

エド・ワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

家
正則

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



二十世紀最大の天文学者、エド・ワイン・ハッブル。

ハッブルはアンドロメダ大星雲の距離を測り、我々の銀河系が無数の銀河の一つにすぎない」とことを示したばかりでなく、銀河の分類法を確立し、さらに宇宙の膨張則を発見しました。先見の明と信念を持ち、偉大な業績を挙げた科学者ハッブルは、学生時代には陸上競技・ボクシングなどスポーツでも豊かな才能を示し、ロード奨学生としての英国留学、ウィルソン山天文台への就職を前に突然の従軍志願、夫人とのロマンス、ハリウッドの社交界での交友など、なにかと話題の多い人物でした。本シリーズではそんなハッブルの生涯について、最近出版されたいくつかの資料に基づき、連載で紹介します。

第一章・ハッブル家の人々

ツブル家の系譜

エド・ワイン・ハッブルの七世代前の先祖にあたる、リチャード・ハッボール（Richard Hubbard）が英国から新大陸をめざして船に乗ったのは、1640年代の初めのことです。それはちょうど清教徒革命で、英國国王チャールズ一世が断首刑にされた直後のことでした。英國の軍人だったリチャード・ハッボールが母国を去る決意をしたの

も、おそらくこの事件のせいでしょう。

コネチカット州に落ち着いたリチャードは、生涯に三人の妻との間に順に十五人の子どもをもうけました。彼は社会的にも成功し、亡くなつたときには、十一人の子どもたちそれに五千ドルの遺産を残しました。当時のお金としては、その総額は相当な額だつたと言えます。リチャードの子孫は名字を少し変えてハッベル（Hubbell）家を名乗り、次第に西へ広がつて行きました。1775年に英國がボストン港を閉鎖した時、これに反対した独立側の抗議文書にジャステイス・ハッベル（Justice Hubbell）の署名が残っています。ジャステイスの息子のジョエル（Joel）は、ヴァージニア州で綿花農園を経営し、多くの奴隸を持っていました。このジョエルの時代にハッベル家はハッブル（Hubble）家と名乗ることにしたようです。

ジョエルの孫で、エド・ワインの祖父にあたるマーチン・ジョーンズ・ハッブル（Martin Jones Hubble）は南北戦争で北軍に従軍しました。戦後、マーチンは負けた南軍にも寛大な待遇をすべきだと主張したため、公職を追わされることになりました。マーチン以外のハッブル家のメンバーは皆、

南軍側で戦つたようです。中でも、マーチンの弟、ジョージ・ワシントン・ハッブル（George Washington Hubble）は、銃撃戦で足を撃ち抜かれ、一生その障害を引きずることになりました。マーチンは、当時十六歳になつたばかりのメリ・ジョン・ポウェル（Mary Jane Powell）を見そめて結婚し、未来の大天文学者の父となるジョン・ポウェル・ハッブル（John Powell Hubble）が1860年に生まれました。マーチンは、ミズーリ州スプリングフィールドの人々からハッブル大尉とよばれ、社会的にも尊敬されていましたが、そう裕福というほどではなかつたようです。1870年頃からマーチン、メアリ、息子のジョンとジョエルは、主に火災保険とガラス保険を扱う会社を設立しました。やがてハッブル家はスプリングフィールド郊外のマーシュフィールドの自宅の他に、「ハッブル牧場」と呼ばれた「ハッブル土地果物会社」を経営するようになりました。

エド・ワインの両親の出会いもドラマチックなもの

リチャード・ハッボール ??? ジャステイス・ハッブル ジョエル・ハッブル
（1620年頃？） （1720年代？） （1780年代？）
ジョン・B・ハッブル マーチン・ジョーンズ・ハッブル ジョン・ポウェル
（1836～1842） （1840～1860） （1860～1872） （1868～1893）

のだったようだ。ジョンが大学の夏休みに牧場で働いていたとき、馬が突然暴走しジョンは馬具ごと引きずられて大怪我をしてしまいました。ジョンの怪我を見た医師ウイリアム・ジエームスは、娘のヴァージニア（Virginia）に手伝わせて応急治療をしました。後にジョンと結婚することになったジェニー（ヴァージニアの愛称）は、ジョンのひどい怪我を見て、「二度とジョンを見たくない」と思つた。そうです。でも、ジョンにはそんなジェニーが美しいナイチングールのように映つたのでしよう。「一人は1884年にマーシュフィールドで結婚しました。数年以内に息子ヘンリーと娘ルーシーが授かりました。1889年11月20日、ハップル家の人々がマーシュフィールドの自宅に集まっている中で、三人目の子どもとしてエドワイン・ボウェル・ハップル（Edwin Powell Hubble）が生まれました。ミドルネームのボウェルは、父方の祖母メアリ・ジエーン・ボウェルにちなんだものです。ファーストネームのエドワインは母ジェニーの弟の名前から取つたものでした。

その後、ハップル家には、ビル、ヴァージニア、ヘレン、エンマ、エリザベスが生まれ、合計8人の兄弟姉妹の大家族になりました。当時はこのような子だくさんは珍しくありませんでした。エドウインの母親のジェニー自身も六人姉妹でした。

ジョン・ハップルは法律を学び、1881年にワシントン大学を卒業するとシカゴの保険会社に就職しました。1890年にはジョンはマーシュフィールドで弁護士事務所を始めましたがうまくゆかず、二年も経たないうちに事務所をたたみ、父マーチンが営んでいた保険会社のあるスプリングフィールドへ引っ越し、火災保険の仕事をするようになりました。彼は保険業では腕が良く、会社はジョンをシカゴに赴任させることにしました。シカゴは穀物と家畜取引の新しい中心地で、数々の製鋼所、機械工場や有名なブルマン型客車

の製造工場があり、ジョンの仕事も順調だったようです。

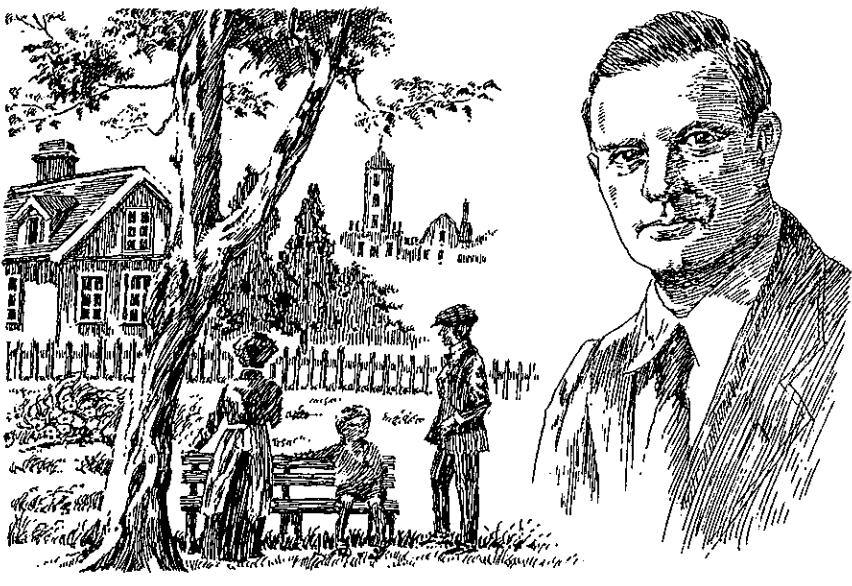
1899年にはジョンはニューヨークのグリニッジという保険会社でミズーリ、カンサス、ミシガン、ウィスコンシンの四州を委されることになり、長期出張が続くようになります。思春期を迎えたヘンリーとルーシー、それにもう小さいエドウインとウイリアム、乳飲み子のヘレンを抱えたジェニーは困つて、1899年11月14日、マーシュフィールドを引き払い、郊外のエヴァンストンに引っ越しました。

ども時代

1901年9月になつてエドワインは、ヘンリーと一緒に、初めてエヴァンストンの中央学校に入学しました。背が高く、本を良く読んでいたエドワインは、11月にやつと十二歳になるはずでしたが、8年生の学年に編入され、二十三歳年長の子ども達と一緒に勉強することになりました。彼は単語のスペリングが生涯苦手でしたが、それ以外はまずまずの成績でした。ホイートンの市長の息子と婚約中だったハリエット・グローテ先生はエドワインに何か光るものを見て取つたのでしょうか。「エドワイン・ハップルは、将来きっと大物になるでしょう」と予言したこと、後に地元では大変有名になりました。グローテ先生の息子、グローテ・レーバーも後にホイートンの自分の家の近くに、世界で初めて電波望遠鏡を作り、天の川や太陽を観測したことでも有名です。

1905年にはハップル家はホイートンの北メインストリート606番地の二階建ての家に引っ越しました。社会的にも名士となつたジョンは、格式のあるシカゴ・ゴルフクラブの会員になりました。エヴァンストンからホイートンへ引っ越しした本当の理由は父親のゴルフだったというのに、

子ども達のもっぱらの冗談でした。ハップル家は裕福でなんども引っ越しをしましたが、いつでも一階には大きな玄関広間、応接室、図書室、ダイニングルームがあり、二階には寝室やバスルームのある、ゆつたりした屋敷に住んでいました。地下室は子どもたちのパラダイスでした。そこでは、貴重な物を壊す心配もいららず、なんでも好きなことができるからです。屋敷のまわりには、子どもたちが遊びまわる広い庭があり、庭には花壇があり、ジェニーがさまざまな花を植えて丹精したのでした。



子どもたちにとって、ジョンは威厳のある父親でした。父親が仕事から帰ると夕食の鐘が鳴り、六時半には家族全員が夕食のテーブルにつくのが習慣でした。きちんと時間どおりに全員がテーブルにつくことが大事だと、父親は考えていました。夕食はどこかかしこまつた感じでしたが、前もって母親に頼んでおけば、子どもたちは友達を招待することができます。きみじめなジョンは飲酒を罪悪と考えていました。エドウインが後に英国へ留学することになったときも、決して酒には手を出さないと父に誓わせられたほどでした。

ハップル家には料理人やメイドなどの雇い人が何人かいましたが、子どもたちがそのことで甘やかされることはないかたたようです。ベッドは自分で整え、部屋も自分で掃除する決まりでした。夏休みには何かアルバイトをして小遣いを稼ぐようにと父は勧めました。子どもたちのアルバイトには、いろんな方法がありました。氷を載せた馬車が来たとき、氷入りの箱を各家庭に配るというのもありました。前庭の芝生を父から命じられて刈りました。お小遣いがもらえたしました。また、暑い日には町の近くで働いている道路工事の人夫に冷たい水を売るというアルバイトもありました。

家庭では、子どもたちは大きなテーブルのまわりに集まって、よく一緒に宿題をしました。日曜学校や教会の礼拝には必ず出ることになつて、いたが、そのあとは自由でした。夏は泳ぎに行ったり、干し草を運ぶ車に乗つたりし、冬はソリ遊びをしたものです。天気が悪いときには居間でいろいろなゲームを楽しみました。ある単語から始めて順番に一文字ずつ付け加えてゆくという言葉遊びは人気がありました。このゲームに勝つには、辞書にうまい言葉がないか探ししまわつて、いろいろ知恵を絞る必要がありました。夕方には家族コンサートが開かれたこともありました。お父さんはヴァイオリン、音楽の才能があつた長女ルーシー

ーはピアノ、エドウインとビルはマンドリンです。下の子たちもそれを楽しんで聞いたものですね。

エドウインは妹たちとよく遊びました。末っ子のベッティ（エリザベスの愛称）の最初の記憶はエドウインの肩車でサークัสに連れて行つてもらつたときのことだそうです。ベッティが十二歳の時、すでにヤーキス天文台で働いていた兄を訪ねて行くと、静かにするように言い聞かせて、エドウインは彼女を望遠鏡に連れて行きました。このときベッティは初めて望遠鏡を通して夜空を見たのでした。メーテルリンクの「青い鳥」の劇を見せに、エドウインが二人の妹を連れて行つたこともあります。

ハップル家の生活には悲しい事件もありました。エドウインが六歳、ヴァージニアがまだ二歳の時のことです。ヴァージニアはとてもかわいい子で、エドウインもビルも妹をかわいがっていました。でも、兄たちが作つたおもちゃの砦や橋をヴァージニアが壊すことがあって、一度二人が怒つてヴァージニアの指を踏みつけたことがあります。二人はもちろんこのことで強く叱られました。偶然その直後ヴァージニアは病氣になり、数週間後に亡くなつてしまつたのです。兄たちは妹の死が自分たちのせいだと思い、特にエドウインはひどく落ち込んでしまいました。両親がこのことに気づかず、優しい言葉をかけなかつたら、別れの悲劇が起つたかもしれません。

エドウインたちの母ジェニーは、子どもたちをとても大切にしていました。家庭内のいざこざはちょっとしたものから深刻なものまで、シェニーのおかげで円満に解決しました。子どもたちは母親にはなんでも話をることができました。父のジョンは厳格で、子どもたちは父に話をするとどうよりは、父のお説教を聞くのが習わしでした。ジェニーも一度だけ怒つたことがありました。それは、パーティ用に特別に準備したデザート皿か

ら、よりによつて最も年かさのいつたヘンリーとルーシーがクルミを失敬したときのことです。エドウインの母ジェニーは魅力的で絵になる女性でした。エドウインはこの母親の気品と優雅なしぐさを受け継いだのだといわれています。

このように、エドウインは暖かく調和のとれた家庭で、健やかな子ども時代を過ごしました。彼は兄や姉との遊びの中で、読み書きを早くから身につきました。エドウインは本を読むのが大好きで、少年たちの間でその頃人気のあつた冒險ものの本を次々に読みました。特に気に入りだったのは、「不思議の国のアリス」、「鏡の国」のアリス、「ジャン格尔ブック」、「ユール・ベルヌのいろいろなSF、「ゾロモン王の秘宝」、「ハックルベリー・フィンの冒険」などでした。

エドウインは、母方の祖父ウイリアム・ヘンダーソン・ジェームス（William James）の影響で、天文学に早くから魅せられたようです。このおじいさんはちよつと変わつた人でした。ヴァージニア州で医者としての教育を受けましたが、いわゆるゴーランド・ラッシュの流れに乗つてカリリフォルニアへ行き、青年時代を過ごしたのです。そこで、エドウインの祖母と結婚し、一人でやがてミズーリ州に戻つてきました。祖父が自分で望遠鏡を作り上げたとき、エドウインはとても興奮しました。心ゆくまで望遠鏡で夜空を眺めたいので、八歳の誕生日のパーティの代わりに、遅くまで起きていることを許して欲しい、と頼んだほどです。もちろん、その願いはかなえられました。

エドウインが十二歳のとき、火星について祖父のマーチン宛にとてもおもしろい手紙を書きました。その手紙はスプリングフィールドの新聞に掲載されたほどです。十四歳で盲腸の手術を受けたときには、ベッドで寝ていなければならぬのを慕しろ喜びました。そうなれば星の本をたくさん読めるからです。

エド・ワイン・ハップル 宇宙を広げた男

家 正則

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士。
専門：銀河物理学・天体観測学



第一章 ● 学生時代

高校生活

たいていの少年と同じように、エド・ワインはスポーツに熱中しました。高校の最終学年の頃には、身長190センチ、体重84キロとなり、バスケットボールではシュートを5回決めて、オタワ高校

を46対10で破り、地元の新聞で英雄あつかいされたものです。エルギン高校との対抗運動会でも大活躍し、棒高飛び、円盤投げ、ハンマー投げでそれぞれ優勝高飛び、円盤投げ、ハンマー投げでそれぞれ優勝し、1マイルリレーでも第二走者をつとめてチームを優勝に導きました。この運動会では走り幅跳びで5メートル59センチの記録で3位に終わったのだけが心残りでした。1906年5月には、走り高飛びで1メートル74センチの州新記録を出し

たことが新聞に出ています。

エド・ワインは1906年に高校を卒業しました。高校の最終学年の成績は平均94.5点というなかなかのものでした。学校ではがむしゃらに勉強するそぶりを決して見せませんでした。卒業式では一人一人がスピーチをすることになっていました。エド・ワインのスピーチも無事に終了し、式も終わりに近づこうとしていたとき、校長が立

ち上がってスピーチを始めました。校長はやおら「エド・ワイン・ハップル君。君を四年間見ていましたが、10分以上勉強しているのを見たことがないぞ」と切り出しました。次に何を言うのかと皆が静まりかえるなか、少し間を置いて、校長はにやりと笑いこう続けました。

「さあ、これがシカゴ大学への奨学金推薦状だよ」

カゴ大学

1892年に創設されたシカゴ大学に、エド・ワインはわずか16歳で入学を許可されました。エド・ワインは父の方針にしたがい、自宅通学ではなく大学の寮に入ることになりました。シカゴ大学の花形運動選手や上流出身の学生に人気のあったカッパ・シグマという学生グループに彼は入り、寮生活を始めました。その頃の学部には、太陽系の形成理論を唱えた天文学者フォレスト・モールトンや、アルバート・マイケルソン、ロバート・ミリカンなどの著名な物理学者がいました。1907年11月、光の速度を測ったマイケルソン教授に、アメリカ人としては初めてノーベル賞が授与されることになり、シカゴ大学は喜びに沸き立ちました。エド・ワインもこのことで刺激を受けたに違ひありません。エド・ワインの興味は科学に向いていたようですが、数学については高校・大学

を通じて、基礎コースしかとりませんでした。後にそのことを悔やむようになります。

エド・ワインの学生時代については、自分ではほとんど何も書き残していません。大学のフットボール部のコーチ、アロンゾ・スタッガがエド・ワインを自分のチームに入れたいと思い、練習の見学に誘つたことがあります。地元の新聞がコーチと並んでいるハップルを、「期待の新人か」と書き立てたため、この記事が父ジョンの目にとまるようになりました。コーチは息子の入部を認めてくれるように頼みました。すると考えた父親は申し出を断りました。エド・ワインはフットボール部の友人を週末に家に招いて説得を試みましたが、父親の気持ちを変えることはできませんでした。父の好きなのは野球でした。そこで、エド・ワインは野球選手のけがの数々について調べ、フットボールはむしろ野球より安全だと父を説得しようとした。ところが、話を聞いた父親はエド・ワインに野球をすることも禁じてしましました。その頃、父親の言葉は家族の中では絶対の法律でした。父に未来を台無しにされると父を説得しようとした。ところが、話しを

聞いた父親はエド・ワインに野球をすることも禁じてしましました。その後、父親の言葉は家族の中では絶対の法律でした。父に未来を台無しにされたと苦々しく思いながらも、エド・ワインはボクシングに転向することにしました。なぜか、ボクシングについては父が反対しなかつたためです。エド・ワインはボクシングでもアマチュアのヘビー級で才能を發揮しました。コーチが彼をプロボクサー



建設することになつて、鐵道の実際のルートを決めるための仕事でした。人里から離れた荒野での仕事でしたから、危険な目にあう可能性がありました。エドウインも一度、一人の強盗に襲われ、肩を刺されたことがあります。でも、怪我にもげず強盗の一人を殴り倒したので、もう一人は逃げたという武勇伝があります。測量作業が一段落し、エドウインは作業グループと一緒に帰るため、最寄りの駅に着きました。だが、列車のスケジュールが変わり、その駅には数日後まで列車が来ないことがわかりました。そこで、測量チームは次の列車を待つかわりに、食料もなしに三日間かけて森を徒步で抜けて帰ることにしたのです。これらの話は少し誇張されているのかもしれません。でも、姉のルーサーによると、この冒險から帰ったエドウインは、それまでの子供っぽさが消え、頼もしい青年になっていたそうです。

エドウインと彼の友人はこのアルバイトで金を得たことで、自立したという自信も得ました。自分のお金で彼らは自由に楽しいことができるようになりました。祭りに出かけて、好きなものを買ったり、ジュークボックスで好きな曲を聞き、気に入つた女の子にソフトクリームをおごるのも意のままです。

● ツクスフォードへの留学

1にしたいと思つたほどでした。長身のエドウインはバスケットボールでも強力なガード選手として出場し、大学新聞でも当時負け知らずだったシカゴ大学バスケットボールチームの活躍ぶりが紹介されました。

大学時代の夏休みのアルバイトでエドウインの思い出にいちばん残っているのは、測量チームの手伝いの仕事でした。この仕事は父の口利きで紹介してもらつたもので、五大湖地域の貫いて

もちろん、エドウインはただスポーツやアルバンイトに明け暮れていたわけではありませんでした。二年生が終わると、当時の慣例によりエドウインには一年間の科学助手の資格が与えられました。ミリカンの実験助手を務めたのもこの頃です。この頃からエドウインはローズ奨学生を受けることを夢見はじめたようです。ローズ奨学生は、アフリカのローデシアという国名の由来ともなつた英國の事業家セシル・ローズにちなんでいた。

1910年9月にエドウインと他の数人の奨学生は、年間1,500ポンドの奨学生を二年間得て、英國に旅立つことになりました。英國のどの大学で何を学ぶかを決めねばなりません。ケンブリッジ大学とオックスフォード大学は英國のエリートを教育する場として有名でした。60人以上のノーベル賞受賞者がケンブリッジ大学を卒業し、第一次世界大戦以降のほとんどの英國首相がオックスフォード大学に学んでいます。またほとんどの英

学金です。ダイヤモンド王として活躍したローズが残した600万ポンドの基金を基に授与される奨学生は、当時の英國で若者が快適な生活を送るのに充分な額でした。ちなみに、ラザフォード教授が当時すでに妻帯者だったニールス・ボアを研究室に招いた時の給料が、ほぼ同額だったそうです。ローズ奨学生は、単なる「本の虫」ではなく、健康で男らしく性格的にも健全な、19歳から25歳までの最高の独身学生に授与されることになりました。

エドウインはいつも品行方正というわけではありませんでした。あるとき、洗濯屋が神学生の制服を届けにきたとき、寮の仲間と一緒にになって、生卵を投げつけるといういたずらをしました。大學から父に知らせが行き、エドウインは大いに反省することになりました。幸いこの事件には大学から処分はなく、エドウインはローズ奨学生を目指して、勉学に励みます。やがてその勉学ぶりが学長の目にとまり、定員9名の学生委員の一人に学長から任命されます。エドウインはミリカンや他の先生の推薦状を取りつけるなどの準備も周到にし、イリノイ州のローズ奨学生選考委員会から一位で推薦を受けることに成功しました。

たのでしようが、文科系の強いオックスフォード大学で法律を専攻する決心をします。父がエドウインに法学を学び弁護士になつて欲しいと思つていたことが、大いに影響したのでしよう。彼は伝統のあるクイーンズ・カレッジを選び、将来の有力者、高貴な家系の子息たち、将来の偉大な作家たちと、生活をともにしたのでした。

オックスフォードでは、自由を重んじる教育を受けましたが、それに加えて人との交わり方、社交界での振る舞い、文化やスポーツの楽しみ方を学びました。エドウインが自分の考え方、的確に、表現力と説得力のある、しかも劇的な方法で、話術を身につけたのは、オックスフォードで法学を学んだせいでしょう。エドウインはすぐにオックスフォード大学特有の言いまわしを覚え、意識的に英語のアクセントでしゃべるようになります。彼のトレーデマークともなり、貫禄ある学者らしい雰囲気を醸し出したパイプ煙草をおぼえたのもこの時代でした。アメリカから来る後輩に紅茶の正しい入れ方をもつたいて見せるのが彼のお気に入りでした。父との約束を破つてビールやワインをたしなむようになります。ローグス奨学生にはクリスマスとイースターの時に6週間の休暇があり、夏休みも四ヶ月あつたので、エドウインは盛んに旅行しました。ヨーロッパをもつよく知りたいと思い、二度にわたるドイツへの夏の旅で合計3000キロ以上の旅をしましたが、その四分の三は自転車で走りました。

● 文学への想い

1913年1月19日、父のジョンが長患有の腫瘍病の悪化で亡くなりました。かなり裕福だったハップル家も、その頃までには蓄えを使い果たし、

ジョンは埋葬されました。英國から帰国したエドウインが故郷のルイスヴィルへ戻ってきたのは1913年の夏でした。兄のヘンリーは保険統計事務所に務め、姉ルーシーはピアノの家庭教師をしていましたが、家族8人を養うには心もとなく、エドウインはニューヨークバニー高校でスペイン語の教師を始めることになりました。やがて、スペイン語に加えて、物理、数学の授業も担当し、バスケットボールチームのコーチも引き受けたことになります。ハップルの率いるチームは州で第3位になり、生徒からも慕われたようです。

ハップルに関するこれまでの伝記では、エドウインは帰国後一年間にわたり法律研修を受けたことにしていますが、そのような事実はないことが分かりました。これは彼自身がおそらく自尊心から誰かにそう言つてしまつたのを取り消せなくなつたためだと思われます。多分自分に授けられたローズ奨学金が無駄になつたと思われては困るということにしてしまつたのです。エドウインは学生時代に味わえなかつた静かな家庭生活を楽しんでいました。

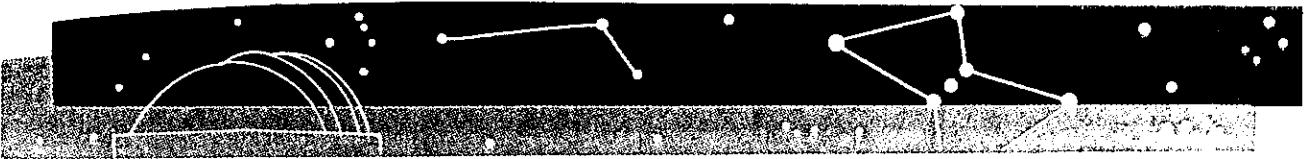
エドウインは、でもこの生活に満足しませんでした。天文学への想いがまた強くなってきたのです。彼は英国での三年間が、実は彼の望む人生から一歩はずれた道であつたことに気がつきました。1914年5月末に高校の学期が終わる頃、エドウインはシカゴ大学の天文学のモールトン教授に、大学院への入学と奨学金の給付の可能性を打診しました。モールトンはシカゴ大学のヤーキス天文台長のフロストにハップルを推薦する手紙を書き、フロストはエドウインに奨学金を用意するので、天文台で10月から研究するようにと勧めてくれました。

ヤーキス天文台の歴史は1892年9月にさかのぼります。シカゴ大学が創設された3日後に、シカゴの鉄道王チャールス・ヤーキスが世界最大の40インチ屈折望遠鏡を購入する資金の援助を申請しました。大学はシカゴから120キロ、スペインの村に天文台を建設し、1897年に天体分光学の権威エドウイン・フロストを台長に迎え、ヤーキス天文台を開設しました。ハップルはここで、フロストの指導のもとに観測をして、学位論文を書くことになったのです。

1914年8月には、エバンストンで開かれた第17回アメリカ天文学会にフロストの勧めで初めて参加し、ハップルはそこで多くの天文学者と知り合いになり、ファン・マーネンらと共に学会会員に選ばれました。この学会の記念写真には若いハップルがピッカリング会長などの重鎮のそばにしつかり陣取つて写っています。

ローウェル天文台のスライファーが13個の銀河の視線速度を測つたことをハップルが知つたのは、多分この学会のときが最初でしよう。測定結果は驚くべきものでした。なぜなら、多くの銀河の速度は恒星の視線速度に比べて大変大きく、しかもそれらの銀河のほとんどが遠ざかっていたからです。この観測の意義について、ポツダム天文台のヘルツシュブルングは、早速スライファーに、「渦巻き星雲が銀河系外の天体である証拠だ。おめでとう」と書き送つています。だが、これらの渦巻き星雲の距離がわからないため、渦巻き星雲が銀河系と同じ規模の天体なのかどうかは結論がでませんでした。天文学ではいつも問題になる距離をどう決めるかが、ここでも難しい宿題として残ったのです。

● ヤーキス天文台



第三章 ● 学位論文を仕上げて合衆国陸軍へ

初の論文

ヤーキス天文台でのハッブルの研究は、まず反射望遠鏡で写真を撮ることから始まりました。最初の論文は固有運動の大きな恒星に関するものでした。ハッブルは自分で撮影した写真を、およそ10年前に撮影された写真と比べて、12個の星について年間0.2秒角から1.5秒角におよぶかなり大きなずれがあるのを発見しました。このうちの4つは15等星以下の暗い星でした。この論文でハッブルはこう書いています。

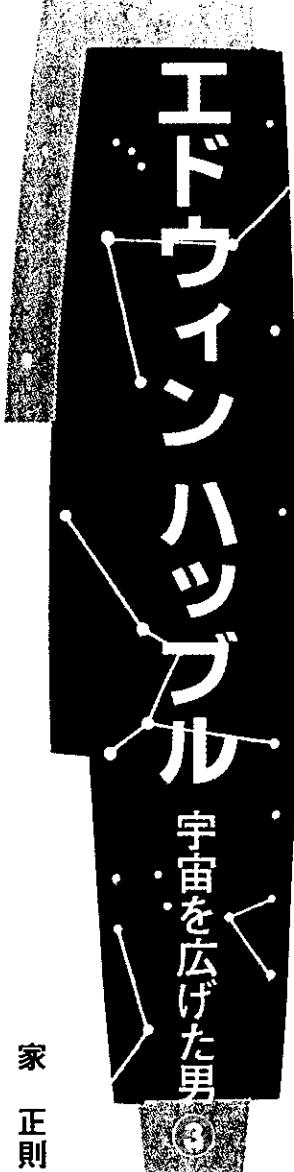
「自分が知る限りでは、これらは固有運動が確認された最も暗い星々である。観測した天域が限られていることを考えると、太陽近傍にはこのようないい星がかなり存在すると思われる」

ハッブルの写真乾板を使って、ハッブルは12個の未知の変光星も発見しました。でも、第一次世界大戦が始まつたため、この研究は完成しませんでした。

その後ハッブルは一角獣座R星という不規則な変光星を含む星雲NGC 2261に興味を持ちました。1916年3月8日に撮影した写真を、1908年にジョルダンが撮影した写真と比べる

学位研究

しかししながら、これらの恒星や星雲は彼の学位論文のテーマではありませんでした。その当時までにおよそ17000個の星雲が発見されていましたが、その正体は謎のままでした。「星雲」という言葉はいろんな天体に使われていました。銀河系の中のガス星雲や、惑星状星雲、それに系外銀河にもです。観測者にとってはこれらの天体はどうも星々に分解できない「もやもやした天体」として写真に写るからです。渦巻星雲は視線速度が大きく、固有運動も測定できないほど小さいため、これらの天体は我々の銀河系の外にある天体ではないかと、すでに何人かの天文学者は考えていました。でも、きちんとした研究が大切であり、そ



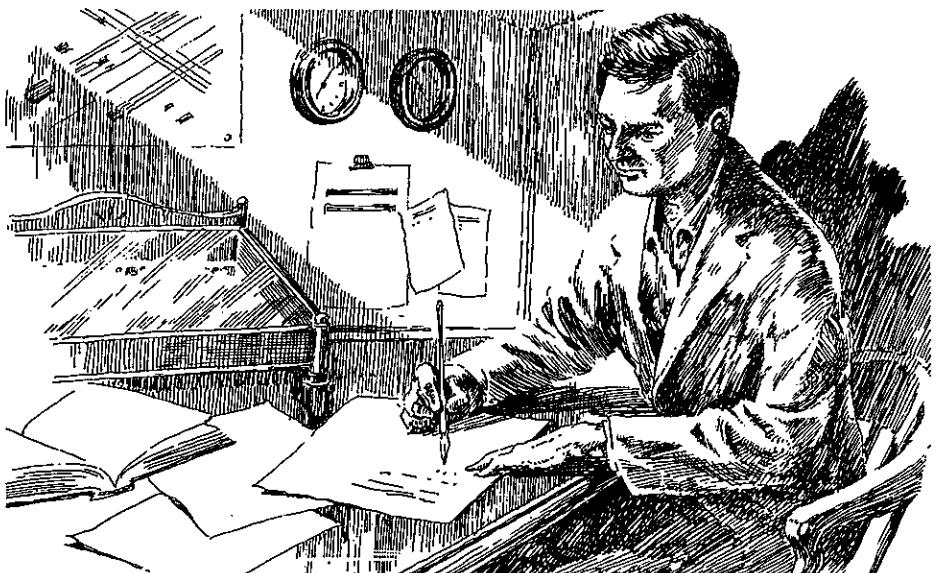
家 正則

のために大型の望遠鏡で計画的な観測を行なうことが必要でした。

ハッブルは、天の川から充分に離れた7つの天域を選び、ヤーキス天文台の24インチ反射望遠鏡で写真観測を行ないました。これらの写真乾板をみたので、その結果、星雲の変化の様子が確かめられたのです。星雲の中心から物質が放出されていて、その運動で星雲の形が変わるのだろうと、ハッブルは指摘しています。ハッブルはこの星雲に興味を持ち続け、その後数年間研究した後、彼の死の直前の30年後にも再び研究しています。

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授、大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学





も実りもない攻撃と撤退をくり返し、暫らくは血で染まつていきました。米国はヨーロッパでの戦いには、1917年の春になるまでかわらないようしていましたが、4月6日になつて米大統領ハッドロウ・威尔ソンはドイツとの連盟に対する宣戦布告しました。

ちょうどその頃、天文学の世界では大きな出来事が起きました。1916年7月23日、UIL SON山天文台副台長のウォルター・アダムスは、台長のジョージ・エラリー・ヘールに

あてて、新しい100インチ望遠鏡の鏡がもうすぐ出ること、およそ1年後には望遠鏡が完成するので新しい天文学者5人をそろそろ選びたいということ、そしてシカゴ大学の大学院生で「ハッベル」という有望な候補者を見つけたことを手紙に書きました。ヘールは自分でもハップルのこと調べ、学位論文が完成したら年俸1200ドルでUIL SON山天文台に招きたいと書きました。

ついで仕上げた学位論文

念願の新しいタイプライターで、初めてハップルが書いた二通の手紙は1917年4月10日づけとなっています。一通はフロスト教授へ当たるもので、予備士官に志願する決心をしたので学位試験の予定を早めてもらえないか、また推薦状を書いてもらえないかというものでした。フロストはハップルに学位論文の原稿が届き次第、最優先でその内容を検討すると約束し、士官学校への推薦状を書きました。もう一通はヘール台長宛で、やはり軍に入隊する決心をしたので、戦争が終わるまでUIL SON山天文台のポストを取つておいてもらえないか、また入隊への推薦状を書いてもらえないかというものでした。ヘールはこの突然の申し出にも快く応じ、返事をくれました。

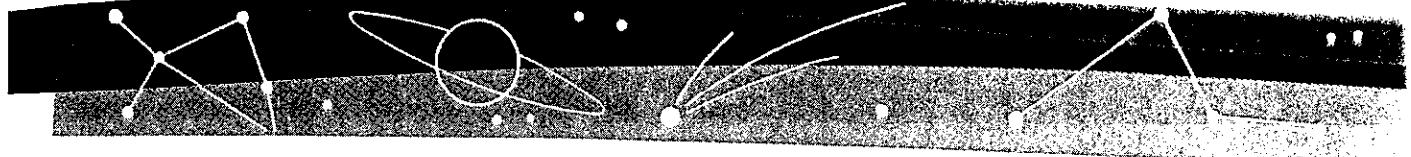
ハップルの学位論文は「微光星雲の写真撮影による研究」という題でした。学位論文の原稿は仕上がりが充分でなく、平時ならおそらくフロストに書き直しを命じられたものと思われます。だが、ハップルの状況を配慮して、学位審査委員会は審査の日程を繰り上げ、学位授与を決めました。シカゴ大学では学位論文のコピーが中央図書館に保管されることになつていますが、ハップルの学位論文は残つていません。無くなつたのか、結局提出されなかつたのかは定かではありません。それでも、学術雑誌への投稿版はフロストの綿密な推

敵を経て、1920年に掲載されています。論文としては完全でないところもありましたが、この論文にはすでにハップルのその後の偉大な研究の先駆けとなるものがいろいろと含まれているのが確認できます。

黒鷹連隊

こうして、ハップルはアメリカ合衆国陸軍に従軍することにしたのです。彼がこう決心した理由を理解するのは容易ではありません。ハップルの研究家たちもこの点については、明快な説明ができずにいます。彼はシカゴ大学を卒業し、オックスフォード大学に留学して、学位を取つた28歳の青年紳士だっただけでなく、もうじき完成する世界最大の望遠鏡を使って、最先端の研究をするチャンスを与えられようとしていたのですから。ハップルの決心が衝動的なものだったとも思えますが、大学の若者の間で戦争について熱っぽい議論がおそらくあつたのでしょう。実際、その当時ハーバード大学から325名、イェール大学からは187名、シカゴ大学からも34名と、数多くの若者が志願兵として従軍したことが記録に残っています。

ハップルは1917年5月15日、イリノイ州のフォート・シリヤンにある一級士官候補生訓練所に配属され、科学、法律に続く彼の3つめの職業となる軍人の訓練を受け始めました。アメリカ合衆国は第一次世界大戦に参戦したことにより、軍隊の大規模な組織化が必要となつてきました。その昔、白人やスキー族と戦つた勇敢なインディアンの酋長の名前になんて、「黒鷹連隊」と名づけられた第八六連隊が1917年8月5日に結成されました。その紋章には赤い三角の盾と黒い鷹があしらわれていました。8月下旬には一級士官訓練所からこの部隊の士官に合流するようにとの配



属命令が出ました。エドワイン・ハップル大尉は第三四三歩兵大隊の第一歩兵中隊の隊長となつたのです。母への手紙で「25名の下士官と600名の兵を部下として持つている」と誇らしげに書っています。ハップルたち上級士官は新しく従軍した下士官や新兵の教育に忙しい日々を送っています。教練、行軍、ライフル射撃、銃剣、擬装、爆破、狙撃、地下壕、援護射撃、神經ガスなどの訓練が行なわれました。あるとき、大隊長のハワード大佐がライフル演習場に現れ、10射のうち6射を標的の中心の5点マークに当て、残りの4射も4点のマークに当て、46点をスコアーしました。得意になつたハワード大佐は短銃でも真ん中を打ち抜いて見せるといつて、見事その通りに成功しました。すると、ハップル大尉が黙つて位置に着き、10射とも中央の的を射抜いて50点満点を出してしまつたのです。1918年7月には、ハワード大佐の推薦で、ハップルは少佐に昇進しました。祖父のマーチン・ハップル大尉より偉くなつたわけです。

1918年9月になつてやつと、ハップルの中隊はヨーロッパへの輸送船に乗り、ハドソン川を下り、自由の女神像のそばを通つて、9月19日にアイルランドに到着しました。大西洋にはドイツの潜水艦が数多く潜んでいましたが、1918年の秋頃までにはその危険もかなり減つていました。輸送船団は巡洋艦や駆逐艦に守られ、数百機の戦闘機や気球が英國沿岸に現れる潜水艦を警戒して飛び回っていました。一週間後、ザンプトーンの近くまで来た頃には、スペイン風邪と言われたインフルエンザが流行し、ハップルの部下の軍曹が39度の発熱をおして行軍しているうちに倒れ、数時間のうちに亡くなつてしましました。ハップルたちはその後、フランスのル・アーブルに上陸し、そこからボルドーを目指して南下したのです。終戦まであと6週間というときでした。黒

鷹部隊は戦闘の最前線に着くには、少し遅すぎたのです。10月には、ドイツの敗北が迫つてゐるところが明白となりました。ドイツの同盟国も次々に降伏していました。11月11日には、ドイツ代表團がコンピエンヌの森で降伏文書に調印したのです。帰國したときに持ち帰つたのは、鉄かぶと、第三四三歩兵大隊のライフル銃、少佐の金楓章、

終戦

ハップルの部隊は実際には戦闘に加わることはありませんでしたが、少なくとも一名の犠牲者が偶發的な地雷の爆発ででました。この爆発でハップル自身も氣を失い、野戦病院で意識を回復しました。この時だけがでハップルは右ひじをまつすぐには伸ばすことが生涯できなくなり、このけがは戦傷と認められました。この他には、軍隊生活で特に不快な経験があつたわけでもないようですね。軍隊の厳しい規律、命令系統、軍人間の直截的な人間関係は、彼の氣質に合つたものだつたようです。

1917年5月には歐州戦線に派遣された米兵の数は13000名でしかありませんでしたが、1918年11月の終戦時には200万人以上の米兵が、歐州戦線に到着していました。ハップルの部隊は12月から一部帰国が始まりましたが、部隊全員の帰国が完了したのは翌年の8月でした。そのころには、ハップルは自分の部隊から離れていました。最初、彼は法学の知識があることから、軍事裁判部に転属になりました。その後、母国へ帰国前にオックスフォード、ケンブリッジ、ウェーラーズ大学の短期コースに入學を許可されたアメリカの士官の監督者に、ハップルは任命されました。ハップルはケンブリッジ大学でエディントン教授の球面天文学の講義を聞いたり、ケンブリッジの裕福な天文学者ニユーホールの天文台を毎日のように訪れたりしました。ニユーホールの紹介



エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

著者プロフィル

1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了。東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）。東京大学提携教授。理学博士。専門：銀河物理学・天体観測学



第四章 ● ウィルソン山天文台

ヘールの偉業

ジョージ・エラリー・ヘールは、高層ビルに必要なエレベーターを開発したシカゴの大事業家ウイリアム・エラリー・ヘールの息子として、1868年に生まれました。16歳で太陽のスペクトルを撮影する装置を作る決意をし、21歳のときに太陽の活動の様子を撮影できる太陽分光写真儀の原理を思いつき、父を説得して12インチの屈折望遠鏡を作りあげました。24歳でシカゴ大学の助教授となつたころ、活力みなぎるヘールは鉄道王のチ

ヤールス・タイソン・ヤーキスを説得して、世界最大の屈折望遠鏡を作る資金を確保しました。40インチ（101センチ）の大レンズを持つ望遠鏡は1897年に完成し、シカゴ郊外のジュネーブ湖のほとりにヤーキス天文台が建設され、その台長にはエド温イン・フロストが就任しました。

太陽の研究を志していたヘールは、さらに大きな望遠鏡をつくろうと、建設場所を求めて天気の良い南カリフォルニアの山々を自分で登り、調べ始めました。ベッセマー法による製鉄プラントを

開発し巨万の富を築いたアンドルー・カーネギーが、カーネギー研究所を設立したのは1901年のことですが、偶然このことを知ったヘールは、さっそく財團の説得にかかります。ヘールが目をつけたウィルソン山では年間200日におよぶ快晴日に加えて、観測のできる日がさらに100日もあることが調査でわかりました。大気の透明度が高いことも確認され、バーナードは南の天の川の素晴らしい写真を撮りました。

こうして1904年、ついにカーネギー財團は、ヤーキス天文台の太陽望遠鏡をウィルソン山に移設する資金として15万ドルをヘールに提供することにしたのです。

ウィルソン山天文台はこのように太陽観測所として発足しました。恒星の進化を理解するために、もつとも身近な恒星である太陽をくわしく研究するのが、その主な目的だったので。台長となつたヘールは、すぐに恒星観測用の大型望遠鏡として60インチ望遠鏡の建設を始めます。さらに1906年には、パリのガラス会社がつくる100インチの鏡材を買う資金とそれを磨く資金を、ロサンゼルスの天文好きの事業家ジョン・D・フックからもらつ約束をとりつけました。望遠鏡の筒

60インチ望遠鏡

60インチ望遠鏡は1908年に完成しました。何頭ものラバに曳かせてゆっくりと登つていた、ちょうどそんなときヘール宛の電報が届きました。フランスのガラス会社から100インチのガラス鏡材ができたという知らせでした。100イ

ヤードームを作るのにあと50万ドルが必要でした。が、これもカーネギー財團に出してもらえることになりました。

この前後、ヘールは、ヤーキス天文台にいたウ

オルター・アダムス、ジョージ・リッチー、フランシス・ピースなど、主な天文学者をウィルソン山天文台に引き抜きました。ヤーキス天文台長のフロストは目をわずらい、とうとう失明してしまいます。ハッブルがヤーキス天文台に来た1914年には、フロストあての手紙や論文は誰かがフロストのために読み上げるという状態にまでなつていました。そんなこんなで、ヤーキス天文台はできあがつて10年もたたないうちに天文学の最前线から遅れを取ることになつてしましました。

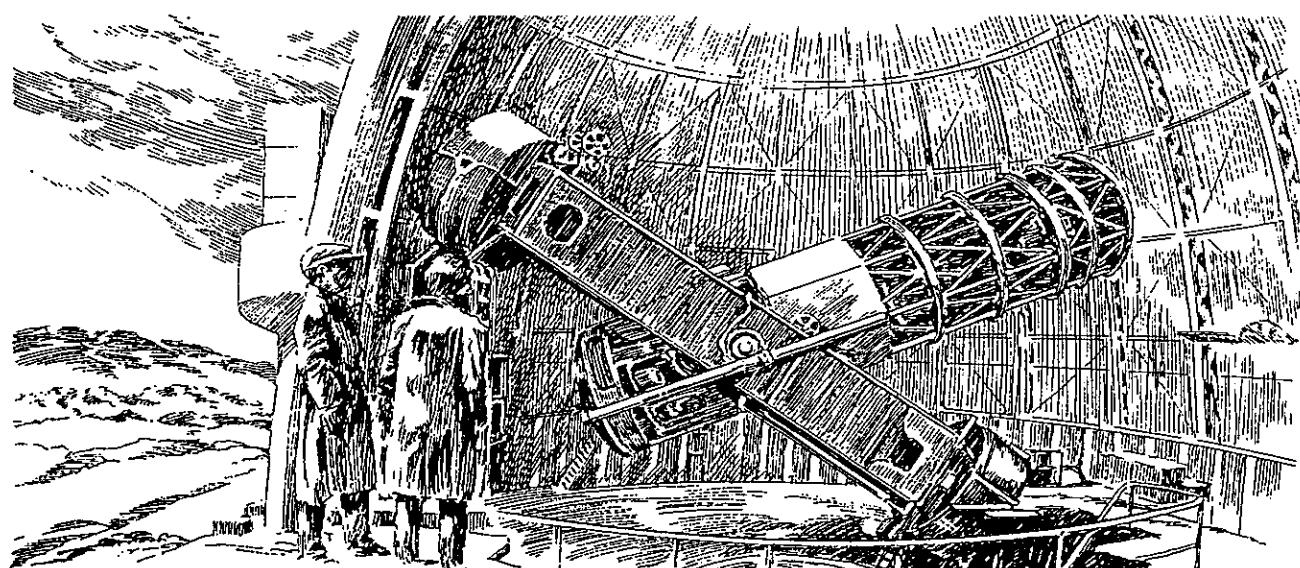
ンチのガラス鏡材は1908年末に届きましたが、これを磨く予定だつたりッチャーが、ガラスの中の気泡を見て、使い物にならないと宣言したため、ヘールは大変がつかりました。ガラス会社はその後何度も作り直しを試みましたが失敗続きで、ヘールは精神的に参つてしましました。1910年になり、絶望しかけたヘールは最後の望みを託して別のガラス会社の専門家にも見てもらうことになりました。リッチャーの診断とは違つて、コニング社の専門家はこのガラスが使えそうだ言つてくれました。そこで、別の研磨責任者を迎えて、研磨作業に入ることにしました。望遠鏡の筒や台は東部の会社で作られましたが、陸上輸送するには大きすぎることがわかり、アラスカを回つてカリフォルニアまで海上輸送することになりました。嵐で船が沈まないか、ドイツの潜水艦に撃沈されないかと、ヘールの心配は後を絶ちません。1917年11月1日、100インチ望遠鏡の最初の夜が来ました。望遠鏡は木星に向かう、アダムス以下18人の職員が見守る中、ヘールが接眼鏡をのぞき込みました。無言のまま困惑の表情を浮かべたヘールが見たのは、5つも6つものぼやけて重なった木星の像でした。鏡の温度がまだ空氣となじまないせいかもしれないと3時間もの間アダムスと交代でがんばりましたが、像はほんの少し良くなつただけでした。とうとう、あきらめて全員寝ようということになりましたが、ヘルとアダムスは午前3時にもう一度ドームで落ち合つことにしました。一人は結局眠れなまま、3時少し前にドームに行き、こんどは望遠鏡をこと座のヴェガに向きました。このときヘールの目に飛び込んできたのは、眩いばかりの輝点でした。鏡がやつと冷えて正しい形になつたのです。

ヘールは天文学の歴史の中では、創意工夫にあり、未来を見越し、目標に向かう不屈の精神と活力を持ち、実際に計画を成功に導いた、有能な科学マネージャーとして知られています。彼の頭の中には、より大きく新しい計画が、いつもいくつも渦巻いていました。

ヒューマソンとの出会い

終戦後、ハップルがUILソン山天文台に着任したのは1919年9月3日、100インチ望遠鏡完成のおよそ2年後でした。この頃には、UILソン山天文台での研究生活は落ち着いたものになつていました。パサディナのサンタ・バーバラ通り813番地に、地上二階、地下一階の天文台本部と実験室を備えた別棟が建設され、図書室には天体分光学の創始者ウイリアム・ヒッギンズ卿やジョン・フッカーの大きな油絵の肖像画が架けられました。パサディナとUILソン山を結ぶ車も定期的に運行され、片道2時間程度で山頂に着くことができるようになりました。

こわもての軍人ハップルが着任するという噂に、天文台の職員はみんな気がかりでした。ハップルは星雲の写真観測グループに参加することになり、着任の6週間後にUILソン山での最初の観測の夜が訪れました。その夜の観測助手ミルトン・ヒューマソンは、気になるハップルのこととこつそりと観察していました。カリフォルニアの銀行家の息子だったヒューマソンは天文台で小間使いとして2年前から働いていました。彼は学校での勉強に見切りをつけ、14歳から働き始めたのでした。他の小間使いと違つて、ヒューマソンは何事にも熱心でした。がんこなロバの群を操る方



法や、望遠鏡の心臓であつた時計装置の保守法、写真乾板の現像法などを身につけ、天文学者の信頼を得ていつたのです。まもなく、ヒューマソンは自ら天文学の本を熱心に読み始め、やがて観測助手に抜擢されたのです。そして、後々ハッブルが共同研究者とした数少ない観測者の一人として、素晴らしい業績を挙げるようになつたのです。ヒューマソンはそのときのことをして回想しています。

「私がハッブルに初めて出会つたのは、彼がウィルソン山で観測を始めたばかりの頃でした。その夜の彼の鮮烈な印象は、終生忘れられないものです。彼は60インチ望遠鏡のニュートン焦点で、立つたまま望遠鏡をガイドして写真観測をしていました。背が高くきびきびした人物がパイプをくわえているシエルエットが、夜空を背景に見えました。軍人用のコートが、風で彼の身体にまとわりつき、ドームの暗闇の中でパイプに時々赤い火が火照るのが見えました。その夜のシーアイニングはひどいものでしたが、現像が終わつて暗室から出てきたハッブルはとても幸せそうにしていました」

● イルソン山の人々

ウィルソン山天文台は、ヘルとともにヤーキス天文台からやつてきた副台長のウォルター・アダムスが取り仕切つていました。アダムスはニューリングランドの教会牧師の息子として生まれ、ダートムス大学で新進気鋭のエド温ン・フロストに師事し、フロストと共にヤーキス天文台に来たのでした。アダムスは几帳面な人で、町の人はアダムスが出勤するのを見て時計を合わせたといふ逸話さえあります。アダムスはブリッジや、テ

ニス、ゴルフ、ビリヤードも得意でした。

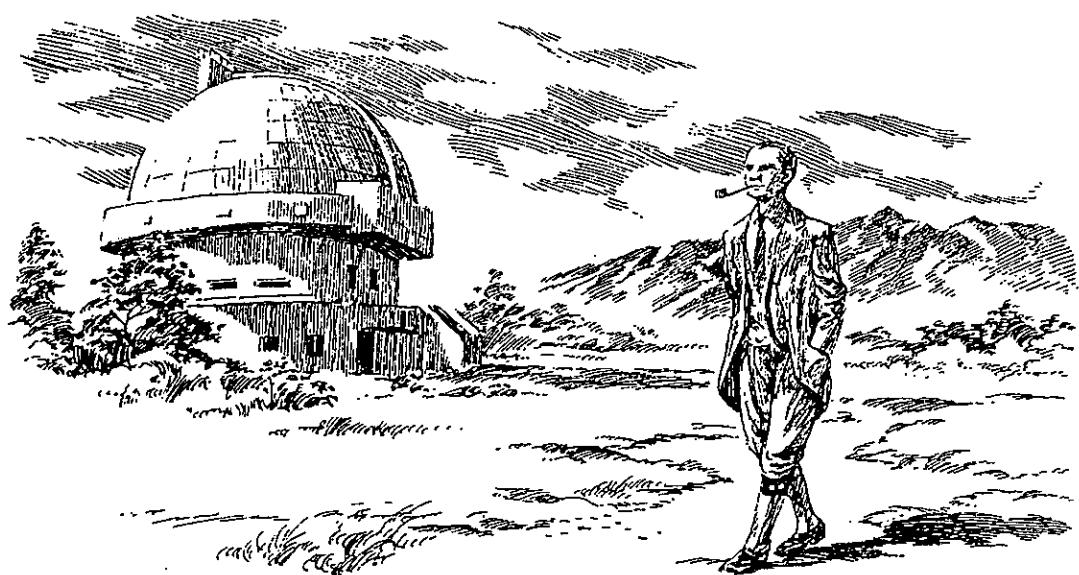
オランダ出身のファン・マーネンは、同じオランダの著名な天文学者ヤコブス・カプタインの影響を受けました。皆と騒ぐのが好きな氣の利いた男で、いろいろといたずらをしたようですが、ハッブルはファン・マーネンのことを最初から軽蔑していました。ファン・マーネンもハッブルのことが気に入らなかつたようです。

ウィルソン山天文台には、もう一人の著名な天文学者ハーロー・シャープレーがいました。学校教師の息子として1885年に生まれたシャープレーは、高校へ進学するかわりに15歳でピツバーグの実業学校へ入り、2年間新聞記者をしました。

その後、商業の世界に戻り、ミズーリ大学を卒業しました。1911年にプリンストン大学のヘンリー・ラッセルに師事して、食連星の研究を始めました。食連星をくわしく観測すると、星の半径や密度などさまざまな情報を割り出すことができます。食連星の中には太陽の密度の百万分の一しかないものがあることなどがこの研究でわかり、シャープレーは学位をとりました。シャープレーはこれらの研究の中で、連星がそれまで思っていたのより実際は遠くにあることに気づき、銀河系自体もそれまでのカプタインのモデルよりずっと大きいのではないかと考えるようになつたようです。

シャープレーはちょっとと変わつて冗談好きな男でした。ウィルソン山で仕事をするようになつたある日、山の途中で一休みしているときに蟻の行列に気づきました。蟻の行進するスピードが日陰と日なたとで違うことに気づいたシャープレーは、温度計や湿度計、ストップウォッチなどを用意して、蟻の歩みの「学術的」な計測をし、ついには「蟻の熱力学」と題する論文を、生態学の雑誌に投稿したという逸話があります。ファン・マーネンと同じく、シャープレーもハッブルの貴族的な雰囲気、ローズ奨学生としての経歴、軍隊調査活動、それにきざなオックスフォードなまり、が気に入りませんでした。

(つづく)



エド・ワイン・ハップル 宇宙を広げた男

家 正則

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年
東京大学理学部天文学科卒／1977
年東京大学理学系大学院博士課程
修了。東京大学助教授などを経て
1993年より国立天文台教授・大型
光学赤外線望遠鏡計画推進部・総
合研究大学院大学教授（併任）
東京大学提携教授、理学博士。
専門：銀河物理学・天体観測学



第五章 ● 銀河系内星雲

ウ イルソン山の夜

ハップルが100インチ望遠鏡で最初に撮影したのは、星雲NGC2261で、その乾板にはH1H（フッカー100インチ、乾板1号、ハップルの頭文字の略）と書き込まれました。ハップルは自分でできることは何でも自分でできる主義でした。軍隊で司令官としての経験を積んだハップルは、部下から尊敬されつつ慕われるようになります。

天文台に来た後もかなりの間、ハップルは乗馬用長ズボンと軍隊用ブーツを愛用し、少佐のイメージを大切にしていたようです。一度遅れてやつてきたヒューマソンに何をしていたのかとハップルがたずね、嘘をつけないヒューマソンは他の職員とポーカーをやつていて遅れたことを白状しました。上司に報告されてしまふと観念した一同は、小佐が現われてゲームに入ってくれと言つたので、びっくりしたそうです。

山の斜面にある「修道院」での夕食は冬は5時、夏は6時に始まります。晚餐のテーブルの主賓席

には、100インチ望遠鏡の観測者、その右には100インチの観測助手、その右に60インチ望遠鏡の観測者という順で、皆コートとネクタイで正装して着席します。夜が明けるまで、寒い中で何時間も精神集中して望遠鏡をガイドするのは大仕事です。当時世界最高の100インチ望遠鏡にも、いろいろと問題がありました。望遠鏡を動かすギアの歯が完璧に揃っているわけではないので、望遠鏡をいろんな天体に向けると、ほんの少しだけそっぽを向きます。このずれを直すには、観測台から直接天体を見て望遠鏡を微調整する必要があります。ドームも望遠鏡の動きに合わせてその向きを変えてやらねばなりません。この望遠鏡はスマーズに動かすために水銀の上に浮かせる設計になっていたのですが、戦争中は必要な量の半分しか水銀が使えませんでした。このため、温度が大きくなると望遠鏡が引つかることもあります。涙気と寒さが大敵ですが、ひどい時には指がかじかんで足の指の感覚もなくなってしまいます。涙でまつ毛がアイピースに凍り付いてしまいます。涙でまつ毛がアイピースに凍り付いてしまったこともあります。

アダムスがハップルに目をつけたのは、正しい選択でした。ハップルは精力的でいろんなアイデ

アを持つていました。ハップルはすぐにウイルソン山のすべての観測装置に詳しくなりました。天文台の記録には、露出時間が4~5時間にもおよぶ写真を、ハップルが何枚も撮影したことが記されています。へびつかい座のある天域の観測では3晩にわたり、合計19時間もの露出をかけた写真の撮影を試みました。ウイルソン山に残された観測台から直接天体を見て望遠鏡を微調整する必要があります。ドームも望遠鏡の動きに合わせてその向きを変えてやらねばなりません。この望遠鏡はスマーズに動かすために水銀の上に浮かせる設計になっていたのですが、戦争中は必要な量の半分しか水銀が使えませんでした。このため、温度が大きくなると望遠鏡が引つかることもあります。涙気と寒さが大敵ですが、ひどい時には指がかじかんで足の指の感覚もなくなってしまいます。涙でまつ毛がアイピースに凍り付いてしまいます。涙でまつ毛がアイピースに凍り付いてしまったこともあります。

ハップルの最初の研究は、天の川に沿って並ぶ明るい星雲や暗黒星雲を調べることでした。何年も後になつてメイヨールはこう回想しています。

でした。100個あまりのメシエ天体はもちろんのこと、天の川の中のNGC番号のついた数百個の星雲、暗黒星雲、星団、惑星状星雲について、ハッブルはその構造やとなりの天体との関係を詳しく覚えていたのですから…」

ハッブルは10インチの天体写真儀に広角カメラを取り付けて、天の川の大きな構造を調べました。実際、ハッブルとダンカンは天の川から37度も離れたところに新しい暗黒星雲の1つを見つけました。

この新発見は論文にする価値がありそうに思えますが、なぜかハッブルは全く論文発表をしませんでした。」

ヤーキス天文台時代から注目してきた、いつかくじゅう座の星雲の変化の様子を調べるため、ウイルソン山でも定期的に大望遠鏡で観測してきましたが、これについては短い論文1つ書き残しました。天文台の報告書にはハッブルが新しい球状星団を発見したと書かれていますが、その3つがいつたいどれなのか、今もつてわかりません。

軍隊から帰ってきてハッブルが最初に書いた論文は、ペルセウス座の淡い星雲の集団NGC1499に関するものでした。対物プリズムをつけて撮影したスペクトル写真で、ハッブルはこれらの星雲のスペクトルに水素や酸素の輝線があることを確認しました。同じ写真から、星雲IC2003が惑星状星雲であることも発見しました。

プリズムを使った同じようなスペクトル観測で、ハッブルは新しい惑星状星雲を12個も発見しました。そのうちの6つについては大望遠鏡でも中心星が見えませんでした。現在では、これらの惑星状星雲はまだ初期の段階にあるものだということがわかつています。

ハッブルは際だつて太い輝線スペクトルを示す

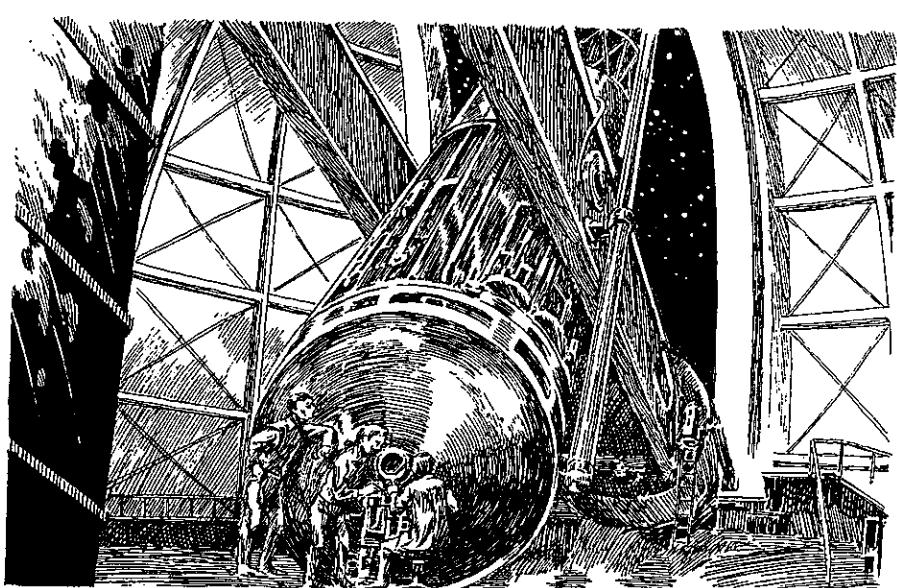
渦巻星雲がいくつもあることも指摘しています。後にこれらの銀河を研究した天文学者にちなんでも、このような銀河はセイファート銀河と呼ばれるようになりました。セイファート銀河の代表とも言えるNGC4151のスペクトルの異常性に着目したのも、おそらくハッブルが最初だったと思われます。

銀河系内星雲

1922年の5月、ハッブルは天体物理学年誌(Astrophysical Journal)に「銀河系内星雲の一般的研究」と題する論文を発表しました。この論文の重要性は今でも失われていません。ハッブルは全ての星雲を、天の川の近くにある銀河系内の星雲と、天の川から離れた位置にある銀河系外星雲とに大別しました。その当時はまだ銀河系外星雲が我われの銀河系の外にあり、我われの銀河系と同じような大規模な恒星系であるという考えは、はつきりとは確立されていませんでした。

銀河系内星雲はさらに、惑星状星雲と、形があまり定かでないそれ以外の星雲に分けられました。形の定かでない星雲としては、夜空にあいた穴のように真っ黒な暗黒星雲や、優美に輝く発光星雲、反射星雲があります。

明るい散光星雲が天の川の中で20度ほど傾いた大円に沿って並んでいることを、最初に示したのもハッブルでした。1879年にグールドベルトと名づけられたこの大円に沿って、青い星々も集中しています。およそ60個の明るい星雲のスペクトルを調べたハッブルは、グールドベルトに沿った星雲が連続スペクトルを示すのに對し、銀河面に沿って並んでいるものは輝線スペクトルを示す



ているからであろう。星雲には非常に高温の星からの放射でガスが電離して光っているものと、単により低温の星からの光を反射して光っているものがあるのだろう」

ハッブルはこう結論しました。

次の論文では、ハッブルは多数の星雲を、60インチ望遠鏡や100インチ望遠鏡で撮影し、星雲の大きさと光源星の明るさの間に一定の関係があることを示しました。「星雲は近くの星の光を受け、受けたのと同じ量の光を放っている。近くに充分な明るさの星がなかったり、あっても地球から見たときに星雲を光させるうまい位置にない時には、星雲は暗黒星雲として見える」

この結論には説得力がありました。

ところが、不思議なことに惑星状星雲はこのようない解釈で予測されるより百倍も明るく輝いています。惑星状星雲は目に見えない強い紫外線を星から受け、そのエネルギーが可視光として再放出されているらしいと、ハッブルは予想しました。ハッブルのこの推論もまた正しい推論でした。ウイルソン山に就職した最初の年にハッブルが取り組んだ銀河系内星雲の問題はこうして解決し、いよいよ銀河系外星雲、つまり銀河の研究に本格的に取り組むことになったのです。

卷星雲

18世紀後半、ウィリアム・ハーシェルは自作の大望遠鏡で何度も全天の星を数え、銀河系が円盤状の恒星系であることを示しました。2000個あまりの星雲を新しく発見したハーシェルは、初めの頃は、これらの星雲を銀河系の外にある巨大な恒星系であろうと考えていました。ところが、

1790年に中心星とそのまわりを取り巻くガスの雲がある星雲を発見し、自分のそれまでの考えを変えていました。星雲が我われの銀河系の中にあるのか、銀河系のずっと外にあるのか、その後100年ほどは深刻な議論がなされることはありませんでした。

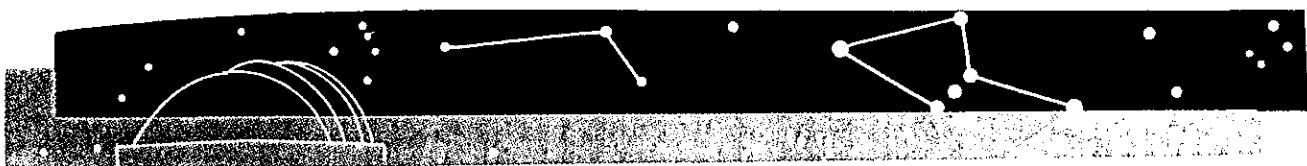
星雲の中でも目立つアンドロメダ座の大星雲は、10世紀のアラビアの天文学者アル・スーアフィーの星図にも描かれていたくらいですから、少なくとも1000年前から人類が知っていた星雲です。ヨーロッパでは、1612年にドイツの天文学者シモン・マリウスが望遠鏡でこの星雲を発見しています。マリウスはアル・スーアフィーの本ことは知りませんでした。

その後、J・フライムスチード、G・カッシニ、C・メシェラが観測し、メシェは彼の有名なカタログの31番目にこの星雲を載せました。ウィリアム・ハーシェルはこの星雲を何度も観測しましたが、アンドロメダ大星雲に対するハーシェルの考えは次々に変わりました。

天文学でセファイド型変光星ほど重要な役割を果たした天体はありません。ハーバード天文台のヘンリエッタ・リービット娘が1908年に、小マゼラン星雲中の変光星の周期と光度（みかけの等級）の間に関係があることに気づきました。これららの星の地球からの距離は実際上同じですが、リービット娘は「変光周期は本来の明るさと関係している」と結論したのです。これらの変光星の振る舞いは、球状星団中の変光星と似ていますが、これららがセファイド型変光星であると最初に気づいたのは、デンマークのアイナー・ヘルツシュブルングでした。こうして、天文学者は距離を測る有力な手段を手に入れました。

ロード奨学生としてよく勉強していたハッブルは、当然のことながらコペルニクス、ケプラー、ガリレイ、ニュートン、ハーシェルなどの先人の仕事を詳しく知っていました。そして、自分が星雲の研究で後世に名を残すことをその頃から夢見ていたのです。

※この連載記事は、T・シャーロクとA・ノビコフ著「エドワイン・ハッブルーピッグバン宇宙の発見者」（ケンブリッジ大学出版会 1993）とクリスチャン・ソーン著「エドワイン・ハッブルー星雲の海への航海者」（1995）の2冊と、ハッブルの原著論文などを参考に構成しています。



エド温ン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

6

第六章 ● アンドロメダ大星雲の距離決定

新星 Sアンドロメダ 1885

1885年には、アンドロメダ大星雲の中で新しい星が輝き始めました。有名な新星Sアンドロメダです。数年後、英国のアマチュア天文家アイザック・ロバーツは20インチ望遠鏡を用いて、この星雲の一連の写真をとりました。彼の素晴らしい写真には渦巻きの腕の中で星々が点々と輝いているのが認められました。1900年にはある渦巻き星雲を観測していたウイルソン山天文台のジョージ・リッチャーは、突然そこに新しい星が現われているのに気づきました。そこで、リッチャーは他の星雲にもそのような新星がないかどうかを調べることにしました。すぐに、アンドロメダ大星雲の古い写真乾板から2つの新星が発見され、1917年にリッチャーは論文を発表しました。でもその当時はまだ天文学者も、このような星には普通の意味の新星と超新星の2つの種類があるとは気づいていませんでした。シャプレー、リッチー、ダンカン、サンフォード、ヒューマソンによつて、その年や後年、次から次へと新星の発見が続き、1922年には21番目の新星が発見されるにいたりました。

1885年の新星は、アンドロメダ大星雲でつかつた他の暗い新星と比べて際だつて明るいものであり、大星雲の距離推定には使うべきでないところでした。ケニヒスベルグのジユリウス・フランツは1885年の超新星の三角視差の測量を試みましたが、成功しませんでした。スウェーデンの天文学者カール・ボーリングは大星雲の視差を写真で測定し、我々からほんの19光年の距離にあるという答えを得ましたが、これほどひどく間違った測定を発表したのは彼らでしょ。他の天文学者もこの大星雲の距離

の測定を試みましたが、皆ことごとく失敗しました。

原理的にはセファイド型変光星を見つけてその周期を測り、周期と光度の関係からその絶対光度を求めてやれば良いのです。そして、絶対光度と見かけの光度を比べて計算すれば、セファイドまでの距離が求められます。このセファイドがアンドロメダ大星雲に属していれば、星雲までの距離が求められるわけです。

巻き星雲の大討論

1920年4月26日、アメリカの国立科学アカデミーは、二人の著名な天文学者シャプレーとカーチスの公開討論会を企画しました。議論のメインテーマは銀河系の構造でしたが、渦巻き星雲の正体の議論もからんでいました。ちょうどこの頃、シャプレーはウイルソン山天文台からハーバード大学天文台の台長代理に就任するところでした。6ヶ月間の仕事ぶりによつて、台長にしようといふ約束でしたので、ハーバード大学天文台の面々や天文学以外の著名な学者を聴衆とする、この公開討論会はシャプレーの心に重くのしかかっていました。

銀河系は直径約2万光年の大きさの円盤で、太陽系は銀河系のほぼ中心にあるというカプタイン

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）・東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



のモデルがそれまでは一般的でした。シャブレーは銀河系が球状星団の4割以上がいて座の方向に集中していることに着目し、球状星団中のこと座RR星型変光星の周期と光度の関係から、銀河系の中心が

いて座の方向のおよそ6万光年の距離にあり、銀河系の直径は30万光年に及ぶという大規模な銀河のモデルを唱えました。シャブレーは銀河系が唯一の大恒星系であり、多数の渦巻き星雲は銀河系の周辺に分布していると考えました。渦巻き星雲がすべて遠ざかる運動をしているというスライバーの発見した驚くべき事実も、渦巻き星雲が銀河系の輻射圧をうけてすべて銀河系から投げ出されているためと考えれば良いというわけです。

1885年の新星Sアンドロメダが星雲全体の明るさに等しい光度にまで達しましたが、銀河系の新星の明るさから考へるとアンドロメダ大星雲は銀河系よりずっと小さい天体となることを強調しました。さらに、この当時シャブレーの同僚だったファン・マーネンが測定した渦巻き星雲の回転速度からすると、渦巻き星雲は銀河系よりずっと小さくなければならないと結論しました。

これに対しても、カーチスは渦巻き星雲の色やスペクトルはF型やG型の星のスペクトルに似ていて、多数の星々の集まりであることを思わせると指摘しました。渦巻き星雲が銀河面にほとんど見られないことは、銀河面の中の塵による吸収のためと考へれば良く、輻射圧による渦巻き星雲の放出と考へる必要がないこと、また1885年の新星は他の新星より明るく、異なる種類のものである可能性があると指摘しました。実際数年後には、Sアンドロメダが普通の新星より数万倍も明るい超新星であることがわかるようになりました。

銀河の回転を測定したというファン・マーネンの結果についても、カーチスは測定精度がまだ不充分なので他の研究者の独立な測定結果で確認される必要があることを強調しました。

二人とも自分が議論に勝ったと思つていた節がありますが、この講演会の討論は決着がつきませんでした。星雲の距離がわからなかつたからです。

イツ天文学会でアンドロメダ大星雲の距離を精確に測るためににはセファイド型変光星を探す必要があると表明しましたが、まだハップルの成功のことは知りませんでした。

② ファイドの発見

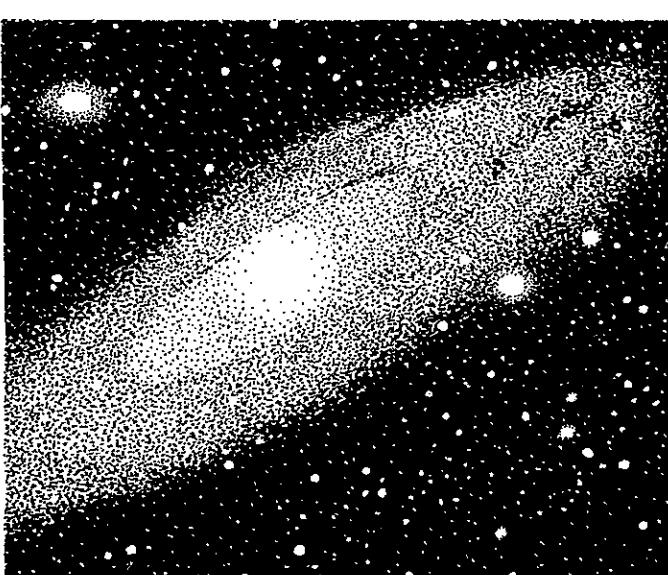
シャブレーへの手紙

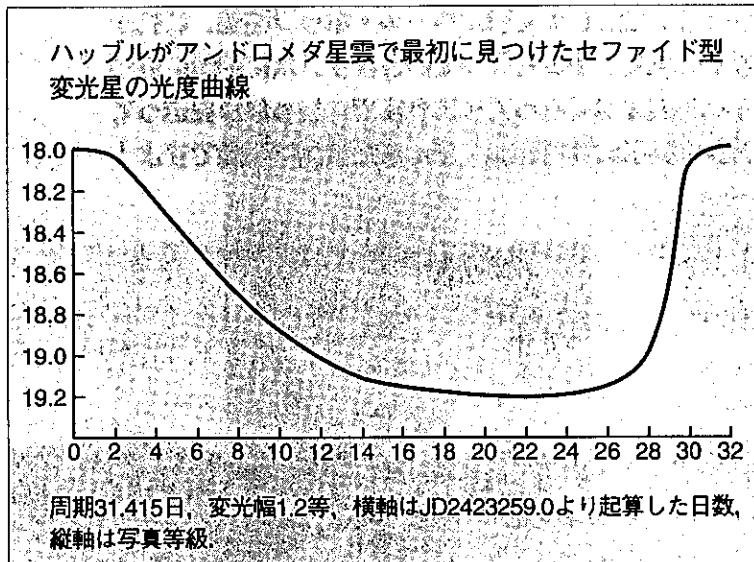
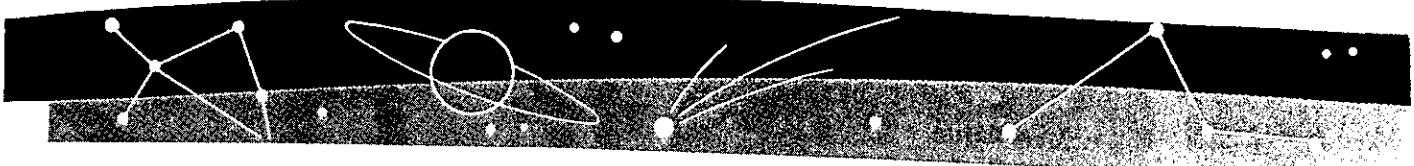
1923年夏、新星の研究をもつと系統的に行なうため、ハップルは60インチ望遠鏡と100インチ望遠鏡を用いてアンドロメダ大星雲を精力的に観測し始めました。10月4日に100インチ望遠鏡で得られた最初の乾板に、早速二つの新星と暗い変光星が一つ見つかりました。この変光星が彼の最大の発見となりました。資料庫に残つている乾板のカタログには、変光星の明るさが記録されていて、ハップルがこう書き込んでいます。「この乾板で発見。10月10／23」。乾板のガラスには、新星にはNovaのNのマークをつけ、大文字で変光星を現す「Var」と書きました。ハップルは、リッチーが60インチ望遠鏡で1909年春に撮つた乾板も含め、合計数十枚の乾板でこの星を確認しました。そして、10月23日には光度曲線を描き、その変光周期を測定することに成功したのです。でもこれらの乾板の撮影状況はバラバラだったのです、ハップルはアンドロメダ大星雲を2月2日から7日まで毎晩撮影しました。すると、その星は見る見る明るくなつて行くのがわかりました。この星がセファイド型変光星でその増光期を観測してい

たことは、疑う余地がなくなりました。

ハップル以前の天文学者はだれ一人としてアンドロメダ大星雲でセファイド型変光星を探す試みなど行ないませんでした。シャブレーが積み上げた多くの写真乾板はそれまでただ積まれていたのです。1924年9月になつてルンドマークがド

ハップルはハーバード大学に移つた変光星の専門家シャブレーあてに1924年2月19日に手紙を送り、彼の発見を初めて報告しています。『私がアンドロメダ大星雲M31の中にセファイド型変光星を発見したと聞いて、関心を持つていただけだと思います。今季、私は天候の許すかぎりこの星雲を頻繁に観測しました。その結果、過去5ヶ月の間に9つの新星と2つの変光星を発見しました。一つ目は中央核より約16分角ほどの渦巻き腕の縁にあり、暗いまだらなもやもやを背景に





輝いています。等級の推定はいくつかの比較星を用いましたが、暫定的なものです。光度曲線には1909年から今日までの利用可能な全てのデータを用いました。比較星との零点補正是あなたの写真等級の結果に適当な距離補正をした上で、外挿して求めました。変光振幅の推定誤差は0・3等級以下、絶対等級の誤差は0・5等級以内と考えています。

荒っぽいものではありますが、この変光星の光度曲線を同封致します。これは典型的な星団型のセファイドだと思いますが、いかがでしょうか？

31・415日の周期は、あなたの周期と光度の関係によれば、絶対等級 $M = -8.5$ 等から $P_V = 1.50$ に相当します。写真等級 $m = 18.5$ 等から $P_V = 1.50$ に換算するには色補正を施さねばなりません。シーレスはこ

の色補正是0・9等級以下であると述べていますが、あなたのマゼラン星雲に対する周期一色関係からはもう少し大きな値が必要とされます。シーレスの値を採用しますと、写真 P_V 等級は17・6等となります。この場合、距離は30万パーセク以上となります。星が星雲のガスによる減光を受けているとしますと、距離はそれに応じてもう少し近くなりますか……』

この手紙の最後から2番目の文に最も重要な結果が書かれています。セファイドのおかげでアンドロメダ大星雲までの距離が約100万光年であることが、かなりの精度で確かめられました。アンドロメダ大星雲が我々の銀河系の外にある大きな天体で、おそらく他のより暗い銀河も宇宙の中の島々のような存在であることを、この結果は示していました。これはシャブレーのライフワークだった宇宙像が、もう終わりであることを意味していました。シャブレーもそのことはすぐ悟りました。ハッブルの手紙がシャブレーに届いたとき、研究室にいたペイン・ガボシュキンは、シャブレーがその手紙を示して、シャブレーはハッブルに2月27日に返書を書きました。

「この手紙は私の宇宙を壊してしまった」とつぶやいたのを良く覚えています。シャブレーはハッブルに「アンドロメダ星雲の方向にある変光星に関するあなたの手紙は、長年私が見た論文の中でも最も衝撃的なものです」

ハッブルは渦巻き腕に他にも暗い変光星を見つけました。天文台の年次報告にこの間の事情はくわしく書かれていますが、最も重要な結果であるアンドロメダ星雲までの距離については一言も触れていません。おそらく、ペールの後をついだウイルソン山天文台のアダムスが慎重を期し、他の変光星の解析結果を待つことにしたのでしょうか。

1923—24年の観測シーズンは、ハッブル



にとつて大成功でした。彼は新星を10個発見し、アンドロメダ大星雲の新星の数を合計32個にしました。このうちのいくつかの新星はとても面白いものとわかりました。例えば、ある新星はとてもゆっくり光度を変え、1921年10月から5年半にわたり乾板上に写りました。今日にいたるまで、アンドロメダ銀河に現われた新星で、このようなふる舞いをする新星は他に知られていません。銀河の中心から大きく離れた領域で、それまで見つかっていなかつたところでも、3つ新星が発見されました。

ハッブルは同時にしかも精力的にいくつかの研究を進める能力を持つていました。この頃、彼はアンドロメダ大星雲の観測を続けながら、さらに2つの銀河NGC 6822とさんかく座のM 33も観測していました。1924年の末までには、アンドロメダ大星雲、さんかく座大星雲、NGC 822の乾板を合計約200枚撮影し、M 33やNGC 6822にもセファイド型変光星を確認することに成功しました。

第七章 ● 銀河の分類

ハッブル分類

銀河系内の星雲を研究していた間も、ハッブルは銀河系の外にあると思われる渦巻き星雲のことを考え続けていました。渦巻き星雲のことは以前から気になっていたのです。大望遠鏡で撮影した渦巻き星雲の姿はさまざまですが、共通な特徴もありました。最初の問題はこれらの星雲を分類して、基本的な型に整理することでした。多数の写真乾板を調べたハッブルは、銀河系外星雲をおよそ4つの型に分類できることに気がつきました。

ハッブル分類

もう一方の極端なやり方は、特徴を詳しそうほど並べ立てて、異なる型を乱立させる分類法です。マックス・ウォルフが提案した分類体系では23種類もの型がありました。これでは、ある星雲をどの型に分類するか迷ってしまいます。レイノルズの提案した分類体系も同じようにあいまいなものでした。

アメリカの天文学者たちは、国際天文連合の星雲部会にハッブルの分類体系をちょっと修正して採用するように提案しました。だが、そのときの部会長であったフランスの天文学者ビゴーダンは、当時まだ無名だったアメリカの天文学者の提案を無視し、彼自身が既に発表していた分類体系を使うようにと、部会報告に書いてしまいました。スウェーデンの天文学者マート・ルンドマークは、すぐにリック天文台長のW・キャンベルに「ビゴーダン氏の仕事には敬服するが、彼の部会報告には大変がつかりした」と書き送っています。

1922年には、有名なアメリカの天文学者ヴァースト・スライファーが星雲部会長に選ばれました。彼はすぐ星雲に関する研究の調査を始めまし

家 正則

エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

7

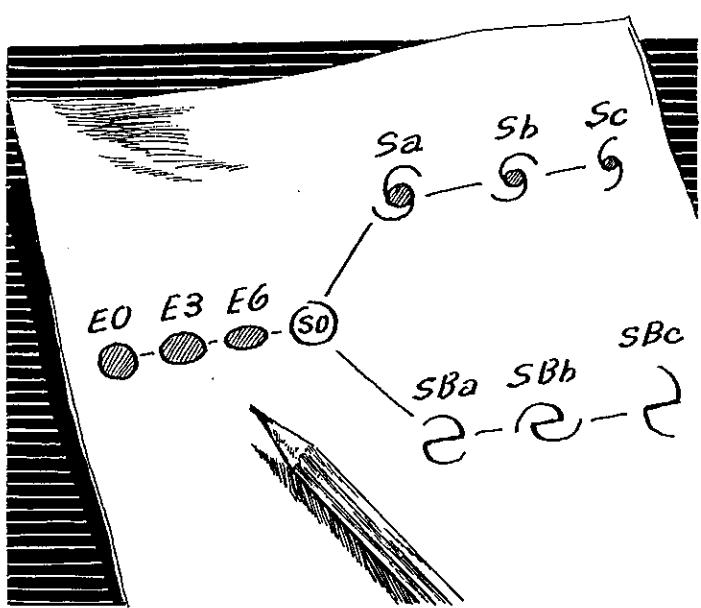
●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士。専門：銀河物理学・天体観測学



た。ハッブルはその当時ジーンズの銀河進化論に強く影響を受けていました。だが、銀河系外星雲の多様さが進化の段階を反映しているのだろうと考えたのはハッブルだけではありませんでした。星雲部会のアメリカ分科会の記録には、「恒星をその進化に従つて分類することに成功した今、星雲についても同じような分類ができるであろう」と書かれています。ハッブルはスライファーにあてた手紙の中で、「ジーンズの理論に基づいて、銀河系外星雲の分類システムを体系づけるのが良いだろが、この分類体系を提案するにあたって、理論のことは意識的に無視するよう努めました」と書いています。こうして、1923年7月24日にスライファーに送った最終版のハッブルの分類体系が生まれたのでした。

「ここに、『写真像の観察に基づく星雲の分類体系』というレポートをお送りします。論文として発表するより、星雲部会に検討材料として提出し、国際天文連合の星雲部会で、適切な分類体系を採択していただくのが、適切であろうと思つたからです」

ハッブルの分類体系は単純で洗練されたものでした。彼はすべての系外星雲を3つのグループに分類しました。楕円銀河E、渦巻き銀河S、不規則銀河Iです。楕円銀河のグループには、球形の



ハッブルの分類

ものから、かなりつぶれた橢円型のものまであります。渦巻き銀河には、渦巻きの腕が中心から出ている通常型Sのものと、中心を貫く棒構造から渦巻き腕が出ている棒渦巻き型SBとがあります。渦巻き銀河は腕の巻き込みの程度に応じて、さらにa, b, cの記号をつけて細分され、それを早期型、中間型、晚期型と呼びます。橢円でも渦巻き型でもないのが不規則型銀河のグループです。

この分類システムの提案は星雲部会の委員に送られました。半年後の1924年2月、ハッブルはスライファーに再度手紙を書きました。「ハール氏は私が分類体系を出版すべきであると考えています。でも、星雲部会で比較的速やかに検討が進められるのなら、私は部会を通すほうがいいと考えています」

国際天文連合の第二回総会は、英國ケンブリッジで1925年の夏に開催されました。星雲部会の委員たちは、ハッブルの分類体系が物理的にはまだ良く分かっていない星雲の進化の概念にもとづいていました。より純粹に記述的な体系のほうがよいという意見が多く、ハッブルの分類体系を公式のものとすることには賛成が得られませんでした。

だが、1926年の春、英國の著名な天文学者

アイザック・ロバーツの未亡人で、委員の一人でもあったドロシー・ロバーツが、この部会の活動のようすをフランスの一般向け科学雑誌に投稿しました。彼女はハッブルの分類をすばらしいものと賞賛し、ハッブルの分類が初めて紹介されることになったのです。このことで、ハッブルの分類は部会の委員だけでなく、全ての天文学者の知るところとなつたのです。

1926年9月には、星雲部会がハッブルの分類を受け入れる可能性がないと判断し、ハッブル

は天体物理学誌に系外星雲に関する長大な論文を送りました。彼の論文はその年の12月号に掲載されました。分類の概要是太平洋天文学会誌の8月号にも印刷されました。ハッブルは分類法を説明するだけでなく、系外星雲銀河の全ての型についてその実例を写真で示しました。

銀河の97%は対称性があり、不規則型と分類されたのは3%にすぎませんでした。研究をまとめてハッブルはこう書いています。

「理論的考察とは全く独立に、純粹に記述的な銀河の分類体系をつくる努力をしたが、結果的にはジーンズが理論的に導いた進化の道筋と同じものができてしまった。これは、ジーンズの理論が正しい指針であるということを示唆しています」

銀河の分類法を完成したハッブルは、次に銀河の統計的研究に着手しました。ハッブルはすぐに

銀河の等級と直径との間に関係があり、その関係が球型の銀河から橢円型の銀河になるにつれて、また早期型から晚期型の渦巻き銀河になるにつれて、変化することに気がつきました。セファイド型変光星から距離の推定されていた7つの銀河をつかって、これらの銀河の本当の明るさ（絶対等級）がどれもほぼ同じであることもわかりました。だとすると、遠い銀河でもその見かけの等級から近似的にその距離を推定することができるはずです。今日でも、他の全ての方法が使えない時には、見かけの等級で距離を推定するしか方法がありません。

ハッブルは、一定の明るさの範囲にある銀河の数を調べ、暗い銀河ほど数多くあることも確認しました。その増え方は銀河が宇宙に一様に分布している場合に期待されるのと同じでした。ハッブルの計算では銀河間の平均距離は570キロペークという結果になりました。

ルンドマークとの葛藤

1926年の春、クヌート・ルンドマークはハッブルの提案にそつくりな分類法を突然、論文で発表しました。ルンドマークも全ての星雲を銀河系内の星雲と系外星雲に分類し、系外星雲を橢円型、渦巻き型、マゼラン星雲型（つまり不規則型）の3つに細分したのです。

6月22日、ハッブルはスライファーに怒りの手紙を書きました。

「ルンドマークが『星雲の予備的分類法』という論文を発表したのを見ましたが、これは私の分類法と表記名が少し違うだけで、実際上同じものです。彼は私の存在を無視し、その分類法が自分のものであるがごとく述べています。この事実を貴方に公式に報告します。なぜなら、多大な労力を払つ

て得た結果を、このようなやり方で横取りされることがあります。

「あなたの周囲にいる人がみな、自分の研究をあなたと議論する前に論文として発表しておかなければならぬ」と用心しはじめたら、あなたの立場はどうなるのでしょうか？」

ハップルはルンドマークに対する敵意をその後も決して忘れることはませんでした。シャプレーに別件で手紙を書いた折りにも、ハップルはルンドマークを人間としても科学者としても信用しないと述べています。実際、ルンドマークは1

921年6月にウィルソン山天文台に着任して以来、ハップルのそばで2年以上働いていたのです。二人の関係を損ねるような事件は何もなく、彼らは一緒に面白い超新星ケンタウルス座Zの研究をしたことがあります。それは、ちょうどハップルが星雲の分類法の第一版を練り上げ、天体物理学学会誌に掲載したことでした。そのころスウェーデンにて、アメリカに住んでいなかつたにしても、ルンドマークがそのことを知らないはずはありませんでした。ルンドマークは太平洋天文学会誌にアダムスが書いたウィルソン山天文台の1922～23年の業績に関する記事を読むとともにできました。ハップルが提案した星雲の分類法を議論した星雲部会にも、ルンドマークは出席していました。でもルンドマークの論文にはハップルの考へについては一言も触れられていません。正確には、ハップルについてたつた一回だけ、それもハップルが「銀河系内星雲」という言葉を用いたことを引用しているだけです。系外星雲に関する1927年の長大な論文の中で、ルンドマークはウイルソン山天文台の多数の同僚の助力に謝辞を述べていますが、ハップルについては一言

も触れていません。これはやはりとても不自然です。

ルンドマークに有利な証拠が全くないわけではありません。それは彼の分類法がハップルの分類法の単なるコピーではないことです。例え

ば、ルンドマークは橢円星雲を銀河の見かけのつぶれ具合で分類するのではなく、光の中心への集中度で分類しました。渦巻き銀河の細分法にも、光の中心集中度、渦巻きの形、などへの着目の仕方に違う点があります。ルンドマークはハップルの攻撃に対して敢然と反論しました。彼はもう星雲部会の委員ではありませんでしたし、ハップルの部会への書簡についても、1922年の分類の論文以後のハップルの研究については知らなかつたというのです。それに、もし先人を尊重せよといふのなら、ハップルこそ「橢円」や「渦巻き」という用語が19世紀中頃にロス卿らが用いたものであることを書くべきだつたと皮肉つたのです。

ハップルの分類はどこかで公式にお墨付きを与えたされたわけではありませんが、その後、世界中で一致して受け入れられるようになりました。著名な天文学者ウォルター・バーデがこう言っています。

「ハップル分類はとても単純な分類法です。ハップルの分類法を30年間使つてきたし、この分類に当てはまらない例を根気よく探してきてけれど、私が見つけたそんな例は両手で数えられるほど少數しかありません。2つの銀河がくつついているような例を除外すれば、ハップルの分類に当てはまらない銀河の数は極めて少なく、この分類法が一般的に有効であることを物語っています」

しかし、ハップルの分類法は一夜にして受け入れられたわけではありませんでした。1927年、レイノルズはハップルの分類法が銀河のいろんな構造を無視していく、あまりに単純だと攻撃

したのです。レイノルズに対する返事の中で、ハップルは彼の方針をこう書いています。「銀河の構

造が多様であることはそのとおりです。だからこそ、最初の分類法はできるだけ単純であるべきなのです」

シャプレーはルンドマークの方法とハップルの方法を合わせた新しい中間的な分類法をつくろうとしました。しかし、レイノルズの分類も、ルンドマークの分類も、シャプレーの分類も皆には受け入れられませんでした。ハップルの分類法は天文学の世界でもう60年以上も使われています。最近の観測の発展にもかかわらず、その基本的な体系は変わっていません。



エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

宇宙を広げた男

8

家 正則

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



第八章・新しい人生

グレースとの出会い

だが、がむしゃらな働き者だ。宇宙について新しい発見をしたいという野心を持っているが、そこがまだ若いところだな……」

1920年6月、ウイルソン山天文台長ヘールは、リック天文台の天文学者ウイリアム・ライトに、ライトの作った紫外線分光器を100インチ望遠鏡につけて観測するよう勧めました。ライ

トは経験豊かな山男で、シエラ山脈にたびたび足を運び、仲間からは隊長とあだ名されていました。夫とよく山歩きをしていたライトの妻エルナは、夫についてウイルソン山に行くことにしました。でもライトが夜どおし観測している間、天文台の近くの山小屋にたつた一人で泊まるのも不安なため、エルナは義理の妹でハイキング仲間のグレース・リーブを誘いました。最初は渋つたグレースでしたが、エルナの頼みを入れて3人は山に上ることにしました。

その途中、グレースはハップル大尉のことを、叔父のライトから初めて聞きました。人生の経験豊かな男として、叔父はこの将来有望な若者についてこう言いました。「ハップルは有能な男だ。

小屋と名付けられた山小屋についたエルナとグレースは、さっそく天文台まで歩いて行つて、本を借りることにしました。研究室に入つたグレースの目を惹いたのは、窓辺で乾板を調べていた背の高い男の姿でした。グレースはこの出会いのことを後にこう語っています。「天文学者が乾板を調べていること自体は、なにも特別のことではないでしよう。でも、その天文学者がオリンピック選手のように体格が良く、美男子で、優美な男性だったとしたら、そのような出会いを女性が何か特別なものと感じてしまうのも不思議ではないでしよう。俗世界のごたごたから離れて、このようなところで一心に研究に打ちこむ姿は、何か神々しささえ感じさせたのです。」

ハップルが振り返ると、エルナは彼をグレースに紹介しました。その後、4人は山小屋に戻り歓談しました。このとき、グレースはハップルが自分の仕事をさかんに「夢と冒険」と言うのに気づいて

きました。ハップルも、美しく黒い目のチャーミングなこの若い女性に、すぐさまとことなつたのでしよう。エルナも自分が既婚者であることを、エルナの義理の妹であるハップルのそばでは、グレースはとりわけ、か弱い女性のように見えました。

ハップルはこのとき31歳でしたが、それまでの人生からすると、このような出会いはおそらく彼にとつても初めてのことだつたのでしょう。グレースはサンノゼ・サンタクララ鉄道の社長ジョン・パトリック・バークの長女として1889年に生まれ、何一つ不自由ない生活を送りました。小柄で快活なグレースはいつも目立つ存在で、学校へは毎日ボニーに乗つて通つたそうです。バーク氏はやがてロサンゼルスに居を移し、第一ナショナル銀行の副頭取になりました。バーク家の屋敷には寝室が10部屋あり、住み込みのメイドと2台のキャデラックの運転手がいました。西ロサンゼルスの有名女子校であるマー・ボロー・高校を卒業し、スタンフォード大学の英文学科に学んだグレースは、オールAの優秀な成績で19

12年に卒業しました。同じ年の12月23日、グレースはスタンフォード大学の一年先輩の若者アール・リーブと結婚し、バーク家の屋敷内で新婚生活が始まりました。アールもカリフォルニアの名門資産家の息子でした。

グレースがハップルに出会ったのは結婚後8年目のことでしたが、グレースとアールの間にまだ子供はありませんでした。アールは南太平洋会社の地質学調査を担当する職に付き、石炭や鉱物などの資源の実地調査のため家を空けることが多かつたようです。1921年6月15日の昼過



ぎのこと、サクラメントの南にある炭坑の縦穴に地質資料を採取するため、はしごを降りていったアールは、地下15メートルのところでガスのため呼吸困難になり、地下30メートルの穴の底に転落してしまいました。ガスのため直接救出に行くこともできず、ロープとフックをつかって夕方の7時になつてやつと引き上げられた遺体は、背骨や両足の骨が無惨にも折れていたそうです。10年以上の経験のある地質学者がなぜガスマスクをつけずに降りていったのかと、調査委員会が設置され、事故原因の調査がなされました。死因が窒息死だったのか落下によるものだったのかも究明できずに終わりました。

回マンス

グレースとエドワインの間には、翌年の1922年にはロマンスが芽生えていたようですが、この頃の二人の間の手紙はほとんど残つていません。ハップルはオックスフォードで収集した本を次々にグレースにプレゼントしました。1923年9月10日の皆既日食の観測の時は、グレースは叔父のウイリアム・ライトについてリック天文台のチームに参加し、ハップルはウィルソン山のチームに参加することになりました。二人はここでも再会できるかと密かに期待していたようですが、リック天文台とウィルソン山天文台は違う場所で観測することになつたため、がつかりしました。ハップル自身は日食観測にはあまり興味が無く、リック天文台チームの手伝いに行きたいとアダムスに申し出たのですが、アダムスはウイ

ルソン山天文台の一員としてハップルに時刻読み上げ係を命じ、この希望は叶えられませんでした。日食観測はあいにく雲が出たため成功しませんでしたが、ハップルはこれで日食騒ぎも收まり、自分の仕事に戻れるとなつとしたようです。日食観測で会う機会を逃した二人は、その後にサンディエゴで会つたようです。

これをきっかけに、やがてハップルはウイルソン山での一連の観測が終わるたびに、グレースの家に直行するようになり、暖炉の前でいろいろな本を読み上げたり、グレースと語り合つたりするようになりました。ハップルの家族は2000マイルも離れたところにいたため、ハップルは自分の生い立ちについても、自分でグレースに語り聞かせました。これらの話の中には、恋する若者らしい誇張があつたのですが、ハップルは話が上手だったので、グレースは全く疑うこともなくなかつたようです。また、グレースがハップルの家族と直接会う機会は結局ありませんでした。

裕福なグレースの両親の手前もあつたのでしょですが、グレースと結婚し豊かな生活を維持するため、ハップルは天文学を諦め、オックスフォードで学んだ法学の知識を活かして弁護士になるとまで申し出ました。グレースはハップルが天文学を諦めねばならないのなら結婚はしないと言つて猛反対しました。どうも、このあたりのやりとりは、ハップルの筋書きどおりに運んだのではないかという気がします。グレースの両親もそんなハップルの熱意に心を動かされ、こうして、二人は1924年2月26日にバーク家の人々のみの参列で結婚式を挙げました。

新婚

旅行の行き先はパーク家のペブル・ビーチの別荘でした。再婚になるグレースは早耳の新聞記者が来ることを心配していましたが、二人を訪ねてきたのはブラック・アボットと彼らが名づけた黒猫だけでした。

ハップルたちは一週間でパーク家の屋敷の中の新居に戻り、より本格的な新婚旅行に出かける準備を始めました。3月中旬には、カリフォルニアからニューヨークに行き、自然史博物館の恐竜などを見学しました。それから、二人はボストンのハーバード大学に行き、シャプレーに面会しました。シャプレーはハップルからの打撃的な手紙を前月に受け取ったばかりでした。ボストンからは船でリバプールに向かいました。途中で嵐に見舞われ、みな船酔いしてしまいましたが、グレスだけは元気だったと、ハップルがグレースの両親に書き送っています。ロンドンを見学したあと、懐かしのオックスフォードとケンブリッジを訪れ、ケンブリッジでは留学時代に世話をなつたマディングレー通りのニューウォール卿の屋敷に泊りました。その後、ロンドン、パリ、フィレンツエなどを訪れ、その先々でハップルの発見者を知った天文学者の歓迎を受けました。結局ハップルたちが、カリフォルニアに戻ったのは1924年5月となり、戻ったその夜からハップルは一週間の観測に入りました。

グレースがパサデナのカリフォルニア工科大学

の近くに居心地のよいアパートを用意していました。長いこと独身生活をしていたハップルが大変喜んだのも無理ありません。

ウイルソン山

1922年には、それ以前からの極度のストレスで症状が悪化していた天文台長ペールの心身

症が一層重くなり、ペールは欧洲から中東へと一年以上におよぶ保養旅行に出かけてしまいました。1923年3月には、カーネギー財團のジョン・メリヤム理事長に宛てた手紙のなかで、ペールはウォルター・アダムスをウイルソン山天文台の後任の台長に推薦しています。ペール天文台を出てハーバード天文台長になつたシャプレーとアダムスは、そりが合いませんでした。シャプレーの腹心で、プレイボーイとしても知られたファン・マーネンも、まじめなアダムス台長とはうまく合わなかつたようです。ハップルはこんな人間模様を横目で見ていました。

シャプレーがウイルソン山から去り、ハップルの名声が次第に高くなるにつれて、天文台ではアダムスよりもハップル自身が目立つようになつてきました。グレースによると、1922年だけでもハップルは英・仏・ポルトガルに合計3ヶ月の海外出張をしました。そして、こんどは花嫁と一緒にまた3ヵ月にわたる訪欧の旅です。天文台は花嫁の旅費も負担しました。この間、アダムス台長やウイルソン山のほかの天文学者は1ヶ月以上の休暇をとつていません。

ハップルが毎年のように、長期にわたり出かけ

ることについては、おもしろくないと思う同僚が多かつたようです。しかし、ハップル夫妻はそんな思惑は気にせず、華やかな生活を繰り広げ、有名人を好んで自宅へ食事に招くようになります。苦労人のアダムスは、そんなハップルへの同僚の思いをなだめるのに、いろいろな配慮をしたようです。



エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

9

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年
東京大学理学部天文学科卒／1977年
東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て
1993年より国立天文台教授／大型
光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合
研究大学院大学教授（併任）
東京大学提携教授、理学博士
専門：銀河物理学・天体観測学



第九章 ● ハッブルの勝利

ニューヨーク・タイムズ

ハッブルのセファイド型変光星発見のニュースは、1924年11月23日のニューヨーク・タイムズ紙に掲載されました。この30行の記事はハッブルの名前こそ間違えたものの、その内容については正確な報道でした。

記事のタイトルは、

「渦巻き星雲は恒星系と確認・ハッベル博士はこれららの天体が我々の銀河系と同じような島宇宙であるという見解を確認した」

記事の本文は次のようなものでした。

「11月22日、ワシントン。夜空に渦巻く雲のように見える渦巻き星雲が、実は遠くの恒星系または島宇宙であることが、カーネギー研究所ウイルソン山天文台のエド温ン・ハッベル博士により、天文台からの公式報告によると、渦巻き星雲の数は全天で10万個以上にのぼり、その見かけの大きさがほとんど星と区別できないほどのものから、アンドロメダ大星雲のように満月の直径の6倍、約3度にもおよぶほどの大きなものまである。」

その結果は、これらの星雲がぎわめて遠方にあら恒星系であるという見解を確認するものであり、大変意義深い。これらの星雲はスマゼラン星雲の約10倍ほど遠方にあり、その距離はおよそ百万光年である。このことは、毎秒30万キロメートルの速さで伝わる光でさえ、これらの星雲から地球に到達するまでに百万年かかることを意味している。我々が観測しているこれらの天体からの光は、第3紀最新期、鮮新世の時代にこれらの星雲を出発した光である。

これらの星雲の距離が判明したため、アンドロメダ大星雲の直径は4万5000光年、M33の直径は1万5000光年と計算できる。これらの大きさやそれから計算される質量、密度は我々の銀河系の値にほぼ匹敵するものである」

ハッベル博士の研究は、天体がぎわめて暗いため、ウィルソン山天文台の60インチ望遠鏡と100インチ望遠鏡での写真観測で行なわれた。これらの大望遠鏡のおかげで、渦巻き星雲の周辺部が星々に分解でき、写真乾板の解析から、セファイド型変光星と呼ばれる36個の変光星がアンドロメダ大星雲M31とさんかく座の大星雲M33に発見された。変光星の変光周期を測り、周期と絶対光度の間の関係式に当てはめると、これらの大星雲の距離を求めることができた。

この年のアメリカ天文学会は1924年12月30日からワシントンでアメリカ科学振興協会との共催で開催されました。その夏からカナダと米国を訪問していた英國の大天文学者アーサー・エディントン卿の恒星進化の公開講演が予定されていましたが、11月の初めに母親の訃報が届き、エディントンは滞在を切り上げて帰国してしまいました。そこで、かわりにプリンストン大学天文台長だったヘンリー・ノリス・ラッセルが総合報告の講演をすることになりました。

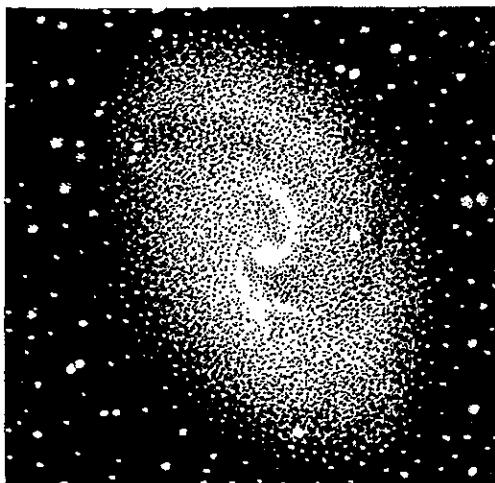
ラッセルは学問的関心の幅が広く、ハッブルの成果の重要性をすぐさま見抜いていました。実際、ラッセルは1924年10月末には、物理学者シュレジンガーへの手紙でハッブルを米国科学アカデミーの会員候補と考えていると書いており、1927年にハッブルは実際に会員に選ばれています。ラッセルはサイエンス・サービス誌の編集長にあてた手紙で、ハッブルの発見を「間違いなく、この年最高の科学上の業績だ」と述べています。ハッブルの研究が12月のこの学会で発表されば、アメリカ科学振興協会賞を間違いなく受賞す

るだろうとラッセルは思つていました。

ところが、ハップルはこの学会に論文をまだ投稿していませんでした。ラッセルはこう言つています。「ハップルはなんて馬鹿なんだ。賞金が目の前に差し出されているというのに、手を出そうとしないのだから」。ラッセルと学会の庶務理事だつたステビンスは相談の上、ウイルソン山に電報を打ち、ハップルにすぐさま主な結果を連絡させて、二人がワシントンで代筆してハップルの論文を書き上げることにすると説得することにしました。ステビンスがホテルのフロントへその電報を打ちに行くと、ちょうどハップルからラッセルへの小包が届いていました。これこそ彼らの待ち望んでいた論文だつたのです。ラッセルは1925年1月1日にジョージ・ワシントン大学で、届いたばかりのハップルの論文を読み上げました。その論文の題目は「渦巻き星雲のセファイド型変光星」でした。

論文には、

まずアンドロメダ大星雲M31やさんかく座の大星雲M33の外部領域を大望遠鏡で写真撮影すると、明らかに無数の星々の集まりである



論文には、まずアンドロメダ大星雲M31やさんかく座の大星雲M33の外部領域を大望遠鏡で写真撮影すると、明らかに無数の星々の集まりである

論文には、まずアンドロメダ大星雲M31やさんかく座の大星雲M33の外部領域を大望遠鏡で写真撮影すると、明らかに無数の星々の集まりである

ことをわかつたことが明言されていました。同じ

領域を撮影したおよそ200枚にのぼる乾板を比較測定器で調べて、1924年の末までにはM31に36個の変光星と、すでに発見されていた22個も含めて合計58個の新星を発見したと報告しています。M33の変光星の数も47個となっていました。そのうちの22個の変光星の光度曲線はセファイド型変光星の曲線と一致しました。M31についても12個のセファイド型変光星が確認されました。2つの星雲のセファイド型変光星は、1908年にリービットがマゼラン星雲で発見した周期光度関係と同じような関係を満たすことが確かめられました。1918年にシャプレーが確立した絶対光度と周期の対数との関係をつかって、M31とM33の距離を計算することができましたが、その結果はどうやらも約28万50000ペーセクという数字となつたのです。

ラッセルの講演が終わつたとき、ハップルの論

文がこの会議の最大の成果であるということは誰

の目にも明らかでした。学会の評議員会は、ハッ

ブルの研究が間違いなく賞に値するとして、受賞

のために必要な申請書を整えるようラッセルに委託しました。

ハップルの研究成果は、アメリカの「ポピュラ

ー天文学」という雑誌の1925年4月号で紹介

され、その後もなく英國の雑誌「天文台」にも

転載されました。ラッセルは「サイエンティフィック・アメリカン」誌に毎回コラム記事を書いていましたが、3月号にハップルの発見について解説記事を書きました。こうして彼の発見は世界中の天文学者に知られるようになったのです。ロシアでも科学誌の8月号のレビュー記事でこの発見が紹介されました。ただし、この時もハップルの名前が誤って紹介されてしましました。不思議なことに「太平洋天文学会誌」には、1927年にな

つて初めて掲載されました。

1925年2月13日に「サイエンス」誌は、科

学振興協会の授賞選考委員会が審査した1700

件のなかから、この年の賞をエド温・ハップ

ルと白蟻の研究家クリーブランドの二人に分与す

ることを決定したと、短く報じました。一ヵ月後、

二人の受賞者の業績が詳しく紹介され、500ドルの賞金がそれぞれに授与されました。「太平洋天文学会誌」はハップルの受賞を読者に知らせました。ハップルの地位はこの受賞で公のものとなり、1924～25年のアメリカ紳士録にハップルの名前が初めて登場することになりました。

ハップルは受賞を大変喜び、2月19日にラッセルあてにこう書いています。「親愛なるラッセル先生 授賞はうれしい驚きでした。完成した研究のみがこのような賞の対象となるのだと思つていました……。

ご推察のとおり、出版を急ぐのをためらつた理由は、銀河が回転しているというファン・マーネンの結果と明らかに矛盾するからでした……。回転に関する測定結果を私なりに初めてチエックしてみましたが、M81、M33、M51に見られるといふ大きな回転の存在は確認できませんでした。あなたが来られる時にその証拠を是非見て戴きたいものです……。

エド温・ハップル 敬具
追伸：あなたのご厚意にきちんと感謝したいと妻がお待ちしております」

アン・マーネン

オランダの天文学者アドリアン・ファン・マーネンは、1912年にウイルソン山天文台で研究を始めました。初めは太陽や恒星の研究をしてい

ましたが、その後、渦巻き銀河に关心を寄せ、1921年には最初の予備的論文を発表し、1923年にはさんかく座の大星雲M33の回転に関する論文を発表しました。ファン・マーネンがこの研究に用いた乾板は12年の間を隔てて撮られたものでした。それぞれの乾板に写っている恒星を基準にして渦巻き腕のいろいろな部分の位置を測り、ファン・マーネンは星雲全体の固有運動を発見しました。全体の固有運動を除いた残りの動きを、彼は星雲の伸縮運動と回転運動に分離しました。

その結果、彼ははつきりした回転運動が存在することを示したのです。ファン・マーネンの算定では、M33は6万年から24万年で1回転していることになります。

ファン・マーネンは他の渦巻き星雲でも同じような回転があると報告したため、多くの天文学者は、彼の結果がもつともらしいと思いました。しかも、この結果は原始惑星雲に対するジーンズの理論の予測と良く合っているように思われました。ファン・マーネンは自分の結論に自信を持つていました。ところが、アンドロメダ大星雲とさんかく座の大星雲にセファイド型変光星が見つかり、ハッブルの距離測定が正しければ、みかけの回転運動を実速度に換算すると光速を超えてしまうからです。

固有運動を正確に測るには時間が必要です。比較する乾板の時間間隔が長いほど、固有運動の測定は正確にできます。ファン・マーネンの結果が誤りであったことをハッブルが明確に証明したのは、1935年のことでした。何十年も経った今となつては、この事件はその当時ほど、ドラマチックに見えないかもしれません。ある科学者が大変もつともらしい結果を導き、それが評判になります。でも、別の学者がその結果が誤っているこ

とを証明し、最初の学者は誤りを認めざるを得なくなつたのです。学者たちも人間ですから、こんなときはいろんなドラマが生じます。

ファン・マーネンの依頼で乾板の再測定をしたニコルソンがハッブルにデータを見せたとき、ハッブルは「測定結果は誤差範囲にあり、回転しているという結論にはならない」ことをすぐに見抜きました。ハッブルは自分が正しいという確信を持っていましたが、ファン・マーネンに公に反論するとマーネンが面白を失うだけでなく、ハッブル自身の評判も落とすことになると考え、当面沈黙することにしました。でも、ファン・マーネンは、他の星雲についても回転が発見されたと発表し続けました。英国王立天文学会では、ファン・マーネンの結果さえなければハッブルの結論が受け入れられるだろうとの声もありました。新しい乾板を使ってマーネンの結果を追試する計画を、ハッブルが公表する決心をしたのは、この頃でした。

だが、ウィルソン山天文台の首脳部は慎重でした。学問上の討議が醜い論争になることを心配したのです。ウィルソン山天文台の出版物の責任者であったシーレスは、当時不在だったペールに1935年1月に手紙を書きました。

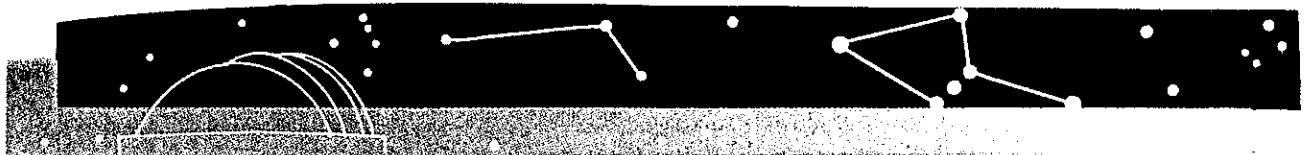
「同一の研究所にいる一人ですか、個人的に話し合つて、見解の相違を調整するべきだと思います。万一、合意が得られなかつたときには、研究所として結果をどう公表すべきか決断する必要に迫られます。それぞれの主張が表明できるよう上に限る必要があります。何を出版しても良いが、天文台出版物以外にしてくれと言うのが、より賢明かもしません」

ハッブルは銀河回転の有無を新しく検証するのに、ファン・マーネンの機嫌を損ねず、しかし強

力を反論する方法を考えました。彼は、ハッブル自身の他に、ニコルソンとバーデにも測定をしてもらいました。彼らは、結局M33、M51、M81、M101の4つの銀河を解析しました。ファン・マーネンの結果が正しければ、こんどの新しい解析では20年間の間隔があるので、15ないし20ミクロロンの移動が測定できるはずでした。ところが、測定誤差の1ミクロロン以上の有意な移動はありませんでした。

島宇宙説の支持者であつたカーチスは、「次の25年にいろんな観測者の測定結果が一致し、渦巻き星雲の固有運動や回転が年0.01秒角程度かそれ以上ということになれば、島宇宙説は明らかに放棄すべきことになる」と早くも1920年に警告していました。ですが、この問題は25年を待つまでもなく解決しました。ファン・マーネンの結果は間違いであることが示され、渦巻き星雲は銀河系内の小さな星雲ではなく、我々の銀河系の外にあり、銀河系と同じ規模の独立した銀河であることを、皆が納得するようになったのです。





第十章 ● アンドロメダ銀河の研究

ハッブルの新居

1926年の春、エドウインとグレースが楽しんでいたスペイン風の新居が、ウィルソン山の見えるウッドストック通りに完成しました。新

居は近くに崖があり、断層の上にあることが明らかでした。ハッブルはこのことをむしろおもしろがり、訪ねてくる客に説明していましたが、カリフォルニア工科大学の地質学者の友人がこの断層をハッブル・ハンチントン断層と名付けたと聞いて喜んだそうです。ハッブルが不愉快に思ったのは、家のまわりの木を刈り込むのに雇った男からの請求書が、ちょうどその頃新聞で報道されたハッブルの獲得したアメリカ科学振興協会からの賞金額500ドルとぴたり同じだったことでした。だが、ハッブルの給料もその頃、助天文学者から正天文学者に昇進してほぼ三倍となり、年収4300ドルとなっていました。新居は妻の実家からの結婚祝い金で買うことになっていましたし、グレース自身もかなりの資産を持つていたので、ハッブル家は経済的には全く心配ない状況でした。新居の書斎は、一段低くなつた居間の端に作られました。その壁にはニュートンなど偉大な科学者の肖像画がかけられ、机の前の棚には様々なパイプやたばこが並んでいました。

このころ37歳になつていたグレースが妊娠しましたが、ハッブルが観測でウィルソン山に登つている間に、具合が悪くなり医者が駆けつけました。

エドウイン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

10

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）。東京大学提携教授・理学博士。専門：銀河物理学・天体観測学



アンドロメダ銀河の変光星と新星

アンドロメダ銀河M31とさんかく座の銀河M33に関するハッブルの観測的研究は、1926年の「恒星系としての渦巻星雲M33」と、1929年の「ほとんど同じ題名「恒星系としての渦巻星雲M31」の二つの大論文に結集されました。さんかく座の銀河M33の論文では、それまでに

残念ながら流産してしまいましたが、元気に生まれば夫婦の長男となつた子だつたそうです。グレースはハッブルの観測の妨げにならないようになると、そのことをハッブルが帰るまで医者に止めました。ハッブルは観測の時には望遠鏡のケーブルを直したりしたこともありますが、家ではちょっとした修理でも自分ではやろうとせず、電気屋を呼んだそうです。

観測に出かける日のハッブルは、心ここにあらずという感じで朝食を済ませると、新聞も読まずに「第343連隊ハッブル大佐」と書かれた鞄に、着替えや、たばこと本、懐中電灯などを詰め込んで出かけて行くのでした。

知られていた3個の変光星に加えて、42個の変光星を見つけたことを報告しています。そのうちの35個は周期が13日から70日の典型的なセファイド型変光星でした。観測した写真乾板に2つの新星爆発が写っていたのも幸運でした。変光星でない星々のうちで最も明るいのは青い星や白い星であり、その光度関数（恒星の光度ごとの数の割合）は、我われの銀河系の太陽近傍での恒星の光度関数と良く似ていることがわかりました。渦巻腕には明るい散光星雲があり、その大きさと散光星雲を光らせている星の光度の関係も、ハップル自身が以前に調べた我われの銀河系での関係と違いました。セファイド型変光星の最新の周期－光度関係を使って、ハップルはM33の距離を26万3千光年、直径を4600光年と計算しました。

ハンドロメダ銀河M31の論文は、ウィルソン山の60インチ望遠鏡や100インチ望遠鏡で撮影した、350枚におよぶ大量の写真観測データからなつていました。これらの写真の3分の2はハップル自身がそれまでの5年間で撮影したものでした。ハンドロメダ銀河の外縁部はおびただしい数の星に分解できることが確認されました。中心部も密集した恒星群からなることを観測で示したのは、それからおよそ20年後のバーデでした。ハップルが確認した50個の変光星のうち、40個は周期10日から48日のセファイド型変光星でした。中には変光周期が6ヶ月という長周期のセファイドもありました。セファイドの観測から、M31は27万5千光年の距離にあり、その直径はそれまでにえられていたよりもさらに大きく、6万4千光年に及ぶとハップルは発表しました。ハップルの観測の結果、ハンドロメダ銀河には1885年の有名な超新星も含めると、85個の新星が発見されま

したが、新星の現われる場所はハンドロメダ銀河の中心に向かつて集中していることがわかりました。また新星の発生率は毎年30個ほどにもなること、ハンドロメダ銀河の距離を当てはめて求めた最大光度時の新星の絶対光度をハップルは報告しています。

王立天文学会

1928年春、ハップルは4年ぶりに英國を訪れました。3月9日には王立天文学会に出席し、エディントン、スマート、ジーンズなど英國を代表する天文学者に暖かく迎えられました。王立学会長のフィリップスは、ハップルに渦巻銀河の研究について講演するように促しました。ハップルのハンドロメダ銀河に関する論文は、12月に投稿したところでしたが、まだ出版されていませんでした。そこで、皆が詳しい話を知りたがつていたのです。

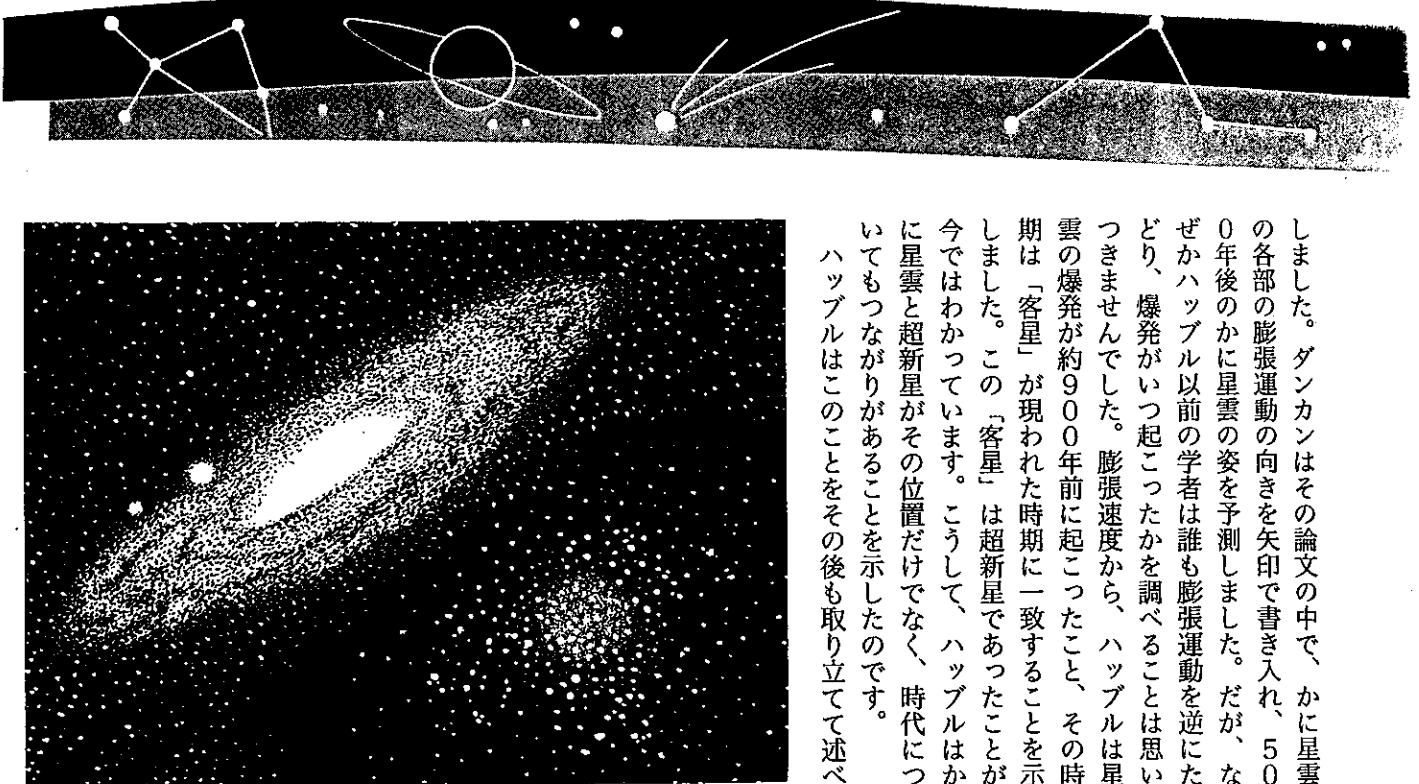
ハップルは話題を少し絞って、新星の発見について講演することに決めました。英國の天文学者ストラットンがこの学会で新星について発表することになつていたのと、ハップル自身がダンカンと一緒に1918年にわし座に出現した明るい新星について、その外層の膨張のようすを研究したいきさつがあつたからでしょう。ハップルとダンカンは、外層の膨張の見かけの速さをその視線速度と比べて、新星までの距離を推定し、その絶対光度を計算しました。ハップルは、

ハンドロメダ銀河に発見された数多くの新星の発生頻度と分布について講演しました。これらの新星は平均するとわし座の新星よりずっと暗いことがわかりました。このことは、実は重要な意味を持っていたのですが、ハップルはこのときはその違いの意味をあまり深く追求しませんでした。ハップルの講演は大成功で、王立学会はハップルをその会員に推挙することになりました。ハップルの研究が米国以外の国で公に認められたのは、これが初めてでした。

この年の7月には、ハップルはライデンで開かれた第三回国際天文連合総会に出席しています。この時は、星雲に関する第28委員会委員長のスラифァーは出席できず、ハップルが委員会の議長を勤めました。委員会は銀河系内の星雲を系外星雲と基本的に区別すべきであることを強調しましたが、系外星雲のハップルの分類法は、今回も承認されませんでした。だが、ハップルは星雲研究の大家であると認められ、星雲委員会の委員長に選出されました。

かに星雲

同じ年、アメリカ天文学会が発行する会誌に、ハップルは新星に関する簡単なレビュー論文を書きました。ハップルはこの論文の中で、わし座の新星とみずがめ座の新星のまわりの膨張する星雲について触れていました。似たような星雲の三番目として、ハップルはかに星雲について述べています。かに星雲が、1054年におうし座に現われた「客星」の位置に近くにあるということは、すでに1920年代に指摘されています。かに星雲が、1054年におうし座に現われた「客星」の位置に近くにあるということは、すでに1920年代に指摘されています。かに星雲が、1054年におうし座に現われた「客星」は中国と日本の年代記に記録されています。「客星」は中国と日本の年代記に記録されています。かに星雲が、1054年におうし座に現われた「客星」は中国と日本の年代記に記録されています。



M31 アンドロメダ銀河と球状星団のイメージ

しました。ダンカンはその論文の中で、かに星雲の各部の膨張運動の向きを矢印で書き入れ、50年後のかに星雲の姿を予測しました。だが、なぜかハッブル以前の学者は誰も膨張運動を逆にたどり、爆発がいつ起こったかを調べることは思いつきませんでした。膨張速度から、ハッブルは星雲の爆発が約900年前に起こったこと、その時期は「客星」が現われた時に一致することを示しました。この「客星」は超新星であったことが今ではわかつています。こうして、ハッブルはかに星雲と超新星がその位置だけでなく、時代についてもつながりがあることを示したのです。

ハッブルはこのことをその後も取り立てて述べ

ようとはしませんでしたが、その後の天文学の歴史の中で、かに星雲はさわめて例外的な役割を果たしてきました。現代の天体物理学は、かに星雲の物理学とそれ以外の研究との2つに大別できるという冗談さえ生まれたほどです。例えば、かに星雲は、太陽を別にすれば電波源として最初に同定された天体です。X線天体としても最初に確認されました。かに星雲の中には非常に周期の短いパルサーがあり、その光の連続波スペクトルは、他の天体では見られないユニークなシンクロトロン放射であることがわかつっています。

アンドロメダ銀河の最も良い写真乾板を調べていて、ハッブルは数多くの、もやっとした天体を見つけました。これらの丸い天体は、光の中心集中が見られるものの恒星とは明らかに異なるものであり、アンドロメダ銀河を背景とする領域だけではなく、アンドロメダ銀河からかなり離れたところにも存在しました。その中でも最も明るいものは望遠鏡を通した肉眼の観察でも、恒星とははつきりと区別できました。ヒューマソンも彼の望遠鏡の焦点でいくつかの天体を注意深く観察しました。その中の1つについては視線速度を測ることができ、アンドロメダ銀河自体の速度に近い負の値であることが確認されました。これらの天体はアンドロメダ銀河に属する球状星団であろうといふ意見が支配的でした。

ハッブルは自分が見つけた140個の球状星団の大きさ、等級、中心集中度を調べました。その結果、これらの天体は我われの銀河系の球状星団

球状星団の発見

アンドロメダ銀河の最も良い写真乾板を調べていて、ハッブルは数多くの、もやっとした天体を見つけました。これらの丸い天体は、光の中心集中が見られるものの恒星とは明らかに異なるものであり、アンドロメダ銀河を背景とする領域だけではなく、アンドロメダ銀河からかなり離れたところにも存在しました。その中でも最も明るいものは望遠鏡を通した肉眼の観察でも、恒星とははつきりと区別できました。ヒューマソンも彼の望遠鏡の焦点でいくつかの天体を注意深く観察しました。その中の1つについては視線速度を測ることができ、アンドロメダ銀河自体の速度に近い負の値であることが確認されました。これらの天体はアンドロメダ銀河に属する球状星団であろうといふ意見が支配的でした。

ハッブルは自分が見つけた140個の球状星団の大きさ、等級、中心集中度を調べました。その結果、これらの天体は我われの銀河系の球状星団

とあらゆる点で似ていることがわかりました。ただ1つ違う点があるとすれば、銀河系の球状星団に比べると平均してやや暗いということでした。新星の明るさも同じように暗いことがわかつていました。先にも述べたように、このことは実は重い意味を持つていたのですが、その頃のハッブルにはアンドロメダ銀河までの距離が、四半世紀の内に何倍にも改訂しなければならなくなるなどとは、思いもよりませんでした。

我われの銀河系の球状星団が銀河系中心に集中して分布しているのと同じように、アンドロメダ銀河の球状星団もその銀河中心に集中して分布する傾向が見られました。だが、中にはアンドロメダ銀河の中心から2度半ほども離れたものもありました。北側の伴銀河NGC205にも球状星団がいくつか見つかりました。

ハッブルはアンドロメダ銀河とほぼ同じ距離にあるさんかく座の銀河にもそのような天体を数十個発見しました。さんかく座の球状星団はアンドロメダ銀河のものと比べて、およそ 0.5° 等級暗いこと、それに最も明るい星団はかなり青いことにハッブルは気がつきました。今では球状星団の生まれ方が違っていたのだという解説が一般的です。アンドロメダ銀河では銀河の誕生時におそらく大半の球状星団が一齊にできたのに対し、さんかく座の銀河では比較的最近生まれた球状星団があるのでしょう。この場合、アンドロメダ銀河のは赤く、さんかく座のは青くなります。

1932年冬、ハッブルはこうしてアンドロメダ銀河に関する最新の研究を完成しました。この研究で、ハッブルは最も近いいくつかの銀河に別れを告げ、より遠い銀河の研究を目指すことにしました。

エド温ンハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

11

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年
東京大学理学部天文学科卒／1977
年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て
1993年より国立天文台教授・大型
光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合
研究大学院大学教授（併任）、
東京大学提携教授、理学博士。
専門：銀河物理学・天体観測学



第十一章・星雲の赤方偏移

今回は銀河の分類、セファイド型変光星による銀河の距離決定に続くハッブルの三つ目の大ヒット、「ハッブルの法則」についてお話ししましょう。それには少し時代をさかのぼって、その背景から説明する必要があります。

スライファーの発見

ペテルスブルグの大商人ハイインリッヒ・シュリーマンは、私財を投げうつて考古学者になり、伝説のトロイの遺跡を探し当てました。アメリカの富豪パー・シバル・ローウェルも、火星の知的生命の証拠を求めて、アリゾナ砂漠の小さな町フラッグスタッフに私設の天文台を1894年につくり、観測に熱中しました。この二人の人生には共通点がいくつかあります。共に、成功した事業家であったこと、多くの国を旅したこと、人生を180度変える決心を熟年になしてからしたこと、築いた巨万の富をその夢の実現に費やしたことなどです。

ローウェルは天文学の教育を受けたことはありませんでしたが、天体分光観測の重要性に目をつけ

け、1900年頃に高級な分光器を注文しました。同じころ大学を卒業したヴェスト・メルビン・スライファーがローウェル天文台の職員となり、1902年の春から分光器を使つた観測を始めました。ローウェルは火星の生命だけでなく、太陽系の起源にも興味を持つていました。そのころ、アンドロメダ大星雲は形成中の太陽系のようなものかもしれないという仮説が発表されていました。そこで、ローウェルはスライファーにアンドロメダ大星雲の回転運動を測定するように指示したのです。

1912年10月17日、スライファーは7時間近くにおよぶ露出の末に初めてアンドロメダ大星雲のスペクトルを得ることに成功しました。回転運動を測るのが目的だったのですが、この観測でアンドロメダ大星雲の視線速度がマイナス300km/秒という値を示すことがわかりました。この発見は思ひもかけないものでしたので、スライファーは年末までさらに何度もスペクトルを撮影しました。その結果、アンドロメダ大星雲がそれまで観測されたどんな天体よりも大きな速度で太陽系に近づいていることが確認されたのです。スライファーはローウェルと大学時代に師事したジョン・ミラー教授にその結果を報告しました。一人はそれぞれスライフ

ラーの発見の重要性に気づき、他の渦巻星雲についても観測するよう勧めました。そこで、スライファーはおとめ座の渦巻星雲NGC4594のスペクトルを測定しましたが、その視線速度はなんとプラス1000km/秒であることが判明しました。これはローウェル天文台でその後1926年まで続けられた精力的な研究の始まりでした。明るいアンドロメダ大星雲のスペクトル撮影ですら、一晩中ずっと露出を続ける必要でしたから、やはり暗いほかの星雲では数十時間に及ぶ露出が必要でした。それでも、1914年の末までには、スライファーは15個の星雲の視線速度を測つて、その結果をアメリカ天文学会で発表しました。この学会こそ、ハッブルが初めて参加した学会だつたのです。

スライファーの結果は「ポピュラーティ文学」の1915年1月号に短い論文として掲載されました。すべての星雲は、200km/秒から1100km/秒におよぶとてももない速度で動いていました。速度の大きさも驚きでしたが、ほとんど全ての星雲の視線速度が正（プラス）であることは、もつと意外でした。スライファーは初め、天の川の北側の天体と南側の天体とで、視線速度の符号が異なるのではないかと考えました。もしそうな

ら、これらの星雲が集団となつて天の川を通り抜けているのだという説明が有力になります。でも、その後の観測で、負の速度を持つているのはアンドロメダ大星雲とそのそばの星雲に限られることが明らかとなりました。また、数少ない観測からでしたら、スライファーは平たい星雲ほど速く動いているという傾向があるように思いました。偏平な星雲が宇宙空間を横向きに飛び回っているものという印象を持つていたようです。でも、この解釈は、より多数の星雲の観測から誤りであることがやがて明らかとなりました。

星雲の運動の謎

そのころアイオワ州立大学のトルマンが短い論文を発表しました。トルマンの名はハッブルに先だって星雲の運動を研究した学者として、この論文で後に有名になります。トルマンは、いろいろな方向にある多くの星雲の運動速度を測つて、星雲の系に対する太陽系の運動を調べる方法を提案し、太陽系の運動速度として670km/秒という大きな値を求めたのでした。その後の1916年の中ごろには、リック天文台のジョン・パッドックがちょっと違う方法で解析した結果を発表しました。それは視線速度の分布に方向によらない項(当時K項と呼ばれていました)の存在を仮定するという方法でした。パッドックの得た一定項の大きさは248~338km/秒で、正の値となりました。K項が正であることは、星雲が我々から遠ざかる運動をしていることを意味していました。星雲の集団が実際に膨張運動をしているか、さもなければ運動によらない理由でスペクトル線が赤方

偏移しているとしか考えざるを得ないと、パッドックは結論しました。星雲に対するK項は、恒星に対するK項がほんの数km/秒であったのに比べるととてもなく大きく、重力による赤方偏移とは異なる現象であると思えたのです。

星雲の速度について、このような論文が発表されていましたが、1917年4月13日になつて、初めてスライファーはアメリカ哲学会で、「星雲と題する報告を行ないました。彼は星雲が回転していることを指摘し、星雲が宇宙を横向きになつて飛び回っているのかもしれない」と指摘しました。面白いことにC・ヴァイルツが同じことを5年後に書いていますが、ルンドマークが1925年に星雲の速度と星雲の形に関するそのような関係は存在しないと報告して、この話はおしまいとな



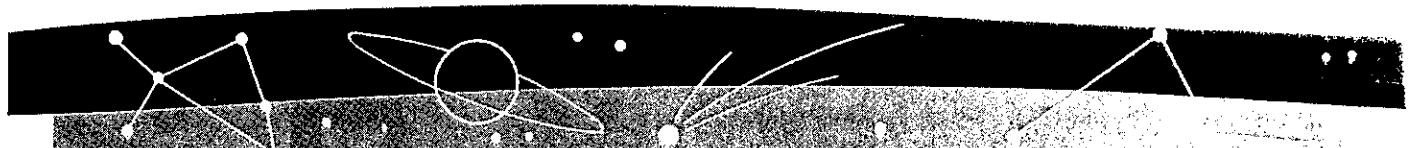
対論的宇宙論の登場

実はちょうどこの頃、ベルリンのアルバート・アインシュタインが1915年に自ら完成した一般相対性理論に基づいて、宇宙モデルの方程式を導き、宇宙が定常であると仮定してその式を解いていたのです。アインシュタインは、宇宙の定常解を求めるために、宇宙を満たす物質による重力を打ち消す働きをする、仮想的な反発力を方程式に持ち込みました。宇宙項と名づけられたこの項の妥当性については、現在に至るまで議論が続いています。

オランダのライデン大学教授のヴィレム・ドウジッターは、1917年にアインシュタインの定常解以外にも定常でない解があることに気づきました。たとえば、宇宙の平均密度が大変低い場合には、アインシュタインの反発力が重力よりも

りました。

大変な努力の末に、1917年までにはスライファーは速度を測つた星雲の数を25個に増やし、視線速度の平均は正の値であり、星雲群は全体としてほぼ500km/秒におよぶ速度で後退している」と結論しました。彼は「この事実は渦巻星雲が互いにちりぢりばらばらになりつつあることを初めてスライファーはアメリカ哲学会で、「星雲と題する報告を行ないました。彼は星雲が回転していることを指摘し、星雲が宇宙を横向きになつて飛び回っているのかもしれない」とつけ加えました。このことは矛盾している」とつけ加えました。この雲の分布は集団をなしていることを考へると、このことは矛盾している」とつけ加えました。この矛盾はスライファーにはとても重要なものと思えたのです。スライファーは最後に、「渦巻星雲は我々の太陽系のような天体の生まれる様子を表すものではない」とことをはつきりと宣言しました。



優勢となり宇宙は膨張します。宇宙反発力は距離に比例するので、宇宙の中の星雲間の相対速度は距離に比例するはずです。「赤方偏移」ということが最初でした。第一次世界大戦中に、オランダで研究していたドゥ・ジッターはドイツの学術研究誌を手に入れることができ、しかも英國の研究者と情報交換をすることができたので、戦争中の二つの國の科学者の橋渡しの役割を果たしたのです。1916年に英國のアーサー・エディントン卿にAINSHUTAINの論文を送つて相対論を紹介し、エディントンが相対論を観測的に証明する方法を考えるきっかけをつくったのは、他ならぬドゥ・ジッターでした。

英國を代表する科学者であつたエディントンはAINSHUTAINの研究の重要性をすぐさま悟り、當時王立天文学者であつたジョン・ダイソンと一緒に1919年5月29日の皆既日食の観測計画を練り始めました。AINSHUTAINの理論の予測を確認するには、皆既日食の時に隠された太陽の周りに見える星々を写真に撮り、太陽の重力により背後の星々からの光線が曲げられているかどうかを確かめれば良いはずだからです。

日食の観測の成否はさまざまなる要因に左右されます。何ヵ月もの準備の時間と経費をかけても、最後の瞬間に天候が悪くなったり、たまたま意地悪な雲が通り過ぎたりして、全く何のデータも取れずに終わることがあります。エディントンの観測隊も例外ではありませんでした。アフリカ沖のプリンシピ島での日食観測のその日に、英國の観測隊2チームは豪雨にさらされることになりました。日食がすでに始まり、太陽が月に隠され始めた頃になつて、天気は少し回復してきました。天

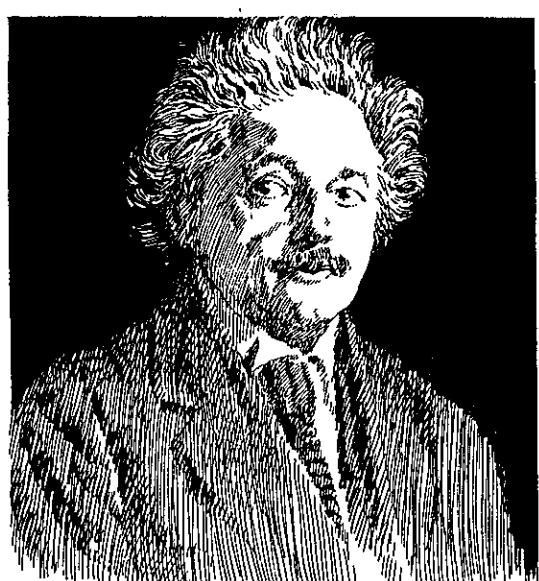
文学者は薄雲を通して日食を撮影するしかありませんでした。だが、エディントンはいくつかの写真に星が写っているのを確認することができます。注意深く測定した結果、確かに星の位置がずれていること、しかもAINSHUTAINの予測値とのおりにずれていることがわかりました。こうして、AINSHUTAINの理論は劇的に証明されました。

宇宙モデルの観測的検証

一般相対論が観測的に証明されたというニュースはあつとさう間に世界中に広まりました。次はほかの予測を証明する番です。ドゥ・ジッターの論文には、観測者が調べるべきテーマがいくつか示されていました。たとえば、赤方偏移と天体の距離との間に関係があるのかどうかを調べることなどです。この課題に最初に取り組んだヴィルツは、1924年春「ドゥ・ジッターの宇宙論と渦巻星雲の視線速度」と題する論文を発表しました。だが、星雲までの距離はどうしたら求められるのでしょうか？ ハップルがアンドロメダ大星雲にセファイドを発見したのは1923年10月、その成果が新聞発表されたのが1924年11月ですから、當時銀河の距離について知っていたのは、ほんのひとにぎりの天文学者だけでした。ヴィルツは星雲の本当の大きさは平均的には一定であると仮定して、星雲のみかけの大きさを距離の目安とすることにしました。この仮定のもとでは、星雲の直径は遠いものほど小さくなります。みかけの直径が小さい星雲ほど視線速度が大きいという関係が期待される関係であり、ヴィルツはそのよう

な兆候を発見しました。だが、ヴィルツの求めた関係式は、ドゥ・ジッターの理論的な予想とは一致しませんでした。理論では速度と距離が比例するはずでしたが、コンパクトな星雲ほど速度が大きいという結果がでてきたのです。これは、遠い星雲は中心の輝度が高いコンパクトなものしかスベクトルを写真にとることができないために生じた見かけの効果だったのですが、当時はそれがわかりませんでした。

同じ年の夏にルンドマークやウイルソン山天文台のグスタフ・ストレムグレンもおなじような研究を行ないましたが、星雲の距離を決めるという難問に直面し、星雲の大きさが同じだという仮定か、星雲の光度が同じだという仮定を使つたため、はつきりした関係を示すことはできませんでした。スライファーが速度を計った星雲の数は増え続け、1925年には45個となりましたが、ロー・ウエル天文台の望遠鏡では、これが精一杯でした。こうしてハップルの出番が熟していったのです。



エド温ン・ハッブル 宇宙を広げた男

12

家 正則

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）・東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



第十二章 ● 理論と観測の接点

ヒューマソン

ヒューマソンは18歳頃、ウィルソン山天文台の建設資材を運ぶロバのひきてとして働いていました。ヒューマソンは天文台の電気技師ダウドの娘を見そめ、20歳になるとすぐ結婚しました。ウィルソン山には山猫が出没することがありました。

ついにダウドの飼っていた山羊が襲われたため、ヒューマソンはさっそく罠を仕掛けました。翌朝罠を見にいったヒューマソンがふと目を上げる。ルソン山には山猫が出没することがありました。

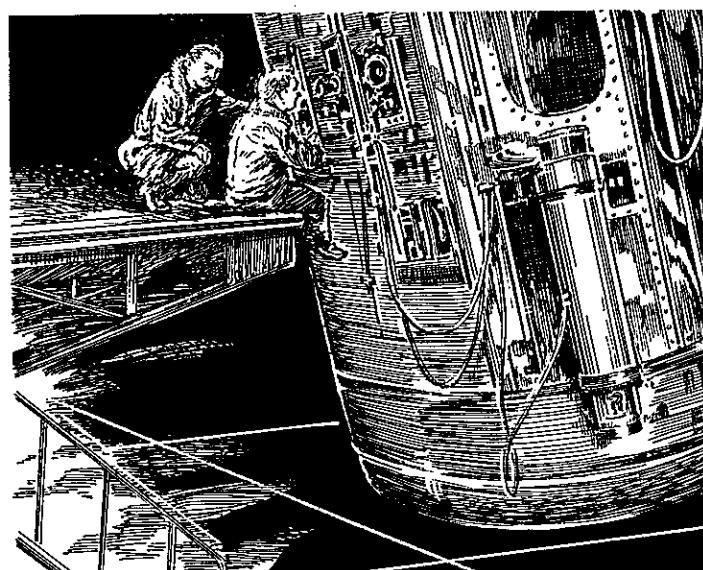
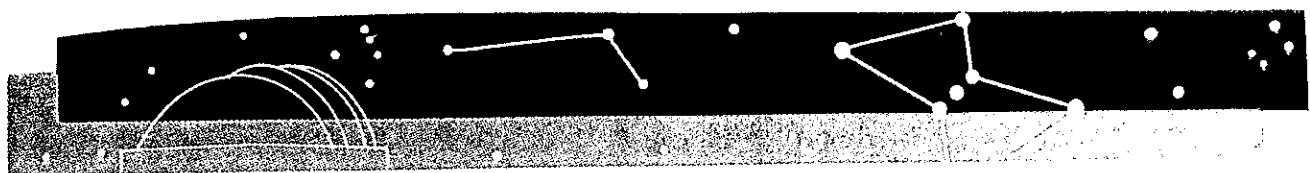
1917年からは、義父のすすめで天文台の掃除夫の職につくことになりました。初任給は月80ドルでした。ヒューマソンは観測の手ほどきを受け、1919年に天文学者ピッカリングが第10惑

星の予報位置を発表したところから、その領域の写真を撮り始めました。1930年に冥王星を発見したニコルソンとメイヨールは、ヒューマソンが撮りためた写真と比べて、惑星であること確認したのでした。観測に必要な数学の手ほどきをしてくれたのは、このニコルソンでした。何でも熱心に責任をもつてこなしたヒューマソンは、ヘルの計らいで1922年に特例として天文学助手に昇進しました。

ハッブルはこんなヒューマソンを誘つて、渦巻銀河のスペクトル観測を始めました。銀河の速度を当時測っていたローウェル天文台のスライファーは、銀河の距離を測る術をもつていませんでした。ハッブルはセファイド型変光星の観測で自ら距離を決めた銀河について速度を調べてみようと考えたのです。スライファーの使った分光器はよくできた装置でしたが、24インチの望遠鏡は100インチの望遠鏡にはかないません。スライファーが観測できる銀河は1926年ごろには尽きてしまいました。そこでハッブルとヒューマソンはスライファーが測定できなかつた渦巻銀河をねらって、観測を始めました。最初に選んだ渦巻銀河の観測は、ヒューマソンが凍てつく夜二晩を望遠

鏡にとりついてガイドするという苦行から始まりました。カルシウム原子のH線とK線という吸収線が見えるかどうかが勝負でしたが、現像が終わると、吸収線がはつきりと長波長側にずれているのが一目でわかりました。ヒューマソンのスペクトルを測ったハッブルは、赤方偏移が3000 km/sであり、スライファーが測定した赤方偏移最大の銀河よりさらに1800 km/sも大きな速度を持つ銀河であることを確かめました。





我慢強いヒューマソンも露出時間のあまりに長い観測に耐えかね、ハッブルの指示を断るようになつた時期がありました。困ったアダムス台長やハッブル自身はヘール前台長にとりなしを依頼しました。学歴もない自分を天文学助手に昇進させてもらつたことで、ヘールに恩義を感じていたヒューマソンは、ヘールがより効率の良い分光器を作成する予算を約束したこともあり、ヘールの説得に応じて困難な観測を続けることに同意しました。

1920年代末にはハッブルの指示でヒューマソンが撮るスペクトル写真は露出時間が1週間にも及ぶものとなることがたびたびになりました。ハ

一般相対論に基づいて宇宙の構造をあらわす方程式を導いたアインシュタインは、宇宙が膨張も収縮もしない一定状態にあるはずだと考え、方程式の中に別の力を導入しました。真空の反発力という架空の力です。この力は普通の世界では効果が弱く、宇宙の大きさに相当するスケールでのみ、その効果が現われるというものです。この力の存在を仮定すると、反発力が重力による引力とつりあうように調節でき、膨張も収縮もしない定常な宇宙のモデルができるからでした。こうして1917年にアインシュタインは定常宇宙のモデルを発表しました。一方、ドウ・ジッターは永遠に膨張する宇宙モデルを発表していました。

1922年と1924年の論文で、ロシアの數学者A・フリードマンは宇宙の構造と進化をあらわす、より一般的な方程式を導き、それを解きました。フリードマンの方程式にも、重力の影響を薄める働きをする宇宙斥力（ラムダ項）が導入されました。フリードマンは、非常に大きなスケールで見ると宇宙の物質が一様に分布し、宇宙はどの方向を見ても同じであると仮定しました。フリードマンの得た主な結論は、宇宙は時間的には一

ツブルは1926年には「銀河系外星雲」と題する論文の中でドウ・ジッターの相対論的宇宙モデルについて触れています。おそらく、その前から理論家の予言を自らの観測でテストすることを考え始めていたのでしょう。

フリードマン

フリードマンの方程式は宇宙の物質の運動を記述するだけでなく、空間の幾何学、相対論のことばでいうと、宇宙の曲率の変化の様子も記述するものとなっています。宇宙は一定の状態ではありえないという、フリードマンの最初の論文はドイツの有名な学術誌「物理学新報」に1922年に掲載されました。宇宙論の方程式の解は定常のものでなければならぬと信じていたアインシュタインは、フリードマンの論文が間違っているといふコメントを1922年9月の物理学新報に書きました。

1922年12月、フリードマンはアインシュタインに自分の計算を詳しく説明した手紙を書き送りました。アインシュタインはこの手紙を確かに受け取つたのですが、すぐには内容を検討しなかつたようです。1923年の3月、フリードマンの同僚、ペトログラードのクルツコフがオランダでアインシュタインに会い、いろいろな議論の結果フリードマンの論文が正しいことをアインシュタインに納得させるのに成功しました。その後、

定の状態ではありえないということでした。宇宙は膨張するか、収縮するはずだというのです。この結論は数学的なものでしたが、実は話は極めて単純です。宇宙斥力がなければ、宇宙の最初の状況だけで、宇宙が膨張し続けるのか収縮するのか、その運命が決まります。宇宙斥力をうまく調節すると、特別な場合としてアインシュタインの定常宇宙モデルが得られます。逆の極端な場合として、宇宙の密度が低くて重力が効かず、反発力だけが働く場合には、ドウ・ジッターが求めているモデルとなります。

アインシュタインは物理学新報に、「以前の私のノートでフリードマンの論文について批判したが、フリードマンから私に宛てられた手紙を見て、私が批判が計算違いによるものであることがわかつた。フリードマンの結果は正しく、新しい概念をもたらすものであると信じる。場の方程式には、定常な解に加えて、空間的には対称だが時間とともに変動する解もあることが発見された。」と訂正のノートを書いています。

1923年に書かれたこのノートは、フリードマンの論文が非常に良く読まれている学術誌に掲載され、アインシュタインがその価値を認めたにも拘らず、彼の論文は天文学者だけでなく理論物理学者にもあまり反響をまき起こしませんでした。

1927年、アーサー・エディントンの学生だったJ・ルメートルは、フリードマンの研究と基本的に同じ研究をしました。ルメートルも宇宙は定常ではないと結論しました。ルメートルは距離が小さい間は速度と距離が比例関係にあることも導きました。

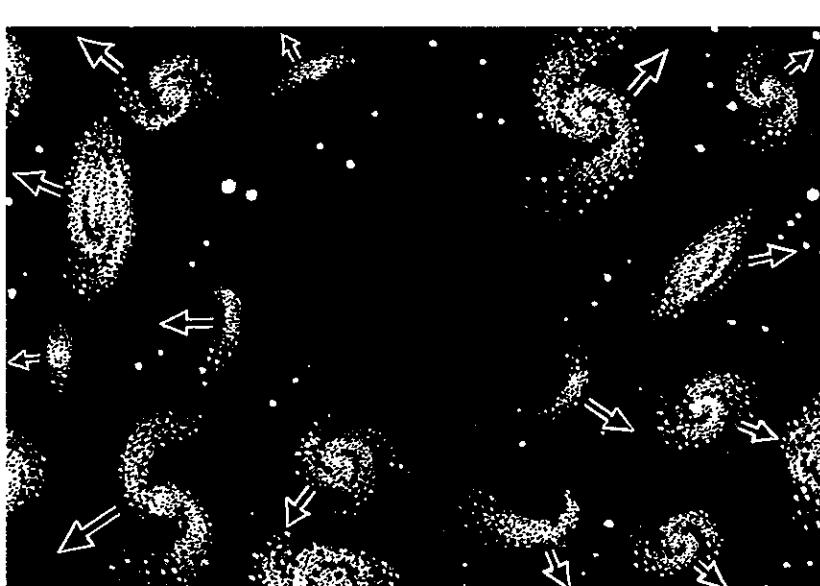
天文学者と物理学者

一般相対論に基づく宇宙モデルは、こうして1920年代の末までには基本的にはできあがっていました。しかし、そのようなモデルについて天文学者が議論する機会はほとんどありませんでした。宇宙モデルの理論的研究が、それを検証でき

る立場にある天文学者に注目されなかつたのは、なぜでしょう。一つには、宇宙論的モデルがアインシュタインの難解な一般相対性理論をもとにしていたからでしょう。当時、理論物理学者でもこの新しい理論を理解し應用できた人は多くありませんでした。もう一つの理由は、心理的なもので、宇宙は過去のある瞬間から始まつたとか、それまでの常識では考えられないような概念がでてきます。望遠鏡で遠くの宇宙を観測し始めた天文学者たちは、そのような突拍子もない話が現実のものになるとはとても信じられなかつたのです。

1923年刊のエディントンの「相対性理論の数学理論」のおかげで1920年代中頃になると、少しよしうが変わり始めましたが、それまではほとんどの天文学者はアインシュタインもドウ・ジッターも知りませんでした。1923年にドイツの数学者ヴァイルは、ドウ・ジッターのモデルのように重力が弱く、反発力が効く平均密度の低い宇宙に銀河がばらまかれているとしたら、銀河はそれぞれの間の距離に比例した速度で互いに遠ざかる運動をするはずであると予言しました。H・ロバートソンも1928年に同じ結論に達しました。そればかりではなく、ロバートソンはハップルの1926年のデータから導かれる距離と、スライファードが求めた速度を使って、距離と速度がほぼ比例関係にあるという結果を得たのです。ハップルがロバートソンの結果を当時知っていたのかどうかは、今となつてはわかりません。

(次号に続く)



エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

13

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



第十二章 ● ハッブルの法則

新しい分光器

ハッブルの人生にとって運命の時が近づいていました。彼は遠い銀河ほど確かに速度が増え続けました。彼は遠い銀河ほど確かに速度が増え続けたことを確かめたいと考えていました。遠い銀河のスペクトル観測ができるとすれば、熟練した観測者ヒューマソンが操作するウイルソン山天文台の当時世界最大の望遠鏡と、効率の良い新しい分光器を使うしかありませんでした。ハッブルは暗くて遠くにあると思われる銀河のリストを1927年からおよそ一年がかりでつくり、視線速度の観測に備えていました。ヒューマソンはヘールが約束した新しい分光器が完成すると、まずスライファーが観測したM31、M33、M51、M101などの明るい銀河から観測しました。当然ながら、ハッブルはセファイド型変光星から距離を求めた銀河を使って、距離と速度の間に比例関係がある

ことをこのころから見抜いていました。

これらの観測が一段落すると、ヒューマソンはスライファーがまだ観測していないペガスス座の銀河団にあるNGC7619のスペクトルを撮影することにしました。毎夜毎夜、ヒューマソンは分光器のスリットをこの銀河の同じ場所に当て、36時間露出のスペクトルと45時間露出のスペクトルを得ました。露出後、写真乾板を現像すると、銀河の吸収線がスペクトルの赤い方にずれているのが確認され、視線速度が約3800km/秒におよぶことが確かめられました。これこそ、ハッブルが辛抱強く待ち望んでいた成功でした。

二人は早速、1929年1月17日、国立科学院の紀要に2つの短い論文を提出しました。ヒューマソンのNGC7619の視線速度の測定の報告と、ハッブルの「系外銀河の距離と視線速度の関係」と題するたった6頁の論文でした。

文学史の中でも最も重要な論文の一つとなっています。

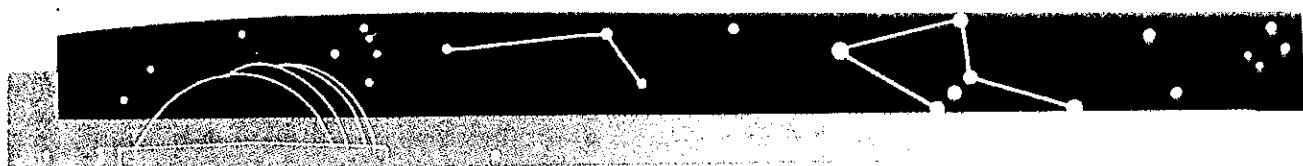
ハッブルはアンドロメダ銀河とその伴銀河、それにさんかく座の銀河など近傍の銀河で視線速度が負の値を持つものから、視線速度がプラス1000km/秒におよぶ遠方の銀河まで含めて、合計46個の銀河の速度データを持っていました。銀河の中で最も明るい星の光度はほぼ共通でしたし、銀河の光度も互いにそれほど違はないませんでした。太陽からの距離がわかっている24個の銀河の視線速度もすでに測られていました。そのうち4つは視線速度が驚くほど大きいものでした。が、どれもおとめ座の銀河団に属していました。

太陽の動きを計算に入れても入れなくとも、遠い銀河ほど速度が大きいという傾向があることは明らかでした（図参照）。速度場を表わすとしたら、速度Vが距離に比例する、つまり $V \propto r$ という形が適切なようでした。比例係数kは、解析法を少し変えて、ほぼ 500 km/sec/Mpc になりました。この結果は銀河が我々から遠ざかっており、また互いにも遠ざかっていて、その速度が距離に比例するというものでした。

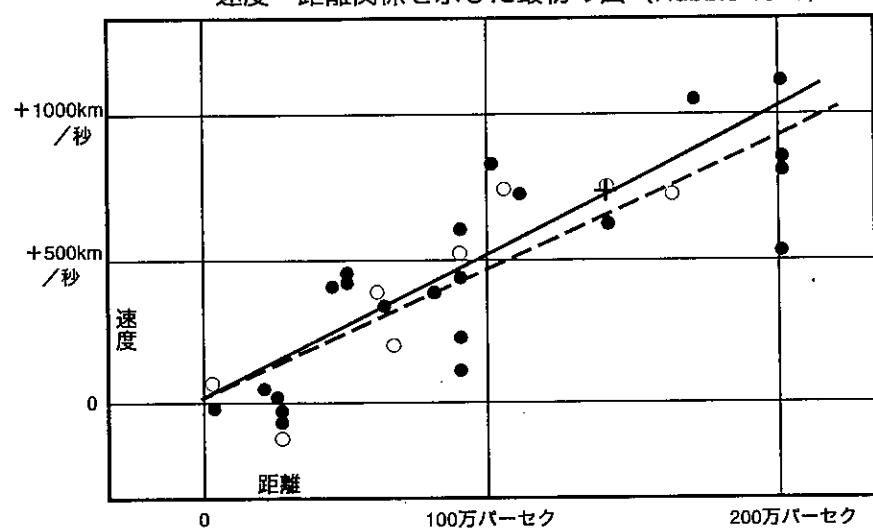
1929年の3月に出版されたハッブルのこの短い論文は、ほかのいくつかの論文とともに、天

ハッブルの法則

視線速度が測られているが、距離が測られて



速度・距離関係を示した最初の図 (Hubble 1929)



すべてが矛盾無くうまくいきました。ハッブルの論文の主な結論は、「速度の測定結果が発表されている銀河について、その速度と距離の間にほぼ比例関係があることが確かめられた。もつと大規模にこの問題を検討するためにウィルソン山天文台のヒューマソン氏は観測できる範囲で最も遠いと思われる銀河の視線速度を測定する計画を実行し始めた」というものでした。論文の最後の部分で、ハッブルは「最も驚くべきことは、速度距離関係がドウ・ジッターの宇宙論の予言に一致することであり、その比例係数が空間の曲率を計算するものとなることである」と述べています。

1929年の5月にシャブレーに宛てた手紙の中で、ハッブルはこの論文は発表まで一年以上暖めたものであったと言っています。本当はもっと、暗い銀河のデータができるまで待ちたかったのですが、過去の経験から他人が抜け駆け論文を出すことがあります。銀河の形態分類に関するルンドマークとの苦い経験のことが頭を離れなかつたのでしょう。

ハッブルは比例関係の係数を記号 K で表わしました。その後、この係数はハッブルの業績を記念してハッブル定数と呼ばれるようになり、記号 H_0 で表わすことになりました。おそらく、赤方偏移と距離の比例関係を「ハッブルの法則」と最初に呼んだのはカリフォルニア工科大学の教授で、相対論を天文学に応用する研究で有名な理論家リチャード・トルマンであったと思われます。トルマンの論文の題は「宇宙におけるドウ・ジッターのモデルの天文学への応用」でした。この論文の中で、トルマンは赤方偏移と距離の比例関係を銀河の世界では良く確立された事実として紹介しまし

た。トルマンの論文は1929年2月25日づけとなっていますが、ハッブルの論文が掲載されたのは3月15日のことでした。つまり、トルマンはハッブルの研究のことを出版前に知っていたことがあります。これは別に驚くことではありません。二人の科学者は互いに良く知った仲だつたからです。

更なる証拠

天文学で重要なニュースにはいつもすぐに反応していたラッセルは、「サイエンティフィック・アメリカン誌」にこう書きました。

「銀河の速度の不思議な、「距離効果」の存在がついに証明された。ヒューマソンの観測したNGC 7619より10倍も遠い銀河でも、約17等級の天体としてその姿は容易に撮影できる。だがもしも、速度と距離の比例関係がさらに遠い銀河まで成り立つようなら、その速度は40000 km/sほどにも達するはずだ。このような天体では黄色の波長域にあるナトリウム線は赤外線域に移ってしまい、見えなくなつてしまふ。いったいこれは何を意味しているのだろう? 銀河が本当に全ての方向で我々から遠ざかっているのだとしたら、宇宙は膨張しているのだろうか? オランダの天文学者ドウ・ジッターが、実はこの疑問に対する答えを数年前に提案している。彼は相対性理論に基づくと、宇宙が時間とともに膨張するという解釈があることを示したのである。だが、ドウ・ジッターのモデルを鵜呑みにするのはまだ早いかもしない。すべての銀河がもとは互いに密集していない。

たという考えには、まだその必然性が示されていないからだ

6月末にバークレーで開催されたアメリカ天文学会の会議で、ハップルは、かみのけ座の大きな銀河団の距離を測った結果について報告しました。かみのけ座には月の10倍ほどの領域におよそ1000個の銀河があります。その中でもいちばん明るい銀河は、ハップルより70年ほど前から望遠鏡での眼視観測でその存在が知られていました。これららの銀河は、おとめ座の銀河に比べると相当暗いものでした。これらの銀河の光度がハップルの求めた銀河の平均光度に等しいと仮定すると、その距離は1600万パーセク、つまりおとめ座銀河団の7倍になるはずでした。これらの銀河からの光は地球に達するまでに50000万年もかかりました。測定誤差は1200km/秒程度でした。

この速度と距離は、先にハップルが発表した比例関係がさらに遠方までも成り立つことを示唆するものでした。

ドウ・ジッターへの手紙

1929年の夏、いつものようにシエラネバダ山脈での夏休みから戻ってきたハップルは、オランダ天文学会誌の5月号の入った小包が届いていました。この論文「系外銀河の光度、直径、距離と視線速度の関係」が掲載されていました。この論文はハップルがすでに数ヶ月間専念していたテーマに関

するものでした。理論家のドウ・ジッターはすでに発表された論文から銀河の等級を議論することしかできませんでしたが、宇宙が膨張しているという理論的予測を自分で直接証明しようと意気込んだ論文でした。だが、理論家の性急な分析の仕方に、観測天文学者ハップルは明らかに苛立つた。當時ルメートルは、1927年の論文で平均より、ドウ・ジッターに対する手紙の中で次のように表明しています。「第85号のあなたの論文のいくつかの点について、あえてご指摘させて戴きます。銀河の速度距離関係の可能性はこの数年といたしましたが、これらの銀河の光度がハップルを最初に指摘されたのだと思います。ですが、銀河の速度距離関係が十分小さいデータを得て、この関係を観測的に証明したのは1929年のわれわれの論文が最初です。それに、その論文では我々が100インチ望遠鏡の力のおよぶ範囲のさらに遠い銀河の観測をしてこの関係を調べる計画であることを公表しています。観測作業は大変困難を極めていますが、結果はますますこの関係をゆるぎないものにする方向にあるので、我々はその価値があると信じています。このようわけで、速度距離関係の、定式化、試験と確認はウイルソン山天文台の業績であると考えており、そのように認知されることを強く希望しています。我々は常に、準備的な結果が発表され、それを発展させる観測計画があることが公表された場合には、新しいデータに基づく論文の発表は実際に仕事をした研究者が行なうことが予約されているものと考え、そのようにとりはかられるのが礼儀だと思います。この倫理が尊重されないとすれば、我々は自分達の観測を秘密裏に行なうべきなのでしょうか？ これはどこかおかしいと思います」

ドウ・ジッターはハップルの手紙のきつい調子



にやや戸惑つたようですが、幸い二人のその後の関係が崩れることはありませんでした。ドウ・ジッターのモデルはハップルの法則を説明するには好都合でしたが、宇宙の平均密度が無視できるほど小さいという不自然な仮定に基づいたものでした。当时ルメートルは、1927年の論文で平均密度が有限な宇宙の膨張について自分が指摘していました。エディントンはすぐにルメートルのモデルこそ、ハップルの結果を説明できる理論的モデルであることを理解し、このことをドウ・ジッターに知らせました。残念なことにだれもフリードマンの完璧な研究のことに気づかなかつたので、ルメートルが膨張宇宙論の父と呼ばれるようになりました。フリードマンの研究のほうが早かつたとわかったのは何年も後のことですが、今日ではフリードマンの業績は広く認められています。(次号に続く)

エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

14

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士。専門：銀河物理学・天体観測学



第十四章 ● 100インチ望遠鏡の限界

より遠い銀河の観測

という値でした。

100インチ望遠鏡のカセグレン観測台の上で、ヒューマソンは何日も凍えながらガイドを続けました。ガイド星の位置がずれてくると、ガイドボタンを押して、望遠鏡の位置を少し修正するという作業を夜通し続けるのですが、スイッチ操作だけではうまくいかない場合もあります。そんな時には、望遠鏡を肩で少し押したり、体重を預けたりして調節することもしなければなりませんでした。

1931年3月、ハッブルとヒューマソンは、銀河の速度距離関係を確かなものとする論文を発表しました。この論文で二人は、比較的近くの銀河に加えて、おとめ座、ペガスス座、うお座、かに座、ペルセウス座、かみのけ座、おおぐま座、かし座の銀河團に属する銀河など合計46個の銀河の速度を発表しました。セファイド型変光星で距離を求めた銀河については、最も明るい星の絶対光度がどの銀河でもほぼ一定であり、距離測定の目安になることを改めて示しました。この方法は銀河が遠くなると使えなくなります。だが、こんどは銀河團の中でも一番明るい銀河の絶対光度が、どの銀河團でもほぼ一定であることがわかつてき

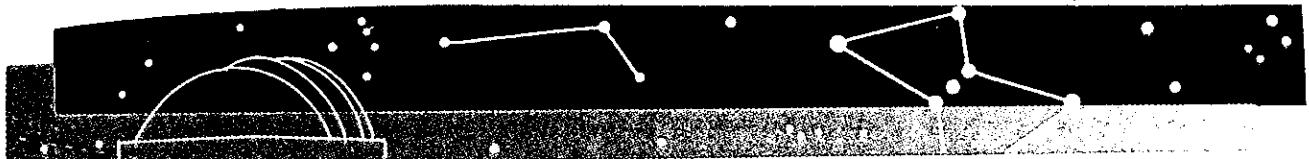
ました。こうして速度と距離の比例関係が最大1億光年という遠い銀河にまで成り立っていることが証明できたのです。

「今回の観測は、以前に比べて18倍も遠い距離まで及び、100インチ望遠鏡の能力の限界まで追求したものが、比例関係は基本的に変わらなかつた。速度距離関係はかなり広い空間で成り立つ一般的な現象のように思われる。その宇宙論的な意義を別としても、この経験法則の発見により、個々の銀河の距離を決定する新しい方法が得られたことになる。しかも、その距離決定の誤差は遠い銀河ほど小さくなる。この法則の発見で銀河の研究に新しい可能性が開かれたといえよう……」とハッブルは述べています。

秒速4万2千キロメートル

クリスティーが見つけたしし座の銀河團は、その最も明るい銀河でも、おおぐま座の最も明るい銀河よりも一等級ほど暗いものでした。ハッブルとヒューマソンは、そのスペクトルをさらに長い時間をかけて撮影できるようにカメラを少し改造しました。こうして得られたスペクトルには、いつも青い波長域で見慣れたカルシウム原子のH線とK線が赤い波長域の端にまで移動して写っていました。速度に換算すると19700km/秒

その後の3年間に、ヒューマソンは銀河團に属しない35個の銀河の速度を測りました。速度が測られた銀河の数は全部で85個に達しました。速度距離関係は銀河團に属さない孤立した銀河でも、銀河團の銀河でも同じでした。この法則はもつと



遠くの銀河でも成り立つのでしょうか。新しい観測が必要なのは明らかでしたが、ヒューマソンはこう書いています。

「より暗い銀河団の速度を測れば、観測された宇宙の範囲を広げることができる。だが、およそ17・5等級で100インチ望遠鏡の限界に達するものと思われる。それ以上暗い天体の速度測定は、単に暗くなつた分だけ露出時間を増やせばよいというわけではない。赤方偏移が大きくなり、H線やK線が写真乾板の感度の低い波長域に移動してしまふからである。測定誤差を気にしなければ、

波長分散を小さくして露出時間を少し節約することはできる。だが、一番の問題は17・5等級前後ともなると、あまりにも銀河が微かになり、10インチ望遠鏡の力セグレン焦点では肉眼で見ることが難しくなり、分光器のスリットに載せることができなくなるという点にある。」

ヒューマソンがスペクトルを撮影している間、ハッブルは最も明るい銀河でもおよそ17等級でしかない新しい遠い銀河団をふたご座やかみのけ座で発見しました。ぎよしや座の銀河団にいたつては、一番明るい銀河でも18等級でしかありませんでした。1931年にウォルター・バーデはおおま座にほぼ同じくらい暗い別の銀河団を発見しました。写真乾板上にほんのちょっととしたしみのような痕を残すだけのこれらの暗い銀河では、銀河の絶対等級がほぼ一定であると仮定して、見かけの等級を目安に使うしかありません。

1936年にはヒューマソンが、新しい銀河団の銀河を含む100個の銀河の速度測定の結果を公表しました。ふたご座の銀河団は24000km/秒、ぎよしや座の銀河団は39000km/秒で、おおま座銀河団のある銀河については4

2000km/秒という記録的な速度を確認しました。ハッブルの法則はこのようなくとも成り立つていました。

だが、これはもうすでに限界でした。ハッブルがみずがめ座により暗く遠い銀河団を発見しましたが、ヒューマソンはその一番明るい銀河について速度を測定することができませんでした。

100インチ望遠鏡はこうして速度測定についてその能力の限界まで働いたのでした。

ハッブルの法則の意味

ハッブルの発見は偉大な業績でした。だが、彼は理論家ではなく純粹な観測家でした。当時、赤方偏移は膨張運動の結果ではなく、宇宙の広大な空間を伝搬する光子がエネルギーを失うために起こる現象であるという、カリフォルニア工科大学のツヴィッキーの仮説に、ハッブルは共鳴していました。ハッブルとヒューマソンは論文の中でその後しばしば、「観測される銀河の見かけの速度」とわざわざ断るようになりました。1931年にハッブルがドウ・ジッターに送った手紙にはこう書かれています。「ヒューマソン氏と私は、銀河の速度と距離に関する我々の一連の論文にあなたが敬意を表してくださつていてることに感謝しています。我々は比例関係が経験的なものであることを強調するために『みかけの速度』という言葉を使っています。この関係の解釈は、あなたを初めとする有能な理論家にお任せするべきだと考えています。」

赤方偏移が宇宙膨張のドップラー効果によるもののか、宇宙空間を伝わる光子が年老いてエネルギーを失うなどという、まだ未知の物理的効果によるものなのかはすぐには決着がつきました。膨張宇宙論モデルが現実のものではありませんでした。膨張宇宙論モデルのパラメータを求めることが課題となりました。

宇宙パラメータ

ラムダ項がゼロで、反発力のないモデルは、「開いた宇宙」と「閉じた宇宙」とに大別できます。宇宙の平均密度が低く、重力が宇宙の膨張を完全に止めることができないと、宇宙は永遠に膨張し続ける開いた宇宙となります。密度が高く重力が強ければ膨張はやがて止まり、宇宙はやがて収縮に転じる閉じた宇宙となります。この二つの宇宙モデルの境目となる平均密度を臨界密度といいます。宇宙の平均密度がちょうど臨界密度に等しいモデルは特別であり、その3次元空間はユークリッド幾何学で記述できます。膨張宇宙モデルでは昔ほど銀河間の距離は小さく、平均密度は高かつたはずです。過去のある時点では密度が無限大であったということになります。密度が無限大となるこの瞬間は、宇宙膨張が始まつた瞬間であり、このような宇宙像は後に「ビッグバン」宇宙と呼ばれることがあります。

これはいつたいどのくらいのことだつたのでしょうか。ハッブルの法則、 $H = \frac{V}{R}$ 、によれば、膨張速度が一定であれば、 $1/H$ という時間だけ遡るとすべての銀河はただ一点に集まつたことです。実際には重力による減速を受けるため、過去の膨張速度はもつと大きかつたはずで、

宇宙年齢は $1/H$ で表されるハッブル年齢よりは短くなります。ハッブルが求めた H の値を用いること、 $1/H$ としてわずか 20 億年という数字が出てきます。

我々の地球の年齢は、1930 年代の初めには岩石中のウラニウムの同位体比とその半減期から 20 億年から 60 億年と推定されていました。1930 年にはエディントンが $1/H$ から求まる年齢が放射性同位元素から推定される地球の年齢に近く、当時の恒星の推定年齢と大幅に違うことに気づきました。その当時、恒星は 1 兆年ほどの寿命

がありました。恒星の年齢が長いことと矛盾しないように思いました。このように二つの時間スケールが数百倍も異なるのは、困った矛盾でした。宇宙ができる前から恒星があつたという奇妙な話になるからでした。

1930 年代の末までには恒星の放射エネルギーが原子核エネルギーによるものであることが明らかとなっていました。恒星の質量のほんの一部が放射エネルギーに変換されるだけであり、恒星の寿命は 100 分の一ほどに短くすべきであることがわかりました。また、恒星系の寿命が極めて長いというジーンズの議論が正しくないことも明らかとなっていました。

一方、膨張宇宙の年齢も訂正しなければならないことがわかりました。ハッブルの決めた H の値がかなり大きすぎるということがわかつたためです。宇宙年齢については今でも測定法により 50% 程度の食い違いが残っていますが、1930 年代の初めに議論となつた大きな見かけの矛盾は消え去りました。



銀河の計数

ハッブルは、1926 年ごろには全天の銀河の探しを実行することを考えていました。ウィルソン山天文台には、それまでに撮影された数千もの銀河の写真乾板が保存していました。だが、これらの写真は観測条件がまちまちで、しかも全天

があると考えられていました。この年齢は恒星の質量をすべて放射エネルギーに変換するのにかかる時間として得られた値でした。ジーンズが求めた恒星系の力学的緩和時間が同様に 1 兆年程度であったことは、恒星の年齢が長いことと矛盾しないように思いました。このように二つの時間スケールが数百倍も異なるのは、困った矛盾でした。宇宙ができる前から恒星があつたという奇妙な話になるからでした。

1930 年代の大変な仕事でした。我々は銀河系の中

はこうして撮影された 1283 枚の乾板を少なくとも 3 回ずつ低倍率と高倍率のルーペを使って観察し、合計 4 万 4 千個の銀河を数え上げました。

これは長時間にわたる大変な作業でした。

次の作業は計数結果に適切な補正を行なうといふ同じぐらい大変な仕事でした。我々は銀河系の中の銀河を隠してしまった銀河を見ています。ハッブルは天の川の近くでは一つも銀河が見えないことに気づいていました。その領域では、銀河系の中の銀河を隠してしまった銀河を見ています。ハッブルは天の川の近くでは一つも銀河が見えないことに気づいていました。その領域では、銀河系の中の銀河を隠してしまった銀河を見ています。銀河の計数は我々の銀河系の外の世界について、豊富な情報を与えてくれますが、我々の銀河系自身についてもある種の情報を与えてくれます。ハッブルはこの二つの問題を同時に解こうとしたのです。

ハッブルの計数結果から推定すると、全天ではおよそ 7500 万個の銀河があるという勘定になりました。銀河の数は明るいものから暗いものになるにつれ増加し、その増加の様子は銀河が宇宙全体に一様に分布することを示唆していました。

ハッブルは宇宙の平均密度がおよそ 10^{-30} cm^{-3} であると計算しました。1934 年にハッブルはこの結果を論文として発表しました。ハッブルの前に銀河の計数の研究を行なつた研究者は何人かいましたが、ハッブル以後、半世紀にわたつては、銀河計数をより暗い銀河にまで拡張して行なおうとする勇敢な研究者は現われませんでした。(次号)

エド温ン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

15

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



第十五章 ● 栄光の時代

アインシュタインの賛辞

ハッブルの法則は、ほとんど全ての天文学者にすぐに受け入れられました。理論的にはそのような関係があるものと期待されていた上、世界最大の望遠鏡を駆使して銀河観測の最高のエキスパートによってなされた発見だったからです。

初めの頃、シャープレーだけがこの関係に疑義を表明しました。シャープレーは遠い銀河の距離の目安となる最も明るい星を探すときに、星団を星と見間違えることがあると警告しました。後になって実際、彼の警告は的を射ていたことが明らかになりました。だが、シャープレーがハッブルの発見を苦々しい気持ちで見ていたことも想像に難くありません。

この頃、ハッブルはウィルソン山天文台で働き始めてから15年になろうとしていました。この期間は、次から次へと成功が続く、ハッブルの最も充実した期間でした。銀河系内のガス星雲について素晴らしい研究をし、それから系外銀河の研究に転じたことは前に紹介したとおりです。192

4年から1929年のたつた5年間で、ハッブルは渦巻き銀河などが巨大な恒星系であることを示し、宇宙が銀河からなるという概念を確立しました。彼は銀河系内銀河と系外銀河の一般的な分類法も確立しました。そして最後に最も壮大な「膨張する宇宙」を発見しました。100インチ望遠鏡の能力の限界までの銀河の分布を調べあげたのです。コペルニクス、ガリレオ以後、人類の宇宙に関する認識をこれほどまでに、しかも驚くほどの短期間で変えた天文学者は他にはいません。

1930～1931年の冬、アインシュタインがカリフオルニア工科大学を訪れました。大学での講演会に先立ち、アインシュタインはハッブルとヒューマソン、理論家トルマンを招いて、この新発見の意義を議論しました。1931年1月3日のニューヨーク・タイムズ紙はアインシュタインの次の言葉を報じています。「ハッブルとヒューマソンの銀河の赤方偏移に関する新発見は、宇宙の構造が定常でない」という仮定を支持するものである。

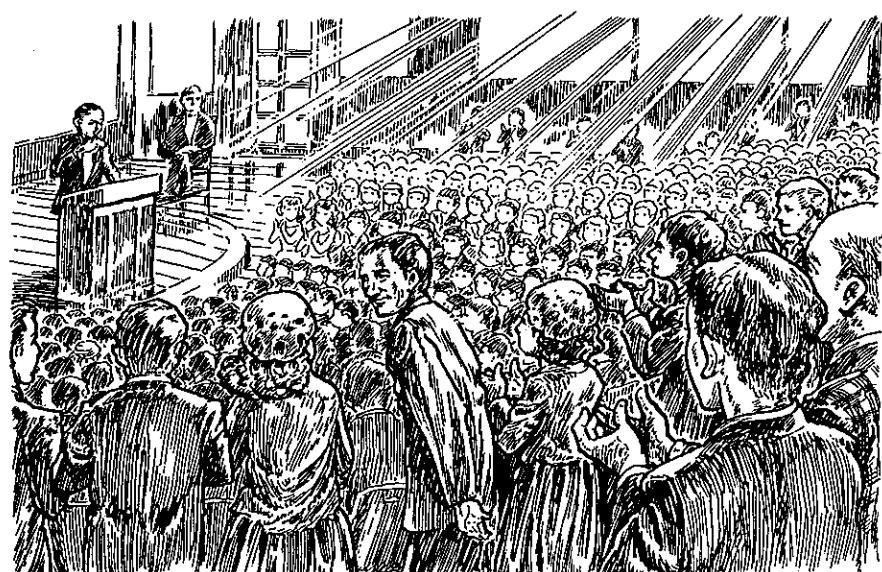
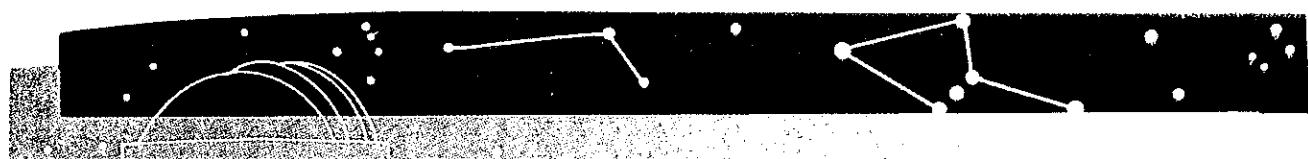
社交的なグレースはアインシュタインの世話をしました。アインシュタインは引っ張りだこで、いろいろなパーティに招待されましたが、どのパーティに出るかを決めたのはアインシュタイン夫人のエルザでした。チャーリー・チャップリン邸

ハッブルの業績が認められる時期が来ました。ハッブルは米国や英國のさまざまな大学での講演に招かれるようになります。

1934年4月ハッブルは客船マンハッタン号で英國に向かいました。オックスフォード大学で「星雲のスペクトルの赤方偏移」と題するハレー講義を行なうためでした。帽子とガウンに身をまとめて耳打ちされていたグレースによると、ハッブルはオックスフォード大学がハッブルを名誉博士にする決定をしたことを聞かされました。前もつて耳打ちされていたグレースによると、ハッブルはこの知らせに大いに感動した様子だったそうです。こうしてハッブルはオックスフォード大学か

に出かけて、アインシュタインがヴァイオリンを弾くなんてこともあります。カリフオルニアでの滞在を楽しんだアインシュタインは、ハッブルの研究に最大の賛辞を惜しませんでした。ハッブルとアインシュタイン、それにドウ・ジックターが写っている有名な写真は、1932年にアインシュタインがカリフオルニアを再訪した時に撮影されたものです。

ハレー講義



ら名誉博士号を授与された最初のロード奨学生となつたのです。ハップルは赤方偏移の法則について講演しました。この時にもうど開催された英国王立天文学会にもハップルは出席しました。ハップルはここで英国人アルフレッド・ファウラーに米国のブルース金賞を授与する役目を果たし、自らも講演をしました。

ハップル夫妻はこのあとフランスにわたり、第一次世界大戦の停戦協定の調印が行なわれたコンペインヌの森を訪れ、さらに車で南下してミュンヘンを訪ねました。二人がミュンヘンを発つたそ

の日の早朝、ミュンヘンに到着したヒットラーを襲撃しようとしたレジスタンス事件があり、捕まつた首謀者がすぐ処刑されました。ハップルが欧州に長期出張する口実は、5月のハレー講義に統いて7月にベルギーで開かれる国際科学者会議に代表として出席する必要があるということでした。ハップルが天文台の仕事を投げ出してたびたび外遊するのに、ウイルソン山天文台長のアダムスは業を煮やしていましたが、カーネギー研究所所長のメリアムにハップルの外国出張を認めてくれるよう頼みました。メリアムはハップルが自分の休暇も使うことを条件にハップルの出張旅費を支出することを認めました。ハップルはこの件でメリアム所長に苦情の手紙を書きました。

ハップルは、天文台から支給されない分の旅費の足しにするため、最新のワシントンでの講義の原稿を適切な値段で売ろうと考えていたというのです。ところが、その原稿がハップル自身の承諾を得ないので『月刊科学』誌に掲載され、しかも間違いだらけであつたため、研究所の名譽を守るためにメリアム所長からも抗議をして欲しいというのです。ハップルの節度を欠く抗議を受けたメリアムは驚き、密かに事態を調査することにし、調査結果は秘密裏にアダムス台長に伝えられました。

それによると、『月刊科学』誌の編集長はハップルに確かにゲラを送つたのですが、ハップルからの校正が戻つてこなかつたことがわかりました。しかも、ハップルは論文に添える図を送ることまで編集者に承諾していたというのです。どうも、ハップルは『月刊科学』誌に投稿したのと平行して、論文を売ることを考えていたようなのです。メリアムはハップルの理不尽な行為に驚き呆れましたが、そのことはアダムス以外には漏らさぬことにしました。

ハープルが欧州に長期出張する口実は、5月のハレー講義に統いて7月にベルギーで開かれる国際科学者会議に代表として出席する必要があると

いうことでした。ハープルが天文台の仕事を投げ出してたびたび外遊するのに、ウイルソン山天文台長のアダムスは業を煮やしていましたが、カーネギー研究所所長のメリアムにハープルの外国出張を認めてくれるよう頼みました。メリアムはハープルが自分の休暇も使うことを条件にハープルの出張旅費を支出することを認めました。ハップルはこの件でメリアム所長に苦情の手紙を書きました。

ハップルは、天文台から支給されない分の旅費の足しにするため、最新のワシントンでの講義の原稿を適切な値段で売ろうと考えていたというのです。ところが、その原稿がハップル自身の承諾を得ないので『月刊科学』誌に掲載され、しかも間違いだらけであつたため、研究所の名譽を守るためにメリアム所長からも抗議をして欲しいというのです。ハップルの節度を欠く抗議を受けたメリアムは驚き、密かに事態を調査することにし、調査結果は秘密裏にアダムス台長に伝えられました。

その内容は4部に分かれています。1922年の銀河の分類、1923年のアンドロメダ銀河におけるセファイド型変光星の発見とそれによる銀河宇宙の認識、速度距離関係の発見、観測できる限りの宇宙の一様性、の4つでした。表現が明解であり、図や100インチ望遠鏡により撮影された写真がたくさん使われていたこともあります

が、この本の魅力はハップル自身が世界最大の望遠鏡で観測して得た事実を中心にして、話を組み立てたことにあります。米国ではハップルの死後、1958年と1982年に2刷、3刷が再出版されています。

シリマン講義

ハップルは1935年の3ヶ月をかけて、ニューオーランドのイエール大学で行なう8回連続講義の準備をしている間に、ハップルはロード奨学金記念講演を英国で行なうための旅費と休暇をアダムス所長には無断で直接メリアムに願い出ました。ハップルはこの時までの3年間にすでに11ヶ月を外遊に費やしていました。

ハップルは1935年の3ヶ月をかけて、ニューオーランドのイエール大学で行なう8回連続シリマン講義の準備をしている間に、ハップルはロード

シリマン講義の準備をしている間に、ハップルはロード奨学金記念講演を英国で行なうための旅費と休暇をアダムス所長には無断で直接メリアムに願い出ました。ハップルはこの時までの3年間にすでに11ヶ月を外遊に費やしていました。

バーナード金賞

1930年代の中頃、ハッブル家を訪れた英国の天文学者フレッド・ホイルは、ノーベル賞選考委員会が、規定を変更して、天文学者にもノーベル賞を授与できるようにすることができないかを検討していると伝えました。ハッブルが受賞した数々の賞の中で最も価値あるものとされているのは、1935年6月にコロンビア大学で国立科学アカデミーから授与されたバーナード賞です。この賞は1895年に創設されたもので5年に一度しか授与されないものであり、レントグレン、ラザフォード、ainschutin、ボーア、ハイゼンベルグを含むこれまでの8人の受賞者はすべてノーベル賞も受賞した科学者でした。1960年代末まで、ノーベル賞選考委員会は、アルフレッド・ノーベルの遺志を厳格に守り、天文学者にはノーベル賞を授与しませんでした。選考委員会の方針はここ30年間は少し変わってきています。天文学者の業績は基本的には物理学と同等の権利を得るものとされ、ペーテ、アルフヴェン、ライル、ヒュイッシュ、ベンジャス、ウイルソン、チャンドラセカール、ファウラーが、その天文学的業績に対してもノーベル賞を授与されました。もしも、ハッブルがもつと長生きしているか、選考委員会の方針変更がもつと早くなされていたら、ハッブルは間違いなくノーベル賞を受賞したものと思われます。

ところで、後にホイルはハッブルの発見した膨張宇宙に対抗する定常宇宙論を唱えましたが、膨張宇宙論を「ビッグバン」とからかいの気持ちを込めて1950年に名付けたのは他ならぬフレッド・ホイルでした。

1937年、太平洋天文学会はハッブルに第1

65回目の太平洋天文学会金賞を授与しました。実はこれは、ハッブルが1937年8月4日に新しい彗星1937gを発見したことに対しても授与されたものであり、ハッブルの予期しない受賞で検討していると伝えました。ハッブルが受賞した

した。

ブルース金賞

1938年3月、太平洋天文学会の会長ジエフアースが第33回のブルース金賞をハッブルに授与しました。ノーベル賞が天文学者には授与されなかつたごく最近まで、ブルース金賞は天文学における最高の栄誉と見なされてきました。

キヤサリン・ブルースは米国で大学教育を受けた最初の世代の女性でしたが、天文学を支持することに熱心な傑出した女性でした。その当時の科学予算は乏しく、民間からの寄付を得て大きな望遠鏡をなんとか造ることができても、多くの天文台では天体物理学誌を購入する予算にも困るありました。ブルース女史は米国や欧州の30の天文台に資金を寄付し続け、84歳で他界しましたが、最後の10年間に天文学に寄付した総額は17万5千ドルに達したそうです。1897年に、女史は「天文学への傑出した貢献」に対して与えるものとして、自分の名前を冠したブルース金賞を授与する基金を造りました。初代リック天文台長で太平洋天文学会の初代会長でもあつたホールデンの提案で、海外のグリニッジ、パリ、コルドバの3つの天文台長と、ハーバード、ヤーキス、リックの米国の3つの天文台長が毎年ブルース金賞の候補者を推薦し、その中で最も値する候補者に授与することになりました。ハッブルへの授賞の挨拶はバ

により、人類が調べられる空間の体積は20年前に比べて10億倍になりました。ハッブル博士の観測が持つ宇宙論的な意義について述べることは差し控えますが、偉大な理論天文学者や理論物理学者の考えに大きな影響を与えたことは間違いないあります。多分、より重要なことはハッブル博士の100インチ望遠鏡による観測で、より大きな200インチ望遠鏡の必要性が明らかになつたことでしょう」

1938年3月21日、ブルース金賞を受賞したハッブルは「星雲の性質」と題する記念講演を行いました。ハッブルは當時没頭していた遠方の大銀河やその赤方偏移の話ではなく、アンドロメダ星状星団、セファイド、新星、1885年の超新星、明るい非変光星について話しました。この講演には、後にバーデにより発見される星の種族の概念に結びつく事実がちりばめられていました。



エド・ワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

16

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



第十六章 ● 200インチ望遠鏡の建設

ホップ・ステップ・ジャンプ

ヤーキス天文台とウイルソン山天文台をつくったヘールは、1927年ごろからさらに大きな望遠鏡をつくることを考え始めていました。これまでヘールを助けてくれた、チャールス・ヤーキス、ジョン・フッカー、アンドリュー・カーネギーは、いずれもすでに故人となっていました。そんなどつもない望遠鏡計画に資金を提供してくれそうな資産家はもういません。だが、ヘールはロックフェラー財團のウイクリフ・ローズに当たつてみることにしました。教育普及活動に熱心な財團なので、大望遠鏡建設のための基礎調査費ぐらいなら出してもらえるかもしれないと思つたからです。行動派のヘールは、思い立つとさつそく段取りをつけ、1928年初めに財團を訪ねることにしました。ところが、ローズはヘールの話に思いのほか乗り気で、望遠鏡建設の全費用と新しい天文台の運営について聞かれたヘールは、カーネギー研究所の所属にする構想を示したのですが、

ローズはカリフォルニア工科大学のような教育機関に所属させるべきだと主張しました。カリフォルニア工科大学はヘール自身がその設立に尽力しました。大学でしたので、ヘールに異存のあるはずありません。ヘールはとつて返して、天文台の主任技術者ピースと計画を練り、総額600万ドルで200インチ望遠鏡を建設するという計画書を財團に提出しました。財團は1928年5月の理事会でこの提案をスピード承認したのです。

巨大な鏡

200インチもの大きさのガラス円盤ともなると、温度変化による収縮のきわめて少ない材料で作らねばなりません。ヘールはコーニングガラス社のバイレックスガラスを使うことにしました。问题是、いかにしてその重量を少なくするかでした。アイデアマンのピースは、ガラス円盤を蜂の巣のような穴空き構造にして、軽量化することを思いつきました。何度も基礎実験を経て、いよいよ1934年3月25日に、200インチ望遠鏡用のガラス円盤の鋸造が行なわれました。合計65トンものバイレックスガラスを溶かすだけでも15日間、それを157.5度に加熱するのにさらに16

日間かかりました。蜂の巣構造にするための特型に溶かしたガラスを注ぎ込み、4週間かけてゆづくりと冷却しました。ところが、鋸型に固定しておいたはずの部材のいくつかが浮き上がりてしまい、ガラス円盤の鋸造は失敗してしまいました。固定用のピンがあまりの熱で溶けてしまつたのが原因でした。12月に行なった第二回目の鋸造では、より融点の高いクロムニッケル合金でつくった固定ピンを使うことにしました。こんどは見学者を制限し、より慎重を期して冷却にも10ヶ月間かけることにしました。こうして二回目の鋸造は成功し、世界初の大型ガラス円盤ができあがりました。

重量20トンにも及ぶこのガラス円盤は、特製のコンテナに納めて、低床の貨車に立てて積まれ、ニューヨーク州からカリフォルニア州まで、4800kmの道のりを最大時速40kmで、16日間もかけて輸送されました。パサデナの駅に到着したのは、1936年4月10日のことです。巨大望遠鏡の目となるガラス円盤は厳重に梱包されていましたが、何千人の人々がこの輸送を見に集まりました。

カリフォルニア工科大学に新しく造られた光学研磨施設でガラス材を削る作業は、1936年4月からすぐに始まりました。戦争による中断があ

つたせいもあり、完成したのは11年後の1947年10月でした。この間、研磨に費やしたマンパワーはのべ18万時間・人におよぶ勘定になるといいます。磨き上がった鏡は完璧な放物面からの誤差が光の波長の $1/10$ 以下、つまり50ナノメートル以下という精度となりました。

200インチ望遠鏡の建設地については、リック天文台のハッセーがすでに1920年代末から9インチの反射望遠鏡を担いでウイルソン山より南の山々に登り、その気象条件を調べてきました。ウイルソン山近辺は落雷が多く、200インチ望遠鏡の候補地としては、最初から除外されていました。5年間の調査の結果、パロマーレ山が選ばれ、その土地の購入が決まりました。パロマーレ山は、サデナの町から南東へ150km、サンディエゴか



1935年ごろ、ハッブルとトルマンは赤方偏移する銀河の等級と数の関係を考えてみました。観測者に届く光子は、赤方偏移のためどれもエネルギーが一定の割合で低くなります。ハッブルはこれを「エネルギー効果」と呼びました。銀河が実際に遠ざかっているとする、銀河が停止しているときに比べて、光子が観測者に到達する頻度が減るはずです。これは「数効果」と名づけました。もしも赤方偏移が光子の「老齢化」に伴うものなら、数効果は無いはずです。これをきちんと測定できれば、赤方偏移が宇宙膨張のためなのかどうかがわかるかもしれません。ところが、遠方の銀河の場合、本来は紫外線であつた光を可視光として見ることになります。このため、本来異なる波長の光を比べるために「K補正」という補正作業が必要となります。しかし、良い方法がありません

ハッブルの期待

ラスは北へ80kmの位置にあり、町明かりによる光害の心配はありません。望遠鏡の建設はウエスティングハウス電機社が請け負いました。ちょうど不景気な時代だったので、業者は儲けは二の次で仕事を探していました。おかげで、望遠鏡建設の予算を有効に使うことができました。パロマーレ山での建設は1936年にはたけなわとなり、ドーム、道路、電気、水道工事などが行なわれました。やがて直径41メートルの巨大なドームが完成し、望遠鏡の到来を待つことになりました。

ハッブルは200インチ望遠鏡の建設計画を軌道にのせた1936年ごろから、急速に健康が悪化しました。晩年のハッブルは病床から望遠鏡の完成を見えていましたが、1948年の完成の日を待たず、1938年に他界しました。

ハッブルは次のように述べています。「200インチ望遠鏡なら、赤方偏移が膨張する宇宙によるものなのか、それともなにか未知の物理現象によるものなのかについて、確かな答が得られるでしょう。どちらが、正しい答となるとも、宇宙の理解にとって大きなステップとなることは間違いない」ハッブルにとって特に重要な問題であったこの赤方偏移の原因については、今日では結論が出ています。ほとんどすべての専門家は赤方偏移が宇宙の膨張に起因していると信じています。光子の老齢化現象はあるとすれば、その程度が波長に依存するはずですし、他の効果もたらすはずですが、そのような証拠がないからです。

200インチ望遠鏡建設委員会のメンバーだったハッブルは、しばしばグレースとパロマーレ山の建設現場を訪れ、周辺のハイキングを楽しみました。グレースによると、ハッブルはそんな折りでも何か考えごとをしていることがよくあつたそうです。きっと、200インチ望遠鏡で行なう観測のことを考えていたのでしょう。

1940年頃、チャイナタウンを歩いていたハクスレーとハッブル夫妻は、占星術者の店をみつけ、冷やかしに入ることにしました。ハクスレー、グレースについて当たらずといえども遠からずの占いをしたあと、ハッブルの番になりました。すると占師は戸惑った様子を見せ始めました。やが

て、カードを繰っていた上師は興奮し始め、「すごいなにか大きな数が見える。そう、あなたには200馬力、200馬力の精神が宿っている」と言つたのです。ハクスレーは200馬力とは200インチのことには違いないと思いました。

逃した栄誉

ハレー講義のところでも書きましたが、後にバーデによりなされた宇宙のスケールを2倍にする発見に、実はハップルはもう一步のところまで来ていました。アンドロメダ銀河でみつかった新星は120個に及んでいましたが、ハップルはこれら的新星の最大光度は銀河系の新星の最大光度に比べて約1等級暗いことに気づいていました。ハップルは講演の中でもこのことを指摘していました。

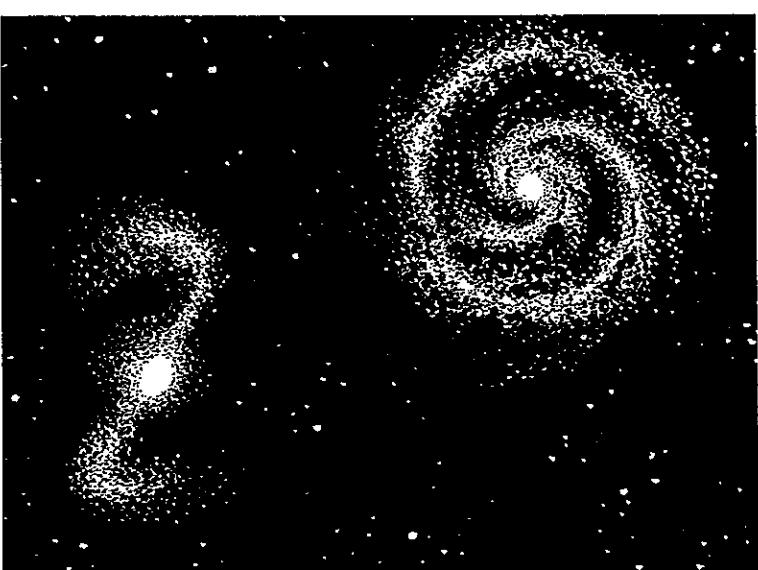
バーデはアンドロメダ銀河の写真観測の頻度が充分でないもので、最大光度を見落としているのかも知れないと考えました。この説はもつともらしく思われましたが、1950年代前半にアープが、毎晩アンドロメダ銀河を撮影してみて、話はそう単純ではないことが明らかになりました。極めて明るくなり、すばやく減光する新星と、それほど明るくならないが減光もゆっくりな新星があつたのです。実は1938年の講演の中で、ハップルはすでに「明るい新星は暗い新星に比べてより速く減光するようである」と述べています。ハップルはもう少し前からアンドロメダ銀河の球状星団も我々の銀河系の球状星団に比べてやや暗いことに気づいていました。だが、残念なことにハップルはこれらの矛盾をこれ以上は追求しませんでした。

1944年にこの矛盾を解決したのはバーデでした。バーデはセファイド型変光星にも種族の違

いがあることに気づき、アンドロメダ銀河で発見されたセファイド型変光星の明るさを正しく見積もると、その距離がハップルが求めた値のおよそ二倍になることを発表しました。これにより、ハップルが気づいた二つの銀河での新星の光度の差はこの距離の違いで説明できることが確認されたのです。この重要な発見がなされたとき、ハップルはまだ現役でした。ハップルはこの発見に今一歩まで近づきながら、その発見の栄誉を逃したのです。だが、一方でハップルはほつとしたはずです。というのは、地球の年齢のほうが膨張宇宙の年齢より大きいというハップルの帰結の最大の矛盾が、この発見で解消されたからです。

渦巻きの向き

1939年からハップルは銀河の質量と回転の向きを調べる研究を行ないました。対になつた銀河の相対速度から、ハップルは銀河の質量がおよそ太陽質量の100億倍程度かそれ以下であると計算しました。つぎにハップルは渦巻銀河の回転の向きを調べました。これは、実は渦巻構造の成因に関連して、当時注目を浴びていた問題でした。渦巻腕は銀河の回転とともに次第に巻き込んでゆくと考えるのが自然なようになります。この場合、渦巻腕は渦巻きの凸側に回転しているはずです。だが、リングラッドが1926年に発表した理論によると、渦巻腕は次第にほどけてゆくといふのです。そうなれば渦巻腕は凹側に回転することになります。ハップルは渦巻腕がつまると見えて、回転速度も測定できる15個の銀河を調べ、すべてが同じ向きに回っていることを確かめました。15個すべてが、巻き込むように回っているか、ほどけるように回っているかのどちらかであり、



両者が混在することはないという結論でした。巻込型かほどけ型かを区別をするには、さらに渦巻銀河の円盤が我々に對してどちら向きに傾いているのかを決めねばなりません。ハップルの研究では、暗黒物質の影から傾きの方向までわかる渦巻銀河は1000個あまりの中たつた4つしかありませんでした。だが、そのどれもが渦巻きが巻き込む方向に回つていることが確認されたのです。ハップルはメイヨールと連名でこの結果を1941年の論文に発表されると、ハップル自身が発表した最後のオリジナル論文となりました。（つづく）

エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

家 正則

17

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



第十七章 ●ハッブルの光と影

学会活動を避けたハッブル

1930年代中ごろまでは、ハッブルは米国内外は無論のこと、世界中でも最も有名な天文学者となっていました。ハッブルはいろいろな組織の代表や委員会の委員に選ばれましたが、これらの役職には熱心ではありませんでした。彼は科学上のごたごたした議論に巻き込まれるのを避けていたのです。ハッブルはシャプレーーやストルーベなどと違つてハッブルは学生や助手に囲まれるということはありませんでした。ハッブルは自分で研究を行ない、体が具合が悪くなるまでは決して助手を使いませんでした。ハッブルは仕事の鬼であり、生涯を観測的研究に捧げたのです。大成したハッブルは、気高く、威厳に満ち、どこか近づき難い雰囲気を持っていたといいます。解放的で気さくな多くのアメリカ人とは違つて、ハッブルは、ときには尊大にさえ映つたよ

く関心を示しませんでした。ハッブルは年二回開催されていた米国天文学会にも、生涯でたった数回しか参加しませんでした。しかもそれも、自分の観測結果の発表とそれに関連する発表を並べたのです。ハッブルはシャプレーーやストルーベなどと違つて、学界で政治力を發揮することには全く関心を示しませんでした。ハッブルはアン・マーネンとの確執

アン・マーネンとの確執

アン・マーネンとの確執はその後も消えることはありませんでした。1930年代半ば、ハッブル、ヒューマソン、バーデはウイルソン山で銀河の観測を続けていましたが、ファン・マーネンはそのグループには入っていませんでした。ウイルソン山で孤立したファン・マーネンは、観測時間割り当て委員会で100インチ望遠鏡でのハッブルらの観測を認める署名を拒絶したことがあります。ファン・マーネンは自分の観測夜数がハッブルより12日も少ないと長文の抗議書を書いたこともあります。二人の関係は悪化の一途をたどりました。研究所の地下にある乾板測定装置の一つに、変光星を探すプリンク式比較測定器という便利な機械がありました。ある日この機械に「この装置を許可なく使用することを禁ず」という張り紙がファン・マーネンの署名で張り出されました。

ウイルソン山では100インチ望遠鏡の観測者が夕食のテーブルの主賓席に座る習わしがあります。ある日ハッブルはいつもより早く食堂にきて、その日の主賓席にセッティングしてあつたファン・マーネンのナップキンリングを自分のと勝手に取り替えてしました。ディナーのベルが鳴り、ファン・マーネンが自分の席に行くと、そこには驚いたことに自分のではなくハッブルと書いたナップキンリングが置いてあるではありませんか。ファン・マーネンは一瞬顔色を変えましたが、ハッブルは彼よりずっと大男であり、だまつて事態を受

け入れるしかありませんでした。

ファン・マーネンによる渦巻き星雲の回転運動の測定結果が、ハップルの宇宙論にとっては最大の障害でした。そこで、ハップルはファン・マーネンの乾板を自分でチェックしたいとアダムス所長に申し出ました。アダムスは独立な測定は望ましいことなので、ファン・マーネンと相談して、共同研究として行なうよう勧めました。だが、二人の間には協力関係をつくる雰囲気は全くありませんでした。学術的な意見の対立が、観測所の人間関係の和を乱すもとなつていて心配したアダムスは、副所長のシーレスに両者の主張を良く聞いて、論点をまとめるよう指示しました。シーレスは注意深い論文をまとめ、ファン・マーネン、ハップル、ニコルソン、バーデの四名の共著論文として、四名に意見を求めました。ファン・マーネンら三人はシーレスの原稿に猛烈に反対しました。ハップルのこれまでのいろんなトラブルに手を焼いていたアダムスは、このときもハップルの頑なな態度に困惑するばかりでした。ハップルが科学者としての自らの人格を傷つけたことになる事件はこれだけではありませんでした。アダムスによれば、人格的にはファン・マーネンのほうが、ハップルより紳士的であつたといいます。

母の死

ハップル夫妻が欧洲から戻った直後の1934年7月26日、ルイジアナに住んでいたハップルの母ヴァージニアが2カ月の闘病の末、心臓疾患で70歳の人生を終えました。遺体はスプリングフィールドのハップル家の墓に埋葬されたのですが、

ウッドストック通り

ハップルの家はパサデナに近いサンマリノの町、サンタ・バーバラの天文台からは南へ約5キロメートルの距離にあり、緑豊かなウッドストック通り1140番地にありました。通りの突き当たりにあるタイル屋根、石造りの2階建ての家は、当時の典型的なカリフォルニアの住宅の一つです。ハップルの家は部屋数が6部屋ぐらいで、アメリカの標準からすると決して大きい家ではありませんでした。ハップルが仕事をした書齋は一階にあり、となりにはスペイン風の居間がありました。子供のいなかつたハップル夫妻にはこの家は充分な大きさでした。



天文学に関する多くの出版物が収集されています。古い出版物は特に貴重です。16世紀から18世紀にかけて出版されたコペルニクスの本の第2版、ガリレオ、ケプラー、ヘベリウス、リッヂオなどなかつたそうです。グレースもついに一度もハップルの家族と会うことはありませんでした。ハップルの家族が西部にくる機会も何度かあつたのですが、そのたびにハップルはオフィスか町中で会うことにし、決して自宅へ家族を招き入れようとはしませんでした。ハップルがいろいろと周辺に話して聞かせた生い立ちの話が、家族との会話の中で事実と違つことが発覚するのを怖れたからかもしれません。グレースもハップルの家族を避けていたようです。だが、ハップルの幼友達がハップルの留守中に訪ねて来たことがあります。グレースの父はハップルについていろいろな話を聞き出したことがあります。グレースは事情を知つてたようと思われます。

その図書室に保管されています。

ハップルや他の天文学者はウイルソン山へ毎月3晩か4晩観測に上りました。それ以外の日はハップルはパサデナの研究所か自宅で仕事をしました。グレースとハップルは大変仲の良いカップルでした。二人は互いに尊敬しあっていました。ハップル夫人は夫に献身的だつたし、夫人の会話は知性に満ちたものでした。彼らは世俗から離れた生活をしていました。ハップル夫人はいろいろな人が訪ねてきました。訪問者の中には米国人ばかりではなく、オックスフォード大学で知り合つた友人や、ハリウッドからの著名な客もありました。

ハップルの友人たち



ハップル夫妻は、1937年に近くに越してきました。英國の著名な作家オルダス・ハクスレー一家と親しくつきあつていました。ハップルは、オルダスの兄で生物学者のジュリアン・ハクスレーとも知り合いでいました。ハクスレー一家の人々に加えて、ストラビンスキーや、チャップリンなど有名な人々やハリウッドのスターがこのウッドストック通りの家に昼食に招かれることがしばしばありました。クラーク・ゲーブルやゲーリー・クーパーなど

に英國の小説家であり起請や原稿の収集家でもあります。ヒュー・セイモア・ウォルポール卿などと交換した書簡が残っています。ウォルポールもアーリスも旅行家であり、英國と米国に住みわけていました。他にもアイルランドの劇作家エドワード・プランケット、デイズニーランドのウォルト・ディズニー、駐米英國大使フィリップ・カーなどの友人がありました。ヴエルサイユ条約を締結したときに、当時の首相ロイド・ジョージはこの力を秘書としたのでした。ヒトラーがチエコを占領した後、カーはヒトラーを懐柔する事は不可能と判断し、米国から英國への戦略物資の輸送を確保することを大使として画策した人です。

ハップル夫妻が会った人々はこのように、有名な作曲家、作家や俳優、それに力リフォルニアの知識階級のさまざまな人たちでした。彼は厳格な科学者でしたが、同時に歴史、古典文学、哲学、科学史にも関心を持っていたからです。ハップルは科学界の人々だけでなく、南カリフォルニアでは広く知られた人物でした。1938年にヘールが亡くなつたあと、ハップルはアメリカ西部鉄道王のヘンリー・ハンチングトンによりサン・マリノに設立された図書・芸術資料館の顧問委員となりました。この世界的に有名な図書・芸術資料館には、グーテンベルグの聖書の初版本、最近2世紀の英國の絵画、貴重な絨毯、陶磁器、彫刻などが収集

どの俳優を天文台に招待したこともあります。スタンフォード大学出身のグレースは、文学、芸術、音楽、建築について相当の知識を持つていましたので、これらの人々とも気の利いた会話を楽しむことができました。ハップル資料庫には夫人が普段交際していた友人や、1930年の最優秀俳優と評された英國の俳優ジョージ・アーリス、それに英國の小説家であり起請や原稿の収集家でもあります。アドルフ・ヒトラーを首相に任命しました。ドイツナチスの台頭とともに自由主義は抑圧され、トーマス・マン、ブレヒト、ainschutzen、カ夫カ、アンドレ・ジード、ヘレン・ケラーなどのユダヤ人や異分子の書物が焼き払われました。ainshutzenなど拘束を免れた人々はドイツを去りました。ヒトラーは第一次大戦後のベルサイユ条約でドイツに課せられた軍備制限を撤廃することを国連に要求し、拒否されると1933年11月には国連を脱退し、1935年にはベル

されています。亡くなるまでこの顧問委員をつとめたハップルの講演を集めた「科学の世界とそのほかの講義」と題する本が、1954年にこの資料館から出版されました。

怒り寄る戦争の影

1933年1月ドイツのヒンデンブルグ大統領は、アドルフ・ヒトラーを首相に任命しました。そして、1936年3月ドイツ軍は非武装地帯とされていたラインラントに進駐し、1938年春にはオーストリアを無血併合。秋にはチエコスロバキアのズデーテン地方を併合しました。そして、1939年9月1日にポーランド国境を越えてドイツ軍が侵攻したのが、第二次世界大戦の始まりとなり、その二日後には英仏がドイツに宣戦布告しました。

あこがれの留学以来、英國を心から敬愛しているハップルは、ナチスの潜水艦が英國の船を沈めたというニュースに心を痛めています。1940年2月には英國王立天文学会が学会最高の金賞をハップルに授与すると発表しました。戦時でハップルを招くことができなかつたので、授賞式には駐英大使が代理出席しました。

エドワイン・ハップル 宇宙を広げた男

家 正則

18

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）。東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



第十八章 ● 戦争中のできごと

英國への支援

第二次世界大戦が勃発したとき、米国は中立を宣言しました。ヒトラーが侵略を始めた5月10日、

ルーズベルト大統領は第8回汎米科学者会議で演説し、反ナチスの支援活動をすべきであると訴えました。ハップルはこのよき時局を無視して研究を続けることはできないとして、南カリフォルニア自由主義擁護合同委員会に参加することになりました。

1940年10月には、ドイツは英國への空爆を始めており、オックスフォードも一部廢墟と化していました。弁舌家ハップルは、英國は米国の砦として戦っているのであり、あらゆる支援が大切だと訴えました。11月には空襲は都市から工業地帯や港へと広がり、Uボートに沈められる英國船の数も増えていきました。ハップルは自由と名誉、そして米国の安全を守るために、参戦すべきであると論じました。ハップルの友人ハクスレーは反戦平和運動に傾注していくので、二人の関係は崩

れています。1941年の春には、歐州大陸の全てがドイツの支配下となり、6月にはヒトラーはロシア侵攻を開始しました。11月にハップルは退役軍人会で、すぐにヒトラーに宣戦布告するべきであるという演説をしました。真珠湾攻撃のほんの6週間前のことでした。

弾道研究所

ハップルは真珠湾攻撃の直後に元陸軍少佐として復役を志願しました。だが、ハップルは、もとの歩兵隊ではなく、メリーランド州のアバディーン射爆場にある弾道研究所で、民間人の顧問として働くようになっていました。当時軍事的には、潜水艦の発見法の開発と弾道予測法の確立が緊急な課題とされていました。ハップルは1942年の8月の初めに天文台を辞し、東海岸に向かいました。アバディーン射爆場では、大砲や戦車などの試験が行なわれていました。開戦とともに、研究所では弾道計算の大ミッショングが計画されました。計算グループを指揮できる専門家を求めて、所長のサイモン大佐は東部の科学者に適切な人材

の推薦を頼みました。弾道計算は天体力学を通じるところがあるのと、陸軍少佐としての経験を買われて、ハップルは弾道学という言葉の意味をすぐに百科事典で調べたそうです。ハップルの望みだった大佐への昇進は叶いませんでしたが、顧問の給料は天文学者の給与を上回ることになりました。ハップルはどこへ行くにもグレースと一緒にでしたが、このときは初めて単身で赴任しました。やがて実験の機密を守るため、軍は近くの小島を借り上げることにしました。ハップルがその小島の一軒家にグレースを呼び寄せたのは別居生活も10ヵ月になろうとしていた頃でした。ハップル達の仮住まいの真ん前で砲弾が炸裂したことでもあつたそうです。

研究所は計算グループ、実験グループ、それに射爆グループからなっていました。ハップルの使命は大砲用の射程表と爆撃用の爆撃表をつくることでした。射程表は大砲の種類ごとに、爆撃表も爆弾の種類ごとに、それぞれ計算しなければなりませんでした。こんな大規模な計算は少人数ではできません。こんな大規模な計算は少人数ではとてもできません。弾道計算グループはやがて280名の所帯となりました。陸軍婦人部隊の中から数学や物理学を修めたものが集められ、毎月何

十もの計算表を用意したのです。

弾道計算には重力、空気抵抗を考慮する必要があり、空気抵抗は爆弾の形によるため、1944年には射爆場に大型の弾道測定用風洞が建設され、弾道計算に必要な空気抵抗の実測が行なえるようになりました。また、飛行機から発射されるロケット弾の弾道を測定する実験が、高速度カメラを用いて繰り返されました。この測定にはマコミック天文台の位置天文学者ライルの開発した方法が用いられました。ハップルは多忙を極め、天文学研究をする時間は全くありませんでした。それでも、1942年と1943年には一般誌向けに赤方偏移に関する記事を書きましたが、内容には新しいものは含まれていませんでした。

ハーデ

1940年ごろから、技術者が防衛関係の計画にかり出されるようになり、ウイルソン山天文台にも戦争の影が忍び寄ってきました。真珠湾攻撃の後は、ハップルなどかなりの職員が従軍するため職を辞していきました。欧洲の天文台との交流も困難になり、論文も入手できなくなっていました。観測を支える人手も少なくなり、1944年2月に大雪が降ったときには、観測所はほぼ2カ月半にわたりマヒ状態となりました。ヒューマソンたちはそれでも、100インチ望遠鏡で銀河を観測し続け、終戦までに通算で400個以上の銀河の速度測定を行ないました。

ドイツ出身で1931年にハップルのグループに加わったバーデは、アメリカ市民権をとるために書類を1939年に用意したのですが、引っ越しの時にそれを無くしてしまいました。戦争が始

まると敵国市民のバーデは夜8時から朝6時までは自宅から外出しないように政府から命令されました。収容所に収監されることこそ免れましたが、夜出かけられない天文学者では仕事になりましたが、幸い数ヵ月後には夜間外出禁止令が解かれ、バーデは観測に戻ることができました。皮肉なことに、ほかの天文学者がいなくなつたため、バーデが100インチ望遠鏡をほとんど専有することになりました。当時ロサンゼルスは厳しい燈火管制を行なっていました。シーリングの良い夜にバーデがアンドロメダ銀河やその伴銀河の星々が分離して見える素晴らしい写真を撮影したのはちょうどこのころでした。これらの写真で、バーデは球状星団と似た赤い星々があることに気づき、重元素に富む若い種族Iの天体と重元素の少ない年老いた種族IIの天体があるという考えにいたつたのです。

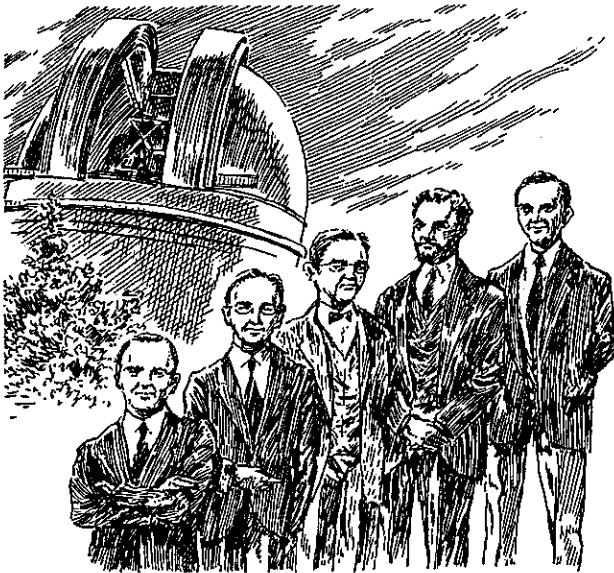
終戦

1944年6月6日、ノルマンディ上陸作戦が始まると、その後はハップルの仕事も少なくなりましたが、1945年5月にハップルがアバディーンの超音速実験場の前でポーズをとっている写真が残されています。ハップルは弾道研究所のリーダーとしての功績に対して、1946年に功労メダルを受けています。叙勲理由には爆弾やロケット弾の弾道研究のための高速度カメラの開発とそれによる攻撃性能の改良がうたわれています。このメダルと同じものが、原子爆弾の開発に携わったフェルミやオッペンハイマーに与えられていることからしても、弾道研究所でのハップルの業績が高く評価されていたことがうかがえます。

1945年8月広島と長崎に原爆が投下され、日本が無条件降伏して戦争が終わりました。皮肉なことにハップルを含む科学者の貢献で兵器の性能が向上したのですが、核兵器の完成により科学者は危機感を持つようになりました。1946年にロサンゼルスで行なった公開講演で、ハップルは「二度と起してはならない戦争」と題して、これから戦争は人類の自殺行為となることを訴えています。戦争と人類絶滅は今後同義語となるという議論でした。ハップルの警鐘は現代にも当てはまるものです。第二次世界大戦の直後にハップルがこのような発言をしていたことは注目すべきでしょう。



台長になれなかつたハップル



アダムス台長のもとで、パロマー山の200インチ望遠鏡の建設が始まつたころから、将来の大望遠鏡の台長職に誰が就任するかは、皆の関心事となりました。ハップルは台長への就任を請われれば、引き受けるつもりでした。だが、出版や旅費の件、長期にわたる外遊、ファン・マーネンとの確執などで、ハップルに協調性が乏しいことを見て取つたカーネギー研究所所長のメリアムは、研究所の物理学者マックス・メイソンを1936年9月にパサデナに送り込み、観測所委員会の副議長に任命しました。1937年の2月までには、メイソンが200インチ望遠鏡計画の実権を握るようになつていきました。

アダムスは当時46歳の物理学者アイラ・ボーウエンの名前を挙げました。ボーウエンは星雲のスペクトル輝線の研究でドレー・ペー・メダルを受けた研究者で、皆の評判も良い学者でした。200インチ望遠鏡計画のマネージャーとなつたメイソンの意見も同じでした。

ハップルは1945年5月ハップルに会つて台長職について話し合いました。ハップルは自分が推薦されると思い、管理職の仕事に没頭しないで済むように実務担当の副所長を置くことを希望しました。ハップルは、ボーウエンの名前は出しませんでしたが、ハップルが研究に専念できるようにするのが大切だと思うと説明しました。

ハップルは1945年6月にマンハッタン計画の集大成とも言える原爆点火実験に立ち会うため、ニューメキシコに向かいました。その後、パサデナに足を伸ばし、新しい所長をボーウエンにすることについて、関係者と最終調整をしました。ハップルは、ボーウエン新台長がハップルを望遠

研究所所長となつたバンナベー・ブッシュは、戦時研究として原爆開発を目的とした極秘のマンハッタン計画に有能な科学者を集めようと努力し、ハップルにもロスアラモスに来るよう誘いましたが、ハップルは固辞しました。が、ハップルは20年間勤めた台長職の引退を決意し、ブッシュ所長と後任の相談を始めました。天文台内の人材としては業績や知名度からハップルが最有力です。アダムスは個人的感情は抜きにしてハップルのことをブッシュに推薦したのですが、最後まで押し通すことはしませんでした。ハップルが雑多な管理職の仕事を忠実に行なうかどうか二人とも疑問だと思つたからです。他の候補の推薦を求められたアダムスは、200インチ望遠鏡計画のマネージャーとなつたメイソンの意見も同じでした。

ハップルには、観測計画委員会の委員長に就任することを希望していました。最初の良いニュースは、カリフォルニア工科大学とカーネギー研究所がウィルソン山天文台とパロマー天文台を1948年4月から統合することに合意したというものです。この合意で、ウィルソン山天文台の天文学者はカリフォルニア工科大学の教授に任命されることになりましたが、大学での授業などの義務はなく、従来どおり観測に専念することになりました。大學側はこの協定でその学生を天文台に送つて、観測の実地教育をする場を得たことになります。200インチ望遠鏡の建設は戦争で中断してしまったが、これも再開されることになりました。48インチのシュミット望遠鏡も完成間近でした。

こうして、パロマー・ウィルソン山天文台には、ハップル、バーデ、ヒューマンソン、ツヴィックキー、ミンコフスキが200インチと100インチ望遠鏡を駆使する、強力な体制ができたのです。(つづく)

1942年、メリアムの後を受けてカーネギー鏡観測計画委員会の委員長に任命することで、ハップルともうまくやつて欲しいと提案しました。ブッシュは10月にハップルに手紙を送り、ボーウエンを台長に選んだことを知らせました。ハップルには、観測計画委員会の委員長に就任することで天文学を発展させる責任を担い、雑多な管理業務からは自由な立場で活躍して欲しいと書き添えました。ハップルはこの知らせに、天文学者ではなく物理学者を台長に選んだとは驚きだという手紙をブッシュに返しましたが、観測計画委員会の委員長は引き受けることを表明しました。

パロマー・ウィルソン山天文台

第十九章 ● 200インチ望遠鏡の完成

銀河写真集

戦後、天文台にもどると、ハッブルは銀河の分類の見直しを再開しました。1919年以降、60インチ望遠鏡と100インチ望遠鏡で撮った何百枚もの写真を見直し、ハッブル分類の典型例を明確に示す「銀河の写真集」をつくる準備を始めたのです。だが、この写真集はハッブルが亡くなる1953年までには完成しませんでした。この計画を引き取ったサンディイジが、ハッブルの撮りためた写真を整理して「ハッブルの銀河写真集」を出版したのは1961年のことでした。

ハッブルはこのほかに新しい観測計画として、星々に分解して観測できる近くの銀河を選び、その中で一番明るい星を調べて、これらを距離決定の目安にする研究を始めました。この研究の過程で、ハッブルはM51やM101に変光星を見つけ、M81では新星も発見しています。ハッブルは合計80個ほどの渦巻銀河と不規則銀河についてその中で最も明るい星の等級を測定しました。おとめ座銀河団の銀河では一番明るい星々は平均して約20

等級でしたが、その光度は母銀河の光度に依存する傾向がありました。これは、一番明るい星々を目安として距離を決めるのもそう単純でないことを示しています。

ハッブルは毎年超新星を次々と発見しました。1946年にNGC3977とNGC4632に、1947年にはNGC3177に発見しました。発見された超新星の光度曲線はバーデが調べ、ヒューマソンがそのスペクトルを調べました。1948年にはNGC4699にも超新星を見つけました。超新星探しを目的にしていたわけではありません。2年間で4つも発見したのですから、ハッブルの注意深い観測のようすがうかがわれます。だが、超新星の発見は天文台の紀要に報告されただけで、ハッブルはこれらの発見について論文を書きませんでした。

サンディイジ

ウィルソン山天文台には、経験豊かなヒューマソン、バーデのほかに、ミンコフスキイがいましたが、ミンコフスキイは望遠鏡をピアに何度もぶつけたり、ネジをつぶしたりで、観測のセンスは無かつたようです。戦後、アラン・サンディイジと

家
正則

エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

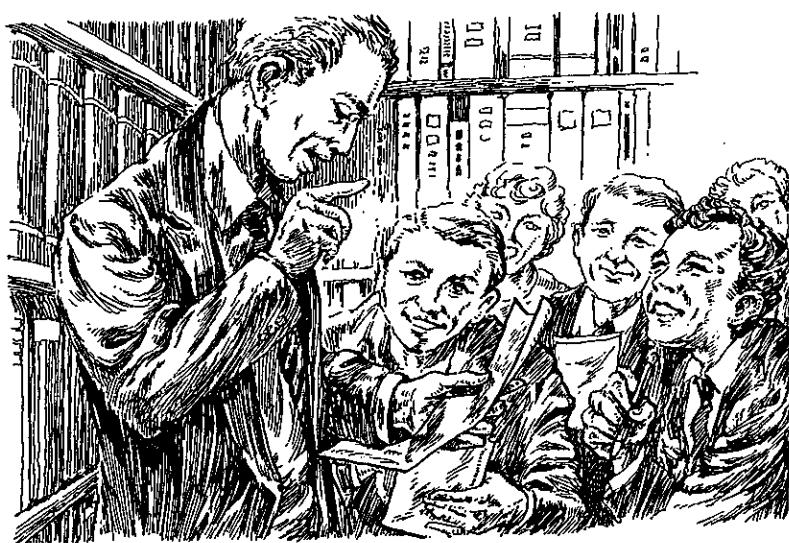
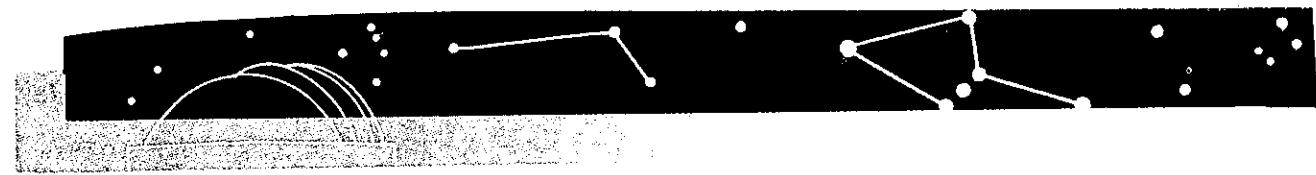
19

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部・総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



200インチ望遠鏡キャンペーン

世界中の天文学者は新しい200インチ望遠鏡による観測が始まる日を心待ちしていました。1945年、ハッブル、ボーウエン、シャープレー、ラッセルが行なった一連のラジオ講演は、宇宙の観測の意義を解説し、建設中の200インチ望遠鏡



鏡への期待を述べる企画でした。ハップルはこの講義で、人類が宇宙空間の認識を拡大してきた歴史を話しました。まずは太陽系、恒星系、そして銀河系の外の無数の銀河からなる宇宙。ハップルは、銀河が全体としては一様に分布することと、銀河の赤方偏移が宇宙の膨張を示唆するということを強調しました。

1947年4月には、ハップルは「200インチ望遠鏡の挑戦する問題」と題した一般講演を行ないました。200インチ望遠鏡の観測課題はいくつもありましたが、ハップルは特に3つの課題について話しました。ハップルのとりあげた最初の話題は火星の運河が存在するのかどうかでした。

1947年4月には、ハップルは「200インチ望遠鏡で観測できる範囲では赤方偏移が距離に比例していることを証明しました。よ

り遠くでもこの関係が成り立つてはいるのかどうか、またどの方向でもこの関係がなりたつかを調べて、宇宙の一様性と等方性を検証することが大切だと、ハップルはここでも強調しました。

一般の人々にとっては200インチ望遠鏡は宇宙論の問題を解くことを唯一の目的として造られたものという印象を与えました。もちろん、そのほかにも重要でおもしろい問題がいろいろあります。ウイルソン山天文台の分光学者が自分達の研究を説明するために、ハップルには告げずに特別に記者会見をセットしたことがあります。だが、難しいスペクトルの話を図書室で聞かれていた記者たちの前に、思いがけずハップルが入ってきました。何か言うように水を向けられたハップルは、宇宙の起源についてわかりやすく魅力的な話をしました。新聞や雑誌には結局ハップルの話だけが載りました。この反響は天文台の

組織が大きくなると、往々にして事務機関が官僚的になり、融通が効かなくなることがあります。天文台が合併したあと、ハップルはそのことにい

た。シーリングの良い夜に200インチ望遠鏡で火星を撮影すれば、この問題に答えが出せるかもしれません。二つめの問題は天体のスペクトルを詳しく測定して、その化学組成を分析することで、人間の目に換算すると100万人分の光を集められる新しい望遠鏡はそのような観測にぴったりでした。だが、200インチ望遠鏡の最大の目標は宇宙論の謎を解くことでした。ハップルは100インチ望遠鏡で観測できる範囲では赤方偏移が距離に比例していることを証明しました。よ

り遠くでもこの関係が成り立つてはいるのかどうか、またどの方向でもこの関係がなりたつかを調べて、宇宙の一様性と等方性を検証することが大切だと、ハップルはここでも強調しました。

一般の人々にとっては200インチ望遠鏡は宇宙論の問題を解くことを唯一の目的として造られたものという印象を与えました。もちろん、そのほかにも重要でおもしろい問題がいろいろあります。ウイルソン山天文台の分光学者が自分達の研究を説明するために、ハップルには告げずに特別に記者会見をセットしたことがあります。だが、難しいスペクトルの話を図書室で聞かれていた記者たちの前に、思いがけずハップルが入ってきました。何か言うように水を向けられたハップルは、宇宙の起源についてわかりやすく魅力的な話をしました。新聞や雑誌には結局ハップルの話だけが載りました。この反響は天文台の

ハップル委員長

脇らむ期待

ハップルの名前は科学者だけでなく、一般の人にもよく知れ渡りました。1948年には雑誌『タイム』の表紙にハップルの顔写真が掲載されました。その後の半世紀の間に『タイム』誌の表紙を飾った天文学者は、マーチン・シユミットとカーラ・セーガンだけです。台長にはなり損ねました

が、ハップルは期待に膨らんでいました。1年か2年之内には、新しい望遠鏡を駆使して、重大問

らだつて、ブッシュに手紙を書いています。「研究所の方針決定については、経験豊かな複数の天文学者からなる運営委員会に委ねるべきである。事務管理者は研究者を手助けするべきであり、事務管理者が研究の方向を決めるようなことがあつてはならない。一方、研究指導者は実際的な雑務から離れて、研究上の問題に専念すべきである。研究上の指導者と有能な事務管理者の組み合わせが最も解である。」という論調でした。このことは現代の科学的研究組織にも通じることです。科学研究では前例が無いことを始める必要が生じることがあります。ハップルの手紙がどちらを向いているかで、研究を助けることになる場合と逆の場合があります。ハップルの手紙がきつかけだったのかどうかはわかりませんが、二つの天文台が合同した後に、天文台の長期的研究計画を検討する委員会が設置されました。この委員会の責任は大きく重要なものでした。この委員会には天文台からバーデ、メリル、ニコルソンが、そしてカリフオルニア工科大学からはトルマン、ロスアラモスの核物理研究センターの所長を退任したオッペンハイマーが参加し、ハップルが委員長を務めることになりました。

題の解決に向けた観測を始められるはずだったからです。ハップルは自分こそが新しい望遠鏡を使いこなす主人となると確信していました。

望遠鏡の建設はほぼ最終段階に入り、1947年10月、主鏡の研磨が終了しました。翌月には主鏡がパサデナからパロマーハー山に運ばれました。天鏡を覗くという「不遜な行為」に反対するグループからの脅迫状が舞い込んだため、厳重な警備を敷いての輸送でした。ファーストライト、つまり200インチ望遠鏡の焦点で接眼レンズを使って天文学者が初めて星を覗いたのは1947年12月21日のことでした。

夢破れる

1948年のある日の午後、ボーウェン台長、バーク、ブラウン、トルマン、ヒューマソン、シユワルツ・シルドが、パサデナのハップルの私宅に集まりました。200インチ望遠鏡の観測をどう組織化するかを話し合うためでした。ハップルは以前から暗い銀河の数分布をしらべる観測計画を提案していました。ハップルは当然多くの観測時間が自分に割り当てられるものと思つていました。ハップルの観測計画はいつも本格的なもので、一晩の観測で論文を書くなどという安っぽい考えはありませんでした。だが、ハップルの提案する観測計画を実行するには200インチ望遠鏡の全観測時間の半分を、しかも貴重な暗夜の全てを、割り当てねばなりません。皆はハップルの計画が膨大な時間を必要とするのに、はつきりした結果が得られない心配があることを指摘しました。その点、赤方偏移の大きい銀河の探査研究は、より直接的で客観的な結果が期待できます。200インチ望遠鏡での観測は、そのような計画を重視す

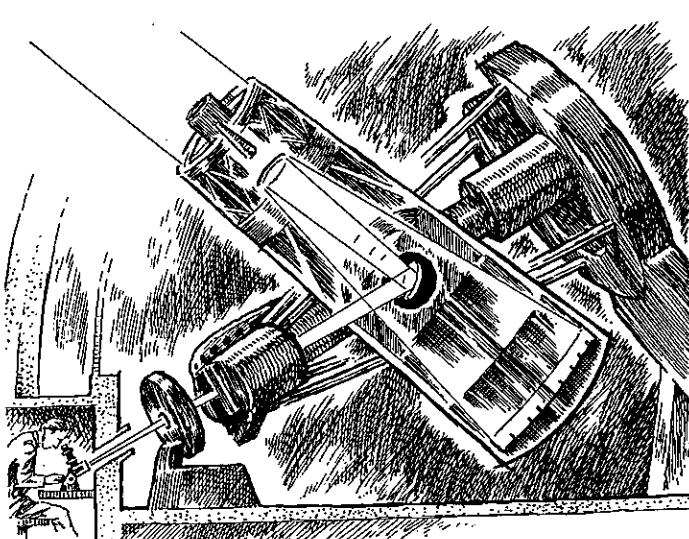
べきだという意見が大勢でした。皆はハップルを傷つけないよう気を配りながらも、ハップルに計画をあきらめるように説得しました。これは学問の流れからはもつともな議論でした。ハップルは、少なくとも表面的にはうろたえることもなく、皆の意見を紳士的に聞きました。だが、自分の夢が崩れたのを知ったハップルは、きっと絶望に陥つたことでしょう。30年間を宇宙の観測に捧げてきた男にとつては、大変衝撃的な事件だつたはずです。

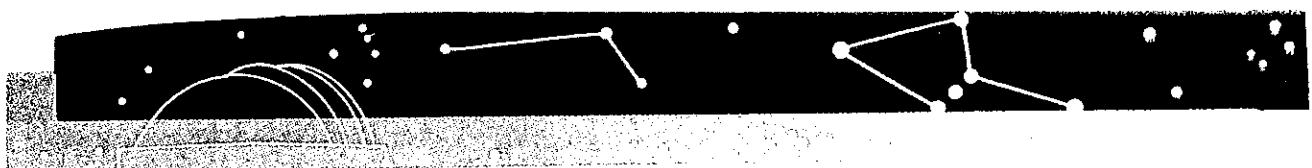
公披露目

200インチ望遠鏡計画の責任者メイソンとボーウェン台長は、ファーストライト後も、様々なテストを慎重に繰り返しました。建設期は外部から見てもその進み具合がわかりやすいのですが、200インチ望遠鏡のように巨大で精密な装置は、形が出来上がった後、細部を調整して最高の性能が出るようになるまでに忍耐強い努力が必要です。部外者からは見えにくいこの調整を徹底的に行なうことが、望遠鏡の才能の鍵を握る重要なステップなのです。テストの繰り返しばかりで、一向に天文学の成果が出てこないので、200インチ望遠鏡は失敗作なのではないかという陰口もありましたが、ボーウェンたちはこれにじつと耐えました。

結局、ファーストライトから半年後の1948年6月3日に、200インチ望遠鏡完成のお披露目式が、約800人の招待客を招いて行なわれました。前日の6月2日には、カーネギー研究所、カリフォルニア工科大学、ロックフェラー基金の幹部が100インチ望遠鏡を見学するためにウイルソン山天文台を訪れました。雲が厚く雨が降つ

てきたため、観望はできませんでした。6月3日の式典ではカリフォルニア工科大学の学長ダブリッジが200インチ望遠鏡をヘール望遠鏡と命名することを宣言しました。来賓の挨拶に白髪のヘール夫人はハンカチを目にあてました。ハップルはこの望遠鏡の完成式典では挨拶のスピーチをする機会がありませんでした。最後に新台長のボーウエンが望遠鏡の説明を行ない、一連のボタンを押して望遠鏡を動かして見せました。このとき、一羽の野鳩がドームの中に舞い込み、旋回して出でていったそうです。ちなみに「パロマ」はスペイン語で鳩小屋という意味だそうです。その夜、観察団は新しい200インチ望遠鏡のクーデ焦点で、土星、球状星団M3、かみのけ座の銀河団を観望し、目の前に拡がる宇宙の姿に皆息を呑んだのでした。





第二十章 ● 200インチでの観測

巨人望遠鏡の威力

祝賀会が終わると間もなく、200インチ望遠鏡の駆動機構や主鏡に欠陥があることがわかりました。再び、さまざまのテストと調整を行なわれることになります。半年後の1949年1月26日の夜、ついにハップルは200インチ望遠鏡を懐かしい星雲NGC2261に向けることになりました。この星雲こそハップルが天文学者の道に足を踏みいれるきっかけとなつた天体でした。最初の撮影は15分間で終わり、現像した乾板の隅にハップルはPH-1-Hと書き込みました。パロマ1・ヘル望遠鏡の乾板第一号、撮影者ハップルという意味です。次の夜の大気は安定していました。ハップルは新しい望遠鏡の限界を調べることにしました。ハップルはその当時最も詳しく星々の明るさが測っていた領域であるカプタイン第57天域を撮影しました。この領域では21等星までの星々の明るさが測定されていました。主

鏡がまだその外周部分ですこし反りがあるのと、アルミメッキが完全ではなく、月も出ていましたが、測定結果は素晴らしいものでした。ほんの5分間の露出で、200インチ望遠鏡は、それまでの100インチ望遠鏡の能力限界と同じくらい微かな星まで写し出しました。さらに暗くて大気の安定した夜には、1時間の露出で100インチ望遠鏡より約1・5等級暗い星まで、つまり約4分の1の明るさの星まで写すことができました。1949年4月までの間に、ハップルは4回の観測を行ない合計62枚の写真を撮りました。

200インチ望遠鏡の陰であり騒がれませんでしたが、パロマー山には1949年初めに48インチシュミット望遠鏡も完成し、パロマーシュミット全天探査計画が始まりました。シュミット望遠鏡は視野が狭い200インチ望遠鏡を補う役目をします。つまり、48インチ望遠鏡で広い視野を探索し、その色や形から特定した面白い天体を200インチで詳しく調べるという、うまい組み合わせができたのです。

200インチ望遠鏡で撮影された乾板には、驚いたことに恒星よりも数多くの銀河が写っていました。200インチ望遠鏡で観測できた最も暗い

鏡がまだその外周部分ですこし反りがあるのと、アルミメッキが完全ではなく、月も出ていましたが、測定結果は素晴らしいものでした。ほんの5分間の露出で、200インチ望遠鏡は、それまでの100インチ望遠鏡の能力限界と同じくらい微かな星まで写し出しました。さらに暗くて大気の安定した夜には、1時間の露出で100インチ望遠鏡より約1・5等級暗い星まで、つまり約4分の1の明るさの星まで写すことができました。1949年4月までの間に、ハップルは4回の観測を行ない合計62枚の写真を撮りました。

200インチ望遠鏡の陰であり騒がれませんでしたが、パロマー山には1949年初めに48インチシュミット望遠鏡も完成し、パロマーシュミット全天探査計画が始まりました。シュミット望遠鏡は視野が狭い200インチ望遠鏡を補う役目をします。つまり、48インチ望遠鏡で広い視野を探索し、その色や形から特定した面白い天体を200インチで詳しく調べるという、うまい組み合わせができたのです。

1949年5月、200インチ主鏡は望遠鏡から外され、アルミメッキをはがしたあと、再び鏡の研磨が始められました。最終的に鏡が完成したのは秋になつてからのことでした。200インチ

家 正則

エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

20

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学



望遠鏡が使えなくなり、ハップルはウイルソン山の100インチに戻るしかありませんでした。戦後、ロサンゼルスのスマッグがひどくなり、スペクトルには町明かりの水銀の輝線が以前にも増してくつぎりと写るようになつきました。ウイルソン山からはロサンゼルスの町の上のスマッグに町明かりが反射して白く光るのが見えることがあり、ハップルたちはこれを「ロサンゼルス星雲」と呼びました。

心臓発作

1949年7月ハップルは愛猫ニコラス・コペルニクスを知り合いに預けると、いつものように休暇を釣りで楽しむため、コロラド州の山中のリオ・ブランコ（ホワイトリバー）牧場に向かいました。数日後、夜中にハップルが苦しみだし、グレースは夜明け前に主治医のポール・スターに電話をしました。主治医の指示で、グレースは救急キットの中にあつたモルヒネの錠剤をハップルに与えました。容態が安定したところで車で山を下り、麓の病院で診察を受けたところ、心筋梗塞で心臓の筋肉の一部が機能していないことがわかりました。このとき、初めてグレースは事態の深刻さに愕然としたといいます。麓の病院に入院して4日目に2度目のより重い発作が起りました。主治医のスターは飛行機でその翌日に飛んできました。主治医は麓の病院の処置が適切だったことをハップル夫妻に説明し安心させました。ハップルはいつも200インチの観測に戻れるかとスターに聞きましたが、主治医は山に上るのはしばらく

くは無理だと答えました。

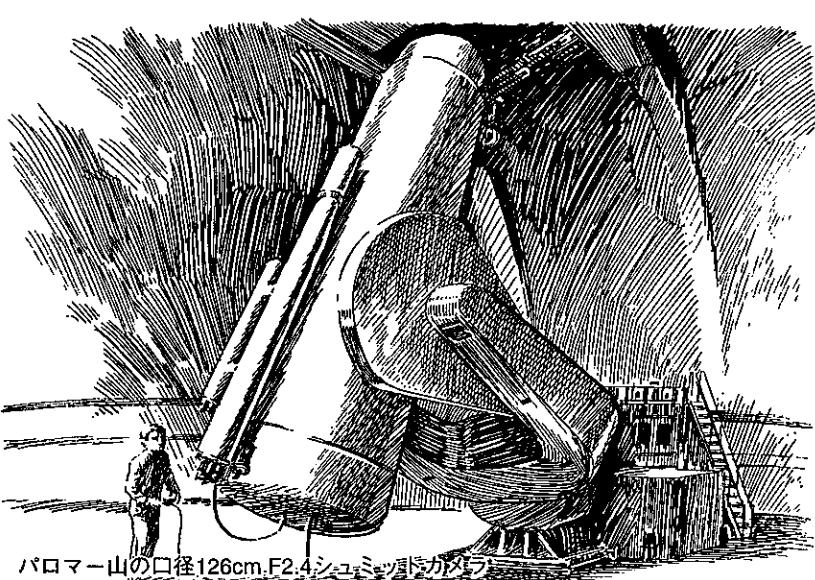
グレースはハップルの病状を外部に漏らさぬよう最大の注意を払いました。面会謝絶とし、ウイルソン山の同僚にもハップルの病状については口外しないように釘をさしました。およそ1カ月後の8月6日に、ハップルはスターの付き添いで救急車に乗せられ、寝台車でコロラドからパサデナに戻りました。自宅の二階で静養することになつたハップルは、喫煙を禁じられ、たばこの詰まつてない空のパイプをくわえていました。階下に降りてこれるようになつたころ、ロサンゼルス・タイムズ誌に「6週間前にコロラド州で釣りをしている間に心臓発作に見舞われ重体かと心配されていたハップル氏は元気であることが昨日確認された」という記事が出ました。

自宅での静養

1949年10月にはハップルは研究所に1時間程度顔を出すようになりました。あせりからか、ハップルは留守中に研究所でなされたちょっとしたことに激高したりして、このころは情緒不安定だつたようです。60歳の誕生日を迎えた直後、ハップルは「全ての財産をグレースに残す」という短い遺書をウイルソン山天文台の便せんの裏に書きました。健康上の不安の他にも、このころハップルの心を痛めていたことがあります。それはソ連で農学者ルイセンコが1948年にメンデルとモルガンの遺伝学を否定して、生物学会を実質的に破滅させたことでした。オルダス・ハクスレーの兄弟ジュリアン・ハクスレーがこのころ、ル

イセンコ主義の脅威について出版しています。偽科学が眞の科学を駆逐するこの風潮がやがて天文学にも及ぶことを心配して、ハップルは天文学界に警鐘を発しようとしたのです。

その背景には、AINシュタインやミルン、エディントンらが宇宙の構造と進化の研究を進め、批判する風潮がありました。神を恐れぬ尊大な行為だというのです。観測者のハップル自身は名指しで批判されることはありませんでしたが、このよな風潮を大変心配していたのです。



観測への復帰

200インチ望遠鏡は再研磨、再メッキされて、1949年末にはいよいよ完璧な状態で使えるようになります。1950年春にはハップルの容態もかなり安定し、山に上ることはまだ主治医

に差し止められていきましたが、一般的な旅行はできるようになり、二人はフランスのラスコー洞窟を訪ねることにします。戦後、アダムスはハップルに自由に行動させるようにしていました。ボーウエンが台長として公平に判断することがわかり、ハップルは望遠鏡観測時間審査委員会の委員長としての仕事にも関心を示さなくなっていました。会議はせいぜい30分で終わりました。

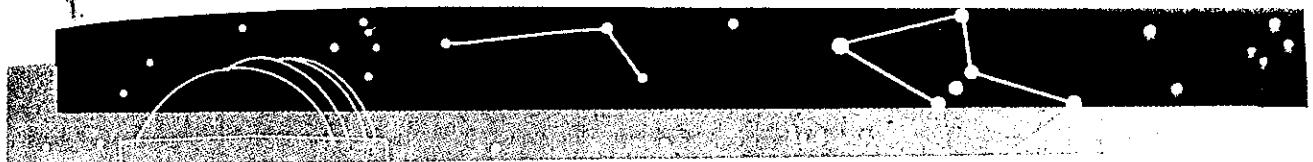


心臓発作が起るまでにハップルは調整の不完全な200インチで4回観測しただけでした。それだけに、少し健康を取り戻したハップルは、200インチでの観測なんとしても復帰したかったのです。1950年10月になりハップルは主治医スターの許可を得て、18カ月のブランクのあと、再び200インチ望遠鏡による3夜の観測に取りかかることになりました。グレースはハップルの身を案じましたが、ハップルの気持ちを察して、観測に出かけることに反対はしませんでした。ハップルはNGC 7217の写真など18枚を撮影し、上機嫌でした。彼が不満に思つたのは、伝統あるディナーの習慣がないがしろにされ、若者がTシャツにジーンズで現れたことでした。

ヒューマソンはそのころ、スウェーデンのウプサラ天文台から名誉博士号を授与されました。200インチ望遠鏡が実質的に動き出した最初のシーズンである1950～1951年に、ヒューマソンは100インチ望遠鏡の限界を突破しました。みずへび座の方向にある銀河で秒速6万1千kmの銀河を確認したのです。ハップルは宇宙の膨張則がこのような遠方でも成り立つことを確認し、膨張則が南の宇宙でも同じようになりたつことを確かめました。ヒューマソンは200インチ

の性能なら秒速12万kmまでは観測できると踏みました。だが、実際にはこれほど大きく赤方偏移しから銀河では鍵となるスペクトル線であるH線やK線が地球の大気発光の強い赤外線領域に移つてしまふため、測定できませんでした。

ハップルとサンディジはアンドロメダ銀河M31とさんかく座のM33の明るい変光星の観測を始めました。これらの星はきわめて質量の大きい星であり、進化の速い星であるに違いありませんでした。これらの星の明るさをセファイド型変光星の知られている近くの銀河できちんと決めておけば、遠い銀河の距離推定に役立つはずでした。これららの明るい変光星の中でも、ハップルがさんかく座のAとBと名付けた星は特に面白い星でした。星Aは19世紀の末からどんどん明るくなりましたが、突然急激に暗くなり、過去40年間は大型望遠鏡でかろうじて見える赤色巨星となっていました。この星は近い内に超新星爆発を起こすかもしれない」と考えられていました。もう一つの星Bは明るさが繰り返し明るくなったり暗くなったりしていました。ハップルは1940年に明るくなつた頃この星のスペクトルを撮っていました。このスペクトルは300万光年もの彼方にある単独星のスペクトルを観測した最初の例でした。そのスペクトルは銀河系内ではこれまでに知られていないものであり、このような変光星はハップル・サンディジ変光星と名付けられています。ハップルとサンディジは同じような変光星をM81、NGC 2403、M101にも発見し、1953年6月に最後の論文を投稿しました。この論文が11月に掲載されたときにはハップルはもう他界していました。



エドワイン・ハッブル 宇宙を広げた男

21

家 正則

第二十一章 ● ハッブル逝く

ダーウィン講義

た。宇宙年齢は少なくとも数十億年となり、地球の岩石の年齢との矛盾も解消しました。

ハッブルは赤方偏移 $0 \cdot 25$ つまり宇宙全体の約4分の1までは、近いうちに観測ができるだろうと宣言しました。それ以上の観測には200インチ

発作から3年後の1953年5月ハッブルは英国王立天文学会の招きで、「赤方偏移の法則」と題して、ロンドンでジョージ・ダーウィン講義を行いました。講演では、ハッブルの法則の発見、ヒューマソンによる確認、そして200インチ望遠鏡によるウイルソン山とパロマーレ山天文台の共同観測計画について話し、赤方偏移の法則を確かなものにすることで、宇宙の構造と進化に関する正しい解釈の可能性を絞っていくことができるこ

とを強調しました。200インチ望遠鏡により、すでに100インチ望遠鏡の限界を突破し、最高速61000kmもの後退速度の銀河が確認されたことも報告しました。それまで赤方偏移の法則については、アンドロメダ銀河のセファアイド型変光星が銀河系のものとは同じでないかもしれないという批判がありましたが、バーデの発見でこの問題は解決していました。バーデによる種族の発見は宇宙年齢も一気に倍にすることとなりまし

チ望遠鏡よりさらに強力な望遠鏡が必要ですが、それには多額の予算が必要でした。弾道研究所での経験から、近代兵器に巨額の予算が投じられていました。ハッブルは、戦闘機一機分の予算を学間に回しあえすれば、そのような新しい望遠鏡の建設が可能であると論じました。ダーウィン講義の結びとしてハッブルはそのような探求がこれからも続くであろうし、誰もそれを止めることはできないと結びました。

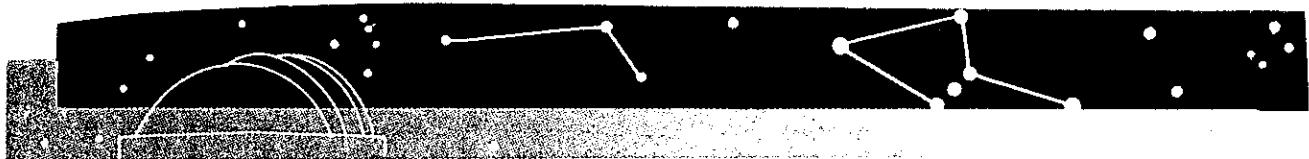
ハッブルはその後、ロンドンの東にあるグリニッジ天文台を訪れ、エリザベス女王の夫君エジンバラ公の臨席で行なわれた博物館の開所式典に参加しました。若きエリザベス女王にも拝謁したあと、ハッブルはイングランドでマス釣りを楽しみ、7月に米国にもどりました。

戦後、それまでの栄誉に加えて、新しい様々な栄誉がハッブルに与えられました。英國では、クイーンズカレッジの名誉教授となり、フランスで

も名誉称号が授与され、オーストリアのウイーン科学アカデミーの名誉会員ともなりました。カリフオルニア大学では彼が法学士の学位を持つことや法律学の名誉博士号を授与されました。

●著者プロフィル
1949年：札幌に生まれる／1972年東京大学理学部天文学科卒／1977年東京大学理学系大学院博士課程修了、東京大学助教授などを経て1993年より国立天文台教授・大型光学赤外線望遠鏡計画推進部、総合研究大学院大学教授（併任）、東京大学提携教授、理学博士、専門：銀河物理学・天体観測学





マントを仕立屋につくらせました。グレースはカリフォルニア大学の講堂にハップルの肖像画を架けたいと願いましたが、大学側はハップルがカリフォルニア工科大学の正式メンバーでないことと、ハップルの肖像を架けるならその前にヘールの肖像画があつてしかるべきだという理由で実現しませんでした。ハップルはスタンフォード大学の学長への就任も打診されましたが、これを受けませんでした。

ハップル逝く

1953年9月1日、ハップルは11ヵ月ぶりに200インチ望遠鏡の観測に向かいます。グレースが同伴し、三夜の観測で14枚の写真を撮りました。40分露出のNGC520の写真は彼が200インチで撮った176枚目の最後の写真となりました。観測が終わると、ハップルはグレースに暗室で現像を終えたばかりの乾板を見せました。

1953年9月28日の朝、いつものとおりサンタバーバラの研究所に出かけたハップルは、次の200インチの観測を控えて、ヒューマソンに自分の考えを話し、その後昼食を取りに自宅に向かつて歩いて出て行きました。その日ヒューマソンはハップルの活力が回復したこと、感銘を受けたと言っています。

その朝、いくつかの用事を足しに車で出かけていたグレースは、帰路ハップルがステッキを振りながら歩いているのを見つけ、車に乗せました。車のなかでとりとめもない話をしていたグレースは、ハップルの様子がおかしいことに気づき車を止めました。ハップルは「止まらず、早く帰ろ



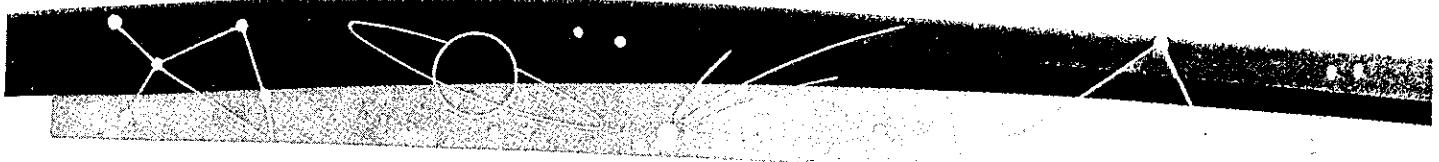
う」と静かに言いました。グレースは自宅に着くとすぐ車を降りて、ハップルの側にまわり、メイドのベータを大声で呼びました。そのときハップルは何かを言おうとしましたが、時を置くまもなく意識を失つてしましました。主治医スターの診断では、ハップルは脳卒中を起こし、ほぼ痛みを感じる暇もなく、即死状態だったそうです。64歳の誕生日を迎える3週間前のことでした。

その夜ハップルの遺体は寝室のベッドに安置され、グレースと愛猫ニコラスが付き添いました。生前ハップルが死ぬときは静かに消えたいと言つ

その後

ハップルの死後数カ月の間、愛猫ニコラスは昼夜つて外を眺めていたといいます。グレースはノーベル賞選考委員のエンリコ・フェルミとチャンドラセカールから物理学賞の候補としてハップルを推薦したことを後に聞かされました。だが、ノーベル賞は存命の人にしか授与されない約束でし

ていたのを思いだし、グレースは忠実に守りました。翌日遺体を火葬するため棺は靈園に運ばれました。葬式も、お通夜も無く、墓も用意されませんでした。急を聞いたヒューマソンやサンディジがハップルに別れを告げる機会もありませんでした。遺灰を納めた壺がどこに埋葬されたかは公表されませんでした。



た。ハッブルはまさに大事な時にこの世を去ったのです。このときグレースはハッブルの生涯について、後の研究者に資料を整理して残そうと決心したそうです。ハッブルの資料が集められたハンチングトン図書館にグレースは1954年に次のような手紙を書いています。資料は二十年間は公表しないこと、20年後以降に資料を渡しハッブルの伝記を書く作家は科学者であること、それも男性であることという条件でした。ハッブルのこと調べようとその後多くの研究者や作家がグレースに接触しようとしましたが、皆成功しませんでした。華やかな社交生活を送っていたグレースでしたが、ハッブルの死後はひつそりと暮し、1981年に90歳で静かにこの世を去りました。

ハッブルを有名にし、ハッブルにより有名になった100インチ望遠鏡は1985年6月25日の夜を最後に閉じられることになりました。100インチ望遠鏡は結局ハッブルより32年も長生きしました。

ハッブルの記念碑や銘板はパロマーハン天文台にもウイルソン山天文台にも結局作られませんでした。ハッブルの死後かなり経つから、月のクレーターにハッブルの名前がつけられました。また、小惑星2069番と2070番にはハッブルとヒューマソンの名前がつけられました。

ハッブルの名前を最も有名にしたのは、NASAが1991年に打ち上げたハッブル宇宙望遠鏡でしょう。エドワイン・ハッブルにちなんで名づけられたこの望遠鏡は、大気圏外からすばらしい

画像を送り、私たちを興奮させつづけてきました。この望遠鏡計画は1970年代に構想されたものです。スペースシャトル・チャレンジャー号の悲劇的な爆発事故で打ち上げが何年も遅れ、さらに打ち上げ後に発覚した主鏡の研磨測定ミスにより、当初ピンボケ状態になつたハッブル望遠鏡はつらい時期を経験しました。だが、スペースシャトルによる改修ですばらしい見え味の望遠鏡となり、その驚くべき画像がしばしばマスコミを賑わしていることは、みなさんご存じのとおりです。直径2・4mのこの望遠鏡は大気の揺らぎに妨げられることがないため、0・1秒角の解像力を達成することができます。また、大気中で吸収されるため、地上の望遠鏡では観測できない波長330ナノメートル以下の紫外線の観測を可能にしました。

ハッブル宇宙望遠鏡が徹底的に観測した天域には、赤方偏移の大きな無数の小さな青い銀河が写っていました。これらの小銀河は現在の銀河のもとなつた天体かもしれません。おとめ座銀河団の銀河の中のセファイド型変光星の詳しい観測でハッブル定数の値もかなり正確に求められました。銀河系内では原始惑星系円盤や褐色わい星がとらえられました。星の最終段階である惑星状星雲や超新星爆発についても見事な画像が得られました。これからも、少なくとも2006年までハッブル宇宙望遠鏡は私たちに次々と新しい感動を呼び起こしてくれるでしょう。この望遠鏡のたどつた経過とその華々しい成果は、ハッブル自身の波乱万丈の人生にも通じるところがあります。

人類の歴史、文化、科学史上の真の英雄は、肉体的には滅んでも、その名と業績が忘れられることはありません。ハッブルは今世紀の生んだ偉大

な科学者であり、銀河宇宙の発見とハッブルの法則の発見は後世に残る遺産となっています。ハッブルは常に自らを演じていた努力型天才だつたといえます。本連載では、そんな偉大な科学者ハッブルの多彩な人生を紹介しました。

（完）

な科学者であり、銀河宇宙の発見とハッブルの法則の発見は後世に残る遺産となっています。ハッブルは常に自らを演じていた努力型天才だつたといえます。本連載では、そんな偉大な科学者ハッブルの多彩な人生を紹介しました。

ハッブル宇宙望遠鏡

