



# Student Report for Participating NASA FaINT Project

Yuta Saito



# Overview

## 実験実施期間

2012/10/24 ~ 2012/11/12

## 実験実施場所

NASA Dryden Flight Research Center,  
Edwards Air Force Base, CA



## プロジェクト名

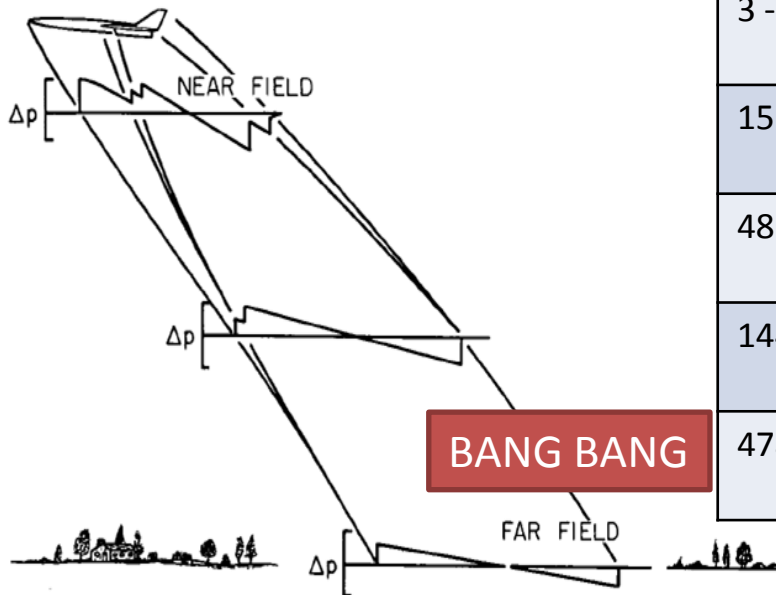
FaINT

Farfield Investigation of No Boom Thresholds

# Background

## 超音速旅客機開発の上での問題点

### ソニックブーム



Carlson, H. W., NASA SP-147, p.10.

ブーム強度 $\Delta p_s$		心理的反応	ともなって起こる物理現象
Pa	dB		
3 - 15	0.5 - 1.5	不快感無し	かろうじて聞き取れる爆発音
15 - 48	1.5 - 4.9	我慢できる	遠方の爆発または雷
48 - 144	4.9 - 14.7	不快である	近雷, 窓が破損することがある
144 - 478	14.7 - 48.8		大きい板ガラスの窓が破損する
478 - 1436	48.8 - 146.5		小さい簡易窓を決定的に破壊する

牧野光雄, ソニックブームその理論と現象, p.3.

超音速旅客機を開発する上でソニックブームの低減は必要不可欠



カットオフによるソニックブーム低減

# Purpose

FaINT

Farfield Investigation of No Boom Thresholds

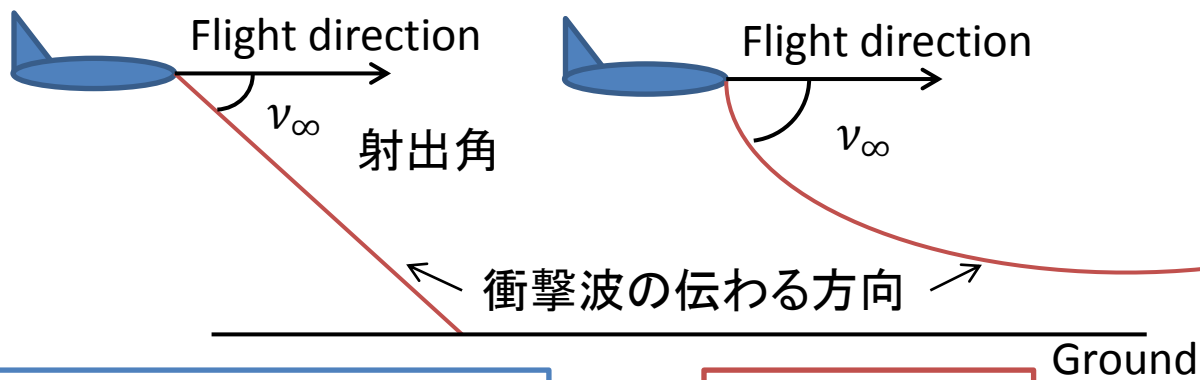
カットオフ条件下におけるソニックブームの  
基礎研究

カットオフ条件下でのソニックブームの  
データベース構築

コンピューターシミュレーションモデルの  
検証

# Cutoff -Mach cutoff-

高度35000ft以上をマッハ1.2程度で飛ぶと衝撃波が地上に到達せず，ソニックブームが聞こえない現象.



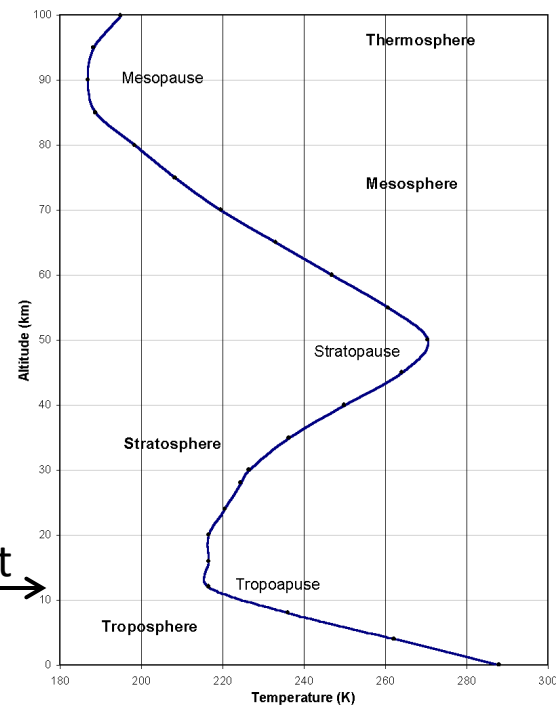
大気の温度が一様の場合

$$M_{\infty} = \frac{U}{a_{\infty}} = \frac{U}{\sqrt{\gamma RT}}$$

$$v_{\infty} = \cos^{-1}\left(\frac{1}{M_{\infty}}\right)$$

対流圏の場合

$M_{\infty}$ :マッハ数  
 $U$ :速度  
 $a_{\infty}$ :音速  
 $\gamma$ :比熱比  
 $R$ :気体定数  
 $T$ :温度  
 $v_{\infty}$ :射出角



US Standard Atmosphere, 1976

高度の低下



$M_{\infty}$ 減少



$v_{\infty}$ 減少

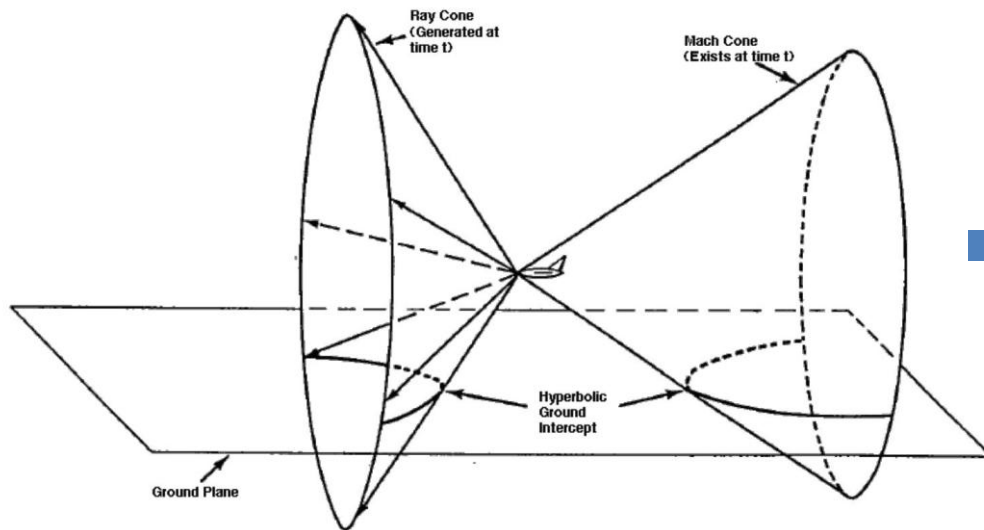


衝撃波が地上へ到達を回避する

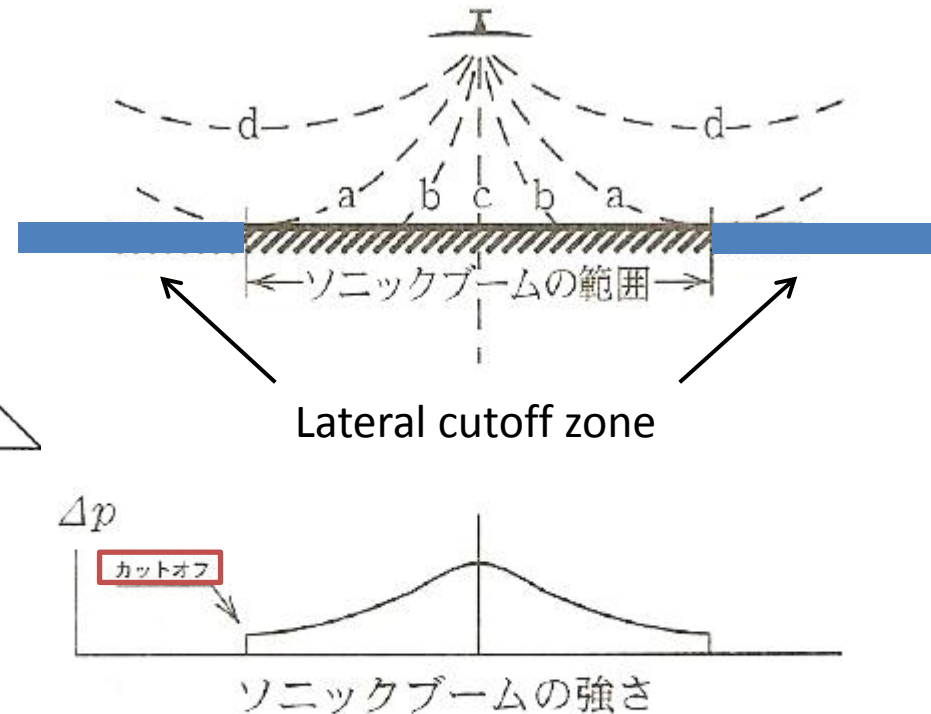


Cutoff

# Cutoff -Lateral cutoff-



3次元的な衝撃波の広がり

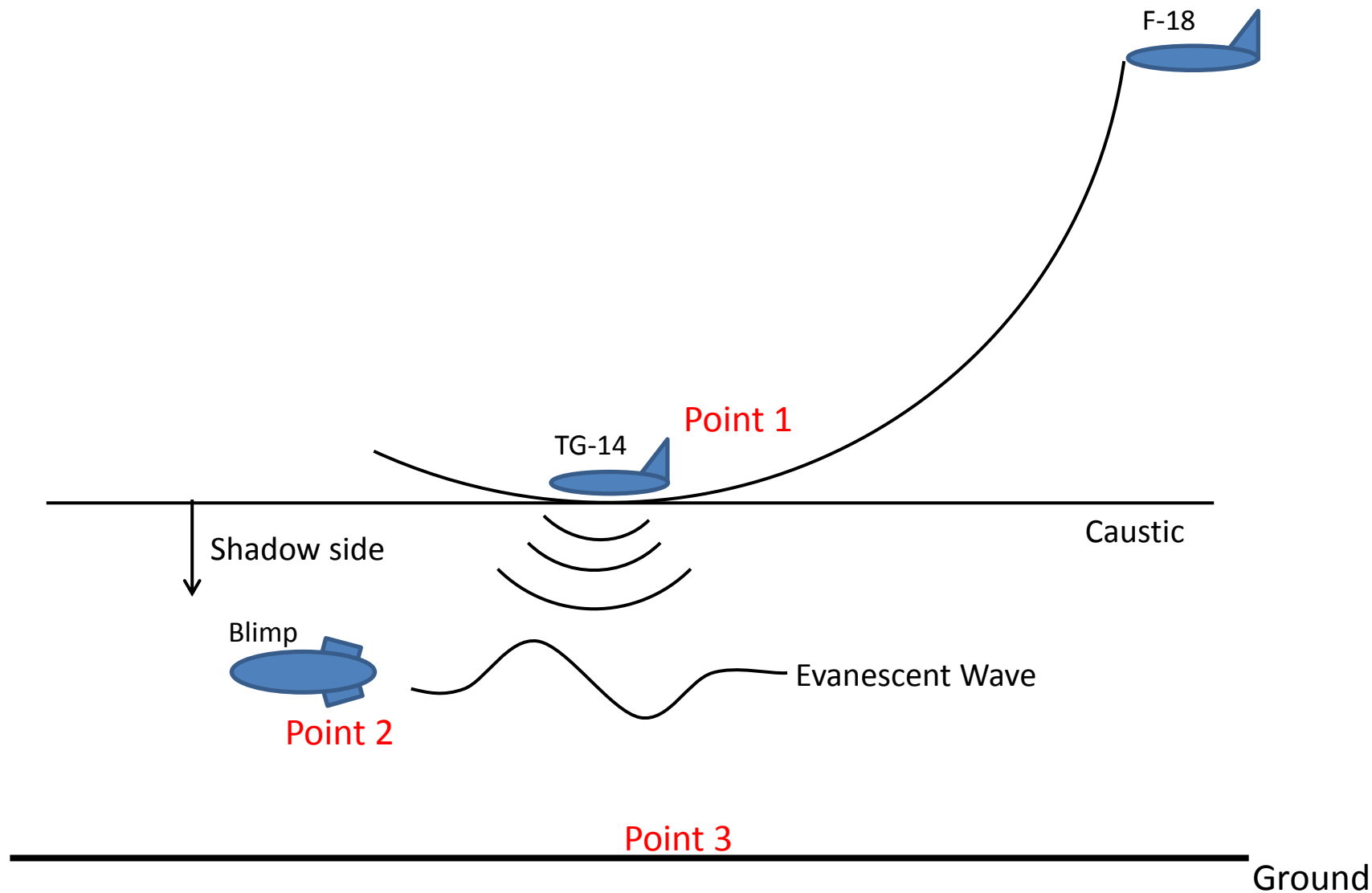


飛行経路から斜めに出る波も湾曲



横方向のカットオフ

# Measurement points



# Airborne



NASA Photo.



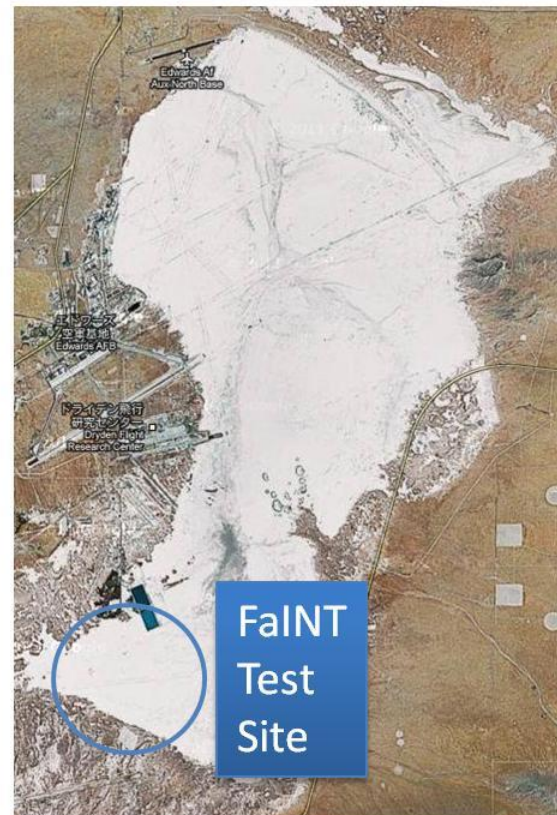
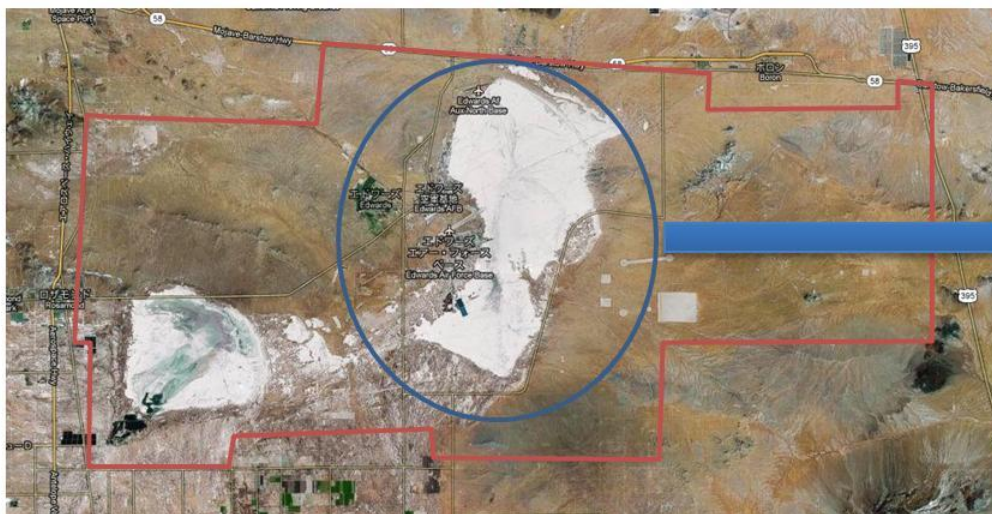
NASA Photo.



NASA Photo.



# Test site

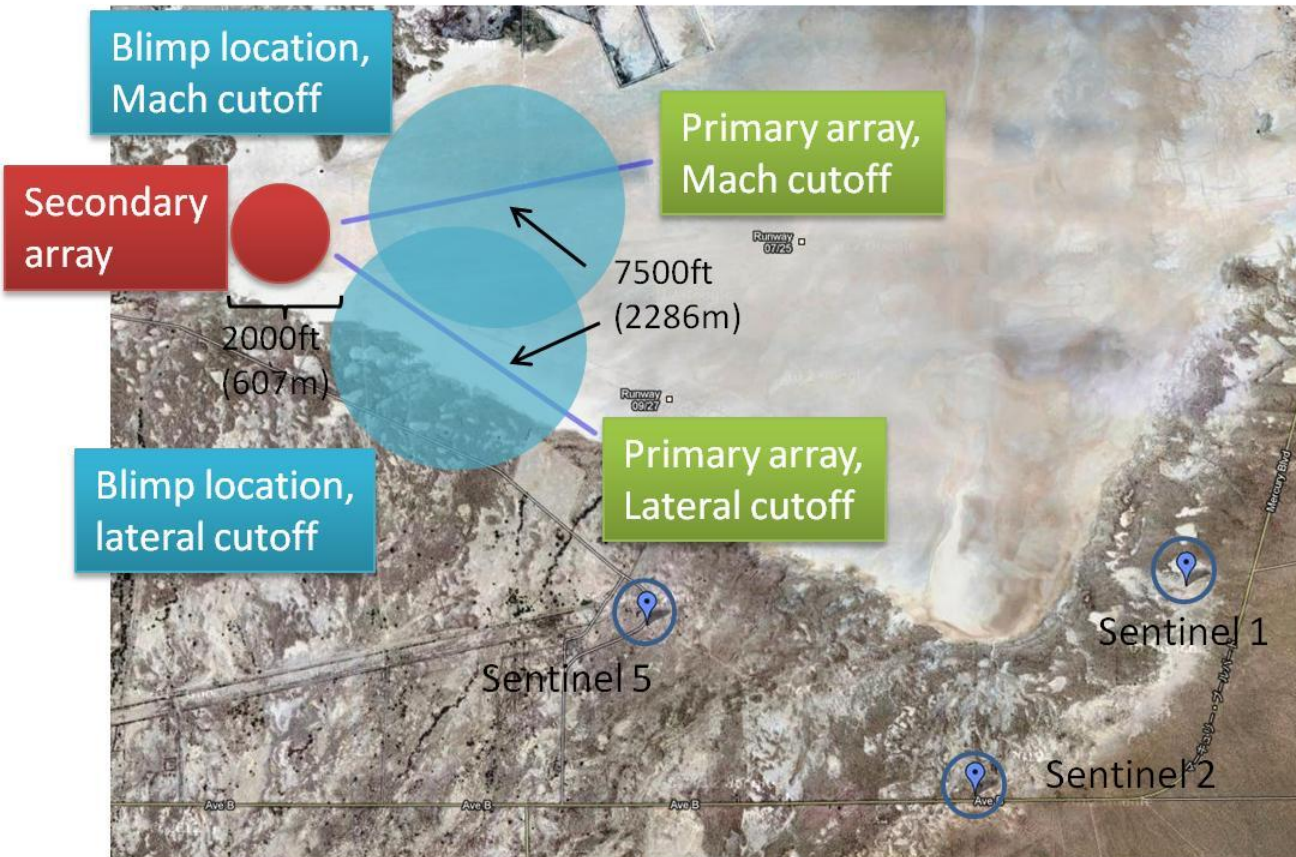


Lakebed (水がすべて蒸発した湖)

初の超音速飛行機X-1の試験場

スペースシャトルの悪天候時の着陸場

# Array location



Primary array:  
7500ftの直線  
125ft間隔の60点で計測

Secondary array:  
直径2000ftの螺旋構造  
62点で計測

PCBoomを用いてソニックブームの伝搬を予測

➡ Arrayの決定





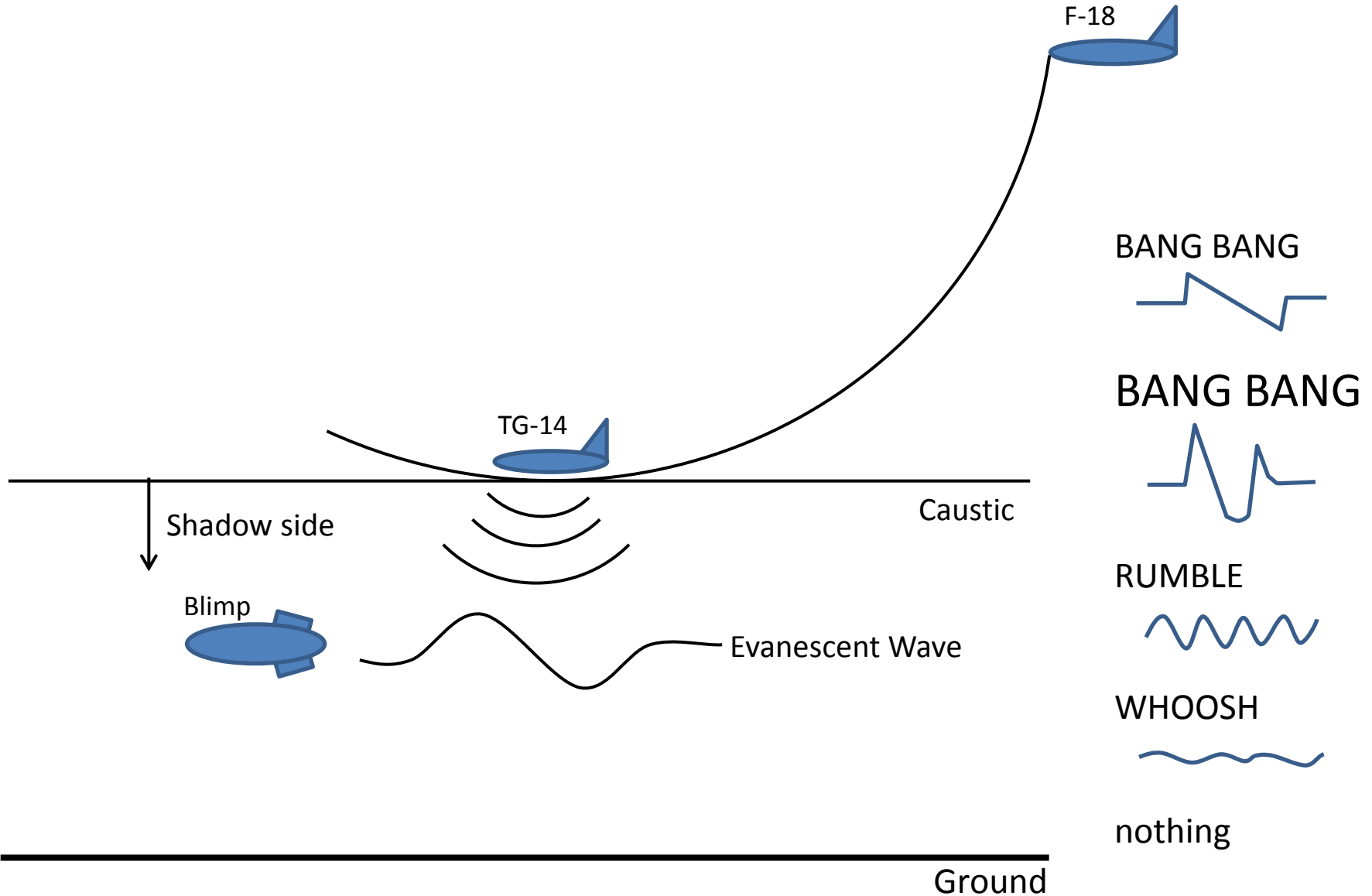
It's me!

# Duty day timeline

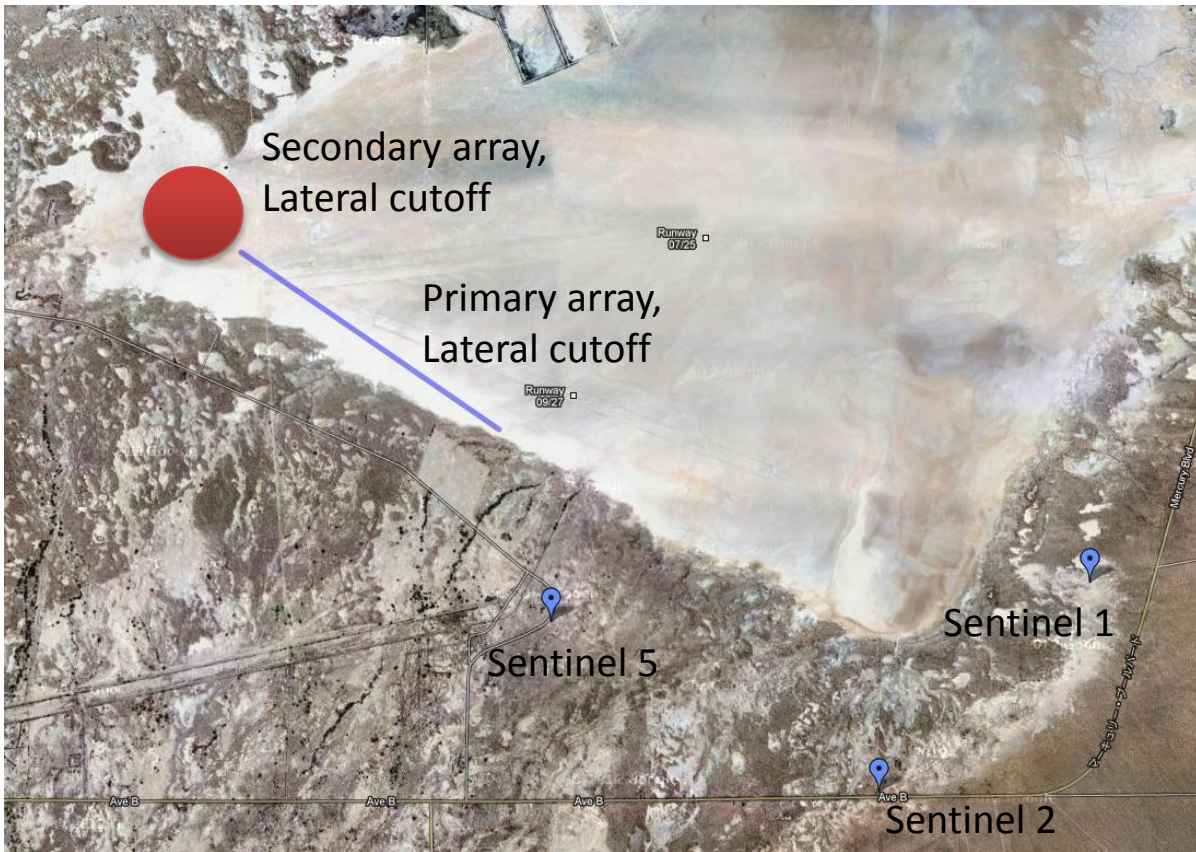
- 04:00 ブリーフィング開始. 終わり次第アレイマイクのセットアップおよびマイク校正.  
06:00 Sentinelに移動. マイクのセットアップおよびマイク校正.  
07:30 1<sup>st</sup> Research flight takeoff (5-6回程度ブーム計測) 気温10°C程度  
08:30 F-18 and TG-14 turn-around  
10:00 2<sup>nd</sup> Research flight takeoff (5-6回程度ブーム計測) 気温20°C程度  
11:00 計測終了. マイク校正. 片づけ. 気温25°C程度  
13:00 実験終了. 気温30°C程度



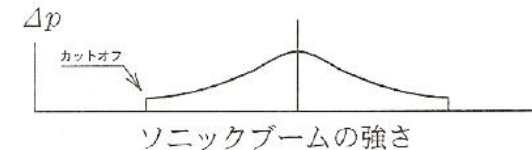
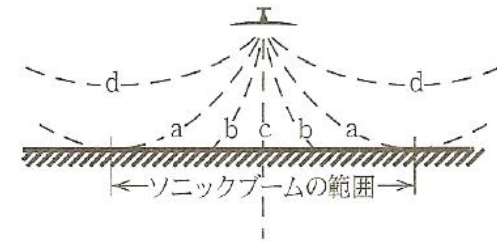
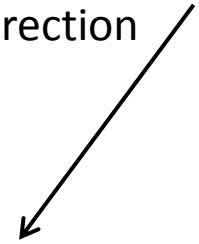
# Expected sounds to be heard



# Lateral array



Flight direction



牧野光雄, ソニックブームその理論と現象, p.11.

横方向のカットオフを観測するため  
飛行経路に対して**垂直**にマイクを配置

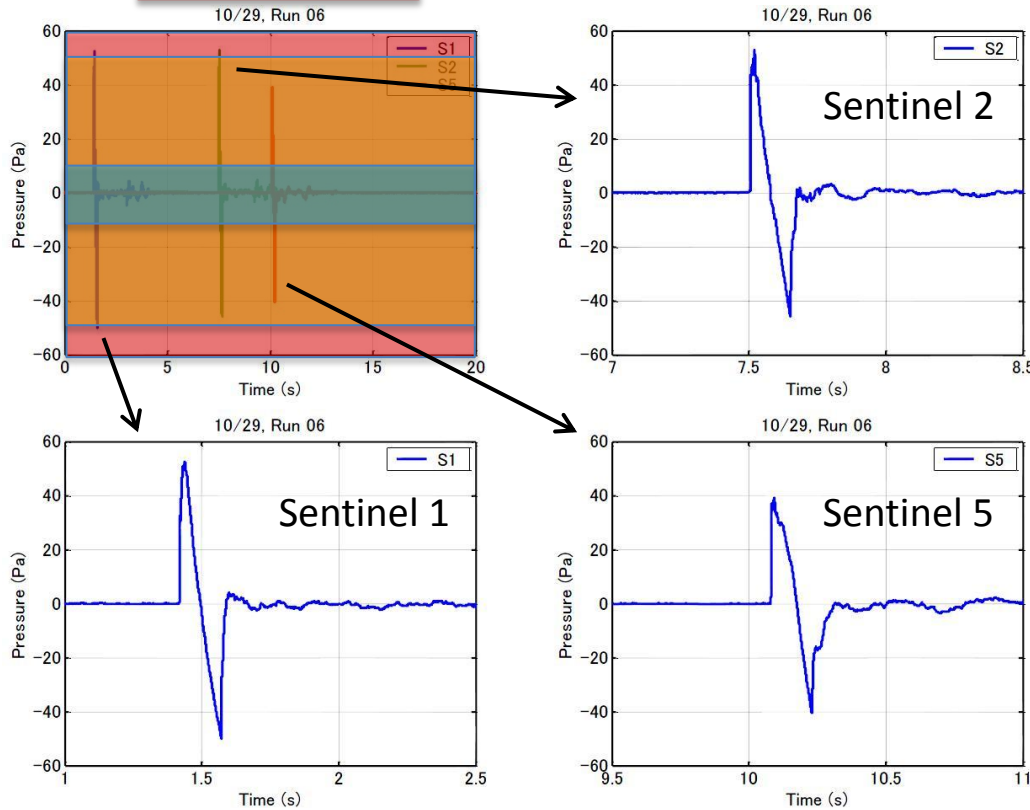
SentinelではJAXA所有の計測機器を使用

# Experimental data 1

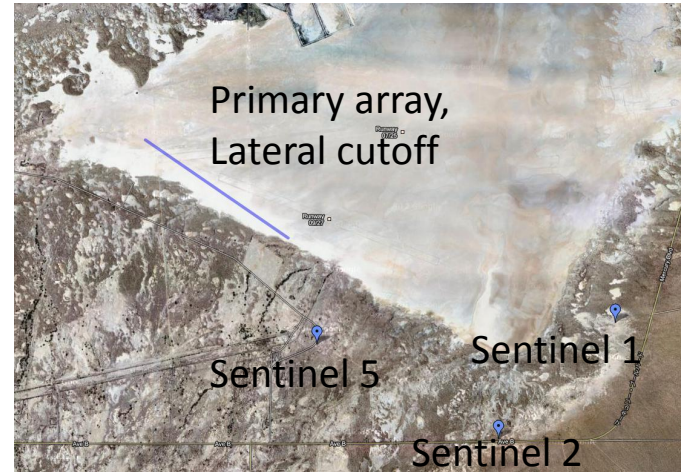
## -Sentinel-

- 不快である
- 我慢できる
- 不快感無し

**BANG BANG**



JAXA提供



Sentinel 1, 2, 5とOverpressureの  
最大, 最小値が徐々に小さくなっている

飛行経路から遠くなるに従い  
ブームが減衰している

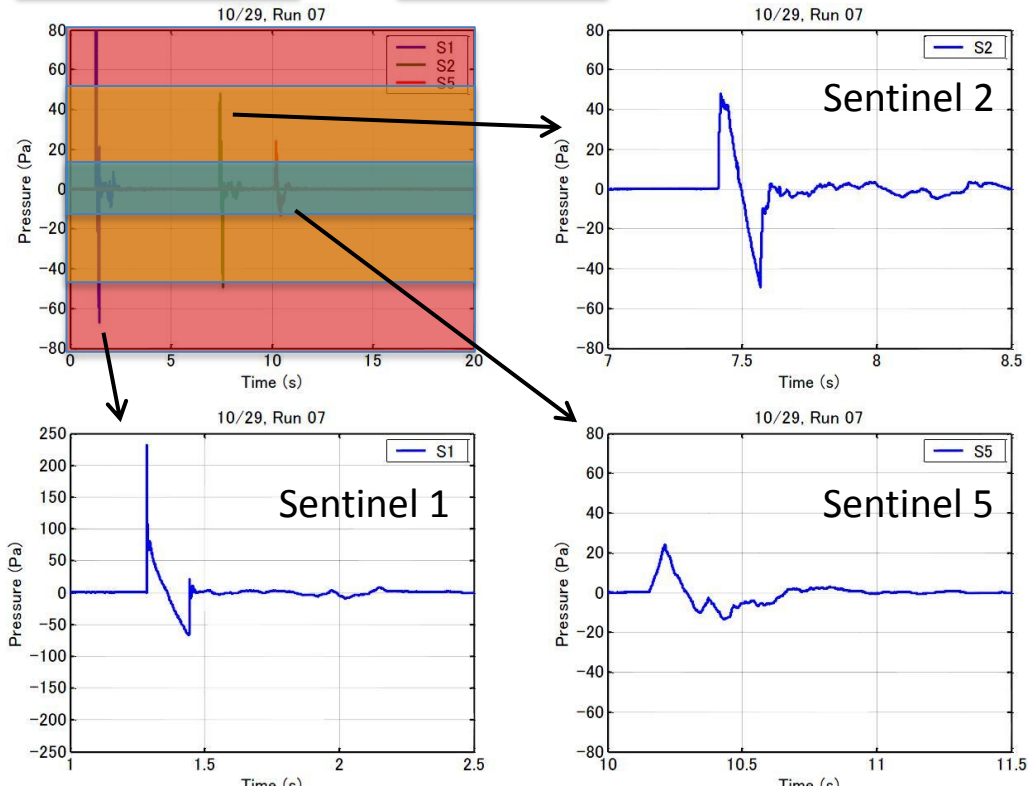
機体がブーム発生ポイントに到達してから  
約2分20秒後に観測

# Experimental data 2

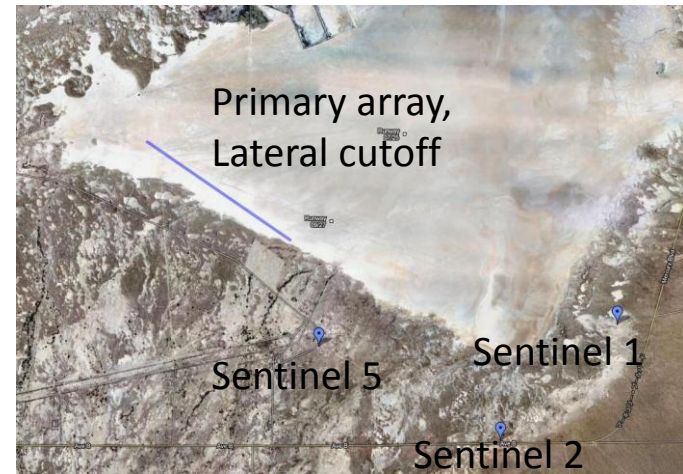
## -Sentinel-

- 不快である
- 我慢できる
- 不快感無し

**BANG BANG** and **RUMBLE**



JAXA提供



Sentinel 5でN形波形が崩れている

↓

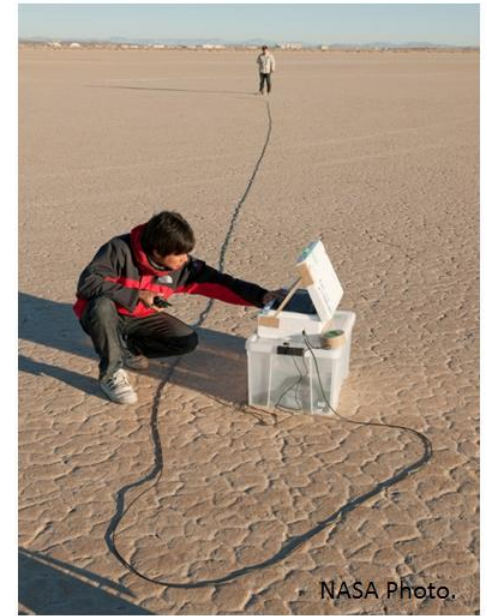
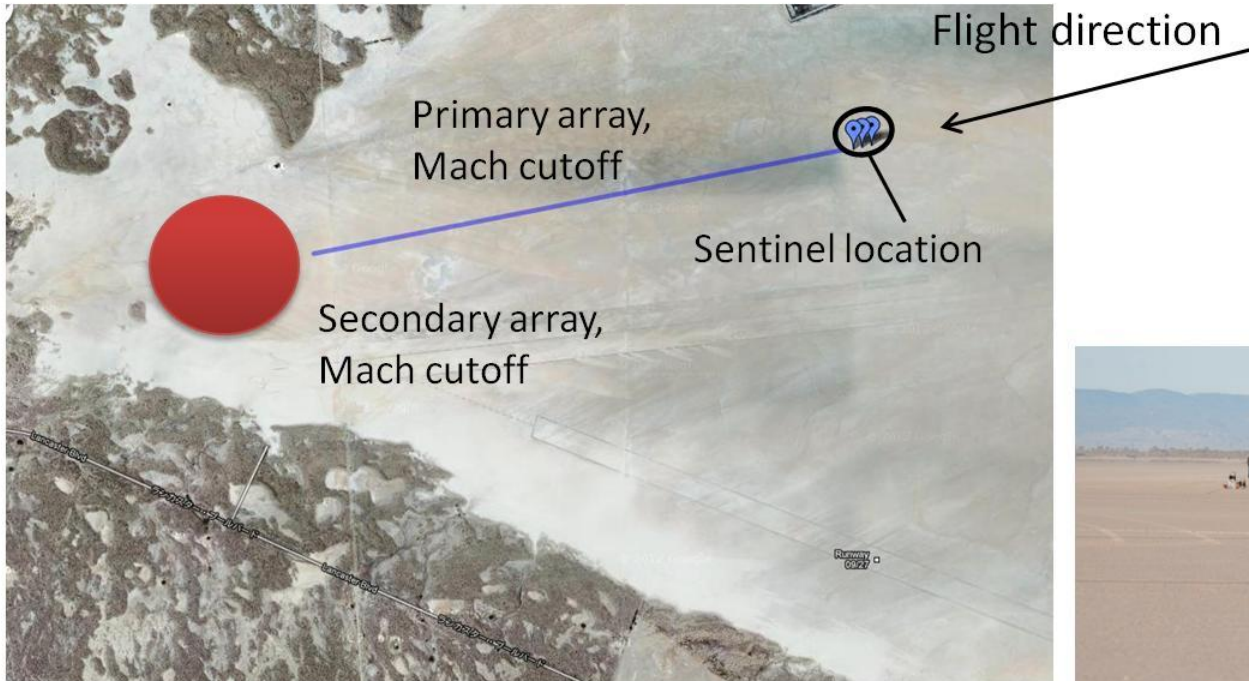
Sentinel 5はshadow sideに入っている

↓

Sentinel 2とSentinel 5の間に  
カットオフ点が存在



# Mach array



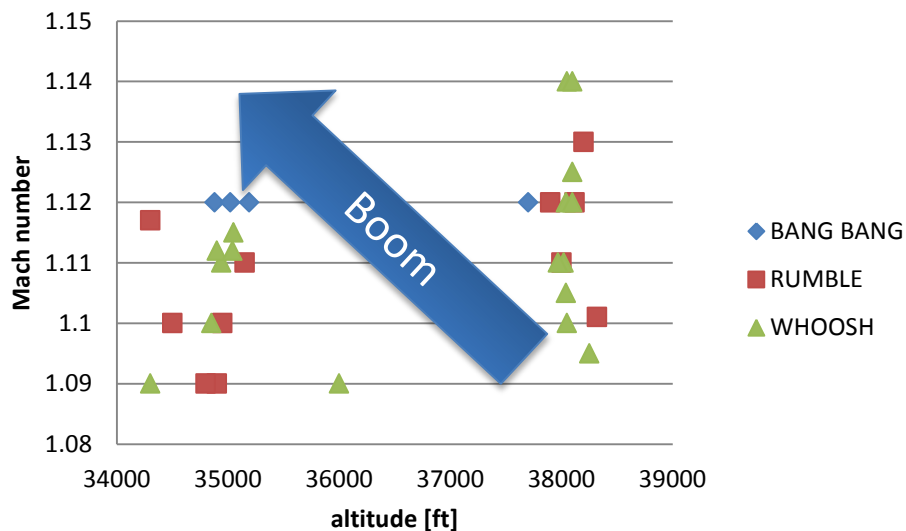
機体下に出るソニックブームの計測

SentinelはPrimary arrayの延長線上に  
Primary arrayのマイクと等間隔で配置

SentinelではJAXA所有の計測機器を使用

# Experimental data -Mach cutoff-

	F-18の高度	F-18のマッハ数	地上での音	TG-14での音
1 <sup>st</sup> flight	35020 ft	1.12	BANG BANG	BANG BANG
2 <sup>nd</sup> flight	35150 ft	1.11	RUMBLE	BANG BANG
3 <sup>rd</sup> flight	37900 ft	1.12	RUMBLE	No boom
4 <sup>th</sup> flight	38040 ft	1.12	WHOOSH	-
5 <sup>th</sup> flight	34850 ft	1.10	WHOOSH	-



機体がブーム発生ポイントに到達してから  
約2分後に観測

飛行高度, マッハ数によりカットオフ可能

上空にカットオフ点が存在することを確認

# Conclusion

カットオフ条件下でのソニックブームの基礎研究を行った

Mach, lateral のカットオフがあることを計測・体感できた

合計73回計測を行いデータベースを取得

FaINT実験に関するNASAのHP

<http://www.nasa.gov/centers/dryden/news/NewsReleases/2012/12-29.html>

次回の実験...

2014年夏ごろ(未定) 擾乱中におけるソニックブーム伝搬に関する研究

