スマホプローブによる車線レベル交通状況把握のための OSM 道路ネットワークの精度検証

入江 喜朗[1]・望月 祐洋[2]・浅尾 啓明[3]・西田 純二[4]

[1]非会員 トヨタ自動車株式会社（〒 102-0074 東京都千代田区九段南 2-3-18)
E-mail: yoshiaki_irie@mail.toyota.co.jp
[2]非会員 株式会社ナレッジアーク研究所（〒 550-0002 大阪市西区江戸堀 1-24-2-303)
E-mail: moma@karn.asia
[3]非会員 株式会社ナレッジアーク研究所（〒 550-0002 大阪市西区江戸堀 1-24-2-303)
E-mail: asao@karn.asia
[4]フェロー会員 (株) 社会システム総合研究所 (〒 550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀 1-22-4)
E-mail: nishida@jriss.jp

近年，オープンな地図データへの期待が増しており，特に OpenStreetMap (OSM) は，その広範囲なデータとアクセス可能性から多くの応用分野で利用されている．しかし，OSM データの精度は地域やデータタイプによって異なる認識があり，利用目的に合わせてその適切性を確認する必要がある．本研究では，OSM の車線数情報の精度とその変動性を評価することを目的とし，大阪エリアの高精度衛星画像との比較を行いながら，OSM 道路ネットワークの車線数情報の信頼性を検討した．さらに，異なる時点で取得した OSM データの比較を通じて，時間経過による精度の変化も評価した．評価の結果，OSM の車線数情報は特定の地域や道路タイプで高い精度を示す一方，いくつかのエリアや時期においては精度にばらつきが見られた．これは合流・分岐に関わる部分で道路ネットワーク自体や車線数の正確な定義が困難な箇所が存在することに起因する．この結果は，OSM データの利用に際して，その特性と限界を理解し，適切なデータ検証を行うことの重要性を示している．

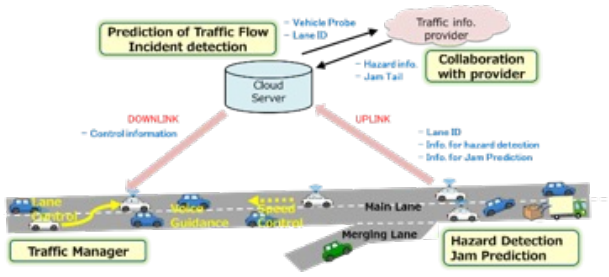
Key Words: プローブカー, スマートフォンプローブ, *OpenStreetMap,* 車線レベル交通分析

1. はじめに

近年，先進運転支援システム (Advanced Driver-Assistance Systems; ADAS) や自動運転 (Autonomous Driving; AD) 技術の進展により，事故リスクの低減と運転負担の軽減が期待されている．車両の自律性の高度化を進め，AD/ADAS の性能と機能向上を図る取り組みが盛んに行われており，その主な焦点は車載センサやカメラといった車載デバイスを使用した環境認識能力の開発となっている．しかしながら，これら車載デバイスの認識能力の範囲外にある情報を事前に得られれば，未知の出来事への迅速な対応や運転方法の最適化が可能となり，車両の安全性向上に寄与すると考えられる．従来，車載デバイスが認識できない領域を理解するためには SD-MAP や道路交通情報通信システム (Vehicle Information and Communication System; VICS) 情報が使われてきた．しかし，これらの地図や VICS 情報はしばしば必要な精度や動的情報を欠いている．ADAS 向けの高精度地図（HD-MAP）やリアルタイムの状況を反映した動的地図が発展する中で，Vehicle-to-Everything（V2X）技術の中でも特にスマートフォンやセルラーネットワークを利用する Vehicle-to-Network（V2N）の可能性が注目されている．Vehicle-to-Vehicle（V2V）技術は，専用通信機器やグローバルな標準化が必要という課題を抱えている．同様に Vehicle-to-Infrastructure（V2I）も大規模なインフラ投資やグローバルな標準化の要求という課題がある．これらの課題，高額なコスト，広範な仕様合意の必要性などがその普及を阻害している．これに対し V2N の特徴は，既存のセルラネットワークやスマートフォンの普及を活用することで，他の V2X 技術に比べて少ないインフラ投資での導入が可能である点である．この特性により，V2N はより実現可能な解決策を提供している．車載デバイスに依存する AD/ADAS の課題を克服するためには，利用可能なリソースを積極的に活用する必要があり，スマートフォンの予測能力を利用することで，経験豊富なドライバのように未知の出来事を予測し，車両の操作を向上させることが期待される．V2N 技術を最大限に活用するためには，スマートフォンから得られる位置情報の精度が重要となる．本研究では，スマートフォンを車両センサに続くセンシングデバイスと捉え，オープンな地図データである OpenStreetMap (OSM) とスマートフォンの位置情報を組み合わせることで，次世代の AD/ADAS のために必要な車線レベルの認識情報の生成の可能性を模索している．このために，スマートフォンプローブによる

車線レベル交通状況把握のための OSM 道路ネットワークの精度の検証を行なっている．今回調査したスマートフォンプローブのデータは特定ベンダのものを利用しており，詳細な推定仕様までは不明だが，測位性能やデータ数，遅延時間などのおよその性能は把握できているため，方針を考えるうえでは凡そ必要な精度を確保できている．

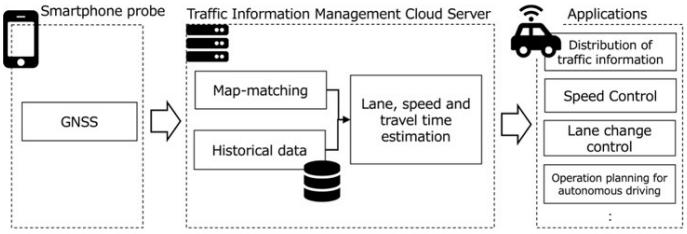
図 1 は車両とスマートフォンが相互作用するコネクティッドシステムを示している．車両からスマートフォンがその位置データをクラウドサーバに送信している．このサーバは，スマートフォンのデータを元に全体の交通状況や特定の車線の使用状況を判定する．この情報を元に，システムは対象区間を走行中の車両に対して関連するコマンドや情報を送信する．各車両のシステムは，受信した情報を使用して運転者に情報を提供したり，定速走行・車間距離制御装置 (Adaptive Cruise Control; ACC) を活用して速度調整を行ったり，車線維持支援制御装置 (Lane Keeping Assistant System; LKAS) や車線変更支援 (Lane Change Assist; LCA) 等を活用して走行すべき車線を管理したりする．しかしながら，スマートフォンから得られる位置データの精度は周囲の環境やデバイス内のチップの性能に大きく影響を受ける．その結果，スマートフォンの位置データだけに基づく車両の具体的な車線の特定は現在のところ困難である．この課題に対処するための対策として，中央値や平均値などの統計的手法を用いて車両が走行している車線を推定する方法が考えられる．高速道路など歩行者の通行がない場所では，これらの手法の精度が向上すると期待できる．さらに過去の統計データを使用してこれらの値を調整することで，精度をさらに向上させることが可能である。



図–1 交通制御のためのコネクティッドシステム

2. システムアーキテクチャ

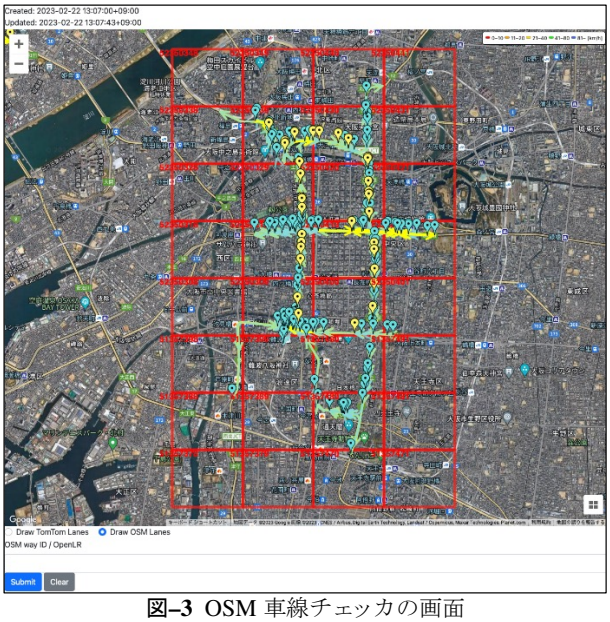
図 2 は，スマートフォンのプローブデータに基づいて車線レベルの交通情報を処理するためのシステムアーキテクチャを示している．従来のスマートフォンは，加速度計，IMU (Inertial Measurement Unit)，カメラ，及び全地球航法衛星システム（Global Navigation Satellite System; GNSS）などのさまざまなセンサを備えている．これらの多くのセンサの中で，本論文は特に GNSS データに焦点を当て，GNSS データのみを使用して車線レベルの交通情報の推定可否を検討している．



図–2 交通情報処理のためのシステムアーキテクチャ

スマートフォンプローブから収集された GNSS データは，交通情報管理クラウドサーバによって処理され，マップマッチング技術や履歴データを利用して車線，速度，移動時間を推定する．得られた情報は交通情報の配布，ACC 制御，車線変更制御，自動運転計画などのアプリケーションで使用される．

最近の研究では，都市部の交通渋滞対策の新技術や，自動運転と先進運転支援システムの精度向上のための新技術が開発されている．そのような技術の一つに，GNSS，3D 都市マップ，差分補正情報に基づく車両プローブ技術を使用して，衛星信号の伝播の反射経路をシミュレートするものがある[1]．これにより車両の車線レベルの位置や速度，さらに車両の走行状態の推定が可能となる．別の研究では，スマートフォンの GNSS とデジタル道路マップのセンターラインデータを使用した軽量な車線位置決定方法が開発されている[2]．さらに，単一カメラを使用した高精細（HD）マップに基づく位置識別方法が提案されている[3]．これは，まず画像を逆透視変換で処理し，ハフ変換を使用して車線を検出し，車両が移動している車線の情報を取得するものである．最後に，MEMS 慣性センサ，GNSS，及び市販の道路ネットワーク地図を統合した低コストのリアルタイム車線決定システムが提案されている[4]．このシステムは，視覚的なマーキングや高精度の GNSS 技術に依存せず，明確な車線レベルの解像度マップも必要としない．車両の位置，速度，及び方向の高解像度の推定は，拡張カルマンフィルタを使用して慣性センサと GNSS を緩やかに結合することで実現される．隠れマルコフモデルを使用して道路レベルのマップマッチングも実装されており，車両の車線を推定する最小二乗回帰ステップが続く．



図–3 OSM 車線チェッカの画面



図–4 OSM 車線数の確認例

3. 評価

本研究では，主として OSM 道路ネットワークデータの精度を評価するため，目視による車線数の正確性と時系列における車線数の変化を調査した．スマートフォンプローブの車線レベル交通分析に関わる車線別速度データの路線別・時間帯別の詳細な評価については，他論文[5] で採りあげているので，本論文では広範な視点からの分析に焦点を絞る．

(1) 目視による車線数の精度評価

道路ネットワークに付随する車線情報は，走行車両の車線レベルの位置特定のために活用されることが想定される．車両が現在走行している推定車線に関する車線レベルの交通情報については，道路ネットワークの属性情報として含まれる車線情報の精度の確認が重要である．この目的のために，図 3 に示す OSM 車線チェッカと呼ぶツールを作成した．OSM 道路ネットワークから大阪エリアのデータを抽出したうえで，Maxar Technologies が提供する Google Maps の衛星画像上に車線数の道路線形を重畳表示して可視化することで，道路（ways）にタグ付けされた車線数 (lanes) と実際の車線数とを目視によって比較・評価した．

図 3 の赤いグリッド線は各セルが約 1 km 四方である．淡青色のマーカは，OSM の way の開始点の座標を示し，淡青色の線形の矢印は OSM の way 自体を表している．黄色のマーカと黄色の矢印のラインは車線数に対応する車線を可視化している．

図 4 は OSM 車線数の確認方法の例を示している．ポップアップウィンドウには OSM way ID と LaneCount が表示されており，LaneCount が 1 を超える場合，地図画像上に車線を示す黄色の矢印線が表示される．これは地図画像上の道路の実際の車線数との整合性を確認するためのものである．この例では，阪神高速道路堂島料金所を通過する入路の LaneCount は 1 であるが，地図画像上には 2 つの車線が存在する．さらに黄色の矢印線で示される車線数は 3 であり，地図画像上の 3 車線に対応している．

地図上の 32 のメッシュ中，目的とする OSM 道路ネットワークを含む 19 のメッシュ別に OSM セグメント数を集計し，highway タグ（motorway または motorway_link）別の内訳をまとめた結果を表 1 に示す．highway タグ値「motorway_link」は，高速道路（motorway）へのリンク道路（sliproads / ramps）を示している．

表 2 は highway タグごとの一致数と一致率をまとめている．一致数とは，特定のメッシュ内の OSM セグメントにおいて，OSM の車線数（lanes）が現実の車線数と一致したセグメントの数を指す．一方，一致率は当該メッシュ内の全セグメント数に対する一致数の割合を示し，OSM の車線数が実際の車線数とどれだけ一致しているかの指標となる．なお，車線数の情報が欠落している場合や道路セグメントが重複しているために判定が困難な場合については除外している．

OSM の車線数データは，多くのメッシュエリアで現実の車線数と高い精度で一致している．しかしながら，特定のタグや地域で乖離が確認される．具体例としてメッシュコード 52350319 の highway=motorway では，OSM way ID が 127914742 の道路セグメントにおいて OSM 上では車線数が 2 となっているが，地図上では加速車線を含めると 3 車線となっている．同様にメッシュコード 52350410 の highway=motorway においては，OSM way ID が 914140179 の道路セグメントで車線数が 2 とされているものの，実際の地図上では阪神高速 13 号東大阪線に分岐するまで 3 車線の状態が続いている．さらに，同じメッシュ内の OSM way ID が 126721147 の道路セ

グメントは車線数が 5 となっているが，合流車線を考慮すると実際の車線数は異なる可能性がある．これらの乖離は，データの更新頻度やマッピングの方法，特定の地域の特性などに起因する可能性が高く，詳細な検証と改善が必要である．

表–1 メッシュ別・タグ別のセグメント数

メッシュコード	セグメント数	motorway	motorway_link
52350440	2	2	0
52350338	1	1	0
52350339	22	9	13
52350430	11	5	6
52350329	9	5	4
52350420	9	4	5
52350319	14	4	10
52350410	17	7	10
52350411	8	2	6
52350308	2	2	0
52350309	19	6	13
52350400	13	5	8
52350401	2	0	2
51357398	2	2	0
51357399	3	1	2
51357490	4	2	2
51357388	1	1	0
51357480	10	4	6
51357470	1	1	0

表–2 メッシュ別・タグ別のレーン数の一致数及び一致率

メッシュコード	motorway		motorway_link	
	一致数	一致率	一致数	一致率
52350440	2	100%	NA	NA
52350338	1	100%	NA	NA
52350339	8	89%	9	69%
52350430	5	100%	3	50%
52350329	5	100%	4	100%
52350420	4	100%	5	100%
52350319	2	50%	7	70%
52350410	4	57%	7	70%
52350411	0	0%	6	100%
52350308	2	100%	NA	NA
52350309	6	100%	12	92%
52350400	4	80%	8	100%
52350401	NA	NA	2	100%
51357398	2	100%	NA	NA
51357399	1	100%	2	100%
51357490	2	100%	2	100%
51357388	1	100%	NA	NA
51357480	4	100%	6	100%
51357470	0	0%	NA	NA

(2) 時系列での車線数変化の評価

日本全国のデータ (2022 年 1 月 1 日時点，2023 年 1 月 1 日時点，2023 年 7 月 11 日時点，2023 年 9 月 4 日時点の 4 バージョン) で，highway タグを含むものの中で車線数 (lanes タグ) に変化の生じた件数は 1,736 件であった．さらに highway タグの値が motorway 又は motorway_link に限った場合には，車線数に変化の生じた件数は 332 件であった．

また，日本全国のデータから大阪府エリアをカバーするバウンディングボックスで抽出したデータについて，highway タグを含むものの中で車線数に変化のあった件数は 23 件であった．この結果を表 3 に示す．さらに highway タグの値が motorway 又は motorway_link に限った場合には，車線数に変化のあった件数は 4 件であった．参考までに highway タグの値の種類を表 4 に示す．

表 3 を分析すると，特定の OSM way ID に対して車線数が時系列で変化していることが確認できる．例えば OSM way ID 31096737 は，2021 年に車線数が 2 とされているが，2022 年には 6 と増加している．この変化の背景として OSM 道路ネットワーク上で中央分離帯のない道路の way が 1 本に統合されたことや，道路の拡幅が行われた可能性が考えられる．また，OSM way ID 207264775 は 2022 年に車線数が 2 とされているが 2023 年には 1 に減少している．これは実際の道路が双方向 2 車線であることを考慮すると，片方向の車線数を示している可能性が高い．このような変動は OSM の編集者間での lanes タグの使い方や定義に関する共通認識の相違によるものと思われる．

表–3 OSM way ID 別の車線数の変化

OSM way ID	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
26582517	–	2	–	1
31096737	–	2	6	–
34763855	–	4	2	–
137836412	–	1	3	–
154410796	–	2	3	–
159452895	–	2	4	–
164558310	–	2	4	–
174033127	–	2	3	–
207264775	–	–	2	1
263720268	2	–	1	–
263720269	2	–	1	–
270078669	–	1	3	–
422784866	2	–	1	–
425640119	4	–	2	2
531685666	1	–	2	–
602998082	–	2	–	3
669627786	–	2	–	3
669627790	4	–	2	–
821717993	–	2	1	1
913388258	–	2	3	–
916547292	–	2	3	–
951485264	–	2	4	4
951485265	–	2	4	4

(3) 議論

以上の評価結果をふまえると，OSM 道路ネットワークの精度は特に合流・分岐点において低い可能性が示唆される．このため OSM 道路ネットワークのデータを利用する際には，その能力を考慮に入れる必要がある．OSM 道路ネットワークデータを使用する際の問題点は次のとおりである．

表–4 highway タグの値の種類

値	説明
motorway	高速道路
trunk	幹線道路
primary	一次道路
secondary	二次道路
tertiary	三次道路
unclassified	未分類道路
residential	住宅街道路
service	サービス道路
motorway_link	高速道路のリンク
trunk_link	幹線道路のリンク
primary_link	一次道路のリンク
secondary_link	二次道路のリンク
tertiary_link	三次道路のリンク

精度: OSM データは一般ユーザの貢献に依存しているため，精度が低いエリアや情報が欠けているエリアが存在する可能性がある．

データの更新: OSM データは定期的に更新されるが，新しい道路や変更を反映するのに遅延が生じることがある．

複雑な道路構造: 交差点や合流・分岐点などの複雑な道路構造の表現が十分でない可能性がある．

データの一貫性: 異なるユーザが提供するデータ間で，特に道路の分類や名称に関する不整合が存在することがある．

法的制約: 特定の地域や国の法的規制により，特定の地理的情報が制限されている可能性がある．

OSM は，道路ネットワーク情報の情報源としてなど，さまざまな目的で利用されている．この情報は交通管制システム，自動運転，地理情報システム (GIS)，さまざまな研究やアプリケーションでの利用が増えてきている．しかし，OSM データの品質，特に位置精度や完全性の面での品質は，その潜在的な利用や効果を左右する要因であり，OSM データの品質を評価するためのさまざまな取り組みが進められている[6),7)]．また，OSM データの品質を向上させる目的で，さまざまな技術的手法が提案されている．例えば OSM データの履歴ファイルを利用して，OSM 道路ネットワークの位置精度や完全性を向上させるためのアプローチとして，ボロノイ図を使用する方法がある[8)]．このような研究は OSM データの品質を継続的に向上させる可能性を示しており，将来のアプリケーション，例えば自動運転や都市交通管理などでその有用性をさらに高めることが期待できる．

オープンな道路ネットワークの品質向上の取り組みとして，新たなプラットフォーム「Overture Maps」が注目を集めている[9)]．このプラットフォームについては 2022 年 12 月 19 日に AWS，Microsoft，Meta，TomTom といった大手企業からの発表があり，Linux Foundation の主催のもと「Overture Maps Foundation」が設立された．その主要なミッションは，信頼性が高く，使いやすく，相互運用可能なオープン地図データの作成である．この目的のため，参加企業や市民団体とともにオープンデータを組み合わせ，地図データのエラーや破損の検出と品質保証を実施している．また，データ間のリンクや相互運用性を簡素化することでデータエコシステム全体を強化している．

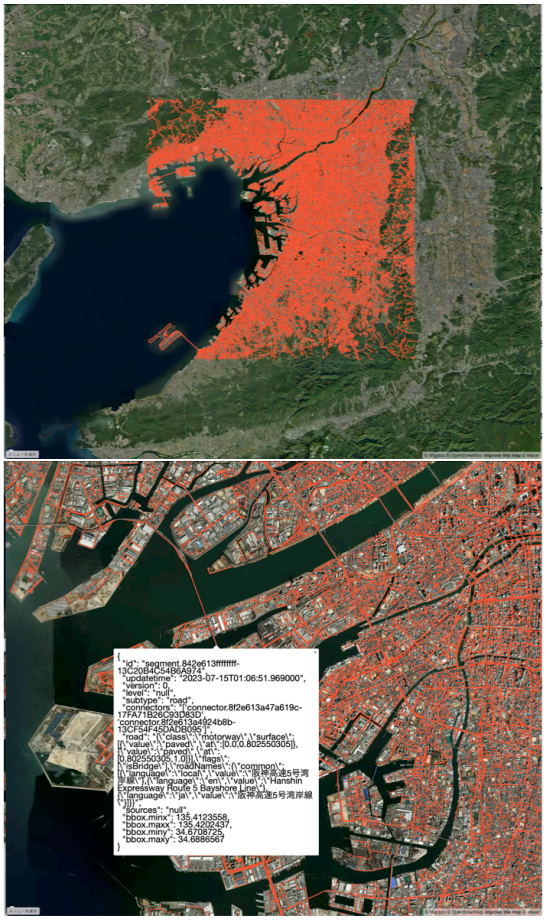
Overture Maps は地図編集者のコミュニティではなくデータ中心の地図プロジェクトあり，OSM と他のソースを組み合わせて新たにオープンな地図データセットを作成するという意味で OSM とは補完関係にあるとされており，二つのデータを組み合わせることで，より信頼性の高い地図情報の提供が期待される．2023 年 7 月 26 日には Overture Maps からの初のデータが公開され，このデータでは地図要素を示す最上位の分類としてテーマ (Theme) を定義しており，4 種類のテーマ (場所，建物，交通，管理境界) 別に配布されている．各テーマには複数の地図要素を含むことができ，交通のテーマには道路やトレイルを表現する Segment 要素と特定の交通手段によるセグメント間の移行地点を表現する Connector 要素が含まれる．

Overture Maps の大きな特徴として，従来の地図データに比べて，車線の向き (direction) や特定の車線の制約情報 (例:HOV 車線や最低乗車人数制約) を詳細に提供している点が挙げられる (図 6)．特に車線の向きに関する情報は，双方向や一方通行の道路でのナビゲーションやルート計画において極めて重要である．このような詳細情報は高度なナビゲーションシステムや自動運転車のルート選択，車線変更提案などにおいて有用となる．

図 5 上段に大阪府エリアの Segment を地図上に重畳表示した例，下段に Segment の属性情報を表示した例を示す．現状の公開データセットは初期バージョンであるためか，データの形式定義であるデータスキーマの詳細な定義内容を完全には反映しておらず車線情報も含まれていない．今後のアップデートやデータの拡充が期待される．

4. まとめと今後の課題

OSM は，スマートフォンのプローブデータに基づく車線レベルの交通分析の前段階でマップマッチング用のベース地図として用いられるが，アクセス可能性が高く広範なデータを提供しているという利点がある一方，地域や道路構造に起因する精度の偏りやデータ更新遅延などの問題がある．本研究では，OSM の車線情



図–5 Overture Maps Segment の地図上への重畳表示

```
{
  "id": "overture:transportation:example:simple-road2",
  "type": "Feature",
  "geometry": {
   ...
  },
  "properties": {
    "theme": "transportation",
    "type": "segment",
    "subType": "road",
    "updateTime": "2023-06-08T12:02:30-08:00",
    "version": 0,
    "road": {
      "class": "secondary",
      "restrictions": {
        "speedLimits": [
          {
            "maxSpeed": [
              100,
              "km/h"
            ]
          }
        ]
      },
      "lanes": [
        {
          "direction": "forward",
          "restrictions": {
            "access": [
              {
                "allowed": {
                  "when": {
                    "mode": [
                      "hov"
                    ]
                  }
                }
              }
            ],
            "minOccupancy": {
              "isAtLeast": 3
            }
          }
        },
        {
          "direction": "forward"
        },
        {
          "direction": "forward"
        }
      ]
    }
  }
}
```

図–6 Overture Maps Segment (Lanes) 例の抜粋[10)]

報に焦点を当て，大阪エリアの高精度衛星画像との比較を行い，その精度と変動性を評価した．その結果，特定の地域や道路タイプで OSM の車線データは高い精度を示す一方，いくつかのエリアや時期においては精度にばらつきが見られることが確認された．これは合流・分岐に関わる部分で道路ネットワーク自体や車線数の正確な定義が困難な箇所が存在することに起因すると見られる．この結果は，OSM データを使用する際の注意点として，特定の地域やデータタイプでの精度のばらつきを考慮する必要があることを示唆している．また，OSM データの変動性も評価した結果，時間の経過による精度の変化があることが確認され，データの定期的なアップデートや検証の重要性を示している．

最後に OSM の具体的活用例として，AD/ADAS のアプリケーションにおいて車線単位で適切な速度制御を行うことを考えてみると，システムはその機能を実現するために，自車が走行している車線，及びその車線を含めた周囲の車線の速度などの交通情報を必要とする．自車が走行している車線を特定するために，自車の測位と併せて，走行付近の車線数を把握する必要があり，その情報は OSM から取得するものと想定する．

ここで，合流や分岐といった変化をともなう箇所では，制御を精度よく慎重に行う必要がある．すなわち，車両制御の観点からは，合流や分岐付近での車線数の精度は重要である．しかし，現在 OSM はこの点で課題が残る．そのためには「車線」の明確な定義とその実装が必要であり，さらに実際の道路状況が確実に反映される仕組み構築が望まれる．製品化を考える時に，OSM とスマートフォンといった安価で普及したデバイスを活用することはシステムを普及させるためには重要である．今後の AD/ADAS に求められる機能を考えれば，スマートフォンを活用することは有用であり，その測位性能を補完するためにも，さらには Overture Maps の補完のためにも OSM の精度向上は有益であると考える．

今後の課題として，(1) OSM データの精度のさらに詳細な調査，(2) OSM の車線データの精度を向上させ

(2023. 9. 26 受付)

るための具体的な提案や手法の開発，(3) OSM と他の地図プラットフォーム，例えば Overture Maps とのデータ統合や融合に関する研究が挙げられる．今後もこのようなオープンデータの精度の評価と利用に関する研究が重要であると考える．

参考文献

1) Yanlei Gu, Li-Ta Hsu, and Shunsuke Kamijo: Towards lane-level traffic monitoring in urban environment using precise probe vehicle data derived from three-dimensional map aided differential GNSS, *IATSS Research*, Vol.42, No.4, pp.248–258, 2018.
2) Sekimoto, Y., Matsubayashi, Y., Yamada, H., Imai, R., Usui, T., and Kanasugi, H.: Lightweight lane positioning of vehicles using a smartphone gps by monitoring the distance from the center line, *Proceedings of the 2013 Conference on Internet Measurement Conference*, Conference Record - IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 1561–1565, IEEE, 2012.
3) Jeong Min Kang, Tae Sung Yoon, Euntai Kim, and Jin Bae Park: Lane-level map-matching method for vehicle localization using GPS and camera on a high-definition map, *Sensors*, Vol.20, No.8, 2018.
4) Mohamed Maher Atia, Allaa R. Hilal, Clive Stellings, Eric Hartwell, Jason Toonstra, William B. Miners, and Otman A. Basir: A low-cost lane-determination system using GNSS/IMU fusion and HMM-based multistage map matching, Vol.18, No.11, pp.3027–3037, 2017.
5) Yoshiaki Irie, Masahiro Mochizuki, Hiroaki Asao, and Junji Nishida: A study of estimating lane-level traffic conditions using smartphone data, *FAST-zero'23: International Symposium on Future Active Safety Technology Toward zero traffic accidents*, 2023.
6) Mordechai Haklay: How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets, Environment and planning B, pp. 682–703, 2010.
7) Sukhjit Singh Sehra, Jaiteg Singh, and Hardeep Singh Rai: Assessment of OpenStreetMap data-a review, *arXiv*, pp. 682–703, 2013.
8) Afsaneh Nasiri, Rahim Ali Abbaspour, Alireza Chehreghan, and Jamal Jokar Arsanjani: Improving the quality of citizen contributed geodata through their historical contributions: the case of the road network in OpenStreetMap, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol.7, No.7, pp.682–703, 2018.
9) Overture Maps Foundation: Overture Maps, `https://overturemaps.org/`, 2023, Accessed: 2023-09-07.
10) Overture Maps: Transportation segment reference, `https://docs.overturemaps.org/reference/transportation/segment`, 2023.

Verification of OpenStreetMap Road Network Accuracy for Lane-Level Traffic Condition Monitoring Using Smartphone Probes

IRIE Yoshiaki, MOCHIZUKI Masahiro, ASAO Hiroaki, NISHIDA Junji

In recent years, there has been a growing expectation for open map data, with OpenStreetMap (OSM) being particularly noted for its extensive data and accessibility, making it widely used in various application fields. However, there is a recognition that the accuracy of OSM data varies depending on the region and data type, necessitating validation based on the intended use. In this study, we aimed to evaluate the accuracy and variability of OSM's lane count information. By comparing it with high-resolution satellite images from the Osaka area, we examined the reliability of lane count information in the OSM road network. Furthermore, by comparing OSM data acquired at different times, we also evaluated changes in accuracy over time. As a result of the evaluation, while OSM's lane count information showed high accuracy in specific regions and road types, variations in accuracy were observed in certain areas and time frames. This can be attributed to the difficulty in precisely defining the road network and lane counts, especially at junctions and intersections. These findings underscore the importance of understanding the characteristics and limitations of OSM data and the need for appropriate data verification when using it.