

12. アクティブ型 IC タグの電磁放射に関する測定・分析

機上等技術領域 ※山本 憲夫、米本 成人、山田 公男
RAエンジニアリングハウス 平田 俊清

1. まえがき

IC タグとは自らの識別情報 (ID) や付加情報を離れた場所から読み書きできる機器のことで、RFID (Radio Frequency IDentification) とも呼ばれる。IC タグにはパッシブ型とアクティブ型があり、アクティブ型は電池を内蔵して定期的又はインタロゲータ等の指示にもとづき ID や内部センサの情報を送受信できる。

海上及び陸上貨物輸送の分野では、円滑で効率的なサービスの実現とセキュリティレベル向上のため各種 IC タグの導入が始まっている。航空の分野でも 433MHz 帯アクティブ IC タグを用いた貨物の電子管理化が検討されている。しかし、アクティブ IC タグを航空で使用するためには、タグから放射される電波による機上搭載機器への電磁干渉の可能性を事前に調査する必要がある。電子航法研究所では航空局の依頼を受けこの調査をすすめている。

本稿では、今回調査した 2 種類の 433MHz 帯アクティブ型 IC タグの概要及びタグからの電磁放射測定法を紹介する。次いで、2 種類の IC タグからの放射電波の測定・分析結果について述べる。また、タグからの電波による機上装置への干渉の可能性について RTCA (米国航空無線技術協会) の文書 160E[1]等をもとに評価した結果について報告する。



図1 マスター・スレーブ方式アクティブタグシステム (Hi-G-Tek 社製)

2. アクティブ IC タグの概要

アクティブ型 IC タグは、パッシブ型とは異なり通信距離拡大や取り扱いデータの増加は容易であるが、電池寿命やコストの点で課題がある。現在アクティブタグに割り当てられている周波数は 433MHz 帯のみである。

アクティブ型 IC タグはビーコン方式とマスター・スレーブ方式に大別できる。ビーコン方式は一般に小型・軽量で定期的、またはタグ内のセンサからの情報等により ID を発信するが、外部からの制御は行えないものが多い。一方マスター・スレーブ方式はインタロゲータからの信号で起動し、ID やタグ内データの送信、内部情報の書き換え等を行う。また、振動センサ、磁気センサ等内部センサの情報を送信するものもある。この方式では内蔵電池の消耗を防ぐため一定時間のみ動作するものが多い。

図 1, 2 は今回調査したマスター・スレーブ方式とビーコン方式のタグ及びリーダ・ライタ等の外観と型名である。表 1 はこれらのカタログ仕様で、周波数以外は互いに大きく異なっている。Hi-G-Tek のタグは 433MHz に加え制御用に 125kHz を使っており、アンテナ出力に関する記述はない。RF CODE のタグには小型軽量、電池寿命が長い等の特徴があるが、アンテナの指向性や偏波等が記載されていない。



図2 ビーコン方式アクティブタグシステム (RF CODE 社製)

表1 今回調査したICタグのカタログ仕様

	Hi-G-Tek	RF Code
型名	HiGLock Single Pin	MANTIS 433 SPII
周波数	433.92MHz, 125kHz	433.92MHz
探知距離	50m(433MHz), 30cm(125kHz)	100m
変調	FSK	ASK
出力		5.2μW
アンテナ	全方向性	
偏波	垂直	
メモリ	2048bytes	
電力	3.6V電池	1.2V
電池寿命	約3年	約7年
寸法	63x49x37mm	46.7x34.3x11.7mm
重量	150g	34g

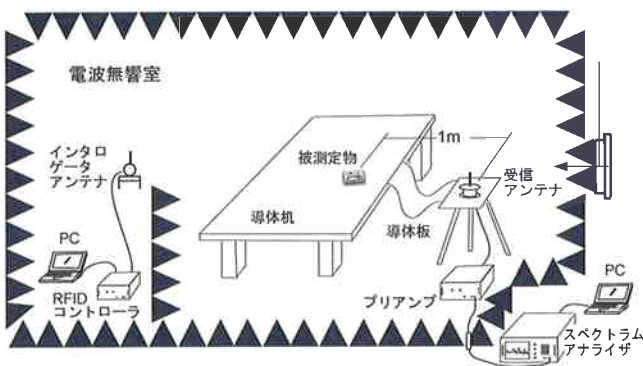


図3 測定機器の配置

3. アクティブICタグからの電磁放射測定

3.1 測定装置及びその配置

図3は被測定物と測定装置の配置で、RTCA DO-160E 21節「無線周波数放射」の測定法に準じている。被測定物（ICタグ）と受信アンテナ間の距離は1m、ICタグの測定方向は正面、背面、上下及び左右の6方向とする。受信された電波はプリアンプで増幅後電波無響室外のスペクトルアナライザに供給される。なお、受信アンテナやプリアンプは測定周波数に応じて3種類を使い分ける。PCには新たに開発したソフトウェアを組み込み、アナライザの制御、電界強度測定・記録及びデータ分析を行う。インタロゲータアンテナやRFIDコントローラ等はマスター・スレーブ方式タグの測定に用いる。ICタグの偏波特性を調べるため、受信アンテナを水平及び垂直にして測定し、強い放射が得られる面のデータを収集する。

図4は被測定物がない場合の測定結果で、測定装置自体の残留ノイズを表している。ここで、「RTCA DO-160E 電磁放射基準」はこの基準を超える電波を放射する機器は機上装置としては使用できない限界値である。なお、30MHz、

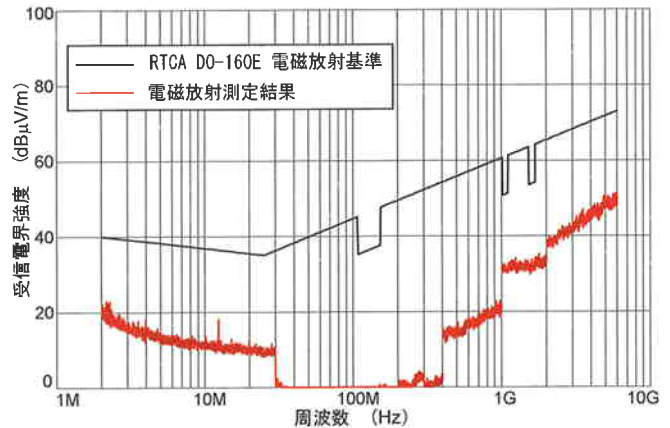


図4 電磁放射測定結果（被測定物なし）

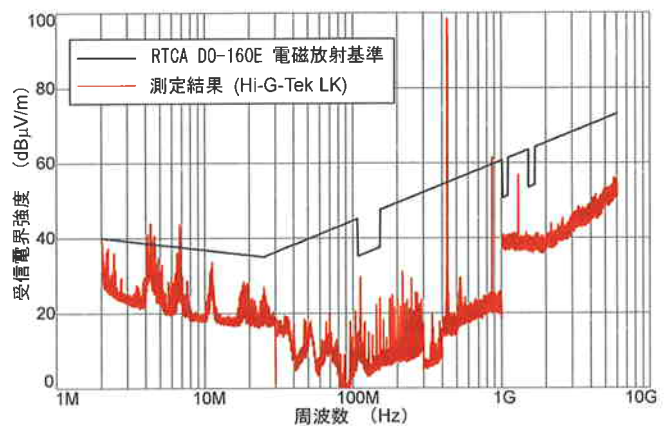


図5 電磁放射測定結果（Hi-G-Tek）

400MHz等で不連続が生じているのはスペクトラムアナライザの設定変更によってノイズレベルが変化したためで問題ない。航行援助、通信等で使われ、特に注意が必要な航空バンド（108-152MHz、1020-1100MHz及び1525-1680MHz：図4の基準線で10dBの切れ込みがある部分）付近では、基準線と残留ノイズ間に25dB以上の余裕がある。したがって、この配置で充分精度良い測定ができると言える。

3.2 測定結果（マスター・スレーブ方式）

図5はHi-G-Tek社のHi-G-Lockと呼ばれる鍵付きタグ（図1参照）からの電磁放射で、タグの向きは横向き、測定偏波面は水平である。基本周波数434MHzで98.6dBμV/mとDO-160Eの基準を大幅に超える強い電波が観測された。また、基本周波数の2倍(868.3MHz)、3倍(1303.3MHz)及び2分の1(216.3MHz)でも高レベルの調波が観測された。さらに4.6MHz、6.7MHz付近でDO-160Eの基準を超える不要波が観測された。これらの調波や不要波は他の

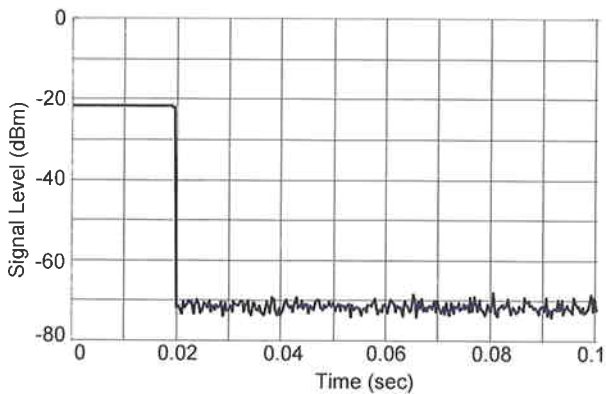


図6 放射電波の時間変化 (Hi-G-Tek)

通信に障害を及ぼす恐れがあるため、一般の無線機ではフィルタ等で抑圧するように設計されるが、低価格な機器や小型機器等では抑圧が不十分なことがある。

図6はこのタグから放射された434MHz信号の時間変化である。Hi-G-Tek社のタグは周波数偏移変調方式 (FSK) であるため、一定の時間連続的に電波が放射される形となる（この例では20ミリ秒）。連続観測の結果、このタグでは8回程度同様の信号をランダムに放射したあとと休止し、インタロゲータからの信号や内部センサへの刺激があると再度電波を発射する設計となっていることが分かった。

また、同社のHi-G-SealやHi-G-Tag（センサ付き）等他の型式のタグと放射電界強度や観測方向によるレベルの違いについて調べた。その結果、図1に示したHi-G-Tek社のタグの中で、電界強度や観測方向によるレベル変化が最も大きいのは図5で示したHi-G-Lockであった。

3.3 測定結果（ビーコン方式）

図7はRF CODE社のMANTISと呼ばれるビーコン方式ICタグの電磁放射で、タグの向きは横向き、受信アンテナ偏波面は水平である。このタグは基本周波数434MHzで80.6dB μ V/mとDO-160Eの基準を超える強い電波が観測され、2倍(870MHz)、4倍(1740MHz)の強い調波も観測された。しかし図5と比較すると、434MHzでの電界強度は18dB程度低く、基本周波数以下ではこのタグからと考えられる放射が観測されない等の違いがあった。

図8はこのタグからの信号の時間変化で、振幅偏移変調方式 (ASK) であるため、一定時間振幅の異なるパルスを断続的に発射する（この例では約85ミリ秒）。連続観測の結果、このタ

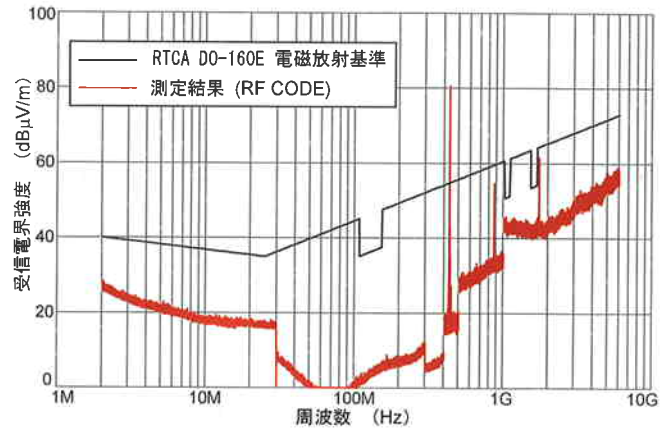


図7 電磁放射測定結果 (RF CODE)

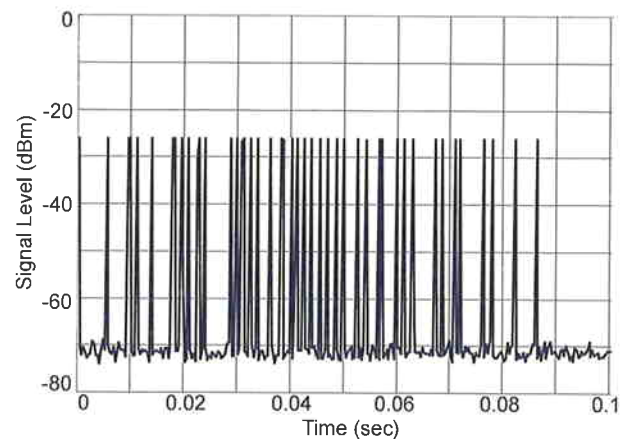


図8 放射電波の時間変化 (RF CODE)

グは3秒ごとに定期的に信号を放射するだけで、他からの制御は受けないことが分かった。

図9は、複数タグからの放射を測定するための配置で、受信アンテナの中心線と直角に設置した金属板上にタグと受信アンテナ間の距離が等しくなるよう10個のタグを円周状に配置した。図10は測定結果で、基本周波数の4倍1736MHzで最も強い電界77.4dB μ V/m、次いで基本周波数、6倍(2600MHz)及び3倍(1303MHz)でDO-160Eの基準を超える電波が観測された。また、基本周波数の2倍(870MHz)及び5倍(2173MHz)でも強い電波が観測された。これは、タグの個数が10個に増えたことからタグ1個の場合と比べ調波の検出確率が上がったためと考えられる。

ただし基本周波数に注目すると、図7と比べタグの個数が10倍となっているにもかかわらず電界強度は約10dB低下した。この原因を調べるため、図9と同様の配置で背景を電波の透過率が高い発泡スチロールとして測定すると受信電界は約10dB上昇した。これは、タグ内のアン

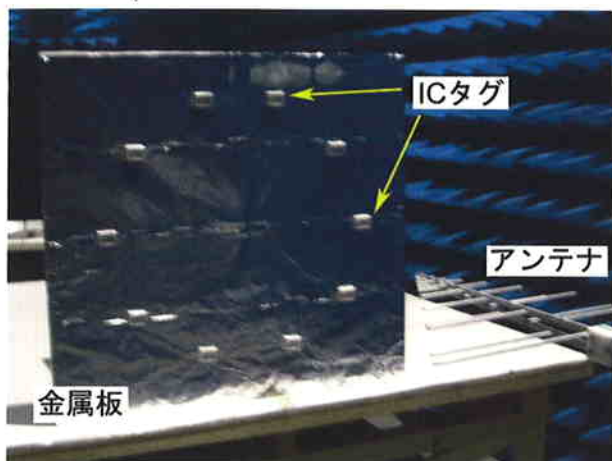


図9 複数タグからの放射測定配置

テナと金属との近接によるアンテナ効率低下が原因と考えられ、このタグでは設置場所の材質も考慮する必要があることが分かった。

なお、10個のタグを用いた測定結果の中で、タグの重畳効果による電界の増加が見られたものはなかった。これは、図8のようにタグから放射される信号のパルス幅は非常に狭く、かつそれぞれのタグはランダムに信号を放射することから、複数のタグからの信号が重畳して電界強度が高くなる確率はきわめて低くなるためと考えられる。

3.4 機上装置への干渉の可能性

3.2で述べたように、Hi-G-Tekのタグは基本周波、2倍調波及び4.6、6.7MHz付近でDO-160Eの放射基準を超える強い電波を放射することから、機上装置に干渉する可能性がある。また、このタグは内部センサへの刺激により自動的に電波を放射するため、その対応も必要である。3.3で示したRF CODEのタグでは基本周波数と多くの高調波が放射基準を超えており、これらによる干渉の可能性はある。また、このタグは設置位置の材質によって放射電界強度が大きく変化するため、その設置位置も考慮した評価が必要である。

今回調査した2種類のタグは電磁放射がDO-160Eの基準を超えたため、航空での利用を検討するためには干渉の可能性をさらに綿密に評価する必要がある。すなわち、RTCAから最近刊行された意図的に電波を放射する携帯電子機器(T-PED)の機内使用を想定した試験手順[2]に基づき、ICタグの基本周波数や調波成分等での機内経路損失測定や機上装置の感受性試験等

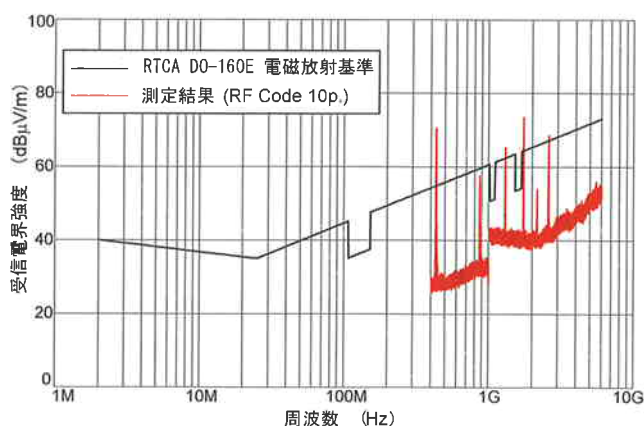


図10 電磁放射測定結果 (RF CODE 10個)

を行い、その結果を含めた詳細な可能性評価を行う必要がある。

4. むすび

2種類の433MHz帯アクティブICタグの電磁放射を測定し、それらが機上装置に干渉する可能性についてRTCAの電磁放射基準をもとに検討した。その結果、これらタグからの放射は基本周波数だけでなく複数の調波成分でもRTCAの基準を上回っていることが明らかとなった。したがって、これらを航空で利用するためにはタグからの調波成分を抑圧すると共に、T-PED用の試験手順に基づき機内経路損失や機上装置の感受性を試験する等電磁干渉の可能性に関するさらに綿密な評価を行う必要がある。また、これらのタグは方式や設置位置等で放射特性が大きく異なるため、実際の使用条件に基づく評価を行う必要がある。

今後、タグを取り付けたコンテナを実機に搭載し、放射レベルや経路損失の測定及び感受性試験等を実施して、ICタグを航空で使用する際の課題について検討する予定である。

謝辞

本研究の実施にあたりご支援、種々のアドバイスをいただいた航空局・監理部・航空企画調査室の関係各位に感謝します。

文献

- [1]RTCA: “Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment”, DO-160E, Dec. 2004.
- [2]RTCA: “Guidance on Allowing Portable Electronic Devices (T-PEDs) on Aircraft”, DO-294B, Dec. 2006