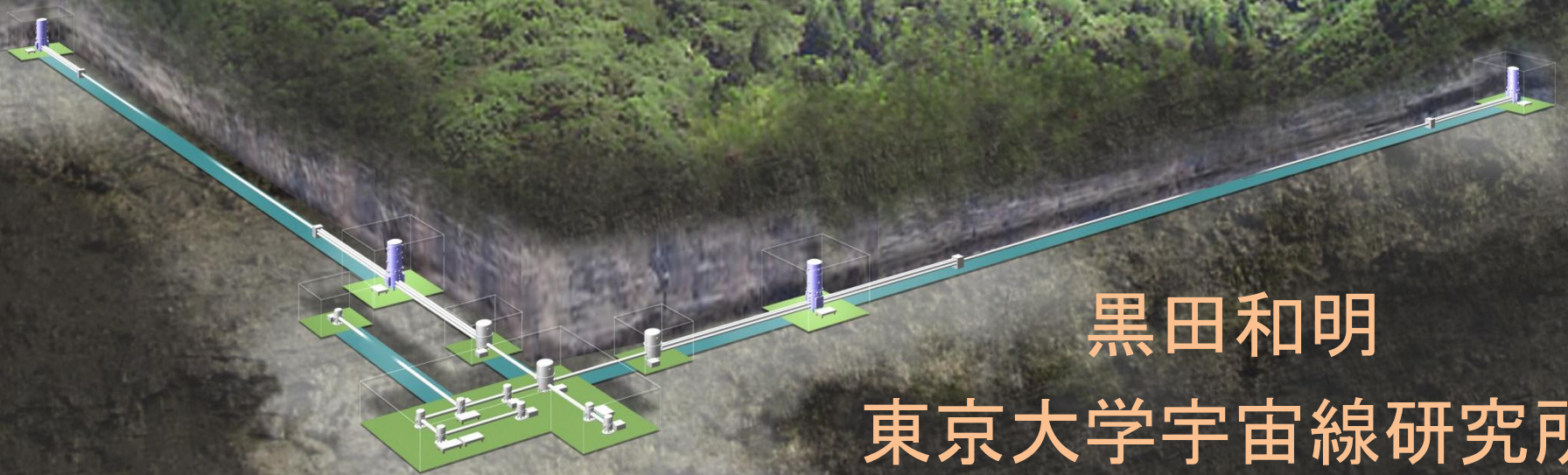


ついに認められた重力波計画 — LCGT —



黒田和明
東京大学宇宙線研究所

重力波と天文学・宇宙物理学

- 一般相対性理論は、中性子星、ブラックホール、さらには裸の特異点やボゾン星など、その周囲が極めて強い重力に支配されている物理を扱うことができる
- 遠方の銀河で起こる現象、ビッグバンや宇宙の膨張なども一般相対性理論で矛盾なく扱うことができる
- マイクロ波やX線、 γ 線などによる観測は、これら一般相対性理論での予測を確認するのに役立っている
- しかしながら、これらは傍証に過ぎない
- 極端なことをいうとX線で見えるブラックホールは一般相対性理論でいうブラックホールと必ずしも同じではある必要はない
- 重力波はこれらの直接の証拠をもたらし、天文学・宇宙物理学にとって有益な道具となる

地下で行う重力波実験

- 第3世代の重力波検出器は地下設置である
- LCGTは、2.5世代の検出器といわれる
- LCGTの設置場所は、神岡でよく知られているようにそこには、SuperKamiokande, Kamland, XMASS などの実験施設がある
- LCGTのプロトタイプ装置である CLIO も設置され、実験が進められてきた

神岡地下施設でのサイエンスプロジェクト

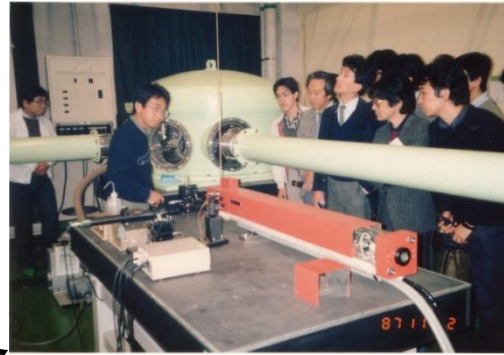
LCGT is planned to be built underground at Kamioka, where the prototype CLIO detector is placed.



日本での重力波実験の歴史

1975

Resonant antenna
(Physics Dept, UT)



1980

Cryogenic resonant
Antenna (KEK)

TENKO-10 (ISAS, delay-line type interferometer)

1990

Grant-in-Aid for Scientific Research 930 MYen

TENKO-100 (ISAS, delay-line)

NAO 20m (NAOJ, Fabry-Perot)

Grant-in-Aid for Creative Basic Research 1.56BYen

2000

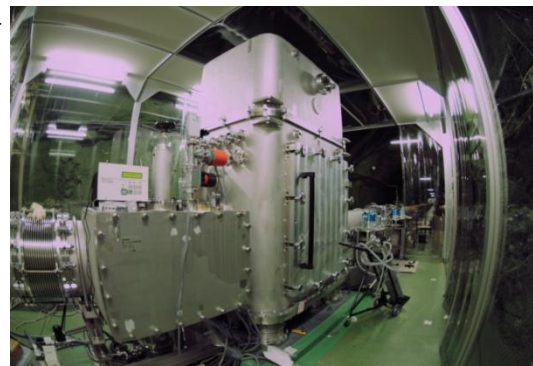
TAMA 300 (NAOJ, Sensitive Interferometer)

Grant-in-Aid for Scientific Research 1.43BYen

CLIO 100
(Kamioka, Cryogenics)

2010

LCGT partial funding
9.8BYen(planed)



LISM(relocated in
Kamioka
underground)

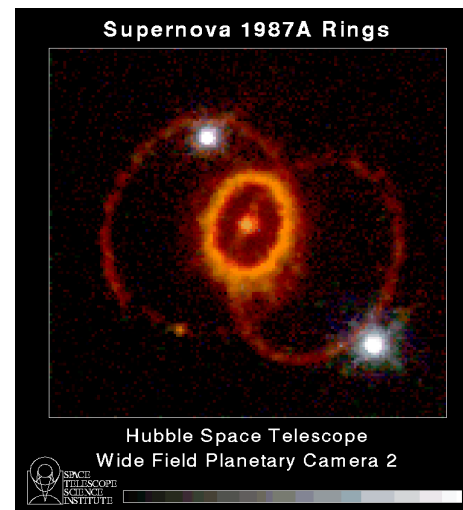
LCGTの目標

- とにかく、世界初で重力波を検出すること
 - 独創的な検出器の完成により、初検出を目指し、技術的に第3世代の検出器の基礎となる
- 世界3極の重力波観測網を担うアジアでの拠点となる
 - Adv. LIGO や Adv. Virgo と同レベルの感度を実現し、GEOHFが高周波領域をカバーする

LCGTのターゲット

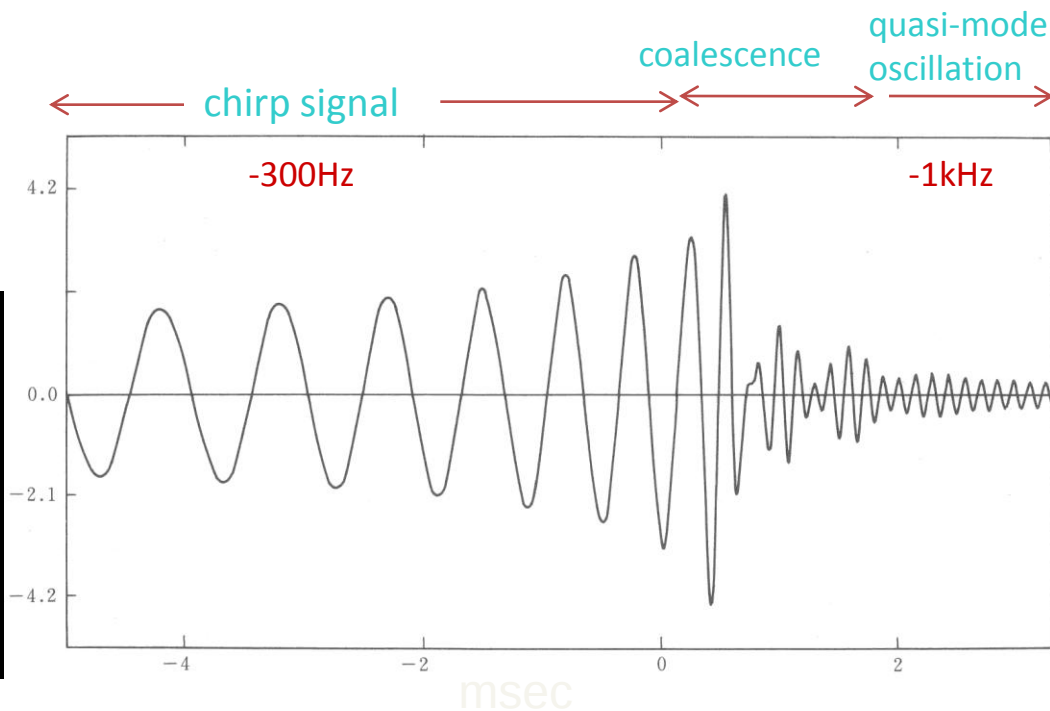
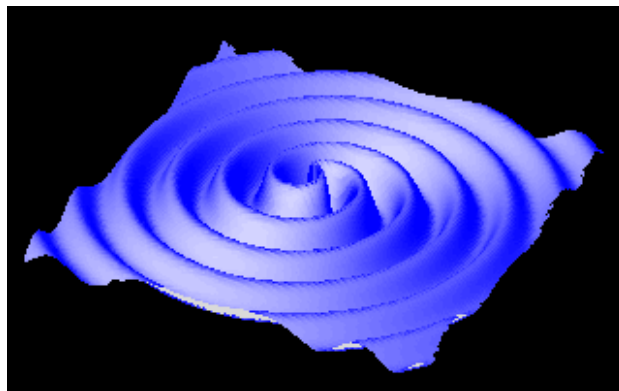
Higher priority ↑

1. 連星中性子星の合体
2. 連星ブラックホールの合体
3. 大質量星の崩壊(超新星爆発)
4. パルサーからの連続波

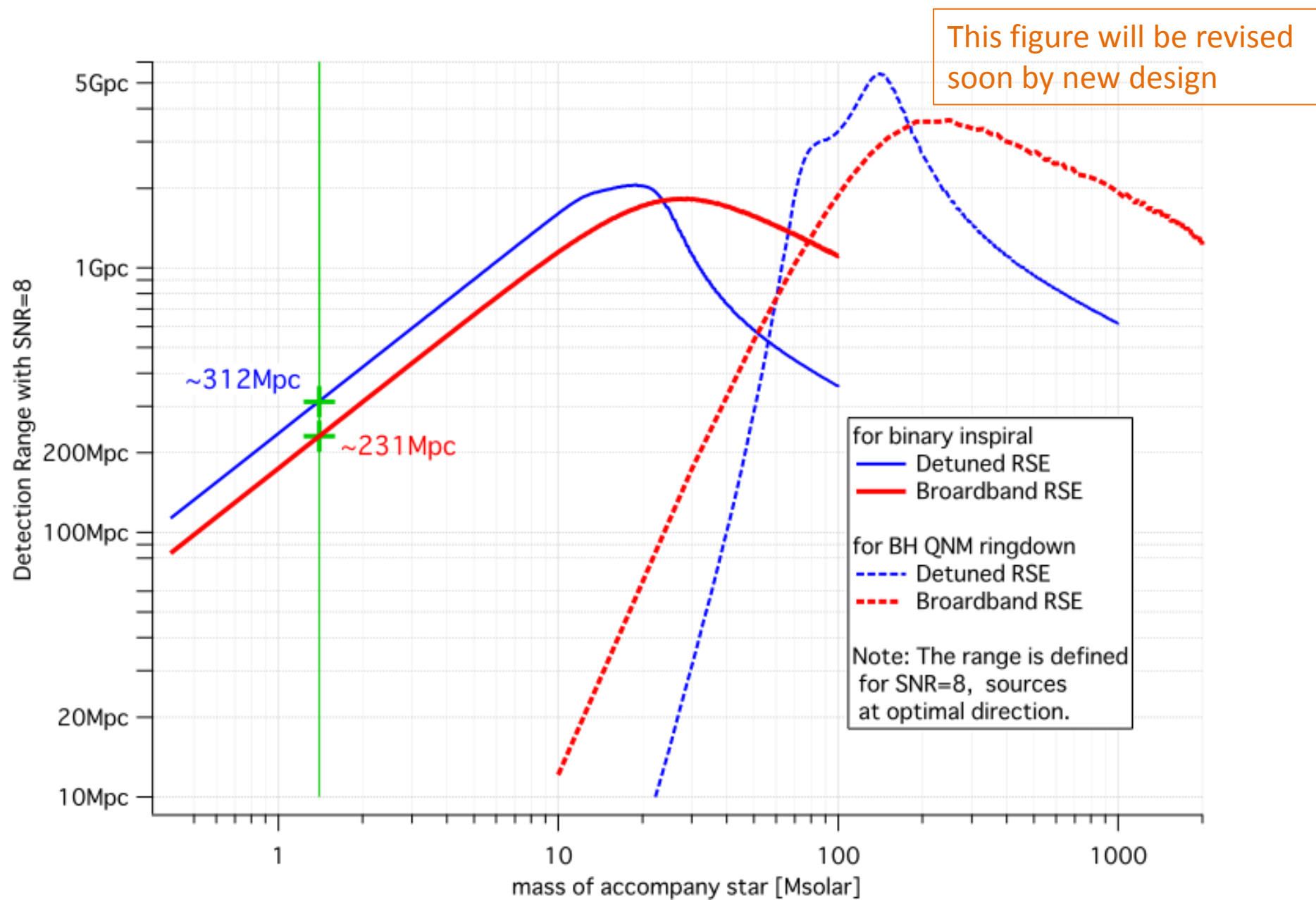


我々の銀河にある連星パルサー

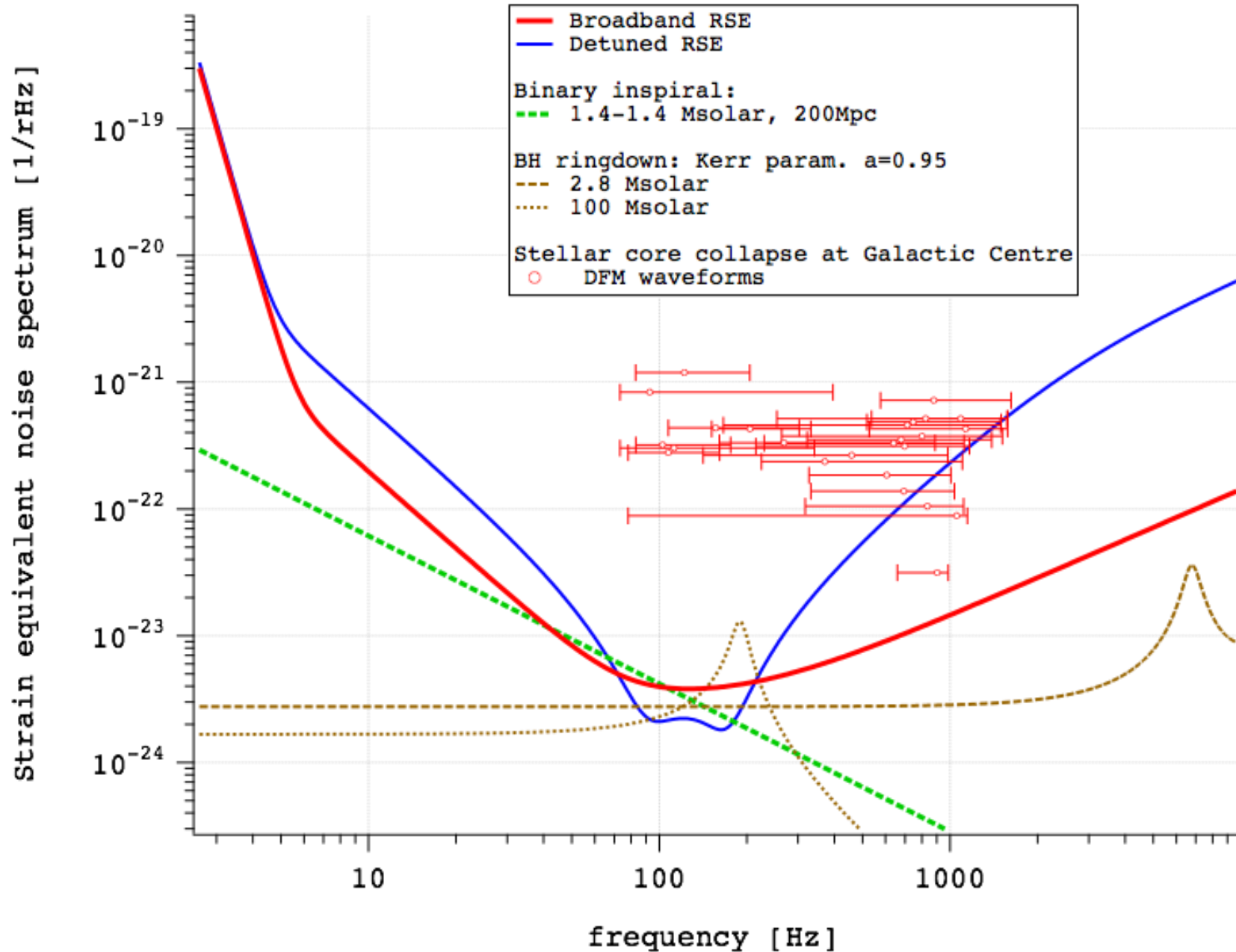
- PSR B1913+16
- PSR B1534+12
- PSR J0737-3039
- PSR J1756-2251
- PSR J1906+0746



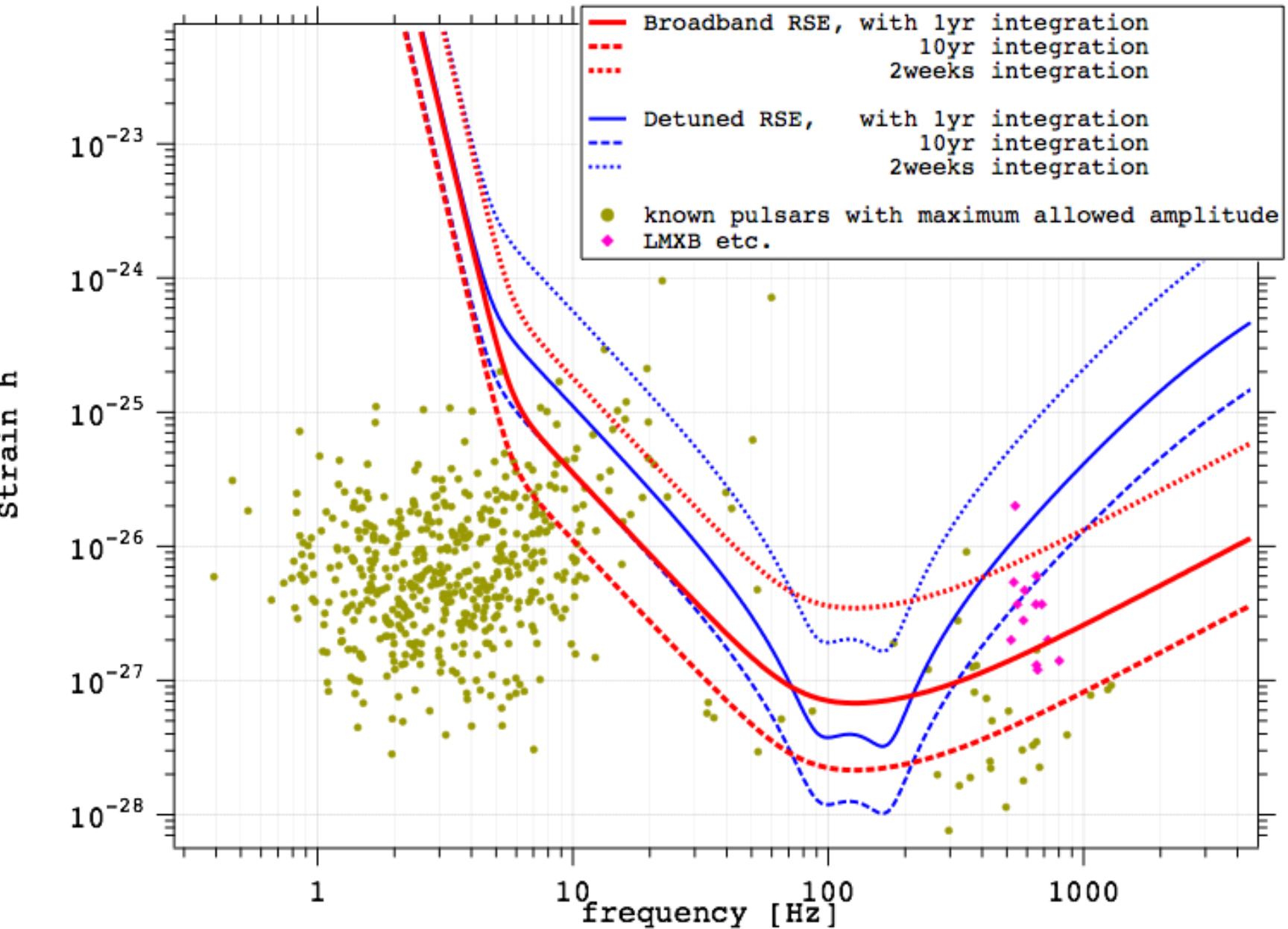
Sensitivity of LCGT and future improvement



Gravitational wave sources (1)



Gravitational wave sources(2)



世界の検出器

GEO HF



LIGO(I) Hanford



LCGT

TAMA/CLIO

LCGT, construction starts in 2010

Adv. LIGO
(under construction since 2008)

Virgo

Adv. Virgo (under construction)



ET (planed)

AIGO (budget request)

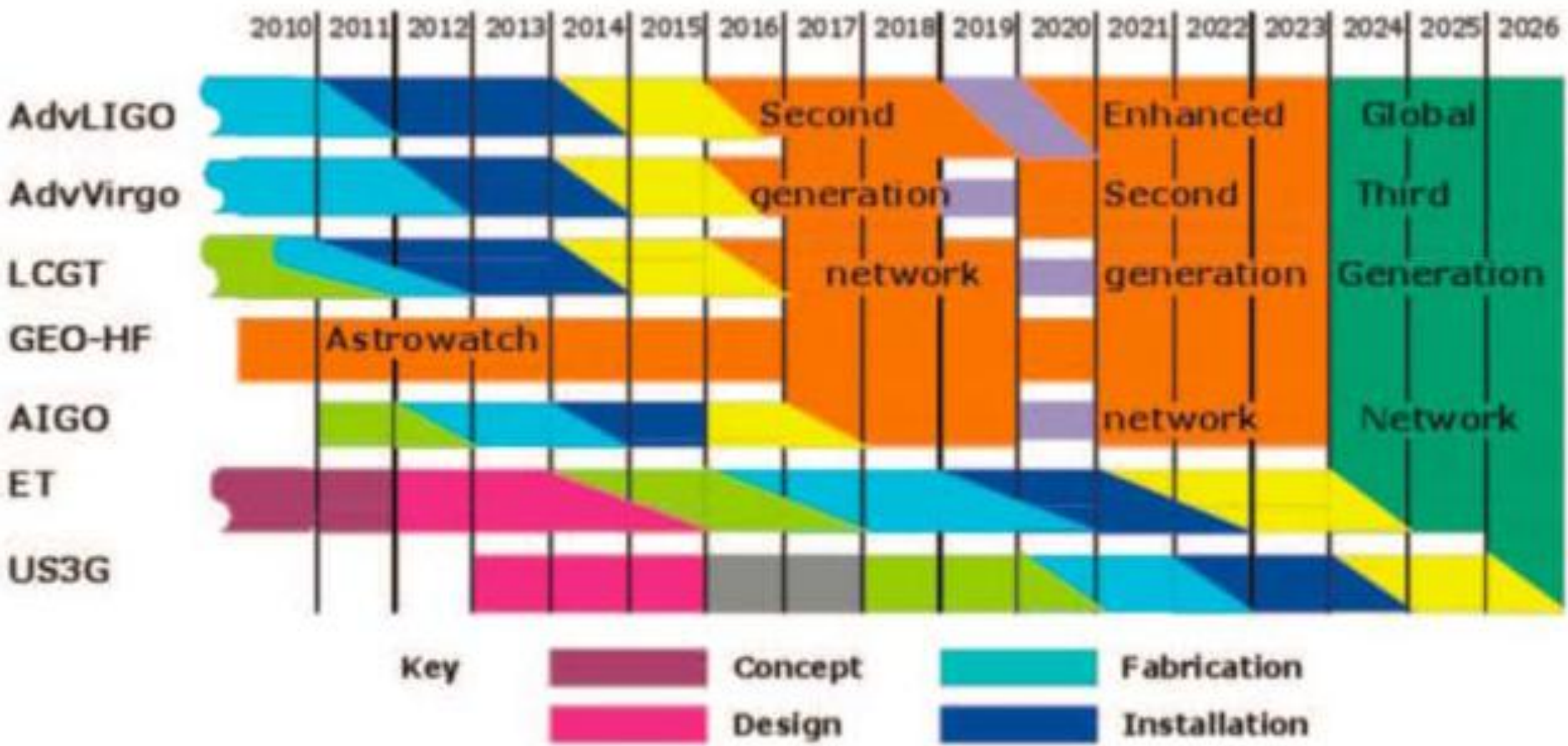


LIGO(I) Livingston



A network of detectors is indispensable to position the source.

重力波国際委員会のロードマップ



Edited in November, 2009

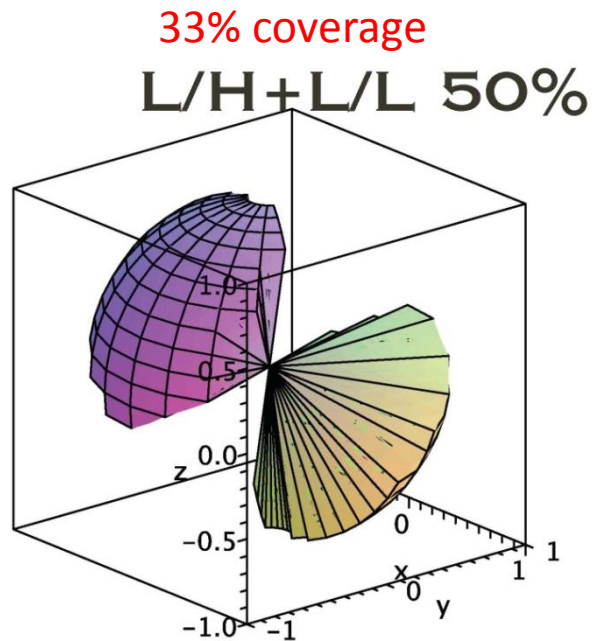
Construction [schedule](#)



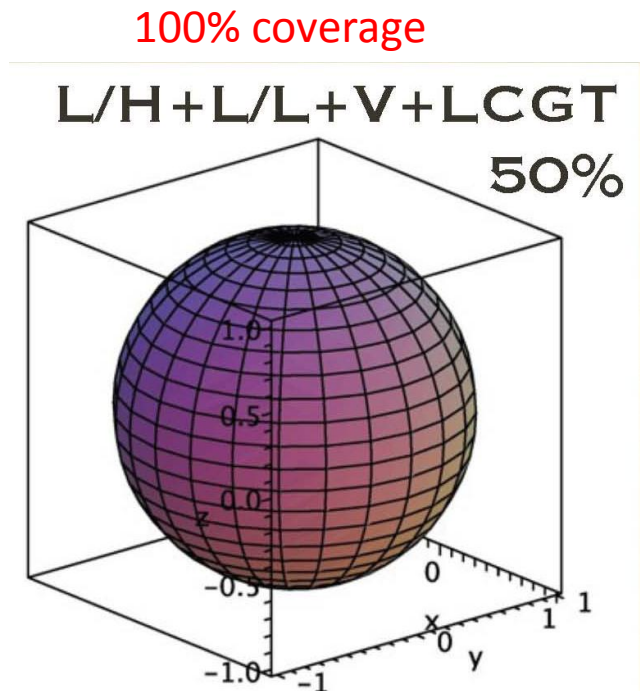
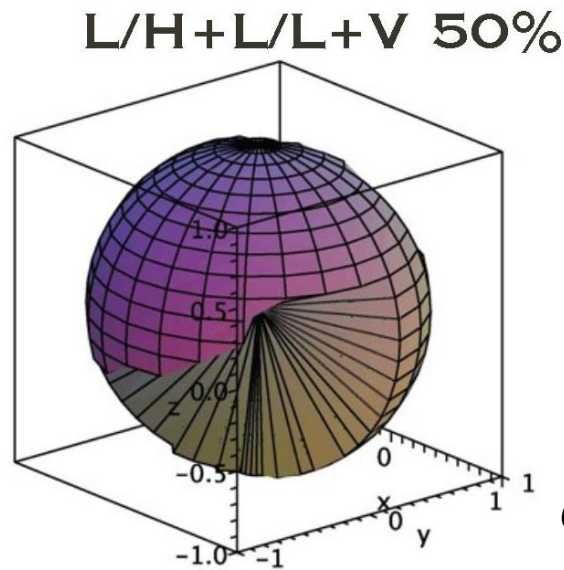
重力波観測網におけるLCGTの役割

- 1) Increase the large baseline length (20 ms time flight among North America, Europe and Asia)
- 2) Widen the sensitivity pattern

Adding LCGT to L/H-L/L-Virgo, the whole sky coverage is realized



By global network

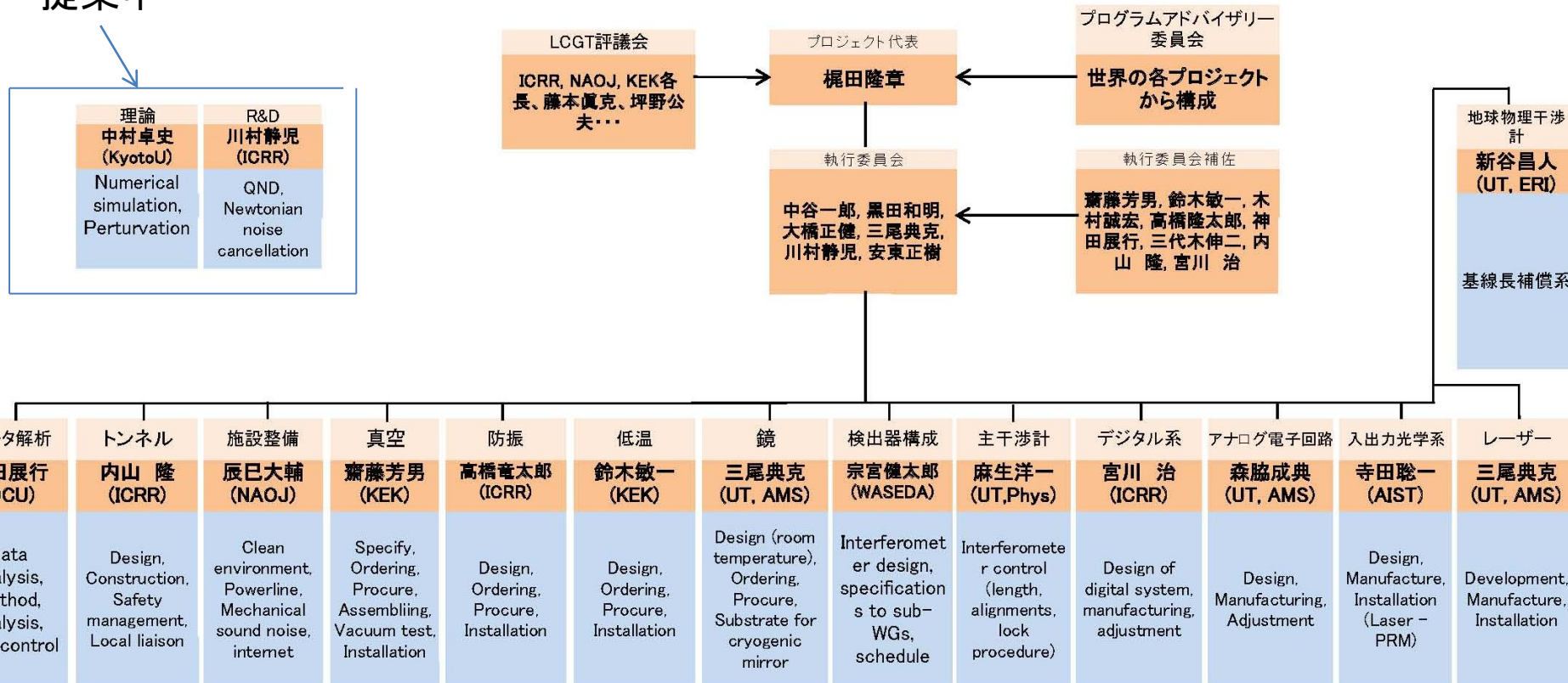


LCGTの特徴

- LCGT が第2.5世代の検出器と呼ばれる所以は、
 - 地下環境で運転されること
 - 低温鏡を用いること
- 低温鏡のおかげで LCGT の光学設計はやや古臭い
 - 従来のような鏡面でのスポットサイズ(広げる必要がない)
 - 熱レンズ効果が出ない(温度補償系が不要)
 - 共振器不安定性への耐性が強い
- 低温鏡から生まれる新しい低温技術
 - 室温壁を露出する鏡の低温化技術
 - 低振動冷凍機技術

LCGT推進組織 January 1st, 2011

提案中



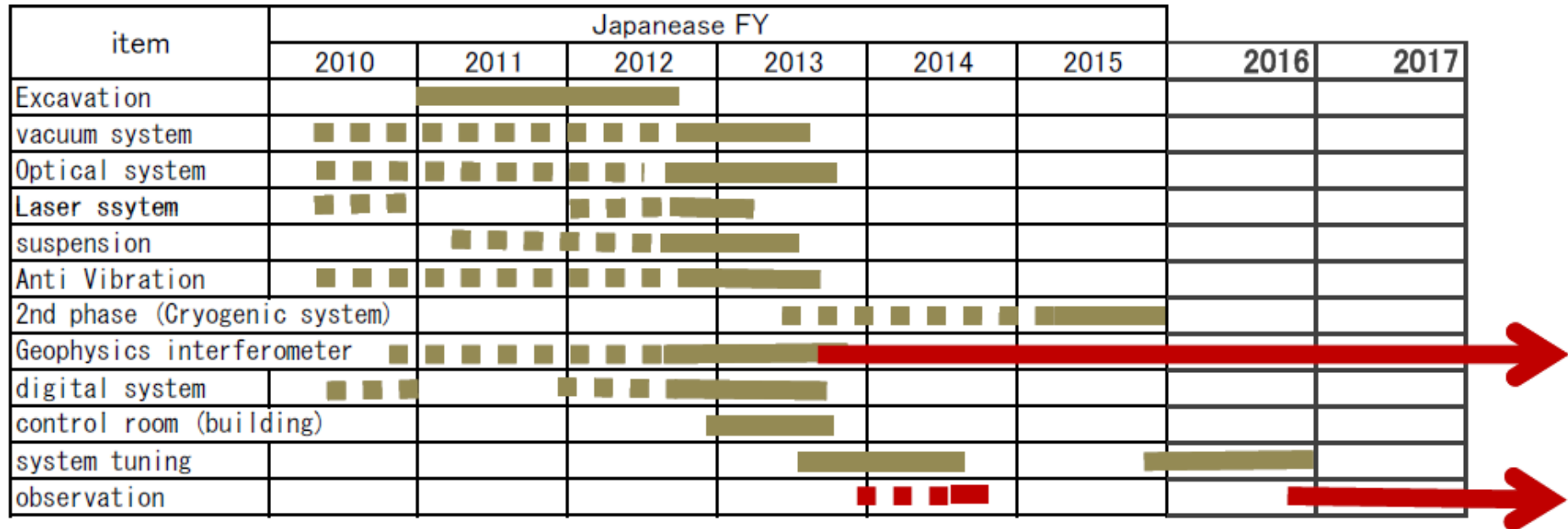
LCGT:建設工程

Item	Japanese FY						budget (Unit=1000yen)
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Excavation							
vacuum system							
Optical system							
laser system							
suspension / Cryogenic							
Vibration isolation							
2nd phase (Cryogenic system)							
Geophysics interferometer							
Digital system							
control room (building)							

-  Project for the promotion of advanced researches (Granted) (9.8BY)
-  Budget request (MEXT to Ministry of Finance)
-  To be requested

2011年4月着工の予算が
今国会に上程される予定

LCGT: 建設と観測



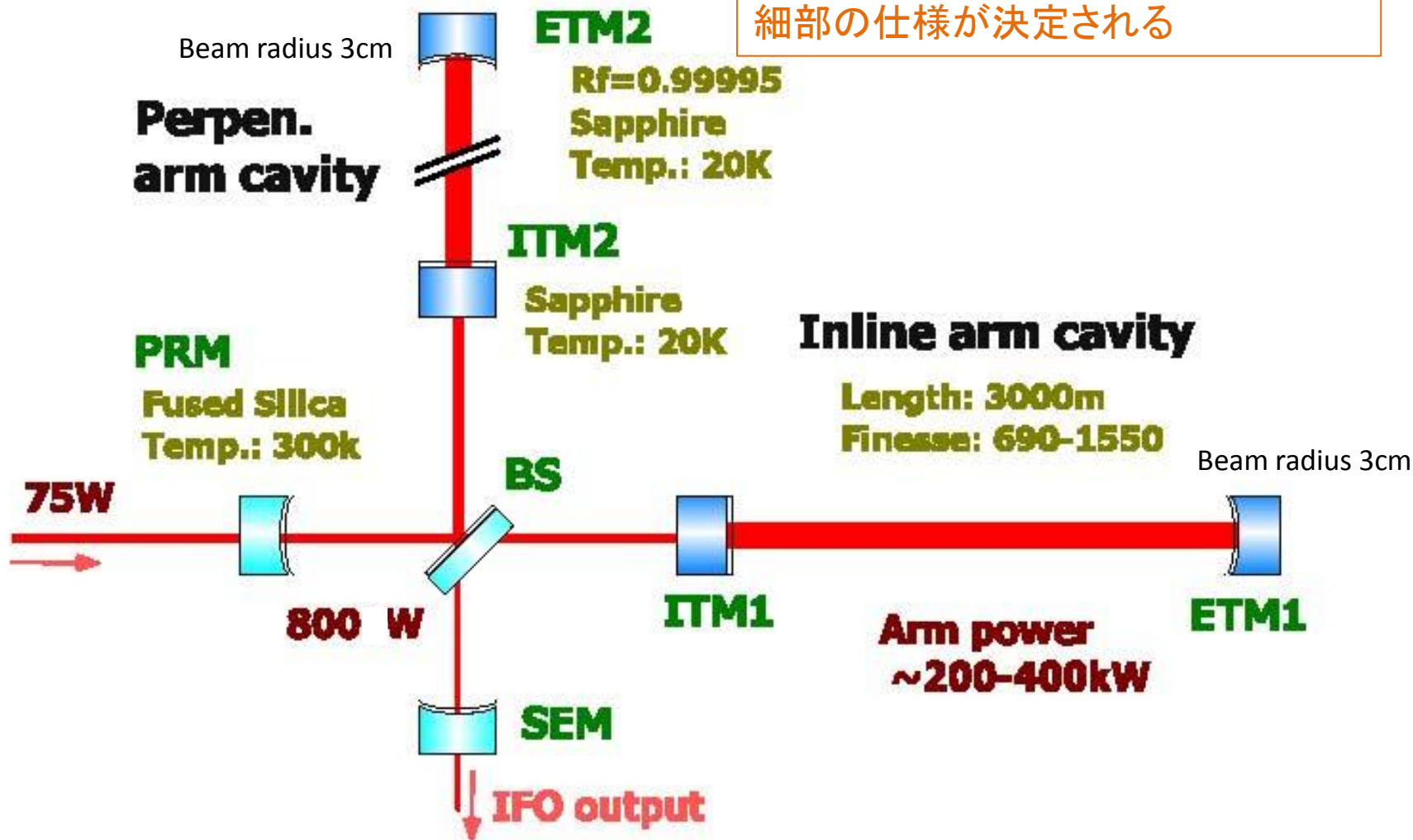
The construction/observation plan is in 2 stages:

In 2014, non-cryogenic observation.

Full observation with the cryogenic system, at the beginning of 2017.

LCGT の光学設計 (主要部分)

ここにあげたパラメータが干渉計の骨格を決め、これを実現できるように細部の仕様が決定される

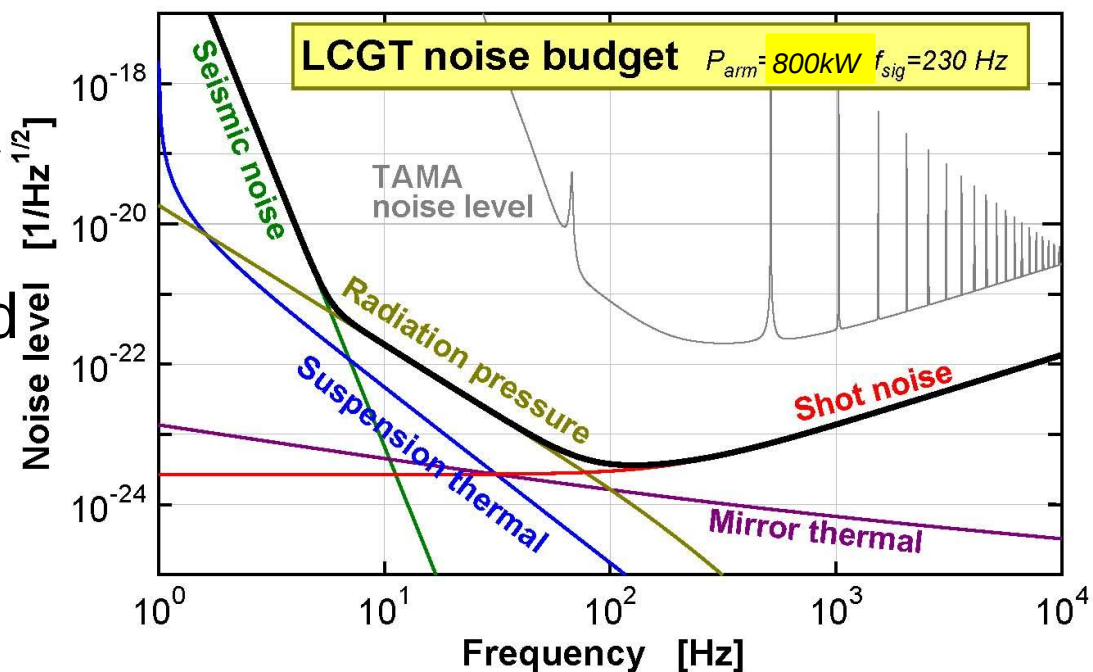


設計の数値

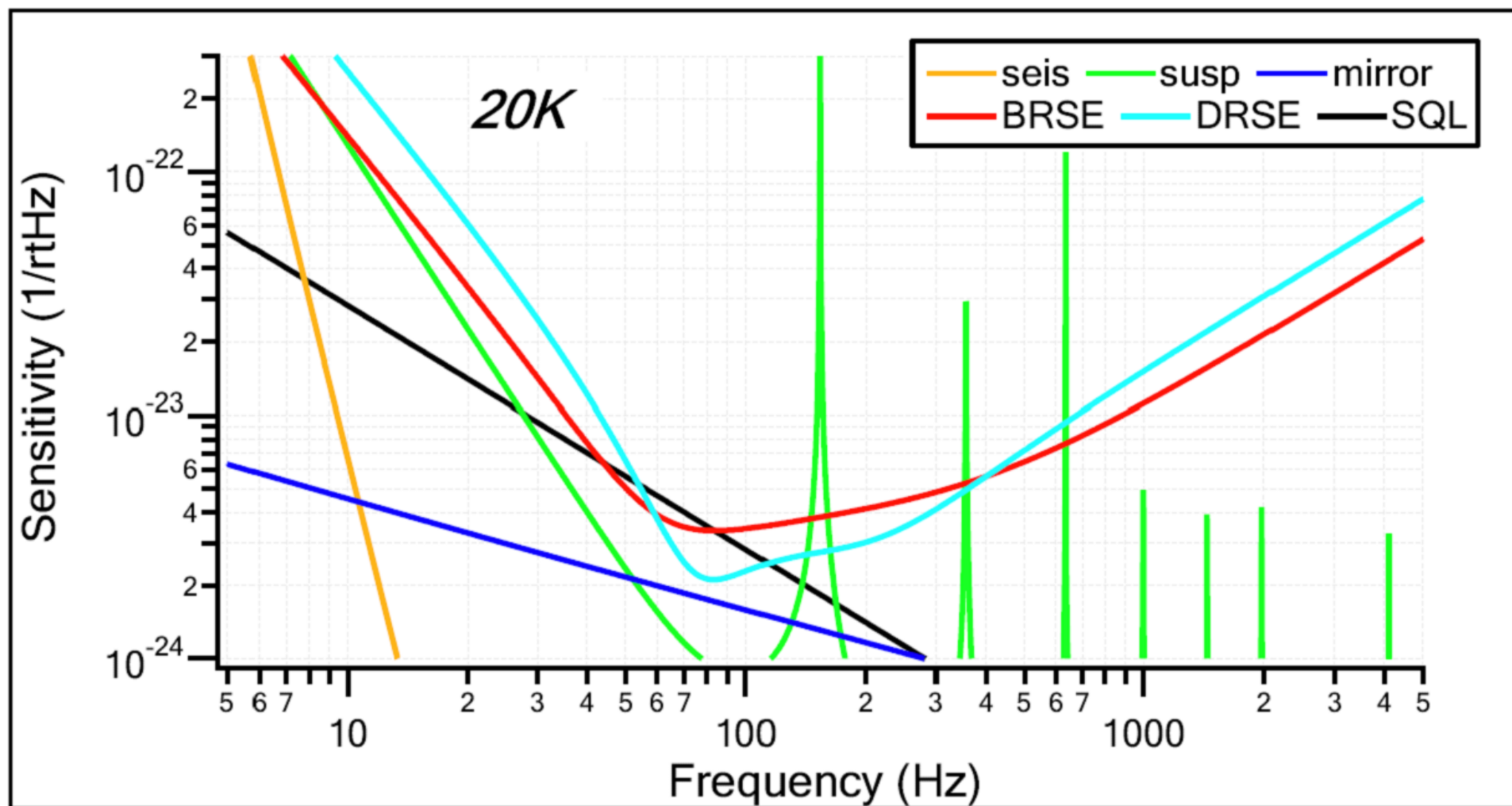
In order to attain the sensitivity to catch the event at $\sim 250\text{Mpc}$, we need $\sim 800\text{kW}$ optical power ($\sim 400\text{ kW}$ each cavity) to reduce shot noise.

Thermal noise of the mirror, coating of the mirror, and suspension need to be suppressed by cryogenic temperature, 20K . Mechanical losses of these parts are required to satisfy this thermal noise limit; they are 10^{-8} , 4×10^{-4} , 10^{-8}

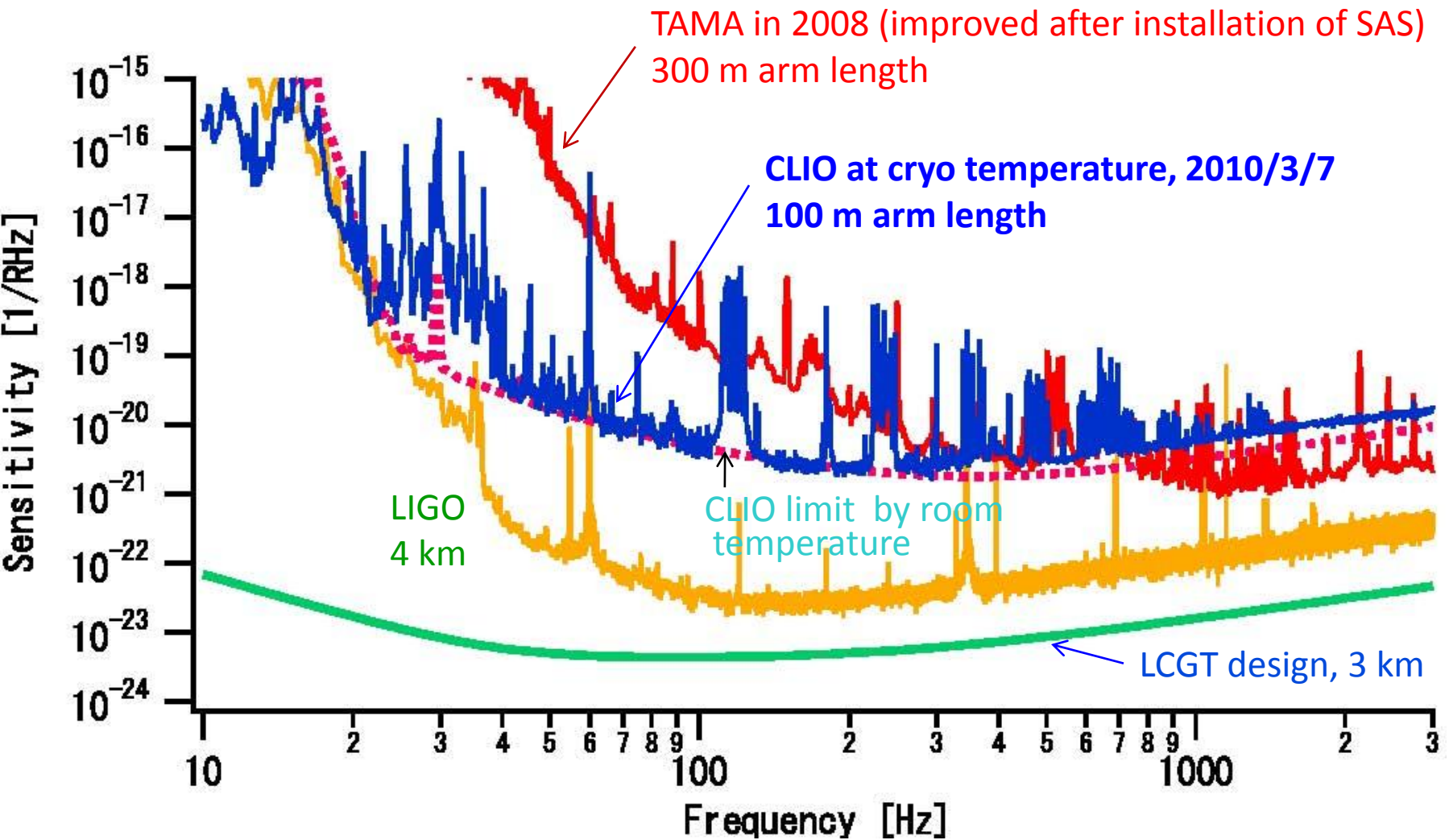
Final sensitivity is limited by quantum noises in the observation frequency band, 230Hz . Radiation pressure noise is determined both by the optical power and by mass, 30kg .



感度最適化のための干渉計設計



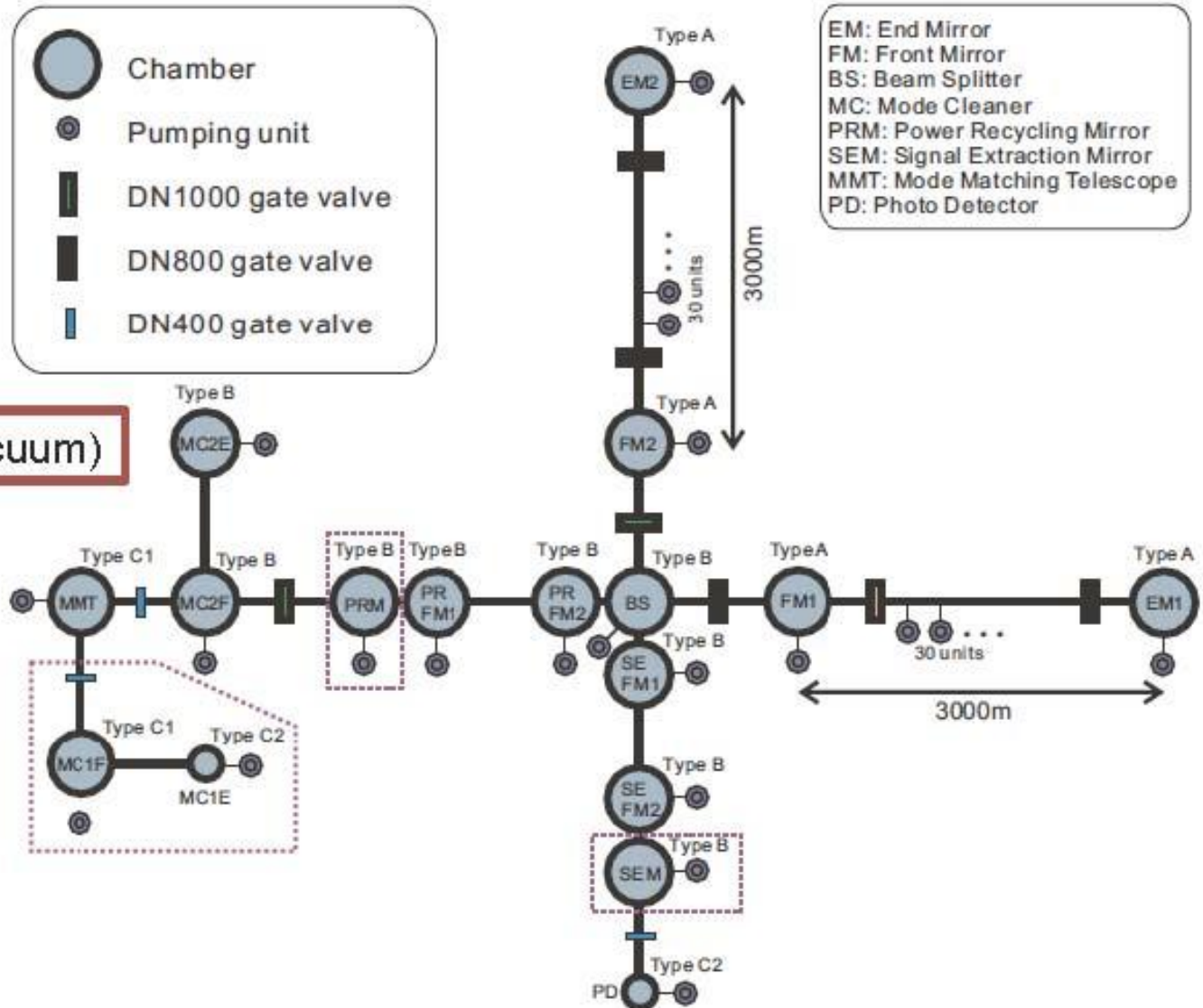
TAMA と CLIO による結果



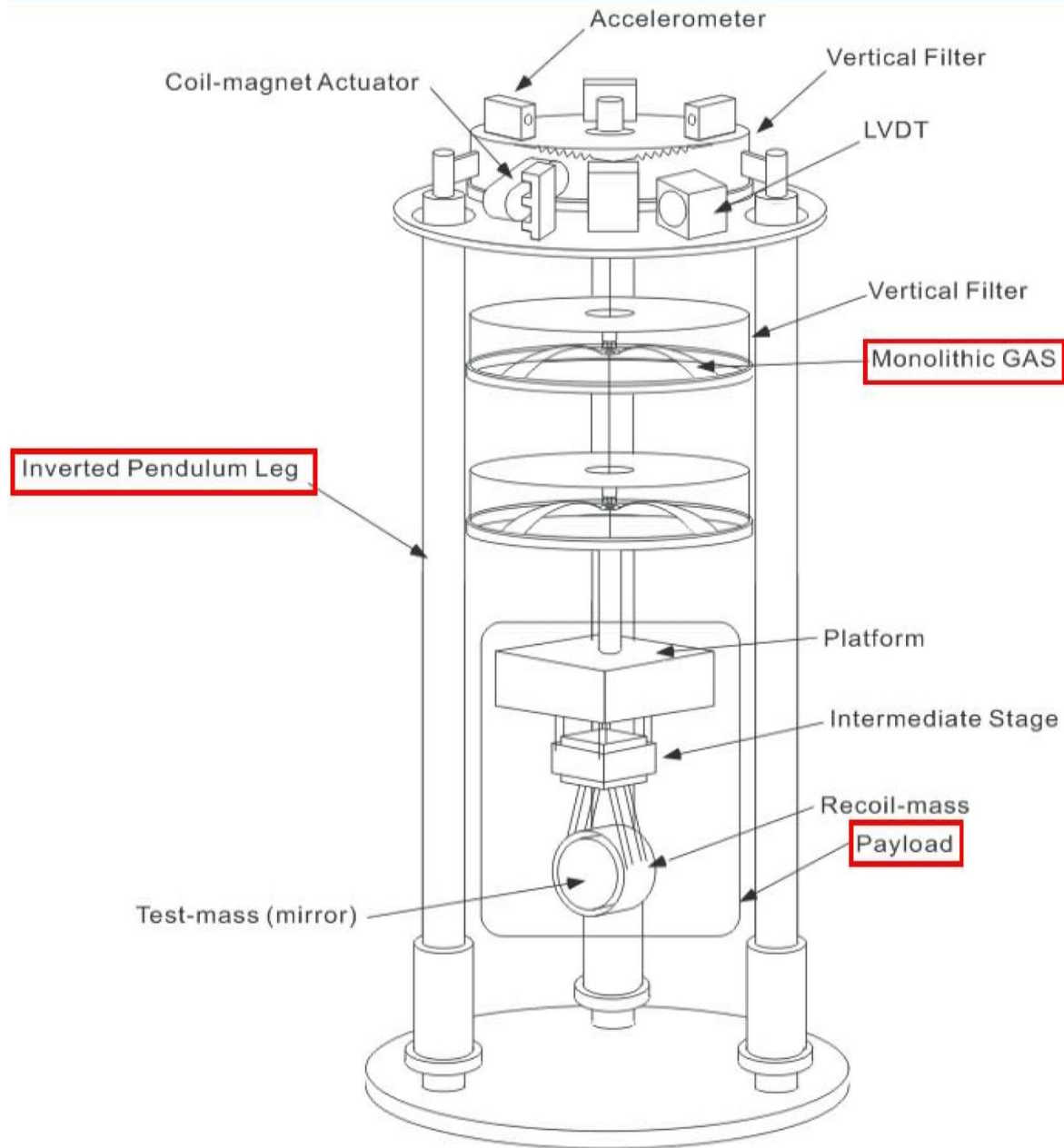
LCGT Vacuum System

** for reducing noise due to a residual gas effect

** for maintenance minimizing



Schematic structure of Anti-vibration system

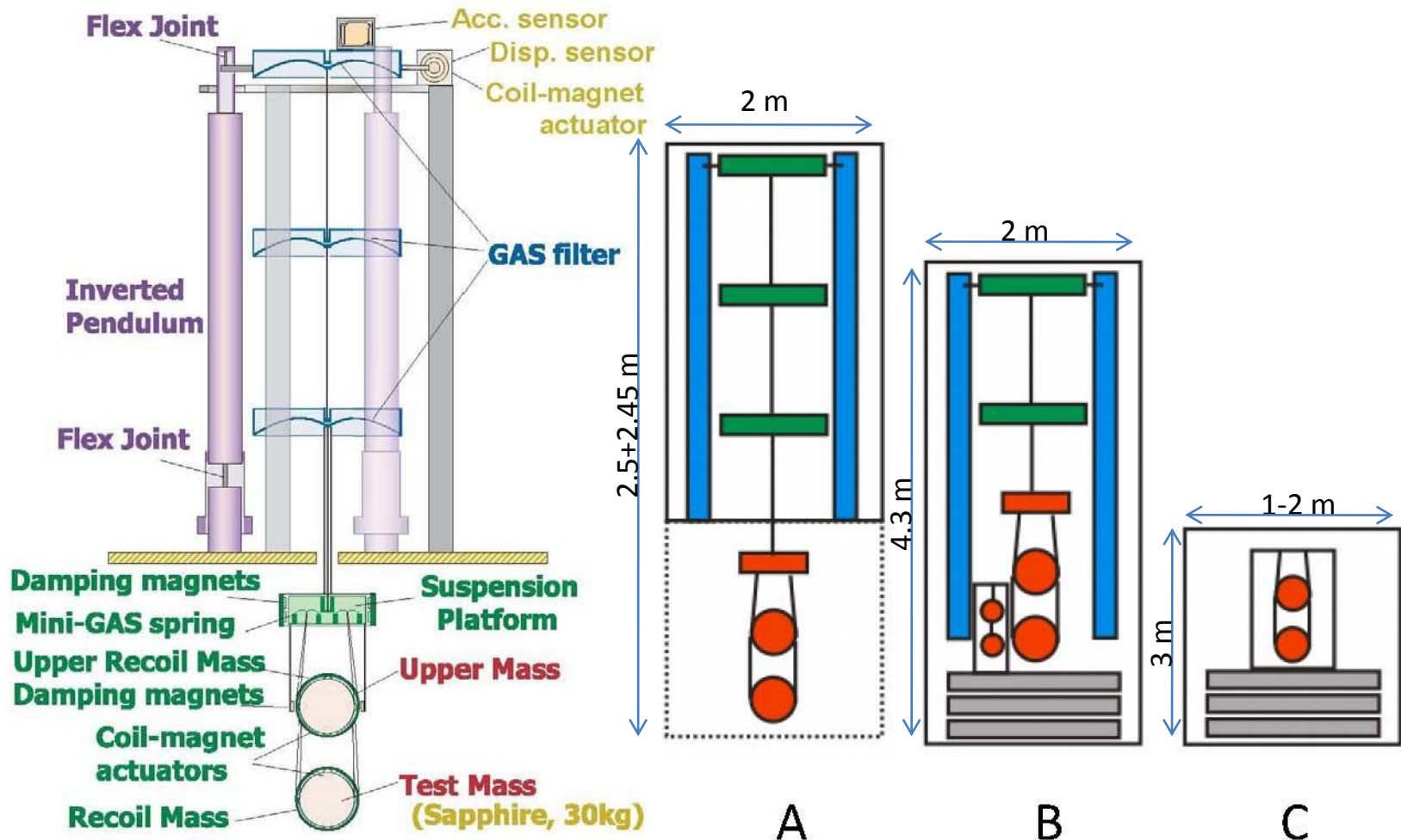


Three types of anti-vibration system

Type A) SAS(GASF 3stage)+cryo-sus: ITMX, ITMY, ETMX, ETMY

Type B) SAS(GASF 2stage)+non-cryo: BS, PR2, PR3, SR2, SR3, MC2F, MC2E

Type C) STACK+2stages: MC1F, MC1E, MMT, PD



データ解析

- It is difficult to detect burst wave events by a single detector
- Coherent observation gives more fruitful result
- It is natural to promote data-sharing in the world-wide GW observation network
- We have experienced data taking & analysis by TAMA and CLIO
- Need to find flexible way to satisfy requirements of both program and science

国際協力

- Attachment agreed under existing MOU between ICRR (represents LCGT Collaboration) and LIGO laboratory
 - Manpower, software & technique exchanged
- MOU between VIRGO (EGO + Virgo Collaboration) and ICRR is to be signed
- MOU between ICRR and GEO people is also conceived
- MOU between LCGT and Organization of China

海外と国内の共同研究者への誘い

- LCGT Collaborationに入る際のガイドライン
 - 現Collaborationメンバーの推薦
 - f2f LCGT Collaboration Meetingで発表して承認
 - 著者リストはTAMAのルールに習う(? 未定)
- 国際的にオープンなcollaboration会議
 - TV会議による開催(おおむね日本は朝開催)
- 参加協力してくれる共同研究者を歓迎

まとめ

- LCGT は、2010年6月に建設のための予算一部が認められた
- 重力波のfirst detectionが望まれている
- Adv. LIGO や Adv. Virgo との国際共同観測で重要な役割を期待されている
- LCGTプロジェクト成功のために新しく Collaborationに入ってくれる研究者を求めている