

## ながればしのすべくとる12年

長 沢 工\*

### まえがきのこと

このようなタイトルで文章を書くのは、その方面の道をきわめた大先生であるのが普通のことである。私のようなほんのかけ出しの人間がこんな題の文を書くのは、いってみれば身のほど知らずの越権行為なのかも知れない。

それでも、近頃になって流星スペクトルに関心をよせる人も少しずつは出てきて、それなりに苦勞して観測もはじめているようである。そういう人たちに対して私がどんなぐあいに観測をして、どのぐらいの流星スペクトルを撮影してきたか、またそのスペクトル写真をどうしたか、12年もかけて私がどんなに僅かのことしかできなかったか、こういうことを一応知らせておくのも少しは意味があるだろう。その中にはいくらか参考になることもあるだろうし、場合によってはつまらない失敗をせずに済むかも知れない。こんなことを考えて、いいわけめくが、あえてこの一文を書くことにしたのである。

### ながればしすべくとることはじめ

多少天文学に知識のある人なら、恒星を調べるためにスペクトル写真を撮影することを知っていることだろう。大きな望遠鏡の焦点にスリットを置き、何時間もがんばって微光天体のスペクトルを撮影するということが、またそのスペクトル写真から星のいろいろな性質がわかるのだということなどを聞かされて、子供時代に私はなんとなく胸のおどるような感じを抱いた記憶がある。

恒星のスペクトル写真がとれるのなら、流れ星のスペクトルだって写真撮影ができるに違いない。流れ星のスペクトルが得られれば、それは流れ星の性質を調べるのに役立つに違いない。こんな程度の、ごく軽い気持で私は、大学院の学生のときに初めて流星のスペクトルに関心をもったのである。とにかく、何か論文をまとめなくてはならないし、また、何かを観測するならば、順番を待ってやっと使うことができる大望遠鏡より、いつでも使うことのできる小さな装置の方がずっと気楽である。そんな気持もあった。

もし私が現在の半分でも、いや4分の1でも流星スペクトルに関する知識をもちあわせていたなら、特に流星スペクトル撮影がどんなに困難なものであるかということを知っていたなら、元来めんどくさがり屋の私はきっと流星スペクトルの仕事を始めなかったことと思う。で

も、「知らない」ことぐらいおそろしいことはない。私はしごくあっさり流星スペクトルの研究をすることに決め、当時東京天文台におられた広瀬秀雄先生や、今なおはりきって仕事をしておられる冨田弘一郎先生の指導を仰ぐことにしたのである。1964年の春のことであった。

ちょうどというか何というか、東京天文台ではその前年の「しし座流星群」の時期に、初めて流星スペクトル撮影を試みて、とにかく4個のスペクトル写真を写していたのである。(そのことを私はまったく知らないでいた。) その話を聞いて私は、流星スペクトルなんて訳なく撮影できるのだ……。そんな気持ちになっていた。

### はじめてとったすべくとる

私が流星スペクトル観測を始めたのは、1964年夏の「ペルセウス群」である。観測といってもどうしていいかわからない私は堂平観測所をうろろしながら、冨田先生などにいわれるまま、何台ものカメラにフィルムを入れたり送ったり、完成してまだ間もない自動流星儀の操作を教えてもらったり、また屋には何時間も暗室にこもって前夜に撮影したフィルムの現像をしたり、そんなことを繰り返していた。そして、エコー衛星の通過のあとを見て、しばらくはそれが流星スペクトルだと考えていたりもした。

今考えると、この程度の観測で、何か解析できるようなスペクトルを得る見込はかなり小さいものであった。流星スペクトルが撮影できなければ私は論文のネタに困って、何か別の材料で論文をでっちあげ、流星スペクトルのことなど忘れ去ってしまったかも知れない。けれど、幸というべきか不幸というべきか、この年は月明の条件がよかった上に晴れた夜が続いて順調に観測が続けられ、8月13日朝に撮影したフィルムに、流星スペクトルらしい像が初めてうつったのであった。プリズムで撮った写真であるが、焦点距離500ミリのカメラだったので比較的分散も大きく、10本あまりの輝線が数えられた。このスペクトルひとつで、私と流星スペクトルとのかかわりあいが決定的なものになってしまったという気がする。

### うつりにくいながればしすべくとる

こうして、とにかく流星スペクトルが撮影できたので、それをもとになんとか修士論文を書きはしたものの、流星スペクトルが本当に写りにくいものだという身をにしみて感じたのはそのあとのことである。

少しでも流星スペクトルの数を増やそうと心がけて、

\* 東大地震研究所 K. Nagasawa: The Spectral Photography of Meteors for 12 Years.

その当時の私は新月の頃になるたびに堂平観測所へ出かけ、1週間ずつの観測を繰り返した。年間80日ぐらいを堂平観測所ですごした年もあったように思う。7台の分光カメラを使用し、フィルムを湯水のように使い捨てていくような気もしたが、ごくまれにしか流星スペクトルは写ってくれない。たまに写ったにしてもたいていは輝線が2本か3本のかすかなもので、あまり使いものにならないものである。恒星の像ばかりが見える山のようなフィルムを整理しながら、私は自分がとんでもないことを始めたのではないかと自問したこともしばしばであった。

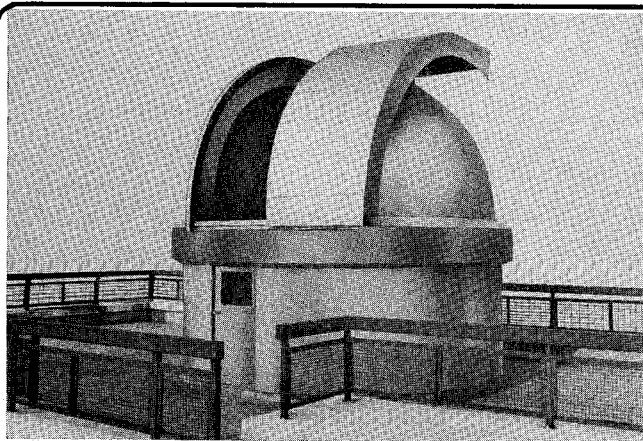
しかし不思議なもので、とうてい流星スペクトルは撮影できないと半ば諦めながらも観測していると、思いがけないときにひょいと相当のスペクトル写真が撮れたりする。勢いこんで更に観測を続けるとまたさっぱりダメの日が続く。こんなことを繰り返して、少しずつ流星スペクトルの数が増えていく。こうしている間に、いくつかの出来事が起きてきたのである。

#### ししぎのりゅうせいぐん

流星スペクトルの観測をはじめから今までの約12年のうちに、質のよいのも悪いのもとりまぜてほぼ90個の流星スペクトルを写真撮影することができている。観測時間の総計は、詳しくは記録を丹念に合計してみな

ければわからないが、ごくざっといって、まあ1,000時間ぐらいのものと思われる。この数字から、平均10時間余りの観測で1個の流星スペクトルが得られる……と計算することは簡単であるが、実はそうはいかない事情がある。というのは、この90個の流星スペクトルの約3分の1は、特別のたった1晩のうちに得られたものだからである。この1晩は、1965年11月15日から16日にかけての夜、換言すれば、33年ごとの「しし座流星群」回帰の夜だったのである。

よく知られているように、1799年以来、1833年、1866年と「しし座流星群」はほぼ33年ごとに大流星雨を見せていた。ところが、1899年、1932年にはあまり大きな出現はなく、したがって次の回帰の1965年にはなばなしい出現はないだろうという見方が多かった。しかし私たちは一応の観測準備を整えて待機していたところ、大流星雨というほどではないにしても近來まれななやかな出現を見せて、期待に応えてくれたのがこの夜だったのである。この夜は宵のうちからかなり明るい流星が次々と見え出して、末端であざやかに爆発し、永続痕を残すものもいくつか見られた。もっとも盛んなときは眼視で1時間に100個を超える流星が数えられた。この夜に撮影した流星スペクトルは約30で、その中には70本以上の輝線を示すものが5個含まれていた。



← LN-10E型  
25cm反射赤道儀

#### 営業品目

- ★天体望遠鏡ならびに双眼鏡
- ★天体写真撮影用品及び部品
- ★望遠鏡各種アクセサリ
- ★観測室ドームの設計・施工

★総合カタログ  
ご希望の方は切  
手300円同封お  
申込みください

**ASTRO 光学工業株式会社**

ASTRO

〒170 東京都豊島区池袋本町2-38-15 ☎03(985)1321

このときの出現は、世の中で事前にもっとも評判にならず、準備も観測も落ちて進めることができたのであったが、それとは対照的に、「夢よもう一度」と張り切って準備をした 1972 年 10 月のジャコビニ流星雨は、日本中が騒ぎたてたにもかかわらず、まったく期待外れの空振りに終わったのは皆さん御承知の通りで、流星スペクトル写真は 1 個も得ることはできなかった。

#### ながれぼしすべくとるほどのぐらいうつるか

流星スペクトルが撮影しにくいものであることはすでに述べたが、それでは、どのぐらいの割合で撮影できるのであろうか。これはむずかしい問題で、簡単に割り切れる答はなかなか出すことができない。ただの流星だけでもなかなか写真に撮るのは大変なことで、ましてスペクトルともなると、その光を分光器で更にわけてしまうので、写りにくいのも当然といえば当然なのである。また、使用カメラの明るさ、焦点距離、撮影範囲の広さ、分光器の種類や使用フィルムなどによっても撮影能率がかなり違ってくる。しかし、流星が十分明るいものであればどんな装置でも流星スペクトルは撮影できるので、問題は結局、最低どれだけの明るさなら流星スペクトルは撮れるのか、ということに帰着する。

ここでは、モデルとして、F1.4 のレンズをつけた焦点距離 55 ミリのカメラを考えよう。このカメラに、頂角 45° のプリズムをつけ、トライ X の 35 ミリフィルムを使用して撮影することを考える。これでなんとかスペクトルが撮影できるという流星の最低の明るさは、ずばりいってマイナス 2 等といったところと考えられる。スペクトルが写るか写らないかは、流星の見かけの速さにも関係して、見かけの速が遅い場合には多少暗くてもスペクトルは撮影できる筈である。「しし座群」、「ペルセウス座群」といった対地速度の速い流星では、径路末端で急激な増光（爆発とかフレアなどという）をすることがしばしばあり、この部分だけスペクトルが撮影できることも多い。

ここで述べた、マイナス 2 等という明るさは、写せる最低の条件をいったのであるが、この限界近くの流星スペクトルは、輝線が 2 本とか 3 本といった場合が多く、だいたいの様子を見ることはできるが、立ち入った研究をするには不十分である。解析して何らかの結果を導き出すためには、少なくとも 8 本ぐらいの輝線は写ってほしいものである。そのためには、更に明るい流星を写すことが必要になってくる。

#### ぶりずむとかいせつこうし

先に 1 例として分光カメラのモデルを示したが、実をいうと、流星スペクトル研究のためには、このモデルではやや能力不足である。仮にプリズムの材質が BK7 であったとすると、このカメラの分散は条件のよい場合で

2200 Å/ミリぐらにしかならず、ちょっと不十分の感じがする。何かを調べるためには、1000 Å/ミリ程度の分散はどうしてもほしい。分散を大きくするには、プリズムの頂角を大きくするか、焦点距離の長いカメラを使うかしなければならないが、このいずれもが簡単ではない。また、プリズム分光器の一般の欠点であるが、波長の長いところでは分散が小さくなって、輝線の分離が困難になってくる。

これを避ける方法として、分光器としてプリズムの代りに透過型の回折格子を使うことが考えられる。上記のカメラで 150 本/ミリの溝をきざんだ回折格子を装備するとすれば、分散はほぼ 1000 Å/ミリとなって、だいたいの希望の数値となる。

回折格子を使って撮影した流星スペクトルは、波長計算も厳密にできて、あとの処理もやりやすいが、流星スペクトルはプリズムの場合より更に写りにくくなるといわれている。事実その通りではあるが、それでも、ある特定の波長のところへ光が集中しやすいようにブレースした回折格子を使っていると、プリズムの場合よりひどく写りにくくなるというほどではない。この型の回折格子は高価であり、入手が困難なのが残念である。ブレースのない回折格子（例えば中学などで光学実験に使うもの）は、光の損失が極端に大きく、流星スペクトル撮影には不向きである。

私が観測に使用している東京天文台の分光カメラは、初期には焦点距離 200 ミリのカメラ 5 台（プリズム 3 台、回折格子 2 台）、300 ミリ及び 500 ミリのプリズムカメラ、の計 7 台であったが、その後だんだんと変わっていった。最近の観測では、焦点距離 200 ミリの四連自動流星儀にそれぞれ 150 本/ミリの回折格子をつけて追尾撮影、そのほか 2 台の普通の市販カメラに 300 本/ミリの回折格子をつけて、これには赤外フィルムを使用して固定撮影をするという形になっている。昨年 8 月の「ペルセウス群」の観測では、このシステムで 3 晩 21 時間の露光を行ない、4 個の流星スペクトルを撮影した。数からいえばこれは成績の良い方であるが、あまり質のよいスペクトルではなかった。

#### すべくとるしゃしんをどうするか

流星スペクトル写真が撮影できたらそれをどうするのか、そしてこれから流星のどんなことがわかるのか、ここで簡単に述べることにしよう。

普通の手続きとして、まずスペクトル輝線のそれぞれの波長を計算し、その輝線が、どんな元素のどんな状態から出た光かをつきとめるのが第一番のことである。これを輝線の同定という。次に、その輝線がそれぞれどんな明るさで光っていたのかを調べる。つまり写真測光をするのである。ここまではほぼきまりきった方法で仕事

を進めていくことができる。そして、どんな流星スペクトルでも、カルシウム、ナトリウム、マグネシウム、鉄、珪素といった、比較的なじみやすい元素が光っていることを知ることができる。

以上のことがわかったとすれば、これはそれぞれの元素の発光の状態がわかったということになる。そこで、このような発光状態は流星がどんな条件のときに生ずるのかを考えていくのがその次の段階になる。具体的には温度はどのぐらいか、電子密度はどうか、流星体の摩擦はどのぐらいの速さか、元素組成はどうか、……というようなことである。

これを調べていくのには、まだ「こうすればよい」という決ったやり方はない。どのようにすればいいのか、今のところ暗中摸索というのに近い。いろいろの仮定を立て、それで説明をしてみて、どこかに矛盾がでると仮定を立て直す。そんなことの繰り返しで、まあヒントの少ないクロスワードパズルにいろいろの文字をあてはめているようなものである。流星のスペクトル写真には、流星の性質を知るさまざまな情報が含まれているのは確かなことであるが、残念ながら、今のところ、それを読み解く力が不足しているという感じである。それでも、いろいろの試みから、少しずつではあるが、流星の性質がわかりはじめてきているのも事実である。

#### あとがきのこと

流星スペクトルをあとひとつ撮影したい。流星のことをもう少し知りたい。そうした日々を送って12年たち、私はやっと流星について少しものをいえるようになった。この間に撮影した流星スペクトルのいくつかは、アルバムにその写真を示してある。私にとってはどの写真も、そのときの観測と結びついて思い出深いものである。

ところで、最近のカナダの論文には、テレビカメラとイメージチェーブを組み合わせたような装置で流星のスペクトル観測をした結果が紹介されていた。これによると、昨年「ふたご座流星群」で数10個の流星スペクトルが得られたということで、今までの写真方式に比べて飛躍的な能率を示している。こういう事実から考えると、スペクトル写真撮影方式はすでに時代遅れなのかも知れない。

しかし、観測方式はどうであっても、スペクトルを通して流星のことを知りたいという願いは、観測する誰もが変らないことだろう。流星スペクトルについて未解決のところはまだたくさんある。歩みは遅くとも、私ももう少し流星スペクトルを見ていきたい、考えていきたい、そのように思っている。なお、私の流星スペクトル観測では、東京天文台天体掃索部および堂平観測所の方々にどんなに御世話になったかわからない。心から感謝の意を表するものである。

# 岩波書店

東京千代田一ツ橋/振替東京6-26240



## 相対論の意味

A.アインシュタイン著/矢野健太郎訳

プリンストン大学での「相対論に関する四つの講義」を中心に、その後の発展に対する解説と著者の最後の理論「非対称場の相対論」を加えたもの。  
B 6 判・190頁 950円

[岩波科学の本 14]

## 気球をとばす

西村 純著

観測器をつりあげて、30~40キロのはるか高空にのぼり、宇宙の観測をする大気球をとばしている著者が、その体験を生きいきと語った書。  
A 5 変型・234頁 1300円

躍動する現代科学を的確にとらえる

## 科学 10月号 ● 460円

《特集》相対論と宇宙物理

巻頭/相対論と宇宙物理'によせて

宇宙論の観測的基礎……………寿岳 潤

一般相対論—現況と展望……………林 憲 二

白鳥座のX線源“Cyg X-1”……………蓬 茨 靈 運

重力崩壊と

ブラック・ホールの物理学……………佐藤文隆

パルサー……………一丸 節 夫

準星と重力……………緋田 吉 良

重力波の物理……………平川 浩 正

話 題

相対論の核心にふれる現象は何か…早川 幸 男

Space Astronomy……………小 田 稔

ガンマ線バースト……………西 村 純

宇宙線における超重核の観測…伊藤 謙 哉

軟X線でみた空……………田 中 靖 郎

一般相対論とMach原理……………岡 村 浩