

# スペース重力波アンテナDECIGO計画 XIV (サイエンス)

瀬戸直樹、川村静児、安東正樹、中村卓史、坪野公夫、田  
中貴浩、船木一幸、沼田健司、佐藤修一、井岡邦仁、神田  
展行、高島健、... (DECIGO-WG)

2008年3月 物理学会

# 検出器の感度, 重力波源, サイエンス

川村さん作成

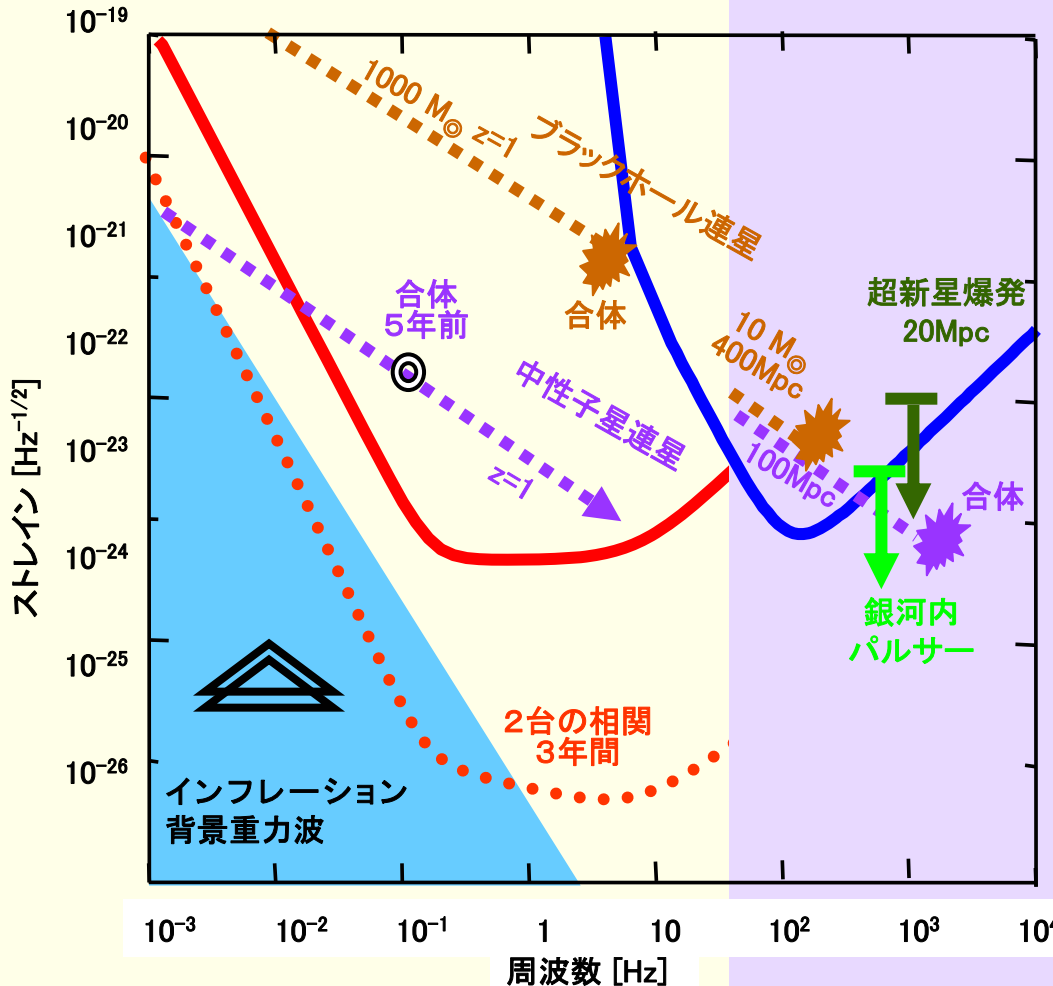
## DECIGO

## LCGT

重力波源:  
宇宙論的現象

サイエンス:  
① インフレーション  
② 巨大BHの形成  
③ ダークエネルギー

検出頻度:  
常時 $\sim 10^5$ 個



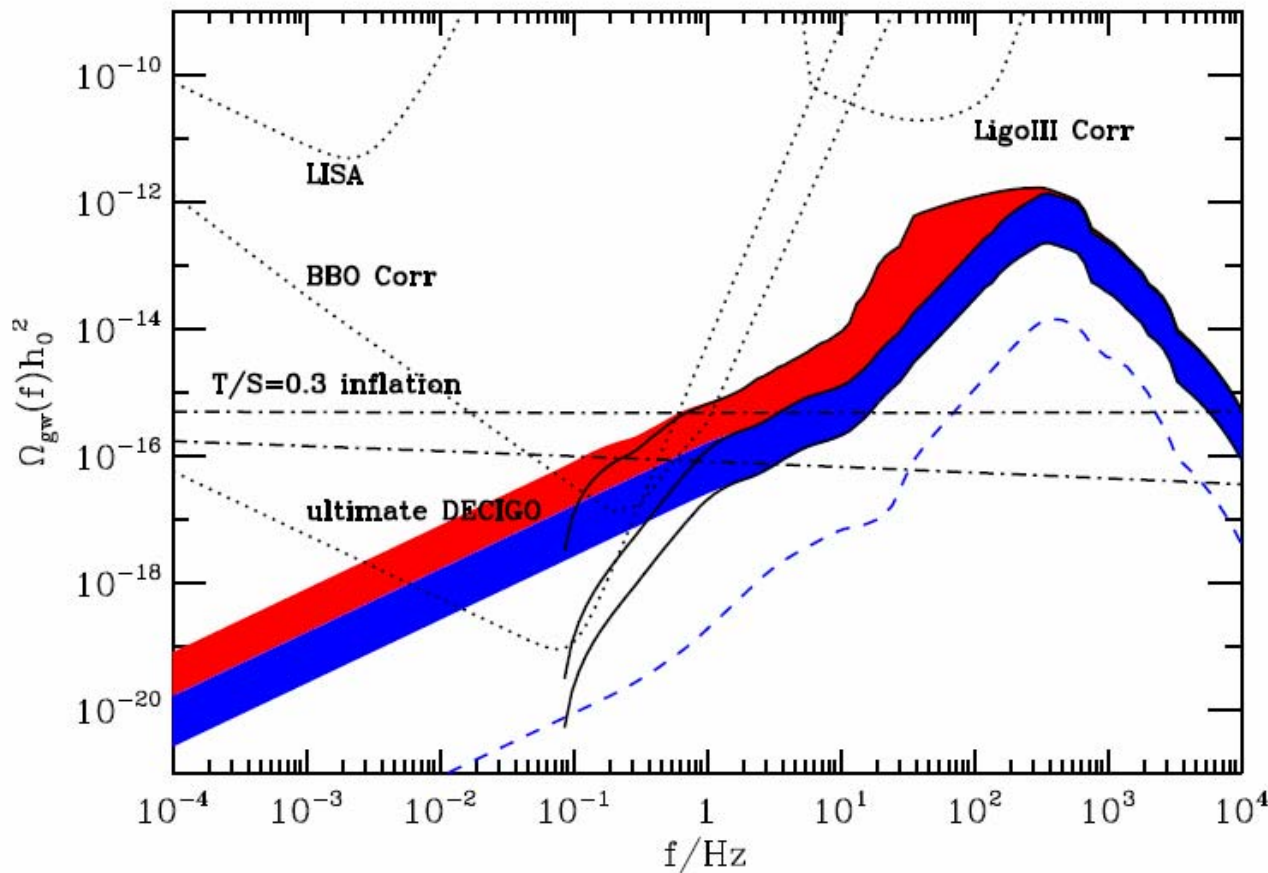
重力波源:  
天体現象

サイエンス:  
● 一般相対論の検証  
● 爆発のメカニズム  
● ガンマ線バースト

検出頻度:  
年間 $\sim 10$ 個

# Introduction

以前から指摘されていた懸念: Pop III超新星爆発時の $\nu$ 放射非対称性 $\rightarrow$ メモリー効果  
インフレーション起源の背景重力波を覆っている(?)



メモリー効果  
微分が $\delta$ 関数的  $f h = \text{const}$

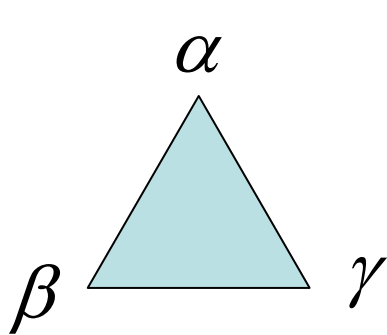
へんなもの(?)を掴まされる  
かもしれない。

# バースト重力波

- $\text{SNR} \leq 1$  は厄介 ( $\Leftrightarrow \text{SNR} \gg 1$ )
  - 状況としてはありそう (DECIGO)
    - 取り除いた残り
    - popIII よく分からん
      - $\Delta z, \Delta M$ : 小さい?  $\rightarrow \Delta$  振幅: 小
- Matched filtering 難しい
  - 特徴: 継続時間, レート, 振幅
- かなり未開拓
- 今回の研究 (Seto 2008)
  - 重ね合わせで性質を暴く新たな方法を構築
    - 簡単
    - インフレーションタイプと識別



# LISA-type detector



$$A = \frac{\alpha - \beta}{\sqrt{2}}$$

$$E = \frac{\alpha + \beta - 2\gamma}{\sqrt{6}}$$



$$\langle A(f)E(f)^* \rangle = 0$$

対称性より: ノイズも等方背景重力波も無相関

Prince et al. 2003

$C_4 \equiv (A(f)E(f)^*)^2$  を定義

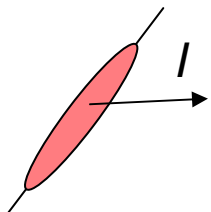
インフレーションタイプの重力波: ガウシアンライク

0になる!

$$\langle C_4 \rangle \equiv \langle (A(f)E(f)^*)^2 \rangle = \langle (A(f))^2 \rangle \langle (E(f)^*)^2 \rangle + 2 \langle (A(f)E(f)^*) \rangle^2$$

一般にはカートシス同様に非ガウス成分を取る

# バーストの重ね合わせ



$$C_4 \equiv \left( A(f)E(f)^* \right)^2 \quad \text{の角度平均}$$

方向、向き

軸対称放射モデル(SN,GRB,...)

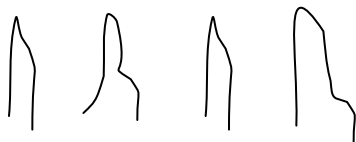
$$H(\alpha_+(I), i\alpha_-(I))$$

規格化  $\frac{1}{2} \int_0^\pi (\alpha_+^2 + \alpha_-^2) \sin IdI = 1.$

$$\frac{H^4}{20160} \int_0^\pi (357 \{a_+^4 + a_-^4\} - 1234a_+^2a_-^2) \sin IdI$$

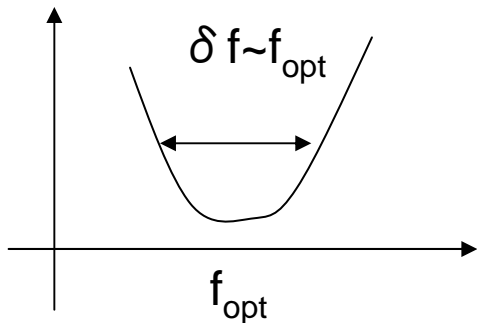
**消えない: 足し合わせて増幅可能**

相関解析の原理

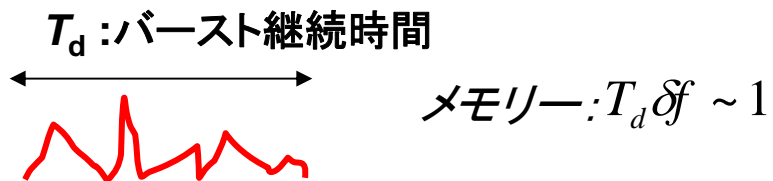


$$Q = \frac{\langle (AE^*)^2 \rangle}{\langle AA^* \rangle \langle EE^* \rangle} = O(1)$$

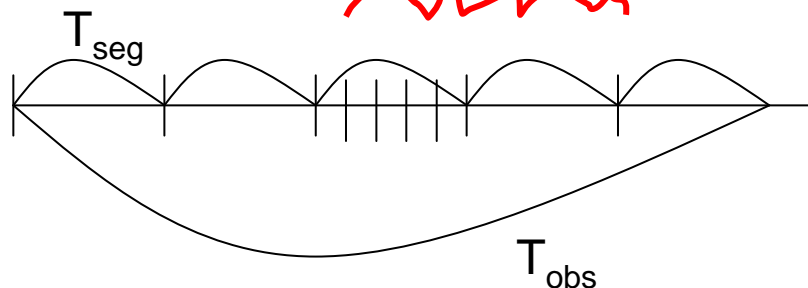
いろいろなモデルで確認済み



周波数:  $f_{opt}$   
 バンド幅:  $\delta f \sim f_{opt}$  の干渉計を考える



データを  $T_{seg}$  ごとに分割  
 フーリエ変換

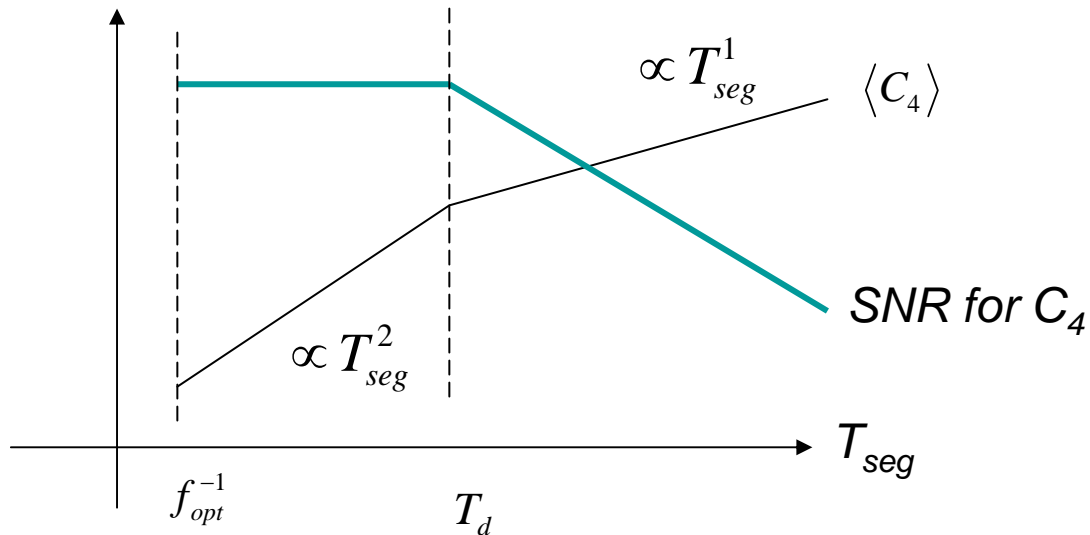


$$C_2 \equiv A(f)A(f)^*, \quad C_4 \equiv \left( A(f)E(f)^* \right)^2 \text{ を計算}$$

$$SNR : C_4 = SNR : C_2 \times SNR_{Bst}^2 \times Q \times \begin{cases} (T_{seg} \delta f)^{-1} & T_{seg} \gg T_d \\ (T_d \delta f)^{-1} & T_{seg} \geq T_d \end{cases}$$

$\propto T_{obs}$  相関解析  $\Omega_{GW}$  への感度  
 個々のバーストのSN

## $T_{seg}$ 依存性



$T_{seg}$ に対する依存性の変化からバースト継続時間  $T_d$  が推定可能

普通の相関解析  $\propto \Omega_{GW} \propto (\text{バーストレート}) \times (\text{振幅})^2$

$C_4 \propto (\text{バーストレート}) \times (\text{振幅})^4$

両方分かれば: レート、振幅ともに推定可能



# まとめ

- popIII 超新星爆発のフォアグラウンド: 懸念材料
- バースト解析
  - 未開拓、matched filtering 困難
- バーストの重ね合わせ
  - 新解析法を開発
    - $\text{SNR} \leq 1$ でも、増幅、いろいろ分かる(時間、レート、振幅)
  - 地上にも適用
    - 組み合わせで放出パターンにも制限
  - 順次研究を展開予定

