

1 はじめに

現在、人工衛星を活用した米国の測位システム（GPS）は、カーナビ・テレマティクス分野、海事分野、マンナビ分野、車両運行管理分野、航空分野、測量・地図情報分野等広範な分野で利用されており、わが国にとって必要不可欠な社会基盤となっている。一方、わが国の測位機器市場を展望すると、2010年には2兆3562億円の市場に急速に拡大すると予測されており、商用マーケットとしても大いに期待される。また、経済波及効果としては、運用フェーズの2010年には経済波及効果が、国民1人当たり7万円（全体で7兆4000億円）、雇用者数42万人が見込まれる。

本フィージビリティスタディにおいては、正確な時間・位置情報を提供し国家・国民の安全・安心を確保し、GPSシステムを補完しアジア・オセアニア当該地区への国際協力に貢献し、リージョナルな測位複合衛星システムを確立し世界に貢献することを目的とし、準天頂測位複合衛星システムのビジネスモデルを作成した。

本システムは、軌道上に開発時衛星3機、運用時衛星7機を配備、地上設備として衛星・測位・通信管制局、高精度位置情報サービスを提供するための位置情報基準局から成る。提供できるサービスは、GPS、ガリレオと同等の無料の標準測位情報サービスの他に、ITS等の移動体や携帯端末向けに10cmクラスの高精度の有料測位情報サービス、また、移動体向けの高品質な情報通信放送サービス等である。事業収入は、受信機器のチップからのロイヤリティ収入とサービスプロバイダーからの料金収入と、官からの公共サービスの委託費である。

また、本システムの開発方式は、開発時においては欧州のガリレオプロジェクトで用いられているPPP（官民共同開発）方式とし、運用時においては事業者が公共サービスの運営・管理を官から委託されるPFI方式とする。また、開発日程は、全体を3フェーズに分け、技術開発実証フェーズは官による技術開発実証のため衛星3機と地上局、位置補正基準局を構築する。実用開発フェーズは民による実用開発のため衛星4機を構築し、以降運用フェーズに入る。

本システム開発を推進することにより、官においては、経済波及効果に示すように雇用の増加、税収増加が得られると同時に、宇宙分野の商業化支援、宇宙のみならずわが国の産業の競争力強化および、国民の安全・安心が得られるというメリットがある。民においては、商業市場における事業者利益が期待できる。また、実用化に向けたステップとして、政府に期待することは政府内推進体制の確立、開発実証の推進及び周波数・日米協議等への対応で

あり、民のアクションプランとしては、事業会社の設立、課金システムの確立、事業計画の具体化及び新規ニーズの発掘である。

なお、本フェージビリティスタディは、社団法人日本航空宇宙工業会が、財団法人機械システム振興協会からの委託により、委員会での検討の成果をまとめたものである。

1.1 スタディの目的

次世代時間・位置情報利用システムは、静止軌道と一定の角度をなす軌道に複数の衛星を配備することにより、その1機をわが国上空に絶えず滞空させることが可能となるように運用できるシステムである。また、現在世界で問題となっている静止軌道上のスロットの確保や周波数帯域の逼迫問題が回避できるわが国独自のシステムである。

次世代システムを用いると、GPSの補完、ITSをはじめとする航空・陸上・海上のナビゲーションの他、建築物等によるブロッキングの影響を殆ど受けないという特性を活かした移動体へのブロードバンドサービス等も実現可能となり幅広い用途が考えられることから、今後測位衛星利用市場は、より一層拡大するものと予想される。

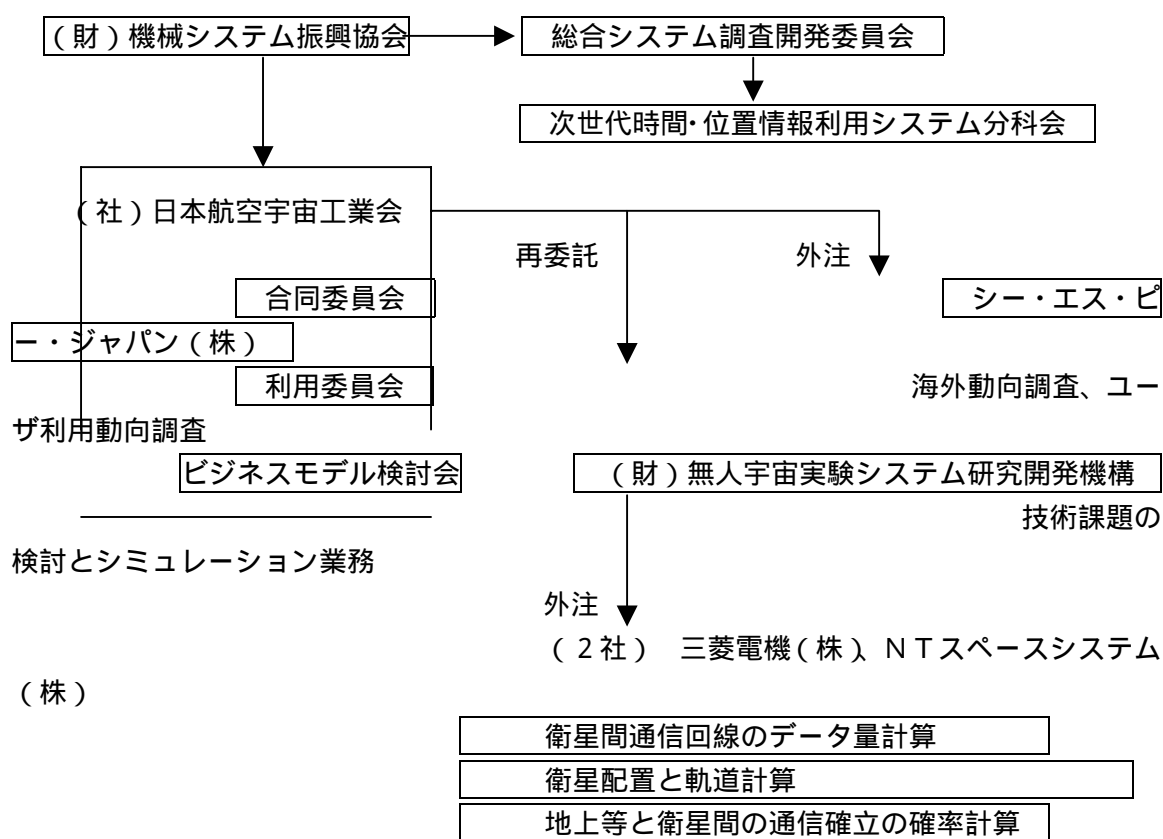
以上を踏まえ、地上系を含めた全体システムの中での位置付けを明確にしつつ、衛星を用いたわが国独自の次世代時間・位置情報利用システムの開発・利用可能性についてフェージビリティスタディを行う。

なお、当該次世代システムは、多様な産業利用が可能であり、民間にとって大きなビジネスチャンスとなり得るものであることから、本システムの開発・運用には官民開発分担（PPP）方式の適用も含めて検討することとする。

1.2 スタディの実施体制

(1) 実施体制

本スタディを進めるに当たり、(財)機械システム振興協会内に委員会及び分科会を、(社)日本航空宇宙工業会(SJAC)内に同じく合同委員会、利用委員会及びビジネスモデル検討会を設置する。また、(財)無人宇宙実験システム研究開発機構に技術課題の検討とシミュレーション業務を再委託し、シー・エス・ピー・ジャパン(株)に海外動向調査、ユーザ利用動向調査を外注する。



(2) 委員会の構成

合同委員会

役割	委員・オブザーバ等
委員長	村井純・慶應義塾大学環境学部教授
委員	< 法人 > 産業総合研究所・通信総合研究所 ・ A I A A ジャパンフォーラム・宇宙開発事業団 ・ 無人宇宙実験システム研究開発機構 ・ 衛星測位システム協議会 < 大学 > 北海道大学・東京商船大学・筑波大学・芝浦工業大学 < 商社 > 三菱商事・住友商事・伊藤忠商事・三井物産エアロスペース < 衛星 > 日立製作所・三菱電機・富士通 ・ N E C 東芝スペースシステム
オブザーバ	< 官庁 > 経済産業省・国土交通省・警察庁 < 法人 > 機械システム振興協会・新エネルギー・産業技術総合開発機構・経済団体連合会

	<大学>慶應義塾大学 <保険>東京海上火災 <ユーザ>DXアンテナ
事務局	日本航空宇宙工業会

利用委員会

役割	委員・オブザーバ等
委員長	安田明生・東京商船大学情報通信工学研究室教授
委員	<法人>土木研究所・無人宇宙実験システム研究開発機構 ・国土地理院・衛星測位システム協議会 ・鉄道総合技術研究所・電子情報技術産業協会 <大学>北海道大学 <ユーザ>トヨタ自動車・松下通信工業・シャープ・大成建設 ・地球科学総合研究所・古野電気・小松製作所 ・ソニー・デンソー・NTTデータ・NTTドコモ ・日本緊急通報サービス・トプコン・セコム ・カシオ計算機・KDDI研究所・ウイザーク <事業者>JSAT・宇宙通信
オブザーバ	<官庁>経済産業省・国土交通省・警察庁・海上保安庁 <法人>機械システム振興協会・新エネルギー・産業技術総合 開発機構・経済団体連合会・自動車走行電子技術協会 <大学>慶應義塾大学 <保険>東京海上火災 <ユーザ>三菱重工業・DXアンテナ <衛星>日立製作所・三菱電機・富士通 ・NEC東芝スペースシステム
事務局	日本航空宇宙工業会

ビジネスモデル検討会

役割	委員・オブザーバ等
座長	田中俊二・日本航空宇宙工業会常務理事
委員	<商社>三菱商事・住友商事・伊藤忠商事・三井物産IOPAS <保険>東京海上火災 <衛星>日立製作所・三菱電機・富士通 ・NEC東芝スペースシステム
事務局	日本航空宇宙工業会

(3) 実施日程

実施日程を下記に示す。

項目	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
基礎調査							▶			
技術課題の検討									▶	

ビジネスモデル の検討										▶
報告書の作成										▶

3. スタディの内容

(1) 基礎調査

1) 海外動向調査

米国の既存のGPSシステム、ロシアのGLONASSシステムについて調査する。
また、現在進行中の米国の次世代GPSシステム、欧州のガリレオシステムについても調査する。

2) ユーザ利用動向調査及び検討

国内のGPSユーザ企業の利用動向を調査、検討する。また、官のGPSを利用したアンカーテナンシーの可能性について調査、検討する。

3) 全体動向調査

移動体を対象とした情報化に関する全体動向について、インターネット上の計算機を識別するための128ビットの規格(プロトコル)であるIPv6の動向等も含めて整理する。

(2) 技術課題の検討

最適システム構築に向けての技術的課題を抽出し検討を実施する。

1) 現GPS利用上の技術的課題

現在、わが国では米国のGPSシステムを用い、広い用途に対して利用している。重要な社会インフラとなっている測位衛星システムを外国に頼る実状を踏まえ、米国が精度劣化などの方針を出した場合の航空機、自動車、パーソナルユースの技術上のインパクト、問題点と解決策を検討する。

2) 準天頂軌道を用いた測位・通信システムの検討

準天頂軌道衛星を用いた衛星システムにおいて、GPSと互換性のある測位ミッションを搭載し、GPSと組み合わせて測位を行う方式を検討し、測位精度向上のシミュレーションを実施する。併せて、衛星に通信機能を持たせて測位の補完や付随情報の伝達などの機能をもたせる方式を検討する。

3) 測位精度向上のための課題検討

測位電波コードの変更による測位精度の向上の検討、誤差修正方式による測位精度の向上に関して検討を行う。

(3) ビジネスモデルの検討

1) 官民開発分担(PPP)方式による整備の可能性を検討する。

2) 準天頂衛星システムの保有する機能のうち、測位情報サービス機能と次世代ITシステム機能等本テーマの機能に特化し、ビジネスモデルを策定する。

3) ビジネスモデルの実現に向けてのワケ組みの検討

準天頂衛星システムの機能・性能、経費計画、マスタースケジュール等 ビジネスモデルの実現に向けてのワケ組みを検討する。

2 基礎調査

2.1 海外動向調査

世界の衛星測位システム

米国GPS(現在)

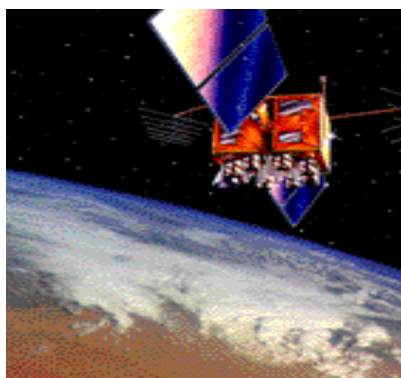


宇宙セグメント	Block II, IIA, IIR
運用主体	国防省・運輸省
高度	約20,000km
衛星数	6軌道 × 各4機
周波数帯とコード	L1: 1575.42MHz C/A, P(Y)
	L2: 1227.60MHz P(Y)
精度(95%)	水平方向: 13m
SA-off	垂直方向: 22m
FOC宣言	1995年4月



世界の衛星測位システム

米国GPS IIR-M



宇宙セグメント	Block IIR-M
運用主体	国防省・運輸省
高度	約20,000km
衛星数	6軌道 × 各4機
周波数帯とコード	L1: 1575.42MHz C/A, P(Y), M
	L2: 1227.60MHz C, P(Y), M
精度(95%)	SPS: 5 ~ 10m(目標)
FOC予定	2011年



世界の衛星測位システム

米国GPS IIF

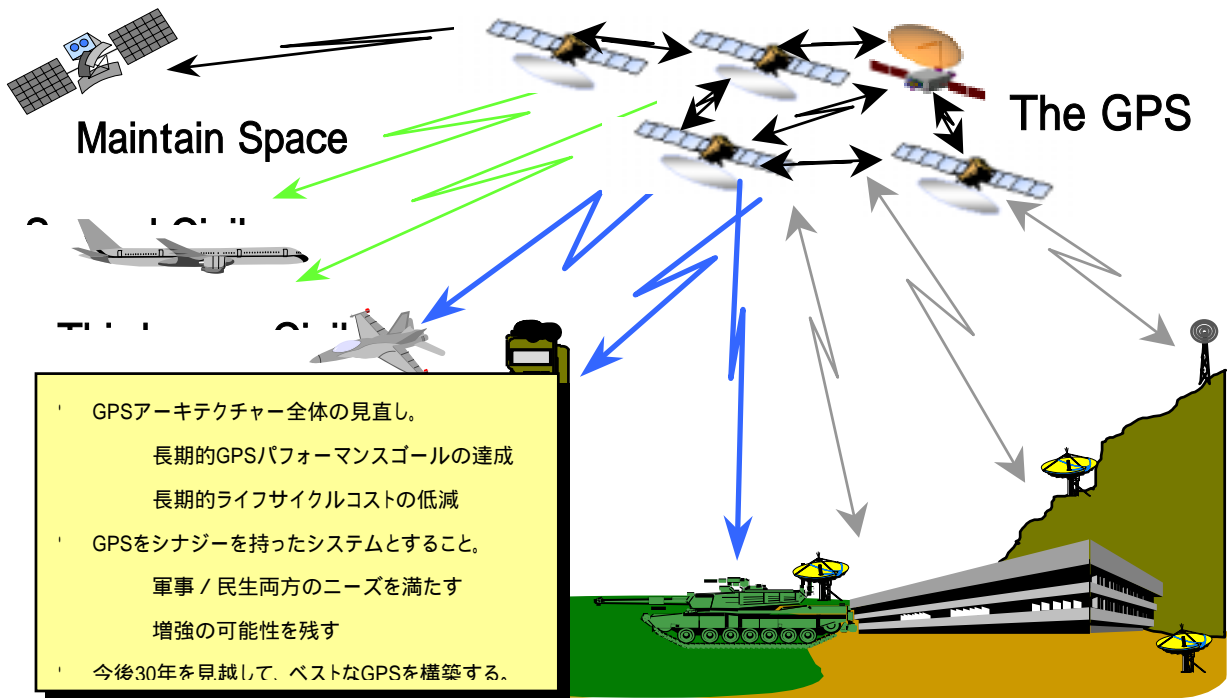


宇宙セグメント	Block IIF
運用主体	国防省・運輸省
高度	約20,000km
衛星数	6軌道 × 各4機
周波数帯とコード	L1: 1575.42MHz C/A, P(Y), M
	L2: 1227.60MHz C, P(Y), M
	L5: 1176.45MHz
精度(95%)	SPS: 1 ~ 5m(目標)
FOC予定	2015年



世界の衛星測位システム

米国GPS III



世界の衛星測位システム

ロシア グロナス

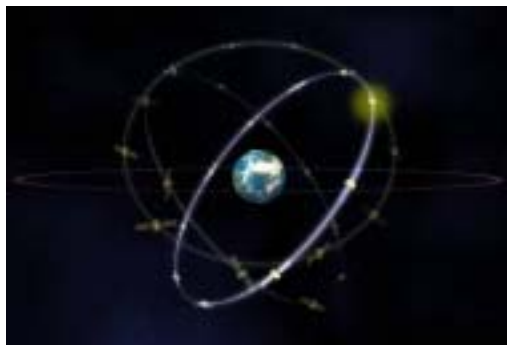


宇宙セグメント	Glonass
運用主体	国防省
高度	約19,300km
衛星数	3軌道 × 各8機
周波数帯とコード	G1: 1593-1610MHz C/A, P G2: 1239-1254MHz P
精度 (95%)	水平方向 : 60m 垂直方向 : 75m
FOC宣言	1993年9月



世界の衛星測位システム

欧州 ガリレオ



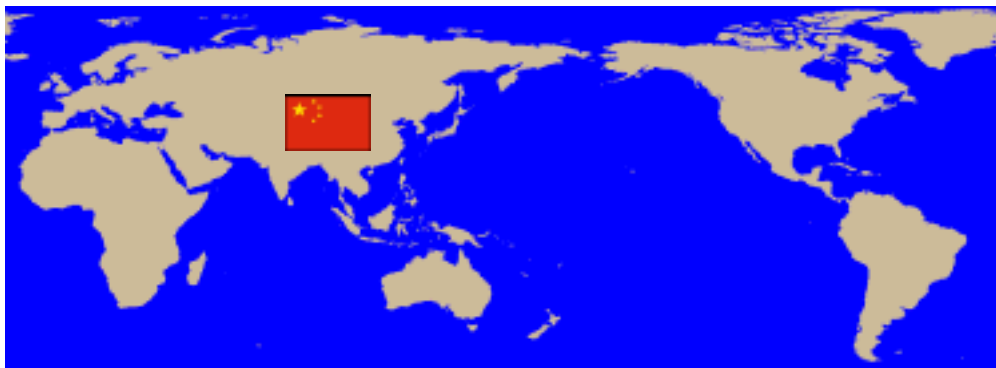
宇宙セグメント	Galileo
運用主体	EU、ESA
高度	約24,000km
衛星数	3軌道 × 各10機
周波数帯とコード	E1: 1589.742MHz E2: 1561.098MHz E3: 1561.098MHz E5: 1202.025MHz E6: 1278.75MHz C1: 5019.861MHz
精度 (95%)	水平方向 : 15m 垂直方向 : 35m
FOC予定	2008年



世界の衛星測位システム

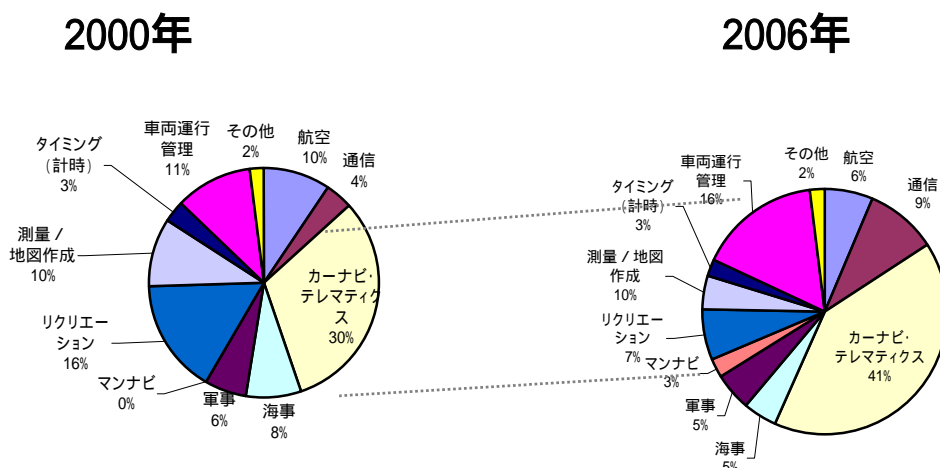
中国 北斗

- 中国はBeidou(北斗)Navigation Systemという独自の衛星航行システムの構築を計画している。
- 2000年10月及び12月にBNTS-1A及びBNTS-1Bの2機の航行試験衛星を静止軌道に成功裏に配備した(BNTS衛星の諸元については公表されていない)。
- 次世代衛星航行・測位システムの計画もあり、衛星数を増やしてカバー範囲を広げたいとしている。



GPS 利用例

基礎調査 (世界のGPS機器市場展望)



98億ドル

340億ドル

出典: Allied Business Intelligence 調べ

基礎調査 (世界のGPS機器市場の伸び率)

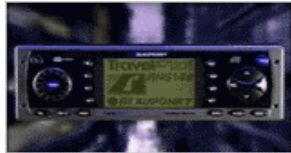
分野	2000年	2006年	(金額: 百万ドル)
			伸び率(金額ベース)
航空	980 (10%)	2,040	+ 1,060 (208%)
通信	392 (4%)	3,060	+ 2,668 (781%)
カーナビ・テレマティクス	980 (10%)	13,940	+ 11,000 (474%)
海事	784 (8%)	1,700	+ 916 (217%)
軍事	588 (6%)	1,700 (5%)	+ 1,112 (289%)
マンナビ	1 (0%)	1,020	+ 1,019 (1,020%)
リクリエーション	1,568	2,380	+ 812 (152%)
測量/地図作成	980 (10%)	3,400 (10%)	+ 2,420 (347%)
タイミング	294 (3%)	1,020	+ 726 (347%)
車両運行管理	1,078	5,440	+ 4,362 (505%)
その他	196 (2%)	680 (2%)	+ 484 (347%)
()内: 市場割合			

GPS利用例

海外

(カーナビ・テレマティクス分野)

日本



米国のカーナビ市場は未成熟で小さい。OEMでは日本メーカー/欧州メーカーが他地域商品を転用し、矢印ナビ、地図付きナビを導入しているが、どちらも成功には至っていない。レンタカー市場は大きく、Magellanの矢印ナビが独占状態。市販はAlpineが地図付きDVDナビを一昨年末より導入したが、マーケットとしては非常に小さい。

Ford, GMは電話を利用したの緊急案内及び情報サービスを実施している。目的地までの誘導という機能よりも、緊急時の対応という所が重視されている。



- 日本では、地図情報にVICSを通じて交通情報をプラスして、現在地から目的地までの最適ルートを得るカーナビが世界で最も多く利用されている。
- 一方、海外で主流となっている緊急時対応や情報サービスというアプリケーションでは大手自動車メーカ各社がサービス提供しているものの、未だ広く普及していない。

海外

GPS利用例

(海事分野)

日本



- Stena Line社(スウェーデンのフェリー連航会社)は、最短ルートの作成、及び、湾内での効率化(接岸、反転等)に測位情報を利用。GPS、レーダ、ジャイロを用いて精密な航路を作成。接岸に用いる為に、港の詳細なデジタルマップを作成。各港にRTK基地局を設置し、フェリーの接岸に補正データを送信している。
- タンカーが座礁した場合のオイル漏れの監視/分布図の作成、及び清掃作業の効率化/作業状況のマッピングが行われている。1990年に米国議会は、全てのオイルタンカーにGPS機器の取り付けを義務づけた。1993年に米国フロリダ州近海で起こったタンカー沈没事故の際に、流出した燃料のトラッキングにGPSを利用した。米国ではCoast Guardが全国規模のDGPS整備を進めている。



- 自分の船舶の位置、進路、速度を測定し、位置の確認をすること及び目的地への進路、到達所要時間等を算出し、航行の援助とする、船舶用航行援助システムが幅広く利用されている。
- 海上保安庁が中波ビーコンを使ったDGPSサービスを提供している。
- また、大型タンカーの接岸をDGPS及びRTK-GPS使って支援する、バーシングサポートシステムも開発されている。

GPS利用例

海外 (マンナビゲーション分野)

日本



- ・ 米デジタルエンジェル社: GPS携帯端末に、体温計、温度計、脈拍計、血圧計、音声、振動計、圧力計を備えており、近い将来には体温発電装置、心電図と脳波を計るセンサも備える予定である。
- ・ これらの情報とGPSを利用した位置情報を地上通信網(携帯電話網)を利用してセンターに送り、そのセンターから顧客のウェブサイト、携帯端末(PDAなど)、ポケベル等にデータを送信し位置情報、及び健康状態を伝えるシステムである。



- ・ セコムがGPSと携帯電話網を併用する機器を用いて、人や資産の位置の検索サービスを展開。ココセコム対応携帯電話を使えば緊急通報に対応するサービスも提供。
- ・ 緊急通報サービスがKDDI AUのGPS携帯電話にヘルプネットサービス機能を提供。事故や急病、事件に遭遇した場合など、生活する上でのあらゆる緊急事態の発生に対応するとしている。

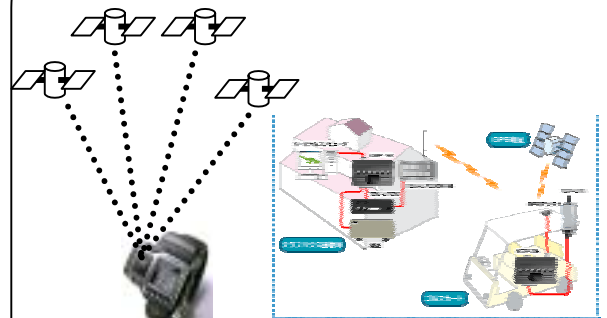
GPS利用例

海外 (レクリエーション分野)

日本



- ・ 2001年に行われたスキーマワールドカップでは、テストラン時に選手にGPS受信機、通信機、及び、心拍数計を装着させた。テレビモニター上に選手の位置と心拍数を表示する事により、地点別/選手別の難易度等の把握が可能となった。
- ・ トレッキングでの自己位置及びルート把握、プレイヤーボードのナビゲーション、ゴルフカートに装着して距離データをプレイヤーに伝える等のアプリケーションがある。



- ・ トレッキング等アウトドア活動において、小型GPS端末の利用が進んでいる。
- ・ カシオはアウトドア活動向けのGPS機能付き腕時計を発売している。
- ・ 日本でも経営効率化とユーザへの付加価値サービス提供を両立する方法として、GPSを用いたカーと管理システムの導入が進められている。

GPS利用例

海外 (測量 / 地図作成分野)

日本



吊り橋の揺れの観測: 香港にある世界一長い吊り橋である、Tsing Ma橋の揺れなどの観測にRTK-GPSを用いている。また、香港の交通局はWind and Structural earth Monitoring System (WASHMS) という技術を使い橋の状況の監視を行っており、損傷計測器等の774個のセンサから構成)、2001年1月に GPS On-Structure Instrumentation System(GPS-OSIS)と呼ばれる技術を導入した。それにより、橋の健康状況をあらゆる角度から計測する事が可能である。

路面状況の測定 (米国メリーランド州交通局): GPS、高感度ビデオ、超音波センサ、加速度計、姿勢制御装置を使用し高速道路の状態のチェックを行っている。そのデータをデータベースに蓄積しており、今後はGISに組み込まれる予定。



国土地理院が全国に約1000点 (約25kmに一つの割合) の電子基準点を整備し、その座標地は世界測地系を採用した改正測量の施行日 (平成14年4月1日) より、公共測量等にも使用可能な基本測量成果となった。国土地理院はRTK-GPS (Realtime Kinematic GPS) を利用する公共測量作業マニュアルを策定、電子基準点の情報による地殻変動監視 (災害対応)、領土管理・国土管理に必要な地理情報の整備等を行っている。

現在、地すべり危険箇所並びに急傾斜地崩壊危険箇所の監視にRTK-GPSの精密測量技術の使用が増えてきている。無人でリアルタイムに計測できるシステムの構築が進められている。

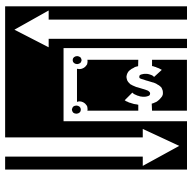
また、国土地理院は、平成14年5月から関東・中京・京阪神地域等の大都市を中心として200点の電子基準点リアルタイムデータを民間に開放することを開始する。これにより、電子基準点を利用してリアルタイムに高精度な位置情報を提供するサービスを民間が行うことが可能になる。

GPS利用例

(タイミング (計時) 分野)

海外

日本



- ・ ATM (現金自動預け払い機) の時刻同期
- ・ オンライン金融取引の同期化・管理
- ・ 通信事業者: CDMAはネットワーク全体がGPS衛星システムとCDMAネットワークからの測位情報を同時収集している。
- ・ 米国の電力会社のそれぞれの発電施設の調整

電力会社が発電と送電のタイミングを高精度に同期
故障箇所の特定



通信事業者: CDMAはネットワーク全体がGPS衛星システムとCDMAネットワークからの測位情報を同時収集している。

日本の電力会社では発電と送電のタイミングを高精度に同期をとる、或いは故障箇所を特定する用途へのGPS利用は研究段階にある。

海外

GPS利用例

(車両運行管理分野)

日本



- カナダのWest Coast ExpressがGPSと地上通信網を使って列車の運行管理を実施。米国AMTRAKも同様のシステムの導入を予定。
- カナダのカルガリー市ではGPSと無線通信を使って、救急車の現場到達時間を大幅に短縮することに成功している。米コロラド州ボルダーやオーストラリアでは市営バスにGPSと無線通信装置を搭載し、待ち時間短縮などのサービス向上を実施。
- レンタカー会社である米ACMEは車両のトラッキングにGPSを利用し、盗難防止に役立てると共に、荒い使用を行った顧客から罰金を徴収。



- 鉄道総研が橋梁下部工変状モニタリングシステム及び列車走行位置検出を開発中。集電系車上測定データの位置精度向上及び鉄道旅客向けナビゲーションシステム、インテリジェント列車制御を研究開発中。
- 大同信号が路面電車ロケーションシステムを開発中。路面電車に搭載して車両位置を検知し、その情報を拠点に設置された中央装置に伝送し、線区の運行管理に使用する。
- NTTドコモがDoCoです・Carと称するGPSとDoPa通信網を使った車両運行管理サービスを提供。各地でタクシーの配車管理、路線バスの運行管理にGPSを利用してサービス向上を図っている。

海外

GPS利用例

(航空分野)

日本



- システムとしてWAAS、安全がクリティカルな離着陸にGPSを利用するLAASの開発を実施。インマルサットを使ったWAASは既にシステム構築が完了しており、航空機での利用は2003年から本格化する予定である。各空港に配備されるLAASは開発中で米国では航空機の運用における安全性向上と渋滞解消を両立させる手段として、衛星を使った広域GPS補強。
- 米Forest Serviceは森林火災の位置をGPSで精確に測ることで航空機を用いた消火活動の効率を向上させている。



- 日本では、国土交通省のMTSATと地上設備を用いてMSASと称するGPS補強システムを2003年に構築予定。GPS単独では難しい、衛星測位のインテグリティ、精度、アベイラビリティ、サービスの継続性を確保する。

GPS利用例 (通信分野)

海外



- ・ E911は、ワイアレスサービスの利用者が911にかけた場合、どこからかけているのか判別できるようにするもので、米国で法律として制定されている。ハンドセットの電話機だと50メートル範囲内で67%、150メートル内で95%の正確さ、ネットワークベースで100メートル内で67%、300メートル内で97%の正確さで電話をかけた人の位置を判別する事が要求されている。
- ・ Sprint (米国第4位の通信事業者)は2001年10月にE911に沿った携帯端末の発売を開始。(サービス開始は同年11月)
- ・ 2005年末までに、ハンドセットベースの通信事業者は、使用されている携帯電話の95%をGPSチップ搭載機種にしなければならないとされている。

日本



- ・ 米国のように測位機能を携帯電話に持たせることを制度化するまでに至っていないが、KDDI・AUはGPS搭載の携帯電話を既に販売している他、NTTドコモはGPS受信機能を備えたPDAと携帯電話を接続してタウン情報や地図情報を提供している。

(Space Japan Review, No.24, August/September 2002)