



INTERVIEW

材料研究者を魅了する「金属の音色」

特徴ある楽器が集うオーケストラの演奏。金属材料が使われている楽器も多い。画像提供：九大フィルハーモニー・オーケストラ

今回のテーマは「金属の音色」。様々な楽器に使われる金属材料について、それらと音色との関係に注目する。音楽を愛し、楽器を演奏する人は多く、今号では楽器や音と金属とのかかわりについて、多くの方々から連携記事やエッセイを寄せていただいた。

テクノスコープでは、以前から金属材料と音色の関係について研究を続けてこられた田中将己先生にお話を伺った。私たちの心に広がる金属と音の世界。いつもと少し違う角度から金属材料の魅力を見つめてみたい。



田中先生が金属材料と音色の関係に興味を持ったきっかけは何ですか。

大学院生の頃、指導教員であった東田賢二先生が材料工学のエッセンスが含まれていると言われて「100万人の金属学」という本を薦めてくれました。その中で印象深かったのが、三島良績先生の執筆されたお寺の鐘と西洋の鐘の違いでした。お寺の鐘はゴーンと響き、西洋の鐘はカランカランと高い音がする。それは銅の中に入っているスズの濃度が違うため、析出する金属間化合物の量が違うことによるのです。私はそれを読んで、金属っておもしろいものだ、と感じ、これから金属を研究しようという覚悟が決まったように思います。

大学で研究室を持つようになってから、私の研究室に「オーケストラで金管楽器を吹いているから金属に興味がある」と言って、学生がやってきました。私は「金属の材質によって音色が違うと思うが、演奏者もそう感じるか」と聞いたらそうだという。そこで、いろいろなブラス製のホルンを集めて音色を比較してみたのです。そうしたら、銅合金で銅の割合が多いホルンと、亜鉛の割合が多いホルンでは確かに音色が

違う。特に高周波部分がかなり違うことがわかりました。しかし、よく見ると比べた楽器の形状が全く同じではなく、形状の影響が大きいように思えました。やはり鉄鋼材料と同じく製品は難しいので、まずは金属そのものの性質から注目しようと思い、今に至ります。

また、大学に入学する以前からの個人的な話になるのですが、以前から言葉に興味を持っていました。高校生の頃に言語学の普遍文法という考えを知り、どの言語にも共通する文法があるという点に驚かされたのですが、それをきっかけに人がどのように音を認知するかにも関心をもつようになりました。例えば、昔の曲の歌詞は思い出せなくても、メロディは口ずさめる人が多い、とよく言われます。これは言葉に比べて、音の方が人間の言語に関するプリミティブな部分に深く関わっているためではないか、と思うのです。進化論のダーウィンも、人類の祖先は言葉によるコミュニケーション以前に、音を使って意思疎通を図っていた可能性を示唆していたようです。こうして振り返ってみると、私にとって音は、言語学的興味を出発点として、専門として学んできた金属材料と結びつくテーマへと広がってきました。金属材料が持つ特性と、その特性が生み出す音色との関係を解き明かす

ことは、人間の音に対する根源的な感覚や認知のメカニズムを探る手がかりにもなると思います。



とくに興味を持っている楽器がありますか。

例えばフルートは、木管楽器なのでリードが管に吹き込まれる空気を振動させて発音源となります。音は管体の空気振動ですので、フルートの音色はあまり材料の影響を受けないと考えられます。フルートの材料はニッケル系合金や14金、18金などがあり、本体の材料が変わると、楽器の固有振動が影響を受けるので、多少音色や吹き心地に影響がありますが、その効果は小さいようです。ただプロのように繊細な響きを追求する場合には、この微妙な違いが重要になってくる可能性があります。

ホルンは、ブラスなどの長い金属管が円環状に巻かれ、先端に朝顔状のベルが付いた形をしています。吹き込まれた空気は、マウスピースの部分で振動波を起こしますが、その一部がベルの先端で管の内部に向かう反射波となり、反射波と進行波とが共鳴して定在波となって管外に放射されます。大きく口を開けたベルでの振動の吸収によって、音色が変わると言う報告もあります。

今の研究とは離れますが、楽器だけでなく、コンサートホールの音響も気になります。聴く人がホールどこにいるかによって音色はだいぶ異なる。演奏者が感じる音と聴衆に聞こえる音は必ずしも一致しない、と思います。演奏者からの意見が正しいかどうか、材料学的にあり得るかどうかをきちんと調べたいですね。



現在はどんな研究に取り組んでいるのですか。

銅-亜鉛合金、いわゆるブラス(真鍮)で、冷間圧延をするとどのように音色が変化するかという研究です。他には、先ほどの「100万人の金属学」に出ているお寺の鐘の材料である銅-スズ合金(ブロンズ、青銅)の組織が変化すると音色がどう変わるか、など。こういった材料と音色の関係は、材料研究者としては興味が尽きないところです(連携記事では鋼で作られ



田中 将己 氏

九州大学
工学研究院 材料工学部門 教授
専門は結晶塑性学

た明珍火箸の解析について掲載)。

我々の研究は、楽器そのものではなく、やはり材料が対象です。固有振動数を測るとか、組織観察や引張試験などを行っています。日本の半鐘の音を調べた時は、同じ砂型を使って作製した錫濃度の異なる半鐘を吊るして叩き、加速度センサーで振動を拾って解析しました。

また加工の影響を明らかにするために冷間圧延の前と後でブラスの音色を比べたら、圧下率が上昇するにしがって音が低くなる。このように、材料と音色には相関がいくつかあることがわかりました。

楽器は時間が経つにつれて材質や寸法が変化しますので、音色も明らかに変化します。木で作られるバイオリンは、時間が経つことによって良い音色になることがある。一方、金管楽器は時間がたつと「音が腐る」とも言われる。それは、何かしらの経時変化が起こっている証拠だと思います。



金属材料の固有振動数を測定し、比較分析を行う。



楽器の音色と金属との関係について、まだ解明されていないことも多い。

Q ピアノやギターに使われるピアノ線はよく知られています。

ギターの弦は、ずっと引っ張られていてクリープ変形を起こして、音が変わってしまいます。ピアノの弦もクリープ変形するので、何度も調律しないとイケない。調律して引っ張れば引っ張るほど、線密度は下がるので、音色が変わってしまいます。例えばアコースティックギターでは、6弦合わせて50 kgぐらいの張力で引っ張られている。常に引っ張られているわけだから、時間がたてば変形するというのは必然だといえます。伸びるから音程が下がるのは当たり前で、同時にギター本体も歪んでしまいます。

一般的な傾向として、金属材料を変形すると音が低くなる傾向にあります。また、音速はヤング率に依存しており、例えば銅と鉄とを比べると、鉄の方がヤン

グ率が高いので高い音になりやすく、銅の方が低い音になりやすいです。同じ鉄でも、鍛造材と冷間圧延では音色が少し違いますが、これは表面の状態が違うからでしょう。

Q 楽器に使われる金属材料の研究は進んでいるのでしょうか。

楽器の材料を調べるようになってわかったのですが、楽器用の材料の需要は量的に限られているのですね。ですから、とびきり特性の優れた材料を作っても、なかなかビジネスに結び付かず、開発する人も少ない。でも、「こうやって金属をうまく使えばいい音が出る」とわかってくると、より多くの人に興味を持ってもらえるのではないのでしょうか。

木材で、昔から使われてきた木材が採れなくなったような話は聞きますね。材料は、新しいばかりがよいのではなく、昔からあるいい材料を使いたい、というコンサバティブな要望があるのが楽器の世界です。アコースティックギターでは、高価な木を使いたいというニーズはやはり根強くあります。木の板は時間が経つと振動になじんでよい音になる、とも言われます。一方、あらたなトレンドも起こっています。例えば、本体がカーボンファイバー製というものも最近出てきています。

楽器の誕生

楽器は、古くは人類が音を出すために使った道具から発展したと言われていた。原始時代には、魔術や宗教における音楽と結びついて楽器が作られた。そのころの楽器は、リズムをとることを主な目的としており、材料には石器や動物の骨が使われていた。紀元前3000年ごろのメソポタミアやエジプトでは、信仰や儀式などのために、笛やラッパ、ハープなどが演奏されていた。

ヨーロッパでは16～18世紀のバロック時代に器楽だけの演奏が盛んになり、楽器の改良が進められた。18～19世紀には、正確なピッチや均一で美しい音色、大きな音量などが可能な楽器が誕生した。楽器の進化には、産業革命の影響も大きかった。金属加工や木材加工などの技術が進歩し、より精度の高い楽器が誕生した。

一方、世界各地の民族音楽に用いられる民族楽器は、昔ながらの方法で制作、演奏されているものが多く、伝統文化を現在に継承していると言える。



17世紀ごろ作られた「狩猟ホルン」。それまでの角笛から金属製となり、音量や音質が改良された。



ピアノの鍵盤とつながれた弦は約230本。全ての弦の張力を合わせると約20tに及ぶ。弦には高強度のピアノ線が使われ、低音部には巻線が使われる。

材料と直接関係はありませんが、楽器の電子化という大きな流れもあります。例えば、アコースティックギターの生音を電子化しようとする、いわばギターのシンセサイザー化ですね。アコースティックギターにいろいろな種類のピックアップを搭載し、弦の振動だけでなく筐体の振動を電子化することも出来るようになっていきますし、エレキギターでアコースティックギターの音を出すとか。また、ギター本体に音響機器を内蔵するとか。最近では、パソコンで音を加工したり音楽配信をしたりして、音楽の作り方や遊び方の幅が広がってきたと思います。かと思えば、昔のアナログレコードが流行していたりして、次々に新しい楽しみ方が出てきています。自分で作曲をやってみたくとも思いますが、センスがないので手つかずのままです。



身近な楽器にも、いろいろな形で鉄が使われていますね。

例えばトライアングルは、鉄やステンレス鋼などで作られています。ブロンズを使った珍しいトライアングルもあります。トライアングルは3次元構造なので振動モードがたくさんあって、きれいな音を出すには加工方法や叩き方が結構難しいようです。

鉄琴のグロッケンも、鉄でできていますね。いい音色を出すために、材料の密度とか熱処理による組織の調整などが重要だと聞きます。グロッケンも、材料



トライアングルは教育楽器として知られるが、オーケストラの打楽器でもある。材料には普通鋼のほか、ブロンズや真鍮なども用いられる。



ピアノの鍵盤のように音板が並んでいる楽器を音板打楽器と呼ぶ。マリンバの音板は木製、グロッケンシュピールは鋼製、ピブラフォンはアルミニウム合金製である。

をうまく選択すればより軽くできる気がします。高強度鋼を使えば、マーチングバンドなどでもっと使いやすくなりそうだと思います。

楽器の工場を訪ねると、たくさんの職人の手作業によって、丹念に楽器が作られています。楽器メーカーでは、これを規格化して大量生産できるようにしているのですから、すごい技術だと思います。

材料を開発、提供する側としては、従来からあるものを、いかに丈夫で安く供給できるか、が大切だと思います。よい楽器をユニバーサルに提供する。比較的安くて使いやすく、いい音色を出す。そういう材料です。金属材料は音色にどう効くのか、材料研究者としては興味が尽きません。安くてもよい音色を出す、そんな材料をいかに提案できるか。ビギナーでも気軽に取り組めるような楽器のラインナップがあれば、みんなが音楽を始めやすくなる。材料研究者としては、いつかそんな提案ができるといいなと思います。

今後の研究がたいへん期待されます。どうもありがとうございました。