

LCGT観測帯域特別作業班 報告

目的

LCGTの観測周波数帯域

(干渉計の基本パラメータ)の検討を行い、提案をまとめる。

検討内容

4種類の干渉計方式を候補として選定

観測対象(重力波源)、技術的実現性、観測戦略
の観点からサーベイ

検討体制と経緯

LCGT Collab.に呼びかけ → 24名の検討メンバー

2009年5月-9月の間、ほぼ隔週で検討会

2009年9月末 取りまとめ

→ 国外の評価委員会にレビューを依頼

2009年11月 レビュー結果の受け取り

2010年2月 修正と、LCGT会議への提案提出

結論

1. LCGTの観測帯域、干渉計方式として、**帯域可変方式 (VRSE)** を提案する。
2. 帯域可変方式の中で、狭帯域寄りのパラメータ設定 (**VRSE-D**) で進めることを提案する。

4つの観測帯域 候補

帯域固定 **広帯域** (BRSE), 帯域可変 **広帯域** (VRSE-B)
帯域固定 **狭帯域** (DRSE), 帯域可変 **狭帯域** (VRSE-D)

- 連星中性子星合体に対する 観測可能距離, 検出確率で大差はない。
- 技術的実現性・困難さ, コミッショニング期間に関しても大差はない。
- できるだけ早期の重力波観測を目指して VRSE-D での観測を行う
- 初期観測後、VRSE-Bに切り替えることでより多様な波源に対する探査を行う, というオプションを持つ。

候補方式

これまでのデフォルトデザインに基づいて境界条件を設定

干渉計方式：RSE（鏡の低温化と干渉計内光量の両立）

干渉信号読み取り方式として DC readout を使用

基線長 3km, 低温干渉計（鏡 20K, サスペンション 16K）

鏡の光損失 45ppm, 光吸収 20ppm/cm

入射キャリアー光量 75W, 鏡の取り換えによる変更は範疇の外.

観測帯域として 4つの候補を策定

帯域固定 広帯域 (BRSE)

帯域可変 広帯域 (VRSE-B)

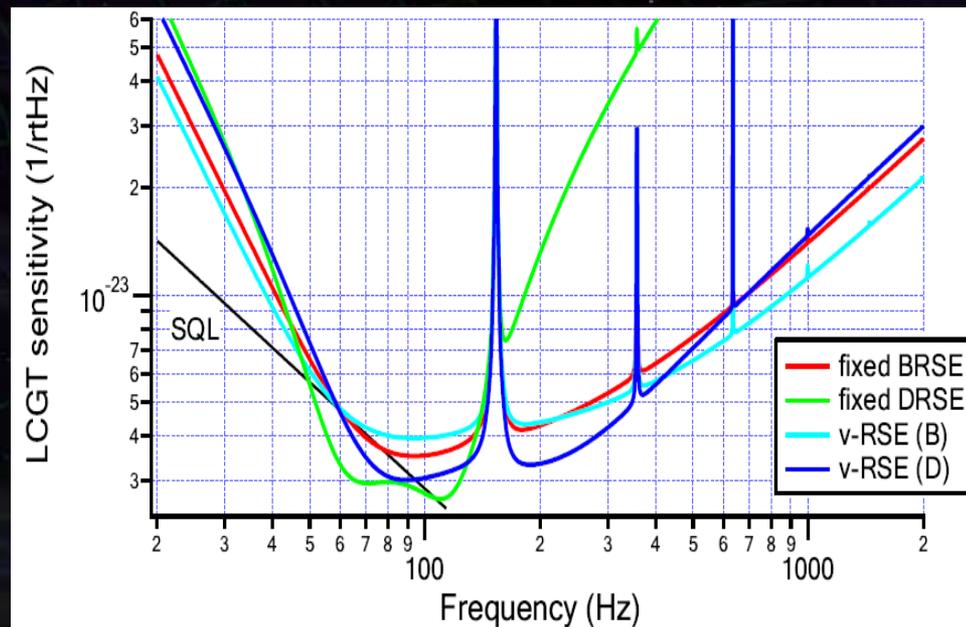
帯域可変 狭帯域 (VRSE-D)

帯域固定 狭帯域 (DRSE)

主要観測対象として

連星中性子星合体を設定

→ 干渉計パラメータを最適化



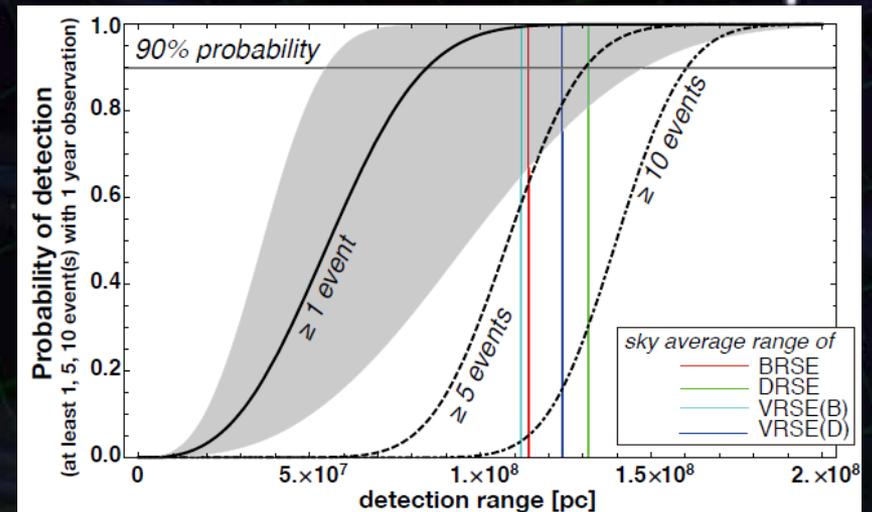
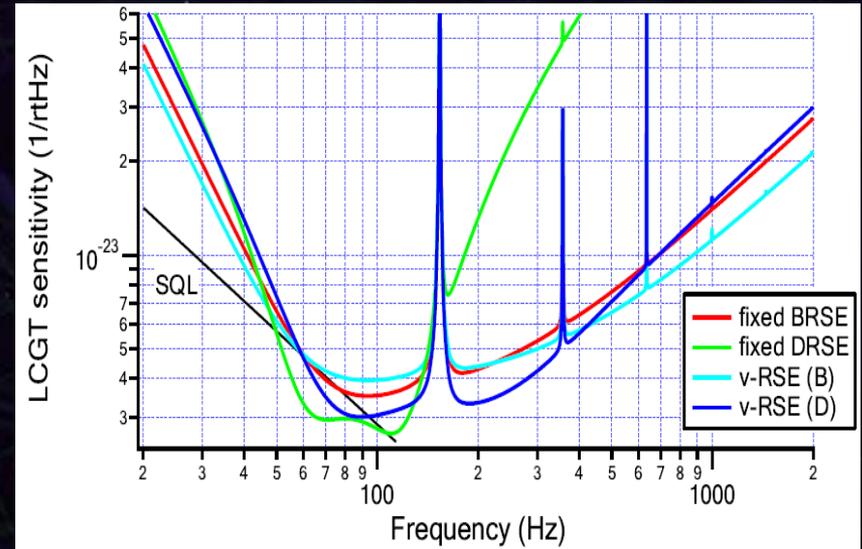
科学的成果の検討

LCGTの第一目標：重力波の観測
 → 連星中性子星合体が第一候補

連星中性子星合体 に対する
 観測可能距離 (Inspirational Range)
 (SNR 8, Sky averaged)

BRSE	114 Mpc	99.6 %
VRSE-B	112 Mpc	99.4 %
VRSE-D	123 Mpc	99.9 %
DRSE	132 Mpc	99.9 %

1年間の観測運転で
 重力波信号を検出する確率
 (LCGTの成功確率)



科学的成果の検討 (続)

その他の重力波源観測の検討

連星ブラックホール

観測可能距離 570-670 Mpc

ブラックホール 準固有振動

観測可能距離 2-3 Gpc

重力崩壊型 超新星爆発

銀河系内イベントを観測可能

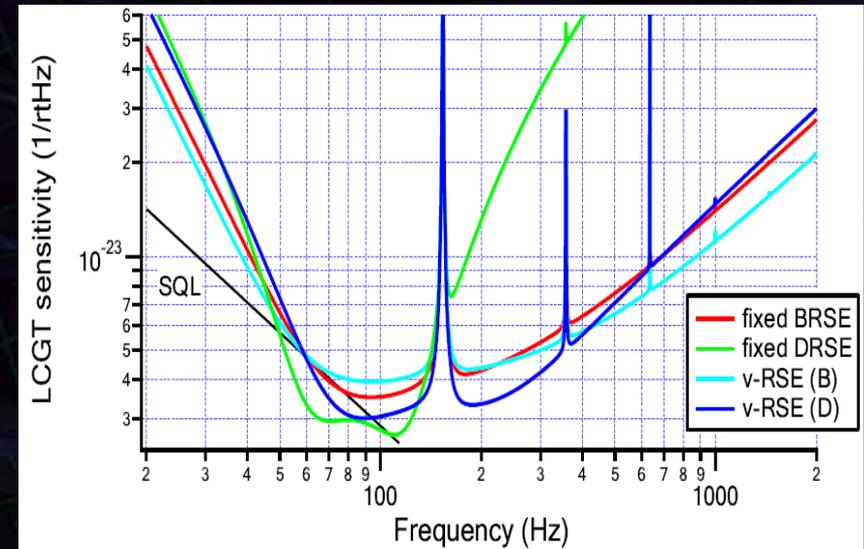
DRSEでは帯域外になる可能性

パルサーからの連続波

25-38 個のパルサーの観測可能性

(理論上限を超える観測が可能)

DRSE はやや不利



技術実現性の検討

- LCGT感度の実現のためには、
多様な雑音の影響を除去する必要がある
(低周波数雑音, 光路長・アラインメント制御雑音, RF雑音, ...)
→ 今回の作業班では, 方式による差の部分を中心に検討
- 観測帯域の違いによる差異 → 制御法の差異が主要
(信号取得法, 信号のSNR, 制御カップリング雑音)
方式, 検討実績などで一長一短はあるが,
技術的な困難さにおいて致命的な違いは無い.
(例) VRSE 制御信号に電氣的なオフセットを
加えることで実現可能.
- 鏡に対する要求の違い
BRSE, VRSE では, 腕共振器のフィネスがやや高い (1550)
→ 鏡の光損失に対する要求がやや高い
入射光量の増加, 干渉計方式のチューニングで対処可能.

観測戦略の検討

- LCGTでは、最初の重力波観測を目指す
 - できるだけ早期の観測開始が望ましい
 - コミッショニング期間 + 最初の観測までに要する観測期間を総合して考慮する必要がある。
- コミッショニング期間
 - 不確定要素は多く、1か月程度の範囲での正確な見積もりは困難。
 - だが、現状持っている経験と知識の範囲で、困難さとコミッショニング期間の評価を行う
 - 大きな差異はない。
 - これまでのデフォルトであったBRSEと比較して、VRSE, DRSEで付加される要素は小さくなく、国内外でのプロトタイプ干渉計による実証やシミュレーション検討も進んでいる。
- コスト、雑音リスク、将来のアップグレードの可能性
 - 大きな差異は無い。