

外来電波による干渉を受けた GPS受信機の挙動解析

米本 成人

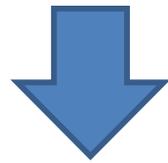
河村 暁子、ニッ森 俊一、 岡田 国雄

電子航法研究所 監視通信領域

背景 1

高まる乗客サービス向上のニーズ

- 無線LAN(CBB)、携帯電話基地局が航空機搭載機器へ
- タブレットなど新たな機器の登場



航空機内で様々な電子機器の
使用の要望



背景 2

安全性担保の観点

計器障害を及ぼすおそれのある使用制限電子機器

平成19年8月 資料1
国土交通省航空局

国内では電磁障害を理由とした電子機器の使用制限の法制化



真に危険なものは???

□ は今回の追加・改正箇所

搭乗中は常時使用禁止
(常に電源オフ)

○自ら強い電波を放射する機能を持ったもの



【その他】無線操縦玩具、トランシーバー、無線式イヤホン・マイク、携帯情報端末 (無線機能を使うもの)

離着陸時は使用禁止
(離着陸時に電源オフ)

○自ら電波放射機能はないが、使用時に強い電磁波が発生するもの
○航空機の運航で最も危険の高い離着陸時に使用禁止



ヘッドホン (有線で電池式)
(例: ノイズキャンセリング式)

【その他】テレビ、ラジオ、ポケベル、ビデオカメラ、ビデオプレーヤー、DVDプレーヤー、ワープロ、電子辞書、プリンター、携帯情報端末 (無線機能オフ+無線機能なし)

常時使用可

○発生電磁波が極めて微弱であり、計器障害を与えないもの

(以下例示)



背景 3

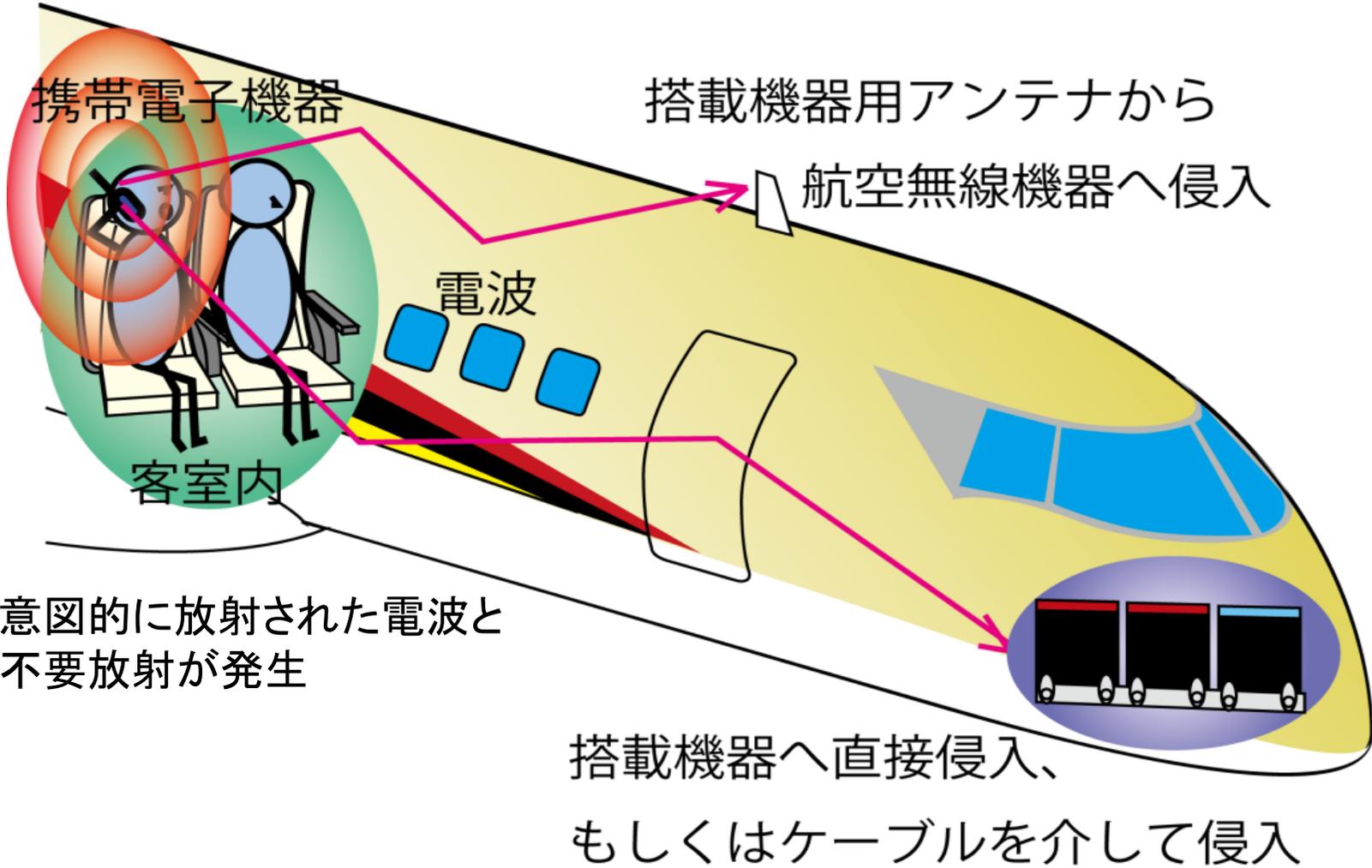
安全と利便性の両立

危険度	事象	例	発生確率
↑	Catastrophic 大惨事	Total Loss 機体全部の喪失	10 ⁻⁹ /h未満 且つ、一つの故障でCatastrophic Failureに至らないこと
	Hazardous 危険	Loss of Life Injuries 生命の危険・損傷	10 ⁻⁷ /h未満
	Major Effect 多大な影響	Damage/Emergency Procedure 損傷/緊急操作	10 ⁻⁵ /h未満
	Minor Effect 重要でない影響	Abnormal Procedure 非常操作	10 ⁻³ /h未満

- 電磁干渉の危険度、頻度はどのくらい??

頻度 ↓

電磁干渉発生メカニズム



電磁干渉の影響を検討すべき事項

電波の形態	結合経路	過去の研究の結論
意図的に放射された電波 (有用な信号)	無線用アンテナを介した結合(IRA)	干渉の可能性なし
	機器筐体への直接結合(IRU)	検討する必要あり
	機器入力と配線に対する結合(IRC)	検討する必要あり
意図せず放射された電波 (不要放射)	無線用アンテナを介した結合(NIRA)	検討する必要あり
	機器筐体への直接結合(NIRU)	干渉の可能性なし
	機器入力と配線に対する結合(NIRC)	干渉の可能性なし
伝導不要放射(接続線上の不要放射)	機器入力との結合(CEI)	搭載機器の認証過程で検討済み
	混信(CCT)	搭載機器の認証過程で検討済み

評価した航空機



- 代表的な航空機について経路損失を実測
⇒ 大型の航空機であってもVHFとGPSが被害を受ける可能性

2011年告示改正時の結論

- 地上停止中の航空機内で携帯電話を使用した場合の搭載電子機器に対する影響を評価
- 携帯電話電波の影響を意図的な放射と不要放射とに分けて分析
- 通常の運航時には意図的に放射する電波による電磁干渉の影響はない。
- 不要放射は最悪の条件下では受信機に侵入する可能性があるがその確率はほとんど0(ゼロ)と言ってよい。

本報告内容

- 前回の評価時に干渉の可能性が残ったGPS受信機の影響評価
- GPS受信機に起こりうる不具合を分析
- 最悪ケース時各種航空機にて発生しうる障害を特定

航空無線帯域に発生する 不要放射の影響評価

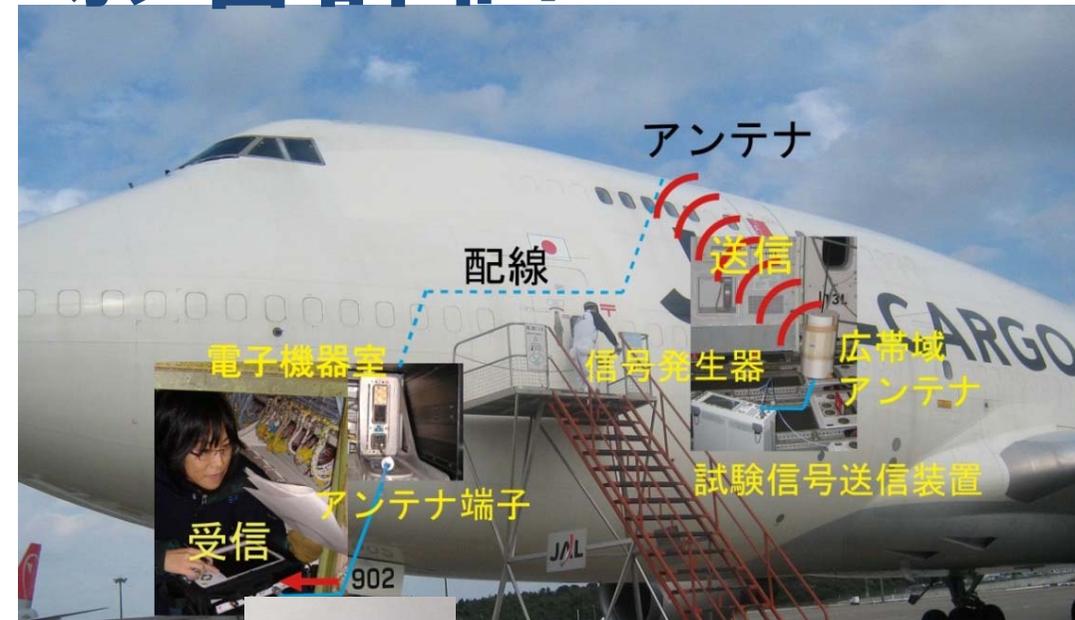
客室から発生する航空
無線帯域のスプリアス



減衰して無線機へ混入



搭載無線機器は混入す
る雑音に耐えられる
か？



雑音混入



航法・通信信号

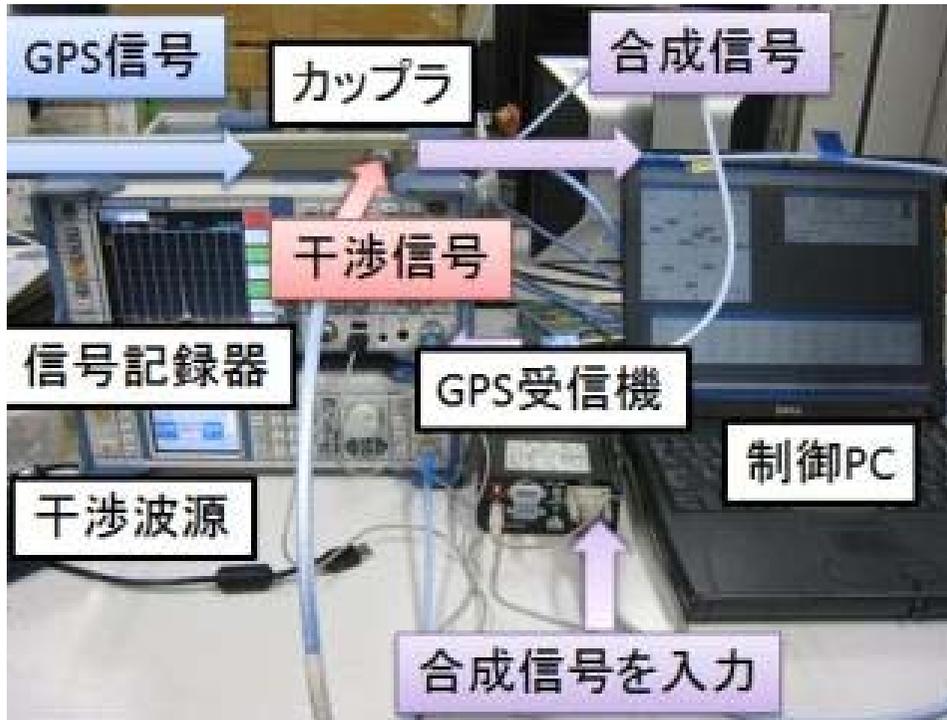


起こりうる障害の検証条件

- 各種電子機器の規格の中で不要放射レベルの最悪の値を使用
(-39dBm@1575MHz)
- 各種航空機における経路損失値の最悪値を使用
- RTCA規定値 (-134dBm) では5機種に影響する可能性

航空機	IPL (dB)	侵入量 (dBm)	RTCA 規定値
A	63	-102	×
B	73	-112	×
C	83	-122	×
D	91	-130	×
E	81	-120	×
F	104	-143	○

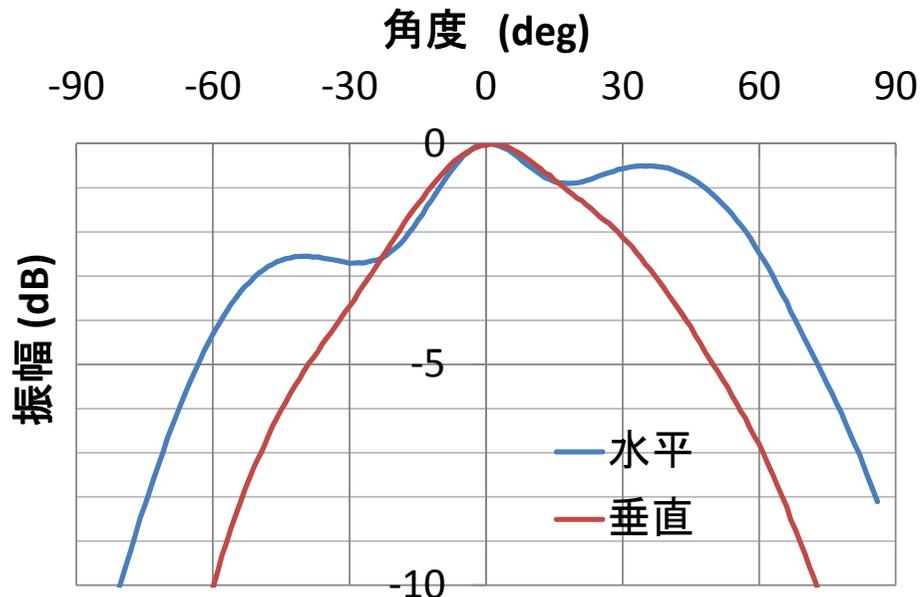
GPS受信機の挙動解析



- 実際のGPS信号に干渉信号を混ぜた場合の振舞いを統計的に分析

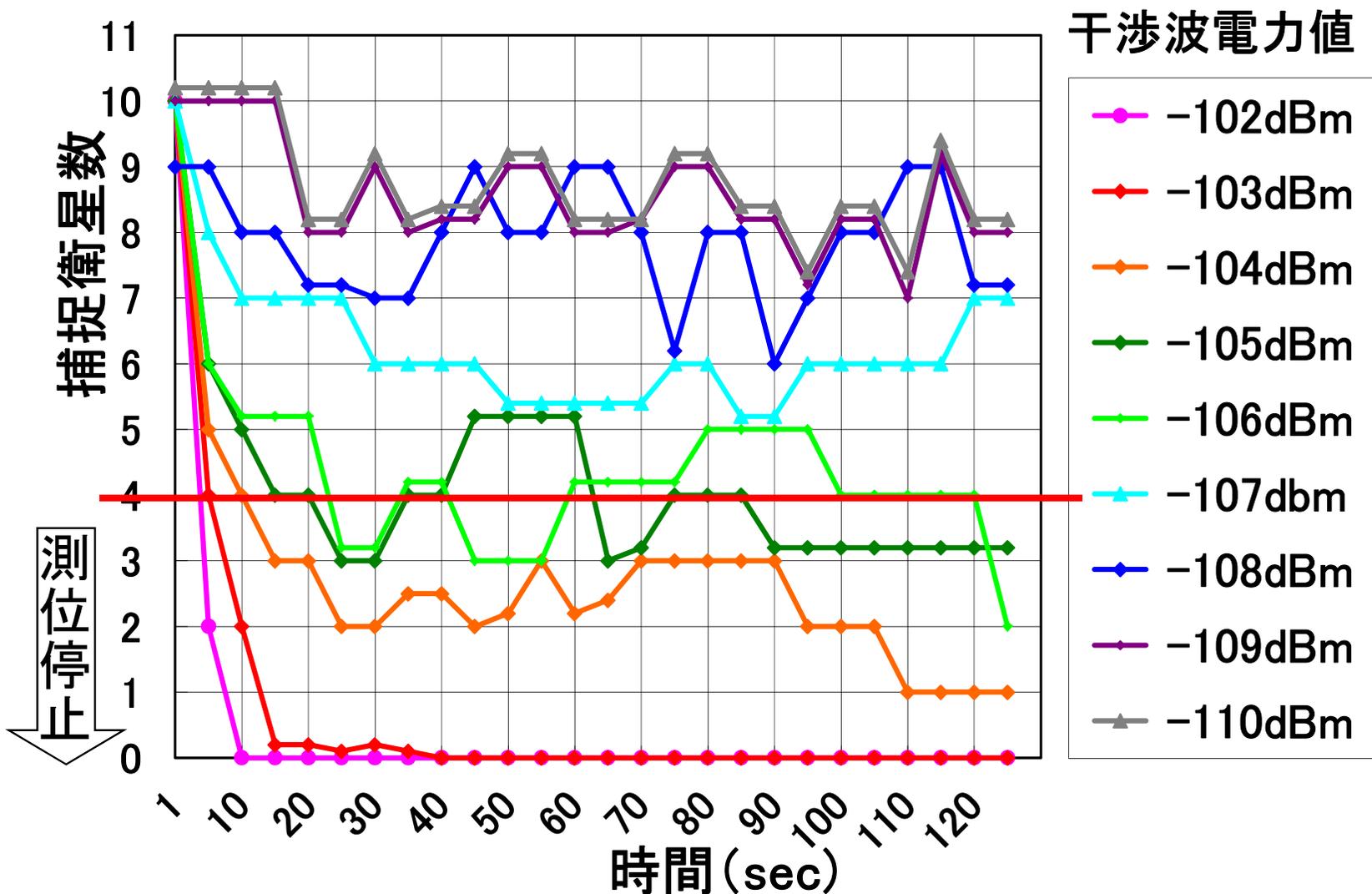
GPSアンテナ

- 電子航法研究所1号棟
屋上鉄塔上に設置
- 衛星の仰角によって
受信電力が変化



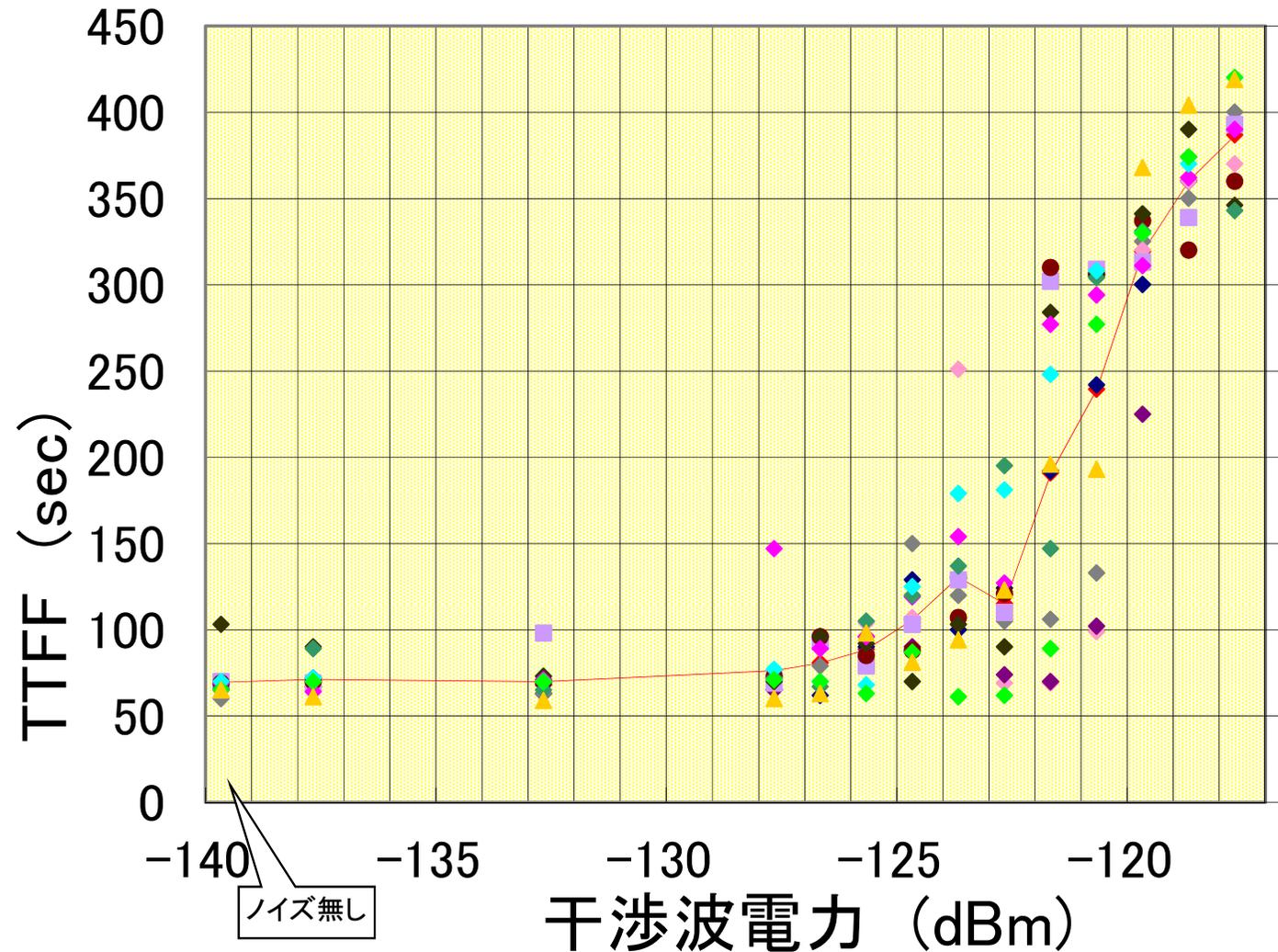
GPS連続測位時の挙動

- 干渉波電力が小さいときは正常に動作
- -110dBmで捕捉衛星数低下、
- -105dBmで測位不能



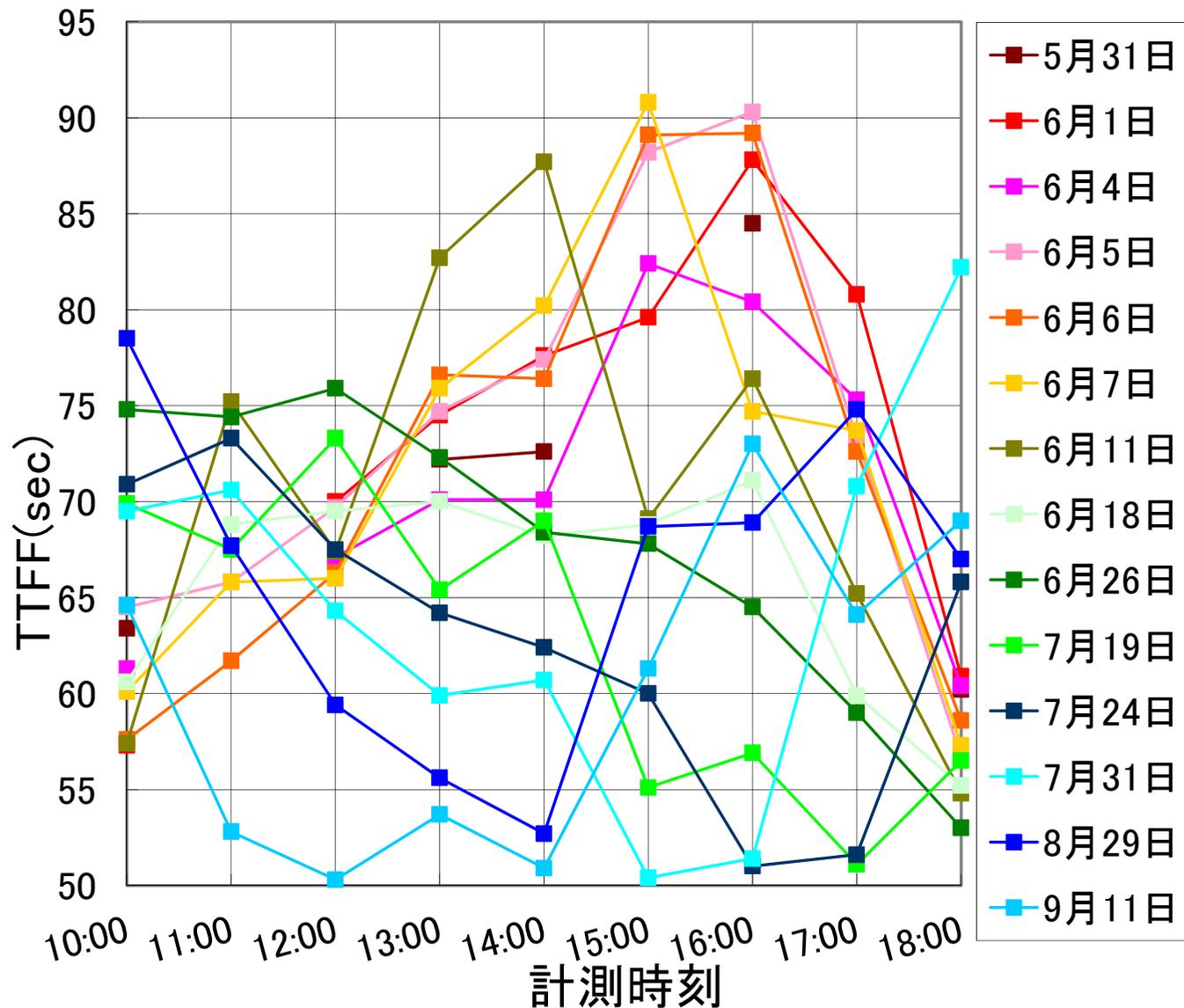
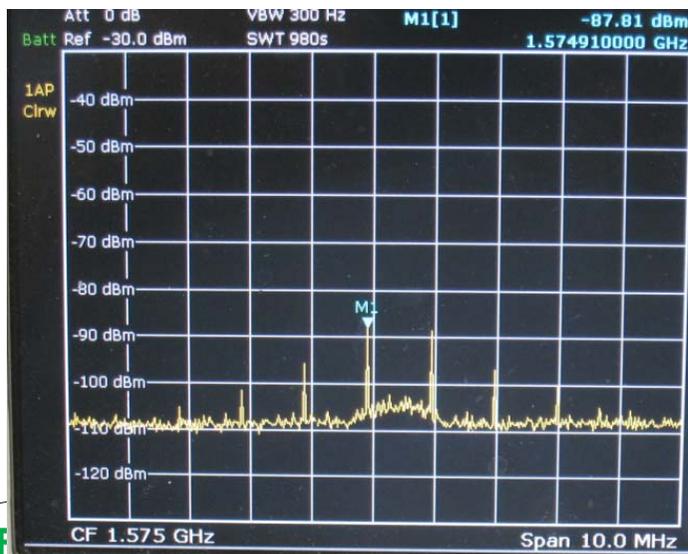
GPS起動時の挙動

- 干渉波がある状態での測位開始までの時間（TTFF）を測定
- -125dBmで増加
- -117dBmで起動不能



Navstar63の影響

- 同じシステムを利用して衛星間干渉の影響を評価
- 衛星の昇降に合わせてTTFFが劣化



干渉波電力と起こる事象の分類

干渉波電力 P_i (dBm)	GPSに起こりうる事象	
	起動時	連続測位時
$-105 < P_i$	使用不能	使用不能
$-110 < P_i \leq -105$	使用不能	衛星数低下
$-117 < P_i \leq -110$	使用不能	実害なし
$-125 < P_i \leq -117$	TTFF増加	実害なし
$P_i \leq -125$	実害なし	実害なし

最悪条件下で起こる搭載GPSの障害

航空機	IPL (dB)	侵入量 (dBm)	起こりうる 事象
A	63	-102	測位不能
B	73	-112	起動不能 捕捉後実害無
C	83	-122	TTFF増加
D	91	-130	実害なし
E	81	-120	TTFF増加
F	104	-143	干渉なし

結論

- 電磁干渉の可能性が残るGPS受信機に対して、干渉波混入時の受信機の挙動を詳細に解析した。
- 連続測位時には比較的強い干渉波に耐えうるが、 -105dBm を超過すると測位不能となる。
- 起動時には連続測位時と比較して弱い干渉波でも影響がある。 -117dBm を超過すると測位不能となる
- 最悪のケースで評価した場合、1機種で測位不能、2機種で起動不能、1機種でTTFFの増加の可能性はある。

今後の予定

- LTE-Advanced等多数の通信用電波を使用する機器の登場が予想され、今後も動向を調査する必要がある。
- 米国の規制緩和の動きがあり、国際協調を取りつつ国内ルールを整備し、乗客の利便性向上に寄与する。