音を電気に、電気を音に

大阪市立科学館学芸員 上羽 貴大

みなさんは音楽が好きですか? 私はスマホやパソコンで音楽を流して楽しんでいます。スマホやパソコンといった電子機器は電気で動きます。電気信号として機器に保存された音楽のデータは、そのままでは聞くことはできません。それなのに、ちゃんと耳で聞こえる音になって、電子機器から飛び出してくるわけです。これら電子機器の中には電気信号を音声に変えるしかけが入っているのです。このようなしかけをスピーカーといいます。また、スピーカーとは逆のはたらきで、音を電気の流れにするしくみはマイクロフォン、略してマイクといいます。スマホで録音することができるのも、マイクのおかげです。スピーカーやマイクは、電気の世界と音の世界の架け橋となる存在なのです。

いろんなところで大活躍しているのに、あまり目立たないスピーカーやマイク。その不思議さとすごさにもっと注目してもらいたい! そんな思いで、スピーカーやマイクが主役のサイエンスショー『電気 ふるえる きこえる』(6/5-8/30上演予定)を企画しました。この記事では、サイエンスショーには盛り込むことのできなかった、電気と音をつなぐ技術とその歴史についての様々な話題をまとめてみました。ショーと合わせてお楽しみいただければと思います。



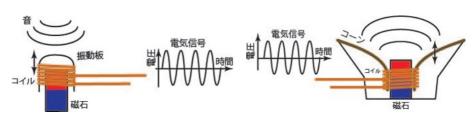


図1 ダイナミックマイク(左)とダイナミックスピーカー(右)の構造。

スピーカーのしくみ、マイクのしくみ

音の世界と電気の世界の架け橋をする重要な存在であるスピーカーとマイク。そのしくみは、実はそれほど難しいものではありません。それどころか、市販のものと同じしくみのスピーカーやマイクを手作りすることもできてしまいます。

図2は、私の手作りスピーカーです。エナメル線を50巻ほどぐるぐる巻いたものを作ります。導線のぐるぐる巻きを「コイル」といいます。コイルをコップの底に貼り付け、巻きはじめと巻き終わりをイヤホンジャックに固定してスマホにつなぎ、音楽を再生します。コイルに磁石を近づければ、なんと音楽がコップから聞こえます!電気信号にあわせてコイルがふるえ、それがコップに伝わっているのです。これは現在もっとも普及している「ダイナミックスピーカー」というタイプのスピーカーと同じしくみです(図1)。コップのかわりに、大きく開いたメガホンの形の「コーン」がふるえます。

コイルに電気を流すと、コイルは磁石になるという不思議な性質があります(**図3**)。電流の向きと大きさによって磁石の向きと強さが変わるので、電気を流したコイルのそばに磁石をおくと、たがいに引き付け合ったり離れたりしてふるえるのです。

図2の自作スピーカーを、ラジカセなどのマイク 端子につなげれば、なんとそのままマイクとして使

えます。「ダイナミックマイ ク」というタイプのマイクもま たコイルと磁石でできてお り、スピーカーとちょうど逆 のはたらきをしているのです。

磁石のそばでコイルをふるわせると、コイルには電気が流れます。これを電磁誘導といいます。音のふるえを振動板でキャッチし、振動板に貼り付けられたコ



図2 手作りスピーカー。コイルをマイク端子につなげばマイクにもなる。

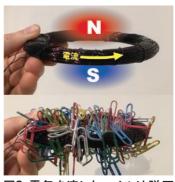


図3 電気を流したコイルは磁石になる。

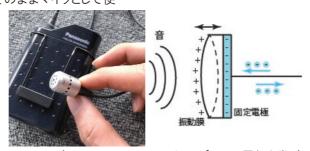


図4 コンデンサーマイクとそのしくみ。プラスの電気を帯びた振動膜のふるえにあわせて、そのプラスの電気に引き付けられたマイナスの電気が固定電極に流れこんだり反対に流れだしたりする。

音を電気に、電気を音に

イルが磁石のそばでふるえ、コイルには声のふるえにあわせた電気が流れるのです(図1)。

現在ダイナミックマイクよりも普及しているのは、「コンデンサーマイク」というタイプのマイクです(**図4**)。空気のふるえを受け取る膜にプラスの電気を貯めておきます。プラスの電気を帯びた振動膜が音によってふるえるのにあわせて、そのプラスの電気に引き付けられたマイナスの電気が固定電極に流れこんだり反対に流れだしたりします。これにより、空気のふるえに対応した電気の流れを作り出すことができるわけです。スマホなど最近の電子機器に使われるマイクは、コンデンサーマイクの構造を半導体技術によって小型化したもので、「シリコンマイク」と呼ばれます。

電話の発明がマイクとスピーカーのはじまり

世界で最初の実用的なマイクとスピーカーが発表されたのは、1876年。今から140年ほども前のことです。それは電話という形でこの世に登場しました。マイク=送話器で声を電気信号に変えて、スピーカー=受話器で電気信号をまた声に戻す、ということです。先に紹介したダイナミックスピーカーやダイナミックマイクとほぼ同様のしくみがベルによって生み出されたのです。

電話の特許を取得したのはグラハム・ベル (1847-1922、**図5**)、というのはとてもよく知られた話ですが、このころは多くの発明家が声を電気信号として届けるための様々なアイデアを発表しており、「電話の発明者は誰か?」という質問に明確な答えを出すのは、きわめて難しいようです。とはい

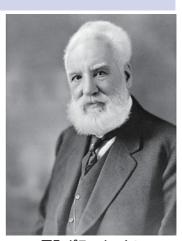


図5 グラハム・ベル

え、それでもベルの功績がゆらぐわけではありません。音の強さなどを表す単位「デシベル」はグラハム・ベルに敬意を表して名付けられました(デシはデシリットルと同じく 0.1倍を表す)。

聴覚教育者としてのベル

グラハム・ベルというと電話の発明という点だけが強調されていますが、ベルが聴覚障碍者の教育と福祉に尽力したことは、あまり一般的に知られていないようです。ベルは電話事業を売却して手にした富を、聴覚教育のために使いました。高名な音声学者であった父と、聴覚障碍者の母の間に育ったグラハム・ベルは、音声に対するすさまじい興味と熱意を授かったのでしょう。かの有名なヘレン・ケラー(1880-1968)を支え続けた伝説の家庭教師サリバン先生(アン・サリバン、1866-1966)をケラーに紹介したのも、グラハム・ベルでした。

難聴と言語障碍についての理解を深めるための日として、日本耳鼻咽喉科学会は、その語呂合わせで3月3日を「耳の日」としました。何たる偶然か、なんとこの日はベルの誕生日でもあります。

電気信号なら遠くまで伝えられる!増幅できる!

そもそも、どうして音をわざわざ電気信号に変える必要があるのでしょう。最初に思い浮かぶ理由は、電気信号は遠くまで伝えることができる、ということです。まさにその理由によって電話は発明されました。しかし、音を電気に変換する利点は、それだけではありません。

エジソンによって発明された蓄音機(**図6**)で目を引くのが、その大きく広がった美しいホーンです。これはただのおしゃれな飾りなどではありません。レコードに刻まれた凸凹をなぞる小さな針のわずかなふるえにより生まれた音を、絶妙に反射させ、できるだけ大きな音として聞こえるようにするための、計算されつくされた曲線美なのです。とはいえ、ホーンを工夫するだけで音を大きくするのには限界があります。たとえば満員の東京ドームの真ん中で蓄音機を演奏しても、誰にも聞こえませんね。

そこで電気の登場です。音を電気信号に変えること

の素晴らしい利点その2は、電気信号のパワーを増やすことができるということです(**図7**)。パワーを増やすことを「増幅」、英語でアンプリファイ(amplify)といいます。エレキギターやオーディオコンポで使われる「アンプ」は電気信号を増幅する装置です。スピーカーのコイルに流す電気信号を強くすることで、スピーカーのコーンはより大きくふるえ、元々の音よりも大きな音を発することができるというわけです。



図6 蓄音機。ホーンの形や 大きさで音を大きくするのに は限界がある。



図7 弱い電気信号を強くするのがアンプ。

エレキギターのピックアップも磁石とコイル!

マイク以外にも、音を電気に変えるしくみがあります。それはエレキギターなどの電気式楽器です。楽器から出た音は、マイクのかわりに「ピックアップ」と呼ばれる部品で電気信号に変換します(図8)。これもまた、コイルと磁石でできています。ギターのそれぞれの弦のすぐ下に、強力磁石がならびます。その棒磁石たちのまわりにぐるりとコイルが巻かれています。

音を電気に、電気を音に

エレキギターの弦はスチール製。磁石がすぐそがはたるので、弦もわずかりを持った磁気を強いているのとはないで、るえているのとは弦でではいるので、なるえているのとは弦でではにないででで、このではないででで、このではないででで、このではないでがあるが、一ブで増加に流ったというわけです。

エレキギターが発明されたのは1934年。特許を取得したのはアメリカのジョージ・ビーチャム(1899-1941)です。彼の発明した最初のエレキギター(図



図8 エレキギターの弦の振動を電気信号に変換するマグネチックピックアップ。6本の弦の真下に強力磁石が6個ならび、そのまわりにコイルが巻いてある。

9)は、弦を押さえるネックに対して、ボディがずいぶん小さく、持ちにくいように感じられます。これはスチールギターといって、手に持たず、膝の上やテーブルの上に置いて、ちょうど琴のような姿勢で演奏します。ハワイをイメージするときによく聞かれる、あのホワ〜ンという伸び伸びしたメロディは、スチールギターによるものです。このギターが発明された当時、ハワイで生まれたスチールギターの演奏スタイルが、アメリカ本土で大流行していました。

エレキギターなどの電気式楽器の魅力は、生音の楽器ではとても作り出せない様々な音色です。音を電気信号に変換することで、増幅だけでなく、さまざまに信号を加工することができるのです。音を電気信号にする利点3つ目といってよいでしょう。

音をマイクで拾い、それをスピーカーで再生したとき、その音はもとの音とまったく同じではなく、それはマイクやスピーカー、アンプなどの性能や、電気信号が回路を伝わることで、信号の波形が変わってしまうのです。しかし、電気信号の波形が変わるのを逆手にとって、ダイオードやコイルなどの電子部品をたくみに組み合わせた電気回路に電気信号を流して、積極的に電気信号の波形を変えることで、出てくる音を加工

できます。そのような装置を「エフェクター」といいます。これまでにさまざまなエフェクターが生まれ、誰も聞いたことのない新しい音が作られてきました。これが私たちの音楽の世界を豊かにしました。

エレキギターの開発のそもそもの 動機は、とにかく大きな音を出せるよ うにすることだったと思われます。しか し、音を電気信号に変えたことで、そ の音色をさまざまに加工できるとい う、 発明された当初は想定されてい なかった未来がやってきました。これ はエレキギターにかぎった話ではあり ません。たとえば蓄音機は、当初は 遺言を残すなどの事務的な用途しか 想定されておらず、音楽レコードが普 及し、市民の音楽を聴く文化が変わ ってしまうほどのインパクトは誰も想像 していませんでした。逆に言えば、偉 大な発明や発見とは、新しい使い方 を生み出せるような可能性や余地を 残したものなのかもしれません。

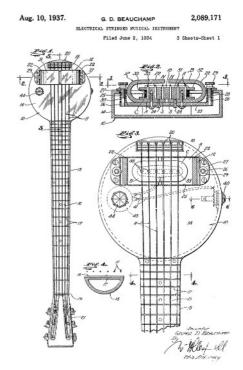


図9 ジョージ・ビーチャムによるエレキギターの図面。その形から「フライパン」と呼ばれた。

〈参考文献、さらに知りたい方へ〉

- ◆ 電気通信主任技術者総合情報ホームページhttp://asaseno.aki.gs/ 電話の発明に関する歴史が非常に詳しくまとめられています。
- ◆ 佐伯多門:『スピーカー技術の100年』(誠文堂新光社、2018年) スピーカーの歴史の決定版、というボリュームの上下巻。解説はかなりマニアックですが、たくさんの写真や図を眺めるだけでも十分楽しめます。
- ◆ 鈴木陽一他:『音響学入門』(コロナ社、2011年)
- ◆ 大賀寿郎・梶川嘉延:『電気の回路と音の回路』(コロナ社、2011年) これらの本は、日本音響学会編集の「音響入門シリーズ」の一部です。音に関 わる科学全般について、入門レベルから専門的なレベルまで導いてくれる、とても 素晴らしいシリーズです。高校生くらいから読めるでしょう。

上羽 貴大(科学館学芸員)