建物エッジ近傍における GNSS 回折信号の特性解析

Characteristics of GNSS Diffracted Signals Near Building Edges

藤野杏　　新美大樹　　鈴木太郎　　目黒淳一
An Fujino　　Daiki Niimi　　Taro Suzuki　　Junichi Meguro
名城大学　理工学研究科　メカトロニクス工学専攻
Meijo University, Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Science and Technology
千葉工業大学　未来ロボット技術研究センター
Chiba Institute of Technology, Future Robotics Technology Center

1．はじめに

Global Navigation Satellite System (GNSS)測位の課題として，建物による衛星信号の遮蔽に起因する精度低下がある．特に，高層建築物が密集する市街地では，衛星からの Line-Of-Sight (LOS) 信号が建物によって遮られ，代わりに建物表面で反射・建物エッジで回折した Non-Line-Of-Sight (NLOS) 信号が受信されやすい．このような NLOS 信号では，反射・回折による遅延時間に相当する距離が直接擬似距離誤差として表れ，数メートルから十数メートル規模の測位誤差を引き起こす要因となる．

従来は，NLOS 信号を誤差要因として除外する手法が主流であった[1]．しかし，NLOS 信号の中でも，建物のエッジで発生する回折波は，反射波よりも遅延誤差が小さく安定して追尾される場合がある．本研究では，このような回折波を有効な観測成分として活用する可能性に着目した．

本研究の目的は，建物によって衛星信号が遮蔽される環境において，NLOS 信号の中に含まれる回折波の特性を明らかにすることである．特に，従来は一括して NLOS 信号として除外されていた信号群の中から，回折波を抽出し，その統計的特徴を評価する．

2．解析手法

本研究では，LOS および NLOS 信号が同時に観測される静的環境を対象に，GNSS 信号の解析を実施した．評価環境は，建物のエッジや角部など，衛星信号の回折が発生しやすい場所を選定した．観測には GNSS 受信機およびアンテナを使用し，さらに天頂方向の建物分布を把握するために魚眼カメラを併用した．

LOS/NLOS の分類には，画像認識モデルである Segment Anything Model (SAM)を用いた．魚眼画像から空領域と建物領域を自動的に分割し，各時刻の衛星位置を画像上に投影した．衛星が建物領域と重なる場合を NLOS，それ以外を LOS とし，建物エッジ付近に位置する衛星を回折波の候補として抽出した．図 1 に LOS/NLOS 分類結果を示す．抽出した信号について，信号強度および擬似距離の二重差残差の時系列変化と統計分布を解析した．

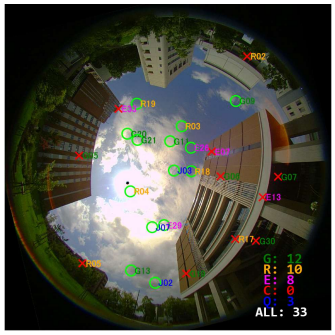

図 1　魚眼画像を用いた衛星の LOS/NLOS 分類結果

3．解析結果

図 2 および図 3 に，建物エッジ付近における NLOS 信号の擬似距離の二重差残差 (上部)，および信号強度の時刻変化 (下部) を示す．水色が LOS 信号，赤色が NLOS 信号である．図 2 は衛星が LOS から NLOS へ，図 3 は NLOS から LOS へ切り替わる例を示している．

図 2 および図 3 の下部に示す信号強度の時刻変化では，NLOS 信号は LOS 信号と比較して信号強度が全体的に低く，建物による遮蔽の程度に応じて段階的に減衰する傾向が確認された．また，建物エッジ付近で LOS から NLOS に切り替わる際には，信号強度が徐々に低下し，NLOS から LOS に切り替わる際には増加する挙動が見られ，遮蔽により建物エッジによる回折信号を含むことを示唆している．

図 2 および図 3 の上部に示す擬似距離の二重差残差の解析では， NLOS から LOS へ切り替わる際には残差が大きく揺らぎながら徐々に低下するのに対し，LOS から NLOS に切り替わる際には，切り替え後も 5～10 分程度，残差が LOS 時と同程度の値で安定するケースが確認された．

以上の結果から，一部の NLOS 信号では信号強度が低下していても残差が小さく安定するものが存在することが確認された．これらの信号は建物エッジ付近で回折経路が寄与している可能性があり，特に LOS から NLOS へ切り替わる場合には、信号強度が低下しても残差は増大しないケースが見られた．これは一般的に反射波で観測される特性とは異なる．したがって，遮蔽環境においても，特定の条件下では回折波が測位精度の維持に寄与し得ることが示唆される．今後は単独測位を通して回折波の利用が測位精度に与える影響を定量的に評価する予定である．

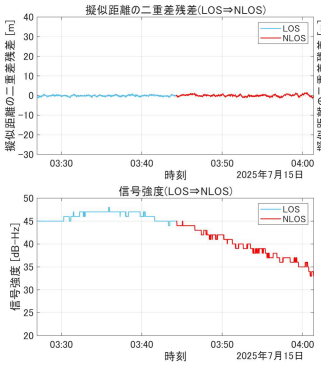

図 2 LOS⇒NLOS 切り替わり

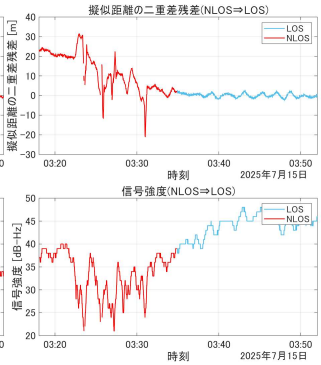

図 3 NLOS⇒LOS 切り替わり

参考文献

[1] P. D. Groves, Z. Jiang, M. Rudi, and P. Strode, “A Portfolio Approach to NLOS and Multipath Mitigation in Dense Urban Areas,” in 26th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS 2013, vol. 4, 2013, pp. 3231–3247.