

高校生のための大学説明会

高知大学 理学部 数理情報科学科

情報科学コース 企画

1999年8月4日(水)

今日のメニュー

- コース紹介
コース主任 長沼英久教授
- 卒業後の進路等について
就職担当 松枝秀明教授
- ミニ講義「**CD**のしくみ」
講師 塩田研一助教授
- アンケート

ミニ講義「CDのしくみ」

このミニ講義では、コンパクトディスクに代表されるデジタル信号の仕組み、特に、なぜデジタル信号を使うとききれいな音や画像が再生できるのか、というお話をします。

あらすじ

- アナログとデジタル
- デジタル信号が雑音に強い訳
- デジタル信号も誤りが起こる
- 日常会話の誤り訂正
- デジタル信号の誤り訂正
- 信号に「距離」を考えると ...
- **CD**の音声信号

アナログとデジタル

- アナログ信号

= 連続的な関数として表される信号

例: 音 = 空気の振動 \Rightarrow 波として捉える

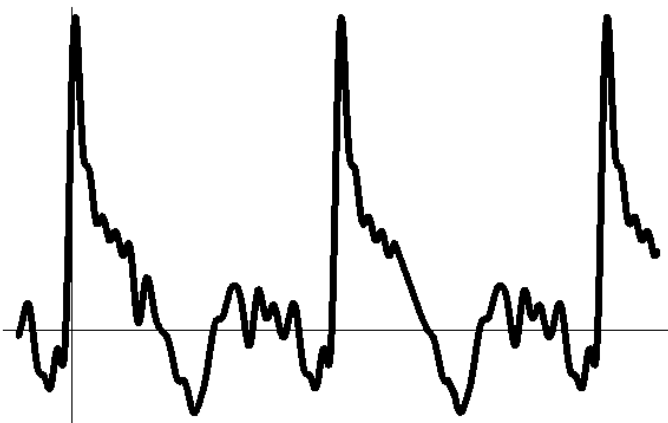
周波数: 音の高さ、振幅: 音の大きさ、波形: 音色

- デジタル信号

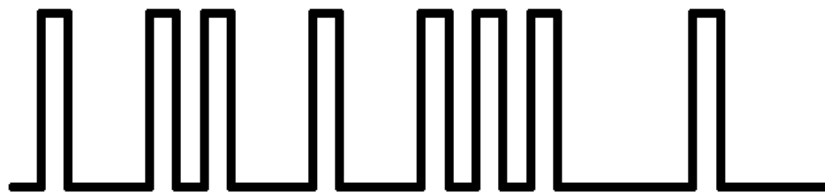
= 0 と 1 という2種類の信号を組み合わせて作られる信号

(0 または 1 ひとつのことを「ビット」という)

アナログ



デジタル



デジタル信号が雑音に強い訳

- アナログ信号:

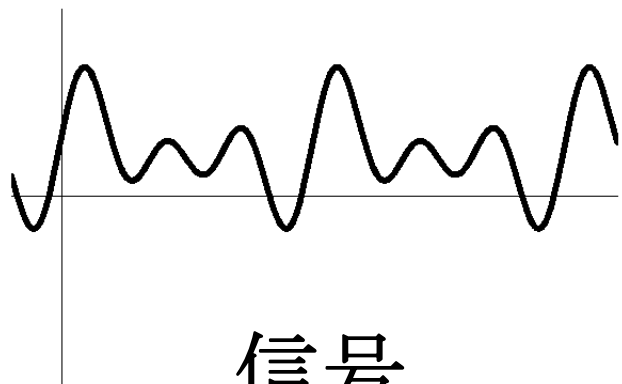
どんな連続関数も信号になり得る

⇒ 雑音加わると、信号と雑音は分離不可能

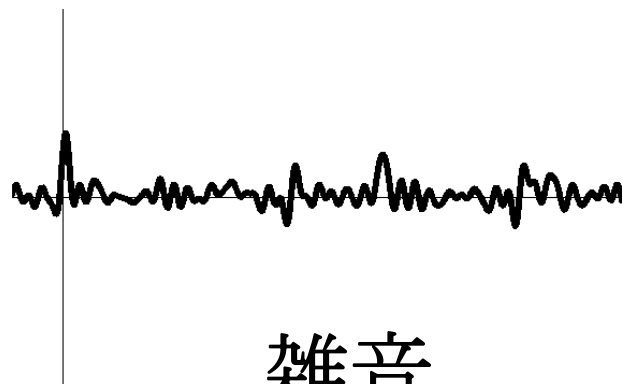
- デジタル信号:

0か1かを判別できれば良い

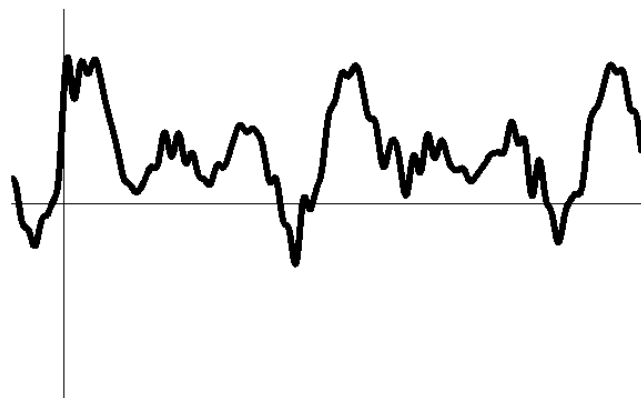
⇒ 少々の雑音加わっても正しく元の信号へ復元できる

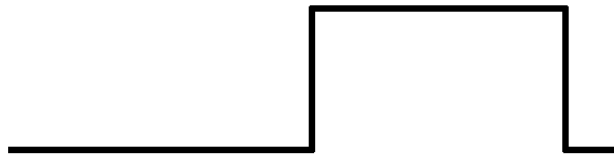


信号

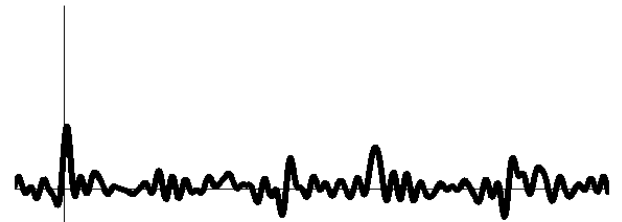


雜音

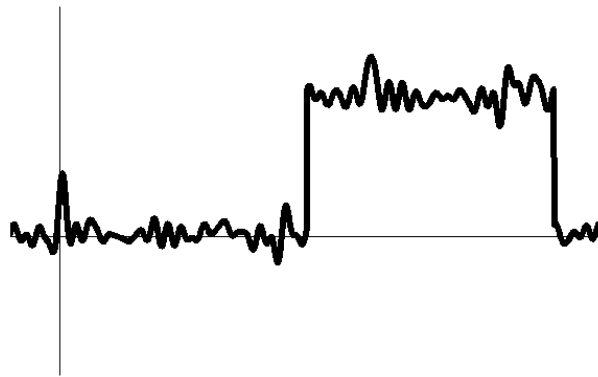




信号



雜音

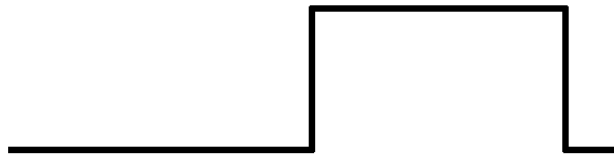


信号増幅にもデジタルは強い

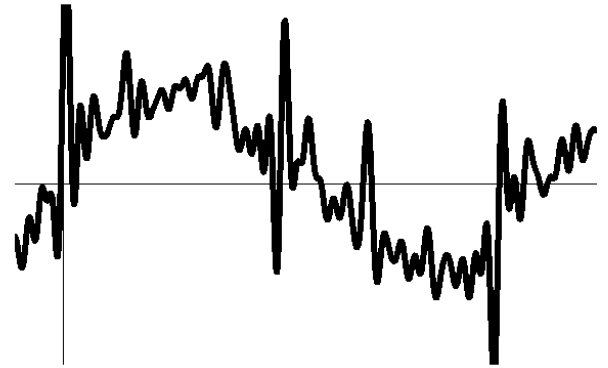
- 長距離通信の過程で信号が減衰したとき、信号を増幅する
- アナログ信号： 雑音も同じ倍率で増幅される
- デジタル信号： 0か1に復元してから増幅すれば雑音はまったく無し

デジタル信号も誤りは起こる

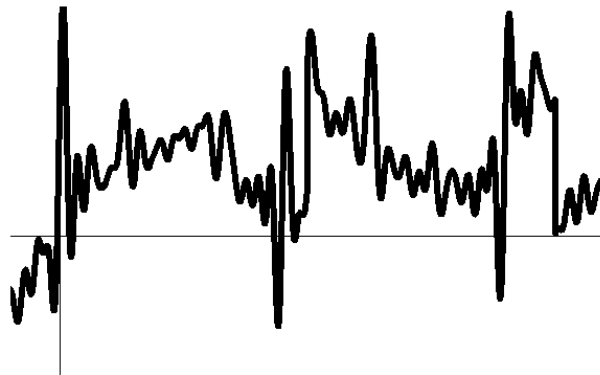
- デジタル信号が **0** か **1** か判別する方法：
(大雑把に言うと) **0.5** を境にしてそれより大きい
いか小さいかを判定
- 雑音が **0.5** を超えた場合
⇒ 本当は **0** であった信号を **1**、本当は **1**
であった信号を **0** と、誤って判断



信号



雜音



日常会話の誤り訂正

- 誤りが生じるのは仕方のないこと。誤りが起こったことに気づいたら訂正してやろう
- 日常会話の例
花嫁の父「ふしだらな娘ですがどうぞよろしく」
→ 「ふつつかな娘ですがどうぞよろしく」
の間違いでしょう
- このように状況・常識を元に、正しい文章は何か、と考える

デジタル信号の誤り訂正

- **Yes** か **No** かを連絡したい時に

Yes = 1, No=0 として通信

⇒ 誤りが生じたら訂正不可能

Yes = 111, No=000 として通信

⇒ 例えば **110** を受信したら、元の信号は **111** だと判断して良い

- 必要最小限ではなく、「おまけ」を付けることによって誤りの訂正が可能になる

確率を使って考えよう

0 が 1 に、1 が 0 に化ける確率 = 1% の場合、

111 が 110 に化ける確率 = 0.9801%

000 が 110 に化ける確率 = 0.0099%

110 を受信したときに元の信号が

111 である確率 = 99%

⇒ 110 を受信したら元の信号は 111 と思え

信号に「距離」を考えると ...

ビット数の決まった信号について

「ハミング距離」

= 2つの信号の間で異なるビットの個数
と定める。

000 と 000 : 距離 0, 000 と 011 : 距離 2,

000 と 100 : 距離 1, 000 と 101 : 距離 2,

000 と 010 : 距離 1, 000 と 110 : 距離 2,

000 と 001 : 距離 1, 000 と 111 : 距離 3

距離と誤り訂正の関係

111 と **011** の距離 = 1 (近い)

000 と **011** の距離 = 2 (遠い)

⇒ **111** を **011** に誤る確率の方が大きい

- 鉄則: 距離の近い方の信号へ復元せよ

- 定理: どの信号間の距離も d 以上

⇒ $(d-1)/2$ ビットまでの誤りが訂正可能

3ビット情報の加工の例

- 1 から 8 の (3 ビットの) 情報を
1 → **1111111**, 5 → **0001101**,
2 → **1101000**, 6 → **1000110**,
3 → **0110100**, 7 → **0100011**,
4 → **0011010**, 8 → **1010001**

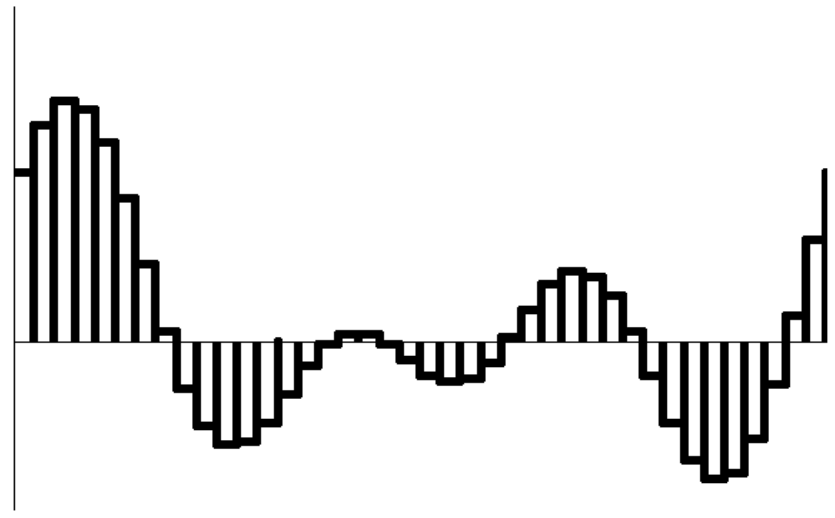
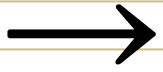
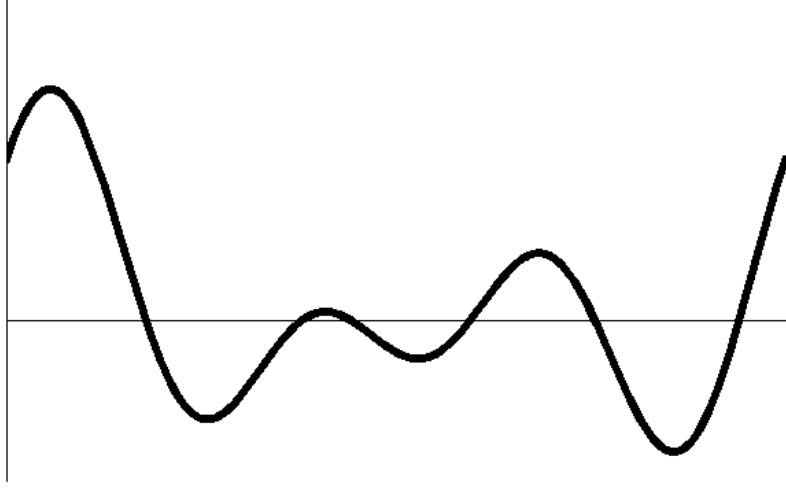
という (7 ビットの) 信号に加工すると、

信号間の距離 = 4

⇒ 1 ビットの誤りは完全に訂正可能

CDの音声信号

- 音のアナログ信号をまず棒グラフに直す
 - 棒グラフの幅は $1/44100$ 秒
 - 棒グラフの高さは 16 ビット = 65536 段階で表現
- 生データ = 約 **747 MB**
- 誤り訂正の為のおまけをつけて $4/3$ 倍
- 安定した読出しの為のおまけをつけて $17/8$ 倍
- タイミングを取る為のおまけもつけると
結局生データの $49/16$ 倍 の情報が **CD** に



よい信号を作るには

- 代数学、幾何学、解析学、組み合わせなど沢山の知識を使う
- もちろん機械の知識も必要
- **MD、DVD**、デジタルカメラ、デジタルビデオ、衛星通信、インターネットなどデジタル信号の活躍の場は増すばかり
- 以上、情報科学コースのお勉強の一部をご紹介します

参考文献

- 岩垂好裕 著、「符号理論入門」
(昭晃社), 1992
- 原田益水 著、「**CD**技術のすべて」
(電波新聞社), 1996