

IAU シンポジウム No. 95 “パルサー”

伊藤 直 紀*

国際天文学連合主催のシンポジウム“パルサー”は、1980年8月26日から29日まで、西独ボンのマックス・プランク電波天文学研究所で開かれました。参加者は全部で110名程度で、このうち日本人の参加者は、筆者と米国モンタナ州立大学所属の鶴田幸子博士の2名でした。

ちょっと信じられないかも知れませんが、パルサーを主題にした IAU シンポジウムは、今回のものが最初です。1972年8月にアメリカのコロラド州ボルダーで“Physics of Dense Matter”の IAU シンポジウムが開かれたことがあります。この時は中性子星の構造に関する理論が主なテーマでした。今回は、組織委員長が電波天文の観測家の R. N. Manchester であったことからもうかがえるように、観測に重点がおかれたシンポジウムでした。

口頭発表論文の総数は66で、ポスターセッションでは22の論文が発表されました。口頭発表論文では予定時間を超過するものがかなりあり、実質上の討論はコーヒーブレイクなどの時間を利用して行われることが多くありました。パルサーの研究者が4日間にわたって朝から晩までお互いに顔を合わせ、議論を尽すことができたのは大きな収穫であったと思います。

以下に、筆者の個人的な印象を述べてみます。

Hewish の Introductory Review

Introductory Review は、パルサーの発見によってノーベル賞をもらった Hewish が行いました。彼の講演はひじょうに明快で、30分の講演時間内に今回のシンポジウムの内容のほとんど全部を盛りこんだ、密度の高いものでした。彼の皮肉も第一級で、毎年少しずつ内容の変る Ruderman たちのモデルを暗に指して、「毎年自動車のニューモデルが出るように、理論のニューモデルも出て来る」と言った時は、満場大笑いをしました。しかし彼は皮肉を言うだけでなく、理論のニューモデルについてよく勉強しているように見受けられました。

パルス放射の観測

このテーマに関して19篇の口頭論文が発表されました。パルス波形の解析は精密科学の段階にはいったというのが、筆者の卒直な感想です。サブパルスの中の微細構造はマイクロパルスと呼ばれていますが、これが二次的なモジュレーションによるものか、もともとのペンシ

ルビームを見ているのか、意見は二つに大きく分れています。

全体のパルスの中でのサブパルスの位置が、つぎつぎのパルスにおいて系統的にドリフトして行くパルサーがあります。このドリフトするサブパルスのモデルについても多くの講演と討論がされました。

さらに我々をとまどわせるパルサーのふるまいの一つに、パルス強度が一時的に極端に弱くなって、数周期後に、またもと通りに回復する現象があります。このパルサーの一時的な「消灯」がどうして起るかについても、定説がありません。

パルサーのタイミング

パルサーのタイミングとは、パルス周期の時間的変動を精密に測定することを言います。まず、このシンポジウムの組織委員長である Manchester が、パルサーの周期、および周期の時間微分等の分布について、くわしい報告を行いました。周期の時間微分(周期の伸び率)が測られているパルサーは、全部で256個にのぼっています。

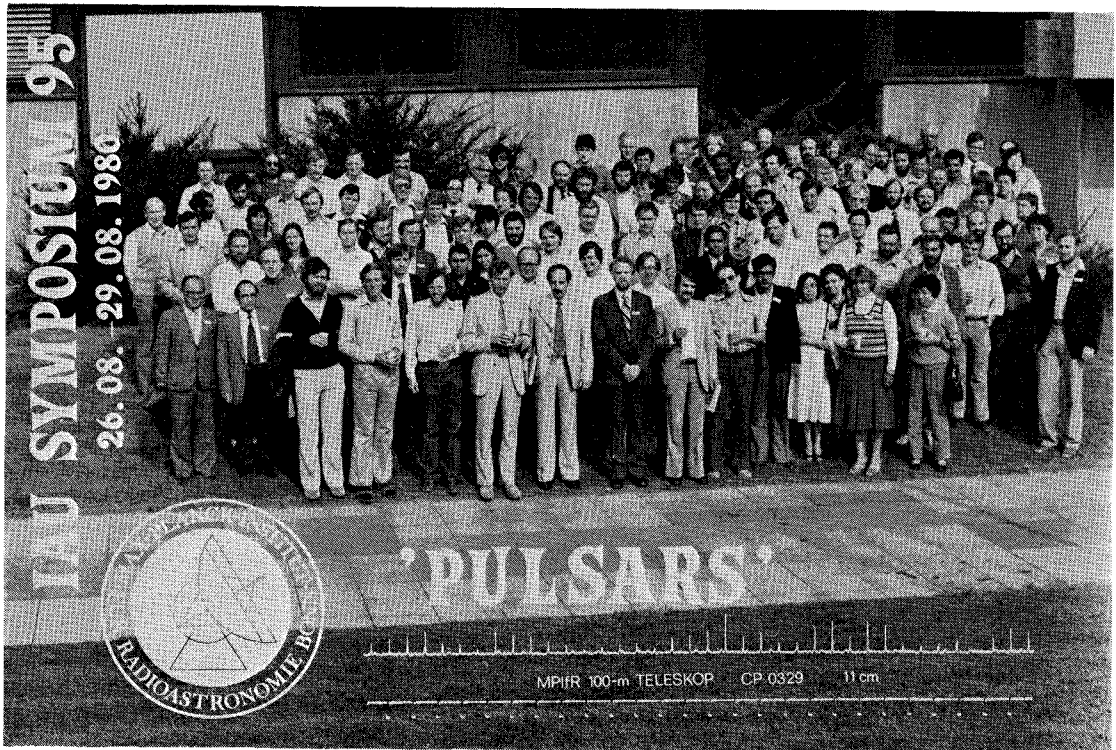
パルス周期を精密に測定すると、二重星系のパルサーが発見できることがあります。このような観点から、J. H. Taylor が二重星系のパルサーについて報告しました。彼によると、現在までに3個の二重星系の電波パルサーが観測されています。

パルサーが二重星系に存在すると、パルサーの質量に関して重要な情報を得ることが可能になります。パルサーの質量がわかると、中性子星の理論との比較ができ、高密度核物質の状態方程式のチェックが原理的に可能となります。また、公転周期の伸びの観測から、重力波の放射の実験的検証ができます。すでに報告されているように、二重星系パルサー PSR 1913+16 の公転周期の伸び率の観測結果は、一般相対論の重力波放射から計算された理論値と一致します。このように、二重星系の電波パルサーは、一般相対論および高密度核物質の理論の理想的な検証の場を提供してくれます。また、星の進化の理論の立場から見ても、二重星系の電波パルサーがどのくらいの割合でつくられるかは、たいへん興味深い問題です。

中性子星の構造

Kelley は二重星系の X線パルサーの解析から導かれる中性子星の質量について報告しました。結果は、理論の予言するところと一致していて、とくにチャンドラセ

* 上智大・工 Naoki Itoh: IAU Symposium No. 95 “Pulsars”



筆者の右後方、紙コップを手にしているのが Hewish である (最後列)。

カール質量に対応する $1.4 M_{\odot}$ 近くの質量をもつ中性子星が多いことを示しています。このことは、中性子星の形成の理論と関連してたいへん興味深い事実です。

Helfand は、超新星残骸やパルサーからのパルスしていない X 線の観測結果について講演しました。観測は「アインシュタイン」X 線観測衛星を用いて行われています。観測の結果は、爆発後 1000 年以下の若い超新星残骸に中性子星が存在したとしても、その表面温度は $(1-2) \times 10^5$ K 以下であることを示しています。この上限値は、中性子星の冷却のモデル計算と対比する上で、たいへん興味深いものです。

また Helfand は、我々に近い 15 個の電波パルサーを観測して、そのうち 5 個のパルサーの近くから軟 X 線を測定したことを発表しました。観測結果は、中性子星の表面温度が $(2.5-7) \times 10^5$ K であることをもがっています。これらの観測結果が中性子星の冷却のモデル計算で説明できるのか、あるいは何らかの加熱の機構を考える必要があるのか、観測と理論のつき合せは実におもしろい段階にはいってきました。

Helfand の講演に続いて、鶴田博士が、中性子星の冷却のモデル計算について、諸グループの結果を総括しました。但し、鶴田博士が言及したどのグループの計算においても、中性子星内部の熱伝導の方程式は正確に解かれておらず、等温の星の中心核を仮定する方法が用いら

れています。

鶴田博士のあと、筆者が、熱伝導を正しく取扱った中性子星の冷却のモデル計算について報告しました。我々は中性子星内部の熱伝導率として、Flowers と筆者によって計算された結果を用いました。我々は $0.4 M_{\odot}$ の中性子星についてしか結果を出していませんが、この軽い中性子星の場合、中性子星の中心部がニュートリノ損失によって冷された効果が星の表面に伝わるには、1000 年以上の時間がかかることが明らかになりました。したがって、ニュートリノ損失がただちに星の表面の冷却につながることを仮定する従来の方法は、少なくとも $0.4 M_{\odot}$ の中性子星については妥当でないことがはっきりしました。この結論は、観測との比較にあたって、熱伝導を正しく取扱うことが重要であることを示しています。

パルス放射の機構

このセッションでは、真打ちが最初に登場しました。それは Ruderman です。彼はパルサーを、幼年期、少年期、青年期、中年期、老年期などに分類し、それぞれの段階において、パルサーの表面でどのような現象が起るかを、まことに生き生きと、見て来たように話しました。Ruderman のモデルは、パルサーの極冠のすぐ上に 10^{12} ボルト程度の大きな電位差があるとするモデルです。この Ruderman のパルス放射のモデルは、 10^{12} ガウス程度の強磁場が存在するパルサーの表面では、 10^7 K

程度以下の温度において、 10^4 gcm^{-3} 程度の高密度の固体金属が形成されているという Ruderman 自身の理論にもとづいています。

Ruderman のモデルによれば、若いパルサーは表面の近くで電波放射をしており、サブパルスはドリフトしません。これに対し、古いパルサーでは電波放射は表面から離れたところで行われ、パルスはドリフトします。

観測家は Ruderman のモデルをもっとも信用しているように見受けられました。観測結果の多くは、このモデルにもとづいて解析されています。Ruderman のモデルに対して、パルス放射はパルサーからはるか離れた光速円筒（パルサーと同じ角速度の剛体回転を考えたときに、回転速度が光速に等しくなる円筒）において行われるというモデルもありますが、こちらの方は観測結果を説明する上で多くの困難があって、信用している人は少ないようです。

ライン河上のディナー・パーティー

どの国際会議でもそうでしょうが、会議の最大の行事はディナー・パーティーです。この会議のディナー・パーティーは、ライン河を上り下りする船の上で行われました。筆者も、組織委員長の Manchester はじめ、多くの人たちと話すことができました。かに星雲パルサーの周期の異常を観測した Lohsen というドイツ人は、ドイツの大学院生の研究条件がいかにきびしいかという話をしてくれました。大学院時代にいい仕事をしたにもかかわらず、彼も結局企業に就職せざるを得なかったということです。天文学で食べて行くのは、ドイツでも容易なことではないようです。

パルサーの分布と進化

パルサーの形成については、Chevalier と Van den Heuvel の講演がとくに印象に残りました。Chevalier の仮説は、タイプIIの超新星爆発はパルサーを作るが、タイプIの超新星爆発は星を完全に破壊してしまって、パルサーは作られないとするものです。たいへん大胆な仮説ですが、大いに検討されるべきおもしろい仮説であるように思われました。

Van den Heuvel は、二重星系での星の進化を議論しました。ひじょうに近接した二重星系では、二つの星が共通の外層部をもつに至り、一方の星が超新星爆発を起す際に、多くの場合は二重星系が壊れると考えます。このようにして、大きな固有速度をもつパルサーが作られるという結論を導くことができます。実際、観測されている多くのパルサーは、大きな固有速度をもっています。

二重星系を壊すに至らない超新星爆発においては、まず二重星系の電波パルサーがつくられ、その後で他方の星が巨星になった段階で、巨星から中性子星へ物質が流

れこみ、X線パルサーがつくられると考えるのです。まことに魅力に富む理論だと言えましょう。

むすび

何と言っても、日本からの参加者が2名というのは、少々寂しい気がしました。パルサーに関して日本で活発に研究を行っている研究者は決して多いとは言えませんが、このような国際的な場で研究発表をして、もっと自分の仕事を国際的に宣伝する必要があるように思われました。

筆者は山田科学振興財団の援助によって、このシンポジウムに出席することができました。同財団に深く謝意を表する次第です。

書 評

天文学——宇宙における人類の位置——

鈴木敬信著

(地人書館, 昭和55年2月刊, 1800円)

大学の一般教養課程で「天文学」の講義をしていて常日頃感じていることは、いい教科書が少ないということである。皆無ではないにしても、たとえば内容がやや古くなっていたり、あるいはまた、たいへん高価で教科書としては不適當であったりする。日進月歩の天文学の、基礎から最新の成果までを手際よくとりまとめた大学教養課程向きの教科書はないものかと思っていたものであった。そんなとき、本書「天文学」が出た。さっそく読み通してみたのは言うまでもない。

本書は副題が示す通り、宇宙の中で人間がどのような立場にいるのかを明らかにする目的で書かれている。そしてその著者の意図はかなりの程度達成されているように思われる。

本書の章立ては次のようになっている。1. 恒星を調べる 2. 恒星の進化と誕生 3. 銀河系とその仲間 4. 生きている大宇宙 5. 太陽系

一見して明らかなように本書では位置天文学や天体力学といったいわゆる古典的天文学の分野については全くといっていいほど触れられていない。また従来の天文学の教科書の多くが、歴史的に人類が獲得してきた知識の順に、つまり地球と月から始まって太陽系諸惑星、星、そして銀河へと題材が配置されていたのに対し、本書では各惑星の構造や太陽系起源論の前に星の構造と進化、銀河、宇宙論が論じられている。つまり空間的位置関係のかわりに時間的な進化に重きを置いた配置となっている。これはたとえばジャストロウとトンプソンの好著「天文学」(佐藤文隆, 成田真二訳, 共立出版)と同じ思想であり、著者の意図を具現するためには必然的な構成