

車車間通信における協調相対測位手法の実験評価

湯 素華^{†1} 川西 直^{†1} 古川 玲^{†1} 久保 信明^{†2} 長谷川 晃朗^{†1} 三浦 龍^{†1}

GNSS によって算出した車両の位置情報を、車車間無線通信を介して交換し、危険度合に応じて注意喚起を行う安全運転支援システムの研究開発が盛んに行われているが、その効果は GNSS 測位精度に大きく依存する。都市部においては、GNSS 衛星と受信機間の擬似距離の計測は建物の遮蔽・反射の影響を受けやすく、それによって車車間の相対位置の精度が大いに劣化する可能性がある。この問題に対して、距離の短い2台の車両が共通の衛星から受信した信号には、反射によって擬似距離に生じた誤差であるマルチパス誤差に空間相関性があることを基に、筆者らは、反射波を利用して高精度に相対位置を算出する協調相対測位手法をこれまで提案してきた。本稿では、2台の車両の走行実験によって、特性の異なる受信機を用いる場合の、マルチパス誤差の特性とその空間相関性の分析結果を示し、マルチパス誤差の相関性判断による相対位置の誤差の低減効果を確認した。

Experimental Evaluation of Cooperative Relative Positioning for Inter-Vehicle Communications

SUHUA TANG^{†1} NAO KAWANISHI^{†1} REI FURUKAWA^{†1}
NOBUAKI KUBO^{†2} AKIO HASEGAWA^{†1} RYU MIURA^{†1}

Position information, computed via GNSS and exchanged between vehicles, can be used to predict potential collision accidents and plays an important role in support system for safe driving. Its actual effect, however, heavily depends on the positioning precision. In urban areas, roadside buildings often obstruct the direct paths between GNSS satellites and receivers. As a result, receivers receive reflected signals from satellites, and the pseudo-ranges between satellites and receivers are falsely extended, which may greatly degrade position precision. Receivers nearby usually share similar spatial propagation environment, and reflected signals tend to have some correlation. Based on this assumption, we proposed the cooperative relative positioning (CoRelPos) scheme, using all correlated signals, including reflected ones, to compute relative position between adjacent vehicles. In this paper, by mounting receivers on vehicles and driving vehicles in urban areas, we collected the log data of pseudo-ranges and analyzed their statistical property, and confirmed the existence of spatial correlation in multipath errors and their dependence on the distance. In addition, the positioning results confirm that the CoRelPos scheme, leveraging correlation detection to remove non correlated signals, helps to effectively reduce the positioning errors.

1. はじめに

近年、衛星測位システム GNSS[1] (Global Navigation Satellite System) によって算出された位置情報を、車車間無線通信を介して近隣車両の間に交換し合い、それを基に車両衝突の危険が高いと判断される場合、運転手へ注意喚起を行う安全運転支援システムの研究開発が盛んに行われている[2]。GNSS 測位では、衛星と受信機間の擬似距離と衛星の位置を用いて受信機の位置を算出する。この擬似距離の計測精度は、電波伝搬遅延（電離層遅延、対流圏遅延）などによって劣化するが、大気による電波伝搬遅延は数キロメートル範囲で空間的な相関性があるため、基準局が補正情報を算出して他受信機へ配信する差分 GPS[1]を使用すれば、ほとんどの誤差がなくなる。

しかしながら、都市部においては、建物の遮蔽によって衛星から直接波を受信できず、他の建物の反射によって反射波を受信し、擬似距離が伸ばされてしまうというマルチパス誤差が発生しやすくなる。このマルチパス誤差はオープンスカイ環境に設置される基準局では発生せず、車両の

受信機でのみ生じるため、差分 GPS によってうまく対応できず、位置精度に大きな影響を及ぼす可能性がある。

そこで、マルチパス誤差への対策[3]が続々提案され、アンテナ設計・コリレータ設計・測位信号の変調方式の改良などを用いて反射波が受信機に入りにくくなるようにする手法と、3次元地図データ[4]や赤外線カメラを用いて撮影した空の写真の分析[5]によって衛星と受信機間の直接波の電波伝播経路を検知する方法が挙げられる。ところが、都市部では建物による遮蔽のため受信できる衛星数が少ないので、単純に測位中反射波を除外する場合、仰角の低い衛星数が減り、HDOP (horizontal dilution of precision) の増加によって測位誤差が大きくなる可能性があり、衛星数が足りず測位できなくなる恐れもある。

それに対して、近隣する車両同士で受信した反射波から算出された擬似距離におけるマルチパス誤差に空間相関性があることに着目し、筆者らは、反射波も利用して車両間の相対位置を算出する協調相対測位手法[6][7]を提案してきた。また、受信機が静止する場合のマルチパス誤差の相関性を示し、1台の車両に載せた2台の受信機間の相対位置の誤差を評価した[8]。

本稿では、まず、協調相対測位手法を簡単に紹介し、次

^{†1} (株)国際電気通信基礎技術研究所
Advanced Telecommunications Research Institute International
^{†2} 東京海洋大学
Tokyo University of Marine Science and Technology

に、2台の車両にそれぞれの受信機を載せて走行する場合の実験設定を説明する。その後、この実験データを基に、受信機が移動する場合のマルチパス誤差の特性とその空間相関性を示し、さらに、マルチパス誤差の相関性と速度依存性を用いることによる測位誤差の低減効果を確認し、最後に論文をまとめる。

2. 協調相対測位手法の概要

図1を参照しながら、車両間の協調相対測位手法の概念について述べる。

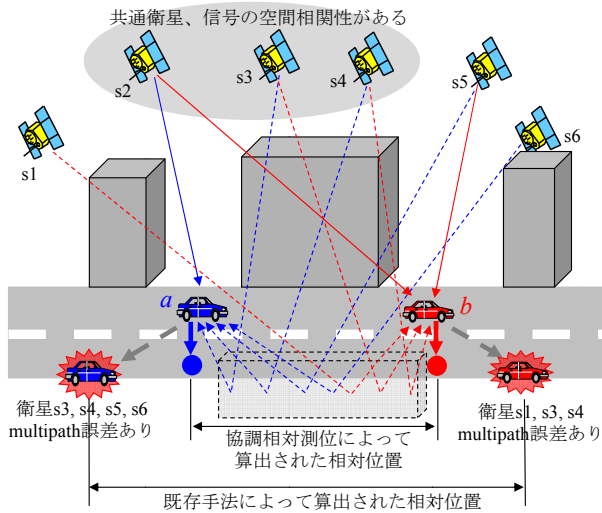


図1 車両間の協調相対測位の概念

Figure 1 Concept of cooperative relative positioning for vehicular networks.

都市部においては、路側の建物の遮蔽の影響で直接波は遮られ、その代わりに、別の建物の反射による反射波は車両に搭載したGNSS受信機に受信されることが頻繁に発生する。図1に、車両aが衛星s2から直接波を受信し、s3, s4, s5, s6から反射波を受信し、近隣の受信機bが衛星s2, s5から直接波を受信し、s1, s3, s4から反射波を受信すると仮定したものを示す。車両aとbがそれぞれ単独で自車両の絶対位置を算出する場合、反射波の影響によって、算出された絶対位置は真値からずれる。一方、二台の車両が共通に受信できる衛星のうち、どちらの車両もs2からの信号は直接波であり、s3, s4からの信号は同じ反射面による反射波である。この反射による擬似距離の延長分であるマルチパス誤差は2台車両での値が近く、相関性があるとするとする。それに対して、s5からの信号は車両bでは直接波であるが、車両aでは反射波であるためマルチパス誤差の相関性が低いとする。車両間の相対位置はその擬似距離の差に依存する。車両aとbにおいて共通に受信できる信号からマルチパス誤差の相関性の高いもの(s2, s3, s4)を選択して相対位置を算出すれば、マルチパス誤差が相殺され、相対位置が精度良く算出できる。この協調相対測位手法を実現する

ために、車両間における擬似距離の交換[9]、及び、擬似距離に含まれるマルチパス誤差の相関性の判断が必要となる。

3. 実験設定

本稿では、実験データを用いてマルチパス誤差の特性と相関性を調べ、受信機間の相対位置の誤差を評価する。

図2に示すように、実験では、N受信機[a]とU受信機[b]の2種類の受信機を使用し、N1, N3, U1, U3を車両1に、N2, U2を車両2に載せ、東京八重洲付近での走行実験を行った。高性能ジャイロなどを併用した高精度測位システム(RTK-GPS)で算出した車両の位置(精度:0.5m以内)を真値とする。また、実験データ分析中衛星の仰角マスクを15度に設定する。

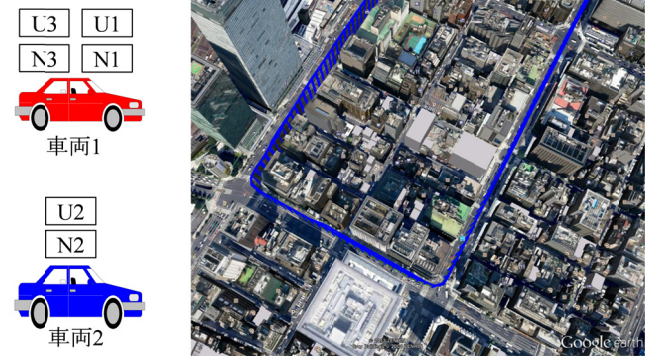


図2 実験設定

Figure 2 Experiment setup.

4. 実験データに基づくマルチパス誤差の分析

受信機の位置の真値を基に、擬似距離におけるマルチパス誤差成分を算出し、統計分析を行う。[8]では、車両が停止する場合のマルチパス誤差の相関性を確認したが、今回は受信機が移動する場合の特性を調べる。

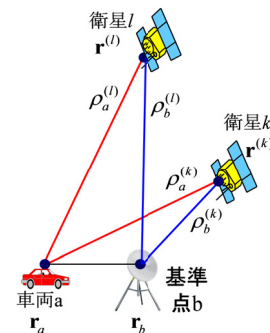


図3 擬似距離におけるマルチパス誤差の分析

Figure 3 Analysis of multipath errors in pseudo-ranges.

図3に示すように、受信機n (n=a, b)と衛星s (s=l, k)の間の擬似距離を考察する。擬似距離は

$$\rho_n^{(s)} = \rho_n^{(s)} + c \cdot (\Delta t_n - \Delta T^{(s)}) + d_{ion,n}^{(s)} + d_{trop,n}^{(s)} + m_n^{(s)} + \epsilon_n^{(s)} \quad (1)$$

a) NovAtel OEM6.
 b) u-blox EVK-6T.

と表すことができる．ここで、 $\rho_n^{(s)}$ は距離真値、 Δt_n は受信機時刻誤差、 c は光速、 $\Delta T^{(s)}$ は衛星時刻誤差、 $d_{ion,n}^{(s)}$ は電離層による誤差、 $d_{trop,n}^{(s)}$ は対流圏による誤差、 $m_n^{(s)}$ は反射による誤差、 $\varepsilon_n^{(s)}$ は熱雑音による誤差である．

受信機 a と b が近くに設置されるとすれば、差分演算によって擬似距離における誤差が相殺できる．それで、擬似距離の二重差には、 Δt_n 、 $\Delta T^{(s)}$ 、 $d_{ion,n}^{(s)}$ 、 $d_{trop,n}^{(s)}$ の影響がほとんどなくなる．さらに $\varepsilon_n^{(s)}$ を無視すれば、擬似距離の二重差が

$$p_{ab}^{(kl)} \approx \rho_{ab}^{(kl)} + (m_a^{(k)} - m_b^{(k)}) - (m_a^{(l)} - m_b^{(l)}) \quad (2)$$

となる．

仰角の高い衛星 l を参照衛星として選択し、それからの受信信号にはマルチパス誤差が発生しない ($m_n^{(l)} = 0$) とする．受信機 b はオープンスカイ環境に設置される基準局である場合、そのマルチパス誤差 $m_b^{(k)} = 0$ が 0 であり、反射によって受信機 a と衛星 k との間の擬似距離に生じるマルチパス誤差成分 $m_a^{(k)}$ は

$$m_a^{(k)} \approx \rho_{ab}^{(kl)} - \rho_{ab}^{(kl)} \quad (3)$$

と近似できる．

4.1 マルチパス誤差の分布

2 種類の受信機のマルチパス誤差の累積分布 (CDF) を図 4 に示す．この図からマルチパス誤差が 100m まで増加し、また、N 受信機と比べて、U 受信機のマルチパス誤差が大きいことがわかる．

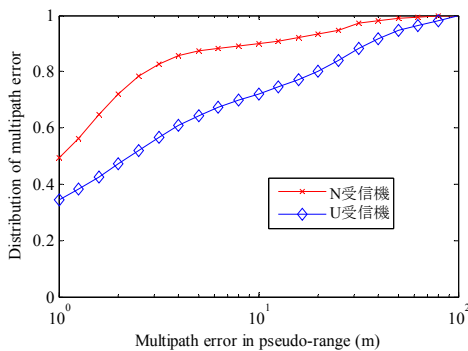


図 4 擬似距離におけるマルチパス誤差の分布

Figure 4 Distribution of multipath errors in pseudo-ranges.

更に、SNR 別にマルチパス誤差の累積分布を図 5(a-b)に示す．直接波より反射波は反射点での減衰によって SNR が低くなるため、SNR が上がるにつれ、反射波である可能性が下がり、そのマルチパス誤差も小さくなる．SNR が 45dB を上回ると、マルチパス誤差は 0 に近くなる．

仰角別にマルチパス誤差の累積分布を図 5(c-d)に示す．仰角が小さいほどマルチパス誤差が大きくなる傾向がある．N 受信機と比べて、U 受信機の方は仰角の低い場合マルチパス誤差が大きくなる．それは、U 受信機が一回の反射に

限らず、複数の反射と回折によるマルチパス波も受信しているためと考えられる．

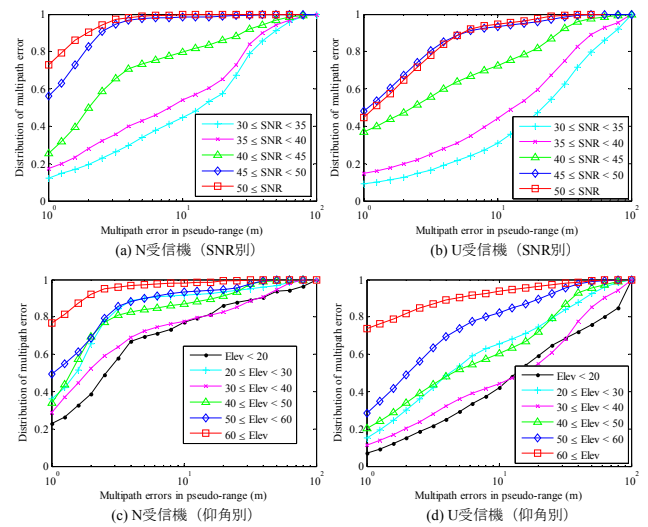


図 5 擬似距離におけるマルチパス誤差の分布 (SNR 別、仰角別)

Figure 5 Distribution of multipath errors in pseudo-ranges (per SNR range, per elevation-angle range).

マルチパス誤差は車両の移動速度にも依存する．図 6 にマルチパス誤差の累積分布を速度別に示す．2 種類の受信機は共に、速度が低いほどマルチパス誤差が大きくなるのがみとれる．これは、GNSS 受信機の構成によるものであり、受信機は tracking loop を用いて測位信号を追従するため、速度の低い場合、マルチパス波は変動が小さいため、tracking loop に入りやすく、マルチパス誤差が発生しやすくなるのが原因であると考えられる．

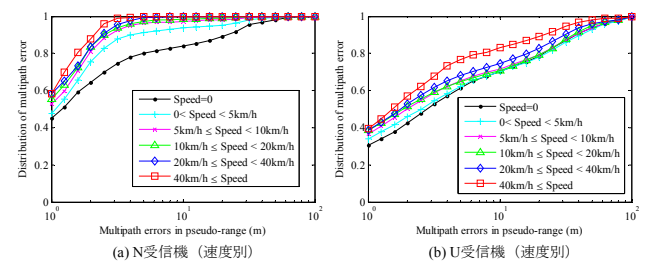


図 6 擬似距離におけるマルチパス誤差の分布 (速度別)

Figure 6 Distribution of multipath errors in pseudo-ranges (per-speed range) .

4.2 マルチパス誤差の相関性

前節では、受信機を区別せずに、マルチパス誤差の統計情報を調べたが、この節では、2 台の受信機間のマルチパス誤差の相関性について調べる．

図 7 に、2 台の受信機に対して、非共通衛星のマルチパス誤差、共通衛星のマルチパス誤差、及び共通衛星のマルチパス誤差の差の累積分布を、受信機の種類と受信機間の距離ごとに示す．これに基づいて下記の結論が得られる．

- (1) すべての場合において、共通衛星のマルチパス誤

差の差は元のマルチパス誤差よりはるかに小さくなる。すなわち、共通衛星のマルチパス誤差に対して差分演算を行えば、相殺効果がある。

(2) マルチパス誤差が一定閾値（例えば 10m）以下の確率が 1 ではなく、相関性の低いマルチパス誤差が存在する。

(3) 受信機間の距離が増えると（N 受信機：(a) から (b) へ、または U 受信機：(c) から (d) へ）、マルチパス誤差の差が一定閾値以下の確率が減り、相関性が減る。

(4) N 受信機と比べて、U 受信機の方（同車両：(a) から (c) へ、または異車両：(b) から (d) へ）はマルチパス誤差が一定閾値以下の確率が小さく、相関性が低い。

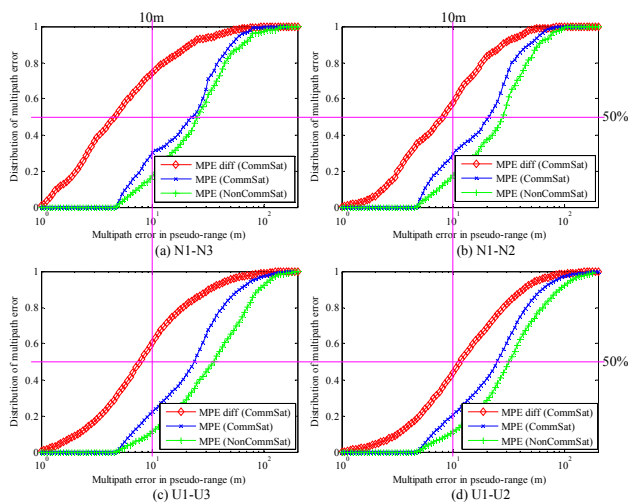


図 7 マルチパス誤差の分布

Figure 7 Distribution of multipath errors.

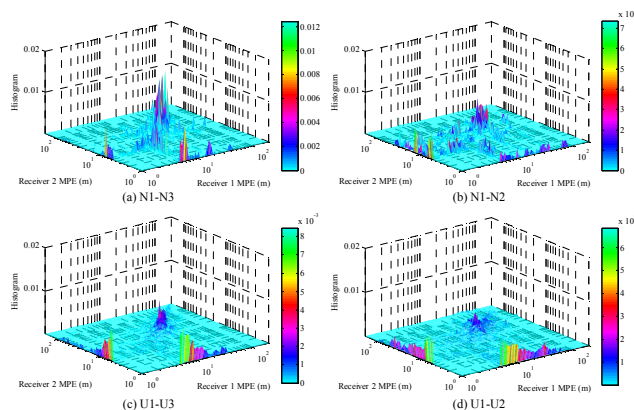


図 8 2 台の受信機でのマルチパス誤差の相関性

Figure 8 Correlation in multipath errors of two receivers.

更に、2 台の受信機でのマルチパス誤差を pair として、その histogram を図 8 に示す。(a) と (c) では、2 台の受信機は同じ車両に搭載しており、受信機間の距離が短い。その histogram の peak がほぼ軸の対角線に位置するので、2 台の受信機でのマルチパス誤差は相関性があることを確認できる。(a) から (b) へ、または (c) から (d) へ変わると、受信機間の距離が離れるため、それに応じて histogram

の peak が減り、マルチパス誤差の相関性が下がる。また、U 受信機より N 受信機の方は受信機間のマルチパス誤差の相関性が高いことも確認できる。

4.3 衛星数の分布

近年、GPS 衛星のみならず、GLONASS や準天頂衛星 (QZSS) も測位に利用可能になった。都市部では、これらの衛星システムを一緒に使用すれば、反射波を除外する場合、衛星数が足りるかを、実験で検証する。

N 受信機の epoch ごとの衛星数の累積分布を図 9 (a) に示す。N 受信機は GPS, GLONASS, QZSS を使っており、測位のために 5 機以上の衛星が必要である。衛星数が 4 以下になると単独で測位不能の確率は約 20% であり、その確率はさらに仰角マスクに依存する。図 9 (b) に示すようにすべてのマルチパス波を除外すると、その測位不能の確率が約 10% 増える。

一方、U 受信機は GPS 衛星のみを利用し、衛星数が 3 以下になると測位不能となる。図 9 (c) に示すように、その測位不能の確率は仰角によって大幅に変動する。マルチパス波を除外すると、図 9 (d) に見られるようにその確率が急激に 60% ぐらいにまであがる。仮に QZSS 衛星を 1 機使用しても、測位不能の確率は 40% ぐらいである。

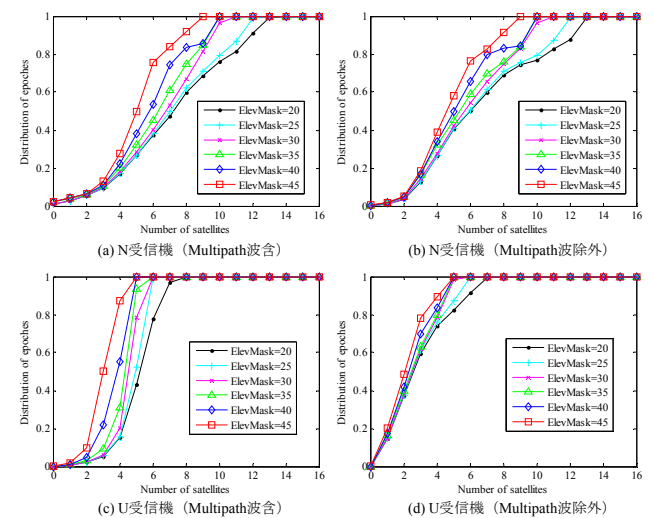


図 9 測位中可以使用できる衛星数の分布

Figure 9 Distribution of #satellites available for positioning.

5. 測位手法と評価結果

図 9 より、都市部では、建物の遮蔽の影響で、受信できる衛星数が少なくて単独に測位できないことが発生しうることがわかる。単純に反射波を除外すると、この問題はさらに悪化する。そこで、提案方式では、受信できた信号を、反射波を含めて利用する。すなわち、2 台の受信機が共に反射波を受信する場合、その擬似距離に含まれているマルチパス誤差の相関性を判断し、相関性の低いものを除外した上で、相関性の高い反射波を含めて相対位置を算出する。

仰角の高い衛星 l を参照衛星とすれば、車両 a, b では

$m_a^{(l)} = 0, m_b^{(l)} = 0$ であり、これを利用して、式(2)を書き換えれば、 a 、 b と衛星 k の間の擬似距離のマルチパス誤差の差 $m_a^{(k)} - m_b^{(k)}$ は

$$\begin{aligned} m_a^{(k)} - m_b^{(k)} &\approx \rho_{ab}^{(kl)} - \rho_{ab}^{(kl)}, \\ \rho_{ab}^{(kl)} &= (\rho_a^{(k)} - \rho_b^{(k)}) - (\rho_a^{(l)} - \rho_b^{(l)}), \rho_n^{(s)} = |\mathbf{r}_{n,t} - \mathbf{R}_t^{(s)}| \end{aligned} \quad (4)$$

のように、擬似距離の二重差 $\rho_{ab}^{(kl)}$ と距離真値の二重差 $\rho_{ab}^{(kl)}$ から算出できる。ただし、 $\rho_{ab}^{(kl)}$ の算出に必要な車両位置 $r_{a,t}$ と $r_{b,t}$ は予測値であり、また衛星 $s=k, l$ の位置である $R_t^{(s)}$ は衛星のEphemeris情報から算出される。

都市部では見える衛星数が少なく、さらに、配置も悪い場合には測位精度に影響が大きい。対策としては、擬似距離に加えて様々なセンサー情報をKalman filterを介して位置演算中使用する方法が挙げられる[10]。車車間通信の場合、車速パルスなどを介して得られた速度情報を加えて位置予測を実現できる。相関性判断を行わず、2台の受信機が共通に受信できる衛星との擬似距離に、Kalman filterを適用する手法を本稿ではKF+CommSatとする。また、位置予測の累積誤差を抑えるために、衛星数が基準値以下で測位演算を行った場合、衛星数が基準値以上に戻ると、Kalman filterを再度初期化する。

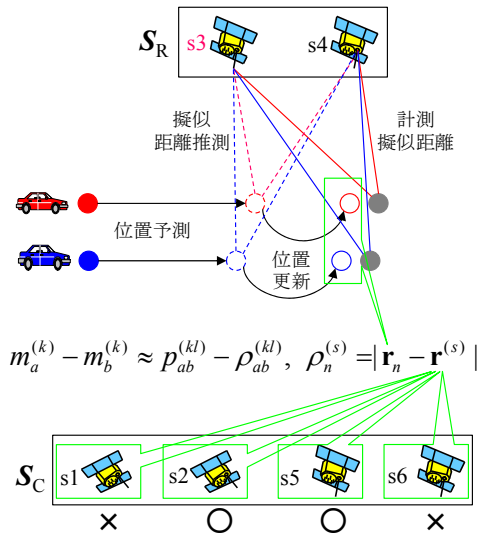


図 10 マルチパス誤差の相関性判定.

Figure 10 Correlation detection of multipath errors.

協調相対測位手法 (CoRelPos) では、各車両は計測情報 (衛星 ID, 衛星との擬似距離, 衛星信号の SNR, 自端末の移動速度) を取得し、隣接車両と交換し、下記の手順で、2台の車両と共通衛星との間の擬似距離におけるマルチパス誤差の相関性を判断し、相関性の低い受信波を除外してから、車両間の相対位置を算出する。

(1) 図 10 に示すように自車両と隣接車両の共通衛星に対して、仰角・SNR が一定閾値以上である共通衛星を信頼できる衛星セット S_R として抽出し、その他の共通衛星セ

ットを S_C とする。

(2) S_R から仰角の一番高い衛星を参照衛星 l とする。その上で、移動速度情報、 S_R における衛星の擬似距離情報、前時刻の車両位置情報 $r_{a,t-1}$ と $r_{b,t-1}$ を用い、Kalman filter を介して現時刻の車両位置 $r_{a,t}$ と $r_{b,t}$ を予測する。

(3) S_C における衛星 k に対して、 $r_{a,t}$ と $r_{b,t}$ を式 (4) に代入して $m_a^{(k)} - m_b^{(k)}$ を算出する。その値が既定の閾値を越えれば衛星 k を S_C から除外する。

(4) 速度情報、 S_C に残る衛星と S_R における衛星の擬似距離情報、前時刻の車両位置情報 $r_{a,t-1}$ と $r_{b,t-1}$ を用いて、現時刻の車両位置 $r_{a,t}$ と $r_{b,t}$ を算出し、その差から相対位置を求める。

位置予測に車両の速度と移動方向情報が必要である。車両の速度は正確に取得できるが、ジャイロを使用しなければ、移動方向を正確に取得できないため、道路の方向を車両の移動方向とする。

Kalman filter によって算出した位置は、移動速度を用いて得られた予測位置と計測擬似距離によって算出した計測位置の重みづけとなり、この重みは予測位置の誤差分散値や計測擬似距離の分散値に依存する。算出位置は、速度精度が高く予測位置の精度が高い場合には、主に予測位置となる。一方、計測擬似距離の精度がよい場合には、算出位置は計測位置に大きく依存する。車両の速度情報に関しては、曲る時、計測誤差が大きく、直進する時、計測誤差が小さく、止まる時、計測誤差が 0 である。また、速度の低い場合は、擬似距離にマルチパス誤差が発生しやすいため、計測擬似距離の誤差分散値を大きめに設定し、速度の速い場合は、マルチパス誤差が発生しにくいので、計測擬似距離の誤差分散値を小さめに設定する。これらの設定を含めた CoRelPos を CoRelPos+ とする。

図 11 に同じ車両に載せられた 2 台の N 受信機間の相対位置の水平誤差を示す。受信機間の距離は短い、(a) に示すように、N 受信機から直接に得られた位置から算出した相対位置の誤差の RMS (root mean square) 値が大きい。Kalman filter を用いても、(b) に見られるようにその誤差を完全に取り除くことができない。マルチパス誤差の相関性を判断して相関性の低い反射波を除外すると、(c) に示すように相対位置の誤差が低く抑えられる。ここでは、二台の受信機は同じ速度で移動するので、(d) と (c) の結果がほぼ同じであり、速度に応じて速度誤差分散値と擬似距離誤差分散値を調整する効果があまりない。

2 台の受信機をそれぞれの車両に載せた場合の相対位置の水平誤差を図 12 に示す。受信機間の距離が離れるため、図 11 と比べて、相対位置の RMS 誤差が大きくなる傾向がある。この場合、受信機の移動タイミングや速度が異なるため、それに応じて速度や擬似距離の誤差分散値を調整すれば、CoRelPos+ は CoRelPos より測位誤差をさらに低減で

きる。

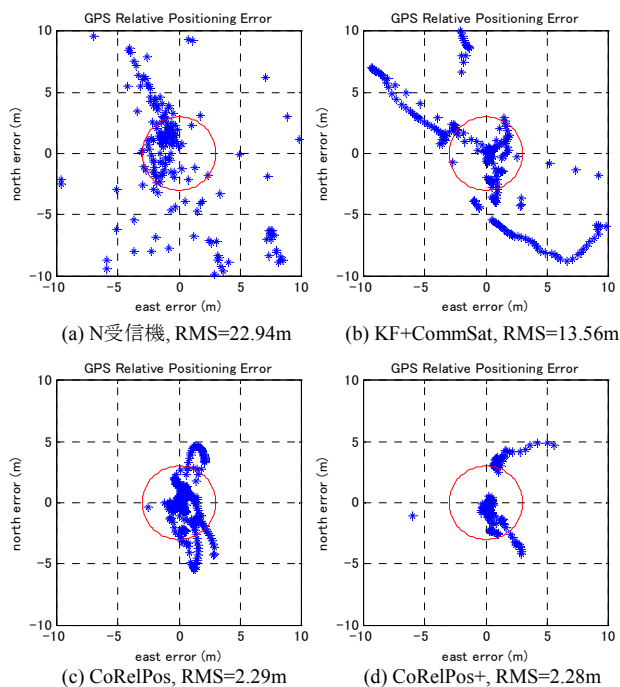


図 11 同車両に載せられた N1 と N3 の相対位置の水平誤差
Figure 11 Horizontal errors of relative position between N1 and N3 (two receivers on the same vehicle).

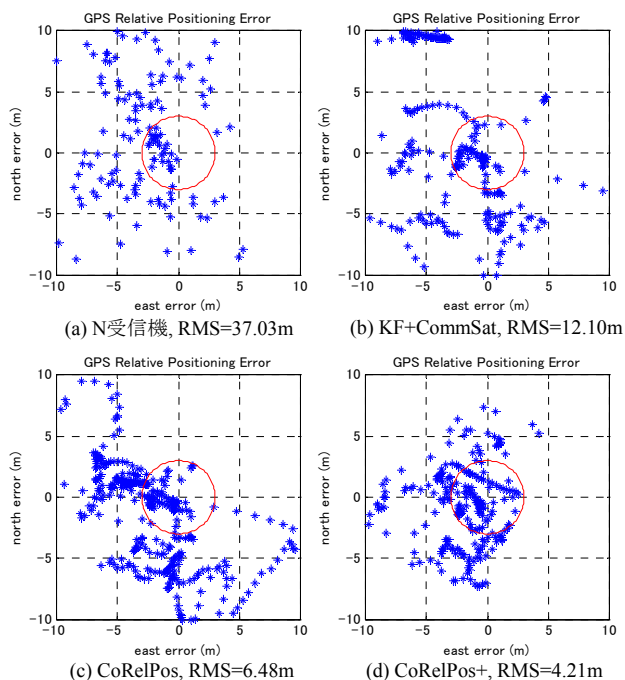


図 12 異車両に載せられた N1 と N2 の相対位置の水平誤差
Figure 12 Horizontal errors of relative position between N1 and N2 (two receivers on two vehicles).

6. まとめ

協調相対測位手法は、近接する GNSS 受信機間のマルチパス誤差に空間相関性があることを基に提案されてきたが、

本稿では、受信機が移動する場合のマルチパス誤差の特性を調べ、マルチパス誤差に相関性があり、距離が離れるにつれて相関性が下がることを示した。また、建物の遮蔽によって直接に受信できる信号が限られており、単純に反射波を除外する場合、複数衛星システムを同時に使用しても、測位不能が発生することを確認した。受信機間のマルチパス誤差の相関性を判断し、相関性の低いものを除外することによって測位誤差を低減できることも確認した。提案方式は相対位置精度の向上のみならず、ある受信機の絶対位置が正確にわかる場合、この手法を用いて、ほかの受信機の絶対位置の精度を向上させることも可能である。

謝辞 本研究経費の一部に総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)「移動体間端末協調衛星測位技術の研究開発」を利用した。

参考文献

- [1] P. Misra and P. Enge, "Global positioning system: signals, measurements, and performance," 2nd ed. Ganga-Jamuna, 2006.
- [2] ASV4. [Online]. Available: http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/chousa/i/ts/pdf/081219_2_si2-4.pdf.
- [3] 久保信明, "マルチパス低減技術の現状と動向," GPS シンポジウム, 2005.
- [4] Yongcheol Suh and Ryosuke Shibasaki, "Evaluation of satellite-based navigation services in complex urban environments using a three-dimensional GIS," IEICE Trans. Commun., vol.E90-B, no.7, pp. 1816-1825, 2007.
- [5] Jun-ichi Meguro, Taishi Murata, Jun-ichi Takiguchi, Yoshiharu Amano, and Takumi Hashizume, "GPS multipath mitigation for urban area using omni directional infrared camera," IEEE Trans. ITS, vol.10, no.1, pp. 22-30, 2009.
- [6] 湯素華, 筒井英夫, 大山卓, 三浦龍, 小花貞夫, "都市部における高精度車車間相対測位手法," 信学技報, SANE2010-159, vol. 110, no. 425, pp. 1-6, 2010.
- [7] Suhua Tang, Nobuaki Kubo, and Masayoshi Ohashi, "Cooperative relative positioning for intelligent transportation system," in Proc. ITST 2012.
- [8] 湯素華, 古川玲, 川西直, 長谷川晃朗, 三浦龍, 武内良男, "車両間の協調による高精度相対測位の研究開発," 信学技報, ITS2013-10, vol.113, no.163, pp.25-30, 2013.
- [9] 湯素華, 川西直, 古川玲, 大橋正良, "高精度相対測位における擬似距離送信の効率化について," A-17-15, 信総大 2013.
- [10] Paul D. Groves, "Principles of GNSS, Inertial, and Multi Sensor Integrated Navigation Systems," Artech House Publishers, 2007.