きをモデル化するのに用いることができるという。また、この手法を用いると、鏡表面のゆがみが共振器内で高次モードを生成することで、到達可能な安定性のレベルを制限するのかどうかを決めることができる。

実際に私の実験に FINESSE を用いる際にも、ETM を微小に動かし、共振器をスキャンして各モードを見てチューニングを行ったりするが、その結果からラウンドトリップ損失の情報を出したことがなかったので、とても興味深かった。また、ガウスモードと高次モードが同時に共振してしまうという状況を考慮するのも、現状の問題としてあるので、実際に画像としてそのような共振状態を確認することができて参考になった。