

地上デジタル放送の移動受信における 指向性制御方式に関する検討

三田勝史[†], 柴田伝幸[†], 伊藤修朗[†], 今井純志[†], 鈴木徳祥[†], 伊藤健二[†]

Email: [†]sanda@mosk.tytlabs.co.jp

あらまし 2003年12月に放送が開始される地上デジタルテレビ放送を自動車などの移動体において受信する場合、伝搬路特性の激しい変動などにより、家庭における固定受信と比較して受信特性が低下する。そこで、地上デジタル放送の受信品質改善のためにアンテナの指向性を常に最適な方向に制御する方式を考案し同システムを開発した。その結果、フィールド実験にて市街地においてハイビジョン放送の移動受信が可能であることを確認した。

A Study on Antenna Directional Pattern Control Scheme for Mobile Reception of Terrestrial Digital Broadcasting

Katsushi Sanda[†] Tsutayuki Shibata[†] Nobuo Itoh[†]

Junji Imai[†] Noriyoshi Suzuki[†] Kenji Ito[†]

Email: [†]sanda@mcl.tytlabs.co.jp

Abstract The Japanese terrestrial digital broadcasting service will be launched in Dec.2003. The reception quality of the terrestrial digital broadcasting will be degraded by the heavy fluctuation of the electric field strength while mobile receiving. In this paper, a control method of antenna directional pattern for the terrestrial digital broadcasting reception is proposed to improve such degradation. We develop the control system that is applied to the method. As the field experimental result, it is confirmed that the we can receive High Definition Television (HDTV) in an automobile which runs in urban area.

1. まえがき

地上テレビ放送のデジタル化メリットの一つとして、自動車等の移動体でもクリアな映像受信が可能になることが挙げられる。しかし、家庭などでの固定受信ではハイビジョン放送(HDTV)が受信可能であるのに対し、移動受信では、アンテナ高が低いこと、マルチパス等により家庭と同じ番組が受信できない状況にあった。そこで、アンテナの指向性

を常に最適な方向に電子制御することにより移動受信のような劣悪な電波環境においても通信品質を確保する方式について検討してきた。

本報告では、地上デジタル放送の移動受信用指向性制御について検討し、フィールド実験を行った結果、都市のビル街を移動中の自動車においても家庭と同じハイビジョン放送が受信可能となったことについて述べる。

2. 移動受信の問題点と指向性制御

一般家庭での固定受信とは異なり、高速で移動する列車・自動車等の移動受信では、図

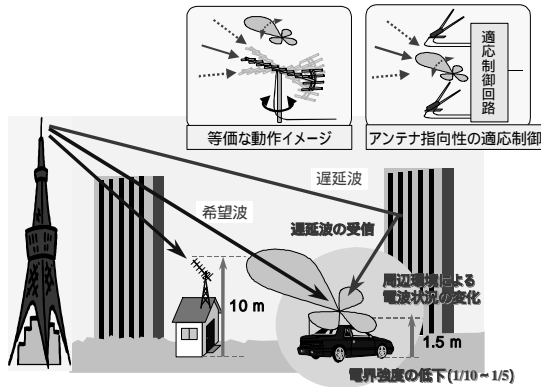


図1 移動受信における問題点と指向性制御

1に示すようにアンテナの設置高が低いことによるC/Nの劣化，無指向性アンテナを用いた受信によるマルチパス歪の影響の増大，車の移動に伴う電波環境の時々刻々の変化により，家庭用固定受信と比較して映像受信率が大幅に低下する．

そこで我々は，これらの対策としてアンテナの指向性を制御することが受信率向上に有効な手段の一つであると考え，地上デジタル放送用指向性制御システムの研究開発を進めてきた．すなわち，八木アンテナを常に最適な方向に向けるのと等価な動作を複数のアンテナ素子と適応信号処理回路によって電子的に実現し，自動車の移動に伴い時々刻々変化する電波環境に対応しようとするものである．

3．適応的アンテナ指向性制御システム

(1) 指向性制御アルゴリズム

地上デジタル放送の移動受信においては，低アンテナ高によるC/N劣化がマルチパス歪と並んで受信性能を劣化させる大きな要因であることから，今回はアダプティブビームフォーミングを基本とした方式を採用した^{(1)~(3)}．図2にその構成を示す．空間的に配置された複数アンテナで受信された各信号をそれぞれ3つの帯域に分割した後，位相を制御してから合成することにより，等価的にアンテナ全体の指向性特性を制御する．帯域分割しているのはデジタル放送信号の帯域が6MHzと広いことから帯域毎に位相制御を最適化するためである．

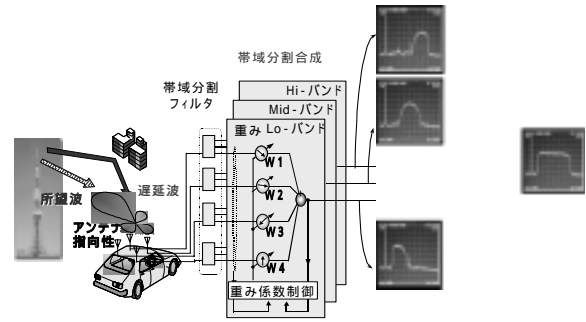


図2 デジタル放送用指向性制御アルゴリズム

(2) 車載アンテナ

開発したアンテナの構造を図3に示す．アンテナ素子としては，従来広帯域アンテナとして知られているバットウィングアンテナに着目し，その小型化のため，対称な素子構造であったものを1/2に変形し，更に搭載性をよくするため，アンテナ素子の一部を折り曲げ，アンテナの高さを1/2にした．地上デジタル放送は水平偏波であることから，左右リクオータガラスの対向する2辺にアンテナ素子をそれぞれ搭載し，合計4素子で受信する構成としている^{(4)~(6)}．

次に，車載アンテナ特性について述べる．実車が搬入可能な大型電波暗室において，実験車(エスティマ)に搭載したウインドウガラスアンテナの反射減衰量，素子間結合量，車両搭載時の指向性について470MHzから770MHzの周波数範囲において測定を行った．反射減衰量，素子間結合量については帯域内において目標仕様(反射減衰量 -10dB 以下，

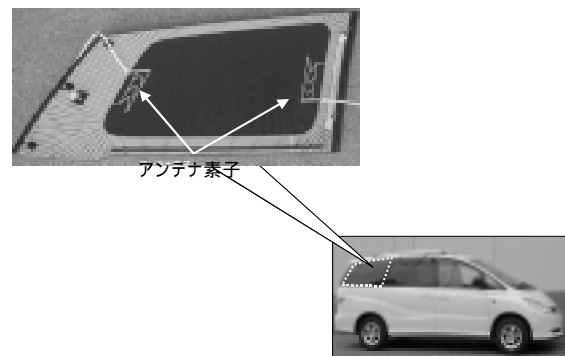


図3 車載アンテナ

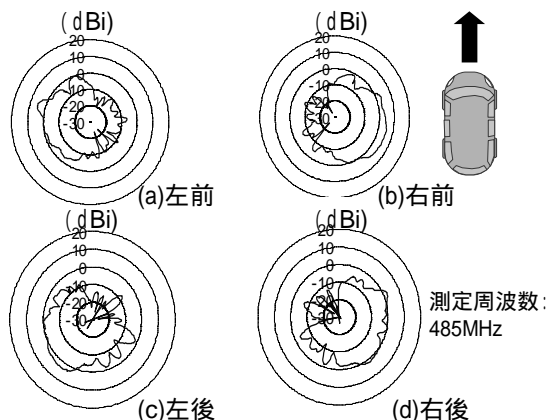


図4 車載アンテナの指向性

素子間結合量 -15dB 以下) を達成している。次に、指向性測定の結果の一例として、 485MHz における各素子の指向性を図4に示す。次に最大比合成方式により適応指向性制御した場合の指向性を図8に示す。ウィンドウガラスの左右に取り付けられたアンテナ間で、指向性が補完される関係にあるため、素子単体の特性に見られた指向性の落ち込みが緩和されている。素子単体では水平面内の平均利得は約 -3dBi であったが、最大比合成することにより平均利得は $+3.1\text{dBi}$ となり、約 6dB 上昇している。市販ポールアンテナでは、4素子の水平面内の最大比合成平均利得は約 -2dBi であることから、無突起な構造でありながら、市販ポールアンテナに比べて約 5dB 高い利得を実現できている。無突起構造にも関わらず高い利得を実現できた理由としては、図3に示すようにアンテナ素子を車体に配置したことにより、垂直面内の指向性を車体水平方向に鋭く向けることを実現できたためと考えられる。

(3) 指向性制御システム

指向性制御における重み係数演算部全体の演算量は、複素相関演算に要する部分が支配的である。そこで、ハードウェア規模削減のため複素相関演算の演算量削減について検討した^[7]。図5に検討した演算量削減方式の構成を示す。本方式は、直交復調後のIQ信号

と重み付け合成後の信号を $1/n$ に間引きし

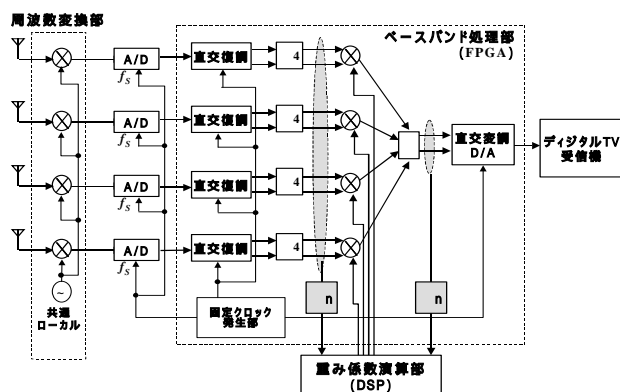


図5 演算量を削減した重み付け演算部

て相関演算を実施することにより、重み係数演算部全体の演算量を約 $1/n$ に削減するものである。

演算量を削減した重み付け演算部の性能評価をフィールド実験において実施した。名古屋都市高速道路の環状部分(約 10km)を約 60km/h で走行し、その受信状況(受信率)を測定した。フィールド実験の結果を図6に示す。同図は、相関演算の周期を $32\mu\text{sec}$ 、 $128\mu\text{sec}$ 、 $512\mu\text{sec}$ としたときの、相関演算間引き量と受信率の関係を示している。この結果から、相関周期の適切な選択により、受信特性を劣化させることなく演算量を $1/64$ まで削減できることがわかった。

以上の演算量削減方式の検討結果に基づき、考案した制御アルゴリズムを採用した地上デジタル放送の移動受信指向性制御システムを開発した^[8]。IF信号の復調、指向性制御のための重み係数演算、重み付け合成、直交変調、D/A変換出力までのデジタル処理は演

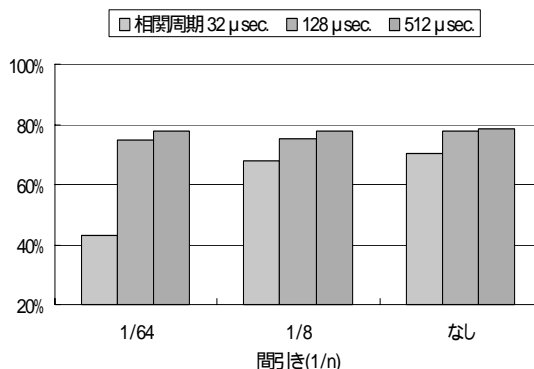


図6 相関演算間引き量と受信率



図 7 指向性制御システム

算の簡略化により図 7 に示す 1DIN サイズ (カーオーディオの統一規格：178 mm (幅)×50mm(高))のシステムで実現している。

4. フィールド実験

開発したアンテナ指向性制御システムを用いて地上デジタルハイビジョン放送の移動受信実験を行った。まず、帯域分割方式の受信特性効果について確認した。つづいて都市内の移動受信実験を行った。都市内移動受信実験の概要を図 8 に示す。実験車内では同図に示すように、ガラス組込みアンテナを使用し指向性制御を行った場合の受信映像と、市販のポールアンテナ 1 素子 (ルーフ上に取り付け) で受信した場合の受信映像とを比較して表示した。

(1) 帯域分割信号処理の特性評価

東名阪道 (上社 JCT ~ 本郷 IC) と県道名古屋長久手線 (本郷 IC ~ 長久手町内棒振交

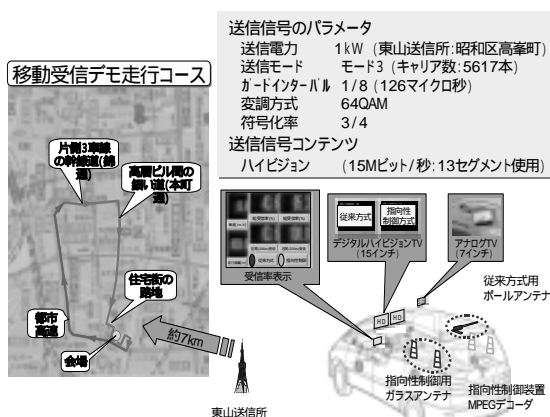


図 8 移動受信実験の概要

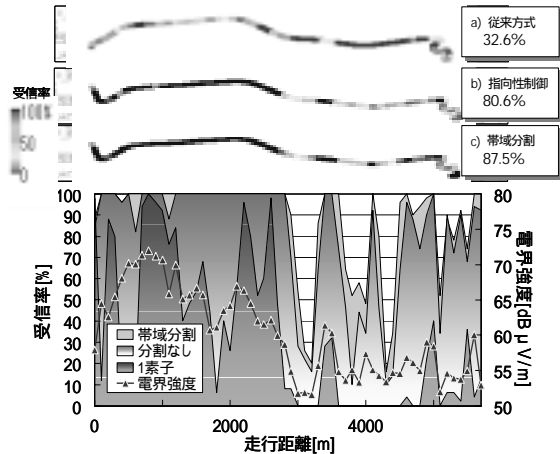


図 9 帯域分割による効果

差) までの高速道路と一般道を組み合わせた約 5.5km のコースにおいて、実験車を走行させ、

- 従来方式 (ポールアンテナ 1 素子を使用)
- 指向性制御方式
- 帯域分割処理を導入した指向性制御方式

の各方式で移動受信を行い、受信電界強度および受信率を測定した。実験車は 40-50km/h で走行させた。図 10 に実験コースと実験結果 (受信率および電界強度) を示す。実験コースにおける電界強度は、高速道路では 60-70dB μ V/m 程度、一般道では 50-60dB μ V/m 程度であった。

受信率の測定結果より、受信率は従来方式に対し指向性制御方式の方が大きく (コース全体の平均受信率では 50 ポイント近く) 改善されていることがわかった。さらに、帯域分割処理を行った場合には 7 ポイント程度改善されることがわかった。今回利用した実験コースにおいては、帯域分割処理の効果が高いのは一般道の部分が多かった。これは、高速道路部分の道路高が高く東山局から見通しの位置にあるのに対し、一般道の部分は道路高が低く、マルチパスが発生しやすい環境に有ることが理由の一つであると考えられる。

(2) 都市内での移動受信特性評価

都市内の実験コースは、東山送信所からの距離がおよそ 7km 程度に位置しており、実験コースの前半は名古屋高速の東別院 IC か

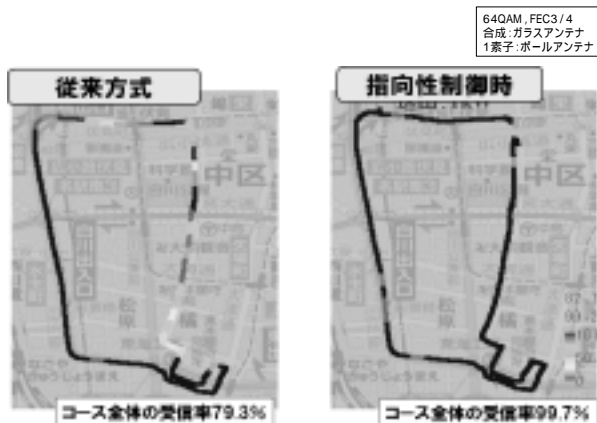


図 10 都市内移動受信実験による受信率特性

ら錦橋 IC に至る高架道路であり，後半は片側 3 車線の幹線道路，高層ビル間の細い通り，及び住宅街の路地などを含む一般道路である。

図 10 に映像受信率の改善効果を従来方式と比較して示す．同図で走行コースの濃淡が受信率を表している．濃い色の地点では 90% 以上の受信率を，色の淡い地点では殆ど受信できないことを示している．地上高が高く，送信タワーが一部見通し状態となる都市高速では受信方式による特性差は少なく良好に受信できるものの，高速を下りたビル間の一般道では指向性制御により映像受信率が大幅に改善され，ビルの谷間等でも 95% 以上の高い受信率が得られていることがわかる．

5. むすび

地上デジタル放送の移動受信品質の向上を目的として，アンテナ指向性制御システムを開発し，実フィールドで評価した結果，以下のことが確認できた．

- アンテナ指向性の適応制御により，従来のアンテナ 1 素子で受信した場合に比べ，所要電界強度で 6dB 以上の効果がある．
- ビルの谷間等の市街地走行においても，移動中の車の中で家庭と同じハイビジョン放送 (64QAM FEC3/4) を 95% 以上の受信率で受信可能であることを実証した．

今後は受信性能のさらなる向上と実用化に向けたシステム検討を進めていく予定である．

謝辞

本実験は，通信・放送機構 (TAO) の委託研究「地上デジタルテレビ放送方式の高度化に関する研究開発」，および東海地上デジタル放送実験協議会移動体WG実験の一環として実施したものであり，関係各位に御礼申し上げます．

参考文献

- [1] 今井他，“Experimental Results of Diversity Reception for Terrestrial Digital Broadcasting”, IEICE Trans. on Comm., Vol.E85-B, No.11, pp.2527-2530,(2002).
- [2] 藤元他，“地上デジタル放送指向性制御受信に関する一検討”，2002 年電子情報通信学会ソサイエティ大会，B-5-70.
- [3] 今井他“指向性制御による地上デジタル放送の移動受信実験”，電子情報通信学会無線通信システム研究会，RCS2002-212.
- [4] 松沢他，“地上デジタル放送用車載アンテナ素子に関する検討”，2002 年電子情報通信学会ソサイエティ大会，B-1-134.
- [5] 榊原他，“地上デジタル放送用車載ガラスアンテナの受信特性”，2002 年電子情報通信学会ソサイエティ大会，B-1-135.
- [6] 松沢他，“地上デジタル放送用ガラスアンテナ素子の小型化”，2003 年電子情報通信学会総合大会，B-1-172.
- [7] 三田他“地上デジタル放送におけるアダプティブ受信方式の簡略化に関する検討”，電子情報通信学会第 17 回デジタル信号処理シンポジウム，B4-4.(2002)
- [8] 柴田他“指向性制御による地上デジタル放送移動受信特性の改善方法の検討”，情報処理学会高度交通システム研究会 11-11.(2002)