

平成20年9月1日発行
通巻390号
発行(社)日本オーディオ協会

Japan
Audio
Society

JAS

journal

2008
Vol. 48

No 8 & 9

連載： テープ録音機物語
その35 交流バイアス(4)
日本の磁気録音研究(2)

阿部 美春

投稿：

新しいクロストークキャンセル・システムの
2次クロストーク発生構造

川村 昭夫

新構造 ムービングリング型スピーカーの紹介

中山 顕春

JAS インフォメーション：
9月度理事会・運営会議報告



社団法人 日本オーディオ協会





(通巻390号)

2008 Vol.48 No.8/9 (8・9月合併号)

発行人：校條 亮治

社団法人 日本オーディオ協会

〒101-0045 東京都中央区築地2-8-9

電話：03-3546-1206 FAX：03-3546-1207

Internet URL

<http://www.jas-audio.or.jp>

連載

3 「テープ録音機物語」

その35 交流バイアス(4)

日本の磁気録音研究 (2)

阿部 美春

投稿

10 新しいクロストークキャンセルシステムの2次クロストーク発生構造

川村 昭夫

15 新構造 ムービングリング型スピーカーの紹介

中山 顕春

JAS インフォメーション

17 9月度理事会・運営会議報告

8・9月合併号をお届けするにあたって

本号では会員投稿記事を2件掲載させていただきました。会員の皆様にお伝えしたい体験記や考案をお持ちの方は原稿をお寄せください。協会ホームページの「会員メニュー」「JAS ジャーナル投稿規程」(<https://www.jas-audio.or.jp/members/jjentry/index.php>)の投稿要領に従って原稿をおまとめ下さい。

先日実施した第2回目の「軽井沢オーディオサロン」は、関係各位のご尽力のもとに多くのお客様をお迎えし充実したオーディオコンサートとなりました。

音楽制作やマスタリングの第一戦でご活躍中の講師をお迎えした連日のトークサロンでは、選りすぐりの作品をエピソードを含めてお聴かせいただきました。

内容詳細につきましては、本誌10月号でご紹介いたします。

(編集委員長)

編集委員会委員

(委員長) 藤本 正熙 (委員) 伊藤 博史 ((株) D&M デノン)・大林 國彦・蔭山 恵 (松下電器産業(株))

北村 幸市 ((社) 日本レコード協会)・豊島 政実 (四日市大学)・長谷川義謹 (パイオニア(株))

濱崎 公男 (日本放送協会)・森 芳久・山崎 芳男 (早稲田大学)



「テープ録音機物語」
その35 交流バイアス(4)

日本の磁気録音研究(2)

あべ よしはる
阿部 美春

7.9 磁気記録研究の始まり(その2)

日本における交流バイアス方式の発明者の一人、五十嵐梯二氏の回想録(「磁気記録の揺籃時代」、日本応用磁気学会誌、Vol.4、No.3、1980年)から抜粋紹介する。

『昭和7年のことと記憶していますが、東北大学電気通信研究所で永井先生のもとで研究に従事していたある日、「鋼線に音が磁気的に記録されるそうだから、君その研究をやってくれ」と言われたのが磁気記録研究の初めでした。早速、理学部と工学部の図書室を探して、関連ありそうな文献を読みあさりましたが、あまり参考になるものはありませんでした。

唯一のデンマークのポウルセンの1930年の文献に「鉄線に音声を磁気的に記録することができる。然もかなり微妙な音の記録再生も可能である……云々……と書いてありました。

具体的なことはあまり書いていない2頁くらいの簡単な論文でした。15mm×2mmくらいの薄い鉄心をコイルの中心に通し、鉄の針金を鉄心に接触させながらある速度で走らせる、その時コイルに記録電流を流すと針金に記録が残る。再生も記録と同じような鉄心コイルを使用して行う、という極めて簡単な論文でした。歪をなくすために「直流バイアス」の使用も書いてあったと記憶しています。この文献を唯一の参考資料として磁気記録の研究が始まったのです。

まずピアノ線を買ってきてドラムに巻きつけ、モーターを使って他のドラムに巻き取りながらその途中で記録再生を試みました。初めのうちはただ“ガアガア”と雑音だけをだしておりましたので、ある日、同僚から「五十嵐、お前雑音の研究を始めたのか」と真面目に問いただされたことがありました。

初めの頃は雑音のなかから「本日は晴天なり」が聴き取れると大喜びしたものでした。こんなことを続けておるうちに、いつとはなしに音声も明瞭に記録再生できるようになったのです。そして私は磁気記録の実用化を図るために、昭和9年3月に安立電気株に入社しました。』

7.10 交流バイアスの発見

本物語その32で触れたように、米国のカールソンとカーペンターの発明以来忘れられていた交流バイアス特許は1930年代に入って再び米国で動き出しましたが、これより少し早く日本で交流消去を含む交流バイアス方式の発明が1938年(昭和13年)3月に、五十嵐、石川、永井の3氏によって出願されている。以下、五十嵐氏の回想録から抜粋する。

『安立電気株の研究部に所属し、小規模な設備と僅かな人員で始めたのですが、何か新しい磁気記録を何としてもものにしよう、という意気込みだけは相当なものでした。ある日こんなことが起きました。

記録用増幅器が発振を起こし、かなりの量の高周波電流(20kHz前後)が記録用のヘッドに流れていました。その時に使っていた直流バイアスが不要となり、また、抹消装置も必要なくなり、以前の記録は消されて新しい記録が残った。しかし、音質は良くなり、また、周波数特性が悪い、このままでは実用になりそうもなかったのですが、この現象が面白かったので特許を出願することにしました。この時はこの現象がはっきりしなかったので東北大の渡辺寧先生の実験証明で特許が許可されたのです。

曰く「抹消装置を要しない磁気録音方式」特許番号は第11907号でした(本物語その34、注*3参照)。

このままではあまり役に立ちそうもなかった方式

でした。そして記録用増幅器の異常発振という極めて初歩的なミスから生まれたこの方式で、後年あまりにも有名になった「交流バイアス方式」発見の呼び水になったのです。些細な現象の異変にも注意を怠らず疑問をもち、そして何らかの回答を求める習慣が極めて大切なことであり、時には大発見につながることもあるものだと言う教訓を得た次第です。これが昭和12年(1937年)頃のことでした。そして安立電気の顧問をしておられた永井先生にこの現象の解明をお願いしました(本物語その34の7.5項、7.6項参照)。

重畳する交流の量を少なくすると新しい記録がよくなります。しかし前の記録の抹消が不完全になります。それならばと、抹消装置を別に使って、重畳する交流の量を最も適した量に選んだのが「交流バイアス方式」なのです。「直流バイアス方式」に比べると雑音が非常に少なく、周波数特性も優れていることがわかりました。この実験を担当したのが石川誠君で、発振した増幅器を組みあげたのが奥山孝善君でした。両人とも学校を卒業したばかりの若い技術者の卵でした。こんな環境のなかで「交流バイアス」が生まれたのです。』

参考五十嵐氏他の発明による「交流バイアス方式」特許の明細を以下に示す。本物語その32の3項で簡単に述べているが、改めてその全文を紹介することにした。重複部分をご容赦願いたい。

特許 136997号、

出願：昭和13年(1938年)3月、

特許：昭和15年6月。

発明者：五十嵐悌二、石川 誠、永井健三

特許権者：安立電気株

発明の名称：「交流をバイアスとせる磁気録音方式」

発明の性質及目的の要領

本発明は抹消装置を具備せる磁気録音器において録音電流による磁場に更に高周波電流による磁場を重畳し、この高周波電流による磁場により被録音体磁化曲線の初磁化湾曲部によ

る歪を生ずることなく略被録音体の磁気中性点を作用の原点となすを特徴とする交流を「バイアス」とせる磁気録音方式に係りその目的とする所は振幅特性を拡大し、雑音の除去により優良なる磁気録音方式を得んとするに在り。

図面の略解

図35-1/ 第一図は本発明実施の一例を示す接続略図、第二図、第三図は夫々本発明の説明に要する曲線図なり。

発明の詳細なる説明

従来の磁気録音方式においては前記録を抹消し、新録音をなす場合に直流による「バイアス」を用いて被録音体の磁気的作用点を適当の場所に移して無歪録音を行うを常とせり。かかる方式においては振幅特性は小なるのみならず、談話の切目において被録音体が相当の磁化を受くるを以て再生の時に雑音となり、甚しく耳障りとなるものなり。

本発明は交流「バイアス」を用いることによりこの種の雑音を取り除き、かつ被録音体の磁気中性点を作用の原点に選ぶことにより振幅特性の優秀なる録音を行うものなり、換言すれば「バイアス」として交流を使用するものにして本目的に使用する交流は極めて僅少にて可なり。

本録音方式を説明せん一般に被録音体は第二図(11)のごとき特性を有するものなるを以てこれに(12)なる音声を録音すれば再生は(13)に示すが如き歪を生ずるものなり、従来は直流「バイアス」により上下いずれかの直線部を利用して無歪録音を行うを常とせり。本発明においては録音電流と高周波電流とを重畳することにより、(14)に示す如き磁場によりその影響がなくなり、しかも高周波は再生され難く、かつ耳に感ぜざるを以て(15)に示すが如き再生が得られるものなり。これを第三図を以て説明すれば極端なる(11)に示すが如き特性を有す磁性体に(16)の如き振幅の磁化を与えるも残留磁気を生ぜざるが故にこの状態に於ける録音は不能なり。然るにこれに加うるに(17)の如き高周波電流を同時に磁化せしむることにより結局(13)の如き録音を得、即ち第二図(12)に示すが如く高周波電流を重畳せざる場合において録音を行えば(13)に示すが如き歪を生ずるに対し、録音電流に高周波電流を重畳せる(14)の如き磁化を与れば(15)に示すが如く無歪の再生が可能なり。

かくの如く被録音体の磁気中性点を作用の原点として録音を行うを以て磁化曲線の上下を同時に使用することとなり、従来の録音方式に比し遙かに振幅特性の優秀なる録音を行い得べく、これと同時に談話の切目の無声時においては高周波電流の作用により、直流「バイアス」により発生するが如き雑音は殆ど皆無となるものなり。

本発明実施の一例を第一図に説明すれば(1)は矢の方向に移動する被録音体(2)は抹消装置にして交流あるいは直流による減磁抹消を行う。(3)は録音線輪、(4)は「マイクロホン」、(5)は増幅器、(6)は「バイアス」用高周波電源とす。(7)は再生線輪、(8)は増幅器とす。

被録音体(1)における前記録を抹消装置(2)を以て抹消し、録音装置を以て録音するにあたり、録音電流の上に「バイアス」として高周波電流を重畳すれば前記の如く出力大にして然も雑音僅少な再生音が得られるものなり。

特許請求の範囲

本文に詳記するが如く抹消装置を具備せる磁気録音器において録音電流による磁場に更に高周波電流による磁場を重畳し、この高周波磁場により被録音体磁化曲線の初磁化湾曲部による歪を生ずることなく略被録音体に磁気中性点を作用の原点となすことを特徴とする交流を「バイアス」とせる磁気録音方式。

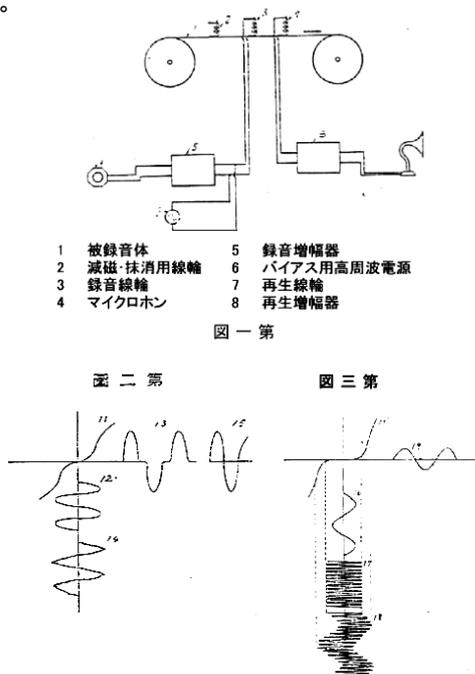


図 35 - 1

7.11 交流バイアス法の日米特許紛争 (7) (44) (264) (265)

戦後 1949 年 (昭和 24 年) 安立電気株が所有する交流バイアス法の特許は日本電気株 (NEC) と東京通信工業株 (後のソニー株) に譲渡された。

国産テープ録音機が軌道に乗り始めた、昭和 27 年 (1952 年) 頃、突如、日米間の特許紛争が表面化した。当時の新聞は次のように報じている (1952 年 9 月 15 日付け)

「選挙戦に、報道放送に、教育用に今や『時代の花形』となっているテープレコーダーの特許権をめぐる日米間で激しい争いが行われている。この争いに通産省電気通信機械課と特許庁通信測定器課とが対立し、その成り行きが注目されている。この問題は国産テープレコーダーの 1/3 を作っている東京通信工業がアメリカの輸入業者バルコム貿易を相手取り、アメリカ製のテープレコーダーの輸入、販売、使用、陳列、移動などを禁止する仮処分を東京地裁に申請。その決定により、15 日、東京ではバ社及び日本橋高島屋の二か所、大阪では心斎橋筋のミヤコ商会一か所、計三か所の輸入テープレコーダー数十台を、一斉に仮差押えしたため、たちまち表面化した。」

交流バイアス法は前述したように (7.10 項) 五十嵐、石川、永井 3 氏により発明されたもので (通称、永井特許と呼ばれている) 1940 年 6 月に日本政府の特許として登録された。米国にも出願していたが、手続きが終わらないうちに戦争が始まり、終わってみると、永井特許と同様のものが、アーマー研究所の M.カムラスによって出願されて (本物語その 33 参照) しかも日本を除く各国に申請されていて、すでに特許を得ていた。これによって同じ様な特許が日本と米国それぞれに別人の権利として存在するというおかしなことが起こって日本しまった。日本では永井特許の方が登録が早いため、日本の特許権を侵害するとしてテープレコーダーの輸入が禁じられた。

日本の新聞は、日本の小企業が米国企業に堂々と挑戦するのは、当時としては日本の独立を示す珍し

い事件として大きく取り上げた。

米国メーカーは特許ライセンスを保有するアーマーリサーチ財団から弁護士を日本に派遣してきた。

日本ではカムラスが特許を取る以前に永井健三氏の英語版論文(本物語その34、7.5項、7.6項参照)が米国で公表されていたことを知った。永井論文が公になっていたとするなら、米国の交流バイアス法は特許の対象にならなかった筈である。これが決め手となって彼らは日本特許の合法性を認めたのである。訴訟に3年かかったが、1954年(昭和29年)3月、東通工の言い分を認めた。東通工は永井特許を相手に認めさせることを条件に一步譲ってアーマー社と技術援助契約を結ぶことによって和解した。その結果、日本で売られている交流バイアス方式を使ったテーブ録音機全部から特許使用料がはいることになった。和解によって、米国におけるアーマー社の特許の無償実施権を得た。さらにこの権利を日本国内他メーカーにもライセンスしてよいことになり、日本の対米輸出品に使用料の半分か東通工にはいることになった。つまり、東通工は名を捨てて“実”を取ったことになる。敗戦国の日本が戦勝国の米国を相手に喧嘩を売ったというので、中には「米国を相手に大丈夫か」と懸念する人もいたが、多くの日本人はよくやったと心中拍手喝采を送っていたのである。

なお、永井特許は戦時中の空白期間を加味して、2回にわたって延期申請され、昭和35年(1960年)まで有効であった。

8. 交流バイアス方式の原理

8.1 日本特許出願時の説明

五十嵐氏は回想録⁽²⁵⁸⁾の中で、後につきのように説明している。

『この特許出願の説明(7.10項)が、極めて幼稚であり、誤りであったことを、後年になって私自身が気がついておりました。今でも私の初期の説明に近い説明が残っているようで、このことは誠に申し訳ないと思っています。この初期の説明がおかしいと

考えついたのは、磁化曲線の初期湾曲部をカバーするに必要であろうと考えられる重畳交流の量に比べ、実際ベストな記録を残すために必要とする重畳交流の量がかなり多かったからです。私の考え方が誤ってありましたらお許し願うとことにして、現在の私の考えは「重畳する交流が適当な量であれば、この刺激によって被録音体の磁化曲線の初期湾曲部がなくなって新記録が歪みなく残されるもの」と考えております。重畳する交流が磁化曲線の湾曲部から生ずる歪を無くすのが「交流バイアス」方式ですが、同時にこの重畳する交流の量がかかなり多いので、新しく残されるはずの残留記録を消すマイナスの作用もあると考えられます。この現象は残留記録の周波数の高い方がより多く影響を受けるので、残される記録の周波数特性に悪い影響があるものと考えられます。すなわち、前記の「抹消不要録音方式」の出力特性や周波数特性を悪くしていた原因が僅かながら「交流バイアス方式」の場合も残る可能性が考えられます。』

交流バイアスによる録音の原理はなかなか複雑なもので、磁化の物理現象を詳細に極めなければ理解困難であり、録音現象の奥深い理論についてもいくつかの説があるような状況である。一般にはこの原理をわかりやすくするため、B-H曲線が使われるが、実際の磁化のプロセスはそれほど単純ではない。以下に初期の考え方と現在の考え方の代表例を紹介する。

8.2 Br-H曲線の初期磁化曲線を用いた考え方(1) ⁽²⁶⁶⁾

8.1項と同じ考え方である。図35-2のようなHに対するBr(残留磁束密度)曲線を考える(初期磁化部分には残量磁束は存在しない)。今、高周波バイアス h と信号磁界 s をテーブに与えると高周波バイアスの磁界 h が信号 s によって変調されて偏位し、同図の下のような磁界がテーブに加わり、それによって残留磁気は右側のような形になり、テーブ上にはその平均値 s' の残留磁束密度が生じ、信号(s)が、 s'

となって録音される。

この形は直流バイアス法を、A級真空管増幅器のグリッド・バイアスに例えれば、同じ意味で交流バイアス法はしいて比喩を求めればAB級またはB級プッシュプル真空管増幅器のグリッド・バイアスに例えられる。実際の動作過程はまったく異なるが、バイアス値を適当に選定すれば、どちらも特性曲線（一方は録音体、他方は真空管）の湾曲部の影響を取り除き、ほぼ直線特性が得られるものである。

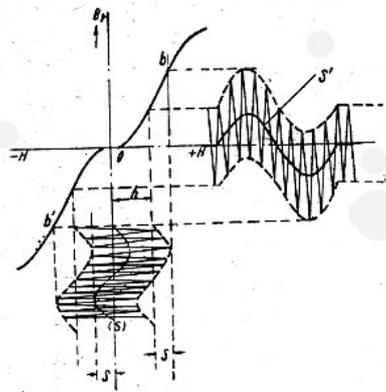


図 35-2

8.3 ウェストメイツの論文から

オランダ・フィリップス社のウェストメイツ (W.K.Westmijze)の論文(1953年)(池田寧夫訳)⁽²⁶⁷⁾ から抜粋・紹介する。

『交流バイアス法では交流磁界の振幅はほぼ保持力に等しく、周波数は録音最高周波数より十分高いものが信号磁界に重畳される。このようにして、また録音特性の直線性が達成されることは明らかである。

交流バイアス法の説明は最初にM・カムラス(本物語その33)⁽²⁵³⁾により与えられ、その説明は次の通りである。

交流バイアス磁界の振幅がつぎのような場合、つまり小ループの引き返す点が丁度主ループの急勾配の枝のうえにあたるような経路をとどるなら、そのとき、さらに直流磁界を印加すると急勾配に枝に沿って小ループが位置をかえることになる。図 35-3

において磁界 H_1 はループ ABCD をループ A'B'C'D' に移す。主ループの側面はかなりの長さにならないうちで直線であるから、小ループの移動は加えた直流磁界に比例する。さて、A'B'C'D'において交流磁界が減少すると、経路はこのループの中をたどり、直流磁界はもとより交流磁界も完全に消え去ったときは、B'とD'との中間に磁化が落ち着くことになる。この残留磁化は、また、加えた直流磁界の直線的関数となる。』

交流バイアスの直線化効果を説明する物理的モデルは理想的またはアンヒステリシス磁化課程(理想非履歴残留磁化過程 = ideal anhysteretic remnant magnetization)との間に存在する密接な関係にある。8.5項でも触れるのでここでは割愛する。

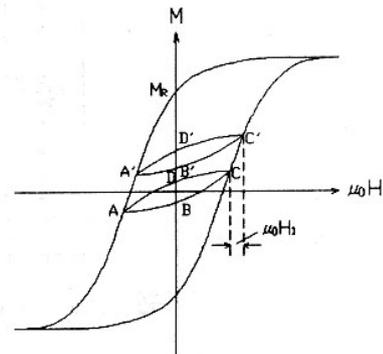


図 35-3

8.4 アカイの新交流バイアス特許⁽²⁶⁸⁾

前項で述べた交流バイアス法は初期磁化曲線の上に録音を行う方法であるが、交流バイアスの場合でも直流バイアスの場合と同様に飽和ヒステリシス・ループ部に録音することができる。この観点から考えだされたのが、アカイの新交流バイアス方式で、図 35-4はこの方式による残留磁気の変換状態を示すものである。

アカイは新交流バイアス方式を内蔵したオープンリール式テープ録音機のキットを1954年8月に発売した。早速、東通工から特許侵害の抗議があったが、アカイは「永井特許に抵触していない」と抗議を拒否した。そこで東通工は赤井電機を告訴し、解

決を法の場に求めた。決着は別件との兼ね合いもあって、特許庁の仲介で和解したと、あとで聞いた。

筆者なりに判定すれば、この新交流バイアス特許は交流バイアス法を採用しているので、どうみてもアカイに勝ち目はなさそうである。また、アカイは磁化曲線の飽和したあとの傾斜を利用するとあるが、このことはすでに前項でも述べているよう同じ方法が採られている。

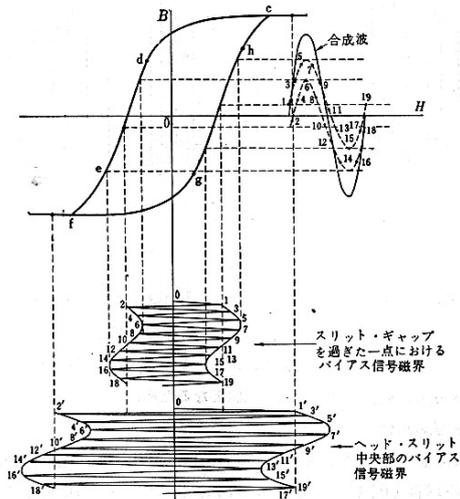


図 35-4

8.5 B-H 曲線追跡法を使った考え方(その2)

横山克哉編集委員長「磁気記録技術と装置・機器」V章 阿部美春「オーディオテープレコーダ」(1984.)⁽²⁷²⁾および、横山克哉著「磁気記録技術入門」(1988.)⁽³⁷⁾から抜粋紹介する。

『交流磁界と直流磁界(信号磁界)を重畳して強磁性体に加えた場合、交流磁界の最初の強さが試料を十分に飽和させるような値であれば、試料の過去の履歴に関係なく直流磁界の強さに比例した磁化が定まる現象がある。これを非履歴残留磁化(Anhysteretic Remanence)と称している。交流バイアス法はこの現象を利用して記録する方法ともいえる。

図 35-5 は交流バイアス記録の過程を磁気テープのヒステリシス曲線の上で追跡したものである。同

図(a)はバイアス電流のみを磁気ヘッドのコイルに流した場合に磁性層内の一点が磁気ヘッドのギャップ部を通過する際にうける記録磁界強度の変化である。また、同図(b)は、その磁化過程を示したものであり、(i)は信号が零の場合で(),(iii)と信号磁界が増加している。このようにして求めた信号磁界に対する残留磁化の関係を図 35-6 に示した。同図はバイアス磁界をパラメータとして示してある。バイアス磁界が増加するに従って比例関係が良くなり、記録感度が向上することが示されている。この作用はプライザツハ(Preisach)により説明するのが最も適切で、参考文献⁽³⁷⁾を参照されたい。

バイアス電流の周波数は信号電流の高周波成分と干渉しないよう十分高い周波数が選ばれ、普通、記録最高周波数の5倍以上、50k~100kHzが使われている。』

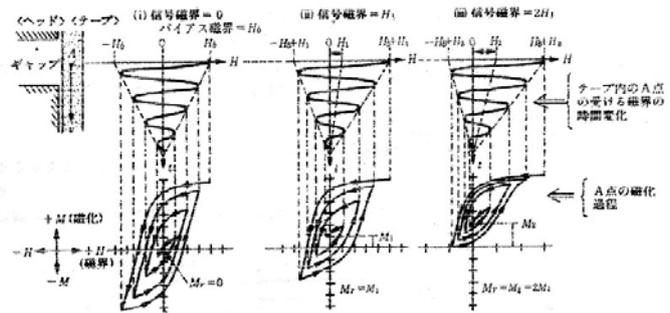


図 35-5

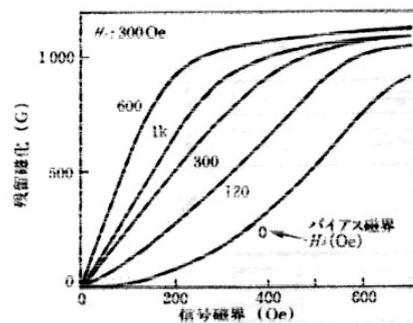


図 35-6

あとがき

「交流バイアス」は2回くらいで終わらせるつもり

が、つい深入りして4回になってしまった。内容的にはもう少し補足説明したかったが、紙数の関係で割愛した部分が多々あり、不十分な内容になってしまった。ご容赦願いたい。必要な箇所は後日、機会があれば補足したいと思っている。

たいへん長くお待たせしてしまったが、次回から戦後日本のテーブ録音機を採りあげたいと思っている。

謝 辞

著作権者・(財)日本磁気学会(前日本磁気応用学会)のご好意で、永井、五十嵐両氏の回想録を抜粋、紹介させていただきました。ここに厚く謝意を表します。

著作権者・(株)毎日新聞社のご好意で、昭和41年2月17,18日掲載の連載記事、林芳典著「日本人の記録 電子の世紀(76、77回) から抜粋・紹介させていただきました。ここに、厚く謝意を表します。

【参考文献】(前号よりつづく)

- (7) 中川靖造「日本の磁気記録開発」ダイヤモンド社(1984.01)
- (44) 盛田昭夫「MADE IN JAPAN」朝日新聞社(1987)
- (264) ソニー(株)「源流」(1986.05)
- (265) ソニー広報センター「ソニー自叙伝」ワック(株)(1998.03)
- (266) 小原初彦「磁気録音の解析と当面の諸問題」, NHK 放送技術(1952.02)
- (267) W.K.Westymijze 著、池田寧夫訳 "Studies on Magnetic Recording (磁気記録の研究)" Philips Res.Rep.8,(1953)
- (268) 大津光一「テーブ・レコーダー」オーム社(1959.08)
- (37) 横山克哉「磁気記録技術入門」総合電子出版社(1988.06)
- (272) 横山克哉編集委員長「磁気記録技術と装置・機器」, V章 阿部美春「オーディオテープレコーダ」, 総合技術出版社(1984.12)

投稿 新しいクロストークキャンセル・システムの 2次クロストーク発生構造

川村 昭夫

1. クロストークと2次クロストーク

ステレオ再生において、ステレオスピーカーとリスナー両耳間では、クロストークを生じます。

両耳間クロストークは、アンプ内部等におけるクロストークに対してはるかに高レベルで、音質・音場に重大な影響を与えます。特に再生音場を左右スピーカーを結んだ直線上に矮小化すること、および左右スピーカーの発する単一音が、リスナー両耳に時間差をともなって聴取されることによる過渡特性の低下は、重大です。

両耳間クロストーク（以下、たんにクロストークと表記します）対策は3つあります。

- 1) スピーカー間隔を取る。
- 2) 再生音場をマルチchでサラウンド化する。
- 3) クロストークを打ち消す。

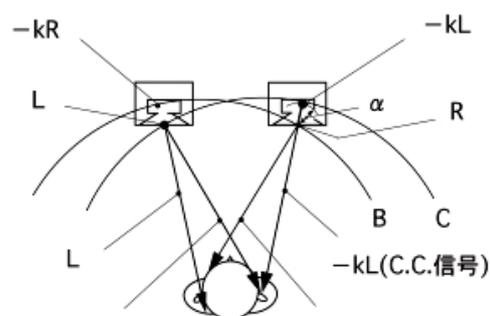
しかし 1)では低音域ほどクロストークが残って過渡特性はむしろ悪化し、2)では音場感は拡大するものの過渡特性が改善されません。望ましいのは本来 3)です。

クロストークは、左右スピーカー再生音(L), (R)がリスナー近傍側の耳に到達した後、左右スピーカーを見込む角度に応じて変化する距離差 a 分を要し、かつフィルター特性 K をともなって、反対側の耳へ到達する(KL), および(KR)です。

クロストーク・キャンセル(C.C.)技術は、これに対して逆特性となる、ただし K と同一とは限らないフィルター特性 k を有する(-kL), (-kR)を、反対側SPで距離差 a 分遅延させて再生し、右耳に(KL)と(-kL)を同時到達させ、また左耳に(KR)と(-kR)を同時到達させて相殺するものです。

上記C.C.技術は“ヘッドフォンのように”ステレオLchを左耳に、またRchを右耳にのみ聴取させると、多数のメーカーが説明してきました。

しかしC.C.技術は“ヘッドフォン”とは異なり、2次クロストークをともいません。



KL (クロストーク) -kKL(2次クロストーク)
図1 2次クロストーク

2次クロストークは上記(-kL), (-kR)がリスナー右耳および左耳でクロストークと相殺しあった後、フィルター特性 k をともない、かつ距離差 a 分を要し、(-kKL)となって左耳に達し、また(-kKR)となって右耳に達するもので、(L), (R)再生音から距離差 $2a$ 分遅延します。

なおセンタースピーカーを用いるC.C.システムでは距離差は縮小しますが、ここでは論じないものとします。

クロストークが、左右スピーカー間隔を小さくするにつれ、再生音場をスピーカー間に矮小化するのに対し、2次クロストークは左右SP間隔を大きくするにつれ、再生音場を左右スピーカー後方に引き伸ばし、サラウンド音場の包囲感を奪います。

上記傾向を補正するため、C.C.技術には通常、入力信号に頭部伝達関数(HRTF)にもとづくフィルター特性を与える技術が併用されます。しかしこの技術は2次クロストークを低減しません。

2. C.C.システムとステレオフォニック

2次クロストークは、C.C.技術の矛盾から生じています。

このことを指摘するには、C.C.技術が“ヘッドフォンのような”音場を再生しないことから説明する必要があります。

一般的スピーカーユニットを、バッフルを用いずに再生すると、おおむね1kHz前後以下の中低音域が大きく減衰します。

同様に、図2のようにsp1で正相音を、近接するsp2で逆相音を再生しても、中低音域は減衰します。

これに対して一定距離を置いて、正相音を再生するsp3を追加した時、C.C.技術ではsp2,3がリスナーいっぽうの耳から等距離の場合、sp2,3間で相殺関係を生じると説明されてきました。

しかし実験してみれば分かるように、中低音域は近接するsp1,2間で自己完結的に相殺しあい、リスナー位置に係わらず、sp3は豊かな中低音域を再生します。

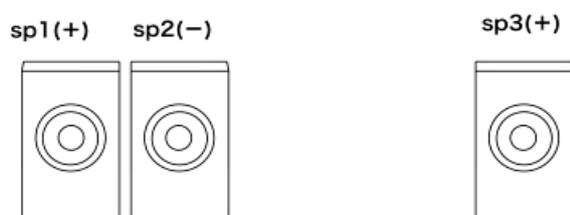


図2 中低音域は近接SP間で相殺される

これはC.C.回路でも同様です。

C.C.回路の左右出力において、LからkRが減算され、RからkLが減算される時、L,Rに共通する成分(これを以下モノラル成分とします)の中低音域ではLとkR、およびRとkL間でおおむね逆特性となって相殺されます。

仮に低音域でのkの値を1/2とすると、LとkR間で、Lはモノラル成分の1/2を失い、kRはモノラル成分のすべてを失います。またRとkL間でも、Rはモノラル成分の1/2を失い、kLはモノラル成分のすべてを失います。

このため上記信号を増幅・再生した時、中低音域モノラル成分はC.C.されず、1/2となったL,Rモノラル成分はクロストークをともない、聴感上の音量は最大2/2となります。

つまりヘッドフォン再生に近いバランスにはなりますが、中低音域モノラル成分はクロストークをともないです。

なおkを1/2以外としてもC.C.信号の中低音域モノラル成分は失われますし、またC.C.信号にマトリックス差信号を用いる場合、モノラル成分は予め存在せず、C.C.されません。

C.C.されない中低音域モノラル成分は、スピーカー位置情報をともなって、左右スピーカー間に中央定位します。

いっぽう一般的スピーカーでも、中高音域のクロストークレベルは、適切な設置により一定のサラウンド音場が再生可能な程度に低下します。またクロストークレベルはモノラル成分、それ以外とも同量ですから、中高音域で明快な中央定位は得られません。

つまり、C.C.システムと一般的SPLは、ともに中低音域でスピーカー間の中央定位を得ていて、これを基準ベクトルとして、相対的にクロストークレベルが低下するL,R情報によって音像・音場をベクトル合成していることとなります。

実際に、オンマイク収録された中央ボーカルは、C.C.システムでも左右SP間に中央定位します。

すなわちC.C.システムもまた、リスナー前方左右のSPを両耳で聴く、ステレオフィニックの要件を満たしており、にもかかわらず“ヘッドフォンのような”音場を得ようとして、ステレオフィニックの原理に矛盾を生じるのです。

3 2次クロストークの発生原因・A

図3は、1980年代にPolk Audioが発売した、スピーカーマトリックスを用いるスピーカーシステムです。

リスナー両耳と平行する直線D上に、左右メインスピーカー、および左右サブスピーカーが並ぶようセットするステレオスピーカーシステムで、左右メインスピーカーが(L),(R)を再生するのに対して、左

スピーカーでは両耳間隔分左, また右スピーカーでは両耳間隔分右にサブスピーカーが設けられ, それぞれ(L-R), および(R-L)が再生されます。



図3 Polk Audio SDAシリーズ

説明の単純化のために, 上記左サブスピーカーで(-kR)を再生し, 右サブスピーカーで(-kL)を再生したとします。この時, 右メインスピーカーと左サブスピーカーはリスナー左耳bを中心とした円B上にあり, また左メインスピーカーと右サブスピーカーはリスナー右耳cを中心とした円C上にあることになって, リスナーとスピーカーとの距離にかかわらずC.C.が成立します。

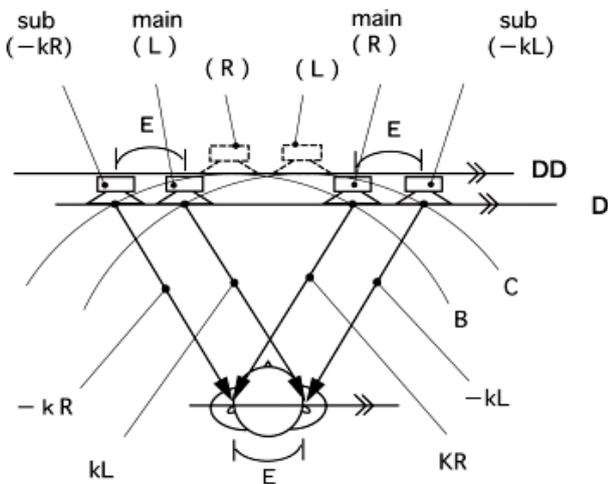


図4 SDAシリーズと両耳間

上記スピーカーの左右間隔を変えることは, リス

ナーと直線Dとの距離を変え, 直線Dと円B, Cの交点を変えることを意味します。

直線Dをリスナーから離していくと, 右メインスピーカーと左サブスピーカーが円B上で また左メインスピーカーと右サブスピーカーが円C上で接近していきます。

直線Dが円B, Cの交点を通る時, 左右メインスピーカーが交点で重なり, 左右サブスピーカーがそれぞれ両耳間隔外側となる, 故長岡鉄男氏の“マトリックススピーカー”に近似します。

また直線Dを図4のように円B, Cの接線DDとすると, 右メインスピーカーと左サブスピーカーがリスナー左耳正面で重なり, また左メインスピーカーと右サブスピーカーがリスナー右耳正面で重なります。

この時, リスナー左耳正面では(R-kR)が, またリスナー右耳正面では(L-kL)が再生されることとなります。

つまり上記スピーカー構造は, リスナー左耳正面のステレオ(R)スピーカーを, 右メインスピーカー(R)と左サブスピーカー(-kR)に円B上で左右等分し, ベクトル合成で(R)をリスナー右方向へ定位させたものであって, 同様にリスナー右耳正面のステレオ(L)スピーカーを, 左メインスピーカー(L)と右サブスピーカー(-kL)に円C上で左右等分し, ベクトル合成で(L)をリスナー左方向へ定位させたものであることとなります。

ベクトル合成によって(R)はリスナー右側に, (L)はリスナー左側に定位します。しかしリスナー左耳正面のステレオ(R)スピーカーを左右等分したために, リスナー右耳に対しては(R)再生位置より(-kR)再生位置が後退して, 2次クロストークを生じます。

同様にリスナー右耳正面のステレオ(L)スピーカーを左右等分したために, リスナー左耳に対しては(L)再生位置より(-kL)再生位置が後退して, 2次クロストークを生じます。

このため上記スピーカーシステムでは, 位相差情報が混乱してリアルな再生音像・音場が得られず,

またリスナーが両耳間隔の半分左に移動したとき、位相差上はステレオ(R)スピーカー正面に在ると等しくなり、同様に右に移動したとき、位相差上はステレオ(L)スピーカー正面に在ると等しくなります。

したがって再生音場は移動方向と反対側へ大きく振られ、L、R音量差情報と位相差情報がかけはなれて音像・音場が非現実的となります。またさらに移動しても、位相差情報は混乱したままとなり、現実的な音場が得られません。

4 2次クロストークの発生原因・B

上記スピーカーシステムが、リスナー左耳正面のステレオ(R)スピーカーを左右等分したものであり、またリスナー右耳正面のステレオ(L)スピーカーを左右等分したものであると同様の左右反転を、図1に示したC.C.システムも生じます。

C.C.システムの左スピーカー再生音(L-kR)では、(L)から距離差a分遅延する(-kR)は、リスナーに対して(L)後方で再生されるに等しく、また(R)から距離差a分遅延する(-kL)は、リスナーに対して(R)後方で再生されるに等しく、上記スピーカー同様に、リスナー左耳を中心とする円B上に(R)と(-kR)が位置し、またリスナー右耳を中心とする円C上に(L)と(-kL)が位置します。

なお厳密には(-kR)、(-kL)再生位置は(L)および(R)のa分後方の仮想的な位置のために、右耳に達する場合と左耳に達する場合で位置はわずかにずれることとなります。

C.C.システムでは、上記4つの再生位置は、円B、Cの交点ではひとつに重なります。しかし円B、Cに両耳間隔のずれがあるために、左スピーカーが円C上でならびに右スピーカーが円B上で左右等角度に開くにつれ、(L)後方の(-kR)再生位置は円B上でより大きく動き、また(R)後方の(-kL)再生位置は円C上でより大きく動きます。

したがって(L)と(-kL)の円C上の中間点、つまりステレオ(L)スピーカー位置は、左右SP間隔を広げるにつれてリスナー右側に移動し、またステレオ(R)スピーカー位置はリスナー左側に移動します。

左右反転するステレオ(L)、(R)スピーカーを円C上、および円B上で左右等分したに等しいC.C.システムもまた、上記スピーカー同様に2次クロストークを生じ、再生音像・音場は現実的となりません。

またリスナーが頭半分ていど左右に移動した時に、音場は反対方向へ大きく振られ、L、R音量差情報と位相差情報がかけはなれて、音像・音場が非現実的となり、さらに移動しても、位相差情報は混乱したまま、現実的な音場は得られません。

これが、“クロストークC.C.信号が一点でしか両耳で交わらないため”とのみ説明されてきた、C.C.システムがリスニングポイントを限定する、最大の理由です。

5 L、Rが反転する理由

上記C.C.システムでは、2次クロストークはL、R再生音に対して距離差2a分遅延します。いっぽう上記スピーカーシステムでは、L、R再生音に対して距離差2(a+S)分(Sはメイン・サブSP間が左右距離をとるための距離差)遅延します。

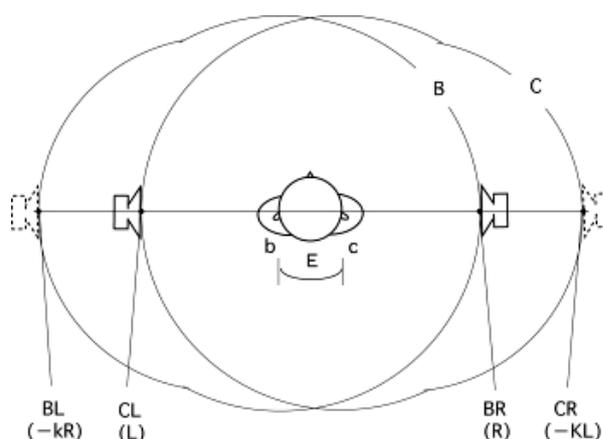


図5 ヘッドフォンとの類似

また上記スピーカーシステムでは円B、Cは正円であって、左右再生音の一方がリスナー頭部を回り込

む、略50°以上では到達誤差を生じます。しかしC.C.システムでは自由な角度に対応可能で、そのばあい正円B、Cでは、頭部を回りこむ距離差を生じる角度においては、円Bが左側で、また円Cが右側で膨らむ偏円Bおよび偏円Cとなります（図5での膨らみは略記です）。

ちなみに上記スピーカーシステムも、リスナーが左右スピーカーを見込む角度に応じて、メイン・サブスピーカー間隔が仮に自由に広げられるものとするれば、偏円B、Cと直線Dとの4つの交点に左右メイン・サブスピーカーを配置することで、自由な角度でC.C.が成立することになります。

そこで偏円B、C上での上記SPシステムとC.C.システム 双方の左右スピーカーを180°で見込むものとし、リスナー両耳を通る直線bc上に位置させます。

この時、Sはゼロとなって上記スピーカーシステムとC.C.システムは重なり合い、ともに偏円Cとの、左側の交点CLで(L)を再生し、右側の交点CRで-kLを再生し、また偏円Bとの、右側の交点BRで(R)を再生し、左側の交点BLで-kRを再生することになります。

これは偏円b、cの半径をリスナー両耳間隔としたとき、リスナー左耳位置で(L)を再生し、(L)が頭部を回り込んで右耳にも達するクロストークを、等距離右側の-kLでキャンセルする構造になり、またリスナー右耳位置で(R)を再生し、(R)が頭部を回り込んで左耳にも達するクロストークを、等距離左側の-kRでキャンセルする構造になります。

まさに密閉型ヘッドフォンそのものです。

すなわち上記スピーカーシステムは、直線bc上でヘッドフォンと等価的にしようとした左右SPを、直線bcと平行な直線Dを前方に移動させることにより、リスナー前方・略50°以下で見込めるようにしたものと いえます。

またC.C.システムは、直線bc上でヘッドフォンと等価的にしようとした左右SPを、左耳bを起点とする直線と、右耳cを起点とする直線に分割し、2つの直線を、左耳bおよび右耳cを中心に回転させること

で、左右SPを自由な角度で見込めるようにしたものと、概ねみなせます。

C.C.技術は、“ヘッドフォンのような”音場を得ようとしてステレオフォニックの原理に反し、中低音域モノラル成分がスピーカー間に中央定位し、かつ2次クロストークを生じて、“ヘッドフォン”となりえないわけです。

C.C.システムは現在でも、“バイフォニックをバイノーラル音場に近付けようとして”，入力信号に頭部伝達関数(HRTF)にもとづくフィルター特性を与える技術を併用し、このフィルターをより精密化して、音場補正を試みています。

しかし上記のように、C.C.システムはステレオフォニックの原理に従っていて、中低音域モノラル成分がスピーカー間に現実に中央定位するのですから、バイノーラル音場を実現することは不可能なのです。

参照URL <http://www.polksda.com/>

筆者プロフィール

川村 昭夫 (かわむら あきお)



ライター。

上記矛盾から導かれるのは単純明快で統一的なCC技術で、特許出願中です。方法の提案は趣旨にそぐわないかと、現行技術の矛盾点のみ論じさせていただきました。方法に興味ある方から

ご意見をいただければ幸いです。

投稿 新構造 ムービングリング型スピーカーの紹介

中山 顕春

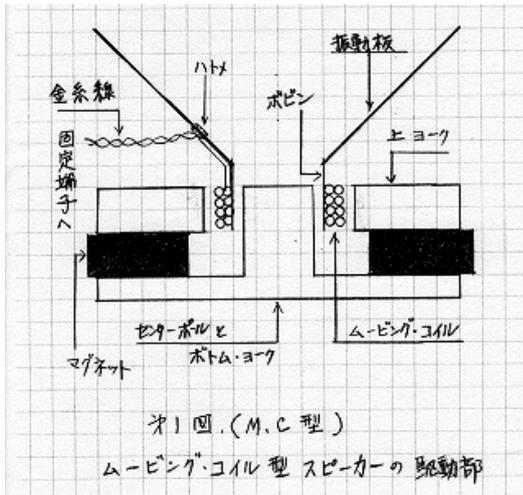
1. はじめに

スピーカーの構造に関しては、永年の間、大きな変革が起きませんでした。それ程、構造が素晴らしいものでした。

然しながら、少しばかり欠点もありました。それはムービングコイル(以下MC)が機械的に弱いという点です。そのために以下の欠点があります。

- 1: 断線事故
- 2: 変形によるズリ
- 3: 金糸線とコイルの接続不良
- 4: 振動系への悪影響

2. MC型スピーカー



(第1図)

MCの巻線を施すスペースは非常に狭く、従って、細線を数十回巻いたMCは、大入力に因って変形又は断線します。変形の原因は、線間に働く反発力によります。断線は溶断が主たる原因です。

振動系と固定部を接続するのは、金糸線であり、金糸線とMCを接ぐ方法は、振動板に取り付けたハットメに半田付けします。このハットメ部分は半田付け不良や、振動系に悪影響を与えます。

以上の欠点を無くす様に考えられたのが、ムービングリング(以下MR)型スピーカーです。

3. MR型スピーカー

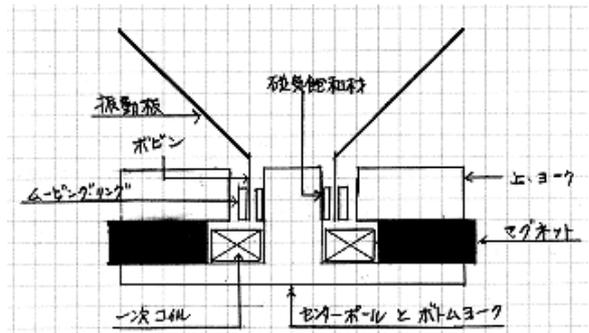


図2 (MR型)
ムービングリング型スピーカーの駆動部

(第2図)

MCに代えてショートリングを使用するのが、MR型です。電磁誘導に拠ってMRに電流を流す構造であるために(振動系に電気信号を直接伝達しないので)振動系がスッキリとします。

前記(1)の問題は、MCに比べMRは断面積が増加するので、電流密度が少なくなります。すなわち、円形断面から正方断面になることと、絶縁塗料の分が増加します。従って断線の危険が減少します。(2)(3)(4)の問題は考慮不要です。

4. 動作原理

MR型はトランス構造のスピーカーと考えると、判り易いでしょう。ショートリングは2次コイル、信号は1次コイルに加えます。1次コイルに拠って生ずる磁束の変化が、MRで起電力を発生し、短絡電流が流れて、 $F=BLI(N)$ の力を得るのです。

ここで大きな矛盾が生じます。MRは磁束の変化

によって電流が流れます。即ち、磁束の変化が必要です。一方、上式の駆動力を示す式から解るように、 B は一定という条件があります。

この矛盾を磁気回路で、解決できました。MR の外周へは飽和磁束を流し、MR の上部に余った磁束を、不飽和磁束として流す方法を思い付き、永年の積問に解決をみました。

この発明(出願済み)の要点は、飽和磁束と不飽和磁束を、分離して磁気回路を構成することと、短絡電流を生じて、振動系を駆動する部分です。

5. 利点と注意点

前記、いろいろと利点を述べて来ましたが、他にもインピーダンス範囲が広く、数ミリオームから数十キロオームまで、一次巻線の加減で製作可能であること、巻線スペースが広く、複数の巻線を設けられるので、

- a : push - pull 巻き
- b : digital 巻き / 毎 bit
- c : feed back 巻線
- d : 多信号用巻線

等が考えられます。

注意点は、磁気回路での渦流損を防ぐために、磁気回路を構成する素材は、積層板、または ferrite 材を使用する必要があります。磁気飽和材として、パーマロイの様に、シャープに磁気飽和をする素材を、使用しなければなりません。

ショートリング材には、銅、アルミ、銀などが使用できますが、軽量、安価なアルミを使用する事が、多くなりそうです。

6. 応用

スピーカー以外にも、ヘッドフォン、マイクロフォン、イヤフォン、全て同じ原理で動作します。

動作原理の説明では、同心円構造で解説していますが、実際には、方形とする方が実用的で、磁気回路に積層鉄板が使用可能です。

出来上がりが方形のスピーカーは、電子機器への

組込み相性も良くなります。

また、低音を出すためや、指向性が必要な場合に、方形配列を行います。方形スピーカーであると、隙間が生じないので好都合です。

特に正方配列を行うときには、相互輻射による効率上昇が得られます。

スピーカーとアンテナは良く似ています。低音を効率良く出すには、ホーンスピーカーにするか、大口径スピーカーを作るかですが、低音ホーンは図体が大きいし、大口径スピーカーは出来たとしても、応答が遅くて実用的ではありません。

反応の速い小口径スピーカーを配列することで、大口径と同様の効果が得られるので、この方をお勧めします。

最低再生周波数は、ユニットの f_0 に関わらず、全体の寸法で決定されます。低音で平面波を発生する、良い方法だと思います。

欠点は、強い指向性が生ずることです(アンテナのエレメントを増した時の様に)

開催年を忘れましたが、晴海の Audio-Fair と、2007 年の香港 Electronics Fair に、配列スピーカーを出品しました。但し、円型スピーカーでした。

7. おわりに

新しいスピーカーは未だ開発されていませんが、長所と短所を考える時に、もしかすると、将来のオーディオ界に、大きな影響を与えるかも知れません。大切に研究開発を行えばと考えております。

もし、法人企業の中で興味を持って、一緒に研究開発を行う意思がお有りになるならば、本誌編集事務局気付にてご一報下さい。権利の共有、公開も視野にいれています。なるべく早い時期に、実用化したく思っています。

筆者プロフィール

中山 顕春(なかやま あきはる)

1937 年東京生まれ。勤務の傍ら「トランジスタ技術」「オーディオ・ピープル」等に執筆。1980 年後半から国外で研究・開発に従事。2007 年から東京在住。

JAS Information

9 月度理事会・第 74 回運営会議報告

平成 20 年 9 月 3 日に 9 月度理事会・第 74 回運営会議が理事 31 名の出席（代理出席・委任状提出理事を含む）のもと日本オーディオ協会会議室で開催されました。

9 月度理事会議事

（第 1 号議案） 新会員の承認を求める件

6 月 11 日の前回理事会以降、9 月 2 日現在までの間に申込みのあった法人賛助会員から法人正会員への変更と、個人正会員 1 名の入会が承認されました。

法人正会員：株式会社 音元出版

東京都千代田区神田佐久間町 1 - 9 第 7 東ビル 8F

代表取締役社長：和田 光征

事業内容：雑誌出版および Web ポータルサイト

の運営

個人正会員：3 名

（第 2 号議案） 役員交代の承認を求める件

寺川 雅嗣理事（シャープ株式会社）の退任と、岡田 守行理事（シャープ株式会社）の新任、ならびに、三ツ木 宏理事（株式会社ソニー・ミュージックエンタテインメント）の退任と、渡辺 隆志理事（株式会社ソニー・ミュージックエンタテインメント）の新任が承認されました。

第 74 回運営会議議事

協会運営と改革の方針について

校條会長より、今後の協会運営と改革についての方針が示され意見交換が行われました。

協会運営と改革方針の骨子は次の通りです。

（1）ビジョンの設定と共有

「豊かなオーディオ文化を広め楽しさと人間性にあふれた社会を創造する」を新しい協会ビジョンと

して掲げ、ビジョン具現化のパートナーである協会会員の力を合わせて A・AV のユーザー・ファンを増やす。

（2）活動テーマとして「四つの融合」を推進

1. プロの匠とマニアのこだわり、そしてビギナーの憧れを融合する。
2. 携帯オーディオとホームオーディオの融合を図る。
3. 2ch オーディオとサラウンド・サウンドの融合を図る。
4. デジタル技術とアナログ技術の融合を図る。

（3）ビジョン遂行のために

ビジョンに賛同いただく組織、人と協働して、ビジョン達成のための組織づくり、場づくり、人づくり、情報づくりを積極的に進める。このために委員会等の活動推進体制と事務局体制を整備する。

（4）A&V フェスタ 2009

来年 2 月に開催する A&V フェスタは最大のユーザー接点の場と位置づけ、総力を上げて取り組む。流通業界も店頭でユーザーと接する最前線にあり、流通との協働も呼びかける。また、A&V フェスタは「四つの融合」を実践する場であり、プロフェッショナルオーディオ協議会の特別協賛参加を得てユーザーに魅力のあるフェスタに仕上げたい。

9 月 2 日に経団連会館において「A&V フェスタ 2009 出展社募集説明会」を開催し以上の主旨を説明し出展を呼びかけた。

以上の方針について建設的な意見交換が行われ、今後は早急に課題検討、推進のための分科会を編成して議論を深め、具体化をはかることとなりました。