

バイオリンモードの周波数について

端山 和大

KAGRA Detector Characterization

バイオリンモードスタディ資料

- **10-20Hzの影響について(ID: 2071)**
- **10Hz-30Hzの影響(ID: 2127)**
- **Effect of violin modes to the search for GWs (ID: 1697)**

バイオリンモードの重力波探査への影響

- ワイヤの長さ等によって、1次バイオリンモードの周波数が変化する。今回検討するパラメータはワイヤの長さが300mm-500mm、周波数でいうと103Hz-220Hzである。
- 1次バイオリンモードの影響のみを調べるために、公式のKAGRA感度スペクトルからラインを除去し、1次バイオリンモードのみを入れて、連星合体とリングダウンの探査距離がどのように変化するかを調べた。
- 探査距離はSNR=8で最適感度での距離、SNRの定義はLIGOのもので調べた。

連星合体のイベントレート

SNが70%以上下がると、イベント
レートが年1回を切るようになる。

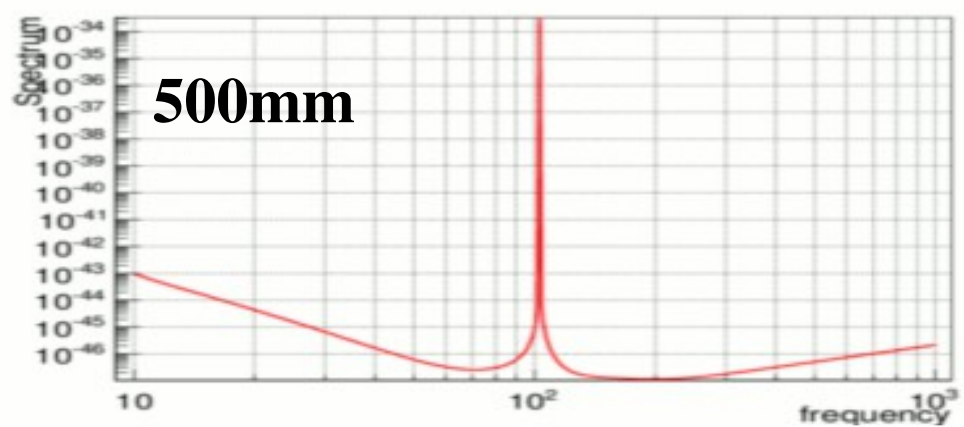
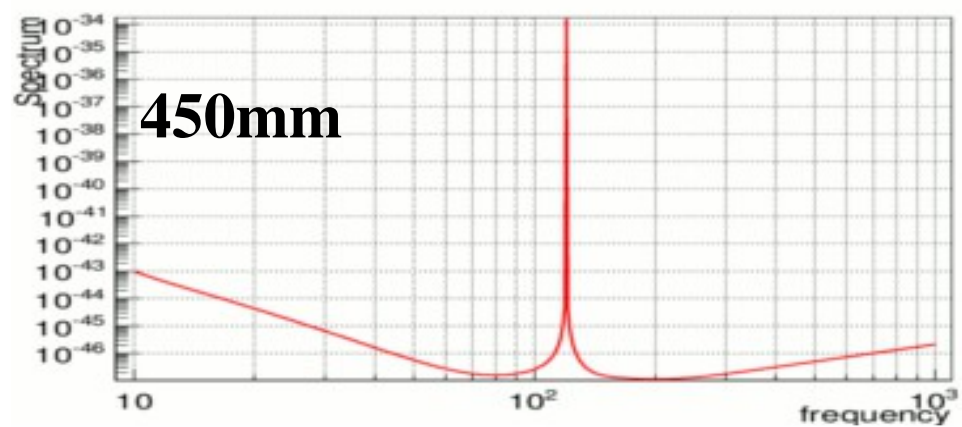
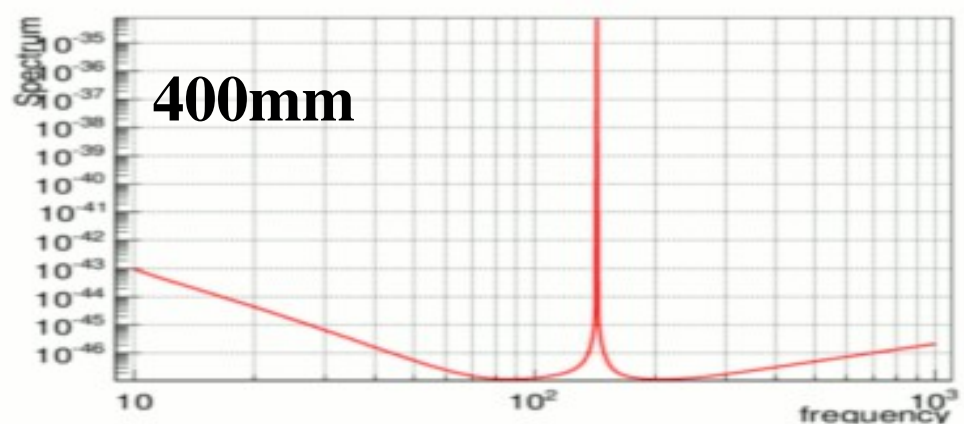
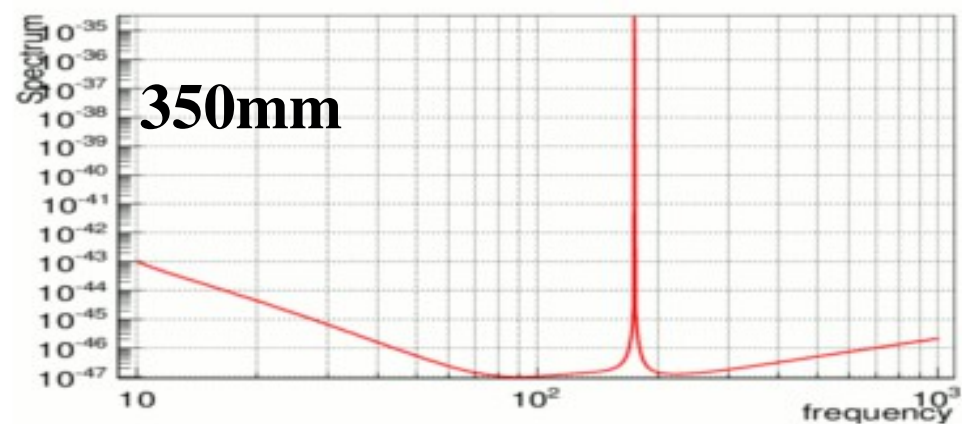
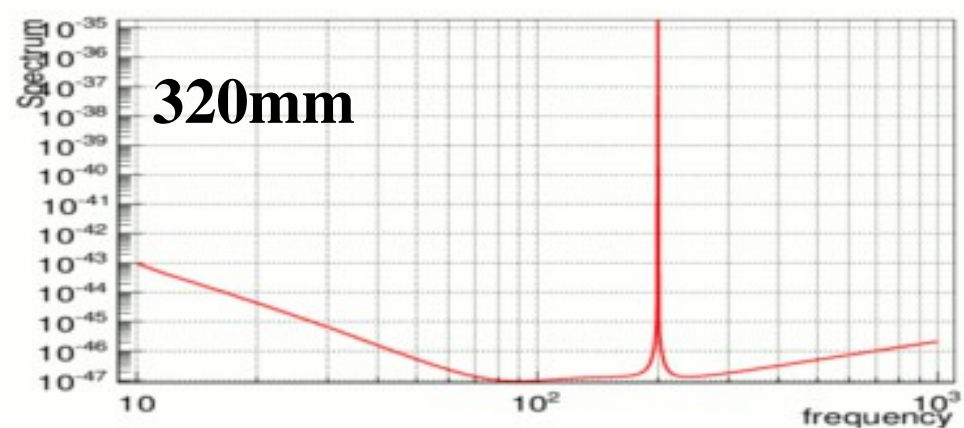
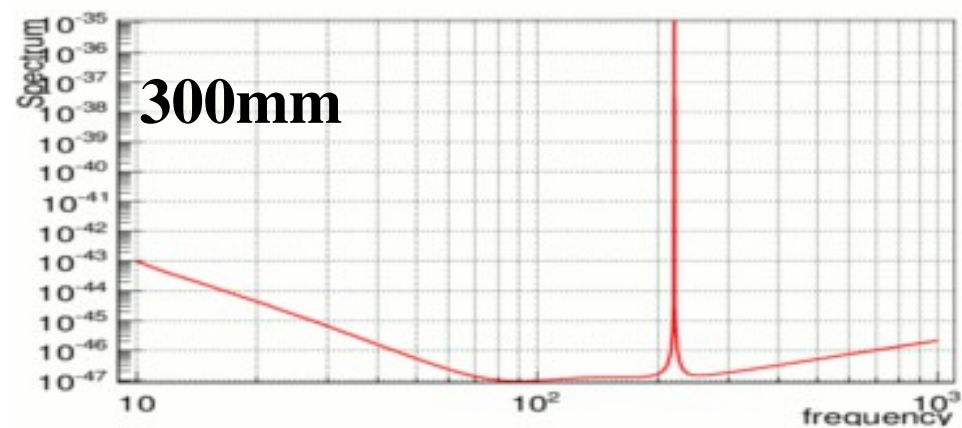
TABLE V: Detection rates for compact binary coalescence sources.

IFO	Source ^a	N_{low} yr^{-1}	N_{re} yr^{-1}	N_{high} yr^{-1}	N_{max} yr^{-1}
Initial	NS-NS	2×10^{-4}	0.02	0.2	0.6
	NS-BH	7×10^{-5}	0.004	0.1	
	BH-BH	2×10^{-4}	0.007	0.5	
	IMRI into IMBH			$< 0.001^b$	0.01^c
	IMBH-IMBH			$10^{-4}{}^d$	$10^{-3}{}^e$
Advanced	NS-NS	0.4	40	400	1000
	NS-BH	0.2	10	300	
	BH-BH	0.4	20	1000	
	IMRI into IMBH			10^b	300^c
	IMBH-IMBH			0.1^d	1^e

ワイヤの長さバイオリンモード の特徴パラメータ

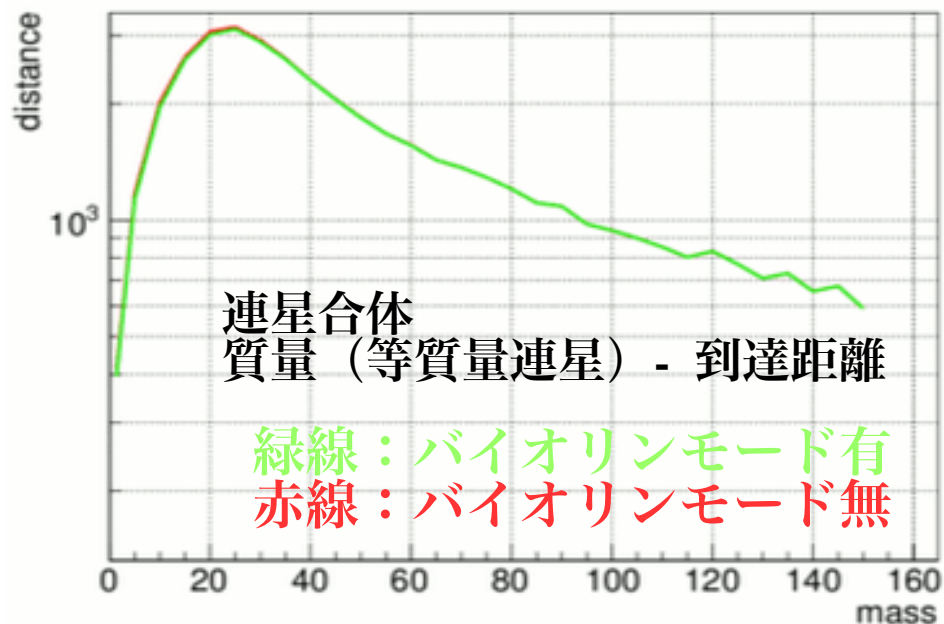
length(mm)	1st violin freq (Hz)	1st violin mass (kg)	1st violin Q
300	220	76488.6	9.6×10^6
320	200	68639.9	9.7×10^6
350	175	59057.8	1.0×10^7
400	143	47201.1	1.0×10^7
450	120	38732.9	1.1×10^7
500	103	32452.8	1.1×10^7

望遠鏡スペクトル

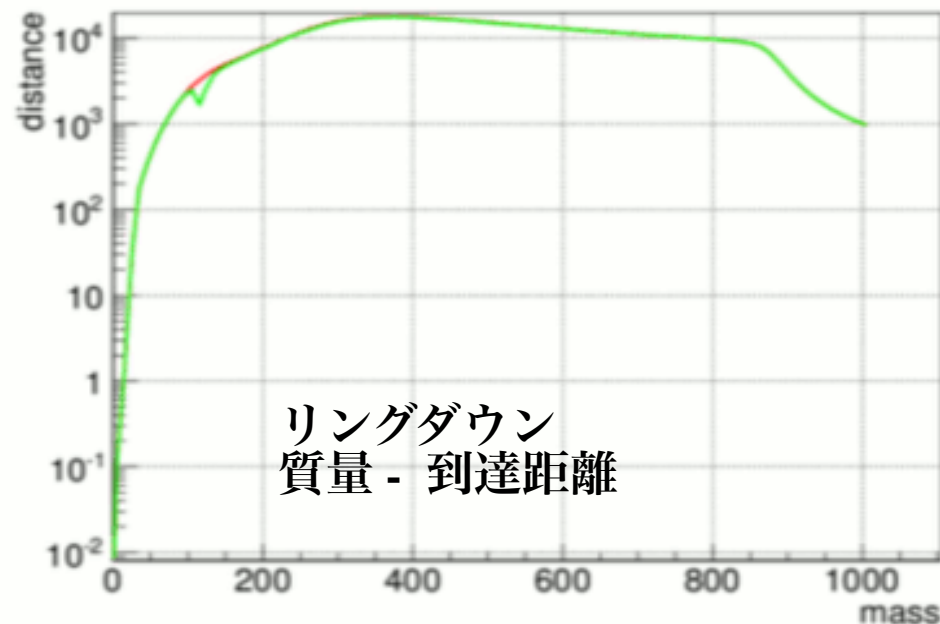


300m

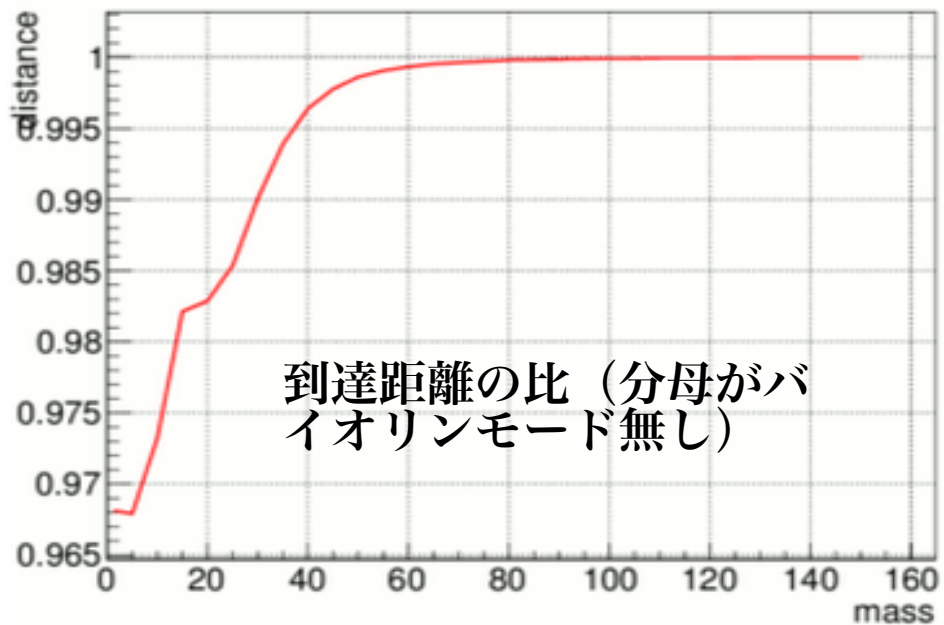
Inspiral mass-distance



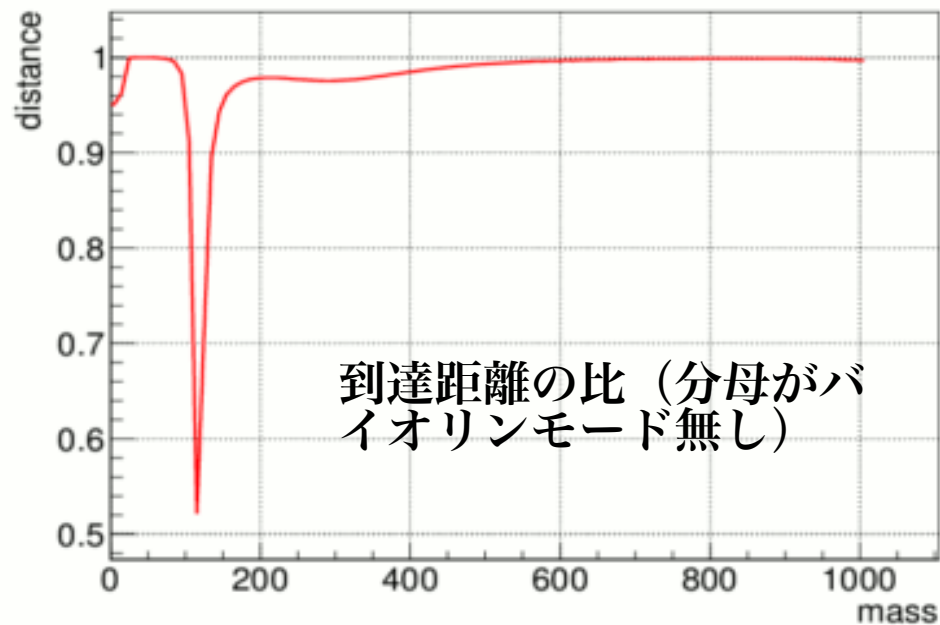
Ringdown mass-distance



Inspiral mass-distance

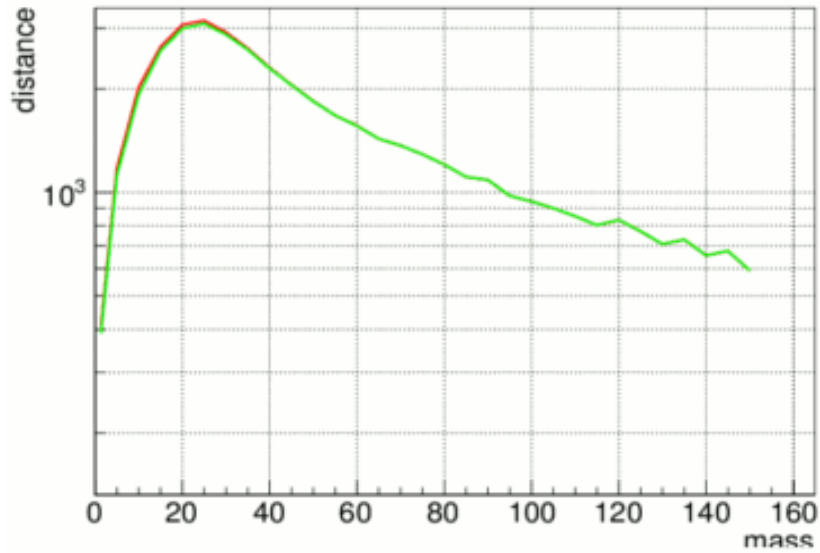


Ringdown mass-distance

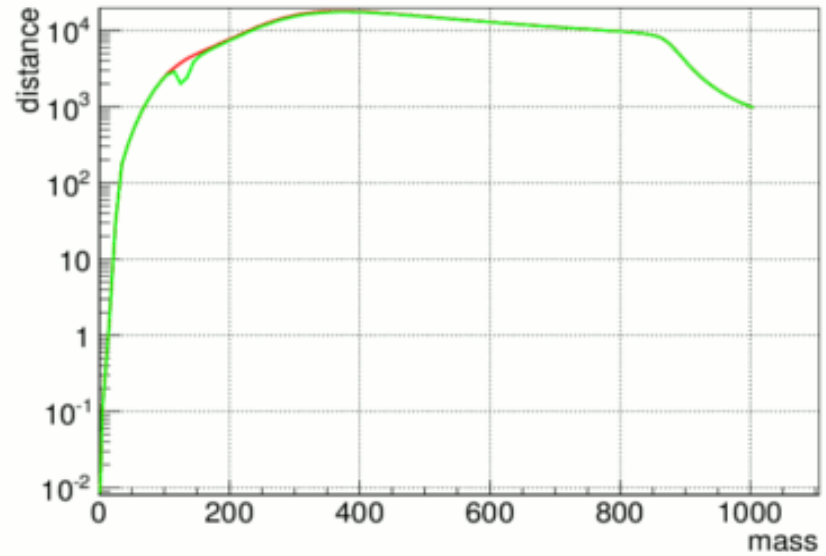


320mm

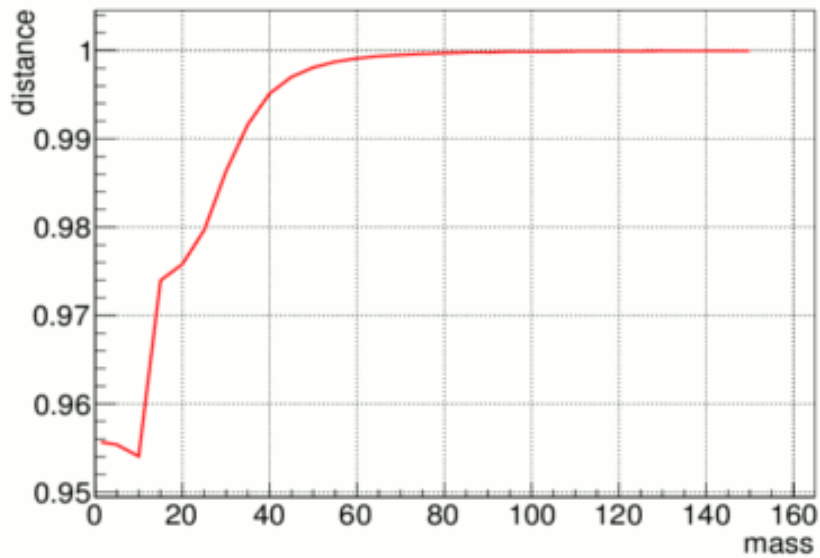
Inspiral mass-distance



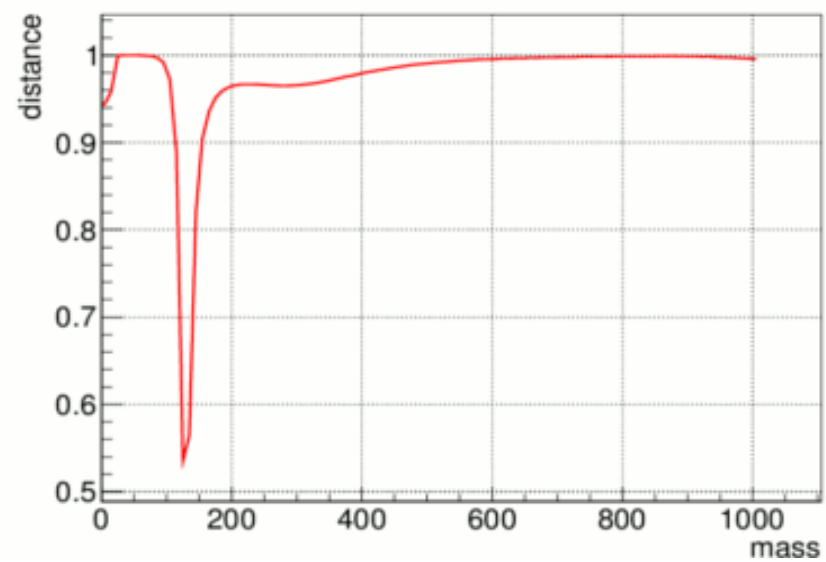
Ringdown mass-distance



Inspiral mass-distance

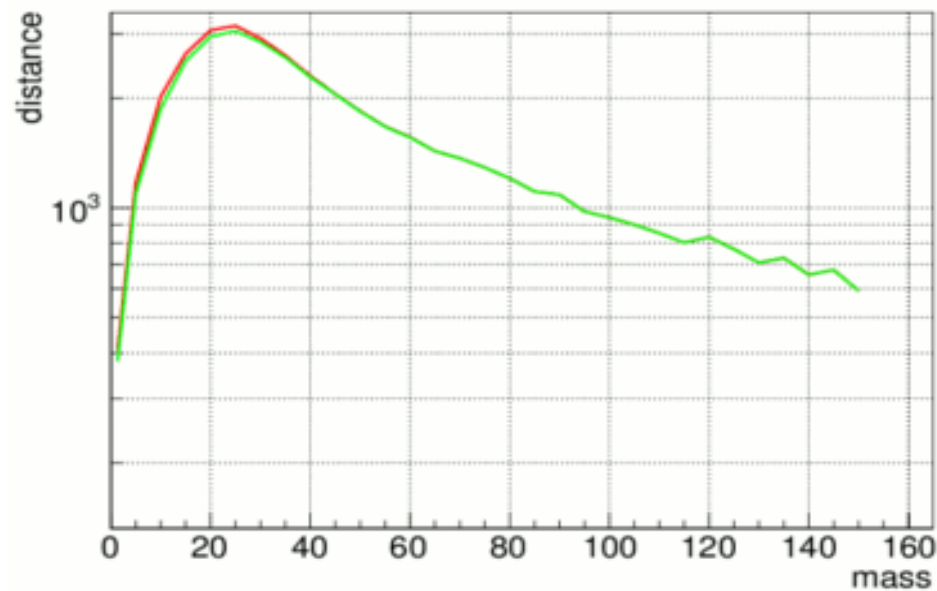


Ringdown mass-distance

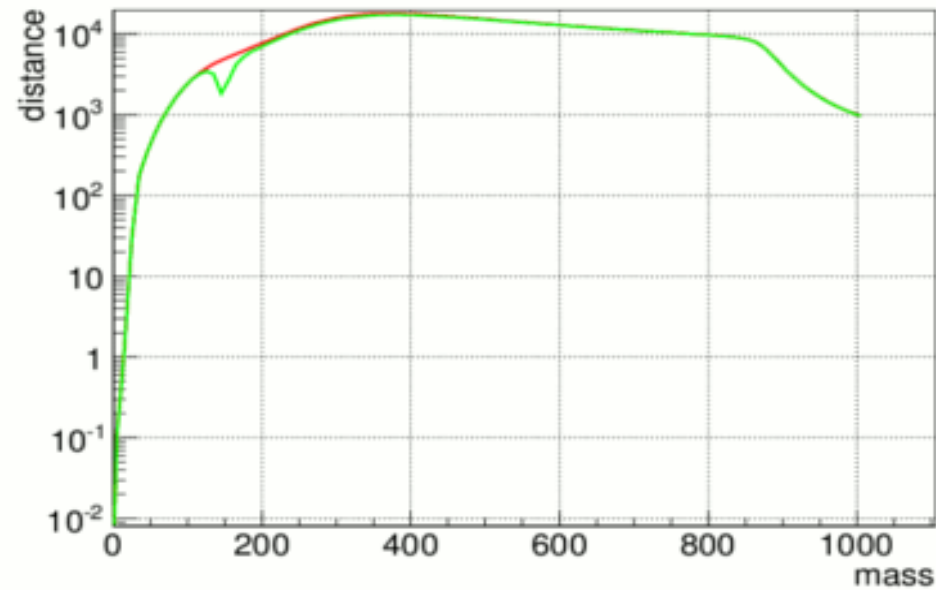


350mm

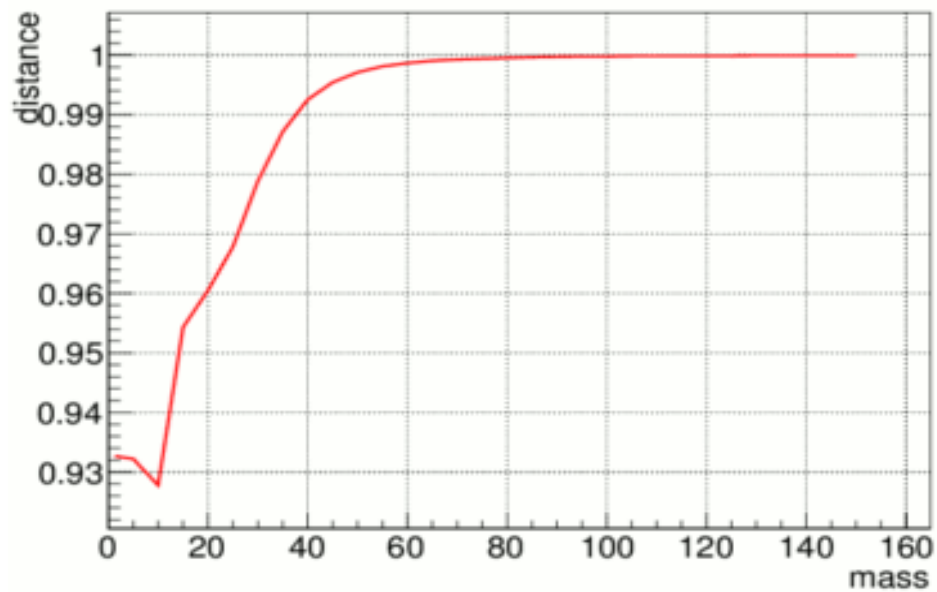
Inspiral mass-distance



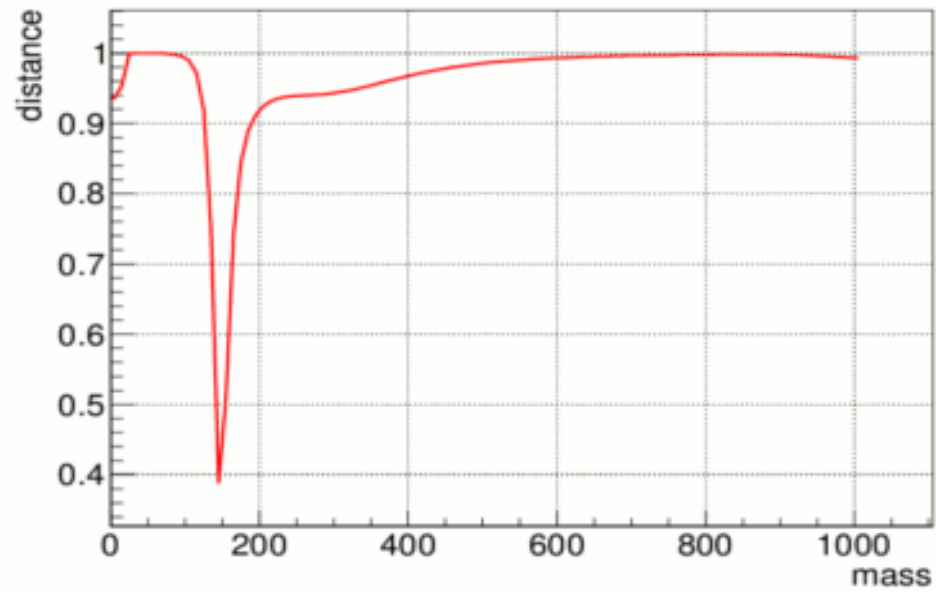
Ringdown mass-distance



Inspiral mass-distance

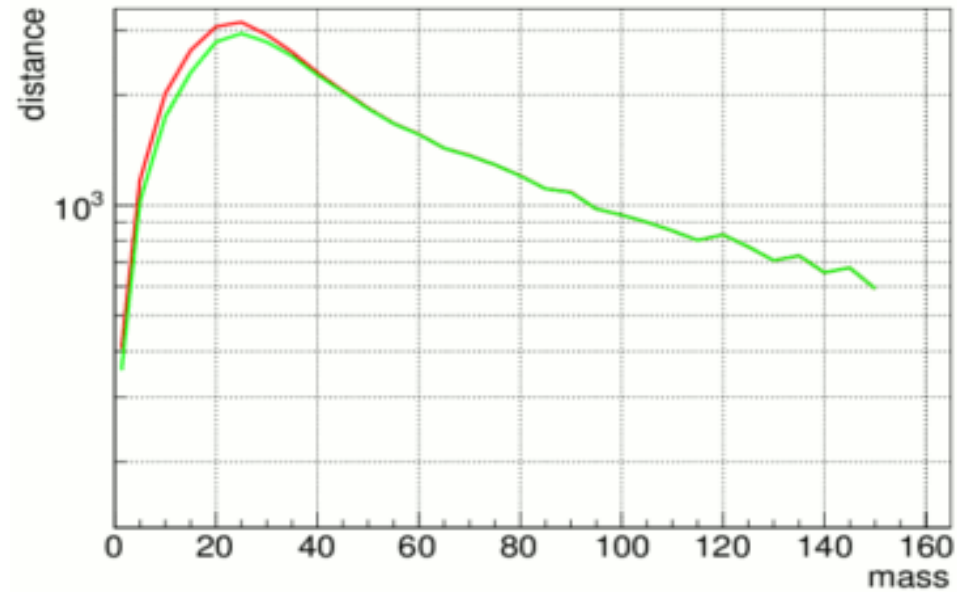


Ringdown mass-distance

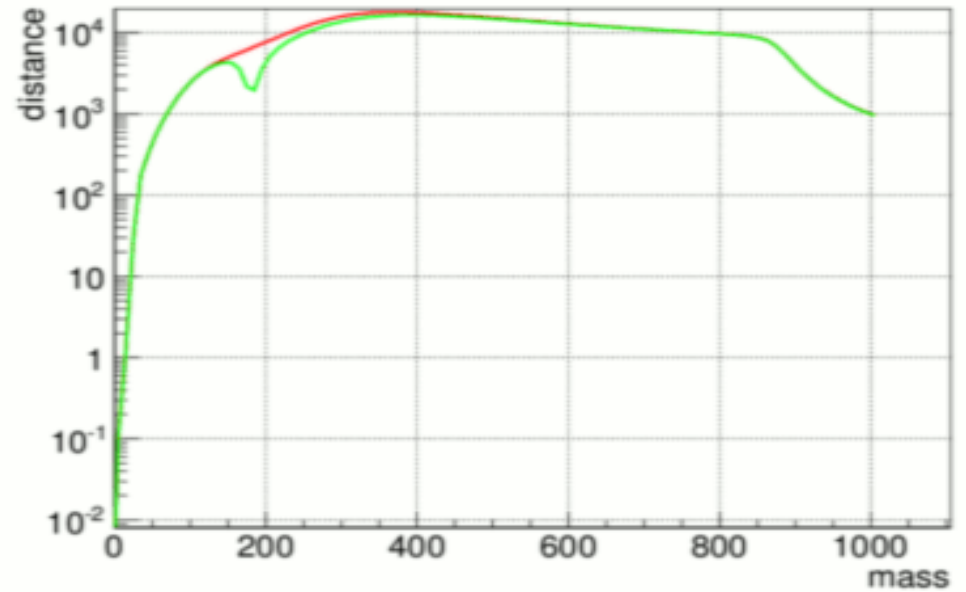


400mm

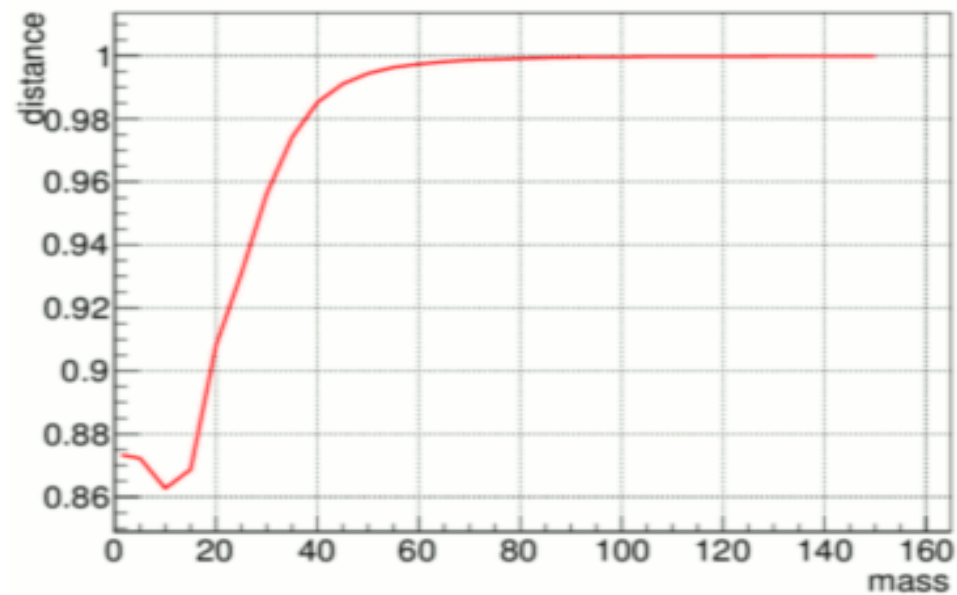
Inspiral mass-distance



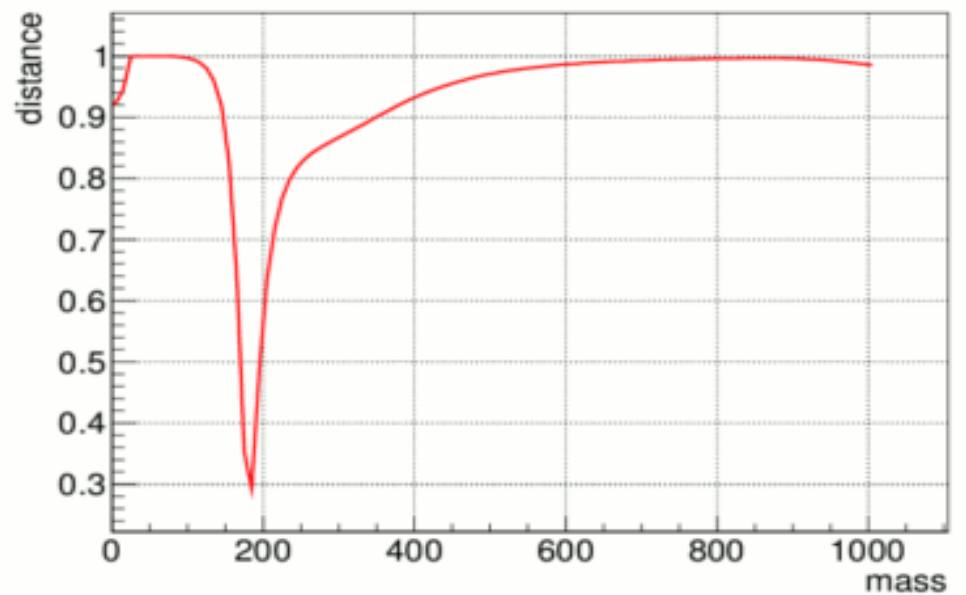
Ringdown mass-distance



Inspiral mass-distance

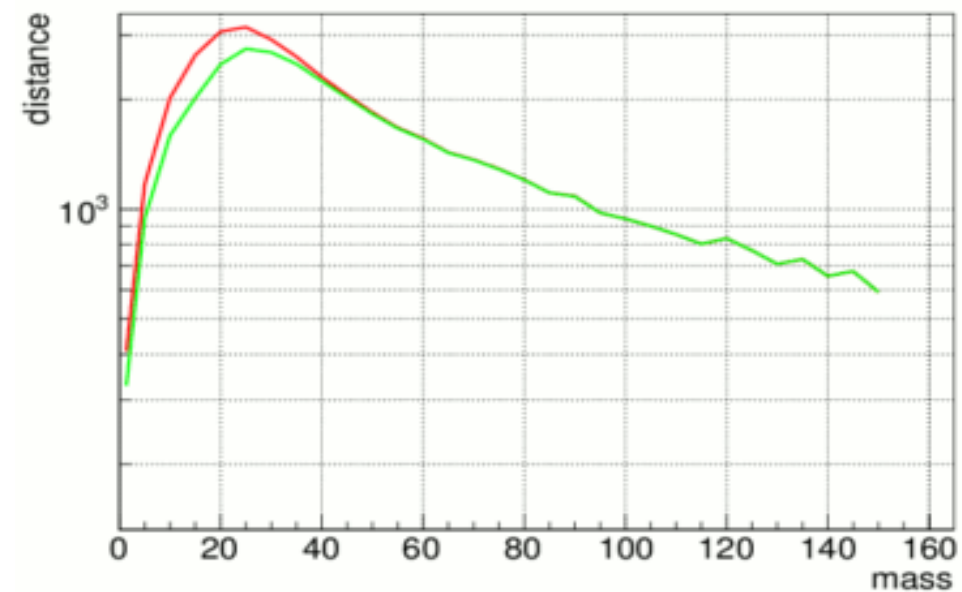


Ringdown mass-distance

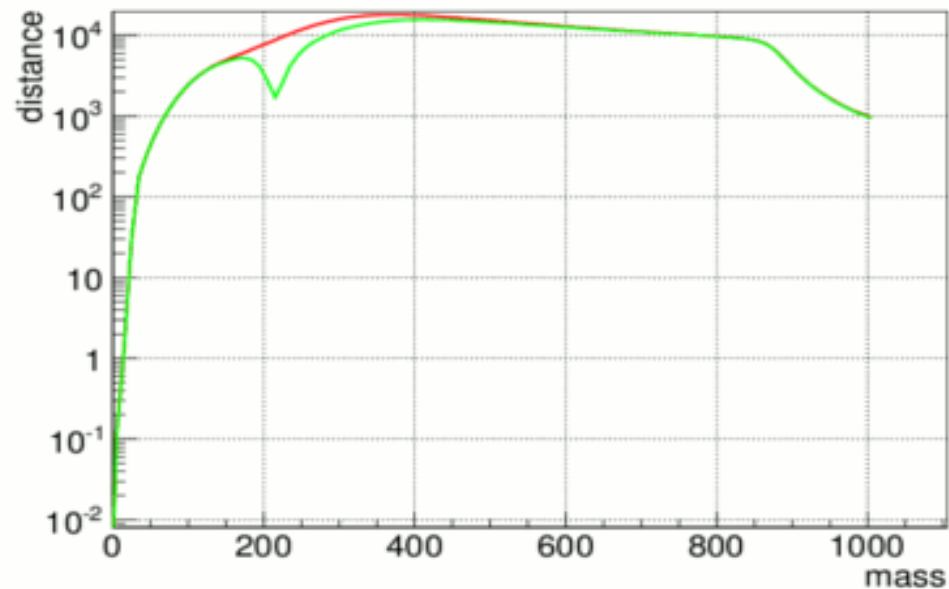


450mm

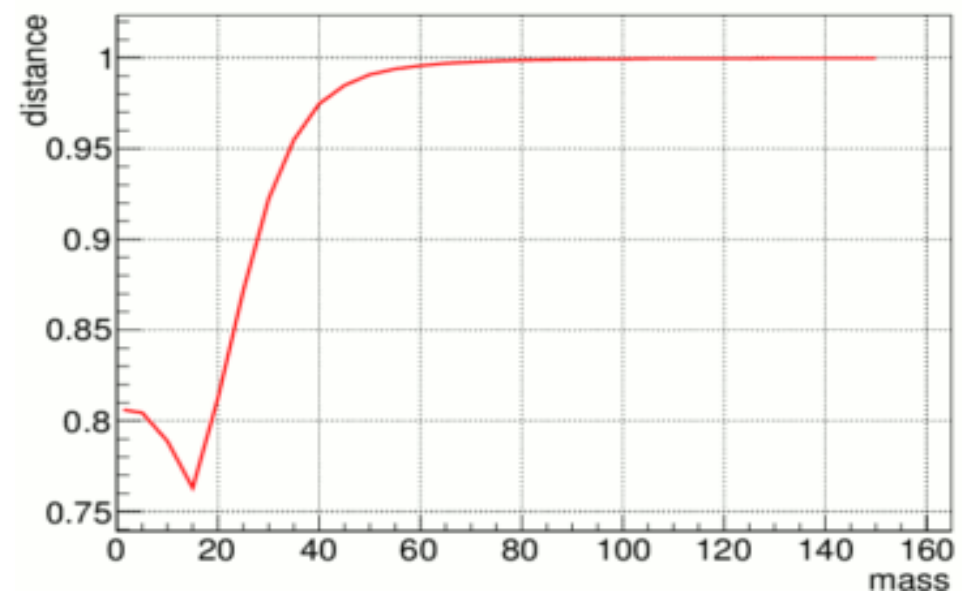
Inspiral mass-distance



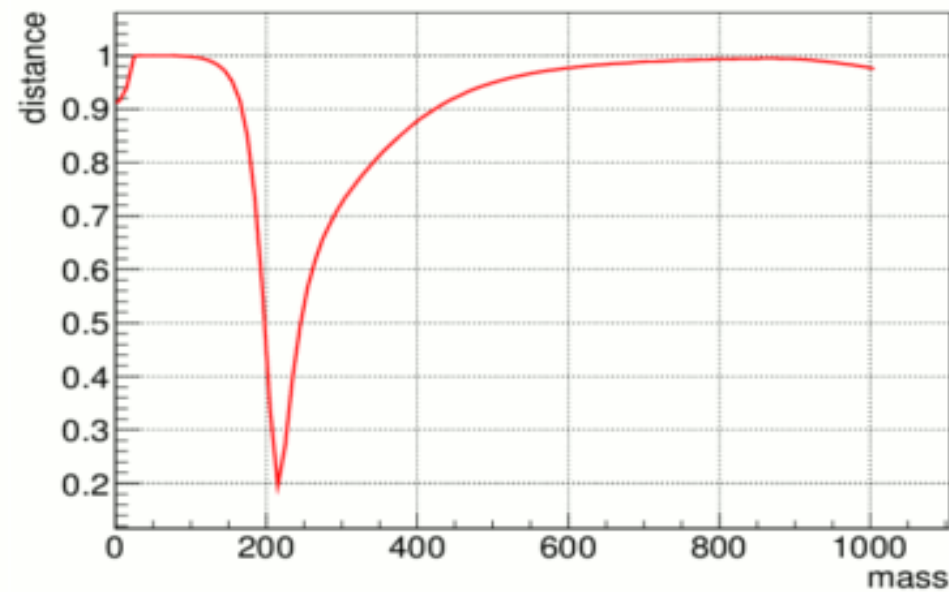
Ringdown mass-distance



Inspiral mass-distance

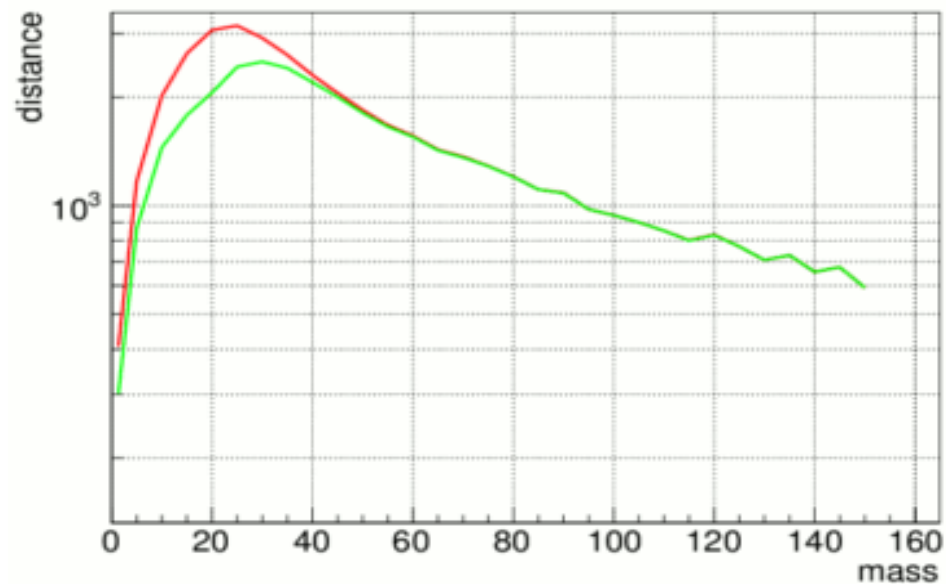


Ringdown mass-distance

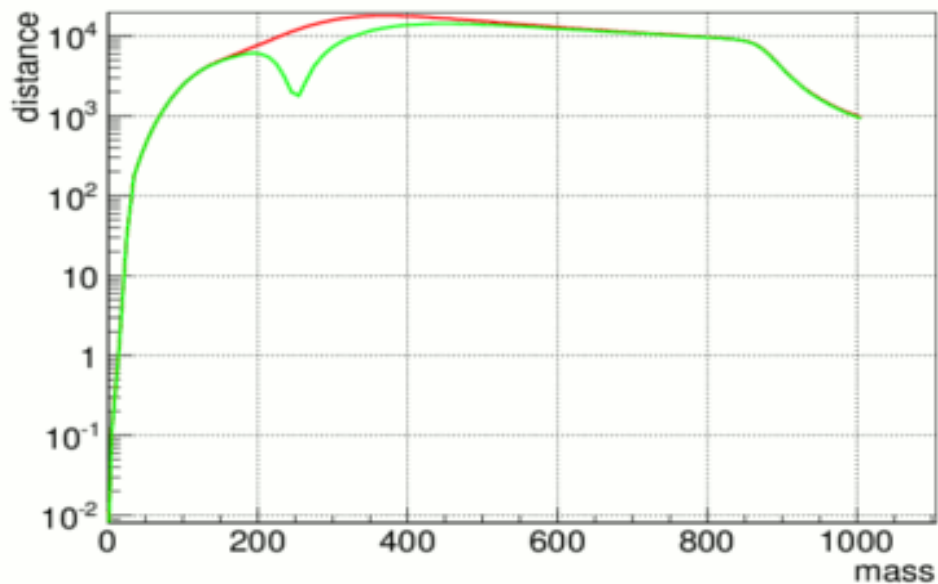


500mm

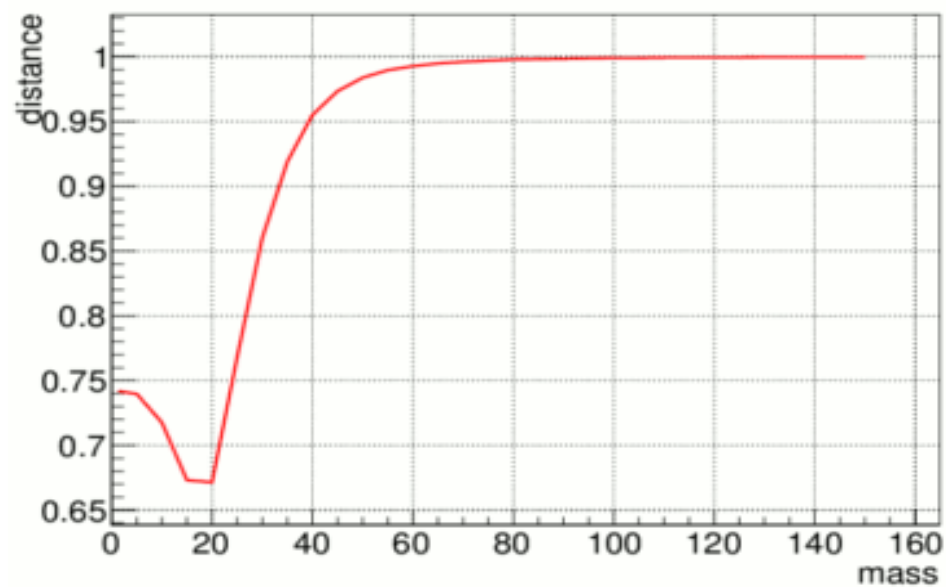
Inspiral mass-distance



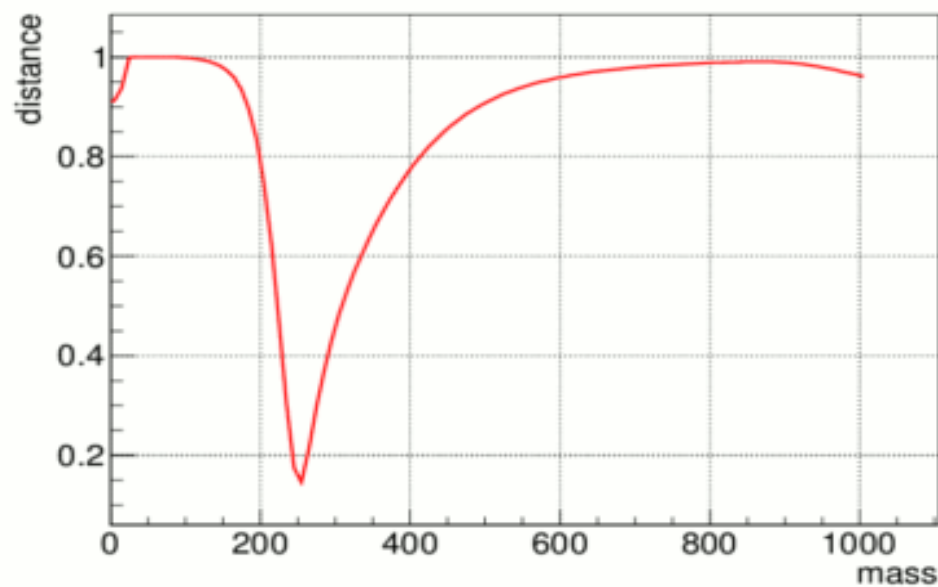
Ringdown mass-distance



Inspiral mass-distance



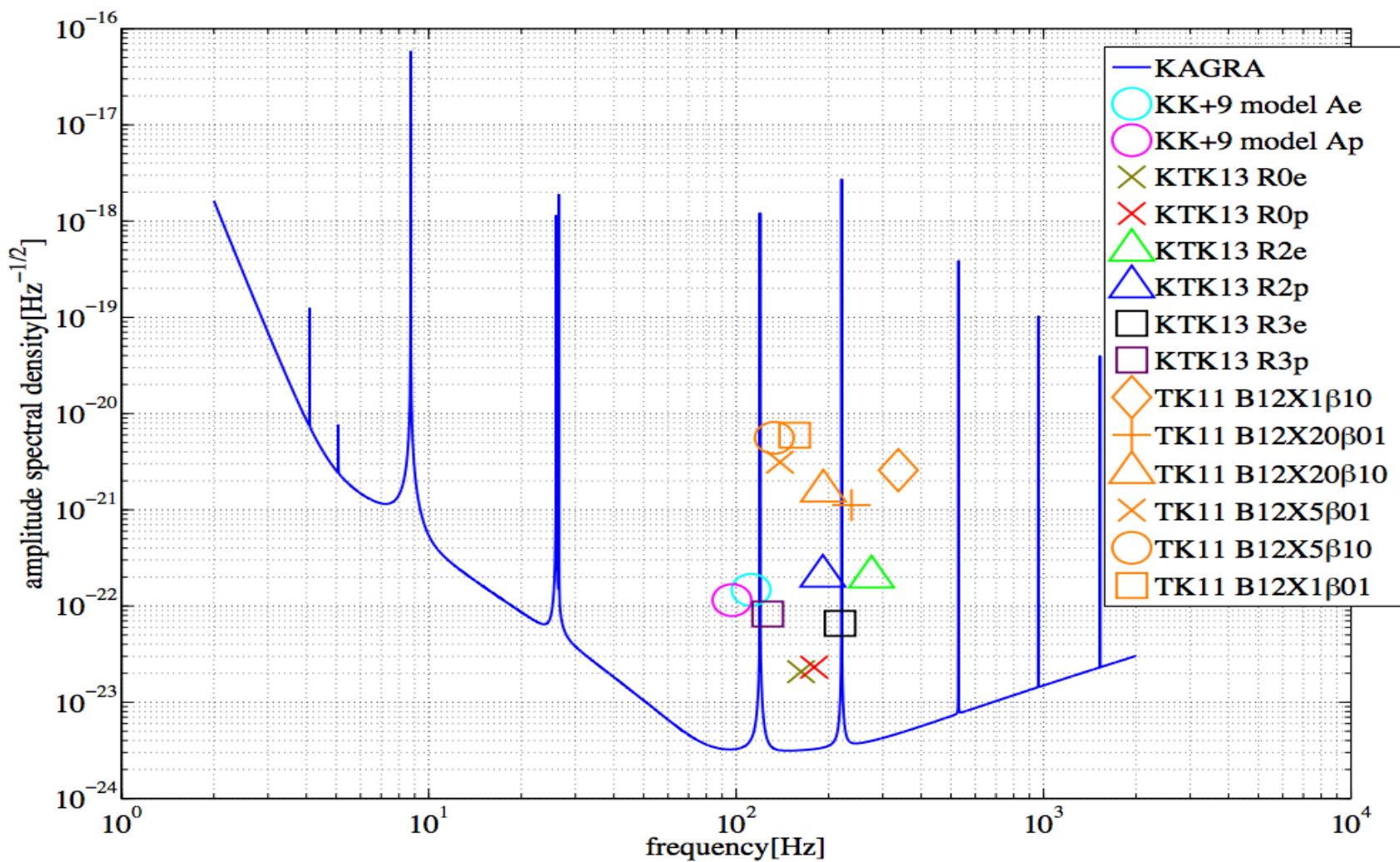
Ringdown mass-distance



バースト重力波について

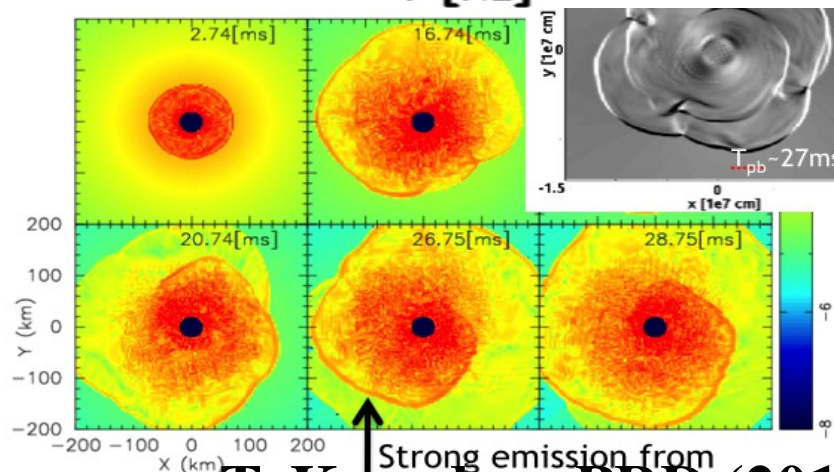
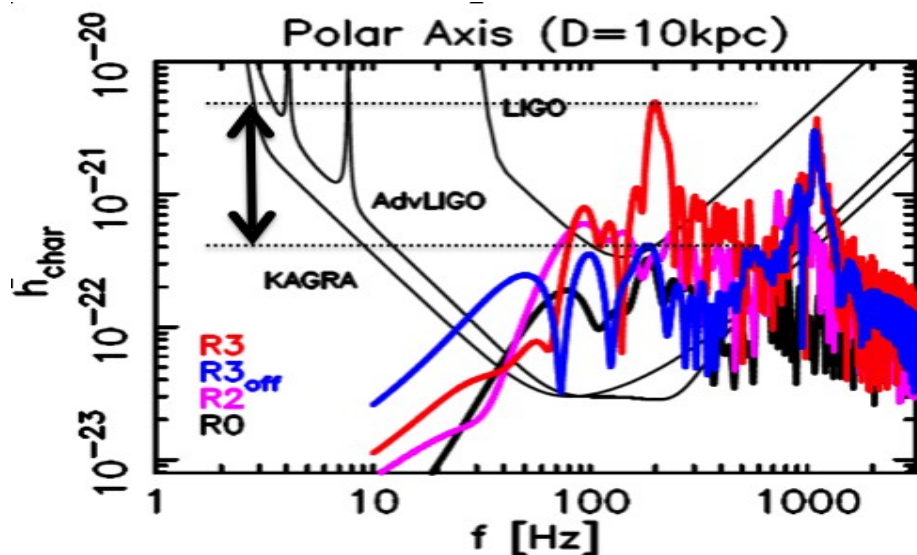
- バースト性重力波は広範囲の周波数に広がるため、結局全周波数帯で感度が良いことが望まれる。そのため、検出という視点から見ると、ある特定の周波数というよりも、裾、分裂したバイオリンモードがなるべく観測周波数に無いがよいので汚れる領域が一番小さくなる高周波の方が良いことになる。
- KAGRAの場合、特に100-200Hzの感度が良くなるため、超新星爆発からの重力波シミュレーションを見てみると、検出特徴周波数は100-200Hzになる。
-

超新星爆発からの重力波

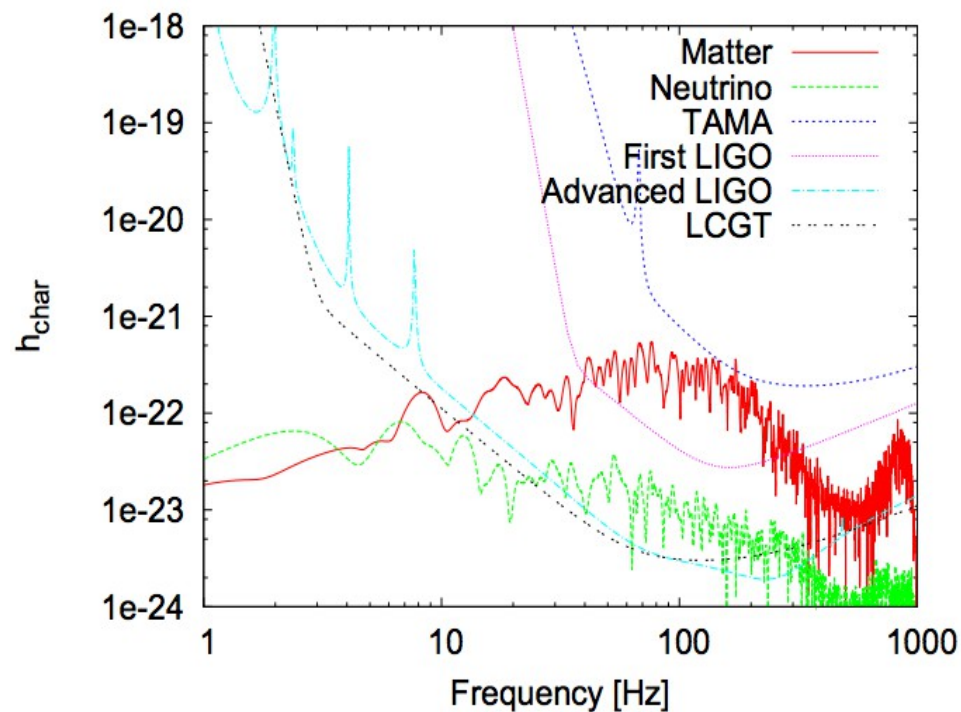


超新星爆発からの重力波

- 検出とは別に、超新星爆発のメカニズム解明という視点から見ると、特徴的な周波数がある。

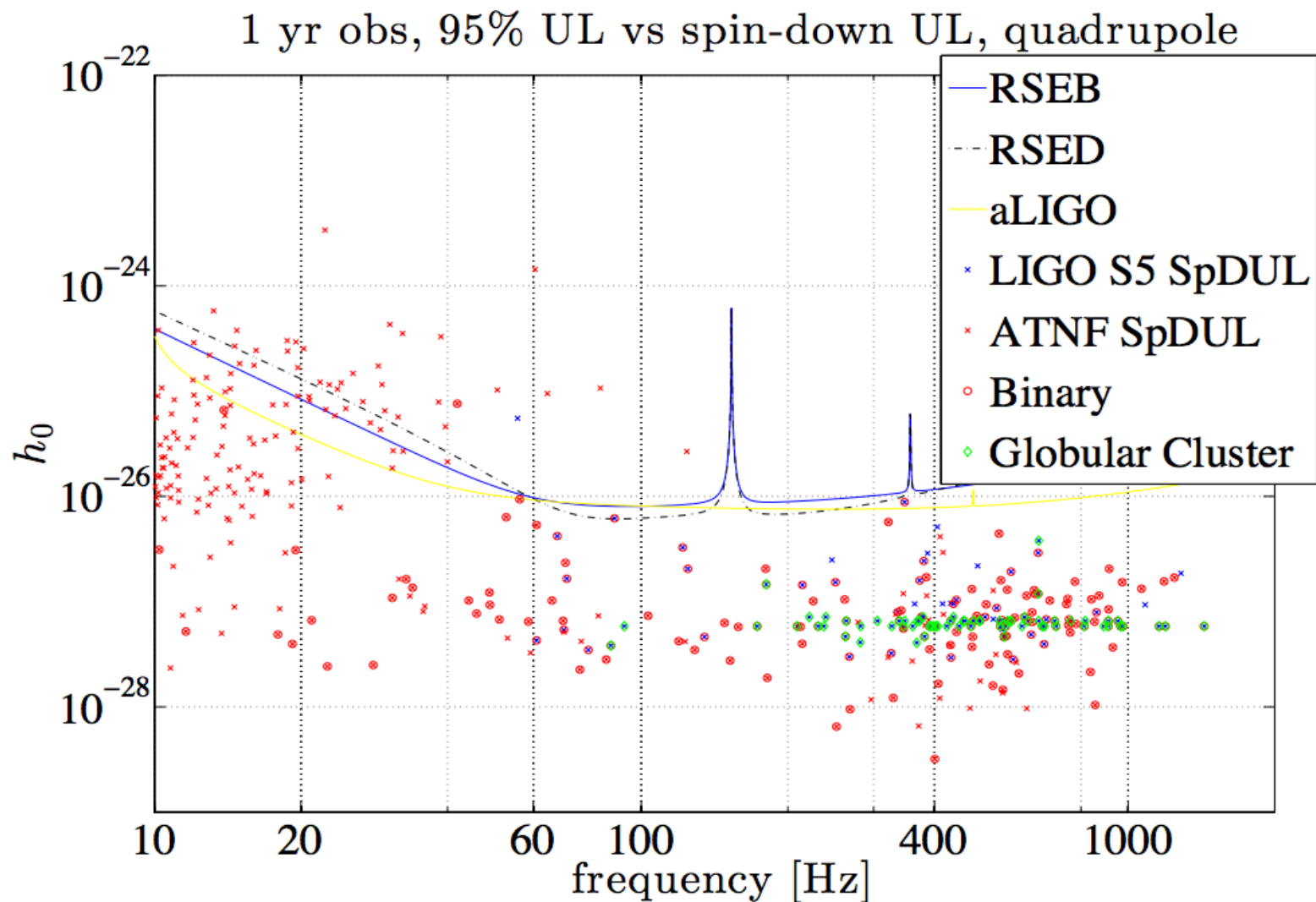


T. Kuroda et al. PRD (2014)



Kotake+ApJ (2009)

パルサーについて



パルサーで守ってほしい周波数

J0537-6910 123.94 Hz

J0900-3144 180.02

J1022+1001 121.56

J1603-7202 134.75

J1623-2631 180.57

J1641+3627A 192.72

J1745-0952 103.22

J1748-2446A 172.96

J1802-2124 158.13

J2140-2310A 181.50

J2145-0750 124.59

特にJ0537-6910の重力波周波数123.96付近は避けてほしい（伊藤）

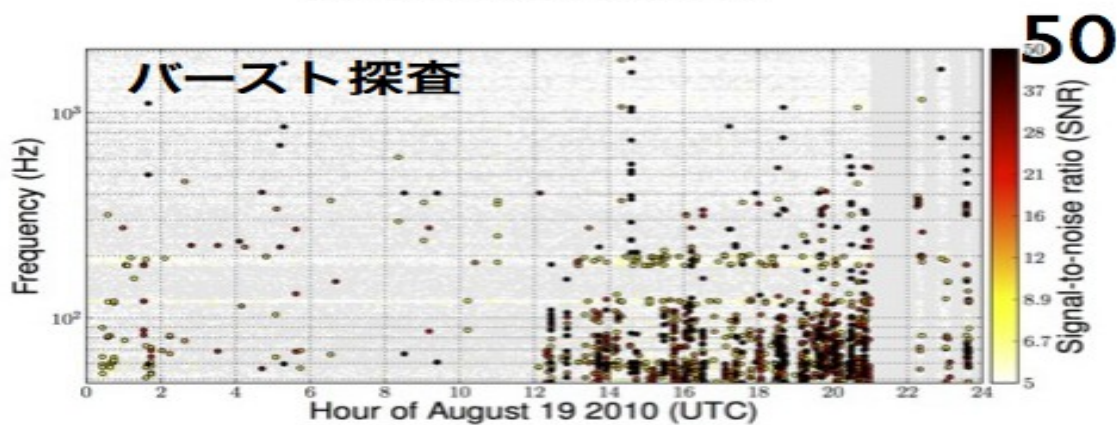
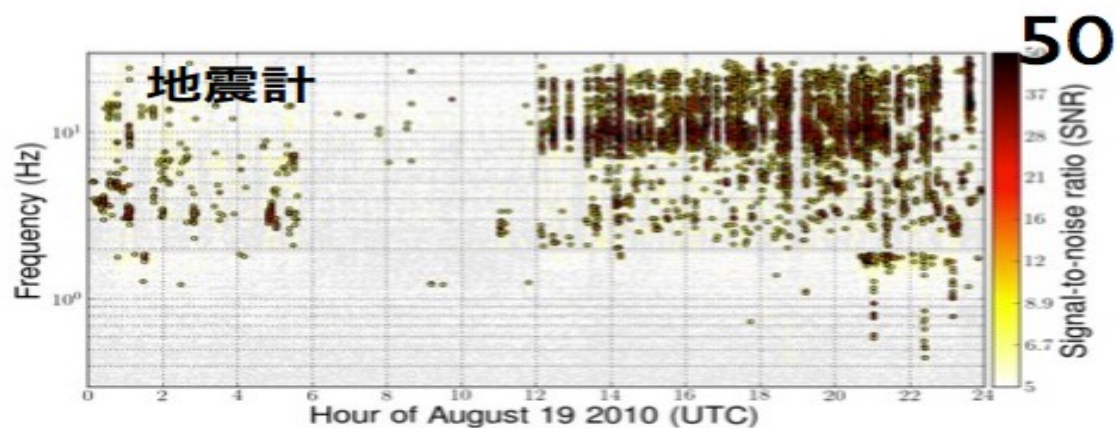
一般論としては、スイートスポットの100Hz-200Hzにバイオリンを置くのは非常によくないと思いますが、置かざるを得ないなら、パワーラインの120Hz（のちょっと下で110Hz-120Hzあたり）や180Hzと重ねてしまっても使えなくなるバンドを少なくするとかできないでしょうか???（伊藤）

非定常雑音による Violin modeの励起

- 突発的に入ってくる seismic motion のアップコンバージョンノイズなどが、バイオリンモードを励起するエネルギーになりうる。
- これは Q が高ければ高いほど、バンド幅が狭くなり、こうした雑音の影響を受けにくくなるので、 Q が高いほどありがたい。
- 一方で、 Q が高いと、励起状態が長期間続く（ Q が 10^8 で 3 日程度）ので、困ったことになりうる。
- 何らかの方法でダンピングできると解析側はうれしい

S6 LIGOでのseismic events

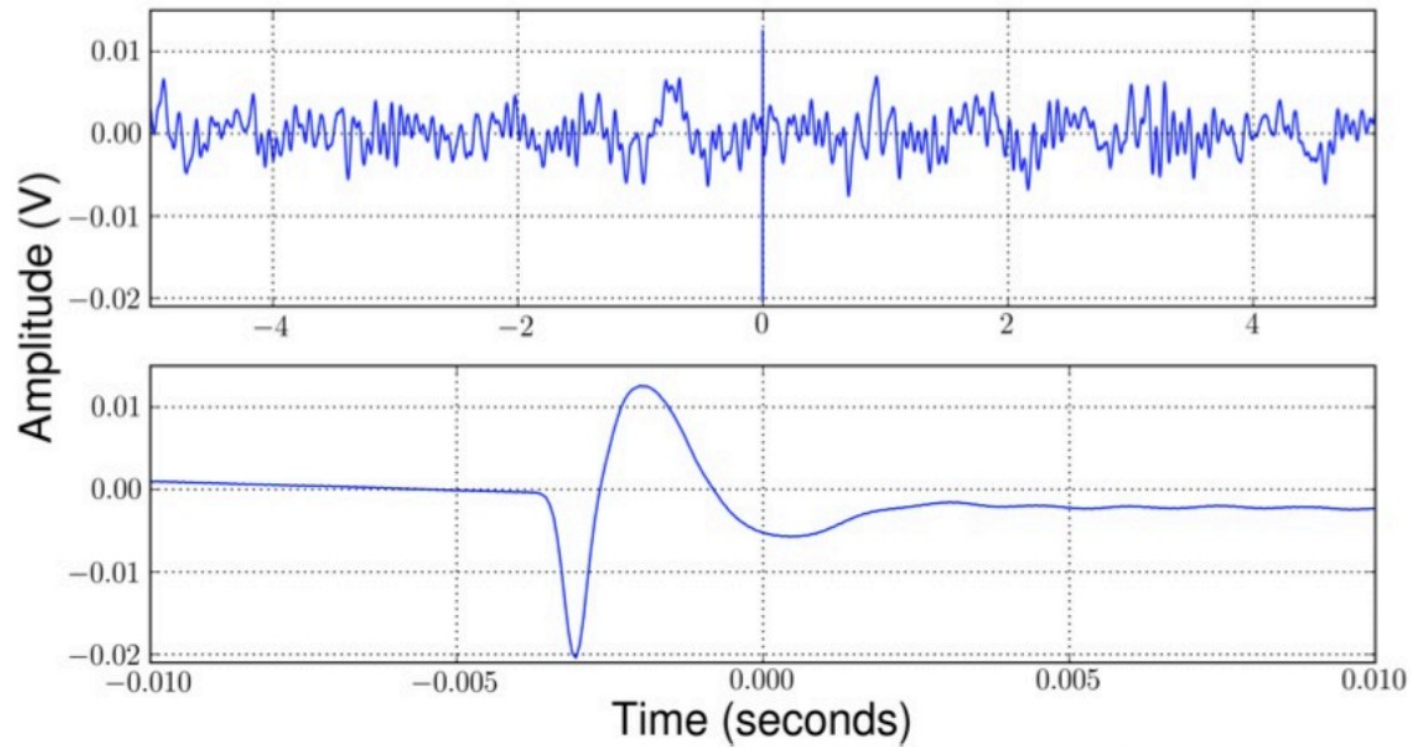
- SNR~50のイベントが1日のうちに多数出現



LIGO-P1000142

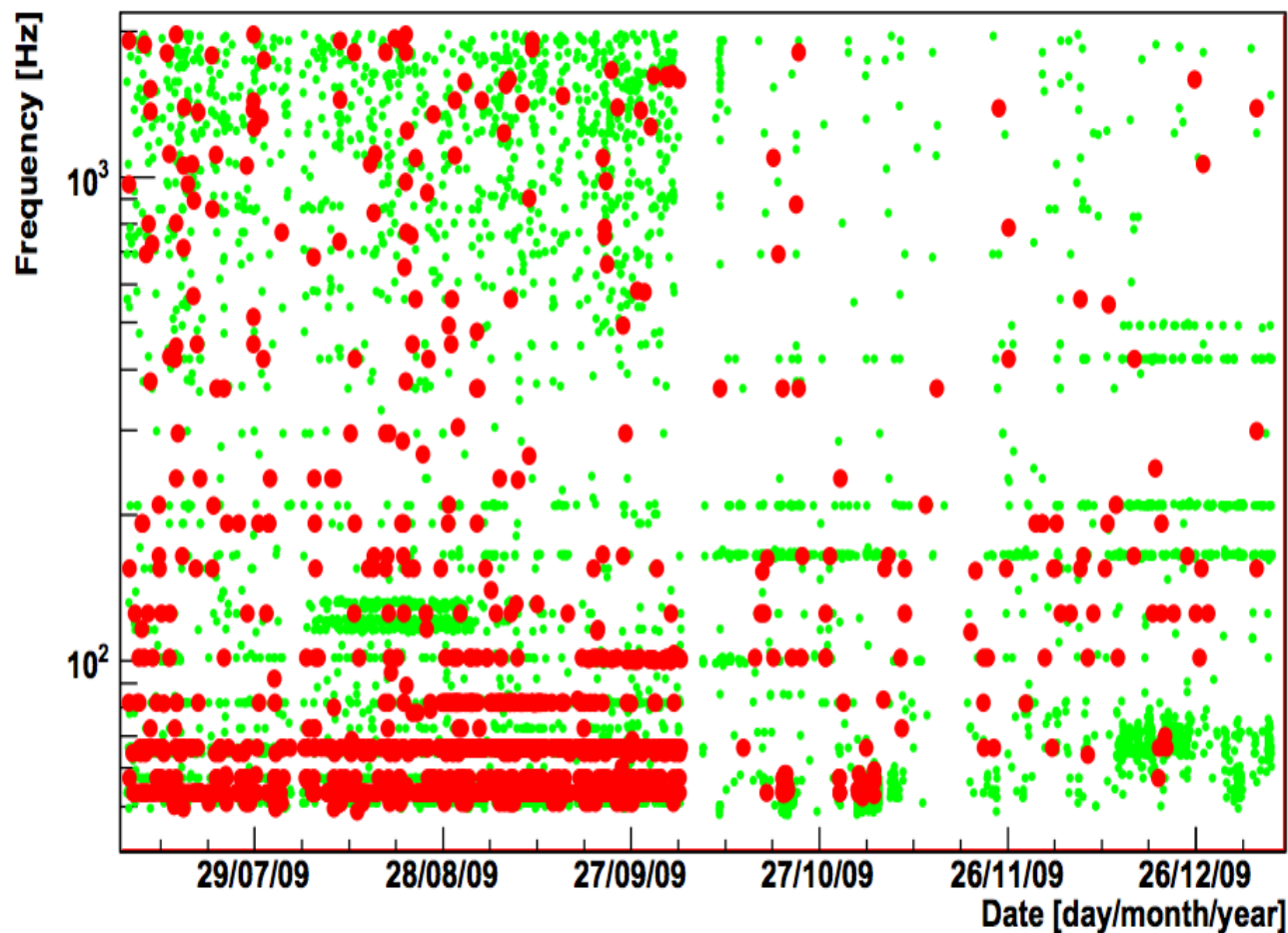
S6 unknown spike glitch

- バースト探査でSNR ~ 200-20000



LIGO-P1000142

Virgoでのグリッチイベント



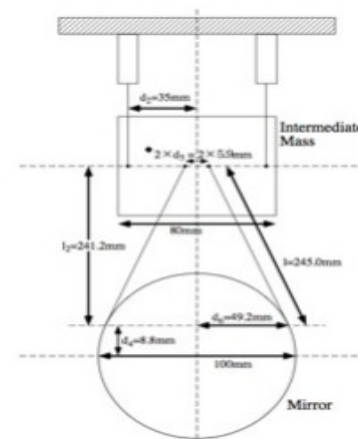
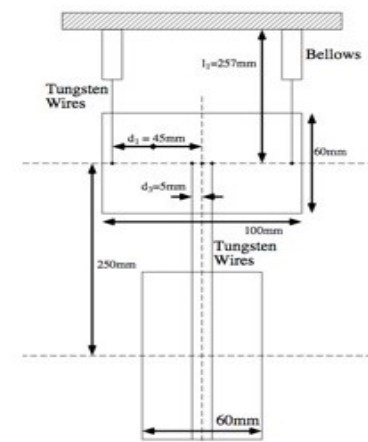
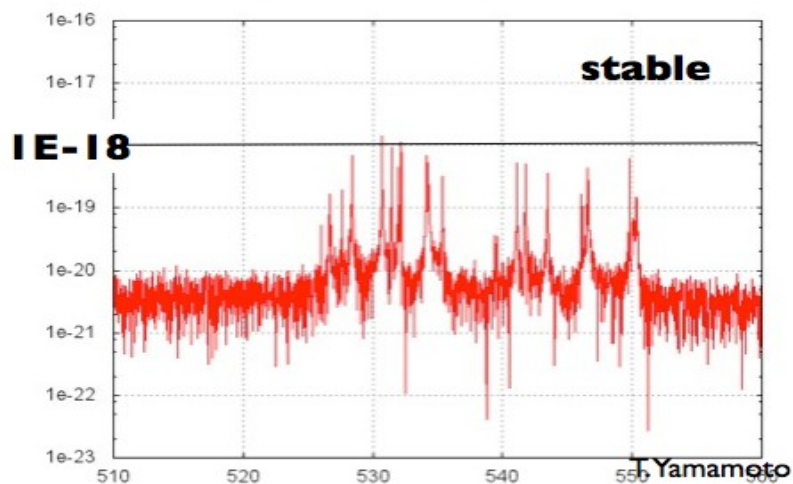
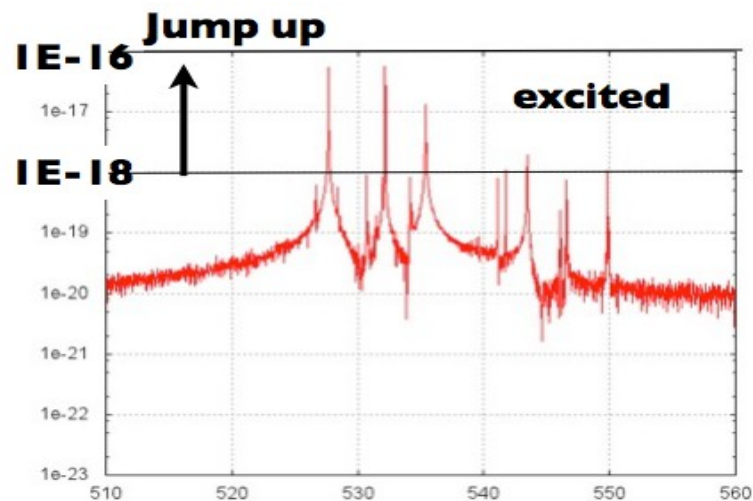
SNR>5のイベント
が毎秒1.8個

連星合体のイベントレート

TABLE V: Detection rates for compact binary coalescence sources.

IFO	Source ^a	N_{low} yr^{-1}	N_{re} yr^{-1}	N_{high} yr^{-1}	N_{max} yr^{-1}
Initial	NS-NS	2×10^{-4}	0.02	0.2	0.6
	NS-BH	7×10^{-5}	0.004	0.1	
	BH-BH	2×10^{-4}	0.007	0.5	
	IMRI into IMBH			$< 0.001^b$	0.01^c
	IMBH-IMBH			10^{-4}^d	10^{-3}^e
Advanced	NS-NS	0.4	40	400	1000
	NS-BH	0.2	10	300	
	BH-BH	0.4	20	1000	
	IMRI into IMBH			10^b	300^c
	IMBH-IMBH			0.1^d	1^e

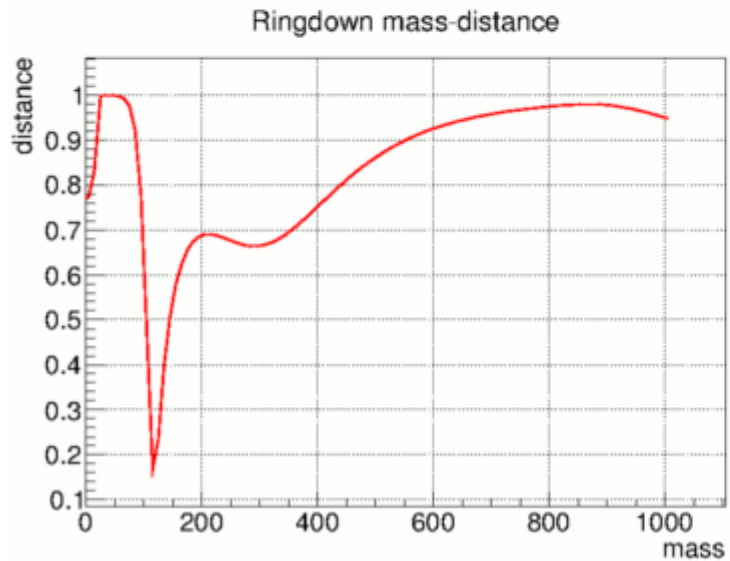
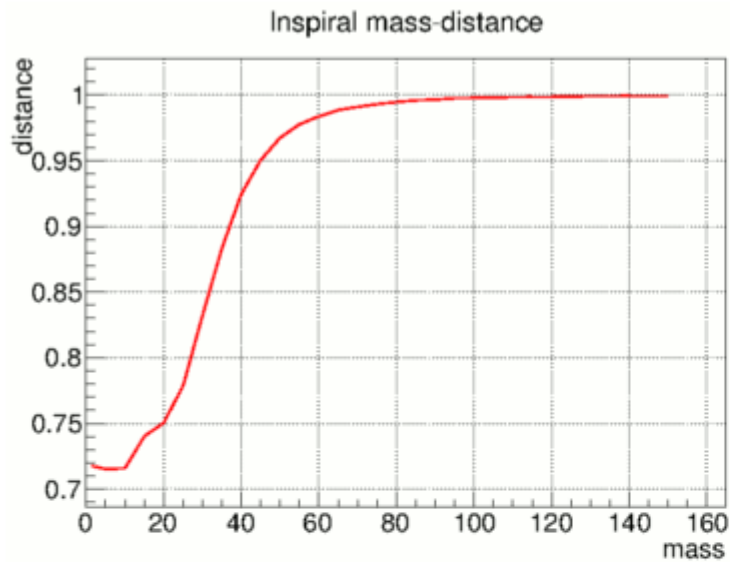
TAMAバイオリンモードの励起



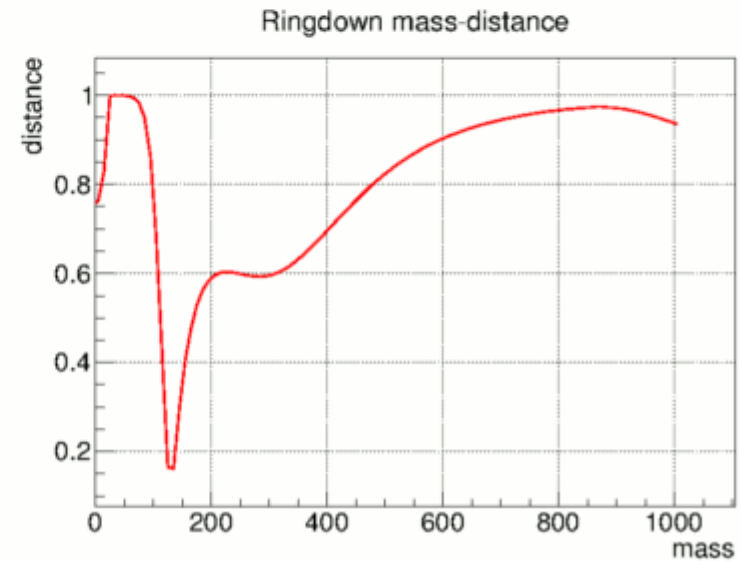
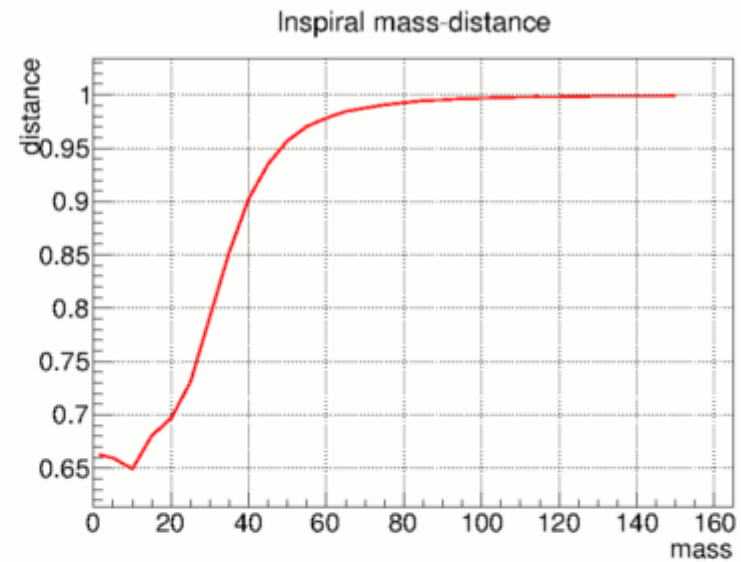
K. Yamamoto M. thesis

バイオリンモードが5倍励起された場合

300mm

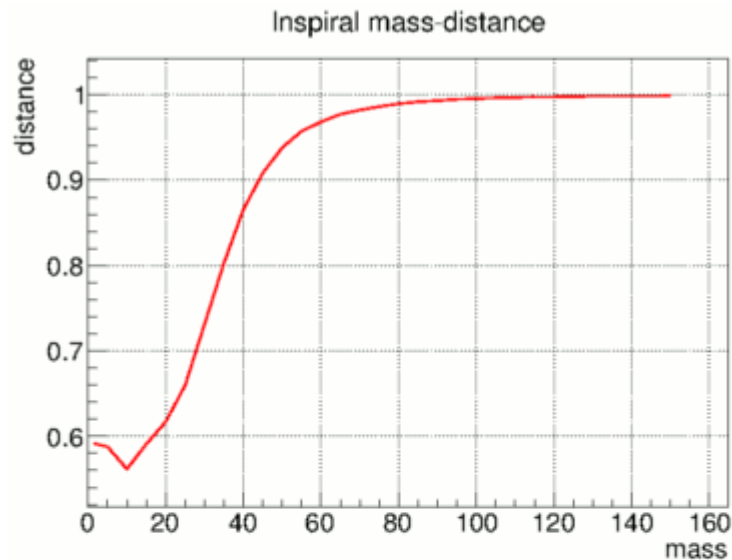


320mm

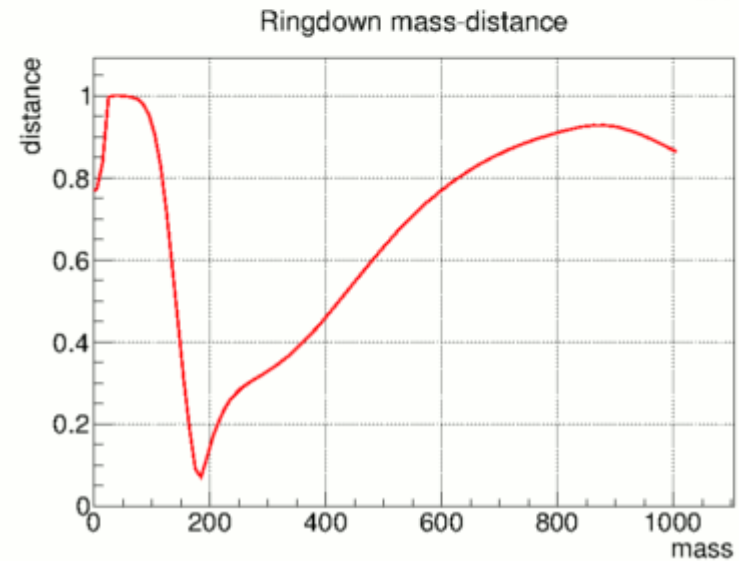
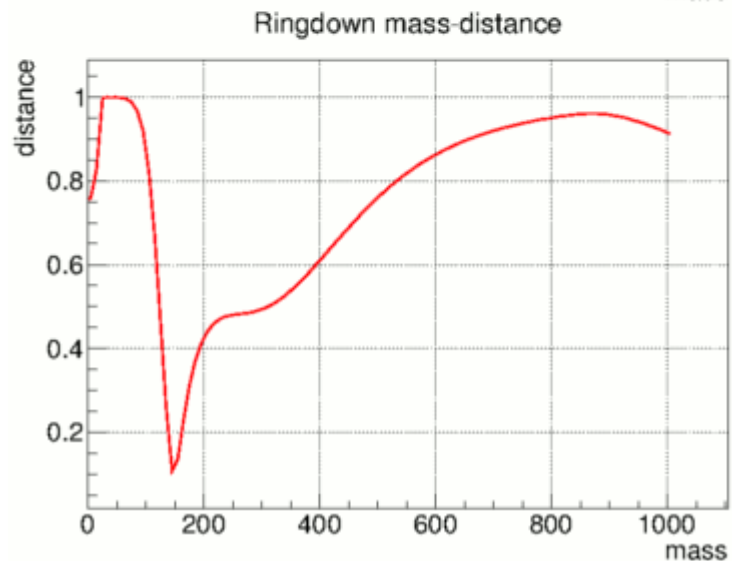
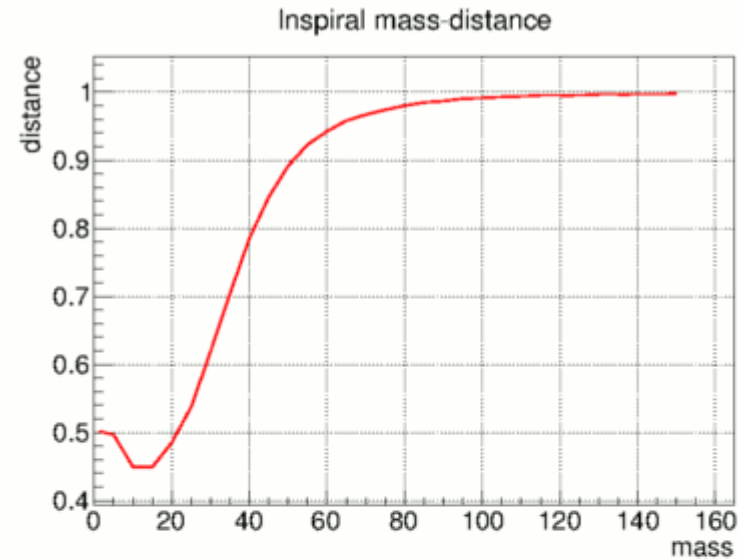


バイオリンモードが5倍励起された場合

350mm

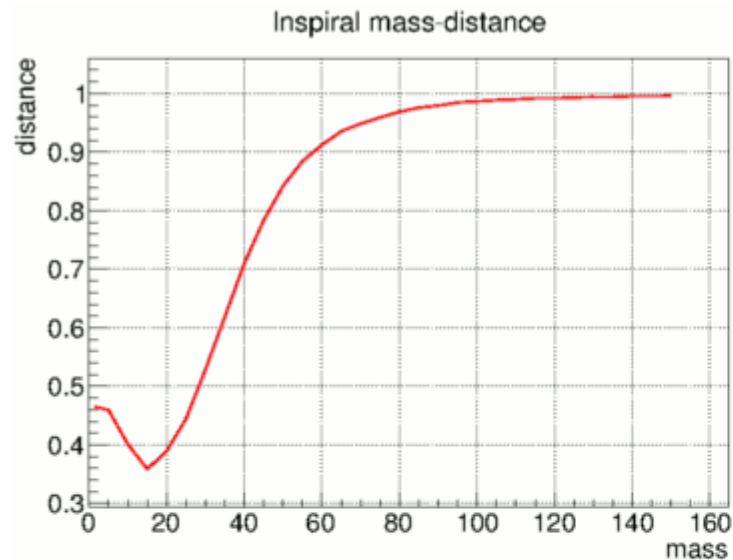


400mm

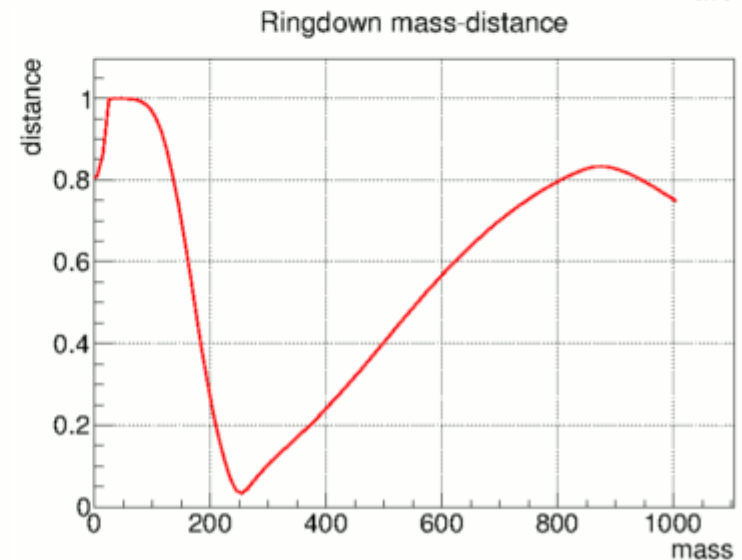
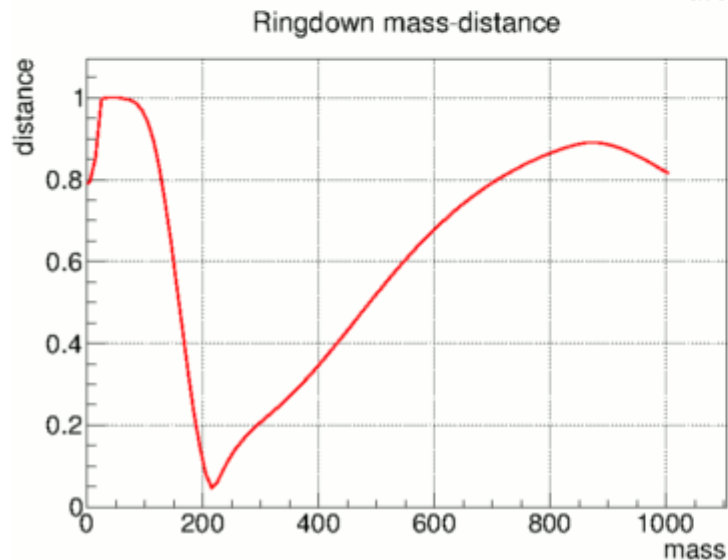
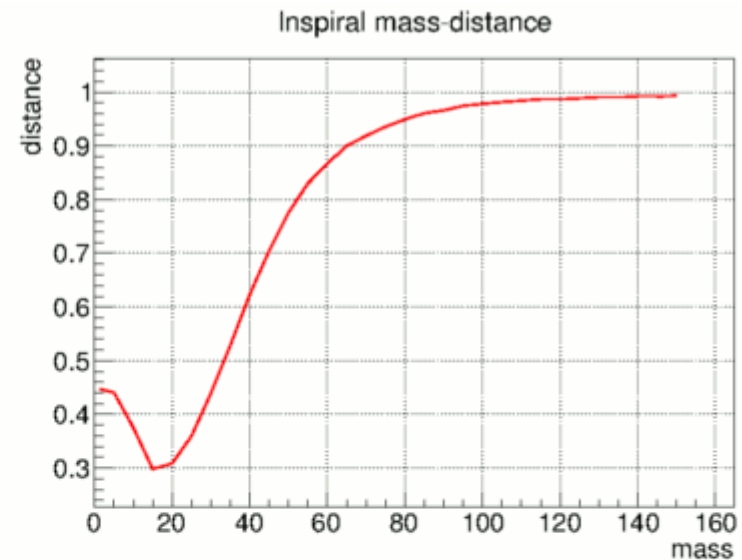


バイオリンモードが5倍励起された場合

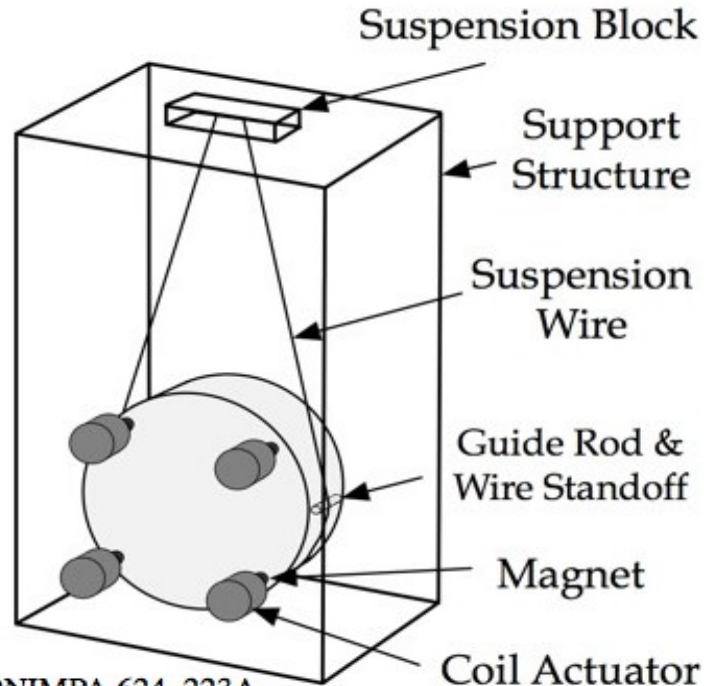
450mm



500mm



Violin modes in initial LIGO data

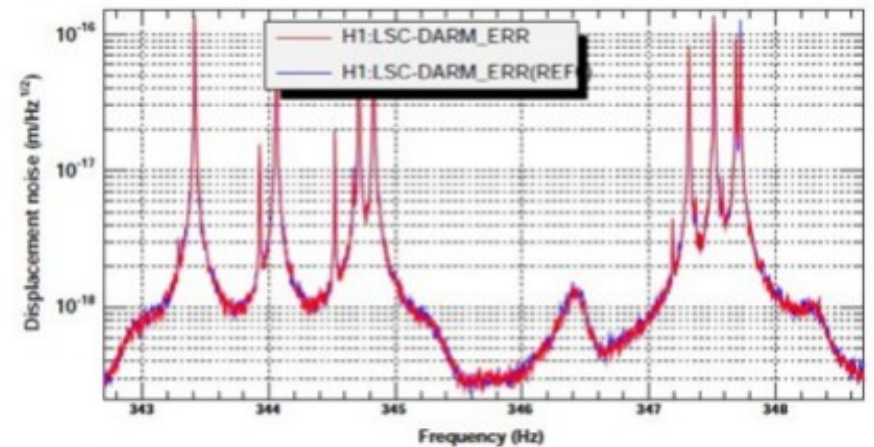


2010NIMPA.624..223A



Barish 1999

Violin-Mode Fundamental Band (V1 DTT cal)

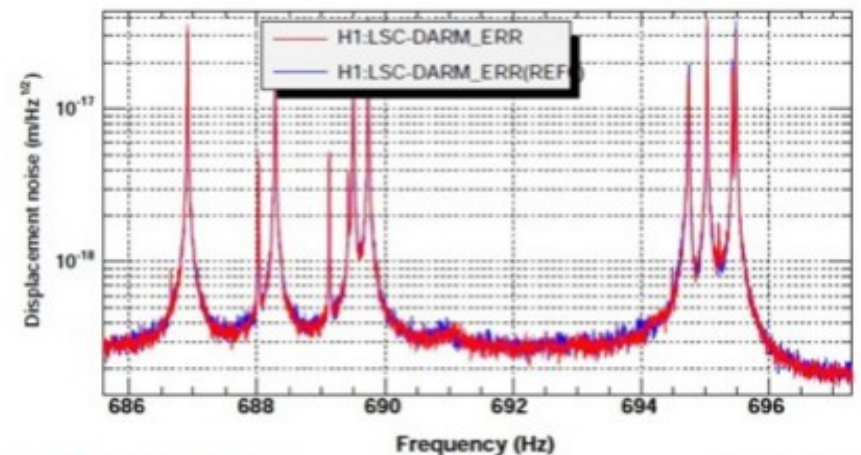


*T0=04/09/2006 19:43:56

Avg=40

BW=0.00585489

Violin-Mode 2nd-Harmonic Band (V1 DTT cal)



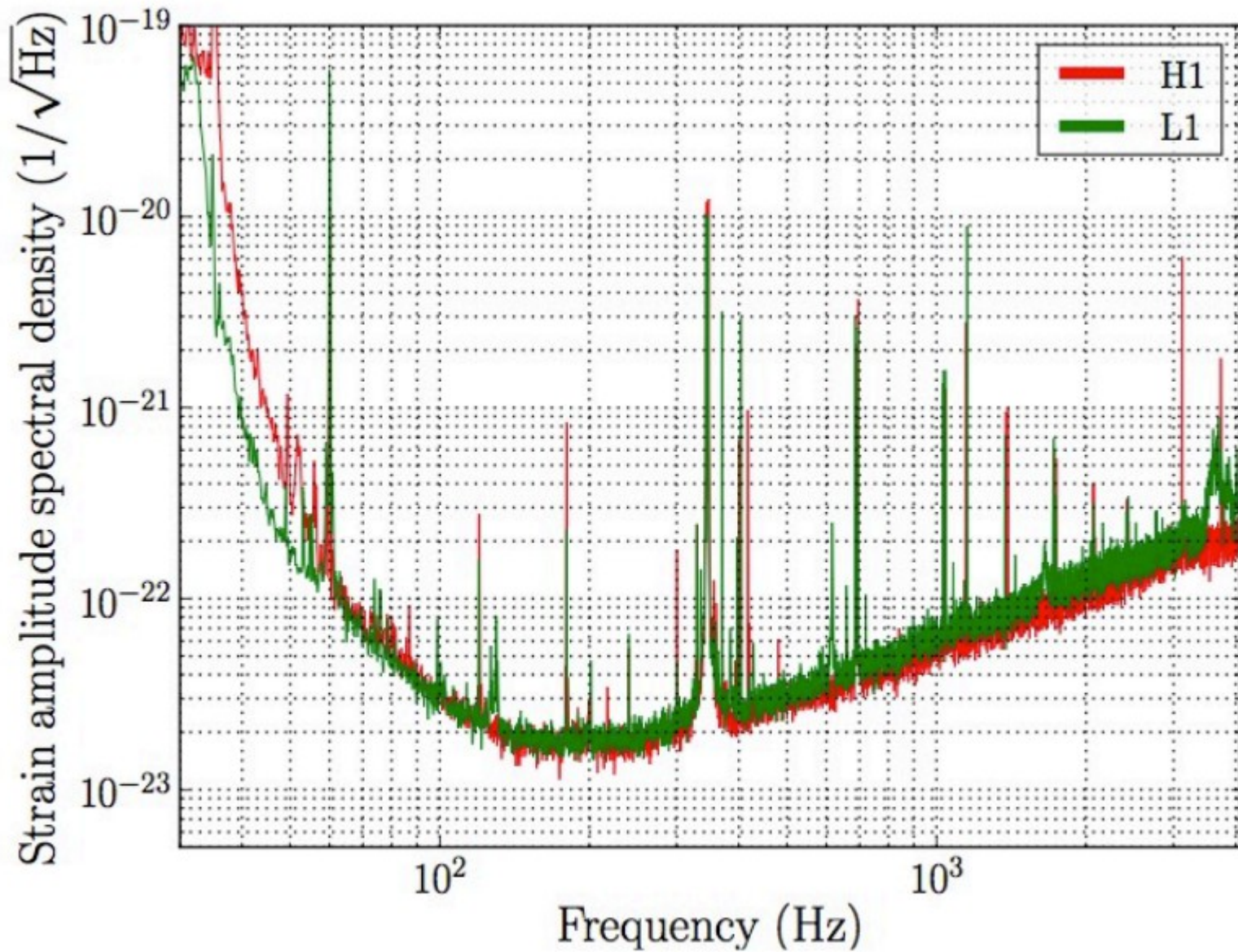
*T0=04/09/2006 19:43:56

Avg=40

BW=0.00585489

V. Boschi D. thesis

LIGO S6 スペクトル



LIGO-P1000142

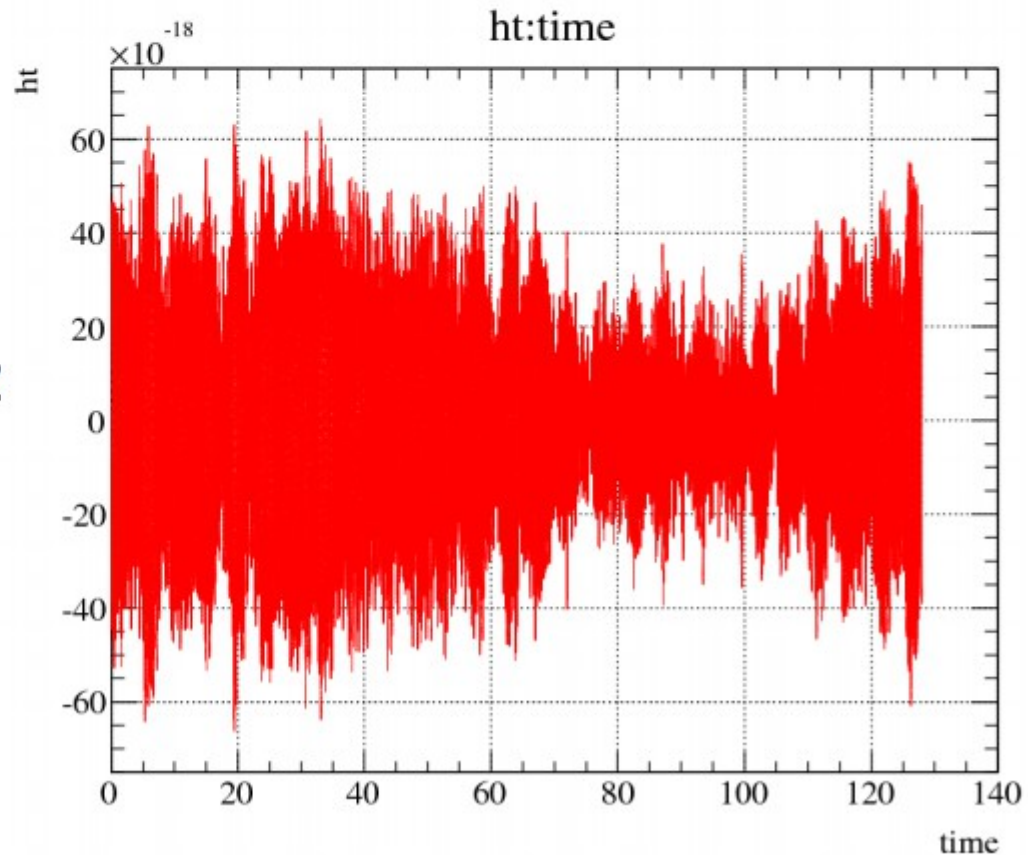
S6 data (example)

上野 (大阪大)

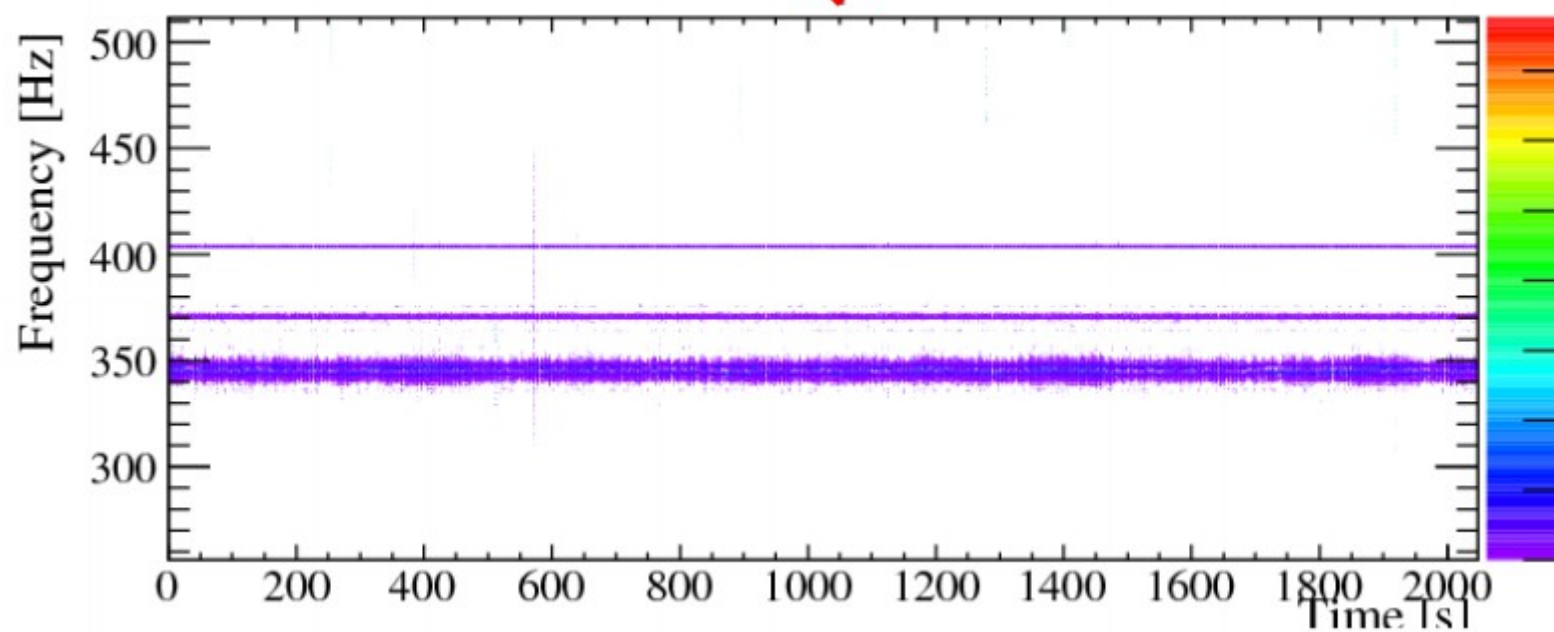
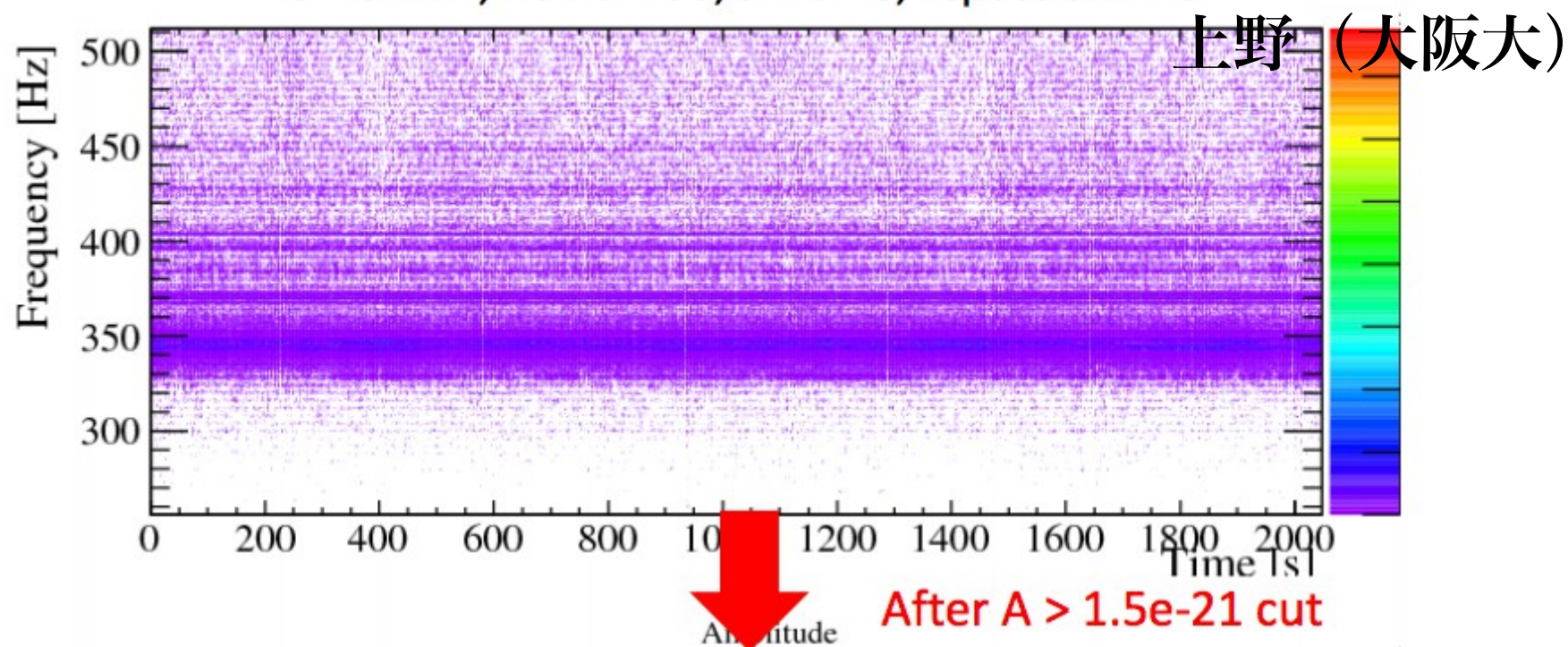
- I analyzed LIGO S6 data

L-L1_LDAS_C02_L2-959200000-128.gwf

- $T = 128$ s
- $f_s = 16384$ Hz

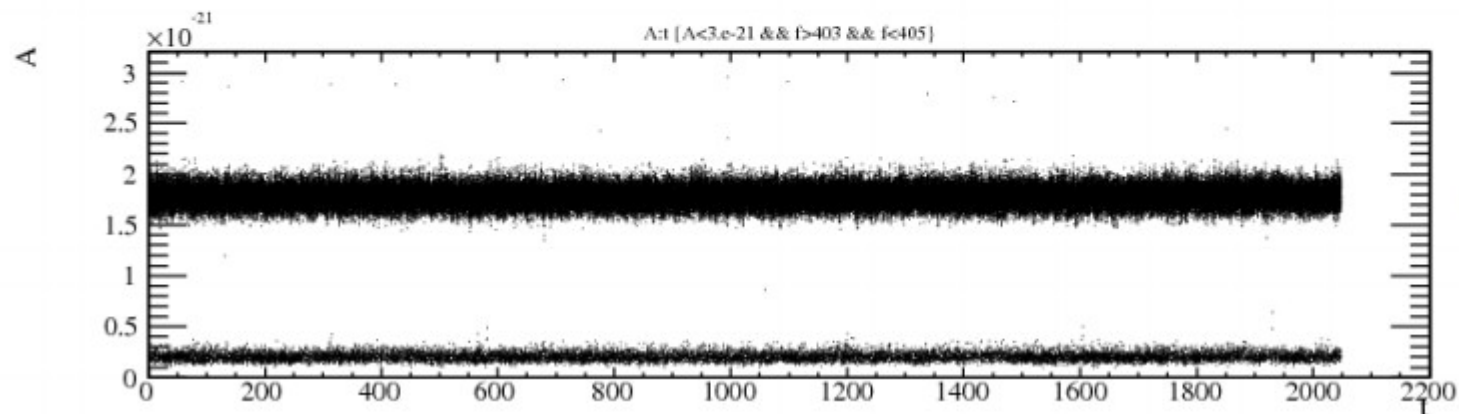
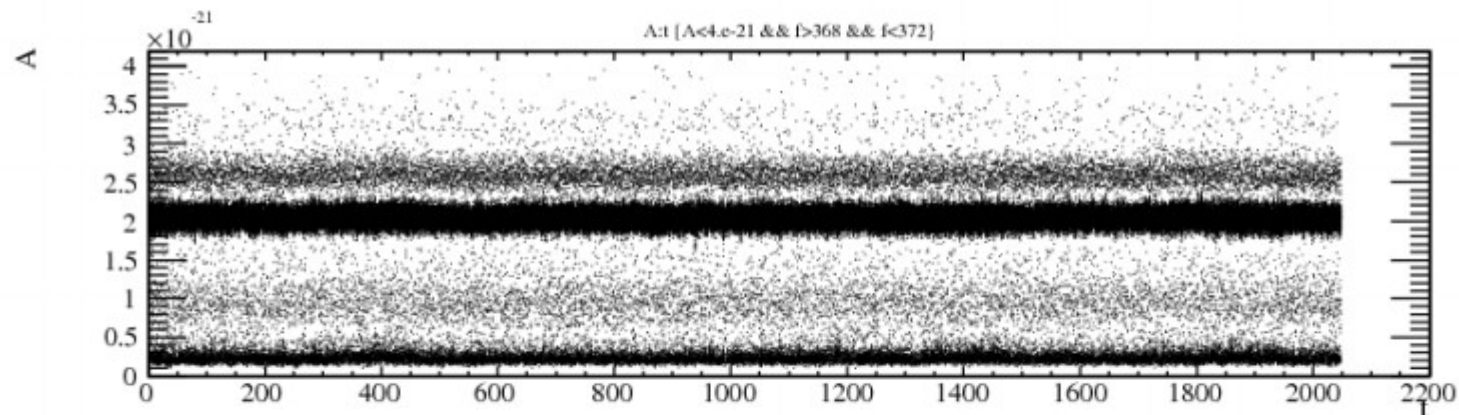
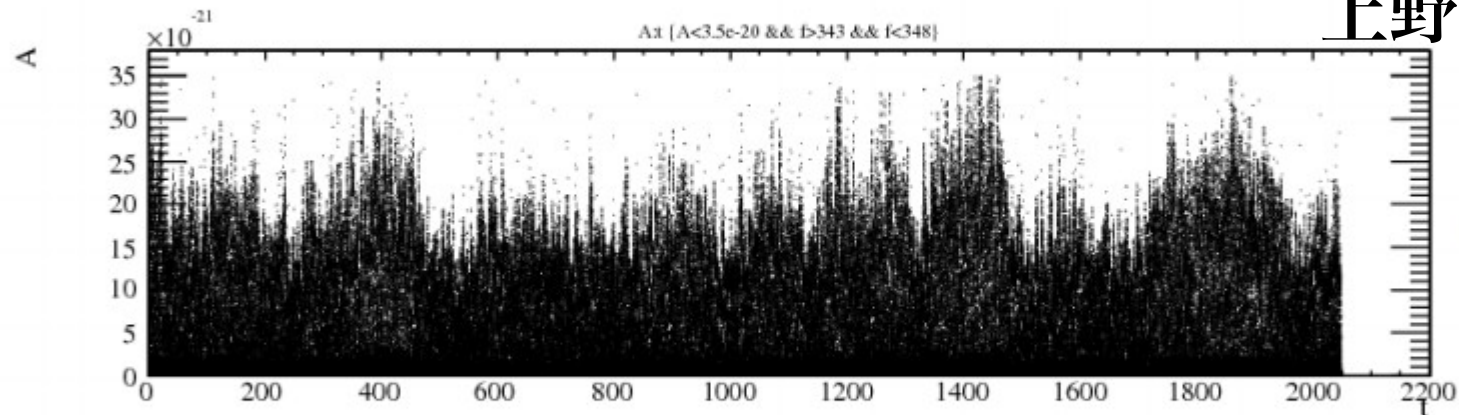


fs=1024Hz; frame=256; shift=16; #spectrum=20



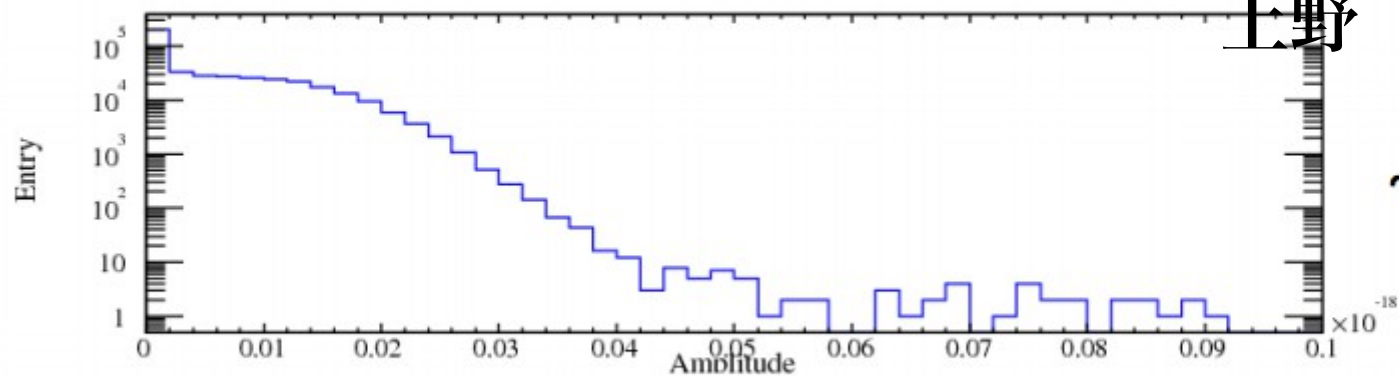
Time variation of amplitudes

上野 (大阪大)

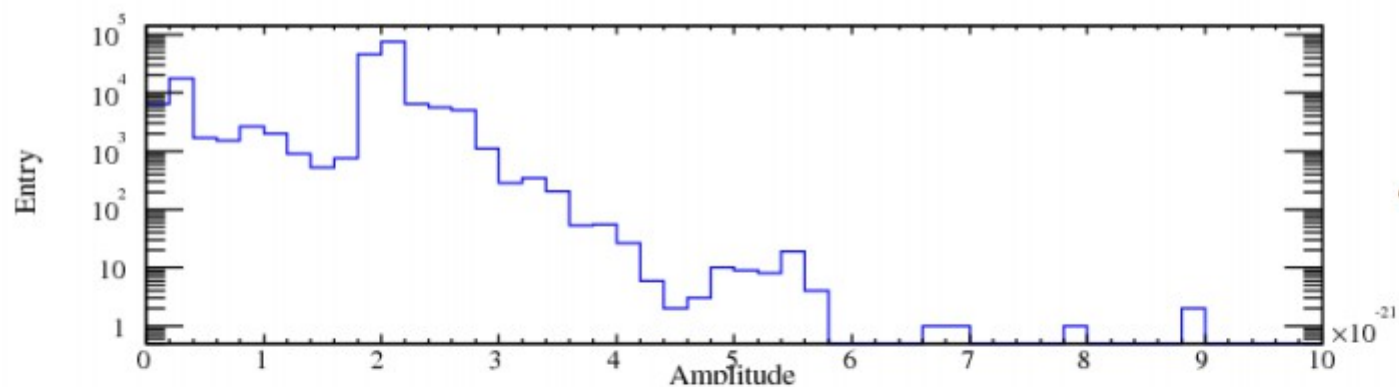


Amplitude distribution (logy)

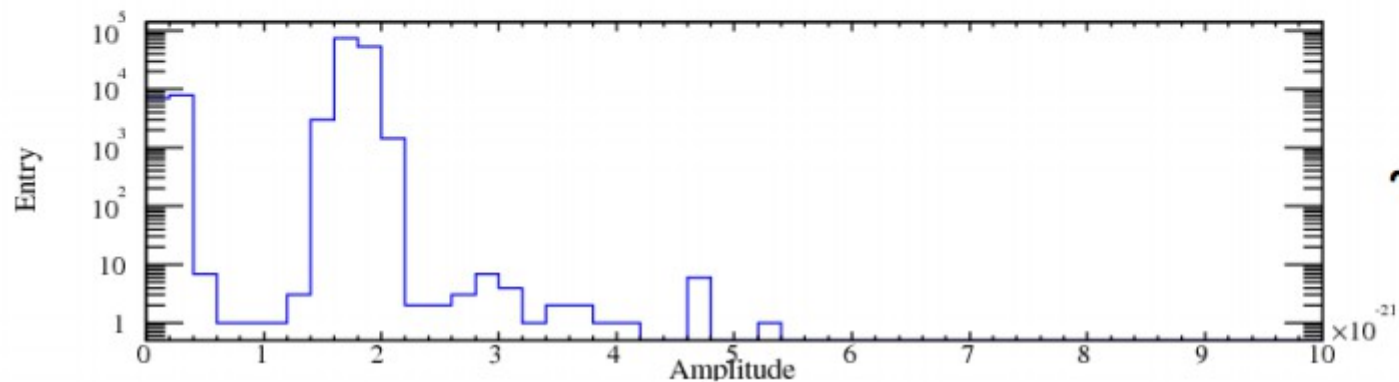
上野 (大阪大)



~ 345 Hz



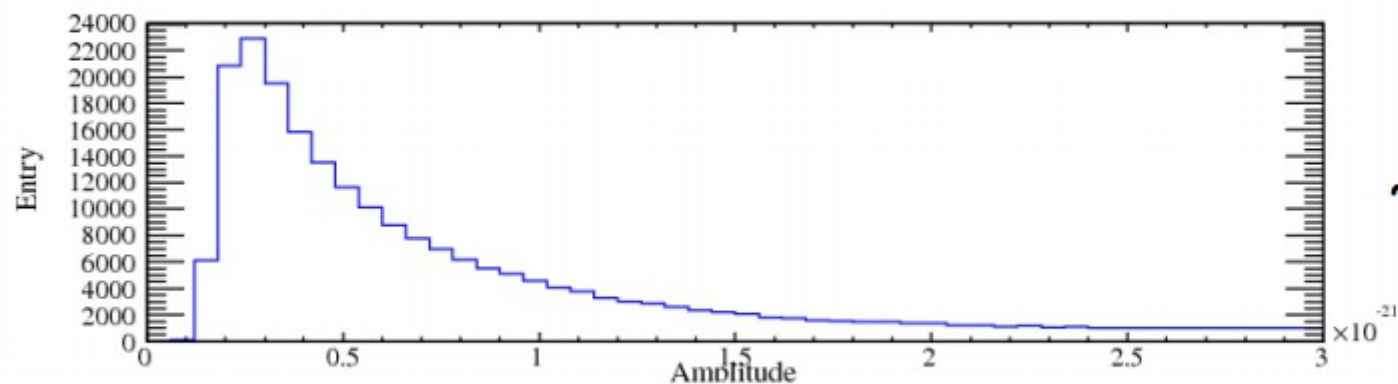
~370 Hz



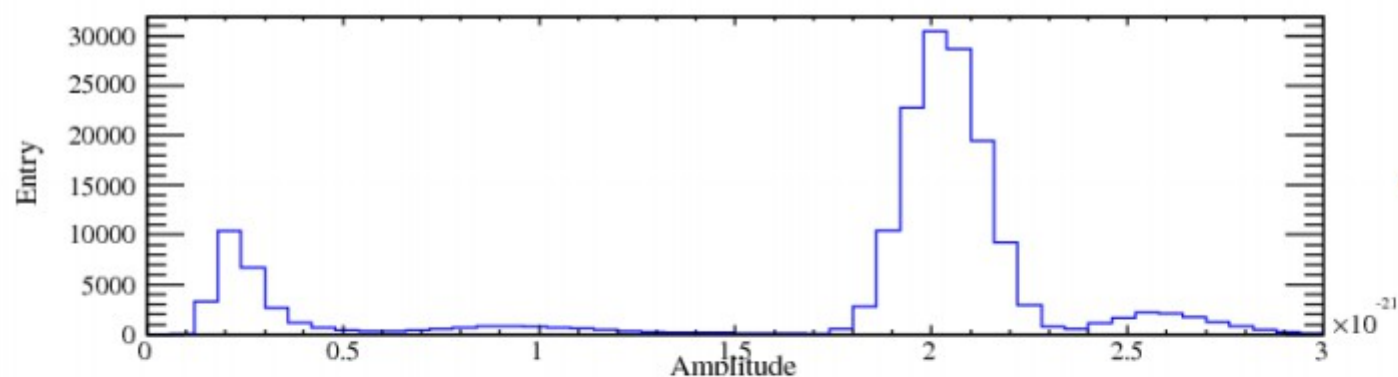
~403 Hz

Amplitude distribution

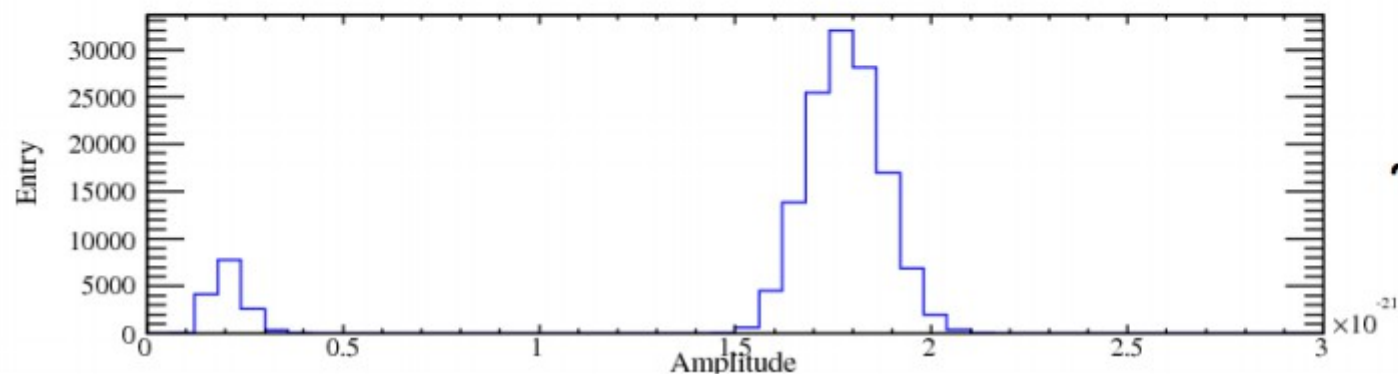
上野（大阪大）



~ 345 Hz



~370 Hz



~403 Hz