

電波流星をめぐって

國栃天文部流星班

佐藤 瑞己、川邊 淳之介(高3)、徳永 祐太、武石 暖大(高2)、石田 海、片柳 祐星、鹿野 史佳、小平 勘太郎、小宮 里咲、檜山 和幸、横山 藍士(高1)【國學院大學栃木高等学校】、伊藤 真徳、岩上 琴音、佐々木 桃寧、野間 凱仁、堀江 隆太(中1)【國學院大學栃木中学校】

要旨

2021年12月14日0時06分分から5時26分(5時間20分)によるふたご座流星群を捉えた本校での電波観測の画像データと、約70km離れた地点で撮影された動画とを比較して流星電波観測の精度を検証した。この時間帯に動画で撮影された流星数は1213個であった。同時時間帯に検出された流星と思われるエコーの数は84個、このうち流星の出現と時刻が一致したエコーは75個であった。電波流星として捉えられたエコーのうち89%の一致率でビデオでも捉えられたことになる。一致率を方角別および等級別でみると、流星電波の反射域や流星物質の密度分布との関連が認められた。

* エコー：流星から跳ね返ってくる電波の軌跡のこと

1. 目的

本校屋上(北緯 36.36° 、東経 139.70° 、標高84m)の流星電波観測の精度及びそのデータの信頼性を検証する。そこで電波を利用した無人観測が実用的かどうか判断し、このような状況での研究の継続に役立てる。

2. 観測方法・解析

(1) 電波観測

- ・ 本校屋上にて流星観測用のアンテナ「Comet CA-52HB コメット50MHz 帯ビートアイテム」を天頂に向け、流星観測用の電波（福島県福島市より：50.027MHz）を受信し、受信機「Nooelec NESDR SMARt v4 SDR-アルミニウム製エンクロージャ、0.5PPM tcxo」をパソコンとつなぎ音声を観測した。
- ・ 流星の当該電波を反射したエコーを観測ソフト“HROFFT”を用い画像としてデータ化した。



観測日の電波流星のエコーの画像 ○内がエコー

(2) 動画撮影

- 茨城県常陸大宮市花立自然公園(N36, 65°、E140. 29° 標高287m)においてデジタルカメラSONY α 7s IIを4台それぞれ四方向(東・西・南・北)に向けて、固定撮影で2021年12月14日 00:06~05:26までの5時間20分撮り続けた。この画像は日本流星研究; 杉本智様より、提供していただいた。



4連カメラ (杉本智先生提供)



12月14日03:49分の流星 (栃木市で天文部員撮影)

(3) 解析

- 12月14日00:06~05:26までの電波流星のエコーと、ビデオで撮影された流星を調べ、出現時刻と等級(ビデオのみ、周囲の恒星から推測)を記録した。この時間帯に動画で撮影された流星数は1213個であった。同時帯に検出された流星と思われるエコーの数(A)は84個、このうち流星の出現と時刻が一致したエコーの数(B)は75個であった。 $(B/A) \times 100 (\%)$ を一致率とし、撮影した時間ごとに1時間当たりの数HRに換算し、方角ごとおよび等級別の一致率も算出した。

表 1 12月14日 流星分析 HR：流星の数

時間	エコーの HR (A)	ビデオと 一致した エコーの HR (B)	ビデオ での流星 のHR	一致率 (B/A) × 100 (%)
00:06~00:36	32	26	144	81%
00:37~01:06	6	6	162	100%
01:08~01:38	0	0	206	
01:39~02:09	12	12	264	100%
02:09~02:39	12	10	356	83%
02:41~03:12	8	8	222	100%
03:12~03:42	10	8	256	80%
03:42~04:12	28	24	234	86%
04:14~04:44	24	20	238	83%
04:44~05:14	34	26	240	76%
05:15~05:26	36	30	312	83%
HR計	202	170	2634	84%
実数	84	75	1213	89%

図 1 12月14日 流星分析

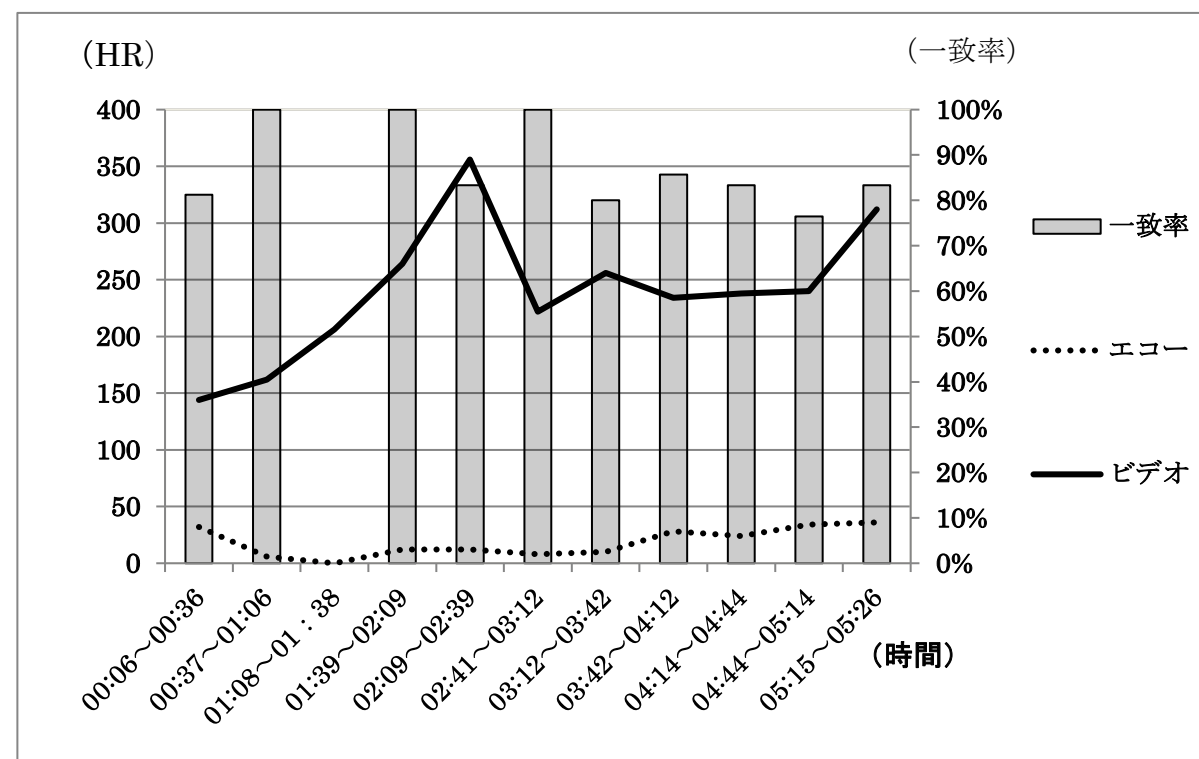


表 1、図 1 でわかるように実数から求めた一致率、HRから考えると電波流星として捉えられたエコーのうち84%の一致率で70 km先のビデオでも捉えられたことになる。01:08~01:38では、多数流星がビデオで撮影されたにもかかわらず全くエコーが見られなかった。これは流星電波観測国際プロジェクトの小川宏様に作っていただいた<https://www.amro-net.jp/database/papers/nmsc2003-ogawa.pdf>等の論文にもとづく流星電波反射領域（図 2）で説明がつく。電波流星が受信できるためには、電波源からの電波が流星により生じたプラズマに反射し観測点に来るための入射角=反射角の関係が維持される必要がある。01:08~01:38では、ふ

たご座流星群の放射点为天頂にあったためこの関係が維持されずエコーが受信できなかつたと推測される。今回ビデオでと

らえられた流星の個数 (C) は1213個であった。このうち流星の出現と時刻が一致したエコー数 (D) は75個であった。 $(D/C) \times 100 (\%)$ で一致率を出すと6.2%であったが、反射領域は細長いため、この値での妥当性は、花立自然公園の天球上で反射領域がどの程度の割合になるか推測し、検証したい。

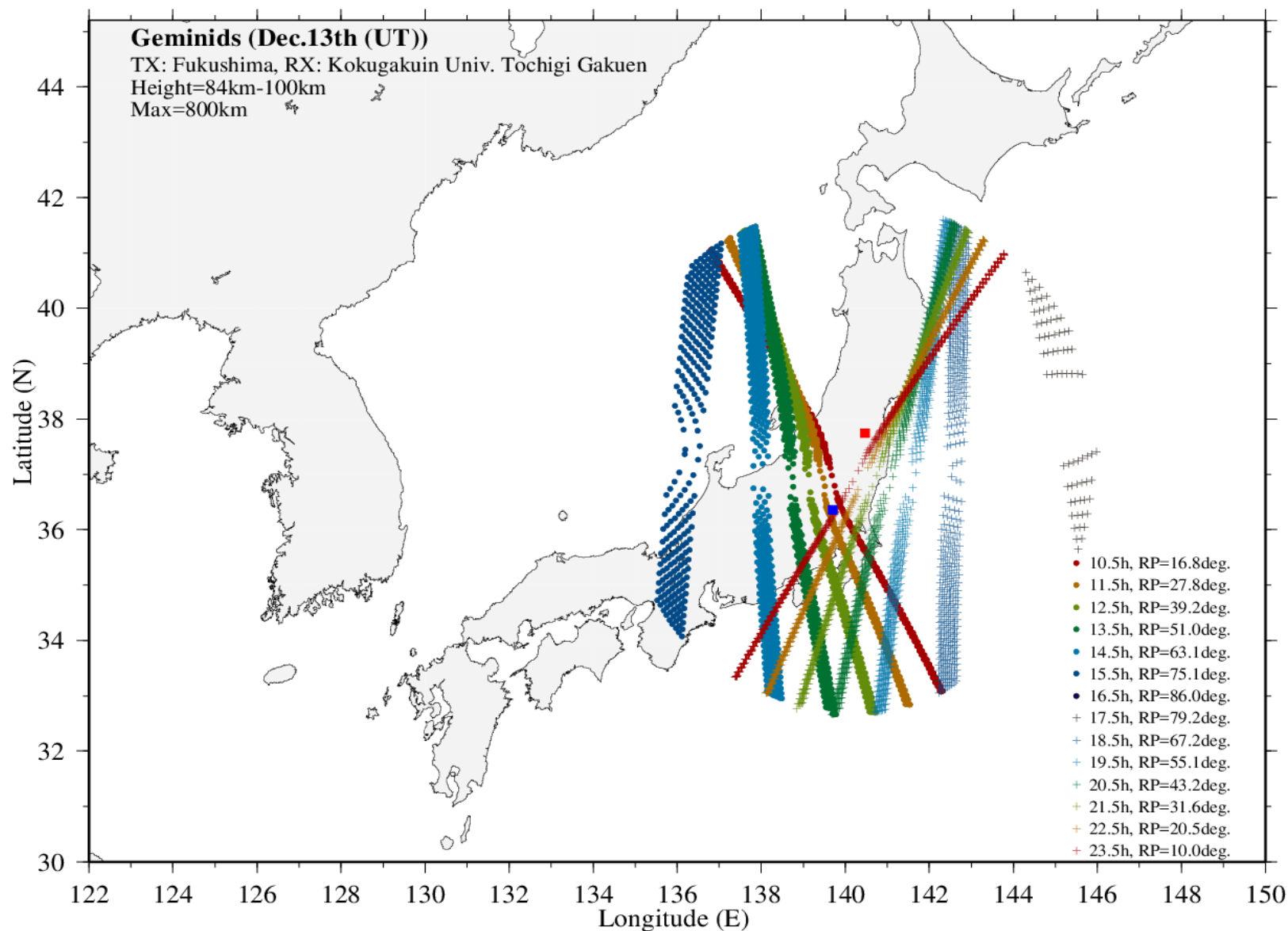


図2 12月14日ふたご座流星群の流星電波の反射領域

- ・ (赤) が電波源の福島市、
- ・ (青) が國學院栃木高校を示す。花立自然公園は2点のほぼ中間にある。

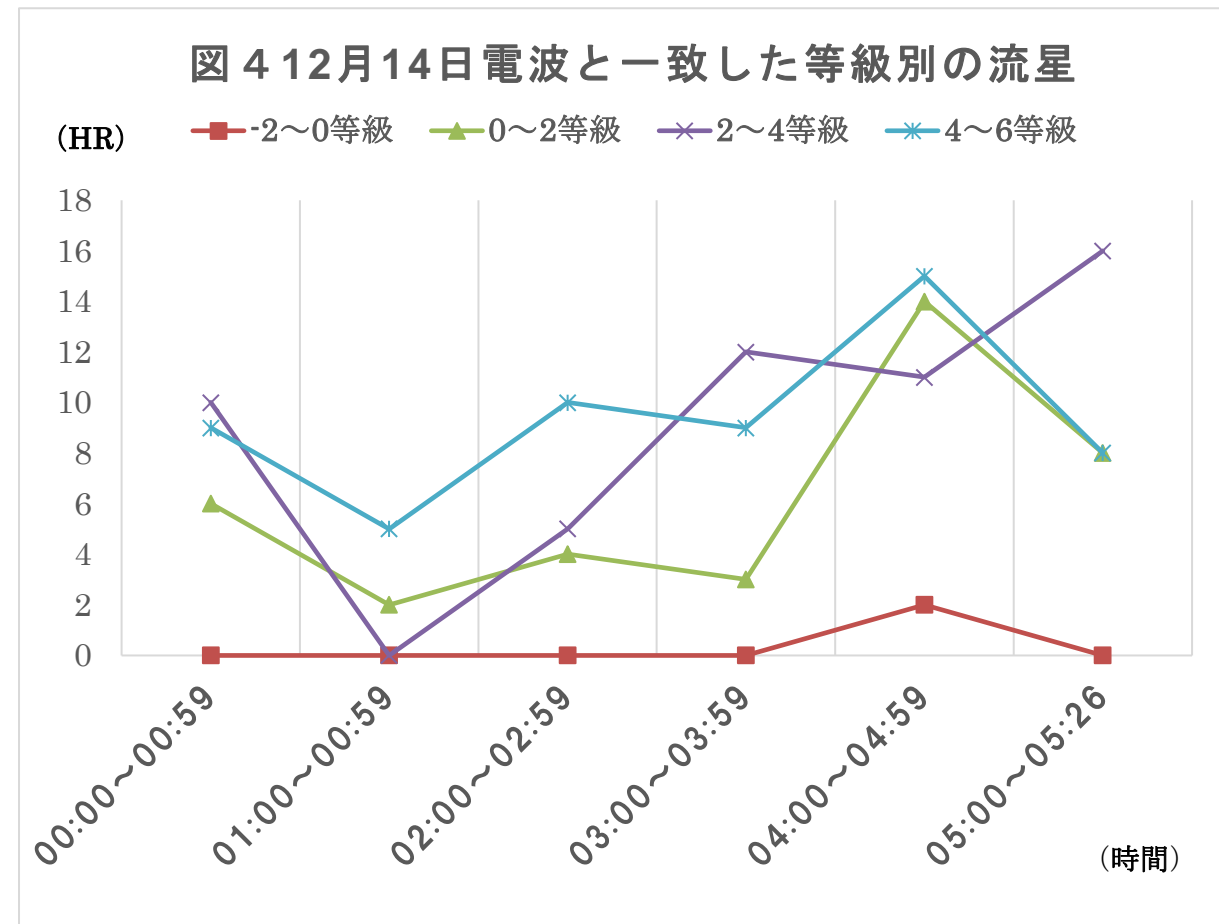
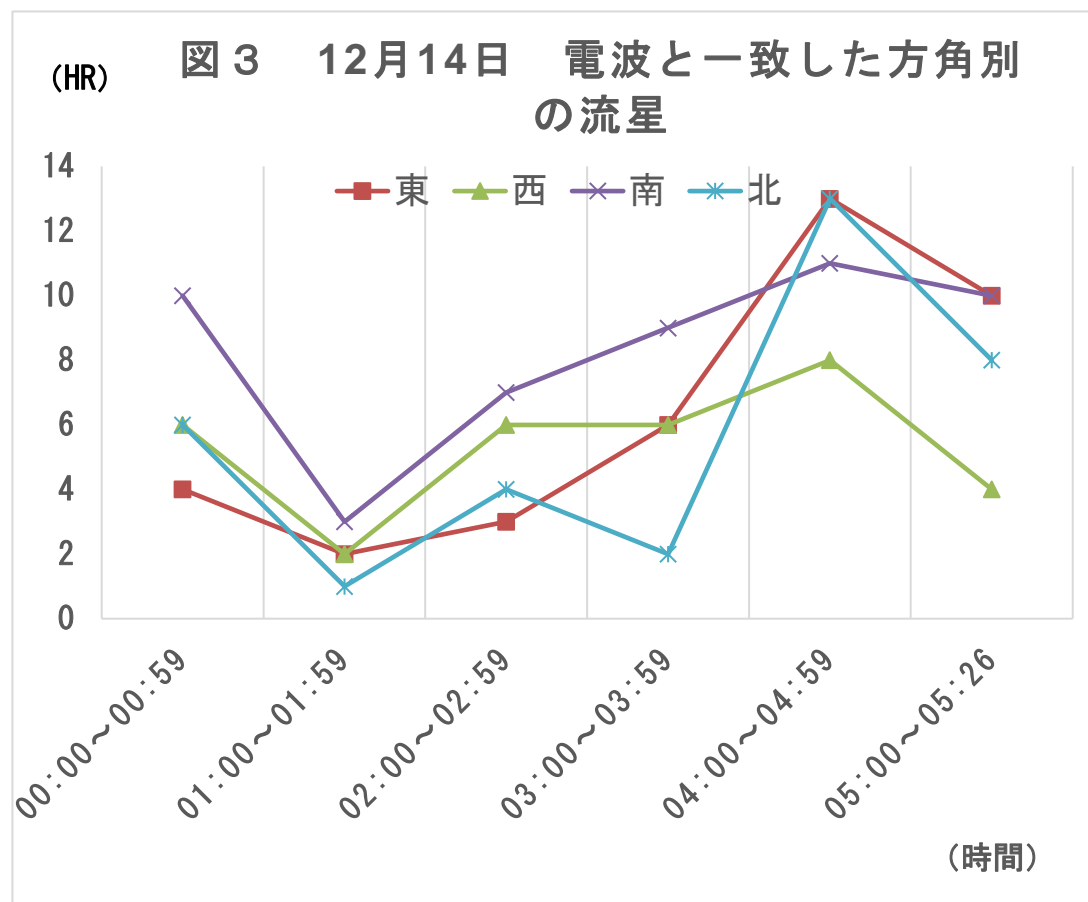


図3による一致した流星の個数であるが、図2から南側が01時台を除いて多いのは反射領域が常に南側に存在していることが原因と推測される。また東側・北側が他の方角より増えるのは時間と共に反射領域がそちらの方向へ移動するのが原因と思われる。図4の流星群は4~6等級が最も多い。これは電波反射領域に飛び込んだ比較的暗い流星がアンダーダンスエコーをつくったと思われる。

* アンダーダンスエコー：流星物質が少なく、反射領域を介して見られるエコー

3 今後の課題

電波反射領域と観測されるエコーについての関係はより長期にわたり調べていきたい。より多くの流星のエコーの捉えるためにアンテナの向き、受信する電波、受信機、等の工夫も考えていきたい。

4 謝辞

ふたご座流星群を撮影した動画を提供して下さった杉本 智様（日本流星研究会）、流星電波観測の方法の指導を齋藤 泉様（栃木県子ども総合科学館）にしていただき、流星電波観測国際プロジェクトの小川 宏様には電波流星のエコーの見分け方、電波反射領域の原理から作成まで指導していただき本当にありがとうございました。

その他のデータは流星電波観測集計センター (<http://www5f.biglobe.ne.jp/~hro/>) を参考にさせていただきました。