

低温度星のトリエステ・コロキウムに出席して

藤 田 良 雄*

1966年6月13日(月)から17日(金)までイタリアのトリエステで、トリエステ天文台主催、IAU第14(分光基礎資料)、29(天体分光)、35(天体内部構造)、36(天体大気理論)、各委員会協力の低温度星コロキウムが開かれた。トリエステはイタリアとユーゴスラビアの国境に近く、水の都ヴェニスから汽車で約2時間半、海に面した美しい町である。

私は文部省の大学学術局の好意により、トリエステ天文台長マルゲーリータ・ハック博士の再三の熱心な招請に応ずることができ、心からの感謝を禁ずることができない。改めて文部省当局、また出席を特に喜んでいろいろとてなしていただいたハック博士にお礼申し上げる次第である。

コロキウムはトリエステの理論物理学国際センターで開かれた。出席者は約80名、会場はちょうど手ごろの広さの講義室で、5日間を全く気持ちよく過ごすことができた。ここに、コロキウムの内容の大体を報告したいと思う。

低温度星に関する、このような研究集会は今まで開かれたことがなく、それだけでも十分価値があったと思う。ハックさんは最初は低温度星に関する夏期学校式の集まりをやりたいつもりだったらしいが、いろいろの事情から段々と考えが変わって、このようなコロキウムになったのであって、私は恐らくこの方がよかったし、ま

た成功だったと思う。

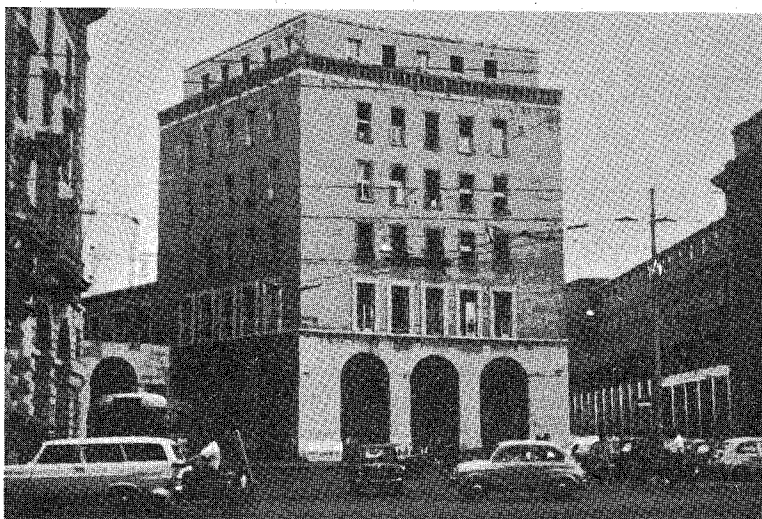
内容は一応7部門に分けられ、

- I. 分子スペクトルに関する基礎データ、天文学的に興味ある分子スペクトルの実験室における研究
- II. 低温度星の分光観測、その量的解析、化学組成、物理パラメーター、質量 loss の具体的な問題、輝線スペクトル
- III. 大気外観測、特に低温度星の赤外スペクトル
- IV. 低温度星大気の吸収に寄与する諸要因
- V. 低温度星のモデル大気
- VI. 赤色わい星の内部構造、低温巨星および超巨星の内部構造と進化、M, C, S 型星およびバリウム星の進化過程
- VII. 星種 I 型および II 型の低温度星の区別、低温度星の進化理論、ニュートリノ loss 等を説明するための統計的研究

以上のような各部門について、全部それぞれ総合的な報告があったわけではないが、大体7の部門について最初にまとめた総論があり、続いて各論に入るという形式をとった。どちらも時間的にかなり余裕を与えられたことは、理解にも役立ったし、討論を活発にした。

第1日(13日)最初に IAU 会長 Swings (ベルギー) が、低温度星研究の歴史的な経過を述べ、この次にこのような研究集会在再び開かれる時は、大気外観測とその

理論に集中するような気がすると結んだ。C. E. Moore-Sitterly (アメリカ) は低温度星でようやく同定の問題が取り扱われるようになったのは喜ばしいことで、NBS** では特に原子スペクトルの新しいデータを研究して、この問題に役立てようと努力している、また分子スペクトルでは、パークレーの Davis と Phillips が電子計算機と高分散分光器を用いてプログラムを進めているので将来を期待できると結んだ。改訂されつつある Multiplet Table (多重線表) が完成するのは間近いことと思われる。Wright (カナダ) は成長曲線を得るための手続きについて



会場にあてられた理論物理学国際センター

* 東大理

** National Bureau of Standards (国立基準局)

自分の経験を述べ、continuumを見つけるのに特に苦労するが、G, K 型より更に温度の低い星ではなお更のことであろう、しかし最近、このような低い温度の星でも成長曲線の方法が試みられてきたことは、比量の問題に関連するだけに興味深い。31 Cyg の彩層線、長周期変光星の輝線、M0 型の circumstellar line 等、個々の重要な問題があること等、指摘した。

第1日の各論的な研究発表は、Vardya (現在オランダ)、Climenthaga (Wright 代読)、Utsumi (Fujita 代読)、McCarthy (パティカン)、Fujita、Yamashita (Wright 代読) 等によって行なわれた。Vardya は数名の協力者たちと行なったK型巨星の中性酸素の禁制線の観測や、M型S型の分子スペクトルの観測から軽い元素の比量を導き出すことについて話した。特に Climenthaga は、カナダ、ビクトリア 48 吋クーデによる 19Psc, DS Peg, Y CVn という比較的明るい炭素星の C^{12} と C^{13} の相対比を $C^{12}N$, $C^{13}N$ の強度から求めた結果、それぞれ 12.5, 4.5, 4.5 の数値を得た。この結果に対し Fujita, Tsuji, Maehara が岡山の 74 吋クーデで得た結果は必ずしも一致しない。われわれの選んだ星は 13 個 (前記の 3 星はその中に含まれているが) で、将来もっと多くの星についてデータをそろえて検討することが望ましいと思う。McCarthy は 4500A ~ 8000A 領域、8500 A ~ 1.2 μ 領域についてそれぞれ image tube を用い、長周期変光星、M, S 型星の分光観測を始めたこと、image tube と対物プリズムを併用することの意義について述べた。なお、シュミットに取り付けた対物プリズムにより M 型星の判別やかなり暗い星を用いて銀河分布の研究を行なっているそうである。Utsumi は炭素星の短い波長域の同定について、Yamashita はビクトリアの 74 吋で得た 6.5 等より明るい M 型星を MK 分類に関連して調べた結果について報告した。

第2日 (14日) は、Smak (ポーランド)、Nishimura (Fujita 代読)、Pagel (イギリス)、Kandel (フランス)、Cayrel de Strobel (フランス)、Hack, Andrillat (フランス)、Wright 等の発表があった。Smak は、narrow band 測光によるスペクトル分類と M 型巨星および長周期変光星の reddening を決める問題について話した。80A 幅のフィルターを 4900A, 5000A, 5100A の領域で使ったが、色指数については特に NGC6522 の field 中にある 7 個の長周期変光星を調べた。Nishimura は 74 吋クーデで得た 2 個のバリウム星の元素の比量について報告した。Pagel は銀河ハロー中の赤色星について、今まで K 型の準わい星に用いられた成長曲線の方法により、金属対水素の組成比を求め、それらの結果から ageing effect があるかどうか、そして銀河の進化の問題に言及した。Andrillat は 3 個のカリウム・フレア星

の観測について報告した。75 吋のクーデ、IN* 乾板使用、分散は 39 A/mm である。HD 117043 (G6), 4 Her (B9e), HD 88230 (K7) の 3 個でカリウムの 7665-7699 の二重線がフレアとして強くあらわれた。等値幅を測定して、視線方向の expansion を仮定すれば、それぞれ 360 km/sec, 160 km/sec, 370 km/sec を得る。なお 75 吋でカリウム・フレア星の系統的な研究を続けるそうである。Wright は食中および食外における VV Cephei の分光観測の概要を報告し、B 型星と M 型星のスペクトルを如何にして分離するかが問題で、M 型の大気にあられる禁制線を含んだ輝線の取り扱いも興味深いことを述べた。同じような連星系である 31Cyg, 32Cyg, ζ Aur について、それらの K 型伴星のスペクトルの比較について報告したのは、Hack である。

15日は特に低温度星の赤外観測についての報告があった。Auman (アメリカ)、Wing (アメリカ)、Bahng (アメリカ) の諸氏である。Auman はすでに有名なストラトスコープ II 号による低温度星の分光観測について述べた。波長域は 1.0 μ から 3.0 μ である。 α Tau, μ Gem, α Ori, μ Cep, ρ Per, o Cet 等についての結果を報告した。これらの星のいくつかはすでに報告されているが、CO や H₂O 等の存在はいろいろな意味において注目すべきことである。Wing は M 型, S 型, SC 型, C 型の星の温度指数および赤外等級について報告した。観測はリック天文台の 120 吋で、波長域は 1 μ を中心にしたものである。方法は主焦点でスキャンによる分光観測、分散度は 30 A/mm であった。これらの低温度星の 1 μ 近傍のスペクトルは、TiO, VO, H₂O, CN 等が特徴となっている。赤外等級をきめるには 10400 A あたりが最適で、V-I (1.04 μ) を求めた結果は M6 (5.9), M7 (6.4), M8 (8), M9 (9), χ Cyg の極小時では 11 である。なお Auman は水蒸気の赤外吸収についての計算についても報告した。Buscombe (オーストラリア) は comment としてオーストラリアの 74 吋で行なっている長周期変光星の IN, IZ 乾板を使ったクーデ分光について述べた。選んだ星は星種 II 型の L₂ Pup, S Car, T Cen である。Bahng は低温度星の赤外測光について発表した。用いた干渉フィルターは 1.21 μ , 1.59 μ , 2.15 μ にそれぞれシャープな transmission をもつもので、バンド幅は Johnson のよりも狭い。上記のそれぞれを X, Y, Z と名付け、観測結果から Johnson の J-K と X-Z の比較、X-Y と Y-Z の比較等を行なった。特に炭素星について C 分類の温度階級と比量階級が X-Y と Y-Z 相関で何か特徴を示さないか調べてみたが、はっきりした傾向は現われなかった。

16日は、観測についての 1 論文が読まれた後、解離平衡、モデル大気等の問題に移った。最初の発表は Wing



トリエステ天文台長 ハック博士 (6月15日藤田撮影)

による M 型, S 型の長周期変光星の色と分子帯強度の赤外スキニングによる測定である. 利用し得る分子は CN, TiO, VO, H₂O, ZrO 等で, 選んだ星は μ Gem, V Cyg, Y CVn, 19 Cyg のような M 型, C 型の外 Taurus 中の Infrared object も含まれている. これらの星について赤外等級を求めた. Vardya は低温度星の大気吸収係数の諸因について総合的な報告をしたが, H, H⁻, H₂⁻ その他の連続吸収, H₂O, CO 等による分子吸収, H, H₂, e⁻ による散乱等が原因になることを述べ, 15 元素からできる 100 の分子, 原子, 正および負のイオンの平衡比量についての計算のプログラムに話を進めた. 最後の目的は低温度星の大気の原子, 分子の比量を詳しく調べることである. そのためのモデル大気としては, Henryey, Vardya, Bodenheimer によるふく射層と対流層の二層が接しているものを考え, iteration による物理量の計算を行なう. 将来考えるべきことは非灰色大気に blanketing 効果と対流とを取り入れ, 凝結や非 LTE (局部熱力学的平衡) の効果等も考慮する必要がある. 新しく計算してみると, 今まで比量が余り問題にならなかった HCl, SiO, HS, CS, H₂S 等が, かなり多いことが明らかにされたと結んだ. Wyller (ノルウェー) は, Morris の協力によって炭素星の分子の解離平衡の計算結果を報告した. 特に, Tsuji の出した結果と比較しているが, 方法においても得た結果についても Tsuji の詳しい研究に比べ特色は認めがたいように思われる. 15 の 2 原子分子, 16 個の 3 原子分子を取り扱っている. 3 原子分子としては HNO, N₂H, C₃, SiC₂, C₂N, Na₂O, N₃ 等を計算している. そのほかモデル大気の計算については Kumar (アメリカ), Auman 等が発表した, Auman は water convective と water convective でない場合とについて, $\log P_G$ に対する温度分布などを議論した.

なお, この問題に関連して Tsuji (Fujita 代読) の発表した低温度星におけるモデル大気の解法は, かなり詳しく問題の核心にふれていたように思われる. Kamijo は炭素星における炭素蒸気の過飽和について, Kumar はモデル大気の外に固有運動の大きい微光の赤色星 (planetary companion) 4 個について述べた. 16日の最後に Kippenhahn (ドイツ) が IV 部の総論を述べた. いろいろな age について計算した進化の軌跡を図示し, Hayashi の結果との比較を詳細にわたって議論した.

17日は最初は低温度星の核現象の問題と進化についての論文が読まれ

た. Gabriel (ベルギー), Ezer (アメリカ), Barbaro (イタリア), Thomas (ドイツ), Weigert (ドイツ) の諸氏である. Gabriel は完全に対流的な赤色わい星について $X=0.6$, $Z=0.044$, 星は Krüger 60B について計算結果を述べ, T_{eff} が Limber の結果と食い違っていることに言及した. Ezer は星の早期収縮位相について, Barbaro は HR 図表の赤色巨星領域における進化経路の理論と観測の比較を論じた. Thomas はヘリウム・フラッシュに及ぼすニュートリノ過程の影響を星種 II 型で $X=0.9$, $Y=0.099$, $Z=0.001$, 均一モデルで計算し, HD201426 の Greenstein による観測とよく合うことを指摘した. また, Weigert は太陽の 5 倍の質量の赤色超巨星の進化におけるニュートリノ loss について論じた.

17日の後半は VII 部門であった. まず Iwanowska (ポーランド) が, 低温度星の統計的研究の必要な所以から説き始めて具体的な数値を示した. 分布については 12 等より明るい星でいえば, 低温度巨星は全体のわずか 4% で, そのうち M 型の巨星が 98% 以上を占め, C 型は 1%, S 型は 0.5% にすぎない. 距離や絶対光度のデータはまだ貧弱であるが, gM0, gM2, gM5, gM7 はそれぞれ -0.3 , -1.1 , -0.7 , -0.9 , R, N, S については $+0.4 \pm 0.3$, -1.1 ± 0.5 , -3.0 ± 0.5 というような数値が得られている. 空間分布については低温度のわい星に比べ, 例えば M 型の巨星は 1 万分の 1 以下であること, M, S, N 型は渦状構造の腕に伴っていること, 炭素星は星間ダストと関係があること等, 概論を述べた. 続いて Wildey (アメリカ), Smak, Mavridis (ギリシャ) Neckel (ドイツ), Dallaporta (イタリア), Iwanowska 等の各論的研究発表があった. Wildey は δ Per 中の M 型超巨星について B-V に対する M_V の関係を述べたが, これらの星は O/C を知るのに

適当なグループにはないかという comment があった。Mavridis は銀河における M, C, S 型星の分布というテーマで、スペクトル分類、等級と色、見かけの分布と空間分布について詳しい報告をした。観測は Case Institute of Technology の 24 吋シュミット対物プリズムをつけ、IN 乾板で 6000 Å~8800 Å 領域について行なったもので、判別としては高温の M 型では TiO、低温の M 型では TiO 以外に VO も考慮されるべきである。Case 系列と Mt. Wilson 系列の比較なども試みた。Neckel は、星間吸収を求めるための高温 M 型星の利用、Iwanowska はミラ型変光星の統計的な population index について話した。

以上が 13 日から 17 日に渡ったコロキウムの概要であるが、前もって予稿集などの準備もなく、講演もスライドが主に利用されたのでメモをとるのも十分とまではい

かなかったため、漠然とした報告になってしまったことをお詫びしなければならない。しかしハックさんはこのコロキウムをまとめて印刷することに非常に意欲的であるから、必ず出版されることと思う。ただ望むことは一日も早く出版が実現されることである。

全体的な印象としては、低温度星の赤外観測がよいよ本格的になりつつあることを改めて確認し得たこと、それと同時に多原子分子の発見される可能性も増したことから、多原子分子の解離平衡に関する理論的研究がかなり活発に行なわれていること、低温度星大気モデル計算によりやくその糸口が開かれ、進展を期待することができるとなったこと等を感じた次第である。

初めて開かれた低温度星研究のコロキウムが成功裡に終わったことは、ハックさんの努力によるものと心からの敬意を表す。

最近出版された SAO 星表

長 沢 工*・富田弘一郎**

最近スミソニアン天体物理観測所から新しく SAO 星表が出版された。この星表は位置星表として彗星、小惑星、人工衛星などの位置観測の整約用に大変便利に使えるものなので、簡単な説明を加えて紹介する。

スプートニク以来、SAO ではペーカーナン・シュミットカメラによる人工衛星の写真フィルムの測定作業を担当しているが、比較星の選定には 6 種類 50 巻にもよる星表を使用しなければならなかった。ペーカーナンによる観測数は、衛星の打上げ数の増加にともなって飛躍的に増大し、SAO における写真測定部門が最大の隘路となった。当時は一組の比較星の位置を選び出すのに 15 分以上もかかった程であった。そのため統一した座標系により全天をカバーする、そして相当多数の星の位置を高精度にあらわした星表の必要性が痛感され、約 8 年間の努力のすえ、全 4 巻 2,600 ページ、星数 258,997 星の星表が完成したわけである。この星表は印刷されたものの他に、IBM 729 型の磁気テープに収録したものが出版されている。

SAO 星表の最大の特長は、新しい観測によって作られたものではなく、過去に出版された各種の星表を総合編集して作られたものである。そのため、一カ所の天文台による観測では不可能な全天に亘る星の収録が可能

となったわけである。一方、編集星表には、もともになる各種星表間の系統誤差の問題がのこり、これが弱点となることもあるわけである。ここで位置決定に利用したもとの星表とその範囲を示すと次のようになる。

Yale 星表	+90°~+85°, +60°~+50°, +30°~-30°
AGK ₂ 星表	+85°~+60°, +50°~+30°
Cape 星表	-30°~-40°, -52°~-64°
Cape Zone 星表	-40°~-52°
Me 3, Me 4 星表	-64°~-90°
他に GC, FK4, FK3, グリニッチ写真星表など	

これ等の星表間の系統差は、過去の研究にもとずいてとり除き、全部を FK4 座標系に統一して 1950.0 年分点の平均位置として表示したものが、SAO 星表で、歳差常数には Newcomb の値を用いた。

印刷された星表は B5 判の大きさで、実視等級ではほぼ 10 等星までを含み、平均すると一平方度あたり 6 星の割合になる。星は 10 等星までを全部網羅しているわけではなく更に暗い星も入っているし、脱落しているものもある。図に等級別の掲載星数を示した。

星の配列は赤緯について 10 度ごとに区切り、全体として北から南へ進むようになっている。各々の区切りの内では 1950.0 年分点に対する赤経順に 1 ページ 100 星ずつをならべてある。各巻に対する赤緯別の配分と星数は次の通りである。

* 東大地震研究所

** 東京天文台