

# ソフトウェア無線による月測位信号シミュレータの開発と検証

## Design and Test Results of a Software-Defined LNSS Signal Simulator

仁枝魁斗 海老沼拓史 曾布川璃音  
Kaito Nieda Takuji Ebinuma Rion Sobukawa

中部大学  
Chubu University

### 1. はじめに

JAXA の LNSS (Lunar Navigation Satellite System) を始め、NASA の LunaNet や ESA の MoonLight など、将来の月探査ミッションでの基盤技術となる測位衛星システムの研究開発が進められている。中部大学では、将来の月面における利用実証に向けて、これら月測位衛星システムのための受信機を開発中である。このような受信機の測位性能を評価するためには、月軌道を周回する複数の測位衛星から送信された電波を模擬する信号シミュレータが必要となる。そこで、本研究では、ソフトウェア無線を利用し、月面で受信される月測位電波を模擬する信号シミュレータの開発を行った。さらに、月面における測位アルゴリズムの検証と測位精度を評価するために、受信機の機能もソフトウェア無線で実現した。本稿では、月測位信号シミュレータによって生成された信号をソフトウェア無線で処理することで、測位信号の捕捉、追尾、さらには測位演算を行った結果を報告する。

### 2. 月測位信号シミュレータ

月測位信号の中心周波数や変調方式などは、NASA や ESA を中心に相互運用性を確保する方向で調整中であり、まだ詳細な仕様は確定していない。そこで、月測位信号の変調方式や航法メッセージの構造は、基本的に GPS 信号と同じであると仮定して、開発を進めている。

図 1 に、JAXA が提案する LNSS の軌道と衛星配置を示す。この軌道は ELFO (Elliptical Lunar Froze Orbit) と呼ばれており、クレータ内部などの永久影に水や氷資源が期待されている南極域に長時間滞在するように設計されている。

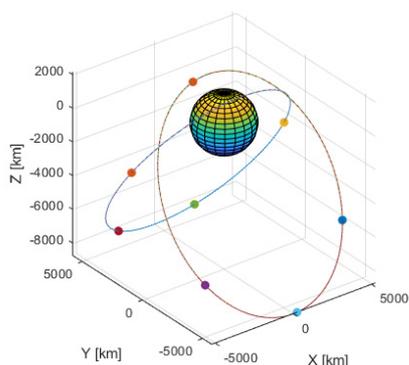


図 1: 月測位システムの軌道と衛星配置

月測位信号シミュレータの開発には、オープンソースの GPS 信号シミュレータである `gps-sdr-sim` をベースとして採用している。GPS と LNSS の大きな違いのひとつが、GPS

が円軌道であるのに対して、LNSS は離心率が 0.6 程度の楕円軌道であることである。そのため、GPS の航法メッセージでは、離心率が最大で 0.5 までしか指定することができない。そこで、スケールパラメータの値を調整することで、離心率を 1.0 まで指定できるように変更している。その他、月測位信号シミュレータのための主な改修点を表 1 にまとめる。

表 1: 月測位信号シミュレータの設定

パラメータ	GPS	LNSS
離心率	<0.03	0.6
半径 (m)	6,378,137	1,737,400
自転速度 (rad/s)	$7.2921151 \times 10^{-5}$	$2.6616271 \times 10^{-6}$
GM ( $m^3/s^2$ )	$3.986005 \times 10^{14}$	$4.9028 \times 10^{12}$

### 3. 測位結果

月測位シミュレータで生成された信号が測位信号として正しく機能していることを検証するために、月測位受信機の機能もソフトウェア受信機で実現し、信号の捕捉、追尾、さらには測位演算を実施した。ソフトウェア受信機による航法メッセージのデコードや測位演算にも、表 1 と同じ改修を行っている。

図 2 に月測位ソフトウェア受信機による測位結果を示す。受信機位置は、月南極の Shackleton クレータとしている。平均 6 機の LNSS 衛星が観測でき、水平精度で 1.5m 程度の測位精度が得られている。

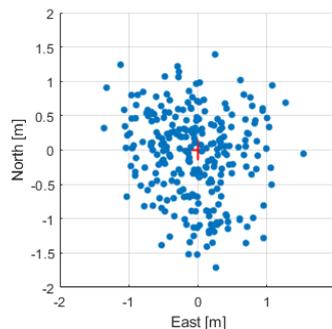


図 2: 測位結果

### 4. まとめ

月測位受信機の開発、検証のためのツールとして、月測位信号シミュレータを開発し、その機能をソフトウェア受信機により確認した。今後は、将来の月面における実証実験に向けて、小型・省電力の月測位受信機の実現を目指す。