準天頂衛星利用測位システムの時刻管理計画

非会員 高橋 靖宏* 非会員 藤枝 美穂*
 非会員 雨谷 純* 非会員 横田勝一郎*
 非会員 木村 和宏* 非会員 伊東 宏之*
 非会員 浜 真一* 正 員 森川 容雄*
 非会員 河野 功** 非会員 小暮 聡**

Plan of Time Management of Satellite Positioning System using Quasi-zenith Satellite

Yasuhiro Takahashi*, Non-member, Miho Fujieda*, Non-member, Jun Amagai*, Non-member,
 Shoichiro Yokota*, Non-member, Kazuhiro Kimura*, Non-member, Shin'ichi Hama*, Non-member,
 Hiroyuki Ito*, Non-member, Takao Morikawa*, Member, Isao Kawano**, Non-member,
 Satoshi Kogure**, Non-member

The Quasi-Zenith satellites System (QZSS) is developed as an integrated satellite service system of communication, broadcasting and positioning for mobile users in specified regions of Japan from high elevation angle. Purposes of the satellite positioning system using Quasi-Zenith satellite (QZS) are to complement and augment the GPS. The national institutes concerned have been developing the positioning system using QZS since 2003 and will carry out experiments and researches in three years after the launch.

In this system, National Institute of Information and Communications Technology (NICT) is mainly in charge of timing system for the satellite positioning system using QZS, such as onboard hydrogen maser atomic clock and precise time management system of the QZSS. We started to develop the engineering model of the time management system for the QZSS. The time management system for the QZSS will be used to compare time differences between QZS and earth station as well as to compare between three onboard atomic clocks. This paper introduces time management of satellite positioning system using the QZSS.

キーワード：準天頂衛星，衛星測位システム，時刻管理，時刻比較，衛星搭載水素メーザ

Keywords：QZSS, satellite positioning system, time management system, time comparison, onboard hydrogen maser

1. はじめに

準天頂衛星システム (QZSS)⁽¹⁾ は、2008 年から準天頂軌道に複数の準天頂衛星 (QZS) を周回させ、日本上空に常時 1 機以上の衛星を配置し、高仰角の通信・放送、及び測位のサービスを行うシステムである。

その測位システム⁽²⁾ は、GPS 測位の補強・補完を行う予定であり、衛星打上げ後の最初の 3 年間は国の研究機関

で実験・研究を行うこととしており、その研究開発は 2003 年度から文部科学省、国土交通省、経済産業省、及び総務省で分担して行われている。情報通信研究機構 (NICT) では、その搭載機器である衛星搭載水素メーザ (SHM)⁽³⁾、及び衛星搭載時刻管理部 (TTS) の開発、並びに地上系では時刻制御局 (TMS)、及びモニタ局時刻管理部の整備を担当している。

本稿では、NICT が担当している準天頂衛星利用測位システムの時刻管理系、及び衛星搭載水素メーザについて、これまで進めてきた開発・検討の状況、及び現在の計画を述べる。

2. これまでの日本での研究開発

〈2・1〉 日本の衛星測位技術開発 今日の日本では、

* 情報通信研究機構
 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1
 National Institute of Information and Communications
 Technology

4-2-1 Nukui-kitamachi, koganei, tokyo 184-8795
 ** 宇宙航空研究開発機構
 〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1
 Japan Aerospace Exploration Agency
 2-1-1 Sengen, Tsukuba-shi, ibaraki 305-8505

カーナビゲーションシステムをはじめとして、船舶の測位システム、時刻供給等、GPS⁽⁴⁾を用いたシステムが各方面で大いに利用され、また、地震観測網や、標準時刻の国際比較⁽⁵⁾等にも利用されている。日本での衛星測位システムに関する研究開発は遅れていたが、平成8年頃から我が国の衛星測位システムの技術開発のあり方について議論が進められた。平成9年3月に宇宙開発委員会の分科会報告が出され、当面は以下の衛星測位システムの要素技術を開発することとされた⁽⁶⁾。

- (i) 衛星搭載原子時計
- (ii) 衛星群時刻管理技術
- (iii) 高精度衛星軌道決定技術

この中で、衛星搭載原子時計はGPS衛星に搭載されているセシウム原子時計、及びルビジウム原子時計より周波数安定度の良い水素メーザの衛星搭載用原子時計の研究開発はNICTで、衛星群時刻管理技術の研究開発は宇宙航空研究開発機構(JAXA)及びNICTで、高精度衛星軌道決定技術の研究開発はJAXAにより進められてきた。

〈2・2〉 ETS-VIII での研究開発 ETS-VIII (技術試験衛星 VIII 型)⁽⁷⁾は、2005 年度以降に打上げ予定の今後の宇宙活動に必要な先端的な共通基盤技術の開発を行うことを目的とした衛星で、大型展開アンテナを用いた移動体通信実験が計画されている。また、ETS-VIII には我が国の人工衛星では初めて、JAXA のミッションとして、原子時計が搭載され、衛星測位技術に関する基礎研究を行うことが予定されている。

NICT では、当該原子時計の衛星軌道上での性能評価を主目的に、搭載原子時計と地上の原子時計との間の高精度時刻比較を行う高精度時刻比較装置⁽⁸⁾を搭載し、コード位相、及びキャリア位相を用いて 10psec オーダーの時刻比較実験を行う予定である。

〈2・3〉 衛星搭載原子時計 測位衛星に搭載される原子時計はこれまでルビジウム原子時計、またはセシウム原子時計に限定されており、唯一 GALILEO がルビジウム原子時計の他に受動型水素メーザ原子時計の搭載を計画している⁽⁹⁾だけである。NICT が開発している能動型水素メーザ原子時計はヨーロッパで国際宇宙ステーションに搭載する開発が進められているが⁽¹⁰⁾、世界的にもまだ衛星に搭載された実績がない。能動型水素メーザ原子時計は重量・大きさ等の点でルビジウム原子時計やセシウム原子時計に比べ劣るが、周波数安定度は格段に優れているという特徴を持ち、技術的にも非常に挑戦的な装置である。

3. 準天頂衛星

日本の真上付近を通る準天頂軌道を用いる衛星の研究はNICTを中心として11年程前から進められてきた。その後、準天頂衛星プロジェクトが日本経団連を中心に検討され、2003 年度からその実現に向けた研究・開発が開始され、2008 年から順次衛星を打ち上げる計画である。これは、官民協力プロジェクトとして、衛星バス、及び通信サービ

スは民間で、測位システムは国により進められることとなり、衛星打上げ後3年間は国の機関で実験・研究を行う。民間では、衛星関連メーカーや商社等が出資して、新衛星ビジネス株式会社(ASBC)が設立され、そこで検討が進められている。

準天頂衛星の軌道は、静止衛星の軌道(GEO)を約45度傾けたものであり、その離心率は0~0.3の範囲で検討が進められており⁽¹¹⁾、離心率によっては2機、または3機の衛星でのサービスが可能である。図1に離心率0.1、軌道傾斜角45°の場合の衛星軌道の地上投影図を示す。この軌道の場合、3衛星で8時間交代で通信サービスを行い、東京からの最低仰角は78°となる。

図1 準天頂衛星軌道の地上投影図の一例
Fig. 1. Example of the footprint of the three QZSs.

図2 準天頂軌道を東京から見た一例
Fig. 2. Sample Photograph of orbit of QZS viewed from ground in Tokyo.

図3 準天頂衛星利用測位システムの全体構成案
Fig. 3. Overview of positioning system of QZSS.

準天頂衛星の軌道を東京の地上から見た一例を図2に示す。ビルの谷間や、山間部であっても、複数の衛星のうち少なくとも1機は仰角約70度以上に位置することにより、殆ど途切れることなくサービスを行うことが可能である。

4. 測位システム

準天頂衛星利用の測位システムは、GPS測位の補強・補完を行う予定であり、その研究は2003年度から文部科学省、国土交通省、経済産業省、及び総務省とその研究機関で分担して行われている。

準天頂衛星利用測位システムの全体構成案を図3に示す。衛星搭載機器としては、ASBCが衛星全体のバス系、及び通信サービス部分を製造し、測位システムはJAXA、及びNICTが製造する計画となっている。地上系では、ASBCがフィードリンク局、及び衛星管制局を担当し、JAXA、及びNICT等が、測位システムに用いるマスタコントロール局(MCS)主局・副局、及びモニタ局を担当し、インテグリティ監視等は電子航法研究所が担当し、その他の既存システムについては各機関が担当することとなっている。

5. 搭載水素メーザ

衛星搭載用能動型水素メーザは、従来からNICTにおいて研究開発が進められてきており、その安定度は100秒で 1×10^{-14} を目指して開発を進めている。図4に示すプロトタイプ水素メーザを2002年までに製造し、衛星搭載するため

図4 プロトタイプ水素メーザ原子時計
Fig. 4. Prototype of hydrogen maser.

の以下の課題を抽出した。

- ① 水素メーザ原子時計の小型軽量化
- ② 水素メーザ原子時計の長寿命化
- ③ 機械的振動特性の改善
- ④ 宇宙環境下における水素メーザ原子時計の特性改善

プロトタイプの開発により地上仕様の水素メーザ原子時計に比べ大幅に小型軽量化することに成功し、その安定度特性も100秒で 1.5×10^{-14} と改善の余地はあるものの、ほぼ満足するものが得られた。しかし、衛星搭載の観点からは更に小型軽量化する必要があるため、2003年度に開発したブレッドボードモデル(SHM-BBM)では一層の軽量化を行

っている。

図5に SHM-BBM の構造を示す。水素吸蔵タンクから供給される水素は流量を安定化されたのち、水素放電管内で高周波放電により分子から原子に解離される。水素原子は放電管コリメータにより原子ビームに成形され、準位選別磁石を通過し、メーザ発振に必要な上準位の原子だけが共振器内に設置されたサファイア円筒内のストレージ空間に入射する。ここで 1~2 秒間程度滞在する間に下準位に遷移し、周波数が非常に安定なマイクロ波を放出する。このマイクロ波をループアンテナで取り出し、外部の VCXO をこの周波数に位相同期させる。

プロトタイプでは、共振器は別に設けられた真空容器内に設置されていた。しかし、衛星搭載水素メーザ原子時計は真空環境下で動作するため、SHM-BBM では共振器に真

図5 衛星搭載水素メーザ BBM の構造

Fig. 5. Structure of BM of the SHM.

空容器の機能を持たせ、小型軽量化を図っている。さらに小型軽量化するために、磁気シールドの厚さを 1mm から 0.5mm (最内層シールドは 1mm) にしている。これにより、重量はかなり軽くすることができるが、磁気シールド率や機械的強度は低下することになる。このため、宇宙環境下での特性の最適化の検討が必要である。

6. 時刻管理系

〈6・1〉 時刻管理系の構成 測位システムの時刻管理に関係する部分である、NICT に於ける時刻管理系の想定全体構成を図6に示す。時刻管理系の部分を太枠で表している。衛星には水素メーザ原子時計を1台、セシウム (Cs) またはルビジウム (Rb) の原子時計を2台、Ku バンド送受信機、L バンド送信機、及び時刻比較装置等が搭載される予定である。地上には測位システムの全体制御を行う MCS 2局 (主局、副局)、衛星の測距・モニタ等を行うモニタ局を日本の内外に 10 局程度、時刻の管理を行う時刻制御局を2局 (主局、副局) 配置し、それらのすべての局には原子時計を設置する計画である。

〈6・2〉 測位システムの時系 本測位システムの時系 (QZS-Time) は、日米間で協議中であるが、現在想定している基礎概念は以下の通りである。

- (i) QZS-time は GPS-time と同様にうるう秒を実施せず、TAI(国際原子時)と 19 秒のオフセットを有する。
- (ii) 各衛星の搭載時計時刻 (GPS における SV time に相当) を QZS-time に同期する様に適宜調整する。
- (iii) 各衛星から送信する信号は、搭載時計に基づいて生成され、時刻補正情報 (GPS と同様に 2 次式の係数

図6 時刻管理系の構成案

Fig. 6. Overview of proposed time management system.

af0, af1, af2) を用いて GPS-time に換算できる様にする。

- (iv) QZS-time は、NICT にある日本標準時の元になっている UTC(NICT)⁽¹²⁾ を基準として管理し、その生成方法は、複数時計を重み付け平均するアンサンブル時計とするか、物理的な時計とするかは今後検討する。

なお NICT では今後、QZS-time の準拠する UTC(NICT) と GPS-time の準拠する UTC(USNO) は、衛星双方向時刻比較法で高精度 (サブ ns オーダーを目標) で定期的に比較することを計画している。

QZS-Time の生成方法は、前述のように今後検討するが、ここでは時刻制御局 (主局) の時計を基準とする場合について述べる。時刻制御局 (主局) は、UTC(NICT) の有る NICT 小金井本部 (東京都小金井市) に置くことを予定しており、その場合 UTC(NICT) を QZS-Time とすることができる。

〈6・3〉 地上系の検討 時刻管理系の地上系は、前述のように、時刻制御局 (主局, 副局), 及び 10 局程度のモニタ局時刻管理部から構成される。その詳細について以下に述べる。

時刻制御局は、測位システムで用いるすべての原子時計の管理、及び搭載水素メーザ実験を行うものは衛星の近地点付近で見えない時間が発生するので、南の方に置く必要がある。また、時刻制御局は 1 局では、台風等、機器の故障等により、使用できない時間が生じる可能性があるため、離れた場所の 2 か所に置くこととしている。この 2 局のうち、1 局は衛星が 24 時間見える場所である必要があるが、

もう 1 局は 24 時間見える必要はなく、実験の容易さから NICT 小金井本部に置くこととし、これを主局とした。もう 1 局は副局とし、アクセスの容易さから沖縄に置くことを検討中である。時刻制御局では、その主局一副局間の時刻比較、モニタ局との時刻比較を行う必要があり、準天頂衛星用地球局、及び静止通信衛星用地球局を置く必要がある。

モニタ局は、日本の内外の 10 箇所程度に置くこととなっており、QPS/QZS の L バンド測位信号のモニタ、及び QZS の軌道決定を行う。そのため、そのすべての局の時計は高精度で同期している必要があるため、時刻制御局との時刻比較を準天頂衛星、または静止通信衛星を用い、双方向通信ができる必要がある。南鳥島等の静止通信衛星のカバレッジ範囲外の場所のモニタ局は準天頂衛星を用いた時刻比較を行う。それ以外のモニタ局では静止通信衛星の利用が可能であり、装置の簡単化、運用の容易さ等から静止通信衛星を用いて時刻比較することになっている。また、NICT では日本の内外 10 か所程度の機関・サイトと定期的 (一部予定) に時刻比較を行っており、そこにモニタ局を置けば、原子時計・双方向時刻比較の機器を新たに設置する必要がないことから、その一部をモニタ局設置の候補として検討している。

〈6・4〉 衛星搭載機器の構成 現在の測位システムの搭載機器のブロック図を図 7 に示す。時刻管理系の衛星搭載機器である TTS は、図 7 の一点鎖線の範囲であり、衛星一地上間、及び地上-地上間の時刻比較を高精度に行うとともに、それ以外の目的を併せて、以下の機能・機器を持つ計画である。

図 7 測位システム搭載機器のブロック図

Fig. 7. Block diagram of on-board equipment for positioning system.

- (i) 衛星ー地上間時刻比較: Ku バンド送受信系・Ku バンドアンテナを用いて地上と時刻比較信号の送受信を行い、時刻比較装置 (TCU) にて基準信号と地上からの信号との時刻比較を行う。
- (ii) 地上からの時刻比較信号等の中継機能: 地上ー地上間の時刻比較を QZS を中継して行う場合、地上からの信号を受信し、周波数変換して送信する、ベントパイプ (BP) 中継を行う。
- (iii) 3 個の原子時計・VCXO 信号の位相差測定機能: 時刻比較装置にて基準信号を元に測定する。
- (iv) Ku バンド送受信系の校正のための遅延時間測定: 送信信号を校正用コンバータで周波数変換して折り返し、時刻比較装置で基準信号を元に測定する。
- (v) L バンド測位信号送信機の校正のための遅延時間測定: 時刻比較装置で L バンド送信系からの信号を基準信号を元に測定する。
- (vi) データ送受信機能: 測位システム用データの送受信であり、搭載制御計算機から受けたデータを時刻比較信号に重畳して送信する。時刻制御局からの時刻比較信号に重畳されたデータを時刻比較装置で復調する。
- (vii) 擬似時計実験⁽¹³⁾の信号比較機能: 時刻比較装置で VCXO 信号と、地上からの VCXO 制御用の時刻比較信号の比較を行い、その結果を搭載制御計算機へ送る。

また、JAXA の担当する L バンド測位信号は、原子時計 3 台のうち 1 台を選択し、その信号を元にシンセサイザ中の VCXO 出力を測位システム搭載機器の基準信号として使用する。L バンド測位信号⁽¹⁴⁾は近代化 GPS 互換の L1, L2, L5, 及び独自信号を送信する予定である。

衛星ー地上間時刻比較は Ku バンドを用いるとともに、地上ー地上間の中継を行う BP 中継も Ku バンドを用いる。設計当初は、アップリンク/ダウンリンクそれぞれ同じ周波数を用いて、衛星ー地上間、地上ー地上間の時刻比較を同時に行う構成を考えが、この場合、回線計算の結果、50W の送信出力が必要であり、多くの電力、重量、及び搭載面積といった衛星リソースが必要であり、とりわけ衛星搭載面積が厳しいため、送信出力を下げるための検討を行った。BP 中継を削除する方法も考えられたが、南鳥島のモニタ局の可能性が有る状況では削除できないため、これを残す方策を考えた。その結果、地上ー地上間の時刻比較で用いる PN 符号のチップレートを下げ、帯域幅を狭めることとし、衛星ー地上間のチップレートを 10.23MHz、地上ー地上間のチップレートを約 2MHz とすることにより衛星送信出力を 4W 程度にすることができた。また、この 2 信号は、互いの影響を少なくするため、衛星ー地上間時刻比較信号の第 1 null 点に置くため、10.23MHz 離すことにした。

7. 時刻比較

測位システムでは、準天頂衛星、MCS 主局・副局、モニタ局、及び時刻制御局主局・副局に原子時計を設置し、そ

れらのすべての時計は同期 (その差を把握) する必要がある。そのために時刻制御局主局と他の局間で時刻比較を行い、時刻差を求める。以下にそれらについての時刻比較方法等を述べる。

〈7・1〉 衛星ー地上間時刻比較 衛星の時計と地上の時刻制御局の時刻比較は、測位を 1m 前後の精度で行う計画が有ることから、高精度に比較することが求められ、サブ ns で時刻比較を行う予定にしている。そのため、互いに時刻比較信号を送り合う双方向時刻比較方式を用いる予定である。この場合、ドップラや、送受信の時間差等の誤差要因を補正する必要がある。

〈7・2〉 地上ー地上間時刻比較 地上ー地上間の時刻比較は、時刻制御局の主局と副局間、及び時刻制御局とモニタ局間で行う。

時刻制御局は前述のように、主局を NICT 小金井本部、副局を沖縄に置く方向であるが、少なくとも主局から見えない時間は副局で衛星時計の比較を行うことから、主局と副局間での高精度時刻比較が必要になる。これには、準天頂衛星、及び静止通信衛星の利用が可能であり、実験としては、その両方を用いた時刻比較を行い、精度評価を行う予定にしている。

更に、日本の内外に配置するモニタ局は衛星の軌道決定にも用いられる。その軌道決定精度は検討中だが、これも 1 m 以下の精度が必要と考えられるため、時刻制御局ーモニタ局間の時刻比較もサブ ns で行う予定にしており、そのため、双方向時刻比較方式を用いる。これには、前述のように南鳥島等の静止通信衛星のサービスエリア外のモニタ局は準天頂衛星の中継する必要がある。

地上ー地上間の時刻比較は、衛星搭載 Ku バンド送受信器で中継可能な構成にする必要があるが、それができない場合では、精度はやや悪くなるが、衛星搭載時計を仲介して時刻比較を行うことも可能である。その二つの方法での時刻比較を行い、その精度評価を行うことも予定している。

〈7・3〉 衛星時計間時刻比較 衛星搭載時計は、前述のように 3 台の原子時計があり、また、測位信号生成用の基準信号は、それらの時計を基準とした VCXO 出力を用いる予定である。その 4 個の信号について、衛星ー地上間時刻比較により把握することが必要であるが、そのために必要な時間、衛星リソースの関係から 4 信号を常に地上と比較することは得策ではない。このことから、衛星ー地上間時刻比較は VCXO 出力を基準として行い、衛星上の 4 信号も VCXO 出力を基準として把握することとしている。

8. おわりに

本測位システムの研究開発は 2003 年度からスタートし、打上げまで 5 年半という衛星計画としては短い期間で開発を行う必要がある、関係機関と連携し、効率的に進める必要がある。NICT 担当の搭載機器である時刻管理部は、2003 年度に概念設計を実施し、2004 年に度基本設計を行いエンジニアリングモデルの製造を開始する予定である。衛星搭

載水素メーザは2004年度に基本設計を終了し、2005年度にEM製造を開始する予定である。地上系では、2004年度に必要な機能の検討、及び他の機関の分担の部分とのインタフェース等の検討を行っている。

本研究は、総務省からの委託研究「準天頂衛星システムの研究開発」の元に行われた。

(平成17年1月7日受付、平成17年4月18日再受付)

文 献

- (1) S. Nagano and H. Fujiyama: "Concept of the Quasi-Zenith Satellite System Project", Proc. of 47th Space Sciences and Technology Conference, No.2C1, pp.762-763 (2003-11) (in Japanese)
長野 聡・藤山 浩:「準天頂衛星システムのプロジェクト構想」, 第47回宇科技連, No.2C1, pp.762-763 (2003-11)
- (2) I. Kawano, S. Kogure, M. Mokuno, M. Kajii, K. Ito, H. Gosyu, M. Imae, and T. Iwata: "High Accurate Navigation Experiment using Quasi-Zenith Satellite System", Proc. of 47th Space Sciences and Technology Conference, No.3C6, pp.1328-1333 (2003-11) (in Japanese)
河野 功・小暮 聡・李野正明・梶井 誠・伊藤 憲・江洲秀人・今江理人・岩田敏彰:「準天頂衛星による高精度測位実験計画」, 第47回宇科技連, No.3C6, pp.1328-1333 (2003-11)
- (3) H. Ito, T. Morikawa, K. Takahei, M. Tsuda, M. Uehara, and Y. Iki: "Development of a Spaceborne Hydrogen maser for QZSS", Proc. of 47th Space Sciences and Technology Conference, No.3C11, pp.1350-1353 (2003-11) (in Japanese)
伊東宏之・森川容雄・高幣謙一郎・津田正宏・植原正朗・井城祥光:「準天頂衛星搭載用水素メーザ BBM の開発」, 第47回宇科技連, No.3C11, pp.1350-1353 (2003-11)
- (4) B. Hofmann-wellenhof, H. Lichtenegger, J. Collins: GPS Theory and Practice, Spring-Verlag Wien, New York (1994)
- (5) M. Aida: "5. Generation, keeping and Dissemination of Time and Frequency Standards 5.1 Automatic Processing System for Standard Time-Signal Generation and Data Publication", Review of the Communications Research Laboratory, Vol.145, No.1/2, Mar./June (1999)
相田政則:「5.時刻周波数標準の発生, 維持, 供給 5.1 発生と公表の自動化システム」, 通信総研季報, 45, No. 1/2, Mar./June 1999
- (6) 宇宙開発委員会計画調整部会衛星測位技術分科会報告:「我が国における衛星測位技術開発への取り組み方針について」, (1997)
- (7) M. Homma, S. Yoshimoto, N. Natori, and Y.Tsutsumi: "Engineering Test Satellite-8 for Mobile Communication and Navigation Experiment", IAF, No.IAF-00-M.3.01, pp.256-263
- (8) Y. Takahashi, M. Imae, H. Kiuchi, M. Hosokawa, M. Aida, T. Goto, H. Noda, and S. Hama: "Experimental Plan for Time Comparison Equipment for ETS-VIII Satellite", T. of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers B, Vol.J84-B, No.12 (2001-12) (in Japanese)
高橋靖宏・今江理人・木内 等・細川瑞彦・相田政則・後藤忠広・野田浩幸・浜 真一:「ETS-VIII 搭載用高精度時刻比較装置による実験計画」, 信学論(B), J84-B, 12, pp.2101-2107 (2001-12)
- (9) Ch. Bourga, B. Lobert, and M. Brunet: "Characterisation of Galileo clocks On-Board an Experimental Satellite", Proc. of European Frequency and Time Forum 2002, No.11-14 (2003-3)
- (10) A.Jornod, D.Goujon, D.Gritti, and L.G.Bernier: "The 35kg Space Active Hydrogen maser(SHM-35) for ACES", Proc. of IEEE International Frequency Control Symposium, pp.82-85 (2003)
- (11) Y. Kawaguchi, K. Ogatsu, and K. Kimura: "A Study of the Orbit for QZSS", Proc. of 47th Space Sciences and Technology Conference, No.2C4, pp.772-774 (2003-11) (in Japanese)
川口佳久・小勝國弘・木村和宏:「準天頂衛星システムの最適軌道の検討」, 第47回宇科技連, No.2C4, pp.772-774 (2003-11)

- (12) Y. Hanado, et. al.: "Generating and Measurement System for Japan Standard Timer", Review of the Communications Research Laboratory, Vol.149, No.1/2, Mar./June (2003) (in Japanese)
花土ゆう子, 他:「日本標準時発生・計測システム」, 通信総研季報, 49, No. 1/2, Mar./June (1999)
- (13) T. Iwata, A. Iwasaki, Y. Fukuyama, K. Hagimoto, T. Ikegami, and H. Murakami: "Remote Synchronization System of On-board Crystal Oscillator from Ground Station -RESSOX-", Proc. of 47th Space Sciences and Technology Conference, No.3C10, pp.1346-1339 (2003-11)
岩田敏彰・岩崎 晃・福山康弘・萩本 憲・池上 健・村上 寛:「地上局からの同期による搭載水晶発振器の時系管理一擬似時計技術一」, 第47回宇科技連, No.3C10, pp.1346-1349 (2003-11)
- (14) I. Kawano, M. Mokuno, S. Kogure, T. Shibata, T. Ono, and H. Soga: "Study on Performance of Positioning System Using Quasi Zenith Satellites", Proc. of 47th Space Sciences and Technology Conference, No.3C7, pp.1334-1339 (2003-11)
河野 功・李野正明・小暮 聡・柴田智哉・小野 剛・曾我広志:「準天頂衛星を利用した測位システムの性能検討」, 第47回宇科技連, No.3C7, pp.1334-1339 (2003-11)

高 橋 靖 宏

(非会員) 1958年7月1日生。1981年3月東京電機大学卒業。1977年郵政省電波研究所(現, 独立行政法人情報通信研究機構)に入所。以来, 主として通信衛星・放送衛星の開発・実験に従事。現在は ETS-VIII 搭載用高精度時刻比較装置, 及び準天頂衛星時刻管理系の開発を担当。現職は電磁波計測部門時間周波数計測グループ主任研究員, 準天頂衛星グループ併任。

藤 枝 美 穂

(非会員) 2000年京都大学大学院博士課程修了。博士(理学)。日本学術振興会特別研究員, アジレント・テクノロジー(株)を経て, 2003年通信総合研究所(現 情報通信研究機構)入所。高精度時刻比較の研究に従事。

雨 谷 純

(非会員) 1956年1月4日生。1981年3月筑波大学卒業。1981年4月郵政省電波研究所(現情報通信研究機構)入所。以来, 電波干渉計, SLR 等, 宇宙測地分野の研究に従事。現在, 電磁波計測部門準天頂衛星グループで準天頂衛星時刻管理系の開発に従事。

横 田 勝 一 郎

(非会員) 1974年6月7日生。1998年3月京都大学理学部卒業。2003年9月東京大学大学院博士課程了。同年宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部共同研究員。2004年4月情報通信研究機構専攻研究員。理博。QZSS 時刻管理系の研究に従事。

木村 和 宏

(非会員) 1964 年 11 月 17 日生。1987 年 3 月大阪大学理学部物理学科卒業。1989 年 3 月同大学院修士課程修了。同年郵政省通信総合研究所入所。以来、衛星システムの軌道解析、軌道制御、準天頂衛星システムの研究に従事。現在、独立行政法人情報通信研究機構準天頂衛星グループ主任研究員。

伊 東 宏 之

(非会員) 1970 年 5 月 8 日生。1999 年東京工業大学大学院応用物理専攻博士課程修了。博士(理学)。同年郵政省通信総合研究所入所。現在、独立行政法人情報通信研究機構準天頂衛星グループ研究員。

浜 真 一

(非会員) 1956 年 4 月 17 日生。1980 年 3 月東京大学電気工学科を卒業、郵政省 電波研究所(現、独立行政法人 情報通信研究機構(NICT))に入所し、VLBI(超長基線電波干渉計)の記録計・相関処理系の研究開発・パルサー実験、ETS-VIII(技術試験衛星VIII型)の開発などに従事。2000 年～2003 年に宇宙開発事業団(現、宇宙航空研究開発機構)に出向、現在は NICT にて準天頂衛星の開発を担当。

森 川 容 雄

(正員) 1972 年東京大学教養学部基礎科学科卒業。同年、郵政省電波研究所(現、独立行政法人情報通信研究機構)入所。以来、水素メーザ、セシウム周波数標準器等の原子周波数標準器や衛星を利用した精密時刻比較や周波数供給等の時間・周波数標準分野の研究開発に従事。現在、電磁波計測部門研究主管。電子情報通信学会、応用物理学会会員。

河 野 功

(非会員) 1961 年 9 月 28 日生。1984 年東京大・工・航空卒。1986 年同大学院修士課程了。同年宇宙開発事業団入社。ETS-VII ランデブ・ドッキングシステムの開発、GPS 航法、衛星測位システムの研究等に従事。現在、宇宙航空研究開発機構宇宙利用推進本部。1997 年計測自動制御学会技術賞・友田賞受賞。

小 暮 聡

(非会員) 1968 年 5 月 10 日生。1991 年名古屋大・工・航空卒。1993 年同大学院修士課程了。同年宇宙開発事業団入社。2001 年米国コロラド大航空宇宙学科にて修士課程了、帰国後同事業団衛星ミッション推進センターにて次世代衛星測位システムの研究、概念設計に従事。現在、宇宙航空研究開発機構、宇宙利用推進本部、通信・測位利用推進センター副主任開発部員。航空宇宙学会会員。