

突の カ波観測とそ

福岡大学

転用 き す て



















GRAVITATIONAL-WAVE TRANSIENT CATALOG-1









諸国大學

O3(April2019~)では数deg^2で決まる。





世界中の望遠鏡が重力波源を観測



諸国大學



LIGO-VIRGO Joint Run Planning Committee

ശ











at 30W input power (143kW arm power)

Detector Performance So Far: HI

- up to 90 Mpc BNS range
- Just observed 0.9dB squeezing last week

The 5th Kagra International Workshop - Perugia, February 14-15, 2019

LIGO-G1900215













up to 50W input
power (275 kW
arm power)
(might run at 40W,
225kW)

Detector Performance So Far: LI

- 3dB shot noise squeezing
- 135 MPc BNS range





Virgo status







たのこの、またのまた。 「新田大学





KAGRA Status

Not Using ITMY dummy case

ITMX arrives Toyama Univ. 5/7

ITMY arrives Toyama Univ. 8/27

High Power Laser, IMC, IMM

Output Mode Cleaner, OMMT, OFI

2012/01/21



たのへの、まれのまた。



諸国大學





of LIGO-Virgo MoU)

https://www.gw-openscience.org/

Near future

$\sim 10^{3}$ binary coalescences per year (circa 2024) Medium-term Future: A+





Modest upgrades to aLIGO and AdVirgo Frequency-dependent squeezing and lower optical coating thermal noise Reach: ~ 3x O2 ~500-1000 BBH/year ~10 NS-BH/year 1% H_0? ~200-300 BNS/year

QNM SNR ~35 for an event like GW150914



The 5th Kagra International Workshop - Perugia, February 14-15, 2019

LIGO-G1900215

たりへき、またので、















Redshift

諸国大學

KAGRA+

- KAGRA+が検討さた招めている。 日本でもKAGRAの次のプロジェクト
- 今後数年間は感度曲線の決定
- 0 感度を低周波(~10Hz)に最適化するか、高周 波(数100~数kHz)に最適化するか。
- 0 どんな周波数帯にどんな重力波源があるか。
- どれだけ感度が必要か。





No	rking group cha	airs
	Chair	Vice-chairs
CBC	Hideyuki Tagoshi	Hyung Won Lee Kipp Cannon Tjonnie Li
Burst	Kazuhiro Hayama	
Continous Waves	Yousuke Itoh	
Stochastic Background	Guo-Chin Liu	Sachiko Kuroyanagi
Computing and Software	Ken-ichi Oohara	Kazuki Sakai
Detector Characterization	TBD	
Calibration	Yuki Inoue	

諸国大學

Search for GWs from CCSNe

- Prediction of gravitational wave + neutrino from
- CCSNe
- Detection of GWs from CCSNe
- Physical interpretation of detected GW signals
- Test of alternative theory of gravity
- Multimessenger observation



波形検出方法(coherent network analysis)

$$\begin{bmatrix} x_{1}(t) \\ \vdots \\ x_{d}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{1+}(\theta,\phi) & F_{1\times}(\theta,\phi) \\ \vdots & \vdots \\ F_{1d}(\theta,\phi) & F_{d\times}(\theta,\phi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{1}(t) \\ f_{1}(t) \\ f_{2}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{1}(t) \\ \vdots \\ n_{d}(t) \end{bmatrix}$$

$$\xi_i(t) = F_{i+}(\theta, \phi)h_+(t) + F_{i\times}(\theta, \phi)h_{\times}(t)$$
$$h = (A^T A)^{-1} A^T x$$

- 。 最尤推定によって逆問題を解く。
- 0 全天において下で定義されるLikelihood statisticを計算する。
- 0 Lがバックグラウンドから見積もった閾値を越えたものを重力波候補 とする。

$$L = \max(-\|x - Ah\|^2) \quad \text{where} \quad \|x\|^2 = \sum_{i=1}^d \int_0^T x_i(t)^T x_i(t) \, dt$$
$$\|data(x) - estimated \ signal(\xi)\|^2 \quad h = (A^T A)^{-1} A^T x$$

諸国大學



Signal enhancement Background noise reduction Enhancement of detection with neutrino detection I Improve coherent network analysis by incorpolating new statistical Looing tor apropriate time-trequency Low-threshold coinsident search for GWs and Neutrinos (in prep KH, Detection statistics (Hayama, Kawahara, Honma) Optimizing regularization method(Ono, Hayama) Noise modeling(in prep, Hayama) Source tracking approach to optimize background noise level. Use of robust feature (Hayama, Kotake, Kuroda, Takiwaki) (Hayama, Mohanty, + (2008)) approach such as sparse modeling(Hayama, Kawahara,Honma) representation(Takahashi,Oohara,Kawahara,...) Our approach to solve the issues

Kotake, Takiwaki, Kuroda)

Physical interpretation of detected GW signals

- Parameter estimation
- position reconstruction by coherent network analysis
- g, f,..-mode (Sotani, Takiwaki)
- SASI feature
- Physical interpretation
- Time-frequency analysis
- mode extraction(Kawahara+)
- precise T-F representation(Kawahara, Takahashi, Oohara)
- Stokes parameter of GW signals
- inter rotation of core (Hayama+(2016))
- probe SASI feature (Hayama+(2018))



Mode Analysis



Figure 1. Gravitational waveforms of the + (blue line) and × (orange line) mode from 3D-GR CCSN models of a $15M_{\odot}$ star (model SFHx in Kuroda et al. (2016)). The time is measured after the core bounce (at t = 0). A source distance of D = 10 kpc is assumed.



<u>ω</u>

諸国大學

Wigner-Ville based TF analysis



32 2

諸国大學



Wigner-Ville based TF analysis

ယ ယ

諸国大學





34

諸国大學





Mode extraction



諸国大学





諸国大學





Noise Free case Polar direction







At 10kpc (polar direction)



hx

 $^{\circ}$

0.5

۲. ان

× 10⁻²¹

time = 97.7[ms]

h+ '....

and a superior of the second o

0

20

40

60

80

× 10⁻²¹

. 5

<u>_</u>

5

占

ħ

諸国大學











At 10kpc from 45deg direction

h+ '...

Borry Manura and Manura Manura Manura Manura and Manura Manura

× 10⁻²¹



time [ms]

KH+, MNRAS Letters (2018)







たのの、またのまた。



time [ms]

time [ms]





Other models

feature. Nakamura(U Fukuoka)'s model also show the polarity



たきっくっ、またやまへ。



諸国大學









GW ×10-22

0.0

2.5

5.0

h× h+

-2.5

-5.0





Stokes parameter

まてめ

- この4月からアップデートされたLIGO(135、90Mpc)-超新星爆発からの重力波は現在は数10kpc。今後10-20年 方向決定が数10倍良くなり、偏光モードの分離が実現 Virgo(70Mpc)が観測スタート。KAGRAは今年度後半に参加。
- 論から必要。 波形がわからない故、観測データからの重力波抽出が方法 間で、5~10Mpcまで到達?
- 重カ波による星震学のサイエンティフィックな予想に期待。 に数えてほしいです。) 重力波望遠鏡の感度設計に影響するので、この数年の間











諸国大學