

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：14401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24680007

研究課題名(和文)モビリティの影響を網羅的かつ定性的に試験するネットワークシステム性能評価手法

研究課題名(英文) Mobility Modeling Techniques for Comprehensive Performance Analysis of Network Systems

研究代表者

廣森 聡仁 (HIROMORI, AKIHITO)

大阪大学・未来戦略機構・講師

研究者番号：90506544

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：様々な移動特性を定常的に維持するモビリティモデルとして、(1) 移動制約に基づくモビリティモデルを提案した。このモビリティモデルの移動特性を変化させるとともに、それに伴うシステム性能の変化を把握することで、影響を及ぼす移動特性を特定する。また、網羅的にモビリティの影響を評価可能な(2) 行動センシングシステムシミュレータHumanSを構築した。実世界におけるモビリティを把握する取組として、(3) OD交通流の推定手法の検討に取り組んだ。渋滞時におけるプローブカーの移動軌跡を詳細に分析することで交通量を推定する手法であり、細かい時間粒度かつ広範囲に渡る交通状況を即座に把握することができる。

研究成果の概要(英文)：Location and movement of mobile terminals have a great impact on the performance of systems. In order to assess their performances, mobility scenarios must be exhaustive, reflecting real world situations including geography. This research work provides a method to generate mobility patterns given requirements on statistical node distributions and orientations. Besides, we develop HumanS that models the realistic movement of pedestrians and behaviour of sensors. Developers can evaluate a performance of sensing systems that detect the location of people for pedestrian navigation, purchasing behaviour analysis and so on under realistic model of the environment. We also propose a method to measure the OD matrix in short intervals. This method estimates link traffic on each link in short intervals based on trajectory information of each floating car with traffic signal timings and estimates OD matrix based on the estimated link traffic and OD pairs from floating cars in a target area.

研究分野：モバイルコンピューティング

キーワード：モビリティ シミュレーション 無線ネットワーク 性能評価

1. 研究開始当初の背景

近年、ユビキタス社会の実現を目指した様々な研究開発が進められており、例えば、iPhone や Android など高性能なスマートフォンの登場により、多彩なアプリケーションが開発され、人々の状況に合わせ適切なサービスを提供するといった、より利便性が高い社会が実現されつつある。また、文部科学省が策定する第4期科学技術基本計画においては、それを発展させ、都市街区に設置された大気センサ、人感センサ、車両検知センサ、モノや建造物に取り付けられた RFID タグ、人が保持する携帯情報端末や車載通信機器に搭載された GPS、加速度センサなど、あらゆるモノがセンサを備え、屋内外の無線 LAN ネットワークや携帯電話網などとシームレスに連携するサイバーフィジカルシステムを用い、社会システム全体の効率化を実現し、環境・エネルギー大国を目指すことがうたわれている。これらの取り組みにおいては、サーバとユーザ間のデータ通信のためのネットワークだけでなく、各種センサを結合したセンサネットワーク、交差点や通学路での車と歩行者の安全な往来を実現するための車々間・人車間ネットワーク、災害時においても通信可能な冗長性が高い基幹通信ネットワークなど、無線ネットワークがその根幹部分を担っており、より一層その役割が重要視されている。

無線ネットワークにおいては、無線通信端末を保有するユーザが移動するため、ユーザの移動(モビリティ)の傾向により、通信容量や通信遅延などネットワーク性能は大きく変化することが知られている。昨今の大きな問題としては、スマートフォンの普及による急激なネットワークトラフィックの増加が挙げられ、従来の携帯電話網である 3G ネットワークだけでなく、局所的なエリアで高速な通信が可能な WiFi スポット、次世代ネットワークである WiMAX や LTE、近距離無線通信 NFC など、様々な通信媒体を利用することでトラフィックの分散を図る試みについて多くの研究が為されており、携帯電話会社各社においてもいくつかの取り組みが実施されつつある。これらの試みや取り組みにおいて、ネットワークトラフィックを効率よく分散させるためには、モビリティの把握が不可欠である。

また、ネットワークトラフィックだけでなく、様々なネットワークアプリケーションについても、モビリティはその性能に大きく影響する。例えば、通信端末を保持する数万人規模の歩行者が球場やショッピングストリートを移動しながら近隣のショッピング情報を歩行者間で共有する場合、各ショッピング情報の伝播範囲は歩行者の移動に大きく依存する。同様に、地震などで既存のネットワークインフラが遮断された際に無線通信で災害地情報の伝

達を行う場合、車車間通信により車両同士の衝突回避を実現する場合などにおいても、人や車の現実的な移動特性に基づき、無線ネットワークの設計や性能解析を行った上で、アプリケーションを開発することが望まれる。

2. 研究の目的

多数の人や車が移動する都市環境下では、ノードの移動(モビリティ)により無線ネットワークの性能は大きく変化する。このため、その性能をできるだけ正確に予測及び評価できることが望まれる。本研究では、ネットワークシステムに対するノード移動の影響を網羅的に評価できるよう、様々なモビリティ特性を実現可能なモビリティモデルを提案する。また、そのモビリティモデルを利用した性能試験から、ネットワークシステムに影響を与えるモビリティ特性を機械的に発見する性能評価手法を提案する。さらに、実世界における移動軌跡を数理的にモデリングすることにより、実世界におけるモビリティ特性を定性的に解析する手法の検討に取り組む。

3. 研究の方法

本取組では、様々なモビリティ特性を実現可能なモビリティモデルとして、(1) 移動制約に基づくモビリティモデルを提案した。このモビリティモデルは、移動制約として指定された移動特性を定常的に維持することが可能なモビリティであり、様々なノード移動を網羅的に生成することができる。ノードの移動がネットワークシステムに与える影響を明らかにするために、このモビリティモデルにより、移動特性を変化させるとともに、それに伴うシステム性能の変化を把握し、システム性能に大きな影響を与えると推測される性能要因集合を段階的に絞り込むことで、影響を及ぼすノード移動制約の集合を特定することが期待される。

また、このモビリティモデルを活用し、ノードの移動とシステム性能の関連性を評価するために、システム評価を組み合わせた(2) 行動センシングシステムシミュレータ HumanS を構築した。位置情報を活用した様々なシステムに対し、網羅的にモビリティの影響を評価可能なこのシミュレーション環境では、モビリティだけでなく、都市環境、センサ配置及び各センサの振る舞いを包括的に扱うことにより、多数のセンサから構成される行動センシングシステムの設計開発と性能評価を支援する。評価実験では、人流計測システムを対象に、このシミュレーション環境を用い、傾向の異なる複数のモビリティに対し、高い精度で人流を計測できるセンサ配置を導出できることを示した。

上記のモビリティモデリングの手法の知見を活用し、様々な環境要因とモビリティの関係を数理的にモデリングするとともに、実世界におけるシステムの性能とモビリティの関連を定性的及び定量的に把握する取組として、

(3) OD 交通流の推定手法の検討に取り組んだ。都市部における交通流の把握のために、GPS や速度計などの各種センサに加えて無線通信機器を備えたプローブカーによる交通状況の収集に基づく方法がいくつか検討されている。本取組では、渋滞時における個々のプローブカーの移動軌跡を詳細に分析することで、渋滞の程度を交通量として推定する。他の手法と異なり、プローブカーの情報を集約せず、個々のプローブカーの情報を活用し、交通量を推定する手法であり、プローブカーが一台でも通過した道路の交通量を推定することが可能で、細かい時間粒度かつ広範囲に渡る交通状況を即座に把握することができる。

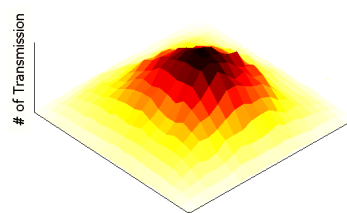
4. 研究成果

4. 1. 移動制約に基づくモビリティモデル

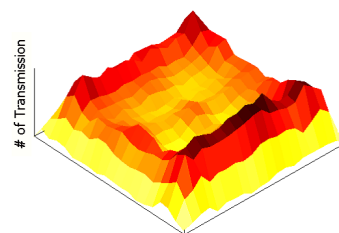
まず、ネットワーク性能に対するノード移動の影響を評価するために、様々なノード移動を再現可能なモビリティモデルを実現する。本研究では、ノードが移動可能な領域が複数のセルに分割されているものとし、セル単位で個々のノードの移動を指定できるように、あるセル上を移動するノードの割合を移動方向毎に指定可能で、かつその条件の基でノードが移動するモビリティモデルを提案する。ここでは、移動方向毎のノードの割合を移動制約と呼び、例えば、移動制約として、十字路の交差点において上下に移動するノード及び左右の移動するノードの割合を指定することで、その交差点における移動方向の偏りを再現する。このモビリティモデルにおいては、移動確率に基づきノードが移動する限り、いかなる移動確率であったとしても、定常状態を保つ性質を持っている。個々の移動制約のもとでネットワーク性能を計測することができ、また、異なる移動特性間でのネットワーク性能を比較することで、移動制約によるシステム性能への影響を調査することが可能となる。

AODV プロトコルを対象とした実験を通して、提案するモビリティモデルを利用し、ネットワーク性能に影響を及ぼす移動制約を明らかにする。この実験では 100m x 100m の領域を対象とし、200 個のノードが与えられたノード密度分布と移動制約に従い領域内を移動する。また、領域の左上に送信ノード、右下に受信ノードを配置し、送信ノードから受信セルに 512 バイトの packets を 25ms 間隔で送信するものとする。ノードの通信範囲は、ノードを中心とした半径 10m の円内とし、送信ノードと受信ノード間の経路は AODV プロトコルにより構築する。対象とするノード密度分布として、(I) 中心部セルのノード密度が高いモビリティモデルと、(II) ノードが一様に分布するモビリティモデルの二つを用意した。(I) のノード密度分布は、Random Waypoint Mobility と同じように中心部の密度が高いもので、(II) のノード密度分布は全てのセルで同じものを示している。これら二つのノード密度分布において、各セルの移動制約を様々

に変え、どのような移動制約がパケットロスに影響を及ぼしているかを調査した。



(I) 中心部セルのノード密度が高いモビリティモデル



(II) ノードが一様に分布するモビリティモデル

図 1 各セルでのパケット観測数

まず、中心部セルのノード密度が高いモビリティモデルにおいて、パケットロスに影響を及ぼすような移動制約について示す。この事例では、ノード密度 0.05 以上の中心部セルの移動制約を組とし、テストケースを様々なに変化させた場合にはパケットロスに大きな変化が観測され、一方、それ以外のセルの移動制約を組とし、テストケースを様々なに変化させたにはパケットロスにほとんど変化が見られなかった。このことから、中心部のセルの移動制約がパケットロス数に大きく影響を及ぼすことがわかった。図 1(1)に、移動制約を何も指定しなかった際に、送信ノードから受信ノードへ送信したパケットが各セル上で観測された回数を示す。この図からもわかるように、中心部セル上を多くのパケットが通過しており、経路がこの部分に多く構築されていることがわかる。このことから、中心部セルの移動制約が影響をパケットロスに大きく及ぼすことがわかる。さらに、中心部セルに、領域の左上から右下に構築される経路に沿って、ノードが左上及び右下方向へ動くような移動制約が与えられた場合には、パケットロスは全く発生しなかった。一方、経路に直行するような、ノードが左下及び右上方向へ動くような移動制約が与えられた場合には、パケットロスが多く発生することがわかった。つまり、経路に沿ってノードが動く場合は経路が安定しているが、経路上に存在するノードが経路と直行に移動する際には、そのノードが経路から外れ、経路が維持できなくなったため、パケットロスが発生することが推測できる。また、他のセル上には経路があまり構築されないため、それらのセルの移動制約は影響ないことが確認された。

一方、ノード密度分布が一様である場合には、周辺セルの移動制約を組とし、テストケ

ースを様々に変化された場合にパケットロスの変化が観測された。図 1(2)に示すように周辺セルで多数のパケットが観測されており、周辺セルに経路が構築されている。この事例でも、さきほどの例と同様に、経路上のセルの移動制約がパケットロスに影響を及ぼすことがわかった。一方、周辺セルではノードが移動可能な方向が限られることから、移動制約を変化させたとしても、中心部セルのノード密度が高い例と比較し、パケットロスの変化は大きくなかった。このように、各セルに対する移動制約を実現するモビリティモデルと、ネットワーク性能へ影響を与えるような移動制約の組み合わせを特定することにより、ノードの移動がネットワークの性能にどのように影響を及ぼすかを詳しく評価できる。

4. 2. 行動センシングシステムシミュレータ HumanS

提案する HumanS シミュレータでは、都市環境の屋内外において人の位置情報を計測可能なセンサが多数設置されているような状況を想定し、これらの状況を実現するパラメータとして、(i)デジタル地図データ、(ii) 歩行者エージェントの行動パターン、(iii) 歩行者検出センサの基本性能、数、配置の 3 つを考える。シミュレーション領域を生成するために必要なデジタル地図データに関しては、現時点で広く普及しており、多くの GIS 環境において読み込むことができる ESRI シェープファイルを使用する。歩行者エージェントの行動パターンを決定するための統計データとして、OD 行列あるいは人口密度の時間推移データを入力として与えることができる。OD 行列とは地図上の出発点と到着点を表すある 2 点間の交通量を表すデータであり、HumanS では OD 行列で指定した流量を満たす歩行者流をシミュレーション中で再現することができる。また、行動パターンを生成する別の手段として、シミュレーション領域をオフィスや会議室など特徴に応じた複数の領域に分割し、各領域の人口密度の時間推移を入力することによって、その人口密度を再現するような歩行者モビリティを自動生成することもできる。このように、行動パターンを決定する統計データについて複数の形式に対応することによって、さまざまな状況において実データに基づいた現実的な歩行者エージェントを生成できるように工夫している。歩行者エージェントの行動情報を計測するセンサについては、センサの基本性能と数、配置の 3 つを入力として与える。センサの基本性能とは計測範囲や誤差を表すものであり、配置は各センサの地図上における位置や向きを指定するものである。シミュレータの利用者はセンシング範囲・シャドウイング・位置尤度の 3 つのパラメータからなる統一的なモデルを用いてさまざまな歩行者検出センサの基本性能を再現し、自由に配置することによって、行動センシングの振る舞いを評価する。

利用するセンサの種類と人の移動が、人の位置情報を利用するアプリケーションに与える影響を、HumanS シミュレータにより評価できることを示すために、地下街における歩行者流分析システムを対象としたシミュレーション実験を行った。センサの種類や配置が歩行者流分析システム UPF に与える影響を調査する。このシステムは、複数地点に設置されたセンサによって歩行者の通過人数をカウントした上で、最適化手法に基づく地下街全体の歩行者流推定を行う。地理環境としては、大阪市の地下街であるディアモール大阪 300m × 300m の領域を対象とした。歩行者エージェントに関しては、現実的なモビリティを生成するために総務省統計局の国勢調査を基に OD 行列を作成し、常時 1200 人程度がシミュレーション領域中に滞在するような設定とした。また、センサの特性による推定精度の変化を調べるために、二種類のセンサを用意した。ベンチマークのために用意した理想センサ(検出領域角 60 度でシャドウイングがなく、位置尤度は検出位置のみ 1 であるようなセンサ)では計測範囲内の歩行者数を誤差なく計測することが可能だが、レーザレンジスキャナ(LRS)においては、前の歩行者の影に隠れた別の歩行者を見逃してしまう可能性がある。この二種類のセンサの選択と配置に変更を加えながら、以下に示す五種類のシミュレーションシナリオを実行した。ただし、シナリオ(e)はシナリオ(a)から(d)のシミュレーションを実行した後、その結果を踏まえた上で効率的な配置になるように検討したものである。(a) 37 個の主要通路全てに 1 つずつ理想センサを設置、(b) 37 個の主要通路全てに 1 つずつ LRS を設置、(c) 出入口に隣接する 22 個の通路にのみ LRS を設置、(d) 出入口以外の 15 個の通路にのみ LRS を設置、(e) 手動で選択した 25 個の通路に LRS を設置。

表 1 歩行者流の推定精度

シナリオ	センサ種類	センサ数	歩行者流の推定誤差
(a)	理想センサ	37	10 %
(b)	LRS	37	17 %
(c)	LRS	22	28 %
(d)	LRS	15	132 %
(e)	LRS	25	14 %

HumanS シミュレータによって生成された歩行者に対する歩行者流の推定誤差を表 1 に示す。計測に関して全く誤差の無い理想センサを利用し、センサ数も最大であるシナリオ (a) に関しては、表 2 に示すように UPF の推定誤差が 10%と最高の精度が実現された。これに対して、センサの位置は全く変更しないまま誤差をもった LRS に切り替えたシナリオ(b)では推定誤差 17%まで上昇した。これは LRS のもつシャドウイングの特性によるものである。シャドウイングの特性をもつ LRS の計測精度は、人口密度が高くなればなるほど悪化する傾向がある。シミュレーション中の人口密度

は平均で0.12人/m²程度の設定となっており、シナリオ(b)のLRSでは約80%程度の歩行者しか検出できず、このことが推定精度の低下に繋がったと考えられる。

また、シナリオ(c)および(d)では、シナリオ(b)に比べて、センサの数を減らしており、それぞれUPFの推定誤差が28%、132%と大幅に増加している。この結果から、UPFにおいては対象領域中央付近に集中的にセンサを配置するよりも、出入口を含み、かつ地理分散的な配置の方が高い精度が得られることがわかった。最後にシナリオ(e)に関しては、精度を保ったままセンサの設置数を削減することを目指して、シナリオ(b)、(c)、(d)の結果を踏まえた上で効率的な配置を考案したものである。その結果、センサの数を25個まで減らしているにも関わらず、推定誤差が14%とシナリオ(b)よりも優れた結果を得ることができた。必ずしもセンサの数を増やせば良いとは限らず、狭い通路や交通量の多い通路などにはセンサを置かない方が良い推定結果を得られるということがわかった。

このように、HumanSシミュレータを利用することによって、センサの種類や配置など、さまざまなパラメータを変更しながらシミュレーションを実行することができる。さらに、その結果から、各アプリケーションに応じた行動センシングシステムの特徴を把握し、設計に活かすことで、効率的な運用に貢献できる。

4. 3. OD交通流の推定

本取組では、まず、OD交通流を推定するために、プローブカーから得られる速度情報及び位置情報を基に、交差点に接続する各リンクにおける交通量を推定する。ここでは、赤信号時にリンク上で形成される車列長を、そのリンクにおける交通量とする。ある信号サイクル中の赤信号において、プローブカーが赤信号のために停止した際、プローブカーが停止した位置と赤信号の経過時間から、その信号サイクル中における車両の到着率を計算し、赤信号が終了するまでに車列に加わる車両数を推定し、これをその信号サイクルにおける交通量とする。さらに、青信号においては、プローブカーが停止していた位置と、プローブカーが青信号になってから経過した時間から、その交差点の交通容量を推定する。但し、リンクに流入してくる車両の到着率は、上流の交差点やリンクにおける交通流に大きく依存する。特に、上流の交差点が信号機を有する場合には、その信号の間隔やオフセットに応じて、下流のリンクに対し、車両の流入元になるリンクと、流入する期間が定まるため、ある信号サイクル内における一定の到着率を定められるわけではない。そこで、周辺に信号機を有する交差点が存在せず、信号サイクル中は一定の到着率で車両が流入してくるリンクと、上流の交差点が有する信号機に接続するリンクに対し、それぞれで異なる

方針で車列長を推定する。その後、得られた車列長の系列からリンク交通量を推定する。この車列長の系列を用いることで、短い時間隔でリンク交通量を推定することができ、動的にOD交通量を推定することで、OD交通流の短期的な変化を把握する。この手法では、ODペア毎の大まかな交通流の傾向を示す事前OD分布を、計測されたプローブカーに依るものとする。また、OD交通量と各リンク交通量が整合性を保ちつつ、事前OD分布に近いOD交通量を求めるために、本取組ではエントロピー最大化法を用いることで、高い精度でのOD交通流の推定を実現している。

提案手法の有効性を検証するため、ミクロ交通シミュレータVissimを用いて評価実験を行った。実験では、道路網を構成する最小単位である1ブロックのネットワークと、約2km四方の区画における主要道路から構成される二種類の道路ネットワークにおいて、OD交通量の推定精度を評価した。前者は、シンプルなネットワークを想定し、そのリンク長は150mとなっている。また、横方向の通りについて交通量が多く、交通量に偏りがあるとした。後者は、縦2.5km、横2kmの都市部における主要道路で構成される道路網を想定し、リンク長は500mとなっている。前者のネットワークにおいてはすべてのノード間における合計52ペアについて、後者のネットワークにおいては主要なODである40ペアについてOD交通量を推定した。OD交通量全体として正しく推定できるかを確認するため、相関係数Rの平均値を評価指標として用いた。表2に、OD交通量を、それぞれ15分および60分のタイムスライスで推定した時の相関係数Rの平均値を示す。いずれのネットワークおよびタイムスライスにおいても、 $0.7 < R < 0.9$ となり、ある程度の相関がみられることが確認され、提案手法によりOD交通量の傾向を捉えられることを示した。

表2. 各ネットワークにおけるOD交通量の相関係数

	シンプル	複雑
タイムスライス 15分	0.84	0.73
タイムスライス 60分	0.89	0.86

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計9件)

1. Ryosuke Tanimura, Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, "Prediction of Deceleration Amount of Vehicle Speed in Snowy Urban Roads Using Weather Information and Traffic Data", 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2015), pp.2268-2273, Sep. 2015.
2. Kazuhisa Fujita, Takamasa Higuchi, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi,

- Teruo Higashino, Shinji Shimojo, "Human crowd detection for physical sensing assisted geo-social multimedia mining", 2015 IEEE Conference on Computer Communications Workshops, pp. 642-647, Apr. 2015.
3. Takumi Satoh, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, "A novel estimation method of road condition for pedestrian navigation", 2015 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops (PerMoby 2015), pp. 427-432, Mar. 2015.
 4. Tomoyuki Tange, Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, "An Analysis Model of Queue Length Fluctuation at Signals Using Vehicle Trajectories", 3rd International Conference on Connected Vehicles & Expo (ICCVE 2014), Nov. 2014.
 5. Yuma Akai, Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, "Mitigating location and speed errors in floating car data using context-based accuracy estimation", 2013 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST 2013), pp. 104-110, Nov. 2013.
 6. 金谷 拓実, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, "現実的な都市環境モデリングに基づく行動先センシングシステムシミュレータの設計開発", 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 11, pp. 2371-2382, 2013年11月.
 7. Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, "Protocol Testing and Performance Evaluation for MANETs with Non-uniform Node Density Distribution", 24th IFIP International Conference on Testing Software and Systems (ICTSS'12), Vol. 7641, pp. 231-246, Nov. 2012.
 8. Akihito Hiromori, Takumi Kanaya, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, Yohei Yamaguchi, Ayaka Murai, Yoshiyuki Shimoda, "Performance evaluation of mobility-based energy-saving to control air-conditioning and lighting equipments", Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT 2012), 2012, pp. 1-6, Oct. 2012.
 9. Takumi Kanaya, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, "HumanS: A Human Mobility Sensing Simulator", 2012 5th International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS 2012), pp. 1-4,

May 2012.

[学会発表] (計 12 件)

1. 丹下 智之, 廣森 聡仁, 梅津 高朗, 山口 弘純, 東野 輝夫, "一部の車両軌跡情報および信号パラメータを用いたOD交通流の推定手法", 情報処理学会高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2015-ITS-64(5), pp. 1-8, 2016年3月.
2. 丹下 智之, 廣森 聡仁, 梅津 高朗, 山口 弘純, 東野 輝夫, "車両プローブ情報及び上流の信号パラメータに基づく信号待ち車列長推定手法の提案", 平成27年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, E-19, 2015年9月.
3. 谷村 亮介, 廣森 聡仁, 梅津 高朗, 山口 弘純, 東野 輝夫, "気象および交通データ解析に基づく積雪期における交通速度低下の推定手法", 情報処理学会研究報 マルチメディア通信と分散処理 (DPS), 2015-DPS-163(32), pp. 1-8, 2015年5月.
4. 佐藤 匠, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, "靴型ウェアラブルセンサによる通行路状況推定手法の提案", 情報処理学会研究報告 コンシューマ・デバイス&システム (CDS), 2015-CDS-12(9), pp. 1-8, 2015年1月.
5. 丹下 智之, 廣森 聡仁, 梅津 高朗, 山口 弘純, 東野 輝夫, "車両プローブ情報に基づく信号待ち車列長変動の分析モデル", 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02014) シンポジウム論文集, pp. 1751-1759, 2014年7月.
6. 藤田 和久, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 下條 真司, "空間を共有する人々のためのソーシャルイベント可視化プラットフォーム「ひとなび」の設計開発", 情報処理学会研究報告 モバイルコンピューティングとユビキタス通信 (MBL), 2014-MBL-70(49), pp. 1-9, 2014年3月.
7. 金谷 拓実, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, "様々なセンサを利用する位置行動検出システムの設計支援 環境", 平成24年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, E-07, 2012年9月.
8. 金谷 拓実, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, "現実的な都市環境モデリングに基づく行動センシングシステムシミュレータ HumanS の設計開発", 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02012) シンポジウム論文集, pp. 929-940, 2012年7月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣森 聡仁 (HIROMORI AKIHITO)
大阪大学・未来戦略機構・講師
研究者番号：90506544