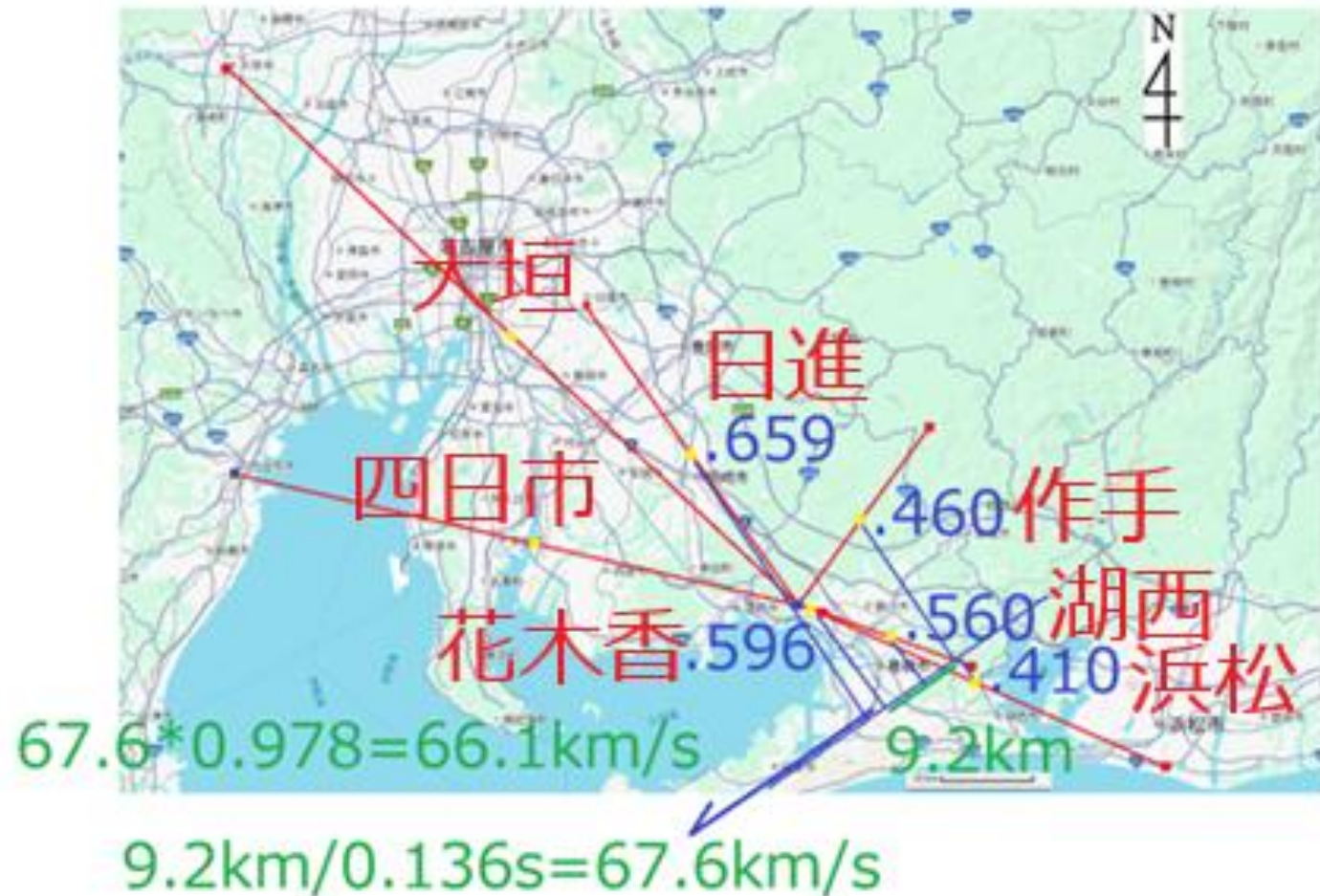


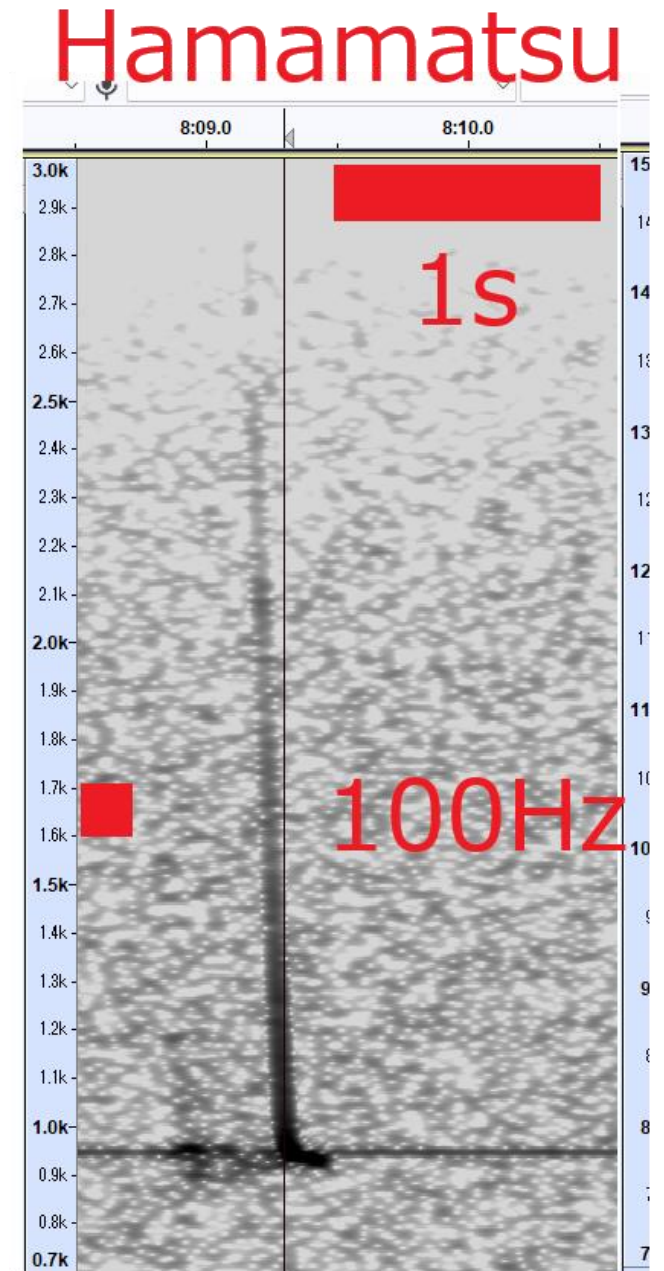
7点同時電波観測による 高速流星（かみのけ系）の軌道要素



鈴木和博	(豊川市)
加藤泰男	(豊川市)
岡本貞夫	(日進市)
川地孝典	(大垣市)
渥美 健	(浜松市)
藤戸健司	(四日市市)
小林美樹	(名古屋市)
鈴木 悟	(岡崎市)
河越彰彦	(取手市)

本報告の流れ

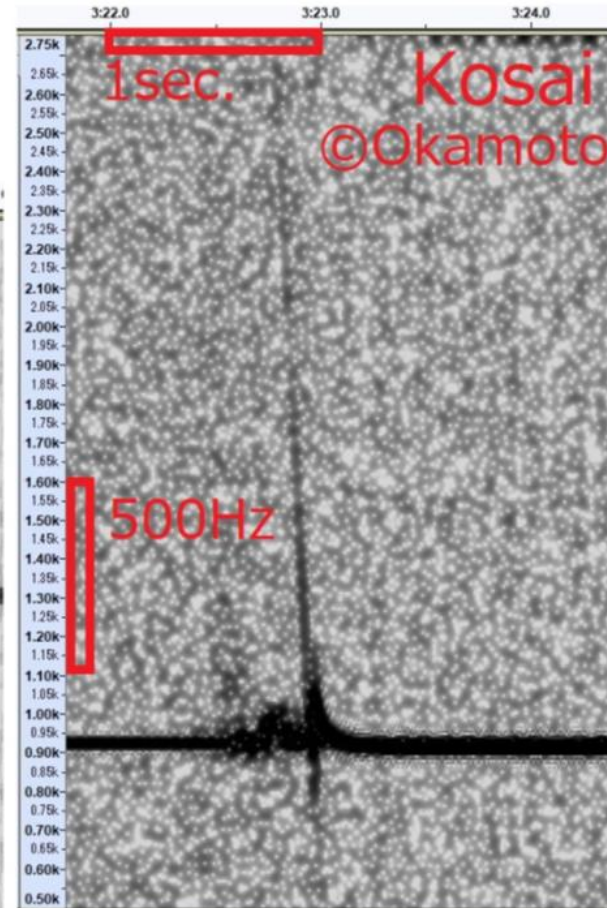
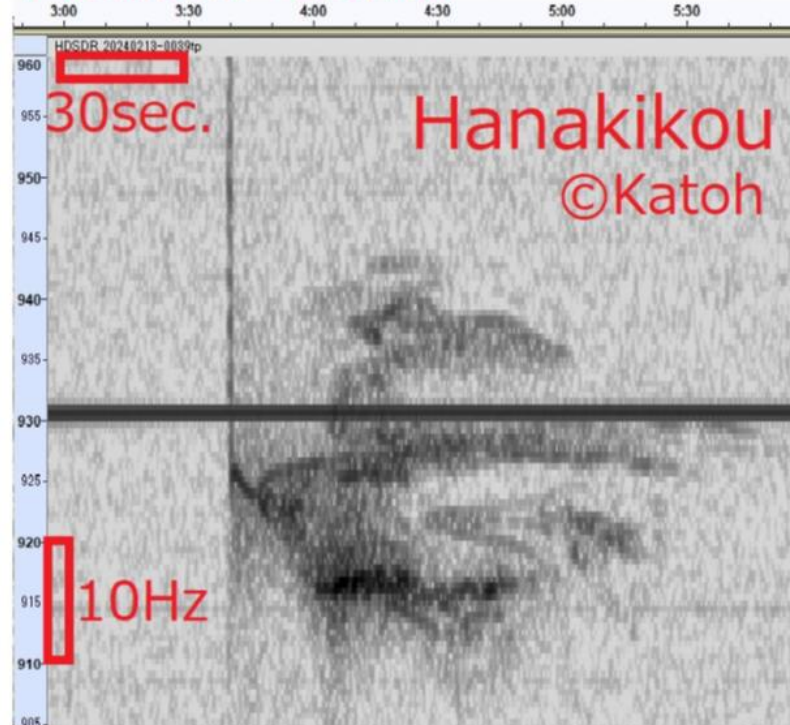
- 私たちの流星電波観測で得られる**流星頭部**
ドップラーエコーと飛跡エコー
- 東海地方流星電波観測**サイト・ラインアップ**
- **2025年12月14日22時08分11秒**の各サイトの
頭部ドップラーエコープロフィール
- 各サイトの**f0点通過時刻差**から求める**流星の**
方向と速度
- **光学観測**から求められた流星諸量
- **ドップラー周波数**から求められる流星諸量
- 軌道要素の測定から**非楕円軌道流星**の可能性



得られる2種の流星ドップラーエコー

永続痕の電離雲は中層大気の風速に依拠するドップラー周波数が読みとれる

20240213_004340
Meteor echo



流星本体を取り巻く電離雲は本体の速度に依拠するドップラー周波数が読みとれる

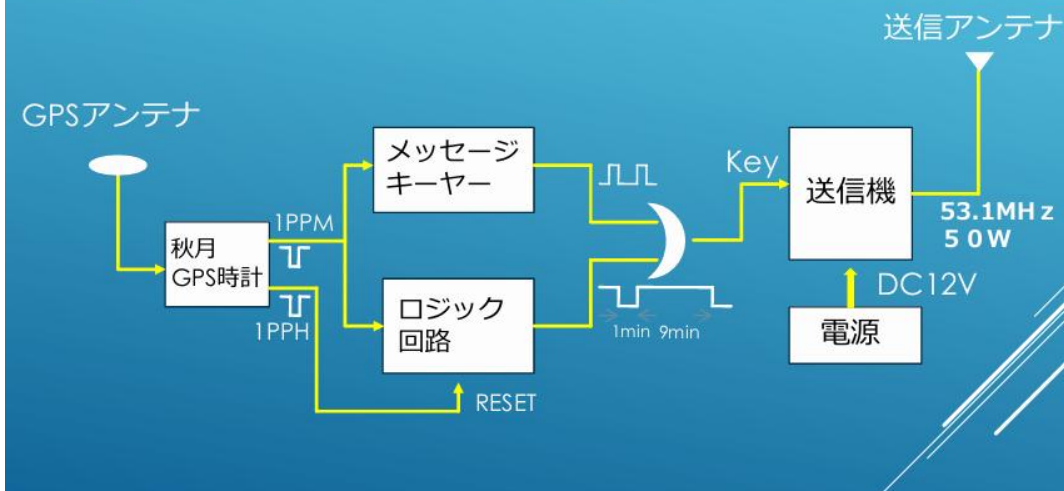
時間（横軸）・周波数（縦軸）スケールに注目ください。
左：飛跡からのドップラーエコー，右：頭部からのドップラーエコー

ソヨゴの森送信局（豊川市御津町）



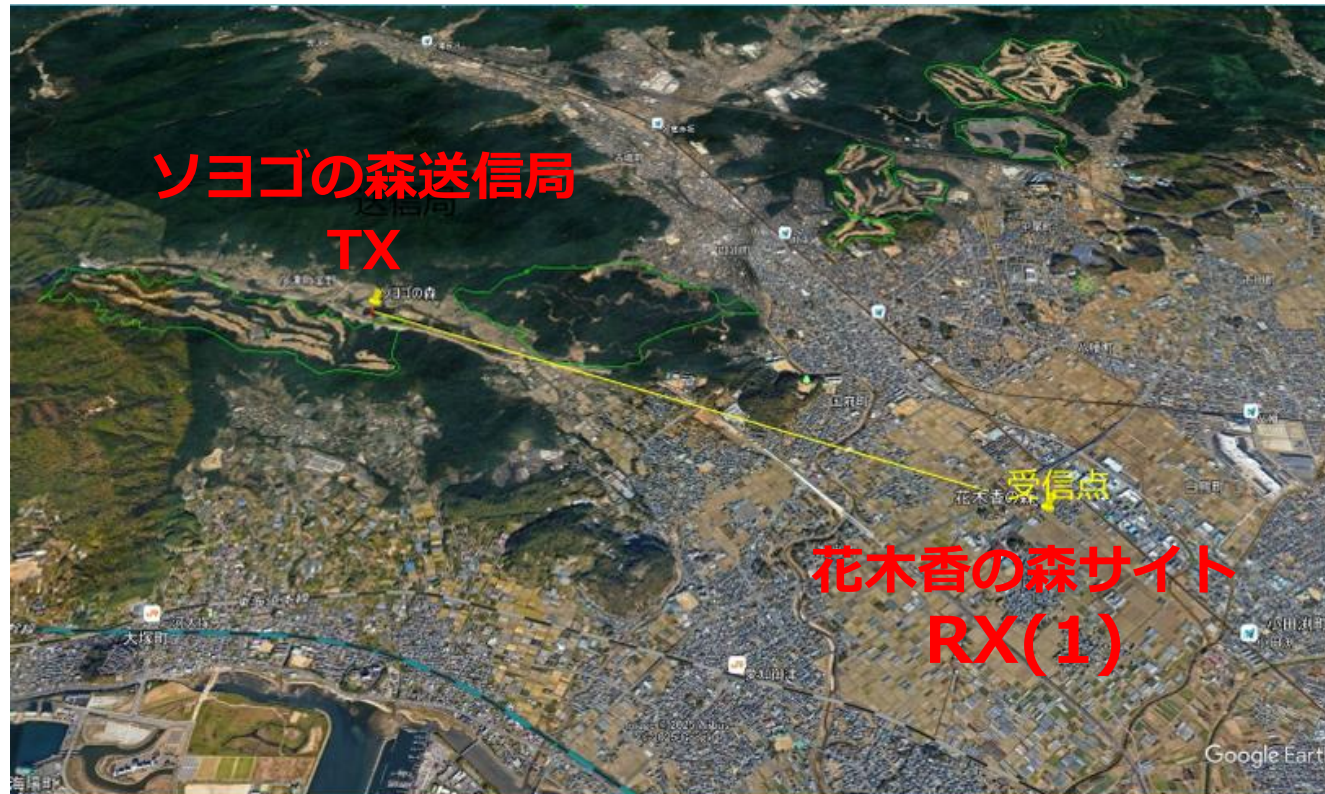
送信タイマー

- ・ 秋月のGPS時計を使って正確な送信/停波のコントロール
- ・ 10分毎に1回のコールサイン送信



**ソヨゴの森送信局：豊川市御津町，
34.8°N，137.3°E，53.100 MHz，
50 W，運用：加藤泰男さん**

花木香の森受信サイト(RX1)



ソヨゴの森送信局と花木香の森（受信点）間の直線距離は約4.6Km
直接波が非常に強力なため受信機（SDR）が飽和する
アンテナの向きを調整して直接波が最も弱くなる位置、向きに設置



受信アンテナ
RX(1)



受信装置
RX(1)

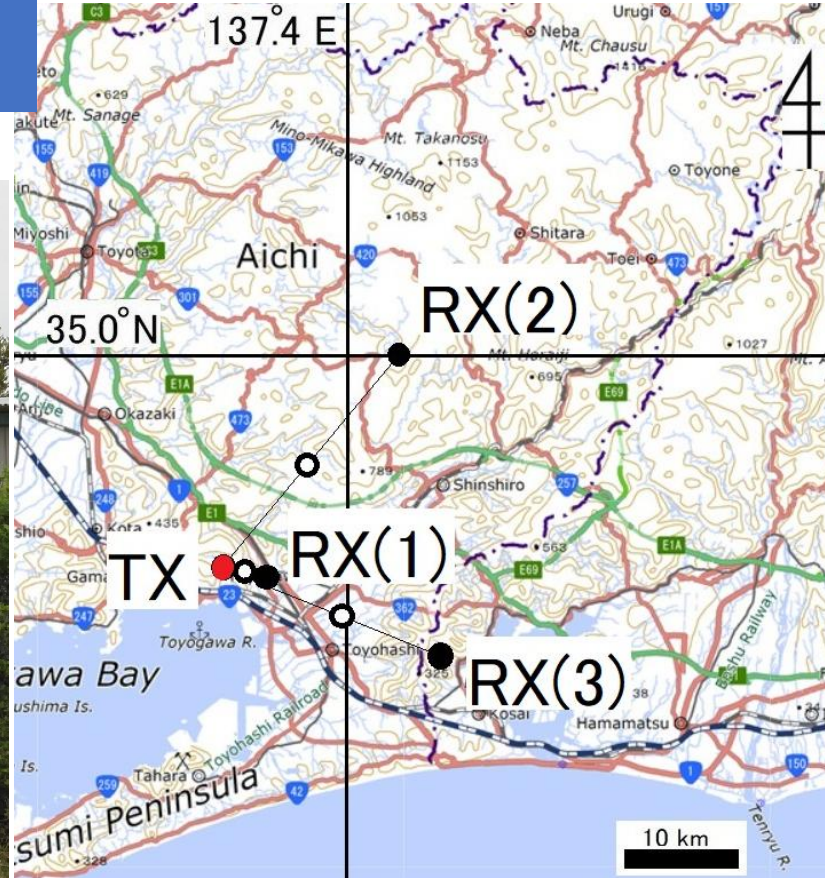
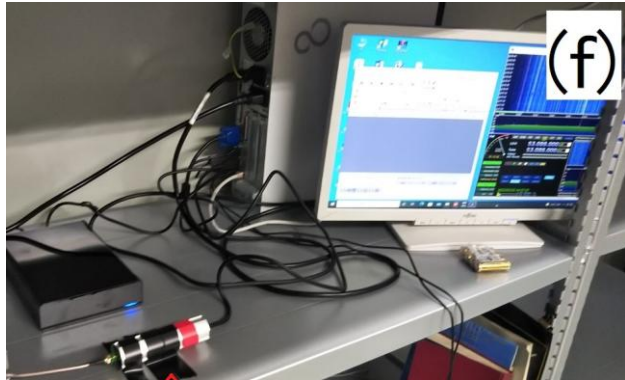


豊川市御津町，運用：加藤泰男さん

作手・湖西サイト

作手サイト RX(2)
鈴木，新城市作手

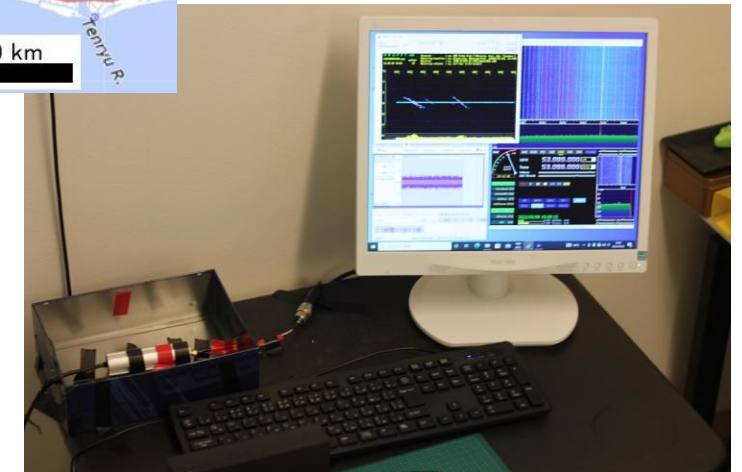
受信装置 受信アンテナ



湖西サイト RX(3)
岡本さん，湖西市
受信アンテナ



RX(3) 受信装置



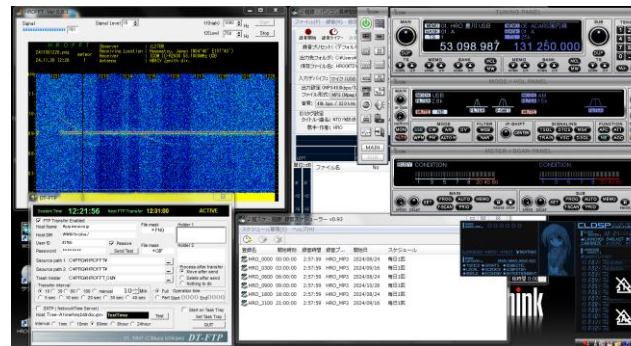
現在送信点は豊川市御津町，受信
点は7点。御津町，新城市，湖西
市，大垣市，浜松市，四日市市，
日進市，豊川穂ノ原（準備中）

SDR
作手





各観測サイト

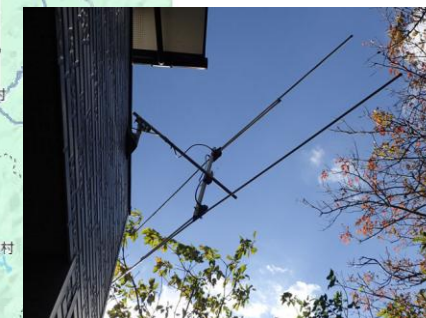


受信アンテナ(川地さん, 大垣市)

受信装置(浜松)



受信装置(大垣)



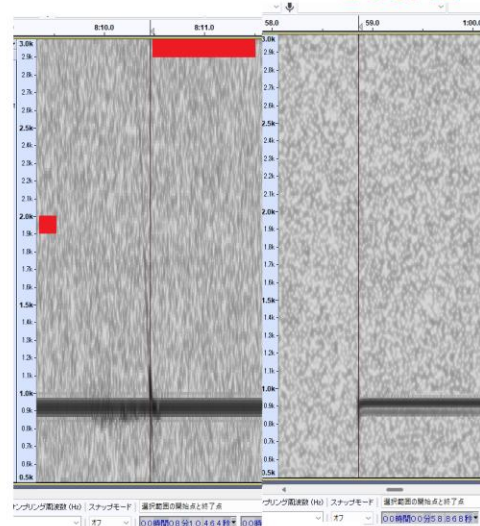
受信アンテナ
(渥美さん, 浜松市)



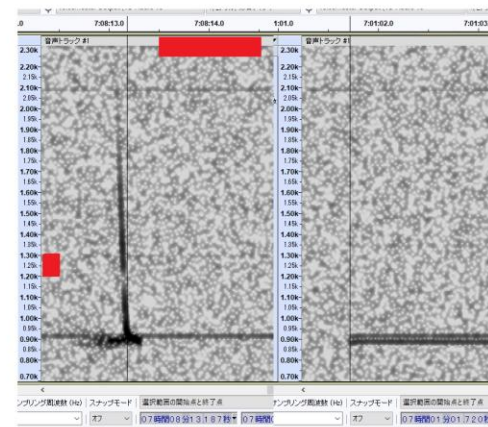
←受信装置・受信アンテナ(藤戸さん, 四日市)

2025年 12月14日 22時08分 11秒(LT) の各サイト における 頭部エコー 波形

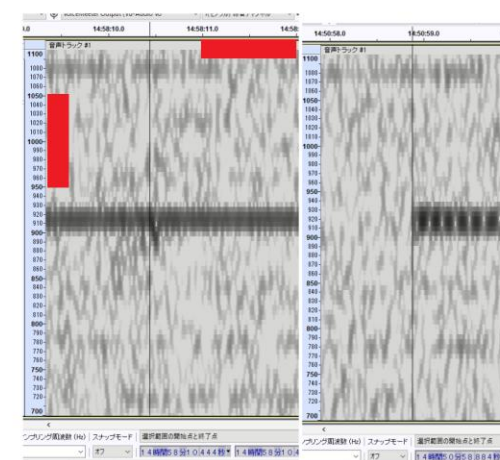
Hanakiko 100Hz



Tsukude



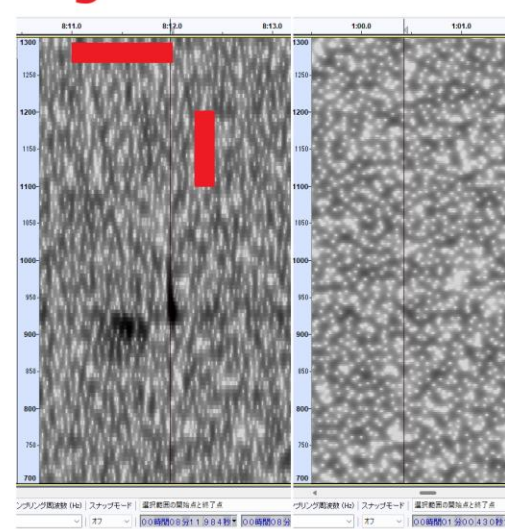
Kosai



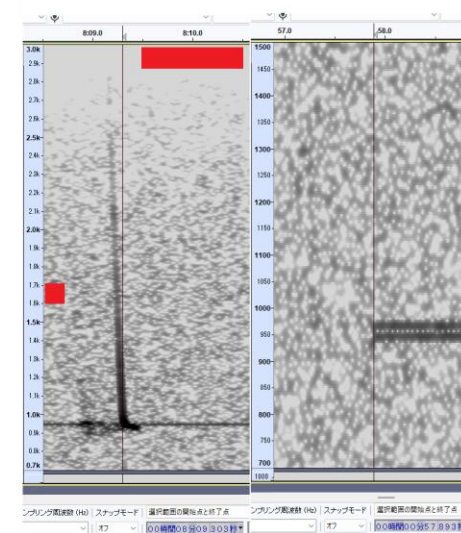
1s

100Hz

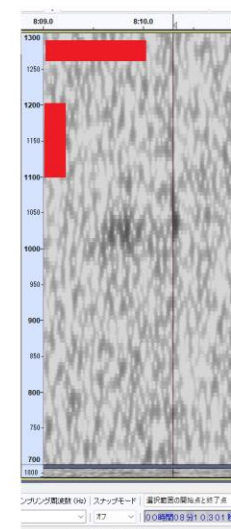
Ogaki



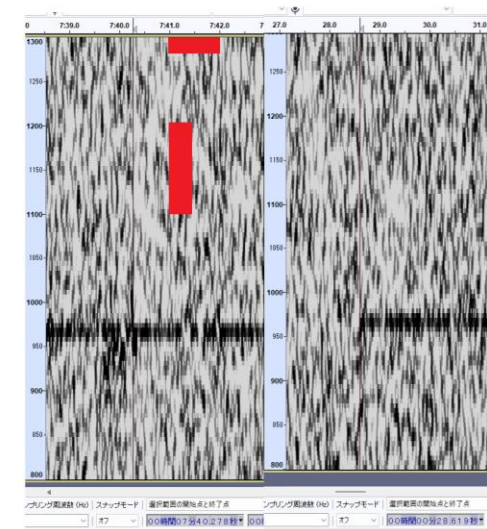
Hamamatsu



Yokkaichi



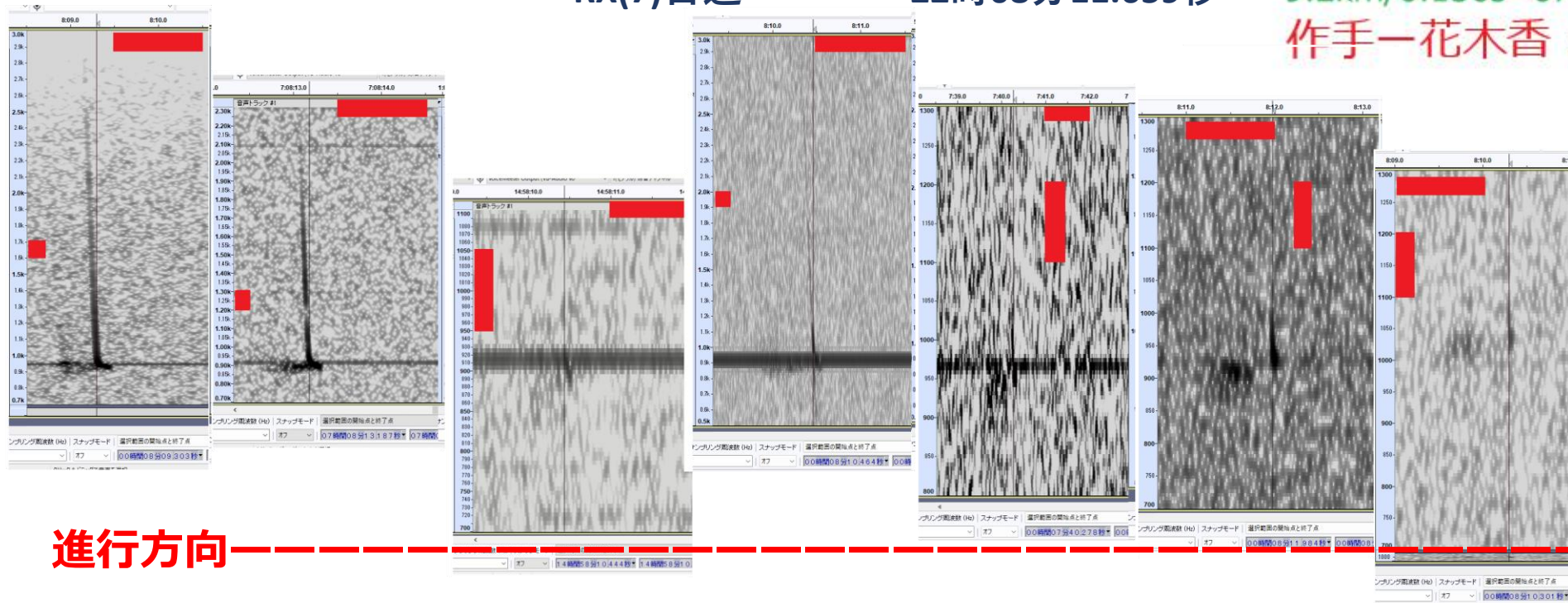
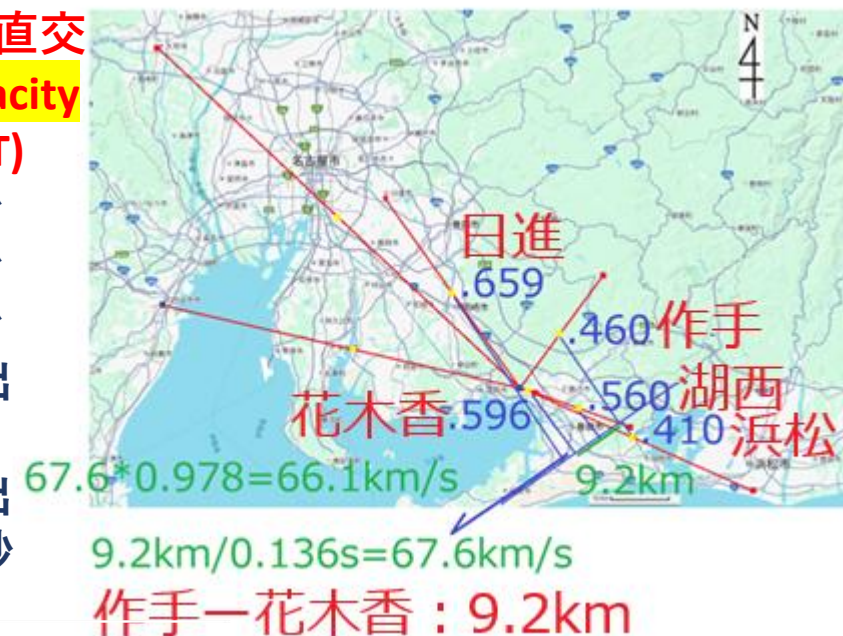
Nisshin



各点の流星頭部 ドップラー エコー

f0点（流星経路に対して送受信波が直交する点）通過時刻。解析アプリAudacityの読み取り時刻。2025年12月14日(LT)

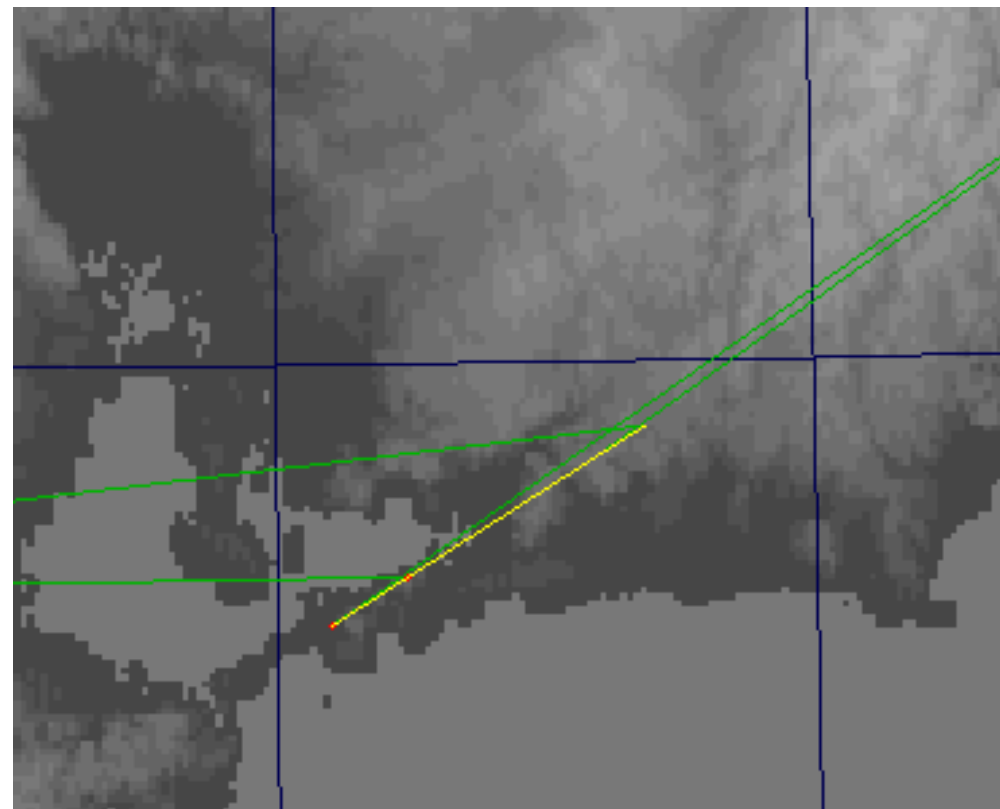
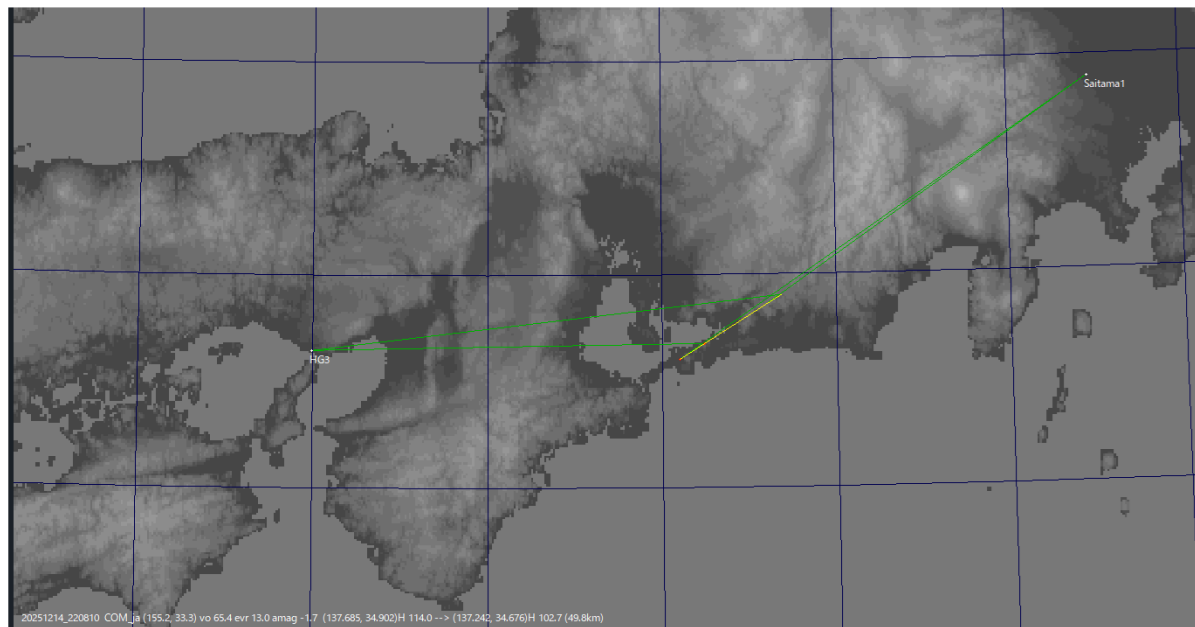
RX(1)花木香	22時08分11.596秒
RX(2)作手	22時08分11.462秒
RX(3)湖西	22時08分11.560秒
RX(4)大垣	timemark 未検出
RX(5)浜松	22時08分11.410秒
RX(6)四日市	timemark 未検出
RX(7)日進	22時08分11.659秒



1s
100Hz

SonotaCoネットによる当該流星光学データ

©Kobayashi ©SonotaCo Net.



2025/12/14 220811(LT)

観測速度：**65.4km/s** 高度：**114→103km** 突入角度：**13°** 光度：**-1.7mag**

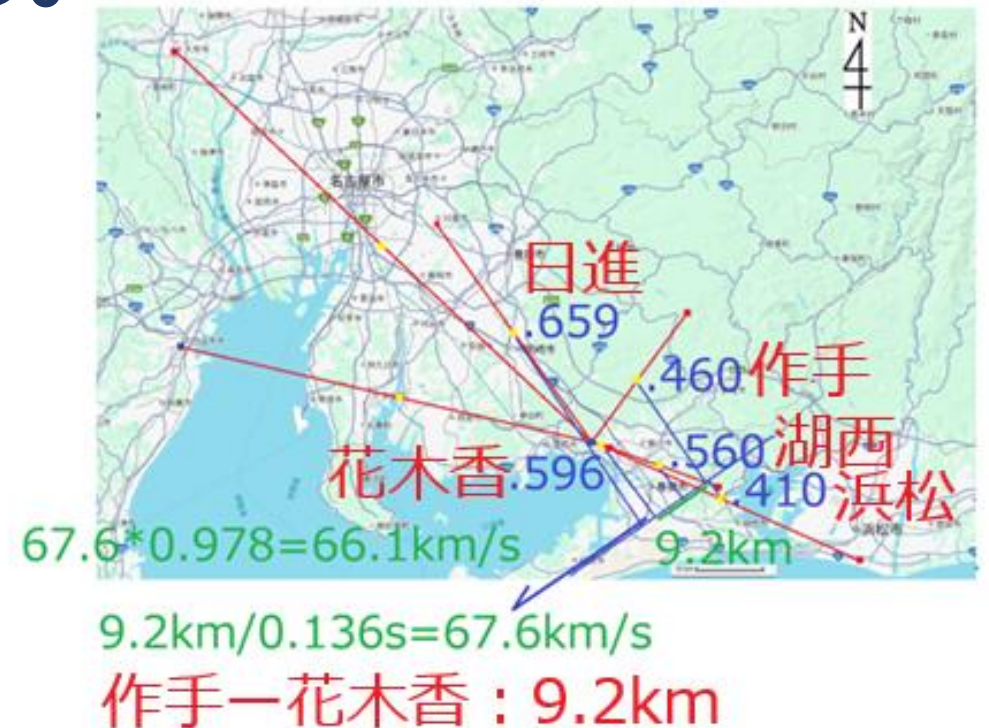
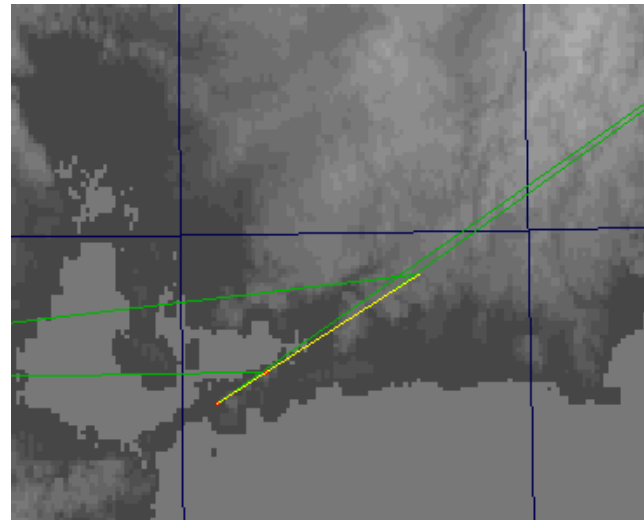
SonotaCoネットの観測点**HG3,Saitama1**の撮影データを使わせていただきました。
お礼申し上げます。

電波観測のf0点通過時刻差より流星方向と速度概算

各観測サイト間におけるf0点通過時刻差から流星の方向が確定する。更に突入角 0° の場合の流星速度 v がわかる。突入角が α° ならば、速度は $v \times \cos \alpha$ となる。

$$67.6 * \cos 13 \text{deg} = 65.8 \text{km/s}$$

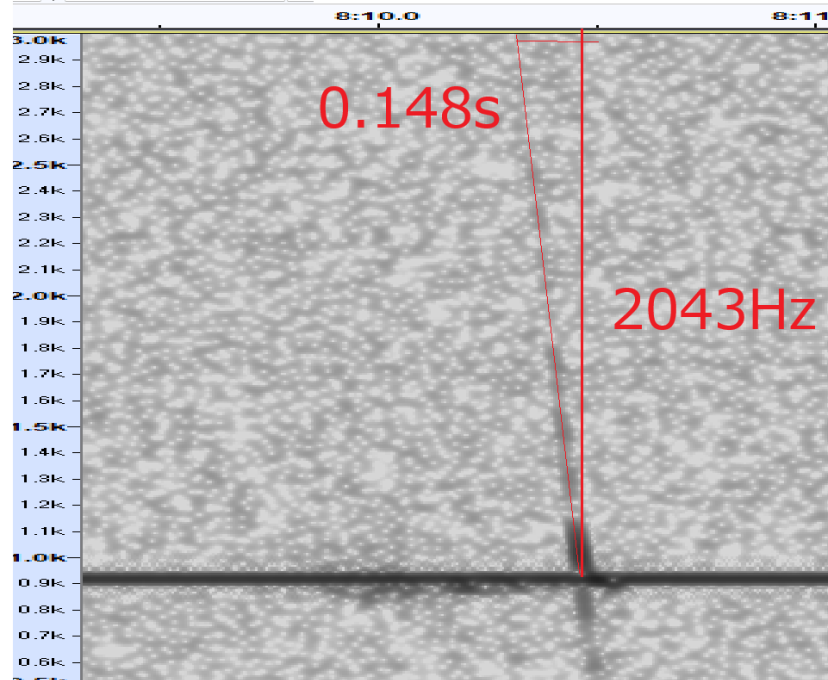
突入角に応じて流星出現位置は天頂付近から高度が低い位置に移動する。



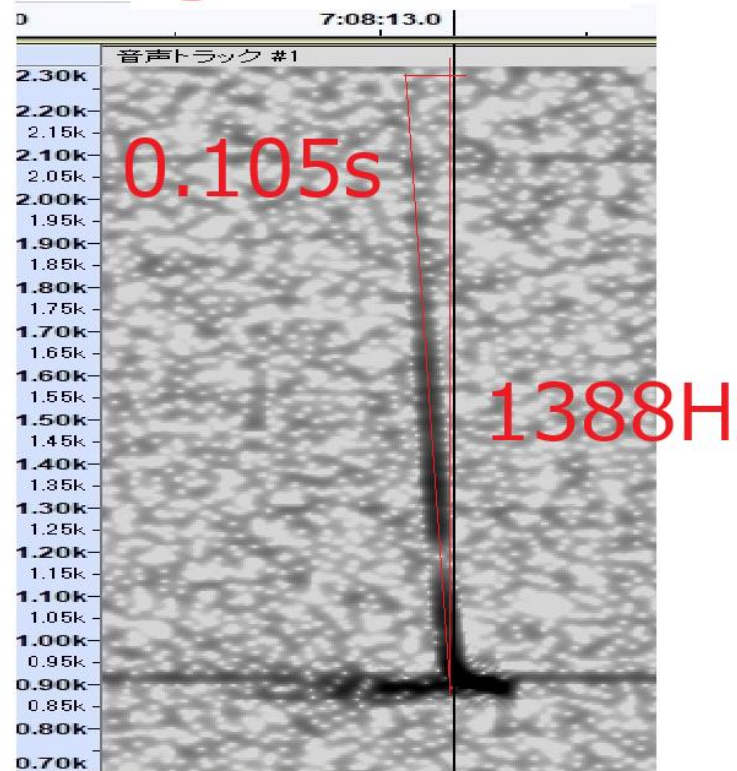
3サイトにおける頭部ドップラーエコー

各サイトにおいて、f0点まで何秒の時点でドップラー周波数がどれだけだったかを示す

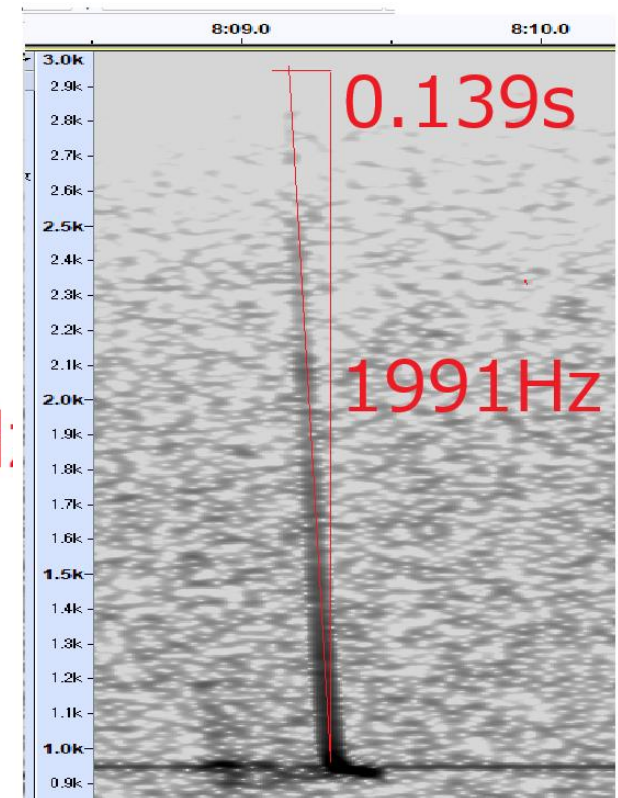
Hanakiko ©Katoh



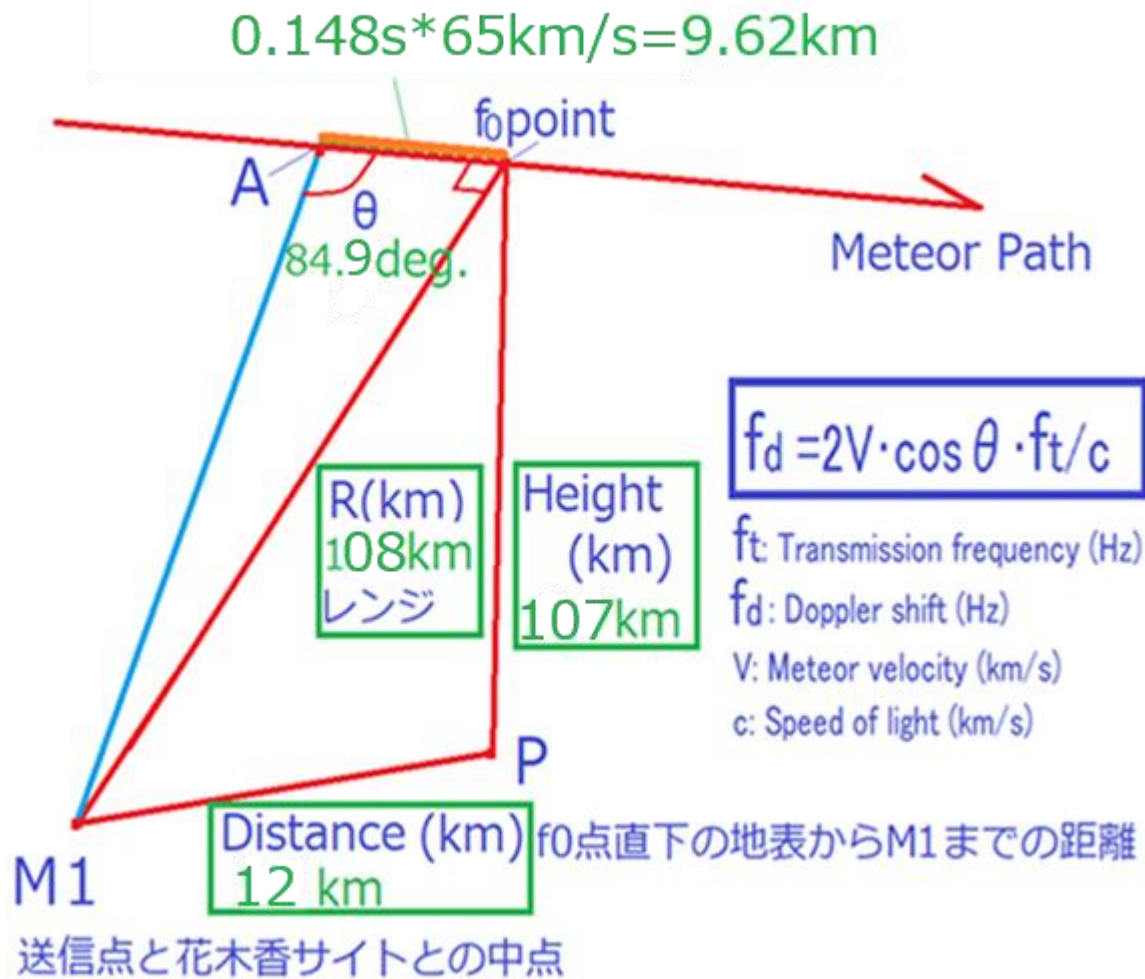
Tsukude
©Suzuki



Hamamatsu ©Atsumi



ドップラー周波数とレンジと流星速度の関係



流星速度	65 km/s, 66km/s, 67 km/s
(突入角)	13° 13° 13°

$\tan \theta = L / R$ から θ は求められる。

$$L = 0.148\text{s} \cdot 65\text{km/s} = 9.62\text{km}$$

$$R = 108\text{km} \quad \theta = 84.9^\circ$$

花木香サイトのドップラー周波数(DF) とレンジと流星速度

花木香サイト KRO

速度:67 km/s 突入角度:13° レンジ:115km

高度:114km 距離:12km DF:2038Hz

速度:66km/s 突入角度:13° レンジ:112km

高度:111km 距離:12km DF:2032Hz

速度:65km/s 突入角度:13° レンジ:108km

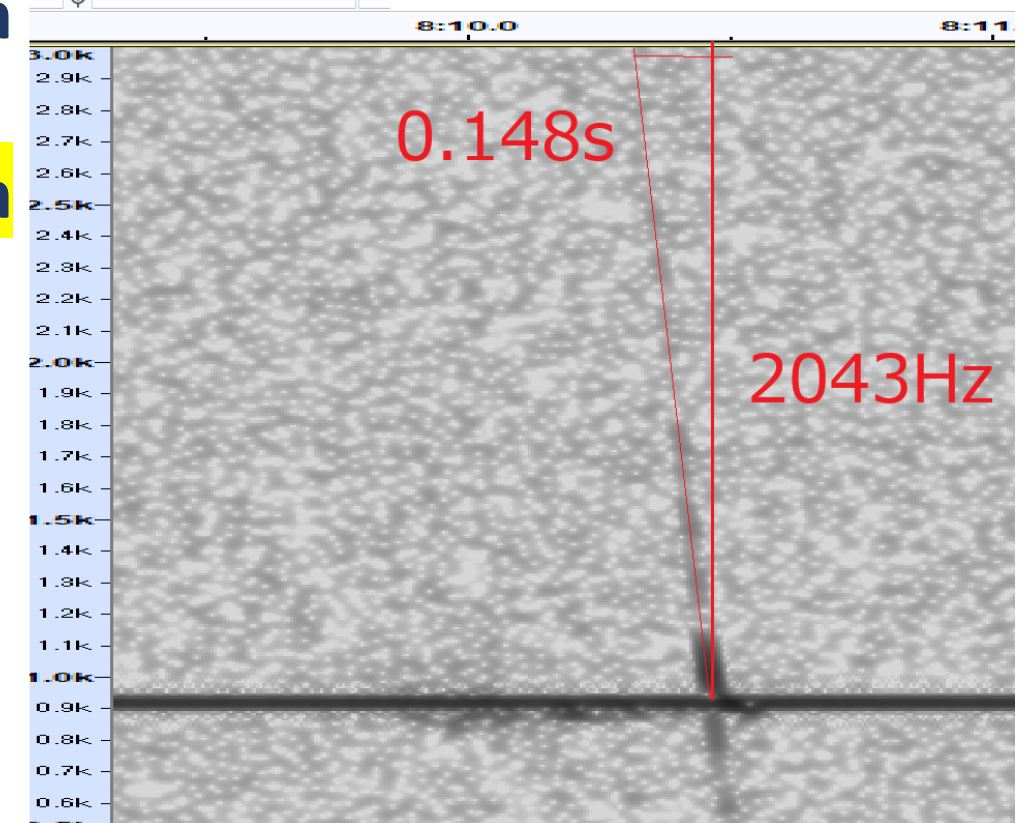
高度:107km 距離:12km DF:2041Hz

光学データ

速度:65.4km/s 突入角度:12°

高度:114→103km 距離:2km

Hanakiko ©Katoh



作手サイトのドップラー周波数(DF)とレンジと流星速度

作手サイト KRO

速度:66km/s 突入角度:13° レンジ:116km

高度:114km 距離:18km DF:1393Hz

速度:65km/s 突入角度:13° レンジ:112km

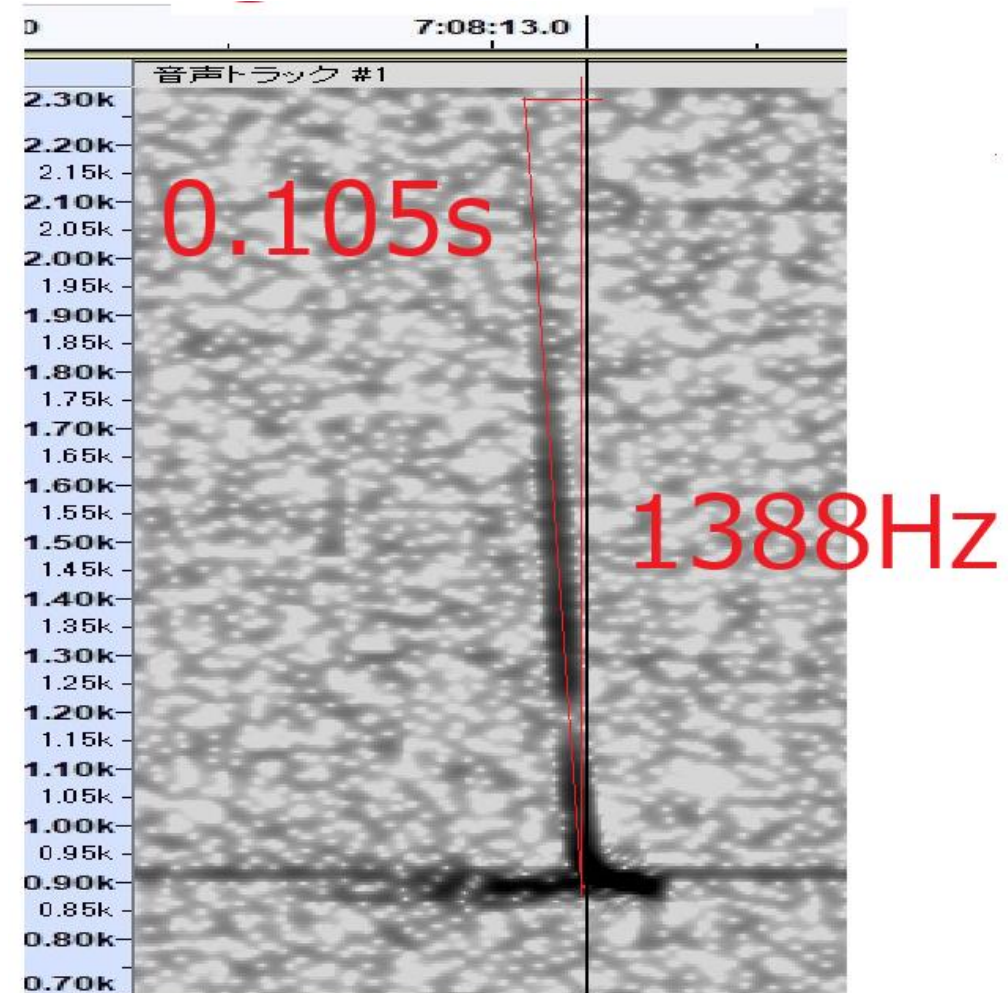
高度:110km 距離:18km DF:1401Hz

光学データ

速度:65.4km/s 突入角度:13°

高度:114→103km 距離:2km

Tsukude
©Suzuki



浜松サイトのドップラー周波数(DF)とレンジと流星速度

Hamamatsu ©Atsumi

浜松サイト KRO

速度:66km/s 突入角度:13° レンジ:107km

高度:107km 距離:2km DF:1996Hz

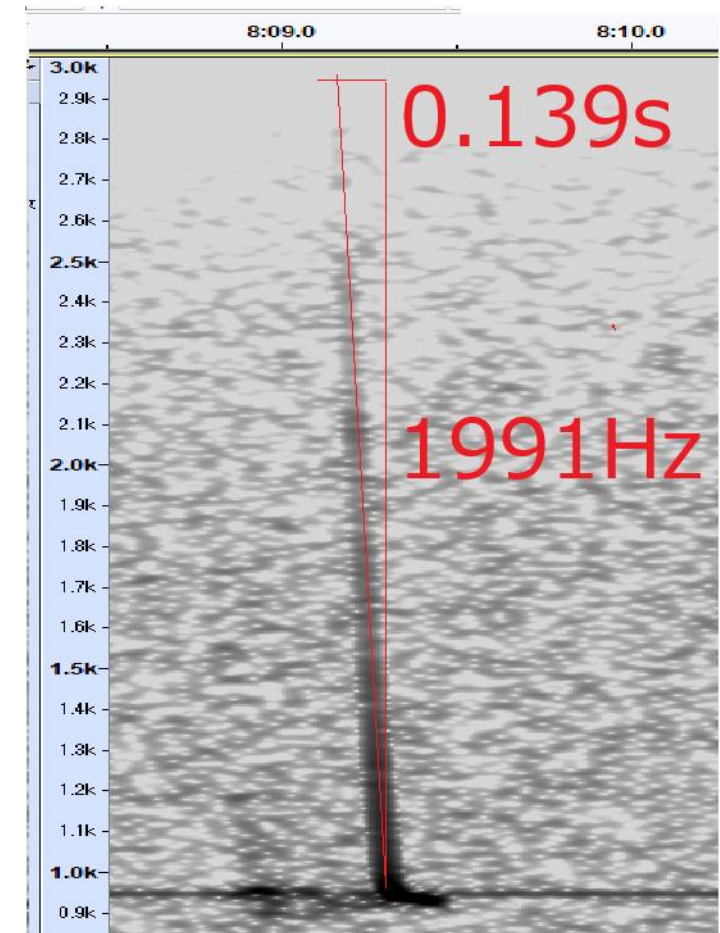
速度:65km/s 突入角度:13° レンジ:105km

高度:105km 距離:2km DF:2001Hz

光学データ

速度:65.4km/s 突入角度:13°

高度:114→103km 距離:2km



光学観測 の経路と 高度 電波観測 の高度と 速度

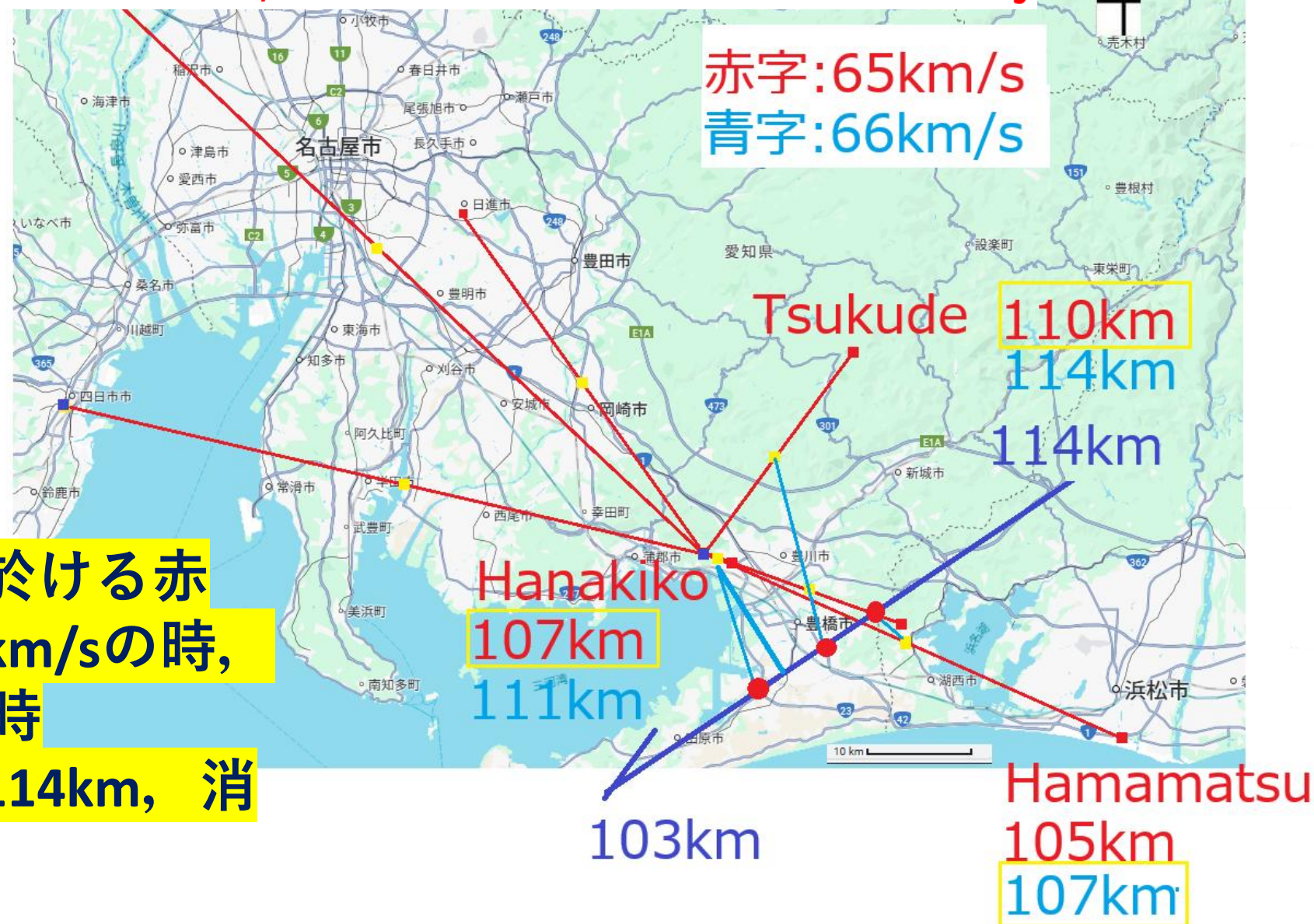
各電波観測サイトに於ける赤
字高度は流星速度65km/sの時、
青字高度は66km/sの時
光学観測では発光点114km、消
滅点103km

2025/12/14 220811(LT)

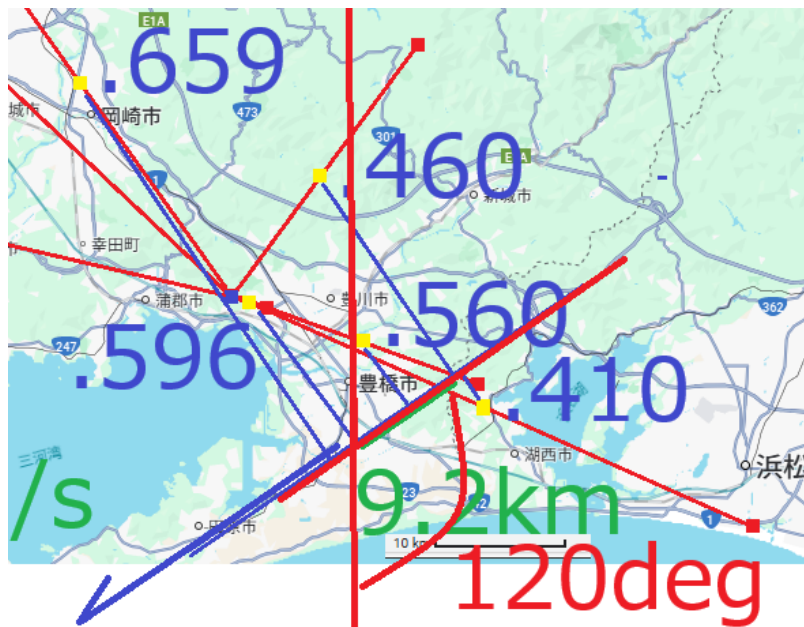
観測速度: 65.4km/s 高度: 114→103km 突入角度: 13° 光度: -1.7mag

赤字: 65km/s

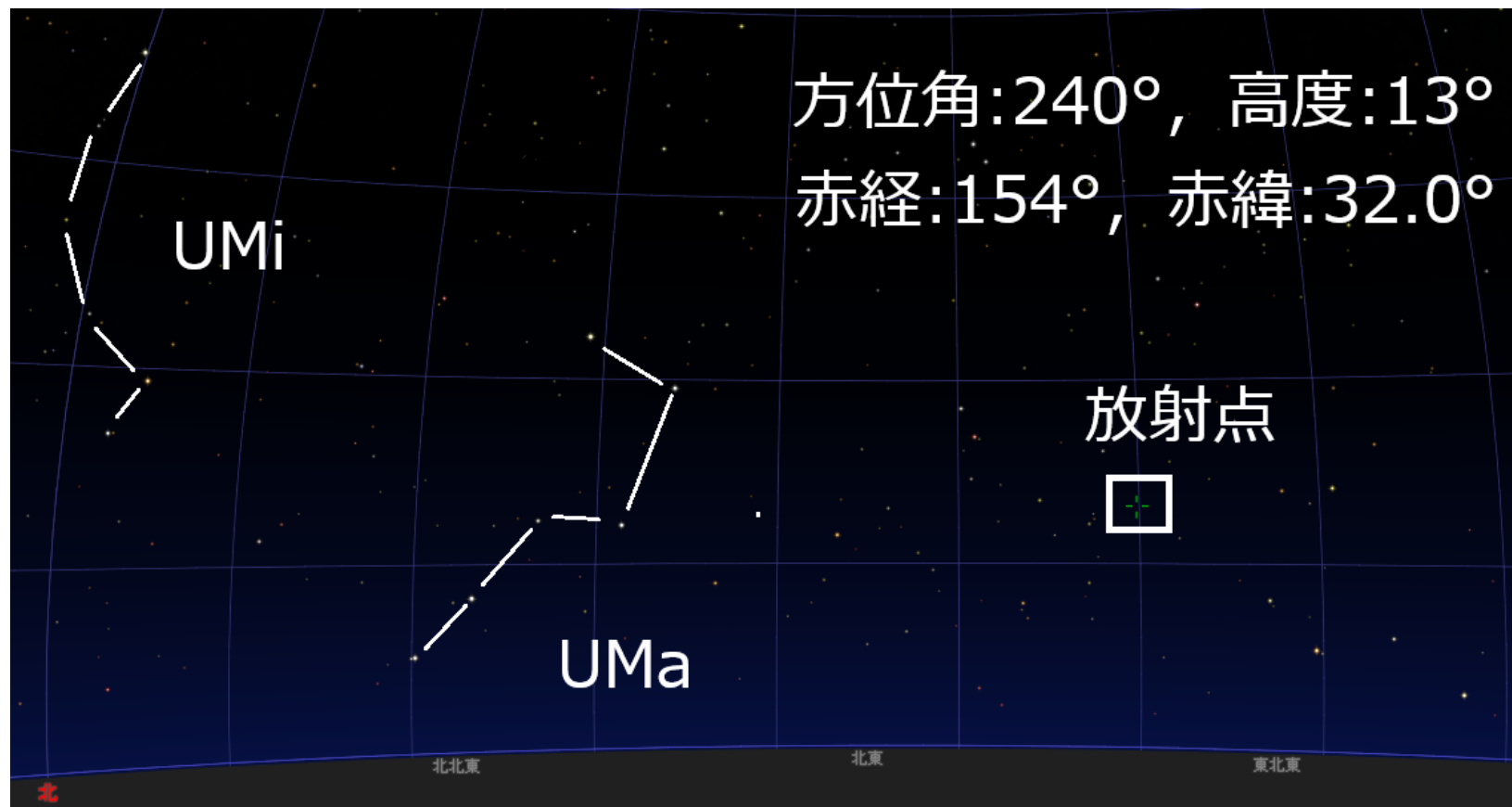
青字: 66km/s



電波観測から求められる当該流星放射点



突入角 = 高度 = 13°
は光学データより

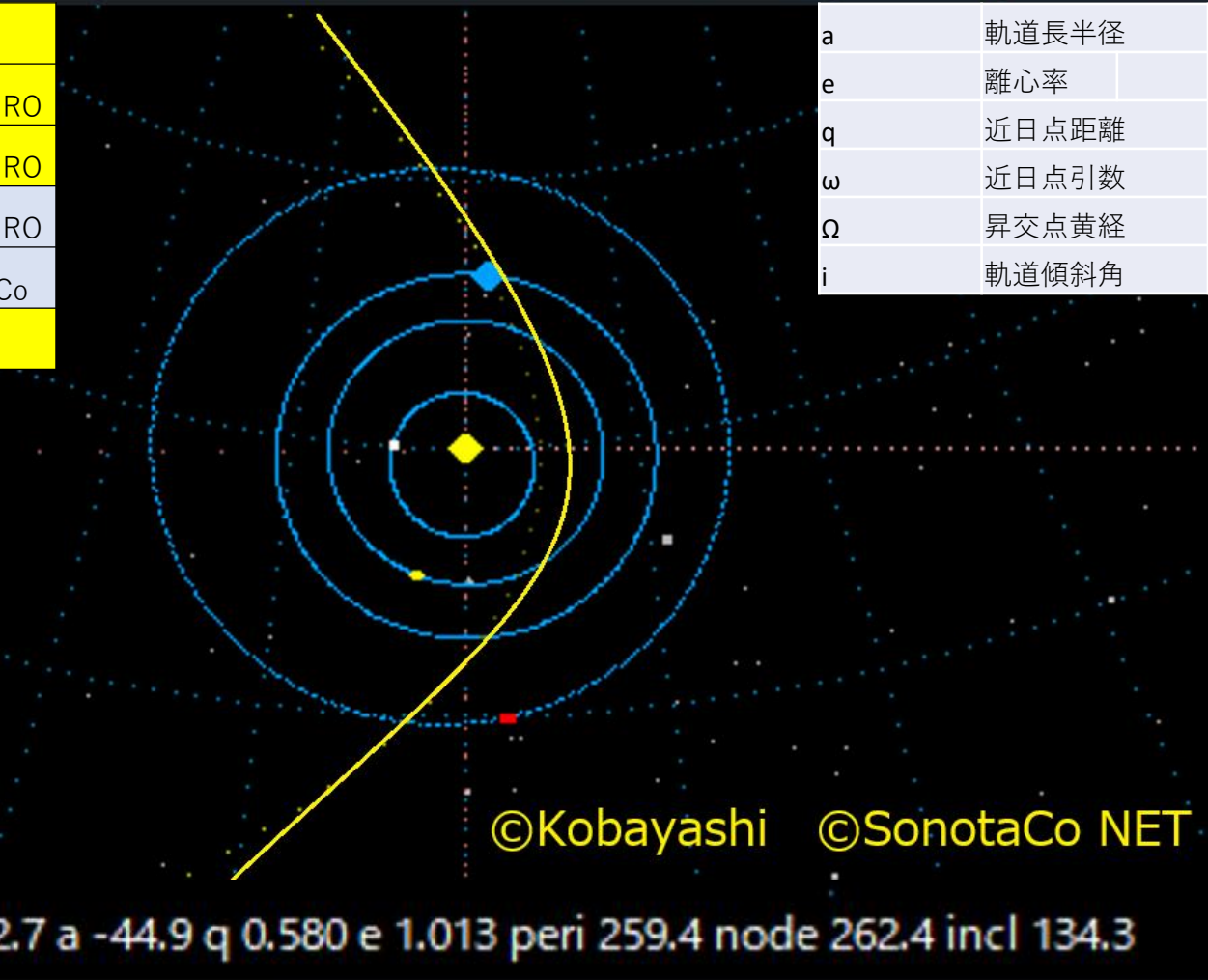


地平座標→赤道座標はステラナビLite利用

当該流星の軌道要素

Date	UT	E	N	height	A	h	α	δ	Vo	method
20251214	130811	137.4	34.7	107	240	13	154	32	65	KRO&HRO
20251214	130811	137.4	34.7	111	240	13	154	32	66	KRO&HRO
20251214	130811	137.4	34.7	109	240	13	154	32	65.4	KRO&HRO
20251214	130811			114-103			156	33	65.4	SonotaCo
yyyymmdd	hhmmss	deg	deg	km	deg	deg	deg	deg	km/s	

Date	UT	Vg	a	e	q	ω	Ω	i
20251214	130811	63.7	31.8	0.983	0.545	264.3	262.4	136.6
20251214	130811	64.7	-17	1.033	0.561	261.2	262.4	137.2
20251214	130811	64.1	-243	1.002	0.552	263	262.4	136.8
20251214	130811	64.7	-45	1.013	0.58	259.4	262.4	134.3
yyyymmdd	hhmmss	km/s	au		au	deg	deg	deg



COM_ja rt(155.9, 33.1) vg 64.1 vs 42.7 a -44.9 q 0.580 e 1.013 peri 259.4 node 262.4 incl 134.3

かみのけ系群orこじし群

★こじし座流星群(Leonis Minorids)

1月の指針で書いた通り、かみのけ群として12月から2月初めまでを1つの群とするのではなく、12月に RP が存在する LMi 群とする。12月初めのころからコンスタントに活動し、20日頃に極大となる。高速で軌道傾斜角の大きい群がこのように長期間出現するというのは、どう考えたらよいのだろう。複数の要素が混ざっているとしたほうが分かり易いようにも思う。

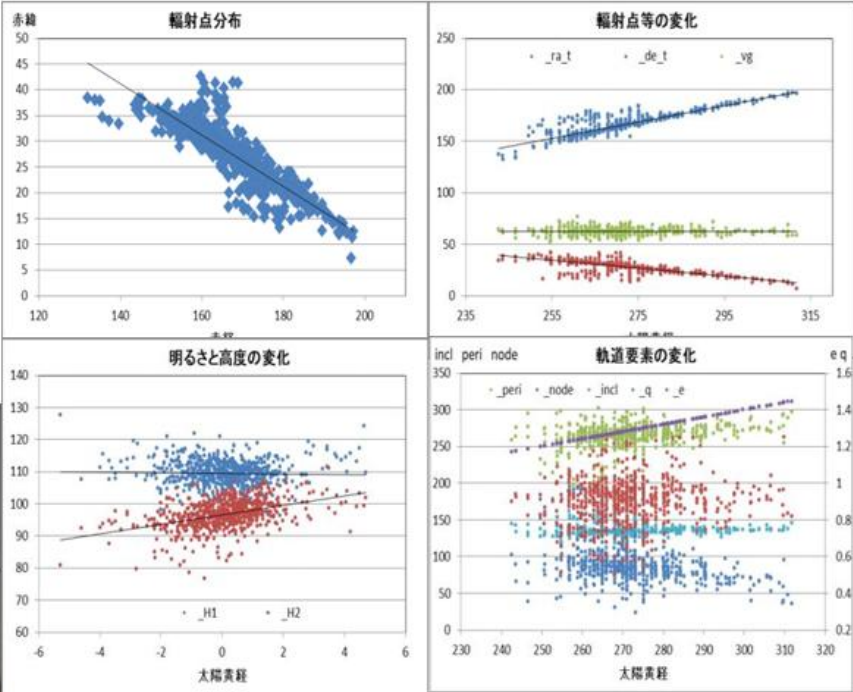
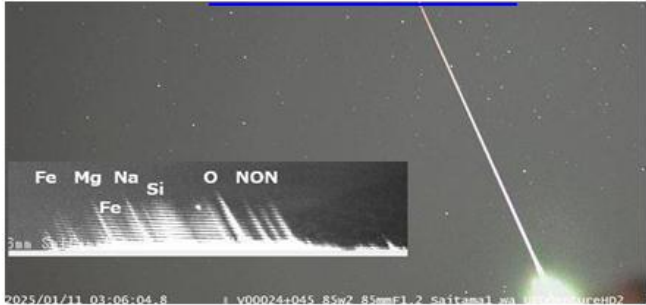
規模	stream	Max date	Solar longitude (°)	Radiant Point (°)		radiant motion (°)		VG (km/s)	ONR One Night Rate	IAU MDC No. code	
				α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$				
中	こじし群	LMi	12月18日	265.7	156.1	32.7	0.79	-0.3	63	10	32 DLM So

鈴木 悟氏 天文回報2024, 12月号より転載

☆彗 かみのけ座流星群(Comae Berenicids 表①の NO 2 6 略号 COM) 関連群 DDL と DLM

この群は、2024 年の同時流星は、564 個ありました。一晩の最高は、2 2 / 2 3 日の 47 個でした。活動期間は、11 月中旬から 1 月いっぱいです。輻射点の移動は、きれいに直線に載っています。ふたご群に比べて発光点と 1 5 km 程度違って高くなっています。高速流星の特徴が出ています。速度誤差がやや大きく軌道の e と ω に広がりが見られます。

下の写真は、2 0 2 5 年 1 月の火球です。



この群も爆発火球も出現し痕も見られることがありますので楽しみです。下の表は、この群の平均軌道と IAU の群と母天体候補の軌道要素等と比較したものです。

Name	a	e	q	i	ω	Ω	Dsh	Tj	λ_{π}	β_{π}	α	δ	Vg	交点
基準天体	6.01	0.906	0.566	134.99	263.61	271.72	0.00	0.22	10.72	-44.65	166.0	28.2	62.3	
COM_ji	8.58	0.962	0.557	135.30	263.50	272.20	0.06	-0.30	11.31	-44.34	167.0	28.0	63.3	
DDL_ib	11.91	0.955	0.536	135.30	266.10	277.40	0.09	-0.20	12.88	-44.57	169.5	26.6	63.1	
DLM_ia	11.90	0.953	0.554	133.80	265.60	262.20	0.19	-0.19	358.54	-46.02	156.1	32.7	62.3	
1750 C1	#####	1.000	0.551	140.40	263.10	272.10	0.13	#####	11.03	-39.26	164.1	26.6	64.8	RVO



関口孝志氏 天文回報2025, 12月号より転載

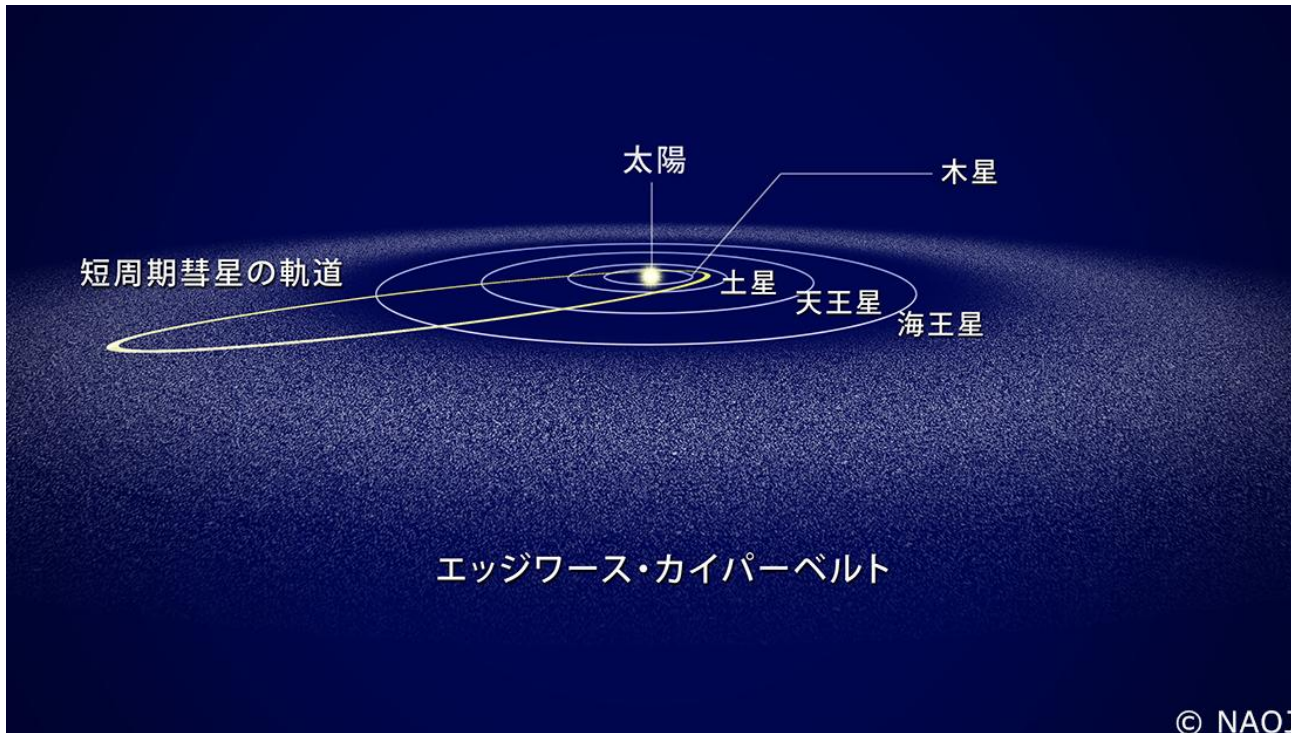
太陽系外起源流星は実は意外に多いのでは？

太陽系内流星の速度の下限は大気圏外からの自由落下の速度に相当し、これは 11.2km/s である。上限は地球軌道において取りうる軌道速度の最大値(42km/s)と、地球の平均軌道速度(30km/s)との和の 72km/s となる。ほとんどの流星は太陽系内起源と考えられていたが、1990年から1991年ニュージーランドにおけるAMOR レーダー観測によると、軌道が決められたすべての流星のうち、**0.9% が 100km/s 以上の地心速度を持っていることが示された。**（渡邊，長沢；日本惑星科学会誌，Vol.6, No.4, 1996）

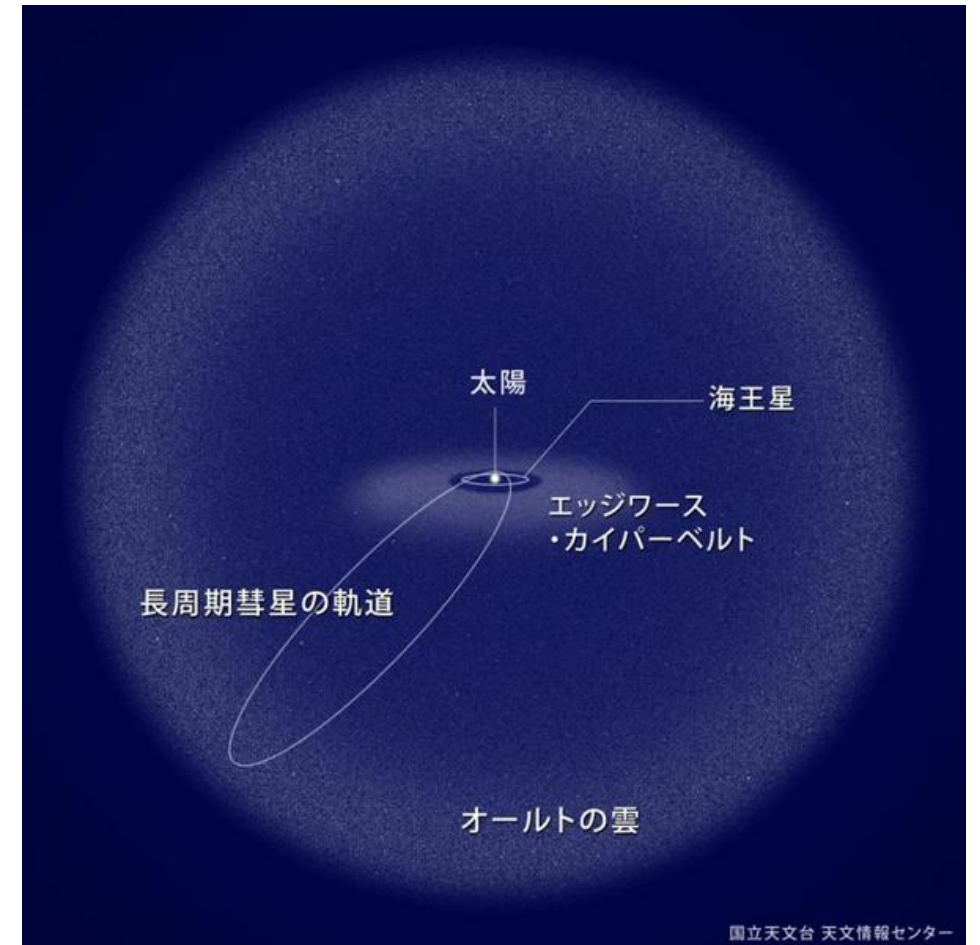
参考文献

Taylor, A.D., Baggaley, W.G., and Steel, D. (1997) **Discovery of Interstellar Dust Entering the Earth's Atmosphere.** *Nature* 380, 323 – 325.

かみのけ系流星は太陽系内？系外？ 光学観測＋電波観測で真実に迫る！



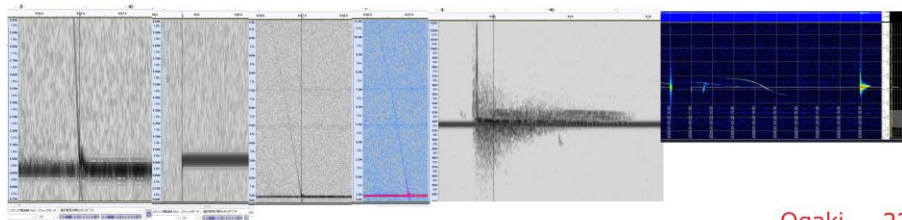
原始太陽系円盤に属さない星間塵
の可能性も



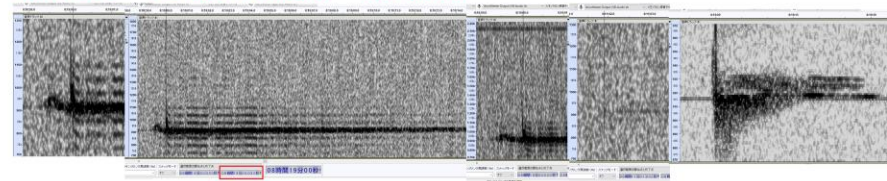
かみのけ系流星が更に一例

20260103_221858

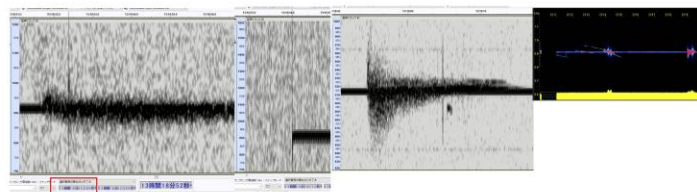
Hanakiko 22h18m58.334s @Katoh



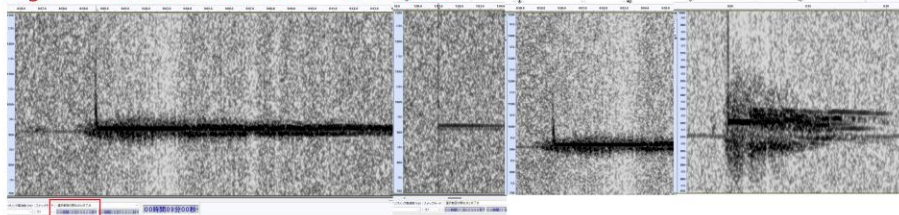
Tsukude 22h18m58.163s @Suzuki



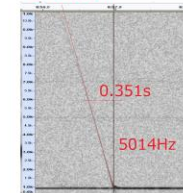
Kosai 22h18m58.285s @Okamoto



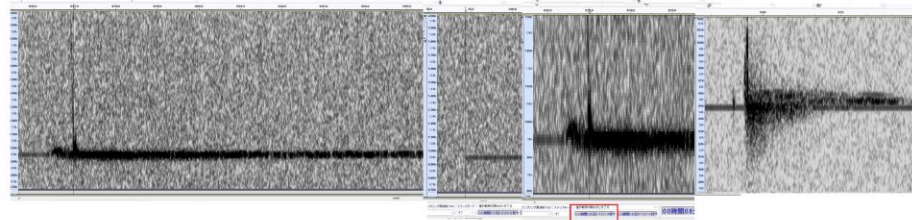
Ogaki 22h18m58.621s @Kawachi



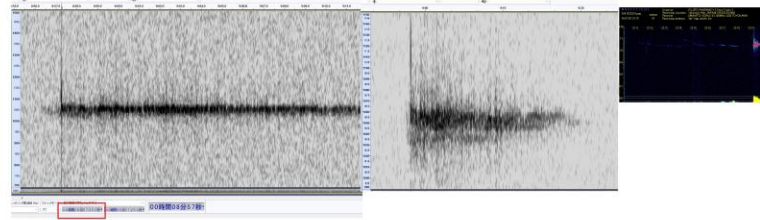
@Katoh



Hamamatsu 22h18m58.146s @Atsumi

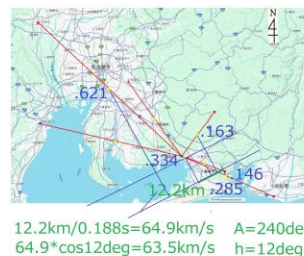
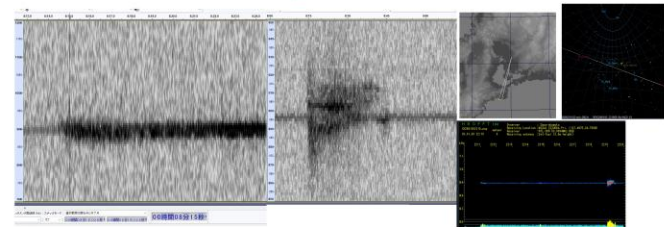


Yokkaichi No time mark @Fujito

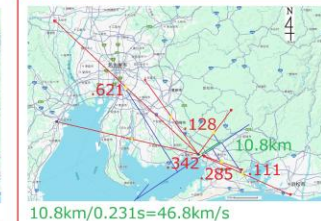


Hanakiko 20260106
 $v=64\text{m/s}$
 22.464 km distance km
 range 99 km height km
 $\tan \beta = 0.226909$
 0.227011
 $\beta = 12.79 \text{ deg}$
 $\theta(90-\beta) = 77.21$
 0.221378
 5015.547 Hz 5014Hz

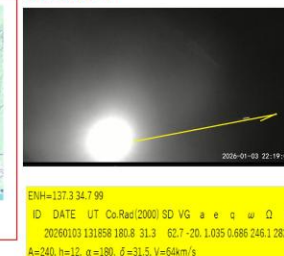
Nisshin Time error @Okamoto



Ver.1



@Katoh



@Kobayashi @SonotaCo Net.

