

レーザー干渉計型 重力波検出器の指向性

大石奈緒子
ICRR(NAOJ)

重力波の検出→重力波天文学

重力波源: 中性子星連星の合体、近傍超新星、パルサーetc...



LIGO Hanford(米)

LIGO Livingstone(米)

VIRGO

- 感度が10倍向上→検出確率が1,000倍
- 100年に1回→1年に10回

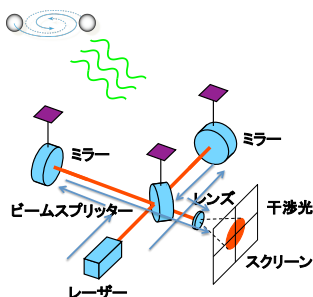
Q&A

- 感度向上のための改修内容
 - 防振系の改良 (Passive→Active) による地面振動の低減
 - 鏡を大きく(重く)することによる熱雑音、輻射圧雑音の低減
 - レーザーパワーを増やす(10W→200W)ことによる散乱雑音の低減

内容

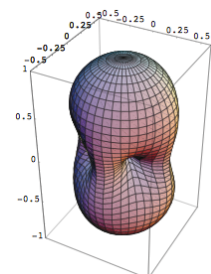
- 重力波望遠鏡の構成
- 感度の方向依存性
- 複数の望遠鏡をつかって波源の方向を推定
- 電磁波フォローアップ観測
- まとめ

レーザー干渉計型重力波検出器

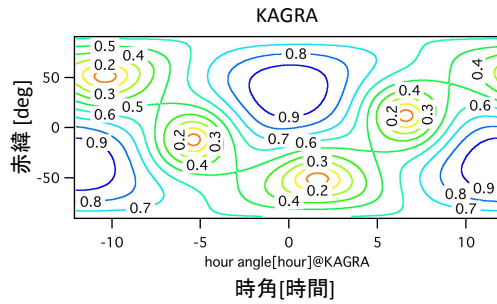


アンテナパターン

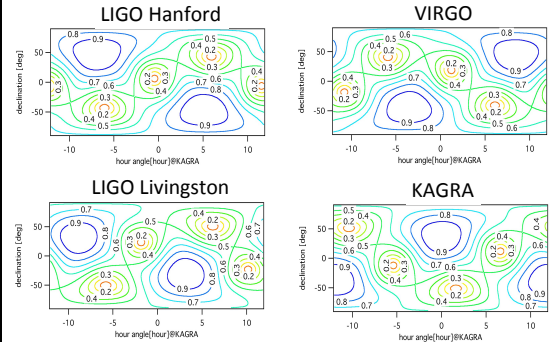
- 真上と真下から来ると最高感度(1に規格化)
- 真横から来ると感度が下がる



アンテナパターンを天球に投影

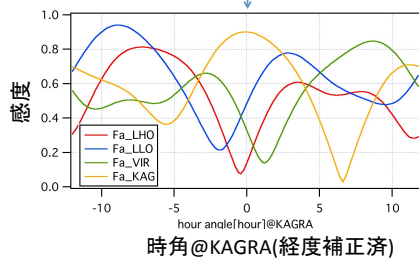


海外の干渉計との比較(経度補正)



例: 赤緯 $\delta \sim 10$ 度の場合

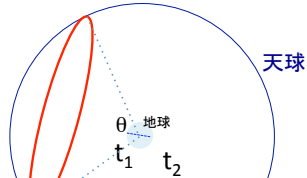
このあたりで天体現象が起こると
KAGRAで検出されやすい



波源の方向決定

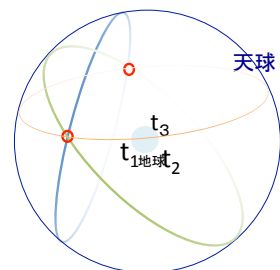
- 重力波の初検出
→電磁波対応天体の観測
- 重力波の波源方向の推定
 - 一つの検出器では信号の来た方向は分からない
 - 原理的には複数の検出器での信号の到達時間差から方向を推定
 - 連星合体など波形が既知の信号については、さまざまな推定方法が研究されている

検出器が2つの場合



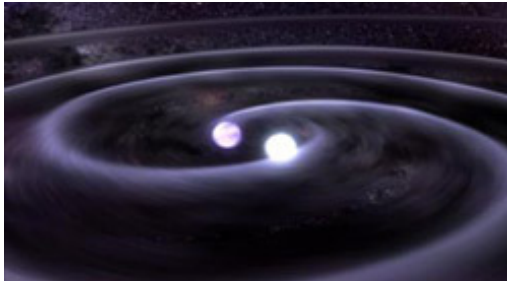
波源の方向は、検出器間での到達時間差から推定
天球面上で帯状(幅 σ_t は S/N や観測帯域による)

検出器が3つの場合



波源の方向は、帯の交点

連星からの重力波



白色矮星の連星系SDSS J065133.338+284423.37の想像図(提供: D. Berry/NASA GSFC)

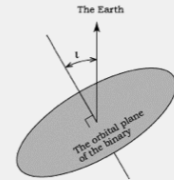
Chirp Signals as Standard Sirens

- B. Schutz (1986): CBCのchirp signalを使って、重力波源の距離を測定できる。
- standard sirens:** cf. 電磁波による天文学の standard candles

- GW from CBC:

$$h_+(t) = \frac{A}{r} \left(\frac{\pi f_{\text{gw}}(\tau)}{c} \right)^{2/3} \frac{1 + \cos^2 i}{2} \cos \Phi(\tau)$$

$$h_{\times}(t) = \frac{A}{r} \left(\frac{\pi f_{\text{gw}}(\tau)}{c} \right)^{2/3} \cos i \sin \Phi(\tau)$$



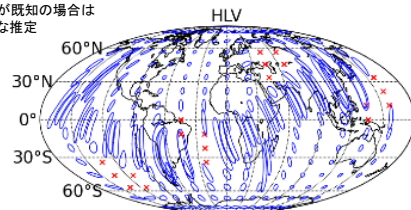
軌道傾斜角(inclination) i の影響を含む
inclination: the angle between the line of sight and the direction normal to the orbit

新潟大学大原謙一先生のPPTから引用

45

中性子星連星の例

波形が既知の場合は
詳細な推定

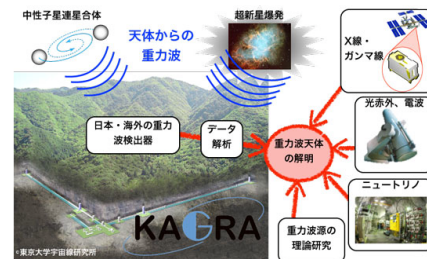


Aasi et al. 2013

Prospects for Localization of Gravitational Wave Transients by the Advanced LIGO and Advanced Virgo Observatories
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013arXiv1304.0670L>

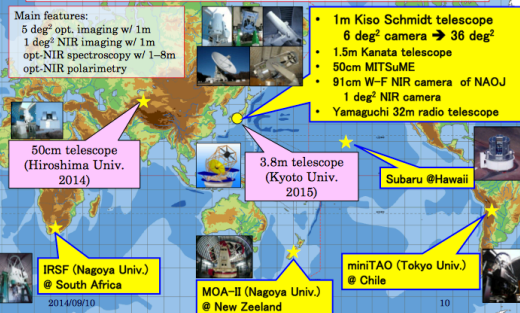
電磁波フォローアップ

- 新学術 A02 J-GEM



Japan Coordinated network for transients observation

A part of the project "Multi-messenger Observations of GW sources"
* collaborating with the KAGRA data analysis team
* science cases: GRBs, supernovae, blazars, etc.



Open call for partnership for the EM identification and follow-up of GW candidate events

- The second open call for proposals to sign the standard MoU with LVC has been issued on December 8, 2014 with deadline February 16, 2015. - See more at:
- <http://www.ligo.org/scientists/GWEMalerts.php#sthash.OxWeX6x9.dpuf>