

ASER 次世代衛星基盤技術開発

Advanced Satellite Engineering Research Project

<測位用擬似時計技術開発>

測位衛星を使った測位原理は、地上ユーザーから見える4機の測位衛星から測位信号(時刻・軌道位置情報)を同時に受信し、各衛星-ユーザー間相対距離と各衛星の軌道位置情報とからユーザー位置を計算しています。ここで4機の衛星の時刻は精密に同期を取る必要があり、GPSでは各衛星に原子時計を搭載し、米国内地上管制局に精密原子時計を置いて国際標準時刻(米国)に同期を取ったGPSシステム時刻を各GPS衛星の基準時刻として生成し、管制局上空通過時に、GPS衛星の時刻と軌道位置情報の修正を行っています。

GPS衛星のように地上管制局からの時刻修正が1日に数回しか行えない場合に原子時計は衛星搭載時計として有効なものとなりますが、衛星の時刻修正が常時行える場合、衛星には水晶時計だけを搭載し、地上管制側の基準時刻に最適な時間間隔で時刻同期を取ることにより、GPS衛星と同程度以上の時刻精度が期待でき、しかも小型・軽量化、低コスト化及び長寿命化が可能となり資源配分に有効に資することが期待されます。

本技術開発では、測位衛星にGPS衛星の時刻精度と同程度以上の時刻精度を持たせ、且つ衛星の資源配分に有効に資するため、衛星には既存の小形・軽量な水晶時計のみを搭載し、地上管制側に精密原子時計を置いて衛星システム時刻を生成し、短期安定度に優れる水晶時計と長期安定度に優れる原子時計とを有効に組合せた時間間隔で衛星の時刻を衛星システム時刻に同期させる(あたかも短期&長期安定性を有する精密時計が搭載されたことに相当し「擬似時計」と呼ぶ)技術の開発を行ないました。

本開発は、衛星を使った位置情報システムの高精度化等に関わるものであり、その成果は国際市場への参入を目指す我が国衛星メーカーの国際競争力強化に資することが期待されます。本開発は独立行政法人産業技術総合研究所(AIST)に再委託し、実施しました。

平成15年度、16年度に擬似時計システムの概念設計、擬似時計遅延モデルの開発、擬似時計システム実験モデルを開発し、擬似時計システムに関する評価データを取得しました。

平成17年度は電離層データ等を利用し、衛星と地上局間における遅延量の計算を行ない、擬似時計の同期精度が測位に与える影響などを調査するとともに搭載ソフトウェアの設計、製作に着手しました。さらに移動する準天頂衛星の仰角変化の影響を検証するために既存の静止衛星を使用した実験を行ないました。

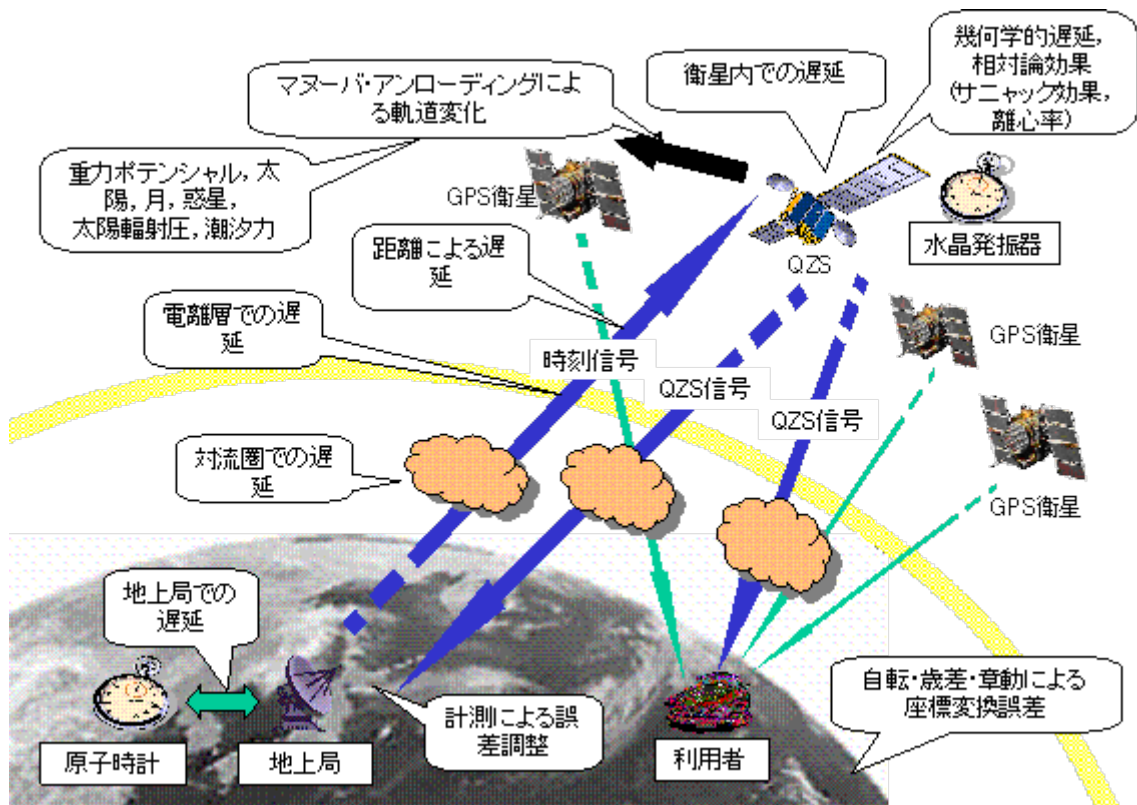
平成18年度は擬似時計シミュレーションプログラムと環境の実測値データから対流圏・電離層遅延量を実時間で計算し、地上実験装置の動作確認、さらに静止衛星を用いた実験を行ない、擬似時計システムの成立性を確認しました。

平成19年度は、より高精度の擬似時計技術を実現するためのアルゴリズムの研究に着手しました。また、地上局(主局)で用いる機器の動作確認、地上局(副局)で用いる機器の製作、他機関機器との組合せ試験を行いました。

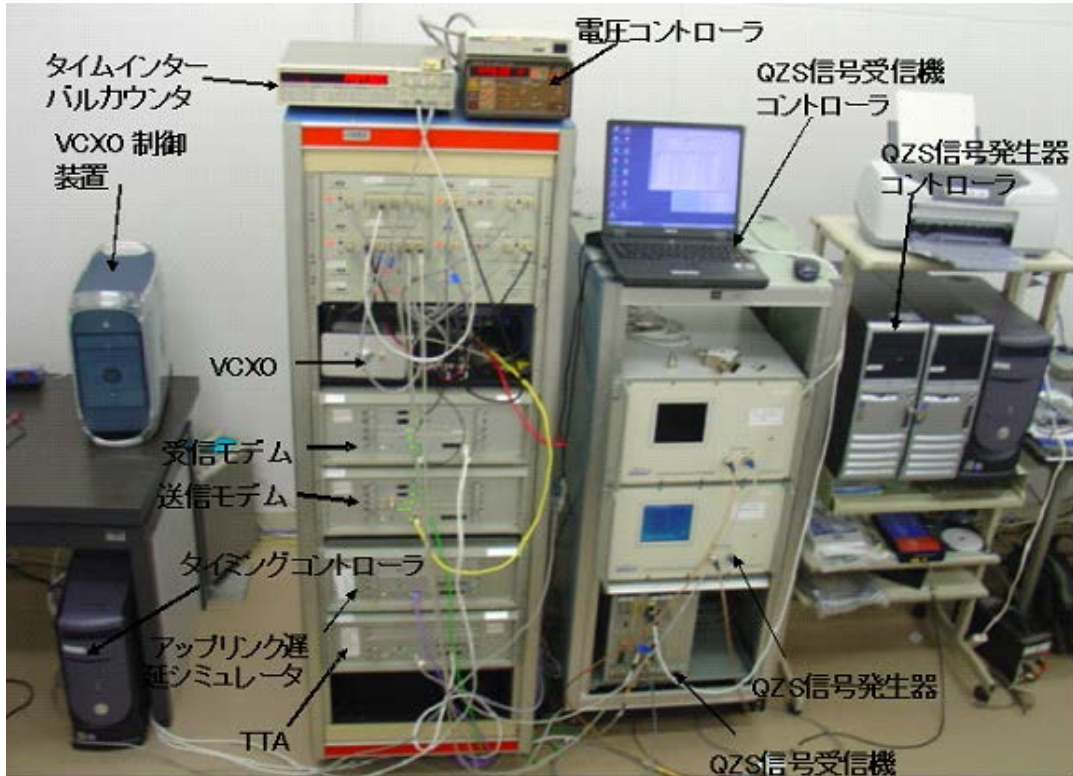
平成20年度は、地上設備の評価試験、他機関機器との組合せ試験、静止衛星を用いたアルゴリズム実証実験を行いました。

平成21年度は、測位システム適合性試験、総合システム検証試験等を行いました。そして、擬似時計制御ソフトウェアは準天頂衛星初号機「みちびき」に組み込まれ、平成22年9月11日に打上げられました。打ち上げ後約3ヶ月の初期チェックアウトの後、軌道上技術実証実験を約1年間実施しました。

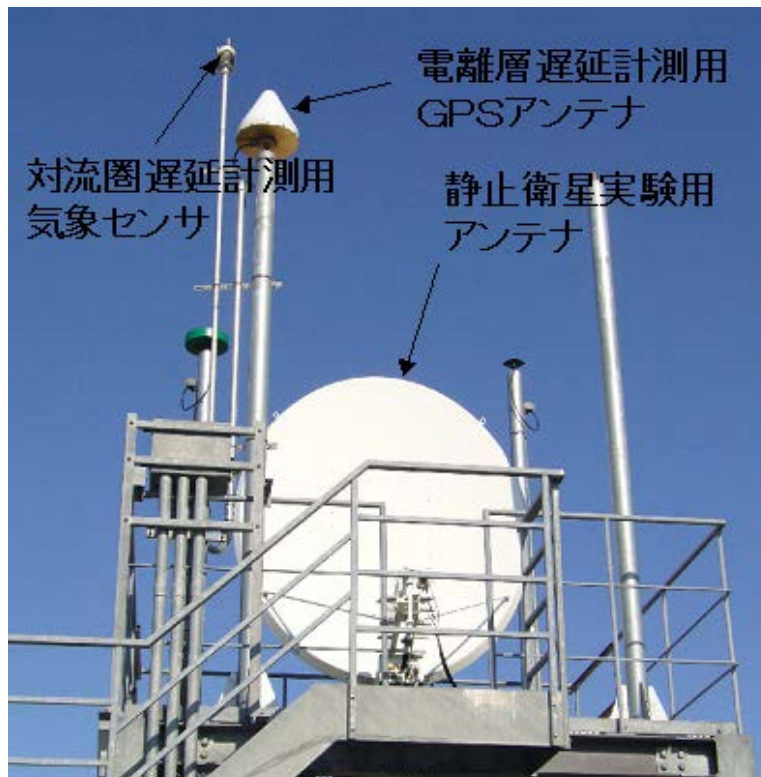
その結果、搭載原子時計と同等以上の 0.3ns の同期精度が得られ、地上での基準原子時計である水素メーザに匹敵する安定度を実現できる可能性があることを示しました。



衛星の水晶発振器を地上局の原子時計に同期させて時刻管理を行う技術の概念図



擬似時計システム実験モデル



環境計測用センサと静止衛星実験用アンテナ