

# D-SEND#2試験結果について

平成27年7月24日にJAXAがスウェーデン・エスレンジ実験場で実施したD-SEND#2飛行試験結果について、ご報告致します。

- |                  |     |      |
|------------------|-----|------|
| 1. D-SEND#2試験の概要 | --- | P.2  |
| 2. 試験実施状況        | --- | P.3  |
| 3. 試験結果          | --- | P.4  |
| 4. まとめ           | --- | P.10 |

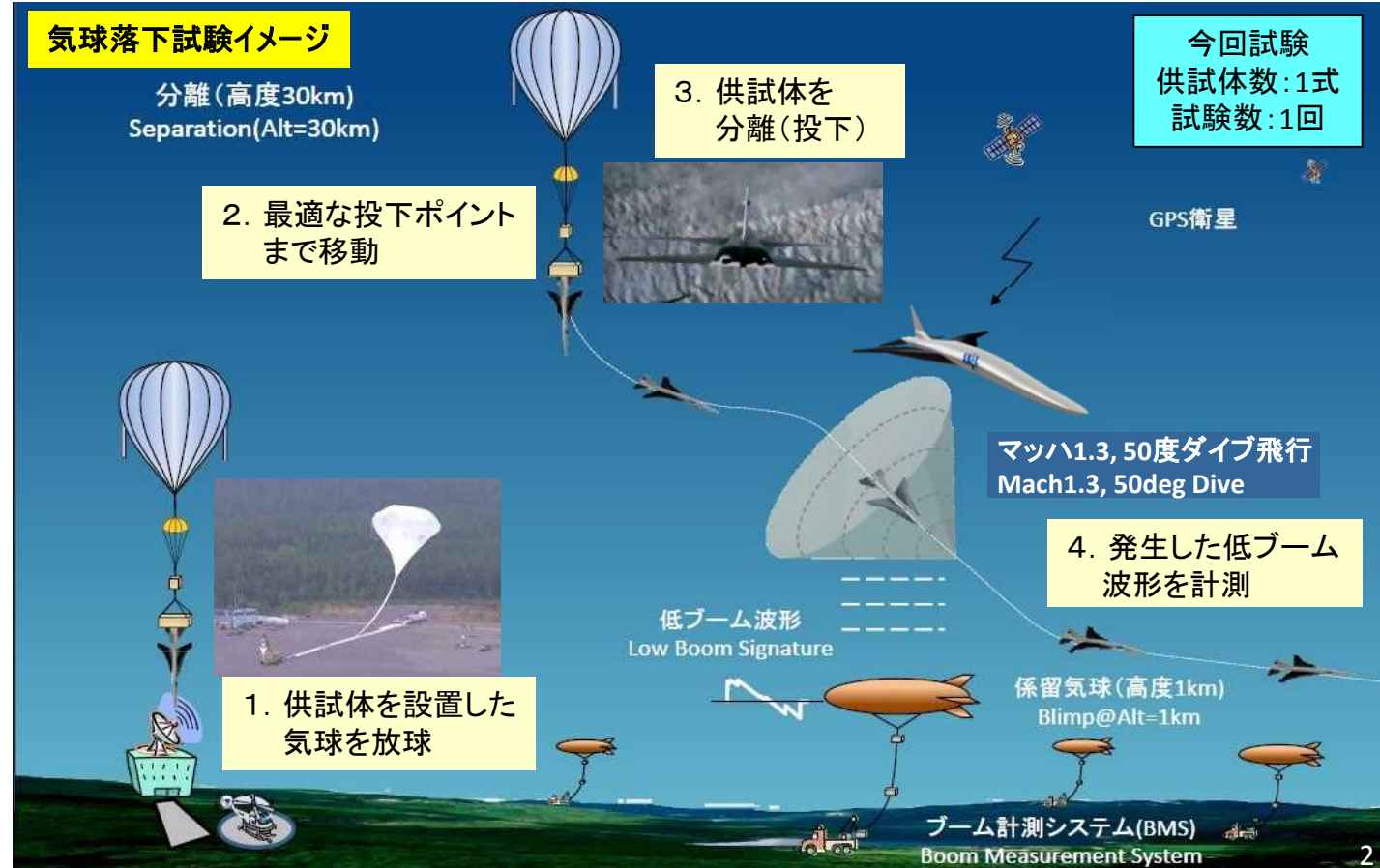
# 1. D-SEND#2試験の概要

目的：「静かな超音速旅客機」の実現に必要な鍵技術である**低ソニックブーム設計概念を用いて設計された機体による飛行試験を通して、その効果を実証する。**

- 手法： ①BMS※上空を超音速で飛行させ、ソニックブームを発生させる  
②高度方向に複数設置されたマイクロホンでソニックブームを計測する  
③計測したソニックブームが設計通り低減されていることを確認する

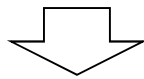
※)ソニックブーム計測システム(下図参照)

実施日・場所：平成27年7月24日、スウェーデン宇宙公社(SSC)エスレンジ宇宙センター内

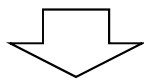


## 2. 試験実施状況

7月24日11:43(日本時間):  
気球放球

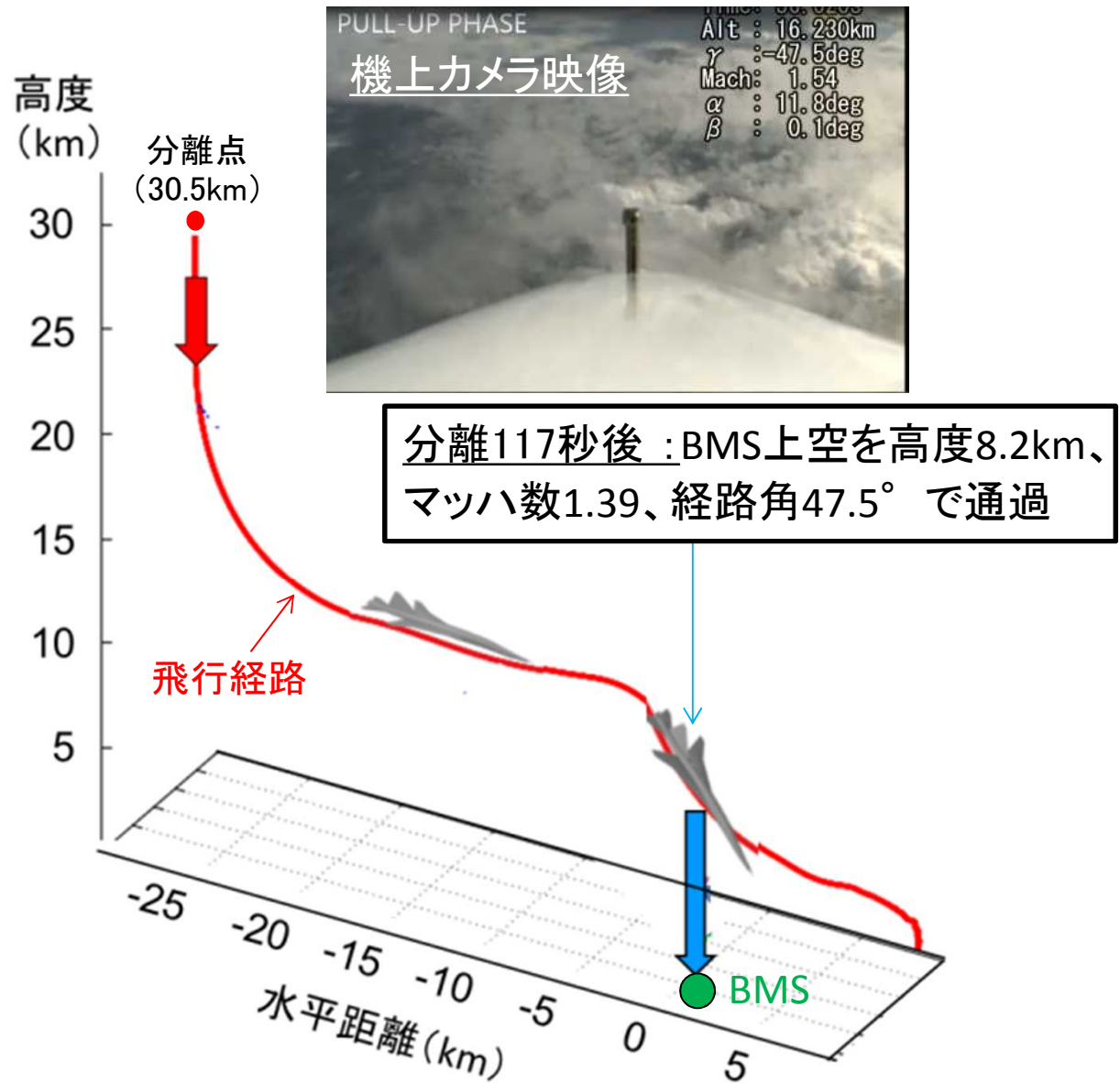


同日17:00(日本時間):  
機体を分離(高度30.5km)



分離177秒後:エリア内に落下

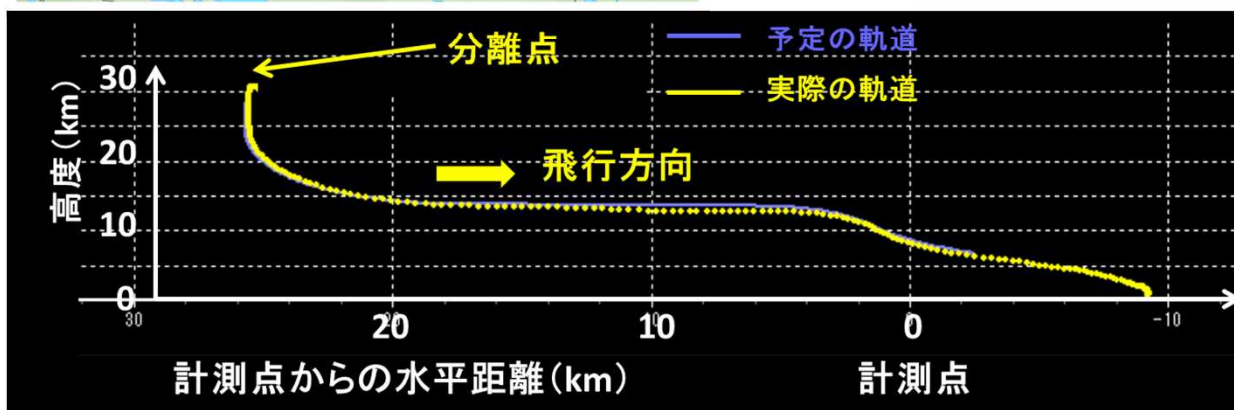
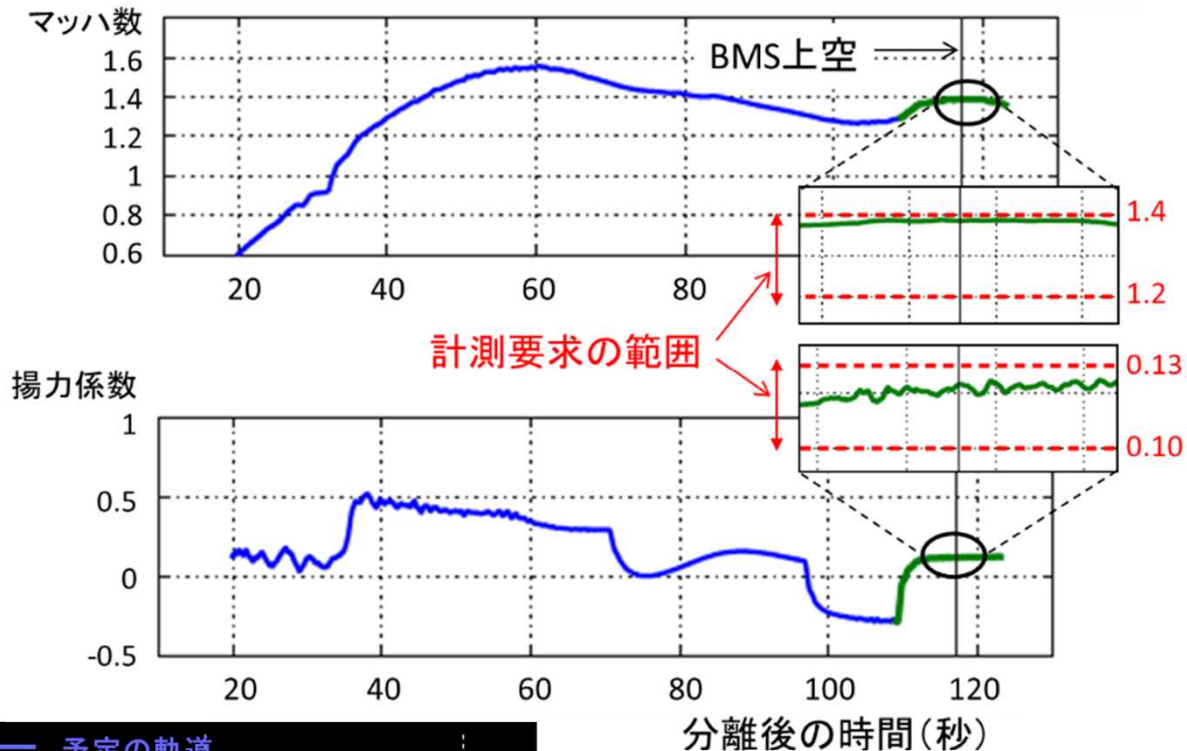
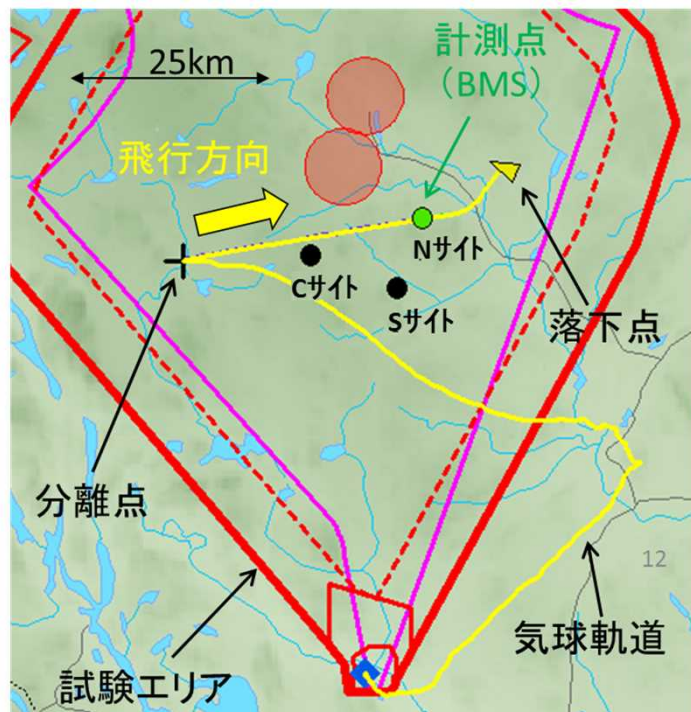
○分離後、下記飛行経路に沿って順調に飛行



### 3. 試験結果(1/6)

#### (1) 飛行状況

成果1: ブーム計測システム(BMS)上空を計測要求の範囲内で飛行することに成功(飛行異常対策の改修効果を確認)

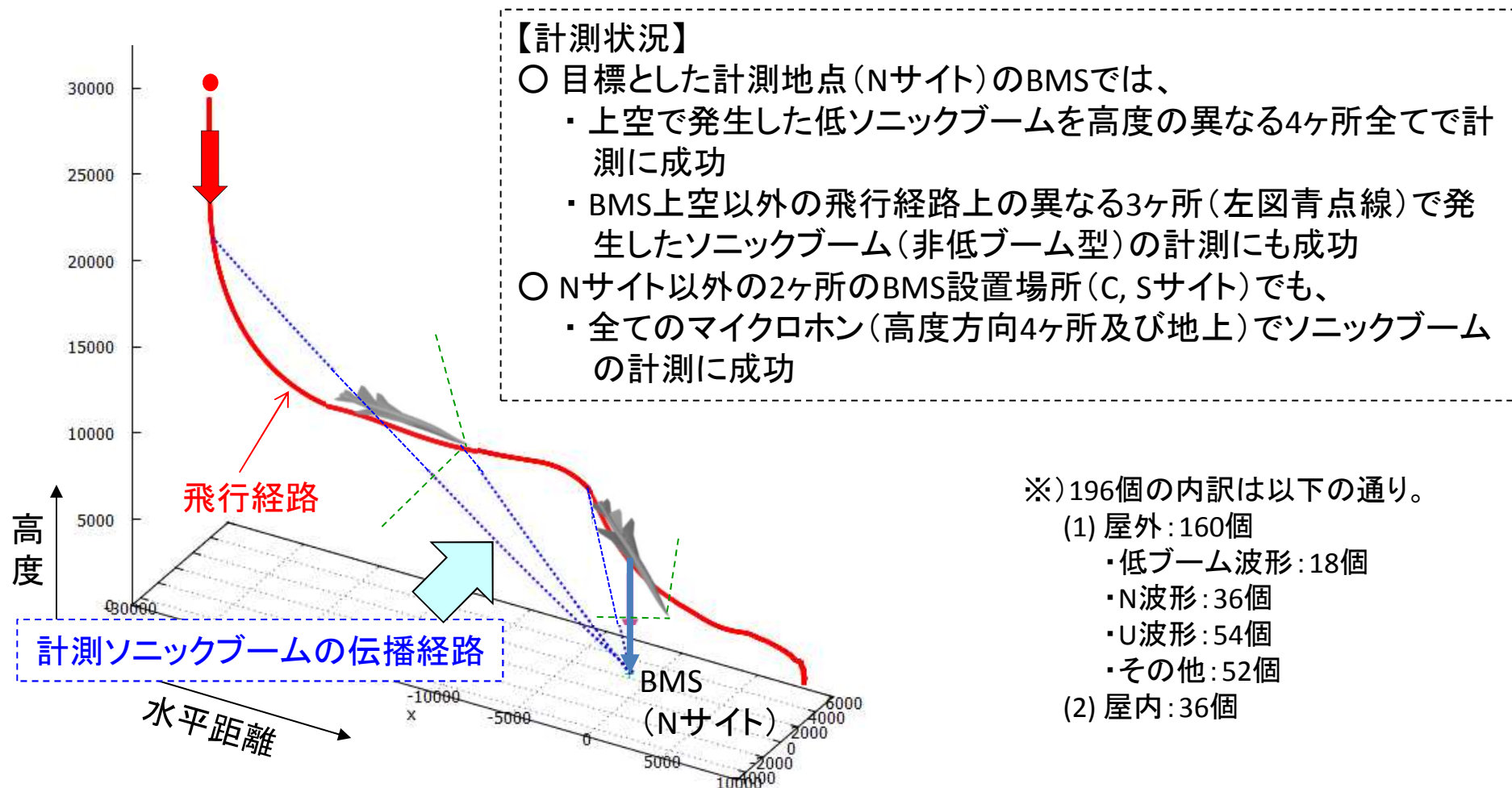


- ▶ 試験機は目標とした計測点のBMS(Nサイト)上空を通過(左上下図)
- ▶ 飛行状態(マッハ数, 揚力係数)は計測要求の範囲内(右上図)

### 3. 試験結果(2/6)

#### (2) ソニックブーム計測結果

成果2: 3ヶ所のBMS設置場所と各サイトの高度方向4ヶ所を含めた全てのマイクロホンが正常に作動し、合計196個\*のソニックブーム波形の計測に成功

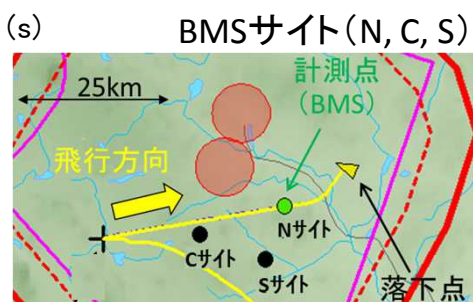
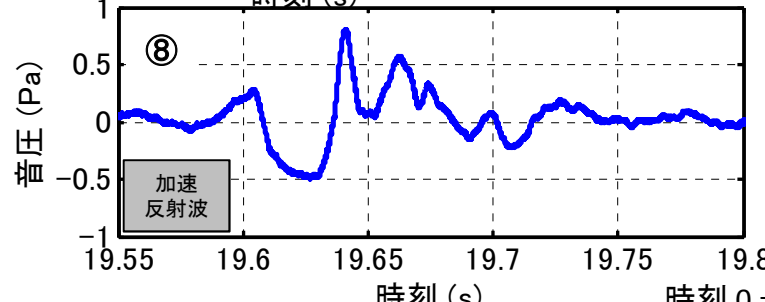
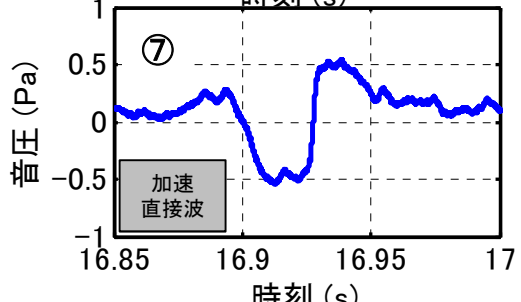
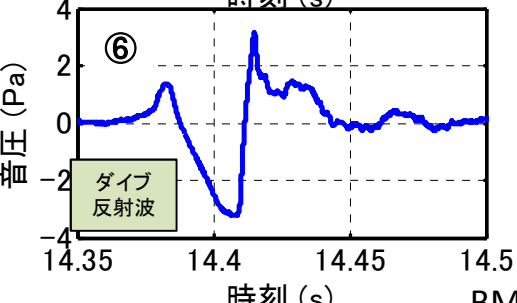
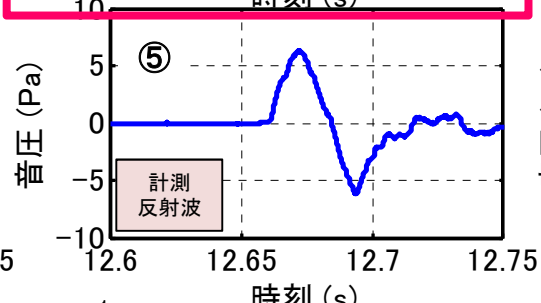
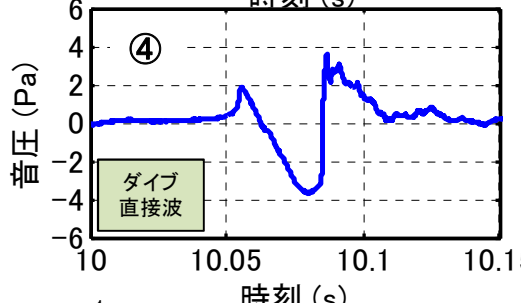
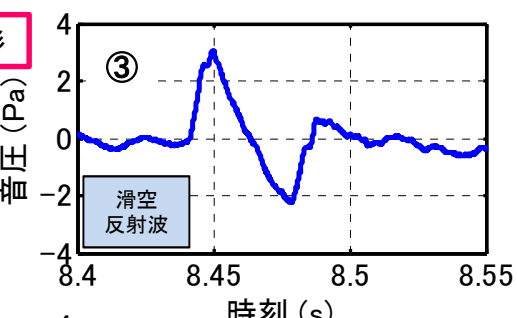
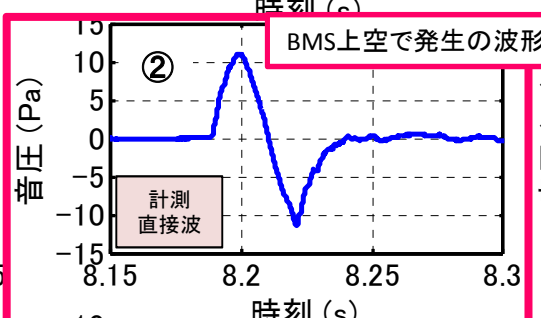
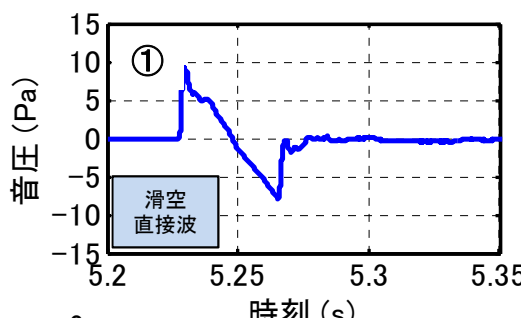
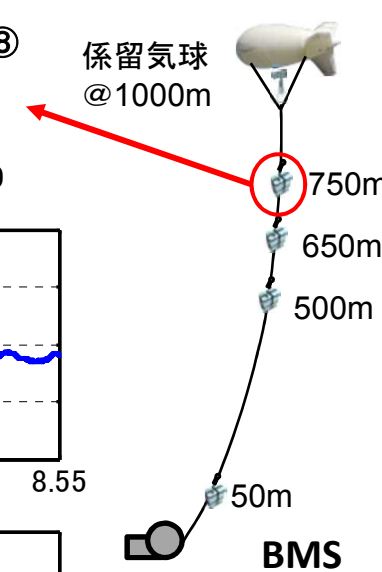
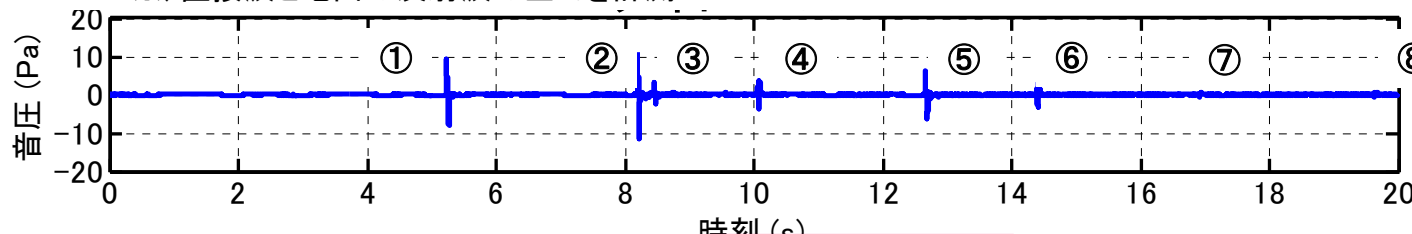


# 3. 試験結果 (3/6)

## (2) ソニックブーム計測結果

目標計測点(Nサイト)の高度750mのマイクロホンによる計測例：8個※のソニックブームを計測

※) 直接波と地面の反射波の全てを計測



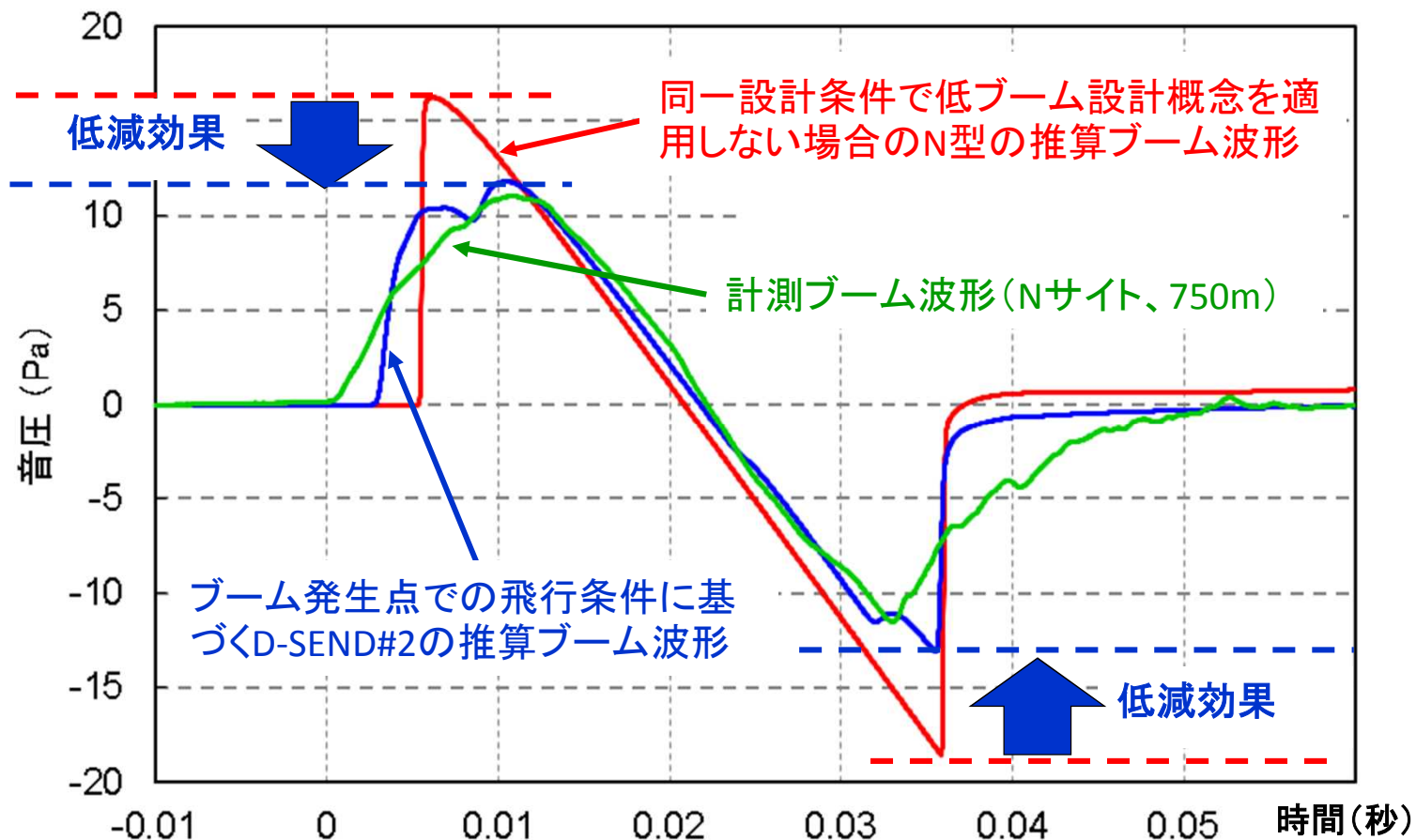
時刻 0 = 2015/07/24 08:02:10 (UTC)

### 3. 試験結果 (4/6)

#### (2) ソニックブーム計測結果

##### 成果3: 計測ブーム波形の低ブーム性(低減効果)を確認

- ① 計測ブーム波形の振幅は推算ブーム波形(低ブーム型)と概ね一致しており、明らかにN型のブーム波形と異なり、その振幅の低減効果が認められる(下図参照)。



# 3. 試験結果(5/6)

## (2) ソニックブーム計測結果

### ② ソニックブーム伝播過程への大気乱流の影響の解析

・大気乱流： 大気中の速度・温度等の擾乱(時間・空間的ゆらぎ)であり、衝撃波の伝播速度に変動を与え、波面を歪ませ、伝播方向を曲げるため、波形の変形を生む(下図参照)。

・特徴： ソニックブーム波形は、波線の通過場所と時間に応じてランダム性を有する大気乱流の影響を受けるため、一般に次の3種類のいずれかに変形することが確率的に推測される。

【A型】 圧力上昇がなまる

【B型】 圧力上昇がスパイク(先鋭)化

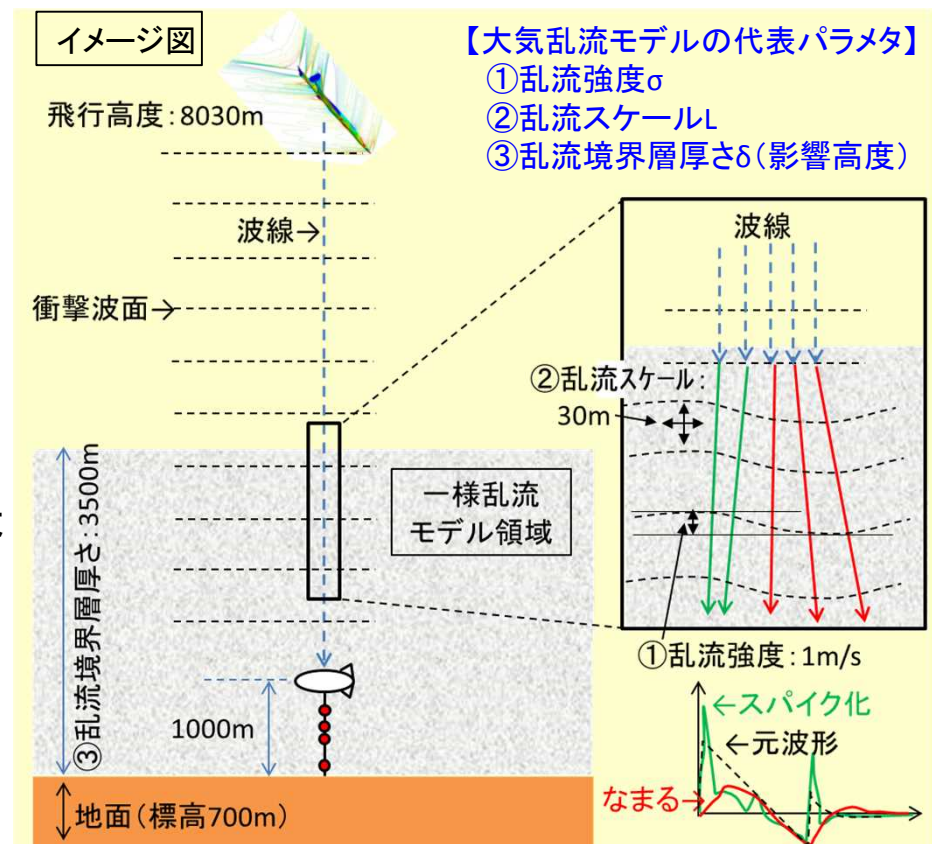
【C型】 変化無し

・解析方法： 大気乱流モデルを規定する代表パラメタ(下記)を気象データをもとに推定し、乱流境界層端(高度3.5km)でD-SEND#2の推算ブーム波形を入力して伝播特性を解析。

a) 乱流強度(速度変動) :  $\sigma=1\text{m/s}$

b) 乱流スケール(空間変動) :  $L=30\text{m}$

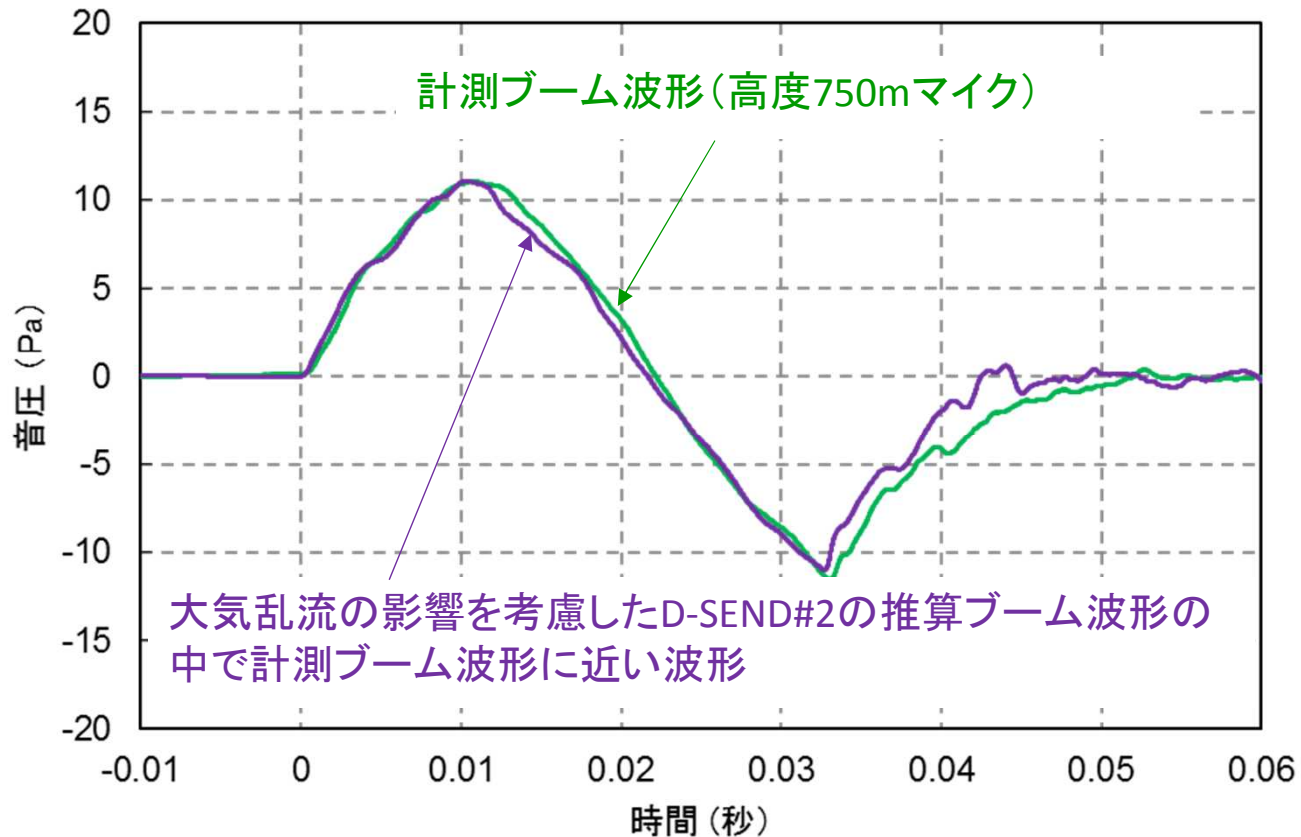
c) 乱流境界層厚さ(影響領域) :  $\delta=3.5\text{km}$





### 3. 試験結果 (6/6)

- 解析結果： 解析波形に、計測ブーム波形の①立ち上がり時間が長く、②コブがなまっている特徴と同傾向(A型)の波形が得られたことから(下図参照)、計測ブーム波形は大気乱流の影響を受けて変形したものである、大気乱流の影響を受けていない場合は設計通りの波形が計測されていたと考えられる。



以上より、D-SEND#2試験において「低ソニックブーム設計概念」を実証

## 4. まとめ

### (1) 成果

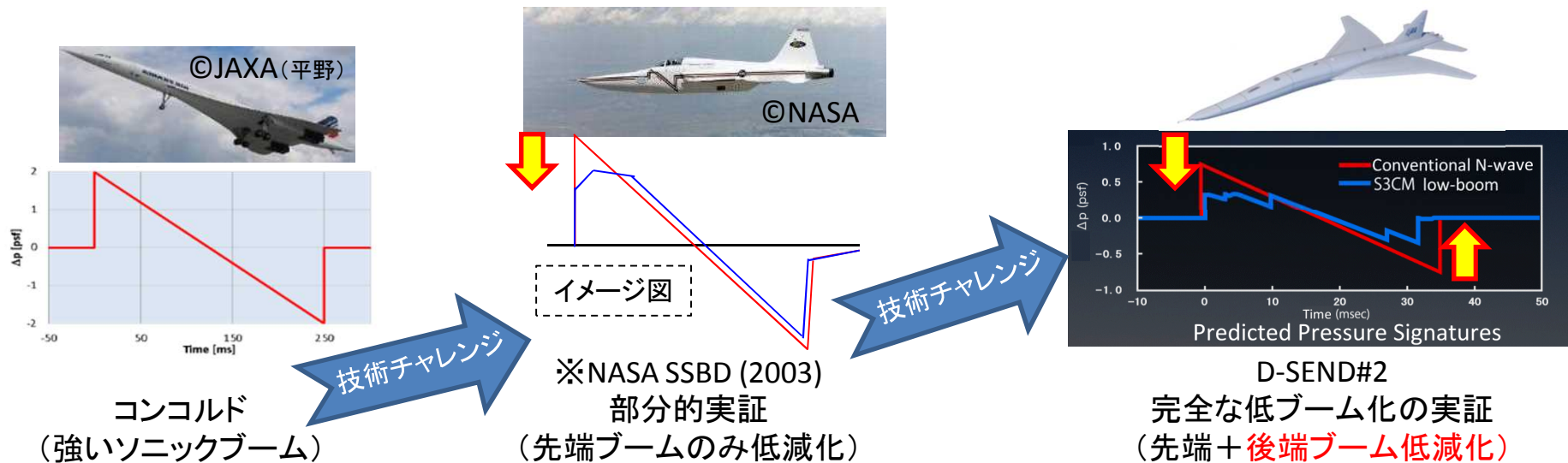
- 本飛行試験により、「低ソニックブーム設計概念」の実証に世界で初めて成功
- その過程で得た「低ソニックブーム波形に対する大気乱流の影響に関する詳細な解析結果」も世界初の知見。

### (2) 今後の予定等

- 先日(10月28～29日)開催された超音速タスクグループ(SSTG)で提示した飛行試験結果と議論を踏まえ、ICAOのCAEP10総会(2016年2月開催)で報告される内容に関して調整すると共に、今後のソニックブーム基準策定に向けた技術的な議論を更に進め、その検討を加速させる。
- JAXAとしては、D-SENDプロジェクト終了に向けた審査を年度内に実施予定。
- 今後は、更なる技術課題への挑戦に向けた新たな研究開発計画を立案し、そこにこれまでの超音速機技術に関する研究成果を継承させると共に、コンコルド以来止まっている超音速旅客機の運航再開に向けた機体開発に繋げる活動を産業界と共に積極的に推進して行く。

# 別添1. 低ソニックブーム設計技術の価値

- ◆ 超音速機から発生する衝撃波による先端/後端ブームの低減化は、陸上超音速飛行を可能とするための最重要課題。その低減目標はコンコルドのブーム強度の1/4程度(世界的な共通認識)。
- ◆ 先端ブームのみの部分的な低減化は、既に米国で飛行実証※されているが、後端ブームも含めた低減化は高い設計技術力が要求されるため、世界的に実証例が無い。
- ◆ JAXAでは、小型超音速旅客機(50人規模)を想定した先端/後端ブームを低減できる全機機体設計技術(低ソニックブーム設計技術)を開発(特許取得済)。
- ◆ D-SENDプロジェクトにおいて、全機形態での低ソニックブーム設計技術を“世界で初めて”飛行実証することで日本の技術力をアピールし、技術的価値を高める。



## 別添2. ソニックブーム現象と低減化

○ソニックブームとは、超音速機から発生する衝撃波が地上まで伝播する際、その非線形性に起因して先端及び後端の衝撃波に統合され、地上では2回の急激な圧力上昇を発生して、衝撃音として感じられる現象。

○ソニックブームの低減化には、機体形状を工夫することにより先端の衝撃波を強くし、それ以外を弱くすることで近傍場の衝撃波パターンを制御して、非線形効果による統合を遅らせることが有効。

