

梵鐘の振動数分析*

高原 光

Frequency Analysis of the Japanese Hanging Bell Hikaru Takahara

Abstract

We made a picture of the sound of the Japanese hanging bell hit by the wooden clapper through the memoriscope and observed the ratio of the frequency of each partial tone and the distribution of the amplitude of each partial tone and the distribution of the amplitude of each partial tone and we had the result that the ratio of the frequency of each partial tone was $2^2: 3^2: 4^2: 5^2: 6^2: \dots$. At the instant that the hanging bell has just been hit, the vibration of the hanging bell contains plenty of high partial tone.

As time goes on, however, the high partial tone and the amplitude diminish faster, and faster, and so do they at a place far from the hanging bell.

1. 緒 言

梵鐘から出る各部分音の振動数は、管楽器や絃楽器から出る音と異なって、上音の振動数が基音の振動数の整数倍にはなっていない。従って、振動数の分析は Fourier Analysis によって行うことは不可能で、Periodogram Analysis による他はない。山下・青木¹⁾²⁾は、数個の梵鐘について、Low-Hilger の audiometer を用い各々の直径と基音の振動数との比較、及び、各々の梵鐘について、部分音の振動数がどうなっているかを調べている。又、山下³⁾は、梵鐘の振動を数理的に取り扱って、各部分音の振動数を導出し、それらが一定の比になっている事を報告している。筆者は、特定の梵鐘の波形を Memoriscope に撮り、その波形を Periodogram Analysis によって分析した。そして、各部分音の振動数の比、及び、各部分音の振巾の分布を求めた。次に、鳴り始めてから、時間による各部分音の振巾の変化の様子を調べた。

2. 実験方法

岡山県津山市の安国寺の銘鐘を資料とした。銘には、永和3年丁巳11月23日製とある。西暦年号で1377年にあたる。鐘の外径62.0cm、内径47.5cm、厚さ7.5cm、高さ76.0cmである。

梵鐘を撞木で打って、発する音を tape recorder (National RS-753) に入れて、memoriscop (Iwasaki MS-5103) を用いて、波形を観測した。

3. 実験結果

梵鐘の横の方向約1mの距離に microphone をおいた。掃引を、単掃引 (single sweep) にして、sweeping rate は、5ms/div である。

Fig. 1 は撞木で打った瞬間の波形である。Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 は夫々、打ってから、0.5秒後、1秒後、2秒後、5秒後の波形である。

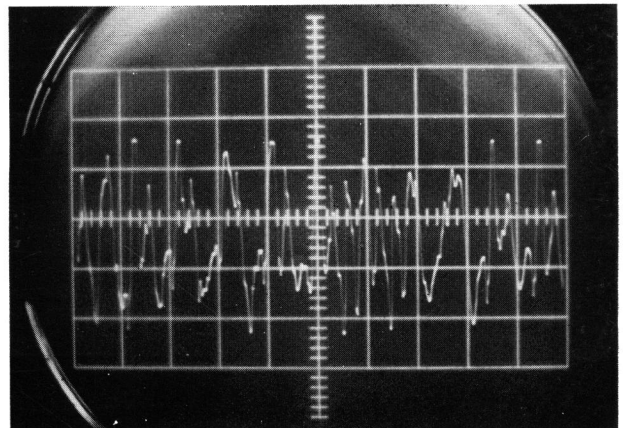


Fig. 1 鳴り始め

* 本論文の一部は、1965年4月、第12回応用物理学関係連合会・日本物理学会物性関係分科会に講演し、他の一部は、1965年10月第20回日本物理学会に講演している。

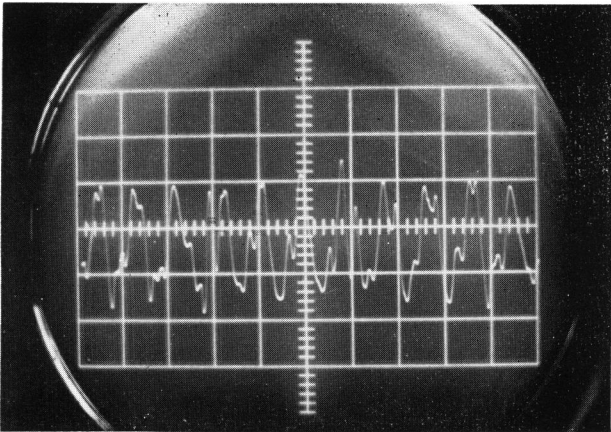


Fig. 2 0.5 秒後

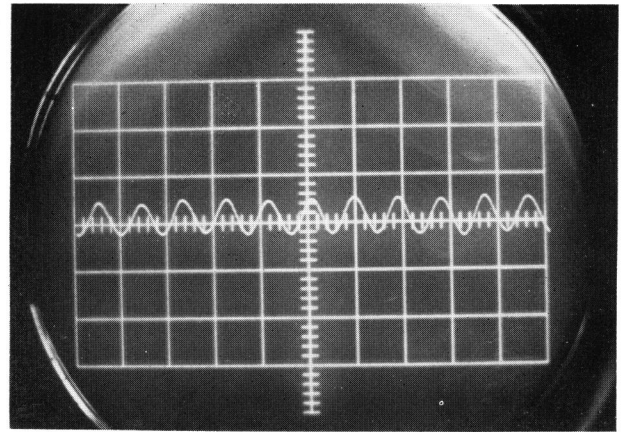


Fig. 5 5 秒後

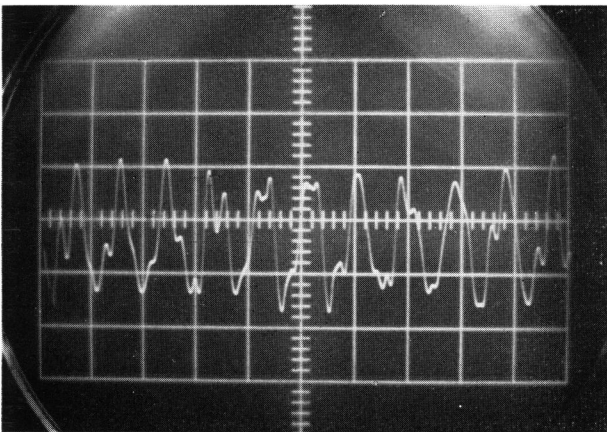


Fig. 3 1 秒後

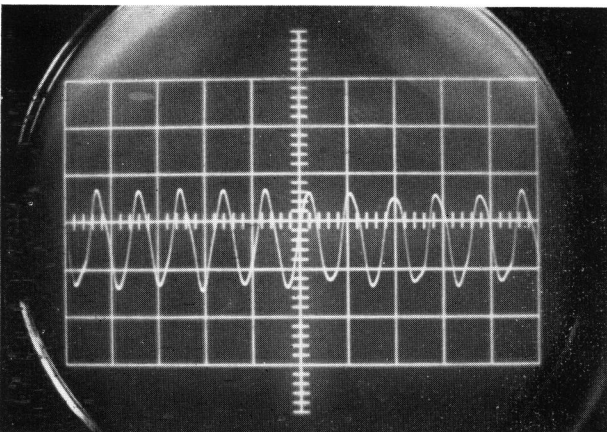


Fig. 4 2 秒後

これらの波形を Periodogram Analysis によって分析して、各部分音の振動数及び振幅の分布を調べた。

Fig. 6 は、撞木で打った瞬間、即ち Fig. 1 の振巾の分布表である。Fig. 7, Fig. 8 は、夫々、打ってから 0.5 秒後 (Fig. 2), 1 秒後 (Fig. 3) の振巾の分布表である。

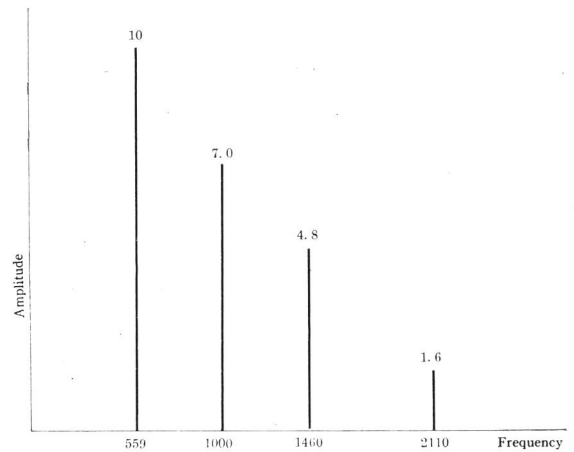


Fig. 6

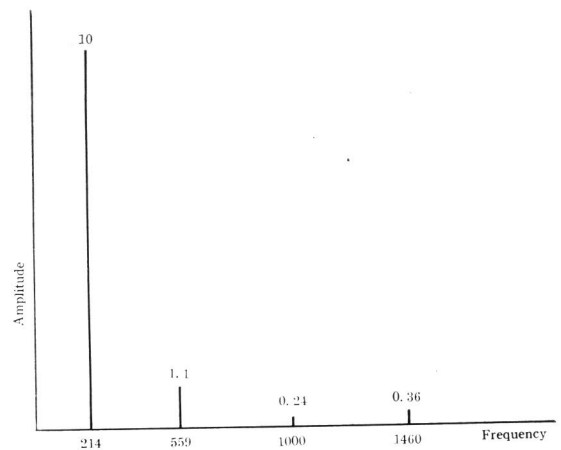


Fig. 7 0.5 sec. after striking

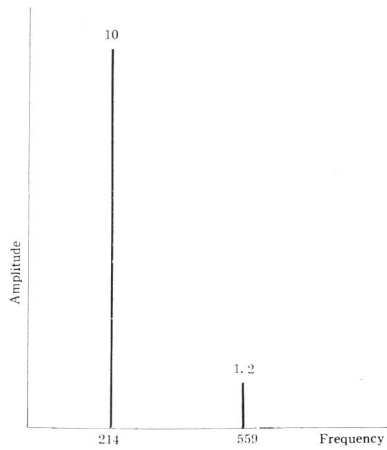


Fig. 8 1 sec. after striking

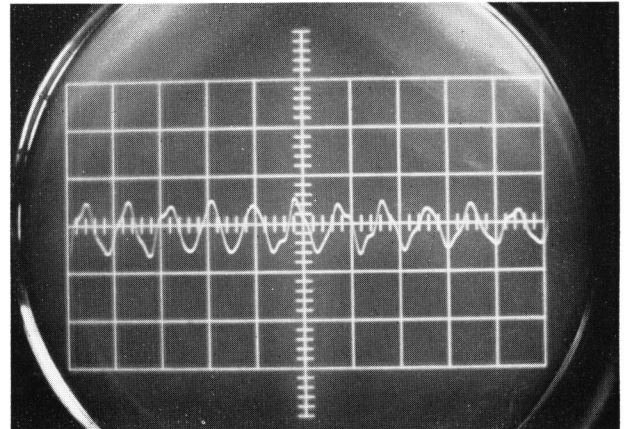


Fig. 11 1秒後

次に、梵鐘の横の方向、約 15 m の距離に microphone をおいた。

Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13 は、夫々、撞木で打った瞬間、0.5 秒後、1 秒後、2 秒後、5 秒後の波形である。

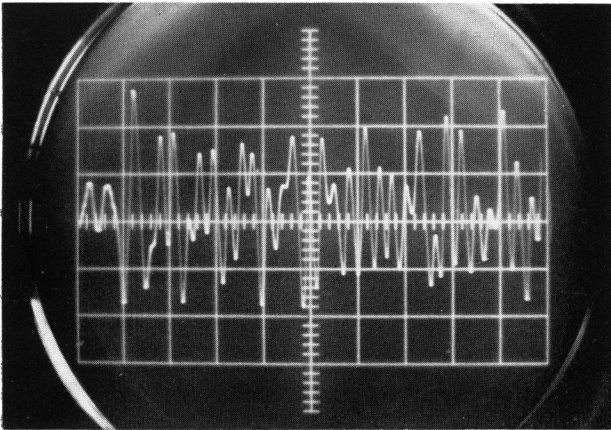


Fig. 9 鳴り始め

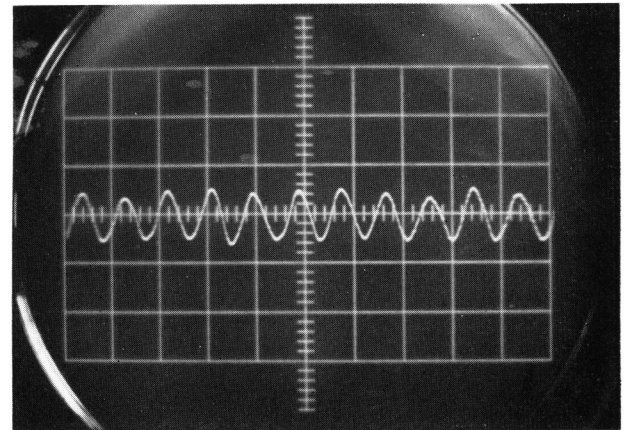


Fig. 12 2秒後

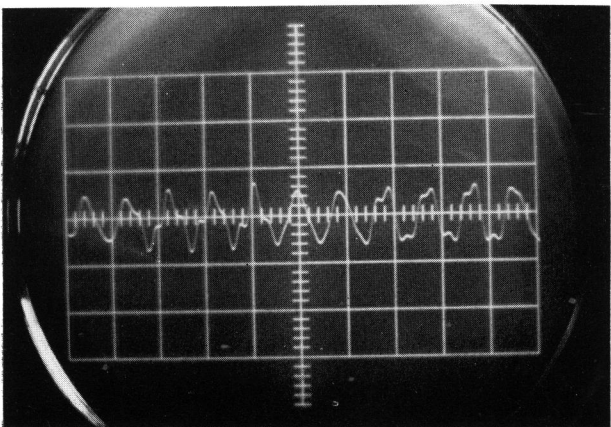


Fig. 10 0.5 秒後

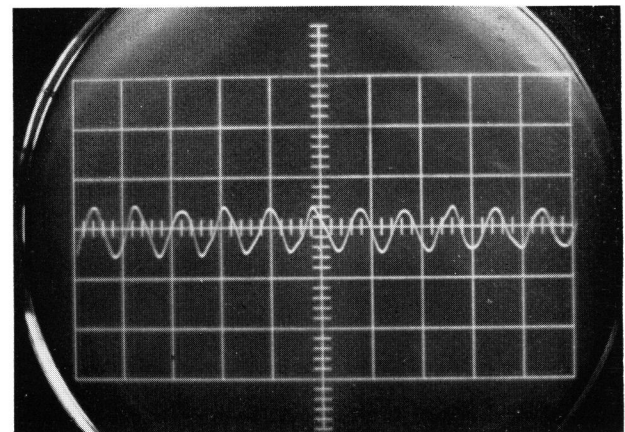


Fig. 13 5 秒後

Fig. 14 及び Fig. 15 は、撞木で打った瞬間 (Fig. 9) 及び、0.5 秒後 (Fig. 10) の振巾の分布表である。

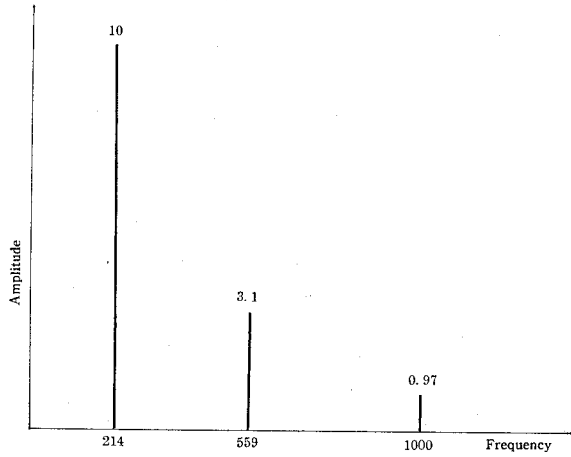


Fig. 14

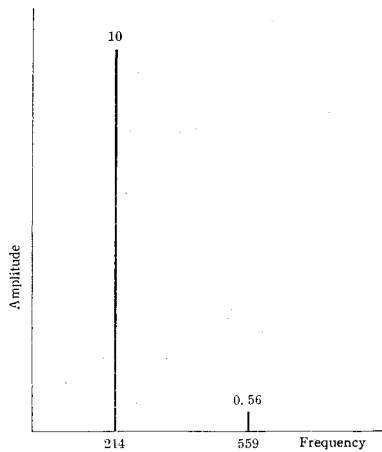


Fig. 15 0.5 sec. after striking

4. 考 察

梵鐘から約1mの距離に、microphoneをおいた時の部分音の振動数を考えると、含まれている振動数は、

214 c/s, 559 c/s, 1000 c/s, 1460 c/s, 2110 c/s,

である。

これらの振動数が、 $2^2 : 3^2 : 4^2 : 5^2 : 6^2 : \dots$ の比になっているのを調べるために、各々の数値を、夫々、 $2^2, 3^2, 4^2, 5^2, 6^2$ で除してみる。

$$\frac{214}{2^2} = 53.5 \quad \frac{559}{3^2} = 62.1 \quad \frac{1000}{4^2} = 62.5$$

$$\frac{1460}{5^2} = 58.4 \quad \frac{2110}{6^2} = 58.6$$

各々の結果の数値をみると、実験の誤差を考慮に入れると、大体、一致しているとみることができる。従って、各部分音の振動数の比は、

$$2^2 : 3^2 : 4^2 : 5^2 : 6^2 : \dots$$

になっているという事ができる。

梵鐘の近くに mic.をおいた時の、撞木で打った瞬間、0.5秒後及び1秒後の波形を比べると、上音は時間と共に、急激に減少している。特に、撞木で打った瞬間には基音が全くでなかったものが、0.5秒後には、極めて大きくでている。

梵鐘より、mic.を離れた時は、上音が少なくなっている。特に撞木で打った瞬間でも基音が大きくでている。

5. 結 語

梵鐘を、撞木で打った瞬間における各部分音の振動数の比は、

$$2^2 : 3^2 : 4^2 : 5^2 : 6^2 : \dots$$

になっている。これは、山下・青木¹⁾の公式と一致する。

次に、撞木で打った瞬間では、基音に比し、上音の振巾の割合が、大きく入っている。上音は、時間及び距離と共に急激に減少し、遂には、基音のみとなる。

この研究の遂行にあたり、終始、御指導を頂いている山下敬治博士に深甚の謝意を表する。

文 献

- (1) K. Yamashita and I. Aoki: Memoirs, Coll. of Sci. Kyoto, 15, 323—326 (1932)
- (2) K. Yamashita and I. Aoki: Memoirs, Coll. of Sci. Kyoto, 17, 281—290 (1934)
- (3) K. Yamashita: Memoirs, Coll. of Sci. Kyoto, 15, 315—322 (1932)