衛星測位情報を用いた車線判別に関する基礎的研究

名古屋大学 学生会員 ○本山 裕貴 名古屋大学 正会員 田代 むつみ
名古屋大学 正会員 三輪 富生 名古屋大学 正会員 森川 高行

1. はじめに

先進国における超高齢化や、途上国における車社会への急激な移行が進む現在、個々のドライバーが自らの意思で安全・安心に移動できるモビリティ社会の確立が求められている。その1つの解決手段として、合流や車線変更まで含めた経路探索・誘導することにより、事故の危険や運転に伴うストレスを軽減できる、新しい交通マネジメントシステムが考えられる。この実現のためには、自車および他車の位置を車線単位で判別する技術がまず必要となる。一般に、車両の位置推定には、GPSを代表とする衛星測位、ジャイロや加速度計を用いた慣性航法、車載カメラやレーザレーダ等を用いた手法が用いられており、近年では最先端の技術を組み合わせることで、センチメートル級の測位も可能と言われている。しかし、久保田ら(2013)が名古屋市都心部で行った実験からも明らかなように、準天頂衛星を含むマルチGNSSが活用できたとしても、高層ビルや樹木などの道路周辺環境の影響により、十分な測位精度が得られないのが現状である。また、専用機器のサイズやコストの点でも、現時点では社会全体への早期導入は現実的でない。

そこで本研究では、スマートフォンに内蔵されたGPSのように端末レベルの汎用性が高い測位機器による衛星測位情報を用いて、車線を判別する技術を提案することを目的とした。具体的には、道路周辺環境が衛星測位の精度に与える影響を確率的に予め求め、ベイズ理論により車線判別する技術の提案を目指した。

2. 利用データ

2015年3月25日に豊田市街地で行った走行実験データを使用する。スマートフォン端末などの汎用な計測機器を6つ用いてデータの収集を行ったが、本稿では、Android端末から得られたデータの分析結果を示す。

3. 研究方法

スマートフォン端末などの汎用な計測機器による測位結果と正解値の誤差を検出し、道路環境と測位誤差の関係を重回帰分析した後、ベイズ理論により車線判別するモデルを作成する。最後に、別の走行実験データを用いてモデルの適用性を検証する。

(1) 重回帰分析

計測機器による測位位置を $\hat{x}_i$ 、実際の自車位置を x_i^* 、測位精度に影響を与える要因(周辺の建物高さ、走行速度)を説明変数ベクトル $\mathbf{z}_i$ 、 $\mathbf{w}_i$ とするモデル式(1)を考える。

$$\begin{aligned}x_i^* &= \hat{x}_i + \boldsymbol{\beta}\mathbf{z}_i + \varepsilon_i \\ \varepsilon_i &\sim N(0, s_i^2) \\ s_i &= \exp(\boldsymbol{\gamma}\mathbf{w}_i)\end{aligned}\quad (1)$$

ここに、 $\boldsymbol{\beta}$ 、 $\boldsymbol{\gamma}$ はパラメータベクトル、 ε_i は誤差項、 s_i は ε_i の標準偏差、 n は観測値の数である。

パラメータ $\boldsymbol{\beta}$ 、 $\boldsymbol{\gamma}$ は最尤法で求める。尤度は以下の確率密度関数で与えられる。

$$\begin{aligned}f(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \mathbf{z}_i, \mathbf{w}_i) \\ = \frac{1}{\sqrt{2\pi s_i^2}} \exp\left\{-\frac{(x_i^* - \hat{x}_i - \boldsymbol{\beta}\mathbf{z}_i)^2}{2s_i^2}\right\}\end{aligned}\quad (2)$$

(2) ベイズ理論

初期の横断方向の位置分布を、期待値 x_0 、分散 σ_0^2 からなる確率密度関数 $f_0(x)$ で仮定する。さらに、時刻 i に衛星測位データ $\hat{x}_i$ が得られ道路環境 $\mathbf{z}_i$ 、 $\mathbf{w}_i$ が与えられたとき、衛星測位データの分散 s_i^2 と衛星測位データの補正值 x_i' は以下の式(4)、(5)によって求まる。

$$s_i = \exp(\boldsymbol{\gamma}\mathbf{w}_i) \quad (4)$$

$$x_i' = \hat{x}_i + \boldsymbol{\beta}\mathbf{z}_i \quad (5)$$

衛星測位データの分散 s_i^2 と補正後の測位値 x_i' が与えられたとき、この1つの測定値を用いて更新される横断方向の位置分布は、以下の式(6)、(7)によって更新される期待値 x_i 、分散 σ_i^2 をもつ確率密度関数 $f_i(x)$ に更新される。

$$x_i = \frac{\sigma_{i-1}^{-2}x_{i-1} + s_i^{-2}x_i'}{\sigma_{i-1}^{-2} + s_i^{-2}} \quad (6)$$

$$\sigma_i^{-2} = \sigma_{i-1}^{-2} + s_i^{-2} \quad (7)$$

本研究では、過去 n 回の測定値を用いて現在の位置を更新することとする。この情報利用量 n の最適値を検証していく。

4. 実験結果

説明変数の一覧と重回帰分析の推定結果を以下の表-1~3に示す。説明変数に関して、精度・高度・方位・速度は Android 端末から取得し、構造物・街路樹は、測位点で Google Map のストリートビューを開き手作業で収集した。 R^2 値が低いため、改善案として、新たな説明変数の導入やモデルの再構築を検討している。

表-1 説明変数

説明変数	概要	単位
構造物	1階あたり3mと仮定して算出した高さ	m
街路樹	ダミー変数	-
精度	測位の68%信頼円の半径長	m
高度	気圧から算出	m
方位	北を基準にした角度 ($0 \leq \theta < 360^\circ$) の変化分	deg
速度	自車の走行速度	m/s

表-2 重回帰分析結果

観測値の数	R^2 値	補正 R^2 値
542	0.03	0.02

表-3 パラメータの推定値

パラメータ	係数 β	t 値	係数 γ	t 値
定数項	-1.1	-2.6	1.0	2.3
構造物 (左側)	-0.014	-3.9	-	-
街路樹 (左側)	-0.40	-4.0	-0.16	-2.4
構造物 (右側)	-0.011	-2.2	-	-
街路樹 (右側)	-	-	-	-
精度	-	-	0.17	8.2
高度	0.017	3.4	-0.042	-10
方位	-0.0030	-3.4	0.0041	13
速度	-	-	0.14	12

5. 結論と今後の課題

本稿では、測位精度に影響を与える環境要因と測位誤差に対して重回帰分析を行った。その結果、 R^2 値が低く、回帰モデルに改善の余地が見られた。

今後は、ベイズ理論により車線判別するモデルを作成した後、別の走行実験データを用いてモデルの適用性を検証する予定である。

謝辞

本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」の支援によって行われた。

参考文献

- 久保田穰, 薄井智貴, 森川高行: 準天頂衛星の高度利活用のための測位誤差に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.48 (CD-ROM), 2013.