

# リコンフィギュアラブルRF CMOS 無線集積回路の研究

岡田健一, 菅原弘雄, 益一哉

東京工業大学 精密工学研究所 益研究室

## 背景

### 無線集積回路

Si CMOSの微細化  $f_T, f_{max}$  の高周波化

➡ On-chip RF 送受信機の実現  
製造ばらつき増大

システムの多機能化 複数の通信方式、通信周波数に対応

➡ Multi-function 送受信機の要求向上  
設計が複雑化

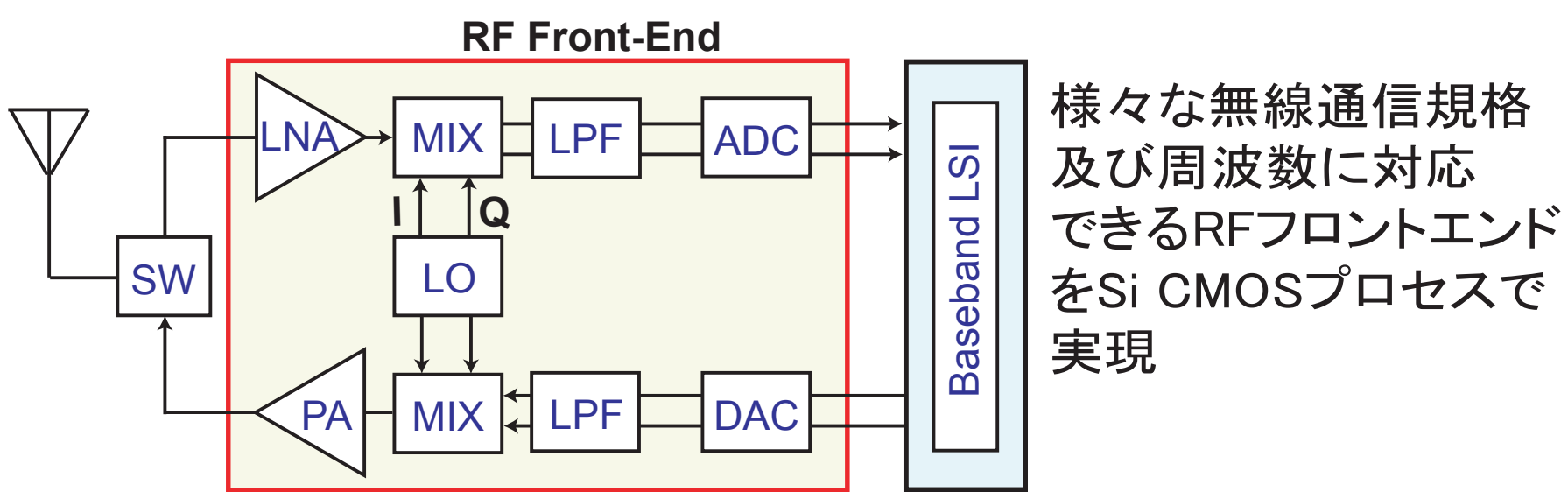
## 無線通信周波数帯域

- Mobile phone 900MHz, 1.5GHz, 2GHz  
(+ 800MHz, 1.7GHz, 1.9GHz for the new system)  
(+ 800MHz, 900MHz, 1.8GHz, 1.9GHz for GSM)
- WLAN 802.11b/g, Bluetooth 2.4GHz
- WLAN 802.11a/n 5GHz
- GPS 1.2GHz/1.4GHz
- DTV 470 MHz~770 MHz

無線回路の  
マルチスタンダード  
化が必須

## 目的

マルチスタンダード及び自己補償機能を持つRF送受信機の実現



## リコンフィギュアラブルRF回路

### 提案概念

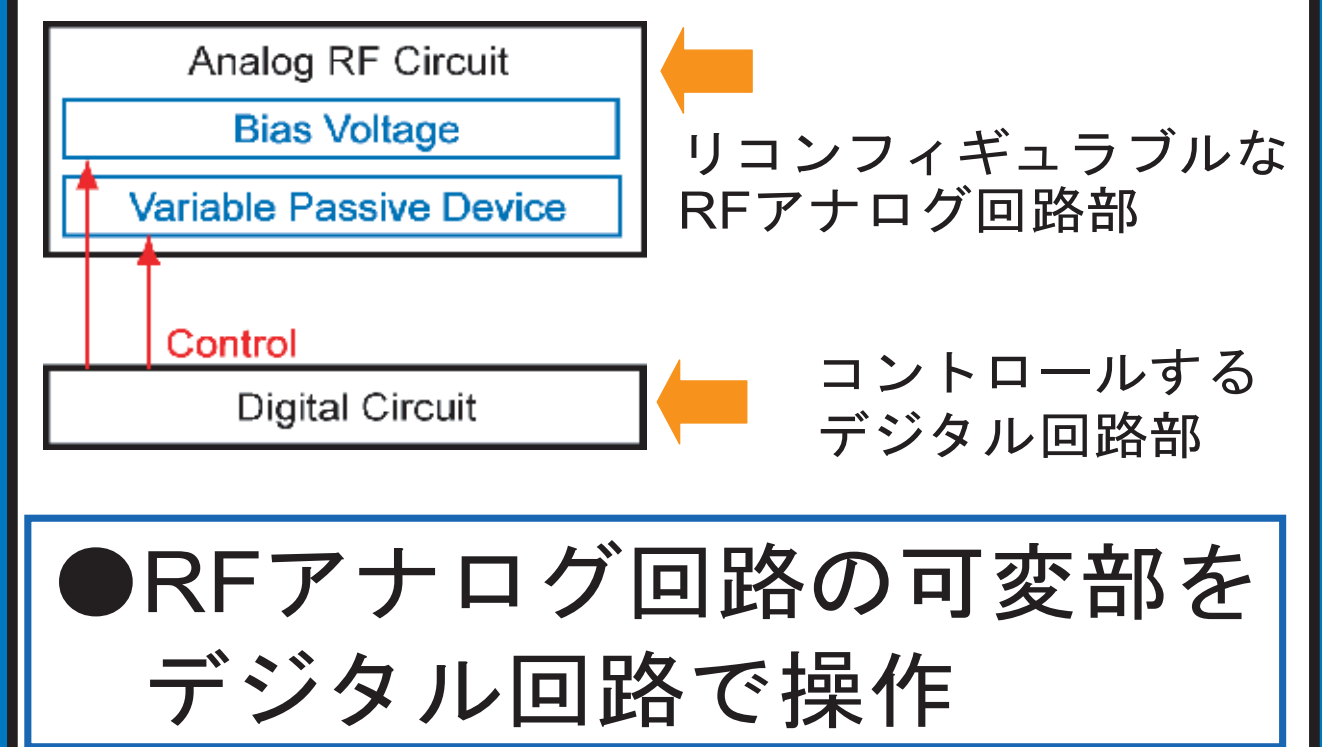
再構成可能なRF回路設計技術

再構成可能なRF回路とは

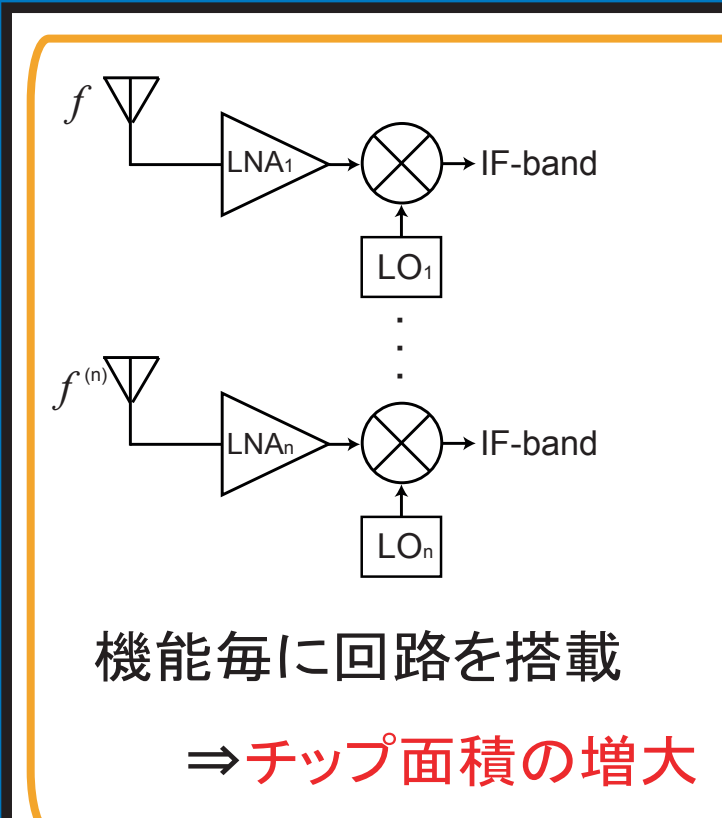
Multi-function機能 ➡ 複数の通信方式、通信周波数に対応  
一つの端末で複数の規格を網羅

Self-compensation機能 ➡ 設計誤差、製造ばらつき、温度補償  
設計コストの削減

### 基本構成

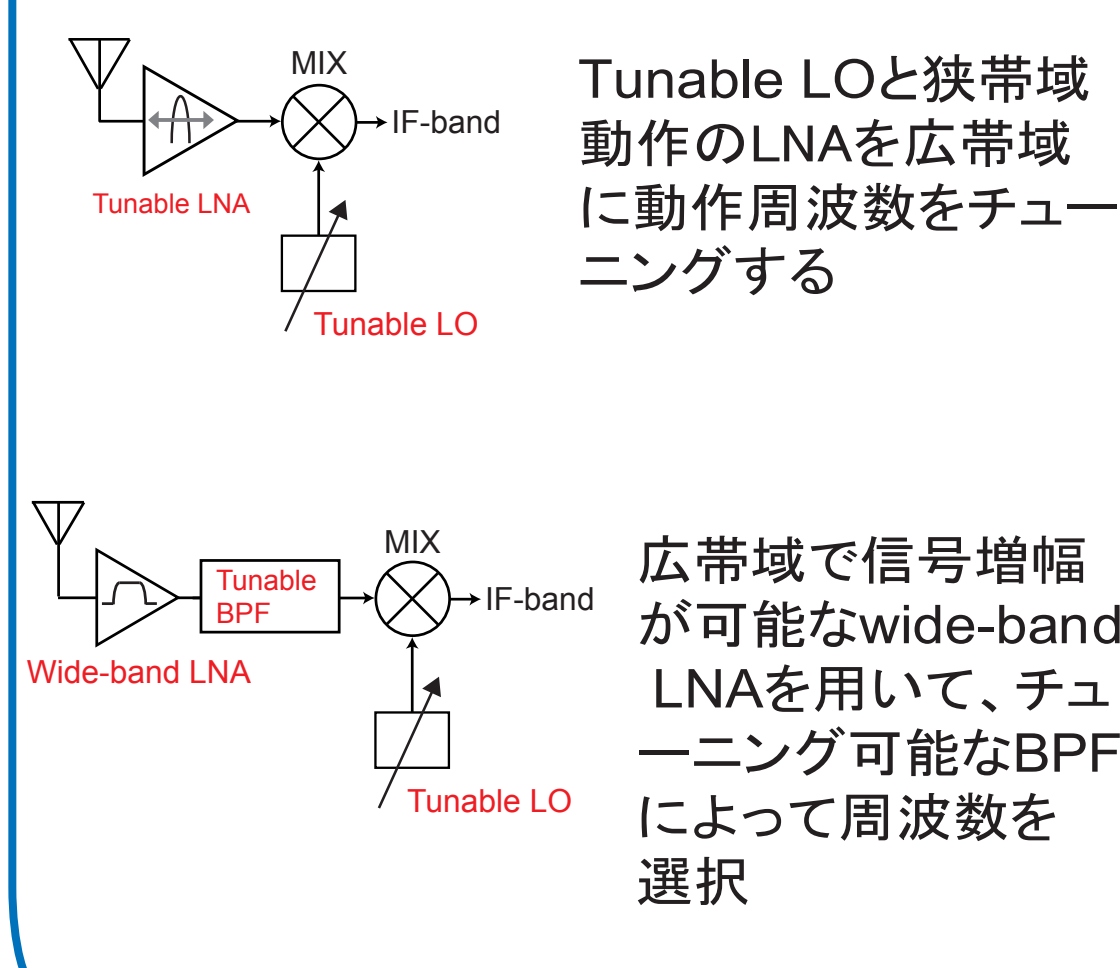


## 受信部回路アーキテクチャ



### 提案アーキテクチャ

各回路ブロックをチューナブル化  
➡ 広帯域動作RF回路に最適

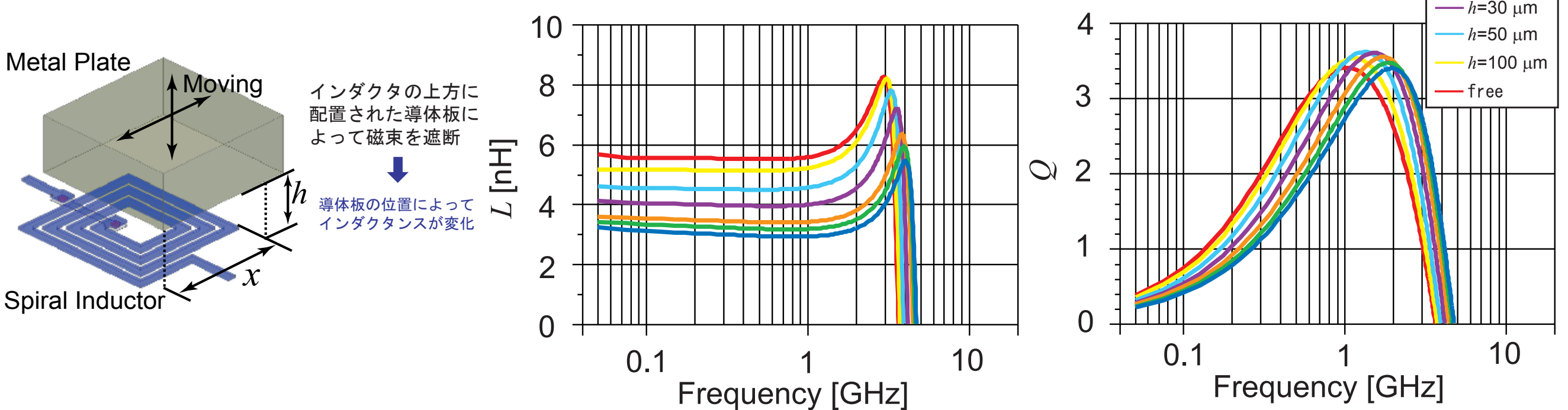


### 課題

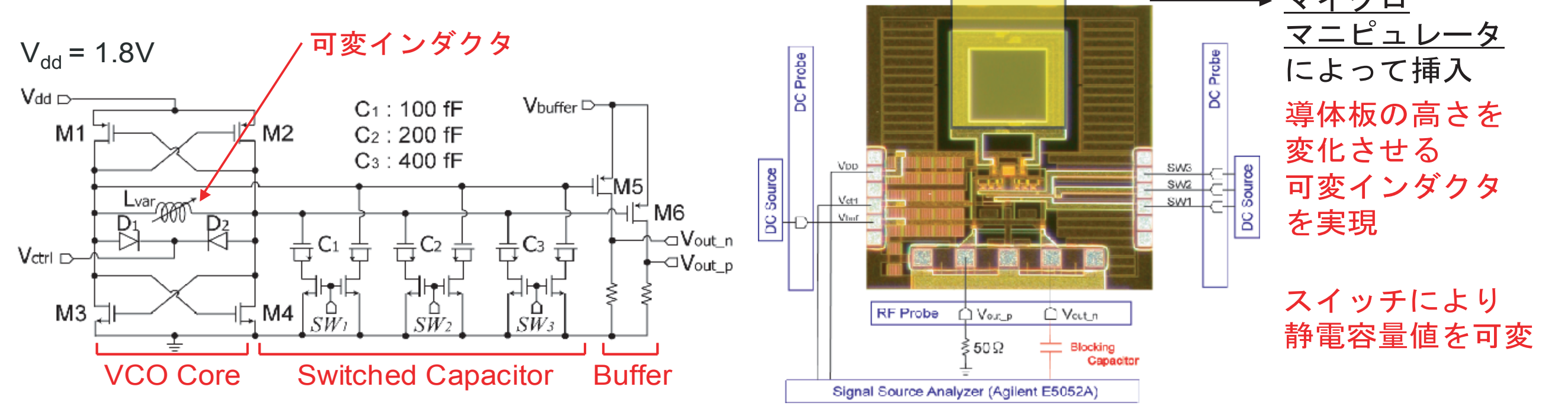
- Tunable LO  
VCOでバラクタに加え他の可変素子を使用  
分周器及びミキサを使用  
チップ占有面積、消費電力大
- Tunable LNA, MIX  
入出力及び回路間整合をチューニング  
高可変率を持つ受動素子が必要
- Tunable BPF  
高い可変率が必要
- Wide-band LNA  
On-chip分布定数増幅器を使用  
チップ占有面積、NF、消費電力大

## 広帯域VCO

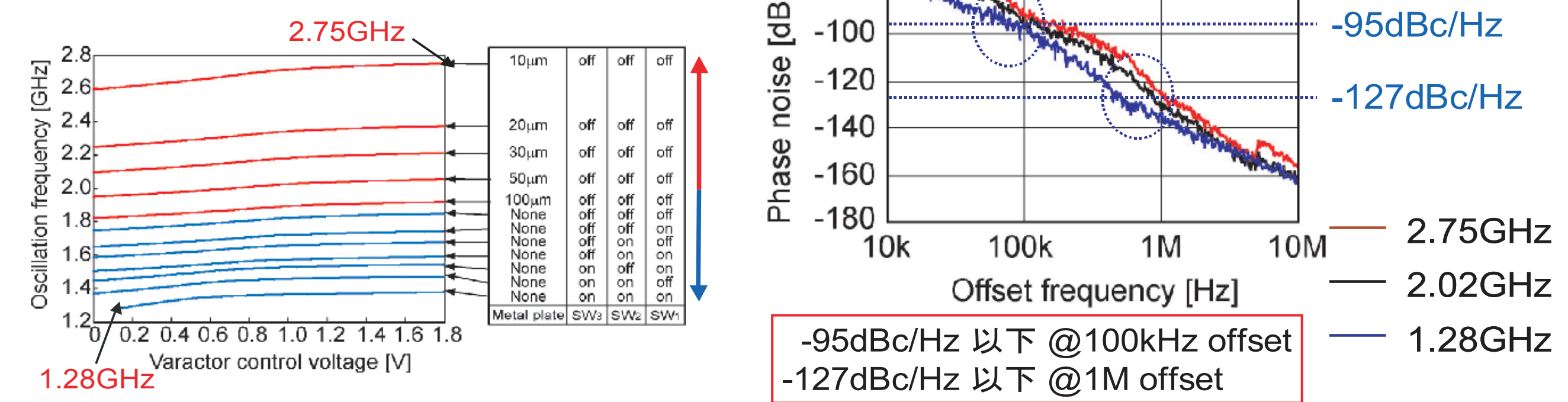
### 可変インダクタ オンチップインダクタと導体板で構成



### 回路構造



### 測定結果

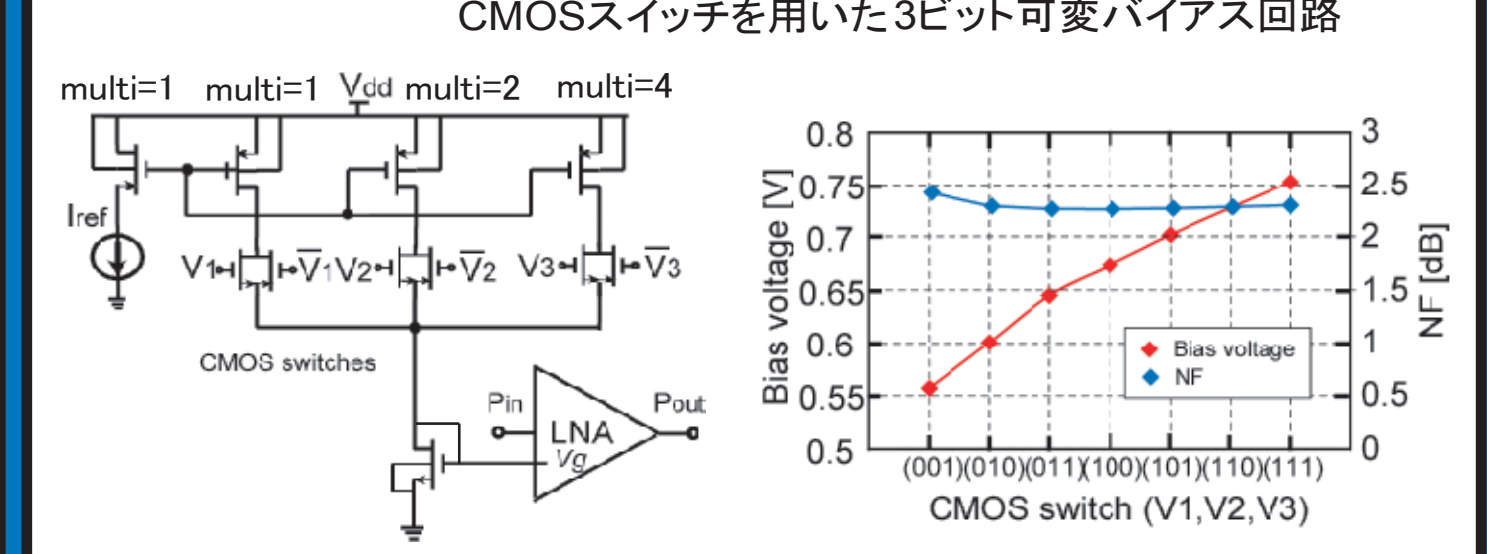


## 自己補償LNA

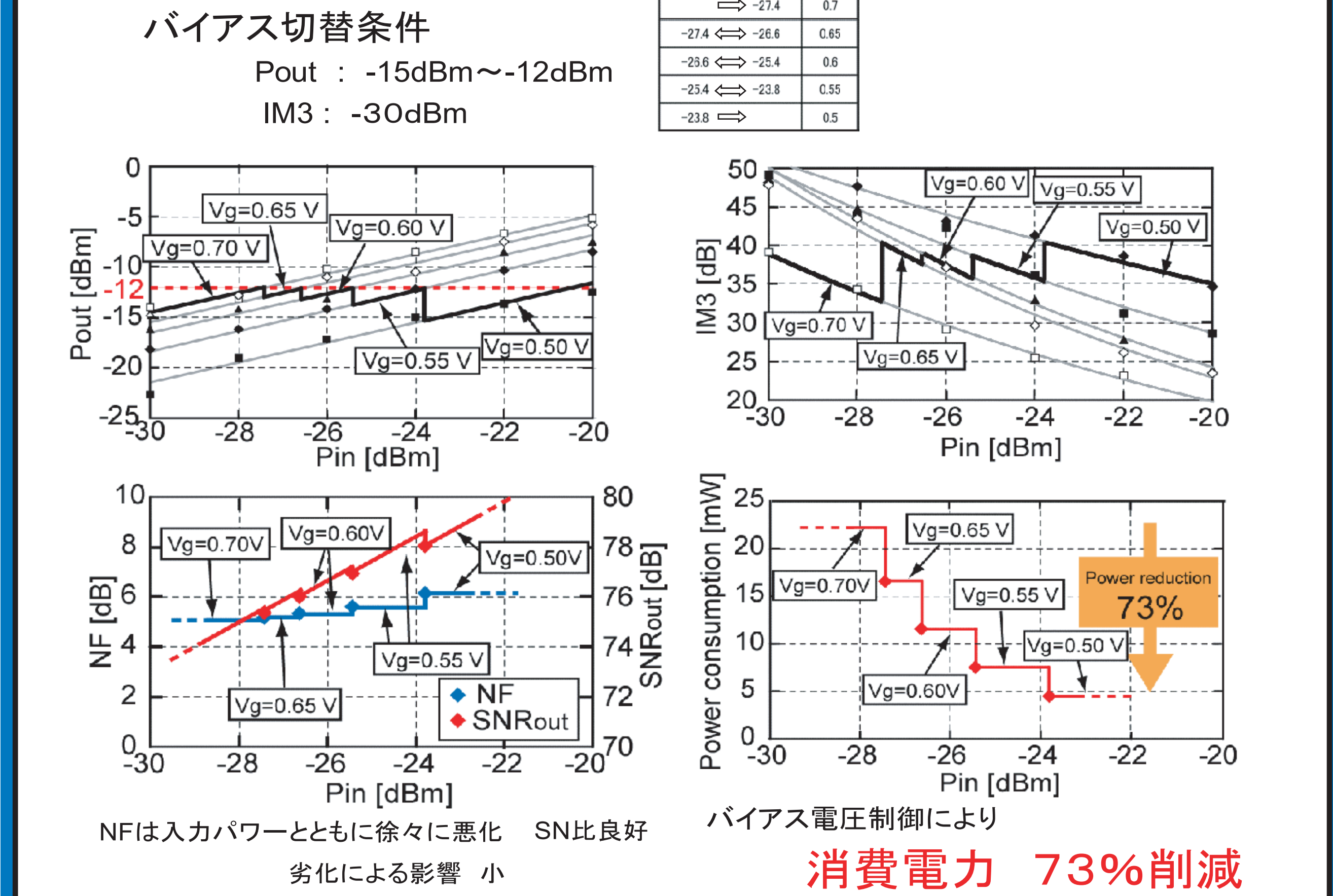
### 目的

動的再構成可能な Low Noise Amplifier (LNA) の性能補償  
劣化要因: 設計誤差, 製造ばらつき, 温度  
製造後に回路性能を再構成  
設計マージンなしで性能補償が可能

### 可変バイアス回路



### 測定結果



### 性能比較

評価指標:  $FOM_T$   
➡位相雑音を発振周波数と周波数可変範囲と消費電力で正規化

$$FOM_T = L\{f_{offset}\} - 20 \log \left( \frac{f_o}{f_{offset}} \cdot \frac{FTR}{10} \right) + 10 \log \left( \frac{P_{DC}}{1mW} \right)$$

$f_o$ : 中心周波数  
 $f_{offset}$ : オフセット周波数  
 $L\{f_{offset}\}$ : オフセット周波数の位相雑音  
 $FTR$ : 周波数可変範囲(%)  
 $P_{DC}$ : 消費電力(mW)

論文	Tech.	中心周波数 (GHz)	消費電力 (mW)	FTR	位相雑音 1MHz offset (dBc/Hz)	$FOM_T$ (dBc/Hz)
[2]	0.18 $\mu$ m CMOS	1.80	4.8	73%	-127	-202.1
[3]	0.25 $\mu$ m CMOS	1.25	7.2	28%	-131	-193.3
本研究	0.18 $\mu$ m CMOS	2.02	18.2	72%	-135	-205.9

最高の $FOM_T$ 値を実現

### リコンフィギュアラブルRF回路技術の提案

- Multi-function機能  
可変インダクタとスイッチトキャパシタによりVCOの広帯域動作を確認  
発振周波数1.28 GHzから2.75 GHzを実現
- Self-compensation機能  
可変バイアス回路の制御によってLNAの高性能化を確認  
出力パワーと歪みをバイアスで補償することで消費電力73%削減