

電子情報 通信学会誌

THE JOURNAL OF THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

本会のWWWホームページ
<http://www.ieice.org/>

特別小特集 エレクトロニクスの新展開 —未来を担う若者に向けたメッセージ—

- ・酸化マグネシウムをトンネル障壁に用いた
磁気トンネル素子の開発とMRAMの将来展望
- ・コンテンツ流通における不正利用防止技術
- ・強化学習—理論と応用—
- ・学会ニュース：名刺に学会名を書こう

会員の皆様へお知らせ

2006年4月から、配布論文誌が冊子体（和・英論文誌のうち1誌）
からオンライン版（和・英論文誌両方）へ移行します。詳細は本号会告
のページまたは下記URLを御参照下さい。

URL:<http://www.ieice.org/jpn/online05.html>

10 平成17年10月
OCTOBER
Vol.88 No.10

THE INSTITUTE OF ELECTRONICS, INFORMATION
AND COMMUNICATION ENGINEERS

EiC 社団法人
電子情報通信学会

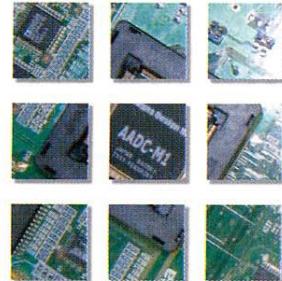
信学誌 Vol.88 No.10 pp.771-846 2005/10/1 東京



新世代 放送受信チップ

New Terrestrial Video
Broadcasting Receiver LSI Chips
for Mobile Reception

和田 知久



1. はじめに

身の回りを見ると携帯電話、パソコン、デジタルビデオディスク（DVD）、デジタルテレビなどたくさんのエレクトロニクス製品があふれ、瞬時に遠くの友人の声を聞いたり、地球の反対側のニュース映像を見たりすることができる高度な情報化社会が確立されている。私自身がこのようなエレクトロニクス分野に興味を持ったきっかけは、中学時代の理科の授業であった。理科室で大きな電極を用いて雷を落とす実験をしたり、ビーカの中で化学物質を混ぜ合わせて激しく燃焼せたりする実験を通じて自然法則の不思議さに大変興味を持ち、理科系に進学し、電機会社に就職しエレクトロニクス分野で仕事をすることになった。

現在では、大学の教員としてデジタル信号処理を応用したLSI製品の研究・開発と教育の仕事を行っているが、自分の「仕事」と自分の「興味」が一致しており、毎日が楽しく精一杯頑張っていることに大きな幸せを感じる。本稿ではなぜデジタルの世界が面白いのかを述べ、その応用例として自動車・電車での高速移動中でも鮮明なハイビジョンテレビ映像が見られる新世代放送受信チップについて紹介する。

2. アナログとデジタル

アナログとデジタルという言葉は最近ではよく使われる言葉になり、身の回りのエレクトロニクス製品の多くがデジタル化されてきている。最も簡単な比較は図1に示すような時計での比較である。アナログ方式では

針の指す位置（方向）で時間を表すが、デジタル方式では数値で時間を表している。アナログでは時間という示したい量を、針の方向という別な方法から類推することで表しており、この類推すなわち“ANALOGY”からアナログと呼ばれている。一方、デジタル方式が最も魅力的な点は時間などの信号を数値で表すということである。時間を数値で表した結果、例えば1秒ごとに数値を変化させることになりこれを不連続な信号と呼ぶ。一方、アナログ時計では針は連続的に変化するので、連続的な時間（信号）の変化を表すことができる。それでは、デジタル化したときに何か大切な価値が失われるのでしょうか。いよいよ、「シャノンのサンプリング定理」という法則に従ってデジタル化すれば何の情報も失われない。すなわちデジタル信号を元のアナログ信号に完全に戻すことも可能である。言い換えれば、「シャノンのサンプリング定理」に従えば、アナログとデジタルの違いは信号の表現方法の違いであり、例えれば「りんご」を英語で“APPLE”と表すように言語の違いと同じと考えることができる。

デジタル化して数値化すれば、高校の理科系クラスで学ぶベクトル、行列、複素数、三角関数などの式を用いることができるようになる。そして、数値は2進数という0と1のみの組合せで表され、2進数の演算は必ず「デジタル回路」と呼ばれる回路で実現できる。言い換えれば、「デジタル化すれば、自分の知恵で生み出したどのような複雑な数学的処理方式でも必ずデジタル回路もしくはコンピュータを用いて現実の製品にすることができる」ということである。自分の独創性・知力で社会に貢献したいと考える人たちには、デジタルの力を利用したエレクトロニクス産業は絶好の活躍の場である。この「自分の夢を現実化できる」という点はエレクトロニクス産業が面白いと思う最大の理由である。

和田知久 正員 琉球大学工学部情報工学科
E-mail wada@ie.u-ryukyu.ac.jp
Tomohisa WADA, Member (Faculty of Engineering, University of the Ryukyus,
Okinawa-ken, 903-0213 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.88 No.10 pp.795-798 2005年10月



- ・ アナログ信号とは時間的に連続な信号のこと
- ・ アナログ時計のように時間とともに連続して針の指す値が変化する
- ・ アンプなどのアナログ回路で処理する
- ・ デジタル信号とは時間的に不連続な信号のこと
- ・ 通常、その不連続な信号の値を数値化する
- ・ 四則演算で処理ができる、デジタル回路やコンピュータで処理する

疑問: アナログをデジタル化すると何かが失われるのか?

図1 アナログとデジタル 例えば時間の流れを表すときに、アナログ時計のように連続な値として表す方法（アナログ方式）と、不連続な数値として表す方法（デジタル方式）がある。不連続なデジタル方式ではアナログ方式に比べて何かが失われるのか？

3. 身の回りのものがデジタルへ

図2にアナログ方式からデジタル方式に変化した製品・サービスの例を示す。このように音楽、ビデオ動画、音声、文字など私たちにとって欠かすことのできない情報手段がデジタル化され、より高度で便利なエレクトロニクス製品が開発されている。デジタル化することによって、具体的には製品がコンパクトになり、移動しながら使えるようになったり、地球の反対側との情報伝達を瞬時に見えるようになったりと、人間の知恵がデジタル技術を利用して実現され、高度な社会作りに貢献している。

さて、それではどのようにしてアナログ信号をデジタル信号に変換するのでしょうか。この変換にはアナログ・デジタル変換回路が用いられる。図3は電波信号をデジタル信号に変換する例を示している。アナログ

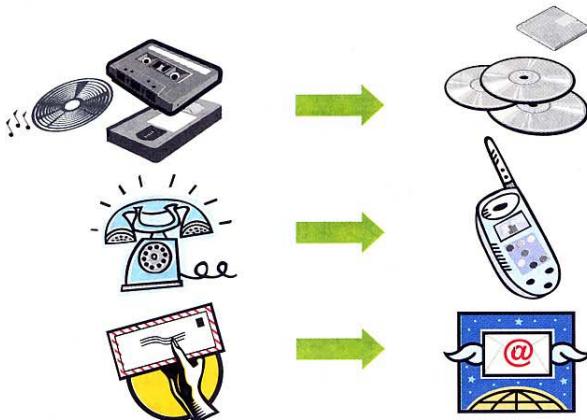


図2 身の回りのものがアナログ方式からデジタル方式へ
以前はすべてアナログ方式であった機器が、最近ではコンパクトディスク、ミニディスク、デジタル携帯電話、電子メール等のようにすべてデジタル方式を用いて、音声・画像・文字などの情報を表現するようになっている。

信号はどのような信号も連続的に値が変化する信号であり、図3の上図に示す「波」のような信号になる。アナログ・デジタル変換回路はこの波の大きさを一定間隔で数値に変換する。図3の下図では数値を丸印で表しており、それぞれの丸印が数値に対応している。したがって、波をデジタル化すると数値の列となり、数学でいうところの「数列」として取り扱うことができる。

4. 新世代デジタル放送の主要技術

皆さんの家庭にあるテレビをデジタル化する場合には、どのようにすれば良いでしょうか。テレビでは動画と音声が必要である。したがって、画像、動画、音声、

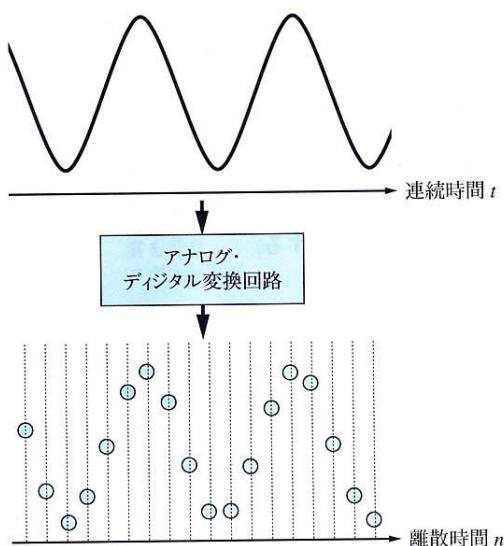


図3 電波もデジタル化して処理する 電界と磁界による波（電波）をアンテナで受信すると図のような連続的に変化する電圧の波になる。この波をアナログ・デジタル変換回路を用いることで、時間的に不連続の数値列すなわちデジタル信号に変換することができる。

表1 新世代デジタル放送の主要技術

- (1) 動画像のデータ圧縮技術
 - MPEG (Moving Picture Expert Group)
 - DVD (Digital Video Disc) で使われている技術
- (2) 従来と同じ電波の幅に多量の情報を詰め込む技術
 - OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - 直交周波数分割多重
- (3) 複数のアンテナを同時に効率的に使う技術
 - ダイバーシチ, アダプティブ信号処理

音楽をデジタル方式で表す必要がある。このようないろいろな情報をまとめてマルチメディアと呼び、すべてをデジタル方式で表現することができる。しかしながら、単純にデジタル化するとアナログ方式に比べてデータ量が大幅に増加し、放送電波に載せて伝送することは困難となる。したがって、現在では動画像情報の圧縮技術が用いられて、画像音声の質の劣化を最小限に抑えてデジタル化されたデータ量を 1/10 から 1/20 程度に減少させている。また、そのデジタル化された情報を電波に載せて効率的に伝送する必要があり、デジタル変調と呼ばれる技術を用い、電波にすき間なくデータ

を詰め込む直交周波数分割多重 (OFDM) と呼ばれる方が用いられている。これにより、限りある資源である電波を最大限に有効利用することが可能となっている。そして、新世代デジタル放送では自動車・電車などの移動体でも鮮明なハイビジョン映像を見るために、複数のアンテナを用いて電波を効率的に受信するアダプティブアーリアンテナ技術が用いられている（表1）。

ここでは特に自動車・電車などの移動体でも鮮明なハイビジョン映像を見る技術を紹介する。図4は家庭でテレビ放送を受信する電波の状況と受信アンテナを示している。放送電波は山・ビルなどの障害物で反射や回折などの影響を受ける。反射波は直接波に比べて時間的に遅延しており、アナログテレビではゴーストと呼ばれる多重に像が見える原因となる。そのゴーストを防ぐために、直接波を選択的に強めて受信する指向性を持つ八木アンテナが使用されている。ところが、図5に示すように車のカーナビゲーションなどの移動体で受信する場合には、固定受信とは違って特定の方向に指向性を持つアンテナは使用できない。また通常、移動体ではアンテナの設置場所が地面に近く電波強度が低くノイズが多く電波

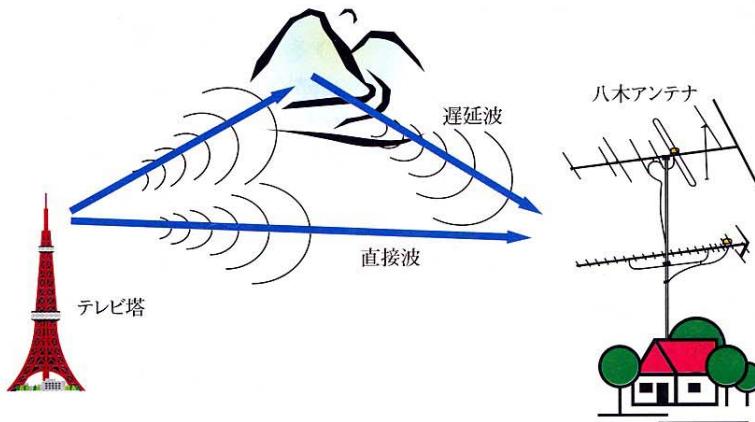


図4 固定受信（家庭用テレビなど） 放送電波は山・ビルなどの障害物で反射や回折などの影響を受ける。反射波は直接波に比べて時間的に遅延しており、アナログテレビではゴーストと呼ばれる多重に像が見える原因となる。直接波を選択的に強めて受信する（指向性を持つ）八木アンテナが使用されている。

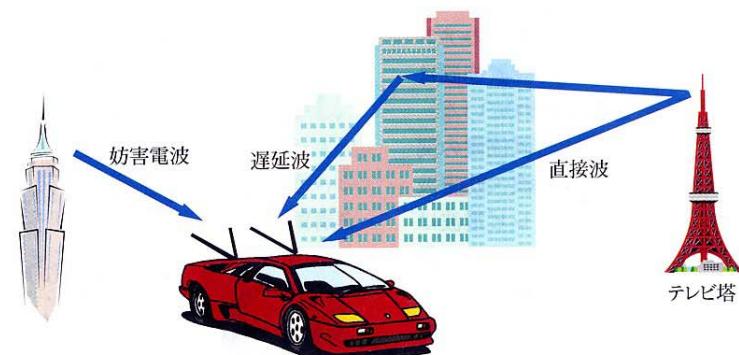


図5 移動体受信（車載テレビなど） カーナビなど車載（移動体）で受信する場合、固定受信とは違つて特定の方向に指向性を持つアンテナを使用できない。また、移動体では一般的にアンテナの設置場所が地面に近く電波強度が低くノイズが多い。

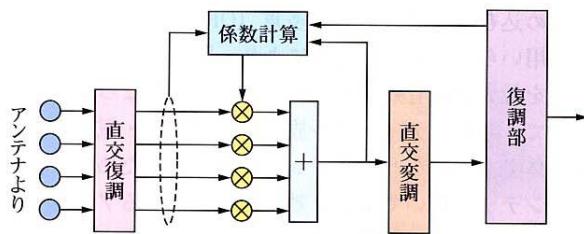


図6 アダプティブ指向性制御回路 4アンテナで受信された電波はデジタル化された後、直交復調というブロックで複素数の数列に変換される。その後、適当な複素数係数を乗算し、加算を行う。この複素数係数を電波の状況に応じて適応的に変化させることで妨害波の除去や直接波の強調を行う。

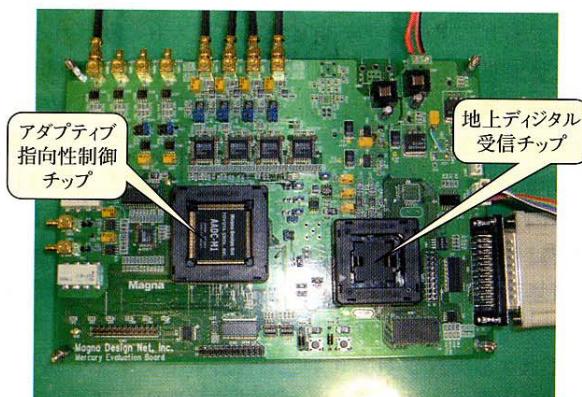


図7 4アンテナ移動体向け地上デジタル受信システム アダプティブ指向性制御用のLSIチップと地上波デジタル放送の復調処理を行うLSIチップが搭載されている。このシステムを用いれば、高速道路で移動しながらでも地上デジタル放送のハイビジョンの受信ができることが確認されている。

受信が困難な状況となる。この問題を解決するために複数のアンテナを使用して電波を効率的に受信する技術が使われている。

5. 複数のアンテナで電波を受信する

図5に示すように、電波としてはテレビ塔からの直接に到来する直接波、ビルや山などの障害物に反射・回折してやってくる遅延波、そして妨害波がある。これを複数本のアンテナで受信する。以下は例として4本のアンテナを前提に説明を行う。4本のアンテナの設置位置は車載での取付けの制約より、数十cm程度離れている。そうすると、電波の到来角度とアンテナの設置位置の関係で、それぞれのアンテナには直接波・遅延波・妨害波が異なる遅延時間で到来することになる。テレビ電波は実際には数百MHzの高周波で伝送されているので、数十cmの差でも電波の位相は回転し、それぞれのアンテナには直接波・遅延波・妨害波が異なる位相で混合された電波を受信する。このような電波の混合は複数のアンテナで受信された電波を元に数学的に処理してやれば、混合をある程度分離することが可能となり、直接波だけ

を強めて受信することや、妨害波を消して受信することが可能となり、このような方法はアダプティブ指向性制御と呼ばれている。

図6に実際の車載応用に研究開発された4アンテナ対応のアダプティブ指向性制御の回路図を示す。4アンテナで受信された電波はデジタル化された後、直交復調というブロックで複素数の数列に変換される。その後、適当な複素数係数を乗算し、加算を行う。この複素数係数を電波の状況に応じて適応的（アダプティブ）に変化させることで妨害波の除去や直接波の強調を行うことができる。その後、復調処理により電波から送信情報が抽出され、動画像や音声に変換される。図7は車載用に開発されたアダプティブ指向性制御デジタル放送受信システムのボード写真を示す。左側にはアダプティブ指向性制御用のLSIチップ⁽¹⁾が搭載され、右側には地上波デジタル放送の復調処理を行うLSIチップ⁽²⁾が搭載されている。このシステムを用いれば、高速道路で移動しながらでも、また市街地のビルの間のような電波強度の低い場所でも、地上デジタル放送のハイビジョンの受信を行うことが可能となる。

6. 皆さんへのメッセージ

デジタル放送の移動体での受信を実現する技術とそれを実際の製品にするためのLSI技術を紹介しました。自然の法則を基礎として、知恵と創造力を働かせて新しいものを現実に作り出せる産業として、エレクトロニクス産業は大変素晴らしいものです。今回紹介した応用例以外にも無限の可能性があり、実際に社会で使われるものを自分たちで考えて研究開発することは大きな幸せです。エレクトロニクスそしてデジタル技術に興味を持って頂き、ぜひ皆さんの知恵と努力で豊かな社会を実現して下さい。

文 献

- (1) S. Sakaguchi, M. Hori, H. Asato, K. Morimoto, S. Murakami, T. Wada, K. Sanda, and N. Itoh, "An adaptive array direction control LSI for mobile digital HDTV receivers," IEEE International Conference on Consumer Electronic, Session 7.4, Las Vegas, USA, Jan. 2005.
- (2) K. Kamiyama, H. Mizutani, H. Toma, Y. Kaneda, S. Tamaki, D.H. Pham, and T. Wada, "A high-speed mobile OFDM receiver LSI with an iterative noise-reduction filter to enhance channel estimation," IEEE International Conference on Consumer Electronic, Session 5.1, Las Vegas, USA, Jan. 2005.



和田 知久（正員）

昭58阪大・工・電子卒。平4スタンフォード大・電気・修士課程了。平6阪大博士。昭58三菱電機(株)・半導体メモリの研究開発に従事。平11琉球大・工・助教授、平12同教授。現在、無線通信システムに関する研究教育に従事。平12(株)マグナデザインネットの主席科学者を兼務。