



Taka Wakabayashi

**8th Edoardo Amaldi Conference
on Gravitational Waves**

**COLUMBIA UNIVERSITY
IN THE CITY OF NEW YORK**

June 21-26, 2009

www.amaldi8.org

2009.7.3 重力波交流会

Amaldi8 帰朝報告

お茶の水女子大学大学院
人間文化創成科学研究科
理学専攻
若林野花

CONFERENCE TOPICS INCLUDE:
Status of existing ground-based detectors, Status of space-based detectors,
Gravitational wave detection using pulsar timing arrays,
Gravitational-wave sources: Astrophysical and cosmological, etc.,
Analysis of gravitational-wave data: Overview of observational results,
Gravitational-wave astronomy: New interesting theoretical results and ideas,
Research and development of next generation detectors,
Research and development for third generation detectors,
Education and outreach

INVITED TALKS:
Ground-Based Interferometers and their Science Reach: S. Kawamura
Advanced Interferometers and their Science Reach: D. Shoemaker
Advances in Numerical Relativity: M. Campanelli
Multimessenger Astronomy and Gravitational Wave Sources: B. Schutz
GW Astronomy - Observational Results and their Science Reach: P. Shawhan
Space Antennas and their Science Reach: K. Danzmann
Third Generation Detectors and their Science Reach: M. Punturo
Pulsar Timing: G. Hobbs
Education and Outreach: F. P. J. W. Lam
GWIC Roadmap: S. Rowan

THE LOCAL ORGANIZING COMMITTEE
Szabolcs Marka, (chair), Lam Hui, David Helfand, Kristen Menou,
Zoltan Haiman and Zsuzsa Marka (Columbia University)
Janna Levin (Barnard College)
Peter Saulson (Syracuse University)
Laura Cadonati (University of Massachusetts)
Alessandra Buonanno and Peter Shawhan (University of Maryland)
Erik Katsavounidis and Scott Hughes (MIT)
Deirdre Shoemaker (Georgia Tech)
Jolien Creighton (U. Wisconsin, Milwaukee)
Syd Meshkov (Caltech)
Andrea Lommen (Franklin and Marshall College)

and additional representatives of major gravitational wave
communities outside of United States -

Martin Hewitson (AEI, Germany)
Patrick Sutton (Cardiff University, UK)
Fulvio Ricci (Universita di Roma La Sapienza, Italy)
Ik Siong Heng and James Hough (University of Glasgow, UK)
Kimio Tsunobono and Mio Norikatsu (The University of Tokyo, Japan)
David McClelland and Susan Scott (Australian National University)
Benoit Mours (LAPP-Anncy, France)

SCIENTIFIC ORGANIZING COMMITTEE -
GRAVITATIONAL-WAVE INTERNATIONAL
COMMITTEE

Jesper Munch, University of Adelaide
William O. Hamilton, Louisiana State University
Massimo Cerdonio, University of Padua and INFN
Michele Punturo, INFN-Perugia
Eugenio Coccia, University of Rome "Tor Vergata"
Michael Kramer, JCA - University of Manchester
Karsten Danzmann, AEI and University of Hannover
James Hough, University of Glasgow (Chair)
Jay Marx, California Institute of Technology
David Reitze, University of Florida
Thomas Prince, California Institute of Technology
Bernard Schutz, AEI für Gravitationsphysik
Robin Stebbins, Goddard Space Flight Center
Stefano Vitale, University of Trento
Giorgio Frossati, Leiden University
Andrea Lommen, Franklin and Marshall College
Dick Manchester, Australian Telescope National Facility
Seiji Kawamura, National Astronomical Observatory (Japan)
Kazuaki Kuroda, University of Tokyo
Francesco Fiduciaro, University of Pisa
Benoit Mours, LAPP-Anncy
Clifford Will, Washington University, St. Louis
Stan Whitcomb, California Institute of Technology

CONTACT INFORMATION:
Zsuzsa Marka



Amaldi8について

- 世界中の各重力波観測器の現状や将来計画、データ解析や重力波源に関して最新の研究状況を報告し合い、情報交換や交流を行うことを目的として隔年で開催されている。

— 今までの開催場所 —

Perth, Australia (2001)

Pisa, Italy (2003)

Okinawa, Japan (2005)

Sydney, Australia (2007) など

今回の開催場所: アメリカNY コロンビア大学



2009/6/21日(日)~26日(金)
の6日間開催

いただいたお土産たち



会議形式

- 参加人数約320人
 - 口頭発表約170人
 - ポスターセッション163人

- 日本人参加者19人

(敬称略) 黒田、三尾、川村、佐藤、
安東、麻生、佐合、端山、沼田、
潮見、西澤、阪田、川添、我妻、
大前、高橋走、森、穀山、若林



会議内容概要

- 第1世代重力波検出器の現状
- 宇宙重力波検出器の開発現状
- 重力波源の研究について
- データ解析方法の現状
- 第2世代重力波検出器の開発現状
- 第3世代重力波検出器の計画
- 重力波に関する教育、地域貢献活動

以下をピックアップして紹介

- ①Advanced-LIGOなどの第2世代重力波検出器の現状報告
- ②LISA-Pathfinderの現状報告

① 第2世代検出器について

まず、第1世代の現状

第1世代の現状: 非常に良い

※LIGOの例

- 各機器の技術開発もかなり成熟した
- インフラ整備整った
- 目標感度に達した
- データ解析の方法の確立
- 観測からいくつかのupper limits を決めた

David Shoemaker さんの講演より抜粋

各世代について

第1.5世代

Virgo+ : 3km-arm

Enhanced LIGO : 2km-arm、4km-arm x2

GEO-HF : 600m-arm

第2世代

Advanced Virgo : 3km-arm

Advanced LIGO : 4km-arm x3

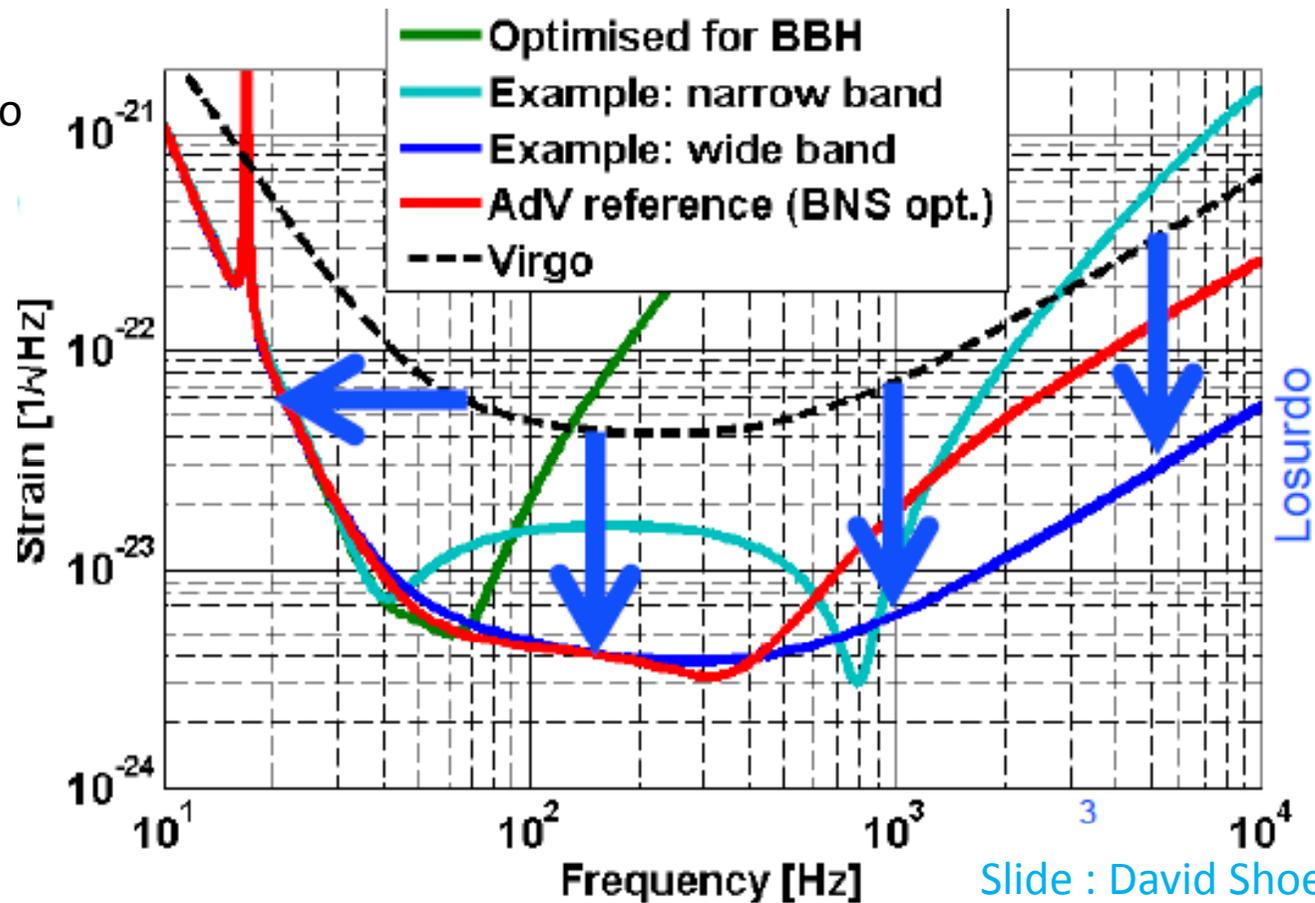
LCGT : 3km-arm

AIGO: potential multi-km system in Australia

第2世代検出器での目標①

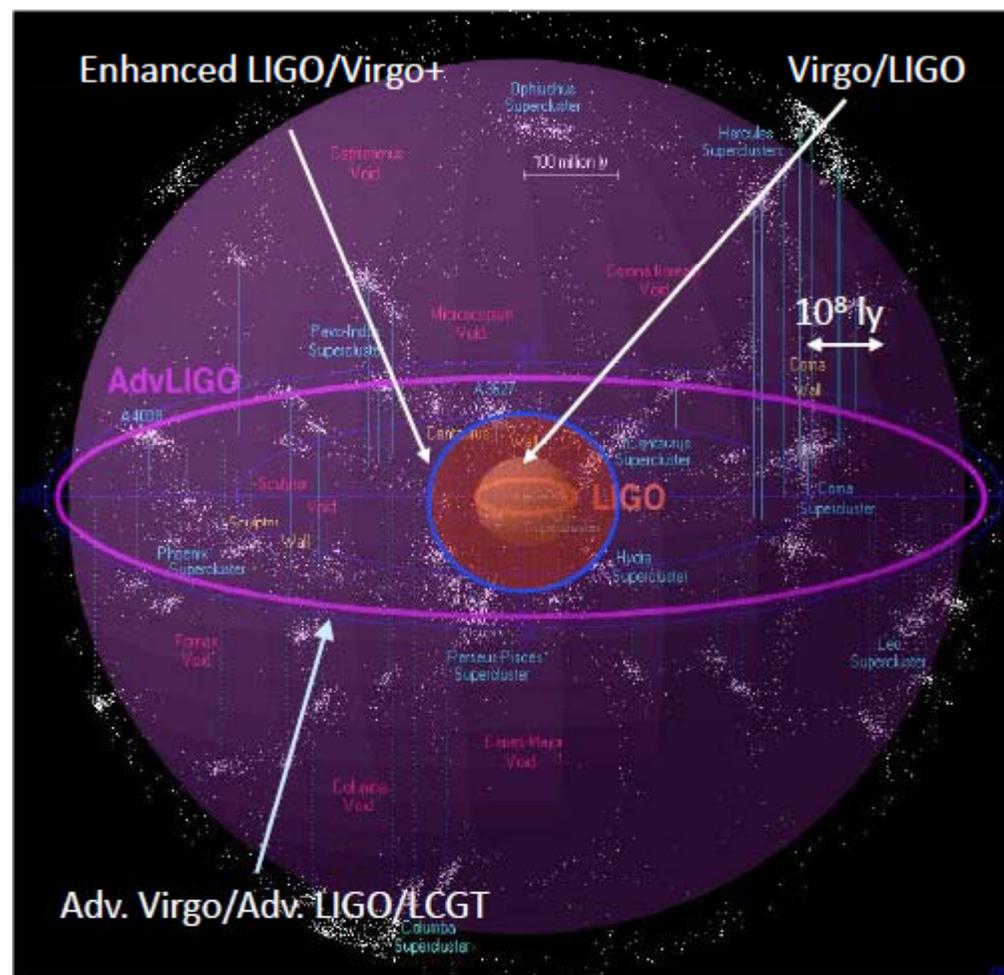
第1世代に比べて1桁以上感度を良くする

例 : Adv Virgo



第2世代検出器での目標②

- 感度が10倍良くなるので10倍遠くまで見られるようになる。
- つまりAdvLIGOはLIGOよりも1000倍の範囲を網羅でき、中性子連星であれば200Mpcまで見られる。

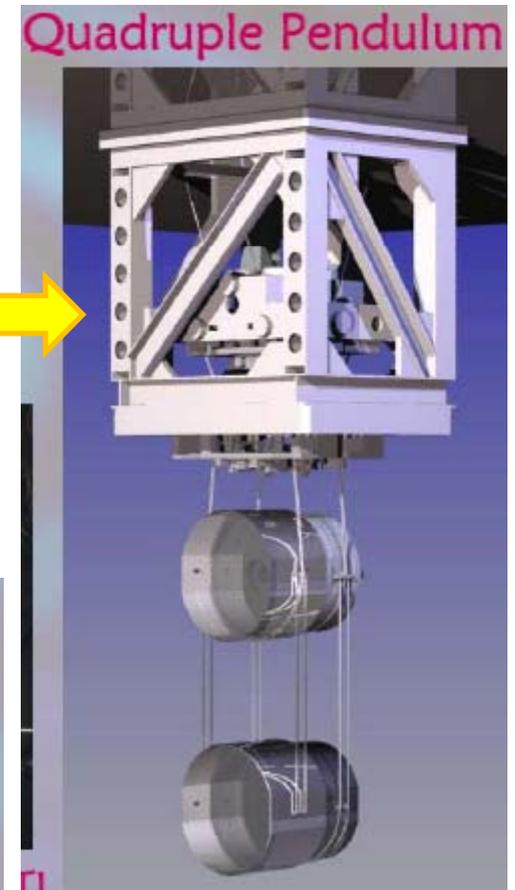


Credit: R.Powell, B.Berger

第1世代に比べて改良点は？①

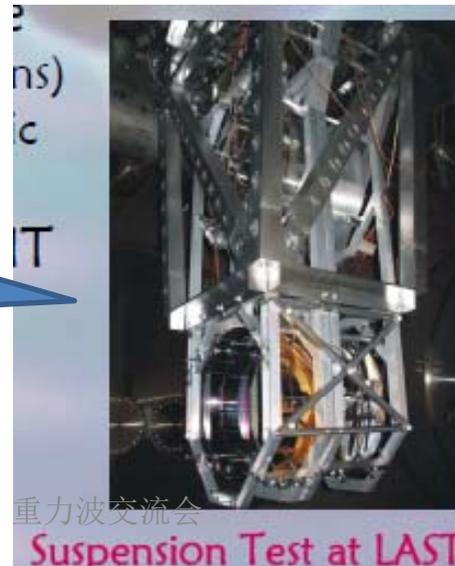
—地面振動の防振①—

- 元々どの第1世代干渉計でも、一段や多段振り子で鏡を吊って防振している
- Advanced LIGOのQuadruple pendulum (for test masses and beamsplitters) など
- Virgo+, Adv Virgo, LCGTでもそれぞれ開発している



Slide : Gregory Harry

MITのLASTIで試験中の
Quadruple Pendulum



第1世代に比べて改良点は？②

—地面振動の防振②—

Adv LIGO の防振装置

2種類

・テストマスとビームスプリッター用のBSC →

・光学系用のHAM →

6自由度の3ステージ

○プロトタイプ稼働中

・BSC : MITのLASTIにて

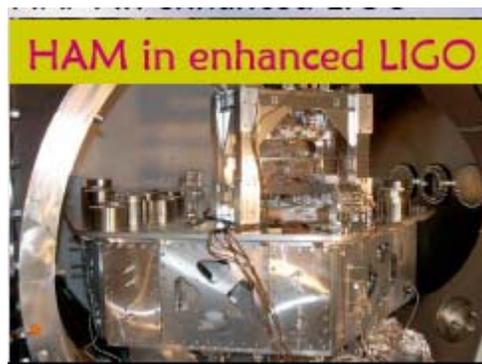
・HAM : enhanced LIGOにて

○実機組立予定

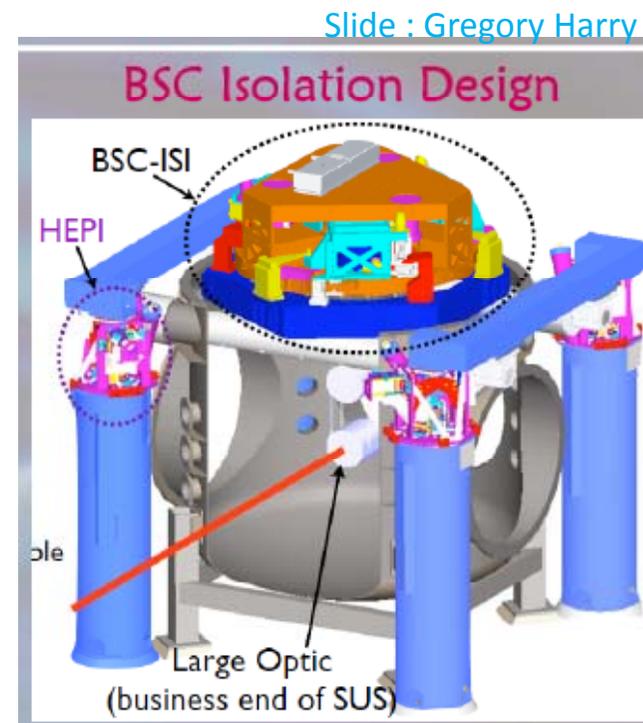
・HAM 2009年10月

・BSC 2010年7月

Yaka Wakabayashi

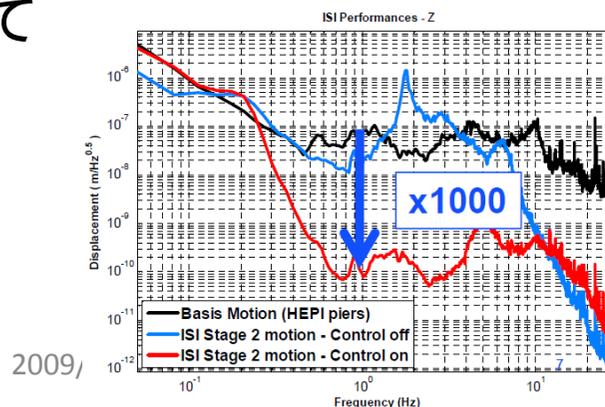


HAM in enhanced LIGO

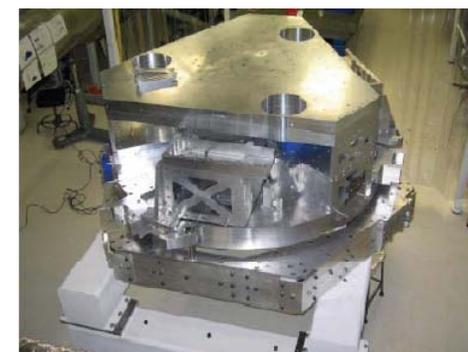


Slide : Gregory Harry

BSC Isolation Design



2009/

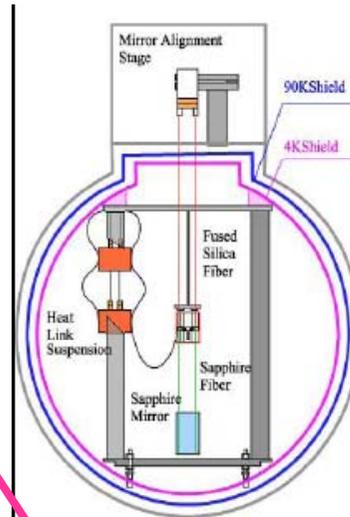


14

第1世代に比べて改良点は？③

—熱雑音対策—

- LCGTでは鏡を20K冷却
(振り子とミラーの熱雑音を低減)
- Fused Silica suspension fiber
GEO600で主に開発
 - Adv LIGO, Adv Virgo でも同様のものを使用予定
 - Virgo+では、早ければ2009年に使用予定



Slide : Kuroda

Monolithic silica last stage
– Dumbbell fibers (not ribbons)
– Ears silicate bonded to optic
– Fibers welded to ears
Full testing in LASTI at MIT

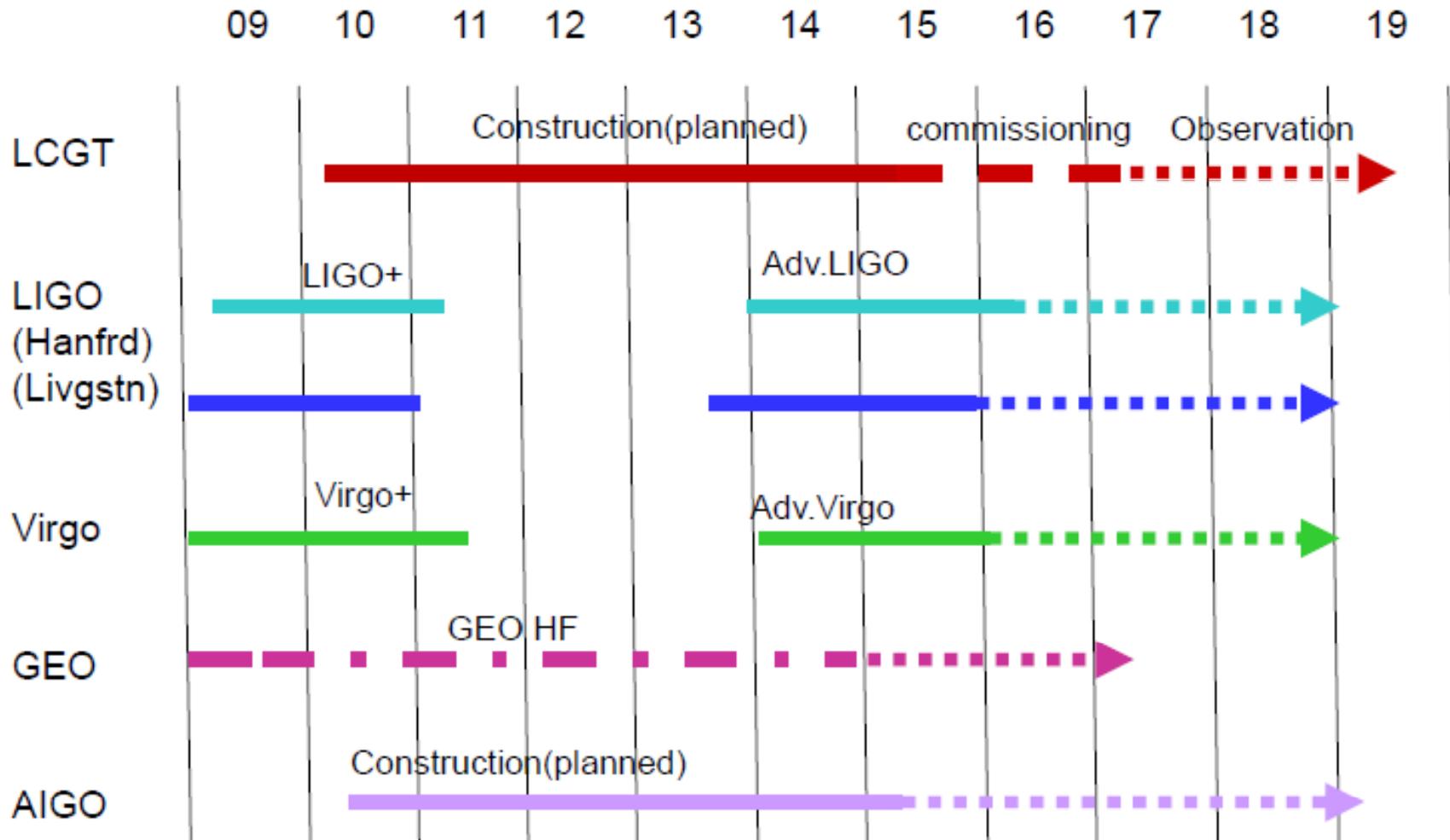
熔融石英で
鏡のearの
部分と接合



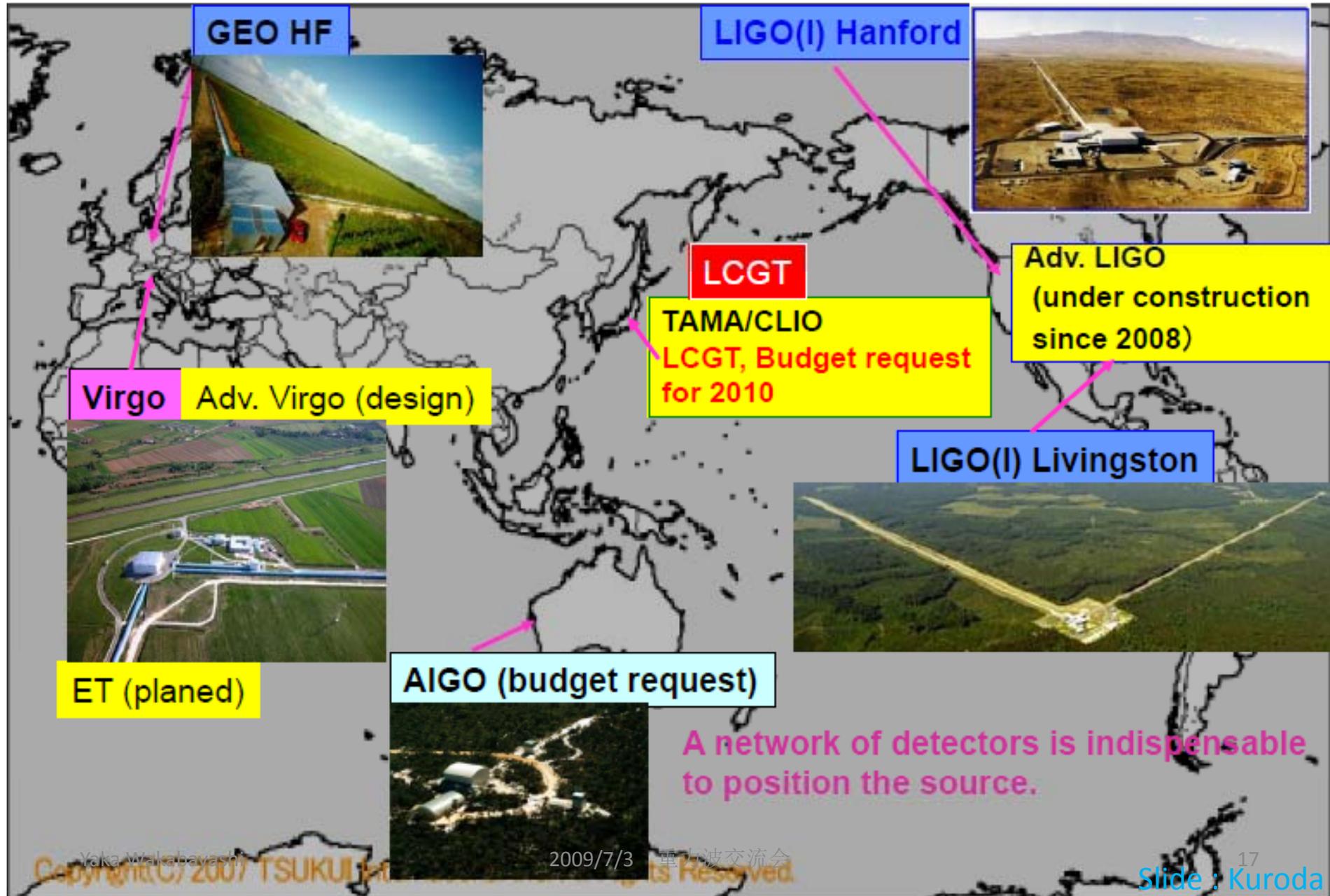
Welded Fiber-Ear

Su
15

第2世代干渉計ロードマップ



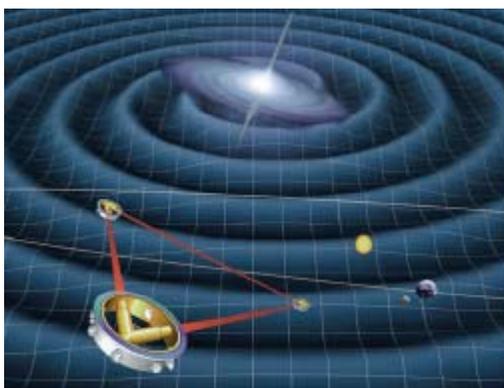
Designed for World wide network of GW astronomy



② LISA Pathfinder

LISA

- LISAのスケジュール



LISA: 20XX年打ち上げ目標



LISA Pathfinder: 2011年打ち上げ予定

Slide : Paul McNamara

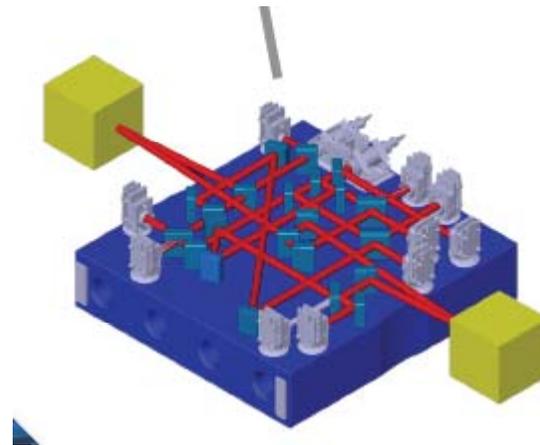
Yaka Wakabayashi

2009/7/3 重力波交流会

19

LISA Pathfinder

- LISA PathfinderはLISAのための技術検証ミッション
LISA : 基線長500万km
LISA Pathfinder : 基線長数10cm(片腕だけの干渉計)

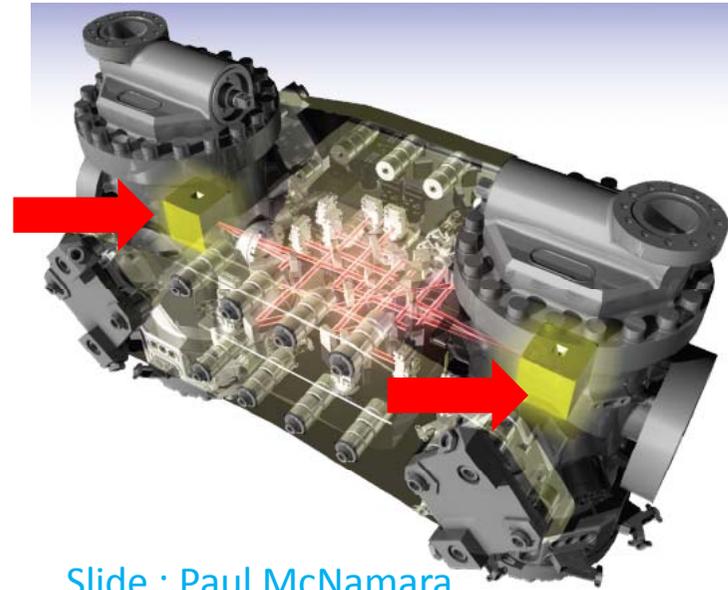


LISA Pathfinder に要求される技術

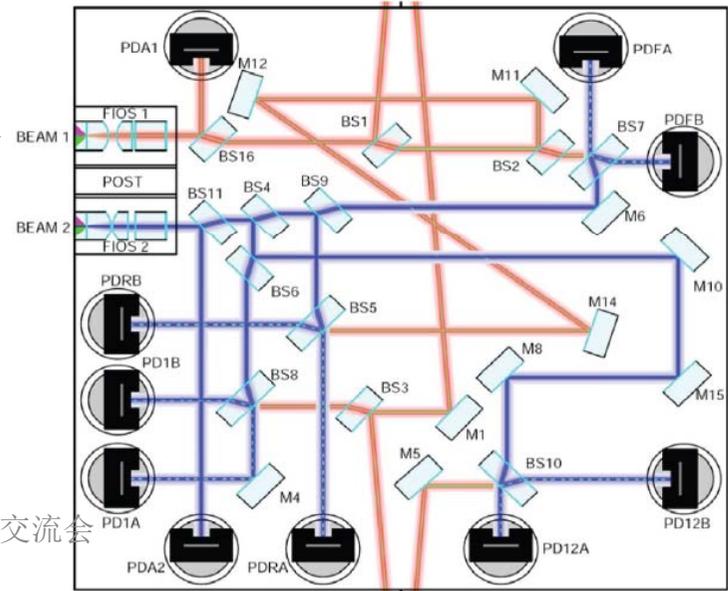
- spacecraftの**非接触Drag free 制御**
- Drag free制御するための**低雑音スラスタ**
- 非接触での**テストマスの放電**
- **重力場のキャンセル**
- 宇宙機同士の**精密位置決め**
- 宇宙機同士の**通信**
- **精密姿勢制御** など

LTP(LISA Technology Package)

- テストマスx2
- 基線方向にヘテロダインレーザー干渉計と、すべての面に静電容量センサがありテストマスの相対位置を測る
- 低膨張率の光学定盤に4つの干渉計がある



Slide : Paul McNamara

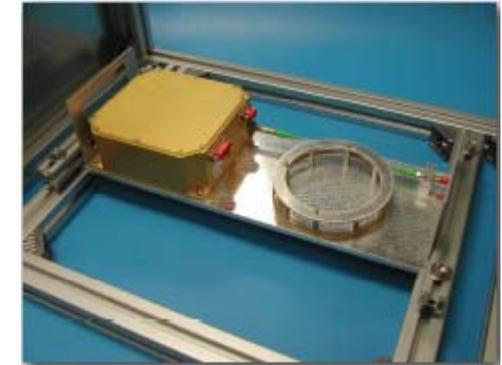


Optical Metrology System

光学計量システム

以下の4つのメインサブシステムで構成

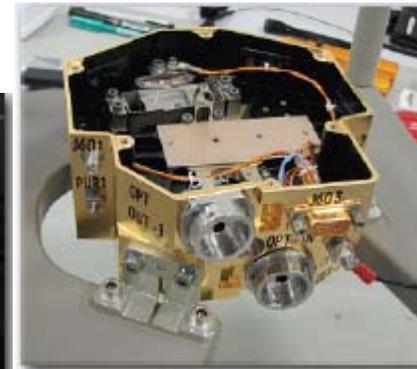
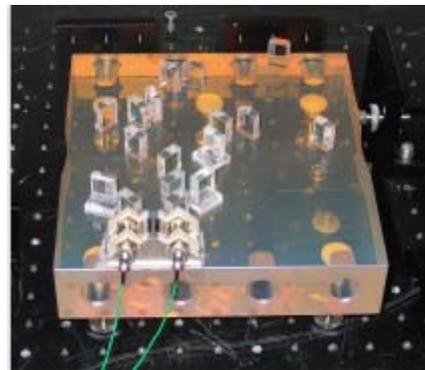
- Reference Laser unit(?) →
- Acousto-Optic Modulator(?) →
- 光学定盤
- Phase-meter(?) →



Slide : Paul McNamara



Yaka Wakabayashi



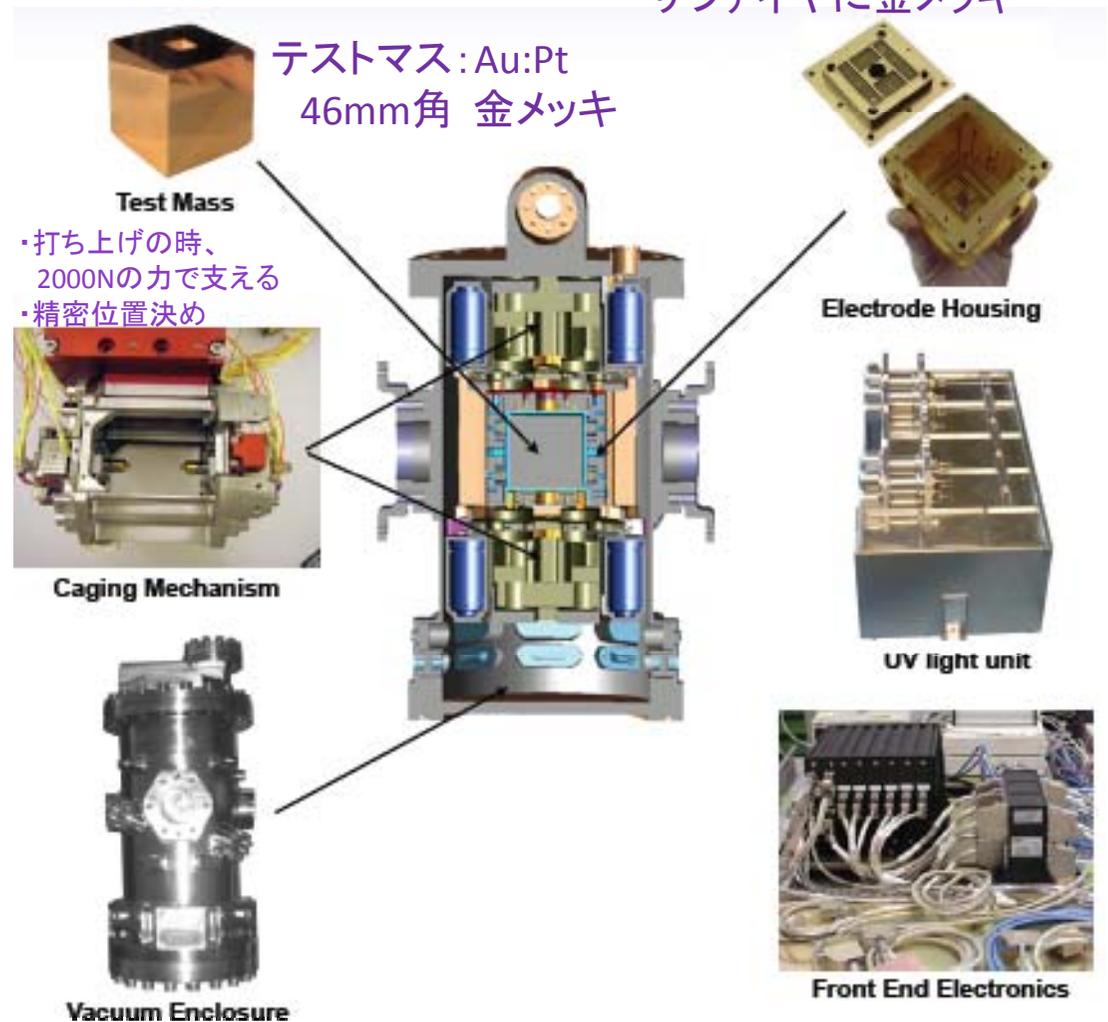
どこでどう使われるのか良くわからない・・・

慣性センサシステム

電極板:
サファイヤに金メッキ

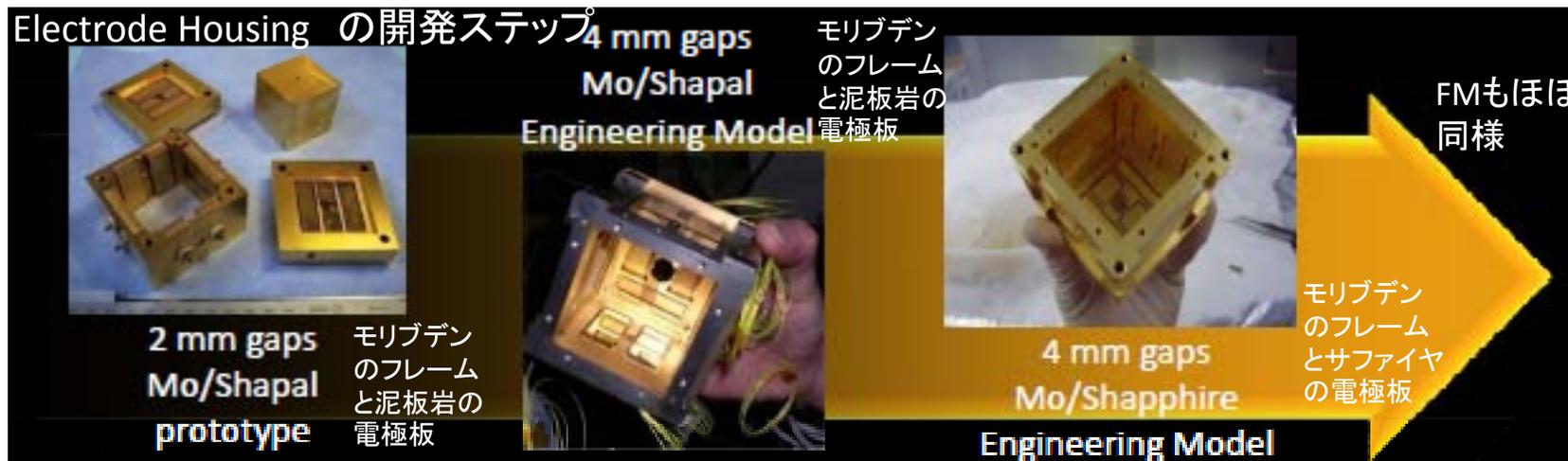
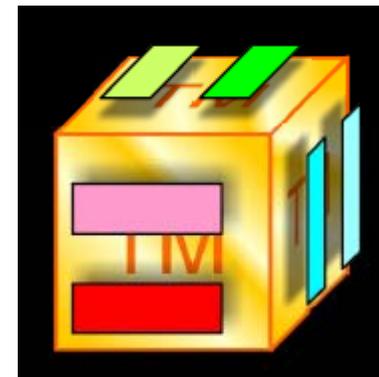
6メインサブシステム

- テストマス
- Electrode Housing (EH)
電極板とフレーム
- Caging mechanism
(DPFでいう、ローンロック機構
とクランプリリース機構)
- UV放電システム
- 真空ユニット
- Front end electronics(?)



GRS(The Gravitational Reference Sensor)

- テストマスの位置を測って制御する
- GRSの構成要素
 - テストマス
 - Electrode Housing(EH): テストマスの6面全部に4mmのギャップのある電極板が張り付いたフレーム



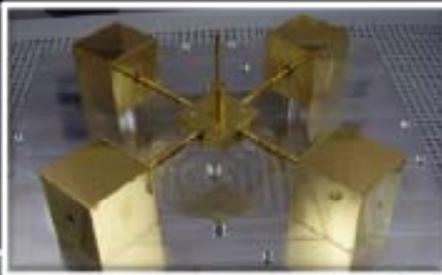
GRS地上テスト(エンジニアリングモデル)

- Torsion pendulum で1自由度で性能試験



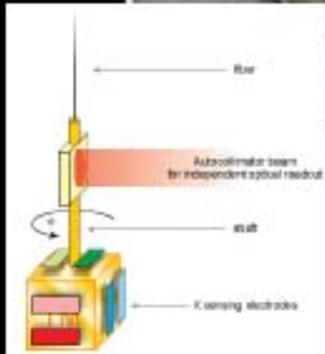
1TM
回転

Torsion pendulums provides one
"nearly free" degree of freedom
to test the GRS

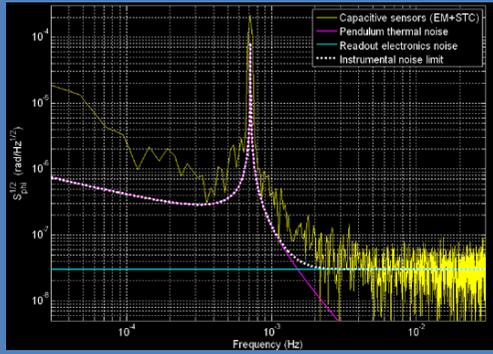


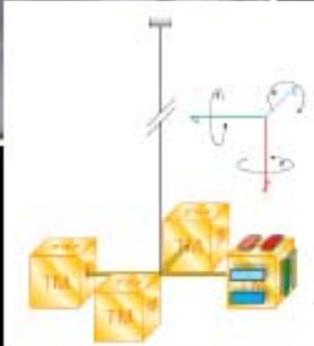
4TM
並進

**Gravity Reference Sensor
Engineering Model**



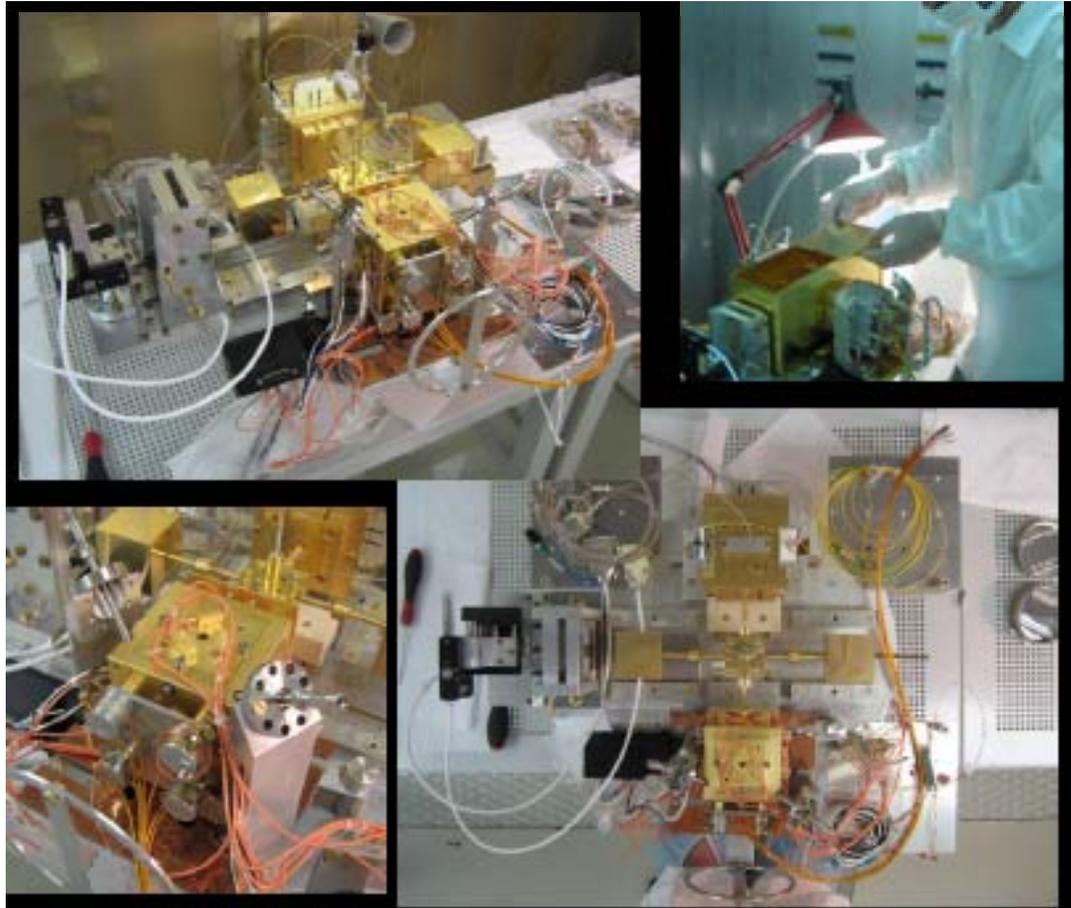
Pendulum Thermal noise, Readout electronics noise, などからSensorの upper limits がわかった





GRS地上テスト(フライトモデル)

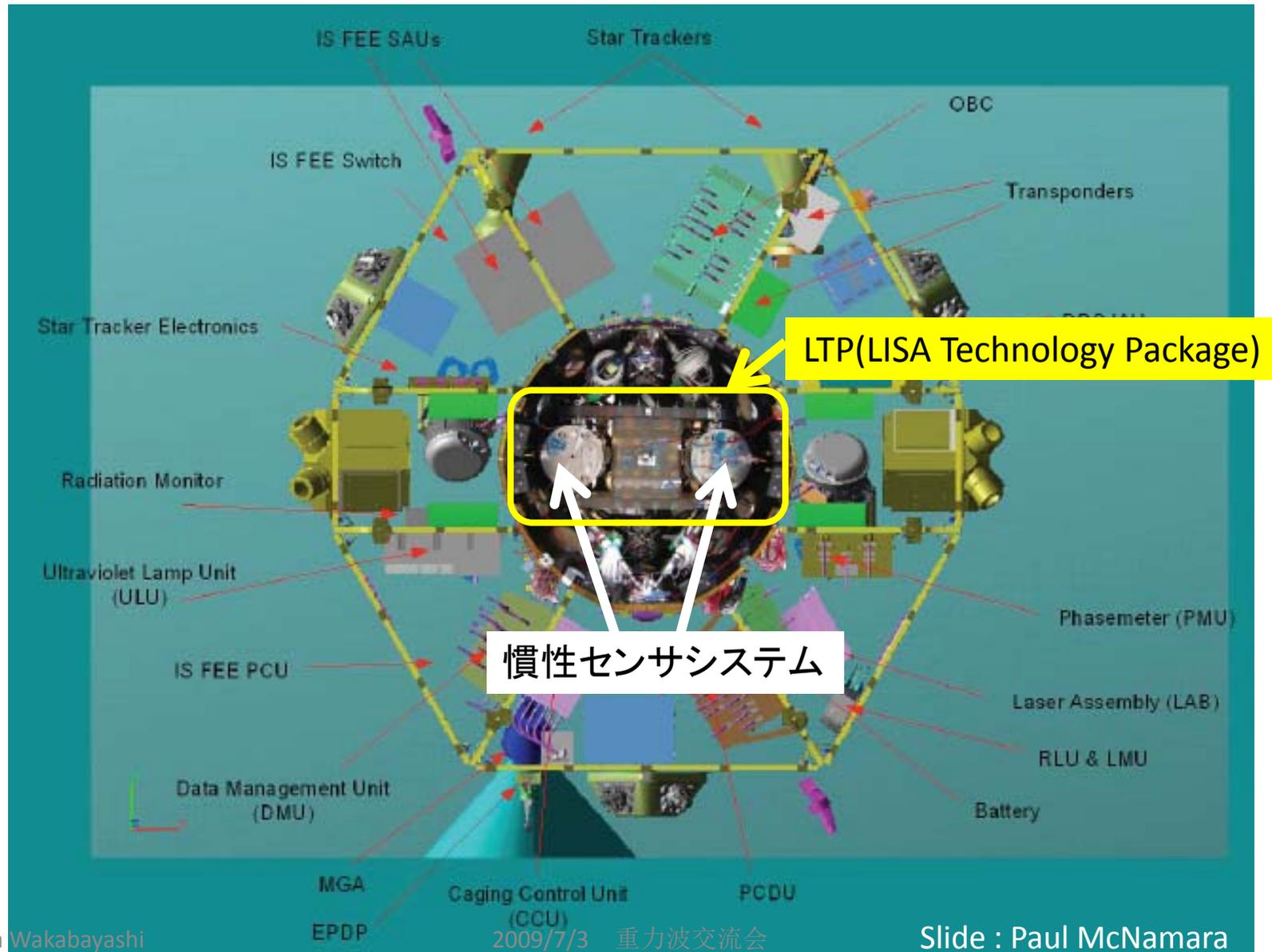
- フライトモデルのレプリカで卓上実験開始！



Slide : Giacomo Ciani

- 本物のフライトモデルは、2010年完成予定

LISA Pathfinder全体



LPF振動試験等の現状①

- LTP(LISA Technology Package)は2007年にCritical Design Review(CDR)を通過
- LTP Core Assembly は振動試験通過(下の写真)
- LTP各ユニットのフライトモデルは今製作中orレプリカで試験中
- DFACS(Drag Free and Attitude Control System)もCDRを通過し、試験中(おそらく振動試験等)



FM electrical harness check

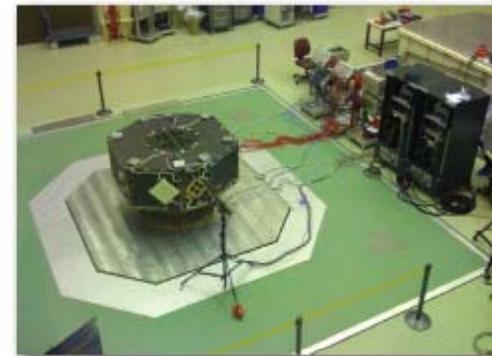
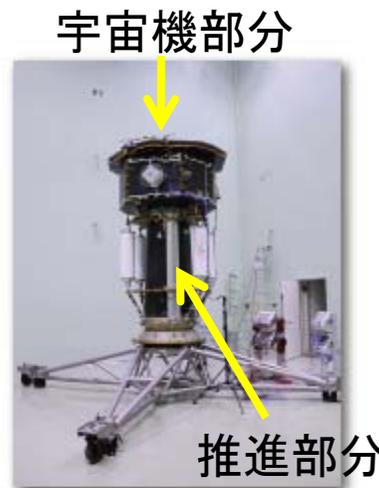


LCA STM vibration test

LPF振動試験等の現状②

宇宙機本体の外枠部分と、推進部分は以下の構造試験（機械環境試験を通過

- 静的荷重
- 音響
- ロケットから切り離す際の衝撃
- Sine Dwell(?)



Launcher

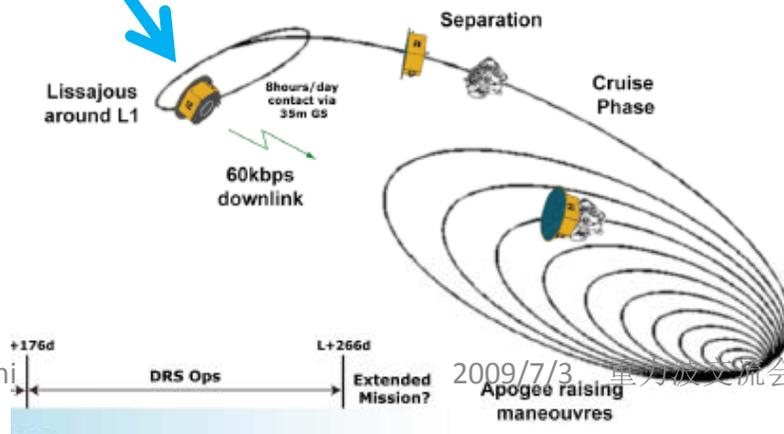
- 2011年中頃打ち上げ予定
- VEGA(ESAの新型ロケット、LPFが3号目)にて打ち上げ予定
- 最終的な軌道は50万x80万kmのL1付近
- ドイツのESOCにてオペレーション
- 1日8時間間接触可



Artists impression of VEGA launcher



VEGA main engine test



Yaka Wakabayashi

Slide : Paul McNamara

最後に

- 今回の会議のプレゼンテーションとポスターの資料はほとんど以下のAmaldi8のHPにおいてあるので興味のある方はどうぞ。

<http://sites.google.com/site/amaldi8project/>