

# オペアンプの高速試験と 増幅器利得補償の研究

群馬大学工学部電子情報理工学科  
情報通信システム第2 小林研究室

学籍番号 T160D031

荻原 岳

# 概要

- はじめに
- FFT法
- 複数オペアンプの開ループゲイン同時測定
- 測定手法によるAC特性の比較
- オペアンプ複数AC特性同時測定
- まとめ

# 概要

- はじめに
- FFT法
- 複数オペアンプの開ループゲイン同時測定
- 測定手法によるAC特性の比較
- オペアンプ複数AC特性同時測定
- まとめ

# 研究背景

IoT (Internet of Things)

車載用・医療用LSI

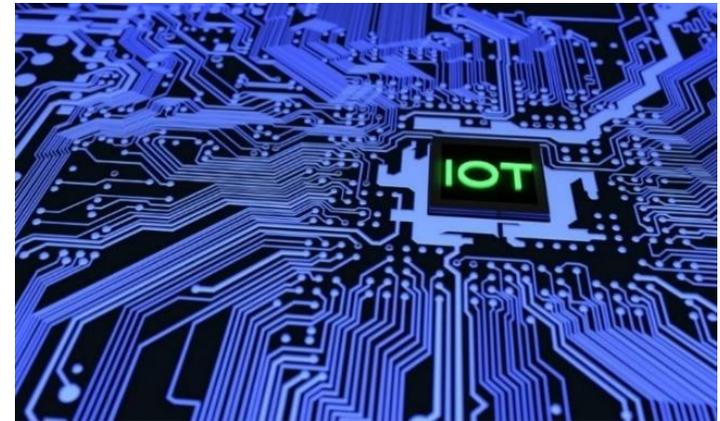


信頼性を要求



テストと評価の重要性

増



大量生産



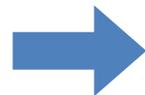
高品質かつ  
安価な試験手法

# 研究目的

## オペアンプ特性試験 NULL回路法



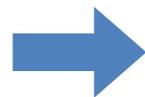
汎用性・正確性



基礎研究レベルのデバイス評価に最適



長い試験時間



量産試験には不向き

例:

1秒/個(100円)



多くの場合、特性試験は省略される

✓ 高速な試験手法が必要

# 研究目標



NULL法の利点＋  
量産試験の時間的要求を満たす測定方法

汎用性 — 多種類のパラメータに対応

正確性 — NULL法と同程度の精度

試験時間 — NULL法より短い所要時間



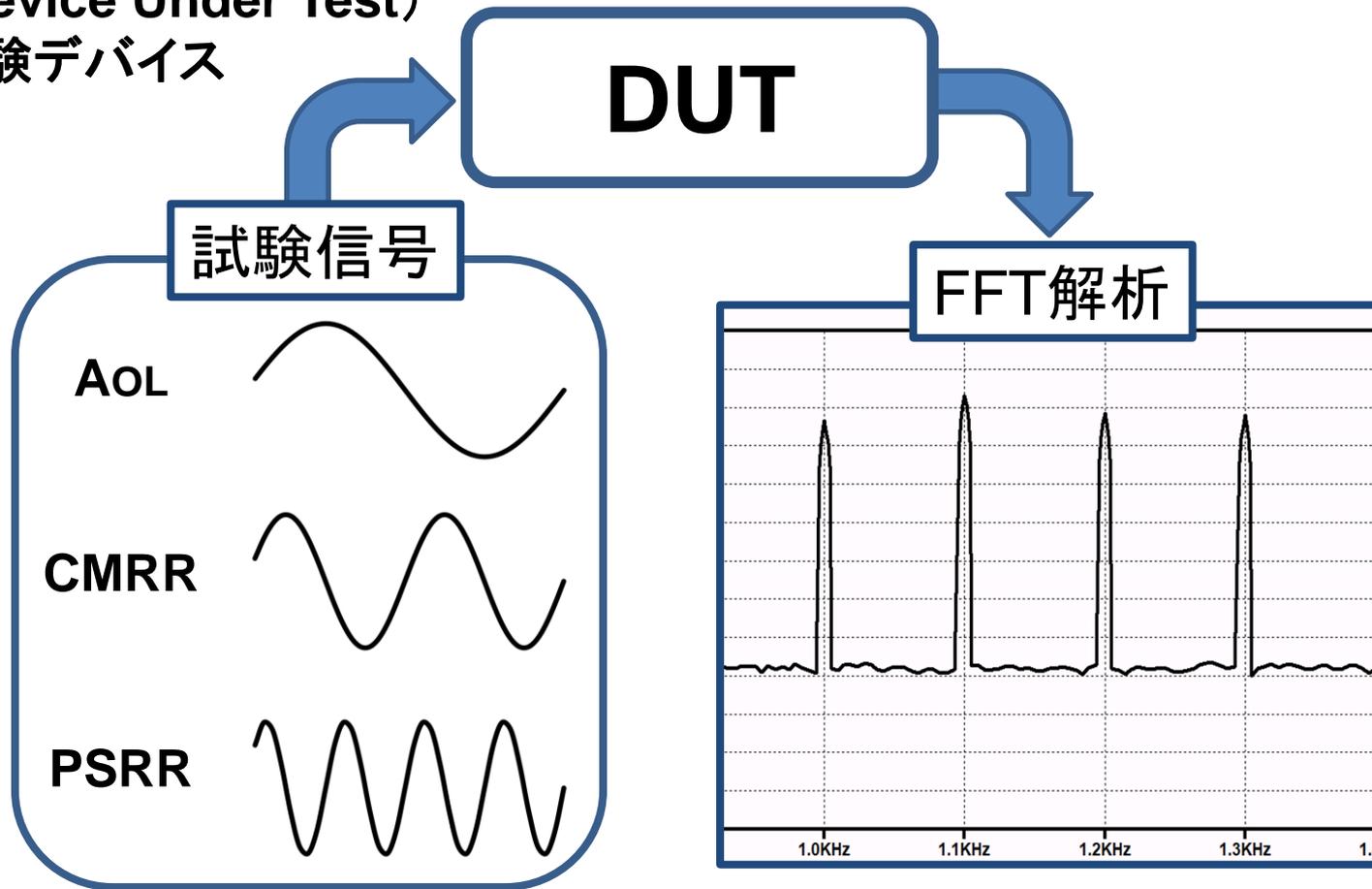
✓ 反転増幅回路構成とFFT技術を用いた高速試験

# 概要

- はじめに
- **FFT法**
- 複数オペアンプの開ループゲイン同時測定
- 測定手法によるAC特性の比較
- オペアンプ複数AC特性同時測定
- まとめ

# FFTを使用した測定方法

DUT (Device Under Test)  
: 被試験デバイス



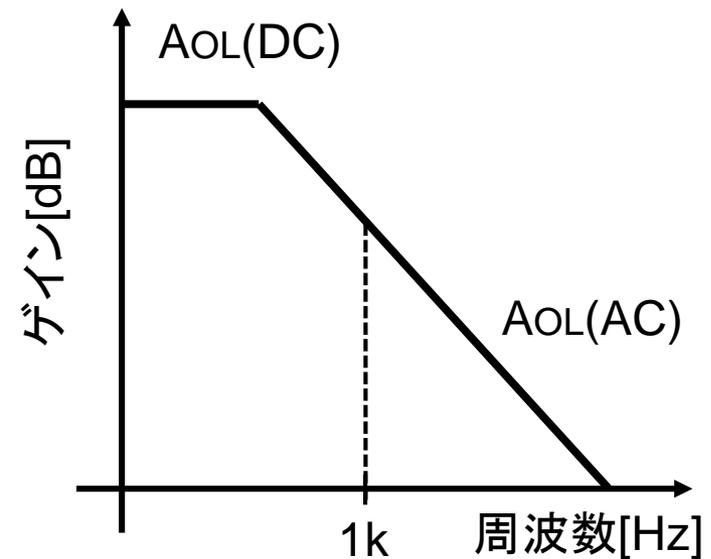
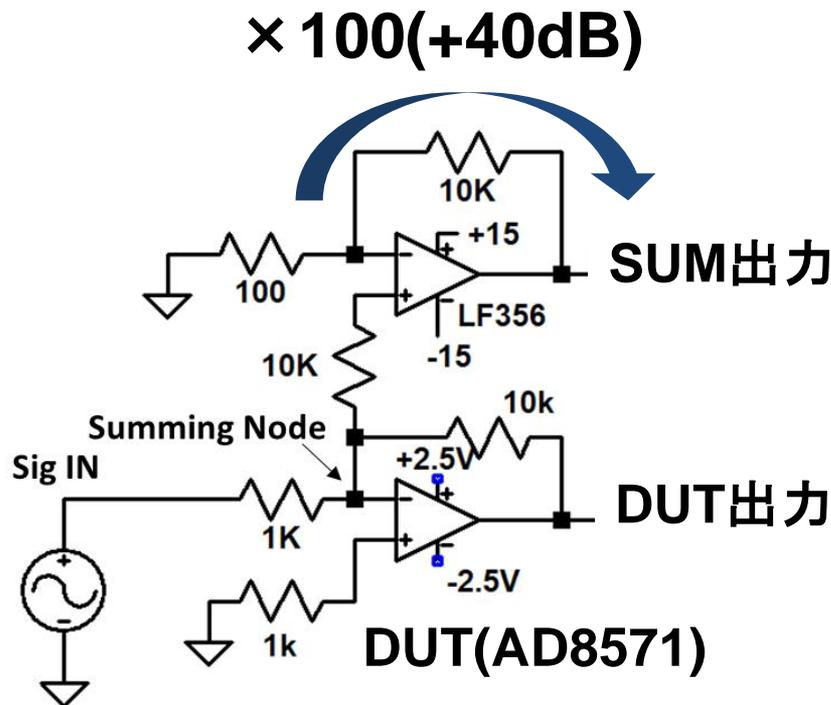
➡ パラメータごとに周波数を割り当てることで測定を容易に

# 概要

- はじめに
- FFT法
- **複数オペアンプの開ループゲイン同時測定**
- 測定手法によるAC特性の比較
- オペアンプ複数AC特性同時測定
- まとめ

# Summing Node FFT法測定回路

## Summing Node FFT法測定回路



ゲイン特性

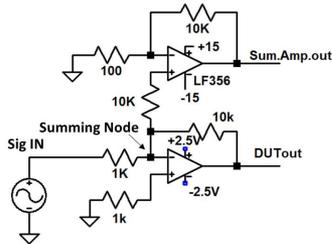
$$A_{OL} = \text{DUT出力} - (\text{SUM出力} - 40) + \text{補正值 [dB]}$$

(補正值・・・DUT出力とSUM出力から求めた値を1kHz時の値へ修正する)

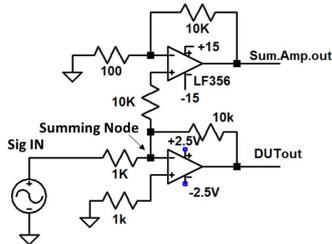
# 複数オペアンプのAOL測定

DUT番号

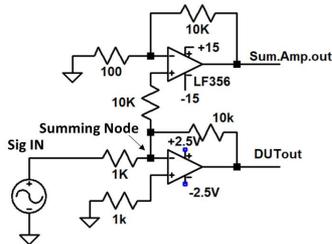
No. 4



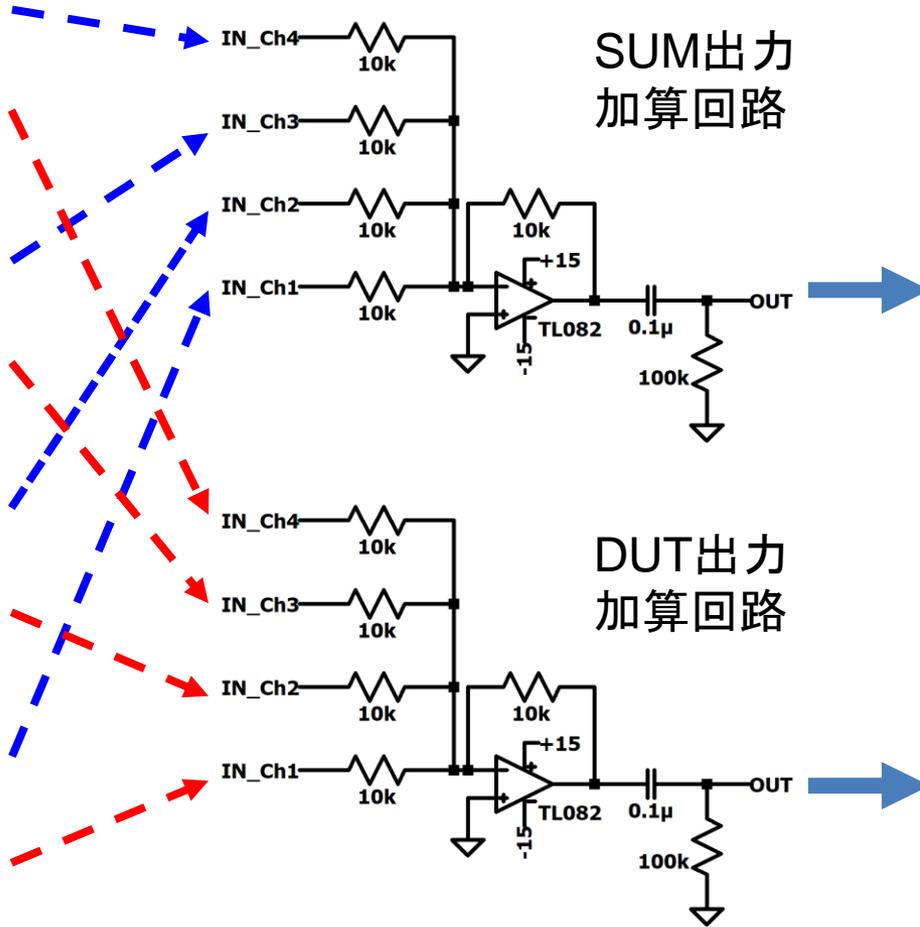
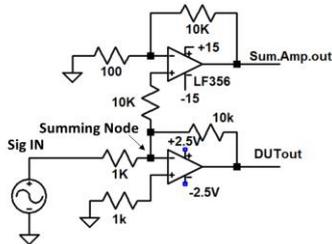
No. 3



No. 2

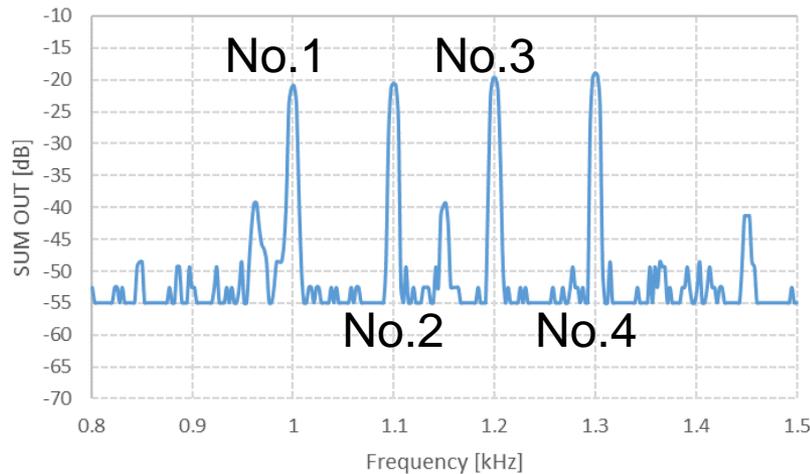


No. 1

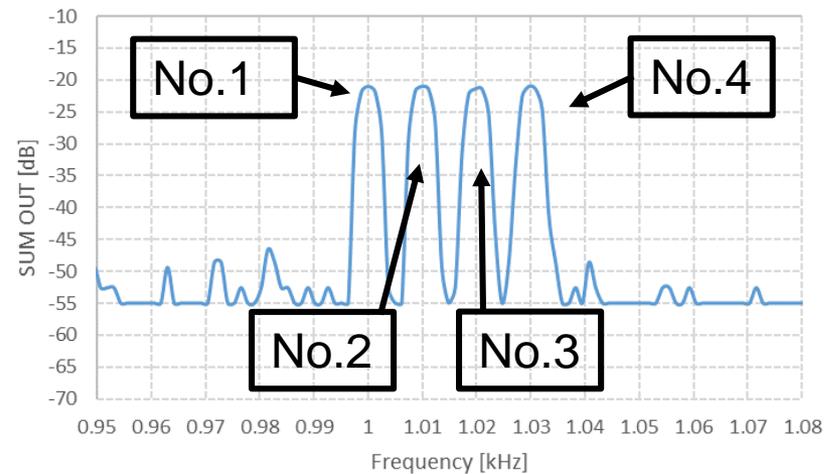


# 複数オペアンプのAOL測定結果

100Hz刻みの場合



10Hz刻みの場合



10Hzの狭い周波数間隔でもAOL測定可能



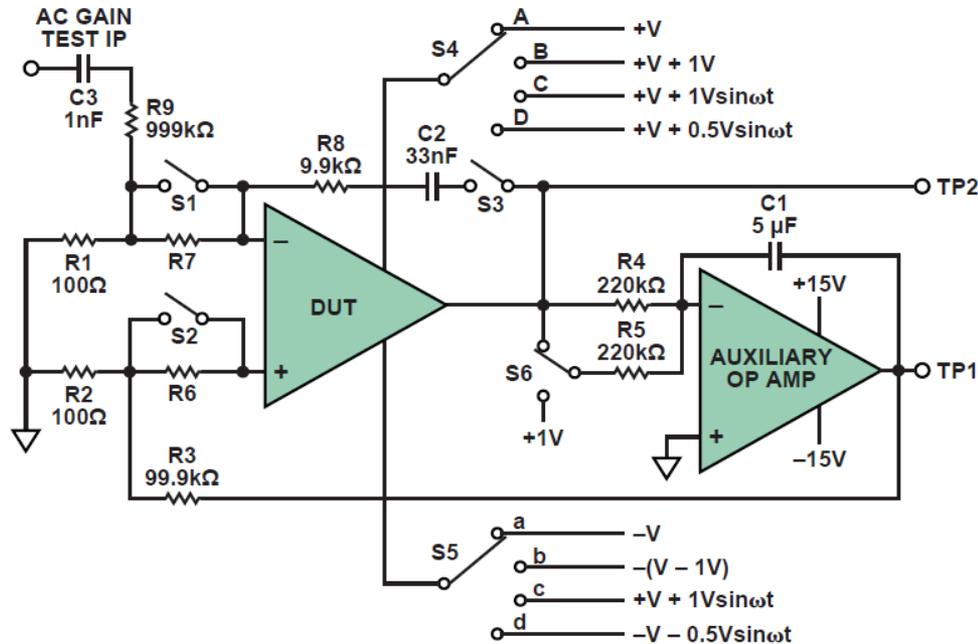
同時に多数チャンネルの試験可能

# 概要

- はじめに
- FFT法
- 複数オペアンプの開ループゲイン同時測定
- **測定手法によるAC特性の比較**
- オペアンプ複数AC特性同時測定
- まとめ

# NULL法の回路構成

## NULL法によるオペアンプ特性測定回路



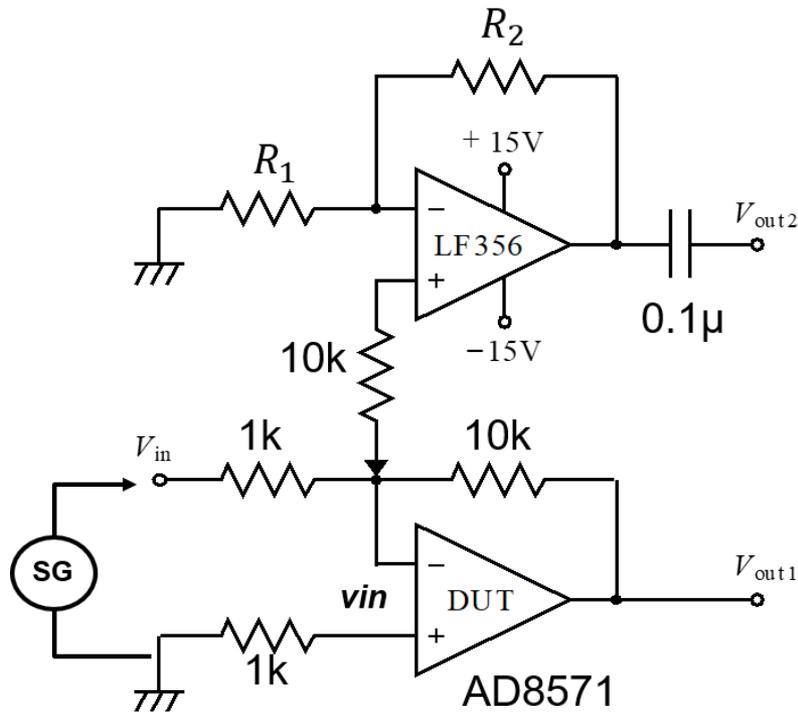
### スイッチポジション

パラメータ	S1	S2	S3	S4	S5	S6
オフセット電圧	on	on	off	A	a	off
オフセット電圧と バイアス電流	on/off	on/off	off	A	a	off
DCゲイン	on	on	off	A	a	off/on
ACゲイン	on	on	off	A	a	off
DC CMRR	on	on	off	A/B	a/b	off
DC PSRR	on	on	off	A/B	a/b	off
AC CMRR	on	on	on	C	c	off
AC PSRR	on	on	on	D	d	off

出典: Analog Dialogue Vol 45 Apr.2011 Analog Devices

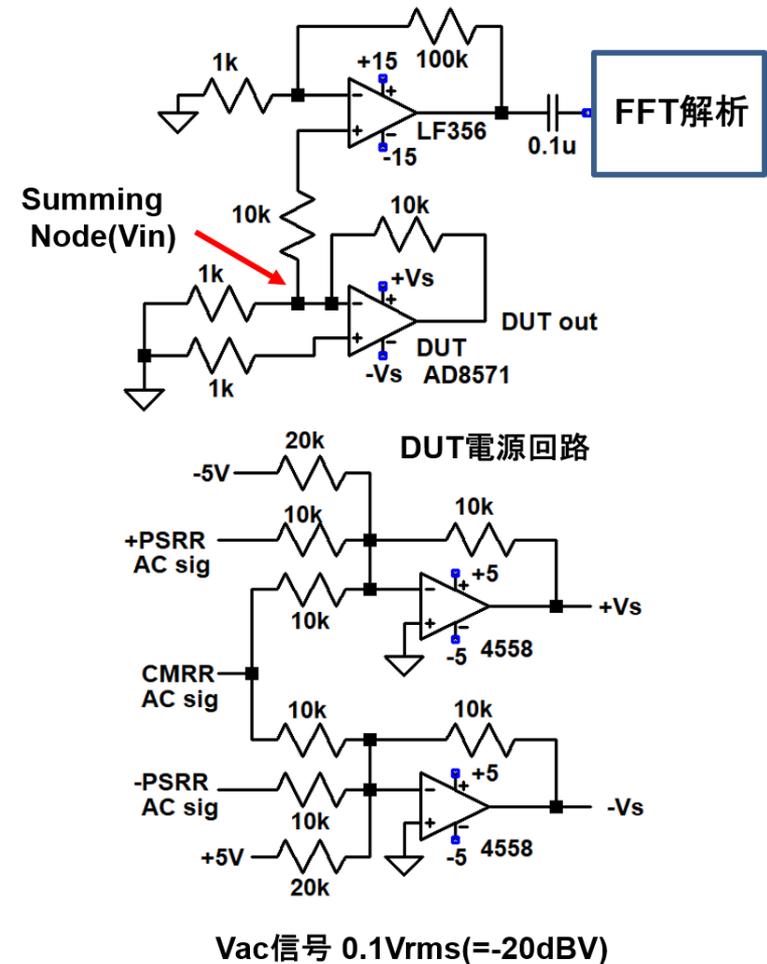
# Summing Node法の測定回路

## AOL測定回路

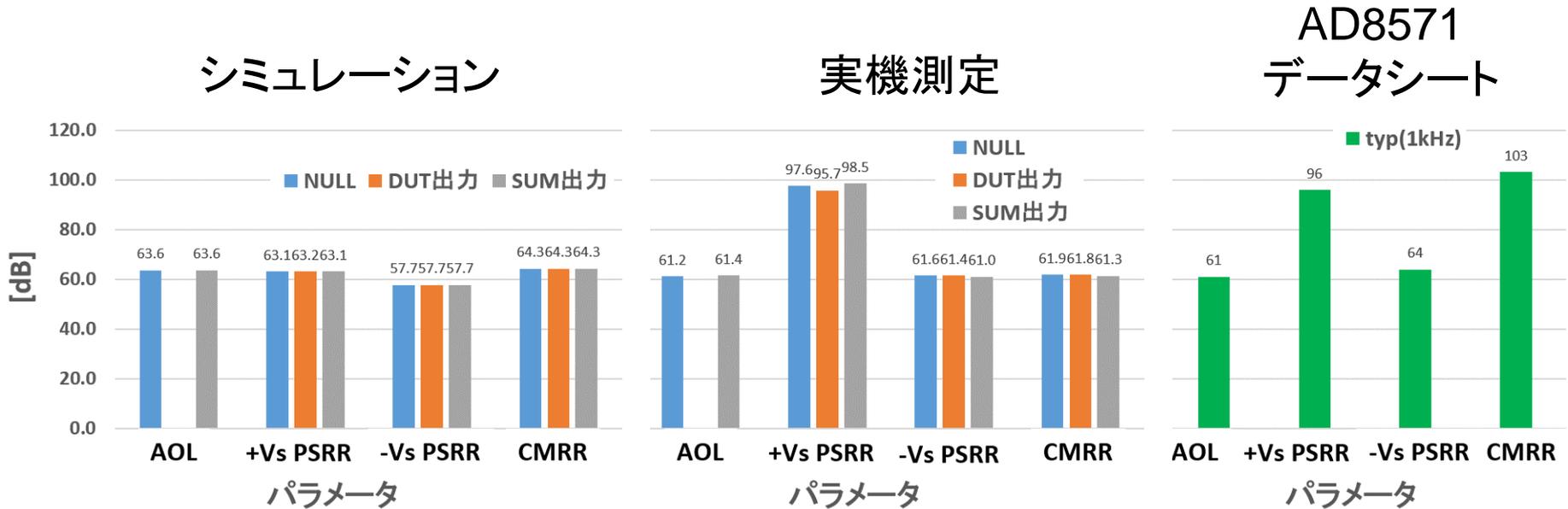


## Summing Node法測定回路

## PSRR, CMRR測定回路



# 測定結果の比較

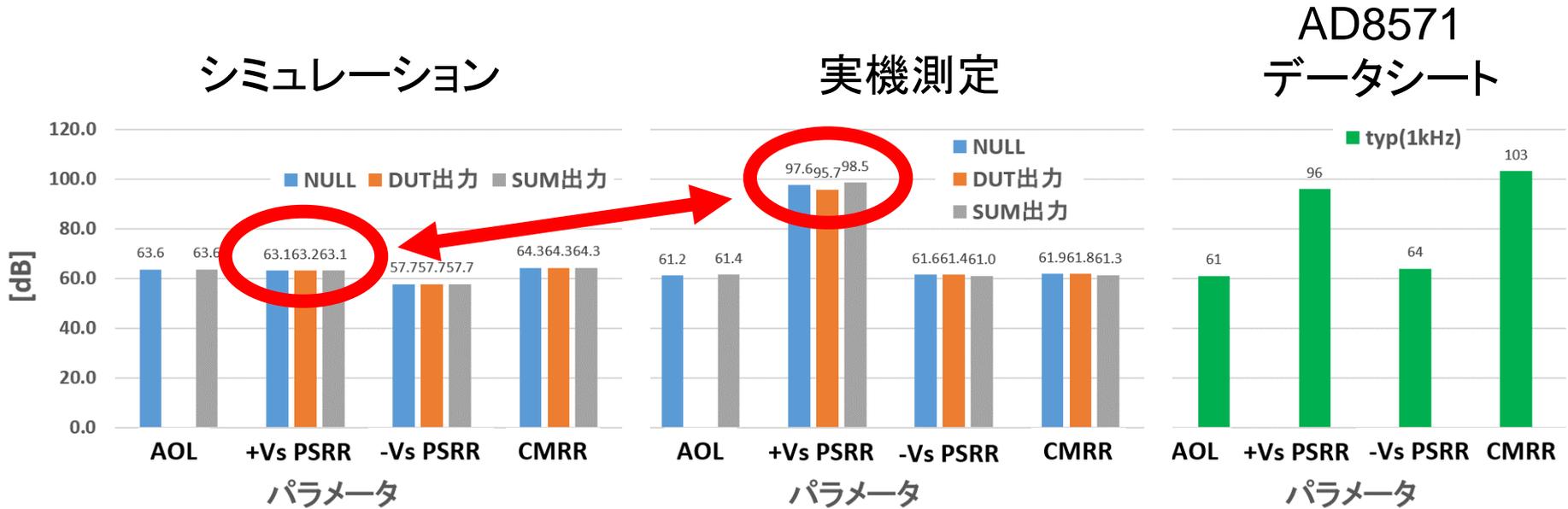


## Summing Node FFT解析

精度 **NULL法**  $\approx$  **FFT法**

➡ FFT法によるAC特性解析は**簡易的かつ正確**

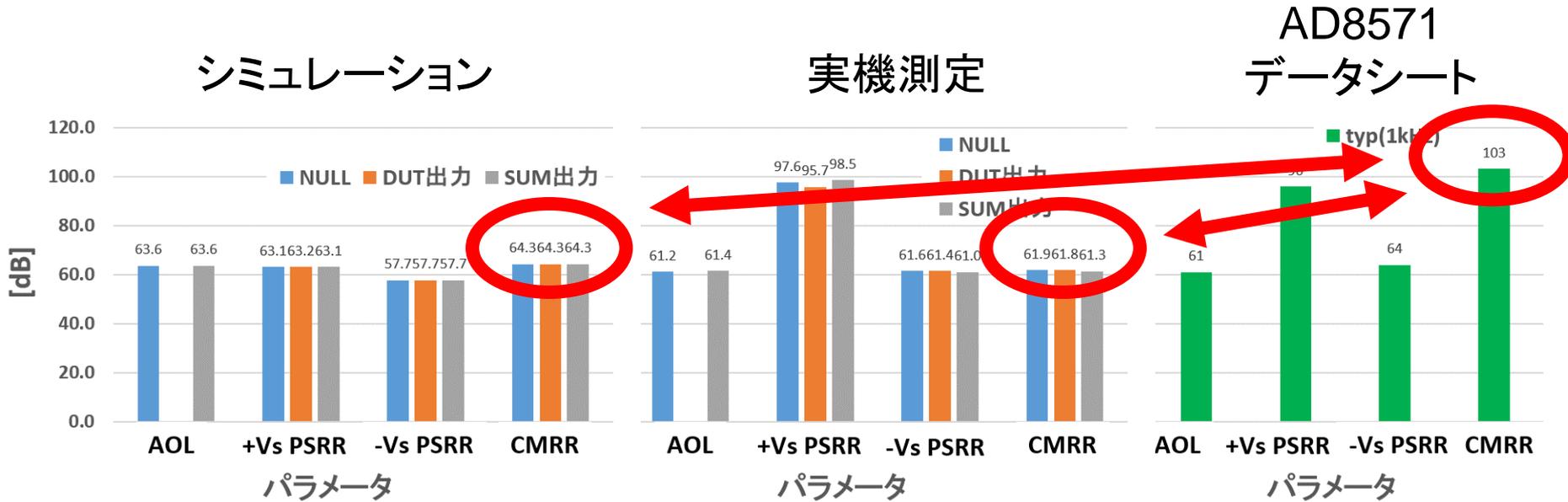
# 測定結果の比較(2)



## 課題

- +Vs PSRR におけるシミュレーションと実測の差
- CMRR におけるデータシートとの差

# 測定結果の比較(2)



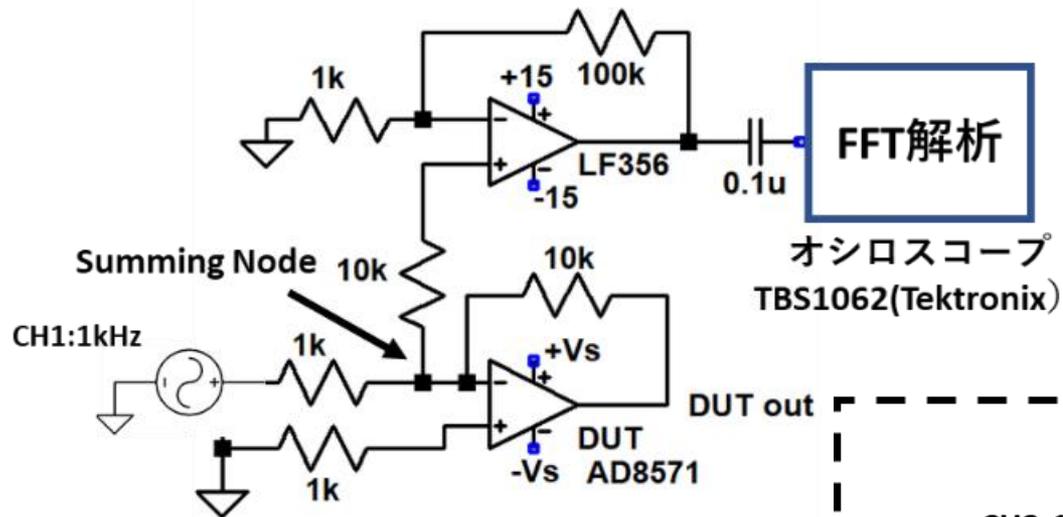
## 課題

- +Vs PSRR におけるシミュレーションと実測の差
- CMRR におけるデータシートとの差

# 概要

- はじめに
- FFT法
- 複数オペアンプの開ループゲイン同時測定
- 測定手法によるAC特性の比較
- **オペアンプ複数AC特性同時測定**
- まとめ

# 複数AC特性同時測定



AC信号印加レベル

PSRR, CMRR : 100mVrms

AOL : 10mVrms

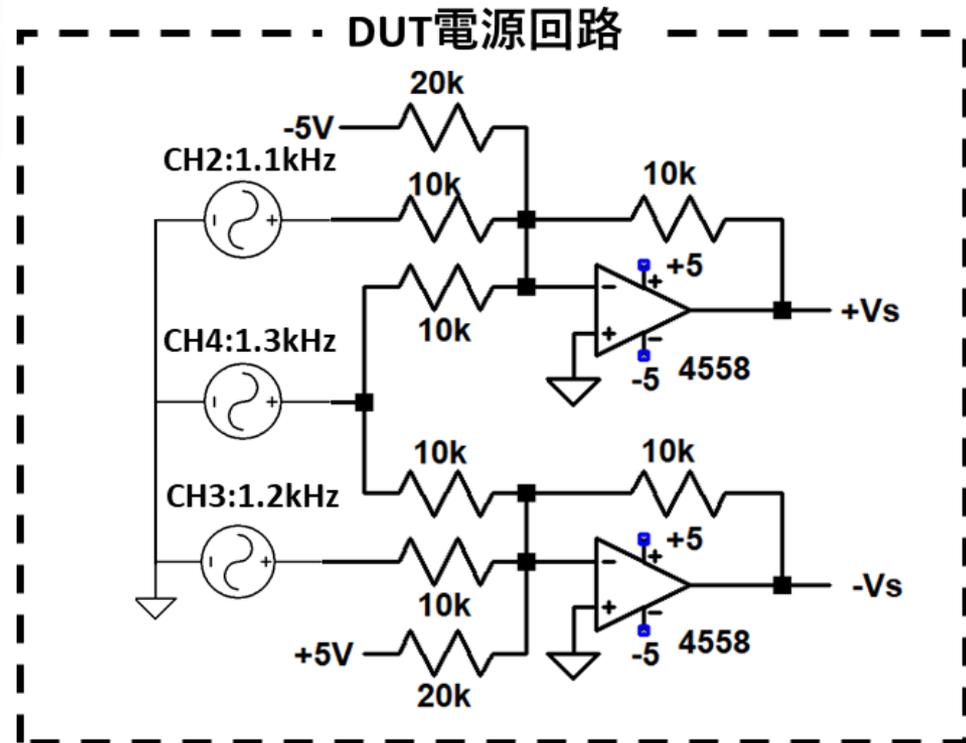
入力信号CH1~4同時印加

CH1(1.0kHz) : AOL

CH2(1.1kHz) : +Vs PSRR

CH3(1.2kHz) : -Vs PSRR

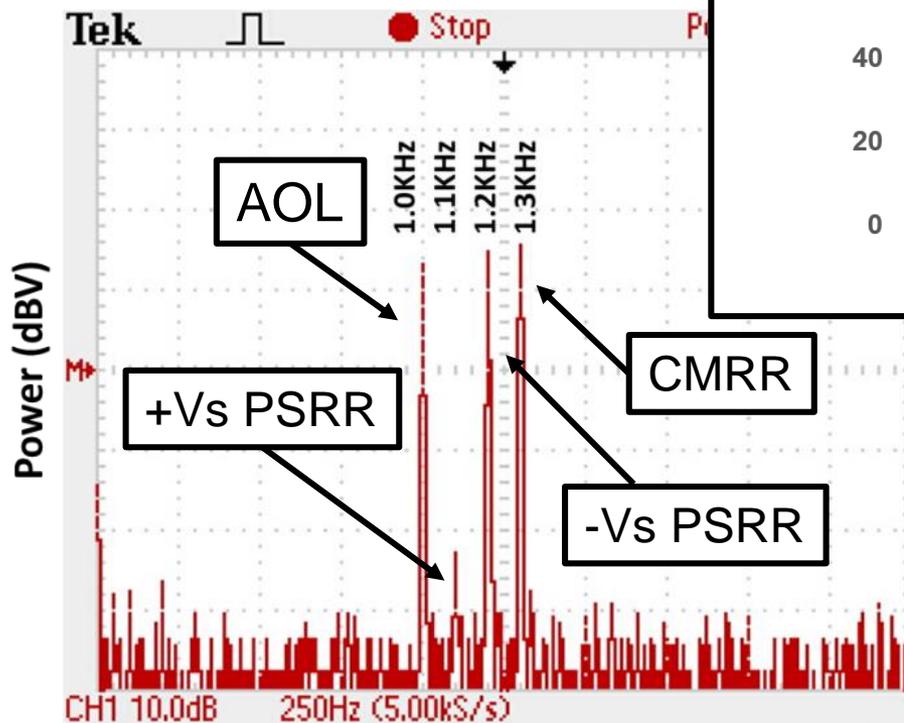
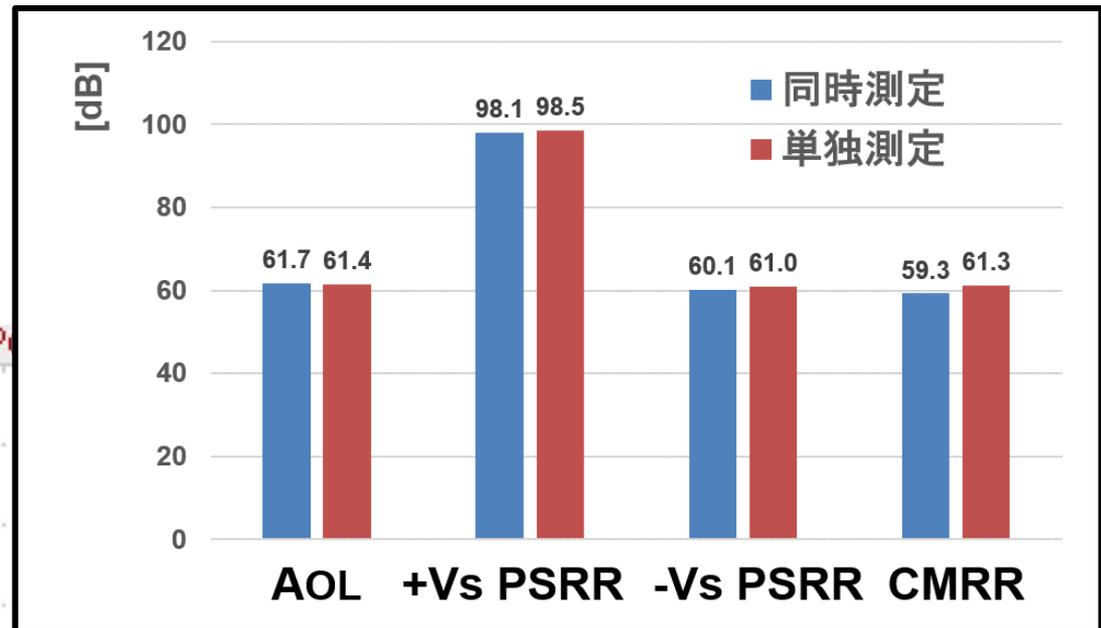
CH4(1.3kHz) : CMRR



# 複数AC特性同時測定 結果

## 単独測定時との比較

AOL : -41.7dBV  
 +Vs PSRR : -78.1dBV  
 -Vs PSRR : -40.1dBV  
 CMRR : -39.3dBV



結果

単独実験との差異は1dB程度

# 概要

- はじめに
- FFT法
- 複数オペアンプの開ループゲイン同時測定
- 測定手法によるAC特性の比較
- オペアンプ複数AC特性同時測定
- まとめ

# まとめ

## Summing Node FFT法

汎用性	—	AOL, PSRR, CMRR(AC)対応
正確性	—	NULL法 $\approx$ FFT法
試験時間	—	NULL法 $>$ FFT法

- 汎用性・正確性ともにNULL法と同程度の性能を持つ
- 同時測定が可能
- 等価的に試験時間の短縮が可能

# 今後の課題

- +Vs PSRR におけるシミュレーションと実測の差  
→ マクロモデルに原因が？
- CMRR におけるデータシートとの差  
→ 測定系の再確認
- Summing Node にて PSRR, CMRR を観測できる理論考察と  
オペアンプデバイスモデルを用いたシミュレーション
- 実際の試験時間を考慮に入れた実験

ご静聴ありがとうございました

# 発表論文

1. G. Ogiwara, A. Kuwana, H. Kobayashi, "Parallel Low-Gain Amplifiers Equivalent to High-Gain Amplifier", 5th Taiwan and Japan Conference on Circuits and Systems (TJCAS20119 at Nikko), Nikko, Tochigi, Japan (Aug. 2019).
2. 荻原 岳, 片山翔吾, 青木里穂, 中谷隆之 (群馬大学), 佐藤賢央, 石田 崇, 岡本智之, 市川 保 (ローム), 王 建龍, 桑名杏奈, 畠山一実, 小林春夫 (群馬大学), 「オペアンプAC特性のFFT法による高速試験」, 電気学会 電子回路研究会, 日本大学, 東京 (2019年12月18, 19日)

# Q&A

- (コメント) データシートとの差異があるが、データシートは余裕を持った値なので合致しないのはよくあり、複数計測し平均化すればよい。

Q. サミングノード法の利点とは？

A. NULL法のように測定する特性に合わせて信号入力点や回路構成のスイッチングを行うことなく、複数のAC特性を一度に測定することができる点です。

Q. サミングノード法において補助アンプの特性による影響はないのか？

A. とくに性能の良いものである必要はなく、実験では汎用的なオペアンプLF356を使用している。

Q. サミングノード法とはDUTを4個同時に測定することを意味しているのか？

A. 必ずしも4個同時ということではなく、サミングノードの電圧に着目し、単一の回路構成により複数の特性を測定できることが特徴で同時測定に対し、親和性の高い測定手法であると考えます。

Q. 信号4つでピークが出ているが、数が増えると重なってしまうのではないか。

A. FFTによる得られた周波数特性には折り返し成分が表れてしまうため、同時測定する際には信号周波数を互いに素にするなどの対策が必要になると考える。