

運転支援システム評価のための車両軌跡計測法の検討

Comparison of traveling locus measurement method for advanced driver assistance system evaluation

石黒克弥*, 梶田貴都*, 御室哲志*

Katsuya Ishiguro*, Takato Kajita*, Tetsushi Mimuro*

*秋田県立大学

*Akita Prefectural University

キーワード: GPS, デッドレコニング(Dead reckoning), 重心点横すべり角
(Body slip angle), 実車両試験(Actual vehicle testing)

連絡先: 〒015-0155 秋田県由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4

秋田県立大学 システム科学技術学部 機械知能システム学科

御室哲志, Tel.: (0184)27-2202, Fax.: (0184-)27-2188, E-mail: mimuro@akita-pu.ac.jp

1. 緒言

レーンキーピングシステムは、道路（レーン）に対する詳細な車両挙動の制御が目的である。たとえば筆者らは悪天候時レーンキーピングシステム⁽¹⁾という一種のレーンキーピングシステムを提案し開発している。これらのシステムの評価のためには高精度の車両挙動及び軌跡計測が必要である。

本研究では、レーンキーピングシステムの性能評価のために、高精度の車両軌跡計測法を検討する。

2. 様々な軌跡計測法

車両の軌跡計測は古くから様々な方法で行われてきた。近年では GPS を利用した手法

が多く使われるようになってきている。

2.1 残跡法

車両運動性能計測を目的として、残跡法と呼ばれる車両軌跡計測法が自動車開発の初期の時代から用いられてきた。走行中の車両から水などをたらず残跡装置を設置し路面に軌跡を絵が描く、これを地上で計測する。また車両の走行コースが決まっている場合、薄く伸ばした油粘土を指定されたコース上の各計測ポイントに設置し、タイヤがその上を通ることによってできる踏み跡を地上で計測するという方法などがある。この方法は踏み跡のトレッドパターン (Fig. 1) の特定部分を読むことにすれば、ミリ単位の読み取りが可能である。地上計測は地上計測員を必要とするほか、準備などの手間を要する。

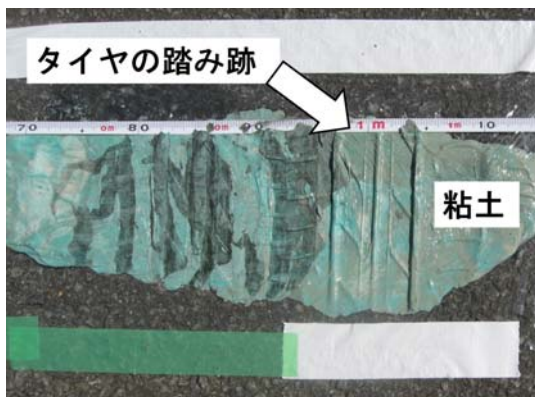


Fig. 2 タイヤの踏み跡

2.2 デッドレコニング(相対自己位置推定法)

ホイールエンコーダや慣性センサなどを利用した相対的自己位置推定法．車輪型ロボットではその移動量を計算するときに車輪の回転数情報のみを利用して軌跡を描くことができる．また航空機の移動量の算出では，搭載されたジャイロセンサと加速度計からの角速度と並進速度等を計測し，それらの値から移動量を計算していく方法がある．

車両でのデッドレコニングでは，車速，ヨーレートを計測することによって，(2, 3, 4) 式から，軌跡を描くことができる．⁽³⁾

V : 車速 , $V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
 (v_x, v_y) : (車両縦速度 , 横速度)
 β : 重心点横すべり角
 ψ : ヨー角
 $\dot{\psi}$: ヨーレート

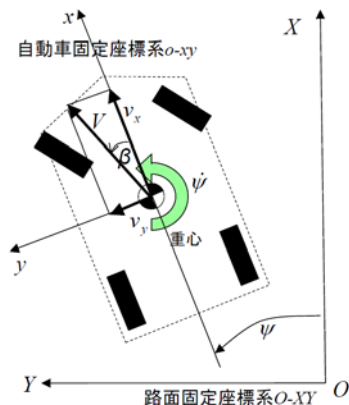


Fig. 2 車両運動の平面モデル

$$\beta = \arctan \frac{v_y}{v_x} \cong \frac{v_y}{V} \quad (1)$$

$$\psi(t) = \int \dot{\psi} dt \quad (2)$$

$$X(t) = \int (v_x \cos \psi - v_y \sin \psi) dt \quad (3)$$

$$Y(t) = \int (v_x \sin \psi + v_y \cos \psi) dt \quad (4)$$

これらの手法は GPS 情報を使うことなく，車上計測で軌跡を算出することが可能だが，ノイズを多く含む横速度(重心点横すべり角)の推定あるいは車輪速を用いる場合は計測処理が最大の問題となる．また絶対位置の軌跡を得るには，別途初期位置を計算しなければならない．

2.3 一般的なGPSによる軌跡計測

一般に普及しているレベルのGPS絶対位置情報を利用した軌跡計測．簡単に軌跡計測を行うことができるが，通常のGPSでは計測誤差数mから数十mほどあるため，精度が車両軌跡計測において高精度な計測は望めない．一般的なGPSを利用して描いた軌跡をFig.3 に示す．

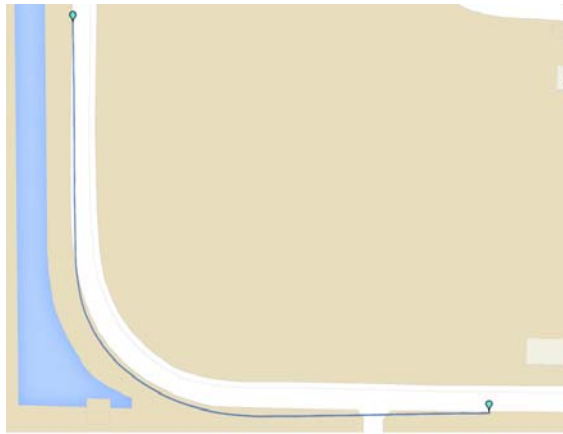


Fig. 3 一般的な GPS による軌跡

2.4 RTK-GPS

リアルタイムキネマティックGPS測量の略で、基準局と呼ばれる座標が判明している点で受信した絶対位置情報と準点観測情報とGPS衛星情報を利用し距離測定を行う方法をいう。基準局の位置変動と、日本列島の地殻変動の情報と利用者の観測するGPSデータを解析することにより、高精度な計測が可能である。DGPS(相対測位方式)と同じ方式であるが、アンテナを動かしながら測量できるという点と受信機から衛星までの距離を搬送波の波数と位相差から求めることができるという点で計測誤差数 \pm 数cm程度に抑えることができる。基準局と敏感なGPSの利用および電波状態に衛星電波の受信状態が良好な場所と時間、また衛星の配置が都合よく上空が高い建物や木などで囲まれていない場所であれば直接的に絶対位置を得られる。

3. レーンキーピング評価に必要な軌跡計測条件

軌跡計測誤差が cm オーダー程度に抑える必要があること、システムを作動させながら、

同時に車上での連続的な計測が可能であることが望まれる。

今回はより手軽な方法で高精度な軌跡を行うことを目標としているので、残跡法のような手間をかけず、また RTK-GPS のような基準点の利用はしない。よって比較的手軽に高精度なデッドレコニングタイプの軌跡計測法を利用する。またデッドレコニングを横速度の取り扱いの違いにより分けて考える。

- ・ A : 横速度無視
- ・ B : ヨーレートと横速度それぞれの定常ゲイン比を用いる
- ・ B' : カルマンフィルタによる推定横速度を用いる^(3,4)
- ・ C : 実測の横速度を用いる

デッドレコニングCは横速度を計測するため専用計測器が必要である。横速度について異なる処理をした場合の軌跡精度を確認するために、デッドレコニングA, B, B' Cの計4つの処理にて考察する。

4. 軌跡計測システム

デッドレコニングを利用した車両軌跡計測の方法を述べる。

4.1 計測環境

計測車両には、ミニバン (2.4L A/T) を使用する。計測車両を (Fig.4) に示す。悪天候時レーンキーピングシステム⁽¹⁾の開発用テストコースにて行う (Fig.5)。コースには左路肩に高精度位置情報が既知のスノーポールが配置される。コース上の位置を示すのにポール番号 (P1 ~ P21) を用いる。

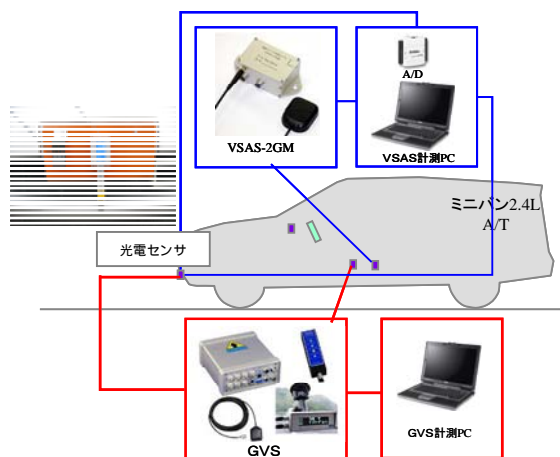


Fig. 4 計測車両

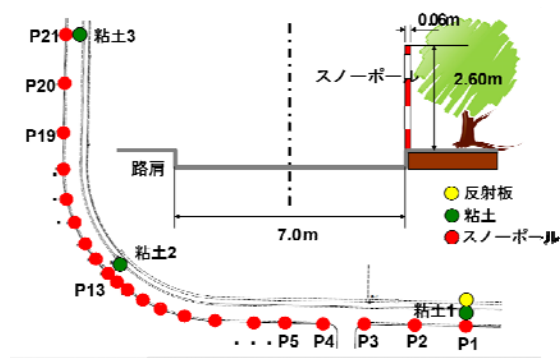


Fig. 5 計測コース

コースの入口 P1 と出口 P21，コーナー中間の P13 には，アスファルト上に油粘土を薄く伸ばし，通過した左後輪トレッドパターンの中央をスノーポールからの距離として読み取り，高精度な絶対位置を得る．コース入り口 P1 には路面に反射板を設置し実験車両に搭載した光電センサで通過時のパルス信号を得る．パルス発生時刻をデッドレコニング初期時刻として粘土の絶対位置に対応させる．

4.2 計測方法

計測車両にはドライバ，車上計測員 2 人が乗り，粘土の設置している場所（P1，P13，P21）には各 1 人の地上計測員を配置する．P1 の光電センサ位置までの間に指定の車速まで達するよう加速する．車速一定で P21 までの走行を行う．地上計測員は車両の通過後

粘土に残された左後輪のトレッドパターンをスノーポール位置からメジャーで測り記録する．この計測を .1 試験とし，車速 20km/h，30km/h，40km/h の 3 車速について，各 5 試験，計 15 試験行う．

4.3 試験結果予測

Fig. 6 は Fig. 5 のコースを 40km/h で走ったときの横速度とヨーレートを時間軸で示したものである．横速度を全時間長にわたって積分し，横ずれ量 2.8m を得る．これはデッドレコニング C に相当し，現実的に実行すれば真の軌跡に相当する．デッドレコニング A はこの横速度による横ずれ分が 0 なので，C に対して 2.8m 外回りになることが予想される．

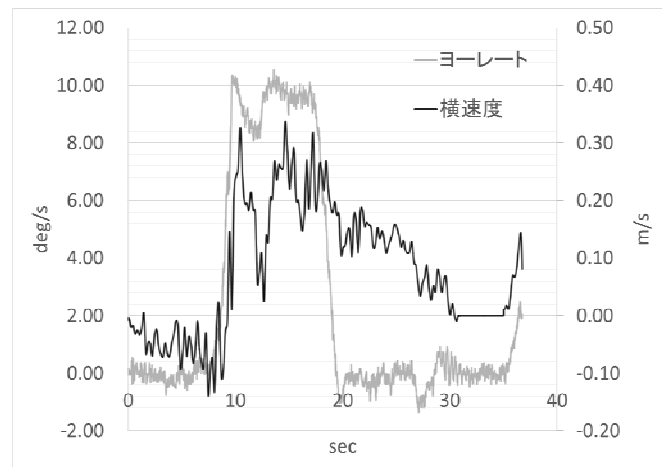


Fig. 6 40km/h の実測例

デッドレコニング B' は動的な横速度を推定するためデッドレコニング C とほとんど同じ結果になると思われる．またデッドレコニング B は直感的な説明をすると，Fig. 6 のヨーレート波形に横速度との定常ゲイン比を掛けて擬似横速度を積分する．

5. 結言

本研究ではレーンキーピングシステム評価のための様々な車両軌跡計測法と現在の計測システムについて報告した。デッドレコニングAについての軌跡誤差を予想し理論上の誤差でもレーンキーピング評価に使える誤差範囲(cm オーダー)ではないことを確認した。デッドレコニング B, B' C でどれだけ真値に近づくのかをシミュレーション及び, 実車試験で検討する。

の車両軌跡計測, 東北学生会. 第 44 回学生員卒業研究発表講演会, (2014)

本研究は, 総務省の戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)による受託研究事業として実施している。

参考文献

- 1) 田上ほか, 悪天候時レーンキーピングシステム-走行実験用システム-, 日本機械学会 第 21 回交通・物流部門大会 講義論文集, (2012)
- 2) 御室ほか, 横風受風時の車両横ずれ量計測法について, 自動車技術会春季学術講演会, (1993)
- 3) 永井 惇也, 孕石 泰丈, 塩澤 裕樹, 毛利 宏 非線形カルマンフィルタを用いた車体スリップ角の推定, 日本機械学会論文集(C 編) 79 巻 806 号(2013-10)
- 4) H.H.KIM and J.RYU, SIDESLIP ANGLE ESTIMATION SIDERING SHORT-DURATION ON
- 5) GITUDINAL VELOCITY VARIATION, international Journal of Automotive Technology, Vol. 12, No. 4, pp. 545-553 (2011)
- 6) RTK-GPS の原理と応用
<http://www.nda.ac.jp/~nami/research/pdf/CGSIC2001.pdf>
- 7) 石黒ほか, 運転支援システム評価のため