

ビデオと電波で同時に流星をとらえる試み

前田 利久*

The attempt to detect meteors identically by TV and Radio Observation

Toshihisa MAEDA

はじめに

流星は、地球大気に突入した微粒の星間物質が大気の摩擦によって発光する現象である。流星の観測は、以前は眼視に頼っていたが、近年はビデオ観測や電波観測も盛んに行われるようになってきた。

今回、県立錦江湾高等学校の理数科2年生の課題研究を指導する機会があり、流星のビデオ観測と電波観測を行ったので報告する。この観測において、県立錦江湾高等学校には多大な協力を頂いた。特に生徒の栗脇和也君、河野洋介君、小村慧君、高槻善仁君、宮内祐樹君には忍耐強く観測データを集計してもらった。また日本流星研究会の小川宏氏には、流星電波の反射域について資料を頂いた。紙面を借りて感謝申し上げる。

1 流星の観測法について

流星は一瞬の発光現象であるため、写真に写りにくく、眼視観測が主な観測方法であった。ただ眼視観測は寒い戸外で行うため、一晩中集中力を保つのはきわめて困難である。それでも熱心な観測者の努力により、いくつもの流星群が発見され、毎年活動が監視されている。

近年、ビデオカメラの感度が上がり、廉価なカメラでも暗い流星をとらえることができることから、ビデオ観測が普及しつつある。特に2001年11月の“しし座流星群”の大出現の際には、ビデオカメラによる観測ネットワークにより、流星群の密度分布をとらえるなどの成果があった(鈴木ら,2002)。

また、流星が大気圏に突入すると、大気分子や流星を構成する物質が電離し、流星の軌道上にチューブ状に残る。このチューブ(電子柱)は電波を反射する性質をもっているため、送信局から照射された電波が反射し、普段受信できない遠方で受信されることがある。この現象を利用したのが流星の電波観測

であり、日本では福井県鯖江市の福井高等専門学校(以下、送信局)がアマチュア無線帯(50MHz帯)で定期的に電波を送信し、全国で継続的な観測が行われている(HRO; Ham Radio Observation)。

電波観測は、天候や昼夜に関わらず定期的に観測できるという利点がある。一方、電波を反射した流星が地球上のどこをどのように流れたのかが分からない。そして、眼視観測と同時にを行うと電波を反射した流星が必ずしも眼視では見えないといった問題もある。

今回の研究では、流星を異なる方法で同時に観測することによって、流星の現れ方に違いがあるか、そして同時に観測される流星がどれほどあるかを調べた。

2 観測

(1) ビデオによる流星観測

県立錦江湾高校では、サイエンスクラブが大気圏の中間圏で起こる発光現象であるスプライトを観測している。この観測では、高感度ビデオカメラ(watec製neptune100)に広角レンズ(FUJINON製f=6mm, F1.2)を付けて空に向け、映像をPCに取り込んでいる。そして画面上に



図1 ビデオでとらえた流星

* 〒 892 - 0853 鹿児島市城山町 1-1 鹿児島県立博物館

何か変化があれば、自動的に前後数秒間を録画するソフト (UFO Capture V2; SonotaCo) で記録している (図1)。記録された映像に写っている恒星から、カメラの視野は73度×40度、快晴時の最微等級は4.2等と見積もることができる。

カメラの中心は北東を向いており、視野の下には桜島が写っている。電波観測用の送信局の方位角は真北から東に46度なので、カメラは送信局の方角を向いているといえる。

(2) 電波による観測

今回の観測では、県立錦江湾高等学校の屋上に50MHz帯八木アンテナ (HB9CV, 2エレ) を設置し、送信局からの電波をHRO専用受信機 (ITEC製) で受信した。アンテナは当地から送信局の方角である北東方向へ水平に向けた。

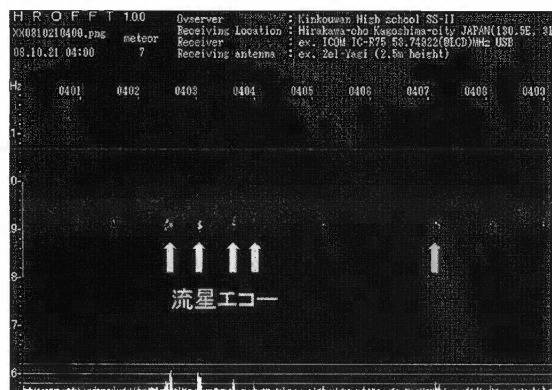


図2 HROFFTの画面

とらえた信号は、PCソフト (HROFFT; 大川一彦氏制作) で時間分解能1秒で周波数解析し、10分ごとに画像として出力している。(図2)

県立錦江湾高等学校から送信局までは、700km以上の距離があり、送信局からの電波は直接受信することはできない。したがって、電波が受信できたときは、流星による反射 (以下、流星エコー) と判断することができる。

(1) ビデオ観測の結果

今回の観測では、2008年10月15日から28日の画像データを基に流星を数えた (図3)。ただし、夜半前 (20時~24時) は飛行機が多数写っていたため、観測は0時~6時の間に限った。

観測期間のうち、晴れて流星が写っていたのは7日で、1晩あたり20~50個の流星をとらえた。10月21・22日の流星が多いのは、21日がオリオン座流星群の極大日だったためと考えられる。

(2) 電波観測の結果

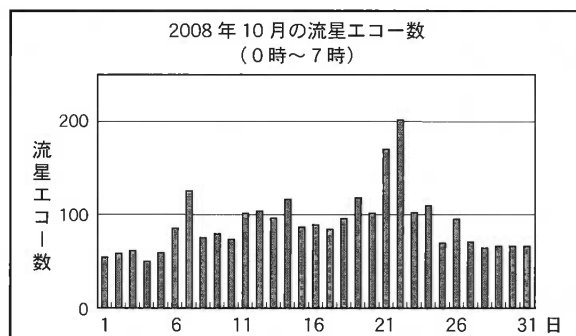


図4 2008年10月の流星エコー数

10月1日~31日の流星エコー数は、図4のとおりである。流星エコーは24時間観測できるが、昼間~夜半前はノイズや飛行機による反射が多く、流星エコーがノイズに埋もれてしまうこともあった。そこで集計はノイズの少ない0時~7時の時間帯に限った。

10月は8日にジャコビニ流星群の極大が、21日にはオリオン座流星群の極大が予想されていたが、流星エコー数には2つの流星群によると

3 観測結果

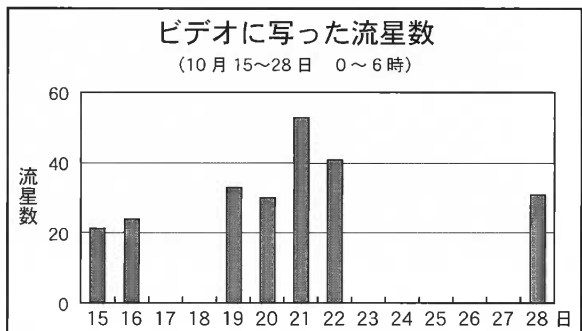


図3 ビデオに写った流星数

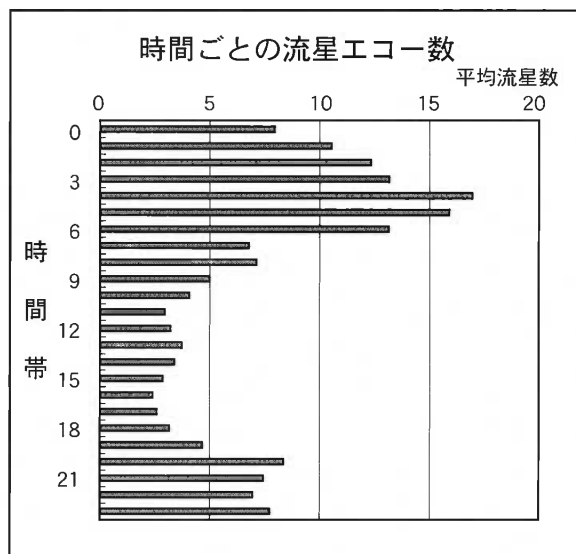


図5 2008年10月の流星エコー数

思われるピークがあり、1か月間の流星の活動をとらえているといえる。

また、10月1日～31日の流星エコー数を時間ごとに集計したものが図5である。

一般に流星エコーは4時台をピークとする夜中から明け方に多い。これは自転する地球の上で、観測者の位置が地球公転運動の前面になる時間帯で、流星物質が大気圏にぶつかりやすいということの説明できる。

(3) 同時流星の同定

ビデオ観測と電波観測の両者で同一の流星を同定するためには、両観測の時計が一致している必要がある。しかし、ビデオ観測に用いているPCはインターネット上の時計と同期させてあったが、電波観測に用いているPCは同期しておらず5秒以上のずれがあった。そこで、2009年1月3、4日に時計合わせをしてから再度同時観測を試みた。結果は表のとおりである。

表 1月3・4日の流星数

観測日	ビデオ	電波	同時刻の流星
1月3日	27	20	0
4日	55	83	1

※いずれも0～6時の総計

ちょうど1月4日が“しぶんぎ座流星群”の極大にあたり、両日とも一晩中晴れていたため、ビデオでは多数の流星を数えることができた。にも関わらず、同時刻に発生した流星エコーはわずか1個(1/4 04:23:43)であった(図6)。

図6 a の流星が出現した方向は、ビデオ画像から真北から東に32°、高度38°と測定できる。流星の発光高度が100kmとすると、この流星が出現した場所は受信局から北北東130kmの上空

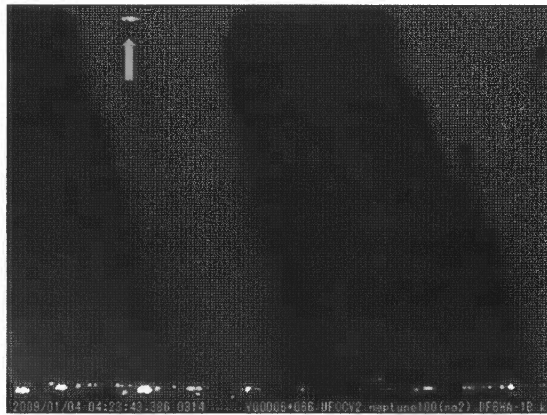
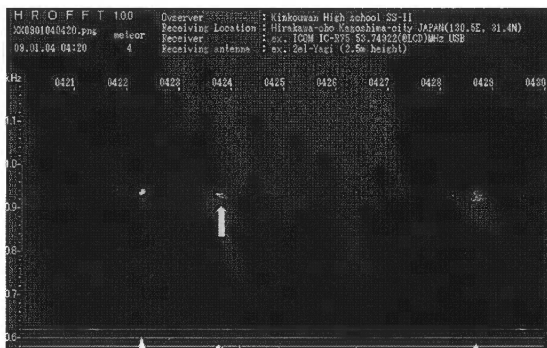


図6 a ビデオ観測による同時流星



図7 流星の出現場所



b 電波観測による同時流星

(2009年1月4日 04:23:43に出現)

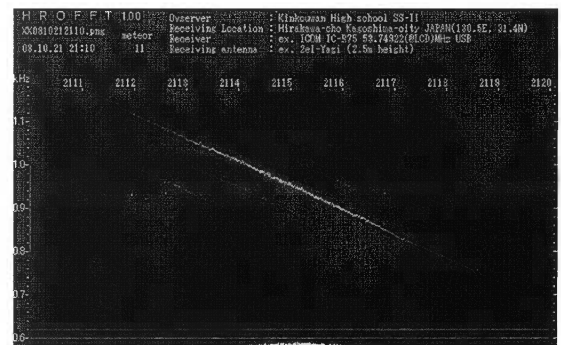


図4 2008年10月の流星エコー数

るだけでは判断できない。

4 考察

(1) 各観測法の比較

ビデオ観測、電波観測とも流星群のときは流星数が増えており、流星の活動をとりえているといえる。ビデオ観測が晴れた夜間に限られるのに対し、電波観測では天候に関係なく流星数を計測することができる。しかし、電波観測では群流星と散在流星の区別がつかないのに対し、ビデオ観測では流星の経路によって区別できる。

いずれの観測も夜半前は飛行機が邪魔で、効率のよい観測ができなかった(図8)。また電

波観測では、発生源不明の強い電波が混入すると流星エコーがノイズに埋もれてしまう傾向があった。

(2) 流星電波の反射領域

流星エコーが受信できるとき、一般に流星が流れたときに形成される電子柱(流星飛跡)に対して、電波の入射角と反射角が等しいと考えられる。入射角=反射角が成り立つ条件は、送信局と受信局を焦点とする楕円状に分布するため、流星電波が受信できる範囲は、送受信局間の距離、発光高度、流星の輻射点高度・方位角から求めることができる。送受信局間の距離は一定であるが、輻射点高度・方位角は流星群によって異なり、地球の自転とともに変化する。小川(2003)は流星群と受信局の位置によって、流星電波の反射領域が時間によって変化する様子をシミュレーションできるソフトを開発している。

図9は、小川のシミュレーションソフトによる1月3日のしぶんぎ座流星群の反射領域である。これによると、推定した流星の経路と反射領域は近く、図6aとbは同一流星である可能性が高い。

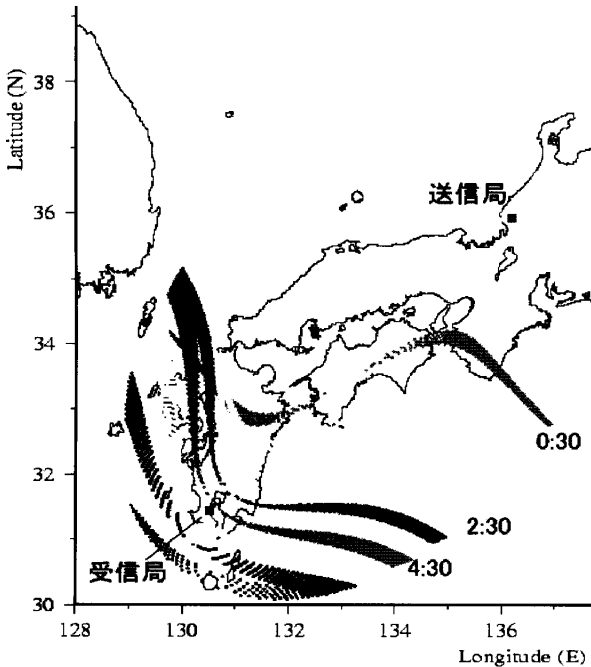


図9 流星電波の反射領域シミュレーション

おわりに

流星をビデオと電波で同時に観測し、同一流星をとらえる試みを行ったところ、2晩の観測で1個だけが同一流星をとらえることができた。今回は別の目的で設置していたビデオカメラ映像を使用したため、カメラの向きを変えることはできなかったが、カメラを適切な方角に向けて撮影すれば、もっと多くの同一流星をとらえることが可能になると考えられる。

引用・参考文献

- 「高校生天体観測ネットワーク」Leonids1998-2001 (2002) 鈴木文二ほか 日本天文学会 2002 春季年会
- 流星電波観測ガイドブック (2002) RMG 編集委員会編著 CQ 出版社
- 天文年鑑 2008(2007) 誠文堂新光社
- 「流星電波観測国際プロジェクト」ホームページ http://www.amro-net.jp/hro_index.htm
- 眼視・電波・ビデオ・流星痕全国同時観測キャンペーン (2003) 小川宏 第44回流星会議