

日本学術振興会165委員会

ナノCMOS時代のアナログ技術:

アナログスケールリングとデジタル補償技術

2007年10月19日

# 型ADCの展開と高性能化技術

群馬大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻  
小林春夫

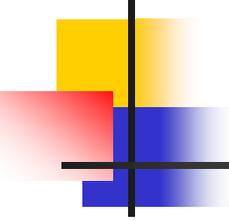
**連絡先:** 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1丁目5番1号

群馬大学工学部電気電子工学科

電話 0277 (30) 1788 FAX: 0277 (30)1707

e-mail: k\_haruo@el.gunma-u.ac.jp

<http://www.el.gunma-u.ac.jp/~kobaweb/>



# 発表内容

---

ナノCMOS時代のアナログ回路 私論

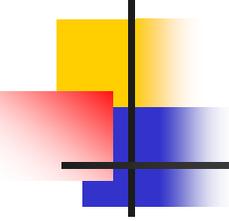
マルチバンドパス AD変調器

連続時間バンドパス AD変調器

- RF サンプリングを目指して

複素バンドパス AD変調器

まとめ



# 発表内容

---

ナノCMOS時代のアナログ回路 私論

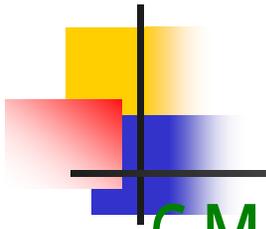
マルチバンドパス AD変調器

連続時間バンドパス AD変調器

- RF サンプリングを目指して

複素バンドパス AD変調器

まとめ



# デジタル・アシスト・アナログ技術

CMOS微細化にともない

→ デジタルは大きな恩恵

高集積化、低消費電力化、高速化、低コスト化

→ アナログは必ずしも恩恵を受けない

電源電圧低下、出力抵抗小、ノイズ増大

「デジタル技術を用いて

アナログ性能向上する技術」が重要

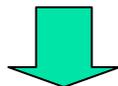
「デジタルリッチ・アナログミニマムな構成」が重要

SOC内  $\mu$  Controller はPAD程度のチップ面積

# 半導体プロセスと回路

## — 目的と手段 —

「デジタルは半導体プロセス微細化のトレンドに適合。  
アナログは適しているとは限らない。」



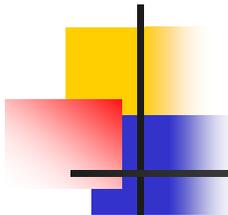
半導体ロードマップの呪縛にかかった発想・表現

半導体プロセスの微細化はデジタルの低消費電力・  
高速・高集積化・低コスト化のために行う。

デジタルでメリットなければ半導体微細化をする理由なし。



微細化プロセスでもデジタルは必ず動く、高性能・低コスト。



# ナノCMOS時代のアナログ技術

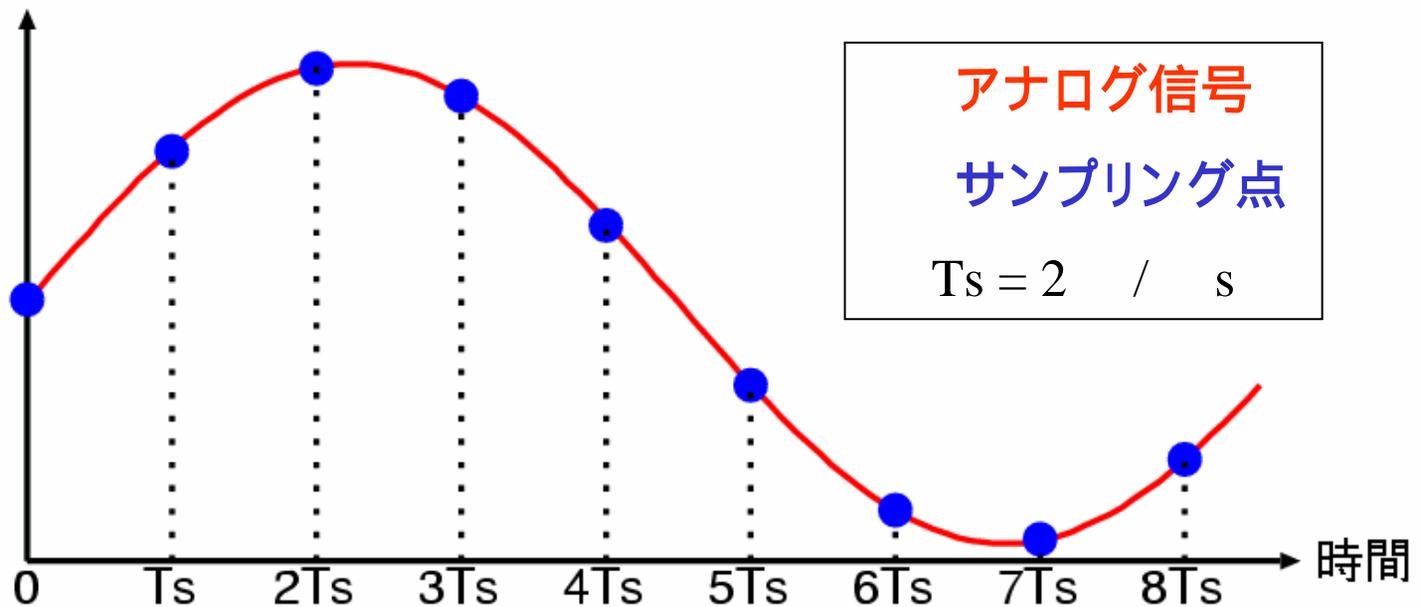
キーワードは 「デジタルリッチ」 (空間)  
に加えて 「高速サンプリング」 (時間)

ナノCMOS FETの余裕ある高速特性、  
高周波特性を生かす設計が重要。

## 高周波回路

「ナノCMOSを用いたRF回路ではシステム仕様に  
比べてトランジスタ高周波特性 ( $f_T$ ) に余裕がある」  
(群馬大学客員教授 石原昇先生)

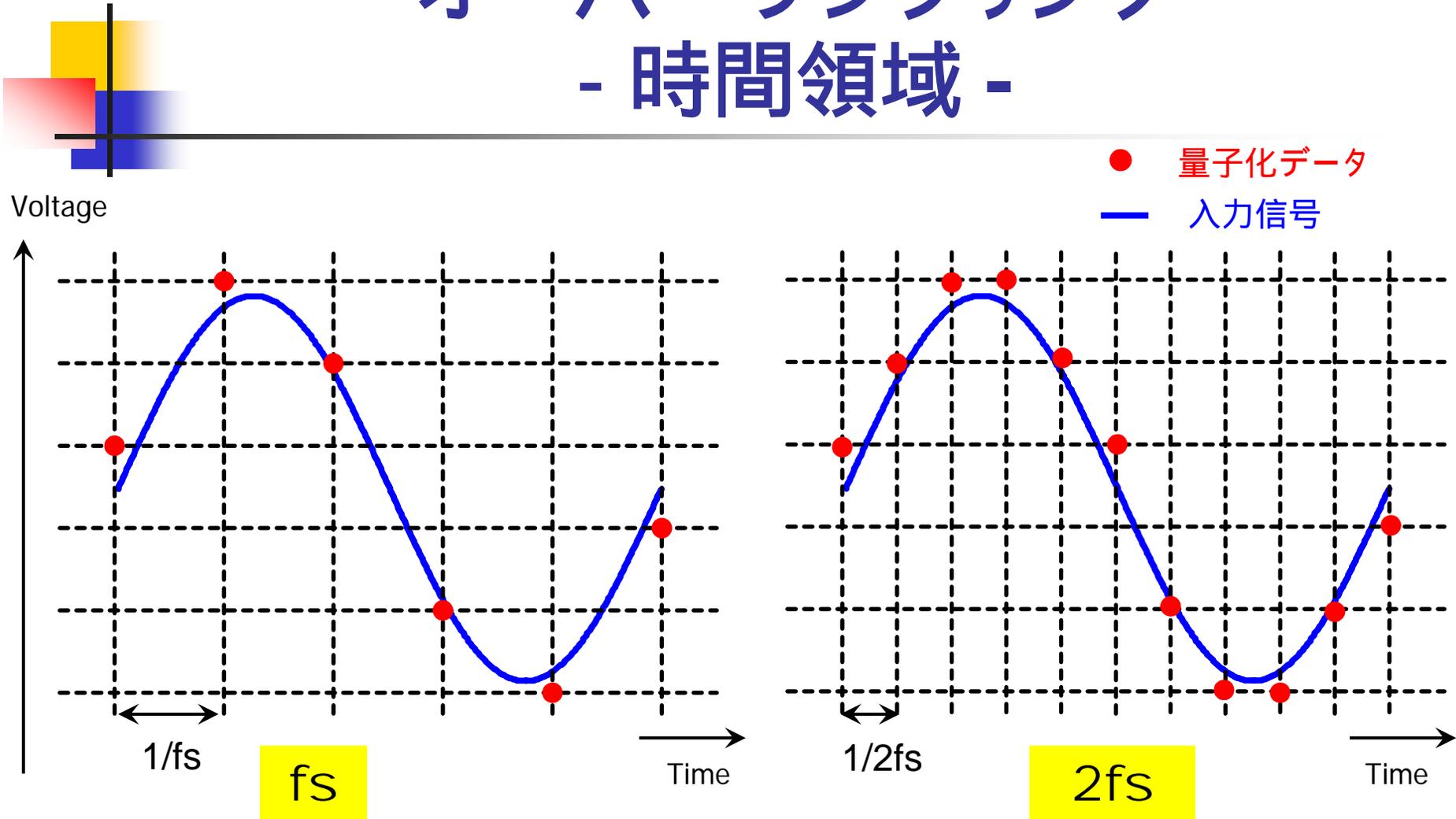
# 波形のサンプリング



一定時間間隔のデータを取り、間のデータは捨ててしまう。

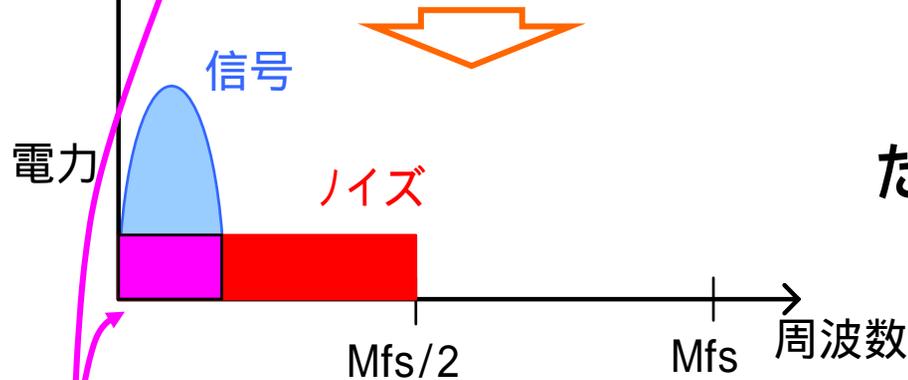
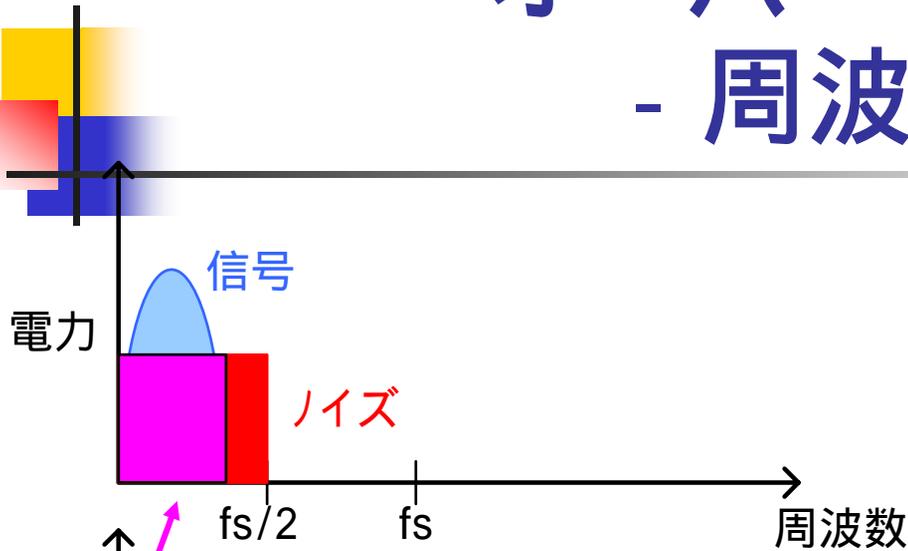
「サンプリング定理」

# オーバーサンプリング - 時間領域 -



オーバーサンプリングにより入力信号  
の再現性が高まる

# オーバーサンプリング - 周波数領域 -



信号帯域のノイズ成分

サンプリング周波数をM倍

↓  
ノイズは広域に分散

↓  
ただしノイズ総量は変わらない

↓  
信号帯域でノイズ低減

高速サンプリングにより低ノイズ化

# サンプリングと周波数スペクトル

レベル

入力信号の周波数スペクトル

0  $1/2 \cdot f_s$   $f_s$  周波数

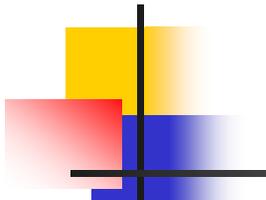
$f_s$ でサンプリングすると $1/2 \cdot f_s$ ごとに鏡像関係のスペクトルとなる

折り返し  
(エイリアス)

0  $1/2 \cdot f_s$   $f_s$   $3/2 \cdot f_s$   $2f_s$   $5/2 \cdot f_s$   $3f_s$   $7/2 \cdot f_s$

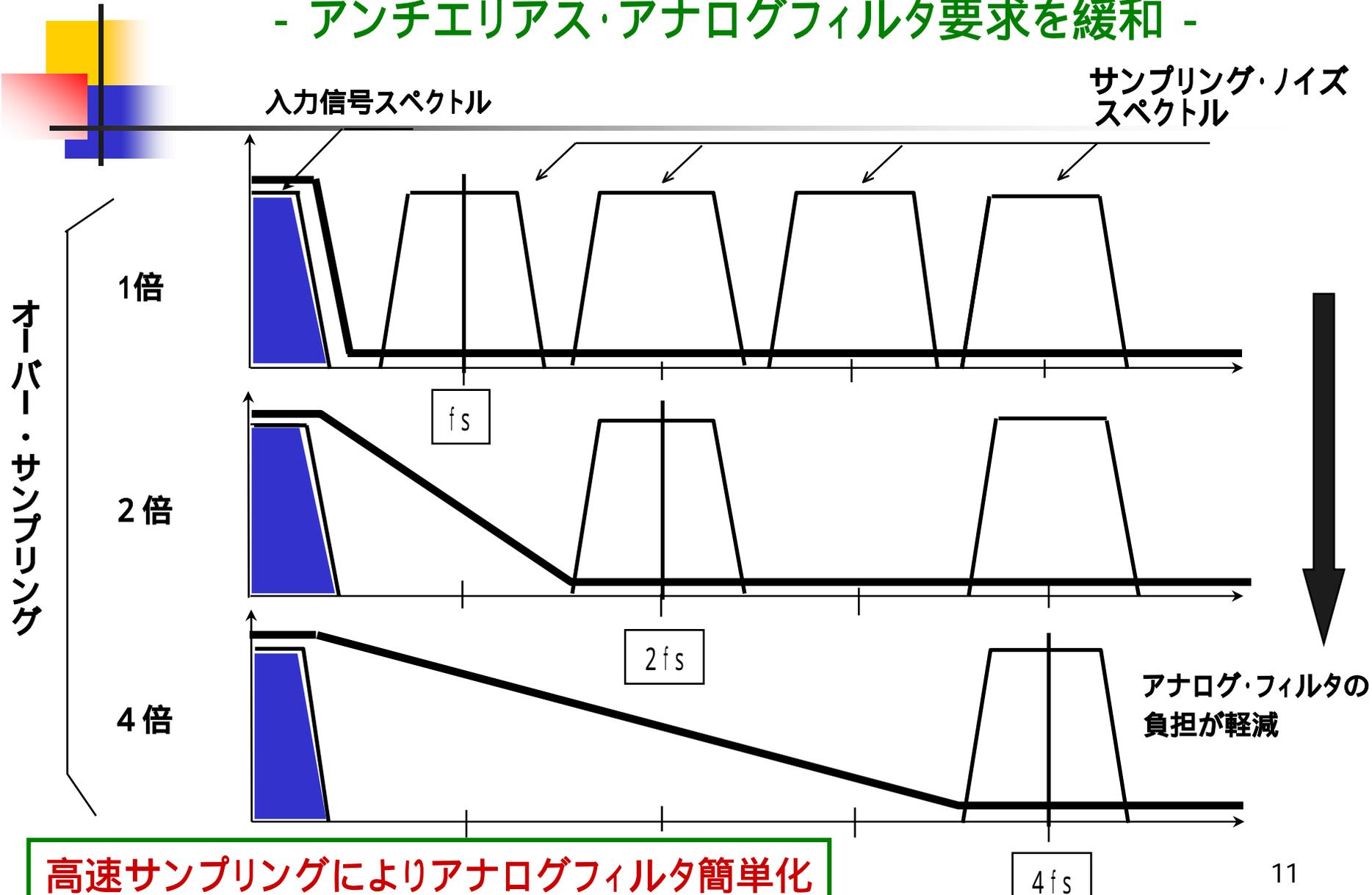
標本化後の周波数スペクトル

周波数 10



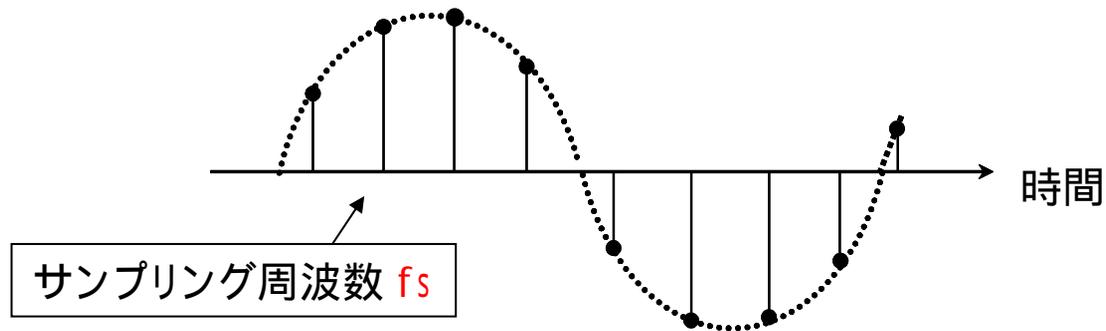
# オーバーサンプリング

- アンチエイリアス・アナログフィルタ要求を緩和 -

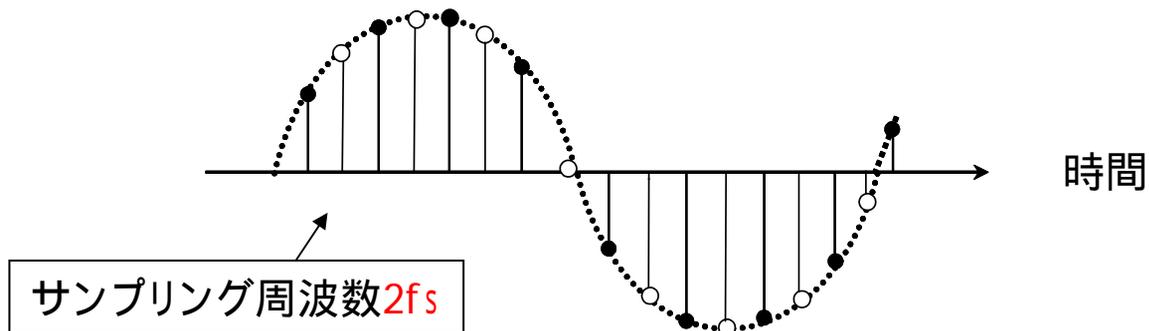


# DA変換器出力時間波形と サンプリング周波数

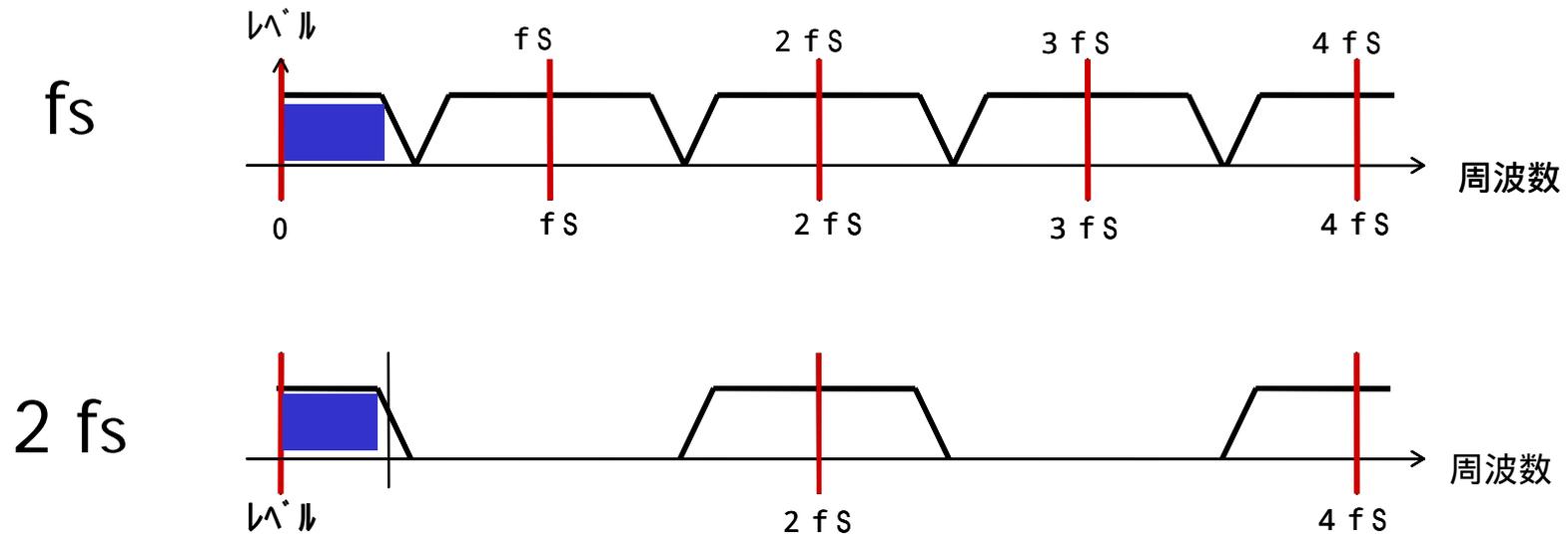
DA変換器  
出力 1



DA変換器  
出力 2

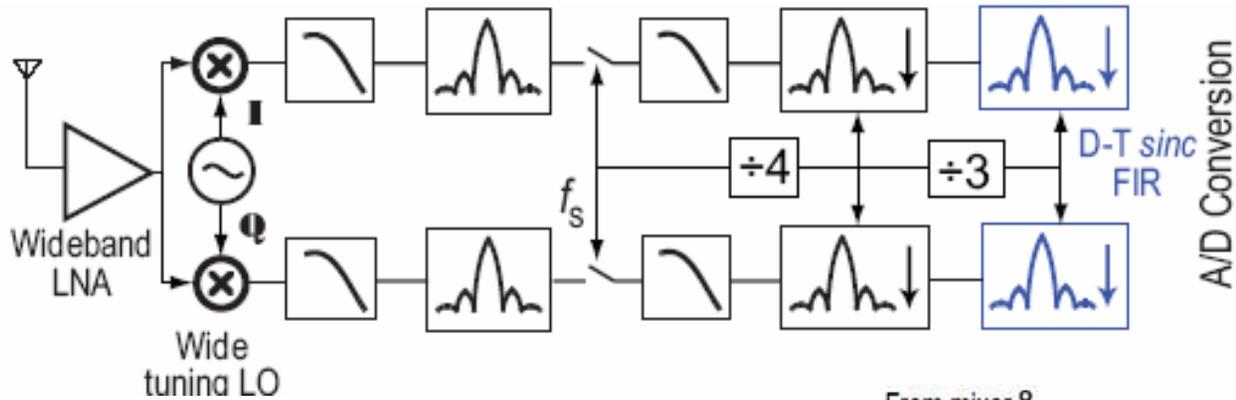


# DA変換器出力周波数スペクトルと サンプリング周波数

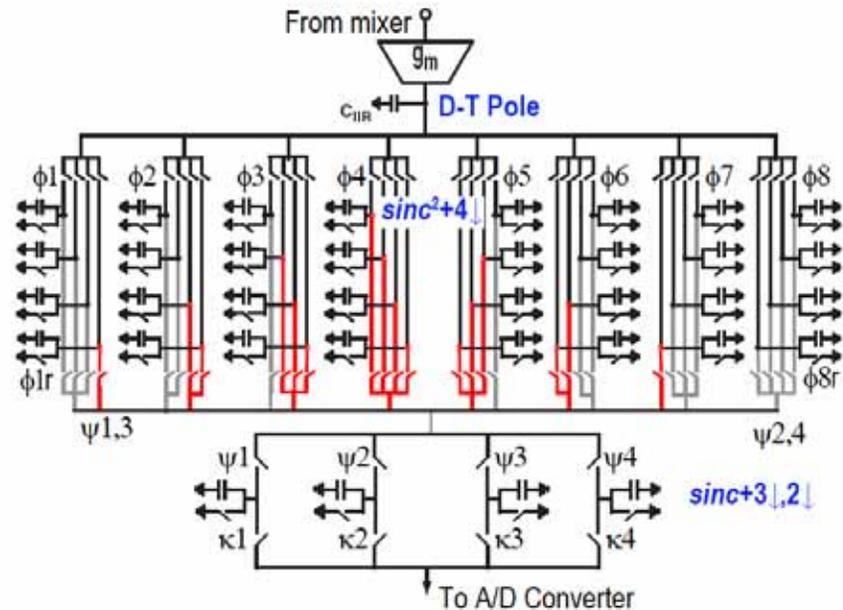


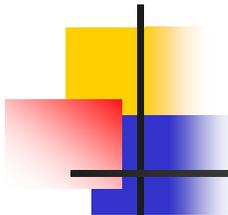
DA変換器でサンプリングレートを高くすれば  
後段のアナログフィルタが簡単化

# ソフトウェア無線用受信機 (TI社、UCLA)



初段でキャリア周波数程度の  
高速サンプリング  
プログラマブル・  
アナログ・サンプリング・フィルタ  
マルチレート信号処理



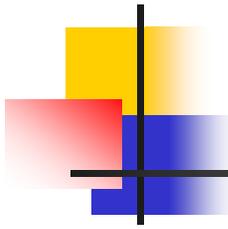


# ナノCMOSでの 高速サンプリング技術

高速サンプリングにより

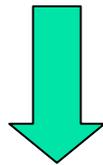
- (1) 電源ノイズ、基板ノイズ、量子化ノイズ、ジッタ等の  
折り返しノイズ低減
- (2) アナログフィルタの簡単化
- (3) 従来サンプリングが用いられなかった  
アナログ回路にも使用可能になる

ADCのジッタによる性能限界も  
オーバーサンプリングで打ち破れる



# デルタ・シグマAD/DA変調技術

アナログ最小、デジタルリッチな構成  
ナノCMOSではデジタルは大きな恩恵  
スピードを精度に変換  
ナノCMOSではスピードに余裕  
高精度なデバイス、回路不要



ナノCMOSで高精度なADC/DACを  
実現するのに適した構成