

The background of the slide is a Cosmic Microwave Background (CMB) fluctuation map, showing a dense field of stars and galaxies in various colors (blue, yellow, orange, red). Two large, dark, circular regions are overlaid on the map, one in the upper right and one in the lower left, representing areas of interest in the CMB data.

物質の起源に迫る マルチメッセンジャー天文学

田中 雅臣
(東北大学)

(C) SXS collaboration

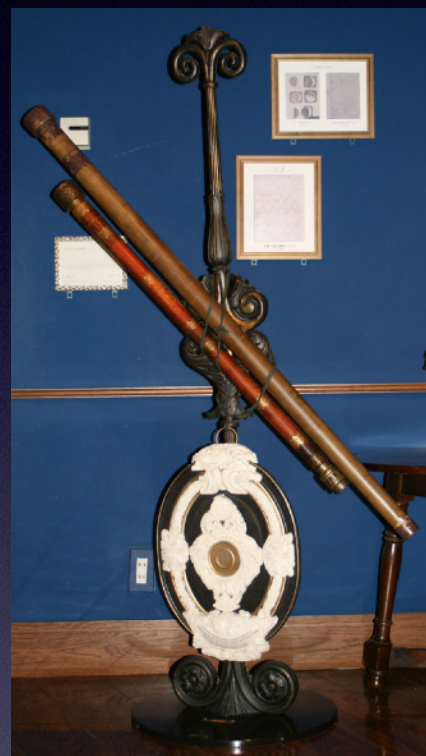
物質の起源に迫る マルチメッセンジャー天文学

- マルチメッセンジャー天文学って？
- 重力波と元素の起源
- すばる望遠鏡とTMTによるマルチメッセンジャー天文学

天文学の歴史

1600

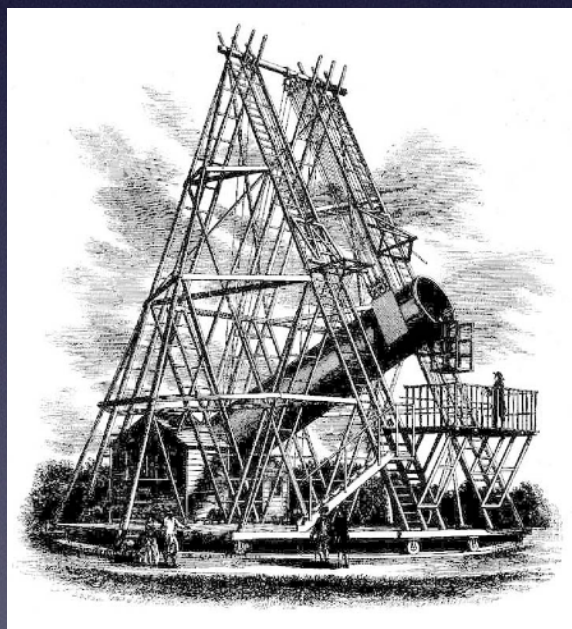
1610-



(C) Astroarts

1700

1789-



1800

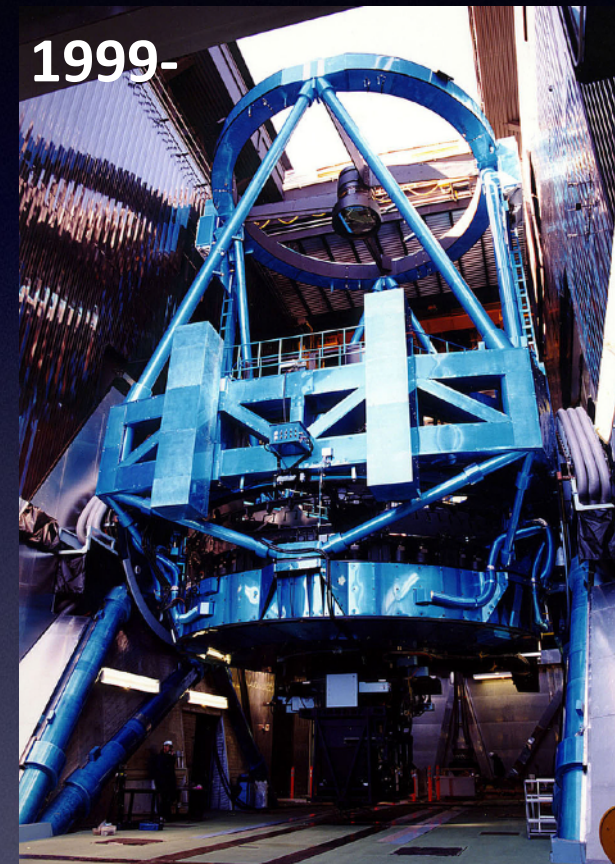
1948-



(C) Palomar Observatory

1900

1999-



(C) NAOJ

1990-



(C) NASA

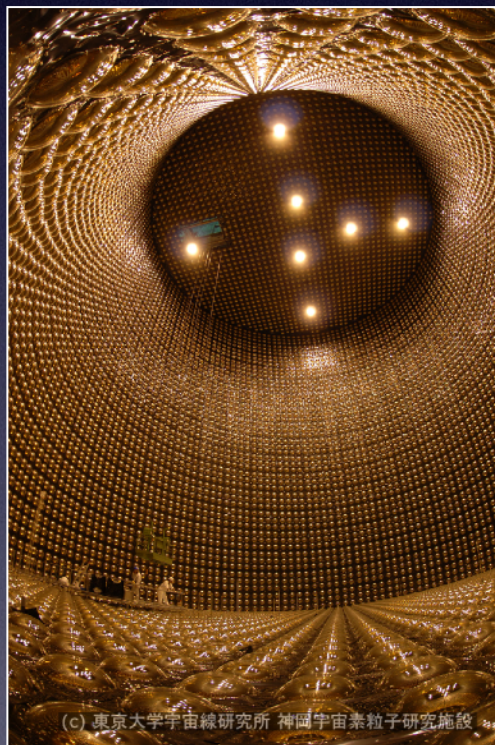
2000

光(=電磁波)を使う

宇宙からのシグナル

電磁波

ニュートリノ



スーパーカミオカンデ

重力波

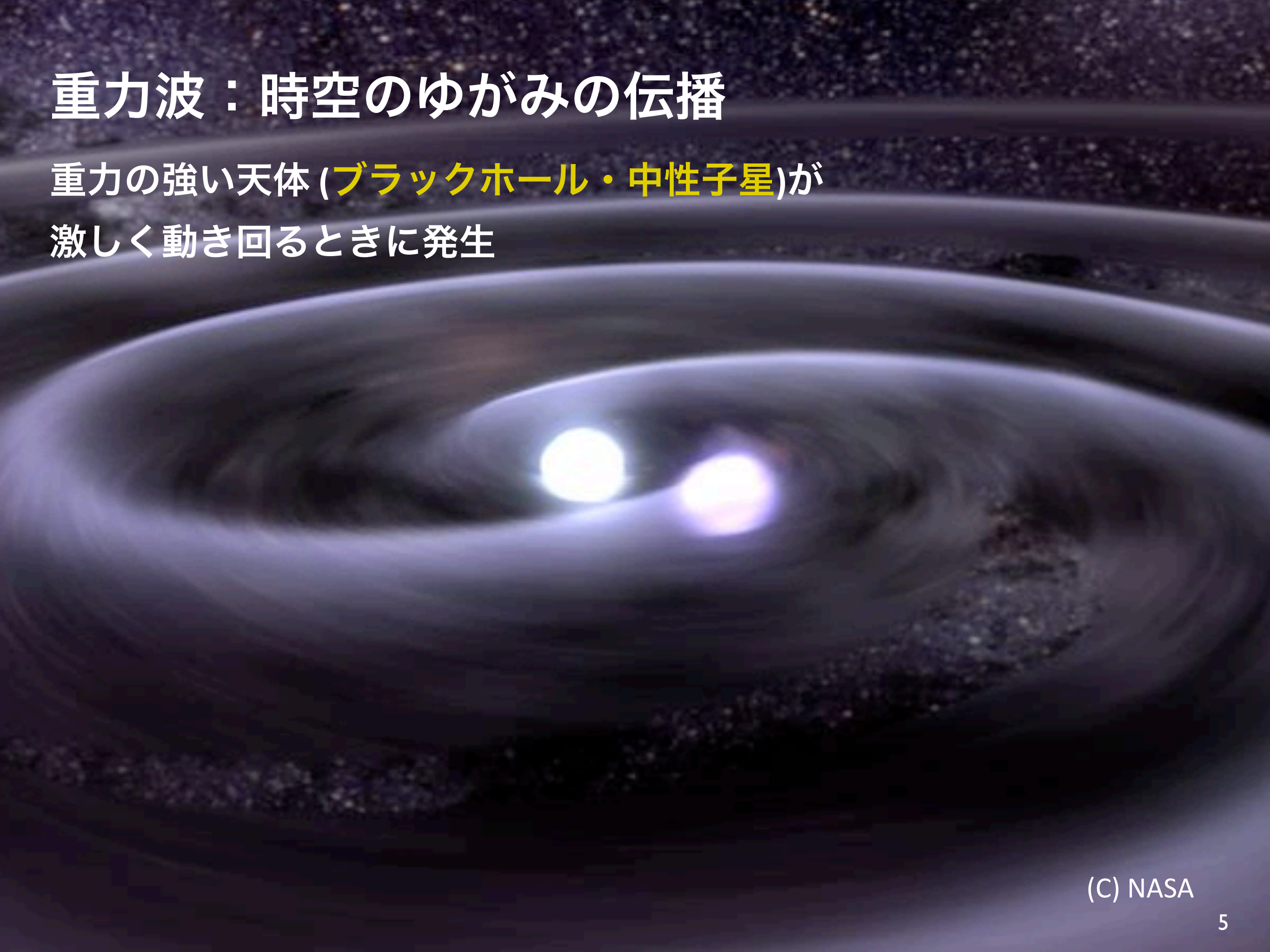


KAGRA

マルチメッセンジャー天文学

重力波：時空のゆがみの伝播

重力の強い天体 (ブラックホール・中性子星) が
激しく動き回るときに発生



2015年9月

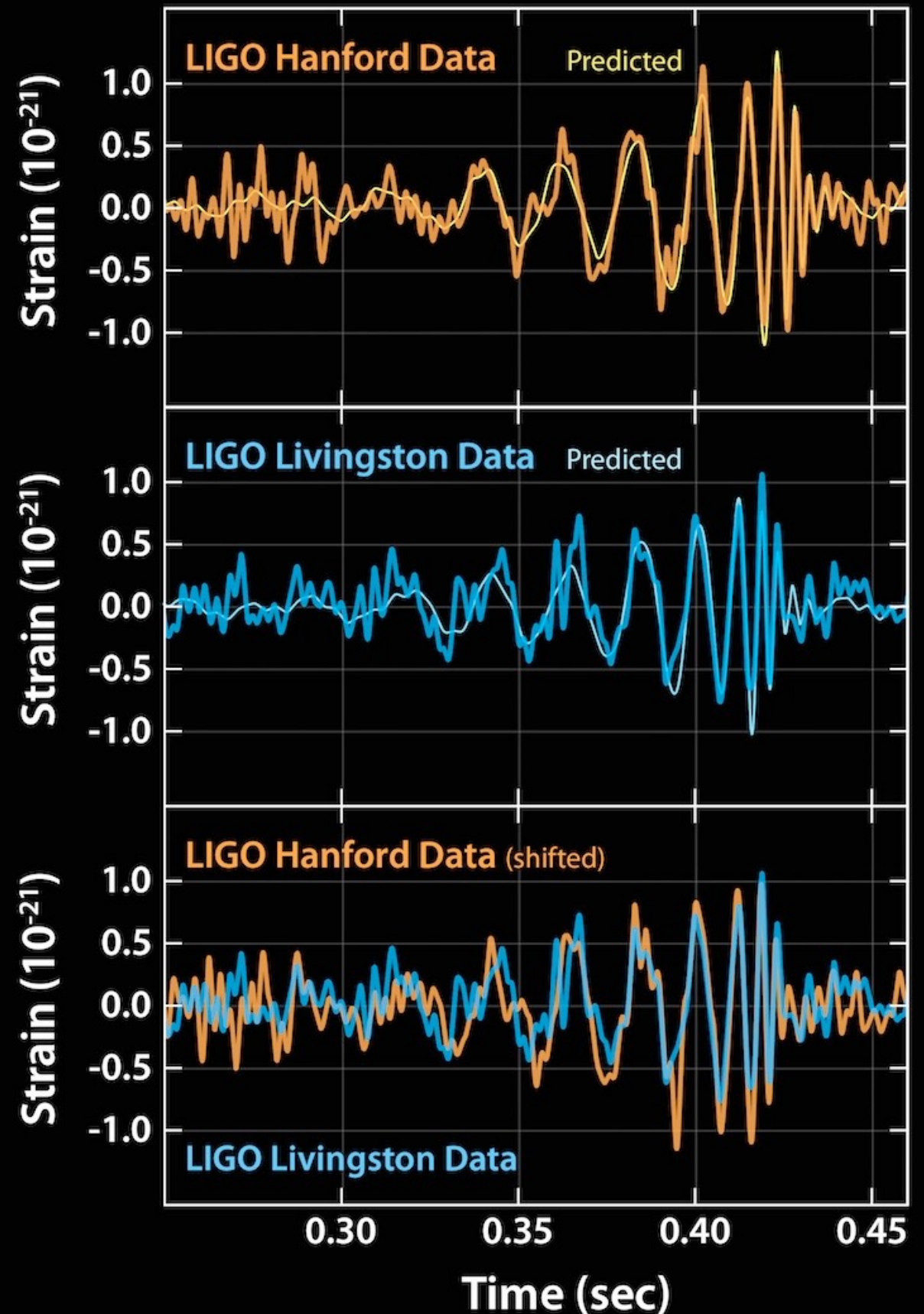
重力波 初の直接観測

ブラックホールの合体

2017年

ノーベル物理学賞

LIGO Scientific Collaboration
and Virgo Collaboration, 2016, PRL, 061102



物質の起源に迫る マルチメッセンジャー天文学

- マルチメッセンジャー天文学って？
- 重力波と元素の起源
- すばる望遠鏡とTMTによるマルチメッセンジャー天文学

元素の起源

?? 50年以上解明されていない
大きな謎



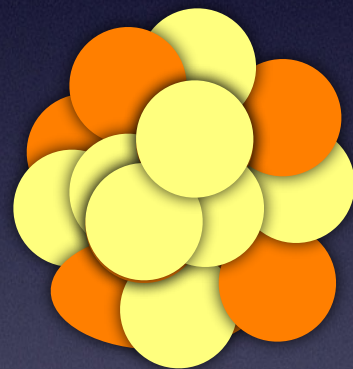
鍵は「中性子」

● 陽子

● 中性子

陽子

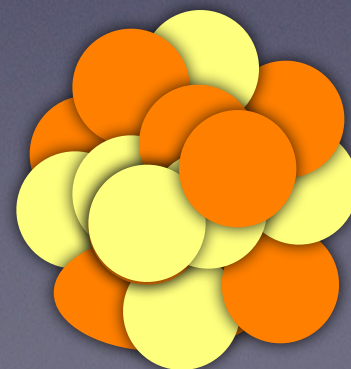
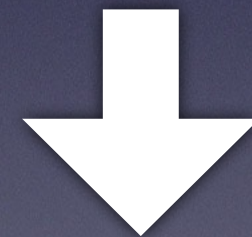
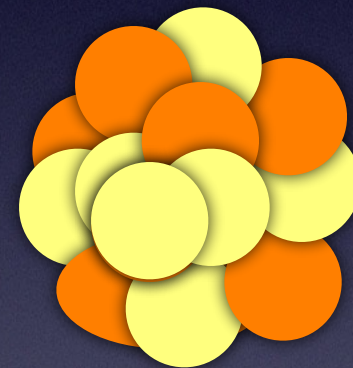
+



鉄56

- 陽子26個

- 中性子30個



中性子



放射性崩壊

中性子星の合体

重元素を作り出して「光」を放つ (= キロノバ)



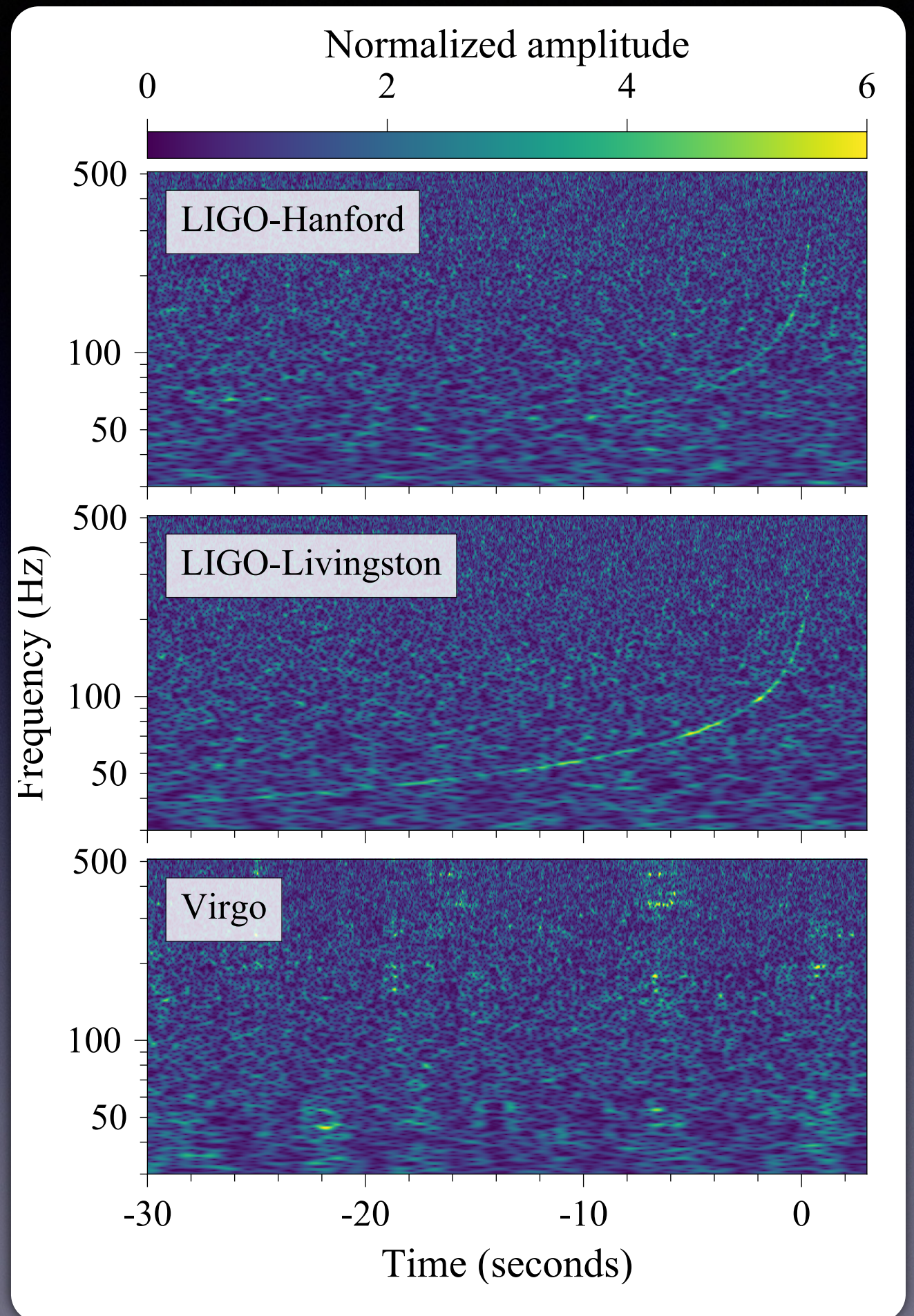
(C) NASA

2017年8月

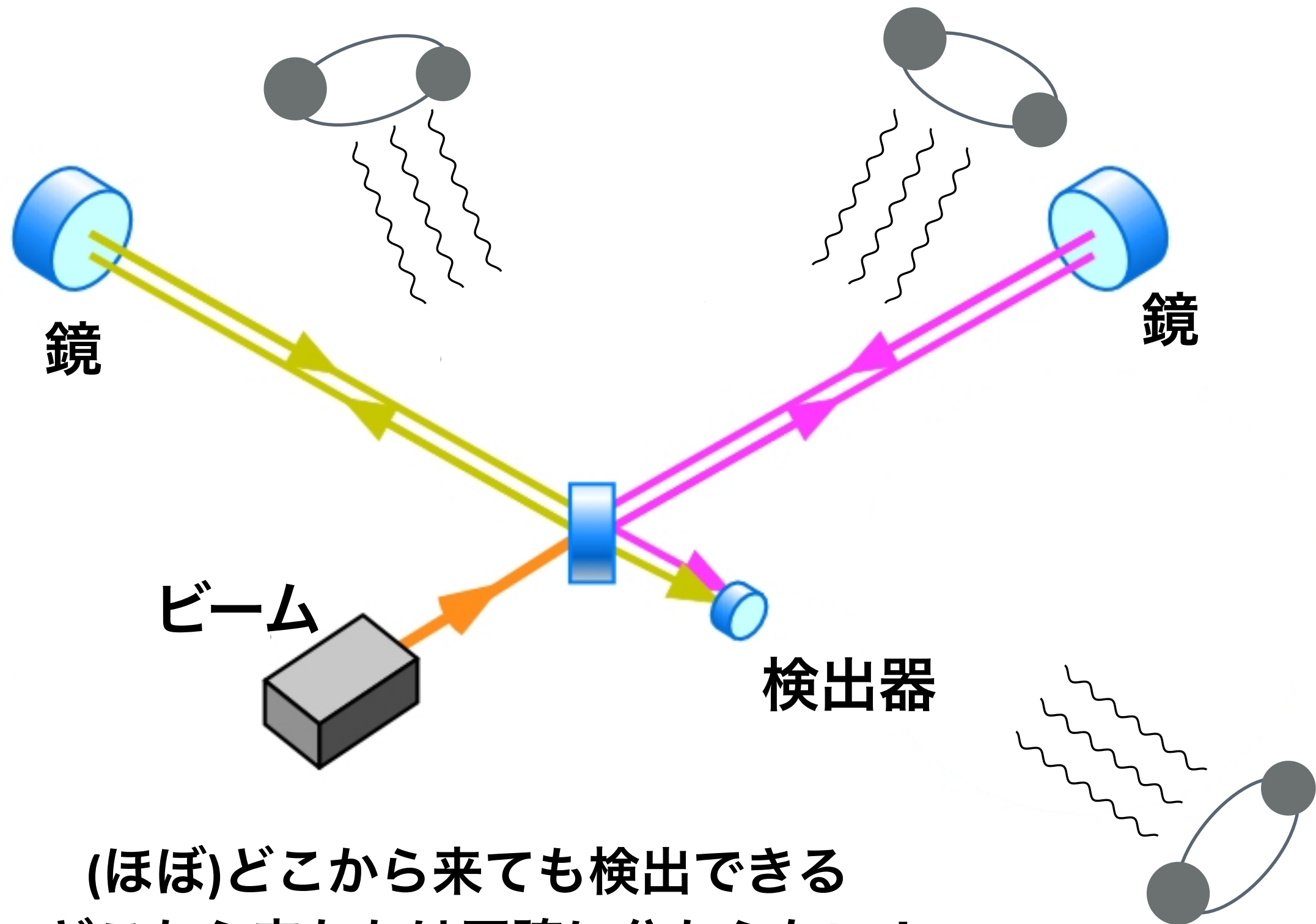
中性子星合体からの 重力波初検出

光でも見えれば
元素合成の証拠が得られる！

LIGO Scientific Collaboration
and Virgo Collaboration, 2017, PRL



重力波の検出原理



(ほぼ)どこから来ても検出できる
= どこから来たかは正確に分からない！

すばる望遠鏡による広域探査

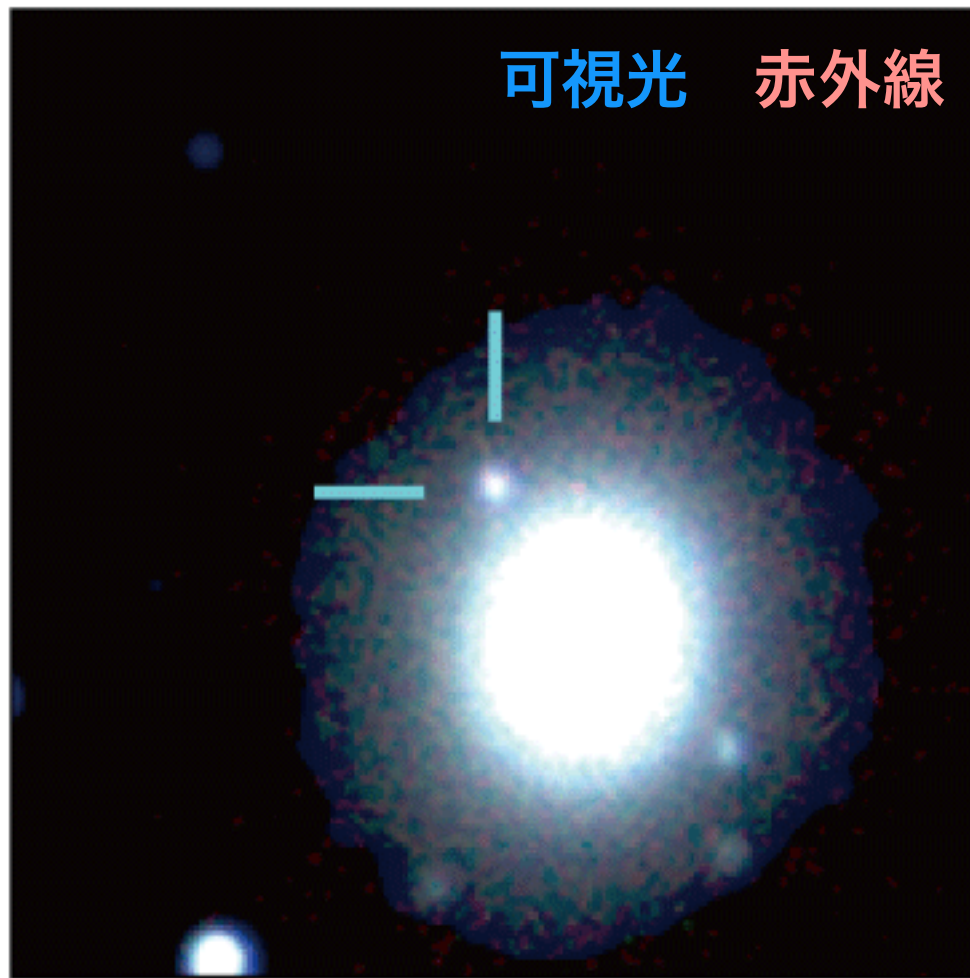


(C) Michitaro Koike (NAOJ/HSC)

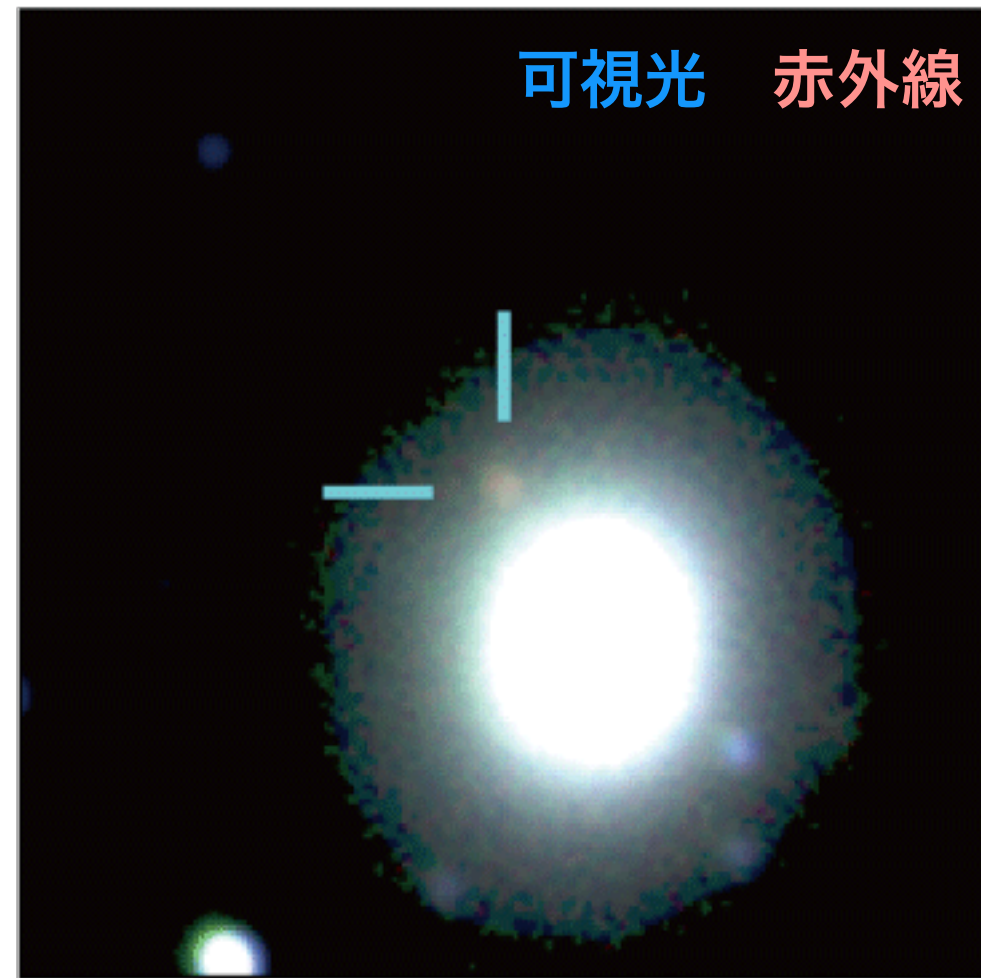
重力波天体からの「光」が見えた！

マルチメッセンジャー天文学

2017.08.18-19



2017.08.24-25

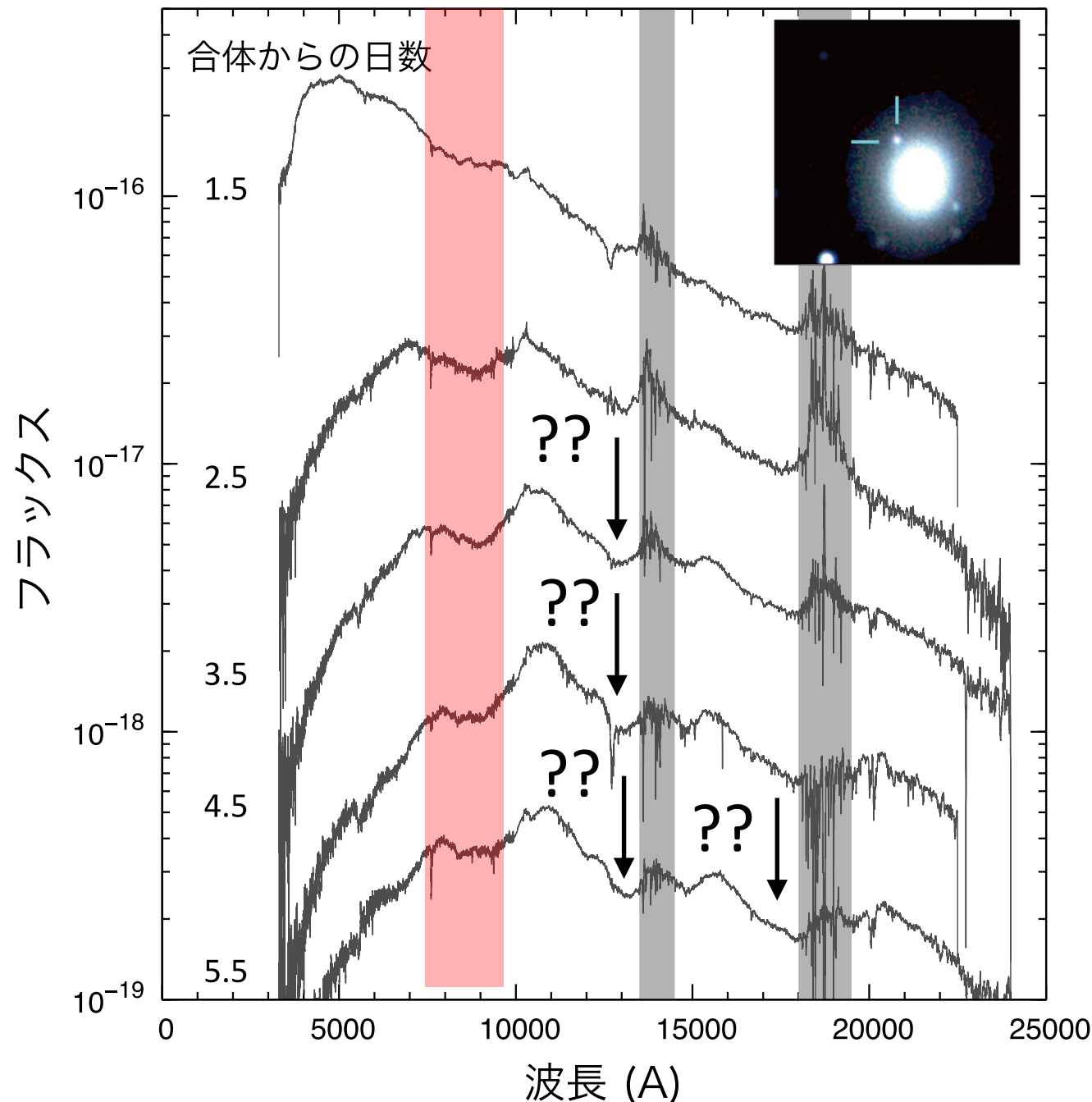


すばる望遠鏡HSC + IRSF望遠鏡 (Utsumi, Tanaka et al. 2017)

鉄より重い元素の合成現場が初めて捉えられた！

まだまだ謎がたくさん

分光データ 重元素(ストロンチウム, Sr)



- どの元素ができた？
(金やプラチナは？)
- いつも同じ元素を作り出す？
(まだ一例しか観測例がない)

より多くの
マルチメッセンジャー観測が必要

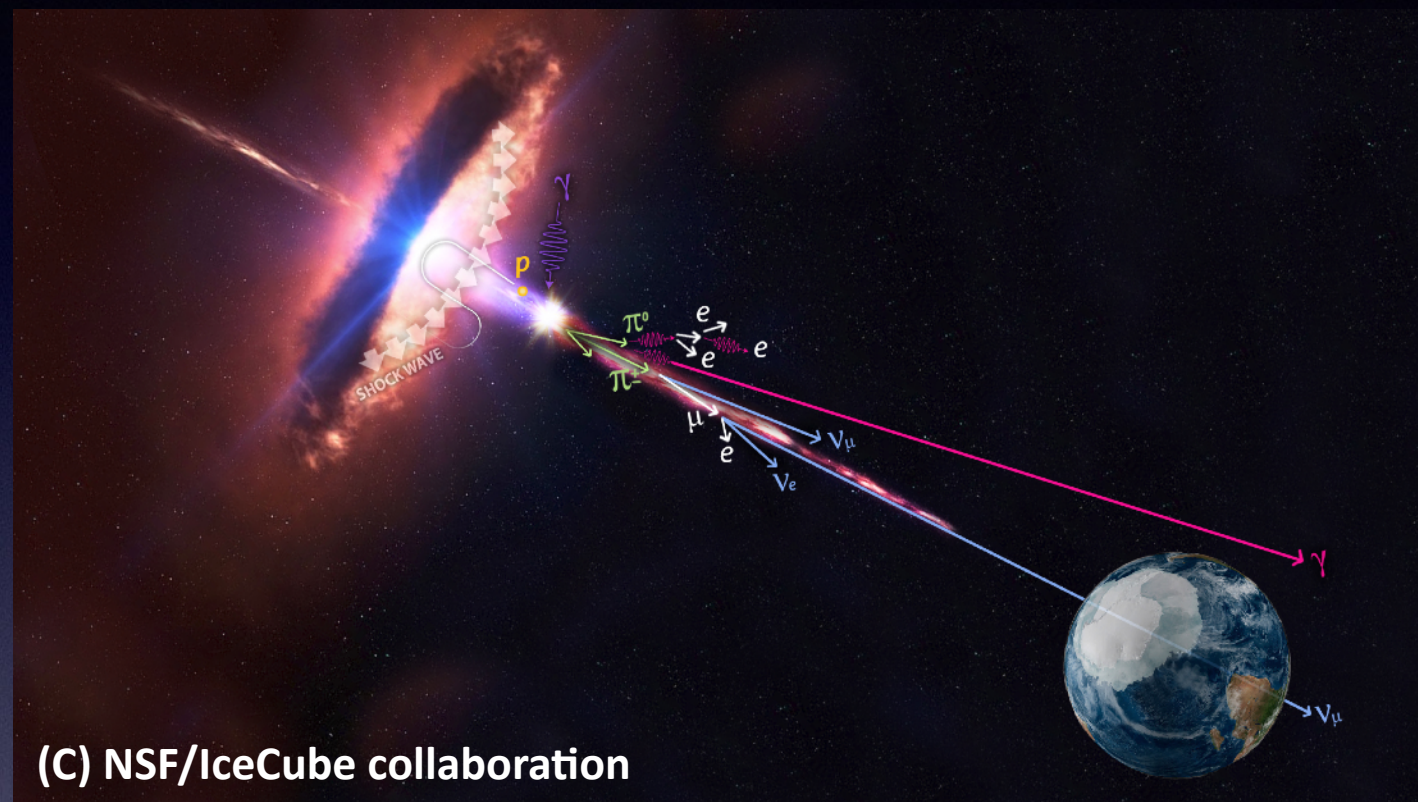
*今後多くの重力波が観測される
= より遠い天体が多くなる
= より暗くなって観測が難しい

物質の起源に迫る マルチメッセンジャー天文学

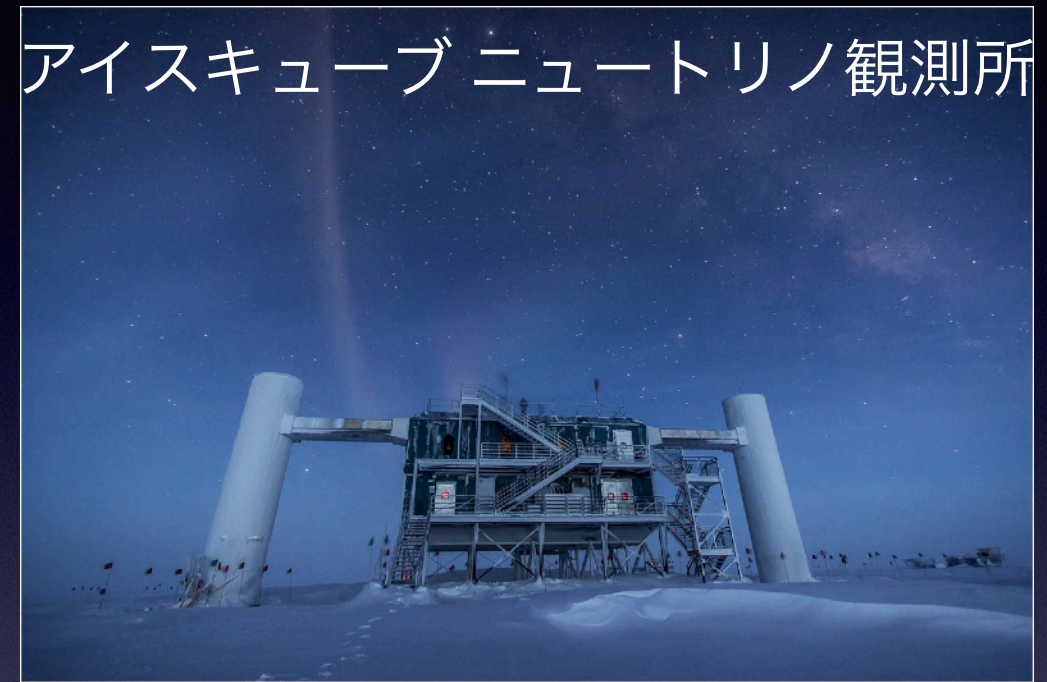
- マルチメッセンジャー天文学って？
- 重力波と元素の起源
- すばる望遠鏡とTMTによるマルチメッセンジャー天文学

ニュートリノ天体のマルチメッセンジャー観測

2017年9月

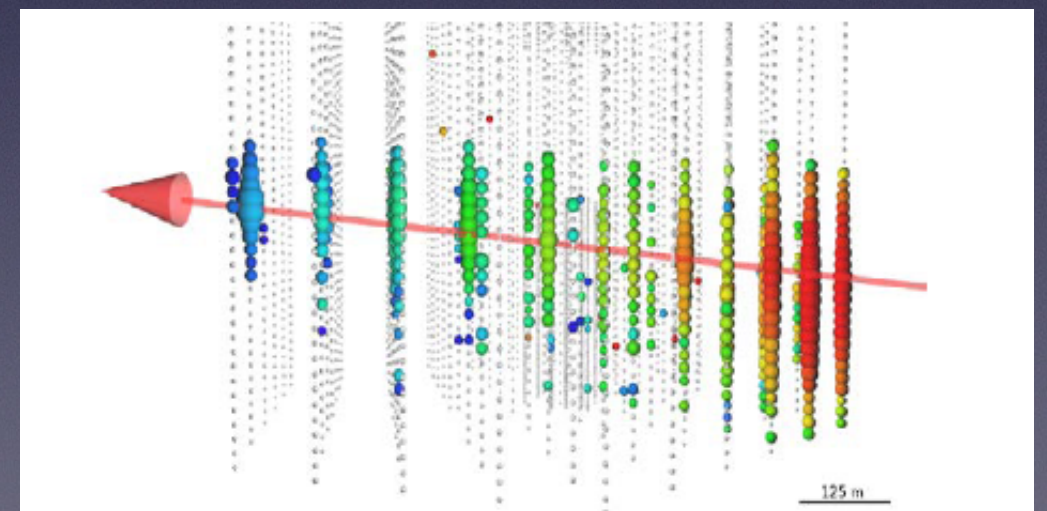


アイスキューブ ニュートリノ観測所



(C) NSF/IceCube collaboration

宇宙を飛び交う
高エネルギー粒子(宇宙線)の起源



(C) U. Tokyo

重力波
(満月100個分)

ニュートリノ
(満月4個分)

満月



0.5度



8-10m望遠鏡の視野
(満月0.1個分)

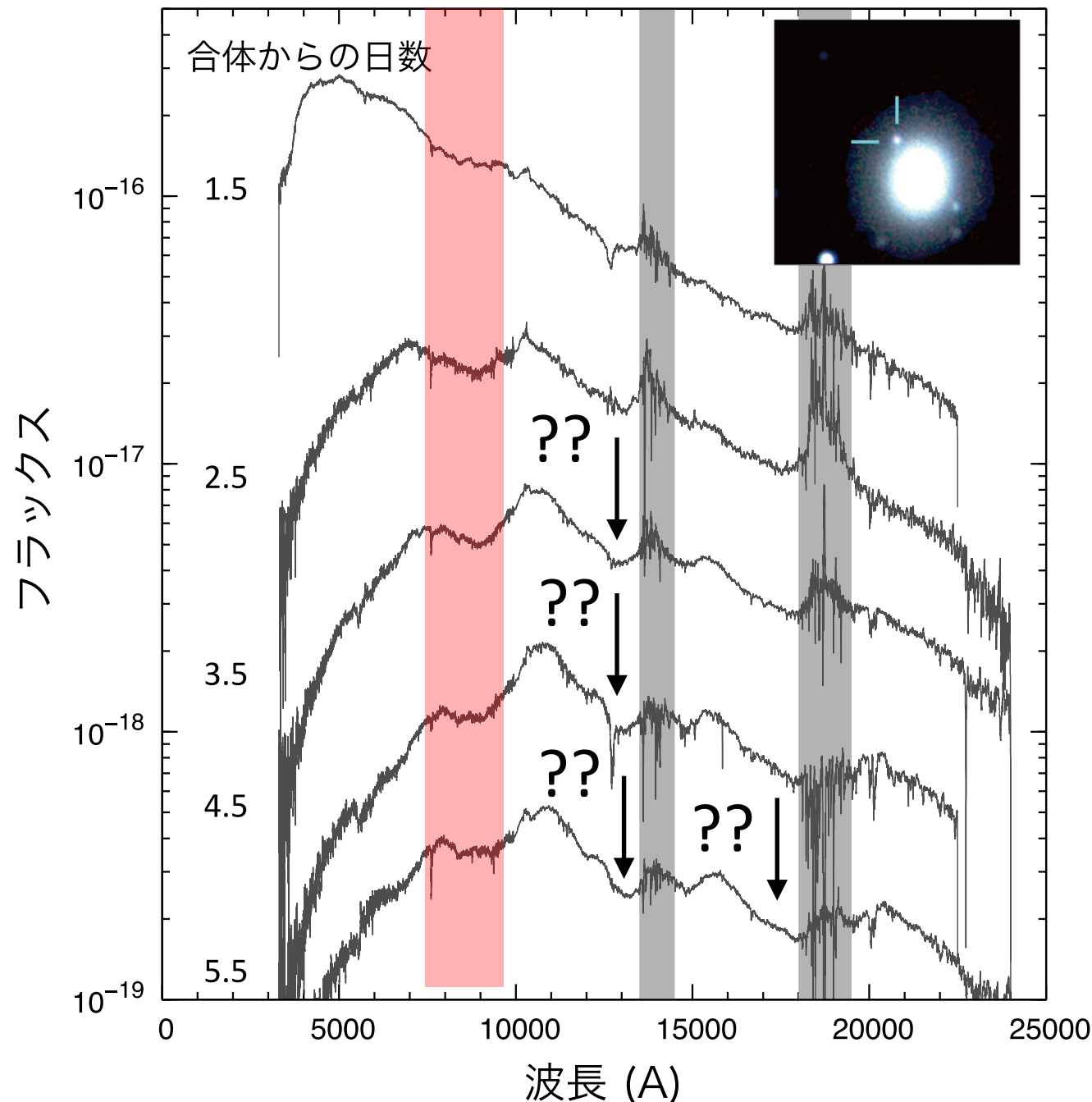
すばる望遠鏡の視野
(満月9個分)

すばる望遠鏡

マルチメッセンジャー天体探査で最強

すばる望遠鏡で発見 => TMTで分光観測

分光データ 重元素(ストロンチウム, Sr)



重力波

どのような元素ができたのか？

- レアアース元素？

- ウランなどの最も重い元素？

いつも同じ元素が作られるのか？

ニュートリノ

どのような天体が
ニュートリノを放ったのか？
(宇宙線の起源天体)

すばる望遠鏡とTMTによるマルチメッセンジャー天文学

最強のタッグ

すばる望遠鏡：広範囲の探査観測

TMT: 重力波天体が作った元素の同定＋ニュートリノ天体の同定

=> 新しい天文学で物質の起源に迫る

