

(1) 移動観測実験

5台のシュードライトの全てを使用する、屋上の2台のみを使用する、屋上の2台と地上の1台を使用する、地上の3台を使用する、シュードライトを全く使用しないという5種の配置について、それぞれシュードライトの出力を強くした場合と弱くした場合の計10回の計測を行った。移動観測実験では、シュードライト受信機、RTK-GPS、単独測位の測位結果が報告されている。

シュードライト受信機を用いた測位結果を表-1に示す。ここで、平面位置の真値として、経路の屈曲点における、全てのシュードライトを使用した場合のシュードライト受信機の測位結果を、出力大の場合と小の場合で求め、それぞれ別々に内挿して使用していることに注意しなければならない。

表-1 移動計測実験結果 (シュードライト受信機)

シュードライトの配置数と出力				誤差 (mm, 1σ)	
出力	屋上	地上	合計	平面	高さ
小	2	3	5	52	41
	2	0	2	102	85
	2	1	3	88	32
	0	3	3	42	115
	0	0	0	241	127
大	2	3	5	43	42
	2	0	2	91	59
	2	1	3	98	63
	0	3	3	42	76
	0	0	0	159	67

(YongCheol SUH ほか, 2002)

まず、条件の悪い建物脇においては、捕捉GPS衛星数が4個（一部の実験では3個になったこともある）であったが、シュードライトの併用により、測位が可能となった。次に、測位精度であるが、高さについては、出力小では、地上のみにシュードライトを配置した場合を除き顕著な向上が見られたが、出力大ではシュードライトの追加による精度向上を、はっきり確認できない。これは、出力の大小というより、実験時のGPS衛星の配置に起因すると予想する。平面位置に関しては、前述の真値の問題があり、シュードライトの追加による精度向上を判定することは困難である。結論として、本実験では、シュードライトの追加による測位可能性の向上は実証できたが、精度に関しては、向上する傾向にありそうであるが、はっきりと実証されたとはいえないであろう。

シュードライト以外の受信機における測位結果は、以下のとおりであった。単独測位では、誤差は大きいですが、シュードライト発信機の影響を受けず、また、建物脇の条件の悪い場所でも測位ができた。RTK-GPSでは、シュードライト発信機を使用して

いない場合、建物脇の通過時とその後で、Fix解が得られない場合があったが、測位結果に大きな誤差はなかった（突発的な誤差1.2mを除き、誤差0.6m以内）。しかし、シュードライト発信機を使用した場合は、4個以上の衛星を捕捉することができず測位不能となる、あるいは測位可能であるがFix解が得られない（誤差も大きい；最大20m）という事態が頻発した。

(2) 静止観測実験

静止観測実験は、上空の開けた場所（図-5のA地点）においてシュードライトの出力大の条件で、建物脇（同B地点）においてシュードライトの出力大、小の条件で行なわれた（合計3回）。全てのシュードライト送信機（5台）が使用された。計測時間は、12時間であった。静止観測実験では、シュードライト受信機、RTK-GPSの測位結果が報告されている。なお、真値として、何を用いたかは、報告されていない。

RTK-GPS受信機では、上空の開けた場所における測位可能時間（Fix解の得られた時間）は73%で、建物脇においては0%であった。ともに、シュードライトを追加したため、測位可能時間が減少した（または0になった）と考えられる。一方、シュードライト受信機では、捕捉GPS衛星数が1個となったときもあったが、全ての時刻で測位が可能であった。

シュードライトの測位誤差は、観測当初数メートルあったが、時間とともに改善され、最後の1時間では、表-2のとおりとなった。収束の遅れは、受信機が移動しない場合に生ずるシュードライト受信機のファームウェアの問題ではないかと報告されている。

表-2 静止計測実験結果 (シュードライト受信機)

計測地点と出力	誤差 (mm, 1σ)					
	平面			高さ		
	RMS	オフセット	合計	RMS	オフセット	合計
A点大	15	35	38	24	10	26
B点大	26	14	30	38	51	64
B点小	23	85	88	31	216	218

(高精度測位社会基盤研究フォーラム 2002に基づく)

(3) まとめ

シュードライトの追加により、捕捉衛星数が4個未満でも測位可能であることが実証された。シュードライトの追加による精度の向上に関しては、報告で用いられた真値に疑念が残り、実証されたとはいえない。

この実験において、シュードライトに関する以下の問題点が判明した。

静止計測実験で述べたように、搬送波測位では、2重位相の不確定性を確定させる部分のファームウェアに問題がある。

パルス方式の送信は、コード測位では問題とならないが、RTK測位には深刻な影響を与えた。パルス方式は、GPSからの電波とシュードライトからの電波を時分割して受信すればよいという発想である。コード測位では、異なるPRNの間の拡散符号（コード）の直交性が高いため、コード（C/Aコードでは、1023bit長、1ms）の一部を受信しただけでも測位可能であるのに対し、RTKを含む搬送波測位では、途切れることなく搬送波位相を積算する必要があるため、このような結果になったと判断する。

シュードライトの電波どうし（直達波と反射波）の干渉により、受信強度が場所によって変化し、ほとんど0となる所もあることが確認された。

2. 5. 3 解決すべき課題

都市部において、シュードライトを実用化するための問題点として、以下の事項が指摘されている。特に、遠近問題とマルチパスが深刻である。なお、シュードライト受信機は、既存のGPS受信機を改造することにより、比較的容易かつ低コストで作成できるといわれているが、新たにシュードライト受信機を作った方がいいという意見もある。

(1) 無線局免許

電波法に基づく無線局の免許が必要である。免許の取得のためには、通常のGPS受信機による測位等の既存の電波利用に問題がないことを示す必要がある。

(2) 遠近問題

GPS衛星は、高度約20,000kmの上空を飛行するため、衛星と受信機の距離の変化率（距離の変化/距離）は少なく、これにともなう信号電波の受信電力の変化も少ない。これに対して、シュードライトでは、設置条件にもよるが、送信アンテナの近傍まで近づくことができるため、送信アンテナと受信機間の距離の変化による受信電力の変化が問題となる。具体的には、シュードライトの送信アンテナに通常の（シュードライトに対応していない）GPS受信機が近づくと、シュードライトの電波強度が強くなりすぎ、GPS衛星からの電波を正常に受信することができなくなり、測位不能となる。これを避けるため、シュードライトからの送信電力を下げると、シュードライトの利用可能範囲が限定されてしまう。これが、遠近問題である。

現在、遠近問題に対処するため、送信のパルス化が行われている。これは、時間軸上で一定の期間（この割合をデューティと呼ぶ；例えば9%）のみ

にシュードライトの電波を送信する方法である。しかしながら、この方法では、国土技術政策総合研究所における実験で示されたとおり、搬送波測位に重大な影響を及ぼす。

以下に述べる（4）、（5）との関連もあり、周波数のシフト、異なる周波数帯の利用、異なる拡散符号の利用等の方法も検討されているが、現在市販されている機器では対応できない（新たに機器を開発しないと、実験もできない）。

(3) マルチパス

都市部におけるシュードライトの利用では、GPSの場合と同じく、マルチパスの問題が深刻である。特に、地下街等の閉鎖空間においては、この傾向が激しい。

(4) シュードライトどうしの干渉

同一のシュードライト発信機からの直達波と反射波の干渉、（パルス化を行わない場合には）シュードライトどうしの干渉のため、場所により、シュードライトの信号強度が低下することが問題となる。

(5) シュードライトの時刻同期

正確な測位を行うためには、シュードライトの時計が正しい（シュードライトのみによる測位では、少なくともシュードライト間の時刻同期が取れている）ことが必要である。屋外に設置したシュードライトでは、GPS信号を受信し、GPS時系に同期させることができるが、閉鎖空間では時刻同期の方法が問題となると指摘されている。

(6) シュードライトに割り当てるコード

市街地に多数のシュードライトを配置する場合、各シュードライトのPRN番号（GPS衛星、シュードライトを区別する識別番号）を、同一のPRN番号のシュードライトからの信号を受信することがないように割り当てる必要がある。シュードライトがPRN番号を自動的に割り当てる機能、あるいはマニュアルで割り当てるためのツールが必要であると指摘されている。

(7) 処理プログラム

シュードライト受信機のファームウェアを新たに開発する必要がある。シュードライトによる搬送波測位では、シュードライト送信機が移動しないことに起因する静止している受信機での位相の不確定性の解決、送信機と受信機の位置関係が急激に変化することへの対応（アルゴリズムの開発）が必要である。

(8) 開発環境

シュードライトの機器開発のためには、拡散符合を復元した状態でのS/N等を計測する機器の開発が必要であるといわれている。

3. 高精度測位技術の利活用

これまで、GPSを中心とした測位技術は、カーナビゲーションと測量を中心に利用されてきた。ここでは、今後の技術の進歩と普及を前提とし、「いつでも、どこでも、高精度の測位」が可能な社会基盤の利活用について、まとめる。たとえば、音声によるリアルタイムの双方向性の情報伝達手段である固定電話網が情報系の社会基盤として整備されたが、その利用はビジネスから娯楽まで、電話網の整備主体の想定を超えて広がってきた。また、パソコン通信や留守番電話など、「音声による」あるいは「リアルタイム」といったサービスとしての基本的な性格を超越した利用方法も登場した。本稿が、その可能性の一部を提示できれば幸いである。なお、応用分野により「高精度」の指す内容は異なるが、概ね数メートル程度以上の精度をさすものとする。

調査に際し、農業、ユビキタス、ナノテクノロジー、防災の各分野の専門家に対する聞き取り調査を行った。その結果を末尾の資料に示す。

3. 1 防災、緊急活動

事故・災害時の緊急対応においては、その状況をすばやくかつ的確に把握することが重要である。1995年の阪神・淡路大震災においては、インターネットを通じ被災状況が発信され、ボランティア意識の高揚等に寄与するとともに、災害時におけるネットワークの重要性が認識された。これらの情報は、現地で得られたものであるが、大学、自宅等に帰った後で整理され、入力されたと想像する。一步踏み込んで、現地での情報発信を緊急活動に直接役立てるためには、一般市民が情報を入手した時点で、位置を含めた当該情報を緊急活動主体に発信できることが必須である。

緊急通話（110番、119番）は、平常時における最も重要な緊急連絡方法である。緊急通話時は、気が動転しており、通報者がその位置を的確に表現できない場合が多い。固定電話では、逆探知により発信電話機を特定する方法が確立しているが、携帯電話等の移動電話では、この仕組みが確立していない。米国では、いわゆるE911法により、緊急活動主体への緊急通話の発信地点の通知が義務づけられている。国内においても、同様の態勢が検討されている。緊急通報時に要求される位置精度は、屋外においては、数～数十メートルと予想される。屋内においては、階層と部屋を特定できることが重要である。階

層を座標のみで特定するためには、1 m程度の精度が必要である。

大規模災害の発災時には、電話が使えない場合が多く、通話できたとしても、防災担当者が多量の通報を処理できないと予想される。そこで、カメラ付き携帯電話の活用が試みられている。位置情報の付加されたデジタル画像（又はデジタル映像、現地で入力できる簡単な文字情報が付加される場合もある）であれば、位置をキーとして自動的な情報の整理が可能である。また、画像であれば、短時間に比較的正確な情報を作成でき、文字や音声とくらべ捏造も難しい。さらに、IPプロトコルを使用する電子メールは、回線を占有する電話網とくらべ、ネットワークへの負荷が小さい。要求される測位精度は、緊急通話と同程度である。

災害現場における被災者の救出においては、被災者の有無の確認と位置の同定が重要である。安全な経路での避難場所への被災者の誘導においても、被災者の位置が同定されれば、携帯電話への文字情報の送信等により、個別の誘導が可能である。また、防災担当者が、被災者の分布を把握できれば、避難場所の収容容量、非難経路のスループット等を考慮した動的な誘導が可能である。このような防災担当機関の発意による個人の位置の特定では、その場で相手の同意を得ることが困難であり、緊急時における公的機関による位置特定に対する事前の同意が必要である。法的、技術的問題の解決とともに、緊急時の同意なしの位置特定が、個人の利益になることをアピールする必要がある。要求精度は、緊急通話と同程度である。

緊急対応、特に屋内や地下街における対応においては、消防士等の作業員の位置の特定と誘導が、活動効率と作業員の安全確保のために重要である。屋内での活動が主であり、これには、階層と部屋を特定できる1 m程度の精度が必要である。

地震時には、建物等の構造物の被災状況を把握する必要がある。特に、道路、鉄道の高架等の構造物の被害の有無は、これらの利用可能性を判定するために重要である。測位により、構造物の変位を検出できれば、建物の倒壊、座屈等の被害をモニタリングすることが考えられる。更に、高精度かつ高周波の測位が可能であれば、測位機器を加速度計として利用することが可能であり、振動のモニタリング、振動状況の変化による構造物被害の推定（被害があった場合、振動に対する応答が悪くなる）への利用も想定される。理想的には、100Hz程度のcm精度の測位が望まれる。

3. 2 交通

現在、カーナビゲーションがGPSの最大の分野で

ある。カーナビゲーションでは、測位結果を地図の道路上に表示する必要があり、GPSの精度向上より、地図データの精度と鮮度の向上と、マップマッチング技術が重要である。また、ナビゲーション自体より、店舗・観光案内等の付加サービスに重点が移動している。現在のカーナビゲーションの延長線上では、特に都市部での測位可能性の向上は必要であるが、測位精度向上の要求は少ない。ただし、高架道と地上の道路が並走する部分において、車両がどちらを走行しているか判定するための測位精度（特に高さ方向）の向上のニーズはある。一方、自動運転、衝突回避を含む運転補助を含めたITS（Intelligent Transport System；高度道路情報システム）のためには、高いリアルタイム性を有するサブメートル精度の測位が要求されている。

現在、GPSを使用したバスの運行管理と、利用者への情報提供（バス停、主要目的地までの到達時間の予想）が、一部で実現している。このようなシステムは、今後普及すると考えられる。

歩行者ナビゲーションにおいては、少なくとも道路のどちら側の歩道にいるかを判定する必要があり、カーナビゲーションより高いメートルオーダーの精度を必要とする。施設内での誘導のためには、通路の幅である1m程度の精度が必要である。障害者（特に視覚障害者）の安全な誘導は、障害者の生活を改善する上で重要であると認識されている。ここでは、安全確保のため、歩道と車道の境界等を判別が必要であり、サブメートルの測位精度を必要とする。一方、汎用的な歩行者ナビゲーションにおいては、店舗情報の提供等が行われているが、営業時間、混雑状況等の店舗の現況を考慮した情報の提供等が進展すると予想される。また、測位された位置の変化から人の移動方向を推定し、提供する情報の優先順位を変更することも考えられる。

道路管理に関しては、特に除雪車の誘導のために、サブメートル精度の測位が要求されている。除雪車は、標識、ガードレール等の設備を壊さないよう、道路脇の状況に合わせて運行する必要があり、運行には、これを見張る要員が必要である。除雪車のワンマン運転のための位置決めのため、高精度測位の利用が考えられる。

鉄道の運行には、信号システムとATS/ATCが利用されているが、特に長距離の路線では、その設備投資と管理の費用がかさむ。JR北海道等では、これらの設備の代わりにGPSを用いて列車の位置を監視する方法が検討されている。また、ビルによる掩蔽は多いがトンネル部分がない路面電車では、準天頂衛星の利用が有効と考えられ、シュードライトを用いた利用実験が計画されている。上り下りの線路を区別する必要があるため、1m程度の精度が必要で

ある。

海上交通においては、GPS等の測位システムが活用されているが、一般的には、数十～数百m程度の精度で十分である。船舶の接岸誘導では、デシメートル程度の高精度の測位のニーズがある。

3.3 産業

農業においては、トラクターの自動運行、農地の状況を数m四方単位で管理する「精密農業」への応用が期待されている。自動運行のためには、サブメートル程度の測位精度が必要である。精密農業のためには、1m程度で土壌と作物の状況を把握する必要があり、同程度の測位が必要である。しかしながら、国内でどれだけ普及するか、疑問も残る。

土木、建設作業においては、従来からの杭打ち測量の代替、構造物の設置における位置決め等の応用が考えられ、一部で利用されている。また、ブルドーザー等の特種車両の自動運行の研究もなされ、無人化施工機械として雲仙の土石流災害防止工事に活用されている。これらの応用では、測位が不能となると、高価な車両の運用停止、あるいは工事全体の停止に追い込まれることがあり、精度とともに、確実な測位が必要である。測位が不能となる原因としては、市街地、山間地等におけるGPS衛星の掩蔽とともに、現在では、RTK-GPS用の補正情報が携帯電話の通話可能範囲外であるため受信できないという例もある。この分野は、露天掘り鉱山でシュードライトが導入されたように、対象地域に局所的な施設を導入することも可能である。

現在、GPSあるいは、GPSを併用した携帯電話での測位は、外勤中のビジネスマンの管理、運送会社での車両や荷物の管理に利用されている。今後、位置と、現在の交通状況、ニーズを考慮した、最適化が進展すると予想する。

3.4 日常生活

現在、GPS付き携帯電話からの呼び出しの際に送られる位置を頼りにして、タクシー、車両故障の修理等のロードサービスが、その場所に出向くサービスがある。今後は、バスの機動的な運行などにも活用されると予想される。

盗難車両などの物や人の検索に、GPSが使用されている。現在国内で実用化されているのは、子供の居場所や徘徊老人の検索であるが、海外では、仮出所者や特定の犯罪歴のある者の検索と管理に使用されている例もある。

今後、ユビキタス社会が到来すれば、ネットワークを通じた電化製品の操作が行われることとなるが、そのために、対象とする機器のIPアドレスやURLを指定することは、煩雑である。操作の対象となる機

器は、通常身近にある機器であり、位置をキーとして選定されることが想定される。そのような状況の下では、いつでもどこでも測位できる環境は、ユビキタス社会を実現するための社会基盤となると予想される。

近年、ネットワークを通じた対戦型のゲームが人気を博している。これは、コンピュータの前に座った人どうしの対戦であるが、モバイル環境と測位が実現すれば、新しいタイプの参加型ゲームが成立する可能性がある。

現在でも、待ち合わせのために測位が利用される場合があるが、位置をキーとした不特定多数へのサービスが成立する可能性がある。

4. おわりに

本小論での報告を待つまでもなく、測位技術の開発は、幅広い分野において日進月歩の勢いをもって進展している。また、それとともに利用分野も急速に拡大している。

測量技術者がこれらの状況をもれなく把握し続けることは非常に難しい。このような中で、特別研究課題「都市再生のための精密三次元空間データ利用技術の開発」においては、今後とも、「測位（ナビゲーション）」への測量技術者の貢献といった観点から、関連する諸調査、あるいは新技術の、特に精度面や安定性に対する検証実験等を進めていく予定である。

参考文献

- 藤井陽一郎（2000）：GPS+GLONASSによる測位精度の向上，APA No76-1，1-7.
- 福島荘之介・齊藤真二他：空港シェードライトの性能評価（2002），信学技報，SANE2002-32.
- 福島荘之介・吉原貴之・齊藤真二・藤井直樹・須賀秀一・角田寛人（2003）：空港シェードライトの対流圏遅延誤差の検討，電子航法研究所研究発表会.
- GPS研究会（2000）：GPSシンポジウム2000テキスト，日本航海学会.
- I. Petrovski, K. Okano, M. Ishii, H. Torimoto, Y. Konishi, R. Shibasaki (2002) : Pseudolite Implementation for Social Infrastructure and Seamless Indoor/Outdoor Positioning, ION GPS 2002, 24-27 September 2002, Portland, OR.
- I. Petrovski, M. Asako, K. Okano, I. Surouvtsev, S. Kawaguchi, H. Torimoto, K. Suzuki, M. Toda and J. Akita (2003) : Precise Indoor Positioning with Pseudolites, Proceedings of 2003 International Symposium on GPS/GNSS, 45-52.
- 石井真・イワン・ペトロフスキー（2002）：社会基盤としてのPseudoliteの可能性とシームレスポジショニングについて，GPSシンポジウム2002，(社)日本航海学会GPS研究会，89-94.
- Joyce E. Penner, David H. Lister, David J. Griggs, David J. Dokken, Mack McFarland (1999) : Aviation and the Global Atmosphere, Summary for Policymakers, IPCC, 地球産業文化研究所による仮訳.
- 河野功（2002）：準天頂衛星システムによるGPS補強／衛星測位実証実験構想，GPSシンポジウム2002 テキスト，日本航海学会GPS研究会.
- 高精度測位社会基盤研究フォーラム（2002）：2002年度稿精度測位社会基盤フォーラム報告書.
- 三浦龍（2001）：成層圏プラットフォームを用いた通信・放送システム開発計画，スペースジャパンレビュー，日本衛星通信フォーラム，No.18.
- 日本経済団体連合会（2002）：準天頂衛星システムに関する民間の取り組み状況.
- 奥田邦春・巽重夫・高木直樹・本村紘治郎・鎌野忠・富賀見清彦（2002）：移動体におけるキネマティックGPS/GLONASSの有効性の評価，弓削商船高等専門学校紀要24，109-117.
- Polischuk, G.M., Kozlov, V.I. (2002) : THE GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM GLONASS : DEVELOPMENT AND USAGE IN THE 21ST CENTURY, 34th Annual Precise Time and Time Interval Meeting, 151-160.
- Proceedings of 2003 International Symposium on GPS/GNSS.
- 「測量」編集委員会GPS小委員会編（2001）：世界の衛星測位システムの動向，測量2001年11月号，13-20.
- 総合科学技術会議（2002a）：今後の宇宙開発利用に関する取り組みの基本，7.
- 総合科学技術会議（2002b）：総合科学技術会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価「準天頂衛星システム」について，参考1大規模新規プロジェクトの評価説明資料.
- 総務省高度情報通信ネットワーク社会の形成に向けた宇宙通信の在り方に関する研究会：準天頂衛星システムの概要.
- 総務省総合通信基盤局電波部衛星移動通信課（2001）：成層圏プラットフォームの研究開発の動向について，東海情報通信懇談会会報，No.61，1-11.

Thales GeoSolutions SkyFix GLONASS Services Information -03 December 2002, Issue 6-, Thales GeoSolutions Group, 2002.

Toshiaki Tsujii, Masatoshi Harigae, Joel Barnes, Jinling Wang, and Chris Rizos (2002) : Experiments of Inverted Pseudolite Positioning for Airship-Based GPS Augmentation System, 15th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation, Portland, Oregon, 24-27 September, 1689-1695.

土屋淳・辻宏道 (2002) : 新・GPS測定の基礎, 日本測量協会.

辻井利昭・張替正敏・河口星也・イワンペトロフスキー・Chris Rizos・Jinling Wang (2002) : 滞留型飛行体に搭載したスードライトによる航法測位システムについてGPSシンポジウム2002, (社)日本航海学会GPS研究会, 95-102.

Yong Cheol SUH, Yusuke KONISHI and Ryosuke SHIBASAKI (2002) : Integration of GPS and Pseudolite for Seamless Positioning : Fundamental Verification Experiment and Results, 2002年韓国測量学会.

このほか, いくつかの報道記事を参照した。

参 考 Web サ イ ト

Bulletin EU 1/2 1999 Transport(5/23), "Galileo -involving Europe in a new generation of satellite navigation services", <http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/en/9901/p103169.htm> (accessed 4 Nov. 2003).

"GALILEO Global Navigation Satellite System", http://europa.eu.int/comm/space/doc_pdf/galileo_presentation.pdf (accessed 4 Nov. 2003).

"GALILEO Mission High Level Definition", http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_hld_v3_23_09_02.pdf (accessed 17 Nov. 2003).

GIS NEXT EXPRESS, 1700億円を官民折半一打ち上げ目指す準天頂衛星, http://www.c-crews.co.jp/gnext_express/news/back/0307/030728_06.html (accessed 19 Nov. 2003).

"GLONASS Constellation Status", <http://gge.unb.ca/Resources/GLONASSConstellationStatus.txt> (accessed 16 Dec. 2003).

準天頂衛星, 通信総合研究所, <http://www2.crl.go.jp/ka/control/efsat/index-j.html> (accessed 19 Nov. 2003).

小西勇介(2002) : Pseudolite (疑似衛星) 基礎評価実験報告, <http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/~konishi/res/200205-jingps.pdf> (accessed 1, Dec, 2003).

On-Line Pravda 2003-03-29, "New Generation Satellite Is Being Built in Siberia", <http://english.pravda.ru/region/2003/03/29/45278.html> (accessed 10 Nov. 2003).

成層圏プラットフォームプロジェクトセンター, <http://www.nal.go.jp/spf/jpn/index.html> (accessed 21 Nov. 2003).

新衛星ビジネス, <http://www.asbc.jp/> (accessed 19 Nov. 2003).

新衛星ビジネス, 準天頂衛星システム事業への取組みについて, <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/cosmo/haihu12/siryo12-6-1.pdf> (accessed 19 Nov. 2003).

SPACEFLIGHT NOW December 1, 2001, "Russian Proton rocket launches satellite trio", <http://spaceflightnow.com/news/n0112/01proton/> (accessed 10 Nov. 2003).

宇宙航空研究開発機構, 研究紹介, 成層圏プラットフォームプロジェクト, <http://www.nal.go.jp/jpn/research/spf/index.html> (accessed 21 Nov. 2003).