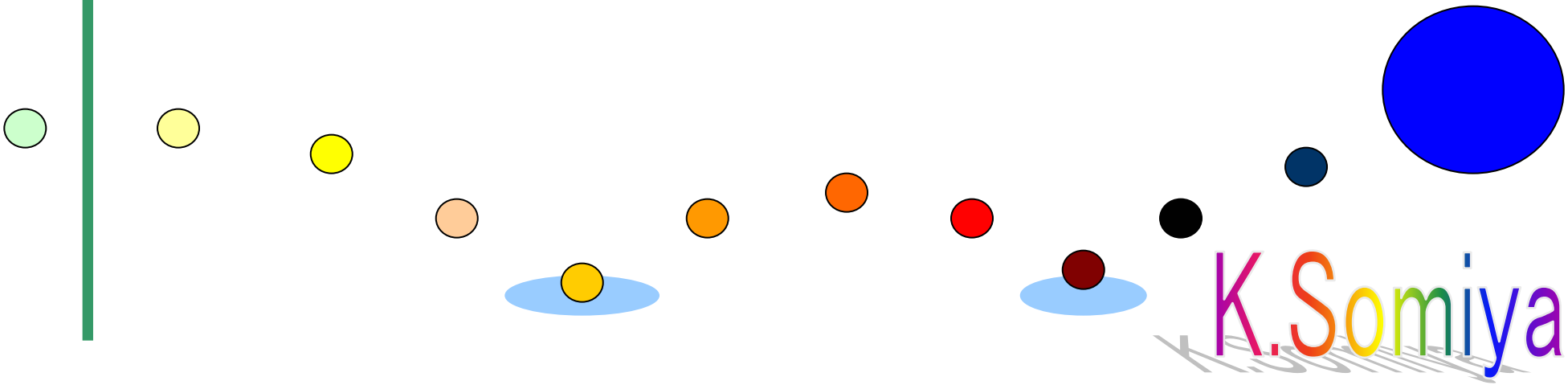
LCGTの帯域を低周波に移動するか

LCGT-LF Special WG

Apr. 2011

Kentaro Somiya
Waseda Inst. for Adv. Study



特別作業班創設の背景

◎ 3月の外部レビューで低周波化が提案される

- 懸架ファイバーを通じて鏡の冷却が行なわれる
- ハイパワー干渉計 → 太ファイバー → 懸架系熱雑音大
- 地下設置の利点が生かされてない
- 低パワー＋細ファイバーで低周波の感度向上を目指すべき

◎ LCGT-LF特別作業班創設

- 第一回作業部会メンバー
  黒田、神田、高橋、麻生、山元、端山、我妻、宗宮
- 第二回作業部会
  → 必要性も含めて今日話し合う

特別作業班創設のスコープ

◎ 低温干渉計の意義について考える

- LCGTの感度を制限する要因
- ファイバーを細くすれば問題は解決するのか
- LCGTとaLIGOをBRSEの変位感度で比較

◎ 低周波化のメリットについて考える

- 低周波／高周波の重力波源
- 狭帯域化のリスク

◎ 広帯域LCGT-LFの検討

- 少しだけ出力を下げて得するかどうか考える

◎ 狭帯域LCGT-LFの検討

- 20~50HzでaLIGOより数倍感度をもつ干渉計が可能か考える

事前調査の結果

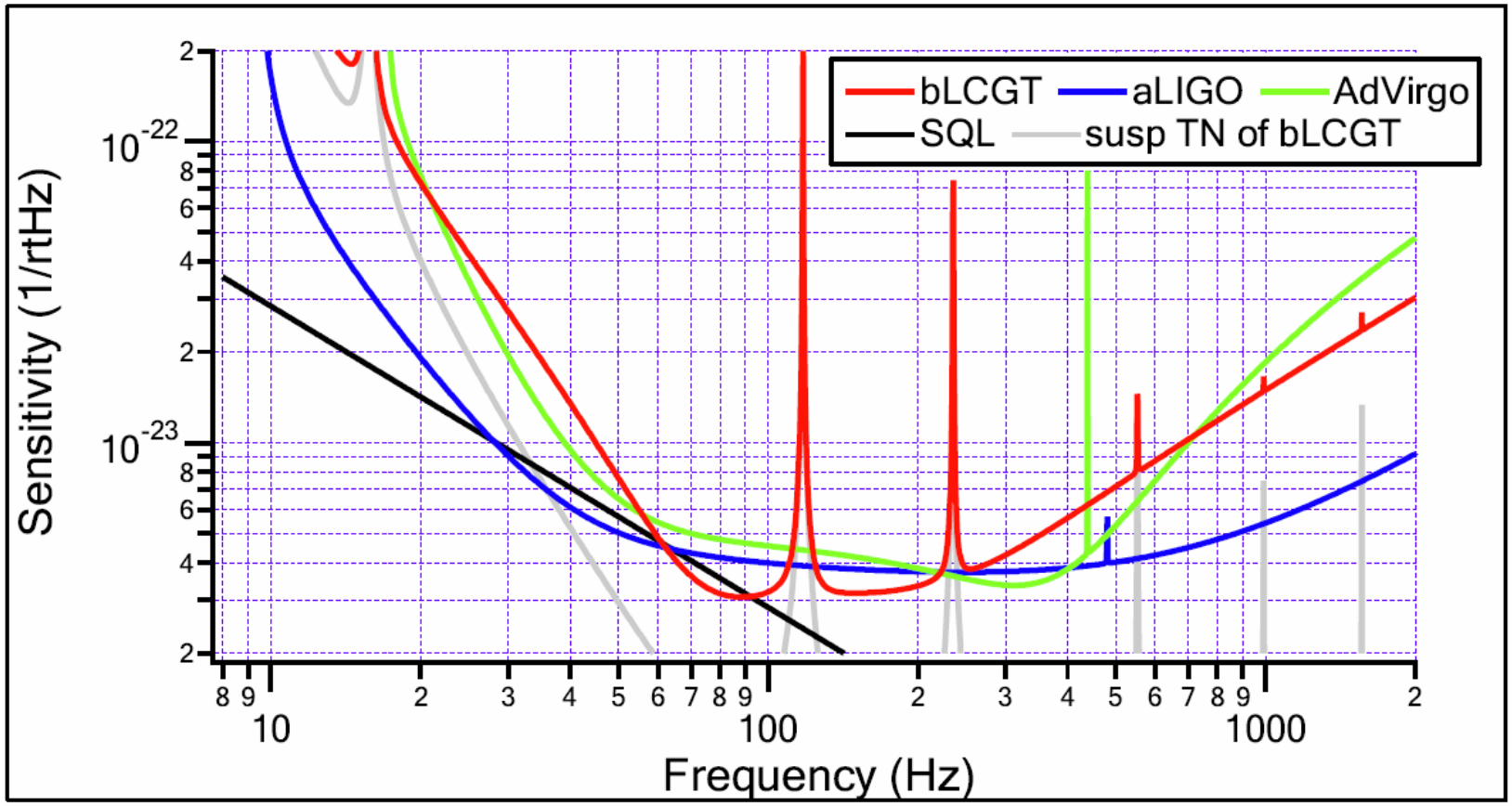
- 26人のLCGT関係者にアンケートをとったところ
  低周波特化に賛成or条件付賛成 … 9人
  反対orやや反対 … 13人
  中立2人、無回答2人
- 外部レビュワーは8人全員が賛成
  ※ただしこの時点では、感度を見ずに議論している
- 感度を見せて何人かにメールで意見を聞いたところ
  「低周波特化すればもっといい感度が出るのかと思った」
  「低温にした割に他とあまり変わらないのは奇妙だ」
  「aLIGOより開始が遅れることを想定すると、重力波ネットワークの中でなにか秀でている要素がほしい」
  との回答を得た

事前調査の結果

アンケートで出てきた主な意見は以下の通り

◎ 中性子連星合体が見られなくなるのはよくない
◎ BBHのマス比はリングダウンでは分からないが、
星形成を紐解くのに重要な情報である
◎ 高周波なら日本単独検出の可能性が残る
◎ 非定常雑音は低周波ほど厳しい
◎ 低周波防振は難しいのでそこで冒険するのは危険
◎ 最先端以降のお金がつかないことも想定するべき

感度の比較

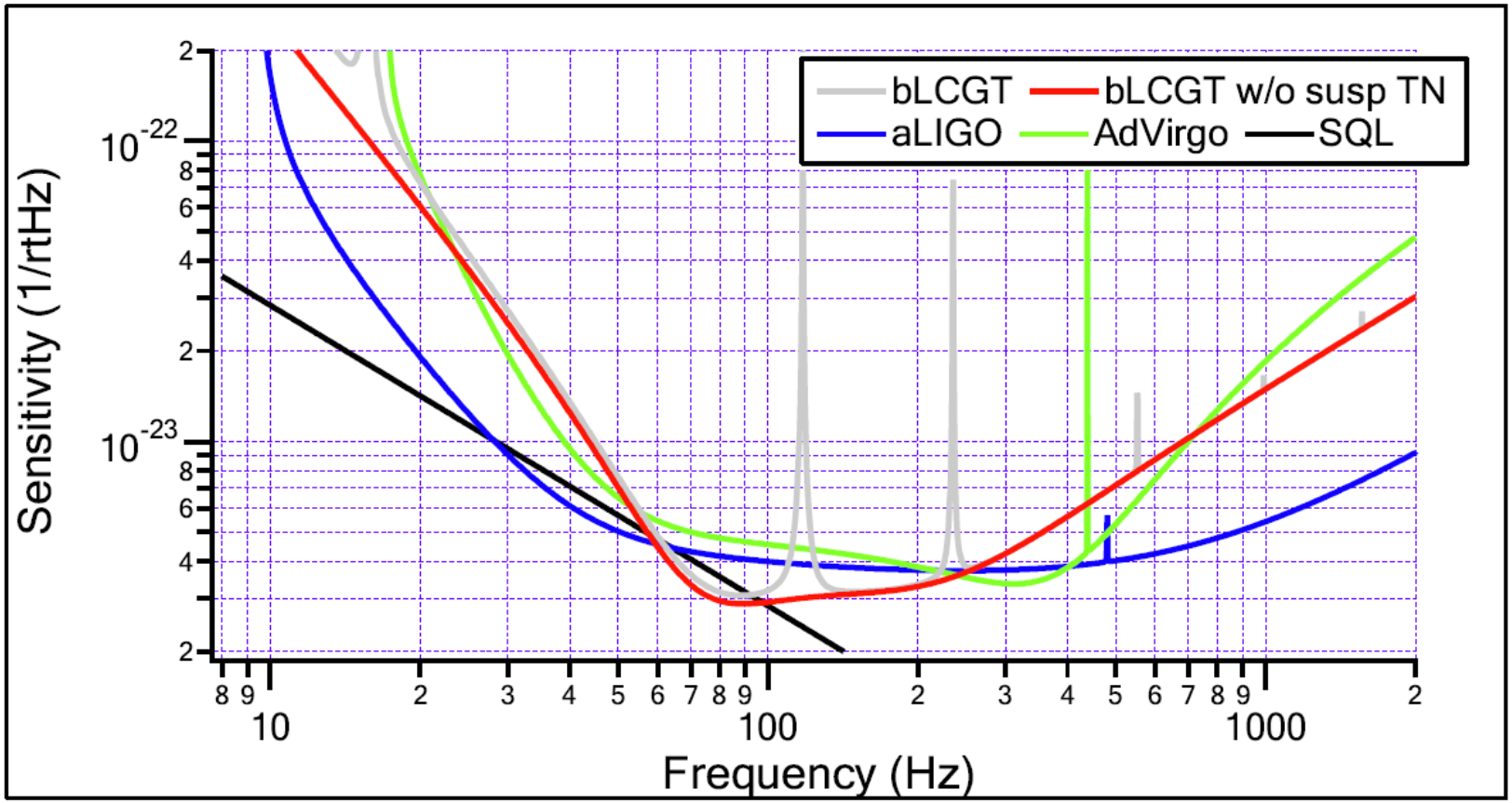


IR=309Mpc (aLIGO), 242Mpc (AdVirgo), 273 (LCGT)

※ 309Mpc x $\frac{3}{4}$ =231Mpc

サスペンション熱雑音がLCGTの感度を制限しているのだろうか?

サスペンション熱雑音がない場合



LCGTのIRは301Mpcとなる (再最適化後)

低周波はdetuningのせいで悪いだけで、あまり変わらない

感度比較のまとめ

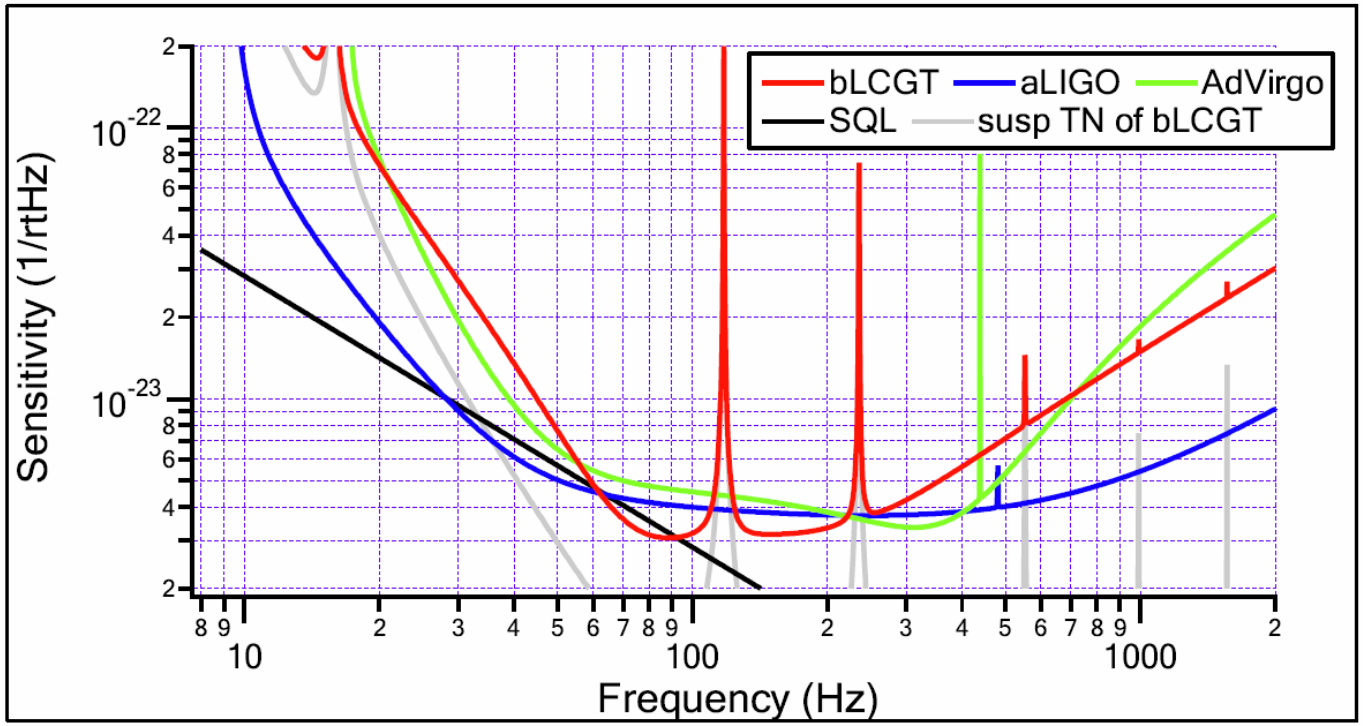
- aLIGOはフィネスを下げ、PRGを上げ、帯域を広げている
  これはIRは犠牲になるが、基線長の分だけ余裕がある

- LCGTは同じことができない。フィネスを下げてもいいが、
  PRGを上げるとITMが冷却できなくなる

- その代わり、LCGTは下にいく余裕がある。
  帯域を少し犠牲にして、IRで大きく得することができる

- 上記の議論に加えて、マスの違いもある程度効いてくる。
  LCGTの鏡が40kgならばIR=302Mpcとなる

低周波化へ向けて

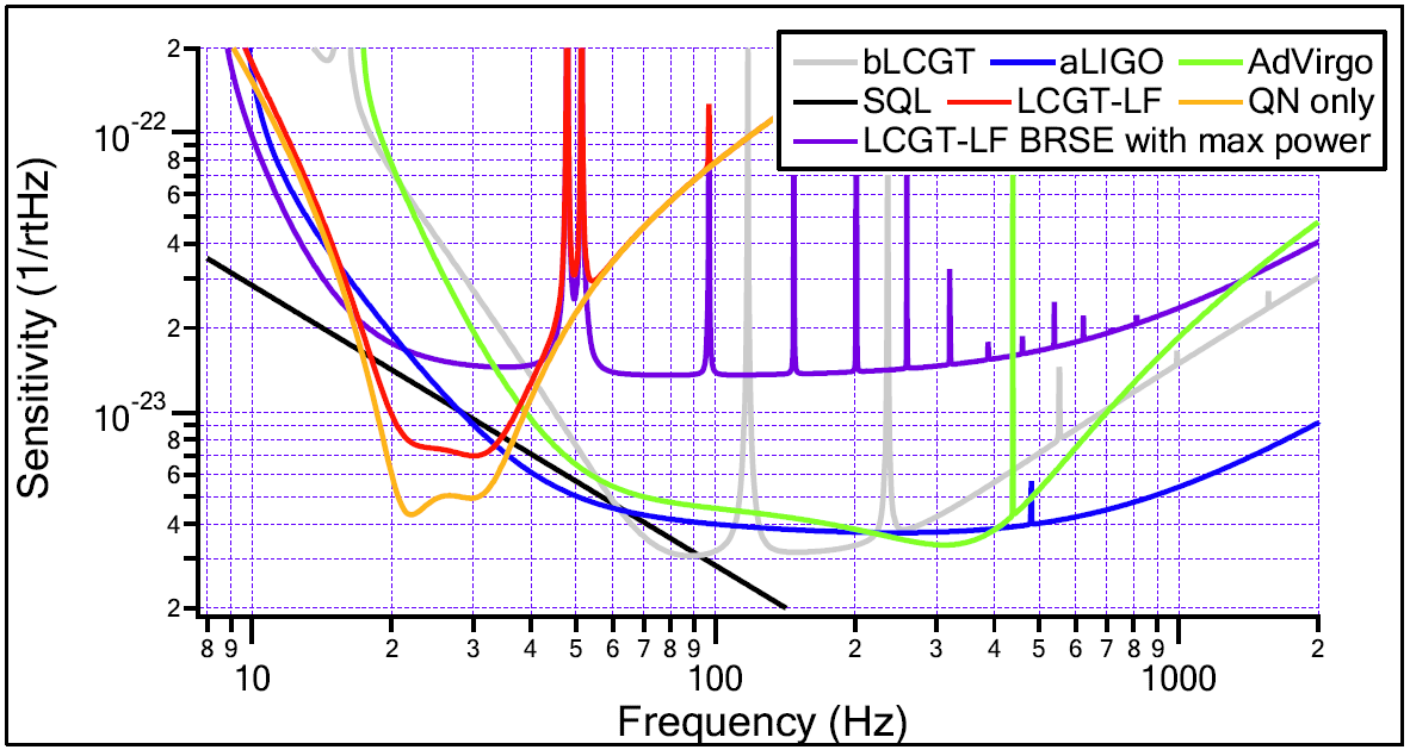


IR=309Mpc (aLIGO)
IR=242Mpc (AdVirgo)
IR=273 (LCGT)

※ 309Mpc × $\frac{3}{4}$ =231Mpc

- 25%短くてIRで12%しか負けてないのだから上々と言えるか
- 完成時期が1~2年遅いことを考えるとどうだろうか
- 地下・低温の特長を生かしきれているか
- 100Hz付近のピークは問題にならないか

LCGT-LF



- Input power 1.5~12W
- PRG=11, Rsr=88%
- Finesse 1050
- Fiber length 120cm
- Fiber thickness 1.4mm
- Max 170mW cooling

(for BNS)
IR=309Mpc (aLIGO)
IR=242Mpc (AdVirgo)
IR=273 (bLCGT)

IR for BNS = 196Mpc
IR for BBH (100Ms) = 4.17Gpc

[もしQNのみなら、282Mpc/6.88Gpc]

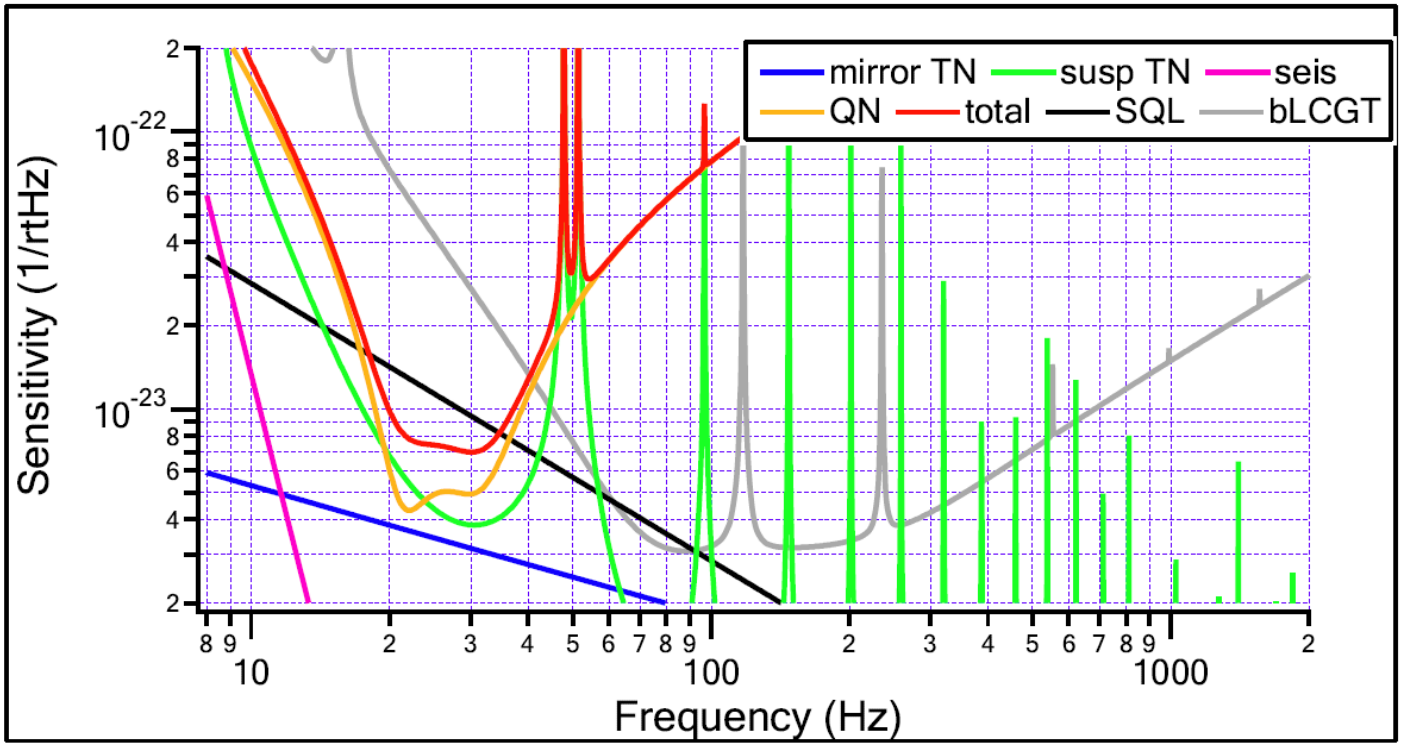
(for 100Ms BBH)
IR=3.45Gpc (aLIGO)
IR=3.98Gpc (aLIGO BBH)

※ Merger Freq = 44Hz

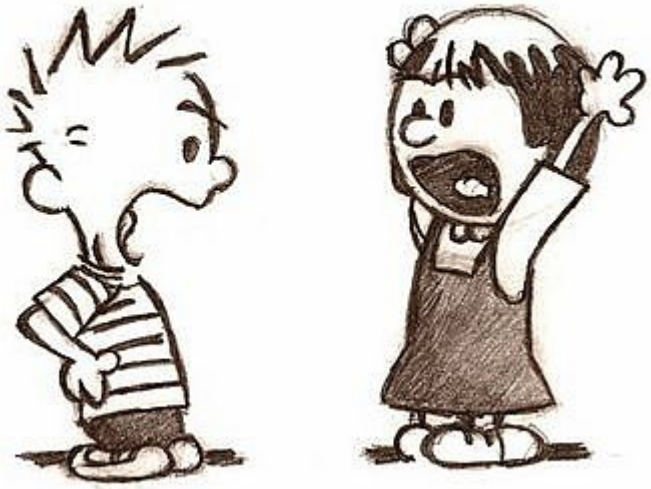
(1) 低周波特化でどれだけ得するか？

(2) 技術的に改善の余地はあるか？

LCGT-LF Noise Budget



- Input power 1.5~12W
- PRG=11, Rsr=88%
- Finesse 1050
- Fiber length 120cm
- Fiber thickness 1.4mm
- Max 170mW cooling

- 50Hzに縦振動ピークと第一バイオリンが重なっている
- この周波数で帯域幅を広げるのは厳しい
- T=20Kで計算しているが、実は12.4Kまで下がる (IM温度=10K)

ディスカッション