

## 1. プロローグ

ハッブルが宇宙膨張を発見した頃、彼は Mount Wilson の100インチ鏡で銀河の赤方偏移の観測を連夜にわたって行っていた。真冬に1,742mの山頂、ニュートン焦点で寒風にさらされての観測はさぞ大変だったことであろう。観測した銀河は10magという今日では目もくらみそうな明るい銀河である。「連夜」といったのは、当時は一晩中6 - 7時間連続して露光し、それが3夜にわたって計20時間以上の露出をかけて、ようやく銀河一本のスペクトルが撮れたようである<sup>(1)</sup>。今では、こんなスペクトルは30秒もかからないであろう。「Realm of the Nebulae」によれば、膨張宇宙を発見した1928年の時点では、赤方偏移が測定されていた銀河はわずか41個、その後7年間に160個増えただけだったと記している。これとよく似た光景が1963年の岡山で見られた。当時、京大の助手であった小暮氏は修士課程の学生大谷氏と共に、74インチ鏡ニュートン焦点に Nebular Spectrograph (星雲分光器) なるグレーティング分光器をつけ、NGC4258を必死で追いかけていた。検出器はコダック・ロールフィルムから切りきざんだ巾8mm程度の103a-Oのフィルムであった。彼らのスペクトルをいつか見せてもらった事がある(現存しているか否かは不明)。Citylightの水銀の輝線を買いて、銀河中心核のcontinuumがうっすらと写っている。NGC4258の輝線は写っていなかった。このスペクトルは、そこから何か有意義な情報を得て、研究論文に仕上げられる代物とはとても思えなかった。小暮氏らはこの観測を2年程継続したが、結局、giveup。「銀河の分光観測事始め」は不発に終わってしまった。

## 2. 銀河の分光観測事始め : Image Intensifier

この頃、アメリカ・ワシントンにあるカーネギーのDTM (Department of Terrestrial Magnetism) では、Kent Ford らが Image Intensifier (I.I.; アイアイ) なる最新機器を開発していた。数年後、彼らはこのすぐれものを世界の主だった天文台に無償で供与することとなり、岡山にも大沢所長を通じて1台やって来た。1967年の事である。写真乾板より10倍程感度が良い、とのふれ込みであった。近藤、西村、大沢の諸氏らは最初クーデでその威力を確認し、その後、これをdetectorとする「カセグレンI.I.分光器」を「Nebular Spectrograph」の後継機として作ることにした。日本光学の手で制作され、テストを繰り返していたのが1969年秋のことである。1970年2月、私は当時、京大・宇宙物理の博士課程の学生で、後輩の作花、岡両君と3人でこの分光器による銀河の分光観測を開始した<sup>(2)</sup>。我々の観測天体は、出版されて間もないArpのAtlas of Peculiar Galaxiesの215番目の天体であった。Seyfertにより特異銀河としてリストされていたが、結局削除された「落ちこぼれ銀河」である。

夕闇が深まる頃、74インチ鏡がArp215近くの明るい星に向いた。副鏡を移動させスリット面上で望遠鏡のフォーカス合わせが始まる。ハンドセットのボタンを押し、アメーバのように動く星像を見ながら、「あっ、もう通り過ぎてしまった。」何度やってもなかなか焦点位置を決められない。副鏡位置を示すカウンターが付いていたなら、もっと早く、もっと確実に決められるものを。【そして、3年後にカウンターが付けられた。】

次いでArp215の導入である。今夜担当のW氏が

[注] (1) 分光器のカメラレンズはF=0.60であった。F=0.35のレンズも作ったが実用化されなかった。

(2) 銀河の撮像観測は、既に高瀬氏らのグループがニュートン焦点で精力的に行っていた。

コントロール・デスクの目盛り針を見ながら、名人芸で望遠鏡を向けてくれる。望遠鏡が止まるやいなや、視野確認のためフィールド・アクイジションのアイピースを覗いてみる。が、銀河らしい天体は入っていない。花山天文台でパロマー・アトラスから1日ばかりで接写したファインディング・チャートを懐中電灯で照らしながら、星野確認のため特徴ある星のパターンを覚え込む<sup>(3)</sup>。目が暗闇に慣れるまで2分間程待って、再びアイピースをのぞき込む。これを幾度となく繰り返して、ようやく星の配置パターンから星野が確認できた。後は、星をたどりながら銀河へとたどり着く。【望遠鏡のポインティング精度が向上したのは、エンコーダに切り替わった約10年後のことである。】

ミラーを切り替えて、アクイジション・アイピースの横にあるスリット・ビューアを覗いてみる。真っ暗闇である。目の位置をいろいろ変えてみると、ようやく空の光がかすかに見える。しかし、スリットの黒いすじは殆ど見えない。銀河中心核をスリット上に精確に乗せようと銀河を凝視する。すると不思議と、銀河がかえって見えなくなってしまう。やぶにらみで見やると、銀河の所在がわかり、凝視すると見えなくなってしまう。寒さで手が凍える中、脂汗が頬を伝って落ちてくる。12.5magの銀河は暗くて大変だ。悪戦苦闘しながらの難作業が続く。【後に、スリット・ビューアにノクトヴィジョンが付けられ、この作業はずっと楽になると同時に、精度も上がった。】ここまでたどり着くと、I.I.の高圧電源投入である。懐中電灯で電圧計を見ながら上げていく。7kV、8kV、・・・、最後に28.5kVまで。

次に、フィールド・アクイジションのアイピースを覗きながらのガイド星探しである。スリットのポジション・アングルが37度なので、予定したガイド星はミラーの右端ぎりぎりの所にあるはずだ。2kgもあるかという超どでかいアイピースを移動させる。望遠鏡が大きく傾いているので、ダブルスライドの動きが悪い。ガイド星をようやく見つけだし、

アイピースを高倍率へと交換である。ねじをゆるめるけれど、2kgのアイピースがなかなかはずれてくれない。交換後、ようやく最終の微調整である。スリットビューアで確認。銀河が少しスリットからはみ出しているようだ。スリットに乗せてから5分以上経過しているから、ずれてしまったのだろう。【望遠鏡のバランスが悪いのかな？】ハンドセットで望遠鏡を動かし、正しく乗せ直す。そして、またガイド星を覗く。少し左にずれているようだ。ハンドセットで動かした。「あっ、しまった。ハンドセットで動かすのではなく、今度はアイピース自体をねじで動かさなければならなかったのだ。もう一度やり直し。…」Arp215に望遠鏡を向けて既に1時間以上もたっている。無性にいらだってくる。アイピースの十字線の明るさを調節した後、視差がないようにアイピースの焦点調整である。それから10分後、ようやくプレート・ホルダーの引きふたを引き<sup>(4)</sup>、そして分光器のシャッターを開いた。「観測開始っつ！9時13分。」

こんな風にして観測がスタートする。【スリットが銀河のどの位置を切っているのか証拠写真用のモニター・カメラが取り付けられたのは、寿岳氏のアドバイスがあつてのことである。】

### 3. 失敗と改良

この露出は90分。その後はポジション・アングルを変えての観測だ。そのためには望遠鏡を天領に向け垂直にしてから、大きな丸ハンドルを廻し、分光器を回転しなければならない。結構な作業である。この丸ハンドルは「ガレリアン」と石田(五)氏が命名したものだ。中世のガレー船の漕ぎ手の作業を諷して、とのことである。ポジション・アングル127度。もう一度望遠鏡をArp215に向け直し、再び同じ難作業にとりかかる。今度は作花君の観測だ。【ガレリアンがモータに取って代わったのは10年後のことだったかな？】

次は、同じポジション・アングルでの高分散観測

[注](3) M.Humason は redshift を測定すべく、Mount Wilson が上がっていった。いざ観測を始めようとしたとき、ファインディング・チャートを忘れてきたことに気づいた。Pasadenaのオフィスまで馬で下りて、その後ようやく観測を始めた、とのこと。当然3夜に及ぶ観測の初日だったのであろう。

(4) 後にプレート・ホルダーの直前にマスクが付けられ、一枚の乾板に数個のスペクトルを並べて露出できるよう効率化がはかれるようになった。

である。懐中電灯をつけてのグレーティング交換では、I. I.の電源を一度落とす必要がある。高圧を入れ直せば、次の露出開始まで15分は待たなければならない。そこで、真っ暗闇でのグレーティングの交換作業となる。300本から600本へ。「懐中電灯、つけるなよー！」と、O氏。さて、交換し終えて、波長域の調整へ。…。【2個のグレーティングが分光器に収納され、スイッチ1つで交換が出来るようになったのは、新カセグレン分光器に代わってからのことである。】

最後の露出は、銀河の外側にあるspiral armにねらいを定める。よっし、今夜は天候も安定しているし、2時間半の長時間露出だ。長丁場は大抵、岡君の担当だ。トイレを済ませ、「露出開始」。岡君の足下で時々青光りのスパークが飛んでいる。28kVの高圧線が張り巡らされているからだ。「あな、恐ろしや。」天候を確認後、彼一人をドームに残して、待機室へ。ようやくコーヒーにありつけた。3時間半後に現像してみた。定着液から取り出してルーペで眺めてみる。アームのHII regionではemission lineがクッキリと写っている。満足、満足。

翌昼、喜びいさんで、乾燥した乾板を眺めて見た。輝線が大きく傾いていて銀河回転の様子がクッキリと見えている。「おやっ、コンパリゾンが2重にずれて写っているぞ。これは大変だー！」2時間半の長時間露光で分光器の姿勢が大きく変わってしまい、露光中に重いI. I.がフレクシヤーで微妙にずれてしまったようだ。次の夜は天候が思わしくなく、再観測は1年後のことであった。【この原因は結局、グレーティングを押さえているスプリングが弱かったためようで、解決に数年を要してしまった。】良いスペクトルが得られても、I. I.の「かみなり<sup>(5)</sup>」があいにく銀河の輝線の位置に落ちて、せっかくのスペクトルが台無しになってしまうことも結構あった。「I. I.の限界である!!」

このようにして日本での銀河の分光観測がスタートした。1970年のことであった。銀河中心核での異常に高い星形成をsuggestした論文としてまとめられた(Sakka, Oka, & Wakamatsu 1973)。この論文

でsuggestされていたArp215の中心核でのガスの異常運動が、約30年の月日を経て、岡山3次元分光器でstarburstによるbubbleとして確認されたのは感無量である(Yoshida, Taniguchi & Murayama 1999)。我々の観測の数か月後に、小平氏のグループもcompact galaxiesの観測を始めた(Kodaira 1971; Takada & Kodaira 1972; Karoji & Kodaira 1972; Iye, Kodaira, Kikuchi & Ohtani 1975)。また、東北大の田村氏のグループ(Taniguchi & Tamura 1981)、北大の兼古氏のグループも少し遅れて銀河の観測を開始した(Nishimura, Kaneko et al. 1984)。東大では、岡村氏らのグループも国産初のキューサーの発見に成功した(Noguchi et al. 1983)。京大でも斉藤氏のグループが銀河の観測を始め(Saito et al. 1984)。その後、銀河面背後の銀河の赤方偏移サーベイへと発展した(Roman et al. 1998)。

#### 4. 高分散化への旅立ち

12.5magの銀河は暗すぎる。岡山では、もう少し明るい銀河をもっとhigh dispersionで観測する方が向いているようだ。方針転換する事となった。1800本のグレーティングがほしい。岡山で購入してもらえないであろうか。恐る恐る聞いてみた。あまり良い返事が返って来ない。えーい、科研費を取って自分で買ってしまおうのが早い。ということで、清水(実)氏と相談し、ポシュロムのカタログを取り寄せ、発注した。Hubble Atlasに200インチの写真が載っているNGC4314は11.5magの見事なhot-spot nucleus galaxyである。そのcircumnuclear ringのスペクトルを撮ったところ、H輝線が信じられないほど見事に傾いている。Arp215の観測の6倍も高い分散のスペクトルである。これで少しはRubinらの観測に近づいた。そのスペクトルの美しさにはしばし感激したものであった。rotation curveの解析から中心部の質量を求め、circumnuclear ringの星形成が間欠的に繰り返されていることを指摘した論文となった(Wakamatsu & Nishida 1980)。Burst of star formationである。その数年後、starburst galaxy時代が到来した。【この1800本グレーティングはそ

[注](5) イオンイベントと言って、I. I.の蛍光面のいるんな点が一瞬間、急激に明るく輝き、その結果、乾板に多くの黒い斑点が生じてしまう現象。

の後一度も岐阜の金華山を仰ぐことなく、今では天文台の備品ラベルに張り替えられて、祖父江氏らによる銀河回転の一連の論文に大いに利用されている (Sofue et al. 1998 & 2001)】

高分散になったものの輝線が写るのは中心核域のみで、Rubin たちのはもっと暗い部分まで写っている。事実、赤外域では彼女らのスペクトルには OH 夜光の輝線がクッキリと写っているのに、我らのはトレースすらない。夜空が明るいせいだけではない。検出器の感度自体が不足しているのだ。「もっと感度を<sup>(6)</sup>！」

この頃、太陽クーデの観測を始めた川上氏が CCD なる新兵器を開発中であつた。写真乾板に代えて I. I. の蛍光面を彼の CCD で直接撮影できれば、感度が数倍上がることに必定である。というわけで、早速乗本氏に相談し、半年後に川上氏も加わってテスト観測となった。CCD の冷却のため、長いホースで水を引き、分光器の脇にバケツを置いての観測であつた。結果は思うようにはいかなかった。CCD 自体にも問題があつたのだろうが、CCD は赤に感度が高いのに対して、I. I. は青い光を発するフォスファーなので、結局両ファクターがキャンセルして、感度の上昇とはならなかつたのである。

## 5. CCD と新カセグレン分光器

岡山での銀河の観測は明るい銀河を高分散で、という方向が次第に日本の銀河コミュニティーでまとまってきた。このころ、岡山では山下 (泰) 清水 (実) 氏らが中心となって「新カセグレン分光器」を作ろうとの動きが出てきた。高分散にするためにはコリメータの焦点距離を長くしなければならぬ。光学系の設計が始まった。丁度その頃、CCD のとりこになって家氏がケンブリッジ留学から帰ってきた。新分光器の detector は CCD である。このようにして、現在の新カセ分光器の開発がスタートした。岡山の総力を結集してのプロジェクトであつた。まるで NHK の「プロジェクト X」のような。この分光器はその後容易に夜光の OH 輝線を写し出して

くれ、現在一線で活躍している谷口 (Ohyama et al. 1998) 太田、富田氏 (Tomita et al. 1998, 1999) らの活躍へと発展していくことになった。これについては、どなたかが近い将来まとめてくれよう。

## 6. 3 型セイフアート物語

1975 年に Markarian 59 (NGC 4861) の中心核スペクトルを撮ったところ、【OIII】 5007 輝線が  $EW=1,500\text{\AA}$  にも達する強さで観測された。驚くことに、H 輝線の巾はせまいのに【OIII】 5007 の巾は  $1,500\text{km/s}$  と広く、1 型セイフアートとは全く逆の関係になっている。「すわ、これは新型のセイフアート現象である」と一同色めき立った。早速、グレーティング角を変えて H 域の観測にとりかかった。観測終了後、暗室ではまだ定着が抜けきらない乾板を液から引き上げて、ルーペで覗いてみた。【NII】 6583 線と 6548 線がおおきく広がって見える。それに比べて、H はやはり巾が狭い。「これはすごい発見だ。すぐに、Ap. J. Letter だ。」教室へ帰って、マイクロフォトメータ<sup>(7)</sup>で輝線巾を測定し、ようやく原稿もほぼできあがった頃、もう次の観測機会が近づいていた。慎重を期して、もう一度観測して確認してからでも遅くはない。数カ月後、再観測に臨んだ。あいにくと天候に恵まれず、何の観測も出来ずじまい。残念、残念。【この頃は 1 グループ当たり 3 夜の割り当てが標準であつた。】せっかく大発見の確認観測に来たのに、ただでは帰れまい。やむなく、分光器のチェックを始めることにした。グレーティング角を少しずつ変えながら、比較スペクトルを用いて、強い輝線 He 5016 の位置を徐々に写野の端へと移動させての撮影である。何事も異常はなかつた。念には念にと、今度は ND フィルターを抜いて少し強い光を入れてのテストを試みた。現像後、余裕の気持ちで乾板を眺めていた。次の瞬間、体に電流が走るのを感じた。5016 輝線が写野の端へ近づくにつれ、急速に広がっているではないか。カメラレンズの収差である。【我々のスペクトルでは、広い【OII】 5007 輝線に対し、より

【注】(6) 露光中に乾板をドライアイスで冷却すれば感度があがるとのことで、富山市天文台の倉谷氏の協力で、冷却カメラをテストしたこともあつた。

(7) 写真乾板に  $100\ \mu\text{m}$  サイズの光ビームをあて、その透過率を光電管で測定することにより、写真乾板上のスペクトルを解析する光学測定器。

写野の端に位置するH線の方が細かったので、収差ではないと結論していたのに。】幻の論文となってしまった原稿を机の奥にしまい込んだ。その後、気を取り直してこの銀河の論文を何とか仕上げた(Wakamatsu et al. 1979)。確か first rank HII region のサイズが銀河の absolute magnitude と良い correlation があるとの Sandage の論文にけちを付けて、一寸だけ宇宙論の入り口の話をした論文であった。この頃、観測的宇宙論に少しでも関わりたいとの必死の思いであったように思う。

## 7. エピローグ

論文には書けない失敗談を多数ご披露させていただいた。Visitorが観測した時の不具合や改善点、希

望を観測所側に率直に述べて行く。観測所はこれらの声に耳を傾け、スピーディに対処してくれる<sup>(8)</sup>。この相互信頼は観測所を発展させるのに一番大切な要素であったように思う。上で述べたように、私はその大役を少しは果たせたのではないかと思っている。ただ、この作業の多くは本来 Resident astronomer がやるべきことではなかったか、との思いは残る。しかし、当時の岡山で、銀河の観測をやる Resident astronomer は望みうべくもなかったのであろう。共同利用が今月から開始された、すばるの観測室はどんな様子なのであろうか。この3月に若い大学院生に伴われて見学に行く予定である。30年間の「来し方」、次の30年間のすばるの「行く末」をじっくりと思いを巡らしたいものである。

[注](8) 何年後に、外国の天文台を訪れたとき、初日にsheet一枚を渡された。Directorへの報告書で、不具合や改善点を指摘する欄が設けてあった。(編集者注：現在の岡山天体物理観測所はこの方法を採用し、より良い共同利用施設となるよう常に心がけています)

## 「天文台日記」より

8月4日 快晴

半月あまり快晴がつづき、人の出入りも多いせいか、水源地の井戸も心細くなる。ここは24時間いつでもすきなときに風呂にはいることができるよう、洋式のバス・タブが置いてある。「水不足につき、入浴禁止。㊦」注意書を浴室のとびらにはる。このような「マル石布告」は、場合に応じて時折張り付けることがある。「夜食がすんだら手を洗うこと。㊦」ラーメンの油やトーストのバターのついた指で、精密な機械にさわると困るからである。若い人はベートーヴェンが好きで、夏の盛りは、深夜喫茶では、いつでもシンフォニーの何番かが鳴っている。雨の夜、腕組みをしたまま身じろぎもせず、1番から9番までききとおしたという豪傑もいた。レコードの選択権は、正ヴィジターが第1位、副ヴィジターが第2位と順位が不文律できまっている。きれいなレコードがかかっている、そのレコードが終わるまでは文句をいわないのがこの部屋の礼儀になっている。私はベートーヴェンのシンフォニーの鳴っているときは、黙ってドームのバルコニーに出て海をながめる。満月に近い月が、東南方の工業地区の上に出て、海面がきれぎれに銀色に光る。今夜は製油工場の燃焼塔(フレア・スタック)の炎が明るく、サソリ座のアンタレスも色あせてみえる。今日のヴィジターの小倉助教授は、北の星で露出時間も長いので、オペレーターはあまり手がかからない。早期星のスペクトルに現れる輝線の強さの変化を調べるのがもくてきである。

石田五郎 著(筑摩書房)



ドーム前の石田五郎氏