

地上携帯電話の送信電力評価

三浦 周 渡邊 宏 濱本直和 藤野義之

地上／衛星共用携帯電話システムの研究開発においては、地上系から衛星系の通信システムに干渉する電波干渉量の算定がシステム設計の重要なパラメータである。この電波干渉量評価の基礎データを得る目的で、既存の地上系携帯電話端末による送信電力測定を実施した。送信電力測定装置を開発し、実験車両に搭載し日本各地の種々な人口密度の地域において測定実験を実施した結果、干渉量評価の参考となる有効な統計データが得られた。

1 まえがき

近年、携帯電話を始めとする移動体通信サービスの社会的役割はますます増大しており、特に携帯電話はその利便性や高機能化を受けて防災・減災・安全対策等での利用も検討されている。しかしながら地上系通信システムには災害に対する脆弱性などの問題^[1]があり、更に圏外エリアの住民や沿海域航行の船舶、山岳登山者などが直面する不感対策も必要である。

このような問題の解決に向けて、衛星系と地上系の通信システムを補完統合したネットワークの研究開発が米国では ATC (Ancillary Terrestrial Component) System^[2]、また欧州では CGC (Complementary Ground Component) System^[3] と呼ばれ、世界各国で進められている。

日本では地上系と衛星系通信システムを統合して同一周波数帯を共用しつつ通信を行う「地上／衛星共用携帯電話システム」(Satellite/Terrestrial Integrated Mobile Communication System: 以下 STICS と呼

ぶ)の研究開発が行われている^[4]。共用する周波数帯は、移動衛星業務 (MSS) 帯 (上り／下り回線: 1980～2010 MHz/2170～2200 MHz) を想定している。

図1に示すように、同一周波数帯を共用する STICS では地上系から衛星系通信システムへの電波干渉が発生する。STICS の端末構成は未定であるが、仮に隣接帯域である IMT2000 の携帯端末に類似したシステムを導入した場合、地上系の送信電力制御によって携帯端末の出力電力は変動し、同時に衛星への干渉量も変動することとなる。この干渉量の影響が回線収容数等、システム構築において重要なパラメータとなる^[5]。これまで衛星通信への干渉を目的とした携帯電話端末の送信電力測定は海外の一例^[6]のみであり、国内では端末運用時の送信電力も明らかになっていない。

本実験では日本国内における市街地や郊外地といった、電波環境の異なる様々な地域での携帯電話端末送信電力を測定するために、携帯端末の出力測定装置を開発し^[7]、関東地方の各地^[8]、及び低人口密度地域も含めた広範囲のエリア^[9]で走行実験を行い送信出力測定実験を実施したので、その実験概要及び測定結果について報告する。

2 実験方法

2.1 測定システムの概要

図2に今回の携帯電話端末送信出力実験に用いた測定システムの機能ブロック図を示す。測定システムは車両搭載を前提としており、車両ルーフ前部に GPS コンパスを設置し、ルーフ中央部にはレドーム内に外部アンテナ、頭部ファントム及びビデオカメラを実装した車両外部ユニットを搭載している。車内には、送信源となる携帯電話端末、RF ユニット、パワーメータ、スペクトラムアナライザ及びそれらを制御してデータ記録を行う PC を設置している。

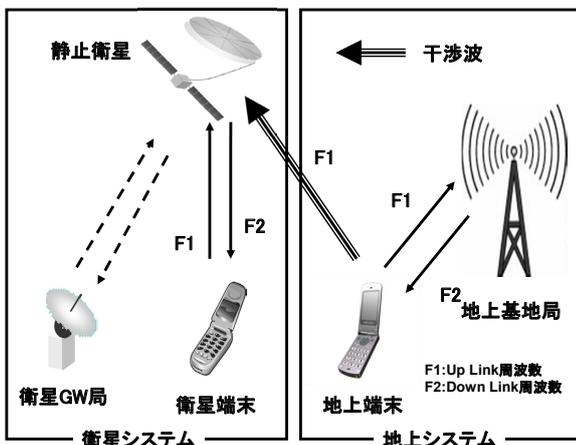


図1 STICSにおける干渉経路の概念図

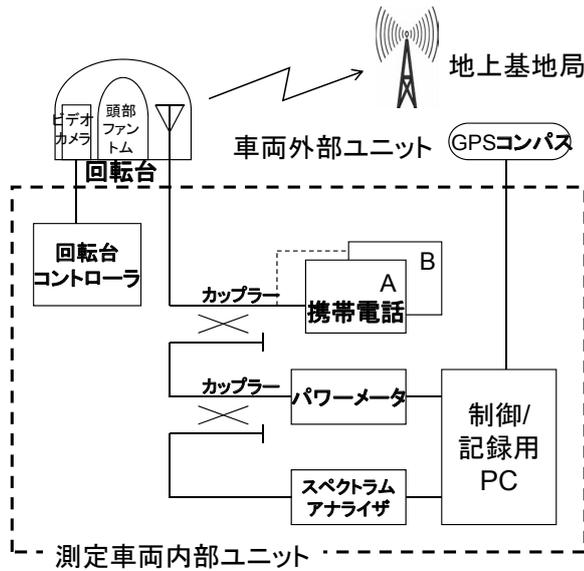


図2 測定システムの機能ブロック図

携帯電話端末から外部アンテナへ送出される送信出力は基地局にて出力制御されるが、その出力電力及び出力周波数はカップラーを経由してパワーメータとスペクトラムアナライザで計測され、制御用PCにて記録される。携帯電話端末の出力測定方法としては、外部のモニタアンテナを用いた端末内蔵アンテナからの放射電力を測定する方法も考えられるが、CDMA方式の場合では他携帯電話端末から重畳される送信電力との識別が困難になるため、送信源となる携帯端末の出力のみを確実に測定可能な本方式を採用した。

2.2 測定システムの主要性能、外観

測定装置の主要性能を表1に示す。今回はIMT-2000にて規定されたW-CDMA方式の携帯電話端末について測定を行った。測定結果は車両走行時100msごとに計測される周波数／電力値データとして取得され、平均／分散等の統計処理をされた後に送信電力分布として表示される。また車体ルーフに設置したGPSコンパスからの緯度／経度／高度等の位置情報も同時に受信記録しており、ナビソフトとの併用で精度の高い測定ルート確定を行っている。

測定車両、及び外部ユニットの外観を図3に示す。携帯電話端末の出力は外部アンテナより送信されるが、実使用に近い外部条件とするため図3(b)に示すように、外部アンテナは人体頭部に類似した形状及び誘電率を持つファントムに近接して設置した。

表1 測定装置の主要性能

項目	性能
送信電力測定周波数	2GHz帯
測定項目	送信電力、周波数、測定位置、時刻、周辺映像
測定電力範囲	-30～+30 dBm
電力測定分解能	+/- 0.01 dB
電力測定精度	+/- 0.2 dB
位置測定誤差	0.5m (DGPS), 2.5m (単独測位)
測定サンプル間隔	100ms以下
連続記録時間	1日以上



(a) 測定車両



(b) 外部ユニット外観

図3 測定車両及び外部ユニット外観

3 測定実験

3.1 測定実験の概要

基地局から送信電力制御を受けている1台の携帯電話端末の平均送信出力を取得する目的で、人口密度の異なる地域を通信しつつ走行し、その時の送信出力を測定した。実験方法は、関東地方において、人口密度別にエリア／周回コースを設定してその周回コースで

の平均送信出力を測定する方法と、関東地方を縦断走行してそのときの平均送信出力を測定する方法、低人口密度地域も含めた広範囲のエリア(北海道地区、熊野灘沿岸地区)を縦断走行して平均送信出力を測定する方法で行った。

3.2 エリア／周回コース設定の測定実験

この測定実験では図4に示すように、まず中心市街地から開放地まで人口密度の異なる7か所の測定エリア(東京都渋谷区／小金井市／青梅市、埼玉県川越市／吉見町、山梨県大月市／山梨市)を関東地方にて選定した。各測定エリアでは携帯基地局の分布密度を考慮して、約6～9km程度の周回コースを設定した。図5に東京都小金井市の測定エリアで設定した周回コースを例示する。測定は周回測定を複数行って、計測した多数のサンプル値より統計処理を行った。なお本測定は、携帯電話キャリア2社(A、B社)について実施している。測定結果の一例として、東京都小金井市における端末送信電力のヒストグラムを図6に示す。図6のA社の場合では、端末送信電力の平均値

は-5.4 dBm、最頻値は-12.3 dBmとなった。

各エリアで測定した平均送信電力を各自治体別の人口密度で比較したグラフを図7に示す。平均送信電力はA/B両社共に最大+7 dBmから最小-10 dBm程度であり、人口密度の高いエリア(1,000人以上/km²)ではほぼ-5 dBm以下となっている。IMT2000の規定では、地上系携帯電話端末は2GHz帯で最大+24 dBmまで送信できる能力を持つ^[10]が、この測定結果から実際の通信はきわめて低い出力電力で行われていることが判明した。さらにA/B両社共に平均送信電力は人口密度と反比例の傾向であり、これは米国での測定例^[6]と同様の傾向である。

3.3 関東縦断による測定実験

関東縦断による測定実験はより大量のサンプルデータを得る目的で実施し、人口の高密度地域から低密度地域までを網羅し、かつ同時期に行った航空機実験^[11]

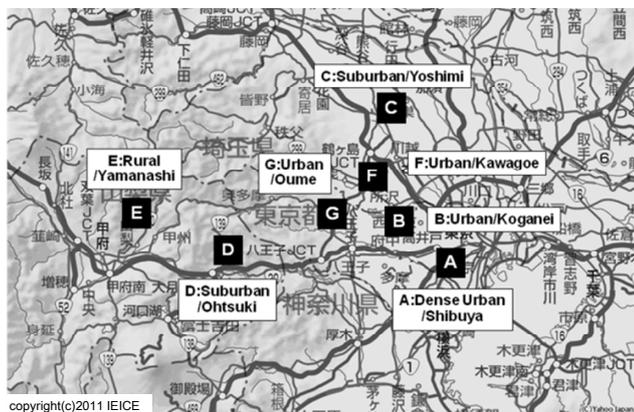


図4 測定エリア(関東7か所)



図5 測定エリア／周回コース例(東京都小金井市)

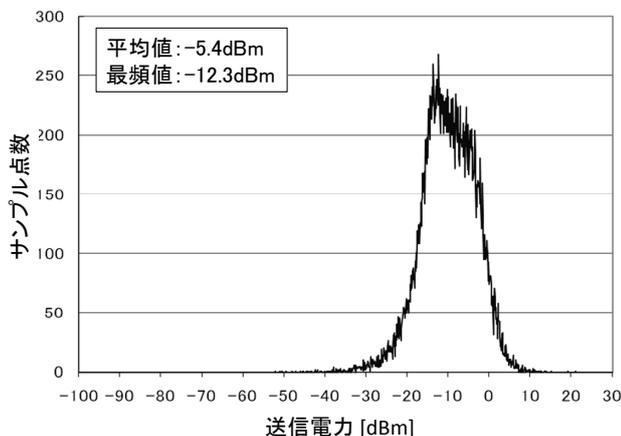


図6 送信電力測定結果例(東京都小金井市)

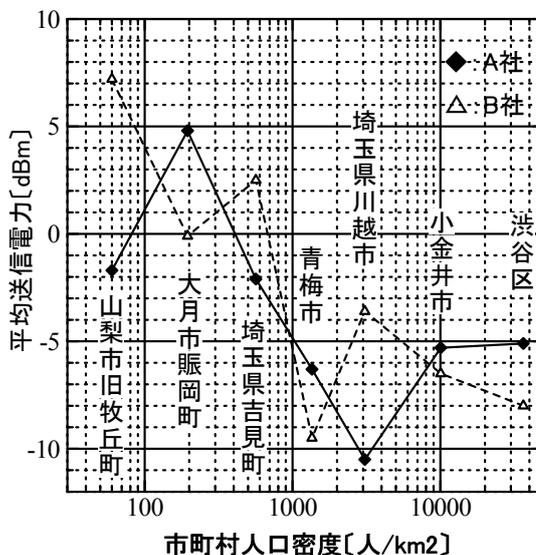


図7 各自治体別人口密度に対する平均送信電力



図8 関東地方縦断の地上走行ルート

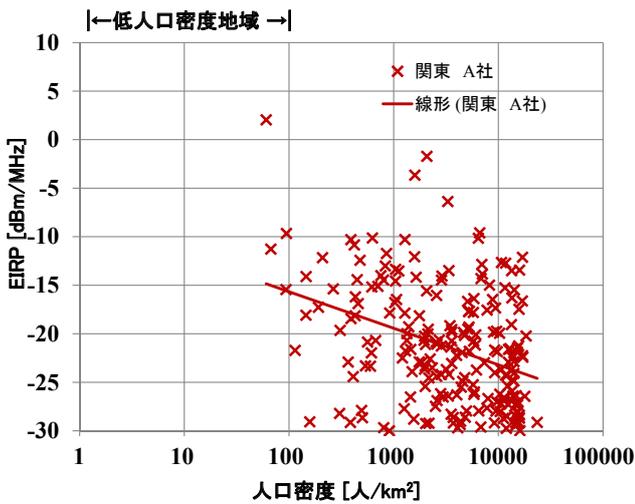


図9 3次メッシュ人口密度 vs. 平均送信電力相関図(関東地方)

の地上検証測定を兼ね合わせるルートとした。神奈川県横須賀市から東京都市部を通過して栃木県鹿沼市まで、関東地方を北上縦断した走行ルートを図8に示す。

この測定実験では走行ルートを、緯度／経度で定義された基準地域メッシュコード^[12]の3次メッシュ(約1 km × 約1 km)で分割し、各メッシュ内走行時に測定された平均送信電力と各メッシュにおける人口密度を算出比較した。今回の測定ではA社について226か所の3次メッシュに対応するサンプルデータが得られたが、その人口密度と平均送信電力の相関図を図9に示す。なお図9以降の相関図では縦軸を単位帯域当たりの送信電力[dBm/MHz]に正規化している。

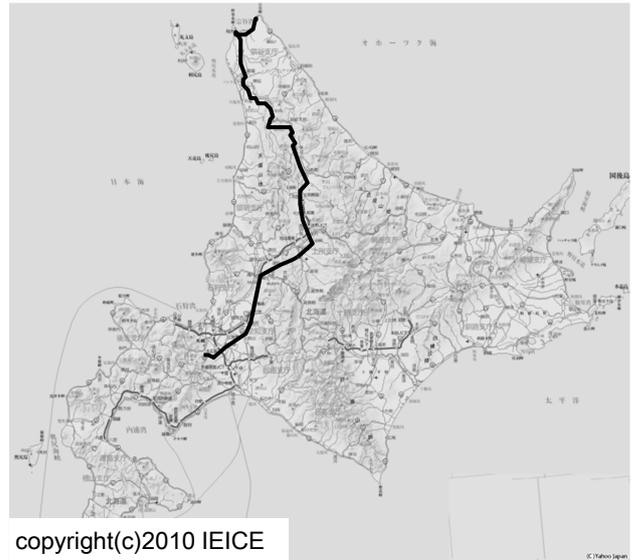


図10 北海道地区縦断の地上走行ルート

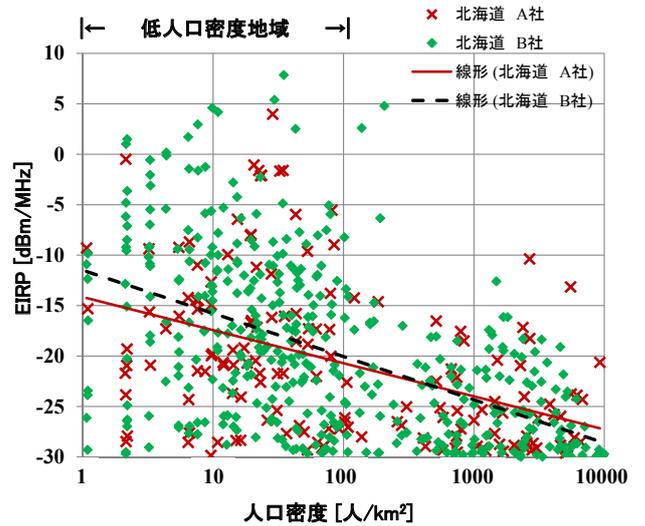


図11 3次メッシュ人口密度 vs. 平均送信電力相関図(北海道)

中央の直線は全データから最小二乗法にて近似した回帰直線であり、人口密度に対する取得分布の不均一性があるものの人口密度に対して負の傾斜を持つことが分かる。これは3.1と同様の傾向であり、文献[6]の結論とも調和する。

3.4 北海道縦断による測定実験

関東縦断による測定実験では、低人口密度地域のデータが不足していたため、広範囲な人口密度地域での2 GHz帯出力を確実に測定するため、A/B両社の携帯電話による北海道縦断の測定実験を行った。走行ルートを図10に示すが、まずA社携帯にて北海道内を宗谷から旭川を經由して札幌まで南下した後、B社携帯にて札幌から宗谷まで北上縦断する走行ルート

とした。

本測定で得られた2GHz帯のサンプルデータはA社155か所、B社428か所であり、その人口密度と平均送信EIRPの相関図を図11に示す。目的とした低人口密度地域も含めた広範囲な人口密度領域については、均一分布の多数データが取得でき、両社の回帰直線もほぼ類似していることが分かる。

3.5 熊野灘沿岸の測定実験

北海道縦断測定実験に加えて、他の広範囲な人口密度地域のデータを追加取得するため、愛知県小牧市から名古屋市内を経由し紀伊半島東側の熊野灘沿岸を南端の潮岬まで走行する図12のルートを選定した。当該地域の地上測定は、別途実施予定の航空機による上空測定の地上検証測定も兼ねている。測定実験はA/

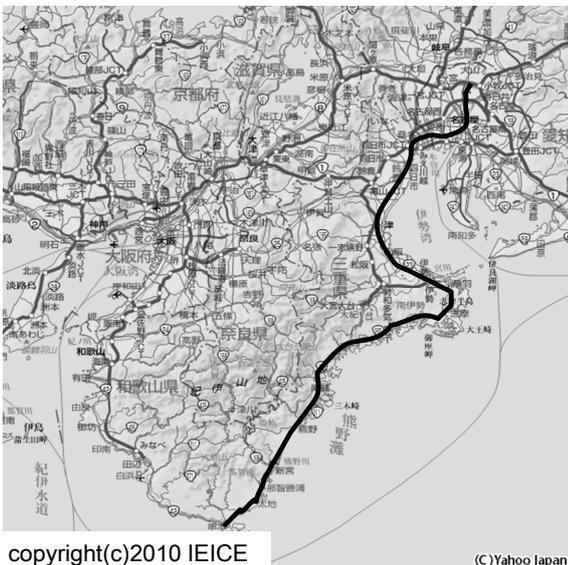


図12 熊野灘沿岸地区の地上走行ルート

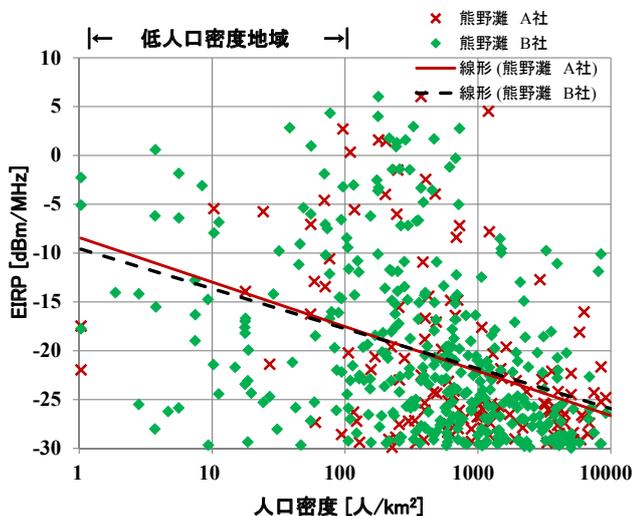


図13 3次メッシュ人口密度 vs. 平均送信電力相関図(熊野灘)

B両社の携帯電話を用いて走行し、A社携帯にて小牧市から志摩を経由して潮岬まで南下した後、B社携帯にて同一ルートを潮岬から小牧まで北上した。

本測定で得られた2GHz帯のサンプルデータはA社138か所、B社374か所であった。

その人口密度と平均送信EIRPの相関図を図13に示すが、両社の回帰直線はほぼ一致している。なお、B社においては比較的均一分布のデータが取得できたが、A社については低人口密度地域での取得データの多くが2GHz帯以外であったため、100人/km²未満の低密度地域におけるデータ数は16サンプルであった。

3.6 考察

本実験では、北海道地区と熊野灘沿岸地区において、1人～1万人/km²の広範囲な人口密度領域(国土の99.7%に対応)における人口密度と平均送信EIRPの相関データを取得できた。このうち、1人～1万人/km²の全人口領域を考えた場合、B社において均一分布なデータを多数取得できたため、北海道/熊野灘沿岸両地域のB社全データ(合計802ポイント)を用いて、式(1)の相関回帰直線を作成した。

$$P = -0.38 \times (10 \log_{10} N) - 11.38 \quad (1)$$

P: 平均送信EIRP [dBm/MHz]

N: 人口密度 [人/km²]

図14に示す1人～1万人/km²の人口密度領域は日本国土の99.7%をカバーするため、広範囲な人口密度領域の測定データから導出されたこの回帰直線の数値を基にすることで、日本全国の様々な人口密度地域における電波干渉源である携帯電話の出力参考値の

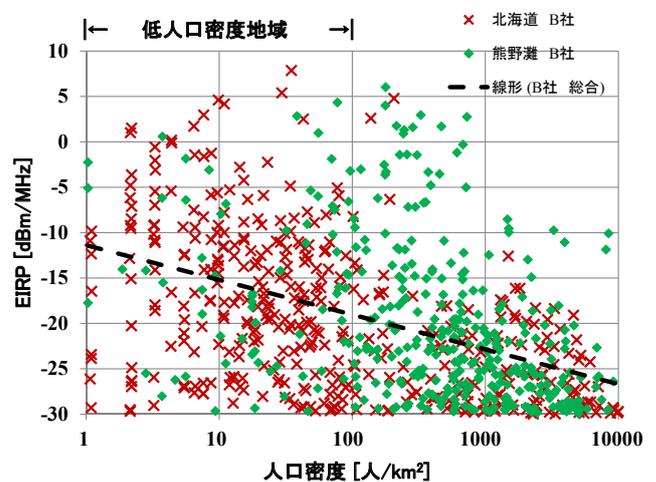


図14 平均送信EIRP vs. 人口密度の相関図

推定が可能となると考えられる。

4 まとめ

STICS 衛星系通信システムへの電波干渉量評価において鍵となる地上系携帯電話の出力レベルを様々な地域で測定し、ほぼ全国をカバーする広範囲な人口密度領域との相関関係について考察した。今回の評価実験から、携帯電話の送信出力レベルは人口密度に反比例することが判明し、低人口密度地域も含めた多数の測定データより出力レベルの参考値を与える回帰直線を導出した。これにより人口密度の異なる地域ごとに発生する電波干渉量を推定することが可能となり、STICS システムの全国的な干渉量評価の参考データが得られた。

5 謝辞

本研究は、総務省の研究委託「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」により実施した。

【参考文献】

- 1 泉田裕彦, “災害時に IT (情報技術) の果たすべき役割,” 2009 信学ノ大, TK-1-1, Sept. 2009.
- 2 Federal Communications Commission, FCC 03-15, Jan. 2003.
- 3 “On the harmonised use of radio spectrum in the 2 GHz frequency bands for the implementation of systems providing mobile satellite services,” 2007/98/EC, Feb. 2007.
- 4 T. Minowa, M. Tanaka, N. Hamamoto, Y. Fujino, N. Nishinaga, R. Miura, and K. Suzuki, “Satellite/Terrestrial Integrated Mobile Communication System for Nation’s Security and Safety,” IEICE Trans. (B), Vol.J91-B, No.12, pp.1629–1640, Dec.2008.
- 5 A. Miura, H. Watanabe, N. Hamamoto, Y. Fujino, and R. Suzuki, “On Interference Level in Satellite Uplink for Satellite/Terrestrial Integrated Mobile Communication System,” IEICE Technical Report, SAT2009-60, pp.37–42, Feb. 2010.
- 6 P. Karabinis, S. Dutta, and W. Chapman, “Interference Potential to MSS due to Terrestrial Reuse of Satellite Band Frequencies,” AIAA-2005-2028, 23rd ICSSC, Rome, Sept. 2005.
- 7 H. Watanabe, A. Miura, Y. Fujino, N. Hamamoto, R. Suzuki, M. Ichieda, and M. Tsuchiya, “Development of mobile phone power measurement system for STICS,” 2009 IEICE society conference, B-3-7, Sept. 2009.
- 8 H. Watanabe, A. Miura, Y. Fujino, N. Hamamoto, and R. Suzuki, “Measurement experiment of cellular phone transmit power for interference evaluation of satellite/terrestrial integrated mobile communication system,” IEICE Trans (B), Vol.J94-B, No.3, pp.419–422, March 2011.
- 9 H. Watanabe, A. Miura, N. Hamamoto, Y. Fujino, and R. Suzuki, “A mobile phone output power measurement in low population density region for interference estimation of satellite/terrestrial integrated mobile communication system,” IEICE Technical Report, SAT2010-90, pp.85–90, Feb. 2011.
- 10 尾上誠蔵, “3-6 モバイル端末,” W-CDMA 移動通信方式, p.218, 丸善, 東京, 2001.
- 11 H. Tsuji, A. Miura, Y. Fujino, N. Hamamoto, and R. Suzuki, “Interference measurement experimentation of mobile terminals and base stations using an aircraft in satellite-terrestrial integrated mobile communication systems,” 2010 IEICE general conference, B-3-5, March 2010.
- 12 http://www.biodic.go.jp/kiso/col_mesh.html



三浦 周 (みうら あまね)

ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員
博士 (情報科学)
衛星通信、アンテナ

渡邊 宏 (わたなべ ひろし)

宇宙航空研究開発機構安全・信頼性推進部主任開発員／元新世代ワイヤレス研究センター宇宙通信ネットワークグループ専門研究員 (2009年4月～2011年3月)
衛星搭載機器、小型衛星システム、マイクロ波通信

濱本直和 (はまもと なおかず)

有人宇宙システム株式会社宇宙機システム部主幹技師／元新世代ワイヤレスネットワーク研究センター推進室研究マネージャー (2006年4月～2012年3月)
衛星通信



藤野 義之 (ふじの よしゆき)

東洋大学理工学部電気電子情報工学科教授／元ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員 (～2013年4月)
博士 (工学)
衛星通信、アンテナ、無線電力伝送