

イングリッシュハンドベルの音響特性解析

平田 克己^{*1}, 大脇 俊洋^{*2}

Analyses of Acoustic Characteristics of English Handbells

HIRATA Katsumi, OOWAKI Toshihiro

In recent years, English handbells become popular instruments. However, its characteristics are not really investigated. So, we studied the characteristics of Malmark Handbell, Schulmerich Handbell and handbell-like instruments such as choir chimes and Music-bell by analyzing the power spectra and spectrograms. As a result, some acoustic differences among the instruments made cleared. In this paper, after brief introductions to English handbells and handbell-like instruments, its acoustic characteristics and differences are discussed.

KEYWORDS : English handbell, handbell-like instrument, choir chime, Music-bell, acoustic characteristic

1. はじめに

現在, 日本で普及しているイングリッシュハンドベルのほとんどがアメリカの Malmark 社 (以下 M 社と略す) 製¹⁾と Schulmerich 社 (以下 S 社と略す) 製²⁾である。近年, プリマ楽器から日本製のイングリッシュハンドベルも登場しているが³⁾, 依然としてシェアは 2 社が占めている。

2 社製のイングリッシュハンドベルの違いは発音機構や音色などが挙げられる。しかし, 材料や製造工程について 2 社ともに詳細を明かしてはいないし, それらの違いを工学的に検証している研究はほとんどない。

そこで, 本稿ではイングリッシュハンドベルとそれに似た楽器について紹介した後, それらの音響特性の解析を通して, その特徴を比較する。解

析には, 採取した音響信号のパワースペクトルならびにその時変特性を示すスペクトログラムを用いる。

2. ハンドベル

鐘 (ベル) に手で握ることのできる取っ手 (ハンドル) がついたものであれば, ハンドベルであるといえる。イングリッシュハンドベルはもちろん, スクールベルやディナーベルなどもハンドベルの一種である。しかし, これらのベルとイングリッシュハンドベルではキャストの形状や発音機構, 材質, 音色や音域など大きく異なる。

イングリッシュハンドベルに似た楽器としては, ミュージックベルやハンドチャイムがある。前者は初心者や学校などで高価なイングリッシュハン

*1 電子制御工学科 (Dept. of Electronic Control Engineering), E-mail: hirata@oyama-ct.ac.jp

*2 電子制御工学科平成 22 年 3 月卒業 (現: 長岡技術科学大学工学部) (Nagaoka University of Technology after graduating from Dept. of Electronic Control Engineering on Mar. 2010)

ドベルの代わりに使えるものとして開発されたものである。後者はイングリッシュハンドベルの普及の過程で誕生したものがある。

2. 1 イングリッシュハンドベル

イングリッシュハンドベルは次のような特徴を持つ。

- 個々のベルが調律されている
- キャスティング（ベルの金属部分）の内側にクラッパー（ゴムまたはフェルト製のハンマー）が一方向に往復するように取り付けられている
- クラッパーはスプリングと呼ばれる抑制装置



図1 イングリッシュハンドベル A5
(左:M社製, 右:S社製)



図2 並べて置いたイングリッシュハンドベル (M社製5オクターブ分)

により、キャストイングにぶつかった瞬間跳ね返って離れる

現在、イングリッシュハンドベルはイギリスのホワイトチャペル社⁴⁾、オランダのペライットアンドフリッツェン社、アメリカのM社とS社で製造されている。最近ではプリマ楽器から日本製のイングリッシュハンドベルが登場しているが、日本で普及しているイングリッシュハンドベルの殆どはアメリカの2社製である。図1はM社製とS社製のA5のものである。ここで“A5”とは音の高さを表すものであり、“A”が音名、“5”がオクターブの番号を表している。A5は880Hzの音である。

それぞれのハンドベルの見た目の特徴としては、イギリスやオランダ製の場合は、アメリカのM社やS社のものに比べ、クラッパーがベルの縁から突き出たり、M社製の場合は図2の写真からも分かるように、ハンドルの色がピアノの黒鍵と白鍵のように白と黒に分かれていたりすることが挙げられる。

2. 2 ハンドチャイム

ハンドチャイムは、イングリッシュハンドベルの普及用として開発された楽器である。本体は筒状のアルミ製で、クラッパーが取り付けられている。本体が軽量なため、イングリッシュハンドベルと比べ扱いやすく、音色も対照的にやわらかい音質である。現在ではハンドベルとともに演奏されるだけではなく、新しい楽器としての地位も確立してきている。

現在、ハンドチャイムはM社からクワイアチャイム、S社からメロディーチャイムとして、また、日本の鈴木楽器製作所からトーンチャイムとして販売されている⁵⁾。

今回は図3に示すM社製クワイアチャイムのA5のチャイムを解析した。

2. 3 ミュージックベル

ミュージックベルは安価なハンドベルとして開発された楽器である。鉄または真鍮で形成されたキャストイング部にはメッキ処理がされているため、素手で扱うことができる。また、イングリッシュハンドベルの場合は音が低くなるに連れてベルの大きくなり、重量も増すが、ミュージックベルの場合はキャストイングの大きさや重量はほと



(a) A5 単体



(b) 3 オクターブ分

図3 M社製クワイアチャイム

んど変わらない。日本では内田洋行⁶⁾や河合楽器製作所⁷⁾などから発売されている。

スプリングに取り付けてあるゴム製のクラッパーがキャストイングに当たることによって発音するが、どの方向にも振ってもクラッパーが動く点がイングリッシュハンドベルと大きく異なる。今回は図4に示す内田洋行社（以下U社と略す）製ミュージックベルMB-GシリーズのA5のベルを解析した。

3. 音響解析

3. 1 解析方法

今回は前述のM社製およびS社製イングリッシュハンドベルA5（図1）とM社製クワイアチャ

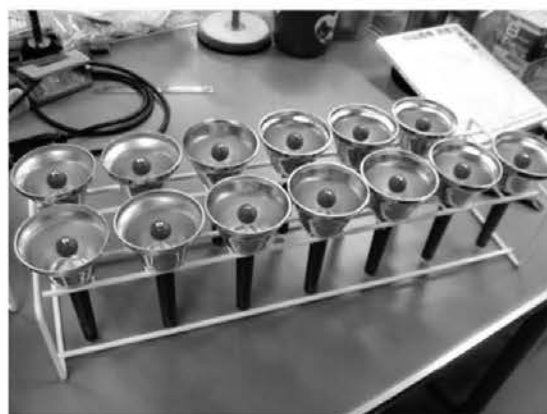


図4 U社製ミュージックベル

イムA5（図3（a））、U社製ミュージックベル（図4）について解析した。

表1に計測条件を示す。発音は、胸の前で回して音を出すリング（Ring）という一般的な奏法で統一した。パワースペクトルは、採取信号をいくつかに分割して算出したピリオドグラムの平均を取ることで求めた。また、スペクトログラムは、一定の時間間隔毎の短時間フーリエスペクト

表1 計測条件

録音装置	Roland R-09HR
標本化周波数	44.1kHz
量子化ビット	16bits
楽器—マイク間距離	15cm
データ窓	Blackman
データ長	パワースペクトル 約0.5sec
	スペクトログラム 約0.01sec

ルのパワーを時間軸上に並べることにより求めた。

3. 2 解析結果

M 社製イングリッシュハンドベル A5

図 5 (a) に M 社製のハンドベル A5 のパワースペクトルを示す。ここで、横軸は周波数を、縦軸はその周波数成分がどれだけ含まれているかのパワーを表している。この図より、880 [Hz]の基音とその整数倍周波数の倍音成分により構成されていることがわかる。また、基音に対して、第 2 倍音が 38.8 [dB]，第 3 倍音が 2.5 [dB] 低いことが分かる。

その下の図 5 (b) は同じ信号のスペクトログラムである。横軸が時間、縦軸が周波数であり、濃淡がパワーの強さを表している。スペクトログラムを見れば、信号に含まれる各周波数成分の分布が時間的にどのように変化するか分かり、非定常信号の解析によく用いられる。この図で、縦にスジがある (約 1.6[sec]) のところが発音開始であり、これより右側がハンドベルの音によるものである。パワースペクトルと同様な周波数構成にな

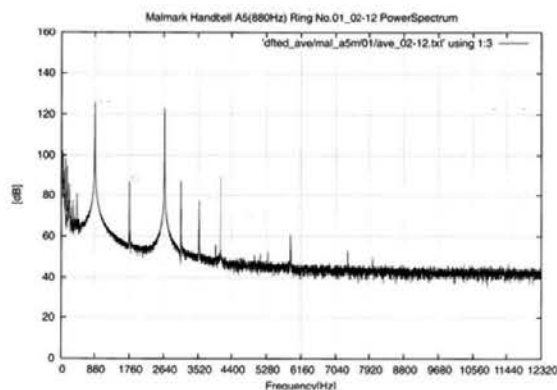
っているが、1,760[Hz]の第 2 倍音は、時間の経過とともに急激に減衰していることが分かる。

S 社製イングリッシュハンドベル A5

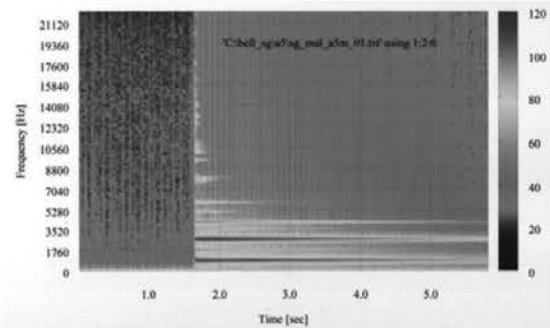
M 社製と同様にして求めた S 社製ハンドベル A5 のパワースペクトルとスペクトログラムを図 6 に示す。M 社製のものと同様に 880 [Hz]の基音と倍音で構成されている。また、基音に対して、第 2 倍音が 34.7 [dB]，第 3 倍音が 17.6 [dB] 低くなっており、M 社製のものに比べ、第 2 倍音がやや大きく、第 3 倍音が 15[dB]も小さくなっている。

スペクトログラムを見ると、基音に対する第 2 および第 3 倍音の相対的なパワーの違い以外は M 社製のものと大差なく、基音と第 3 倍音以外の成分は時間とともに急激に減衰していることが分かる。

2 社製のイングリッシュハンドベルの音はほとんど同じように聞こえるが、慣れた人がよく聞き比べると、違いが分かるようである。第 2 および第 3 倍音成分のパワーの比率の違いがそれに関係しているものと考えられる。

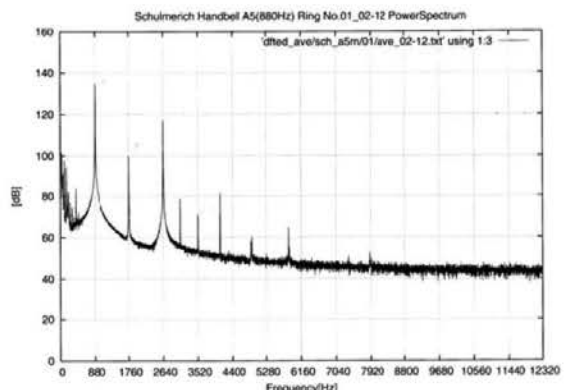


(a) パワースペクトル

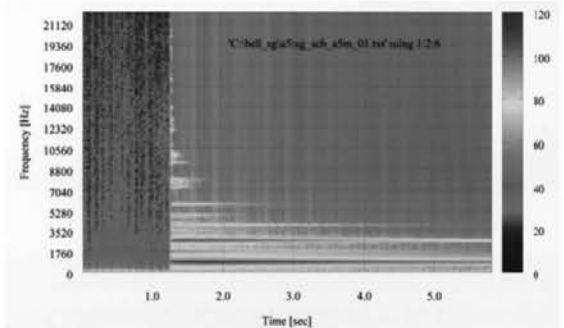


(b) スペクトログラム

図 5 M 社製イングリッシュハンドベル A5 のスペクトル



(a) パワースペクトル



(b) スペクトログラム

図 6 S 社製イングリッシュハンドベル A5 のスペクトル

クワイアチャイム A5

図7にM社製クワイアチャイムのパワースペクトルを示す。(a) は発音から 0.5~1.0[sec], (b) は 2.0~2.5[sec]のものである。発音してすぐの (a) には 880[Hz]の基音成分に加えてその整数倍周波数の倍音成分が見られるが、時間が経過した (b) には基本音以外はほとんど見られなくなっていることが分かる。

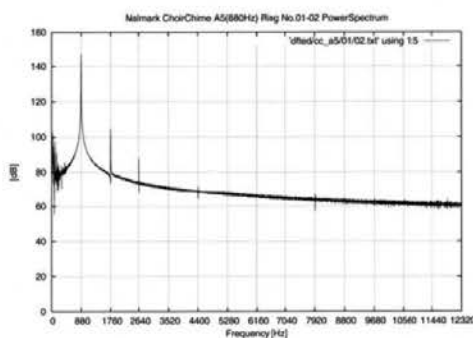
ミュージックベル A5

図8にU社製ミュージックベルMG-Bシリーズの A5 のベルの (a) 0.5~1.0[sec]および (b) 2.0~2.5[sec]のパワースペクトルを示す。いずれも表記 (A5) 音の 880[Hz]の成分が見られない。また、クワイアチャイム同様、倍音成分は 2.0[sec]後の信号には 1760[Hz]とその3倍の 5280[Hz]の成分以外は減衰してしまっている。ある程度時間が

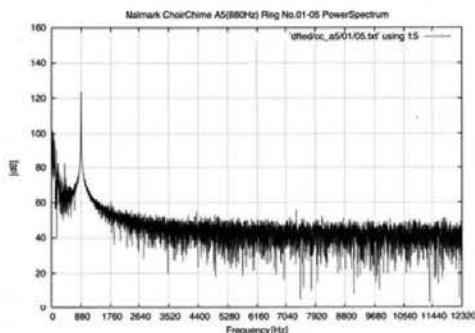
経過してからの倍音成分の有無が、楽器音としての音の深みに関係していると考えられる。

4. おわりに

イングリッシュハンドベルは、近年よく使われるようになってきたものの、その特性についてはあまり研究されていなかった。そこで本稿では、その音響信号のパワースペクトルおよびスペクトログラムによる解析を通して、国内で最も普及している Malmark 社 (M 社) 製と Schulmerich 社 (S 社) 製のものの音響特性を調べた。さらに、似た楽器として用いられているクワイアチャイムとミュージックベルについても同様にその音響特性を計測した。その結果、これらの楽器音の基音と倍音成分の比率や、時間の経過に伴う各成分の減衰の具合についての違いを確認することができた。

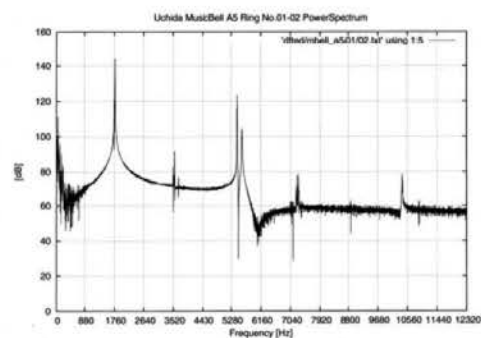


(a) 発音後 0.5~1.0 [sec]

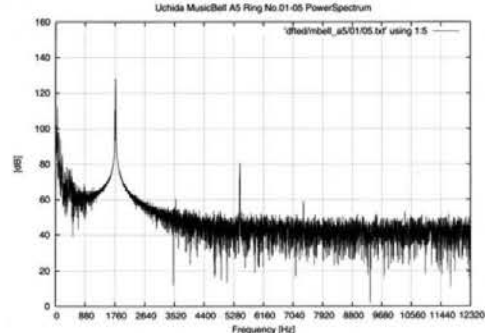


(b) 発音後 2.0~2.5 [sec]

図7 M社製クワイアチャイム A5 のパワースペクトル



(a) 発音後 0.5~1.0 [sec]



(b) 発音後 2.0~2.5 [sec]

図8 U社製ミュージックベル A5 のパワースペクトル

今回はM社製とS社製の各1つずつの標本信号を用いて解析した。さらに2社製の音色の違いを明らかにするためには、製造年や使われ方が異なるものの信号を複数集め、比較する必要がある。また、音域によってキャスティングの大きさやクラッパーの形状が大きく異なるから、異なる音域のもの解析も行う必要がある。

さらには、ハンドベルには多くの奏法がある。例えば、スタッカート（短い音）を表す奏法ではブラック、サムダンプ、マルテラート、マレットなどがあり、それぞれ微妙に音色が異なる。この違いを解明することで、的確な奏法の選定が可能となるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) Malmark Inline Store, <http://www.malmark.com>
- 2) The sound of Schulmerich, <http://www.schulmerichbells.com/>
- 3) 株式会社プリマ楽器 アプリハンドベル, http://www.prima-gakki.co.jp/public_html/catalog/applyhandbells/index.html
- 4) THE WHITECHAPEL BELL FOUNDRY LTD., <http://www.whitechapelbellfoundry.co.uk/index.htm>
- 5) 鈴木楽器製作所 トーンチャイム, <http://www.suzuki-music.co.jp/tonchimes/index.html>
- 6) ミュージックベルの部屋, <http://www.uchida.co.jp/education/musicbell/>
- 7) メロディーベル パイプシロフォン, <http://www.kawai.co.jp/toy/sound/1401.html>

[受理年月日 2010 年 9 月 27 日]