

# DECIGOによる宇宙の加速膨張の測定

瀬戸直樹 (阪大理)

*Ref.* N. Seto, S. Kawamura & T. Nakamura  
Phys. Rev. Lett. **87**, 221103 (2001)

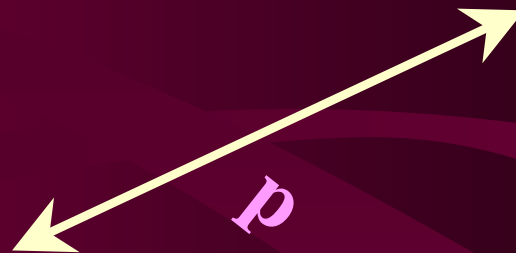
June 4, 2002

国立天文台将来計画シンポジウム

# Introduction

- High- $z$ の超新星爆発のデータは宇宙の加速膨張を示唆(?)

$$\ddot{a} \propto -\text{sign}(\rho + 3p) > 0$$



- 宇宙を支配しているものは何なのか？

- 宇宙項??

$$\rho = \text{const}$$

- 時間に依存する??

$$\rho(t) \neq \text{const}$$

素粒子物理の観点からも非常に興味深い。

- 宇宙の加速膨張の直接計測でその性質に観測的に迫る

# 加速膨張の測定の実理

観測者の時間  $t_0$  とソースの時間  $t_e$

$$\Delta t_o = (1+z)\Delta t_e + X(z)(1+z)^2 \Delta t_e^2 + \dots$$

$$X(z) = (H_0 - H(z)/(1+z))/2$$

Hubble parameterの時間変化



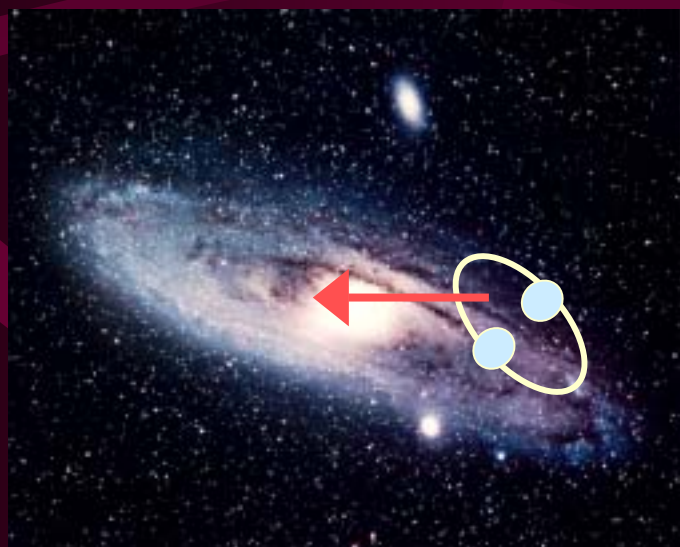
- 加速膨張による時間のずれ (二次の効果)

$$X(z)\Delta T^2 \sim H_0\Delta T^2 \sim 1 \left( \frac{\Delta T}{10 \text{ yr}} \right)^2 \text{ sec}$$

長期の観測が  
効果的

$\Delta T$ : 観測期間

local  $\leq$  cosmic (analysis from PSR B1913+16)



# 重力波の検出

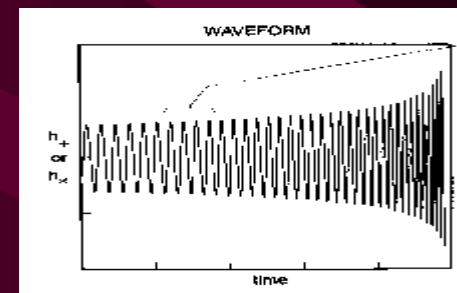
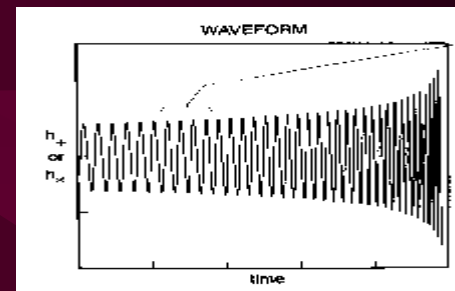
波のPhaseの情報が重要

NS+NS連星は非常に正確な時計

- 長期間の積分(観測) SN

正確なテンプレートが必要

- 加速運動の効果も効く



Fourier transformation of GW

$$h(f) \propto f^{-7/6} \exp(i\Phi(f))$$

$$\Phi(f) = 2\pi ft_c - \phi_c - \frac{\pi}{4} + \frac{3}{4} (8\pi M_{cz} f)^{-5/3} - \frac{25}{32768} X(z) f^{-13/3} M_{cz}^{-10/3} \pi^{-13/3}$$

# 0.1Hz付近での重力波大文字

白色矮星の連星からの  
confusion noiseが存在しない。

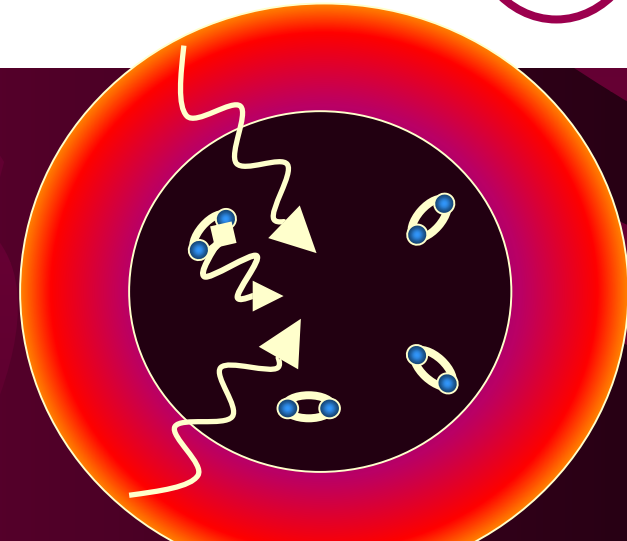
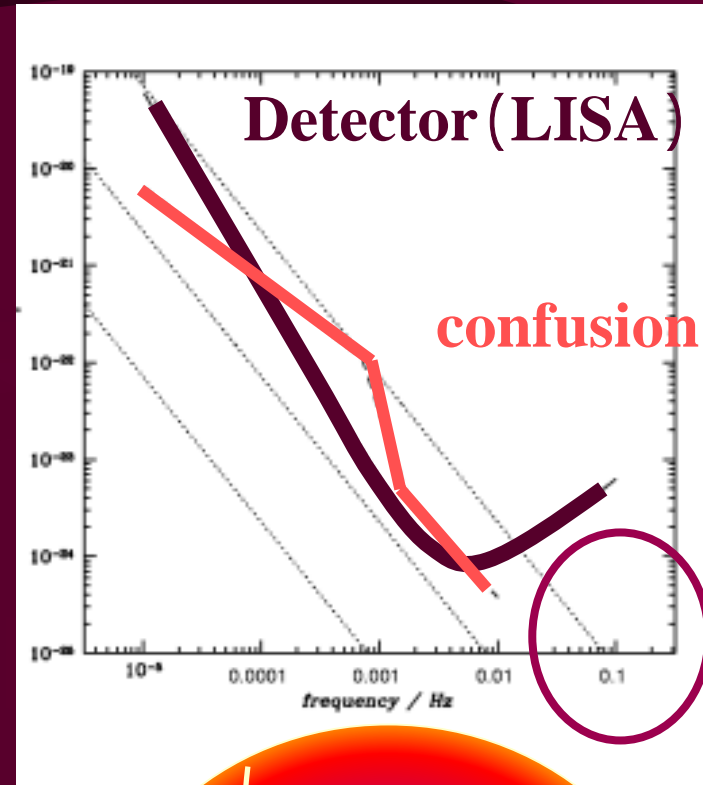
## 重力波の窓

背景重力波 (e.g. インフレーション起源) の測定に適切な  
波長帯

(NS+NS等の寄与を正確にのぞく必要がある。)

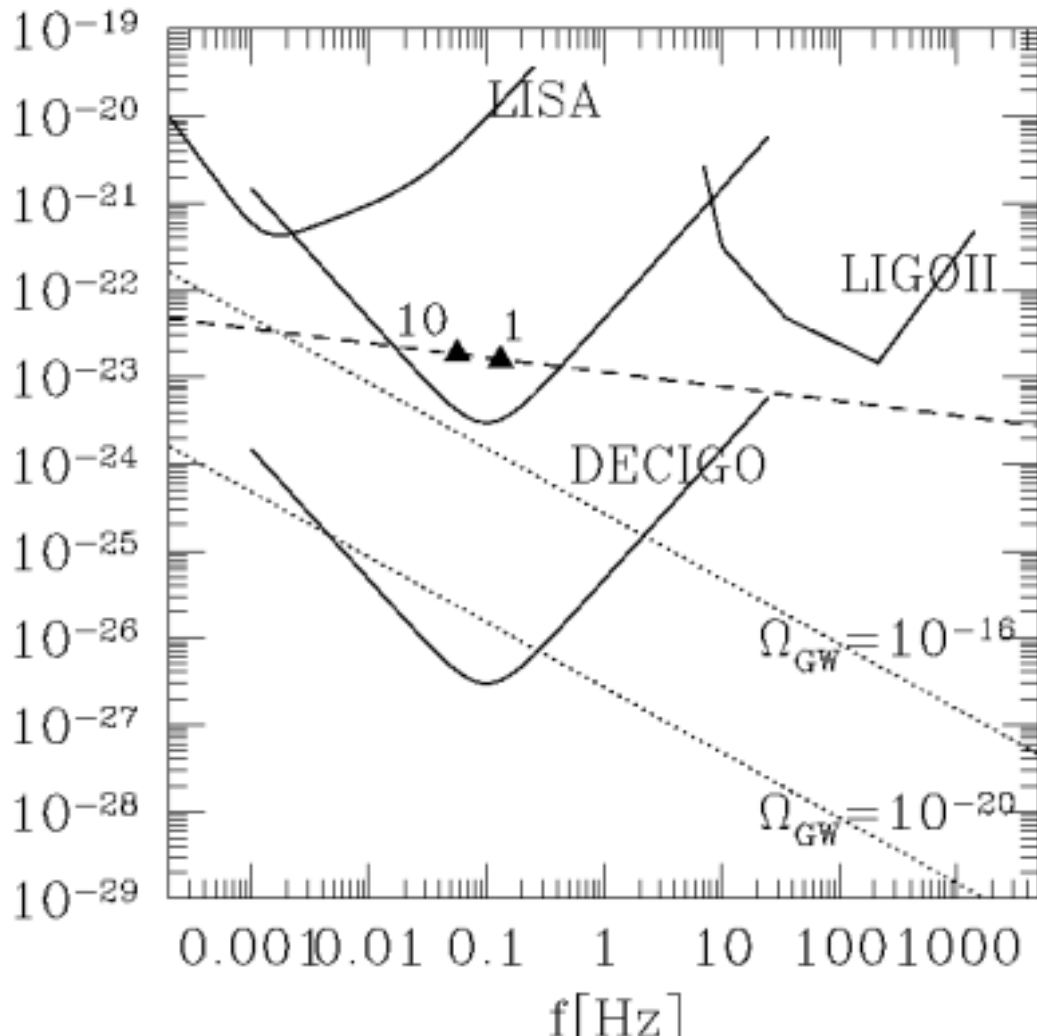
合体 ~ 1年前の連星中性子  
星の出す重力波

ノイズ シグナル



# DECIGO

## Deci-hertz Interferometer Gravitational wave Observatory



- Quantum limit sensitivity  
100kg mass
- Arm length 50000km  
1/10 of LISA

数年間の  
correlation  
analysis  
で検出可能な背  
景重力波のレベ  
ル

# 加速膨張のパラメーターの決定精度

合体 ~ 10年前連星中性子星

DECIGOによる観測

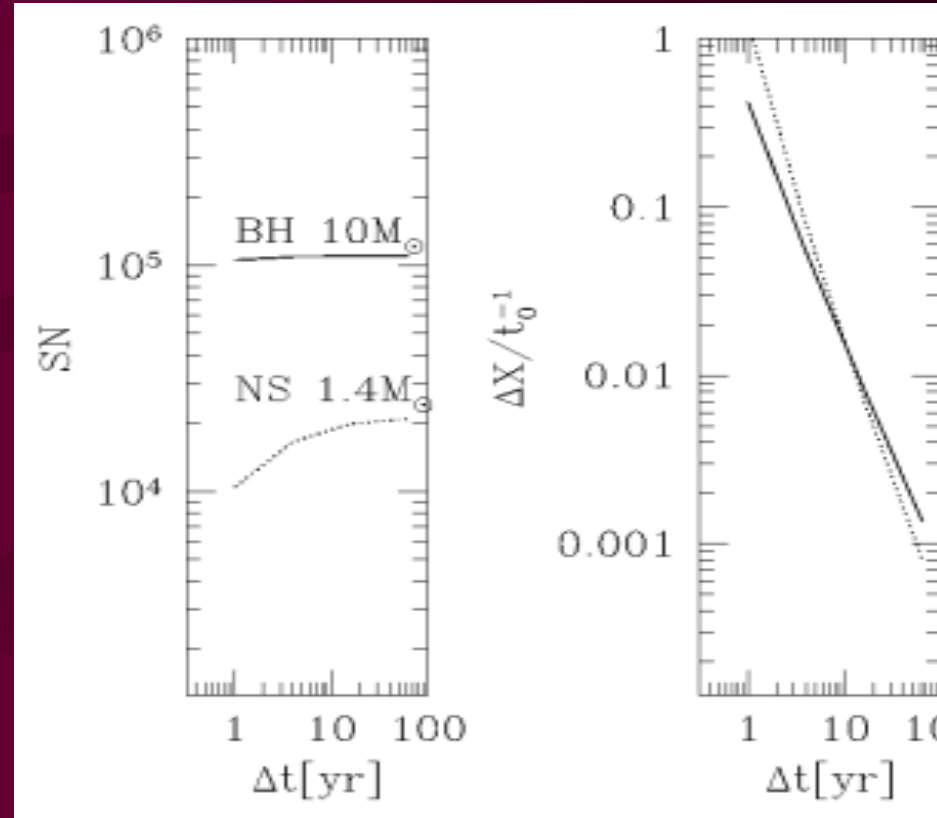
$$\Delta X / t_0^{-1} \sim 10^{-2}$$

連星中性子星の合体頻度

$$X(z) \equiv (H_0 - H(z)/(1+z))/2$$

$$\geq \left( \frac{10 \text{Gpc}}{350 \text{Mpc}} \right)^3 \sim 10^5 / \text{yr}$$

DECIGOより1000倍感度の  
悪い干渉計でも成果が出る  
(corresponding to  $\text{GW} \sim 10^{-16}$ ).



合体前の時間

GW from  $z=1$

$\Delta m/m \sim 10^{-8}$



# まとめ

- DECIGO ( $h_{\text{rms}} \sim 10^{-27}$  @ 0.1 Hz) で連星中性子星を合体前の数年間観測する事により**宇宙の加速膨張** (各  $z$  でのハッブルパラメーター) が正確に測定できる

宇宙を支配しているエネルギーの性質に迫る

- DECIGO は「**重力波の窓**」に感度を持つ  
初期宇宙を“観る” (e.g. inflation)

- DECIGO + 重力波源 (e.g. 連星) は全く新しい天文学的道具として活用できるかもしれない