ITS Connect 情報を活用した高速道路における走行車線推定検証

大久保　義行[1]・村松　慎太郎[2]

[1]株式会社パナソニック システムネットワークス開発研究所　開発センター　無線技術開発部

（〒224-8539 神奈川県横浜市都筑区佐江戸町６００番地）
ohkubo.yoshiyuki@jp.panasonic.com

[2]株式会社パナソニック システムネットワークス開発研究所　開発センター　無線技術開発部

（〒224-8539 神奈川県横浜市都筑区佐江戸町６００番地）
muramatsu.shintaro@jp.panasonic.com (Corresponding Author)

我が国において V2X 通信として既に実用化されている 700MHz 帯無線通信（以下，ITS Connect）では，車両位置情報や速度などの個々の車両情報が，走行中も 100msec 毎にブロードキャストされており，分解能の高い情報をリアルタイムに収集することが可能である．加えて，走行車線推定により車線別の交通量や走行速度を把握できれば，慢性的な渋滞区間や工事規制による渋滞への対策など，用途の拡大が期待される．今回，筆者らは，ITS Connect 搭載車両から受信した GNSS ベースの位置情報に基づく走行車線推定の可能性を確認するため，高速道路において車線推定精度実験を実施したので，その結果について報告する．

Key Words: *V2X, ITS Connect, Traffic lane estimation*

1.　はじめに

近年，自動車の ICT 化が進んでおり，ETC の利用率は 94%（ETC2.0 の利用率は 31%）[注 1)]まで拡大し，また，ITS Connect による協調型安全支援システムが実用化されるなど，車両情報を収集できる環境が拡大している．特に，ITS Connect では，車両の位置情報，速度，進行方向などの個々の車両情報が 100ms 毎にブロードキャストされており，分解能の高い情報をリアルタイムに収集することが可能なため，例えば，1km 先の車線別走行速度の状況をリアルタイムに情報共有し，自動運転車両等で先読み情報として利用し，適切な加減速や車線変更を行うことで円滑・快適な車両制御が実現できる可能性がある．また，交通集中により慢性的に渋滞する区間や，工事規制により渋滞する区間において，車線別の交通状況を把握することで，渋滞対策の検討や効果検証にも活用できる可能性がある．このような背景の下，ITS Connect 搭載車両から受信した GNSS ベースの位置情報に基づく走行車線推定の可能性を確認するため，高速道路において車線推定精度実験を実施した．

2.　実験システム

実験システムについて図 1 に示す．データ取得対象の走行車両としては，ITS Connect を搭載した一般車両の他に「試験車両」を実験用に準備した．また，ITS Connect 情報を収集する「実験用車両」には，ITS 情報収集端末を搭載した．この ITS 情報収集端末は，700MHz 帯 ITS 無線機，及び，受信した ITS Connect 情報に基づいて走行車線を推定するアプリケーションを搭載したタブレット端末で構成される． アプリケーション画面では，受信した車両の位置，及び，走行車線の推定結果がリアルタイムに地図表示される．



図 1　実験システム

3. 車線推定方法

ITS Connect 搭載車両から受信した GNSS ベースの位置情報（緯度，経度）と，独自に設定した各車線の道路リンク情報（図 2）のマップマッチングにより走行車線を推定した．各リンクは直線で定義されるものとし，カーブ形状の道路においては複数の線分を繋ぎ合わせて車線リンクを定義した．走行車線推定の手順を以下に示す．

1) 各車線において車両の位置から最も近いリンクとの距離を求める．カーブ形状の道路においては，１つの車線を構成する複数のリンクとの距離を求め，最短のものを選択する．（図 3）
2) 上記 1)の処理を車線数分実施し，車両の位置から最も近い車線リンクを推定走行車線とする．（図 4）
3) 過去複数点の車両位置に対して実施した上記 1)，2)の結果も加味して最尤の走行車線を推定する．

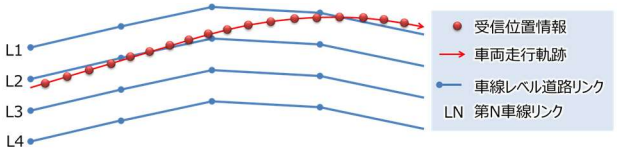


図 2 独自設定した各車線の道路リンク情報

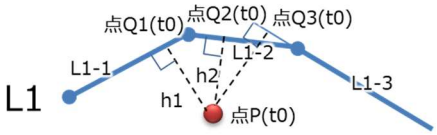


図 3 各車線における最近接の道路リンクとの距離算出

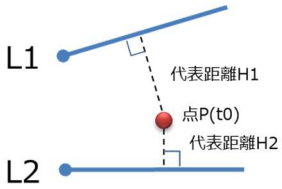


図 4 最も近い車線リンクの選択

4. 車線推定検証

(1) 実験概要

今回の実験では，図 5 に示すように東名高速道路　海老名サービスエリア（上り線）に ITS 情報収集端末を搭載した実験用車両を駐車し，上り本線を走行中の ITS Connect 搭載車両から受信した位置情報を用いて走行車線推定を実施した．特に，走行車線推定の正解率算出に際しては，予め指定した車線を試験車両に走行させ，試験車両から受信した位置情報に基づいて推定した走行車線と比較することで正解率を算出した．表 1 に各試行回における車両挙動シナリオを示す．走行車線推定区間において，進行方向の左側から SA 誘導路，付加車線，第 1 車線，第 2 車線，第 3 車線の合計 5 つの道路リンクを設定した．図 6 に ITS 情報収集端末のアプリケーション画面を示す．アプリケーション画面上において緑色で示した線分が今回設定した道路リンクである．



図 5 実験場所（出典：国土地理院 HP）

表 1 各試行回での車両挙動シナリオ

試行	走行日時	渋滞有無	車両挙動シナリオ
1	2/24(金) 10:27	無し	付加車線→第 1 車線
2	2/24(金) 10:49	無し	第 1 車線→第 2 車線
3	2/24 (金)15:27	有り	付加車線→第 1 車線
4	2/24(金) 16:02	有り	第 1 車線→第 2 車線
5	2/25(土) 10:08	無し	第 2 車線→第 3 車線
6	2/25(土) 10:29	無し	第 3 車線→第 2 車線
7	2/25(土) 10:53	無し	第 1 車線
8	2/25(土) 11:17	無し	第 2 車線
9	2/25(土) 11:42	無し	第 3 車線
10	2/25(土) 15:35	有り	第 2 車線→第 3 車線
11	2/25(土) 16:22	有り	第 3 車線→第 2 車線



図 6 ITS 情報収集端末　アプリケーション画面
（地図データ出典：国土地理院）

更に，サービスエリア内の高所に設置したカメラにより試験車両の挙動を映像でも確認した．図 7 に路側カメラ映像を示す．このカメラ映像と図 6 のアプリケーション画面は同時刻に記録したものだが，試験車両が第 2 車線を走行中に車線推定結果も第 2 車線を走行中であると正しく推定したケースを示している．



図 7　路側カメラ映像

(2)　実験結果

車線推定性能の評価指標として，試験車両で走行した車線別に走行車線推定の正解率を算出した．正解率算出の対象車線は付加車線，第 1 車線，第 2 車線，第 3 車線とした．正解率の計算においては，1 秒間に 4 回の頻度で算出する車線推定結果のデータ総数を母数として正しく車線判定した割合を求めた．実験日毎に集計した正解率を表 2 に示す．表中では，付加車線を 0，第 1 車線を 1，第 2 車線を 2，第 3 車線を 3 と表記した．実験実施日にも依るが，第 2 車線，及び，第 3 車線の走行車線推定の正解率は 90%以上と比較的精度よく推定することができた．一方で第 1 車線については 2 月 24 日の正解率が 80%を下回る結果となった．次に試行回別の正解率を表 3 に示す．付加車線を除く各車線について，試行回によって正解率にバラつきが生じていることが分かった．

今回実験を実施した東名高速上り線の海老名サービスエリア手前付近は，進行方向左側に大型の防音壁が設置されており，試験車両が受信可能な位置測定用衛星（GNSS）に偏りが生じることで位置誤差が大きくなった可能性がある．その影響を確認するため，試験車両から受信した位置情報に基づく走行軌跡を走行車線別にプロットしたものを図 8～図 11 に示す．特に防音壁の影響を受け易いと予想される図中の①，②，③付近では，位置誤差により第 1 車線と第 2 車線の走行軌跡が一部で交わるケースが確認された．更に，⑤，⑥においても位置誤差により第 2 車線の走行軌跡にバラつきが生じ，第 3 車線の走行軌跡と交わるケースが確認された．これらが走行車線推定の正解率を低下させる要因と考えられる．一方，防音壁の影響を受け難いと予想される第 3 車線の走行軌跡は，他の車線と交わることが殆ど無いため，高い正解率となったと考えられる．

表 2　走行車線推定　正解率（実験日毎に集計）

実験日	走行車線別正解率			
	0	1	2	3
2 月 24 日（金）／試行回 1～4	100%	78.3%	96.7%	-
2 月 25 日（土）／試行回 5～11	-	100%	90.1%	98.1%

表 3　走行車線推定　正解率（試行回別）

試行	車線	渋滞有無	走行車線別正解率			
			0	1	2	3
1	0→1	無し	100%	92.6%	-	-
2	1→2	無し	-	66.7%	89.3%	-
3	0→1	有り	100%	100%	-	-
4	1→2	有り	-	72.4%	98.9%	-
5	2→3	無し	-	-	100%	58.3%
6	3→2	無し	-	-	75.0%	100%
7	1	無し	-	100%	-	-
8	2	無し	-	-	70.4%	-
9	3	無し	-	-	-	100%
10	2→3	有り	-	-	98.3%	96.5%
11	3→2	有り	-	-	52.3%	99.4%



図 8　試験車両の走行軌跡－全体（地図データ出典：Google）



図 9　試験車両の走行軌跡-1（地図データ出典：Google）

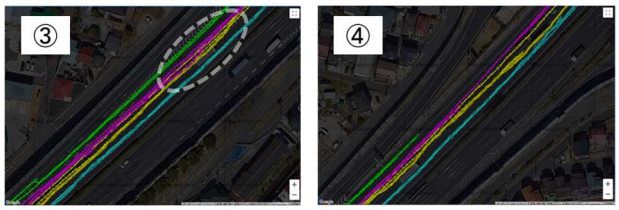


図 10　試験車両の走行軌跡-2（地図データ出典：Google）



図 11　試験車両の走行軌跡 -3（地図データ出典：Google）

(3)　位置測定精度の良否判定に関する考察

走行車線推定の実験結果より，位置誤差による走行軌跡のバラつきが車線推定の正解率を低下させる一要因と考えられることから，例えば，位置測定精度が良好な場合には，ITS Connect 搭載車両から受信した GNSS ベースの位置情報に基づく走行車線推定を行い，位置測定精度が良好でない場合には，走行車線推定の対象から除外することにより，高い正解率を維持できる可能性がある．その実現性を確認するため，ITS Connect 情報に含まれる「位置取得情報[注 2)]」の利用可能性について，試験車両以外の ITS Connect 搭載車両から受信したデータの一部を調査した．位置取得情報は，水平方向の位置（緯度，経度）の信頼度を示す情報であり，車両に搭載されている測位システムに応じたクラスの値を設定し，更に GNSS の受信状態等に応じて動的に変化させることが可能な情報である．クラスとしては，0.1m，1m，2.5m，5m，7.5m，10m，15m，20m，・・・，100m 等の値を設定可能であるが，今回調査した範囲では，5m，10m，15m，20m のいずれかが設定されているケースが多く確認された．図 12 に位置誤差による走行軌跡のバラつきが小さい場合の位置取得情報の発生頻度，図 13 に走行軌跡のバラつきが大きい場合の位置取得情報の発生頻度を示す．これらのグラフから，位置誤差が小さい場合には 5m や 10m クラスの発生頻度が高く，一方で，位置誤差が大きい場合には 15m や 20m クラスの発生頻度が高くなっており，実際の位置誤差と位置取得情報に相関があることが分かった．この結果，例えば，5m クラスのデータのみ走行車線推定に利用することにより，高い正解率を維持することが可能になるものと考えられる．

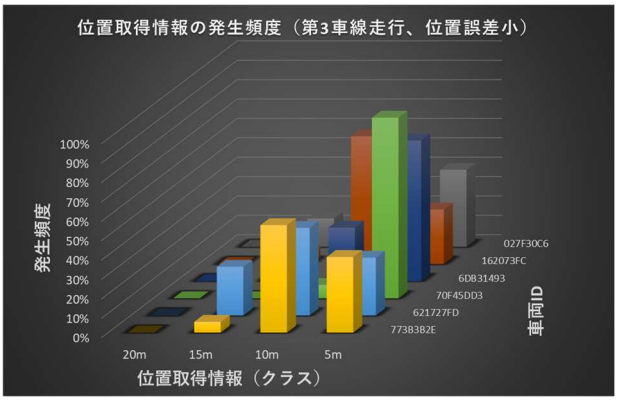


図 12　位置取得情報の発生頻度（位置誤差小）

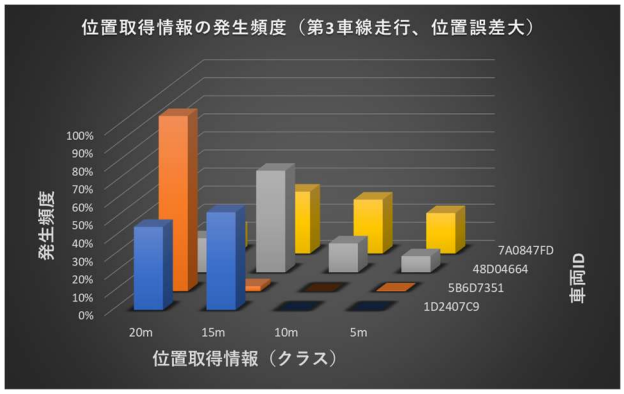


図 13　位置取得情報の発生頻度（位置誤差大）

5.　まとめ

ITS Connect 搭載車両から受信した GNSS ベースの位置情報に基づく走行車線推定の可能性を確認するため，高速道路において実施した車線推定精度実験の結果について報告した．本実験の結果，位置測定精度が良好な場合には概ね 90%以上の正解率で走行車線を推定可能であることが分かった．但し，路側の防音壁など測位環境の影響で位置誤差が大きくなり，走行軌跡にバラつきが生じた場合には走行車線推定の正解率が低下することも確認した．また，正解率の低下を抑制する一方法として，ITS Connect 情報に含まれる位置取得情報の利用可能性も調査し，実際の位置誤差と位置取得情報の相関性を利用して，位置測定精度が良好と考えられる場合の位置情報のみ走行車線推定に利用するという対策案を示した．

今後は，走行車線推定の性能向上を目指し，車線推定アルゴリズムにおいて，位置取得情報の考慮，道路リンク情報の高分解能化，走行軌跡や車両方位情報の活用等について検討する予定である．また，今回実験を実施した海老名サービスエリア以外の様々な場所において走行車線推定の可能性を調査し，適用範囲を広げていきたい．以上のような取組みを推進し，車線別の交通量や走行速度を把握することにより，自動運転車両等の円滑・快適な車両制御の実現や，慢性的な渋滞区間や工事規制による渋滞への対策など，ITS Connect 情報の用途拡大に繋げていきたい．

謝辞：今回の実験実施やデータ分析の方向性検討において多大なるご協力・ご指導をいただいた，トヨタ自動車株式会社，京セラ株式会社，株式会社ミライト・ワン，株式会社交通総合研究所の関係各位に感謝申し上げます．

NOTES

注1)　国土交通省 HP　ETC 利用率（令和 5 年 7 月時点）
https://www.mlit.go.jp/road/yuryo/etc/riyou/index.html

注2)　ITS Connect 推進協議会「ITS Connect システム　車車間通信メッセージ仕様　ITS Connect TD-001　1.1 版」