

16. マルチチャネル化空港面ADSシステムの開発

航空システム部 ※二瓶 子朗

1. はじめに

将来の航空機監視には、レーダーに代わってGNSSなどによる精密測位とデータリンクを利用したADS（Automatic Dependent Surveillance：自動従属監視）システムを導入することが提案されており、空港周辺や空港面においても、安全性向上と空港の運用効率改善を図るために航空機や車両等の移動体監視にADSシステムの導入が検討されている。

電子航法研究所では、空港における航空機や車両等移動体を監視する空港面ADSシステムの試作・実験を行っている。これまでに開発した試作システム^[1~7]は、移動体の位置更新レートが1回/秒の場合で約300台の処理能力を有する。この方式を利用して平成11年度に空港内の移動体管理とデータ通信ができる「空港内車両位置情報システム」を試作して新千歳空港に設置し、平成12年度と13年度に性能評価試験を実施して空港内を走行する移動体監視が効果的に実行できることを確認した。^[8~11]

このような空港面ADSシステムは、将来は大規模空港で使用することも想定されており、現在の処理容量では不足するため、データリンクの通信容量を大幅に増大することが今後の課題となっている。

従来のデータリンク方式では、2.4GHz帯ISM無

線バンドの全帯域で1チャンネルしか確保できなかったが、平成11年10月から在来のISM無線帯域幅が約3倍に拡大されて、データリンクを3チャンネル化できるようになり、これを利用して通信容量の大幅な拡大が可能となった。

そこで、従来の時分割によるセル型のデータリンクと周波数分割した通信セルを併用してマルチチャンネル化を図った空港面ADSシステムを試作して、仙台空港において基本性能試験を実施したので、その概要について報告する。

2. マルチチャンネル化システムの概要

従来の無線通信ネットワークでは、セル型データリンクを構築するため、ISM無線バンド1チャンネルを順次時分割制御することでセル間相互の干渉を防止していた。

この方式では、時分割数が多くなると、必要なデータ通信量に対して通信制御信号の割合が増加してデータ伝送効率が低下するため、時分割数は大幅に増やせない。また、同一時間帯に送信するセルを複数個設定しようとするすると、セル間相互の干渉がないように十分な距離を離す必要があるため、空港のような比較的狭い範囲で使用するシステム

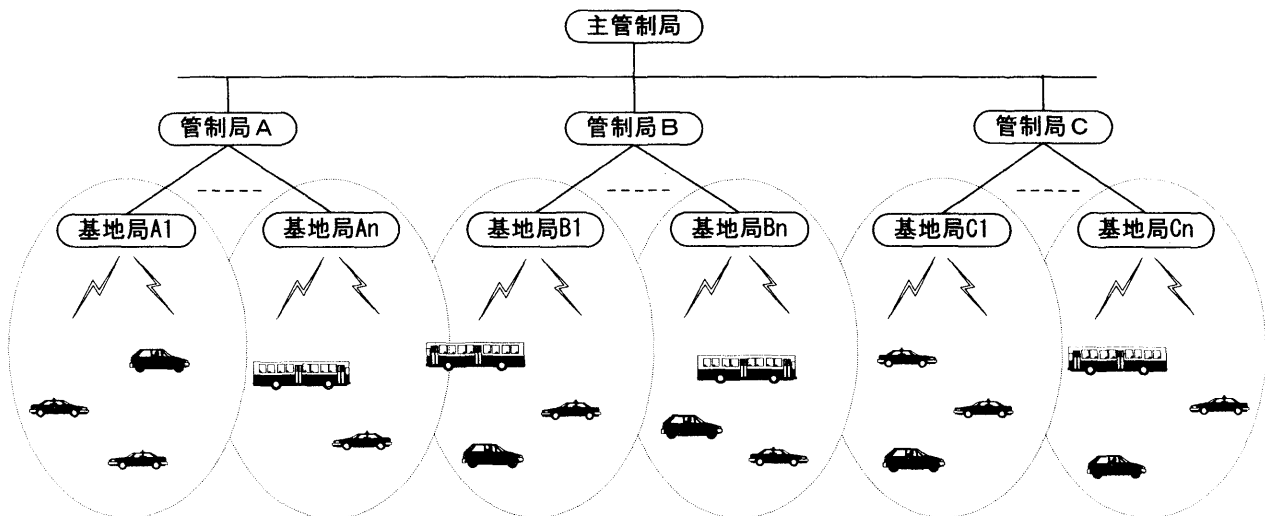


図1 マルチチャンネル化システム概念図

では、この方法で通信容量を増加させることは難しい。

しかし、このようなセル型データリンクで複数のチャンネルが確保できると、異なるチャンネルのセル間では相互の干渉がないことからセル設定の制約が緩和されることになり、チャンネル分割と時分割方式を適切に組み合わせることによってセル通信容量を大幅に増加させることが可能になる。

図1は、3チャンネル構成のデータリンクの一例を示す。周波数が異なる3チャンネルがあって、各チャンネルにデータリンクを制御する管制局A、B、Cを設け、それぞれに基地局A1～An、B1～Bn、C1～Cnによる通信セルが設定されているものとする。

図2は、このときの通信セルが順次時分割で切替わる様子を示すタイミングチャートで、各チャンネルのセル数が3の場合を示す。

このシステムにおいて、移動局の管理とセル間の離脱・加入操作は同一チャンネル内では従来のシステムと同様にそれぞれのチャンネルの管制局が行う。また、異なるチャンネル間のセルで移動局が離脱・加入操作を行う場合は、それぞれのチャンネルの管制局を統括管制する主管制局を設けて、全管制局の制御とシステム内で稼働している全ての移動局の管理を行うようにすれば、チャンネルが異なったセル間での離脱・加入操作ができる。

図3は、3チャンネルで時分割の分割数が3の場合のセル配置例で、在来の1チャンネルの時に比べてセル配置の自由度が大きく、広い範囲を相互に干渉が無い多数のセルで覆うことが可能となり、処理容量を大幅に増加させることができる。

3. 試作装置の構成

図4は、新ISMバンド（2400～2483.5MHz）に対応したマルチチャンネル方式実験用ADSシステムの構成図を示す。本システムは、階層構造を持ち、上位より管制局、基地局、移動局の3階層で構成される。

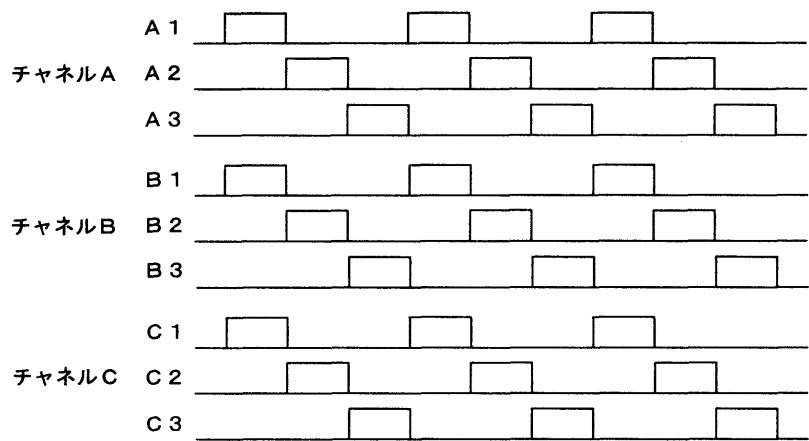


図2 タイミングチャート

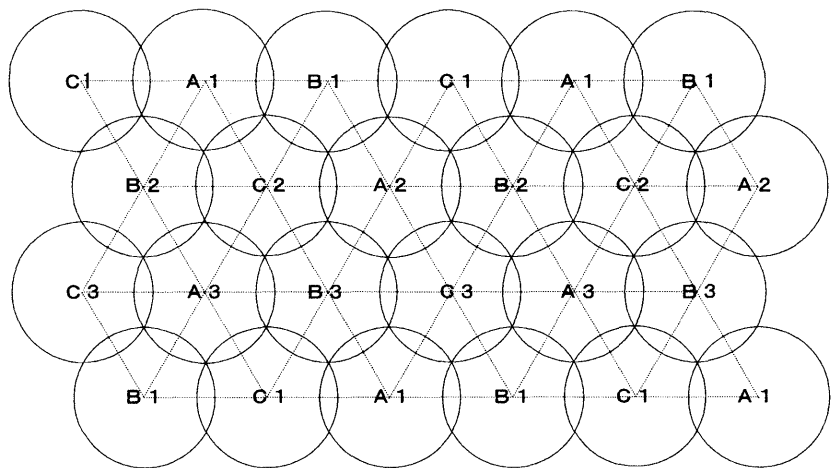


図3 マルチチャンネル構成セル配置例

(1) 管制局

システムの中核である管制局は、ファイルサーバ、スーパーオーガナイザ、チャンネルオーガナイザ、GPSステーション、オブザーバ及びHUBを含めたLAN機器で構成される。

スーパーオーガナイザは、各無線チャンネルの運用制御を行う。運用する基地局の設定、チャンネル運用条件の設定等を行うユーザーインターフェースを持ち、全ての移動局と基地局の関係をリアルタイムに管理する。

チャンネルオーガナイザは、各無線チャンネル毎に設置され、所属する基地局の運用管理を行う。ここでの運用管理方法は、従来のシングルチャンネル方式で行っていたのと同じ基地局の順次切替方式をとる。

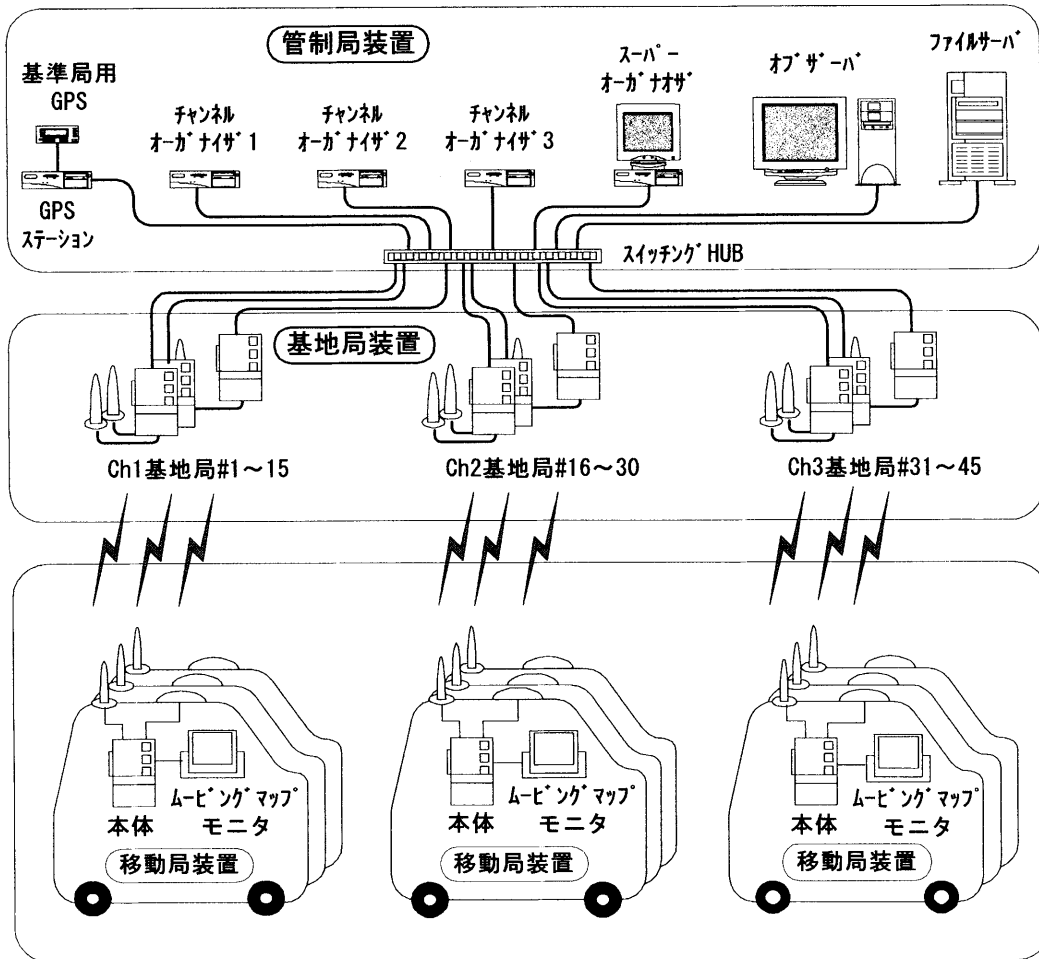


図4 マルチチャンネル方式実験用ADSシステム構成図

(2) 基地局

基地局には、3チャンネル仕様の無線データ通信装置が内蔵されている。周波数チャンネルは、自由に切替え可能であるが、通常チャンネル固定で運用され、従来の基地局と同様の動作となる。基地局は、1チャンネルあたり15局まで設定可能である。

(3) 移動局

移動局には、基地局と同じ無線データ通信装置と、移動体測位センサーとしてのGPS受信機、自車位置を表示するムービングマップモニタ(タッチパネル式12インチSVGA液晶パネル)で構成される。運用時の周波数チャンネルは、接続する基地局に対応して動的に切替えられる。

移動局は、基地局に加入しているときは従来と同じ動きをする。また、基地局サービスエリアを離脱・加入する場合の判定にGPSの位置情報を使用するのも同じである。ただし、移動する先が異なるチャンネルの場合は、チャンネル切替え動作を伴う。

表1は、無線データ通信装置無線部の要目を示す。

表1 無線データ通信装置無線部要目

無線周波数：2.4GHz帯	2400.0～2483.5MHz
	2472.0～2497.0MHz
変調方式：	直接拡散方式
拡散帯域幅：	2.6MHz以下
周波数切替え機能：	2414MHz／2442MHz／2470MHz
	(中心周波数)
	*旧ISMバンドでの使用も可
空中線電力：	4.6mW/MHz
データ伝送速度：	1Mbps
復調方式：	DPSKコンボルバによる
	マッチドフィルタリング復調方式

4. 基本性能試験

試作したマルチチャンネル化空港面ADSシステムを仙台空港内(当研究所岩沼分室)に設置して基本性能試験を行った。

今回の実験では、使用する基地局数を6局とし、チャンネル1 (Ch 1: 中心周波数2414MHz) を3局 (M1、M4、M6)、チャンネル2 (Ch 2: 中心周波数2442MHz) を2局 (M2、M5)、チャンネル3 (Ch 3: 中心周波数2470MHz) を1局 (M3) とした。

図5は、各基地局の配置図を示す。設置場所は、当研究所岩沼分室敷地内の高さ約30mの実験用ASD

E鉄塔にM1 (Ch 1)、M2 (Ch 2)、M3 (Ch 3) の3局、エプロン側フェンスにM4 (Ch 1) とM5 (Ch 2) の2局、A滑走路南東側の実験用MLS/AZシェルターにM6 (Ch 1) を設置した。

各基地局は、設置場所の物理的制約があつて最適な場所に設置できないが、可能な範囲で最適な配置を仮想的に実現するため、基地局の中心位置をオフセットさせている。図中の○印は、オフセットさせた仮想設置位置を示す。基地局を中心とする円は、各基地局のサービスエリアを示す。

図6は、ASDE鉄塔に仮設したM1 (Ch 1)、M

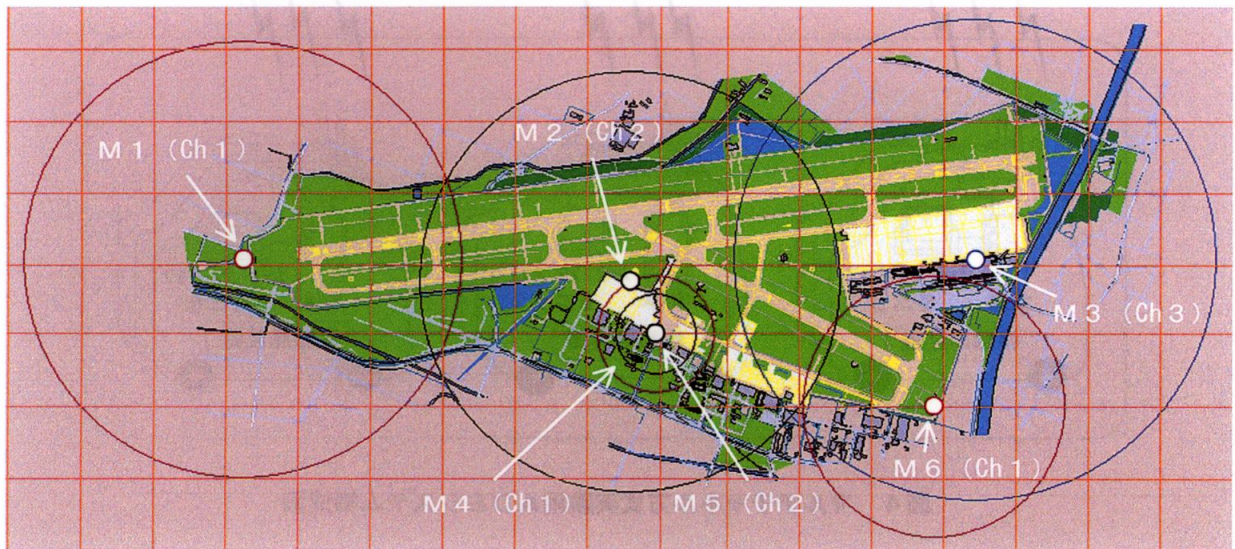


図5 基地局配置図



図6 ASDE鉄塔アンテナ設置外観

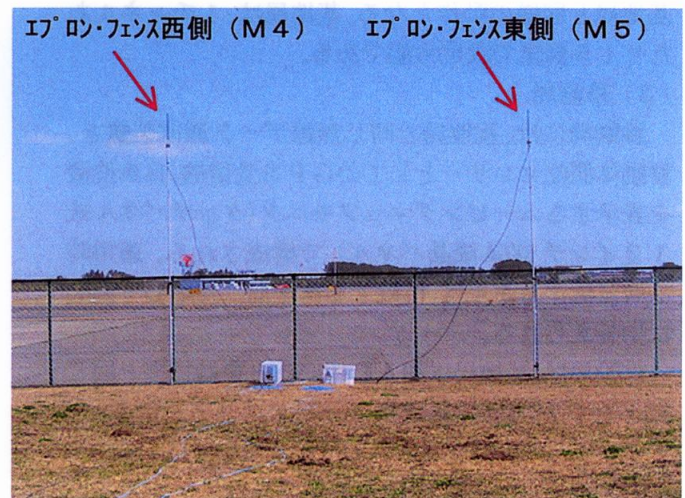


図7 エプロン側フェンスアンテナ設置外観

2 (Ch 2)、M3 (Ch 3) の各基地局用アンテナの設置外観を示す。また、図7はエプロン側フェンスに仮設したM4 (Ch 1)、M5 (Ch 2) の基地局用アンテナの設置外観を示す。

性能試験では、試作装置の基本性能を確認するため、各基地局を単独で運用したときの電波の覆域調査、設置した全基地局6局を同時に運用してマルチチャンネル構成とした時のシステム性能調査を中心に実施した。

図8は、仙台空港内の場周道路を実験車両で1周したときのマルチチャンネル運用時の航跡記録例を示す。

図中の航跡で、赤色はCh 1、黒色はCh 2、青色はCh 3の各基地局セルに加入していることを示す。また、黄色の矢印で示した走行コース上における各サービスエリアの切り替えポイントでは、色表示の変化から異なるチャンネル間での離脱・加入操作がスムーズに行われていることが確認できる。なお、サービスエリアの重複部分では、加入サービスエリアに優先順位を設けて半径が小さい基地局に優先して加入するように設定している。建物やボーディングブリッジ、航空機等の遮蔽による航跡の乱れやデータの欠落が生じやすいターミナルビル付近を除く空港全域において、DG

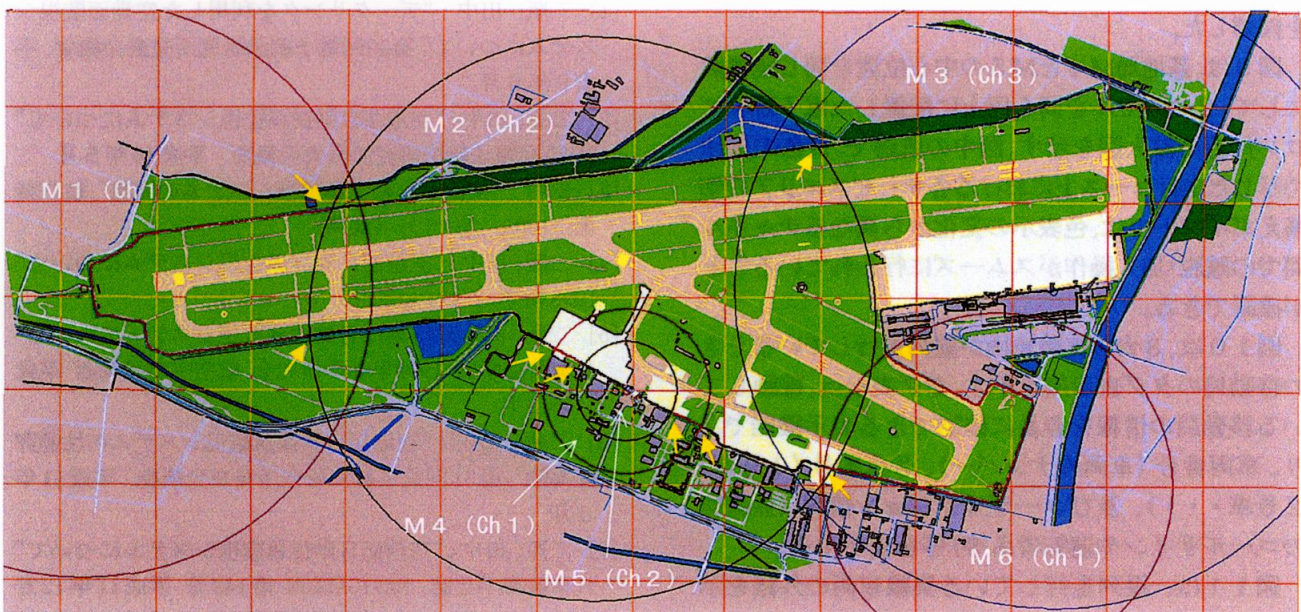


図8 マルチチャンネル運用時システム航跡記録例



図9 電子研エプロン付近拡大図

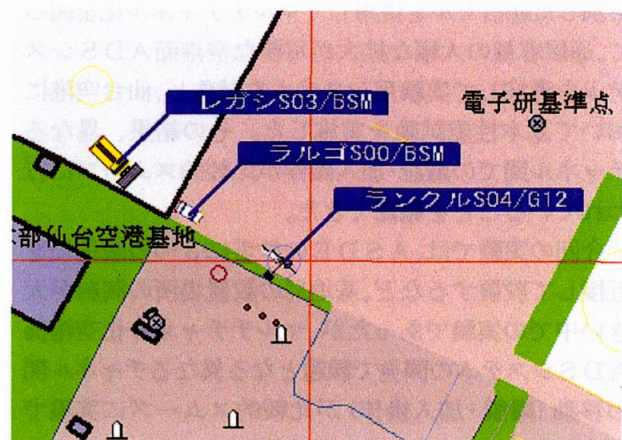


図10 タグ表示例



図1-1 実験車両外観

PS測位と安定なデータリンク特性が確保できることを確認した。

図9は、基地局M4とM5の中心位置を同じ座標値にして、2つのセルを同心円上に配置した電子研エプロン付近の拡大図を示す。図中の航跡で、黄色の矢印で示した走行コース上における各サービスエリアの切換えポイントでは、色表示の変化から異なるチャンネル間での離脱・加入操作がスムーズに行われていることが確認できる。

図10は、3台の実験車両が縦列走行しているときの移動局のタグ表示例を示す。タグ表示は、稼動している移動局の情報を容易に確認できる表示機能であり、車両番号（車両のナンバー）、号車番号（1号車、2号車・・・）、及びユーザオプション情報（無線機のコールサインや運転者名等）等を表示する。

図11は、縦列走行している実験車両の外観を示す。

4. おわりに

従来の時分割によるセル型のデータリンクと周波数分割した通信セルを併用してマルチチャンネル化を図って、通信容量の大幅な拡大が可能な空港面ADSシステムを考案して実験用システムを試作し、仙台空港において基本性能試験を実施した。その結果、異なるチャンネル間での離脱・加入操作が比較的スムーズに行われていることを確認できた。

今回の実験では、ASDEの鉄塔に3つの基地局を近接して設置するなど、基地局の設置場所の制約が大きい中での実験であったが、マルチチャンネル化空港面ADSシステムの開発で課題となる異なるチャンネル間の移動（離脱・加入操作）が比較的スムーズに実現できるなど、マルチチャンネル化空港面ADSシステムの開発見通しが得られた。

平成14年度は、これまでに開発した技術を使って

試作した「空港内車両位置情報システム」を設置して評価実績もあり、基地局の設置環境に恵まれている新千歳空港においてマルチチャンネル化システムの性能評価試験を実施する予定である。さらに、航空機用の他のデータリンクや管制機器とデータを共有できる統合化システムの実現を図り、仙台空港における実験を予定している。

最後に、本研究を実施するにあたり、ご支援ご協力頂いた国土交通省航空局ならびに当研究所岩沼分室の関係各位に感謝します。

[参考文献]

- [1] 二瓶、田中：“データリンクを利用した空港面監視システムについて”第29回電子航法研究所発表会概要、平成9年6月
- [2] 二瓶、田中：“空港面自動従属監視システムについて”第30回電子航法研究所発表会概要、平成10年6月
- [3] 田中：“空港面自動従属監視システムの開発”航空無線、1998 第16号（夏期）
- [4] 二瓶、田中：“空港面自動従属監視システムについて”1998信学サテライト大会B-2-6
- [5] 二瓶、田中：“空港面自動従属監視システムについて”日本航海学会 1999年春季研究会 航空宇宙研究会 平成11年5月
- [6] 二瓶、田中：“空港面自動従属監視システムの性能評価実験”第31回電子航法研究所発表会概要、平成11年6月
- [7] 二瓶、田中：“空港面自動従属監視システムについて”日本航海学会誌、NAVIGATION 第142号 平成11年12月
- [8] 二瓶、田中：“空港内車両位置情報システムについて”第32回電子航法研究所発表会概要、平成12年6月
- [9] 二瓶、田中：“空港内車両位置情報システムについて”航空無線、2000 第25号（秋期）
- [10] 二瓶、田中：“空港内車両位置情報システムの性能評価実験”第1回電子航法研究所発表会概要、平成13年6月
- [11] 二瓶、田中：“空港内車両位置情報システム”電子情報通信学会 信学技報 SANE2001-115 pp17-24 2002.1