

<~ pcスケールにおける 巨大ブラックホールと 銀河進化の意外な関係

地上で $M_{\text{BH}} = 10^4 - 10^7 M_{\text{Sun}}$ の
重力波を狙う

総合研究大学院大学 研究生
江口 智士

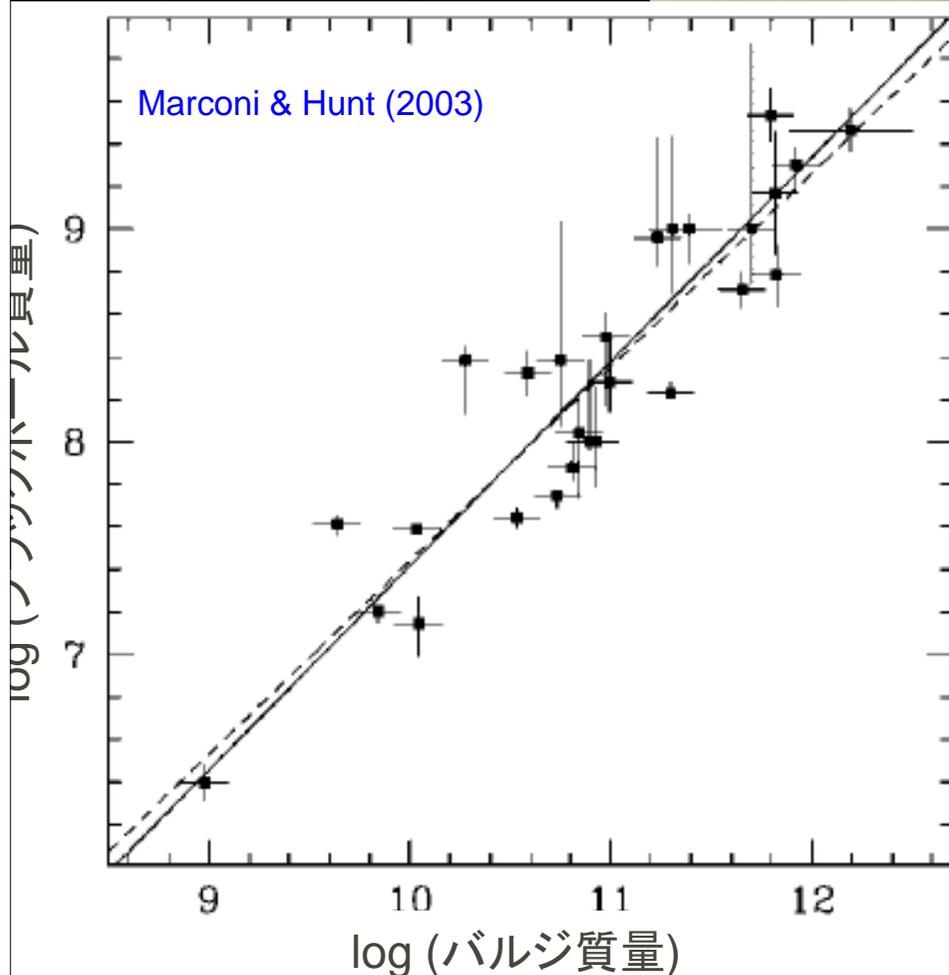
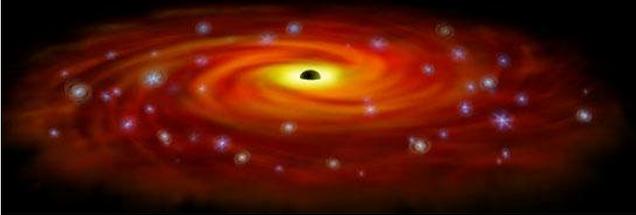


1. 自己紹介

- X線天文学で学位を取得@京都大学(2011/03)
- 専門は「活動銀河核(AGN)」
 - AGNは銀河および巨大質量ブラックホールの進化と密接に関連
 - AGNには様々な種類があるが、それは一つの進化段階
 - AGNの統一的理解には、近い将来重力波も必要になる
- →現在国立天文台に研究生として居候
 - 9/1より「天文データセンター (JVOチーム)」に異動

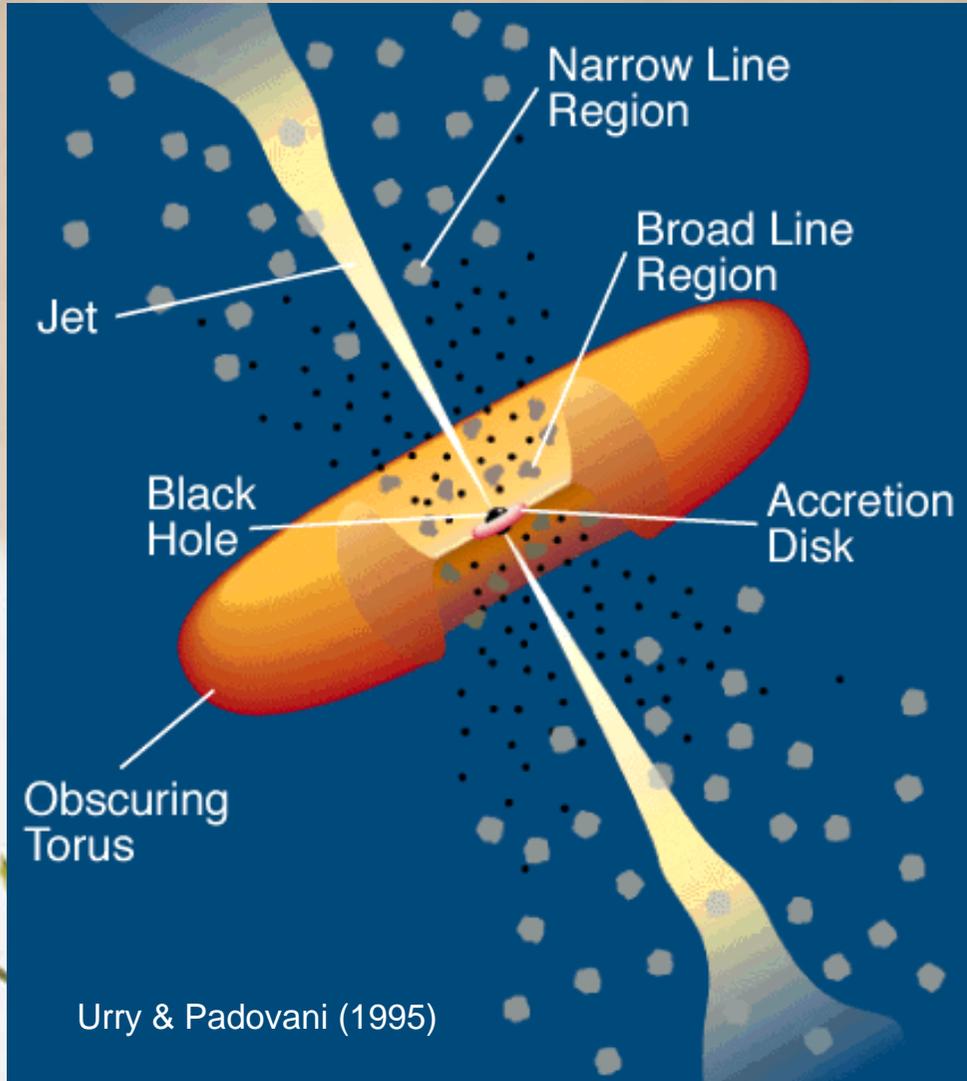
2. 共進化

(C) NASA/CXC/M Weiss



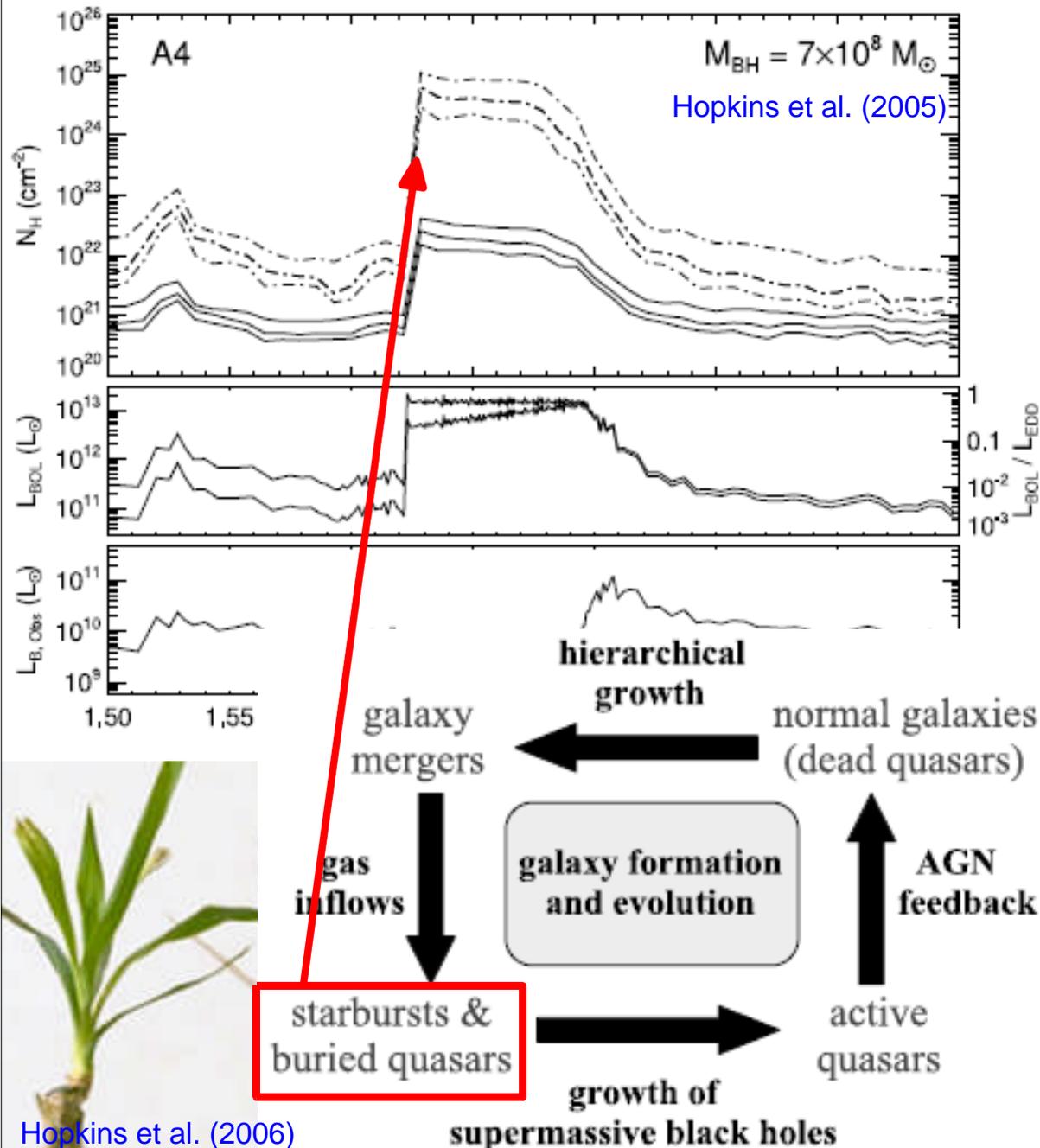
- すべての銀河の中心には超巨大質量ブラックホール(SMBH)
 - $M_{\text{BH}} = 10^6 - 10^9 M_{\text{Sun}}$
- SMBH質量とバルジ質量には非常に良い相関
- → SMBHと銀河はともに進化した
- → 共進化

3. AGN



- AGN：活動銀河核
- SMBHに何らかの理由で大量のガスが質量降着を起こし、非常に明るく輝いている系
- SMBHの性質が調べやすい

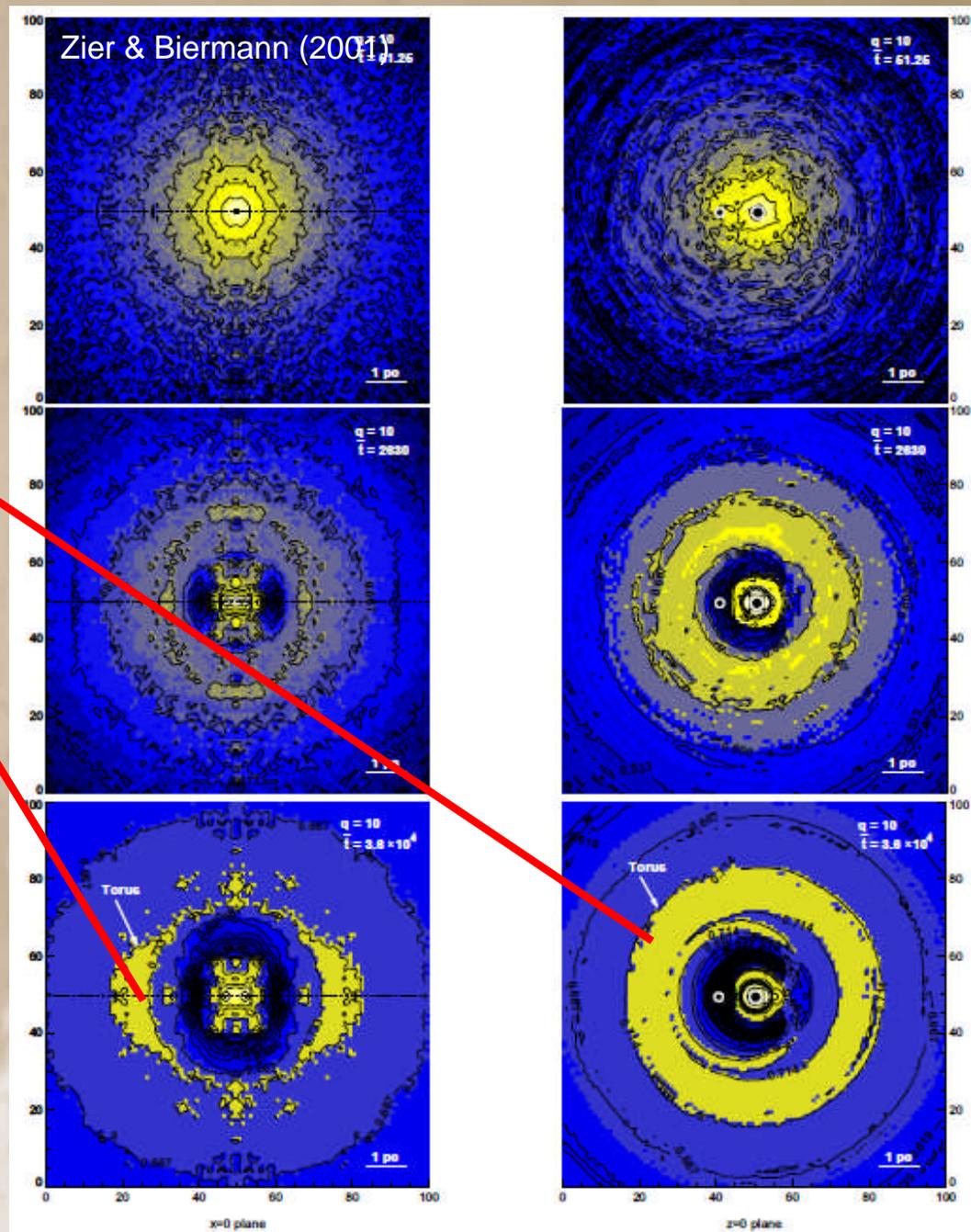
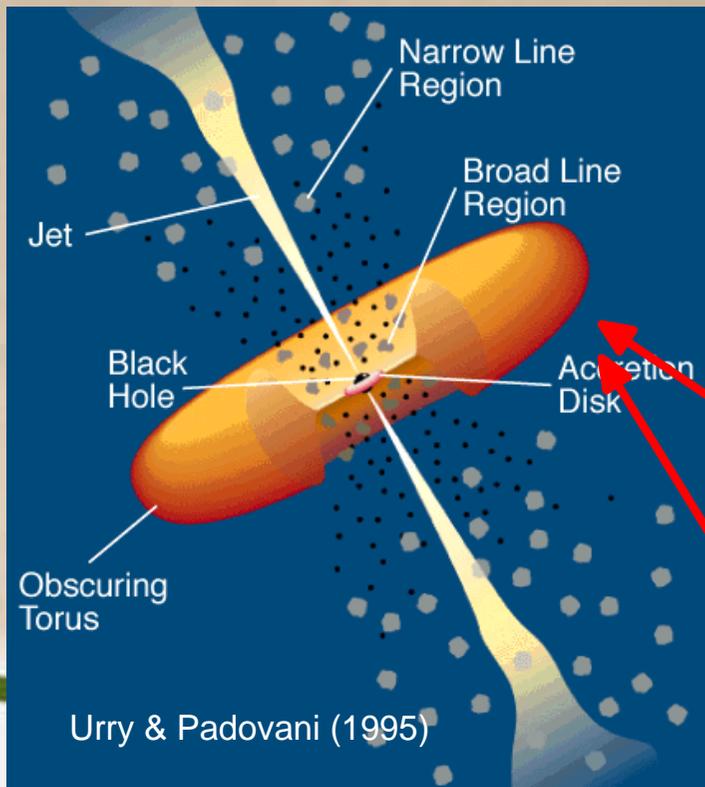
4. 銀河進化とAGN Feedback



- 銀河とSMBHは共進化
- ひとつのシナリオとして、
 1. 銀河が合体
 2. AGN誕生と爆発的星形成
 3. AGNの輻射圧で中心部のガスが無くなる
 4. AGNの活動 (=SMBHの成長)が終了

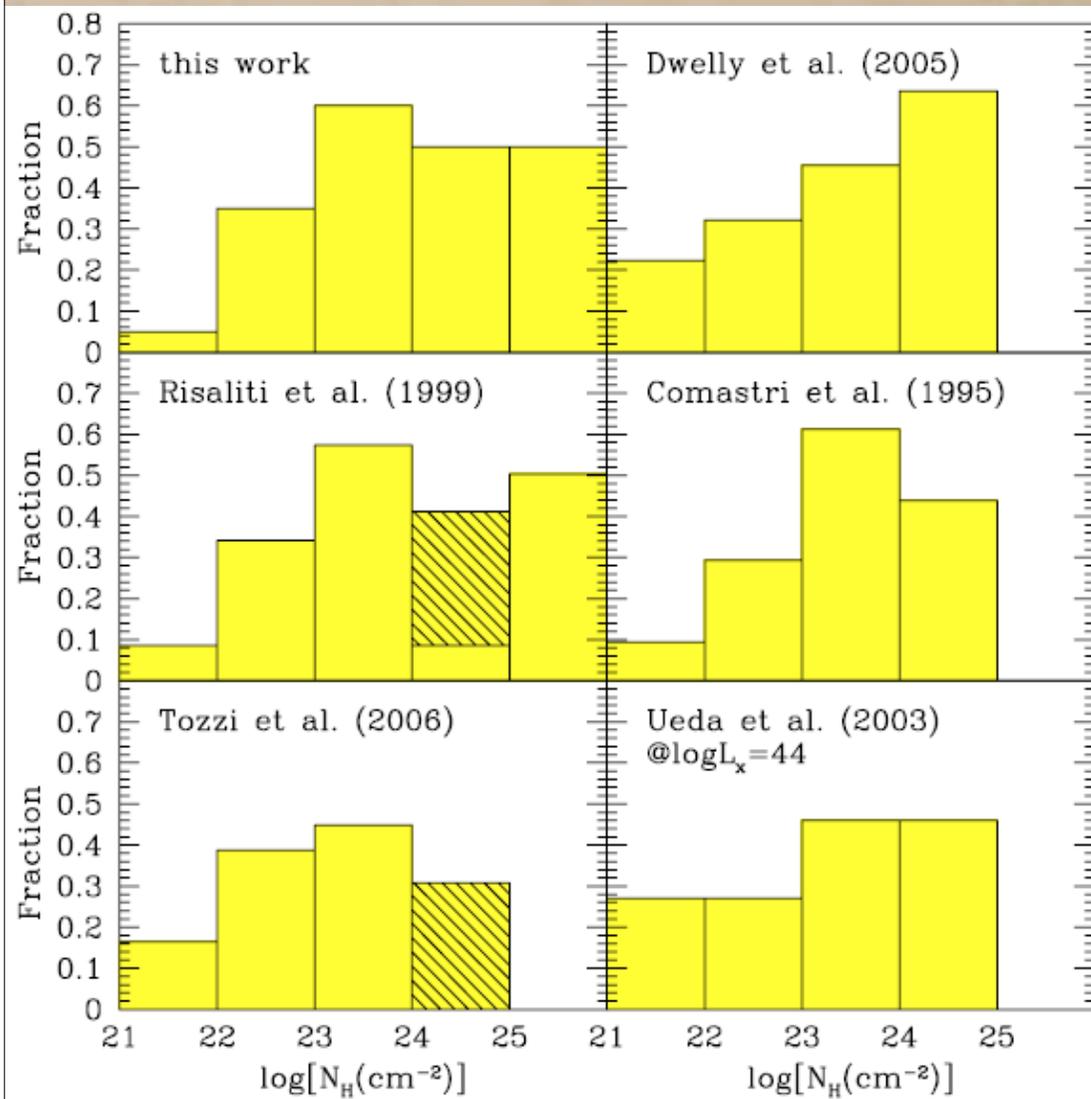
非常に濃いダストに埋もれたAGNは、銀河の合体直後の姿!? (→BH-BH合体)

5. AGNのトーラスの起源



- AGNの周りには濃いダストのトーラス
- 起源は全くの謎
- SMBHの合体過程で形成されるという説も...

6. 濃いダストに埋もれたAGN



Gilli et al. (2007)

- 近傍の銀河のうち
1/10がAGN
- 観測による推定では、全AGNのうち約半数は「濃いダストに埋もれたAGN」
- 合体初期のAGNは実は多数ある(?)

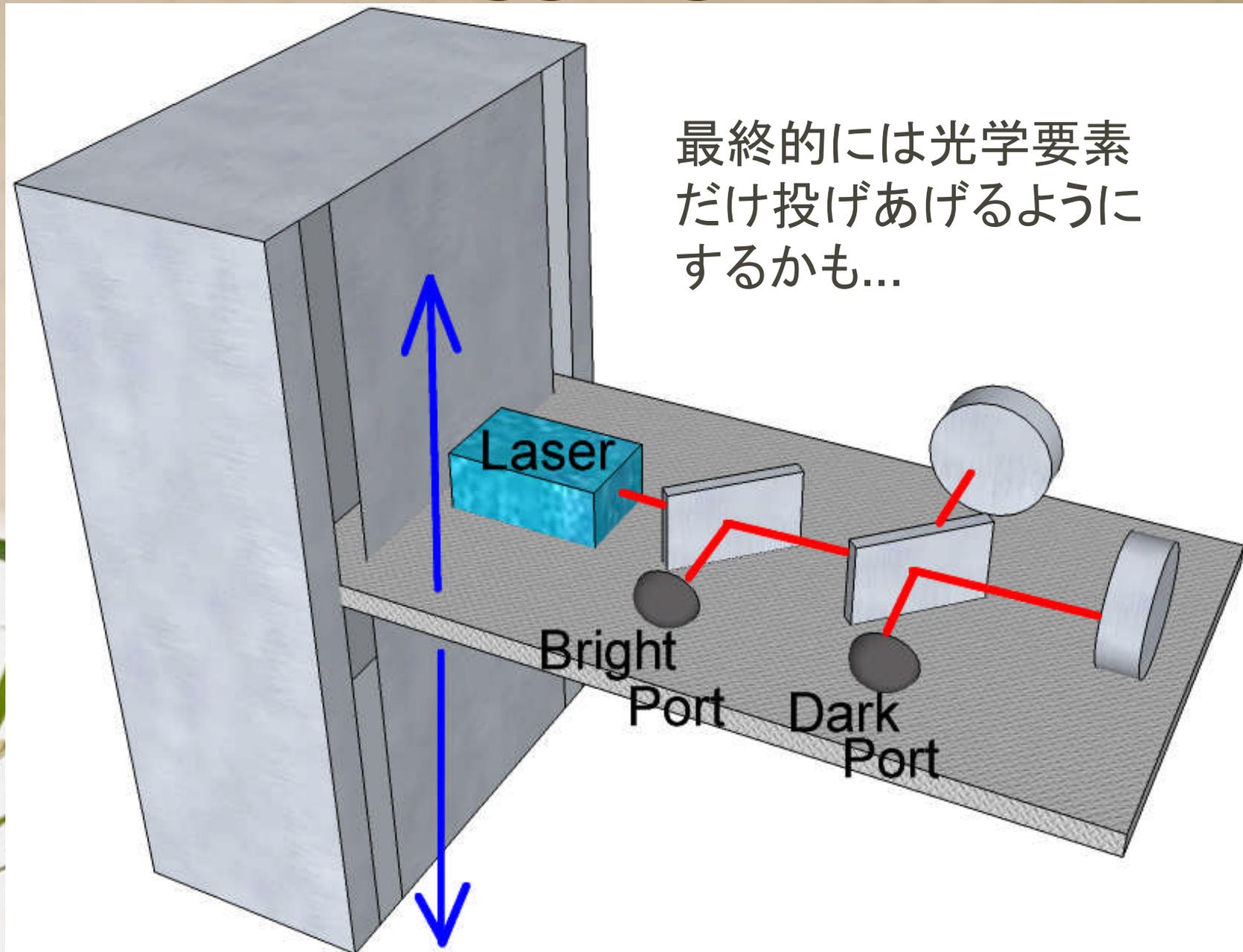
7. ここまでのまとめ

- AGNは銀河の合体で誕生する
 - AGNのトーラスの形成はSMBHの合体と関係するかもしれない
 - 濃いダストに埋もれたAGNは、まだ銀河の合体最中である可能性が高い
 - 濃いダストに埋もれたAGNは、意外と沢山存在する (SMBHの合体前後数億年の範囲?)
- ▶▶▶ SMBHからの重力波は予想以上にやってきているかも?

8. SMBHからの重力波

- SMBHから放出される重力波
 - ひと声 ~ mHz
 - →地上だと地面振動に邪魔される
- Spaceに出る(DECIGO、LISA)
 - →まだまだ時間がかかる
- **そこで、Juggling干渉計の出番!**
 1. 光学系を吊すのをやめる
 2. 光学系を自由落下させる

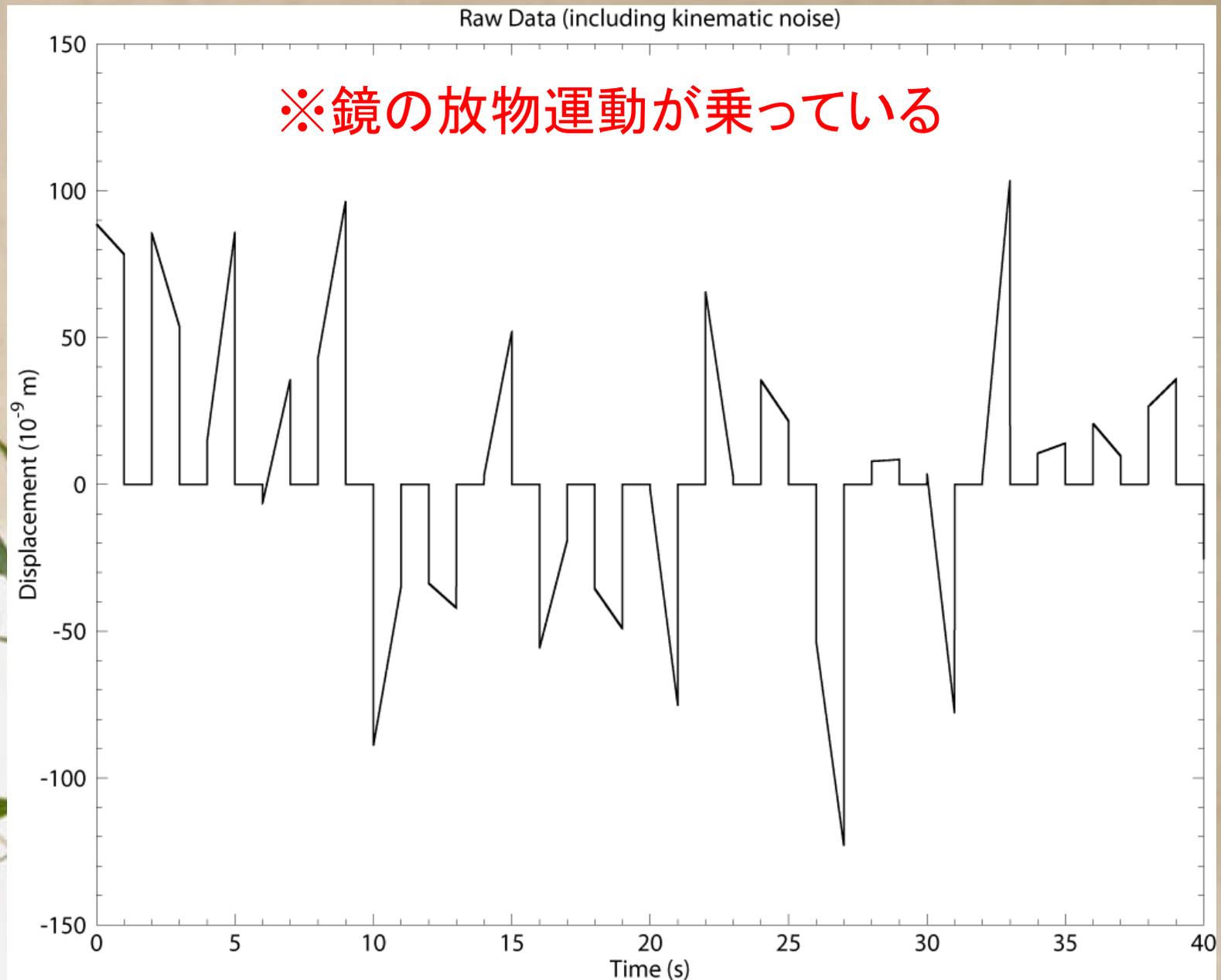
9. Juggling干涉計



10. 数値シミュレーション (1)

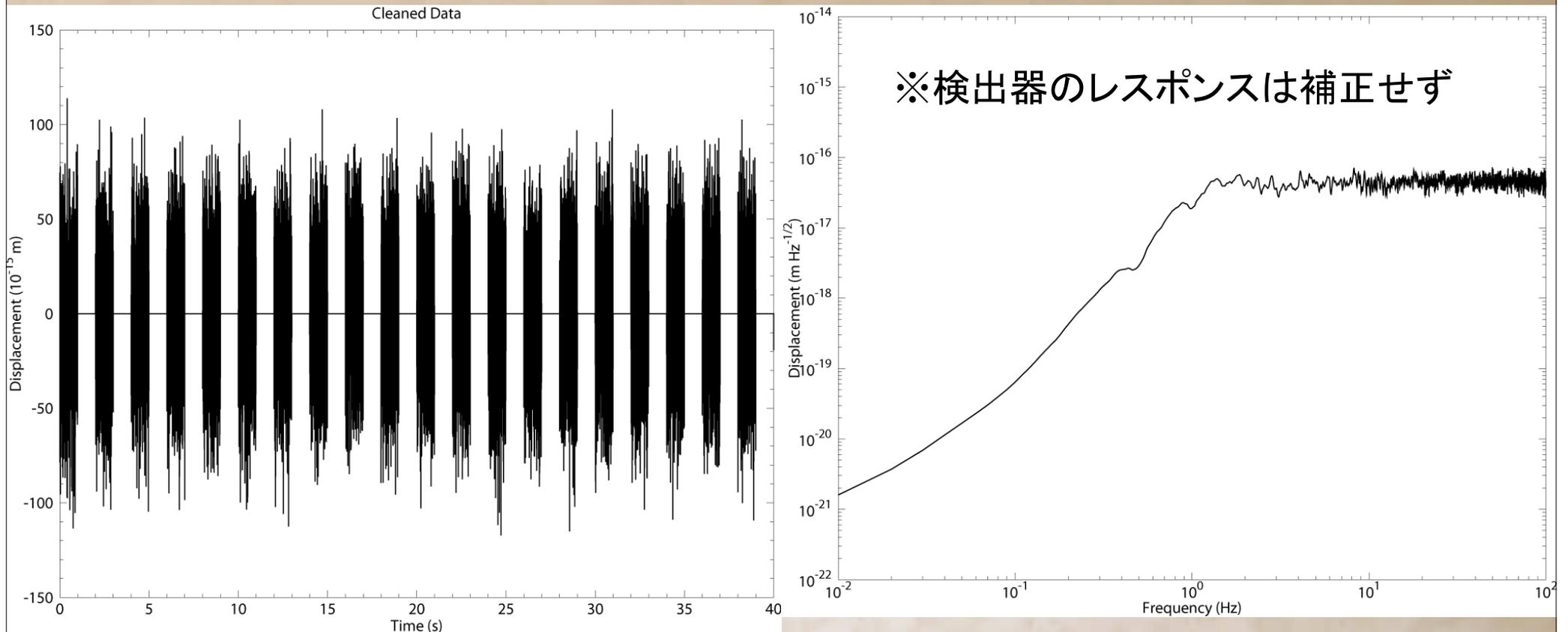
- 考えるのは光路長の変化のみ
 - 積分時間：100 sec
 - 自由落下 1 sec、持ち上げ 1 secを繰り返す
 - ノイズ： $N_{\text{shot}} = 10^{-16} \text{ m Hz}^{-1/2}$
 - 鏡を落下させた瞬間の鏡の
 - 初期位置： x_0
 - 初速度： v_0
 - 初期加速度： a_0
- (x_0, v_0, a_0) は2次関数によるフィッティングで除去
 - →重力波信号のみ取り出せるはず

11. 生の信号データ

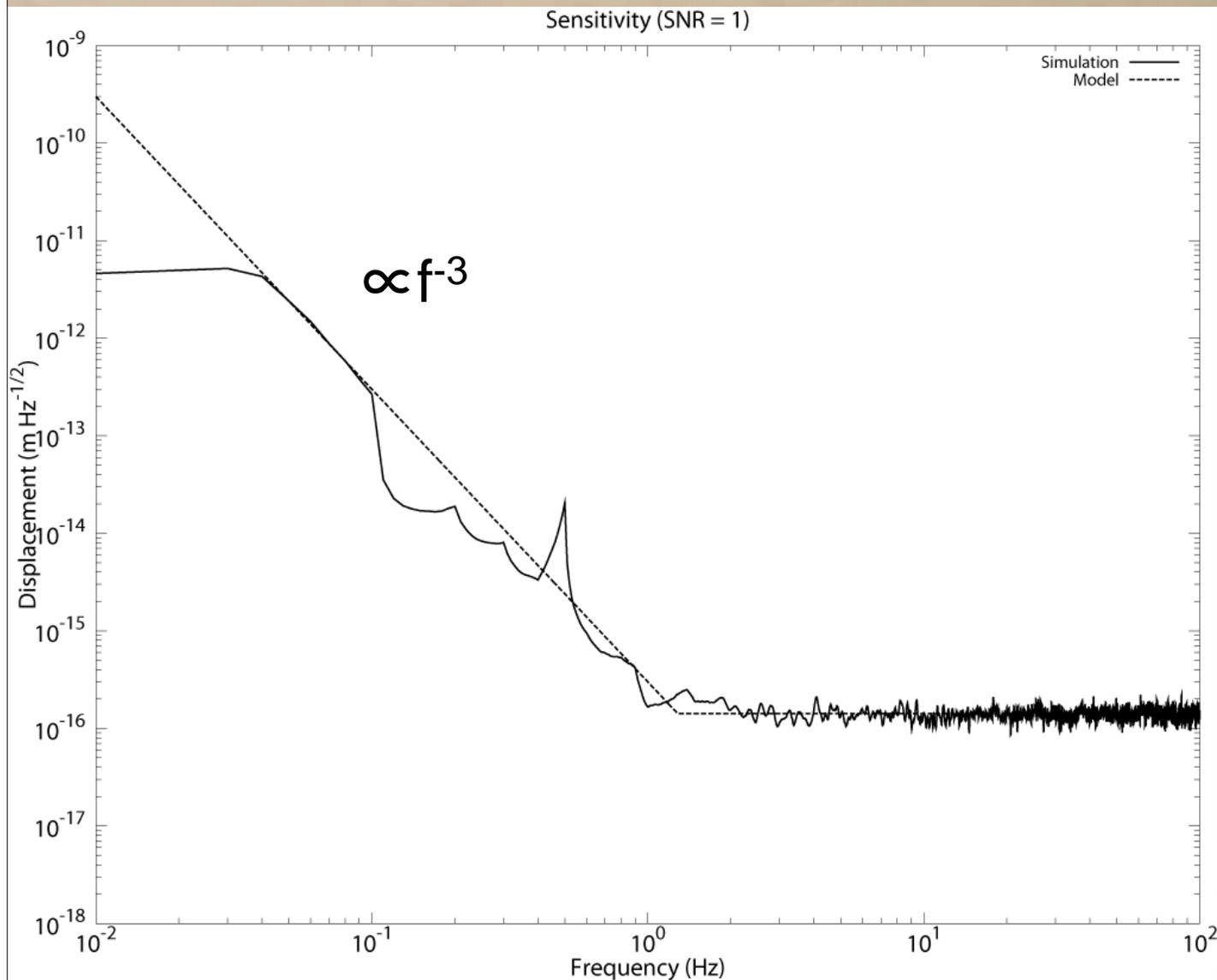


12. データ処理

- 「自由落下中鏡は放物運動をする」という仮定のもと、鏡の運動をフィットして除去
- (重力波信号なし)

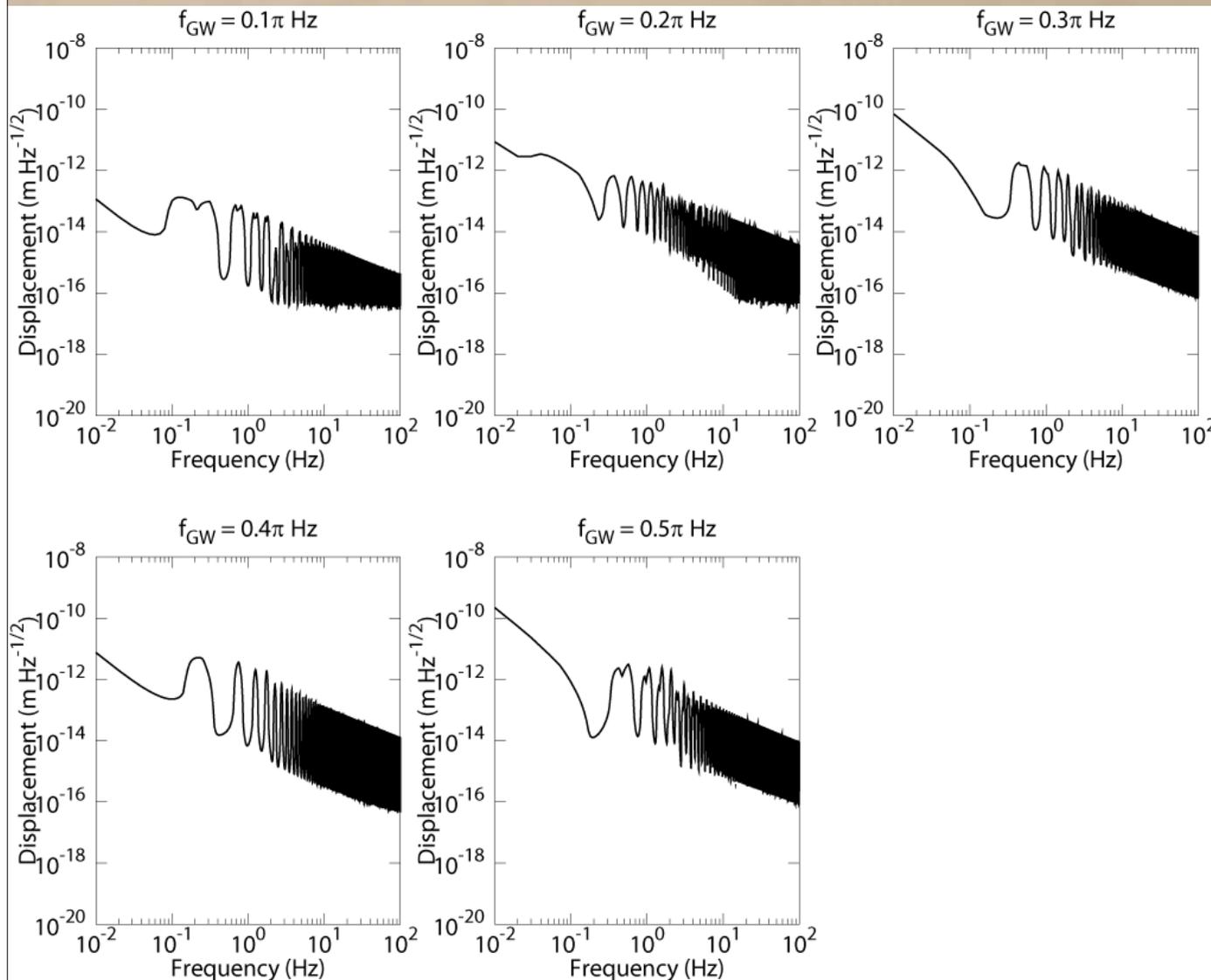


13. 感度曲線



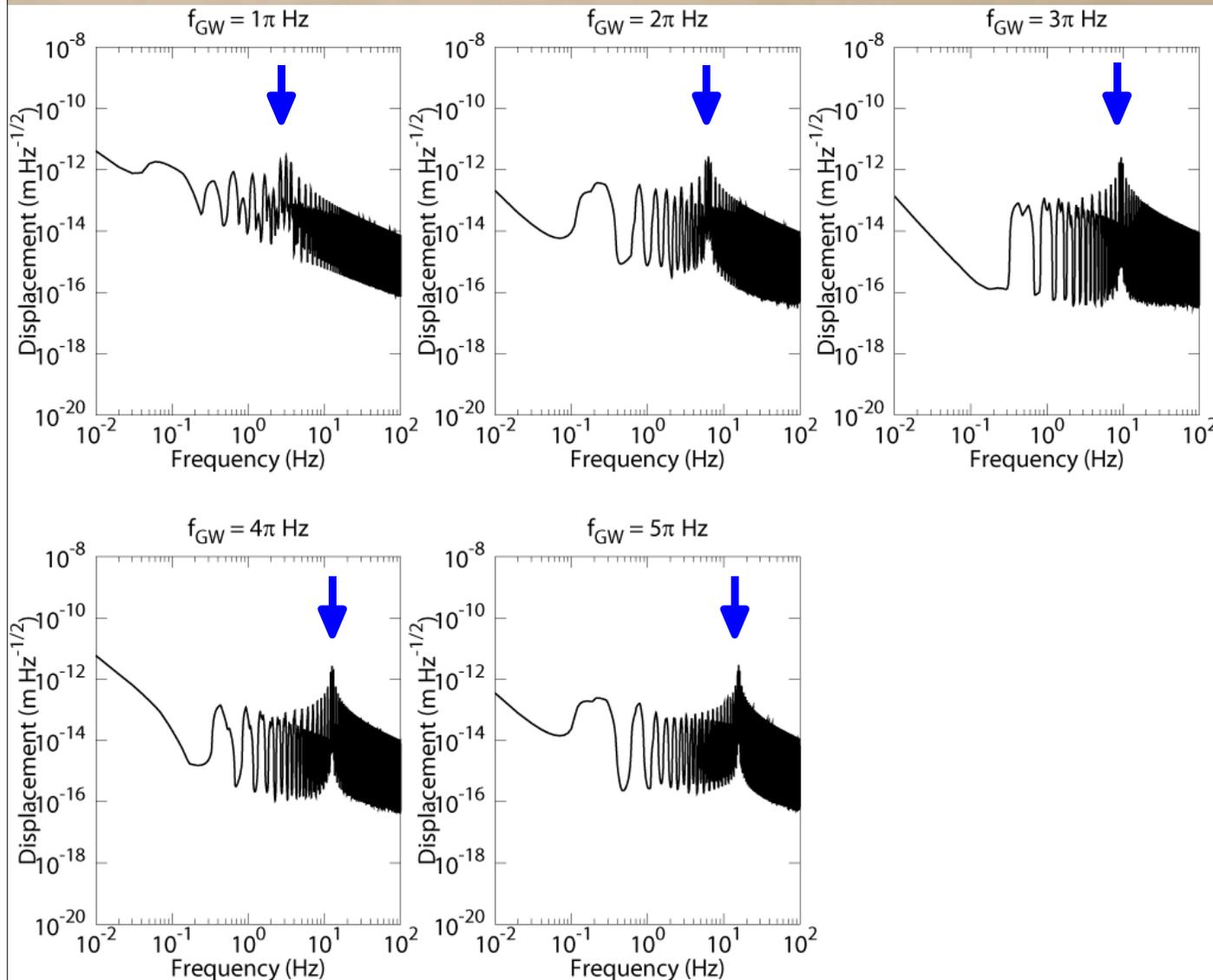
- 様々な周波数の正弦波の重力波を埋め込んで、SNR=1の感度曲線を計算
- 周波数→大で N_{shot} に一致するように規格化

14. 信号抽出は可能か？ (1)



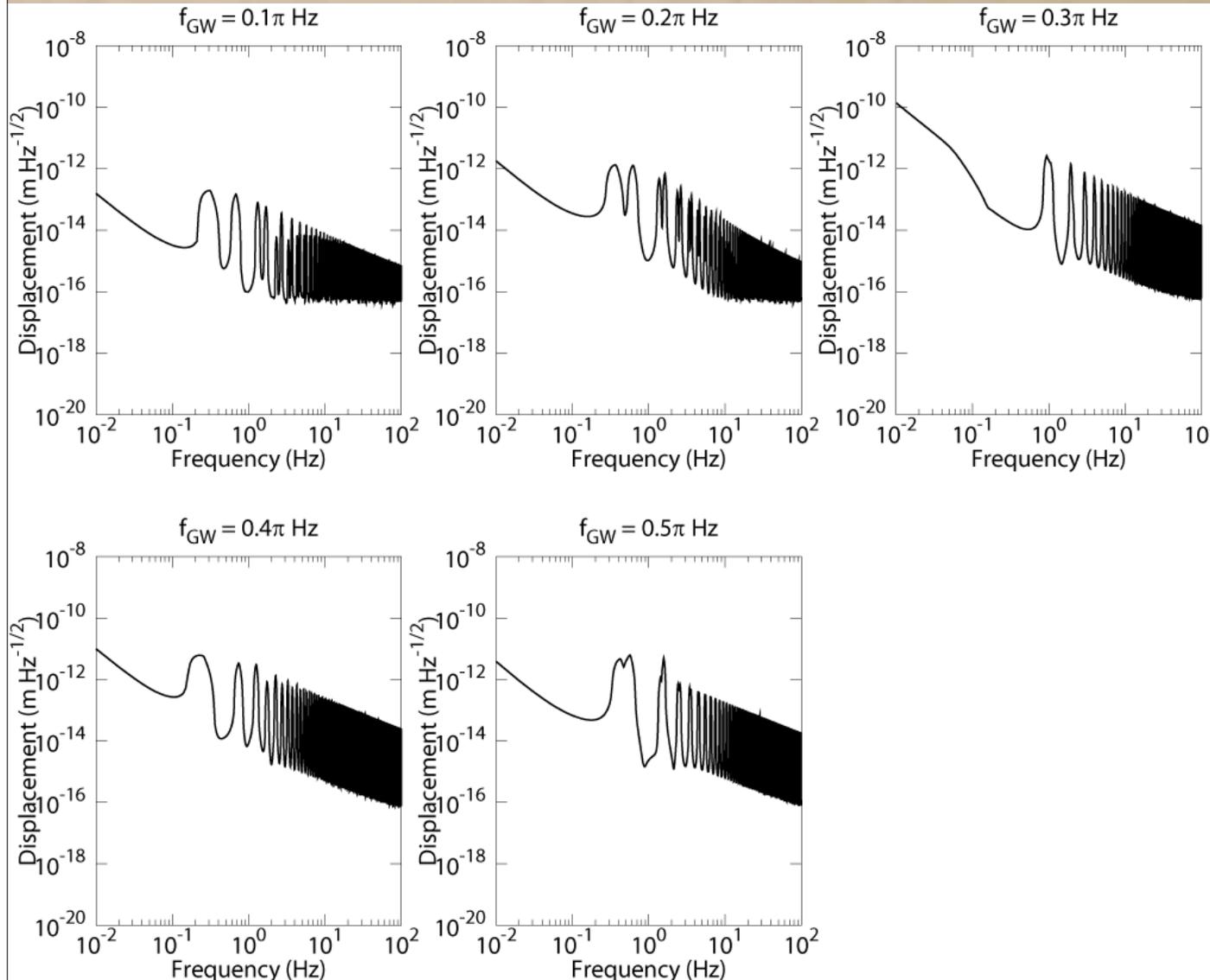
- 0.1--1 Hzの正弦波信号を入力として与え、それがどう観測されるか調べた
- 入力の周波数を探し出すのはほぼ不可能

15. 信号抽出は可能か？ (2)



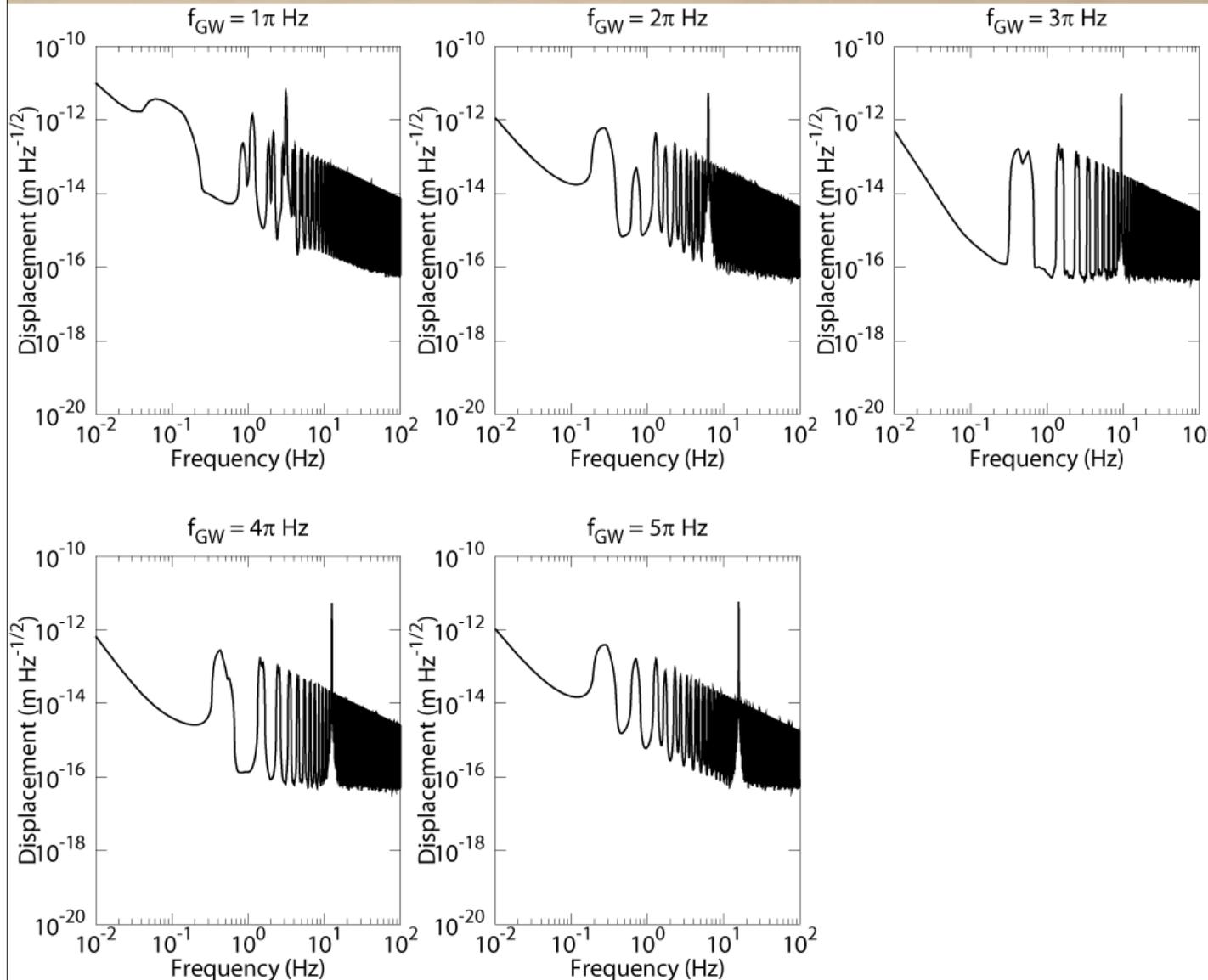
- 1--10 Hzの正弦波を入力として与えた
- 入力の周波数のみは判別可能

16. 相補的な観測 (1)



- 検出器を2台用意して、互いの不感時間を補う
- ここでは、全く同じ性質の干渉計から出る信号をそのまま貼り合わせ
- 0.1--1 Hzの重力波は厳しい

17. 相補的な観測 (2)



- 1--10 Hz
- 入力信号のピークがはっきり区別可能

18. まとめ

- 重力波ソースとなるSMBHは他のものに紛れているだけで、意外と多いかもしれない
- SMBHからの重力波→Space Mission
 - →それをJuggling干渉計を使って地上観測を試みる
- 単純な数値計算を実行
 - データ・クリーニングのアルゴリズムに知恵を絞る必要があると判明
 - 前途多難...