

第5章 航法関係分野の展望

1. 意義

航法関係技術の進歩は、人命尊重に直接貢献するところに極めて重要な意義がある。遭難船舶、遭難航空機等の位置、状況等の把握の現状は、時間的及び地理的に大きな制約を余儀なくされている。航法に対する衛星システムの導入は、あらゆる海空域について瞬時にかつ正確に遭難状況を把握し、迅速かつ高い信頼度の人命救助を可能にするような直接的な貢献と、船舶、航空機等の位置と動きとを常時正確に測定し、その結果を船舶、航空機又は管制官等に通報することにより衝突等の事故を予防するような間接的な貢献とがある。更に管制、航行及び一般業務の効率化・高信頼化を図ることができ、この面への貢献も極めて大きい。これらの技術は将来、一部はそのまま、また他の一部は更に発展して宇宙船の航行、救難等広く惑星を含む空間までを対象とするシステムを構成するであろう。また技術の進歩によっては自動車、個人等を対象とする捜索等にも貢献できるであろう。

2. 内外の動向

(1) 日本の動向

航法衛星システムの基本となる船舶及び航空機の位置決定技術については、運輸省電子航法研究所において世界水準の技術開発が進められており、理論解析、基礎実験等はすでに終了し、実際の衛星による最終確認待ちの段階に達している。

位置決定用データを得る測距技術並びに位置、管制等の情報を伝送する通信技術については、運輸省電子航法研究所、郵政省電波研究所、日本電信電話公

社及び国際電信電話株式会社において、実際の衛星による各種の実験が実施され、システムの実現に必要な技術がすでに確立されている。

膨大な測距データの収集・処理・記憶・自動選択通報、遭難移動体の識別・位置・時刻の自動検出と自動救助指令・関係機関・救助船等への自動通報・衝突予知、進路情報・航路情報・気象情報等関連情報・警報の総合処理と通報等々、巨大なデータ通信システムが必要であるが、これらについては日本電信電話公社でサービスを行っている各種のデータ通信システム、運輸省の航空路レーダー情報処理システム等により、基礎技術は確立されている。

更に国際協力による航空航法衛星評価実験計画（エアロサット計画）には運輸省が参画しており、航空航法衛星システムの技術基準の明確化等について寄与している。

(2) 外国の動向

米国ではATS（応用技術衛星）1号、3号及び5号を使用して、早くからNASA、沿岸警備隊、海事局等が航法に関する実験を行ってきた。

実用システムとしては1965年に米国海軍の航法衛星システム（NNSS）が運用に入り、1967年以降は民間の利用も可能になった。NNSSは現時点で唯一の全世界的測位システムであり、従来のいかなる電子航法システムよりも高精度なため、各国船舶により幅広く利用されている。宇宙部分は高度約1000kmの円極軌道上の6個の衛星で構成され、船上でこの電波を受信して小形の電子計算機により自船の位置を決定するものであり、更に性能を向上するための改良が進められている。

次の世代の航法衛星システムとしては、米国海空軍が共同で全世界測位システム（GPS又はNAVSTARと称されている。）の開発を進めている。これは複数衛星からの電波を受信する受動的測距により3次元高精度測位システ

ムを実現するものである。基礎的な実験は1967年から始められており、1984年に最終形態（衛星24個）になる予定である。

更に米国では既存の地上のDABS（サーベイランス及び航空機と基地局間のデータリンクシステム）の覆域拡張・処理能力増大のために衛星を用いる計画（ASTRO-DABS計画）が進められている。衛星は静止軌道上に6個、24時間周期の80°傾斜円軌道上に6個配置されて、米国をカバーするもので、測位精度は3次元で25mとなっている。

ソ連ではコスモスシリーズの中に航空機、船舶等の航法のための衛星が含まれている。83°傾斜円軌道を用い、軌道面の間隔60°の6つの軌道に各1個の衛星が配置されている。

このほか米国のNASA及びカナダでは無人地域において遭難した航空機及び一部船舶から発せられるビーコン電波を衛星で受信し、2～5kmの精度で位置を算出するSARSA Tの計画が進められている。

3. 実施課題

船舶航法衛星と航空航法衛星とは、初期段階では、現在の慣習の影響を受けること、技術的にも若干の差異があること等の理由により、それぞれ独立のシステムとして開発されることになろう。しかし、2000年前後には打上げ重量の拘束が殆んど無くなり、更に人間の判断が極めて重要なミッションであることから有人管制基地の建設が予想されるので、この段階では船舶・航空両ミッションのみならず、宇宙船の航行、管制等まで統合した総合管制基地に移行することになろう。

航法衛星では位置決定（測位）精度の要求によって消費電力、アンテナ直径等が定まるが、船舶航法衛星の場合は洋上で精度約1.5km、狭水路で約150

mであり、衛星重量はさほど大きくならない。この場合は、むしろ地上における膨大かつ複雑なデータ処理・通報システムが大きい開発要素となろう。

これに対し、航空航法衛星では、3次元の測位を必要とし、要求精度も50mという厳しい値であり、更に測位の時間間隔も短いため、アンテナ直径約10m、高出力送信機約40台という大規模な衛星にならざるを得ない。地上のデータ処理・通報システムはやはり大規模であり、重要な開発要素である。また将来における統合システムへの移行が容易なように船舶及び航空両システム間の整合が図られていなければならない。

以下達成目標ごとに実施課題の概要を述べるが、達成予定時期の早いものから(NS-1)、(NS-2)……と記号を定めることにする。

(NS-1)は我が国最初の航法衛星であり、船舶を対象とする捜索・救難、気象・航路通報、測位、通信連絡、海図作成等を目的とするもので、実現時期は1980年代中頃と考えられる。一般船舶の測位についてはグローバルカバレッジで精度1.5km、半径1,500kmの日本周辺海域については精度150mが得られ、海図調査船(船上に直径2mのアンテナ3台を設置した船)では精度10mが得られる。測位以外のミッションについてはグローバルカバレッジのサービスができる。衛星搭載のアンテナの直径は4m程度であり、使用周波数も低いので、技術的な問題はなく、衛星重量は主として消費電力に依存する。全ミッションを達成するには静止軌道上で約0.7トン、高度約200kmの円軌道上で約5トン(以下これを0.7/5トンと略記する。)と推定されるので、当初はロケットとの整合を考慮してミッションを2分し、(NS-1 a)として測位、捜索、救難及び海図作成をミッションとする約0.35/3トンの衛星を考え、残るミッションを約0.35/3トンの(NS-1 b)により達成するものとする。本システムはこのように分割ミッショ

ンなので、技術確立を主、運用を従とする運用実験システムと考えられ、測位、捜索、救難及び海図作成用衛星の打上げ数は(NS-1 a)が20~40°間隔に2個、中央がほぼ日本の南方赤道上来るようにする。(NS-1 b)は(NS-1 a)の中央に1個打ち上げる。本システムは運用実験システムであるので予備衛星は地上に置き、必要に応じて追加打上げを行う。

(NS-2)は航空機を対象とする管制、捜索、救難、測位、通信連絡等を目的とする航法衛星であり、実現時期は1980年代中頃以降と考えられる。測位については日本本土上で精度50m(3次元)、離島を含めて精度700mが得られ、その他のサービスはグローバルカバレッジにできる。これも全ミッションを達成するには約2/14トンの衛星重量を必要とするので、当初はミッションを3分してロケットとの整合を図ることとし、(NS-2 a)は、管制、捜索、救難並びに離島及び太平洋上の測位ができる約0.7/5トンの衛星、(NS-2 b)は直径10mのアンテナを搭載し、日本本土上の高精度測位ができる約0.7/5トンの衛星とし、(NS-2 c)は情報伝送(音声を含む。)を受け持つ約0.7/5トンの衛星である。これも分割システムであるので運用実験システムと考えられ、(NS-2 a)、(NS-2 b)とも打上げ数は20~40°間隔で3個、(NS-2 c)は1個である。また運用実験システムであるので予備衛星は地上に置き、必要に応じて追加打上げを行う。

(NS-3)は船舶航法衛星の本格運用システムであり、全ミッションを達成できる大形衛星の打上げが可能になる1990年を待って実現することになる。ミッションは(NS-1)の項で述べたもの全部であり、衛星重量は約0.8/6トン、打上げ数は予備を含めて3個である。運用システムでは、機能の中断が人命にかかわる可能性があるので、軌道上予備衛星は是非必要と考えられる。

(NS-4)は南北両極海域を対象とする船舶航法衛星である。衛星軌道として

は24時間周期の極軌道が考えられ、ペイロードとしては低高度軌道上で約6トン程度である。連続サービスの提供には4個の衛星を必要とし、情報は直接又はDRS(衛星等の情報中継と追跡を行う衛星)経由で地上に送られる。時期は(NS-3)と同じ頃が望ましい。

(NS-5)は航空航法衛星の本格運用システムであり、やはり全ミッションが達成でき、宇宙船の打上げが可能になる1990年代初頭を待って実現をみることになろう。ミッションは(NS-2)の項で述べた内容を総合したもので、宇宙船重量は約2/14トンであり、低高度軌道上において一部組立が行われることになろう。打上げ数は予備を含めて4個である。

(NS-6)は北極空域を対象とする航空航法システムであり、重量は約2/14トン、打上げ数は当面2個とし、時期は(NS-5)と同じ頃が望ましい。

(MS-No)は有人管制実験基地であり、船舶・航空機両航法ミッションを総合し、基地内でデータを処理し、人間の判断を加えて機敏な処置ができる総合管制基地の技術的確認を行うものである。実現時期は1990年代後半と考えられ、基地の重量は約30/200トン、人間及びミッション機器の輸送のため4(低高度軌道への帰還時)/150トン程度の宇宙船をいくつか連結した輸送船が必要となろう。

(MS-N)は、(MS-No)に更に宇宙船の管制・大形水圏観測等のミッションを統合し、人間の長期滞在施設、予備機能等を追加して2000年頃に本格運用システムに改修されるものである。基地は追加されて約100/700トンになると想定した。更に人間及びミッション機器の輸送のため約4(低高度軌道への帰還時)/150トン程度の、宇宙船をいくつか連絡した輸送船が当初3~5基、引き続き要員交代、修理、物資補給等のために年間4~6基必要となるものと考えられる。

(NS-7)は大西洋上にある日本の船舶と航空機を対象とするもので、重量は約3/20トンである。情報伝達を主体にするので、打上げ数は予備を含めて2基であり、(MS-N)により制御される。

このほかに、地上通信の困難な地域において、故障した自動車、超小形船、不時着した小形航空機等から発するビーコン電波を受信してその位置を知るシステムが考えられるが、宇宙部分としては移動通信用衛星(CS-A5等)を使用するものが望ましいものと考えられる。

4 開発技術

全実施課題に共通に、次のことがいえる。

(1) 基礎技術

電波により船舶、航空機等の位置を求める技術については、運輸省電子航法研究所等において世界水準の成果が得られており、実際の衛星システムにおける確認を待っている。データ処理技術、情報伝送技術等については、運輸省の航空路レーダー情報処理システム、日本電信電話公社の各種データ通信システム、船舶通信システム、自動車通信システム等の技術が利用でき、既存の衛星通信技術を含めて個別の基礎技術はほぼ確立しているといえる。

(2) 総合航法システムの開発

膨大な測定・監視データの収集・処理・記憶・自動選択通報、遭難移動体(船・航空機・宇宙船・陸上移動体)の識別・位置・時刻の自動検知と自動救助指令・関連機関・救助船等への自動通報、衝突予知、進路情報・航路情報・気象情報等航法関連情報・警報の総合処理と自動選択通報等々、巨大な総合データ通信システムの開発が必要である。

(3) 2000年前後の航法関係分野の有人ミッションについては、有人技術

の進捗に依存する。

5 自主開発／国際協力

全実施課題について自主開発が可能である。ただし航空用システムの世界的技術基準の決定については既定計画どおり国際実験に協力して進める。

なお、近隣諸国の要望によってはアジア管制システムの推進が考えられ、有意義な国際協力の1テーマとなる。

6 解決すべき問題点

(1) DRS及び宇宙船の航行・衝突防止システムと、船舶・航空機用航法衛星システムとの関係(共通システム化等)を明確化する必要がある。

(2) 船舶用航法衛星システムについては、小形船舶の数が他国に比して群を抜いて多いという我が国の国情を反映させ、簡易な船上通信設備でサービスが受けられるようにする必要がある。

(3) 航空用航法衛星システムについては、エアロサット計画等により世界的な技術基準の決定が航空用通信衛星システムに先立ち早期に行われることになるが、そのシステムの決定に際しては、将来航空用通信衛星システムにも使用可能なようにシステムを決める必要がある。

(4) 航法衛星システムでは測位のために複数個の衛星を必要とするので、通信システムとの宇宙部分の共用等について検討し、システムの効率化を図ることが望ましい。

(5) 年間打上げ回数的大幅増加が必要である。

(6) 1990年以降はスペース・シャトルと同程度の打上げコストが望まれる。特に航法システムの方が船舶航法システムに比べコストに対して厳しいで

あろう。

7. 開発スケジュール表

事項	年	1985年	1990年	1995年	2000年
船舶航法システム		0.35/3トン (NS-1a) ×2 (NS-1b) ×1	運用実験 0.8/6トン (NS-3) ×3 (NS-4) ×4 (北極・南極サービス)	(NS-3) ×2 (NS-4) ×4	
	総合システム			有人 (NS-No) 150トン (MS-N) 150トン ×3~5 ×3~5 ×4~6/年	3/20トン (大西洋) (NS-7) ×2 30/200トン 100/700トン ×3~5 ×3~5 ×4~6/年
航空航法システム		0.7/5トン (NS-2a) ×3 (NS-2b) ×3 (NS-2c) ×1	運用実験 2/14トン (NS-5) ×4 (NS-6) ×2 (北極サービス)	(NS-5) ×3 (NS-6) ×2	