

## 通信放送融合による UHF 帯モバイル環境の提案

西 正博 吉田彰顕

2003 年末から 3 大都市圏, 2006 年から全国にて, UHF 帯 (470MHz~770MHz) 地上 TV 放送がデジタル化される予定である。この周波数帯は, モバイル環境の構築という観点からも興味深い。また, 将来の情報流通形態は, 現在のモバイルインターネットアクセスに見られるように, 1 広帯域性, 2 モビリティ, 3 非対称性, 4 マルチキャスト性の特徴を有することが考えられる。以上のような背景に基づき, 本報告では, 新たに, UHF 帯を用いた通信放送融合のモバイル環境を提案する。本提案モバイル環境では, 広帯域なダウンロード系にデジタル TV 放送電波を用いることにより, 高いモバイル性を実現される。本モバイル環境を構築していくためには, UHF 帯電波伝搬の特性について十分調査することが必要である。本報告では, 既存 TV 放送波と GPS を用いた電波測定結果を基に, 屋外モバイル環境における UHF 帯電波受信レベルマップを構成し, 地形データと受信レベルの相関が高いことを示す。

### A Proposal of UHF band Mobile Information Platforms combined with Communication and Broadcasting Systems

Masahiro NISHI and Teruaki YOSHIDA

In Japan, the digital terrestrial TV broadcastings services will be planned to start in 2006 using UHF band from 470 to 770 MHz. This frequency band is suitable for mobile platforms. And, it can be easily expected that many users will desire the new type of information services (IS), which has 1.broadband, 2.mobility, 3.asymmetric, and 4.multicast features, near future. In order to effectively provide these IS, this paper proposes the novel mobile information platforms using both digital communication systems and digital TV broadcasting systems, where the digital TV broadcasting radio will be utilized as the broadband download links. The UHF band broadcasting radio will be expected high mobility in the proposed mobile IS platforms. In order to construct the proposed mobile platforms, it is necessary to investigate the radio propagation characteristics in UHF band. This paper also describes the UHF band radio propagation characteristics based on our measurement results using the existent TV broadcasting wave and GPS, and shows that the approximation of the received level can be evaluated using the terrain LOS area.

#### 1. はじめに

現在, 移動体通信 (携帯電話および PHS) 利用者数が 8000 万人を超えており [1], 今後も, 高速に移動しながら, かつ場所的制限が少ない, いわゆるモビリティの高い通信への要求がますます高まってくると予想される。さらに音声通信の

みならず, 移動体通信端末からインターネットアクセスを実現するモバイル IP の需要も高まってきており [1], 利用者は広帯域なマルチメディア情報をダウンロードする傾向にある。このため, 移動通信の分野では, 伝送容量の広帯域化を実現しやすい, マイクロ波帯などの高い周波数帯を用いた新たな通信システムの研究開発が進んでいる [2]。一方, 放送分野では, 地上 TV 放送波のデジタル化が精力的に進められており, 2006 年か

広島市立大学情報科学部情報メディア工学科  
Faculty of Information Sciences, Hiroshima City  
University

ら全国でデジタル放送のサービスが開始される予定である[3]. 地上 TV 放送波のデジタル化により, 放送メディアが従来の放送プログラムのみの配信だけでなく, デジタルコンテンツをも容易に伝送できるようになる. そのため, 今後, 地上デジタル放送波が, 移動体通信やインターネットと融合し, モバイル環境における, 新たなマルチメディア情報サービスの広帯域ダウンロードメディアとなるだろう.

今後の利用者の要求する情報流通形態について考えてみると, 現在のモバイルインターネットアクセスにも見られるように, 1. ダウンロード情報の広帯域化, 2. 場所的制限の少ない高いモビリティ, 3. リクエストとダウンロードの情報量が異なる非対称性, 4. 人気のコンテンツを複数の利用者に同報配信を行うマルチキャスト性等の, 従来の音声のみの狭帯域対称通信にはない, 新しい特徴を有すると予想される[4]. 我々は上記特徴を有する新しい情報サービスを IS (Information Services) と呼んでいるが, 近い将来, 通信・インターネット・放送システムがそれぞれ個別の情報提供サービスを行っていくのではなく, それぞれの機能枠を越え, 互いに融合した環境の中で, IS を利用者に効率的に提供していくことが重要であると考え.

本稿では, 将来の新しいモバイル環境として, 現在の移動通信システムと, 今後デジタル化される地上 TV 放送システムを有機的に融合した, 通信放送融合の情報ネットワークを提案する. 本提案ネットワークでは, 無線周波数として UHF 帯を適用することが大きな特徴の一つである. 一般に, UHF 帯電波は, マイクロ波帯に比べて, 遮蔽等による電波伝搬減衰が少なく, よりモバイル環境に適した電波特性を有する.

これまでも, UHF 帯電波伝搬の特性については, 測定に基づいた検討が行われてきたが[5][6], TV 放送波に使用されていた UHF 帯電波は, 特に固定 TV 受信を想定していたため, モバイル環境での電波伝搬特性は十分研究されていなかった. また近年では, 位置情報の入手を可能とする GPS や, GaAsFET をフロントエンドに用いた高感度な受信機が新たに開発され, 比較的容易に入手できる環境にあり, 従来に比べて, より精度の高い測定が可能となってきた. さらに, デジタル化された 50m メッシュの 3 次元地形図データ[7]を利用することも可能であり, コンピュータを用いて, 地形による見通しの有無をシミュレーションす

ることも可能である. これまでの検討では, 実測した受信レベルの状況と地形データを合成した, 面的な電波伝搬の評価はされていなかった.

以上の背景により, 筆者らは, GPS と UHF 帯受信機およびノート PC を活用し, 自家用車をベースに, 移動型電波伝搬測定システムを構成し, 屋外環境にて, UHF 帯電波伝搬特性の実測を試みた. そして, GPS による位置情報と, 受信機による電波受信レベルを統合して, 広島市近郊における, 電波受信レベルマップを作成した. さらに, 3 次元地形データと統合し, 面的な評価を可能とし, 地形データからの UHF 帯電波伝搬特性の推定について考察した.

## 2. 提案 UHF 帯モバイル環境

将来, 利用者により要求されるであろう, 通信や放送サービスといった従来の機能枠を越えた, 新たな情報サービス (IS) の特徴を以下に挙げる.

### ・広帯域性:

インターネット上において, 利用者の要求する情報はますます広帯域化していくことが予想される.

### ・モビリティ:

場所的制限が少ない環境での利用だけでなく, 高速で移動しながらの情報アクセスも実現させる必要がある.

### ・非対称性:

利用者からのリクエストの情報量と, ダウンロードする情報量が異なる非対称の通信形態を考慮する必要がある.

### ・マルチキャスト性:

複数の利用者から, 一つの人気のあるサーバへアクセスがある状況が今後ますます増加する.

上記特徴を有する IS を効率よく利用者に提供することを目的として, 筆者らは, 既存のデジタル移動通信システムに加え, デジタル化が進む TV 放送電波を活用した, 通信・放送融合による新たな UHF 帯モバイル環境を提案する.

図 1 に提案モバイル環境の構成例を示す. 本提案モバイル環境では, 既存のデジタル移動通信システム, インターネット, およびデジタル化が予定されている UHF 帯地上 TV 放送システムを有機的に融合した構成となっている. 上り下りトラフィック量の異なる, 非対称通信を容易に実現するため, 移動端末 (MT) からアクセスポイント (AP) までの上りチャンネルには, 既存の 800MHz 帯もし

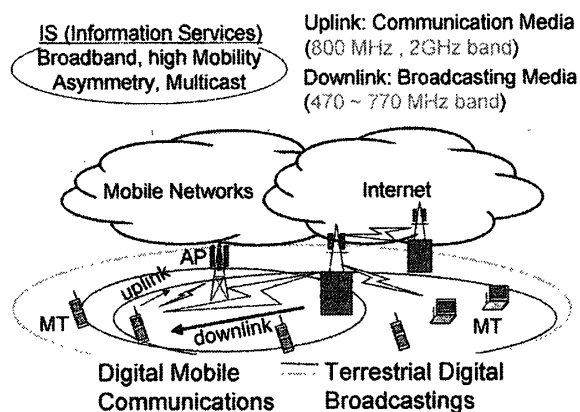


図 1 : UHF 帯モバイル環境の構成例

くは 2GHz 帯の移動通信システムを利用し、大容量情報伝送が必要となる下りチャンネルには、470MHz~770MHz の UHF 帯地上デジタル TV 放送システムを利用する。UHF 帯電波は、マイクロ波帯やミリ波帯の電波に比べて、遮蔽等による電波伝搬減衰は少なく、よりモバイル環境に適した電波特性を有する。下りチャンネルに UHF 帯地上デジタル TV 放送システムを利用することにより、広帯域な情報伝達のみならず、高速移動中の受信や場所的制限の少ない、高いモビリティをも同時に実現することが可能となる。また、電波を用いた情報配信であるので、空間的に分散する複数の利用者に、マルチキャスト配信することが可能である。つまり、本提案モバイル環境は、将来の IS のダウンロードメディアとして、重要な役割を担うことが期待される。

本研究では、UHF 帯、特に TV 放送電波のモバイル環境における電波伝搬特性について、測定実験に基づいて検討した。

### 3. 屋外モバイル環境における電波伝搬測定法

図 2 に、筆者らが構成した、屋外モバイル環境における UHF 帯電波伝搬測定法を示す。本測定法では、送信源に既存のアナログ地上 TV 放送局を活用していることが大きな特徴である。電波伝搬の測定では、一般に、送信機の構築が大きな課題であるが、本測定法の構成では、受信機のみ構築すれば測定が可能となる。地上 TV 放送局は TV 番組を提供するために、常に一定の電力にて電波を送信しているので、常時、安定した電波伝搬測定が可能である。また、TV 放送局は、中継局を含め、現在、全国に 14,000 局以上設置されており [8]、都市部、平野、山間部など、様々な異なる環境での測定ができる。さらに、現在のア

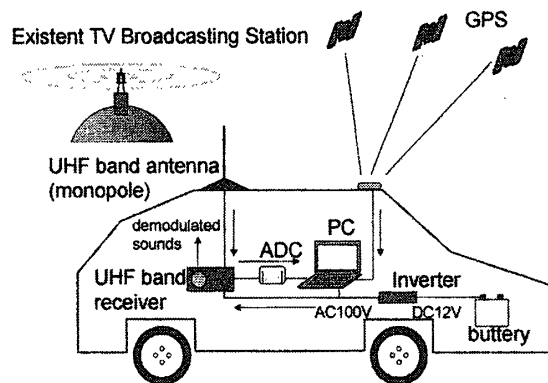


図 2 : 移動型電波測定システム

ナログ TV 番組は、470MHz から 770MHz までの 300MHz の帯域幅の中で、合計 50 個のチャンネルにて放送されているため、UHF 帯における様々な周波数での電波伝搬特性についても測定することができる。

また、図 2 に示すように、本研究では、GPS と UHF 帯受信機およびノート PC を活用し、移動型電波伝搬測定システムを構築した。本測定システムでは、無指向性の UHF 帯モノポールアンテナを自動車のルーフトップに固定し、アンテナで受信された電波を、同軸ケーブルを介し、UHF 帯受信機により検波した。受信機内部の検波回路から、受信レベルに応じて変化する検波電圧を AD コンバータに入力し、デジタルデータに変換した後、PC に連続記録した。本 UHF 帯受信機では、受信された信号が FM 変調された音声信号の場合、復調音を聞くことが可能である。また、受信機、パソコンに必要な電源は、車載バッテリーから給電した。

さらに、図 2 に示すように、本測定システムでは、GPS 信号を受信することにより、電波伝搬の測定をしながら、屋外環境における位置情報をリアルタイムに取得することを実現した。この構成により、各測定ポイントでの、位置情報と電波受信レベルを同時に測定することができ、各時刻における経度・緯度・受信レベルの 3 次元データから作られる 3 次元グラフとデジタルマップを統合することにより、受信レベルマップを作成した。

## 4. 測定結果

### 4.1 測定システムの特徴

図 3 に、本測定システムに利用した受信機の検波電圧と受信レベルの関係を示す。入力信号を周波数 613.75MHz の無変調キャリアとし、入力レ

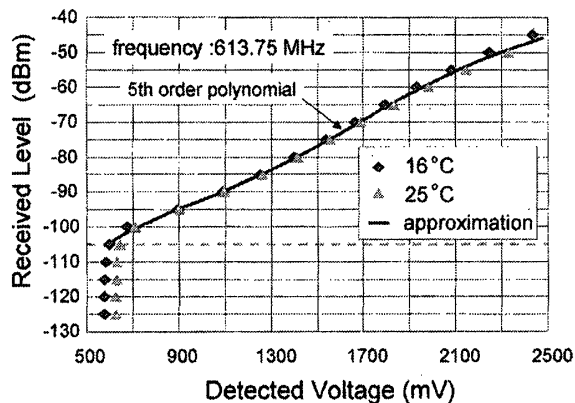


図3：受信機の検波電圧と受信レベルの関係

レベルを-125dBm から-45dBm まで変化させたときの受信機の検波電圧を測定した。受信機の設置は車内であることを考慮して、16度と25度の温度にて特性を調べた。

モバイル環境における受信レベルを評価するためには検波電圧から受信レベルへの校正を行う必要があるが、その校正には、図3に示すような、測定されたデータの平均値を5次の多項式で近似したカーブを用いた。図5に示すように、16度と25度の温度変化により検波電圧の特性が若干異なるものの、この校正カーブを用いることにより、16度から25度の温度の範囲内では、最大の校正誤差は約1dB程度となる。また、図5より、本校正カーブは受信レベル-105dBmまでの範囲に適用可能であり、本測定システムでは、約-105dBmまでの受信レベルを測定できることが分かる。また、470MHz~770MHzの他の周波数においても、校正誤差、測定限界それぞれ、1dB、-105dBmとなり、同様の特性を得た。

次に、地上アナログTV放送波を用いて、正確に受信レベルを測定できることを示す。現在、日本の地上アナログTV放送波には、NTSC(National Television System Committee)方式が用いられている。NTSC方式では、1チャンネル6MHzの帯域幅を占有してTVプログラムが放送されており、映像信号が、映像搬送波と色副搬送波を用いて、VSB変調方式にて送信されており、音声信号が、音声搬送波を用いて、FM変調方式にて送信されている[9]。筆者らは、NTSCのTV方式に、電力が集中している、上記3つの搬送波が存在していることに着目し、各搬送波の周波数を電波測定周波数の候補に挙げ、それぞれの周波数にて、前節で述べた受信機を用いて、電波の受信レベルを測定した。図4に実際に放送されているNTSC-TV放送電波の各搬送波を、受信アンテナを固定して、

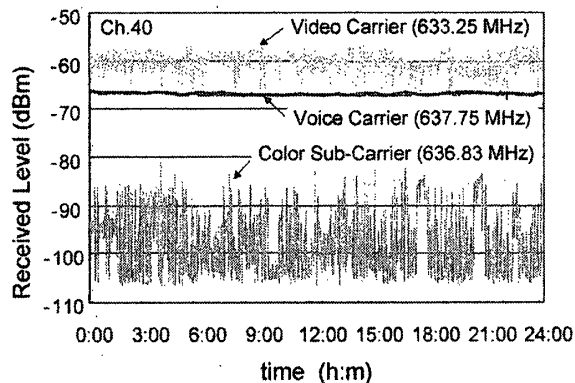


図4：NTSC主要3搬送波の受信レベル変動

24時間連続受信した時の受信レベル変動の測定結果を示す。図4から映像搬送波と色副搬送波の受信レベルが、peak-to-peakでそれぞれ、約10dB、約20dB変動していることがわかる。これはTV放送波プログラムに応じて、映像スペクトルが変化することが原因である。一方、音声搬送波の受信レベル変動は、約1dB程度であり、TV放送プログラムに関わらず、常時安定したレベルを受信できていることがわかる。本測定結果より、音声搬送波を受信することにより、既存の放送電波を用いた電波伝搬測定が、安定して行えることが確認できた。

また、音声搬送波を用いて測定する場合、受信レベルの変動を検波電圧の値のみならず、受信機の復調音によっても確認できる。TV放送に用いられているUHF帯周波数は、その有効利用の観点から、異なる地域で再利用されている場合が多い。復調音を聞きながら電波を測定することによって、受信された電波が、所望の送信源から届いてきた電波かどうかを識別することが可能となり、信頼性の高い電波測定が実現できる。

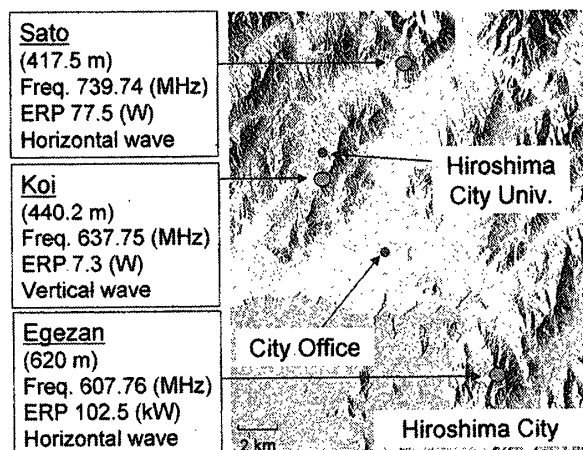


図5：測定に用いたTV放送送信源の位置と諸元

Receiving antenna height	1.5 m
Length of antenna	1/4 wavelength
Quantization bit	13 bit
Sampling rate	1 sec
Receiving bandwidth	230 kHz (3 dB)
Measurement limitation	-105 dBm
Vehicle speed	0 ~ 40 km/h
Calibration error	Max. 1 dB

表 1: 測定系の諸特性

#### 4.2 測定環境

図 5 に、本測定で送信源として用いた、広島市内の既存 TV 放送送信局の場所を示す。また各送信局の海拔高度と送信信号の諸元(周波数・出力電力 ERP・偏波)を示す。各送信局とも、広島市中心部(市役所周辺)の市街地を見通せる場所に位置している。また、50m メッシュの地形情報から作成された図 5 の立体地形図に示すように、広島市近郊では、平野や丘陵・山岳地域など、様々な地形が含まれている。

表 1 に、測定に用いた受信機の諸特性を示す。受信アンテナ高は約 1.5m(車両高)であり、アンテナ長は各測定周波数の 1/4 波長の長さとした。測定場所は、屋外環境における一般車道上の様々なポイントであり、移動しながら測定を行った。受信レベルデータおよび GPS 位置情報は 1 秒毎に取得した。受信機の 3dB 帯域幅は約 230kHz である。

#### 4.3 電波受信レベルマップの作成と評価

図 6, 図 7, 図 8 にそれぞれ、送信局が Sato, Koi, Egezan であるときの、各送信局周辺の電波受信電力レベル分布マップを示す。各図では、最大受信電力を赤色とし、測定限界である -105dBm の受信電力を青色として、各地点での受信電力レベルを色分けして表示している。また、それぞれの図には、50m メッシュ 3 次元地形図データからコンピュータ処理によって得られる、送信局から見通しできるエリアを紫色で表示している。ここでの見通しできるエリアとは、地形によるものであり、市街地のビル等の建物による見通しの有無については別途検討する必要がある。

図 6 に示すように、Sato 局周辺において、市街地に向けては、見通し内のエリアが広がる一方、北側のエリアでは、送信局より標高の高い山に囲まれているため、見通し外のエリアとなっている。

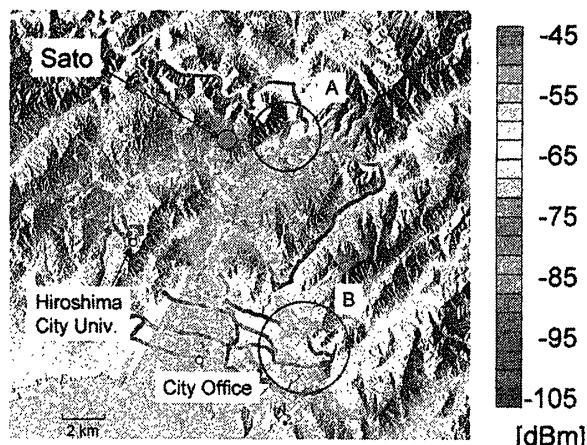


図 6: Sato 局周辺の電波受信レベルマップ

そして図 6 より、北側のエリアでは、送信局から南側のエリアと比較して、送信局からの距離がほぼ同じであるにもかかわらず、受信レベルは低くなっていることがわかる。また、エリア A や、エリア B に見られるように、見通し内エリアと見通し外エリアの境界では、急激に受信レベルが変化することもわかる。これらのことから、地形による見通し内エリアでは、見通し外エリアと比較して、受信レベルが高くなることが、広域に確認できる。

図 7 の Koi 局周辺では、送信局の位置する山地が北東方向に伸びているため、送信局から北東、南西方向に、見通し外のエリアが存在する。この見通し外エリアでは、市役所の位置する市街地エリアの受信電力と比較して、送信局からの距離が短いにもかかわらず、受信レベルが低いことがわかる。また、図 6 でも確認できたように、図 7 でも、エリア C やエリア D などで、見通し内のエリアと見通し外のエリアの境界では、急激に受信レベルが変化しており、見通し内エリアと受信レベルの間に高い相関があることがわかる。なお、図中のエリア E で受信レベルが高くなっているが、これは、他の同一周波数で送信されている放送波を受信した結果である。この受信電波は受信機からの復調音を聞くことで、所望の電波と識別できた。

図 8 の Egezan 局周辺の受信レベルマップからも、送信電力が大きいため半径 10km の広範囲で、-75dBm 以上の高い受信レベルが得られているものの、他の結果と同様に、見通し内エリアと見通し外エリアでは、受信レベルが大きく異なっていることが確認できる。例えば、広島市立大学周辺のエリア F や図中央のエリア G において、見通しの有無で、受信レベルが大きく変動しているこ

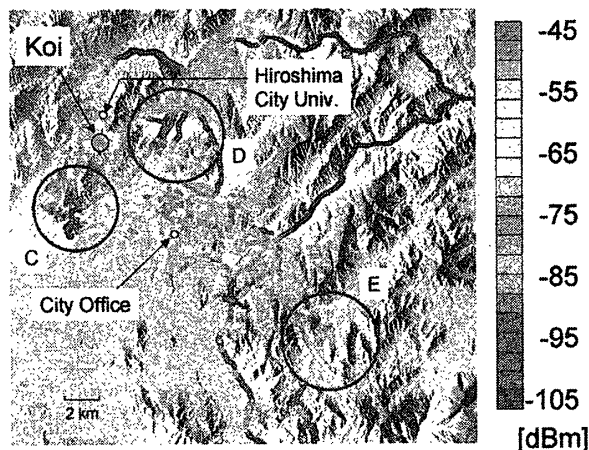


図 7 : Koi 局周辺における電波受信レベルマップ

とがわかる。

以上のように、測定したデータから、電波受信レベルマップを構成し、地形データと統合することにより、屋外モバイル環境において、高精度にかつ広域に、面的な電波伝搬特性の評価が行えた。そして、地形による見通しの有無と受信レベルの相関が高いことから、地形データに基づく見通しのあるエリアを評価することが、電波伝搬特性評価の 1 次近似として、十分適用できることがわかった。

## 5. むすび

本稿では、将来利用者から需要が高まる、1 広帯域、2 モビリティ、3 非対称性、4 マルチキャスト性といった特徴を有する情報サービス (IS) を効率的に伝送することを目的として、上りリンクに既存のデジタル通信系、下りリンクに地上デジタル放送系を活用した、新しい UHF 帯モバイル環境を提案した。

さらに本研究では、屋外モバイル環境の UHF 帯電波伝搬特性の解明を目的として、既存 TV 放送波と GPS を用いた電波測定を行った。その結果を以下にまとめる。

- ・開発した測定システムにより、屋外モバイル環境において、高精度に位置情報と受信レベルが取得でき、3 次元地形図データと電波受信レベルマップの統合により、広域なエリアでの面的な電波伝搬特性の評価が効率的に行えた。
- ・地形による見通し外エリアでは、見通し内エリアと比較して受信レベルが低下しており、受信レベルと見通しエリアには高い相関があることがわかった。
- ・地形データによる見通し内エリアの評価が電波

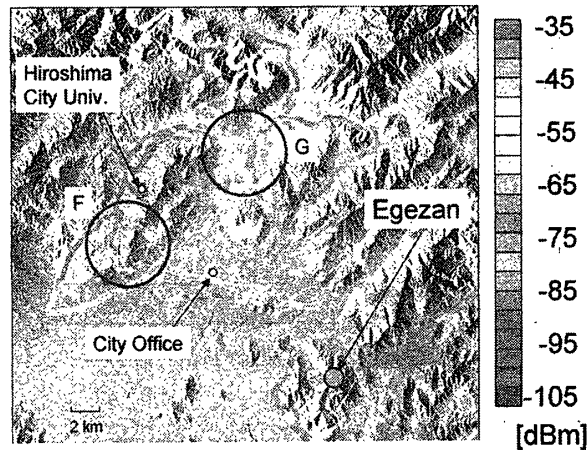


図 8 : Egezan 局周辺の電波受信レベルマップ

伝搬特性評価の 1 次近似として、十分適用できることがわかった。

今後は、市街地におけるマルチパスフェージングやシャドウイング特性など、モバイル環境での詳細な UHF 帯電波伝搬特性を調査する予定である。

## 謝辞

本研究は、平成 15 年度科学研究費補助金 (課題番号 14550368) の支援にて行った。また測定には広島市立大学情報科学部の学生に協力していただいた。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] 社団法人電気通信事業者協会ホームページ <http://www.tca.or.jp/index.html> (as of 2003.08)
- [2] 山尾泰, 梅田成視, 大津徹, 中嶋信生, “第 4 世代移動通信の展望-無線システムを中心とした課題について-”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J83-B No.10, pp.1364-1373
- [3] <http://www.nhk.or.jp/strl/publica/bi/en/tn0008-2.html> (as of 2003.08)
- [4] M.Nishi, Y.Atsumi, T.Toyota and T.Yoshida, “Proposal of New Information Traffic Platforms in UHF band for Communication and Broadcasting Services”, GLOBECOM01, pp.552-556, 2001
- [5] Rec.ITU-R P.370-7, “VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz Broadcasting”, ITU-R Recommendation Vol. 1997 P Series-Part2, pp.181-213, 1998
- [6] M.Hata, “Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services”, IEEE Transaction on Vehicular Technology, vol.29-3, pp.317-325, 1980
- [7] 国土地理院地理情報システムホームページ <http://www.gsi.go.jp/GIS/index.html>
- [8] “全国テレビジョン・FM・ラジオ放送局一覧” NHK アイテック, 2002
- [9] 直川一也, “入門カラーテレビ” 東京電機大学出版局, 1970