交通計画・交通運営におけるIoT/M2Mセンシング技術の活用事例と今後の展望

西田　純二[1]・森本　哲郎[2]・大田　香織[3]・三島　あい[4]・上善　恒雄[5]

[1]正会員　株式会社 社会システム総合研究所　（〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-22-4-503）
E-mail:nishida@jriss.jp

[2]非会員　株式会社 社会システム総合研究所　（〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-22-4-503）
E-mail:morimoto@jriss.jp

[3]非会員　株式会社 社会システム総合研究所　（〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-22-4-503）
E-mail:ota@jriss.jp

[4]正会員　株式会社片平エンジニアリング・インターナショナル（〒104-0041東京都中央区新富一丁目14番1号）
E-mail:morimoto@jriss.jp

[5]非会員　大阪電気通信大学総合情報学部　（〒575-0063 大阪府四条畷市清滝1130-70）
E-mail:jozen@dg.osakac.ac.jp

著者等はラオス国の首都ビエンチャン市において，スマートフォンをセンサーとするバスロケーション・システムや，路側でWi-Fiパケットのセンシングを行うことにより交通流動をリアルタイムに測定する常時交通観測システムの実用化を行った．この他，バス運転手の生体情報の観測により安全運転を支援するシステム，商業施設や観光地などにおける人の動きのセンシング，駅等の人の集中する場所での環境情報の観測など，いくつかの研究開発を進めている．これらIoTセンシング技術の交通計画・交通運営への応用は，情報通信技術の発展を背景にますます重要性を増してくるものと考えられるが，オープンデータ化と個人情報保護など，検討すべき課題も山積している．本論文では，著者等がこれまで取り組んできたIoT/M2Mセンシングの活用事例を紹介するとともに，これら技術の交通計画・交通運営などへの応用のための課題や方向性について展望を行う．

Key Words : *システム分析，交通行動調査，公共交通計画，交通情報，ITS，スマートシティ*

1. 研究の目的と背景

近年の情報通信技術の進歩により，従来は人手に頼って測定をしていた様々な情報をセンサーにより収集することが容易になってきた．また従来は高価格であったセンサーそのものも，多機能なスマートフォンをセンサーとして利用したり，Raspberry PI のような低価格のマイクロサーバを通信制御に利用するなどの工夫により，ローコストなセンシングシステムの構築を行うことができるようになった．さらに MVNO と呼ばれる低価格のデータ通信サービスが台頭し，センシングデータのリアルタイム観測を行う通信システムを，現実的な通信費用により実現できるようになった．

本論文のタイトルとしているIoTとは，Internet of Things の略であり，日本語では「モノのインターネット」という訳語で幅広く利用されるようになっている．ここでは，多種多様なセンサーに通信機能を付加し，センサーからの情報をインターネットを通して収集し，解析処理を行う仕組みを表す概念として用いている．またM2Mとは，Machine to Machine の略であり，例えば車両等のマシンに搭載されたセンサー等の装置が通信システムに接続され，あるいは装置間で通信を行うことで，さまざまな制御を効果的に実現する概念を示す用語であり，IoTとともに多用されるようになっている．

本論文では，著者等がJICA委託事業として実施中のラオス国ビエンチャン市に導入したスマートフォンをセンサーとするバスロケーションシステムとWi-Fiパケットセンサーによる交通観測システム，京都府宮津市におけるWi-Fiパケットセンサーによる観光流動観測，総務省SCOPE事業の適用を受けて実施しているバス運転手の生体情報観測による安全運転支援の取り組み，センサーネットワークの相互運用を目指す日欧共同プロジェクトの一環として整備が行われたJR摩耶新駅での環境計測センシングなど，交通計画・交通運営の分野で展開している

IoT/M2Mセンシングの事例を紹介し，課題と今後を展望する．本論文では，各事例の分析は不十分ではあるが，新たな取り組みとして実施しているセンシングの事例を紹介し，多数の事例をもとに，今後の課題と展望について論じることに主眼を置いた．ご理解をお願いしたい．

2. Wi-Fiパケットセンサーによる交通観測

(1) Wi-Fiパケットセンサーとは

近年は，Wi-Fi通信機能を持つ携帯用情報機器が急速に普及している．最も普及率が高い端末はスマートフォンであるが，これ以外にもノートPCや携帯用ゲーム機をはじめ，昨今はデジタルカメラ等でもWi-Fi通信機能が装備されている．

これらの機器の多くは，スタンバイ時にもWi-Fiルータと接続するための探索パケット（Probe Request Packet）と呼ばれる管理パケットを送出している．このパケットの送出間隔は機器によって幅があるが，30秒から120秒程度の間隔で常時発信されている場合が多い．このパケットには端末ごとに与えられた固有アドレス（MACアドレス）が含まれているため，複数地点に設置したセンサーにより取得されたパケットのMACアドレスを比較することで，さまざまな交通流動解析を行う[1]ことができる．

パケットに含まれる機器固有の情報は，それ単独では個人の特定を行うことはできないが，例えば狙った個人を追跡してMACアドレスを取得する等，悪意を持って個人情報との紐付けが行われた場合には，個人の行動追跡が行われる可能性がある．そこで私たちは，取得したMACアドレスをセンサ内で一方向ハッシュ関数により変換し，匿名化を行った上で分析処理を行うこととした．

このように匿名化（Anonimous）したMACアドレスを用いたProbe Requestを受信するセンサーをAMPセンサー（Anonimous MAC address Probe Sensor）と呼ぶこととした．

(2) システム構成

AMPセンサー・ソフトウェアの構成は図 1の通りであり，Wi-Fiパケットをキャプチャした後，すぐにそれをSHA-1ハッシュ化処理を行い，取得ログを内部メモリに保存した後，暗号化処理を行い，一定時間ごとにクラウド・ストレージ・サーバにアップロードを行う．

サーバにアップロードされたデータは，すぐに解析システムにより集計処理され，設置箇所の計測数の変動などを確認することができる．

また個人情報保護の観点から，行動の追跡性を低下させるために1週間以上の連続解析ができないようにデータ処理を行う等の対応を行っている．

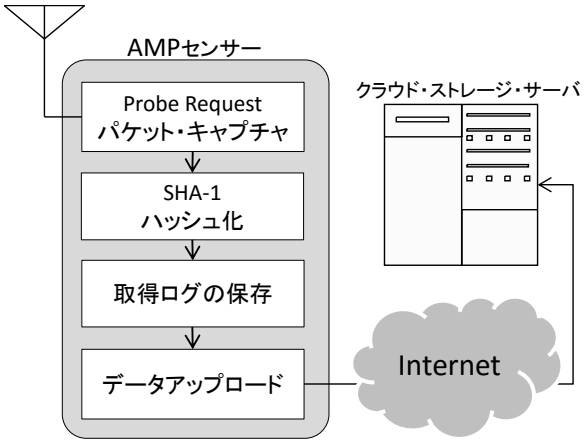

図1 AMPセンサーのシステム構成

(3) ビエンチャン市における道路交通の計測

ラオス国ビエンチャン市における市内の道路交通の観測を行うため，独立行政法人国際協力機構（JICA）の委託事業により，市内に27基のWi-Fiパケットセンサーを設置[2]した．このセンサーは市内の主要交差点付近にある交通警察の派出所を設置場所として，データは市内の3G携帯電話通信回線により，日本国内にあるデータセンターに設置したクラウド・ストレージ・サーバに蓄積し，分析処理を行う．

図 2はビエンチャン市内でAMPセンサーを派出所に設置した状況を示している．

図2 ビエンチャンにおける AMP センサーの設置

設置されたAMPセンサーから送出される情報をもとに，10分ごとに主要交差点間の平均速度と所要時間を算出している．ビエンチャン市内では朝夕に激しい交通渋滞の発生する道路区間があり，センサーから得られるデータを解析することで，渋滞箇所が検知できる．

図 3は計算された道路区間の平均速度と所要時間を利用者に配信するためのWeb画面である．

この情報は，3. に示すバスロケーションシステムの位置情報と共に，市民に常時配信されている．

また，道路区間ごとの速度分布を解析することで道路のサービス特性を知ることができる．発展途上国の道路では渋滞による速度低下だけではなく，舗装面の荒れ（ロードポッド）により，車両の走行速度が低下するケ

ースが散見される．渋滞が発生していない時間帯でも平均走行速度が低下している区間は，道路の管理状態に問題があることが多い．本システムを利用することで，道路の走行速度の常時観測が可能となる．計測されたデータを活用すれば，道路整備の優先順位の検討や整備に伴う費用対効果などを分析することができる．

図3　道路区間の所要時間と平均速度

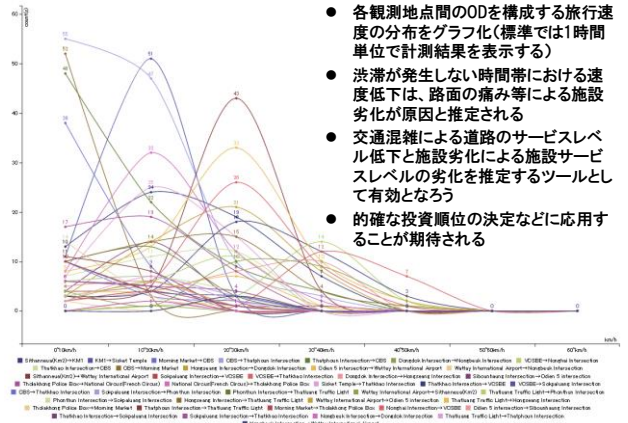

図4　道路区間ごとの速度分布

(4)　京都府宮津市における観光流動解析

日本三景の一つである天橋立を擁する京都府宮津市では，AMPセンサーを市内及び周辺市町の主要観光地等に設置し，観光流動の常時観測を行っている．

この調査にあたっては，調査の実施方法や個人情報処理の方針（プライバシーポリシー）を定め，観光客や地元関係者に十分な告知を行った上で計測を開始している．これらの内容については，浅尾等による論文「Wi-Fiパケットセンサーによる交通流動解析」[3]に詳しいため，本論文では詳細については割愛するが，プライバシーポリシーとして下記の内容を明記している．

- 計測するデータの利用目的の明示
- 計測するデータの内容とその取扱い方法の明示
- 計測されることを避けたい方への対策（スマートフォンのWi-Fi機能をオフにする等）の明示
- 意思に反して自分のデータが取得された場合に，そのデータを消去するための申入れ先の明示と対策方法の準備
- 計測データの分析のためのデータ保持期間を有期に設定し，第三者提供を行わないことの明示

AMPセンサーの設置箇所には，センシングの実施のための告知と，計測情報の取扱いを詳しく説明した宮津市のホームページのURLを記載したステッカーを掲示した．観測を行っている箇所は表1の通りである．

表1　宮津市における AMP センサー設置箇所

番号	地区名	場　所
1	府中地区	真名井神社
2		天橋立入口　（舟越）
3		一の宮駅（観光船乗り場）
4		元伊勢籠神社
5		極楽坂　（よし乃や）
6		傘松公園
7		成相寺
8		天橋立ワイナリー
9	須津地区	宮津与謝消防署
10	文珠地区	天橋立駅
11		智恩寺
12		天橋立公園内　（はしだて茶屋）
13		智恩寺山門通り中間点　（松吟）
14		智恩寺山門通り入口　（かどや）
15		天橋立ビューランド
16	宮津市街地	道の駅　海の京都宮津
17		旧三上家住宅
18		寺町入口
19		大手川ふれあい広場（ガラシャ像）
20		宮津駅
21		宮津天橋立IC
22		与謝天橋立IC
23	栗田地区	宮津ロイヤルホテル
24	由良地区	ハクレイ酒造
25	城崎温泉	城崎温泉観光案内所
26	京丹後市	道の駅　丹後王国　食のみやこ
27	伊根町	道の駅　舟屋の里
28	与謝野町	旧加悦町役場庁舎　（与謝野町観光案内所）

次に，本観測調査により得られた観光流動解析の例を示す．まず表2は生成された地区間OD表である．

表2　AMP センサーから作成された地区間 OD 表

From\To	府中地区	須津地区	文珠地区	宮津市街地	栗田地区	由良地区	城崎温泉	京丹後市	伊根町	与謝野町	合計
府中地区	3,694	239	695	111	10	0	8	8	98	0	4,863
須津地区	258	0	222	306	11	0	4	24	59	10	894
文珠地区	723	314	6,024	711	30	0	14	36	61	3	7,916
宮津市街地	66	334	668	805	70	0	7	16	12	3	1,981
栗田地区	56	25	35	36	0	0	0	0	13	1	166
由良地区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
城崎温泉	7	6	13	3	0	0	0	0	3	0	32
京丹後市	14	17	16	30	1	0	3	0	14	2	97
伊根町	95	62	34	30	3	0	4	21	0	0	249
与謝野町	3	9	1	2	0	0	1	0	0	0	16
合計	4,916	1,006	7,708	2,034	125	0	41	105	260	19	16,214

凡例　宮津市内　周辺市町　周辺市町→宮津市　宮津市→周辺市町

宮津市内を６つの地区に分け，各地区と周辺市町に設置されたAMPセンサーが検知したユニークアドレスをOD表の形式に集計したものである．各地区を訪問した観光客がどの地区との間で流動しているのか，またどの地区間の結びつきが強いのかを定量的に把握できる．

次に図 5は天橋立駅を利用した観光客が，そこから次にどの地区を訪問したかを流動図として図化したものである．天橋立駅の利用者は、駅近傍の文珠地区の観光地を訪問するだけではなく，天橋立を抜けて反対側に位置する府中地区の観光地に流動する様子が計測されている．

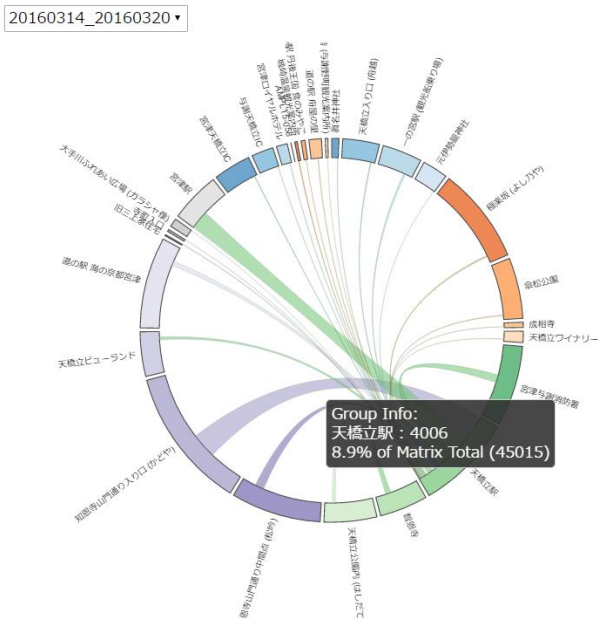

図5　天橋立駅を中心とする１週間の流動

(5)　グランフロント大阪における流動解析

大阪駅前のグランフロント大阪において，総務省SCOPE事業の委託を受けて，2014年11月から3か月にわたり、AMPセンサーによる流動計測を実施[4]した．

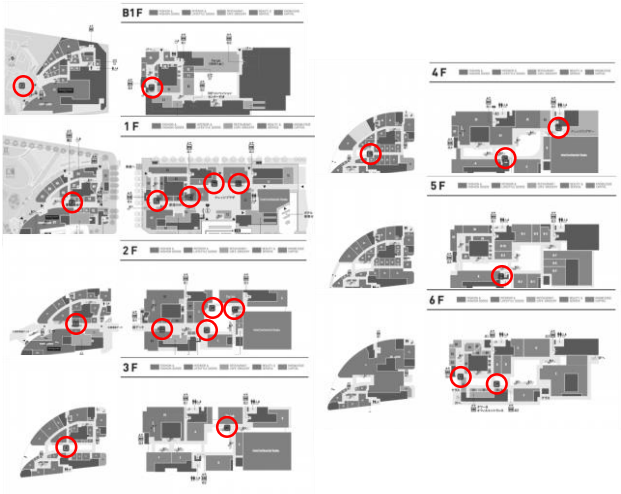

図6　AMP センサーの設置箇所

この観測結果から，施設内の人流をアニメーション化する取組みが行われた．図 7はこの人流アニメーションの解析画面の例であるが，施設内に多数配置されたAMPセンサーのデータを解析することで，施設内の通路等の人の密度を算出することができた．

図7　流動解析の事例

3.　スマートフォン・バスロケーションシステム

(1)　バスロケーションシステムの概要

昨今，低価格化が進むスマートフォンは高精度な測位を行うGPSデバイス，加速度センサー，デジタルコンパスなどの多種類のセンサーを内蔵し，同時にデータ通信機能を併せ持つ高性能なセンサー端末でもある．

スマートフォン・バスロケーションシステムは，安価かつ簡便にバスロケーションシステムを実現することを目的に開発を行ったものである．バス車載器を市販のスマートフォンとし，クラウドサービスとして提供する．このため複数のバス事業者がサーバ・インフラを共通利用することができる．運用コストが安いだけではなく，運転手への運行指示や，バス位置情報を用いた秒単位での速度情報による道路区間の速度分布を計算し表示するなど，多機能なサービスを提供している．

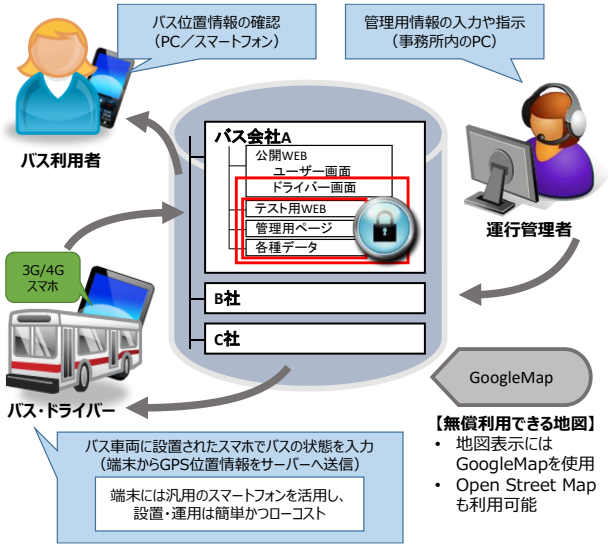

図8　バスロケーションシステムの構成

(2)　ビエンチャン市における運用事例

筆者等はJICA委託事業により，ラオス国のビエンチャン市バス公社を対象に，スマートフォン・バスロケーションシステムの導入を行った．図 9は車載端末となるスマートフォンをバス運転席へ設置した写真である．

2015年10月にビエンチャン市バス公社が保有する市内路線バス55台に端末が設置され，運用が開始[2]された．

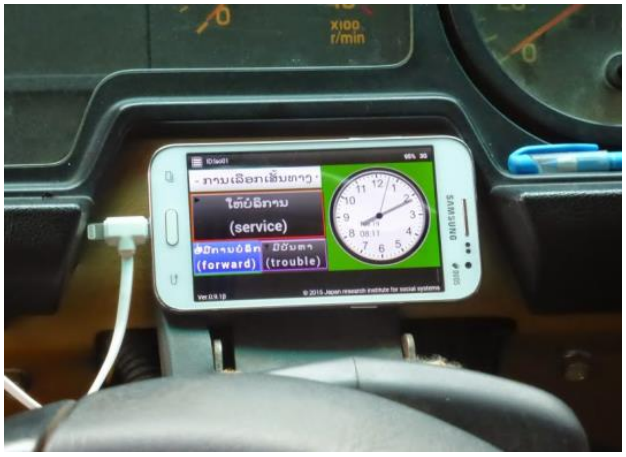

図 9　車載端末として使用するスマートフォン

図 10は，バスロケーションシステムの表示例である．バス利用者は手元のスマートフォンを使って，バスの1秒ごとの位置をリアルタイムに確認することができる．気温が高くスコールも多いラオスでは，到着するバスを路側で待機する負担は大きい．今後，本システムによるバスの利用促進が期待されている．

図 10　バスロケーションの表示

図 11はバス運行管理室におけるバスロケーションシステム情報の常時モニタリングを行っている様子である．ビエンチャン市内は渋滞が激しく，渋滞によりバスの運行が大幅に遅延することがある．システム導入以前は，運行中のバスの車両状況が確認できなかった．システム導入後は，バスが渋滞に巻き込まれて遅延が発生している場合は，臨時バスの投入により運行間隔の維持を行うなどの対策が講じられるようになった．

図 11　バス運行管理室での常時モニタリング

(3)　渋滞箇所解析

本システムの特徴のひとつは，バスの位置を知らせるサービスの提供に加えて，バスに搭載されたGPSをセンサーとして利用し，バス路線の渋滞状況の表示を行っている点である．バス路線の渋滞状況は運行管理センターや交通警察でモニタリングされているだけではなく，WEBによりバス利用者や自動車利用者にも配信されている．

図 12はWEBで配信されているバス運行情報から生成された渋滞情報であり，赤く表示されている区間はバスの運行速度が著しく低下していることを示している．

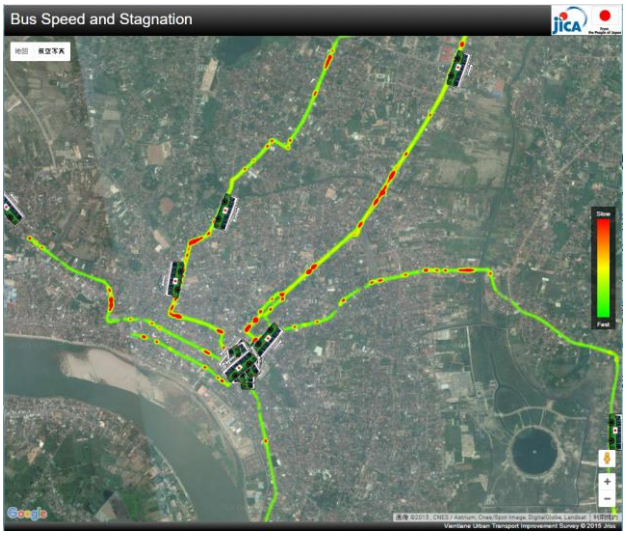

図 12　バス位置情報から生成した渋滞箇所表示

(4)　利用者の時空間分布分析

本システムは，バスロケーションシステムにアクセスするユーザの位置情報を取得し，解析する機能を有している．バスの運行計画を立案する際には，バス利用者の空間分布・時間分布の情報は極めて重要である．図 13はバスロケユーザがスマートフォンを利用してアクセスした際の位置情報をプロットしたものであるが，バス路線に沿って多くの利用者が分布している．この分布地点を詳細に見ていくと，大学・高校などの教育機関の他，病院や市場などからのアクセスが多い．路線の設定やバス停配置計画を検討するにあたり，有用な情報となる．

また利用者の分布をより広域に分析してみると，ラオス国内はもとより，タイやベトナムからのアクセスも多い．欧州各国や東南アジア全域からのアクセスも見られ，本システムがビエンチャン市民だけではなく，観光客にも利用されていることが確認できる．

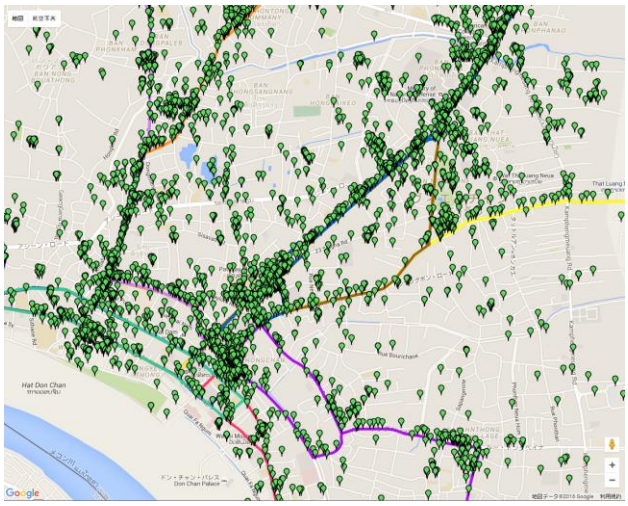

図 13　バスロケユーザのアクセス場所の解析

図 14は，同じくバスロケユーザの時間分布を解析したものである．

ビエンチャンの路線バスの利用は，朝と夕方の通勤時間帯にピークを示すことに加え，昼の11時から12時にもピークを持つ．これは多くの学生や労働者が昼時間帯に自宅に昼食のために帰宅するためで，ベトナム他の東南アジア諸国でも見られる傾向である．日本の交通サービスが昼食時間帯に一時的に混雑が緩和することとは全く逆の傾向を示している．

同図の下の円グラフは，右が選択言語で左が選択したバス路線を示している．このデータを見ると，バス利用者の95%以上はラオス語による利用であり，外国人観光客の利用はまだ少ない．外国人観光客に向けたプロモーションが今後の課題として浮かび上がってくる．

図 14　バスロケユーザのアクセス時間帯の解析

4.　走行車両からのセンサーデータによる安全運転支援システム

(1)　研究の目的

昨今，運転手の身体状況に起因する観光バスやトラックの事故が後を絶たない．運送業界では運転手不足に起因する中高年運転者の増加が社会問題として指摘されており，図 15に示すように平成26年には，全年代の交通事故件数の中で65歳以上の事故発生件数が最高値になるという状況になった．

そこで本研究では運転者の体調の変化を事前に把握する生体センサーと，車両に装着する車両センサーのデータを併せて分析を行うことで，安全運転を支援するシステムについての研究開発[9]を行った．

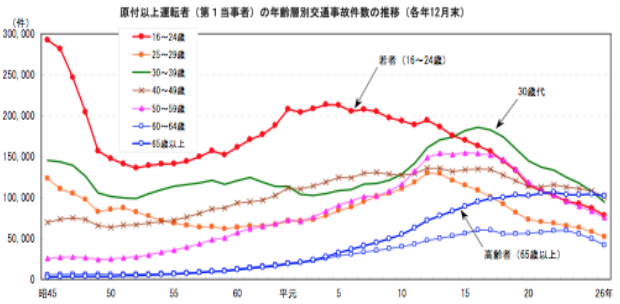

図 15　増加する高齢運転手による事故

(2)　ウェアラブルセンサーの開発

自動車の運転を行う際に，運転の支障とならないセンサー：非侵襲型のウェアラブルセンサーの開発は本研究の重要な要素である．図 16は脈波センサーの装着位置を検討した結果であり，頸骨C7の後ろの位置がセンサー感度も高く，運転手の動作の影響を受けにくく，また身体への装着負荷も小さいことが明らかとなった．

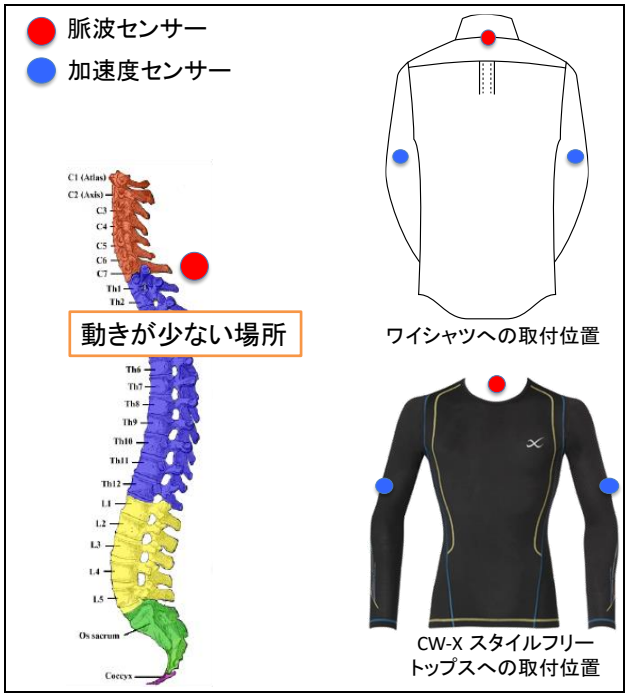

図 16　脈波センサーの設置位置の検討

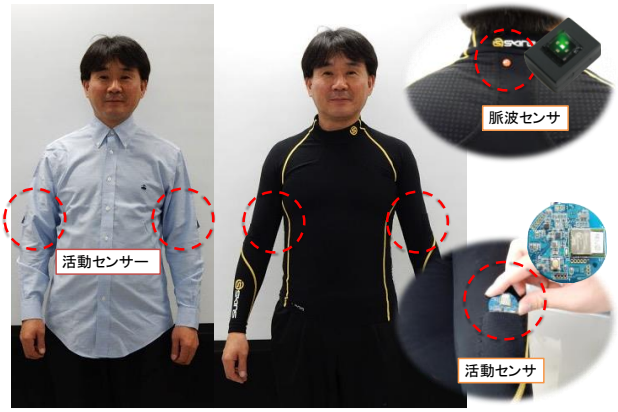

図 17　脈波センサ・活動センサーの衣服への組込み

(3)　車両走行実験

開発した非侵襲型ウェアラブルセンサーと，運転手の顔表情センサー，車両センサーなどを装着して，走行実験を行った．この際の装着センサーの種類と設置箇所を示したものが図 18である．これらのセンサーを装着した本格的な走行実験は2016年度に実施をする予定であるが，2015年度は各センサーの性能評価と車両に搭載したサーバとセンサー間の通信試験，車両サーバとセンターサーバの通信試験などを実施した．これらの内容は，別途発表される森本らによる論文「運転者の生体信号解析による安全運転支援のための状態推定」[5]に詳しい．

図 18　車両走行実験において使用したセンサー

5.　デジタルサイネージによるセンシング

(1)　センサーとしてのタッチ型デジタルサイネージ

土屋らによる論文「駅におけるデジタルサイネージと最新ICT技術活用による情報提供充実に関する考察」，では，駅にタッチ型デジタルサイネージを設置し，その運用について幅広い分析を行っている．

駅等で設置が進むデジタルサイネージは，センシングの結果を利用者に伝えるためのアクチュエータとしても有効である．

またタッチ型のデジタルサイネージは，言語区分による外国人判定や，検索したコンテンツを判別して嗜好分析を行うためのセンサーとしても機能する．

図 19　タッチパネルによる交通情報の表示

図 19は駅に設置されたタッチパネルによる交通情報の選択ボタンである．このボタン以外に多言語による案内機能を有している．

図 20は，JR西日本の各駅に設置されたデジタルサイネージの1日あたり外国語アクセスの数を比較したものであるが，観光客の多い京都駅や金沢駅，奈良駅の他，新幹線停車駅で多くのアクセスを検出している．タッチパネルによるコンテンツ選択の時空間分布は，駅利用者へのサービスコンテンツの検討に有効であった．

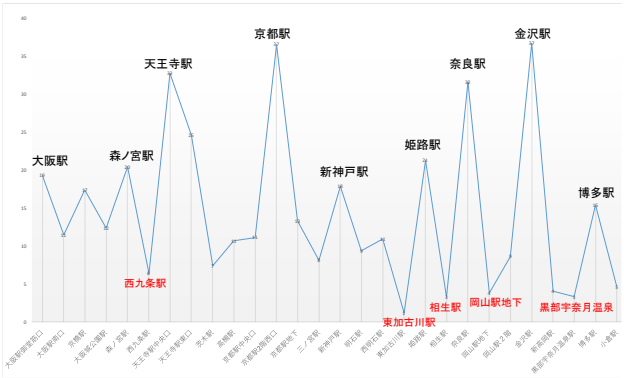

図 20　駅別の外国語アクセス数（2015 年 1 月～2016 年 3 月）

(2)　環境計測センサーの組込み

吉田らによる論文「センシング技術の活用による駅等のスマートサービス導入可能性の検証」の研究[7]では，デジタルサイネージに各種のセンサーをインストールして，環境計測を行う事例が紹介されている．デジタルサイネージは通信回線と電源が整備されておりIoT/M2Mセンサーの設置場所としても活用できる．

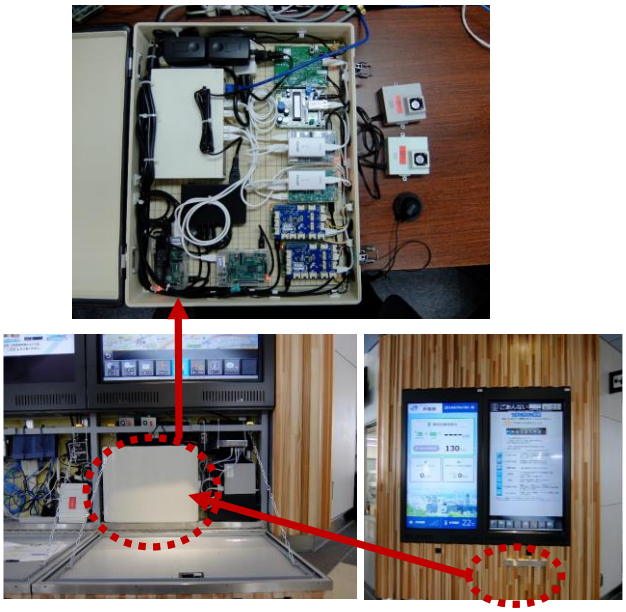

図 21　摩耶駅に設置された環境センサー

6.　オープンデータ

図 22は，3.において示したラオス国ビエンチャン市に設置したWi-Fiパケットセンサーから得られたデータを加工して，オープンデータとして提供している例である．センサー計測値のオープンデータ化については，十分な検討が必要である．気象や環境情報のようにそのままオープンデータ化しても問題が発生しにくいものもある一方，Wi-Fiパケットセンサーのように，パーソナルデータの性格を有する情報については，解析の方法によっては個人の行動追跡が行われるなど，個人情報保護のための対策を講じる必要のあるデータも存在する．

ビエンチャンの例では，センサーから取得したデータをそのままオープンデータにするのではなく，観測地点間の所要時間や平均速度，観測地点の観測数の分布などの集計処理した結果を公開するようにしている．

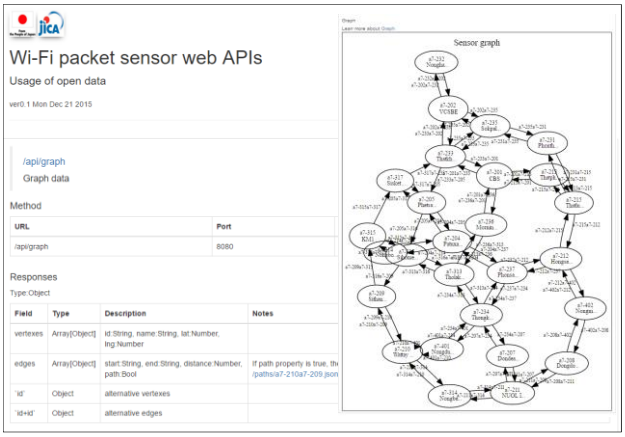

図 22　Wi-Fi パケットセンサーのオープンデータサイト

7.　IoT/M2Mセンシングの課題と展望

今後情報通信技術の進展とセンサーの高機能化・低価格化を背景に，IoT/M2Mセンシングの導入例が増加するとともに，蓄積されたデータの交通計画・交通運営での活用は，より一層重要になっていくものと考えられる．

このような状況の中で，IoT/M2Mセンシングにおいて配慮すべき事項のひとつは個人情報保護に関する配慮[9]である．例えば，2013年11月に国立研究開発法人情報通信研究機構等が大阪ステーションシティで実施を試みた，映像センサー（カメラ）を用いた人流計測実験は，プライバシー侵害の懸念から，延期に追い込まれるという事態に至った．

多数のセンサーを配置して，様々な計測を行うにあたっては，常にプライバシー侵害の危険性を意識して，技術的な対策を十分に講じるだけではなく，計測の目的・データ利用の範囲を開示し，個人特定につながる可能性

のあるデータについては，被調査者の申入れに伴うデータ消去の手順なども開示して，計測調査を行うことが重要である．

例えば，宮津市におけるWi-Fiパケットセンサーの設置では，取得データの匿名化（データ取得後すぐに１方向ハッシュ関数：SHA-1による変換），データ送信路の暗号化，追跡性の低減（1週間を越える解析の排除）などを行い，なおかつデータ取得を望まないユーザに対して，計測を避ける方法の明示などを行った．今後は，計測されたデータを有効に利用していくために，データの活用のためのデータ利用規定の確立，データ開示範囲と手続きに関する議論などを進めていく必要がある．

IoT/M2Mセンシングが普及すると，センサーの設置主体，すなわちデータの取得主体と，そのデータを活用して様々な分析を実施する主体が分離していく可能性が高い．例えば，自治体が設置したセンサーのデータを，観光協会や交通事業者が分析して，観光活性化のための施策を検討したり，輸送効率向上のために活用するといった活用形態が考えられる．

著者等が参加して研究開発を行っている「新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発および実証」では，都市内に設置したセンサーから得られるデータを，日欧の研究者が相互にアクセスできる通信インフラ（テストベッド）上に集約し，オープンデータ化を行い，幅広い研究者に分析環境を提供するという取り組みが進められている．実際，欧州でスマートシティとして先進的な取り組みを行っているスペインのサンタンデール市では，市内に設置された12,000ものセンサーデータの多くをオープンデータとして開示し，さまざまな主体によるデータ活用を促進し，スマートシティ化を推進するという先駆的な取組が行われている．

現在の我が国における個人情報保護にかかるプライバシーポリシーの設定例を見ると，プライバシー保護の観点からデータの第三者提供を行わないと明記している例が多い．オープンデータ化に向けた要請が高まる中で，今後のデータ活用促進のための取り組み、取得データの取り扱いの厳格性と利用拡大の両面から，さらなる議論が行われる必要がある．

謝辞　本研究の中で 2. 3. は独立行政法人国際協力機構の「ラオス国ビエンチャン市都市交通改善のための位置情報・交通観測システム普及実証事業」の委託を受けて実施しました．4. は「総務省情報通信開発推進制度（SCOPE）」(受付番号 150201013)の委託を受けて実施しました．5. は，国立研究開発法人情報通信研究機構の「新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発および実証」の委託を受けて実施しました．ここに謝意を表します．

参考文献

1) Junji NISHIDA ・ Tomoyuki ADACHI ・ Kazuhiko MAKIMURA，Traffic Flow Analysis by the Use of Wi-Fi Packets Receiver，1st IRF Asia Resional Congress & Exhibition ,2014
2) 株式会社社会システム総合研究所，ラオス国ビエンチャン市都市交通改善のための位置情報・交通観測システム普及・実証事業第 2 回進捗報告書，2016 年 2 月
3) 浅尾啓明・森本 哲郎・望月 祐洋他，Wi-Fi パケットセンサーによる交通流動解析，土木計画学研究発表会，2016 年 5 月
4) 望月祐洋・上善恒雄・西田純二・中野秀男・西尾信彦：Wi-Fi パケットセンサを利用した匿名人流解析システムの構築，IPSJ SIG Technical Report, 2014
5) 森本哲郎・戸田和宏・堀翔太・上善恒雄，運転者の生体信号解析による安全運転支援のための状態推定，土木計画学研究発表会，2016 年 5 月
6) 土屋樹一・西田純二・吉田龍一・白濱勝太，駅におけるデジタルサイネージと最新 ICT 技術活用による情報提供充実に関する考察，土木計画学研究発表会，2016 年 5 月
7) 吉田龍一・横山輝明・秋山豊和他，センシング技術の活用による駅等のスマートサービス導入可能性の検証，土木計画学研究発表会，2016 年 5 月
8) 井村龍哉・松本浩之・西田純二・鶴鉄雄・上善恒雄，安全運転支援のウェアラブルセンサと車載センサによるデータ収集システムの構築，土木計画学研究発表会，2016 年 5 月
9) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：パーソナルデータの利活用に関する制度見直し方針，平成 25 年 12 月 20 日

Examples and Prospects about Practical Use of the IoT/M2M Sensing Technology in the field of Transportation Management

Junji NISHIDA, Tetsuro MORIMOTO, Kaori OTA, Ai Mishima and Tsuneo JOZEN