



# オペアンプ製品紹介資料

Aug. 20, 2021  
LSI事業本部  
標準LSI事業部  
アナログ商品設計課

## 環境変化をセンサで検知し活用する



高精度化する制御要求

微弱な電気信号



## 民生・産機・医療・車載分野

### あらゆるアプリケーションでセンサが活躍

- 3Dゴーグル
- CDプレイヤー
- IRリモコン
- 環境光センサー
- 暗視装置
- レーザー距離測定
- レインセンサー
- セキュリティ機器
- ローノイズマイクアンプ
- 人感センサー
- ハンドヘルド試験機
- HDD
- 産業機器
- ライトセンサー
- 電子スケール
- 磁力バランス計
- ガス検知器

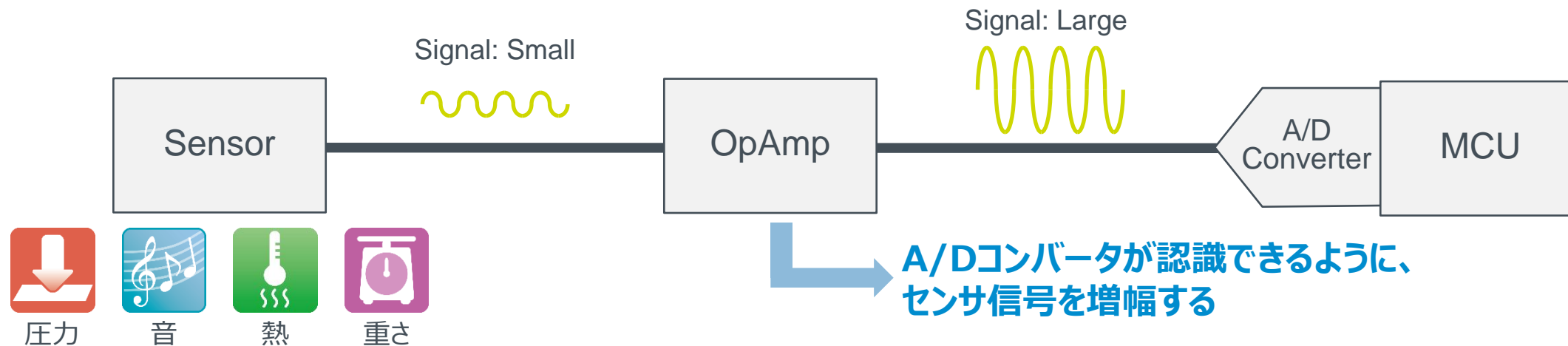
## 各種センサ

### 微弱な環境変化を電気信号化

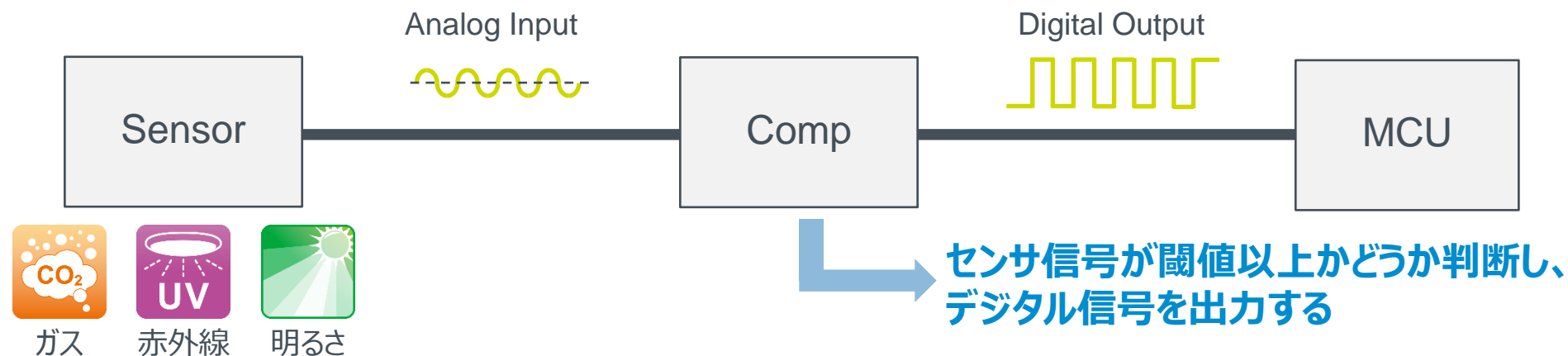
- 加速度センサ
- 圧力センサ
- フォトダイオード
- 熱電対/サーモパイル/温度センサ
- ひずみセンサ
- 電流センサ(シャント抵抗器)

**センサ信号を検出・増幅するオペアンプ・コンパレータの役割もますます重要に**

## Operational Amplifier = 演算増幅器



## Comparator = 比較器



# オペアンプに求められる基本性能(誤差を小さくする)

微弱な環境変化を  
電気信号化するセンサ

微小信号

高倍率増幅

信号状況によっては、  
アナログ→デジタル変換時に誤動作の原因となる

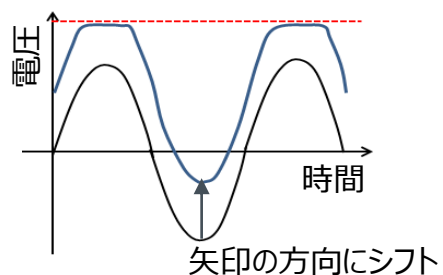


入力バイアス電流

オペアンプの入力端子に  
流れ込むもしくは流れ出る電流

センサ自体の出力電圧や電流、  
オペアンプを用いた増幅回路において  
誤差の要因となる

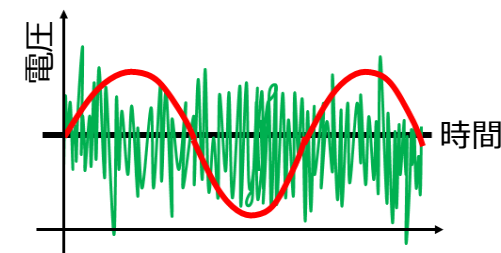
入力オフセット電圧



オペアンプのDC電圧誤差

出力DC電圧のズレとして現れる  
高倍率で増幅した際に信号シフトなどの原因  
となる

入力換算雑音電圧(ノイズ)



オペアンプの持つAC電圧誤差

出力にノイズとして現れる  
高倍率に増幅した際に信号成分がノイズに埋もれて  
検出できなくなる

センサシステム高精度化のカギはオペアンプがにぎっている

EMC

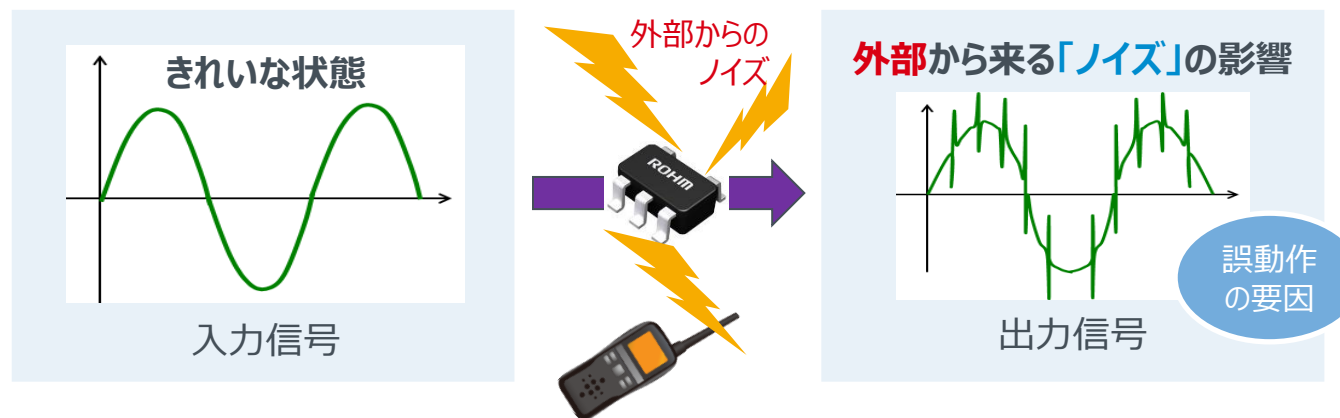
EMI

半導体含む電子機器が、別の機器に影響を与える電磁波(ノイズ)をどれだけ出すか



EMS

半導体含む電子機器が、外部の電磁波により影響をどれだけ受けるか



**「ノイズ」は精度誤差・誤動作を生む不要な信号**

高精度化を求める「センサ用途」では、オペアンプの「低ノイズ」「耐ノイズ」性能が必須

# Noise Definition ～ EMI & EMS ～

**EMC** = 電磁的両立性 Electromagnetic Compatibility

**EMI特性** = 電磁気**妨害** Electromagnetic **I**nterference

～ どれだけ外部にノイズを**出す**か ～

～ EMI特性が良い ⇒ ICが**電磁ノイズを出さない**という事 ～

オペアンプでは、EMI特性に優れた製品を

**ノイズを出さない**という意味で、**低ノイズオペアンプ**と呼ぶ

**EMS特性** = 電磁気**感受性** Electromagnetic **S**usceptibility

～ どれだけ外部からノイズの影響を**受ける**か ～

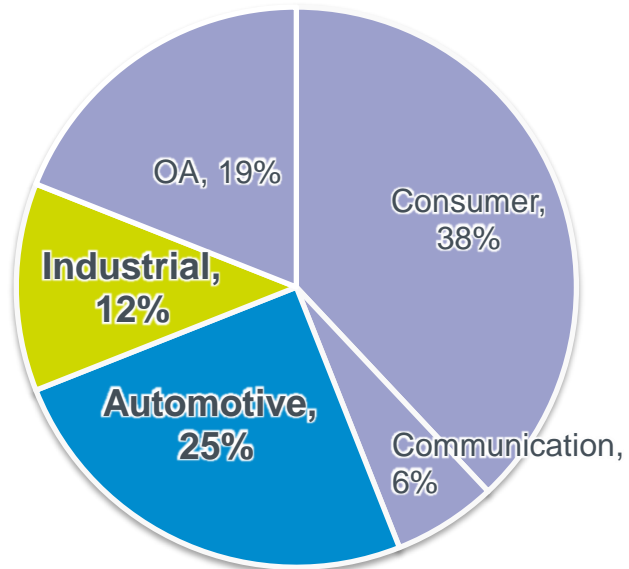
～ EMS特性が良い ⇒ ICが**外部ノイズを受けない**という事 ～

～ **高EMI耐量** ⇒ 外部ノイズ(EMI)に対して、高い耐性を持つ ～

オペアンプでは、EMS特性に優れた製品を

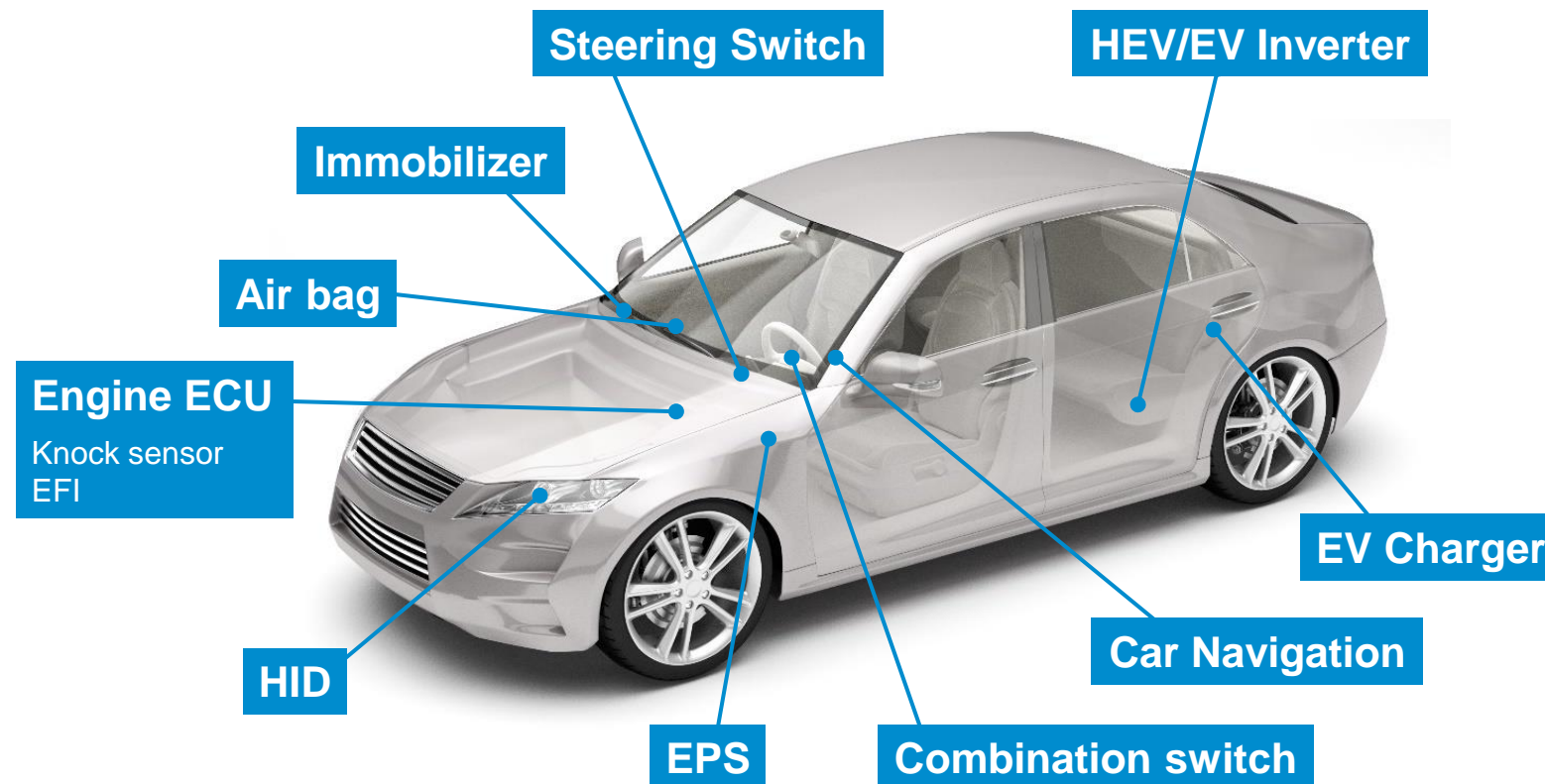
**外部ノイズを受けない**という意味で、**高EMI耐量オペアンプ**と呼ぶ

## 2020年度 ローム出荷実績

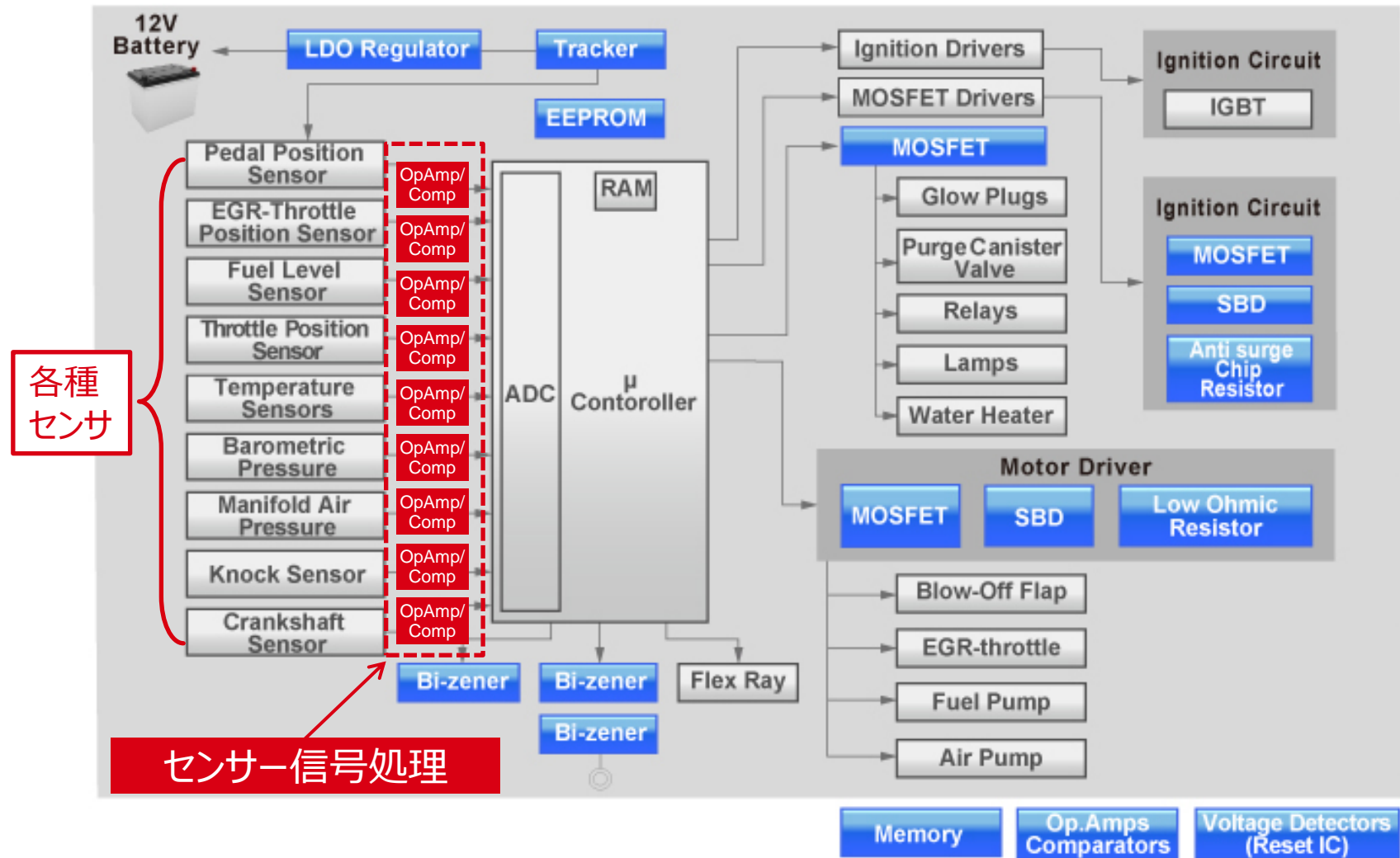


**年間5億個以上を出荷  
車載・産業機器市場に注力**

## 車載でのアプリケーション採用例



# 補足：オペアンプの採用例(車載エンジンコントロールユニット)



# ロームのオペアンプ・コンパレータの開発体制

ロームでは、回路設計エンジニアが中心となり、プロセス技術やレイアウト技術まで追求したIC開発を実施

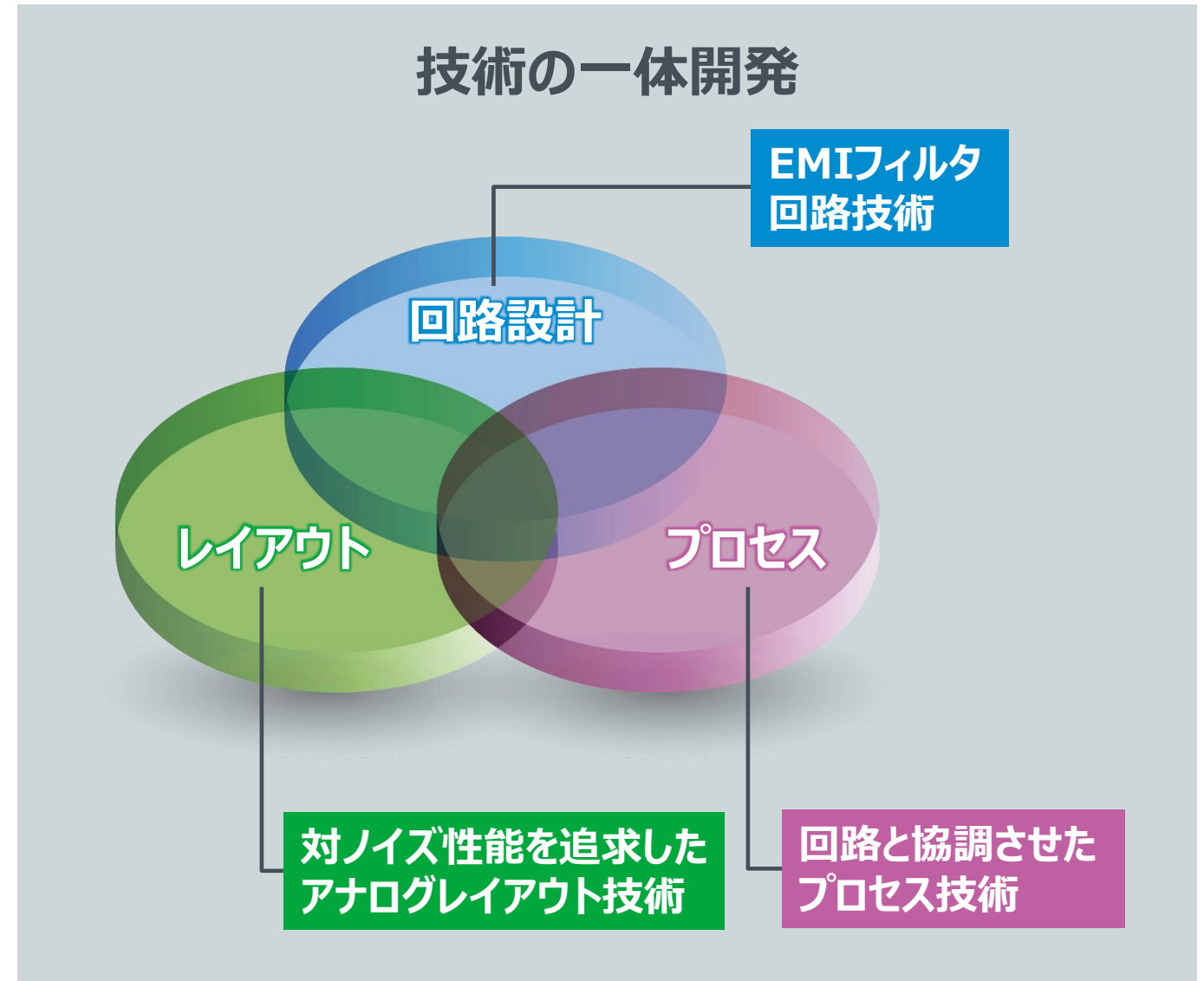
今の時代に求められる対ノイズ性能を追求した新しいオペアンプシリーズを開発

高精度化を極限まで突き詰めた

**超低ノイズオペアンプ**

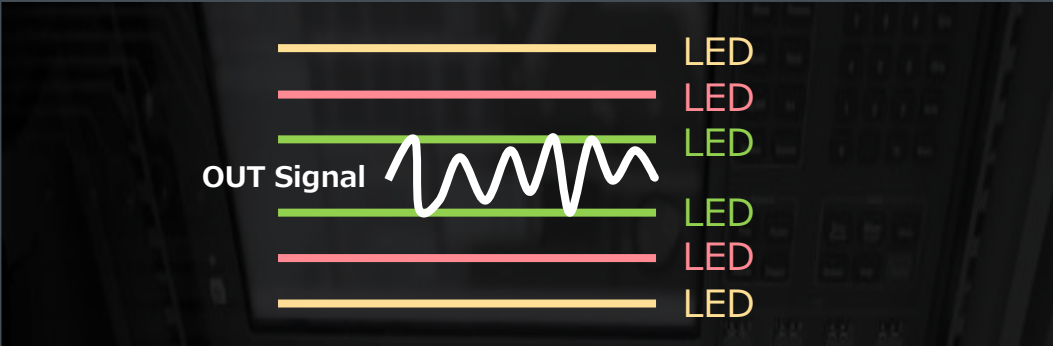
過酷環境下で外部ノイズに強い



**高EMI耐量オペアンプ**



ロームは**超低ノイズ・低オフセット**CMOSオペアンプを開発しました

**低ノイズ**特性はデータシート上、「**入力換算雑音電圧**」で示され、  
オペアンプ自身が出す、微小な電圧の揺らぎを指します



 ROHM LMR1802G-LB	 ROHM BU7241
Green LED is solid.	Red and Orange LEDs flashing.

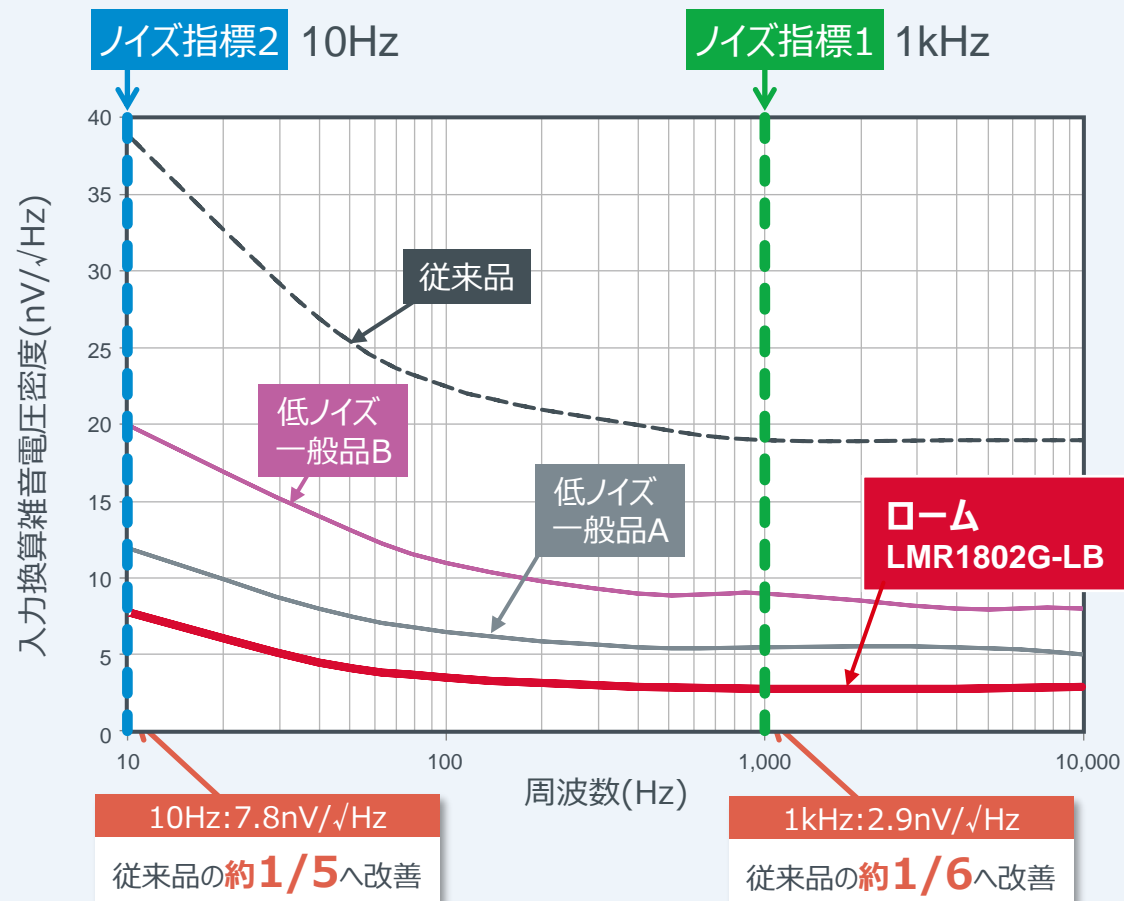
# ロームの超低ノイズオペアンプの性能

業界最少\*の低ノイズ

で、更なる高精度化を実現

集積回路(IC)内部で発生してしまうノイズを  
プロセスレベルから見直して改善し、  
ノイズ指標10Hzから1kHzまで全ての領域で  
超低ノイズ性能を実現

低電圧化が進むセンサシステムの  
高精度化に対応

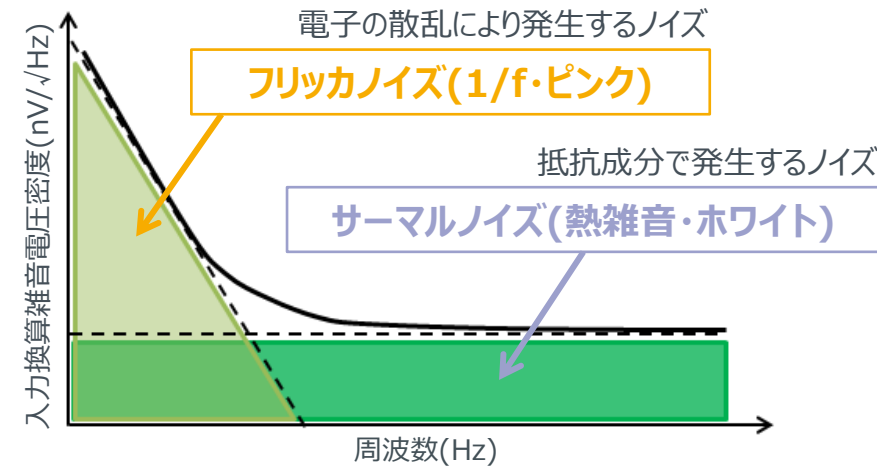


\*2021年5月ローム調べ

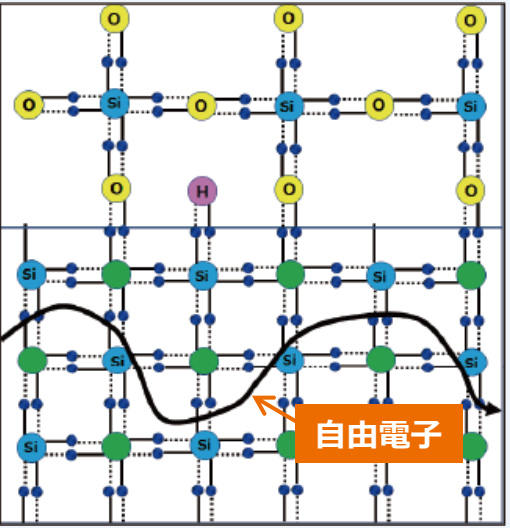
# 詳細：どの様にして低ノイズ性能を達成したのか？ (低ノイズオペアンプ技術)

## プロセス、回路を徹底的に見直し 超低ノイズを実現

定常的に発生しているフリッカノイズの改善や、基本素子の見直しをおこない、超低ノイズを実現



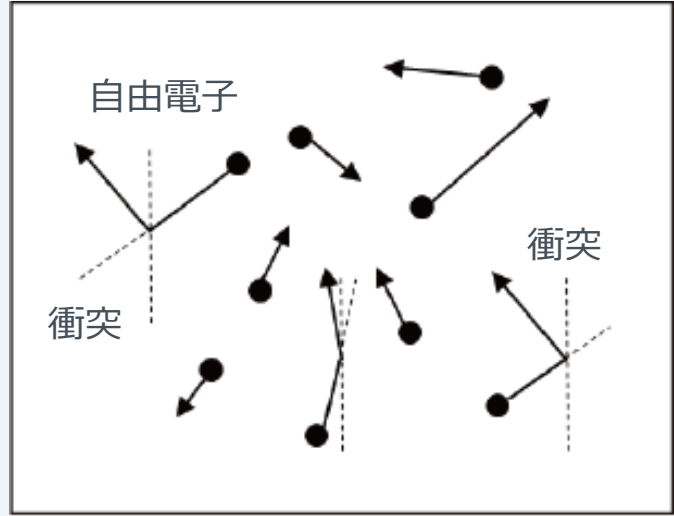
### 製造プロセスによる改善



### フリッカノイズ

半導体中に含まれる不純物による電子の散乱(揺らぎ)が原因で発生するといわれています。電子の半導体中での散乱を抑制し電子の流れをスムーズにすることにより改善します。

### 回路設計による改善

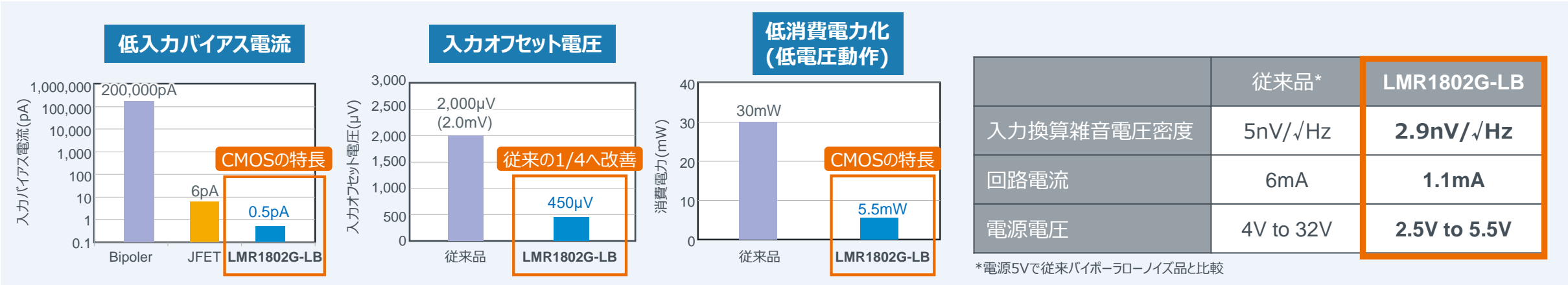


### サーマルノイズ

IC内部の抵抗成分、純粋な抵抗、トランジスタ、配線等で発生します。回路構成、トランジスタサイズを調整し抵抗値を下げることで改善されます。

## 入力バイアス電流と入力オフセット電圧を 大幅に低減

- 素子のリーク電流
- 0.5pAまで電流値を抑制(従来品の約1/2)
- トランジスタの素子サイズを大きくすることでデバイスのばらつきによる影響を最小化
- 電圧利得を高めるという回路設計上の見直し
- 更に、入力オフセット電圧を最適化
- 450 $\mu$ V(従来比1 : 4)という低い値を実現



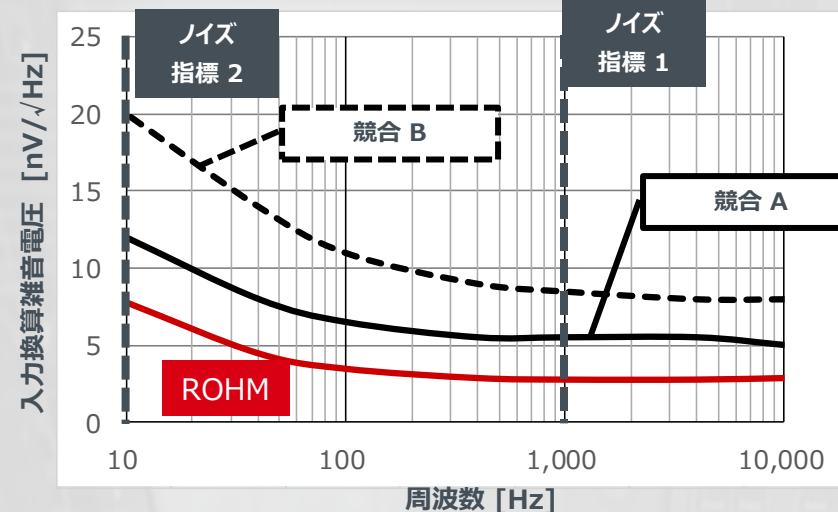
## 位相余裕の向上で 高い安定性を確保

組み込まれる位相補償を数箇所に分けて最適化することで、68°という高い位相余裕を実現

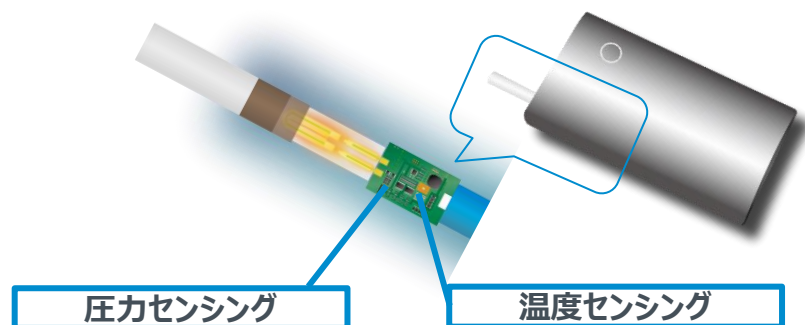


## 「業界TOPクラスの低ノイズ」 「低入力オフセット電圧」 を備えた高精度オペアンプ

- ・低入力換算雑音電圧(低ノイズ)  
**2.9nV/√Hz(1kHz)** 7.8nV/√Hz(10Hz)
- ・低オフセット電圧 950μV, 450μV, 150μV
- ・低入力バイアス電流 0.5pA(Ta=25°C)



Part No.	Ch	Input Offset Voltage (Max.)	Noise Voltage Density (Typ.)	Supply Current (Typ.)	Commercial Sample Available	Package
LMR1801YG-C (Ground Sense)	1	950μV@25°C 1200μV@All temp. range	5.0nV/√Hz @1kHz	0.95mA	✓	SSOP5
<b>LMR1802YG-C (Ground Sense)</b>	1	<b>450μV@25°C</b> <b>500μV@All temp. range</b>	<b>2.9nV/√Hz</b> <b>@1kHz</b>	1.10mA	✓	SSOP5
TLRx377Yxx-C (Rail to Rail)	1,2,4	1200μV@25°C 1300μV@All temp. range	8.0nV/√Hz @1kHz	1.00mA @1ch	✓ 1ch ✓ 2ch '21/4Q 4ch	SSOP5 / MSOP8 / SSOP-B14
TLRx376Yxx-C (Rail to Rail)	1,2,4	<b>150μV@25°C</b> <b>550μV@All temp. range</b>	8.0nV/√Hz @1kHz	1.00mA @1ch	✓ 1ch ✓ 2ch '21/4Q 4ch	SSOP5 / MSOP8 / SSOP-B14



アプリケーション：電子タバコ



アプリケーション：ガス警報器



アプリケーション：非接触体温計

## <市場要求>

1, 高精度 オペアンプ

2, 小型PKG

## 高精度テクノロジー

- ① 低入力オフセット電圧
- ② 低ノイズ

## パッケージ

小型 HVSO5 & SSOP5

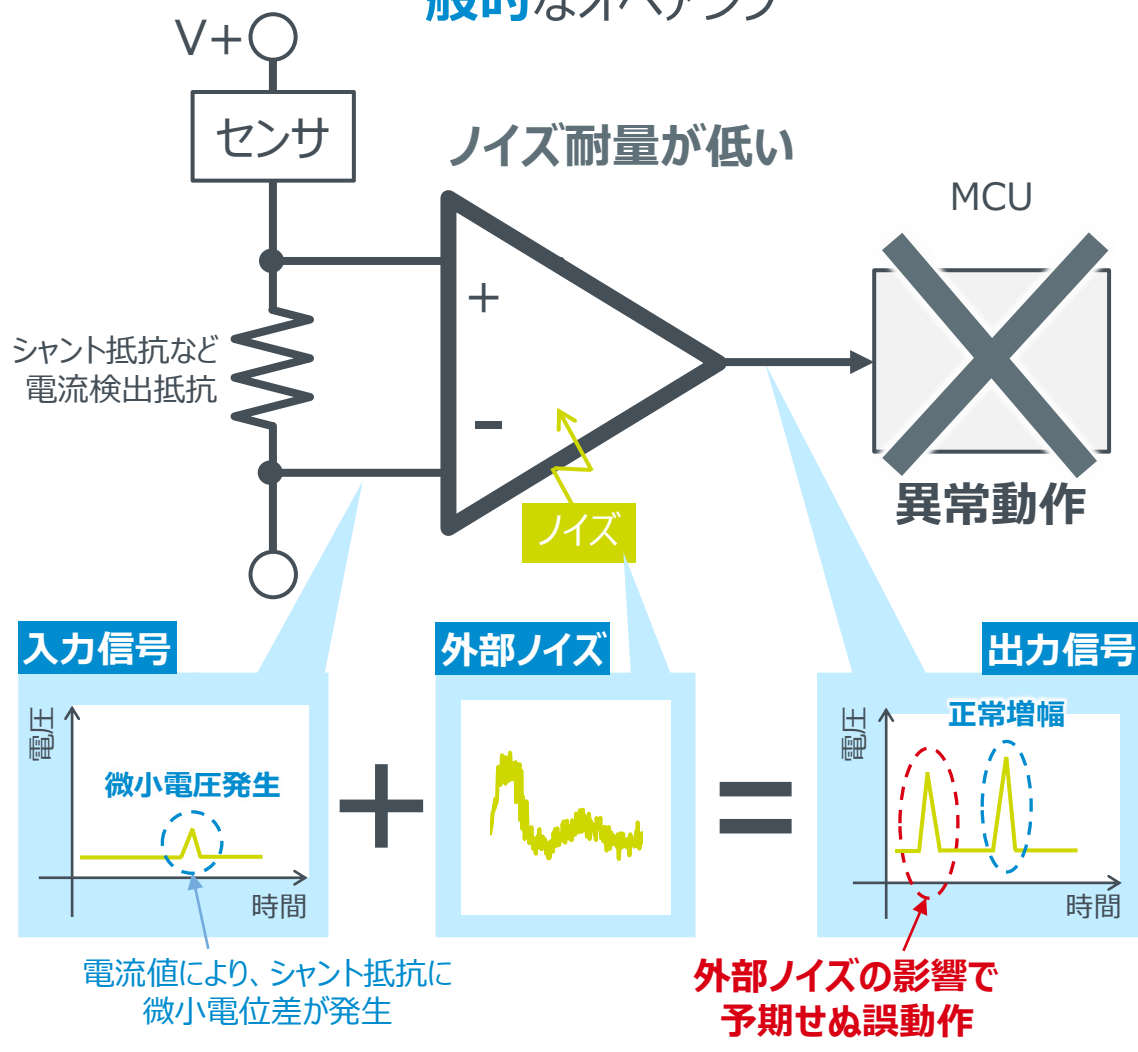
ロームは外部ノイズ(ElectroMagnetic noise)を受けない  
<sup>アーマー</sup>  
 鎧( **ARMOUR** )のようなオペアンプを開発しました



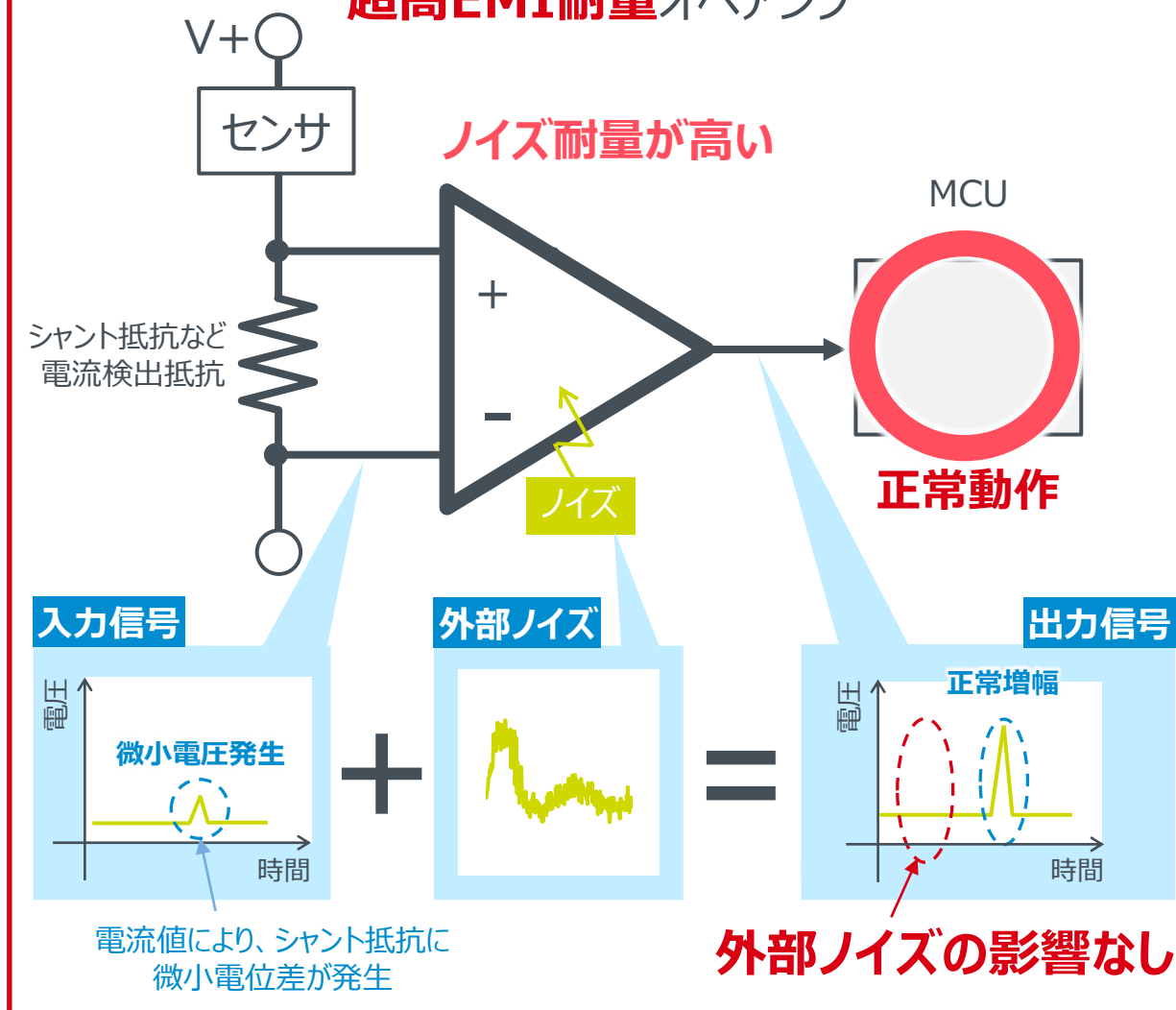
イーエム <sup>アーマー</sup>

EMARMOUR™は、国際的ノイズ評価試験において  
 出力電圧変動が極小となるノイズ耐量を実現した  
 製品にのみ与えられる、ロームのトレードマークです

一般的なオペアンプ



超高EMI耐量オペアンプ



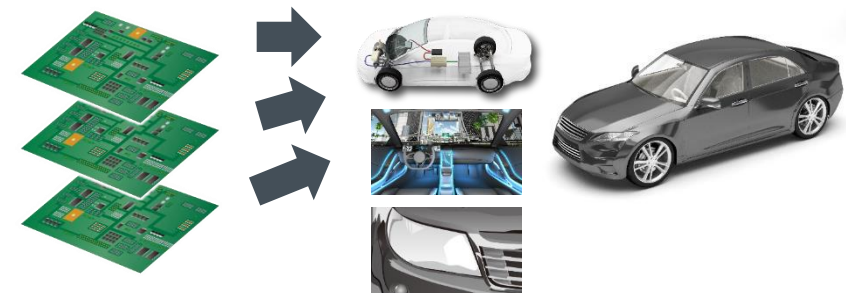
👍 ロームは、外部ノイズの影響を受けない  
超高EMI耐量オペアンプを開発

# ロームの高EMI耐量オペアンプを使用した場合のメリット

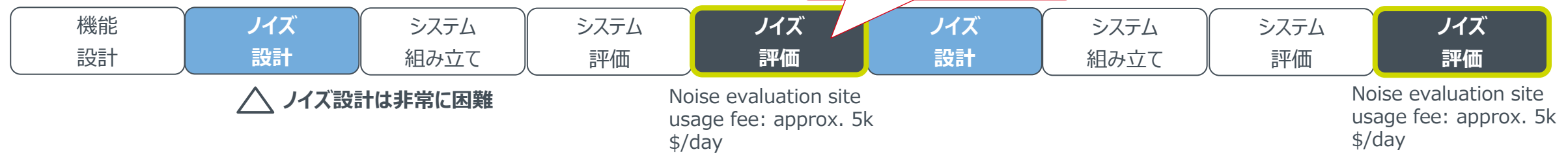
新しいモデル(基板)を設計する度に、  
システム(アプリケーション側)でのノイズ評価が必要

車載電装システムの場合

ノイズ評価



## △ 一般的なオペアンプを使用した場合



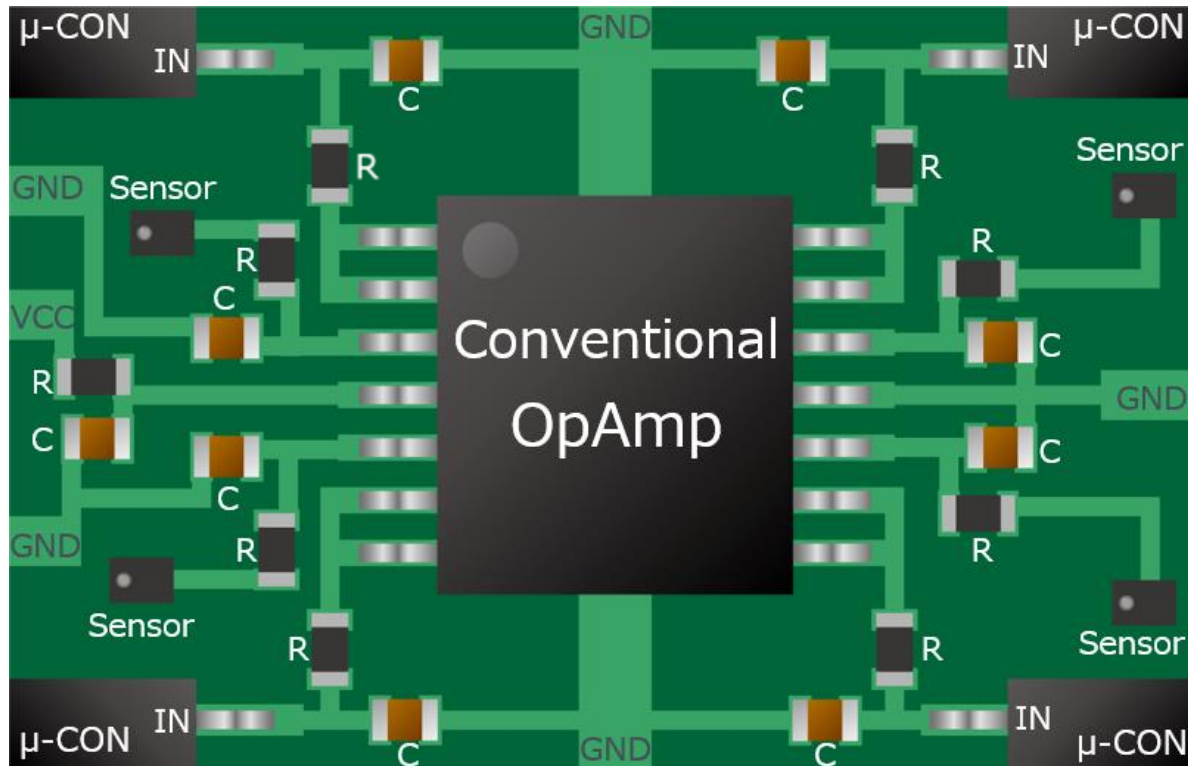
## ○ ロームの超高EMI耐量オペアンプを使用した場合



システム設計工数・設計費用の削減が可能、短納期のシステム設計時にも素早い対応が可能

# ロームの超高EMI耐量オペアンプを使用した場合のメリット

一般的なオペアンプ



外部ノイズ対策として、  
入出力にCRフィルタが必要

ロームの超高EMI耐量オペアンプ



CRフィルタ不要  
(4ch品の場合、最大18個の部品削減)

ノイズ対策を削減可能

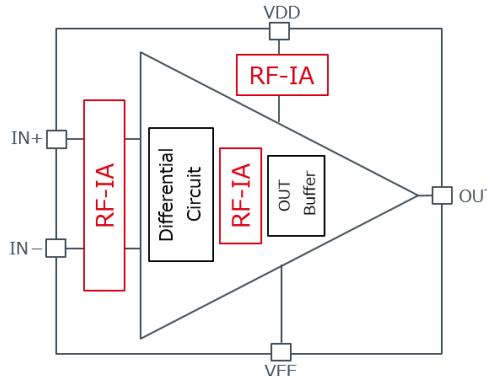
※削減効率は、お客様セットにおけるノイズの影響許容度に依存します。

# 詳細：どの様にしてEMI耐量を改善したのか？(高EMI耐量オペアンプ技術)

## 回路やレイアウト、素子サイズ等を徹底的に見直し、EMI耐量を大幅に改善

### 回路

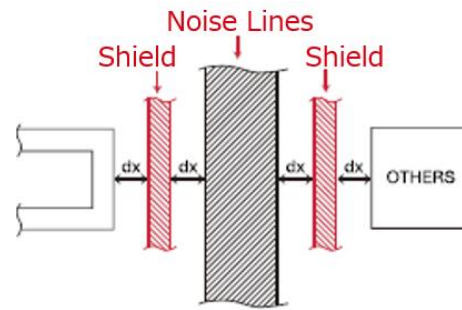
新たに開発したノイズ対策回路「RF-IA」を  
必要な箇所に複数組み込むことで  
ノイズ耐性を向上



新開発のノイズ対策回路(RF-IA)を追加  
※RF-IA  
(Radio Frequency Impedance Adjuster)  
高周波インピーダンス調整機能

### レイアウト

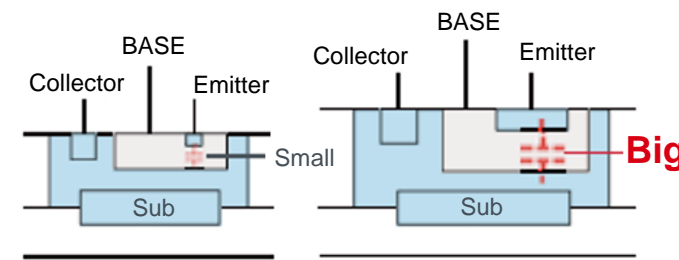
ノイズラインに対してシールドを張り巡らせると同時に、配線間干渉の見直しや内部アナログコアへのインピーダンス調整を行う



- 1: ノイズラインのシールド
- 2: 配線干渉の見直し
- 3: 内部アナログコアへのインピーダンス調整

### プロセス・素子構造

寄生容量が大きいとノイズ耐性が高い事に  
着目し、最適な寄生容量をえられるように  
プロセスや素子サイズを選定



ノイズ耐性を高めるためには、  
トランジスタ素子レベルでノイズに強い事が重要

上記3つが完全に揃った時に、外部ノイズの影響を受けなくなる

# 車載対応 EMARMOUR™ オペアンプ・コンパレータシリーズのラインアップ

素子構造	機種名	機能	動作最大電圧	外部ノイズ耐量	バイアス電流	スルーレート
バイポーラ	量産中 BA82904Yx	2ch オペアンプ	36V	◎	20nA	0.2V/μs
	量産中 BA82902Yx	4ch オペアンプ				
	量産中 BA82903Yx	2ch コンパレータ				
	量産中 BA82901Yx	4ch コンパレータ				
CMOS	新製品 BD87581YG-C	1ch オペアンプ	14V	◎	0.001nA	
	新製品 BD87582YFVM-C	2ch オペアンプ				
	新製品 BD87584YFV-C	4ch オペアンプ				

高速化

CMOS構造であれば、バイアス電流が小さいのでセンサに影響を与えない ⇒ **高精度**

センサは電流の影響を受ける

(バイアス電流) 入力電流 小

バイアス電流: オペアンプの入力端子に流れる電流 ⇒ センサ精度に影響  
スルーレート: 単位時間における出力の立ち上がり時間 ⇒ 応答速度そのもの

ロームのEMARMOUR™は、アプリケーションで特別な対策を講じることなく、ノイズによるオペアンプの誤動作を防ぐため、一般的なICメーカーが行うDPI試験だけでなく、電子機器メーカーが行うセットレベルでのノイズ評価も実施しています。

## ノイズ試験の概略

	一般的な 高EMI耐量オペアンプ	ローム EMARMOUR™ 高EMI耐量オペアンプ	Overview of Noise Evaluation Tests
ノイズに対する考え方	アプリケーション上での ノイズ対策は、 電子機器メーカーに委ねる	アプリケーション上で 特別な対策をしなくても、 誤動作しない事を目指す	—
電波放射試験 ISO 11452-2	—	○	電子機器メーカーが一般的に実施する試験。 アンテナから電磁波を照射するため、入力フィルタでは 防げないノイズ試験。
BCI 私見 ISO 11452-4	—	○	電子機器に接続されたワイヤーハーネスに、電流 注入プローブでノイズを印加する試験。強い電磁界 ノイズが励起した際の電子機器の耐性を評価する。
近接イミュニティ試験 ISO 11452-9	—	○	携帯電話の普及により、採用する電子機器メーカーが 増えた試験。アンテナから電磁波を照射するため、 入力フィルタでは防げないノイズ試験。
DPI 試験 IEC 62132-4	△ フィルタの対策により 特定周波数帯だけノイズに強い	○	半導体の端子に直接ノイズ信号を印加する試験。 入力端子に予めフィルタを入れておくなど、対策は 比較的容易。



# Rail to Rail入出力 高速CMOSオペアンプ「BD8758xYx-C」

## 主な特長

- **超高EMI耐量**
- Rail to Rail入出力
- CMOS素子構造
- AEC-Q100対応
- ユニバーサルオペアンプと端子互換
- **高精度シミュレーションモデル完備**

## 電気的特性

- 電源電圧: 4.0V to 14V
- Rail to Rail入出力 -
- 入力電圧: VSS to VDD
- 出力電圧: VSS+0.03 to VDD-0.05
- CMOS素子構造 -
- バイアス電流: 0.001nA
- スルーレート: 3.5V/ $\mu$ s
- 動作温度範囲: -40°C to +125°C

## 圧倒的なノイズ耐量を実現した「EMARMOUR™」オペアンプ



## ラインアップ

Part No.	Channel	Package
BD87581YG-C	1ch	SSOP5
BD87582YFVM-C	2ch	MSOP8

## アプリケーション例

- 車載: EV / HEVインバータ、エンジンコントロールユニット、カーナビ、eCall(車両緊急通報システム)、カーエアコン
- 産業機器: FA機器、計測機器、測定機器、サーボシステム、各種センサシステムなど、ノイズが気になる電子回路を持つあらゆる車載・産業機器に採用可能



**BD87581YG-C**  
(1ch) SSOP5 package



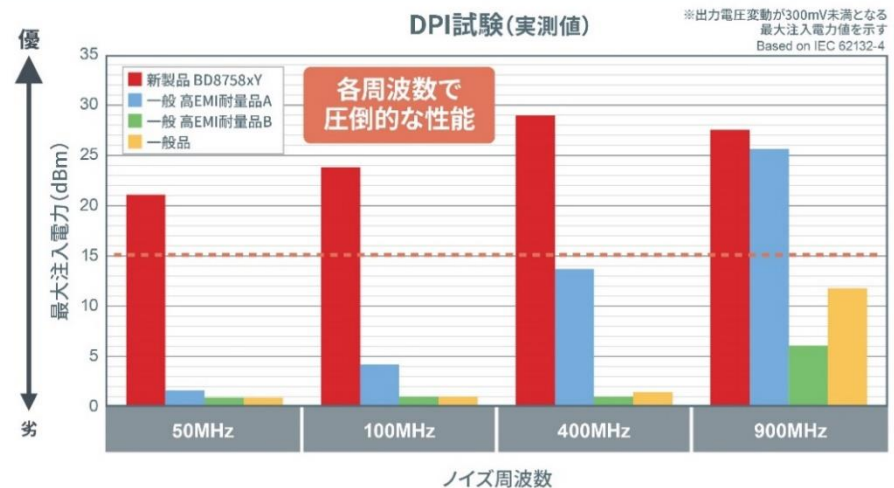
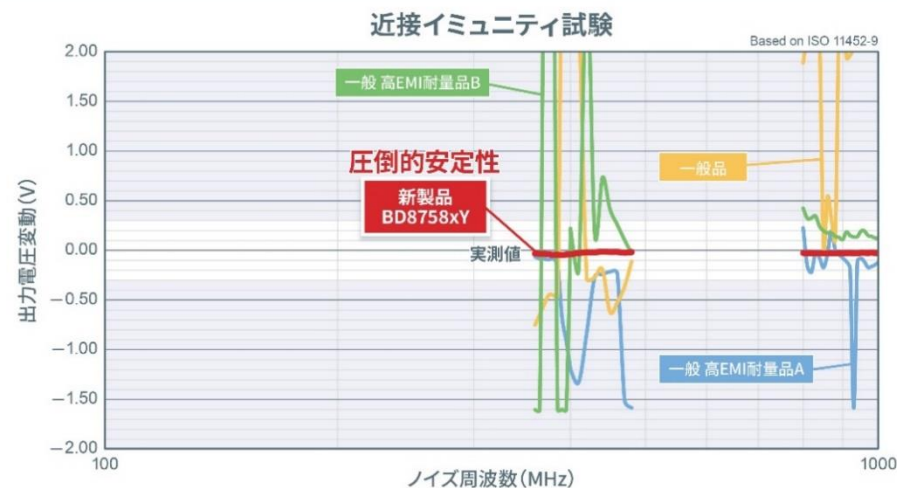
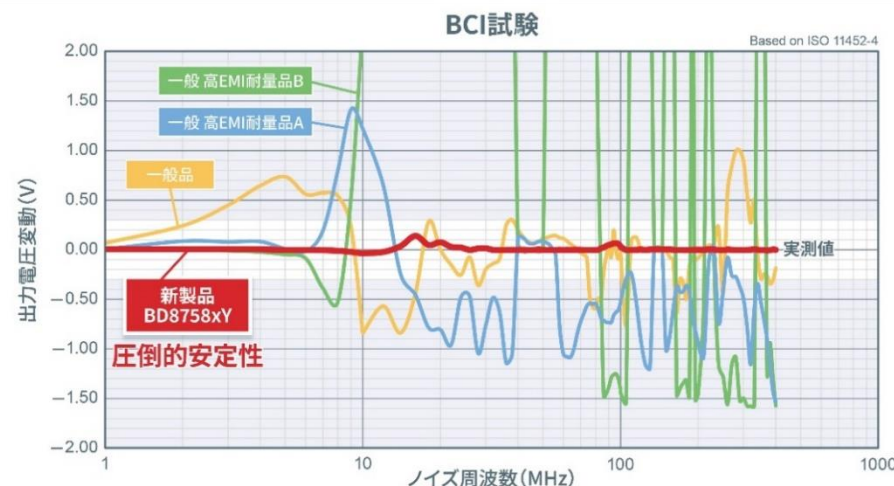
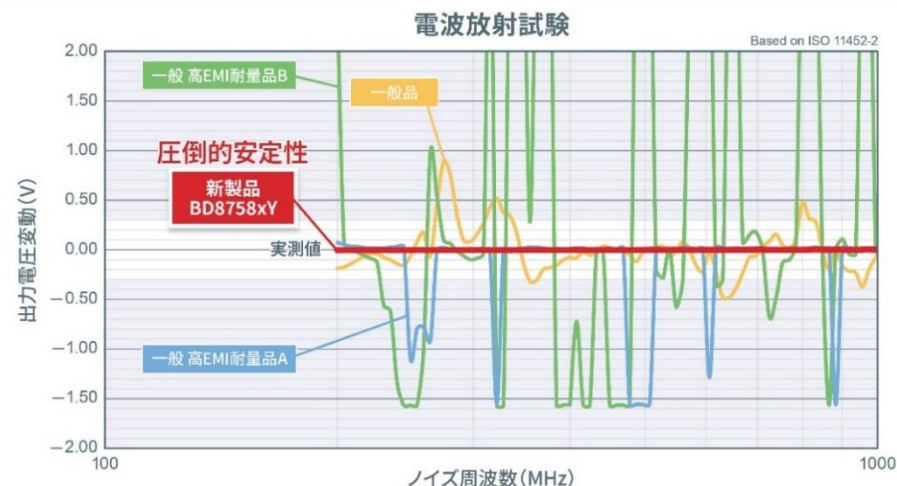
**BD87582YFVM-C**  
(2ch) MSOP8 package

## 供給情報

- 量産: 2021年5月より
- サンプル価格: 300円/個 (税抜)

# 特長 1

4種の国際的ノイズ評価試験で圧倒的ノイズ耐量を達成し、ノイズ設計負荷を軽減



ノイズ設計  
負荷軽減

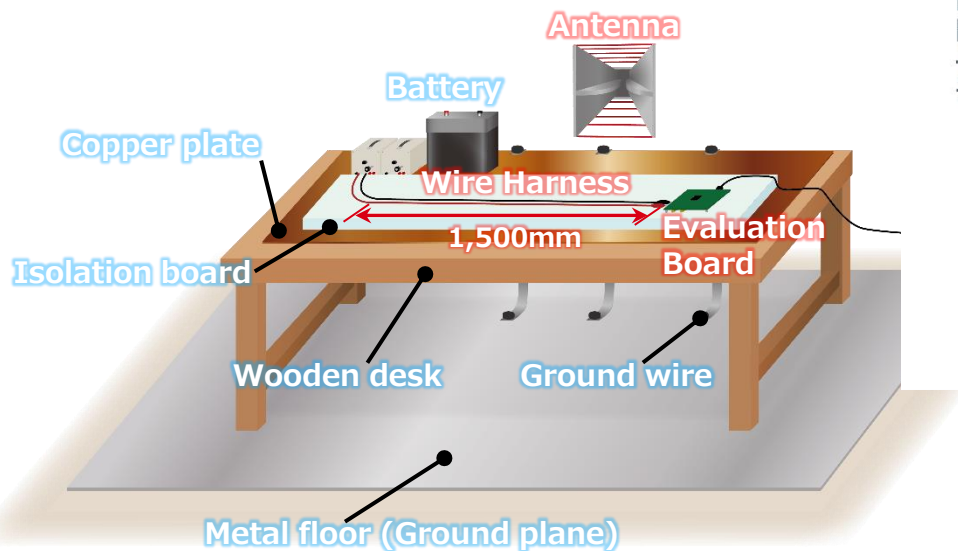
RC部品点数  
10点削減

ノイズ対策を不要にし、アプリケーションの設計工数削減や高信頼化に貢献

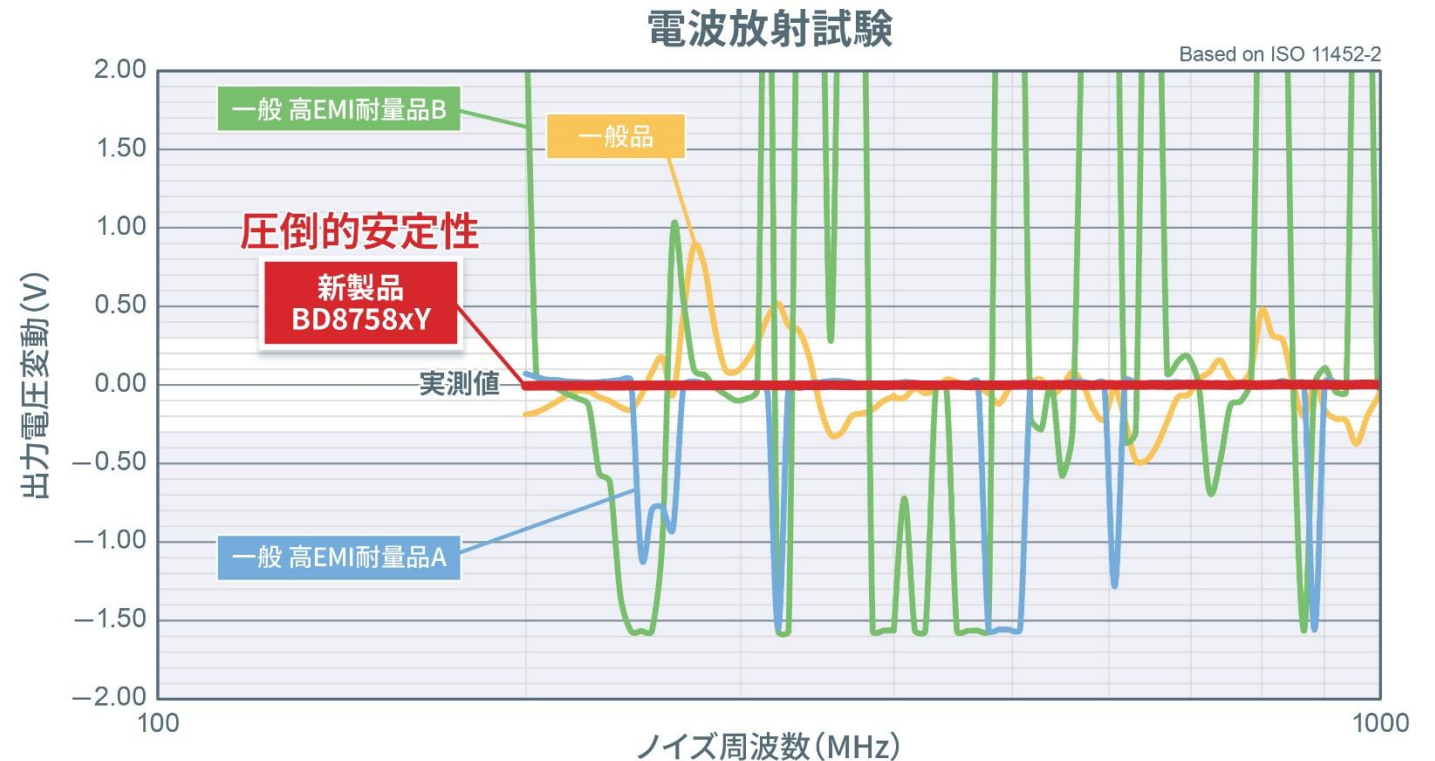
# 特長 1

## 詳細：電波放射試験結果

＜試験条件＞ ISO 11452-2準拠  
測定回路: ボルテージフォロア  
温度: ROOM  
試験方法: 置換法(進行波電力)  
電界強度: 200V/m  
試験波: CW(連続波)  
周波数: 200MHz-1GHz(2%STEP)



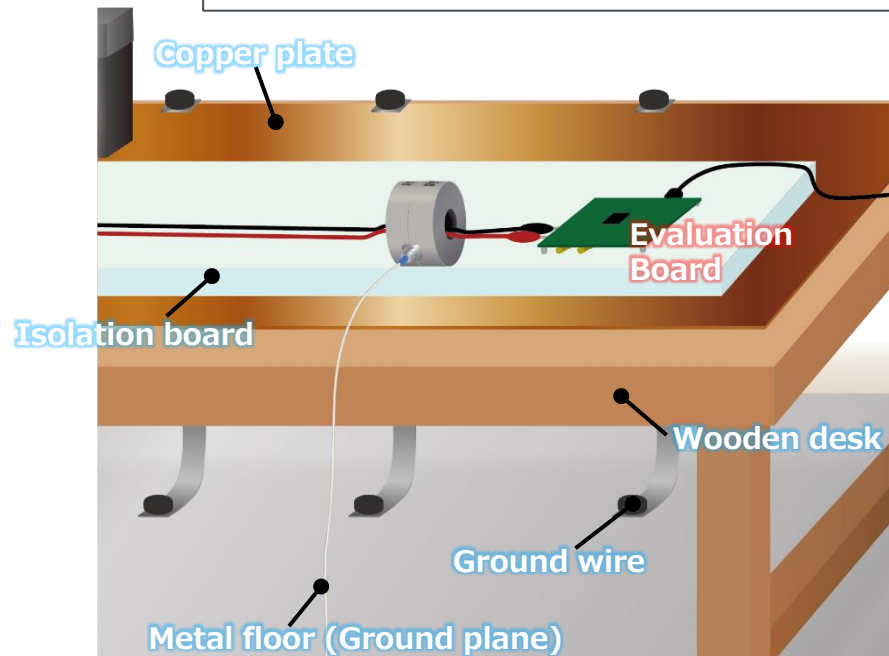
左記条件で 周波数 vs 出力電圧をプロット



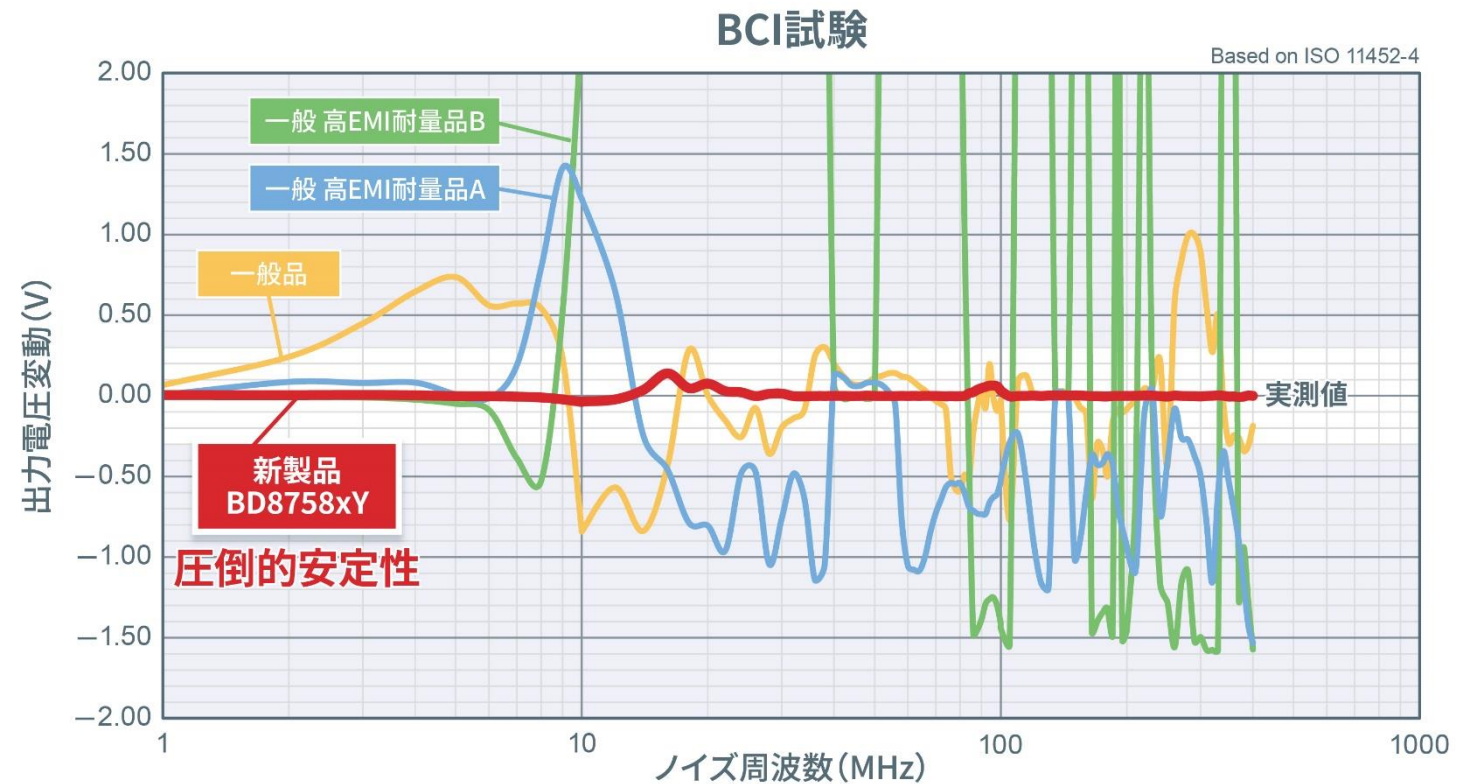
# 特長 1

## 詳細：BCI試験結果

＜試験条件＞ ISO 11452-4準拠  
測定回路：ボルテージフォロア  
温度：ROOM  
試験波：CW(連続波)  
電力：200mA  
周波数：1-10MHz(1MHz STEP)  
10-100MHz(2MHz STEP)  
100-200MHz(5MHz STEP)  
200-400MHz(10MHz STEP)



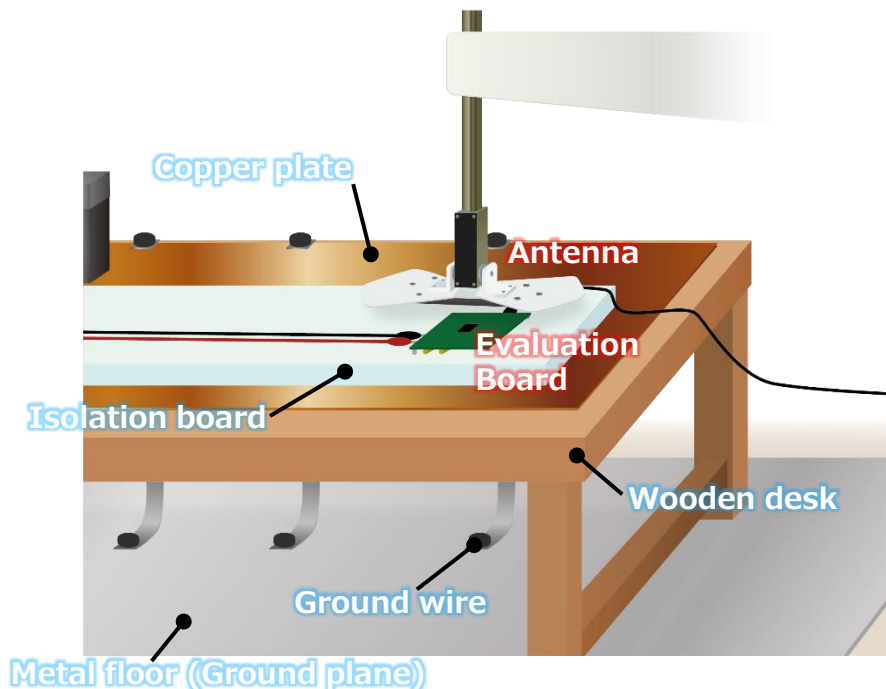
左記条件で 周波数 vs 出力電圧をプロット



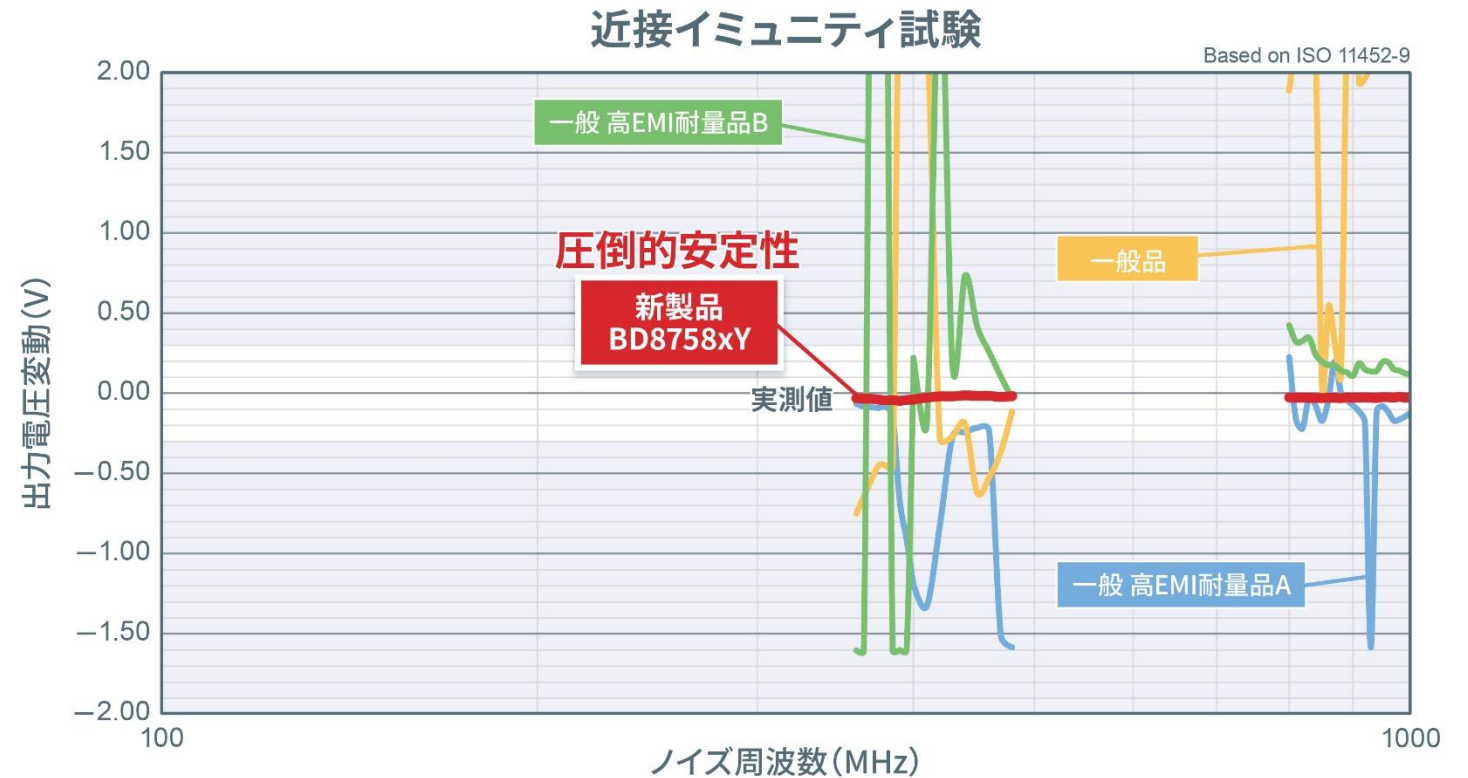
# 特長 1

## 詳細：近接イミュニティ試験結果

＜試験条件＞ ISO 11452-9準拠  
測定回路：ボルテージフォロア  
温度：ROOM  
試験電力：9W(360-480MHz)  
14W(800-1000MHz)  
試験波：CW(連続波)  
周波数：360-480MHz(5MHz STEP)  
800-1000MHz(10MHz STEP)



左記条件で 周波数 vs 出力電圧をプロット

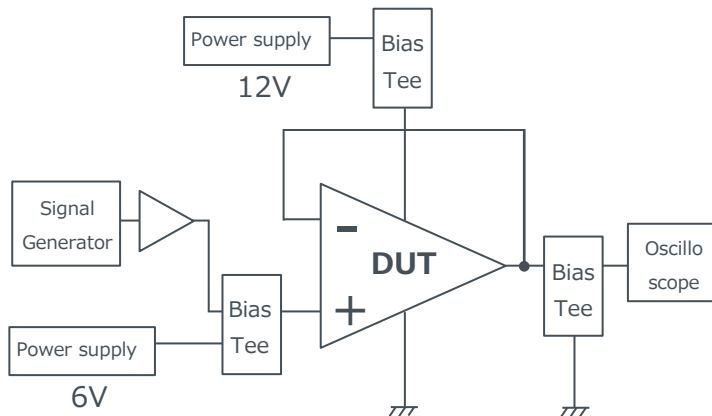


国際規格IEC 62132-4、ED-5008準拠のDPI評価法で測定  
出力電圧変動が300mV未満となる最大注入電力で、値が大きいほどEMI耐性が高いことを示す

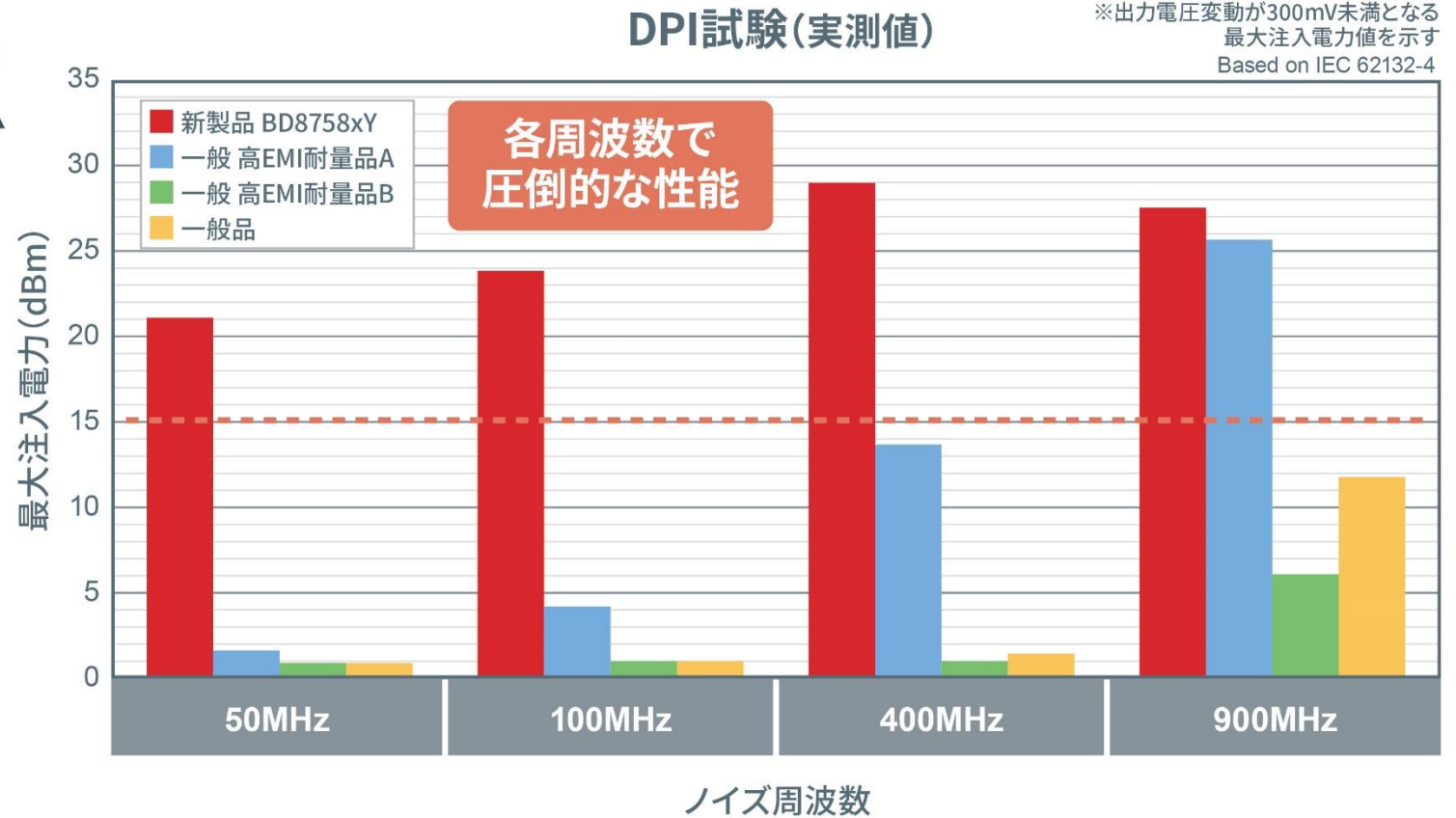


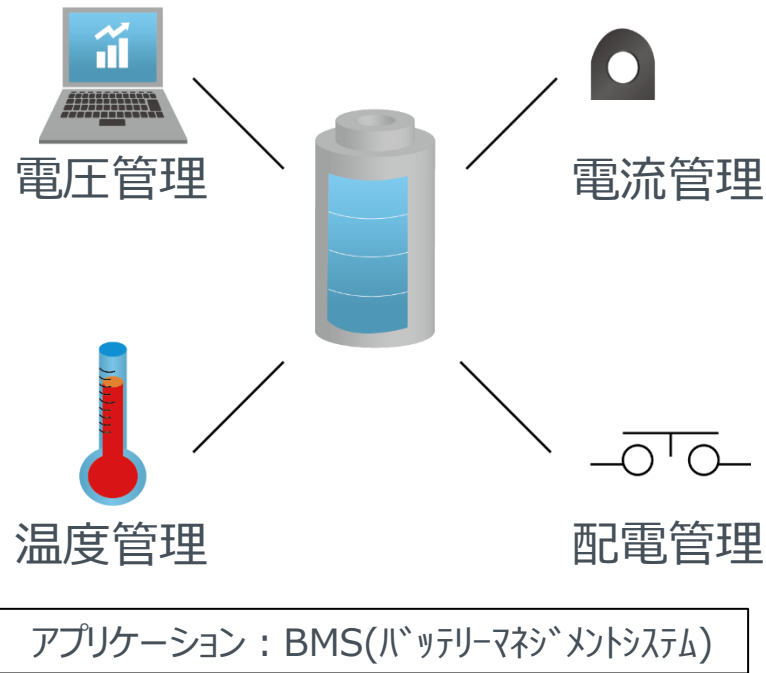
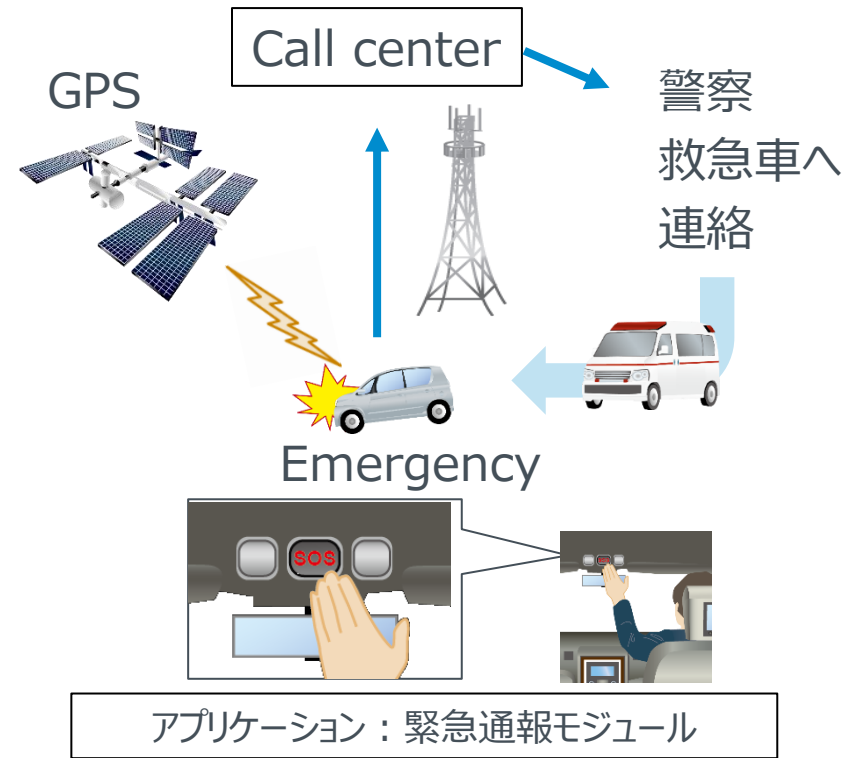
\* VCC, IN配線: 50Ωインピーダンス

### 測定回路図



優  
↑  
↓  
劣



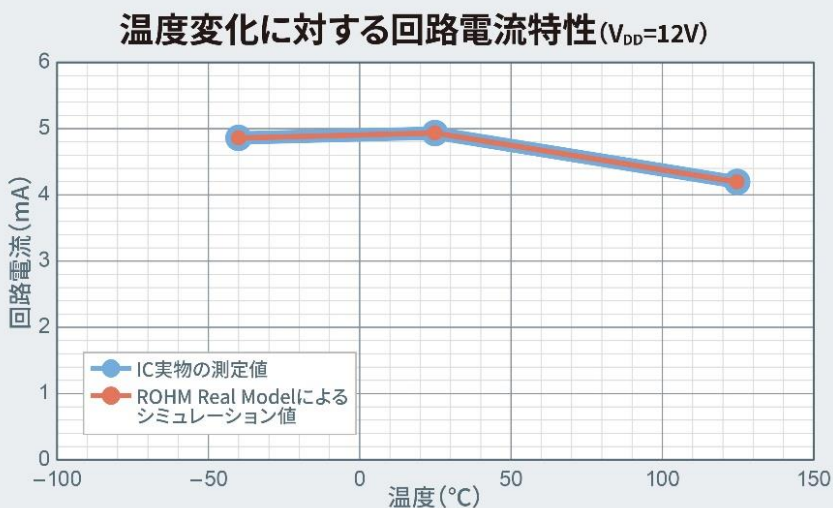


## ＜市場要求＞

オペアンプが外部ノイズの影響を受けない。  
様々な外部ノイズ試験で出力変動が小さい

EMARMOUR™技術  
高EMI耐量

新製品では、ローム独自のモデルベース技術を駆使して、IC実物とシミュレーション値の完全一致に成功した  
高精度SPICEモデル「ROHM Real Model」を完備



温度特性を完全に再現

		オペアンプ SPICEモデル			
カテゴリ	特性	ROHM Real Model	A社	B社	C社
DC	ゼロ入力電流	○	○	○	○
	回路電流	○	○	○	○
	短絡出力電流	○	○	○	○
	出力電圧振幅の最大値および最小値	○	○	○	○
	入力バイアス電流	○		○	○
	同相電源電圧除去比	○		○	
	DC出力抵抗	○	○	○	
	Rail-to-Rail	○	○	○	○
	ソース/シンク出力電流制限	○	○	○	○
	入力オフセット電圧	○	○	○	○
	入力容量	○		○	○
	電源電圧依存性	○			
	温度特性	○			
AC	スルー・レート	○	○		
	ユニティ・ゲイン周波数	○	○	○	○
	1極または2極アンプのゲイン/フェーズ	○	○	○	○
	同相電源電圧除去比	○		○	
	AC出力抵抗	○	○		
	位相余裕(発振余裕度)	○	△	△	△

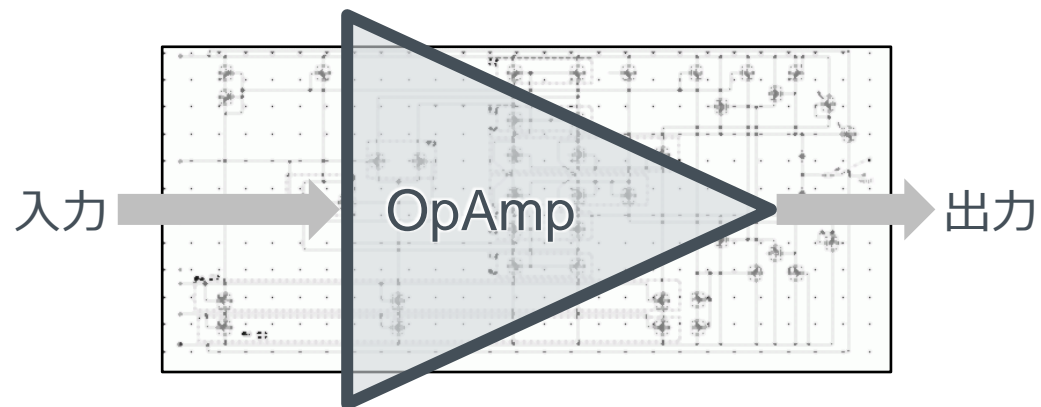
シミュレーションの難しい位相余裕も、高精度で再現

実機試作後の手戻りを防止し、効率的なアプリケーション開発に貢献

**「ROHM Real Model」**は、ローム独自のモデルベース技術により、トランジスタ回路全体で実現する特性を機能毎に設計・再結合し、高い特性再現性を実現

## 従来のモデリング

### 素子ベースのモデリング

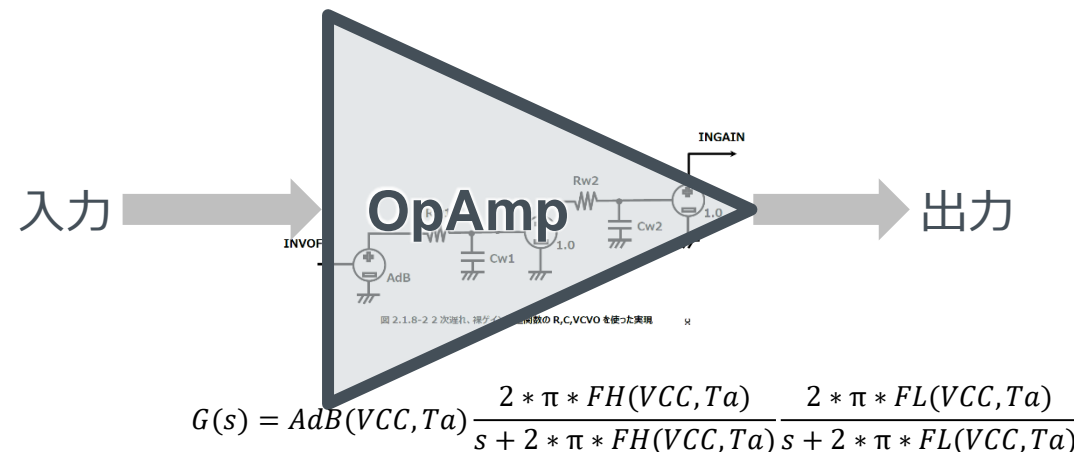


各素子の特性をモデリングして繋ぎ合わせているため  
寄生素子を含めた全ての特性を実機と一致させるのは困難

シミュレーション結果が実機動作と一致しない

## ROHM Real Model

### 数式ベースのモデリング



実際の評価結果を基に  
入力と出力の関係を数式化(モデリング)する

シミュレーション結果と実機動作が一致する

シャント抵抗器の選定

モータ制御用に電流検出を行う場合、モータに大電流を流すためには、抵抗での許容損失を抑える必要があり、できるだけ抵抗値の小さいシャント抵抗を選定します。

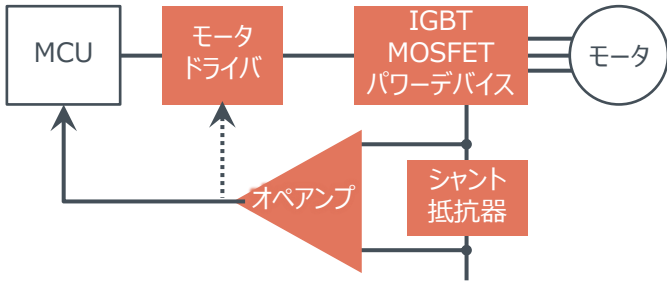
そうすると抵抗値の両端で発生する電圧差もより微小になるため、入力オフセット電圧が小さく、低ノイズの高精度オペアンプを選定しなければなりません。

異常フラグとして過電流検知を行う場合、過電流検知後は高速に応答して異常を知らせることが求められるため、高スルーレートのオペアンプが選定されます。

アプリ別 提案事例

Detection	Application	Usage	Current range	Op Amps	Shunt resistors	R value (mΩ)
High Precision	EPS	Motor control	100A	LMR1802 TLRx376Yxxx series	PSR100	0.5 / 1
	Inverter for EV bike	Motor control	50 to 100A		PSR100, PSR400	0.3
	E-Compressor	Motor control	30 to 50A		PSR100, PMR100	0.5 / 1 / 2
	Engine ECU	Fuel injection	5 to 10A	BD8758xY series TLRx377Yxxx series	GMR50, GMR100	20 to 30
High Speed	On board charger	Over current protection(PFC)	30 to 40A	BA8347xYxxx series BD8758xYxxx series	PSR100, PMR100	1 / 2
	Industrial inverter	Over current protection	50 to 60A		PSR100, PMR100	0.5 / 1 / 2
	White goods	Motor control	20 to 30A		PMR50, GMR50	1 to 5

トータルソリューション例



■ ロームが提供可能なデバイス

IGBTやMOSFET、モータドライバなどの出力電流をシャント抵抗器により測定することで、モータの速度制御や破壊保護などを行う回路

## 対ノイズ性能向上でシステムの高信頼化・高精度化に貢献

- 超高EMI耐量・EMARMOURシリーズラインアップ拡充(外部ノイズに強い)
- 低ノイズ(ノイズを出さない)

## 基本性能向上でより使いやすく(応用範囲の拡大)

- 低消費電流
- 低オフセット
- 高スルーレート

**あらゆるセンサ信号を高信頼かつ高精度に  
増幅することを目指す**



