

14. 空港内車両位置情報システムの性能評価実験

航空施設部 ※二瓶 子朗 田中 修一

1. はじめに

航空局では、空港及び航空保安施設の位置をICAO(国際民間航空機関)の基準に基づいたWGS-84の座標データで管理する「空港座標管理システム」の整備を進めている。

このシステムは、全国の43の空港に電子基準点を設置して空港の座標管理を一元的に行うものであり、将来は空港内の測量や車両運行管理等の様々なサービスにも利用することが検討されている。

そこで、空港座標管理システムの電子基準点の利用法について検討するため、電子航法研究所では航空局の技術協力依頼に基づいて、平成11年度に空港内の移動体管理、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た。平成12年度は、試作システムの性能評価試験を実施したので結果の概要について報告する。

2. 空港面ADSシステムの概要

図1は、空港面ADS(Automatic Dependent Surveillance:自動従属監視)システム概念図を示す。空港面における航空機や車両等移動体を監視するADSシステムは、ディファレンシャルGPS(DGPS)等を使って移動体の位置を精密に測定し、その位置データを無線のデータリンク(データ通信)を使って管制塔などに伝送し、空港面マップ上に表示して移動体の監視や衝突防止、走行経路の指示等に利用

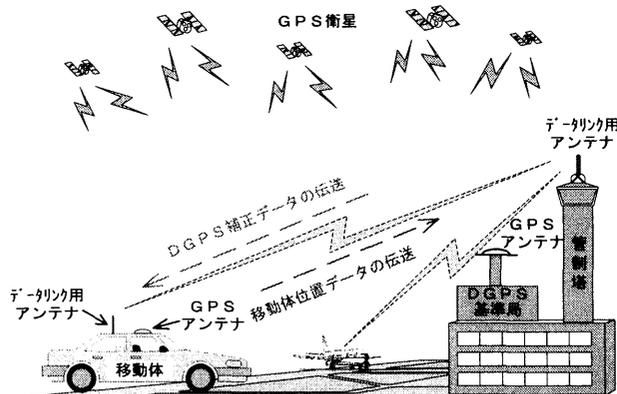


図1 空港面ADSシステム概念図

するものである。

空港面においてこのようなシステムを実現するには、航空機と車両が多数混在する移動体を1回/秒程度のデータ更新率で表示するため、DGPS等の精密測位技術と高速・大容量のデータリンクが必要である。

電子航法研究所では、航空機と車両で異なった通信媒体と方式が混在できる統合化されたADSシステムの開発研究を進めている。^[1,2,3,4]

これまでに、主として車両を監視対象とした空港面ADSシステムの試作と実験を行い、空港内の移動体監視が効果的に行えることを確認した。^[5,6,7]

3. 試作装置の構成

図2は、これまでに開発した実験用空港面ADSシステムをもとにして、新千歳空港における運用評価実験を目的に試作した空港内車両位置情報システムの構成図を示す。

本システムは、1MbpsSAWコンボルバを用いた高速SS(Spread Spectrum:スペクトラム拡散)通信技術と、無線セル内のポーリングプロトコル、及び無線セル間の離脱・加入(ローミング)技術を使って、空港面全体をカバーする広域エリア対応の無線LAN環境を構築するものである。表1は、無線データリンクの要目を示す。

1つのマスター局では、そのセル内にいる移動体(スレーブ局)を最大100台(機)まで処理できる。マスター局は最大15局まで増設可能であり、システム全体では最大300台(機)の監視機能を有する。

各セルは半径約1kmの無線サービスエリアを持ち、光ファイバによる有線LANで基地局のマスターオーガナイザに接続される。

試作装置では、空港事務所の各課において基地局と同様な機能が利用できるようにするため、複数のユーザ局装置を基地局装置に接続した。

本システムは、空港内の各種業務で使用される車両と庁舎間のリアルタイムデータ通信を実現し、その位置を地図上に表示すると共に、車両と庁舎間で簡単なメッセージ交換やデータ伝送が可能である。

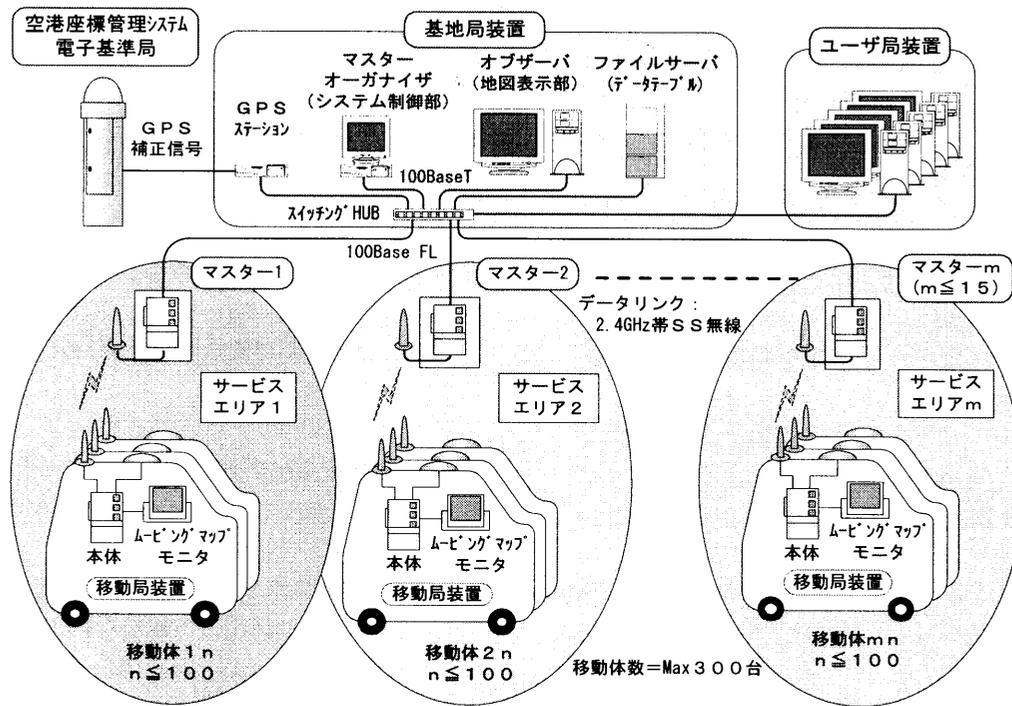


図2 空港内車両位置情報システム構成図

表1 無線データリンク要目

無線周波数：2.4GHz帯ISMバンド
変調方式：直接拡散方式
拡散帯域幅：26MHz以下
空中線電力：10mW/MHz以下
データ伝送速度：1Mbps
データリンク方式：ポーリング方式
データ変調方式：DPSK変調
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

3.1 基地局装置

GPSステーションでは、電子基準局から出力されたGPS補正情報を各マスター局に配信する。補正情報は、DGPS用としてRTCM SC-104タイプ1, 3, RTK(リアルタイムキネマティック)GPS用としてCMRタイプ0, 1, 2を配信する。

ファイルサーバは、基地局、マスター局、移動局に関わる各種データと各マスター局を介して収集した移動局の測位データ等を一括管理する。

マスターオーガナイザは、データリンク運用管理局として動作し、①各ノードの運用状態の表示、②マスター局起動/停止管理、③マスター局サービス時間管理、④マスター局リセット指示、⑤移動局のマスター局サービスエリア内への加入/離脱指示、⑥システム

異常監視機能、⑦各種パラメータ設定指示、⑧表示及びユーザインタフェース等の機能を持つ。

オブザーバは、移動局の監視機能と共に、車両の所属先をもとにしたグループ管理を基本とするメッセージ配信制御等の機能を持つ。メッセージ機能では、全ての移動局に対して、40バイト以内の任意メッセージ又はあらかじめ決められた10種類の中から選択するプリセットメッセージのどちらかの形式で送信が可能である。また、自車位置を中心として周辺の移動体を監視するために、周辺車両位置情報を基地局装置からダウンロードして移動局のムービングマップ上で表示できる周辺車両監視機能がある。

3.2 ユーザ局装置

ユーザ局は、基地局装置のオブザーバと同様に、移動局の監視機能、車両情報データベース管理による移動局管理機能、及びグループ管理を基本としたメッセージ配信制御等の機能を有する。

設置部署は、航空管制技術官MDP室、航空管制情報官室、航空管制統制官室、航空保安防災課消防庁舎、土木建築課除雪センター、空港危機管理情報システム、電気課電源庁舎、管制塔の8ヶ所である。

3.3 マスター局装置

図3は、マスター局の配置を示す。設置場所は、ILS/GS-01R(M1)、消防庁舎屋上(M2)、ILS/GS-19R(M3)、空港事務所庁舎屋上

(M4)、JALカーゴ前ITVポール(M5)、自衛隊側ナイトステー用エプロン55番スポット照明灯ポール(M6)の6箇所とした。

各マスター局は、設置場所の物理的制約を除いてセルの切換え操作を効率的に実現できるように、マスター局の中心位置を仮想位置にオフセットできる機能がある。図中の□印は

実際のマスター局設置位置を、○印はオフセットさせた各マスター局の仮想設置位置を示す。また、マスター局を中心とする円は、各マスター局のサービスエリアで、半径は電波環境やセルの切換え操作の効率を考慮して任意に設定できる。

3.4 移動局装置

移動局は、DGPS受信機を使用したタイプ1、RTKGPS受信機を使用したタイプ2、それにRTKGPS受信機を使った簡易測量用のタイプ3の3種類とし、タイプ1を28台、タイプ2を24台、タイプ3を1台製作した。

移動局用ムービングマップは、オペザーバで使用している電子地図と同じデジタルマップを使用して自車の位置を表示する。また、基地局、ユーザ局および他の移動局とのメッセージ交換機能がある。

(1) タイプ1移動局

測位精度約1m(2drms)のDGPS受信機ボードを使用した移動局で、主に業務用車両、消防車両等に搭載した。タイプ1移動局の外観を図4に示す。図5は、航空局業務用車両への搭載例を示す。ムービングマップモニタには、カーナビ装置用の7インチワイド液晶モニタを使った。

(2) タイプ2移動局

測位精度約2cm(2drms)のRTKGPS受信機ボードを使用した移動局で、主として除雪車両に搭載した。図6は、スノープラウ除雪車への搭載例を示す。タイプ2移動局では、測位精度に見合った高解像度を得るため、タッチパネル式の12インチSVGA

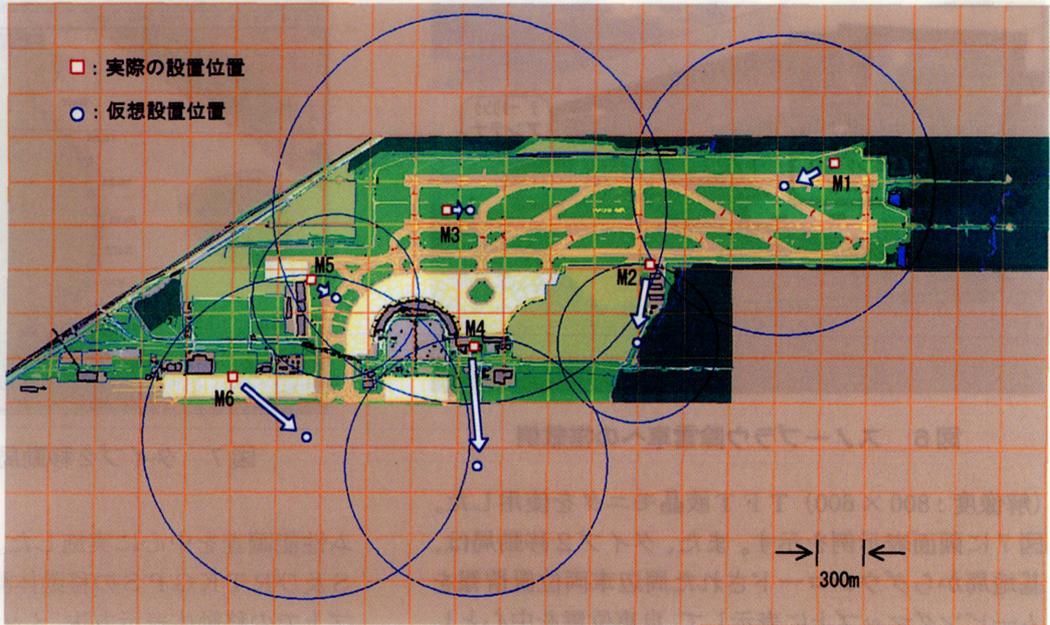


図3 マスター局配置図



図4 タイプ1移動局外観



図5 業務用車両への搭載例



図6 スノープラウ除雪車への搭載例

(解像度: 800 × 600) TFT液晶モニターを使用した。図7に画面表示例を示す。また、タイプ2移動局は、基地局からダウンロードされた周辺車両位置情報をムービングマップ上に表示して、自車位置を中心として周辺の移動体を監視できる周辺車両監視機能を持っている。

(3) タイプ3移動局

タイプ2移動局と同様に、測位精度約2cm (2drms)のRTKGPS受信機を搭載した携帯型の移動局で、空港内における簡易測量用として使用する。

4. 性能評価試験

性能評価試験では、試作装置の基本性能を確認するため、各マスター局を単独で運用したときの電波の覆域調査、全マスター局を同時に運用したときのシステ



図7 タイプ2移動局マップ表示例

ム性能調査を中心に実施した。また、この時のDGPS及びRTKGPSの移動体測位性能、デジタルマップ上での移動体表示方法、メッセージ伝送機能等について実験的検証を行った。

図8は、新千歳空港内の場周道路を実験車両で1周したときのシステム運用時のタイプ1移動局の航跡記録例を示す。図中の航跡で、右側の赤色はM1、青色はM3、左側の赤色はM5、黒色はM6、中央下側の赤色はM4の各マスター局セルに加入していることを示す。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マスター局に優先し

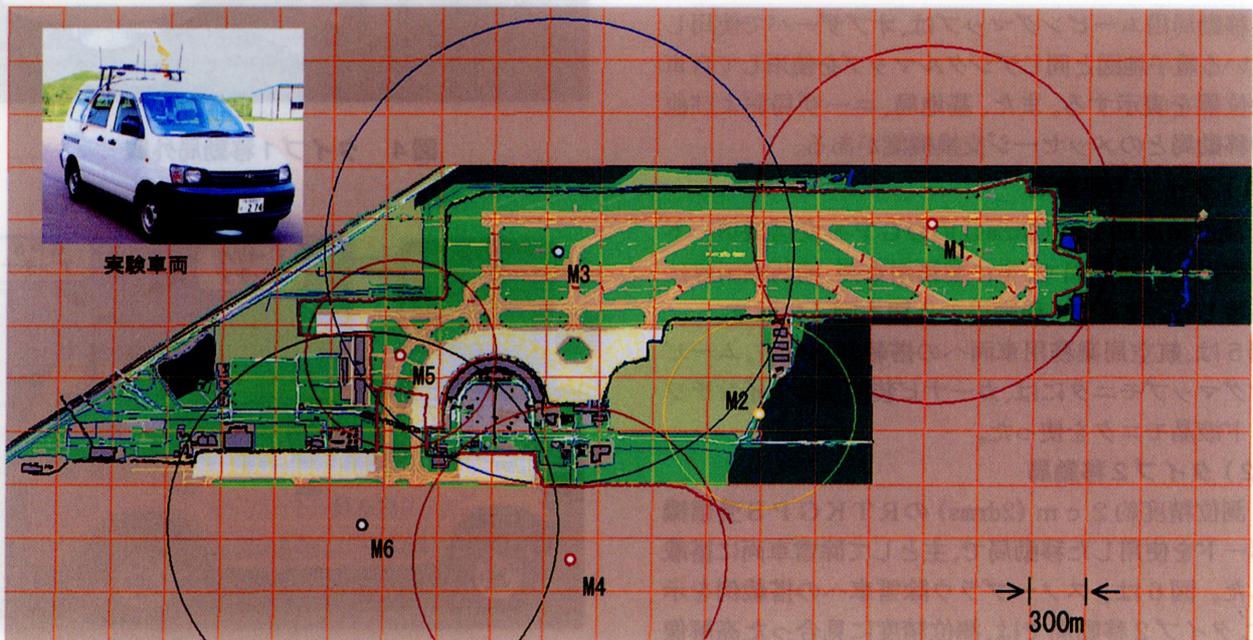


図8 システム運用航跡記録例

て加入するよう設定している。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、DGPS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、M1（赤色）、M2（黄色）、M3（青色）の3つのセルが重なり合っている消防庁舎周辺におけ

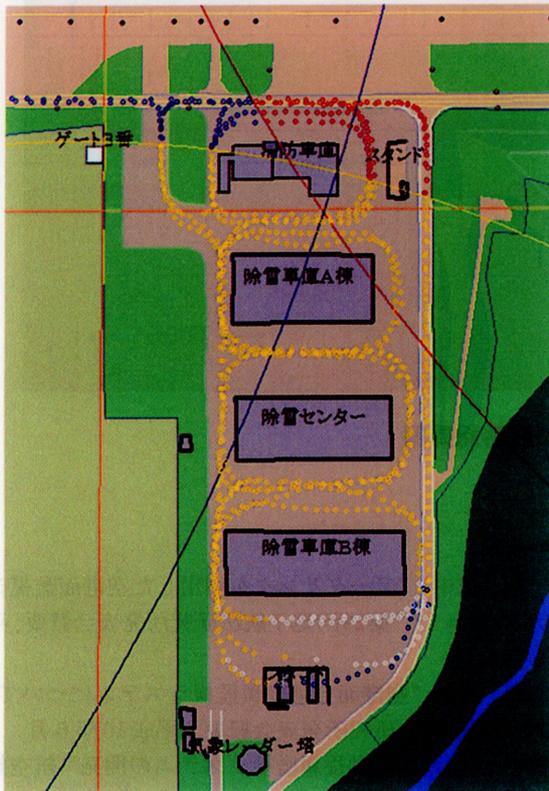


図9 隣接セル間の離脱・加入操作航跡記録例

る離脱・加入操作を検証したときの航跡記録例を示す。図の航跡記録例を見て分かるように、各セルの切替えポイントでは、全ての走行パターンで安定な離脱・加入操作が行われていることを確認した。なお、この図で除雪車庫B棟付近で航跡の色が黄色以外の白色と青色に変わっている部分がある。これは本来のサービスエリアはM2（黄色）であるが、除雪車庫A棟や除雪センター、除雪車庫B棟の建物の遮蔽でリンクが切れたため、リンクが確保できる他のマスター局を探して加入したことを示す。ここで、青色はM3、白色はM4に加入したことを示す。

図10は、消防車両の夜間走行訓練の航跡記録例を示す。この時の車両台数は、大型消防車3台と指揮・監督車1台、それに実験用車両1台である。航跡で、右側の赤色はM1、青色はM3、左側の赤色はM5の各マスターに加入していることを示す。この場合も、各セルの切替えポイントでは離脱・加入操作がスムーズに行われていることを確認した。

図11は、12月初旬に30cm余りの積雪があり除雪車両が出動した時の航跡記録例を示す。指揮・監督車を先頭にスノープラウ、ロータリー除雪車が出動し、誘導路を南下してB滑走路に入り、滑走路の除雪作業を開始したときの状況を示す。各車両に搭載している移動局の種類は、指揮・監督車とスノープラウ除雪車がタイプ2、ロータリー除雪車がタイプ1である。図中の航跡で、黄色はM2、赤色はM1、青色はM3の各マスター局に加入していることを示す。

図12はスノープラウ除雪車の稼働状況を示す。

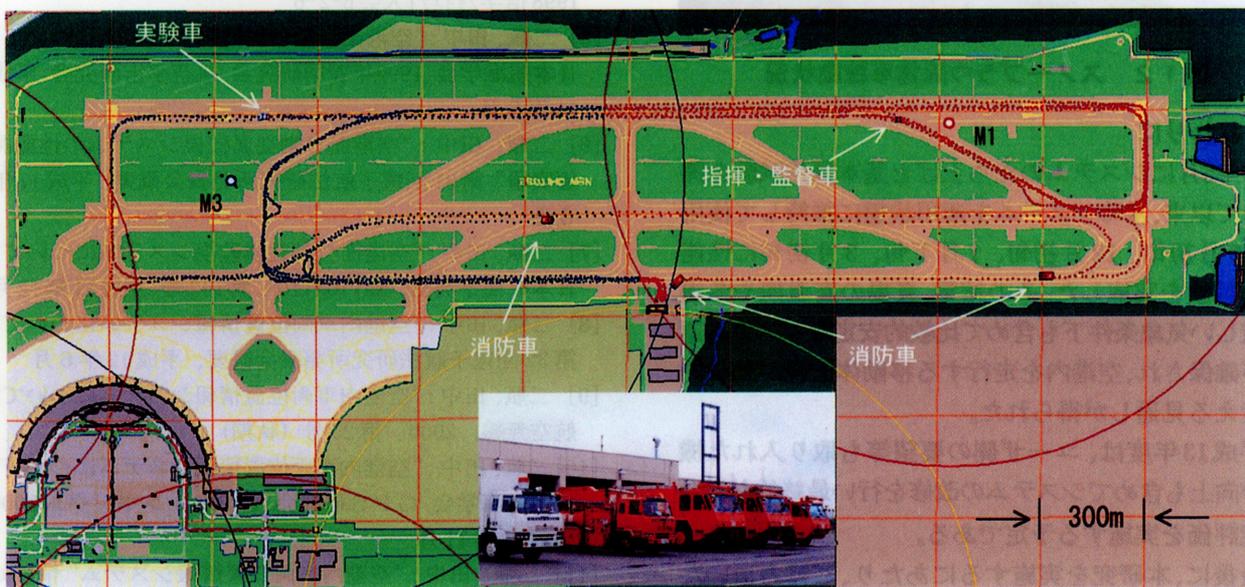


図10 消防車両夜間走行訓練航跡記録例

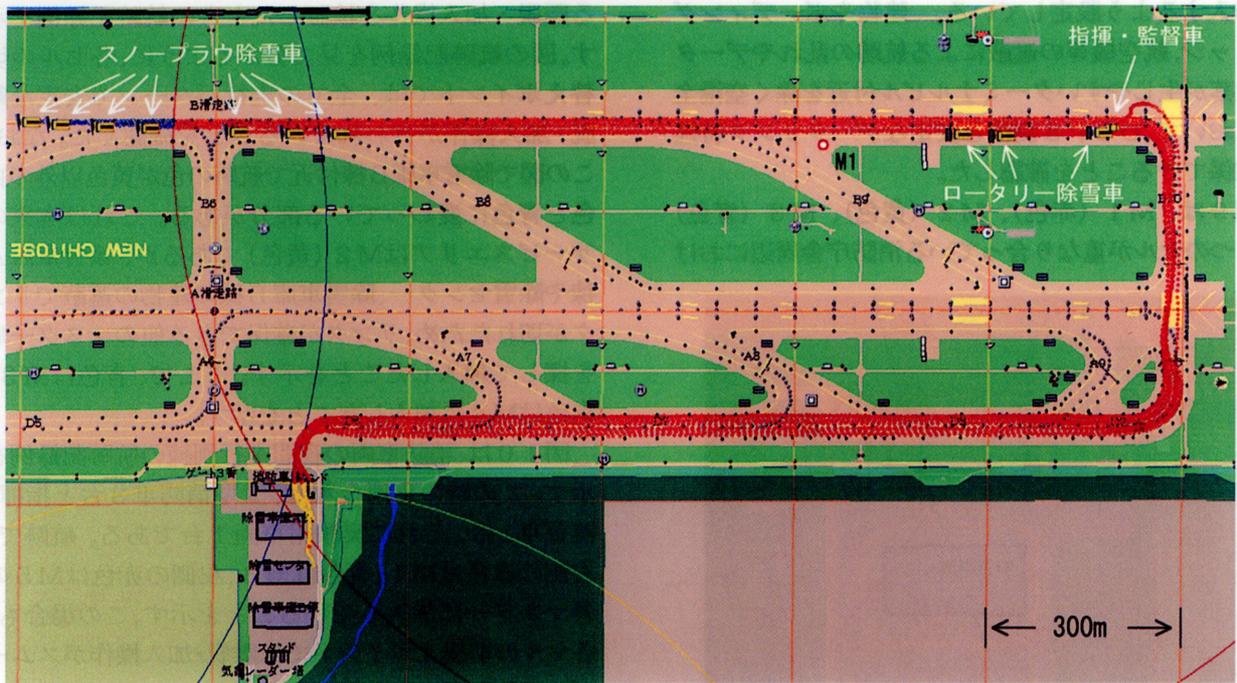


図 1 1 滑走路除雪作業時の航跡記録例



図 1 2 スノープラウ除雪車稼働状況

4. おわりに

昨年5月にシステムの立ち上げと基本動作試験を開始して以来、常時システムを運用状態に維持して使用し、9月初旬、12月初旬、1月下旬、3月初旬に性能評価試験を実施した。その結果、夏場の高温期や冬場の厳しい気象条件下も含めて比較的安定なシステム運用が確保され、空港内を走行する移動体監視が効果的に行える見通しが得られた。

平成13年度は、ユーザ側の要望等も取り入れた機能の向上も含めてシステムの改修を行い最終的な総合性能評価を実施する予定である。

最後に、本研究を実施するにあたり、ご協力頂いた東京航空局ならびに新千歳空港事務所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信学サイエティ大会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について”日本航海学会 GPS研究会 GPSシンポジウム2000 平成12年11月
- [11] 二瓶、田中：“空港内車両位置情報システム”情報処理学会 高度交通システム研究会 高度交通システム2001シンポジウム 平成13年1月