

MC フォノ・カートリッジ AC-5

アキュフェーズ株式会社

高松 重治

1 序

筆者の子供の頃、生家にはいわゆる電蓄があった。上部の蓋の中にはレコード・プレーヤーが装備され、78/45/33回転の切り替え付き、フォノ・ピックアップ・カートリッジ(以降カートリッジと略)も LP/SP の切り替えがあったことを記憶している。これは圧電効果を用いた「ロッシェル塩」タイプで、祖父のヨーロッパ土産の LP ドボルザーク新世界を擦り切れるまで聴いていた。ちょうどその頃ヨーロッパの録音はステレオ化しながら技術の粋を極めていったのである。

時代は変遷し弊社が創業したころには、カートリッジは針先交換可能な MM 型が全盛となり、より Hifi へと進化していった。そしてアナログ(現在のデジタル・フィールドに対して)は再生技術を含め頂点を極めていった。LP レコードも数々の優れた名盤が登場した。そしてカートリッジはマグネットではなくより軽いコイルを針に装着し、理想再生に近づける開発(ダイナミックレンジ・周波数特性の拡大など)が次々に行われていった。



MC フォノ・カートリッジ AC-5

2 歴史と社会的要求

弊社の MC(Moving Coil)フォノ・カートリッジの歴史は古く、1979 年に第一号機 AC-1 を皮切りに AC-2, AC-3 と CD が盛んになるまで続いていった。また、初代のプリアンプ C-200(1973 年発売)から当時盛んであった MM(Moving Magnet)用フォノ・カートリッジ用イコライザ・アンプが搭載され、更に 1993 年まで続いた C-280V では MC フォノ・カートリッジ用イコライザーが標準で装備されていた。その後より、現在に至るまでのプリアンプやプリメインアンプでは、必ずイコライザ・アンプがオプションとして装着されるように設計されている。

オプション化されたイコライザ・アンプの手法は CD 演奏中心のユーザーから圧倒的な支持を受けているが、他方プリアンプ、プリメインアンプに対するイコライザ・アンプのオプション装着率は何と 4 割に上っている。これを考えると LP レコードが日本国内では新規制作がなされていないことを鑑みても、ユーザーの皆様が保有しているレコードでこのような大きい数字が、アナログ関連の需要の大きさを窺い知ることが出来る。

このような市場のなかで、ハイエンド・イコライザ・オプション(最新では AD-2810 : 20 万円税抜)を超えるような製品の要望(別稿記事 C-27)と同時に、新しいカートリッジの要求が高まっていった。

30 年前の経験から新しいカートリッジの企画は程なく成立した。その詳細をご紹介します。

3 材料

カートリッジやオーディオ製品に一般的に使用される材料の性質を表1に示す。この表は周期律表に従い原子番号順に並べた。其々の元素の性質は、例えば炭素はグラファイトからダイヤモンドまで不純物の混ざり方や、結晶の状態によって大きく異なる。表の値は大まかな代表値として見る。(同様に今話題のレアアースを僅か添加することによりその金属の性質は大きく変化するので、金属の世界は今後の大きな期待が持てる。)

この表から、原子番号が大きいほど密度(比重)は高くなり、音速は遅くなる。カンチレバー(針)には音速の速いもの、筐体には響いて欲しくないので柔らかく(モース硬度の小さいもの)、密度の高いもの(重いもの)を使いたいという事がわかる。

素 材	原子記号	モース硬度	密度 ρ	ヤング率 E	音速 $C=\sqrt{E/\rho}$
ベリリウム	Be	6.5	1.85	287	12,870
ボロン	B	9.3	2.34	(656)	16,200
ダイヤモンド	C	10	3.52	1050	18,350
アルミニウム	Al	2.7	2.70	68	5,100
チタニウム	Ti	6.0	4.54	116	4,140
鉄	Fe	4.5	7.87	200	4,910
銅	Cu	3.0	8.96	110	3,570
ロジウム	Rh	6.0	12.41	359	4,700
銀	Ag	2.5	10.50	76	2,600
錫	Sn	1.5	7.31	41	2,500
アンチモン	Sb	3.0	6.69	(78)	3,420
金	Au	2.5	19.32	80	1,740
鉛	Pb	1.5	11.35	14	1,260

表1 金属の主な性質^{1), 2)}

[表の単位について ; 音速 $C=\sqrt{E/\rho}$ (m/sec) ; 密度 ρ (10^3 kg/m³) ; ヤング率 E]

4 特徴

アナログレコード再生の構成を辿ってみる。

レコード溝(音溝)→針先(スタイラス)→針(カンチレバー)→発電機構(コイルと磁石による電磁気回路)→電氣的出力という順路になる。そしてこれらを支えるものがハウジング(筐体)である。更にはカートリッジを取り付けるヘッドシェル、トーンアーム、ターンテーブルなどが関係するが、本稿ではカートリッジ AC-5 に限定した特徴の解説をする。

4.1 ハウジング

AC-5 ではハウジングに、他に例を見ない「ピューター」(pewter)という錫合金を使用した。錫は表1からわかるように柔らかく重くて音速が遅い。つまり響かないのでカートリッジのケースにはベストマッチと言える。構造上、発電部分を取り付ける本体と発電機構を保護する針カバーに分けられるが、この双方にピューターを使用している。本体は手加工によるバフ(鏡面)仕上げをし、下地処理をした後、厚めのロジウム鍍金を施した。針カバーはブラスト(梨地)加工後、金鍍金処理をして残りの部分と内側にロジウム鍍金を施した。ロジウム鍍金は美しいばかりではなく、ピューターの耐久性を高める効果がある。

デザインはAC-1、AC-2、AC-3を踏襲し、鏡面仕上げのロジウムとアキユフェーズカラーであるゴールデンをマッチングさせたものに仕上げた。またピックアップ部分からプリアンプの出力は、RIAAカーブを含めた利得は100Hzでは90dB以上に達する。筐体に金属を用いたことにより静電シールドが可能になった。

錫は融点が低く比較的無害な金属として単体や合金として古来より広く用いられ、食器や錫箔、更に鉛との合金として半田(現在では無鉛化により色々工夫改善されている)、さらにパイプオルガンのパイプにも使用されている。中世ヨーロッパでは、錫合金としてピューター(代表的な混合比で錫91%、アンチモン7%、銅2%)が銀食器につぐ食器として使用されていた。日本でも古代より錫は合金として鏡などに用いていた。ピューターの融点は低く凡そ280°C程で加工しやすく古くから馴染み易いものである。

4.2 カンチレバー (Cantilever)

AC-5は無垢のアモルファス・ボロンを使用した。構造上一端が固定されているためカンチレバーと呼ばれているが、一般的に言うところのカートリッジの針の部分である。音溝から摺動によって検出される振動を正確に発電機構に伝達するには、材料の項で示したように音速の速い材料で構成することが理想と考えられる。金属材料のなかで生成するときに危険であったり、加工するときに発火するものがあったり、生成が大変に難しかったりするものがある。これらの中で最近ではボロン(ホウ素)が理想とされている。ボロンは表1の中でダイヤモンドに次ぐ音速が速い物質である。ただ固い(モース硬度9.3)ので加工が難しかったり、加工後壊れやすいという反面がある。ボロンでもクリスタル(結晶質)とアモルファス(非結晶)があり、後者は前者より3~4倍の強度を有する。

カンチレバーにはスタイラス(針先)と発電機構が取り付けられるが、スタイラスはカートリッジの実際の使用上ではユーザーがレコード盤に接触させるという作業が加わり、かなりの強度が要求される。AC-5では硬質アルミパイプにスタイラスを装着し、このパイプをボロン無垢棒に被せる形を採用し強度が向上している。

4.3 スタイラス (Stylus) のあゆみ

音溝をトレースするスタイラス(正確には針先)は、常時荷重が掛けられレコード・プレーヤーの定速度回転によって常に摺動しているので磨滅する。表1に示すようにダイヤモンドが一番硬い。現在では工業用ダイヤモンドが低価格で供給されるため一般的になった。

図1にレコード盤の溝と各針先形式の様子を示す。図の右方向をレコードの外周とすれば、溝の左側がステレオ信号の左信号、溝の右側が右信号になる。この図を見れば分かる通り、針の両側に鋭利な刃が付いたカッター針はラッカー盤^{*1}に音楽信号に従った音溝を刻む。図1の音溝を見比べるとカッター針の各接点A-BとA'-B'は等距離だが、円錐針の接点A-B間は伸びA'-B'は縮んでいる。右と左は全く異なった音になる。⁴⁾つまり歪が発生したことになる。

また円錐針のAの直径は傾斜部分に差し掛かるとBの直径は小さくなっていることが分かる。針が溝から押し上げられる現象で、縦振動を起こしていることになる。これはピッチ効果(pitch effect)⁴⁾と呼ばれ左と右の出力には逆相信号が発生する。狭い幅の溝や高い周波数部分では最も

このピッチ効果が起こりやすい。図1右に示した楕円針はカッター針に近いためにこれらの問題を解決したものである。だが楕円針と言えども磨滅してくると楕円形状が維持できず、破綻することになる。

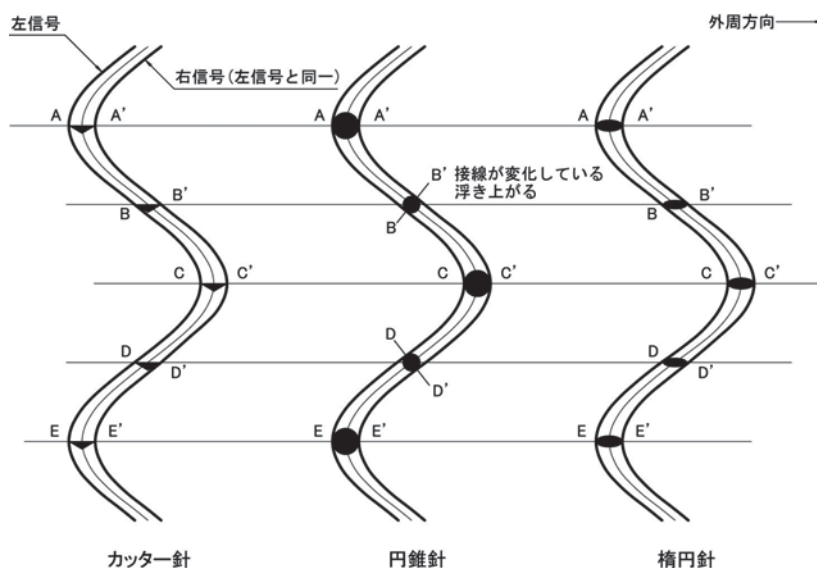


図1 レコード溝と各針形式による接点の様子⁴⁾

1969年6月に日本ビクター(株)はレコードによる4チャンネルレコード(CD-4)を開発した³⁾。2チャンネルと4チャンネルの互換性を重視した見事な方式であった。レコードの上限再生周波数15kHzの上方30kHzに副搬送波を入れ、ここに4チャンネルの後方信号成分を入れたのである。この副搬送波周波数をピックアップするためにレコードをカッティングするとき用いる形状の針を採用した。これは楕円針を改良したものでシバタ針(ラインコンタクト)と呼ばれている。現在では4チャンネルレコードは存続していないが、このような技術が今に引き継がれている。

*¹ ラッカー盤；それ以前はWAX盤であったが改良が加えられ、ラッカーを塗布したカッティングしやすい原盤(ラッカーマスター)のこと。これに銀鍍金を施して銀面マスター盤を作る。

4.4 AC-5のスタイラス

弊社AC-3(1983年11月)ではマイクロトラック・スタイラスと呼ばれるラインコンタクトより進んだものを採用していた。AC-5はこれをさらに改良したマイクロリッジ(microridge stylus: 並木精密宝石)である。図2にこの模型写真を示す。

AC-5は人工ダイヤモンドではなく、0.1mm(一般的には0.07mm)角の四角錐のチップ形状にカットしたナチュラル・ダイヤモンド(天然ダイヤモンド)を採用した。ナチュラル・ダイヤモンドは特有の硬い結晶軸を持っている。この硬い部分を音溝壁の接触部分(ridge: 山の尾根形状)になるよう難しい研磨をしている。これにより更にカッター針形状に近づいた。そして磨滅が発生してもマイクロリッジ部分が常に保てるので寿命が長くなり、かつ音溝をより正確にピックアップすることが可能になった。耐久性は実装によるレコードの高域特性測定から2,000時間以上の確認がなされた。つまり、本マイクロリッジ針は針自身の耐久性も然る事ながら、レコード盤の痛み方も少ないという事である。

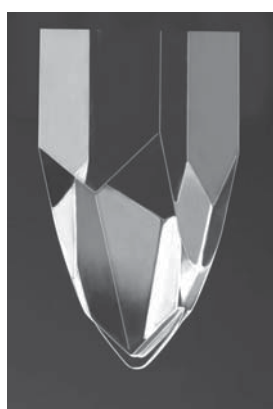


図2 マイクロリッジ針模型

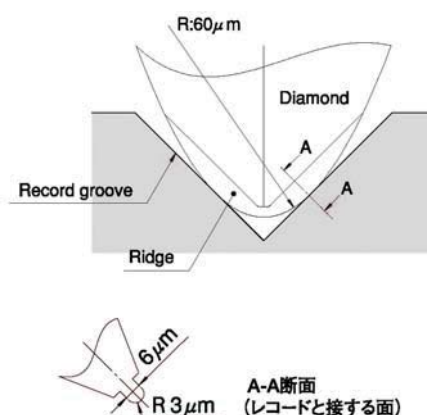


図3 マイクロリッジ針詳細図

4.5 発電機構

発電機構のコイルの部分の構造を図4に示す。ステレオレコード盤の信号の記録方法は、横信号(横振動)はL+R、縦信号(縦振動)はL-Rである。コイルの配置方法は垂直軸に対して左右に配置されることが一般的であるが、AC-5は水平軸に対して上下に配置した。つまり水平軸を基準にL、Rに分けたのである。これによりコイルに発生する左右の信号のバランスが取れ音質向上に貢献している。コイルの線材にはφ0.03mm高純度無酸素導線(6N-LCOFC)を採用し、4.5Ωの低インピーダンスにも拘らず0.24mVの高出力を得ている。

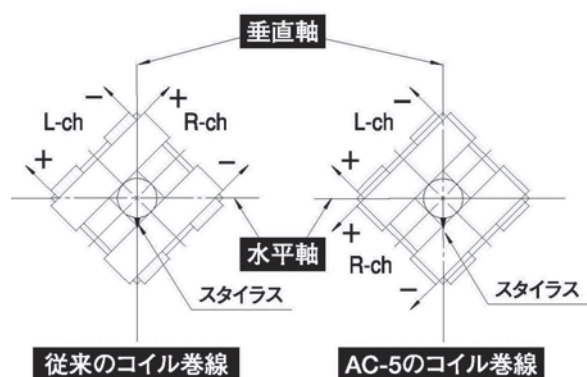


図4 発電コイル

4.6 ダンパー

ダンパーはカンチレバー構造を支え、カンチレバーに取り付けられたアーマチュア(コイル巻棒)とこれに巻くコイルの構造体で音質を左右する重要なパーツである。AC-5では不純物を含まない合成ゴムを使用、これを放射状方向に8分割してあらゆる方向の振動に速やかに応答し、更に互いのチャンネル間の弾性変形の応力が影響しない独立制動構造になっている。

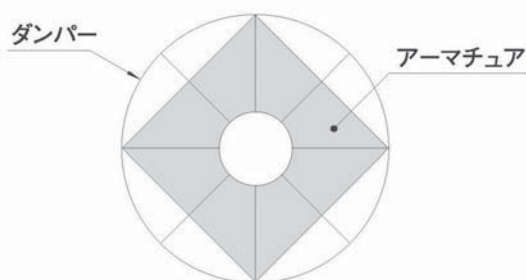


図5 8分割ダンパー

4.7 マグネット

表1の解説でも述べたとおり、レアアースによるマグネットの性能改善は社会を変えるほどである。電気自動車、ハードディスク、電車、携帯電話、スピーカー、MRI、超電導などでこの磁性強度を上げればあげるほど効率は上昇する。カートリッジのマグネットも同様に検討されている。

代表例ではサマリウムコバルト・マグネット、ネオジム・マグネット、プラセオ・マグネットなどがありそれぞれ特徴がある。マグネットは温度計(温度検出)に応用されるように温度に対しては敏感である(キュリーの法則)。強磁性特性が失われるキュリー温度はサマリウムコバルト・マグネットでは700~800°C、ネオジム・マグネットでは310°Cであり、AC-5では高価ではあるが温度特性を重視した前者を採用している。

4.8 ケース

微細でかつ高価なカートリッジは、保管にも十分配慮したい。AC-5では木曽の檜を用い、スタイラスの状態が目視できるように透明の亚克力にて蓋を施した。また、シェルに取り付けた後の保管やキャリングには神経を使う。AC-5のケースはシェルを付けたままで収納可能な状態も考慮した。

さらに、シェルの取り付けが簡単になるようにカートリッジ本体にM2.6mmのタップを立てた。そして付属のねじはM2.6mmの非磁性体のチタンスクリューとした。ねじ頭は一般的なカートリッジの場合マイナス・スクリューであるが、AC-5では使い易いプラス・スクリューとしてある。

最後にAC-5は諸々のことを考慮して作り上げた。CDとは異なったアナログレコードの世界を、別売フォノ・イコライザー・アンプC-27と共に、十分に愉しんで頂けたらこの上もない歓びである。

5 参考文献

- 1) 理科年表 平成23年版
- 2) Wikipedia 各元素の項目
- 3) オーディオ50年史 P69.(日本オーディオ協会)
- 4) The complete guide to High-End Audio (Robert Herley) P349.

筆者プロフィール

高松 重治 (たかまつ しげはる)

1966年芝浦工業大学電気工学科卒。東京都出身。

トリオ株(現ケンウッド)を経て、アキュフェーズ(ケンソニック)

創業から参画。長年技術を担当、現在は経営製品企画。

半世紀に亘るオーディオ・フリーク人生。オーディオ座右の銘

「アナログ・デジタルの垣根はない」を信じて結果を大切にしています。

