機内持ち込み携帯電子機器は電磁波干渉を引き起こすか？

沖田 正孝*

Do Portable Electronic Devices Really Produce Electromagnetic Interference to Airplane Systems ?

Masataka OKITA*

*日本航空株式会社整備本部（〒144 東京都大田区羽田空港1-9-1）

*Engineering & Maintenance, Japan Airlines (1-9-1 Haneda Airport, Ota-ku, Tokyo 144)

1. はじめに

1993年2月8日の米誌タイムスに、機内持ち込みのCDプレーヤーの影響で、DC-10型機が突然不安定な姿勢となる不具合事例の記事が掲載された。当該事例が事実であるかは不明のままであるが、これを契機に航空機持ち込みの携帯電子（電気）機器（PED：Portable Electronic Device）の電磁波干渉（EMI：Electromagnetic Interference）がクローズアップされた。

本稿では、航空機持ち込みの携帯電子機器の電磁波干渉に関する規制の背景、ボーイング747-400型機のアビオニクスシステム（Avionics System）、航空会社の取り組みについて紹介する。

2. 規制の背景

アメリカの連邦航空局（以下FAA/Federal Aviation Administration／と略す）、および航空無線技術委員会（以下RTCA/Radio Technical Commission for Aeronautics／と略す）における携帯電子機器の電磁波干渉に関する規制の状況を述べる。

2.1 ジェット機の登場

1955年代になるとトランジスタが開発され、ラジオ、テープレコーダ等が小型化された。ほぼ同時期にダグラスDC-8型機やボーイング707型機等のジェット機が登場し、これら携帯電子機器が機内に持ち込まれ使用され始めた。当時、携帯電子機器からの電磁波放射についてあまり知られておらず、また規制もなかった。しかし、その後FMラジオが航空機の航法システムの1つであるVOR（VHF Omnidirectional Radio Range：超短波全方向式無線標識）に干渉することが判明し、使用禁止となった。

1962年にFAA、RTCAや航空会社を中心に、携帯電子機器からの電磁波干渉について調査が行われ、連邦航空法FAR91.21 “Portable Electronic Devices” が設定され、規制が明文化された。これによると、機内において次の携帯電子機器の使用を認めている。

- (1) 携帯用録音機
- (2) 補聴器
- (3) 心臓ペースメーカ
- (4) 電気カミソリ
- (5) 航空会社が航空機システムに影響がないことを判断した電子機器類

2.2 大量航空輸送時代の開幕

1970年代になると、ボーイング747型機やダグラスDC-10型機が登場し、大量航空輸送時代に入るが、1980年初頭までは携帯電子機器に関する動きはなかった。この頃になると、ラップトップ型コンピュータが開発され、機内における使用が議論され始めた。このためRTCAはラップトップ型コンピュータを含め、多くの携帯電子機器に関する電磁波干渉による影響を総合的に調査の上、1988年にDO-199 “Potential Interference to Aircraft Electronic Equipment from Devices Carried Aboard” を発行し、関係法を改訂した。DO-199の勧告を次に示す。

- (1) 携帯電子機器からの電磁波放射の規制値を設定する。
- (2) 連邦通信委員会（以下FCC/Federal Communication Commission／と略す）は航空機の機内で使用する携帯電子機器のクラス分けを行う。
- (3) FAAは法改正を行い、携帯電子機器の適合性基準と潜在する可能性について認知する必要がある。
- (4) 電磁波干渉の疑いのある不具合現象は報告する。

2.3 第4世代ジェット機の登場

1980年代後半になると、デジタルコンピュータを装備したボーイング747-400型機やダグラスMD-11型機などの第4世代ジェット機が登場し就航した。

1988年以降、機内持ち込み携帯電子機器使用によると思われる不具合現象が年間数件報告されているが、明らかな原因の確認には至っていない。報告のあった主な携帯電子機器はラジオ、カセットプレーヤー、パソコンであった。1992年になると、CDプレーヤー、携帯電話、ゲーム機器が関連する不具合現象の報告が増加してきた¹⁾。

1993年米誌タイムスの記事から、マスコミ、航空業界に

波紋が広がり、FAAおよびRTCAは特別委員会（SC-177）を作り、携帯電子機器に関して各種試験／調査を行い新適合基準を定めることにした。特別委員会は、FAA、RTCA、カナダおよびヨーロッパ当局、航空機メーカ、装備品メーカから構成され、電磁波干渉のメカニズムを解析することを目的にしている。次に主な調査項目を示す²⁾。

- (1) 携帯電子機器（25種類）の電磁波放射特性の解析。
- (2) 実機およびコンピュータを使用して電磁波干渉メカニズムの検証
- (3) 航空機アビオニクスシステムの感受性確認

1993年4月に国際航空運送協会（以下IATA/International Air Transport Association/と略す）は携帯電子機器からの電磁波干渉による不具合現象の可能性は無視できないとし、これら携帯電子機器の使用を離着陸時は禁止する旨の勧告を出した。また1993年8月にはFAAはアドバイザーサーキュラAC91.21-1 “Use of Portable Electronic Devices Aboard Aircraft” を制定した。次にその内容を示す。

- (1) 高度10000フィート（約3300m）以下の離着陸時は携帯電子機器の使用を禁止する。
- (2) 次の携帯電子機器は常時使用禁止。

- a. 携帯電話
- b. FMラジオ、テレビ受信機
- c. トランシーバ等、明らかに電波を発信する電子機器

3. 航空機のアビオニクスシステム

3.1 デジタル化とアビオニクスの進歩

1970年代になると、ボーイング747型機やダグラスDC-10型機が就航した。これらの航空機を第3世代機と呼び、慣性航法システム、客室音楽および照明システムがデジタル化されていたが、アビオニクスシステムは電子機械式計器を中心としたアナログ方式が主流であった。しかしながら1980年代後半になると、デジタルコンピュータを数多く搭載した第4世代機と呼ばれるボーイング747-400型機、ダグラスMD-11型機等が登場してきた。図1にデジタル化とアビオニクスの進歩を示すが、第4世代機のアビオニクスシステムはすべてデジタル化されたといえる。

747-400型機の主計器盤を図2に示すように、8×8inch CRT（ブラウン管）が6個装備されており、デジタルコンピュータ技術を駆使したアドバンスドコックピットになっている。パイロットへの航法、エンジン等の情報提供は、

図1. 航空機のDIGITAL化とAVIONICSの進歩

図2. 747-400型機主計器板

表1. 代表的なコンピュータの性能

SYSTEM (SYSTEMのメーカー)	Processor Model No.	プロセッサのメーカー	Bit数	CLOCK (MHz)	そ の 他
400 FMC (Honeywell社)	SDP-185	Honeywell社	32bit	32MHz	
400 FCC (Collins社)	AAMP-2A	Collins社	16bit	18MHz	4bit chip 4個を並列接続させ 16bit Computerとしている。
400 EIU (Collins社)	同 上	同 上	同上	20MHz	上に同じ
400 IRS (Honeywell社)	LIA2912	LSI LOGIC社	16bit	3.84MHz	INTEL 27256と同等品

図3. 747-400型機の全体配置

図5. アンテナ取り付け位置

状態認識が迅速かつ正確にできるように、多くの情報を統合し、わかりやすいカラーシンボルとし、さらに優先度を付けて表示を行っている。表 1 に代表的なコンピュータの性能を示す。図 3 に 747-400 型機の全体配置を示す。また、アビオニクスシステムのデジタルコンピュータは、図 4 に示すように主客室下部の MEC (Main Equipment Center) に装着されている。図 5 にアンテナ取り付け位置、表 2 に航空機の無線周波数帯をそれぞれ示す。

3.2 デジタルバス(ARINC 429バス)³⁾

第4世代機のアビオニクスシステムはARINC規格700シリーズで設計されており、各種電気信号は統一的にARINC429バスで結ばれている。このデジタルバスは単方向で、1台の送信機から20台までの複数台数の受信機にて構成されている。伝送速度は、12.0～14.5KBPS（低速バス）、100KBPS

(高速バス)の2種類があり、シールド燃線を用い配線され、奇数パリティビットを含む32ビットを1ワードでデータ伝送を行う。図6にARINC 429バスの電気性能データを示す。図7に747-400型機の慣性基準装置(IRU: Inertial Reference Unit)からARINC 429バスで送信される機体姿勢、方位、飛行位置(緯度、経度)、加速度等の情報を受信しているシステムを示す。

4. 電磁波干渉の適合性

4.1 装備品の適合基準

航空機搭載の電子／電気装備品は、電磁波干渉による誤作動を防ぐため、RTCA DO-160規格に定める電磁波干渉適合性の環境試験に合格する必要がある。当該規格には、耐空性を確保するための高度、温度、衝撃等の試験も含ま

表2. 無線周波数帯

システム	使用周波数帯	周波数バンド
HF(COMM)	2～20MHz	
UHF(COMM)	225～400MHz	
VHF(COMM)	118～137MHz	
公衆電話	800～900MHz	UHF
衛星通信	1545～1559MHz(1.5GHz) 1646.5～1660.5MHz(1.6GHz)	Lバンド
ELT	121.5MHz/243MHz	VHF
ADF	190～1750kHz	
ATC トランスポンダー	1030MHz (質問パルス…地→空) 1090MHz (応答パルス…空→地)	Lバンド
DME	960～1215MHz(質問パルス/応答パルス)	Lバンド
Doppler Radar	8.8～13.5GHz	Xバンド
GPS (Global Positioning System)	1227MHz 1575MHz	Lバンド
ILS LOC G/S	108～112MHz 329～335MHz	VHF UHF
LORAN A C	CH1 : 1950kHz/CH2 : 1850kHz/CH3 : 1900MHz 100kHz	LF
Marker Beacon	75MHz	VHF
MLS	5031～5091MHz(5GHz)	Cバンド
OMEGA	10.2kHz/13.6kHz	VLF
RADIO ALT	4300MHz(4GHz)	Cバンド
VOR	112.0～118MHz	VHF
Weather Radar	5400MHz 9375MHz	Cバンド Xバンド

OUTPUT (SYSTEM) CAPABILITY

Total System * Resistance	400 to 8000 Ω
Total System * Capacitance	1000 to 30000 pF
System Capacitance Unbalance	Not defined but unbalance due to aircraft interwiring should be held to a minimum

NOTES

- * Includes aircraft interwiring
- ** Shields to be grounded in aircraft at both ends of all "breaks."

UTILIZATION DEVICE STANDARDS

$R_i \geq 12000 \Omega$
$C_i \leq 50\text{pF}$
$R_H \text{ or } R_G \geq 12000 \Omega$
$C_H \text{ and } C_G \leq 50\text{pF}$

図6. ARINC 429バス電気性能データ

れているが、次に電磁波干渉適合性の試験項目をまとめる。

- (1) 磁気効果試験
- (2) 入力電源試験
- (3) 電圧スパイク伝導試験
- (4) 音声周波伝導感受性試験
- (5) 誘起信号妨害感受性試験
- (6) 無線周波妨害感受性試験（放射および伝導）
- (7) 無線周波エネルギー放射試験
- (8) 雷誘起感受性および直接効果試験

さらに第4世代機では、デジタル技術が多用されたこと、および地上設置の高電力放送局の運用等から、総合的に航空機システム全体として、特別に設定したHIRF（High

図7. ARINC 429出力バス

Intensity Radiated Fields) 適合基準の試験を実施し、作動確認を行うことが義務づけられている。

4.2 電気配線の設計

航空機の機内における電気配線、特にARINC 429バスは、電磁波干渉に対する耐久性を確保することを目的に次のような設計になっている。

- (1) シールド燃線の使用。
- (2) シールド端末の接地。シールド接地線を短くするため、コネクタ内で接地をとる場合もある。図8にシールド端末処理方法を示す。
- (3) 外部に晒される配線部分には、アルミ箔またはアルミ管によりシールドを行う。
- (4) 接地点は構造部材内部に施す。
- (5) 構造部材間をジャンパーで電氣的に結ぶ。
- (6) 2重シールドケーブルの使用(低周波数システム)。
- (7) コンピュータのI/Oカードにキャパシタ、ダイオード等を使い保護回路を設ける。

4.3 CRC(Cyclic Redundancy Check)技法

ARINC 429バスで伝送されるデータは、奇数パリティビットを含む32ビット、1ワードで構成されており、受信機側では奇数パリティだけが誤り検出の根拠となる。しかし伝送データによっては、奇数パリティだけでは情報の正確性が十分といえない場合がある。そこでこの欠点を補う目的でCRC技法が採用された。CRC技法では、送信データに冗長ビットを附加し、送信を行い、受信機側で受け取ったデータに含まれる冗長ビットを用い誤り検出を行う。この技法では、データを多項式で表現し、Modulo 2 計算(2の剰余)により冗長ビットを決めている。すなわち、受信機側ではデコーダを用い冗長ビットから逆算を行い、誤り検出をしている。CRC技法は、空地データリンクを介したデータ通信に使用されており、機上の飛行管理システム(FMS: Flight Management System)に地上コンピュータより送信されてくる飛行情報に関するデータに誤りがなければ、当該システムのコンピュータに受け付けられ、航空機の飛行が制御される。

5. 機内持ち込み電子機器の取り扱い

5.1 適合基準の考え方

前述したように航空機搭載の電子／電気装備品に対して

は、RTCA DO-160環境試験等の規格により、耐電磁波干渉の適合基準が定められているが、機内持ち込み電子機器に対する適合基準は明確になっていない。一方、民生用電子機器からの不要電磁波放射による周辺電子機器の誤動作を防止するため、各国は独自の法律に基づく規制を実施している。航空会社としては、これら基準のうち、次を機内持ち込み携帯電子機器の使用可否の参考基準として考慮している。

(1) FCC規制 15章無線周波数機器

米国のFCCが定める基準で、市販されている民生用電子機器の不要電磁波放射について基準が定められている。

(2) 電波障害自主規制(VCCI)

国内の電子工業界が自主的に定めた規制で、汎用コンピュータ、パソコン、ワードプロセッサ等の情報装置および電子事務用機器等から発生する妨害波により、他の無線通信業務および電子／電気機器の障害を防止するのが目的である。

これら基準は、機内に持ち込まれる可能性のある電子機器類をすべて網羅するものでなく、かつ機内持ち込みを前提として基準を設定してないため、完全な使用可否の判断基準にならない。しかし、これら基準に適合した電子機器は、1つの目安として航空機システムへの電磁波干渉の可能性は低いものといえる。

一方、携帯電子機器は各種医療用機器からゲーム機器と幅が広く、種々な基準や仕様で製造されており、必ずしも前述の基準が適用されていない。したがって航空会社としては、携帯電子機器の使用可否決定にあたり、第1段階として当該電子機器の仕様書、カタログ等の情報からの可否判断を基本としている。もし判断が困難な場合は、当該電子機器を駐機中の航空機に持ち込み、航法や通信システム等の航空機システムに電磁波干渉がないか、実機での確認試験を行っている。

5.2 携帯電子機器の運用基準

これまで述べてきたように、航空機の各システムは、電磁波干渉に対して厳しい基準を適用して設計されており、これに起因する誤作動の生じる可能性は低いと推察できるが、運航安全の確保を第1に携帯電子機器の運用基準を定めている。国内の航空会社は以前よりFMラジオ、携帯電

図8. シールド端末処理方法

表3. 電子機器の使用制限

常時 使用できない機器	携帯電話、トランシーバ、ワイヤレス式の音響機器 やラジコン式の機器等、明らかに電波を発信する機 器。FMラジオ、テレビ受信機、ポケットベル、プ リント機器。
離着陸時 使用できない機器	上記に加え、ビデオ機器（ビデオカメラ、再生機）、 音響機器（CDプレーヤ、ヘッドホンステレオ、カ セットプレーヤ、その他のラジオ）、情報システム 機器（パソコン、ワープロ、電子手帳、電卓）、娯 楽用ゲーム機器。
常時 使用できる機器	電池を内蔵している腕時計やカメラ。補聴器、心臓 ペースメーカ等を含む医療用器具および当社が事前 に使用を認めた医療機器。

話等は使用不可としてきたが、93年4月のIATA勧告を受
け運用基準の見直しを行い、表3のように共通の基準を定
めた。

6. むすび

航空機の電子技術の変革と歩調を合わせて、機内持ち込
み携帯電子機器の運用基準も変化することになるが、電磁
波干渉のメカニズムについて論理的な解析により、適切な
適合性の基準を確立すべきと考えられる。これには現在進
行中であるFAA、RTCA、航空機メーカ等による調査／研
究の結果が待たれるところである。航空会社としては現在
の基準に従いつつも、この調査／研究と協調しながら、
我々自身も種々検討を加えて行く必要がある。

終わりに、航空輸送の使命である航空安全を最優先に、
快適な空の旅を提供することに、今後とも種々努力を傾注
して行きたい。

(1995.4.5－受理 1995.5.16－再受理)

文 献

- 1) John J. Sheehan : “Do Portable Electronic Devices Really
Interfere?”,94年11月3日
- 2) RTCA SC-177 Report,94年8月30日
- 3) ARINC Specification, 429 “Mark 33 Digital Information Transfer
System (DITS)”,初版 78年6月1日

用語解説

アビオニクス：Avionics
航空機の電子システムのことで、AviationとElectronicsを
結合したもの。

ARINC規格：American Radio Incorp.
米国航空無線協会がアビオニクスシステムの標準化のた
めに制定した規格。

RTCA DO-160：Environmental Conditions and Test Procedures
for Airborne Equipment
同等規格としてJIS-W7002「一般航空機用電子機器環境
試験方法」がある。

沖田 正孝（おきた まさたか）
昭和22年生まれ。昭和42年、高松工業高
等専門学校電気工学科卒業。日本航空株
式会社整備本部受委託企画部、技術部勤務。
アビオニクスシステムの仕様開発に携わ
り、現在、政府専用機関係業務に従事。