

先端情報工学概論(2) デジタル放送受信システム

ファイヤー和田 知久

wada@ie.u-ryukyu.ac.jp

琉球大学・工学部・情報工学科 教授

<http://www.ie.u-ryukyu.ac.jp/~wada>

前回の質問に関して(一部抜粋)

1. 和田の専門は？
2. 和田のビジネスは？
3. 電波のスペクトラムが四角だと情報量が大きいのはなぜ？
4. アナログTVとデジタルTVの画質の差
5. サンプリング間隔を最適化するLSI?
6. GPSは3台以上の衛星と通信するが。。。
7. 飛行機で携帯が使える？
8. GPSに頼らない携帯できるか？
9. 何故、ファイヤー和田？

はじめに

- 2003年よりテレビのデジタル化が東京・名古屋・大阪より始まりしました。沖縄でも2006年より放送のデジタル化が始まりました。
- そして、2011年7月24日にはアナログTV放送がSTOPして、デジタル放送時代となりました。
- 電波で映像や音声を放送することは同じですが、デジタルという方法を用いています。
- 本日の講演ではデジタルとその特徴、メリットを解説します。

発表のあらすじ

- アナログとデジタルの違い
- 電波をデジタル化して処理する
- 車でハイビジョンを見る技術
- ビデオデモ
- 日本地上デジタル放送ISDB-T方式
- まとめ

アナログとデジタルの違い (復習ですが、もう1度)

アナログとデジタル



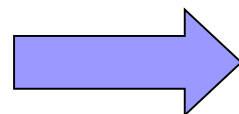
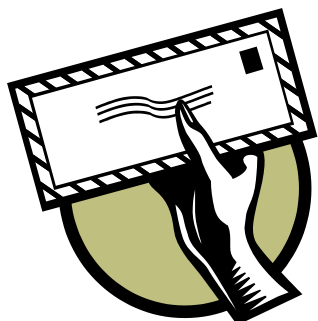
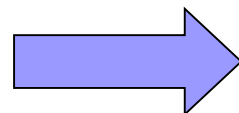
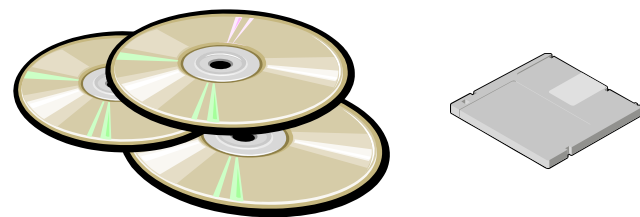
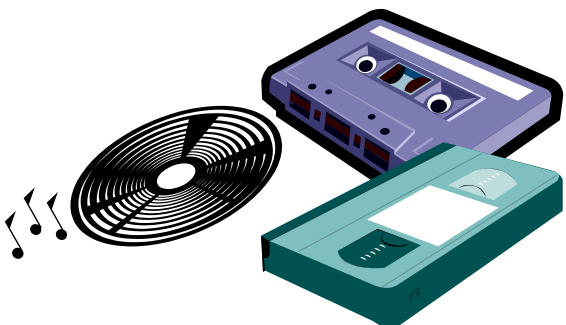
- アナログ信号とは時間的に連続な信号のこと
- アナログ時計のように時間とともに連続して針の指す値が変化する
- アンプなどのアナログ回路で処理をする



- 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、デジタル回路やコンピュータを用いる

疑問: アナログをデジタル化すると何かが失われるのか?

身の周りのものがアナログからデジタル方式へ

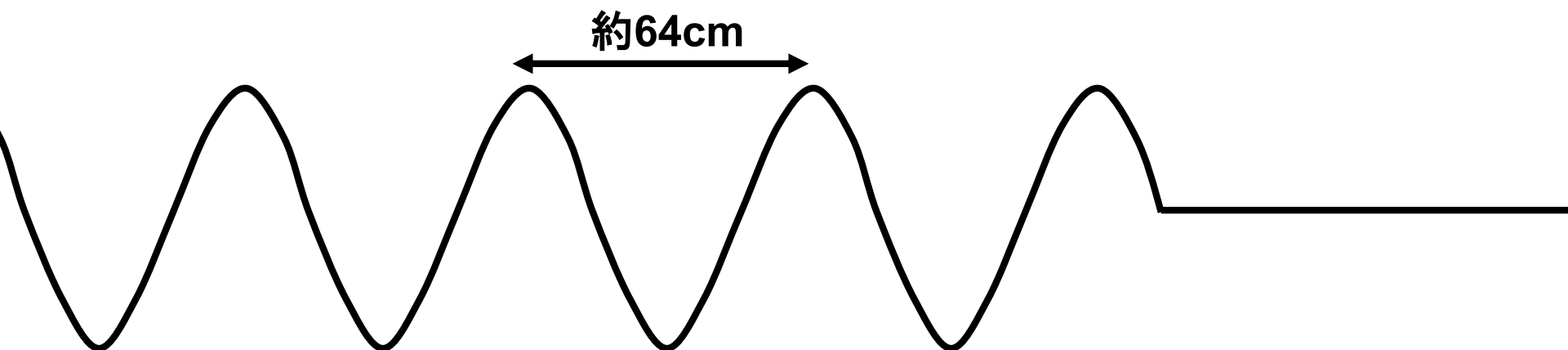




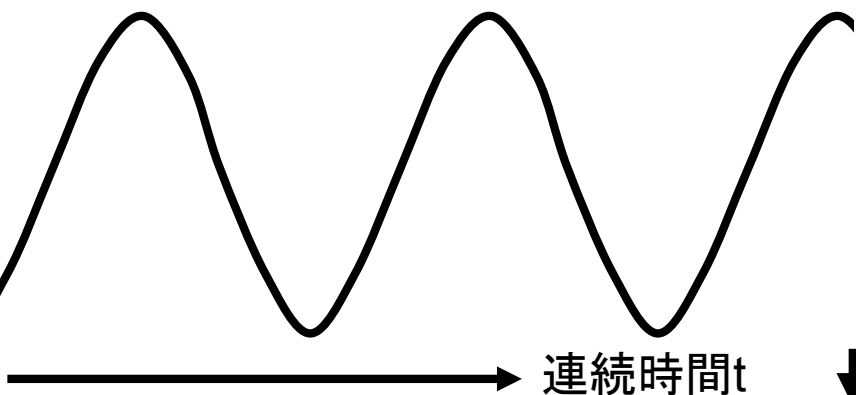
電波をデジタル化して処理する

電波ももちろんアナログ信号

- 電波は電界と磁界による波
- 時間とともに光速で伝播する
- テレビ電波の周波数
 - UHF 13 CH = 470 - 476 MHz
 - C (光速) = f (周波数) \cdot λ (波長) より
 - $\lambda = 30万 (km/s) / 470 \text{メガ} (Hz) = 0.638m = \text{約}64cm$



電波をデジタル化する



【デジタル化とは】

- 連続の波形を一定時間間隔で値に変換する
- 値を数値化する
- 連続関数 $f(t)$ を数列 a_n に変換

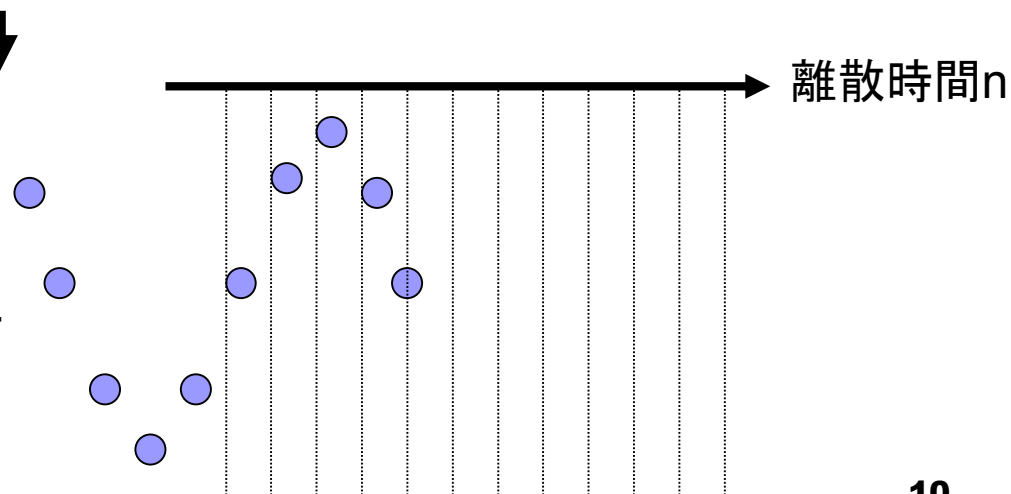
アナログ・
デジタル変換回路

【先ほどの疑問】

- ある決まりを守れば、離散化しても波形の情報は一切失われない

【シャノンのサンプリング定理】

- デジタル化された波形から元のアナログ波形を完全に再現できる。



信号のデジタル化とは

1. 一定時間ごとの値のみ使用する

2. 値は数値として取り扱う

■ たとえば電波をデジタル化すると

(..., 15, 26, 40, 38, 24, 11, 0, -3, -21, ...)

のように数字の列となりそう？

□ 数列、多次元ベクトル

■ 実は本当の電波をデジタル化すると

$X(n) = (\dots, 1+1j, 2+4j, 7+3j, 14+26j, \dots)$

のように複素数の数列となる。

信号処理ではこれを多次元のベクトルとして取りあつかう

電波をデジタル化して取り扱う理由

- デジタル化するかわち数値化すると、どのような数学的な演算でも、現実の回路化することができる。
 - 人間の知恵で考えた数式を実際の処理に使うことができる。
- その複雑な回路は半導体集積回路（LSI）で実現される。
- デジタル技術と半導体技術が、人間の知恵を現実化する手段を与えた。
 - 知的電子産業はデジタル技術と半導体技術で支えられている
- 下記は逆離散フーリエ変換という処理で、現実の地上波デジタル放送で使われている処理式。

$$\begin{aligned}u\left(\frac{k}{Nf_0}\right) &= \sum_{n=0}^{N-1} d_n \cdot e^{j2\pi n f_0 \frac{k}{Nf_0}} = \sum_{n=0}^{N-1} d_n \cdot e^{j\frac{2\pi nk}{N}} \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} d_n \cdot \left(e^{j\frac{2\pi}{N}}\right)^{nk} \quad (k = 0, 1, 2, \dots, N-1)\end{aligned}$$

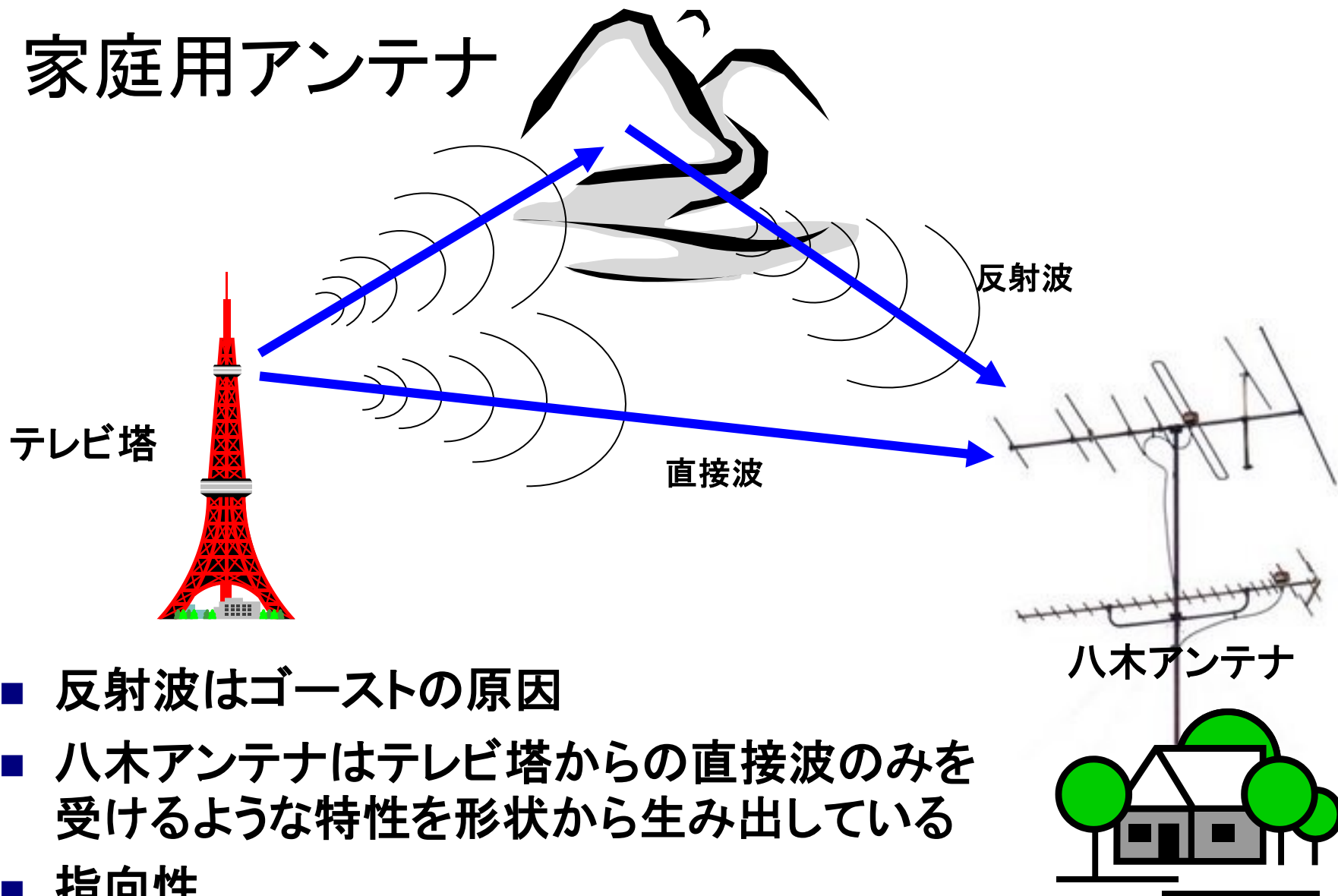


車でハイビジョンを見る技術

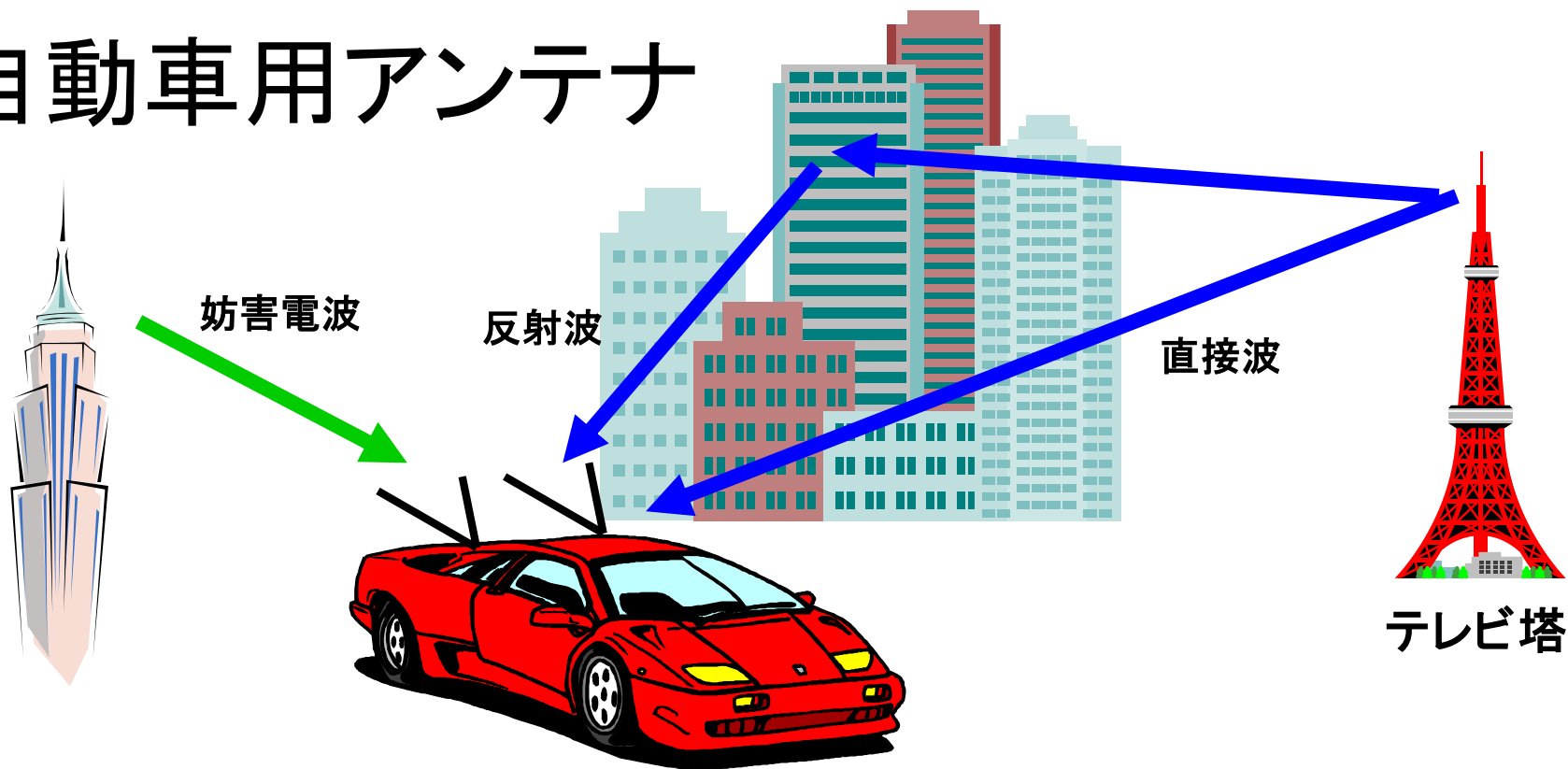
車で地上デジタルハイビジョンを見る技術

- 動画像のデータ圧縮技術
 - MPEG(Moving Picture Expert Group)
 - DVD(デジタルビデオディスク)で使われている技術
- 従来と同じ電波の幅にたくさんの情報を詰め込む技術
 - OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - 直交周波数分割多重
- 複数のアンテナを同時に効率的に使う技術
 - ダイバーシティ、アダプティブ信号処理

家庭用アンテナ



自動車用アンテナ



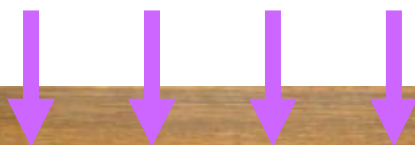
- デジタル方式では反射波があってもゴーストが発生しない
- 自動車は向きが変わるので、形状から指向性を作れない
- 4つのアンテナの電波をデジタル化して、妨害波を除去し、直接波と反射波を最適に合成する
- アダプティブ指向性制御

実際のガラスアンテナ

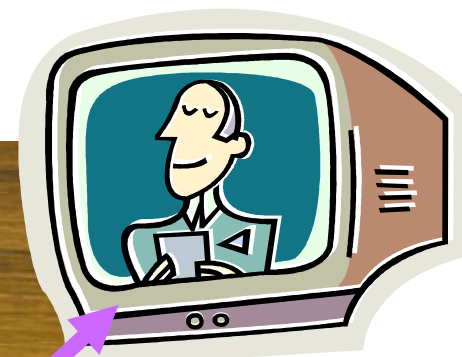
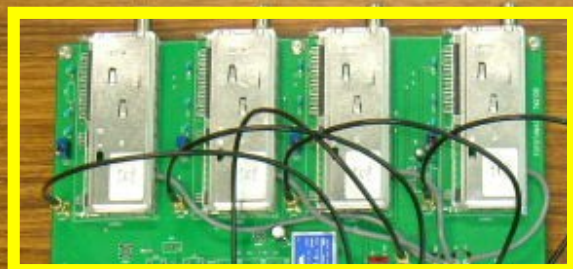


アダプティブ受信システム (A4サイズ3枚)

4ガラスアンテナ



チューナ



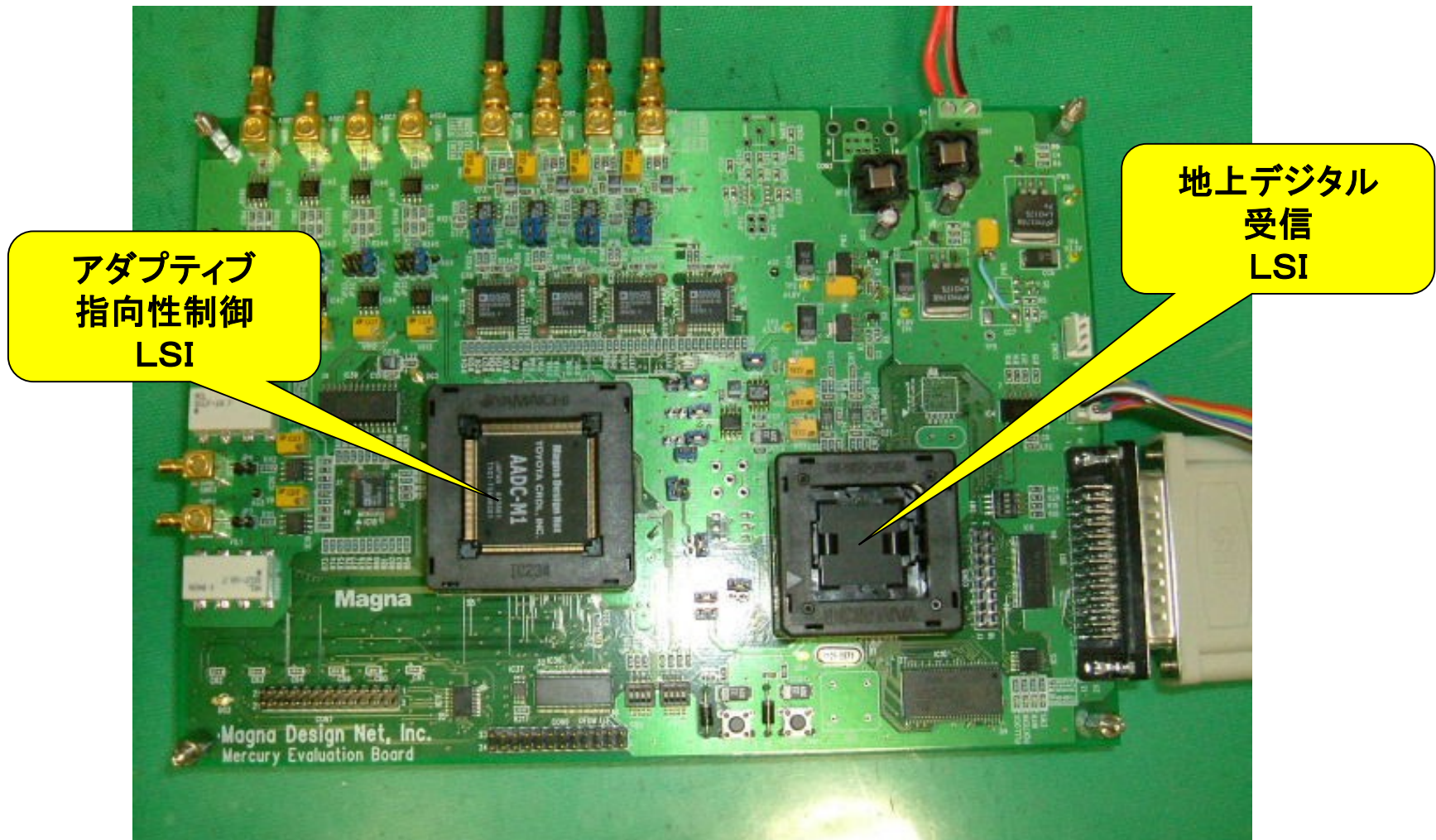
地上デジタル
受信ボード



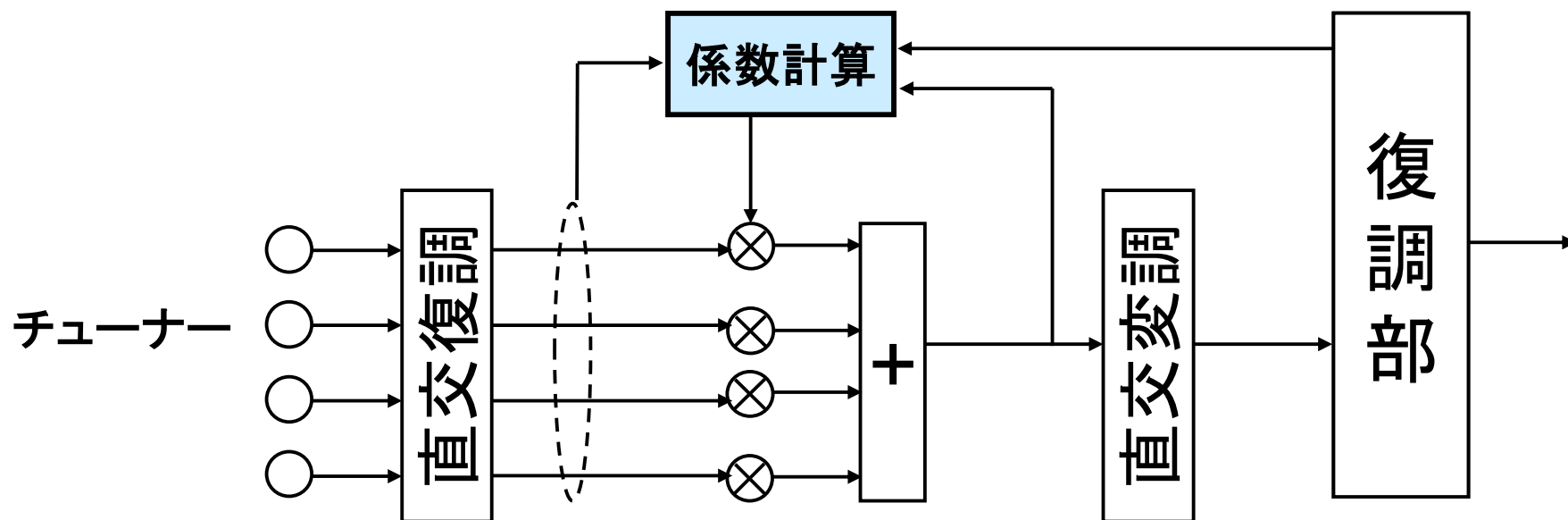
アダプティブ
指向性制御
ボード



小型LSI化システム(はがきサイズ)



アダプティブ指向性制御回路構成

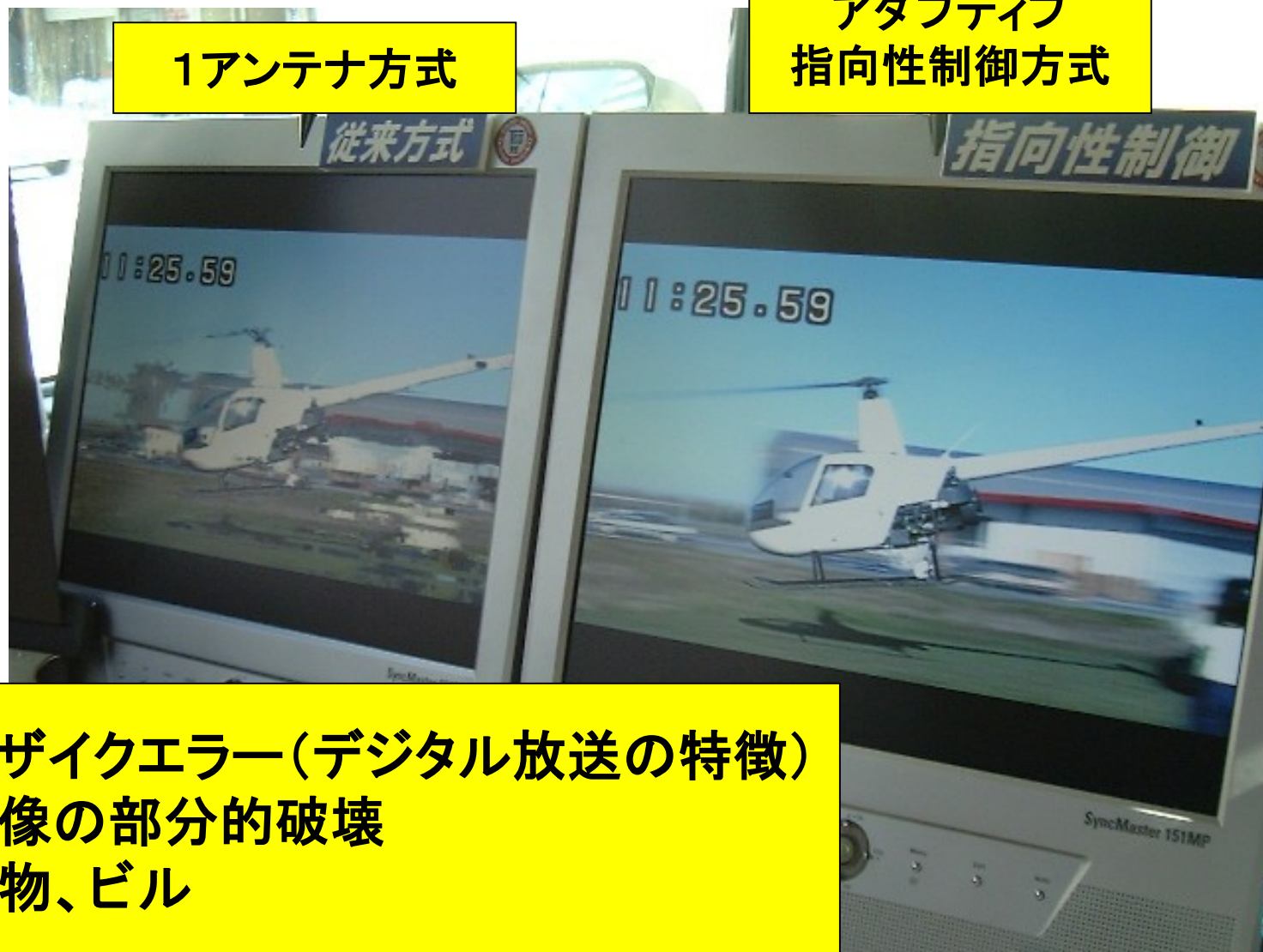


内部の処理は複素数信号の演算

車載実験

1アンテナ方式

4アンテナ
アダプティブ
指向性制御方式



- モザイクエラー(デジタル放送の特徴)
- 画像の部分的破壊
- 人物、ビル

ビデオデモ

- 名古屋地区での実験ビデオ

車で地上デジタルハイビジョンを見る技術

- 動画像のデータ圧縮技術
 - MPEG(Moving Picture Expert Group)
 - DVD(デジタルビデオディスク)で使われている技術
- 従来と同じ電波の幅にたくさんの情報を詰め込む技術
 - OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - 直交周波数分割多重
- 複数のアンテナを同時に効率的に使う技術
 - ダイバーシティ、アダプティブ信号処理

半導体設計

マグナデザインネット

マグナデザインネット というのはほとんどが大手企業(那覇市、松尾龍一社業だけという。だが同社

の最高技術責任者の肩書を持つ和田教授は「製品の質を決めるのは人数ではなく、技術者の質だ」と語り、社員十人の技術力に自信をみせる。

長)は琉球大学工学部の和田知久教授の研究室と通信用LSI(大規模集積回路)の共同開発を進めている。大学で開発した技術を実用化するためだ。大手電機メーカーで半導体の開発に携わっていた技術者たちが、日本のシリコンバレーを掲げ、沖縄から国内大手、海外企業に開発競争を挑む。

通信用LSI
琉大と開発中

坂口定則(ビジネスマネジャー)は欧州でメモリーLSIのマーケティングを担当していた際、「反応の速さは世界に共通するビジネスの根本」と実感した。「スピードこそベンチャーが発揮できる魅力と強みだ」と語る。大手の傘の下に入ることを嫌い、東京から地理的、精神的に遠い沖縄での創業を決めた。

高い知識と技術を要するLSI設計を国内で行

関東で宇宙ステーション制御プログラムの開発

などを手がけていた県出身で最年少三十歳の當真隆(デザイングループマネジャー)も「ただ帰るのではない。沖縄にないことができる」と起業の誘いに乗った。

「米国留学を通じてベンチャー企業の意思決定の明確さを実感した」と語る村上修二(開発統括部長)。「ベンチャーが危ないとは思わない。個人が尊重されやうがいがある」と笑った。ベンチャースピリットの技術者集団だ。



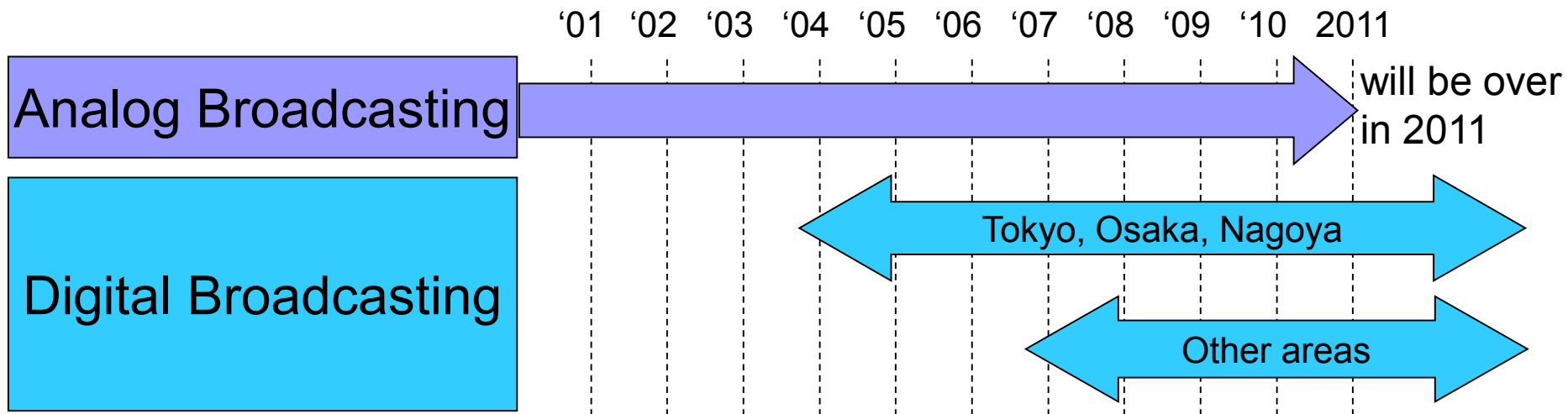
脱大手を掲げ始まる設立記念パーティー

Terrestrial digital TV in Japan

■ Digital TV spec :

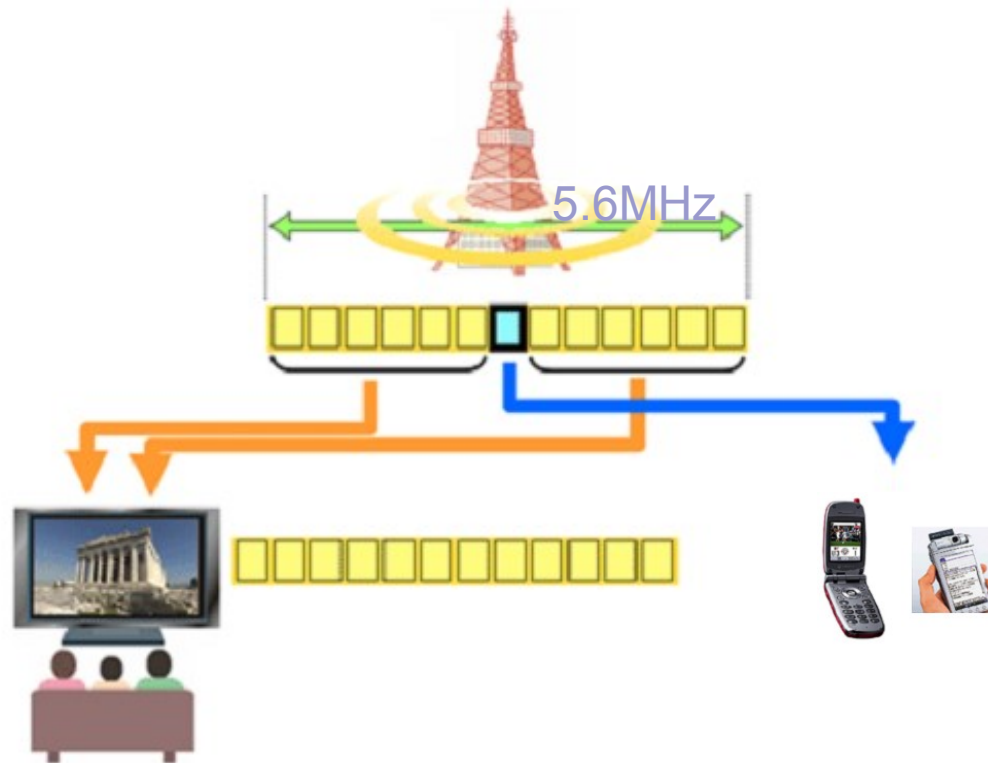
- Integrated services digital broadcasting-terrestrial (ISDB-T)
- UHF Band 470-770MHz
- 6MHz per channel (5.6MHz BW)
- BST (Band Segment Transmission)-OFDM

■ Schedule of Analog TV to Digital TV



BST-OFDM

- BST-OFDM (Band Segment Transmission Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- 5.6MHz channel is divided into 13 Segments.
 - 1 Segment : Cellar phone TV service
 - 12 Segment : High Definition TV (HDTV) service



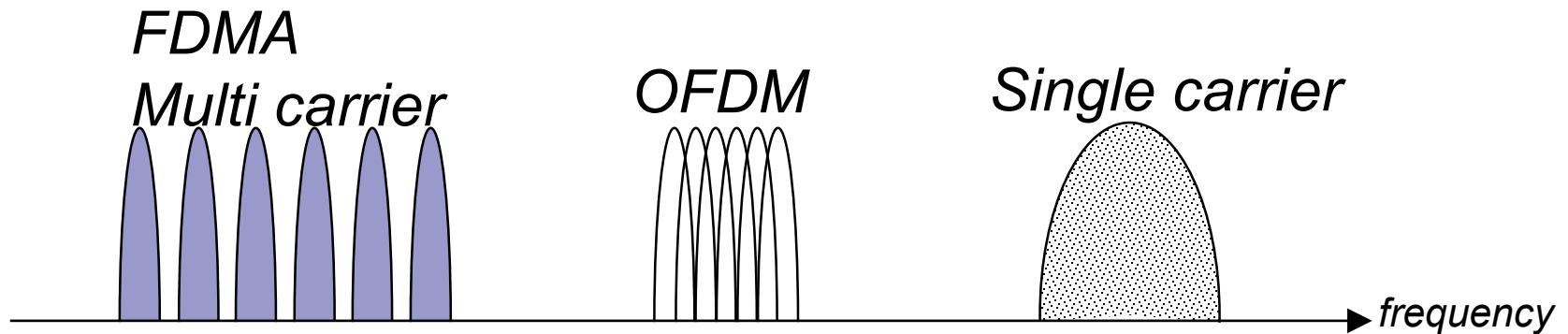
ISDB-T Features

| Broadcast | HDTV | Cell Phone |
|------------------|----------------------|---------------------|
| Modulation | 64QAM (12segment) | QPSK (1segment) |
| Data Rate | ~15Mbps | ~370Kbps |
| Service Starts | 2003/E | 2005/E |
| Usage | Home/ Car TV | Cellar phone |
| Quality/Mobility | High / Low | Low / High |

Mobile Digital TV Reception is getting popular!

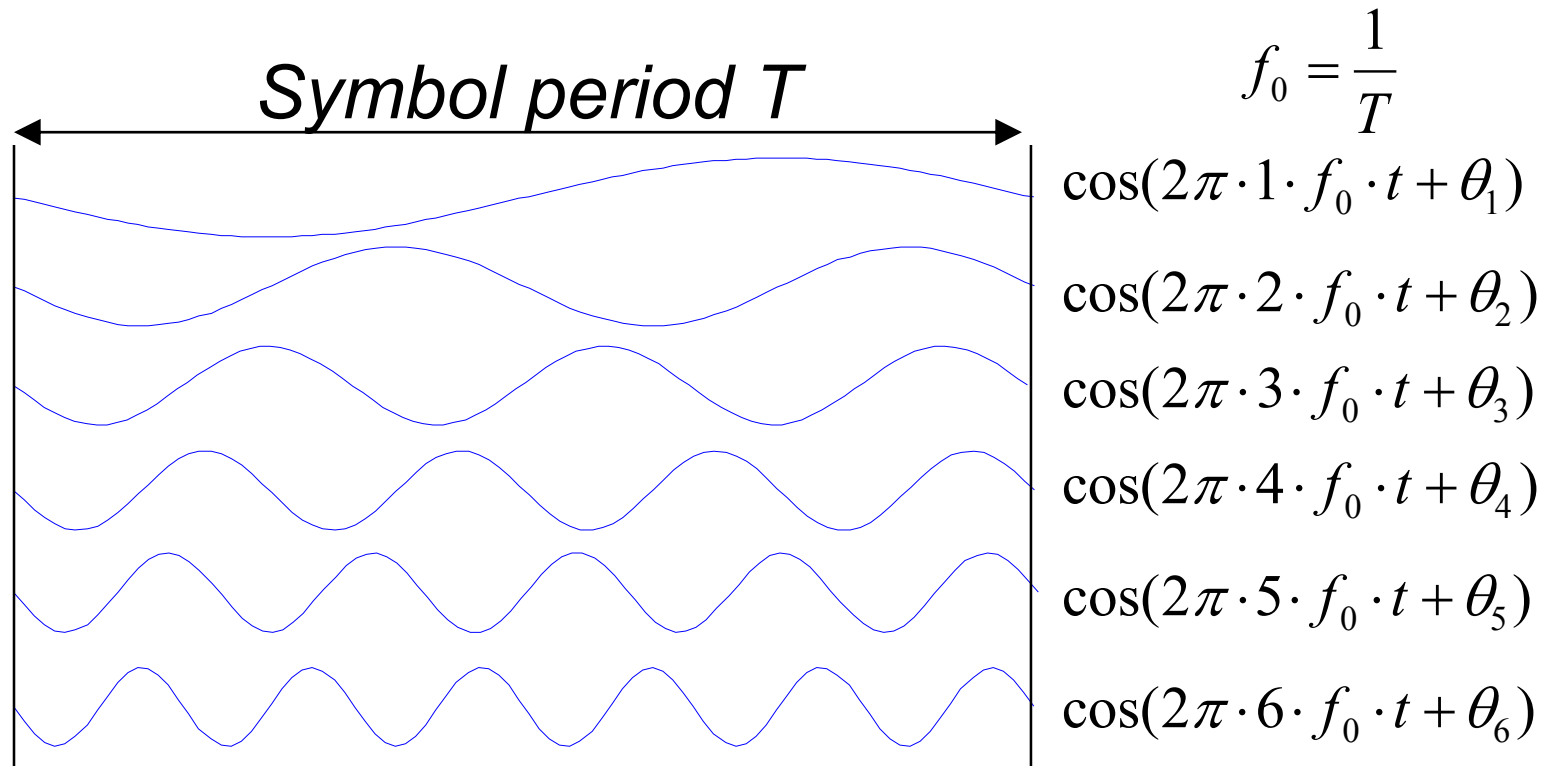
OFDM

- OFDM is multi carrier modulation.
- OFDM sub-carrier spectrum is overlapping.
- In FDMA, band-pass filter separates each transmission.
- In OFDM, each sub-carrier is separated by DFT because carriers are orthogonal.
- Each sub-carrier is modulated by PSK, QAM.



OFDM carriers

- OFDM carrier frequency is $n \cdot 1/T$



Mobile TV applications



Cellar phone TV
1SEG



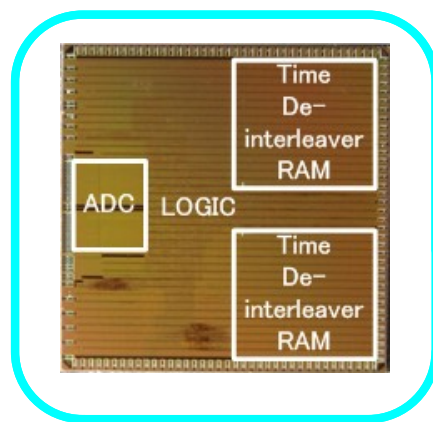
Car Navigation TV
HDTV(12SEG) / 1SEG



PC TV
HDTV(12SEG) / 1SEG

地上デジタル放送ダイバーシティ受信LSI

IEEE VLSI回路シンポジウム 2008 6月, ハワイ



三洋ゴリラNVA-GS1580FT



三洋ゴリラNV-SD750FT



まとめ

- 電子機器のデジタル化が進展している
 1. 新しい知恵をデジタルならば実現できる
 2. 半導体集積回路LSIの急激な進歩
- ひとつの例として、
車で地上デジタルハイビジョンを見る技術を紹介
 1. 画像圧縮技術
 2. 効率的電波利用技術
 3. アダプティブ指向性アンテナ技術
- 知恵によって新しいものを生み出せるデジタル産業にどうぞ興味をもってください。

デジタル信号処理

車で地上デジタルハイビジョンを見る技術

次回は！！！！ H26/1月6日月曜

■ 動画像のデータ圧縮技術

- MPEG(Moving Picture Expert Group)
- DVD(デジタルビデオディスク)で使われている技術

■ 従来と同じ電波の幅にたくさんの情報を詰め込む技術

- OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- 直交周波数分割多重

■ 複数のアンテナを同時に効率的に使う技術

- ダイバーシティ、アダプティブ信号処理