

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23240009

研究課題名(和文) 実空間・サイバー空間連携型ネットワーク・エミュレーション技術の開発

研究課題名(英文) Development of Network Emulation Technology through Collaboration of Cyberspace and Real Space

研究代表者

東野 輝夫 (Higashino, Teruo)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：80173144

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 24,000,000円、(間接経費) 7,200,000円

研究成果の概要(和文)：近未来のユビキタス社会においては、携帯電話網と無線通信網、センサネットワーク、車車間通信網など複数のネットワーク間で柔軟な相互接続性を実現し、位置や周辺環境、端末所持者の嗜好などに応じた情報サービスが提供されると考えられる。本研究では、都市環境における人や車の行動モデルを構築し、その下で評価用テストベッドを迅速且つ低コストで実現するための技術を開発すると共に、テストベッドでの電波干渉状況などを自動的に記録・収集するシステムを開発し、得られた電波干渉状況を基に階層的なシミュレーション技術を併用することで、大規模ネットワークサービスの高精度な性能評価のためのエミュレーション技術を開発した。

研究成果の概要(英文)：In ubiquitous society of the near future, we need to realize flexible interoperability across multiple networks such as wireless communication networks, mobile phone networks, sensor networks and vehicle-to-vehicle communication networks, in order to provide several types of information services depending on surrounding environments, positions of terminal holders and their preferences. In this study, we have designed a method for building realistic mobility models of pedestrians and vehicles in urban environments, and developed a technology to achieve a test-bed for rapid evaluation with a low cost. We have also developed a system for recording and collecting automatically radio interference situations in the test-bed. Then, we have developed an emulation technology for the performance evaluation of heterogeneous large-scale network services based on the obtained radio interference situations in the test-bed using a hierarchical simulation technology.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 計算機システム・ネットワーク

キーワード：無線ネットワーク シミュレーション エミュレーション 車車間通信 センサネットワーク ユビキタスコンピューティング 相互接続性 電波干渉

### 1. 研究開始当初の背景

近年、国の重点課題としてグリーン・イノベーションやライフ・イノベーションが取り上げられ、低炭素社会や安全・安心な社会の実現のための新しい情報通信技術の開発が求められている。近未来のユビキタス社会においては、自動車や歩行者などが保持する情報端末と道路や建物などに埋め込まれたセンサ情報などを併用して、(i) 都市全体のエネルギーの節約を目指した環境センシング、(ii) 災害・異常気象予測や災害情報の伝播、(iii) 高度道路交通(ITS)システムによる交通事故の軽減、(iv) 商業施設でのショッピング情報の提供、(v) 高齢者や弱者の見守り・医療応用、などのユビキタスサービスの構築が進められている。米国では Cyber Physical Systems (CPS) の研究開発が NSF の重点研究領域に定められ、センサやロボット・人・車が保持する端末群を協調させたシステムの開発が行われている。欧州では、第 7 次欧州フレームワークプログラム(FP7)などにおいて、センサ情報や人の所在に反応してシステムを自動制御するアンビエント・インテリジェンスの研究が進められている。

現在多くの社会シミュレータが開発されているが、ユビキタス通信技術を活用した上記 (i)~(v) のような社会システムのシミュレータやテストベッドは未だごく僅かしか開発されていない。一方、災害時に被災者の携帯端末や車両から災害情報を取得し、どの地域の人や車両にどのような避難指示を与えると対象領域の被害を最も低減できるかを高精度かつ迅速に評価できるシステムなど、安全・安心な社会を実現するための社会基盤としてユビキタス通信技術を活用した社会システムの構築が各省庁で進められている。

### 2. 研究の目的

近未来のユビキタス社会においては、携帯電話網と無線通信網、センサネットワーク、車車間通信網など複数のネットワーク間で柔軟な相互接続性を実現し、スマートフォンやカーナビなどそれらに接続された多数の移動情報端末に対し、位置や周辺環境、端末所持者の嗜好などに応じた適応的できめ細かい情報サービスが提供されると考えられる。多数の人や車が移動する都市環境下でこのようなネットワークサービスを実現しようとした場合、移動ノードのモビリティや密度、建物などの障害物の影響で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・評価できることが望ましい。

本研究では、都市環境における人や車の行動モデルを構築し、その下で評価用テストベッドを迅速且つ低コストで実現するための技術を開発すると共に、テストベッドでの電波干渉状況などを自動的に記録・収集するシステムを開発する。さらに、テストベッドで得られた電波干渉状況を基に、対象とする

実空間をシミュレーション空間(サイバー空間)として再現し、階層的なシミュレーション技術を併用することで、大規模ネットワークサービスの高精度な性能評価のためのシミュレーション技術を開発する。

### 3. 研究の方法

都市環境における大規模ネットワークサービスに対し、(1)多数のノードからなる無線ネットワークの通信状況を高速にシミュレーションするための方法や、(2)人や車の行動を数学的にモデル化する方法を考案するとともに、(3)都市空間内に配置されたセンサの挙動を包括的に再現するシミュレーション環境 HumanS を開発し、(4)BEMS、ITS の基盤ネットワークなどの社会システムを対象に、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性能評価を行い、提案手法の有効性を評価した。具体的には、上記(1)~(4)の各項目に対し、下記のような研究を行った。

(1) 一般に、通信するノードの数が増加すると、ノード数の二乗に比例してシミュレーションの負荷は増加するため、現実的な時間での無線ネットワークシミュレーションは数万ノード程度が限界となっており、膨大な数のセンサが無線通信を行うようなシステムの性能評価においては不十分である。より大規模な無線ネットワークを対象とした性能評価を適切に行えるよう、MAC 層におけるパケットの送受信を確率的に計算することにより、無線ネットワークシミュレーションの高速化を図る方法を考案した。

(2) 多数の人や車が移動する都市環境下では、ノードの移動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するためには、人や車の移動の特性を正確に把握する必要がある。そこで、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に、様々なモビリティ特性を実現する方法を提案すると共に、システムに影響を及ぼすモビリティ特性を明らかにする方法を提案している。また、実世界の観測から都市部における人の移動を導出する手法を考案した。

(3) 上記のモデルにより得られた人や車の動きを再現するとともに、センサの種類及び与えられたセンサ配置に対する各センサの振る舞いを包括的に再現することによって、多数のセンサから構成されるシステムの設計開発と性能評価を支援するシミュレーション環境を構築した。

(4) さらに、シミュレーション環境 HumanS を開発し、都市部における環境センシング、BEMS、ITS の基盤ネットワークなどの社会システムを対象とした性能解析を行うことで、提案手法の有効性を評価・検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 無線ネットワークシミュレーションの高速化

大規模なネットワークを対象としたシミュレーションを高速に実行するため、MAC層におけるパケット送受信の成否を確率に基づき決定する確率事象駆動型モデルを考案した。このモデルでは、あらかじめノード周辺のトラフィックを確率分布としてモデル化し、その確率分布に基づきパケット送信やパケット受信の成否を決定する。また、提案モデルと従来の離散事象駆動型モデルは、ノード単位で切り替えることが可能で、評価対象領域には詳細な離散事象駆動型モデルを使用し、残りの領域には提案モデルを使用するなど、評価目的やシミュレーションに使用する計算機資源に応じ、柔軟なシミュレーションを行うことができる。評価実験を行い、MAC層に関わるシミュレーション処理負荷を1/10に削減し、パケット送受信に要する処理を高速に実行できることを示した。

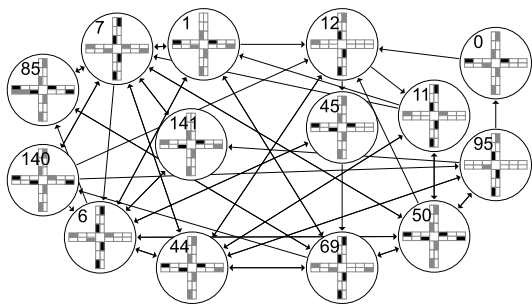


図1. 密度分布間の遷移により表現される交通トラフィックの変化

##### (3) 人や車のモビリティモデル

都市街区の交差点付近における車両数などのノード密度とその動的な変化を計測及び分類し、対象セル毎に指定されたノード密度が得られるようなモビリティモデルを人工的に合成することで、交差点周辺での様々な車両数の変化モデルを考案した。このモデルでは、ある交通トラフィックの状況を確率分布として一つの状態としてモデル化し、それらの状態の遷移により、図1のように交通トラフィックの変化を表現する。性能評価実験では、従来の移動軌跡により表現されるモビリティモデルと提案する密度によるモビリティモデルの双方で、無線アドホックネットワークを対象とした性能評価を行った。その結果、密度によるモビリティモデルにおいても、移動軌跡によるモビリティモデルと同等のネットワーク性能を観測でき、提案するモビリティモデルにより、様々な環境を簡単に再現できることを示した。

実世界の観測に基づき人のモビリティモデルを構築する手法 UPL (Urban Pedestrian Localization)を用いて、対象とな

る領域に幾つかのランドマークを配置し、各ランドマークから発せられる無線電波に基づき、一定の距離に人が滞在している、もしくは滞在していないことを推定し、人が滞在していると推測される領域を幾何学的に計算する方法を考案し、高い精度で人流を計測することができることを示した。大阪市内の地下街を対象とした実証実験では、数メートルの誤差で人の位置を把握できることが分かった。



図2. 大阪市内の地下街を対象としたシミュレーション

##### (2) 環境シミュレーション

行動センシングシステムを対象とし、Human Mobility Sensing Simulator (HumanS)の設計開発を行った。HumanSはマルチエージェント・シミュレータであり、都市環境と歩行者モビリティ、センサの振る舞いを包括的に再現し、シミュレーションできる点が最大の特徴である。これにより、センサの基本性能や配置のみならず、周辺環境の影響も含めて実環境に近い条件で行動センシングシステムの特性を評価し、効率的な開発や運用を行うことができる。システムの特性を正確に理解するには、シミュレーション対象となる都市環境、歩行者行動、及びセンサのそれぞれについて必要十分な精度でモデル化を進める必要がある。都市環境に関しては、地理情報システム(GIS)との連携によって、デジタル地図データから屋内外の地理情報を読み込みシミュレーションに利用できるようにしている。また、歩行者行動については、この地図データを分析することで潜在的な経路を自動的に導出し、狭い通路や任意形状の空間など複雑な構造のマップであっても壁からの距離を保ちながら、効率的に行動する現実的な歩行者エージェントを実現している。具体的には、OD行列で指定された流量に基づく歩行者流の生成や、空間毎に指定された人口密度の時間変化を満たす歩行者モビリティの生成方法を提案

している。センサについては、誤差や計測範囲に関する異なる基本性能をもったセンサを、センシング範囲・オクルージョン・位置尤度の3つのパラメータを用いた統一的なモデルを用いて再現する方法を提案することで、様々なセンサを地図上に配置して行動センシングの性能を評価可能な環境を構築している。シミュレーション結果はリアルタイムに可視化されて確認できるほか(図2)、センシングデータをはじめとする全てのシミュレーション結果がデータベースに格納されるため、SQLを利用して効率的に分析を進めることができる。さらに、大阪市内の地下街を3D空間としてモデル化し(図3)、平面的な人の移動だけでなく、3D空間での人の移動を扱うことが可能で、ビルからの避難をシミュレーションするなど、都市部に特有な環境に対応できるシミュレーション環境となっている。



図3. 大阪市内の地下街の3Dモデル

#### (4) エネルギー・災害時の評価

HumanSの有用性を示すため、大阪駅前の地下街を対象に利用するセンサや配置の違いによる人流の検知率の差などを評価するとともに、最適なセンサ配置問題に対する解法を考案した。この手法では、ある人流推定システムとセンサ配置に対して、それらが様々な人流に対して実現可能な推定誤差の期待値の導出式を与えることができる。また、異種センサの検出性能の差異を計測誤差分布で表現することで、センサ種別を統一的にモデル化する。この推定誤差の期待値をセンサ配置の適切さの指標とし、指定されたセンサ導入コスト制約のもとで推定誤差の期待値を最小化するセンサ配置最適化問題を定義し、その解法を示した。センサ配置の組み合わせは膨大な数になることから、互いに類似するセンサ配置が同等の推定誤差を実現する傾向にあることに着目し、推定誤差の期待値が低いセンサ配置と類似するセンサ配置を優先的に探索することにより、推定誤差の期待値がなるべく低いセンサ配置を短時間で導出する工夫をしている。図2に示す大阪市内の地下街を対象とし、提案手法により人流推定システムのためのセンサ配置を導出した。このセンサ配置と、(a)出入口近くにセンサを配置、(b)出入口に接続していない通路にセンサを配置、(c)ランダムにセンサを配置の三つの方針について、人流推定の誤差を比較した。その結果を、表1に示す。

表1. センサ配置毎の人流推定誤差

Placement	1th	2nd	3rd	4th	5th	Average
Proposed	0.0061	0.0053	0.0057	0.0058	0.0057	0.0057
(a)	0.0094	0.0116	0.0124	0.0143	0.0108	0.0117
(b)	0.0316	0.0283	0.0252	0.0306	0.0275	0.0286
(c)	0.0211	0.0242	0.0190	0.0304	0.0245	0.0238

提案手法の推定誤差は最小であり、(a)のセンサ配置と比較し、半分の推定誤差となっている。提案手法によるセンサ配置と(a)のセンサ配置の相違点は数個のセンサ配置が異なるだけであり、シンプルな方針によるセンサ配置では、人流を適切に捉えられない一方、提案するセンサ配置最適化手法を適用することによって、推定誤差が小さいセンサ配置を導出できることを確認した。

また、HumanSを利用し、空調及び照明機器の省エネルギー制御システムを対象に、利用するセンサ及び配置の違いによる消費電力への影響を評価した。この事例では、HumanSにおける人の行動とセンシングを再現する基本機能に加え、オフィスビルなどにおける空調、照明、OA機器の現実的な電力消費量を算出可能なエネルギー消費推計モデルを導入した。これにより、空調照明機器の対象領域を自由に指定し、かつ領域毎に電力消費量を計測することができる。さらに、ビルなどの屋内空間における移動特性を考慮し、人の移動を空間から空間への移動と空間内の移動としてとらえ、空間の一部または全部に対して人口密度とその時間変化を指定することで、その人口密度を満たすような人の移動を生成するシステムを構築している。これにより、オフィスの執務室等における在室率データなどの統計状況から、朝は出勤により人が増加し、昼の休憩時間には外出者が増加するといった、時空間的な人口密度変化を容易に再現できる。これらの仕組みを用いて、オフィスフロアに設置されたアンビエント照明及び空調の制御に、カメラセンサ及び人感センサを利用し、エネルギーの削減効果の評価した。その結果、いずれのセンサにおいても、人がいない時間及び空間に対しては照明や空調を停止することで、30%程度のエネルギー削減が見込まれることを示した。一方、カメラセンサにおいては、障害物の影などのために、人の存在を正しく検知できない場合もあり、人が存在しているにも関わらず、機器を停止することもあり照明や空調が提供できていない時間が一割程度あることが確認された。

一方、ITSシステムを対象と、車車間通信を併用した動的な信号制御システムを対象とし、性能評価を実施した。CO2の排出量は車の走行距離だけでなく、停止と走行に因るものが多いことが知られており、この信号制御システムでは、車車間通信を利用し、個々の車両の移動方向を把握し、なるべく車が信号機で停止しないよう、リアルタイムに信号を制御する。提案方法では、ニューラルネッ

トワークを利用し、車の移動を予測することにより、既存の手法と比較し、最大で 20%程度 CO2 を削減できることを示した。

また、都市部において、車との通信する路側機の配置及び通信スケジューリング方式を提案するとともにその評価を行った。無線基地局が密に設置され、将来において追加的に設置されていくような地理空間環境において、資源割り当て管理が容易で、高い資源利用効率を達成する空間分割スケジューリング技術を提案した。提案手法では、地理空間を等サイズの矩形セルに分割し、基地局のおおよその最大干渉距離の見積りをもとに、基地局の存在およびその位置に関わらずセル間の(潜在的な)干渉を決定する。そのように規則化された空間において、同様のセル間干渉パターンが規則的に繰り返し出現する状況において(一定の条件を満たす場合に)ほぼ最適かつ規則的な資源割り当てを実現するアルゴリズムを開発している。これにより、各セルの基地局が利用可能な資源が、その設置座標から一意に決定できる利点がある。網羅的なシミュレーション実験により、資源割当の規則性(管理の容易性)、必要資源数の最適性の 2 点から提案手法の有効性を評価している。大阪市中央区の区画を対象に、高度交通システム向け帯域を路側機間で時分割利用する設計事例に応用し、有用性を検証した結果を述べる。大阪市中央区の 5km × 5km の領域における主要幹線道路交差点に 121 の路側機を配置した状況(図 4)で、提案するアルゴリズムを適応した結果、図 5 に示すように 13 資源で路側機間の干渉なく通信できるスケジューリングを導出できることが分かった。



図 4. 121 個の路側機の配置

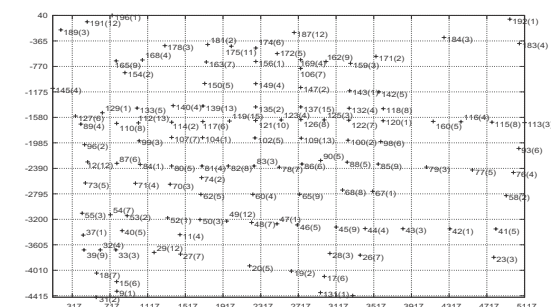


図 5. 路側機への資源割当

この成果は、モバイル無線ネットワークの性能評価に関し著名な国際会議 IEEE MSWiM 2013 にて Best Paper Candidate に選ばれるとともに、関連論文が情報処理学会論文誌の特選論文に選ばれた。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

1. 山口弘純, 廣森聡仁, 東野輝夫, 梅原茂樹, 浦山博史, 山田雅也, et.al.: “密な基地局群の無線相互干渉調停のための空間分割スケジューリング技術”, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.2, pp.826- 837, 2014.
2. Noboru Kiyama, Akira Uchiyama, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Quantifying Relationship between Relative Position Error of Localization Algorithms and Object Identification”, Wireless Networks, Vol.19, No.6, pp.1037-1049, 2013, doi:10.1007/s11276-012-0516-2.
3. Akira Uchiyama, Sae Fujii, Kumiko Maeda, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “UPL: Opportunistic Localization in Urban Districts”, IEEE Trans. on Mobile Computing, Vol.12, No.5, pp.1009-1022, 2013, doi:10.1109/TMC.2012.86.
4. Yuki Sakai, Akira Uchiyama, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Self-Estimation of Neighborhood Distribution for Mobile Wireless Nodes”, Journal of Information Processing, Vol.21, No.2, pp.198-205, 2013, doi:10.2197/ipsjip.21.198.
5. Teruo Higashino and Akira Uchiyama: “A Study for Human Centric Cyber Physical System Based Sensing – Toward Safe and Secure Urban Life –”, Comm. in Computer and Info. Science, Vol.146, pp.61-70, 2013.
6. 境裕樹, 廣森聡仁, 山口弘純, 東野輝夫: “オーバレイネットワーク上でアプリケーションサービスを実行するプラットフォームの設計と実装”, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.11, pp.2612-2623, 2012.
7. Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Context-supported Local Crowd Mapping via Collaborative Sensing with Mobile Phones”, Pervasive and Mobile Computing, Avail. online 28 Oct. 2013, doi:10.1016/j.pmcj.2013.10.012.
8. 東野輝夫, 内山彰: “ユビキタスセンサネットワークによる災害時支援”, 電子情報通信学会誌, Vol.95, No.9, pp.803-808, 2012.
9. 梅津高朗, 東野輝夫: “無線通信技術の ITS(高度道路交通システム)への応用研究”, 設計工学, Vol.47, No.9, pp.398-404, 2012.
10. 上野次郎, 廣森聡仁, 山口弘純, 東野輝夫: “任意のノード密度分布を実現可能な Waypoint モビリティモデルの提案”, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.232-242, 2012.

[学会発表] (計 13 件)

1. Hirozumi Yamaguchi, Akihito Hiromori, Teruo Higashino, et.al.: “A Novel Scheduling Algorithm for Densely-deployed Wireless Stations in Urban Areas”, Proc. of 16th ACM Int. Conf. on Modeling, Analysis & Simulation of Wireless and Mobile Systems, pp.317-326, 2013 年 11 月 6 日, Barcelona, Spain, doi:10.1145/2507924.2507939.
2. Yuma Akai, Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Mitigating Location and Speed Errors in Floating Car Data using Context-based Accuracy Estimation”, Proc. of 13th Int. Conf. on ITS Telecomm., pp.104-110, 2013 年 11 月 5 日, Tampere, Finland, doi:10.1109/ITST.2013.6685529.
3. Akira Uchiyama, Etsuko Katsuda, Yuki Uejima, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “GPS Line-Of-Sight Fingerprinting for Enhancing Location Accuracy in Urban Areas”, Proc. of 4th Int. Conf. on Indoor Positioning and Indoor Navigation, pp.827-830, 2013 年 10 月 28 日, Montbeliard, France.
4. Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Sensor Placement Optimization Method for People Tracking”, Proc. of 7th Int. Conf. on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies, pp.62-67, 2013 年 9 月 25 日, Prague, Czech Republic, doi:10.1109/NGMAST.2013.20.
5. Yusuke Wada, Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Accurate Positioning of Mobile Phones in a Crowd using Laser Range Scanners”, Proc. of 9th IEEE Int. Conf. on Wireless and Mobile Computing, Networking and Comm., pp.441-446, 2013 年 10 月 8 日, Lyon, France, doi:10.1109/WiMOB.2013.6673395.
6. Ayaka Murai, Yohei Yamaguchi, Yoshiyuki Shimoda, Takumi Kanaya, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Evaluation of Energy-Saving Performance of Office Building Task/Ambient Systems Considering Dynamic Worker’s Behavior”, Proc. of 1st Asia Conf. of Int. Building Performance Simulation Association, 2012 年 11 月 27 日, Shanghai, China.
7. Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Protocol Testing and Performance Evaluation for MANETs with Non-uniform Node Density Distribution”, Proc. of 24th IFIP Int. Conf. on Testing Software and Systems, Vol.7641, pp.231-246, 2012 年 11 月 19 日, Aalborg, Denmark, doi:10.1007/978-3-642-34691-0\_17.
8. Akihito Hiromori, Takumi Kanaya, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, et.al.: “Performance Evaluation of Mobility-based Energy-saving to Control Air-conditioning and Lighting Equipments”, Proc. of 1st Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT), pp.1-6, 2012 年 10 月 4 日, Pisa, Italy.
9. Takaaki Umedu, Yuji Togashi and Teruo Higashino: “A Self-learning Traffic Signal Control Method for CO2 Reduction using Prediction of Vehicle Arrivals”, Proc. of 15th Int. IEEE Conf. on Intelligent Transportation Systems, pp.421-426, 2012 年 9 月 17 日, Alaska, USA, doi:10.1109/ITSC.2012.6338843.
10. Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Simulating CSMA/CA Behavior for Performance Evaluation of Multi-hop Wireless Networks”, Proc. of 20th Int. Workshop on Quality of Service, pp.1-4, 2012 年 6 月 4 日, Coimbra, Portugal, doi:10.1109/IWQoS.2012.6245968.
11. Takumi Kanaya, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “HumanS: A Human Mobility Sensing Simulator”, Proc. of 5th Int. Conf. on New Technologies, Mobility and Security (NTMS 2012), pp.1-4, 2012 年 5 月 9 日, Istanbul, Turkey, doi:10.1109/NTMS.2012.6208740.
12. Eijiro Ueno, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “A Simple Mobility Model Realizing Designated Node Distributions and Natural Node Movement”, Proc. of IEEE 8th Int. Conf. on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems (MASS 2011), pp.302-311, 2011 年 10 月 19 日, Valencia, Spain, doi:10.1109/MASS.2011.37.
13. Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “A Comprehensive Test Strategy for Network Protocols in Diverse Environment”, Proc. of IEEE 19th Int. Symp. on Modeling, Analysis, and Simulation of Comp. and Telecomm. Systems, pp.188-196, 2011 年 6 月 26 日, Singapore, 2011, doi:10.1109/MASCOTS.2011.69.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

東野 輝夫 (HIGASHINO, Teruo)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授  
研究者番号：80173144

### (2)研究分担者

山口 弘純 (YAMAGUCHI, Hirozumi)

大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授  
研究者番号：80314409

梅津 高朗 (UMEDU, Takaaki)

滋賀大学・経済学部・准教授

研究者番号：10346174

廣森 聡仁 (HIROMORI, Akihito)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号：90506544

内山 彰 (UCHIYAMA, Akira)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号：70555234