

# JEM/SMILES 用 640 GHz SIS ミクサの開発

## IF 整合回路

*The LOAD<sup>OF</sup>The IF-circuit*

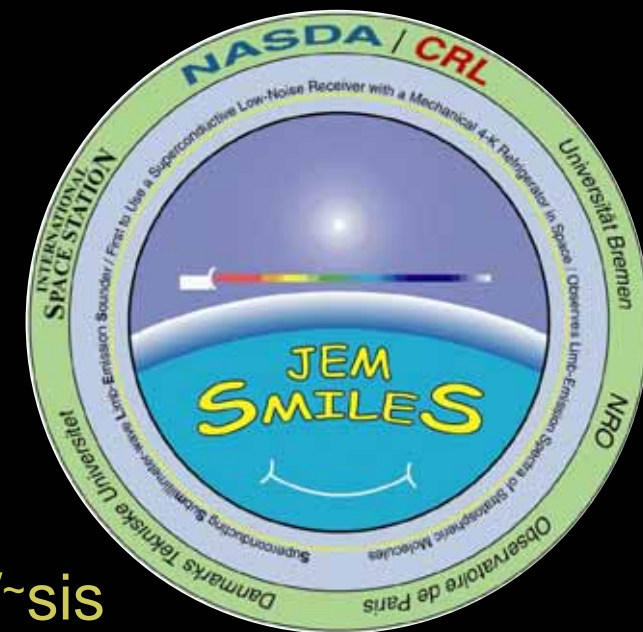
菊池<sup>1</sup>, 有村<sup>1</sup>, 稲谷<sup>1</sup>, JEM/SMILES  
ミッションチーム<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構

<sup>2</sup> 通信総合研究所

<http://smiles.tksc.jaxa.jp>

<http://smiles.tksc.jaxa.jp/~sis>



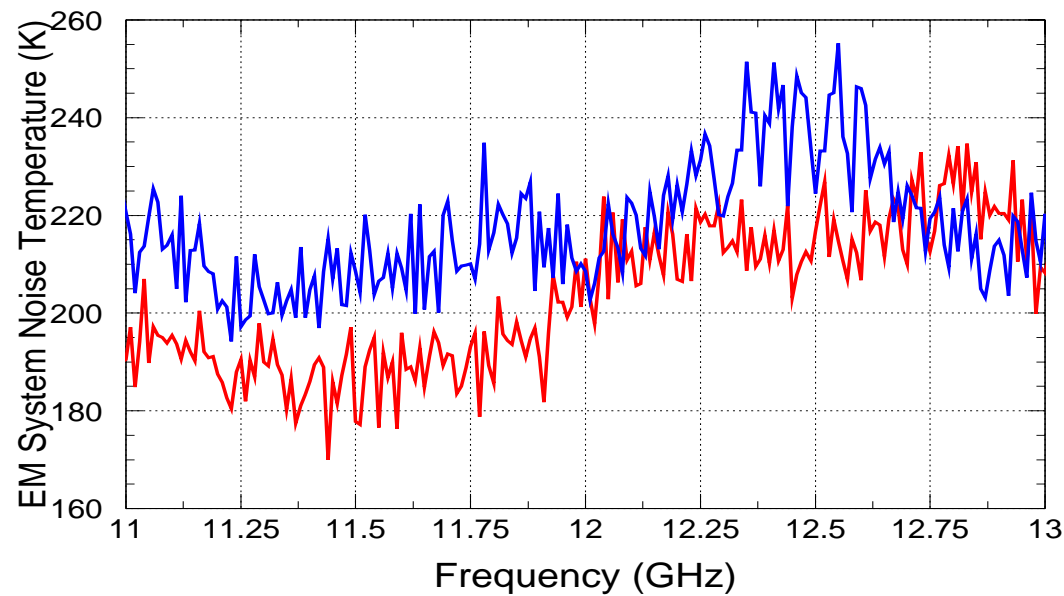
## はじめに

- ・ SIS ミクサの性能を議論するには、RF の整合、(intrinsic な) 変換効率、および IF の整合に関する理解が必要である。
- ・ しばしば SIS ミクサと後段の機器との間の大きな定在波が観測される。これは、とりもなおさず IF の不整合がミクサの性能劣化の大きな要因であることを示唆する。また利得の平坦性や広帯域化を妨げる原因ともなる。
- ・ SIS ミクサの出カインピーダンス ( $Z_{out}$ ) を直接に測定することは困難であるが、実践的には、負荷インピーダンス ( $Z_{load}$ ) の異なる線路を接続した場合の特性を調べることで、 $Z_{out}$  を推定することができる。
- ・ 本ポスターでは、ミクサの特性をよく再現する解析モデルを構築し、IF 整合を改善する整合回路について検討を行う。

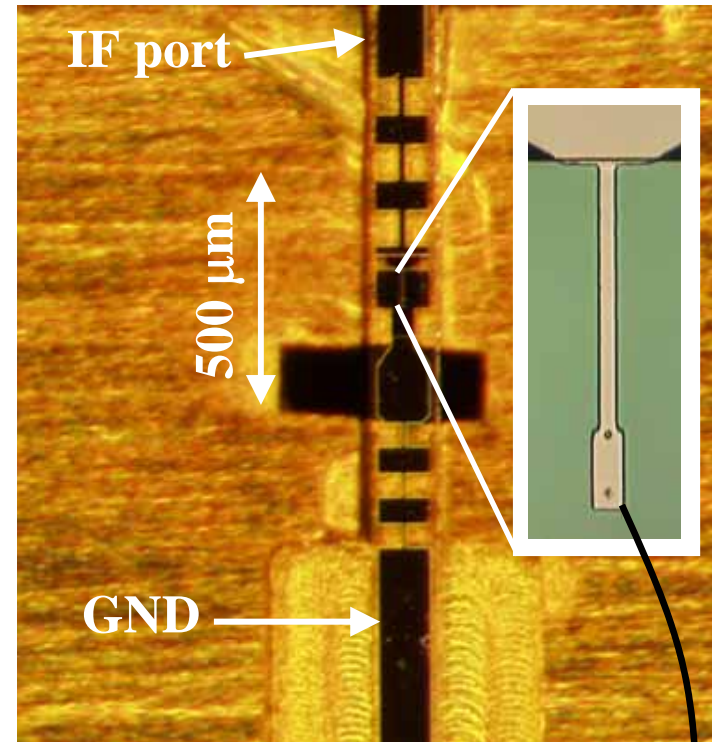
# JEM/SMILES 搭載用 640 GHz SIS ミクサ



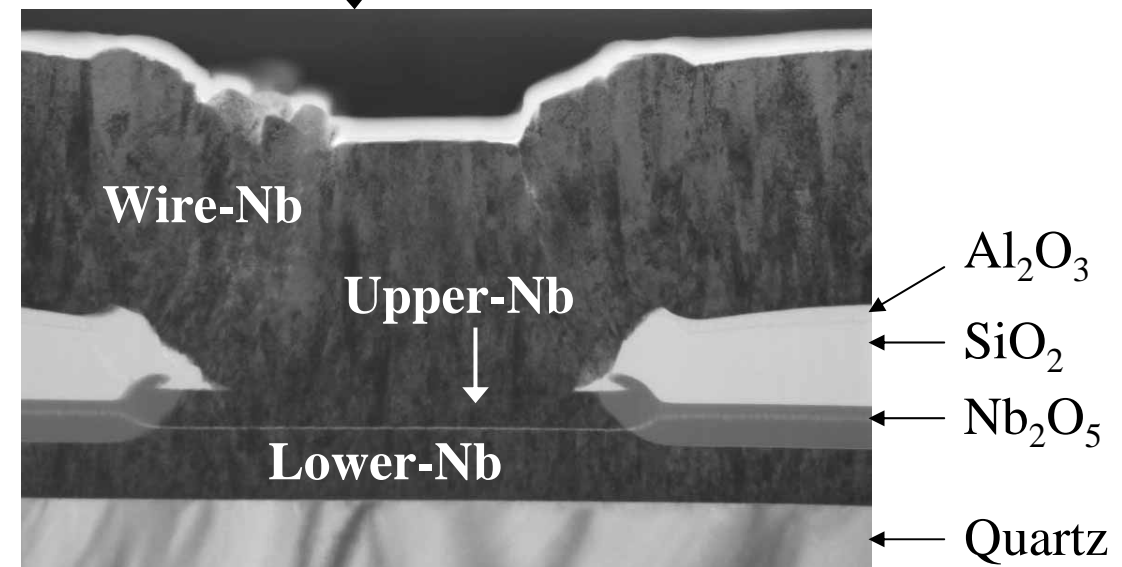
LO freq. : 637.32 GHz  
IF : 11-13 GHz



EM 受信器の入力雑音の IF 特性



SIS Junction:  
Nb/AlO<sub>x</sub>/Nb  
Junction Size:  
 $\sim 1 \times 1 \mu\text{m}^2$   
Current Density:  
 $\sim 7 \text{ kA/cm}^2$   
RF Matching:  
PCTJ with Integrated Circuit



TEM による SIS 接合部の断面観察

# このポスターのロードマップ

*The ROAD OF The Poster*

SIS ミクサの解析モデル  
(枠組) の構築

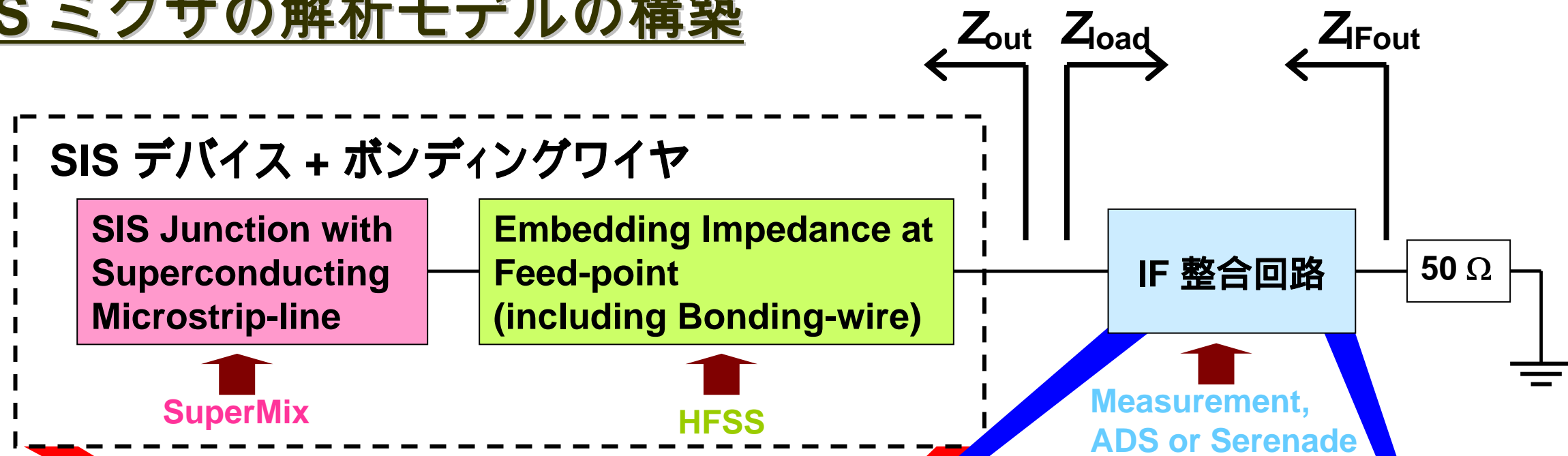
試験用 IF 回路の  
製作と評価

解析モデルのチューン  
(測定結果とのフィット)

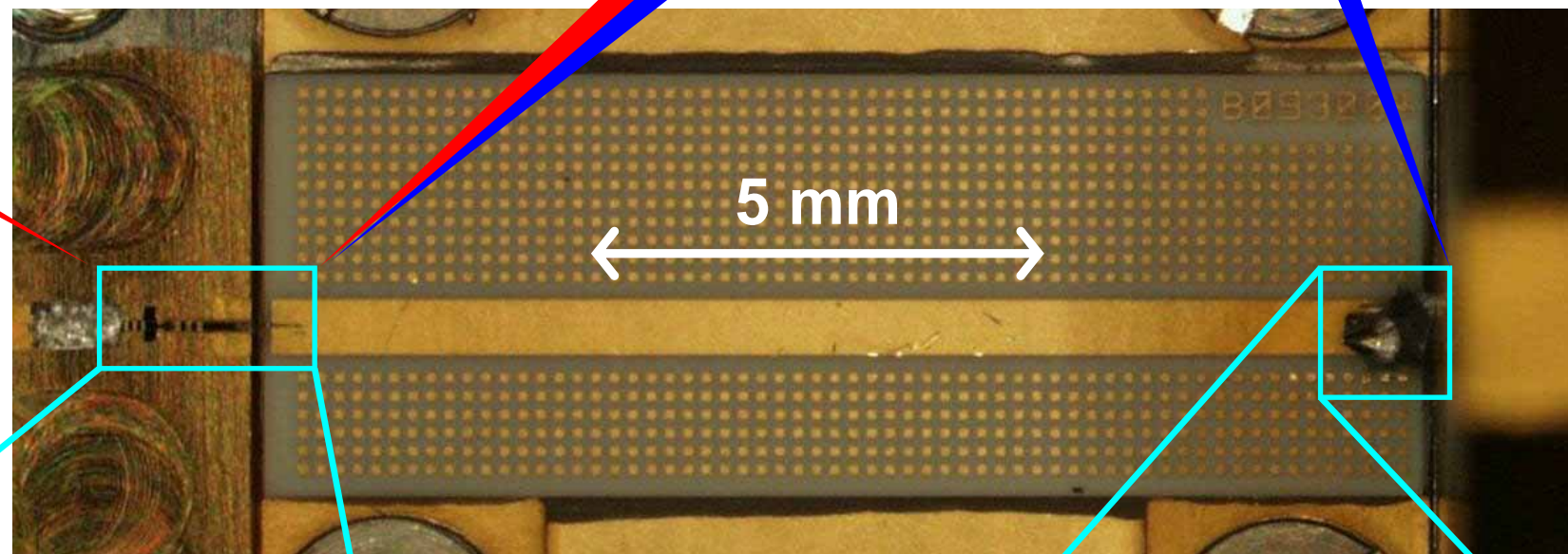
$Z_{out}$  の推定

IF 整合回路の設計

# SIS ミクサの解析モデルの構築



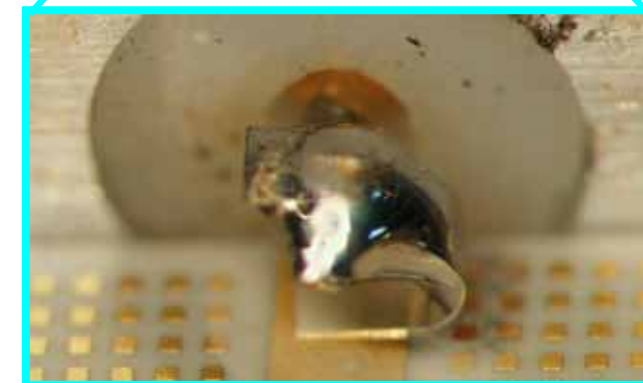
SIS ミクサブロックの内部に SIS デバイスと IF 整合回路が組み込まれている。



SIS デバイスと  
ボンディングワイヤ



リボンワイヤとSMA  
コネクタピンの接続部



# 試験用 IF 回路の製作と評価

ファースト・トライとして、SIS デバイスの出カインピーダンス ( $Z_{out}$ ) を簡単な解析によって推定し、複数の試験用 IF 回路を設計、製作

試験用 IF 回路単体の S パラメータを測定

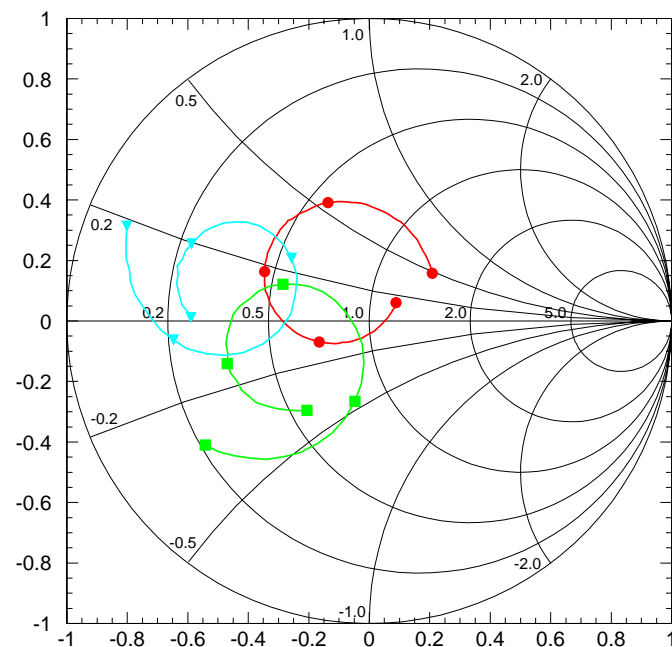
$Z_{load}$  を計算し、SIS ミクサの解析モデルへ組込む

実測に基づき、IF 出力部 (SMA コネクタピンとの接続部) の影響をモデル化

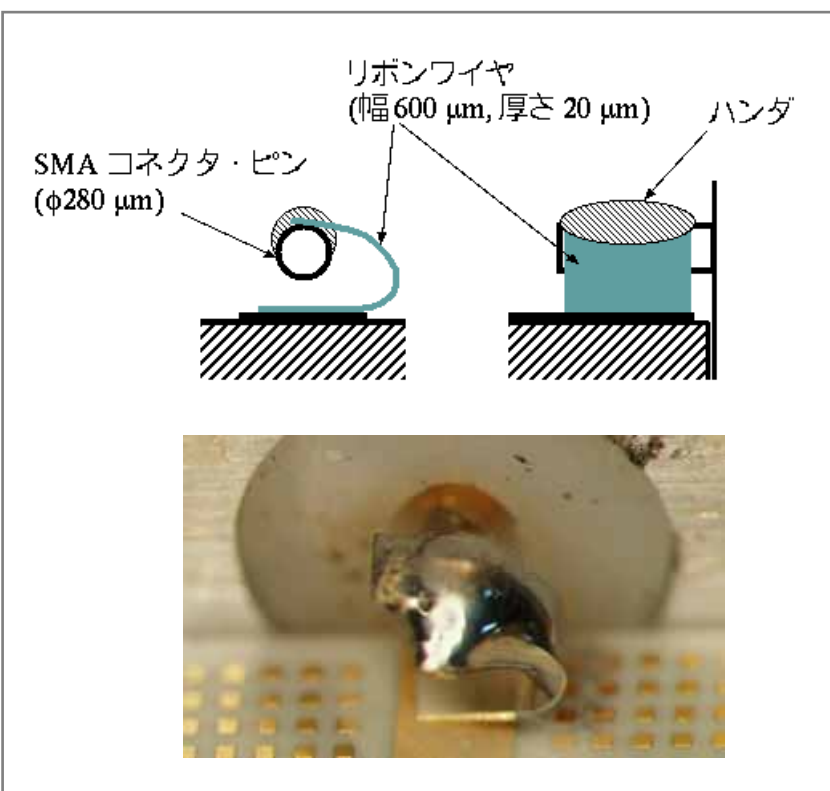
製作した IF 整合回路の写真 (ミクサブロック内に組み込まれた状態)



試験用 IF 回路の  $Z_{load}$  の計算結果 (11-13 GHz)



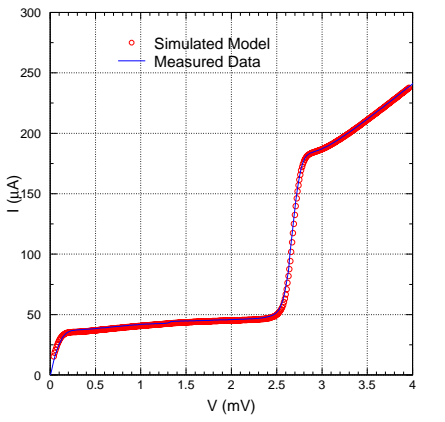
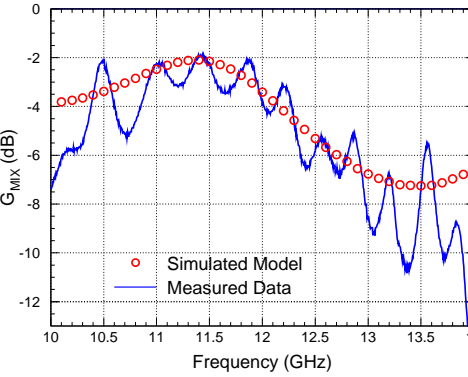
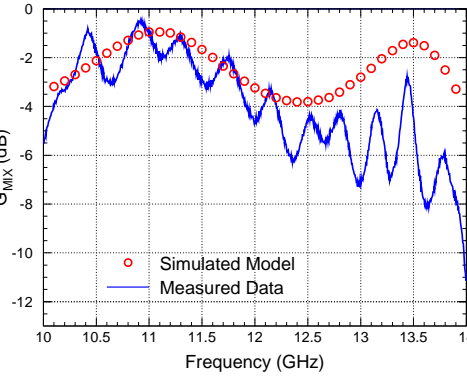
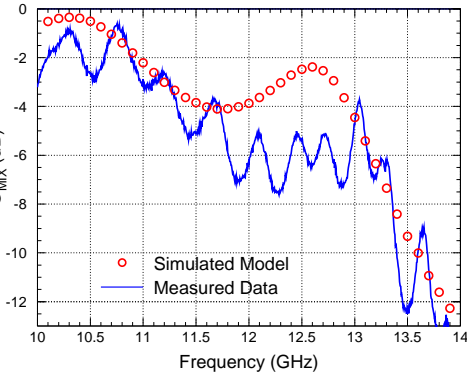
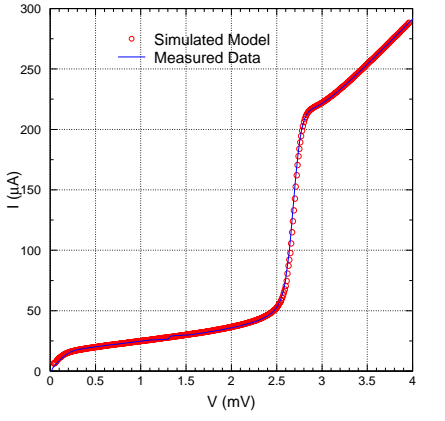
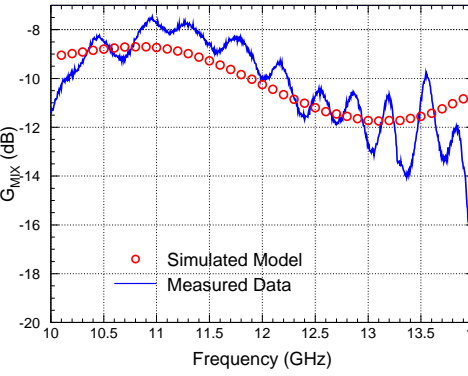
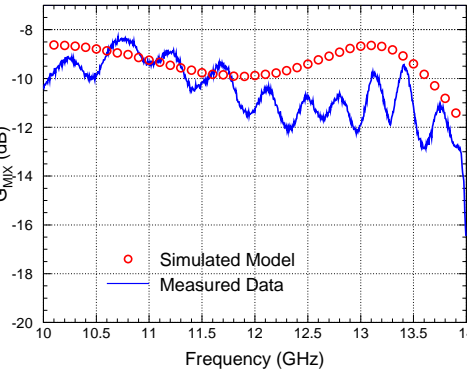
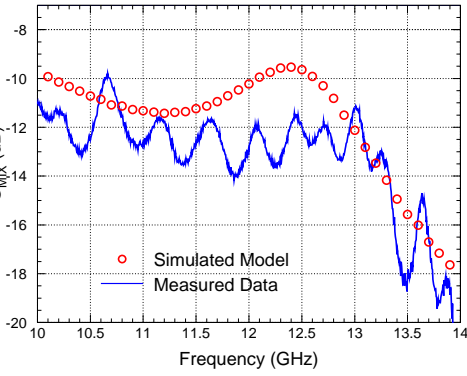
- 試験用 IF 回路 1
- 試験用 IF 回路 2
- ▼ 試験用 IF 回路 3



# 解析モデルのチューン

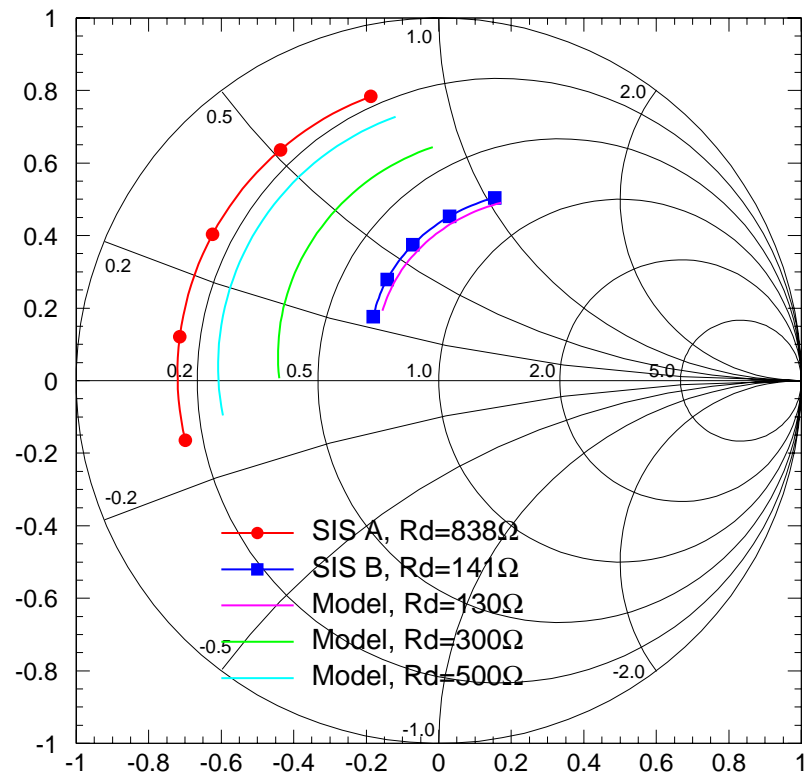
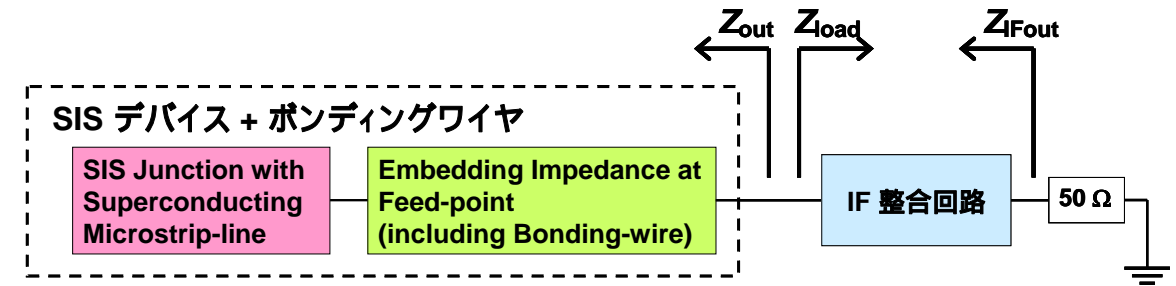
- $R_d$  (バイアス点での動抵抗) の大きく異なるデバイス (SIS A と B) を使用して、DC、RF、および IF 特性を測定。
- 測定データを再現するように解析モデルのパラメータをフィット。

解析モデルと測定データの比較の例:

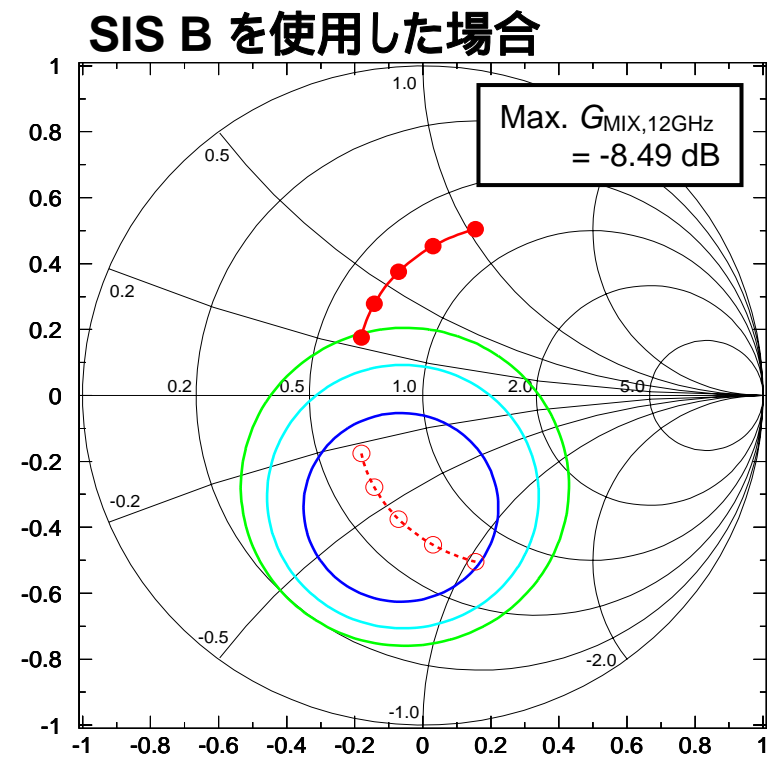
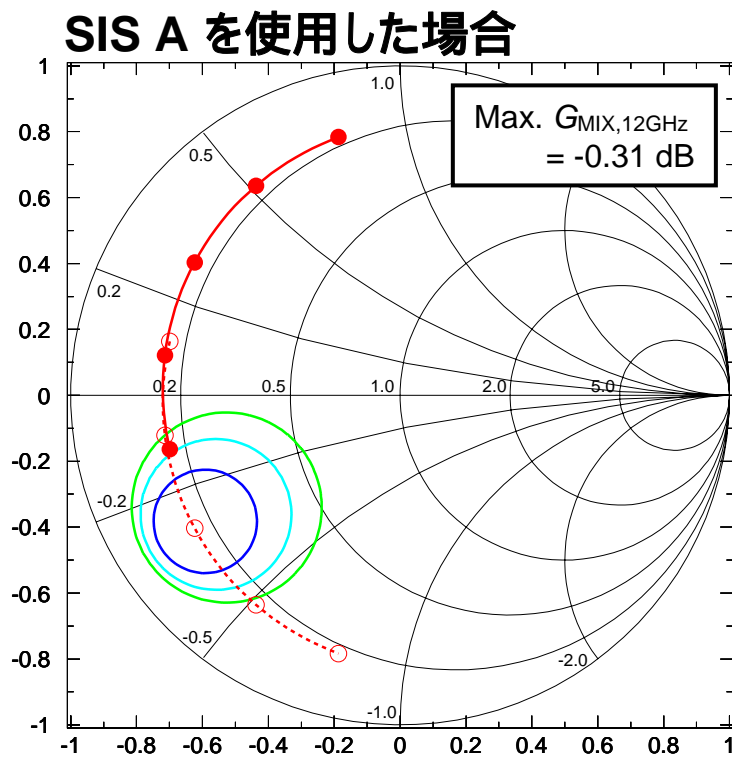
SIS デバイス	LO 入力時の I-V 特性	SIS ミクサの利得 ( $G_{MIX}$ ) の IF 特性		
		試験用 IF 回路 1	試験用 IF 回路 2	試験用 IF 回路 3
<p><b>SIS A</b></p> <p><math>J_c = 6813 \text{ A/cm}^2</math>  <math>R_n = 16.2 \ \Omega</math>  <math>R_d = 838 \ \Omega</math></p>				
<p><b>SIS B</b></p> <p><math>J_c = 5741 \text{ A/cm}^2</math>  <math>R_n = 13.5 \ \Omega</math>  <math>R_d = 141 \ \Omega</math></p>				

# Z<sub>out</sub> の推定

- SIS ミクサの解析モデルを使って Z<sub>out</sub> を計算。
- さらに、Z<sub>load</sub> を変化させた場合のミクサ利得 G<sub>MIX</sub> を評価。



10-14 GHz での Z<sub>out</sub> の軌跡。  
SIS A と B の解析結果に基づき、  
動抵抗が 130, 300, および 500 Ω  
の SIS デバイスを使用した場合の  
Z<sub>out</sub> も計算してプロットした。



- Z<sub>out</sub> (10-14 GHz)
- ⊙ Z<sub>out</sub>\* (10-14 GHz)

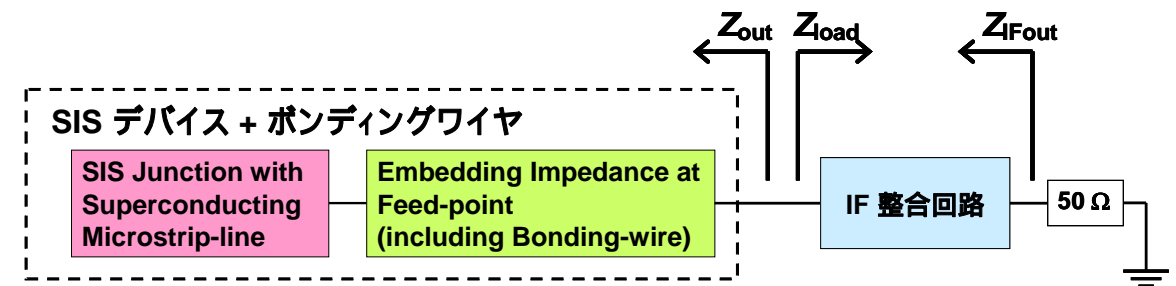
Z<sub>load</sub> 平面に描いた G<sub>MIX,12GHz</sub> の等高線  
(at 12 GHz)

- Max. G<sub>MIX,12GHz</sub> - 0.5 dB
- Max. G<sub>MIX,12GHz</sub> - 1.0 dB
- Max. G<sub>MIX,12GHz</sub> - 1.5 dB

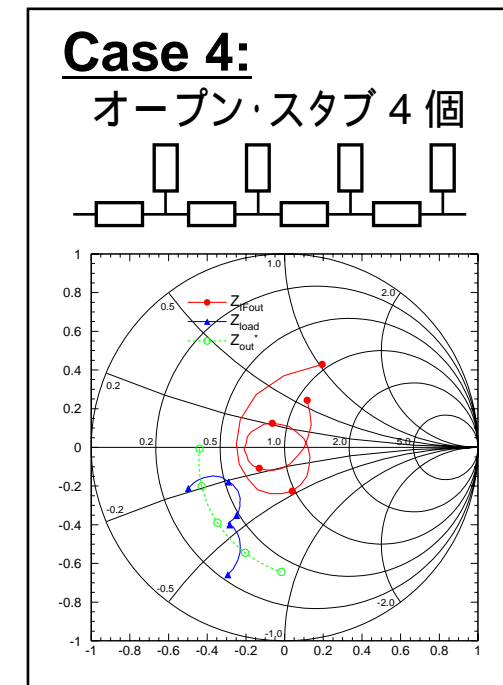
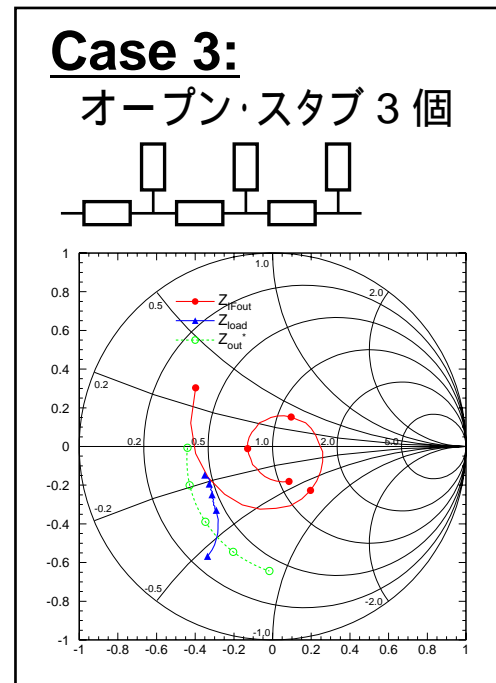
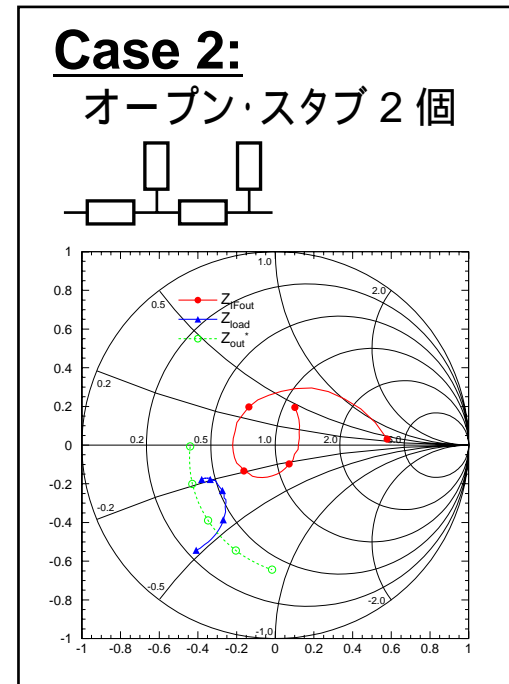
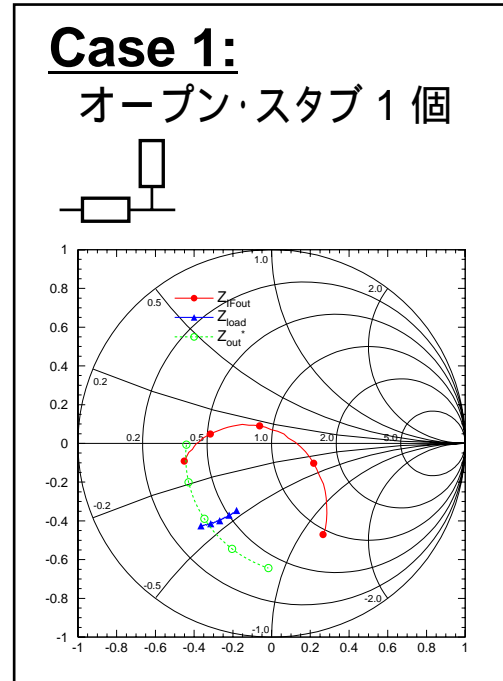


# IF 整合回路の設計

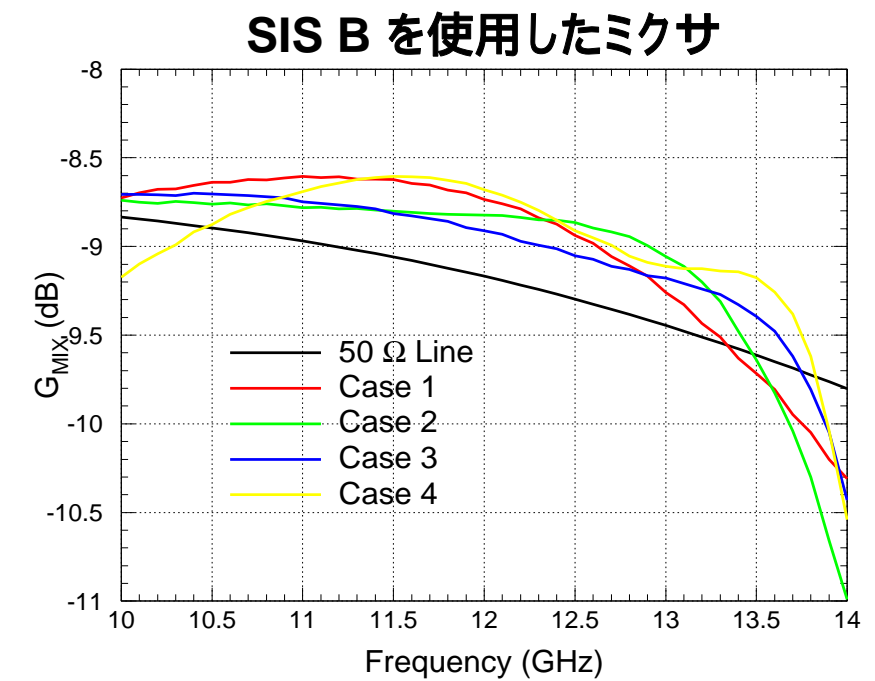
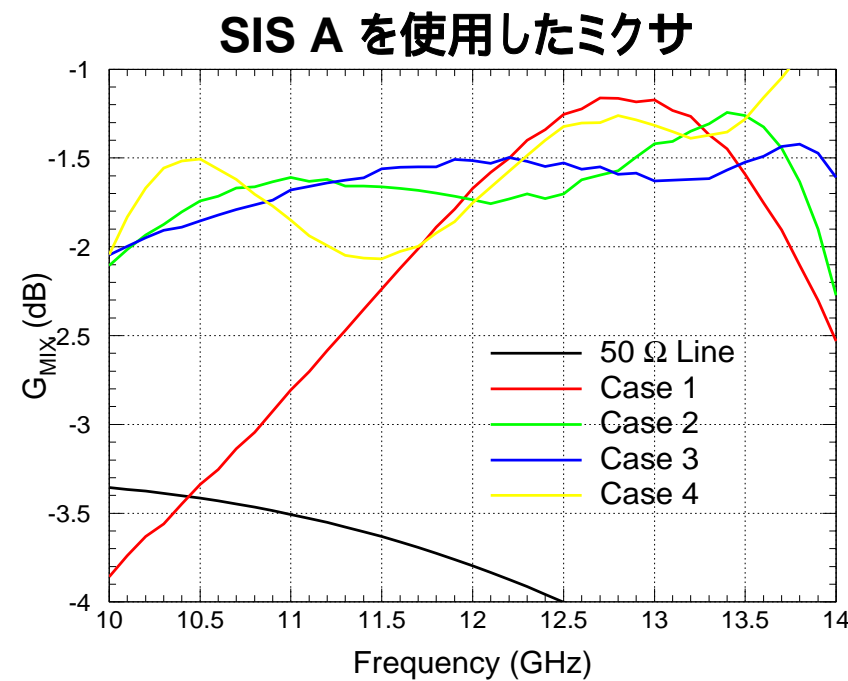
現実的な範囲の設計で可能な整合回路を検討。



例:  $R_d = 300 \Omega$  の SIS デバイスに対する IF 整合回路の検討



上で検討した  $R_d = 300 \Omega$  用の IF 整合回路のモデルを、SIS A と B の解析モデルに接続して  $G_{MIX}$  を計算した結果。  
単純な  $50 \Omega$  線路を使用した場合と比べ、SIS A では約 2 dB の改善が見込まれ、また平坦性も向上する。



## まとめ

- ・ 信頼できる SIS ミクサの解析モデルを構築し、測定データとよく一致することを確認した。
- ・ 解析モデルに基づいて IF 整合回路の検討を行った。その結果、従来の 50  $\Omega$  線路を用いた場合に比べて、11-13 GHz 帯での利得を 2 dB ほど改善する目処が立った。同時に、帯域内の利得平坦度を 0.5 dB<sub>p-p</sub> 程度に抑えられると予想される。現在、解析結果を反映した整合回路を製作中である。
- ・ リボンワイヤ等、ミクサ外部の 50  $\Omega$  系との接続部分が IF 特性に無視できない影響を及ぼす可能性のあることを示した。整合回路の製作・設計にあたっては、これらを正しく評価する必要がある。

## 謝辞

測定・解析に御尽力いただいた以下の皆様に謝辞を申し上げます。

藤井様 (日本通信機株式会社)、

山本様、岩本様 (三菱電機特機システム株式会社)