

## 観測所から見た重力波検出

和 泉 究

〈Postdoctoral fellow, California Institute of Technology, 在 LIGO Hanford 観測所〉  
e-mail: izumi\_k@ligo-caltech.edu



2016年米国現地時間2月11日朝7時、LIGO Hanford 観測所では所員一同が大講堂に集まっていた。ワシントンD.C.での記者発表を待っているのだ。重力波直接検出の宣言を待つ所員はみな笑顔だった。記者発表会場の様子が大きスクリーンに映し出されると、講堂は異様な緊張に包まれた。

協定世界時2015年9月14日09:50:45、重力波観測プロジェクトLIGOは29・36太陽質量の二つのブラックホールの合体による重力波を2台の検出器で同時検出した。LIGOは米国主導のプロジェクトであり、米国内のルイジアナ州Livingstonとワシントン州Hanfordに2台の同一検出器を保有する。幸運なことに私はHanford観測所の所員としてこの重力波検出にまつわる一連の興奮を直接体感することができた。ここでは一所員の視点から、検出当日の観測所の様子、初検出に至る道程を述べてみる。

2015年8月17日より、両観測所はエンジニアリングランと呼ぶ運転態勢にあった。これは観測本番と同質の運転態勢を保持しながら、主に検出器の最終調整および信号校正を行う期間である。8月30日からはコードフリーズと呼ぶ態勢に移行し、原則主要な検出器制御の状態は観測が終了するまで凍結・維持される。これは検出器の状態を徹底して把握するための。両観測所での信号校正にかかわる測定が一段落しつつあった9月10日、その進捗を受けてLIGOは同月18日からの観測開始を決定した。しかし奇しくも重力波が到来したのはその決定から2日後、正式に観測へ移行する前のことだった。

2015年9月14日現地時間2時50分、Hanford観測所には観測オペレータが一人夜間シフトとして在駐していた。Livingstonも同じシフト態勢にあった。重力波信号がオンライン解析を通じてコンピュータ群に記録されると、ドイツAlbert Einstein Instituteの研究員数名がそれに気づいた。彼らは検出器の状態を確かめるために、検出のおよそ40分後にLivingston観測所と交信する。一方Hanford観測所とは交信はされなかった。今となっては笑い話ではあるが、Hanford観測所のオペレータは何も知らずに朝8時に通常どおりシフトを次の人に引き継いだ。

同日、現地時間8時30分、Hanford観測所では所員全体の定例ミーティングが管制室で行われた。不思議なことに所員の数人はこのとき信号候補のことを知っていたはずであるにもかかわらず、ミーティング中に候補信号の話が話題に挙がることはなかった。この段階では私も信号候補について全く知らなかった。ただし、管制室内で数人が未明に検出された候補信号についてしゃべっているのを耳に挟んだのを覚えている。そののち上司の一人から有力な信号候補を検出したことを聞かされ、直ちに当該時刻の稼働状態を数人がかりでチェックした。私はこの時点では信号が本物かどうか半信半疑であった。さまざまな人と会話をするうちに私のなかにも興奮の波がその日のうちに到来してきたのを記憶している。

私は所員のなかでは新参ではあるが、微力ながら検出器の稼働実験に従事させてもらった。思い返すと深夜まで実験することが頻繁にあり、決して楽な実験ばかりではなかった。以下に簡単ではあるが、



図1 真空槽内で懐中電灯を手に電気配線を確認中の筆者。提供: LIGO laboratory/河邊径太



図2 Hanford観測所で初のフル共振を喜ぶ統合試験チーム。筆者は前列左から2人目。この数時間後に光散乱ロスの問題が明らかになる。提供: LIGO laboratory/Dale Ingram

LIGOの道のりをおさらいし、今回の成果の裏にある約1,000人の共同研究者の努力を強調したい。

LIGOプロジェクトは数度のアップグレードを含む長期計画であり、技術の習熟・開発に伴って、同じ観測所施設内でハードウェアを新しいものに入れ替えられるよう設計されている。このため現在の検出器およびそのプロジェクト名はAdvanced LIGOと呼ばれる。前身であるInitial LIGOは2002年から徐々に感度を向上しながら6度の観測を行い、Enhanced LIGOと呼ぶ中規模アップグレードを経て、2010年に運転を終えた。その後すぐさま、大規模なデインストール（ハードウェアの解体・取り出し）が始まり、それに並行する形でAdvanced LIGOのインストールが始まる。私がHanford観測所に参加したのはインストールの激化した2012年10月だった。

数週間に及ぶ夜を徹した統合試験の末の2014年5月、Livingston観測所が予定より早くAdvanced LIGOのフル共振（すべての光共振器が共振状態を維持し、感度が最大化された状態）を達成する。次いでHanford観測所も同年12月に予定どおりフル共振を達成した。ところが4 kmの光共振器に共振するレーザー光量がデザイン値を大きく下回るという異変が直ちに発見される。これは高品質鏡の一つが予想外に大きな光散乱ロスをもっているためだった。鏡のクリーニングが2015年新年から緊急に行われたため、Hanford観測所の所定光量でのフル共振は2015年の2月までずれこむ。その後、検出器の安定動作と目標感度達成のため、深夜に及ぶ実験を8月まで毎日繰り返し、前述のエンジニアリングランに至る。このように観測に至るまでの道のりは平坦ではなかった。少しでも気を抜いて数日遅れていたら今回の信号は検出できなかったわけだが、今から考えるとなんとも言えない不思議な気持ちになる。今回の成功はまさに観測所所員のみならず多くの人々の献身的な、そして不断の努力に大きく依る。

2016年2月11日、初の直接検出がLIGOのディレクターであるDavid Reitze氏から宣言された瞬間、LIGO Hanford観測所の講堂は拍手と歓声に包まれた。私は観測所所員そして国内外の共同研究者の胸中を想像し、目頭が熱くなるのを感じた。科学に携わる者の端くれとして、このような感動的な発見に携われたことを非常に誇りに思った瞬間だった。

2016年3月現在、観測を終えたHanford観測所は再び調整状態にある。来る次期観測に備えてレーザー光源のハイパワー化の準備を進めているところだ。次はこの検出器からどのような驚きと感動が生み出されるのか、今から想像は尽きない。