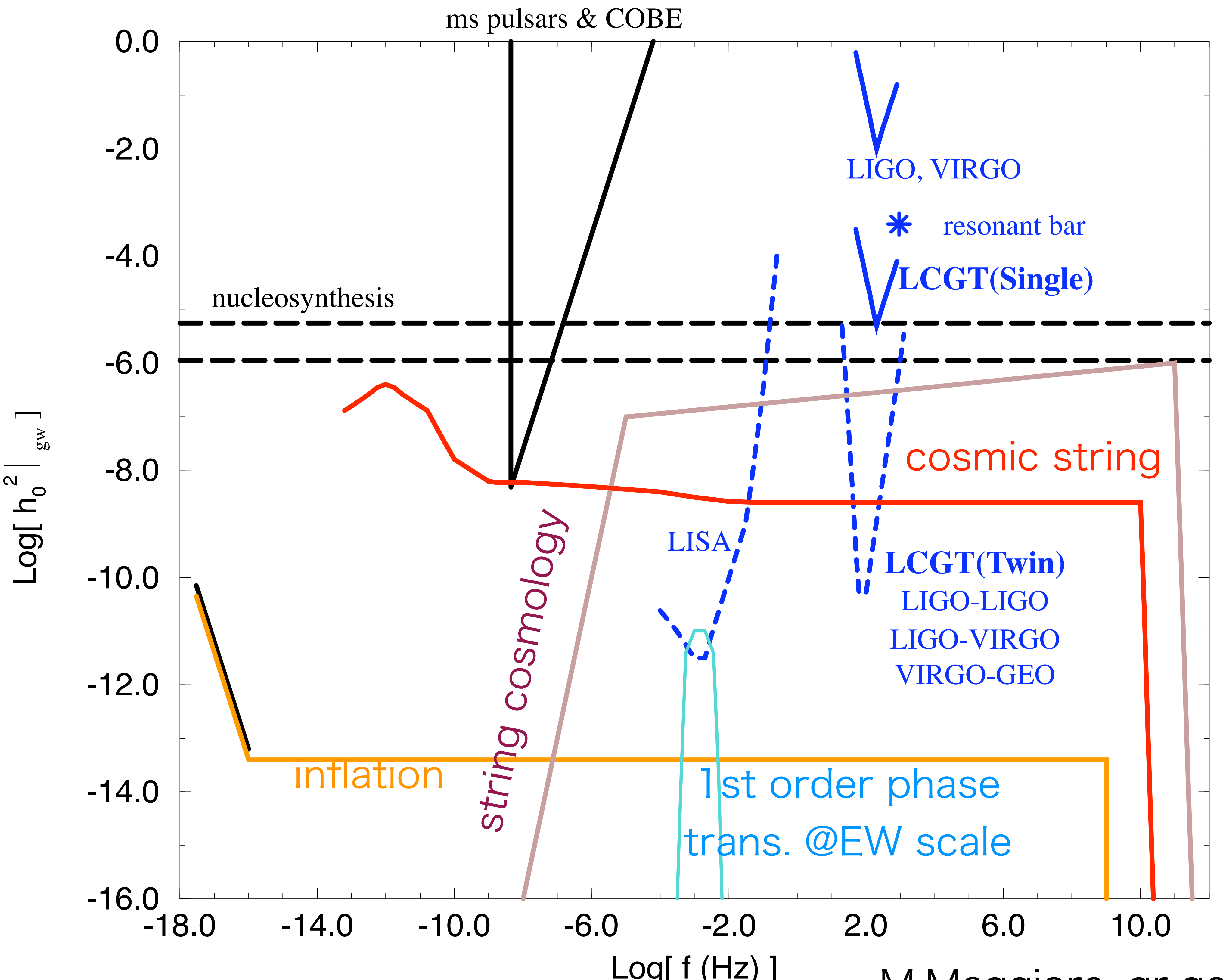
Stochastic GW



M.Maggiore, gr-qc/0008027

背景重力波(Stochastic)

おさらい

ref; M.Maggiore Phys.Rep.331(2000)283-367
gr-qc/0008027

無次元量で表現： $$\Omega_{gw}(f) = \frac{1}{\rho_c}\frac{d\rho_{gw}}{d\log f}$$

臨界密度： $\rho_c = \frac{3H_0^2}{8\pi G_N}$ 　　重力波のエネルギー密度： ρ_{gw}

背景重力波のパワースペクトル密度： $S_h(f)$

$$\Omega_{gw}(f) = \frac{4\pi^2}{3H_0^2} f^3 S_h(f)$$

Hubble定数： $H_0 = h_0 \times 100[\mathrm{km}/(\mathrm{s}\cdot\mathrm{Mpc})]$

Hubble定数の不定性を避けるために、$h_0^2\Omega_{gw}(f)$ を用いることが多い

何故 f³？

$$< h_{ab}h^{ab} >= 2\int df S_h(f) = 4\int d(log f) f S_h(f)$$
$$\equiv 2\int d(log f) h_c^2(f)$$

$$h_c^2(f) = 2f S_h(f)$$

背景重力波の大きさ（無次元量）：　h_c

$$\rho_{gw} = \frac{1}{32\pi G} < \dot{h}_{ab}\dot{h}^{ab} >= \int d(log f) f (2\pi f)^2 S_h(f)$$

$$\frac{d\rho_{gw}}{d(log f)} = \frac{\pi}{2G} \underline{f^3} S_h(f) = \frac{\pi}{4G} f^2 h_c^2(f)$$

$$\Omega_{gw}(f) = \frac{4\pi^2}{3H_0^2} \underline{f^3} S_h(f) = \frac{2\pi^2}{3H_0^2} f^2 h_c^2(f)$$

検出器の感度：$\widetilde{h}_f(f)\ [1/\sqrt{\mathrm{Hz}}]$　検出器の雑音パワースペクトル：$S_n(f)$

得られる上限値：$$h_0^2\Omega_{gw}(f) \simeq 10^{-2}\frac{\mathrm{SNR}^2}{F}\left(\frac{f}{100\mathrm{Hz}}\right)^3\left(\frac{\widetilde{h}_f(f)}{10^{-22}/\sqrt{\mathrm{Hz}}}\right)^2$$

１台の場合：

$$\mathrm{SNR} = \left[\frac{F S_h(f)}{S_n(f)}\right]^{1/2}$$

無次元量 hc 相当の検出限界：$$h_{min}^{1d} = (2fS_n(f)/F)^{1/2}$$

２台の場合：$$\mathrm{SNR} = \left[2T\int df\Gamma^2(f)\frac{S_h^2(f)}{S_n^2(f)}\right]^{1/4}$$

無次元量 hc 相当の検出限界：

$$h_{min}^{2d} \simeq 1.12\times 10^{-2} h_{min}^{1d}(f)\left(\frac{1\mathrm{Hz}}{\Delta f}\right)^{1/2}\left(\frac{1\mathrm{yr}}{T}\right)^{1/4}$$

積分帯域：Δf　積分時間：T

LCGTの背景重力波のたいする感度（デザイン）

雑音感度：$h_f(100\mathrm{Hz}) \sim 4.4 \times 10^{-24}$ [/rHz]

１台で

$h^{1d}_{min}(100\ \mathrm{Hz}) = 3.9 \times 10^{-23}$

註：無次元量。1/rHz だと、3.9×10^{-24} [/rHz]

$h_0^2\ \Omega_{gw}^{1d}\ (100\mathrm{Hz}) \sim 3.8 \times 10^{-5}$

独立な２台で

１年積分、積分帯域100Hz として、

$h^{2d}_{min}(100\ \mathrm{Hz}) = 1.4 \times 10^{-25}$

註：無次元量。1/rHz だと、1.4×10^{-26} [/rHz]

$h_0^2\ \Omega_{gw}^{2d}\ (100\mathrm{Hz}) \sim 4.8 \times 10^{-10}$

定常雑音のクロストークが振幅比で R あるとき。

$h_{min} = R\ h^{1d}_{min}$ の背景重力波があるように見える！

Rが1に比して あまり小さくなければ上限は、$h_0^2\ \Omega_{gw} \sim R^2\ h_0^2\ \Omega_{gw}^{1d}$

たとえば5%クロストークなら、$\sim 9.5 \times 10^{-8}$

(R->0 無相関の２台になる)