

山間部建設現場における衛星測位シミュレーション（その2）

ー簡易かつ高精度なシミュレーションによる予測ー

株式会社構造計画研究所 正会員 ○江森 洋都 会員外 古川 玲 会員外 吉敷 由起子
前田建設工業株式会社 正会員 工藤 新一 正会員 工藤 敏邦 正会員 河野 浩之

1. はじめに

情報化施工の導入が進む建設現場では、マシンコントロール（Machine Control：MC）やマシンガイダンス（Machine Guidance：MG）に対応した建機が導入されつつある。MC や MG ではトータルステーションやGNSS（Global Navigation Satellite System）による位置情報が利用されている。特にGNSSは利用の容易さから、今後ますますの活用が見込まれるが、山間部などの上空が開けていない場所では、精度の悪化などが発生することがあり、施工時の自動制御に影響を与える。

筆者らは山間部の建設現場において情報化施工で用いられるRTK-GNSS（Real Time Kinematic：GNSS）を使った高精度測位の精度をシミュレーション結果から予測する検討を行っており、本稿では現場運用を考慮した簡易かつ高精度な予測方法について報告する。

2. 衛星測位シミュレーション

衛星測位シミュレーションは任意の日時・場所における衛星やGNSS受信機の位置およびその周辺の環境情報をもとにシミュレーションを行う。衛星測位シミュレーションの種別としては、衛星とGNSS受信機の見通し状況を模擬する見通しシミュレーション（見通し解析）や、周辺の構造物や地形による遮蔽やマルチパスを考慮したレイトレース法により電波伝搬シミュレーション（電波伝搬解析）など挙げられる。

筆者らは高精度測位に対して精度の高い予測を行うため、山間部建設現場において電波伝搬解析を用いた予測について研究を行っている¹⁾。電波伝搬解析は予測精度が高い半面、計算量も多くなるというデメリットがある。建設現場での運用においては、高い予測精度を保ちつつ、高速に予測することが望まれる。以上のことから、電波伝搬解析よりも簡易な見通し解析を使用し、高精度な予測が可能かを検討した。本稿の衛星測位シミュレーションにはGPS-Studio²⁾を使用した。

3. 電波伝搬解析と見通し解析

両シミュレーションでは、図1のような山間部の建設現場の3次元データを使用し、データは1時間毎の12時間分を合計2日分取得した。GNSS受信機を98台（1日目40台、2日目58台）配置した。使用した衛星システムはGPS・QZSS・GLONASSであり、信号は全てL1帯を使用した。本稿では電波伝搬解析の結果を真と仮定し、見通し解析をベースとした手法から、その結果を再現できるかに着目した評価を実施した。

(ア) 電波伝搬解析と見通し解析の結果比較

電波伝搬解析では、高精度測位において、ある衛星を使用するかどうかの判定を、信号の品質で判定する。図2のように、高精度測位を実施する際に最低限必要な6機を満たしているかを判定している。受信信号の品質はSNR（Signal to Noise Ratio）を用い、SNRが38dBを超えていれば、高品質な衛星信号であると判断した。



図1 シミュレーション環境

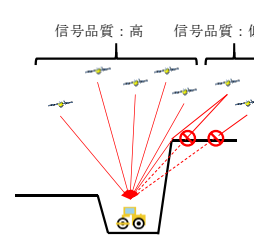


図2 衛星からの信号品質のイメージ

見通し解析では見通しの有無により、高品質な衛星かを確認した。それぞれの結果の組合せは図3の通りである。電波伝搬解析で高品質かつ見通し解析で見通しが有った場合と、電波伝搬解析で低品質かつ見通し解析で見通しが無かった場合は、両シミュレーションが同じ結果と判定し、それ以外は異なる結果と判定した。結果を図4に記す。電波伝搬解析と見通し解析が同じ結果であった比率は赤枠の81%であった。異なる結果と判定されたのは残りの19%であった。異なる結果の内訳は電波伝搬解析では信号品質が低い、見通

キーワード 衛星測位, GNSS, RTK-GNSS, 高精度測位, 情報化施工, 建設現場
連絡先 〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13 日本ホルスタイン会館内
(株)構造計画研究所 電波技術部 TEL 03-5342-1533

し解析では見通しが有ると判定されていた結果がほぼ全てであった。これは周囲の地形によるマルチパスの影響により信号品質が下がる現象を、見通し解析だけでは模擬できていないことが原因と考えられる。

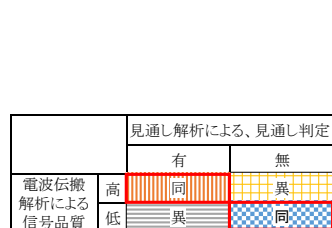


図3 電波伝搬解析と見通し解析の結果組合せ

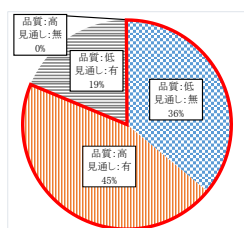


図4 電波伝搬解析と見通し解析の結果の比率

(イ) 見通し解析ベースの拡張方法

本研究は簡易な手法である見通し解析をベースとし、電波伝搬解析のような高精度化を目指すことであり、以下の2点を検討した。

① 衛星数の閾値を異なる結果の比率に合わせ増加

高精度測位の必要条件である衛星数の閾値 6 機を、異なる結果の比率に合わせて機数を増やすことで、異なる結果があった場合でも確率的にそれ以外の衛星で正しく判定が行えると考えられる。

② 低仰角衛星の除外

低仰角の衛星を除外して判定することで、異なる結果となる衛星を除外できると考えられる。図5は3次元モデルの天空画像上の衛星位置に、全時間帯の判定結果をプロット（白：同、赤：異）した結果である。異なる結果判定が発生しているのは山の稜線付近が主であり、マルチパスが原因であると考えられる。法面の掘削などを行うエリアでは、法面と逆側の約半分の空が開けていることが多い。開けている側の山の稜線付近に位置する低仰角の衛星を除外することで、異なる結果と判定される衛星の大部分を除外可能であると考えられる。

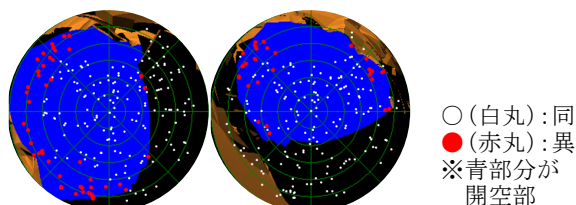


図5 天空画像にプロットした見通し解析の結果

(ウ) 提案手法の比較結果

(イ)の②のように低仰角(20度以下)の衛星を除外した結果を、図6に記す。電波伝搬解析と同じ結果と判定されたのは、81%から89%に向上していることを確認

した。また同じ結果と判定されていた衛星が除外された割合は0.3%であり、低仰角の衛星を除外した場合でも同じ結果の判定にはほぼ影響を与えていないことを確認した。

(イ)の①と②を組合せ、各日時と場所における解析を行った。衛星の閾値は誤判定の比率である11%増加させ、7機とした。電波伝搬解析では全組合せ(1176通り)のうち92%で高精度測位が可能であったのに対し、提案手法を適用した見通し解析の場合は94%と電波伝搬解析と近い結果を得られた。

電波伝搬解析と異なると判定された結果を確認すると、図7のように発生位置に特徴があった。この場所の特徴を分析することでより高い精度の判定が行えると考えられる。

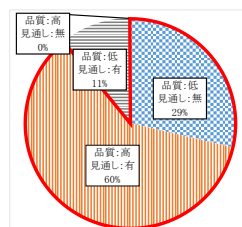


図6 低仰角衛星を除外した場合の電波伝搬解析と見通し解析の結果の比率



図7 電波伝搬解析と異なると判定された地点

4. まとめ

本研究では電波伝搬解析よりも簡易な見通し解析をベースとした手法を使用し、高精度な予測を目指した。

見通し解析でのマルチパスの考慮不足により、電波伝搬解析と異なる結果が発生することを考慮し、高精度測位に必要な衛星の閾値を上げ、さらに低仰角の衛星を除外することで、判定精度が電波伝搬解析に近づくことを確認した。

電波伝搬解析と異なると判定された結果は発生場所として特徴があるため、その場所の特徴を分析し、より高い精度の予測について検討する。また今回の結果を他の建設現場にも適用し、本稿の手法の妥当性やパラメータの一般化などの検討を進める。

参考文献

- 1) 工藤ら, 山間部建設現場における衛星測位シミュレーション(その1)ーダム建設現場におけるレイトレース解析ー, 土木学会 第74回年次学術講演会, 2019
- 2) GPS-Studio, <https://network.kke.co.jp/products/gps-studio/>