

崎口 一\*, 入江博樹\*\*

(\*熊本高専 電子情報システム工学専攻, \*\*熊本高専 電子情報教育部門 TE 分野)

## 1. まえがき

近年, GNSS衛星の増加や軌道予測精度の向上により, GNSS測位の精度が飛躍的に向上し, 様々な分野での応用が進んでいる. 特に, 農業, 林業, 漁業などの一次産業においても, 位置情報を活用した自動化・省力化が進み, 生産性の向上に寄与している. 林業分野においては, 距離や面積の測量, ドローンによる自動操縦など, 多岐にわたる実用化がすすめられている.

これらの応用を林業に導入するためには, センチメートル級の高精度な測位が求められる. 遮蔽物のない平地では, 基準局を用いたRTK-GNSSや日本の準天頂衛星「みちびき」を活用することで, 高精度な測位が可能である. しかしながら, 森林内ではGNSS測位解の安定性が低下し, センチメートル級の測位精度を確保できない場合がある. その結果, 精密GNSSの利活用は十分に進んでいないのが現状である<sup>[1]</sup>.

森林におけるGNSS測位誤差の要因としては, さまざまなものが考えられる. 本研究では, 特に森内大気の水分量の変化に伴う比誘電率の変動に着目し, それによる微細な電波遅延が森林環境においてGNSS測位にどのような影響を与えるかを測定・分析し, その主要な要因を検討する.

## 2. システム構成

本研究では, 森林環境がGNSSの測位精度に与える影響を定量的に評価するため, 森林内および比較対象となる平地において, 同時にGNSS観測を実施する. 取得した観測データは, GNSS解析ソフトウェアであるRTKLIBと国土地理院が提供する精密暦を用いて解析し, 受信機と各衛星間の遅延量を示す残差を時系列データとして算出する. 一般的に以下の式で算出される.

$$\Delta L = \rho_{L1} - (r + c[\delta t_u - \delta t_s] + \varepsilon_p) \quad (1)$$

それぞれ,  $\Delta L$ : 遅延量(m),  $\rho_{L1}$ : L1波の疑似距離(m),  $r$ : 幾何学距離(m),  $c$ : 光速(m),  $\delta t_u$ : 受信機時計誤差(s),  $\delta t_s$ : 衛星時計誤差(s),  $\varepsilon_p$ : サニャック効果による遅延量(m)である.

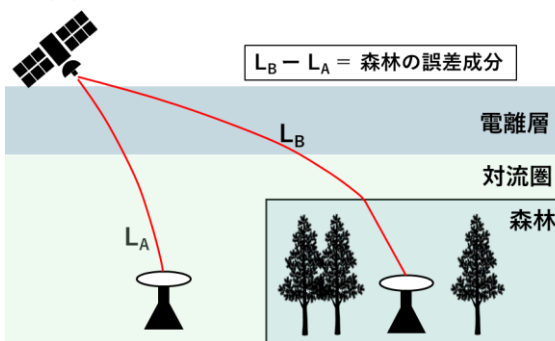


図1 森林の誤差成分の算出

本解析により, 森林と平地の2種類の残差が得られる. これらの残差には, 電離層および対流圏遅延といった共通の誤差成分が含まれる. 一方, 森林の残差には, これに加えて植生に由来する特有の誤差が含まれている. 本研究の目的であるこの森林由来の誤差を抽出するため,

両地点で得られた残差間で差分処理を実行する. この時, 2つの受信機の距離が近いこと, 取得される電波は電離層と対流圏で同一の経路を通過しているとする. (図1) なお, 衛星の位置誤差, 時計誤差は精密暦を用いた後処理RTK-GNSSにて推定し処理する.

また, 観測の機動性を高めるため, 本研究では独自の観測装置を製作した. この装置は, GNSS受信機, Raspberry Pi, バッテリー, および環境データセンサを一体化した構成となっており, 迅速な設置とデータ記録が可能である.

特に, 森林内の水分量が測位誤差に与える影響を調査するため, 環境データセンサとして温度, 湿度, 気圧センサを搭載し, 取得データと残差との相関関係を考察する. 製作した観測装置の構成を図2に示す.



図2 観測装置

## 3. 今後の展望

本研究で提案した観測手法をもとに, 今後は以下の展望に基づき深化させる.

第一に, 取得した環境データと差分残差との定量的評価である. 本研究では森林内外の2地点で環境データを同時に取得しているため, 両地点の温度・湿度・気圧の差分を算出することが可能である. この環境データの差分とGNSS測位における差分残差との相関を詳細に分析し, 森林内の水分量が測位誤差に与える影響をより直接的に考察する.

第二に, 長期間の連続観測による時間的な影響評価である. 植物の蒸散活動に起因する日周変動を捉えるため, 樹木の活動が活発化する早朝から穏やかになる夕方にかけての残差の変化を分析する. さらに, 降雨の前後など気象条件が大きく異なる連続した日程で観測を行う. その際, GNSS衛星の回帰性を利用し, ほぼ同一の衛星配置となる24時間後のデータと比較することで, 気象変化が残差に与える影響の分離・抽出を目指す.

第三に, 多様な森林環境における比較観測である. 本研究の観測地であるスギ林に加え, 植生密度が異なるスギの密林や疎林, さらに葉の有無による影響を比較するため, 落葉樹林において夏季と冬季の観測を行う.

## 参考文献

[1] 井貝紀幸, 森林内におけるRTK-GNSS測定の水平誤差およびその低減に向けた受信機設定の検討, 日本森林学会誌103巻6号pp395-400, 2021.