

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26630240

研究課題名(和文)高精度位置情報を使ったナビのためのデジタル道路地図のあり方

研究課題名(英文) Digital road map and route guidance methodology for high-precision location information

研究代表者

三輪 富生 (Miwa, Tomio)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・准教授

研究者番号：60422763

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、高精度位置情報が利用可能となった場合の経路案内手法に関する基礎技術を開発するとともに、新しいデジタル道路地図を検討した。

開発した経路案内技術の1つは、案内対象車両の高精度位置と各車線の交通流率に関する情報から、対象車両に車線変更指示を出す最適なタイミングを表現する数理最適モデルである。数値解析とシミュレーション分析から構築モデルの妥当性が確認された。

さらに、道路領域を車線境界と縦断方向5m間隔でメッシュ分割して表現する、新たなデジタル道路地図を提案した。各メッシュには道路属性や交通情報が格納され、車線レベルの経路案内が可能となる。実車走行実験を通じてその有用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this research, new route guidance techniques were developed and new digital road map was proposed.

One of the developed techniques is for determination of optimum lane change instruction timing. The optimal timing is estimated by mathematical model using the information of target vehicle position and the traffic flow rates for each lane. The developed technique was verified through the traffic simulation analysis.

In addition, the new digital road map expressed by mesh divided road space was proposed. The road characteristics and traffic states are stored in each mesh and used for lane-level navigation. Through the field experiments, its validity was verified.

研究分野：交通計画

キーワード：高度交通システム カーナビゲーション デジタル道路地図

1. 研究開始当初の背景

2010年9月11日に打上げられた準天頂衛星初号機「みちびき」は、常時我が国のほぼ天頂に位置し、ナビゲーションシステムの自車位置測位精度を大幅に向上させることが期待されている。車両位置情報の精度が大幅に高まれば、例えば、自車が走行する車線、横断歩道や停止線までの距離が把握可能となり、交差点での右左折案内、道路工事や駐車車両、バス専用レーンについての警告などナビゲーション性能の飛躍的な向上が期待できる。

また、カーナビゲーションシステムにおいて、GPSと同様に重要な役割を担っているのがデジタル道路地図(DRM)である。よく知られているように、DRMは道路区間をリンク、交差点をノードとして表現するグラフ構造により抽象化されている。現在のGPS測位情報には10m程度の誤差が含まれ、特に都心ではその誤差がさらに大きくなるため、GPSで測位された位置座標は即座にリンク上へマップマッチングされ、取得した座標情報がそのまま用いられることはない。しかし、GPS測位精度が大幅に向上し、得られた位置座標が重要な情報として利用可能となる場合、測位情報を抽象化された道路リンクへとマッチングするべきではない。

このため、近い将来GPS測位精度が大幅に向上した場合に、得られた情報を適切に使用してより詳細なサービスを実現するための経路案内方法とDRMについて検討する必要がある。

2. 研究の目的

本研究課題では主に以下の2点を取り上げ取り組むこととした。

(1) 車線変更指示タイミングの最適化

GPS情報が高精度となり案内対象車両の走行位置が正確に把握できるようになった場合であっても、そこから周辺車両の位置を把握することはできない。近年開発が進む車車間測距レーザー等を用いることは可能であるが、全方位にこれを適用することは費用面で現実的ではない。そこで、案内車両の高精度位置情報とトラフィックカウンターデータから得られる車線別の交通流率のみが利用可能な場合を想定して、案内対象車両のドライバーに車線変更指示を行う最適なタイミングについてモデル化を行う。

これは、車線レベルナビゲーションを検討する場合の最も基礎的な項目であると考えることが出来る。

(2) 車線レベルナビゲーションと新たなDRMの提案

前述のとおり、案内対象車両の高精度位置情報を活用した車線レベルナビゲーションを実現するためには、現在広く使用されているDRMのデータ構成では十分ではない。

DRMのデータ構成は、車線レベルナビゲーションの経路探索方法や案内方法とも併せて検討すべきである。そこで、走行実験を行いながら適切なDRMデータ構成と案内方法を検討するとともに、提案する新たなDRMの有効性を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究課題は、前述した研究の目的を達成するため以下のような方法により実施した。

(1) 車線変更指示タイミングの最適化

研究にあたっては、対象道路区間の自由走行速度、および車線別交通流率や信号現示がリアルタイムに得られているとする。図1に最適化問題の設定を示している。対象とする道路区間は片側2車線である。案内車両は地点Aより流入し、第2車線(中央側車線)を走行している。道路区間下流端にて左折する必要がある(地点B)。地点Xで案内車両に経路変更の指示を行う。その後、案内車両のドライバーは第1車線の交通流を確認しつつ車線変更を行う。この際、道路区間下流端(地点B)から30mは車線変更区間としている。

この問題において最適化される変数は車線変更指示を行う位置Xであり、地点Aから地点Bまでの旅行時間を最小とするように決定される。また、ギャップ選択区間の走行時間 t_c は、第1車線の交通流率によって確率的に変化する。

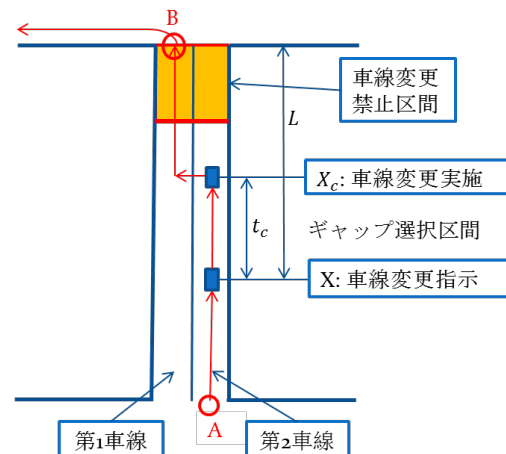


図1 車線変更指示の最適化問題

さらに、構築した数理モデルを検証する場合、安全面や技術面から現実の道路上での走行実験を行うことが容易でなく、交通流率のリアルタイムの情報を自由に利用することも難しい。そのため、本研究では同じ条件設定によるマイクロシミュレーションを実施し、数理モデルの解を検証する。

(2) 車線レベルナビゲーションと新たなDRMの提案

まず、高精度位置情報を利用した車線レベルナビゲーションに適用可能なDRMデータを検討する。新たに構築したDRMでは、車道平

面を横断方向に車線，銃弾方向に 5m 間隔で分割するメッシュ構造とした．各メッシュには，車線数や歩道の有無など，道路構造から決定される静的な情報を道路地図データと衛星写真データから抽出して格納する．さらに，走行速度や路上駐車の有無などの動的な情報はトラフィックカウンターデータや VICS 情報から得られるとした．さらに，このメッシュ構造による DRM を用いた車線レベル経路探索を行うためには，各メッシュをノード，メッシュ間の接続をリンクとし，通常の経路探索アルゴリズムを適用すればよい．

最後に，複数回の走行実験を行い，データ構造や経路探索上の問題点を整理するとともに，新たな DRM の有効性を検証した．

4. 研究成果

(1) 車線変更指示タイミングの最適化

車線変更指示の最適地点は，地点 A から地点 B までの旅行時間が最小となるように決定されるとした．旅行時間関数は，地点 B での自動車滞留長が車線変更禁止区間を超えているかどうかや，地点 B での信号現示に対する対象車両の流入タイミング等によって詳細な条件区分がなされることとなる．

図 2 は，対象道路区間の第 1 車線の交通流率を変化させた場合の車線変更指示地点と旅行時間の関係を示している．なお，自由走行速度は第 1 車線で 10m/s，第 2 走行車線で 15m/s と設定し，地点 B での信号サイクル長を 120 秒，赤時間を 60 秒としている．この結果より，交通流率が増加し混雑した状況ほど，より上流側で車線変更指示を行うことが適切であることが分かる．これは，車線変更指示後，第 1 車線に車線変更する際に利用可能な車間が生じにくいためである．

図 3 は，数理モデルによる旅行時間とマイクロシミュレーションによる旅行時間の比較

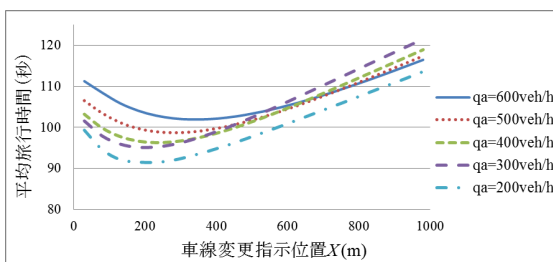


図 2 交通流率と車線変更指示位置の関係

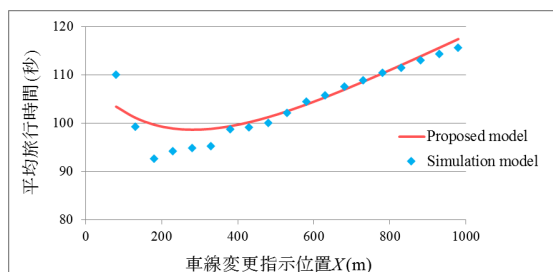


図 3 数理モデルとシミュレーションの比較

を示している．この結果より，開発した数理モデルでも車線変更指示位置に応じた旅行時間を比較的精度よく表現できることが分かる．ただし，車線変更指示位置が下流側になるほど誤差が大きくなるのは，交通量のばらつきによって生じる滞留長のばらつきが数理モデルでは十分に考慮できていないためである．

(2) 車線レベルナビゲーションと新たな DRM の提案

出発地から目的地まで全てをレーンレベルで経路探索するのは，ナビゲーションシステムで必要となるメモリ容量等の点で現実的ではない．そこで，通常のリンクレベルによる探索により得られた経路上で，自車位置から数 10 秒先までの走行車線を探索することを考えた．図 4 は，この考え方から作成した，車線レベルネットワークの例である（名古屋市千種区の本山交差点から今池交差点で，区間長は約 2.5km）．

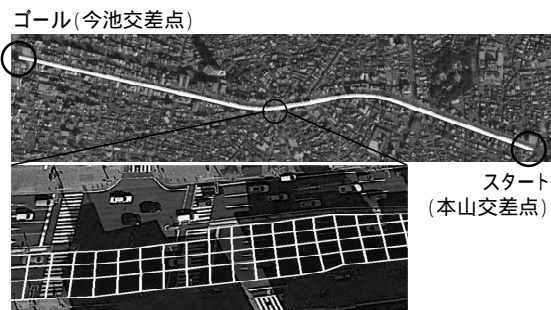


図 4 車線レベルネットワークの例

さらに，より多様な経路案内の可能性を考慮し，運転中の心拍数によって運転ストレスが表現できると考え，各メッシュを走行する際の心拍数を動的情報として DRM 情報として格納することを考えた．そこで，運転中の心拍数を事前走行実験より計測し，道路構造や路上駐車の有無，走行速度等を説明変数に，心拍数を被説明変数とした回帰分析を構築し，各メッシュを航行した場合の心拍数を推

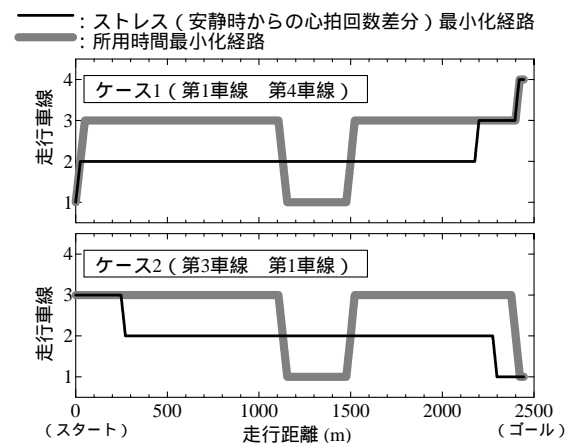


図 5 経路探索結果の例（被験者 B）

定可能した。この際、各メッシュの走行速度、路上駐車存在確率は別途事前走行により計測した。

走行実験は3名の学生（被験者A, B, C）により実施した。また、探索コストには旅行時間、総心拍数、および平常値の心拍数からの心拍増加、の3種類とした。走行実験による心拍変化を計測した結果、旅行時間最小化経路と総心拍数を最小とする経路はほぼ同じ経路が探索されることが明らかとなった。これは、運転ストレスが高くても旅行時間を短くすることで走行中の総心拍数を少なくすることが可能なためである。この場合、心拍数は高いが速度も高いより中央側の車線（第3車線）を走行する割合が高くなる。

一方で、平常値の心拍数からの心拍増加を最小とする経路では、速度が低いが心拍数も低い第2車線を走行する割合が増加することが示され、実走行によっても心拍数の増分が小さくなることが明らかとなった。

最後に、一連の走行実験を通じて明らかとなった点として、交差点通過後の区間は、信号停止していた滞留車両により交通流率が高くなるため車線変更が困難な場合が多いため、車線変更指示を行うべきでないことや、連続した車線変更は運転ストレスに繋がるために、ある程度長い道路区間に1度の車線変更指示が望ましいことなどが明らかとなった。これらを反映した経路探索が可能となるように、各メッシュを接続したネットワーク構造とすべきであることも示された。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 2件)

田代むつみ、塚本健太郎、三輪富生、森川高行：運転ストレス最小化に向けたレーンレベル経路探索・誘導効果の検証，第53回土木計画学研究発表会，2016年5月29日，北海道大学（北海道・札幌市）。

本山裕貴，田代むつみ，三輪富生，森川高行：衛星測位情報を用いた車線判別に関する基礎的研究，平成27年度土木学会中部支部研究発表会，2016年3月4日，豊田高等専門学校（愛知県・豊田市）。

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0件）

取得状況（計 0件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三輪 富生 (MIWA, Tomio)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・准教授

研究者番号：60422763

(2) 研究分担者

森川 高行 (MORIKAWA, Takayuki)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：30166392

山本 俊行 (YAMAMOTO, Toshiyuki)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：30166392

佐藤 仁美 (SATO, Hitomi)

名古屋大学・未来社会創造機構・特任講師

研究者番号：00509193

(3) 連携研究者

なし