

道路関連情報の流通のための 位置参照方式に関する研究

今井 龍一¹・中條 覚²・松山 満昭³・重高 浩一¹・石田 稔⁴・浜田 隆彦⁵

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: imai-r92ta@nilim.go.jp, shigetaka-k258@nilim.go.jp

²正会員 株式会社三菱総合研究所 社会公共マネジメント研究本部
(〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目10-3)

E-mail: snakajo@mri.co.jp

³非会員 朝日航洋株式会社 空間情報事業本部 計測・コンサルタント部 ITSグループ
(〒350-1165 埼玉県川越市南台三丁目1-1)

E-mail: mitsuaki-matsuyama@aeroasahi.co.jp

⁴非会員 一般財団法人日本デジタル道路地図協会 企画調査部
(〒102-0093 東京都千代田区平河町一丁目3-13)

E-mail: mishida@drm.or.jp

⁵非会員 非特定営利活動法人ITS Japan 道路情報基盤活用委員会 (〒105-0011 東京都港区芝公園2-6-8)

E-mail: TAKAHIKO_HAMADA@denso.co.jp

ICTやITSの進展に伴い、渋滞、災害、規制や交通量などの多様な道路関連情報が地図上の位置と関連づけて表現されている。多様な道路関連情報が組織や分野横断的に流通し、組み合わせることができれば、既存の情報提供サービスの高度化や新たなサービスを実現できる。しかし、道路関連情報の交換に送り手の持つ地図の経緯度を用いると、受け手の地図上で異なる位置を示す可能性がある。また、既存の道路地図が持つネットワークを用いると、道路の新設や拡張などに伴うリンクIDやノードIDの経年変化の影響を受ける課題を抱えている。

本研究は、道路の区間と参照点とを用いて相対的に道路上の位置を特定し、異なる地図間でも送信者の意図する位置表現で道路関連情報が交換できる位置参照方式となる“道路の区間ID方式”を考案した。そして、同方式に準じた約20万kmの道路の区間IDテーブルを整備し、さらに情報交換実験を実施して有用性を検証した。

Key Words : location referencing, road information provision, road network, digital road map, road section identification data set (RSIDs), intelligent transport systems

1. 序論

ICTやITSの革新により、道路分野でも多様な電子情報が蓄積・交換されている。このうち、渋滞、災害、規制、プローブデータや道路交通センサスなどの多くの道路関連情報は、地図上の位置と関連づけて表現されている。このような多様な道路関連情報が既存の枠組みを越えて、組織や分野横断的に流通し、組み合わせること（マッシュアップ）ができれば、既存の情報提供サービスの高度化や新たなサービスを実現できる。また、こうしたサービスで提供する情報を受け取る端末は、カーナビゲーション

、PND (Personal Navigation Device) やスマートフォン・携帯電話など、多様化している。地理空間情報を巡るビジネスや市場規模の切り口から分析された資料によると、カーナビゲーションの市場規模は約1兆円、携帯端末の市場規模は約9,700億円、インターネット利用の市場規模は約800億円と示された¹⁾ほか、各種端末出荷台数は増加の傾向にある²⁾。これら社会動向や既往研究²⁾からも地図上に表現された道路関連情報の流通は、産学官共通のニーズであると言える。

しかし、地図上の位置と関連づけて表現された道路関連情報の交換は、大別して2つの課題を抱えている³⁾。ひ

とつめは、情報の送り手の持つ地図の経緯度を用いて情報交換すると、受け手の地図上で異なる位置を示す可能性がある課題である。この課題は、各組織で保有する地図の縮尺や精度が異なることが起因している。

ふたつめは、既存の道路地図が持つネットワーク(DRM: Digital Road MapやVICS: Vehicle Information and Communication System)のIDを基にした情報交換は経年変化の影響を受ける課題である。この課題は、道路の新設や拡張などの変化に伴い、道路地図の持つネットワークを構成するノードおよびリンクのIDの更新も経年変化する運用になっていることが起因している。

一方、地図上の位置と関連づけた情報交換方法の海外の動向としては、ITS分野の位置参照方式(ISO 17572)⁴⁶⁾や地理情報分野の線形参照(ISO 19148)⁷⁾の国際規格がある。ISO 17572では、情報提供者および情報受取者の双方が共通のIDを用いて互いの地図(データベース)上の位置を表現する概念が示されているが、具体的な方法は示されていない。ISO 19148では、線形地物上の位置の表現方法が定められているが、線形地物のIDの定義方法は示されていない。

既往研究に着目すると、情報提供者側で道路形状や交差点などの地物の位置参照に必要な情報(経緯度および補足的な識別子)を生成して送信し、情報受取者側で当該地物を探索する位置参照の方法が採用されている⁸⁾¹³⁾。しかし、前述のひとつめの経緯度の課題から確実な位置参照を実現していない。一方、IDを用いた位置参照に着目し、上述の2つの課題に取り組んだ既往研究としては、山川¹⁴⁾や布施¹⁵⁾が道路の区間と参照点とを用いて相対的に道路上の位置を特定し、異なる地図間でも送信者の意図する位置表現で道路関連情報が交換できる方式(以下、「道路の区間ID方式」という。)を提案している。しかし、これらの既往研究は机上検討で相対的な位置の参照方法を構想した段階であり、今後の課題が残されている。具体的には、既存の道路地図との親和性を確保した道路の区間ID方式を実現させる仕様の作成、仕様に則した位置参照テーブル(以下、「道路の区間IDテーブル」という。)の整備や同方式の有用性の立証である。

本研究の目的は、国際規格に準拠した道路の区間ID方式を実用化し、既存の情報提供サービスの高度化や新たなサービスの創出の実現とした。そのために、まず、道路の区間ID方式の方法論を確立し、仕様を具体化する。そして、同仕様に準じた道路の区間IDテーブルを整備し、さらに実証実験を実施して有用性を検証する。

本論文の構成として、2章にて道路の区間ID方式への要件、3章にて道路の区間ID方式の仕様を定義する。4章は道路の区間IDテーブルの整備内容、5章は道路の区間ID方式の有用性の検証結果、そして6章で結論を論ずる。

2. 道路の区間ID方式の要件定義

(1) 道路の区間ID方式の概念

道路の区間ID方式は、道路の区間と参照点とに恒久的なIDを付与し、区間と参照点および参照点からの道程を元に位置を表現する(図-1参照)。この結果、図-2のように、道路との相対位置関係を各機関で齟齬無く共有できるようになり、前章で述べた2つの課題を解決する。

(2) 要件定義

既往研究では、道路の区間ID方式に対する8つの要件が定義されている⁹⁾。本研究は、事業関係者(道路管理者、カーナビ地図メーカ、カーナビメーカや自動車メーカ)と議論して各要件を再考した。その結果、「IDが意味をもつこと」および「道案内に使いやすいこと」の2つの要件は、道路の区間IDテーブルに収録する属性の定義の仕方でも満足できることから、次の6つの要件に再定義した。

- 1) 道路を基準とした相対的位置関係が表現できること。
- 2) 距離標で管理されるデータが容易に扱えること。
- 3) ID付番ルールが明確であり、どのような道路にも適用可能であること。
- 4) 情報交換に伴うデータサイズが軽量であること。
- 5) 道路網や道路構造の変更による経年変化へ対応できること。
- 6) 道路の区間IDテーブル更新の労力が少ないこと。

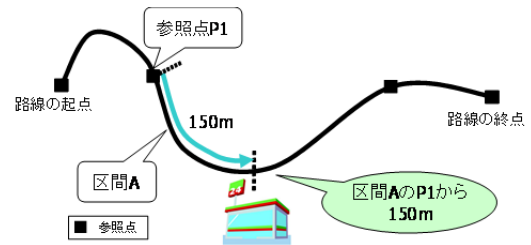


図-1 道路の区間ID方式の概念

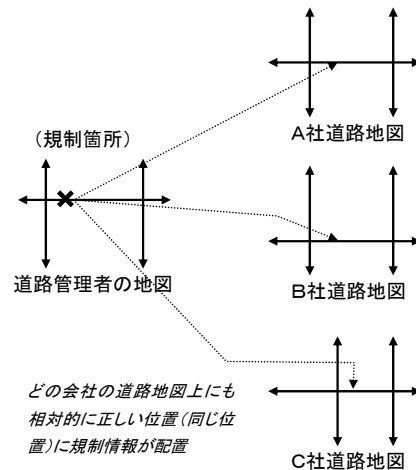


図-2 道路の区間ID方式による位置情報の共有

3. 道路の区間ID方式の仕様の定義

本研究は、道路の区間ID方式への要件を満足する仕様を以下のとおり定義した。

(1) 区間

区間は、道路の起終点、都道府県道以上の交差点および県境で区切られる2点間毎に一つの単位とした。道路の起終点は、都道府県道以上の交差点または県境でない場合も参照点を設定の上、区間の端点とする。図-3のような場合、区間の端点となる参照点は、県境と都道府県道と交差する点に設定される。したがって、A、BおよびCの3つの区間となる。

(2) 参照点

参照点は、区間の端点とそれ以外の経由点として、代表的な交差点、距離標、市区町村境およびその他道路管理者が定める点とした。したがって、参照点は、区間の端点として用いる点と経由点として用いる点からなり、表-1に示す5種類とした。

(3) IDの付与

区間および参照点は(5)に示す手順で設定し、それぞれ区別してIDを付与する。区間IDおよび参照点IDは、半角英数字の11桁で表現する(図-4参照)。はじめの6桁には、JIS X 0410¹⁾の地域メッシュコードに準拠したエリアコードを付与する。残りの5桁には、各エリアコード内で重複のないシーケンシャルIDを付与する。一度付与した区間IDおよび参照点IDは恒久の扱いとし、再付与(再付番)しない規定とした。

(4) 区間・参照点の属性

道路の区間IDテーブルは、区間テーブルおよび参照点テーブルから構成し、それぞれのIDを補足する属性値を

持つ仕様とした。属性は、表-2に示すとおり、区間および参照点それぞれに対して、a)当該IDの場所特定に必要な属性、b)道路の区間IDテーブル生成時に使用したDRMとの対応を示す属性を定義した。また、要件4)~6)に対応するため、リンク長や起点からの距離の属性は参考値の扱いとし、道路の形状や接続関係を示す属性は保持しない規定とした。

(5) 道路の区間IDテーブルの整備方法

道路の区間IDテーブルは、区間および参照点から構成し、既存のDRM¹⁶⁾および日本デジタル道路地図協会が生成するペアリンクデータ(二条の道路におけるリンクや交差点のペアを定義したリスト)を用いて作成する。具体的な整備手順を図-5に示す。まず、DRMにペアリンクデータを適用し、道路を一条化する。その上で、整備対象の道路(DRM)リンクを抽出する。次に、参照点として、区間の端点を設定し、さらに表-1に準じて経由点を設定する。最後に、設定した区間および参照点のそれぞれを区別してIDを付与し、DRMなどを参照して各属性を定義する。図-6は具体例を示しており、二条化している道路や交差点は抽象化するなど、道路の概念としてのひとまとまりのセグメントや基準となる箇所に参照点を付与している。

表-1 参照点の種類

参照点の種類		区間上の取扱い	
		端点	経由点
交差点	立体交差・JCT・IC部	(○) ^{※1}	(○) ^{※2}
	上記以外の交差点	(○) ^{※1}	(○) ^{※2}
距離標			○
県境		○	
市区町村境			○
その他道路管理者が定める点 (道路管理者が異なる箇所、自動車専用道路に指定されている区間の起終点、大規模施設などへのアクセス点)			○

※1: 当初設定以降、都道府県道以上の交差点のみ区間の端点となる。
 ※2: 区間の間に県道以上の交差点が設置されても端点にはならない。

表-2 区間および参照点の属性

要素	属性区分	属性
区間	a)場所特定に必要な属性	区間ID, 起点参照点ID, 起点距離標値, 終点参照点ID, 終点距離標値, リンク長, 道路種別コード, 参照点数(参照点ID, 起点からの距離), 路線総数(主道路判別フラグ, 区間起点参照点ID, 区間終点参照点ID, 路線コード, 路線名数(路線名)), 属性の更新日
	b)IDテーブル生成時に使用したDRMとの対応を示す属性	区間ID, DRMバージョン番号, 対応DRMリンク数(2次メッシュコード, 基本道路リンク番号), 属性の更新日
参照点	a)場所特定に必要な属性	参照点ID, 緯度, 経度, 種別コード, 参照点名称, 距離標数(区間ID, 距離標値), 属性の更新日
	b)IDテーブル生成時に使用したDRMとの対応を示す属性	参照点ID, DRMバージョン番号, 対応DRMノード数(2次メッシュコード, 基本道路ノード番号), 属性の更新日

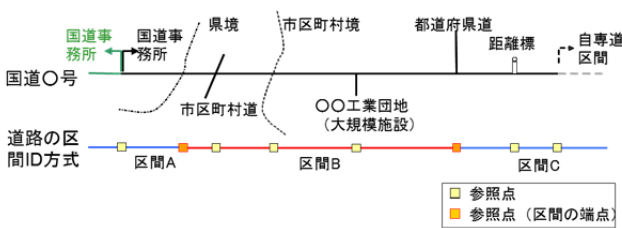


図-3 区間の設定例

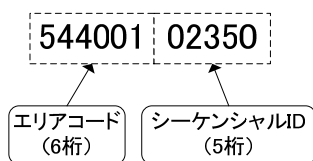


図-4 区間ID及び参照点IDの表現方法

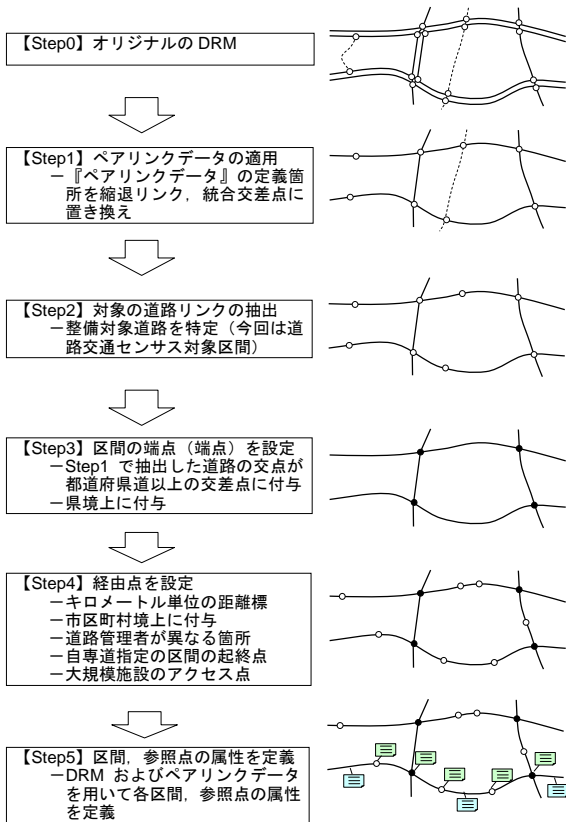


図-5 道路の区間IDテーブルの整備手順

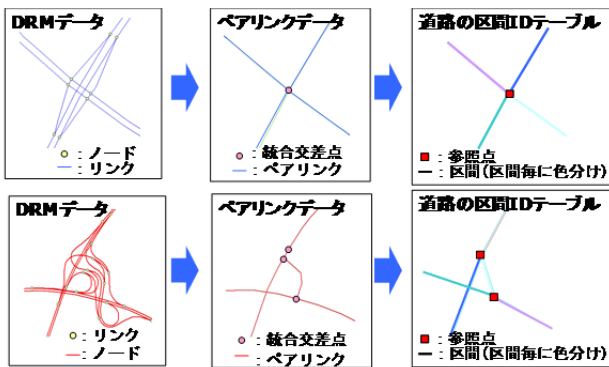


図-6 区間および参照点の設定方法

(6) 道路の区間IDテーブルの更新方法

道路網や道路構造は経年変化することから、道路の区間ID方式でも柔軟な更新方法を確立しておく必要がある。既往研究¹⁴⁾¹⁵⁾の道路の変更区分の分析結果によると、道路区間IDテーブルの区間および参照点のIDは経年変化せずに付与可能であると示唆されている。

本研究は、既往研究の成果や実際に道路区間IDテーブルを作成（4章参照）して得た知見に基づいて、経年変化により想定される区間や参照点の変化のパターンを抽出し、各パターンに対し自動処理による区間および参照点IDの更新が可能であるかを分析した。具体的には、(a)区間の新設、(b)道路の線形形状および路線管理上の変更、(c)ペアリンクデータの変更の各パターンを分析した。

表-3 区間の新設における更新パターン

道路の変化	更新パターン	
新規路線	(a) なし ⇒	
	(b) なし ⇒	
(関係既存路線)		
延伸	(a) ⇒	
	(b) ⇒	
	(c) ⇒	
	(d) ⇒	
	(e) ⇒	
バイパス建築(従来の道は残り、バイパス側が本ルートとなる場合)	(a) ⇒	
	(b) ⇒	
	(c) ⇒	
	(d) ⇒	
	(e) ⇒	

※上記以外にも2本以上にバイパスが増える場合もあり

凡例: ● 新規追加となる参照点
— 新規追加となる区間 — ペアリンク

表-3は、区間の新設の場合のパターンである。更新パターンの欄の左側が更新前、矢印の右側が更新後を示している（後述の表-4および表-5も同様の見方である）。区間の新設は、約89万kmの道路ネットワークが収録されているDRMの新設内容の分析とともに、本章(7)の試作結果や第4章の道路交通センサの対象路線（全国の都道府県道以上）の約20万kmを対象にした道路の区間IDテーブルの整備結果を用いて分析し、表-3に示す計10パターン¹⁶⁾の結論を得た。また、年度別のDRMを用いて差分（道路の新設箇所）を抽出し、その内容を分析した結果も表-3に示す10パターンであることが明らかになった。このため、毎年更新されるDRMから新設箇所を対象にした道路の区間IDテーブルの生成プログラムの実装が可能であることが示唆できた。

表-4は、道路の線形改良および路線管理上の変更に関する更新パターンである。この更新パターンも区間の新設と同様に、DRM、本章(7)の試作結果および第4章の道路の区間IDテーブルの整備結果を用いて分析した。また、年度別のDRMを用いて差分（道路の線形改良および路線管理上の変更箇所）を抽出し、その内容を分析した。この結果、表-4に示す14パターンを得た。これにより、毎年更新されるDRMから道路の線形改良および路線管理上の変更箇所を対象にした道路の区間IDテーブルの生成プログラムの実装が可能であることが示唆できた。また、道路の経年変化としては、路線や交差点の廃止および交

表-4 道路の線形改良および路線管理上の変更の更新パターン

道路の変化		更新パターン
大分類	小分類 (変更内容)	
(旧路線の残形を改良)	小さなルート変更 (延長の変化小)	(a) (b)
	大きなルート変更 (延長の大きな変化を伴う)	(a) (b)
	昇格/降格 (路線全体)	昇格(全体) (a) 降格(全体) (a) (b)
	昇格/降格 (路線の一部)	昇格(部分) (a) (b) 降格(部分) (a) (b) ※区間延長は変えず、重用区間データのみ変更
(現地形形状の変更無し)	市区町村合併	・属性が変更になる ・市区町村界の参照点が変わる 廃棄 合併によりライン変更
	路線組み替え	・属性のみ変更となる (a)区間Aが県道から国道に昇格 (b)区間Bが国道から県道に降格

凡例: ● 新規追加となる参照点
— 新規追加となる区間 — ペアリンク

差点の名称変更も挙げられる。これらの扱いも同様に分析した結果、路線や交差点の廃止の場合、道路の区間ID方式はIDが恒久的なので、IDの変更は生じない。また、交差点の名称変更は、IDの変更には影響を及ぼさないことを確認できた。したがって、新設は表-3、路線の線形改良および路線管理上の変更は表-4、路線や交差点の廃止の場合は区間・参照点IDを永久欠番、交差点の名称変更の場合は参照点の属性(参照点名称)の変更にて経年変化に一通り対応することができる。

表-5は、ペアリンクデータの変更に伴う更新パターン

表-5 ペアリングの変更の更新パターン

道路の変化	更新パターン
一条 → 二条	(a) (b) (c) (d) ペアリンクなし
二条 → 二条	ペアリンクなし → ペアリンクあり
二条 → 一条	(a) (b) ペアリンクなし
始点と終点が変わらず、途中属性のみ変更	(a)途中ノード一致あり (b)途中ノード一致なし

凡例: ● 新規追加となる参照点
— 新規追加となる区間 — ペアリンク

である。この更新パターンは、年度別のDRMから抽出した差分(道路の更新箇所)をペアリンクデータに適用した結果を分析し、表-5に示す計9パターンの結論を得た。この9パターンは、第4章の道路の区間IDテーブルの整備の際にも確認できた。ペアリンクデータの変更は、ペアリンクデータと元のDRMの形状が大きく変わっていた場合、プログラムによる自動処理では新たな区間の生成であるかペアリンクデータの変更であるかの判別が難しいケースが存在する可能性がある。したがって、完全な自動処理で道路の区間IDテーブルを更新するには、ペアリンクデータの履歴管理などを定める必要があることが明らかになった。

(7) 道路の区間IDテーブルの試作による検証

本研究では、前章で定義した仕様にて道路の区間IDテーブルを試作し、技術的な実現性を検証した。

a) 検証の着眼点

データ試作による検証は次の2点に着眼した。

1点目は、区間と参照点とを関連づけられるようにするために、区間の属性には参照点IDを収録する規定として、齟齬が生じていないかを確認する。

2点目は、道路の区間IDテーブルの生成時に使用したデータとの対応を示す属性の収録状況を過剰、不足および重複の観点から確認する。具体的には、今回の試作にはDRMを利用するため、対象路線以外のDRMリンク番号が区間の属性に格納されていないか(過剰)、対象路線のDRMリンク番号が区間の属性から漏れていないか(不足)、対象路線のDRMリンク番号が複数区間の属性に格納されていないか(重複)を確認する。また、参照点の属性も同様に、DRMのノード番号の収録状況を過剰、不足および重複の観点から確認する。

b) 対象エリア

道路の区間IDテーブルの試作の対象エリアは、次の条件を満たす2次メッシュ544001(図-7の赤枠内)とその周辺の県道以上の路線(図-7の赤丸を含む路線)とした。

- ・JCTやICのような道路線形が複雑な交差点を含む
- ・5種類の参照点(表-1参照)を含む
- ・二条道路を含む

c) 試作結果

道路の区間IDテーブルを試作した結果、約100の区間と約80の参照点を得た。図-8は、DRMデータと試作した道路の区間IDテーブルの一例を示している。図-8の上段を見ると、筋違い交差点が参照点として適切に表現されている。図-8の下段を見ると、JCTと他路線と接続する起点に最も近い分合流部と終点に最も近い分合流点のおよそ中心に生成された箇所が参照点として設定されている。したがって、いずれも前章で定義した仕様に則して区間と参照点とが生成できていることが確認できた。

前項a)で述べた検証の着眼点の2点は、試作したデータのすべてを目視で確認した。1点目の確認結果として、生成した区間と参照点のそれぞれに齟齬無く参照点のID番号が収録されていた。また、2点目の確認結果として、道路の区間IDテーブルの生成時に使用したDRMと区間および参照点との間で、過剰、不足および重複のいずれも生じていなかった。以上の結果から、前章で定義した仕

様に則した道路の区間IDテーブルの生成は、技術的に実現可能であることがわかった。

(8) 道路の区間 ID テーブル標準の作成

これまでの仕様検討や道路の区間IDテーブル試作を踏まえ、本研究は、我が国の道路を対象に道路の区間ID方式を適用することを目的として、共通基盤となる道路の区間IDテーブルを定める「道路の区間IDテーブル標準」を作成した。同標準の作成には、国際規格にも準拠することに留意した。具体的には、ISO 17572におけるPre-coded profile⁵⁾に準拠し、当該規格の実装例と位置づけられるようにした。また、位置表現の要素は、ISO 19148⁷⁾の表現を逸脱しないように定義した。

(9) 既存の位置参照方式との比較

本節は、既存の地図、道路ネットワークや位置参照方式と、道路の区間ID方式との関係を整理し、同方式の位

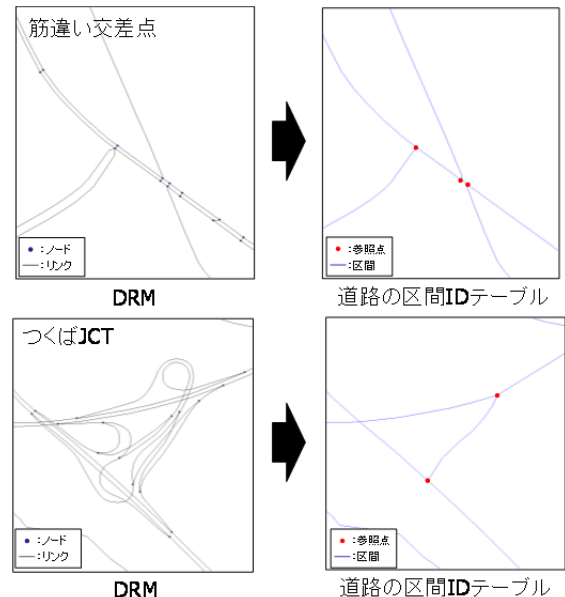


図-8 試作結果

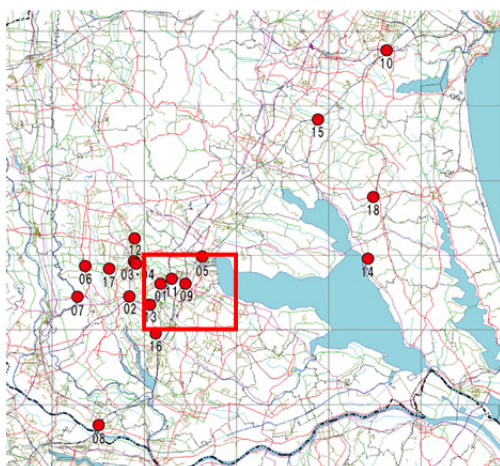


図-7 道路の区間IDテーブルの試作対象エリア

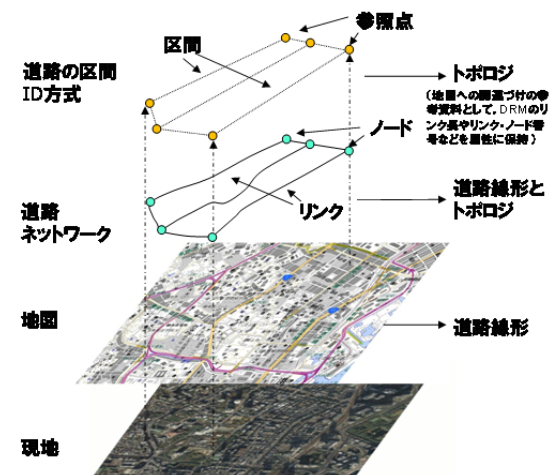


図-9 道路ネットワークと道路の区間 ID 方式との関係

置づけを述べる。図-9は、既存の地図や道路ネットワークと道路の区間ID方式との関係を示している。通常、地図は、ポリゴン（座標、線種や描画ポイントを属性で保持）およびポリライン（座標や線種を属性で保持）を用いて道路の形状を表現している。すなわち、地図は道路線形（直線・曲線による平面線形）を保持している。

道路ネットワークは、各機関で整備基準が定められており、原典とする地図から道路線形を保持して道路中心線を抽出し、交差点などの結節点をノード（座標を属性で保持）とし、ノードとノードとの間をリンク（起終点ノードや形状点列座標を属性で保持）として道路の接続関係を表現する。すなわち、道路ネットワークは道路線形とトポロジとを保持している。この結果、経路の探索や案内を行うことができる。しかし、各機関の整備基準が異なるため、道路ネットワークが保持する道路線形も異なる。また、図-10のような交差点が整備されると、リンクが分割されてIDが再付番されるため、前章で述べた

道路ネットワークの経年変化の影響が生じる。

一方、道路の区間ID方式はトポロジの保持を主眼にしている。ただし、各機関保有の地図に道路の区間IDテーブルを関連づける際の参考資料として、DRM（原典）に収録されている道路のリンク長やリンク・ノード番号などを属性として収録している（表-2）。表-6は、道路の区間ID方式と既存のIDを用いた位置参照方式との比較結果を示している。VICSや道路交通センサスは、リンクのみがID付与の対象である。一方、DRMはノードおよびリンクをIDの付与対象としているが、道路線形も保持している。また、既存のIDを用いた位置参照方式は、IDが経年変化し、リンクの分割などにより同じ道路区間に対し別のIDが付与されるのが一般的である（図-10参照）。VICSなど一部の方式では対応テーブルを準備して運用上の対処が行われているが、IDを経年変化させる点は他の既存の位置参照方式と同じである。このため、既存のIDを用いた位置参照方式は、IDが経年変化することにより、時系列分析が難しくなるなどの課題を抱えている。

図-11は、道路構造の変化に伴う既存の道路ネットワークおよび道路の区間ID方式の位置参照の遷移の一例を示している。道路ネットワーク方式は、路線の追加や変化の都度、ノードIDやリンクIDが更新されるのでIDに経年変化が生じる。道路の区間ID方式は、交差点を集約し、

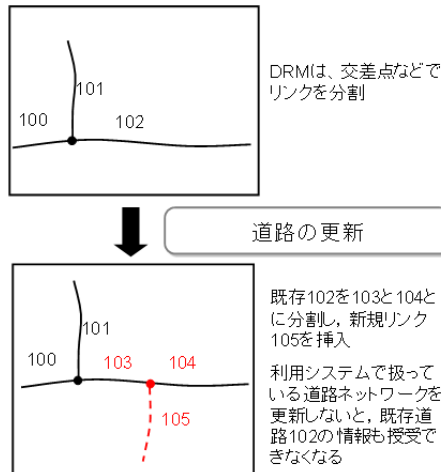


図-10 既存の道路ネットワークのIDの更新方法

表-6 道路の区間ID方式と既存方式との比較

特徴	道路の区間IDテーブル	DRM	VICS	道路交通センサス
ID付与対象	区間, 参照点	ノード, リンク	リンク	リンク
IDの経年変化	無	有 (リンクを分割する新設道路が整備された場合など)	有 (過去3時点(年)分のIDは保持)	有 (道路交通調査毎に変化する場合がある)
道路形状の表現 (形状変化点の有無)	無	有	無	無

道路の変化	道路ネットワーク方式	道路の区間ID方式
【スタート】 	ノードA-1 ● リンクA (40) ● ノードA-2 40km/h規制標識: リンクA、始点から××m	● 区間A (40) ● ● 照点A-1 ● 照点A-2 40km/h規制標識: 区間A、● 照点A-1から××m
【2条線化】 	ノードB-1 ● リンクB-1 (50) ● ノードB-3 ノードB-2 ● リンクB-2 ● ノードB-4 50km/h規制標識: リンクB-1、始点から××m	● 区間A (50) ● ● 照点A-1 ● 照点A-2 50km/h規制標識: 区間A、● 照点A-1から××m
【新規道路の開通】 	ノードB-1 ● リンクC-1 ● ノードC-3 (50) ● ノードB-4 ノードB-2 ● リンクC-2 ● ノードC-4 ● ノードB-4 ノードC-3 ● リンクC-3 ● ノードC-4 ● リンクC-4 50km/h規制標識: リンクC-2、始点から××m	● 区間A (50) ● ● 照点A-1 ● 照点B ● 照点A-2 50km/h規制標識: 区間A、● 照点A-1から××m 区間A、● 照点Bから××m

図-11 既存の道路ネットワークおよび道路の区間ID方式の位置参照の遷移

一度付与したIDを変更しない。このため、路線の追加や変化があっても参照点の対象である交差点の増設時に經由参照点として付与し、既存の参照点IDや区間IDの更新は無く経年変化が起こらない。

以上のことから、道路の区間ID方式は、既存の道路ネットワークとの親和性を確保しつつ、地図上の位置と関連づけた道路関連情報の交換における課題を解決する国際規格に準拠した位置参照方式であると言える。

4. 道路の区間IDテーブルの整備

本研究は、前章で定義した標準に則して道路の区間IDテーブルを作成した。具体的には、主に都道府県道以上の重要路線として扱われている道路交通センサス対象路線¹⁸⁾の約20万kmを初期整備の対象とした。表-7は整備した道路の区間IDテーブルの概要である。データ量は約32MB、区間数は約9万区間、参照点数は約11万点であった。区間の平均リンク長は、約2.1kmであった。整備対象道路が異なるため、一概な比較はできないが、DRM基本道路が整備延長約39万kmに対してリンク数が約131万であり、区間数は大幅に減少している。

5. 道路の区間ID方式の有用性の検証

(1) 実験計画

道路の区間ID方式を用いて道路関連情報を流通させるには、道路の区間IDテーブルと各機関保有の地図とを関連づける必要がある。その後、道路の区間ID方式に準じて表現した道路関連情報を各機関で交換することになる。

前章で論じたとおり、本研究では、約20万kmの道路の区間IDテーブルを作成した。しかし、現時点では上述のような道路関連情報の流通への適用性や道路の区間ID方式の有用性の十分な検証ができていない。

このことを踏まえ、本研究は、道路の区間ID方式の有用性や実運用への適用性を明らかにするために必要とな

る次の2点に着眼した実験を実施した。

a) 道路の区間IDテーブルと各機関の地図との関連づけ

各機関保有の地図によって位置を表現する際の起点となる参照点の関連づけ方法が異なると、図-12のように流通させる道路関連情報(図では渋滞区間を例示)までの距離が異なってしまう。また、各機関保有の地図で参照点間のリンク長が異なると、図-13に示す懸念が残る。

図-13の α の地図はIDテーブルの延長に対して1.1倍と分かっているため、参照点からの距離および渋滞長を基準換算して送信している。また、 β の地図はIDテーブルの延長に対して1.2倍と分かっているため、参照点からの距離および渋滞長を換算して相対的に正しい位置を得ている。こうした送受信が行われないと、送信者の意図する位置に道路関連情報を重ね合わせられないことが懸念される。

この状況を踏まえ、本研究は、次のことを定めた道路の区間IDテーブルと各機関の地図との関連づけの実験を実施することとした。

- 交差点(立体交差, JCTおよびIC部を除く)は、道路の区間IDテーブルの元データであるDRMのノード点の位置の定義方法¹⁹⁾に従う。
- 立体交差は、交差する道路の交点を参照点とし、区間の端点もその位置に設定する。

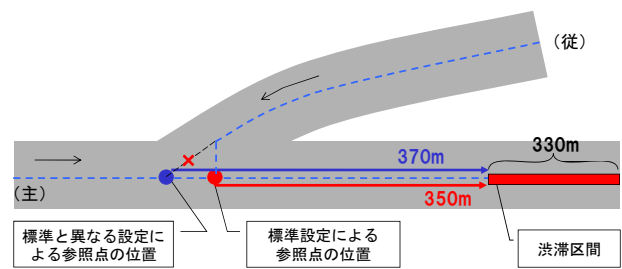


図-12 参照点の違いによる情報交換の懸念事項

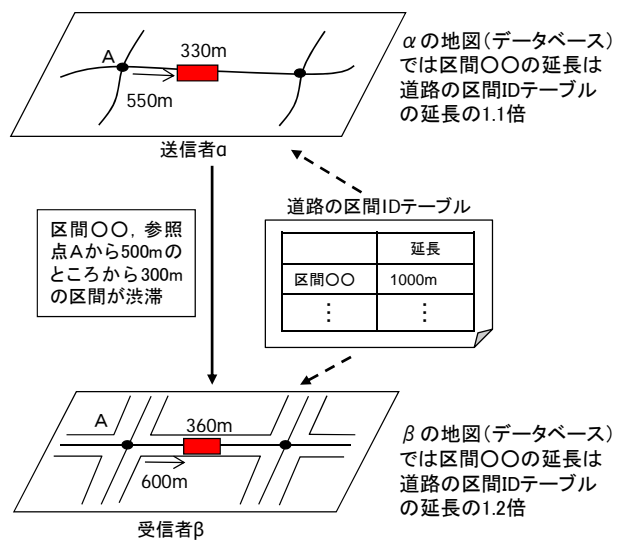


図-13 リンク長の違いによる情報交換の懸念事項

表-7 整備した道路区間IDテーブルの概要

No	地域	データ量		区間数	参照点数	区間の平均リンク長(m)
		参照点(MB)	区間(MB)			
1	北海道	1.05	1.33	4,327	11,048	4,344
2	東北	1.16	2.33	9,213	12,498	2,821
3	北陸	0.67	1.62	6,862	7,246	1,822
4	関東	1.95	4.60	19,291	21,403	1,677
5	中部	1.07	2.51	10,219	11,525	1,832
6	近畿	1.38	3.18	13,463	15,026	1,590
7	中国	0.89	1.98	8,204	9,669	2,338
8	四国	0.59	1.30	5,601	6,380	2,080
9	九州	1.30	2.91	12,100	14,159	2,053
10	沖縄	0.12	0.25	1,121	1,302	1,427
	合計	10.18	22.01	90,401	110,256	2,101

- ・JCTおよびICは、各区間の接続路の中心を参照点とし、参照点間を接続路の1区間とする(図-14参照)。
- ・距離標や道路管理者が定める参照点は、各機関の地図上の道路中心線の該当する箇所に関連づける。
- ・県境や市区町村境は、各社の地図上の県境・市区町村境と道路中心線との交点を参照点とする。

b) 各機関の集計データ(プローブデータ)の比較

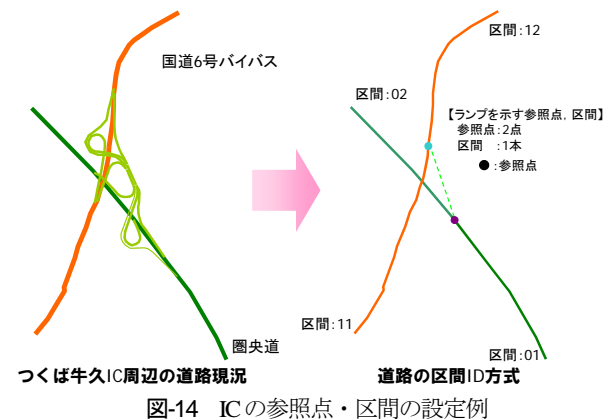
昨今、時々刻々と変化する道路交通状況を把握するため、官民の各機関で自動車の走行履歴を記憶したプローブデータが収集・活用されている¹⁹⁾。道路の区間ID方式を用いた多様な道路関連情報の流通には、プローブデータもひとつのコンテンツとなる。その際、複数の機関で収集されたプローブデータや異なる地図で算出された旅行速度を統一した位置表現で地図に重ね合わせることができると、交通計画、道路整備の効果計測や災害対応などへの高度活用に繋がると期待される。

集計したプローブデータは、1台ごとの走行履歴の生データを収集し、各機関保有の地図に基づいて集計している。しかし、各機関保有の地図(道路ネットワーク)でリンクや一条・二条線の扱い方が異なると、図-15の例のように、集計されたプローブデータの値が異なってしまう。したがって、道路の区間ID方式を用いたプローブデータの流通に際しては、各機関の地図の交差点内のプローブデータの扱いなどを踏まえつつ、どの程度の集計データの精度が確保できるのかを明らかにしておく必要がある。

本研究は、次のことに着目した道路の区間ID方式によるプローブデータの交換実験を実施し、同方式に準じて表現したプローブデータの精度を確認した。

- ・各社の集計単位で算出したプローブデータを比較することが可能かを把握する。
- ・各社の結果を同一の単位(100m・500m単位)で集計した際の区間平均速度の差を把握する。

今回の実験では、表-8の位置およびプローブで構成したプローブデータを交換する。位置は、特定の位置とその距離とで表現する。プローブは、走行した日付、時刻



および区間平均速度とする。

実験内容としては、各機関で集計されたプローブデータの値が異なることを踏まえ、リンク長と区間平均速度精度との相関を分析し、データの精度面の信頼性を確認する。換言すると、どの程度のリンク長であれば、どの程度の区間平均速度の精度なのかを確認する。

(2) 実験データ及び実験手順

実験の対象区間(利用する道路の区間IDテーブル)は、土浦市周辺の国道6号および国道408号の約18kmとした。データの比較には、普通自動車の走行履歴をマップマッチングしたプローブデータを利用した。本実験は、地図調製やカーナビ地図を扱っている民間企業3社の協力の下、各社の地図上に道路の区間IDテーブルに関連づけた後、同じプローブデータを用いて各社が保持するリンク単位で集計したデータを道路の区間ID方式で表現して比較分析した。

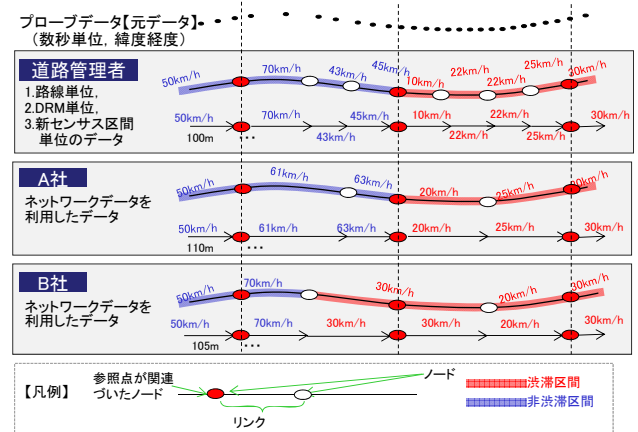


図-15 異なる地図を用いたプローブデータの表現例

表-8 実験で交換するプローブデータの構成

項目名	記入内容
バージョン	道路の区間IDテーブルのバージョン 本実験では「2203」で固定
コンテンツ名	本実験では「プローブデータ」で固定
区間ID	本実験の対象区間のIDを記入
参照点ID	本実験の対象区間のIDを記入
位置	区間の距離 方向フラグ
距離	相対距離(区間始点) 区間距離 区間の端点から参照点までの距離
プローブ	日付 時刻 区間平均速度

(3) 実験結果と考察

a) 道路の区間IDテーブルと各社の地図との関連づけ

道路の区間IDテーブルと各社の地図との関連づけには、各社共通して道路の区間IDテーブルに収録のDRMノードやリンクの属性を利用していた。また、18km程度の道路の区間IDテーブルと自社地図との関連づけに1~6日程度の作業時間を要した。今回の実験では各社とも手作業で関連づけていたが、実運用の際にはツールなどの開発により、省力化を図ることが可能との回答を得た。

自社地図の道路中心線、県境および市区町村境の形状の差により、自社地図に設定した参照点の位置が最大で数十mの差があることが明らかとなった。この原因としては、地図に含まれる誤差が挙げられる。地図調製企業（カーナビ地図を扱う企業含む）の保有地図は、縮尺1/25,000のエリアも含まれており、その場合、約30mの誤差が含まれる。また、県境および市区町村境は、道路中心線と県境や市区町村境との交点に参照点を設定したが、道路の区間IDテーブルで示す位置と各機関の地図上で関連づけた位置との差が異なる結果となっていた。この原因は、図-16に示すような市区町村境が地図によって異なることが考えられる。

以上の結果から、道路の区間IDテーブルと各社の地図との関連づけは技術的に対応できるが、異なる地図間で情報交換する際は、その情報の用途を踏まえて各地図の持つ誤差が認識できる情報交換規約を設けるなどの措置を講ずることが望ましい。実験結果から得た今後の課題として、参照点（とくに、道路管理者が用いている距離標）の位置を各社で差異なく容易に関連づける方策を検

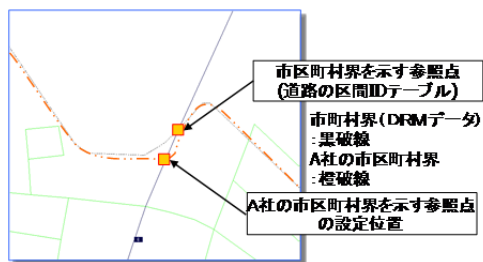


図-16 参照点の異なる例

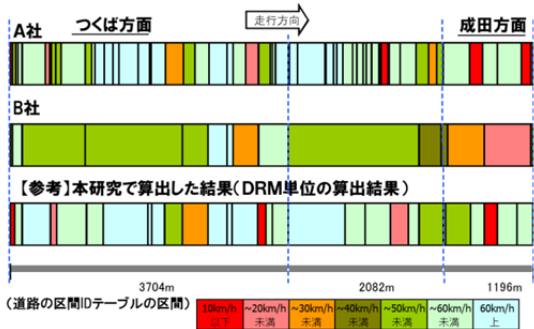


図-17 各社独自の集計単位の比較 (国道408号)

討する必要がある。具体的には、関連づける際の参考値として、道路の区間IDテーブルの提供にあわせて、一意に判断可能な地物と参照点との位置関係を示す情報の提供や道路基盤地図情報²⁰などの大縮尺地図（縮尺1/500, 水平誤差0.25m）から算出した緯度経度を提供する方法が考えられる。

道路の区間ID方式の普及を促進するには、同方式を活用して流通させる道路関連情報（コンテンツ）を具体化する必要がある。また、各道路関連情報の表現方法や精度に関する実験を実施し、上記の誤差の扱いも含めた「道路の区間ID方式を利用したコンテンツ流通仕様」などの規格を設けることが一方策としてあげられる。

b) 各社の集計データ（プローブデータ）の比較

道路の区間ID方式は、区間の長さを固定せず、参照点からの距離を利用して任意の区間距離を表現できる。この特性を活かした実験として、本研究は自社独自の集計単位の算出結果を提供いただいた2社の資料を用いて、次の比較分析を実施した。

- ・各社独自の集計単位の比較
- ・区間単位で集計した結果の比較
- ・任意距離（100m・500m単位）の集計結果の比較

図-17は国道408号、図-18は国道6号の各社独自のプローブデータの集計単位の比較結果を示している。いずれも速度低下の傾向は一致しているが、区間の端点となっている交差点周辺では速度差が見られた。

図-19は国道408号、図-20は国道6号の道路の区間IDテーブルの区間単位で集約した比較結果を示している。

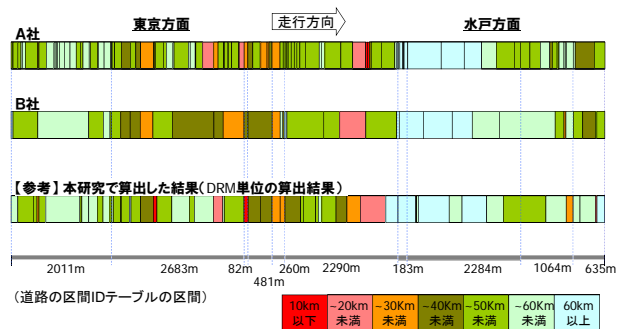


図-18 各社独自の集計単位の比較 (国道6号)



図-19 区間単位で集計した結果の比較 (国道408号)

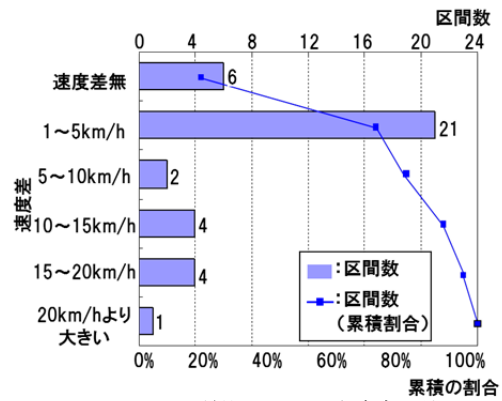
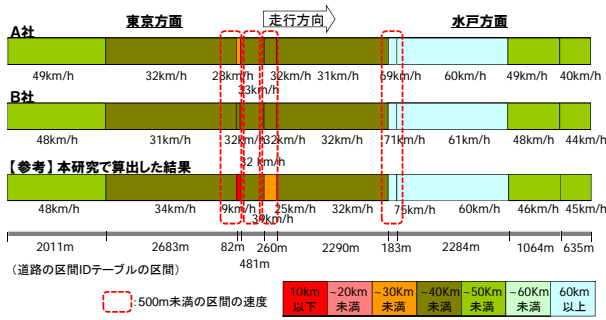


図-22 500m単位の区間平均速度の差

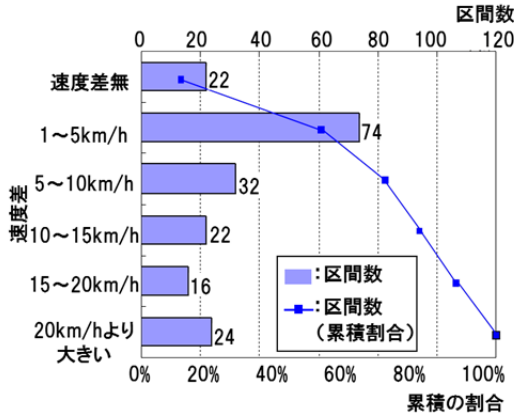


図-21 100m単位の区間平均速度の差

図-19を見ると、約10km/hの平均速度の差が生じている。この原因を分析したところ、次の2点を得た。1点目は、前項の実験結果でも示した各社地図で参照点の設置方法(交差点中心の定義)が異なることである。2点目は、クリーニング処理による欠損値の発生や旅行速度の算出方法による相違(信号の待ち時間の取扱いなど)である。後者のプローブデータを用いた旅行速度算出における特性や留意点は既往研究²¹⁾²²⁾でも指摘されている。図-20では、区間のリンク長が500m未満の4区間では平均12km/hの差、500m以上の9区間では平均3km/hの区間平均速度の差が見られた(図中の赤枠)。

図-21および図-22は、DRMリンク単位の算出結果から任意距離として100m単位および500m単位に集計した区間平均速度を真値(検証データ)とし、各社独自の集計単位の算出結果から100m単位・500m単位に集計した区間平均速度と比較した結果を示している。各図から100m単位の場合は約5割、500m単位の場合は約7割が区間平均速度差5km/h以内に含まれることがわかった。また、100m単位では区間平均速度差が20km/h以上になる区間が24区間あったが、500m単位では1区間であった。区間平均速度に差が生じるのは、様々な要因が重なり断定することは難しいが、今回の実験結果に基づくと、前項の各機関の地図と道路の区間IDテーブルとの関連づけによる差、集計単位の設定の差およびプローブデータの計算方法の違いが大きな要因と想定される。

以上の結果から、異なる地図を用いてプローブデータから算出された旅行速度を道路の区間ID方式による統一した位置表現で比較すると、集計単位の区間を長くするほど旅行速度の差が小さい傾向であることがわかった。ただし、今回の実験で利用したプローブデータは車両1台分であったため、今後の課題としては、複数台分のプローブデータを用いて実験を実施し、プローブデータを道路の区間ID方式で表現した際に速度差が生じやすい地点(交差点など)などの把握があげられる。また、道路交通センサス、交通計画、道路整備効果計測や災害対応などで活用できる精度を確保しているのかも併せて検証し、活用シーンに即したプローブデータの流通仕様を作成していくことがあげられる。

6. 結論

(1) 本研究の成果

本研究は、道路の区間と参照点とを用いて相対的に道路上の位置を特定し、異なる地図間でも送信者の意図する位置表現で道路関連情報が交換できる道路の区間ID方式を確立し、実証実験を実施して有用性を確認した。

第2章および第3章では、道路の区間ID方式への要件を再定義した上で、各要件を満足する方法論を考案し、仕様を具体化した。そして、道路交通センサスの路線を対象にした約20万kmの道路区間IDテーブルを作成した。

第4章では、道路の区間IDテーブルと民間各社保有の地図とを関連づけた後、プローブデータの集計結果を比較した。その結果、道路の区間IDテーブルと民間各社の保有地図との関連づけは可能であるが、異なる地図間で情報交換する際は、各地図の持つ誤差が認識できる情報交換規約を設けるなどの措置を講ずる必要があることを確認した。また、異なる地図を用いてプローブデータから算出された旅行速度を道路の区間ID方式による位置表現で比較すると、集計単位の区間を長くするほど旅行速度の差が小さい傾向が見られることを確認した。

(2) 今後の展開

本研究により、道路の区間IDテーブルと各機関保有の地図とで差異なく容易に関連づける方策、プローブデータを道路の区間ID方式で表現した際に速度差が生じやすい地点(交差点など)の把握および同方式を活用した流通仕様の作成などの今後の課題を明らかにした。本研究は、今後も引き続き、これらの課題への解決策を検討し、道路の区間ID方式を国内外の標準となるように活動する。

謝辞: 本研究は、官民で構成した「位置参照方式検討会」で議論を重ねてまとめた成果であり、同検討会の委員には貴重なご意見・示唆や実証実験の協力を賜った。中部地方整備局道路部 上坂克巳部長、宮崎河川国道事務所 大脇鉄也所長、長崎河川国道事務所 門間俊幸所長、広島国道事務所 松本治男副所長には道路の区間ID方式の参照点および区間の定義に関する貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 地理空間情報活用推進研究会：地理空間情報（GIS）を巡るビジネス，市場規模，地理空間情報活用推進研究会（第2回）配付資料，2008.
- 2) 電子情報技術産業協会：統計資料（民生用電子機器国内出荷統計および携帯電話国内出荷統計），2011.
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：次世代デジタル道路地図のあり方に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，ISSN1346-7328，No.372，2007.
- 4) International Organization for Standardization：Intelligent transport systems (ITS)—Location referencing for geographic databases—Part 1: General requirements and conceptual model, ISO 17572-1, 2008.
- 5) International Organization for Standardization：Intelligent transport systems (ITS) —Location referencing for geographic databases—Part 2: Pre-coded location references (pre-coded profile), ISO 17572-2, 2008.
- 6) International Organization for Standardization：Intelligent transport systems (ITS) —Location referencing for geographic databases—Part 3: Dynamic location references (dynamic profile), ISO 17572-3, 2008.
- 7) International Organization for Standardization：Geographic information—Linear referencing, ISO 19148, 2012.

- 8) Scarponcini, P. : Generalized model for linear referencing in transportation, *Geoinformatica*, Vol. 6, No. 1, pp. 35-55, 2002.
- 9) Duckeck, R., Hendriks, T., Hessling, M., Otto, H., Pfeiffer, H. and Wevers, K. : Specification of the AGORA Location Referencing Method, presentation for ERTICO-AGORA, 2003.
- 10) Hendriks, T., Wevers, K., Pfeiffer, H. and Hessling, M. : AGORA-C specification- Specification of the AGORA-C on-the-fly location referencing method, Presentation for Mobile.Info, 2005.
- 11) Wevers, K. and Hendriks, T. : AGORA-C on-the-fly location referencing, *Proceedings of TRB 2006 Annual Meeting*, 2006.
- 12) Adachi, S. : Development of Coordinate-based. Dynamic Location Referencing Method, *Proceedings of 11th ITS world Congress*, 2006.
- 13) Schneebeauer, C. and Wartenberg, M. : On-The-Fly Location Referencing Methods for Establishing Traffic Information Services, *IEEE A&E Systems Magazine*, pp.14-21, 2007.
- 14) 山川隆夫，関本義秀，石田稔，柳田聡：路線番号などを用いた道路の共通位置参照方式に関する検討，第27回交通工学研究発表会論文集，pp.125-128，2007.
- 15) Fuse, T., Endo, K., Arimura, S. and Ochiai, O.: Verification of a New Location Referencing Method, *Proceedings of 16th ITS World Congress*, 2009.
- 16) 日本デジタル道路地図協会：デジタル道路地図データベース作成作業マニュアル第100226版，2010.
- 17) 日本規格協会：地域メッシュコード，JISX0410，2002.
- 18) 上坂克巳，門間俊幸，橋本浩良，松本俊輔，大脇鉄也：道路交通調査の新たな展開～5年に1度から365日24時間へ～，土木計画学研究・講演集，Vol.43，2010.
- 19) 門間俊幸，橋本浩良，松本俊輔，水木智英，上坂克巳：プローブデータ活用と道路交通分析の新たな展開，土木技術資料，Vol.53，No.10，pp.14-17，2011.
- 20) 遠藤和重，金澤文彦：セカンドステージITSによるスマートなモビリティの形成に関する研究，建設マネジメント技術，2010年8月号，pp.30-36，2010.
- 21) Federal Highway Administration：Private Sector Data for Performance Management Final Report, FHWA-HOP-11-029, 2011.
- 22) 李強，姜美蘭，森川高行：幹線道路リンクごとに集計されたプローブカー旅行時間データの特徴分析，土木計画学研究・講演集，Vol.32，2005.

(2012.4.24 受付)

LOCATION REFERENCING METHOD FOR DISTRIBUTION FOR VARIOUS ROAD RELATED DATA

Ryuichi IMAI, Satoru NAKAJO, Mitsuaki MATSUYAMA, Koichi SHIGETAKA,
Minoru ISHIDA and Takahiko HAMADA

Because of the progress of informatization the accumulation and exchange of electronic information for roads has increased. Much of road information links positioning with map information. If we could share and cross organizations such information we could upgrade the existing information and create new services. One of the existing problems are the differentials in the maps coordinate data. This could cause position error between the sender and the receiver. Also there is the problem of the aging of the existing road network information and ID tagging.

Our research will demonstrate a location referencing method named "Road Section Referencing with Road Section Identification Data set (RSIDs)" by using reference points within road sections. This paper will explain the definition, the result of creating the authority table all over the major road in Japan, and the result of the data exchanging experiments.