

# VOR/DME施設等の雷害状況の分析について

松葉 泰央

Analysis of the Lightning Trouble in VOR/DME Facilities

By

Y a s u o MATSUBA

## 1. はじめに

国土交通省航空局は、全国にVOR/DME、VORTAC（以下「VOR/DME施設等」という）を設置し、航空管制技術官がこれら施設に関する工事の設計、施工、運用及び保守を実施している。

現在、運用されているVOR/DME施設等の無線機器は、高性能化、保守性、信頼性の向上に伴い、従来の電子管から固体化され、半導体素子を中心とした電子部品により構成されている。

しかし、これらの無線施設が雷撃を受けると、長時間にわたり運用が停止し、航空保安業務や航空機の運航に影響を及ぼすことがある。

国土交通省航空局が設置するMDP（保守情報処理システム）のデータを基に、VOR/DME施設等の過去8年間の雷害状況を分析したところ、TACAN装置が最も被害を受けやすいこと、VOR/DME施設等が被雷した場合、VOR装置にその被害が集中し、DME装置には障害が少ないこと、障害は無線機器本体の他、付帯機器にも多いことが判明した。

本稿は、過去のVOR/DME施設等の雷害状況から、被害の多い装置、被害の傾向、更にその装置の

どの部位に被害があるのかある程度の傾向を明確にすることができたことから、今後のこれら施設等の機器設計及び施工における雷害対策上の指針となることを目的するものである。

## 2. VOR/DME施設等の設置状況

VOR装置は単独で設置されることはほとんどなく、DME装置若しくはTACAN装置と併設され、VOR/DME若しくはVORTACとして運用されている。国土交通省航空局では、全国の空港及び航空路等に表1に示す数のVOR/DME施設等を設置し、運用している。

図1にVOR/DME施設等の設置状況を示す。

表1 VOR/DME施設等（平成17年4月現在）

施設名	施設数
VOR	1
VOR/DME	93
VORTAC	23

### 3. VOR/DME施設等の雷害状況

VOR/DME施設等の電波は、見通し距離で伝搬するため、周囲に障害物のない、見通しの良い場所に設置されていることから、これまで多くの雷害が発生している。

表2は1997年から2004年までの過去8年間のVOR/DME施設等の雷害件数（落雷によりユニット、部品の破損を伴う障害に至った場合の件数で、

リセット等により短時間で復旧した軽微な障害は除いた件数）である。

2000年が最も多く、全体で45件の雷害が発生しているのに対し、1997年では10件と少なく、年毎にバラツキがある。

VOR装置は過去8年間で135件、DME装置は52件、TACAN装置は30件となっている。



図1 VOR/DME施設等設置状況 (凡例 □: VOR ▲: VORTAC ○: VOR/DME)

表2 年別VOR/DME施設等の雷害件数 (リセット等により短時間で復旧した軽微な障害は除く)

装置名	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	合計
VOR	5	20	22	24	24	19	12	9	135
DME	3	3	5	16	6	14	5	0	52
TACAN	2	2	3	5	7	3	6	2	30

#### 4. VOR/DME施設等への雷の侵入形態

VOR/DME施設等への雷サージ(雷に起因する異常電圧、電流)の侵入形態には、図2の矢印が示すように以下の4つの経路及びこれらの組み合わせの経路が考えられる。

- ① 空中線(送信・受信・モニタ用)
- ② 電力線(電力会社)
- ③ 通信線(監視・制御・計測用のNTT線)
- ④ 接地線(電力用、通信用、避雷器用)

空中線(アンテナ)には、送信・受信用の他、VOR/DME施設等から放射された電波を受信し、その電波が正常であるかを監視するモニタ用があり、これらに直撃又は近傍に落雷した時、誘導された雷サージが侵入し、機器を破壊する。

電力線については、通常は電力会社から供給されているが、停電時には自動的に発動発電機に切り替わり、数秒以内にこれより電力が供給されるシステムとなっている。この電力線に直撃又は近傍に落雷した時、誘導された雷サージが侵入す

る。

通信線については、空港事務所等の遠隔側にて、VOR/DME施設等の運用状態の監視、起動・停止等の制御及び各装置の保守計測データを送受信するために使用されるものであり、これに直撃又は近傍に落雷した時、雷サージが発生する。VOR/DME施設等が空港外に設置される場合は、NTTの通信回線(専用回線)が使用されているため雷サージが侵入する恐れがあるが、空港内に施設される場合については、光ケーブル化(航空局自営回線)されているため、ここからの雷害の影響は受けることはないと考えられる。

接地線(アース)には、電力用のA種、B種及びD種接地、無線機器等の通信用接地の他、避雷器・避雷針用の接地があり、建物、避雷針や近傍の樹木等に落雷があると、雷電流により大地の電位が上昇し、これらの接地線から雷サージが侵入する。

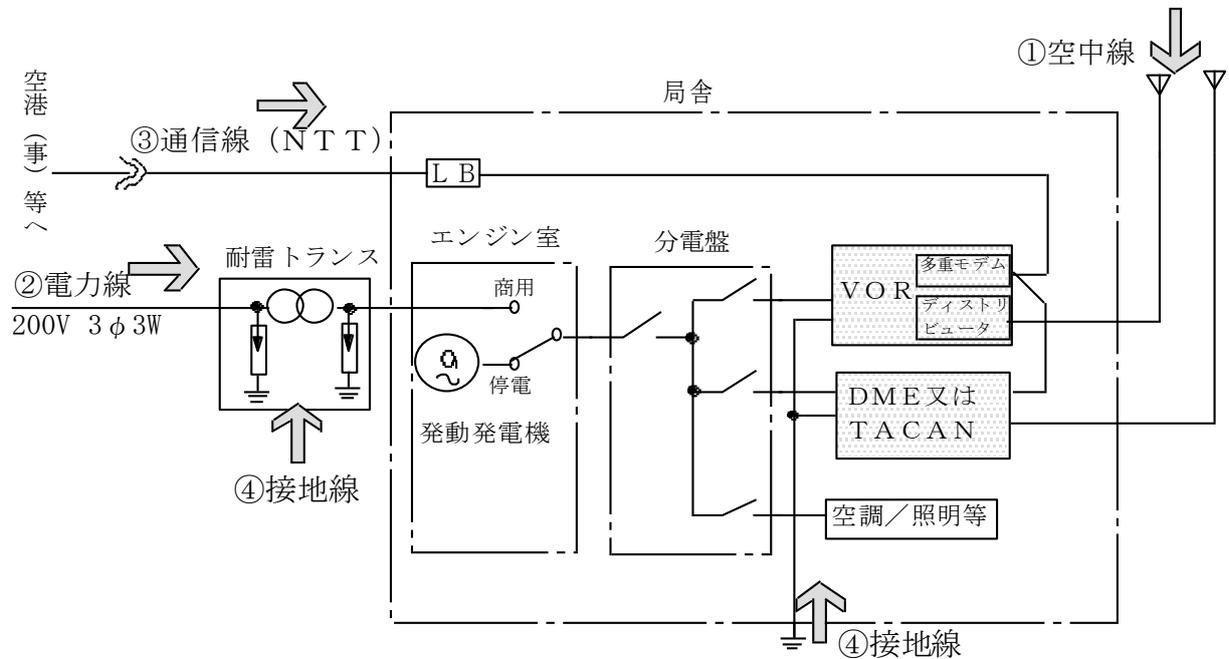


図2 VOR/DME施設等の雷サージ侵入経路

## 5. 各装置の雷害分析

VOR/DME施設等の過去8年間のノータム履歴及び国土交通省航空局のMDPに蓄積された雷障害件数から算出した雷害割合(施設数は毎年増減しているため、年間の雷害件数をその年の施設数で除した値に100を乗じたもの：[%])を表3に示す。

最も雷害割合の高い装置はTACAN装置、次いでVOR装置、DME装置の順である。

以下に各装置の雷害分析を述べる。

装置系統図を示す。

VOR装置は、カウンターポイズ上の中心にキャリア空中線、中心から約7mのところから48本からなるサイドバンド空中線、中心から45～100m離れたところにVOR装置の動作状態を監視するモニタ空中線が120°間隔でCH1～CH3の3本あり、カウンターポイズの下には局舎がある。局舎内には送信機及びモニタ装置等が納められ、電力線、通信線、空中線により外部と接続されている。

### 5-1. VOR装置の雷害分析

図3にVOR/DME施設の外觀図を、図4にVOR

表3 各年のVOR/DME施設等の雷害割合 [%]

装置名	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	平均
VOR	4.5	17.9	19.1	20.9	20.9	16.4	10.3	7.6	14.7
DME	3.4	3.4	5.5	17.6	6.6	15.2	5.4	0.0	7.1
TACAN	9.1	9.1	13.0	21.7	30.4	13.0	36.1	8.8	17.6

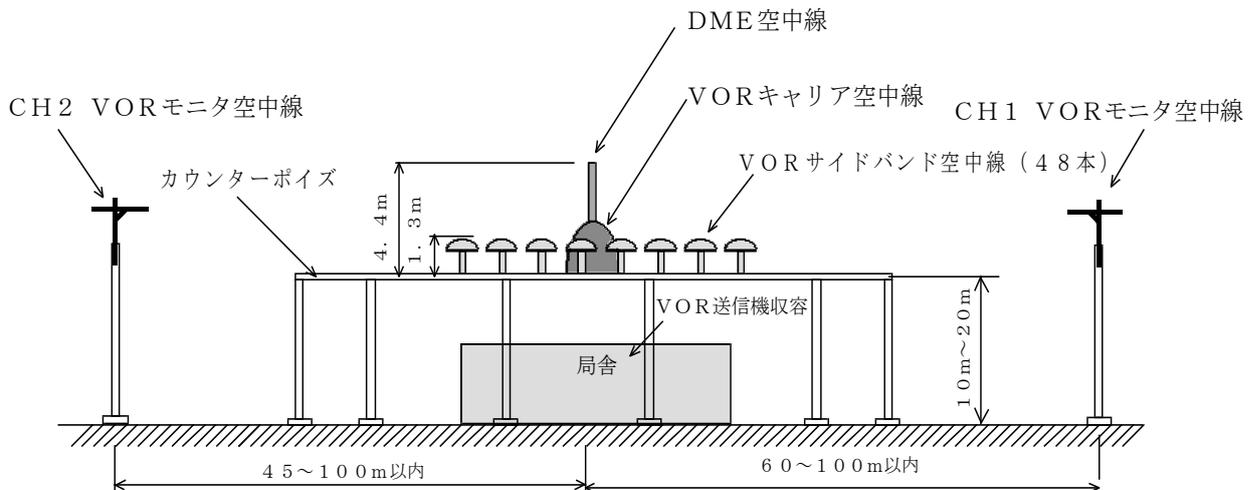


図3 VOR/DME施設外觀

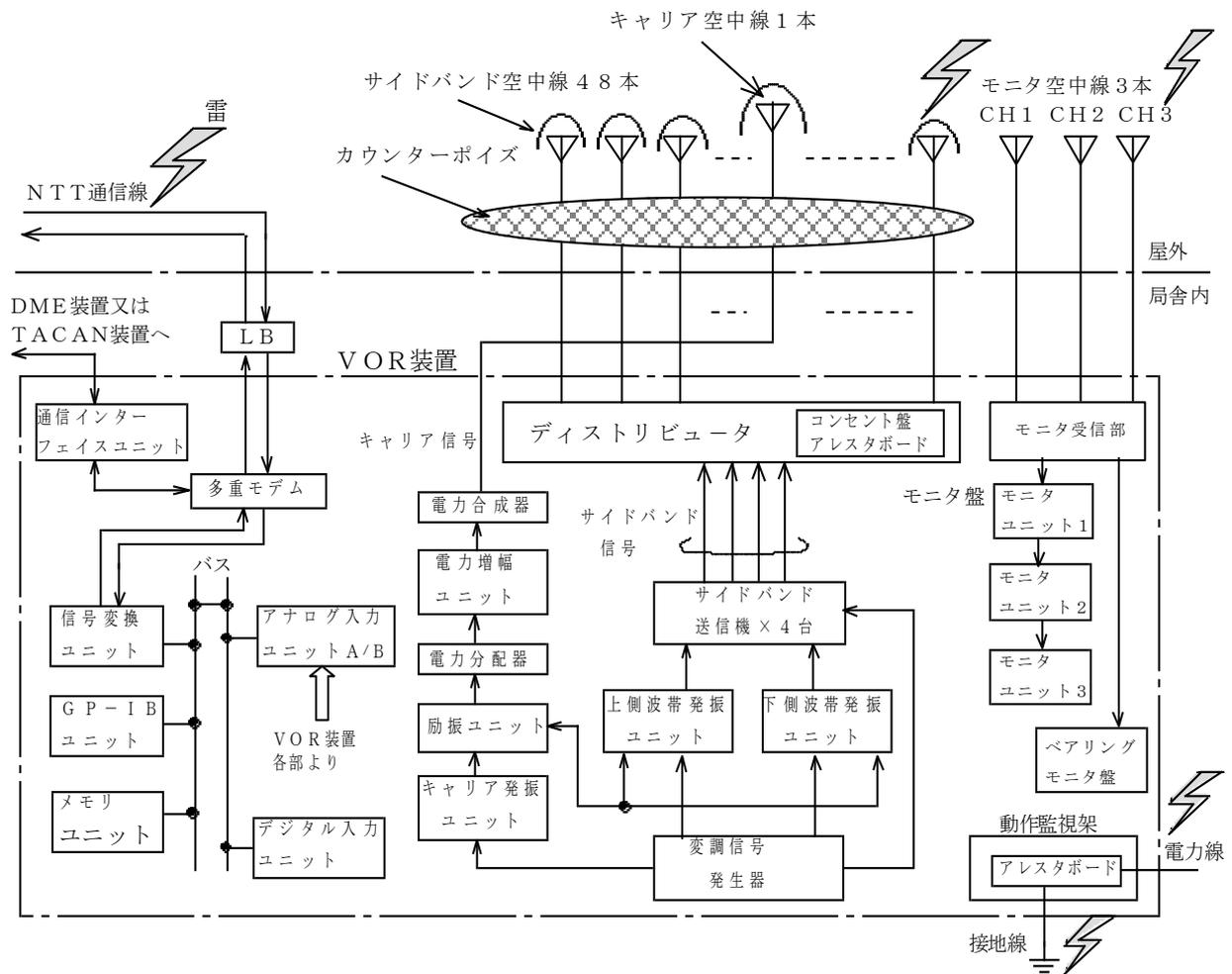


図4 VOR装置系統図

VOR/DME装置の8年間の雷害割合を図5(表3をグラフ化したもの)に示す。

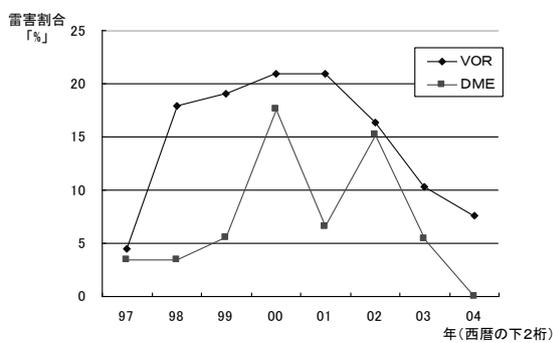


図5 VOR/DME装置の雷害割合

これによると、VOR装置の雷害割合の最大値は2000年と2001年の20.9%で、平均14.7%である。

雷害により破損したユニット、電子部品等を以下「障害ユニット等」という。表4にVOR装置の障害ユニット等を示す。

VOR装置で雷による障害が最も多いのは、アナログ入力ユニット(A)及び(B)である。これらのユニットは、VOR装置の送信電力、装置各部の電圧、電流等のアナログ量の保守計測データ(16項目)を処理する機能を有するもので、VOR装置の各部と接続されているため、通信線、電力

線、空中線のいずれかの経路から雷が侵入して障害に至ったものと考えられる。

雷の進入箇所が特定できるもので、最も障害件数が多いのは多重モデムである。多重モデムは、VOR装置の他、DME（又はTACAN）装置の監視・制御・計測データを多重化し、NTTの通信線を経由して空港事務所等に設置された遠隔監視制御装置と送受信する機能を有するもので、通信線に直接接続されている。このことからNTTの通信線が雷の侵入源と考えられる。

次いで多いのはディストリビュータである。ディストリビュータは、4つのサイドバンド送信機からの高周波信号をスイッチングダイオードにより電子的に30Hzで切り換え、48本のサイドバンド空中線に順次給電する機能を有するものであり、スイッチングダイオードが破損していることからサイドバンド空中線から雷が侵入したと考えられる。

動作監視架アレスターボードは、電力ラインを雷サージから保護する目的を有し、避雷装置を収納したものであり、接地線又は電力線に直接接続されていることからここから雷が侵入したものと考

えられる。

モニタユニット1は、VOR装置の動作状態を監視するモニタ盤で使用されることから、モニタ空中線から雷が侵入したものと考えられる。

信号変換ユニットは、保守計測データを処理する機能を有するもので、多重モデムに接続されていることからNTTの通信線が雷の侵入源と考えられる。

LB（ループバック：NTT所有物）は、NTTがメンテナンス（回線の折り返し試験）を行うための装置であり、NTTの通信線上にあるため、通信線が雷の侵入源と考えられる。

このようにVOR装置への雷侵入形態は電力線、通信線、空中線、接地線と多種である。

障害部位が送信系（電力線、空中線を含む）であれば直ちに運用停止となる。

また、通信系の障害であれば、遠隔側からの監視・制御・計測はできなくなるが、運用を継続することはできる。

表4 VOR装置の障害ユニット等（リセット等により短時間で復旧した軽微な障害は除く）

装置型式	障害ユニット等	障害数	推定雷侵入経路
DVOR-91	アナログ入力ユニット（A）	32	通信線／電力線／空中線
DVOR-91	アナログ入力ユニット（B）	18	通信線／電力線／空中線
DVOR-91	多重モデム	14	通信線
DVOR-91	ディストリビュータ	10	空中線
DVOR-91	動作監視架 アレスターボード	7	接地線／電力線
DVOR-91	信号変換ユニット	6	通信線
DVOR-91	回線折り返し試験装置（LB：LOOP BACK）	4	通信線
DVOR-91	ディストリビュータ架 コンセント盤 アレスターボード	3	空中線
DVOR-91	モニタユニット1	3	空中線
DVOR-91	通信インターフェイスユニット	2	通信線

VOR装置の雷害の要因としては、以下のことが考えられる。

① VOR装置内に多重モデムが設置されており、NTTの通信線と直接接続されているため、通信線から雷サージが侵入する。

② 空中線がキャリアと48本のサイドバンド送信空中線の他、これから45～100m離れた所にある3本のモニタ用の受信空中線を有しているため空間的に広く、雷サージの誘導を受け易い。

③ 旧タイプのVOR装置では耐電圧の高い電子管やトランジスタが使用されていたが、現在運用しているVOR装置には電子部品に耐電圧の低い半導体素子(ROM、RAM、CPU)を多数使用しているため雷に対して弱体化している。

## 5-2. DME装置の雷害分析

DME装置は単独で設置されることはなく、VOR装置若しくはILS装置と併設され、VOR/DME若しくはILS-DMEとして運用されている。本稿ではVOR/DMEとして運用されているDME装置に限って述べる。

図6にDME装置系統図を示す。DME装置は、送信部と受信部からなるトランスポンダ装置、DME装置の動作状態を監視するモニタ等を収容した監視制御装置、保守計測データを処理する動作監視装置及び空中線から構成されている。

トランスポンダ装置、監視制御装置及び動作監視装置は、VOR装置と同じ局舎内に納められており、空中線はVOR装置のキャリア空中線からさらに約3m突出した場所に設置されている。

DME装置の空中線は、VOR/DME施設で最も高い場所に設置されていることから、被雷の可能性が高いと考えられがちであるが、雷害割合は平均7.1%でVOR装置に比べて少ない。

表5に雷害によって破損したDME装置の障害ユ

ニット等を示す。

DME装置で最も雷障害の多いのは、S-I/O1とS-I/Oユニットである。これらのユニットは、DMEの運用状態を監視したデータを送出するための通信手順の制御を行う機能を有するものであり、多重モデムに接続されていることから、NTTの通信線から雷が侵入したものと考えられる。

PA(パワーアンプ)ユニットは、DMEの送信出力を規定のパワー値(1.5kW又は3.0kW)にまで電力増幅する機能を有するものであり、6台(1.5kWの場合)又は8台(3.0kWの場合)が並列に接続され、その出力は合成器とデュプレクサを介して空中線に接続されていることから、雷の侵入経路は空中線若しくは電力線のいずれかと推測される。

SIG1及びSIG3ユニットは、トランスポンダ装置の送信部で発生した送信高周波電力を検波して得られた波形データ(送信電力波形等)を保守計測信号として遠隔側へ送出する機能を有するものである。雷の侵入経路は空中線若しくは電力線のいずれかと推測される。

DME装置の障害は、PAユニットを除き、全て保守計測データを処理するユニット類の障害であり、直ちにDME装置の運用に致命的な障害を及ぼすものではない。

DME空中線は、VOR空中線より突出した場所にあるにもかかわらず雷害が少ない理由として、以下の要因が考えられる。

① DME装置の空中線は、1本で送受信を兼ねており、空間的に広がりをもたない。

② DME装置の通信線については、NTTの通信線とは直接接続されず、VOR装置内の多重モデムを経由して接続されている。

③ 多数のVOR送信用空中線に囲まれ、保護(遮蔽)されている。

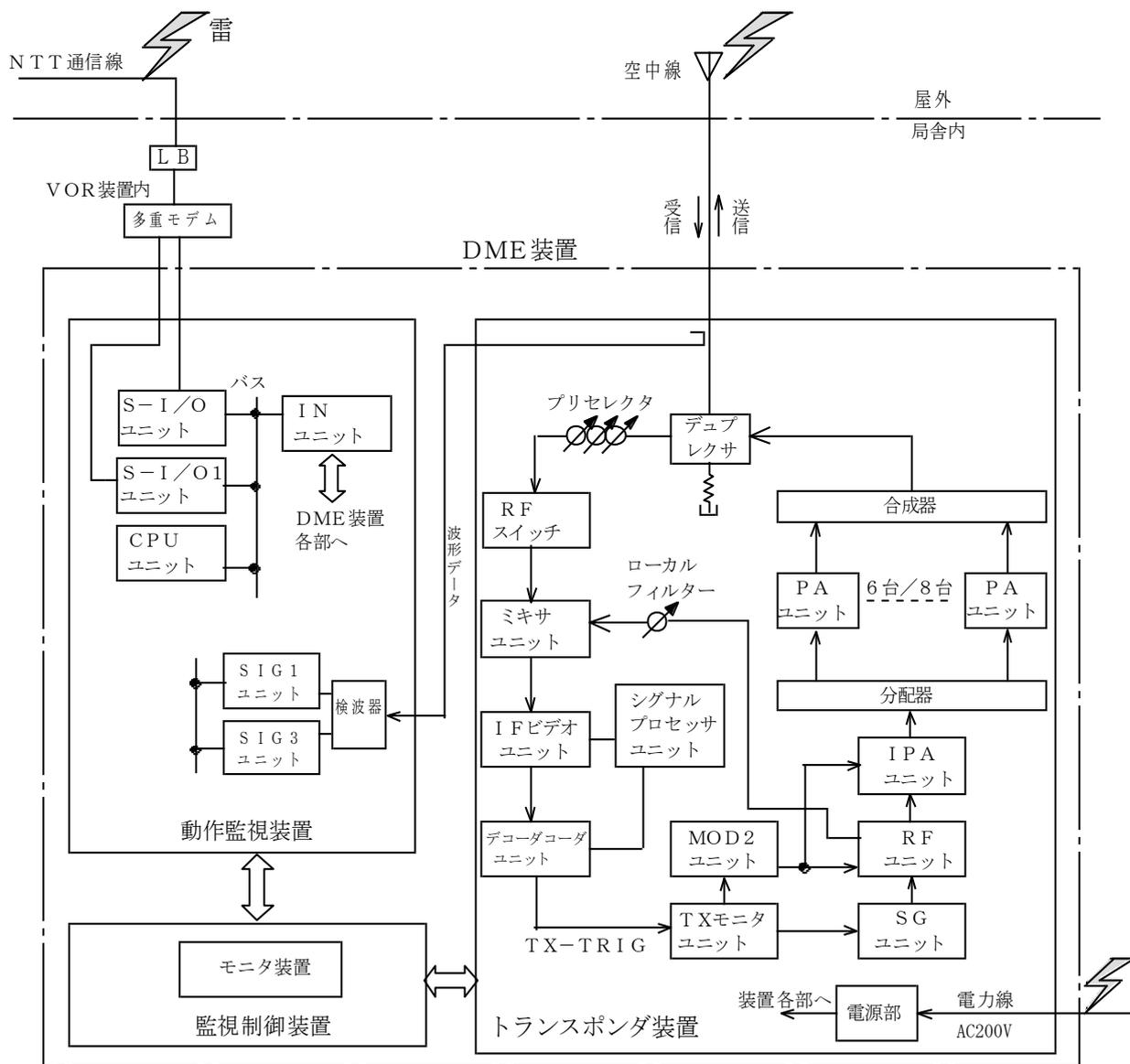


図6 DME装置系統図

表5 DME装置の障害ユニット等 (リセット等により短時間で復旧した軽微な障害は除く)

装置型式	障害ユニット等	障害数	推定雷侵入経路
DME 91/91A	S-I/O1ユニット	10	通信線
DME 91/91A	S-I/Oユニット	7	通信線
DME 91/91A	PAユニット	1	空中線/電力線
DME 91/91A	SIG1ユニット	1	空中線/電力線
DME 91/91A	SIG3ユニット	1	空中線/電力線

### 5-3. TACAN装置の雷害分析

TACAN装置は、防衛省が管理するものについては単独で設置され運用しているが、国土交通省航空局が管理するものについては、図7に示すように、民間航空機にも利用できるようなVOR装置と併設され、VORTACとして運用されている。

図8にTACAN装置系統図を示す。TACAN装置は、送信部と受信部からなるトランスポンダ装置、動作状態を監視するモニタ装置を収容した監視制御装置、保守計測データを処理し、通信線とのインターフェイス機能を有する動作監視装置及び空中線から構成されており、DME装置とほとんど同様である。

ただし、TACAN装置の空中線については、実際に電波を送受信する空中線本体(放射部)と空中線制御装置の2つの部分から構成されている点

がDME装置と異なっている。

このうち、トランスポンダ装置、監視制御装置、動作監視装置及び空中線制御装置については、VOR送信装置と同じ局舎内に収容されているが、空中線本体は局舎から離れた場所(基台部)に設置されている。

TACAN装置の空中線は、電子走査式空中線が使用されており、その機能はアンテナ放射パターンを900rpmで回転させることで方位信号に必要な変調パターンを作ること、機上装置からの信号を受信し、送信装置からの信号を輻射することであり、この空中線制御装置があることを除いては、DME装置と類似した装置構成である。

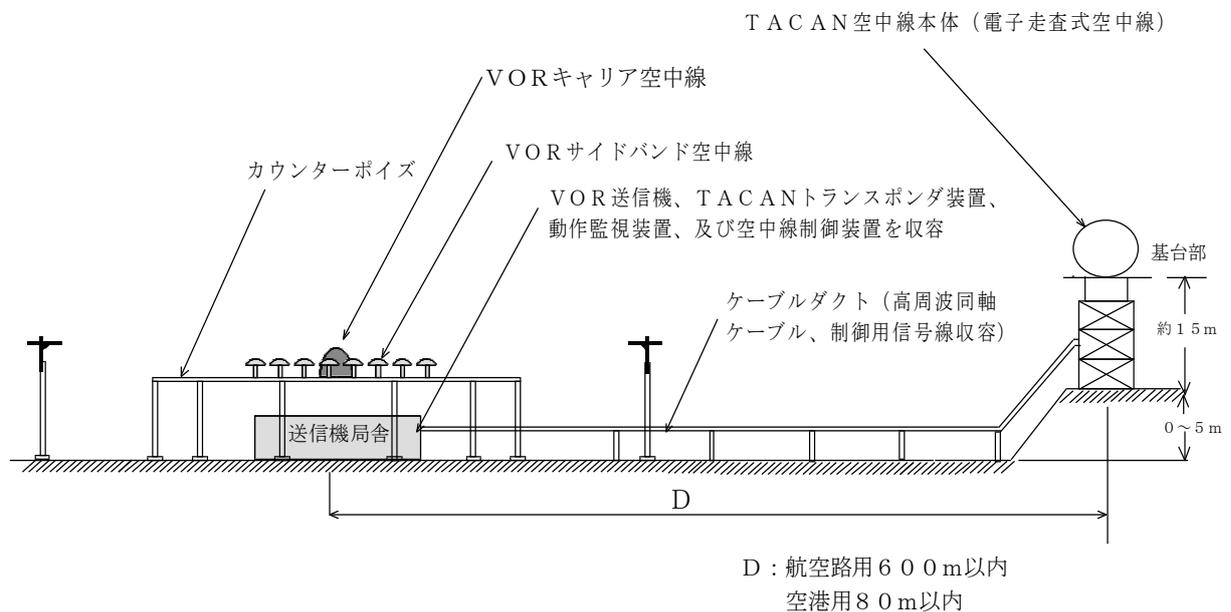


図7 VORTAC施設外観

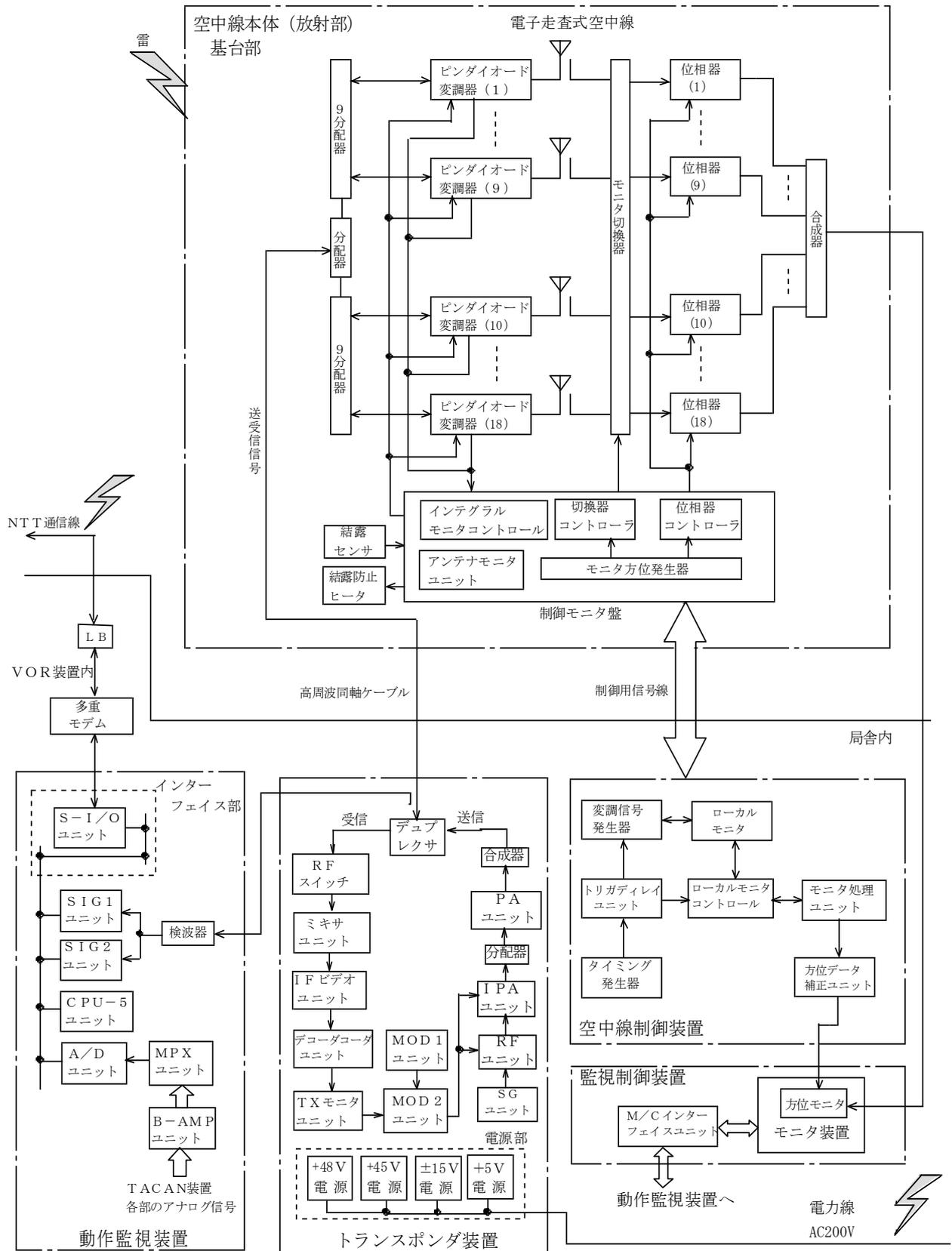


図8 TACAN装置系統図

TACAN装置の過去8年間の雷害割合を図9(表3をグラフ化したもの)に示す。これによると、TACAN装置の雷害割合は平均17.6%であり、VOR装置、DME装置と比べて最も高い。

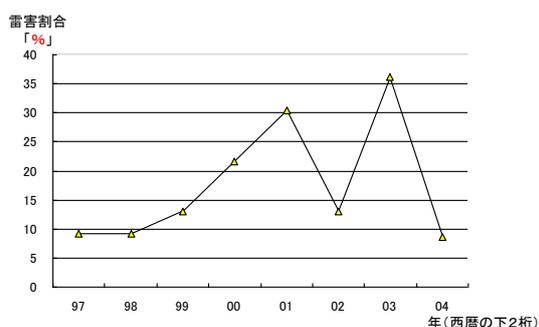


図9 TACAN装置の雷害割合

表6にTACAN装置の障害ユニット等を示す。

TACAN装置の障害ユニット等のうち、位相器、モニタ処理ユニット、トリガディレイユニット、位相器コントローラ、モニタ方位発生器、方位データ補正ユニット、切換器コントローラ、インテグラルモニタコントロール、変調信号発生器、アンテナモニタユニット、ローカルモニタ、ローカルモニタコントロール、ピンダイオード変調器、方位モニタは全て方位情報を発生する機能、若しくはその送信する方位情報が正常であるかを監視するモニタ系のユニットである。

これらはいずれも基台部の空中線本体またはこれと直接接続されている局舎内の空中線制御装置及びモニタ装置に属するものであることから、これらユニットへの雷サージの侵入経路は空中線と考えられる。

S-I/Oユニットは、DME装置で使用さ

れているものと全く同じ機能を有し、NTTの通信線が雷の侵入経路と推測される。

M/Cインターフェイスユニットは、モニタ装置と動作監視装置との間のインターフェイスを目的としたものであるが、装置各部と接続されているため雷サージの侵入源は特定できない。

SIG1及びSIG2ユニットは、送信電力の波形データを処理する機能を有し、雷の侵入経路は空中線若しくは電力線のいずれかと推測される。

MPXユニットは、TACAN装置各部の電圧・電流等のアナログ計測信号(48項目)を処理する機能を有するものであるが、装置各部と接続されているため雷サージの侵入源は特定できない。

TACAN装置の障害ユニット等のほとんどが空中線に集中しているが、これらのユニットは障害が発生すると、直ちに運用停止に至る重要なものばかりである。

DME装置とほとんど同じ装置構成であるにもかかわらずTACAN装置に雷障害が多いのは、TACAN装置特有の空中線をもつことが主たる要因であると言える。

TACAN装置の空中線は、局舎内にある空中線制御装置と実際に電波を送受信する空中線本体が数十m離れた2カ所に分散しているため、この間を接続する高周波同軸ケーブル、電力線及び多数の制御用の信号線が雷サージからの誘導を受けやすく、これにより、各ライン間に電位差を生じ、耐電圧の低い電子回路で構成されている空中線に属するユニット類が破損するものと考えられる。

表6 TACAN装置の障害ユニット等 (リセット等により短時間で復旧した軽微な障害は除く)

装置型式	障害ユニット等	障害数	推定雷侵入経路
TACAN91A	位相器	9	空中線
TACAN91A	モニタ処理ユニット	8	空中線
TACAN91A	S-I/Oユニット	6	通信線
TACAN91A	トリガディレイユニット	5	空中線
TACAN91A	位相器コントローラ	4	空中線
TACAN91A	モニタ方位発生器	4	空中線
TACAN91A	方位データ補正ユニット	4	空中線
TACAN91A	切換器コントローラ	4	空中線
TACAN91A	インテグラルモニタコントロール	4	空中線
TACAN91A	±15V電源	4	電力線
TACAN91A	変調信号発生器	4	空中線
TACAN91A	アンテナモニタユニット	3	空中線
TACAN91A	ローカルモニタ	3	空中線
TACAN91A	ローカルモニタコントロール	3	空中線
TACAN91A	ピンダイオード変調器	3	空中線
TACAN91A	方位モニタ	3	空中線
TACAN91A	M/Cインターフェイスユニット	3	不明
TACAN91A	CPU-5ユニット	2	空中線
TACAN91A	SIG1ユニット	2	空中線/電力線
TACAN91A	SIG2ユニット	2	空中線/電力線
TACAN91A	MPXユニット	2	不明

## 6. 考察

VOR/DME施設等では、これまでも無線機器本体、空中線、通信線、電力線について各種雷害対策が検討され、導入されてきたところであるが、障害は多く発生しており、十分であるとは言えない。

自然現象である雷障害を完全に無くすことは不可能と思われるが、合理的な雷害対策を実施するためには各装置の弱点を把握し、費用対効果を踏まえた雷防護機器の選定と施工方法を検討する必要がある。

以下に雷害分析より得られた結果より、今後のVOR/DME施設等の無線機器設計及び雷害対策に資すると思われる知見について述べる。

### 6-1. VOR装置

VOR装置の障害ユニット等(表4)より算出した雷サージの侵入経路別障害数(侵入経路が複数ある場合については重複計上してある。)を図10に示す。

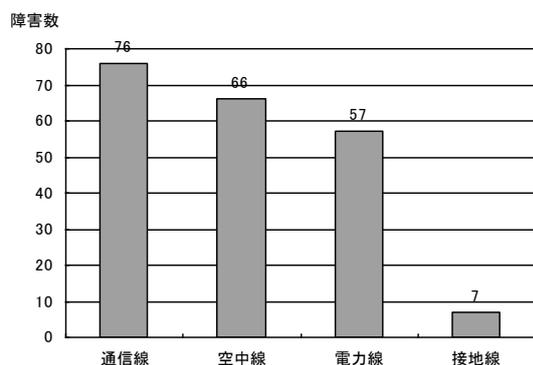


図10 VOR装置の雷サージ侵入経路別障害数

VOR装置においては、保守計測データを取り扱うアナログ入力ユニット(A)及び(B)、NTT通信線との接続点となる多重モデム、サイドバンドアンテナに接続されるディストリビュータに雷障害が集中している。

その一方で、送信機内部で発振、増幅、変調機能などの役割を果たしているキャリア発振ユニット、励振ユニット、電力増幅ユニット、変調信号発生器等は障害が起きていないことが明らかになった。

すなわち、送信部については、ある程度の耐雷性を有していると言える。

したがって、VOR装置では多重モデムとディストリビュータを中心に雷害対策を実施する必要がある。

具体的な提言としては、現在運用中の装置については、NTT通信線の引込口に通信回線用SPD(サージ防護デバイス)を設置する。これにより、雷サージを大地へ逃がし、雷害を低減することができる。今後、VOR装置の新設・更新工事時には、NTT通信線(専用回線)は光ケーブル化し、これに対応できる光多重モデムに設計変更すれば、通信線から侵入する雷サージについては遮断することができる。

サイドバンド空中線からディストリビュータに侵入する雷サージを完全に遮断することは困難と思われるが、ディストリビュータ出力端に同軸アレスタを挿入することにより、雷サージを低減できる。

また、電力線については、分電盤内に電源回路用

(三相三線式200V用)のSPDを設置することで、侵入する雷サージを大地へ逃がすことができる。

## 6-2. DME装置

DME装置の障害ユニット等(表5)より算出した雷サージの侵入経路別障害数(重複計上)を図11に示す。

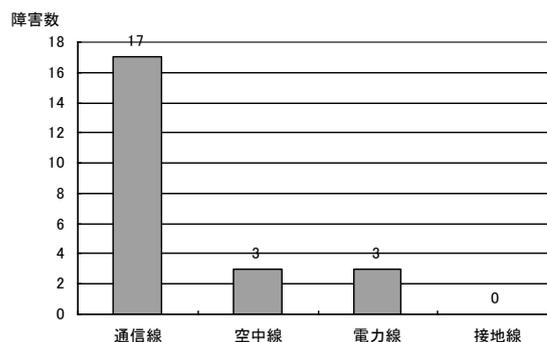


図11 DME装置の雷サージ侵入経路別障害数

DME装置の障害部位は、S-I/OとS-I/O1ユニットにほぼ限られており、雷サージの侵入経路は主として通信線であることが明らかになった。

また、トランスポンダ装置の送信部に属するTXモニタユニット、MOD2ユニット、SGユニット、RFユニット、IPAユニット及び受信部に属するプリセクタ、RFスイッチ、ミキサユニット、IFビデオユニット、デコーダコーダユニット、シグナルプロセッサユニットへの雷障害は発生していないことも判明した。

すなわち、DME装置においては、監視制御装置及びトランスポンダ装置はある程度の耐雷性を有しているものと考えられる。

したがって、DME装置の雷害対策は、通信線を重点的に行うことになるが、これはVOR装置内に実装されている多重モデムについて実施することによりほぼ解決できる。

### 6-3. TACAN装置

TACAN装置の障害ユニット等(表6)より算出した雷サージの侵入経路別障害数(重複計上)を図12に示す。

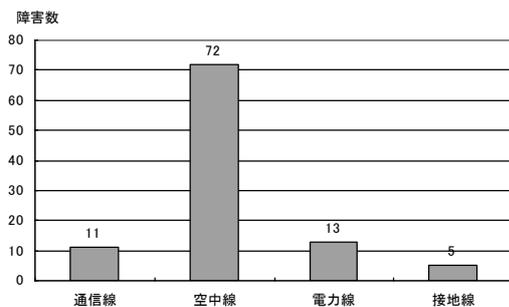


図12 TACAN装置の雷サージ侵入経路別障害数

TACAN装置の雷サージの侵入経路は、主として空中線であることが明らかになった。障害部位は空中線本体と基台部にある空中線制御装置のユニット等に集中しており、DME装置と同様にトランスポンダ装置についてはある程度の耐雷性を有しているものと考えられる。

したがって、TACAN装置では基台部の電子走査式空中線と空中線制御装置を重点に雷害対策を行う必要がある。

具体的な対策としては、現在運用中の装置については、空中線制御装置と基台部を接続する制御用の信号線(メタルケーブル)に通信・信号線用SPDを取り付けて対応し、今後、TACAN装置の新設・更新工事時には、これら制御用の信号線を光ケーブル化とする。

また、高周波同軸ケーブルについては同軸アレスタを挿入することにより雷害を軽減できると思われる。

VOR/DME施設等の新設に際しては、電波の覆域を考慮して、見通しの良い場所を建設地として選定

しているが、雷害対策上、その地域がどの程度の落雷頻度であるのか、あらかじめ落雷の危険度を表したIKL(年間雷雨日数)マップ等により検討しておくことは、運用開始後のメンテナンスの点からも重要である。

VOR/DME施設等に障害が発生した場合、対応するのは航空管制技術官であるが、明らかに目視により焼損した部分が認められる場合を除き、どの部位が故障しているのか探求するのは難しく、復旧するまでに時間を要することもある。

障害復旧時間を短縮し、装置稼働率を向上させるためには、ハードウェア的な対策も必要であるが、運用面からの雷対策についても検討が必要である。一例であるが、雷雲が接近して来た時、電力会社からの電力の供給を断として、発動発電機に切り換えて供給を行えば、電力線から侵入する雷サージについては遮断することができる。

航空管制技術官は、障害に迅速な対応ができるように、訓練・研修等で各装置の障害の多い部分を把握しておくことも重要である。また、本稿で取り上げた障害頻度の高いユニット等についてはサイト保管しておくことも必要である。

## 7. まとめ

VOR/DME施設等は高性能化され、半導体素子を集積した電子部品から構成されるようになった。反面、これら機器を取り巻く環境は雷サージに対して弱体化しており、これまで以上の雷対策が必要になっていると言える。

国土交通省航空局が設置するMDPに保存されているデータを基にVOR/DME施設等の過去8年間の雷害状況を分析したところ、雷に対する各装置の弱点を以下のように明らかにすることができた。

- 1) 雷に最も弱い装置(過去8年間の雷害割合より)

から順位づけすると、TACAN装置である。次いでVOR装置、DME装置となる。

#### ① VOR装置

VOR装置は全国に100カ所余りあるため、雷による障害件数としては最も多い。

雷の侵入経路は様々であるが、雷の進入箇所が特定できるもので、最も障害件数が多いのは多重モードである。

#### ② DME装置

VOR装置と併設されているDME装置の場合、VOR装置の方に被害が集中する傾向があり、DME装置の障害は少ない。

雷の侵入経路は通信線、空中線、電力線であるが、NTTの通信線からが最も多い。

#### ③ TACAN装置

TACAN装置は最も雷害に弱い。VOR装置と併設されている場合、DME装置の場合とは異なり、VOR装置と同時にTACAN装置にも被害がある。

TACAN装置の障害箇所は、雷の侵入経路は主に空中線である。

2) 装置が複数の場所に分散している場合、すなわち空間的に広がりをもっている場合には雷の影響を受けやすい。

3) 全ての装置に共通して言えることであるが、雷害は無線機器本体(送信・受信部分)そのものより、モニタ装置、保守計測データを処理する装置、通信用の装置などの付帯機器に多く生じており、運用停止に至っている事例もある。

本稿では、VOR装置と併設運用されているDME装置とTACAN装置のみを対象としたが、ILS装置と併設運用されているDME装置については分析できていない。また、これら以外の航空保安無線施設、レーダー等の管制施設については今後の課題としたい。

今回分析したVOR/DME施設等の雷様相、雷侵入形態から、今後のこれら無線機器の設計、施工

における雷害対策に反映させることができれば幸いである。

### 英略語

- VOR (VHF Omni-directional Radio Range)  
: 超短波全方向式無線標識施設
- DME (Distance Measuring Equipment)  
: 距離測定装置
- TACAN (Tactical Air Navigation System)  
: 極超短波全方向方位距離測定装置
- ILS (Instrument Landing System)  
: 計器着陸装置
- MDP (Maintenance Data Processing System)  
: 保守情報処理システム
- SPD (Surge Protective Device)  
: サージ防護デバイス
- IKL (Isokeraunic Level)  
: 年間雷雨日数

### 8. 参考資料

- 1) 2004 航空保安業務の概要  
(国土交通省 航空局 管制保安部) p.32
- 2) 2006 航空保安業務の概要  
(国土交通省 航空局 管制保安部) p.31
- 3) 国土交通省航空局ホームページ  
(航空保安業務の概要)
- 4) 数字で見る航空 1997 p.207、p.208  
(航空振興財団)
- 5) 数字で見る航空 1998 p.209、p.210  
(航空振興財団)
- 6) 数字で見る航空 1999 p.219、p.220  
(航空振興財団)

- 7) 数字で見る航空 2000 p.217、p.218  
(航空振興財団)
- 8) 平成 8 年度 航空無線施設整備ハンドブック  
(技術編) p.85、p.92、p.101  
(航空保安無線システム協会)
- 9) 国土交通省航空局発出ノータム履歴
- 10) DME-91 型 DME 装置 教育用資料  
1-2-1~1-2-11  
(日本電気)
- 11) DVOR-91 型 DVOR 装置 機器取扱説明  
資料 p.71、p.83  
(東 芝)
- 12) TACAN-91A 型 TACAN 装置 完成図書  
1-2-5~1-2-6、1-2-109~1-2-110  
(日本電気)