

GPS と QZSS の併用測位における 3 周波利用の効果に関する研究

日本大学 正会員 ○池田 隆博

1. はじめに

現在 GPS は、衛星の更新による近代化により、L1 と L2 の 2 種類の搬送波に加えて、L5 という新たな搬送波を送信する衛星に切り替わりつつある。また、我が国が開発・運用する QZSS (準天頂衛星システム) についても、L5 を含む全搬送波に対応しており、さらに 2018 年より 4 機体制による運用が開始されることから、今後 L5 を受信可能な時間帯の増加が見込まれる。

L5 を測位に利用する効果としては、干渉測位の場合、L2 と L5 の搬送波の線形結合によって得られるエクストラワイドレーンの生成により整数値バイアスの候補数が従来よりも削減し、初期化時間の短縮が可能となる点が挙げられる¹⁾。また、整数値バイアスの候補数が削減することで、衛星受信機間の距離を正しく求められやすくなるため、測位精度の向上が想定される。そこで本研究では、L5 を加えた 3 周波利用による測位精度の影響を検証するため、L5 対応の GPS と QZSS について定点観測を実施し、従来の L1+L2 による 2 周波解析と L5 を含む 3 周波解析で得られる Fix 解の分布から比較を行った。

2. L5 を利用した整数値バイアスの推定と探索

干渉測位において整数値バイアスの推定を行う場合、衛星 2 機と受信機 2 台の構成で得られる 2 重位相差の利用が基本となる。また、キネマティック方式による解析では、短い観測時間で測位解を求めるため、2 重位相差に加えて、ワイドレーンを用いた整数値バイアスの候補数の削減を行う工夫がなされている。ワイドレーンとは、受信した搬送波の位相差をとって生成される合成波であり、その位相測定値は $\lambda_{L1} < \lambda_{L2}$ の条件下記の(1)式によって得られる²⁾。

$$\begin{aligned}\phi_{L12} &= \phi_{L1} - \phi_{L2} \\ &= R \left(\frac{1}{\lambda_{L1}} - \frac{1}{\lambda_{L2}} \right) + (N_{L1} - N_{L2}) + \varepsilon_{L12} \\ &= \frac{R}{\lambda_{L12}} + N_{L12} + \varepsilon_{L12}\end{aligned}\quad (1)$$

ここで、 ϕ : 位相測定値, R : 衛星受信機間の距離 (m),

キーワード: GPS, QZSS, 3 周波, L5, 整数値バイアス, ワイドレーン

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

λ : 搬送波波長 (m), N : 整数値バイアス, ε : 初期位相のオフセット, $L12$: ワイドレーン, $L1$: 第 1 搬送波, $L2$: 第 2 搬送波である。

整数値バイアスの候補数は、搬送波の波長が長いほど減少し、さらに DGPS の測位結果により候補数の絞り込みが行われる。表 1 より生成されるワイドレーンの周波数と波長を比較すると、L5 が利用可能となることで、波長が最も長いエクストラワイドレーンの生成が可能となり、整数値バイアスの候補数が大幅に削減されることがわかる。候補数が少なくなることで、誤った整数値バイアスの推定を行う確率が低下するため、測位精度の向上が想定される。

表-1 生成されるワイドレーンの周波数と波長²⁾

ワイドレーン	周波数 (Hz)	波長 (m)
L1-L5 (中間的レーン)	398.97	0.751
L1-L2 (ワイドレーン)	347.82	0.862
L2-L5 (エクストラワイドレーン)	51.15	5.861

3. 干渉測位における L5 利用時の測位精度の検証

干渉測位において搬送波 L5 を利用した際の測位精度について検証するため、図-1 に示すように周囲に遮蔽物のない 2 つの観測点上に基準局と移動局となる観測機器を設置し、1Hz で同時時間帯の GPS と QZSS の観測データを取得した。双方の観測点で使用した受信機は、3 周波受信に対応した Trimble NetR9 であり、観測時間は 2015 年 12 月 9 日 18:00~12 月 10 日 6:00 の 12 時間である。

解析方法については、L5 対応の GPS および QZSS を対象に、使用する搬送波を L1+L2 および L1+L2+L5 の



図-1 基準局と移動局の観測機器設置状況

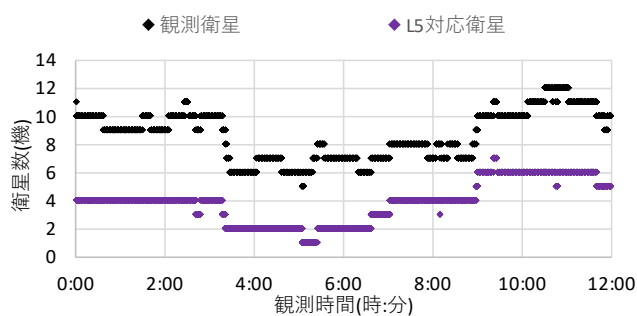


図-2 観測衛星数と L5 対応衛星数の時系列変化

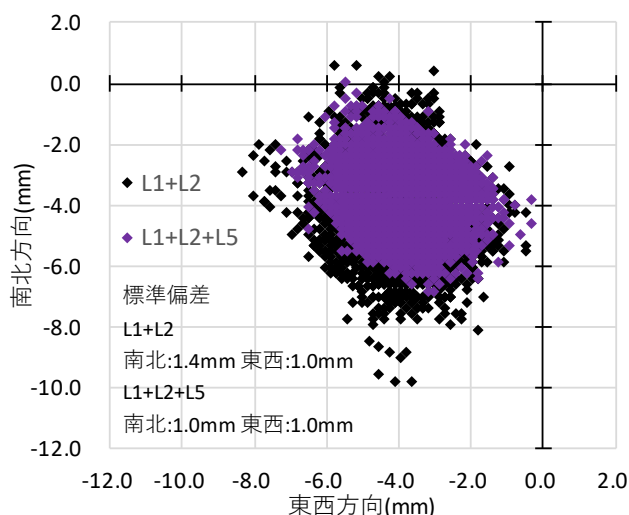


図-3 Fix 解の水平分布 (L1+L2, L1+L2+L5)

条件でキネマティック解析を実施した。解析に使用するソフトウェアについては、RTKLIB Version2.4.2 p12を使用し、バイアス決定手法を Instantaneous (瞬時バイアス決定手法)、仰角マスクを 15° に設定した。

検証方法については、解析に使用した搬送波の条件別に得られた Fix 解に対して、解の分布のほか観測点座標を中心とする RMS 値を水平と鉛直の各方向別に算出し比較を行った。なお、L5 を送信する衛星の数については、図-2 に示すように、観測開始から 9 時間後に 5 機以上となることが確認された。よって本検証では、衛星数の変動が少ない観測時間 9:30~11:30 のデータを使用して解析および検証を行うものとする。

図-3 に搬送波の条件別に得られた Fix 解の水平分布を示す。L5 を使用して解析を行うことで、解の分布が小さくなることが確認でき、標準偏差で比較すると、L5 を使用した条件のほうが、方向別の分布の差が小さくなることがわかった。また、表-2 より RMS 値についても同様に比較を行うと、水平方向と鉛直方向ともに L5 を解析に使用することで、観測点座標に近似した Fix 解を取得できることが確認された。なお、L2 含まない L1+L5 の条件で解析を実施した場合、図-4 に示すよう

表-2 搬送波別による RMS 値の比較 (単位: mm)

搬送波	水平方向	鉛直方向
L1+L2	6.0	4.7
L1+L2+L5	5.6	3.9

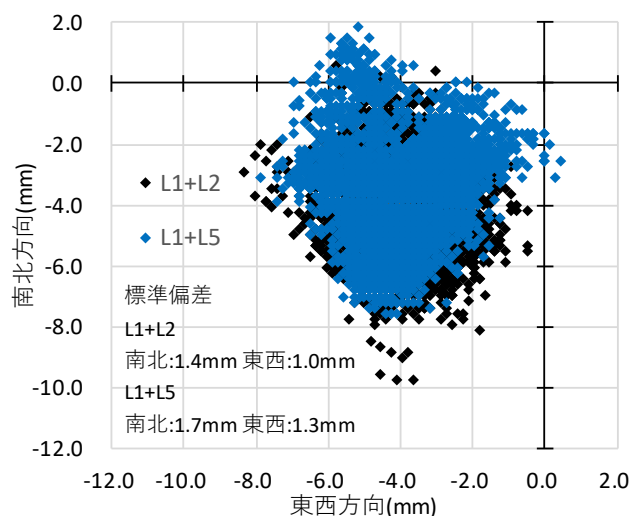


図-4 Fix 解の水平分布 (L1+L2, L1+L5)

に L1+L2 よりも Fix 解の分布が大きくなる傾向が見られた。L1+L5 の条件では、表-1 で示したように中間的レーンの生成が可能であるが、L1+L2 の条件で生成されるワイドレーンと比較し波長が短いため、整数値バイアスの候補数が増加し、正確な推定を行う確率が低下した可能性が考えられる。

4. 結論

これらの結果より、干渉測位において搬送波 L5 を含む 3 周波による解析を実施することで、水平方向、鉛直方向に関わらず測位精度の向上効果が得られることが確認された。今後、L5 対応の GPS および QZSS が増加することで、建物等の遮蔽物により衛星数が減少する位置においても、従来の 2 周波解析よりも精度が向上するものと想定される。

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

- 1) Xiaowen Luo, Shoujun Li, and Huajun Xu: Results of Real-Time Kinematic Positioning Based on Real GPS L5 Data, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol.13, pp.1193-1197, 2016.8
- 2) 測位航法学会: 精説 GPS (改定第 2 版) 基本概念・測位原理・信号と受信機, pp.150-156, p.222, 2010.4