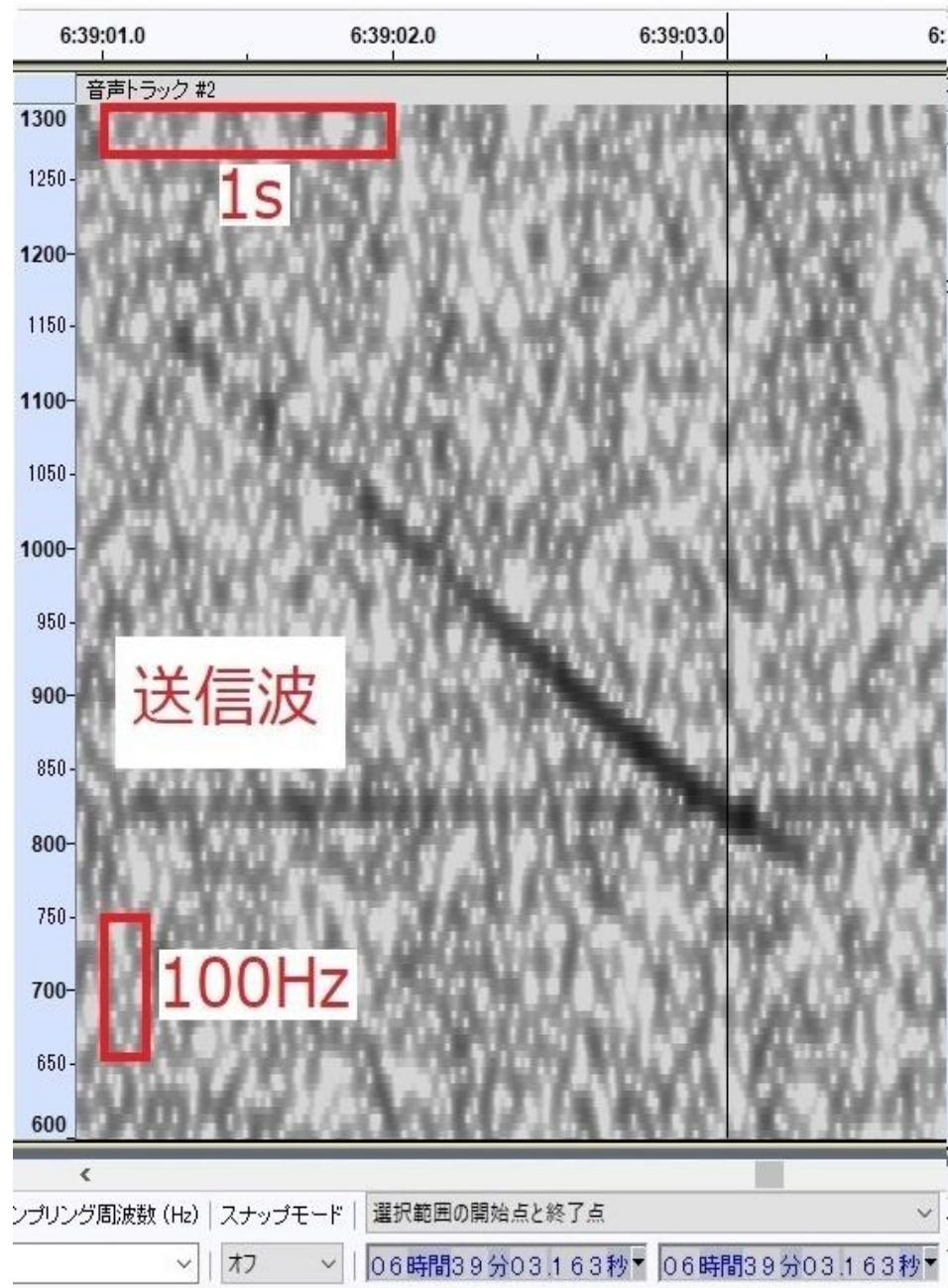


Time, hh:mm:ss

Frequency (Hz)



# KROによる落下人工 衛星経路の推定



鈴木和博 (豊川市)  
加藤泰男 (豊川市)  
岡本貞夫 (日進市)

# 本報告の流れ

- ・ 豊川市上空を飛ぶ落下人工衛星（動画©Katoh）
- ・ 人工衛星の光学的経路（SonotaCoネットのデータ©Kobayashi）
- ・ 愛知県東部KROサイトの観測諸元（花木香，作手，湖西サイト）
- ・ KROによる流星エコータイプ
- ・ 各観測サイトにおける人工衛星からのエコー
- ・ 各観測サイトのf0点通過時刻から求めた飛行体の速さ
- ・ KROで得られたドップラー周波数からわかること
- ・ KROから明らかになった人工衛星の経路諸元
- ・ 愛知県東部KROサイトの守備範囲
- ・ **アピール** KROサイトの増設を！

# 豊川市上空を飛行する 人工衛星動画 20231226\_213900



21時37分55秒から39  
分50秒まで当該人工衛  
星が撮影されていた。  
豊川市花木香サイトに  
て ©KatoH

ネットワークカメラ ATOM  
Cam 2 (アトムカムツ  
ー):1080p フルHD 高感度  
CMOSセンサー搭載 / IP67防...  
★★★★☆ ~ 4,091  
過去1か月で300点以上購入されまし  
た

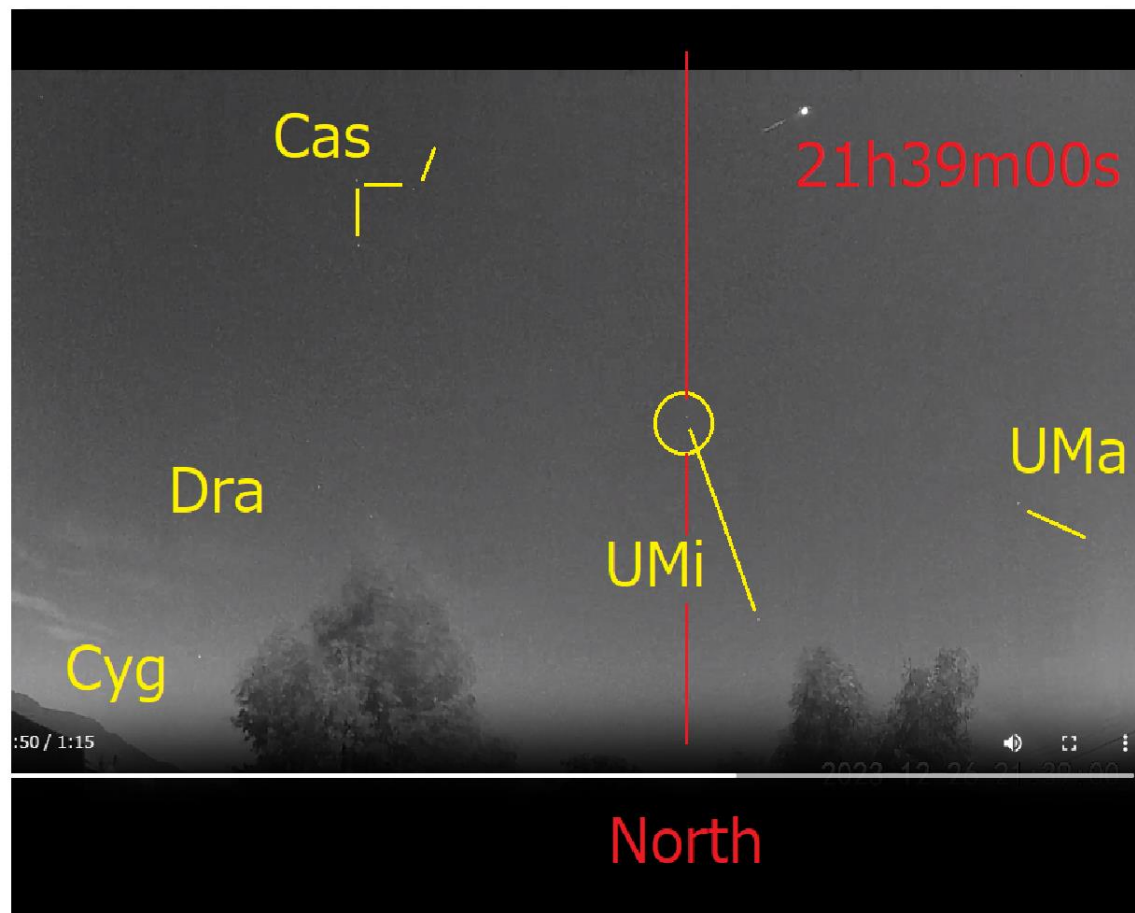
特選タイムセール

¥4,212 参考: ¥4,680  
42ポイント(1%)





# アトムカメラによる落下人工衛星の豊川上空経路



豊川市上空を飛行する人工衛星が3点でf<sub>0</sub>点を通過する時刻は21時39分00秒

# SonotaCoネットによる人工衛星経路 20231226\_213900

## 人工衛星諸元 (SonotaCoデータ)

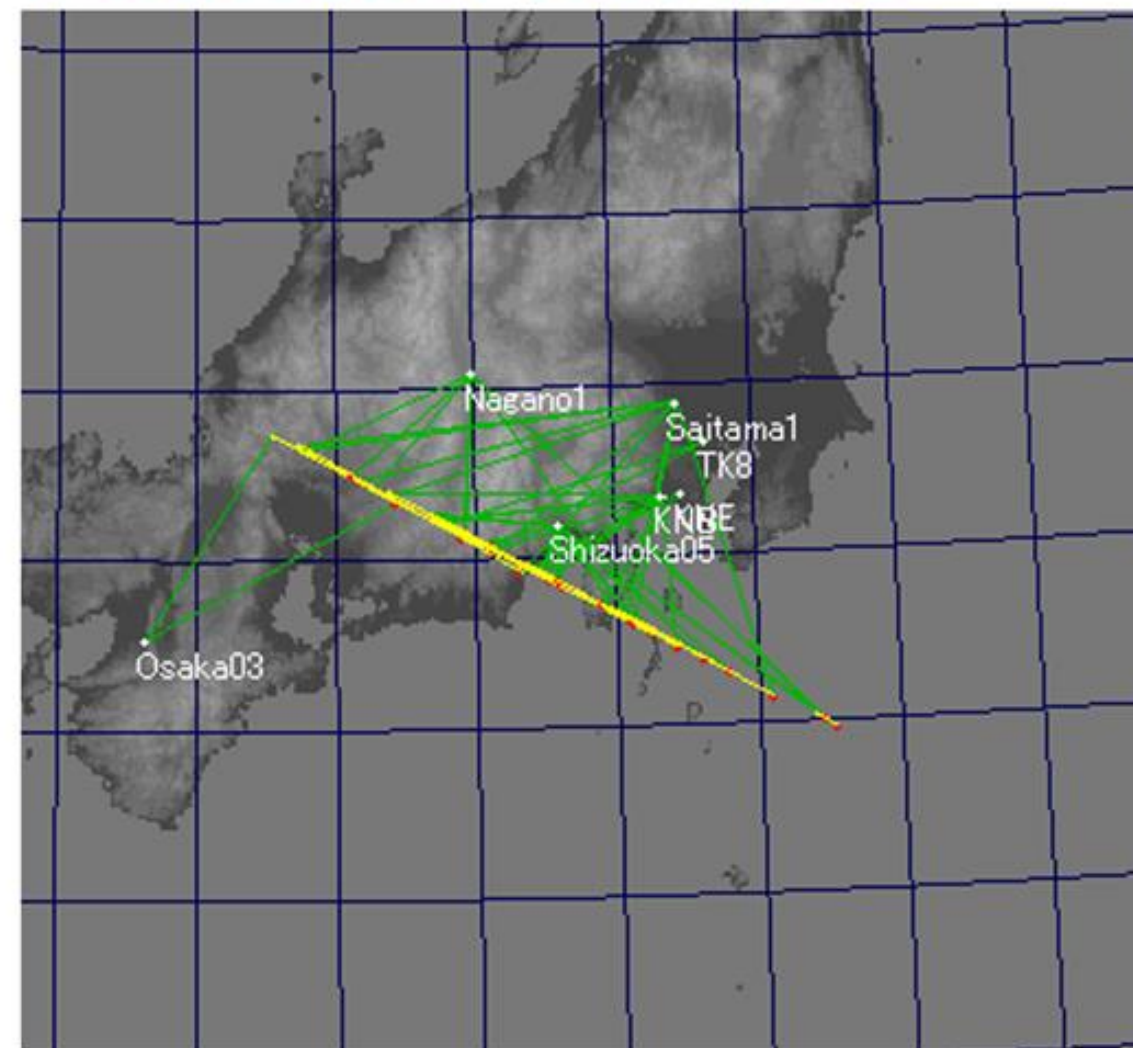
発光点：21時38分45秒 136.545E,  
35.743N 高度94.2km

消滅点：21時39分43秒, 140.535E,  
33.963N 高度88.6km

全平均速度7.1~7.2km/s, 前半部分のみ10km/s, 消滅点近傍6.6km/s

ソノタコネットに観測データを提供されたすべての  
皆さんと小林さんに心よりお礼申し上げます

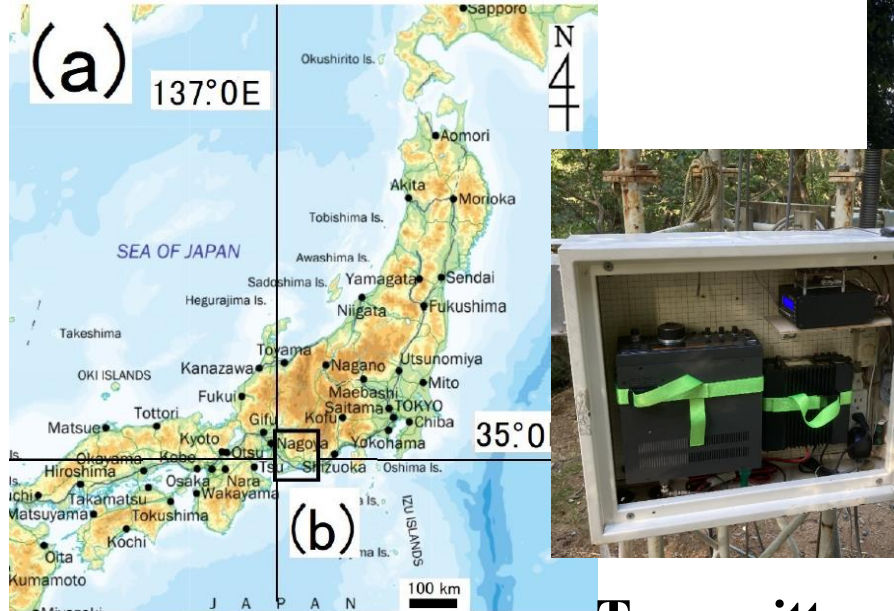
©SonotaCo Network



データ統合作画 小林美樹さん  
(名古屋市)



# KRO観測設備



送信波は53.1MHz, 10W,  
継続波。9分送信, 1分停波。  
現在送信点は豊川市御津町,  
受信点は3ヶ所。御津町, 新城  
市, 湖西市(送受信距離: 20km  
以内)



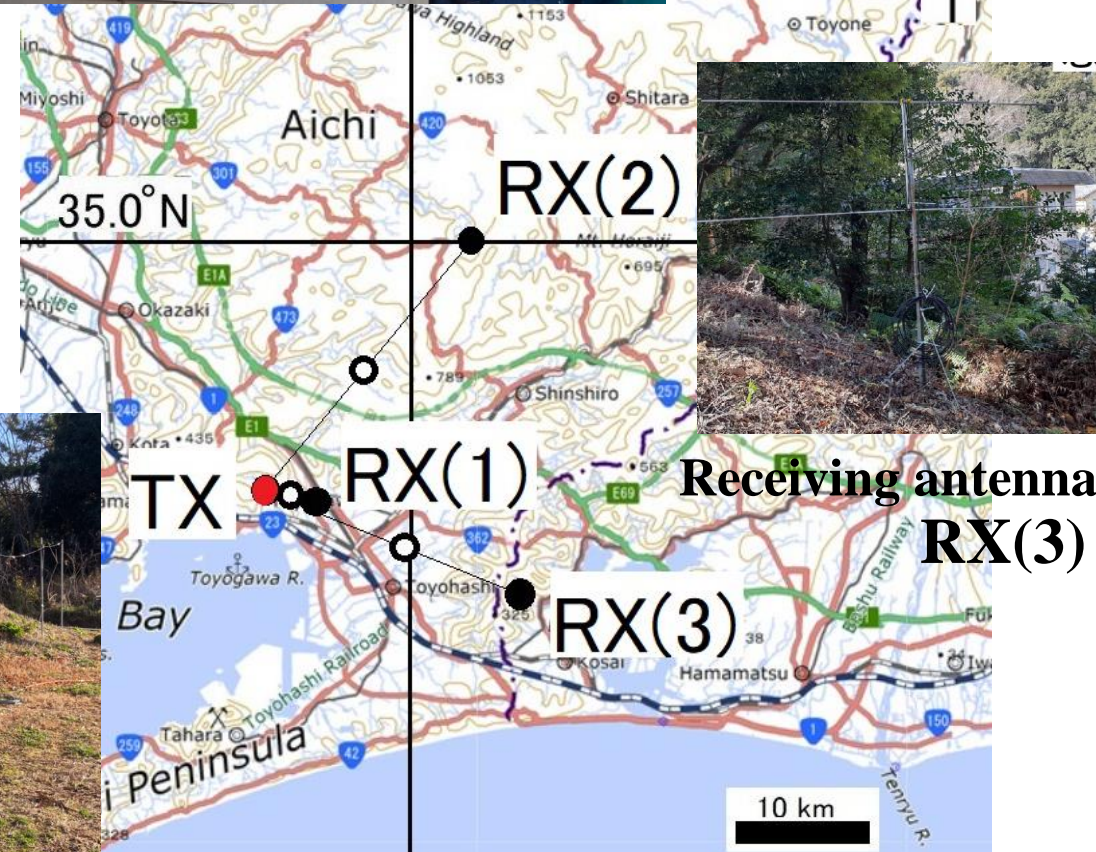
Transmitting  
antenna



Receiving antenna



SDR, PC, HD  
RX(1)



RX(1)



# 作手サイトRX(2)における受信機器

新城市作手では2エレハ木アンテナ，受信はSDR，アプリはHSDR。仮想サウンドカードでHROFFTとAudacityに常時記録

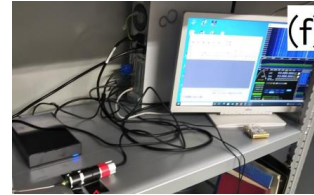
Nooelec NESDR SMARt v4 SDR - アルミニウム製エンクロージャ、0.5PPM TCXO、SMA入力付きプレミアムRTL-SDR RTL2832UおよびR820T2ベースのソフトウェア無線

ブランド: Nooelec  
★★★★★ 1,123個の評価

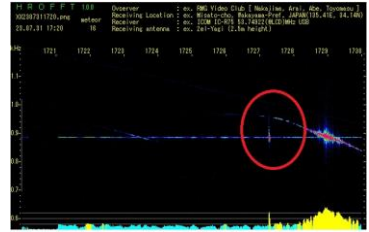
¥4,995

prime お届け日時指定便 無料  
ポイント: 40pt (1%) 詳細はこちら

SDR

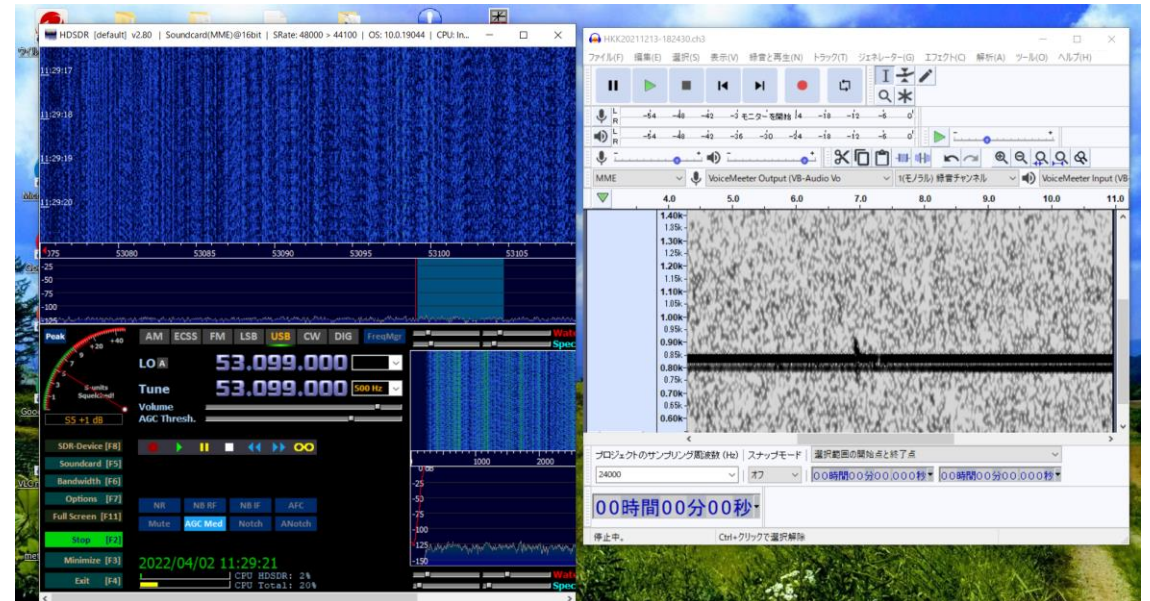


Virtual sound card



Audacity  
easy-to-use, multi-track audio editor and recorder

HROFFT  
Immediate Fourier analysis can be processed and displayed

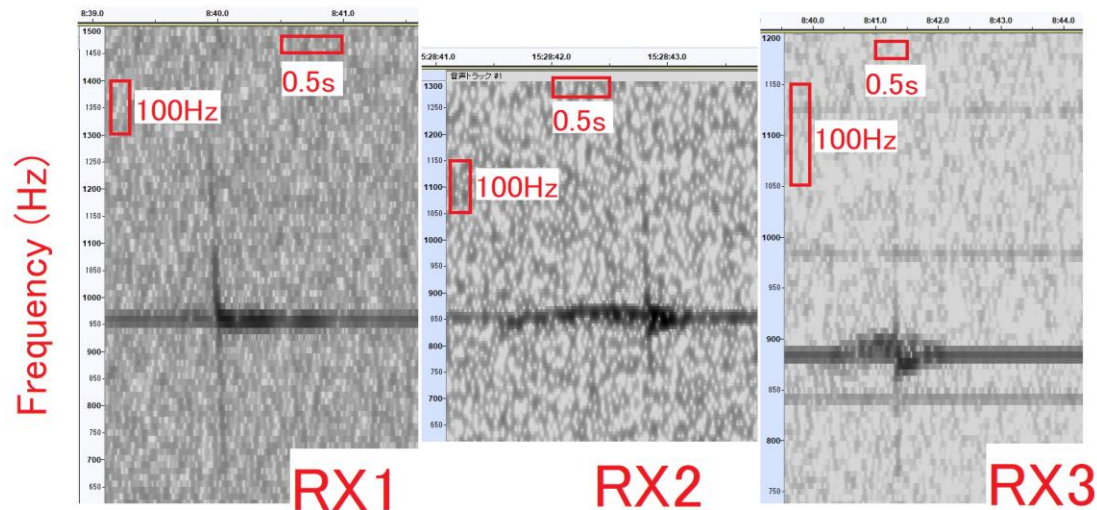


HSDR

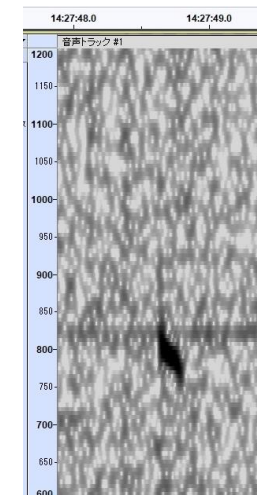
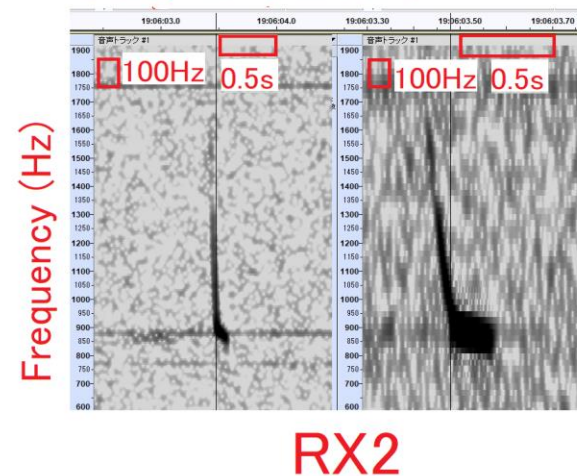
Audacity

# 流星速度依拠のドップラーシフトを有する流星エコー

06h28m42s LT, July 31, 2023

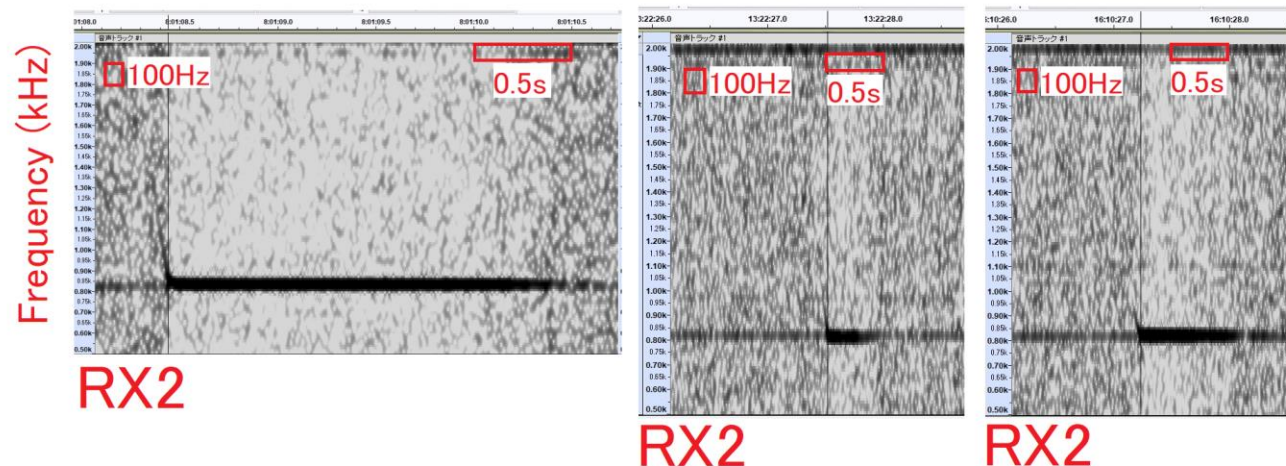


11h06m02s LT  
July 21, 2023



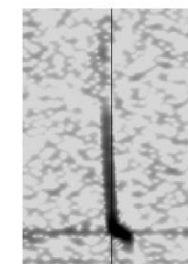
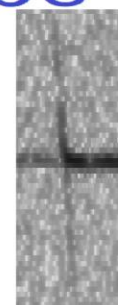
A,B type, Jan.  
11, 2024

01h01m07s LT, Jan.04, 2023 Dec. 13, 2022



A type

B type



C type

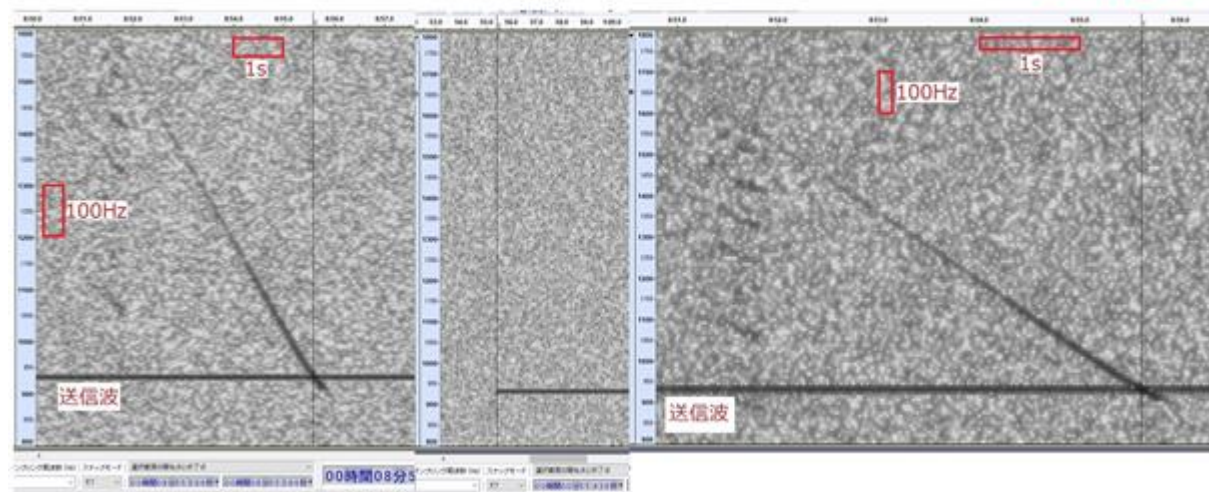




# 20231226\_213900の落下人工衛星からのエコー

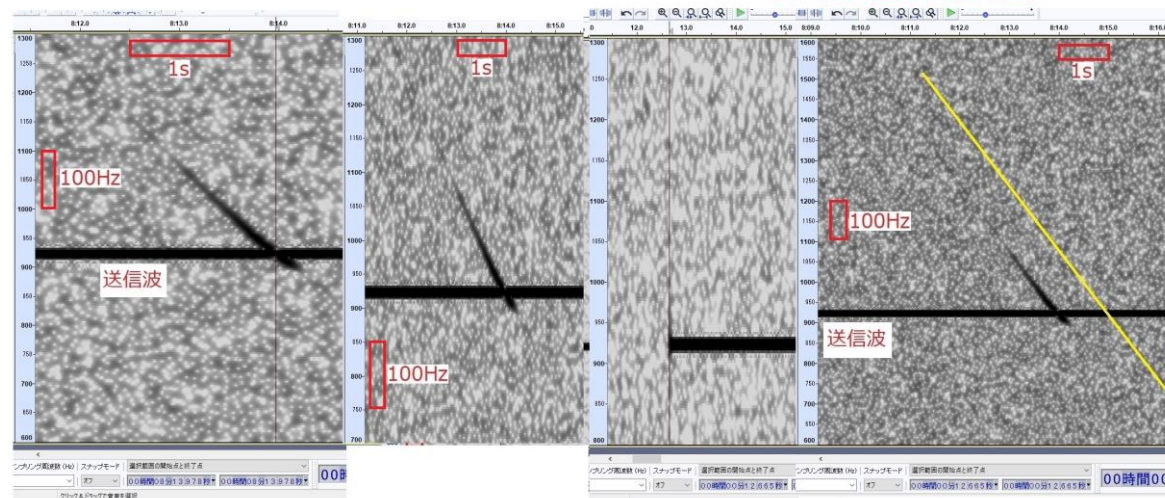
21h39m00.150s Hanakikou

©KatoH

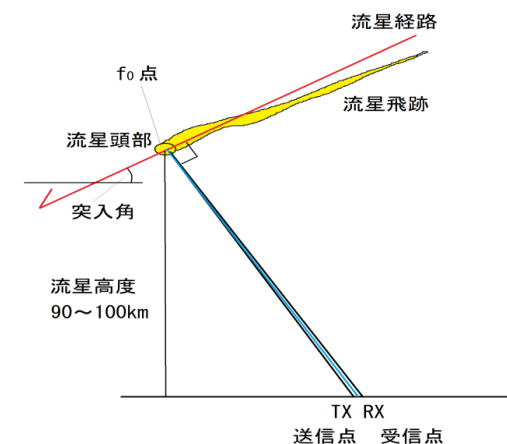
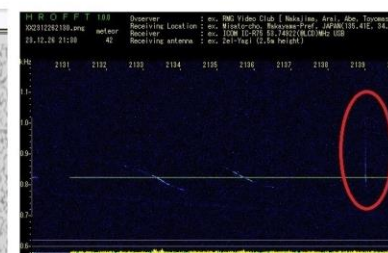
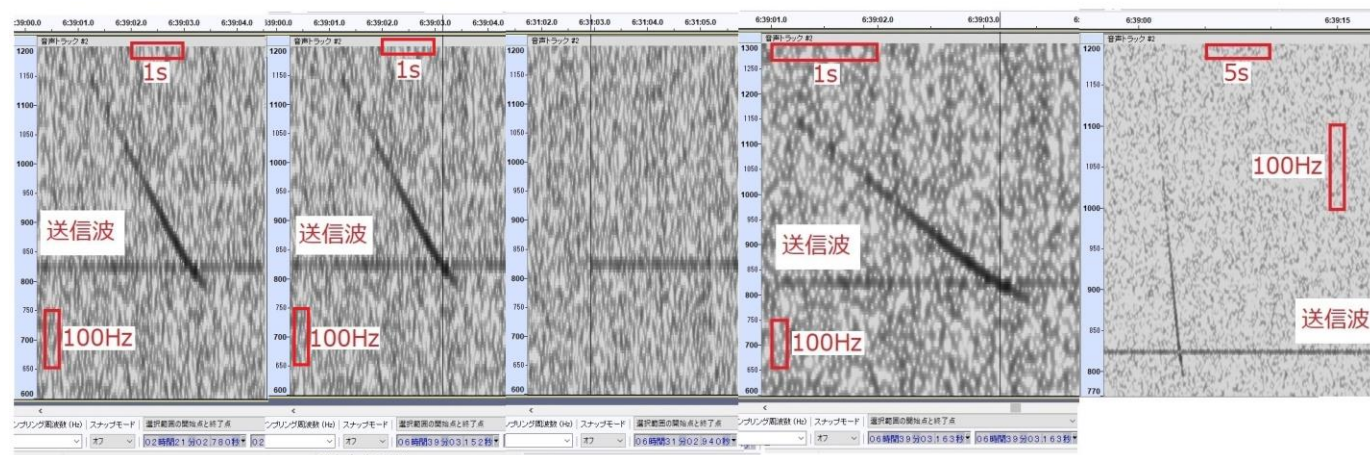


21h39m01.313s Kosai

©Okamoto

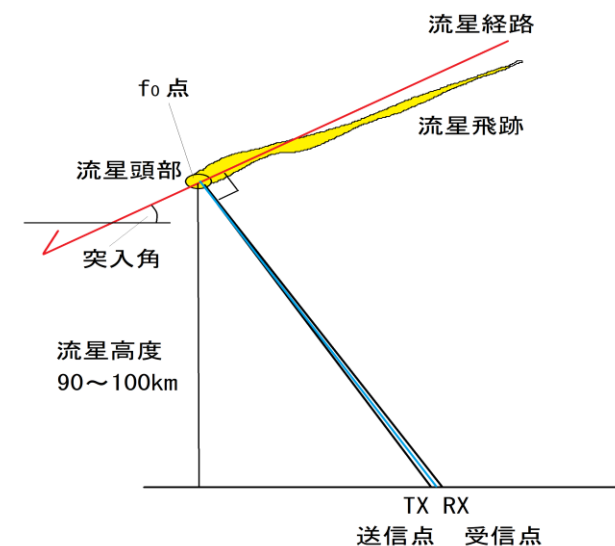


21h39m00.212s Tsukude





# 各観測点のf0点通過時から求められる飛行体速度



f0点（飛行体経路に対して送受信波が直交する点）通過時刻

RX(1)花木香  
RX(2)作手  
RX(3)湖西

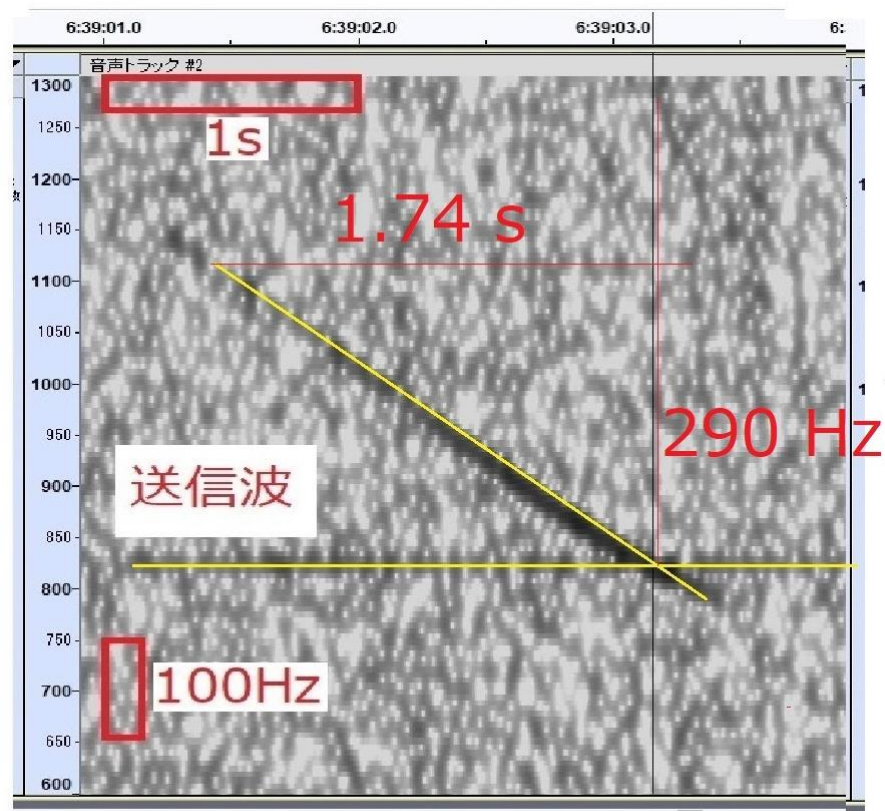
21時39分00.150秒  
21時39分00.212秒  
21時39分01.313秒

$$9.2 / (1.33 - 0.150) = 7.8 \text{ km/s}$$

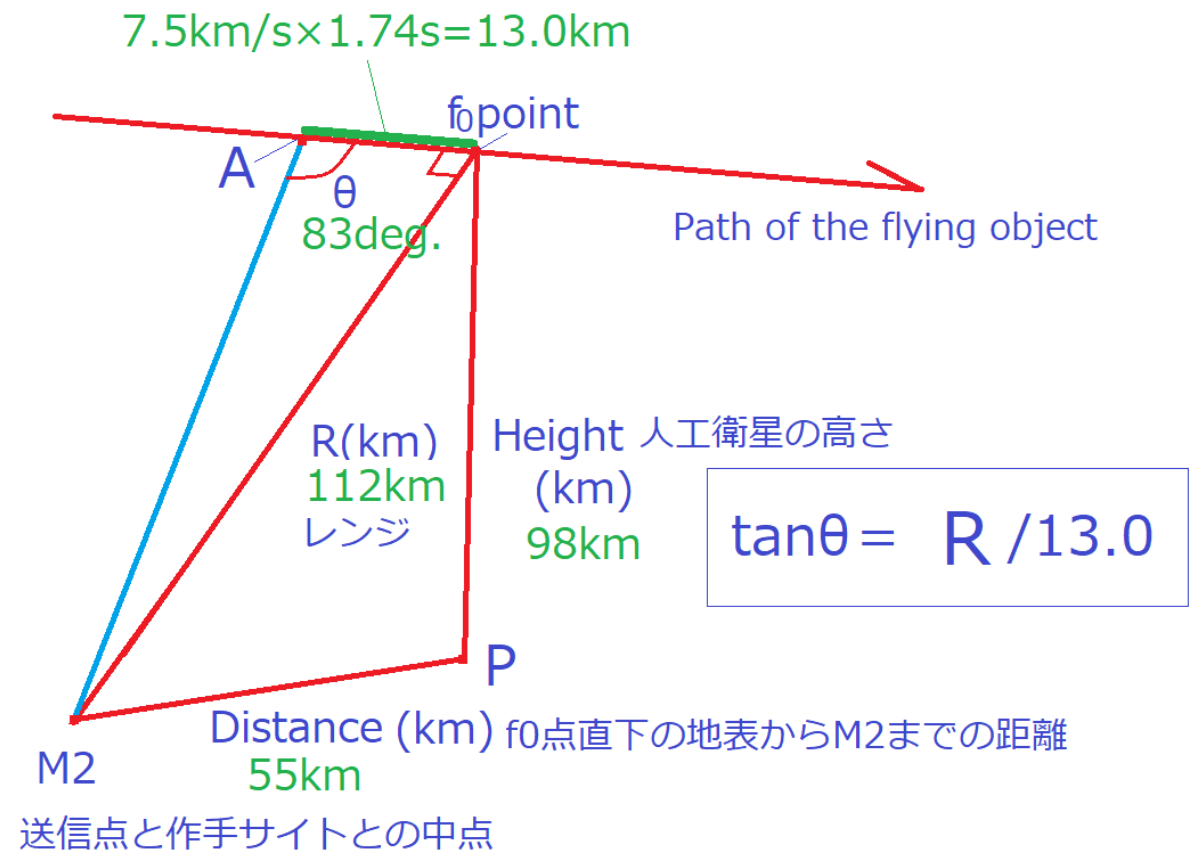


# ドップラーシフトから流星諸元を(1)

Time, h:mm:ss.ss

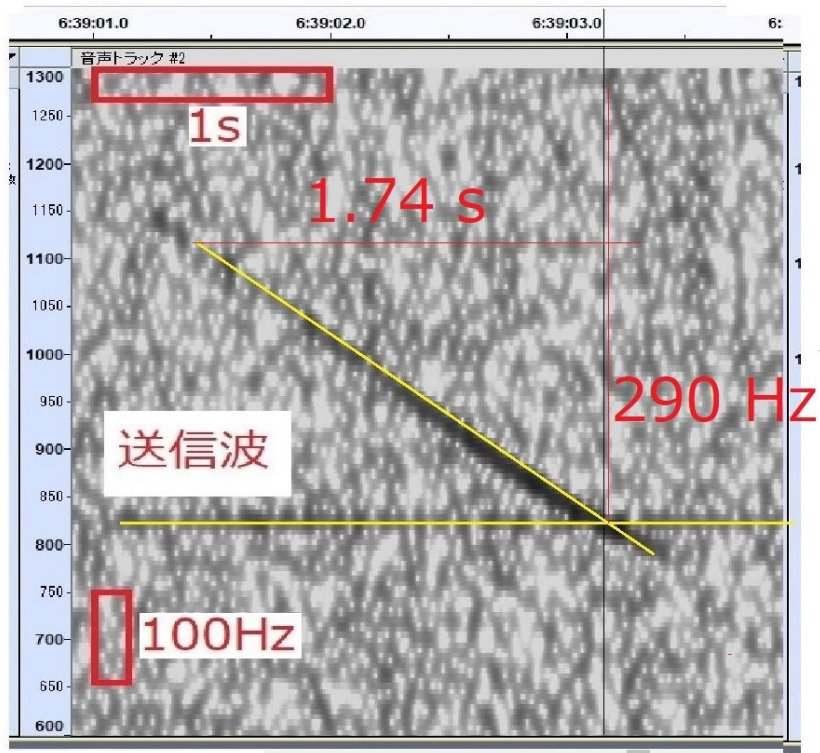


Tsukude

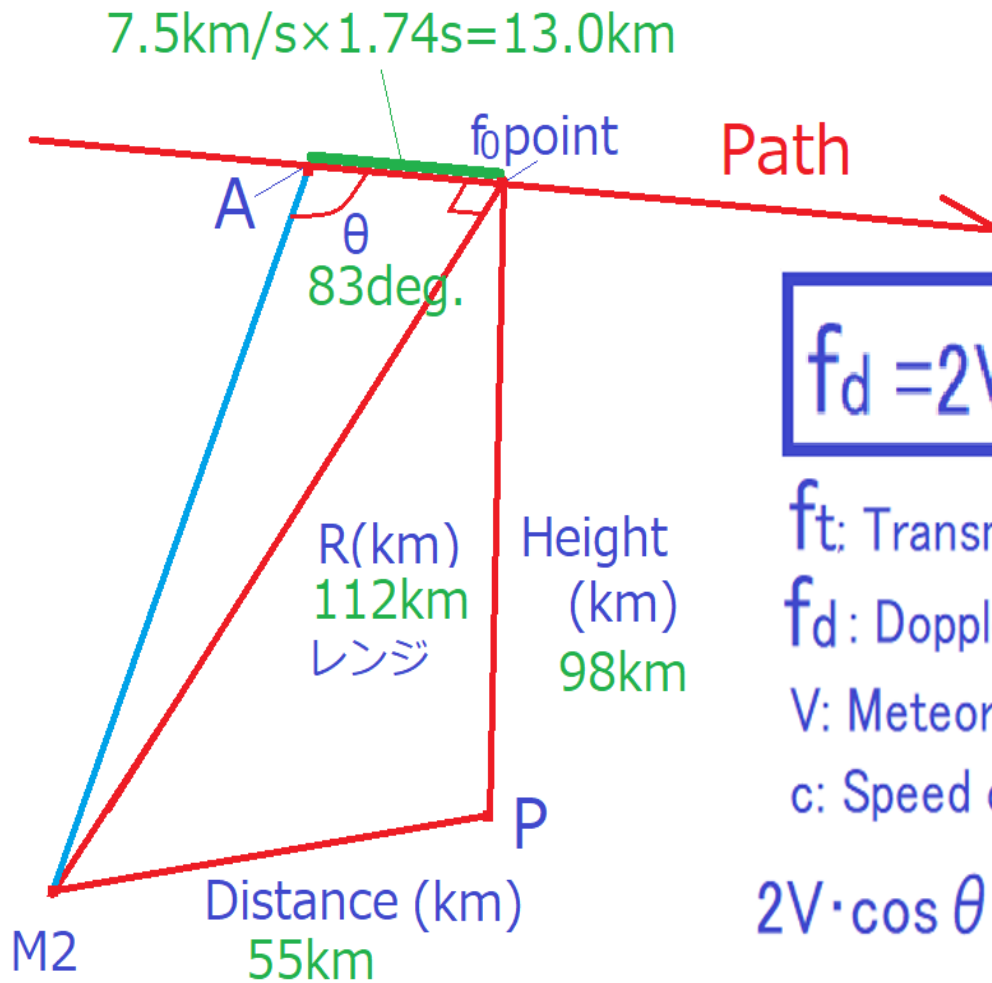


# ドップラーシフトから流星諸元を(2)

Time, h:mm:ss.ss



Tsukude



$$f_d = 2V \cdot \cos \theta \cdot f_t / c$$

$f_t$ : Transmission frequency (Hz)

$f_d$ : Doppler shift (Hz)

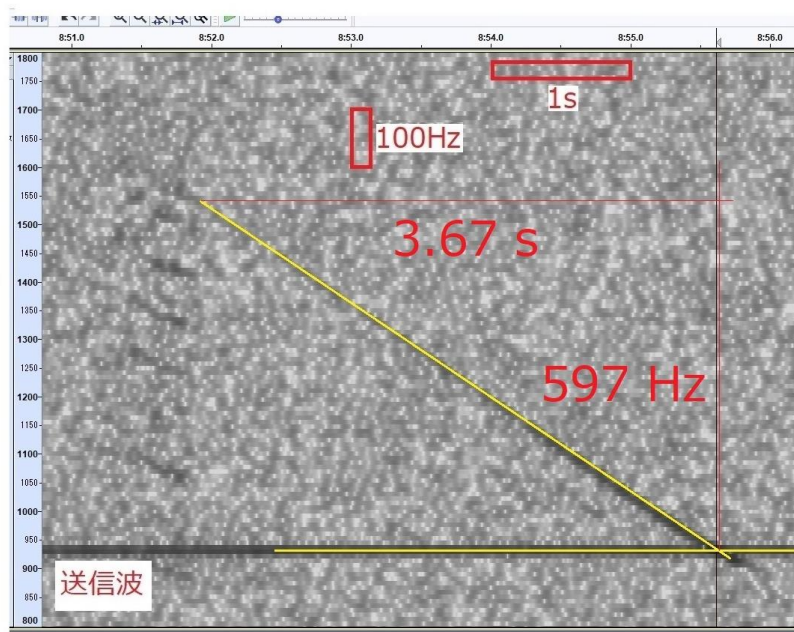
$V$ : Meteor velocity (km/s)

$c$ : Speed of light (km/s)

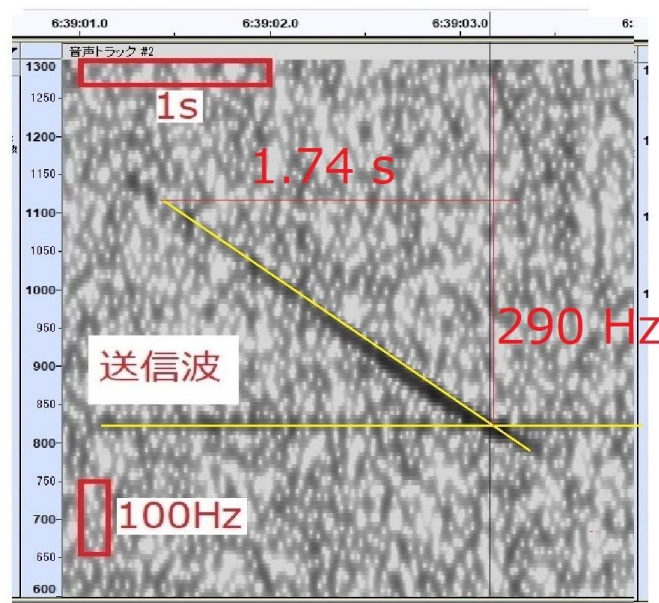
$$2V \cdot \cos \theta \cdot 53.1 \times 10^6 / 3.0 \times 10^5$$



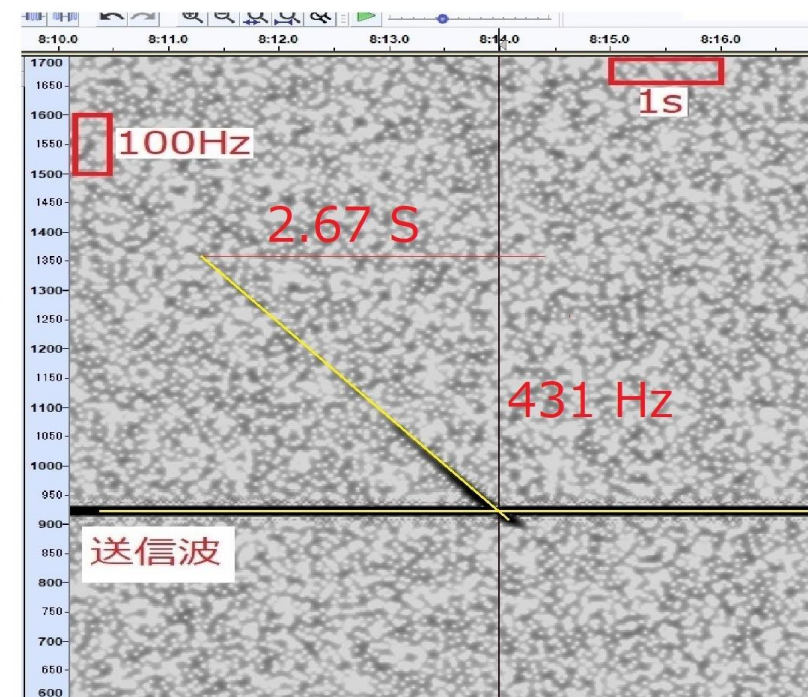
# 各観測点のf0点におけるドップラー周波数



Hanakikou



Tsukude

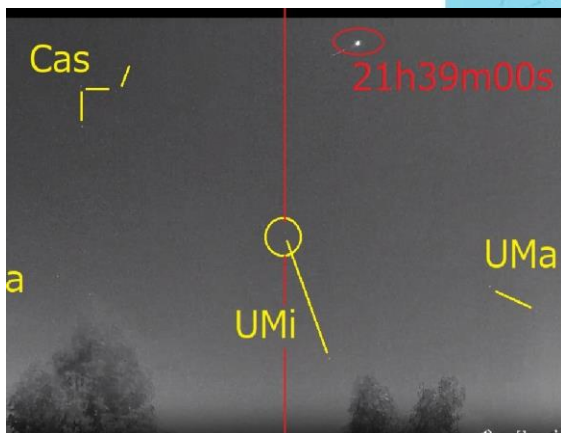


Kosai

$v=7.5$ km/s $H=98$ km	Time until f0 (sec)	Doppler freq. (Hz)	Distance (km)	Range (km)	Theoretical Doppler freq. (Hz)	error (%)	Elevation angle (deg.)
HANAKIKOU	3.67	597	65	118	602	99.2	56
TSUKUDE	1.74	290	55	112	307	94.5	61
KOSAI	2.67	431	66	118	438	98.4	56



# 人工衛星 経路 2023.12.26

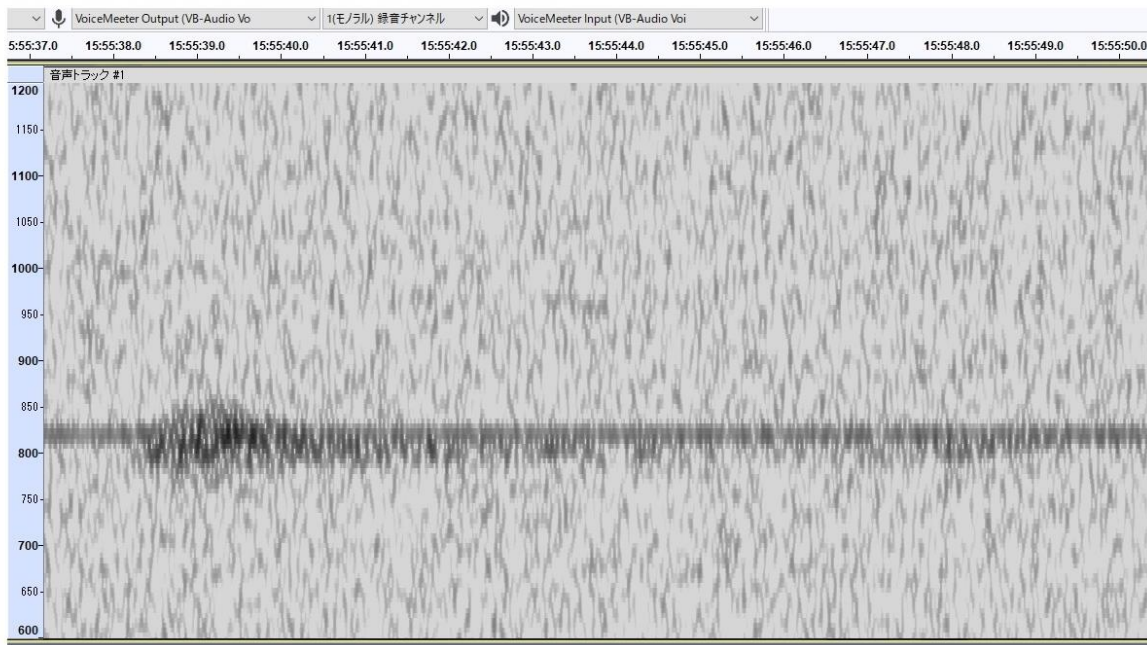




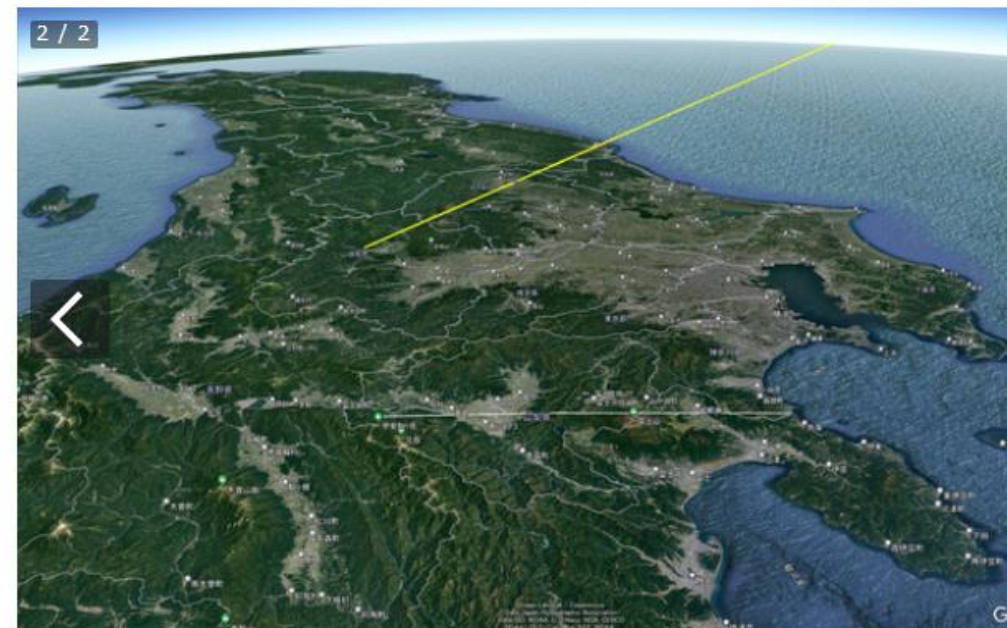
# 2024年1月15日 早朝の火球

静岡県東部地方に出現。わが観測サイトからは守備範囲外。KROは観測サイトからおよそ**100km以内**。飛跡エコーのみは不可

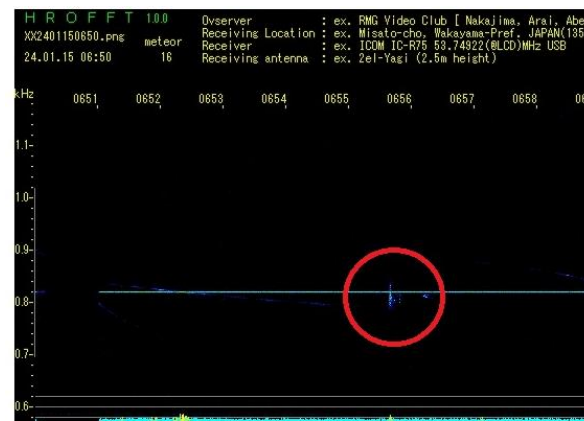
06h55m37s



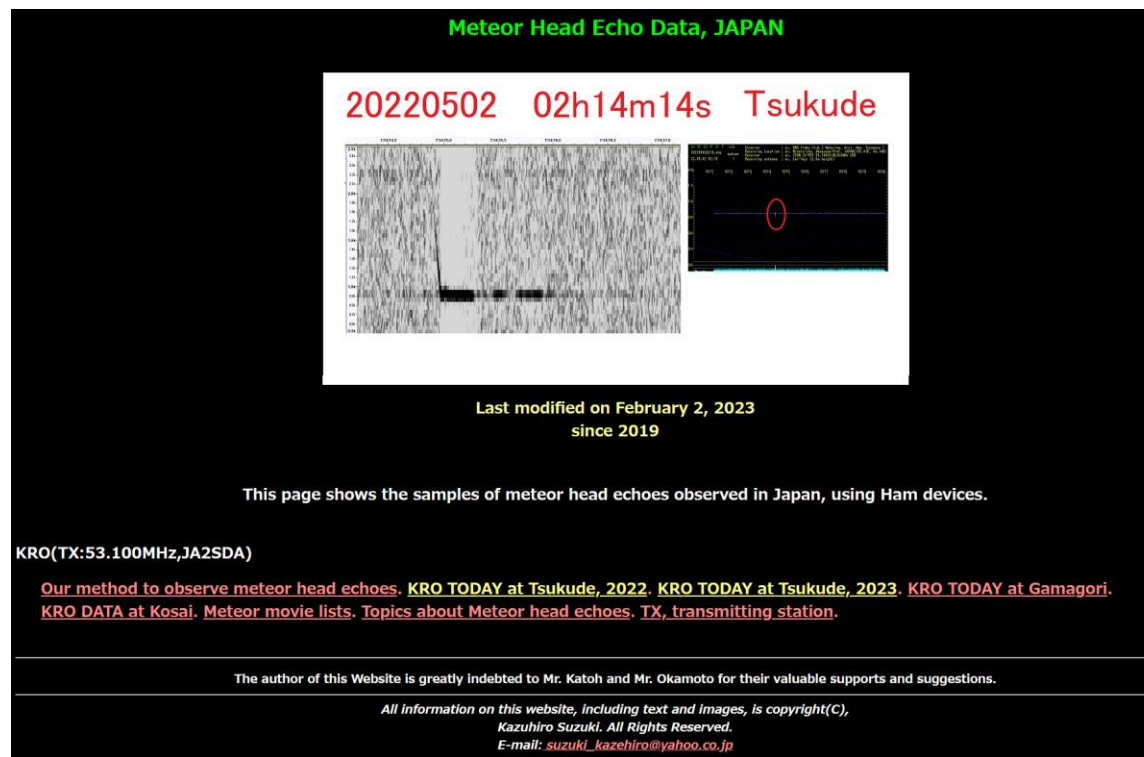
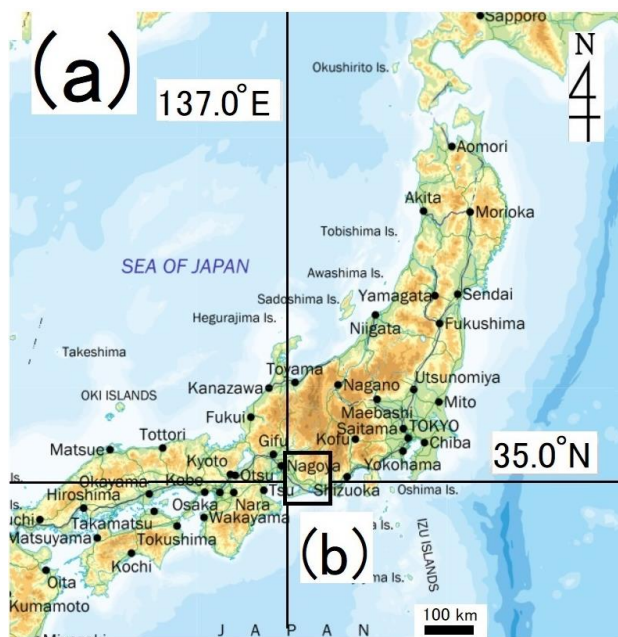
朝日新聞デジタル > 明るい空に大火球、東京など関東の広範囲で 静岡・山梨上... > 写真・図版



火球の経路。静岡県から山梨県上空を飛んだとみられる = 藤井大地さん提供



# 国内に多くのKROサイトを！



流星ヘッドエコー情報サイト

<http://www.headecho.sakura.ne.jp/MHEDJ.htm>

KROのカバー領域は半径約100km以内。出力は10Wで十分。送信にはアマチュア無線の免許が必要。昼間や曇天時での火球監視が直ちに可能。最低3ヶ所の観測点が必須