

交差点で安定して情報提供する仮想インフラの提案

勝田 将太¹ 屋代 智之¹

概要: ITS (Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム) のサービスとして, VICS などのインフラが整備されている場所では, 安定したサービスを提供する事ができるが, インフラが設置されていない場所ではサービスを利用する事ができない. このようなインフラが整備されていない場所では, 車車間通信を利用した一種のモバイルエージェントである NA(NomadicAgent) を仮想インフラとして利用する事で, ITS サービスが利用出来るようになると考えられる. NA を利用することで, 端末間を移動することによりある特定の場所に情報をとどめる事が出来る. これまで, NA は移動先端末の選択の際, 交差点の中心に最も近い端末を選択していたが, 今回は信号待ち方式と対向車方式を組み合わせた Hybrid 方式を提案し, シミュレーションを用いて提案方式の評価を行う.

A Proposal of Virtual Infrastructure to Provide Information Stably at Intersection

Abstract: ITS system such as VICS is able to provide stable services where infrastructure are provided. But these system can not be utilized by ITS services without infrastructure. NA(Nomadic Agent) is a kind of mobile agent using vehicle-to-vehicle communications and is used to form a virtual infrastructure. Therefore ITS services will be available at infrastructureless place. Since NA moves between the terminals, the information can be kept at a certain location. The conventional NA selects the terminal closest to the intersection before the moving and try to move the terminal. In this paper, we propose a hybrid system which combines oncoming-system and signal-wait system and evaluate these systems by using the computer simulations.

1. はじめに

VICS(Vehicle Information and Communication System: 道路交通情報通信システム) [1] や ETC (Electronic Toll Collection System:ノンストップ自動料金収受システム) [2], ITS スポットサービス [3] などインフラを用いた ITS サービスが普及してきている. VICS は, 道路上に設置された各種センサーにより収集された情報をもとに, 渋滞や旅行時間などの道路交通情報をビーコンや FM 多重放送を利用してカーナビゲーション等の車載機に文字や図形で表示するシステムである. しかし, 情報の収集・提供にインフラの設置が必要となるため, インフラの整備されていない場所では情報を取得できない. また, 2009 年 10 月から ITS スポットサービスに対応したカーナビゲーションが発売されており, 全国の高速道路を中心にインフラは約 1600 箇所設置されている. ITS スポットサービスでは対応し

たカーナビが必要な事や, VICS 同様にインフラの設置されていない場所ではサービスを受けることが出来ない.

一方で自動車をセンサーとして捉え, 車両の速度データをはじめ, 位置情報, ワイパーのスイッチや ABS, エアバック等の各システムの作動情報(プローブデータ)などを車両に搭載した通信機器によりセンターで集約し, その情報を基に目的地までの最速ルートを案内するサービスも登場している [13].

また携帯電話の処理能力向上により, スマートフォンを用いてカーナビゲーションを行うサービスも展開されている. NTT ドコモが提供している「ドライブネット」[4]では, 携帯電話網から地図情報の取得やプローブ情報をはじめとする渋滞情報や, 駐車場の満空情報の取得などが利用できる. しかし携帯電話網を利用しているため, 利用者は月々の通信料を負担しなければいけない点や, 詳細な地図情報は表示に時間がかかることがあるといった問題も挙げられる.

こういった渋滞情報サービスをはじめとする ITS の情

¹ 千葉工業大学
Chiba Institute of Technology

報提供は渋滞緩和や利用者の利便性向上に一定の成果を挙げていると考えられる。しかし、交通渋滞による時間損失は全国で年間約 38.1 億人時間とされ、人口一人当たり約 30 時間と試算されている。また車両の旅行速度低下は燃費悪化につながり二酸化炭素の排出を増加させ、環境問題にも影響を与えていると考えられる [5]。そこで我々は VICS におけるセンサや基地局等のインフラの代わりに、NA(Nomadic Agent)[6]~[8] を道路交通情報の収集・提供を行う仮想的なインフラ（仮想インフラ）として用いる手法を提案した [15]。ここでは、NA はある程度の交通量がなければ、情報を保持し続ける事が困難であることが分かった。また、安定した交通量のある環境では頻繁に移動が発生するため、安定して情報提供するためにも移動回数は少ない方がよいと考えられる。本稿では、NA の移動先を選択する際、発生場所の交差点に最も近い端末に移動する方式の他に、VANET 環境に適した信号待ち方式と対向車方式を組み合わせた Hybrid 方式を提案し、シミュレーションを用いて評価を行う。

2. Nomadic Agent(NA)

NA とは、GPS 等の位置検出デバイスから得た位置情報をもとにアドホックネットワークを利用し、端末間を自律的に移動することで、特定の場所の情報をその場に押し続けることが可能な一種の Mobile Agent である。また、固定サーバを必要とせずその場の情報を管理し、サービスを提供することが可能である。NA には、発生・移動・消滅という 3 つの基本的な動作がある。

2.1 NA の発生

発生するための条件は 3 つある、1 つめは位置情報による発生である。端末が設定された特定の位置に移動した際、付近に NA が存在する事を検出できなければ NA を発生させる。例として、高速道路のパーキングエリアやサービスエリアなどで発生させることで、利用者の調査が可能である。2 つめは、周辺の端末密度による発生条件である。端末の通信範囲に存在する端末数が設定以下、あるいは設定以上などの条件により発生する。例として、渋滞が発生した場所に NA を発生させることにより、混雑情報の収集や提供が可能になる。3 つめは、ユーザが任意に発生させる場合である。この方法ではユーザが任意の場所、任意のタイミングで発生させることができる。例として、交通事故が発生した場合に周辺車両へいち早く事故が発生した場所を知らせることで、二次災害などを回避する事が可能になる。

2.2 NA の移動

NA は発生した場所を中心として、情報提供を行う範囲（情報提供範囲）、NA が特定の場所に留まるために端末間

の移動開始する位置（移動開始位置）、NA を稼働させる範囲（生存範囲）を設定する（図 1）。情報提供範囲の半径は、NA がどこにいても情報提供範囲内の全ての端末に情報提供が行えるように、端末の通信距離の半分とする。移動開始位置については、NA が情報提供範囲外に出してしまう前に移動を行わなければならないため、情報提供範囲より小さく設定する。また生存範囲を設定する理由は、特定の場所に有益な情報が不必要な場所に広がることを防ぐためである。NA は発生後、生存範囲を越えるまで一定時間間隔でブロードキャストを行い、ブロードキャストを受信した端末が、自身の位置情報を返すことで周辺端末を把握する。この周辺端末の位置情報をもとに、移動開始位置を越えた NA は次の移動先となる端末を選択し、移動を行うことで特定の場所に留まり続ける。

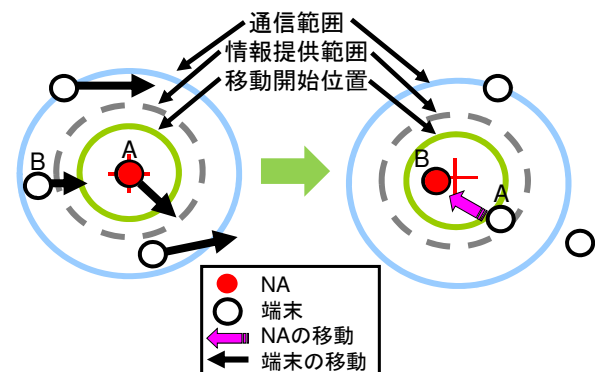


図 1 NA の基本動作

2.2.1 基本方式

NA を保持する端末が、移動開始位置を越えた時点でブロードキャストの返信に含まれる周辺車両の位置情報から、発生位置である交差点中心に最も近い端末へ移動する方式である。

2.2.2 信号待ち方式

車両が赤信号で必ず止まることを利用して、NA の移動先を決定する。NA を保持する端末は、ブロードキャストの返信として得た周辺端末の位置情報と速度情報から、赤信号で止まっている端末を把握し、次の移動先端末とする（図 2）。また、複数の端末が列になって並んでいる時は、停車している端末の中から最も後ろの端末に移動する。ただし、移動開始位置を越えた端末は対象外とした。理由として、移動開始位置を越えて情報提供範囲外に出してしまうと、情報提供範囲内にある端末に安定して情報提供ができなくなる可能性があるためである。

2.2.3 対向車方式

端末が道路に沿って走行する事を利用して、NA の移動先を決定する。NA を保持する端末が移動開始位置を越えた場合、NA 保持端末は発生位置である交差点から遠ざかる方向へ進んでいることになる。一方で NA を保持する端

末の対向車は、発生位置の交差点に向かって移動している。この方式では、図3のように対向車にNAを移動させる事で移動回数を減らす事ができる。

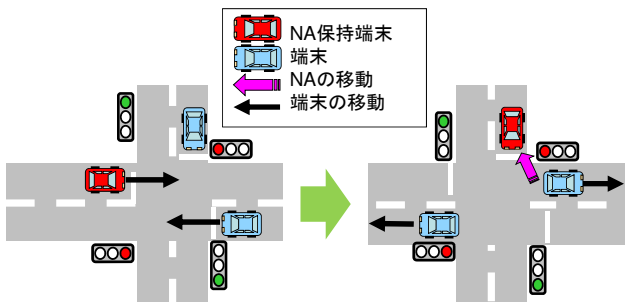


図2 信号待ち方式

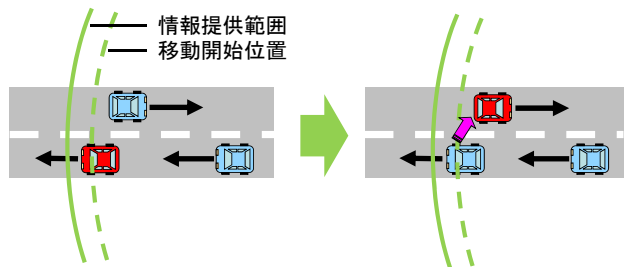


図3 対向車方式

2.2.4 Hybrid方式

NAを保持している端末が移動開始位置を越えた際、信号待ち方式を用いて、ブロードキャストの返信から赤信号で止まっている端末を把握し、次の移動先端末とする。しかし、赤信号で止まっている端末が存在しない場合は、対向車方式を用いてNAの発生位置である交差点に向かう端末をNAの移動先端末として選択する。信号待ち方式を対向車方式よりも優先的に移動先端末とする理由は、停車している車両の方が安定して通信する事が出来るためである。

2.3 NAの消滅

移動先が見つからず生存範囲を越えたNAは、蓄積・保持していた情報と共に消滅する。また、NAを保持している端末の電源が切れたり、端末が利用できなくなった場合も同様である。

3. Hybrid方式を用いたNAの移動

事故防止システムや交通情報を提供するシステムを想定するため、NAを交差点付近で発生させる。NAは交差点内の車両位置や速度、進行方向などの情報を収集、管理するものとし、周辺車両への情報提供を行うための仮想インフラとして用いる。NAは発生位置である交差点にとどまるため、端末間を移動する。その際、VANET環境に適し

た移動方式である信号待ち方式と対向車方式を合わせたHybrid方式を用いる。

3.1 前提条件

各車両はGPS等から正確な位置情報が取得できるものとし、カーナビゲーションシステムにより地図情報を取得できるものとする。NAは1秒間に1度、自身のIDとともに自車両の情報をブロードキャストし、周辺車両にNAがすでに存在していることを知らせる。またブロードキャストを受信した車両は現在の速度、進行方向、位置情報などを返信する。NAの発生場所は交通事故が多いとされている、交差点中央に発生するものとした[11]。

3.2 NAの動作

交差点に進入してきた車両は、2秒以内にNAからのブロードキャストを受信できなければ、進入した交差点にNAが存在しないとみなし、自車両にNAを発生させブロードキャストを開始する。NAのブロードキャストを受信した車両は、自車両の速度、位置情報、進行方向などを返信し、その情報はNAが蓄積、管理する。NAは発生した交差点を中心として、生存範囲と情報提供範囲を決定する。また、NAの移動方式として、信号待ち方式と対向車方式を合わせたHybrid方式を用いて移動先の端末を選択する。

4. シミュレーション環境

シミュレータには、Space-Time Engineering社のScenargie1.6[12]を使用し、交通流シミュレータにはMATESを利用した。シミュレーション環境は図4のように、中央に交差点を1つ配置した形である。シミュレーションで利用する道路は、端点から交差点までの距離は全て250mである。シミュレーション時間は1800秒とし、シミュレーションパラメータを表1に示す。それぞれの端点から車両が進入する、この台数を変化させ、NAの移動範囲や移動回数についてのシミュレーションを行った。車両進入台数の基準として、国土交通省道路局が作成した「平成22年度道路交通センサス 一般交通量調査 個別基本表」[14]を用い、国道14号線の観測地名にある「習志野市谷津4丁目2番」の交差点をシミュレーションのモデルとした。この交差点では、昼間の12時間上下線の交通量が合計12,595台となっているため、毎秒平均0.28台となる。なお、この値は上下線の合計であるため、片側1車線の交通量として半分の0.14台/sとした。また、混雑時とそうでない時のシミュレーションを行うため、混雑している環境を0.2台/sとし、そうでない環境を0.02台/sとし、その間を0.02台/sのきざみで変化させてシミュレーションを行った。道路に進入する車両は設定値を平均とした一様乱数で決まる時間だけ間隔をあける。各車両はIEEE802.11p規格の無線LAN装置、GPS、カーナビゲーションシステムを搭載

しており、走行車線や交差点の位置情報が正確に分かるものとする。

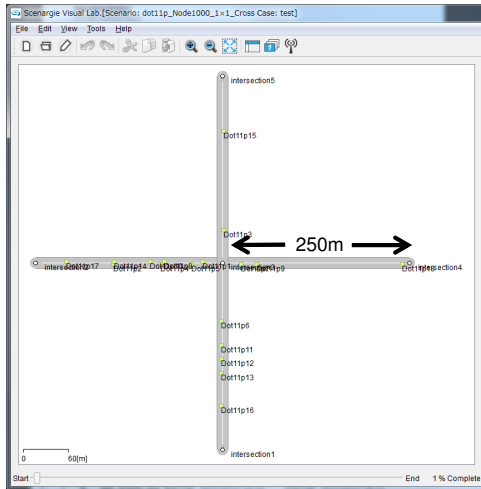


図 4 シミュレーション環境

表 1 シミュレーションパラメータ

パラメータ	シミュレーション環境
シミュレーション時間	1800s
シミュレーション範囲	500m × 500m
道路	片側 1 車線
車両進入台数	0.02 ~ 0.20 台/s
最高速度	60km/h
通信方式	IEEE802.11p
NA の生存範囲	100m
NA の情報提供範囲	半径 50m
NA の移動開始位置	半径 45m
NA のブロードキャスト感覚	1.0s

5. 結果

シミュレーションを行った結果を図5, 図6に示す。図5は、シミュレーション中にNAの移動が何回発生したかをカウントしたもので、図6はNAを保持している端末が、何秒保持し続けることが出来たのかを表したものである。

5.1 移動回数

各方式による移動回数の差は、車両進入台数が0.08台/sを越えると表れ、基本方式との差は進入台数が増加するにつれ大きくなる結果となった。基本方式は最も移動回数が多く、1800sのシミュレーション時間の中で最大336回の移動が発生した。しかし車両台数の比較的少ない0.06台/sの時は各方式ともほとんど差は見られなかった。一方で、進入台数が0.12台/sの時は各方式の差がよく表れている。

基本方式では移動回数が増加しており、対向車方式と信号待ち方式は移動回数が減少し、Hybrid方式ではより少ない移動回数であった事が分かる。車両進入台数が0.14台/s~0.20台/sでは信号待ち方式とHybrid方式の差は、ほとんど見られなかった。

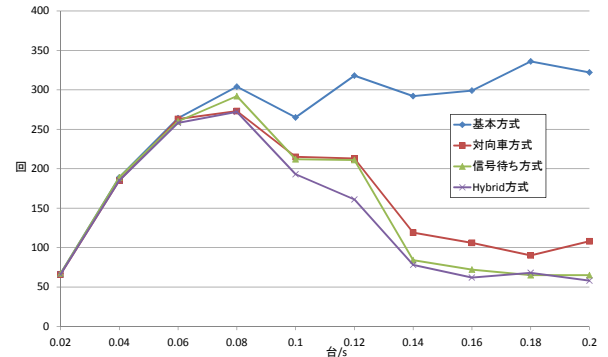


図 5 NA の移動回数

5.2 NA の保持時間

NAを保持している端末が次の端末に移動するまでの平均時間は、基本方式が7.1秒、対向車方式が12.1秒、信号待ち方式が15.3秒、Hybrid方式が16.5秒であり、Hybrid方式が一番長い結果となった。移動回数と同様に0.08台/sを越えると各方式による差が表れた。Hybrid方式を用いた場合には、長い保持時間を得ることができ、安定した情報提供が行えると考えられる。また、0.02台/sの時の保持時間が長い理由として、車両数が少ない環境のため、移動先端末が周辺に存在しないために、1台の車両がNAを保持する時間が長くなった可能性がある。

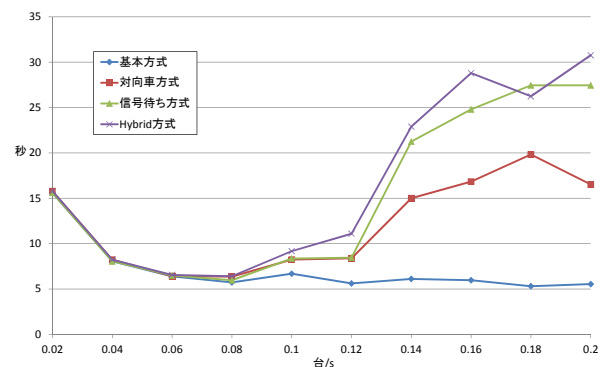


図 6 NA 保持時間

5.3 NA の移動範囲

図7~図10は車両の進入台数が0.1台/s時における、NAがブロードキャストを行った時の位置をプロットしたものである。図7の基本方式では、NAがブロードキャストを行った位置が交差点中央部に集まっていることが分かる。これは基本方式の特徴である、交差点中心に最も近い

端末へ移動することによるものである。図8の対向車方式では、基本方式とは対照的に交差点中心に集まるのではなく、生存範囲である100mまでの範囲を広く移動していることが分かる。図9の信号待ち方式では、基本方式に比べ赤信号で停車している車両に移動する特性から、交差点中心部よりも少し離れた位置にプロットされている。これは停止線で車両が停止しているためである。提案方式である図10のHybrid方式は信号待ち方式と対向車方式を合わせた方式のため、交差点中心に集まりながらも生存範囲まで広くNAが移動する結果となった。

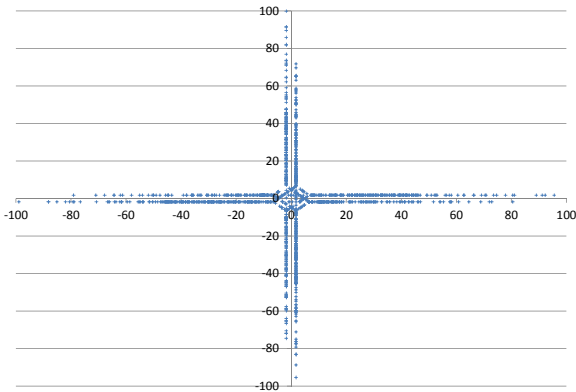


図7 基本方式の移動範囲

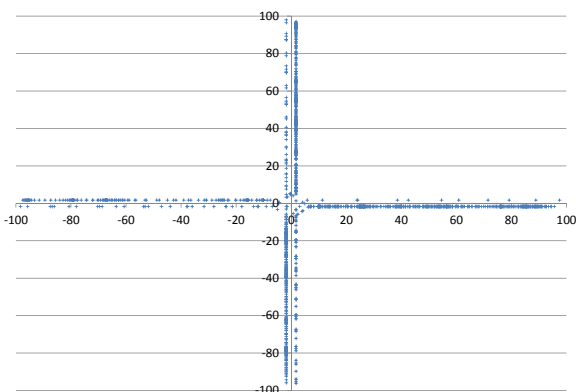


図8 対向車方式の移動範囲

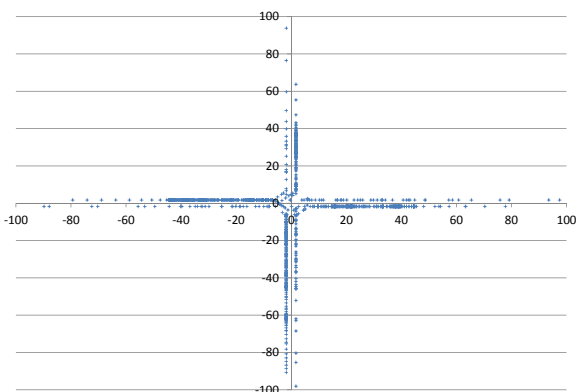


図9 信号待ち方式の移動範囲

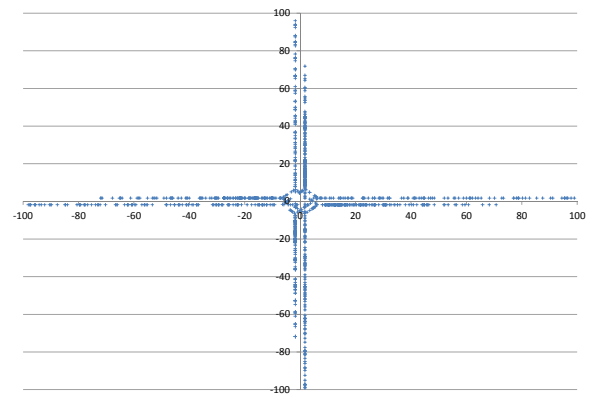


図10 Hybrid方式の移動範囲

6. 結論

交差点での事故や渋滞による経済損失が非常に大きな問題となっており、事故防止や渋滞緩和への取り組みが求められている。これに対し既存システムの多くは、インフラの整備やメンテナンスを必要とし、コストを増加させている。そこで、インフラなしでITSサービスの提供を行うために、NAを用いた仮想インフラを提案した [15]。NAはデータを保持したまま端末間を自律的に移動することで、インフラを必要とせず特定の場所で情報収集・提供を行うことができるが、車両台数が増える事でNAの移動回数も増加していた。そこで、本稿ではVANET環境に適したNAの移動方式である、対向車方式と信号待ち方式を合わせたHybrid方式を提案し評価を行った。今回のシミュレーションでは、自動車の交通流を再現するためマイクロ交通流シミュレータであるMATESを利用し、リアルな交通流を再現した。また離散事象シミュレータであるScenargieを用いて、提案方式であるHybrid方式によるNAの移動方式について検証した。NAの移動回数による評価では0.08台/sの進入台数を越えると各方式に差が見られ、Hybrid方式が最も移動回数を少なく抑えることが出来た。また、車両台数が平均交通量である0.14台/sよりも多くなるような環境では、信号待ち方式とHybrid方式の差が見られなかった。今回のシミュレーション環境では、交差点に必ず赤信号で停止している車両が存在したために、このような結果になったと考えられる。しかし、平均よりも少ない交通量ではHybrid方式は有効である。NAの保持時間については、Hybrid方式が最も長く保持する事が出来た。実験結果から、基本方式では平均時間は7.1秒なのに対し、提案方式では16.5秒となった。その理由として、信号待ち方式と対向車方式を合わせたことにより、赤信号で止まっている車両がない場合でも、発生位置に向かう対向車を移動先端末として指定することで、よりその環境に適した移動方式を選択する事が出来るため、NAの保持時間を長くすることが出来たと考えられる。NAの移動範囲については、移動方式の違いによる差が見られ、Hybrid方式では

信号待ち方式と対向車方式それぞれの特徴が表れた。

今回のシミュレーションでは、交差点で発生した NA が安定した情報提供を行うために、NA の移動を行う際にどのような移動方式が適しているかについて検証した。これにより、Hybrid 方式を用いる事で、より少ない移動回数で交差点に NA を保持し続けることが示された。今後の課題として、複数の交差点が存在する市街地などの環境を想定し、様々な道路環境でのシミュレーションを検討する必要がある。

参考文献

- [1] VICS HOME PAGE
<http://www.vics.or.jp/>
- [2] ETC 総合情報ポータルサイト
<http://www.go-etc.jp/>
- [3] ITS スポット, 「次世代の ITS の展開」
<http://www.mlit.go.jp/road/index.html>
- [4] ドコモ ドライブネット
<https://docomo-drivenet.jp/pub/login.html>
- [5] 国土交通省道路局, 「渋滞の現状と施策体系」
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/tdm/Top03-01-01.html>
- [6] 菊池聡敏, 八木啓介, 加藤泰子, 屋代智之
「Nomadic Agent の提案と応用」, 情報処理学会第 16 回高度交通システム研究会, Vol.2004, No.19, pp.7-14(2004-3).
- [7] 屋代智之, Thomas F.LaPorta, 「Nomadic Agent System : インフラに依存しない位置情報サービス提供システム」, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2952-2962(2005).
- [8] 久保田和也, 屋代智之, 「交差点における NA を用いた仮想インフラの提案」, 情報処理学会研究報告 ITS 高度交通システム, Vol.2007, No.90, pp.27-32(2007).
- [9] 阪田史郎, 「ワイヤレス・ユビキタス」, 秀和システム, 2004
- [10] 佐藤雅明, 石田剛朗, 堀口良太, 清水克正, 春日仁, 和田光示, 植原啓介, 村井純, 「実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と評価」, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.1, pp.253-264(2008-01-15).
- [11] 政府統計の総合窓口, 「平成 23 年中の交通事故発生状態」
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001086731>
- [12] Space-Time Engineering ホームページ
<http://www.spacetime-eng.com/jp/labSimulator.html>
- [13] HONDA Internavi
<http://www.honda.co.jp/internavi/>
- [14] 国土交通省, 「平成 22 年度 全国道路・街路交通情勢調査(交通センサス) 千葉県」
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/data/pdf/kasyo12.pdf>
- [15] 勝田将太, 鈴木勘久郎, 屋代智之, 「NA(Nomadic Agent) を用いた仮想インフラの提案」, 情報処理学会第 51 回高度交通システム, Vol.2012, ITS-51, pp.1-7