

# GNSS 搬送波位相を用いた複数アンテナでの姿勢角推定における 使用衛星の選択に関する考察と選択指標の考案

## A Consideration of GNSS Satellite Selection for Attitude Estimation with Multiple GNSS Receivers

長谷川丈 木谷友哉  
Jo Hasegawa Tomoya Kitani

静岡大学 情報学部 情報科学科

Department of Computer Science, School of Informatics, Shizuoka University

### 1. GNSS 搬送波位相を用いた姿勢角推定 [1]

屋外走行車両の姿勢角は、複数の衛星測位受信機を車載して、その測位結果のベクトルから求めることができる。RTK 法に代表される高精度衛星測位を用いて数 cm レベルでアンテナの相対位置が求まれば、車体上の 1 メートルの基線長においても 1 程度程度の精度で姿勢角を推定することができる。また、3 次元位置を求めなくても、衛星配置と搬送波位相の差分から姿勢角を推定することが可能である。

先行研究 [1] では、信号が受信できる衛星群から  $\{k, l, m\}$  の 3 つの衛星を選び、それら衛星からの信号を 2 つの受信機  $u, r$  で取得することで、ロール角と車体方位角の 2 自由度の姿勢角についての推定を行う。2 つの受信機での観測値の差分を取ることで各衛星間に依存する誤差が相殺され、2 組の衛星からの観測値で差分を取ることで各受信機に依存する誤差が相殺される。

2 つの衛星  $k, l$  からの搬送波位相を 2 つの受信機  $u, r$  で受信したときに  $f_{ur}^{(kl)}$  を次のように定義する。

$$f_{ur}^{(kl)} = \phi_{ur}^{(kl)} - N_{ur}^{(kl)} - L/\lambda \times \{ \sin(E^{(k)}) \sin(\varphi) + \cos(E^{(k)}) \cos(\varphi) \sin(\varphi - A^{(k)}) \} - \{ \sin(E^{(l)}) \sin(\varphi) + \cos(E^{(l)}) \cos(\varphi) \sin(\psi - A^{(l)}) \}$$

ここで、 $\phi_{ur}^{(kl)}$  は衛星対  $\{k, l\}$  と受信機対  $\{u, r\}$  の観測値の二重差分、 $N_{ur}^{(kl)}$  は観測値の整数アンビギュイティ、 $L$  は 2 受信機の基線長、 $\lambda$  は波長、 $E^{(k)}$ 、 $A^{(k)}$  はそれぞれ衛星  $k$  の仰角、方位角、 $\varphi$  は車体横方向の基線に対するロール角、 $\psi$  は車体方位角を表す。

先行手法 [1] は、3 つの衛星  $\{k, l, m\}$  を用いることで  $f_{ur}^{(kl)}$ 、 $f_{ur}^{(ml)}$  を用意し、2 つの角度  $\varphi, \psi$  を未知数として  $f_{ur}^{(kl)}(\varphi, \psi) = 0$ 、 $f_{ur}^{(ml)}(\varphi, \psi) = 0$  の連立方程式を解く問題として表すことができる。観測された二重差分にはランダム誤差やガウス雑音が含まれるため、可視衛星の中から複数の 3 衛星の組合せで演算を行い、1 時刻の間で算出された姿勢角の最頻値付近で平均をとることで、最終的な姿

勢角を算出している。

しかし、先行手法には、3 衛星が特定の配置となる際に精度が大きく悪化するという課題があった。分散の等しいガウス雑音を観測誤差として観測値に含ませ姿勢角推定のシミュレーションを行ったところ、いくつかの衛星配置において、精度悪化が生じることが確認できた。

### 2. 提案する精度向上手法

本研究では、精度悪化が発生するような衛星配置はどのようなものかを解析し、そのような衛星配置を検知、除去するための指標を提案し、測位衛星からの信号の搬送波位相を用いた姿勢角推定手法の安定性を高めることを目指す。

図 1 は、姿勢角の真値を  $\varphi = 0, \psi = 0$  としたときに、 $f_{ur}^{(kl)}$  の計算に用いる二重位相差観測値  $\phi_{ur}^{(kl)}$  に誤差を含んでいた場合の、解付近での各衛星組合せでの  $f_{ur}^{(kl)} = 0$  のグラフである。図 2 に示すように、各  $f_{ur}^{(kl)}$  の勾配のなす角が 90 度に近いほど、勾配の大きさの和が大きいほど姿勢角（ロール角）推定誤差が小さいことが分かる。

そこで、本研究では図 2 の結果を元に、選択した衛星の組合せで  $f_{ur}^{(kl)}$  の勾配のなす角と和の大きさから、その選択によって求めた推定姿勢角の期待精度指標（基線長 1m）を図 3 のように設計した。捕捉した衛星群から姿勢角推定に用いる衛星対を選択する際に利用可能であり、計算量の削減と信頼性の向上に寄与する。

### 謝辞

本研究は、JST CREST JPMJCR21D2 の支援を受けた。

### 参考文献

[1] 太田拓伸, "GNSS 信号の搬送波位相を用いた車体姿勢角の推定に関する研究", 静岡大学大学院総合科学技術研究科情報学専攻修士論文, 指導教員: 木谷友哉, 2019.

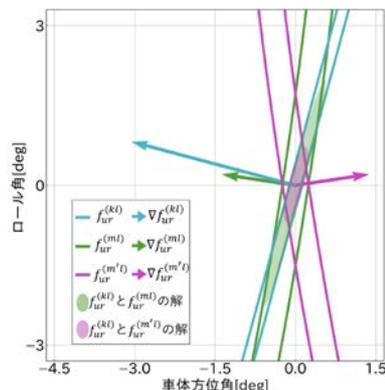


図 1  $f_{ur}^{(kl)} = 0$  の解付近

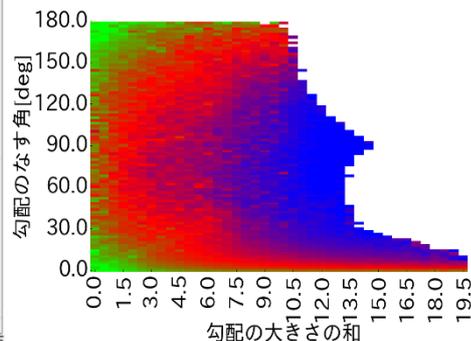


図 2 2 つの  $f_{ur}^{(kl)}$  の勾配とロール角推定誤差

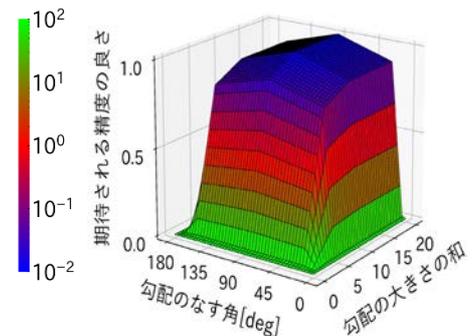


図 3 設計した期待精度指数