

# CooL4 データ連携 PF API 仕様(案)

## version 0.8.0

最終更新日：2024 年 3 月 11 日

自動運転レベル4等先進モビリティサービス  
研究開発・社会実装プロジェクト テーマ4(CooL4)

## 目次

1. ドキュメントの位置付け.....	3
2. 参照文献.....	4
3. 動的情報のデータフォーマット.....	5
3.1 データフォーマットの構成.....	5
3.2 データ項目の設計原則.....	5
3.3 物標情報のデータフォーマット.....	6
3.3.1 基本方針.....	6
3.3.2 データフォーマット.....	6
3.3.3 物標 ID の構成.....	12
3.3.4 位置の表現方法.....	13
3.3.5 論点.....	16
3.4 フリースペース情報のデータフォーマット.....	16
3.4.1 基本方針.....	16
3.4.2 フリースペースの多角形表現.....	17
3.4.3 フリースペースのレーン表現.....	17
3.4.4 データフォーマット.....	18
3.5 センサー情報のデータフォーマット.....	20
3.5.1 基本方針.....	20
3.5.2 データフォーマット.....	21
3.6 信号情報のデータフォーマット.....	22
3.6.1 基本方針.....	23
3.6.2 データフォーマット.....	23
3.6.3 信号灯器 ID の構成.....	25
3.6.4 地図に対する要求.....	26
3.6.5 論点.....	26
3.7 物理フォーマットとの関係.....	27
4. デジタル道路地図のデータフォーマット.....	28
4.1 仕様策定の方針.....	28
4.2 デジタル道路地図の格納形式.....	28
5. データ型の定義.....	37
付録 A. 既存の物標情報のデータフォーマットとの関係.....	50
付録 B. デジタル道路地図の各テーブル内のデータ型.....	54
付録 C. バージョン履歴.....	57

C.1 version 0.6.0 から version 0.7.0 への主な変更箇所 .....	57
C.2 version 0.7.0 から version 0.7.1 への主な変更箇所 .....	57
C.3 version 0.7.1 から version 0.7.2 への主な変更箇所 .....	57
C.4 version 0.7.2 から version 0.8.0 への主な変更箇所 .....	58

## 1. ドキュメントの位置付け

このドキュメントは、CooL4 プロジェクトにおいて実現を目指すデータ連携プラットフォーム(データ連携 PF)の API 仕様を定義するものである。

CooL4 は、標準を作成する活動ではなく、標準の叩き台となる技術開発や技術評価を目的とするプロジェクトである。そのため本仕様には、CooL4 の中で開発・評価していきたい技術(逆に言うと、現時点では有益であることが検証されていない技術)も含まれている。本仕様は、CooL4 における机上検討や実証実験の結果等を踏まえて、CooL4 の実施期間を通じてブラッシュアップしていく計画である。

現時点で、このドキュメントで規定している API 仕様は、次の通りである。

- 図 1 に示す CooL4 データ連携アーキテクチャ(文献[1]より)の(1)と(2)のインタフェースを流れる次の 4 種類の情報の論理データフォーマット
  - 物標情報
  - フリースペース情報
  - センサー情報
  - 信号情報
- データ連携 PF 内にデジタル道路地図を格納するための論理データフォーマット

データ連携 PF 内のデータを検索するためのクエリ言語としては、文献[11]に定義されているものを用いる。具体的には、CooL4 データ連携アーキテクチャの(1)のインタフェースを通してどのデータを取得するかを指定に、このクエリ言語を使用する。

また、図 1 の(3)のインタフェース仕様は、文献[10]に定義されているものを用いる。

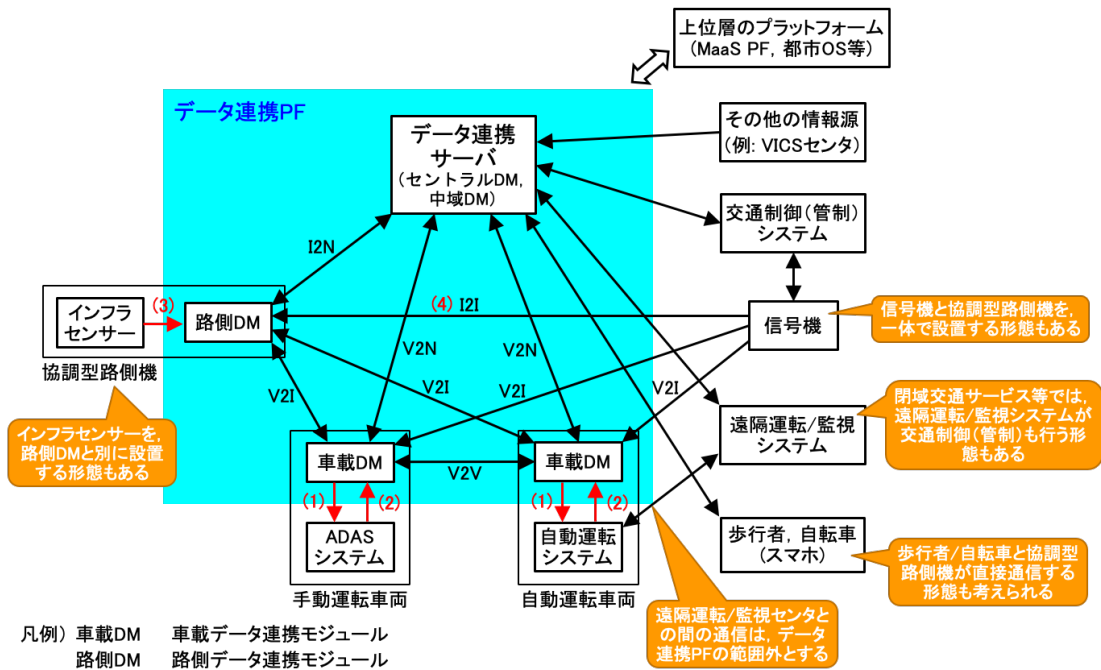


図 1. CooL4 データ連携アーキテクチャ

## 2. 参考文献

- [1] CooL4 データ連携アーキテクチャ(案)version 0.7.0(2023年3月14日).
- [2] ETSI TS 102 894-2 V1.3.1 (2018-08). Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 2: Applications and facilities layer common data dictionary.
- [3] ETSI EN 302 637-2 V1.4.1 (2019-04). Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service.
- [4] ETSI TR 103 562 V2.1.1 (2019-12). Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Analysis of the Collective Perception Service (CPS); Release 2.
- [5] 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 1.0 版.
- [6] ISO 17572-4:2020. Intelligent transport systems (ITS) — Location referencing for geographic databases - Part 4: Precise relative location references (precise relative profile).
- [7] UTMS 協会: ITS 無線路側機 DSSS 用 路車間通信アプリケーション規格「版1」(B3U01010).
- [8] ISO/TS 19091:2019. Intelligent transport systems — Cooperative ITS — Using V2I and I2V communications for applications related to signalized intersections.
- [9] SAE J2735\_202309. V2X Communications Message Set Dictionary(2023年9月).
- [10] CooL4/CCAM 検討 SWG 共通路側機センサー部インタフェース仕様 version 1.0.0(2023年12月26日).
- [11] DM2.0 クエリ言語仕様書 Version 4.00(2022年3月28日).
- [12] F. Poggenhans, J.-H. Pauls, J. Janosovits, et.al.: Lanelet2: A high-definition map framework for the future of automated driving, 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018年11月.
- [13] Lanelet2, <https://github.com/fzi-forschungszentrum-informatik/Lanelet2>.
- [14] ITS 情報通信システム推進会議: 自転車・歩行者事故防止支援システム向け実験用通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-016 1.0 版(2022年3月29日).
- [15] ISO/IEC9075:1999 Information technology – Database language SQL.
- [16] ISO/IEC9075-15:2023 Information technology – Database language SQL – Part15: Multi-dimensional arrays (SQL/MDA).

### 3. 動的情報のデータフォーマット

#### 3.1 データフォーマットの構成

CooL4 データ連携 PF は、自動運転システムに提供する動的情報として、現時点では、自動運転車両の周辺環境に関する情報(周辺環境情報)と、信号の現示やその変化予定に関する情報(信号情報)を扱う。車両の周辺環境情報の情報源としては、周辺に存在する車両自身と、路側に設置されたセンサーや車両に搭載されたセンサーがある。

車両の周辺環境情報としては、少なくとも、車両周辺に存在する物体(他車両や歩行者など)の位置や状態などの情報(物標情報)を伝達する必要がある。しかし、物標情報のみが伝達された場合、物標情報がない場所(領域)は、物体が存在しないのか、センサーから見えていないなどの理由で物体が存在するかどうか分からないのかを判別できない。物体が存在するかどうか分からない理由としては、センサーの検知範囲外であることや、オクルージョンによりセンサーから見えないことなどが考えられる。

物体が存在しないのか、物体が存在するかどうか分からないのかを判別できるようにするには、物標が存在しない領域(フリースペース)を伝達するか、センサーから見えている領域(または、その裏返しのセンサーから見えていない領域)を伝達する必要がある。センサーから見えていない領域の内、オクルージョンにより見えていない領域は、センサーの設置位置と物標の位置およびサイズから計算で求めることができる。

本仕様では、フリースペースを伝達するためのデータフォーマット(フリースペース情報)と、センサーの設置位置と検知領域を含むセンサー情報を伝達するためのデータフォーマットの両方を定義する。自動運転システムは、データ連携 PF 側で生成されたフリースペース情報を用いることもできるし、センサー情報と物標情報からフリースペースを求めて用いることもできる。

以上をまとめると、本仕様では、データ連携 PF と自動運転システムの間でやりとりする動的情報として、物標情報、フリースペース情報、センサー情報、信号情報の 4 種類の情報のデータフォーマットを規定する。

#### 3.2 データ項目の設計原則

各情報のデータ項目の策定にあたって、以下の設計原則を設定する。

- 必須のデータ項目を最小限とする。これは、現時点のユースケースを実現する際に高コストになることを避けるためと、情報源や検知状況によって得られるデータ項目が異なる(例えば、初回の検知では移動方向や速さの情報が得られないなど)ためである。なお、以下のデータフォーマットの記述で、「必須」と記載されていないデータ項目は、すべてオプションである。
- 必須のデータ項目以外のすべてのデータ項目に、そのデータ項目が設定されていないことを示す「不明」を表す値を入れられるようにする。ただし、データ項目が設定されていないことを他の方法で表せる場合には、「不明」を表す値は使用しない。
- 認識によって得られるすべての数値データ項目に、精度の情報を付与するようにする。これは、複数の情報源からの情報を統合する時に必要となるためである。精度は数値で表現し、精度が  $x$  であるとは、誤差(真値と計測値の差)の絶対値が  $x$  以下である確率が 95%になることを言う。例えば、物標情報に含まれる速さが 10m/s、速さの精度が 1m/s の場合、真の速さが 10m/s $\pm$ 1m/s の区間に入る確率が 95%であることを表す。計測値が正規分布に従う場合、精度は、誤差の標準偏差の約 2 倍(いわゆる  $2\sigma$ )となる。
- 各情報を通信メッセージに格納するための物理フォーマットは、このドキュメントでは規定せず、

別に規定するものとする。各情報を短いデータ長で表現する方法については、別規定に委ねる。

- 長さの単位は、原則として 0.01m(=1cm)とする。
- 方位角の単位は、原則として 0.0125 度とする。ただし、回転速度の単位は、0.01 度/sとする。

文献[2][4][5][7][9]には、様々な種類のデータの表現方法の定義があり、それらが適用可能な場合には、そのまま、または修正を加えて採用する方針とする。

### 3.3 物標情報のデータフォーマット

物標情報とは、道路上およびその周辺に存在する物体の位置や状態に関する動的な情報である。

#### 3.3.1 基本方針

物標情報の情報源として、その物標自身と、その物標を外部から観測するセンサーの 2 つが考えられる。以下では、その物標自身からの物標情報を自己物標情報、外部からの観測によって得られた物標情報を認識物標情報と呼ぶ。物標情報として得られる情報量は、自己物標情報と認識物標情報で大きく異なるが、CooL4 データ連携 PF は、両方の情報を統合することから、どちらにも対応できるようにデータフォーマットを定義する。なお、自己物標情報と認識物標情報を統合して得られた物標情報は、自己物標情報として扱う。

自己物標情報のデータフォーマットとしては、車車間通信のメッセージセットがある。具体的には、欧州の車車間通信のメッセージセット仕様である文献[3]と、日本の車車間通信のメッセージセット仕様である文献[5]がある。また、認識物標情報のデータフォーマットとしては、協調認識サービスのメッセージセットとして欧州で提案されている文献[4]がある。本仕様では、これらのメッセージフォーマットを参考にして、物標情報のデータフォーマットを規定する。

本仕様における物標情報には、原則として動的な情報のみを含めることとし、静的な情報や準動的な情報(変化する情報であるが、位置や速さなどの動的情報ほどは変化しない情報)は含めない。これは、動的な情報とそれ以外の情報では、情報を送るべき頻度が異なるためである。車両に対する準動的な情報としては、運転者の属性(初心者、高齢者)や、路線バスの場合には系統番号などが考えられる。

ただし、物標に関する静的/準動的な情報であっても、車両の安全な運行に必要な情報や、物標情報の統合に有益な情報は、含めることにする。また、必要がある場合には、仮名 ID をキーとして、車両に対する静的/準動的な情報を取得するためのインタフェースを別途用意することを検討する。

なお、認識物標情報においては、外部からの観測では得ることができないデータ項目は、不明の状態に渡すことになる。そのため、認識物標情報しか渡さないインタフェースにおいては、データ量削減のため、不明の状態に渡すことが決まっているデータ項目を削除して渡しても良い。データ項目の具体的な削減方法については、物理フォーマットの規定に委ねる。

#### 3.3.2 データフォーマット

物標情報は、次のデータ項目で構成される。

- 物標 ID[必須]
- 情報取得時刻[必須]

- 物標種別のリスト(リストのサイズは 0 以上 4 以下)

- 存在信頼度

- 位置と移動

- 物標位置[必須]とその精度
- 物標参照位置
- 移動方向とその精度
- 速さとその精度
- 回転速度とその精度
- 前後加速度とその精度
- 物標の静止状態

- 物標の状態/属性

- 物標の向きとその精度
- 物標のサイズとその精度
- 車両の状態等
  - ◇シフトポジション
  - ◇前輪舵角, 後輪舵角
  - ◇ブレーキ状態
  - ◇補助ブレーキ状態
  - ◇アクセルペダル開度
  - ◇灯火の状態
  - ◇各種のシステムの作動状態
  - ◇車両サイズ種別
  - ◇車両用途種別
  - ◇車両用途種別毎の状態
  - ◇牽引車両

- 物標のトラッキング情報

- トラッキング状態[必須]
- 検知回数
- 連続未検知回数
- 生存時間

- 情報源のリスト[必須]

この他に、将来のユースケースのためには、移動予定経路を含める必要があるが、現時点ではスコープ外としている。

この中で、「車両の状態等」に含まれる各データ項目は、物標が自動車であることを前提としたものである。また、その多くが外部からの観測では得ることができない情報であり、自動車からの自己物標情報において使用されることを想定している。自車両の状態等は、高い精度・信頼度で取得



することができるため、それらのデータ項目に対しては、精度や分類信頼度の情報は持たせていない。

なお、文献[14]には、自転車や歩行者の状態等を表現するデータ項目が定義されている。今後、自転車や歩行者からの自己物標情報を扱う場合には、この文献を参考に、物標情報の拡張を検討することとする。

以下では、上のそれぞれのデータ項目について説明する。

## 物標 ID

自己物標情報においては、仮名 ID(Pseudonym ID)を用いる。認識物標情報においては、物標を観測した機器または情報を統合した機器が、物標の同一性を示すため(トラッキングのため)に付与する ID(以下、認識物標 ID と呼ぶ)を用いる。物標 ID は、ある時刻においてはユニークになるように割り付ける(言い換えると、異なる物標に同じ ID 割り付けない)ものとする。

複数の物標情報を統合する場合には、統合前の物標情報のいずれかの物標 ID を、統合後の物標 ID とする。統合対象に自己物標情報が含まれている場合には、その物標 ID を用いる。ここで、ある物標情報が自己物標情報であるか否かは、物標情報の物標 ID が情報源のリストの最初の要素と一致するかどうかで判断する。物標情報の物標 ID の構成(自己の物標 ID は上位 2 ビットが 01 であること)から判断すべきではない。

物標 ID は、64 ビットの符号なし整数で表現する。物標 ID の構成については 3.3.3 節で述べる。

## 情報取得時刻

物標情報を得た時刻。認識物標情報においては、センサーが物標を観測した時刻。

情報取得時刻は、物標の位置と整合していることが重要である。認識処理等で遅れが生じる場合には、遅れ分を補正しても良い。

DE\_TimestampIts で表現する。

## 物標種別のリスト

2 段階で表現した物標の種別と段階毎の分類信頼度のリスト。リストのサイズは 0 以上 4 以下とする。リストのサイズが 0 の場合、物標の種別が不明であることを表す。

物標の種別は物標の静的な情報であるが、車両の安全な運行に必要で、物標情報の統合にも有益と考えられるため、ここに含めている。

1 段階目の種別では、物標が不明、四輪車、列車、自動二輪車、軽車両、人、動物、非固定物体、固定物体のいずれに分類されるかを表す。不明以外の場合には、2 段階目の種別で、さらに詳しい種別を表す。

分類信頼度は、1 段階目、2 段階目のそれぞれに対して、パーセント値で表現する。

2 段階目の種別に、物標の群を表す種別があるが、この種別の必要性和使い方は次の通りである。センサーで多くの車両や人が検知できた場合に、それらを個別の物標情報として表すとデータサイズが大きくなり、通信帯域の制約などにより送信できなくなる場合が考えられる。このような場合に、送信する物標情報を間引くと、受信側では、本来は物標が存在する場所をフリースペースと誤認する可能性がある。これを防ぐためには、物標情報を間引くのではなく、類似の動きをする複数の物標情報を統合する方法が望ましい。複数の物標を統合した物標情報は、物標種別を物標の群を表す種別とすることで区別する。

物標種別を物標の群を表す種別とした場合、物標 ID は、物標の群に対して付与する。物標位置、物標参照位置、物標の向き、物標のサイズの各データ項目で、物標の群全体のバウンディングボックスを表す。移動方向、速さ、回転速度、前後加速度は、物標の群に属する物標でこれらのデータがほぼ同じ値であればその値を用い、そうでなければ不明(または値を設定しない)とする。

物標種別は、DF\_ObjectClass で表現する。

#### 存在信頼度

物標情報が表す物体が実際に存在する確率。言い換えると、誤検知率を 1 から減じた値。

DE\_Confidence で表現する。

#### 物標位置とその精度

物標の位置とその精度。

DF\_Location で表現する。その構成については 3.3.4 節で述べる。

#### 物標参照位置

物標位置が、物標のどの場所を表しているか。

認識した物標の位置をできる限り正確に伝えるために、位置を最も正確に特定できる場所を参照位置とする。具体的には、センサーから見えている場所を参照位置とすることを想定している。自己物標情報の場合と、認識した物標の全体が見えている場合には、車両の場合は前面の中心の底辺位置、人の場合は中央の底辺位置を使う。どの面が見えているかわからない場合には、見えている面を前面であるものと扱う。

DE\_RefPoint で表現する。

#### 移動方向とその精度

物標の移動方向とその精度。移動方向は、WGS84 測地系における方位角で表現する。

移動方向は DE\_AzimuthValue、移動方向の精度は DE\_AzimuthAccuracy で表現する。

#### 速さとその精度

物標の移動の速さとその精度。

速さが負の値の場合は、物標が後退していることを表す。

速さは DE\_SpeedValue、速さの精度は DE\_SpeedAccuracy で表現する。

#### 回転速度とその精度

物標の回転速度(ヨーレート)とその精度。

回転速度は DE\_YawRateValue、回転速度の精度は DE\_YawRateAccuracy で表現する。

#### 前後加速度とその精度

物標の前後加速度(速さの時間微分)とその精度。

前後加速度は DE\_AccelerationValue、前後加速度は DE\_AccelerationAccuracy で表現する。

#### 物標の向きとその精度

物標の向きとその精度。向きは、WGS84 測地系における方位角で表現する。

物標の向きは、移動方向と一致するとは限らない。向きが明確でない物標に対しては、物標

のサイズを表現するために用いる情報と位置付ける。

向きは DE\_AzimuthValue, 向きの精度は DE\_AzimuthAccuracy で表現する。

#### 物標のサイズとその精度

物標のサイズとその精度。具体的には、物標の向きに対する物標のバウンディングボックスの長さ、長さの精度、幅、幅の精度、高さ、高さの精度。

物標のサイズは物標の静的な情報であるが、車両の安全な運行に必要で、物標情報の統合にも有益と考えられるため、ここに含めている。

長さ、幅、高さはそれぞれ DE\_ObjectDimensionValue, 長さの精度、幅の精度、高さの精度はそれぞれ DE\_ObjectDimensionAccuracy で表現する。

#### 物標の静止状態

物標が静止しているか、静止している場合には、どれだけの時間静止しているかを示す。

認識物標情報においては、物標位置の変化が、センサーの位置認識誤差以内である場合に、物標が静止しているものとする。

DE\_StaticStatus で表現する。

#### シフトポジション

車両のシフトポジション。

文献[5]の「DE\_シフトポジション」で表現する。

#### 前輪舵角, 後輪舵角

車両の前輪と後輪の舵角。

それぞれ DE\_SteeringAngle で表現する。

#### ブレーキ状態

車両のブレーキの状態。

文献[5]の「DE\_ブレーキ状態」で表現する。

#### 補助ブレーキ状態

車両の補助ブレーキの状態。

文献[5]の「DE\_補助ブレーキ状態」で表現する。

#### アクセルペダル開度

車両のアクセルペダルの操作量。

文献[5]の「DE\_アクセルペダル開度」で表現する。

#### 灯火の状態

車両の灯火の状態。

文献[5]の「DE\_灯火類状態」または文献[2]の DE\_ExteriorLights で表現する。

#### 各種のシステムの作動状態

車両の各種のシステムの作動状態。

文献[5]の「DE\_ACC 作動状態」「DE\_C-ACC 作動状態」「DE\_PCS 作動状態」「DE\_ABS 作

動状態」「DE\_TRC 作動状態」「DE\_ESC 作動状態」「DE\_LKA 作動状態」「DE\_LDW 作動状態」などを組み合わせたもので表現する。自動運転システムなど、新規のシステムの追加について検討する必要がある。

#### 車両サイズ種別

車両のサイズ種別。

文献[5]の「DE\_車両サイズ種別」で表現する。

#### 車両用途種別

車両の用途種別。

文献[5]の「DE\_車両用途種別」または文献[2]の DE\_VehicleRole で表現する。

#### 車両用途種別毎の状態

車両の用途種別毎の状態。

文献[5]の「DF\_拡張情報」または文献[3]の SpecialVehicleContainer で表現する。ただし、「DF\_拡張情報」を用いる場合、255 を不明値として使用する。

#### 牽引車両

車両を牽引している車両の物標 ID。

隊列走行の場合の電子牽引も同じ扱いとする。牽引されていない場合には、不明を表す値とする。

#### トラッキング状態

最新の検知状態(物標を検知したかどうか)、検知しなかった場合にその理由、物標情報の削除予告、物標情報が融合または分割されたかを表す。トラッキング状態は必須のデータ項目であるが、最新の検知状態以外はオプションとする。

DE\_TrackingStatus で表現する。

#### 検知回数

認識物標情報において、物標を検知した合計回数。物標を複数のセンサーで検知した場合は、センサー毎に検知回数を増加させる。

DE\_DetectionCount で表現する。

#### 連続未検知回数

認識物標情報において、物標を連続して検知できなかった回数。

DE\_LostCount で表現する。

#### 生存時間

認識物標情報において、物標が最初に検知されてからの経過時間。

DE\_ObjectAge で表現する。

#### 情報源のリスト

物標情報の情報源のリスト。リストのサイズは、1 以上 4 以下とする。

情報源は、自己物標情報の場合はその物標自身の物標 ID、認識物標情報の場合は観測機器を表現するための物標 ID で表す。複数の物標情報を統合して得られた物標情報においては、

統合前の情報源のリストを結合したリストとする。結合にあたっては、その物標自身の物標 ID が含まれていればそれを最初に置き、残りの情報源は、貢献度が大きいと考えられる順に並べるものとする。結合した結果、リストのサイズが 4 を超える場合には、リストの先頭から順に 4 つまでの情報源を含めるものとする。

ここで、ある物標 ID がその物標自身の物標 ID であるか否かは、物標情報の物標 ID と一致しているかどうかで判断する。物標 ID の構成(自己の物標 ID は上位 2 ビットが 01 であること)から判断すべきではない。

情報源のリストは、物標情報を統合する際に利用することを想定している。情報源のリストがない場合、例えば、1 つの情報源からの認識物標情報が複数の経路で届いた場合に、それらを独立に認識した情報と考えて、信頼度が高いと誤認するおそれがある。また、情報が循環することで、誤った情報が流通するおそれも考えられる。

### 3.3.3 物標 ID の構成

物標 ID は、自己物標情報においては仮名 ID(Pseudonym ID)、認識物標情報においては認識物標 ID を用いる。また、物標情報の対象とならない協調型路側機にも、情報源の表現などに用いるために、物標 ID を割り当てる。さらに、必須でないデータ項目に物標 ID が入る場合のために、不明を表す値を設ける。物標 ID は、これらが同じ値とならないように構成する必要がある。

仮名 ID は、仮名 ID を付与した認可局の ID と、その認可局が付与する番号で構成する。

認識物標 ID は、観測/統合機器の ID と、観測/統合機器が付与する番号で構成する。観測/統合機器の ID は、観測/統合機器が協調型路側機である場合はその恒久的な ID(以下、機器 ID と呼ぶ)、車両である場合にはその仮名 ID とする。

仮名 ID には、機器 ID よりも多くのビット数が必要と考えられる。一方で、観測/統合機器が付与する番号については、車両に搭載されたセンサーで検知した物標にのみ番号を付与する車両と、多くの箇所に設置されたセンサーからの情報を統合する可能性のある協調型路側機では、後者の方が多くのビット数が必要と考えられる。そこで、観測/統合機器が協調型路側機である場合と車両である場合で、ビット数の割当てを変える方法が有力である。

以下では、物標 ID を 64 ビットに収めることを前提に、具体的なビット数の割当てについて検討する。

文献[2]では、DE\_StationID は 32 ビットの符号なし整数で、ここに機器 ID または仮名 ID を入れることになっている。しかし、仮名 ID を頻繁に変更するユースケースを考えると、1 つの認可局が付与する番号にもある程度のビット数を確保することが必要であり、認可局の ID とあわせて 32 ビットでは、十分でないと考えられる。

観測/統合機器が付与する番号は、文献[4]の objectID が 8 ビットで構成されていることを参考にすると、1 箇所に設置されたセンサーの場合には 8 ビット以上が目安となる。

以上を踏まえて、物標 ID を 64 ビットに収めるために、仮名 ID を 50 ビットとし、物標 ID の構成を以下のようにする。なお、機器 ID は 0 以外の値とする。

不明

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
---

協調型路側機を表現するための物標ID

00	予約(30ビット)	機器ID(32ビット)
----	-----------	-------------

自己物標情報に用いるID(仮名ID)

01	予約(12ビット)	仮名ID(50ビット)
----	-----------	-------------

協調型路側機による認識物標情報に用いるID(認識物標ID)

10	協調型路側機が付与する 番号(30ビット)	機器ID(32ビット)
----	--------------------------	-------------

車両による認識物標情報に用いるID(認識物標ID)

11	車両が付与する 番号(12ビット)	仮名ID(50ビット)
----	----------------------	-------------

### 3.3.4 位置の表現方法

位置は、次の 5 つの方法のいずれか、または複数の方法を併用して表現する。また、位置精度の情報も持たせる。

- 経度緯度標高
- 平面直角座標と標高
- CRP+オフセット
- レーン番号カウント
- レーン ID+オフセット

「CRP+オフセット」は文献[6]の Method 2, 「レーン番号カウント」は文献[6]の Method 1 に基づき、独自の修正/拡張を加えた方法である。「レーン ID+オフセット」は、自動運転システム向けの標準的なデジタル道路地図(以下、標準地図と呼ぶ)があることを前提とした独自の方法である。

位置とその精度を表すデータ型である DF\_Location は、次のデータ項目で構成される。

- 経度緯度標高
  - 空間参照系
  - 経度
  - 緯度
  - 標高
- 平面直角座標と標高
  - 空間参照系
  - X 座標
  - Y 座標
  - 標高
- CRP+オフセット
  - CRP ID
  - dx\_CRP

- dy\_CRP
- dh\_CRP
- レーン番号カウント
  - レーン数
  - レーン番号
  - レーン内横方向位置
  - 縦方向位置
    - ◇ 始点 CRP ID
    - ◇ 終点 CRP ID
    - ◇ 道のり距離の比率
- レーン ID+オフセット
  - レーン ID
  - dx\_レーン
  - dy\_レーン
  - dh\_レーン
- 位置精度
  - 水平方向位置精度楕円長半径
  - 水平方向位置精度楕円短半径
  - 水平方向位置精度楕円回転角
  - 標高方向位置精度

以下では、上のそれぞれのデータ項目について説明する。

#### 空間参照系

経度緯度標高および平面直角座標と標高による位置の表現に用いる空間参照系の種類。

DE\_SRID で表現する。

#### 経度

指定された測地系に基づく経度。

DE\_Longitude で表現する。

#### 緯度

指定された測地系に基づく緯度。

DE\_Latitude で表現する。

#### 標高

指定された測地系または座標系に基づく標高。

DE\_AltitudeValue で表現する。

#### X 座標, Y 座標

指定された座標系に基づく X 座標と Y 座標。

それぞれ 32 ビットの符号付き整数で表現する。

#### CRP ID

位置参照の基準点として用いる CRP (Common Reference Point) の ID。

32 ビットの符号なし整数で表現する。

#### dx\_CRP, dy\_CRP, dh\_CRP

CRP からの相対距離。dx\_CRP は WGS84 の東西方向(東が正), dy\_CRP は WGS84 の南北方向(北が正), dh\_CRP は WGS84 の標高方向(上が正)の距離を表す。

それぞれ DE\_DistanceValue で表現する。

#### レーン数

物標のある場所における車両が走行するためのレーンの数。路側はレーンとして数えない。

DE\_LaneCount で表現する。

#### レーン番号

物標の横方向位置を表すためのレーンの番号(物標があるのは何レーン目か?)。

DE\_LanePosition で表現する。

#### レーン内横方向位置

レーン内での物標の横方向位置。レーン幅に対する比率で表現する。

DE\_LaneLateralPosition で表現する。

#### 縦方向位置

物標の始点および終点の CRP の ID と、物標の縦方向位置の道のり距離の比率。

道のり距離の比率は、DE\_DistanceRatio で表現する。

#### レーン ID

物標の位置の標準地図におけるレーンの ID。

64 ビットの符号なし整数で表現する。

#### dx\_レーン, dy\_レーン, dh\_レーン

レーンの基準位置からの相対距離。dx\_レーンは WGS84 の東西方向(東が正), dy\_レーンは WGS84 の南北方向(北が正), dh\_レーンは WGS84 の標高方向(上が正)の距離を表す。レーンの基準位置は、レーンの始点(横方向はレーンの中央)の位置とする。

それぞれ DE\_DistanceValue で表現する。

#### 位置精度

水平方向位置精度を表すための 95%の確率で正しい位置を含む楕円(95%信頼楕円)と標高の精度。楕円は、長半径(長軸の長さの半分), 短半径(短軸の長さの半分), 長軸の方位角で表現する。

楕円の長半径と短半径は DE\_SemiAxisLength, 長軸の方位角は DE\_AzimuthValue, 標高の精度は DE\_AltitudeAccuracy で表現する。



### 3.3.5 論点

- 異なる情報源からの物標情報が統合された時に、どのように統合されたかがわかると有益と考えられる。物標情報中に情報源のリストを含めたことで、どのように統合されたかがある程度はわかるが、さらに直接的に、統合前の物標 ID(のリスト)を含める方法が考えられる。また、物標情報とは別に、物標 ID の統合情報を設ける方法も考えられる。
- 物標の静的な情報は、車両の安全な運行に必要であったり、情報の統合に有益である一方で、車両の長時間の追跡も容易にしてしまう。車両の安全な運行に必要な情報は含めるべきであるが、情報の統合に有益な情報は、プライバシー保護とのトレードオフの関係になり、どこまでの情報を含めるべきかの決定が難しい。本仕様では、物標の色、車両の車種やメーカーは含めなかった。

## 3.4 フリースペース情報のデータフォーマット

フリースペース情報とは、道路(歩道も含む)の移動可能領域上の物標が存在しない領域に関する情報である。

物標情報のみが伝達された場合、物標情報がない場所(領域)は、物標が存在しないのか、センサーから見えていないのかが判別できない。フリースペース情報は、物標が存在しない領域を明示することで、センサーから見えていない領域と区別するために用いる。また、物標を見逃している確率は、物標情報では表すことができず、フリースペースの存在信頼度で表される。

フリースペースは、いくつかの方法で検知することができる。フリースペースを直接的に検知する方法として、背景にある物体をセンサーが検知することで、その手前に物標がないと判定する方法がある。この方法を直接検知と呼び、この方法で検知されたフリースペースを直接検知フリースペースと呼ぶ。それに対して、センサーの検知領域内で、物標が存在せず、オクルージョンにより見えていない領域でもない領域をフリースペースと推定する方法を、間接検知と呼ぶ。その他にも、過去に物標がないことが検知されており、その後その領域に入った物標がない場合に、その領域をフリースペースであると推定するといった方法も考えられる。

### 3.4.1 基本方針

複数のセンサーからの情報の統合を考慮すると、フリースペースは複雑な形状になるため、一般には、フリースペースを多角形で表現する方法が考えられる。実際、文献[4]におけるフリースペースの表現方法は、センサーの検知範囲と物標情報から計算によりフリースペースを求める方法を基本としているが、この方法で表現できない場合に、多角形でフリースペースを表現することも可能となっている。一方で、想定されているユースケースを踏まえると、少なくとも道路上の車両が走行する領域については、多角形による表現は不必要に複雑で、もっとシンプルな方法でも十分と考えられる。

そこで本仕様では、フリースペースを多角形で表現する方法(これを多角形表現と呼ぶ)と、フリースペース情報を受け渡すシステムがレーンレベルの地図を共有していることを前提としたシンプルな表現方法(これをレーン表現と呼ぶ)の2つを用意する。

フリースペース情報には、その領域を検知しているセンサーが検知対象とする物標の種別(検知可能物標種別)、検知できない可能性のある物標の最大サイズ(検知限界物標サイズ)、それを超えるサイズの移動物体が存在しない確率(存在信頼度)の情報を持たせる。検知限界物標サイズや存在信頼度が大きく変わる場合は、フリースペースを分割する。

規定値よりも小さいフリースペースは、フリースペース情報の生成対象としない。具体的には、多

角形表現の場合はフリースペース領域が規定値(現時点での実装では 5m とする)の直径の円に収まるサイズの領域, レーン表現の場合は長さが規定値(現時点での実装では 5m とする)より短い領域のフリースペース情報は, 生成する必要がないものとする。

### 3.4.2 フリースペースの多角形表現

フリースペースの多角形表現では, フリースペース領域(物標が存在しない道路面の領域)を多角形で表現する。

多角形は頂点のリストで表現し, 最初の頂点と最後の頂点をつないだ内側の領域を表すものとする。最初の頂点の位置は, DF\_Location で表現し, 2 番目以降の各頂点の位置は, 最初の頂点の位置からの相対座標で表現する。2 番目以降の頂点のリストのサイズは 2 以上 15 以下とする。2 番目以降の各頂点の標高は静的地図からわかるため, 頂点の標高を表すデータ項目は持たない。

フリースペース領域の精度は, 各頂点に個別に持つのではなく, すべての頂点に対して 1 つのみ持つ。具体的には, 各頂点の水平方向位置精度を表すための 95%信頼楕円をすべて含む楕円と, 各頂点の標高の精度の最大値で表現する。楕円は, 長半径, 短半径, 長軸の方位角で表現する。

### 3.4.3 フリースペースのレーン表現

フリースペースのレーン表現では, フリースペース領域は連続するレーン(幅をもった車線)の一部とし, その始点と終点の位置で表現する(図 2)。図 2 において, レーン 1 とレーン 2 が連続していることは, レーンレベル地図から読み取れることを前提としている。

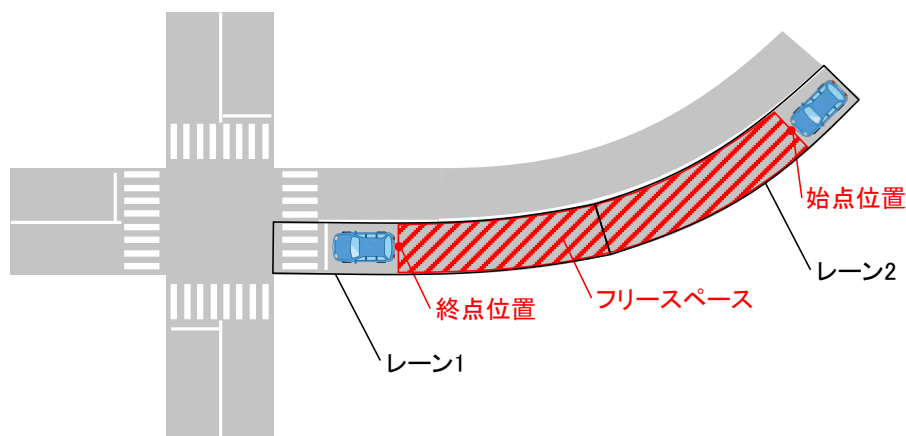


図 2. フリースペースの表現

レーンが分岐/合流する場合, 走行パス毎にフリースペース情報を生成する(図 3)。図 3 において, フリースペース 1 は直進/左折レーンに対するフリースペース, フリースペース 2 は右折レーンに対するフリースペースで, 両者には重なっている領域がある。ゼブラゾーンの扱いについては, 検討が必要である。

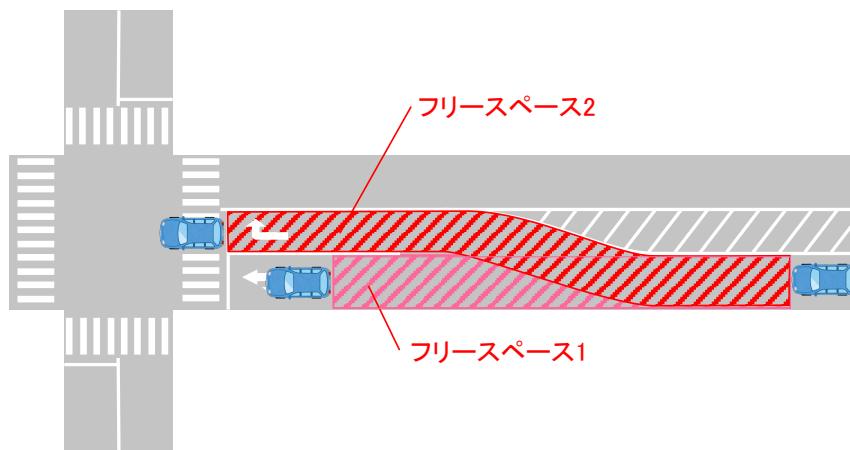


図 3. 分岐するレーンのフリースペース

フリースペースのレーン表現には、始点/終点位置を決めている物標/フリースペースがある場合には、その物標/フリースペースを識別するための情報を持たせる。

レーン表現は、システムが異なるレーンレベル地図を持っている場合にも適用できるように考慮しているが、レーンの定義が大きく異なる場合には適用できない。地図が異なる場合の適用性評価については、今後の課題である。

また、レーン表現は、道路上の車両が走行する部分のみを対象としている。歩道の扱いについても、今後の課題である。

#### 3.4.4 データフォーマット

フリースペース情報は、次のデータ項目で構成される。

- フリースペース ID[必須]
- 情報取得時刻[必須]
- 検知方法[必須]
- 検知可能物標種別[必須]
- フリースペース領域とその精度
  - [多角形表現の場合]
    - 最初の頂点位置[必須]とフリースペース領域の精度
    - 頂点のリスト[必須]
  - [レーン表現の場合]
    - 始点位置[必須]とその精度
    - 終点位置[必須]とその精度
    - 長さとその精度
    - 始点物標 ID
    - 終点物標 ID
- 存在信頼度
- 検知限界物標サイズ

- 情報源のリスト[必須]

以下では、上のそれぞれのデータ項目について説明する。

### フリースペース ID

フリースペースを観測した機器または情報を統合した機器が、フリースペースを識別するために付与する ID(認識物標 ID)。

フリースペース ID は、64 ビットの符号なし整数で表現する。フリースペース ID の構成は、物標情報の物標 ID と同一とし、物標とフリースペースに同一の ID を付与しないものとする。

### 情報取得時刻

フリースペース情報を得た時刻。

DE\_TimestampIts で表現する。

### 検知方法

フリースペースを検知した手法が、直接検知か、間接検知か、その他の方法か。

検知方法は、DE\_FreeSpaceDetectionMethod で表現する。

### 検知可能物標種別

フリースペース内に存在しないことが検知できる物標の種別。四輪車、列車、自動二輪車、軽車両、人、動物、非固定物体、固定物体が、それぞれ存在しないことが検知できるかどうかを表す。

DE\_DetectableClasses で表現する。

### 存在信頼度

フリースペース情報が表す領域内に、検知限界物標サイズより大きい物標が実際に存在しない確率。言い換えると、存在する物標を見落とす確率を 1 から減じた値。

DE\_Confidence で表現する。

### 検知限界物標サイズ

フリースペース領域内で、このサイズ以下の物標は見落とす可能性があるというサイズ。

DE\_ObjectDimensionValue で表現する。

### 最初の頂点位置とフリースペース領域の精度

フリースペース領域を表す多角形の最初の頂点の位置と、フリースペース領域の精度。

DF\_Location で表現する。

### 頂点のリスト

フリースペース領域を表す多角形の 2 番目以降の頂点の位置のリスト。リストのサイズは、2 以上 15 以下とする。

各頂点の位置は、DF\_OffsetPointXY で表現する。

### 始点位置とその精度

フリースペース領域の(レーンの進行方向に対して)始点(横方向はレーンの中央)の位置とその精度。

DF\_Location で表現する。

### 終点位置とその精度

フリースペース領域の(レーンの進行方向に対して)終点(横方向はレーンの中央)の位置とその精度。

DF\_Location で表現する。

### 長さとその精度

フリースペース領域の長さ(道のり距離)とその精度。

長さは DE\_ObjectDimensionValue, 長さの精度は DE\_ObjectDimensionAccuracy で表現する。

### 始点物標 ID

フリースペース領域の始点の手前にある物標またはフリースペースの ID。始点の手前に物標もフリースペースもない場合(典型的には, 始点の手前がセンサの検知範囲外やオクルージョンで見えていない場合)には, 不明を表す値とする。

### 終点物標 ID

フリースペース領域の終点の先にある物標またはフリースペースの ID。終点の先に物標もフリースペースもない場合(典型的には, 終点の先がセンサの検知範囲外やオクルージョンで見えていない場合)には, 不明を表す値とする。

### 情報源のリスト

フリースペース情報の情報源のリスト。リストのサイズは, 1 以上 4 以下とする。

情報源は, 観測機器を表現するための物標 ID で表す。複数のフリースペース情報を統合して得られたフリースペース情報においては, 統合前の情報源のリストを結合したリストとする。結合にあたっては, 情報源を貢献度が大きいと考えられる順に並べるものとする。結合した結果, リストのサイズが 4 を超える場合には, リストの先頭から順に 4 つまでの情報源を含めるものとする。

## 3.5 センサー情報のデータフォーマット

センサー情報は, センサーの設置位置や検知性能などに関する情報である。

### 3.5.1 基本方針

センサー情報には, 物標を検知することができる領域(検知領域)に関する情報を複数含むことができ, 検知領域毎に, センサーの検知能力(検知できる物体の種別や検知信頼度)に関する情報を持つ。センサーの検知領域と検知能力を含むデータ単位を, 検知性能情報と呼ぶ。センサー情報中に検知性能情報を複数持つことができるのは, センサーの検知領域が複数に分かれている場合や, 検知領域によって検知能力が異なる場合に対応できるようにするためである。

センサーの検知領域には, 検知対象でない物体によるオクルージョンで見えない領域は含めないものとする(図 4)。検知領域は頂点数が 16 以下の多角形で表現するが, 検知領域が複雑な形状となりそれでは表現できない場合には, 複数の検知領域に分割するか, 小さくなる方向に近似する。

センサーの検知性能は, その時の状況(天候やセンサーのレンズの汚れなど)によって変化する動的な情報である。

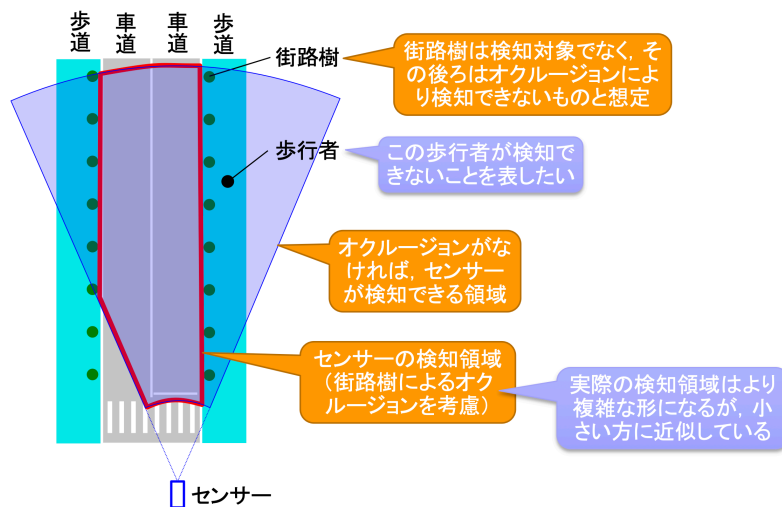


図 4. センサーの検知領域

### 3.5.2 データフォーマット

センサー情報は、次のデータ項目で構成される。

- 観測機器 ID[必須]
- センサーID[必須]
- センサータイプ
- センサー設置位置[必須]
- 検知性能情報(以下のデータ項目で構成)のリスト(リストのサイズは0以上8以下)
  - 検知可能物標種別[必須]
  - 検知領域[必須]
  - 検知信頼度
  - 検知限界物標サイズ
- センサー状態[必須]

以下では、上のそれぞれのデータ項目について説明する。

#### 観測機器 ID

センサーが設置された観測機器を表す物標 ID。協調型路側機に設置されたセンサーの場合は、協調型路側機を表現するための物標 ID で、車両に設置されたセンサーの場合は、車両の仮名 ID とする。

#### センサーID

1 つの観測機器に設置されたセンサーを識別するための ID。

8 ビットの符号なし整数で表現する。

#### センサータイプ

センサーの種類。

DE\_SensorType で表現する。

### センサー設置位置

センサーの設置位置。

DF\_Location で表現する。

### 検知性能情報のリスト

検知可能物標種別、検知領域、検知信頼度、検知限界物標サイズで構成される検知性能情報のリスト。リストのサイズは 0 以上 8 以下とする。リストのサイズが 0 になるのは、センサーが故障した場合のみとする。

検知可能物標種別と検知領域に重なりのある検知性能情報が複数ある場合には、その中で最初のが適用される。言い換えると、リストの前にある方が優先される。

検知性能情報は、DF\_DetectCapability で表現する。

### 検知可能物標種別

検知可能な物体の種別。四輪車、列車、自動二輪車、軽車両、人、動物、非固定物体、固定物体が、それぞれ検知できるかどうかを表す。

DE\_DetectableClasses で表現する。

### 検知領域

センサーが物標の存在を検知できる道路面の領域。

道路面の領域は多角形で表現する。多角形は頂点のリストで表現し、最初の頂点と最後の頂点をつないだ内側の領域を表すものとする。各頂点の位置は、センサー設置位置からの相対座標で表現し、頂点のリストのサイズは 3 以上 16 以下とする。各頂点の標高は静的地図からわかるため、頂点の標高を表すデータ項目は持たない。

各頂点の位置は、DF\_OffsetPointXY で表現する。

### 検知信頼度

センサーの検知領域内で、検知限界物標サイズより大きい物標の存在を検知できる確率。言い換えると、未検知率を 1 から減じた値。

ある信頼度が達成できない場合に、情報を出力しなくなるセンサー部の場合、その信頼度の値(固定値)を用いれば良い。

検知信頼度は、DE\_Confidence で表現する。

### 検知限界物標サイズ

センサーの検知領域内で、このサイズ以下の物標は見落とす可能性があるというサイズ。

検知限界物標サイズは、DE\_ObjectDimensionValue で表現する。

### センサー状態

センサーの稼働状態(正常稼働中か縮退稼働中か停止中か)と運用状態(運用中か試験中か)。

センサー状態は、DE\_SensorStatus で表現する。

## 3.6 信号情報のデータフォーマット

ここで扱う信号情報は、信号の現示やその変化予定に関する情報である。

### 3.6.1 基本方針

信号情報を扱うデータフォーマットとしては、日本の路車間通信のメッセージセット仕様である文献[7]や、信号情報に関する ISO の技術文書である文献[8]がある。文献[8]では、米国、日本、欧州の仕様をそれぞれプロファイル A, B, C として規定しているが、プロファイル B は文献[7]に基づいている。また、SIP-adus では、自動運転システム向けに文献[7]のメッセージセットを拡張する検討を行っている。ここでは、文献[7]をベースに、SIP-adus の成果を取り込むなどの改良を加える形で、信号情報のデータフォーマットを定義する。

文献[7]のメッセージセットの信号情報は、1 つの交差点に設置されたすべての信号に関する情報を含んでいる。具体的には、交差点への流入方路と流出方路の「組」毎にどの信号灯器を見るべきかの情報と、各信号灯器の状態の情報を含んでいる。データ量削減のために、同じ状態の信号灯器をグルーピングし、1 つのデータで表現できるようにしている。メッセージ中の信号灯器 ID は、信号灯器のグループを表すもので、1 つのメッセージ内でのみ有効な識別番号である。言い換えると、別のメッセージでは、信号灯器 ID の割り当てが異なる場合がある。SIP-adus における検討でも、この基本構造はそのまま踏襲している。

一方、自動運転システムが必要とするのは、通常、1 つのレーンから交差点に流入し、1 つのレーンに流出する時に見るべき信号の情報のみである。また、自動運転システムはデジタル道路地図を持つことが一般的であるため、静的な情報はできる限りデジタル地図に持たせる方が効率的である。具体的には、どの信号灯器を見るべきかの情報はデジタル地図に持たせたいが、信号灯器 ID が変わると静的なデジタル地図に持たせることができない。

そこで本仕様では、信号灯器 ID を静的に割り当てることでデジタル地図に持つことを可能にし、文献[1]の(1)のインタフェースには信号灯器の状態(これを、信号灯色情報と呼ぶ)のみを流すことを基本とする。また、同じ状態の信号灯器をグルーピングしてデータ量を削減することも可能にする。なお、(1)のインタフェースに静的なデジタル地図情報を流す方法については、別に定義する。

以上の他に、文献[7]のメッセージセットに対して変更を加えた点としては、伝送路の遅延に対応するために情報生成時刻を追加したこと、SIP-adus で検討されている感応式信号に対応するための情報を追加したこと、車灯器情報と歩灯器情報を統合したことなどが挙げられる。

### 3.6.2 データフォーマット

信号灯色情報は、次のデータ項目で構成される。

- 交差点 ID[必須]
- 信号灯器 ID のリスト[必須]
- 情報生成時刻[必須]
- 信号状態情報
- 特定制御動作中フラグ
- イベントカウンタ
- カウントダウン停止フラグ
- 灯色出力情報(以下のデータ項目で構成)のリスト[必須]
  - 灯色表示
    - ◇ 主灯色表示
    - ◇ 青矢信号表示



- 最小残秒数
- 最大残秒数

以下では、上のそれぞれのデータ項目について説明する。

### 交差点 ID

信号が設置された交差点を識別するための ID。交通管理者が付与することを想定している。単路部に設置された信号の場合には、信号設置箇所を識別するものとする。32ビットの符号なし整数で表現する。

### 信号灯器 ID のリスト

交差点内で論理的な信号灯器を識別するための ID のリスト。リストのサイズは、1 以上 8 以下とする。

ここで識別する論理的な信号灯器とは、交差点のある流入レーンからある流出レーンへの進行可否を示す論理的な信号灯器で、物理的な信号機とは一般には一致しない。具体的には、青矢灯器を持った(物理的な)信号機は、流出レーンによって進行可否が異なるため、(論理的な)信号灯器としては複数のものと扱う必要がある。逆に、視認性を確保するなどの目的で、1 つの流入方路に対して、常に同一の現示を行う複数の(物理的な)信号機がある場合、それらは(論理的な)信号灯器としては区別しない。

信号灯器 ID は、8 ビットの符号なし整数で表現し、割り当ては静的に決まるものとする。具体的な構成については 3.6.3 節で検討する。

信号灯器 ID をリストにして複数指定できるようにしているのは、同じ状態の(論理的な)信号灯器が複数ある場合に、データ量を削減するためである。リストに含まれる信号灯器 ID の組み合わせは、動的に変化しても良い。同じ状態の信号灯器の数が 8 より多い場合には、(データ量の削減はあきらめて)複数の信号灯器情報に分割するものとする。

なお、信号灯器の種別(車両用信号灯器か歩行者用信号灯器か)は、信号灯器 ID から判別できるものとする。

### 情報生成時刻

信号灯器情報を生成した時刻。

DE\_TimestampIts で表現する。

### 信号状態情報

信号機の動作状態。SIP-adus の事業で検討されたものを用いる。

### 特定制御動作中フラグ

信号灯色が通常と異なる変化を行う場合、または変化の可能性があることを示す情報。SIP-adus の事業で検討されたものを用いる。

### イベントカウンタ

信号灯器の状態が、時間の経過から予測できる変化(残秒数の減少など)を超える変化を行った場合にカウントアップするカウンタ。この値が変化することで、信号状態が変化したことを検出できる。

文献[7]の「DE\_イベントカウンタ」で表現する。

### カウントダウン停止フラグ

現在の灯色表示の最小残秒数が、カウントダウンされていくか否か。

文献[7]の「DE\_カウントダウン停止フラグ」で表現する。

特定制御動作中フラグと役割に重複があるため、必要性については今後検討する。

### 灯色出力情報のリスト

現在の灯色表示とその変化予定を表すリスト。リストの先頭の灯色出力情報が、現在の灯色表示を表す。リストのサイズは、1 以上 12 以下とする。

### 主灯色表示

主たる灯器の表示灯色。

DE\_MainLightIndication で表現する。

### 青矢信号表示

青矢灯器の状態。

文献[7]の「DE\_青矢信号表示方向」で表現する。ただし、この値が0か否か(すべてのビットが0か、いずれかのビットがセットされているか)だけが正確であり、各ビットの情報は正確であるとは限らないものとする。

### 最小残秒数

当該灯色が継続する最小秒数(0.1 秒単位)。

文献[7]の「DE\_最小残秒数」で表現する。

### 最大残秒数

当該灯色が継続する最大秒数(0.1 秒単位)。

残秒数が確定している場合には、最小残秒数と最大残秒数に同じ値を格納する。

文献[7]の「DE\_最大残秒数」で表現する。

### 3.6.3 信号灯器 ID の構成

信号灯器 ID は、文献[8]の SignalGroupID に相当するものである(ただし、SignalGroupID の割り当てが静的であることが前提になる)。SignalGroupID は、ある交差点内で常に同一の現示を行う(論理的な)信号灯器をグループ化して、1~254 の範囲のユニークな番号を割り振ったものである。0 は不明を示す値、255 は常に進行できることを示す値として予約されている。

信号灯器 ID に関する課題として、信号灯器 ID の割り当て主体(誰が信号灯器 ID を割り当てるか)の問題がある。以下では、国内において、信号灯器 ID の割り当てを容易にする方法について検討する。この方法に従うことで、例外的な状況を除いては、信号灯器 ID が機械的に割り当てられることになる。

国内では、車両用信号灯器については、一部の例外的な交差点を除いて、見るべき論理的な信号灯器は、流入方路と流出方路から決まる。歩行者用信号灯器については、見るべき論理的な信号灯器は、横断する方路によって決まるのが一般的である。

そこで、信号灯器 ID は、交差点に接続されている方路をユニークに識別するための方路 ID を用いて、以下のように構成することとする。方路 ID は、文献[7]の「DE\_方路 ID」に従って 1~8 の値とし、交通管理者が付与することを想定している。

## 車両用信号灯器

流入方路ID(1~8) (4ビット)	流出方路ID(1~8) (4ビット)
-----------------------	-----------------------

## 歩行者用信号灯器

横断方路ID(1~8) (4ビット)	0 0 0 0
-----------------------	---------

例外的な状況として、1つの流入方路に対して複数の車両用信号機が設置されており、流入レーンによって見るべき信号灯器が異なる場合には、見るべき信号灯器が同じレーンの集合毎に、流入方路 ID の部分を異なる値にして区別する。また、横断方路と 1 対 1 に対応しない歩行者用信号機が設置されている場合にも、流入方路 ID の部分で区別する。このような例外的な状況において、信号灯器 ID をどのように付与するかについては、今後の課題である。

## 3.6.4 地図に対する要求

デジタル道路地図には、以下の静的情報を持つものとする。

## (1) 見るべき車両用信号灯器と停止線の位置

交差点の流入レーンと流出レーンの「組」毎に、交差点 ID、見るべき車両用信号灯器の信号灯器 ID、停止線の位置を得ることができること(間接的に得られる形でも良い)。

なお、流入レーンと流出レーンの「組」に対して、進行できないこと(右折禁止や U ターン禁止など)や、信号に関係なく常に進行できることは、自動運転システム向けのデジタル道路地図に格納されているものと想定している。

## (2) 横断歩道と歩行者用信号灯器の関係

横断歩道から、それが設置されている交差点 ID と、それに対する歩行者用信号灯器の信号灯器 ID を得ることができること(間接的に得られる形でも良い)。

なお、交差点の流入レーンと流出レーンの「組」から交差する横断歩道を得るための情報と、横断歩道に対する信号機の有無は、自動運転システム向けのデジタル道路地図に格納されているものと想定している。

以上に加えて、自動運転システム向けのデジタル道路地図は、車載センサーによる信号現示の認識を容易にするために、信号機の設置位置などの情報を持っているのが一般的であるが、本仕様の信号情報を活用するために必要な情報ではないため、ここでは要求事項としない。

## 3.6.5 論点

本仕様では、信号灯器の識別単位を、進行可否を示す論理的な信号灯器としたが、自動運転システムがカメラにより認識した信号灯色と照合する場合には、物理的な信号機と一致させた方が都合がよい。具体的には、物理的な信号機に対して主灯器の表示灯色と青矢灯器の表示方向を動的情報として提供し、交差点の流入レーンと流出レーンの「組」毎に、見るべき青矢信号表示方向をデジタル地図に持たせる方法が考えられる。このアプローチは、自動運転システムへの適用を考えると有力と考えられるが、既存の規格との整合性を重視したために採用しなかった。

灯色表示の表現方法として、文献[8]のプロファイル A および C では、論理的な進行可否情報のみで表現する方法を採用しているが、本仕様では物理的な表現(具体的には、青矢信号表示)を残している。これは、日本の法律では、プロファイル A および C の **permissive-Movement-Allowed** と **protected-Movement-Allowed** の区別がされておらず、論理的な進行可否情報のみでは情報が

落ちてしまうためである。逆に、より物理的な状態に近づけて、個々の信号灯(青色灯, 黄色灯, 赤色灯, 個々の青矢灯)の状態(消灯, 点灯, 点滅)で表現する方法も考えられる。

デジタル地図に持つ静的情報として、本仕様では、流入レーンと流出レーンの「組」毎に見るべき信号灯器 ID 等を持つものとしたが、日本では、流入方路と流出方路の「組」毎に持てば、ほとんどの場合に十分である。しかし、静的情報のサイズが大きくなることは問題が小さいこと、海外にも適用できる仕様とすること、国内でも例外的なケースがあることを考えて、本仕様のように決定した。

### 3.7 物理フォーマットとの関係

本仕様で規定したデータフォーマットに従ったデータを、どのような形で受け渡すか(物理フォーマット, インタフェース, プロトコル。ここでは、物理フォーマットと呼ぶ)は、用いるプラットフォームやネットワーク毎に規定する必要がある。

本仕様で規定したデータフォーマットでは、以下のことを考慮しておらず、物理フォーマットの規定でカバーすることを想定している。

- 情報の種類(物標情報/フリースペース情報/信号情報)の識別方法
- データフォーマットのバージョンの整合性の取り方
- 複数の情報を送る場合の送り方(1 つずつ送るかリストで送るかなど)

用いる物理フォーマットによっては、データ項目に値が設定されていないことを直接的に扱える場合がある(例えば、ASN.1 の OPTIONAL フィールドや Protocol Buffers の optional フィールド)。そのような場合には、値が不明の場合には値を設定しないこととし、本仕様で規定した不明を表す値は使用しないものとしても良い。これにより、通信メッセージのデータ長を短くすることができる場合がある。

## 4. デジタル道路地図のデータフォーマット

### 4.1 仕様策定の方針

データ連携 PF 内にデジタル道路地図を格納するデータフォーマットとして、自動運转向けの高精度デジタル道路地図を扱うための ROS 向けのライブラリである Lanelet2(文献[12], 文献[13])の静的地図フォーマットと API をベースに、独自のデータフォーマットを策定する。

Lanelet2 の静的道路地図フォーマットは、XML ベースとした OpenStreetMap のデータフォーマットを拡張したものとなっている。一方、CooL4 のデータ連携 PF では、デジタル道路地図をリレーショナルデータベースに格納するため、Lanelet2 の静的道路地図フォーマットを、リレーショナルデータベースに格納する形式を規定する。

ここで、Lanelet2 に対して改良を加えた点として、レーン間の関係の扱いがある。Lanelet2 では、レーンに関する情報から、レーン間の関係を動的に計算している(具体的には、道路地図をメモリ上に読み込む時に計算する)。しかし、レーン間の関係はほぼ静的な情報であるため、事前に計算して、データベースに格納しておいた方が効率が良い。そこで、レーン間の関係を格納する方法についても規定する。

もう 1 つの重要な拡張として、論理的な信号灯器を扱えるようにしたことが挙げられる。無線通信によって受信する信号の現示情報は、物理的な信号灯器ではなく、論理的な信号灯器に対して提供されるため、それを解釈するには、デジタル道路地図に論理的な信号灯器の情報を含める必要がある。

### 4.2 デジタル道路地図の格納形式

Lanelet2 では、デジタル道路地図を、物理層、関係層、トポロジー層の 3 つのレイヤで構成している。物理層は、point, lineString, polygon の 3 つの要素を持ち、それぞれ物理的な点、線、多角形を表す。関係層は、lanelet(レーン), area(エリア), regulatory element(交通規則)の 3 つの要素を持ち、道路としての意味を表現する。トポロジー層は、レーンやエリア間の関係を表現するもので、前述した通り、Lanelet2 では動的に計算している。

これをリレーショナルデータベースに格納する際のデータ形式を記述した ER 図(Entity Relationship Diagram)を、図 5 に示す。以下では、この各部分を拡大した図を用いて、その内容を説明する。

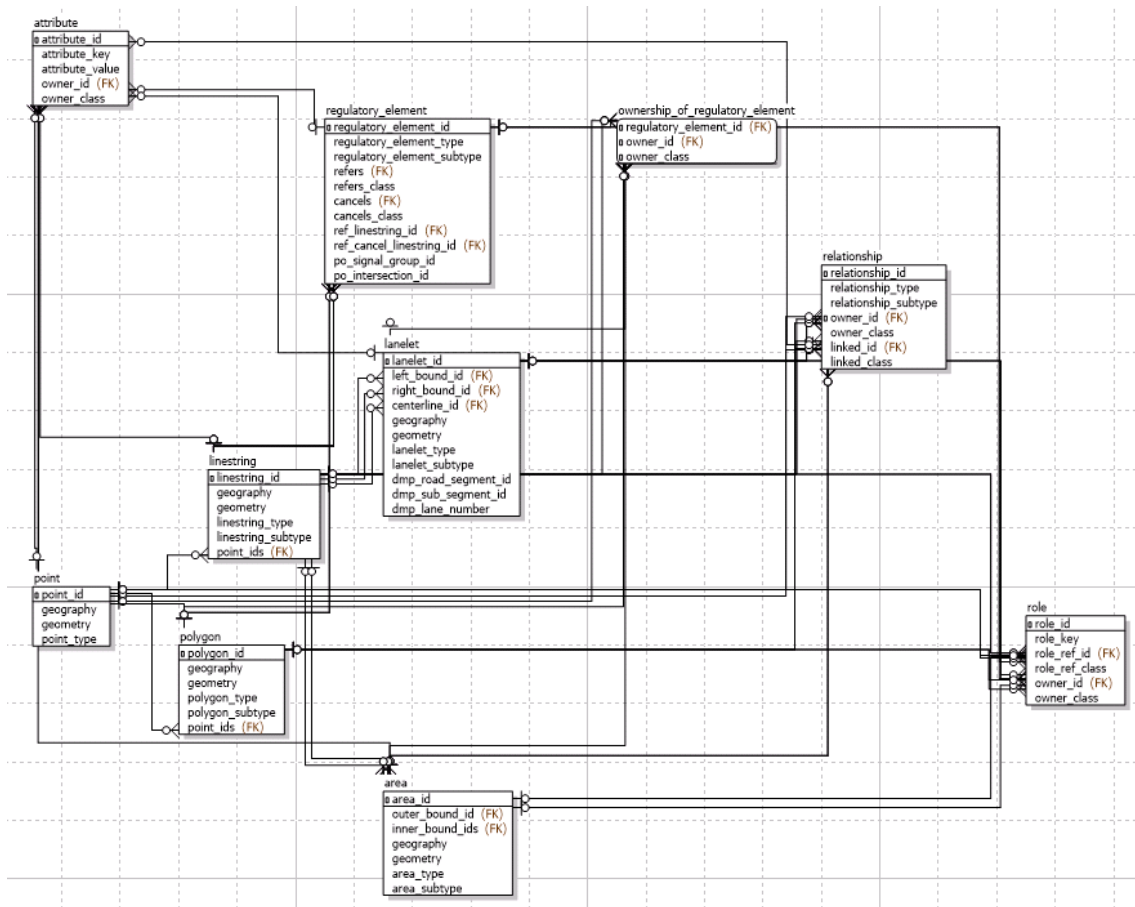


図 5. デジタル道路地図の格納形式の ER 図

図 6 は、point, lineString, polygon, lanelet, area を格納するリレーションと、それらの間の関係を示す。

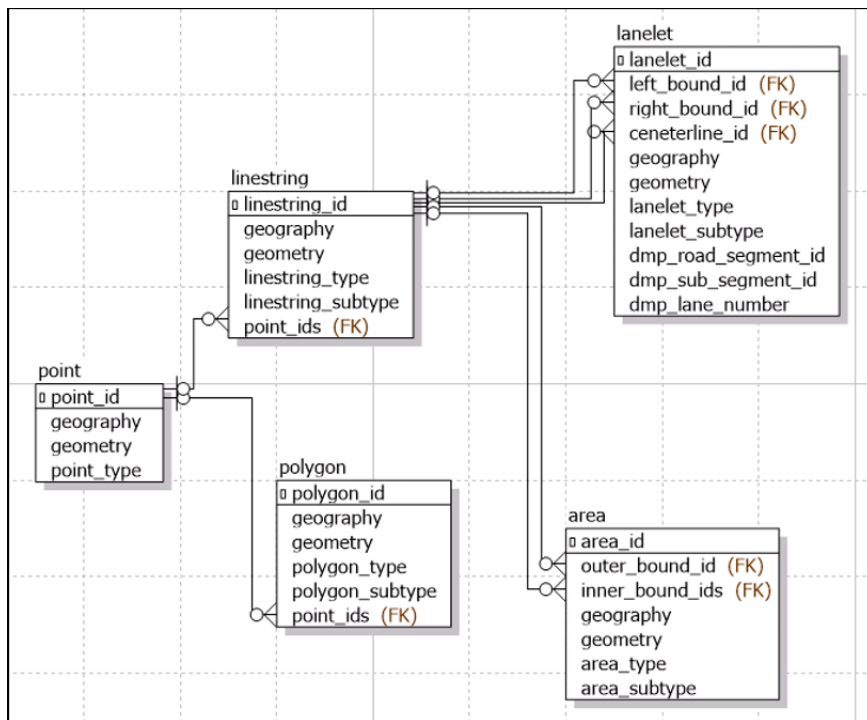


図 6. 地物テーブル同士の関連

**point** は、地図を構成する点を表すもので、経度緯度標高による位置表現 (**geography**) と平面直角座標系での位置表現 (**geometry**) の両方で点の位置を表現する。**geography** と **geometry** の両方を持たせているのは、データの検索時に、使いやすい方の表現を使えるようにするためである。また、**point** のタイプを表すフィールドを持つ。

**lineString** は、地図を構成する線分列を表すもので、線分列を構成する **point** のリストに加えて、**geography** と **geometry** の両方で線分列の位置を表現する。線分列を構成する **point** のリストを持つため、**geography** と **geometry** は冗長な情報であるが、データの検索を効率化するために持たせている。また、**lineString** のタイプとサブタイプを表すフィールドを持つ。

**polygon** は、地図を構成する多角形を表すもので、**lineString** と同様に、多角形を構成する **point** のリストに加えて、**geography** と **geometry** の両方で多角形の位置を表現する。また、**polygon** のタイプとサブタイプを表すフィールドを持つ。

**lanelet** は、道路を構成するレーン(車線)を表すもので、レーンの左右の境界を表す線分列と中央線をそれぞれ **lineString** として持つことに加えて、レーンの範囲を表す **geography** と **geometry** を持つ。ここでも、**geography** と **geometry** は冗長な情報であるが、データの検索を効率化するために持たせている。さらに、**lanelet** のタイプとサブタイプを表すフィールド等を持つ。

**area** は、道路周辺のエリア(領域)を表すもので、**lanelet** と異なり、走行する向きを持たない。駐車場や路側帯などは、**area** で表現する。**area** は、その外周を表す **lineString** と、エリアに穴が開いている場合に穴を表す線分列の集合のリストを持つことに加えて、エリアの範囲を表す **geography** と **geometry** を持つ。さらに、**area** のタイプとサブタイプを表すフィールドを持つ。

**lineString** や **polygon** 等の要素が、それぞれのリレーションに含まれない属性を持つ場合には、**attribute** リレーションを用いて表現する(図 7)。**attribute** には、属性を持つのがどの要素(**point**, **lineString**, **polygon**, **lanelet**, **area**, **regulatory element**, **relationship** のいずれか)であるかとその要

素の ID, 属性のタイプと値を持つ。

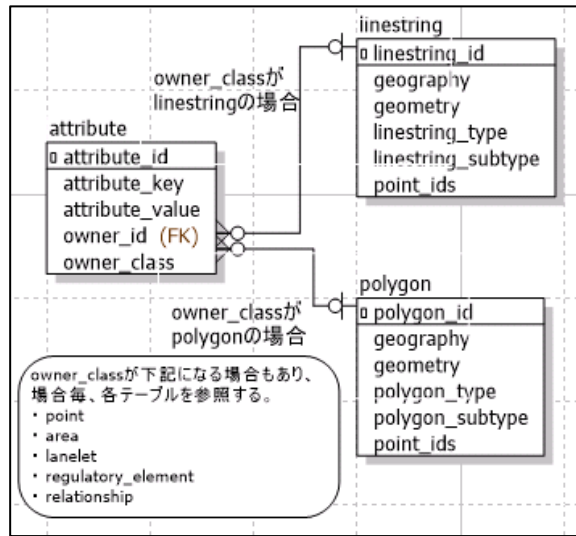


図 7. 属性テーブルの関連

図 8 は, Lanelet2 の regulatory element の内, 信号機(物理的な信号灯器), 標識, 速度規制を表すためのリレーションを示すものである。また, 無線通信で提供される信号情報に対応する論理的な信号灯器も, このリレーションで表す。これらの交通規制が, どのレーンまたはエリアに適用されるかは, 図 9 に示す ownership\_of\_regulatory\_element リレーションで表現する。

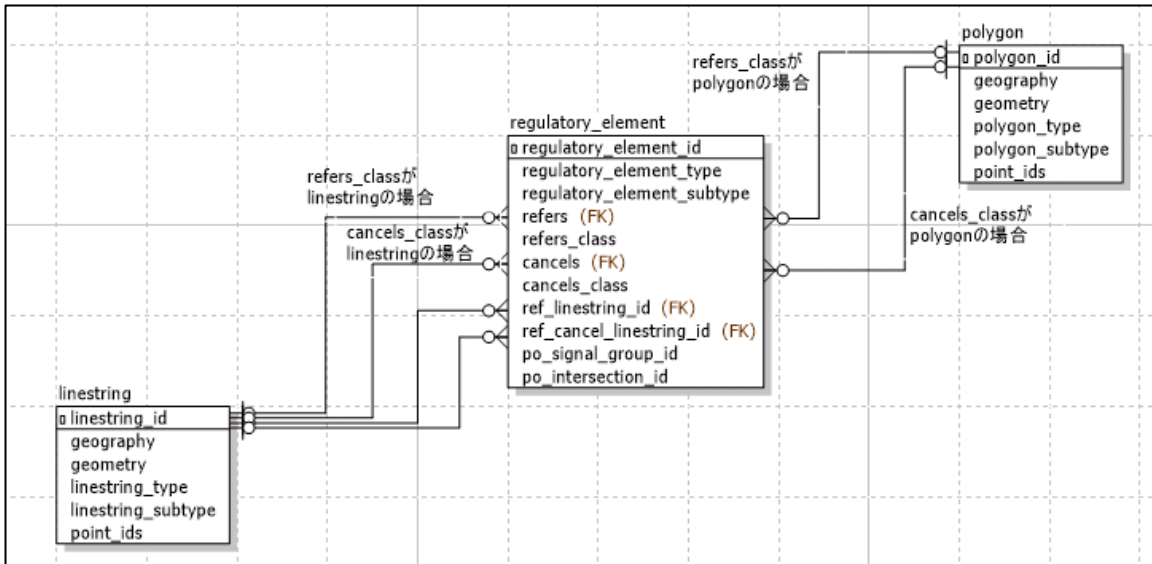


図 8. 交通規則テーブルと標識あるいは開始・停止線を示す地物テーブルとの関連



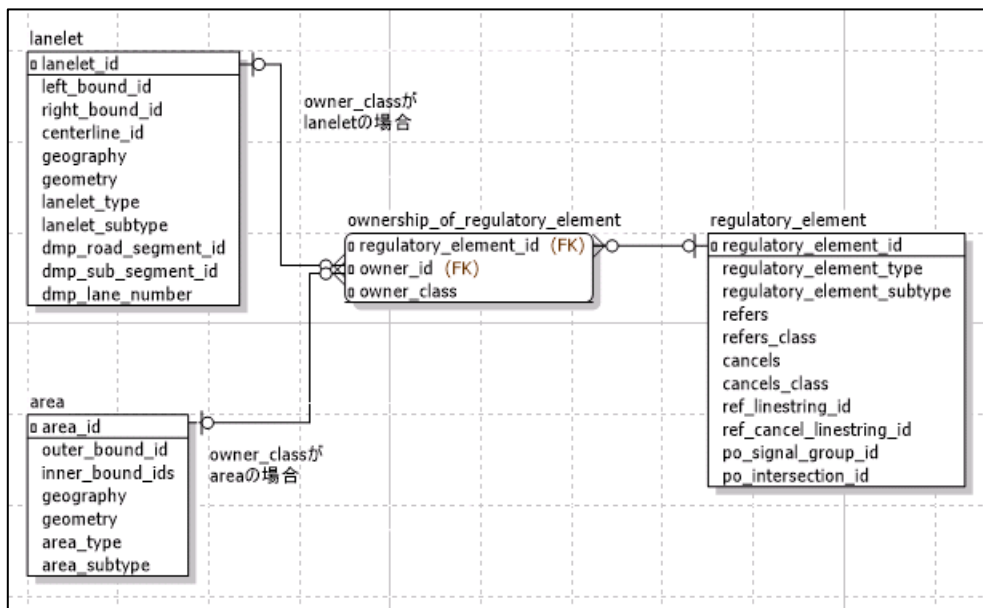


図 9. 地物テーブルと交通規則テーブルを紐づける関連

regulatory element のリレーションには、regulatory element のタイプとサブタイプを表すフィールドに加えて、以下で説明するフィールドを持つ。

regulatory element のタイプが物理的な信号灯器(traffic\_light) の場合には、refers\_class と refers により、信号灯器の底辺を表す lineString または周囲を表す polygon を参照する(refers\_class が linestring の場合は refers には linestring\_id が、refers\_class が polygon の場合は refers には polygon\_id が格納される)。また、ref\_linestring\_id により、信号灯器に対応する停止線を参照する。

図 10 に示す物理的な信号灯器の表現例では、ownership\_of\_regulatory\_element リレーションにより、regulatory\_element「55」が lane\_id「10」に対する交通規制であることを示している。また、regulatory\_element リレーションにより、regulatory\_element「55」が、物理的な信号灯器に関する交通規則であること、その信号灯器の位置は linestring\_id「33」と「34」から得られること、対応する停止線の位置は linestring\_id「22」から得られることを示している。同様に、regulatory\_element「56」が lane\_id「11」に対する交通規制であり、その信号灯器の位置が polygon\_id「35」と「36」から得られることを示している。

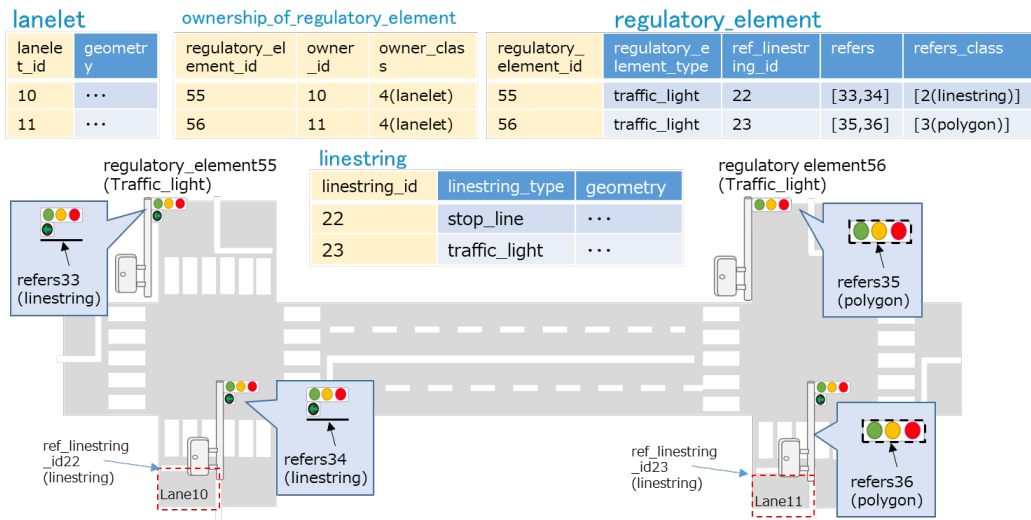


図 10. 物理的な信号灯器の表現例

regulatory element のタイプが標識の場合には、refers\_class と refers により、物理的な標識の底辺を表す lineString を参照する。標識の種類は、その lineString のサブタイプにより表現する(図 11)。また、標識の種類によっては、ref\_linestring\_id により、標識に対応する停止線を参照する。

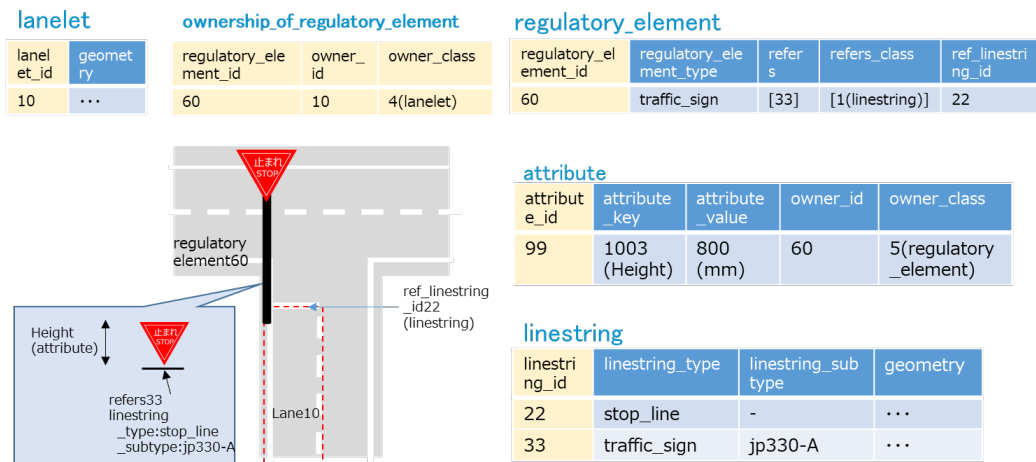


図 11. 標識および停止線の表現例

regulatory element のタイプが速度制限の場合には、refers\_class と refers により、物理的な速度制限標識の底辺を表す LineString を参照し、cancels\_class と cancels により、速度制限標識に付随する制限区間を表現する標識の底辺を表す lineString を参照する。また、ref\_linestring\_id と ref\_cancel\_linestring\_id により、速度制限の適用が開始／解除される線分列を参照する。ただし、ref\_linestring\_id が NULL の場合には、レーン全体に速度制限が適用されることを表す。

以上で説明した Lanelet2 で定義されている regulatory element に加えて、無線通信で提供される信号情報に対応する論理的な信号灯器も、regulatory\_element リレーションで表すこととした。データ連携 PF から提供される信号情報では、論理的な信号灯器は、交差点 ID と信号灯器 ID で識別される。そこで、タイプが論理的な信号灯器 (traffic\_signal) である regulatory element で、交差点

ID と信号灯器 ID で識別される論理的な信号灯器が、どのレーンや停止線に紐づくものであるかを表現する。具体的には、po\_intersection\_id に交差点 ID を、po\_signal\_group\_id に信号灯器 ID を格納し、ref\_linestring\_id により信号灯器に対応する停止線を参照する。

図 12 に示す論理的な信号灯器の表現例では、車両が lane\_id「10」から lane\_id「11」を通って左折する場合に、ownership\_of\_regulatory\_element リレーションによって lane\_id「11」に対応づけられている regulatory\_element「56」が、見るべき論理的な信号灯器に関する交通規則であることを示している。regulatory\_element「56」のリレーションからは、交差点 ID が「77」、信号灯器 ID が「0x34」であることがわかるので、これを手掛かりに、無線通信で提供される情報の中から当該信号灯器に関する信号情報を取り出すことができる。そのため、3.6.3 節で示した信号灯器 ID の構成に依存せずに、信号情報を取り出すことができる。

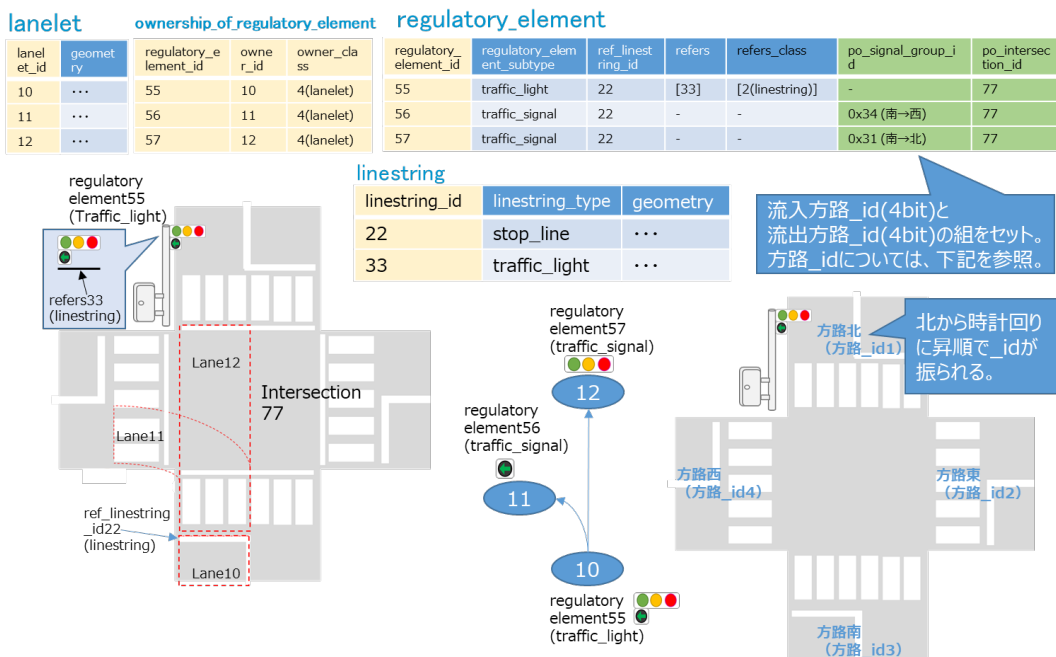


図 12. 論理的な信号灯器の表現例

Lanelet2 の regulatory element の内、“Right of Way”と“All Way Stop”は、複数の lanelet 間の交通規則を表すという点で他の交通規則と持つべき情報が大きく異なるため、図 13 のように role リレーションを用いて表すこととした。複数のレーン間の交通規則は、regulatory element を使用して表現され、各レーンは role を介して役割と共に regulatory element に関連付けられる。ただし、“Right of Way”と“All Way Stop”は日本国内では使用しないと考えられることから、role リレーションは今後の拡張性のために用意したものである。

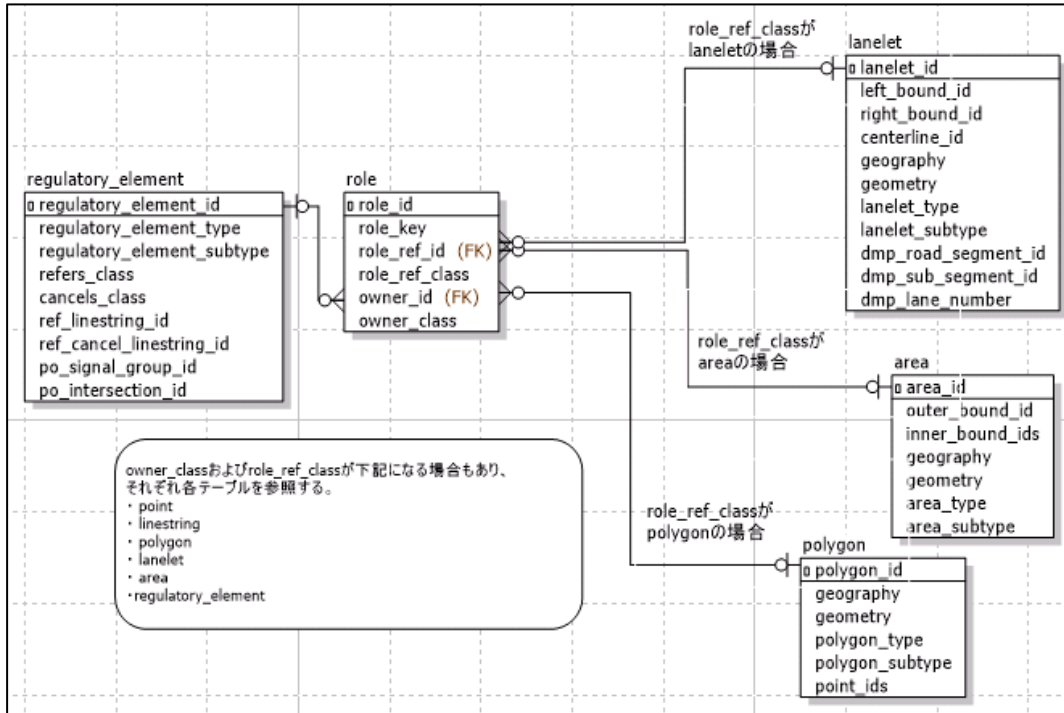


図 13. 複数の lanelet 間の交通規則と交通規則テーブルの関連

最後に、図 14 に、lanelet または area の間の関係を表すためのリレーションを示す。relationship のタイプには、connectivity(経路接続)、adjacency(隣接)、crossing(交差)がある。

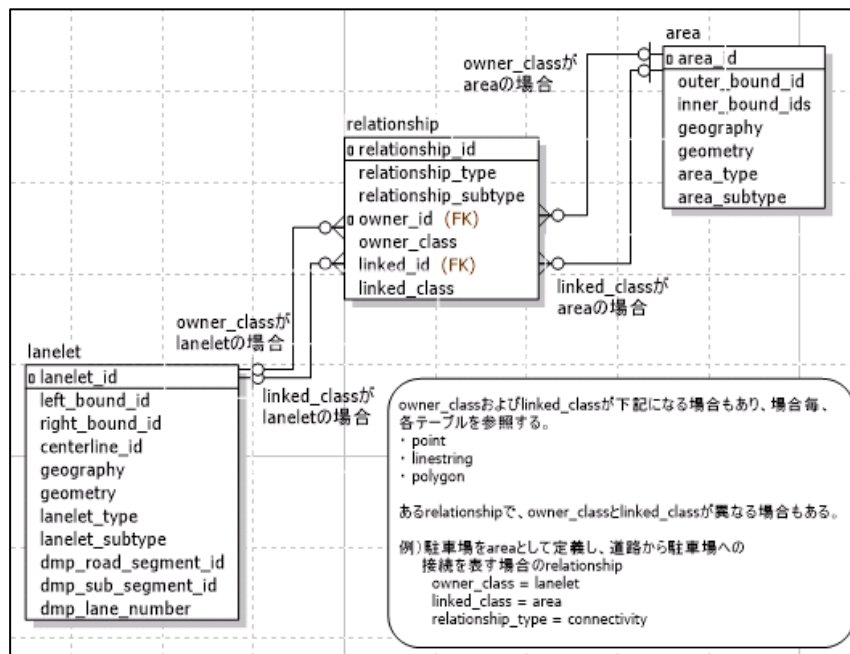


図 14. 2つの地物テーブルの関係を示すテーブルの関連

レーン A の終端がレーン B の始端となっている場合、レーン A とレーン B は経路接続の関係にあると言い、relationship リレーションの owner\_class と owner\_id でレーン A を、linked\_class と

linked\_id でレーン B を参照する。隣接の関係は、文字通り、2 つのレーン(またはエリア)が隣接していることを、交差の関係は、2 つのレーン(またはエリア)に重なりがあることを表す。

## 5. データ型の定義

ここでは、定義したデータフォーマット中で使用するデータ型について規定する。文献[5]または文献[7]に規定されているデータ型をそのまま用いる場合には、ここでは再掲しない。

### DE\_TimestampIts

UTC(協定世界時)で 2004 年 1 月 1 日 0 時 0 分 0 秒からのミリ秒単位の経過時間。

このデータ型は閏秒も数えるため、UTC との差は、閏秒が挿入されるたびに 1 秒ずつ大きくなる。そのため、UTC や UNIX 時間(UTC で 1970 年 1 月 1 日 0 時 0 分 0 秒からのミリ秒単位の経過時間。閏秒を数えない)と変換する場合には、閏秒がいつ挿入されたかの情報が必要になる。GPS 時刻(UTC で 1980 年 1 月 1 日 0 時 0 分 0 秒からの経過時間)とは、機械的に変換できる。

42 ビットの符号なし整数で表現できる。

このデータ型は、文献[2]のものを採用した。

### DF\_ObjectClass

物標種別を表すデータ型で、物標の 1 段階目の種別(不明, 四輪車, 列車, 自動二輪車, 軽車両, 人, 動物, 非固定物体, 固定物体), 1 段階目の分類信頼度, 2 段階目の種別, 2 段階目の分類信頼度で構成される。

1 段階目の種別は、2 段階目のどの種別に関するデータがあるかで表現する。2 段階目の種別は、1 段階目が四輪車の場合は DE\_VehicleSubclassType で、列車の場合は DE\_TrainSubclassType で、自動二輪車の場合は DE\_MotorcycleSubclassType で、軽車両の場合は LightVehicleSubclassType で、人の場合は DE\_PersonSubclassType で、動物の場合は DE\_AnimalSubclassType で、非固定物体の場合は DE\_NfoSubclassType で、固定物体の場合は DE\_FoSubclassType で表現する。2 段階目の種別に関するデータがない場合には、1 段階目の種別が不明であることを示す。また、分類信頼度は、DE\_ClassConfidence で表現する。

このデータ型は、文献[4]のものに拡張・修正を加えたものである。

### DE\_VehicleSubclassType

車両の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)
- 1: 乗用車
- 2: バス
- 3: 小型トラック
- 4: 大型トラック
- 5: 牽引車(牽引されている車両)
- 6: 特殊車両
- 7: 緊急車両
- 8: 農業用車両
- 9: 四輪車群

このデータ型は、文献[4]のものに修正を加えたものである。

### DE\_TrainSubclassType

列車の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)
- 1: 路面電車
- 2: その他の列車

#### DE\_MotorcycleSubclassType

自動二輪車の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)
- 1: 原付
- 2: 自動二輪車
- 3: 自動二輪車群

#### DE\_LightVehicleSubclassType

軽車両の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)
- 1: 自転車
- 2: 人力車
- 3: 荷車
- 4: キックボード
- 5: 軽車両群

#### DE\_PersonSubclassType

人の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)
- 1: 歩行者
- 2: 車椅子
- 3: シニアカー
- 4: ベビーカー(とそれを動かしている人)
- 5: スケート/スケートボードに乗っている人
- 6: 人の群

このデータ型は、文献[4]のものに修正を加えたものである。

#### DE\_AnimalSubclassType

動物の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[4]のものを採用した。

#### DE\_NfoSubclassType

非固定物体の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)

#### DE\_FoSubclassType

固定物体の種別を表すデータ型。具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明(数値で表現する場合)

**DE\_ClassConfidence**(文献[4])

分類の信頼度をパーセント値で表現したもの。

0:	不明
1:	1%
.....	
100:	100%

このデータ型は、文献[4]のものに修正を加えたものである。

**DE\_Confidence**

信頼度(検知信頼度, 存在信頼度)を表すデータ型。

信頼度を表す確率から、以下の式で求めた値を切り上げた整数値で表現する。ただし、値が101以上となる場合には、101とする。また、不明を数値で表現する場合には、0を用いる。

$$-10 \cdot \log_{10}(1 - \text{信頼度を表す確率})$$

具体的には、DE\_Confidence の値と信頼度を表す確率の関係は以下のようになる。

0:	不明(数値で表現する場合)
1:	~20.6%
2:	~36.9%
3:	~49.9%
.....	
9:	~87.4%
10:	~90.0%
11:	~92.06%
.....	
99:	~99.999999987%
100:	~99.999999990%
101:	それより大きい

自己物標情報においては、物標が存在することは確実であるため、DE\_Confidence の値を101とする。

**DF\_Location**

物標等の位置とその精度を表すデータ型。その構成は、3.3.4 節で説明した通り。

**DE\_RefPoint**

物標位置が、物標のどの場所を表しているかを表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	不明
1:	中央(バウンディングボックスの中央)の地面位置
2:	前面の中心の地面位置
3:	右前角の地面位置
4:	右側面の中心の地面位置
5:	右後角の地面位置
6:	背面の中心の地面位置
7:	左後角の地面位置



- 8: 左側面の中心の地面位置
- 9: 左前角の地面位置

地面に接している物体においては、底面位置とは地面位置のことである。

#### DE\_AzimuthValue

WGS84 測地系における方位角を 0.0125 度単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 北
- .....
- 7200: 東
- .....
- 14400: 南
- .....
- 21600: 西
- .....
- 28800: 不明(数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[9]の DE\_Angle を採用した。

#### DE\_AzimuthAccuracy

WGS84 測地系における方位角の精度(誤差がそれ以下である確率が 95%になる値)を 0.0125 度単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

- 1: 0.0125 度
- .....
- 80: 1.00 度
- .....
- 7199: 89.9875 度
- 7200: 90.00 度以上
- 7201: 不明(数値で表現する場合)

#### DE\_SpeedValue

速さを 0.01m/s 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

- 16382: -163.82m/s 以下(=-589.752km/h 以下)
- 16381: -163.81m/s
- .....
- 1: -0.01m/s(=1cm/s)
- 0: 静止
- 1: 0.01m/s(=1cm/s)
- .....
- 16381: 163.81m/s
- 16382: 163.82m/s 以上(=589.752km/h 以上)
- 16383: 不明(数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[4]の DE\_SpeedValueExtended に修正を加えたものである。

**DE\_SpeedAccuracy**

速さの精度 (誤差がそれ以下である確率が 95%になる値) を 0.01m/s 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

1:	0.01m/s (= 1cm/s)
.....	
16381:	163.81m/s
16382:	163.82m/s 以上 (= 589.752km/h 以上)
16383:	不明 (数値で表現する場合)

**DE\_YawRateValue**

回転速度 (ヨーレート) を 0.01 度/s 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-32766:	右へ 327.66 度/s 以上
-32765:	右へ 327.65 度/s
.....	
-1:	右へ 0.01 度/s
0:	直進
1:	左へ 0.01 度/s
.....	
32765:	左へ 327.65 度/s
32766:	左へ 327.66 度/s 以上
32767:	不明 (数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[2]のものを採用した。

**DE\_YawRateAccuracy**

回転速度 (ヨーレート) の精度 (誤差がそれ以下である確率が 95%になる値) を 0.01 度/s 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

1:	0.01 度/s
.....	
32765:	327.65 度/s
32766:	327.66 度/s 以上
32767:	不明 (数値で表現する場合)

**DE\_AccelerationValue**

前後加速度を 0.01m/s<sup>2</sup> 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-2000:	20.00m/s <sup>2</sup> 以上で減速
-1999:	19.99m/s <sup>2</sup> で減速
.....	
-1:	0.01m/s <sup>2</sup> で減速
0:	一定速度
1:	0.01m/s <sup>2</sup> で加速

.....	
1999:	19.99m/s <sup>2</sup> で加速
2000:	20.00m/s <sup>2</sup> 以上で加速
2001:	不明(数値で表現する場合)

**DE\_AccelerationAccuracy**

前後加速度の精度(誤差がそれ以下である確率が 95%になる値)を 0.01m/s<sup>2</sup> 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

1:	0.01m/s <sup>2</sup>
.....	
999:	9.99m/s <sup>2</sup>
1000:	10.00m/s <sup>2</sup> 以上
1001:	不明(数値で表現する場合)

**DE\_ObjectDimensionValue**

物標の一辺の長さを 0.01m 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

1:	0.01m
.....	
65534:	655.34m
65535:	不明(数値で表現する場合)

**DE\_ObjectDimensionAccuracy**

物標の一辺の長さの精度(誤差がそれ以下である確率が 95%になる値)を 0.01m 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

1:	0.01m
.....	
65534:	655.34m
65535:	不明(数値で表現する場合)

**DE\_StaticStatus**

物標の静止状態を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	移動している(静止している時間が 1 秒未満)
1:	1~2 秒間静止している
2:	2~3 秒間静止している
.....	
3599:	3599~3600 秒間静止している
3600:	3600 秒間以上静止している
3601:	移動が観測されたことがない
3602:	不明(数値で表現する場合)

### DE\_SteeringAngle

車両の前輪または後輪の舵角を1度単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-90:	右へ90度
.....	
-1:	右へ1度
0:	直進
1:	左へ1度
.....	
90:	左へ90度
91:	不明(数値で表現する場合)

### DE\_TrackingStatus

最新の検知状態(物標を検知したかどうか)、検知しなかった場合にその理由、物標情報の削除予告、物標情報が融合または分割されたかを表すデータ型。それぞれの状態を表現する値のビット毎論理和で表す。

最新の検知状態の具体的な表現値は以下の通り。

0:	物標を検知した(自己物標情報においては、その物標自身からの情報を受け取ったか、センサーがその物標を検知した。認識物標情報においては、センサーがその物標を検知した)
0x01:	物標を検知しなかった(自己物標情報においては、その物標自身からの情報を受け取らず、センサーもその物標を検知しなかった。認識物標情報においては、センサーがその物標を検知しなかった)

検知しなかった理由の具体的な表現値は以下の通り。

0:	物標を検知した、または、検知しなかった理由が不明
0x02:	センサーの検知範囲外
0x04:	オクルージョン

物標情報の削除予告の具体的な表現値は以下の通り。

0:	削除予告なし、または不明
0x08:	削除予告あり(予告物標情報を削除するN周期前からセットする)

物標情報が融合されたかの具体的な表現値は以下の通り。

0:	融合なし、または不明
0x10:	他の物標と融合された(物標の融合後、残る予定の物標情報と削除される予定の物標情報の両方に対して、N周期の間セットする)

物標情報が分割されたかの具体的な表現値は以下の通り。

0:	分割なし、または不明
0x20:	分割して生成された(物標の分割後、以前から存在した物標情報と新しく生成された物標情報の両方に対して、N周期の間セットする)

Nは、現時点の実装では3とする。

**DE\_DetectionCount**

物標を検知した合計回数を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	不明 (数値で表現する場合)
1:	1 回
.....	
65534:	65534 回
65535:	65535 回以上

**DE\_LostCount**

物標を連続して検知できなかった回数を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	物標を検知した, または不明 (数値で表現する場合)
1:	1 回
.....	
254:	254 回
255:	255 回以上

**DE\_ObjectAge**

物標が最初に検知されてからの経過時間を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	0 秒 (物標がはじめて検知された)
1:	0.1 秒
.....	
35999:	3599.9 秒
36000:	3600.0 秒以上
36001:	不明 (数値で表現する場合)

**DE\_SRID**

位置の表現に用いる空間参照系の種類を表すデータ型。

32 ビットの符号なし整数で表現する。具体的な表現値は, EPSG コードを用いて, 以下の通りとする。

経度緯度標高による位置の表現の場合

4326:	WGS84, 地理座標系
6668:	JGD2011, 地理座標系

平面直角座標と標高による位置の表現の場合

6669:	JGD2011, 日本平面直角座標 1 系
6670:	JGD2011, 日本平面直角座標 2 系
.....	
6687:	JGD2011, 日本平面直角座標 19 系

**DE\_Latitude**

緯度を 0.1 マイクロ度単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-900000000:	南緯 90 度 (南極)
.....	
-1:	南緯 0.1 マイクロ度
0:	赤道上
1:	北緯 0.1 マイクロ度
.....	
900000000:	北緯 90 度 (北極)
900000001:	不明 (数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[2]のものを採用した。

#### DE\_Longitude

経度を 0.1 マイクロ度単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-1800000000:	西経 180 度
.....	
-1:	西経 0.1 マイクロ度
0:	本初子午線上
1:	東経 0.1 マイクロ度
.....	
1800000000:	東経 180 度
1800000001:	不明 (数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[2]のものを採用した。

#### DE\_AltitudeValue

標高を 0.01m 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-100000:	-1000m 以下
.....	
-1:	-0.01m
0:	準拋楕円体上
1:	0.01m
.....	
800000:	8000m 以上
800001:	不明 (数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[2]のものを採用した。

#### DE\_AltitudeAccuracy

標高の精度 (誤差がそれ以下である確率が 95%になる値) を 0.01m 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

1:	0.01m
.....	
20000:	200.0m 以上

20001: 不明(数値で表現する場合)

#### DE\_DistanceValue

相対位置を示すための距離を 0.01m 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-132768:	不明(数値で表現する場合)
-132767:	-1327.67m 以下
.....	
-1:	-0.01m
0:	0m
1:	0.01m
.....	
132767:	1327.67m 以上

このデータ型は、文献[4]のものに修正を加えたものである。

#### DE\_LaneCount

進行方向のためのレーンの数(片側一車線の場合は 1)を表すデータ型。両側通行のレーンのみ(センターラインがない道路)の場合は、0 とする。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	両側通行のレーンのみ
1:	1
2:	2
.....	
13:	13
15:	不明(数値で表現する場合)

#### DE\_LanePosition

レーン番号を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

-16:	反対側(または内側)の道路外
-15:	反対側(または内側)の歩道
-14:	反対側の外側の路側
.....	
-2:	反対側の内側から 2 番目のレーン
-1:	反対側の最も内側レーン
0:	内側(日本では右側)の路側
1:	最も内側(日本では最も右側)のレーン
2:	内側から 2 番目のレーン
.....	
14:	外側(日本では左側)の路側
15:	外側(日本では左側)の歩道
16:	外側(日本では左側)の道路外
17:	不明(数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[2]のものに拡張を加えたものである。

**DE\_LaneLateralPosition**

レーン内での物標の横方向位置を、レーン幅に対するパーセント値で表すためのデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	レーンの内側端 (日本では右端)
1:	レーンの内側端から 1% の位置
.....	
100:	レーンの外側端 (日本では左端)
101:	不明 (数値で表現する場合)

**DE\_DistanceRatio**

始点 CRP と終点 CRP の間の縦方向位置を、CRP 間の道のり距離に対する 0.01% 単位のパーセント値で表すためのデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	始点 CRP の位置
1:	始点 CRP から終点 CRP に向かって 0.01% の位置
.....	
10000:	終点 CRP の位置
10001:	不明 (数値で表現する場合)

**DE\_SemiAxisLength**

精度を表す楕円の半径を 0.01m 単位で表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

1:	0.01m
.....	
4093:	40.93m
4094:	40.94m 以上
4095:	不明 (数値で表現する場合)

このデータ型は、文献[2]のものを採用した。

**DE\_FreeSpaceDetectionMethod**

フリースペースの検知方法を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	不明 (数値で表現する場合)
1:	直接検知
2:	間接検知

**DE\_DetectableClasses**

検知できる物標種別の集合を表すデータ型。

8 ビットの符号なし整数の各ビットで、それぞれ、四輪車、列車、自動二輪車、軽車両、人、動物、非固定物体、固定物体が検知できるかどうかを示す。

具体的なビットと物標の種別の対応は以下の通り。

ビット 0 (LSB):	四輪車
ビット 1:	列車



ビット 2:	自動二輪車
ビット 3:	軽車両
ビット 4:	人
ビット 5:	動物
ビット 6:	非固定物体
ビット 7(MSB):	固定物体

#### DF\_OffsetPointXY

平面上での相対位置を表すデータ型で、WGS84 測地系における東西方向の距離(dx, 東が正)と南北方向の距離(dy, 北が正)で構成される。

東西方向と南北方向の距離は、それぞれ DE\_DistanceValue で表現する。

#### DE\_SensorType

センサーの種類を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

0:	不明(数値で表現する場合)
1:	レーダー
2:	LiDAR
3:	単眼カメラ
4:	ステレオカメラ
5:	ナイトビジョン
6:	超音波センサー
7:	PMD センサー
8:	複数のセンサーのフュージョン
9:	誘導ループ
10:	球面カメラ

このデータ型は、文献[4]のものに修正を加えたものである。

#### DF\_DetectCapability

検知性能情報を表すデータ型で、検知可能物標種別、検知領域、検知信頼度、検知限界物標サイズで構成される。

検知可能物標種別は DE\_DetectableClasses で、検知領域は DF\_OffsetPointXY のリストで、検知信頼度は DE\_Confidence で、検知限界物標サイズは DE\_ObjectDimensionValue で表現する。

#### DE\_SensorStatus

センサーの稼働状態と運用状態を表すデータ型。それぞれの状態を表現する値のビット毎論理和で表す。

センサーの稼働状態の具体的な表現値は以下の通り。

0:	正常稼働中
0x1:	縮退稼働中
0x2:	停止中

センサーの運用状態の具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 運用中
- 0x4: 試験中

#### DE\_MainLightIndication

主たる灯器の表示灯色を表すデータ型。

具体的な表現値は以下の通り。

- 0: 不明
- 1: 滅灯
- 2: 赤点滅
- 3: 赤
- 5: 青
- 7: 黄(車両用信号灯器の場合), 青点滅(歩行者用信号灯器の場合)
- 9: 黄点滅

なお, 表現値 4, 6, 8 は使用しない。これは, 表現値を文献[8]の MovementPhaseState と一致させたためである。なお, 表現値は一致させたが, 意味は異なることに注意すること。

## 付録 A. 既存の物標情報のデータフォーマットとの関係

ここでは、本仕様で提案する物標情報のデータフォーマットと、既存のデータフォーマットの関係について整理する。

文献[3]のメッセージセットに含まれているデータ項目との関係は以下の通り。

文献[3]	本仕様
protocolVersion	対応データ項目なし(物理インタフェースで対応)
messageID	対応データ項目なし(物理インタフェースで対応)
stationID	物標 ID
generationDeltaTime	情報取得時刻
stationType	物標種別
referencePosition	物標位置
heading	移動方向
speed	速さ
driveDirection	速さ(正か負か)
vehicleLength	物標のサイズの長さ
vehicleWidth	物標のサイズの幅
longitudinalAcceleration	前後加速度
curvature(曲率)	対応データ項目なし(必要性が低い)
curvatureCalculationMode(曲率の算出方法(ヨーレートを使ったか否か))	対応データ項目なし(必要性が低い)
yawRate	回転速度
accelerationControl(OPTIONAL)	対応データ項目なし(他のデータ項目で表現可能?)
lanePosition(OPTIONAL)	レーン番号
steeringWheelAngle(OPTIONAL)	前輪舵角, 後輪舵角
lateralAcceleration(OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
verticalAcceleration(OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
performanceClass(OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
cenDsrcTollingZone(OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
protectedCommunicationZonesRSU(OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
vehicleRole	車両用途種別
exteriorLights	灯火の状態
pathHistory(過去の移動経路)	対応データ項目なし(必要性が低い)
specialVehicleContainer(OPTIONAL)	車両用途種別毎の状態

文献[4]のメッセージセットの `originatingVehicleContainer`(自車両に関する情報)に含まれているデータ項目との関係は以下の通り。

文献[4]	本仕様
heading	移動方向
speed	速さ
vehicleOrientationAngle(OPTIONAL)	物標の向き

driveDirection	速さ(正か負か)
longitudinalAcceleration (OPTIONAL)	前後加速度
lateralAcceleration (OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
verticalAcceleration (OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
yawRate (OPTIONAL)	回転速度
pitchAngle (OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
rollAngle (OPTIONAL)	対応データ項目なし(必要性が低い)
vehicleLength (OPTIONAL)	物標のサイズの長さ
vehicleWidth (OPTIONAL)	物標のサイズの幅
vehicleHeight (OPTIONAL)	物標のサイズの高さ
trailerDataContainer (OPTIONAL)	牽引車(★要検討)

文献[4]のメッセージセットの perceivedObjectContainer (認識物標情報)に含まれているデータ項目との関係は以下の通り。

文献[4]	本仕様
objectID	物標 ID
sensorIDList (物標を認識したセンサーの ID のリスト)	情報源のリスト(センサーのリストではない)
timeOfMeasurement	情報取得時刻
objectAge	生存時間
objectConfidence	存在信頼度
xDistance	位置
yDistance	位置
zDistance	位置
xSpeed	移動方向と速さ
ySpeed	移動方向と速さ
zSpeed	対応データ項目なし(必要性が低い)
xAcceleration	前後加速度+対応データ項目なし(必要性が低い)
yAcceleration	前後加速度+対応データ項目なし(必要性が低い)
zAcceleration	対応データ項目なし(必要性が低い)
yawAngle	物標の向き
planarObjectDimension1	物標のサイズ
planarObjectDimension2	物標のサイズ
verticalObjectDimension	物標のサイズの高さ
objectRefPoint	物標参照位置
dynamicStatus	物標の静止状態
classification	物標種別
matchedPosition	レーン ID+オフセット(少し意味が異なる)

文献[5]のメッセージセットに含まれているデータ項目との関係は以下の通り。

文献[5]	本仕様
-------	-----

DE_共通サービス規格 ID	対応データ項目なし(物理インタフェースで対応)
DE_メッセージ ID	対応データ項目なし(物理インタフェースで対応)
DE_バージョン情報	対応データ項目なし(物理インタフェースで対応)
DE_車両 ID	物標 ID
DE_インクリメントカウンタ	対応データ項目なし(必要性が低い)
DE_共通アプリデータ長	対応データ項目なし(設計方針の違い)
DE_オプションフラグ	対応データ項目なし(設計方針の違い)
DF_時刻情報	情報取得時刻
DF_位置情報	物標位置
DE_車速	速さ
DE_車両方位角	移動方向
DE_前後加速度	前後加速度
DE_車速取得情報	速さの精度
DE_車両方位角取得情報	移動方向の精度
DE_前後加速度取得情報	前後加速度の精度
DE_シフトポジション	シフトポジション
DE_ステアリング角度	前輪舵角, 後輪舵角
DE_車両サイズ種別	車両サイズ種別
DE_車両用途種別	車両用途種別
DE_車幅	物標のサイズの幅
DE_車長	物標のサイズの長さ
DE_位置情報遅れ時間	対応データ項目なし(必要性が低い)
DE_リビジョンカウンタ	対応データ項目なし(必要性が低い)
DE_道路施設情報	対応データ項目なし(必要性が低い)
DE_道路区分情報	対応データ項目なし(必要性が低い)
DF_GPS 状態オプション情報	位置の精度
DF_位置取得オプション情報	対応データ項目なし(必要性が低い)
DE_ヨーレート	回転速度
DE_ブレーキ状態	ブレーキ状態
DE_補助ブレーキ状態	補助ブレーキ状態
DE_アクセルペダル開度	アクセルペダル開度
DE_灯火類状態	灯火の状態
DE_ACC 作動状態	各種のシステムの作動状態
DE_C-ACC 作動状態	各種のシステムの作動状態
DE_PCS 作動状態	各種のシステムの作動状態
DE_ABS 作動状態	各種のシステムの作動状態
DE_TRC 作動状態	各種のシステムの作動状態
DE_ESC 作動状態	各種のシステムの作動状態
DE_LKA 作動状態	各種のシステムの作動状態
DE_LDW 作動状態	各種のシステムの作動状態
DF_交差点情報	対応データ項目なし(必要性が低い)
DF_拡張情報	車両用途種別毎の状態

その他, 必要性が明確でないため含めなかったデータは以下の通り。

- 検出状態(自己物標情報/認識物標情報/統合情報/予測情報)

## 付録 B. デジタル道路地図の各テーブル内のデータ型

ここでは、デジタル道路地図の各テーブルのデータ型を示す。データ型は、SQL99(文献[15][16])に準拠する形で記載している。ただし、GEOGRAPHYは、一部のDBMS(PostgreSQLやMicrosoft SQL Server)のみでサポートされているデータ型である。また、二次元配列は、DBMSによって記述方法が異なるため、ここでは一次元配列と同等の方法で記述している。

データ型内の VARCHAR に与える文字数と ARRAY に与える要素数は、十分と思われる値を例として記述しているが、使用する状況に応じて値を変更しても良い。

## point

フィールド名	データ型
point_id	BIGINT
geography	GEOGRAPHY (POINT)
geometry	GEOMETRY (POINT)
point_type	VARCHAR (100)

## linestring

フィールド名	データ型
linestring_id	BIGINT
geography	GEOGRAPHY (LINESTRING)
geometry	GEOMETRY (LINESTRING)
linestring_type	VARCHAR (100)
linestring_subtype	VARCHAR (100)
point_ids	BIGINT ARRAY [1000]

## polygon

フィールド名	データ型
polygon_id	BIGINT
geography	GEOGRAPHY (POLYGON)
geometry	GEOMETRY (POLYGON)
polygon_type	VARCHAR (100)
polygon_subtype	VARCHAR (100)
point_ids	BIGINT ARRAY [1000]

## lanelet

フィールド名	データ型
lanelet_id	BIGINT
left_bound_id	BIGINT
right_bound_id	BIGINT
centerline_id	BIGINT
geography	GEOGRAPHY (POLYGON)
geometry	GEOMETRY (POLYGON)
lanelet_type	VARCHAR (100)
lanelet_subtype	VARCHAR (100)
dmp_road_segment_id	INT
dmp_sub_segment_id	INT

dmp_lane_number	INT
-----------------	-----

## area

フィールド名	データ型
area_id	BIGINT
outer_bound_id	BIGINT ARRAY [100]
inner_bound_ids	BIGINT ARRAY [100] [100]
geography	GEOGRAPHY (POLYGON)
geometry	GEOMETRY (POLYGON)
area_type	VARCHAR (100)
area_subtype	VARCHAR (100)

## attribute

フィールド名	データ型
attribute_id	BIGINT
attribute_key	INT
attribute_value	VARCHAR (100)
owner_id	BIGINT
owner_class	INT

## regulatory\_element

フィールド名	データ型
regulatory_element_id	BIGINT
regulatory_element_type	VARCHAR (100)
regulatory_element_subtype	VARCHAR (100)
refers	BIGINT ARRAY [100]
refers_class	INT ARRAY [100]
cancel [opt]	BIGINT ARRAY [100]
cancel_class [opt]	INT ARRAY [100]
ref_linestring_id [opt]	BIGINT
ref_cancel_linestring_id [opt]	BIGINT
po_signal_group_id [opt]	BIGINT
po_intersection_id [opt]	BIGINT

## ownership\_of\_regulatory\_element

フィールド名	データ型
regulatory_element_id	BIGINT
owner_id	BIGINT
owner_class	INT

## role

フィールド名	データ型
role_id	BIGINT
role_key	INT
role_ref_id	BIGINT
role_ref_class	INT
owner_id	BIGINT



owner_class	INT
lanelet_type	VARCHAR (100)
lanelet_subtype	VARCHAR (100)
dmp_road_segment_id	INT
dmp_sub_segment_id	INT
dmp_lane_number	INT

## 付録 C. バージョン履歴

2022 年 3 月 13 日	version 0.6.0	2021 年度の最終版
2023 年 3 月 15 日	version 0.7.0	2022 年度の最終版
2024 年 1 月 5 日	version 0.7.1	2023 年度の最初の版
2024 年 3 月 7 日	version 0.7.2	
2024 年 3 月 xx 日	version 0.8.0	2023 年度の最終版

### C.1 version 0.6.0 から version 0.7.0 への主な変更箇所

- デジタル道路地図のデータフォーマットの規定を追加
- 使用するクエリ言語について記述
- 位置参照の考え方の変更と方式の追加
  - 平面直角座標と標高による位置表現方法を追加
  - 規定されている位置参照方式のいずれかを用いれば良いことに変更
- 物標 ID の扱いについての記述を追加
- 両端に物体がないフリースペースの扱いを明記
- 「DE\_物標参照位置」の表現方法を変更

### C.2 version 0.7.0 から version 0.7.1 への主な変更箇所

- CooL4 データ連携アーキテクチャの(3)のインタフェースをスコープから外す
- データフォーマットの構成の説明(3.1 節)を追加
- 方位角の単位を 0.0125 度に変更
- 物標情報に、物標の静止状態、車両サイズ種別、物標のトラッキング情報(トラッキング状態、検知回数、連続未検知回数、生存時間)を追加
- 物標種別の分類方法を変更
- 位置は、5 つの方法のいずれか(または複数の方法を併用)で表現することを明記
- フリースペースの多角形表現を追加。これまでの表現方法をレーン表現と呼ぶことに
- フリースペース情報に、検知方法と検知可能物標種別を追加
- センサー情報を追加
- 独自のデータ型の名称を英文字表記に変更。名称の見直し
- データ項目とデータ型の説明の記述スタイルを変更

### C.3 version 0.7.1 から version 0.7.2 への主な変更箇所

- 空間参照系(DE\_SRID)に関するデータ構成と説明を変更
- デジタル道路地図のデータフォーマットのフィールド名とデータ型を整理
- lineString の説明を、「線分」から「線分列」に変更
- 複数のレーン間の交通規則を表すために role リレーションを追加
- デジタル道路地図の各テーブル内のデータ型を付録 B に追加。これまでの付録 B を付録 C

に変更

#### C.4 version 0.7.2 から version 0.8.0 への主な変更箇所

- 参照文献の差し替え