

祇園精舎の鐘の聲，諸行無常の響あり，沙羅雙樹の花の色，盛者必衰のことはりをあらはす。“ぐおおん”

“梵鐘”は，仏教の法要における予鈴に使われましたが，やがて朝夕の時報（暁鐘，昏鐘）に撞き鳴らされるようになると，こちらが日常になりました。鐘の音は，聴く者を一切の苦からお救いくださる悟りへのお導きです。心して耳を澄ませましょう。

釣鐘，梵鐘は，古代中国の青銅器を起源とし，朝鮮半島を経て日本に伝えられました。書紀には，562年，大伴連狭手彦が戦利品として高句麗から3口の青銅鐘を持ち帰ったとあります。京都妙心寺の鐘は内面に698年の作とあり，铸造年がはっきりしている最古の鐘とされています。大きく重い鐘の代表は“國家安康”の銘で名高い京都方広寺の鐘で，高さ4.2m，外形2.8m，厚さ27cm，重さ82.7トン，1614年の铸造です。京都知恩院（3.3m，2.8m，70トン，1636年），奈良東大寺（3.9m，2.7m，26トン，751年）の鐘と合せて大鐘3鐘とされます。東大寺の鐘は大きな割に軽いのですが，正規の撞座では3日3晩鳴り続けるので，撞座の下を撞いています。そのほか，鳳凰や天女の文様の“形の平等院”，橘広相，菅原

是善作，藤原敏行書の銘をもつ“銘の神護寺”，近江八景の一つ“三井の晩鐘”で名高い“音色の三井寺”の鐘を，“天下の3名鐘”とする選もあります。日本人の心のふるさと“夕焼け小焼け”は，八王子が舞台です。何故か懐かしいこの鐘の“音色，唸り”について考えてみましょう。

“ぐおおん”，“ごーん”と表記される鐘の響きですが，時間の経過で，“あたり”，“おし”，“おくり”に区別され，これらのバランスの良し悪しが音色の尺度になっています。“あたり”は，撞木が鐘を撞く打撃音で，濁りのない音を上とします。続いて数秒から10秒ほど，比較的高い音で哀愁を帯びた響き唸り部分が“おし”で，多くの音から構成され，唸りが入ります。“唸り”はわずかな高低差を持つ2音が足し合わされ，山と山，山と谷が重なる瞬間，大きな音，小さな音が交互に出現する現象です。最後に，低い単音が数十秒から1分ほど響いて鳴り止むまでを“おくり”とします。一般には青銅の铸造品で，伝統の技術を引継いだ鋳物師が，形と銘に優れた音色の良い鐘作りを競います。

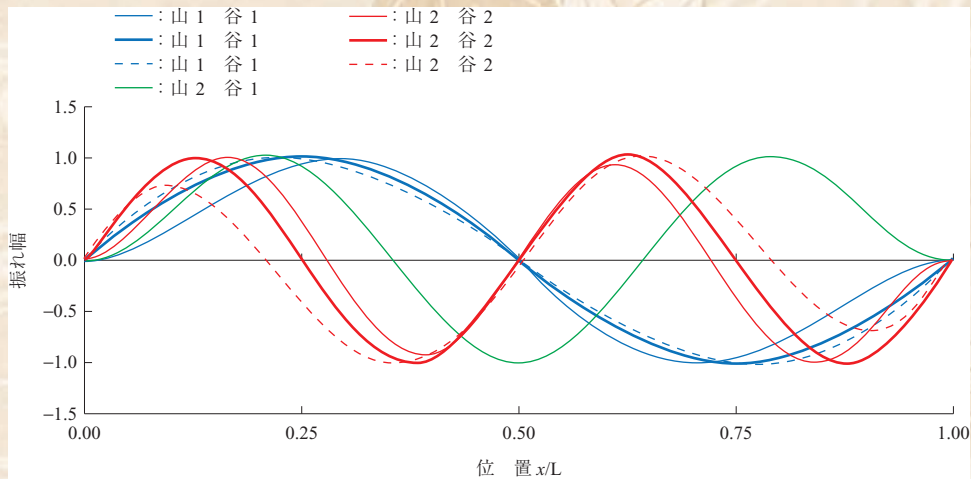
鐘の響きについて専門の方々が数多くの分析をされています。ですが，“唸り”については定説がないようです。

釣鐘のお話

技術開発本部
小野塚 正一



芝 三縁山広度院増上寺 梵鐘



棒の振れ

それではというので、結果を拝借しつつ、鐘の震えから音色について考えてみました。

京都永観堂の鐘（口径 3 尺 2 寸、高さ 5 尺）について、永観堂の結城さんがどの音が響いているか、音の高さとレベルを分析されています。音の高さとレベルは 1 秒間あたりの波の数（周波数、Hz（ヘルツ））で表しますが、永観堂の鐘は 135 Hz の基音を持ち、これに 312 Hz、270 Hz の音が高いレベルで乗っていると報告されています。ヴァイオリンの一番の低音は太い 4 番線 G 線開放ト音（G3）196 Hz ですから、基音はこれより 1 オクターブほど低く、チェロの第 3 弦開放ト音（G2）98 Hz より完全 4 度高い音（C3）130 Hz にあたります。鐘の響きを歌ってみましょう。

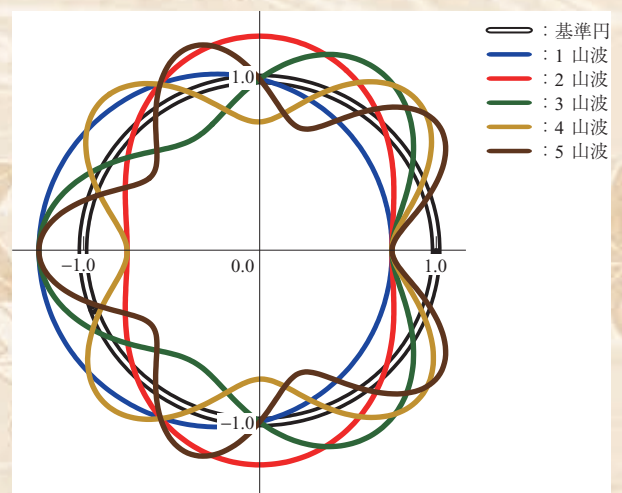
鐘が変形し振動すると、空気が押したり引いたりされ、空気の圧力が周期的に変化します。これが波として空気中を伝わるのを、鼓膜がその圧力変化を受けて振動し、脳が鐘の響きとして認識するわけです。このスピーカー役の鐘の胴がどんな様子で形を変え震えるのか見てみましょう。

本題に入る前に少し、準備をしましょう。想像力を働かせてください。

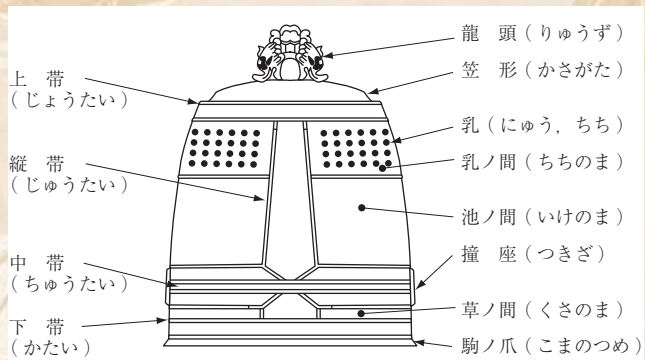
十分に^{しなやか}綿で真っ直ぐな棒を丸太の上に載せます。棒が長いと重力で垂れ下がりますがこれを考えると話がややこしいので、ここでは重力は働かないとします。棒は丸太から離れないという条件のもと、棒のどこかを突っついて棒を揺らせます。棒はどんな揺れ方をするでしょうか。一番の基本は、棒の真ん中を揺れに合せて突っついたときの大きな揺れです。真ん中が大きく振れます。次は、1/4、3/4 の点を同時に反対方向に押ししたり引いたりするとき、これはこれで違った形で揺れそうです。3 か所を交互に突っ

けばまた違った揺れ方をするでしょう。これに、丸太上の棒の傾きが左右の丸太部分で同じという条件を付け加えます。棒の左の丸太上が 2 時方向を指しているときは右の丸太上も 2 時方向という制約です。棒の振れ図のように結構複雑な振れとなり、一つ波のときでも 3 ケース出てきます。波の形が似ていても周波数は大きく違います。条件が与えられたとき、こんな揺れが“可能性として考えられる”ということです。

次に、この綿な棒の右端を丸太の上をつまんでぐるっと一卷、上から左の丸太部分に^{つな}繋いで円のリングを造り、このリングの揺れを考えます。繋いだところは“傾きが同じ”という条件になります。鐘が撞かれてへこむ点を基準に代表的なケースをリングの^{はなびら}花卉振動図に示しました。きれいな花卉模様の揺れが出ています。このような“花卉揺れ”は、円筒形の構造体、たとえば石油タンクの胴で想定される揺れの一つです。



リングの花卉振動

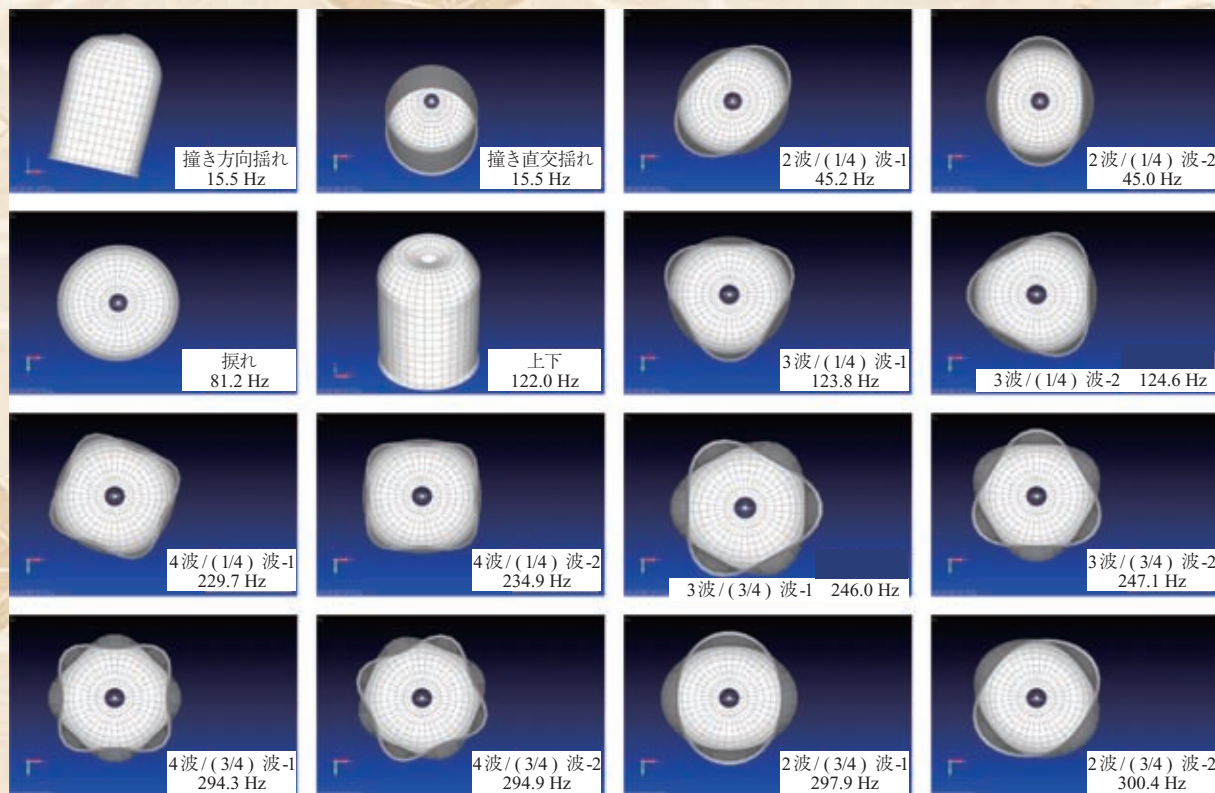


梵鐘各部の名称

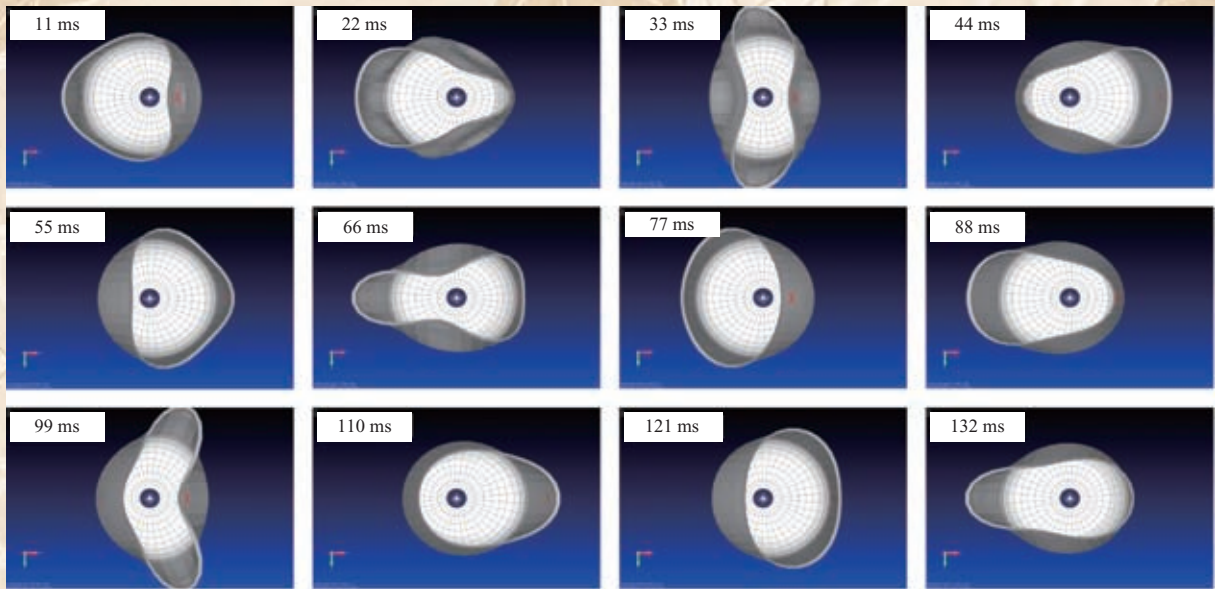
鐘の形状、肉の厚さをそれなりに設定して、鐘がどんな風に揺れて変形するかを計算してみました。

形が複雑で式を組み上げた計算は手に余るので、板の組合せで鐘を組上げ、計算機と解析ソフトのお世話になりました。中型の、外径4尺(122cm)、高さ6尺(180cm)、重さ580貫(2175kg)の鐘をモデルとしました。鐘の各部位の名称を梵鐘各部の名称図に示していますが、モデルでは、1本の横帯と駒ノ爪、4本の縦帯を少し厚くして、厚肉の撞座を0度/180度方向に設けました。0度と90度方向では違いがあるモデルです。笠形、肩はさらに厚肉として、龍頭は省略し、笠形の中心を動きも傾きもしない条件にしました。

棒の揺れと同様、まず、どんな揺れ方が可能か、解析します。答えは無数に出てきますが、波の少ない主なところを絵にすると釣鐘の振動モード図のようになりました。最もゆっくり大きく揺れるのは、龍頭を中心に振り子のように全体を前後に傾き揺する形(振動モードといいます)、次に90度ずれた左右に傾き揺する形です。いずれもおおよそ毎秒15回の回数で揺れますが、撞座が影響しわずかな差が出ます。次が斜め45度を基準線にして潰れるモードで、撞座の方向に同じように潰れるモードがそれに続きます。いずれも毎秒45回で振動します。その次の5次が、笠形中心を軸中心にして行きつ戻りつする回転(捩れる)モード、6次が鐘全体が上下にバウンドするモードです。次数が大きくなるごとに周波数が大きくなり、高い音に対応します。さらに次数を大きくすると、先ほどの花卉振動が出て、3頂点を持つ振動から、4頂点、さらには5頂点と幾つでも勘定されます。それぞれの波の出方で、1/4波長のずれた二つの波が可能性として計算されます。どうしてこうなるか、ちょっと、考えてみてください。ここまでは、全体の揺れとリングの変形にだけ着目してきましたが、実は上下方向にも波ができます。一番波の数が少ないのが1/4山の波で、その次が1山1/4谷波になります。花卉の数と上下波の数との組合せで、数多くの組合せができます。



釣鐘の振動モード



鐘撞き後の鐘の変形

ここまでは“揺れる”可能性の話でした。では次に、撞木で鐘を撞くと鐘はどんな様子で形を変えるかです。4尺外径の鐘に対する標準の撞木は、直径が6寸2分(18.8 cm)、長さ8尺5寸(2.58 m)、質量37.1 kgですが、この撞木が毎秒1 mで曳かれて鐘に衝突するとしてその後の形を計算しました。鐘撞き後の鐘の変形図には鐘が変形する様子を、45 Hz (22 ms)の時間刻み(潰れ変形の周期)を基準に並べました。撞木の打ち込み後11/1 000秒で撞座(図の赤×)が大きくへこみ、次の22/1 000秒では全体がぺちゃんこに潰れ、33/1 000秒では今度は縦長ぺちゃんこに振れ戻ります。三角形の変形をも交えながら、77/1 000秒では大きく全体が振れて(15 Hzの前後変形)います。これを見ると、撞き方向に揺れる変形の組合せによって全体変形が形成されていて、花卉振動のなかから撞座が前後する振動を抜き出せば、スピーカーとしての鐘の性格をつかめそうです。

先に引用した3尺2寸の永観堂鐘周波数分析では、135 Hzが基音で、これに312 Hzの音が乗り、312 Hz近くの音が唸るという理解でした。鐘の撞き変形を考えながらこれに近い周波数の振動モードを拾い出してみましょう。135 Hzの振動は、鐘の片面が撞木で押されて生じる3枚花卉の振動で、これが基音でしょう。唸りの312 Hz近くの基準音は、花卉4波、上下方向1山1/2谷の294 Hzと、花卉2波、上下方向同じく1山1/2谷の298 Hzの二つです。4 Hzの周波数差があるので、こ

の二つなら1/4秒周期の唸りが起きます。変形モードも納得です。

鐘といえば何といっても、“柿くへば鐘が鳴るなり法隆寺”です。子規は、明治28年10月に奈良を訪ね、この句を作りました。ですが、この鐘の音は、東大寺の鐘だったようです。奈良に着いたその日、子規は東大寺南大門近くに宿を取りました。「その晩、宿の女中が大好きな柿の皮を剥いてくれた。それを食べていたときちょうど、東大寺の鐘がボーンと鳴った。」と、随筆『くだもの』で回想しています。4日後に法隆寺を訪ねましたがあいにくとその日は雨で、句のような情景ではなかったようです。澄み切った秋の夕空に法隆寺の鐘がごーん、法隆寺は聖徳太子ゆかりの寺、飛鳥の昔から明治までいろいろあっただろう、鐘の音から際限なく想像が広がり、柿の色とあいまってこの句の価値を決めています。それが創作だったというなら、これはまさに「お見事！」と言うほかありません。

幾つかのお寺では、鐘を撞かせてくれます。東大寺の大鐘は傷みが激しいので毎日午前8時に時の鐘を響かせるだけになっているのですが、除夜の鐘だけは特別で、撞き手の希望者を募り108の響きを鳴らします。比叡山延暦寺、三井寺(園城寺)、鎌倉龍口寺、そのほかにも幾つかありそうです。心を静め願いを込めて撞かせてもらうのはいかがでしょうか。

“ぐおーん”