

交通社会ダイナミックマップにおける 高精度レーンデータの検索

渡辺 陽介^{1,a)} 高田 広章^{1,b)}

概要：安全運転支援や自動運転のため、車両やドライバへ周辺道路上で起きている現象に関する情報を提供することが求められている。我々の研究グループでは、位置情報を含めた各種の動的情報と、地図情報を含めた静的情報を統合的に扱う仮想的なデータベースである、交通社会ダイナミックマップの開発を行っている。動的情報は、交通ルールに基づく意味付けを行うために、高精度道路地図との統合が行われる。本論文では、我々のシステムにおけるセンサと道路地図を組み合わせた各種検索について述べる。

Searching for Highly Precise Lane Data in Road-Traffic Dynamic Maps

YOUSUKE WATANABE^{1,a)} HIROAKI TAKADA^{1,b)}

1. はじめに

昨今の交通分野の課題の一つとして、65歳以上の高齢者ドライバーの増加に今後どのようにして対応していくのが挙げられている。一般に、高齢者には加齢に伴って身体能力と認知機能の低下が徐々に起きるため、高齢者の運転する自動車が増えていくことは交通事故リスクの増加や、交通流の悪化を招く可能性がある。しかし、自家用車の代わりの交通手段が利用できるのは公共交通の充実した都市部周辺だけであり、地方に住む高齢者は自分自身による運転を続けざるを得ないというのが実情である。自動車の安全運転支援システムや自動走行システム [1] は、課題解決における重要な要素として位置づけられている。自動車にカメラやGPS等の多様なセンサが搭載され、さらに通信装置を介して周辺車両や道路インフラからの情報取得が行われることにより、人間の認知範囲や認知速度を補った高度な安全性を実現できる。

安全運転支援や自動走行への期待の高まりに比例して、それらに必要となる道路上の情報を効率的に収集・管理・

活用するための情報基盤の重要性も高まっている。ダイナミックマップ [2], [3], [4] は、そのための情報基盤システムの一つであり、位置情報ストリームを含めた各種の動的情報や、道路地図情報を含めた各種の静的情報を統合的に扱う仮想的なデータベースである。我々の研究グループでも、交通社会ダイナミックマップ [4], [5] というダイナミックマップのプロトタイプシステムの研究開発を行っている。本システムは、動的情報、静的情報をリレーショナルモデルに基づいて扱うことができ、アプリ開発者はクエリ言語を用いて多種多様な情報に対する検索や統合を実現できる。

各種情報の中でも特に、道路地図情報は他の情報同士をつなぐ中心的な役割を担っている。例えば、図1の(a-1)と(b-1)のように、各車両の位置と速度ベクトルの動的情報が得られただけでは、車両同士が危険な関係にあるかどうかの判断が難しい。これらの情報を道路地図上の車線に重畳することで、図1の(a-2)と(b-2)のように区別され、(a-2)は反対車線を通常通りに走行しているだけなのに対して、(b-2)は逆走状態であることがわかる。このように、道路地図情報を間に介することで、交通ルールに基づく意味付けや、動的情報同士の関連付けが可能となる。しかしながら、従来のナビゲーションシステムに使われていた道路地図情報は、車線の境界線までは記載されておらず、安

¹ 名古屋大学
Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi-ken, 464-8603 Japan

a) watanabe@coi.nagoya-u.ac.jp

b) hiro@ertl.jp

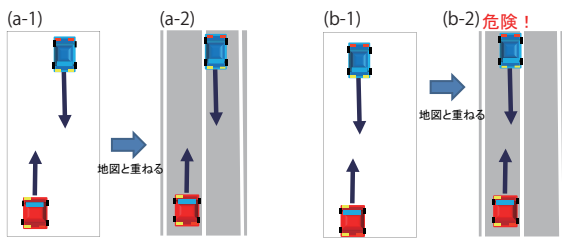


図 1 動的情報と道路地図の統合利用例 (逆走検出)

全運転支援や自動走行には情報の詳細度が不十分である。そこで、交通社会ダイナミックマップでは、道路地図の詳細度を3段階設定し、リンクレベル、レーン(車線)レベル、道路形状(点群)レベルで使い分けることを提案している。本論文では、我々のプロトタイプシステムにおける道路地図情報の詳細と、センサ等の動的情報と道路地図情報を組合せた各種検索について述べる。ダイナミックマップの研究においても、具体的な検索クエリまで踏み込んで提示した例はまだ少ないため、そうした情報を少しでも公開していくことが本論文の目的である。

本論文の構成は以下の通りである。2節では、交通社会ダイナミックマップ全体の概要を紹介する。3節では、我々のシステムで用いている3段階の詳細度を持つ道路地図情報について述べる。4節では、道路地図と動的情報を組み合わせたクエリについて述べる。5節で関連研究を紹介し、6節でまとめと今後の課題を述べる。

2. 交通社会ダイナミックマップ

ダイナミックマップは「静的な地図情報と動的な情報が重畳されたデータの集合」である。交通分野では、静的な地図情報とは特に道路地図であり、動的な情報とは自動車につけられた車載センサや路側の信号機などからの情報を意味する。これらを重畳して提供することで、道路上で発生する現象を容易に把握できるよう支援することがダイナミックマップに求められる役割である。以降では、我々の研究グループが開発しているダイナミックマップのプロトタイプシステムについて述べる。

2.1 全体アーキテクチャ

交通社会ダイナミックマップは、図2のように実環境から様々な情報を収集する。道路上で発生する現象をとらえるセンサは車載組込み機器、道路インフラ機器、歩行者のスマートフォンなど様々である。無線または有線のネットワークを介して、各交通アプリケーションに必要な情報を共有できるようにすることを想定している。

内部的なデータ処理の構成は、データストリーム管理システム(DSMS)[6]とデータベース管理システム(DBMS)[7]の組合せにより実現されている。また、予測アルゴリズムなどの計算負荷の高い処理については計算ノードにて実行される。アプリ開発者はクエリを記述することで、データ

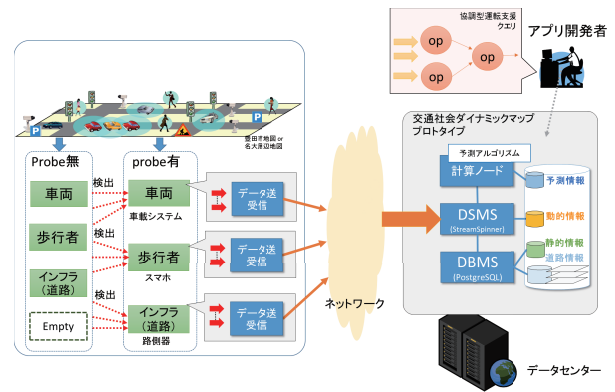


図 2 全体アーキテクチャ

処理の内容を指定する。クエリ言語については後述する。

2.2 ダイナミックマップ内で扱う情報

交通社会ダイナミックマップで扱うことが想定されている、車両、人、信号などに関する情報の一例を表1に示す。交通アプリケーションの需要に合わせて構成は変わりうるが、分類としては4種類である。

- 動的情報：位置や信号の現示状態など、時間とともに高頻度で変化する情報である。いつの時点の情報であるかが重要であるため、時刻情報とセットで扱うことが多い。時系列データや、ストリームデータなどとも呼ばれる。
- 静的情報：車体の大きさや、信号の設置場所など、一度登録されれば、同日に何度も更新されるようなことがない情報である。動的情報との違いは、時間経過で情報の重要度が下がるのが少ないという点で、ファイルやデータベースなどに格納して管理される。
- 予測情報：予測アルゴリズム等が生成する未来のある時点に関する情報である。予測方法で分けるとさらに2種類あり、直近の情報に基づき物理法則や交通ルールに則って短期(秒レベル)の予測を行うものと、蓄積したデータからの統計的な知見に基づき周期的な現象を予測するものがある。
- 道路地図：詳しくは3節で述べるが、交通アプリケーションごとに道路地図に求める要求内容が異なる点を考慮して、リンク、レーン、道路形状の詳細度を使い分ける。

我々のシステムでは、データ構造の簡潔さと情報統合の簡さ重視して、静的情報と道路地図はリレーショナルモデルを、動的情報と予測情報はリレーショナルストリームで表現する。個々のスキーマ情報については省略する。

3. 交通社会ダイナミックマップの道路地図

ナビゲーション、安全運転支援、自動走行は道路地図情報を用いることでは共通であるが、求める地図の詳細度に違いがある。目的地までのルート計算には広い範囲の道路

表 1 ダイナミックマップ内で扱う情報の例

種類	情報
動的情報 (準動的含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・車両：位置，速度，向き，ライト，... ・人：位置，速度，向き，服の色，... ・信号：現示状態，動作モード，... ・道路区間：路面状況，旅行時間，... ・道路上の非占有状態：位置，... ・事故，工事，...
静的情報 (準静的含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・車両：型式，サイズ，色，... ・人：身体的特徴，好み，運転履歴，... ・信号：設置場所，繰返しパターン，... ・ランドマーク，... ・動的情報を蓄積した履歴データ，...
予測情報	<ul style="list-style-type: none"> ・T 秒先の短期予測：位置など (物理法則や交通ルールに基づく) ・周期的な現象の予測：旅行時間など (統計的な知見に基づく)
道路地図	<ul style="list-style-type: none"> ・リンク ・レーン (車線) ・道路形状 (点群，画像など)

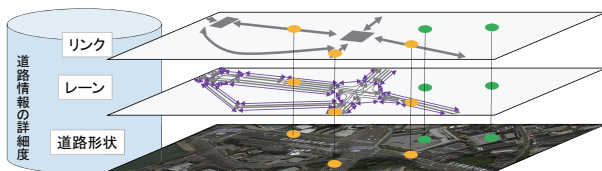


図 3 道路地図情報の 3 階層

と交差点の情報が必要であるが，道路内の各車線の細かい形状は不要である．一方，車両に対してレーン変更指示や合流調停を行うには，各車両がどの車線にいるのか，交通規則的にどのような関係にあるのかを把握できなければならない．自動走行システムでは，障害物との衝突回避や自己位置推定のために，車両周辺の空間の細かな形状情報が必要である．そこで，我々は交通アプリケーションごとに詳細度の異なる 3 段階の道路地図情報を使い分けることを提案している．

- **リンクレベル**：各交差点をノード，交差点間を結ぶ道路を一本のリンクとするグラフデータで表現する．現行のナビシステムの経路探索用の地図に相当する．
- **レーンレベル**：各道路のレーン (車線) 1 本 1 本について区別された詳細度を持つ道路情報である．こちらもグラフデータである．レーン変更支援や合流調停支援，逆走検出などでは，各レーンの情報が不可欠である．交差点内の領域についても，どのように走行すべきかの具体的な目安となる走行軌跡の情報を持つ．3.1 で詳しく述べる．
- **道路形状レベル**：3 次元 LiDAR[8] やカメラ等によって観測された生の情報で，点群や画像として表現される．データ量削減のために点群から物体形状を書き起こしたベクタ地図も含まれる．自己位置推定や，ガードレールとの衝突判定など，厳密な精度が必要な場合に用いられる．

3.1 レーンレベル道路地図情報

レーンレベルの道路地図表現は，世界的にまだ議論や意見交換がされている段階であり，標準の表現方法が存在していない．ここで説明する名古屋 COI フォーマットは，著者らが提案しているリンクレベルとレーンレベルの道路地図形式である．リンクレベルの道路地図規格 GDF5.0[9] をベースに，レーンレベルへの拡張を行ったものである．なお，GDF5.0 の格納方式は，RDBMS 用のテーブルと XML ファイルが定義されているが，名古屋 COI フォーマットではテーブル形式の方を採用している．

まず GDF5.0 の基本から説明する．GDF5.0 では地図上のオブジェクトは Feature と呼ばれている．道路には Road，交差点には Intersection などの Feature が定義されている．Feature には，点，線，面，それらの組合せ (複合) の 4 カテゴリーがある．Road や Intersection は複数の点と線からなる複合 Feature である．各 Feature は Attribute と呼ばれる属性情報を複数持つことができ，道幅や傾斜などは Road に対する Attribute として付与される．2 個以上の Feature 間の特殊な関係を表す場合には Relationship を記述することができる．

名古屋 COI フォーマットでは，各レーンを 1 つの Feature として記述できる．複合 Feature として Lane を定義し，その子要素として走行目安線と走行可能領域を持たせている．走行目安線は線カテゴリの Feature で，そのレーンにおける中心を通る線，または走行時の目安となる軌跡情報である．走行可能領域は面カテゴリの Feature で，そのレーン内において法的に車両が走行できる領域を表す．交差点内についても法的に走行するところは全てレーンとして記述される．図 4 の上部は，Lane を用いた表現例である．

さらに，レーン間の関係を Relationship を用いて明示的にデータとして表現する．レーン間の関係として下記の 4 種類を定義している．

- **経路接続**：車線変更などの措置を行わなくても通常の走行で移動できるレーン同士の関係を表す．
- **交差**：衝突の可能性をもつレーン同士の関係を表す．衝突予測を行う際に，可能性のある対象を絞り込むために用いる．交差位置等の情報を属性として持つ．
- **隣接**：経路接続も交差もしていないが隣り合っているレーン同士の関係を表す．車線変更で行けるレーンだけでなく，隣接する歩道や対向車線もこの関係を用いて表す．属性として，間にある白線や中央分離帯，縁石，柵などの情報を持つ．
- **分岐**：道路から駐車場への出入り口など，交差点として扱うには細かすぎる枝分かれを表現する．分岐位置などの情報を属性として持つ．

図 4 の下部はレーン間の関係をグラフ表現で記述したものである．

レーン間関係を使うことで，例えば衝突回避のために自

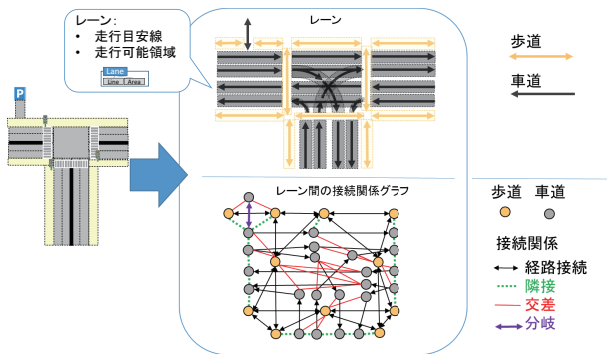


図 4 レーンレベルの道路表現

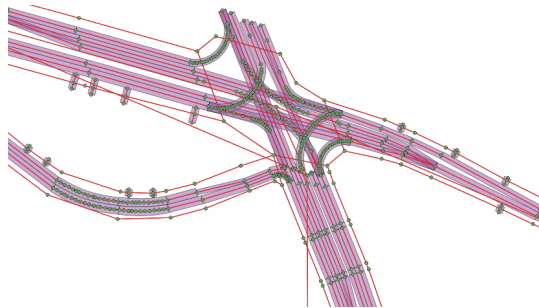


図 5 名古屋大学周辺地図

車両と競合する候補を探すとき、自車両のレーンと交差関係で結ばれたレーン上の移動体だけに絞り込むことが容易にできるようになる。具体的なクエリにおける活用については次節において述べる。

図 5 は名古屋大学周辺を実際に MMS(Mobile Mapping System) で計測した点群データから書き起こした名古屋 COI フォーマットの車線地図データの一部である。交差点の中まで走行ルートが表現されていることがわかる。

4. クエリを用いた情報の統合

交通分野のアプリケーション開発、とくに車載組込み機器の分野では、データ管理をミドルウェアに頼らずにプログラミング言語単独で実現する場合が多い。しかしながら、ダイナミックマップが扱う情報の多様さとその統合処理の複雑さからプログラミング言語だけではアプリケーション開発のコストが高くなり、プログラマ側の負担が大きくなる。我々のプロトタイプシステムでは情報基盤側に情報共有と統合の大部分の処理を任せられるように、クエリ言語を用いた情報統合の仕組みを導入している。

4.1 クエリ言語

図 6 に示すように、システム内では動的情報、道路地図をはじめとして、すべての情報がリレーション（またはリレーショナルストリーム）として扱われている。アプリケーション開発者は、SQL ライクなクエリ言語を使って、単体のテーブルへの検索要求や、複数のテーブルにまたがった検索要求を記述する。動的情報と道路地図情報の対

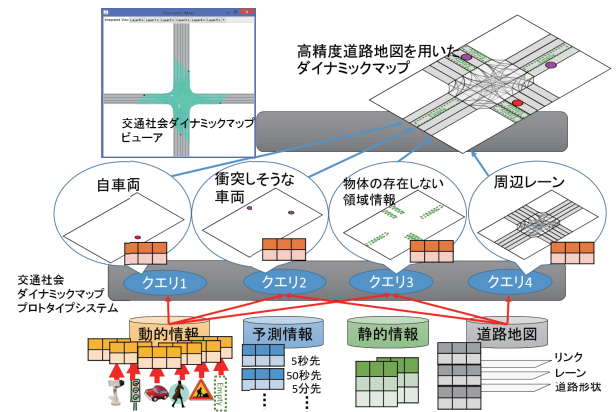


図 6 クエリによるダイナミックマップの構築

```

MASTER master_1, ...
SELECT attr_1, ...
FROM source_1 [window_size_1], ...
WHERE conditions
GROUP BY key_1, ...
    
```

図 7 クエリ言語

応付けや、道路地図情報を介した動的情報同士の対応付けも、クエリの中に条件として記述する。クエリ内で参照するテーブルを変えることで、異なる詳細度の道路地図の使い分けや、関連付ける動的情報の切り替えが可能であるため、様々な用途のダイナミックマップを構築する場合に適用でき、その都度にデータ処理のプログラムを作成する必要がない。

我々のクエリ言語は、DSMSである StreamSpinner[6] のものを利用しており、図 7 で示すような構文を採用している。MASTER 節は、クエリを実行するきっかけを与える情報源の指定を行うためのものである。その情報源から新規のデータが配信される度にクエリの評価が繰返し行われる。MASTER 節が省略された場合は、クエリが登録されたタイミングに一度だけ実行されるワンショットのクエリと解釈される。SELECT, FROM, WHERE, GROUP BY 節は、SQL で用いられているものと同様の意味を持つ。さらに FROM 節では、ストリームデータのための時間ベースのスライディングウィンドウの指定が可能である。

4.2 クエリ記述例

自動運転システムにおけるすべての局面をカバーする全クエリセットを紹介することはできないが、動的情報と道路地図情報に対する典型的なクエリの例を具体的に紹介する。ここでは道路地図情報はすべてレーン（車線）レベルの詳細度のものを用いている。

動的情報単体への検索

図 8 は「車両の動的情報をフィルタリングして、車両 ID 属性が 0 のものの位置情報だけ取得してほしい」とい

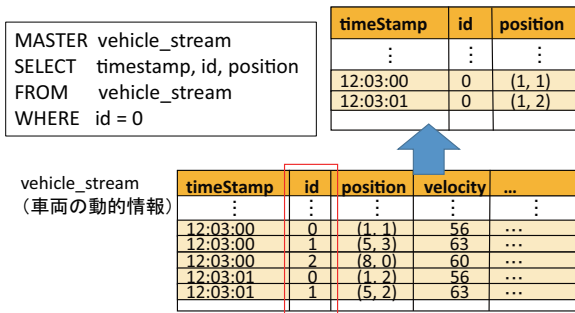


図 8 動的情報単体の検索 (車両 ID のフィルタリング)

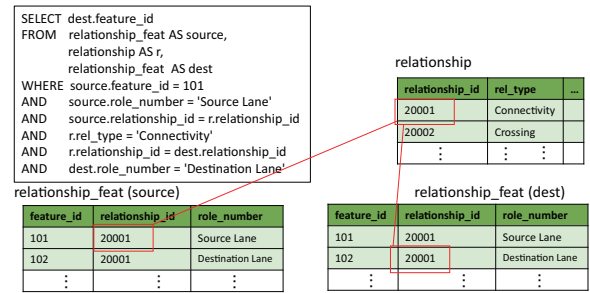


図 10 経路接続の関係を使った次レーンの検索

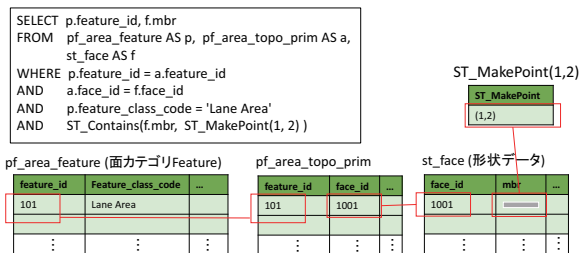


図 9 指定した点を包含するレーンの検索

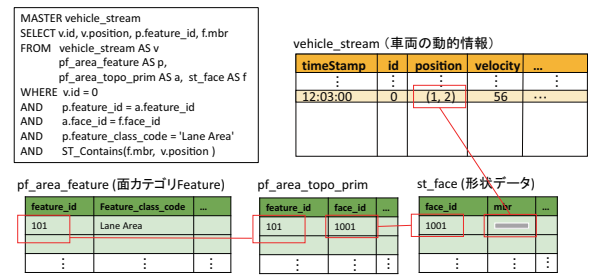


図 11 車両の位置座標を包含するレーン領域の検索

う場合の記述例である。MASTER 節と FROM 節には車両の動的情報の *vehicle_stream* が指定されており、新規の車両の情報が到着する度にこのクエリが実行されることを意味している。WHERE 節では届いた情報の *id* 属性の値をチェックしており、条件を満たす場合は、到着時刻 *timestamp* と *id* と位置 *position* が 3 つ組で送信される。

道路地図の検索 (1)

図 9 は「今いる座標 (例では座標 (1, 2)) を包含しているレーンの走行可能領域 (レーン形状) と *id* を知りたい」という場合の記述例である。このクエリでは MASTER 節が省略されているため、登録された際に一度だけ実行される。FROM 節では 3 種類のテーブルが記述されている。*pf_area_feature* は GDF5.0 における面カテゴリのデータを格納するテーブル、*st_face* は、面の形状データを格納するためのテーブル、*pf_area_topo_prim* はその二つの間の関係を保持するためのテーブルである。*ST_Contains* は領域と点の包含関係を判定する関数、*ST_MakePoint* は点データを生成するための関数で、どちらも PostGIS[7] によって提供されている。*p.feature_class_code* には本来ならレーン領域クラスを表す 4 桁のコードが入るが、論文の読みやすさのため「Lane Area」と表記した。

道路地図の検索 (2)

図 10 は「今いるレーン (例ではレーン ID=101) から経路接続 (順方向) で行けるレーンの ID を知りたい」という場合の記述例である。FROM 節では 3 種類のテーブルが記述されている。*relationship* は名前の通り GDF5.0 における Relationship を格納するテーブルである。*relationship_feat* は Feature と Relationship の対応関係を保持するテーブル

で、クエリでは接続元のレーンと接続先のレーンを探すために 2 回参照している。*role_number* と *rel_type* には本来数値のコードが入るが、論文の読みやすさのため文字で表記した。

動的情報と道路地図の統合

ここからは動的情報と地図情報を組み合わせた統合検索のためのクエリについて紹介する。図 11 は「車両の動的情報をフィルタリングして車両 ID=0 の位置情報だけ取得し、その車両のいる座標を包含しているレーンの走行可能領域とレーン *id* を知りたい」という場合の記述例である。MASTER 節には車両の動的情報の *vehicle_stream* が指定されており、新規の車両の情報が到着する度にレーン検索も合わせて繰返し実行されることを意味している。

道路地図を介した動的情報同士の統合

少し複雑なレーン関係の利用例として、「交差点で自車両と交差する可能性のある車両情報を提供してほしい」という場合を考える。目前に迫った緊急時の衝突回避は、センサを使ってお互いの相対位置を監視し、移動予測をしながら行われるものであるが、それよりも少し前の時点で対象となる候補をあらかじめ絞り込むという利用場面を想定している。図 12 の例では「交差する可能性がある車両」をレーンの関係に置き換えて、自車両 (ID=0) の位置情報からレーンを求め、そのレーンと「交差」関係にあるレーン上にいる車両を検索している。現状のプロトタイプシステムの機能では、のべ 11 個のテーブルの結合を指定しなければならないため、今後ユーザ定義関数などを用いて記述をさらに簡略化するように工夫が必要である。

本節では、交通社会ダイナミックマップにおける、動的情報と道路地図情報の統合のための具体的なクエリを数例

```

MASTER vehicle_stream
SELECT v2.id, cross.feature_id
FROM (
  SELECT v1.id, v1.position, p.feature_id
  FROM vehicle_stream AS v1
  pf_area_feature AS p1,
  pf_area_topo_prim AS a1, st_face AS f1
  WHERE v1.id < 0
  AND p1.feature_id = a1.feature_id
  AND a1.face_id = f1.face_id
  AND p1.feature_class_code = 'Lane Area'
  AND ST_Contains(f1.mbr, v1.position)
  ), (
  SELECT v2.id, v2.position, p.feature_id
  FROM vehicle_stream AS v2,
  pf_area_feature AS p2,
  pf_area_topo_prim AS a2, st_face AS f2
  WHERE v2.id < 0
  AND p2.feature_id = a2.feature_id
  AND a2.face_id = f2.face_id
  AND p2.feature_class_code = 'Lane Area'
  AND ST_Contains(f2.mbr, v2.position)
  ),
  relationship_feat AS base,
  relationship_feat AS r,
  relationship_feat AS cross
WHERE base.feature_id = p1.feature_id
AND base.role_number = 'Base Lane'
AND base.relationship_id = r.relationship_id
AND r.rel_type = 'Crossing'
AND r.relationship_id = cross.relationship_id
AND cross.role_number = 'Crossing Lane'
AND cross.feature_id = p2.feature_id

```

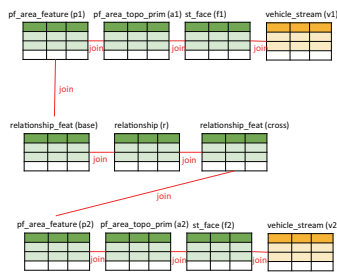


図 12 地図を介した動的情報同士の統合

紹介し、我々のクエリ言語でそれらが実現できることを示した。ただ、クエリ記述においては、テーブル数が多くなりやすく、Join 演算が増えてしまうという問題が見られている。前述したとおり、今後ユーザ定義関数などを用いた記述の簡略化が必要である。また、レーンのグラフ構造を再帰的に探索するような要求も考えられるが、再帰クエリについても今後の課題である。

5. 関連研究

日本国内では、内閣府の SIP-adus[1] や、日本デジタル道路地図協会 [10]、ダイナミックマップ基盤企画会社などで、自動運転を対象とした高精度道路地図の策定に関する取り組みを行っている。海外企業の高精度道路地図の取り組みとしては、HERE の HD Live Map[11] がある。これらのいずれも自動運転向けに車線 1 本ずつの詳細度をもった道路地図情報を表現することが可能であり、我々の道路地図形式とも変換不能ほどの差異は見られない。

自動運転向けの高精度道路地図の標準化に向けた動きも見られる。もともとナビゲーションや安全運転支援向けの道路地図の規格の 1 つである GDF5.0(Geographic Data Files 5.0)[9] の仕様を改訂して、自動運転を考慮した GDF5.1 を決める活動が行われている。ISO PWI(Preliminary Work Item) で GDF5.1 について議論されており、今後の進展が注目されている。我々の道路地図情報は一つ前の版である GDF5.0 を拡張したものであり、5.1 が策定されたとしても移行コストは深刻にはならないことが期待できる。

我々としては、将来的に自動運転向けの道路地図形式は何が主流になるにしても、相互に変換可能で、対応付けができる範囲内の差異であるならば運用上の重大な問題にはならないと考えている。それよりも、ダイナミックマップの本質は動的情報と道路地図情報の情報統合の仕組みであり、データベース管理技術およびデータストリーム管理技術をベースとし、クエリ言語を用いてデータ統合を実現するというアプローチこそが本研究の特徴である。

6. おわりに

本論文では、我々のダイナミックマップのプロトタイプシステムにおける、動的情報と道路地図情報の統合利用のための検索について述べ、具体的なクエリの記述を紹介した。将来的には、ダイナミックマップを用いた多様なサービスの登場が期待され、純粋な交通データ以外にも多くの要素が道路地図上に重畳されていく。クエリ言語により、様々な応用に対応可能なデータ処理の仕組みを備えたことは、今後の交通分野のアプリケーション開発に重要な意味を持っている。本論文で紹介したダイナミックマップのアーキテクチャは、データセンタ内でのデータ管理を中心としており、現実の環境で運用するには通信帯域の問題や応答性能の面で懸念がある。それらを向上させるために、データセンタ内でのデータ管理にとどまらず、組み込み機器内やエッジサーバ内にもデータ管理機能を置いて、組み込み・エッジ・クラウドをカバーする仮想的な分散データベースとして機能するシステムを構築する必要があると考えている。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省「革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)」の助成を受けている。

参考文献

- [1] 内閣府、「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動走行システム推進委員会・WG」
<http://www.sip-adus.jp/>
- [2] “Intelligent Transport Systems - Extension of map database specification for Local Dynamic Map for Applications for Cooperative ITS”, ISO/TS 17931:2013(E).
- [3] “Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM)”, ETSI EN 302 895 V1.1.1 (2014-09)
- [4] 渡辺陽介, 高木建太郎, 手嶋茂晴, 二宮芳樹, 佐藤健哉, 高田広章「協調型運転支援のための交通社会ダイナミックマップの提案」DEIM Forum 2015, 2015 年 3 月.
- [5] 渡辺陽介, 竹内栄二郎, 高田広章, 二宮芳樹, 「交通マネジメントに向けたダイナミックマップアーキテクチャの研究」システム/制御/情報: システム制御情報学会誌, Vol.60, No. 11, pp. 488-494, 2016 年 11 月.
- [6] “StreamSpinner - 実世界ストリームデータ管理のための情報基盤システム”, <http://www.streamspinner.org/>.
- [7] “PostGIS - Spatial and Geographic objects for PostgreSQL”, <http://www.postgis.net/>.
- [8] “High Definition Lidar HDL-64E”,
<http://velodynelidar.com/lidar/products/brochure/HDL-64E%20Data%20Sheet.pdf>
- [9] “Intelligent Transport Systems - Geographic Data Files (GDF) - GDF5.0”, ISO 14825:2011(E).
- [10] 一般財団法人 日本デジタル道路地図協会, 「高度デジタル道路情報対応検討会資料」
- [11] “HERE HD Live Map”, <http://360.here.com/tag/hd-live-map/>