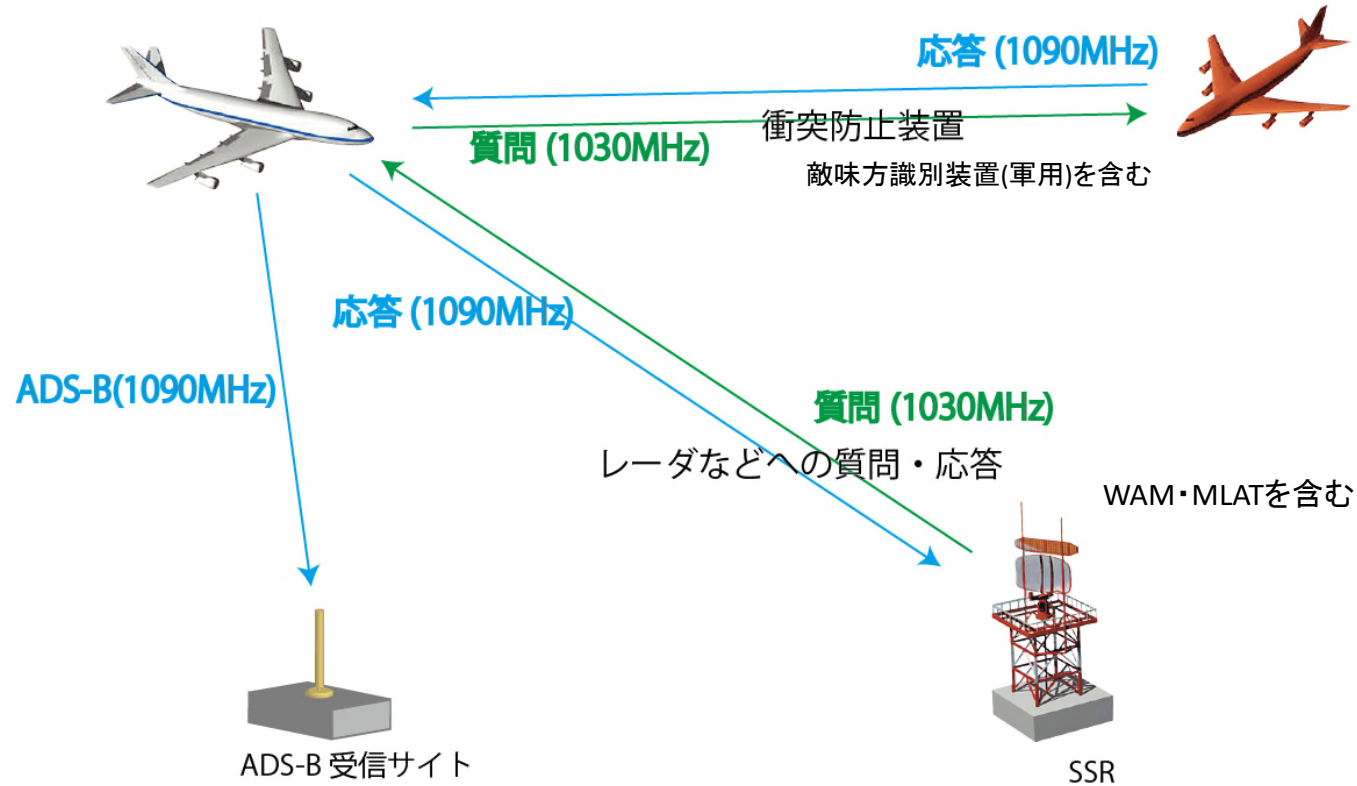


監視システム信号環境の動向と測定評価

航空交通管理領域 大津山卓哉
監視通信領域 本田純一, 宮崎裕己

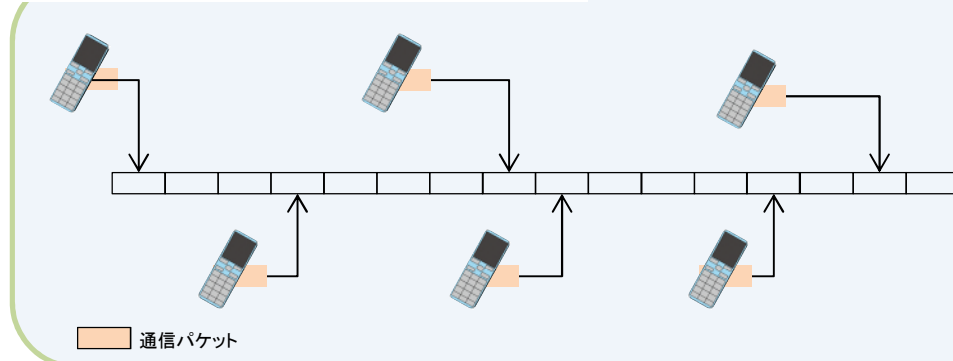
1030/1090MHz 監視信号環境



- ・1030/1090MHzを使用した監視システムは現在の航空機運航において非常に重要な役割をしており、欠かせないものである。
- ・これらのシステムは各器材がそれぞれ独立して動作する(時間等に管理されない)ランダムアクセス方式を通信方式として採用している(設計が古いため)

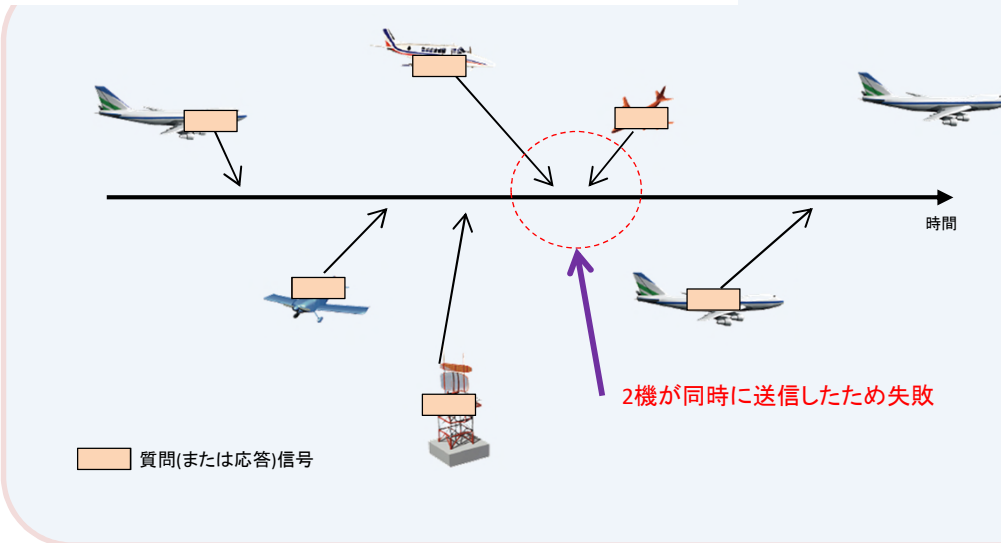
ランダムアクセスシステム

携帯電話などの場合 (ランダムアクセスではない)



- ・周波数や時間を分割してそれぞれの端末・基地局にスロットを割り当て通信を行う。
- ・割り当てられた周波数・時間をすべて使うことが可能
- ・全てに共通した時間・周波数管理が必要となる

ランダムアクセスシステムである監視の場合



- ・それぞれの機材が独立して信号を出す
- ・共通した時間周波数管理をする必要がない
- ・タイミングが一致した場合は通信できない
- ・全ての時間を通信に使うことはできない
- ・機材(機器数)が増えるにしたがい、失敗する可能性が大きくなる



効率よいシステム運用のためには
信号量を把握・管理する必要がある

研究の目的

- 航空機監視信号環境の現状を知る
 - 信号環境に影響を与える要因は？
- 機材導入前後における変化からその効果を見積る



- 将来の信号環境予測
 - 航空機数(交通量)増加への対応
- レーダ等監視システムの性能を限界まで使う
 - インターバルマネージメント(IM)等の新しい運用方法
 - ダウンリンク機能(DAPs等)を使った航空機動態取得による運航効率化
- 監視信号環境の最適化

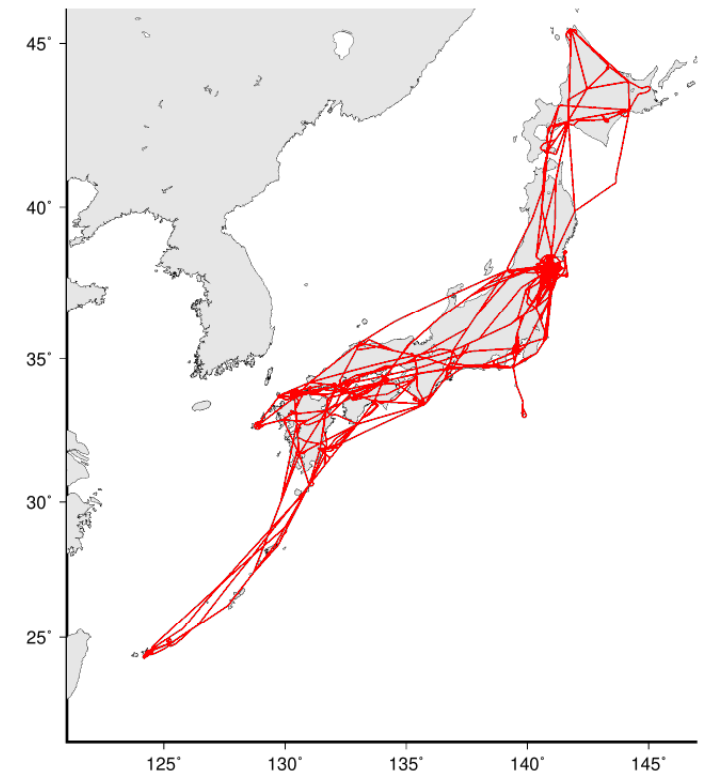
- はじめに
 - 監視信号環境
 - ランダムアクセスシステム
 - 研究の目的
- 信号環境評価手法
 - 飛行実験による信号環境取得
 - 信号環境の評価
 - パルス占有率
 - 質問・応答信号数
- 信号環境測定結果
 - パルス占有率
 - 応答信号数
- ICAO監視パネルにおける検討状況
- まとめ

1030/1090MHzの監視信号環境測定

- デバイスの進化により全波形を長時間にわたって記録可能になった
- 電子研の航空機「よつば」に機材を搭載
- 1030/1090MHzの信号をHDD/SSDの容量まで記録できる
(3時間程度のフライトなら全波形を記録可能)
- 日本全国の航空路で測定中
- ほぼすべてのエリアを飛行してデータ取得を行っている
- 波形そのものを記録しているので後でどんな解析でも可能



ENRI実験用航空機



これまでの飛行経路

搭載機材 信号環境記録再生装置

記録したデータをどのように扱うか？


- 周波数帯域内の信号占有率を求める
 - どの程度の強さの信号が含まれているのか
 - 継続時間はどの程度であるか

- 未知信号でも解析可能
- 信号種別はわからない
- ノイズもカウントされる

 パルス占有率

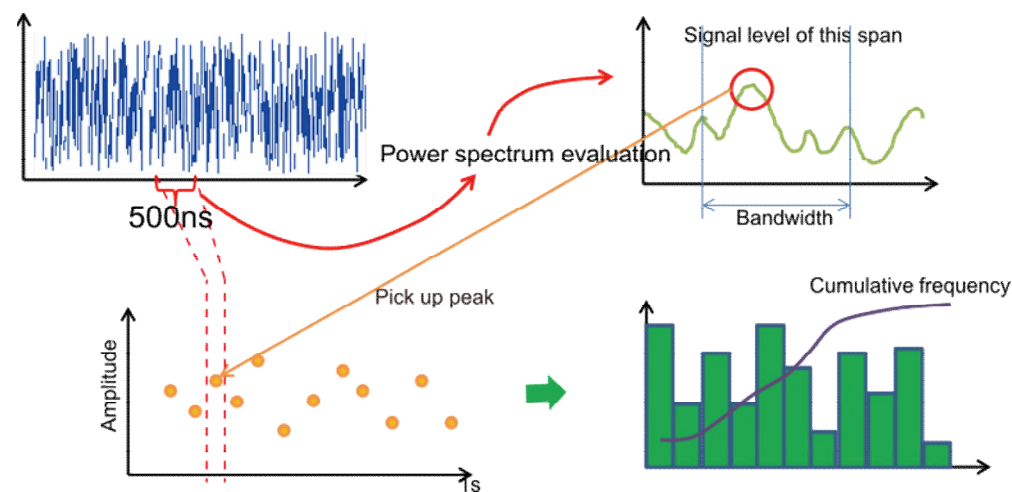
- 周波数帯域内の信号種類を求める
 - どのような種類の信号が含まれているのか
 - それぞれの信号はどのくらい存在するのか

- 劣化信号はカウント不可能
- 未知信号はカウント不可能
- 信号種別毎に計測可能

 質問・応答信号数

信号占有率 (パルス占有率)

- 記録した1030/1090MHzのデータから単純に信号量を測定
 - 信号の中身・種類を気にせず処理を行う
- 処理方法
 - 記録したデータから信号強度を計算する
 - 各データの強度(0.5us毎の強度)をその時刻の信号強度とする
 - 1秒間あたりのヒストグラムを作成
 - ヒストグラムから累積分布を求める
 - 閾値毎に含まれる信号数を導出



質問・応答信号数

- 記録した信号を受信機に入力
 - 疑似トランスポンダ
 - WAM受信機
 - ADS-B受信機 など

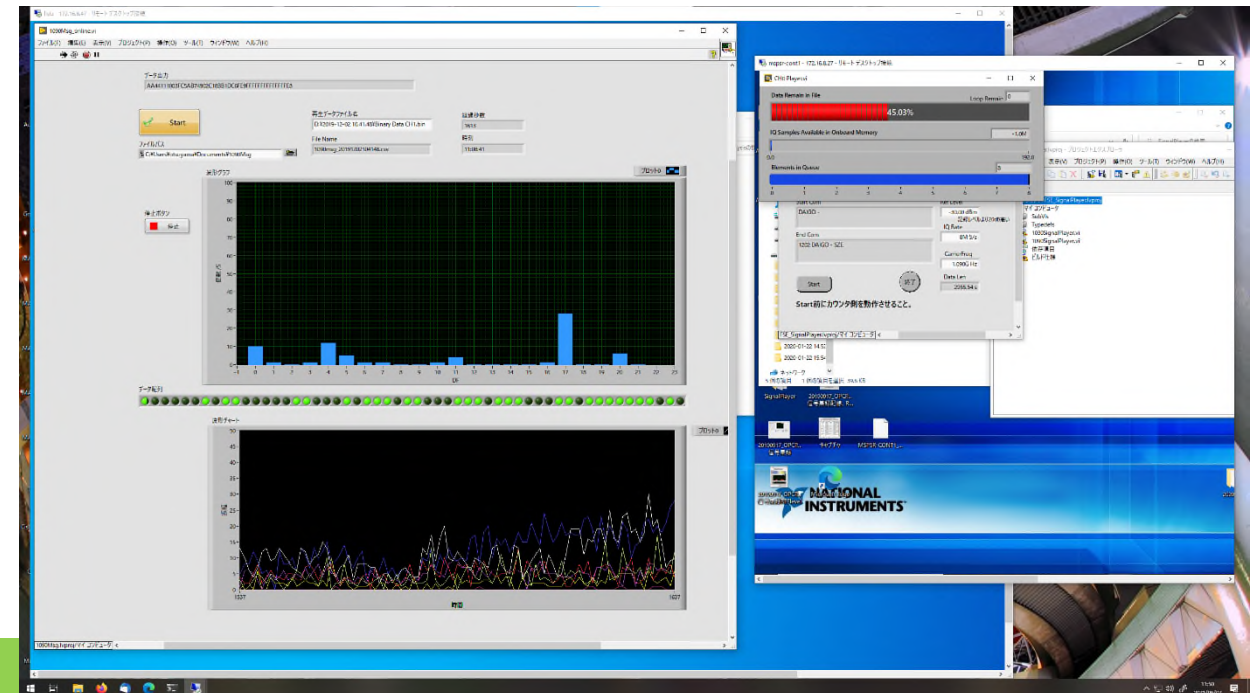
信号再生



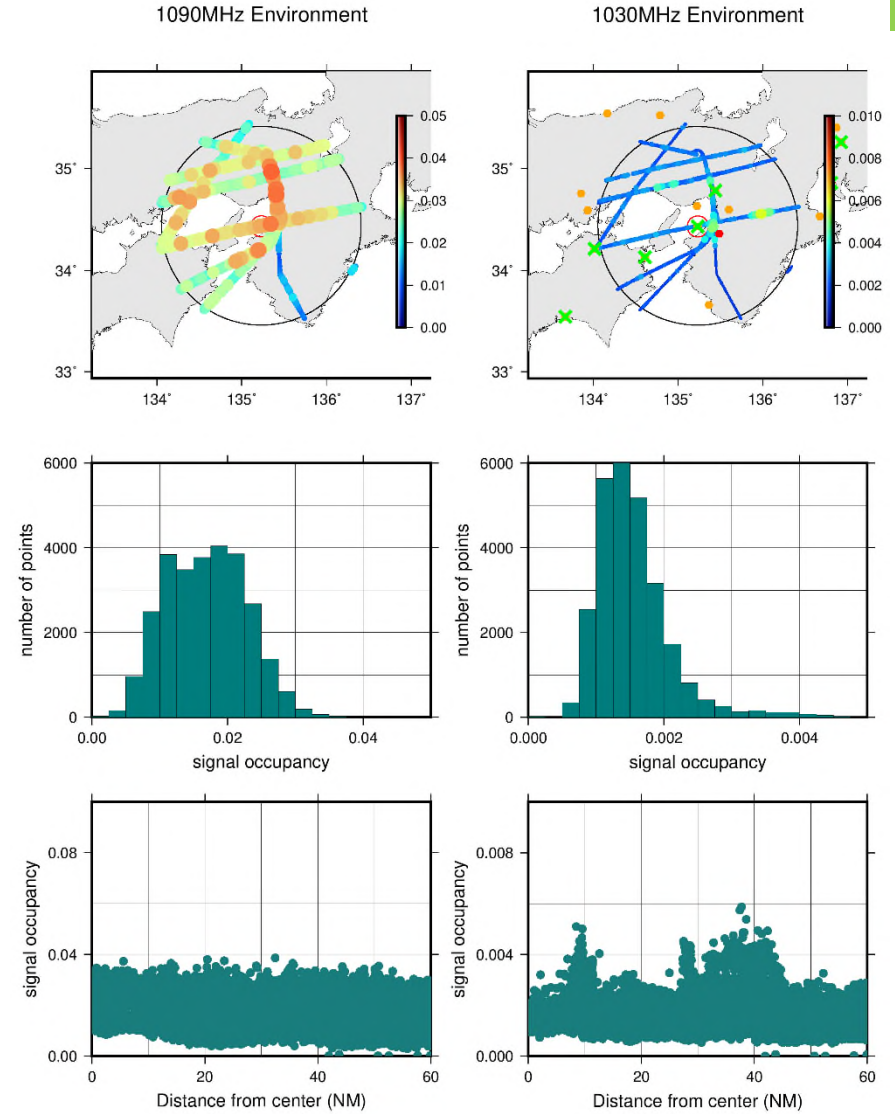
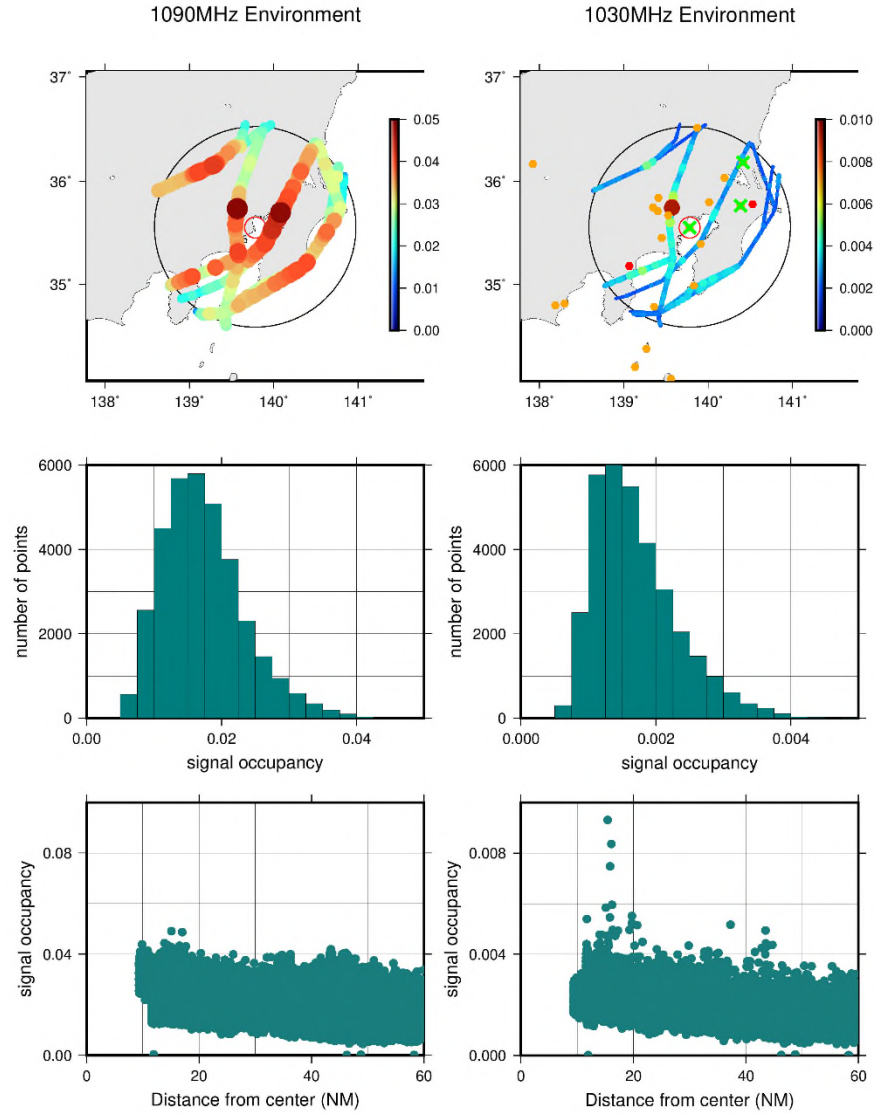
1030受信機

1090受信機

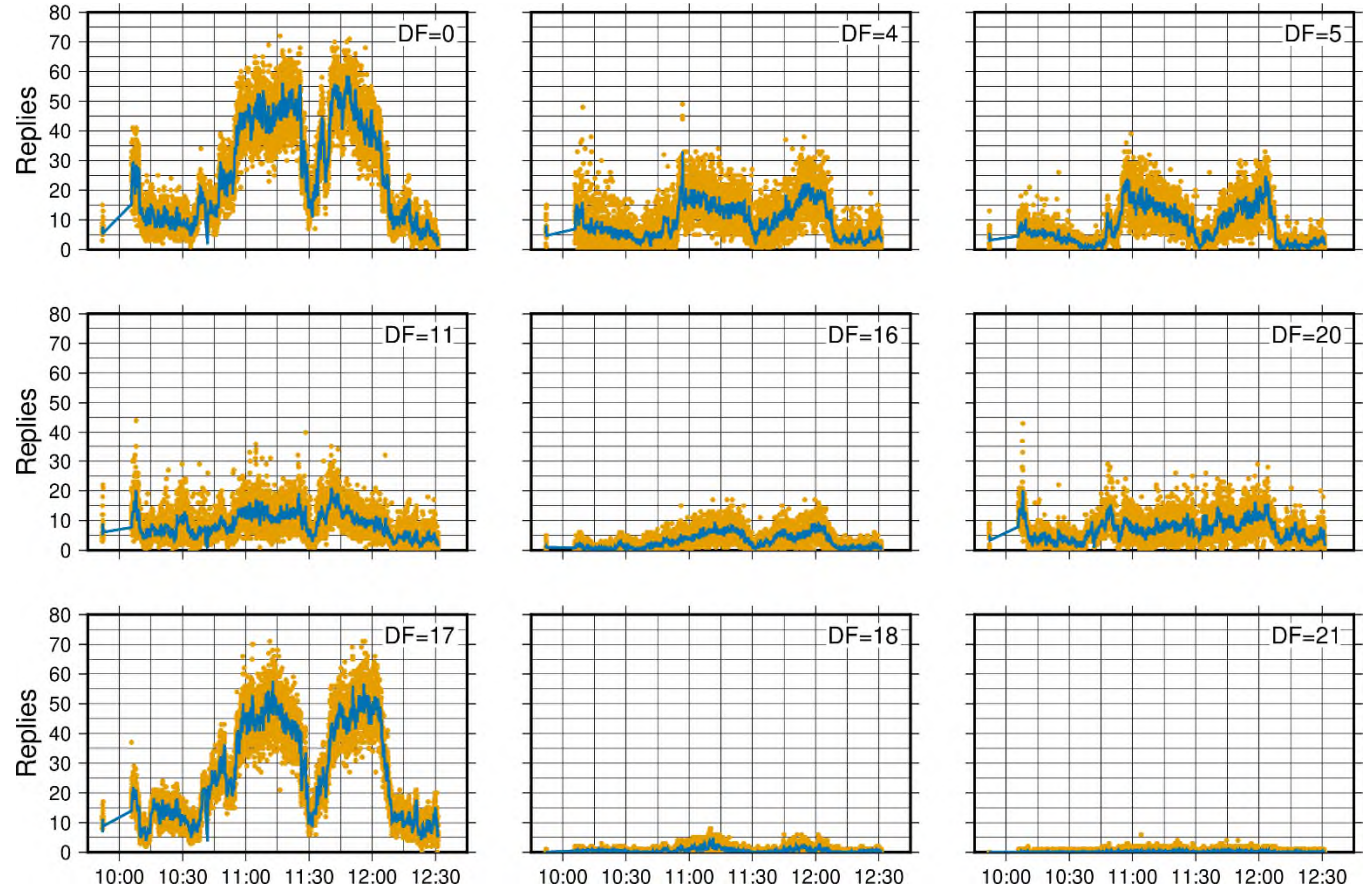
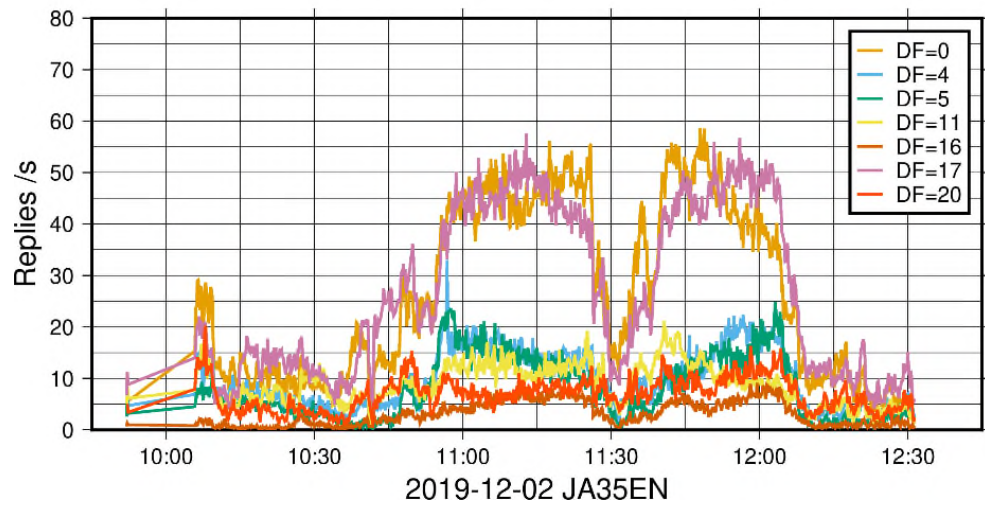
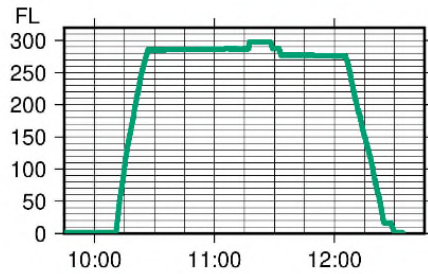
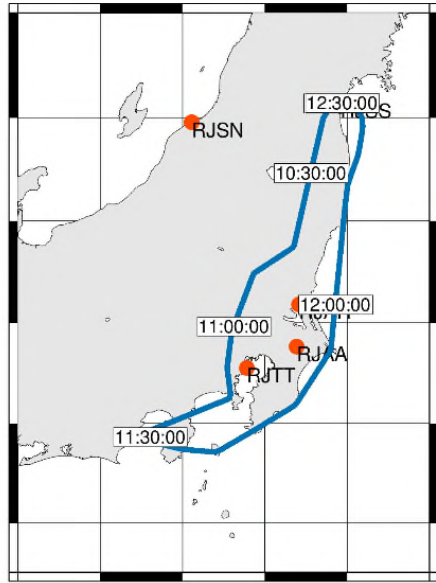
- 処理方法
 - 受信機のMTL (Minimum Trigger Level) を調整し、受信感度毎に応答を調べる。
 - 受信した信号種別毎に統計をとる
 - 受信機によっては信号強度も測定可能
 - 未知信号の処理はできない
 - 連続波(干渉妨害波)が含まれている場合、間違った検出をする可能性



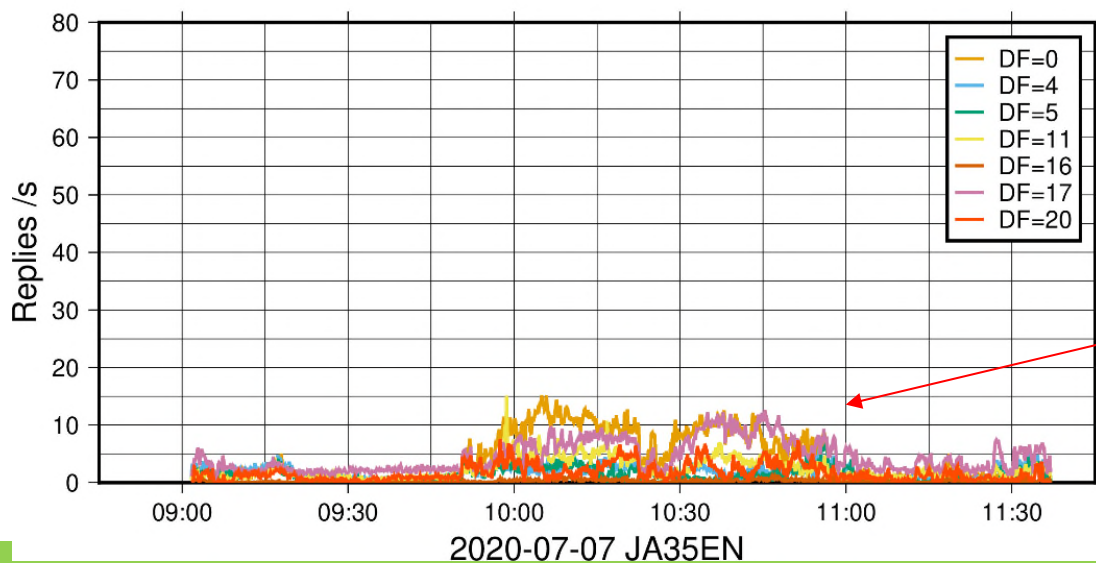
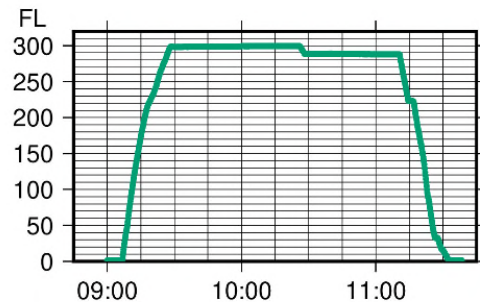
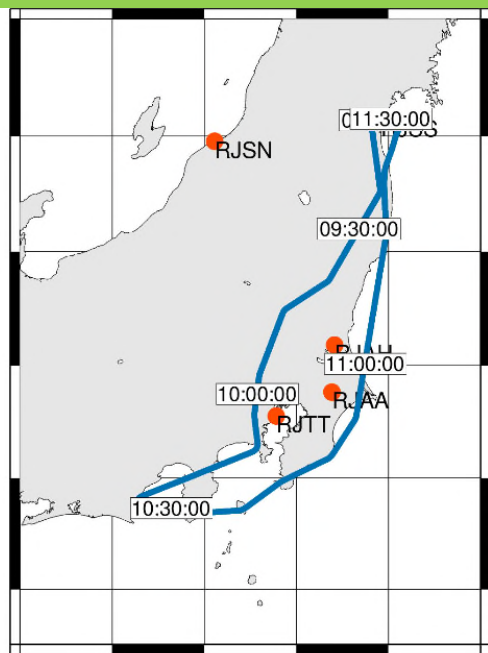
1030/1090MHz パルス占有率



メッセージ数



2020年の状況



信号数が約1/5になっている

ICAO 監視パネルにおける検討状況

- ICAO監視パネルでの最近のトピック
 - ACAS-X
 - ADS-Bバージョン3
 - 1030/1090の信号環境について
- ADS-Bバージョン3 (ED-102B/DO-260C)
 - 現在のバージョン2にメッセージを追加
 - 無人機, 気象情報, 信号環境に関するもの等
 - スキット数の変更 等
- 新しいトランスポンダ(ED-73F/DO-181F)
 - ACAS-Xへの対応
 - ADS-Bバージョン3に対応 等

Data	ADS-B Message	Version 0	Version 1	Version 2	Version 3
Position					
CPR Encoded Latitude/Longitude	Airborne Position Surface Position	R	R	R	R
Latitude/Longitude	HVA Position				O
Barometric Altitude	Airborne Position	R	R	R	R
Geometric Altitude	Airborne Position Airborne Velocity	R	R	R	R
Expanded Geometric Altitude	HVA Position				O
Manned/Unmanned Operation	Emergency Priority and Status				R
UAS/RPAS Lost Link	Emergency Priority and Status				R
UAS/RPAS Contingency Data	UAS/RPAS Contingency				O

SP-ASWG13-WP18-Update to Table of Differences between 1090ES Versions.docx

Page - 4 - of 5

Data	ADS-B Message	Version 0	Version 1	Version 2	Version 3
Reduced Equipment Capability (RCE)	Operational Status			R	R
Mode S Reply Rate Limiting Status	Operational Status				R
Interrogation/Reply Monitor Data	Interrogation/Reply Monitor				O

Note 1: O denotes Optional and R denotes Required and is based on whether the message that conveys the individual data field is required or optional.

Note 2: Target State and Status Message which includes Target Altitude, Target Heading and Barometric Pressure setting is required for ADS-B Equipment Classes A2 and A3.

Note 3: Mode S Transponders supporting the EHS capability are required to broadcast ADS-Wx AIREP Weather State ADS-B Messages.

ADS-Bバージョン毎の違い(WPより抜粋)

- SSFT(Surveillance Spectrum Focus Team)を作り1030/1090MHz監視信号環境に関する諸問題を検討。
 - 質問・応答信号量について
 - 監視システム以外との干渉問題
 - 無人機等との共用 等

Annex A 1030/1090 MHz Spectrum Utilization Analysis List

Issue #	Status Priority	Problem description	Possible mitigation(s)	Affected Document(s)	Affected Section(s)	Remarks / Limitations	Proposal for SARPs and Guidance Material	Regulatory aspects	EMS Version
001	TOP	Mode A/C utilization	(1) Reduction of Mode A/C transmissions from transponders (2) Guidance for the correct calculation of minimum necessary interrogation rates	A10V4 Doc 9924	3.1.1.7.9.2 Annex ...	This means the reduction of the maximum Mode A/C reply rates by decreasing the limit for the reply limiting function in the standard. SSFT-AI-20/004 SSFT-AI-20/007	Implement a change from 500 to 2000 to only 500 (?) Introduce a common formula	none	
002		Too many Mode A/C replies	Removal of Mode A/C only transponders from the fleet			Since this is a very long process, it might be necessary to implement technical solutions before.		This is only achievable with official regulations	
003	TOP	Too high or also insufficient number of all-call replies due to unclear interpretation of all-call IRF for "paired interrogation"	Clarify the meaning/number of IRF for "paired interrogation"	A10V4	3.1.2.11.1.1	Limit of 250 for A/C/S and "paired" interrogations seems insufficient for "paired" (125+125). SSFT-AI-20/006			
004	TOP	Mode S Transponder unavailability				Excessive interrogations, consider issue #021 SSFT-AI-20/008			
005	closed								
006	closed								
007	closed								
008		ACAS interrogations in high density areas	(1) Implementation of ACAS-II V7.1 Extended Hybrid Surveillance (2) Implementation of ACAS-Xa and Xo			This might be limited to high-density areas. (criteria need to be defined)		Perhaps only as an upgrade to existing ACAS-II Version 7.1 installation	
009								Not mandated, after certification only voluntary utilization in the US.	
010		Unnecessary (re-) extractions of BDS registers	(1) BDS extraction and information distribution in Mode S radar clusters (2) Passive use of ADS-B information instead of active extraction by radars (4) Phase Overlay			Data distribution by radar data networks for unclustered radars. Use of ADS-Wx AIREP messages: many of the EHS purposes are served by the ADS-Wx AIREP parameters. Phase modulated BDS content in a regular downlink message.			

1030/1090 監視信号環境において対処すべきリスト (抜粋)

- 航空機の安全運航に欠かすことのできない監視信号環境について述べた
 - 電子研における検討
- 飛行実験で取得した信号環境の解析例について紹介
 - パルス占有率
 - 質問・応答信号数
 - COVID-19による信号環境の変化
- ICAO監視パネルでの監視信号環境に関する検討

ご清聴ありがとうございました