

13 小型航空機の運航支援に関する 予備的研究

機上等技術領域 ※塩地 誠、山本 憲夫、小瀬木 滋、
米本 成人、大津山 卓哉、

通信・航法・監視領域 星野尾 一明

(共同研究)宇宙航空研究開発機構(JAXA)

又吉 直樹、船引 浩平、石川 忠

発表の概要

(航空機が周囲の状況を把握するための技術の
予備研究を「合同チーム」で実施)

◎ 要素技術と動向の調査

- **ADS-B**: 放送型自動位置情報伝送・監視機能
(放送型自動従属監視)
- **TIS-B**: トラフィック情報サービス放送
- **FIS-B**: 飛行情報サービス放送
 - 2. 米国アラスカ州の小型機安全対策
 - 2.1 アラスカ州の航空事情と安全対策
 - 2.2 キャプストーン・プログラム
 - 3. UAT(ユニバーサル・アクセス・トランシーバ)

◎ 他機関と共同で飛行実験を実施

- 4. アラスカ州でのキャプストーン(UAT)飛行実験

1. はじめに

- 小型航空機（固定翼機とヘリコプター）
 - 事故件数が多い
- 事故を減らす対策の一つとして
 - 操縦席に、周囲の航空機的位置を

レーダーのように表示。

地形図も表示、

気象（悪天候）・安全運航情報（ATIS、ノータム）も表示。

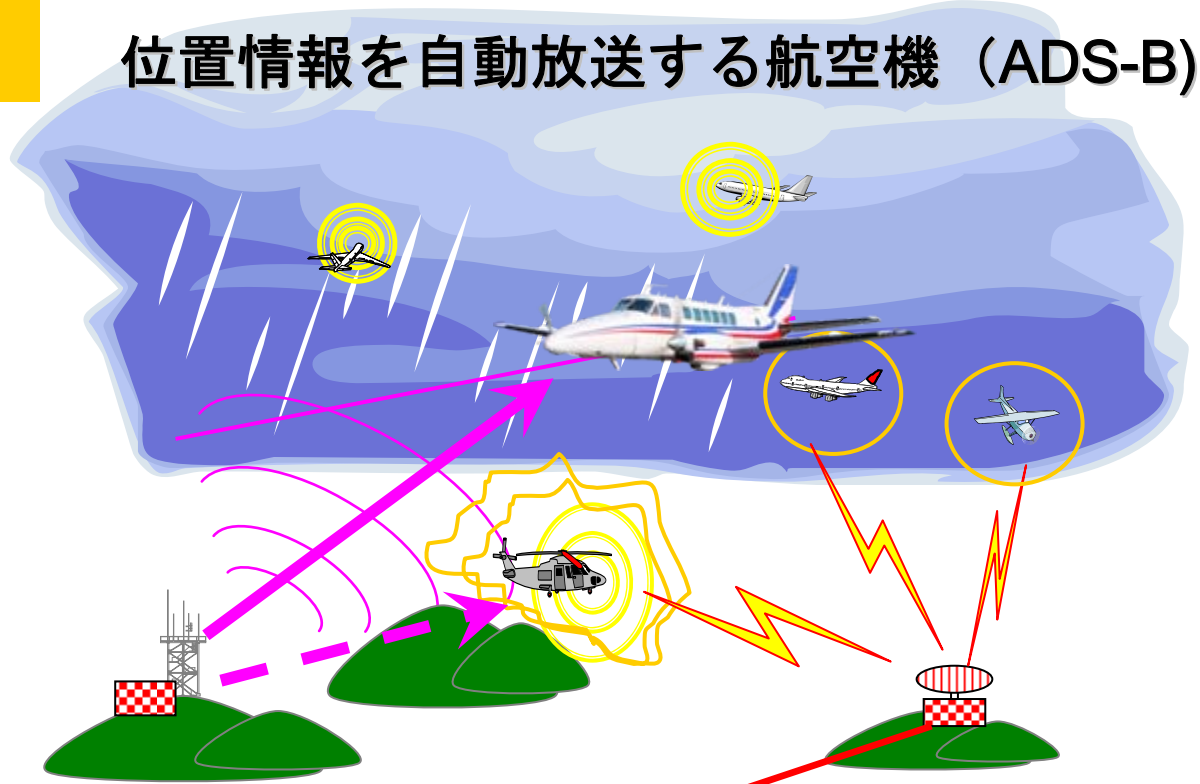


航空機の運航支援技術のイメージ

操縦席表示のイメージ図
(CAPSTONE初期)



位置情報を自動放送する航空機 (ADS-B)



運航支援情報
(空域・空港情報
や気象情報)
(FIS-B)

GBT:地上送受信装置

地上で把握された
周辺の航空交通状況
(TIS-B)

ADS-B, TIS-B, FIS-Bの手段

- **1090MHz モードS 拡張スキッタ**
→ 国際標準「主流」(19年度からTIS-B等の研究)
- **UAT**
→ 国際標準、米国では小型機で実用。
(周波数978MHz、実験データは1090MHzの参考になる)
- **VDL-(モード)4** → 国際標準、
- (参考)AIS(船舶自動識別装置)
→ VDL-4と同技術、船舶では国際標準、搭載義務化

2. 米国アラスカ州の小型機安全対策

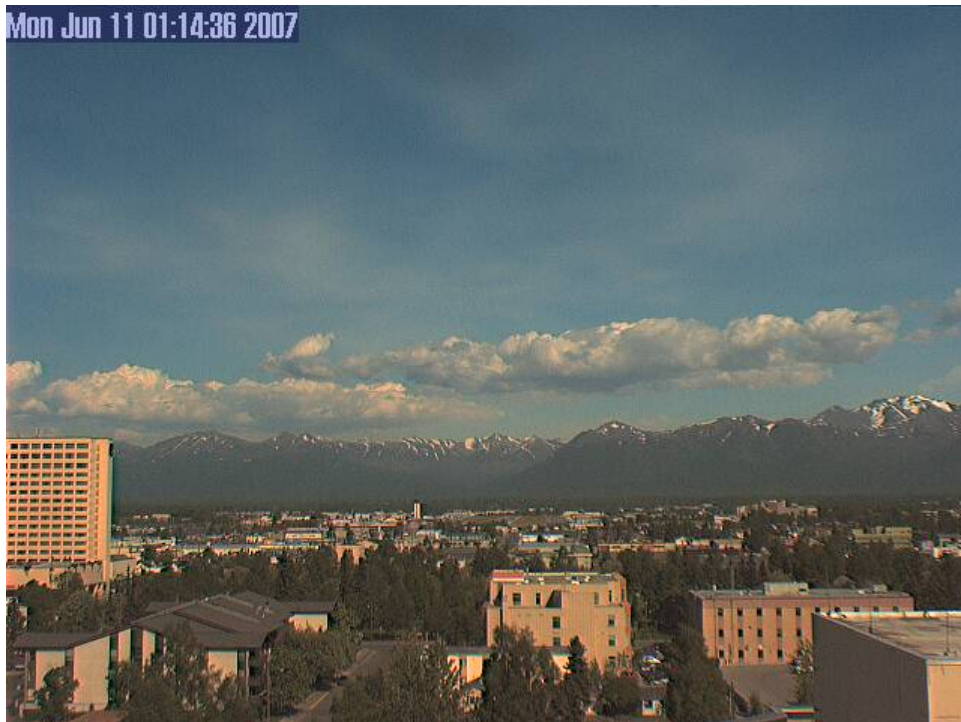
2.1 アラスカ州の航空事情と安全対策

- 米国アラスカ州は陸上交通は不便、
小型航空機が便利な交通手段 (利用多い)
→ 事故が多かった(地形、天候、その他)
- FAAアラスカ地方局を中心に安全活動
 - 安全啓蒙活動 (飛行前、飛行場内)
 - メダリオン財団 (フライトシミュレータ 訓練)
 - ウェザーカメラ (飛行場、交通要所の画像)
 - そして キャプストーン計画

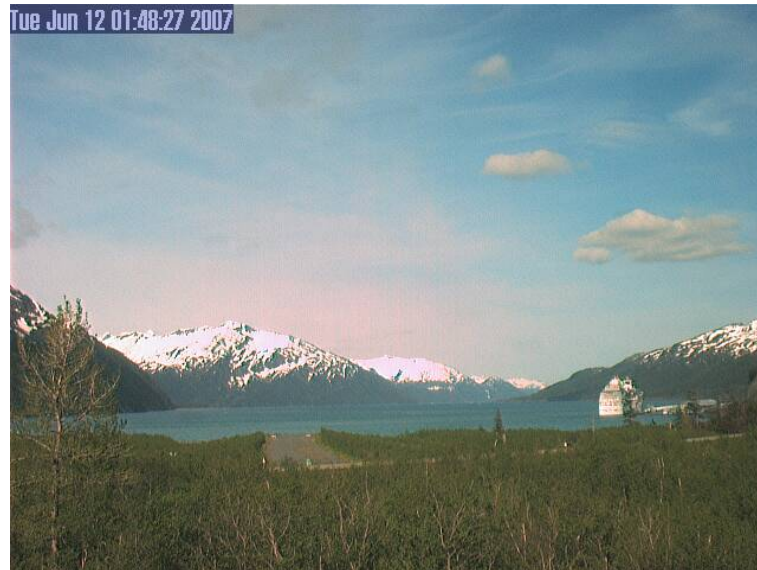
ウェザーカメラ(最近の今頃の時間)

- Whittier →
- Lake Clark Pass ↘
- Anchorage (East) ↓

Mon Jun 11 01:14:36 2007



Tue Jun 12 01:48:27 2007



Mon Jun 11 01:14:57 2007



2.2 キャプストーン・プログラム

Capstone Program(キャップストーン事業/計画)

(フェイズ I 2000年から)

小型機に、ユニバーサル・アクセス・トランシーバ

(**UAT**: Universal Access Transceiver) と

表示装置(MFD: Multi Function Display) を搭載

→ **ADS-B**により、位置、高度、速度、進行方向

などの情報を航空機相互間で交換

→ 自機の周囲の地形を表示(地図データ内蔵)

図1. キャプストーン機上装置 (MFD) の例 フェーズ I 後期からフェーズ II 初期 (©FAA資料)



- Weather



- Traffic



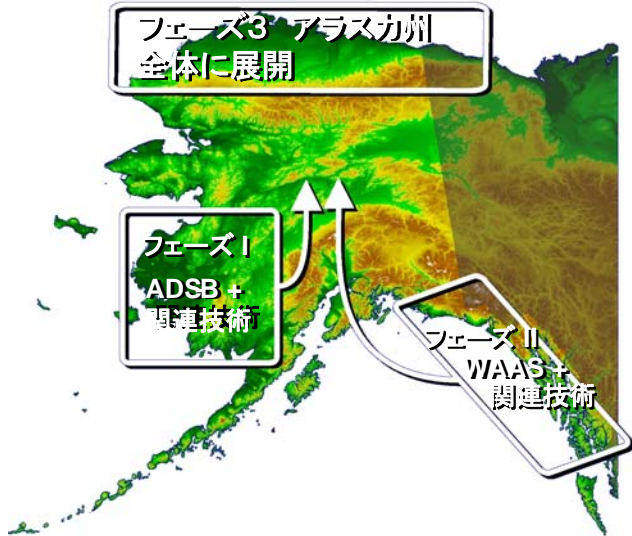
- Terrain

2.2 キャプストーン・プログラム(その2)

- 地上局(GBT: Ground-Based Transceiver)を設置
 - **TIS-B**:トラフィック情報サービス放送、
航空官署が把握している 周辺航空機の位置情報を、
航空機へ 送信
 - **FIS-B**:飛行情報サービス放送
航空安全に係る情報と 気象情報を 送信
 - **ADS-B**受信:航空官署等で、航空機の位置確認
地上運航者 (航空会社)でもモニタ
(インターネット経由でも 見られる)

F A A

キャプストーン計画



フェーズ I の効果 :

航空事故が47%軽減

(空中衝突事故0件)

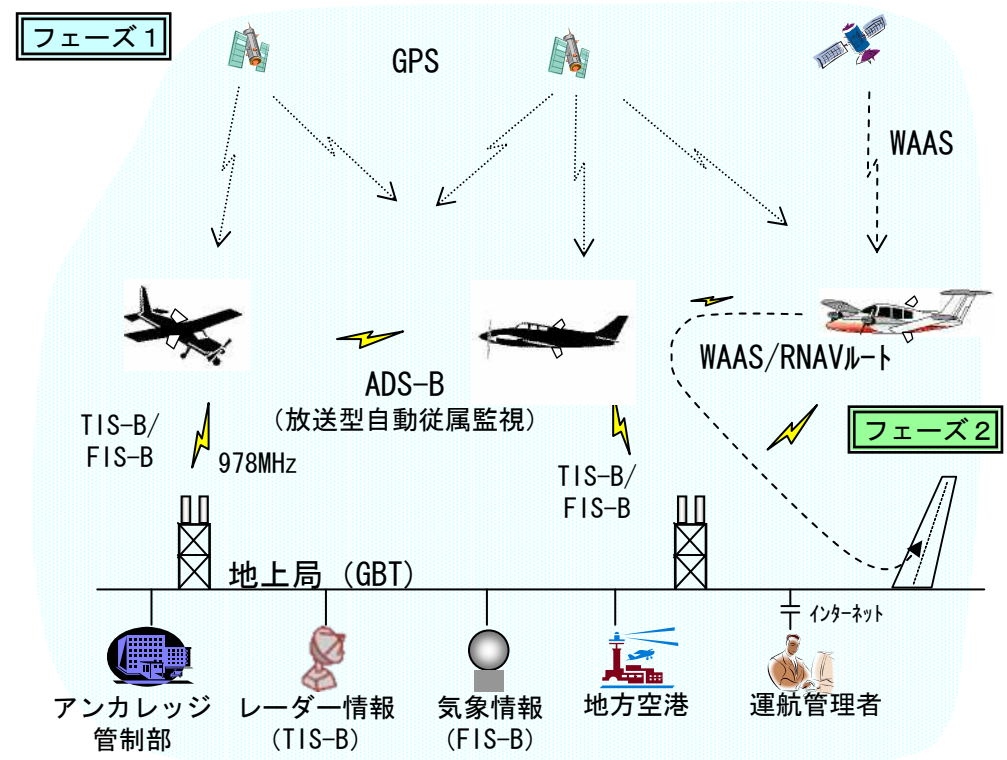
就航率が50%向上

搜索救援時間の短縮

フェーズ I : UATとGBTによるADS-B,
TIS-B,FIS-Bの実証試験

フェーズ II : WAAS (GPS広域補強システム)
/RNAVの実証実験

フェーズ III : アラスカ州全域に展開



(航空局作成資料より編集、©航空局)

2.2 キャプストーン・プログラム(その3)

- 自動気象観測所(AWOS)

当初はVHF音声で放送

→FIS-B対応中

- 気象画像も

→ 全米(国家)気象ネットワークと連携中

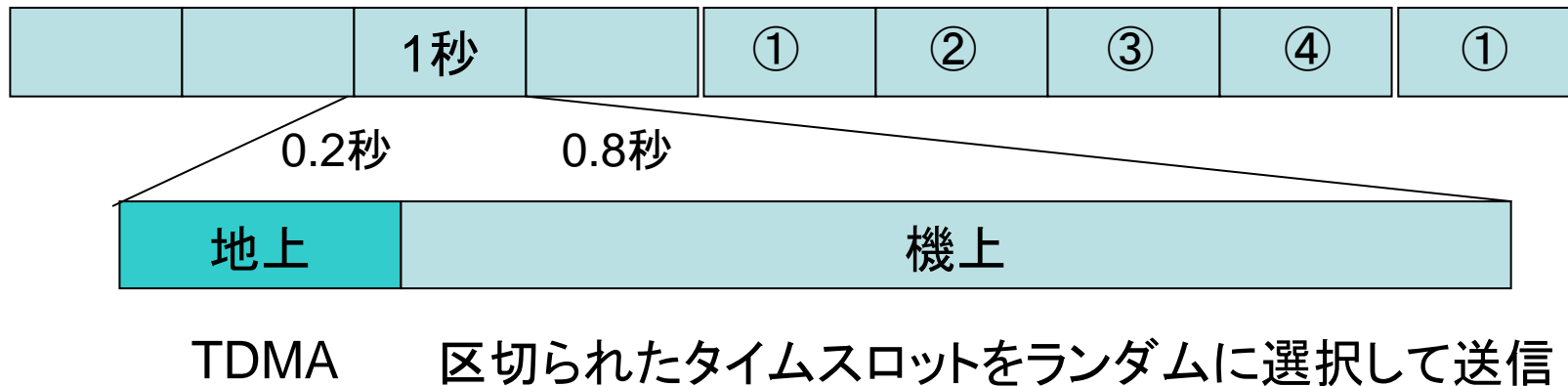
- 地上運航者向けインターネットモニタ

→ 既に新しいPCソフトが配布中



3.UAT(ユニバーサル・アクセス・トランシーバ)

- Universal Access Transceiver
 - DME帯域内の周波数 978MHz (伝送容量1Mbps)
 - 地上局(GBT)と機上局の送信時間を分離
 - 地上局はTDMA方式
 - 機上局はタイムスロット方式ランダムアクセス



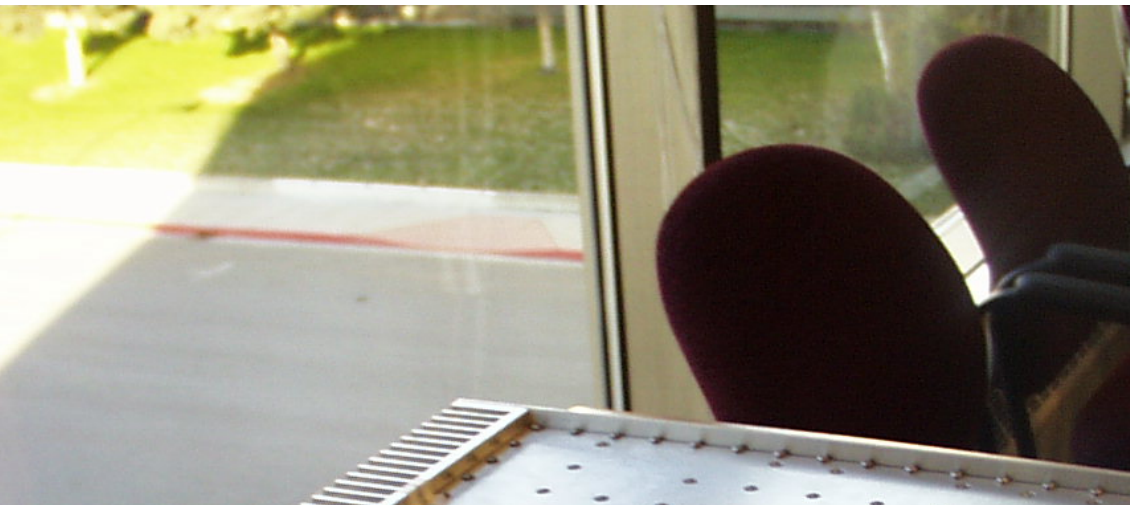


市販の機上装置

手前：表示装置（飛行経路ガイダンス対応）

奥：UAT本体（WAAS/GPS付 8,000ドル程度）

と別の表示装置（図1画面例の装置）



GBT(地上局)サイト

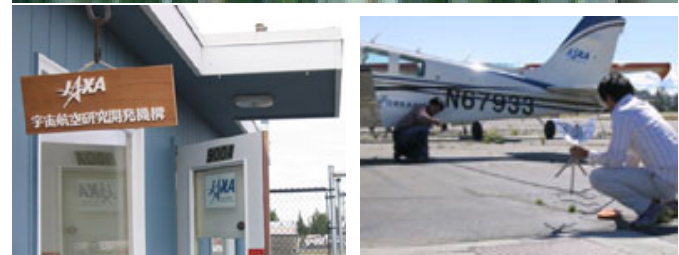
製品版 地上装置 (GBT)
UAT機能に加え、1090MHz拡張スキッタ
ADS-B受信機能付き

UATによるジュノー空港の除雪車監視

978MHzとは別な周波数



4. アラスカ州でのキャプストーン(UAT) 飛行実験



宇宙航空研究開発機構(JAXA)との共同研究

現地事務所・定置場: アンカレジ市 メリル飛行場

日時: 2006年7/11~8/3、9/13~10/10

電子航法研究所は、機材とともに職員4名を交代で派遣、
UAT信号強度を機上で測定した。

UATアンテナからの分岐

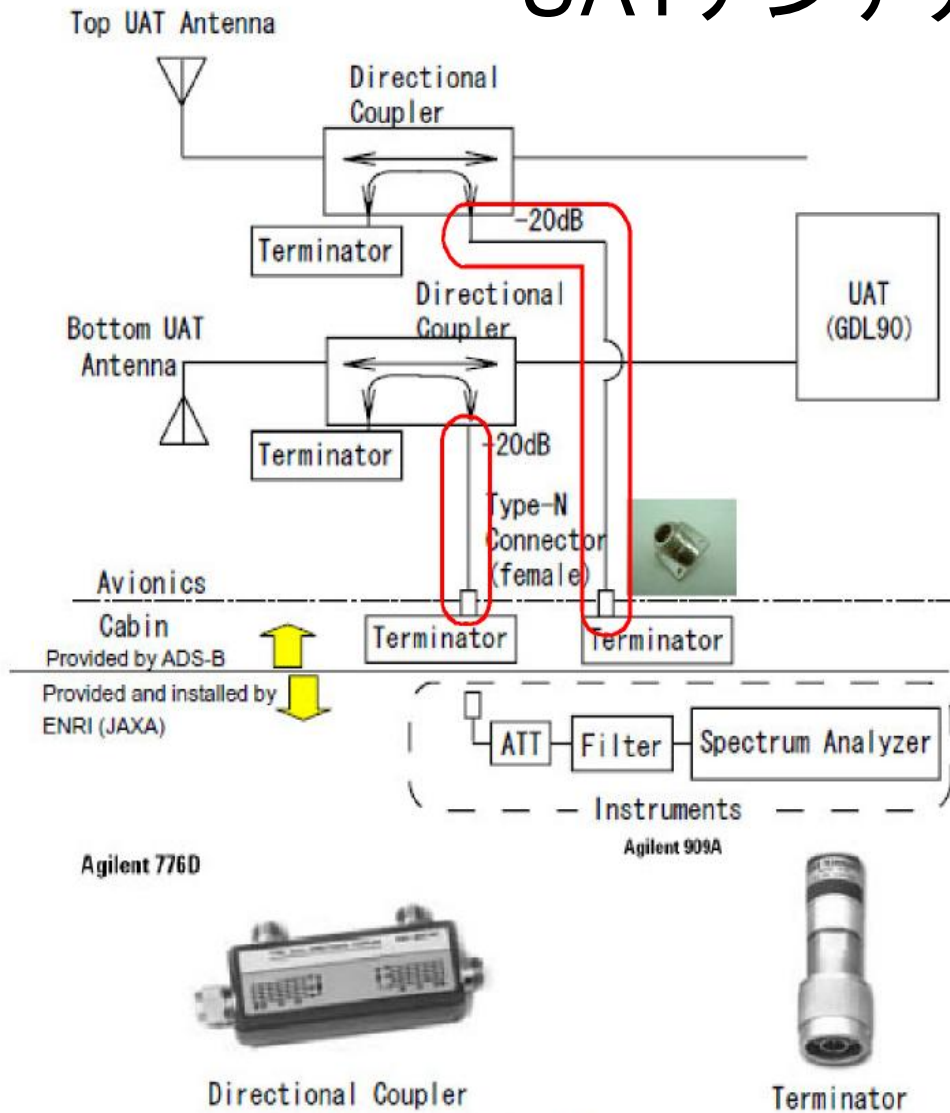
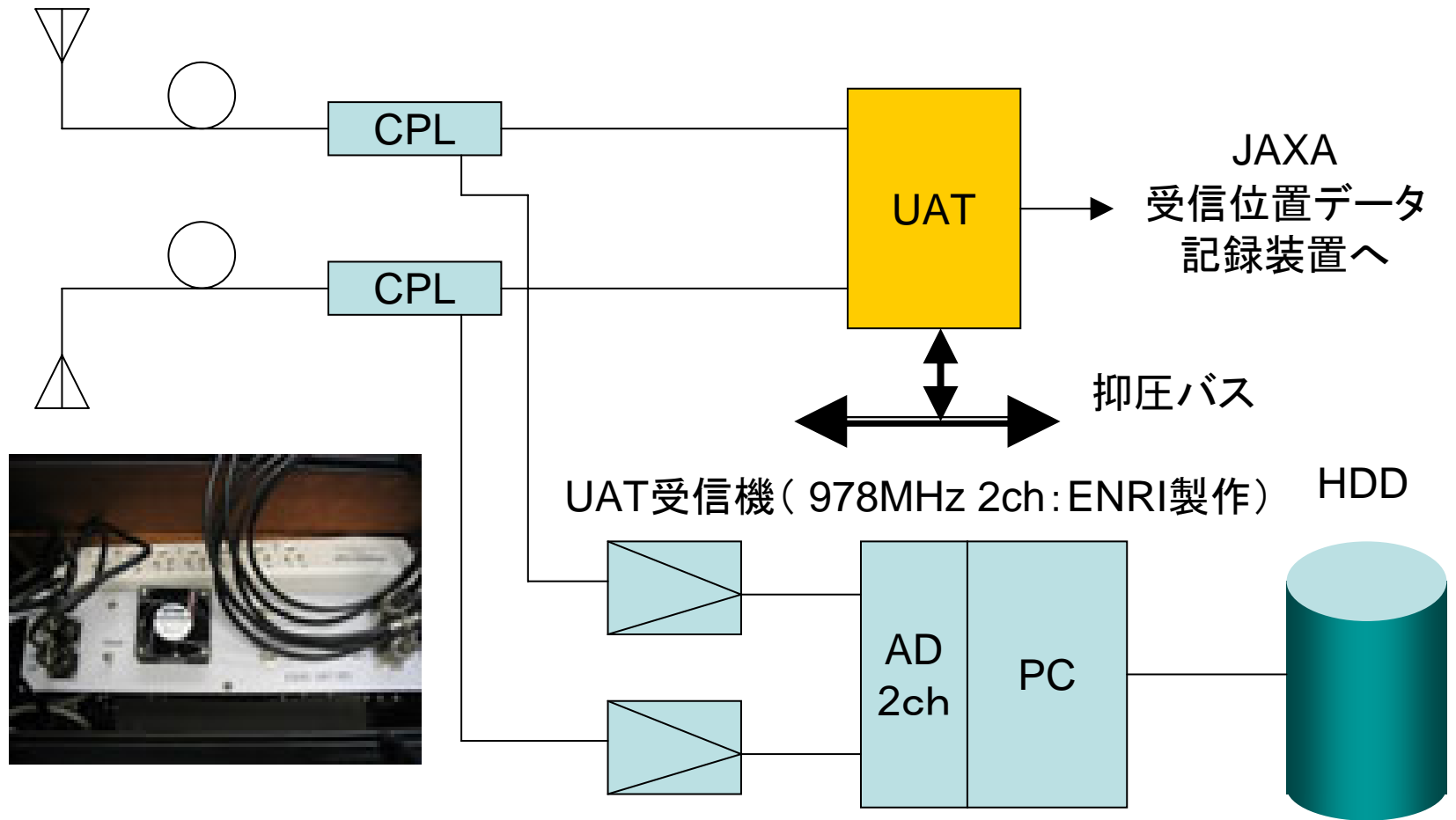


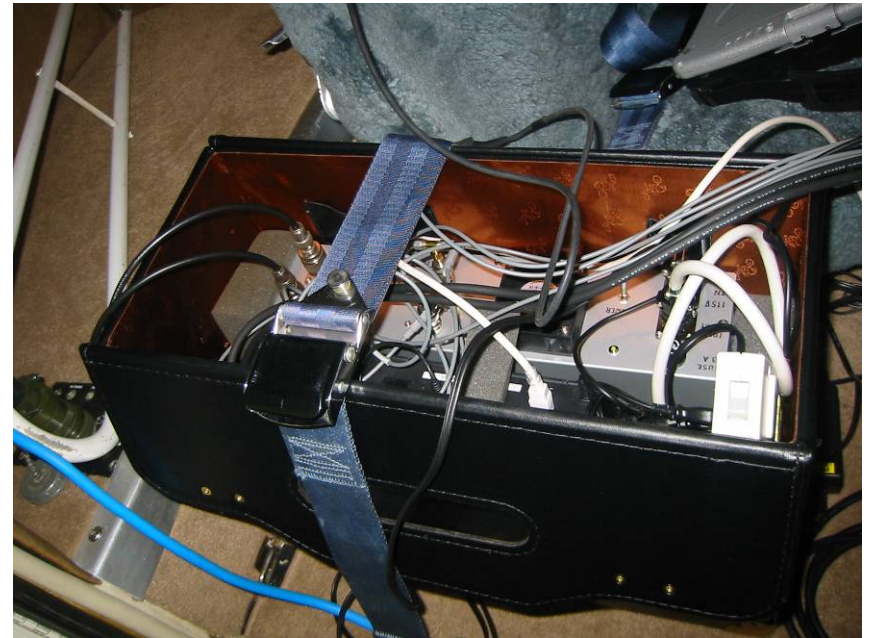
Figure 1 Connection of Instruments

図2. UAT信号強度測定記録装置の概念図(電子研製)



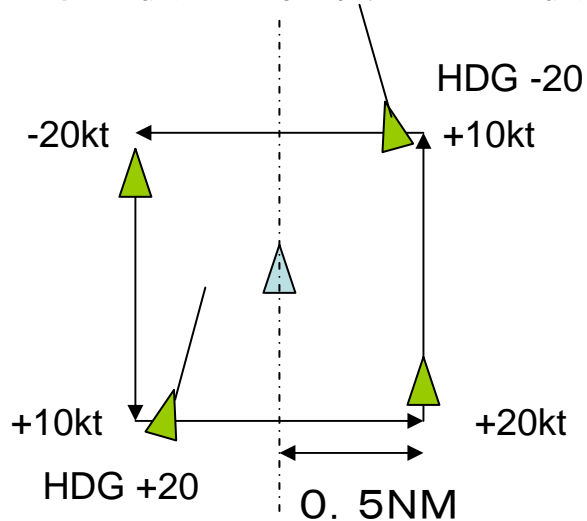
受信機は978MHzの受信信号を増幅して対数圧縮検波する。
AD変換(12Bit 2MS/s 2ch) カード付きノートPCでデジタル化。
外付けハードディスクに 7秒毎に4秒連続の受信Log Video波形記録。 19

図3 UAT信号強度測定記録装置の 航空機内 実装状況

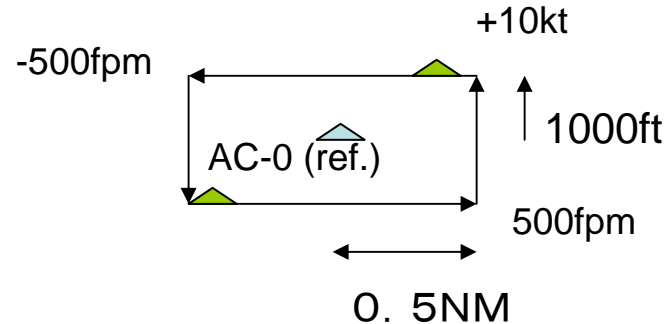


飛行パターン (水色: JAXA実験機、緑色: 相手UAT搭載機)

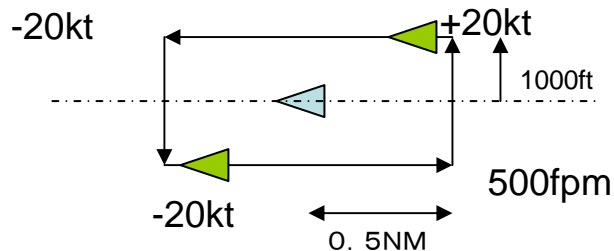
1. 相手機が同高度でJAXA機の周りを飛行



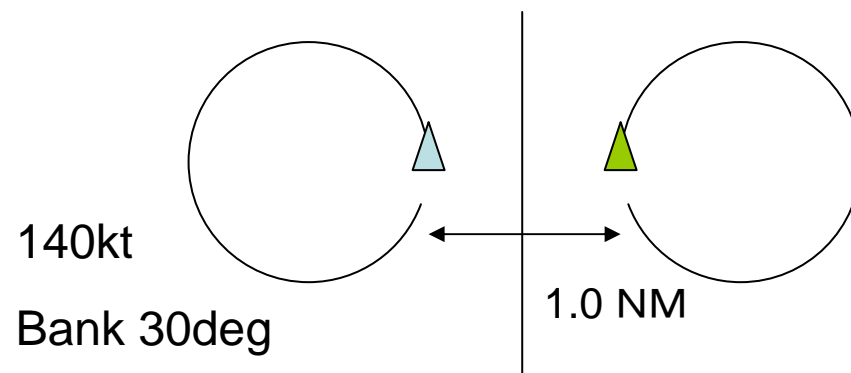
3. 同じ速度で横に並ぶように周回



2. 同一コース上を高度を変えつつ前後に周回



4. 横並びからそれぞれ旋回



飛行実験風景(空対空 信号強度 測定)

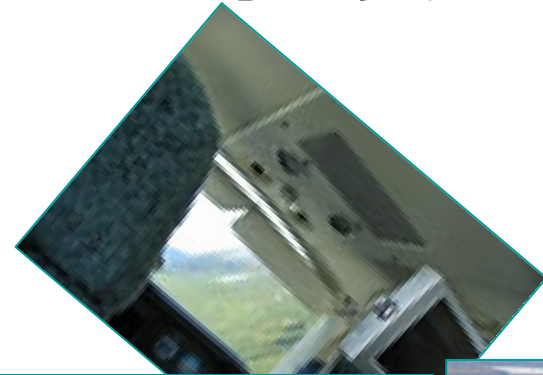
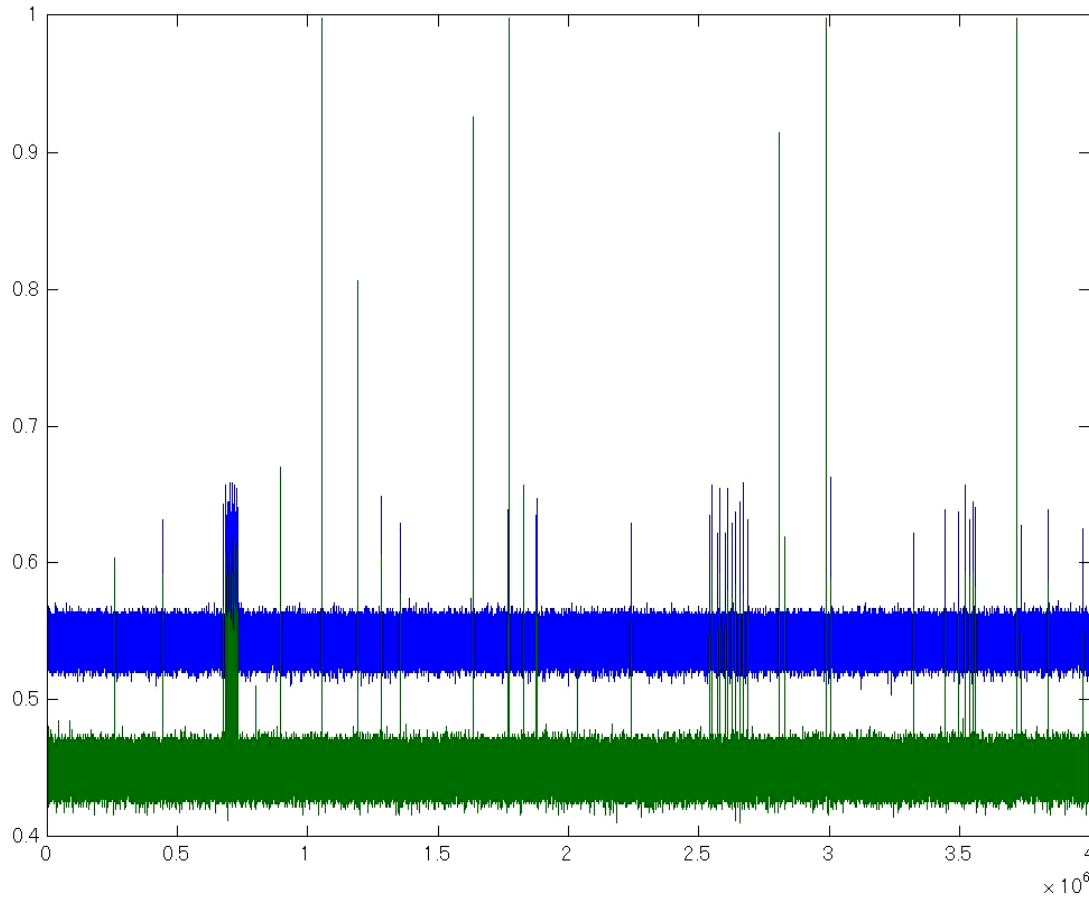


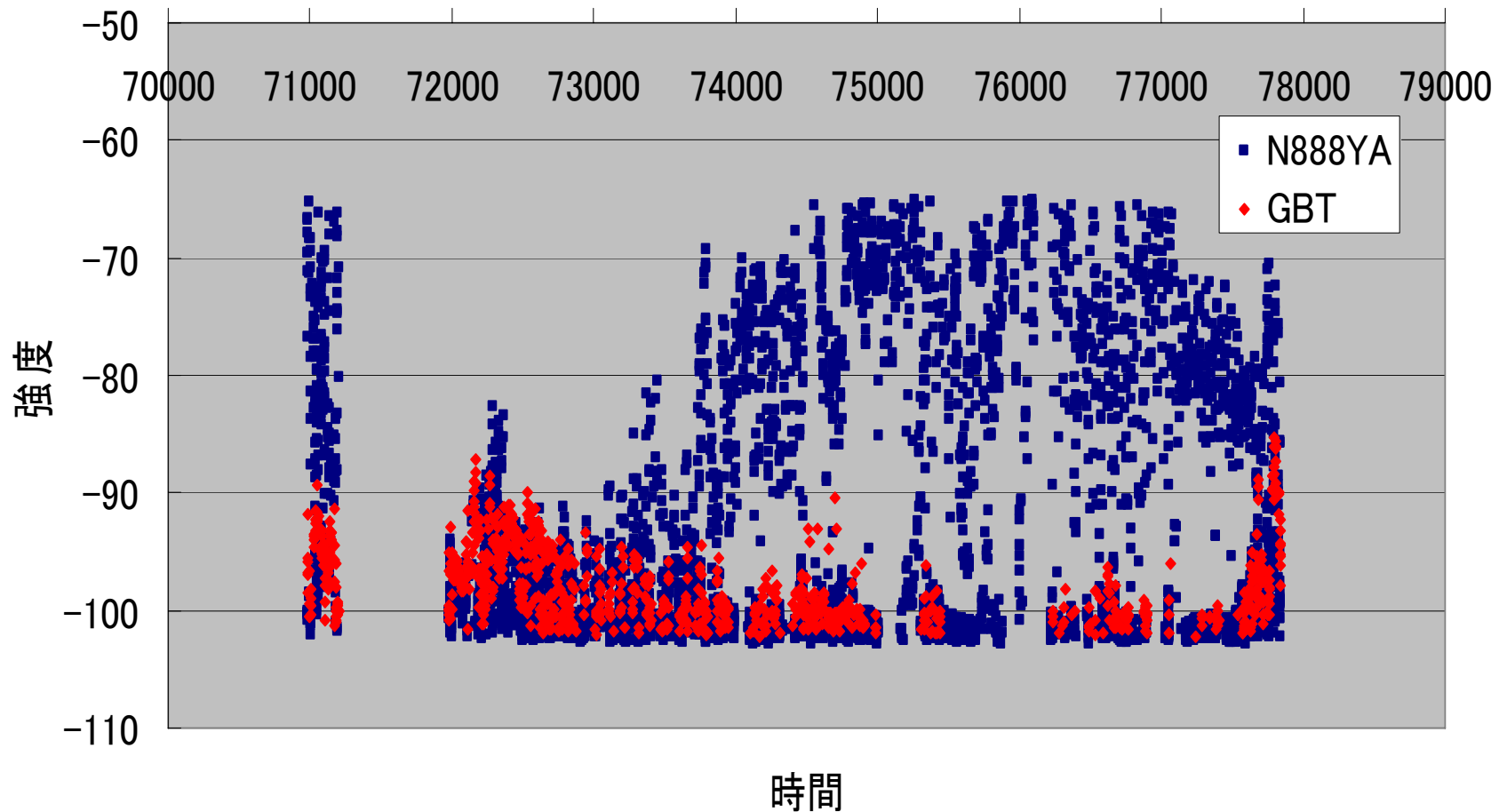
図4 4秒間の受信データ例



受信信号の1例. 横軸:時間(秒) 縦軸:対数検波出力(V)
(青:上側アンテナ、緑:下側アンテナ)

図5 飛行実験(2時間)のデータ例(下側アンテナ)

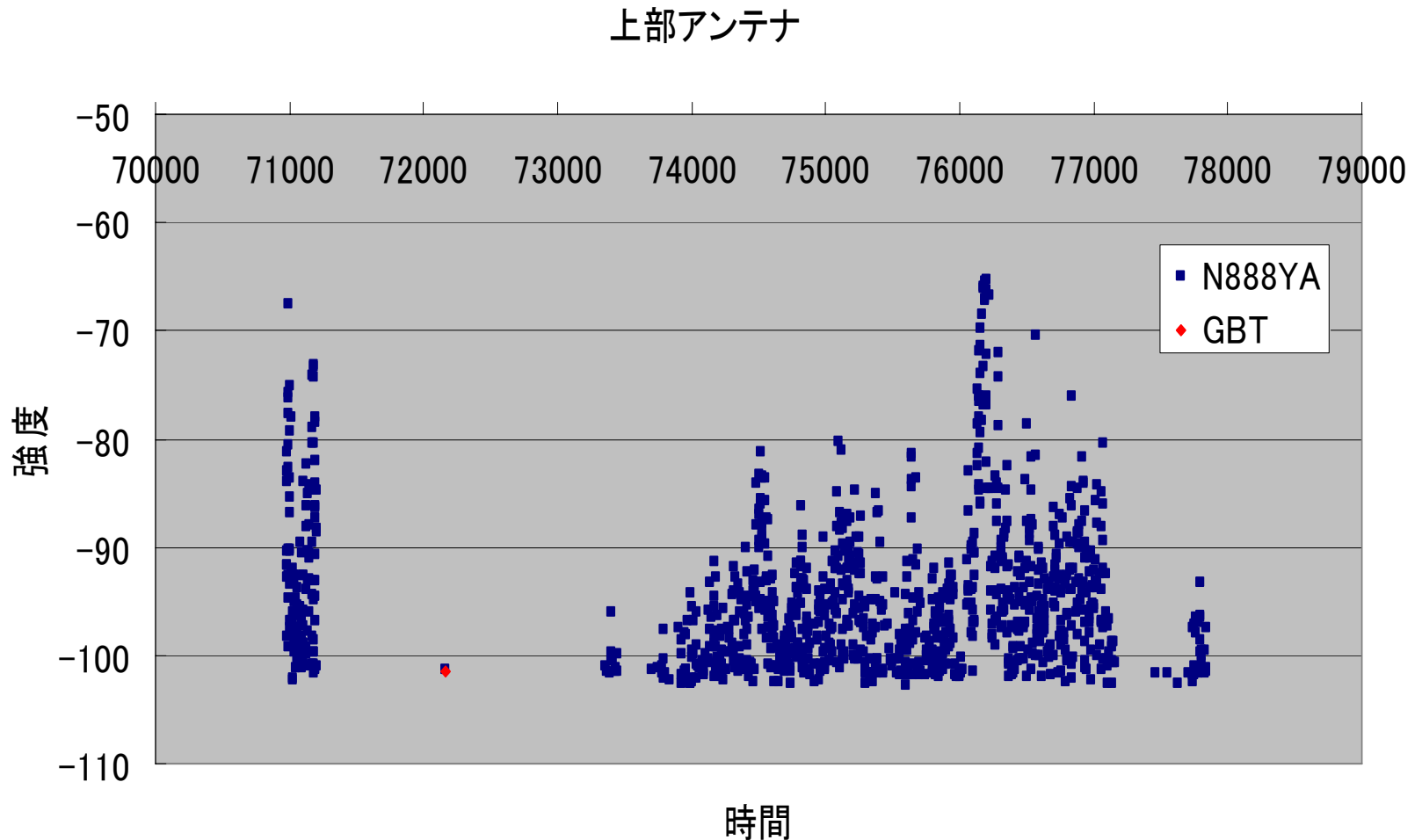
下部アンテナ



横軸: 時間(秒) 縦軸: 信号強度換算値(dBm)

(青: 相手機のADS-Bメッセージ、赤: GBT) 9/28のFLT 24

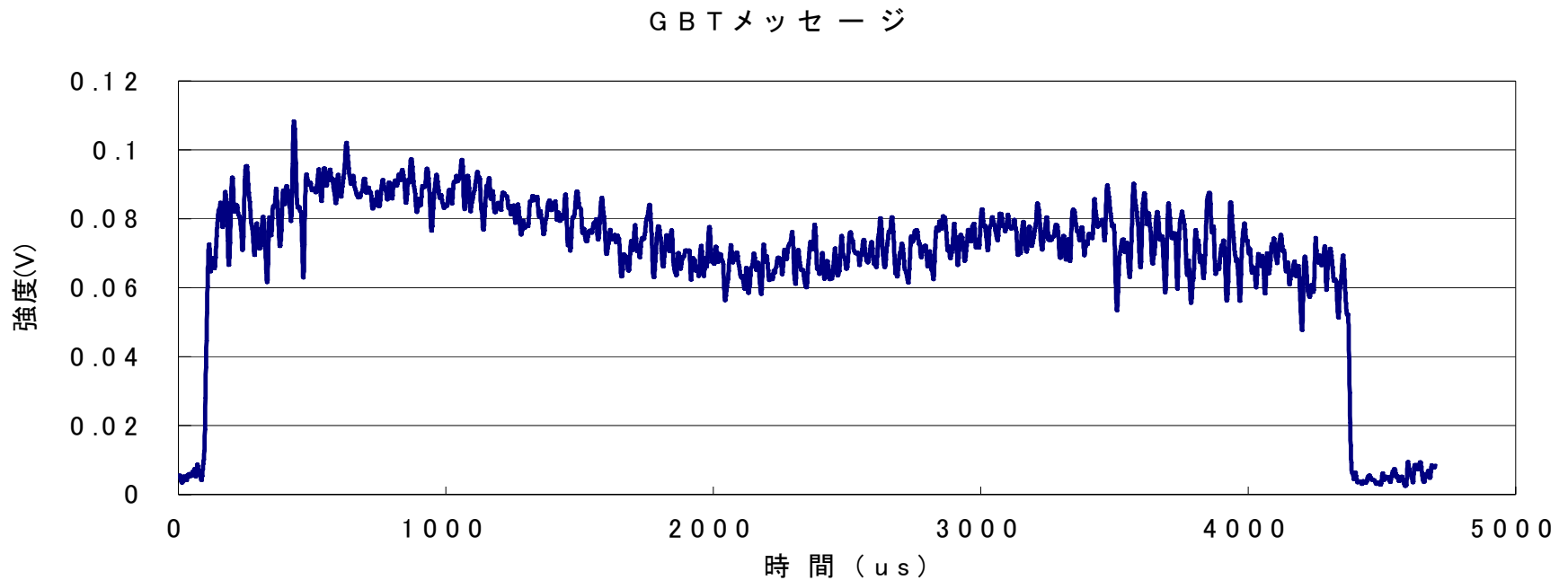
(参考) 飛行実験(2時間)のデータ例(上側アンテナ)



横軸: 時間(秒) 縦軸: 信号強度換算値(dBm)

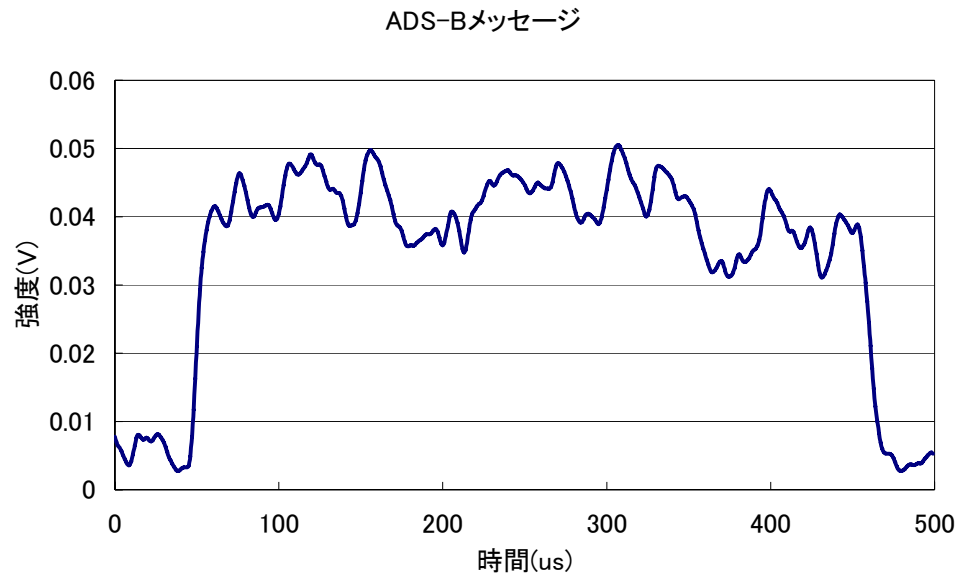
(青: 相手機のADS-Bメッセージ、赤: GBT(少ない) 9/28のFLT 25

図6 GBTメッセージ拡大図



横軸:時間(μ 秒)、
縦軸:ノイズレベルを0とした検波出力 (V)

図7 ADS-Bメッセージの拡大図

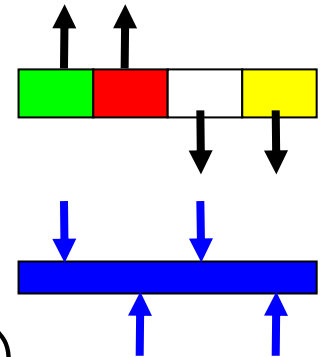


横軸: 時間(μ 秒)、

縦軸: ノイズレベルを0とした検波出力(V)

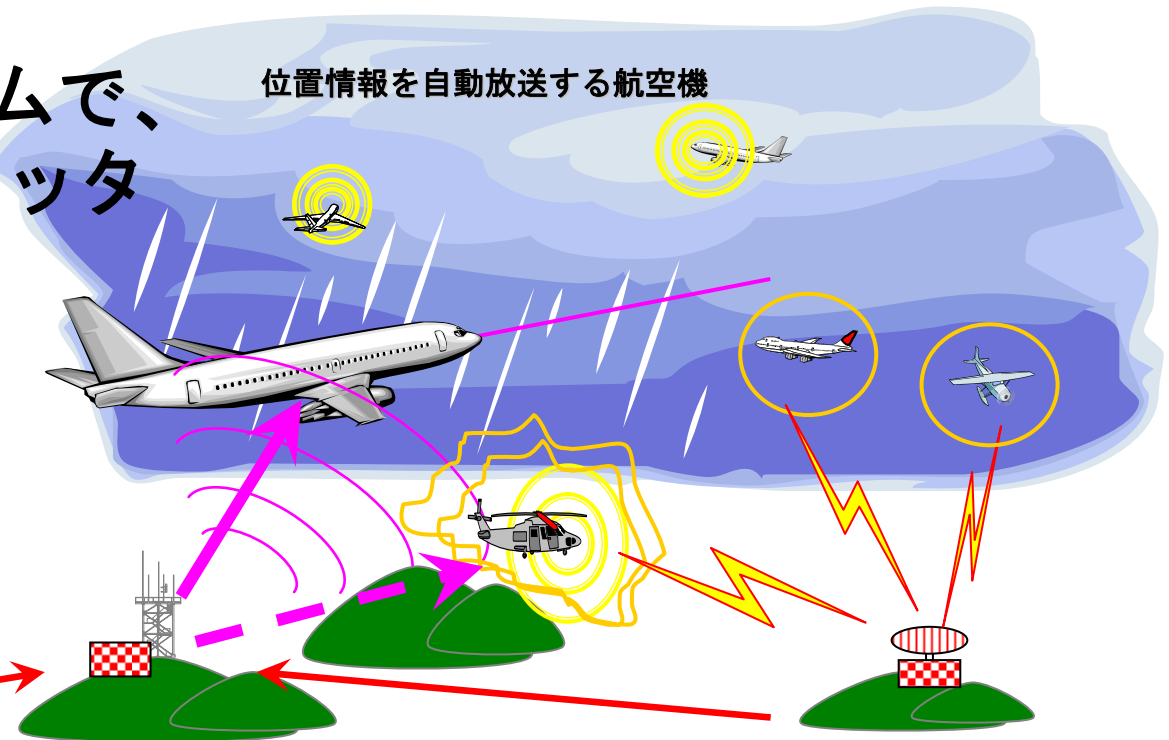
近距離で相手機とのリンク断

- 相手機と位置関係により、UATが信号を解読できない状態(リンク断)が発生した。
- 当所の受信機には上下どちらかのアンテナで十分な信号強度で受信。
- UAT装置の送信は1秒毎に上、上、下、下の順でアンテナを切り替える。(4秒周期)
- 受信では、規格、用途で異なるが、搭載したUAT装置は、上、下、上、下の順で切り替えて受信(2ch同時受信ではない)。
→ 相手機との位置関係により機体に遮られた可能性あり。



5. まとめ

FAAキャプストーン計画（UAT）の調査と飛行実験を行った。実験データは電波伝搬の検討に活用する。19年度以降は、プロジェクトチームで、1090MHz拡張スキッタ地上送受信装置（TIS-B,FIS-B機能）の開発を行う。評価実験用機上装置も試作。



運航支援情報
（空域・空港情報や
気象情報）

山間部・低高度の通信路を確保するため、電波伝搬特性の計算手法も検討します

謝辞

日ごろよりご支援とご指導を頂き、特に現地調査と実験の実現にご尽力いただきました航空局の皆様には感謝いたします。

また、現地でご対応いただいた米国連邦航空局 (FAA) の皆様と、JAXA の皆様には感謝します。(本スライドの一部に、航空局、FAA、JAXA の図版を借用しています。)



メリル飛行場風景 (©JAXAホームページ)