

# 吊り鐘の力学

— 横溝正史「獄門島」の一場面 —

加 藤 潔

## Mechanics of a bell

— On a scene in “Gokumon-tou” by Seishi Yokomizo —

KATO Kiyoshi

### 1. はじめに

本稿では横溝正史「獄門島」における鬼頭家（本鬼頭）の3人姉妹殺人事件の第2の事件である雪枝殺しの場面について力学的な見地から考察を展開する。基本となるテキストは文献(1)を用いた。寺院の鐘は梵鐘と記すものかと思うが原文の記法に従い吊り鐘と記す。原文では尺貫法の表記が用いられているが、必要に応じSI単位系の値を[・]の形で付記している。力の単位はSI単位系に従えばN（ニュートン）を使うべきだが、本稿ではkgf（キログラム重）を使用する<sup>1)</sup>。

ここでの議論の方針は、横溝正史の小説描写を極力尊重すると、文中の数値が不適切である場合、それをどのように修正すれば全体として整合性が保てるであろうかというものである。

本稿の構成は次のとおりである。2節で問題の場面の説明を行い基本的な仮定を示す。3節では吊り鐘の重量の値を検討する。4節では、吊り鐘を持ち上げた高さや角度の値の妥当性を調べる。5節では吊り鐘の安定性も考慮して4節の高さと角度の適正な範囲を調べる。6節で全体のまとめを述べる。

### 2. 吊り鐘の場面

本稿で議論する場面は、まず、天狗の鼻とよばれる平坦な場所で吊り鐘が見つかりその中に殺された被害者がいるらしいというところから始まる。そこで、探偵金田一耕助が、推理

した内容は次のとおりである。

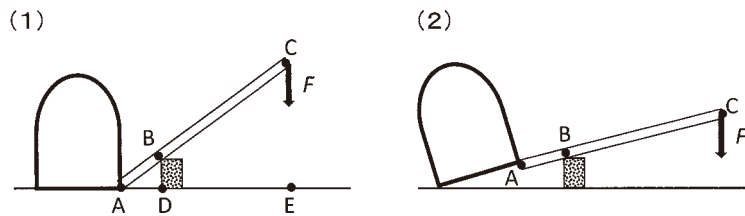


図1 吊り鐘を梃子で持ち上げる。(1) 水平な吊り鐘、(2) 持ち上げられた吊り鐘

まず、図1(1)のように吊り鐘は水平に置かれている。犯人が被害者である17歳(おそらく数え)の次女雪枝の死体を持って来る。犯人は棒を吊り鐘の右端の箇所を地面に穿たれた小穴に差し込み、石の台座を支点とした梃子として棒の右端に力 $F$ を加えて吊り鐘を持ち上げる。右端は近くにある松の木の枝を利用して固定して図1(2)の状態とし、雪枝を吊り鐘の中に押し込む。そして逆の手順で、吊り鐘を水平にし、棒を近くに捨てて立ち去る。その後村人や金田一が集まって、図1(1)の状態の吊り鐘から振り袖がはみ出しているのを発見する。

金田一は以上の推理に基づき、犯人がしたのと同じように梃子で吊り鐘を持ち上げるよう村人の竹蔵に指示して再び図1(2)の状態とし、吊り鐘の中に殺された雪枝を発見したのである。

本稿の議論では以下の仮定をおく。

- i) 吊り鐘は軸対称性(中心軸のまわりの回転対称性)を持っている。
- ii) 地面は水平面である。
- iii) 図1、2に示す、吊り鐘の重心を含む鉛直面内で力などを考察する。
- iv) 地面、吊り鐘、棒、台座は十分な剛性を持っており、変形は原則として想定しない。
- v) 棒の太さは0と近似する。棒の質量は必要な場合のみ考慮する。吊り鐘の厚みも考慮しない。吊り鐘は図1、2のように模式的に表現され、竜頭などは考慮しない。
- vi) 梃子の支点である台座と棒の接触点(図1の点B)は動かないものとする。
- vii) 棒は水平にはならず、図1、2のように右上がりである(この点は後で論証する)。
- viii) 棒に加える力 $F$ は図1に示すように鉛直下向きで棒の右端Cに加えられる。

梃子を用いて吊り鐘を持ち上げた状況である図1(2)を詳しく表現したものが図2である。図2は吊り鐘の重心 $G$ および棒を含む鉛直面である。点 $Y$ 、 $X$ はこの鉛直面での吊り鐘の左右の端点で、 $XY$ が吊り鐘の口径 $d$ である。点 $X_0$ は吊り鐘が水平のときの点 $X$ の位置で、点 $X$ は点 $X_0$ の真上より少しだけ左にある。点 $X_0$ の付近には棒を差し込むときに必要になる穴(直径5寸[15cm])があるが、略している。角度 $\theta$ は水平面と $XY$ がなす角である。長さ $a$ は点 $X$ の地面からみた高さである。また、棒の右端 $C$ の付近には松の木があ

る。棒は左端が  $A_0$  ( $A_0$  は図に記入されていない) 右端が点  $C$  で、点  $B$  が梃子の支点である。点  $A$  は棒が吊り鐘と接触している位置で、点  $X$  と同一の点である。ただし、点  $A$  は棒の上の点と定義され、吊り鐘が持ち上がるにつれて少し変化するので  $\theta$  に依存する位置である。だから、本当の左端  $A_0$  は小穴が許す範囲で少し余裕を見て吊り鐘の中に差し込まれているはずである。

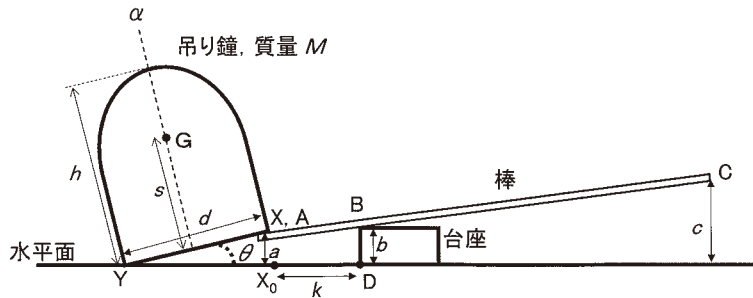


図2 持ち上げられた吊り鐘の詳細図

### 3. 吊り鐘の重量

金田一は距離を目測し、吊り鐘と台座、台座と松の木の間の距離の比はほぼ  $1:5$  であることに気づく。ただ、台座といっても幅がある。ここでは、それ以降の梃子の計算の考え方と整合性があるようにするため、金田一のいう  $1:5$  の比の意味を、図1(1)において  $AD:DE = 1:5$  であると解釈することにする。そうであれば同じ図で棒の長さの比についても  $AB:BC = 1:5$  となる。

続いて、金田一は「さて、ここに梃子の法則を応用すると…… $Q$ を吊り鐘の目方、 $P$ を吊り鐘を持ち上げる力とすると  $P = Q/5$ ……」と述べる。そして、吊り鐘の重さが村長の荒木の言葉より 45 貫 [169 kg] であることを知ると、その 5 分の 1 である 9 貫 [34 kg] を持ち上げる力 [34kgf の力] があれば、吊り鐘を動かせると述べて、棒を使って持ち上げるよう竹蔵に指示する。

ところが、この計算には誤りがある。例えば、体重が 50kg の人を考える。この人を持ち上げるためには、50 kgf の力を加えなければいけない。しかし、この人が両足を踏ん張って立っているとき、片足だけを少し持ち上げるにはその片足に 25 kgf の力を加えればよい。両足に重量が半分ずつかかっているからである。吊り鐘の左端の点  $Y$  は水平面に乗ったままであり、こちら側で半分の重量を支えている。だから竹蔵が出す力は 34kgf ではなく 17kgf なのである。必要な力が 5 分の 1 ではなく、10 分の 1 で良いことは文献 (2) でも述べられている。なお、力が 10 分の 1 になるのは、吊り鐘の右端  $X$  を持ち上げた直後のときであり、それ以降の有限の角度  $\theta$  の場合は 10 分の 1 よりも更に小さな力  $F$  を棒の右端  $C$  に加えればよい<sup>2)</sup>。

しかし理科の宿題なら5を10に変更すれば良いだけだが、小説の描写ではそうはいかない。竹蔵は棒を動かすにあたり「竹蔵は真っ赤な顔をして梃子のはしをおさえている。血管がみみずのようにふくれあがって、淋漓と汗が吹き出している。小兵ながらも潮できたえた体なのである。盛り上がった筋肉がむくむくと躍動すると……」と描写されている。なかなか見事であるが、これは34 kgfの力を出していると想定されるからであり、これが17kgf（あるいはそれ以下）であった場合は少しオーバーな表現となるであろう。もし、この表現を生かすなら吊り鐘の質量は90貫[338 kg]とすべきなのである。以上の考察では棒の質量は考慮しなかったが、棒の重心は支点Bより右側にあるはずなので、それを考慮すると、竹蔵の出す力はさらに減少し、45貫ではオーバーな表現であるという結論は同じである。

ところで、45貫の吊り鐘の大きさはどのくらいなのであろうか。巨大な梵鐘としては東大寺の高さ3.86m、口径2.71m、重量26.3tのものや、方広寺の高さ4.2m、口径2.8m重量82.7tのものなどがある。このような巨大なものと比較しても意味はないのだが、この吊り鐘は瀬戸内海の備中笠岡南7里にある島に戦前からあったものとなっている<sup>3)</sup>。直接調べることができないので、現代の製作販売業者のカatalogから抜粋した値を表1に示す。吊り鐘は撞木でつくので、強度や音色を考えるとむやみに軽くもできないと思われ、また、このような金属製品は製造技術の進歩でやや軽くなることはあっても重くなるとは考え辛い。それゆえ、この表1のデータを重量の下限、あるいはサイズの上限と考えても、大きく誤ることはないであろう。その観点からみると、少し吊り鐘が小さすぎるのではないかと思われる。表1で45貫のものをみると、口径が55cm、高さが73cmである。原文では「雪枝は吊り鐘のなかに端然と坐っているのである」とあるが<sup>4)</sup>、17歳の娘をこのように入れるには少々窮屈に見える。前述の考察と併せると、やはり、吊り鐘は倍の90貫程度はあったほうが叙述と合っていると思える。

表1 現代の梵鐘の重量と大きさ

渡邊梵鐘、文献(5)			ナベヤ、文献(6)	
重 量	外口径	鐘 身(竜頭下)	重 量	外 径
22貫	1尺5寸	2尺	23貫	1尺5寸
32貫	1尺7寸	2尺2寸5分	38貫	1尺7寸
45貫	1尺8寸	2尺4寸	48貫	1尺8寸
65貫	2尺	2尺7寸	68貫	2尺
85貫	2尺2寸	3尺	88貫	2尺2寸
100貫	2尺3寸	3尺1寸	98貫	2尺3寸
150貫	2尺6寸	3尺5寸	148貫	2尺6寸
200貫	2尺8寸	3尺7寸	185貫	2尺8寸

吊り鐘を重くした場合運搬の問題が生じる可能性がある。陸上では人手を増やして台車やコロなどを使えば何とかなるであろうが、心配なのは海上である。金田一が瀬戸内海を渡ってきた白竜丸は 35 トンの蒸気船である。しかし、この船は獄門島には直接着岸できず、舁に乗り換えて栈橋に渡る。吊り鐘も「……三、四艘の小船が……小船は白竜丸にとりついた。……やがて連絡船のなかから担ぎ出されたものを見て、……吊り鐘だった」と舁で運ばれてきた様子である。この舁であるが、磯川警部が島に到着した場面では、警部の他に 6 名の武装した警官と警察医が乗船しているので、船頭さん以外に 400kg 程度の荷重なら舁でなんとか運べるのではないかと思える。

#### 4. 棒と吊り鐘の姿勢

まず、棒の長さを調べておく。図 2 の点 D と  $X_0$  の距離である長さ  $k$  は原文では「穴から一尺、いや一尺五寸はありますか」および「その穴から一尺五寸か二尺ほどはなれたところに」と記述され、少しはっきりしないのであるが、 $k=1$  尺 5 寸 [45cm] を採用することにする。すると、棒の長さは台座の高さ  $b$  にもよるが、台座の高さを一尺から二尺の範囲とすると、図 1 (1) における棒の長さは、 $AC = 328 \sim 455\text{cm}$  となる。先に注意したように、この長さは点 A 付近の穴に差し込まれた先端部分は含まない。この棒は吊り鐘の近くの草叢に放り出してあった太い長い樫の棒であり、竹蔵によれば「これは船着き場の、船をつなぐために立ててある棒でござりますが」というものである。この時代に船着き場で使われる棒がどんなものか不明であるが、その長さが 4m 前後であることを積極的に否定する材料はないので、この  $k$  の数値は可としたい。

次に、棒の右端を松の木の枝で固定した状態である図 2 で、点 X の地上からの高さ  $a$  と吊り鐘の傾き角  $\theta$  を検討する。原文によれば  $a=1$  尺 7、8 寸 [52cm  $\sim$  55cm]、 $\theta = 20$  度、となっている。 $a$  と  $\theta$  が与えられているので、吊り鐘の口径  $d$  は  $d=a/\sin \theta$  で計算できる。ところがこれで口径を計算すると、 $d = 151 \sim 160\text{ cm}$  となってしまう。(このことも文献 (2) に指摘されている<sup>5)</sup>。) これでは、重量が 45 貫や 90 貫ではなく、かなり巨大な吊り鐘となってしまう。しかも、偏った位置に雪枝が坐っていない限り、振り袖がはみ出して中に被害者がいることを知るといことは無理となってしまう。このように、吊り鐘の大きさという点から  $a$  と  $\theta$  の値のいずれかあるいは両者を修正する必要がある。

犯人はこの図 2 の状態で雪枝の死体を吊り鐘に押し入れたことになっている。その場合、死後硬直とかいろいろあるだろうが、17 歳の娘を押し込むためには、 $a$  の値がこの程度であるのは、まあ妥当と考えられる。 $a$  が 10cm くらいでは犬や猫ならともかく人間を押し込むのは難しいであろう。図 2 では棒を右上がりに描いているが (1 節の仮定 vii)、その理由は、竹蔵が棒を押し下げて吊り鐘を持ち上げたとき「やがて棒は臍のへんまでさがった」とあり、そのあたりで右端 C を松の木の枝にひっかけて固定したからである。竹蔵が小柄で

も、そのときのCの高さは70～80cmと想像されるので、固定した状態で棒は右あがり、梃子の支点は台座の左上の角になる。従って、台座の高さ（図2のb）はaよりも大きいはずである。棒は少ししなるかもしれないが、その効果はbを増やす方向に働く。

ここで、吊り鐘を持ち上げる前に、棒の左端を点Xのところの地面に穿たれた穴に差し込んだ図1(1)の状態を考えてもらいたい。そのときは $a=0$ である。そして、距離の比が1:5なのだから、棒の右端Cの高さcは $c=5b$ となるはずである。かりにbをaより少しだけ大きい $b=55\sim60\text{cm}$ としても、 $c=275\sim300\text{cm}$ となってしまう。これでは小兵な竹蔵が右端Cを握ることはまず無理であろうと思える。台座に近いほうを握って徐々に移動したのであればよいが、原文では金田一が「なるべく端を持ったほうが、少ない力で済みますよ」と声をかけ、「竹蔵は……棒のはしを握ってうんとそれにぶらさがった」となっている。

また、この石の台座はもともと石地藏の台座であったと記述されている。そうだとすると、このbの値には違和感を覚える。地方により異なるのかもしれないが路傍の石地藏の乗る台座として $b=55\sim60\text{cm}$ は少々高すぎはしないだろうか。ただし明確な叙述がないので、例えば石地藏を乗せる中央部分は低く、縁の部分が盛り上がっているような台座ならおかしくはないかも知れない。

このような考察からbの値は1尺を少し超えるくらいが無難であると考えられる。そしてaの値はこのbよりも小さくなくてはならない。ただし、雪枝を押し込むことを考えるとむやみに小さくは出来ないことは留意すべきであろう。

## 5. 吊り鐘の安定性

引き続き、aと $\theta$ の値について検討を加えたい。原文では、竹蔵が吊り鐘を持ち上げて右端C付近を松の木の枝で固定した図2の状態を「千番に一番のかねあいともいうべき、あぶない平衡を保っているのである」と描写している。吊り鐘が安定かどうかは重心の位置で決まる。図2に示すように、吊り鐘の重心Gは中心軸aの上にある。底面から重心Gまでの距離をsとする。このとき重心Gの位置が、点Yよりも右にあれば吊り鐘は安定で、左であれば不安定で左に転倒する。その境となる角度 $\theta_c$ を臨界角と呼ぼう。すると安定であるための条件は $\theta < \theta_c$ である。臨界角は $\tan \theta_c = \frac{d}{2s}$ で計算される。

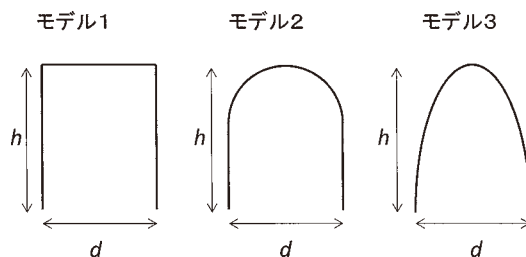


図3 吊り鐘のモデルの断面図



いままでと異なり、ここから先は吊り鐘の重心Gの位置を表す  $s$  を知らないと分析できないが、それは吊り鐘の形状などに依存する量である。このため図3に示す3種類のモデルを考え、重心の位置を推定した。モデル1は円筒の上に円板を乗せたもの、モデル2は円筒の上に半球面を乗せたもの、モデル3は回転楕円体面の半分である。また、面の厚み（正確には面積密度）は一定と考える。実は、モデルを示すことは不可欠ではなく、重心の位置をいろいろ変えるだけで良いのだが、ある程度根拠付けをするためにモデルを作ってみた。モデル2は高さの半分の位置が重心となり ( $s = \frac{h}{2}$ )、モデル1はこれより上に、モデル3はこれより下に重心がくる<sup>6)</sup>。その程度の意味であって、モデルの形をシリアスに捉えないで頂きたい。

表2 各モデルでの（左）臨界角  $\theta_c$  [度] と（右） $a_c$  [cm] の値

口径 d	高さ h	モデル1		モデル2		モデル3	
2尺1寸	2尺9寸	32	34	36	37	39	40
	3尺1寸	31	32	34	36	38	39
	3尺3寸	29	31	32	34	36	37
2尺3寸	2尺9寸	34	39	38	43	42	46
	3尺1寸	33	38	37	42	40	45
	3尺3寸	31	36	35	40	38	43
2尺5寸	2尺9寸	36	45	41	49	44	52
	3尺1寸	35	43	39	48	42	51
	3尺3寸	33	41	37	46	40	49

表1の100貫（口径2尺3寸、高さ3尺1寸）を基準にして、口径と高さを2寸増減したモデルでの結果を表2に示す。表2での値は、臨界角  $\theta_c$  と、その角度としたときの  $a$  の値  $a_c$  である。

前節で吊り鐘の右端の持ち上がる高さ  $a$  の原文での値は大きすぎると推論したが、この結果からも、 $a=1$  尺7、8寸 [52cm～55cm] の値は安定な解となるには大きすぎるのがわかる。一方、前節で考えた1尺程度の  $a$  の値に対しては十分安定な解が存在しそうなことがわかった。臨界角は20度よりも十分大きく、口径を小さくしても、 $a$  の値をある程度大きくして、かつ安定な状態があるからである。傾ける角度は、竜頭などいろいろな要素の影響が考えられるので、臨界角よりはある程度小さめにして安全を見込む。例えば、モデル2（口径2尺3寸、高さ3尺1寸）の場合、角度を25度とすると十分安定な状態で、吊り鐘の右端の持ち上がる高さは  $a=30$ cm となる。

## 6. おわりに

本稿では「獄門島」の吊り鐘の場面での数値や式について検討し、「 $P = Q/5$ 」は「 $P = Q/10$ 」が正しく、吊り鐘の重量は90貫程度が妥当であることを示した。また、吊り鐘を持ち上げる高さや傾きの角度については、持ち上げる高さを1尺程度とすれば、台座の高さも自然で竹蔵が棒を掴むことも容易であるが、そのような高さの場合でも安定な角度がとれ、口径の値も適切な値となる解がありうることが示された。残る問題は1尺の隙間で雪枝の体を押し込めるのかという点であるが、彼女の体型については記述がないので、きゃしゃな娘であったのでなんとか可能だったということにして収めたい。

筆者が最初に「獄門島」を読んだのは学生の頃で、昭和40年代後半の角川文庫が次々と金田一の探偵談を出版した時代である。一読して、吊り鐘の重量と口径が変なことに気づいたが、初等的な話であり、横溝正史も著述を続けており、結構改稿をされる作家なので、いずれ修正されるかと思っていたが映画化も含めてそうはならなかった<sup>7)</sup>。その後、大学に物理学の教員として勤務するようになり、この件を期末試験や課題レポートの材料に利用したことも何回かあった。比較的新しい文献(1)にはかなり詳しい解説(浜田友明)があるが、本稿のような件はほとんど触れられず、文献を明記せずに「他には、第十二章の数値を用いて計算すると、雪枝殺しの吊り鐘が現実的でないくらい大きくなる」との指摘をした文献もあるけれど……一顧だにする価値もない」という記述があるだけである。そういったこともあり、この場面について考察したほかの項目も含めて本稿とした次第である。筆者は現在「人文・物理研究室」というプレートのかかった日本でも珍しい研究室にいるが、本稿の執筆にあたり、有益な助言と親切な激励を頂いた同僚の吉田司雄先生(文学)に記して感謝する次第である。

### 注

- 1) 質量が1kgの物体を持ち上げるときの力が1kgf(1キログラム重)の力である。1kgwと表す場合もある。この単位で考えると質量と力について数値が同じになるので、力学の単位に馴染みのない方の便を考え採用した。

- 2) 有限の角度の場合、力Fは図2のd, s, k, bに依存する。 $F = \frac{1}{10}MgR$ である。ここでRは $\theta = 0$ で

$$R=1 \text{ になるように定めた補正因子で、} R = \left( 1 - \frac{2s}{d} \tan \theta \right) \frac{AB(\theta)}{AB(0)} \text{ である。}$$

ここで $AB(\theta) = \sqrt{(k+d(1-\cos\theta))^2 + (b-d\sin\theta)^2}$ である。2番目の因子は点Aの位置が変化することによるものである。文献(2)では2番目の因子が明確に指摘されておらず、また、高さや重心位置を混同するなどこの箇所の記述には混乱が見られる。

一例として、d, s, k, bは2.3尺、1.5尺、1.5尺、1.1尺とした場合、 $\theta = 5, 10, 15, 20, 25$ 度で $R = 0.84, 0.70, 0.58, 0.47, 0.36$ である。

- 3) 文献(3)には獄門島のモデルの島の隣島で映画のロケ地にもなった真鍋島の梵鐘の写真が示されている。本稿の数値と大きく矛盾はしないようなサイズに見える。
- 4) 死体を吊り鐘の中に「端然と」坐らせることが可能か、という指摘はもともとあったようである。あ



まり見苦しくない姿で押し込んだ程度に考えておくべきかも知れない。

- 5 文献 (2) ではこの結果の口径を「信用」したままで議論が進んでいる。5 尺の口径はあまりに巨大であり、 $a$  あるいは  $\theta$  の値を疑うほうが筋であろう。
- 6) 重心の位置は以下である。モデル 1,  $s = \frac{h}{2} \left( 1 + \frac{d}{4h+d} \right)$ 。モデル 2,  $s = \frac{h}{2}$ 。モデル 3,  

$$s = \frac{2}{3} h \frac{x^3 - y^3}{y + x^2 \sin^{-1}(\frac{1}{x})}, \quad x = \frac{h}{\sqrt{h^2 - d^2/4}}, \quad y = \frac{d/2}{\sqrt{h^2 - d^2/4}}.$$
- 7) 文献 (1) の角川文庫では、1972 年版では 1 章から 25 章の構成となっており「第 12 章 吊り鐘の力学」が本稿で主として参照した箇所である。これに対し 2000 年版ではプロローグ／1 章～7 章／エピローグという章立てになっており、本稿の場面は 4 章の最初のあたりとなっている。このように、意味があるかどうかは別にして「改訂」は行われているのである。

#### 参考文献

- (1) 横溝正史「横溝正史自選集 2 獄門島」出版芸術社 (2007)。なお、参照できた 1972 年および 2000 年の角川文庫版も比較したが、本稿に影響のあるテキストの異同はない。
- (2) 佐藤友之「金田一耕助さんあなたの推理は間違いだらけ」青年書館 (1987)。本書は、1978 年に出版された同名の書 1 集 2 集からの再編集版である。
- (3) 「宝島別冊 僕たちの好きな金田一耕助」宝島社 (2007)。
- (4) 「横溝正史に捧ぐ新世紀からの手紙」角川書店 (2002)。
- (5) 有限会社 渡邊梵鐘の Web ページ、<http://bonsyo.com/free/chishiki>。
- (6) 株式会社ナベヤの Web ページ、[http://www.nabeya.co.jp/division/sp\\_bell.html](http://www.nabeya.co.jp/division/sp_bell.html)。

(かとう きよし 本学教授)

