

短距離型 スペース重力波アンテナ

国立天文台

川村静児

2000年10月14日

ICRR サテライトシンポジウム

— 高エネルギー宇宙の総合的理解 —

話の内容

1. 重力波の簡単なレビュー
2. 地上の干渉計型アンテナと重力波源
3. スペース重力波アンテナ
 - 3-A LISA と重力波源
 - 3-B 短距離型スペースアンテナと重力波源
4. まとめ

重力波とは

- 質量の 4 重極モーメントの時間変化により放射
- 光速で伝わる横波
- 重力波中では物質間の距離が潮汐的に変化する
- PSR1913+16 の公転周期の変化から重力波の存在は間接的には証明されている

重力波の検出

検出方法:

物体間の距離の変化を光で測る

よくある質問:

ものさしである光の方も変化するので測れないのでは？

答え:

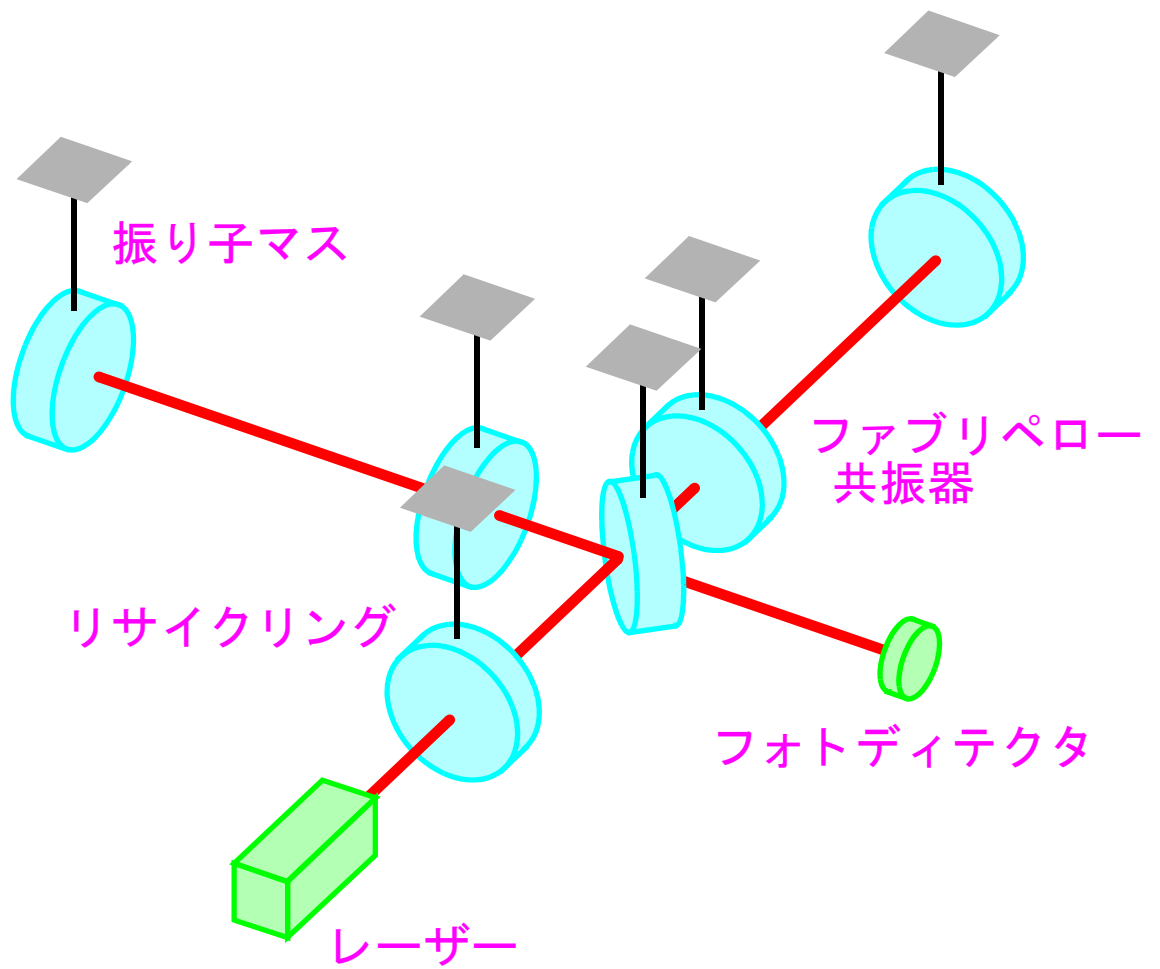
TT 座標では...

物体は動かないが、光のスピードが変化

局所慣性系では...

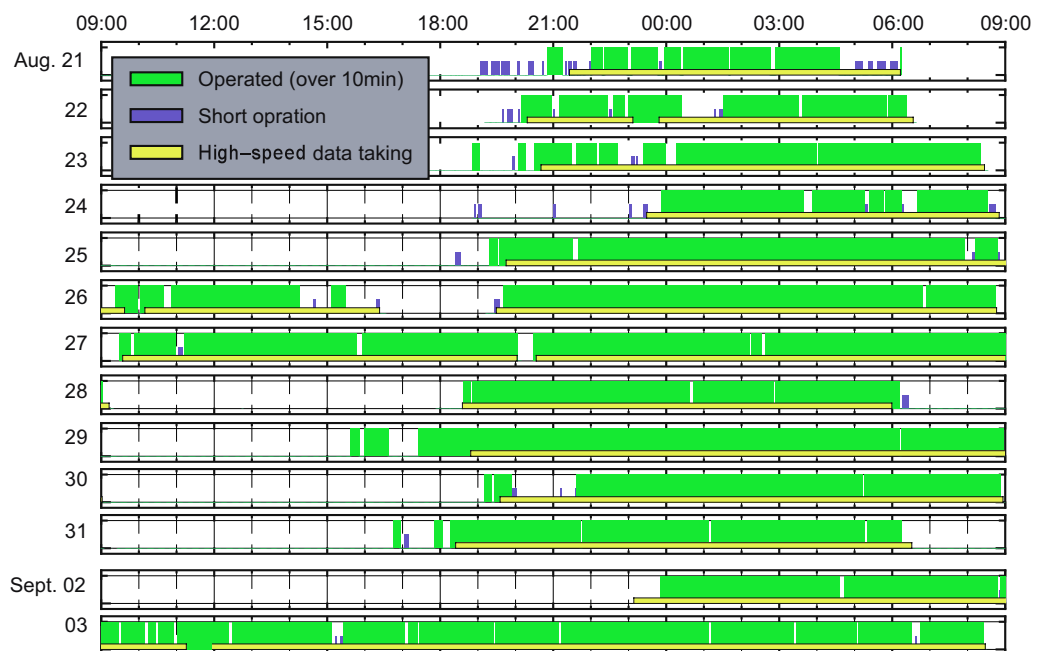
光のスピードは一定だが、物体が動く

地上干渉計の構成



— Operation Status —

(August 21– Sept.03, 2000)



ブラックホール MACHO 連星

もし MACHO がブラックホールなら・・・。

それらは宇宙初期にできたはず。

それなら連星もいっぱいあるはず。

(我々の銀河ハロー内に 5×10^8 個)

これらの寿命は宇宙年齢程度なので

20 年に 1 個ほど合体するであろう。

現在の TAMA の感度で十分に検出可能

スペース重力波アンテナ

地上干渉計での重力波検出は可能ではあるが非常に大変。

もっと楽に検出できる方法はないか？

重力波源が重いとそれだけ重力波がたくさん出る。

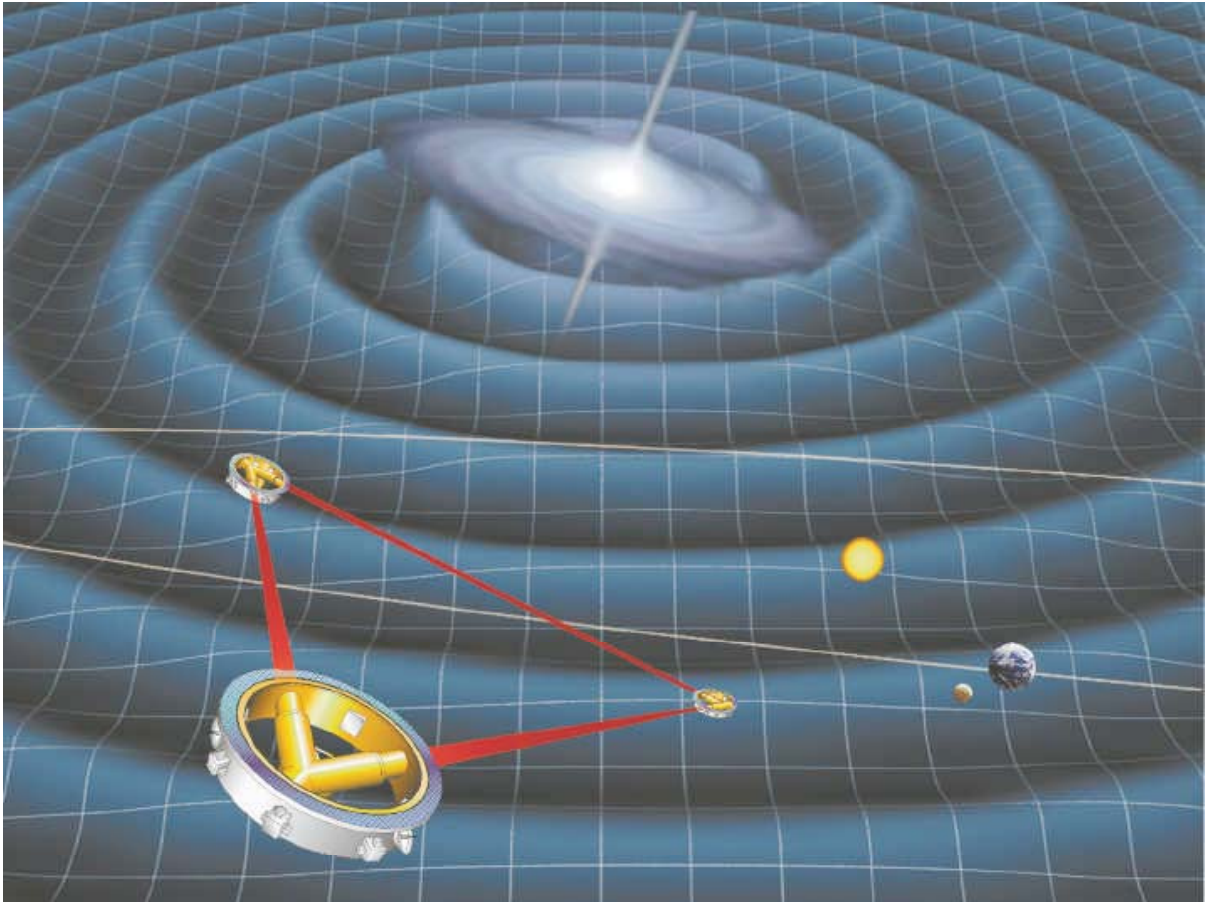
しかし重いと周波数も低くなる。

地上では地面振動や重力場揺らぎのため低周波(10Hz以下)で感度がでない。

では宇宙に干渉計を持っていこう。

LISA

Laser Interferometer Space Antenna



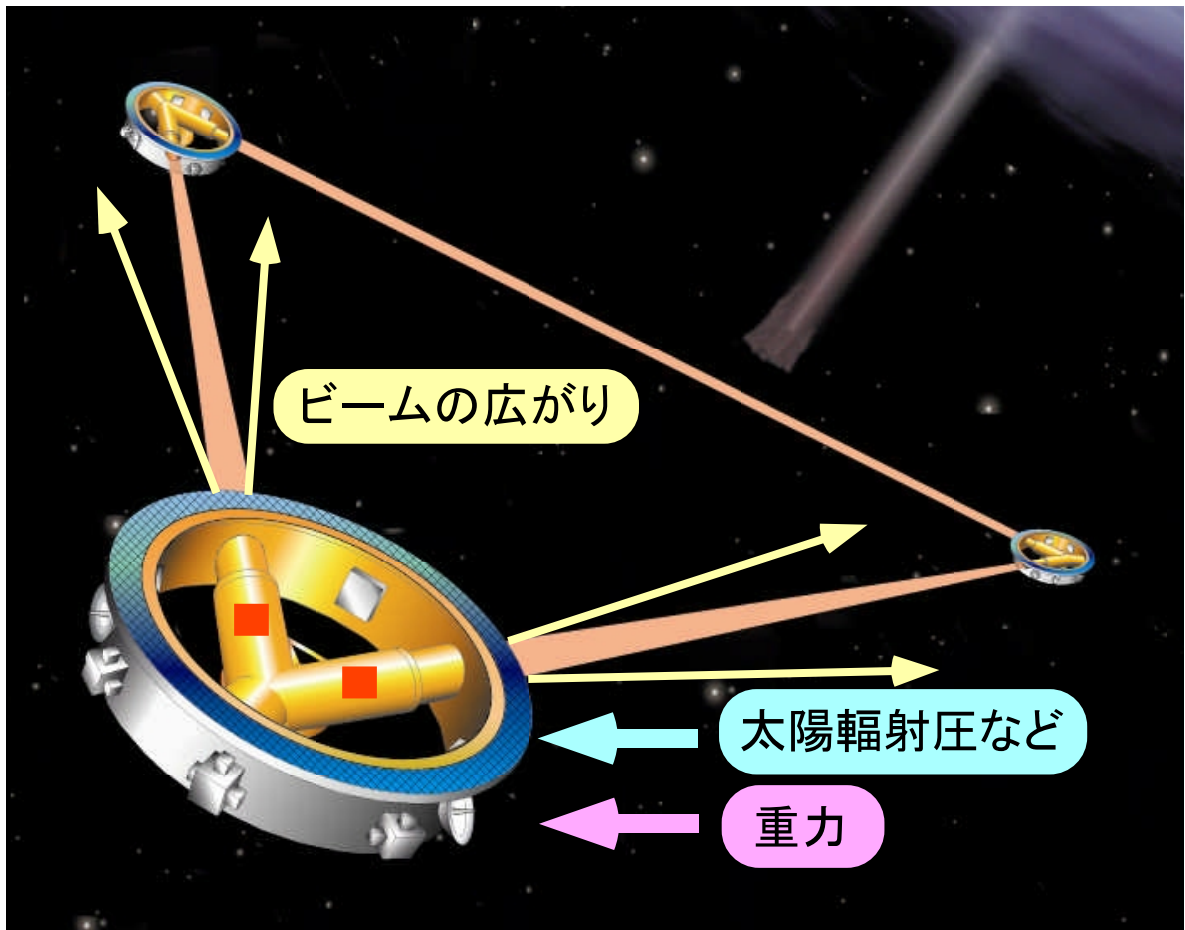
NASA-ESA共同プロジェクト
(コストシェアー：50%-50%)

目的：0.1mHz~1Hzの重力波検出

総予算：\$465M (未承認であるが有望)

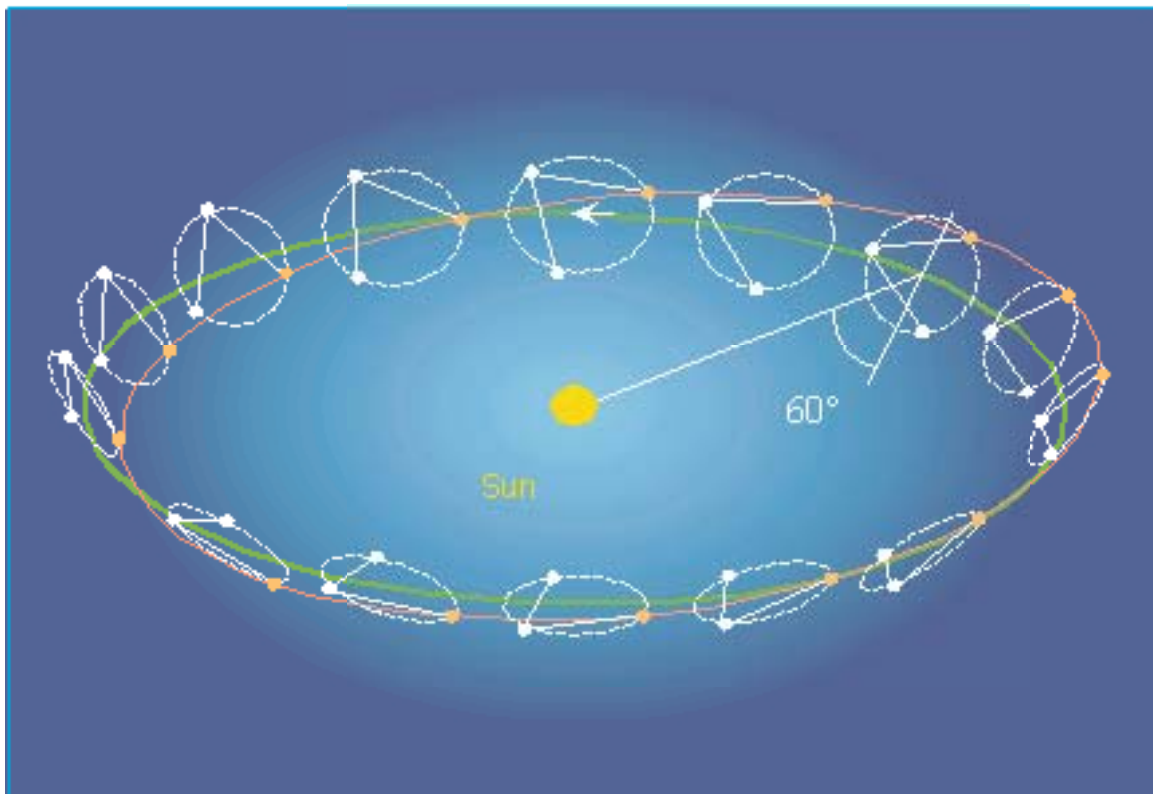
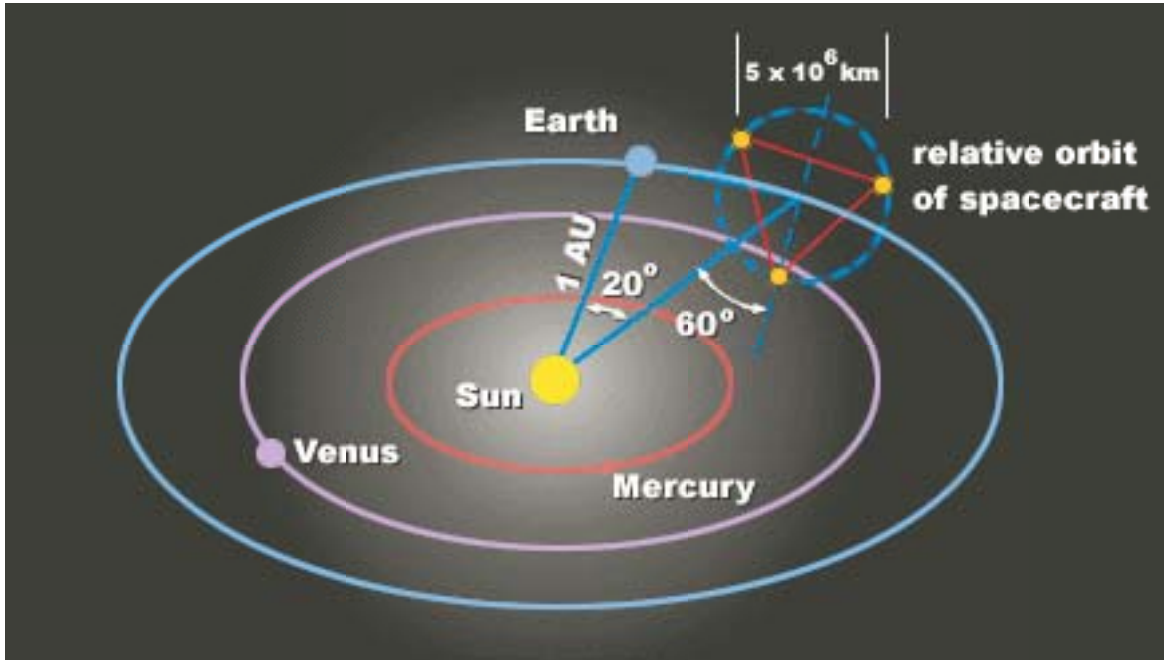
打ち上げ予定：2010年

LISAの構成

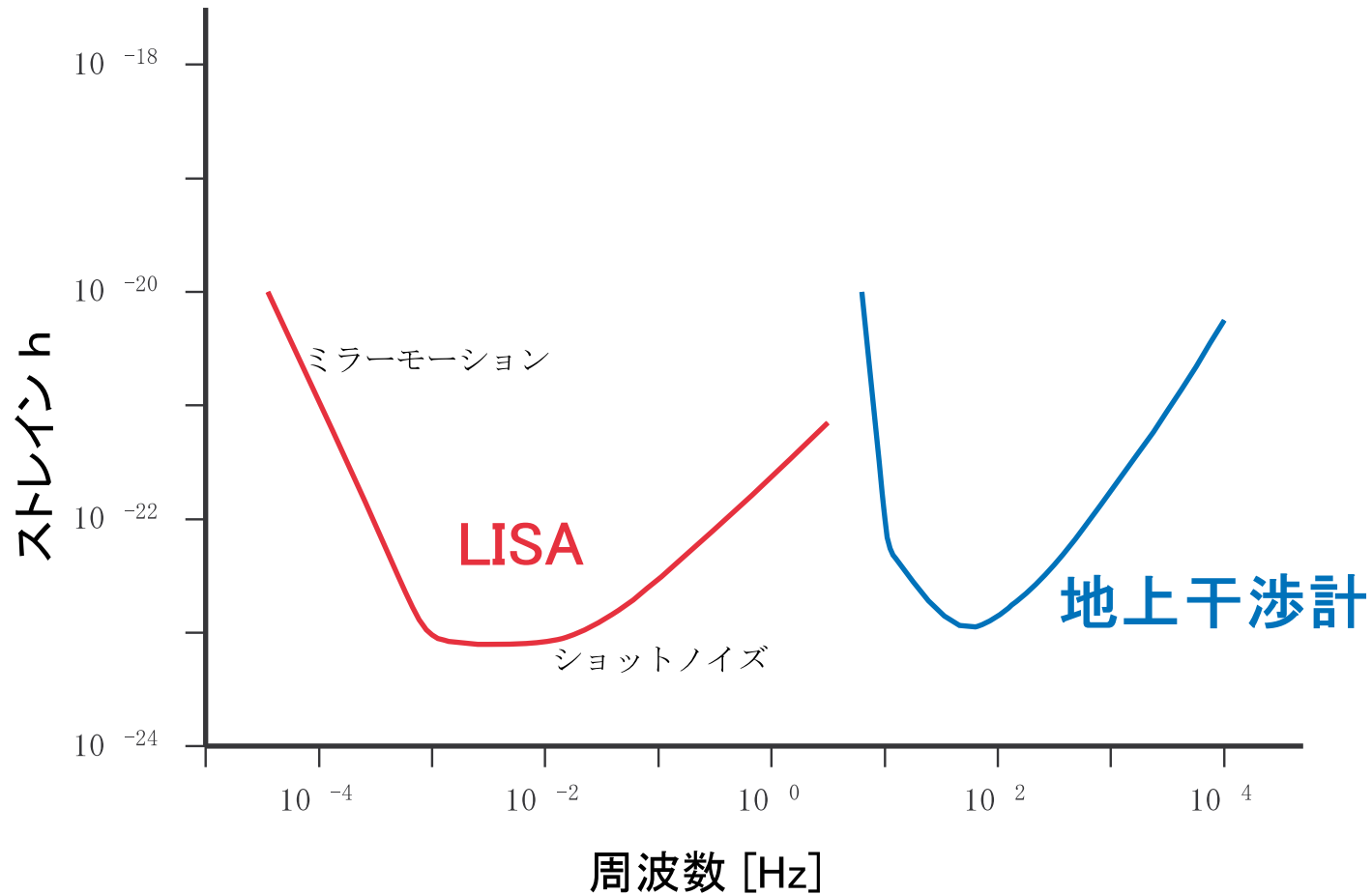


- ドラッグフリー
- 位相を合わせて増幅反射
- ヘテロダイン検出

LISAの軌道



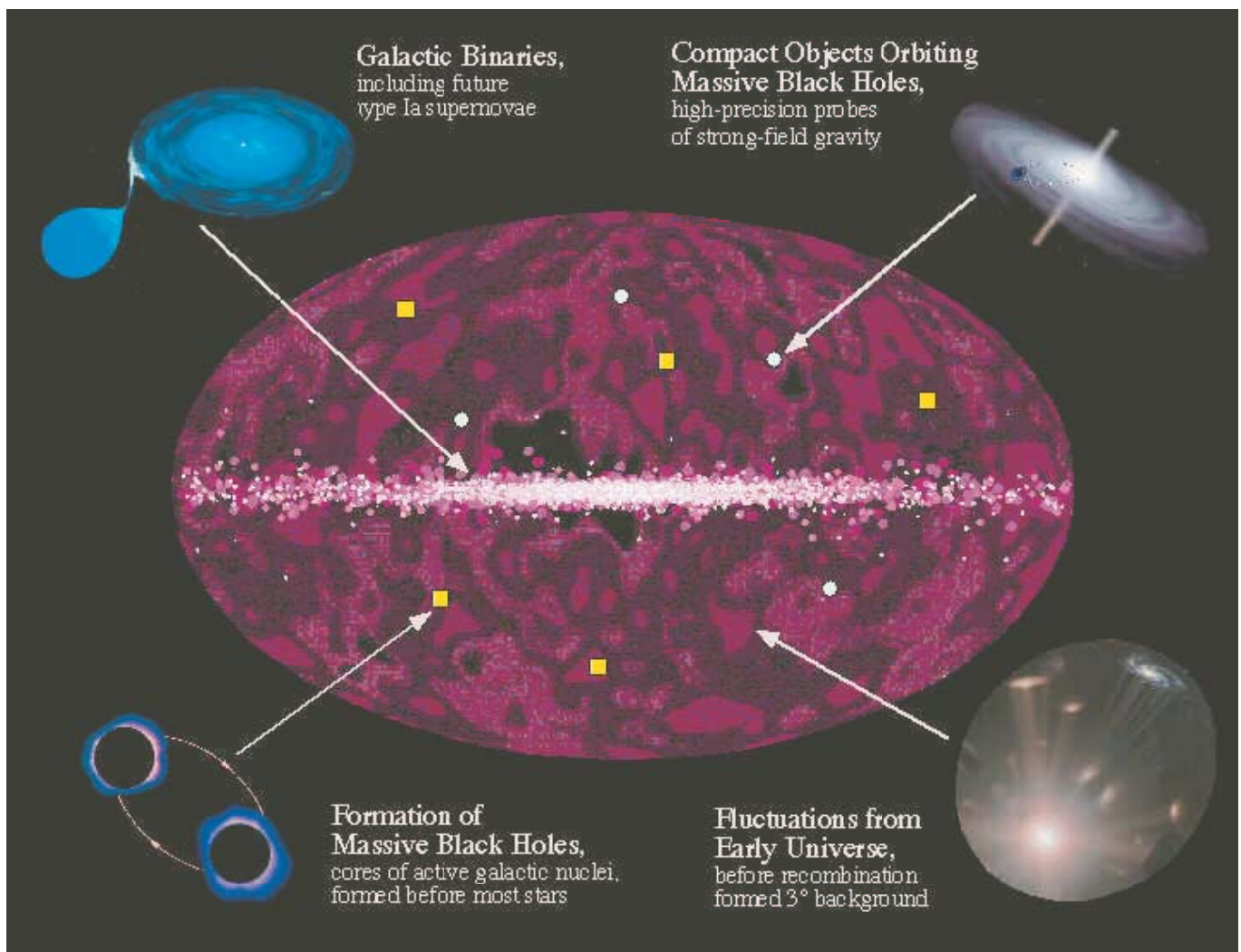
LISAの感度曲線 (参考: 地上干渉計)



LISAのねらう重力波源

我々の銀河内にある各種連星

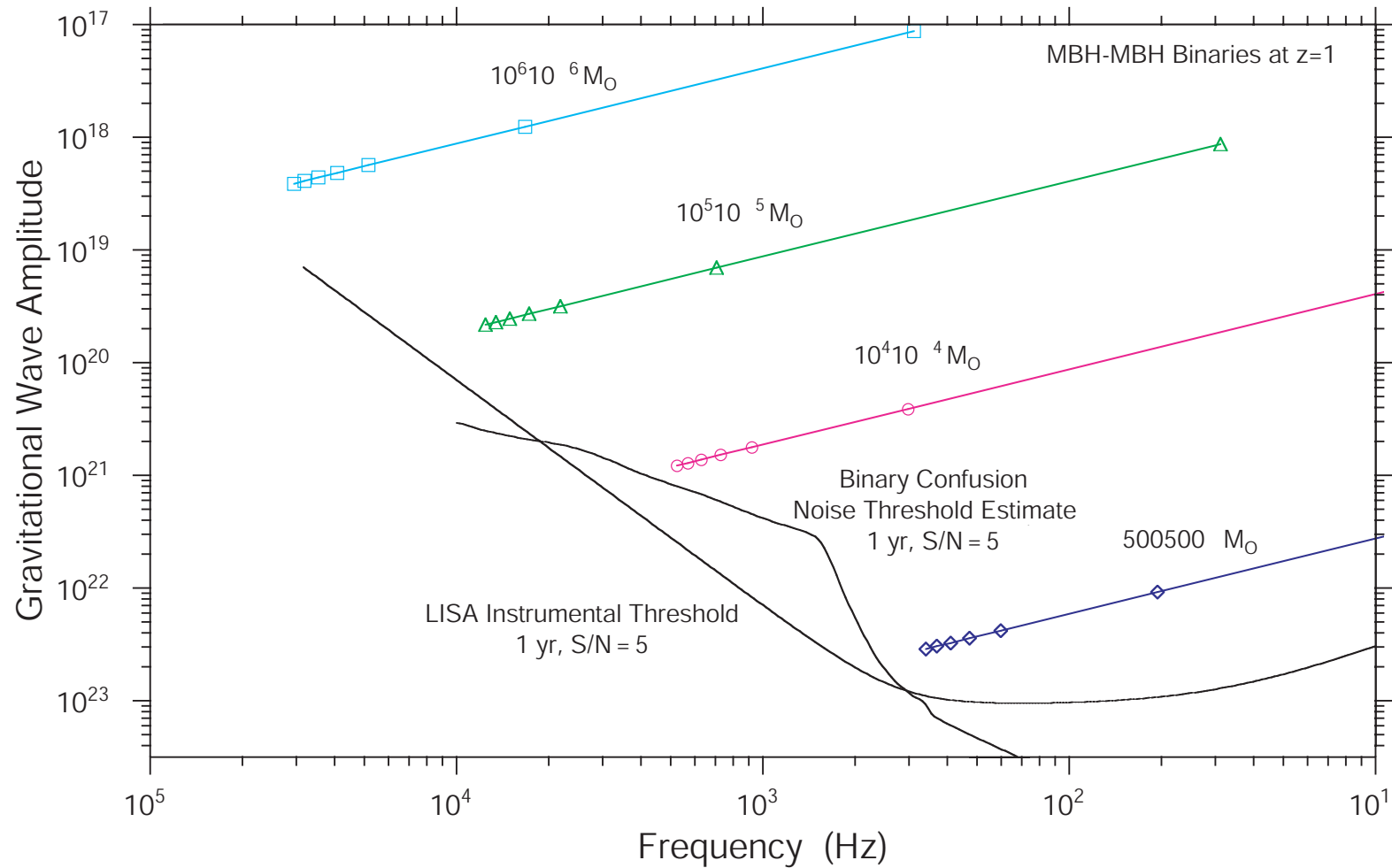
MBHのまわりを回る高密度星



MBH連星とその合体

宇宙初期からの重力波

巨大ブラックホール連星 からの重力波とISAの感度



短距離型スペースアンテナ の構成と特徴

構成:

地球周回で距離 1,000km～50,000km の衛星を 3 台使う。

特徴:

LISA と比べて

- 地球周回のため打ち上げなどが容易
- 地上との通信システムが容易
- 光があまり広がらないのでフェイソロック増幅が容易
- 重力による相対位置の変化が小さいためヘテロダイン検出が容易
- 地球の重力場の変動を受けやすい

地上干渉計の ねらう重力波源

- 太陽質量程度からその 10 倍程度のブラックホールや中性子星の合体
- 超新星爆発
- パルサー
- 宇宙初期からの重力波
- 全く新しい天体

スペースアンテナの ねらう重力波源

- 銀河中心にある太陽質量の $10^6 \sim 10^8$ 倍程度のブラックホールの合体
- 我々の銀河にある白色歪星、中性子星、ブラックホールなどの連星
- 宇宙初期からの重力波
- 全く新しい天体

短距離型スペースアンテナ の ねらう重力波源

- 太陽質量の $10^1 \sim 10^4$ 倍程度のブラックホールの合体
- 太陽質量の $10^1 \sim 10^4$ 倍程度のブラックホールに落ちていく高密度星
- 宇宙初期からの重力波
- 全く新しい天体

まとめ

短距離型スペース重力波アンテナについて以下の検討をきちんとするべし。

- 検出可能な重力波源の存在の可能性
- Feasibility、基線長の最適化、そしてノイズの評価

興味のある方はいっしょに考えましょう。

残り物には福がある。