

BeiDou を併用した高精度移動測位における回折波の除去効果に関する研究

日本大学 正会員 ○池田 隆博

1. はじめに

現在運用が行われている全地球測位システム (GNSS) として、米国の GPS とロシアの GLONASS であり、中国の BeiDou についても一部運用が行われている。BeiDou は、他の測位システムと異なり、円軌道 (MEO) に加えて、静止軌道 (GEO) と傾斜地球同期軌道 (IGSO) の 3 種類の軌道からなる複合システムである¹⁾。GEO, IGSO に配置された BeiDou 衛星については、日本でも一部観測が可能であるため、円軌道である GLONASS や Galileo と比較し、観測時間帯に関わらず安定した衛星数の増加が見込まれる。一方で、建物等の遮蔽物を回り込む回折波の影響を受ける衛星についても同様に増加が見込まれるため、測位計算前にマルチパスの影響を受ける衛星を検知し除去する必要があるといえる。

著者らは、静止時の基線解析において、マルチパスの影響を受ける衛星の排除した際の効果について検証を行っている²⁾。その際に、信号強度を用いて回折波の影響を受ける衛星電波の検知が可能であることに加え、Fix 解の取得率が向上することを確認している。そこで、本研究では、移動時の基線解析においても回折波の影響を受ける衛星を除去することで静止時と同様の効果が得られるか確認することに加え、BeiDou を併用した際の効果について検証を行った。

2. 信号強度による回折波の検知手法

回折波の影響を受ける衛星電波については、直接波と比較し伝搬経路の増加による信号強度の低下が考えられる。よって本研究では、回折波の影響を受ける衛星の検知について、GNSS 受信機の観測値に含まれる搬送波電力雑音比を信号強度として扱うものとする。

信号強度による回折波の影響を受ける衛星の検知には、回折時の信号強度の特性を示す単一ナイフエッジ回折のモデルの理論を適用する。衛星電波の遮蔽物となる地物が GNSS 衛星と受信アンテナ間の見通し線付近に存在する場合、(1)式の回折パラメータが $-0.7 \leq v$ となると、衛星電波の回折損 $J(v)$ (dBHz) は(2)式で近似される³⁾。

$$v \equiv h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} \quad (1)$$

$$J(v) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 1 \right) \quad (2)$$

v : 回折パラメータ λ : 衛星電波波長 (m)

h : 見通し線と遮蔽物先端との距離 (m)

d_1 : 衛星と遮蔽物先端との距離 (m)

d_2 : 受信アンテナと遮蔽物先端との距離 (m)

ここで、 h は見通し線と遮蔽物先端が交わる場合は $h = 0$ となり、 λ および d_1 と d_2 の値に関わらず $J(v)$ は約 6dBHz となる。また、見通し線が遮蔽物先端以下となる場合は $h > 0$ となり、 $J(v)$ はさらに大きくなる。よって、回折波の影響を受ける衛星については、(3)式に示すように移動局と、周囲に遮蔽物のない環境下に設置した基準局とで観測された同衛星の信号強度の差 (DSS) を比較することで、検知が可能になるといえる。

$$DSS = SS_{RS} - SS_{BS} \quad (3)$$

SS_{RS} : 移動局で得られた信号強度 (dBHz)

SS_{BS} : 基準局で得られた信号強度 (dBHz)

3. 移動測位時における回折波の除去効果

高精度移動測位において、回折波の影響を受ける衛星を除去した際の効果を検証するため、図-1 に示すように基準局受信機を周囲に遮蔽物の無い観測点に設置し、移動局受信機を車両のルーフに設置して 10Hz で同時測位を行った。観測する衛星系は、GPS, GLONASS, QZSS, Galileo, BeiDou の 5 種類であり、観測日時は 2015 年 11 月 21 日 10:00~12:45 である。走行区間については、図-2 に示すように道路周辺を建物等で遮蔽される A 区間、樹木等で遮蔽される B 区間を設定し、各々 4 セット移動測位を実施した。

解析条件については、GPS+GLONASS+QZSS+Galileo の組合せと、その組合せに BeiDou を加えた 2 パターンの Kinematic 解析とした。また、解析に使用する観測データについては、GNSS 受信機で取得した観測データに加えて、信号強度の差により回折波の影響を受ける衛

キーワード : BeiDou, GNSS, 移動測位, 回折波, Fix 解

連絡先: 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科道路交通研究室 TEL047-469-5504



図-1 実験状況 (左：基準局 右：移動局)

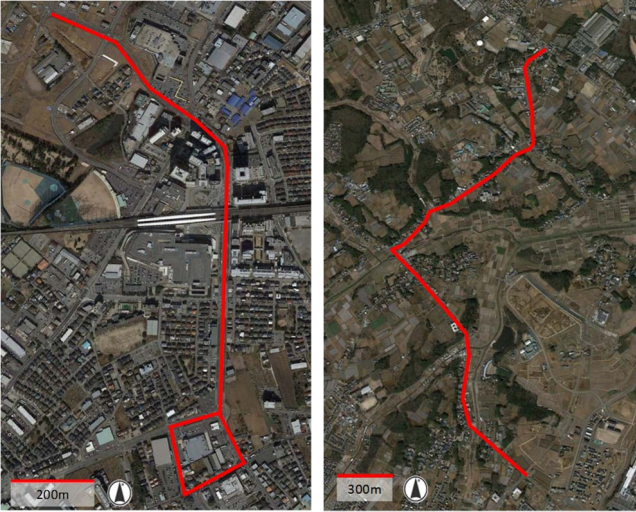


図-2 走行区間 (左：A 区間 右：B 区間)

表-1 A 区間における Fix 解の取得率 (単位：％)

セッション	GPS+GLO+ QZS+GAL		GPS+GLO+ QZS+GAL+BDS	
	全観測衛星	回折波除去	全観測衛星	回折波除去
1	76.5	91.1	55.8	82.5
2	67.5	84.7	60.1	82.7
3	87.6	93.4	81.6	93.4
4	71.3	92.2	56.9	89.1

表-2 B 区間における Fix 解の取得率 (単位：％)

セッション	GPS+GLO+ QZS+GAL		GPS+GLO+ QZS+GAL+BDS	
	全観測衛星	回折波除去	全観測衛星	回折波除去
1	83.7	88.3	72.3	88.4
2	90.8	91.4	79.9	87.7
3	89.4	88.9	60.9	71.6
4	84.3	89.1	57.7	72.7

星を除去した観測データとで測位計算を実施した。なお、Kinematic 解析には RTKLIB Version 2.4.2 p11 を使用し、バイアス決定手法を GPS+GLONASS+BeiDou を併用した Instantaneous (瞬時バイアス決定手法)、仰角マスクを 15° に設定した。

表-1 に A 区間における解析条件別の Fix 解の取得率を示す。全観測衛星による Fix 解の取得率を解析条件別に比較すると、BeiDou を併用した条件のほうが小さくなる傾向が見られた。これは、BeiDou 併用による衛星数の増加により回折波の影響を受ける衛星が増加したためと想定される。回折波の除去を行った観測データより得られた Fix 解の取得率を確認すると、全観測衛星と同様に Fix 解の取得率は BeiDou を併用した条件のほ

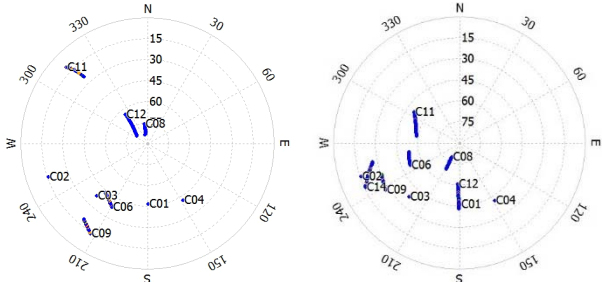


図-3 BeiDou の衛星配置

(左：セッション1 右：セッション4)

うが小さくなる傾向が見られたが、回折波除去後の Fix 解の取得率の増加は大きいことがわかる。この傾向は、B 区間 (表-2) においても同様に確認でき、Fix 解の取得率は、回折波の除去の有無に関わらず BeiDou を併用した条件のほうが小さくなる傾向が見られた。BeiDou 併用時の Fix 解の取得率が小さくなる要因としては、図-3 に示すように BeiDou を併用することで 9~10 機の衛星数が増加し、加えて仰角 15° 付近の低仰角衛星も増加することから、遮蔽物からの反射によるマルチパスが増加した可能性が考えられる。

4. 結論と今後の予定

本研究では、移動測位の基線解析における回折波の除去効果および BeiDou の併用効果を確認するため、衛星の併用条件別に Kinematic 解析を実施し、Fix 解の取得率を比較した。その結果、回折波の影響を受ける衛星を除去することで、Fix 解の取得率が増加すること、BeiDou 併用時では、併用前よりも Fix 解の取得が少なくなる場合が確認された。BeiDou を併用することで、低仰角衛星が従来よりも増加するため、回折波に加え反射波の影響を受ける衛星の増加が想定される。よって、今後は反射波の影響を受ける衛星の除去も含めた検証を行う予定である。

謝辞

本研究は平成 27 年度科学研究費助成金 (若手研究 B) 15K18139 の助成を受けた。ここに記して謝意を申し上げる。

参考文献

- China Satellite Navigation Office : BeiDou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document Open Service Signal (Version 2.0), 2013
- 池田隆博, 佐田達典 : 複数測位信号によるマルチパス検知と高精度測位時の精度に関する研究, 土木学会論文集 F3, Vol.70(2014)No.2, pp.II_17-II_26, 2014.
- 細矢良雄 : 電波伝搬ハンドブック, pp.23-24, 1999.