

学生によるしし座流星群の計数観測の試みとその解析結果

— 研究と教育の架け橋としての「卒業研究」を目指して —

野 坂 徹

1. はじめに

短期大学部経営情報学科のカリキュラムの中の「特別研究」という科目は4年制の総合経営学部が短大部と併せて松本大学として開校する以前の短期大学の「卒業研究」を引き継いだもので、この科目が設定されたのは1999年からであった。それまでは「ゼミナール」で、単位認定の条件の1つとして卒業論文を学生に課していたがゼミで卒業論文を義務づけないかわりに、希望する学生にはこれに替わる等価な課題として「卒業研究」に取り組みせることになった。この背景にはゼミナールが必修科目であることから学生によっては重すぎる課題になる場合もあり、学生全員に課す以上評価基準の設定はそんなに高くできない。そこで、知的要求の高い学生に専門分野における研究の一端に接する、あるいは研究と呼べるような取り組みができる場を確保しようという教育上の配慮があり、これを具体化したカリキュラムを提示することで学生の勉学意欲を引き出し、高めるために選択科目として「卒業研究」が、「ゼミナール」とは別に設けられたと理解している。

このような主旨で設置された「卒業研究」のテーマとして流星群の観測を続けてきて4年が経過した。ここでこれまでの取り組みを大学における教育活動の側面から総括してみると同時にその観測結果を学生による研究活動の成果として取り上げてみたい。まず、このテーマを選んだ背景について少し触れておこう。流星群の観測、しかも計数観測を行う場合には他の天文現象に比べてこれといった機材を準備する必要がない。観測と並行して流星の写真を撮る場合は、カメラ、三脚など撮影機材一式が必要になるが、それ以外は懐中電灯など誰もがたいていは持っているもので十分である。最近では流星の電波観測や高感度ビデオカメラによる観測がアマチュアの間でもかなり広まっているが、初心者にとって流星という自然現象を自分の眼で観察することを重視した。次に多くの流星が見られる群流星は一年を通じていくつかあるが、流星の出現数はそれぞれ固有の周期で変動する。そしてその数が極大となる日は個々の流星群ごとにほぼ決まっている。従って観測を成功させる上で問題となることは天候と観測環境が不確定要因として残るだけである。観測環境とは、観測場所、及びその周辺に観測に影響するような街灯などの人工的な灯り、照明などがないかどうかである。

以上述べてきたように当初から「卒業研究」を通じて自然現象を直接自分の眼で体験すること、別の表現を使えばフィールドワークを重視することを基本方針としていた。この体験を中心に置いて、それに向けての準備の過程で、自然科学の世界で自然現象を捉える捉え方、及びそのために必要な基礎知識について学び、フィールドワークの体験で得られたデータをもとにして初歩的な解析を試みる。それをまとめて卒業論文を作成することをこの科目の課題とした。そして今年(2002年度)は過去の観測データの比較をすることによって研究的側面に置いてこれまでよりも踏み込んだ試みを行った。

2. 観測に向けての準備と初心者対策

天文現象は、ハレー彗星や、しし座流星群、皆既日食などマスコミで取り上げられるたびごとに大きな反響を呼び、一般の人々の天文現象に対する関心の高さを伺わせるものと

受け止められるが、意外と基本的な部分で誤解や不正確な理解が多く見られる場合がある。「卒業研究」履修希望者と履修の可否を決める面談で話をしたり質問したりする中でたびたび同じようなことを経験する。それは宇宙や星について強い関心と興味を抱いている一方で、現象の基本的な仕組みについて正確に理解されていない場合が多いことである。その原因の1つとして、天文現象とじっくり向き合う機会が少なくなっていることが影響しているように思われる。「卒業研究」としては最初から観測を導入してもかまわないところだが、初心者ということで、観測に向けての準備として以下に述べる3つの取り組みを行ってきた。ひとつは(1)に述べてあるが流星について基礎的な理解を共有することを目的とする取り組みで、これは1999年から始めた。(2)は当初、全く考えていなかった。本物の星空が見えるのにわざわざプラネタリウムのお世話になることに矛盾を感じていたからだが、観測の回を重ねるごとに初心者による観測を成功させる上で大きな利用価値があることに気がついた。(3)は2001年にしし座流星群について専門の研究者とアマチュア天文家(いわばプロとアマ)が協力して進めている研究会があることを知り、本学学生(卒業研究履修者、及びサークル天文同好会等の、観測に参加するメンバー)にも参加させる価値があると判断した。

(1) 流星現象についての基礎学習

「流星」、くだけた呼び方で「ながれ星」として知られているこの天文現象は実際には地球表面を覆う大気中で起きる現象で、太陽系空間に漂う細かな粒子(一般に塵と呼ばれている)が、地球の大気に降りそそぎ、高度100km付近で発光しながら大気中を走る現象である。ここでは積極的に疑問点や質問を引き出すことに留意した。というのはこの段階で素朴ではあるが重要ないくつかの質問が出てくることが期待されるからである。流星のもとになる「塵」は太陽系のどこにその源があるのか、発光のメカニズムは何か、隕石とどこが違うのか、などである。その反面、一般に学生は受けた質問に対しては、知らない事や理解できないことがあってはならない、教員は答えられるはずの事として質問していると受けとめる傾向、雰囲気がある。しかし教員の方は正しい答えが返ってくることを期待しているのではなく、問題意識を持ってもらうための問いかけのつもりで質問をすることもある。敷居を低くして自由に疑問点が出せる雰囲気作りが重要になる。以上の問題を含めて、流星そのものについての概要と流星の種類や関連の深い天体などについて、テキストを軸に一通り学ぶ。いずれも、研究者やアマチュア天文家にとっては常識となっている事柄である。

「卒業研究」履修者のほとんどがこれまで流星を自分の眼で見たことがない。それだけでなく、星座もオリオン、カシオペア、北斗以外にわかる星座がほとんどない。宇宙や星の世界に興味を持った場合にまず手に取るのが星座盤であり、最初に覚えるのが馴染みのある星座であろうから、天文現象の1つである流星をテーマとする科目の履修を希望してくる学生に四季を代表する星座をそれぞれ1つあげるとはそんなに無理な注文ではないだろうという予想は完全に外れた。学問的な関心からではなく卒業に向けての単位取得が履修の動機となっていると考えられなくもないが、「それにも関わらず、宇宙と星の世界に興味を抱くのはほかでもないその学生自身の体を構成する物質のレベルまで遡ってその生まれ故郷を追って見たとき、たどり着くのが宇宙と星の世界—暗黒星雲の一角であった

り光り輝く星の内部であるかも知れないことを考えればそこに天文学に対して抱く魅力の源泉がある」からに違いないと自ら納得させるよう心がけた。

(2) プラネタリウムを利用した事前学習

流星「群」の観測はその名称からも想像がつくように、特定のグループを形成している流星だけを判別して観測する。従って一般の流星（散在流星と呼ぶ）か、目的の群流星かを見分ける必要がある。そしてそれは流星の飛んだ位置と方向から判断するのであるが、星空の中でこの位置や方向を認識するための基準、わかりやすく言えば目印となるのが星座とその配置である。つまり星座は星空の地図の役割をするので、流星観測をする時には当日の夜にどんな星座がどの方向に見えて時間の経過と共にどのように動いていくか、について大ざっぱにでも把握しておく必要がある。1つの方法は観測予定日前の適当な日を選んで観測予定当夜の星座の配置に近い星空を観察することである。2001年はこの方法で星座の事前確認を行った。しかしこの方法はよく晴れた深夜から未明にかけて学生達を集める必要があり、本番に準じた取り組みとなる。夜空の星座は季節により時刻により、規則正しく変化する。それを逆に利用して希望する日及び時刻に見える星座を映し出せる機器がある。よく知られたプラネタリウムであり、この場合最大の利点は休日の昼間に、しかも時期を選ばず、目的とする事前体験学習ができることである。そこで、2002年は観測予定当夜の星座とその配置を事前体験するために、大町エネルギー博物館（注1）の協力を得て、博物館内のプラネタリウム施設を利用して学生達にこの事前体験を実現させることができた。

(3) 流星群研究会への学生参加の試み

しし座流星群についてはこれを研究対象としている専門の研究者と、流星観測に継続して取り組んでいるアマチュア天文家、また中学・高校等で生徒を集めて流星観測に取り組んでいる教員等の方々が毎年集まって小研究会が行われている（注2）。中心となっているのは日本の宇宙科学、天文学の研究を担っている研究施設のなかでも中心的な役割を果たしている宇宙科学研究所や国立天文台の若手研究者と大学院生である。そしてここ数年、しし座流星群に焦点を当てて毎年、小研究会を開いている。「卒業研究」を進めていくうえで参考になればと思い、昨年(2001年)この小研究会に参加した。その時の経験から、「卒業研究」を受講している短大の学生をこの小研究会に参加させることによって、彼らに流星研究の最先端の研究現場を見せることは、この分野の研究がどのように展開されているのかを知るだけでなく、自分達が「卒業研究」でやろうとしていることを流星研究全体の中で位置付けるのに有益であると考えに至った。今年(2002年)の小研究会は次のような日程と場所で行われた。

レオニード流星群観測小研究会 国立天文台（三鷹）9月28日（土）10:00～18:00

(注1) 大町にある、電気、通信に関係した展示を子供にもわかるように遊びの要素を持たせている。一角にプラネタリウムの施設がある。正規の上映時間の合間を使って我々のプログラムを受け入れてくれた。

(注2) 主な参加団体：日本流星研究会、長野工業高等専門学校、航空宇宙技術研究所、東京流星ネットワーク、名古屋大学地球環境科学、東北大学航空宇宙工学、理化学研究所、宇宙科学研究所、国立天文台

3. 1999年から2002年の4年間の取り組み

観測対象とした流星群は、ペルセウス座流星群（8月）としし座流星群(11月)であるが、天候に恵まれずに観測できなかつた場合が、当初予想していた以上に多かつた。これには観測地の選択にも問題があつたと言わざるを得ない例もある。地形の特徴から天体観測には適さない気象条件を作りやすい場合があり、観測値の設定の難しさを改めて感じた。観測地を設定する際にもう一つ考慮しなければならない問題がある。観測条件のすぐれた所を追求していけば、深夜の野外で街灯などの明かりが無く暗いところで人通りがない場所ということになるが、それは女子学生の割合が高い短期大学やそれに準じる場所では、最も避けなければならない場所である。観測条件も良く、しかも安全な場所を見つけることの矛盾に悩んだ結果が表3-1の観測地の項に現れている。この表にはその他それぞれの年ごとの受講者数、観測した流星群、観測期間についてまとめてある。受講者は表3-1に記した通りであるが、サークル天文同好会のメンバーや卒業生も加わつて観測に参加した学生数は若干増える。この中でデータ解析に耐え得る観測ができたのは、1年目(1999年)と3年目(2001年)でその他は天候に恵まれず観測できなかつたり、実際の出現数が極めて少なかつた年である。

表3-1

年	受講者数	観測できた流星群	観測できた流星群	観測値
1999	4(2)	しし座流星群	11/19(0:30)~19(4:00)	乗鞍ｽﾀｰ場
2000	3(3)	ペルセウス座流星群	8/11(0:00)~11(3:30)	松本市里山辺
2001	6(1)	しし座流星群	11/18(22:00)~19(4:00)	学内ﾃﾞｽｸﾞｰﾄ
2002	2(0)	しし座流星群	11/19(0:00)~19(4:00)	学内ﾃﾞｽｸﾞｰﾄ

受講者数：最終受講者数、()内は女子学生

4. しし座流星群の観測結果と解析

前章で夏のペルセウス座流星群と冬のしし座流星群が観測対象であると述べたが、当初の構想では夏のペルセウス座流星群が観測をするのには最も適していることから、これが第1候補であつた。夏休み中であり条件の良い所へ泊まりがけの観測合宿を組むことができる。夏でもあり防寒対策はそれほど気にする必要はない。秋の大学祭まで期間があるのでじっくりと観測データの解析ができて「中間発表」を行うことができる。従つて万一ペルセウス座流星群が観測できなかつた場合にしし座流星群を考えていた。しかしその場合にはペルセウス座流星群の場合と比較すると厳しい状況になる。休み中ではないので通常の授業があり泊まりがけの観測合宿は組みにくく、時期的にも防寒対策に万全を期す必要がある。観測データをもとに「卒業論文」をまとめるのもあまり時間的余裕はない。

それにも関わらず、表3-1を見れば明らかのように、結果的にはしし座流星群が大きな位置を占めていることがわかるが、その原因は天候である。ペルセウス座流星群の極大日は8月12日頃であるが、意外とすっきり晴れわたることが少ない。その結果、しし座流星群中心の観測になっているのであるが、この流星群はその後極めて話題性に富んだ観測対象になっていく。

(1) 1999年の結果から

ここでは受講生の内、男子学生2名が乗鞍スキー場で観測したデータをもとに、しし座流星群の出現数とその時間変化を中心に解析を行った結果について述べる。

計数観測の結果は表4-1に示されているが観測日時は11月19日の1時から4時までの3時間を15分ごとに区切って集計している、従って集計回数は12回となる。15分ごとの2人合わせたカウント数(2人合わせたしし座群の出現流星数) $K_i (i=1\sim 12)$ とこれをもとに1人の観測者が1時間当たりで見ることのできる平均的な流星数(Hourly Rate: HRと略記)の推定値、HR1iおよびHR2iが記されている。HR1iは15分間の観測でカウントされた流星数をもとに出現頻度が一定と仮定してHRを推定しているのに対して、HR2iは1時間の移動平均を求めてこれをHR値と見なした。すなわち連続する4つの15分値カウント数の合計を求めてこれを、用いたデータに対応する時間幅のちょうど中央の時刻におけるHRと見なすものである。それぞれのHRは次のようにして求められる。

$$HR1i = 4 \cdot \frac{K_i}{n} \quad (n \text{ は観測者数, } i=1\sim 12) \quad (4-1)$$

$$HR2i = \sum_{j=i-1}^{i+2} \frac{K_j}{n} \quad (i=2\sim 10) \quad (4-2)$$

これによって得られる15分ごとのHRの変化をプロットしたものが図4-1である。ここで図4-1で次の2点を、特徴として指摘しておく。

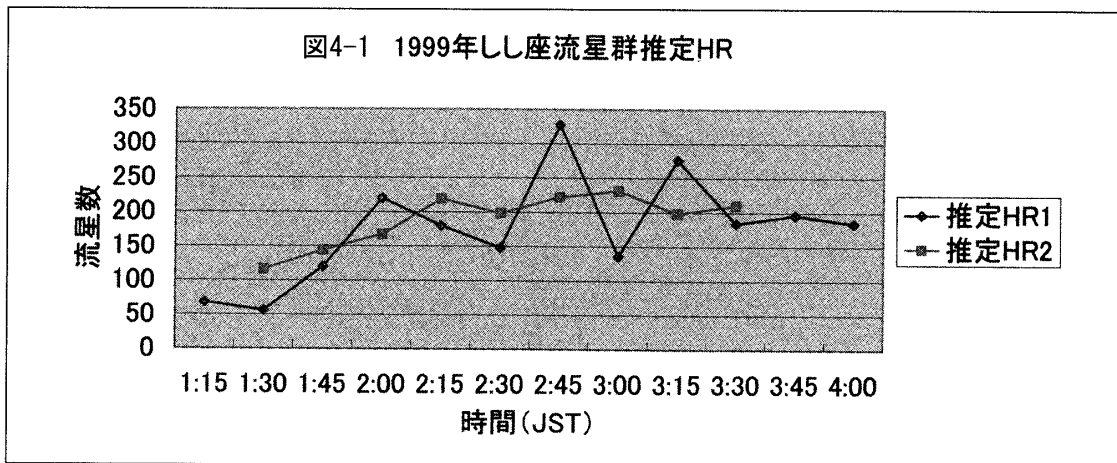
① 式(4-1)で求められるHRの極大時刻は2:30~2:45で式(4-2)では2:45~3:00であることから、2:45を中心とする±15分の幅に極大を迎えたと考えられる。

② HR1で見ると流星数の変動が大きいのに対して、HR2は緩やかに増減している。この点については以下の章で考察する。

表4-1 しし座流星群観測データ(1999年11月19日 1時~4時)

観測時間	1:00-1:15	1:15-1:30	1:30-1:45	1:45-2:00	2:00-2:15	2:15-2:30	2:30-2:45	2:45-3:00	3:00-3:15	3:15-3:30	3:30-3:45	3:45-4:00	合計
時間区分	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00	
カウント数	17	14	30	55	45	37	82	34	69	46	49	46	524
推定HR1	68	56	120	220	180	148	328	136	276	184	196	184	
推定HR2		116	144	167	219	198	222	231	198	210			

推定HR2: 前後1時間の合計 ex. 1:00-2:00の合計を1:30での値とする
推定HR1: 15分値 * 4



(2) 2001年の結果から 一たぐいまれな大流星雨との遭遇—

しし座流星群は典型的な周期流星群の1つで、母彗星（テンペル・タットル彗星、公転周期33年）の回帰に合わせて流星数が増加することで知られている。それに基づく予想では母彗星の33年ごとの回帰が、直近では1998年頃であったので、流星数は減少期に入っていると考えられていた。状況が一変したのは新しい視点からの予想として天頂修正出現数ZHR=10,000~15,000に達する大出現の可能性が情報として出されてからである。新しい視点からの計算方法による出現数極大の日時、出現数の予報は、従来の「何月何日」という「日」までのレベルから、「何月何日何時何分」に何々地域（北アメリカ、東アジア等）というレベルまで絞り込んだ予報で、観測結果とのズレは数十分であった。そこで大出現に備えて観測体制を修正した。観測記録は人手による記録用紙への書き込みではなくテープレコーダーに録音する方式に変えて、群流星を確認するたびに声を出して方角と群流星か散在流星かを報告する方法をとった。観測に参加する学生が多かったこともあり方角ごとの集計も行った。これらの結果を表4-2に示す。観測日時は2001年11月19日0時10分から4時までの3時間50分だが観測を始めた0時10分から0時55分までの45分間は15分単位の集計で観測に慣れるための予行演習、あるいはウォーミングアップとして行い、1時50分から4時までは10分単位の集計で本番の観測とした。途中、2時50分から3時10分まで休憩を入れたため集計回数は11回となった。

本番の観測の前に「予行演習」の時間を設定したのにはもう1つの理由があった。流星を見るのが初めてというメンバーで方向別に分担を決めて観測を始めた場合、かなりの出現数が予想される流星群に遭遇したときにどういう事態になるか、かつての経験からほぼ想像がついていた。予想どおり流星が流れるたびごとに歓声上がり全員が同じ方向を向いている、記録のための録音テープには夜空を飛び交う光の雨に遭遇した歓声が入っていても観測データとなる情報は録音されないままテープが送られて行く。

観測値の表4-2をもとに推定HR1を求めたのが表4-3でこれに基づいて方向別に推定HR1の時間変化をプロットしたのが図4-2である。前項(1)の場合と異なるのは15分ではなく、10分ごとの集計が基礎データになっていることである。この変更も出現数の飛躍的増加に対する対応である。出現頻度が一定という仮定のもとで推定されるHRは*i*番目の10分値について5方向の合計を*K_i*とすれば

$$HR1_i = 6 \cdot \frac{K_i}{n} \quad (n \text{ は観測者数として方向の数を用いる, } i=1 \sim 11) \quad (4-3)$$

また、1時間の移動平均値、つまり連続する6つの10分値カウント数の合計を求めてこれを、用いたデータに対する時間幅を代表する時刻におけるHRと見なせば式(4-2)と同様に

$$HR2_i = \sum_{j=i-3}^{i+2} \frac{K_j}{n} \quad (i=4 \sim 9) \quad (4-4)$$

これによって得られる10分ごとのHRの変化をプロットしたものが図4-3である。また、全天での流星数の時間変化をプロットしたのが図4-4である。時間変化の特徴をわかりやすく示すために30分の移動平均をとってあるが、この図から極大は3:25JST（日本標準時）と見てよい。これを日本流星研究会による暫定結果が図4-5であるがこの図から極大時刻を読みとると18:20UT（世界時）頃になる。これは日本標準時に換算すると、3:20JSTとなり両者は5分間のズレしかなくよく一致している。

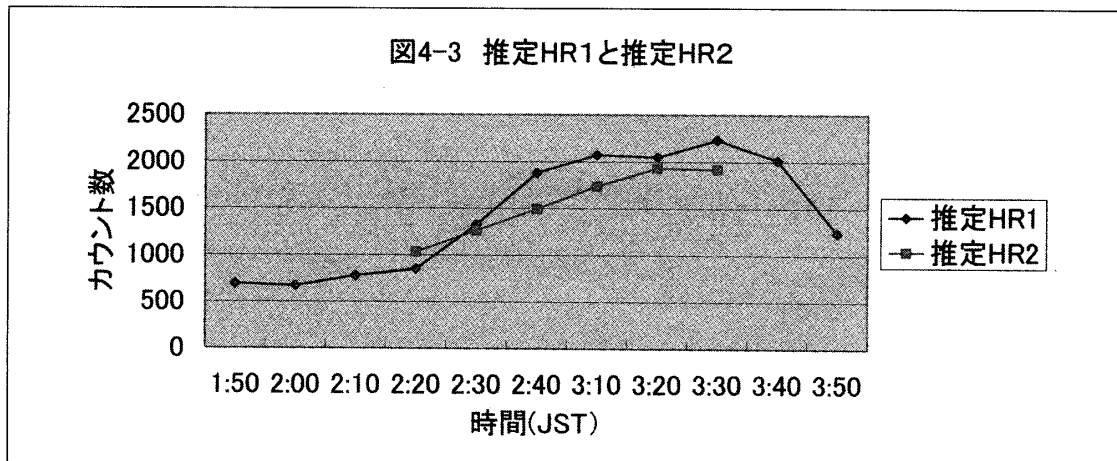
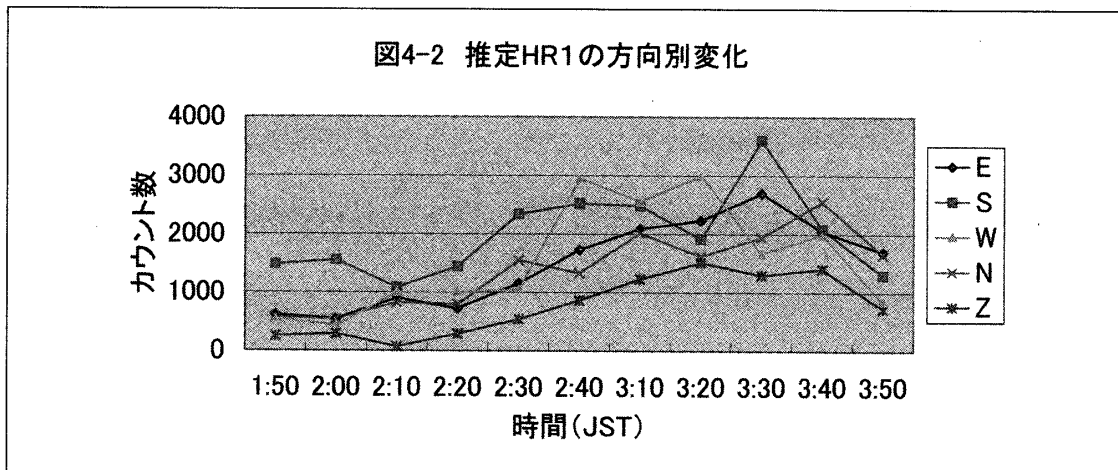
表4-2 しし座流星群観測データ (2001年11月19日) 15分値:0:10~0:55 10分値:1:55~2:50 3:10~4:00

方向	0:10	0:25	0:40	15分値計	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	3:10	3:20	3:30	3:40	3:50	10分値
E	12	8	16	36	102	90	150	120	192	288	348	372	450	342	282	2736
S	16	8	48	72	246	258	180	240	390	420	414	318	600	348	216	3630
W	28	24	16	68	90	72	168	168	174	492	426	498	276	330	138	2832
N	0	20	20	40	96	90	138	132	258	222	336	270	324	426	276	2568
Z	12	24	8	44	42	48	11	48	90	144	204	252	216	234	120	1409
合計	68	84	108	260	576	558	647	708	1104	1566	1728	1710	1866	1680	1032	13175
平均	13.6	16.8	21.6	52	115.2	111.6	129.4	141.6	220.8	313.2	345.6	342	373.2	336	206.4	2635

表4-3 表4-2の 15分値のデータ*4, 10分値のデータ*6

表4-3 しし座流星群推定HR1 (2001年11月19日) 15分値:0:10~0:55 10分値:1:55~2:50 3:10~4:00

方向	0:10	0:25	0:40	45分値	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40	3:10	3:20	3:30	3:40	3:50	10分値
E	48	32	64	144	612	540	900	720	1152	1728	2088	2232	2700	2052	1692	16416
S	64	32	192	288	1476	1548	1080	1440	2340	2520	2484	1908	3600	2088	1296	21780
W	112	96	64	272	540	432	1008	1008	1044	2952	2556	2988	1656	1980	828	16992
N	0	80	80	160	576	540	828	792	1548	1332	2016	1620	1944	2556	1656	15408
Z	48	96	32	176	252	288	66	288	540	864	1224	1512	1296	1404	720	8454
合計	272	336	432	合計	3456	3348	3882	4248	6824	9396	10368	10260	11196	10080	6192	79050
平均	54.4	67.2	86.4	平均	691.2	669.6	776.4	849.6	1324.8	1879.2	2073.6	2052	2239.2	2016	1238.4	15810



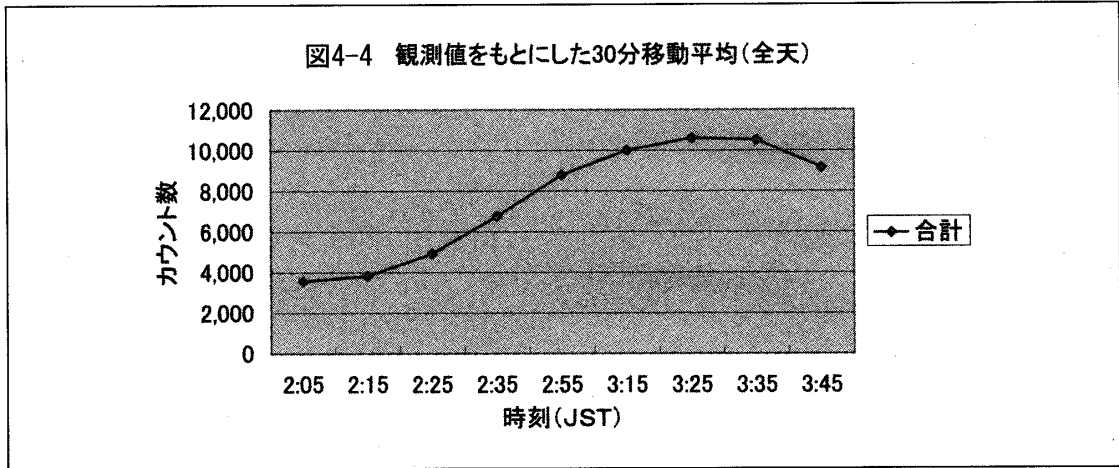
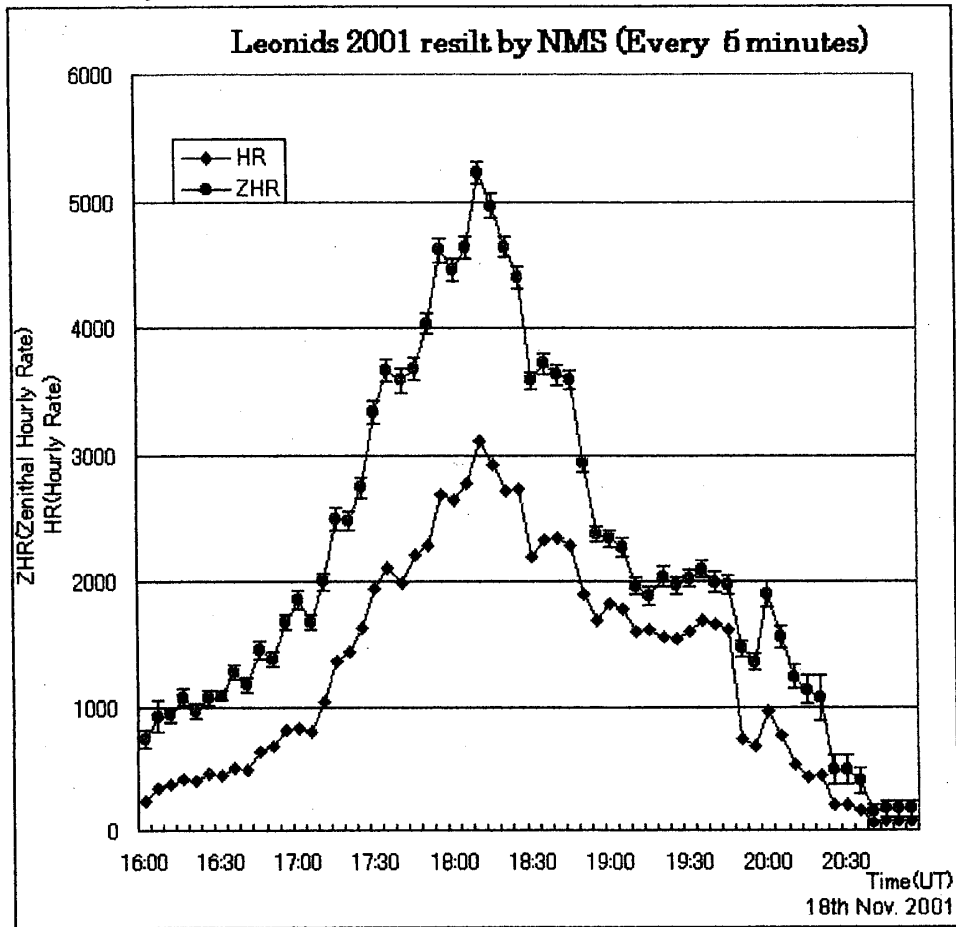


図4-5
日本流星研究会に報告されたの出現数の暫定結果
Preliminary results from The Nippon Meteor Society (NMS)



(3) 観測上の問題点

初心者による流星観測では当然の事ながら流星数のカウントミスが生じやすい。これには流星群の眼視観測に原理的に予想されるものと、今回のような大出現の場合に特有のものがある。

①隣接した方向での同一流星のダブルカウント

見かけ上の飛跡の長い流星は、観測の便宜上区分した複数の領域にまたがって流れる可能性は高い。したがってそのような場合は、異なる領域を担当している観測者から、同一流星に対する報告が集まる。もともと出現数が少なければ複数の方向から同時に報告があった場合、同一流星と見なして処理するか、あるいは当事者（流星を確認した複数の観測者同士）で確認作業もできるが出現頻度が高い、今回のような大出現の場合は不可能である。

②同時多発流星

同一方向でほとんど同時に複数の流星が流れる場合のことを仮にこう呼んでみたが、これも流星雨と呼ばれるような現象の場合で流星観測の経験豊かなアマチュアにとっても初めての経験と思われる。2001年のしし座流星群の時に観測に参加していた学生からこの場合どう対応すればよいかと声が上がった。この時は確認流星数だけを観測すると決めていたため同時であっても確認できる数だけ、報告することにした。等級まで観測項目に入っていれば3～4個同時に流れれば対応できないであろう。

③極限等級の観測欠如

計数観測で出現流星数を時間を追って観測したとしても、そのカウント数（数値）を他のグループや、他の地域での観測値と比較する場合、観測条件として何等級の星まで確認できるか、つまり最微光星が何等級かを観測しておく必要がある。これは極限等級の観測と呼ばれているが、2001年までの最初の3年間は、発光時間が1秒に満たないような流星の光度観測は初めて流星観測に臨む学生たちには荷が重いだろうと考え、流星の等級は観測項目に組み込まなかった。このとき極限等級の観測もはずしてしまったのであるが、これは観測計画上の不備であった。

したがって観測から直接得られる1時間流星数（HR）は出せるが、理想的な観測条件のもとで観測される1時間流星数の推定値、つまり天頂修正出現数（ZHR）の算出はできない。この反省にたって、2002年度は初心者でも取り組める光度観測の方法について検討した。観測者に視力の差があることを考慮し、各自が観測に先立って自分が見て「明るい」星、「暗い」星、及び「その中間の明るさ」の星として3つの恒星を、夜空の担当領域の中で選んでおく。この3つを基準として7段階の光度観測ができる。この段階では相対的な順位が決まるだけであるが、後で基準として選んだ3つの恒星について星図をもとに、その等級を求めれば、ある程度、解析に活用できる光度のデータが初めての学生でも出せるであろうと考えた。

5. 観測結果に対する考察

(1) 推定1時間流星数HR1とHR2

観測データは10～15分単位のカウント数で構成されていることから、これをもとに10分ごとあるいは15分ごとに1時間流星数を推定できる。その場合、4章の(1)で述べたように2つの推定方法が考えられる。推定1時間流星数HR1は流星数を集計する時間単位(この場合は10分間、あるいは15分間)での流星の出現頻度がその前後あわせて1時間にわたって一定という仮定が入っている。これがHR1のグラフが縦軸方向の変動が大きくなる原因と考えられる。つまり、実際には出現頻度は変化し、観測経験があれば体験的に知っていると思われるが記録担当者が流星が飛び交う星空を見上げる余裕がないほど次々と流れるかと思うと、しばらく沈黙したかのように流れなくなることがある。それは流星物質がその軌道の方向に沿って一様ではなくある程度の密度変化があることを意味する。流星物質は、その起源に当たる彗星の軌道に沿ってチューブ状に分布する、いわゆるダストトレイルを形成している(McNaught and Asher, 1999)とすれば、その軸方向に密度分布があれば時間の経過と共に密度分布の濃淡が出現流星数の時間変動として観測される。したがって10分～15分間の観測が流星物質の分布密度の高い部分に対応するか、低い部分に対応するかによって推定HR1の値は大きく左右される。もう1つの推定1時間流星数HR2は連続する4～6つの時間区分で得られた値を合計していること、及び合計する区分を1つずつずらす方法で移動平均をとっているので実際の流星数とその時間変動を良く反映していると考えられる。

(2) 推定HRの方向別変化の特徴

流星数を東西南北の方向別に集計した場合、放射点方向が出現数が多いと考えられるから観測結果を方向別に集計し、HRの時間変化をプロットすればグラフのピークは放射点の登ってくる東が最初にピークをむかえ、順次南または北、最後に西がピークを迎えると予想される。これは流星物質がほぼ一様に地球の大気圏に突入したとすると放射点を中心とする領域と、放射点から離れた領域での流星の見え方を比較すれば、図5-1から明らかのように同じ大きさの視野角P、Qの中で見える流星数は突入してくる流星物質の間隔が同じであっても見かけ上異なってくる。ところが図4-2を見るとピークを迎える順番は最初に西、天頂、南または東、最後に北となっていて、予想とは異なる。図5-3は東西南北の4方向について方向別の各10分値のデータを使ってレーダーチャートを作成し、流星数の方向分布を10分ごとに追跡したものである。この図から、2時40分頃から流星数が全方向的に増え始めていることや増える順序が西から南、東を経て北へと移っていく様子が確認できる。観測精度の検討が必要であるが、先に述べたように全天の流星数の時間変動で見える限り日本流星研究会による結果と比較してみると全体のピークの時刻は極めてよく一致していた。また複数の方向での同一流星のダブルカウントの問題、および同時多発流星の処理の問題がある。従って断定的なことは言えないが、もし図4-2に見られる傾向が定性的にそれほど間違っていないとすれば、それを説明するためにどういうことが考えられるか。

1つの仮説はダストトレイルを形成する流星物質の空間分布の非一様性の現れと考える

ことである。先のHR1の変動から流星物質の軌道方向に沿った密度分布が一様でないとなれば軌道の断面に沿った方向でも密度分布の非一様性があっても不思議ではない。図5-2は観測者の位置を基準にその右側が東の方向で左側が西の方向である。入射してくる流星物質が西側で分布密度が高い状態であったと想定した場合の図である。このような結論の是非を確定するためには、観測精度をチェックできるような観測を、流星物質の軌道、あるいはAsherの言うところのダストトレイルのよくわかっている流星群について行ってみることが必要であろう。

群流星の輻射点からの距離と見かけの経路の長さ

図5-1

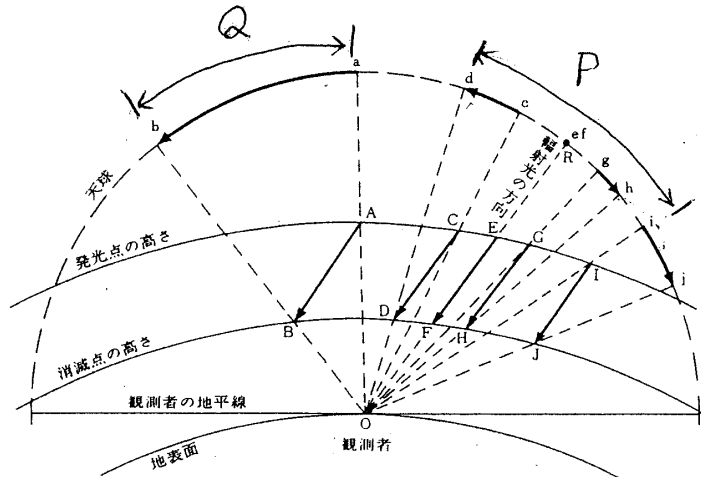
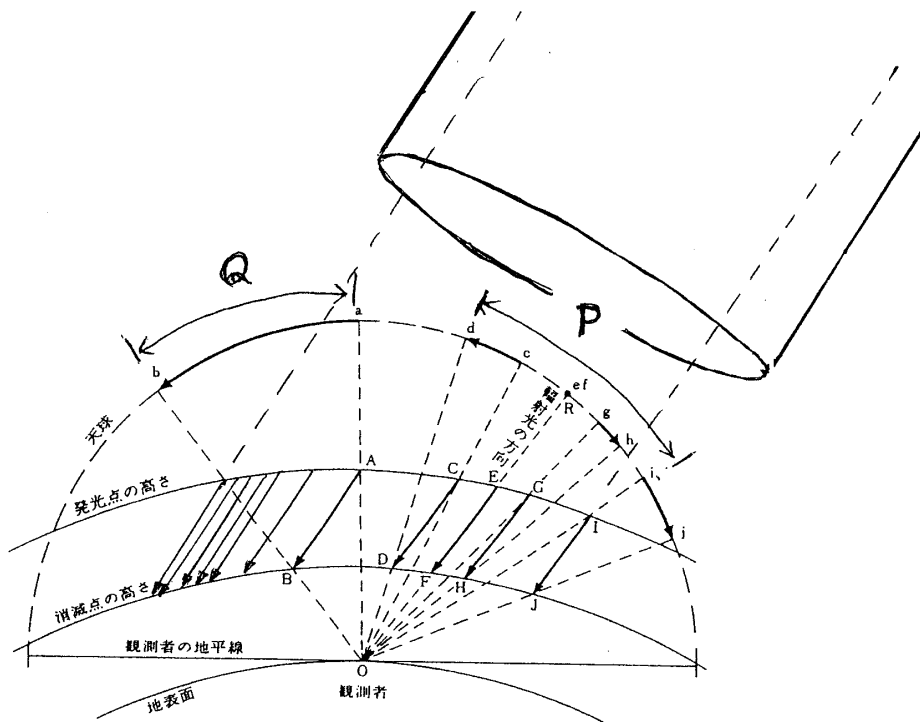


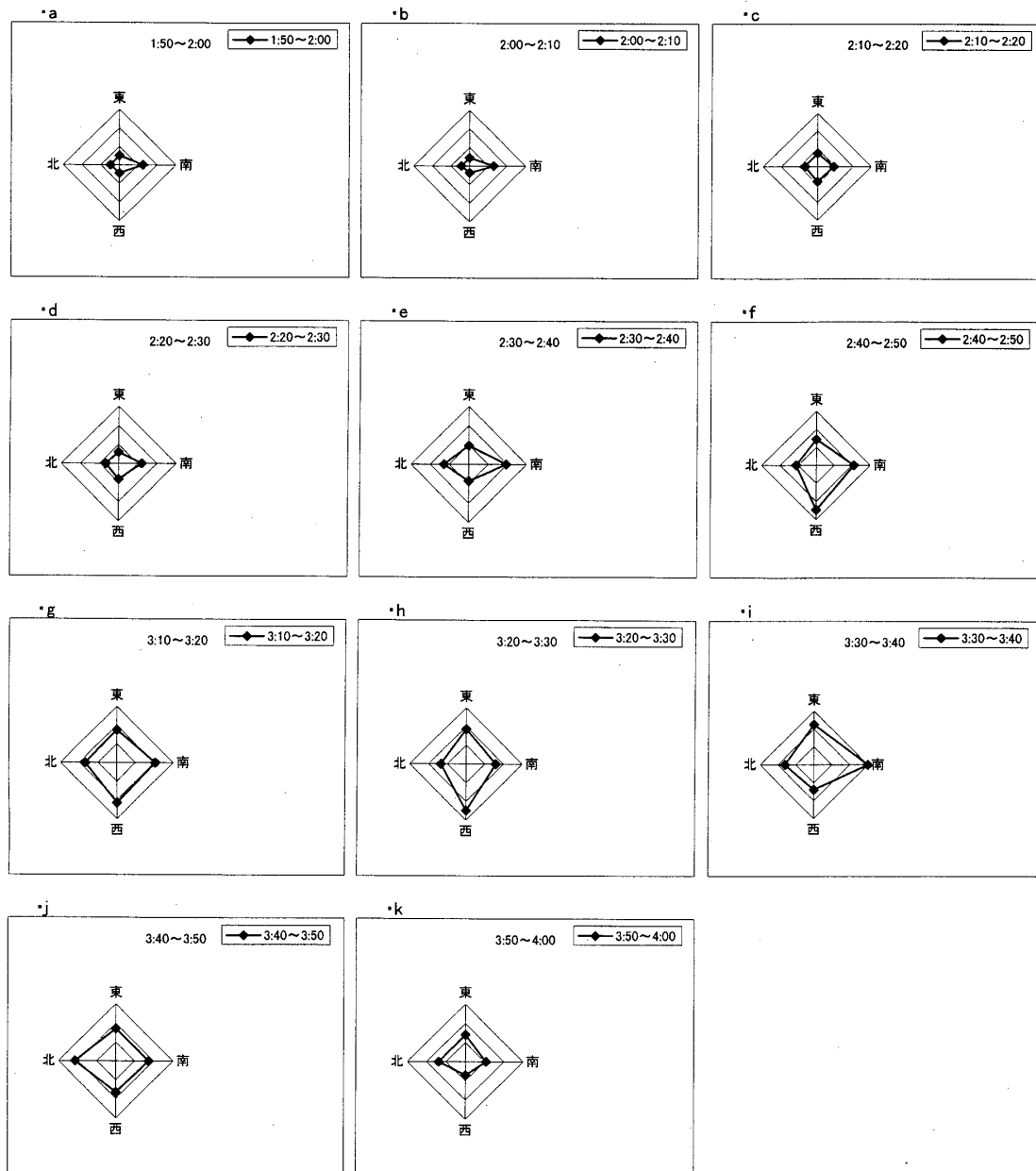
図5-2



群流星はA-B、C-D…I-Jのように平行な経路をもって地球の大気に入ってくる。群流星は同じ速さで突入してくるから、だいたい同じぐらいの高さで発光し、同じぐらいの高さで消滅する。これらの流星を観測者Oから見ると流星ABはa bに、CDはc dに、I Jはi jに見える。またEFは観測者Oに向かって飛び込んできているから、1点Rに光のように見える。これが停止流星といわれるもので、その点が輻射点から放射するように見え、輻射点からはなれるほど見かけの経路が長くなっていく。(日本流星研究会編「流星観測ガイドブック」,1974年一部改変)

図5-3

※ 最高値は600とする。



6. まとめ

天文学、宇宙科学の分野が他の学問分野と比較して大きく異なる点は、専門の研究者の他に層の厚いアマチュア天文家と呼ばれるいわば研究者予備軍が存在することである。特に流星観測については流星を文字通り専門としている研究者はそれほど多くはないようである。そのことともかかわって、流星観測についてはいわゆるプロとアマのレベルの差はわずかである。したがって短期大学の学生、高校生、専門学校生とその教員の取り組み

によっては観測データが流星研究に一定の貢献を果たす場合もあり得る。

そのためには流星観測についてほとんど初心者である学生達に対して観測に向けた準備もそれを考慮しておこなう必要がある。その1つにプラネタリウムの施設を有効に利用できることを確認した。

「卒業研究」という短期大学における科目のなかで実際の専門的な研究と接点を持つような取り組みができれば、研究現場で学生自らがその一員として参加した体験を持つ事に繋がる。「研究」というものが雲の上の営みで自分達が関われるものではないという意識を脱却して、テーマや方法によっては誰にでも取り組めるものがあるという認識を持つことは、1つの分野、1つの研究を特定の研究者だけで進めるのではなく、研究者を中心としながらも様々な層の人々が様々な形で関わる中で進めていくことを可能にする。

観測結果についてはすべての学生にとって流星観測は初めての取り組みであるだけに観測精度の検討が必要であるが、流星数の極大時刻が日本流星研究会による暫定結果と良く一致していることから精度についてもある程度平均操作をしたものについては、議論に耐えうる結果が得られたと思われる。その上で学生達の観測から言及できることとして、しし座流星群のダストトレイル内の流星物質の分布は一様ではなく、その断面に沿って密度分布があることを示唆する結果が得られた。

7. 謝辞

事務局の方々には、2001年及び2002年のしし座流星群の観測に際して大学校内のテニスコートを利用させていただきうえていろいろと便宜をはかっていただきました。当日は観測に参加する学生達のために和室のサークルボックスを控室及び休憩室として利用できるよう配慮していただいた他、暖房器具等も用意していただきました。

大町エネルギー博物館とプラネタリウム担当の方には観測に向けた準備の1つとしてこちらからお願いしたプログラムに沿った上映を、あき時間をさいて実施していただきました。

また、今回の流星群の観測を担った学生諸君は次の21名で、それぞれが各自の持ち味を出し合ってくれた結果として、今回このようなかたちでまとめることができたことを明記しておきたいと思えます。

卒業研究受講生

1999年 伊藤彰仁、須澤尚樹、柴田美智代、有馬沙緒里

2000年 岩下奈美江、杉浦由美、関森和美

2001年 勝山亮、清水厚志、清水史昭、酒井美穂、武居翔一、都志和夫

2002年 樽沼裕貴、堀内康裕

天文同好会

高野加奈子、桜井美織、中野知佳、丑澤美由紀

有志

塩原麻衣子、川端しなの

参考文献

- McNaught, R. and Asher, D, WGN the Journal of the IMO 27, 85, 1999
長沢 工 「流星と流星群」 地人書館 1997年
日本流星研究会編 「流星観測ガイドブック」 誠文堂新光社 1974年
国立天文台 HP <http://www.nao.ac.jp>
国立天文台・天文ニュース (471), 2001