

ポケット・エージェント・デバイスを用いた 電波ブラインド領域での情報通信

結城修^{†1} 山田圀裕^{†2} 水野忠則^{†3}
峰野博史^{†4} 西垣正勝^{†4}

無線通信デバイスは、電波のブラインド領域であるトンネルなど電波が遮断されるような領域では使用することができない。例えば、GPSなどがこの電波のブラインド領域に入った場合は、測位が不能となってしまふ。このような領域で不意のアクシデントにより動けなくなった場合に、無線通信を使えるようにすることは重要な課題である。本論文では、ポケットブルな移動型のエージェント・デバイスを用いた電波ブラインド領域での情報の通信方法を提案する。実験では、移動型エージェント・デバイスにGPS、Wi-Fiルータなどを搭載した。そして、その移動型エージェント・デバイスを道路の分離線に沿ってトンネルの出口まで走行させた。その後、トンネル内の携帯型ネットブックPCからGPSとの通信を試みた。その結果は、トンネル内からGPSの信号を受信することができた。また、Wi-Fiルータを併用することにより、位置情報を添付したメールを外部に送ることができた。さらに、DropBoxなどのクラウド・ストレージ上に測定データとテキストを保存することにより、外部からそれらのデータを確認することができた。

Wireless Telecommunication by Using Pocket Agent Device in Blind Zones of Electric Wave

Osamu Yuuki^{†1} Kunihiro Yamada^{†2} Tadanori Mizuno^{†3}
Hiroshi Mineno^{†4} and Masakatsu Nishigaki^{†4}

There are some blind zones of electric wave. For example, the tunnel is a blind zone of electric wave. When GPS enter there, to get satellite signal becomes impossible. For the person who cannot move from such a place by accidents, in this paper, we propose the wireless telecommunication service in blind zones of electric wave by using a pocket agent device. In this experiment, we installed Bluetooth GPS, Wi-Fi router, etc. in the pocket agent device. The agent device was able to run to the exit of the tunnel along the separation line on the road. After the agent device arrived at exit of the tunnel, the portable Net-book-PC in the tunnel received the signals from GPS. Then the mail that attached the location information was written. The mail was sent to the outside of the zone in tunnel via Wi-Fi router. In addition, the measuring data and text data were saved

from the zone in tunnel to the storage of cloud via Wi-Fi router. We could confirm these data from the outside in the faraway place of the tunnel.

1. はじめに

近年、地震、津波、火山噴火、台風、豪雨、豪雪、洪水などによる自然災害が多いわが国では、防災のための情報取得が重要な課題となっている。東日本大震災では、津波被害を受けた東北太平洋沿岸部の街がまるごと消失するほどの壊滅的な被害を受け、有線の通信インフラは喪失し、情報から途絶されたエリアが多く発生した。インターネット接続サービスの停止は、主に(1)商用停電に伴うバッテリーの枯渇や非常用発電機の燃料枯渇に伴う影響、(2)装置故障などに伴う影響からであった。このため、通信インフラの壊滅した地域の避難所などを回ってインターネット環境を構築するプロジェクトが活躍した¹⁾。このプロジェクトの活動の中で述べられているのは、「救護関係の通信インフラの確保も必要だが、被災者の方にも通信が届かないと意味がない」ということである。したがって、被災者の周辺からの情報の取得や外部への情報の発信が重要である。無線通信であっても被災場所が屋内だった場合には、電波が届かない場所で動けず屋内に取り残され、外部との連絡が取れなかったり、逆に、内部から外部の状況や位置が分からなかったりするような事態が発生する。また同様に電波が遮られている場所として、トンネルのような人工物構造物も存在する。例えば、トンネルを通行中に足を怪我したり災害にあたりして動けない場合は、外部との通信が取れず、その場において偶然の救出を待つ以外に方法がなくなる。

近年、環境の情報収集を行う方法として、ネットワーク技術²⁾を用いたセンサネットワークが防犯・セキュリティ、学内やオフィス環境モニタリング、農業生産支援などで活用され始めている。センサネットワークでは、低コストの静的なセンサノードを多く設置することが情報の見える化に有効な方法である³⁾。一方、携帯電話にもGPSが搭載されるようになり、個人の歩行位置情報を利用した動的なセンシング・サービスなども増えてきている⁴⁾。大都市圏では通信可能な静的なセンサや通信ノードが多数配置されており、多くの場所でセンシングや通信が可能である。このような場所では、携帯機器の普及により、非常時の通信が困難な場所は少なくなっている。また、GPS機能を搭載したスマートフォンなどもあり、位置情報を文に添付して送信ことも可能

^{†1} 静岡大学創造科学技術大学院自然科学系教育学部情報科学専攻
Graduate school of Science and Technology, Shizuoka University

^{†2} 東海大学専門職大学院組込み研究科
Professional Graduate School Embedded, Technology, Tokai University

^{†3} 愛知工業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

^{†4} 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

となっている。

しかしながら、不意の負傷や災害などは、どのような場所で起こるか予想することが困難である。都市から少し離れたトンネルや建物の中などで、電波遮断領域となる場所では非常時に携帯機器での情報収集や携帯電話網を用いた通信が行えない場合も多い。GPSの信号も無線通信であり、その波長は(1)式で表わされるように、約 19.03

cm/sである。このように短波長の電波は、障害物があれば容易に通信が遮断されてしまう。さらに、静的なノードや携帯機器内蔵センサからの電波による情報収集ができないということは、言い換えれば、その領域からの通話やデータの受信、メールの送信なども困難となっている場合が多い。

信号の波長を λ 、光の速度を c 、信号の周波数を f とすれば、信号の波長 λ は(1)式で表わされる。

$$\lambda = c \div f \quad (1)$$

ここで、

$$c = 29979245800 \text{ cm/s}, f = 1575.42 \text{ MHz}$$

本研究の目的は、計測デバイスとルータ・デバイスを搭載した簡易な小型の移動型エージェント・デバイスを用いて、電波のブラインド領域の内部の人には位置情報が、外部の人には送信した人の近傍の位置情報と現場状況の情報が得られるサービスを提供することである。また、これらのサービスを実証するために、近年、普及しているWi-Fi, Bluetoothなどの通信機能付きの携帯機器と提案のポケットブルな移動型エージェント・デバイスを用いて、電波ブラインド領域で情報の入出力の実験を行った。

本論文は、全5章で構成される。第2章では、関連研究とその課題について述べる。第3章では、本提案のサービスの手法を述べる。第4章では、検証実験とその結果を示す。最後の第5章で、本研究の結論を述べる。

2. 関連研究

情報処理技術や情報通信技術の高度化と普及を背景として、災害が発生したときの応急対策を速やか・適切に行うために災害情報システムが開発されている。例えば、国土を覆う超高密度な地震観測網として、無線マルチホップ通信を用いたセンサネットワークによる防災情報取得などの基盤構築が期待されている⁵⁾。気象衛星からのマクロ情報と広範囲に設けた降雨センサネットワークからのマイクロ情報を用いて、高速道路の防災や災害状況をモニタリングするシステムなども研究されている⁶⁾。このような静

的なセンサや通信ノードを用いたセンサネットワーク技術は、学校や農場の、さらには都市といった広域な領域で、情報収集のために活用され始めている⁷⁾。一方で、移動型ノードを用いた低消費電力通信の研究やロボテックセンサノードの研究もいくつか行われている。移動型ノードを用いた低消費電力通信の研究は、複数の静止ノードと複数の可動ノードから構成されるWNSで電力消費のバランスのとれたデータ収集木を構築することを目的としている⁸⁾。ロボテックセンサは、温度センサ計測での数cmのセンシング・スポットやRFIDリーダの数mから数百mの固定センシングエリアを、移動可能な複数台のロボティック・アクチュエータにより拡大する⁹⁾。しかし、これら複数台の移動型ノードを自律分散協調させる方法や伝達プロトコルの実現に課題が残っている。

3. 提案手法

本提案では、電波ブラインド領域にいる個人の不意の負傷や閉所に閉じ込められた場合などに対処できるようにするため、ポケットや鞆などに携帯できる移動型のエージェント・デバイスとそれを用いたサービスを提案する。Wi-Fi, Bluetoothなどの通信機能付きの携帯機器とこのポケット・エージェント・デバイスを用いることにより、複雑な無線マルチホップ通信や複数台の自律分散協調制御を必要としない簡易な情報通信が可能となる。さらに、近年のセンサ・デバイス部の小型化により単体のエージェント・デバイスでも多くのセンシング機能を発現させることができる。本提案では、子供や女性が防犯ベルを携帯するように、不意の災害の備えとして老若男女を問わず携帯できるデバイスとそれを用いたサービスの実現を目指している。

図1に本提案手法の概念図を示す。負傷した人が電波ブラインド領域で動けない状態にいる。彼は、常時、図1に示すネットブックPC, iPad, iPod, iPhoneのような携帯機器のいずれかを携帯している。この携帯機器には、Wi-Fi, および、Bluetoothの通信機能が備わっている。(携帯電話の場合は、当然ながら携帯回線通信機能も付いている)さらに、彼は、鞆の中にGPSとモバイルWi-Fiルータも携帯している。本提案では、このような場面で、これらのデバイスを搭載した移動型のデバイスを用いることによって、外部の携帯機器に非常時の情報通信が行える手法を提案する。

電波ブラインド領域でこれらの機器を用いて、本提案のサービス手法を達成するシナリオの例を以下に提示する。

- (1) 電波のブラインド状態にあるトンネル内で、足の負傷などにより人が動けなくなった。
- (2) その人は、携帯機器であるネットブックPC, iPad, iPod, iPhoneなどのWi-Fi, および、Bluetoothの通信機能付きの携帯端末を持っている。
- (3) さらに、彼の鞆かポケットには、今回提案の移動型のエージェント・デバイス

が入っている。

- (4) このエージェント・デバイスには、Bluetooth GPS と Wi-Fi ルータが搭載されている。
- (5) 彼は、このエージェント・デバイスをポケットから取り出し、路側分離帯の白線か中央分離帯の黄色線に置く。
- (6) 移動型のこのエージェント・デバイスは、分離線上を走行し、トンネルの出口で停止する。
- (7) GPS は信号を受信することが可能となり、トンネル内の携帯機器に位置情報を無線で送る。Wi-Fi ルータもトンネルの外に出た状態で、外部の携帯電話回線が使用できる状態となる。
- (8) トンネル内の人々は、GPS の情報により位置を知り、それを添付したメールを携帯機器で作成した。
- (9) このメールはトンネル内の携帯機器より Wi-Fi ルータに送られ、携帯電話網により外部の救出関係者に送られる。

上述のように、トンネルや倒壊しかかった屋内など電波のブラインド領域に取り残されたときに、本提案のエージェント・デバイスを所持していれば、プログラミングされた移動パターンにより電波状態の良いところまで移動してくれる。そして、通常所持している携帯機器と協働することで、救出者へ救出に必要な情報を伝達することができる。また、クラウド型のストレージ・サービスに救出へ救出に必要な情報を蓄積することにより、複数台のパソコンやスマートフォンなどで、手軽にファイルを共有・閲覧することができる。

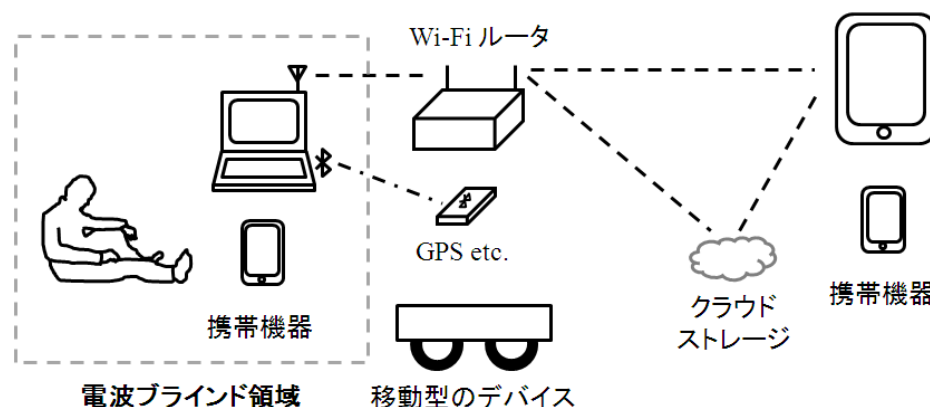


図1 エージェント・デバイスを用いた通信の概念図

4. 検証実験

4.1 実証に用いた機器

電波ブラインド領域のトンネル内からの携帯通信機器としては、図2に示す ASUS 社の Eee-PC を用いた。このネットブック PC は、通信機能として Wi-Fi (IEEE 802.11a/IEEE 802.11b) を装備している。今回使用した ASUS 社の Eee-PC には、Bluetooth (IEEE 802.15.1) が搭載されていないため、Bluetooth デバイスを外部に拡張している。



Eee-PC

図2 ポータブル・ネットブック PC

エージェント・デバイスの構成機器について以下に述べる。Bluetooth 通信機能付きの GPS¹⁰⁾としては、Transystem 社の photoMate 887 Lite を用いた¹¹⁾。photoMate 887 Lite は、18g と非常に軽量でありながら、内蔵メモリへのログ・モードと Bluetooth による通信モードを有する。また、Wi-Fi ルータとしては、Three - Mobile 仕様の Huawei 社製モバイル Wi-Fi ルータ E585 を用いた¹²⁾。ネットブック PC とは Wi-Fi で、外部とは携帯電話回線で通信する。このモバイル Wi-Fi ルータは、Wi-Fi 通信から携帯電話通信への変換を担っている。これらの機器を、ヴェイストン社のビュートロローバー (ARM 社 CPU) の車体¹³⁾に搭載した。ビュートロローバーは、ARM 社の CPU を搭載しており、プログラミングによってその動作を決定することができる。これにより、エージェント・デバイスは、分離車線に沿って走行するなどのプログラミングが可能である。これらの機器の外観を図3に示す。

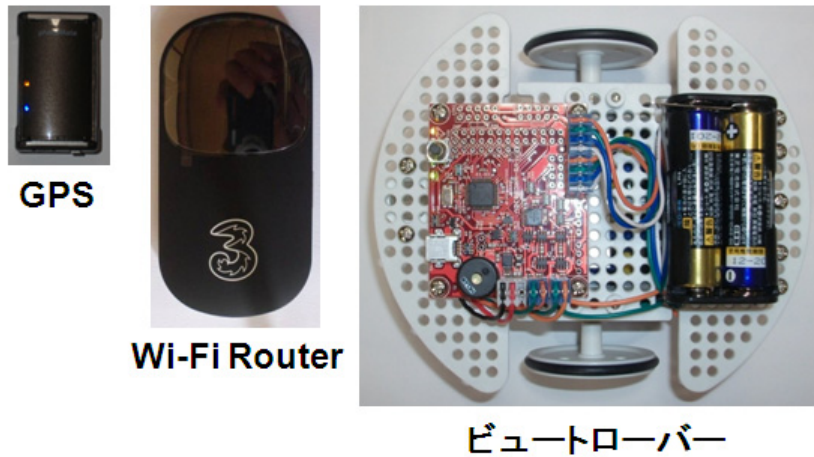


図3 エージェント・デバイス構成機器

本実験で用いた、PC、および、各デバイスの外形、重量、および、通信方式を表1に示す。ビュートローバーの外形は、ポケットや鞆で携帯できる大きさである。これに、GPSとWi-Fiルータを搭載しても重量は308gであり、重量的にも携帯が可能である。

表1 各デバイスと移動台車の外形、重量、および、通信方式

名称	外形(mm)	重量(g)	通信方式
Eee-PC	225×170×33.8	990	・ Wi-Fi(802.11 b/g), ・ Bluetooth (拡張)
ビュートローバー	130×112×57	200	-
GPS	44×26×15	18	・ GPS : 1575.42MHz ・ Bluetooth
Wi-Fi ルータ	86×46.5×10.5	90	・ Wi-Fi(802.11 b/g) ・ 3G(HSDPA2100 / GSM850 / 900 / 1800 / 1900) 変換

4.2 実施場所

電波のブラインド領域としては、神奈川県厚木市の森林地帯にあるトンネルを選択した。図4にトンネルの中の様子と外観を示す。幅は7m、高さ4.5mで片側1車線、トンネル内部の図中、左側に1.5mの歩道が設けられている。狭いが、右側には白線の外側に路側帯が設けられている。車線の表示には、中央分離として黄色車線が、路側分離として白色車線が描かれている。



図4 電波ブラインド領域として選んだトンネル

GPSのログ記録モードを用いることにより、このトンネル内でのGPSの受信状態を調査した。条件としては、トンネルの100mほど手前でGPSのログ記録を始め、トンネルに入り奥の出口で引き返しトンネル内を往復した。結果を図5に示す。トンネルに入る前までは、GPSの受信ができていたが、トンネル内では受信信号が途絶えている。すなわち、このトンネル内は、電波のブラインド領域であることが確認できた。



図5 電波ブラインド領域でのGPS受信状態

4.3 実験手順

以下に、本実験の手順を示す。

- ① GPS や Wi-Fi ルータを搭載した、エージェント・デバイスとポータブル・ネットブック PC をトンネル内に設置する。これは、人が怪我などによりトンネル内に取り残された場面を想定している。
- ② 電源を投入したエージェント・デバイスの車体裏面に取り付けられた 2 つの赤外線センサのどちらかが路側分離の白線車線、または、中央分離の黄色車線に架かるように、エージェント・デバイスを路上に置く。
- ③ エージェント・デバイスがトンネルの出口に到着するのを待ち、トンネル内のネットブック PC を使って Bluetooth 通信により GPS から位置情報を取得する。
- ④ 取得した位置情報を添付したメールを作成する。
- ⑤ ネットブック PC から Wi-Fi ルータへアクセスし、メールを外部へ送信する。

4.4 実験結果

エージェント・デバイスの設置状態の写真を図 6 の(a)に示す。また、図 6 の(b)は、隣接して置いてあるネットブック PC の表示画面である。この画面表示は、GpsView という GPS 衛星からの電波状態とその強度が表示できるソフトウェアを用いている。ここで、全ての衛星の電波強度は 0 であり、図 5 で確認したようにトンネル内では GPS の電波は遮られている。なお、GPS により測位を行うためには、少なくとも 3 ～ 4 機の衛星からの電波を受信することが必要である。

次に、車線に沿って走行するようプログラミングしたエージェント・デバイスを白線車線上に置き、トンネルの出口に向かって走行させた。(この写真では、周囲状況の画像情報を得るための小型カメラと Wi-Fi 転送のための Eye-Fi も搭載しているが、今回の実験では用いなかった) エージェント・デバイスは、センサによりトンネル出口位置で止まる。この時のエージェント・デバイスの状態の写真を図 7 の(b)に示す。また、図 7 の(c)は、トンネル内のネットブック PC の表示画面である。GPS 衛星からの電波状態の表示は、有効な強度で複数の衛星から電波受信ができていていることを示している。図 7 の(a)は、これらの衛星からの測位情報を用いた Google マップ¹⁴⁾の表示である。トンネルの出口で停止しているエージェント・デバイスの位置が赤いマークで示されている。

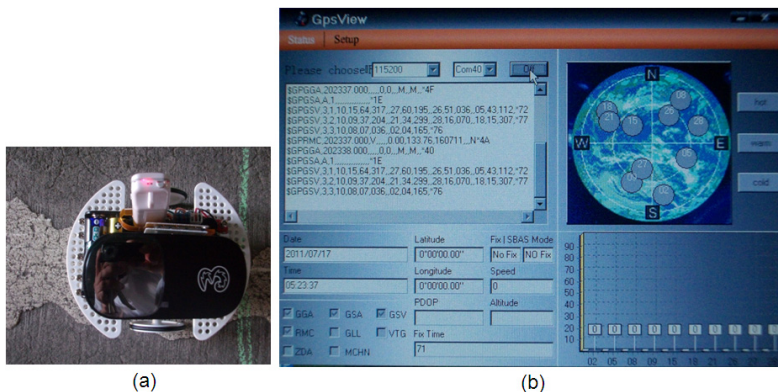
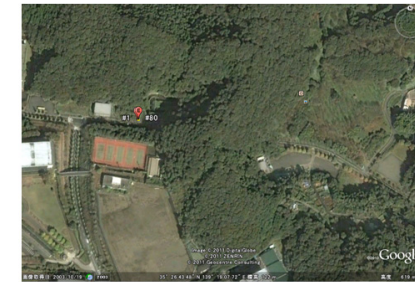
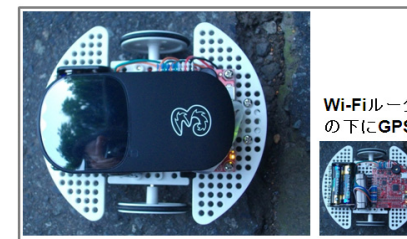


図 6 エージェント・デバイスが移動前（トンネル内）の GPS 受信強度



(a)



(b)



(c)

図 7 エージェント・デバイスが移動後の位置表示と GPS 受信強度

トンネル内で、上記の Google マップを添付したメールを作成した。このメールのテキストには、緊急事態を知らせる内容が書かれている。これをトンネル内のネットブック PC から Wi-Fi で、出口のエージェント・デバイス上の Wi-Fi ルータを経由して、

3G の携帯電話回線網で iPad に送信した。後に、iPad で本メールが受信されていることが確認できた。さらに、DropBox¹⁵⁾などのクラウド・ストレージ上に測定データとテキストを保存することにより、外部からそれらのデータを確認することもできた。これらの外部への送信情報を図 8 に示す。

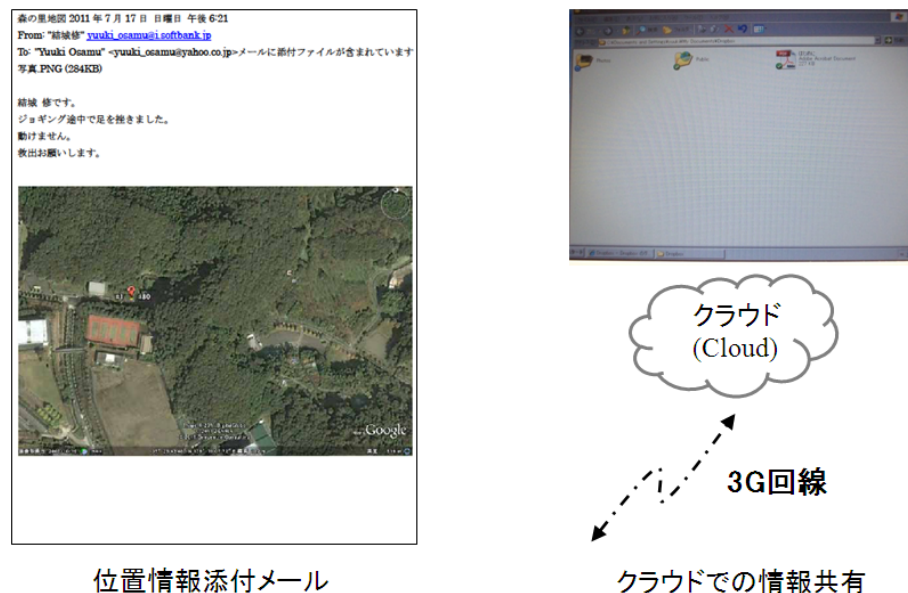


図 8 電波ブラインド領域からの情報伝達

5. おわりに

本論文では、電波のブラインド領域における情報通信に対し、ポケット・エージェンツ・デバイスとそのサービスを提案した。この移動型のデバイスは GPS, Wi-Fi ルータ、さらに、Eye-Fi などの通信機器を搭載することにより、電波ブラインド領域であっても、近隣の位置や周囲状況の情報を得ることが可能である。また、Wi-Fi ルータを同時に使用することによって、位置情報、周囲状況、および、文をメールで外部へ送信することができる。さらに、クラウドのデータ保存サービスを用いる

こともでき、関係者や外部者に電波ブラインド領域からの内部被災者の情報の提供が可能となる。

これら一連の実験により、電波のブラインド領域から動かずに個人レベルで常時携帯できる簡単な機器を用いて、位置や周辺の情報を知ったり、それらを添付した文などを外部へ通信したりできることが実証できた。

参考文献

- 1) Message from WIDE project
<http://msg.wide.ad.jp/>
- 2) アンドリュー・S・タネンバウム 著, コンピュータネットワーク第4版, 水野 忠則, 相田 仁, 東野 輝夫, 大田 賢, 西垣 正勝 訳, 日経 BP 社(2003)
- 3) 峰野博史, 安部恵一, 水野忠則: 無線センサネットワークを用いた適応型エネルギー管理システムの開発, 情報処理 第1回 CDS 研究グループ研究会, (2010)
- 4) 肥田一生, 花田雄一, 森信一郎: ばねモデルを使った低消費電力リアルタイム測位システム, 情報処理 第1回 CDS 研究グループ研究会, (2010)
- 5) 倉田成人: 防災情報取得の新しい展開, 情報処理, Vol.51, No.9, pp.1150-1156 (2010)
- 6) Hongwei Peng and Sumin Li: Wireless sensor networks based highway disaster, International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE), Vol.E74, No.9, pp.1-4 (2010)
- 7) 猿渡俊介, 森川博之: 社会創造に資するセンシングネットワーク, 情報処理, Vol.51, No.9, pp.1111-1118 (2010)
- 8) 勝間亮, 村田佳洋, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤実: 移動センサノードを用いたデータ収集型 WSN での k 重被覆時間の最大化手法, 情報処理学会 研究報告, 2009-MPS-73 (13), pp.49-52(2009)
- 9) 中澤仁, 徳田英幸: センサアクチュエータネットワークの情報基盤, Vol.51, No.9, pp.1127-1135 (2010)
- 10) 高野 忠, 柏本 昌美, 佐藤 亨, 村田 正秋: 宇宙における電波計測と電波航法, コロナ社. (2000)
- 11) Transystem Inc.
<http://www.transystem.com.tw/product.php?b=G&m=pe&cid=4&sid=21&id=55>
- 12) Three.co.uk
<http://threestore.three.co.uk/broadband/?mifi=1>
- 13) ヴイストーン社ビュートローバー
http://www.vstone.co.jp/products/beauto_rover/index.html
- 14) Google マップ
<http://maps.google.co.jp/>
- 15) DropBox
<http://www.dropbox.com/>