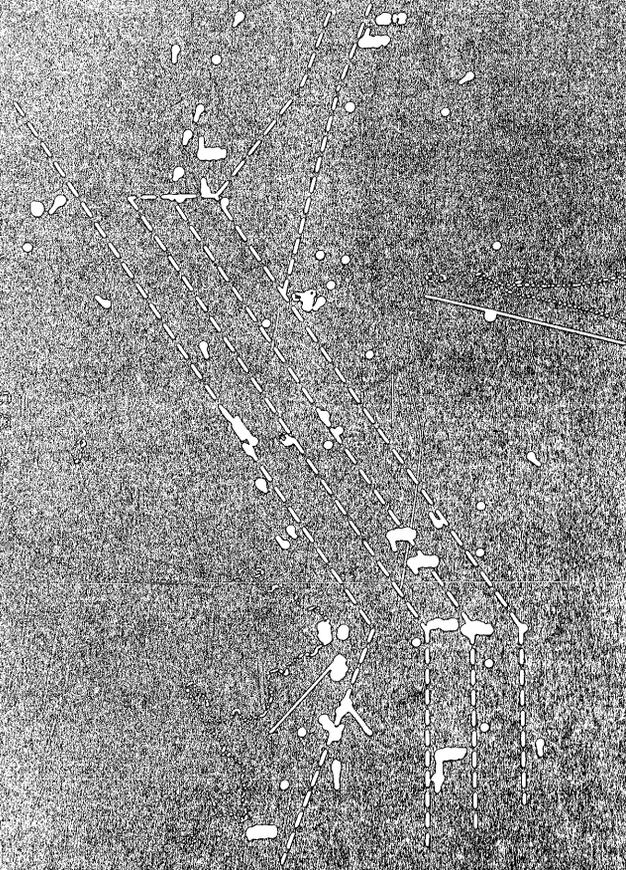


ISSN 0287-6450  
Denpa khōhō

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

# 電波航法



JACRAN. 40

1997

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee  
for Radio Aids to Navigation

# 高騒音下での作業に最適！

## ～遮音型トランシーバー～



### 特長

- 特殊マイク（骨伝導型、咽頭型）を使用しているため、騒音の多い場所でも明瞭な通信が可能です。
- 400 MHz 帯特定小電力無線を使用していますので、免許、資格が不要です。
- ハンスフリーで通信可能な二周波同時送受話方式と VOX（音声入力自動送信）による交互通話方式の2機種があります。
- すべての機能がヘッドセットに収納されているため、外部には不要なケーブルがありません。



## 長野日本無線株式会社

営業本部 〒151 東京都渋谷区千駄ヶ谷5丁目33番8号 ☎ 03 (5360) 4560

# コミュニケーション空間の限りなき革新をめざし

## 営業品目

### ■ 機 器

無線応用・航法援助機器  
無線通信装置  
電子応用装置  
事務器・OA関連機器

### ■ 電源装置

放送用通信機器用  
電力プラント用  
鉄道関係用  
事務機器用

### ■ 部 品

コンデンサ, トランス  
ラインフィルタ  
バンドパスフィルタ  
P F N



## 長野日本無線株式会社

本社・工場 〒381-22 長野市稲里町下氷鉦1163番地 ☎ 026 (291) 1111  
営業本部 〒151 東京都渋谷区千駄ヶ谷5丁目33番8号 ☎ 03 (5360) 4560

— 目 次 —  
CONTENTS

巻 頭 言 ..... 会 長 鈴木 務 ..(1)  
Foreword Chairman Tutomu SUZUKI

研究調査

Research and Investigation

空港面誘導と管制について ..... 石橋 寅雄 ..(3)  
Airport Surface Movement Guidance and Control Torao ISHIBASHI

海上保安庁のディファレンシャルGPSについて ..... 西田 之重 ..(11)  
JMSA Differential GPS Yukisige NISIDA

V I C S のスタート

—カーナビからV I C Sへ、そしてITS— ..... 小嶋 弘 ..(20)  
Start of VICS Evolution through Car-navigation into VICS, Toward ITS Hiroshi KOJIMA

航法性能要件 (RNP) について ..... 長岡 栄 ..(28)  
On the Required Navigation Performance(RNP) Sakae NAGAOKA

展 望

Observation

電波を用いた地震予知 ..... 早川 正士 ..(36)  
Possibility of Earthquake Prediction by Radio Sounding Masashi HAYAKAWA

GLONASSの現状 ..... 北條 晴正 ..(44)  
Current Status of GLonass Harumasa HOJO

報 告

Reports

第8回国際V T Sシンポジウムについて ..... 山越 芳郎 ..(51)  
8th International Symposium on Vessel Traffic Service Yoshirou YAMAKOSI

研究会記事 ..... (62)  
Records



# 巻頭言 (FOREWORD)

## クローン航法

会長 鈴木 務

Chairman Tutomu SUZUKI

1997年8月19日付朝日新聞の社説に「クローンをどこまで許すか」と言う記事が掲載された。クローン羊ドリーやポリーの誕生は世界中に衝撃を与えた。自然の神秘に人間の手が入った結果について人々の不安と期待が入り交じっている。1個の細胞を分裂増殖させて多数の同じ固体が造れることから美味しい肉やミルクを沢山出す家畜ばかりを飼うことが出来ると期待されている。

科学者は只の知的興味から研究に熱中する。遺伝子の研究を進めたらクローンドリーが生まれた。アインシュタインは純粋な学問として「質量欠損の法則」を発見して質量とエネルギーが等価であることから小さな原子の中に巨大なエネルギーが隠されている事を見出した。この理論に基づきオッペンハイマーが原子爆弾を製造した。後になって二人とも後悔の言葉を残している。

世界中を動き回る船舶や航空機が地域ごとに異なる航法システムを使うことは望ましくないので同一システムが実用化されている。世界中が同一規格のシステムに統一されるのはクローン航法とも言える功罪がある。第2次世界大戦中にナチスはドイツ民族は世界一優秀な民族であり、ユダヤは劣等なので抹殺しろとの命令を出し悲劇の歴史を残した。世界中がクローンナチスになったらどんなことになったであろうか。

24個の衛星によるGPSシステムは全世界的に使用されつつある。精度よく安いクローン受信機が普及して航法システムの王座を占めている。然し、管理運営は一国によってなされ、SAと呼ぶ故意の計測精度の劣化操作が行なわれた。クローンシステムは一人の操作者が多数の狂った固体を造る事が出来る。故意ではなくとも科学技術の限界もある。アルファベットのZにあたるギリシャ語のΩから名前を付けたオメガシステムは終局のシステムとはなれないうで消える事となった。66個の衛星を軌道にのせるイリジウムシステムが構築されつつありより大規模のクローン航法が生まれつつある。我々はクローン航法の長所と短所を考えながらこれらのシス

テムを利用する必要がある。

わが国の科学技術は外国の模倣により進められ、勤勉さと儉約さに支えられ戦後を復興して先進国の仲間に入ることができた。外国の専門書を翻訳することが研究とし考えられてきた。然し、現在では自国の産業衰退するので「技術の只乗り」として技術移転を警戒し、競争相手と警戒されるようになってきた。人々の意識も会社人間から生き甲斐を個人の生活を楽しむ欧米型に変わってきた。この傾向は21世紀にむけて益々進むと考えられる。電波航法が優れたシステムならクローン航法であってよいが一国が生殺与奪を握るところに不安が残る。世界の人々が安心して安定な利用が出来る事が望まれる。

わが国の電波航法は翻訳航法から今後は独創的な研究を進展させるべきである。優れたシステムと認められれば日本からクローン航法が生まれるであろう。特に、湾岸や内海などの事故は少なくない。これらの海域での航法システムは独自の方式でもよく、優れたシステムなら世界に輸出することも可能である。失敗を恐れずに官、学、産が共同して21世紀にむけて新電波航法システムの開発を進めるために当電波航法研究会がお役に立ちたいと願っています。



# 空港面誘導と管制について

運輸省・電子航法研究所

石橋 寅雄

## Airport Surface Movement Guidance and Control

Torao ISHIBASHI

Electronic Navigation Research Institute, Ministry of Transport

### 1. まえがき

空港における事故は、事故機の人的・物的損害のみならず、多くの場合、滑走路閉鎖を伴うので航空交通全体に与える影響が非常に大きい。民間航空機（ジェット機）の事故では、空港面での事故が約1/3弱を占めており<sup>(1)</sup>、視界不良時における空港面での事故原因には、管制通信内容の聞き違い等の管制官やパイロットの人的要因が見られる（付録1参照）。

通常、航空機の出発・進入は飛行場管制によって空港の周囲5 NM 以内の範囲の航空機に対して行われている。到着機の場合、進入・着陸及び滑走路離脱まではローカル・コントロールによって、滑走路以外の走行地域はグランド・コントロールによって管制される。出発機に対しては、進入機とは逆の順序で管制が行われる。

飛行場管制における監視は目視が主体であり、視界不良時や夜間にASDE (Airport Surface Detection Equipment)が用いられている。ASDEは一次レーダであるため航空機の便名等の識別ができない。そのため、管制官は出発機/到着機のフライトプラン、ASDE画面及びパイロットとの音声通信（無線電話）によって空港面における航空機の移動状態を確認している。一方、パイロット及び車両の操縦者は音声通信及び地上のマーク、標識、灯火等から情報を得ている。

このように、現在の飛行場管制システムは、コンピュータによって支援されているシステムではないため、管制官やパイロットの思い込みによる聞き誤りや管制塔内での管制官同士の意志疎通の悪さによる管制指示の誤りが発生し易い。また、管制官とパイロット間の意志疎通の欠如はしばしば滑走路

への誤進入を誘発し、加えて、パイロットが不慣れた空港や複雑な誘導路構成の空港では、地上走行に注意力が注がれ、管制通信から注意力が離れ易い等の問題がある。

そのため、管制通信内容の聞き違い等の人的要因による事故防止、更には、管制官やパイロットのワークロードを軽減し空港の効率的運用がはかれる新しい空港面誘導と管制(Advanced Surface Movement Guidance and Control : A-SMGC)システムの開発がもとめられている。

本文では、SMGCの現状と現在開発が進められている、いくつかのプロジェクトの状況について述べる。

### 2. SMGCの現状

#### 2.1 現在のSMGCシステム概念

空港における航空交通の安全と効率的な運用を行うためのSMGCシステムとは、空港面（空港及び低高度の周辺空域）の地上走行や飛行に関する誘導と管制のみならず、手順や規制をも含む総合システムを指している。すなわち、空港面における全ての航空機、車両及び作業員に対する誘導及び管制に関わる視覚及び非視覚援助施設、管制、運用規則・管理、情報施設をも包含している。

#### 2.2 各国の現状<sup>(2)</sup>

現在、各国において実施されているSMGCシステムでの航空機及び車両の誘導は、主に、音声通信と灯火によって行われている。

以下にSMGCシステムが進んでいると言われている英国のヒースロー空港とドイツのフランクフルト空港のシステムの特徴を述べる。

## 2.2.1 ヒースロー空港

ヒースロー空港では、視界不良時や夜間運用において、管制官がSMGCシステムにより、地上走行のパイロットに対して音声通信とストップバー灯<sup>1)</sup>と誘導路中心線灯のカラーコードによる灯火制御によって管制と誘導を行っている。

夜間及び視界不良時の航空機の監視は、ASDEと同様なASMI (Airport Surface Monitoring Indicator)レーダで行っている。ヒースロー空港におけるSMGCシステムは完全自動ではないが、ルート選択に問題がある場合には、管制官に対して点滅表示で警告が発生する等の半自動システムである。

また、灯火制御担当のGMC (Ground Movement Control)管制官は進入・滑走路 (Approach and Runway:AR)管制官とは別人である。ASMIレーダは、SMGCシステムとの自動的な連結はないが、管制官の判断材料になっている。

GMCシステムは、管制官の音声通信により出された走行許可を、誘導路中心線灯やストップバー灯によって表示している。パイロットは聴覚と視覚の両方から情報が得られるので、このシステムの方式は好評である。なお、英国ではガトウィック空港もヒースロー空港と同様なシステムとなっている。

ヒースロー空港のSMGCシステムの特徴は、

- a) 滑走路及び誘導路は航空機間の間隔を考慮したトラフィック・ブロックに分割されている。ストップバー灯と誘導路中心線灯はトラフィック・ブロック単位で構成されている。
- b) 灯火制御専用のGMC管制官が配置されている。
- c) 地上走行許可はAR管制官の音声通信による。加えて、中心線灯やストップバー灯によっても表示されるので、パイロットは聴覚と視覚から情報を得ている。
- d) GMC管制官デスクとAR管制官デスクとは別に設けられている。AR管制官の制御がGMC管制官の制御内容に対して優先権を持っている。GMC管制官はCAT II/IIIの視界不良時と夜間にはASMIレーダによる視認並びにAR管制官とパイロット間の音声通信を聞きながら手動でルート選択を行う。

e) GMC管制官がルート上のストップバーに対応しているスイッチを順次押して行くことにより、ルート上の誘導路中心線灯が点灯し、ストップバーが消灯する。

ルート選択に問題が有るときはコンピュータ処理によりGMC管制官に点滅表示で警告する。

f) VFRルームへのGMC管制官の指示が正しいかどうかをコンピュータにより自動的にチェックしている。

g) 滑走路での衝突防止のため、滑走路の入り口に左右交互に点灯する橙色灯を設置し、不用意な誘導路から滑走路への誤進入を防止している。また、滑走路と誘導路の境界には白色フラッシュ灯が設置されており、パイロットは滑走路から誘導路に入って、白色フラッシュ灯を完全に通過してから通過のレポートを行う。

## 2.2.2 フランクフルト空港

フランクフルト空港でも、視界不良時や夜間において、SMGCシステムにより、パイロットに対して管制官がストップバー灯を制御して停止・進行を示す地上走行援助を行っている。

フランクフルト空港のSMGCシステムの特徴は

- a) 誘導路から滑走路への進入部分にストップバー灯、誘導路中心線灯の他に、図1に示すように、CAT II/III対応の航空機の位置検出に埋め込み型のループコイル・センサを設けている。
- b) ストップバー灯は常時点灯している。航空機に滑走路への進入許可が与えられた時、管制官のマニュアル操作により、ストップバー灯は消灯し、その先の誘導路中心灯が緑色点灯する。
- c) 航空機がストップバー灯を越え次のブロックに進入すると、ストップバー灯の近傍に埋設してあるループコイル・センサにより検知信号が発生し、ストップバー灯を点灯させる。
- d) 航空機が滑走路に入ると、別のループコイル・センサの検出信号により、誘導路中心灯は消灯する。
- e) ストップバー灯が点灯しているのに誤って航空機が通過した場合、コントロールデスク上で点滅表示で警告が行われる。

注1: 滑走路と誘導路の交差点等の停止位置に設置され、航空管制機関により制御される赤色灯火。

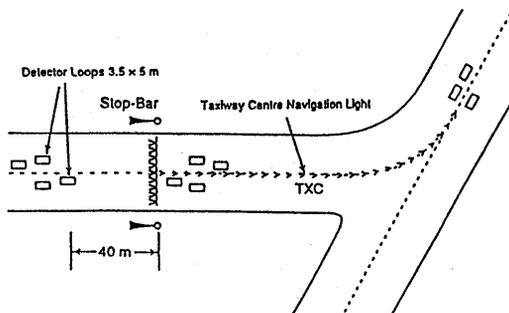


図1 フランクフルト空港における灯火システム

### 3. 現用SMGCシステムの問題点

現在の航空路及びターミナル管制においては、ARSR (Air Route Surveillance Radar: 航空路監視レーダ), 及びASR (Airport Surveillance Radar: 空港監視レーダ) から得られたレーダ情報をコンピュータ処理することによって、

- 管制官へのレーダ情報 (高度、識別符号、飛行ベクトル等) の提供
  - レーダターゲットの自動追尾
  - 飛行計画情報とレーダ情報との照合
  - 管制官への飛行計画等の情報提供
- 等が行なわれている。

そのため、管制官は高度、識別符号等の情報が付された航空機のシンボルをレーダ表示装置上で確認しながら管制を行うことができる。

一方、飛行場管制における航空機の監視は目視と1次レーダのASDEのみである。ターミナル管制で使用されているSSR (Secondary Surveillance Radar: 二次監視レーダ) は、航空機密度の高い空港面では、ケーブル (同時に多数の航空機からの信号が受信され信号解読が不能の状態) 発生や距離精度の不足等の理由により使用されていない。

そのため、現在のSMGCシステムは

- ASDEではターゲットとしての航空機の識別番号が得られないので、コンピュータ支援によるシステムの構築が難しい
- レーダ表示に航空機の識別番号等の表示が付加されていないため、管制官は記憶に頼って管制している
- 通信の明瞭度が低い。そのため、聞き違いを生じ易い

- パイロットは管制官との音声通信と目視以外に周辺交通状況の情報がないため、事故防止策が立てられない等の問題点がある。

### 4. 研究開発状況

ICAOでは従来より視覚援助施設パネル (Visual Aid Panel: VAP) において次世代のA-SMGCシステムについて検討が行われてきた。さらに、全天候運航パネル (All Weather Operations Panel: AWOP) においてもA-SMGCシステムの運用要件の検討が行われている。

A-SMGCシステムには、航空機及び車輛の監視機能、経路設定の機能、管制支援機能、誘導機能、安全のための警報機能等が求められる。付録2にA-SMGCシステムの基本要件案の概要<sup>(3)</sup>を示す。

A-SMGCシステムのために開発すべき主たる技術としては、ハード面では空港面上の航空機や車輛の監視 (検出) と誘導の技術があり、ソフト面では管制官及びパイロット又は運転者への情報の適切な提供に関する技術がある。

以下に、A-SMGCシステムに関するいくつかの開発研究を紹介する。

#### 4.1 GPSスキッタ

空港面の監視のためにGPSスキッタによるADS-B (Automatic Dependant Surveillance Broadcast: 放送型自動従属監視) の研究が行われている。GPSスキッタによるADSとは、GPSによって得られた位置情報を、機上のSSRモードSトランスポンダから送信する信号を言う。GPSスキッタはMITリンカーン研究所が理論的な検討とフィールドテストを行っている<sup>(4)</sup>。また、ICAOのSICAS P (SSR Improvements and Collision Avoidance System Panel) でも標準化の検討作業<sup>(5)</sup>が進められている。

GPSスキッタで用いる信号形式は、GPS拡張スキッタと呼ばれ、112個の情報パルスから構成されるSSRモードSの長い応答信号形式である。

現在ICAOに提案されている空港面監視用のGPSスキッタのフォーマットを図2に示す。航空機からの送信は1秒に2回又は5秒に1回の割合で送信される。情報パルス列は112ビットの前半の88ビットをメッセージに、後半の24ビットを

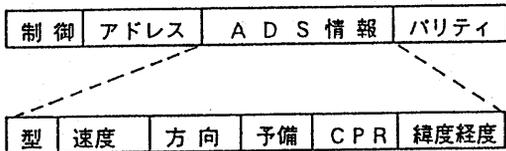


図2 GPSスキッタ信号フォーマット案

パリティに使用している。ADS情報としては緯度・経度、機首方位、速度である。

GPSスキッタの特徴は次のとおりである。

- a) 地上のADSシステムは基本的にはパッシブでよいので、経済的なシステムの構築が可能
- b) 機上装置は従来のSSRモードSトランスポンダの改修で対応可能
- c) 新たな周波数資源を必要としない
- d) データリンクにより機上のコックピットに周辺トラフィック状況を表示することが可能になる。

MITリンカーン研究所では1993年秋にマサチューセッツ州ベッドフォードのハンスコン空港と1994年2月にボストンのローガン空港でGPSスキッタによる空港面監視のフィールドテストを行った。ハンスコン空港では2つの地上局を用いて実験した。空港周辺の誘導路において、管制塔の遮蔽やマルチパスが存在したにもかかわらず99.6%の受信率がえられた。ローガン空港の実験では4つの地上局を用いて、99.56%の受信率が得られた。さらに、建物に遮られることの多いゲートウェイでも85.9%の受信率であった<sup>(4)</sup>。

#### 4.2 STDMA (Self-organizing Time Division Multiple Access)

このシステムは監視と通信を同時に行うことを目的として、スウェーデンが開発したシステムである。現在、ICAOのAMCP<sup>(6)</sup>及びSICAS P<sup>(7)</sup>に提案されている。提案された時期やパネルによって、内容に差異があるが、システムの動作概念は同じである。

STDMAシステムは機上装置と地上局から構成されている。地上局と機上装置はGPS時間を共通の時間として用い、それによって情報伝送のタイムスロットの同期を行っている。機上装置からは位置、高度、速度等のADS情報をデータリンクによ

り送信する。機上装置は自立モード又はコントロールモードのいずれかで動作する。

航空機が地上局のカバレッジの外にいる場合には、機上装置は自動的に自立モードとなる。最初、機上装置の受信機は周囲の全ての航空機から送信される電波を傍受し、周囲の交通状態のディレクトリを作成する。この蓄積された受信データをもとに、機上装置は自分がデータを送信するタイムスロットを決定する。この自立モードによって、ADS-Bと航空機間の通信を行う。

航空機が地上局のカバレッジ内に入り、地上局が機上装置からの電波を受信すると、地上局は航空機に対して自立モードからコントロールモードに切り替えるよう要求する。コントロールモードに切り替わってからは、地上装置は機上装置と同様なソフトウェアによって、その航空機のタイムスロットを割り当てる。機上装置が地上局にコントロールされると、GPSによる位置測定は自動的にDGPSに切り替わる。ただし、機上装置は自立モードで動作し続けることもできる。この場合には、地上局はDGPS用の修正データのみを送信し、機上装置からの電波を受信するのみである。

このシステムのデータリンクにおける信号のメイン・フレームは9,000/分のタイムスロットを有している。ユーザーディレクトリ作成等のために、位置通報は最低1分間に1回行い、最大毎秒1回まで送信できる<sup>(6)</sup>。信号の伝送速度としては9,600bps(FM/GMSK:Frequency Modulated Gaussian Minimum Shift Keying)と31.5kbps(D8PSK)が提案されている。

#### 4.3 ASTA (Airport Surface Traffic Automation)

このシステムは米国が開発中<sup>(8),(9)</sup>で、高性能ASDEとGPSスキッタによって空港面上の航空機の識別と追尾を行い、更に、灯火システムとデータリンクシステムを備えたシステムである。

ASTAは監視、情報処理及び情報伝達の自動化を目的としており、その基本的考え方は

- a) 滑走路への誤進入の防止
- b) 高性能ASDEに識別データを付加
- c) 航空機への空港面交通情報伝達
- d) 連続的な出発の確保

である。

ASTAの機能は

- a) 高性能レーダ (ASDE-3) による航空機等の検出及びGPSスキッタによる航空機の識別とレーダ表示ターゲットへの識別符号の付加
- b) トラフィック・プランニングの自動化
- c) AMASS (Airport Movement Area Surface Safety System) による事故防止のための音響及び視覚による管制官への警告
- d) 滑走路状況表示灯(Runway Status Light)による航空機への情報伝達
- e) SSRモードSデータリンクによる、航空機への警報の直接伝達と空港面情報、飛行ルートクリアランス、気象情報等の提供等である。

図3にASTAシステムにおける監視機能を図式的に示す。ASTAシステムはトラフィック・マネージメント機能と安全監視機能を有しており、その情報の流れを図4に示す。

次に、ASTAシステムの特徴であるAMASSと滑走路状況表示灯について述べる。

滑走路への侵入を未然に防止する滑走路状況表

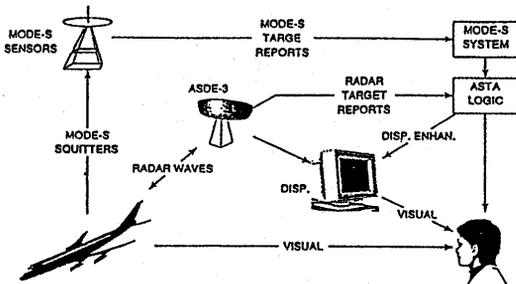


図3 ASTAにおける監視方法

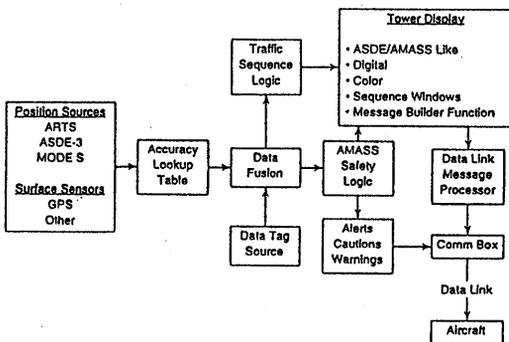


図4 ASTAシステムにおける情報の流れ

示灯は、図5に示すように、2種類の灯火から成っている。1つは、滑走路付近の誘導路に滑走路と平行に設置される滑走路入り口表示灯である。この滑走路入り口表示灯は誘導路上の航空機からは見えるが、滑走路上の航空機からは見えない。他の表示灯は離陸待機表示灯である。この表示灯は滑走路上に設置され、離陸のため滑走路に待機している航空機からは見えるが、誘導路上の航空機からは見えなくなっている。

AMASSの監視はASDE-3とGPSスキッタによって行われ、滑走路への誤進入機があるときには、AMASS安全ロジックによって自動的にそれを検出し、管制塔内の表示装置に表示すると共に、音響により管制官に警報を与える。

いま、図5において、誘導路で滑走路を横断しようとしている航空機Bより先に、航空機Aがスタートした場合には、滑走路入り口表示灯は赤になり、航空機Bの滑走路への侵入を防止する。また、逆に、航空機Aより先に、航空機Bがスタートした場合には、離陸待機表示灯が赤になり、航空機Aを待機させる。

航空機Aと航空機Bがほぼ同時にスタートしたときには、図6のように、滑走路入り口表示灯は赤となり、航空機Bが滑走路に進入する前に、緊急停止させ衝突を防止する。

以上のシステムについて、滑走路への誤進入が生じた場合の衝突を避けるための解析を行い、システムの有効性を確認している(10)。

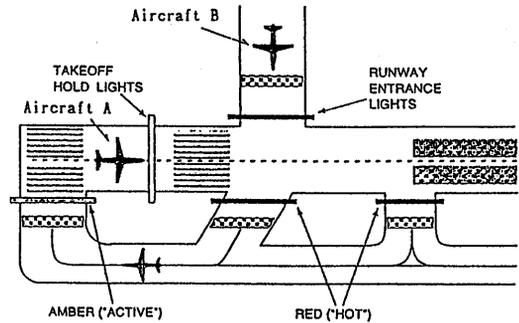


図5 ASTA灯火システム

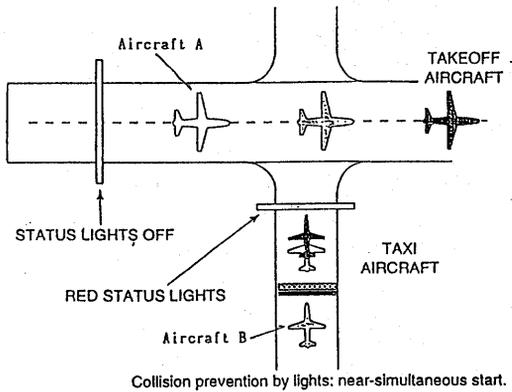


図6 同時スタートにおける衝突防止

#### 4.4 電子航法研究所における研究

電子航法研究所において実施しているSMGCシステムに関する研究は、ターミナル管制用のSSRの航空機識別機能と高精度の位置検出が行えるASDEを組み合わせて空港面の航空機を識別する方法<sup>(11) (12)</sup>である。

図7は計画している実験システムの概念図である。空港面の航空機はASDEで検出され追尾されているので、その位置は常に把握されている。このASDEの位置情報をもとに、ビームの鋭いSSR用の受信専用アンテナを航空機に向ける。ビームの鋭い受信アンテナを用いることによって、他の航空機のトランスポンダからの応答信号やマルチパス波を抑制できる。更に、トリガー用受信機で受信したSSR質問信号の受信時間とASDEで追尾している航空機の位置からトランスポンダからの応答信号の受信時間が予測できるため、予め予測ゲートを設けることにより、他の航空機からの干渉信号を排除でき、航空機の識別能力の改善が図れる。このようにして受信したSSR信号とASDEのターゲットの相関処理を行い、ASDEにタグ付けする。一度タグ付けされた航空機のターゲットはASDEによって自動的に追尾される。

現在、受信専用アンテナの代わりに通常のSSRアンテナを用いた仙台空港での進入・着陸実験によって、SSRのカバレッジとASDEのカバレッジが重なる領域での航空機の識別とASDE画面への識別番号のタグ付けが自動的に行えることを確認した。また、航空機のスポットへの移動が完了するまでターゲットの自動追尾とタグ付けが行われていることも確認した。

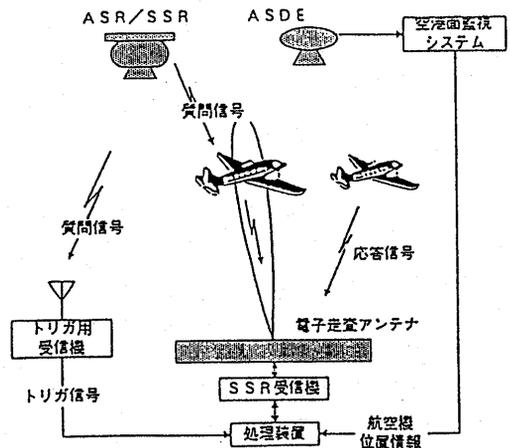


図7 空港面航空機識別実験システム概念図

この方法による航空機の識別はSSR信号を用いているため実用化が容易であること、更に、GPSスキッタの実用化に際して、この検出技術が応用できる等の特徴を持っている。

#### 5. むすび

航空需要の増大と航空交通の安全性並びに運航の定時性を確保するため、空港の大型化と高カテゴリー化が進められており、空港面での事故防止と空港運用の効率化のため、A-SMGCシステムの開発が待たれている。

A-SMGCシステムは、コンピュータによる情報処理が必須である。そのためには自動的に空港面監視を行う技術が必要であり、いくつかの研究成果が得られている。

A-SMGCシステムは監視システムに加えて灯火システム、管制システム、空港運用・管理も包含した総合システムであるので、その開発には、ハード面だけではなく、ソフト面の研究も重要である。

#### 参考文献

- (1) R.J.Kelly, "Required Navigation Performance (RNP) for Precision Approach and Landing with GNSS Application", Navigation, Vol.41, No.1 1994
- (2) "地上走行援助用灯火システム調査報告書" 照明学会 走行援助用灯火システム調査特別研究委員会, 昭和61年3月

- (3) "地上走行誘導管制(SMGC)システムに関する調査報告書" 航空保安研究センター 地上走行誘導管制(SMGC)システムに関する調査委員会, 平成8年3月
- (4) V.A.Orlando,G.H.Knittel,R.E.Boisvert,"GPS-Squitter: System Concept, Performance, and Development Program", Lincoln Laboratory Journal, Vol.7, No.2, 1994
- (5) "Guidance Material for Extended Squitter", SICASP/WG/WG1/-539, June, 1996
- (6) "Draft Self-Organizing Time Division Multiple Access(STDMA) Operating Concept", ICAO AMCP/4-WG/70, Apr. 1996
- (7) "The Next Generation of Collision Avoidance System-The GNSS Transponder and Its GNSS-Time Synchronised Self-Organizing TDMA Datalink", ICAO SICASP - WG2-IP 03/05/94
- (8) E.F.Lyon, et al., "The Airport Surface Traffic Automation Program", Proc. of the 35th Air Traffic Control Association Conference, Boston, MA, Sep., 1990
- (9) S.D.Thompson, et al., "Effectiveness of An Alerting System and Runway Status-light System in Preventing Surface Collision and Runway Incursion", Proc. of the 35th Air Traffic Control Association Conference, Boston, MA, Sep., 1990
- (10) J.R.Eggert, "Demonstration of Runway Status Light at Logan Airport", Lincoln Laboratory Journal, Vol.7, No.2, 1994
- (11) 加来、北館, "受動型SSRによる空港面上の航空機識別方法", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 1996
- (12) 北館、加来, "空港面航空機自動識別表示システムの開発", 電子航法研究所研究報告, No.86, 1997年7月

## 付録1 空港面における事故例

### (1)ボストン・ローガン空港 1960/3/16

交差滑走路で離陸機DC-6と着陸機バイカウントの衝突、夕闇による視認不良で見えにくかった。また、クリアランスの聞き違い。

### (2)グレータ・シンシナティ空港 1967/11/6

着陸機DC-9が滑走路にはみ出しているところへ、離陸滑走中のB707に引っかけられた。夕

闇による視認不良。

### (3)シドニー空港 1971/1/29

離陸したはずのDC-8が引き返したための事故。雨による視界不良とクリアランスの聞き違い。

### (4)シカゴ・オヘア空港 1972/12/20

着陸機CV-880と離陸機DC-9が衝突。濃霧による視界不良。

### (5)テネリフェ島ロス・オデオス空港 1977/3/27

離陸滑走中のB-747と誘導路通過不可のため滑走路を逆行地上走行中のB-747が衝突。視程不良(500m)とクリアランス聞き違い。

### (6)マドリッド・バラハス空港 1983/12/7

視程不良で滑走路に迷い込んだDC-9に、離陸を開始したB727が衝突。

### (7)アンカレッジ空港 1983/12/23

滑走路状態調査中の軽トラックに着陸機B-747が衝突。視界不良とグランドコントロールの通信不良。

### (8)那覇空港 1985/5/28

着陸地上滑走中のB-747と誘導路から滑走路の進入した離陸許可のないMU-24が接触。

### (9)ロサンゼルス空港 1991/2/7

離陸のクリアランス待ちのメトロライナー型機に進入機B-737が追突。管制塔内での忙殺による管制官による失念。夕闇による視認不良。

## 付録2 A-SMGCシステムの要件

ICAOが1995年5月に紹介したEANPGが作成した運用要件案の内の基本要件の概要<sup>(2)</sup>を以下に示す。

### A. 監視

- 1) 移動物体の識別
- 2) 移動中及び静止中の航空機・車両の状況
- 3) 管制・誘導に必要な時間と距離の正確なデータ
- 4) 起こりうる全てのコンフリクトの検出と識別
- 5) 管制・誘導機能に必要な方向と速度データの提供
- 6) 地形及び気象条件が運用上重要な影響を与えないこと
- 7) 監視範囲は少なくとも10NMから、空港面上空500ftまで
- 8) 指定保護区域へのいかなる誤進入でも警報すること

9) 監視区域内では、航空交通管制サービスを受ける全ての航空機・車両の識別とラベリング

#### 10) 監視機能

- ・誘導・管制に必要なデータの更新率：1秒以下
- ・3m以下の精度と1.5m以下の解像度での位置検出
- ・2度以下の精度での旋回率を含む移動方向
- ・10ノット以下の精度での速度率（傾向）を含む速度
- ・15m以下の精度での停止距離

#### B. 経路設定

A-SMGCシステムは、移動区域内の航空機・車両指示すべき経路設定が可能でなければならない。

- 1) システムはいかなる時点でも、目的地を変更可能なこと
- 2) 経路設定は複雑な空港での高密度の交通パターンに適合できること
- 3) 目的地への経路設定は
  - ・最も効率的な運用パターンによる走行距離の最小化
  - ・交差点でのコンフリクトを最小にするための管制機能との対話
  - ・運用上の変更への対応（滑走路の変更、一時的な危険や障害による経路の閉鎖等）
  - ・すべての許可されたユーザーが要求した時、必要な経路の提供
  - ・根拠の確かな経路設定手段の提供

#### C. 誘導

誘導システムは標識（サイン）、マーキング、灯火を含む外部視覚援助施設に基づいたもの。現行の機能強化には、中心線灯と停止線灯の選択閉鎖が含まれる。視程条件の厳しい運用には航空機・車両の装備増強が必要となるだろう。

○誘導システムの要件

- 1) 誘導は全ての選択された経路で行われる
- 2) A-SMGCシステムのパイロットと操縦者への明確な経路指示
- 3) パイロット・操縦者は指定経路上での自分の位置状況をいつでも知ることが出来ること
- 4) 全ての誘導支援サービスは警報付きモニターでモニターされていること
- 5) いかなる時点でも経路の変更を受け入れることができること

6) 制限の有無にかかわらず、利用できる経路と区域を表示できること

#### D. 管制

A-SMGCの管制機能

- 1) 最大移動率に対して十分な動的容量を有する
- 2) 1時間までの期間に対し要求される移動の計画に対し、十分な静的容量を有する
- 3) 指示経路上におけるコンフリクトの予測と解決法の提供
- 4) 予め決められた値の縦間隔を設定できること
- 5) 滑走路及び誘導路への侵入に対し警報と防護装置の動作
- 7) コンピュータ支援による管理ツールを組み入れること
- 8) パイロット、操縦者、管制官を意志決定内に保持する
- 9) 0～250 kts の範囲での速度での移動を管理できる
- 10) 所定の最大移動率で空港の運用視程レベルまでの全ての視程条件で運用継続機能を有する
- 11) 優先順位を割り当てることができる

#### E. 安全・迅速・効率的な移動を保証するための機能

- 1) 着陸後又は駐機位置からの出発時に、遅れを最小にし、利用可能な空港容量の最大化の順序付け機能
- 2) 運用作業の支援車両とメンテナンス車両の分離
- 3) 規定されたミニマムに従った移動間隔の設定
- 4) 短期警報：30秒前の予報を基本  
短期コンフリクト警報、エリア侵入警報、誘導路への誤進入警報、離路警報
- 5) 中期警告（30秒以上前）：コンフリクトの予告、コンフリクトの検出、コンフリクトを検出した時の自動的解決、又は、解決方法の提供

# 海上保安庁のディファレンシャルGPSについて

海上保安庁灯台部電波標識課  
西 田 之 重

## JMSA Differential GPS

Yukishige NISHIDA  
Radio Aids Division  
Japanese Maritime Safety Agency

### 1. はじめに

海上保安庁は日本周辺海域を航行する船舶の安全航行を援助するため、ロランCをはじめオメガ、デッカ等の電波標識を運用している。

ところで、船舶の輻輳海域、狭水道あるいは港湾の出入等の海域での事故が絶えず、このような危険海域での安全航行には、より精度の高い電波標識の設置要望が強い。

これに応えるため「ディファレンシャルGPS (DGPS)」の整備を進めており、去る3月27日には釧崎と大王崎において正式運用を開始したので、関連する話も含め現状を紹介する。

### 2. GPS

GPSは現在、米国国防総省を中心に運輸省、国防地図局及びNATO関係国等でジョイントプログラムオフィスを設置し、1993年12月から1日24時間の測位が可能な体制で運用されている。

皆様御存知のとおりGPSは本来、軍事用システムであるため、衛星搭載機能の一部である標準測位システム (SPS) のみ、民間に開放されている。このSPSによる測位では選択利用性 (SA) による誤差要因が大きく、水平面内の測位精度は2DRMS (95% 誤差円の半径) で100m、垂直面では156mと公表されている。

ところで、ここ1年の特筆すべき事項としては、仮にこのSAが廃止された場合、米国国立アカデミーが発表している表1の誤差要因から、精度が約1/3まで改善が期待できることから、同アカデミー等が米国議会と国防総省に「SPSを将来的に世界のスタンダードとするためにSAを廃止等すれば、

米国GPS関連産業の拡大と雇用の創出が期待できる」旨の提案を行った。

この結果、昨年3月29日ゴア副大統領が①SPSは引き続き、直接利用者に課金しない②米軍がSA抜きでの運用対策を講じられることを条件に10年以内にSAを止める、等の政策を大統領声明として発表した。

なお、海上ユーザーには当分影響が少ないと思われるが、ゴア副大統領が会長を務める「ホワイトハウス航空安全保障委員会」は本年2月27日、軍用周波数L2波のキャリアフェーズを妨害無しの民生利用を保障することと、次世代のブロックII F型GPS衛星にはL5と呼ばれる民生用第2周波数の追加機能を今後実現させることを1年以内に公表する、と決定した。

### 3. 海上用DGPS

米国コーストガードはSPSユーザーの測位精度を向上させるため、1983年に「海上無線技術委員会、第104特別委員会 (RTCM-SC104)」を設置し、関係機関の協力を得ながらDGPSの実験を繰り返し、その成果をDGPS補正情報の伝送基準「RTCM-SC104」第1版として、1985年に公表した。この伝送基準は現在第2.1版に改訂されており、各国はこの2.1版の内容に沿った技術基準でDGPSの整備を進めているようである。

### 4. ITU-R 勧告 M.823-1

国際電気通信連合 (ITU) は「RTCM-SC104」を

表1 GPSの誤差要因

誤差要因	距離誤差(1σ、単位m)	
	SPS測位 (SAオン時)	SPS測位 (SAオフ時)
選択利用性(SA)	24.0	0.0
電離層伝搬	7.0	7.0
大気圏伝搬	0.7	0.7
時計、軌道情報	3.6	3.6
受信機雑音	1.5	1.5
マルチパス	1.2	1.2
UERE合計	25.3	8.1
標準的HDOP	2.0	2.0
2DRMS	101.2	32.5

σ：標準偏差

UERE：User Equivalent Ranging Error

HDOP：Horizontal Dilution Of Precision

表2 メッセージタイプ

メッセージタイプ 番号		メッセージ内容
GPS	GLONASS	
1	31	ディファレンシャル GNSS 補正 (全衛星)
3	32	基準局パラメーター
5	33	衛星の状態
6		ヌルフレーム
7	35	無線標識アルマナック
9	34	ディファレンシャル GNSS 補正 のサブセット(タイプ1又は31と 交換出来る)
16	36	特別情報

ベースに、海上ユーザーには世界の沿岸海域の多くをカバーしている中波無線標識局からDGPSをサービスする内容のITU-R勧告M.823-1を、ロシアのGLONASSへの対応も含めた形で1996年に発表した。勧告内容は搬送周波数、周波数偏差、放送メッセージの各パラメーター及びビット配列、変調方式、受信機の性能基準等細部にわたる技術基準が勧告されており、「RTCM-SC104」の全世界共通版といった内容であり、その中のメッセージタイプを表2に示す。

### 5. 世界の状況

パリに本部を置く国際航路標識協会(IALA)では狭水道等の危険海域での無線航行援助には誤差が5~10m以下の高い精度を要求している。

また米国国防総省が公表しているGPSユーザーガイドには「地球の約63%の地域でのGPSユーザーは、衛星の障害発生時は可視内にあっても最大6時間、平均的には約3時間にわたり利用出来ない場合がある」と説明されている。

更に、前述の大統領声明のなかで、米軍のSA抜きの運用条件に多少の危惧が残ることから、前述の大統領声明で約束された「将来のSA廃止」方針にも係わらず、GPSのお膝元である米国ははじめ世界の多くの国が、将来ともGPS測位精度に満足せず、また利用信頼性を向上するためDGPSを採用し、整備を進めている。

IALAが昨年4月に集計した世界各国のDGPS整備状況は表3のとおりであるが、最近是中国から大連、秦皇島、天津、青島、上海、海南の6か所にDGPS実験局を設置した旨の連絡を受けた。なお、IALAは海上用DGPSは暗号化せず世界のあらゆる船舶に無償で提供すべき、と勧告しているがイギリス、アイルランドの10局ばかりのDGPS局は暗号化され有料のため、利用には注意願いたい。

表3 世界の海上用DGPS整備状況

国名	運用局数	試験運用局数	計画局数	計
オーストラリア		3		3
ベルギー	1			1
バミューダ	1			1
カナダ		13	9	22
デンマーク		3		3
エストニア		1		1
フィンランド		4	1	5
フランス	2		4	6
ドイツ	2			2
香港	1			1
アイスランド	6			6
アイルランド	2			2
日本		2	25	27
韓国	7			7
オランダ	1			1
ノルウェー		10	2	12
ポーランド			2	2
ロシア			32	32
スペイン			17	17
スウェーデン	7			7
イギリス	9	1		10
米国	51		2	53
計	90	37	94	221

U.S. Coast Gard Navigation Center  
 7323 Telegraph Road Alexandria, Virginia 22315  
 -3998  
 [ http://www.navcen.uscg.mil ]  
 DGPS は Tel; (703)313-5900 FAX; (703)313-5920

インターネットではGPSをはじめDGPS、ロランC、オメガ、後述のCGSIC情報、一般的無線航行情報、最新無線航行情報、地域海上警報、海図注文案内・プレジャーボート安全情報、海上無線通信、国際流氷パトロール報告等の項目別で情報公開している。

NAVCENと民間のGPSユーザーとの関係は図1のようにになっている。航行案内サービス(NIS)は、GPSの運用状況を地上のコントロールセンターや国防総省等から入手して民間ユーザーに提供しており、あわせてコーストガードが運用しているロランCやオメガ等の情報提供も行っている。

民間GPS委員会(CG SIC)は、連邦政府と民間GPSユーザーとの情報交換機関で、企業や大

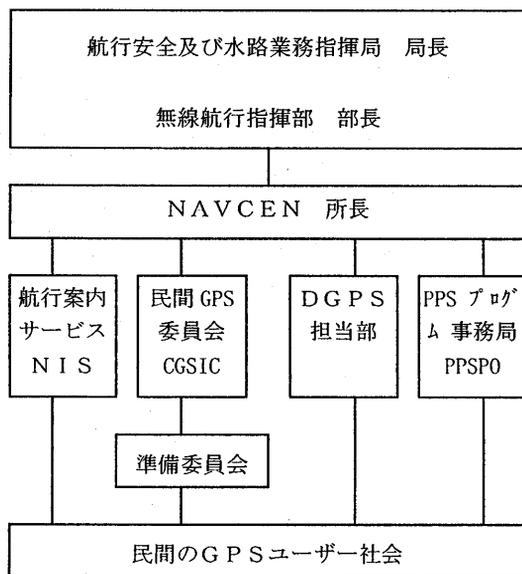


図1 GPS民間利用関連組織

### 6. 米国の現状

米国コーストガードは米国における中波DGPS局の設置、保守及び運用を担当しているが、DGPSに限らずGPSの民間利用に関する公報をはじめ、連邦政府とユーザーとの取りまとめ等を行っている。

コーストガードの窓口はナビゲーションセンター(NAVCENと略して呼ばれている)で、住所、電話、FAX、インターネットのホームページは次のとおりである。



## 7. 海上保安庁のDGPS

### 7.1 実験局

海上用中波DGPSの整備に先立ち、平成7年12月に釧埼（神奈川県）と大王埼（三重県）の中波無線標識局を改修し、DGPS実験局を開局した。これら2局の選定理由は、釧埼局は方向探知用の、いわゆるラジオビーコンの電波のみサービスしており、一方の大王埼局はラジオビーコンと音声による船舶気象通報を交互にサービスする方式であるため、これらの方式がDGPSデータ送信のためのMSK変調により、どのような影響を受けるかを調査するためである。

調査は、DGPSの信号送信速度が最も影響を与えるものと考え、100bpsと200bpsのボーレートを切替えながら、航路標識事務所、巡視船、沿岸や防波堤の灯台等でユーザーの立場での各種調査を行った。

調査結果はDGPSによるラジオビーコンや船舶気象通報への影響は認められず、また今後のDGPSサービスは送信速度の速い方が測位精度の向上につながることから送信速度は200bpsに決定した。

### 7.2 有効距離の実測

DGPSの有効距離は送信局から200Kmを目標に整備を進めている。各実験局の有効受信距離を測定するため航路標識測定船「つしま」で実測したところ、大王埼局の実測結果は図3のとおりで、目標距離は昼夜ともDGPSが良好に受信できた。

図4は釧埼局の有効受信距離の実測結果で、昼間は200Km以上を確実にカバーしているが、夜間は160~170Kmで、目標距離をカバー出来なかったため、現在空中線に傘型アンテナを展張して輻射効率を上げ、運用している。

なお、DGPSの有効受信電界強度の限界基準は電波伝搬路を海上条件として40dB  $\mu$  v/mを採用しているので、陸上伝搬を含む場所で利用されるユーザーは電波の減衰を考慮願いたい。

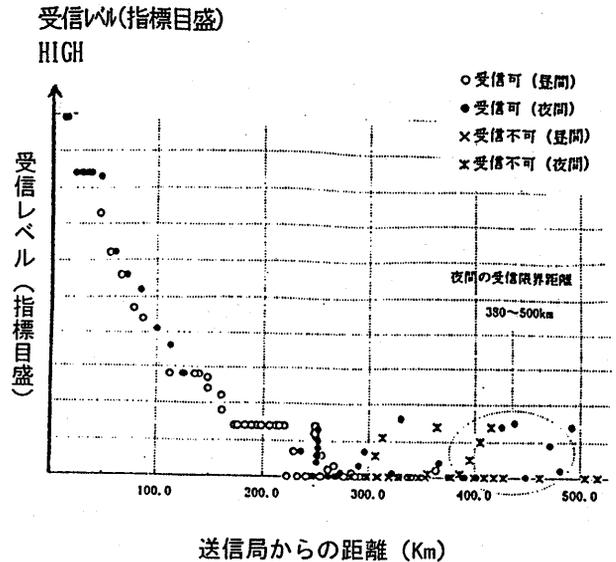


図3 大王埼局有効受信距離

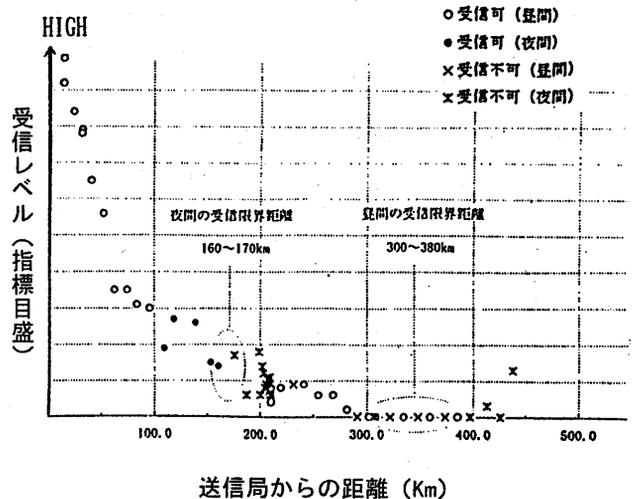


図4 釧埼局有効受信距離

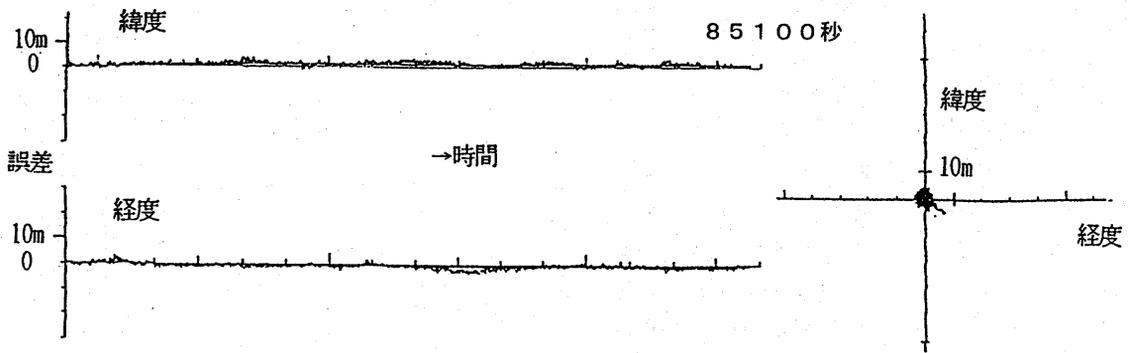


図5 御前埼測位データ

### 7.3 測位精度の実測

DGPSでもっとも期待される測位精度については各所の陸上固定点で24時間のデータを収集したが、一例として大王埼より125Km離れた御前埼での実測データを図5に示す。図から、昼夜をとおして概ね数m以下の測位精度で受信された。

### 7.4 無線設備規則の改正

当庁のDGPS実験局の収集データを郵政省電気通信局に提出するとともに学識経験者で組織されている電気通信技術審議会等で収集データをもとに審議が繰り返された結果、中波無線標識局からDGPSサービスが可能との判断が下され、本年3月にDGPSに関する表記の郵政省令が改正された。

これを受けて、釧埼と大王埼の各DGPS局の開局を郵政省に申請し、大王埼局は3月26日に、釧埼は3月27日に無線航行陸上局としての免許を受け、DGPS局の名称での航路標識として、3月27日に正式運用を開始した。

### 7.5 DGPS局諸元

釧埼と大王埼の各DGPS局の諸元は表4のとおり。

送信メッセージはタイプ9が常時送信され、タイプ3が毎時の15分と45分に割り込み、タイプ5と7は時刻をずらし、15分毎に割り込んで送信するようにスケジュールを定めている。

表4 各DGPS局諸元表

項目	釧埼DGPS局	大王埼DGPS局
位置	35- 8-28 N 139-40-29 E	34-16-42 N 136-54- 3 E
周波数	309 KHz	288 KHz
補正送信局ID	643	646
基準装置ID	686、687	692、693
送信ボーレート	200 bps	
送信メッセージタイプ	3、5、6、7、9	
伝送フォーマット	ITU-R M. 823-1 (RTCM SC-104 同様)	

なお、この表の中で基準装置 ID と補正送信局 ID については、前述の IALA が各地域、国ごとに番号を割り振っているため、この勧告に従って付与した。今後、全国展開する予定の各 DGPS 局の ID

付与は、設置場所等の未確定の要素もあるが基本的には表 5 の計画で進める予定である。

また、釧路と大王崎の正式運用に併せ、霞が関(海上保安庁の庁舎内)に DGPS コントロールセンターを開設し、2 局を一元的に監視、運用しているので、各種問い合わせは下記に願いたい。

表 5 DGPS 局 ID 付与計画

DGPS 局名	送信局 ID	基準装置 ID	(予定) 位置
釧路 崎	630	660、661	43-04N 145-09E
網走	631	662、663	44-00N 144-18E
宗谷 岬	632	66444 665	45-31N 141-56E
積丹 岬	633	666、667	43-22N 140-28E
松前	634	668、669	41-25N 140-05E
浜田	635	670、671	34-53N 132-02E
(丹後)	636	672、673	35-47N 135-48)
舳倉 島	637	674、675	37-51N 136-55E
酒田	638	676、677	38-57N 139-50E
尻屋 崎	639	678、679	41-26N 141-28E
金華山	640	680、681	38-17N 141-35E
犬吠 崎	641	682、683	35-42N 140-52E
(浦安)	642	684、685	35-37N 139-54)
八丈 島	644	688、689	33-05N 139-51E
(名古屋)	645	690、691	35-02N 136-51)
室戸 岬	647	694、695	33-15N 134-11E
(江崎)	648	696、697	34-36n 135-00)
(大浜)	649	698、699	34-05N 132-59)
(瀬戸)	650	700、701	33-26N 132-13)
若宮	651	702、703	33-52N 129-41E
(大瀬崎)	652	704、705	32-37N 128-36)
都井 岬	653	706、707	31-22N 131-20E
(中之島)	654	708、709	29-49N 129-55)
(慶佐次)	655	710、711	26-36N 128-09)
(宮古島)	656	712、713	24-44N 125-26)

( ) 付きの局は仮称

〒100 東京都千代田区霞が関 2-1-3  
 海上保安庁灯台部電波標識課  
 ディファレンシャル GPS センター  
 直通電話 03-3591-9739 FAX 03-3581-2097

### 7.6 今後の DGPS 局整備計画

全国的な DGPS 局の整備予定は表 5 のとおり。表の中でカッコで括った局は今後新しく整備予定の局でありこれらの局の空中線位置は候補地の概略値であり、電波の周波数も未定である。

平成 9 年度内の具体的な整備箇所としては、既設中波無線標識局の金華山、犬吠崎、八丈島、室戸岬、若宮、都井岬、大瀬崎(女島から移設予定)及び浜田を改修するとともに、江崎(淡路島)、大浜、瀬戸に新しく無線局を設置予定である。

引き続き平成 10 年度内には、それまで整備出来なかった残りの局を全て整備し、最終的には図 6 のように、一部遠方の離島海域を除く日本全国沿岸をカバー出来るよう計画している。

DGPS 局の整備とともに DGPS コントロールセンターの体制も補強が必要となるが、システム全体として全国的には、DGPS 絶対精度の目標を 10m 以下としての精度を確保するとともに、利用不能衛星の速報体制など信頼性の高いシステムの構築を目指している。

また、このコントロールセンターでの広報用に近い将来に、インターネット上にホームページを開設する予定である。



## 8. おわりに

これまで説明したように、現在はDGPSの実験が終わった直後で、わずか2局しか運用していないが今後、全国を高精度でサービスするためには信頼性の高い、誤差及び予測値のより正確な補正情報等を提供することが重要と考えており、ユーザーの方々におかれましても積極的なDGPSの利用によって、安全航海に役立てて頂ければ幸いである。

### 参考文献

- [1] 1994 FEDERAL RADIONAVIGATION PLAN  
(Published by Department of Defence and  
Department of Transportation)
- [2] ITU-R M. 813-1 (TECHNICAL CHARACTERISTICS  
OF DIFFERENTIAL TRANSMISSIONS FOR GLOBAL  
NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS) FROM  
MARITIME RADIO BEACONS IN THE FREQUENCY  
BAND 285-325 KHZ (283.5-315 KHZ IN REGION 1))
- [3] U. S. COAST GUARD NAVIGATION SERVICE (NIS)
- [4] RTCM RECOMMENDED STANDARDS FOR DIFFERENTIAL  
NAVSTAR GPS SERVICE VERSION 2.1  
(DEVELOPED BY RTCM SPECIAL COMMITTEE  
NO. 104)
- [5] 官報 第2097号(平成9年3月17日)及び  
号外第 第53号2分冊の1(平成9年  
3月24日)

# VICSのスタート

## —カーナビからVICSへ、そしてITS—

財団法人 道路交通情報通信システムセンター

小嶋 弘

### Start of VICS

#### —Evolution through Car-navigation into VICS, Toward ITS—

Hiroshi KOJIMA

Vehicle Information Communication System Center

#### 1. はじめに

ドライバーに道路交通情報をリアルタイムに提供する道路交通情報通信システム (Vehicle Information Communication System: VICS) が1996年4月23日、東京圏で運用開始された。

VICSは、道路と車両と人間を情報通信によって結ぶ統合システムであり、行政分野と学会と産業界とが、長期にわたって極めて緊密な協力を保ちつつ研究開発と実験を行ってきた結果、世界で初めて実現したシステムである。

VICSはまた、近年急速に関心が高まっている車両技術、通信技術、道路交通の管制及び制御技術を統合したITS (Intelligent Transport System: 高度道路交通システム) のフロントランナーとして位置づけられるものである。

#### 2. カーナビからVICSへ

##### 2.1 VICSの実現

VICSの実現を可能にした大きな要因は、我が国における急速なカーナビゲーションの普及にあ

る。これは、衛星航法システムであるGPSの確立と自立航法システムの精度向上によってもたらされたものである。図1に示すように1996年末のカーナビの普及台数は累計で220万台を越えている。VICSはカーナビの自然な進化の過程として位置付けることができる。もちろん、その他、以下のような恵まれた土壌があった。

- (1) 道路交通情報の収集が進んでおり、その提供に実績あること。
- (2) デジタル道路地図の整備等の伸展により、ナビゲーションなど車載機の高機能化が可能となり、車載機側の情報活用基盤が整ってきたこと。
- (3) 収集された情報を車載機に提供する移動体通信技術やFM多重放送技術が進展していること。

これらを総合的に活用して低コストで便益の大きい社会システムとして実現が可能になったものである。

##### 2.2 VICSの目的

VICSの狙いは、交通流の分散による道路資産の有効活用にあり、VICSは、道路交通情報を車載機にリアルタイムに提供すると共に、その適正な活用を促すことで、道路交通の安全性の向上並びに環境保全等への寄与を図るものである。具体的には渋滞箇所を知らせ、目的地までの適正なルートをドライバーに選択させることにより交通流を分散させることや、空いた駐車場を案内することで探索運転や安易な路上駐車を削減する。

VICSの効果を図2に示す。

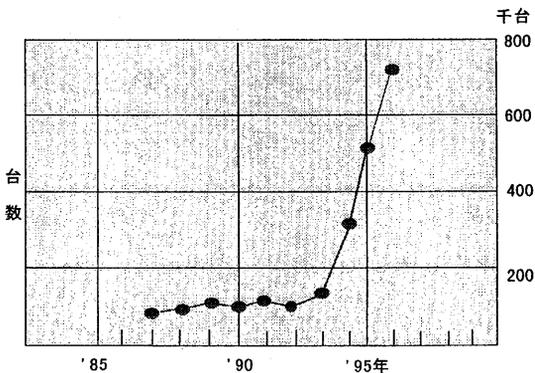


図1 カーナビゲーションシステムの普及状況

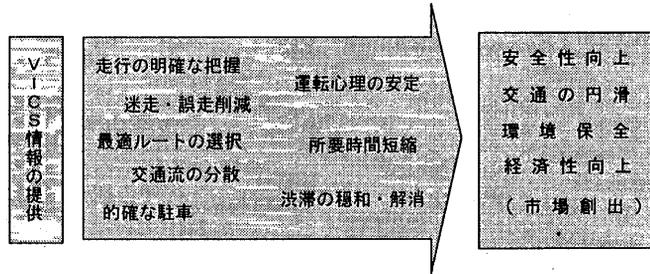


図2 VICSの効果のフロー

### 2.3 (財) VICSセンター設立の経緯

財団法人 道路交通情報通信システムセンター (財) VICSセンター) の出発点は、1990年まで遡る。この年、警察庁、郵政省、建設省の3省庁は、道路交通情報通信システムが、「交通の安全、円滑化に資する」ことを基本に、電波資源の有効活用と、関係方面の研究開発されている各システムの調和を図るべきという共通認識に立ち、各方面で開発されているシステムを「VICS」として体系化する事を決めた。経緯のあらまきは表1のようである。

表1 (財) VICSセンター設立の経緯

90/ 3	: 警察庁、郵政省、建設省の3省庁による「VICS連絡協議会」発足
90/12	: VICS連絡協議会中間報告…VICSの運営体の準備組織として民間による「VICS推進協議会」を設立する
91/10	: 「VICS推進協議会」発足、203法人・団体が参画
93/11	: VICS公開デモンストレーション実験実施
94/ 2	: VICS事業化計画承認
94/ 9	: (財) VICSセンター (仮称) 設立準備室設置
95/ 3	: (財) VICSセンター (仮称) 設立説明会開催
95/ 6	: (財) VICSセンター (仮称) 設立発起人会開催
95/ 7	: (財) VICSセンター発足
96/ 4	: 関東4都県で情報提供開始
96/12	: 大阪で情報提供開始

### 3. VICSの概要

#### 3.1 VICS全体システムと情報の流れ

VICSは4つの領域から成っている。

- (1) 道路交通情報を体系的に収集する情報収集機能
- (2) 収集された情報を処理、編集する情報処理機能
- (3) 処理された情報を伝送する情報提供機能
- (4) ユーザが車載機で情報を利用する情報活用機能

渋滞や事故等の道路交通情報の収集は、主に都道府県警察と道路管理者により行われている。これらの情報データは財団法人日本道路交通情報センターに集約され、同時にVICSセンターに伝送される。なお、駐車場の満空情報等は直接、VICSセンターが提供を受ける場合もある。VICSセンターは受信した情報を、統一的、一元的に編集・処理し、情報提供メディアに送る。情報提供メディアからは、それぞれの特長を生かした情報が車載機に提供される。ドライバーが車載機を通じて情報の提供を受け、望ましいアクションをとることで、情報の活用が行われる。図3にVICSシステムの概要を示す。

#### 3.2 VICS情報の提供

VICS情報は、主に高速道路上に設置した電波ビーコン、一般道路上の光ビーコン及びFM多重放送の3つのメディアにより提供されている。3つのメディアの特徴を表2に比較して示す。

##### 3.2.1 ビーコンメディア (電波、光) の特徴

情報を送り出す側でビーコンが必要と思われる情報に絞り込んで提供し、車載機の負担を軽くするのがビーコンである。

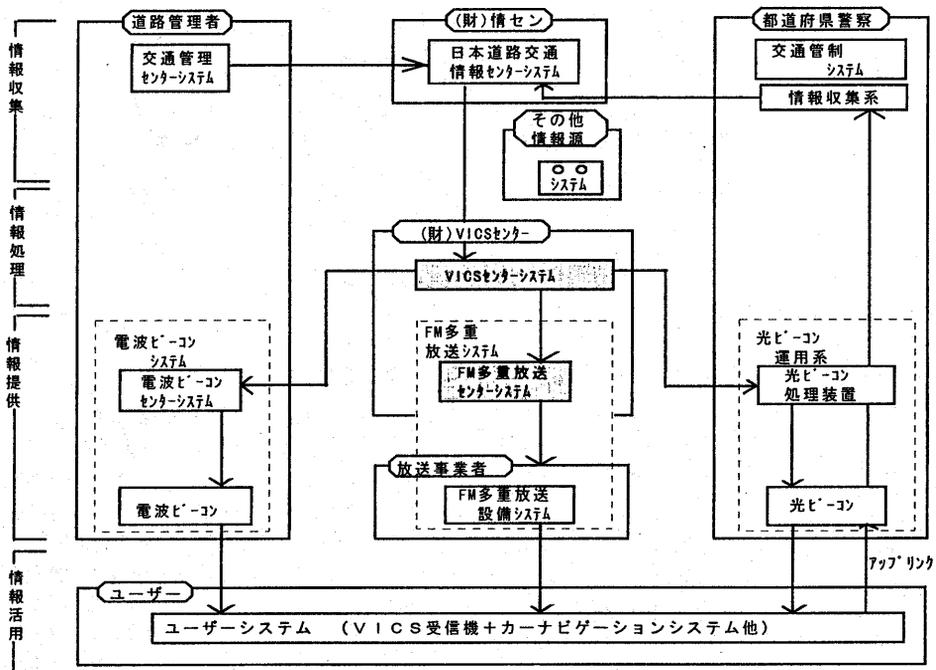


図3 VICSシステムの概要

表2 3メディアの特徴

	電波ビーコン	光ビーコン	FM多重放送
電送速度	6.4 Kbps	1 Mbps	1.6 Kbps
サービスエリア	極小ゾーンの繰返し	極小ゾーンの繰返し	広域
1基(1局)	60~70m	3.5m	10~50km
情報提供繰返し	2~3回/1受信	2~3回/1受信	2回/5分
実効情報量	約8Kバイト相当/1カ所	約10Kバイト相当/1カ所	約50Kバイト相当/5分

電波ビーコン、光ビーコンの概要を図4及び図5に示す。このビーコン方式の情報媒体としては、高速道路では準マイクロ波、一般道路では赤外線が使用されている。道路上で間欠的に情報を受けるビーコン方式の最大の特徴は、「情報を受けた地点に自車がいる」ということである。従って、受ける地点に必要な情報に絞って各ビーコンから情報を提供すれば、車載機は基本的に受けた情報を表示するだけの機能ですむことになる。

こうした情報には、近くの駐車場情報、そこから主要な地点までの所要時間などが挙げられる。さらに、ビーコンからは道路交通情報のほかに、現在地が自明という利を生かして、位置、地点名称、交差点形状、行き先までの道路案内情報の提供が考えられている。また、道路交通情報が必要なところをサービスエリアとして今後ビーコンを増設していくことが可能である。

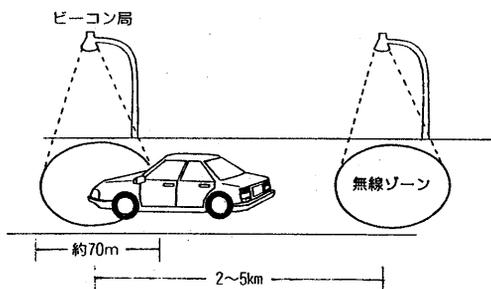


図4 電波ビーコン

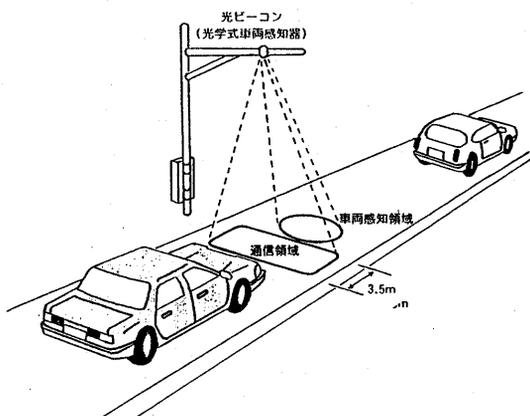


図5 光ビーコン

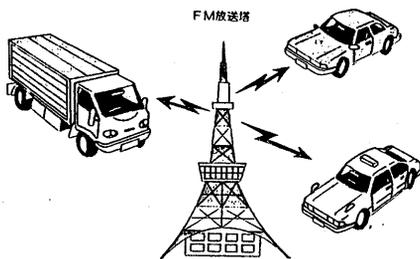


図6 FM多重放送のシステム

### 3.2.2 FM多重メディア

電波・光ビーコンでは、通信エリアが狭い範囲に限定されているのに対して、FM多重放送は、広域をカバーできる特徴がある。FM多重放送システムの概要を図6に示す。

放送によるVICS情報提供サービスは、近い将来に全国展開を要望されているため、既存の放送電波を有効利用することとし、超短波FM多重放送で行う。この目的を達成するために、全国の都道府県にFM放送局を設置している日本放送協会（NHK）の設備を共同使用する形で実現した。各局におけるFM放送でのVICS情報は、原則的には放送局の設置されている県単位の情報を詳細に提供し、加えて、隣接県の概略情報を提供する。

県単位の情報は、かなり大きな情報量となるが、表2に示すようにFM多重放送は大量な情報を伝送でき、ユーザはサービスエリア内の何処にいても、利用可能である。しかし、この大量な情報の中から必要な情報を選択するのは、車載機の性能に負うところが大きい。

ビーコンにおいては、1回の受信の間の受信環境の変化は小さいのに対し、FM多重放送では、5分の受信時間の中でのマルチパス等も含めた受信環境の変化は非常に大きい。このような環境下における移動体に適した伝送方式であるDARC方式が採用されている。主要諸元を表3に示す。DARC（Data Radio Channel）方式は、強力な誤り訂正符号方式で、1パケットあたり11ビットの訂正が可能である。DARC方式は、ITU-Rの勧告（ITU-R、REC、BS1174）となっている。

表3 DARC方式諸元

副搬送波周波数	76kHz
多重レベル	4%~10% (L-R) 2.5%~5%
変調方式	LMSK(注)
ビットレート	16kbit/s
誤り訂正符号	(272,190)符号による積符号
情報レート	約6.8kbit/s

(注) LMSK : Level controlled Minimum Shift Keying



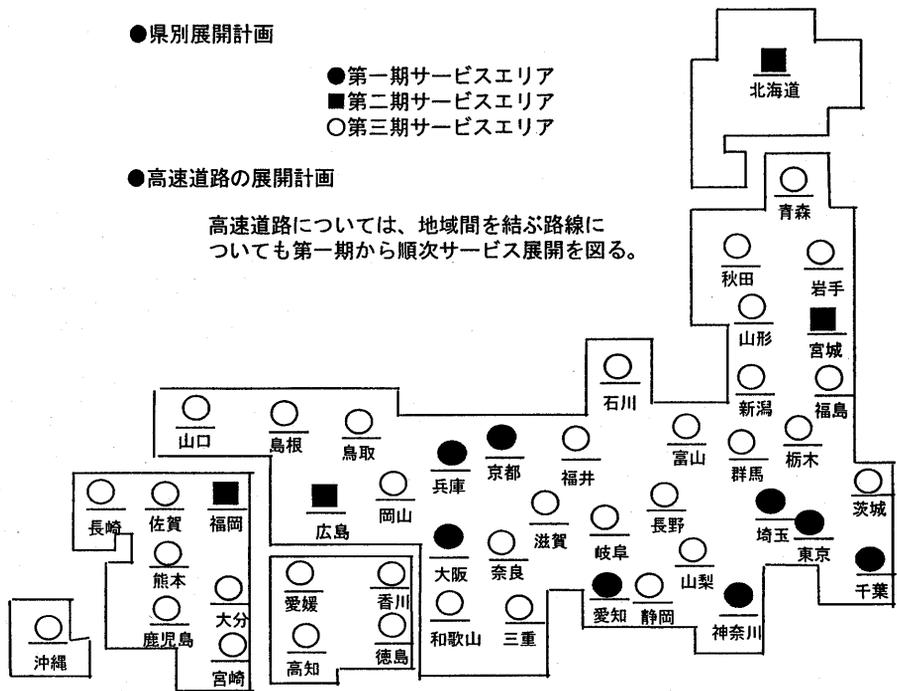


図10 サービスエリア全国展開計画

報提供サービスを行う地域の保有台数は約2700万台で、その比率は約38%に達する。

表4 車載機開発状況

3.4.2 車載機の普及

VICS対応車載機は、1996年4月より販売開始された。長期販売予想を図11に示す。今後、機能、性能向上と低価格化が進むとともに、情報提供エリアの拡大が図られるに伴い、普及の加速化が予想されている。本年度は1996年末で、94、000台、2005年目には90万台、2015年には330万台の販売予測である。特に地図表示型の需要が高い。

1996年11月末時点での車載機開発状況を表4に示す。

	レベル1	レベル2	レベル3
自動車会社	1社 1機種	—	5社 10機種
電機メーカー	2社 2機種	3社 4機種	10社 14機種
その他	—	1社 1機種	1社 1機種
合計	3社 3機種	4社 5機種	16社 25機種

4. VICSからITSへ

4.1 ITSの概要

車両技術、通信技術、道路交通の管制、制御技術の発達によりITSの概念が構成されてきた。ITSの概念を図12に示す。ITSは、最先端の情報通信技術等を用いて人と道路と車両とを一体のシ

ステムとして構築することにより、ナビゲーションシステムの高度化、有料道路等の自動料金収受システムの確立、安全運転の支援、交通管理の最適化、道路管理の効率化等を図ることを目的としている。

これ等を推進することで、安全、快適で効率的な移動に必要な情報を、迅速、正確かつ分かり易く利用者に提供するとともに、情報、制御技術の活用による運転操作の自動化等が可能となる。これにより、

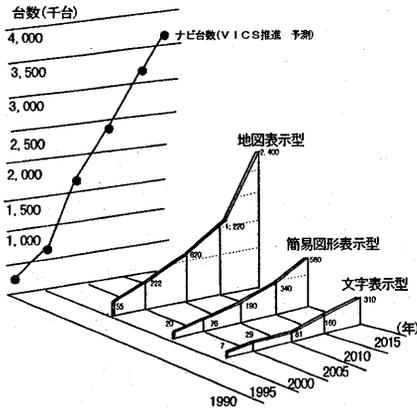


図11 VICS対応車載機の販売予測

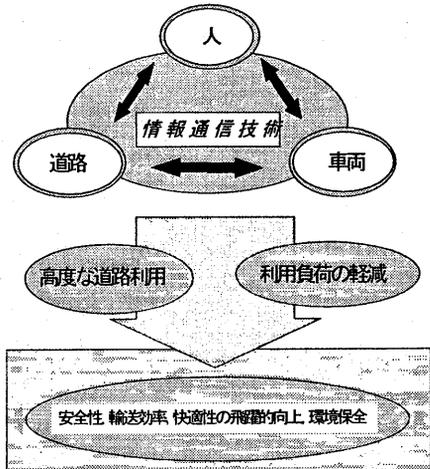


図12 ITSシステム概念図

高度な道路利用、運転や歩行等道路利用における負荷の軽減を可能とし、道路交通の安全性、輸送効率、快適性の飛躍的向上を実現するとともに、渋滞の軽減等の交通の円滑化を通し、環境保全に大きく寄与する。

我が国では1995年2月、「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」を閣議決定した。その中に、道路・交通・車両等公共分野の情報化が含まれている。その施策の1つに「自動車に道路・交通などの状況を提供する道路交通情報通信システム(VICS)の積極的な展開を図る」ことが明確に謳われている。

ITSでは、カーナビゲーションシステムへの事故渋滞情報など道路交通情報提供のほか、自動運転や自動料金システム等20項目をITS利用者サービスとして定めている。ITS利用者サービス項目一覧を表5に示す

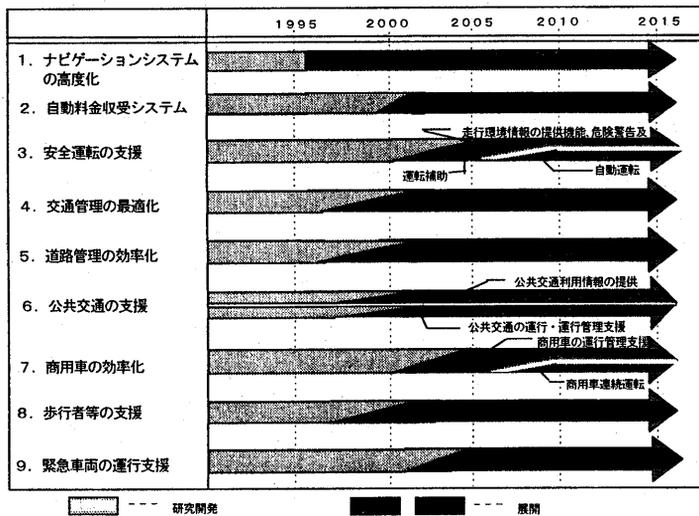


図13 ITS開発・展開

表5 ITS利用者サービス項目

利用者サービス	開発分野	主な利用者	利用者サービス設定の視点	
			ニーズ	状況
(1) 交通関連情報の提供	1. ナビゲーションシステムの高度化	ドライバー	ナビゲーションシステムを用いた移動に関連する情報の入手	出発時から目的地までの移動
(2) 目的地情報の提供				目的地の選択・情報入手
(3) 自動料金収受	2. 自動料金収受システム	ドライバー・輸送事業者管理者	一旦停止のない自動的な料金のやり取り	料金所での料金の支払
(4) 走行環境情報の提供				
(5) 危険警告	3. 安全運転の支援	ドライバー	安全な運転	走行環境の認知
(6) 運転補助				危険事象の判断
(7) 自動運転				危険事象回避の操作
(8) 交通流の最適化	4. 交通管理の最適化	管理者・ドライバー	交通流の最適化	交通の管理
(9) 交通事故時の交通規制情報の提供			交通事故への適切な対応	
(10) 維持管理業務の効率化	5. 道路管理の効率化	管理者	迅速かつ的確な道路の維持管理	道路の管理
(11) 特殊車両等の管理		管理者・ドライバー・輸送事業者	特殊車両の運行許可の迅速・適正化	
(12) 通行規制情報の提供		管理者・ドライバー	自然災害等への適切な対応	
(13) 公共交通の利用情報の提供	6. 公共交通の支援	公共交通利用者	交通機関の最適な利用等	公共交通の利用
(14) 公共交通の運行・運行管理支援		輸送事業者・公共交通利用者	公共交通機関の利便性向上事業 運営の効率化・輸送の安全性向上	運行管理の実施 優先走行の実施
(15) 商用車の運行管理支援	7. 商用車の効率化	輸送事業者	集配業務の効率化・輸送の安全性向上	運行管理の実施
(16) 商用車の連続自動運転			輸送効率の向上	
(17) 経路案内	8. 歩行者などの支援	歩行者等	移動の快適性の向上	歩行等による移動
(18) 危険防止			移動の安全性の向上	
(19) 緊急時自動通報	9. 緊急車両の運行支援	ドライバー	迅速・的確な救援の要請	救援の要請
(20) 緊急車両経路指導・救援活動支援		ドライバー	災害現場等への迅速かつ的確な誘導	副旧・救援活動

4.2 ITS開発・展開計画

ITSは、交通事故の増大、交通渋滞の拡大、沿道環境の悪化、地球環境としての不調和、エネルギー消費の増大といった深刻な道路交通問題解決の鍵として期待されており、早期に開発・発展が望まれている。

我が国の計画は、図13に示すように、9つの開発分野に整理され、それぞれのシステムの実用化実績や研究開発等の進捗状況、さらには、海外での類似システム開発状況等を勘案し、システムの実用化時期等に関する開発・展開目標を設定している。

この中で、ナビゲーションシステムの高度化においては、リアルタイムの道路交通情報提供の計画が先行しており、(財)VICSCセンターで1996年4月より情報提供が開始されたところである。

5. あとがき (平成9年3月末現在)

産、官、学の長期の綿密な協力によって1996年4月に、VICSCがスタートし、今日まで順調に推移している。

VICSCは、カーナビの進化とも位置付けられるが、また、ITSの先駆けとしての役割を担うシステムでもあり、さらなる発展が期待されるところである。

VICSCセンターとしては、VICSCの要としての役割を認識し、将来のITSを見据えながらユーザとしてのドライバーの利便の向上を、最大限に図っていきたいと考えている。

# 航法性能要件 (RNP) について

運輸省 電子航法研究所  
長 岡 栄

## On the Required Navigation Performance(RNP)

Sakae NAGAOKA  
Electronic Navigation Research Institute,  
Ministry of Transport

### 1. まえがき

最近の航空航法システムではRNPという術語が屢々用いられる。これは航法精度(または性能)要件(Required Navigation Performance:RNP)のことである。RNPは平行ルートのルート間隔や航空管制における管制間隔基準を定める一つの要因でもある。

従来は、航法精度を確保するために、航空機に搭載すべき航法装置を義務化していた。しかし、近年、同程度の機能を有する幾つかの装置が出現したり、多くの航法センサーの情報を用いた装置、衛星に基づく装置などが出現し、航法装置の多様化が進んでいる。また、競合する装置の中から、搭載装置の国際標準を選定する作業は時間もかかり、煩雑な作業でもある。そこで、搭載すべき航法装置を指定する代わりに装置の性能要件を定めることにより、選定作業を省き、装置の多様化に対応できるようにしたのがRNPである。

本稿ではRNPの概念が作られた経緯、その考え方、安全性との関わりおよび適用方法などについて、航空路(エンルート)におけるRNPを中心に概説を試みる。

### 2. RNP概念開発の経緯

#### 2.1 FANS委員会の提案

1983年に国際民間航空機関(International Civil Aviation Organization: ICAO)に将来航空航法システム(Future Air Navigation Systems: FANS)特別委員会が設立された。この委員会の使命は、現状の航空航法システムの問題点を明らかにし、21世紀初頭を念頭において、将来の航空航法システムのあり方を検討することであった。

図1に航空航法システムの概念図を示す。このシステムは大別して通信・航法・監視(CNS)システムと航空管制システムから成っている。FAN

S委員会は1988年には検討結果をまとめて、衛星やデータ通信の導入を前提とした新しいシステムの構想を発表した<sup>1)</sup>。その中にRNPの原型となったRNPC(Required Navigation Performance Capability)という概念があった。

この定義は「ある適当な含有率に基づく、経路方向の位置決定確度(精度)のみならず、選択した又は割り当てられた経路からの横方向偏差を表すひとつのパラメータ」であった。FANS委員会ではこの概念を提案しただけで、詳細については管制間隔基準などの専門家パネルである管制間隔検討パネル(Review of the General Concept of Separation Panel: RGCSPP)に検討を委託した。

#### 2.2 RNPCからRNPへ

管制間隔検討パネルはRNPCの概念を管制間隔基準と絡めて検討することを念頭に、詳細を検討した。この過程でRNPCという言葉はperformance(性能)とcapability(能力)という語を含み適当でないということになった。管制間隔を定めるうえで重要なのは、こう飛行できるはずだという能力ではなく、実際にどう飛行したかを表す性能である。

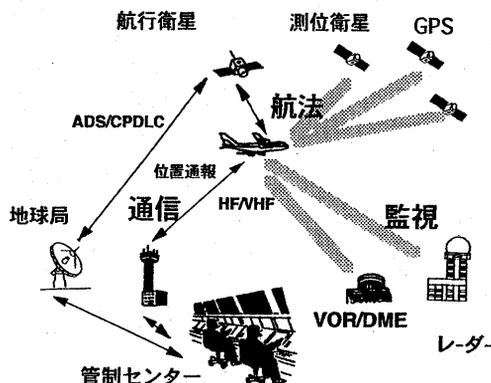


図1 航空航法システムの概念

そこで、capabilityを省いてRNP (Required Navigation Performance) と改名した。1993年4月にRGCSPPは検討結果をとりまとめ、「RNPマニュアル(Manual on Required Navigation Performance, ICAO Doc 9613)」と呼ぶエンルートのRNPの手引書<sup>14)</sup>を作成した。

### 2.3 最近の動向

「RNPマニュアル」は発行後も再検討が続けられており、1996年5月の第9回管制間隔検討パネル会議で一部の修正案<sup>16)</sup>が作成された。主な変更点は次のとおりである。

- (1)RNPタイプに新たにRNP10を追加。
- (2)航空機要件の章にシステム性能に関する記述の追加。
- (3)RNPタイプを記述する誤差の定義の明確化。

(1)のRNP10はアジア太平洋地域での50NMの横および縦間隔を適用したルートを作る動き<sup>17)</sup>に対応したものである。因みに北太平洋の洋上航空路では、1998年4月23日からRNP10で、50NMの横間隔で運用する計画がある。

(2)は「RNPマニュアル(Doc 9516)<sup>14)</sup>」の航空機要件に関する部分で、これまで航空機のシステム性能に関する記述が殆どなかったのを補ったもので、広域航法 (Area Navigation : RNAV) や飛行管理システム (Flight Management System:FMS) の利用を念頭においている。

(3)は航法誤差の定義の明確化を目指したものである。初版には、95%含有幅を考える際、航法誤差を一次元とするか二次元とするかが明確に表現されていなかった。誤差の次元や分布により95%含有幅が大きく異なるので、これが不明確だと混乱が生じる。改訂案では誤差は総合航法システム誤差 (TSE) で表現し、縦、横方向とも個別に (つまり一次元の誤差として) 扱うことを明記した。

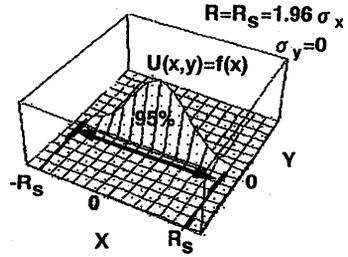
図2に正規分布の場合の一次元誤差と二次元の誤差の95%誤差含有幅<sup>13)</sup><sup>14)</sup>を示した。 $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ は、それぞれ、X、Y方向の誤差の標準偏差である。一次元誤差では約 $\pm 2\sigma_x$ 内に95%の誤差が含まれる。しかし、二次元誤差の場合には半径 $2.45\sigma_x$ の円内に95%が入る。

## 3. エンルートのRNP

### 3.1 RNPの定義

「RNPマニュアル」の航法精度要件の定義は「ある定められた空域内での運航に必要な航法精度 (Navigation Performance Accuracy) の記述」である。ここで航法精度は、横方向および縦方向で個別に許容される総合 (航法) システム誤差 (Total System

(a) 一次元誤差



(b) 二次元誤差

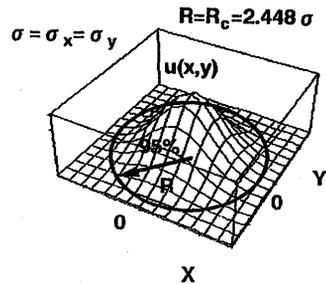


図2 一次元誤差と二次元誤差の95%含有区間

Error(TSE))で表わされる。総合システム誤差は次の誤差を総合したものである。

- a) 航法システム誤差
- b) RNAV 計算誤差
- c) 表示システム誤差
- d) 飛行技術誤差(FTE)

TSEは横 (経路と直行) 方向と縦方向 (経路に沿った進行方向) とに分けて定められる。

i) 横方向 TSE :

真の航空機の位置と航法システムにプログラムされた (所望) 経路の中心線との差で定義され、航法システム誤差, RNAV 計算誤差, 表示器誤差, 飛行技術誤差等により定まる。

ii) 縦方向 TSE

ウェイポイントまでの真の距離と表示された距離との差で定義され、航法システム誤差, RNAV 計算誤差, 表示器誤差等により定まる。

図3にTSEの概念図を示す。図3でRNAVシステム誤差は上記のa)、b)、c)項を総合した誤差を意味する。

### 3.2 エンルートのRNPタイプ

RNPタイプは航法精度を定めるために用いている一つの精度の代表値である。RNPタイプは進行方向、横方向の総合航法システム (TSE) 誤差の95%

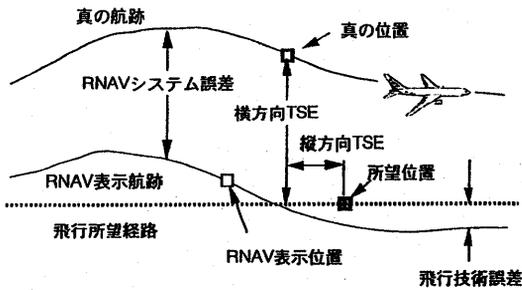


図3 総合システム誤差 (TSE)

含有幅 (飛行時間の 95% が含まれる誤差の区間幅) で表す。図4に横方向誤差の 95% 含有幅を示す。この含有幅を用いて、これをある RNP の値 (RNP タイプと呼ぶ) としている。例えば、RNP5 は TSE の 95% が  $\pm 5\text{NM}$  以内であることを意味する。この各方向の TSE は、当該空域内の一回の飛行の飛行時間の 95% について、指定された RNP タイプを越えてはならない。

現在、ICAO で認められているエンルートの RNP は表1のとおりである。RNP1 と RNP4 は主として陸上航空路に対応し、RNP10 以上のものは、長時間飛行となる洋上航空路に対応するものである。

現在の洋上飛行における主な航法装置は慣性航

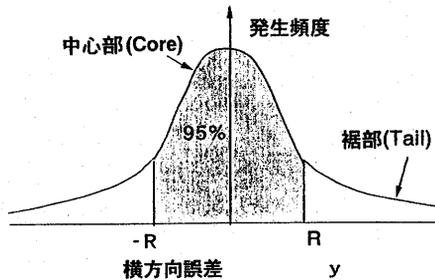


図4 95%含有幅の概念

表1 エンルートのRNタイプ

RNPタイプ	設定の基礎	備考
RNP1	複数DME使用時の精度相当	精密RNAV相当
RNP4	VOR/DME使用時の精度相当	基本RNAV相当
RNP10	ルート間隔の約1/5~1/6	ルート間隔50NM
RNP12.6	航法誤差の中心部の最適化	ルート間隔60NM
RNP20	航法誤差の中心部の最適化	100~120NMのルート間隔に相当

法装置(INS)または慣性基準装置(IRS)にFMSを加えたものである。例えば、慣性航法装置(INS)使用時には誤差は2[NM/時]以下(95%確率)とされている。著者が行ったINS(Delco社カールセルIV)の解析結果<sup>4)</sup>では、INS単体で1.4[NM/時]、3台のINSを用いたTriple Mix値で0.86[NM/時]であった。従って、このINSでは他の航法装置によるアップデートなしでも、5時間以内の飛行であればRNP10を満足できることになる。

なお、表1の航法誤差の中心部の最適化の意味については4.3で述べる。

### 3.3 RNPによる運航

航空機の航法精度は機上航法装置と空域内の航法インフラストラクチャーに依存する。例えば、DME-DME航法はDME(Distance Measuring Equipment: 距離測定装置)の覆域内ではRNP1を満たすが、洋上などの覆域外の空域では12.6を満たさぬこともある。RNPタイプはある空域での運航に必要な最低の航法精度の指標で、管制間隔やルート幅などを決める際の入力データとして使える。

## 4. 空域の安全性とRNP

### 4.1 安全性の尺度

計器飛行方式(IFR)で飛行する航空機は航空管制機関の指示に従って飛行する。航空管制では衝突を防止するため、管制間隔基準を設定している。これは、空域によりやや異なるが、図5のような直方体のサイズに相当する。

RNPは単に航法精度の記述であるが、これが管制間隔とどう関わるのかに着目しよう。最近、管制間隔基準は安全性の観点から定めるようになってきた。

空域の設計図においては、まず、空域(又は航空路システム)の安全レベルを定める。安全性の尺度

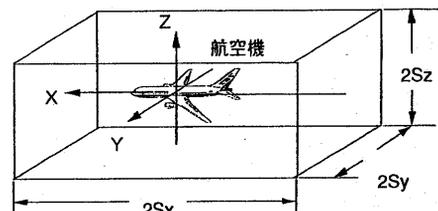


図5 管制間隔基準の概念 (箱内に他機を入れない)

として、衝突危険度（単位飛行時間あたりの空中衝突事故件数の期待値）が用いられる。衝突危険度  $N_c$  は次のような関数となる。

$$N_c = f(\text{航法、遭遇、介入}) \quad (1)$$

ここで、 $f(\cdot)$  は関数である。航法は航法性能で、これが RNP に相当する。遭遇は 1 対の航空機が衝突に至るような状況に遭遇することで、ルート構造や交通密度と関係する。介入は管制官が航空機の状況を把握して、危険が迫ったときに回避操作を行うようパイロットに指示することである。管制の介入は通信・監視・航空管制の能力などに関係する。管制間隔基準はルートの構成と関係している。

空域設計では、衝突危険度  $N_c$  を一定の許容値（これを目標安全度 (Target Level of Safety: TLS) と呼んでいる）以下に抑えるように、(1) 式の他のパラメータを調整することになる。管制間隔基準もこうしたパラメータの一つである。

目標安全度としては縦、横、高さ方向のいずれの衝突危険度に対しても、西暦 2000 年までは  $2 \times 10^{-8}$  [件/飛行時間] を、2000 年以降のシステムでは  $5 \times 10^{-9}$  [件/飛行時間] を用いることになっている<sup>[6]</sup>。

#### 4.2 衝突危険度と RNP

一般に衝突危険度  $N_c$  は次のように書ける。

$$N_c \propto P_x P_y P_z \quad (2)$$

ここで、 $P_x$ 、 $P_y$ 、 $P_z$  は、それぞれ、縦、横、高さ方向で一对の航空機が重なる確率である。

例えば、図 6 のように、ルート間間隔が  $S_y$  の平行航空路を同一フライトレベルを割り当てられた航空機対の衝突危険度を考えてみる。このときの重要なパラメータは  $S_y$  だけ離れた隣接経路を飛行するはずの航空機対が横方向で重なる確率（水平重量確率と呼ぶ） $P_y(S_y)$  である。そこで、各経路上を飛行する航空機の横方向逸脱量 (TSE) の確率密度関数を  $f(y)$  として、 $P_y(S_y)$  と RNP タイプの値  $R$  との関係を見てみる。

いま  $f(y)$  が次の混合型分布で表せると仮定する。

$$f(y) = (1 - \alpha) f_c(y | \lambda_c) + \alpha f_t(y | \lambda_t) \quad (3)$$

ここで、 $f_c(y | \lambda_c)$  は中心部を表す密度関数で  $\lambda_c$  はそのパラメータである。これは通常の総合システム誤差に相当する。 $f_t(y | \lambda_t)$  は裾部を表す密度関数で、機器故障や過失等の何らかの原因による大きな総合システム誤差に相当する。 $\lambda_t$  はそのパラメータである。 $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) は裾部の重み係数である。

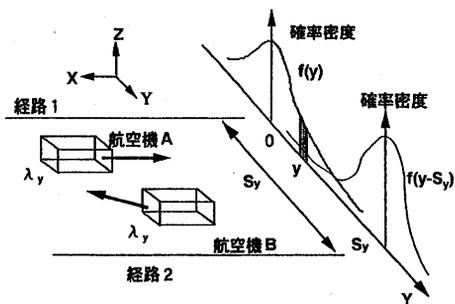


図 6 空中衝突のモデル

北大西洋の最低航法精度基準 (MNPS)<sup>[16]</sup> 空域における観測結果では  $\alpha$  は  $10^{-3}$  のオーダー<sup>[9]</sup> で、 $f_c(y)$  も  $f_t(y)$  も共に次の両側指数 (Double Exponential: DE) 分布で良く近似できることが知られている。

$$f_t(y | \lambda_t) = (2 \lambda_t)^{-1} \exp(-|y|) \quad (4)$$

ただし、 $k = c, t$  である。一般に  $\alpha \ll 1$  は非常に小さく、 $\lambda_c \ll \lambda_t$  なので、RNP タイプを  $R$  (RNP 値と呼ぶ) とすると、95% 含有区間に関係するのは  $f_c(y)$  のみで、次式が成り立つ。

$$0.95 = \int_{-R}^R f(y) dy \approx \int_{-R}^R f_c(y) dy \quad (5)$$

$f_c$  と  $f_t$  が (4) 式の DE 分布の場合 (このときの (3) 式の分布は DDE (Double Double Exponential) 分布と呼ばれる) は

$$R \approx -\lambda \ln 0.05 \approx \lambda \beta \quad (6)$$

となる。

RNP 値と水平重量確率との関係を見るため、密度関数  $f$  と  $g$  の畳み込み積分 ( $f * g$ ) を次式で表記する。

$$(f * g)_{(z)} = \int_{-\infty}^{\infty} f(y) g(y+z) dy \quad (7)$$

このとき、水平重量確率は次式で求められる。

$$P_y(S_y) = \int_{S_y - \lambda_y}^{S_y + \lambda_y} (f * f)_{(z)} dz \quad (8)$$

ここで、 $\lambda_y$  は航空機の横幅である。通常、 $S_y, \lambda_t \gg \lambda_c \gg \lambda_y$  なので、(8) 式は次のように近似できる。

$$P_y(S_y) \approx 2 \lambda_y (f * f)_{(S_y)} \quad (9)$$

これは中心部と裾部の関数として、次のように表せる。

$$\begin{aligned}
2\lambda_y(f * f)_{(S_y)} &= 2\lambda_y(1-\alpha)^2(f_c * f_c)_{(S_y)} \\
&\quad \text{Core-Core 項} \\
&+ 2\lambda_y\alpha(1-\alpha)[(f_t * f_c)_{(S_y)} + (f_c * f_t)_{(S_y)}] \\
&\quad \text{Core-Tail 項} \\
&+ 2\lambda_y\alpha^2(f_t * f_t)_{(S_y)} \quad (10) \\
&\quad \text{Tail-Tail 項}
\end{aligned}$$

### 4.3 RNPと水平重畳確率

図7に  $P_y(S_y)$  と DE 分布について計算した RNP 値  $R$  と(10)式の右辺の各項および  $P_y(S_y)$  との関係を示す。ただし、 $S_y=60\text{NM}$ 、 $\lambda_t=45\text{NM}$ 、 $\lambda_y=0.029\text{NM}$ 、 $\alpha=0.001$  とした。 $P_y(S_y)$  は  $R$  が大きいときは Core-Core 項で、 $R$  が十分小さくなると Core-Tail 項で定まる。

いま、 $\lambda_t$  が一定のとき、RNP 値 ( $\equiv \lambda_c / 3$ ) を小さくしてゆくと  $P_y(S_y)$  が減少する。しかし、図7のように、 $R$  をある程度 (ここでは  $13\text{NM}$  前後) 以上小さくしても  $P_y(S_y)$  は裾の部分 (Core-Tail 項) が存在する限り、殆ど変化しなくなる。Flax<sup>[3]</sup> は北大西洋における観測結果に基づいて、 $R$  をこれ以上小さくしても  $P_y(S_y)$  が減少しなくなるような  $R$  の値をルート間隔  $S_y$  に対する RNP 値とする方法を提案した。これによれば  $S_y=60\text{NM}$  に RNP12.6 が、 $S_y=100\sim 120\text{NM}$  に RNP20 が対応する。したがって、大まかには RNP 値は  $S_y/6$  程度でよい<sup>[4][5]</sup> としている。ただし、これらの値は  $f_c$  の分布が両側指数分布とした場合で、正規分布をする場合には  $R$  の値が少し異なる<sup>[4][5]</sup>。

表1の航法誤差の中心部の最適化とは上記の方法で RNP を決めることである。

まとめると、RNP 値は総合システム誤差分布の95%を含む中心部と関係しているが、衝突危険度に主に関係するのは裾部に相当する大きな総合システム誤差である。従って、航空路システムの安全性を確保するには、RNP 以外に、裾部の出現頻度を抑えるような仕組みを構築する必要がある。これが、北大西洋のMNP S空域等で行われているレーダーなどによる監視 (Monitoring) である。

## 5. 進入・着陸・出発段階のRNP

### 5.1 全天候運航パネルでの議論

エンルートにおける RNP の詳細については管制間隔検討パネルが手引書<sup>[6]</sup>を作成したが、航空委員会は1993年にこれを進入・着陸・出発段階へ拡張するよう全天候運航パネル (AWOP: All Weather

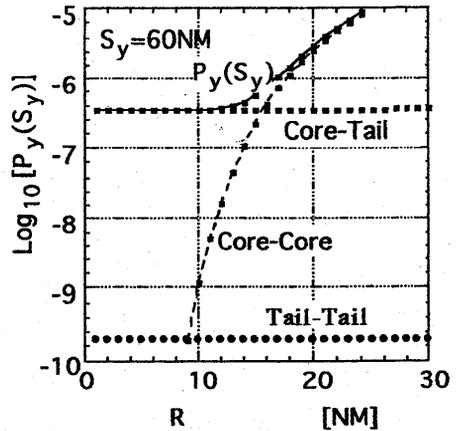


図7 各項の水平重畳確率  $P_y(S_y)$  への影響 (DDE モデル、 $S_y=60\text{NM}$ 、 $\lambda_t=45\text{NM}$ 、 $\lambda_y=0.029\text{NM}$ 、 $\alpha=0.001$ )

Operations Panel)に検討を依頼した。全天候運航パネルでは1997年6月開催予定のパネル会議での完成を目指して「進入・着陸・出発段階のRNPマニュアル」<sup>[10]</sup>を纏めつつある。

この手引書案では、水平面内の航法精度のみを扱っているエンルートのRNPと異なり、システムの総合的な航法性能を定めたもので、次のパラメータを付加している。

- 1) 垂直方向の航法精度
- 2) 完全性(Integrity)
- 3) 利用性(Availability)
- 4) 連続性(Continuity)

ここで、完全性とはシステムが提供する情報の正しさに関する信頼性と関わるもので、システムが運航に使用してはならない状態の時に警報を発する能力を含んでいる。連続性は、意図する運用期間中、全システムが支障なしにその機能を遂行できる能力である。利用性は、意図する運用開始時に、全システムがその機能を遂行できる能力である。

システムは航空機、パイロットまたは自動操縦装置、および航法システムから成っている。当初、図8のような航法精度の要件の概念<sup>[7][8][12]</sup>が検討された。これはトンネル・コンセプトと呼ばれており、進入開始から着陸まで、トンネル内を飛行させるものである。

図8のように、航空機がトンネル内を飛行する確率を定め、これを満たすように関連するシステムの要件を決める。内部トンネル内を0.95、外部トンネル内を0.9999999 ( $=1-10^{-7}$ )の確率で飛行することが要求される。

航空機がこの外部トンネルの外側に出たとき、これをインシデントと呼んでいる。このインシデント

の確率  $1 \times 10^{-7}$  は、全ての飛行段階の目標安全度として  $1 \times 10^{-7}$  [件/飛行時間] を考えて<sup>[12]</sup>導出された。1回の飛行の平均飛行時間を1.5時間として1飛行あたりの事故件数に換算すると、 $1.5 \times 10^{-7}$  [件/回] となる。これに全飛行段階に対する進入段階の割合 (=1/15)<sup>[12]</sup>をかけて  $1 \times 10^{-8}$  [件/回] を進入時の目標安全度とした。インシデントで事故になるのは1割とし、インシデントの確率を  $1 \times 10^{-7}$  [件/回] としている<sup>[12]</sup>。

これは航法性能要件ではあるが、航空機そのものだけの航法精度の要件ではなく、関連する全ての航法システムを考慮した要件となっている。このRNPはインシデントの生起確率を規制するもので、精度、完全性、連続性などの成分に確率を振り分けインシデントの確率を規定しようとしたものである。図9にRNPリスクとシステムの要件との関係を示す。

### 5.2 進入・着陸・出発段階のRNPタイプ

図10は最近のRNPマニュアル案<sup>[15]</sup>で考えられているトンネルの形状である。Lは横方向の95%含有幅に、Hは垂直方向の95%含有幅に相当する。外側のトンネルの幅と高さは精密進入の場合とそれ以外では異なる。表2<sup>[15]</sup>に現在提案されている進入・着陸・出発段階のRNPタイプを示す。RNP0.3/125というのは95%含有幅  $L=0.3\text{NM}$ 、 $H=125\text{ft}$ であることを意味する。RNP0.5からRNP0.3/125までは、外側のトンネル(含有限界)と呼ぶは内側の2倍の大きさにし、95%含有幅の2倍にしている。そして、航空機がこの外側のトンネル外に出る確率を  $10^{-5}$  [件/時] と定めている。精密進入に相当するRNPタイプでは外側のトンネルを内側のトンネルの3倍の大きさにして、外側のトンネル外に出る確率を一回の進入につき  $10^{-7}$  [件/回] 以下としている。

全天候運航パネルのRNPマニュアル案<sup>[15]</sup>では、精密進入のRNPについての各パラメータの設定根拠が付録に付けられている。

上記のように進入・着陸・出発段階のRNPのマニュアル案もほぼ完成し、これと航空路(エンルート)のRNPとを用いれば、出発から到着まで切れ目のないRNPによる運航が可能になることになる。著者の得た情報では全天候運航パネルが完成させたRNPマニュアル案は全地球航法衛星システム(GNSS)パネルでパラメータ等の詳細な検討を経た後、出版されることになるだろうということだった。

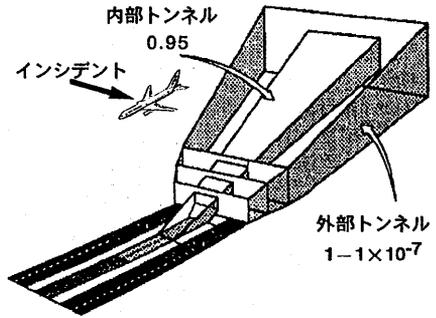


図8 AWOPで提案されたトンネルコンセプト

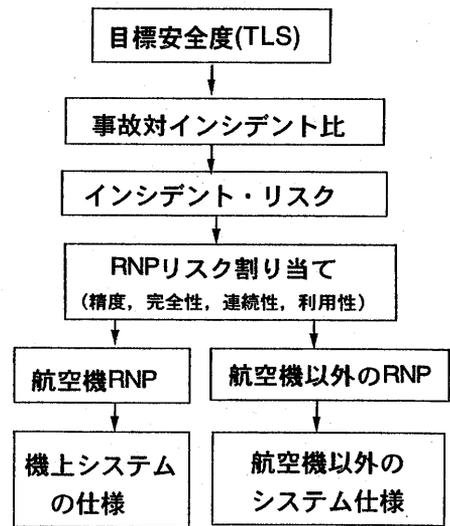


図9 RNPリスクとシステムの要件との関係

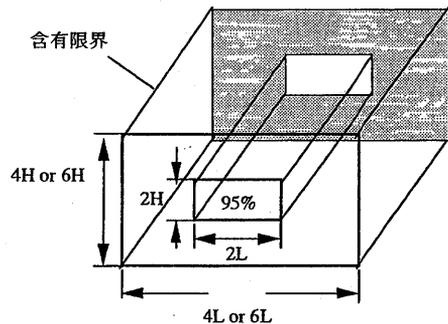


図10 最近の含有限界精度(トンネル)の形状

RNPタイプ	関連運用形態	95%精度	含有限界精度	完全性 (Integrity)	連続性および通過時間
RNP0.5	初期進入、 出発遷移	0.5NM	1NM	10 <sup>-5</sup> /時	10 <sup>-4</sup> /時
RNP0.3	初期進入、 出発	0.3NM	0.6NM	10 <sup>-5</sup> /時	10 <sup>-4</sup> /時
RNP0.3 /125	垂直誘導のある 計器進入	0.3NM 125ft	0.6NM 250ft	10 <sup>-5</sup> /時	10 <sup>-4</sup> /時
RNP0.03 /45	精密進入 350ftHATまで (CAT I)	0.03NM 45ft	0.09NM 135ft	1-3.5×10 <sup>-7</sup> (1運航で) 警報発出時間 <6s	1-1.2×10 <sup>-5</sup> (15秒間で)
RNP0.02 /35	精密進入 200ftHATまで (CAT I)	0.02NM 35ft	0.06NM 70ft	1-3.5×10 <sup>-7</sup> (1運航で) 警報発出時間 <6s	1-1.2×10 <sup>-5</sup> (15秒間で)
RNP0.01 /14	精密進入 100ftHATまで (CAT II)	0.01NM 14ft	0.03NM 42ft	1-2.5×10 <sup>-9</sup> (1運航で) 警報発出時間 <1s	1-8.0×10 <sup>-6</sup> (15秒間で)
RNP0.003	精密進入、 着陸、出発 (CAT III)	0.003NM	0.009NM	1-2×10 <sup>-9</sup> (1運航で) 警報発出時間 <1s	1-6.0×10 <sup>-6</sup> (30秒間で)

HAT : 滑走路端からの高度 (height above threshold)      CAT : category

表2 進入・着陸・出発段階のRNPタイプ

## 6. まとめ

エンルートで用いられるRNPを中心に、その開発の経緯、RNPタイプ、空域の安全性とRNPの関係、最近の動向などについて概説した。

RNPは今後エンルートの他にも進入・着陸・出発段階にも適用され、出発から到着までに全ての飛行段階で適用される方向へと進んでいる。また、性能要件も精度のみならず他のシステムパラメータをも規定する方向へと進みつつあるように思われる。

### 参考文献

- [1] Manual on Required Navigation Performance (RNP), ICAO Doc 9613-AN/937, 1994
- [2] Report of the 4th Meeting of Special Committee on Future Air Navigation Systems, ICAO Doc 9524, FANS/4, 1988
- [3] B. Flax and B. Colamosca: "RNP Values for Oceanic Navigation", ICAO RGCSP WG/A-WP/11, London, September, 1992
- [4] S. Nagaoka: "Independent Check of the Calculation for Determining RNP Values", ICAO RGCSP/8-WP/36, Montreal, March, 1993
- [5] 長岡 栄: "航法性能要件と平行経路間隔の

関係に関する一考察"、日本航海学会論文集、No.89、pp.261-268、1993

[6] Report of the RGCSP/9, ICAO, Montreal, May, 1996

[7] 惟村和宣: "進入・着陸用航法性能要件とDGPS飛行実験について"、電波航法研究会誌「電波航法」、No.39、pp.13-24、1996

[8] 長岡 栄: "管制間隔を定める空域設計方法論と航法精度要件"、電子情報通信学会技術研究報告、S96-8 (安全設計時限研究専門委員会)、1996

[9] 長岡 栄: "FANS-1 装備機と管制間隔短縮の動向"、日本航海学会誌「NAVIGATION」、No.130、pp.1-8、1996

[10] 長岡 栄: "航法性能要件と広域航法をめぐる航空界の動向"、日本航海学会誌「NAVIGATION」、No.119、pp.70-77、1994

[11] 長岡 栄: "慣性航法装置の測位誤差分布の解析"、日本航海学会論文集、87号、pp.99-106、1992

[12] R. J. Kelly and J. M. Davis: "Required Navigation Performance (RNP) for Precision Approach and Landing with GNSS Application", Navigation, Journal of Inst. of Navigation (US), Vol.41, No.1, pp.1-30, Spring, 1993

[13] S. Nagaoka: "On the Containment Bounds used for the En-route Required Navigation Performance (RNP)", ICAO RGCSP WG/A-WP/4, Gold Coast, Oct., 1995

[14] 長岡 栄: "航法精度要件の誤差含有幅に関する一考察"、日本航海学会論文集、94号、pp.179-186、1996

[15] Draft: Manual on Required Navigation Performance for Approach, Landing and Departure Phases, ICAO AWOP Working Group Meeting, Montreal, April, 1997

[16] 長岡 栄: "北大西洋空域における最低航法精度基準(MNPS)とその考え方"、日本航海学会誌、No.78、pp.51-57、1983

# 電磁波を用いた地震予知

電気通信大学 電子工学科  
早川正士

## Possibility of Earthquake Prediction by Radio Sounding

Masashi HAYAKAWA  
The University of Electro-Communications

### 1. はじめに

阪神大震災では多くの人命と財産が消失される大惨事となり、この大惨事は地震予知研究が極めて重要である事を我々に痛感させた。地震学や地震地質学、測地学の進歩に伴い、(1)長期的(数100年オーダー)地震予知、(2)中期的(数10年～年オーダー)予知に関してはそれなりの進歩が見られていると言えよう。しかし、(3)短期的(数ヶ月～数日オーダー)予知の実現はその重要性にもかかわらず、まだ道は遠いように見える。各種観測網(地震、地殻変動等)が整備されつつあるにもかかわらず、大災害をもたらした北海道南西沖地震、阪神地震を含めて、短期(事前)予知に成功した例はない。現時点では、短期的地震予知は当面不可能であるという悲観的見解が支配的である(特に、地震関係者の間では)。

しかし、従来やや非正統的とされてきたラドン濃度、地下水位、地下水温度などの変化、及び各種の電磁気変化などに関連しては、有望な報告が近年多くなされている。特に、ここ数年、地震前兆としての電磁気現象を集中的に取り扱う国際会議も企画され、活発な議論がなされている。これらの電磁気現象はおそらく短期地震予知の本命であろう。地震観測などを主体とする従来の力学的方法は地震後何が起こったかを知るのには有用であるが、地下でのストレス変化に伴う決定的な前兆的現象の検出にはあまり有用でないことは30年来の予知研究の"成果"といってもよいだろう(但し最近の宇宙測地学的手法はやや有望である)。以下では、交流(ULFその他)の地震前兆電磁気現象について解説する。さらに、近年提案された新しい方法についても言及する。

### 2. 電磁放射を用いた地震予知法

#### 2.1 まえがき

VAN法(直流の電界測定で、ギリシャのVarotsos教授らの開発した方法)が開始されたのと同じ頃、即

ち1982年にGokhbergらの地震前兆の電磁雑音の異常を報告する論文が発表された。この論文はVLF/LF電磁放射をはじめとする種々の電磁気現象が地震予知に用いられ得る可能性を示唆し、この分野のその後の発展へ極めて強い契機を与えた。その後の研究で、地震前兆電磁気現象はVLF/LF帯のみならず、広い周波数範囲において発生していることがわかってきている。即ち、低い周波数から順に、ULF(Ultra-low-frequencyで周波数が10Hz程度より低い)、ELF/VLF/LF(ELFはExtremely-low-frequencyの略で、10Hz～3kHzまで。VLFはVery-low-frequencyの略で、3～30kHzの範囲。LFはLow-frequencyの略で、30～300kHzの周波数である)、さらに高周波のHF(High frequency)となっている。以下では各々の周波数での観測結果などを紹介する。

#### 2.2 ULF 電磁放射

##### (a) 観測事実

まず、筆者が最も有望と考えているULF(周波数が10Hz以下)電磁放射について述べる。後述するVLF/LF/HF波に比して歴史は浅いが、大きな地震に対して信頼できる観測事実が近年蓄積されつつある。前述のVAN法が直流(DC)の電界を測定するのに対し、ULF法ではAC(交流)のうちのULF帯の電界、磁界を測定対象とする。近年、二つの大きな地震、すなわち(1)1988年12月8日に発生したアルメニアのスピタック地震と(2)1989年10月18日に発生したカリフォルニアのロマ・プリータ地震に対して明瞭な前兆的ULF電磁放射が観測された。二つの地震はその規模もほぼ同じ(マグニチュード(M)～7)であり、又その震源の深さも共に浅い。さらに、両地点での観測装置(ともにインダクション磁力計)もほぼ同程度のものである。しかし、この二つの事例において大きく異なる点は、ロマ・プリータ地震では観測点が震央から7kmと極めて近いの

に対して、スピタック地震では129kmとかなり離れていることである。スピタック地震の際には地震の前3～4日から強度上昇が認められる。他方、ロマ・プリータ地震での磁界強度(0.01Hzでの)の時間変化をみると、12日前後前から磁界強度が上昇し、1週間前まで続く。その後、一時的に強度が鎮静化し、1日前から上昇が始まる。この上昇はスピタック地震と同様である。さらに、地震の3～4時間前から急上昇が認められることも両地震に対して同じである。

受信されたULF波が真に地震の前兆かどうかに関する考察が不可欠である。それには、VAN法におけるノイズ除去法と同様の考察が必要となる。スピタック地震では磁界三成分が測定されており、超高層からのプラズマ波(地磁気脈動という)との分離がそれなりに試みている。他方、ロマ・プリータ地震では観測期間では $\Sigma Kp \leq 27$ ( $Kp$ は地磁気活動度(3時間)で、 $\Sigma Kp$ はその一日の総和を示す)であり、地磁気的には比較的静穏であったことから、スペースからの波動である可能性は低いとしている。

前述の二つの大きな地震に対するULF電磁放射に加えて、我々の1993年8月8日のグアム地震に対する解析結果を示そう。我々の論文ではスペースプラズマ波動との弁別に最大限の考慮を払っている。ULF放射を扱う時は超高層(磁気圏)から飛来する

プラズマ波動が地震前兆波の検出には妨害となるが、これを如何に除去するかは前述の二大地震に対しては充分には解明されていなかったため、我々の仕事は一つの明確な指針を与えたものといえよう。グアム地震の諸特性は次の通りである。(1)日時: 1993年8月8日、(2) $M_s=7.1$ 、(3)震源の深さ:  $\sim 60$ km。ULF観測点は震央より65kmで、観測用の磁力計はプロトンフラックスゲート型磁力計であり、三成分(H成分(NS方向)、D成分(EW方向)、Z成分(Z方向))波形を1秒サンプリングし、記録するシステムである。図1はこのグアム地震に対するULF放射活動度が下段に示してあり、上には地磁気活動度( $\Sigma Kp$ (1日の $Kp$ (3時間)総和))を示してある。昼間は夜間に比してULF電磁放射の変動が大きいので、夜間(地方時22時～02時)のデータのみを用いて、30分毎のデータに対してFFT解析を行い、月平均値(m)及び標準偏差( $\sigma$ )との比較からULF(周波数0.01～0.05Hz)の活動度を分類している。先ずこれらのULF活動と地磁気擾乱(即ちスペース活動)との相関を取った。従来の研究からスペース波動は地磁気活動と強い相関があることがわかっているため、スペースのプラズマ波動の影響であることが明らかなもの(図中で○で表示)と、明らかにそうではないもの(●)、どちらとも判断に苦しむもの(△)に分離する。この種の詳細な研究自体初めての試み

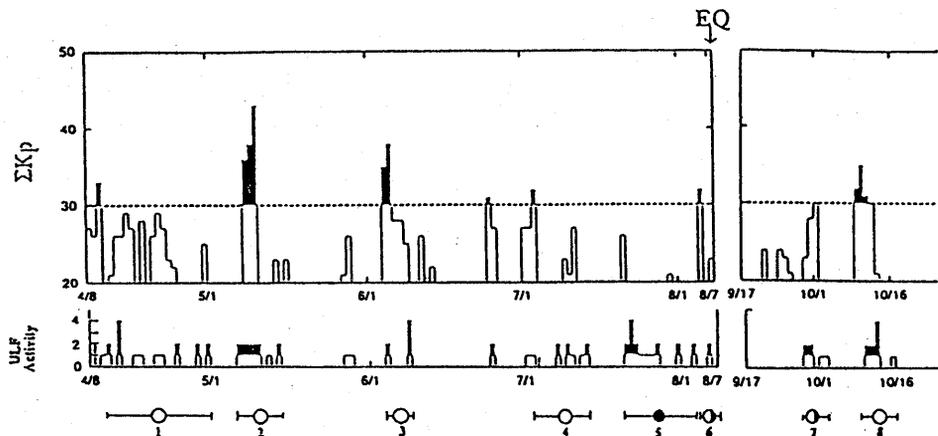


図1 グアム地震でのULF放射の活動状況(ULF放射と表示してある)と地磁気活動( $\Sigma Kp$ )の変化を示す。一番下にはULF放射の活動の高い期間が横棒にて示され、○はスペース波動であるもの、●は明らかにスペース波動ではないもの(地震に関係するもの)、及び△は判断が難しいものに付けている。

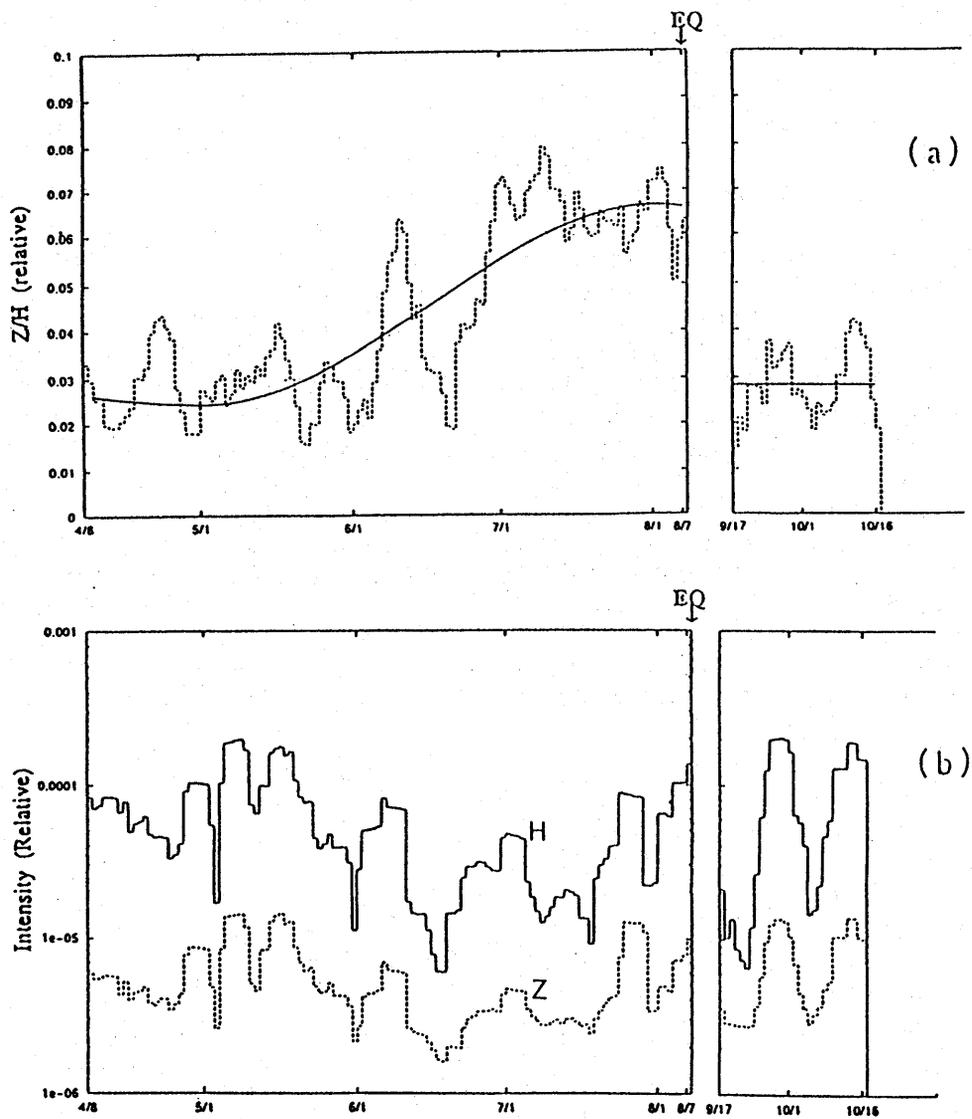


図2 グラム地震での磁界成分 (H及びZ成分) の時間変化(b)及びZ/H (平均値) の時間変化。(a)図より7月にはZ/Hが著しく上昇しているが、これはスペースのプラズマ波動が原因でない事を示す。地震前兆電波と考えて良い。事実、地震後にはこの比は平常値に戻っている。

であった。次に、三成分計測を用いての解析（一種の偏波解析）を提案した。即ち、スペースのプラズマ波動は上空より飛来するのでZ/H（磁界の水平成分Hと垂直成分Zの比）が極めて小さいことが予想されるのに対し、そうでないもの（多分地震前兆ULF波）はZ/Hが1.0を越える事が予想される。事実、図1の○印で表されるULF放射に対してはZ/Hが最大で0.2～0.3であるが、●印で示されるULF放射に対してはZ/Hが1.0を越えている。図2(a)は5日のランニング平均を取っているため、絶対値自体は小さくなっているが、地震の前1ヶ月間ではZ/Hが大きな値を取っており、地震前兆ULF波であることを示唆する。その時のz成分(Hz)の変化(図2(b))はロマ・プリータ地震でのULF波の変化と極めて良く似ている。我々が提案したこのような信号処理は極めて有用であり、それはVAN法での信号処理法に対応するものである。

その他のULF結果についても述べよう。ロシアのグループは比較的小さな地震(M $\sim$ 5)に対してもULF前兆波があると報告しており、我々同様地震前兆に対してはZ/Hが大きいことも示している。次に、1994年1月17日のノースリッジ地震(M $s$ =6.7)ではULF前兆は認められなかったとスタンフォードグループは報告しているが、これは観測点と震央との距離が100kmを越えていることが関係しているのではないかと結論している。さらに、防災科学技術研究所藤縄らは火山噴火の前兆としてのULF波の受信にも成功している。しかし、如何んせんイベント数が少ないことが気付かれるであろう。従って、ULF放射は大きな地震の際に発生する可能性が高いので、世界中で起こっている大地震に対して地磁気観測がその震央の近くにて行われていれば、そこでのULF波の解析が強く望まれる。

### (b) ULF波の発生機構

VAN法の節で提案されている複数の発生機構はDC(直流)の変動に対しては有効であるが、ULFの周波数領域での波動の発生には適用できない。我々は地震の前の震源近傍での圧力変化に伴う岩石破壊(マイクロフラクチャ、microfracturing)による電荷生成(小さなアンテナの集合)に基づくULF波の発生を提案している。この効果は多数のクラックの生成による電荷及び電磁気現象の早い変動(例えば、ULF)を説明し得るものである。この機構は多くの室内実験における結果を体系化したものである。簡単にそのメカニズムを説明しよう。

地震の前1ヶ月程度になると蓄積されて来た圧力がある限界を超えることとなる。この際、岩石内に多数のクラック(ひび)が発生する。その時、圧電効果などにより電荷生成が起こり、パルス状の電流が発生し、それらのパルス電流の複合により電波

が放射される。初期にはクラックの数が著しい速さで生成され、ロマ・プリータ地震の様な1週間から2週間前後までの第1の磁界強度上昇がおこる。その後、クラックのサイズは大きくなるが、電波放射としては鎮静化する。そして、数日前よりはクラックのサイズの上昇が効き、第二の強度上昇となる。

### (c) ULF波のまとめ

以上述べた観測事実の考察及びULF波の発生メカニズムの理論、震源から地上、超高層への伝搬に関する理論的考察を総合すると、前兆ULF波の諸特性は次のように要約することが出来よう。これがひいては将来の地震予知方式の提案にもつながるものである。

- (1) VAN法同様、他の雑音(ここでは、スペースのプラズマ波)との分離方法が重要であるが、それには我々が提案した多成分計測に基づく偏波解析(例えばZ/H)が極めて有用である。
- (2) ULF電磁放射の時間的経過に関しては、一つの特徴的なパターンがある。即ち、1～2週間前に1度目の強度上昇があり、その後鎮静化、数日前より再び上昇する。さらに、数時間前に急上昇を示す。
- (3) ULF波の通常の受信センターでは、受信範囲は観測点より100km程度と考えられる。
- (4) マグニチュードに関してははっきりとは特定できないにしても、ULF波は大きな地震に対して感度が良いと言える。

項目(3)より、ULF電磁放射の観測点を100km程度の間隔にて配置することが出来れば、地震の発生予想地域を100km程度の精度で同定することが可能となろう。

## 2.3 VLF/LF 電磁放射

ULF波に比して、VLF/LF帯での地震前兆現象の歴史はかなり長い。即ち、VLF/LF電波関係の先駆的仕事は1982年のGokhbergらの論文にさかのぼることはすでに述べた。その後も世界各国において多くの報告が行われている。本報告では電通大芳野らのVLF/LFの結果、防災科学技術研究所と通信総合研究所との共同研究によるVLF電磁放射に関する結果と京大グループのLF電磁放射に関する結果を中心に紹介しよう。

芳野らは関東近辺の7ヶ所での82kHz、1.5kHzおよび36Hzの電磁放射を空中アンテナ(磁界測定と電界測定)にて継続計測し、1985年から1990年の5年間に地震に関連したと思われる29例の電磁放射を記録している。

次に、防災研と通信総研との共同研究では、関東地域での複数の観測点においてボアホール(800～300m)アンテナによる電界を測定している。この

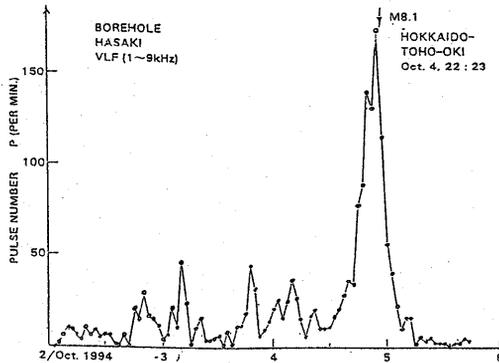


図3 北海道東方沖地震（1994年10月4日）に伴う前兆的VLF波の発生を示す図。観測点は関東の波崎で、図ではあるスレッシュホールドを越えるパルス数を示している。

ケーシングタイプを用いたアンテナは地中での垂直電界を受信すると考えられる。彼らの従来の観測結果の統計によると、マグニチュード(M) $\geq$ 5.0の地震にはかなりの頻度で、M6クラス以上の、しかも浅発かつ陸に近い地震ではより高い頻度でVLF帯電磁場の異常が観測されている。図3は波崎観測点において、北海道東方沖地震（1994年10月4日22時23分、M=8.1、深さ=30km）に対するVLF応答を示したものである。あるスレッシュホールドを越えるVLF帯（1~9kHz）のパルス数の時間変化を示したもので、地震のほぼ2日前の10月3日頃よりパルス数が増加し、約5時間前の4日17時頃に急激に増加し、地震20分前にピークを示し、その後平常値へ戻っている。この電界変化は地震前兆である可能性が高い。実は次に述べる京大グループも同じ地震に対するVLFの観測にてほぼ同じ特性を観測している。

京大グループは空中でのポールアンテナによるLF（163kHz）での電界観測を行っている。地震の数日前においてLF帯の電磁パルスが前兆的に増加を示していることを述べている。

さらに、今回の神戸地震に対してもLF、VLF帯の異常電波が前兆的に発生していることが両グループにより報告されている。結論としてVLF/LF帯の電磁放射は、前節でのULF放射よりも周波数が高いのでずっと容易に発生すると考えられ、一旦大気中にいけば、電離層・大地導波管によりかなり長距離を伝搬するという特徴を持つ。又、地震前兆として地震の数時間前から1ヶ月程度前までに発生する。しかし、これらのVLF/LF帯の電磁放射に関しては、発生機構が十分には解明されていないとの問題点がある。可能性としては、

- (1)地震の前兆に、震源域での岩石の微小破壊などにより直接的に放射される（ULF放射のように）。
- (2)広い地域で応力が増大し、震央から離れた広い地域の地表付近でも微小破壊などが発生して電磁波を放射する。
- (3)上記(1)また(2)の仕組みで放出されたラドン等による電離や荷電粒子が空中に放出され、地震前に空電を誘発する。
- (4)落雷による地電流が岩盤の破壊を誘発して地震が発生する。
- (5)前線の通過などで空電が増えるとともに、集中的な降雨が活断層帯に増水をもたらし、水が地震を誘発する。

筆者は(2)又は(3)の機構が最も可能性が高いと考えている。VLF/LF電磁放射の発生機構に関する考察は今後不可欠である。もう一つの問題点は、前兆であることは疑いが無いとしても、その発生場所を同定できなければ地震予知には使えない。この点に関しては、電磁界多成分計測に基づく方法や時間差測定に基づく方法が提案されており、これらの方法の実用観測が強く望まれる。

最後に、最近の伊豆群発地震に伴うVLF/ELF波の異常について述べよう。名工大グループは伊豆での空中磁界測定に基づいて、伊豆群発地震の数ヶ月前より233Hzの電磁異常を見出している。

## 2.4 HF 電磁放射

次に、さらに高周波(HF)での前兆現象を示そう。つくばの機械技術研究所グループは地下60m及び6mに電極を設けた観測システムを作った。このシステムは地表近くでの雑音を避けるため、地表と鉛直二電極間の回路系に流れる電荷変動のうち高周波成分を計測するものである。1992年5月からの測定で、観測点より約数10km以内に発生した8件の $M_s > 4$ の地震に対して前兆異常信号(AES)を記録した。図4は例として、1992年8月27日13時09分の茨城県南西部地震( $M_s = 4.71$ )の前兆を示す。地震発生3、4日前に多少の変動が見られ、約18時間前に強い変動が現れている。彼らの結果をまとめると、(1)これらのAES異常は地震の前3~4日に発生し、1日前から急上昇を示す。(2)AESを伴う地震のマグニチュードは4以上で、観測点から感度がある震央までの距離は50km程度である。特に、項目(2)の事実は地震発生場所の同定には極めて意味のある事実であろう。このHF帯の電磁気変動の発生に関しては、地震の前馳段階に放電現象が生ずるのではないかとしている。岩石の破壊の際の放射性物質の放出による電離に伴う放電が考えられる。

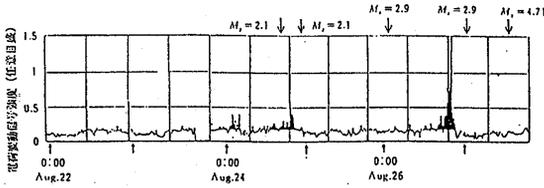


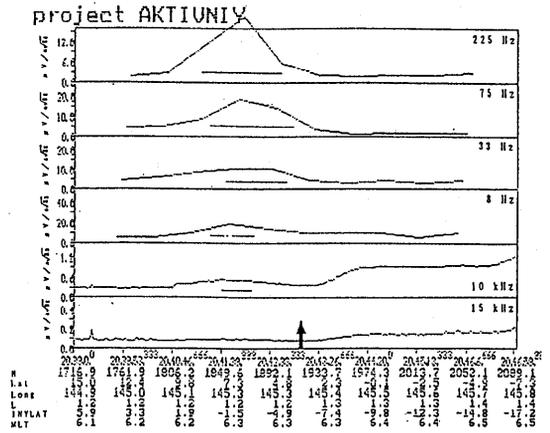
図4 茨城県南西部地震前兆の高周波変動信号を示す図。

### 3. 新しい観測方法

#### 3.1 ULF/ELF/MF 波の衛星観測

地震前兆の電磁放射が衛星でも受信されているという報告を1988年ロシアのグループがはじめて行って以来、仏国、米国グループなどがそれぞれの衛星波動データを用いて研究した。この分野の最近の我々の総合的論文の内容を紹介しよう。研究に用いた衛星は Intercosmos-24 衛星で、この衛星は1989年9月28日打ち上げられ、その近地点は約500km、遠地点は2500kmで、傾斜角は83°である。この衛星はもともとスペースのプラズマ波動の研究のためのものであり、観測周波数が8Hz~20kHzであるため、本研究にも使い得るものであった。先ず、衛星観測の特長はたとえ数カ月の期間でも極めて多くの地震を対象とする事が出来る点であろう。事実、1989年11月16日より12月31日までの約1.5ヶ月間の観測期間中に5.2<M<sub>s</sub><6.1の28ヶの地震を対象とする事が出来た。図5はその観測結果の1例で、日本領域でのある地震に関係する放射であり、ELF帯とVLF帯の両周波数帯において放射が発生している。

図の上の四つのプロットはELF帯の四つのフィルタバンク（上から225,75,33,8Hz）の出力であり、下の二つのプロットはVLF帯の10kHzと15kHzでのフィルタバンクの出力である。横軸は観測時間、即ち観測場所を示す。地震の2時間前に、矢印に示した震央の緯度より少々離れた所（図中で横棒で示した所）で電磁放射が受信されている。低緯度領域での地震関連電波の受信の妨害となるのは自然雑音（雷からの空電、ホイストラ、磁気圏放射）である。我々は受信器の検波回路、プラズマ波の諸特性に関する従来の研究成果を最大限に活用して、この分離を試みた。図6は観測された電磁放射の受信時刻と地震時刻との時間関係を示したもので、実線は放射の発生頻度（パーセンテージ）を示したものである（破線はイベント数を示す）。この図から、電磁放射は地震の前12~24時間にピークを示していることが理解されよう。この図は地震予知の可能性を示唆している。



仏国のグループは GEOS、AUREOL 衛星波動データを用いてVLF帯の前兆現象を報告、地震前兆電磁放射の存在を支持している。しかし、スタンフォード大学グループは米国衛星データの解析に基づいて少なくともVLFには同様の現象はなかったと報告している。今後、地球電磁気環境をモニターする衛星の実現が望まれるところである。

### 3.2 VLF 送信局電波の受信による方法

VLF送信局は航行用としてのオメガ局など多数が世界中に存在している。本方法の原理図を図7に示す。送信局から発信された電波は電離層と大地から成る導波管内を伝搬し、受信点で受信されるが、その振幅と位相とをモニターするのである。送信局と受信点とを結ぶ大円上において地震の影響として電離層が影響を受けていると、その効果が振幅、位相にて検出される。特に、位相観測は小さな変化に対しても極めて敏感である事がわかっている。Gufeldらはアルメニアのスピタック地震(2.2節のULF波の所において触れた)に対してはじめてこの異常を発見した。即ち、リベリアのオメガ局をモスクワとオムスク(ともにロシア)にて受信した際、その位相の日変化が地震の二週間前後より平常値よりも著しく大きな変動(特に夜間)を示し、地震後にはそのような異常は全く認められなかった。震央はリベリアのオメガ局と受信点とを結ぶ大円のすぐ近くに位置しており、これは長距離(伝搬距離は数千km以上)伝搬に対する結果である。

今回の神戸地震の際の結果(通信総合研究所との共同研究)は現在投稿中であるが、その結果を簡単に述べる。図8(a)は送信点(九州の対馬のオメガ局)と受信点の位置関係を示し、震央はほぼ大円上にあると考えられる。伝搬距離はほぼ1,000kmで、前述の長距離伝搬の結果とは著しく異なった全く新しい異常を示すことがわかった。図8(b)は銚子の犬吠観測所での10.3kHz電波の位相変化を示したものである。位相の日変化を日を追って描いたものである。

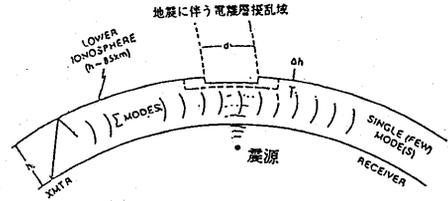


図7 地震前兆の電離層擾乱によるVLF導波管伝搬の異常を示す図。

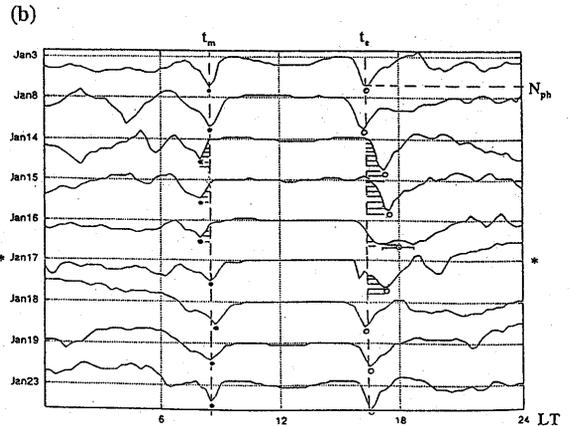
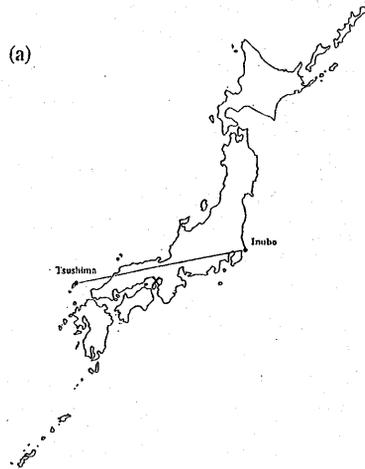


図8 送信局(対馬、オメガ局)と受信点犬吠との位置関係(a)。神戸地震の震央は大円より70km程度で、地震はほぼ大円上にて発生したとして良い。(b) 犬吠での位相変化の日変化を地震の前後にて連続的に示すもの。位相最小の時刻の点が黒印にて表示してあり、地震の数日前より等価的に日中の時間が長くなっている。

複数モードの干渉による位相最小となる日出、日没の時間の変化に注目しよう。地震の数日前より位相最小を示す日出の時間は早くなり、位相最小を示す日没の時間は遅くなるという顕著な変化を示している。即ち、等価的に日中が長くなっている。地震の2週間後の変化は地震前の1週間の変化と全く同じである。この間の地磁気活動はΣK 15という極めて静かな状況で、超高層からの粒子降下の可能性は極めて低いと言える。

本VLF送信波による方法では地震に伴う擾乱域はほぼ送信局一受信点を結ぶ大円の近くである事からいろいろな送信局一受信点のパスを考えてネットワークを組むことにより擾乱域を同定することも可能であろう。

近年、同様の擾乱が中波やFM電波においても観測されているが、これらはすべて同様の機構(地震の前に現れるラドン等の放出による大気導電率、電離層下部電離層の変化)によるものと考えられよう。

#### 4. まとめ

以上、地震前兆電磁気現象を記述してきたが、かかる電磁気現象が(1)前兆性および(2)遠隔性(伝搬性)の理由から短期地震予知の極めて有望なものと理解されよう。勿論、観測的にも理論的にも解明すべき興味深い問題が多く、多くの努力が望まれることは言うまでもない。更に、詳しい情報は上田、早川(パリティ, Vol.11, NO.1, 2, 1996)を参照されたし。

#### 参考文献

- (1) 上田、早川, 電磁気現象と地震予知(上), (下), パリティVol.11, No.1, No.2, 1996
- (2) Hayakawa et al., Results of ULF magnetic field measurements during the Guam earth quake of 8 August, 1993, Geophys. Res. Lett., 23, 241-244, 1996.
- (3) Molchanov and Hayakawa, Generation of ULF electromagnetic emissions by microfracturing, Geophys Res. Lett., 22, 3091-3094, 1995
- (4) Molchanov et al., Observation by the Intercosmos-24 satellite of ELF-VLF electromagnetic emissions associated with earth quakes, Ann. Geophysicae, 11, 431-440, 1993
- (5) Hayakawa et al., The precursor signature effect of the Kobe earth quake on VLF subionospheric signals, J. Comm. Res. Lab., 43, 169-180, 1996

# GLONASS の現状

日本無線株式会社 研究所  
北 條 晴 正

## Current Status of GLONASS

Harumasa HOJO  
Laboratory  
Japan Radio Co., Ltd.

### 1. はじめに

GLONASS は1993年のロシア大統領令でシステムの推進が明らかにされてから順調な衛星打ち上げがあり1995年12月14日軌道上に24個目の衛星が打ち上げられ運用段階に入った。冷戦時代に実験を開始してから約10年を要している。欧州はじめ民間の航空システム関係者からは GPS との共用使用により全地球的航法衛星システム (Global Navigation Satellite System: GNSS) としての完全性確保、性能向上および安定利用のために GLONASS に対する期待は大きく、利用面ではロシアと協力関係に入っている。昨年9月に米国のカンサスシティで開催された ION GPS-96では初めてロシアの GLONASS 関係者が出席し技術発表、討議が行われ、ロシアを含め世界各国からは10~20の GLONASS に関する技術論文が発表された。さらに、従来は多くの GLONASS 受信機は研究開発あるいは評価用途と思われる形状・構造であったが昨年度(1996年)は量産・実用形の受信機の発売が開始された。また、民間利用に対するロシアの GLONASS 情報提供機関とされる CSIC(Coordinational Information Center of Russian Space Forces) や米国 MIT リンカーン研究所などから種々の GLONASS 情報が Internet, BBS 等の形で提供されており、GLONASS の国際的利用の認識と利用環境が整いつつある。しかし1995年末の運用開始後、軌道への新たな衛星投入がない一方で3個の衛星の機能停止があり、本年3月時点では時間帯によっては GLONASS 単体による測位精度の劣化が見られるなどシステム運用・管理上の信頼性が多少懸念される。また GPS との共用に関しては測地系、時刻系の問題を明らかにする必要がある。本稿では GLONASS の運用現状とこれらの課題および受信状況について述べる。

### 2. GLONASS衛星の状況

GLONASS システムは GPS と同様 PPS(高精度システム), SPS(民生用標準精度システム)に相当する CHA (Channel of High Accuracy) と CSA (Channel of Standard Accuracy) の2レベルのサービスがある。以下では GPS で使用されている用語を使用する。また GLONASS システムの様については文書により多少異なっているが CSIC 情報による SPS の GLONASS と GPS の比較を表1に示す。ただし GPS については10年以内の SA 廃止およびシステム性能向上が予定されている。GLONASS 衛星は従来より1機のロケットで3個ずつ打ち上げられてきたが、GPS に比べ衛星寿命が短い。最近打ち上げられたタイプ IIc は寿命が3年とされる。改良型の運用衛星 GLONASS-M は2個ずつ打ち上げられ、5年の設計寿命とされる。以下にインターネット上データによる最近の衛星状況を示す。図1は最近の衛星の健康状態を示す。図2に最近の軌道上の GLONASS 衛星を示す。図3に GPS, GLONASS 衛星の可視状況をしめす。1995年12月14日3個の衛星が軌道上に打ち上げられ計25個の衛星が軌道にあった(1個は既衛星と同スロットのため24スロット上)がその後1997年3

表1 SPS測位精度

	GLONASS <sup>(1)</sup>	GPS <sup>(2)</sup>
水平方向精度	57-70 m (99.7%)	100 m (95%)
水平方向相対精度	-	1 m (95%)
垂直方向精度	70 m (99.7%)	156 m (95%)
垂直方向相対精度	-	1.5 m (95%)
速度ベクトル精度	15cm/s (99.7%)	-
タイミング精度	1マイクロ秒 (99.7%)	340 ns(95%)

(1) CSICホームページ1997.3/22より  
(2) FRP1994 TableA-10より

月までに衛星の打ち上げはなく、スロット番号1,5及び24の衛星は寿命が尽き送信停止している。そのため時間帯によってはGLONASS単独による測位精度は劣化することがあるが、図3に見られる如く共用測位によれば可視衛星数が増え、GPS単独

の場合に比べ精度、信頼性共に格段に向上することが予想される。

### 3. GLONASS開発の動向

冷戦の時代には米国の開発したナビゲーションシステムと同様なシステムを旧ソ連でも開発・維持することが常であった。しかしこれらのシステムを我々が安定的に利用するには情報が少なすぎたのも事実である。NNSSの旧ソ連版は我々の目に触れることなく終了したかにみえる。ロシアのロランC(チャイカ)は日本、韓国との協力チェーンを予定している。GLONASSに関しては陸・海・航空の分野で国内はもちろん国際的にも積極的な利用の方針をとっている。特にGLONASSの必要性が認められる航空用途での使用に関し積極的に国際民間航空機関(International Civil Aviation Organization:ICAO)に提言している。

#### (1) ロシアのGLONASS計画

1993年9月24日のロシア連邦大統領令と1995年3月7日発行のロシア連邦政府令 No. 237によりロシア空軍がGLONASSシステムの衛星軌道配置の展開を計画通りに実行すること、それらを全てコントロールし利用者のナビゲーション装置に関してもコーディネイトすること、及び今後のGLONASSプログラムの開発などを続けることになった。同令 No. 237によれば国防省(MOD)、ロシア宇宙局(RSA)、運輸省(MOT)は民生のGLONASSプログラムの開発を命令された。この中には航法装置の設計や生産およびディファレンシャル・サブシステムの開発については国際的な協力を続けることも含まれている。

これらの方針に基づき1996年第1四半期にロシア空軍は新シリーズ衛星(GLONASS-M)の飛行試験を行うこと、さらに新技術によりGLONASS, GPS, GLONASS-GPS信号を処理可能とする利用者航法装置・ディファレンシャル補正局・インテグリティ制御局などの3~4のテストサンプルを1996年から計画実施することとなっている。ディファレンシャル・サブシステムについてもWAD(Wide Area Differential), RAD(Regional Area Differential), LAD(Local Area Differential)の3レベルの階層で開発を進め、それらはUDS(United Differential System)に統合される。ロシア形WADはロシアの衛星複合インフラ(Russian space vehicles control complex)をベースに構築され、LADは国際的DGNSSと接続される計画である。

GLONASS HEALTH STATUS

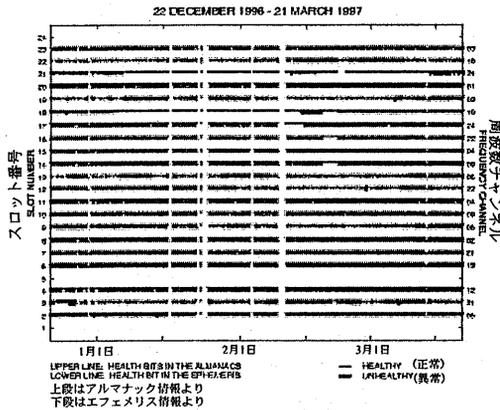


図1 最近のGLONASS衛星状態

GLONASS DEPLOYMENT

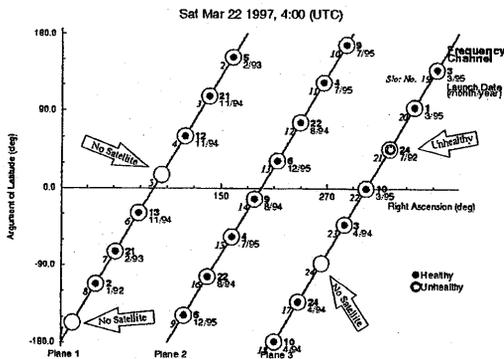


図2 軌道上のGLONASS衛星

SATELLITE VISIBILITY \*

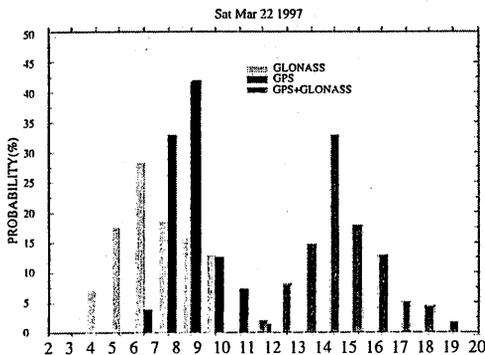


図3 可視衛星数

以上のシステム構築に際しては国際海事機構 (International Maritime Organization: IMO) や ICAO 活動や国際的 GNSS 標準や勧告に適合させ、利用者航法装置の開発や製造に関してもロシアと海外機関、企業との共同活動を促進することになっている。

#### (2) GLONASS 周波数計画

ICAO GNSSP (GNSS パネル) 2(14, Nov., 1995) で提出された GLONASS ICD (GLONASS Interface Control Document) によれば現時点の CSA の L1 周波数は3段階で計画されている。すなわち当初計画では各衛星の送信中心周波数は  $1602 + 0.5625n$  (MHz)  $n=0, 1, 2, \dots, 24$  で約 13MHz あったが、電波天文用 (1610.6-1613.8MHz) および移動体用衛星サービス周波数帯 (1610-1626.5MHz) との電波干渉をさけるため、衛星軌道上で地球に対称の点の衛星送信周波数を同じにするアンチポダール・モードにより使用周波数帯を半減するようシステム変更を実施している。現在アンチポダール・モードによりチャンネル15-20は使用していない。またチャンネル21-24周波数は同様に避ける予定である。ロシア発行の衛星信号規約書 (ICD) では以下のように記されている。

現在より1998年まで	1602.0-1608.8MHz(ch 1-12)
	1614.4-1615.5MHz(ch 22-24)
1998年-2005年	1602.0-1608.8MHz(ch 0-12)
2005年以降	1598.1-1605.4MHz(ch -7 to +6)

### 4. GLONASS利用に関する動き

#### (1) GLONASS の利用保証

ICAO の 将来の航法システムに関する特別委員会 (FANS 委員会) では、早くから GPS に GLONASS および通信衛星を使用してインテグリティ (完全性) を確保することが研究されてきた。さらに欧州では EC, EUROCONTROL, ESA (欧州宇宙機関) を中心に航空用途 GNSS で実験的段階 (short term)、補足手段の利用 (medium term): GNSS1、全世界的な民間共用システム (long term): GNSS2 の3段階の政策を示している。GNSS1 では INMARSAT III とともに GLONASS は重要な位置を占めている。1996年7月ロシアは、民間航空用途として GLONASS/CSA を少なくとも15年間利用者の直接的課金無しに利用できることを ICAO に対し正式に提案し受理された。

#### (2) 技術標準

GPS に比較し技術標準的な作業は遅れているが、

いずれ国際的には GPS を含んだ GNSS として整備されると思われる。すでに運用面では RTCA の MOPS (最低限の性能基準、ドキュメント番号 DO-208) に GNSS としての要件が記載されている。ただし RTCA DO-217による DGNSS 最低技術基準 (Minimum Aviation System Performance Standards, DGNSS Instrument Approach System, SCAT-1) には GLONASS 部分の記載はない。最近では GNSSP 作業部会 (GNSSP-WG-B/4-WP-17, Sep. 1996) で GPS と GLONASS 共用に関する SARPs (Standard and Recommended Practice; 国際標準及び勧告方式) の草案<sup>(7)</sup> が提出された。

機器構成および性能については Aeronautical Radio Inc. (ARINC) 社のドキュメント「Draft of Project Paper 743A Global Navigation Satellite Sensor」の中に GPS/GLONASS 共用受信機についての仕様が記載されている。

一方、DGPS の標準化に実績のある米国海上無線技術委員会 (Radio Technical Commission for Maritime Services: RTCM) の特別委員会104 (RTCM SC-104) は、船舶用に限らず航空・陸上用途の DGPS も考慮し検討している。1994年1月 DGPS 標準フォーマット 2.1版を発行したがその中ではディファレンシャル GLONASS (DGLONASS) の項を追加している。また近日中に発行予定の改訂版 (Ver2.2) でも DGLONASS の項の充実が行われていた。なおこれら DGLONASS 標準において、故意の精度劣化機能 (Selective Availability: SA) の無い GLONASS 用途のみ (DGLONASS) では 25bps で良いことが示されているが公共用途での運用は未だ開始されていない。表2にディファレンシャル GNSS (DGNS) のメッセージタイプを示す。今後発行が予定される RTCM SC-104第2.2版では基準局でローカル測地系を使用している場合に WGS や PZ-90 との差を示す項目 (タイプ4) と GLONASS と GPS の時刻オフセットを知ることが出来る項目 (タイプ37) が追加されている。

表 2 DGNSSのメッセージタイプ

Document 8/35-E, 31 January 1995  
ITU-R M.823勧告の草案より  
(海上用中波ビーコンでのDGNSS技術仕様)

(a)

GPSメッセージ タイプ番号	タイトル	GLONASSメッセージ タイプ番号
1	ディファレンシャルGNSS補正 (全衛星分)	31
3	基準局パラメータ	32
5	衛星の健康状態	33
6	Null フレーム	34(N=1orN=2)
7	無線ビーコンアルマナック	35
9	DGNSS補正箇のサブセット (タイプ1と31は 本タイプに代わると思われる)	34(N>1)
16	スペシャル・メッセージ	36

(b)

RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Service, Final Review Draft of V2.2 ,March 1,1996

GPSメッセージ タイプ番号	タイトル	GLONASSメッセージ タイプ番号
4	基準局測地系	4
37	GLONASS/GPS Time Offset	37

## 5. 技術課題

### 5.1 GLONASSとGPS測地系

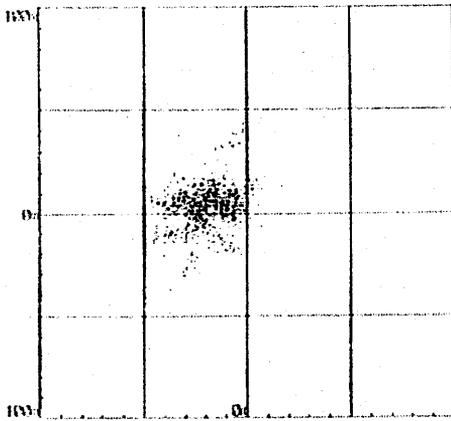
GPS の採用している測地系は WGS-84であり、GLONASS のそれは従来は SGS-85であったが、現在は PZ-90(PE-90)とされる。SGS-85と PZ-90との相違はわずかで問題にならないとされているが、WGS-84と PZ-90との相違は無視できない。GPS と GLONASS を共用する場合、これらの測地系の相違が測位誤差につながるため、かねてより問題とされており、両者の測位位置の比較観測<sup>(1) (2)</sup>や、測地系変換式の提案<sup>(3) (4) (5) (6)</sup>等がなされてきた。過去に提案された変換式は、いずれもわずかに相違しており、式を導く元となったデータを収集した場所の違いを反映していると推定される。

日本における測地系による誤差を検証するため、東京 三鷹において日本無線(株)の GPS/GLONASS 共用試作受信機により GLONASS の測位評価を行った(図4)。GLONASS の PZ-90による平均位置は、WS-84で測量した位置(図の中心)より約20m 西にずれている(図4(a))。また、PZ-90から WGS-84への測地系変換を行った平均位置は、測量位置に近付いているがまだ充分とは言えない(図4(b))。これは適用した変換式やデータが妥当であるか今後十分な検討が必要である。少なくとも

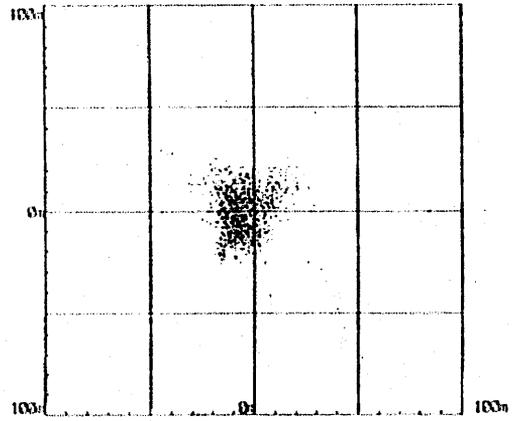
式(Z軸0.4"回転, Y軸2.5mシフト変換)<sup>(6)</sup>が完全なものではなく日本では誤差が大きいためであると推定される。今後 GLONASS 対応受信機が普及するに従い、世界的な観測が可能になり PZ-90と WGS-84の変換精度が向上すると思われる。

### 5.2 時刻系

GLONASS 衛星は、1日に2回の地上からの時刻補正により GLONASS システム時刻 (GLONASS T) に対し15ナノ秒(1σ)で時刻同期されている。GLONASST はロシア標準時刻 UTC(CIS) に対し1マイクロ秒より高精度で制御され1ミリ秒以内で同期しているといわれる。国際原子標準時刻 (TAI) は連続的なものであるが、地球の太陽に対する回転の相対時刻遅れを補正するために TAI に対し閏秒を用いた実用的な世界標準時刻 (UTC) が各国で用いられている。GLONASST は UTC(CIS) と同じように閏秒を用いている。従って GLONASST と GPS システム時刻はこの閏秒、UTC の差すなわち UTC(CIS) と UTC(NO) およびそれぞれの UTC とシステム時刻との差が含まれる。このうち閏秒は航法メッセージにより知ることが出来る。また GPS 衛星間の同期も数ナノ秒程度に保たれるので未知数は UTC 間の時刻差が殆どである。この値



(a) GLONASS/PZ-90による測位結果



(b) GLONASS/WGS 84変換後の測位結果

図4 PZ-90/WGS-84による測位例

も時々刻々の変化は少ないので有る期間(数分程度)の観測により知ることが出来る。最近の受信機でGPS/GLONASS 共用測位する場合は、外部からこれらの時刻差を入力するかこれを未知数と置いて測位解を求めるかの2つのモードが用意されている。参考のためにCGSIC28回会合(Civil GPS Service Interface Committee)<sup>(8)</sup>で発表されたGPS/GLONASSシステム時刻差を図5に示す。現在1秒単位以下の差は約30マイクロ秒程度である。

今後はGNSSの完全性、有効性、信頼性を確保して行くためにもこれらシステム間の差を明らかに

する必要があると思われる。

## 6. 受信システムの開発状況

早くから受信システムの研究開発や評価を行っているロシア、ロシア以外の国で早くから積極的に受信装置の開発と情報の提供をしている英国のLeeds大学、米国のMITリンカーン研究所、3S Navigation社、NAVSTAR社および米国ロッキウエル社やハネウエル社などのアビオニクス各社、独国のAvionic Center BraunschweigおよびInstitute of Flight Guidance and Control, TU Braunschweig、Kayser-Threde社およびAerodata社等、多くの機関、企業で受信システムの研究・開発がなされている。これらの中で最近注目すべきことは小形で実用レベルにある受信システム/モジュールの発表が相次いでいることであろう。以下に最近発売されたもので入手可能な代表的SPS用受信機例を紹介する。

### 6.1 最近の代表的受信装置

#### (1) 米国Ashtech社製24チャンネル受信機

Ashtech社は1996年5月、欧州での学会DSNS'96(Differential Satellite Navigation System 1996)においてGPS12チャンネル+GLONASS12チャンネルの共用受信機GG24を発表し販売している。これはOEM対応に開発された1枚基板の小形GNSS受信モジュールで-30℃~+70℃までの広温

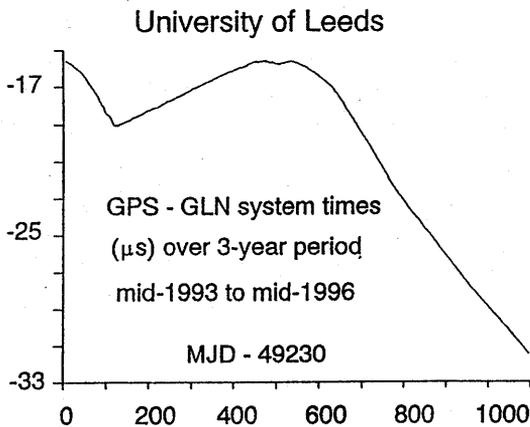


図5 GPS-GLONASSシステム時刻差の偏移

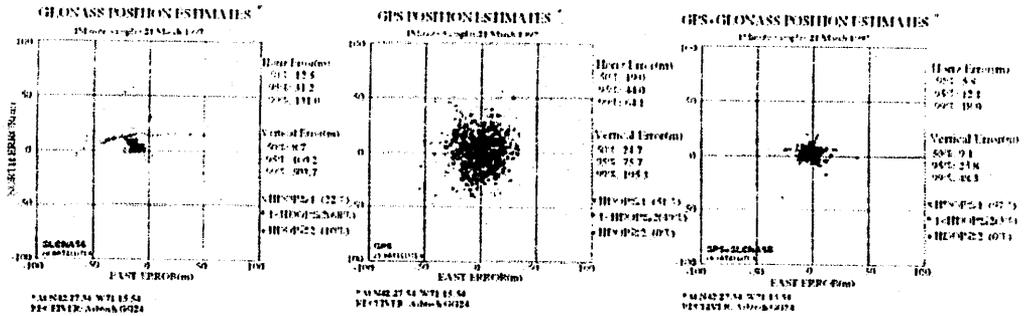


図6 GLONASS/GPS測位データ例

MITリンカーン研究所のGLONASSグループによるデータ例より

図 6 GLONASS/GPS測位データ例

度範囲や20Gまでの加速度下での追尾が可能など実用上十分な性能、信頼性を謳っている。またD GLONASSにも対応しており基準局、移動局の2タイプが発表されている。このGG24形受信機はAshtech社の在モスクワ技術開発チームのロシア人技術者の参加により開発されたものであり、米国での生産とされる。Ashtech社は民間航空分野にこの共用受信機を適用するが、さらに測量、海上や陸上の航法への適用を計画している。85名の科学者や補助スタッフからなるモスクワ開発グループは1992年からのAshtech社の開発推進に貢献したともいわれている。

(2) 独国 DASA(Daimler-Benz Aerospace) 製18チャンネル受信機

DASA Navigation and Flight Guidance Systemsは18チャンネルのGPS/GLONASS OEMモジュールをロシアのRIRT(Russian Institute of Radionavigation and Time)と共同で開発した。この受信モジュールはRockwell Collins Avionicsと共同(Joint Venture)で機上/地上用として航法/着陸用受信装置として開発中のことである。

(3) 米国 3S Navigation社

以上のロシアとの共同開発受信機に対し、早くからGLONASS関連受信機を研究開発している同社はGPS/GLONASS, L1, 合計12チャンネルの共用受信機GNSS-300形の発売を開始した。3S社の従来の受信機が主に試験研究用として利用しやすいように据え置き形(パソコン利用測位処理)でGLONASSはL1/L2対応形で高価格であったのに対し、この受信機は移動体にて実用しやすいL1専用の小

型軽量の一体形でありナビゲーション用途に使用できる。本装置もDGLONASS対応でソフトウェアの追加変更で基準局としても利用できる。

6.2 受信測位例

現在は定常的に(24時間)のGLONASS測位が可能であるが、東京で観測した結果によると時々2つの衛星が方位角、仰角ともに近い位置に現れることや衛星が3~4個足りないために短時間ではあるが測位精度の悪化がみられる。図6に米国MITリンカーン研究所GLONASSグループによるホームページで得られた測位データを示す。

図7に東京三鷹においてAshtech社製共用受信機GG24を使用してディファレンシャルモードを含めて測位した例を示す。同図(c)と(d)を比較すると、ディファレンシャルモードにおいてもGPSとGLONASS両方を用いると測位精度が改善されることがわかる。また、ディファレンシャル測位を行うと、バラつきが改善されるだけでなく、原理的にGPSとGLONASSの測地系の違いによる誤差もなくなる。同図(a),(b)に比べ(c),(d)は真位置(図の中心)にきわめて近い測位結果が得られていることがわかる。

7. おわりに

GLONASSは米国のGPSに対抗するものとして1980年代より旧ソ連により開発がスタートした。当時と政治及び経済情勢が一変した1995年末、システムはほぼ完成し運用段階に達した。現在のロシアの政治・経済状況から今後の安定な運用を疑問視する向きもあるのは事実であり、各国の受信システム

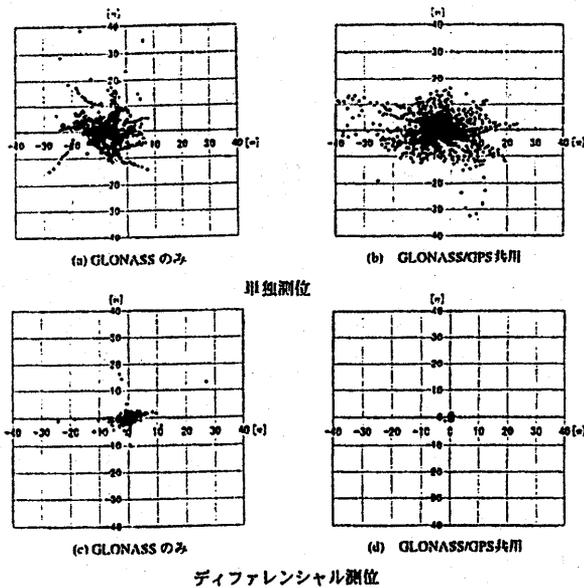


図7 単独測位とディファレンシャル測位例

の開発も慎重に進められたようである。しかし米国  
 一国の軍事用に開発・管理されるGPSに対して  
 他の同様な手段を持つことの重要性の認識は欧州を  
 中心に強いのも現実である。現在は主にICAOを  
 中心とする航空用の分野でその有効性が議論されて  
 いるが、船舶用途およびGPSの受信衛星数が不  
 足している陸上用途の一部でも有効である。GPS  
 においては最大の誤差要因であるSAの廃止計画  
 が明らかな現在、GPSに対してのGLONASSの  
 システムあるいは性能上の格別の優位性は見あた  
 らない。むしろGPSとGLONASSの共用利用による  
 利点が重要である。本稿は主にこの点に関して現  
 状報告したが、これからがGLONASSの実用性  
 について本格的に評価・検討される時と考えられる。  
 この意味で今後も受信システムの技術的基準の整備、  
 補強システム・インフラの整備およびGPSと共  
 用する場合の課題が更に検討され解決されねばなら  
 ないと考えられる。そのために本稿が少しでも役立  
 てば幸いとするとところである。

#### 参考文献

(1) P. Misra, et al., "GLONASS Data Analysis: Interim Results", NAVIGATION, Vol. 39, No. 1, pp. 93-109, Spring 1992  
 (2) 新井直樹他, "GLONASSによる測位とWGS84座標系との比較", 電子情報通信学会通信ソサイエ

ティ大会, 1996年9月18~21日, 金沢  
 (3) P. Misra, R. Abbot, "SGS85 - WGS84 Transformation", manuscripta geodaetica, Vol. 19, pp. 300-308, 1994  
 (4) U. Rossbach, University FAF Munich, Germany, et al., "Transformation Parameters Between PZ-90 and WGS84", ION GPS-96, Sep. 17-20, 1996, Kansas City, Missouri  
 (5) P. Misra, et al., "Integrated use of GPS and GLONASS": Transformation between WGS84 and PZ-90, ION GPS-96, Sep. 17-20, 1996, Kansas City, Missouri  
 (6) G. Soloviev, V. Korobkin and Yu Ivenko, "Estimation of the WGS-84 and PZ-90 Coordinate System Transportation Parameters", Presented by V. Kuranov at GNSSP/WG-B/WP-16, Sep. 16-27, 1996, Atlantic City, New Jersey  
 (7) V. Kuranov, "Draft SARPs on the GLONASS and combined use of GPS and GLONASS", GNSSP/WG-B/WP-17, Sep. 16-27, 1996, Atlantic City, New Jersey  
 (8) P. Daly, CAA ISN, University of Leeds, "GLONASS status", Civil GPS service interface committee 28th meeting summary report, Sep. 16-17, 1996, Kansas City, Missouri

# 第8回国際VTSシンポジウムについて

日本航路標識協会

山越芳郎

## 8th International Symposium on Vessel Traffic Service

Yoshio YAMAKOSHI

Japan Association for Aids to Navigation

### 1. まえがき

カナダのバンクーバー市に於いて、平成4年6月に開催された第7回国際船舶交通業務(Vessel Traffic Service:VTS)シンポジウムから、概ね4年が経過し、平成8年5月15日から19日まで、オランダのロッテルダム市に於いて、第8回国際VTSシンポジウムが開催された。

この第8回国際VTSシンポジウムは、VTSに関する国際委員会の管理の下で、ロッテルダム市の港湾管理局が計画・主催し、その運営は、運営委員会、論文委員会及びシンポジウム事務局が実施した。また、オランダ運輸省海運・海事局、オランダ・パイロット協会などが、このシンポジウムを支援した。

国際委員会は、委員長のロッテルダム市港湾管理局の海運部長、P. Struijs氏、及び国際海事機関(IMO)の事務局長、国際航路標識協会(IALA)の事務局長など7名の委員で構成され、運営委員会は、国際委員会の委員長がこの委員会の委員長を兼務し、委員長と4名の委員で構成され、また、論文委員会は、委員長のロッテルダム市港湾管理局の海運部副部長の、J.C. Lems氏と7名の委員とで構成された。

応募した論文概要が論文委員会で検討され、発表する論文が選定された。なお、セッションのテーマは、最終的には、「学ぶべき教訓」、「国際的な発展」、「訓練及びシミュレーション」並びに「研究及び開発」の4項目となり、それぞれのテーマに対応したそれぞれ数項目の論文の発表及び質疑応答が行なわれた。

シンポジウムの開催期間中に、VTS関連機器等の展示会、ロッテルダム港のVTSの見学会及びロッテルダム市長主催のレセプションなどの関連行事があった。

### 2. 論文及び展示の募集等

このシンポジウムのテーマは、国際委員会により「管理用の道具としてのVTS」に決定された。また、このVTSシンポジウムのプログラムの案として、次の5つのセッションのテーマが選定され、これらのセッションに於いて発表を希望する論文の募集が行なわれた。

#### 1) 学ぶべき教訓、法律体系

VTSの改善を可能とする為に、過去の事から学ぶ事が必要である。

#### 2) 国際的な発展

VTSの役割が変化し、環境の状態に関する知識が拡大し、VTS当局及び国際的な団体に対して、環境保護の為にVTSが果たし得る役割についての考察が求められている。

#### 3) VTSの評価

VTSの有効性及びその改善について、技術面及び組織面も併せて、考察する事が必要となっている。勿論、VTSの能力についても論議されるであろう。また、その能力を改善する為の機器及び手続きについても考察する必要がある。

#### 4) 訓練及びシミュレーション

この分野は、どのVTSの運用に於いて

も必要不可欠な要素である。訓練は、実際の仕事の場で行なわれると共に、VTSに関して実際に経験した事及び予想される状況に関連する特別の設備を使用して行われている。

#### 5) 研究及び開発

研究及び開発を行う事なしにVTSを進展させる事は出来ない。政策的な事項、運用に関する事項、各種の計画及び技術に関する事項のそれぞれの研究及び開発についての論文が期待されている。

応募した論文概要が論文委員会で検討され、発表する論文が選定された。なお、セッションのテーマは、最終的には、「学ぶべき教訓」、「国際的な発展」、「訓練及びシミュレーション」並びに「研究及び開発」の4項目となった。

標準的な発表時間は20分間に制限され、発表に続く10分間が聴衆からの質問と応答の時間に当てられた。シンポジウムの主会議室のロビーに35ブース分の展示の為のスペースが準備された。展示会の期間は、シンポジウムが開催される5日間であり、各ブースの広さは10平方メートルであって、1ブース当たりの費用は6,500ギルダー(約422,500円)であった。

このシンポジウムの事務局から、平成6年2月にハワイで開催された第13回の国際航路標識協会の会議に参加した者等に対して、このシンポジウムへの参加者の募集が行われた。

シンポジウムへの参加の登録費用は、1,520ギルダー(17.5%の税金が別途必要)であった。但し、開催の2ヶ月前の2月15日までに事務局宛に申込用紙及び登録料を送付した者、又はクレジット・カードによる登録料の支払いの保証を行った参加申込者に対しての特別の登録費用は、1,360ギルダー(17.5%の税金が別途必要)であった。

### 3. 論文の発表等

#### 3.1 開会セッション

この開会のセッションに於いては、このシンポジウムの議長の歓迎の挨拶、ロッテルダム市長の開会の挨拶、並びにオランダ運輸省海運・海事局長及び国際航路標識協会、副会長の

基調講演があった。

#### 3.1.1 歓迎の挨拶

始めに、このシンポジウムの主催者を代表し、国際委員会の委員長であり、ロッテルダム市港湾管理局の海運部長である、Mr. P. StruijsがロッテルダムのVTSの現状と今後の近代化等について述べると共に、歓迎の挨拶を行った。

#### 3.1.2 開会の挨拶

ロッテルダム市長、Dr. A. Peperが、ロッテルダムにおける港と市の経済的なつながり、港におけるVTSの重要性等、市の紹介等を含んだ開会の挨拶を行った。

#### 3.1.3 第1の基調講演

国際航路標識協会の前会長であり、現在、オランダ運輸省の海運・海事局長である J. van Tiel 博士が、「海上における獵場の番人としてのVTS」のテーマにより、第1の基調講演を行い、その中で次の様な指摘等を行った。

海上交通の大きな事故が、海運産業における安全対策の発展に強い影響を及ぼしている。規則は、しばしば大きな政治的圧力の下で作成される為に、災害の原因の排除の事よりもその現象に焦点が合わされ、国際的な協議が長期化し、結論が遅くなり、安全対策が構造的な改良に帰着する事となる傾向にある。

海上の輸送は、通常、保険によってカバーされる貨物輸送が主体であり、乗客に関係する事が少ない。国際海運に於いて、輸送の低廉化を図る為に、運航経費の削減と共に安全に関して部分的な削減が行われているのが実状である。自己規制を形成し、この様な国際的な傾向に反対するメカニズムは、まだ発展していない。

それでも、重要な挑戦がある。それは、国際的な安全基準を望ましいレベルにする為の「市場のメカニズム」の利用である。

国際航海を行う船舶の中には、国際的な安全確保の為の基準に合致していない船舶がある。もし、交通管理システムの設計の起点として、最も不十分な設備を搭載した船舶を受け入れるならば、国際条約に基づいた安全基準等に合致した船舶を対象とする場合に比較して、高い経

費を必要とする事になるであろう。

V T Sが、他の航行援助設備よりも大幅に、危険性を減少させる為に十分な可能性を有する事が証明されており、更に、適切に利用すれば、勿論、経済的な利点を提供出来る事も証明されている。

適切な設備を搭載し、優れた乗組員を乗船させた船舶に、なるべく多くの利点を提供する更に発展したV T Sに関する挑戦が行われている。その利点は、サービスの質及び効率に関して、状況及び義務に対応した柔軟な取り扱い及び公正な経費の請求を可能とする事である。責任の意識に訴える事は、適切な仕事を行い、その責任を取る人達に経済的なメリットを提供する。この目的の為に注意深く取り組む事が重要である。

V T Sに「猟場の番人」としての役割を割り当てる事が出来れば、我々は、船舶交通管理システムについて、完全に新しい最適な条件の為に働く事を可能にするであろう。

この新しい最適な条件が経済的に大きな利点を提供するであろう。私は、交通管理の柔軟で、区分された適用によって海上の安全の改善に適切な貢献が可能であると確信している。

### 3.1.4 第2の基調講演

国際航路標識協会 ( I A L A ) の副会長である、Dr. Ing. U. Kinge が第2の基調講演を行った。その概要は、次のとおりであった。

ロッテルダム港は、海上の世界に於いて、V T Sの重要性が継続的に成長している事の象徴であり、このイベントの為に適切な場所である。様々なV T Sに関する事柄を含んでいるこの範囲の広いプログラムは、非常に興味深いものである。

I A L Aは、ロッテルダム市港湾管理局が、V T Sの提供者及び利用者の為に、この会合を主催された事に対して、感謝している。

この会場には、多数の国の代表の方々、I A L Aの会員及び工業会員の方々が列席されている事から、I A L Aが何であるかを説明する必要は無いであろう。また、後のセッション2に於いて、I A L A事務局長がV T Sに関するI A L Aの役割について説明する。

我々は、第1回から第8回の国際V T Sシン

ポジウムまでの長い道程をたどってきた。そして、V T Sはその間に相当に成長した。我々の多くは、全体的なV T Sの概念に関して、船員の立場に於いて特に興味深いV T Sの事柄が討議された4年前のバンクーバーにおける興味深い発表を記憶しているであろう。その後、ハワイで開催された、I A L Aの第13回国際会議の間に、V T Sの技術及び運用の進歩について再び討議された。そして、このシンポジウムの後の、実際のV T Sの状況が取り扱われる次の機会は、1998年に、ハンブルグで開催されるI A L Aの第14回国際会議になるであろう。I A L Aの会員、協力関係にある公的な団体、その他の方々の参加が期待されている。

V T Sの必要性についてはもはや疑う余地がない事であり、V T Sがその能力を証明している事は、実際の事である。その利益は、環境の保護に関する大きな貢献で代表される、衝突及び乗りあげの防止についてのサービスから得られる。また、その利益は、港湾の管理により提供される航海時間及び待機時間の短縮、船舶データの用意及び船舶の取り扱い業務との協力による交通の組織的サービスにより得られる。

特に、パイロットの乗船の様な、追加的なものを必要としない、完全な航行援助サービスが提供される場合には、港湾への接近或は経路の為に全体的な経費を減少させる事となり、実質的な節約が実現出来る。

V T Sに従事する仕事は、勿論運用者が、その個々の意図を正確に知り得ない多くの目標を、スクリーン上で把握し、航行の支援を行う事である。そのサービスの世界的な標準化及び調和が求められており、V T Sに関する協力方法を開発する事が必要である。

この事を心に留め、V T Sを航路標識と理解して、I A L Aは、非常に初期の段階から、V T Sの当局、提供者、利用者及び製造者が、共にもたらした経験及びノウハウと同様に、その手段及び設備を提供してきた。それゆえに、私は、まだI A L Aの旗の下で航海していない方々で、国際的に認められたV T Sの標準化の為に進めている勧告の作成に貢献する事を望む方々に、I A L Aへの参加を奨励する。

V T Sについては、色々な面の全てが重要であり、急速に発展する事から、実際の話題及び特別な話題の為に、2年毎に、I A L A会議及

びシンポジウム、又は作業部会の場における組織的な体制の中で会合する事が適当である。

私は、このシンポジウムが、VTSの一層の向上とより多くの利用による利益の為に、興味深い発表と興奮する様な討論を通して、安全に航海する事を望んでいる。

### 3.2 セッション1

このセッション1のテーマは、「学ぶべき教訓」であり、その議長を国際航路標識協会(IALA)の事務局長である、Mr. T. Kruuseが務め、次の基調講演及び論文の発表があった。

「組織された情報システム」(基調講演)

- Tilburg 最新学研究所、教授  
(Prof. G. C. Nielen)

「VTSトランスポンダ・システム(運用の見通し)」

- シンガポール、海運・港湾局、港務部  
(Mr. Chang Keng Nee)

「米国における港及びターミナルの安全の発端」

- Intertanko, 海運・環境部長  
(Capt. R. M. Bishop)

「活気のある港における交通管理」

- ロッテルダム市港湾管理局、海運部副部長  
(Capt. J. C. Lems)

「交通の状況に対する反応」

- ドイツ、運輸省(Mr. W. Hinsch)

#### 3.2.1 基調講演

Tilburg 最新学研究所の G. C. Nielen 教授は、テーマである「学ぶべき教訓」に関する基調講演の中で、概ね次の指摘等を行った。

我々は、過去数年間の経験から、全体としては、大きな情報システムを設計すべきではなく、また、そのシステムは複合化したものとすべきではない、との結論に到達した。もし、我々が大きなシステムを希望する場合には、複合化する事による不利益な事がハンディキャップとな

り、勿論、障害にもなる。それは、指数的な経費の増大、品質の劣化、分散管理への対応不適切及びオープン化に対する対応不適切についてである。

試算では、コンピュータ化情報システムのサイズを2倍にした時に、困難性は5倍に増大する。情報システムを拡大した時に増大する困難性の指数は、2から3の間にある。早急に情報を必要とする時もあるれば、そうでない時もあり、調和を要求する時もあるれば、論争がある時もある。非常に正確であるデータを必要とする時もそうでない時もある。一つのシステムの場合には、これらの全ての要求に対応する為に、非常にハードルが高いスタート・ラインに立つ必要が生じる。

情報システムには、しばしば新しいニーズに対応させる必要が生じる。複合化システムの場合には、このニーズに対応する為にソフトウェアの修繕を行う事になるが、このソフトウェアの修繕により常にそのシステムが増大する。大きなシステムの場合には、その維持経費は指数曲線状に増加する。

この問題を解決する為に我々は、新しい要求を機能の更新により達成し、古い機能への追加によるべきではない。システムを小さくし、他の機能が必要となった時には、その機能を有する新しいシステムを作成すべきである。

情報システムの利用に関して、技術的な基盤、システムの柔軟性、経済性、開放性等の管理が最も重要である。

#### 3.2.2 VTSトランスポンダ・システム、一運用の見通し

シンガポール海運・港湾局、港長の Mr. Chang Keng Nee がトランスポンダ・システムに関して、概ね次のとおり述べた。

シンガポール港には、年間約10万隻の船舶が入港し、概3分毎に船舶が入港し、そして出港している。港には、通常300隻が存在し、時には800隻になる場合がある。

船舶とVTSセンターとの通信には、VHFの無線回線を使用している。その通信の目的は、船舶の港への到着及び港内の移動のVTSセンターへの報告、及びレーダ映像上における船舶の識別の為である。

シンガポール港に於いては、入・出港船舶数

が非常に多い事から、その通信が非常に輻輳しており、改善が必要となっている。

多くのVHFチャンネルの使用及び多くの運用者によるデータ入力の実施は、混乱や誤りを生じ、また経費を増大させる。

改善策は、船舶の移動を追尾できるトランスポンダを利用する事である。これにより、同時に、船舶の報告事項を船舶側から直接VTSセンターのコンピュータに入力する事も可能となるであろう。

IMOに於いて、VTSに使用する為のDSC技術を活用したVHFトランスポンダ・システムに関する作業が行われているが、性能基準、運用要件、その他について、更に検討及び開発が必要となっている。

システムでは、レーダ映像とトランスポンダ映像とを整合させる方法として、

- イ) 識別され、追尾されている処理レーダ映像とトランスポンダ映像との整合、
- ロ) 識別されていない処理レーダ映像とトランスポンダ映像との整合、
- ハ) 追尾されていない、生のレーダ映像とトランスポンダ映像との整合、

の3方式を必要としている。

このトランスポンダ・システムによる追尾を有するレーダ・システムによる追尾（映像の整合）についての要求は、ユーザによって異なるかも知れない。この異なった要求に対する実際の解決策の開発に関する挑戦が工業界に求められている。

また、VTS当局の責務は、海上交通の管理の為のトランスポンダ・システムの導入を企画する事に関して、船舶用トランスポンダ・システムの国際的な基準の受け入れを推進させる為の努力を惜しまない事である。

### 3.2.3 活気のある港における交通管理

ロッテルダム市港湾管理局海運部副部長のCapt. J. C. Lems は「活気のある港における交通管理」のテーマで発表を行い、その中で、VTSの運用者等に関して、概ね次のとおり述べた。

ロッテルダム港のVTSに於いては、港域が約90Kmあり、港への進入海域を含むレーダによる港の監視区域が12の海域に分割されている。このVTSの運用要員は、110名であ

る。

VTSの運用者には、ストレスがある時でも、混雑した交通の状況の時であっても、集中力を保持し、誠実であって、冷静に考え、そして明瞭な通信を行う為の能力が要求されている。

ロッテルダムVTSの運用者は、その地域に適合した地域毎の海上交通に関するトレーニングに引き続いて、国立海上交通教育機構の集中的な基礎トレーニング・コースの教育を受ける。また、3年毎に再教育のコースがある。

ロッテルダムVTS当局は、これらの教育で十分であるとは考えていない。この為、最近「VTS通信管理委員会」を設立した。VTSの運用者が常に最適な状態である事はなく、また完全に均一であるとは限らない事が実際に確認されている。この状態を改善し、改善した状態を維持する事が望ましい。

VTS通信管理委員会の設立に併せて、結果としてVTSの運用者が更に専門家として向上する様に、通信の品質を監視するシステムを導入した。

VTS通信管理委員会のメンバー；

- a) 港長が指名した者； 目的の為に十分な能力を有する者
- b) VTS職員によって指名された聴取チームの構成員

VTS通信管理委員会の目的；

- a) 聴取
- b) 通信手順の改善
- c) 固定した通達の作成
- d) 教育に関する事

聴取チームの活動；

- a) VTSで行われている無線通信の定期的、非周知による聴取
- b) 必要な場合の通信及びレーダ映像の記録
- c) 必要な場合の実施されている通信の解析、討議及び記録
- d) 通達及び実際の通信例に関するVTS運用者との打ち合わせの実施
- e) 一般的な通信手順の改善の為に港長に対する提案の作成

### 3.3 セッション2

セッション2のテーマは「国際的な発展」であり、その議長をカナダ、コーストガードの海上通信・海上交通業務課長である、Mr. L. Barkerが務め、次の基調講演及び論文の発表があった。

「VTS：成熟の12年間」（基調講演）

- オランダ、海運・海事総局、交通管理課長 (Mr. K. Polderman)

「IALAの役割」

- IALA事務局長 (Mr. T. Kruuse)

「地域的な船舶交通管理」

- Hughes STX Corporation, (Capt. J. E. McCarty)

「船舶交通管理情報システム (VTMIS) の概念に関する最近の考察」

- フランス航海学会、技術委員会、委員長 (Mr. J. Prunieras)

「環境の視点での義務的な航路の航行及び義務的な通報」

- 英国航海学会、航海ジャーナル編集主幹 (Prof. J. F. Kemp), Lloyds Ship Manager, 副編集主幹 (Mrs. A. de Bievre)

#### 3.3.1 IALAの役割

国際航路標識協会の事務局長である、Mr. T. Kruuseは、「IALAの役割」と題する講演の中で、概略次のとおり述べた。

IALAは、VTSに関する次の事項について、IALA勧告案を作成する為の検討を進めている。

- イ) VTSの為の操作上の手続き、
- ロ) IALA会員に対する、VTSの為の色々な資金調達方法に関する情報
- ハ) VTS情報の交換の為のガイドライン、関連情報の報告、VTSによるデータ及びVTSのクラス分けの準備、並びに
- ニ) VTSのディスプレイ及び電子海図に

使用するシンボルの適合性

加えて、技術の進歩に伴い、IALAのVTSマニュアルの開発、運用の実施及び手続きに関する事項を最新のものとする為に再検討を行っており、また、VTSの運用者の募集、資格及び教育に関する更に詳細なガイドラインの作成の為の検討を進めている。

VTSの分野におけるIALAの役割は、第一に、船舶の船長及び航海士が、各港湾によって異なる状況に起因する混乱を生じさせる事なくVTSを利用できる様にすると共に、出来る限り効果的で、効率的で、かつ、経済的なVTSの運用を確保する為に、共通の定義、基準、実施及び手続きを確立する為の努力をする事であり、第二には、船舶が一つの刊行物により世界中の全てのVTSに関する情報を入手出来る様にする事である。

#### 3.3.2 環境の視点での義務的な航路の航行及び義務的な通報

ロイド船舶管理の副編集主幹である、Mrs. A. de Bievre、及び英国航海学会の Prof. J. F. Kempは、「環境の視点での義務的な航路の航行及び義務的な通報」のテーマで講演し、その中で、概ね次のとおり述べた。

IMOに於いて、多くの代表団は、レポーティング・システムに関する情報の伝達を最小限に限定する事に関係してきた。伝達する情報を船舶名、呼び出し名称、位置、進路及び速度に限定する事が合意された。

しかし、その他の代表団は、環境の保護の為の情報、即ち、始めの報告に含まれていない場合には事故に対する対応が困難となる他の情報の追加が必要であると指摘した。そして、始めの報告に補充の情報を追加する事が合意された。この補充の情報としては、例えば、通過船舶の意図的な運動、船舶に影響を与える操船上の欠陥及び積載している危険物の一般的な種類である。

商業上の気を配る必要のある情報の機密の保持の重要性を、多くの代表団が強調した。情報の伝達手段として、言葉による無線通信以外の方法に関する検討の必要性が合意された。この様な方法は、船舶側の通報の為の負担を減少させ、また、言葉の問題も減少させる事が可能と

なる。

VHFによる通報システムは、比較的経済的であるが、その利用海域は地域的に限られる。通報システムの広域的な導入が可能となる船舶搭載用トランスポンダに対する要求事項の開発が期待されている。この様な要求事項及び船舶自動識別システム(AIS)の性能基準は、IMOで開発されているものである。AISシステムの性能基準案が、VHFのデジタル・セレクトティブ・コーリング(DSC)の技術を利用して開発された。VHF及びインマルサット-Cを使用した時分割の多重アクセス・システムを利用しているスウェーデン及びフィンランドの提案は、要求を満足しており、検討が進められている。

### 3.4 セッション3の第1部

このセッション3の第1部のテーマは「訓練」であり、その議長をカナダ、コーストガードの海上通信及び海上交通業務課長である、Mr. L. Barker が務め、次の基調講演及び論文の発表があった。

#### 「訓練」に関する基調講演

- Plymouth 大学、海事学研究所、教授  
(Capt. F. F. Weeks)

#### 「VTS 運用者の通信訓練についての調和」

- ERAAM コンサルタント、人的要因専門家  
(Dr. P. R. Coles)

#### 「VTS 運用者の為の評価センターの方法学試験の利用」

- Marine Safety International Rotterdam,  
(Mr. H. Regelink)

#### 「練習さもないと無能力」

- カナダ、コースト・ガード大学、プログラム調整官 (Ms. A. J. Carson-Jackson)
- カナダ、コースト・ガード大学、VTS 国際訓練調整官 (Colm. J. Stockdale)

#### 「ドイツにおける将来のVTSの訓練」

- (Prof. K. Benedict)

### 3.4.1 基調講演

セッション3の第1部のテーマである「訓練」に関する基調講演を Plymouth 大学の海事学研究所教授である、Capt. F. F. Weeks が行い、その中で、概略次の様に述べた。

我々は、次の方法について考える事を様々なグループに納得させる為に、我々が出来る全ての事を実施しなければならない。

- a) VTS当局は、VTSがより大きな効率及び利益の拡大を確実に実現する為に、努力すべきである。船舶交通の安全確保と環境の保護の為に、VTSには、可能な限り良い職員及び訓練の手段を確保しなければならない。
- b) VTSの運用者に、選ばれた職務における成功への唯一の過程が訓練による事を理解させるべきである。
- c) 航海者は、VTSの運用者及びVTSシステムが、困難な状況に於いて信頼に値し、正しい決定を可能とする事を自覚しなければならない。そして、各VTSの運用者及び当局が達成する必要がある訓練標準の開発手段を納得すべきである。
- d) 船舶所有者は、VTSが交通の緩和の促進を可能とし、正確な時刻の到着及び安全な航行の確保を可能とする事を理解すべきである。
- e) 国際的な立法関係者は、VTSの訓練についての国際的に共通の標準を持つ事が重要である事を認識しなければならない。この国際的な標準は、全ての先行グループが、安全の為に最大の能力を発揮出来る様に明確に規定される必要がある。

最新のシミュレータを使用して、殆ど制約のない実際の訓練が可能である事が明らかとなっている。シミュレータにより、VTSの運用者に対して、最終の職場における訓練の前に、起こりうる典型的な状況について最大限に提示出来る。

この様なシミュレータが必要で望ましい事について論議する者はいないであろう。

### 3.4.2 練習さもないと無能力

カナダのコースト・ガード大学のプログラム

調整官である、Ms. A. J. C. Jackson は、「練習さもないと無能力」のテーマで講演し、その中で概ね次の様に述べた。

カナダのコスト・ガード大学の海上通信・海上交通業務部では、15年以上の間VTS運用者の訓練を行っている。過去の実施について再検討し、訓練方法の再評価を行い、常に、訓練が実際の仕事により密着したものとなる様に修正を行っている。この我々の新しい試みにVTSシミュレータが大いに役立ち、劇的な結果をもたらしている。

シミュレータの使用により、早く学習する事が可能となり、また、長時間学習を続ける事が可能となり、更に、仕事の探求及び限界の試験も可能となった。シミュレータは、学習者の能力に応じて速度を変化させる事が可能であり、長所及び欠点を確認する為に同じシナリオを再現する事が可能で、訓練の目的の為に、実際の状況より優れている。

シミュレータの使用により、学習期間の短縮が可能となり、15週間のコースが12週間に短縮し、時間及び関係経費が20%節約出来た。

### 3.5 セッション3の第2部

このセッションのテーマは「シミュレーション」であり、その議長をドイツ、ブレーメン港長である、Capt. H. J. Roosが務め、次の基調講演及び論文の発表があった。

「シミュレーション」に関する基調講演

— (Prof. J. Froese)

「次世紀のVTSの発展及び訓練」

— 英国、Warsash 海上センター、主任講師  
(Capt. Terry Huhghes)

「人間—機器間のインターフェイスの問題へのシミュレータの利用」

— TNO 人的要因研究学会、研究科学者  
(Dr. J. M. C. Schraagen)

「衝突防止及びVTS用の専門システム」

— Plymouth 大学、海事学研究所、航海学、講師 (MS. H. L. Atkinson)、Plymouth 大学、海

事学研究所、航海学部長 (Dr. J. Chudiey)

「船舶—陸上間及び船舶—船舶間のデータ伝送」

— VTT Manufacturing Technology, 主任研究科学者 (Mr. M. Heikkila)

#### 3.5.1 船舶、陸上間及び船舶間のデータ伝送

VTT Manufacturing Technology の主任研究科学者の Mr. M. Heikkila は、「船舶—陸上間及び船舶—船舶間のデータ伝送」のテーマで講演し、その中で4Sトランスポンダについて、概ね次の様に述べた。

現在試験中の海上用のトランスポンダには、二つの種類がある。一つは、VHF-DSCのトランスポンダであり、他の一つは、GP+C型の船舶—陸上間及び船舶—船舶間の4Sトランスポンダである。

VHF-DSCのトランスポンダは、VHFのチャンネル70を使用し、船舶の識別、位置、進路、及び速度のデータを陸上及び他の船舶へ伝送する。

4Sトランスポンダは、VHFの1—2のチャンネル又は、使用可能な25kHzの帯域幅の他のチャンネルを使用し、自動的に船舶のデータ及び情報を伝送出来るシステムである。

4Sトランスポンダ・システムは、スウェーデンで開発され、チャンネルを最大限に利用する為に、自動的時分割の多重アクセスの(STDMA)方式を使用している。STDMA方式は、共通の一つの時間基準を使用するシステムであり、例としては、GPSの時間である。このトランスポンダは、放送の形式で運用し、航行情報、通信及び調査に使用する。

情報の更新は、情報の緊急性に従って行う様に計画されている。例えば、船舶の急速旋回時には急速にデータの更新を行い、錨泊時には、ゆっくりデータの更新を行う。変調の速度は9600ボーであり、標準の位置情報の提供の為に27ミリ秒の継続したタイムスロットを準備している。1分間に2250のタイムスロットが利用できる。4Sトランスポンダの能力は、例えば、通常要求される送信状態に於いて、容量の88%を使用した状態で、600隻の船舶を許容できる。

4 Sトランスポンダにより提供される情報は、航行に関するもの、航海に関するもの、船舶に関するもの及び交通管理に関するものに四分割出来る。

- イ) 航行に関するものは、船舶の位置、進路、速度、船首の向き、回転の割合、ヒールの角度、ロール及びピッチである。
  - ロ) 航海に関するものは、船舶の喫水、危険な積み荷、到着予定時刻、仕向け地、及び航海計画である。
  - ハ) 船舶に関するものは、船舶の確認証、形式及び寸法、測位センサーの種類及びその測位システムのアンテナの位置である。
- ニ) 交通管理に関するものは、GNSSの警報の状況、航路航行支援、パイロットの情報、航行警報、気象データ及び潮位の情報である。

この船舶間の情報伝送が可能なトランスポンダの使用により、船舶による交通状況の正確な確認が可能となり、船舶の衝突防止が期待出来る。

### 3.6 セッション4の第1部

このセッションのテーマは「研究」であり、その議長をオランダの船舶・海事総局の交通管理課長である、Mr. K. Poldermanが務め、次の基調講演及び論文の発表があった。

#### 「研究」に関する基調講演

- Marine Analytics Netherlands, 海事コンサルタント (Mr. C. C. Glansdorp)

#### 「海上交通のイメージ予報: MATIAS プロジェクト」

- フランスの INRETS, (Dr. T. Degre)

#### 「VTSの運用者に適用される新しいIMOの「標準慣用語」」

- IALA, (Capt. F. F. Weeks)

#### 「安全管理の評価の格付け器具」

- オランダ、シミュレーション・センター、プロジェクト・マネージャ (Mr. J. H. deJong)
- 同上、(Mr. C. van de Tak)

#### 「VTSの為の磁気検出及び追尾」

- Hughes Aircraft Company, 主任技師 (Mr. W. W. Eaton, Jr.)

### 3.6.1 「研究」に関する基調講演

このセッションのテーマである「研究」について、Marine Analytics Netherlandsの海事コンサルタントの Mr. C. C. Glansdorp が基調講演を行い、その中で、将来のVTSと研究などについて概ね次のとおり述べた。

交通管理システム(TMS)については、近い将来、局地的なTMS及びその局地的なTMSがネットワークになった地域的なTMSが整備されると考えられる。この局地的なTMSは、現在のVTSのセンターと大きな差異はないと考えられるが、次の変化が生じると考えられる。

- イ) 船舶の識別、情報の収集等にトランスポンダが使用される。
  - ロ) 局地的なTMSと船舶とが電子海図形式の航行に関する情報を利用する。
  - ハ) 承認の方法、全体的な交通情報、遠隔パイロット、方策の管理、災害の防止等についてある程度の変化が現れるであろう。
- ニ) 情報システムが統合され、交通管理者を支援する為に、マウスクリックにより情報を表示出来る様になる。

地域的なTMSが整備され、船舶情報、航海情報等が収集され、地域的なTMSから適切な局地的なTMSに提供される。また、地域的なTMSでは、船舶に対して、各種の適切な情報を提供する。

VTSに於いては、船舶の航行に関するデータを収集している。これらのデータは、通常、運用の目的、港湾状況の把握及び使用料の徴収に使用される。しかし、これらのデータは、ある海域の交通状況の把握の為に他の港のデータと結合して利用されていない。

欧州に於いては、事故データの収集の問題に注目している二つのプロジェクトがある。一つのプロジェクトでは、参加国に於いて利用可能なデータベースについて検討している。他のプロジェクトでは、海難及び交通の地域データ収集センターの設立の可能性を検討している。問題は、参加国の多くが自国内の自国の船舶の事故データのみを収集している事である。

外洋に関しては権限がない。しかし、外洋に於いて、しばしば事故が発生している。沿岸国による海洋汚染の防止、海難救助等の為にその分析が必要である。

大きな変化への挑戦の時代が始まっている。

### 3.7 セッション4の第2部

このセッションのテーマは「開発」であり、その議長を国際パイロット協会の副会長である Capt. J.F.C. Kluwen が務め、次の基調講演及び論文の発表があった。

「開発」に関する基調講演

- Opeform France, 取締役 (Mr. C. Deutsch)

「統合した V T M I S の評価」

- Daimeler-Benz Aerspace AG (DASA), Germany, (Mr. G. -A. Liebelt)

「V T S 及び港湾管理の支援による陸上設置レーダを利用した環境監視」

- ノールウェイ気象研究所、地域予報部長 (Mr. J. G. Guddal)

「ロッテルダムにおける V T S の改善」

- ロッテルダム市港湾管理局、海上情報部長 (Mr. M. H. Daniels)

「オーストラリアの「リーフレップ」システム」

- クィーンズランド州運輸局、海上部長 (Capt. K. Dwyer)

#### 3.7.1 オーストラリアの「リーフレップ」システム

オーストラリア、クィーンズランド州、運輸局海上部長の Capt. K. Dwyer がオーストラリアの「リーフレップ」システムについて発表した。その概要は次のとおりであった。

オーストラリアの「リーフレップ」と呼ばれる、新しい船舶通報システムが、Torres 海峡海域及び Great Barrir リーフを有効範囲とする海上交通情報業務の欠く事の出来ない部分になるであろう。

このシステムは、1996年の1月1日に効

力が発行し、船舶通報システムの為の義務について国際海事機関が承認を与える事となる、新しい SOLAS 74 条約の V/8-1 の規則による最初のシステムである。

このリーフレップ・システムは、クィーンズランド州の海岸線に沿った約900海里又は約1500キロメートルの範囲を対象としており、1997年の1月に完成させる事が計画された。このシステムは、Torres 海峡、Cairns の沖合い及び内海への南部の入口の選択された3ヶ所を対象とするレーダ局及びVHFの無線通信を基本としたシステムである。

このシステムにより、その業務の範囲に於いて、船舶の位置、航行状況、航海の形態等に關する改善された情報の提供が可能となり、もし、事故又は海洋の汚染が発生した場合には、早急な対応が可能となるであろう。VTSセンターは、船舶通報センターとして1ヶ所に建設する。

このシステムの設計に関して、興味深い特徴及び重要な要素は、多くの施設が遠方にあり、通信及びデータの伝送の為の施設に制約があり、ビデオの伝送、太陽電池発電及びソフトウェアの技術に関して、高いレベルの進歩した技術が要求される事である。

遠方のレーダ局からVTSセンターへレーダのビデオ信号を伝送する為に、データの圧縮技術及び高品質の電話回線が必要である。

このプロジェクトは、オーストラリアの海上安全局 (Australian Maritime Safety Authority) とクィーンズランド州の運輸局 (Queensland Department of Transport) とが協力し、資金を出し合って (レーダの施設は海上安全局が、他の施設は運輸局が) 整備を実施する。運用はクィーンズランド州の運輸局が行うが、権限と責務は国である海上安全局にある。

### 3.8 パネルディスカッション

各セッションの議長から、各セッションにおける論文の発表の概要等についての報告があり、また質疑応答があった。

## 4. 見学会

このシンポジウム期間の第1日及び第2日のセッション終了後、ロッテルダム港VTSの見学会があった。

ロッテルダム港VTSは、1956年に、7局のレーダ局と当時海軍に所属していたパイロットがこれを運用する形態で、運用が開始された。その後、海軍がパイロット業務及びVTSの運用を、運輸省が海域及び河川における航行の安全を、ロッテルダム市が港湾における安全確保をそれぞれ担当し、協力してVTSシステムの改善を実施した。

1988年以降は、パイロットが民営化され、VTSはロッテルダム市が管理運用する事となり、現在に至っている。現在のVTSシステムには、港内及び北海沿岸に無人の29局のレーダ局があり、VTSセンターが3箇所ある。

## 5. 展示会等関連行事

### 5.1 展示会

VTSに関連した機器の展示会が、シンポジュームの期間中シンポジューム会場のロビーに於いて開催され、23の企業又は団体が参加し、VTSの関連機器等の展示、説明などが行われた。

### 5.2 レセプション、小旅行、同伴者プログラム等

ロッテルダム市長主催の立食形式のレセプション、アムステルダム市内の運河を船で観光し、夕食後ロッテルダムへ戻る小旅行、ロッテルダム港内の豪華ヨットによる航海と同ヨット内における夕食会、及び同伴者プログラムが実施された。

## 6. おわりに

今回の国際VTSシンポジュームは8回目であり、35ヶ国から346名のVTS関係者、VTS専門家等が出席し、VTSの国際的な発展、VTS運用者の訓練、シミュレータの利用、研究及び開発等について、論文の発表及び討議が行われ。今回の第8回国際VTSシンポジュームは、カナダのバンクーバーで4年前に開催された前回のシンポジュームに比較して、参加国が12ヶ国増加し、参加者が49名増加した。

発表された論文及び討議された内容は、最新の技術開発、国際的な協力及び発展、訓練、シミュレータの利用、今後のVTSの整備計画等に関するもの等貴重な情報が多かった。

# 電波航法研究会 平成8年度事業報告

電波航法研究会事務局

## Record of the Work Carried Out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation During Fiscal Year 1996

Secretariat Office of the JACRAN

### 総会

平成8年度総会は、平成8年6月14日15時から海上保安庁水路部大会議室で開催された。会員数88名の内、総会出席者41名、委任状提出者38名、計79名で、当会規約第10条第4項により本総会は成立した。各議題の審議結果は次のとおりであった。

1. 平成7年度事業報告が事務局により行われ承認された。
2. 平成7年度会計報告が事務局により行われ、会計監査 白居 勲氏及び中村 勝英氏の監査報告があり、承認された。
3. 平成8年度会長、副会長の選出が行われ、満場一致で会長に鈴木 務氏が、副会長には今津 隼馬氏、濱田 悦之氏及び廣田 直照氏が選出された。  
また、各幹事の委嘱については了承された。
4. 平成8年度事業計画案について事務局から説明が行われ、原案どおり承認された。
5. 平成8年度予算案について事務局から説明が行われ、原案どおり承認された。

### 研究会

1. 第1回研究会は、平成8年6月14日、海上保安庁水路部大会議室で総会後に開催され、日本工業大学 鈴木 務 氏の「最近の電波利用と通信の動向」と題する講演が行われた。  
出席者は41名であった。
2. 第2回研究会は、平成8年7月31日、海上保安庁水路部会議室において開催され、電子航法研究所 石橋 寅雄 氏の「空海面誘導と管制の技術動向」、海上保安庁 西田 之重 氏の「海上ディファレンシャルGPSについて」と題する講演が行われた。その後、引き続き「NHKスペシャル電子立国日本の自叙伝 その1」と題するビデオが上映された。  
出席者は61名であった。
3. 第3回研究会は、平成8年9月5日、海上保安庁水路部会議室において開催され、電子航法研究所 長岡 栄 氏の「航法性能要件について (RNP)」、東京商船大学 今津 隼馬 氏の「IMO NAV42の報告

について」、VICSセンター 小嶋 弘 氏の「カーナビからVICSへ、そしてITSの実現を目指して」と題する講演が行われた。

出席者は51名であった。

4. 第4回研究会は、平成8年11月8日、海上保安庁水路部大会議室において開催され、沖電気工業 山越 芳郎 氏の「第8回国際VTSシンポジウムについて」、日本工業大学 鈴木 務 氏の「地下探査レーダ国際会議及びレーダ国際会議の紹介」と題する講演が行われた。その後、引き続き「NHKスペシャル電子立国日本の自叙伝 その2 (ゼロからの出発)」と題するビデオが上映された。  
出席者は37名であった。

### 特別研究会

平成8年度の特別研究会(見学会)は、平成8年10月18日及び19日に開催され、関西空港の最新航法機器等の施設について見学を実施した。  
出席者は24名であった。

### 幹事会

企画及び編集幹事会は、合同で平成8年7月8日、7月31日、9月5日、11月8日及び12月6日に開催され、事業計画、研究テーマ、行事計画、会誌「電波航法」の編集刊行等についての審議が行われ、特に、研究会を会員以外の人にも周知することとなった。

### 会誌発行

39号発行。

### 会員数

平成9年3月31日現在

正 会員	38社	81口
個人 会員	14名	5口(終身会員) 9口(年会員)
推薦 会員	17名	
特別 会員	19名(同一大学等は1名とする)	

## 会員の移動

脱 会

正会員 三菱重工業(株)

入 会

個人会員(年会員) 関口利男 氏

編集・出版監事 長岡 栄 電子航法研究所  
" 池田 保 海上保安庁装備技術部  
" 越水 豊 日本郵船(株)  
" 中村幹男 日本無線(株)  
" 廣田直照 元海上保安大学  
" 山田秀光 (株)トキメック

---

## 電波航法 ————— ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW —————

平成9年9月1日 印 刷 1997

平成9年9月10日 発 行 No.40

編 集 東京都千代田区霞ヶ関2-1-3 運輸省9階

発 行 海上保安庁灯台部電波標識課気付

電 波 航 法 研 究 会

Japanese Committee for Radio

Aids to Navigation

c/o Radio Navigation Aids Division

of Maritime Safety Agency

2-1-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo, Japan

印 刷 東京都文京区湯島1-2-4 神田セントビル7階

岩 城 印 刷 株 式 会 社

---

ド  
ン  
と  
来  
い  
の

先進機能、最新ソフトを満載して、  
ラインアップ一新。  
すべてに余裕の新デスクパワー。

MMX®テクノロジーPentium®プロセッサ搭載。  
マルチメディアもドンと来い。

ベストセラーソフト満載。  
仕事も、遊びもドンと来い。

全機種高速FAXモデム。  
インターネットもドンと来い。

「ひとりで学べるシリーズ」CD付き。  
初心者もドンと来い。



FMV-DESKPOWER SIII165

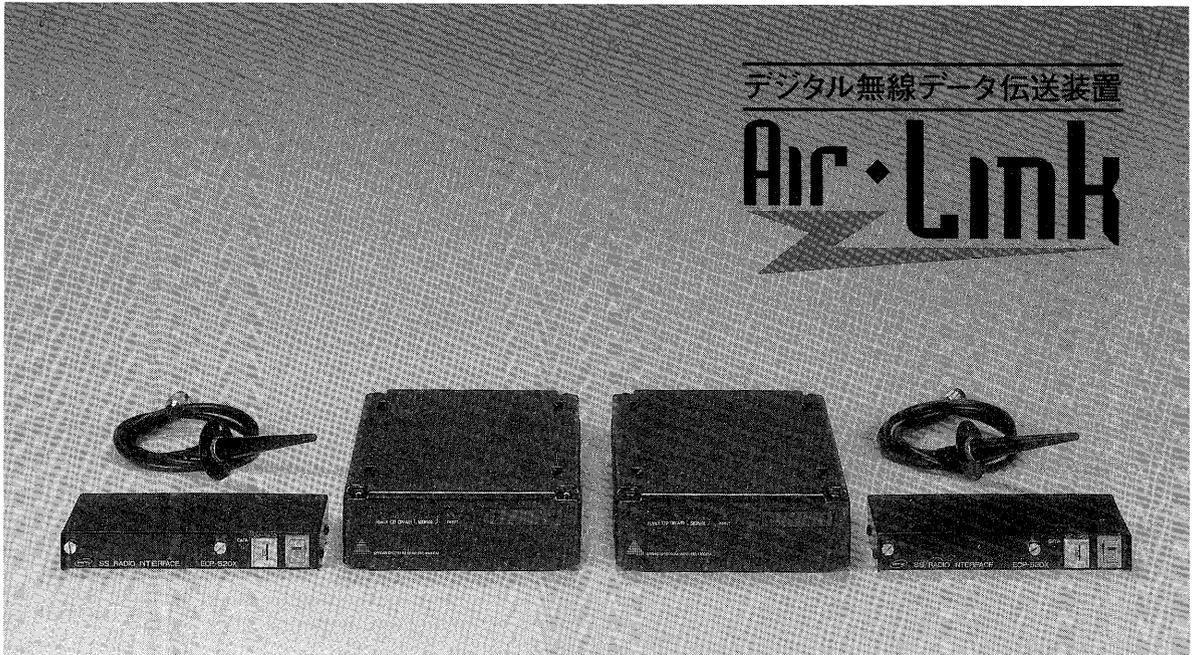
- MMX® Pentium® プロセッサ-166MHz ● 15型ディスプレイ ● 32MBメモリ(SDRAM) ● 2.6GBハードディスク ● 最大16倍速CD-ROM ● 33.6KbpsFAXモデム(DSVD対応) ● 3Dアクセラレータ「ATI社 3D RAGE™ II+」 ● ソフトWAVE TABLE対応

—太郎モデル-OASYSモデル **313,000円**(税別)  
Wordモデル **318,000円**(税別)

FMV  
DESKPOWER



高度なエラー訂正機能を装備。10km圏内\*のGPS測量を、  
先進の無線データ伝送でサポートします。 \*海上時

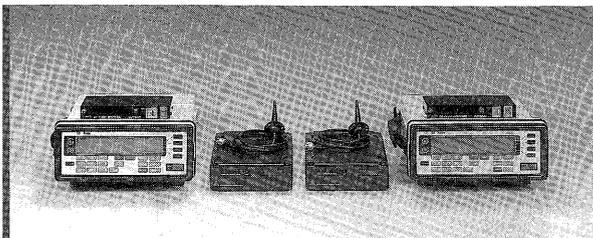


センチメートル・オーダーの実用化へと進展するGPS測量。  
デジタル無線データ伝送装置<エアリンク>は、混信やノイズに強い小電力型SS(スペクトラム拡散方式)無線機と、セナー独自のエラー訂正機能(特許出願中)を装備したSS無線インターフェースECP-520をセット。小電力タイプでありながら、送受信エリアを10km圏内へと広げるとともに、より信頼性の高いデータ伝送を実現。GPS測量における即時連続データ収集、RTK OTF(リアルタイムキネマティック・オン

ザフライ)に対応し、港湾業務、河川管理をはじめ、各種調査測量のデータ伝送装置として活躍します。

[主な特長] ●高度なエラー訂正機能を備えたECP-520を装備。●マルチパス、フェージングに強いSS無線機。●データ伝送の信頼性を高めるマルチプル伝送。●伝送効率の高い32,000bpsの通信速度。●リピータを最大8台まで接続可能。●秘話伝送、一斉伝送の切り換えが可能。●運用が容易な小型・軽量、低消費電力設計。

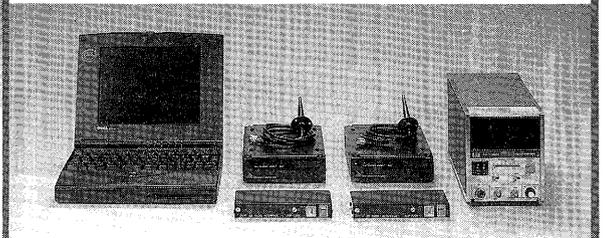
★各種アプリケーションモデルも取り揃えております。



GPS測量(RTK OTF)用  
**ECP-520X**  
同、陸上長距離用  
**ECP-520X/Hi**

※ECP-520X、ECP-520X/HiはGPS受信機とのセット販売となります。

パソコンデータ/調査機器用  
**ECP-520D**  
同、陸上長距離用  
**ECP-520D/Hi**



平成九年九月二十日印刷  
平成九年九月二十五日發行

電  
波  
航  
法

電  
波  
航  
法  
研  
究  
會  
發  
行