

GWADW2008報告

和泉究(東大天文M2)

第8回重力波研究交流会 2008/06/06



コンテンツ

1. 会議の概要
2. 第2世代検出器現状
3. 第3世代計画(ET)
4. Gravity Gradient noise

GWADW

Gravitational Wave Advanced Detector Workshop

2008年5月12日-19日 @エルバ島

会合目的

第2世代検出器の研究・開発現状の報告

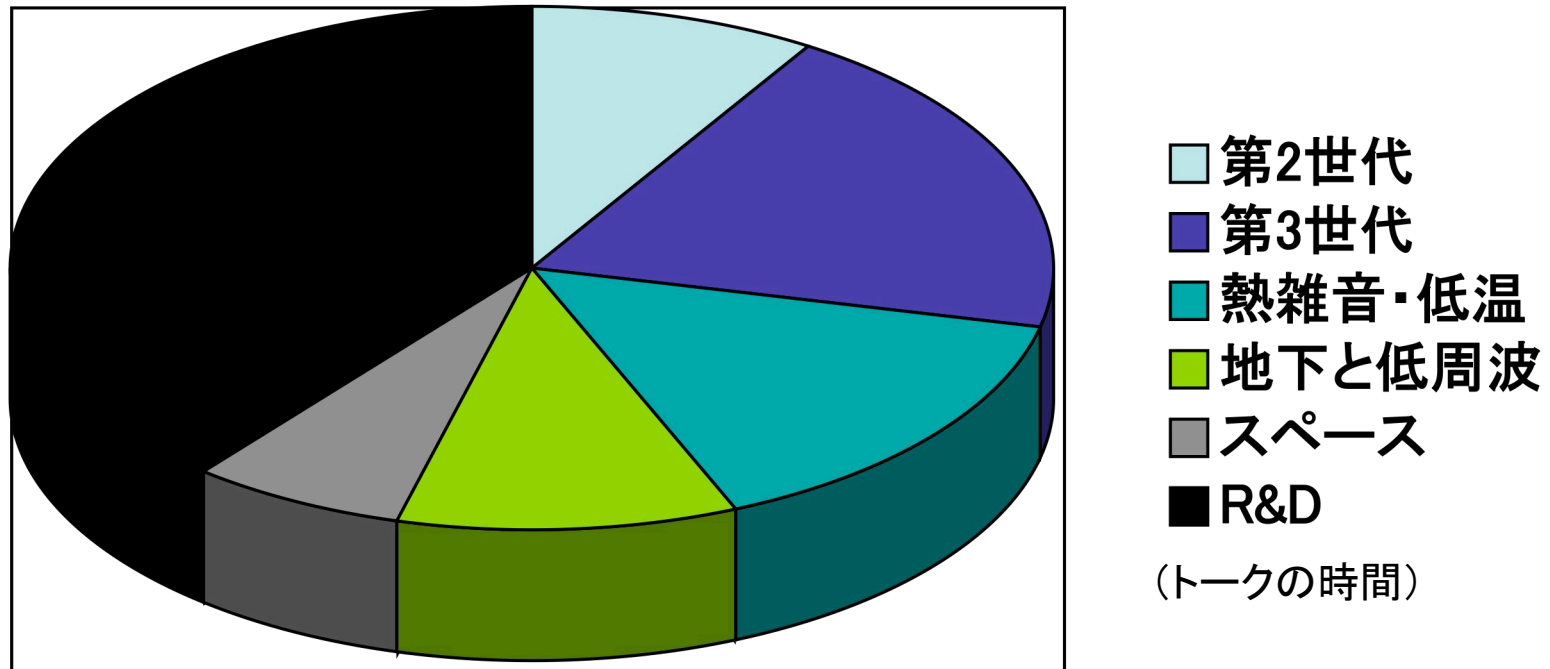
第3世代に向けたR&Dとアイディアの共有

参加人数 126名

日本からの参加(8名)

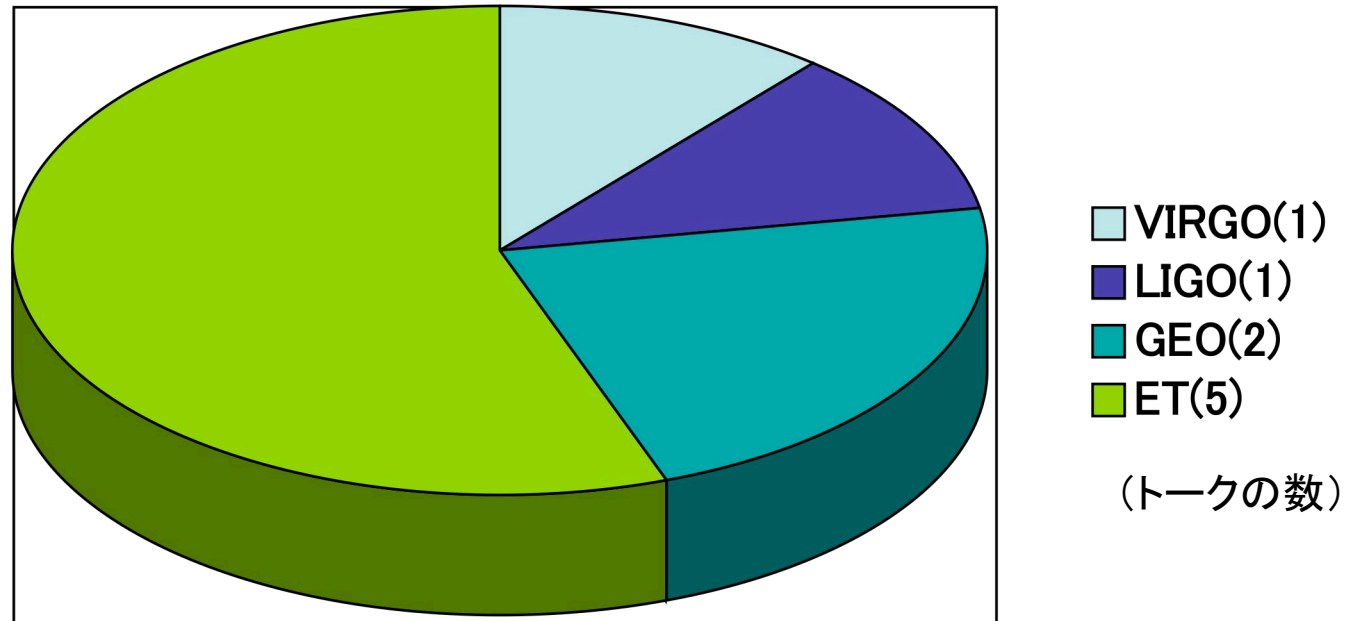
黒田, 川村, 三代木, 阪田, 苔山, 西澤, 我妻, 和泉

セッションの様子



“Underground”と”Thermal”の話題が豊富

検出器ごとの話題

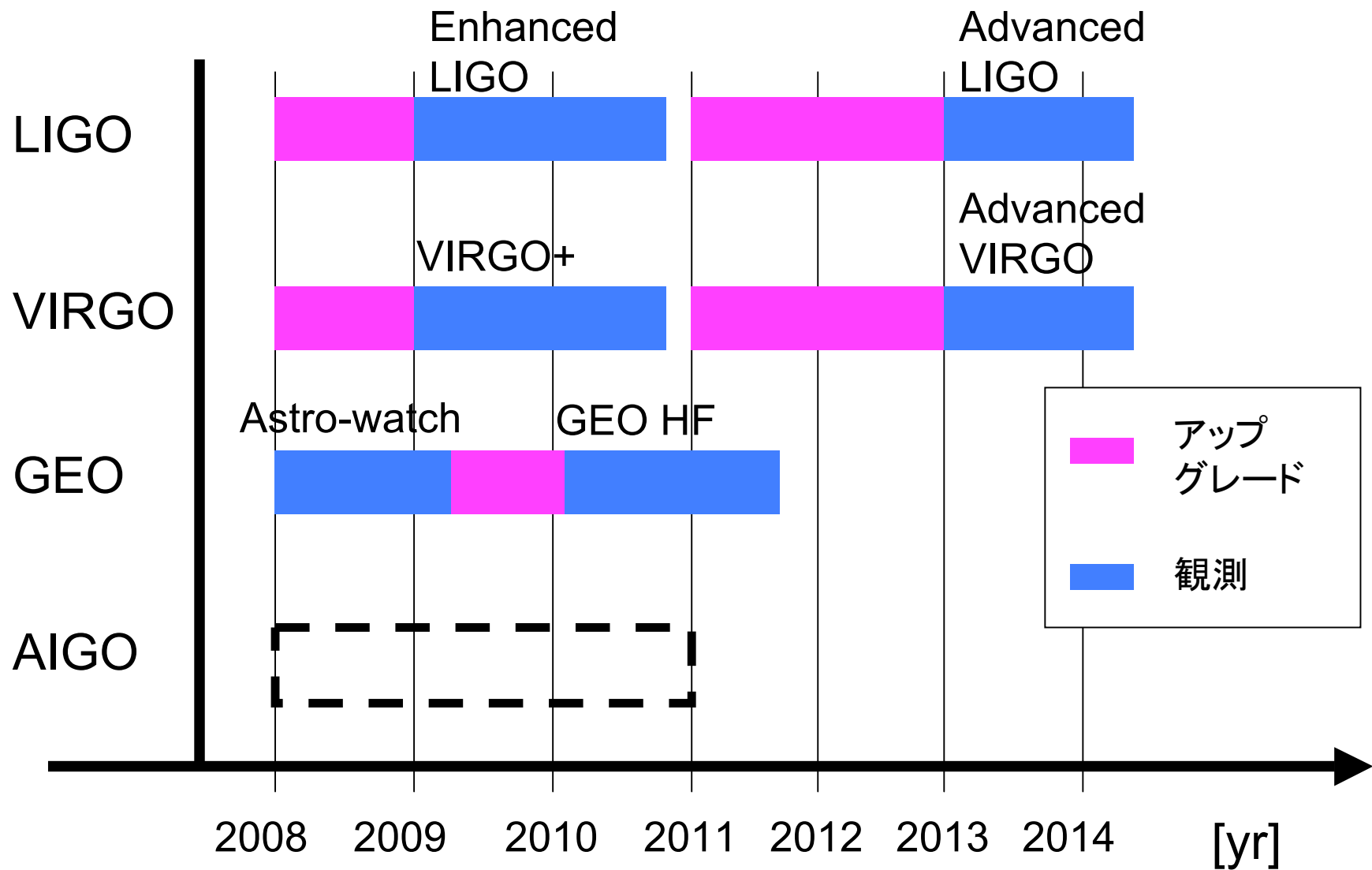


ET (Einstein Telescope) に関する話が大半

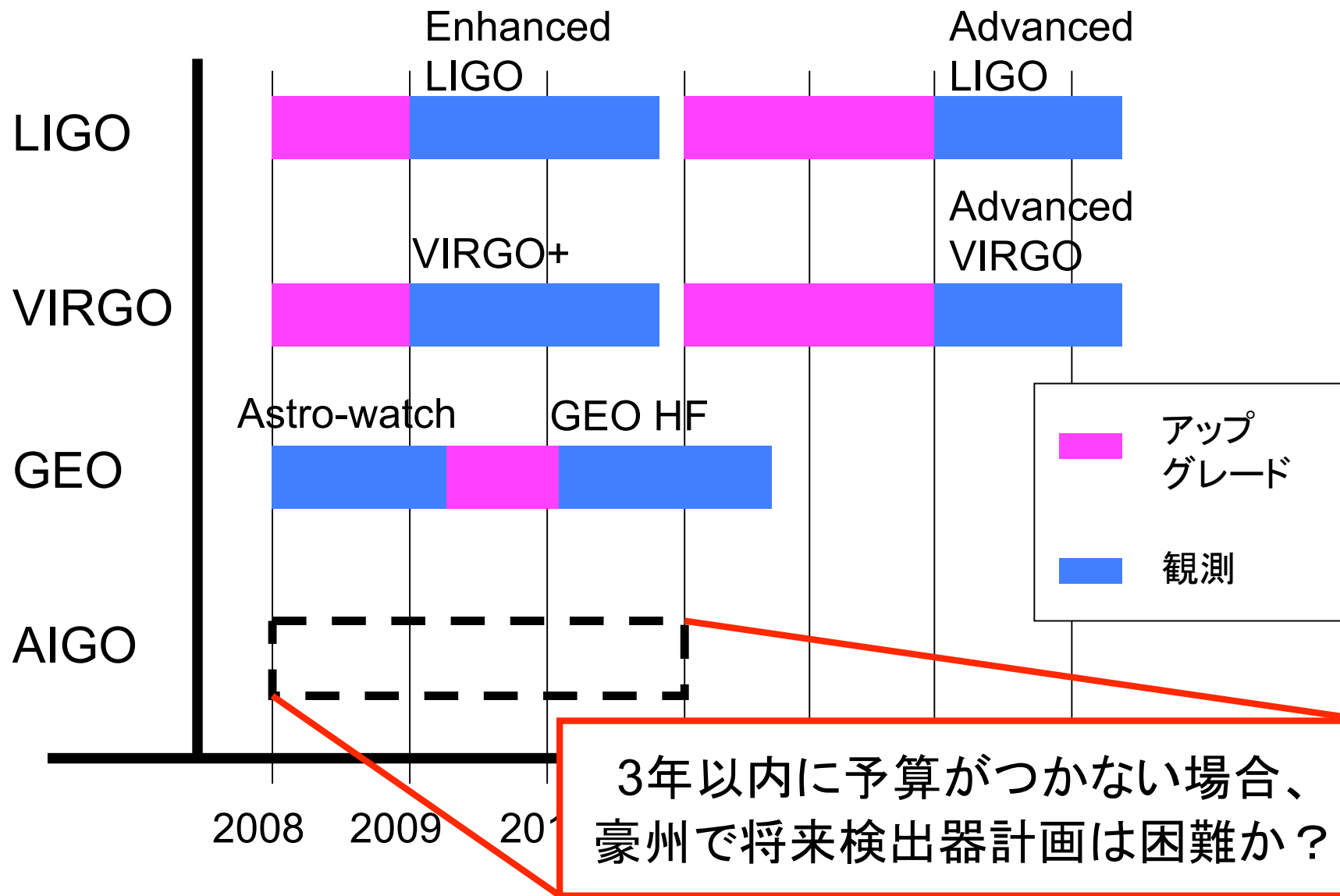
第2世代検出器



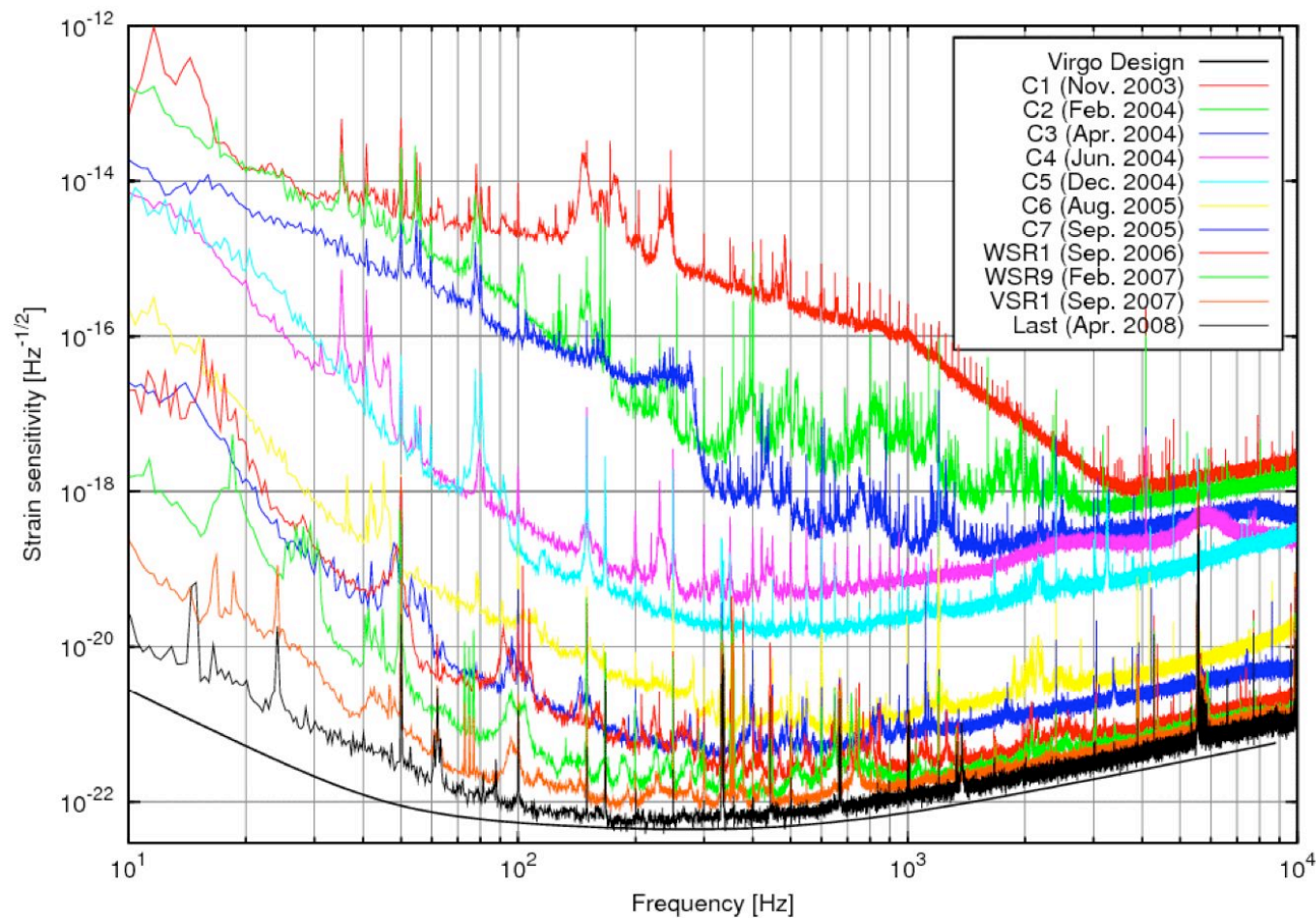
第2世代検出器ロードマップ



第2世代検出器ロードマップ



VIRGO status



低周波側の感度を改善 $10^{-20}/\text{rtHz}$ @10Hz

1.5世代 VIRGO+ / eLIGO

VIRGO+

- 1)50WレーザーとCO2レーザーによる熱補償
- 2)回路系の新装
- 3)モノリシックなサスペンションと新しい鏡の導入

eLIGO

- 1)35Wレーザー
- 2)新しい防振系の導入
- 3)アウトプットMCを用いたDC readout

ただし、VIRGO+は2008年5月12日に北エンドの**真空施設が破損**したため、予定が遅れる可能性がある。

Advanced VIRGO

主なスペック/特徴

RSE

高フィネス $F=885$

200W レーザー

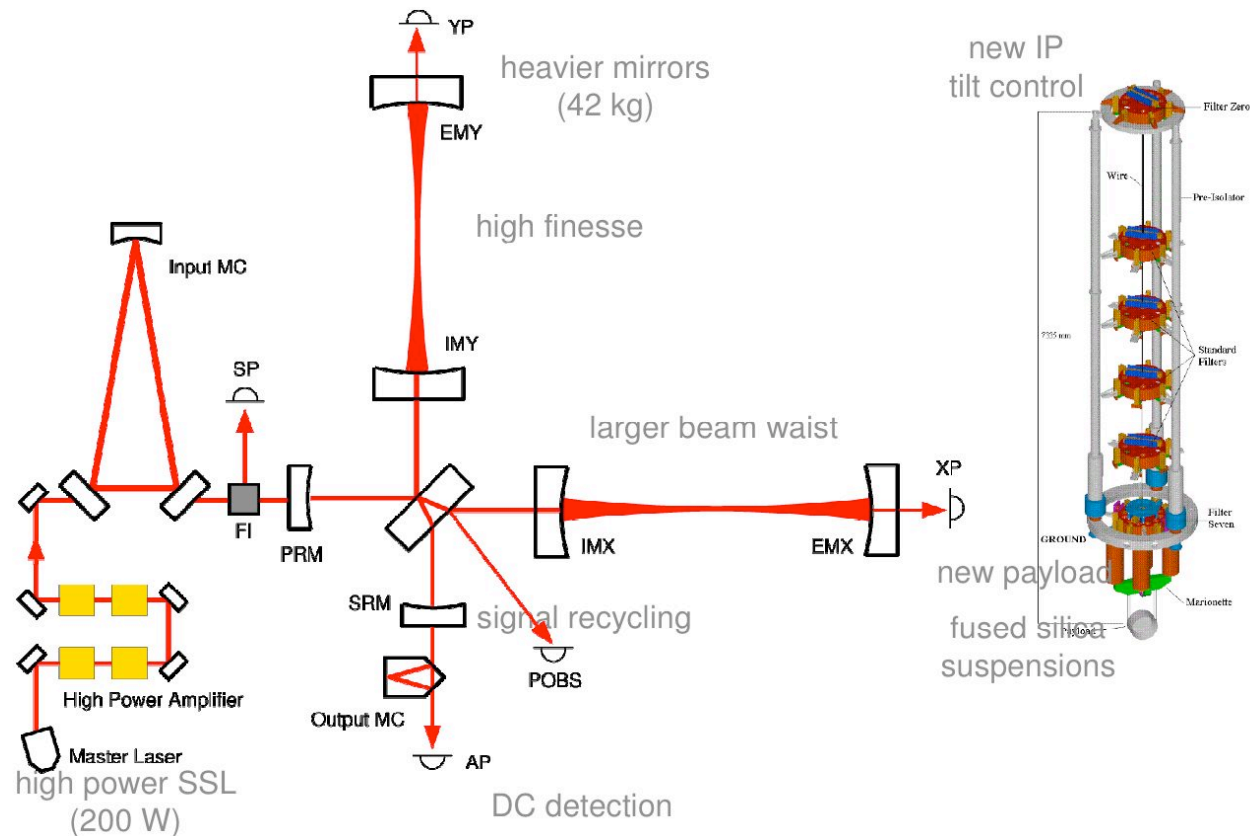
検出ポートを真空内に

DC readout

静電アクチュエータ(?)

(現在R&D進行中)

aLIGOと同時期の観測



Slide: F.Fidecaro

GEO HF

スクイーミング技術の導入とその安定動作を目指す

2009春

DC readout

アウトプットMC

真空内に検出ポートを置く

検出ポートからsqueezed lightを入力  6dBを期待

2009秋

35Wレーザー

鏡の交換

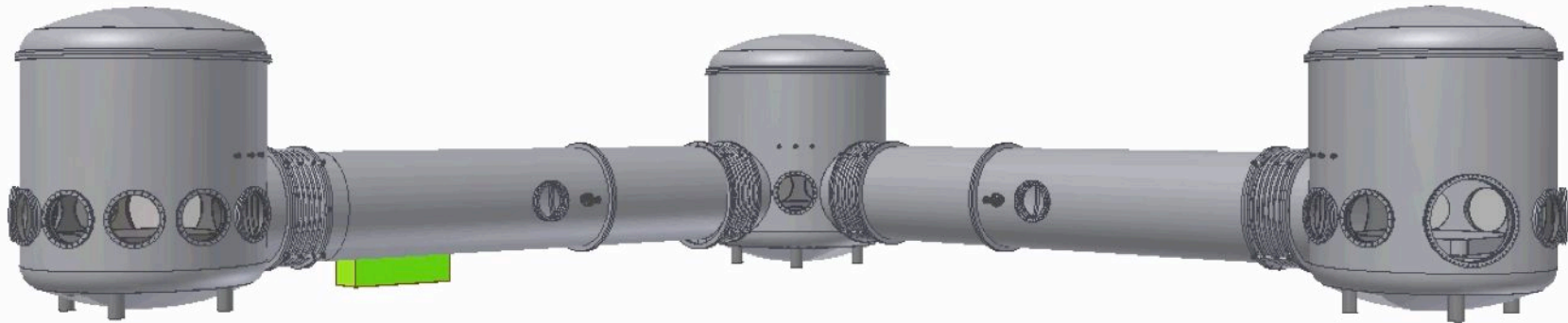
新施設 Hanover 10m 干渉計

GEO HF技術の開発と実証

(e.g. レーザー, デジタル制御系)

若手研究員の育成

...



建設スケジュールは明文化されていないが、
デザインはほぼ完了。

第2世代検出器まとめ

- 2008-2009 各検出器がグレードアップ
- 2011-2013 aLIGO, aVIRGOへグレードアップ
- RSE
- DC readoutとアウトプットMC
- 真空中での光検出
- GEOグループで10mプロトタイプを建設

第3世代検出器(ET)



ET: Einstein Telescope

▼ 計画概要

第3世代検出器

参加国[伊, 英, 独, 仏, 蘭]

2017年建設開始, 2022年観測

地下100m

基線長10km

3つの干渉計(?)

▼ 導入技術

20K温度テストマス

750Wレーザー

ハンガウシアンビーム

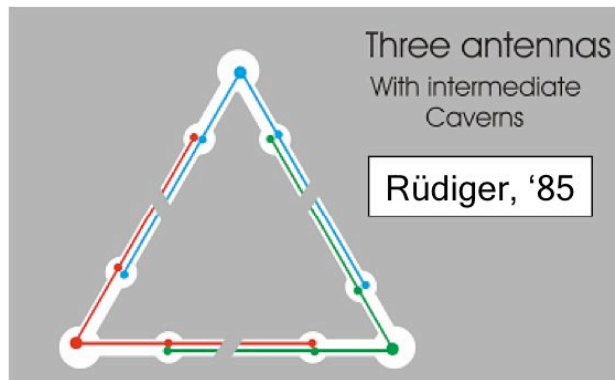
スクイーミング

Etc.,

検出器配置

Co-located interferometers

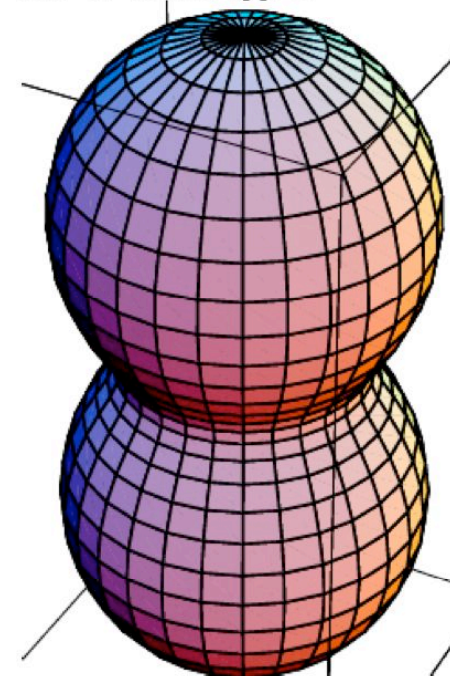
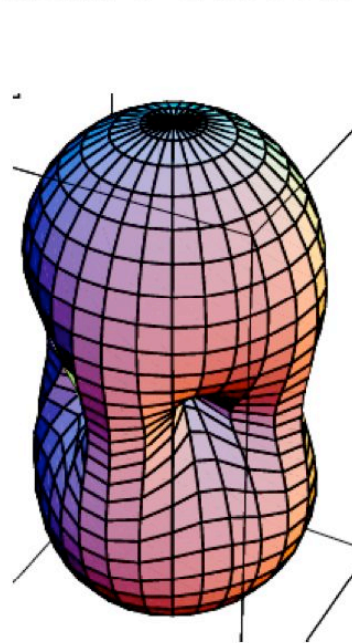
- “Old” idea still under debate
 - Possible implementation: 3 detectors in a triangle configuration



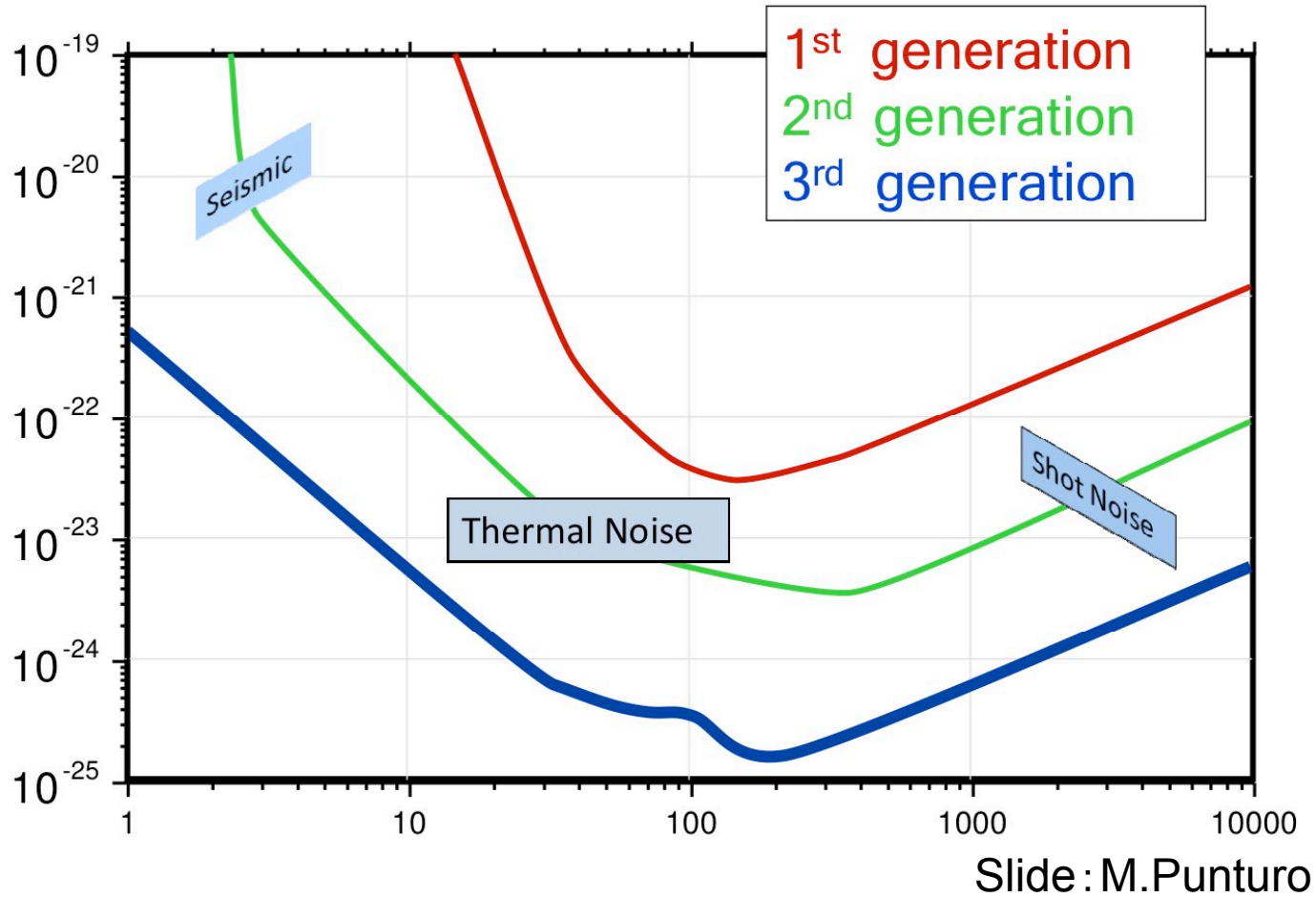
Antenna Patterns:

Strong concerns on the
Coherence between the
detectors

Credit: Cella, Vicerè



ETの感度



主なパラメタ

$L=10\text{km}$, $T=20\text{K}$, $P_{\text{in}}=750\text{W}$, 深度=100m

ETの現状

2008年5月5日から本格的にプロジェクトスタート

4つのワーキンググループの発足

WP1 施設

WP2 防振系と低温

WP3 トポロジーと光学配置

WP4 宇宙物理学とコンピュータ関連

現在の最も大きな議論は**サイト探し**(土壌, 掘削資金, 掘削期間...)

Gravity Gradient noise

G.Cella (ピサ大学):

Gravity Gradient noise: subtraction and the underground option



イントロ

干渉計の低周波側を制限する原理的ノイズの1つ

Gravity Gradient noise(GGN)

GGNは地下に行くことで低減すると期待されている。

しかし、地下に行った場合どの程度GGNが存在するかはよくわかっていない。



- 地下環境におけるGGNの理論予測
- GGNのオフライン除去アイデア

まだはっきりした結果は出ていない。

GGNこれまで

出版・論文

1984 P.R. Saulson: *Terrestrial gravitational noise on a gravitational wave antenna*. Phys.Rev.D.30,732

1994 P.R. Saulson: *Fundamental of Interferometric Gravitational Wave Detectors*. World Scientific, Singapore

1998 M. Becceria, M. Bernardini, S. Braccini: *Relevance of Newtonian seismic for the VIRGO interferometer sensitivity*. Class. Quant. Grav.15, 339

1998 S.A. Huges, K. Thorne: *Seismic gravity-gradient noise in interferometric gravitational wave detectors*. Phys.Rev.D 58, 122002

1999 K.S. Thorne, C.J. Winstein: *Human gravity-gradient noise in interferometric gravitational-wave detectors*. Phys.Rev.D 60, 082001

2000 G.Cella: *Off line subtraction of Newtonian noise*. Proc. XXXIVth Recontres de Moriond, Gravitational Waves and Experimental Gravity

2000 G.Cella: *Off-Line Subtraction of Seismic Newtonian noise*. Recent Developments in General Relativity, Springer-Verlag, p.495

GGNこれまで

出版・論文

1984 P.R. Saulson: *Terrestrial gravitational noise on a gravitational wave antenna*

1980年代 Saulsonによる解析計算による理論予測

1994 P.F. *Detector*

1990年代 数値計算による理論予測

1998 M. *for the V*

Saulsonの解析解と矛盾しない結果

Surface waveが支配的であると結論

1998 S.A. *gravitati*

1999 K.S. *interferometric gravitational-wave detectors. Phys.Rev.D 60, 062001*

2000年からオフライン除去の研究がスタート

2000 G.Cella: *Off line subtraction of Newtonian noise.* Proc. XXXIVth Recontres de Moriond, Gravitational Waves and Experimental Gravity

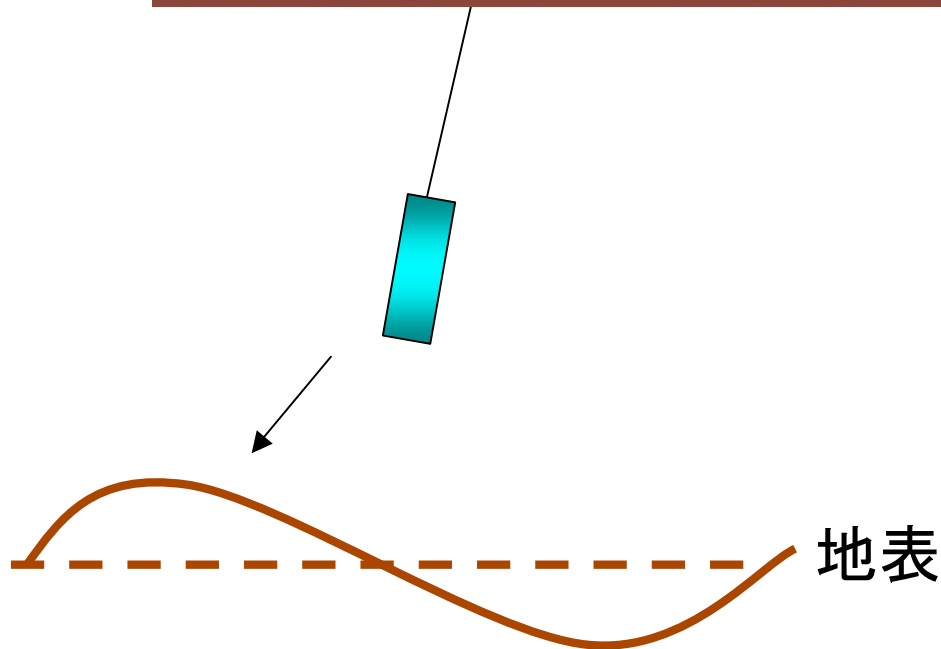
2000 G.Cella: *Off-Line Subtraction of Seismic Newtonian noise.* Recent Developments in General Relativity, Springer-Verlag, p.495

Gravity Gradient noise

質量密度分布の時間変化が、テストマスの位置を重力相互作用により変動させる

地表でのsurface waveが支配的

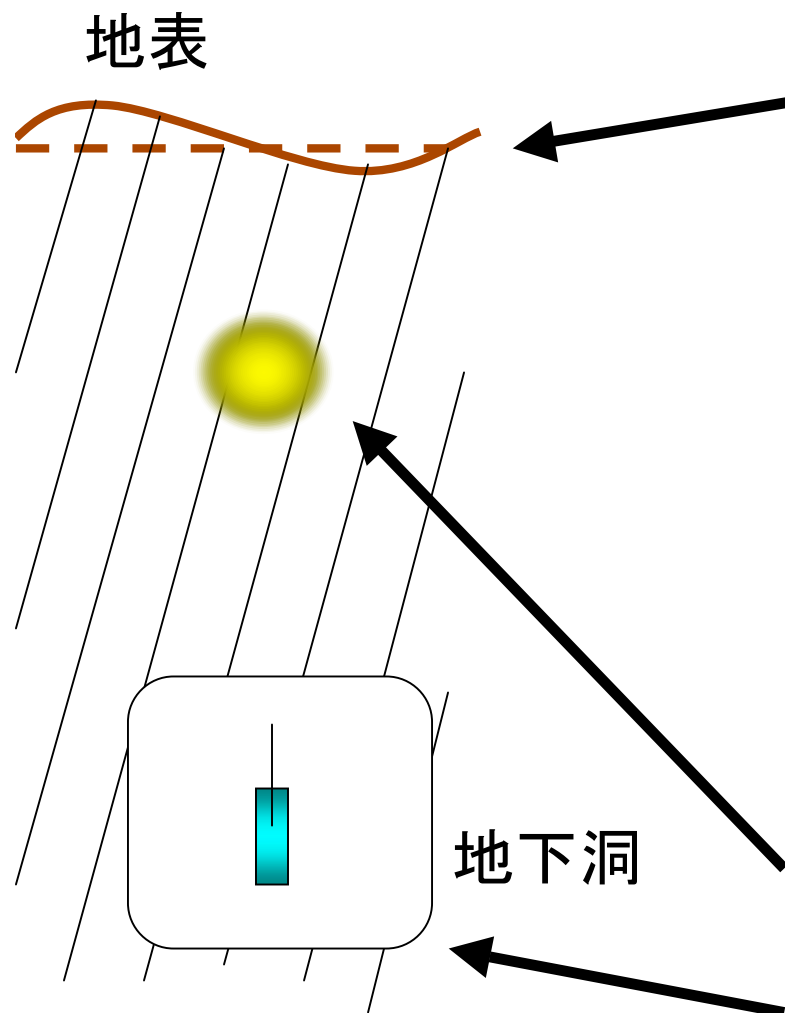
$$\text{GGN}(\sim f^{-4}) = \text{TF}(\sim f^{-2}) \times \text{SEISM}(\sim f^{-2})$$



解決方法

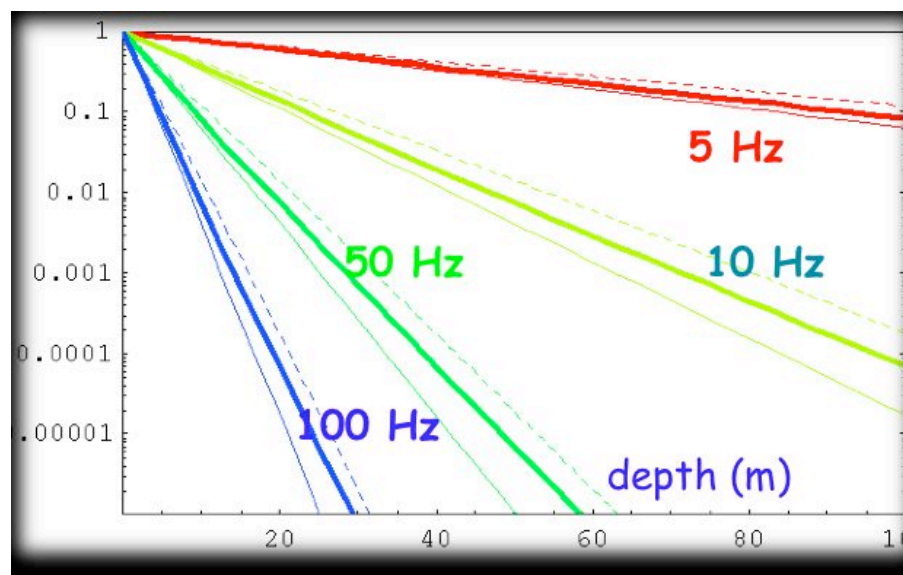
1. 地下に行く(地表から離れる)
2. オフラインでnoiseを引く

地下での主なGGN源



1. 地表からのGGN

深いほど低減



2. 地層の密度変化

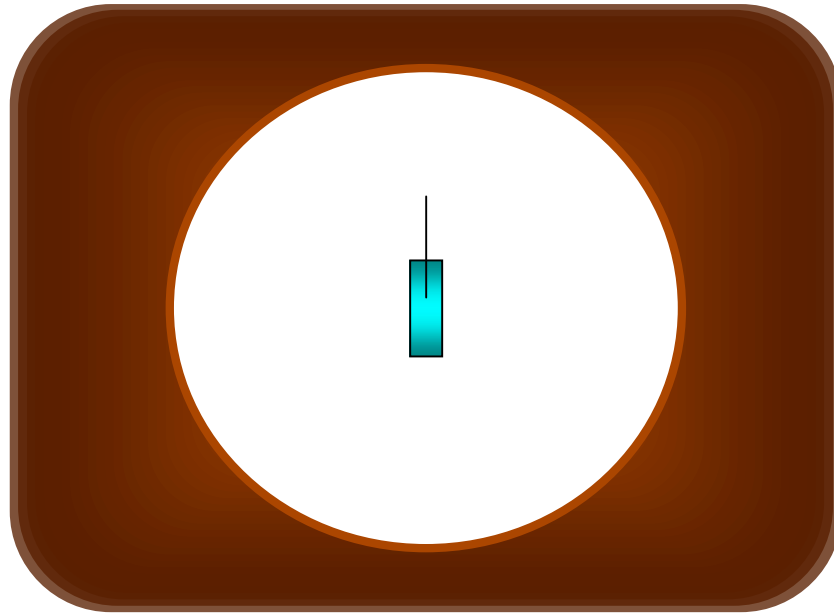
よくわかっていない

3. 地下洞のsurface wave

地下では低減(観測的)

地層からのGGN 見積もり

中心にテストマスがあるような球体の地下洞を考えた。

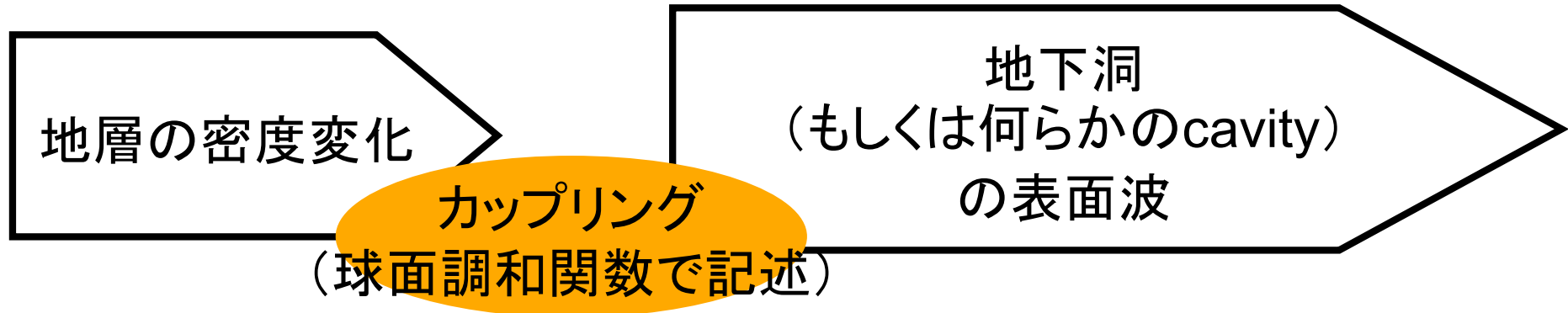


球面調和関数を使って、あらゆるモードを解析的に表す。

解析解をもとに最もらしいGGNを数値計算する。

$l=m=1, 2$ までは計算したとのこと

GGN除去アイデア



-GGN除去手続き-

1. 地下洞の表面の動きを監視
2. 地層の動きを計算
3. 地層からテストマスへのGGN計算
4. オフラインでGGNを引き算

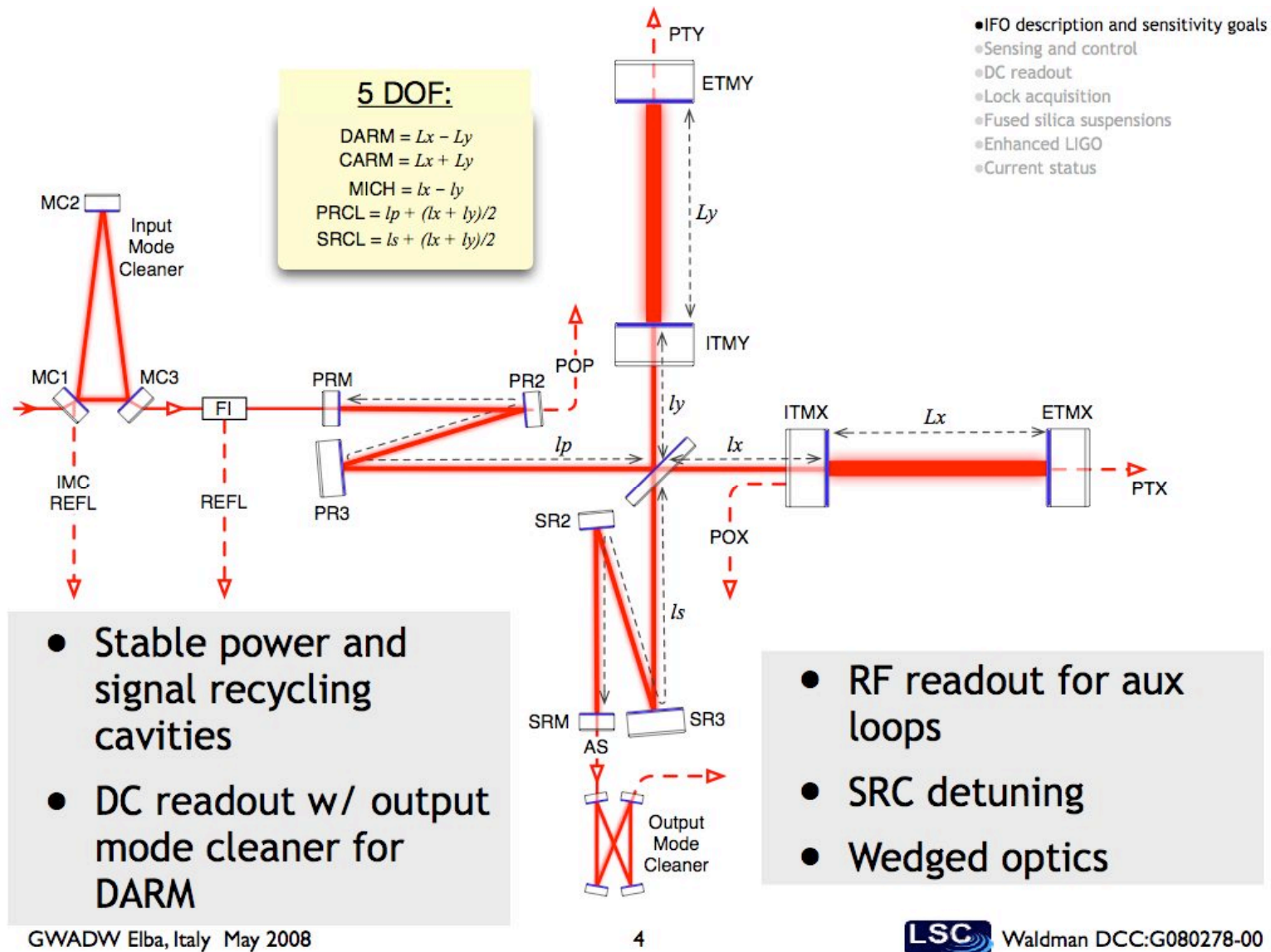
まとめ

- 地下環境ではGGNのsurface wave成分は深いほど低減
- GGNの地層からの寄与を単純モデル化
- 地下洞表面をモニタしてGGNを除去する方法を考案

今後

- 解析解のコンプリート
- 解析解を用いた数値計算 \leq 有限要素法と比較検証

補遺1: Advanced LIGO



補遺2: GEO HF

