

2023年の流星分科会の活動報告

藤井大地・天体観察会 流星分科会

平塚市博物館研究報告 自然と文化 第47号 抜刷

2024年3月

平塚市博物館

2023年の流星分科会の活動報告

藤井大地*・天体観察会 流星分科会**

1. はじめに

平塚市博物館では、市民と学芸員が一体となって、調査研究や教育普及、展示などの博物館活動に日夜取り組んでいる。その基盤となっているのは、博物館の各分野で実施している、年間会員制のワーキンググループ活動である。天文分野の天体観察会では、過去30年以上にわたり天体観測の実習や天文学の勉強会を定期的に行っている。

2014年には、天体観察会会員がしぶんぎ座流星群の流星を多く撮影したことをきっかけに、天体観察会流星分科会が発足した。これまでの主な活動は、表1のとおりである。現在は高感度ビデオカメラで流星を捉え、同時観測から流星の故郷を探し出している。得られた軌道データから、太陽系の形成や進化を探る新たな知見を獲得することを目標としている。また、市民の郷土の星空に対する愛着を深め、天文教育の裾野を広げることも目指している。

表1 流星分科会の歴史

年	主な活動
2014	・流星写真とステレオネットを用いて同時流星を探し、流星の地上経路を計算 ・プラネタリウムで投影した疑似流星の眼視観測とZHRの計算
2015	・デジタルスチルカメラに取り付けた羽根で、流星像を切断する回転シャッター(愛称：流星号)を作成し、会員間で同時流星撮影と軌道決定
2016	・暗い流星が写る望遠のビデオカメラ(愛称：流星号2)を作成し、フリーウェアの動体検知ソフト「ContaCam」で流星動画を収集
2017	・大島上空に協働観測視野を設け、各家庭に流星号2を設置 ・解析ソフト「UFOAnalyzer」で、流星の動画から流星の位置、速度を測定 ・解析ソフト「UFOOrbit」で、流星の軌道決定
2018	・動体検知ソフトに「UFOCapture」を導入し、解析作業を効率化 ・より高感度で広角のビデオカメラ(流星号3)の作成 ・御蔵島上空に協働観測視野を追加し、各家庭に流星号3を設置
2019	・劣化した流星号2の修理と流星号3の増設
2020	・流星号2、3のセンサ交換 ・8月21日夜、流星号3の視野に大火球を捉え、落下経路の特定に貢献 ・SF作家 宮西健礼さんの短編SF小説「されど星は流れる」で流星分科会が登場
2021	・流星号2、3のセンサおよびレンズ交換 ・ネットワークカメラ「ATOMCam」を使ったビデオ観測を開始 ・日本大学理工学部阿部研究室との合同研究会を開催(～2023年まで開催)
2022	・ハワイ島「星空カメラ」映像の流星数計測を開始 ・日本大学理工学部阿部研究室との合同研究会を開催 ・Global Meteor Networkのシステムを使った観測を開始
2023	・スターリンク衛星(Starlink G6-32)の落下を観測

*平塚市博物館

**平塚市博物館 天体観察会

(赤松洋祐、秋山純代、石井正一、大井健、大井正子、岡澤智、鷹宏道、小林隆、齋藤啓子、清水紘司、鈴木節雄、戸村比呂子、萩原亜香、藤木隆、横関秀美、渡邊三恵子、渡邊皓)

キーワード：太陽系小天体・流星群・散在流星

2. 観測方法

神奈川県と静岡県内の 16 か所に 17 人が観測拠点を設け、合計 28 台の高感度ビデオカメラによる流星観測ネットワークを構築した。流星の映像は、動体検知と連続録画の 2 種類の方法で撮影した。

動体検知用のビデオカメラには、自作のビデオカメラ「流星号 2」と「流星号 3」、Watec 社製の高感度カメラ WAT-902H2ULTIMATE に加え、Croatian Meteor Network が開発した Global Meteor Network (GMN) の観測システムを使用した。流星号 2 と 3 は、高感度 CMOS センサと明るいレンズを組み合わせたもので、タッパーなどを利用したハウジングに格納し、各家庭のベランダや軒下に設置した。各カメラを向ける方向は南向きの空とし、流星号 2 は伊豆大島上空 100km、流星号 3 はやや仰角を下げて御蔵島上空 100km を協働観測視野とした。大島上空、御蔵島上空にそれぞれ向けたカメラの視野を、KN6 と KN7 を例に図 1、2 に示す。

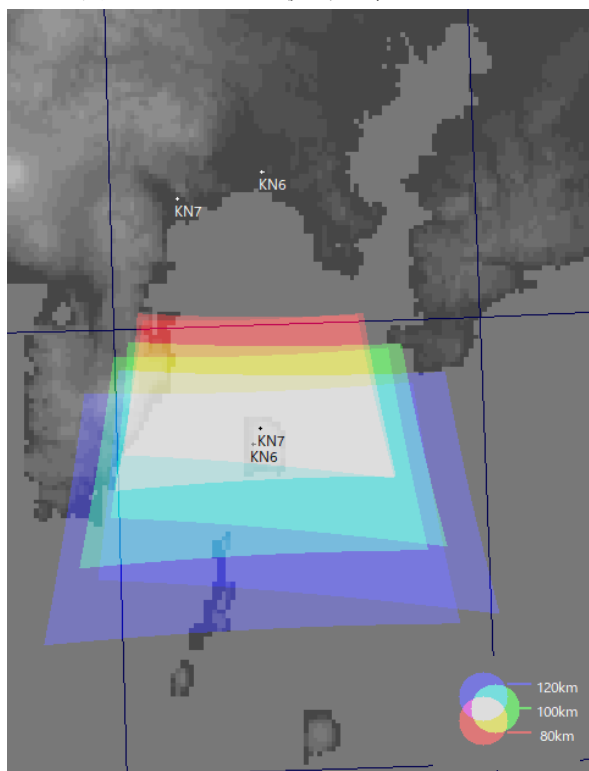


図 1 大島上空 100km の視野 (KN6 と KN7)

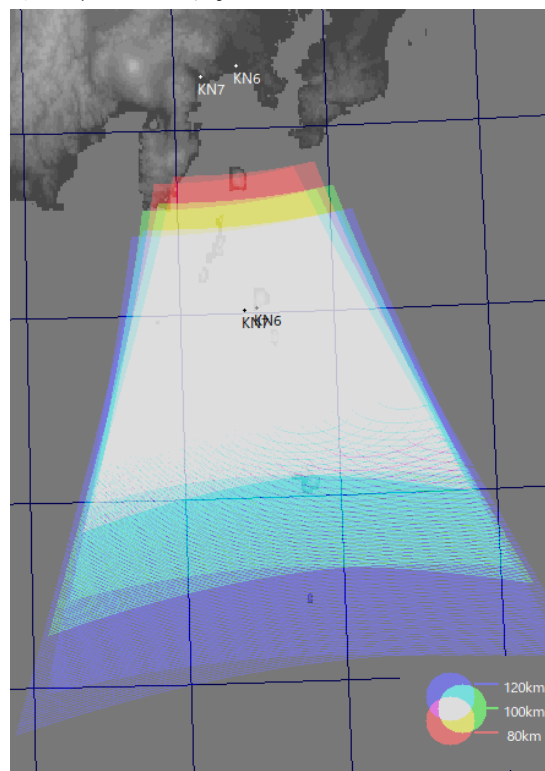


図 2 御蔵島上空 100km の視野 (KN6 と KN7)

流星号 2 と 3、WAT-902H2ULTIMATE からは NTSC のコンポジット信号が出力され、ビデオキャプチャデバイスによって PC に映像を取り込み、動体検知ソフト UFOCaptureV2 を用いてリアルタイム処理で動きを記録した。時刻は NTP サーバと正確に同期した。動体検知後は、宇宙放射線や人工衛星など流星以外が写り込んでいる動画を削除し、解析用ソフト UFOAnalyzerV2 を用いて、流星の発光位置、等級などを計測した。

なお、流星号 2 に使用していたソニー製 CMOS センサの IMX225 は、経年劣化により流星の検知率が低下したため、2020 年 11 月頃から、同じソニー製 CMOS センサの IMX327 への交換を進めた。また、流星号 3 に用いていた CCD センサの ICX672 も劣化し、CCD の生産中止により入手が難しくなったため、IMX327 への置き換えを進めた。

一方で、GMN の観測システムでは、動体検知と解析を自動処理で行い、流星の発光位置に関するデータを得た。

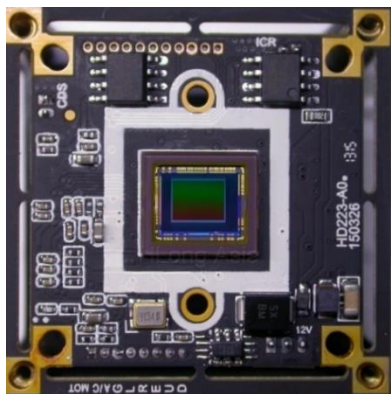
またアトムテック社のネットワークカメラ ATOM Cam では連続録画を行った。撮影した映像は、流星号 2 や 3 の動体検知結果などをもとに、流星の写っている部分を探して切り出 UFOAnalyzerV2 で解析した。

軌道解析には UFOOrbitV2 を使い、各流星の軌道要素を求めた。

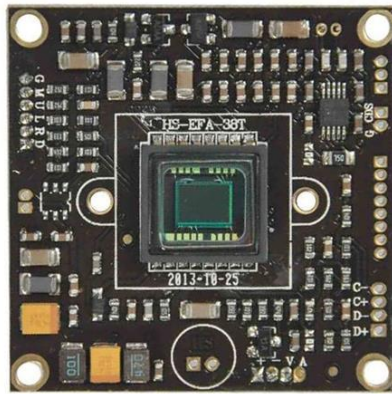
各カメラの状況を表 2～3 と、図 3～5 に示す。

表 2 各カメラの概略

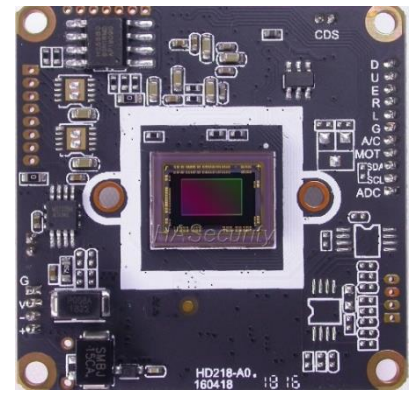
カメラ名	センサ	サイズ [インチ]	レンズ [焦点距離,F 値]	画角 [水平方向]	流星の 限界等級	協働観視野
流星号 2	SONY IMX225 または SONY IMX327	1/3	8mm,F1.2 または 8mm,F0.90	29 度	～4 等	伊豆大島上空 100km
流星号 3	SONY ICX672 または SONY IMX327	1/3	4mm,F0.95 または 6mm,F0.95	81 度 または 52 度	～3 等	御蔵島または 伊豆大島上空 100km
WAT902H2 Ultimate	—	1/2	6mm または 9mm,F0.75	～41 度	～4 等	伊豆大島上空 100km
ATOM Cam	SmartSens SC2310	1/2.7	2.8mm,F1.6	112 度	～2 等	南向き
ATOM Cam 改	SmartSens SC2310	1/2.7	4mm,F0.95	92 度	～3 等	南向き
ATOM Cam2	GALAXYCORE gc2053	1/2.9	2.8mm,F1.6	102 度	～2 等	南向き
GMN	IMX290	1/3	4mm,F0.95	81 度	～3 等	南向き



IMX225



ICX672



IMX327

図 3 観測に使用した各センサの外観



図 4 ATOM Cam の外観

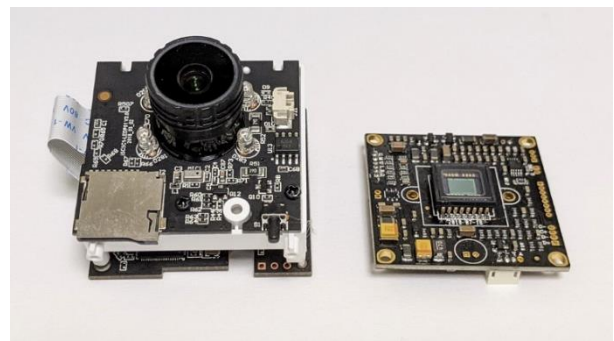


図 5 ATOM Cam 改 (左) と ICX672 (右)

表 3 2023 年 12 月時点の各観測拠点とカメラの設置台数

観測拠点 ID	観測者	場所	カメラ数	運用カメラ
KN2	藤井 大地	平塚市	1	流星号 2 (IMX327/ 8mmF0.90)
KN4	秋山 純代	平塚市	2	流星号 2 (IMX225/ 8mmF1.2) 流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95)
KN5	石井 正一	平塚市	1	流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95)
KN6	岡澤 智	茅ヶ崎市	2	流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95) 流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95)
KN7	清水 紘司	小田原市	2	流星号 2 (IMX327/ 8mmF1.2) 流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95)
KN8	鈴木 節雄	横浜市	1	WAT-902H2U (9mmF0.75)
KNC	藤木 隆	海老名市	1	流星号 2 (IMX225/ 8mmF1.2)
KND	横関 秀美	平塚市	2	流星号 2 (IMX225/ 8mmF1.2) 流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95)
KNF KNK	小林 隆	平塚市	1	流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95)
KNG	鳶 宏道	大磯町	1	流星号 3 (IMX327/ 6mmF0.95)
KNH	戸村 比呂子	藤沢市	1	流星号 3 (ICX672/ 6mmF0.95)
KNI	萩原 亜香	平塚市	2	流星号 2 (IMX225/ 8mmF1.2) 流星号 3 (ICX672/ 6mmF0.95)
KNJ	赤松 洋祐	大磯町	3	ATOMCam (レンズ改造) ATOMCam2 Global Meteor Network (IMX290/4mmF0.95)
-	大井 健 大井 正子	平塚市	2	ATOMCam ATOMCam2
-	渡邊 三恵子 渡邊 皓	平塚市	1	ATOMCam
SZ5	藤井 大地	静岡県富士市	1	流星号 2 (IMX327/ 8mmF0.90)



図 6 KN9 で運用中の流星カメラたち



図 7 KNJ で運用中の ATOMCam

3. 観測結果

観測は 2023 年 1 月 1 日夕方～2024 年 1 月 1 日朝まで行った。解析が終了したデータのうち、単地点で検出できた流星の数は 41626 個であった。2023 年を含めた、過去 5 年間の観測数を図 8 に示す。流星群が少ない時期は数が減ったが、10 月から 12 月は多くの流星を捉えることができた。

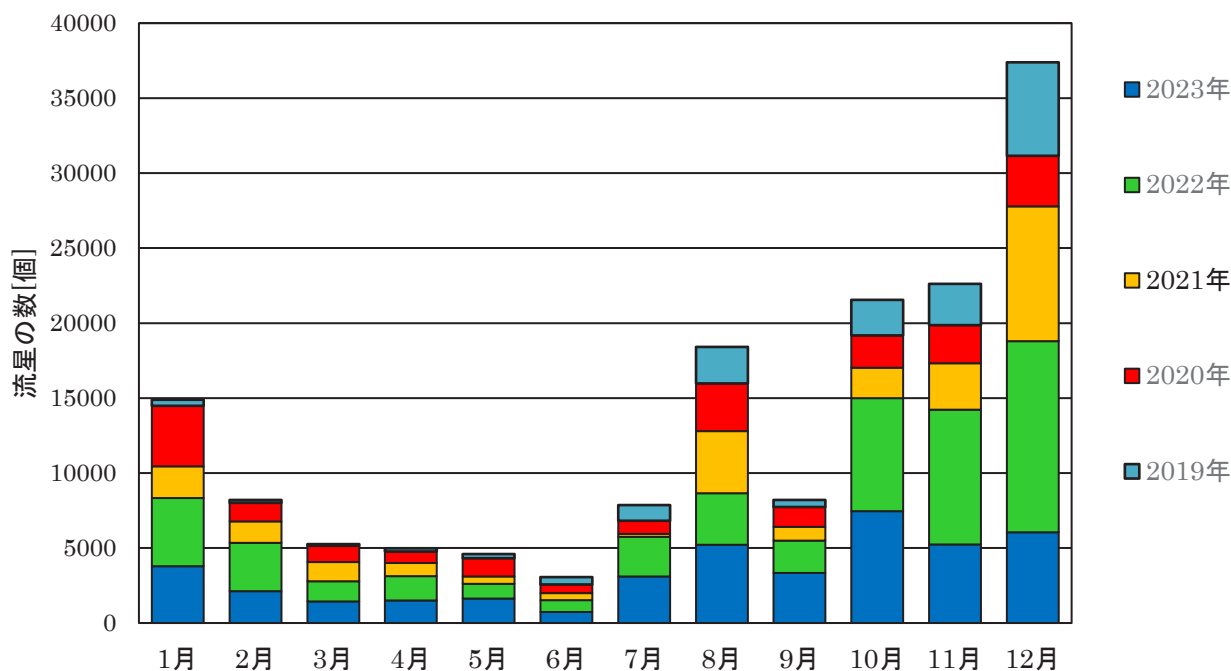


図8 2019年～2023年の各月の単地点の流星観測数

さらに軌道計算ソフト UFOOrbitV2 により、表4の条件で観測精度の良い流星軌道を選別した結果、5036個の軌道を得ることができた。観測精度の良い同時流星の中で、散在流星は3815個、群流星は1221個含まれ、全体の24%が群流星であった。過去4年間との比較を表5に示す。また、各流星群の観測数を表6に示す。

表4 軌道計算ソフト UFOOrbitV2 による軌道選別条件

UFOOrbitV2 のバージョン	V3.05
Computation mode	unified radiant、unified time
Quality condition	Q1、dt<2.0、GD>15、dD<1.0
Shower catalog	J14.jx.csv
Shower parameters	Nr=3.0、Nv=8.0、ddays=5、priority=0

表5 2019年～2023年の散在流星数と群流星数

年	同時流星数[個]	散在流星数[個]	群流星数[個]	同時流星に対する群流星の割合[%]
2019	1827	1126	701	38
2020	2930	2058	872	30
2021	2751	1819	916	33
2022	5649	4019	1630	29
2023	5036	3815	1221	24

2023年の観測で得られた同時流星の地上軌跡を、図9に示す。白い点とアルファベットは観測点を示し、緑色の線は観測視点から流星の発光点と消失点を結んだ線を示す。また、黄色の線は流星が光った位置で、赤い点は流星の消失点を示す。

相模湾の北寄り流星の密集している場所が暗い流星を狙っている大島上空で、狭い視野である

が流星を多く捉えたことがわかる。南寄りで台形に流星が広がっている場所が明るい流星を狙う御蔵島上空で、広大な視野をまんべんなく観測できたことがわかる。

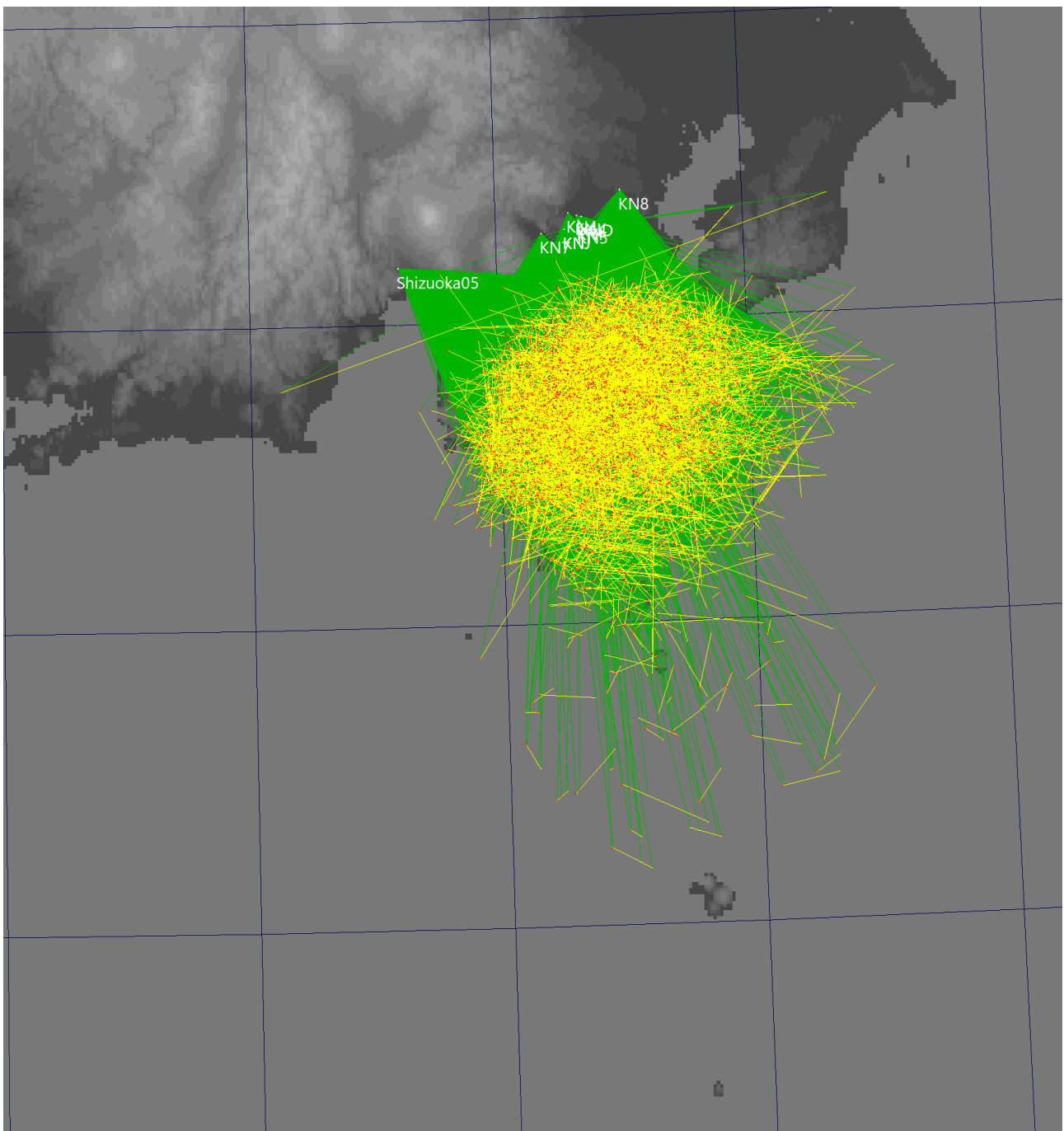


図9 2023年の観測で得られた同時流星の地上軌跡

(白い点：観測点、緑色の線：視線方向、黄色の線：流星、赤い点：流星の消失点)

観測で得られた流星の地心速度分布を図10に示す。群流星はペルセウス座流星群(59 km/s)とふたご座流星群(35 km/s)の数が多いため、その速度付近にピークが見られる。散在流星は30~40km/s付近と、60km/s付近にピークを持っている。散在流星の種類のうち、黄道流星群などのAnti-helionソースと、地球と正面衝突する南・北Apexソースが捉えられていると考えられる。

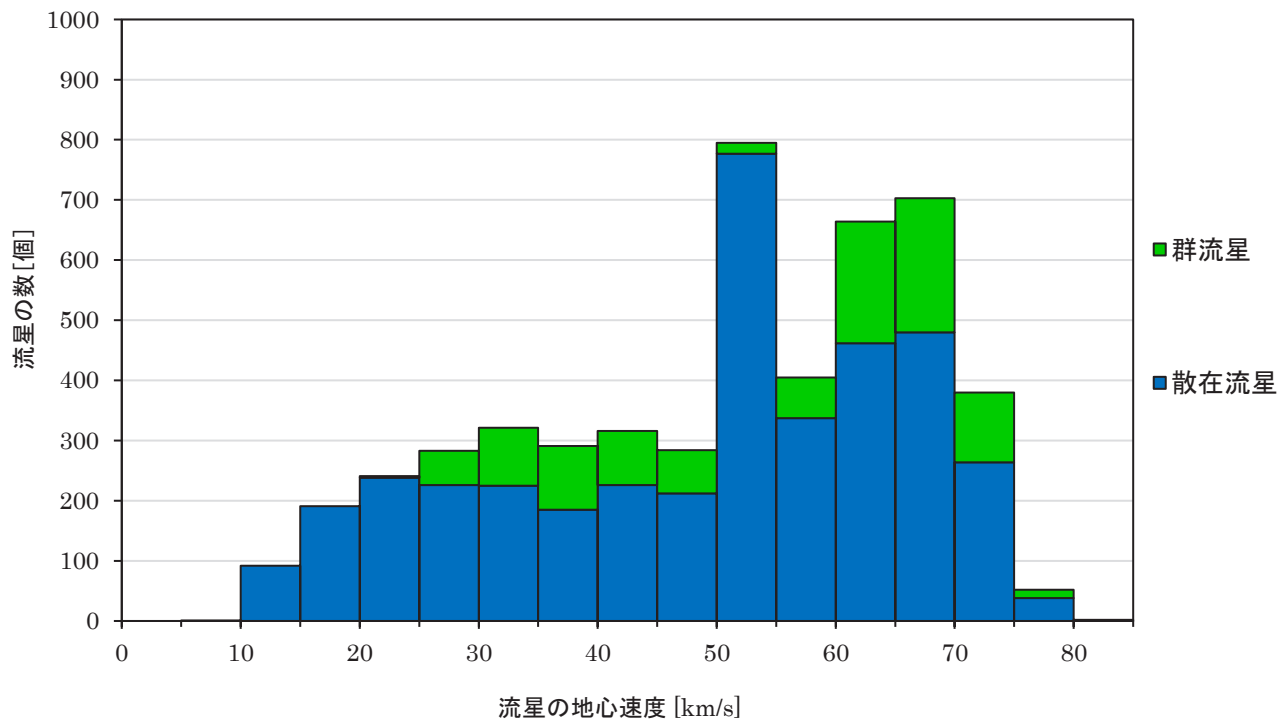


図 10 2023 年の観測で得られた同時流星の地心速度分布

観測で得られた流星の絶対等級分布を、図 11 に示す。主に-2 等から 4 等の流星を観測し、1 等台の流星を最も多く捉えていたことがわかる。また、期間中に火球クラスの明るい流星をいくつか観測できているが、カメラが白飛びしてしまい、正確な測光ができていない。

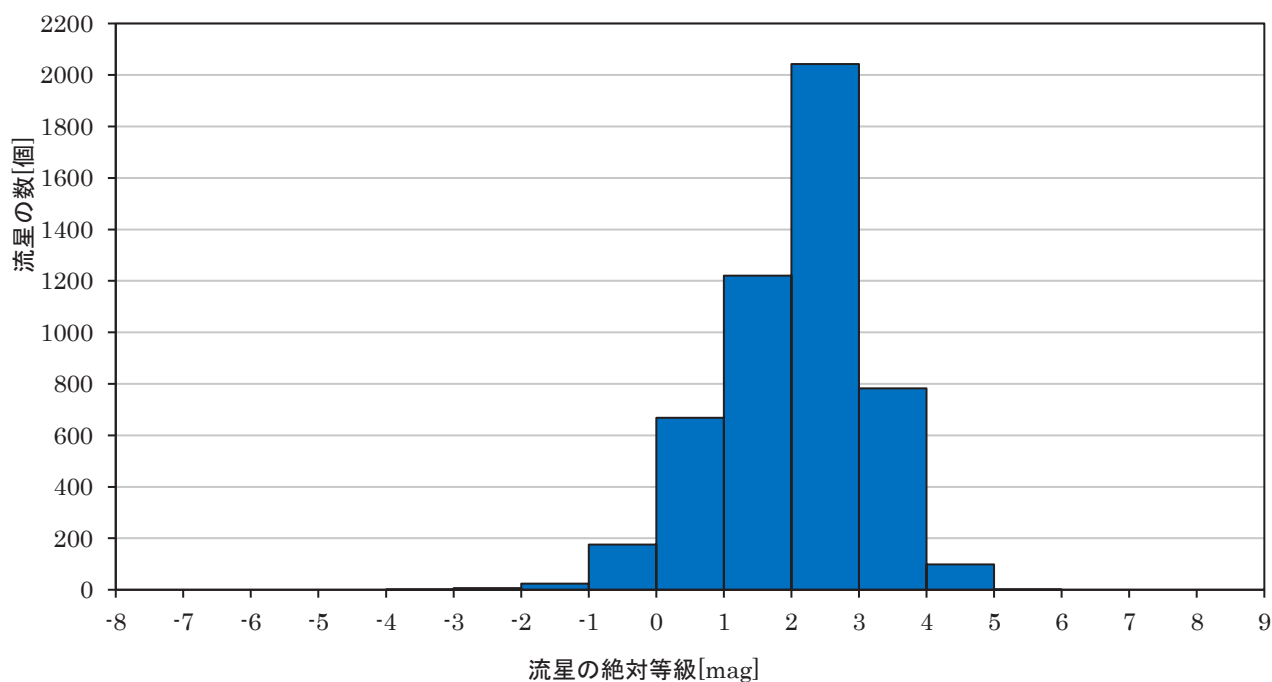


図 11 2023 年の観測で得られた同時流星の絶対等級の分布

次に 2023 年の観測で得られた同時流星の、黄道座標上における放射点分布について、全流星を図 12 に、散在流星を図 13 に示す。縦軸を放射点の黄緯、横軸を放射点の黄経と観測時の太陽黄経の差とし、左手が太陽方向、右手が反太陽方向としている。図の中心が地球向点となり、黄経の差が 270 度、黄緯が 0 度の中心に向かって地球が進んでいる。色の濃さは流星の地心速度を示し、地球向点に近いほど高速で地球大気に突入している。左側は太陽方向のため、明け方や夕方に観測される突入角の浅い流星以外は観測できていない。

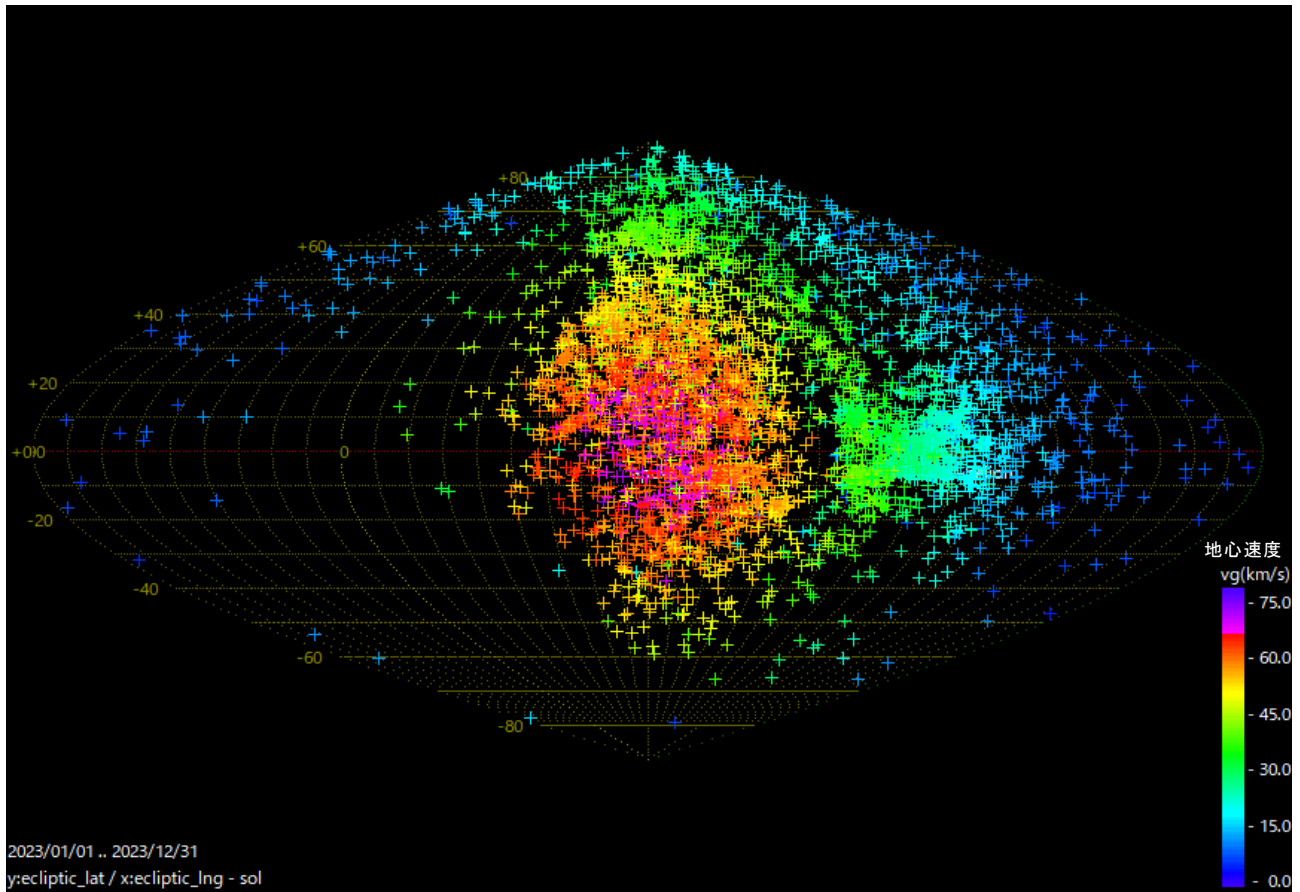


図 12 2023 年 1 月～12 月の観測で得られた全流星の放射点分布（黄道座標）

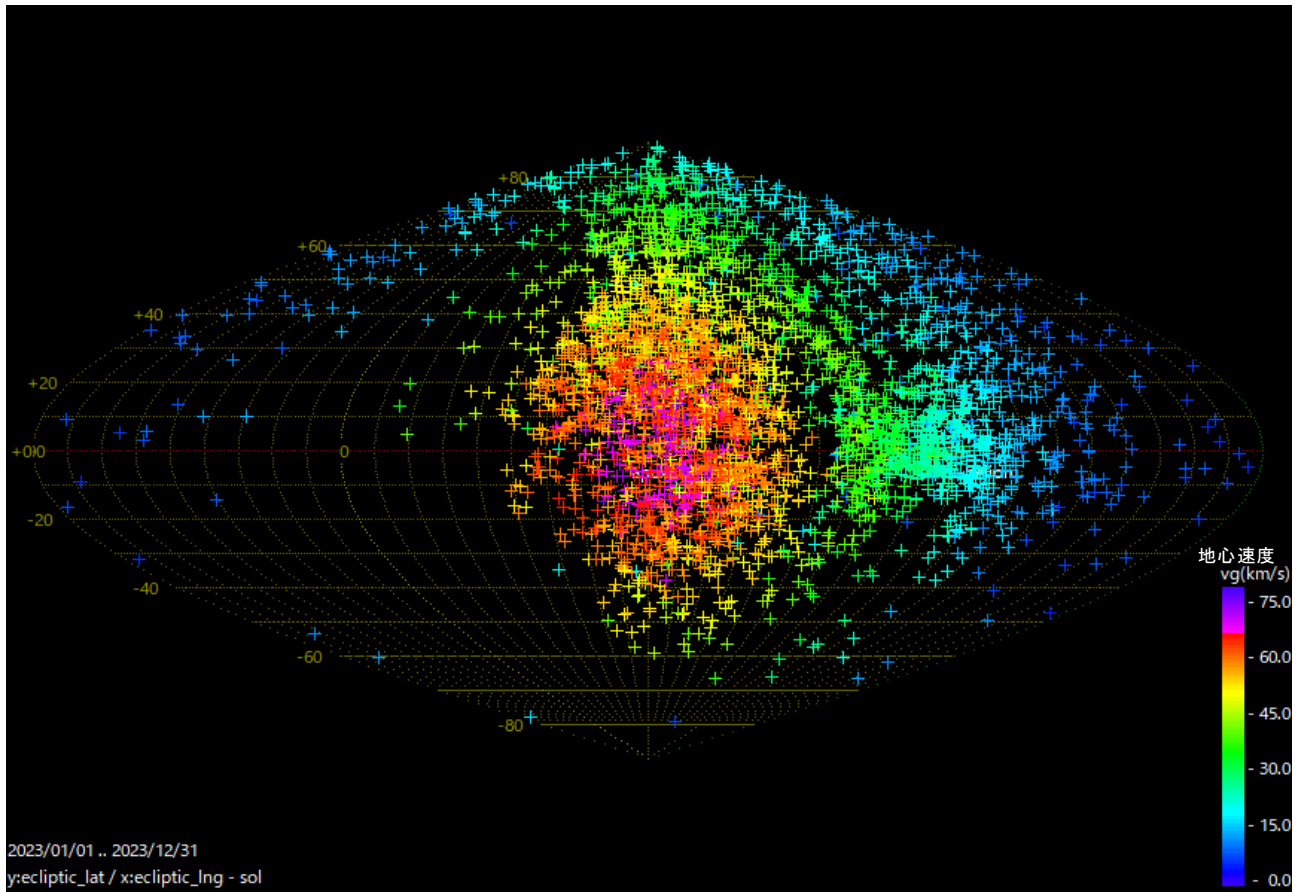


図 13 2023 年 1 月～12 月の観測で得られた散在流星の放射点分布（黄道座標）

次に 2023 年の観測で得られた同時流星の、赤道座標上における放射点分布について、散在流星を除く群流星の放射点分布を図 14 に示す。縦軸は放射点の赤緯、横軸は赤経を示す。濃く集まっている部分は、各群流星の放射点である。

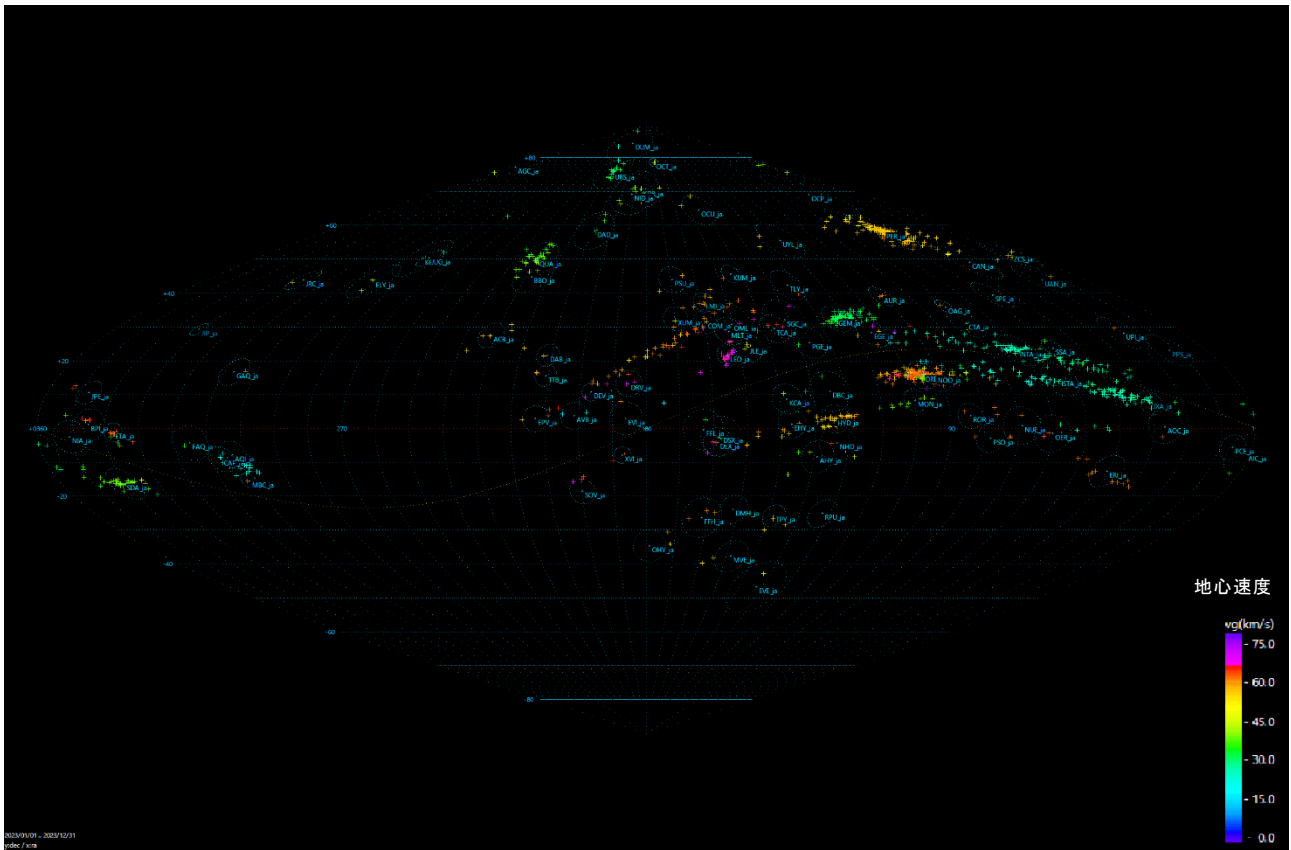


図 14 2023 年 1 月～12 月の観測で得られた散在流星を除く群流星の放射点分布（赤道座標）
 （白い点：恒星、十字の点：各群流星の放射点、水色の文字：流星群の IAU 番号）

4. 今後に向けて

今後も市民による流星のネットワーク観測を継続し、各群流星や散在流星の軌道パラメータをより細かく見ていきたい。また、より容易に流星観測が行えるように、観測機材や解析手順を引き続き追求していきたい。

謝辞

本研究を行うにあたって SonotaCo 氏が開発されたソフトウェア「UFOCaptureV2」「UFOAnalyzerV2」「UFOAnalyzerV4」「UFOOrbitV3」と、Croatian Meteor Network が開発された観測システムを使用させていただいた。厚く、感謝申し上げる次第である。