

通信方式#8

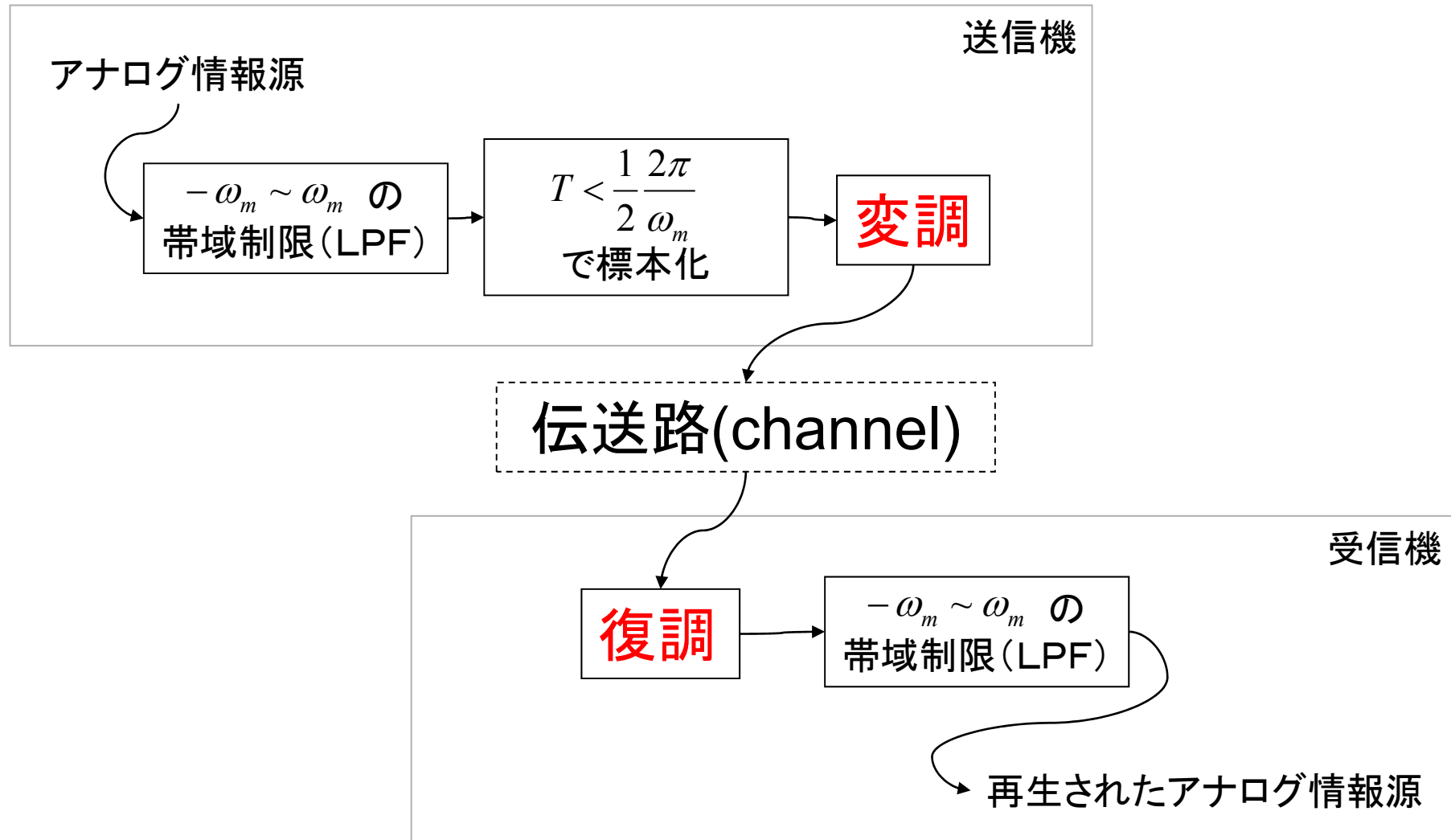
H22-12-1

古川 浩

(講義資料は下記からダウンロードできます)

<http://mobcom.is.kyushu-u.ac.jp/~furuhiro/jp/>)

情報伝送系



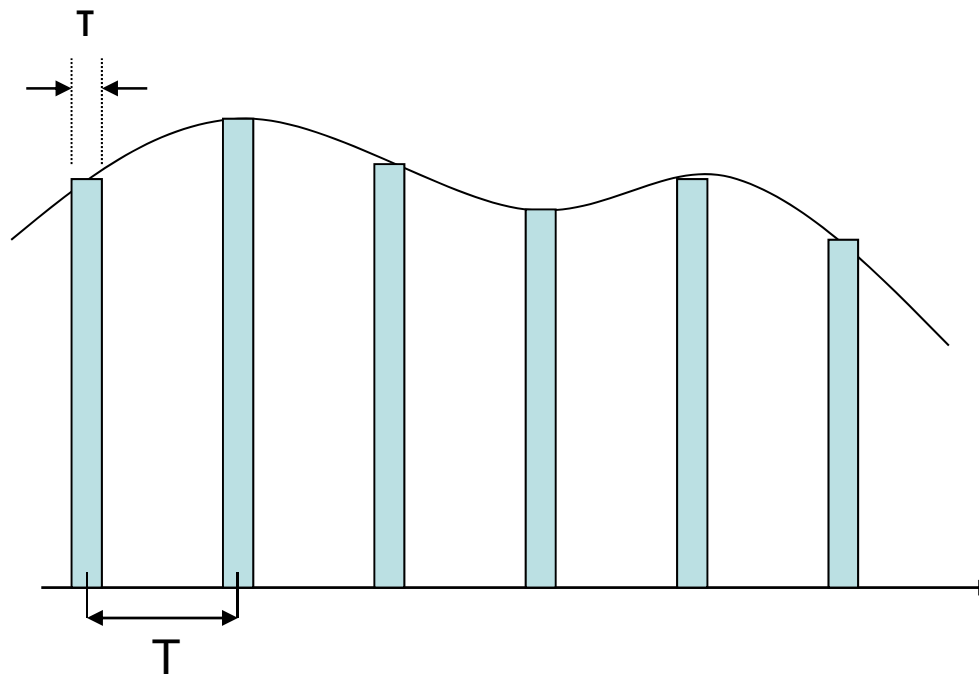
変(復)調の分類

| | ベースバンド変調 | 高周波変調 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| アナログ | <p>パルス変調(6.2節~6.5節)</p> <p>Pulse Amplitude Mod. (PAM)</p> <p>Pulse Width Mod. (PWM)</p> <p>Pulse Position Mod. (PPM)</p> | <p>アナログ変調(3, 4, 5章)</p> <p>Amplitude Mod. (AM)</p> <p>Frequency Mod. (FM)</p> <p>Phase Mod. (PM)</p> <p>Single SideBand Mod. (SSB)</p> |
| デジタル | <p>パルス符号変調(7章)</p> <p>Pulse Code Mod. (PCM)</p> <p>Delta Mod. (ΔM)</p> <p>Delta-Sigma Mod. (Δ-ΣM)</p> <p>Differential PCM (DPCM)</p> <p>Adaptive ΔM (A ΔM)</p> <p>Adaptive PCM (APCM)</p> <p>Adaptive DPCM (ADPCM)</p> | <p>デジタル(高周波)変調(8章)</p> <p>Amplitude Shift Keying (ASK)</p> <p>Frequency Shift Keying (FSK)</p> <p>Phase Shift Keying (PSK)</p> <p>Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)</p> <p>Quadrature Amplitude Modulation (QAM)</p> |

パルス変調～

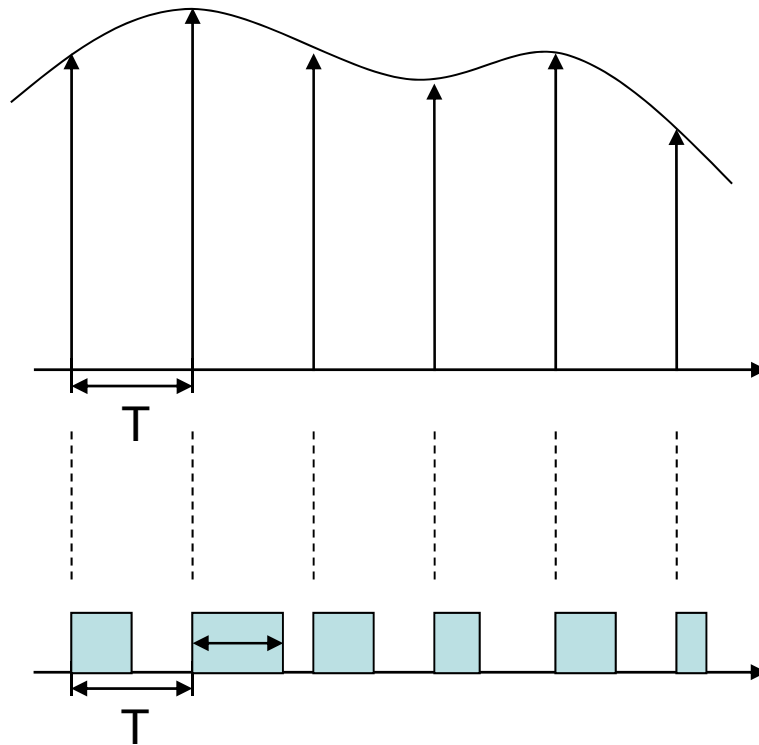
PAM (Pulse Amplitude Modulation、パルス振幅変調)

標本化された離散アナログ系列を方形波で伝送



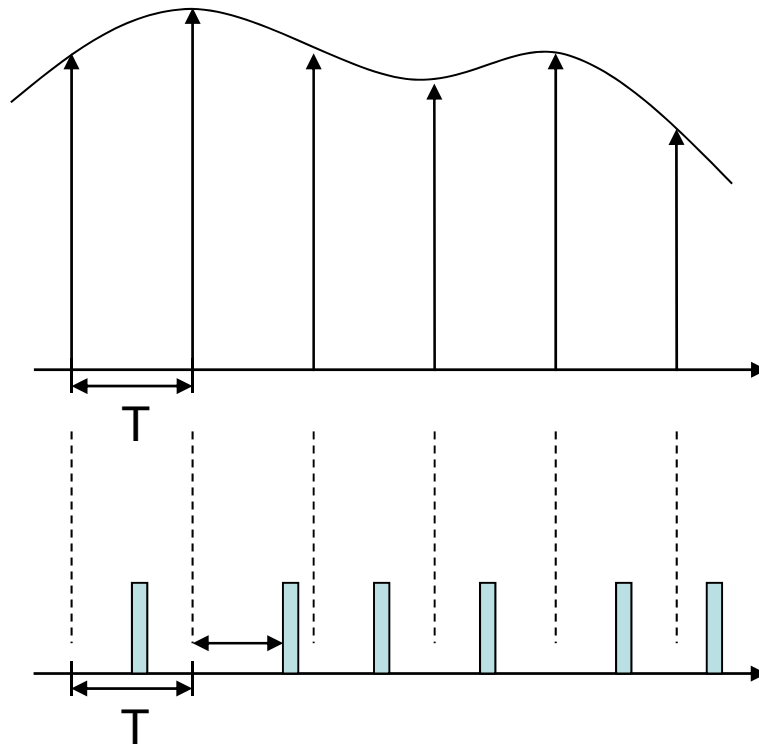
インパルスによる標本化信号に方形波を畳み込む = sinc関数の周波数伝達特性を持つフィルタを通すことと等価

パルス変調～ PWM (Pulse Width Modulation、パルス幅変調)



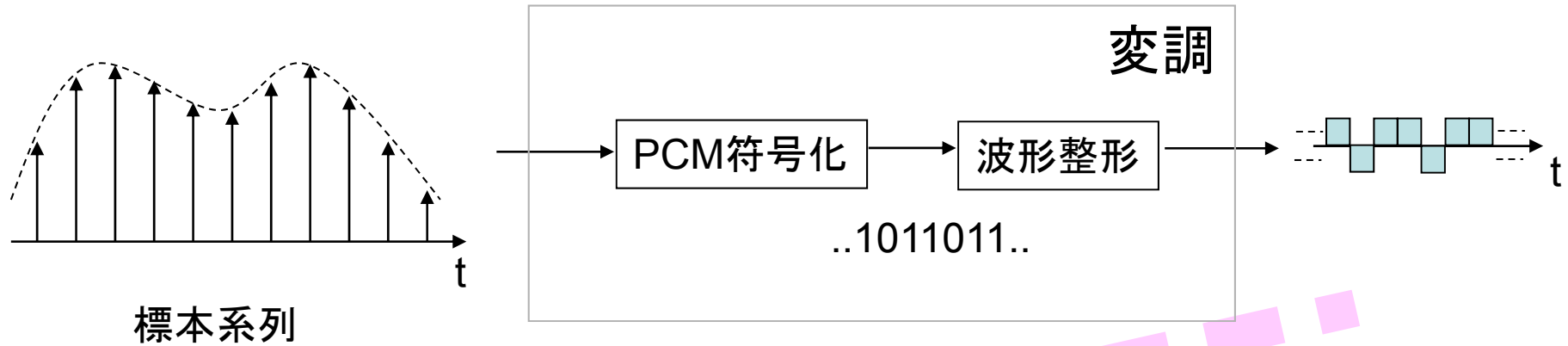
標本化された振幅の大きさに応じて方形波のパルス幅を可変し伝送

パルス変調～ PPM (Pulse Position Modulation、パルス位置変調)

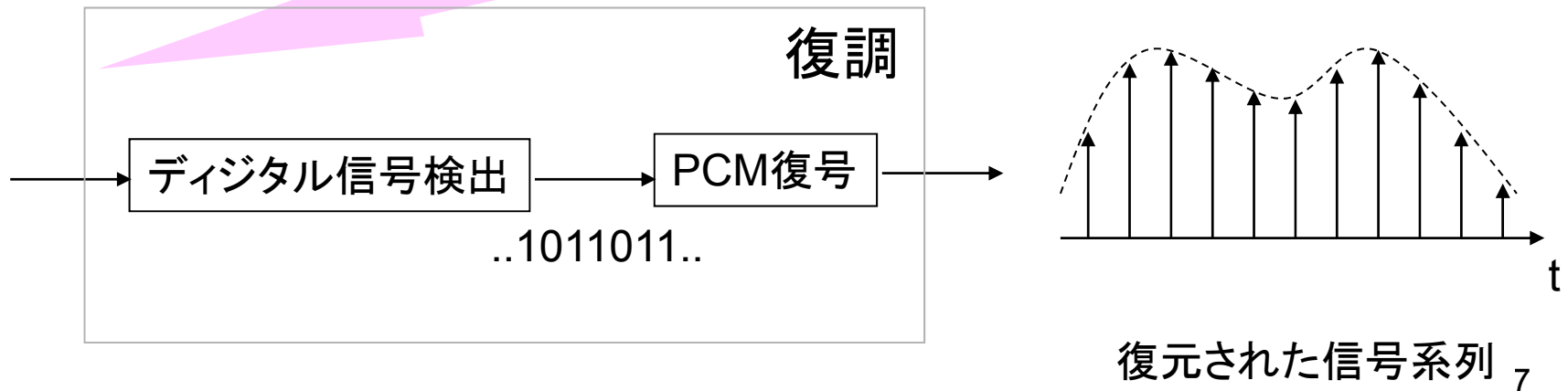


標本化された振幅の大きさに応じて方形波のパルス位置を可変し伝送

パルス符号変調 (PCM, Pulse Code Modulation)

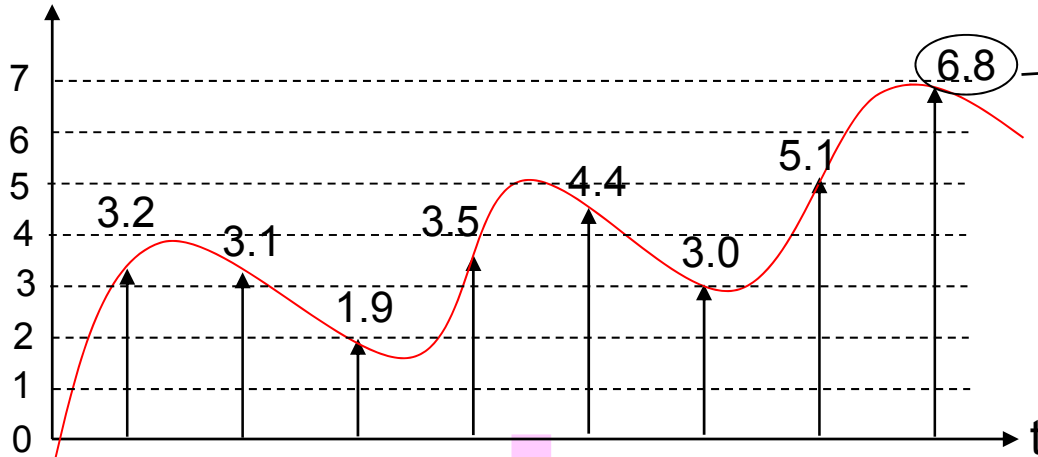


+雑音、+ひずみ



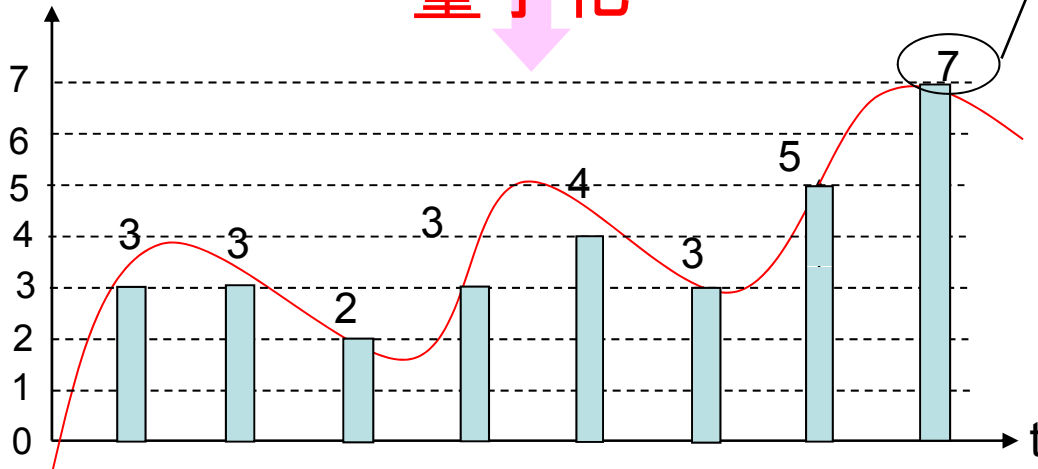
PCM符号化

振幅電圧[V]



+0.2Vの量子化雑音が発生!

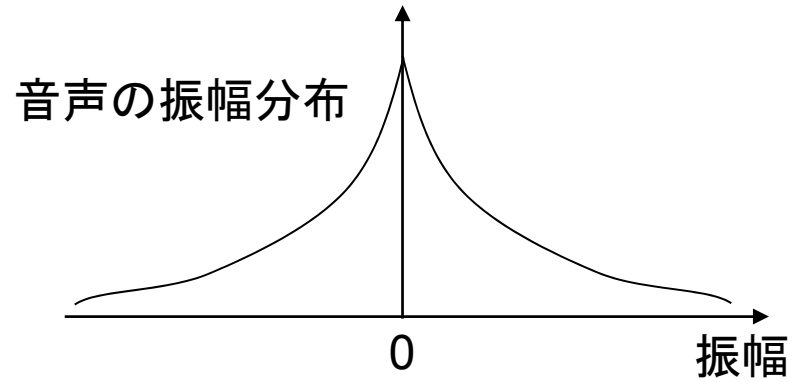
量子化



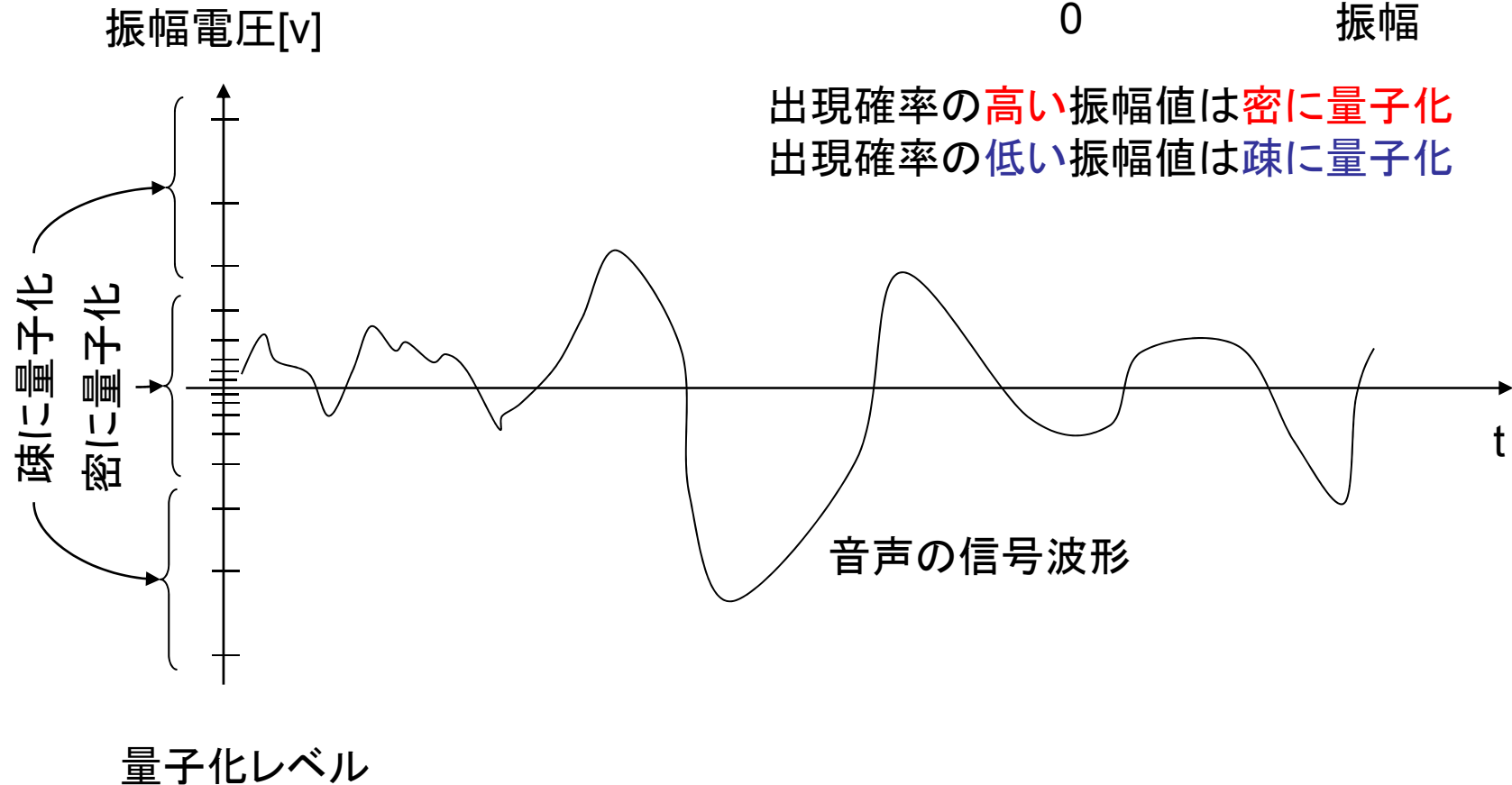
011 011 010 011 100 011 101 111

| 入力電圧 | 出力デジタル値 (符号ビット数3) |
|------|-------------------|
| 0 | 000 |
| 1 | 001 |
| 2 | 010 |
| 3 | 011 |
| 4 | 100 |
| 5 | 101 |
| 6 | 110 |
| 7 | 111 |

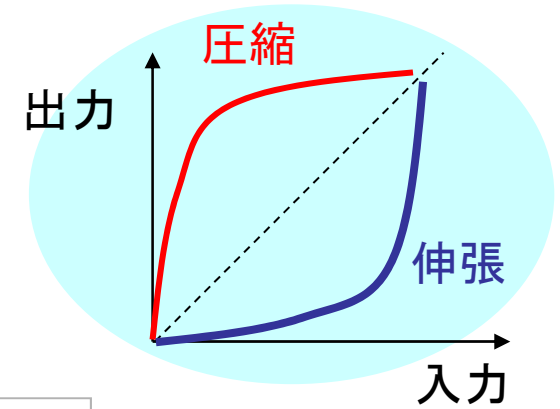
音声の振幅分布と 不等間隔量子化



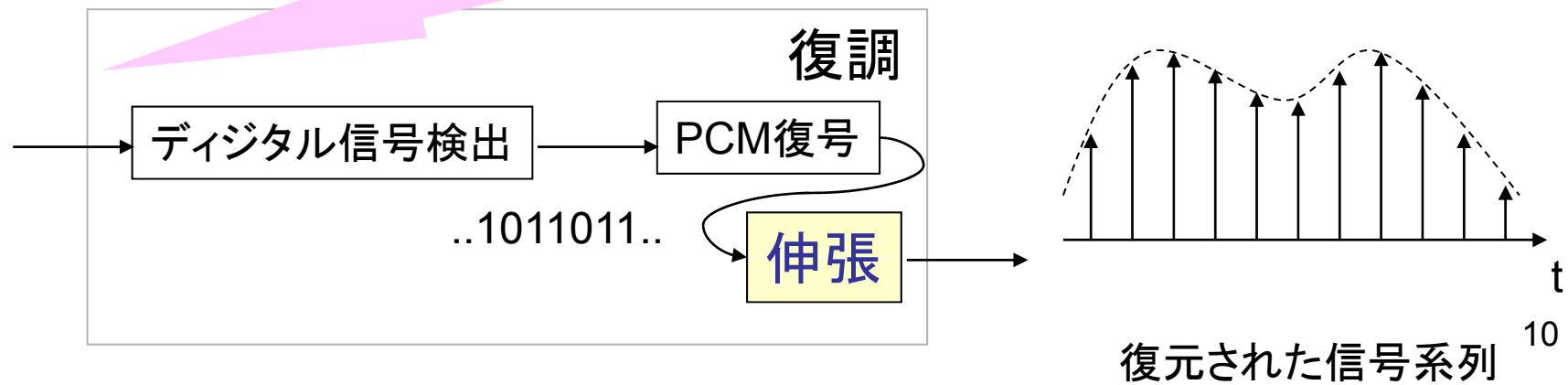
出現確率の**高い**振幅値は**密に**量子化
出現確率の**低い**振幅値は**疎に**量子化



圧縮と伸張



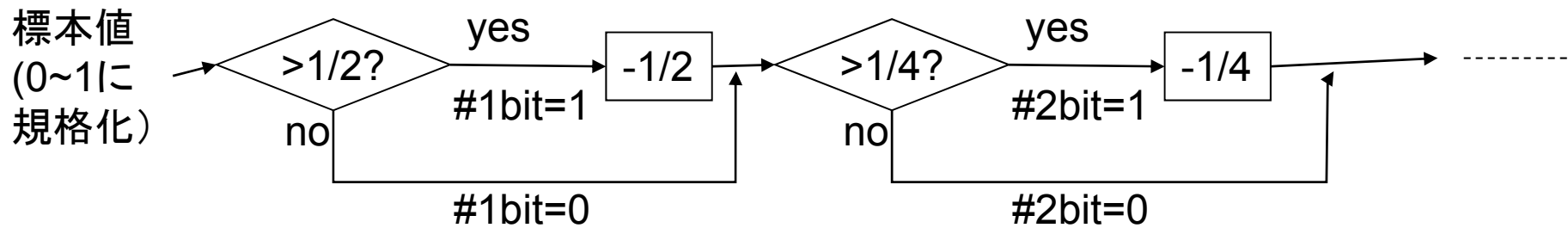
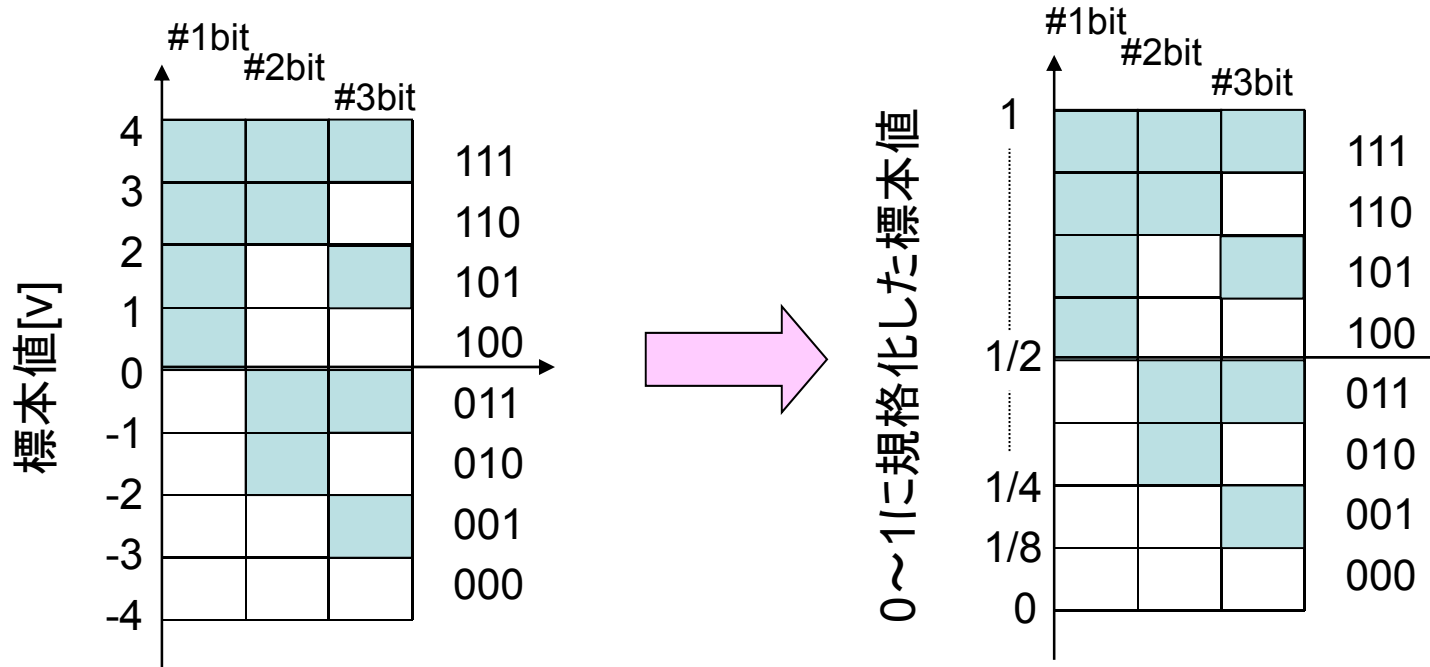
+雑音、+ひずみ



標準化された圧縮方式

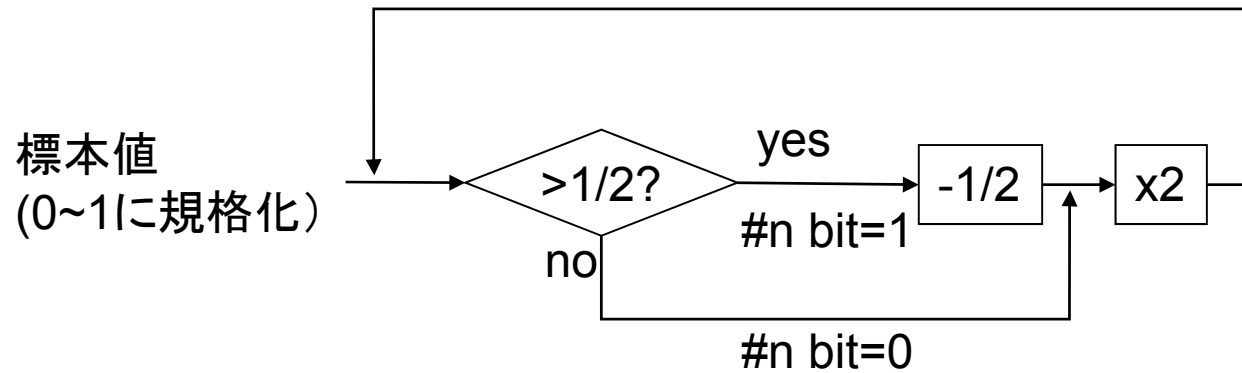
- μ -Law
 - 圧縮特性を対数関数を用いて決め、それを15本の折れ線で近似。
 - 日本やアメリカで採用
- A-Law
 - 圧縮特性を振幅が小さいときは線形、大きいときは対数関数を用いて決め、それを13本の折れ線で近似。
 - ヨーロッパで採用

PCM符号化の実現例



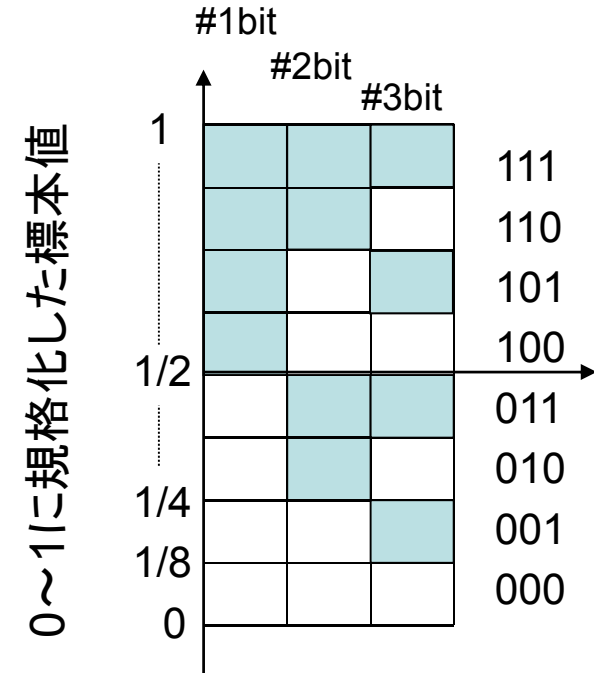
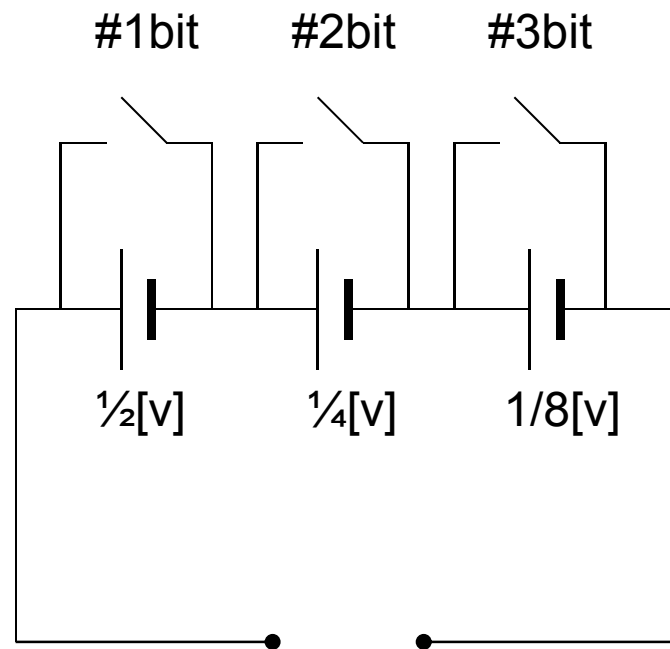
さらにスマートには...

PCM符号化の実現例(続き)



nはループ回数

PCM復号化の実現例



規格化された標本値出力 (0[v]~7/8[v])

[+1/16vのオフセットを入れて、1/16~15/16[v]とする場合もある]

適応PCM (Adaptive PCM, APCM)

- 適応量子化器

- 信号の変化に応じて動的に量子化ステップサイズ(量子化粒度)を制御

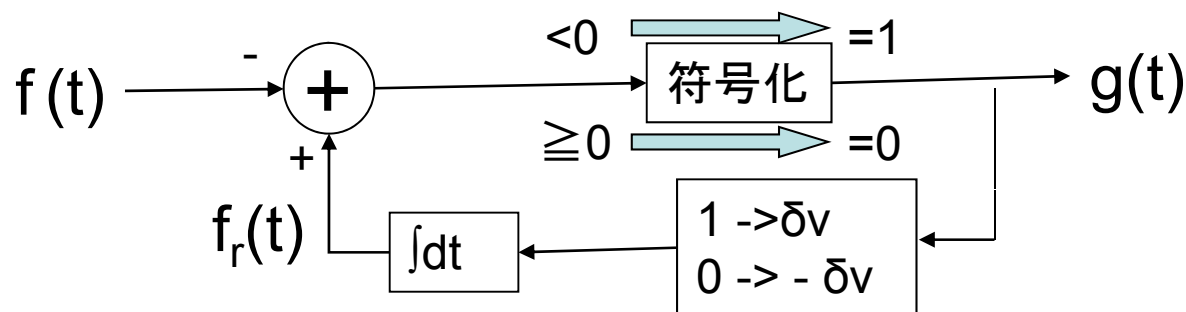
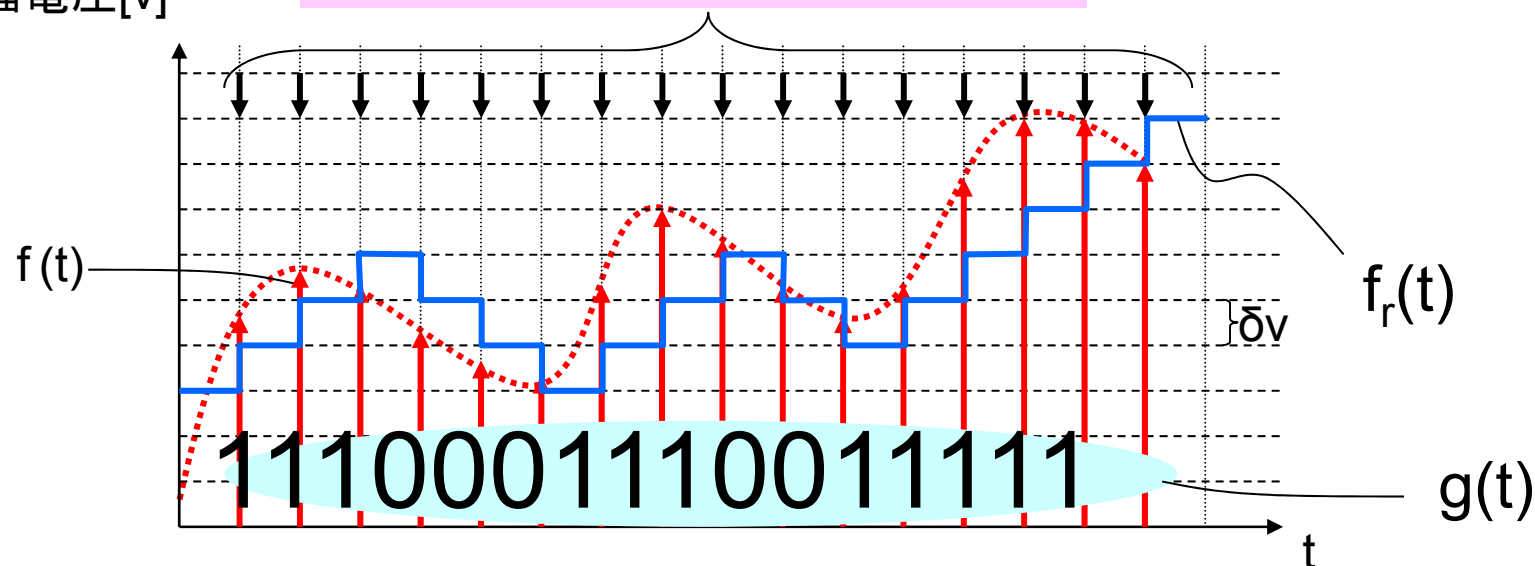
- 振幅が大きく変動する時は、量子化ステップを大きくする
- 振幅が小刻みに変動する時は、量子化ステップを小さくする

- 直近の信号変動履歴をもとに、その時その時点で最適な量子化ステップサイズを決定。

デルタ変調 (Delta Modulation, ΔM)

各タイミングで $f_r(t)$ と $f(t)$ を比較、
 $f_r(t) \geq f(t)$ ならば0を出力、
 $f_r(t) < f(t)$ ならば1を出力。

振幅電圧[v]

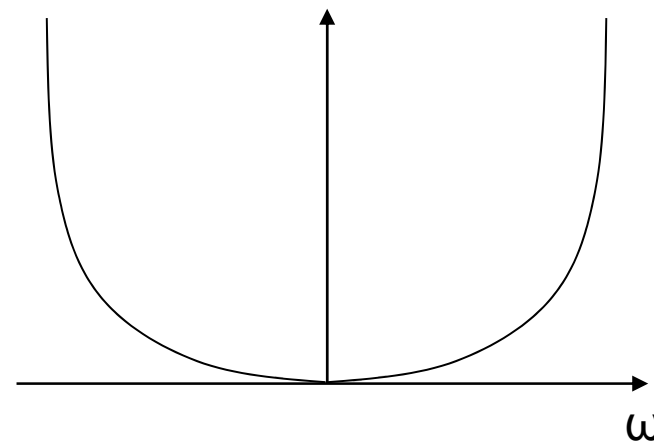
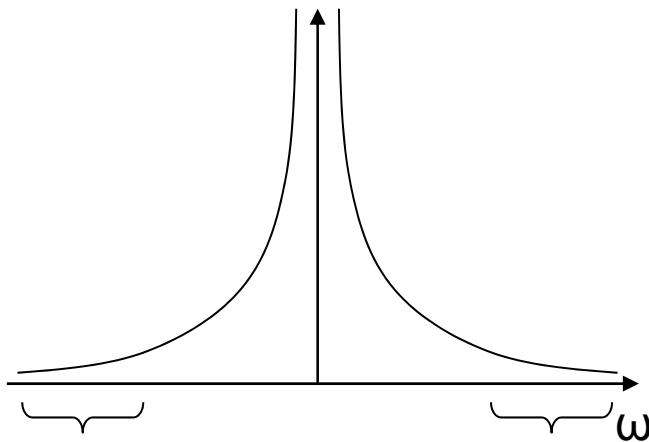


△-Σ変調 (△-ΣM)



$$|H_i(\omega)|^2 = \frac{1}{\omega^2}$$

$$|H_d(\omega)|^2 = \omega^2$$

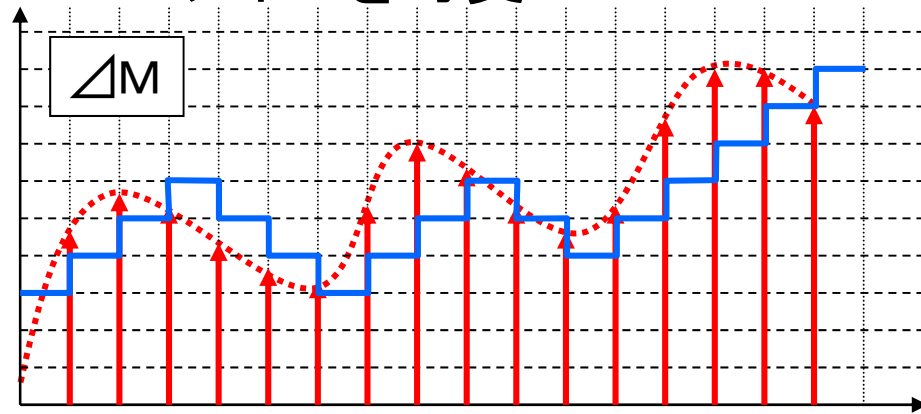


高周波成分を抑制し、 $f(t)$ の早い変動を抑制

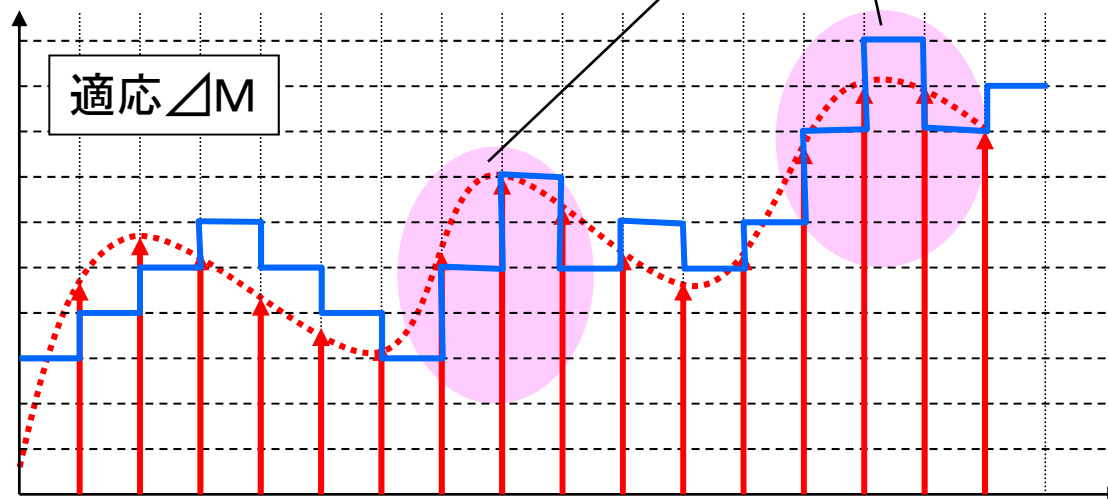
△M変調の高速な信号の変化への追従性を向上

適応 ΔM

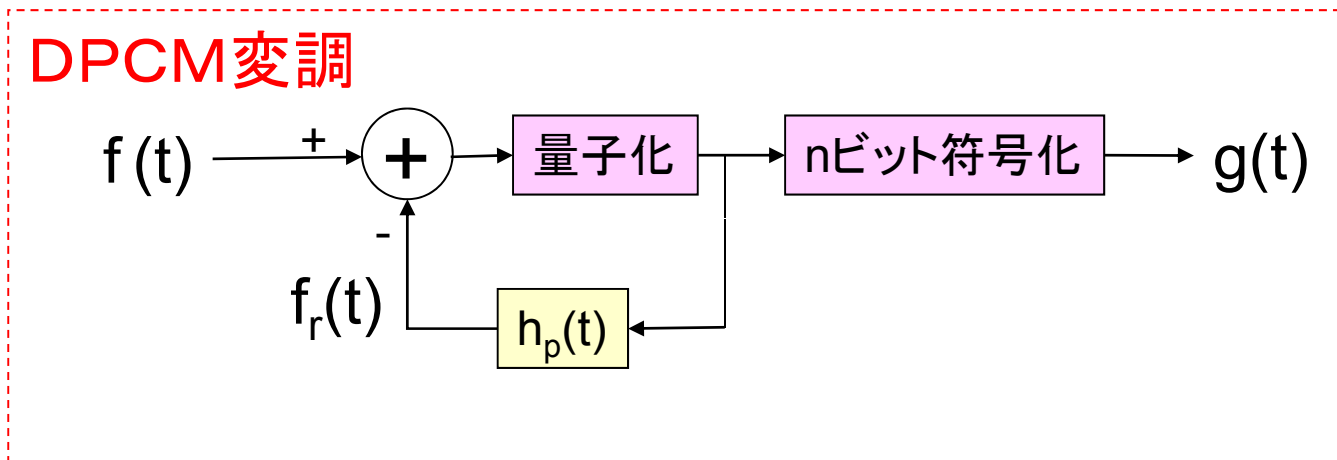
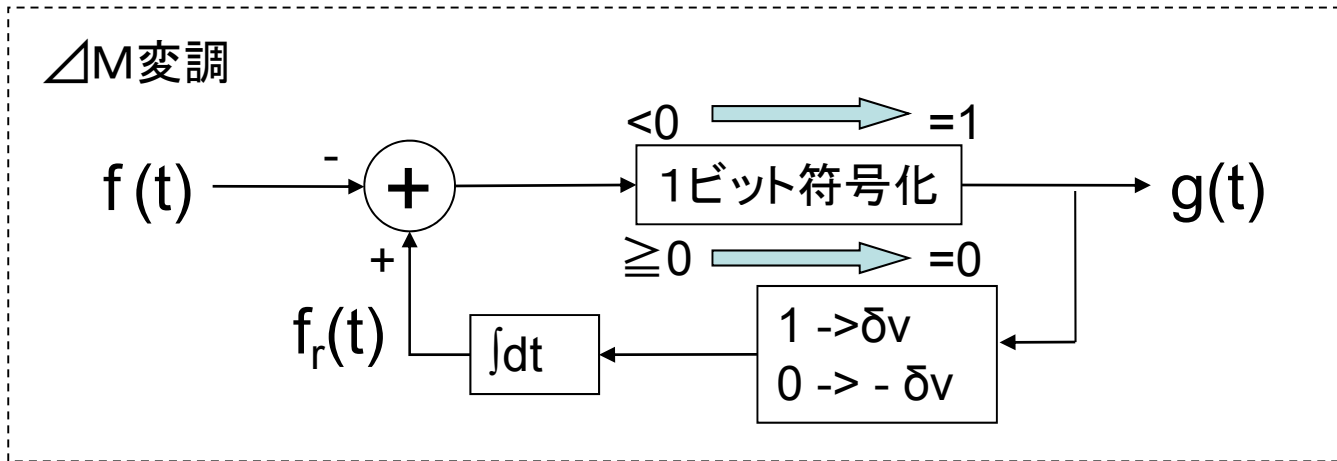
- 信号の変化の速さに応じて動的に ΔM 変調の量子化ステップサイズを可変



量子化ステップサイズを2倍にして追従性をアップ



差分PCM (Differential PCM, DPCM)



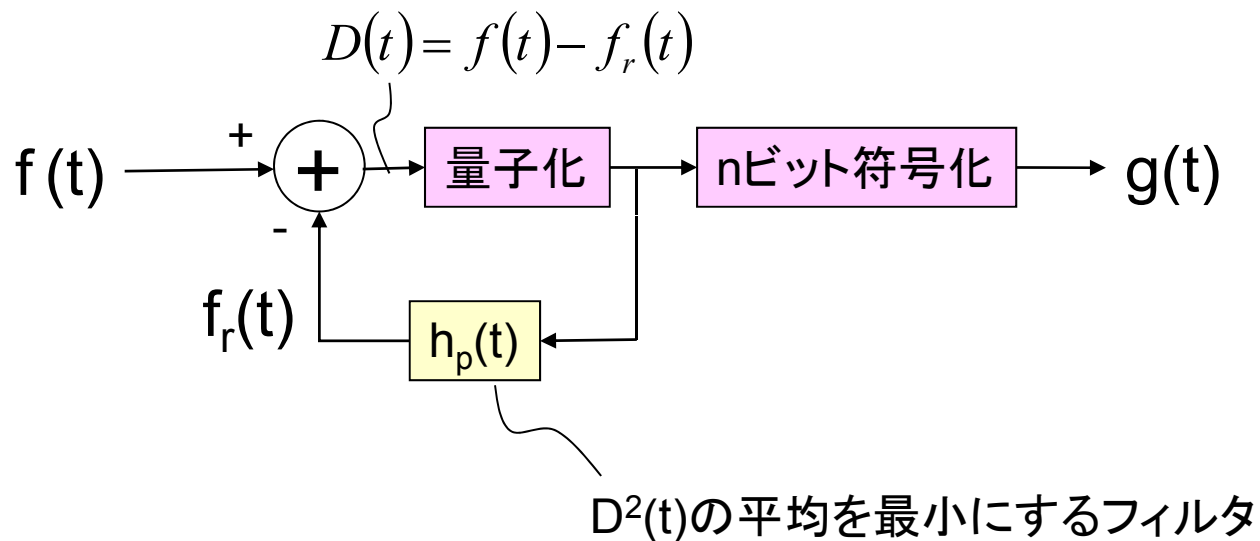
DPCM (続き)

対PCM

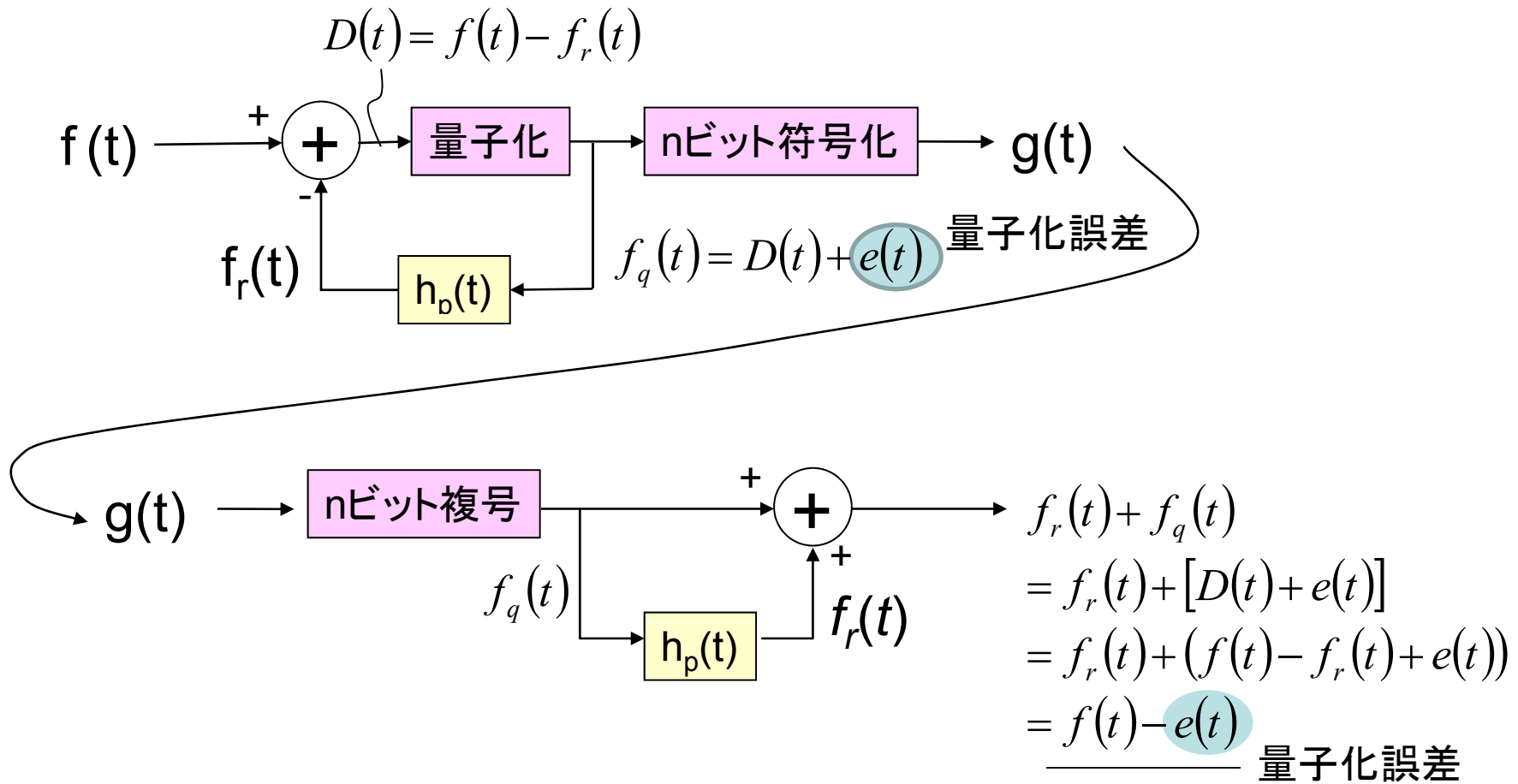
$f(t)$ に比べダイナミックレンジの狭い $D(t)=f(t)-f_r(t)$ に対する符号化により量子化誤差が低減

対 ΔM

n ビット符号化により量子化誤差が低減



DPCMの復調



適応差分PCM (Adaptive DPCM, ADPCM)

- DPCMの量子化ステップサイズを動的に適応制御

パルス符号変調の分類

| | 静的量子化 | 動的適応量子化 |
|--------------|-------------------------------------|--------------|
| 絶対(値) 符号化 | PCM | A PCM |
| 差分(値) 符号化 | 1bit $\Delta M, \Delta-\Sigma M$ | A ΔM |
| | N bit DPCM | ADPCM |

実際のパルス符号化変調

- 音楽CD
 - 44.1kHzサンプリング、16bit量子化 リニアPCM
- ISDNデジタル音声 (ITU-T G.711)
 - 8kHzサンプリング、8ビット量子化、64kbps PCM
- PHS (ITU-T G.726)
 - 8kHzサンプリング、4ビット量子化、32kbps ADPCM
- 携帯電話(すべて8kHzサンプリング)
 - WCDMA: 4.75kbps~12.2kbps AMR
 - PDC: 3.45kbps PSI-CELP (Half Rate)~8kbps CS-ACELP
 - GSM: 5.6kbps VCELP (Half Rate) ~12.2kbps ACELP (Enhanced Full rate)
- MP3
 - 対応サンプリング周波数: 32KHz、44.1KHz、48KHz、ビットレート: 32kbps ~320kbps
 - サンプリング周波数44.1KHz、ビットレート128kbpsのモードにおいては、ほぼCD並みの音質を確保