

道路交通分野におけるデジタル道路地図の 利用体系に関する一考察

小原弘志¹・今井龍一²・菊地春海³・鎌田高造⁴・中條覚⁵・関谷浩孝⁶

¹一般（非会員） 国土技術政策総合研究所主任研究官 道路交通研究部高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1) E-mail: obara-h8310@mlit.go.jp

²正会員 法政大学教授 デザイン工学部都市環境デザイン工学科
(〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33) E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

³正会員 (一財) 道路新産業開発機構 常務理事
(〒112-0014 東京都文京区関口 1-23-6 プラザ江戸川橋ビル 2F) E-mail: harumi.kikuchi@hido.or.jp

⁴正会員 (一財) 日本デジタル道路地図協会 専務理事
(〒102-0093 東京都千代田区平河町 1-3-13 ヒューリック平河町ビル 5F) E-mail: kamada@drm.or.jp

⁵正会員 株式会社三菱総合研究所 スマート・リージョン本部
(〒100-8141 東京都千代田区永田町 2-10-3) E-mail: snakajo@mri.co.jp

⁶正会員 国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室長 道路交通研究部
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1) E-mail: sekiya-h92tb@mlit.go.jp

道路交通の高度化、ICT 等を活用した道路維持管理施策及び MaaS への対応等、道路に関する情報へのニーズは近年多様化かつ高度化するとともに、関連する施策も多くユースケースに応えることが求められてきており、これに呼応して「デジタル道路地図」も果たすべき役割が増大している。これら多様なニーズは、既存の単一サービスで対応させることは困難であり、外部のシステムやアプリケーションから適宜情報を取得する必要があるが、既存のデジタル道路地図は、特定の用途や目的に合わせて整備されているため、これを多くのユースケースに対応させる必要がある。これらのユースケースの相互運用性を高めることにより、多種多様で大量な情報の組織分野横断的な流通の促進が期待される。このような社会を実装していくには、多様化しているデジタル道路地図の利用体系を構成しておくことが喫緊の要事であると言える。

本稿では、このようなことを背景としてデジタル道路地図の役割と機能の分類方法を改めて考察し、市場で流通しているデジタル道路地図の実態との整合性の分析結果を報告するものである。

Key Words: *digital road map, classification, use case, functional requirements, times,*

1. はじめに

道路交通環境において情報技術の活用は、既に必須の要件となっている。利用率が 9 割を超える ETC¹⁾をはじめ、ハイエンドのカーナビにおける情報通信ネットワーク網を用いたリアルタイム通信も特別な装備とは言えない。また ETC2.0 による広域の交通情報配信や、特定プローブ情報の配信サービスを活用した運送事業者向けの車両運行管理支援も本格的に運用が開始されたように、複数の事業者にまたがりデータが受渡されているサービスも増えている。

さらに、高度な情報技術を活用したサービスとして、

自動運転の社会実装に向けて各地で実証実験が行われている。現在市場に供給されているレベルの自動運転車両においても、センサーを活用した車両の制御支援が既に普及している。今後市場に供給されることが予想される高レベルの自動運転車両では、運行計画を立案する段階から様々な情報を活用することが求められており、このための情報交換に関する研究²⁾も各方面で取り組まれている。また将来、自動車による交通の範囲を超えて人が移動する過程で選択する様々な交通モード(自家用車、タクシー、バス、鉄道、カーシェアリング等)を時系列に連結させてスムーズかつ効率的なモビリティを利用者に提供しようとする MaaS 等の取り組みも国内外の様々

なチャンネルで議論され始めている³⁾。

これらのサービスにおいて重要な役割を果たし、今後もその重要性が低下することが無いと予測される情報にデジタル道路地図がある。人や車両が移動する空間として道路や鉄道等があるが、この中で道路のつながりや形状を電子的に表しているものがデジタル道路地図である。デジタル道路地図は、カーナビの表示に用いられる「道路以外の地物を含めて調製されたデジタル地図（ここではラスター地図等を想定）」に、車両で測位した位置情報(現在地)や目的地までのルートを検索した結果等を、表示させるために利用されてきた。この利用法においては、地図と位置やルートの組み合わせが出来ることが目的であったが、近年では VICS や ETC2.0 等により提供される交通情報と組み合わせる機能(渋滞状況を地図上に表示するなど)が追加されている。今後、本格的にサービスが開始されるであろう自動運転や MaaS を見据えると、渋滞や遅延、災害等による突発的な交通規制や道路上の障害物の情報等の他、交通モード転換点(駐車場、駅、バス停等)において他の交通モードに切替える際に必要となる駐車場の満空情報、交通モード転換後の運行情報等もデジタル道路地図等の機能を利用して他のシステムと連携する必要があると考えられる。

この様に、情報技術を活用した道路交通環境において重要となるデジタル道路地図であるが、多数のサービスから求められる様々な要求に単一の製品で対応のは困難である。日本国内の代表的なデジタル道路地図には、日本デジタル道路地図協会において整備される製品としてのデジタル道路地図（以下「DRM」という。）や、自動運転車両向けを主たる目的に開発が進むダイナミックマップ（以下「DMP」という。DMP）がある。これら2つの地図製品は異なる要件を満足させるために調製されていることから、その仕様も大きく異なる。このため、様々なデジタル道路地図を用いているサービス利用者に向け、必要な情報を提供する側の作業を考慮すると、多種多様な地図のひとつひとつに合わせた情報を提供することとなり現実的ではない。DRM や DMP 以外にもデジタル地図は複数あるが、道路は大半の地図で扱われる共用性の極めて高い地物である。地図に求められている鮮度、精度および網羅性の3要件を確保していくには、既存の地図間の相互運用性を高めておくのが得策である。とくに道路は日々どこかで更新（新設や改良）されていることから、既存のデジタル道路地図の相互運用性の向上は最重要課題と言える。この課題解決を図るには、既存の主要なデジタル道路地図の用途、道路の表現方法や各地図を介した情報交換の際の注意点などの基本特性を踏まえて対策を講じていく継続的な活動が一案となる。しかしながら、著者らが調査した限り、基本特性を体系化した資料が見当たらない状況である。

このような背景の下、著者らはデジタル道路地図の基本特性の共通認識を持つための資料作成から着手することにした。その活動の一環として、本稿は、デジタル道路地図の役割と機能の分類方法を体系立てて整理・考察し、市場で流通しているデジタル道路地図製品との整合性の分析、また異なる分類間の情報交換方法に関する考察の結果を報告する。

2. デジタル道路地図の分類

最初に、デジタル道路地図において表現すべき道路の情報を簡素なものから精密なものまで区分した場合、表-1に示すものと仮定した。また、それぞれの地図が道路を表現するイメージを図-1に示す。この分類における各定義の詳細を以下に示す。

表-1 デジタル道路地図が表現する事象を基にした分類例

表現するもの	種類	情報量
①道路ネットワーク	トポロジー	↓ 少い
②物理ネットワーク	トポロジー	
③交通方向別ネットワーク	トポロジー	
④車線別ネットワーク	トポロジー	
⑤道路構造	構造	↓ 多い
⑥動的道路環境	構造+トポロジー+ α	

(1) 道路ネットワークを表した地図

道路ネットワークを表した地図は、路線ごとに1本の線(リンク等)に集約した無向グラフとして表現するものと仮定した。交差部はその規模や制限に関係なく1本のノードに集約し、交差点やインターチェンジに含まれる独立した走路は省略したものと仮定する。また、高速道路等で上下線間に物理的な隔りがある場合であっても1本の線で表現されるものと仮定した。この定義は、一般的な小縮尺地図において表現される道路が扱える程度とする。

(2) 物理ネットワークを表した地図

物理ネットワークを表した地図は、(1)と同様に無向グラフとして表現するものであるが、道路の構造上物理的に分離されている走路をその区別に応じて別リンクとして表現するものと仮定した。具体的には、中央分離帯による上下線の分離やインターチェンジのランプウェイ等の走路は別のリンクとし、物理的な道路の連結状況をもとにしたネットワークを表すものとなる。これにより、立体交差やインターチェンジ等の構造も表現することが可能となる。この定義は、一般的な中縮尺縮尺地図お

て表現される道路が表現できる程度と考えられる。

(3) 交通方向別のネットワークを表した地図

交通方向別ネットワークを表した地図は、上下線を区

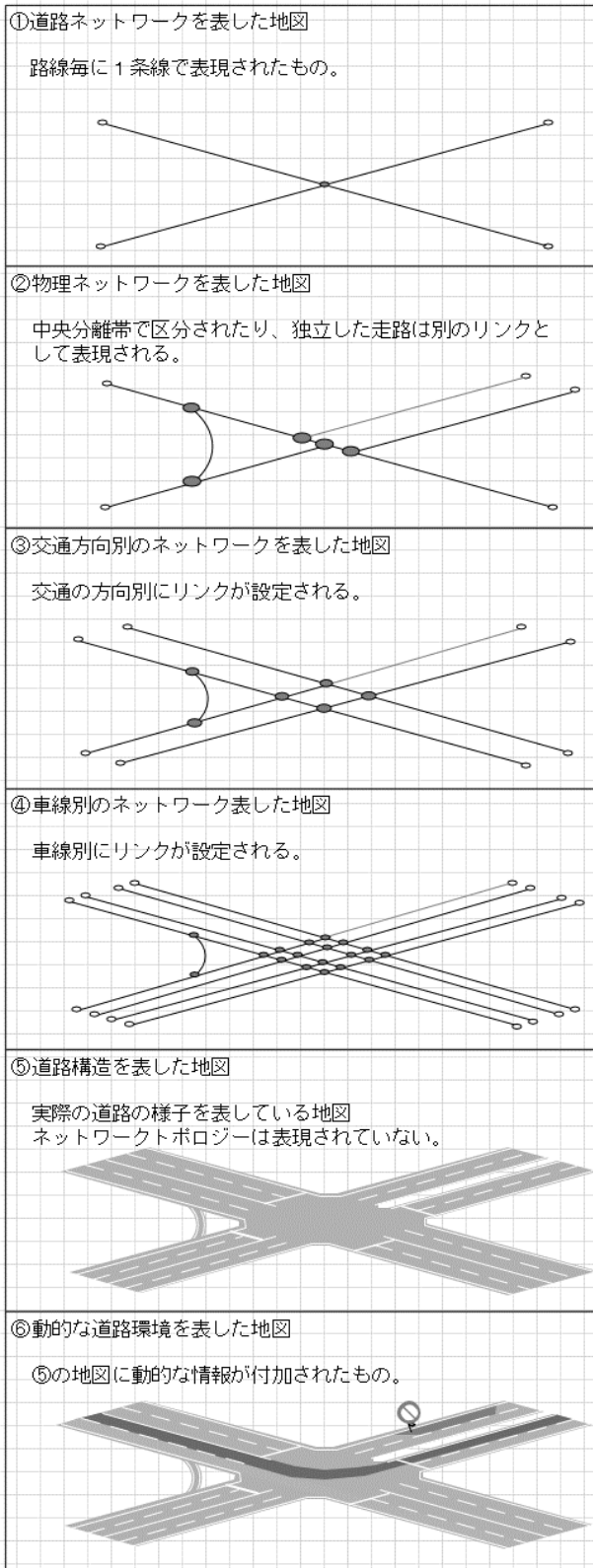


図-1 デジタル道路地図の分類が表現する道路のイメージ

※) 4車線道路の交差点をそれぞれの定義により表現したもの

別した有向グラフこととして表現されるものと仮定した。交差点等の表現は、(1)に示す道路ネットワークを基にした場合と、(2)に示す物理ネットワークを基にした場合で表現が異なる。本稿においては(2)を基にしたものと仮定する。理由は、交差点内の機能を有向グラフとして表現するために必要な情報が(1)の道路ネットワークを表現した地図では省略されており、交通ネットワークのトポロジーを正確に表現することが困難であるためである。この定義により、(1)及び(2)に比較して道路交通を表現する能力が高くなると考えられ、一般的な大縮尺縮尺地図において表現される道路ネットワーク上の交通を表現できるものと考えられる。

(4) 車線毎のネットワークを表した地図

車線毎のネットワークを表現した地図は、車線別のネットワークを有向グラフとして表現するものと仮定する。この場合、通常の走行車線、右左折レーン、ランプウェイ上の複数の車線も表現することとなる。この定義では、大縮尺地図において表現されるネットワークやDMP等の高精細道路地図上の走路を定義することが出来る。

しかし、道路の詳細な機能を表現するため、車線の移動が可能な区間や方向等規制に関する情報を属性として含める必要が生じる。これらの属性情報をどの程度網羅すべきかは、地図を利用するサービスの要求に基づくため、その条件により様々な製品が派生すると考えられる。

(5) 道路構造を表した地図

道路構造を表した地図は、前述の(1)～(4)と異なり、道路の構造を表現したものと仮定する。この地図で表現するものは道路の幅や車線、道路付帯施設として歩行者横断帯や導流帯等の他、歩道の構造や中央分離帯の正確な表現を含むものと考え、例えば国土地理院を通して公開される基盤地図情報等との整合性が高い表現能力を有するものと仮定した。具体的には、道路基盤地図情報や、DMPの基盤となる静的情報に分類される地図が該当すると考えられる。ただし、この分類では交通ネットワークのトポロジーは表現されないため、前記した4つの分類とは種類が異なる。

(6) 動的な道路環境を表した地図

動的な道路環境を表した地図は、視覚的な認知に親和性の高い道路構造の詳細を表現できる(5)に示す道路構造を示す地図に、道路の機能を詳細に表現できる(4)に示す車線単位のネットワークを表す地図を重ね、更に道路交通に影響を与える情報を動的に追加したものと仮定した。このため、正確にはデジタル道路地図としての分類上は他の分類に包含されるが、自動運転サービスを対象に独立させることが必要と考え、一つの分類と仮定した。

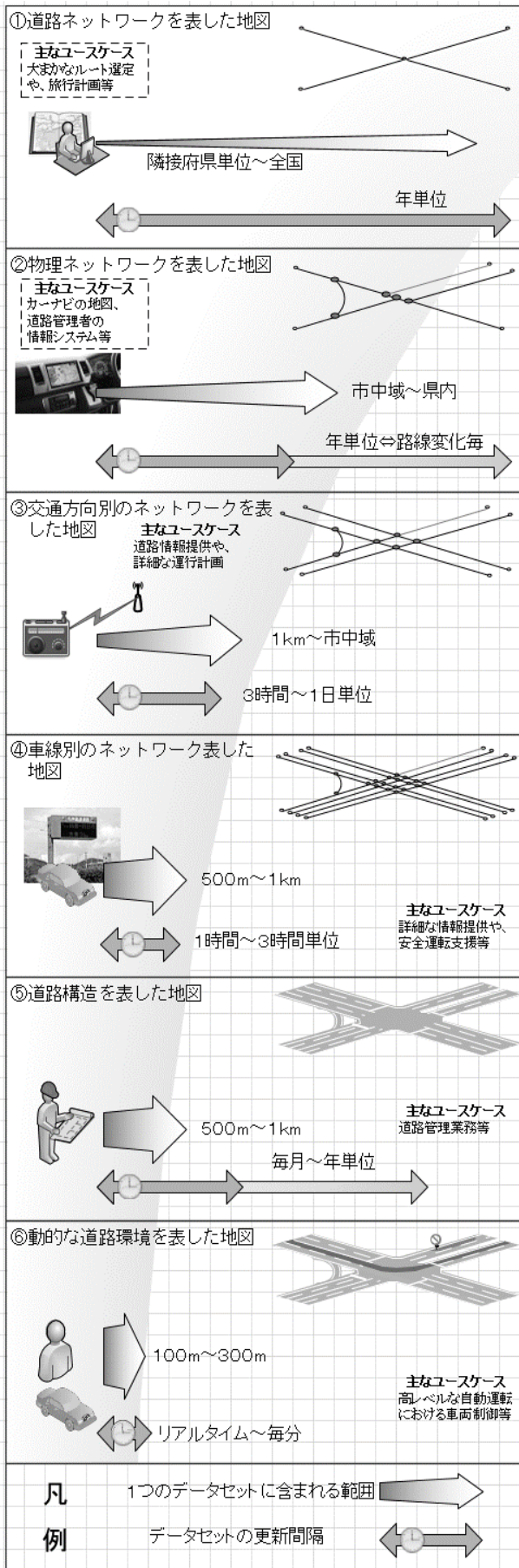


図-2 デジタル道路地図の分類毎に想定される地図情報の更新間隔とデータセットの収録範囲

3. デジタル地図の分類ごとの利用ニーズ

前章で定義した分類に対して、デジタル道路地図の利用シーンを自動運転等を想定し、必要な地図更新間隔、一度に利用する地図の範囲を整理した。(図-2)今回仮定した分類方法に基づくユースケースは、これまで検討されたことが無いため、それぞれの更新間隔や一度に把握する範囲の値の定義が明確でない。このため、本稿においては、それぞれの分類において表現内容が変化する頻度の推定を基に大まかな値を記載している。以下に、各々の分類のユースケースを含めた考察を示す。

(1) 道路ネットワークを表した地図

道路ネットワークを表す地図は、目的地までのルート選定等に用いるため、道路がどの様に接続されているかが重要であり、表現するネットワーク構造が変わらない形状変化であれば地図は不変である。

(2) 物理ネットワークを表した地図

物理的なネットワークを表す地図は、道路ネットワーク構造が変化しない場合でも、交差点の立体化等の局部改良に伴う変化等が反映されなければならない。この分類の地図は、道路管理者等が構造物等の影響を考慮して迂回路設定などを行う場合に必要なものと考えられる。

(3) 交通方向別ネットワークを表した地図

交通方向別のネットワークを表す地図は、有向グラフであるためリンクの方向性が示されている。(1)及び(2)に示した無向グラフに比べ、日別や時間帯別で同じリンクの方向性が変化する場合などを考慮する必要があり、短時間で更新されることが望ましい。この分類の地図は進行方向における規制情報(通行止めや車線規制等の情報)等を表現出来る。このため、車両周辺+ α の区域の情報を基にリルート検索等に活用されると考えられる。

(4) 車線別ネットワークを表した地図

車線別ネットワークを表現する地図は、細密な有向グラフであり、平面交差の交差点内やこれに付随する走路等の導線を詳細に表す事が出来る。交差点内の状況変化等は発生頻度が高く、これに伴い有向グラフとしての表現は極端に短いサイクルで更新されるものと考えられる。時間帯別の規制や並行するリンクの間を遷移するために必要な情報等を伝達できると考えられる。

(5) 道路構造を表した地図

道路構造を表した地図は、(1)～(4)に示すものと異なり道路空間の詳細を表すものであり、ネットワークトポロジーは含まれていない。この分類では地物として収録

される区画線や規制線、路側帯などの変更が反映されるため、その都度更新する必要がある。道路空間の詳細が変化するタイミングは道路管理者等が行う道路構造の改良や区画線の変更に依存する。ただし、この分類ではトポロジーが含まれない事や、一度に参照する範囲が他の分類に比較して狭い範囲（自車位置の周辺等）となり、取得単位辺りの更新頻度は低いと想定される。

(6) 動的な道路環境を表した地図

この分類の地図は、(5)に示す道路構造を表した地図と、(4)に示す車線単位のネットワークトポロジーとを併用するため、それぞれの分類の更新頻度に依存する。また動的情報として、リアルタイムで変化する交通等を重畳して利用されるため、高い更新頻度が求められる。

4. 既存地図製品の分類の考察

現在利用されているデジタル道路地図が第 2 章において仮定した分類によりどの様に分類されるかを考察した。対象は、DRM及び道路基盤地図情報とした。

(1) DRM

DRMは、日本デジタル道路地図協会(以下「DRM協会」という。)が作成し管理している製品である。すなわち、第 2 章で分類した物理ネットワークに相当するデジタル道路地図である。これは道路管理者が提供する道路の改修に関する情報等を基に作成され、交差点等の路線が交差または接続する点にノードを設置し、それを結ぶリンクを配している。DRM上では個別のノードやリンクを区別するため、ノードに ID を付与し、これを基にしたリンク ID がリンク毎に設定されている。道路の位置や形状に関する情報の他に、DRMデータベースには属性情報として車線数、管理者、路線番号、幅員、橋・トンネルなどの道路構造物を始めとする多くのデータが格納されており、その情報を利用して多くの事象を表現することが可能⁴⁾である。また、データを基本道路区間とその他道路に分けて、利用シーンに合わせた利用(地図縮尺の大小による表現など)が可能⁵⁾なものとなっている。ノードは橋梁区間や行政区境等にも設置されているため、特に道路管理者等が利用しやすい。

現状の DRM は、更新頻度が高く、概ね最新の道路状況を把握できるが、異なるバージョンの間でノードやリンクの ID が異なる。これらの ID を利用して情報を受け渡すためには、どのバージョンで作成された情報かを指定して伝達する必要がある。現在、DRM協会では、この問題に対処するため、恒久的な ID を DRM データベースに付与することが検討課題となっている。

(2) 道路基盤地図情報

道路基盤地図情報は、2006 年度から国土交通省が整備を進めている大縮尺のデジタル道路地図で、現段階で整備途上のものである。この地図には、道路管理の各種業務で共用性の高い 30 地物の道路構造を 1/500 または 1/1,000 で表現しており、GIS や他の高精度デジタル道路地図等の共用基盤として利用出来る。収録される主な地物には、走行空間を識別できる道路縁や区画線、また交差点における走行制御に必要な歩行者横断帯や規制線等が含まれる⁶⁾。

道路基盤地図情報は、工事完成平面図から生成され、工事による現地の状況が高い相対関係で収録されており、図中に設けられた標定点をもとに絶対座標を付加している。このため、収録された地物の相対関係は高い精度をもつが、工事図面に掲載されていない走行帯の中心線等は地物に含まれておらず、また局所的な作成単位である事から、交通ネットワークにおけるトポロジーに該当する情報は取得できない。このことから道路基盤地図情報は、本稿における分類のうち、道路構造を表す地図の分類に該当するものと考えられる。

5. 異なる分類の地図間で情報交換する手法の考察

異なる地図を用いたシステムの間で情報を交換する場合、地図に依存しない情報として経緯度等の絶対座標を用い受け渡す必要がある。しかし、道路ネットワーク上の情報を扱うシステムでは経緯度に変換した時点で道路ネットワークとの関係性を失う。道路ネットワークとの関係性が失われた情報は、受け取った側のシステムであらためてデジタル道路地図上にあるリンク等との関係性を構築することとなるが、異なるデジタル道路地図を用いたシステムの間では正確に道路上の位置が伝達されない可能性がある。

道路ネットワークとの関係性を維持した状態で情報を交換するためには、デジタル道路地図上のリンクやノードとの関係性情報を付加して伝達する必要があるが、その情報を、受け取る側のシステムで解釈できない場合は伝達そのものに行えない。

道路ネットワークとの関係性を維持したまま情報の位置を定義する方法には線形位置参照方式がある。これは、道路ネットワーク上の位置をそれぞれのデジタル道路地図上のノード等の基準となる点からリンク上の距離や割合で示し、この情報を交換することにより異なる地図間で位置情報の整合を図るものである。経緯度等を用いて情報を伝達した場合に比べ、特定する道路区間を間違えない、道路上での並び順や道路の左右といった情報を正しく表現できるなどの利点がある。本稿で整理した異な

るデジタル道路地図の分類間で線形位置参照方式を用いて位置情報を交換した場合には、基準となる点の適切な継承関係が無ければ正確な情報伝達は行えない。正確な情報伝達のためには、それぞれの分類の間で共通して用いられる基準点と、異なる地図間での継承関係を定義することが必要となる。

異なる分類のデジタル道路地図間で適切な継承関係を構築するため、本稿においてはそれぞれの分類におけるノード(交差点)の関係を図-3に整理した。

ここでは、道路ネットワークを表すデジタル道路地図に設けられたノードから特化アプローチを用いて関係性を維持する事と仮定した。具体的には、現実の道路空間を表す道路構造を表した地図において交差点に一つ設定する基準点(CRP: Common Reference Point)と、道路ネットワークを表した地図の交差点に相当するノードの間で1対1の関係を構築する。つぎに、交差点に相当するノードと、それぞれの分類設定されたノードとの間の継承関係に基づき関係性を定義する。この方法により、異なる分類の地図間においても相互に道路上の基準点の位置を正しく伝達することが可能になると考えた。CRPを用いた位置参照の基本的な考え方は、ISOで定義されている⁶⁾。今後は、この考え方を基本として、我が国の実情を踏まえた詳細な位置参照方法およびCRP定義方法の具体化が必要と考える。

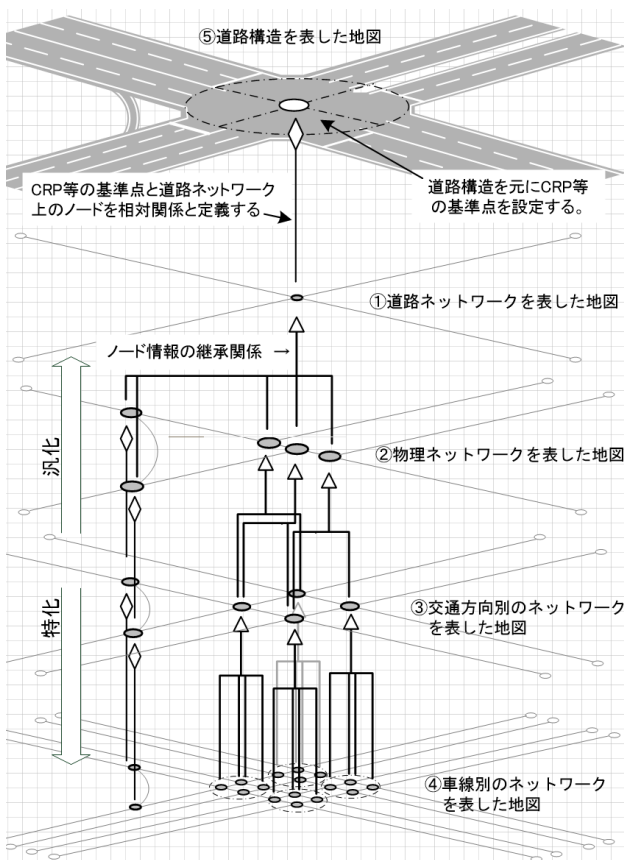


図-3 デジタル道路地図分類の間で交差点情報が継承するイメージ

6. 考察

国内で利用されている既存のデジタル道路地図には、本稿で仮定した定義した分類の全てにおいて、単一の分類のみに該当し、かつ満足するものが確認できなかった。

本稿で仮定した分類定義は、道路の表現方法を対象に行った概念的なものであり、既存の地図製品が対象とする様々なサービスの機能要件に基づくものでない。分類法と実際に利用されている地図製品は完全に整合するものではなく複数の分類にまたがることは特に問題とはならない。既存の地図製品においてが該当しない分類や、分類で定義された機能要件が実装されていない事も、ニーズがこれまで存在しなかったものと想定される。特に交通方向別ネットワークや車線別ネットワーク等を表現する地図の存在が明確に確認できなかった。しかし近年多様なサービスが展開される地図製品には明らかに交通方向別の概念を用いて機能実装しているものも見受けられる。これらの地図製品に対し、情報を効率的に提供するためには、本稿で想定した異なる分類の地図における情報交換方法を用いる事で対応可能と考えられる。

既存のデジタル道路地図製品の分類が明確になり、共通する基準点などが特定されれば、これを元に情報交換ルールを作成できる。ネットワークトポロジーを表す地図同士では、前章に示すようにノードの継承関係を明らかにすることで、リンク上の位置を線形位置参照方式などを用いて情報交換が可能であると想定される。

7. おわりに

本稿においては、道路地図の分類定義と利用シーンに関する仮説を設定し、既存デジタル道路地図製品の分類、また異なる分類間の情報交換方法を考察した。異なる分類のデジタル道路地図を用いる複数のシステムのニーズに横断的に対応する情報交換ルールを設けるには本稿で仮定した様な分類と、その関係性の整理が必要となる。

本稿における分類定義は、道路ネットワークの表現方法にもとづく仮定であり、今後の検討において十分な精査のもとデジタル道路地図の機能や表現方法を明確にし、情報交換ルールを設定するための要件を備えるものとしていきたい。

謝辞：慶応大学名誉教授の川嶋弘尚様、東北大学教授の井料隆雅様の他、推敲にあたりご意見を頂いた皆様多くの皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) ITS サービス高度化機構：ETC 便覧、<<https://www.its->

- tea.or.jp/library/bookdate/index.html4-2>, (2020.10.2 閲覧)
- 2) 国土交通省自動車局：自動運転車の安全技術ガイドライン, 2018
 - 3) 国土交通省：MaaS 関連データ検討会資料, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000117.html>, (2020.10.2 閲覧)
 - 4) 日本デジタル道路地図協会：データベース標準, <<https://www.drm.jp/database/standard/>>, (2020.10.2 閲覧)
 - 5) 今井龍一, 松井晋, 重高浩一, 佐々木洋一：道路基盤地図情報の試行提供による産学の利用ニーズの調査, 地理情報システム学会講演論文集, No.22, CD-ROM, 2013
 - 6) International Organization for Standardization : ITS Location referencing for geographic databases Part4 Precise relative location references, ISO17572-4, 2020
- (Received ?)
(Accepted ?)