

# 宇宙航空研究開発機構研究開発資料

## JAXA Research and Development Memorandum

---

### 空中ソニックブーム計測システム確認飛行試験(その2) 第2報

中 右介, 牧野 好和, 進藤 重美, 川上 浩樹

2013年1月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

# 目 次

1. はじめに .....	2
2. 試験計画 .....	3
2. 1 試験場所 .....	3
2. 2 試験期間 .....	3
2. 3 試験体制 .....	3
2. 4 試験内容 .....	4
2. 5 計測システム .....	5
2. 5. 1 空中計測システム .....	5
2. 5. 2 地上屋外計測システム .....	6
2. 5. 3 地上屋内計測システム .....	7
2. 6 システム安全 .....	8
2. 7 サクセスクライテリア .....	8
3. 試験結果 .....	9
3. 1 飛行データ .....	9
3. 1. 1 地上追尾データ .....	9
3. 1. 2 オンボードデータ .....	18
3. 2 大気データ .....	25
3. 2. 1 観測気球データ .....	25
3. 2. 2 係留気球データ .....	25
3. 2. 3 地上データ .....	25
3. 3 ソニックブームデータ .....	29
3. 3. 1 空中計測データ .....	29
3. 3. 2 地上屋外計測データ .....	50
3. 3. 3 地上屋内計測データ .....	68
4. ソニックブーム強度推算 .....	71
5. まとめ .....	72
参考文献 .....	72
付録：写真集 .....	73

# 空中ソニックブーム計測システム確認飛行試験（その2） 第2報

中 右介<sup>\*1</sup>, 牧野 好和<sup>\*1</sup>, 進藤 重美<sup>\*1</sup>, 川上 浩樹<sup>\*1</sup>

## Flight Test for Airborne Blimp Boom Acquisition (ABBA) System Check (ABBA Test #2), Second Report\*

Yusuke NAKA<sup>\*1</sup>, Yoshikazu MAKINO<sup>\*1</sup>, Shigemi SHINDO<sup>\*1</sup> and Hiroki KAWAKAMI<sup>\*1</sup>

### Abstract

Flight test using an actual supersonic aircraft was conducted as a part of JAXA's low-sonic-boom concept demonstration project (D-SEND Project) in order to check JAXA's Boom Measurement System (BMS) including the Airborne Blimp Boom Acquisition (ABBA) system and to verify the possibility of demonstrating low-sonic-boom concepts by dive maneuver of the D-SEND#2 airplane. Since the ABBA system was not available in the previous flight test in September 2010 due to a blimp trouble, the same set of flights was conducted again to make sure the possibility of low-sonic-boom concept demonstration by dive maneuver with the ABBA system. In this flight test, many sonic-boom data were obtained with 7 microphones installed at 6 altitudes between 50 and 1000 m above the ground, as well as on-ground and indoor sonic boom data. These measured data will be valuable for considering the sonic-boom propagation, the atmospheric turbulence effects and the ground reflection effects on the sonic-boom signatures.

Keywords: supersonic flight, sonic-boom measurement, airborne measurement

### 概 要

低ソニックブーム設計技術の実証と空中ソニックブーム計測技術の獲得を目的とする低ソニックブーム設計概念実証（D-SEND）プロジェクトにおいて、JAXAが開発した空中ソニックブーム計測システム（ABBA システム）を含むソニックブーム計測システム（BMS）の確認、及び D-SEND#2 飛行試験におけるダイブ飛行による低ブーム設計概念実証の可能性確認のため、実機を用いた飛行試験（通称 ABBA Test #2）を実施した。前回（2010 年 9 月）に実施した飛行試験では、係留気球の破損により ABBA システムによる空中計測ができなかったため、今回再試験を実施し、空中ソニックブーム計測によるダイブ飛行での低ブーム設計概念実証の可能性を確認した。また、今回は地上 50m から 1000m の間の 6 箇所の異なる高度に設置したマイクロフォンでの計測により、ソニックブームの伝播、ソニックブーム波形に与える大気乱流や地面反射の影響を検討する上で貴重なソニックブームデータが取得できた。

---

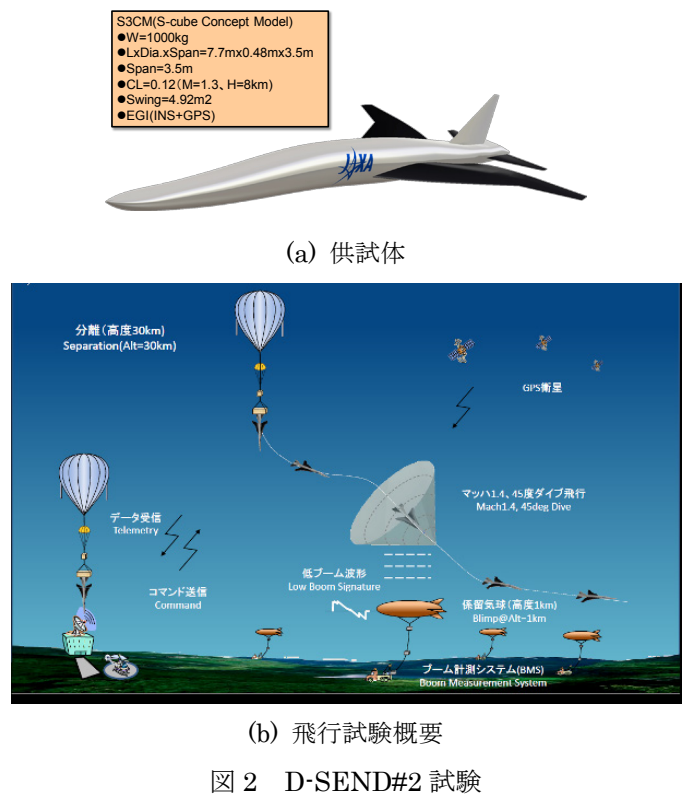
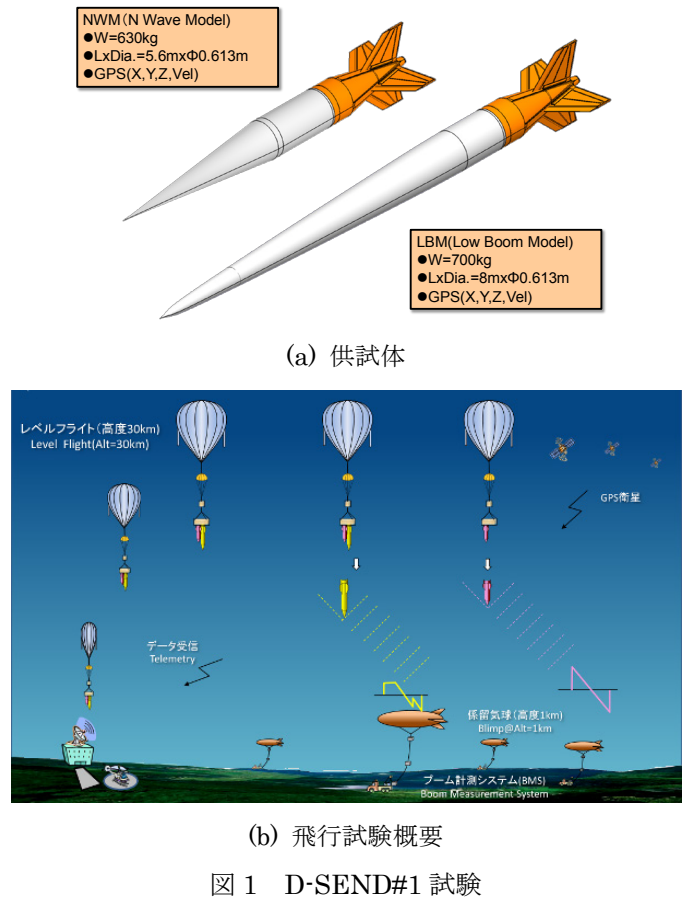
\* 平成 24 年 9 月 14 日受付 (Received 14 September 2012)

\*1 航空プログラムグループ 超音速機チーム (Supersonic Transport Team, Aviation Program Group)

## 1. はじめに

宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループでは、環境適合性に優れた超音速旅客機設計技術の確立を目的とした静粛超音速機技術の研究開発プログラム<sup>1)</sup>を推進しており、その中で低ソニックブーム設計コンセプトの実証を目的とする低ソニックブーム設計概念実証 (D-SEND) プロジェクト<sup>2)</sup>を進めている。D-SEND プロジェクトの第1フェーズ (D-SEND#1) は、2011年5月に2回の落下試験を実施<sup>3)</sup>し、図1(a)に示す一般的なN型のソニックブームを発生するNWMと、同じ最大断面積で低ブーム設計されたLBMの2種類の供試体を図1(b)に示す様に成層圏気球から連続して落下させ、それぞれが発生するソニックブームを係留気球で持ち上げた空中ソニックブーム計測 (ABBA: Airborne Blimp Boom Acquisition) システムによって計測することで、「空中ブーム計測技術の確立」と「低ブーム波形計測可能性の確認」を行った。D-SEND#1 に続いて計画されている第2フェーズ (D-SEND#2) では、図2(a)に示す3次元機体形状供試体 (S3CM) を図2(b)に示す様に成層圏気球から落下し、自律制御飛行により計測地点まで誘導した上でブーム計測システム (BMS: Boom Measurement System) 上空を飛行させ、供試体が発生するソニックブームをABBAシステムを含むBMSにより観測し、S3CMに適用されたJAXA独自の低ブーム設計コンセプトを確認する予定である。D-SEND#2の供試体は実機に比べて短いですが、機体長に比べて伝播距離が長くなりすぎると低ブーム性の検証が行えないため、BMS上空飛行時は供試体をダイブ飛行させることで伝播距離を短くしている。

JAXA 超音速機チームではABBAシステムの確認のため、実機を用いたソニックブーム計測試験 (ABBA Test#1) を2009年9月にスウェーデンで実施し、システムの健全性を確認した<sup>4)</sup>。また、2010年9月には同じ場所で、実機の地上ソニックブーム計測試験 (ABBA Test#2-1) を実施し、D-SEND#2 飛行試験における供試体設定ダイブ角 (降下経路角) と同じ飛行条件で飛行する実機のソニックブームを水平定常飛行時と比較することでダイブ飛行による低ブーム設計概念実証の可能性を確認した<sup>5)</sup>。ただし、ABBA Test#2-1 試験時には試験準備中に係留気球が破損したため、地上計測しか実施しておらず、D-SEND#2 試験で主たる計測と考えている





ABBA システムによる検証が求められる。そこで本報告では、D-SEND#1 試験直後に実施した、ABBA Test#2 の再試験（ABBA Test#2-2）の結果について報告する。本試験では、空中ブーム計測による D-SEND#2 低ブーム設計概念実証の可能性の確認、及び、D-SEND 用に改修した ABBA システムの検証を目的としている。

## 2. 試験計画<sup>6)</sup>

### 2. 1 試験場所

飛行試験は、ABBA Test#2-1 と同様、スウェーデン王国の NEAT (North European Aerospace Test Range) 試験場の中の Vidsel Test Range にて実施した。(図 3) NEAT には Vidsel と Esrange の試験場があるが、Vidsel Test Range には空港があるため、今回のように実機を用いた試験に適している。一方、Esrange には気球を扱う施設が整備されており、大型の成層圏気球を用いる D-SEND 試験には Esrange が適している。

### 2. 2 試験期間

試験は、NEAT の Esrange (図 3 参照) で実施した D-SEND#1 試験後で、地上及び上空の天候が穏やかと予測された日時を選択し、下記の通り実施した。



図 3 試験場所

### (1) 現地準備期間

2011 年 5 月 27 日～30 日

### (2) 計測日

2011 年 5 月 31 日

### (3) 総括・撤収

2011 年 6 月 1 日～2 日

### 2. 3 試験体制

試験の実施体制を図 4 に示す。JAXA 超音速機チーム（現地での作業・計測員は 3 名）及び支援契約先であるスウェーデン宇宙公社 (Swedish Space Corporation: SSC)，試験場運営機関 (RFN)，及びスウェーデン空軍 (RSAF) とで実施した。それぞれの組織が果たした役割は下記の通り。

- ①JAXA：試験計画立案，SSC との調整，契約，空中計測・地上計測の実施
- ②RFN：計測地点・室内計測用家屋の提供
- ③SSC：契約，係留気球の運用等の試験支援
- ④RSAF：超音速機の運用，飛行データ・気象データの提供等

#### JAXA team

Leader<sup>①</sup>  
Ground-base boom measurement<sup>①</sup>  
Aerial boom measurement<sup>①</sup>  
(①: JAXA)

#### NEAT team

Technical manager<sup>③</sup>  
Contractual manager<sup>③</sup>  
Technical co-manager<sup>②</sup>  
Blimp team<sup>③</sup>  
Pilot<sup>④</sup>  
Meteorology<sup>④</sup>  
Air Traffic Control(ATC)<sup>②</sup>  
(②: RFN, ③: SSC, ④: RSAF)

図 4 試験体制

## 2. 4 試験内容

本試験において使用した超音速機、実施した飛行ケース及び計測項目は下記の通り。

### (1) 使用した超音速機

Swedish JAS 39 Gripen (図 5) を最寄りの Vidsel 空港より離陸し、計測ケースのフライオーバーを実施した。

主な仕様:

- ・全長: 14.1 m
- ・全幅: 8.4 m
- ・全高: 4.5 m
- ・翼面積: 30 m<sup>2</sup>
- ・空虚重量: 6,620 kg
- ・全備重量: 8,720 kg
- ・最大離陸重量: 14,000 kg
- ・エンジン: 1× Volvo Aero RM12 (GE F404)
- ・最大推力: 80 kN with afterburner
- ・乗員: 1 名

主な性能:

- ・最大速度: Mach 2
- ・航続距離: 約 800km
- ・実用上昇限度: 15,000m
- ・翼面荷重: 341 kg/m<sup>2</sup>
- ・推力重量比: 0.94

### (2) 飛行ケース

本飛行試験で実施した飛行ケース (全 6 フライオーバー) の概要を図 6 に示す。これらの値は計測点上空を通過した際の飛行条件であり、観測されたブームを発生した条件ではない。なお、今回の 6 フライオーバーは全て同じ形態 (増槽無し) で実施した。

Run#(時刻 UTC): 飛行条件

Run#1(5:49): ダイブ飛行

M=1.37, H=8.74km,  $\gamma=43.4\text{deg}$ ,  $\alpha=1.75\text{deg}$

Run#2(5:58): ダイブ飛行

M=1.36, H=8.76km,  $\gamma=44.9\text{deg}$ ,  $\alpha=1.32\text{deg}$

Run#3(6:30): ダイブ飛行

M=1.37, H=8.67km,  $\gamma=44.9\text{deg}$ ,  $\alpha=1.32\text{deg}$

Run#4(6:38): 水平定常飛行

M=1.39, H=5.84km,  $\gamma=1.31\text{deg}$ ,  $\alpha=1.42\text{deg}$

Run#5(7:09): 水平定常飛行

M=1.40, H=5.83km,  $\gamma=1.31\text{deg}$ ,  $\alpha=1.5\text{deg}$

Run#6(7:18): 水平定常飛行

M=1.40, H=5.87km,  $\gamma=1.22\text{deg}$ ,  $\alpha=1.34\text{deg}$

Run#1~#3 の 3 フライオーバーはマッハ数 1.4 でのダイブ飛行 (D-SEND#2 飛行試験における S3CM のダイブ飛行を模擬した飛行) であり, Run#4~#6 は上記ダイブ飛行時に発生するソニックブームと同じブームを発生すると考えられる水平定常飛行である。試験は全ケースとも 5 月 31 日に実施した。

Run#2 及び Run#4 の終了時に試験航空機は給油のため一旦空港に戻っており、離陸回数としては 3 回の飛行を実施したが、飛行のミッション番号としては共通の番号、

Sortie#11101(Run#1~#6)

となっている。

### (3) 計測項目

試験実施エリアの地図を図 7 に示す。このエリアで、空中、地上屋外、地上屋内における計測を実施した。主な計測項目は以下の通り。



(<http://www.saabgroup.com>)

図 5 Swedish JAS 39 Gripen

### ①空中計測（ABBA システム）

- ・ ソニックブームデータ 7 点（6 高度）
- ・ GPS 位置データ
- ・ 時刻同期用 PPS（Pulse Per Second）信号
- ・ 気象データ（最高計測点の 1000m のみ）

### ②地上屋外

- ・ ソニックブームデータ 10 点
- ・ GPS 位置データ
- ・ 時刻同期用 PPS（Pulse Per Second）信号
- ・ 気象データ

### ③地上屋内

- ・ ソニックブームデータ 3 点
- ・ GPS 位置データ
- ・ 時刻同期用 PPS（Pulse Per Second）信号

## 2. 5 計測システム

本試験では、D-SEND#1 で使用したブーム計測システム（BMS）を主に用いた。BMS の詳細は別レポートにて報告予定であるので、そちらを参照されたい。以下では D-SEND#1 とは異なる設定や追加の機器を含めた計測システムの概要を述べる。

### 2. 5. 1 空中計測システム

空中ブーム計測で使用した機器は全て D-SEND#1 で使用した BMS 機器である。ただし、D-SEND#1 に比べてマイクの点数を増加させた。空中計測システムの概要を図 8 に示す。



(<http://maps.google.co.jp>)

図 7 試験実施エリアマップ

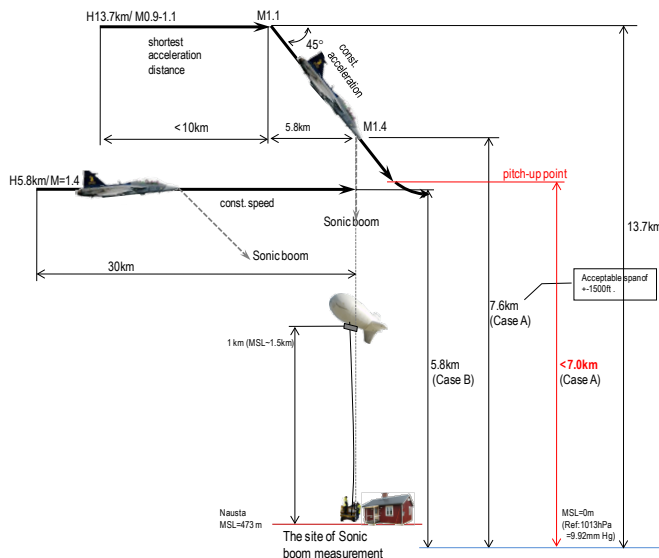


図 6 飛行ケースの概要

#### 1000m点

重量	13 kg
計測システム数	2
マイク数	1000m : 2 970m : 1
気象計測	気圧、温度、湿度、 3次元風向風速
GPS	緯度、経度、高度、 時刻

#### 750m、500m、250m、50m点

重量	4.1 kg
計測システム数	1
マイク数	1
気象	なし
GPS	緯度、経度、 高度、時刻

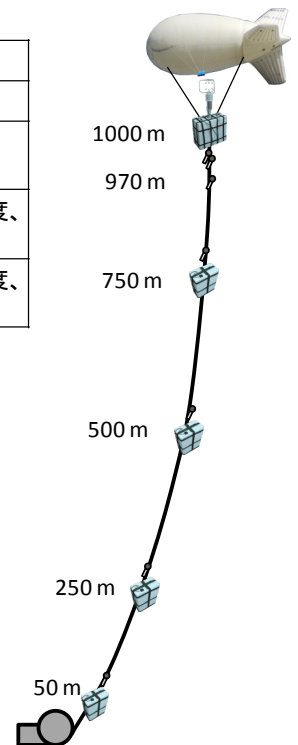


図 8 空中計測システムの概要

空中計測システムは以下のサブシステムから成る。

(1) 係留気球

ペイロード索および係留索に ABBA システム取付け、上空に設置するために使用した。使用したものは D-SEND#1 で使用したものと同一である。準備および運用は SSC が担当した。

(2) 空中ブーム計測システム

BMS のシステムを使用した。ソニックブームの音響計測用システムであり、主にマイク、AD 変換器、記録器から成る。マイクは低周波コンデンサマイクの GRAS 社製 40AZ-S1 を、AD 変換器は 24 ビット分解能を有する、National Instruments 社製の NI 9234 を使用した。デジタル化されたデータは、National Instruments 社製の LabVIEW で開発した計測用ソフトウェアを用いて、同ソフトがインストールされたノート PC に保存した。なお、計測用ソフトウェアでのリアルタイムの補正により AD 変換器の低周波特性を改善し、システム全体のカットオフ周波数は 0.2 Hz 以下とした。

マイクは高度約 1000m に 2 チャンネル、970m, 750m, 500m, 250m, 50m にそれぞれ 1 チャンネル設置した。BMS は本来は 1 つの係留気球に対して 4 チャンネルのマイクを設置するように設計されたものであるが、AD 変換器の空きチャンネルがあったことと、試験時の風が穏やかな条件であり気球の浮力に余裕があったことからチャンネル数を増加した。

(3) 空中気象観測システム

BMS のシステムを使用した。大気圧、気温、湿度、3 次元風向風速を計測するシステムで、最高計測点である高度 1000m にのみ設置した。ソニックブーム計測時の高度約 1000m における計測に加え、係留気球の上昇および下降中も計測を行い、地表から高度約 1000m までの分布の計測も行った。

(4) 位置計測システム

BMS のシステムを使用した。GPS を使用して計測点の緯度、経度、高度の 3 次元位置計測を行った。GPS アンテナは 970m を除く各点に設置した。気象計測と同様に、ソニックブーム計測時および係留気球上昇・下降時に計測を行った。

(5) 通信システム

BMS のシステムを使用した。無線 LAN を用いて地上の PC との通信を行い、地上から遠隔で計測開始・終了等の操作および計測状態の監視を行った。

(6) 同期信号発生システム

BMS のシステムを使用した。飛行データや他の PC に記録されたソニックブームデータとの同期を行うため、各 AD 変換器には GPS 信号に基づいて生成された PPS 信号を入力・記録した。

(7) 電力供給システム

BMS のシステムを使用した。設計運用時間は 10 時間とし、これを上回るように機器に供給する電力の容量を設計した。ノート PC は付属バッテリーだけでは容量不足であったため、リチウム 1 次電池を併用した。他の機器への電力供給にもリチウム 1 次電池を使用した。リチウム 1 次電池を使用したのは、容量の増加および軽量化のためである。

(8) 保護システム

BMS のシステムを使用した。マイクと気象センサを除く空中計測機器は発泡スチロール製のケースに収納して保護して係留索に取り付けた。

## 2. 5. 2 地上屋外計測システム

本試験で用いた地上屋外計測システムは以下の構成から成り立つ。

(1) 地上ブーム計測システム

地上ブーム計測では、D-SEND#1 で使用した BMS の地上計測用機器（マイクは 3 チャンネル）に加え、BMS の空中計測用の機器を用いて計測点数を増加した。追加したチャンネルでは、マイクと AD 変換器の種類を変更し、AD 変換形式の違いによるソニックブーム計測波形への影響とマイク感度によるノイズの影響を考察するためのデータを取得した。地上計測で使用したマイクと AD 変換器のリストを表 1 に示す。追加したチャンネルでは、BMS の空中ブーム計測システムのマイクと AD 変換器(1 システムのみ) を置き換えて使用した。

図 7 に示すように、空中計測用の係留気球設置点付近（ウィンチ付近）に 1 個と、室内計測用の小屋

から約 25 m 離れた点に 8 個のマイクを設置して行った。係留気球設置点付近では、BMS の空中計測用のスタンドアローン計測システムを使用し、マイクは木製の板に横置きで設置した。計測用家屋付近では、BMS の地上ブーム計測システムを 1 式（マイク 3 個）と、追加で 5 個のマイクを設置した。追加マイクの計測には空中計測用のスタンドアローン計測システムを使用した。この点のマイクの設置の様子を図 9 に示す。BMS 地上ブーム計測システムのマイクはフラッシュマウントでアルミ製の反射板に設置した。反射板の下には防振のために砂を敷き、各マイクの間隔は約 1.1 m で直線状に並ぶように配置した。追加で設置したマイクは、中央の反射板上に隣接させて横置きで設置した。

## (2) 地上気象観測システム

BMS のシステムを使用して大気圧、気温、2 次元風向風速、雨量を測定する計画であったが、機器設定の不備により正常に記録を行えなかった。

## (3) 位置計測システム

BMS のシステムを使用。概要は空中計測と同様。

## (4) 通信システム

BMS のシステムを使用。概要は空中計測と同様。

## (5) 同期信号発生システム

BMS のシステムを使用。概要は空中計測と同様。

## (6) 電力供給システム

BMS の機器への電力供給は BMS の電力供給システムを使用した。追加機器で電力が必要なものはマイク電源・アンプであり、これらには計測用家屋のコンセントからの電力およびリチウム 1 次電池を機器に応じて使用した。

## (7) 保護システム

BMS の機器は BMS の保護システムを使用した。追加の機器はプラスチック製の箱に入れるなどして保護した。

## 2. 5. 3 地上屋内計測システム

計測用家屋内の 1 室で室内計測を実施した。図 10 に示すように、マイクは計測室の 2 箇所の窓のガラス中央付近に 1 個ずつと部屋中央に 1 個の合計 3 個を設置した。計測機器は BMS の空中計測用のスタンドアローンシステム 1 式に 3 個のマイクを接続して使用した。使用した

表 1 地上屋外音響計測機器

Ch	計測地点	マイク設置方法	マイク	マイク電源・アンプ	AD 変換器 (カップリング)	備考
1	係留気球下	横置き	GRAS 40AZ-S2	—	NI 9234 (AC)	
2	計測用家屋 付近	フラッシュマウント	GRAS 40AZ-S2	—	NI 9234 (AC)	
3		フラッシュマウント	GRAS 40AZ-S2	—	NI 9234 (AC)	
4		フラッシュマウント	GRAS 40AZ-S2	—	NI 9234 (AC)	
5		横置き	B&K 4193	B&K 2690	NI 9234 (DC)	31.6 mV/Pa
6		横置き	GRAS 40AZ-S1	—	NI 9234 (AC)	
7		横置き	GRAS 40AZ-S1	GRAS 12AL	NI 9234 (DC)	Ch10 から分岐
8		横置き	B&K 4193	B&K 2690	NI 9215 (DC)	31.6 mV/Pa
9		横置き	B&K 4193	B&K 2690	NI 9215 (DC)	10.0 mV/Pa
10		横置き	GRAS 40AZ-S1	GRAS 12AL	NI 9215 (DC)	Ch7 から分岐



計測用家屋および計測室は ABBA Test#1 と同じであるが、ABBA Test#1 の時は計測室内は計測機器以外のものは撤去して空室状態としたのに対し、今回は通常の生活空間と同様にベッドや机等の家具やテレビなどが置かれたままの状態での計測を行った。また、計測実施時には計測室入口を含む計測用家屋の全てのドアと窓は閉めた状態とした。

## 2. 6 システム安全

試験実施におけるシステム安全の考えとしては、2009 年の ABBA Test#1 試験、及び 2010 年の ABBA Test#2-1 試験と同様に実績のある超音速航空機を使用するため、計測・支援要員及び計測システムの安全は確保されており、また、飛行制限区域、立入り制限区域内での飛行管制（最寄りの Vidsel 空港から）された飛行により、第三者への損害も極めてまれであると考えられた。

飛行試験計画段階で推定された最大のブームも前回同様にコンコルドレベルであったため、計測・支援要員への聴力障害、窓等の損害は起こらないと考えられたが、NEAT 側の安全対策に従い、パイロットからのカウントダウンによる要員への周知を実施した。また安全解析として空中ブーム計測機器の落下を想定した FTA を実施し、これらの結果をチーム内（安全確認会）で確認した。なお、2009 年、2010 年の試験では関係者の聴力障害、

窓等の破壊も起こっていない。安全性向上のため、試験に当たっては、以下を実施した。

- (1) 準備手順については、空中計測システムのロープ等の傷の有無をチェックし、複数の人間で作業をチェックする。
- (2) 要員への安全教育と毎朝のブリーフィングにおける危険予知トレーニング（KYT：危険の周知等）等を実施する。
- (3) 試験中は 2010 年の ABBA Test#2-1 試験時と同様に、定常風を考慮した立入制限区域を設定し、必要な試験要員以外の立入を制限する。ただし、計測棟等の屋内を除く。

## 2. 7 サクセスクライテリア

本飛行試験におけるサクセスクライテリアを下記の通り定義した。

- ・ミニマムサクセス：空中計測システムによるソニックブームデータの取得。（空中計測システム冗長化の検証）
- ・フルサクセス：D-SEND#2 飛行パターンでの空中ソニックブームデータの取得。（D-SEND#2 低ブーム設計概念実証可能性の確認）
- ・エクストラサクセス：高度 50m における空中ソニックブームデータと地上ソニックブームデータの取得。（ソニックブーム波形に与える地上反射の影響検討データの取得）

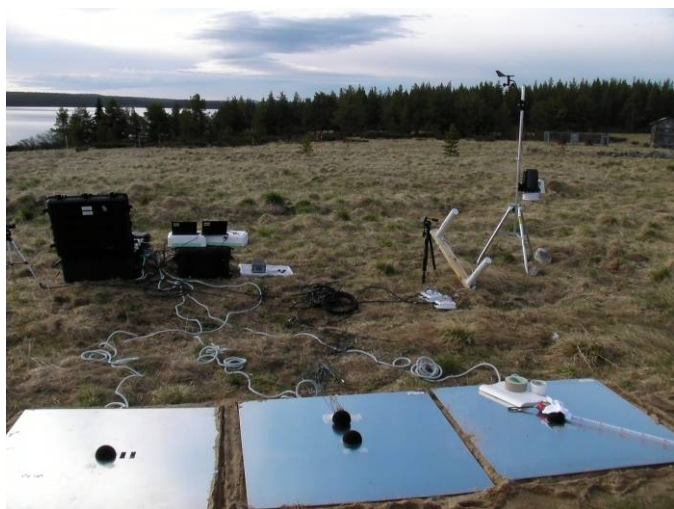


図 9 地上マイク設置の様子（小屋付近）

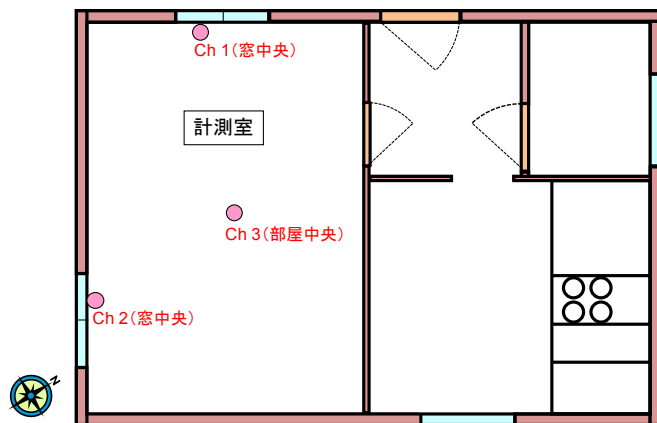


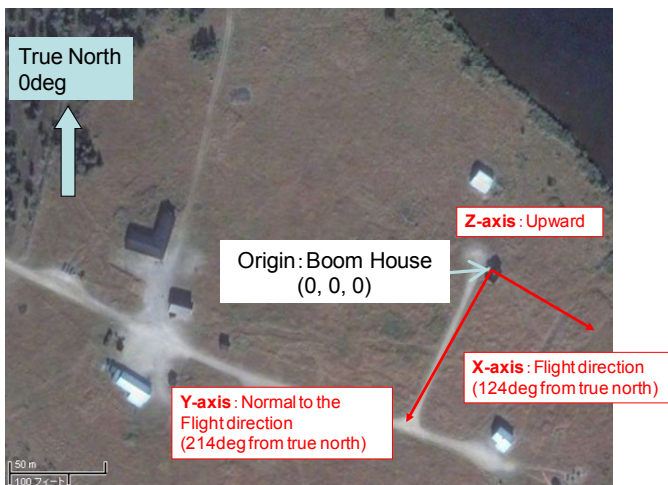
図 10 室内計測マイク配置

### 3. 試験結果

#### 3. 1 飛行データ

##### 3. 1. 1 地上追尾データ

試験飛行中の機体の位置を地上からレーダーで追尾して計測したデータが NEAT 側より提供された。提供されたデータ項目は、時刻（それぞれの Run 毎に機体が設定速度に到達した時刻を 0 秒とする）、ブームハウスを原点として北から時計回りで  $124^\circ$  の方向を X 軸とする機体位置 (X, Y, Z: 座標系を図 11 に示す.), 機体位置変化率 ( $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$ ), 機体速度 (V) 及び加速度 ( $V'$ ), 飛行方位角と方位角変化率, 飛行経路角と経路角変化率, 及び飛行経路長である。ただし、今回は Run#1 と Run#2 については計器の不具合により地上追尾データは取得できなかった。それぞれの飛行に対する地上追尾データを図 12 ~ 図 15 に示す。



(<http://maps.google.co.jp>)

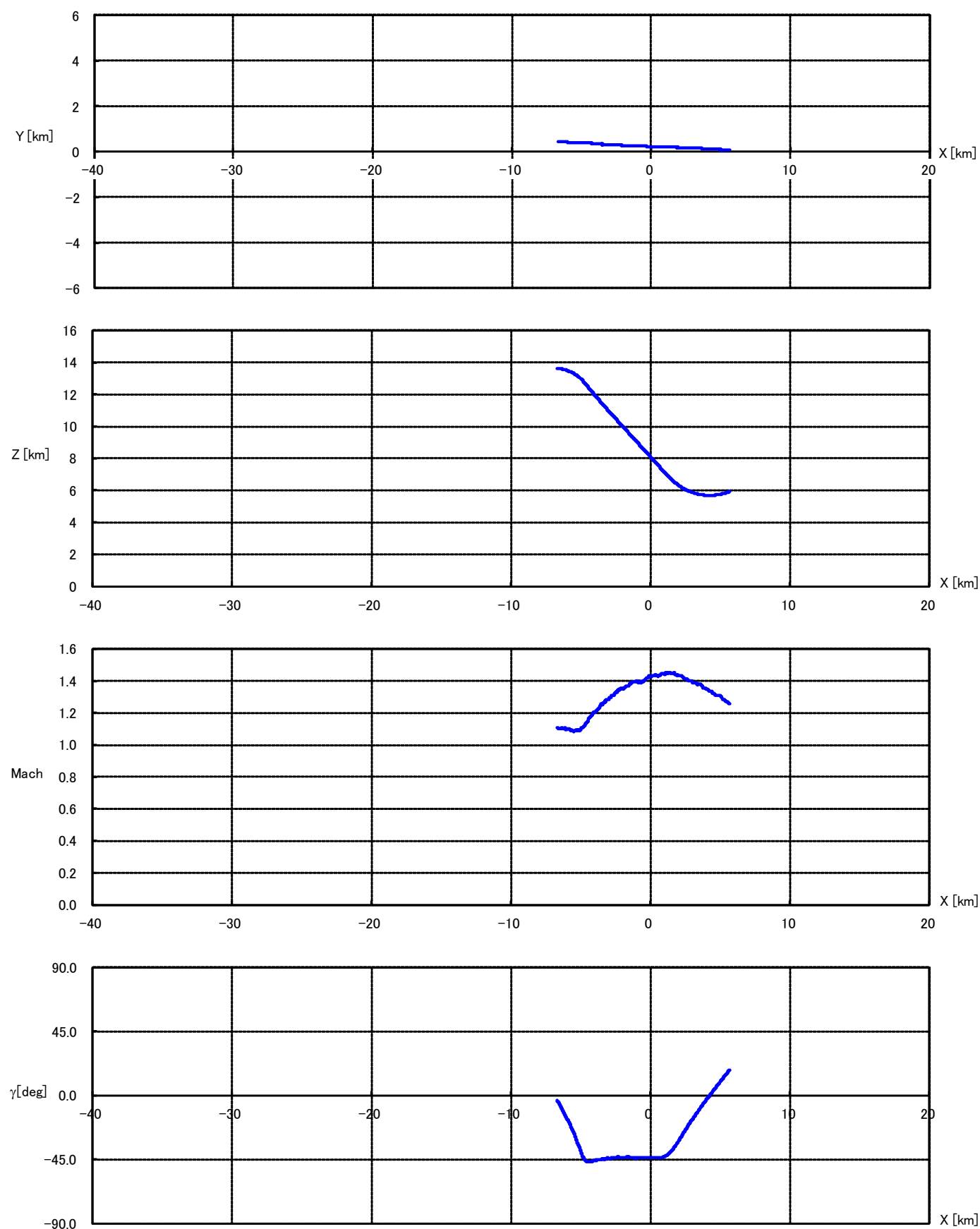
図 11 地上追尾データ座標系

RFN	LISTTYPE	1
MISSION	NR	: 11101:3
MISSION	TYPE:	ABBA2
MISSION	DATE:	2011/5/31
TZERO:	6.30.28.000	
STATIONS	ON	MISSILE: rir779
COORDINATE	SYSTEM	
LOCAL	CARTESIAN	SYSTEM WITH ORIGO IN
X	=	2420604 ( Sweref93 )
Y	=	846959
Z	=	5820824
X-Axis	oriented	123.0026 degrees relative TRUE North
PRINTED	PARAMETERS	
TIME	=	TIME IN SECONDS REL. TZERO
X,Y,Z	=	CARTESIAN COORDINATES IN LOCAL SYSTEM :
X',Y',Z'	=	COORDINATE VELOCITIES IN M/S
V	=	VELOCITY M/S
V'	=	ACCELERATION (M/S**2)
C	=	FLIGHT COURSE IN DEGREES
C'	=	FLIGHT COURSE RATE IN DEG/SEC
D	=	DIVE ANGLE RELATIV THE X/Y PLANE (+=CLIMBING -=DIVING)
D'	=	DIVE ANGLE RATE IN DEG/SEC
S	=	DISTANCE IN METERS FROM LOCAL ORIGO
TIME	X	Y Z X' Y' Z' V V' C C' D D' S
-120	-38419.7908	465.0703 13486.4123 400.1 85 56.7 412.9 -5954.3 135 34773.5 7.9 -568.3 40720.8
-119.99	-38415.7901	465.9204 13486.9793 353.1 -1.8 13.6 353.4 -5914.7 122.7 17373.3 2.2 -401.1 40717.2
-119.98	-38412.7285	465.0337 13486.685 294.6 -2.8 -0.7 294.6 -2868.1 122.5 -193.9 -0.1 -159.2 40714.2
-119.97	-38410.3843	464.9554 13486.5164 281.9 -5.4 -4.7 282 402.7 121.9-10711.5 -0.9 2.5 40711.9
-119.96	-38407.763	465.4147 13486.6111 304.8 14.4 8.1 305.2 3881.3 125.7-10749.3 1.5 -3.8 40709.5
-119.95	-38404.1781	465.4584 13486.783 367.7 16.1 9.7 368.2 5753.2 125.5 -7183.4 1.5 -101 40706.2
-119.94	-38400.5932	465.5021 13486.9549 445.4 1.5 -12 445.6 5436.9 123.2 -4.9 -1.5 -138.4 40702.8
-119.93	-38395.5822	465.7174 13486.8311 497.9 8.5 -38.9 499.5 2731.2 124 14.8 -4.5 -41.6 40698.1
-119.92	-38389.7906	465.3604 13485.9847 510.2 28.7 -21.6 511.4 -624 126.2 46.1 -2.4 193.2 40692.3
-119.91	-38384.6853	465.9565 13485.3245 471.6 14.3 -1.1 471.8 -2840.6 124.7 -25.4 -0.1 345.2 40687.3
-119.9	-38380.5328	466.8186 13486.6306 425.6 15.8 44.3 428.2 -3503.3 125.1 7072.1 5.9 239.5 40683.8
-119.89	-38376.6295	465.7029 13486.4529 394.6 1.8 59.8 399.1 -2875.6 123.3 10705.9 8.6 82.5 40680.1
-119.88	-38372.5391	466.2753 13487.6379 370.8 -15.8 33.7 372.7 -1955.9 120.6 10589.4 5.2 -130.9 40676.6
-119.87	-38368.9541	466.319 13487.8098 354.8 -4.3 27.1 355.8 -1316.8 122.3 6992.9 4.4 -201.5 40673.3
-119.86	-38365.8304	465.722 13487.6366 348.5 -48.6 9.4 352 -833.4 115.1 -143 1.5 -155.6 40670.3
-119.85	-38362.2455	465.7657 13487.8085 340.7 -43.9 2.2 343.6 -662.3 115.7 -71.8 0.4 -140.8 40666.9
-119.84	-38358.4675	464.1243 13488.1065 335.1 -36.8 -3.5 337.1 -880.2 116.7 -6997 -0.6 -74.5 40663.5
-119.83	-38355.5989	464.9227 13487.6861 328.7 -29.4 -9.3 330.1 -597.5 117.9-10562.5 -1.6 -30 40660.6
-119.82	-38352.3987	464.3049 13487.5235 314.6 6.1 -6.6 314.7 -2115.9 124.1-10570.1 -1.2 136.8 40657.5
-119.81	-38348.8448	464.2038 13487.6348 324.8 4.8 -4.6 324.9 -5242.6 123.9 81 -0.8 725.8 40654.2
-119.8	-38346.116	464.787 13487.8007 232.6 9.1 23.9 234 -6972.8 125.3 10104.4 5.9 1504.4 40651.7
-119.79	-38342.4988	464.9219 13487.3152 92.7 -2.7 56.1 108.4 -6521.8 121.4 10241.6 31.1 1490.2 40648.1
-119.78	-38343.9438	464.4023 13488.8759 33.2 -21.1 63 74.3 -1067.4 90.6 -85 58 7.7 40650
-119.77	-38345.2944	464.2635 13489.9002 52.3 -9 58.1 78.6 5824.4 113.3-10361.2 47.6 -1404.6 40651.6
-119.76	-38343.0578	464.0612 13489.6604 195.2 7 -6.8 195.5 8864.8 125 -9962.2 -2 -1890.5 40649.4
-119.75	-38340.3289	464.6444 13489.8263 334.3 17.9 -53.5 339 8368.8 126.1 -6970.3 -9.1 -1091.4 40646.9
-119.74	-38336.6652	464.5601 13488.5728 382.9 20.5 -54.9 387.4 4128 126.1 7.6 -8.2 64.9 40643
-119.73	-38331.7751	464.9083 13487.7703 400.1 8.7 -27.2 401.1 -209.1 124.2 18.7 -3.9 241.5 40638.2
-119.72	-38328.1901	464.952 13487.9422 370.1 21.5 -8.7 370.8 -1327.8 126.3 7.2 -1.3 168.8 40634.8
-119.71	-38324.5609	464.8837 13488.7822 336.1 22.7 -2.4 336.8 -1208.5 126.9 7062.3 -0.4 36.8 40631.7
-119.7	-38321.7676	465.6493 13487.6332 352.8 13 -9 353.1 -70.9 125.1 10452.2 -1.5 10.4 40628.7
-119.69	-38318.1827	465.6931 13487.8051 348 -30.6 -12.1 349.6 -11.1 118 10446.9 -2 -6.1 40625.4
-119.68	-38313.7417	465.1972 13487.983 355.8 -60.3 -0.2 360.9 -1118.6 113.4 7011.5 0 -78.2 40621.2
-119.67	-38311.1735	463.5786 13488.001 329.1 -45.9 -8.3 332.4 -811.7 115.1 -7013.9 -1.4 -231.8 40618.8
-119.66	-38307.4798	463.6927 13487.5261 302.7 -31.1 -30.1 305.8 162.1 117.1-10488.6 -5.6 -299.6 40615.2
-119.65	-38304.8585	464.152 13487.6208 330.3 13.8 -62.9 336.6 1578.2 125.4-10538.6 -10.8 -177 40612.7
-119.64	-38301.7647	463.3565 13486.6691 360.9 5 -65.8 366.9 1769.4 123.8 -7020.1 -10.3 94.7 40609.5
-119.63	-38297.5144	464.4386 13485.2849 376.9 11.9 -52.5 380.7 316 124.8 1 -7.9 347.6 40605
-119.62	-38293.1044	463.7979 13485.4022 371.2 22.2 -15.1 372.2 -1610.5 126.4 7134.8 -2.3 357.1 40600.9
-119.61	-38290.3445	464.526 13485.6287 349.3 6.9 15.9 349.7 -2095.2 124.1 10638.9 2.6 219.9 40598.4
-119.6	-38286.7906	464.4249 13485.74 301.5 -11.2 11.8 301.9 -1081.3 120.9 10638.4 2.2 -0.8 40595.1
-119.59	-38283.2057	464.4686 13485.9119 310.5 -18.8 4.2 311.1 690.2 119.5 7151.8 0.8 -130.8 40591.7
-119.58	-38281.6011	463.2655 13485.8528 337 -13.8 -8.6 337.4 2458.7 120.7 -7122.4 -1.5 -18 40590.2
-119.57	-38277.4152	464.1652 13485.7835 366.2 -7.5 -13.3 366.5 1910.4 121.8 -3531.3 -2.1 118 40586.2
-119.56	-38272.8345	463.8846 13485.3751 396.6 4.2 19.2 397.1 608.5 123.6 -7149 2.8 258.7 40581.8
-119.55	-38269.2806	463.7835 13485.4865 375.4 -9.9 30 376.7 -155.2 121.5 -7112.9 4.6 262 40578.5
-119.54	-38265.8365	463.6656 13486.9627 359 2.3 51.5 362.7 -1402 123.4 -3494.1 8.2 155.4 40575.7
-119.53	-38262.1429	463.7797 13486.4877 371.4 21.4 54.4 375.9 -1929.9 126.3 -7105.7 8.3 141 40572.1
-119.52	-38258.4516	464.001 13487.4488 323.1 19.7 49.3 327.4 -2573.6 126.5 39.2 8.7 -14.3 40568.9

(a) 地上追尾データ表 (一部)

図 12 地上レーダー追尾データ (Run#3 Sortie#11101)





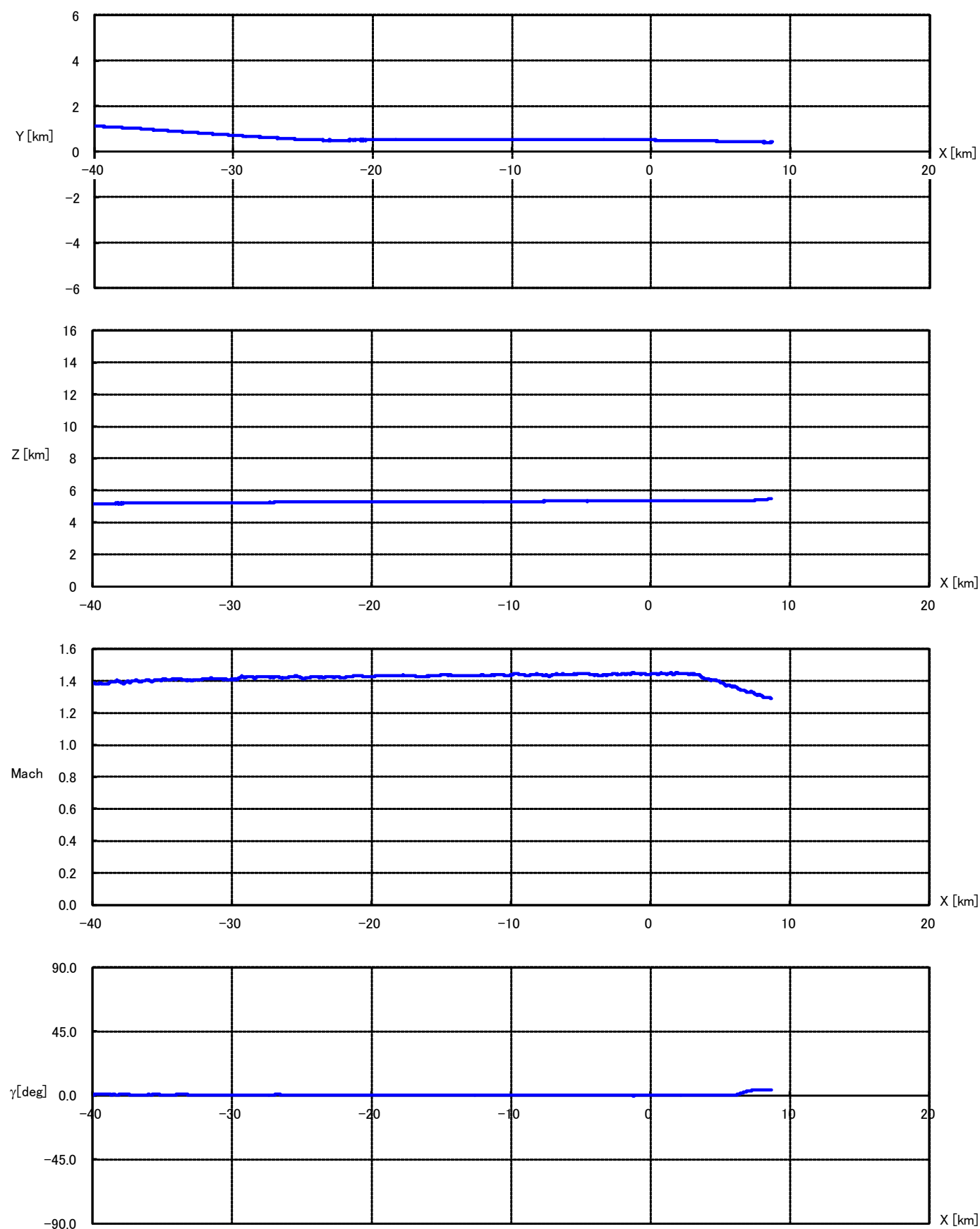
(b) 地上追尾データグラフ

図 12 地上レーダー追尾データ (Run#3 Sortie#11101)

RFN	LISTTYPE													1
MISSION	NR	:	11101:4											
MISSION	TYPE:	ABBA2												
MISSION	DATE:	2011/5/31												
TZERO:	6.38.29.000													
STATIONS	ON	MISSILE:	rir779											
COORDINATE SYSTEM														
LOCAL	CARTESIAN	SYSTEM	WITH	ORIGO	IN									
X	=	2420604 (		Sweref93 )										
Y	=	846959												
Z	=	5820824												
X-Axis	oriented	123.0026 degrees		relative	TRUE	North								
PRINTED PARAMETERS														
TIME	=	TIME	IN	SECONDS	REL.	TZERO								
X,Y,Z	=	CARTESIAN	COORDINATES	IN	LOCAL	SYSTEM	:							
X',Y',Z'	=	COORDINATE	VELOCITIES	IN										
V	=	VELOCITY		M/S										
V'	=	ACCELERATION		(M/S**2)										
C	=	FLIGHT	COURSE	IN	DEGREES									
C'	=	FLIGHT	COURSE	RATE	IN	DEG/SEC								
D	=	DIVE	ANGLE	RELATIV	THE	X/Y	PLANE	(+=CLIMBING	-=DIVING)					
D'	=	DIVE	ANGLE	RATE	IN	DEG/SEC								
S	=	DISTANCE	IN	METERS	FROM	LOCAL	ORIGO							
TIME	X	Y	Z	X'	Y'	Z'	V	V'	C	C'	D	D'	S	
-120	-54133.6504	3777.4919	6340.4291	406.8	-305.3	-154.8	531.6	-2206.6	86.1	-375.7	-16.9	967.5	54634.4	
-119.99	-54129.5828	3774.439	6338.8809	383.5	-329.3	-64.4	509.6	-376	82.4	-314.4	-7.3	396.8	54630	
-119.98	-54125.98	3770.9062	6339.1416	377.5	-354.2	-82	524.1	195.8	79.8	-245.6	-9	-47.8	54626.2	
-119.97	-54123.5845	3767.2889	6337.6863	373.2	-360.3	-99.2	528.1	670.8	79	-213.8	-10.8	-377.5	54623.4	
-119.96	-54117.7749	3763.3553	6336.9287	342.8	-374.1	-160.4	532.2	660.9	75.5	-372.8	-17.5	-422.7	54617.3	
-119.95	-54115.0247	3760.2012	6335.0294	327.1	-378.6	-200.7	539.1	1032	73.8	-470.9	-21.9	-326.7	54614.2	
-119.94	-54113.1203	3755.7447	6332.4504	256.6	-430.9	-229.7	551.7	1550.9	63.8	-446	-24.6	-23	54611.7	
-119.93	-54109.5583	3752.163	6329.8891	247.8	-459.7	-228.4	570	1680.8	61.3	-397.5	-23.6	179.2	54607.6	
-119.92	-54107.6772	3745.8271	6328.012	252	-506.6	-181.8	594.3	1520.1	59.4	-156.8	-17.8	231.6	54605.1	
-119.91	-54105.3571	3742.177	6325.8281	226.7	-531.3	-168.9	601.8	1212.6	56.1	-29.3	-16.3	176.1	54602.3	
-119.9	-54102.6222	3735.4087	6325.3931	252.7	-528.7	-175.7	611.7	25.3	58.5	141.2	-16.7	84.1	54599.1	
-119.89	-54100.7489	3730.8074	6322.7536	275.1	-532.7	-164.9	621.9	-1396	60.3	296.6	-15.4	209.6	54596.6	
-119.88	-54097.3487	3725.0775	6320.7624	295.9	-484.8	-142.3	585.5	-2439.3	64.4	273.9	-14.1	383.3	54592.6	
-119.87	-54094.2369	3720.7055	6319.8995	310.4	-443	-67.7	545.1	-2734	68	219.5	-7.1	425.8	54589.1	
-119.86	-54091.0808	3716.2214	6319.7046	305.7	-430.4	-15.2	528.1	-1971.6	68.4	166.9	-1.7	291.4	54585.7	
-119.85	-54088.3651	3713.0833	6319.8987	304.2	-414.1	-2.6	513.8	-1199.6	69.3	261	-0.3	52.3	54582.8	
-119.84	-54084.9994	3707.3694	6320.001	316.6	-389.5	-25.6	502.6	-1068	72.1	427	-2.9	-98.2	54579.1	
-119.83	-54082.0674	3704.4256	6319.6194	358.6	-343.8	-33.7	497.9	-1248.2	79.2	464.1	-3.9	-80.8	54575.9	
-119.82	-54078.4001	3701.0752	6318.5652	377.9	-297.6	-40.1	482.7	-1852.4	84.8	318.5	-4.8	-96.8	54571.9	
-119.81	-54073.735	3699.0391	6318.9298	368.6	-276.1	-27.5	461.4	-2378.4	86.2	68.1	-3.4	-235.8	54567.2	
-119.8	-54070.2696	3695.1838	6318.3408	332.1	-263.7	-59.5	428.2	-1959.1	84.6	1.3	-8	-275.7	54563.4	
-119.79	-54067.7014	3693.5652	6318.3588	300.7	-254.8	-98.7	406.2	-845.8	82.7	109.4	-14.1	-301.6	54560.8	
-119.78	-54064.8114	3690.6262	6315.8732	322.9	-238.4	-94.3	412.3	-540.9	86.6	339.7	-13.2	-81.6	54557.4	
-119.77	-54061.4314	3688.5801	6315.2292	346.9	-220	-116.8	427.1	-851.9	90.6	506	-15.9	108.7	54553.9	
-119.76	-54057.2586	3685.7584	6315.1882	346.3	-164.6	-75.7	390.8	-1783.4	97.6	522.3	-11.2	124.2	54549.6	
-119.75	-54054.1314	3685.0005	6312.861	345.8	-129.2	-62.8	374.4	-1694.5	102.5	342.2	-9.7	153.3	54546.1	
-119.74	-54051.1474	3684.1883	6313.2741	330.3	-96.4	-61.4	349.5	-755.7	106.7	-33.1	-10.1	11.5	54543.2	
-119.73	-54047.1987	3682.9069	6313.0463	337.5	-121.8	-55.1	363	-245.4	103.2	-443.6	-8.7	-54.5	54539.1	
-119.72	-54044.2124	3681.9874	6312.0234	312.6	-162	-68.8	358.7	1355	95.6	-726.9	-11.1	37.3	54536	
-119.71	-54040.7237	3680.0116	6310.7326	279	-211	-73.8	357.5	2380.1	85.9	-597.5	-11.9	38.7	54532.3	
-119.7	-54038.7565	3677.5371	6310.9919	300.1	-289.7	-48.7	420	3741.1	79	-355.9	-6.7	18.8	54530.2	
-119.69	-54035.9763	3674.5814	6309.8711	334.3	-295	-70.5	451.4	3804.5	81.6	-135.1	-9	-19.1	54527.1	
-119.68	-54031.5795	3670.2193	6310.0167	357.2	-333.5	-100.1	498.8	1904	80	-134.5	-11.6	-102.3	54522.5	
-119.67	-54027.5962	3668.9219	6307.6955	357.6	-349.4	-91.9	508.3	414.3	78.7	-261.6	-10.4	27.6	54518.2	
-119.66	-54025.0854	3663.6939	6307.0738	311.8	-361.9	-93.4	486.7	-982.9	73.7	-188.6	-11.1	68.8	54515.2	
-119.65	-54021.3428	3660.3763	6306.7482	295.6	-370.1	-65.4	478.2	-845.5	71.6	-84.4	-7.9	6.2	54511.3	
-119.64	-54019.1182	3656.399	6305.8187	301.2	-345.7	-76	464.8	150.2	74.1	133.5	-9.4	15.2	54508.7	
-119.63	-54015.8003	3654.0632	6305.0536	309	-351.9	-90.4	477	574.3	74.3	216.2	-10.9	-5.2	54505.2	
-119.62	-54012.796	3649.5672	6304.1195	352.3	-339.2	-75.5	494.8	438.8	79.1	206.4	-8.8	56.4	54501.8	
-119.61	-54009.0523	3646.1959	6303.0759	355.3	-332.3	-72.2	491.9	-398.1	79.9	137.6	-8.4	19.9	54497.7	
-119.6	-54004.8795	3643.3742	6303.0348	356	-314.1	-65.4	479.3	-1120.6	81.6	-88	-7.8	-46.4	54493.4	
-119.59	-54001.9918	3640.5425	6301.9852	334	-312.3	-83.9	464.9	-891.2	79.9	-187.4	-10.4	8.5	54490.2	
-119.58	-53998.5263	3636.6873	6301.3962	296.1	-332.5	-79.4	452.3	-636	74.7	-215.5	-10.1	87.8	54486.5	
-119.57	-53995.5299	3633.9259	6299.6997	300.1	-345.3	-55.2	460.8	-232.3	74	-183.6	-6.9	166.3	54483.1	
-119.56	-53993.3076	3630.0558	6300.2062	292.3	-339	-40.8	449.5	325.3	73.8	-104.2	-5.2	28.8	54480.7	
-119.55	-53989.596	3626.5934	6299.82	280.3	-356.2	-36	454.6	329.9	71.2	-122.7	-4.5	-101.5	54476.8	
-119.54	-53986.8791	3623.4016	6299.2962	285.2	-366.8	-80.6	471.6	632	70.9	-7.6	-9.8	-148.6	54473.8	
-119.53	-53984.7309	3619.4452	6298.3561	272.2	-370.4	-78.1	466.2	268.6	69.3	145.9	-9.6	-43.2	54471.3	
-119.52	-53981.4794	3615.2883	6296.9068	309	-351.4	-83.3	475.3	-507.9	74.3	181.9	-10.1	108.6	54467.6	

(a) 地上追尾データ表 (一部)

図 13 地上レーダー追尾データ (Run#4 Sortie#11101)



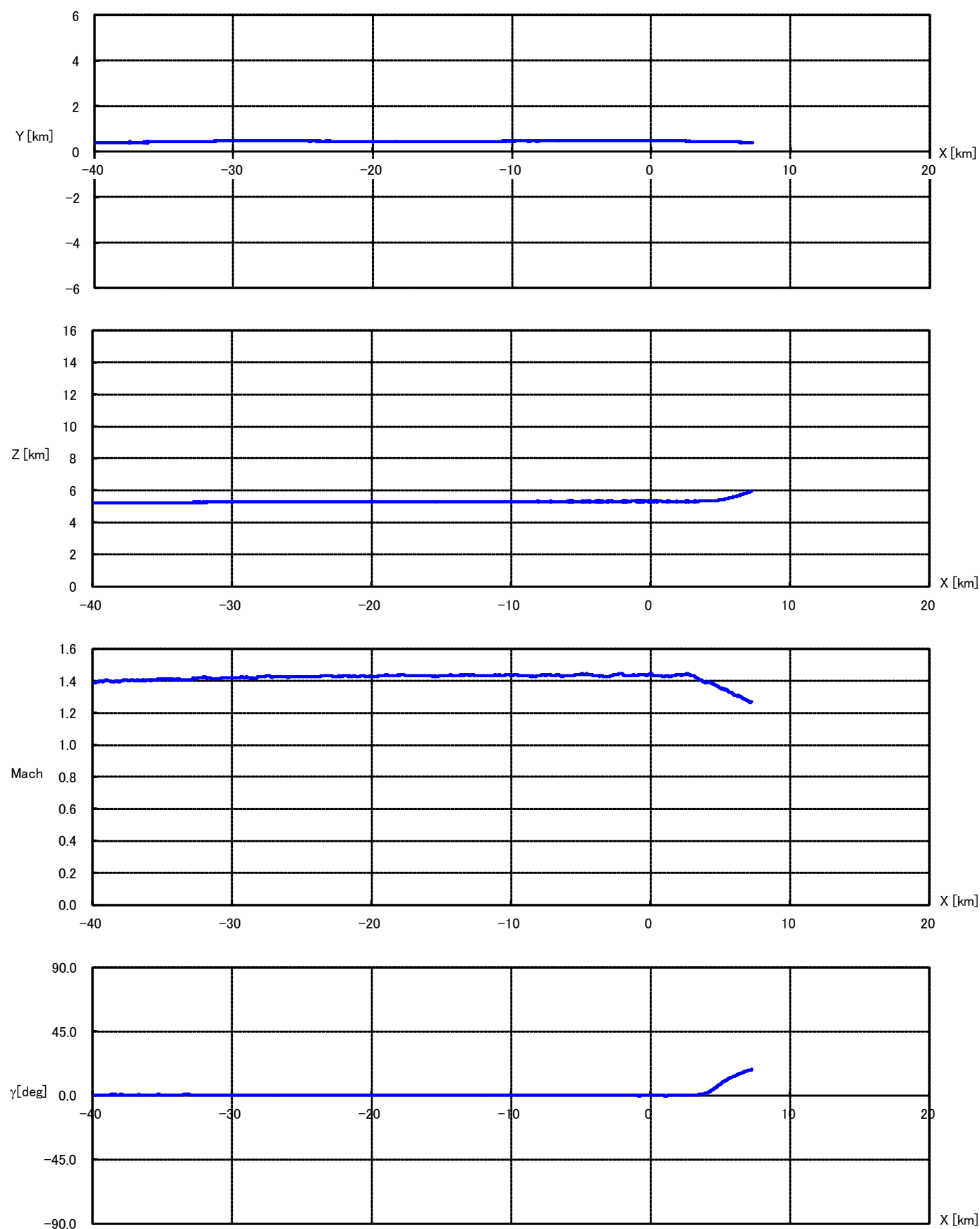
(b) 地上追尾データグラフ

図 13 地上レーダー追尾データ (Run#4 Sortie#11101)

RFN	LISTTYPE	1
MISSION	NR	: 11101:5
MISSION	TYPE:	ABBA2
MISSION	DATE:	2011/5/31
TZERO:	7.9.36.000	
STATIONS	ON	MISSILE: rir779
COORDINATE	SYSTEM	
LOCAL	CARTESIAN	SYSTEM WITH ORIGO IN
X	=	2420604 ( Sweref93 )
Y	=	846959
Z	=	5820824
X-Axis	oriented	123.0026 degrees relative TRUE North
PRINTED	PARAMETERS	
TIME	=	TIME IN SECONDS REL. TZERO
X,Y,Z	=	CARTESIAN COORDINATES IN LOCAL SYSTEM :
X',Y',Z'	=	COORDINATE VELOCITIES IN M/S
V	=	VELOCITY M/S
V'	=	ACCELERATION (M/S**2)
C	=	FLIGHT COURSE IN DEGREES
C'	=	FLIGHT COURSE RATE IN DEG/SEC
D	=	DIVE ANGLE RELATIV THE X/Y PLANE (+=-CLIMBING --=DIVING)
D'	=	DIVE ANGLE RATE IN DEG/SEC
S	=	DISTANCE IN METERS FROM LOCAL ORIGO
TIME	X	Y Z X' Y' Z' V V' C C' D D' S
-120	-54302.4444	1941.2788 5606.7049 398.9 -292.5 -12.3 494.8 5344.1 86.7 828.6 -1.4 -3.1 54625.6
-119.99	-54298.4556	1938.3539 5606.5821 484 -257 -13.9 548.2 -1105.7 95 428.1 -1.5 -152.3 54621.5
-119.98	-54292.7637	1936.1383 5606.4269 417.3 -219 -36.8 472.7 -3051.2 95.3 -157.3 -4.5 -45.9 54615.8
-119.97	-54289.7021	1935.2516 5606.1326 372.3 -234.8 -39.4 441.9 -3662 90.8 -532.5 -5.1 68.5 54612.7
-119.96	-54285.9583	1931.8803 5605.089 293.7 -264.3 -13 395.4 -2089.5 81 -574.1 -1.9 217.8 54608.7
-119.95	-54283.2425	1928.7422 5605.2832 273 -297.4 4.8 403.8 -943.8 75.6 -432.5 0.7 146.4 54605.9
-119.94	-54281.3075	1926.1764 5606.1999 254.6 -290.8 23.8 387.3 438.7 74.2 -213.2 3.5 -34.6 54604
-119.93	-54278.3755	1923.2327 5605.8183 253.9 -307.5 -3.5 398.8 1515.7 72.5 -106.4 -0.5 -186.8 54601
-119.92	-54275.6597	1920.0946 5606.0124 263 -326.4 -22.2 419.8 2856.3 71.9 13.2 -3 -244.9 54598.2
-119.91	-54273.373	1916.4069 5605.204 286.5 -361.5 -43.4 463.3 3727 71.4 130.9 -5.4 -88.7 54595.7
-119.9	-54270.6572	1913.2688 5605.3981 333.9 -365.2 -54.5 497.8 3719.5 75.4 177.3 -6.3 31.9 54592.9
-119.89	-54266.5497	1908.5724 5603.9549 380.8 -390.2 -31.5 546.1 1970.9 77.3 97.1 -3.3 107.6 54588.5
-119.88	-54262.3769	1905.7507 5603.9138 397.1 -400.2 -24.3 564.4 -177.9 77.8 58.8 -2.5 80.3 54584.3
-119.87	-54258.4734	1900.6567 5604.3718 354.1 -392 -17.6 528.6 -2528.3 75.1 129.8 -1.9 -18.1 54580.2
-119.86	-54254.8384	1897.2151 5603.975 360.4 -342.3 -25.7 497.7 -3370.1 79.5 181.6 -3 -32.8 54576.5
-119.85	-54252.6137	1893.2378 5603.0455 345.9 -290.9 -31.3 453 -2330.7 82.9 166.8 -4 18.7 54574
-119.84	-54247.2856	1892.3472 5603.29 331.4 -278.7 -23.3 433.6 -767.4 82.9 -60.9 -3.1 -5 54568.7
-119.83	-54244.9545	1888.5475 5603.1496 333.6 -293 -7.1 444.1 1342.4 81.7 47.4 -0.9 -63.8 54566.3
-119.82	-54242.099	1885.6246 5602.7575 321.4 -332.2 -38.3 463.8 3470.4 77.1 271.5 -4.7 -131.3 54563.3
-119.81	-54238.5272	1881.9469 5602.9576 412.5 -286.1 -55.6 505.1 4601.7 88.3 428.5 -6.3 -128.7 54559.6
-119.8	-54234.4286	1879.0388 5601.47 496.9 -284.2 -69.7 576.7 3672.3 93.2 363.2 -6.9 43.7 54555.3
-119.79	-54228.1667	1877.5343 5601.0131 542.4 -287.9 -67.2 617.7 868.9 95 -82.6 -6.2 139.5 54549
-119.78	-54222.4337	1873.6215 5600.2448 505.2 -305.7 -26.7 591.1 -3229.3 91.8 -300.6 -2.6 180.7 54543.1
-119.77	-54217.4048	1870.2603 5600.2098 425.4 -334.4 -14.4 541.3 -5825.9 84.8 -502.5 -1.5 132.8 54537.9
-119.76	-54214.5504	1867.391 5600.5356 348.9 -289.6 -2.1 453.4 -6121.6 83.3 -493.6 -0.3 -46.4 54535
-119.75	-54210.8389	1863.9285 5600.1495 260.2 -297.5 -5.3 395.3 -4690.2 74.2 -301.5 -0.8 -192.5 54531.2
-119.74	-54208.2707	1862.3098 5600.1675 226.6 -275.2 -33 358 -1421.2 72.5 28.9 -5.3 -222.8 54528.6
-119.73	-54207.5352	1857.9249 5600.1307 235.3 -259.8 -53.2 354.5 -2336.1 75.2 555.8 -8.6 -200.5 54527.7
-119.72	-54204.8716	1856.6335 5598.8943 311.5 -249.9 -52.4 402.7 4310.6 84.3 732.8 -7.5 -116.5 54524.9
-119.71	-54200.7741	1853.779 5598.1247 430.4 -218.6 -82.5 489.7 3782.5 96.1 680.2 -9.7 -83.2 54520.6
-119.7	-54196.0781	1851.8877 5598.5498 453.1 -205 -93 505.9 1508.3 98.7 414.4 -10.6 -48.9 54515.9
-119.69	-54190.4137	1849.3664 5596.1801 450.5 -173.1 -95.9 492 -1148.8 102 106.1 -11.2 167.2 54510
-119.68	-54187.3964	1848.5918 5595.2178 439.7 -168.6 -75.8 477 -1921 102 -72.2 -9.1 320.7 54506.9
-119.67	-54182.5916	1846.7708 5594.9961 410 -176.6 -16 446.7 -2484.8 99.7 -250.2 -2.1 345.6 54502
-119.66	-54178.003	1844.7555 5595.3501 386 -195 6.5 432.5 -2666.2 96.2 -307.8 0.9 130.3 54497.4
-119.65	-54174.6098	1842.4525 5595.3136 335.6 -198.6 7.1 390 -2264.8 92.4 -286.6 1 -200.8 54493.9
-119.64	-54172.087	1840.9995 5595.3816 312.2 -200.5 -27.1 372 -1323.8 90.3 -235.5 -4.2 -387.8 54491.4
-119.63	-54168.7703	1838.7173 5595.3345 294.9 -204.1 -60.5 363.7 915.2 88.3 -207.3 -9.6 -463.8 54488
-119.62	-54165.3127	1836.5968 5593.9831 296.8 -220 -86.8 379.5 2451.6 86.5 -198.6 -13.2 -306.7 54484.4
-119.61	-54163.25	1834.4494 5592.988 319.7 -259.5 -130.8 432.1 3870.1 83.9 -143 -17.6 -62 54482.1
-119.6	-54160.0086	1832.1345 5592.2124 337.7 -287.9 -123 460.5 3810.7 82.6 39.5 -15.5 132.4 54478.8
-119.59	-54155.4375	1827.9716 5589.6782 388.5 -324.6 -103.4 516.8 2267.8 83.1 257.2 -11.5 270.2 54473.8
-119.58	-54152.3358	1825.4415 5589.4889 430.4 -292.1 -88.5 527.7 1189.5 88.8 307.6 -9.7 224.5 54470.6
-119.57	-54147.6606	1821.5634 5589.1799 442.8 -249 -62.7 511.8 -372 93.7 153.9 -7 156.5 54465.8
-119.56	-54142.3757	1820.7313 5588.0383 447.9 -262.1 -59.3 522.4 -1595.8 92.7 -281.1 -6.5 152.2 54460.4
-119.55	-54138.2782	1817.8768 5587.2687 412.9 -279.6 -46.1 500.8 -3274.3 88.9 -681 -5.3 88.7 54456.2
-119.54	-54134.6299	1814.1783 5587.4794 315.4 -324.9 -23.1 453.4 -3387.5 77.2 -494.2 -2.9 -16.7 54452.5
-119.53	-54130.8873	1810.8607 5587.1538 215.3 -314.9 -29.4 382.6 -604.8 67.4 2 -4.4 -7.6 54448.6
-119.52	-54130.2994	1807.9952 5586.9408 292.3 -285 -55.9 412.1 3839.7 78.7 551.7 -7.8 67.2 54447.9

(a) 地上追尾データ表 (一部)

図 14 地上レーダー追尾データ (Run#5 Sortie#11101)



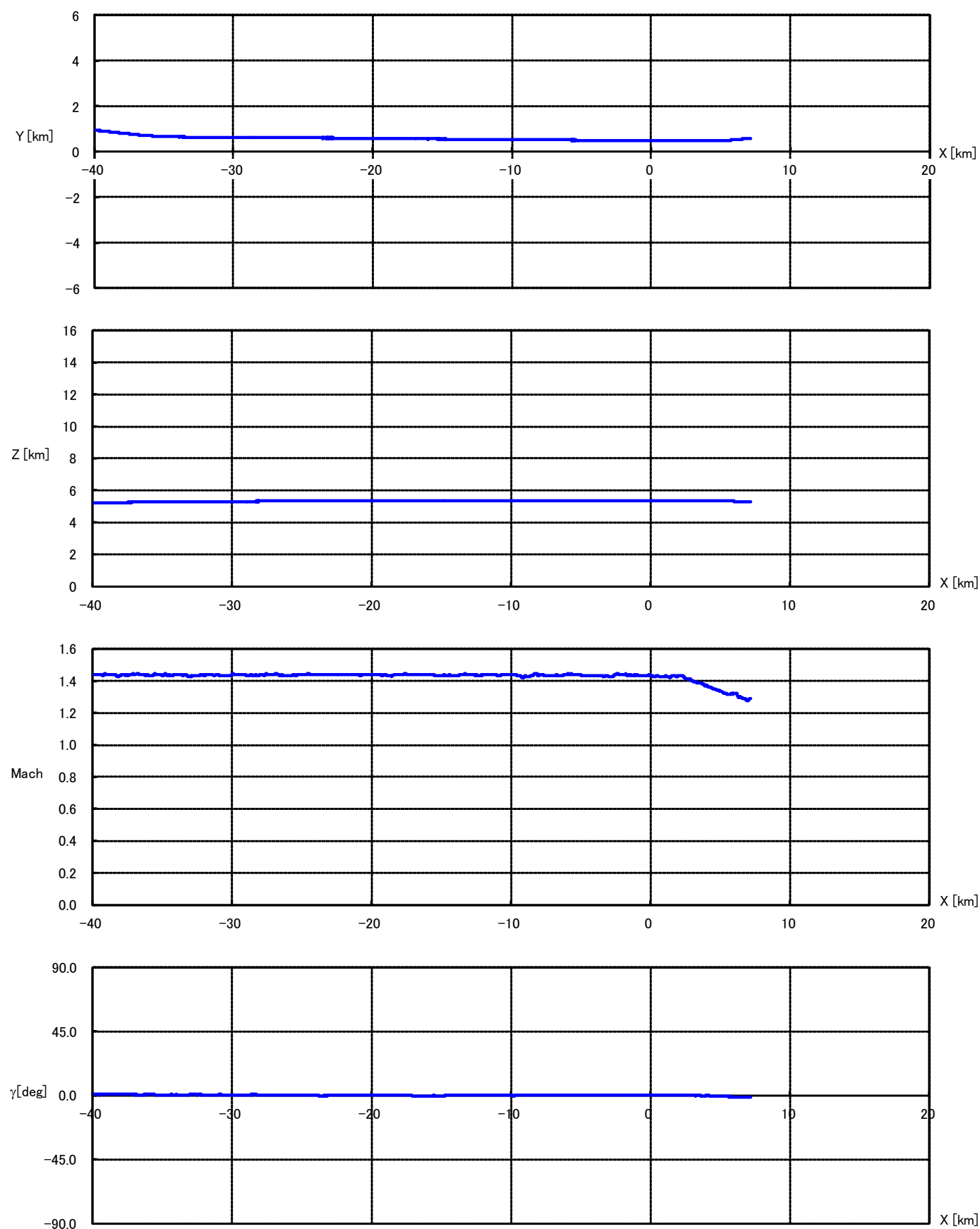
(b) 地上追尾データグラフ

図 14 地上レーダー追尾データ (Run#5 Sortie#11101)

RFN	LISTTYPE	1
MISSION	NR	11101:6
MISSION	TYPE:	ABBA2
MISSION	DATE:	2011/5/31
TZERO:	7.18.10.000	
STATIONS	ON	MISSILE: rir779
COORDINATE	SYSTEM	
LOCAL	CARTESIAN	SYSTEM WITH ORIGO IN
X	=	2420604 ( Sweref93 )
Y	=	846959
Z	=	5820824
X-Axis	oriented	123.0026 degrees relative TRUE North
PRINTED	PARAMETERS	
TIME	=	TIME IN SECONDS REL. TZERO
X,Y,Z	=	CARTESIAN COORDINATES IN LOCAL SYSTEM :
X',Y',Z'	=	COORDINATE VELOCITIES IN M/S
V	=	VELOCITY M/S
V'	=	ACCELERATION (M/S**2)
C	=	FLIGHT COURSE IN DEGREES
C'	=	FLIGHT COURSE RATE IN DEG/SEC
D	=	DIVE ANGLE RELATIV THE X/Y PLANE (+=-CLIMBING --=DIVING)
D'	=	DIVE ANGLE RATE IN DEG/SEC
S	=	DISTANCE IN METERS FROM LOCAL ORIGO
TIME	X	Y Z X' Y' Z' V V' C C' D D' S
-120	-55229.7983	1717.8258 6953.0593 96.2 -36.2 79.5 130 -3101.8 102.4 -757.4 37.7 -3562.8 55692.2
-119.99	-55228.8358	1717.4639 6953.8544 87.2 -46.7 3.6 99 7816 94.8 877.8 2.1 -2540.9 55691.4
-119.98	-55228.0551	1716.8916 6953.1319 278.5 -14.9 -64.8 286.3 10198.6 119.9 -6423.4 -13.1 -1256 55690.5
-119.97	-55222.7867	1715.6042 6951.8193 412.5 -9.3 -121.6 430.1 9108.6 121.7-10064.9 -16.4 -387.2 55685.1
-119.96	-55218.9002	1718.0113 6950.8347 454.8 37.9 -129.2 474.3 3542.3 127.8 -3498.1 -15.8 -92.7 55681.2
-119.95	-55212.7891	1716.4412 6948.9206 441.3 35.9 -126.1 460.4 -507.1 127.7 3556.7 -15.9 7.2 55674.8
-119.94	-55210.3141	1718.3664 6948.1212 426.3 -7 -138.5 448.3 -472.3 122.1 10561.2 -18 136.1 55672.3
-119.93	-55205.0147	1717.2238 6946.8692 403.6 -4.2 -108 417.8 403.8 122.4 6970.1 -15 207.2 55666.9
-119.92	-55201.4718	1717.2723 6944.937 464.1 -37 -77.6 472 1348.3 118.4 -139.9 -9.5 212.4 55663.1
-119.91	-55197.0308	1716.7765 6945.1149 460.1 -40.5 -79.8 468.7 1194 118 -80.2 -9.8 33.2 55658.7
-119.9	-55191.1017	1716.7419 6945.1182 480.5 -48.1 -84.8 490.2 -826.4 117.3 -7096.4 -10 -118.6 55652.8
-119.89	-55187.195	1715.4653 6942.7864 455.1 -32.1 -105.9 468.4 -2349.9 119.0-10555.0 -13.1 -26.1 55648.6
-119.88	-55182.3669	1715.5238 6941.8629 418.5 0.9 -102.5 430.8 -3383.3 123.1-10432.8 -13.8 37.1 55643.7
-119.87	-55178.6422	1715.7827 6941.4485 375 28.2 -61 380.9 -2395.4 127.3 -6847.3 -9.2 -31.8 55640
-119.86	-55174.4552	1716.6288 6940.6611 355.3 53 -63.5 364.8 -228.9 131.5 161.2 -10 -269.2 55635.8
-119.85	-55172.4026	1716.3233 6940.3396 360.9 60 -108.5 381.6 2378.2 132.4 -78.9 -16.5 -453.1 55633.7
-119.84	-55167.7221	1717.9013 6939.24 382.2 37.6 -167.5 419 2925.1 128.6 6915 -23.6 -389.5 55629
-119.83	-55163.9629	1718.1442 6936.7321 427.9 13.3 -200.5 472.7 2588.2 124.8 10480.4 -25.1 -137.3 55624.9
-119.82	-55159.5628	1717.5996 6934.088 420.9 -14.3 -198.4 465.5 2048.2 121.1 10618.7 -25.2 24.9 55620.2
-119.81	-55155.0884	1717.1414 6932.8905 449.9 -21.7 -187.2 487.8 1710.9 120.2 -15.8 -22.6 56.7 55615.6
-119.8	-55151.1153	1717.6858 6931.2429 470.9 -9.6 -205.7 513.9 1747.1 121.8 -3535.1 -23.6 94.6 55611.5
-119.79	-55145.6894	1717.0153 6928.797 491.3 5.2 -209.3 534.1 8 123.6 -7125.1 -23.1 107.2 55605.8
-119.78	-55140.7193	1717.1818 6925.8511 497 -3.4 -183.2 529.7 -2051.1 122.6 16.9 -20.2 121.9 55600.5
-119.77	-55135.7216	1717.6539 6925.1198 454.4 4.7 -155.4 480.3 -3598.7 123.6 7161.4 -18.9 66.2 55595.5
-119.76	-55131.2473	1717.1957 6923.9222 412.9 -2.3 -146.9 438.2 -4080.6 122.7 3531.9 -19.6 36.2 55590.9
-119.75	-55127.7043	1717.2442 6921.9901 375.4 -8.9 -137.3 399.9 -2859.7 121.6 7050.8 -20.1 124 55587.1
-119.74	-55124.0849	1717.2719 6920.0685 347.9 -17.1 -112 365.9 -1382.6 120.2 -153.3 -17.8 196.1 55583.3
-119.73	-55120.531	1717.1708 6920.1799 361.3 -35.5 -87.6 373.5 302.4 117.4 -121.9 -13.6 155.3 55579.8
-119.72	-55117.4371	1716.3754 6919.2281 370.5 -38 -86.3 382.3 2175 117.1 -53.1 -13 22.7 55576.6
-119.71	-55112.9628	1715.9171 6918.0306 391.3 -40.7 -103.3 406.8 3006.1 117.1 23 -14.7 -78.8 55572
-119.7	-55109.3445	1715.9984 6916.8271 438.1 -40.8 -127.1 458 3676.3 117.7 75 -16.1 -126.9 55568.2
-119.69	-55105.0099	1715.325 6916.2158 465.6 -38.6 -133.7 485.9 2914.2 118.3 -7050 -16 -185.4 55563.8
-119.68	-55099.5075	1714.6336 6913.7805 498 -23.5 -169.4 526.6 832.8 120.3-10553.7 -18.8 -245.4 55558
-119.67	-55094.6029	1714.6714 6912.8676 478.2 2.2 -199.6 518.2 -1077.3 123.3-10557.9 -22.7 -338.7 55553.1
-119.66	-55089.6472	1715.1483 6910.0322 436.7 34.4 -204.6 483.5 -3022.5 127.5 -7095.5 -25 -392.8 55547.8
-119.65	-55086.0278	1715.176 6908.1106 392.9 25.9 -225.2 453.6 -3607.3 126.8 7142.4 -29.8 -404.7 55544
-119.64	-55081.9604	1716.1013 6905.9267 334.6 4.5 -233 407.7 -3078.6 123.8 10506.4 -34.8 -335.4 55539.7
-119.63	-55078.8022	1715.4883 6903.66 296.1 -3.9 -231.3 375.7 -2497.9 122.2 10466.7 -38 -101.7 55536.3
-119.62	-55076.5299	1715.2163 6900.6088 288.8 -40.2 -225.3 368.5 -424.6 115.1 6966.9 -37.7 197.7 55533.6
-119.61	-55073.9373	1715.4236 6899.207 287.5 -43.3 -191.9 348.3 2229.2 114.4 -86.1 -33.4 422.4 55530.9
-119.6	-55069.954	1714.1261 6896.8858 353.2 -43.3 -183.2 400.2 4507.9 116 104.6 -27.2 470.1 55526.6
-119.59	-55067.7162	1713.8702 6895.928 434.7 -42 -177.3 471.3 5998.7 117.5 83 -22.1 313.1 55524.3
-119.58	-55061.981	1713.8285 6893.0881 499.4 -36.7 -180.9 532.4 4474.1 118.8 40 -19.9 44.7 55518.2
-119.57	-55056.1893	1713.4715 6892.2417 539 -54.8 -213 582.2 2439.4 117.2 10 -21.5 -213.4 55512.4
-119.56	-55050.749	1712.4904 6889.6853 512 -43.4 -243.2 568.5 156 118.2 21.1 -25.3 -301.3 55506.6
-119.55	-55046.3799	1711.801 6886.9806 496.3 -40.8 -287.9 575.2 -1538.1 118.3 43.7 -30 -192.1 55501.9
-119.54	-55041.2845	1712.4932 6883.5589 466.8 -30.2 -277.1 543.7 -2969.4 119.3 -19.3 -30.6 -50.7 55496.5
-119.53	-55036.1047	1711.4298 6880.9102 454.2 -33.3 -246.3 517.7 -3669.3 118.8 -58.2 -28.4 22.5 55491
-119.52	-55032.5474	1711.1679 6878.8676 391.6 -41.6 -215.4 448.8 -3103.7 116.9 -61.7 -28.7 4.5 55487.2

(a) 地上追尾データ表 (一部)

図 15 地上レーダー追尾データ (Run#6 Sortie#11101)



(b) 地上追尾データグラフ

図 15 地上レーダー追尾データ (Run#6 Sortie#11101)

### 3. 1. 2 オンボードデータ

地上からのレーダー追尾データとは別に、機体搭載機器によるオンボードデータも NEAT 側より提供された。提供データ項目は、時刻、緯度、経度、高度、マッハ数、

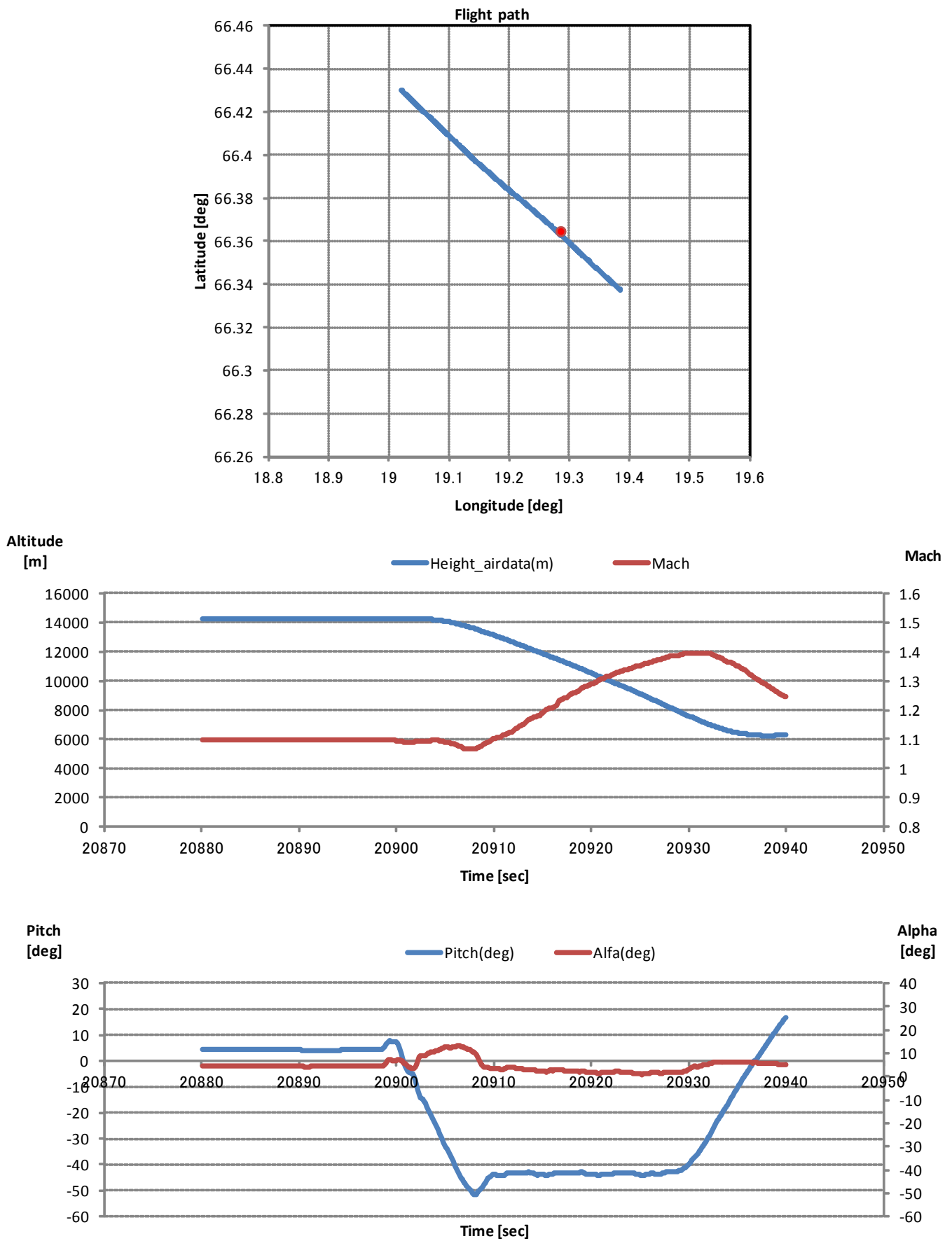
迎角、ピッチ角、加速度である。図 16 に各 sortie のオンボードデータ表及びグラフを示す。時刻は同日午前 0 時 (UTC) が 0 である。また、図中に赤丸で示しているブームハウスの位置は緯度 66.4° 経度 19.3° である。

Time(s)	Latitude(deg)	Longitude(deg)	Height_airdata(n Mach)	Alfa(deg)	Pitch(deg)	Acc_x(m/s <sup>2</sup> )	Acc_y(m/s <sup>2</sup> )	Acc_z(m/s <sup>2</sup> )	
20880.105	66.43015744	19.01998833	14276.4	1.096	4.406	4.263	0.01	-0.105	0.419
20880.238	66.42994029	19.02080422	14276.4	1.096	4.377	4.228	0.01	-0.067	0.438
20880.372	66.42972314	19.02162068	14276.5	1.096	4.366	4.223	0.076	-0.105	0.381
20880.505	66.42950599	19.02243658	14276.5	1.096	4.372	4.246	0.038	-0.114	0.381
20880.638	66.42928941	19.02325247	14276.5	1.096	4.4	4.286	0.019	-0.105	0.238
20880.772	66.42907283	19.02406664	14276.5	1.097	4.44	4.326	0.038	-0.114	0.124
20880.905	66.42885568	19.02488253	14276.5	1.097	4.481	4.349	0.01	-0.057	0.095
20881.038	66.42863853	19.025699	14276.5	1.097	4.481	4.354	0.067	-0.086	0.114
20881.172	66.42842138	19.02651489	14276.5	1.097	4.503	4.36	-0.029	-0.086	0.086
20881.305	66.42820251	19.02733766	14276.5	1.097	4.521	4.366	-0.01	-0.143	-0.029
20881.439	66.42798536	19.02815355	14276.5	1.097	4.521	4.36	0.038	-0.086	0.029
20881.572	66.42776821	19.02897001	14276.5	1.097	4.532	4.36	0.029	-0.114	0.057
20881.705	66.42755106	19.02978591	14276.5	1.097	4.521	4.36	0.048	-0.067	0.019
20881.838	66.42733505	19.03059951	14276.5	1.097	4.532	4.36	0.038	-0.124	-0.029
20881.972	66.4271179	19.03141597	14276.5	1.097	4.515	4.354	0.029	-0.143	0.029
20882.105	66.42690075	19.03223244	14276.5	1.098	4.526	4.343	0.048	-0.124	0.086
20882.238	66.4266836	19.03304833	14276.5	1.098	4.515	4.332	0.038	-0.105	0.048
20882.372	66.42646645	19.03386479	14276.5	1.098	4.503	4.326	0.019	-0.114	0.076
20882.505	66.4262493	19.03468126	14276.5	1.098	4.486	4.314	0.038	-0.181	0.057
20882.638	66.42603215	19.03549715	14276.5	1.098	4.486	4.309	0.029	-0.095	0.114
20882.772	66.42581557	19.03631419	14276.5	1.098	4.475	4.309	0	-0.171	0.086
20882.905	66.42559899	19.03712779	14276.5	1.099	4.475	4.337	-0.01	-0.067	-0.067
20883.038	66.42538184	19.03794368	14276.5	1.099	4.526	4.406	0.038	-0.124	-0.152
20883.172	66.42516469	19.03876014	14276.5	1.099	4.607	4.458	0.048	-0.162	-0.352
20883.305	66.42494811	19.03957661	14276.5	1.099	4.612	4.469	0.019	-0.124	-0.371
20883.438	66.42472867	19.04040109	14276.6	1.099	4.641	4.503	-0.029	-0.133	-0.352
20883.572	66.42451152	19.04121756	14276.6	1.099	4.67	4.538	0.01	-0.095	-0.476
20883.705	66.42429437	19.04203402	14276.6	1.099	4.681	4.572	0.038	-0.105	-0.552
20883.838	66.42407721	19.04285049	14276.7	1.099	4.693	4.578	0.038	-0.152	-0.524
20883.972	66.42386121	19.04366466	14276.7	1.099	4.693	4.555	-0.01	-0.124	-0.467
20884.105	66.42364406	19.04448113	14276.8	1.099	4.675	4.526	0.01	-0.124	-0.324
20884.238	66.42342691	19.04529702	14276.9	1.099	4.607	4.498	0.029	-0.124	-0.181
20884.372	66.42321033	19.04611348	14277	1.099	4.601	4.463	0	-0.086	-0.238
20884.505	66.42299318	19.04692995	14277	1.099	4.538	4.44	0	-0.124	-0.143
20884.638	66.42277603	19.04774641	14277.1	1.099	4.549	4.429	-0.029	-0.152	-0.086
20884.772	66.42255945	19.04856288	14277.2	1.099	4.538	4.423	0.029	-0.105	-0.057
20884.905	66.4223423	19.04937934	14277.3	1.099	4.538	4.418	0.01	-0.105	-0.029
20885.038	66.42212629	19.05019352	14277.4	1.099	4.538	4.423	0.057	-0.105	-0.01
20885.172	66.42190914	19.05100998	14277.5	1.099	4.538	4.429	-0.029	-0.105	-0.038
20885.305	66.42169199	19.05182645	14277.6	1.099	4.555	4.435	-0.01	-0.133	-0.01
20885.438	66.42147541	19.05264234	14277.7	1.099	4.526	4.44	0	-0.086	-0.01
20885.572	66.4212554	19.05346854	14277.8	1.099	4.538	4.44	0.076	-0.029	-0.095
20885.705	66.42103882	19.05428501	14277.9	1.099	4.526	4.44	0	-0.143	-0.076
20885.839	66.42082167	19.05510147	14278	1.099	4.526	4.44	0.019	-0.076	0.01
20885.972	66.42060452	19.05591794	14278.1	1.099	4.538	4.44	0.019	-0.095	-0.048
20886.105	66.42038851	19.05673211	14278.2	1.099	4.544	4.446	-0.029	-0.057	-0.019
20886.238	66.42017136	19.05754858	14278.3	1.099	4.555	4.44	0.038	-0.086	-0.133
20886.372	66.41995478	19.05836504	14278.4	1.099	4.544	4.44	0.048	-0.038	-0.095
20886.505	66.41973763	19.05918151	14278.5	1.099	4.544	4.44	0.029	-0.057	-0.152
20886.638	66.41952048	19.05999797	14278.6	1.099	4.544	4.446	0.01	-0.067	-0.124
20886.772	66.4193039	19.06081443	14278.7	1.099	4.526	4.435	0.029	-0.057	-0.057
20886.905	66.41908675	19.0616309	14278.8	1.099	4.555	4.423	0.01	-0.076	-0.029
20887.038	66.4188696	19.06244736	14279	1.099	4.526	4.423	0.057	-0.029	-0.057
20887.172	66.4186536	19.06326096	14279.1	1.099	4.515	4.423	0.019	-0.086	-0.114
20887.305	66.41843645	19.064078	14279.2	1.099	4.526	4.418	-0.019	-0.105	0.029
20887.438	66.41821987	19.06489389	14279.3	1.098	4.515	4.4	0	-0.048	0.029
20887.572	66.41800272	19.06571036	14279.5	1.098	4.498	4.395	0.029	-0.076	0.019
20887.705	66.41778327	19.06653485	14279.6	1.098	4.526	4.389	0.01	-0.105	0.029
20887.838	66.4175667	19.06735131	14279.7	1.098	4.515	4.395	0.019	-0.086	0.048
20887.972	66.41734954	19.0681672	14279.8	1.098	4.515	4.4	0.029	-0.086	0.019
20888.105	66.41713239	19.06898424	14279.9	1.099	4.526	4.4	0.038	-0.067	-0.01
20888.238	66.41691639	19.06979784	14280.1	1.098	4.526	4.4	0.038	-0.067	-0.038
20888.372	66.41669924	19.0706143	14280.2	1.098	4.544	4.395	0.057	-0.114	-0.01
20888.505	66.41648266	19.07143077	14280.3	1.098	4.509	4.343	0.038	-0.105	0.086
20888.638	66.41626551	19.07224723	14280.4	1.098	4.481	4.309	0.038	-0.105	0.086
20888.772	66.41604836	19.0730637	14280.6	1.098	4.458	4.309	0.019	-0.105	0.171
20888.905	66.41583178	19.07388016	14280.7	1.098	4.446	4.32	0.019	-0.086	0.143
20889.038	66.41561463	19.0746972	14280.8	1.099	4.475	4.326	0.048	-0.067	0.143
20889.172	66.41539748	19.07551367	14280.9	1.099	4.475	4.337	0.048	-0.086	0.086
20889.305	66.41518147	19.07632784	14281	1.099	4.515	4.343	0.048	-0.124	0.029
20889.438	66.41496432	19.07714373	14281.2	1.099	4.486	4.349	-0.01	-0.076	-0.057
20889.572	66.41474717	19.0779602	14281.3	1.099	4.515	4.349	0.057	-0.076	0.095
20889.705	66.41453059	19.07877723	14281.4	1.099	4.515	4.349	0.038	-0.095	0.086

(a) オンボードデータ表 (一部)

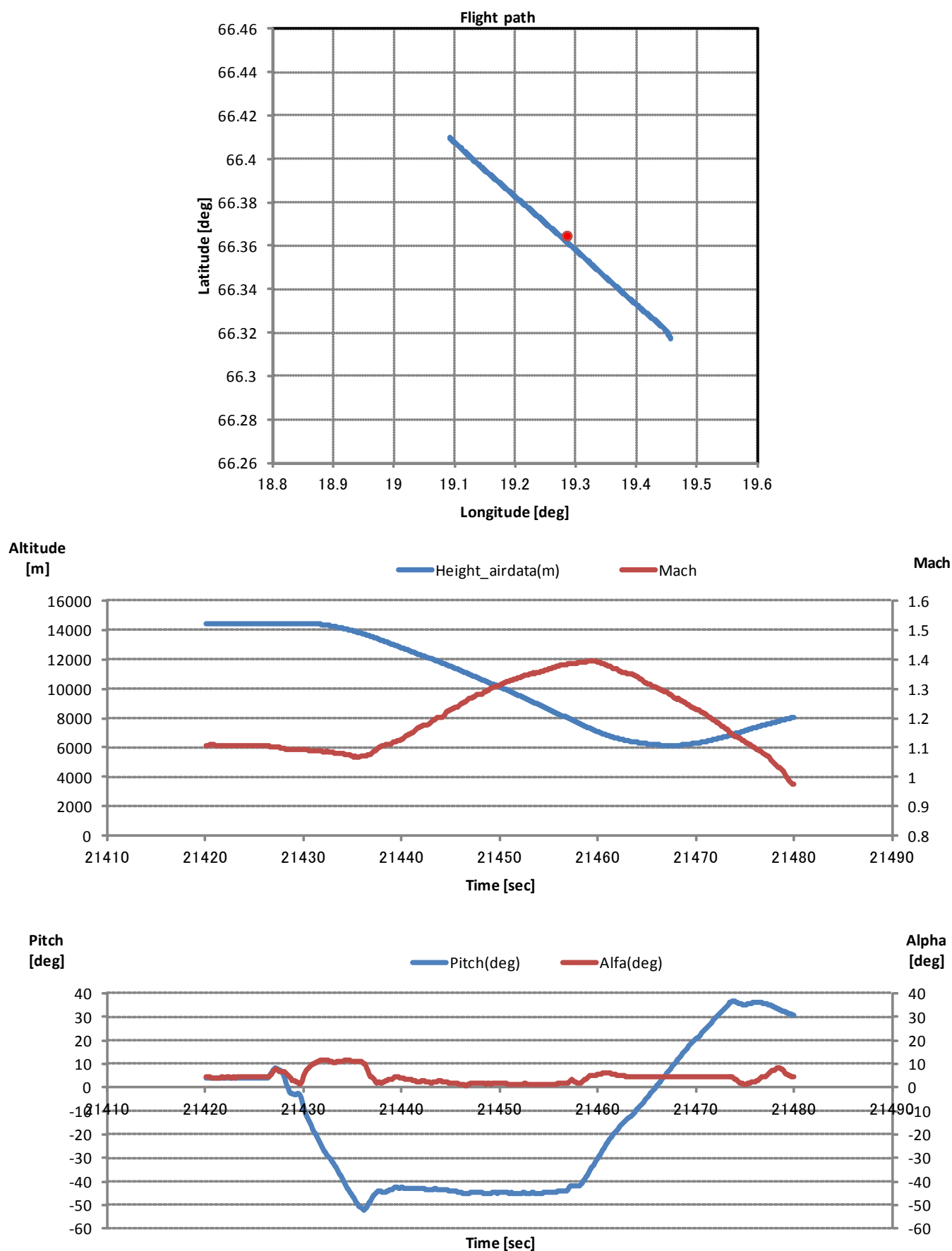
図 16 オンボードデータ (Sortie#11101)





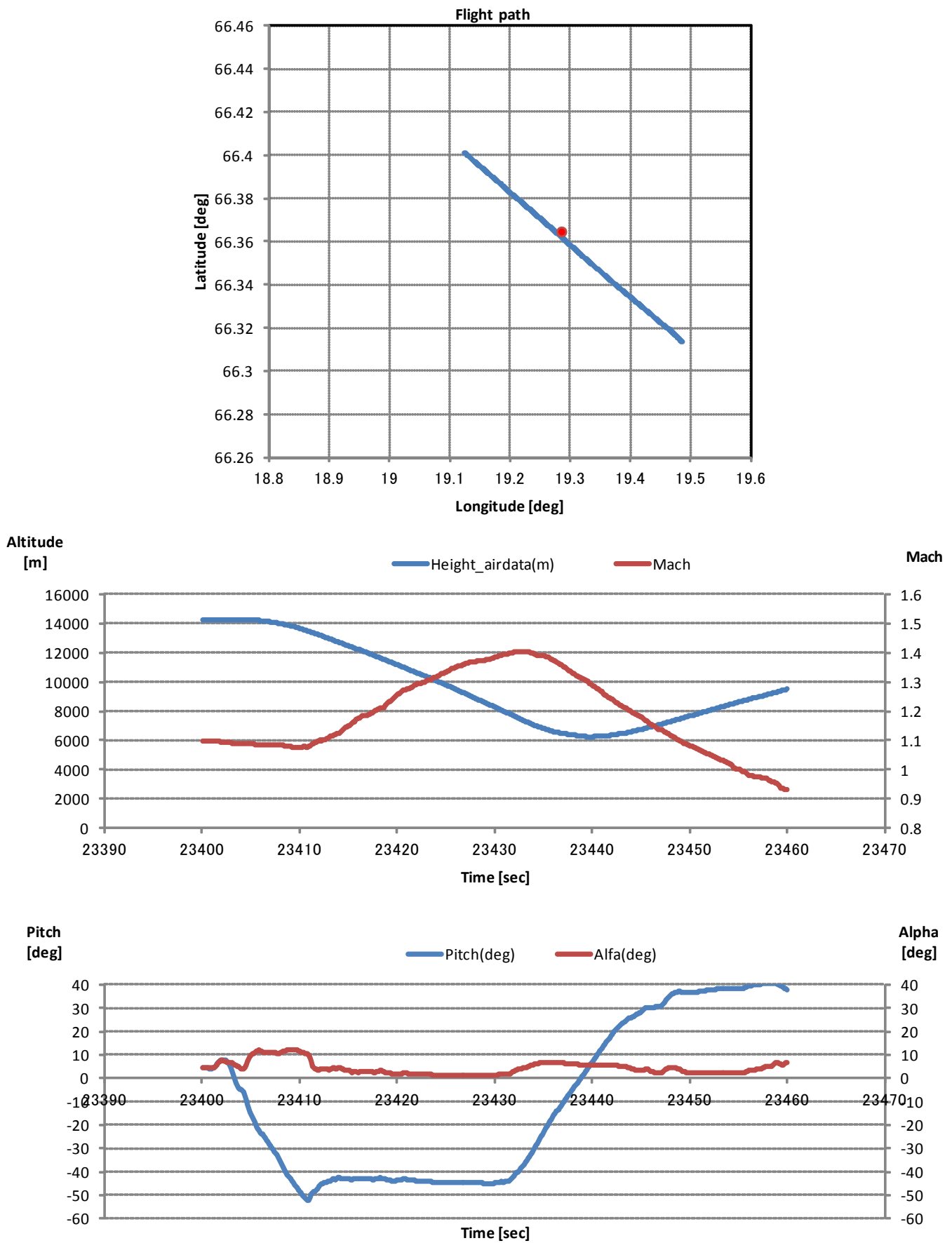
(b) オンボードデータグラフ (Run#1)

図 16 オンボードデータ (Sortie#11101)



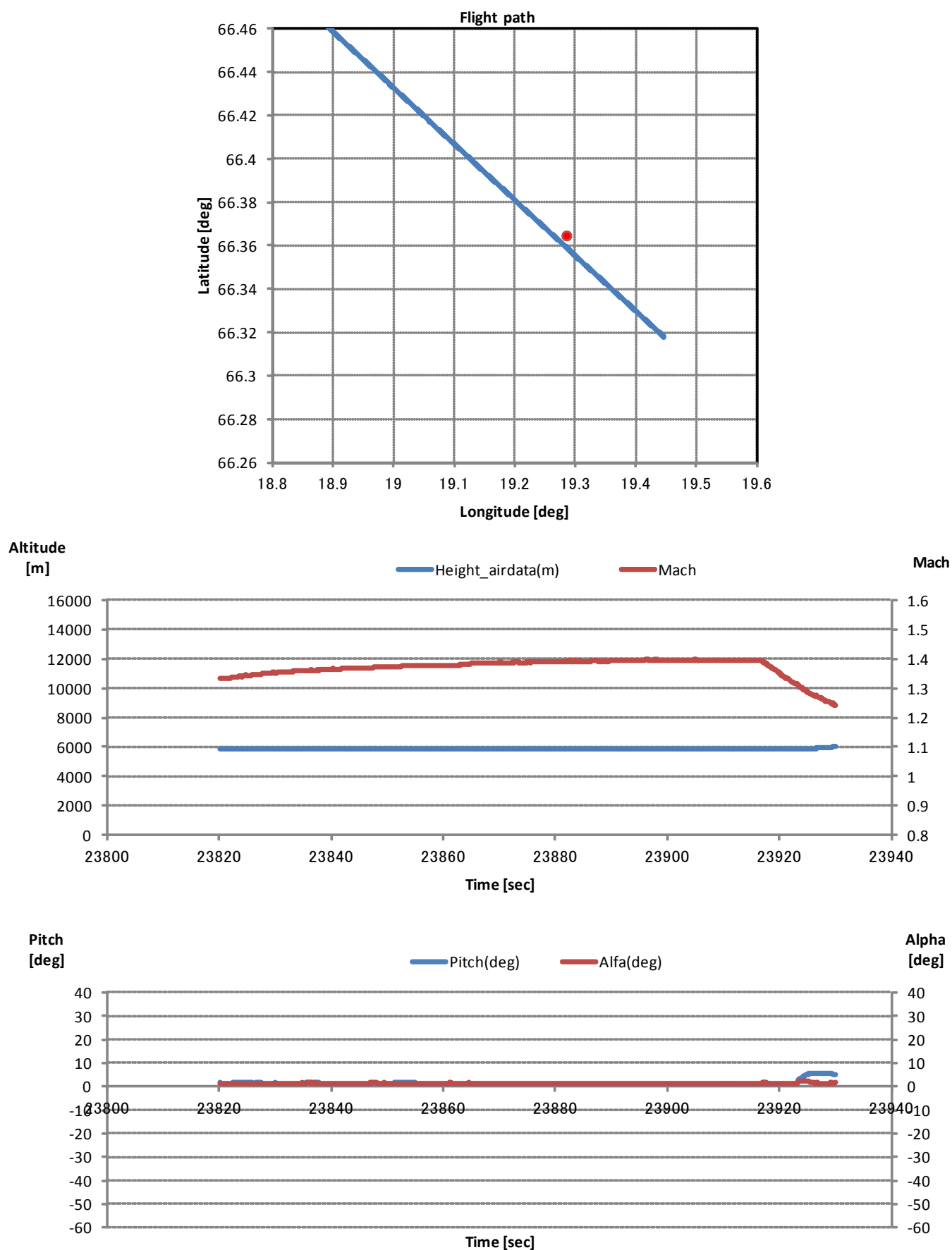
(c) オンボードデータグラフ (Run#2)

図 16 オンボードデータ (Sortie#11101)



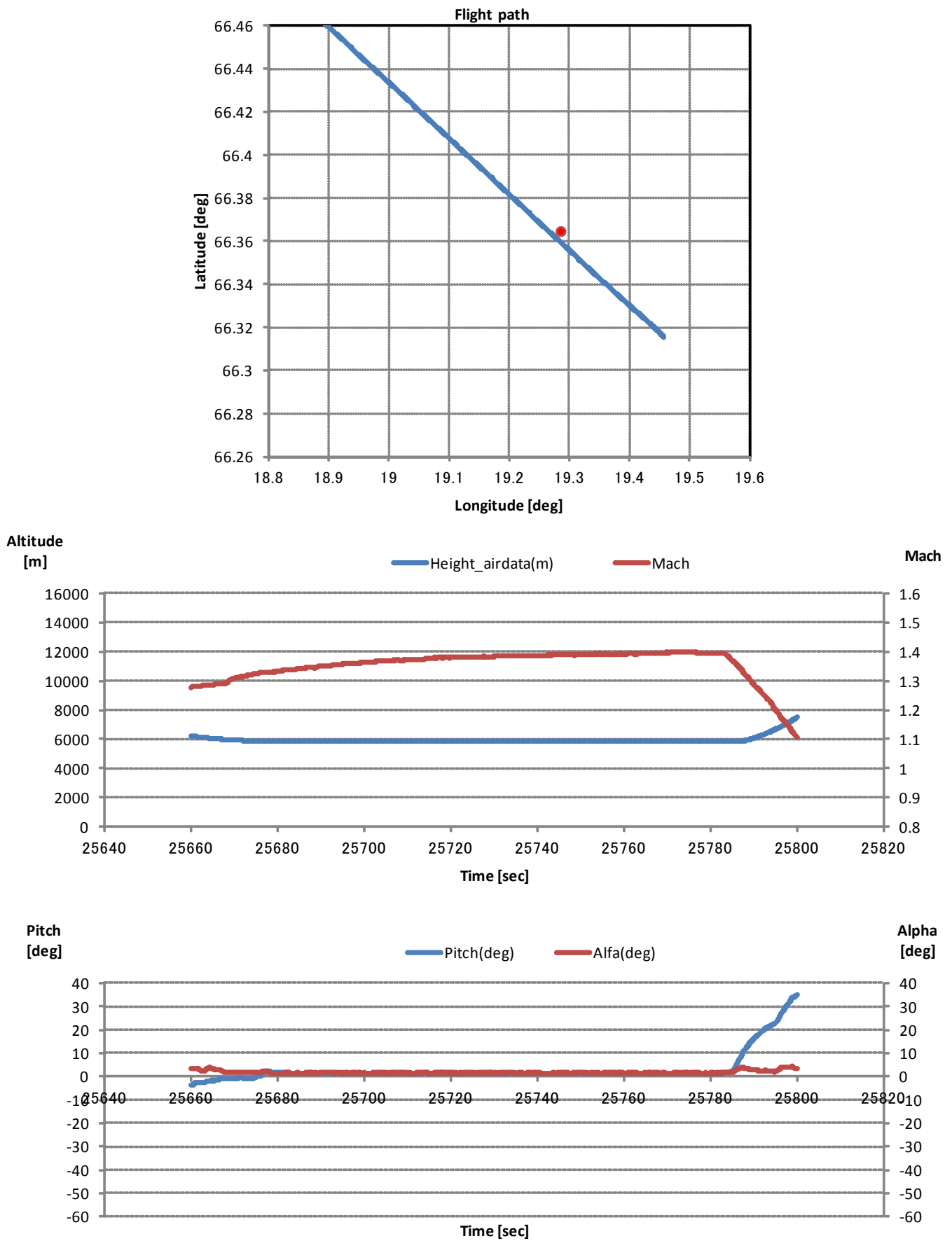
(d) オンボードデータグラフ (Run#3)

図 16 オンボードデータ (Sortie#11101)



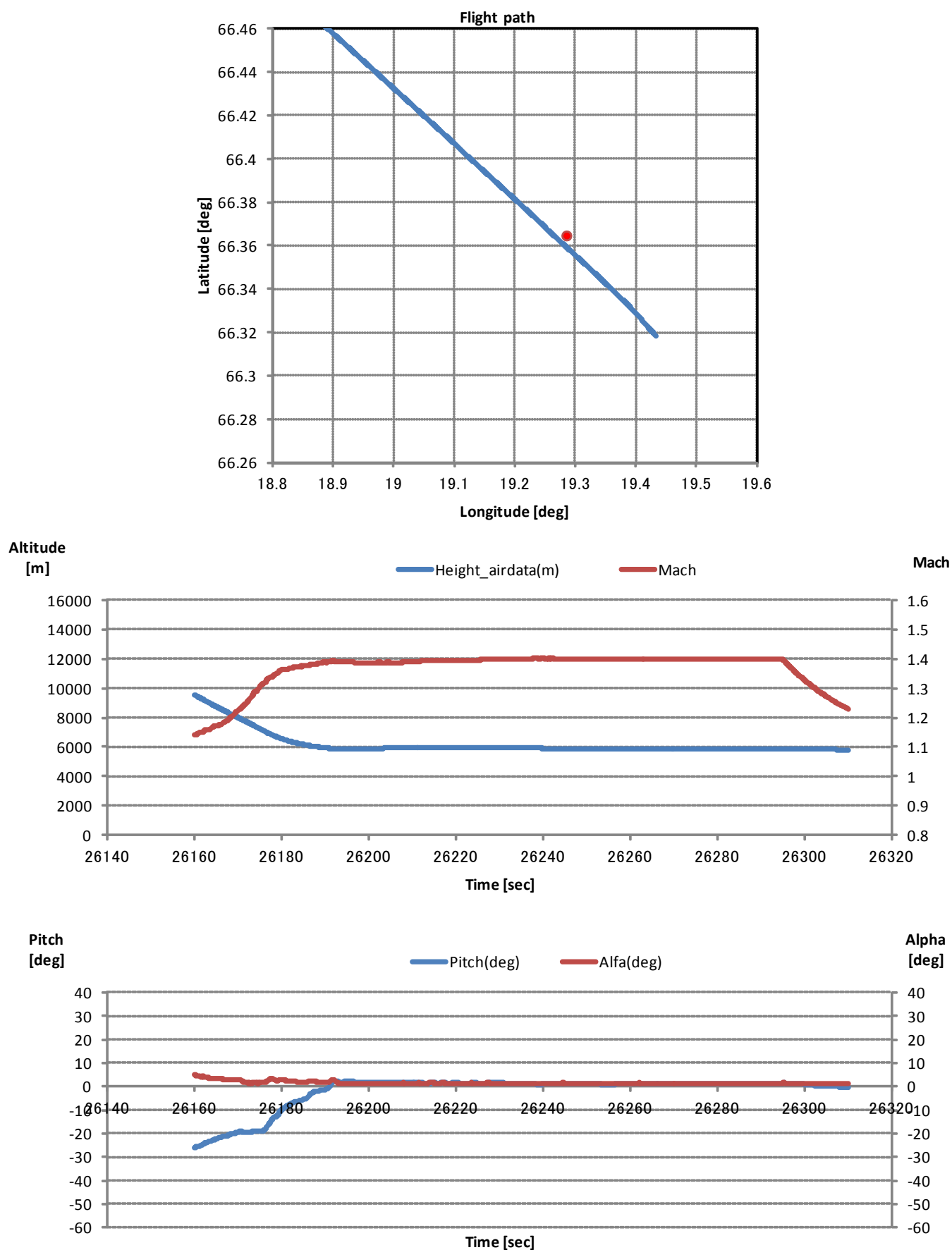
(e) オンボードデータグラフ (Run#4)

図 16 オンボードデータ (Sortie#11101)



(f) オンボードデータグラフ (Run#5)

図 16 オンボードデータ (Sortie#11101)



(g) オンボードデータグラフ (Run#6)

図 16 オンボードデータ (Sortie#11101)

### 3. 2 大気データ

#### 3. 2. 1 観測気球データ

ソニックブーム伝播推算に必要となる飛行試験中の飛行空域における大気情報を収集する目的で、大気観測気球による観測を Run#4 と Run#5 の間に 1 回実施し、NEAT 側よりデータが提供された。観測実施時刻は下記の通り。

観測番号（観測時刻 UTC）

11011:1(6:46)

計測項目は、時刻、高度、大気圧、温度、露点、湿度、水平方向風向風速、大気密度である。観測データ（数値データの一部と描画データ）を図 17 に示す。数値データ表中に記載されている地名 Point Charlie が気球放球点であり基準海面高度（Mean Sea Level: MSL）440m である。なお、ソニックブーム計測地点（地名 Nausta）は MSL で 473m であり、Point Charlie よりも 33m 高度が高い。風向データは北を  $0^\circ$  として時計回りに定義され、風速の **v-comp** は南北方向の風速成分（北に向かって吹く風速成分が正）、**u-comp** は東西方向の風速成分（東に向かって吹く風速成分が正）を示している。

#### 3. 2. 2 係留気球データ

BMS の一部として係留気球の直下で計測した気象データを図 18 に示す。同図(e)の水平面内風向は北を  $0^\circ$  として時計回りに定義されている。

#### 3. 2. 3 地上データ

BMS の一部である地上気象計測機器による計測は、設定不備のため正常にデータが記録されていなかった。

NEATからは表 2 に示す 30 分ごとの地上気象データが提供された。

なお、試験当日の天候は準備開始時には晴れていたが次第に雲が多くなり、試験後半には降雨となった。また、図 18(d)からも分かる通り、風も次第に強まっていた。このため、試験終了後に係留気球を回収する際には風で係留気球が大きく変動しており、地上の建物等との接触により破損する恐れがあったため、風が弱くなるまで上空約 50m の点に係留しておいた。

**FMV:T&E FE**  
**Testrange Vidse**  
 Sture Berggren

## TEST REPORT

### METEOROLOGICAL MEASUREMENTS

**Mission no: 11011:1**

Height reference: Point Charlie

#### GROUND OBSERVATIONS

Date: 2011-05-31

Time: UTC

Place: Point Charlie

MSL: 440

Ground wind: Calm

Visibility: > 75 km

Clouds: 8/8 Ns 1000 m

Air Pressure: 963,1 hPa

Temperature: 6.0 deg C

Rel humidity: 82 %

Weather: Feeble rain

#### UPPER AIR MEASUREMENTS

Date: 2011-05-31

Time: 06:46 UTC

Place: Point Charlie

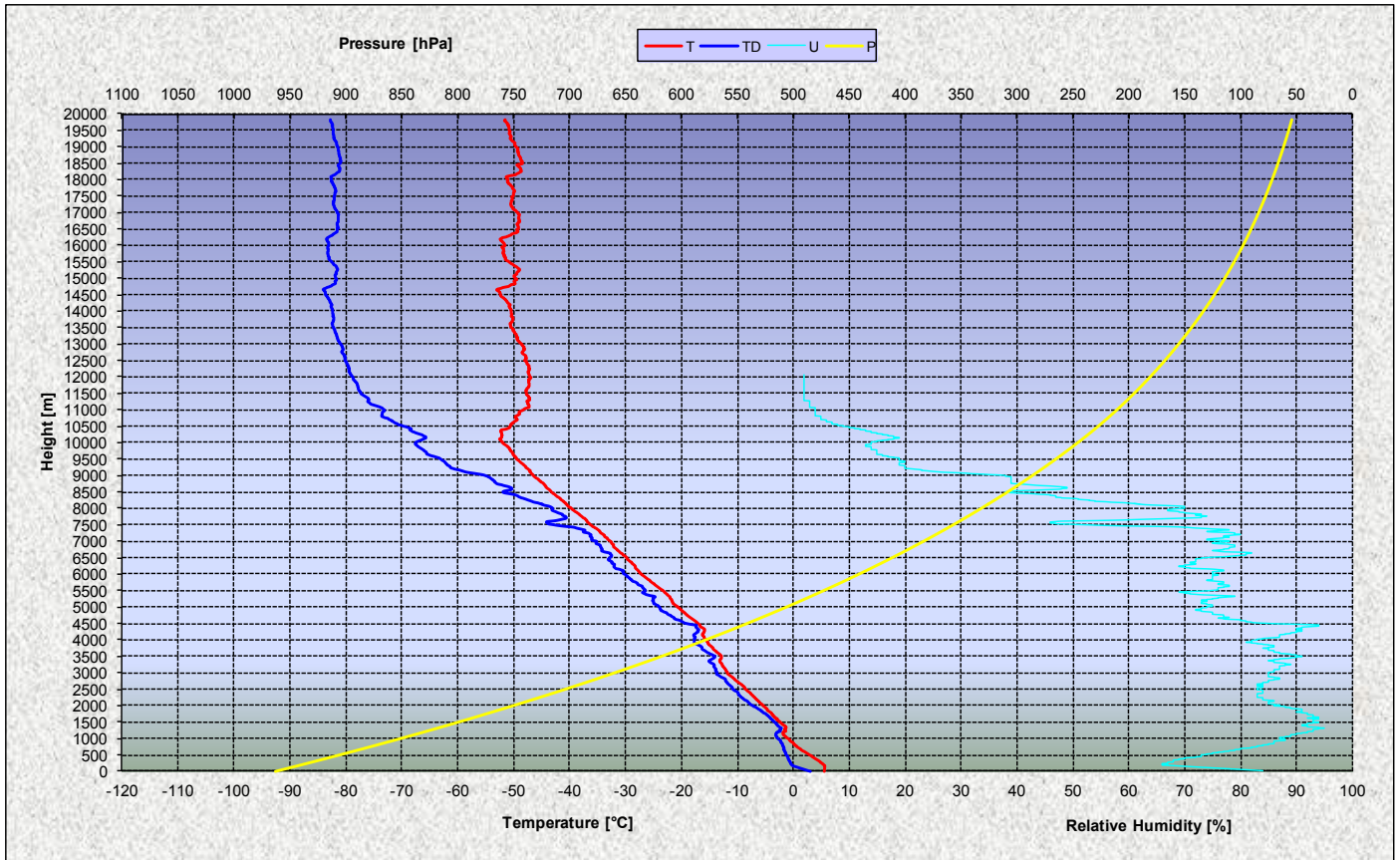
MSL: 440

	MSL	hPa	deg C	deg C	%	deg	m/s	m/s	m/s	kg/m3
Time	Height	P	T	TD	U	Dir	Speed	v-comp	u-comp	Density
0	0	963.1	5.7	3.2	84	0	0.0	0.0	0.0	1.20
2	174	942.8	5.8	0.0	66	125	3.2	1.8	-2.6	1.17
4	185	941.6	5.7	0.0	67	162	4.3	4.1	-1.3	1.17
6	195	940.4	5.6	-0.1	66	158	4.3	4.0	-1.6	1.17
8	205	939.2	5.6	-0.3	66	156	4.4	4.0	-1.8	1.17
10	216	938.1	5.5	-0.3	66	157	4.6	4.2	-1.8	1.17
12	226	936.9	5.4	-0.3	67	157	4.7	4.3	-1.9	1.17
14	236	935.7	5.4	-0.3	67	157	4.8	4.5	-1.9	1.17
16	246	934.6	5.3	-0.3	67	158	5.0	4.6	-1.9	1.17
18	256	933.5	5.2	-0.3	67	158	5.1	4.7	-1.9	1.17
20	265	932.4	5.1	-0.4	68	159	5.2	4.8	-1.9	1.16
22	276	931.2	5.0	-0.4	68	160	5.3	4.9	-1.8	1.16
24	288	929.8	5.0	-0.4	68	161	5.4	5.1	-1.7	1.16
26	300	928.4	4.9	-0.5	68	163	5.4	5.2	-1.6	1.16
28	312	927.0	4.8	-0.5	68	164	5.5	5.3	-1.5	1.16
30	324	925.7	4.7	-0.6	68	166	5.6	5.5	-1.4	1.16
32	335	924.5	4.6	-0.6	69	167	5.7	5.6	-1.3	1.16
34	345	923.3	4.5	-0.6	69	169	5.8	5.7	-1.2	1.16
36	355	922.2	4.4	-0.8	69	170	5.9	5.9	-1.1	1.16
38	366	921.0	4.3	-0.8	70	170	6.1	6.0	-1.0	1.15
40	376	919.7	4.2	-0.8	70	171	6.2	6.1	-1.0	1.15
42	387	918.5	4.1	-0.8	70	171	6.4	6.3	-1.0	1.15
44	398	917.3	4.0	-0.8	71	171	6.5	6.5	-1.0	1.15
46	409	916.1	3.9	-0.8	72	171	6.7	6.6	-1.1	1.15

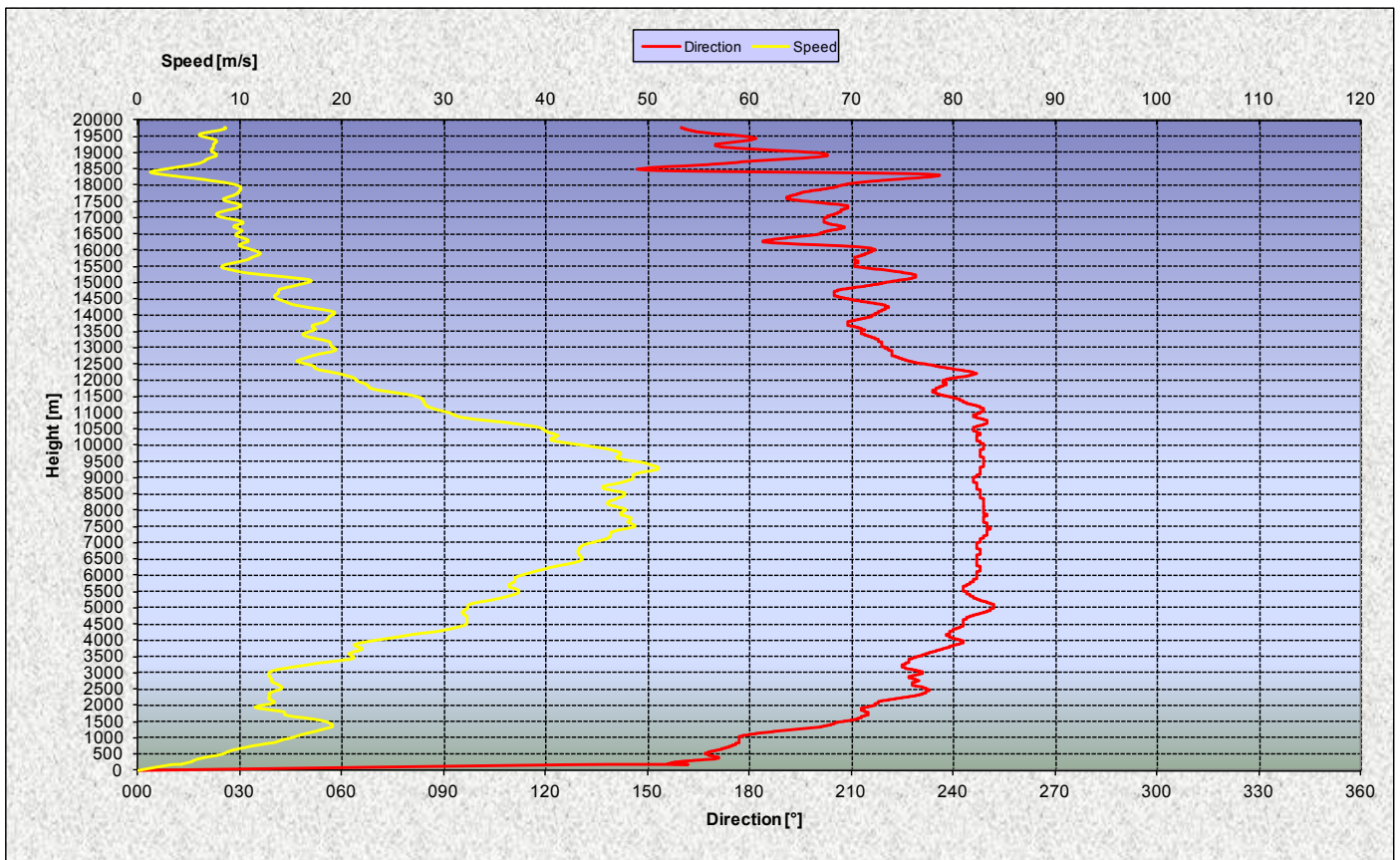
(a) 計測データ表 (一部)

図 17 観測気球データ (Run#4/Run#5)



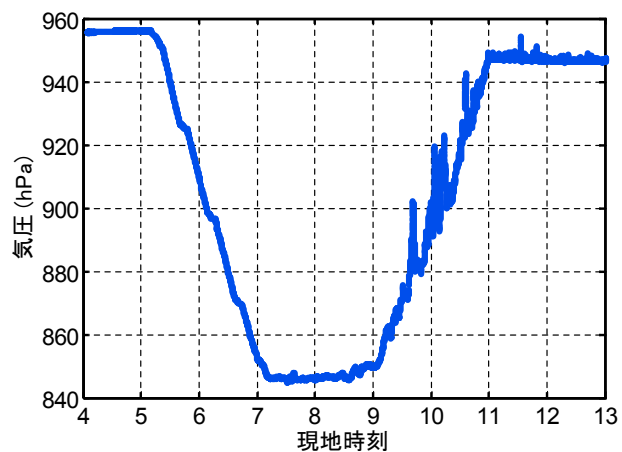


(b) 気圧・気温・湿度データ図

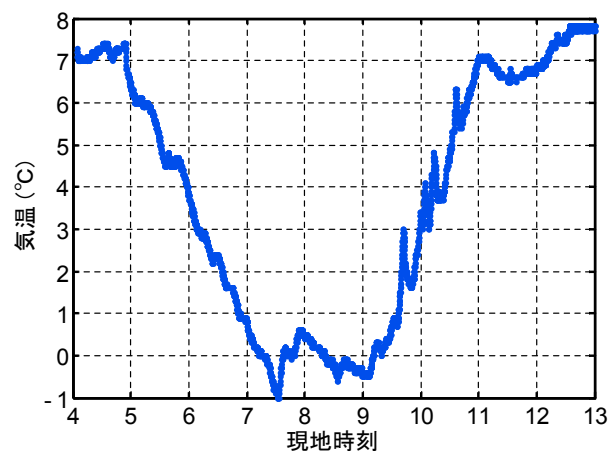


(c) 風向風速データ図

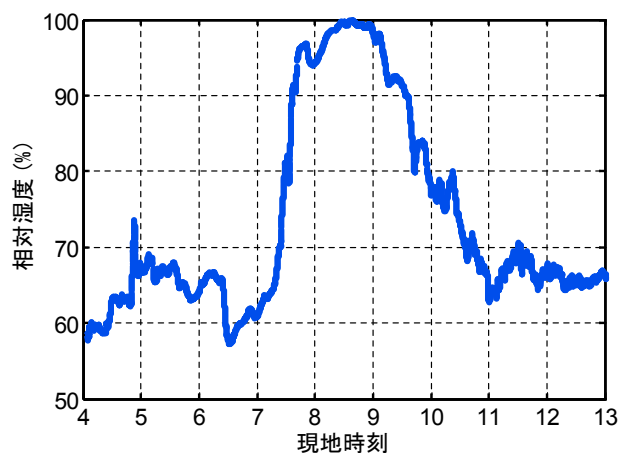
図 17 観測気球データ (Run#4/Run#5)



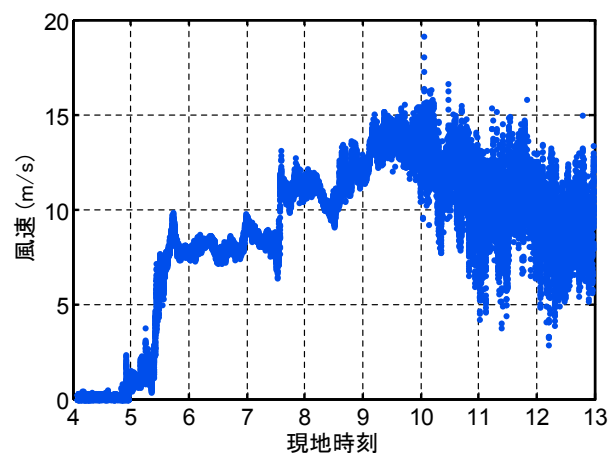
(a) 気圧



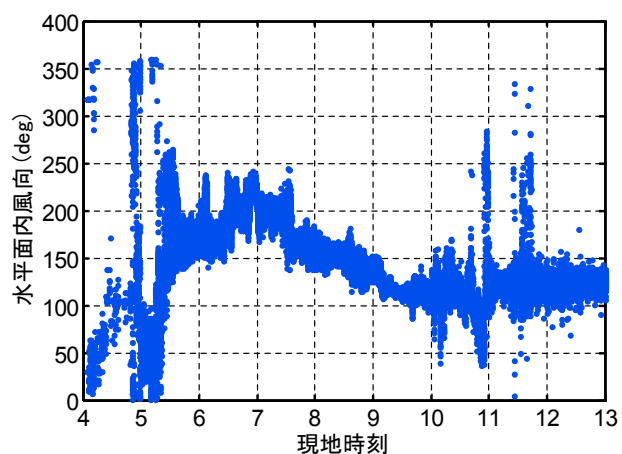
(b) 気温



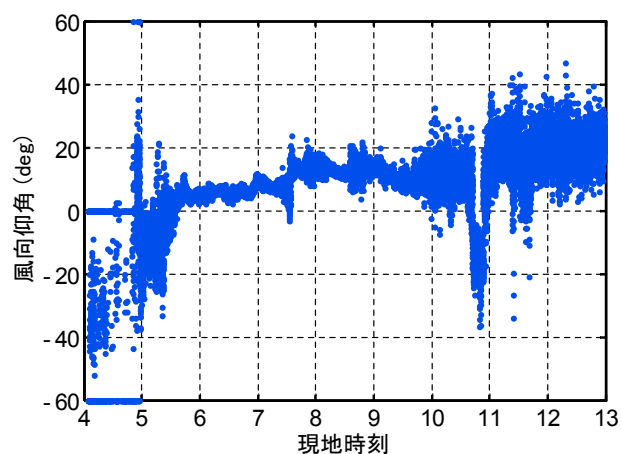
(c) 相対湿度



(d) 風速



(e) 風向 (水平面内)



(f) 風向 (仰角)

図 18 上空気象データ (係留気球)

表 2 地上大気データ

時刻(UTC)	気温(°C)	湿度(%)	気圧(hPa)	風速(m/s)	風向(deg)	備考
4:30	6.2	67	962	0.9	130	
5:00	6.4	67	962	1.4	155	
5:30	6.4	71	962	0.7	98	
6:00	5.5	82	962	4.3	155	Run#1/#2
6:30	5.5	84	963	1.1	126	Run#3/#4
7:00	6.4	84	963	0.6	117	Run#5/#6
7:30	7.8	77	962	2.5	141	

### 3. 3 ソニックブームデータ

#### 3. 3. 1 空中計測データ

空中計測の各計測点の GPS 位置を図 19 に示す。(a) から、マイクは所望の計測高度に設置されたことが分かる。また、(b)～(f)を見ると、先述の通り試験が進むにつれて次第に風が強くなったことに対応して、係留気球の水平方向位置が変化している様子も確認できる。

各高度で計測されたソニックブーム波形を図 21～図 29 に示す。Run#3 の 1000m Ch1 と 970m（同一の記録機器を使用）で機器の不調により計測が正常に行えなかったが、その他は全ての飛行（フライオーバー）、全てのマイクにおいて正常に計測された。Run#3 の計測失敗の要因は、係留気球の移動等の原因により地上と上空機器の無線通信が瞬断し、本来は通信状態は計測状態へ影響を及ぼさない設計となっていたが、何らかの原因で計測が連動して停止したものと推測される。D-SEND#2 に向け、通信瞬断時等には計測状態を監視し、計測が停止した場合には自動的に再開する機能を付加する対策を施す計画である。

それぞれのマイクには、機体からの直接波とそれが地面で反射した波形が観測された。更に、Run#1～#3 のダイブ飛行では、計測目標波形であるダイブ中に発生したソニックブームに加えて、水平飛行からダイブ飛行に移行する際に発生したソニックブームも計測目標波形から少し遅れてマイクに到達した。このダイブ開始時に発生したソニックブームも、直接波と地面での反射波が計測された。従って、Run#1～#3 のダイブ飛行に対しては、それぞれのマイクで 4 個のソニックブーム波形を計測し、Run#4～#6 の水平定常飛行ではそれぞれのマイクで 2 個のソニックブーム波形を計測した。例として Run#1 の各

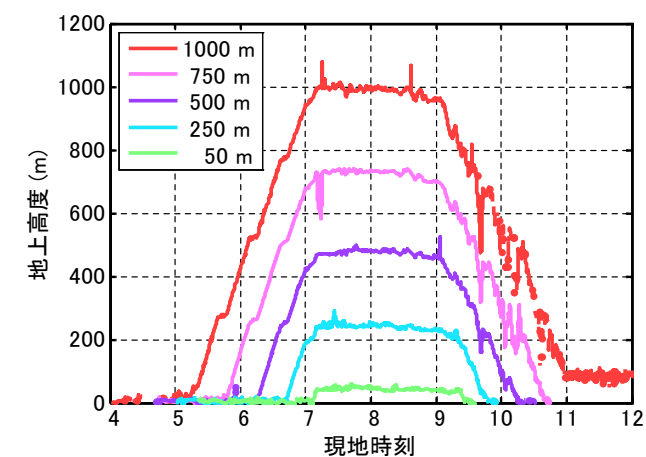
高度において計測された全ての波形を図 20 に示す。図中の赤と緑の線は、それぞれダイブ中とダイブ開始時に発生したソニックブーム波形の開始点を結んだものであり、高度方向の伝搬の様子を表している。

高度 1000m において計測されたソニックブーム波形には、係留気球の影響と思われる変形が確認される。このような変形は D-SEND#1 の第 1 回落下試験でも観測されたが、D-SEND#1 の第 2 回落下試験や ABBA Test#1 では確認されなかった。今回の試験における波形変形の様子は、超音速機の飛行条件に応じて 2 種類に分類できる。ダイブ飛行を行った Run#1～#3 では、N 波の先端と後端のショック直前に、やや緩やかな圧力上昇が観測される。これらのケースではソニックブームはほぼ真下に伝播し、マイクはソニックブームの伝播方向に対して係留気球のほぼ反対側に位置していた。一方、水平定常飛行をした Run#4～#6 では、N 波の先端と後端のショックの後に圧力の上昇が観測される。Run#4 ではショック後約 20ms の間圧力が高い時間が続き、Run#5 と#6 ではショックの 20ms 程度後にスパイク状の圧力上昇が発生している。Run#5 と#6 における変形は、D-SEND#1 の第 1 回落下試験における変形と類似している<sup>3)</sup>。係留気球の影響と思われる変形は 970m に設置したマイクでも観測されるが、変形量は 1000m に比べるとかなり小さくなっていることが分かる。また、750m 以下の高度では、明確な変形は確認されない。従って、係留気球から十分離れた点にマイクを設置すれば、影響は無視できると考えられる。波形変形の要因については、数値解析等による検討を行っている。

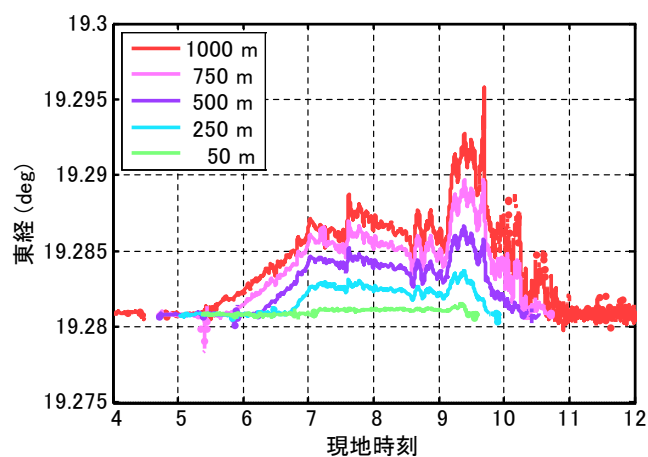
Run#1～#3 のダイブ飛行と Run#4～#6 の水平定常飛行における計測目標波形を比較すると、大気乱流による変

形を除けば良く類似している。従って、D-SEND#2 で計画されているダイブ飛行によって水平定常飛行時と同様

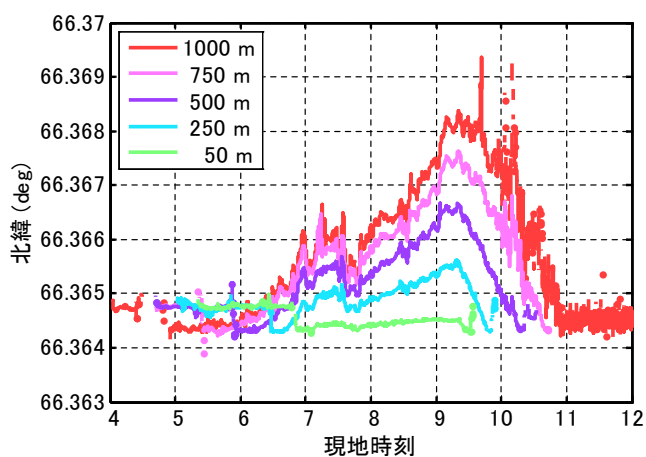
の低ブーム性の検証が可能であることが示された。



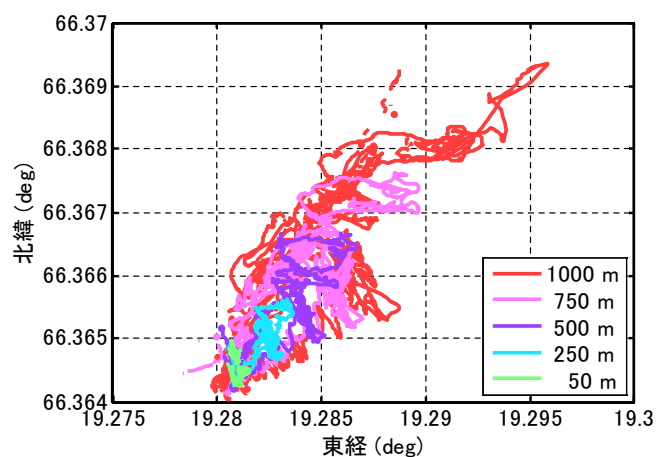
(a) 時刻－高度



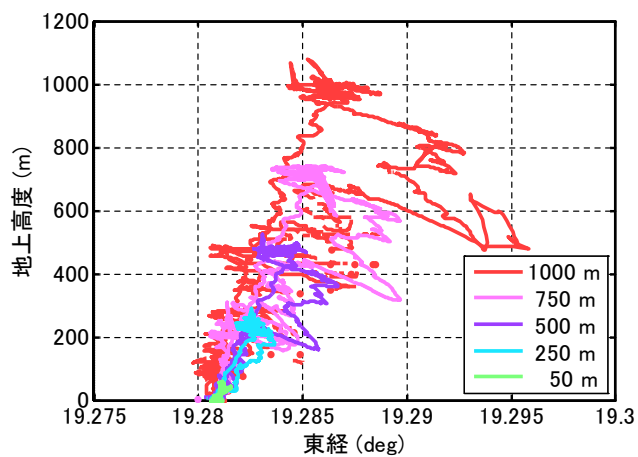
(b) 時刻－経度



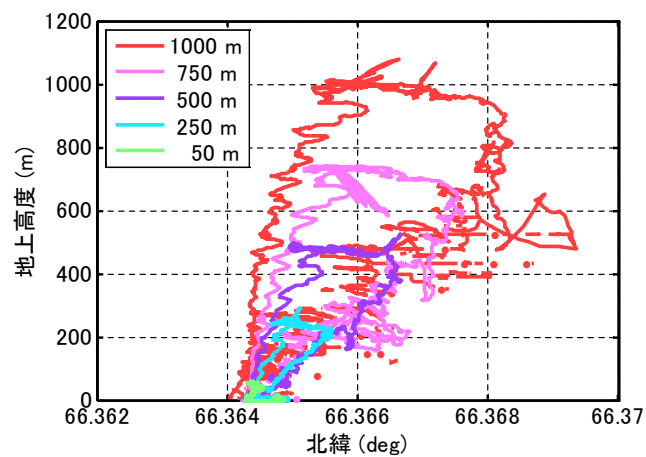
(c) 時刻－緯度



(d) 経度－緯度



(e) 経度－高度



(f) 緯度－高度

図 19 空中計測点位置

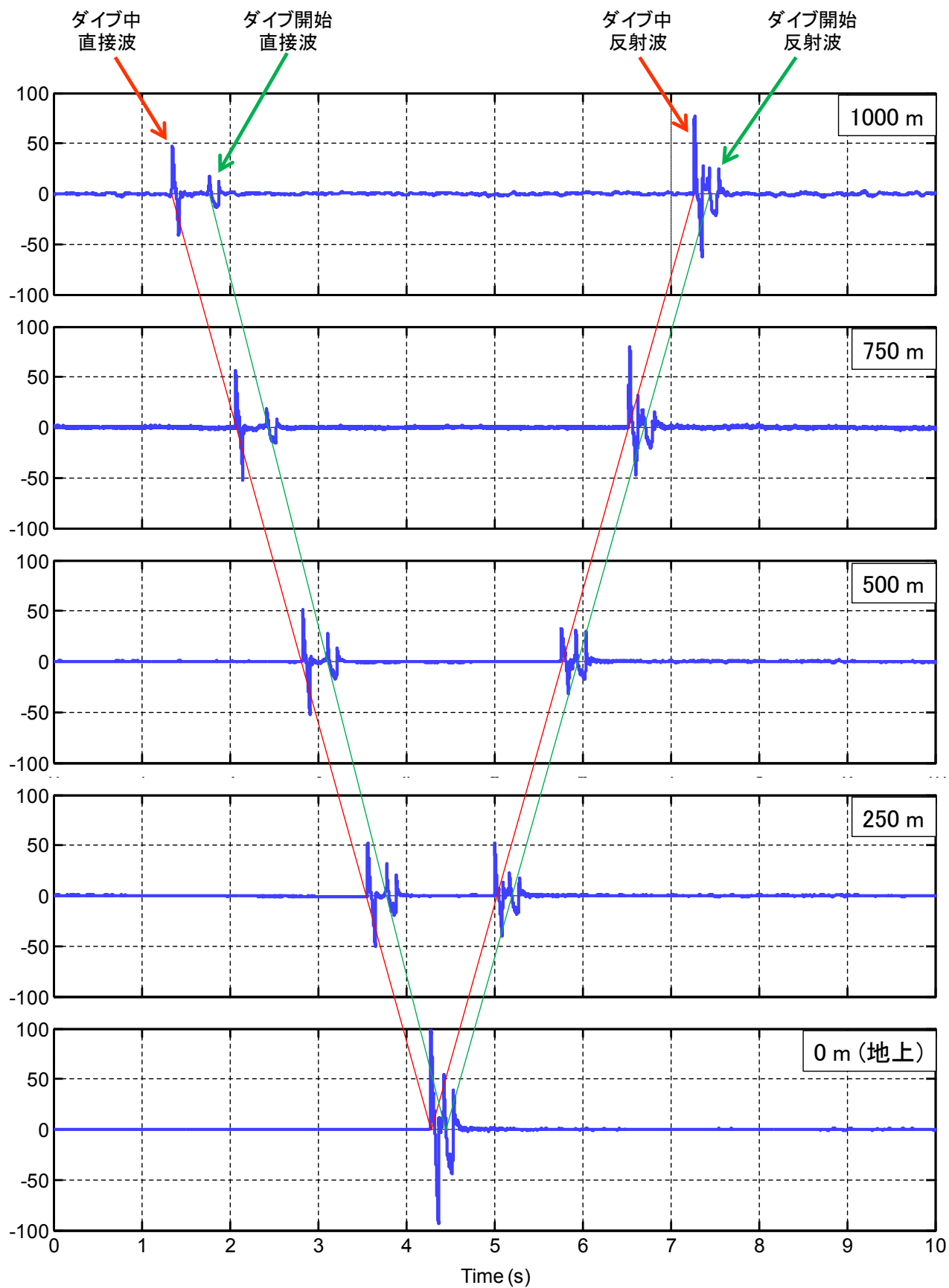
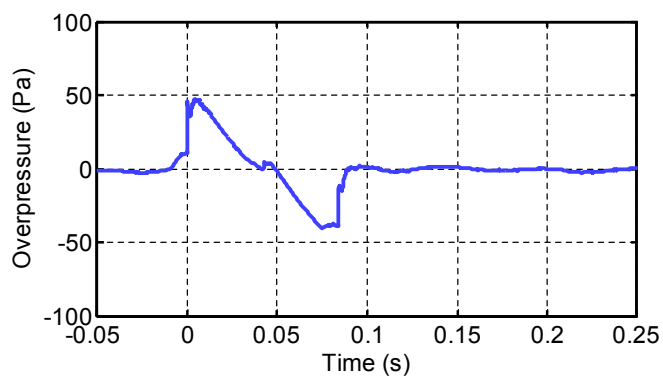
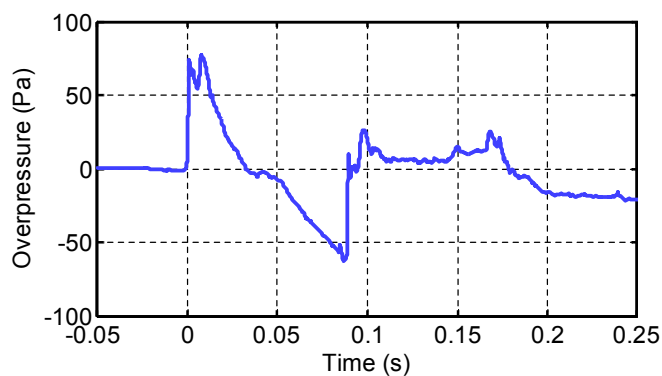


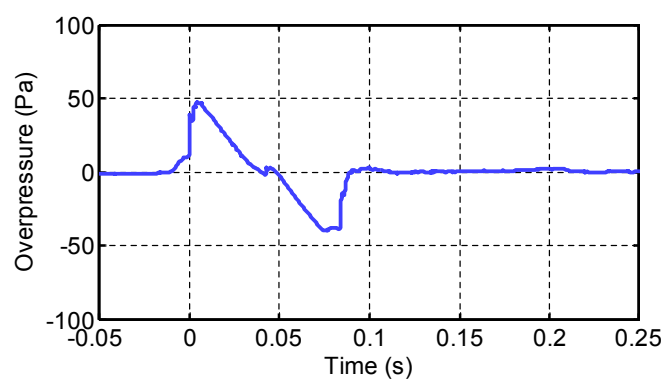
図 20 1 回の飛行観測される複数のソニックブーム波形の例 (Run#1)



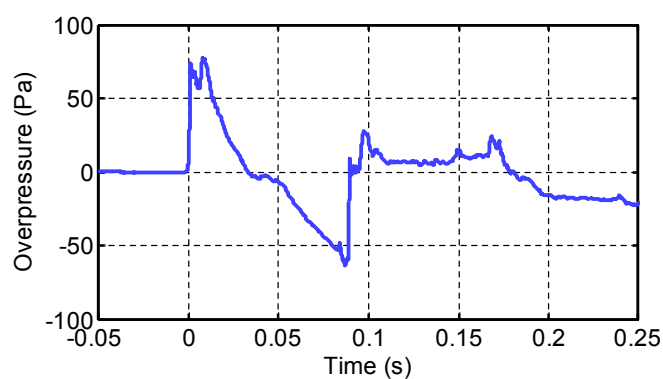
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波



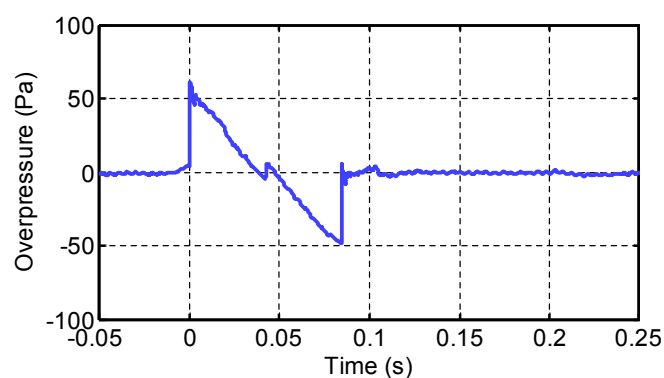
(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



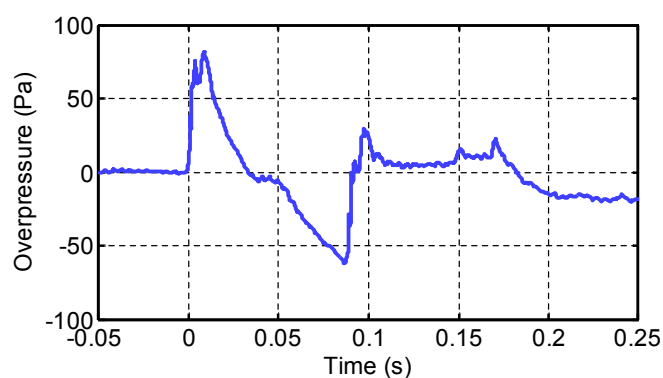
(c) 1000 m, Ch 2, 直接波



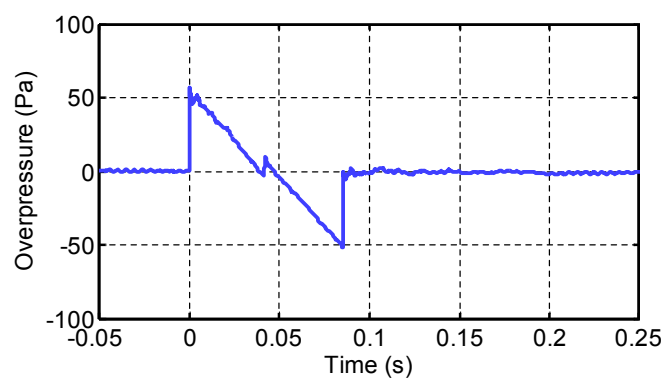
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



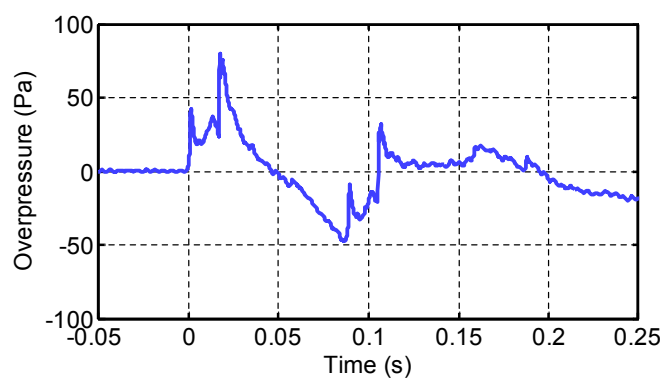
(e) 970 m, Ch 1, 直接波



(f) 970 m, Ch 1, 反射波

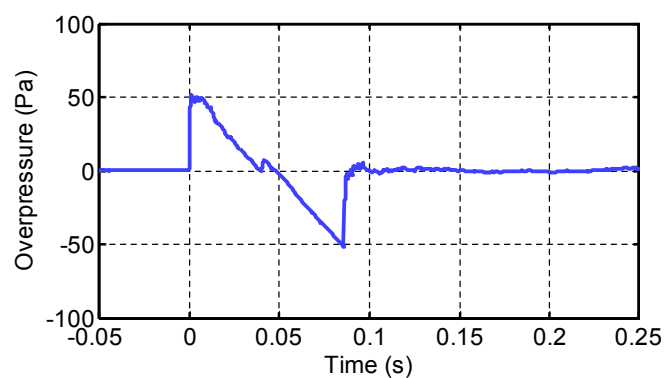


(g) 750 m, Ch 1, 直接波

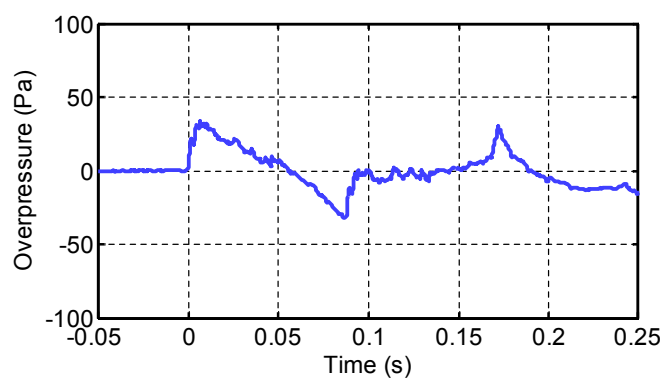


(h) 750 m, Ch 1, 反射波

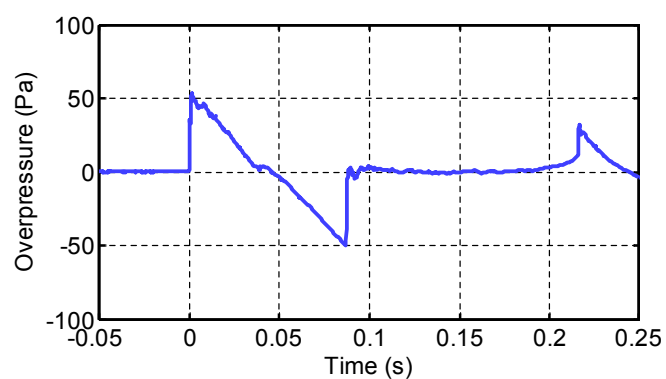
図 21 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#1, ダイブ中)



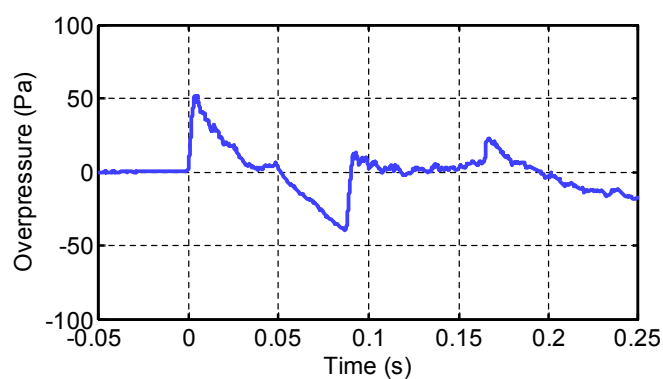
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



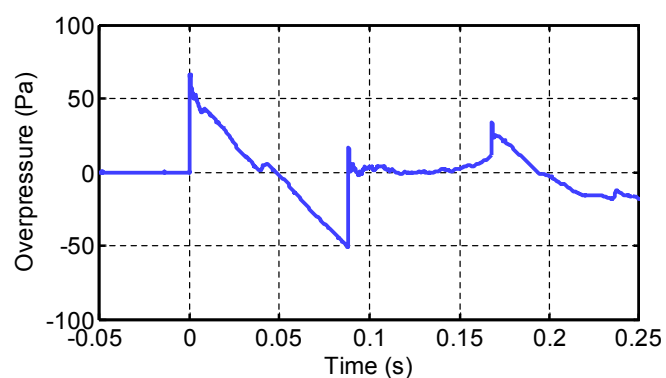
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



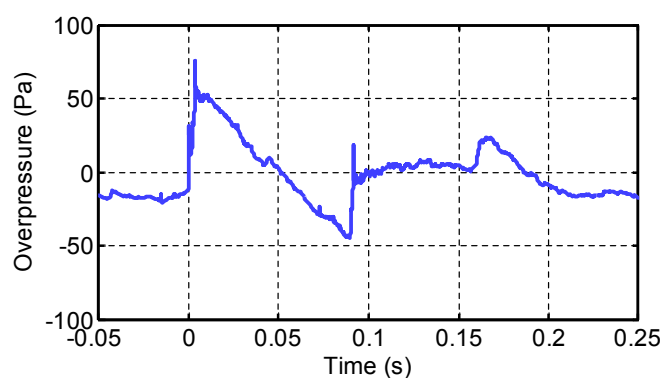
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波



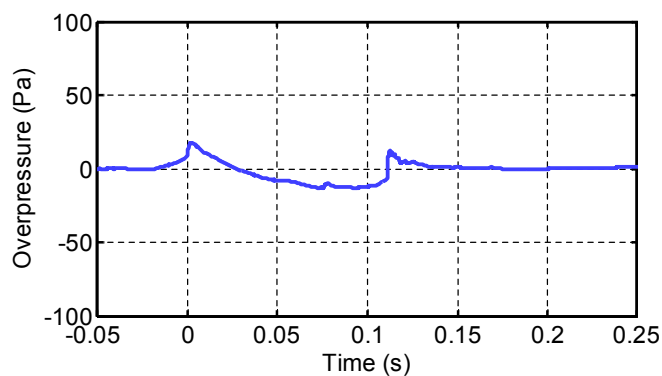
(m) 50 m, Ch 1, 直接波



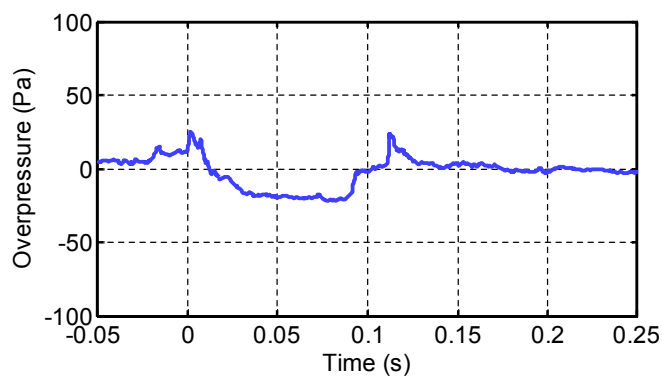
(n) 50 m, Ch 1, 反射波

図 21 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#1, ダイブ中)

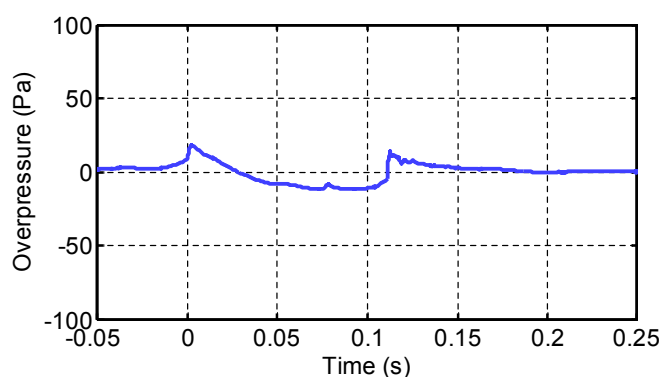




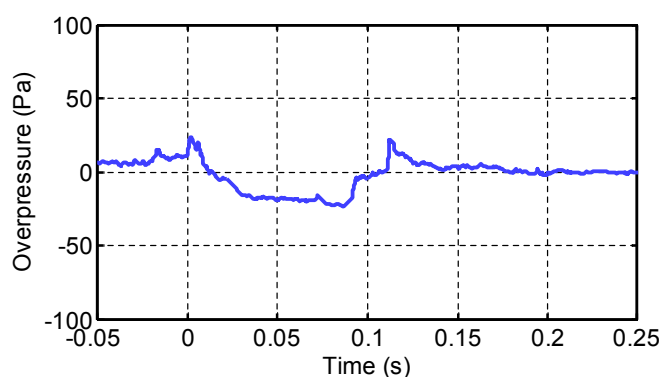
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波



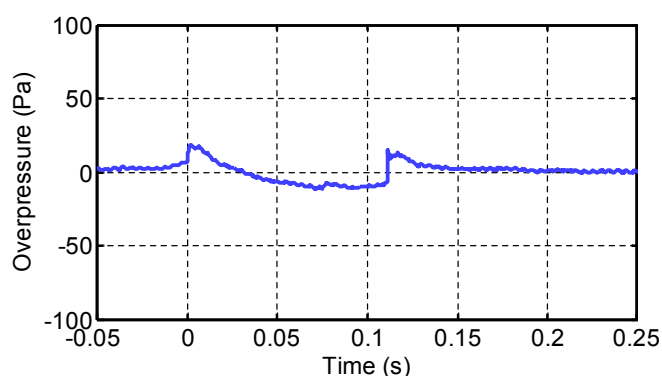
(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



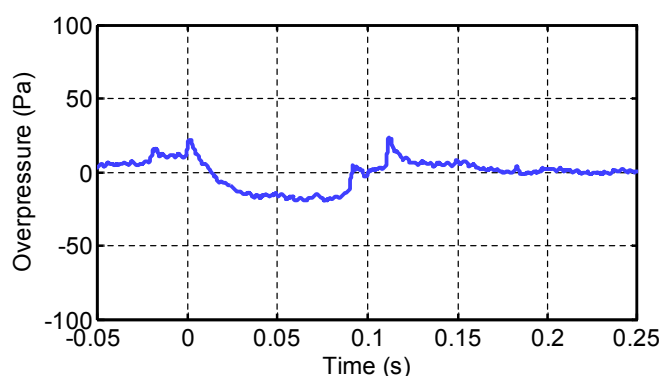
(c) 1000 m, Ch 2, 直接波



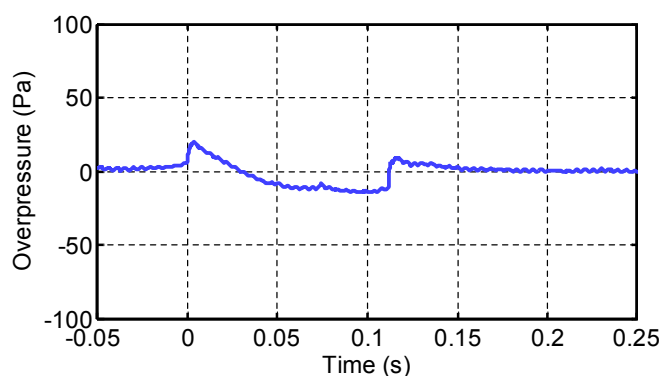
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



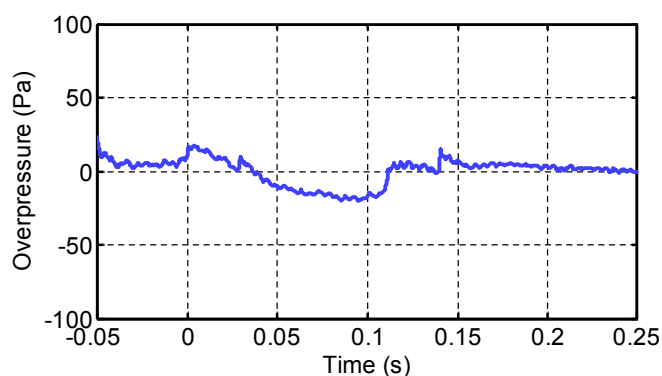
(e) 970 m, Ch 1, 直接波



(f) 970 m, Ch 1, 反射波



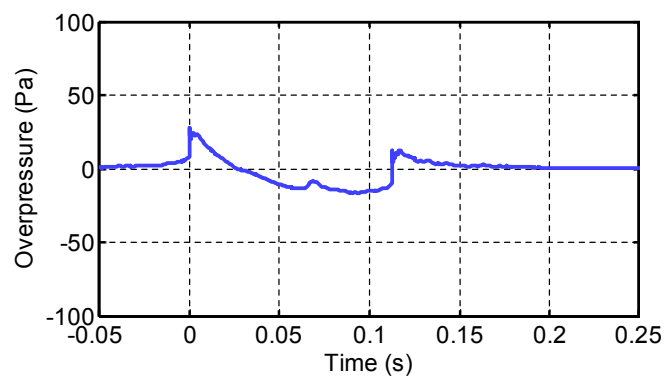
(g) 750 m, Ch 1, 直接波



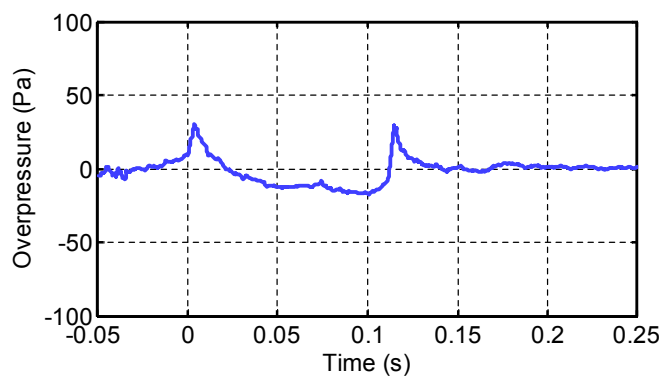
(h) 750 m, Ch 1, 反射波

図 22 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#1, ダイブ開始)

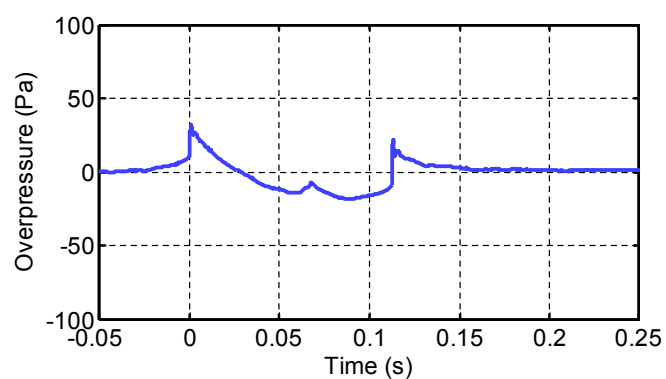




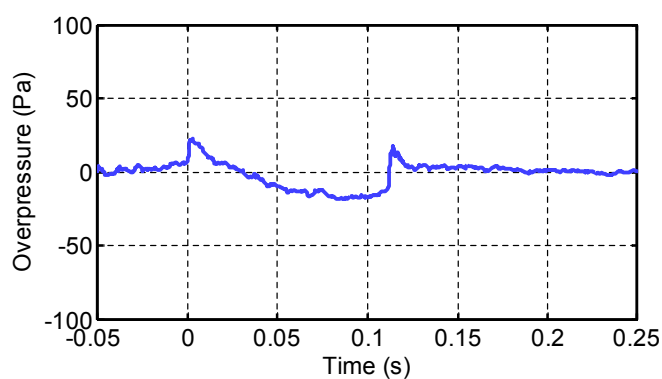
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



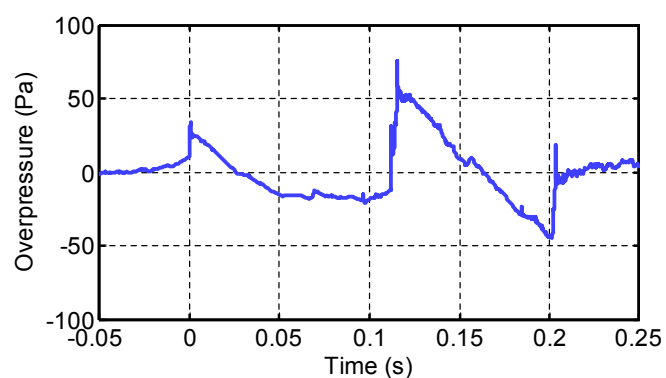
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



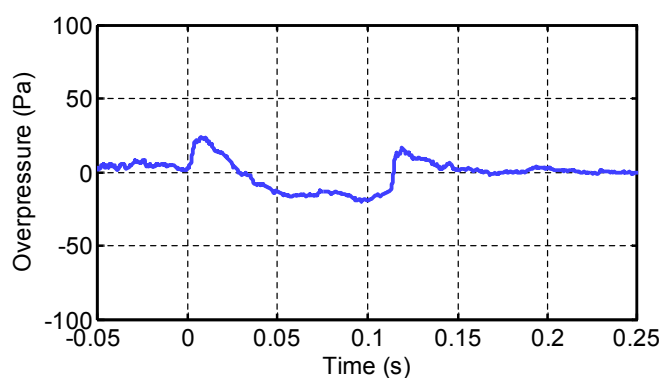
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波

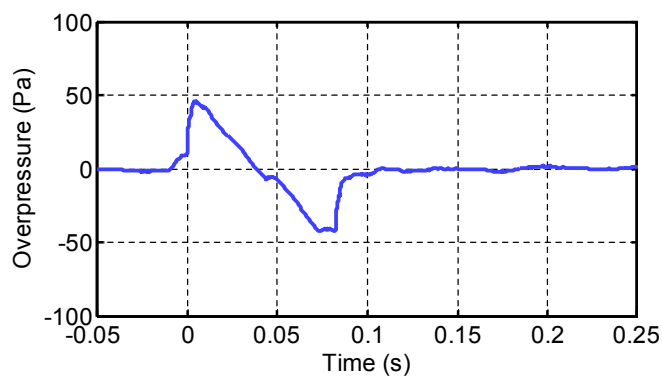


(m) 50 m, Ch 1, 直接波

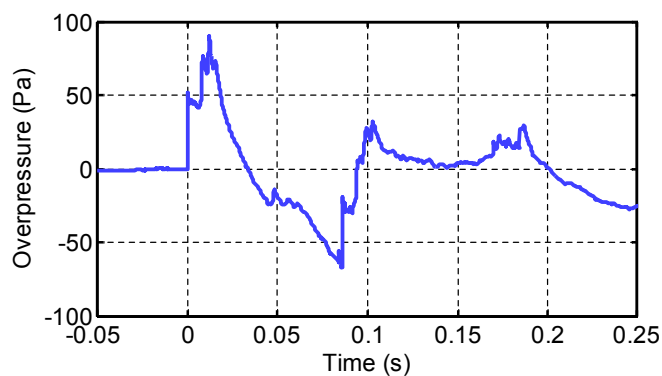


(n) 50 m, Ch 1, 反射波

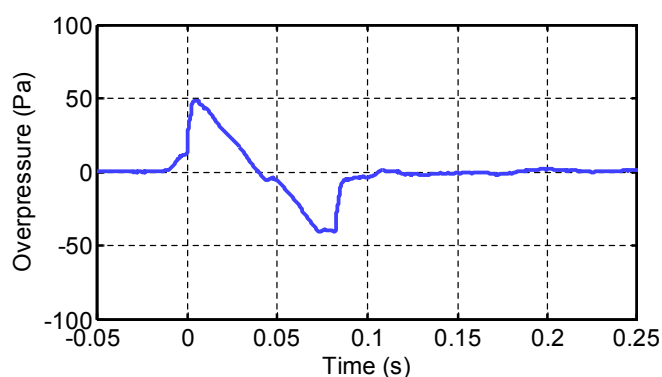
図 22 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#1, ダイブ開始)



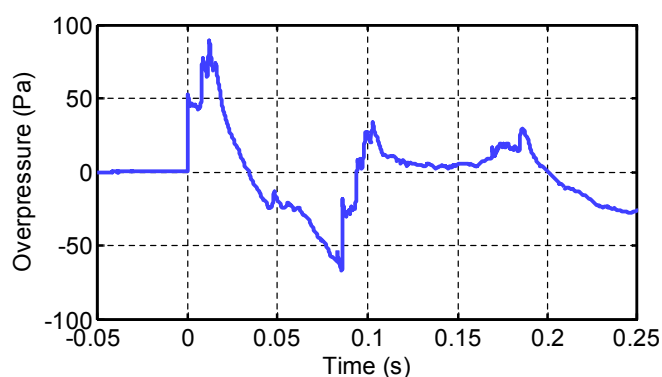
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波



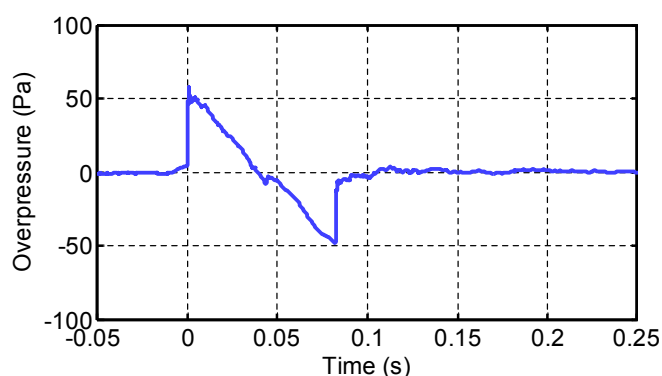
(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



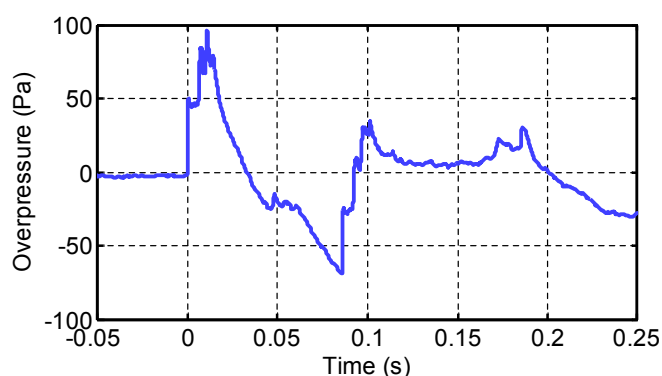
(c) 1000 m, Ch 2, 直接波



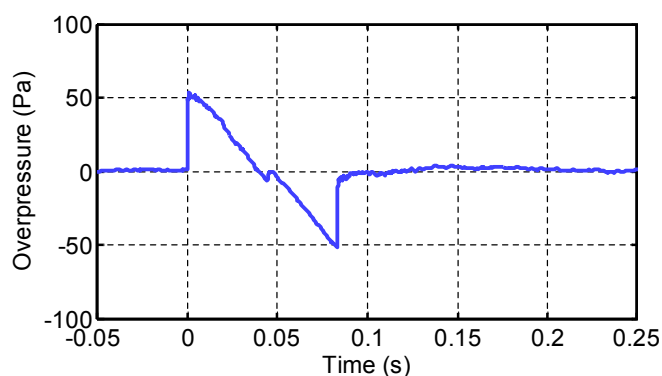
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



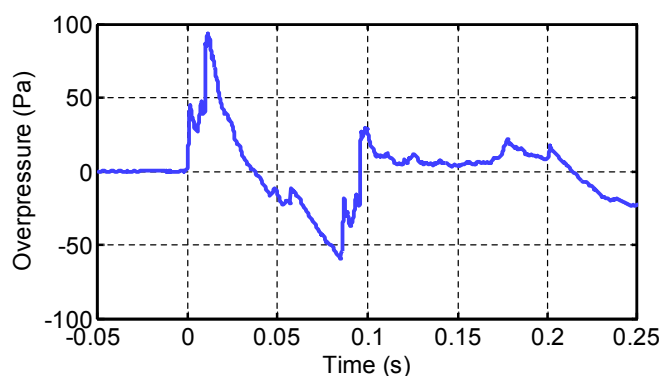
(e) 970 m, Ch 1, 直接波



(f) 970 m, Ch 1, 反射波

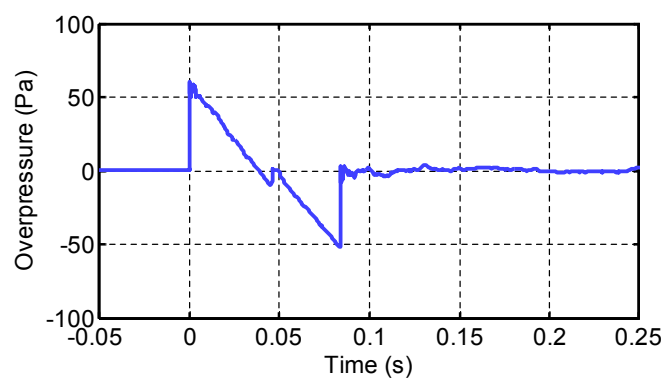


(g) 750 m, Ch 1, 直接波

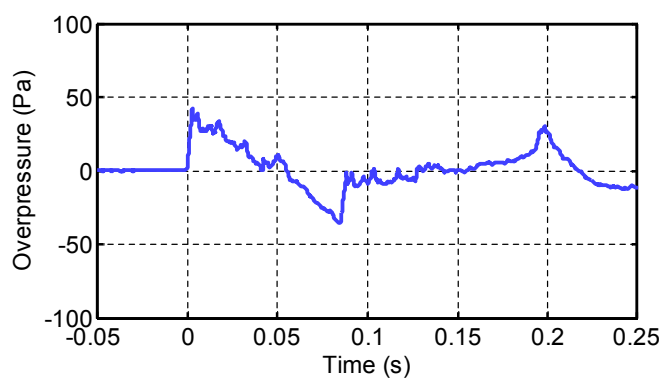


(h) 750 m, Ch 1, 反射波

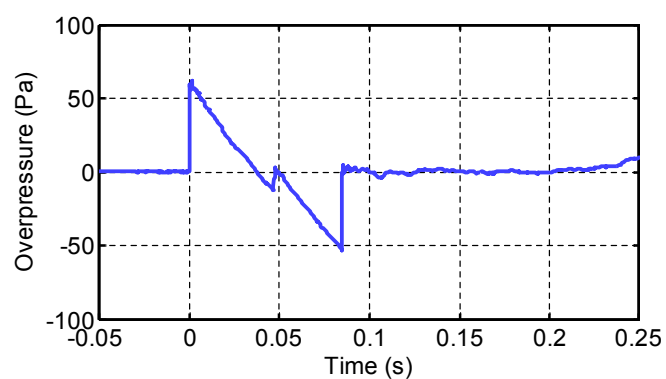
図 23 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#2, ダイブ中)



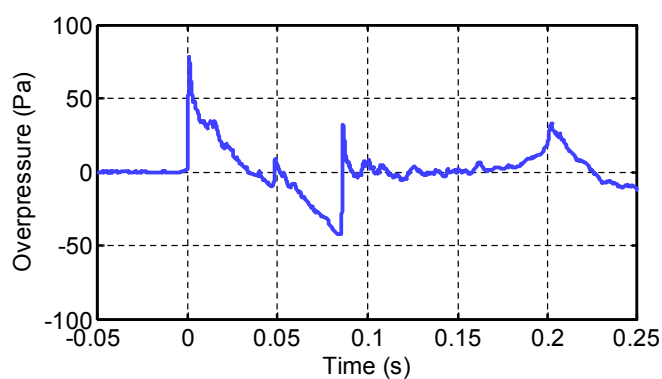
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



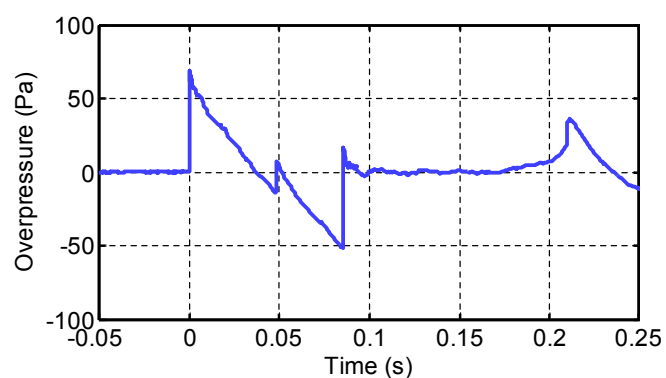
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



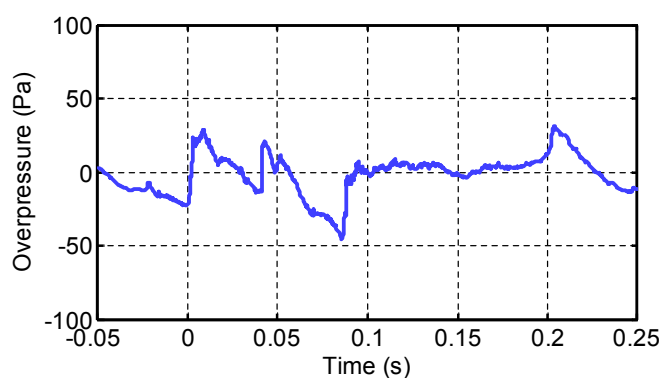
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波

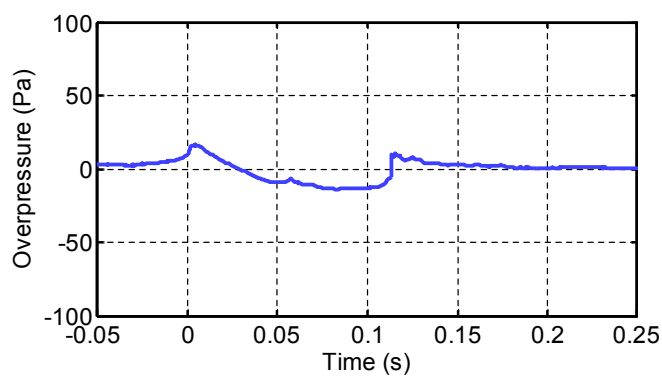


(m) 50 m, Ch 1, 直接波

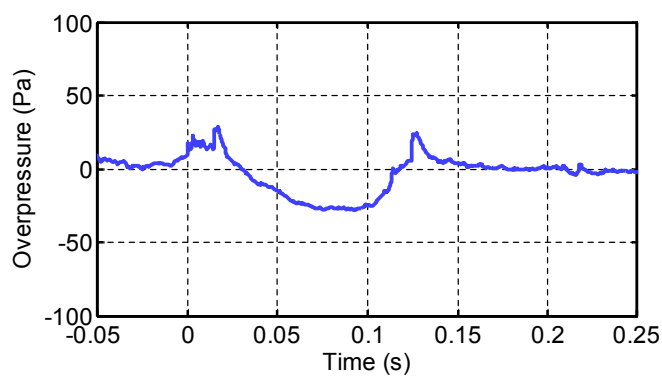


(n) 50 m, Ch 1, 反射波

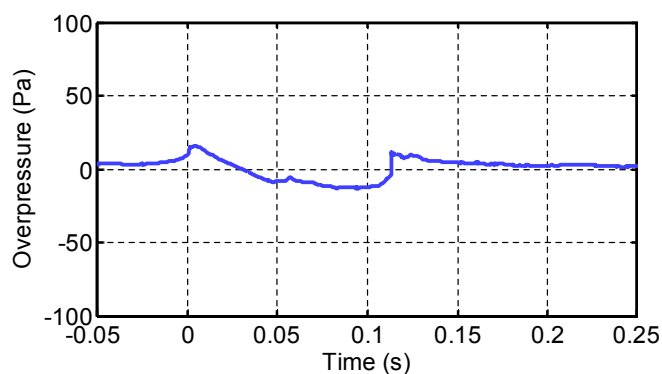
図 23 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#2, ダイブ中)



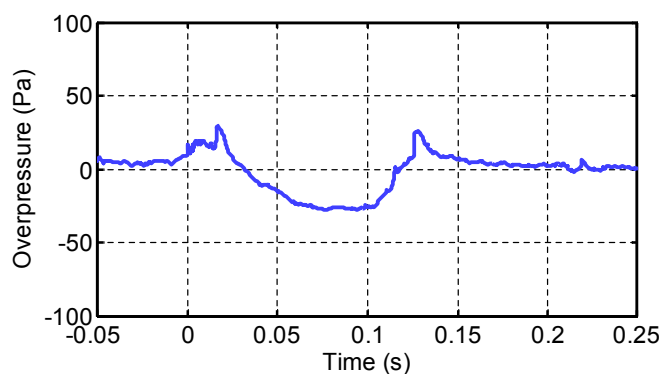
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波



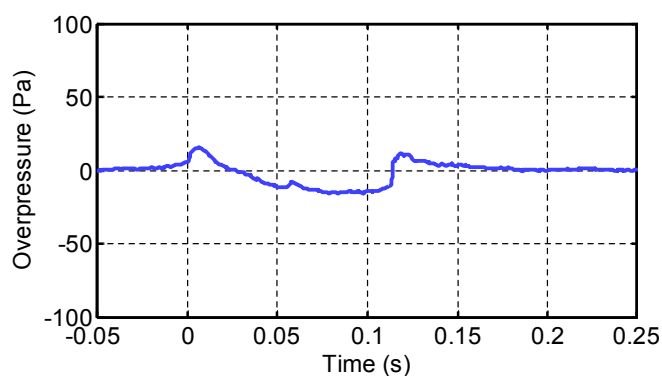
(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



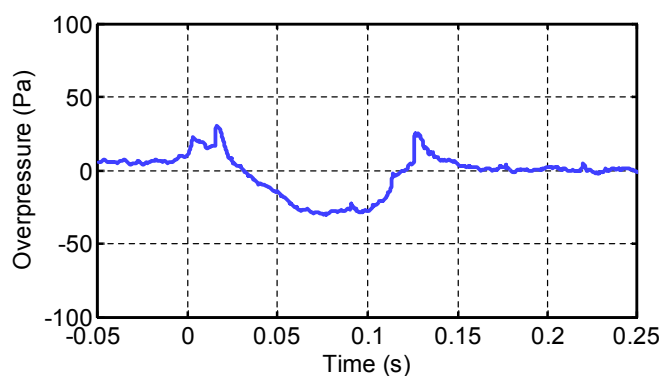
(c) 1000 m, Ch 2, 直接波



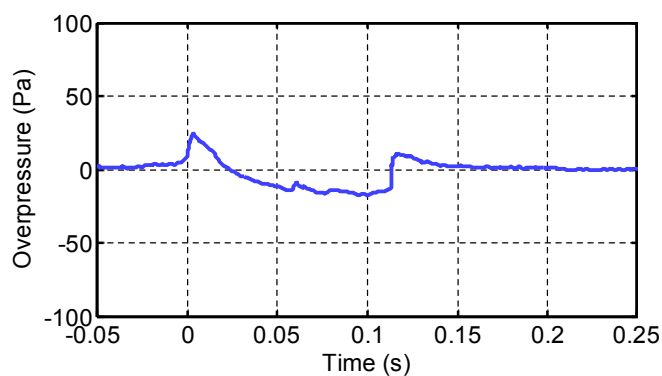
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



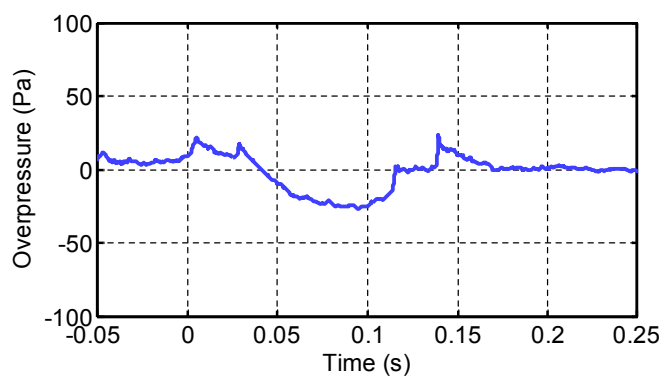
(e) 970 m, Ch 1, 直接波



(f) 970 m, Ch 1, 反射波

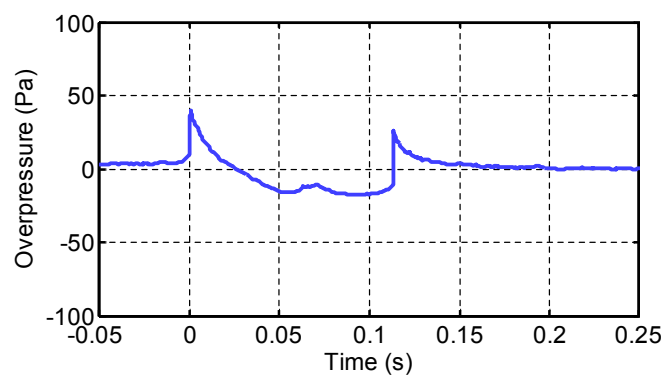


(g) 750 m, Ch 1, 直接波

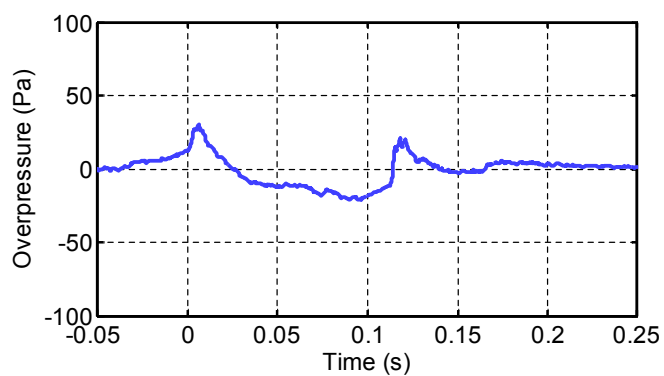


(h) 750 m, Ch 1, 反射波

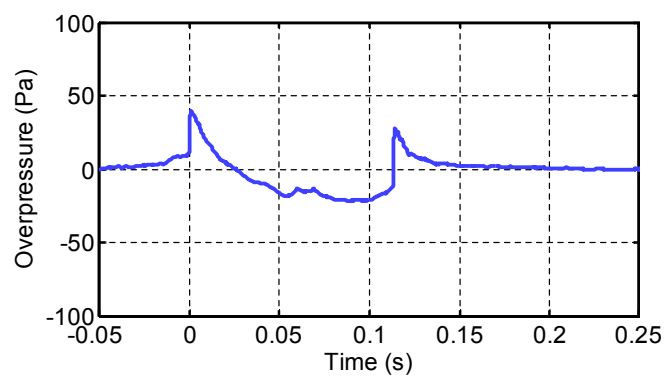
図 24 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#2, ダイブ開始)



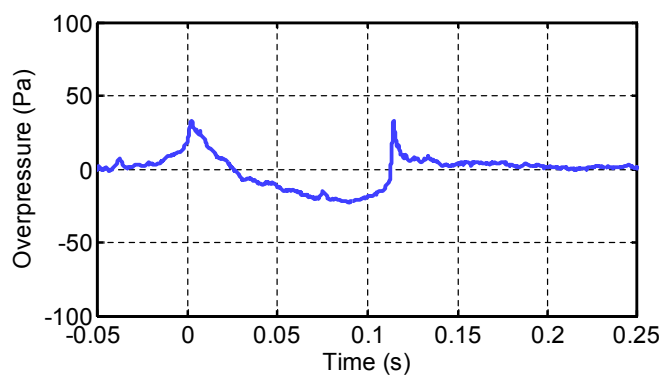
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



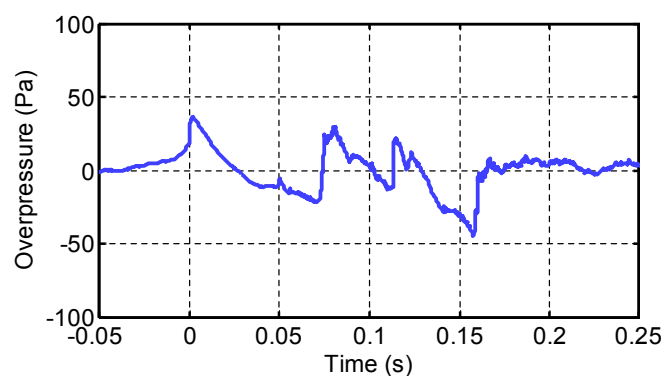
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



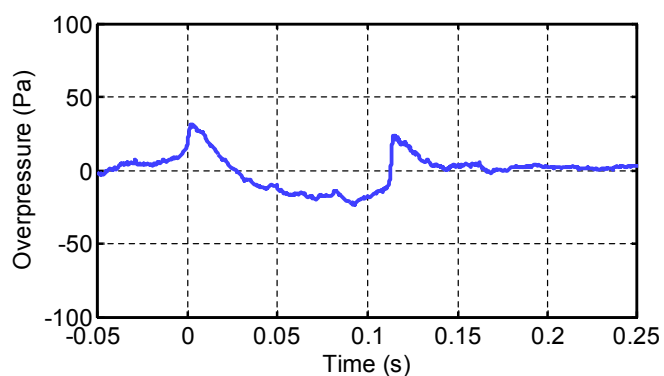
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波



(m) 50 m, Ch 1, 直接波



(n) 50 m, Ch 1, 反射波

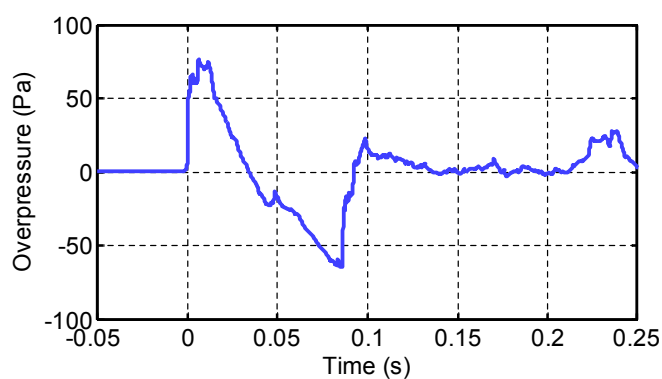
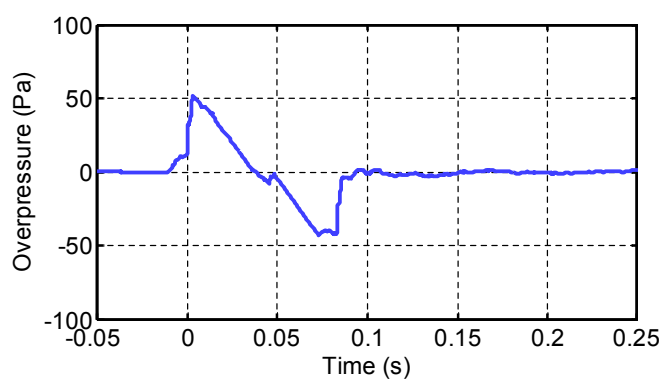
図 24 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#2, ダイブ開始)

計測失敗

計測失敗

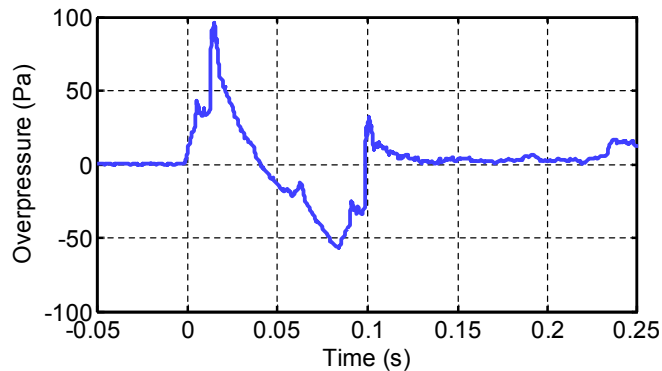
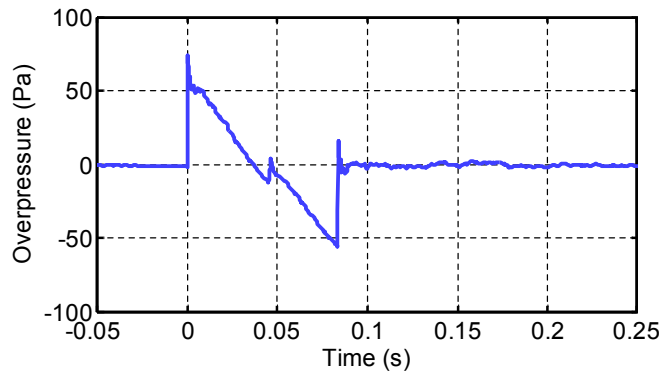
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波

(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



(c) 1000 m, Ch 2, 直接波

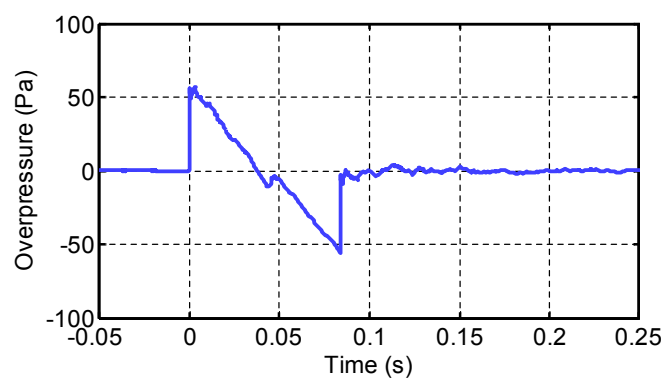
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



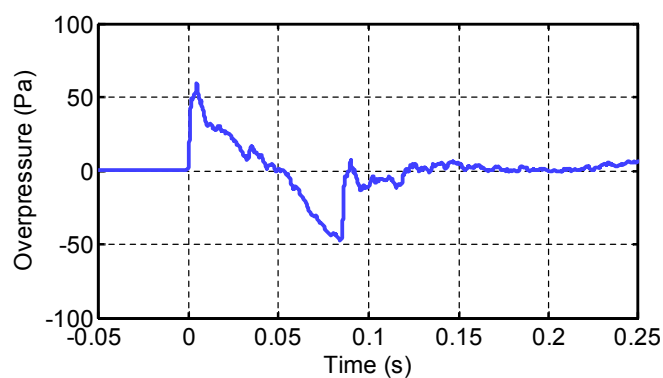
(g) 750 m, Ch 1, 直接波

(h) 750 m, Ch 1, 反射波

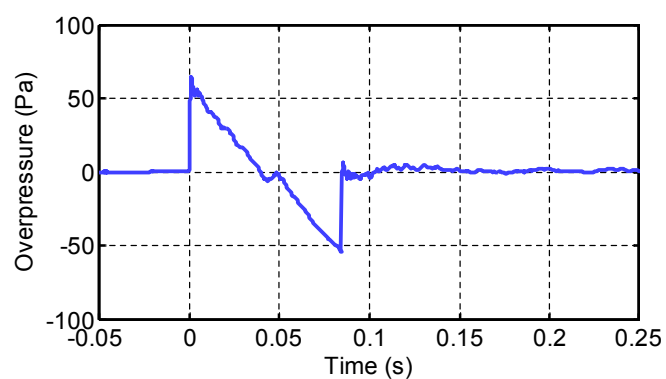
図 25 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#3, ダイブ中)



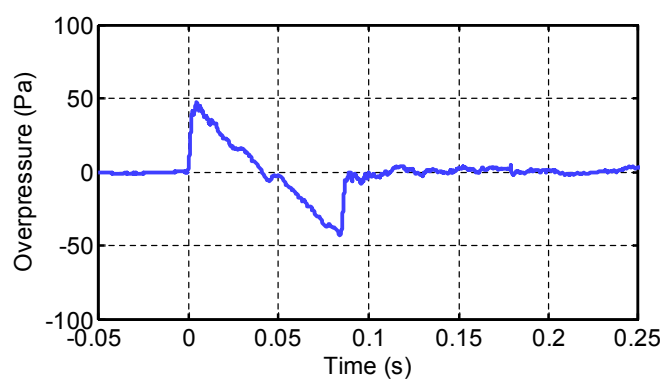
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



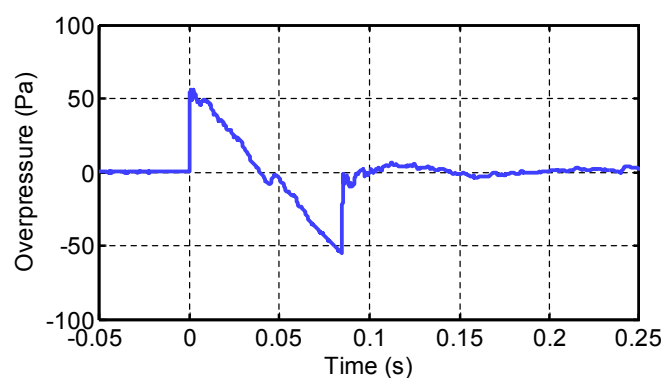
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



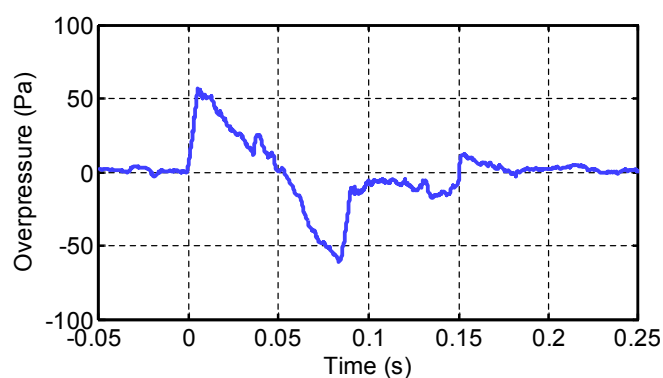
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波



(m) 50 m, Ch 1, 直接波



(n) 50 m, Ch 1, 反射波

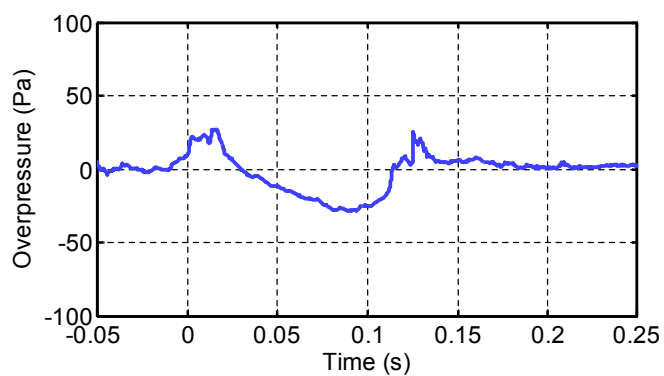
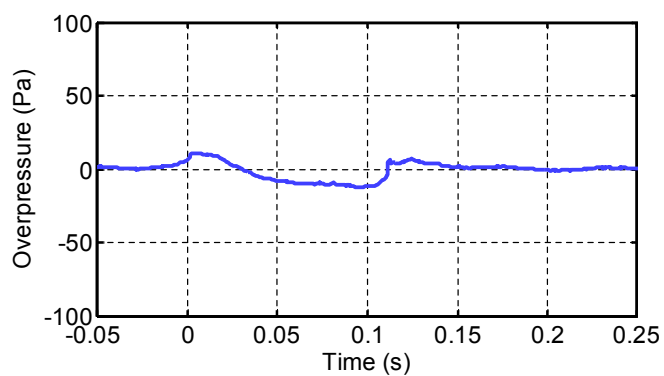
図 25 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#3, ダイブ中)

計測失敗

計測失敗

(a) 1000 m, Ch 1, 直接波

(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



(c) 1000 m, Ch 2, 直接波

(d) 1000 m, Ch 2, 反射波

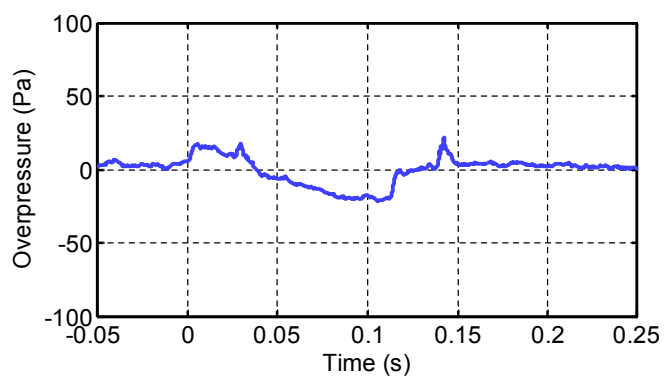
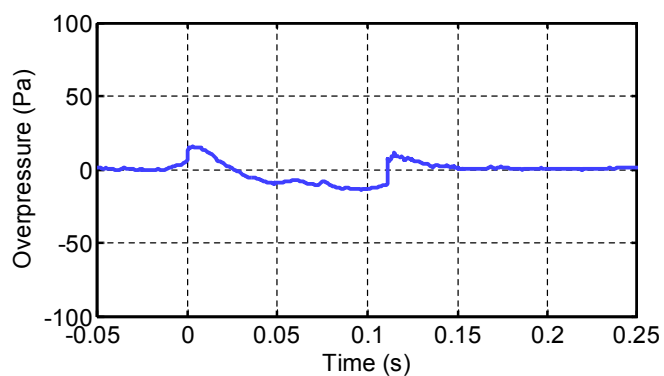


計測失敗

計測失敗

(e) 970 m, Ch 1, 直接波

(f) 970 m, Ch 1, 反射波



(g) 750 m, Ch 1, 直接波

(h) 750 m, Ch 1, 反射波

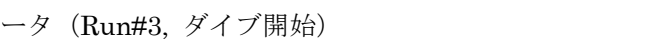
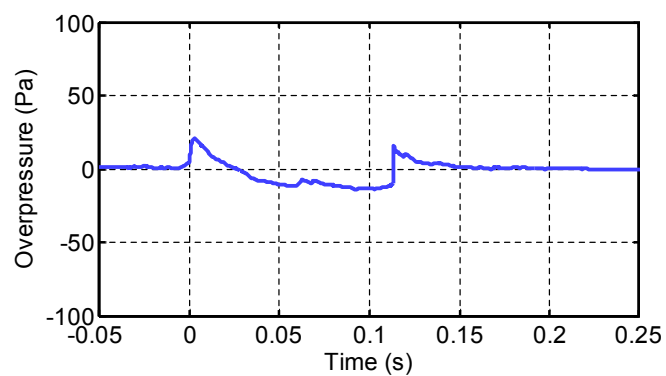
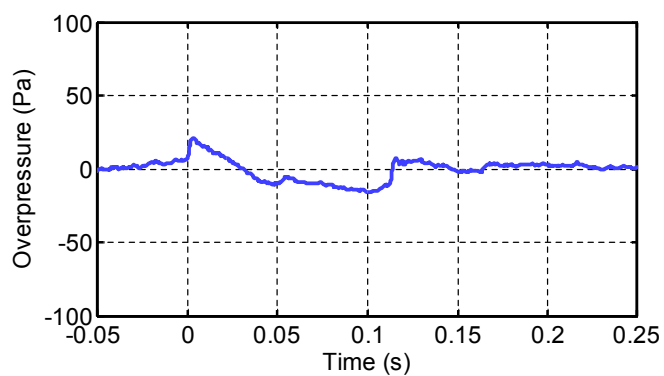


図 26 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#3, ダイブ開始)

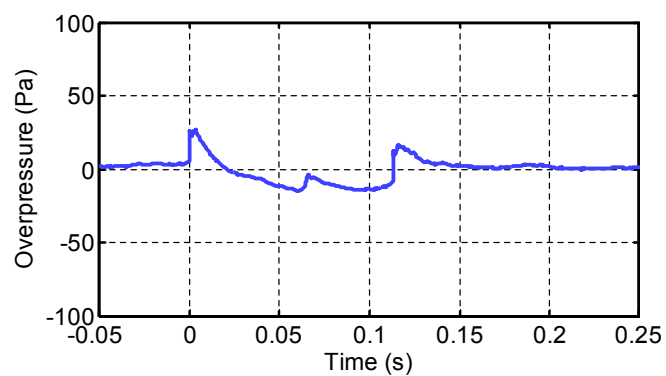




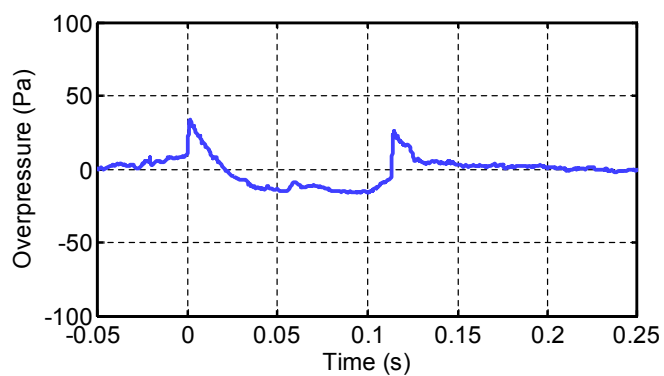
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



(j) 500 m, Ch 1, 反射波

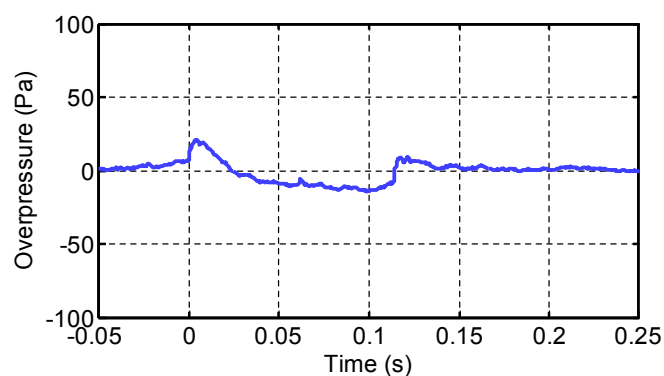


(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波

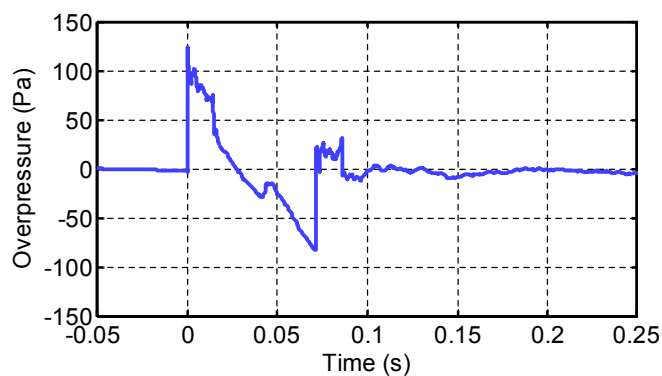
ダイブ中 50 m, Ch 1, 反射波と重なり  
(図 25 (n))



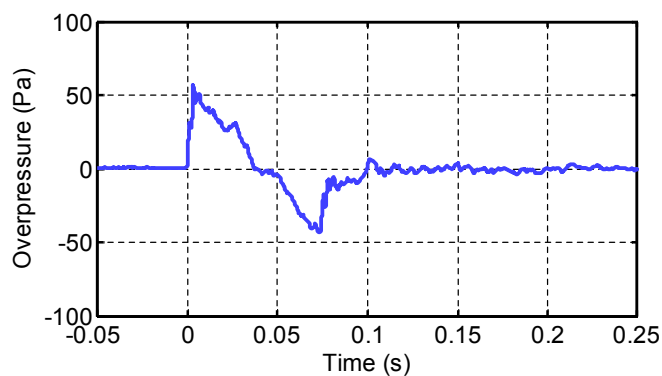
(m) 50 m, Ch 1, 直接波

(n) 50 m, Ch 1, 反射波

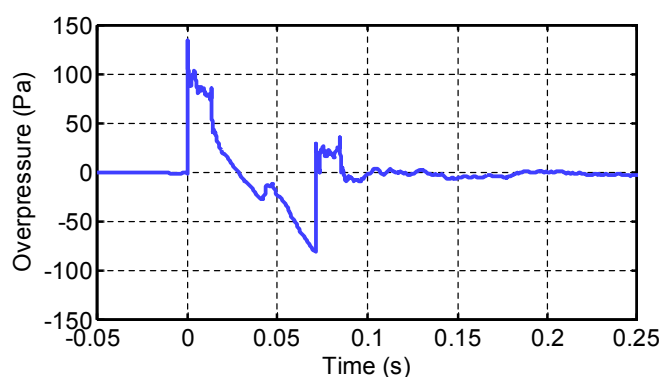
図 26 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#3, ダイブ開始)



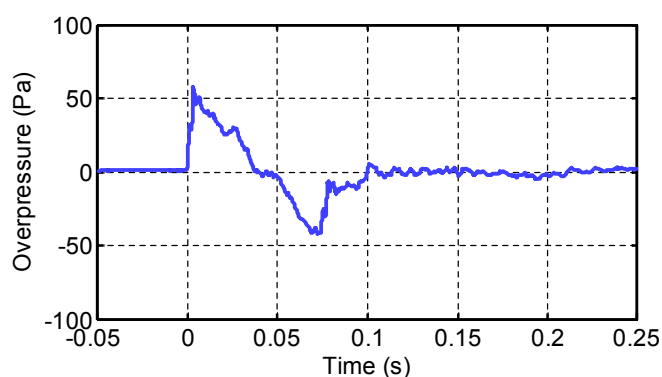
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波



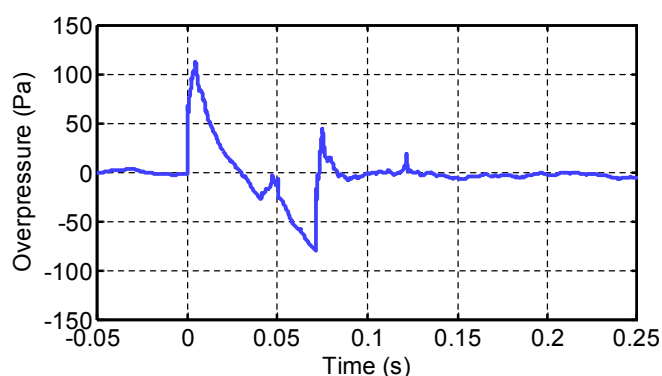
(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



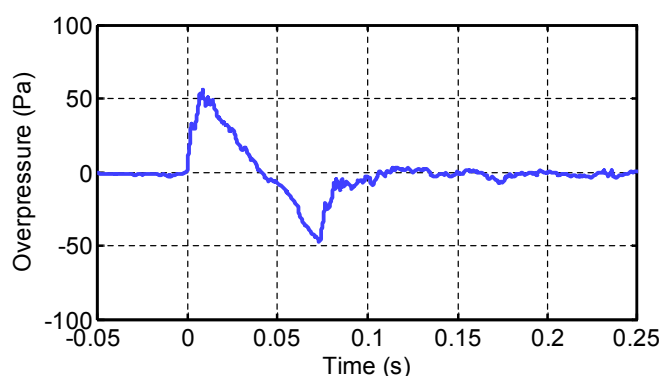
(c) 1000 m, Ch 2, 直接波



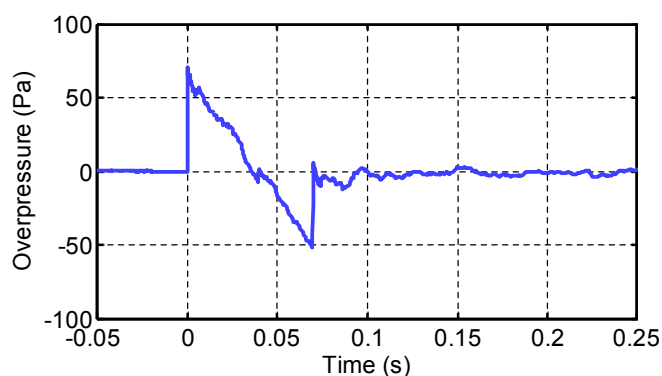
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



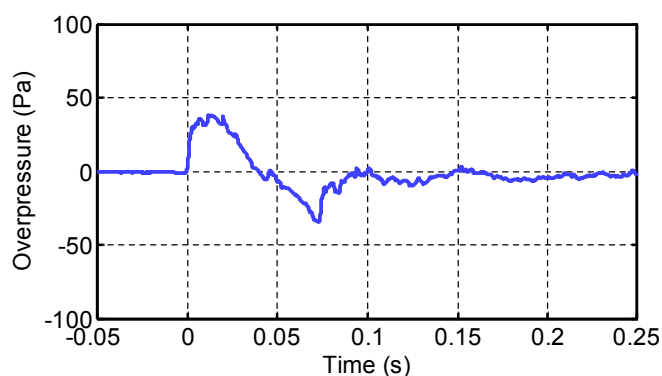
(e) 970 m, Ch 1, 直接波



(f) 970 m, Ch 1, 反射波

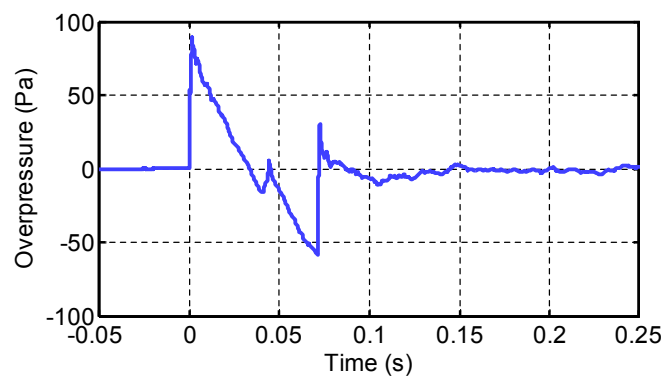


(g) 750 m, Ch 1, 直接波

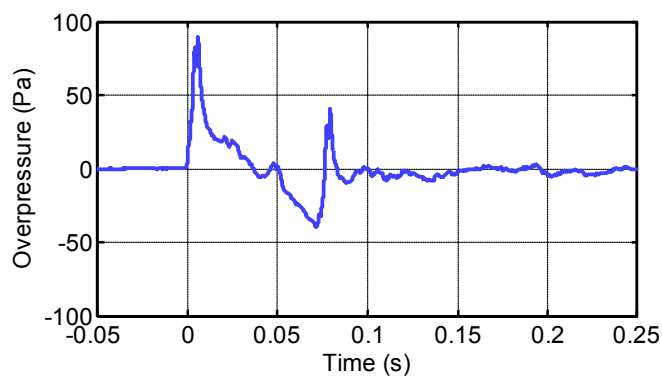


(h) 750 m, Ch 1, 反射波

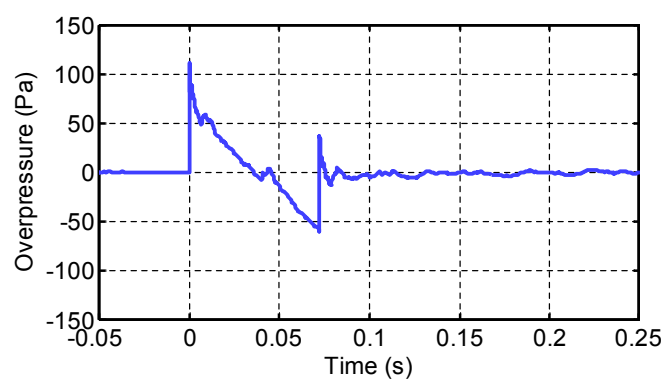
図 27 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#4, 水平定常)



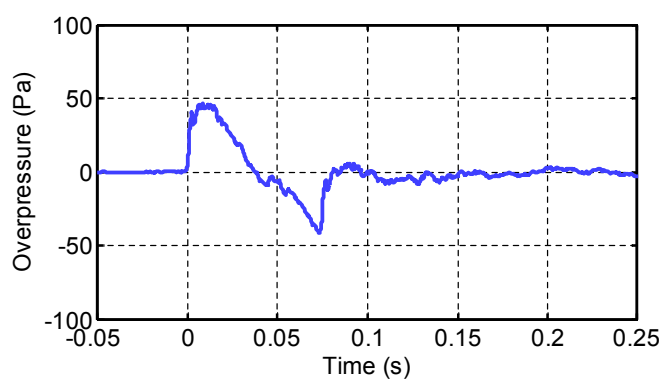
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



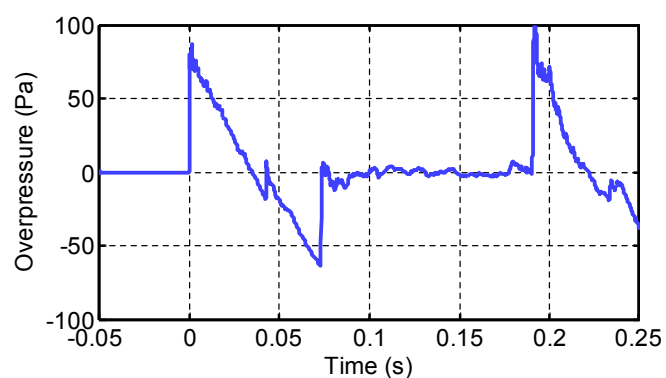
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



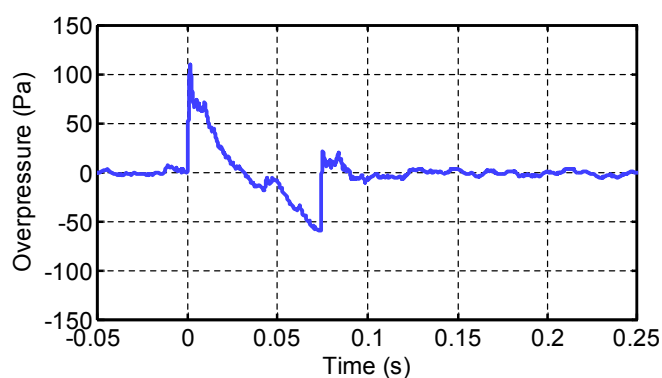
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波

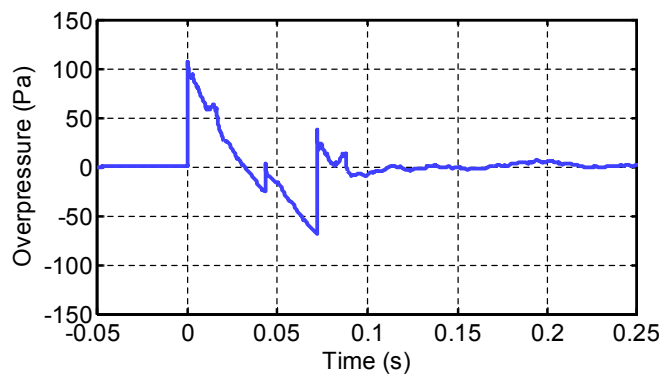


(m) 50 m, Ch 1, 直接波

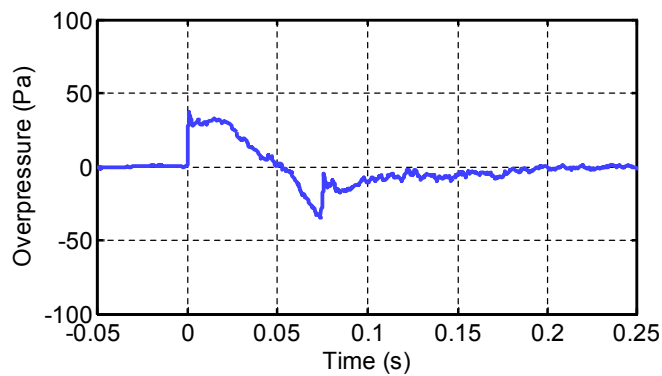


(n) 50 m, Ch 1, 反射波

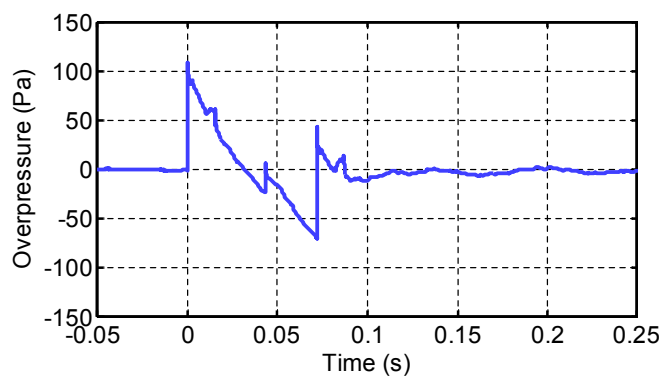
図 27 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#4, 水平定常)



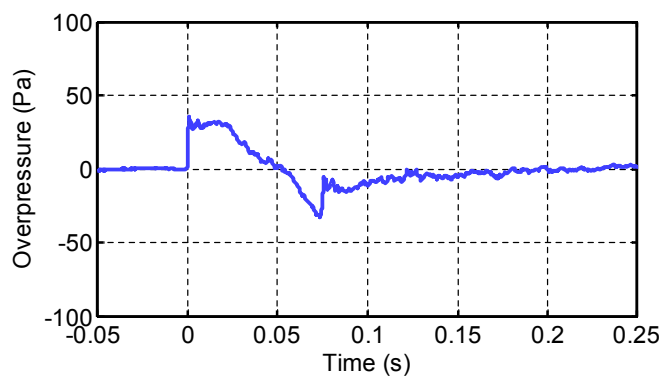
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波



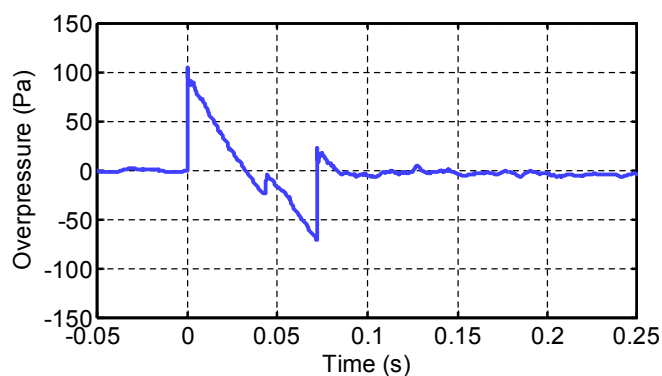
(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



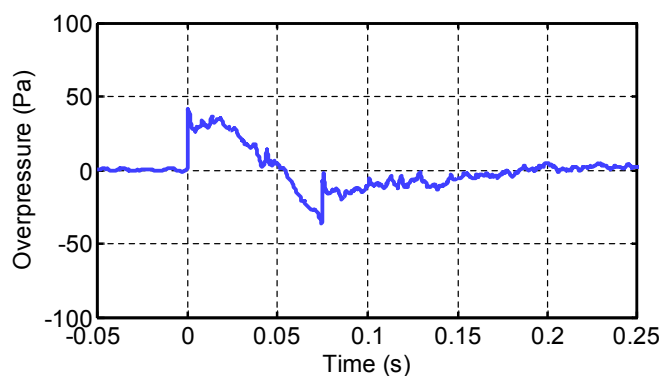
(c) 1000 m, Ch 2, 直接波



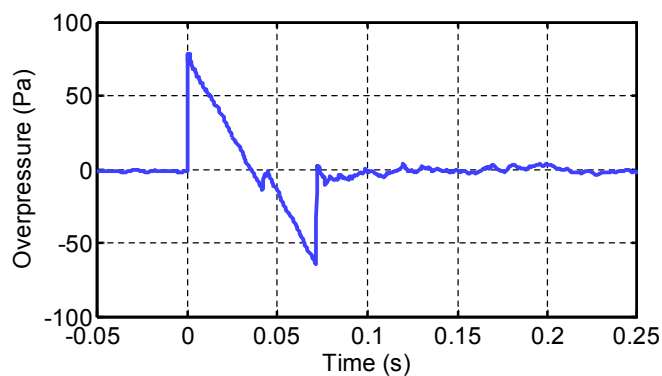
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



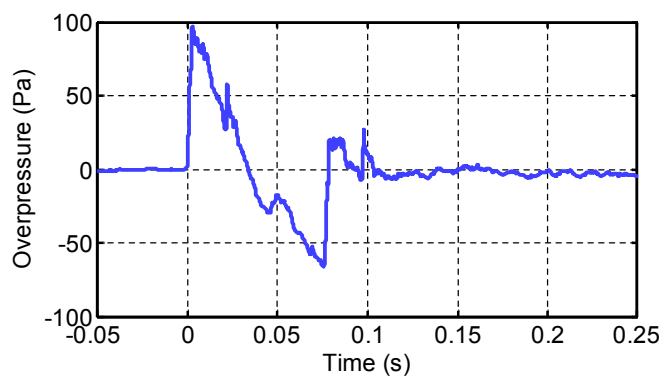
(e) 970 m, Ch 1, 直接波



(f) 970 m, Ch 1, 反射波

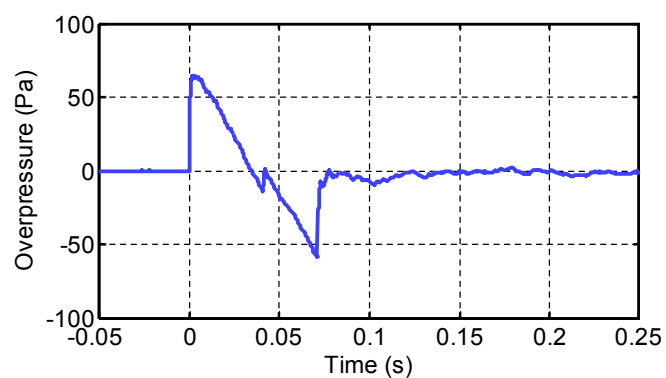


(g) 750 m, Ch 1, 直接波

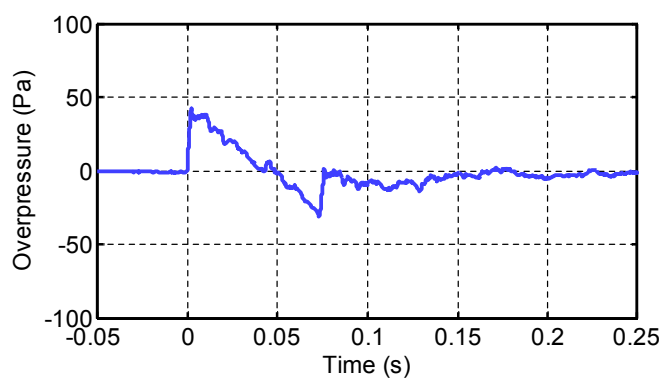


(h) 750 m, Ch 1, 反射波

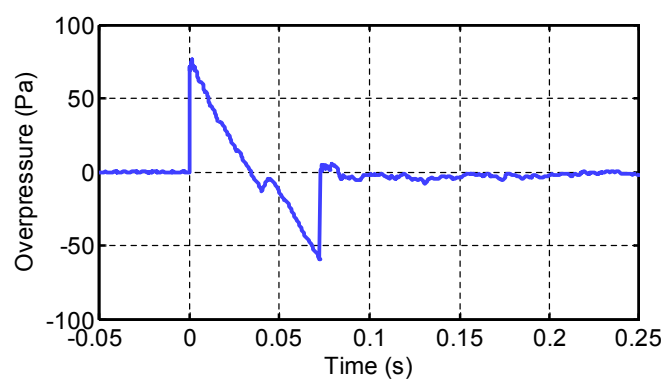
図 28 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#5, 水平定常)



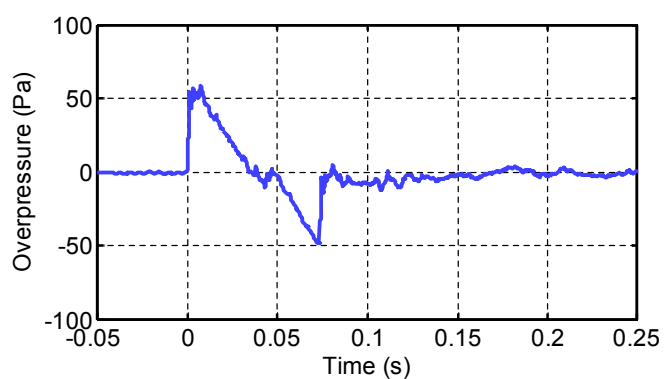
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



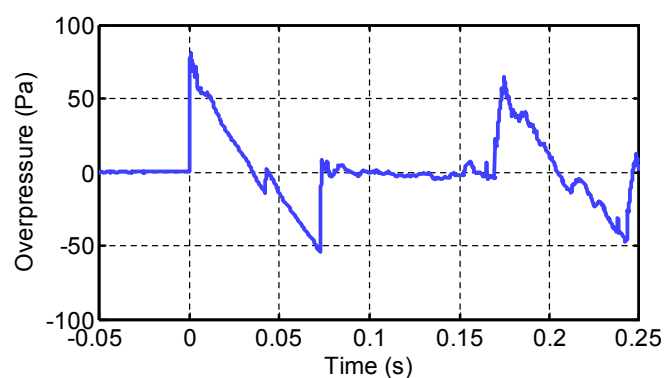
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



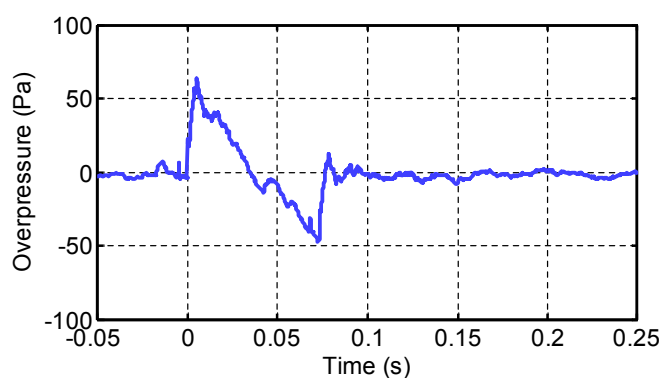
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波

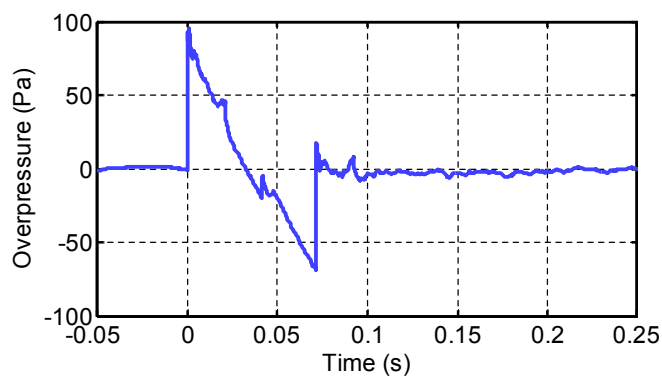


(m) 50 m, Ch 1, 直接波

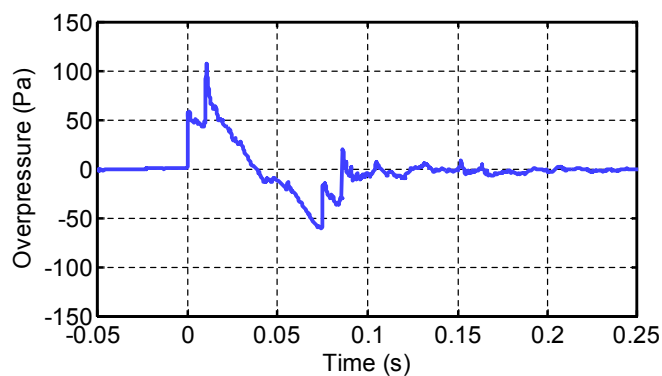


(n) 50 m, Ch 1, 反射波

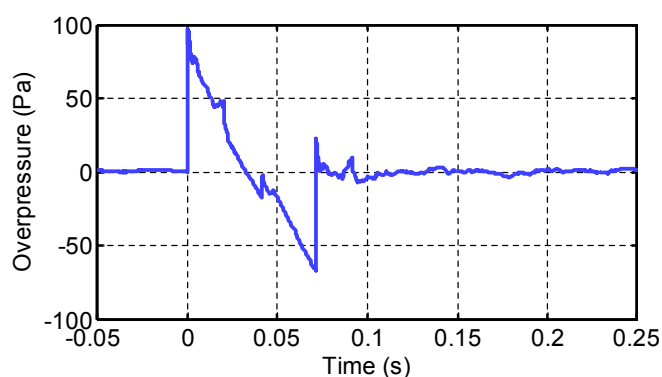
図 28 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#5, 水平定常)



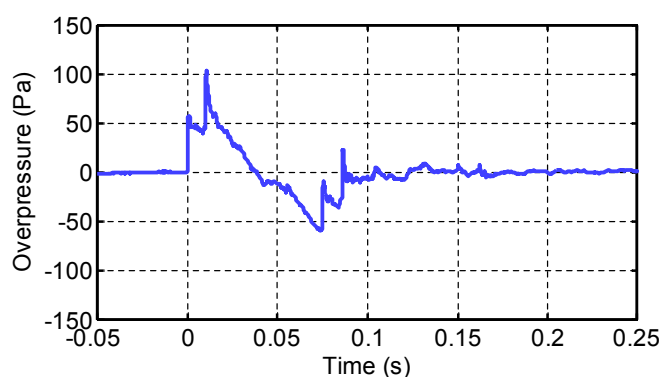
(a) 1000 m, Ch 1, 直接波



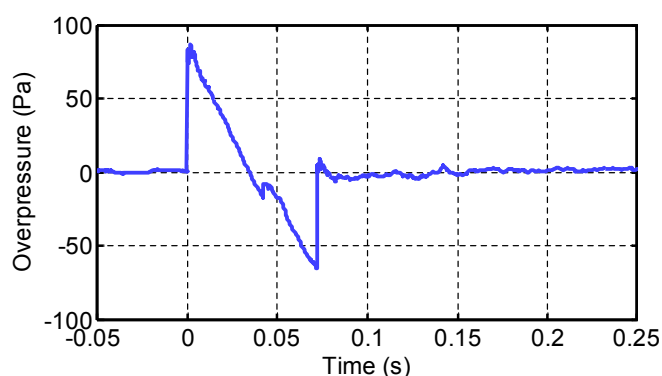
(b) 1000 m, Ch 1, 反射波



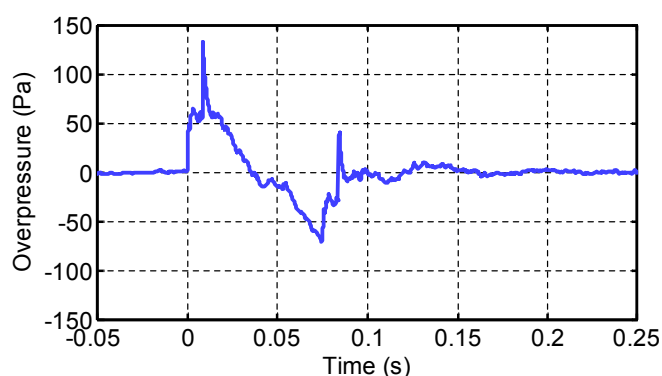
(c) 1000 m, Ch 2, 直接波



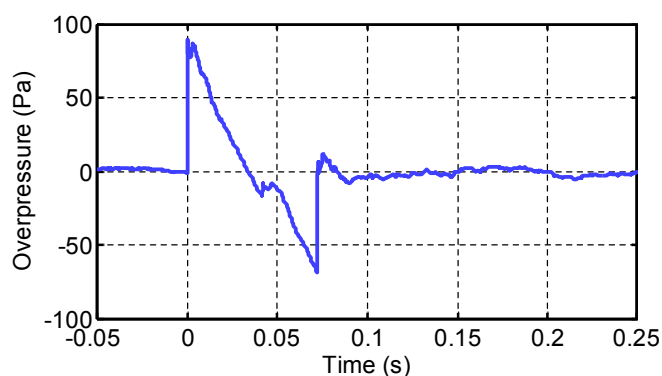
(d) 1000 m, Ch 2, 反射波



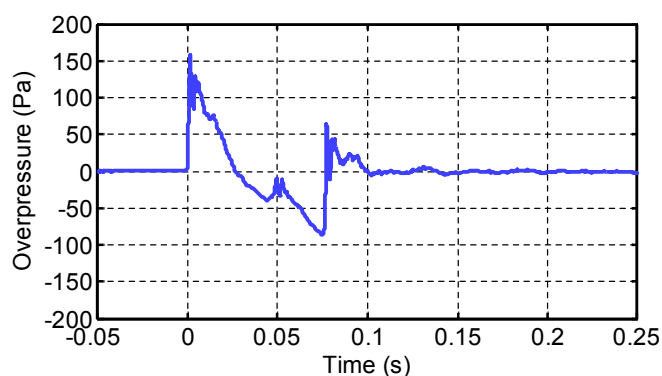
(e) 970 m, Ch 1, 直接波



(f) 970 m, Ch 1, 反射波

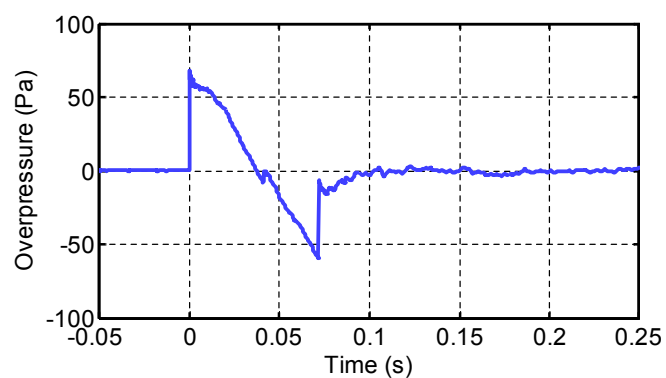


(g) 750 m, Ch 1, 直接波

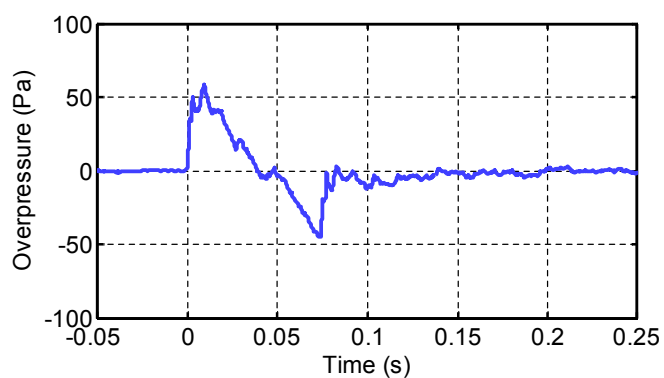


(h) 750 m, Ch 1, 反射波

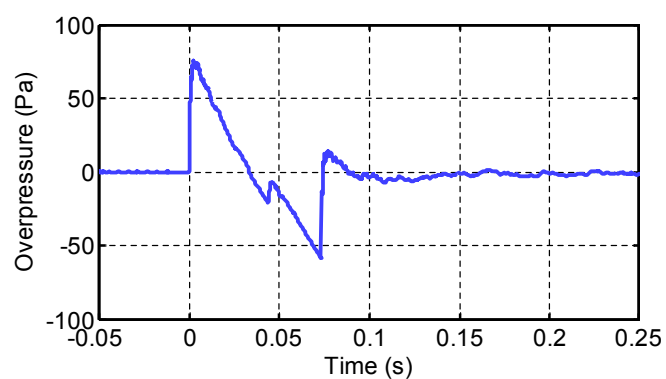
図 29 (1 / 2) 空中計測音響データ (Run#6, 水平定常)



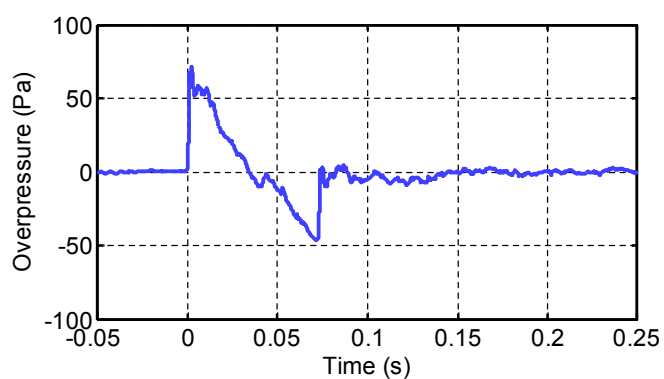
(i) 500 m, Ch 1, 直接波



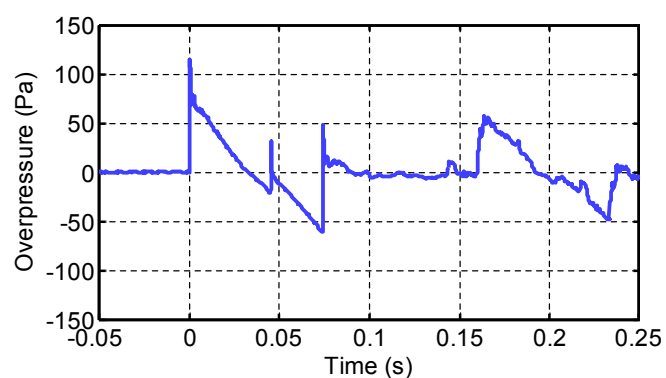
(j) 500 m, Ch 1, 反射波



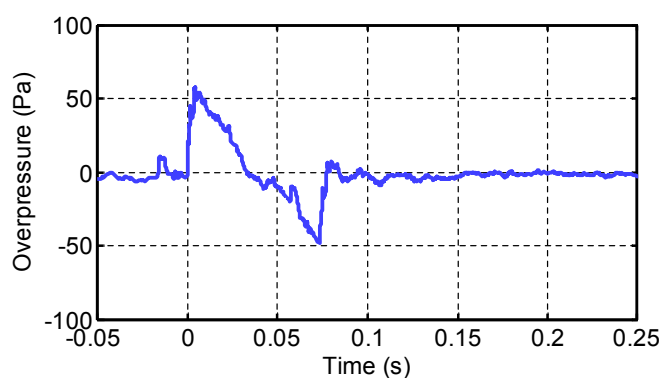
(k) 250 m, Ch 1, 直接波



(l) 250 m, Ch 1, 反射波



(m) 50 m, Ch 1, 直接波



(n) 50 m, Ch 1, 反射波

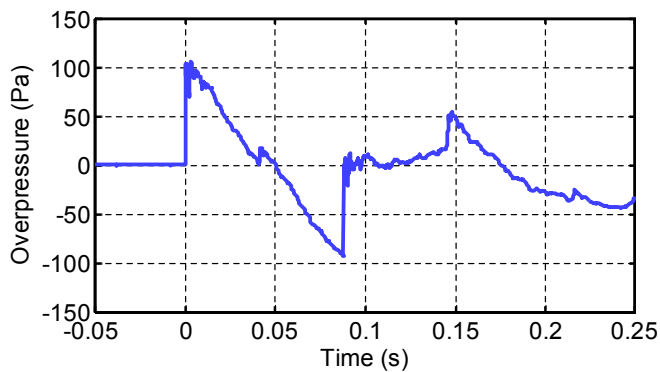
図 29 (2 / 2) 空中計測音響データ (Run#6, 水平定常)

### 3. 3. 2 地上屋外計測データ

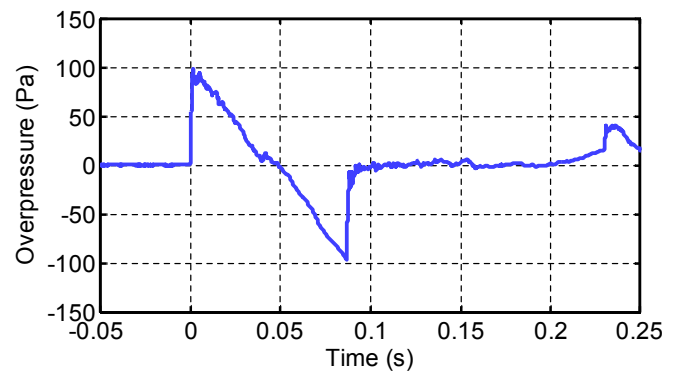
地上屋外計測は全ての飛行（フライオーバー）、チャンネルにおいて正常な計測に成功した。全 6 回のフライオーバーに対する地上計測データを図 30～図 38 に示す。空中計測と同様に、Run#1～#3 のダイブ飛行に対しては、ダイブ中に発生した計測目標波形に加え、ダイブ開始時

に発生したソニックブームも観測された。

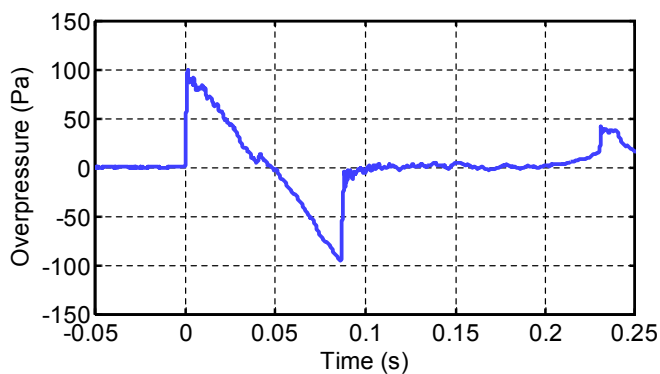
計測目標波形を見ると、ダイブ飛行（Run#1～#3）と水平定常飛行（Run#4～#6）は大気乱流等による変形を除けば同様の波形となっていることが分かる。同様の結果は ABBA Test#2-1 でも確認されており、ダイブ飛行による低ブーム設計概念の有用性が改めて示された。



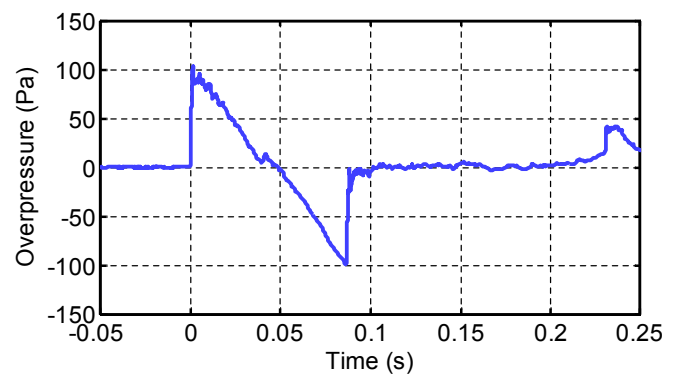
(a) Ch 1



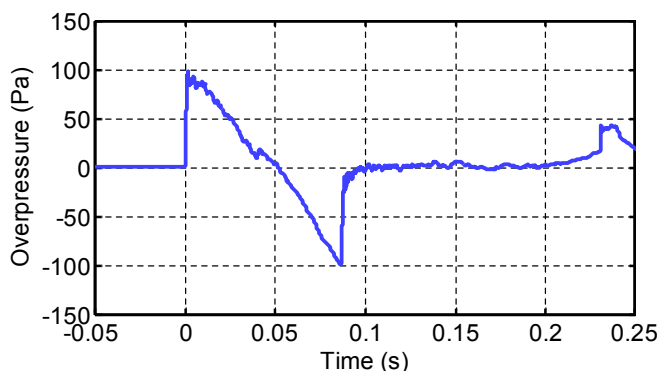
(b) Ch 2



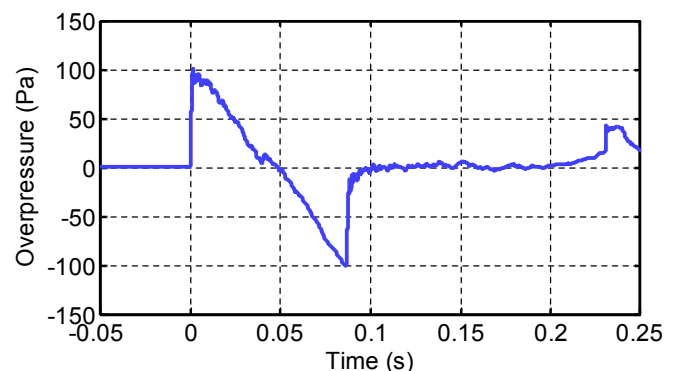
(c) Ch 3



(d) Ch 4



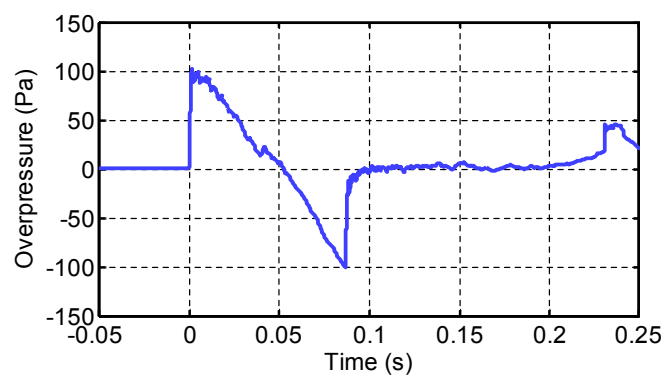
(e) Ch 5



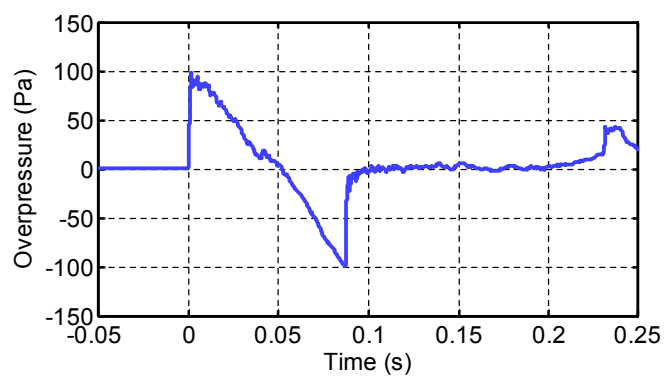
(f) Ch 6

図 30 (1 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#1, ダイブ中)

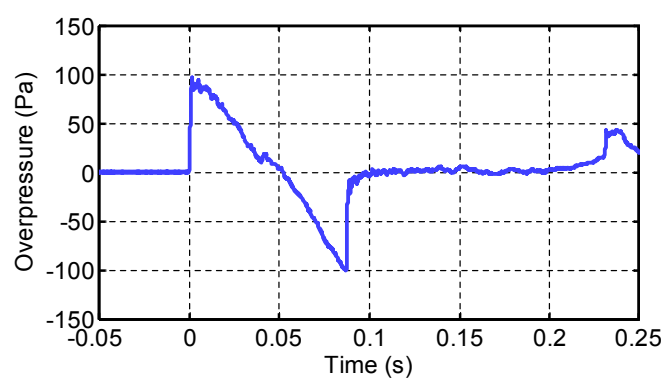




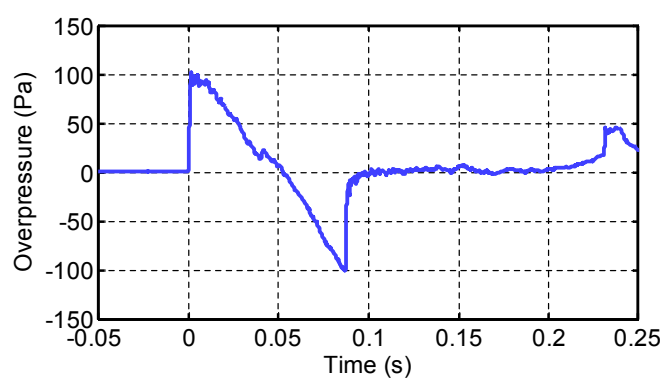
(g) Ch 7



(h) Ch 8

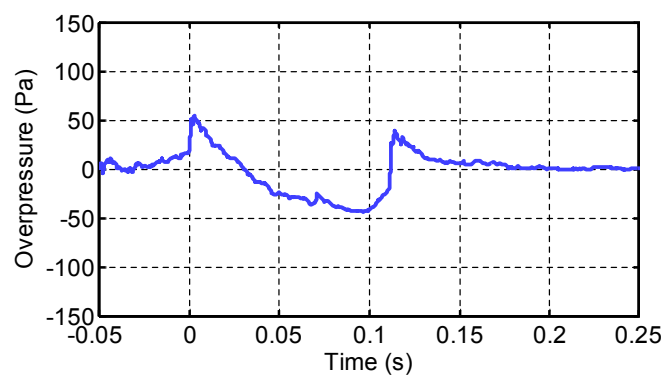


(i) Ch 9

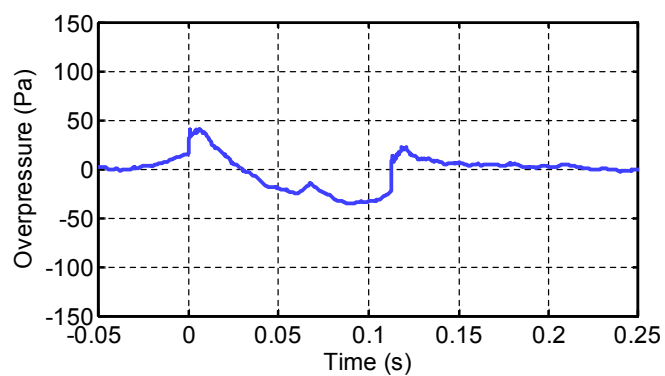


(j) Ch 10

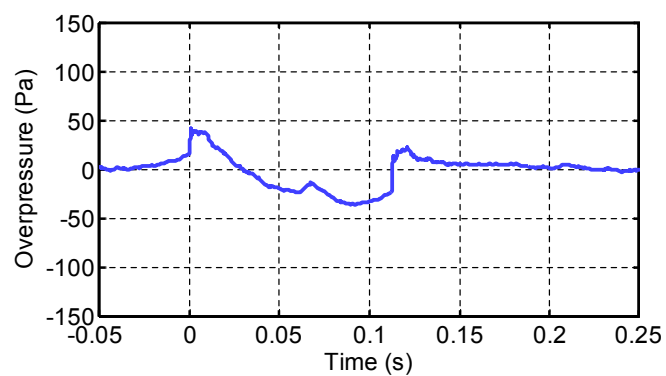
図 30 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#1, ダイブ中)



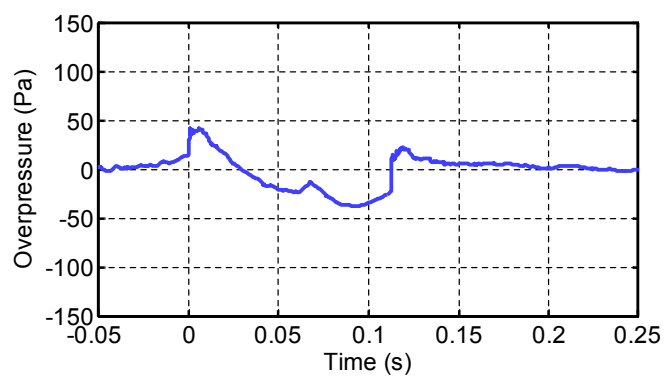
(a) Ch 1



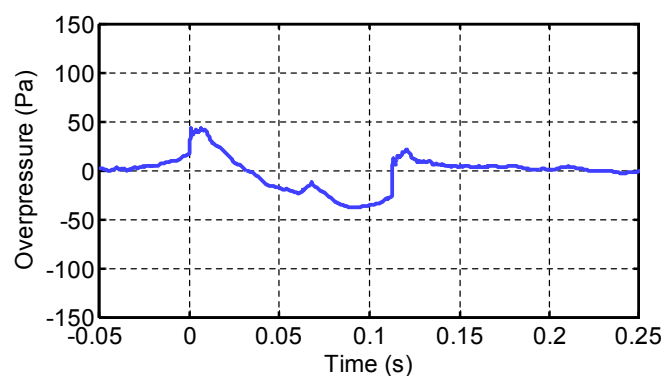
(b) Ch 2



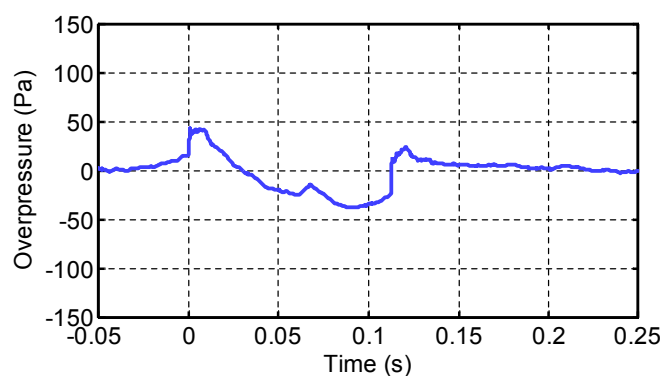
(c) Ch 3



(d) Ch 4

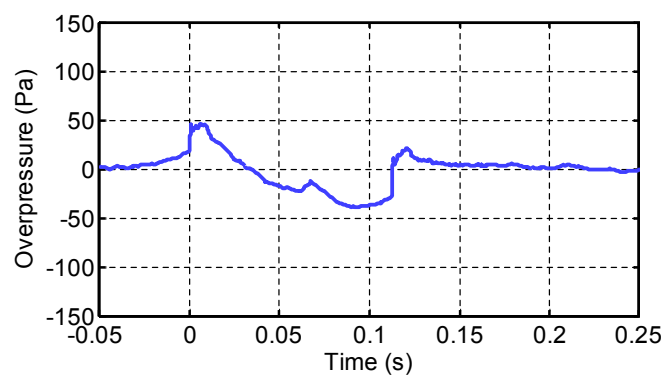


(e) Ch 5

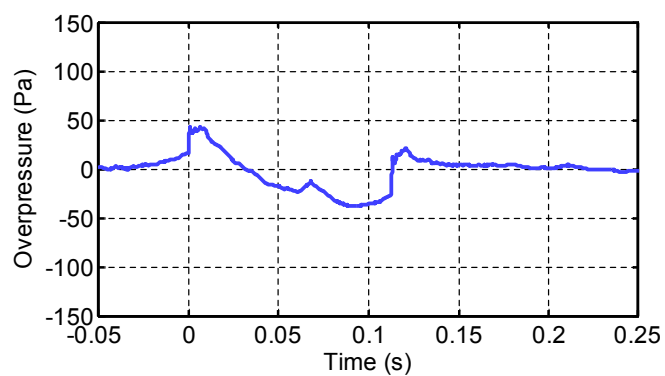


(f) Ch 6

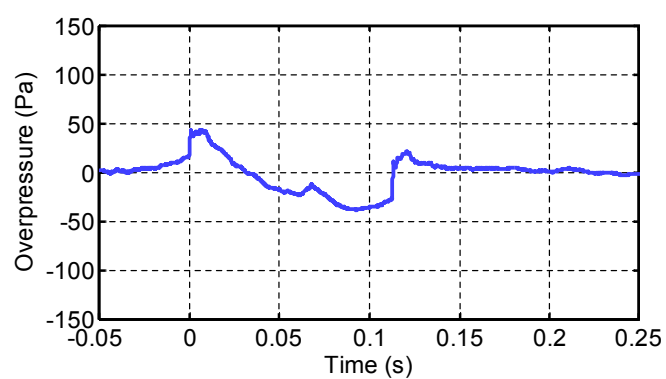
図 31 (1 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#1, ダイブ開始)



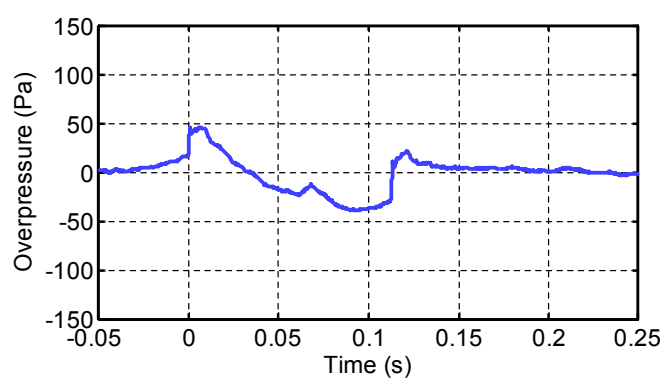
(g) Ch 7



(h) Ch 8

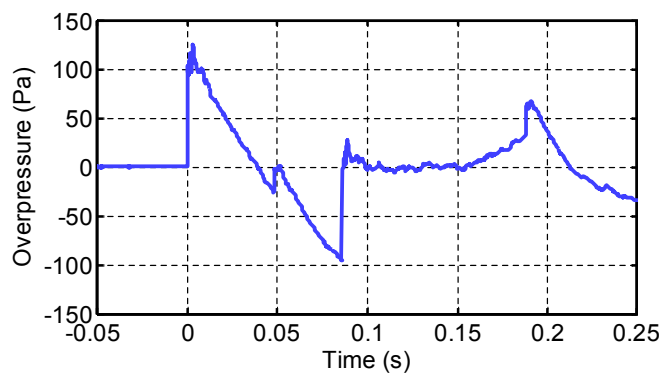


(i) Ch 9

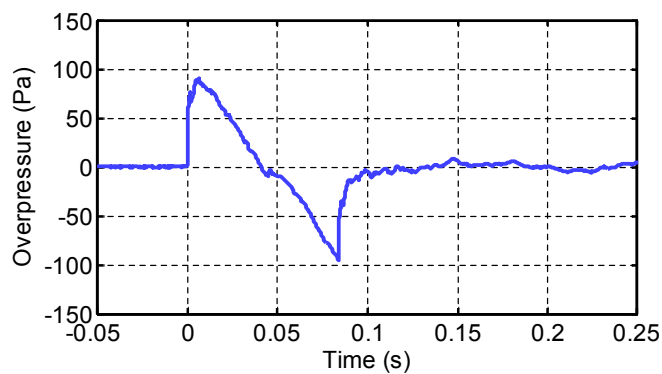


(j) Ch 10

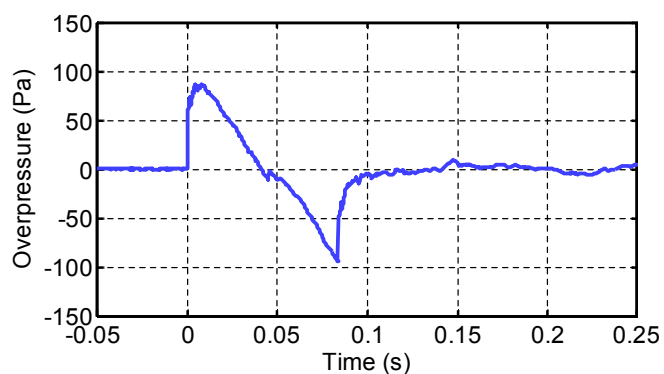
図 31 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#1, ダイブ開始)



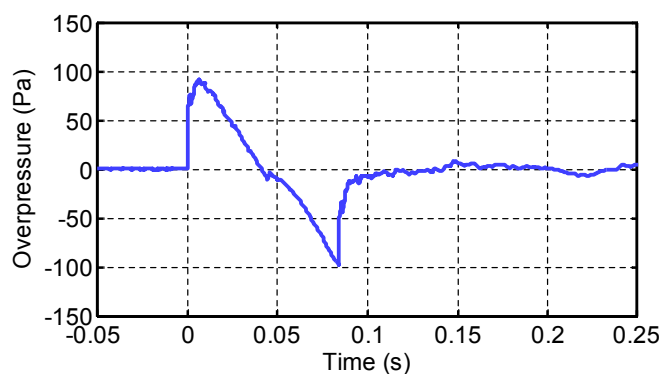
(a) Ch 1



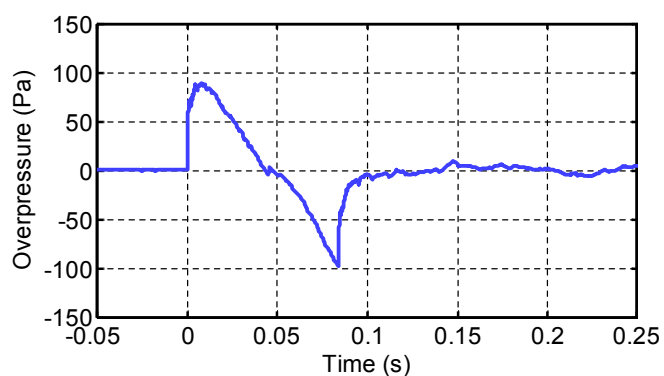
(b) Ch 2



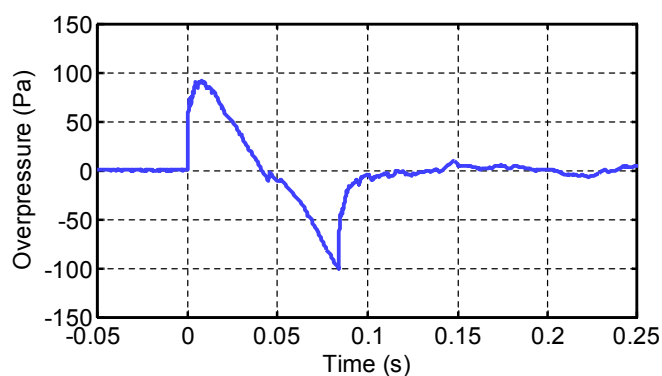
(c) Ch 3



(d) Ch 4

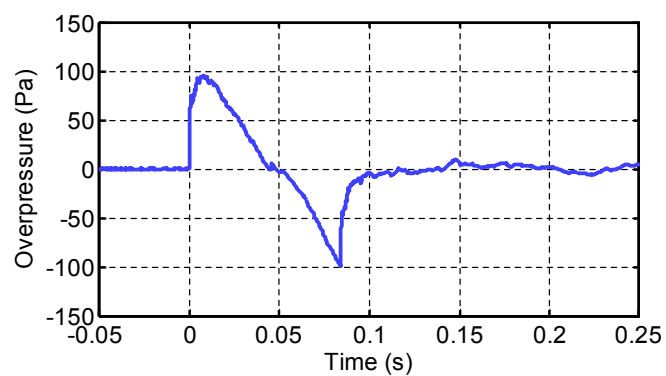


(e) Ch 5

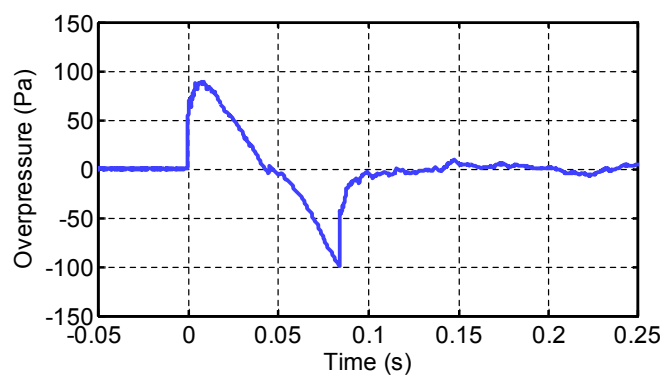


(f) Ch 6

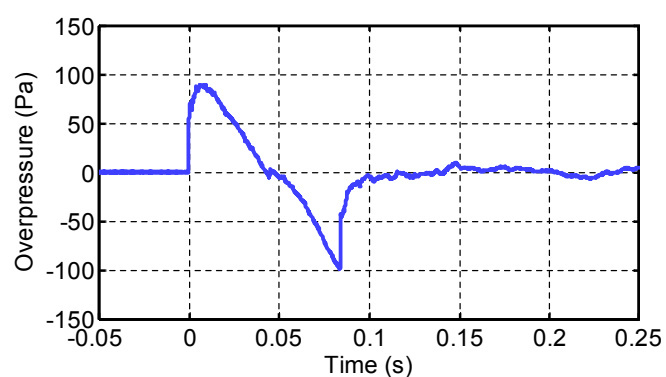
図 32 (1 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#2, ダイブ中)



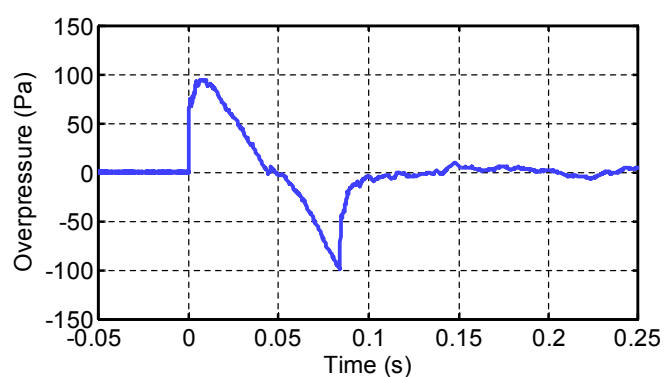
(g) Ch 7



(h) Ch 8

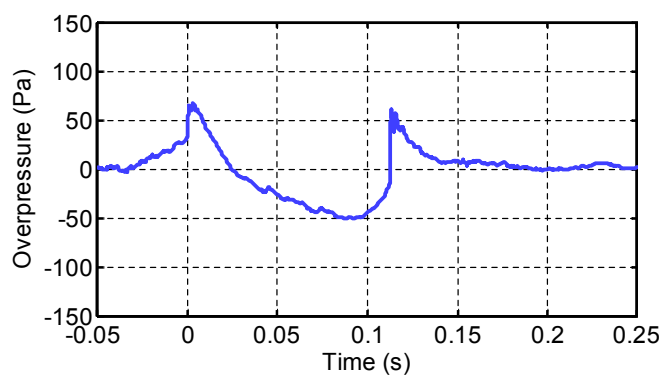


(i) Ch 9

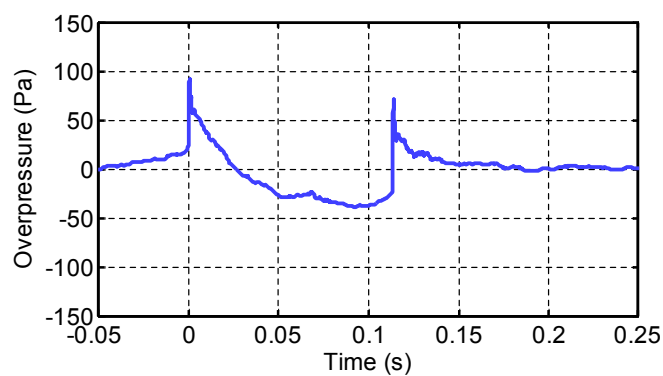


(j) Ch 10

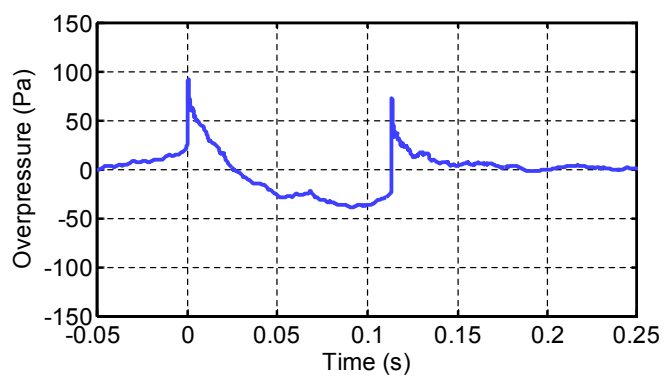
図 32 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#2, ダイブ中)



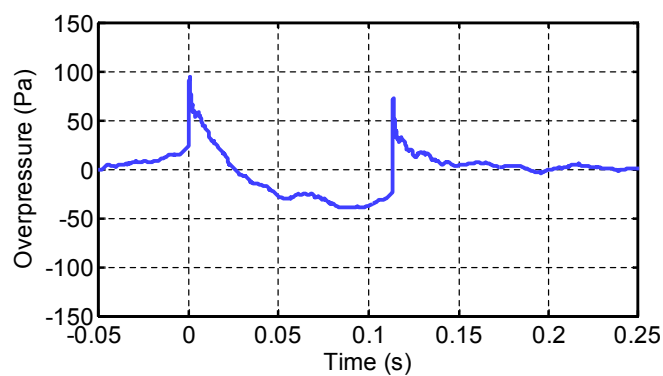
(a) Ch 1



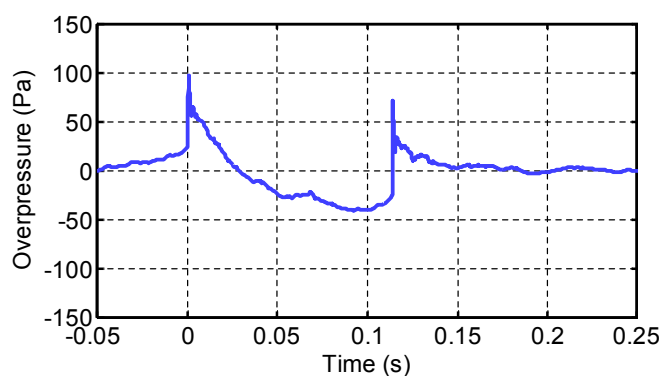
(b) Ch 2



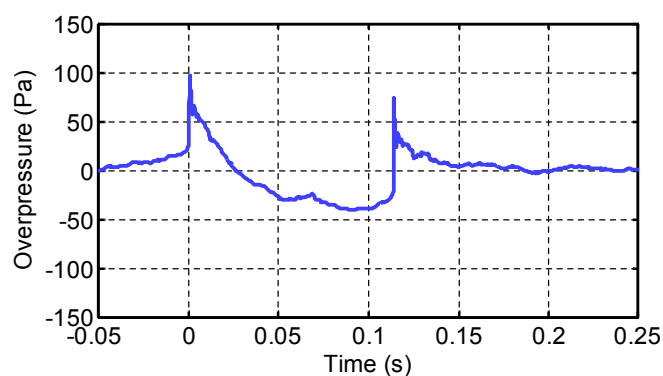
(c) Ch 3



(d) Ch 4

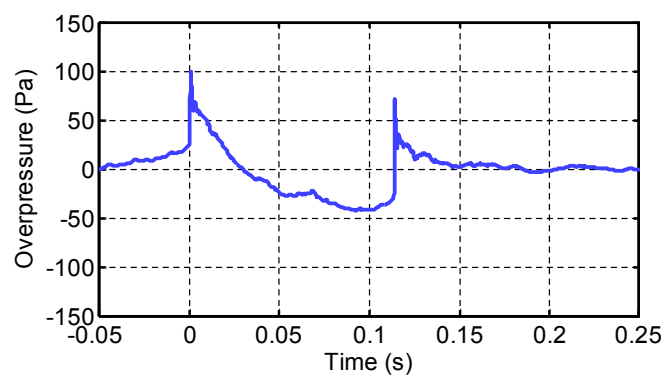


(e) Ch 5

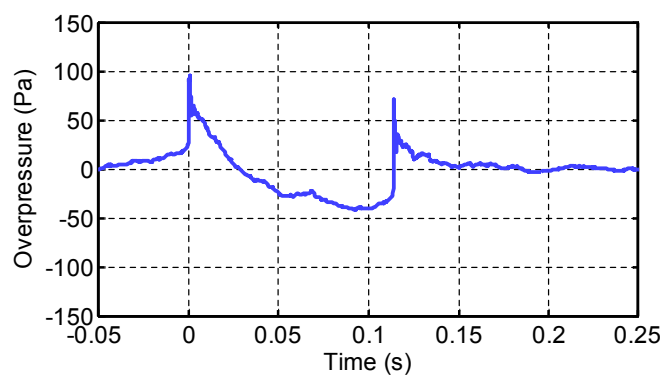


(f) Ch 6

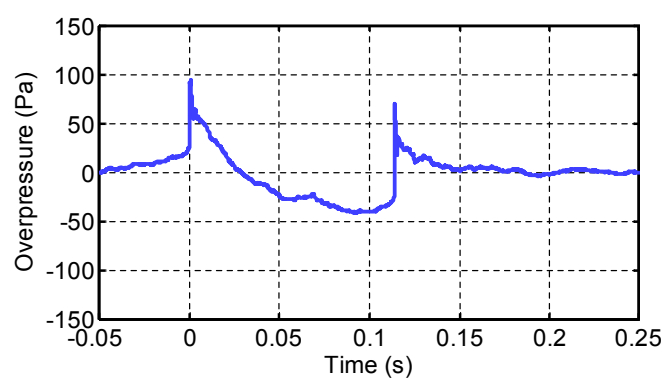
図 33 (1/2) 地上屋外計測音響データ (Run#2, ダイブ開始)



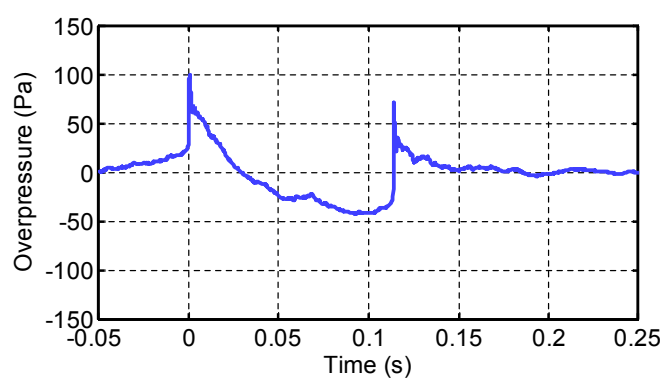
(g) Ch 7



(h) Ch 8

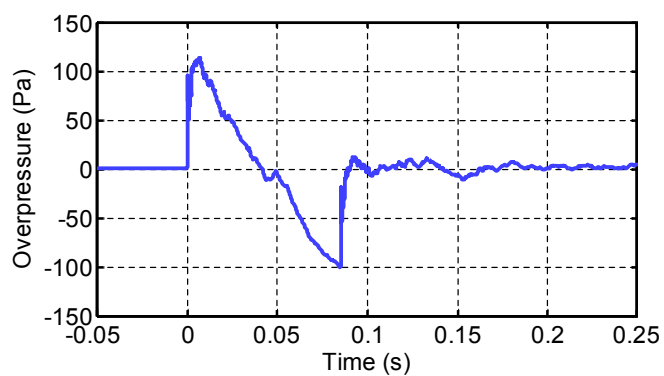


(i) Ch 9

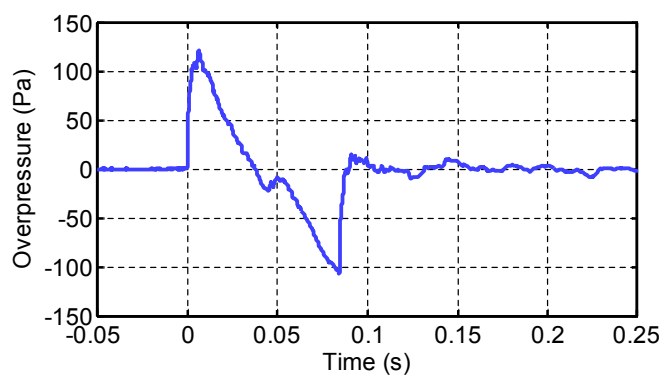


(j) Ch 10

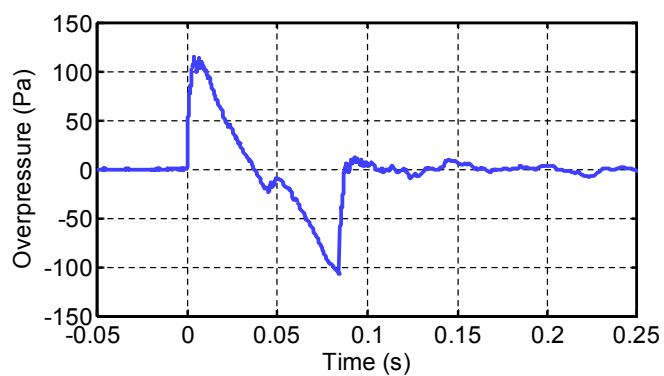
図 33 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#2, ダイブ開始)



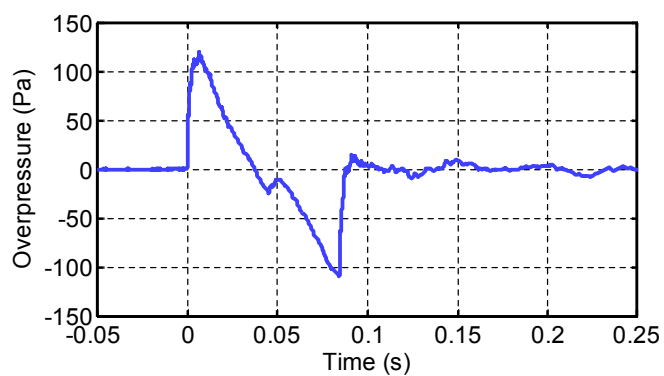
(a) Ch 1



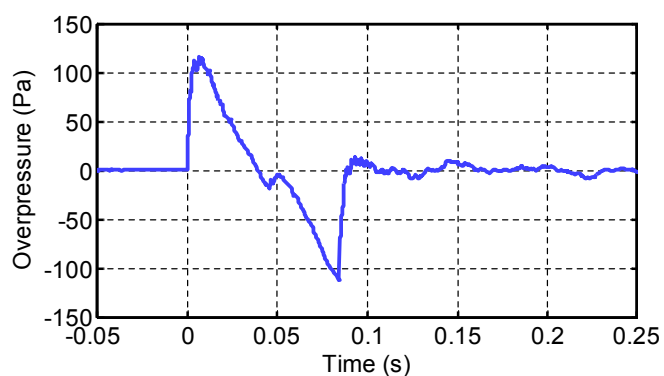
(b) Ch 2



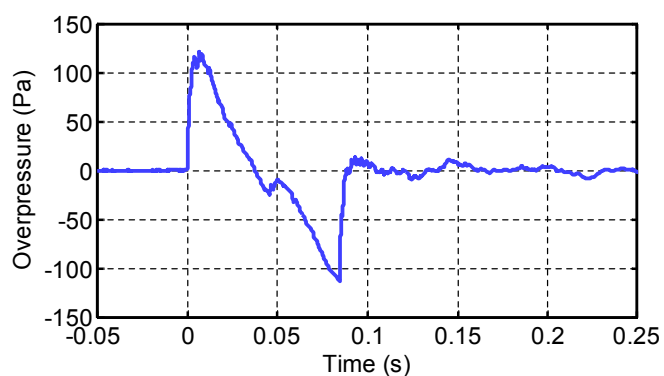
(c) Ch 3



(d) Ch 4



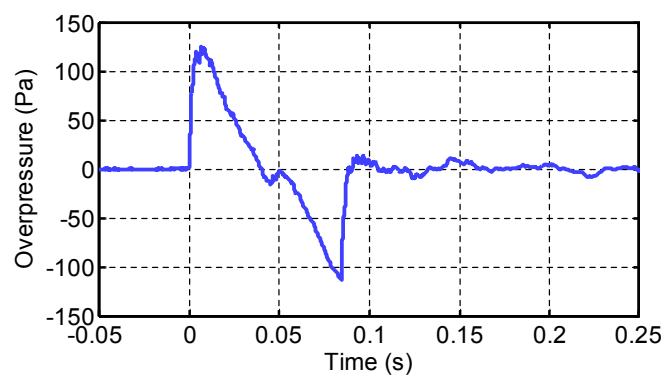
(e) Ch 5



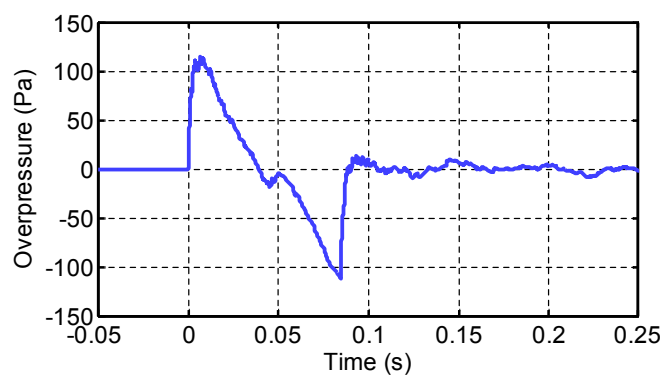
(f) Ch 6

図 34 (1/2) 地上屋外計測音響データ (Run#3, ダイブ中)

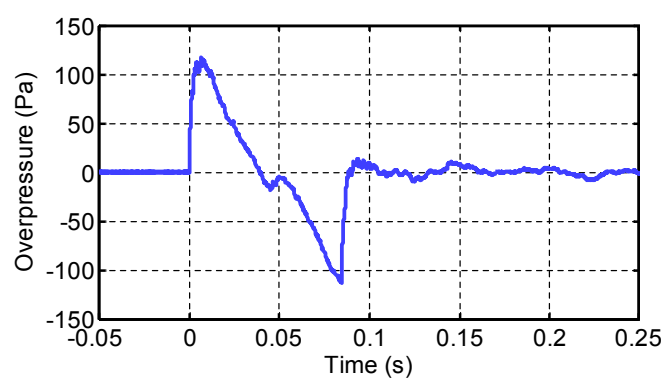




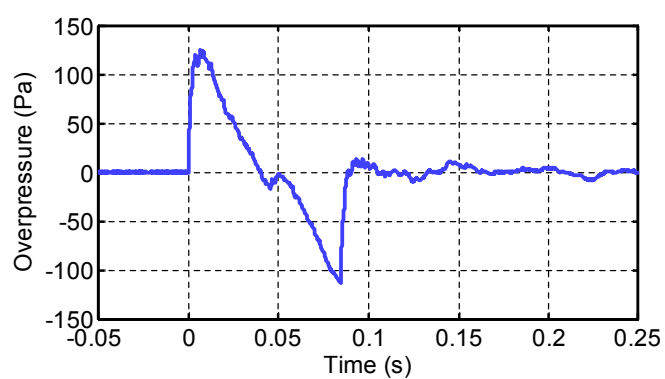
(g) Ch 7



(h) Ch 8

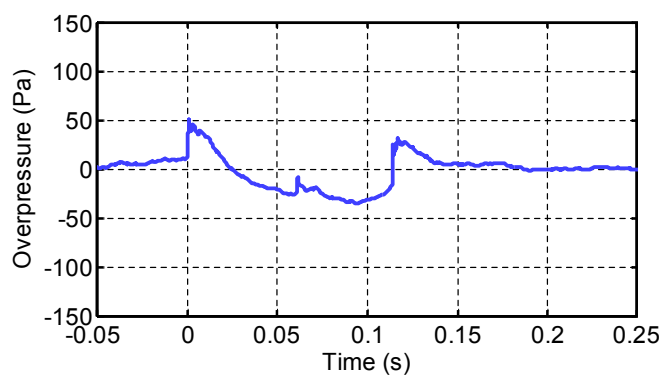


(i) Ch 9

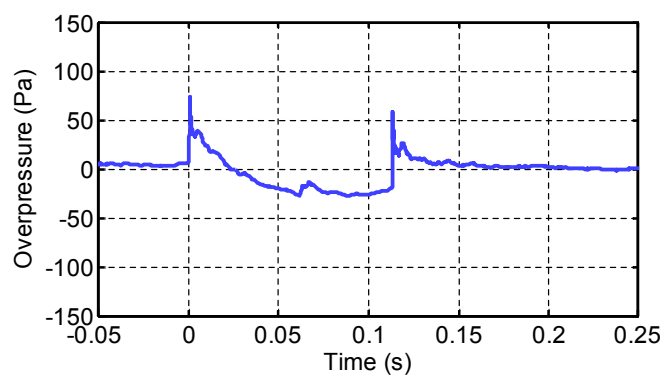


(j) Ch 10

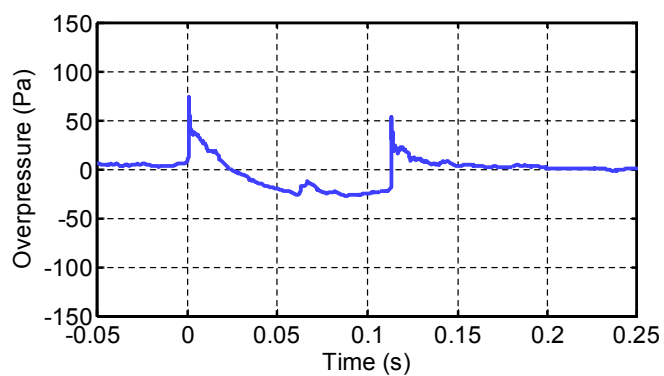
図 34（2 / 2）地上屋外計測音響データ（Run#3, ダイブ中）



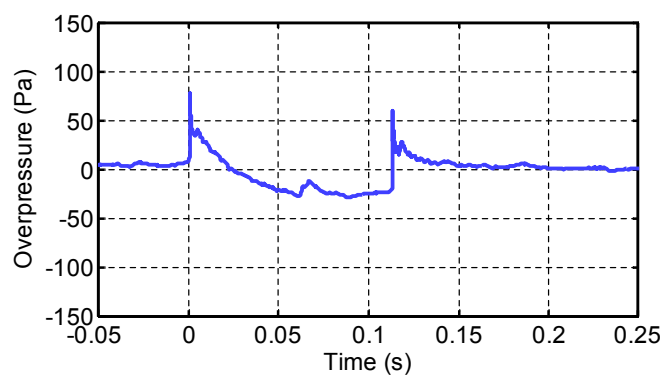
(a) Ch 1



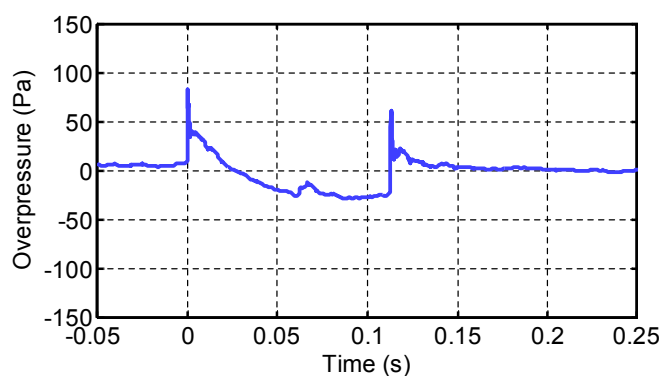
(b) Ch 2



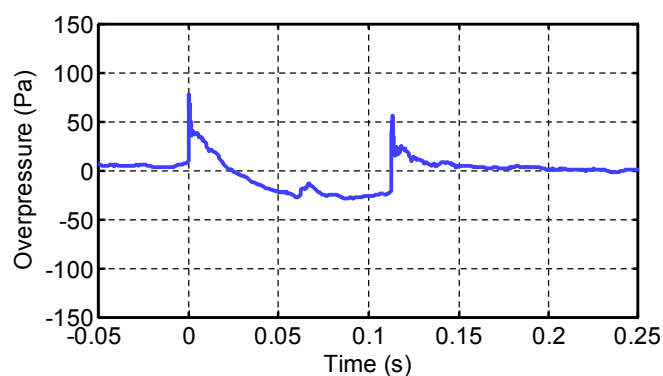
(c) Ch 3



(d) Ch 4

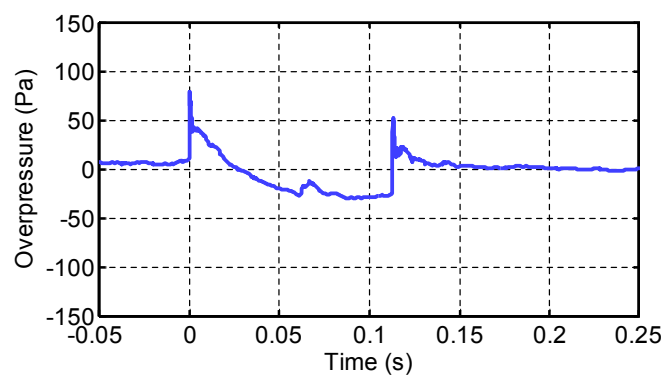


(e) Ch 5

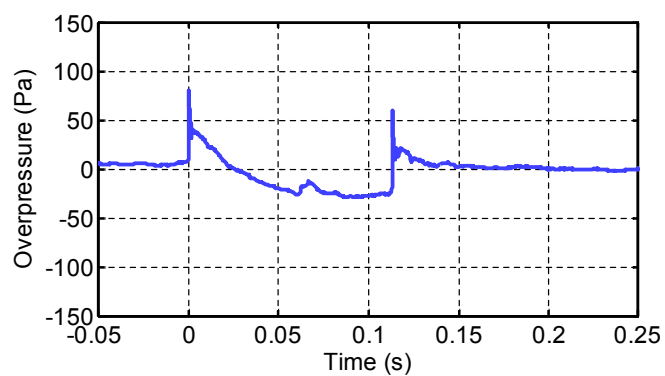


(f) Ch 6

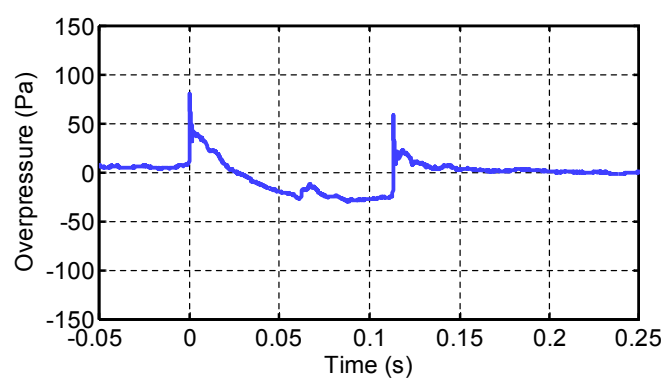
図 35 (1/2) 地上屋外計測音響データ (Run#3, ダイブ開始)



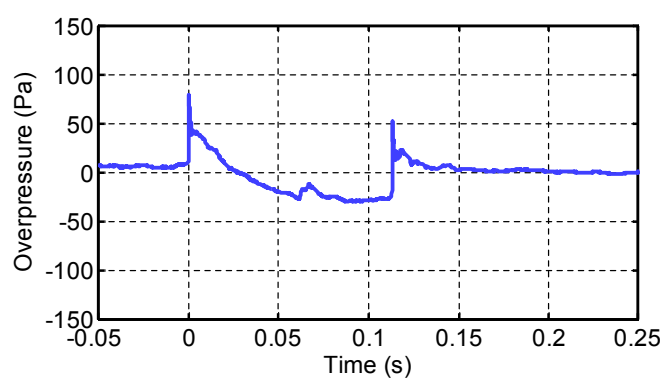
(g) Ch 7



(h) Ch 8

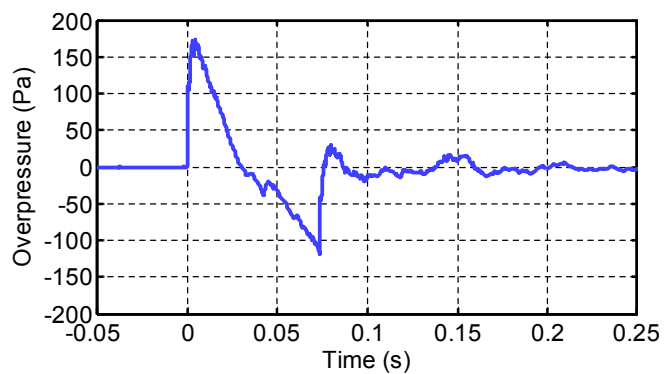


(i) Ch 9

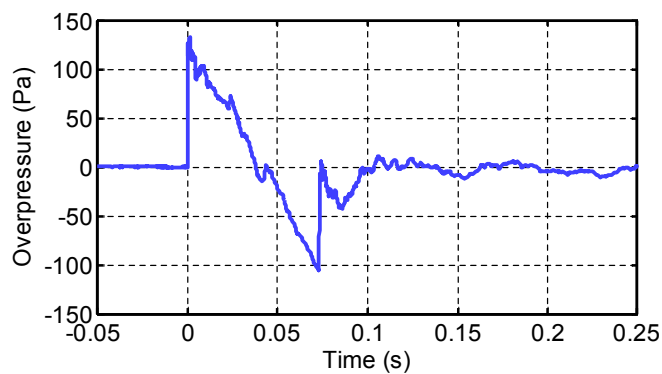


(j) Ch 10

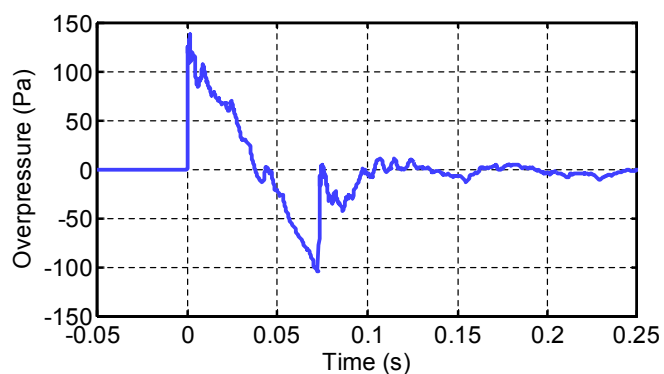
図 35 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#3, ダイブ開始)



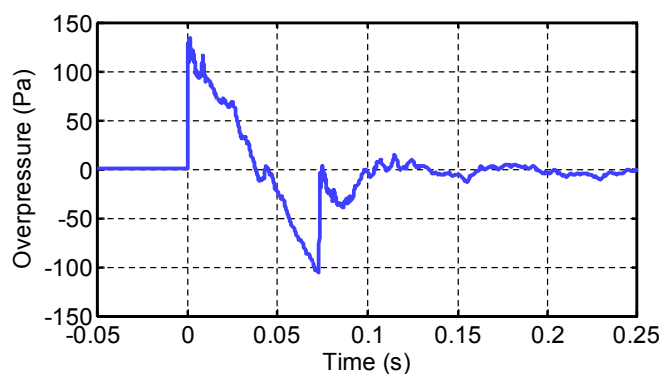
(a) Ch 1



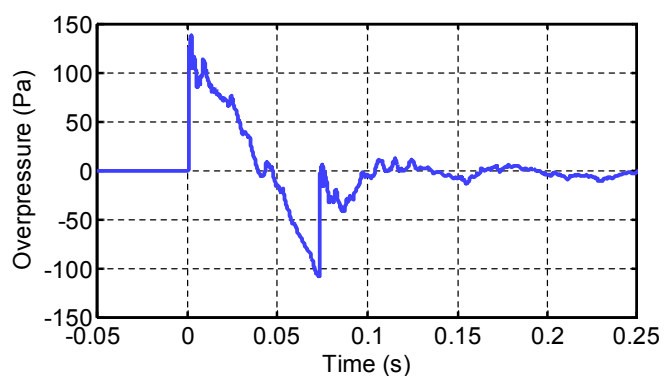
(b) Ch 2



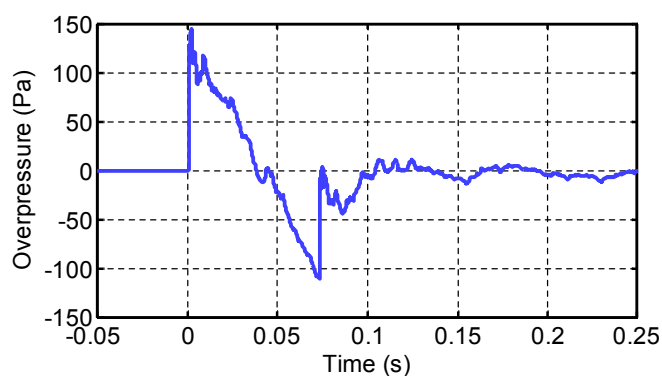
(c) Ch 3



(d) Ch 4

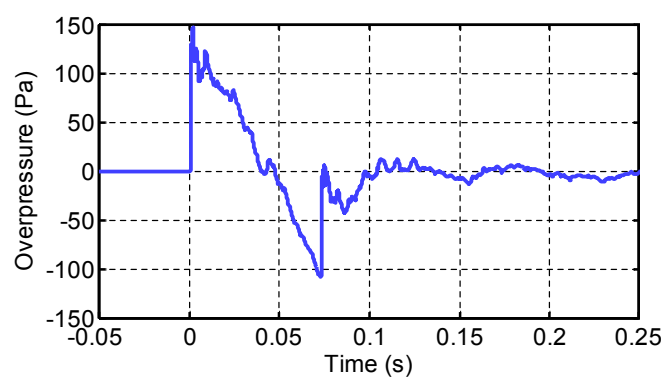


(e) Ch 5

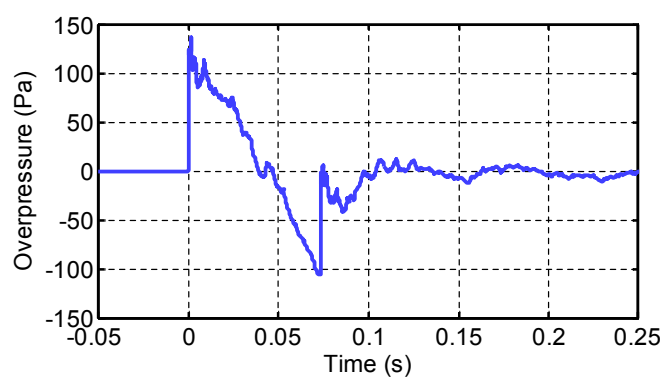


(f) Ch 6

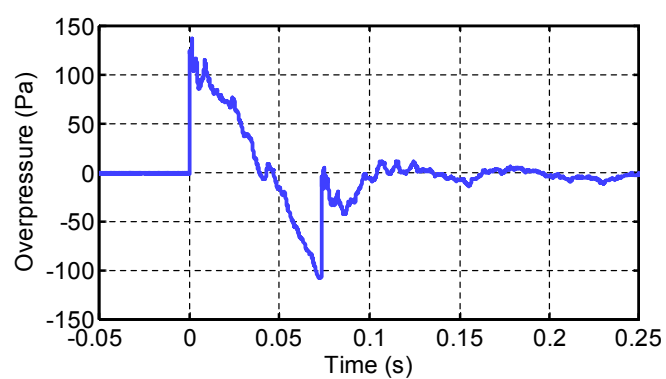
図 36 (1 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#4, 水平定常)



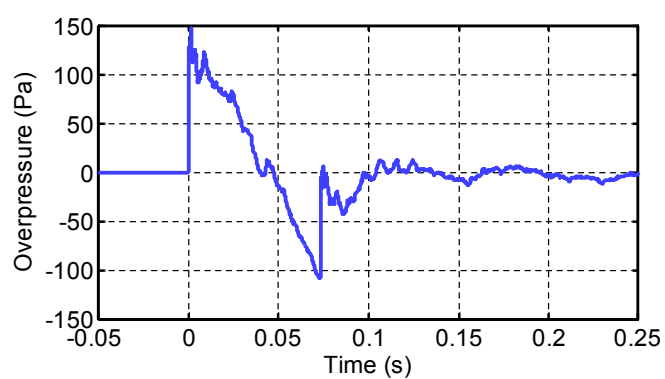
(g) Ch 7



(h) Ch 8

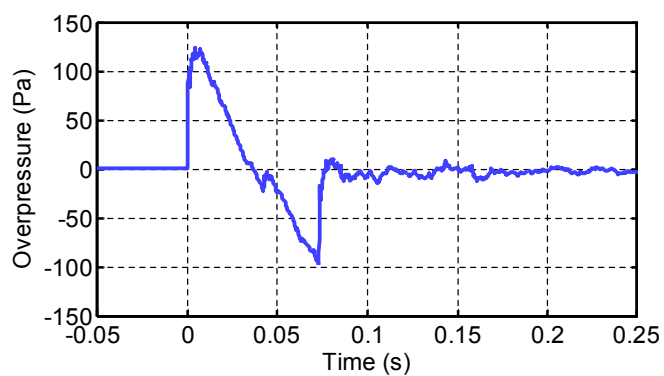


(i) Ch 9

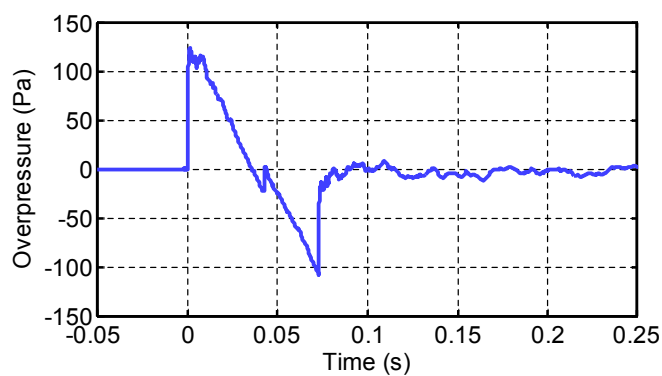


(j) Ch 10

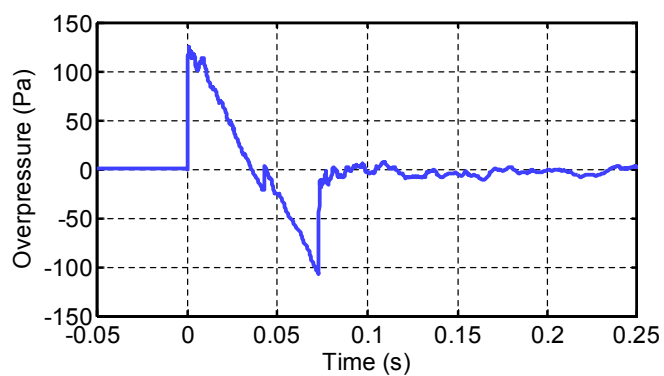
図 36 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#4, 水平定常)



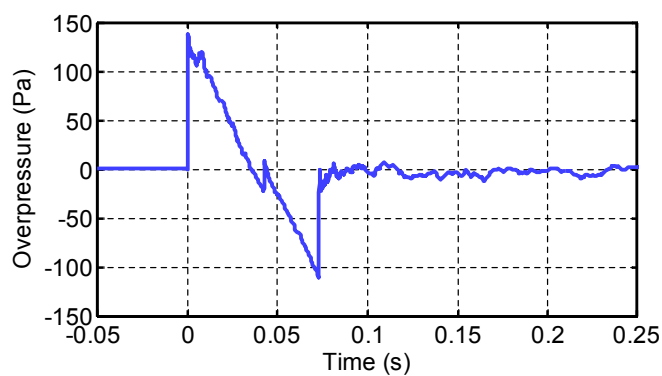
(a) Ch 1



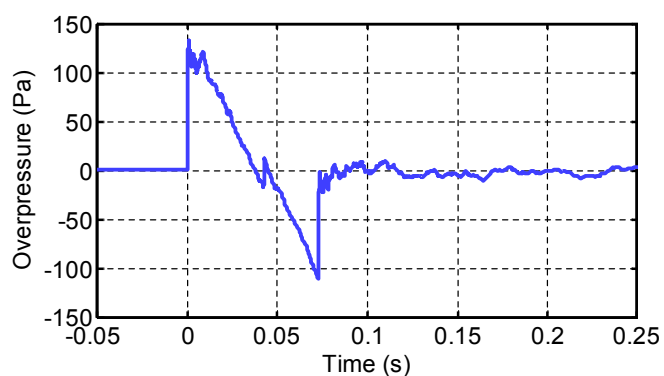
(b) Ch 2



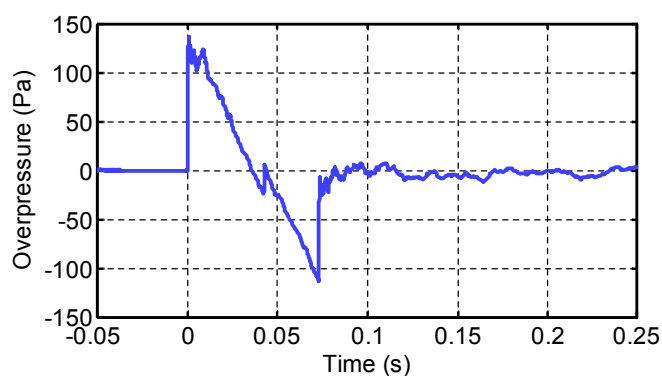
(c) Ch 3



(d) Ch 4

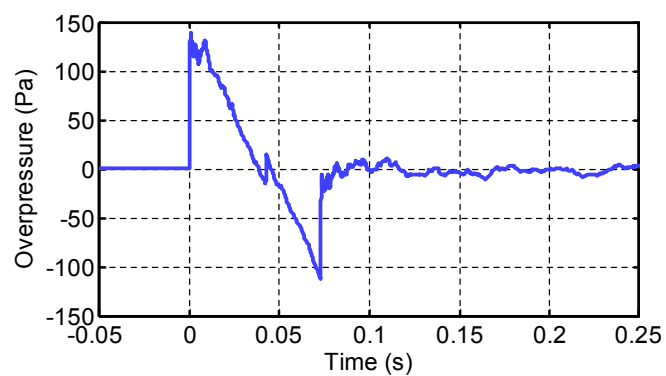


(e) Ch 5

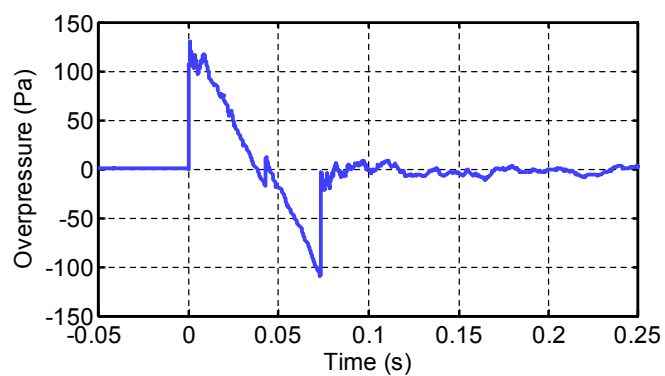


(f) Ch 6

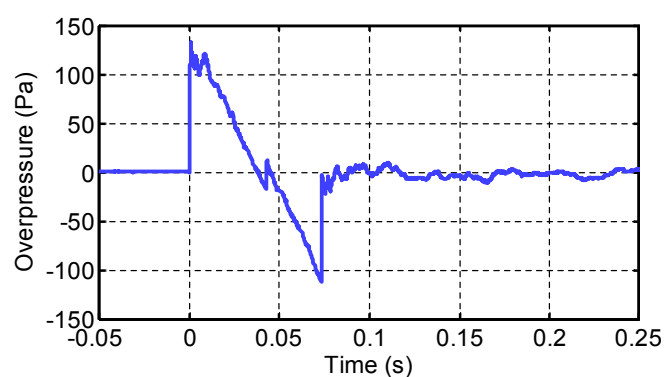
図 37 (1 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#5, 水平定常)



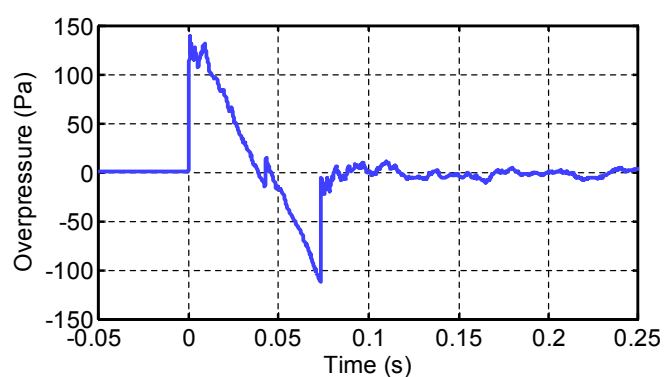
(g) Ch 7



(h) Ch 8

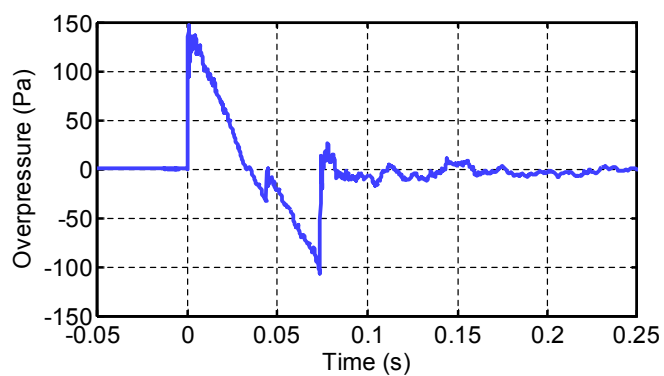


(i) Ch 9

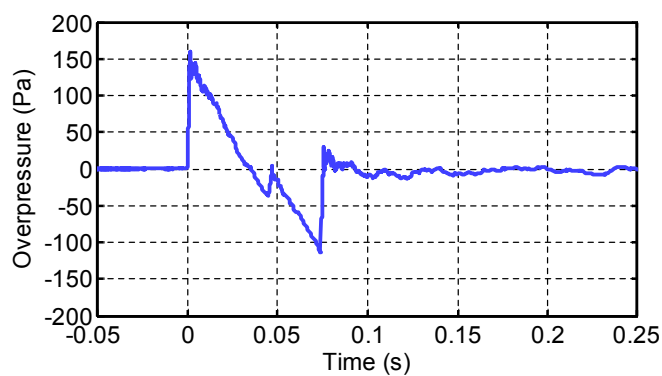


(j) Ch 10

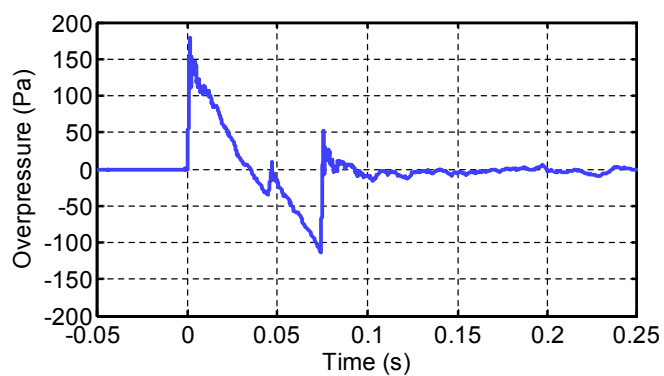
図 37 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#5, 水平定常)



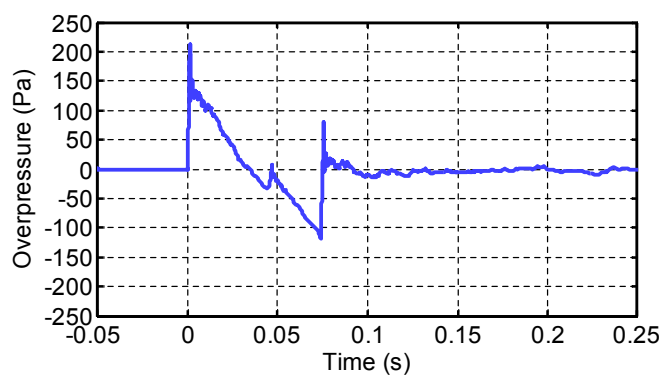
(a) Ch 1



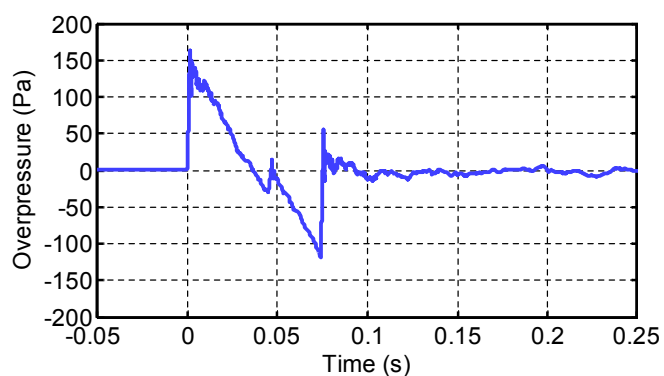
(b) Ch 2



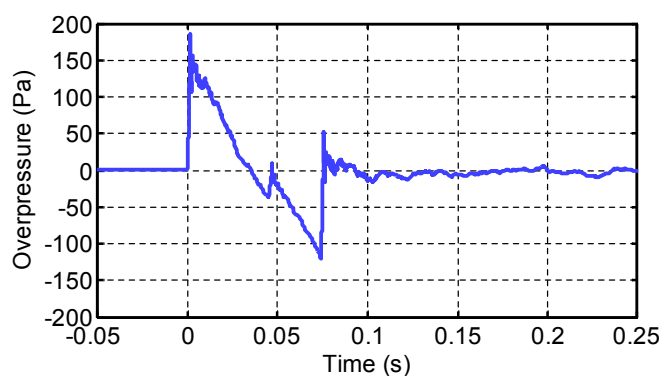
(c) Ch 3



(d) Ch 4



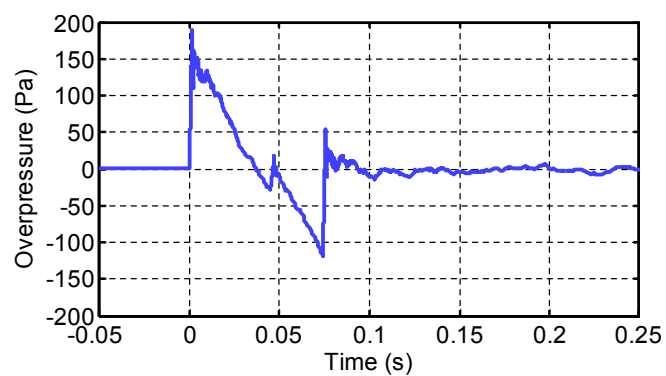
(e) Ch 5



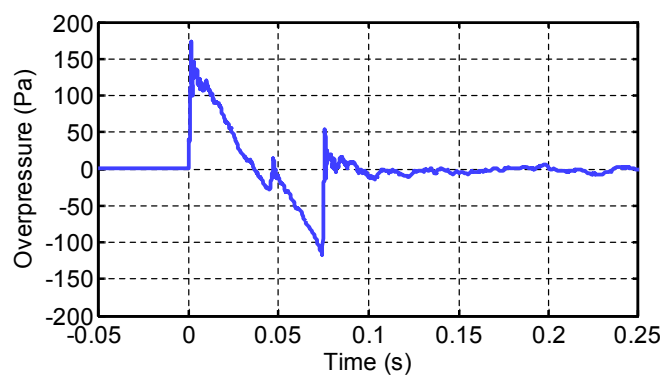
(f) Ch 6

図 38 (1 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#6, 水平定常)

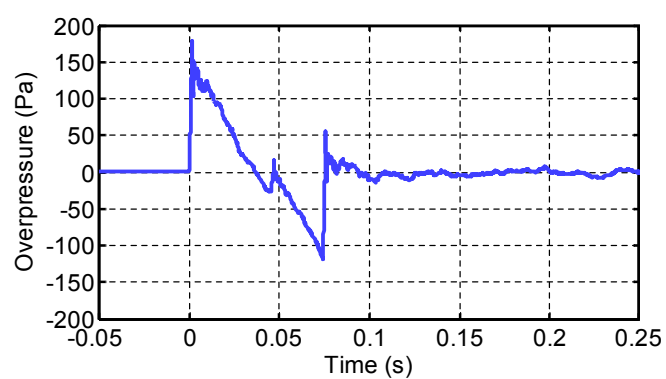




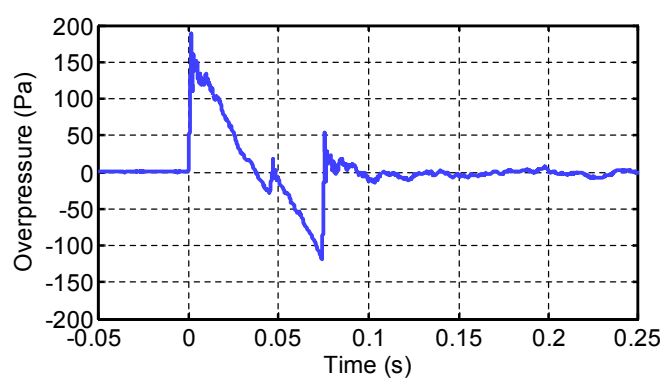
(g) Ch 7



(h) Ch 8



(i) Ch 9



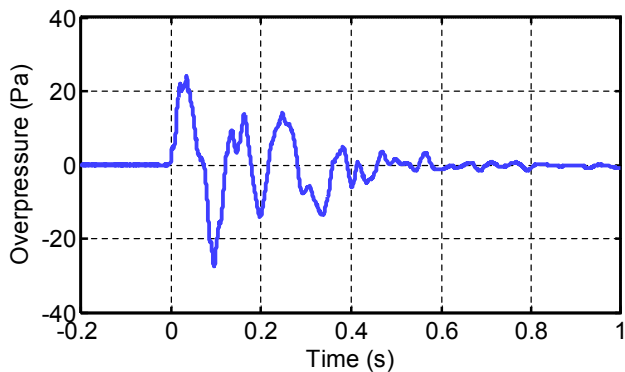
(j) Ch 10

図 38 (2 / 2) 地上屋外計測音響データ (Run#6, 水平定常)

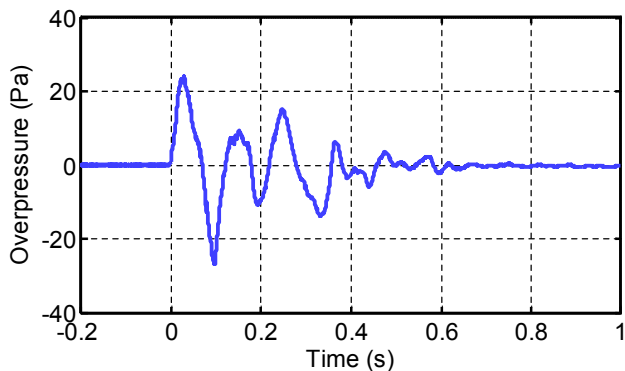
### 3. 3. 3 地上屋内計測データ

地上屋内計測は、全ての飛行（フライオーバー）、全てのマイクにおいて計測に成功した。計測されたソニックブーム波形を図39～図44に示す。屋内では壁面や天井、床での反射等の影響により、音圧変動の持続時間が屋外に比べて長くなっている。このため、地上屋外と同様に

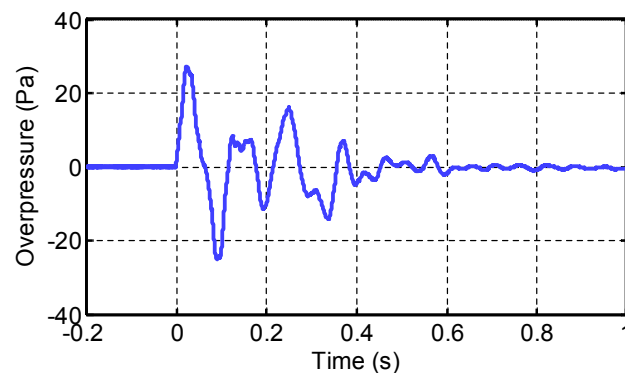
Run#1～#3 ではダイブ中とダイブ開始時に発生したソニックブームが連続して到達したが、その間隔は0.15～0.4秒程度であり、図39～図41に示される通り、最初に到達したダイブ中に発生したソニックブームによる音圧変動とそれに続くダイブ開始時に発生したソニックブームによる音圧変動は一部重なっている。



(a) Ch 1

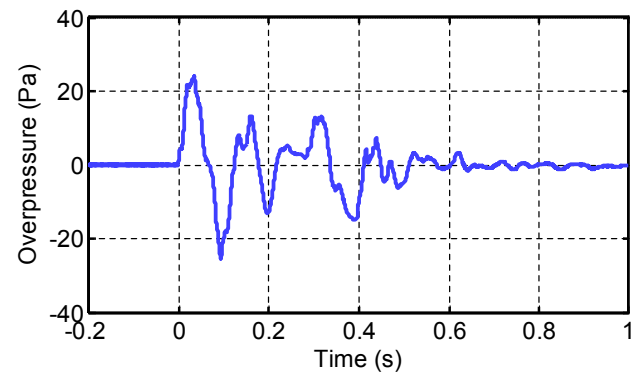


(b) Ch 2

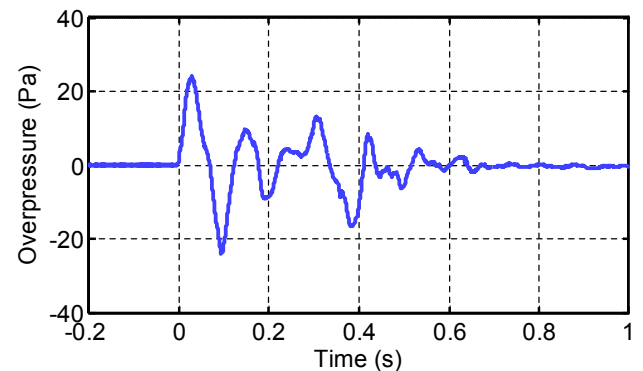


(c) Ch 3

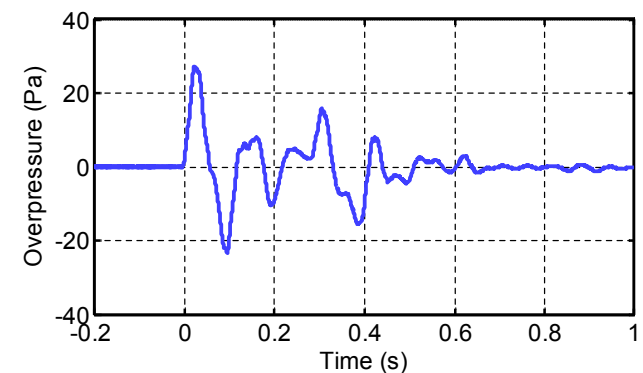
図39 地上屋内計測音響データ (Run#1)



(a) Ch 1

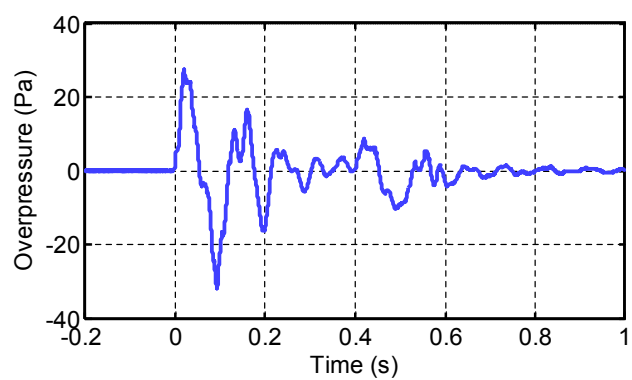


(b) Ch 2

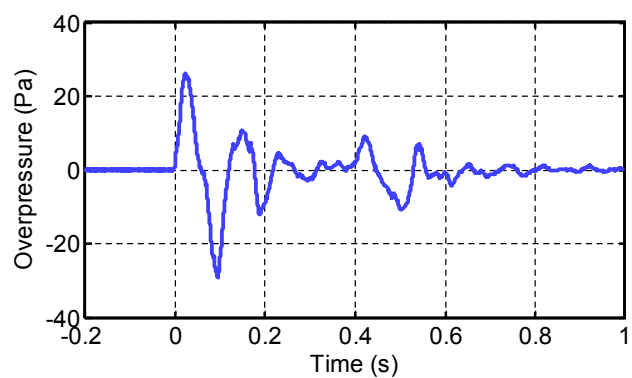


(c) Ch 3

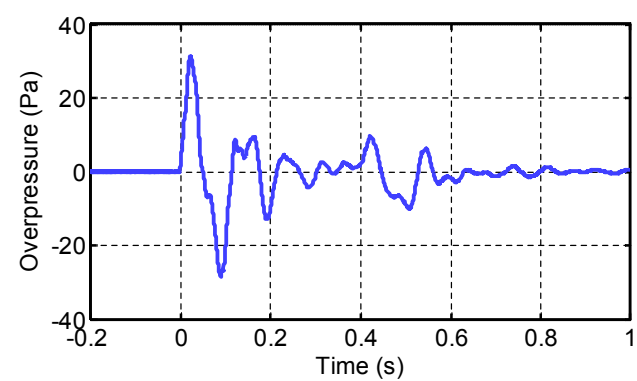
図40 地上屋内音響データ (Run#2)



(a) Ch 1

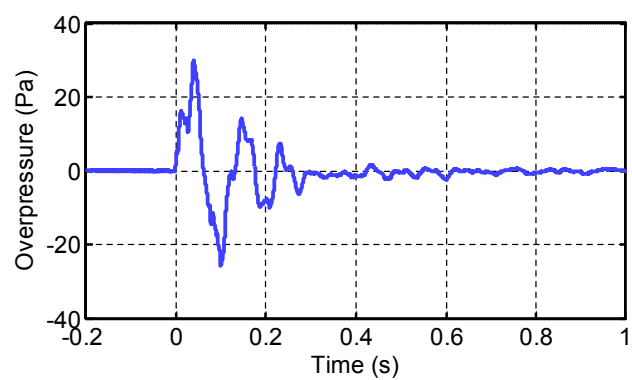


(b) Ch 2

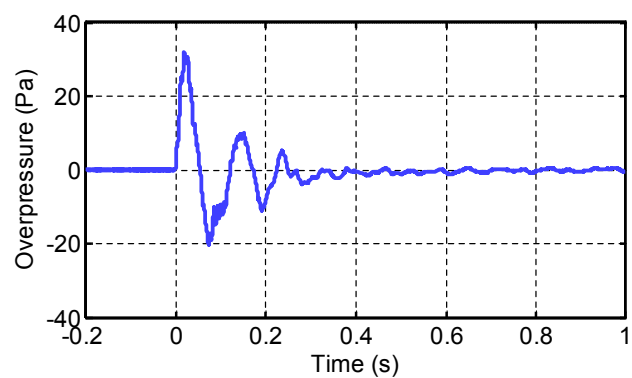


(c) Ch 3

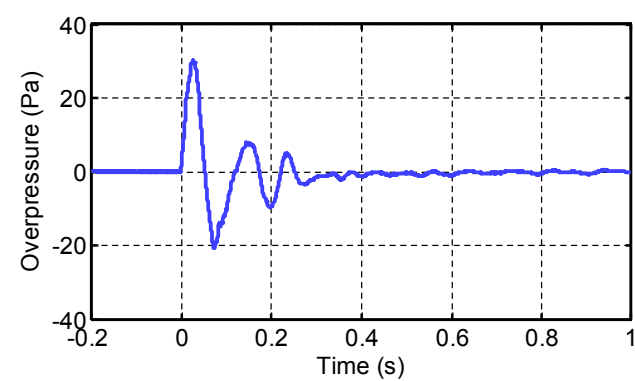
図 41 地上屋内計測音響データ (Run#3)



(a) Ch 1

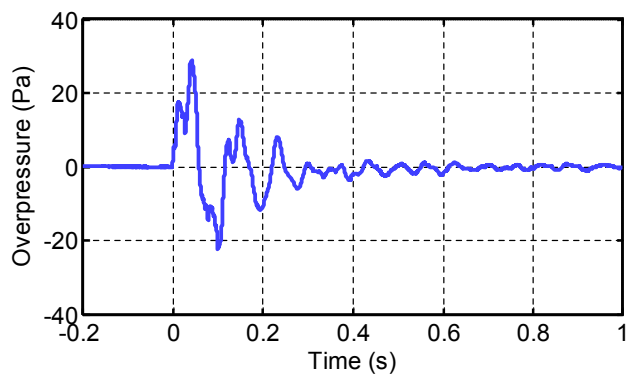


(b) Ch 2

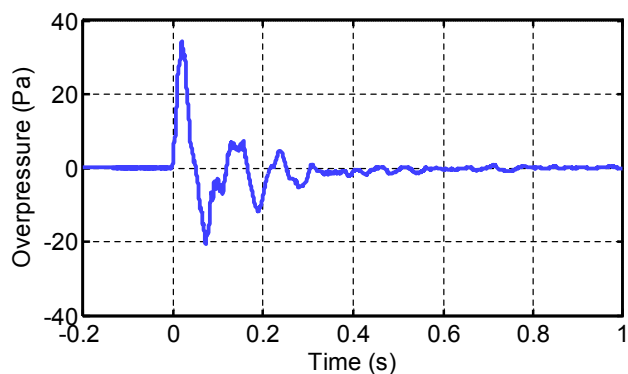


(c) Ch 3

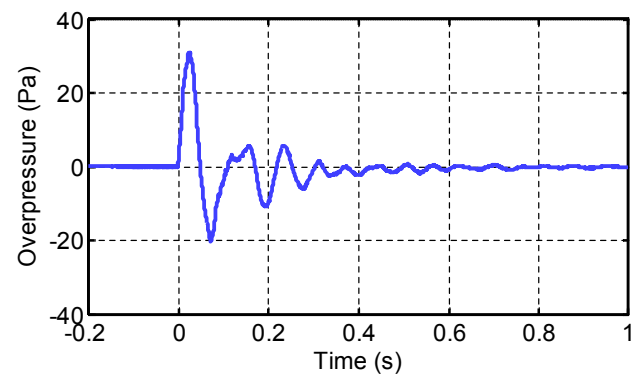
図 42 地上屋内音響データ (Run#4)



(a) Ch 1

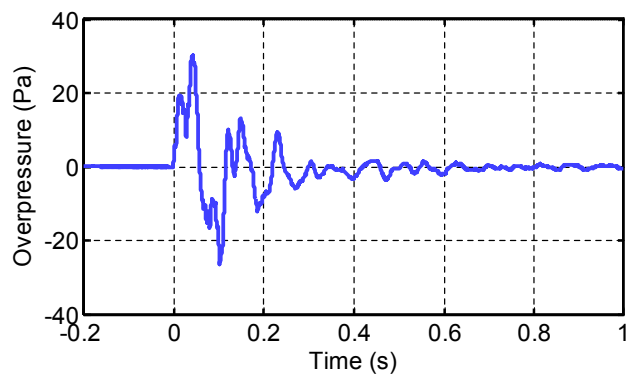


(b) Ch 2

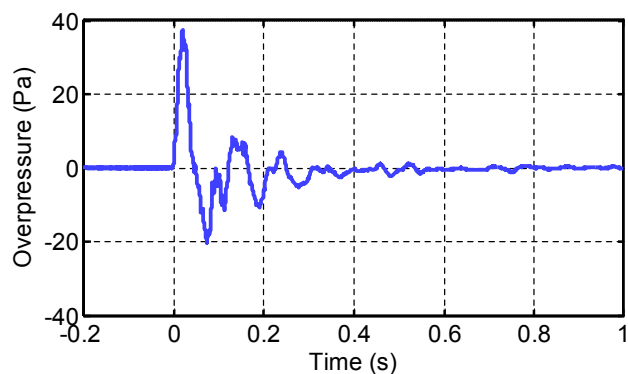


(c) Ch 3

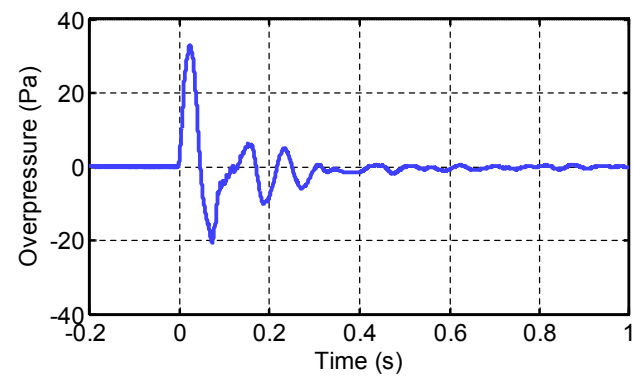
図 43 地上屋内計測音響データ (Run#5)



(a) Ch 1



(b) Ch 2



(c) Ch 3

図 44 地上屋内音響データ (Run#6)

#### 4. ソニックブーム強度推算

これまでの試験と同様に、本飛行試験において計測されたソニックブーム強度を First-cut 法<sup>7)</sup>を用いて推算する。First-cut 法では水平定常飛行を仮定しているため、Run#4~#6 に関しては計測地点から Ray Path（ブーム伝播の波線）を逆に辿った観測ソニックブーム発生位置での飛行条件そのものを用い、Run#1~#3 のダイブ飛行においては観測ブーム発生地点と計測地点との相対位置及びダイブ角を用いて水平定常に換算した換算高度で推算を行う。高度換算のイメージを図 45 に示す。また、換算による伝播経路の差異や燃料消費による重量の差異については考慮しない。使用した超音速機の機体全長は 14.1m、機体重量の情報は得られていないが、器材は搭載していないため空虚重量と最大離陸重量の間をとって 7.7ton と仮定した。機体形状の影響を考慮するための形状ファクタ  $K_S$  は揚力パラメータ  $K_L$  の関数として下記の通り与えた。

$$K_S = 2.1K_L + 0.065$$

これは図 46 右上に示すデルタ翼の戦闘機タイプの近似式である。

まずは地上計測結果との比較のため地上ソニックブーム強度を推算する。地上での反射係数は 1.9 とし、計測システムの標高が 473m あることから仮想的に飛行高度を 473m 下げて推算した結果は下記の通りである。

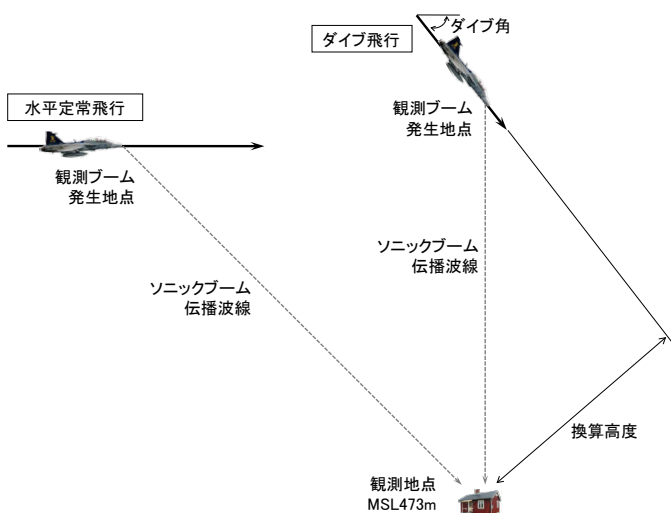


図 45 換算飛行高度の定義

Run#1 : ダイブ :  $M=1.37$ ,  $H=6.01\text{km}$ ,  $\Delta P=98.2\text{Pa}$   
 Run#2 : ダイブ :  $M=1.36$ ,  $H=5.87\text{km}$ ,  $\Delta P=99.6\text{Pa}$   
 Run#3 : ダイブ :  $M=1.37$ ,  $H=5.81\text{km}$ ,  $\Delta P=101.0\text{Pa}$   
 Run#4 : 水平 :  $M=1.39$ ,  $H=5.37\text{km}$ ,  $\Delta P=110.1\text{Pa}$   
 Run#5 : 水平 :  $M=1.40$ ,  $H=5.36\text{km}$ ,  $\Delta P=110.6\text{Pa}$   
 Run#6 : 水平 :  $M=1.40$ ,  $H=5.40\text{km}$ ,  $\Delta P=110.1\text{Pa}$

次に、空中計測結果との比較のため、地表から 750m 地点における空中ソニックブーム強度を推算する。空中における反射係数は 1.0 とし、計測システムの高度は、計測地点の標高 473m に空中ブーム計測システムの高度 750m を加えた 1223m 分高度を下げた推算を行った。

Run#1 : ダイブ :  $M=1.37$ ,  $H=5.46\text{km}$ ,  $\Delta P=56.5\text{Pa}$   
 Run#2 : ダイブ :  $M=1.36$ ,  $H=5.34\text{km}$ ,  $\Delta P=57.5\text{Pa}$   
 Run#3 : ダイブ :  $M=1.37$ ,  $H=5.28\text{km}$ ,  $\Delta P=58.4\text{Pa}$   
 Run#4 : 水平 :  $M=1.39$ ,  $H=4.62\text{km}$ ,  $\Delta P=67.0\text{Pa}$   
 Run#5 : 水平 :  $M=1.40$ ,  $H=4.61\text{km}$ ,  $\Delta P=67.5\text{Pa}$   
 Run#6 : 水平 :  $M=1.40$ ,  $H=4.65\text{km}$ ,  $\Delta P=67.0\text{Pa}$

これらの推算結果と計測結果の比較を図 47 と図 48 にそれぞれ示す。計測結果は特に先端の圧力上昇量が気流乱流等の影響により変化しているものもあるが、全体としては先端及び後端の圧力上昇量は推算と計測でまずまず良い一致を示しており、N 波強度推算法としての First-cut 法の有効性が示されている。

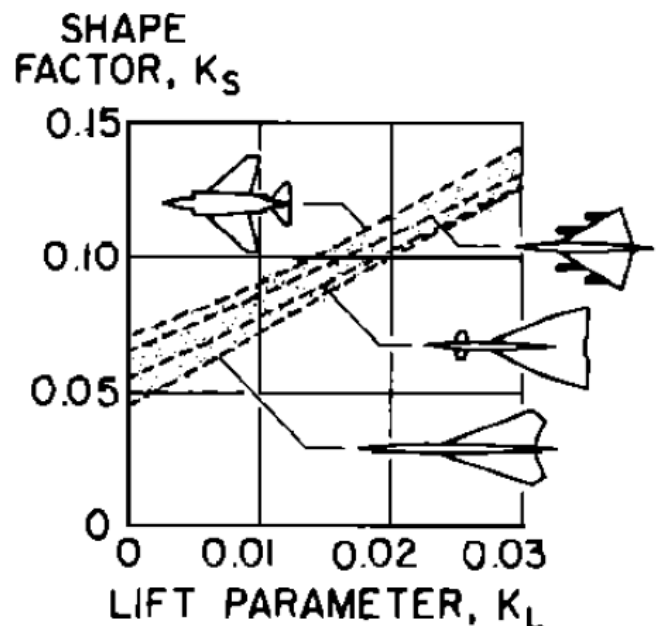


図 46 First-cut 法における  $K_S$  と  $K_L$  の関係<sup>7)</sup>

## 5. まとめ

JAXA が開発した空中ソニックブーム計測システム (ABBA システム) を含むソニックブーム計測システム (BMS) の確認, 及び D-SEND#2 飛行試験におけるダイブ飛行による低ブーム設計概念実証の可能性確認のため, 実機を用いた飛行試験 (ABBA Test #2-2) を実施した. 係留気球の係留索に設置した地上 50m から 1000m までの間の 6 高度, 7 チャンネルマイクにおける空中ブーム計測に成功し, ミニマムサクセス (空中計測システム冗長化検証) を達成した. 一方, 係留気球直下にマイクを設置した場合には計測波形が変形する事例が示され, 係留気球を用いた空中ソニックブーム計測における課題と知見を得た. また, 空中ソニックブーム計測によりダイブ飛行においても水平定常飛行時と同じ特性のソニックブームの観測が可能であることを確認し, フルサクセス (D-SEND#2 低ブーム設計概念実証可能性の確認) を達成した. また, 地上高 50m の低高度と地表面におけるソニックブームデータを取得し, エクストラサクセス (ソニックブーム波形に与える地上反射の影響検討データの取得) も達成した.

## 参考文献

- 1) 村上哲, 「静粛超音速研究機技術の研究開発について」第 40 回流体力学講演会/航空宇宙数値シュミレーション技術シンポジウム論文集, pp.79-82, 2008.
- 2) 本田雅久, 牧野好和, 富田博史, 進藤重美, 「低ソニックブーム設計コンセプト確認落下試験 (D-SEND) 計画」日本航空宇宙学会第 41 期年会講演会講演集, pp.652-655, JSASS-2010-1115, 2010.
- 3) Naka, Y., “Sonic Boom Data from D-SEND#1,” JAXA-RM-11-010E, 2012.
- 4) 中右介, 牧野好和, 進藤重美, 「空中ソニックブーム計測システム確認飛行試験 (その 1)」JAXA-RM-10-012, 2010.
- 5) 中右介, 牧野好和, 進藤重美, 川上浩樹, 原田賢哉, 「空中ソニックブーム計測システム確認飛行試験 (その 2) 第 1 報」JAXA-RM-11-004, 2011.
- 6) 「NEAT における第 2 次ソニックブーム計測試験計画書」XNS-10023, 2010.
- 7) Carlson, H.W. and Maglieri, D.J., “Review of Sonic Boom Generation Theory and Prediction Methods,” J. Acoust. Soc. Am., 51(1972), pp.675-684.

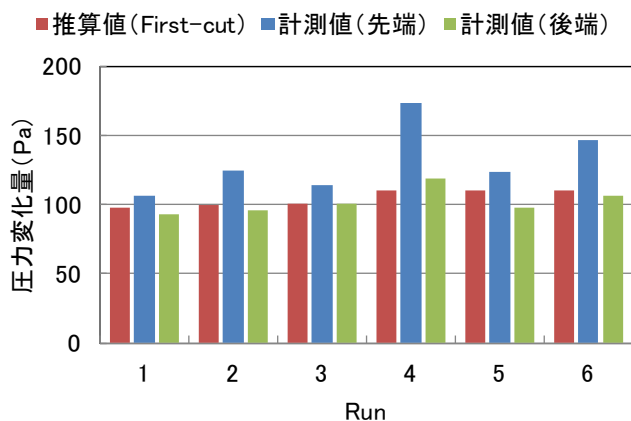


図 47 推算と計測の圧力上昇量の比較 (地上)

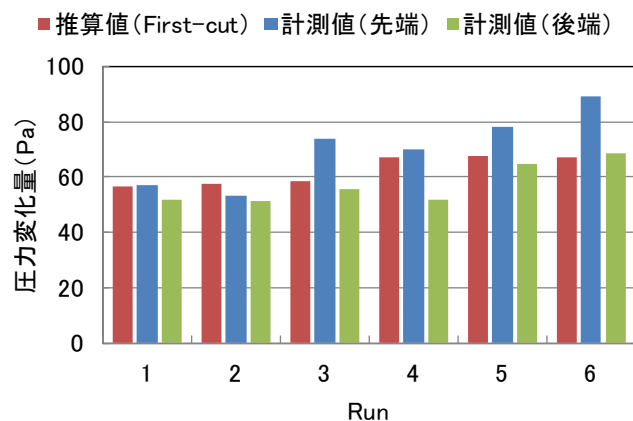
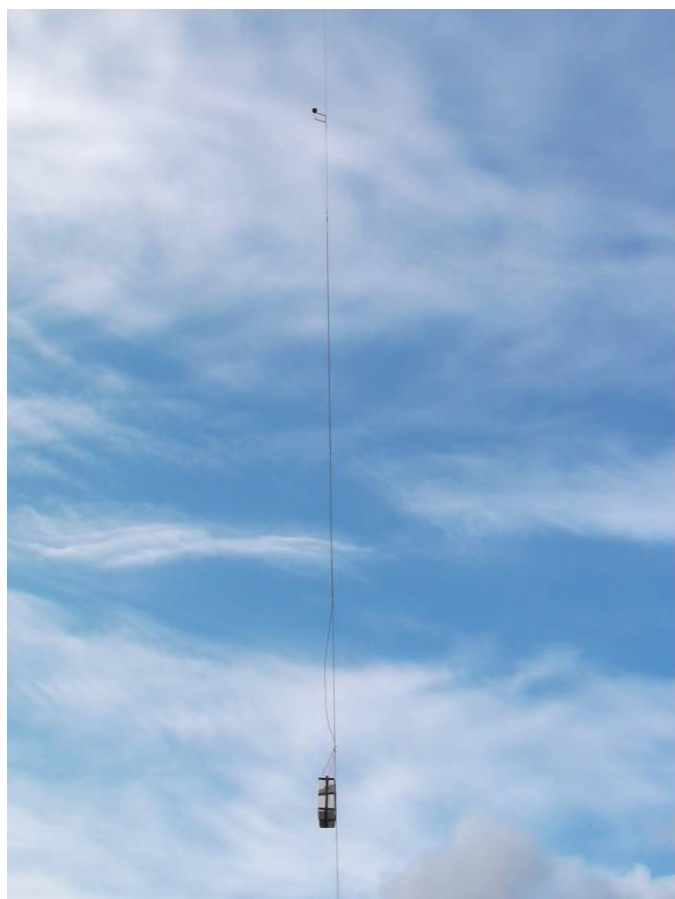


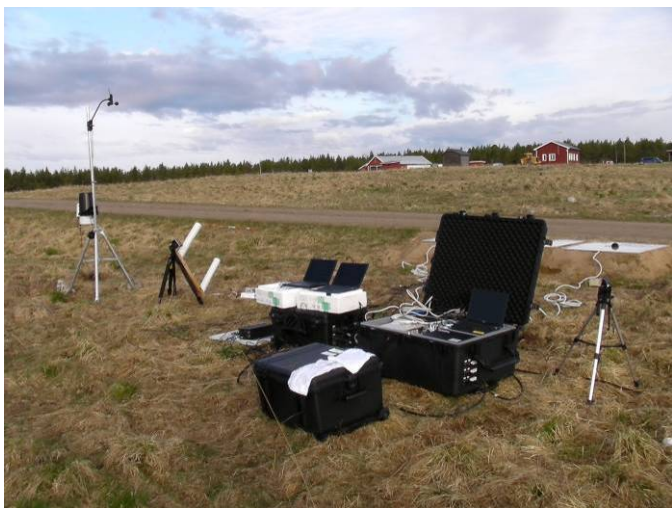
図 48 推算と計測の圧力上昇量の比較 (上空 750 m)

付録：写真集



空中計測





地上屋外計測

地上屋内計測



