

Technology Reports

通信と放送を融合した新しいサービス — NOTTV —

モバキャスサービスを支える移動端末技術 —ハードウェア基盤技術—

モバキャス™*1は200MHz帯という低い周波数帯域を使うため、対応端末はその商品性を損ねることなく、かつ安全な長さのアンテナで、所望の受信性能を満足する必要がある。しかし、200MHz帯は移動機の液晶画面などから発生するノイズの影響を受けやすく、アンテナ性能、チューナー感度を含め、端末トータルとして所望の性能を満足するために、高いハードウェア基盤技術が必要とされる。今回、さまざまな技術課題を克服し、モバキャス対応端末の実用化を実現した。特にアンテナについては、既存サービスとの干渉など十分な検討を行い、端末搭載アンテナおよびそれを補完する補助アンテナ、ならびに、補助アンテナを接続するための外部アンテナ用インターフェースを開発した。さらに、電波暗室を用いた評価系を構築し、開発したモバキャス対応端末の受信感度評価を実施した。

移動機開発部 ささきまこと しまひろき
佐々木 亮 四釜 弘喜
やまもと ひろひこ おかの よしき
山本 寛彦 岡野 由樹

1. まえがき

2012年4月1日にスマートフォンなどモバイル向け専用放送「モバキャス」の電波で提供される放送局「NOTTV™*2」が開局した。

地上テレビジョン放送のデジタル化に伴い利用可能となる207.5～222MHzの周波数を使用してサービスを行う。モバキャスで採用されるISDB-Tmm (Integrated Services Digital Broadcasting- Terrestrial for mobile multimedia)*3方式は、従来の地上デ

ジタルテレビジョン放送やワンセグで採用されているISDB-T*4に基づいた放送方式である[1][2]。

ドコモでは、今回「NOTTV」サービス開始に先駆けてモバキャス対応端末を市場に投入するべく、モバキャス対応スマートフォンの開発を行った。

ハードウェア基盤技術のポイントは以下のとおりである。

- ・地上デジタルテレビジョン放送より低い周波数帯域での受信を可能とするアンテナ技術

- ・高い受信性能の実現に不可欠なノイズ低減技術
- ・高品質な映像再生を可能とするチューナー技術

本稿では、モバキャスサービスを支える移動機ハードウェア基盤技術について述べるとともに、開発したモバキャス対応端末全体の性能を確認するための受信感度評価についても解説する。

© 2012 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 モバキャス™：(株)ジャパン・モバイルキャスティングの商標。

*2 NOTTV™：(株)mmbiの商標または登録商標。

*3 ISDB-Tmm：従来の地上デジタルテレビジョン放送やワンセグで使用されているISDB-T (*4参照)に基づいた放送方式。

*4 ISDB-T：日本の地上デジタルテレビジョン放送の規格。

2. モバキャス対応アンテナ技術

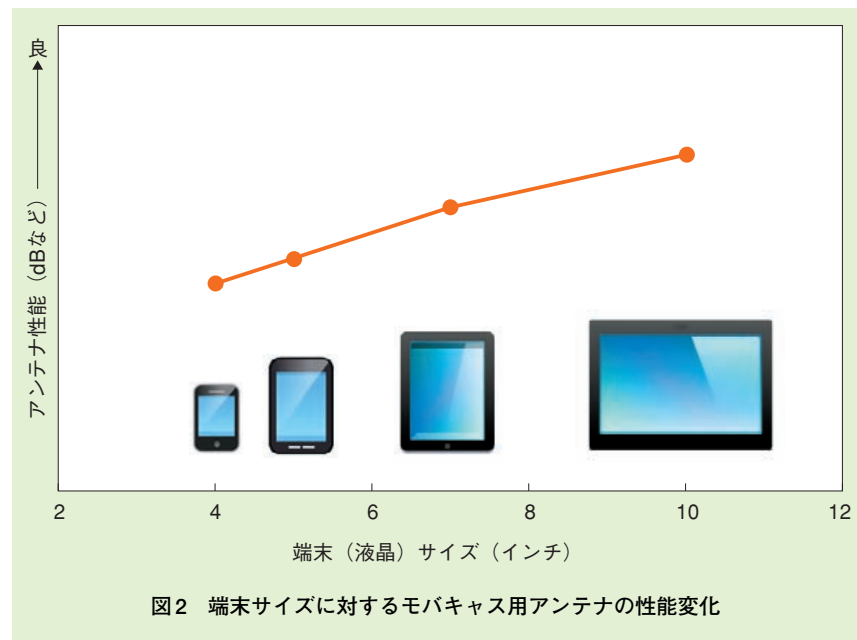
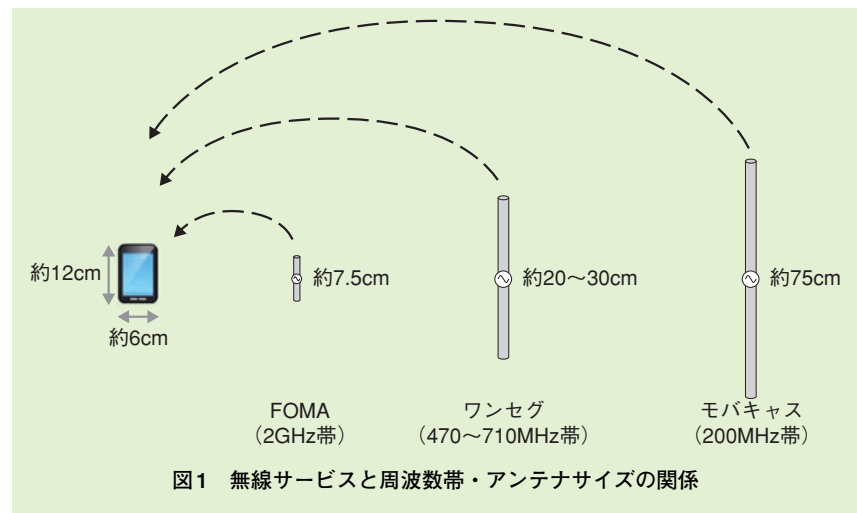
モバキャスは200MHz帯を使用する放送サービスある。したがって、移動端末でモバキャスを受信するためには200MHz帯に対応したアンテナが必要となる。図1に、無線サービスと周波数帯・アンテナサイズの関係を示す。周波数の低下に伴い、理論的に必要とされるアンテナサイズは大きくなる傾向にある。例えば、FOMAで利用している2GHz帯で用いるアンテナとしては7cm程度（約半波長）のアンテナが必要となり、ワンセグに用いるアンテナとしては20～30cm程度が必要となるが、モバキャスの場合には約75cmものアンテナサイズが必要となる。実際に移動端末へアンテナを搭載する際には、アンテナインピーダンス整合回路^{*5}などを利用して物理的なアンテナサイズを大幅に縮小しているが、筐体長が12cm程度のスマートフォンにモバキャスアンテナを搭載するためには極めて高いアンテナ技術が必要となることがわかる。

また、アンテナは端末筐体そのものをアンテナの一部として動作させるため、特に200MHz帯での受信に使用するモバキャス対応アンテナの性能は端末筐体のサイズに大きく依存する。図2には、端末サイズに対するモバキャス用アンテナ性能の変化を示す。これは、端末筐体のサイズを考慮して行った電磁界解析シミュレーションによる結果である。ここでは、筐体サイズとして画面サイ

ズを示している。図より、筐体・画面の小さなスマートフォンよりも筐体・画面の大きなタブレット型端末のほうがモバキャスアンテナ性能は向上する傾向にあることが確認できる。換言すれば、筐体の小さなスマートフォンで高い受信性能を実現することは容易でないことがわかる。

以上の基礎検討結果に基づき、ス

マートフォン用モバキャスアンテナを開発する際には、リアルタイム型放送や蓄積型放送といったモバキャスのさまざまな利用シーンで安定した受信性能を得るため、複数のアンテナ方式を対象として検討を行った。図3に、検討したモバキャス用アンテナの候補と分類を示す。移動端末に搭載するアンテナとしては、



*5 アンテナインピーダンス整合回路：電気信号の伝送路において信号の送り出し側と受け側の特性インピーダンスを合わせること。伝送線路内の反射損失を防ぐために考慮する必要がある。

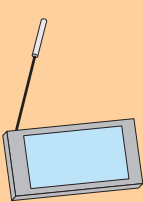
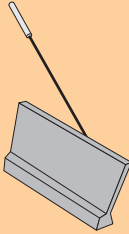
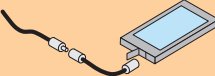
外観			
方式	伸縮式ロッドアンテナ		
分類	端末搭載アンテナ	卓上ホルダアンテナ	イヤホンケーブルアンテナ
	補助アンテナ		

図3 モバキャス用アンテナの候補と分類

端末のデザイン性と性能を両立するために伸縮式ロッドアンテナを採用した。本アンテナは、ワンセグ用アンテナとの共用も可能であり、限られたアンテナ容積の中で最大の性能が得られるよう設計されている。また、端末搭載アンテナを補完するための補助アンテナとして、卓上ホルダアンテナおよびイヤホンケーブルアンテナを開発した。卓上ホルダアンテナは、端末搭載アンテナと同様の伸縮式ロッドアンテナを採用しているが、室内での利用シーンを想定し、アンテナ性能を向上させるため端末搭載アンテナよりも長いアンテナを採用している。イヤホンケーブルアンテナは、主に屋外での利用シーンを想定しており、1m前後のケーブル長を有するイヤホンケーブルがアンテナとして動作するよう設計されている。これらのアンテナを併用することで、さまざまな利用シーンで安定した受信が可能となる。

なお、移動端末にはモバキャス以外にもFOMA、GPS、Wi-Fi^{®*6}などの多くの通信用アンテナが搭載され

ており、それら複数のアンテナ間で生じる干渉についても十分な検討を行った。上述のとおり、移動端末用アンテナは端末筐体がアンテナの一部として動作するよう設計されているため、モバキャス対応端末は、モバキャス用アンテナも含めてすべてのアンテナについて所望の性能が得られるよう最適化されている。

3. ノイズ対策技術

モバキャス対応端末で高い受信性能を実現するためには、高度なノイズ対策技術が求められる。ノイズ対策は従来の移動端末開発でも行われてきたが、試作などを通じた基礎検討によりモバキャス対応端末では従来以上にノイズを低減する必要があることが分かった。

図4に端末ノイズ電力の周波数特性のイメージを示す。端末ノイズとしては、端末内部に搭載されている多数の電子部品が動作する際に生じるクロックノイズや、制御信号ラインから輻射されるノイズなどがあり、その高調波成分が高い周波数帯

まで影響を及ぼしている。さらに、周波数が低いほどノイズ源の周波数に近いほど、ノイズの影響が大きくなる。例えば既存の移動端末向け放送サービスと同じ放送サービスであるワンセグは470～710MHzの周波数帯で運用されているが、モバキャスは207.5～222MHzとワンセグの半分以下の低い周波数帯で運用されるため、従来以上のノイズ低減技術が求められることが分かる。

またモバキャス対応端末がスマートフォンベースで開発されることになり、従来のフィーチャーフォンよりも一層のノイズ低減が求められることとなった。その理由として、液晶画面の大型化に伴うノイズの影響の増加があげられる。液晶画面が大型化されると駆動するために必要な電流が増加し、液晶画面から輻射されるノイズ量が増加する。同時に端末の消費電流も増加することになるため、電源部で発生する電源ノイズも増加することになる。

上述のように、モバキャス対応端末開発についてはノイズ対策が重要となることが確認されたため、以下の対策により端末ノイズの低減に取り組んだ。

- ① 端末内部品レイアウトの工夫
- ② グランドの強化
- ③ ノイズ対策部品の活用

①の端末内部品レイアウトについては、液晶画面周辺や電源部がノイズ源となることが判明していたため、限られたスペースの中でアンテナやチューナーをノイズ源の影響を

*6 Wi-Fi[®]: Wi-Fi Allianceの登録商標。

受けにくい配置とすることで影響の低減を図った。②については、端末内部に実装された基板のグラウンドを強化することで、クランドを通じた端末内部へのノイズ混入の回避を図った。③については、ノイズ源へ最適なノイズ対策部品を適用すると共に、部品定数の最適化によりノイズ放射を抑圧する対策を施した。

以上のように、ノイズ源の特定およびその放射メカニズムの解明を実現し、モバキャス対応端末に適切なノイズ対策を施すことで、端末ノイズを低減し高い受信性能を実現することができた。なお、液晶画面は今後さらなる高解像度化が進むことが想定されるため、液晶画面への伝送信号が高速化することにより放射ノイズの増加が懸念される。また、バッテリーの大容量および高速充電対応により、電源からのノイズの増加も懸念されるため、さらなるノイズ低減技術が求められる。

4. チューナー関連

モバキャスは、すでに広く移動端末で普及しているワンセグと比べて、表1に示すようにより高画質でより多彩なコンテンツを楽しむことが可能である。そのため、モバキャス対応チューナーには、ワンセグ対応チューナーに比べて、さらなる受信性能の改善が求められる。また、モバキャス機能は移動端末への搭載が前提となるため、受信性能を確保するためには妨害波に対する耐性の確保も必要となる。加えて、モバキャスは従来の地上デジタル放送に比

べて運用周波数が低いため、高速移動時のみだけではなく低速移動時も考慮したフェージング対策が必要となる。さらにすべての送信局で同一の周波数を使用するSFN (Single Frequency Network)^{*7}方式が採用されているため、SFN環境下におけるマルチパス^{*8}特性の確保が重要となる。

4.1 C/N改善

無線システムの通信品質を判断す

る指標の1つとしてC/N比があり、これは搬送波電力と雑音電力との大きさの比を表している。ここで受信機が安定して信号を復調するために必要なC/N比を所要C/N比と呼び、値が低いほど厳しい環境でも復調が可能、つまり、受信性能が良い事になる。所要C/N比は変調方式や誤り訂正の能力によって異なる。一例を挙げるとモバキャスで用いる直交振幅変調 (QAM : Quadrature Amplitude Modulation)^{*9}は、ワンセ

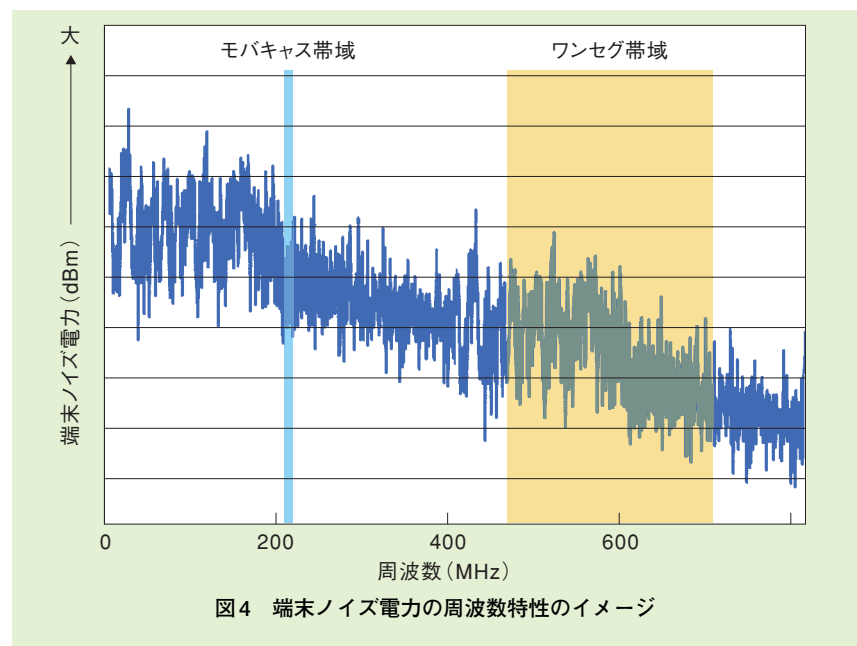


図4 端末ノイズ電力の周波数特性のイメージ

表1 放送方式比較表

		モバキャス	ワンセグ
放送方式		ISDB-Tmm	ISDB-T
周波数		207.5~222MHz	470~710MHz
映像	最大解像度	720×480 (SD画質)	320×240 (QVGA画質)
	最大フレーム	30	15
音声	最大入力ch	5.1チャンネル	2チャンネル
変調方式		16 QAM (7.3Mbps)	QPSK (416kbps)
セグメント数		13セグ形式	1セグ形式

*7 SFN : 親局や中継局で用いる電波の周波数を同一にして構成したネットワーク。
 *8 マルチパス : 送信機から送信された電波が、建物や地形などの障害物によって反射・回折し、複数の経路を通じて受信機に到達する現象。

*9 直交振幅変調 (QAM) : デジタル変調方式の1つで、波の振幅と位相をビット列に対応させている。定義されるパターン数に応じて16QAM, 64QAMなどの種類がある。

グで用いられている4位相変移変調(QPSK: Quadrature Phase Shift Keying)^{*10}に比べて、1シンボル^{*11}で伝送できる情報量が多くなるが、これは通信中にデータ誤りが発生する可能性が高くなることを表している。そのためモバキャスでは、ワンセグよりも必然的に高い所要C/N比が求められることになり、所要C/N比が増加した分だけ受信性能が悪くなる。

上述の課題に対し、チューナーの誤り訂正能力の改善および所要C/N比の改善に取り組み、受信性能の改善を実現した。

4.2 妨害波対策

移動端末では音声・データ通信をはじめ、さまざまな無線通信機能が搭載されており、妨害波の発生要因が増加している。またモバキャスが運用される周波数帯は、図5に示すように航空無線・自営無線が運用される周波数帯と近接している。そのためエリアによっては、高いレベルの妨害波が近接した周波数で存在することが想定される。

上述の課題に対し、無線システムに航空無線と自営無線の帯域の減衰量を確保しつつ、所望帯域の通過損失の

極力少ない高周波フィルタを追加した。また、高周波回路構成の工夫により、妨害波特性の改善を実現した。

4.3 フェージング対策

移動体通信は、フェージングに伴う急激な受信電力レベル変動環境下での受信が前提となるため、フェージング対策が非常に重要になる。特にモバキャスは、従来の地上デジタル放送に比べて運用される周波数が低いため、低速移動時においてはデータ誤りが連続して発生する影響が大きくなることが想定された。一方電車移動なども想定されるため、ワンセグと同様に高速移動時の性能確保も必要となる。

上述の課題に対し、従来の高速移動時の性能を確保しつつ、低速移動時の性能確保も可能とした高精度OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)^{*12}復調回路により、フェージング特性の改善を実現した。

4.4 SFN 環境下におけるマルチパス特性

モバキャスは、すべての送信局で同一の周波数を使用しているSFNで運用している。SFNは、使用する

周波数が単一であるため周波数利用効率^{*13}が高いというメリットがあるが、複数の送信局からの電波の到達時間が、一定以上の遅延量になると受信性能の劣化が発生する。そのため、SFN環境下でのマルチパス特性の確保が重要となる。

上述の課題に対し、遅延量を考慮したマルチパス受信対応のOFDM復調回路の設計により、マルチパス特性の確保を実現した。

5. 電波暗室での受信感度評価

以上述べたように、モバキャス端末は無線部を構成するアンテナ・チューナーに関する技術課題を克服したうえで、十分なノイズ対策を施すことで所望の受信感度が得られる。この受信感度を評価する方法として、実伝搬環境におけるフィールド試験があるが、再現性や周辺電波強度などの面で多くの課題があり、モバキャス端末の定量的な受信感度評価としては最適な評価方法ではない。そこで、再現性の高い環境でモバキャス端末の受信感度を定量的に評価することを目的とし、電波暗室^{*14}試験系を構築した。

図6に、モバキャス受信感度を評価するための電波暗室試験系を示す。図7には、電波暗室内部の写真を示す。本試験系は、モバキャス信号を送出するためのモバキャス用信号発生器を備え、電波暗室内にあるアンテナタワーに設置した送信アンテナを介して、モバキャス端末に対して信号を入力する。また、垂直・

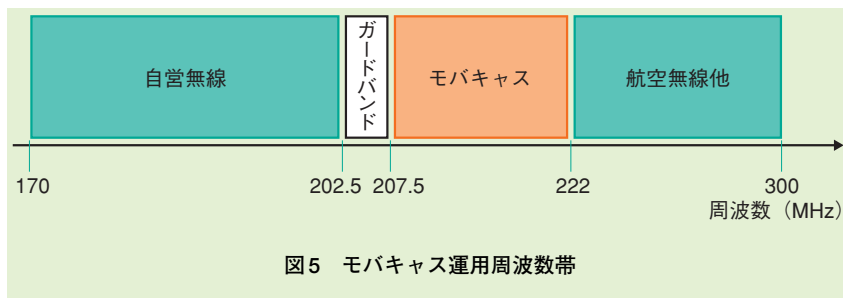


図5 モバキャス運用周波数帯

*10 4位相変移変調 (QPSK) : デジタル変調方式の1つで、4つの位相にそれぞれ1つの値を割り当てることにより、同時に2bitの情報を送信可能。

*11 シンボル : 本稿では、伝送するデータの最小単位で、1シンボルはnビット (nは

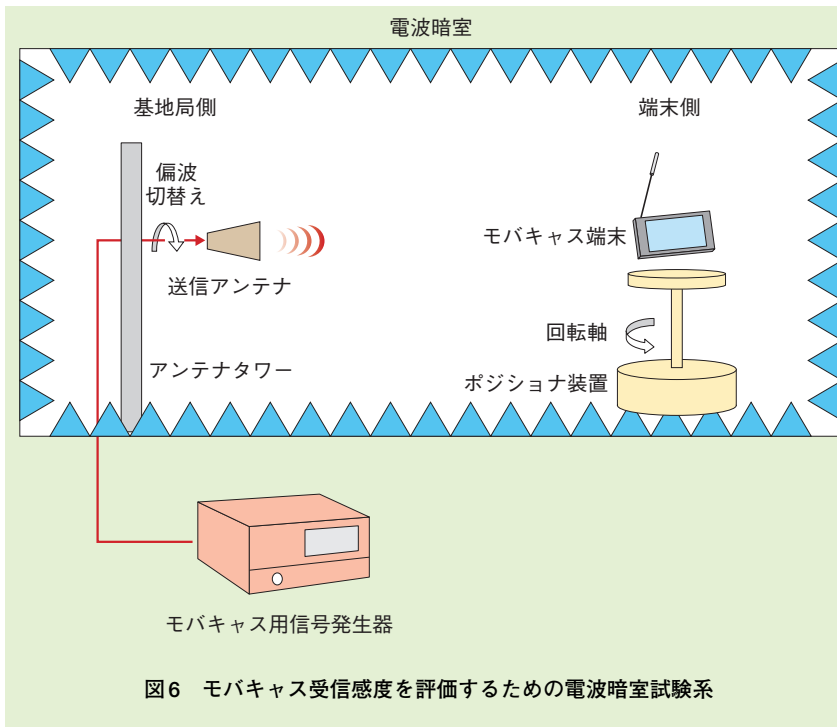
自然数) から構成される。

*12 OFDM : デジタル変調方式の1つであり、マルチパス干渉への耐性を高めるため、高速な伝送レートの信号を多数の低速な狭帯域信号に変換し、周波数軸上で並列に伝送する方式。高い周波数利用効率で

の伝送が可能である。

*13 周波数利用効率 : 単位時間、単位周波数帯域当りに送ることのできる情報ビット数。

*14 電波暗室 : 外部からの電波を遮断し、内壁6面に電波吸収体を備えることで反射波を抑制した実験設備。



なく、高い精度で受信感度を評価することが可能である。この状態で、送出するモバキャス信号の強度を段階的に低下させていくながら、モバキャス端末の映像または音声途切れる信号強度を計測することで、受信感度評価が実現される。本試験系により、2章で述べた各モバキャス用アンテナに関する受信感度評価を行い、アンテナ性能およびチューナー性能が高く、ノイズ対策が十分に施されているほど受信感度は向上することを実験的に確認するとともに、開発したモバキャス端末が所望の受信感度を満足していることを確認している。

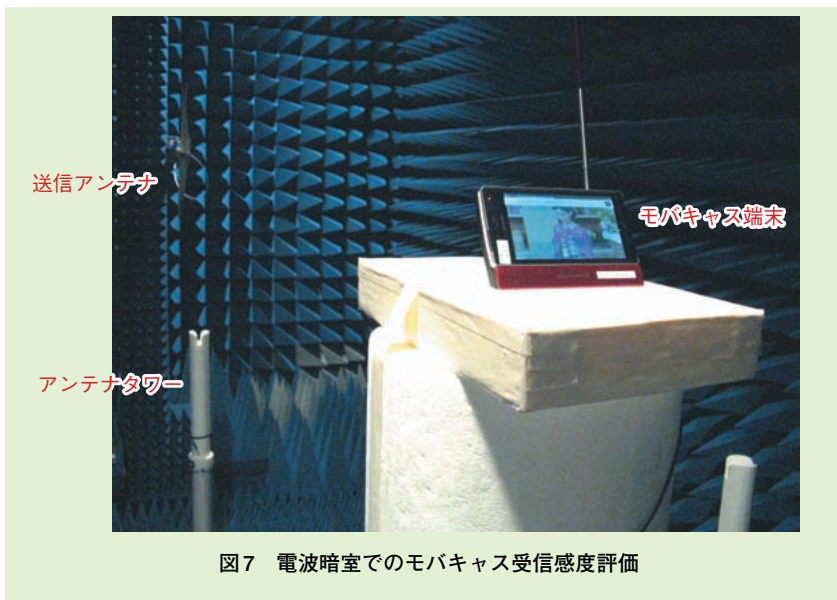
6. あとがき

今回開発したモバキャス対応端末のハードウェア基盤技術の概要および特徴について解説するとともに、電波暗室での受信感度評価手法についても明らかにした。

今後も、電波暗室での受信感度評価をはじめとする受信感度評価を実施し、さらなる性能向上に向けて、モバキャス対応端末の開発を継続していく。

文献

- [1] 情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会（第20回）資料 20-3：“放送システム委員会報告（案）”
- [2] ARIB STD-B53：“セグメント連結伝送方式による地上マルチメディア放送用受信装置（望ましい仕様）” Mar.2011.



水平の両偏波成分について測定を行うため、送信アンテナは偏波切替機構を有する。さらに、モバキャス端末の設置角度による受信感度の変化を評価するため、モバキャス端末を

水平方向に回転させるポジション装置を備えている。モバキャス端末は電波暗室内に設置されているため、電波暗室外部からの干渉や電波暗室内部の反射による影響を受けること