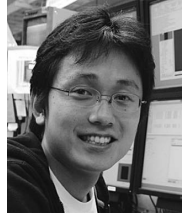


GW170817の可視近赤外線追跡観測

内 海 洋 輔

〈Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, SLAC National Accelerator Laboratory, Stanford University, SLAC, 2575 Sand Hill Road, M/S 29, Menlo Park, CA 94025, U.S.A.〉

e-mail: youtsumi@stanford.edu



三局による重力波観測体制が始まり重力波源位置決定精度が格段に向上した。そんな中でGW170817が検出された。中性子星合体による重力波らしい。典型的な可視近赤外線観測が一度に観測できる広さは0.1平方度のオーダーであるので、30平方度程度まで絞られた位置決定精度でもまだまだ厳しいことには変わりがない。そんななかで世界の可視近赤外線天文学者たちは電磁波対応現象をどのように探し出し、観測したかについて焦点を当てて紹介する。

2015年9月14日に初めて連星ブラックホール合体からの重力波GW150914（重力波の発生日付を使って命名される）がLIGOによって検出されたことで、将来的な電磁波による重力波源の同定に期待が高まった。課題だった1,000平方度級と広すぎる重力波源の位置決定精度も、Virgoの参加によりGW170814の際には60平方度程度にまで絞られた。あとは中性子星が含まれる連星系が比較的近傍で合体すれば電磁波対応現象が見えるかもしれない。しかし今回の重力波観測ランO2もあと2週間程度で終わるので、実際に電磁波対応現象が観測できるのは次のO3からだろう。そんなムードの中でGW170817が発生したのである。

中性子星合体重力波の検出を知らせる通知が届いてすぐに2秒遅れて検出されたショートガンマ線バースト（SGRB）も伝えられた。SGRBの起源として中性子星合体が提案されていたので、検出されたこと自体は中性子星合体シナリオと矛盾しない。重力波の再解析の結果、数時間後に重力波の発生源が30平方度程度の領域の40 Mpc程度の距離というところまで絞られた。これまでとは異なり電磁放射が期待され、これまでで最も位置

決定精度が良い知らせだった。とはいえ30平方度という領域は可視近赤外線カメラにとってはとても広い大きさで、いわゆる「超広視野」と銘打ったカメラでなければ到底掃ききることのできない広さであった。ここが知恵の見せ所である。そもそも中性子星は超新星爆発したあとに残る天体なので星が形成されないと中性子星はできない。したがって系外銀河に付随する可能性が高いと期待できる。重力波観測より明らかにされた波源の3次元確率分布と既存の銀河カタログを比べることで候補銀河カタログを作り、次々に観測していく手法を取れば通常の視野をもつカメラでも発見できる可能性がある。これまでの連星ブラックホール合体の観測の間に世界中の天文学者がこうした仕組みを用意していた。

第一発見を世界中の天文学者に向けて報告したのはCoulterらである¹⁾。チリにある口径1.0 mのSwope望遠鏡に取り付けられた0.5度角程度の典型的な視野の広さをもつカメラを用いて46個の候補銀河を12視野に分けて観測した。すぐさま画像処理を施し、目視で確認した。そして9番目の画像の中に映ったNGC 4993のそばにアーカイブデータにはない突発天体SSS17aを発見した

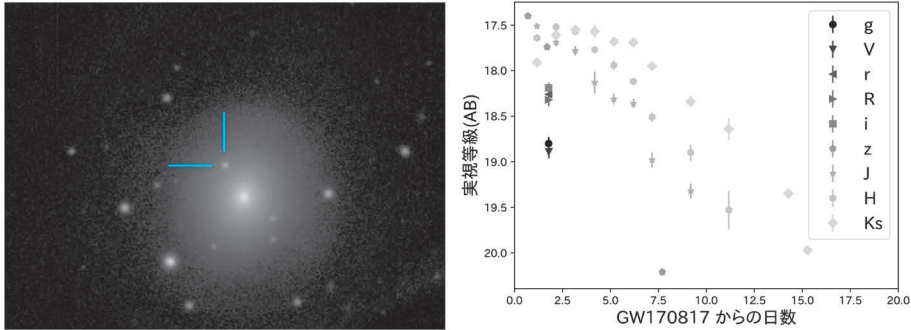


図1 (左) GW170817から0.7日後にSubaru/Hyper Suprime-Cam (HSC) (z-band) で撮影したNGC 4993のそばに出現したSSS17a。(右) J-GEMの観測で得た光度曲線。国内は観測条件が悪かったが、海外設置のSubaru/HSC, MOIRCS, IRSF/SIRIUS, MOA-II/MOA-cam3, B&C/Tripole5が活躍した。

のである(図1左参照)。チリの口径40 cm Prompt 5望遠鏡PROMPTカメラやチリの4 m Blanco望遠鏡Dark Energy Camera (DECam)も同様に突発天体を発見し報告した^{2),3)}。

その後、日本の観測チームであるJ-GEM⁴⁾を含む世界中のグループが宇宙を含めた世界中の天文台リソースを総動員してその天体の追跡観測を行った(図1右参照)。その結果は複数の論文で詳細が述べられている⁵⁾⁻⁸⁾が、ここで得られた結果を簡単にまとめると次のとおりである。

- 1) 紫外線から近赤外線にわたり詳細な光度曲線が得られた
- 2) 初期は実視等級で17等級にまで到達
- 3) 可視光線では急速に減光し、数日で検出不能となった
- 4) 一方、近赤外線では2週間以上にわたって検出され続けた

こうした特徴が中性子星を含む連星系合体に付随する電磁波放射「キロノバ」のモデルとよく一致した。詳細は田中雅臣氏の記事を参照されたい。

DECamやHSCの超広視野カメラによるサーベイ観測により、可能性の高い領域の調査も行われ、この天体以外にキロノバらしい天体がないことが確認された^{3),9)}。

重力波観測との同時観測により観測天文学は新

しい時代を迎えたことになる。GW170817が観測されるまでは、実視等級で21等程度の明るさでキロノバが観測されることが予想されていたが、実際には口径40 cm望遠鏡でも検出できるほどの明るさであった。もちろん、今回のイベントが偶然近いところで起こった現象で、このようなことは二度とないかもしれないし、実はこれまで見過ごしてきただけなのかもしれない。これからの観測で明らかになっていけよう。今後の重力波の可視近赤外線追跡観測は今回以上に熾烈な競争となることが予想される。観測と同時に信頼のできる測定を実施しながら論文を執筆、観測が終了したらすぐに投稿できるように準備をしておかないと世界と戦えないという、過酷だが刺激的でわくわくする時代になった。

参考文献

- 1) Coulter D. A., et al., 2017, Science 358, 1556
- 2) Valenti S., et al., 2017, ApJ 848, L24
- 3) Soares-Santos M., et al., 2017, ApJ 848, L16
- 4) J-GEMプロジェクトページ, <http://jgem.hiroshima-u.ac.jp>
- 5) 国立天文台ニュースページ, <https://www.nao.ac.jp/news/science/2017/20171016-j-gem.html>
- 6) Utsumi Y., et al., 2017, PASJ 69, 101
- 7) Abbott B. P., et al., 2017, ApJ 848, L12
- 8) Villar V. A., et al., ApJ 851, L21
- 9) Tominaga N., et al., PASJ, submitted (arXiv:1710.05865)