

任意波形発生器を用いたADCテスト用低歪み信号発生技術

群馬大学大学院 加藤啓介 email: t11801611@gunma-u.ac.jp

研究代表者 小林春夫

安部文隆、若林和行、山田貴文、小林修(STARC)、新津葵一

序論 - ADCテストにおける低歪みテスト信号の重要性 -

研究背景

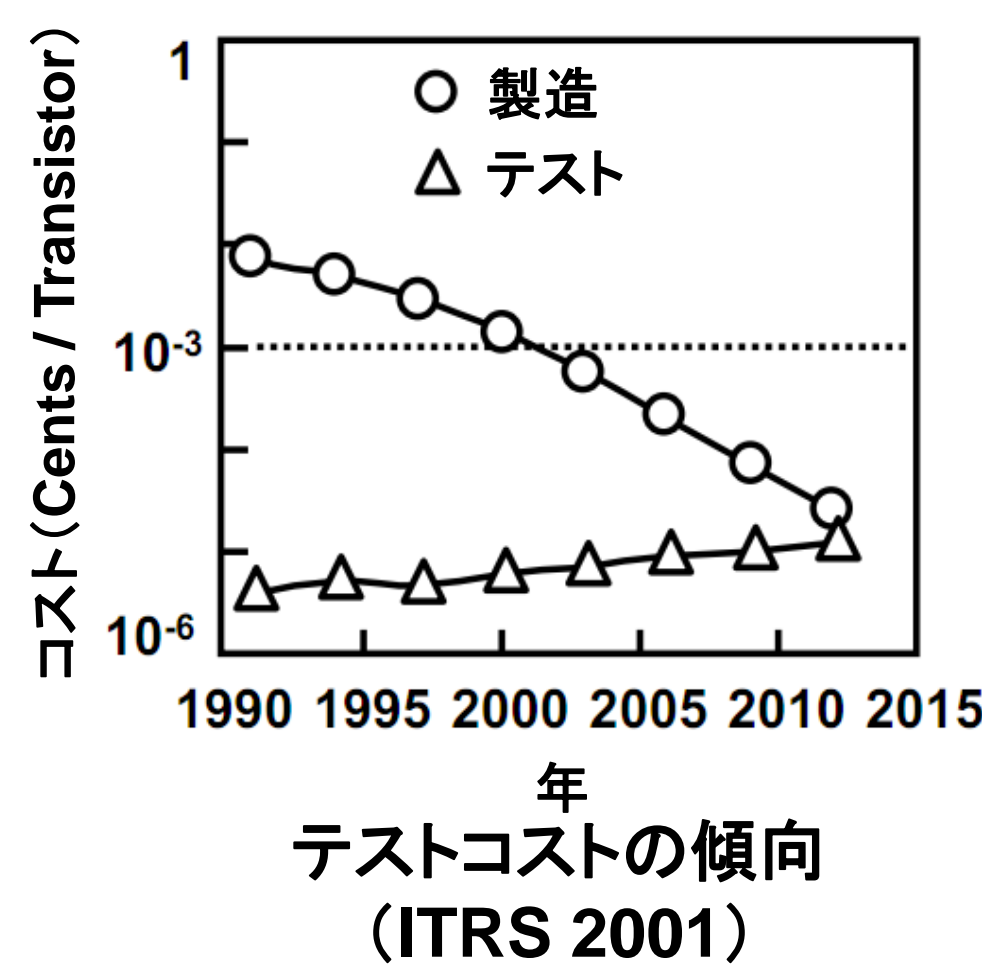
ミクストシグナルSoC、通信用デバイスのキーコンポーネント

ADC

製造コスト → 減少

テストコスト → 増加

(トランジスタ当たり)



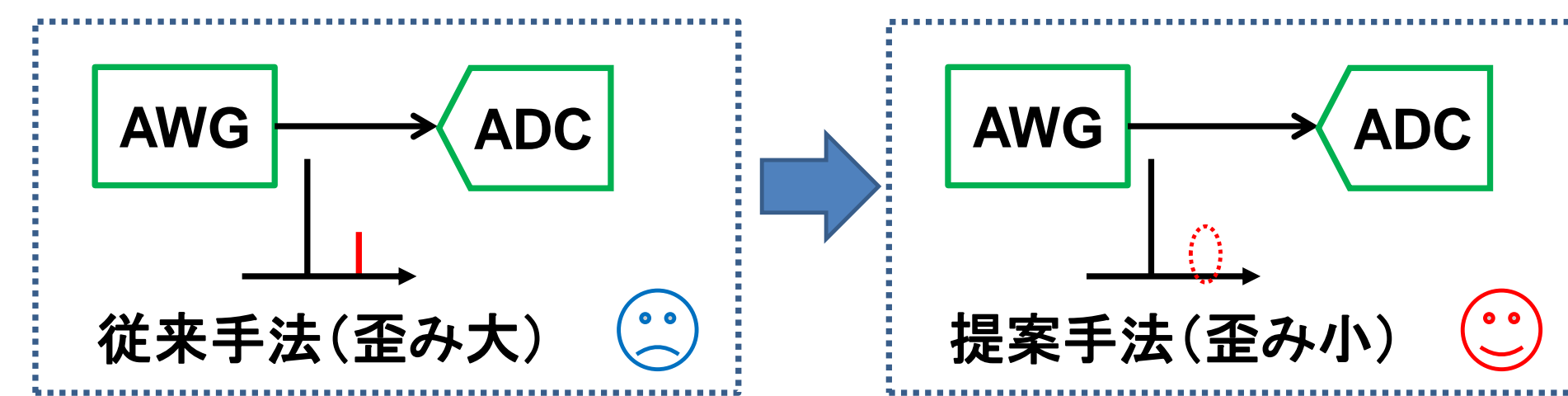
低コストテストが求められる

研究目的

低コスト(低性能)任意波形発生器で
適正な品質のADCテストを実現

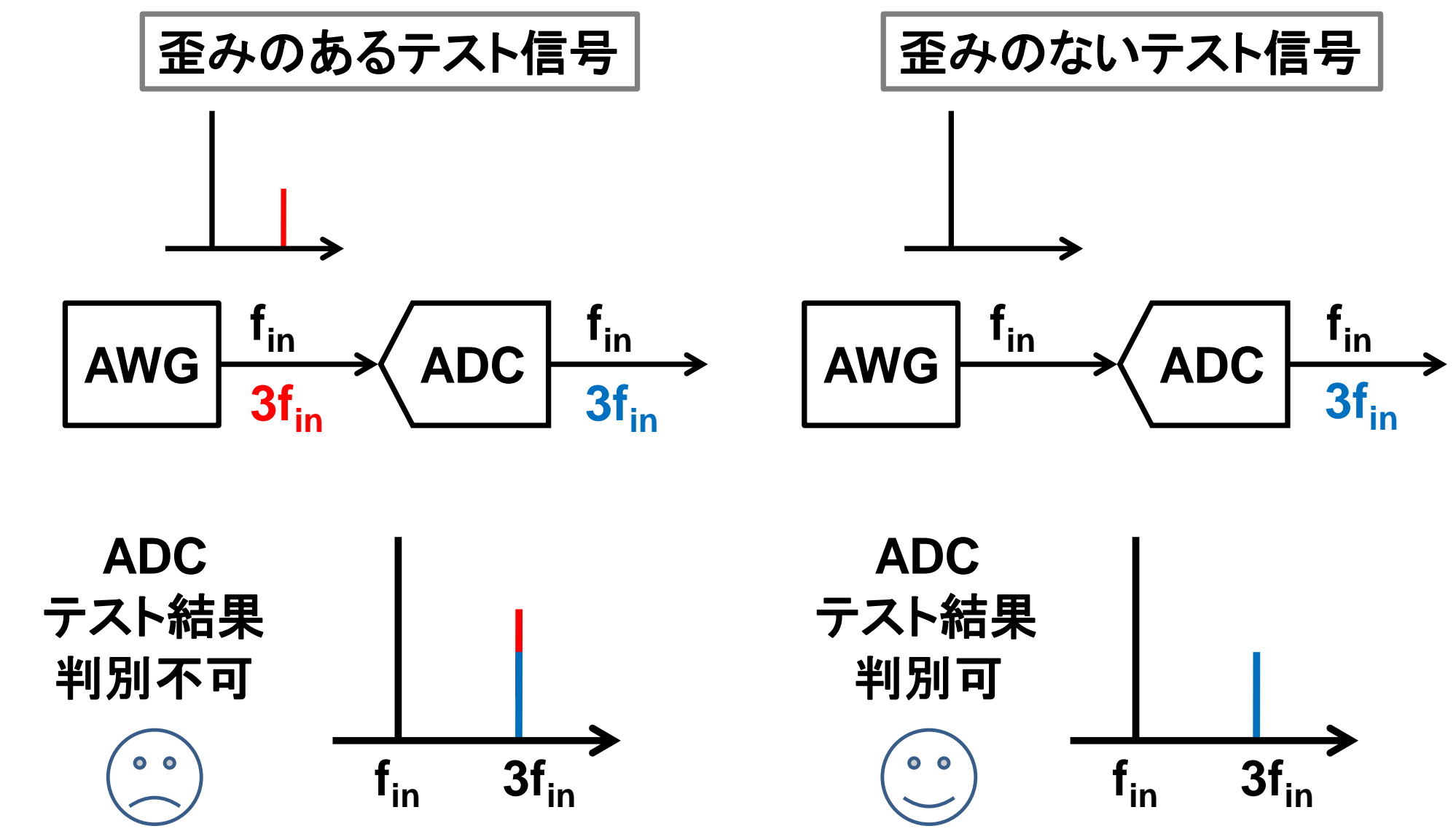
低性能信号発生器 → 歪み大

低歪みのテスト信号を
低コストAWGで生成



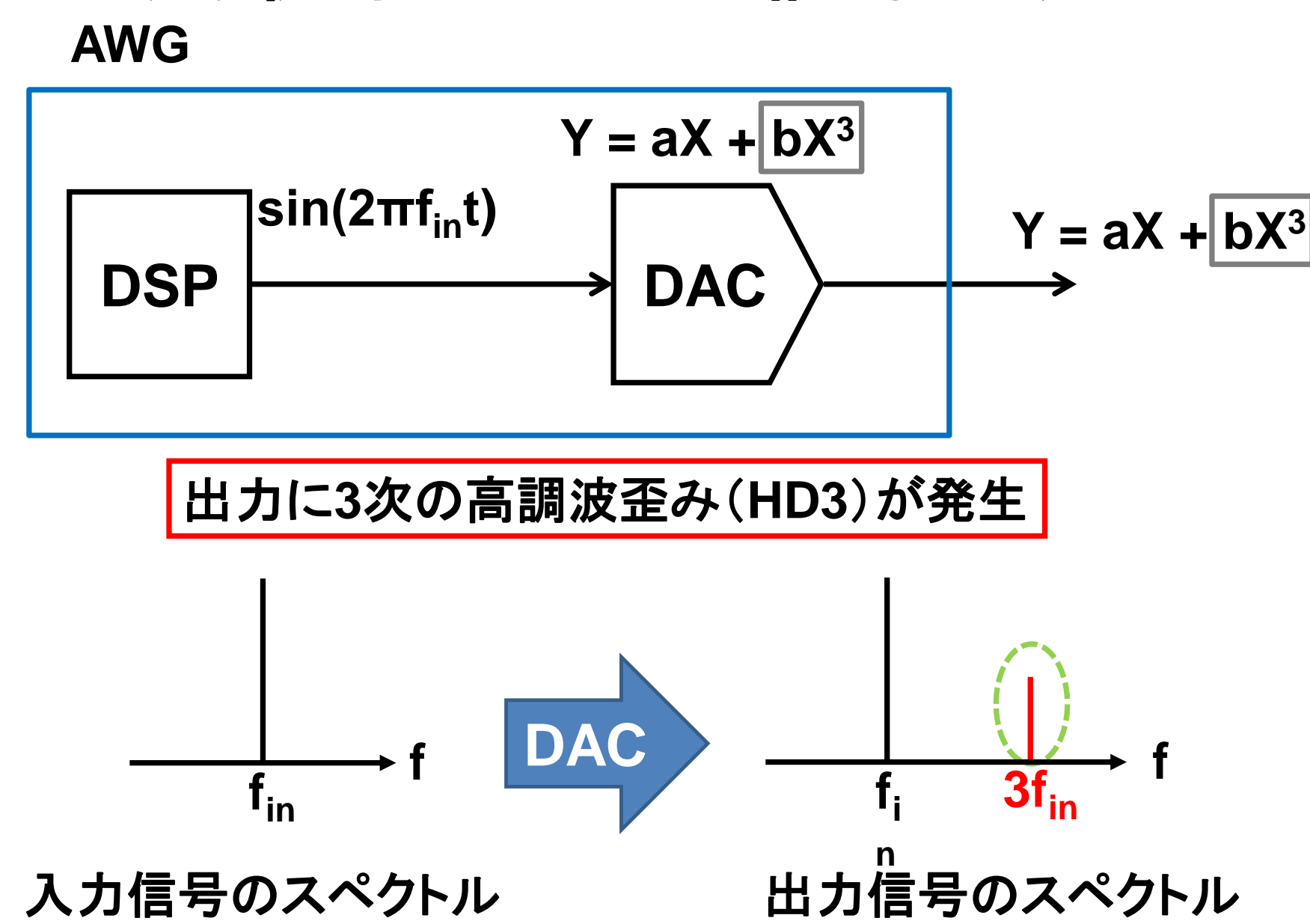
AWG: Arbitrary Waveform Generator (任意波形発生器)

ADCテスト信号への要求

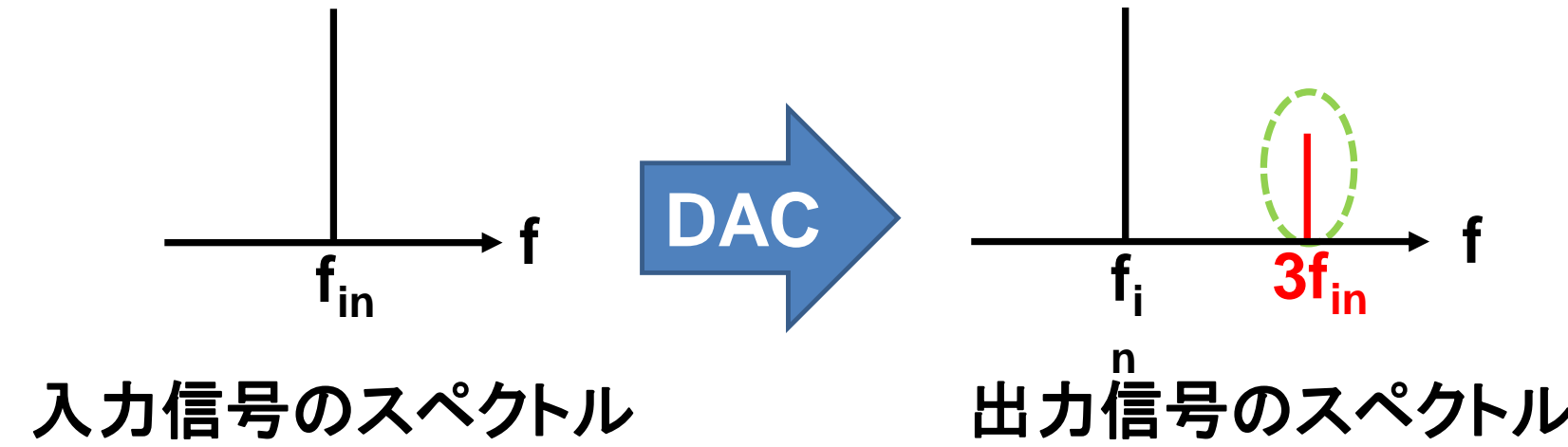


汎用ADCテスト信号 低歪正弦波 発生

(1) 従来の1トーン信号生成

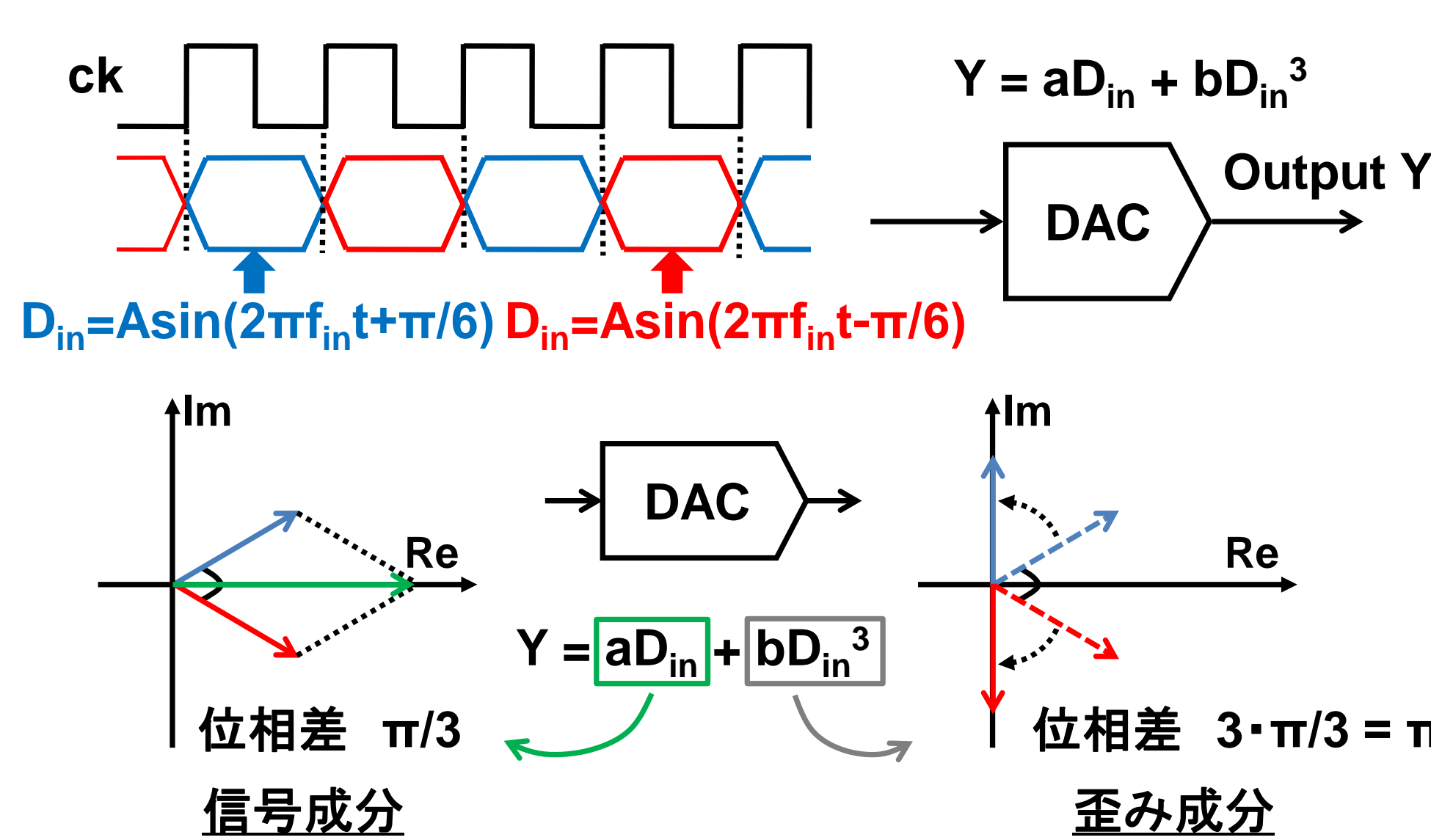


出力に3次の高調波歪み(HD3)が発生



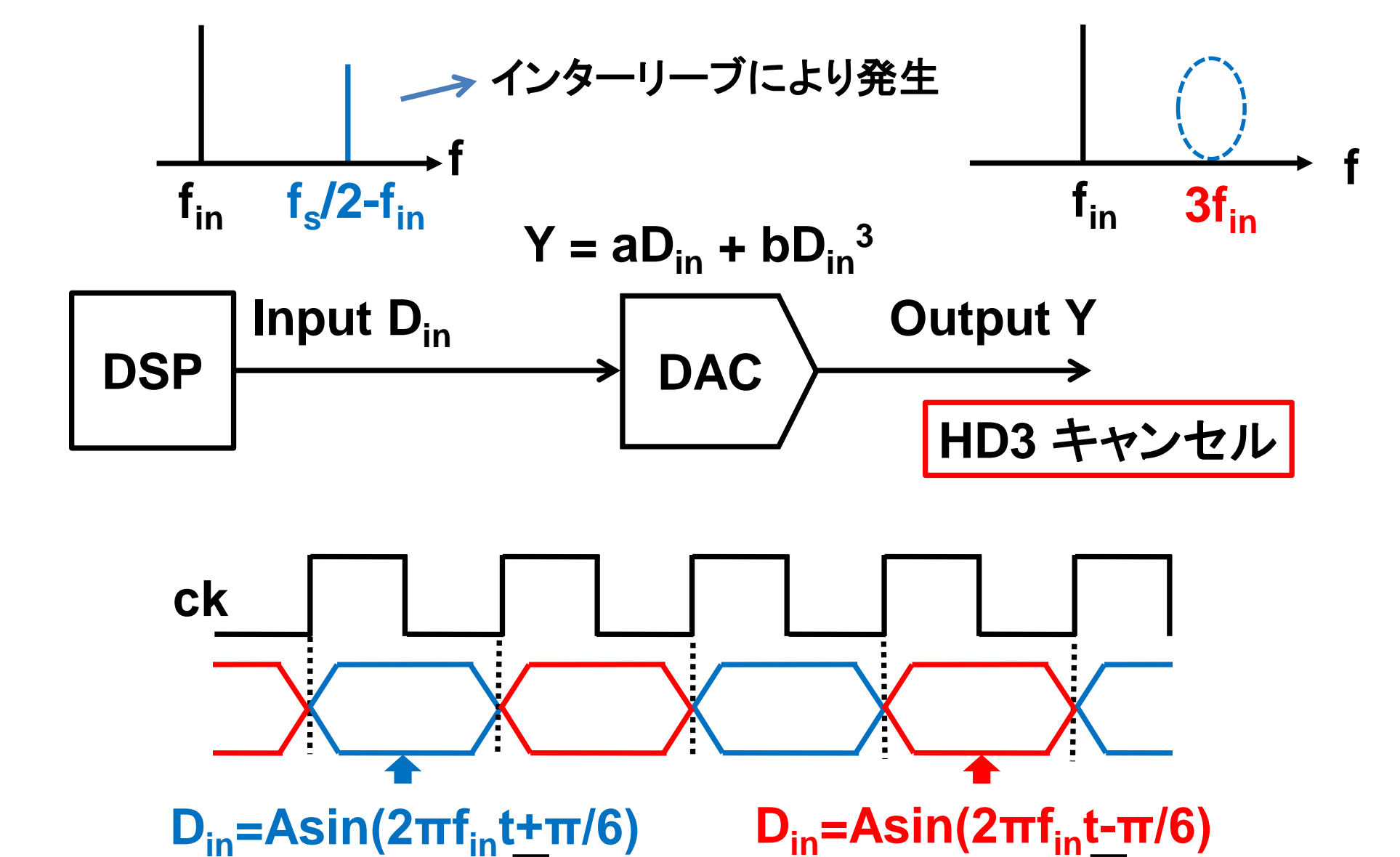
(2) 提案 位相差切り替え手法

位相の異なる信号をインターリーブ → 歪み成分キャンセル



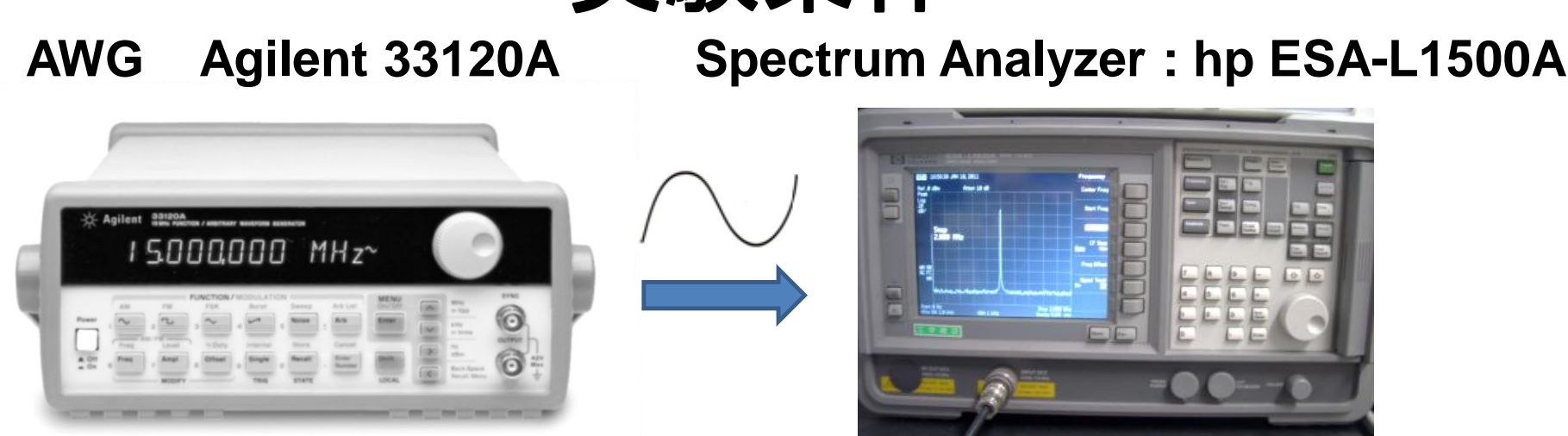
位相差 $\pi/3$ 信号成分
位相差 $3 \cdot \pi/3 = \pi$ 歪み成分

(2) 提案 位相差切り替え手法での信号発生



HD3 キャンセル

実験条件



測定器仕様

| | | | |
|---------------|-----|-----------|---------|
| サンプリング周波数(Hz) | 40M | 周波数範囲(Hz) | 9k~1.5G |
| 分解能(bit) | 12 | 最大振幅(Vpp) | 19.8 |
| 線形性 | Δ | | |

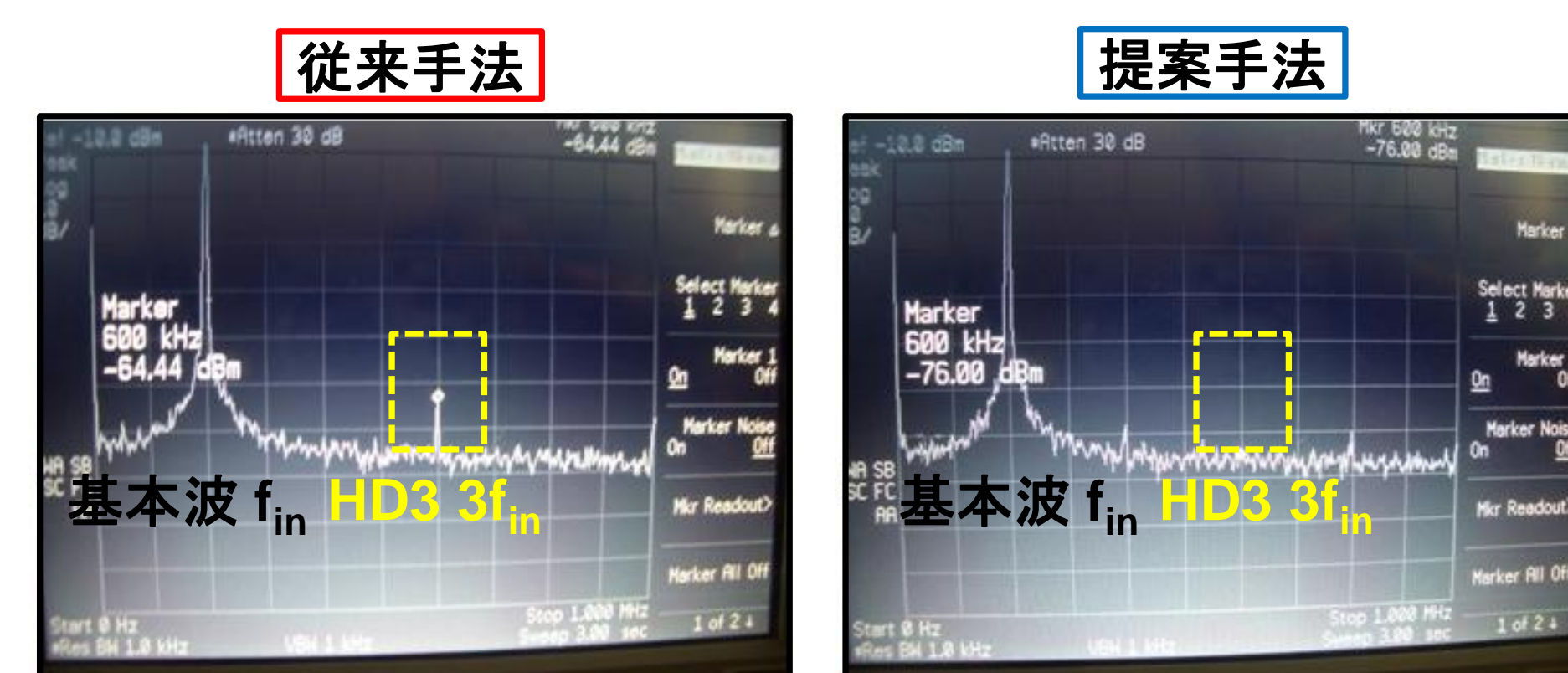
1トーン信号(位相差切り替え)

| | |
|---------------|------|
| 入力周波数(Hz) | 200k |
| 入力振幅(Vpp) | 1.3 |
| サンプリング周波数(Hz) | 10M |

2トーン信号(高調波入力)

| | |
|------------------|------|
| 入力周波数 f_1 (Hz) | 1M |
| 入力周波数 f_2 (Hz) | 1.1M |
| 入力振幅(Vpp) | 1.2 |
| サンプリング周波数(Hz) | 40M |

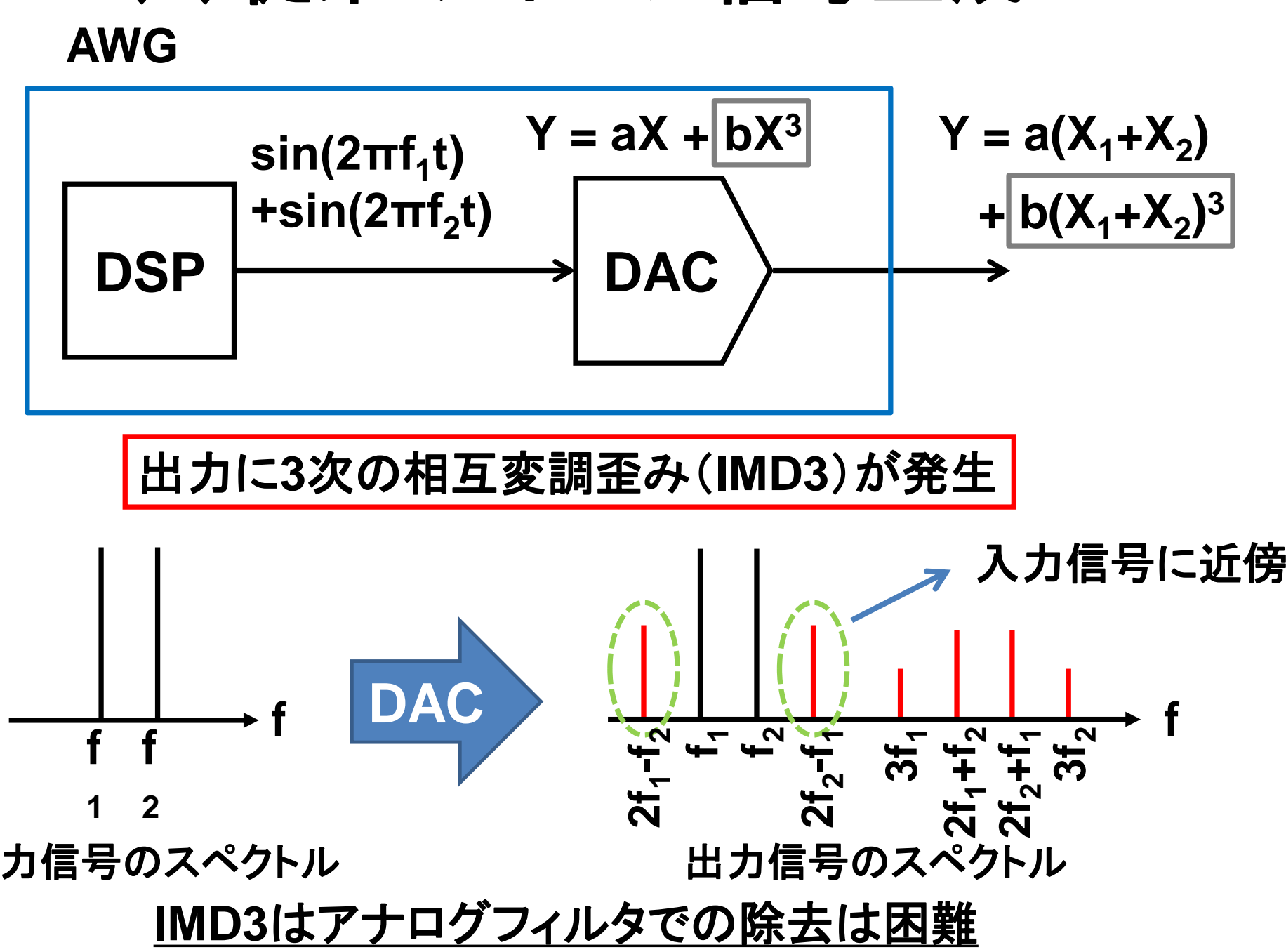
(2) 提案 位相差切り替え手法 実験結果



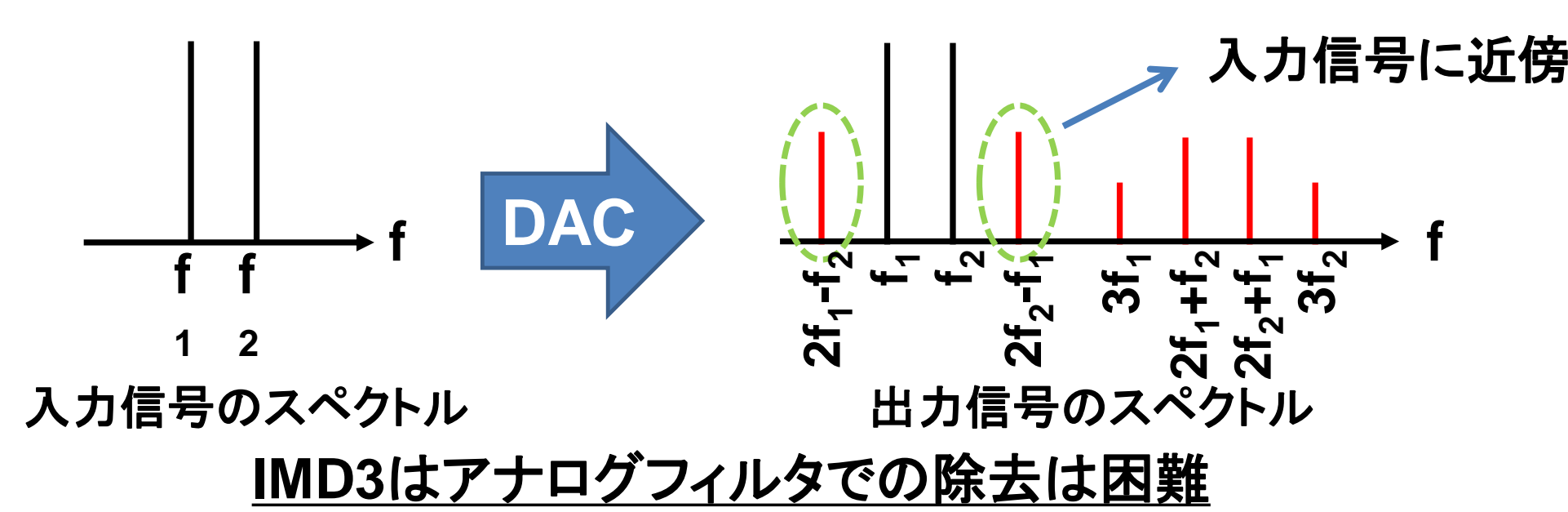
| | | | | |
|-------------|---------|---------|---|----------|
| 基本波(200kHz) | -1.45dB | 6.31dBm | → | 4.86dBm |
| HD3(600kHz) | -11.5dB | -65dBm | → | -76.5dBm |

通信用ADCテスト信号 低相互変調歪 2トーン信号発生

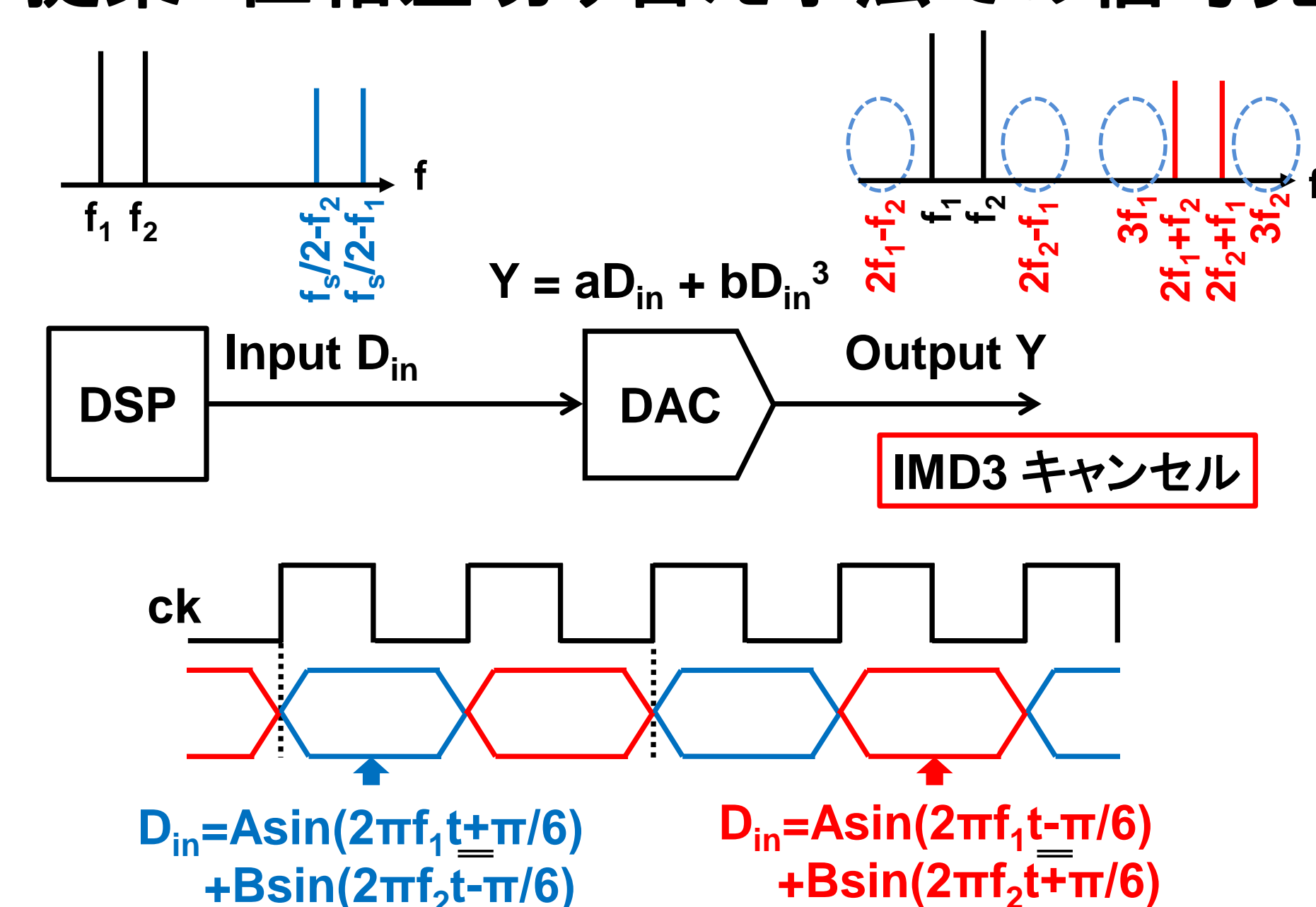
(1) 従来の2トーン信号生成



出力に3次の相互変調歪(IMD3)が発生



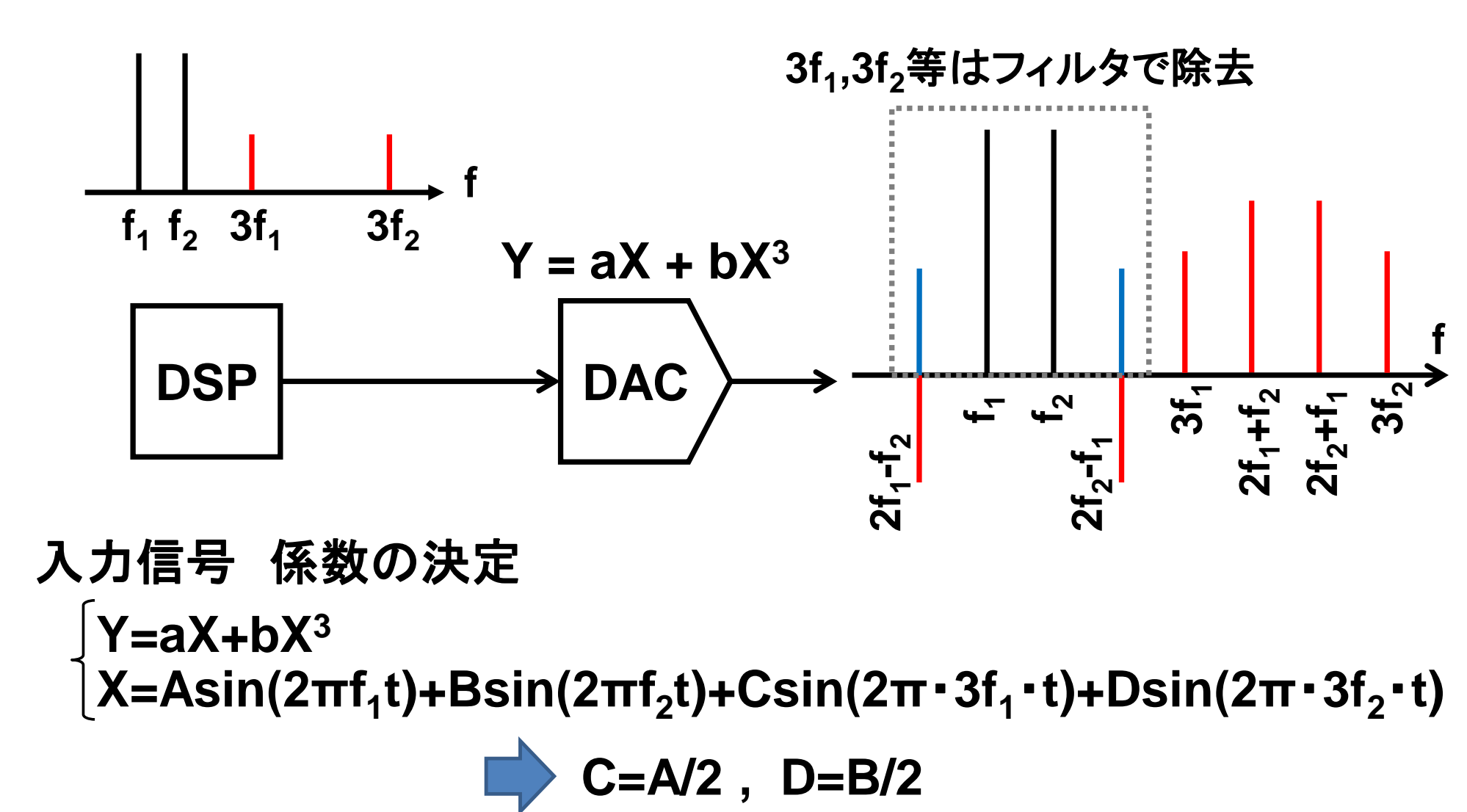
(2) 提案 位相差切り替え手法での信号発生



IMD3 キャンセル

(3) 提案 高調波入力手法

主信号に加え3次高調波を入力 → IMD3キャンセル

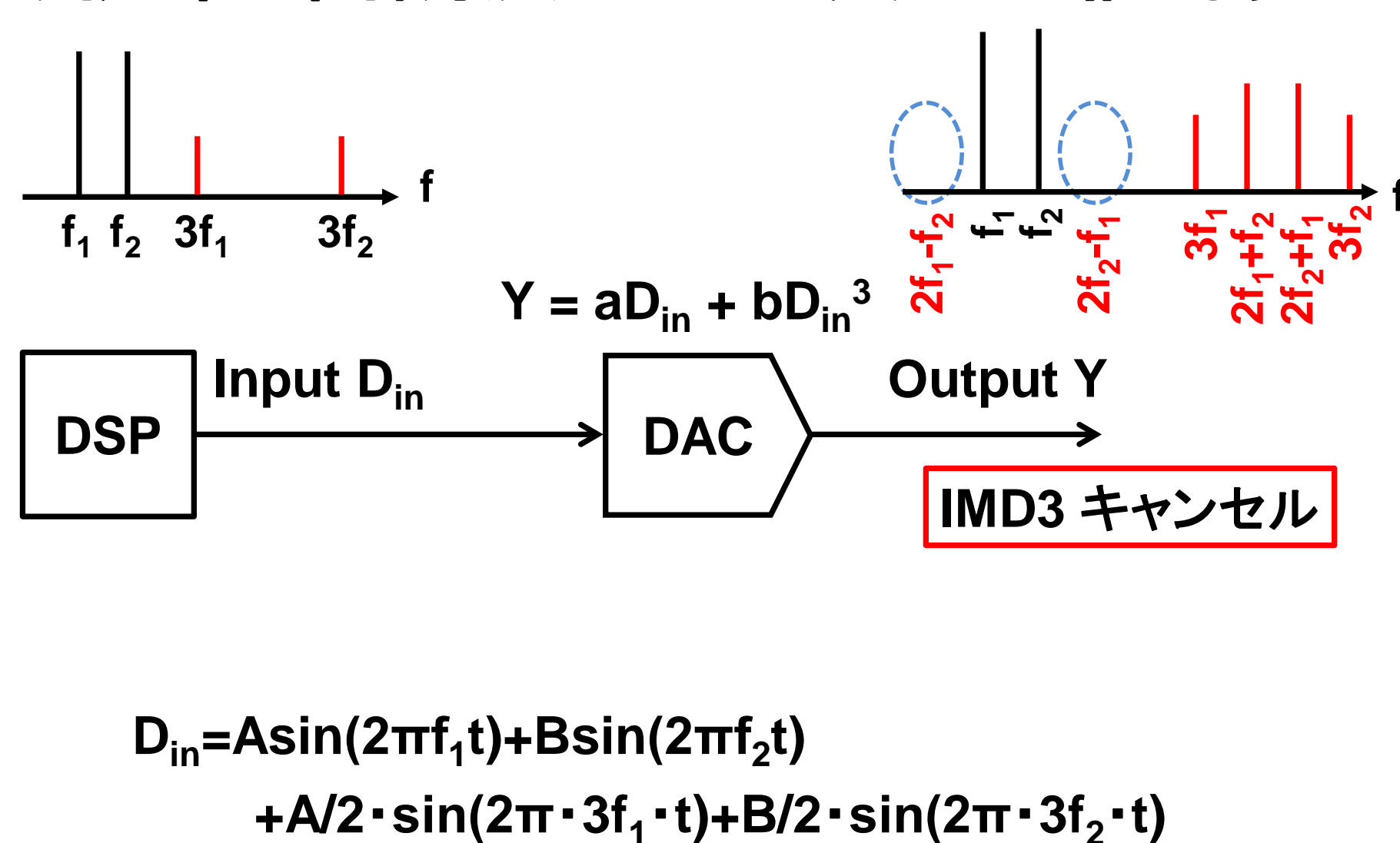


入力信号 係数の決定

$$\begin{cases} Y = aX + bX^3 \\ X = A\sin(2\pi f_1 t) + B\sin(2\pi f_2 t) + C\sin(2\pi \cdot 3f_1 t) + D\sin(2\pi \cdot 3f_2 t) \end{cases}$$

→ $C = A/2, D = B/2$

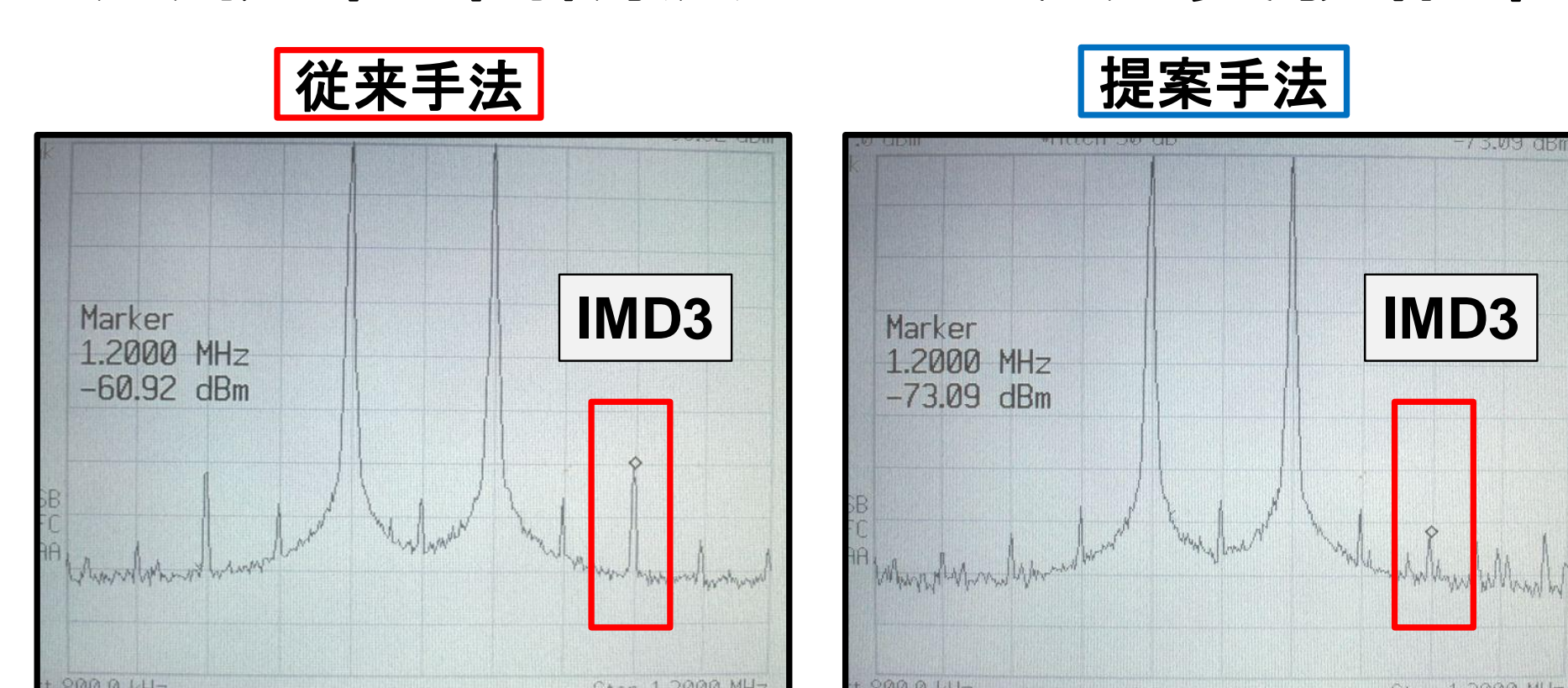
(3) 提案 高調波入力手法での信号発生



IMD3 キャンセル

$$D_{in} = A\sin(2\pi f_1 t) + B\sin(2\pi f_2 t) + A/2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3f_1 t) + B/2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3f_2 t)$$

(3) 提案 高調波入力手法 実験結果



| | | | | |
|-------------------|---------|----------|---|----------|
| 基本波(1MHz, 1.1MHz) | -0.63dB | -0.35dBm | → | -0.92dBm |
| HD3(3MHz, 3.3MHz) | -11.6dB | -61.3dBm | → | -72.9dBm |

まとめ

- 低歪み信号発生アルゴリズムを提案
 - 位相差切り替え手法
 - 高調波入力手法
- DSPプログラム変更のみで対応可
- 任意波形発生器の非線形性同定不要
- 実験により歪みの減少効果を確認

ADCの低コスト適正品質テストの実現

Cost, Cost, Cost !!