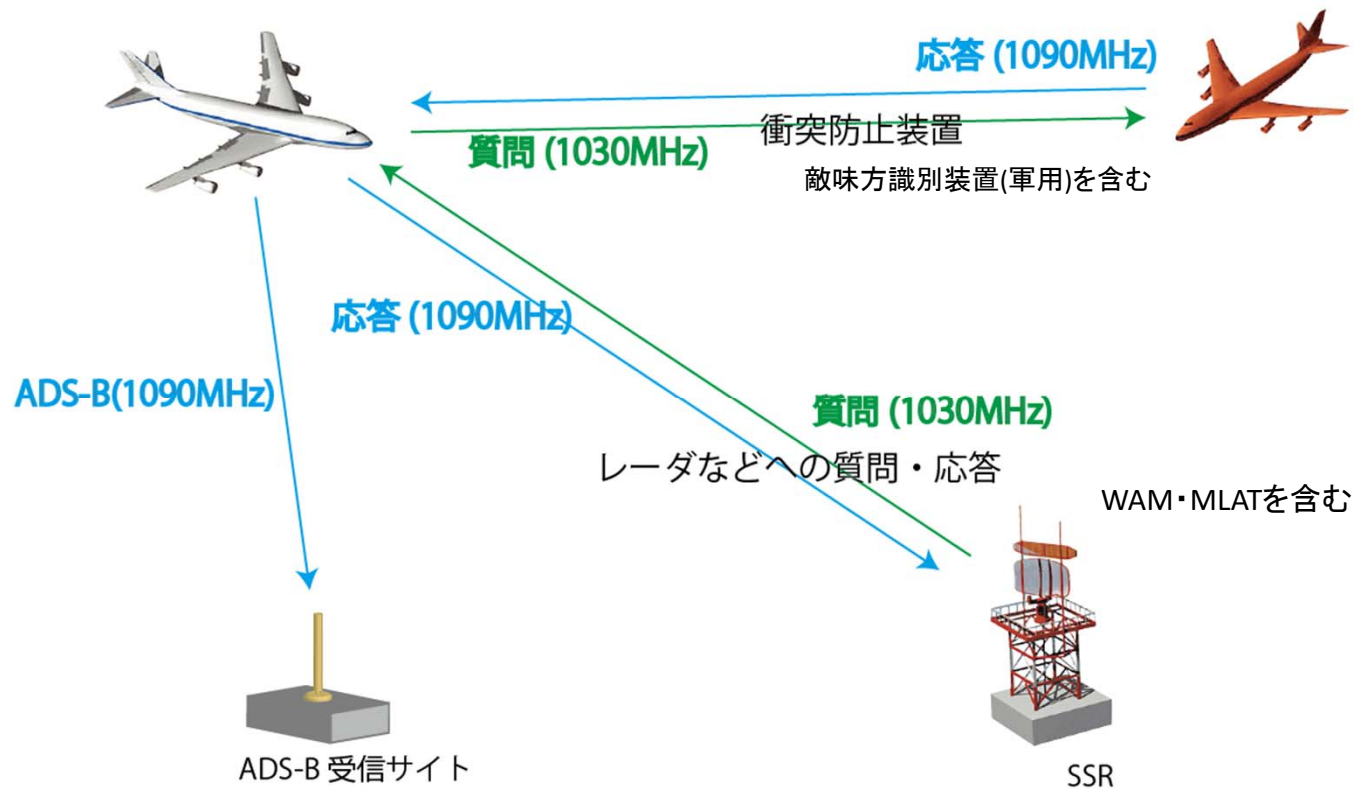


監視システム信号環境の測定と評価

電子航法研究所 監視通信領域
大津山卓哉, 本田純一, 長縄潤一, 宮崎裕己

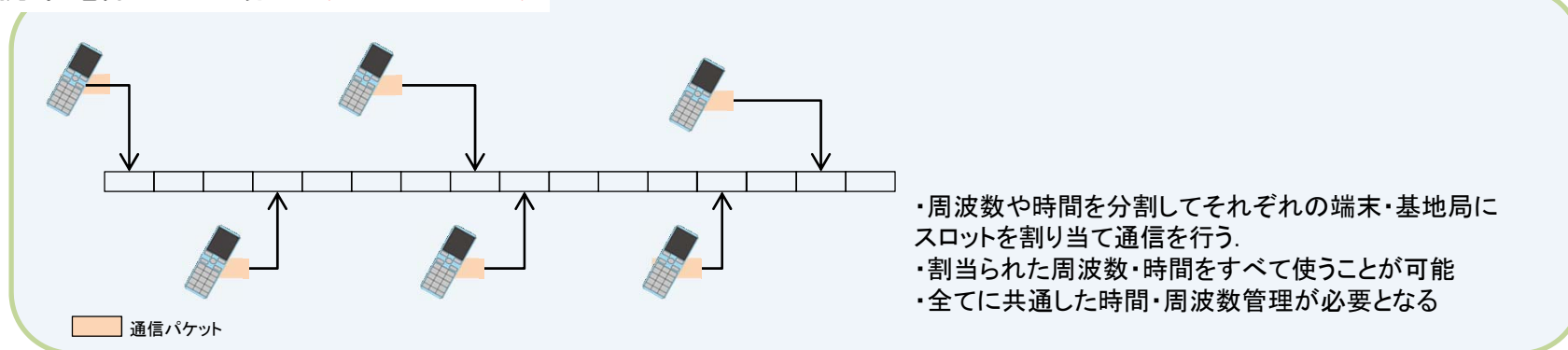
1030/1090システム概要



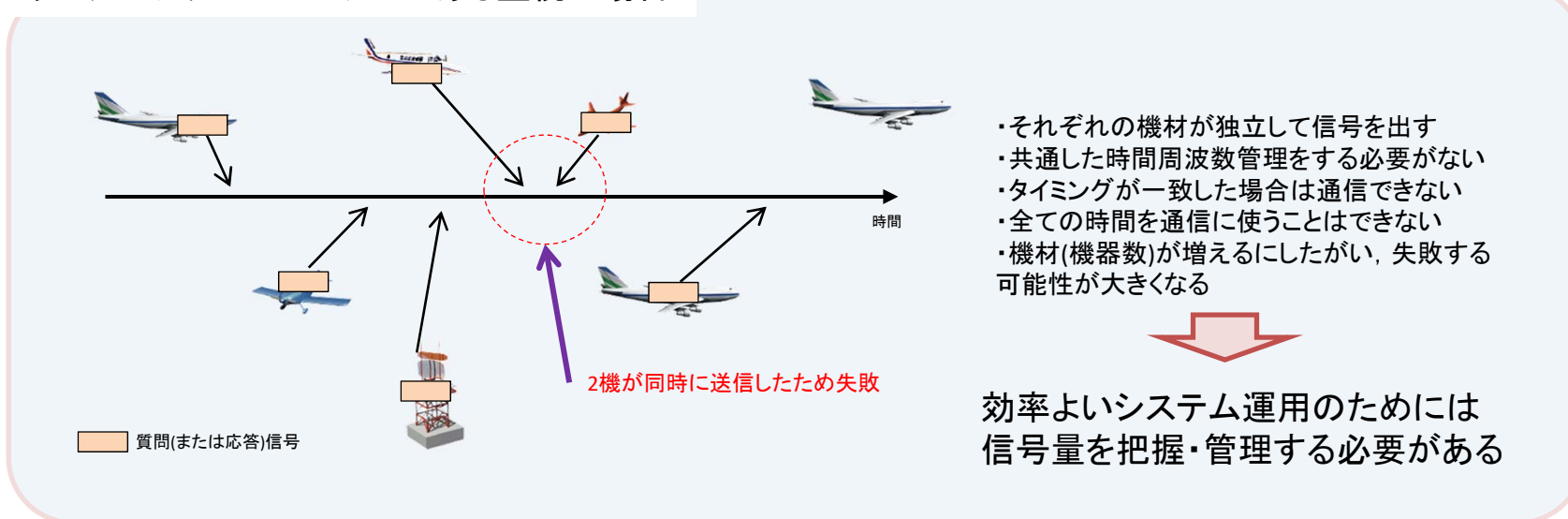
- ・1030/1090MHzを使用した監視システムは現在の航空機運航において非常に重要な役割をしており、欠かせないものである。
- ・これらのシステムは各器材がそれぞれ独立して動作する(時間等に管理されない)ランダムアクセス方式を通信方式として採用している(設計が古いため)

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)



ランダムアクセスシステムである監視の場合



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もる
 - 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
 - DAPs等をつか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

1030/1090MHzの信号環境測定

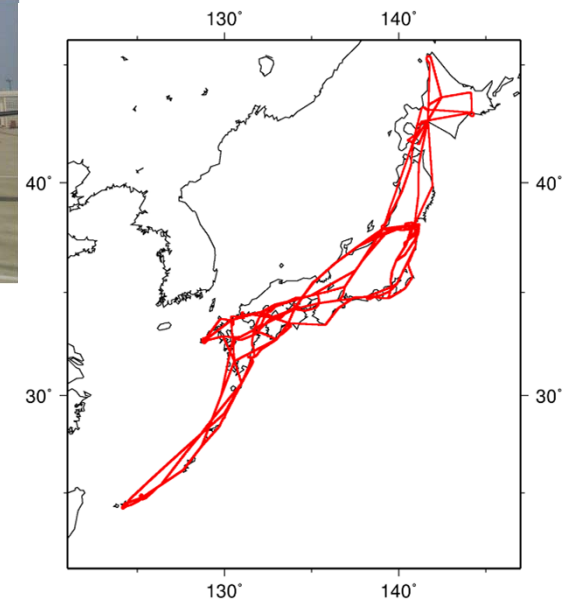
- デバイスの進化により全波形を長時間にわたって記録可能になった
- 電子研の航空機に機材を搭載
- 1030/1090MHzの信号をHDDの容量まで記録できる
(3時間程度のフライトなら全波形を記録可能)
- 一昨年から日本全国の航空路で測定中
- ほぼすべてのエリアを飛行してデータ取得をおこなった
- 波形そのものを記録しているのであとでどんな解析でも可能



ENRI実験用航空機

← プリアンプ

← 記録再生装置&SSD



これまでの飛行経路

搭載機材 信号環境記録再生装置

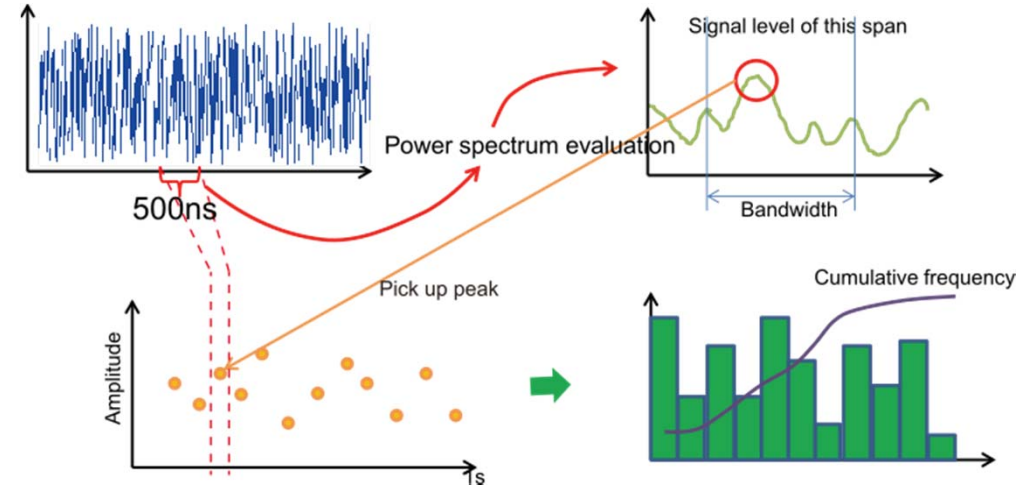
信号環境の評価

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
- 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

信号の占有率

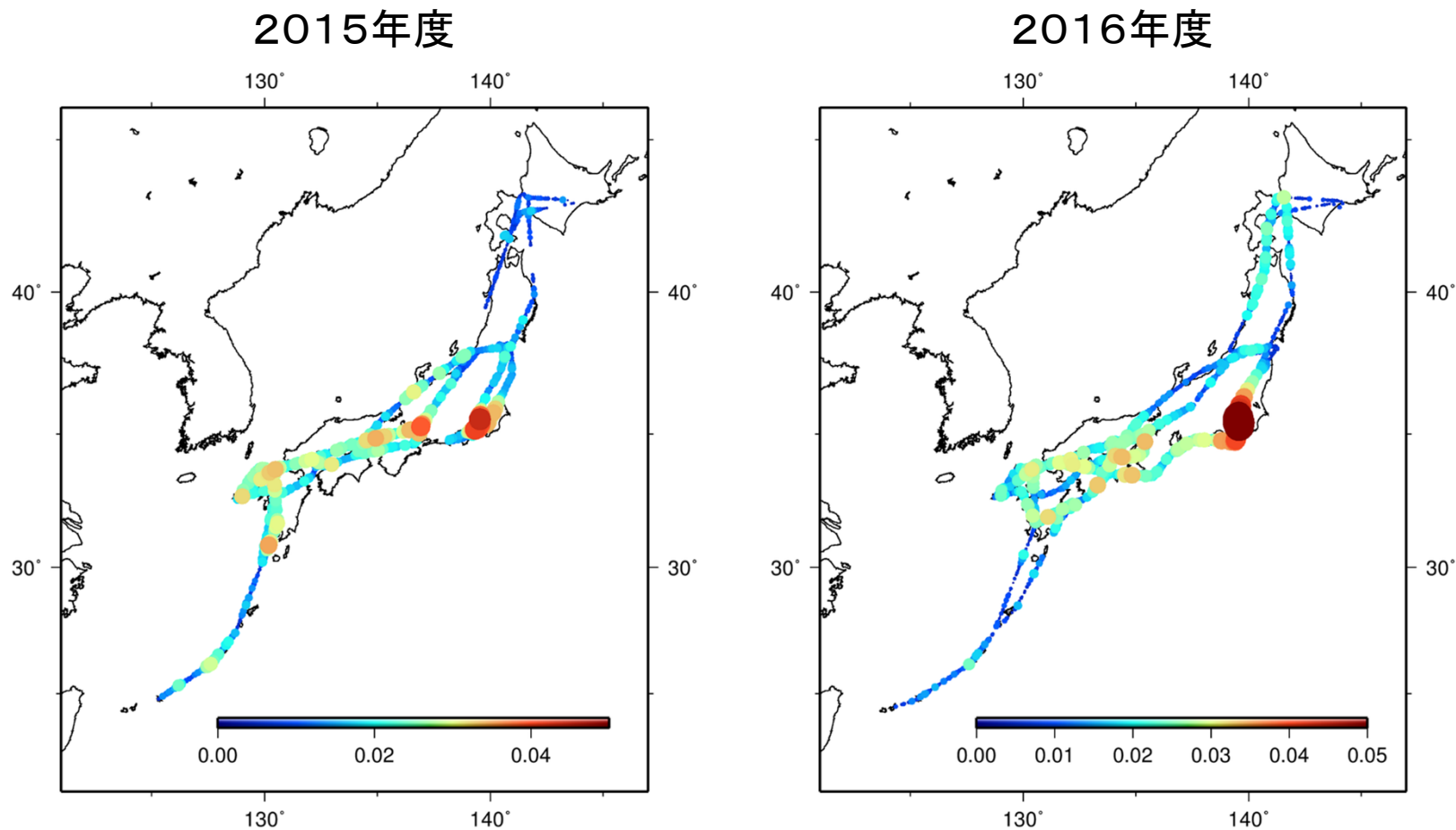
- 記録した1090MHzのデータから単純に信号量を測定
 - 信号の中身・種類を気にせず処理を行う
- 処理方法
 - 記録したデータを2MS/sにダウンコンバート
 - 各データの強度(0.5us毎の強度)を信号強度とする
 - 1秒間あたりのヒストグラムを作成
 - ヒストグラムから累積分布を求める
 - 閾値毎に含まれる信号数を導出



信号種別評価

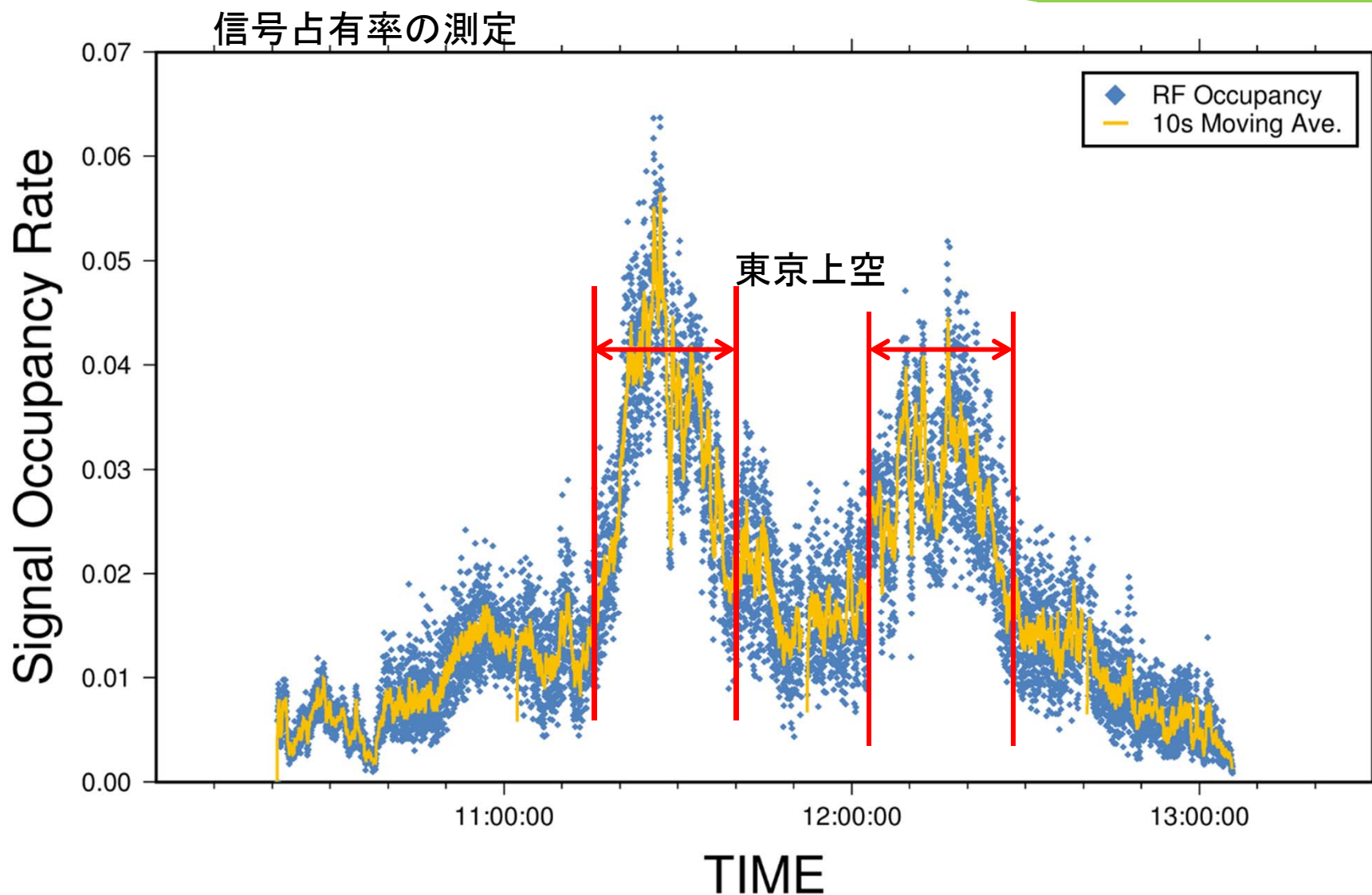
- 記録した信号を受信機に入力
 - 疑似トランスポンダ
 - WAM受信機
 - ADS-B受信機 など
 - 処理方法
 - 受信機のMTL(Minimum Trigger Level)を調整し, 受信感度毎に応答を調べる.
 - 受信した信号種別毎に統計をとる
 - 受信機によっては信号強度も測定可能
- 未知信号の処理はできない
 - 連続波(干渉妨害波)が含まれている場合, 間違った検出をする可能性

日本国内 上空での信号占有率



東京周辺は信号量が極めて多い (占有率で5%程度)
他の地域はそれほど信号は多くない
航空機多い空港周辺(東京,大阪, 名古屋, 福岡)では他よりも多い

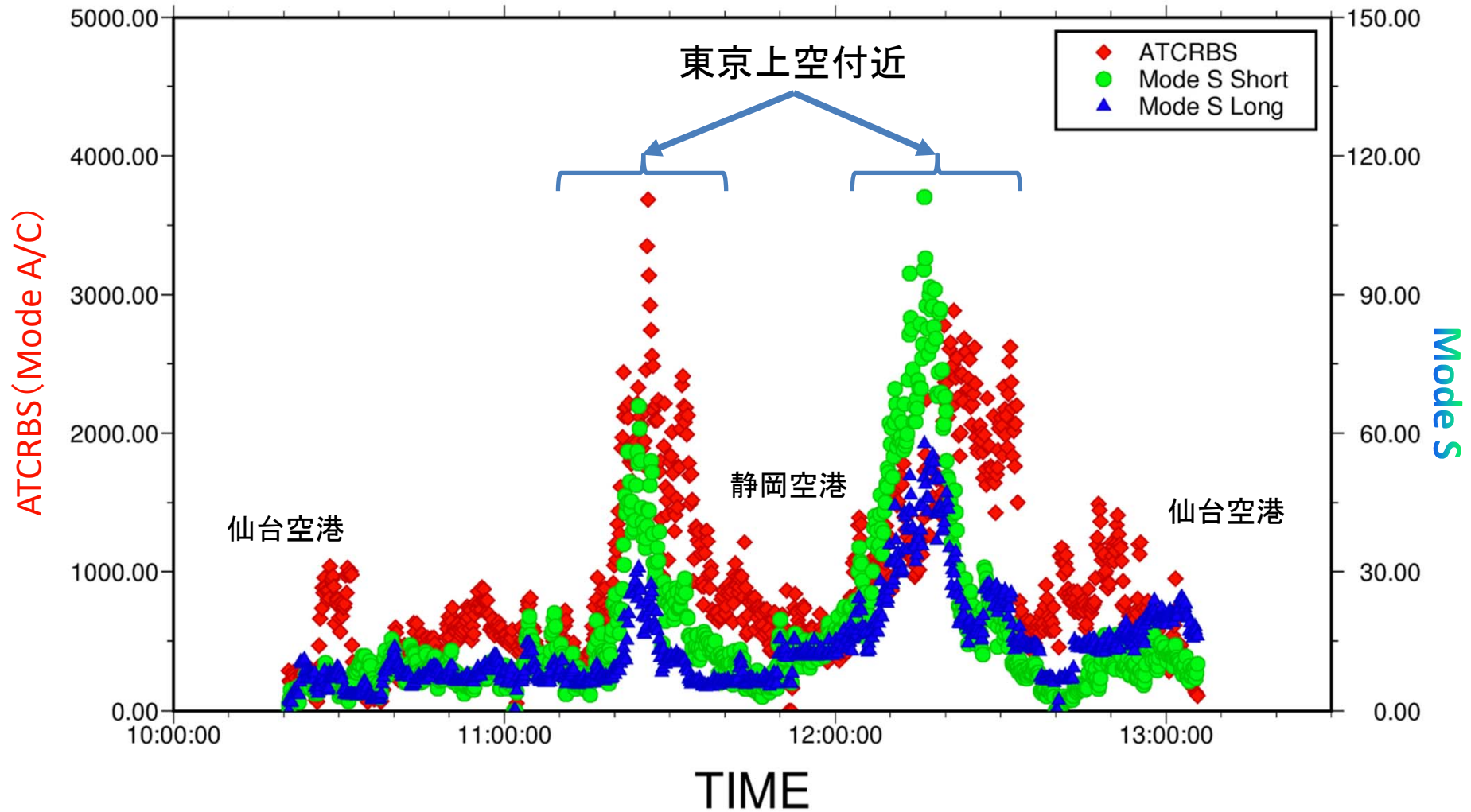
信号占有率の測定



占有率は5%程度

信号測定例(信号種別) 1090MHz

信号数の比較



信号数から占有率を求める

信号数から占有率への変換方法

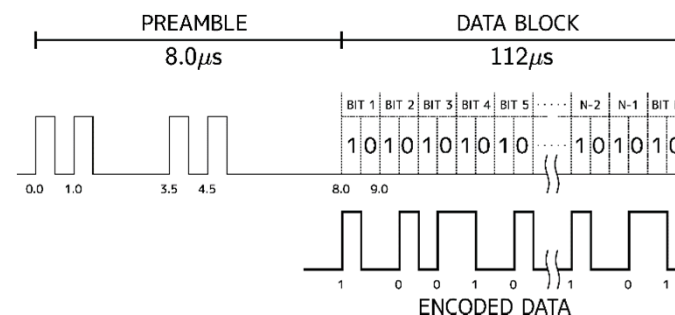
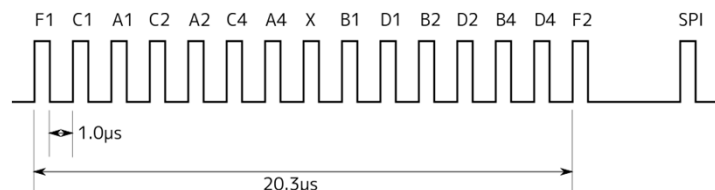
Mode-A/C: 1パルス幅は $0.45\mu\text{s}$, 1メッセージで8パルスを使っていると仮定

→ Mode-A/C で1メッセージ $3.6\mu\text{s}$ 占有.

Mode-S : 1パルス幅は $0.5\mu\text{s}$, プリアンブル部の時間も含めメッセージ長の半分で信号が存在すると仮定

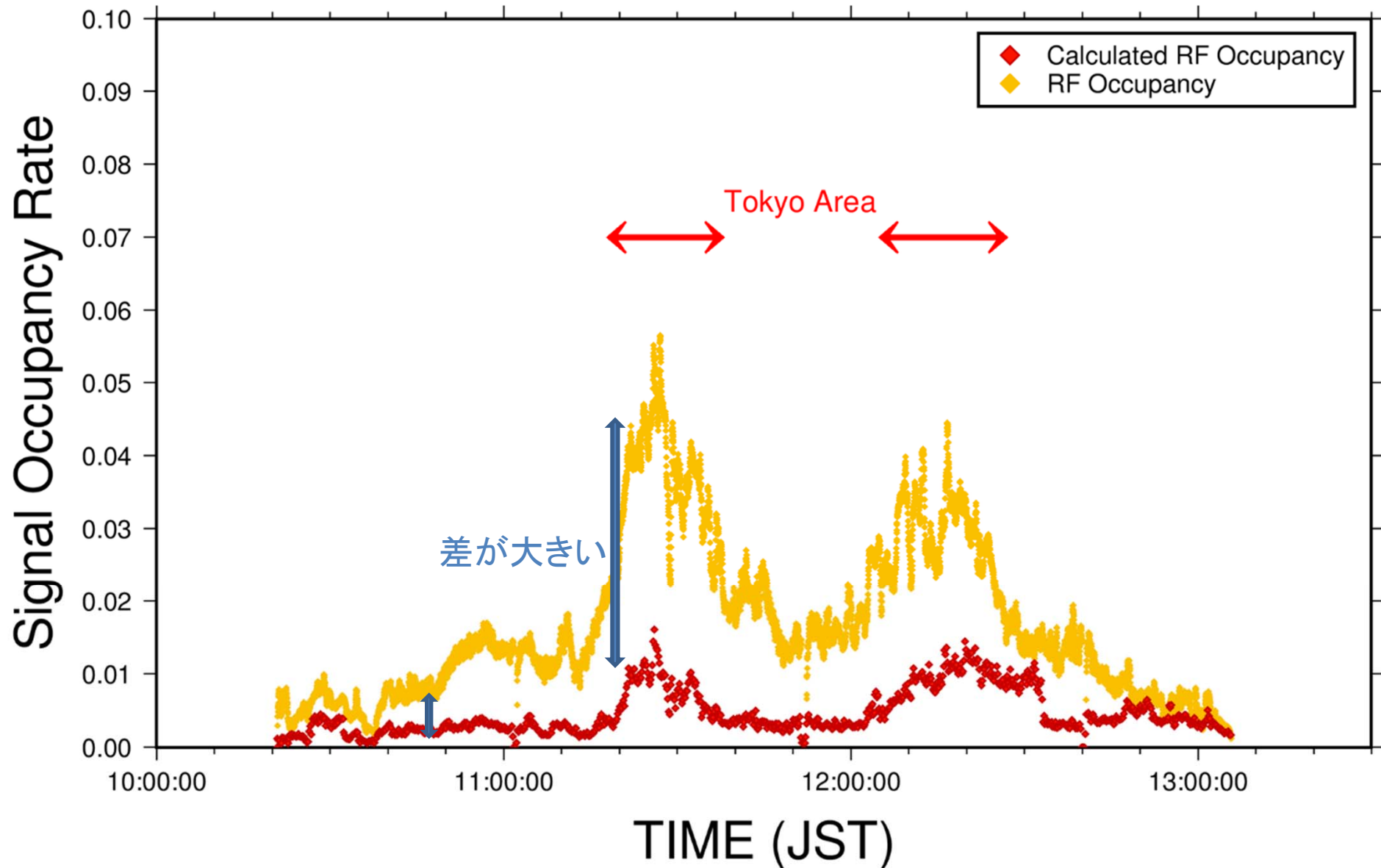
→ Mode-S ショート で1メッセージ $32\mu\text{s}$ 占有

Mode-S ロング で1メッセージ $60\mu\text{s}$ 占有



Using Message-Count Data (prev. Fig.), Calculating Frequency Occupancy Rate.

信号占有率の比較



信号量と航空機数

- -84dBmを閾値とした場合の信号占有率は5%程度
 - 1秒間で考えると50ms間が何かの信号で埋まっている
 - 信号種別は問わない
 - 連続波などの干渉信号も含む
- Mode S Long スキッタの信号量への寄与は 約1/6
 - 8msがMode S Longの時間と考えられる
- Mode S Longの継続時間は1信号あたり60μ秒
 - 5%のエリアでは約140個のスキッタが存在する
- Mode S Longスキッタは信号を1秒間に約5回送信する
 - 位置情報, 速度情報, コールサイン
- 受信覆域内に28機の航空機が存在している

受信覆域

200Wのトランスポンダ, -84dBmの受信感度

||
約45NM (80km)

45NMに28機は
考えられる値である

まとめ

- 日本におけるもっとも信号量の多いエリアでも信号占有率は5%程度
- その付近において
 - Mode A/C 2000~3000個 デコードできたもの
 - Mode S 150個 (うちshort 100, Long 50)
- 信号占有率から推定される信号数はMode S Longで140個 デコードできないものを含めた信号総数
- 信号占有率5%に寄与した航空機数は約30機
 - 覆域内30機は十分受け入れられる数字 実際の航空機数はどの程度？
- 1090MHzを使用するシステムの特長として、Mode S Long信号換算で400個を超える信号がある場合に解読率が90%を割り、性能基準を下回る
 - 現時点では、そこまでの信号量となっていない。