

特集:マイクロホン

リボンマイクロホンの開発

(株)オーディオテクニカ

技術部 研究開発室 秋野 裕

技術部 3課 鈴木 進吾

1. はじめに

かつて性能と音質の良いマイクロホンの多くはリボンマイクロホンでした^[1, 2]。しかし、小型で高性能のコンデンサマイクロホンやダイナミックマイクロホンが国内外で開発され^[3, 4]、そして多くの堅牢で優れた性能のマイクロホンが実用化されるとリボンマイクロホンはやがて姿を消していきました。当時のリボンマイクロホンは比較的大型であり、衝撃や風によってアルミニウム箔でできた振動板が変形して故障してしまうことから、取り扱いには慎重である必要がありました。このため、小型で高性能なコンデンサマイクロホンや堅牢で電源の不要なダイナミックマイクロホンが多く用いられるようになっていったと考えられます。

しかし、時がたって優れたマイクロホンが数多くあるにもかかわらず海外のマイクロホンメーカーが新たに開発したリボンマイクロホンを商品化し、復刻版モデルや中国のメーカーの入手しやすい価格のモデルが発売されるなど、市場のニーズが高まり再びリボンマイクロホンが求められるようになってきたのです。そして「ぜひ(株)オーディオテクニカでも商品化を！」ということになったのでした。

ここでは、オーディオテクニカにおけるリボンマイクロホンの開発の状況をご紹介します。

1. 開発を始めるにあたって

オーディオテクニカのマイクロホンの歴史は約35年と他社に比べるときわめて後発です。このため、先行する他社と同じようなモデルを設計すると模倣の様なことになってしまいがちでした。このため、これまでに商品化したユニポイントシリーズ、AT40シリーズ等を含むほとんどのモデルでは独自に設計したマイクロホンユニットとこれを作製する独自の製造技術を用いました。同様に、新しく開発するリボンマイクロホンも他社とは異なる独自性が必要でした。もちろん、リボンマイクロホンにトライするのはオーディオテクニカにとっても初めてのことでした。

これまでのリボンマイクロホンの欠点であった大型であること、衝撃や風に弱いことを少しでも改善する必要がありました。そして、故障せず修理や取扱いが容易であることも求められました。これらのニーズは小型で堅牢なコンデンサマイクロホンやダイナミックマイクロホンの取り扱いに慣れてしまった若いユーザーにリボンマイクロホンを使っていただくためには特に重要なことでした。

開発を始めるにあたってリボンマイクロホンを良く知る必要があります。このため、新旧10数機種のリボンマイクロホンを調べました。それぞれ名器に違わぬ音質と性能です。しかし、いくつかのマイクロホンは出カインピーダンスが高くなってしまっていることも確認されました。このように、過去に製造されたマイクロホンを調べることによってマイクロホンの経年劣化を知ることができました。使用している材料は当時と現在のものは大きく異なります。このため、新た

に開発するリボンマイクロホンを長く使用していただくために劣化の少ない材料と加工方法を盛り込む必要がありました。そして、開発を始めるにあたって以下の事柄に留意しました。

- これまでのリボンマイクロホンの良いところを継承する。
- 材料、部品と加工方法などに現在の技術を盛り込む。
- 作り易く、故障しにくく、故障しても修理が容易なこと。

2. 開発開始から

最初に開発に多くの時間がかかるであろうと思われた振動板に取り組みました。振動板材料は比重と導電率の関係からアルミニウムである必要があります。出力レベルを高くするためにプリントコイルも検討しましたが、発電に寄与する導体以外の質量は感度を低下させます。このため、プリントコイルではなく $2\mu\text{m}$ のアルミニウム箔を用いることにしました。アルミニウム箔は装飾などに用いられる金箔を作っている会社をお願いして作製していただきました。圧延方法は金箔と同様の工程とのことでした。

当初、リボンはガラス板の上で平歯車 2 つを用いて波状に成形していましたが、短冊状のアルミニウム箔は思ったような形になってくれません（うねったり曲がったり途中で切れてしまったり）。半日かかってやっと数本のリボンを成形することができました。これを磁極の中に入れて両端を固定する工程では固定金具をねじで締めつけるのですが、最後の一締めでせっかく作ったりリボンが変形してしまい、1日かけてユニットを作製しても測定できるマイクロホンは1本程度でした。やっと測定までたどり着いても先人達のようなリボンマイクロホンらしい周波数応答がうまく得られませんでした。そこで、リボンを効率良く作製する方法に取り組みました。アルミニウム箔は薄いので一度に成形すると破れてしまいます。また平歯車を用いると波型に成形するときにアルミニウム箔が左右にスリップしてリボンが曲がってしまうことを見つけました。このため、大きな凹凸に直交する小さな凹凸を組み合わせた成形型をつくり、この上に短冊状のアルミニウム箔を置いてベルベット布の繊維の先端で少しずつ押し出すようにリボンを成形できました^[5, 6] (図 1)。次に、リボンの両端を固定する方法に取り組みました。リボンには適切な張力を加えて両端を固定し、両端を昇圧トランスに電氣的に接続する必要があります。磁極にリボンを固定する方法では故障しても工場での修理する必要があります。リボンの張力を保った状態で両端の電氣的接続と磁極との着脱を容易にするためにプリント基板にリボンを固定する方法を用いました^[7] (図 2)。そして、プリント基板のランドに昇圧トランス 1 次側をハンダ付けします。

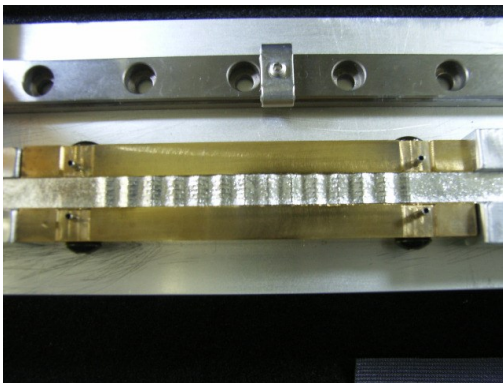


図 1 リボンの成形状態

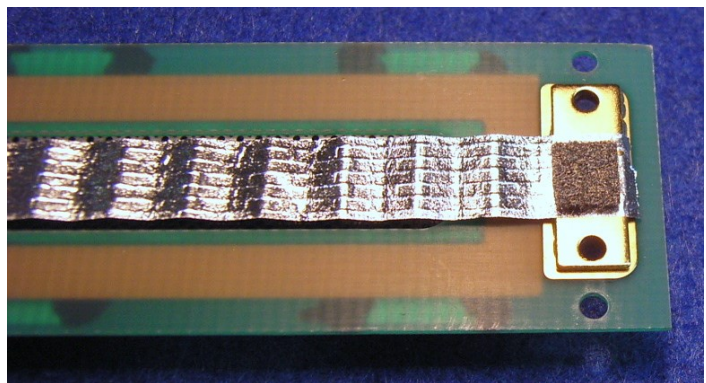


図 2 リボンの取付け状態

リボンが安定して作製できるようになったため、開発スピードが急速に上がりました。PCBに固定したリボンを磁極の両側に取り付けることにしました。無響室で測定してみると、前後のリボンが同時に動くことを確認することができました。加えて、リボンが磁極の両端にあることから磁極のくぼみによる高域の周波数応答の劣化を防ぐことができ、前後のリボンを電氣的に直列に接続すると出力レベルを2倍にすることができたのです^[8]。

双指向性リボンマイクロホンは前後の音の取り入れ口（音響端子）に加わる音圧差で振動板が駆動されます。音圧に対する感度を高めるためには音響端子間距離を長くする必要があります。しかし、音響端子間距離が長過ぎると高い周波数で駆動力がなくなってしまいます。このためAT40シリーズで用いた穴のあるバツフルを用いることにしました。しかし、AT4081は直径をφ21mmにする必要があったため穴のあるバツフルを用いることはできませんでした。

マグネットはかつて鑄造磁石がほとんどでしたが、今ではネオジウム磁石の入手が容易です。ネオジウム磁石を用いると磁気回路の設計に多くの注意を払わなくても比較的容易に高い磁束密度が得られます。このことからマイクロホンを小型軽量に設計できる見通しがつきました。図3と図4はそれぞれAT4080とAT4081の磁気回路です。



図3 AT4080の磁気回路

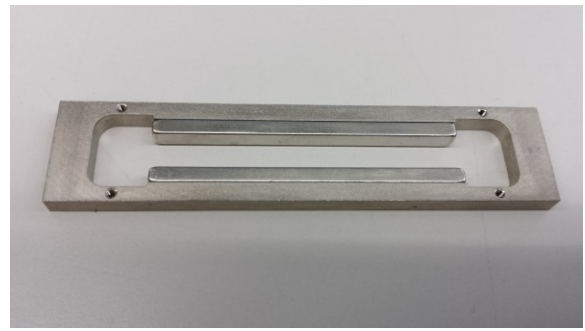


図4 AT4081の磁気回路

双指向性リボンマイクロホンは質量制御であることから收音帯域の下限に振動板の共振周波数があることに加え近接効果（マイクロホンに音源が近づくとも音波の周波数が低いほど応答が高くなる）があることから、実際の使用状況では低域の周波数応答が過度に上昇してしまいます。振動板の張力を上げる方法もあるのですが、リボンマイクロホンらしい豊かな低音が損なわれてしまいます。このため、振動板の共振周波数は低い状態で低域の周波数応答を調整する方法を検討しました。これまでパーマロイを用いたマイクロホントランスが多く使われてきたのですが、信号用に使用できるフェライトコアが入手できるようになってきました。低域の周波数応答が低い周波数に向かって緩やかに低下する昇圧トランスを作製することができたので、これを用いることにしました。

指向周波数応答を整えるために前後の音響端子にリフレクタを取り付けました。リフレクタには開口を設けここに音響抵抗を貼り付けました。これを用いることによってリボンの低域共振周波数帯域を制動し、10kHz以上の周波数応答を改善しました^[9]。

ここまでの試作検討でリボンマイクロホンのユニットの基礎部分を作り上げました。しかし、まだバラックの試作品です。ここからの製品化がメーカーの実力が問われるところです。

3. 製品化について

客先の要望から、スタンド型(AT4080)とスティック型(AT4081)の2モデルを進めることになりました。ケースのデザインは主要販売先の米国のエンジニアと一緒に決めました。「マイクロホンの出力レベルはコンデンサマイクロホンと同じぐらいほしい」という要望がフィールドテスト先からあったため昇圧比が1:80の昇圧トランスを用い、出力回路はAT40シリーズで用いたエミッタフォロワをファントム電源で動作させることとしました。

リボンと昇圧トランスの1次側に接続する部分の抵抗が高くなると抵抗雑音が発生します。このためリボンの端部には特に環境安定性を高める工夫をしました^[10, 11]。このことによって現在のマイクロホンに適用される品質基準をクリアしました^[12]。もちろん落下衝撃にも耐えられます。

リボンの成形は製品化において一番大変でした。この工程では製造担当者にも協力してもらい、多くの知恵をいただいてやっと乗り切ったのが実情でした。やはり、電気音響変換機の要は振動板でした。図5は内部の構造、図6は完成したマイクロホンです。

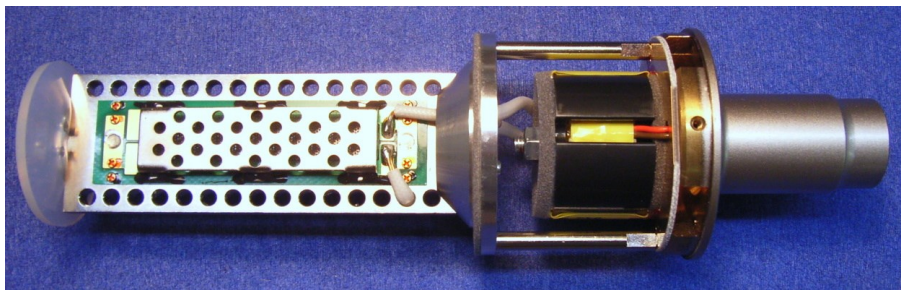


図 5 (a) AT4080 の内部構造

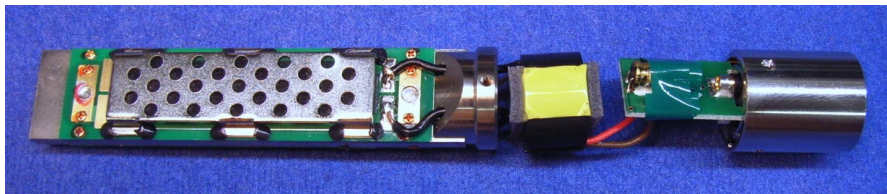


図 5 (b) AT4081 の内部構造



図 6 完成したマイクロホン (AT4081 と AT4080)

4. おわりに

オーディオテクニカにおけるリボンマイクロホンの開発の様子をご紹介してきました。商品化してから5年を経過し、AT4080、AT4081ともに順調に出荷実績を伸ばしております。これまでに大きな市場クレームは無かったのですが、今でも「問題が発生したらどう対策してゆこうか?」、「これから先に作るモデルはどのようにしたら良いのだろうか?」など今でもあれこれ考えてしまいます。バラックの試作品だったリボンマイクロホンは社内外の多くの人たちに育てられて製品になってゆきました。お世話になった多くの皆さんに感謝いたします。

文献等

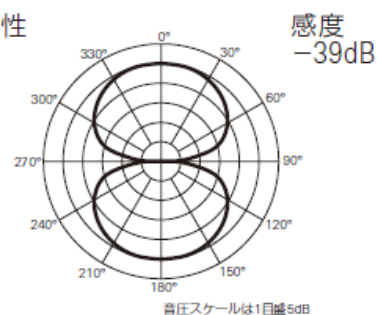
- [1] H. F. Olson : 西巻訳 “音響工学” 近代科学社 (1959)
- [2] 中村 : “放送技術者のためのマイクロホン講座” 放送技術 日本放送協会 (昭和 57 年 12)
- [3] “マイクロホンハンドブック” 日本放送協会編 (1973)
- [4] Chris Woolf : “Microphone Data Book” Human-Computer Interface Limited (2001)
- [5] 秋野 特許第 4627019 号リボン型マイクロホン用リボンの製造方法および製造装置
- [6] 秋野 特許第 5015027 号リボン型マイクロホン用リボン、その製造方法およびリボン型マイクロホン
- [7] 秋野 特許第 5038097 号リボン型マイクロホンおよびリボン型マイクロホンユニット
- [8] 秋野 特許第 4974690 号リボンマイクロホンユニット、及びリボンマイクロホン
- [9] 秋野 特許第 5103216 号リボン型マイクロホンユニットおよびリボン型マイクロホン
- [10] 秋野 特許第 4931510 号リボン型マイクロホン
- [11] 秋野 特許第 5006221 号リボン型マイクロホンユニット、その製造方法およびリボン型マイクロホン
- [12] JEITA RC-8160B “マイクロホン” (2012)

【参考：商品テクニカルデータ】

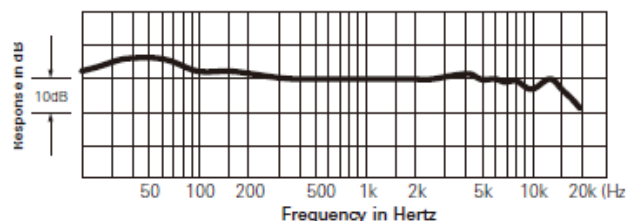
※ AT4080

型式	リボン型
指向特性	双指向性
周波数特性	20~18,000Hz
感度(0dB=1V/1Pa 1kHz)	-39dB
最大入力音圧レベル (1kHz THD1%)	150dB S.P.L.
SN比(1kHz 1Pa)	72dB
出力インピーダンス	100Ω平衡
電源	ファントΔDC48V
消費電流	3.0mA
仕上げ	シルバーサテン焼付塗装
質量	474g

指向特性

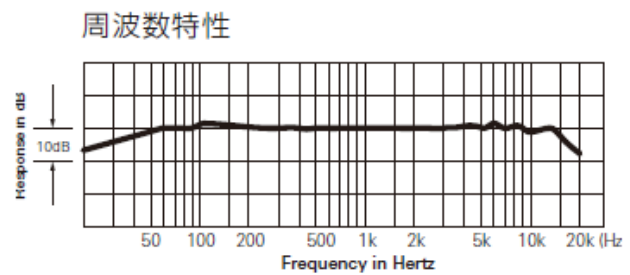
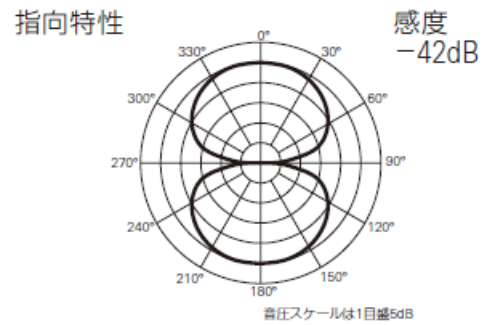


周波数特性



※ AT4081

型式	リボン型
指向特性	双指向性
周波数特性	30~18,000Hz
感度(0dB=1V/1Pa 1kHz)	-42dB
最大入力音圧レベル (1kHz THD1%)	150dB S.P.L.
SN比(1kHz、1Pa)	69dB以上
出力インピーダンス	100Ω平衡
電源	ファントムDC48V
消費電流	3.0mA
仕上げ	シルバーサテン焼付塗装
質量	152g



筆者略歴

秋野 裕 (あきの ひろし)



神奈川工科大学 大学院博士後期課程修了 博士(工学)
 (株)オーディオテクニカ 技術部 研究開発室
 マイクロホンの設計開発、イオンマイクロホンの研究。
 電気学会、日本音響学会、静電気学会、放電学会、AES 会員

鈴木 進吾 (すずき しんご)



明治大学 理工学部 物理学科 卒業
 (株)オーディオテクニカ 技術部 3課
 マイクロホンの設計開発、製造技術を担当