

## 高音質オーディオ IC ブランド「MUS-IC™」 -音楽家が創り上げる、音楽の世界観を表現するために-

ローム株式会社 LSI 事業本部

佐藤 陽亮

### 概要

オーディオ機器の音づくり同様、良い音を求めるには、IC チップにも「音質設計」が必要です。半導体メーカーであるロームは、IC の音質を追究し続けており、高音質を実現する新しいブランド「MUS-IC™」を立ち上げました。その理念と半導体ならではの取り組みを紹介します。

### ABSTRACT

To create better sound, “sound quality design” is required for IC chips as same as audio equipment. ROHM, a semiconductor manufacturer, has been pursuing the sound quality of ICs and launched a new brand 『ROHM Musical Device “MUS-IC”』 achieving high sound quality. In this article, I introduce our philosophy and the initiatives unique to semiconductors.

### 1. はじめに

ローム株式会社は、1958年に抵抗器を製造するメーカーとして京都に設立されました。その後、1969年にIC開発を開始し、1971年に日本企業として初めてシリコンバレーへ進出するなど、チャレンジ精神に満ちた半導体メーカーとして現在まで多くの方に支えられながら成長してきました。ちなみに、「ROHM」の社名は、創業当時の生產品目である抵抗器（Resistor）の頭文字「R」に抵抗値の単位 $\Omega$ 「ohm」を組み合わせたものです。「R」信頼性（Reliability）にも通じており、品質を第一とするロームのポリシーを表しています。

また、ロームは、ICからディスクリート製品まで、幅広い半導体製品を扱う企業でありながら、公益財団法人 ローム ミュージック ファンデーションと共に、四半世紀以上にわたりクラシックを中心とした音楽文化の普及・発展に尽力している企業でもあります。若手音楽家への奨学援助においては、現在ベルリン・フィルハーモニー管弦楽団で第1コンサートマスターを務める榎本大進氏をはじめ、480名の若手音楽家を支援。さらに、日本を代表する劇場「ロームシアター京都」を支援し、コンサートなどの主催や協賛を行っています。

右写真：ロームシアター京都にて  
「ローム ミュージック フェスティバル  
2019」におけるオーケストラコンサート



## 2. 「音質設計技術」を確立するきっかけ

ロームのオーディオ IC の歴史は約 40 年前からはじまります。ロームの企業目的には、「つねに品質を第一とする」「文化の進歩向上に貢献する」とあります。この企業目的は、制定されてから創業 60 周年を超えた現在に至るまで、社内にはしっかりと受け継がれています。この企業目的の下、多くのオーディオ IC が生み出されてきました。プリアンプ、オーディオアンプ、サウンド・プロセッサと呼ばれる音量調整や音質調整用の製品、携帯電話向けの音源用 IC やオーディオ CODEC に代表されるデジタル・アナログ混載品、CD-DSP やオーディオ用 SoC に至るまで、幅広く開発を続けてきました。

ロームのオーディオ IC 技術は、カセットテープの時代から、CD の時代を経て今日のハイレゾ時代に至るまで、良い音を求めて、電気的特性と向き合いながら進化してきました。時代の流れとともに、半導体は微細化の道を歩んできましたが、オーディオ IC も例外ではなく、微細化により集積度は向上し、1 チップで多くの機能を実現できるようになりました。その一方で、微細化によりオーディオの主特性であるノイズやクロストークに悩まされることも多くなりましたが、設計技術の向上もあり、オーディオ製品として十分な特性を確保し続けてきました。

しかしながら、「音質」については IC 設計エンジニアにとって曲者でした。なぜなら、「目標の電気的特性を達成すること」と「目標音質を達成すること」は必ずしもイコールではないからです。オーディオ機器のエンジニアであれば、「音質」は回路の設計だけに留まらず、基板設計、採用するコンデンサや抵抗などの部品選定、筐体の設計といった多くのパラメータを考慮して開発することは理解できると思いますが、実はこれらは IC 開発でも同様に考えるべきことなのです。IC 開発において音質に影響を与える要因を、ロームでは「音質パラメータ」と呼んでいますが、私自身のオーディオ用 IC 開発の中で、「音質パラメータ」を強く意識した出来事を紹介したいと思います。

それは、開発中のあるオーディオ IC をお客様に評価していただいた際、「音質が以前よりも悪くなった」と言われたときのことです。このとき私は、回路を一部変更したものの電気的特性は同等のサンプルを提出していたため、最初は疑念を抱きました。この理由は後に明確になりましたが、当時は回路上のわずかな変更点を中心に解析を行っても、納得の得られる結論を出すことができませんでした。その後、このような経験を何度も重ねる中で、IC の「音質パラメータ」は回路上の要因だけでは成り立たないということを実感することができました。これは、IC の「音質」もオーディオ機器と同様に考えなくてはならないということ強く認識した瞬間でもありました。ここから、私の中には IC の音質を向上させるには、何が効果的なのかを純粋に知りたいという探求心が生まれ、回路設計で気になる点はもちろん、後工程（ウエハ形成後の組立工程）の製造条件についても調査をはじめました。これが、ロームにおける「音質設計技術」を確立するための第一歩でした。

## 3. 「音質設計技術」を形づくる「28 の音質パラメータ」

それでは、ロームの「音質設計技術」を形づくる「28 の音質パラメータ」について説明します。図 1 は IC の製品開発におけるプロセスで、シリコンインゴットの引き上げから、チップ完成までを工程毎に示しています。前述したように、音質パラメータは IC の回路設計に留まらず、製品開発における一連のプロセスに存在します。なお、28 の音質パラメータには、過去の実験結果

を紐解いて特定したのから、あらたに仮説を立てて実験により導いたものまで様々なものがあります。これらのパラメータを特定していった結果、ICの「音質パラメータ」とオーディオ機器の「音質パラメータ」は、共通する部分が多いことが分かりました。

たとえば、左右対称に代表される基板レイアウトは、ICの素子レイアウトでも同様といえますし、抵抗やコンデンサなどの種類、特性による音質影響も同様の考え方を適用できそうです。また、オーディオ機器において筐体設計は非常に重視されますが、ICにおいても後工程（ウェハプロセス後の組立工程）で応用できることがあると考えています。このように、オーディオ機器の音質設計とオーディオICの音質設計は多くの共通点があるといえそうです。

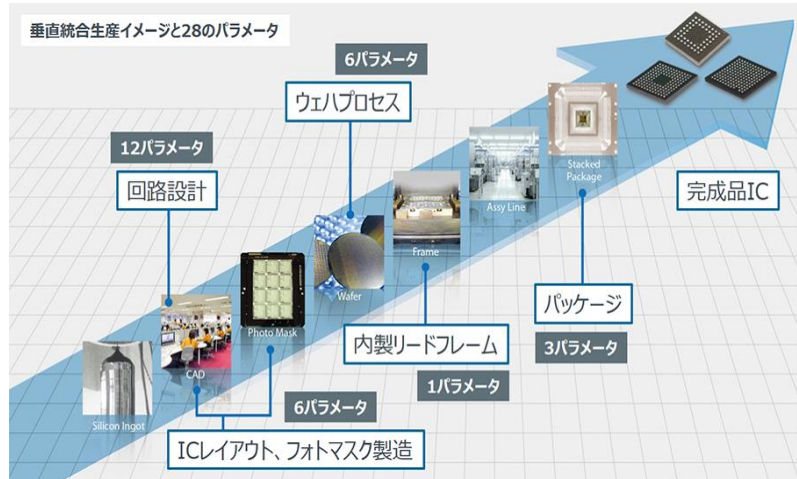


図1 ロームの垂直統合型生産のイメージ

ここで、「音質パラメータ」の具体的な事例をひとつ紹介したいと思います。

オーディオ製品の代表的特性のひとつにノイズ特性があります。全高調波歪率 (THD) とともに代表される電気的特性です。

このノイズ特性は、最も身近な音質パラメータと考えることができるように思いますが、ロームが考える音質パラメータは、単にノイズ特性のことを意味するものではありません。回路上のある素子で発生するノイズを独自の手法で制御することで、音質に対して十分な影響があることを確認できたものを音質パラメータと考えます。ここではオペアンプと抵抗、アナログスイッチで構成されるゲイン調整回路 (図 2-1) を例に、回路内の抵抗素子に着目して音質への影響を特定した事例を紹介します。下の測定結果 (図 2-2) は、回路上の抵抗素子の  $1/f$  ノイズ特性をあらわしています。20Hz~100Hz 程度の低域のノイズレベルに注目すると、改良前後で約 10 倍程度の差を確認できます。

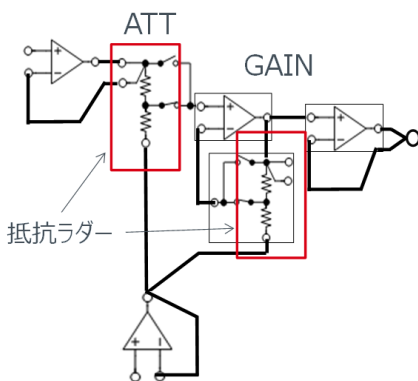


図 2-1 ゲイン調整回路

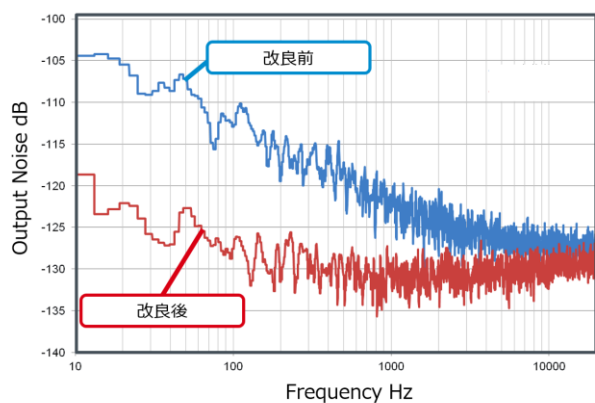


図 2-2  $1/f$  ノイズ特性の測定結果

この  $1/f$  ノイズ特性が音質との相関が高いと考える理由を説明します。一般的に、ゲイン調整回路のノイズ特性を評価する際は、無信号時のノイズ特性を測定します。この場合、ノイズレベルは抵抗素子の熱雑音が支配的となると考えられます。一方で、実際に音楽信号が再生されている状態、つまり動特性を考えた場合、ノイズ特性が音楽信号に応じてわずかに変化することを確認しました。つまり、この  $1/f$  ノイズ特性は、音楽再生時のある瞬間における抵抗素子のノイズ特性を表現していると考えられます。音楽信号は時間とともに変わっていくため、ノイズ特性も時間とともに変化していると考えられます。これは、音源のもつ情報量が時間軸上でその音楽信号に応じて連続的に変化する（ノイズに埋もれることで情報量は減少すると考える）ことと等価と考えています。結果として、この影響が音質を変化させる要因につながっていると考えています。

このように、28の音質パラメータは音質を変化させる要因ごとに特定され、これらを組み合わせることで狙い通りの音質を作り上げることが可能になります。特定した「音質パラメータ」は、様々なオーディオ IC における、音質の作り込みにおいて有効なものであると考えています。

#### 4. 「MUS-IC™」への想い

私たちは、2018年8月にロームにおける高音質オーディオ IC ブランド ROHM Musical Device 「MUS-IC」(以下「MUS-IC™」: MUSICの文字を、音楽のための IC という意味をこめて、MUSと IC の間にハイフンを入れたロームの商標です)を立ち上げました。このブランドは、私たちロームの IC 設計エンジニアの熱い想いだけでなく、多くのお客様からのご期待、オーディオ業界からの注目などが合わさり、これから育てていく新しいブランドとしてスタートしました。ここでは、「MUS-IC™」のブランド理念をあらためて説明すると同時に、今後の展望について述べたいと思います。

最初に、このブランドを形作る上でかせない4つのキーワードについて紹介します。



図3 「MUS-IC™」ブランドの4つのキーワード

1つ目は、創業時から不変でロームの企業目的でもある「つねに品質を第一とする」にあります。2つ目は、「垂直統合型生産」体制です。これらは、製品の信頼性確保において重要なキーワードでありながら、オーディオ製品の品質の根底ともいえる音質とも深い関係があります。それが先に述べた3つ目の「音質設計」への活用です。垂直統合型生産により、音質の作り込みは、

回路設計や IC レイアウト、ウエハプロセスに留まらず、後工程と呼ばれるウエハの組立工程でも活用可能になります。そして、4 つ目が「音楽文化への貢献」です。冒頭で説明したように、ローム ミュージック ファンデーションを通じて、ロームは音楽文化への貢献活動を積極的に行っており、社内に音楽、とりわけクラシック音楽を聴く機会が豊富にあります。そのため、ロームの IC 設計エンジニアは、本物の音を知り、その感覚を製品開発に活かすために、コンサートホールで生演奏を聴く機会を多く作っています。ゲネプロにも参加し、コンサートホール場所による聴こえ方の違いも体感するなど、日々研鑽を積んでいます。

この4つが揃った半導体メーカーは、世界広しといえどもロームだけではないでしょうか。また、この4つのキーワードなくして「MUS-IC™」は成立しません。

なお、「MUS-IC™」をより深く知るための紹介サイトはこちらをご覧ください。

<https://www.rohm.co.jp/mus-ic/>

「MUS-IC™」は、高音質オーディオ IC のブランドであり、ロームが目指す「MUS-IC™」の理想像は次のとおりです。

「静寂な緊張感の中で奏者が弦を弾いた瞬間の空気感、音のエネルギーが凝縮された豊かな低音、心の琴線に訴えかけてくる声の響き、そして、それらを全身で感じたときの深い感動。音楽家が創りあげる、このような音楽の世界観を余すところなく再現したい」と考えています。

また、「MUS-IC™」ブランドに対応する製品を「オーディオデバイスとして要求される数値性能と音質をともに極限まで追究し、ロームのエンジニアの熱い想いを形にしたローム・オーディオ IC の最高峰」と定義しています。

そのため、ロームのオーディオ製品の全てを「MUS-IC™」として製品化することは考えていません。上記コンセプトに従い、「MUS-IC™」に相応しい音質とコンセプトを持つものだけに限定します。



図4 「MUS-IC」シリーズの製品定義

## 5. 高音質オーディオ IC (MUS-IC シリーズ) の紹介

最後に、「MUS-IC™」のコンセプトに基づいて設計された高音質オーディオ IC (MUS-IC シリーズ) を紹介します。

### (1) ハイエンド機器向け高音質サウンド・プロセッサ IC **BD34704KS2, BD34705KS2**

ロームでは 20 年以上に渡りサウンド・プロセッサ関連製品を開発してきました。性能面、品質面においても多くのノウハウを有しており、これらのコア技術に加えて音質設計を組み込んだことで、アナログボリュームの最大のメリットである、音量を絞った時においても音質が維持できる製品を開発しました。また、ゲイン (音量) 調整時に目標ゲインまで滑らかに遷移させることでポップノイズを低減するマイクロステップボリューム機能も搭載しています。オーディオ性能は全高調波歪率 0.0004%、S/N 131dB を実現しています。

### (2) 車載グレード高音質サウンド・プロセッサ IC **BD34602FS-M**

バッテリーでの動作を意識した単一電源仕様でありながら、信号系バイアス構成を一から見直すことで、高音質を実現した製品です。主にハイエンドのカーオーディオ、カーナビゲーションシステム、ディスプレイオーディオに最適です。また、これらのシステムで要求されるナビ音声入力、ハンズフリー応答などに最適な、独立 3 系統のミキシング回路も搭載しています。オーディオ性能は全高調波歪率 0.0004%、S/N 125dB を実現しています。

### (3) D/A コンバータなどに最適な高音質オーディオ用電源 IC **BD37201NUX**

電源 IC を構成する基準電圧源、エラーアンプ、外付けフィードバック抵抗などのノイズを低減し、出力ドライバー段の高速応答により負荷となるオーディオデバイスの電源ラインを安定にしました。高音質化のポイントは、低ノイズ+負荷デバイスの安定動作であり、ノイズ性能は  $3.3\mu\text{Vrms}$  を実現。オーディオ帯域のダイナミック性能に着目して設計された本電源 IC は、0.5A 以下の 1.8V、3.3V 電源のハイエンド D/A コンバータや 5V 以下のポータブルヘッドホンアンプの電源に最適です。

### (4) 高精度・高音質オーディオ用 D/A コンバータ (開発中)

ハイエンドオーディオ機器向けに開発したオーディオ D/A コンバータです。ロームのオーディオ D/A コンバータは、これまでに確立してきたアナログ回路の音質設計技術と、 $\Delta\Sigma$  型 D/A コンバータの要素技術であるデジタル信号処理(オーバーサンプリングやノイズシェーピングなど)の音質設計技術を融合して実現しています。D/A コンバータの高音質の定義は、「音楽家が創りあげる、音楽の世界観を余すところなく再現すること」と考えています。これは、メディアに記録されたデジタルデータの本来の音、つまりクラシック音楽であれば、コンサートホールで聴く音であり、スタジオ録音の音楽であれば、演奏家やレコード製作者の届けたい音といえるでしょう。それゆえに、IC 設計エンジニアの本物の音分かる経験が重要であり、ロームの音楽文化が製品開発に生きています。オーディオ性能もハイエンドに相応しい全高調波歪率 0.0002%、S/N 130dB を目指しています。



図5 MUS-ICシリーズのイメージ

### 筆者プロフィール

佐藤 陽亮 (さとう ようすけ)



2003年 横浜国立大学大学院修士課程修了、同年ローム株式会社入社。  
現在は、LSI事業本部センサ・プロセッシングLSI商品開発部にて、LSI  
設計開発業務のグループリーダーを務める。

入社時より、アナログ・サウンド・プロセッサICの開発に携わり、2014  
年頃からオーディオICの「音質設計」を担当。「MUS-IC™」ブランド  
の立ち上げとともに、音質責任者として高音質デバイスの開発に従事し  
ている。