

◆ 巻頭言 ◆

重力波の検出

古 在 由 秀

〈県立ぐんま天文台 〒377-0702 群馬県吾妻郡高山村中山 6860-86〉
kozai@wave.plala.or.jp

重力波と電磁波とはよく対比される。電子が動くとき電磁波が放出され磁場が変化することは、1861年にMaxwellが理論の根拠となる方程式を導き、1888年にHertzが実証した。一方、重力波の理論的根拠は、1915年に発表されたEinsteinの一般相対性理論で、質量を持つ物体の周りには重力場があり、物体の加速度運動により重力波が放出され、重力場は変化する。

重力波を捕える試みは1960年代から始められ、弾性体と重力波との共鳴による振動を検出しようとした。日本でも、東京大学物理教室の平川浩正さんが、特殊なアンテナを開発して観測した。平川さんは1986年に亡くなったが、平川さんが育てた人たちが今、重力波検出で中心となって活躍している。

現在では、共鳴型より干渉計による検出装置が大勢を占めている。重力波は四重極子の波であるために直角方向で位相が半周期ずれている性質を利用し、二つの方向での空間の歪による光路長差を検出しようとしている。しかも、それぞれの腕をFabry-Perot型のcavityにする方法が採用されているので、普通のMichelson型干渉計より、精度は格段に優れている。

ある時期から名古屋大学の早川幸男さんが

音頭とりとなり、重力波検出グループが組織された。1991～95年には科学研究費の重点領域研究により、東京・三鷹の国立天文台敷地内にて基線の長さが20mの干渉計が組み立てられた。早川さんも名古屋大学学長在任中、1992年に亡くなった。

さらに1995年からは、創成的基礎研究費で、基線長が300mのTAMA300の建設が、三鷹の国立天文台で始められた。径40cmで300mの長さの管を真空にし、そこにレーザー光線を通すのであるが、その真空技術は高エネルギー物理学研究所のスタッフにより提供され、安定なレーザー発振装置の研究は電気通信大学の人たちが担当した。このようにこの研究には、多くの大学・研究所の研究者が参加している。

地下に造られた装置であるが、数々の雑音・振動の影響を受ける。その振動を取り除くための仕掛けにも、当然ながら力が注がれた。

一方、中性子星が対をなして連星が、我々の銀河系で発見されている。そのうちのPSR1913+16と呼ばれるパルサー連星は、1970年代初頭から電波を受けて観測されている。その結果、このパルサー連星の公転軌道半径は200万km、周期が7時間45分で、公転の速度は秒速300kmにも及んでいることが分か

った。しかも、周期は短くなってきており、それは公転運動によって放出される重力波が運動エネルギーを奪うためと結論されている。こうして二つの星は接近し、遂には合体すると考えられている。理論グループの研究によると、中性子星連星の合体時に強い重力波が放出され、その周波数は数百 Hz である。そこで、そのような周波数での雑音振動は極力なくすことを心がけた。干渉計のための光学機器も細心の注意を払って製作され、配置された。

この装置では、二方向間の光路差変動のデータを始め、レーザー光強度の安定度や、装置の環境を示すもろもろのデータなど、大量の情報を取り組み、それを解析しなければならない。その仕事には、少数ではあるが熟達した人があっている。この情報は、実験中の装置の安定度を知ることにも使われ、周波数ごとの感度や、原因別の雑音の強さも知ることができる。またこのデータから、重力波による信号を見出すプログラムも開発され、後述の実験データにも適用されている。

1999年5月には干渉計が組み立てられ、実験が開始された。そして2000年の8月から9月にかけての2週間で、合計167時間の観測に成功した。それ以前は、雑音の少なくなった夜間にしか実験ができなかったが、低周波の振動を防ぐ手段が改良され、今では24時間連続して動かすことが可能になってきた。

TAMA300は、干渉計の連続運転時間で、他の追随を許さない世界記録を持っている。また、干渉計としての感度でも世界記録を破り、我々の銀河系内で中性子星連星の合体が起これば、その際の重力波を検出できると考えている。今でも、感度向上の努力は続けられ

ており、今年の8月から9月にかけて1,000時間のデータを取ることを目標にして実験を行っている。運転の自動化がある程度進んだが、まだ人力に大きく頼っている。そのようななかでも、この天文月報が出版されるころには、目標時間を達成していると考えている。

アメリカでは、基線長が4 kmのLIGOと呼ばれる重力波検出器を、西北部のワシントン州と東南部のルイジアナ州の二ヶ所に建設中であり、ワシントン州のLIGOは先ず2 kmの基線で運転を開始しようとしている。また、イタリアのピサでは、フランスとイタリアが協力して基線長4 kmのVIRGO計画が進行しており、イギリスとドイツが協力して、ドイツのハノーバーで基線長600 mのGEO600を完成させようとしている。

TAMA300では、二つの腕からの光を干渉させた後、これをcavityに戻すというリサイクリングの手法をこれから導入し、感度をさらに向上させる積りである。こうして、今年度末で7年間に及ぶ、筆者を代表者とする創成的基礎研究費による研究は終わり、2002年4月から新たな研究組織が発足する予定である。

一方、TAMA300の10倍以上の感度がないと、重力波を年に数回検出できるという保証はない。そこで日本では、熱雑音を少なくするために鏡などの低温化を図り、基線の長さが3 kmのLCGTという新装置の計画を実現しようとしている。TAMA300は、国際協力と国際競争によってさらに精度の向上を図り、LCGTの完成時まで改良と観測を続けるつもりである。そのためには、まだ解決しなければならない問題もあるが、多くの方にご支援とご協力をお願いし、重力波天文学で世界をリードすべく新しい計画を実現したい。