

LCGT計画

高エネルギー物理将来計画タウンミーティング

@IPMU

平成23年7月29日

川村静児(東大宇宙線研)

話の内容

1. 目的
2. 装置
3. 他の装置との関係
4. スケジュール・組織
5. まとめ

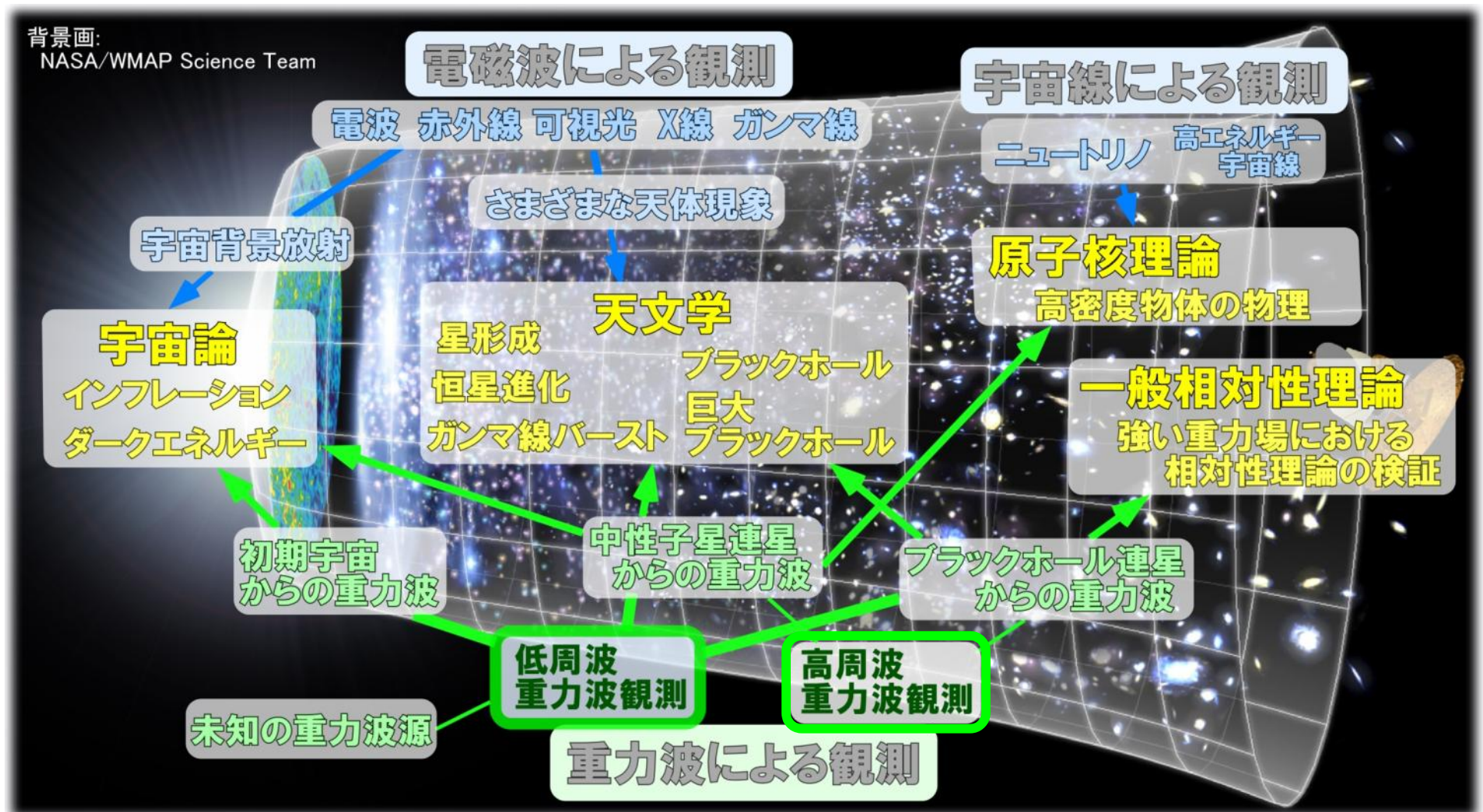
LCGTの目的

重力波を検出し

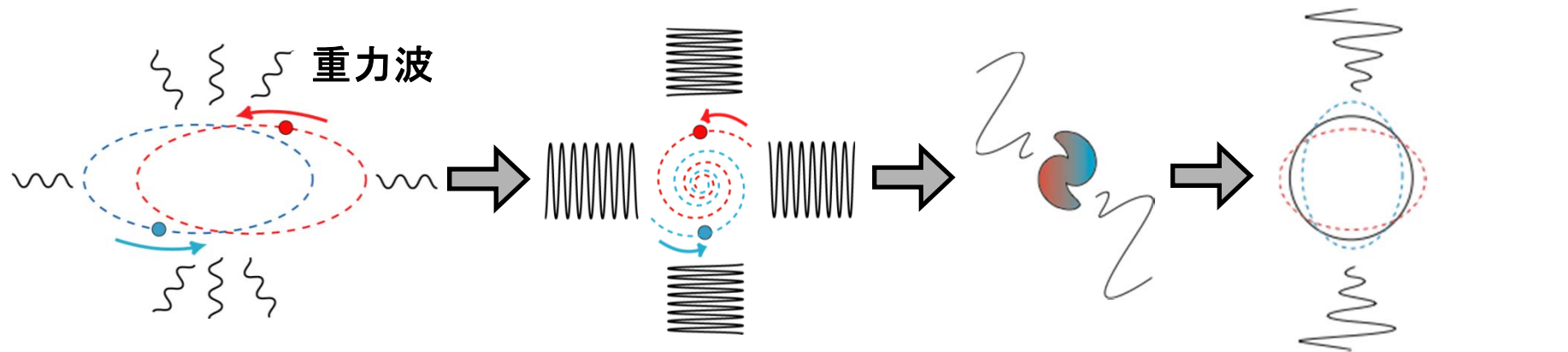
重力波天文学を創成する

重力波天文学

(電磁波・宇宙線による観測との相補・融合)



中性子星連星の合体

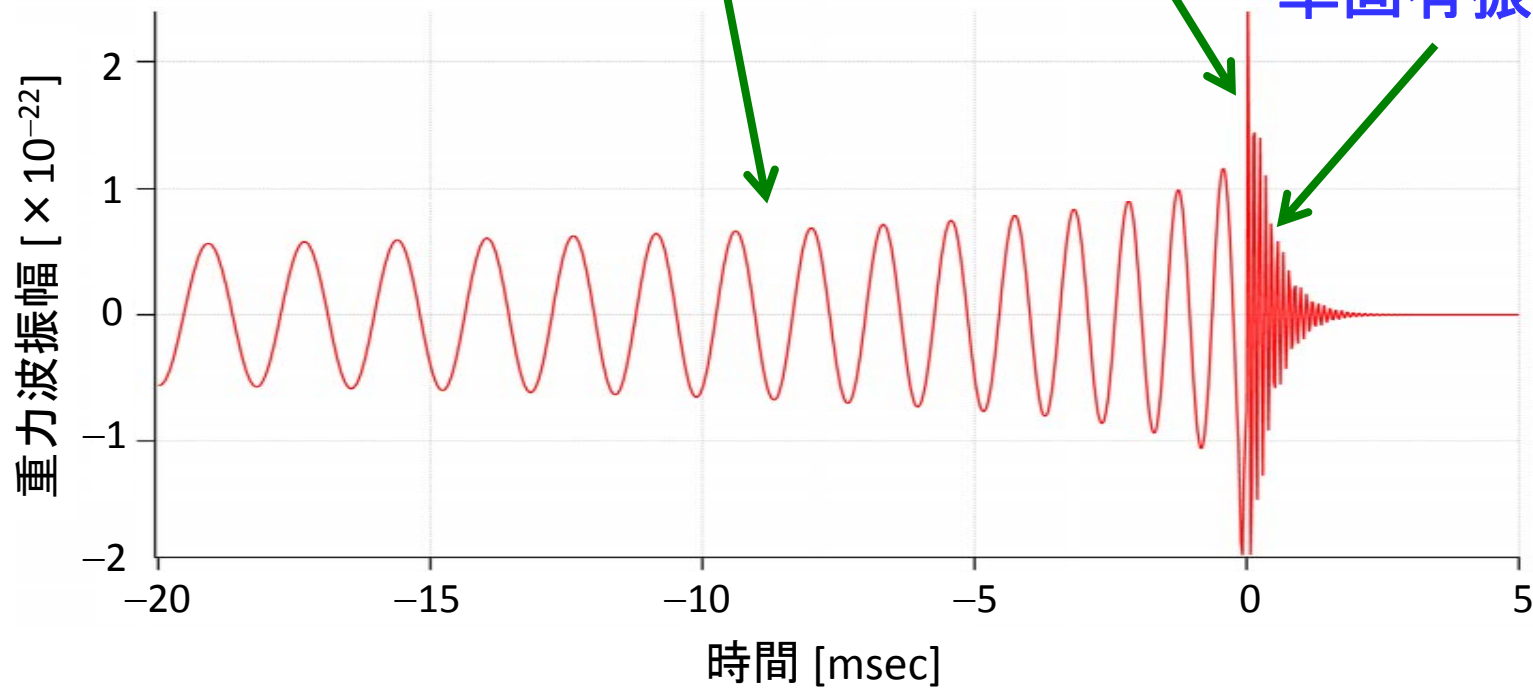


公転運動

インスパイラル

合体

ブラックホールの
準固有振動



中性子連星の合体

- 低周波から1 kHz付近までスイープ
- 8.2億光年遠方の中性子星連星の合体からの重力波検出を目指す
- 年間5回程度の頻度
- Shot GRBとの同時観測によりメカニズムの解明
- If yes,
 - GRBの検出をトリガーにしてより詳しいデータ解析
 - 重力波データよりGRBの方向を予測(きびしいか?)

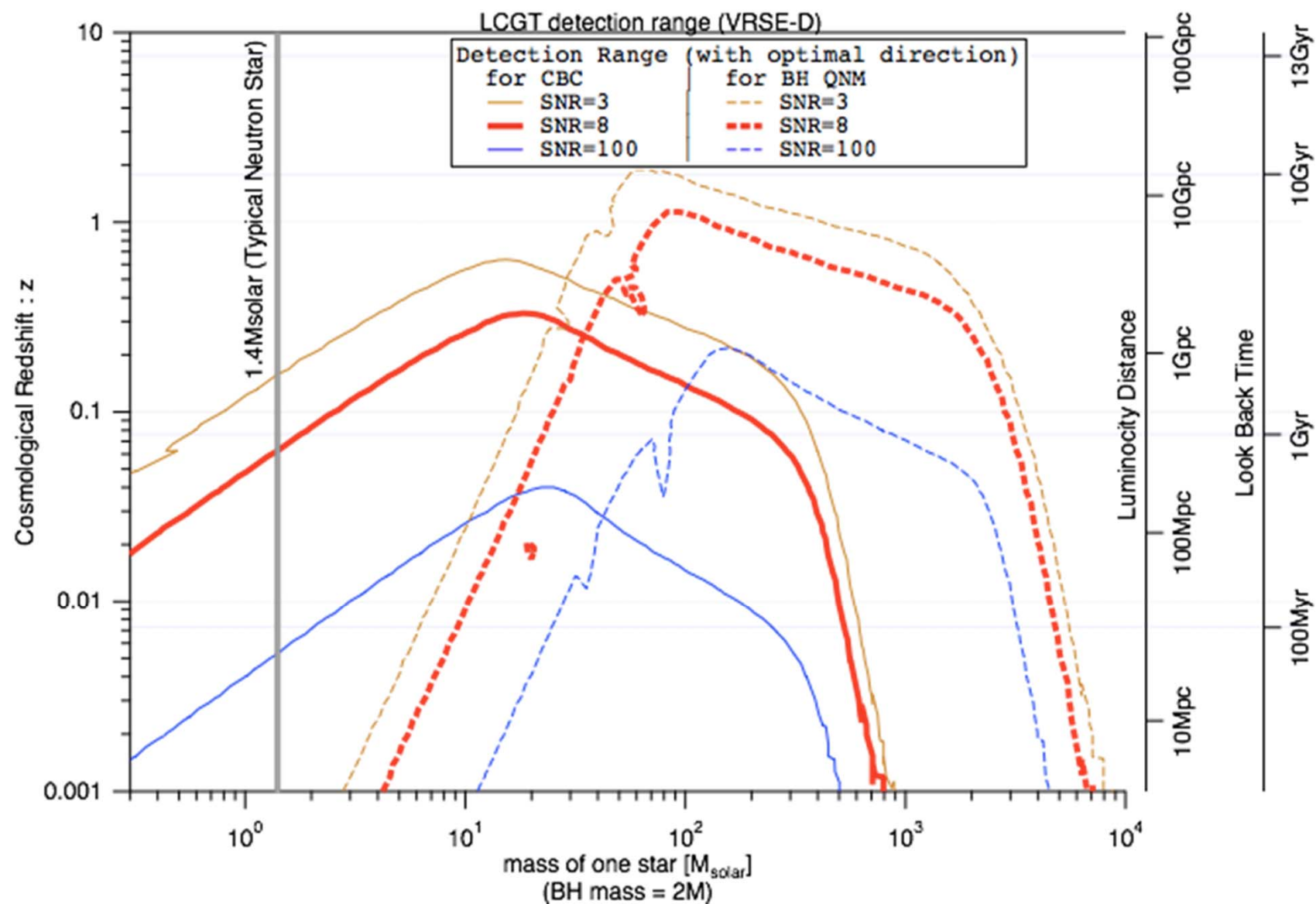
ブラックホール連星の合体

- 例えば太陽質量の20倍程度のブラックホール連星に対して、65億光年遠方までの検出を目指す
- ブラックホール連星の合体の頻度についてはまだよく分かっていないが、1～30個/年という予測もある

ブラックホールの準固有振動

- 連星合体でブラックホールが生成されたり、ブラックホールに小さな天体が落ち込んだりする際には、特徴的な減衰を含むブラックホールの準固有振動が起こる
- 100億光年遠方で起こる太陽質量の100～300倍程度のブラックホールの準固有振動を検出することを目指す

連星合体に対する感度



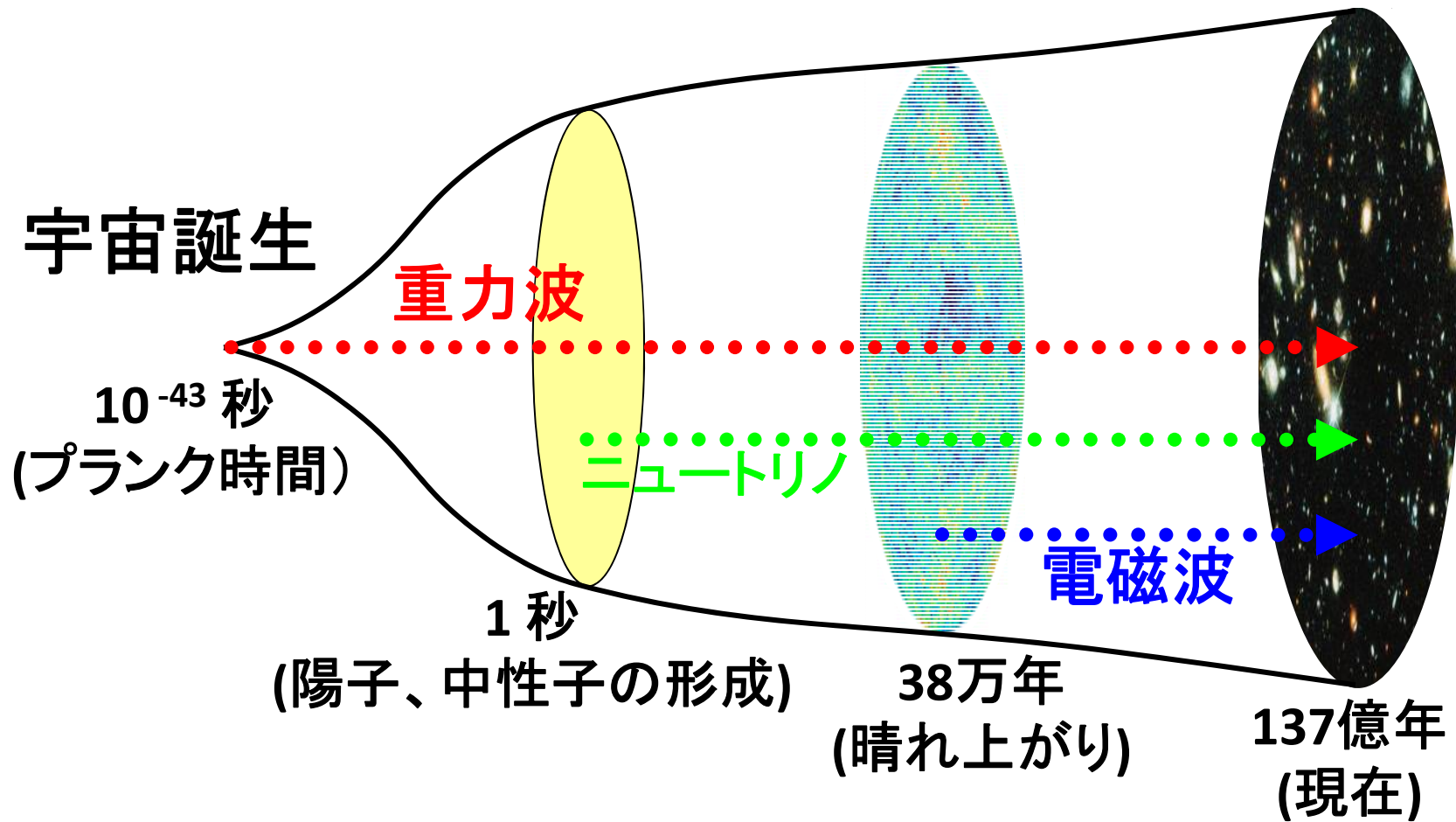
超新星爆発

- 周波数は100 Hz～1 kHz
- 約330万光年遠方で起こる超新星爆発からの重力波の検出を目指す
- 局所銀河群のかなりの部分をカバー
- 数年に1度程度の検出を期待
- スーパーカミオカンデとの同時観測が非常に重要

パルサー

- かにパルサーやベラパルサーなどはスピンダウンレートから求まる重力波振幅の上限値が大きいため、検出の可能性あり
- ビームが地球の方向を向いていないため、電波などでは見つかっていないパルサーからの重力波が検出されるかもしれない

初期宇宙



初期宇宙

- 標準モデルで予測されるインフレーションから発生する重力波の検出は期待できない
- しかし、初期宇宙に起こった相転移や、その化石である位相的欠陥の運動に伴って生成した重力波など、思わぬ起源の重力波が検出される可能性はある

未知なる天体

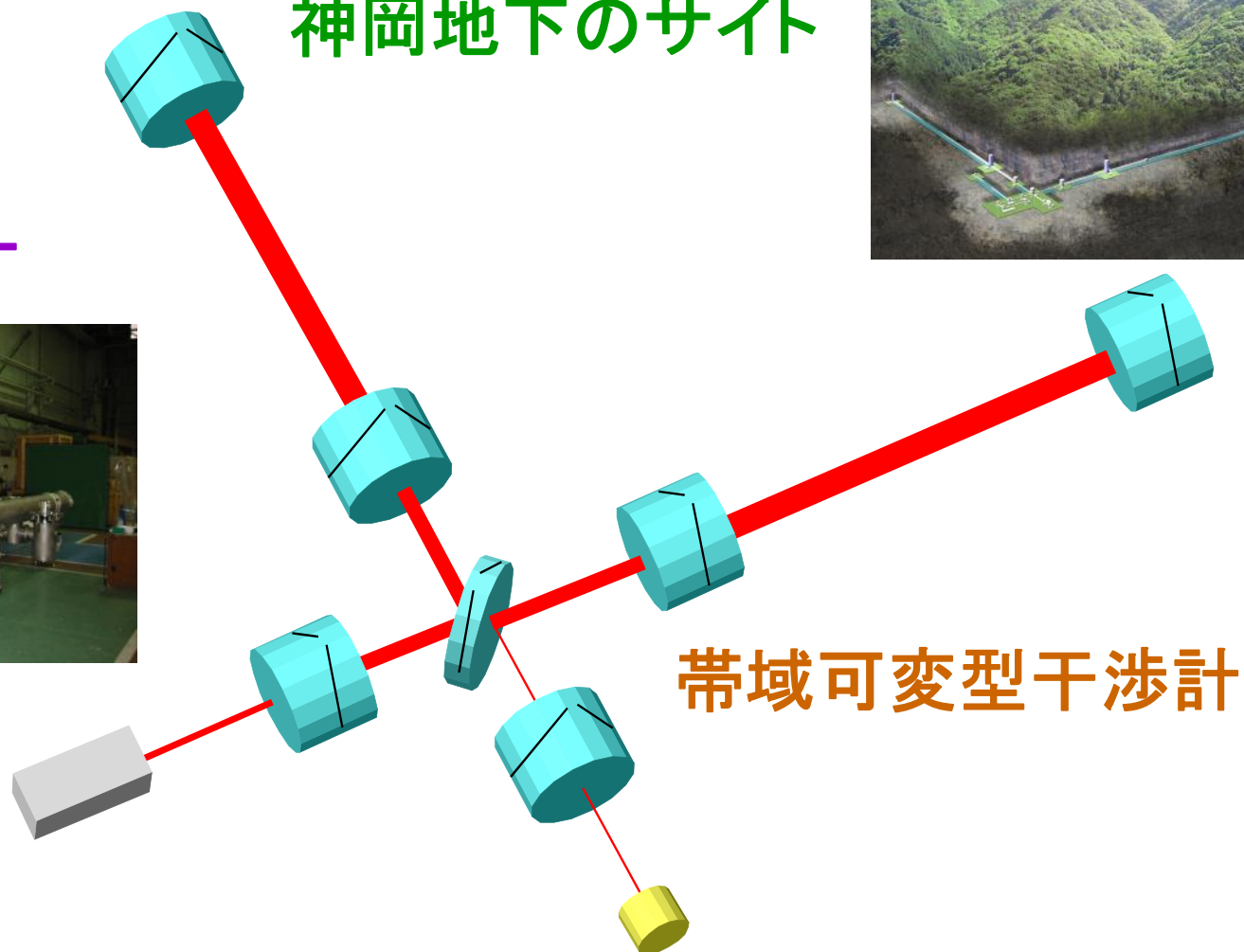
- これまでの天文学の歴史においては、新しい窓が開かれると新しい天体現象が見つかることがしばしば起こってきた
- したがって、重力波においても、現在の知識では想像すらできないような全く新しい天体現象がLCGTによって見つかる可能性も十分にある

LCGTの基本構成

神岡地下のサイト



低温ミラー



帯域可変型干渉計

地下への設置

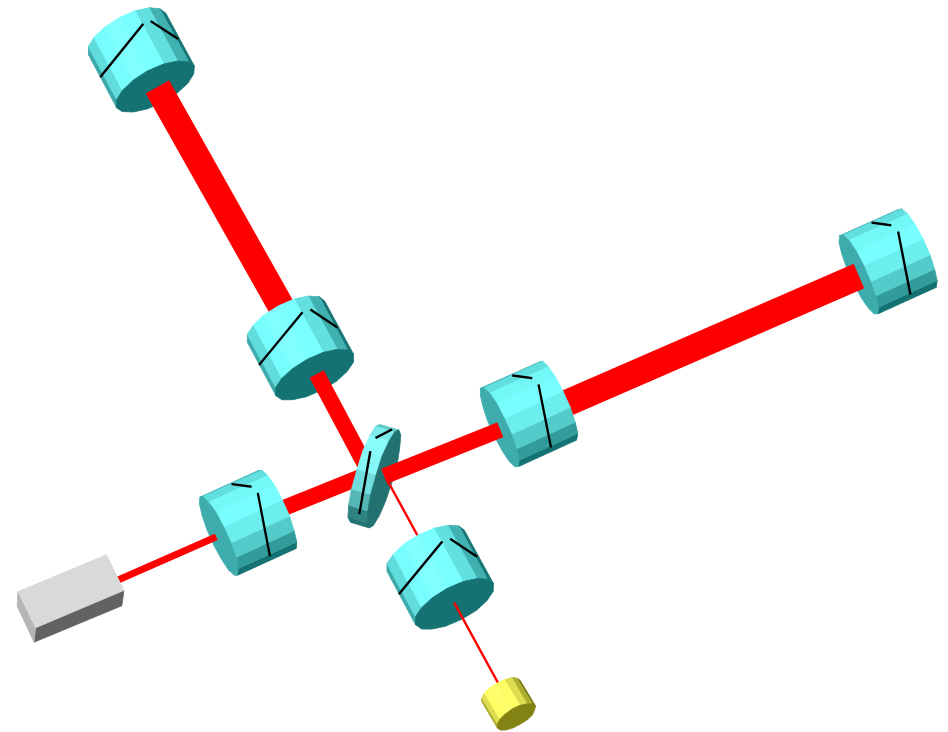
- 神岡の地下は地面振動が地上の100分の1程度に小さい
- これに加えて超高防振システムを使って地面振動を徹底的に低減
- 特に非線形雑音に効果的

鏡の低温化

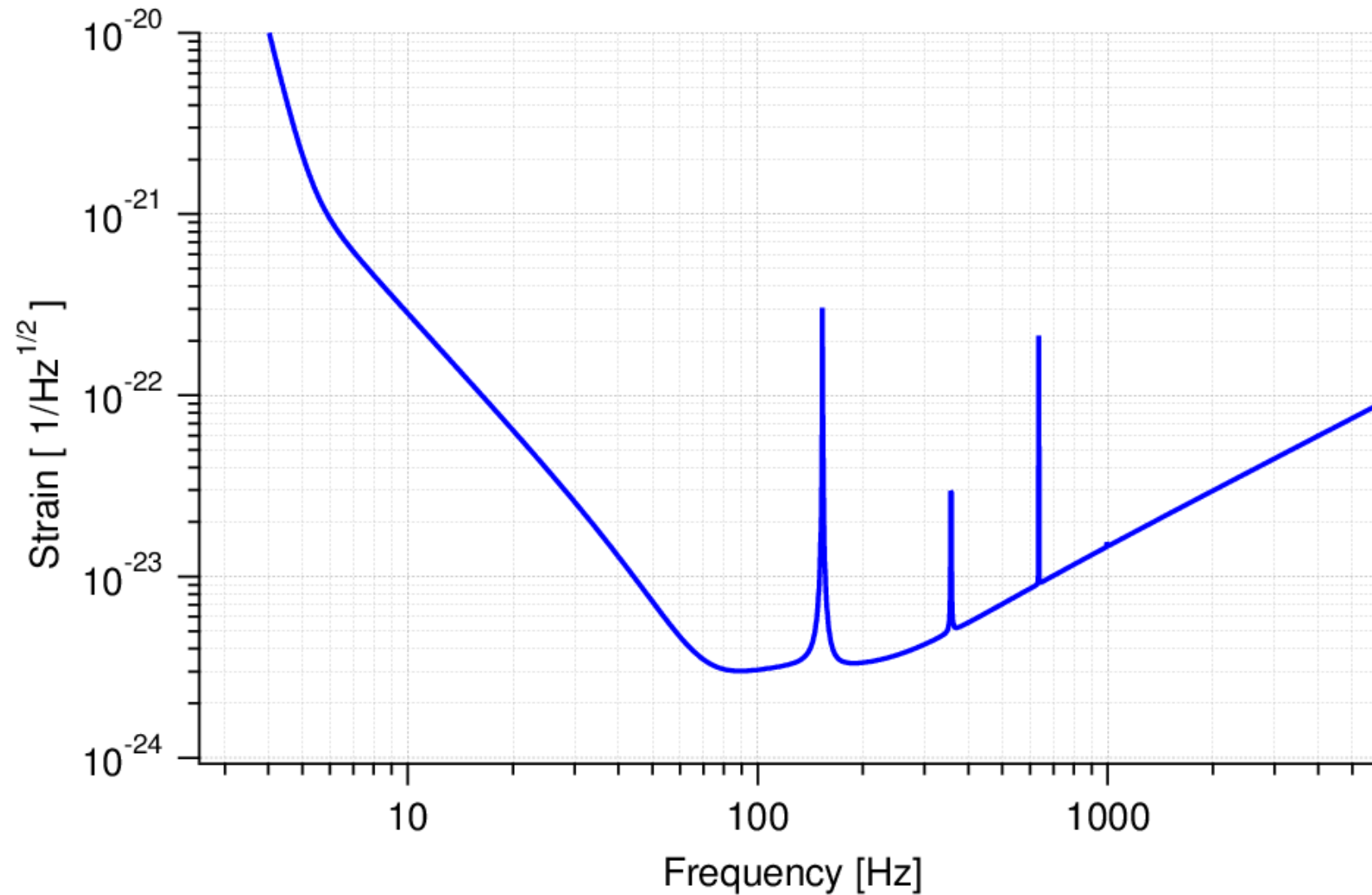
- 鏡を20 Kまで冷やし、熱雑音を低減する
- 低温で機械的損失やその他の光学特性が優れているサファイアを使用

帯域可変型干渉計

- マイケルソン干渉計に、アームの光共振器、パワーリサイクリング鏡、シグナル抽出し鏡を加えたもの
- ショットノイズと輻射圧雑音からなる量子雑音の周波数特性を、狙うべき重力波信号に最適化する



LCGTの感度曲線

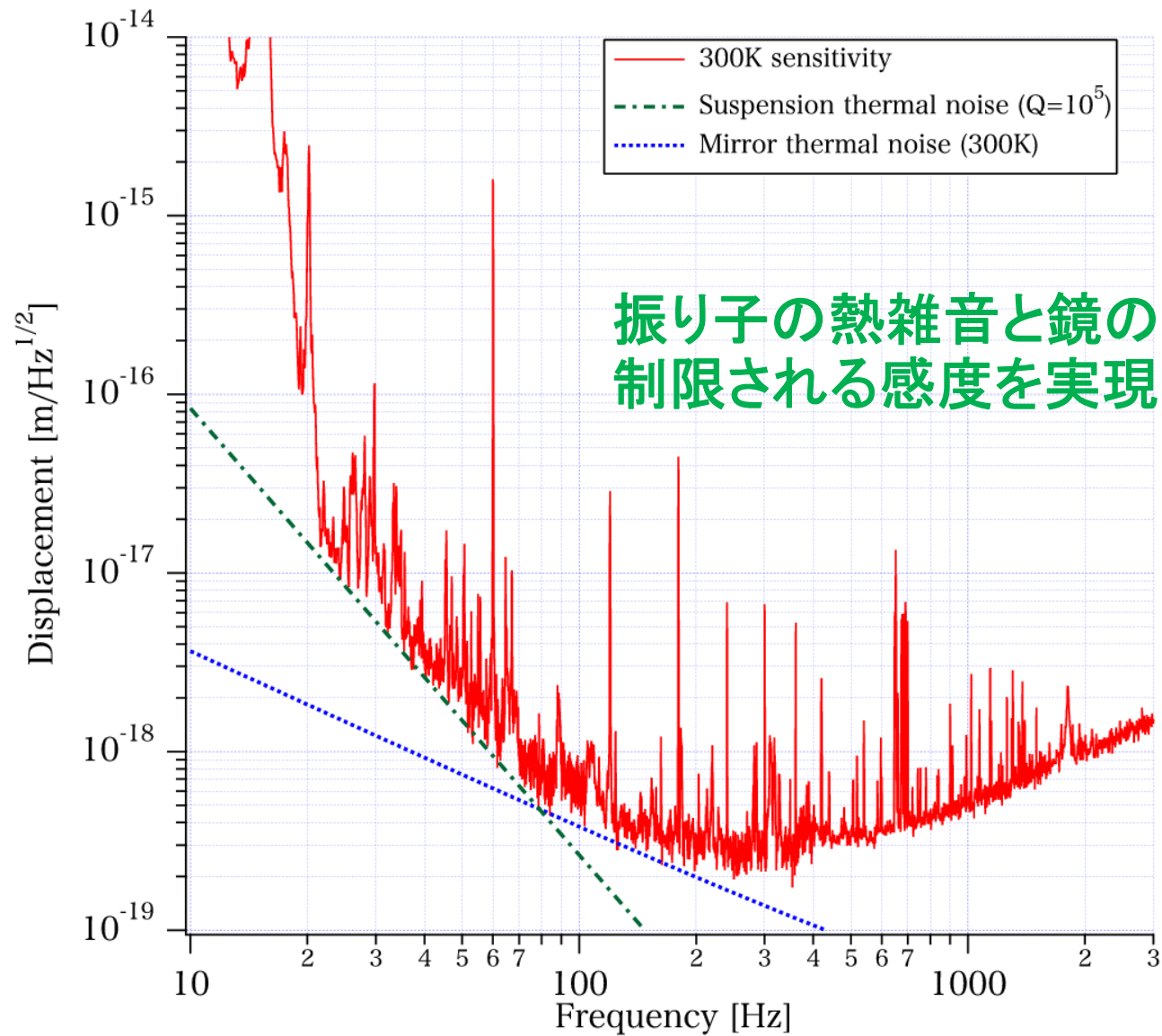


アーム長: 100 m
低温プロトタイプ
@ 神岡地下

CLIO



CLIOの感度



国際的ロードマップの中での LCGTの位置づけ

- LIGO、VIRGO、GEOは、それぞれ第二世代検出器であるAdvanced LIGO、Advanced VIRGO、GEO-HFへの大々的な改造を始めつつある
- LCGTはこれら第二世代検出器と同様の干渉計技術を用い、同程度の感度を目指すものである
- 「地下」と「低温鏡」に関しては他の検出器にはないLCGTだけの大きな特徴である
- 第三世代検出器ETは「地下」と「低温鏡」の特徴を持つことから、LCGTは第三世代の技術を先取りした検出器であるといえる

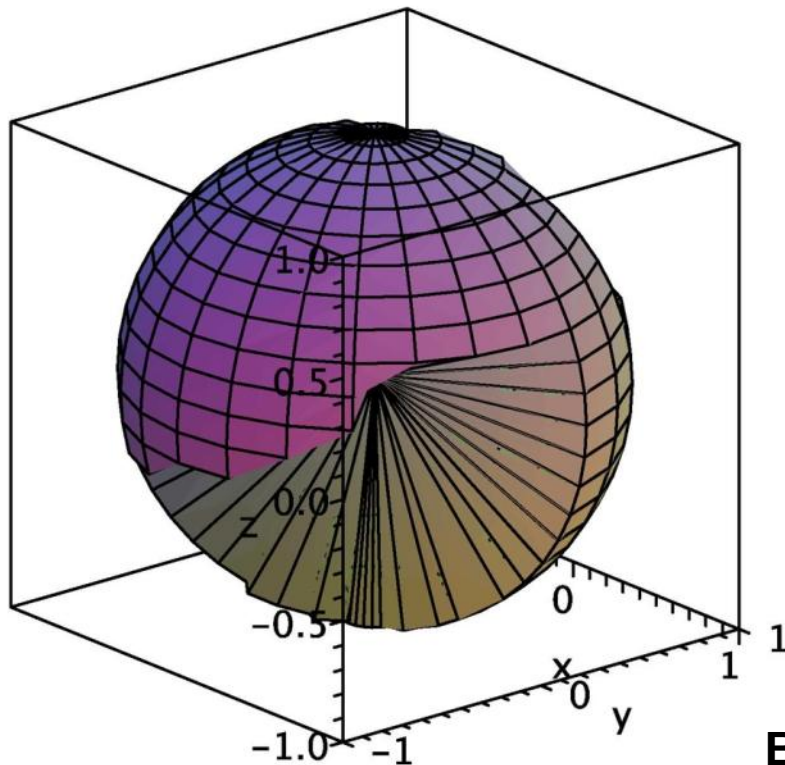
他の観測器との協力

- 他の重力波検出器との共同観測により、その信号が重力波によるものであることをより確実にすることができる
- 複数台に現れた重力波信号の時間差などから、重力波源の方向やより詳しい情報を得ることが可能である
- 重力波の観測と電磁波や宇宙線の観測を組み合わせることにより、相補的な、またそれらが融合した、天体現象に関するより深い情報を引き出すことが可能になる

重力波検出器ネットワーク

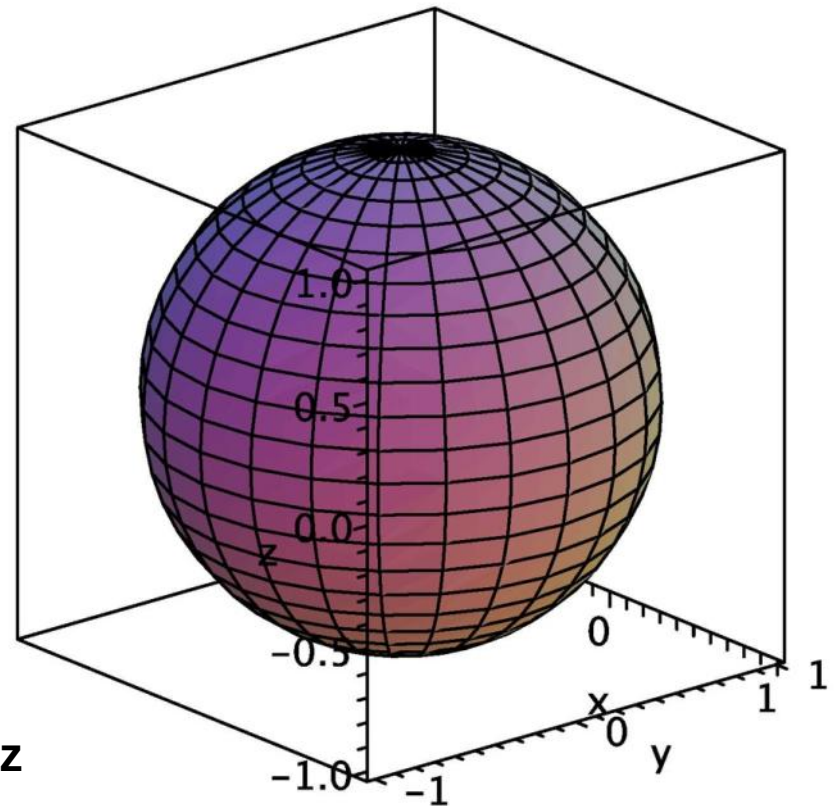
LIGO(H)+LIGO(L)+Virgo

- 1/2最大感度の範囲: 72%
- 3台稼働率: 51%



LIGO(H)+LIGO(L)+Virgo+LCGT

- 最高感度: +13%
- 1/2最大感度の範囲: 100%
- 3台稼働率: 82%



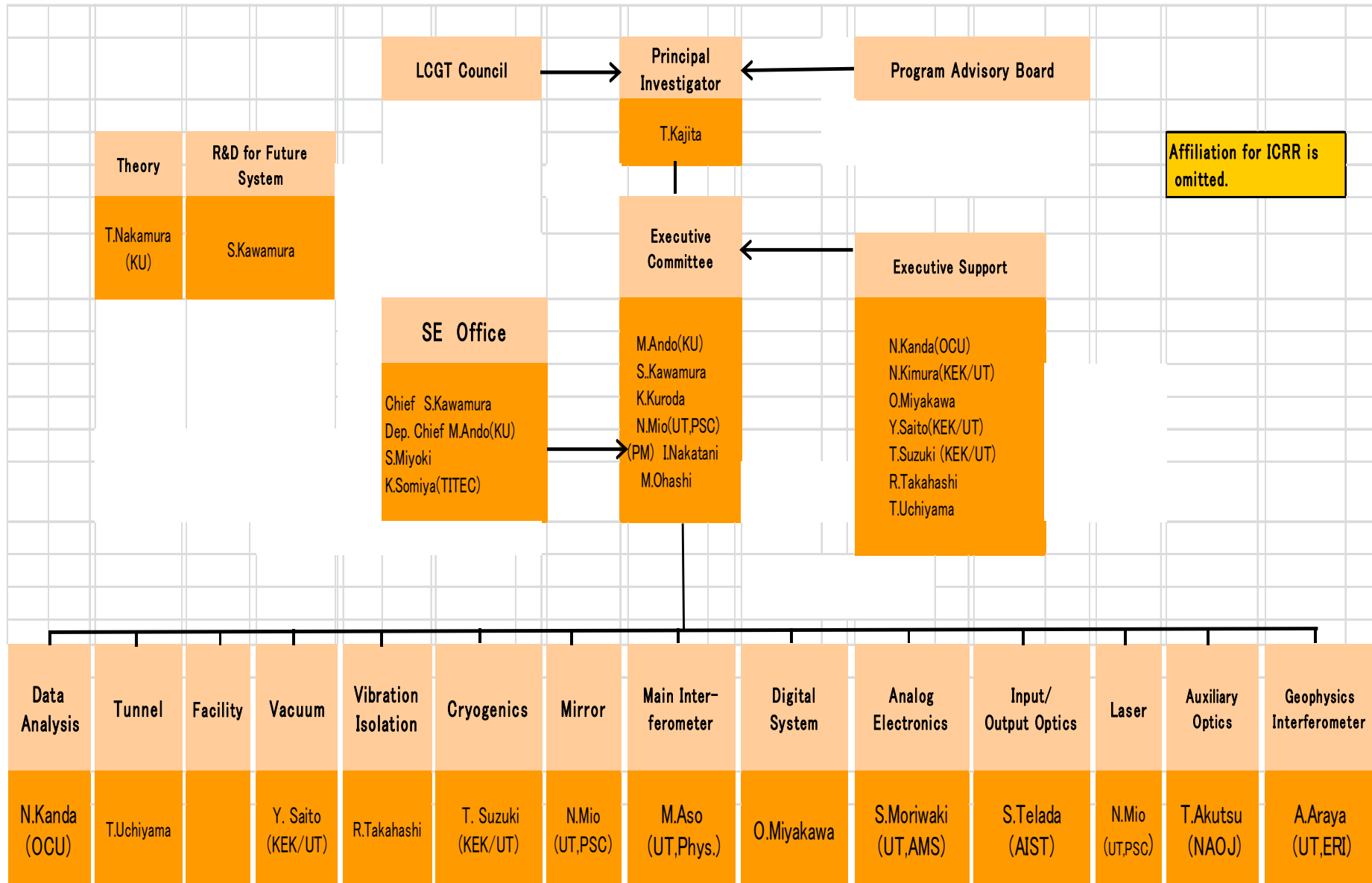
B. F. Schutz

スケジュール

item	Japanese FY						2016	2017
	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
Excavation		■■■■■						
vacuum system	■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■				
Optical system	■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■				
Laser ssytem	■■■		■■■■■	■■■■■				
suspension		■■■■■	■■■■■	■■■■■				
Anti Vibration	■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■				
2nd phase (Cryogenic system)				■■■	■■■	■■■		
Geophysics interferometer	■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■			
digital system	■■■		■■■■■	■■■■■				
control room (building)				■■■■■				
system tuning				■■■■■		■■■■■		
observation					■■■		■■■■■	

- construction (off-site)
- construction (on-site)
- observation

組織



まとめ

- LCGTにより中性子連星の合体などからの重力波が検出され、重力波天文学が創成されることが期待されている
- 重力波は電磁波や宇宙線の観測と融合して新しい天文学を生み出す
- LCGTは低温、地下、帯域可変型干渉計の3つの特徴を持つ
- 2017年に本格的観測開始予定

重力波天文学の 夜明けは近いぜよ！



Illustration:
Sora