



筑紫女学園大学リポジット

A Systematic Study of “Gongs” in Southeast Asia: Their Sounds and Shapes

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2023-05-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田村, 史子, 中川, 一人, 渡辺, 祐基, TAMURA, Fumiko, NAKAGAWA, Kazuto, WATANABE, Hiroki メールアドレス: 所属:
URL	https://chikushi-u.repo.nii.ac.jp/records/1179

【共同研究の可能性：＜東南アジアの金属楽器『ゴング』に関する体系的研究＞A】

東南アジアの金属楽器『ゴング』に関する体系的研究 —その形と音

田村史子・中川一人・渡辺祐基

A Systematic Study of “Gongs” in Southeast Asia: Their Sounds and Shapes

Fumiko TAMURA, Kazuto MAKAGAWA and Hiroki WATANABE

はじめに

東南アジアの各地で、古くから、『ゴング』と通称される銅合金（銅に、錫や亜鉛などを加えた合金）製の楽器が、政治的・宗教的な力のシンボルとして王家や有力者、宗教者、共同体などによって所有され、儀礼や祭礼に欠かせない神聖な楽器として用いられてきた。また、合図や信

発表書：

- 田村史子（本学文学部アジア文化学科 教授）
「趣旨説明と問題提起」
塩川博義（日本大学生産工学部建築工学科 教授）
「金属製ゴングの音響分析」
中川一人（日本大学生産工学部創生デザイン学科 専任講師）
「金属製ゴングの結晶分析」
渡辺祐基（九州国立博物館学芸部博物館科学課 アソシエイトフェロー）
「金属製ゴングの形状分析」
柳沢英輔（同志社大学文化情報学部 助教）
「ベトナム中部高原のゴング文化：演奏の場に着目して」
佐々木蘭貞（九州国立博物館学芸部博物館科学課アソシエイトフェロー）
「沈没船から発見される金属製ゴングについて」

司会：時里奉明（本学文学部日本語・日本文学科教授）

日時：2020年3月21日（土） 13：00～17：30

場所：筑紫女学園大学 5号館 4階 総合会議室

委員：アジア文化学科 田村史子 現代社会学科 上村真仁

—本研究会は JSPS 科学研究費19K12544及び、JP18H03598の助成を受けて行われるものである—

号として、集団をまとめる役割も担っていた。金属としての貴重性、美しい造形と質感、よく響き遠くまで届く音、などが、そのような力と役割を与えたのであろう。その響きと人々の結びつきの強固さはこの地域の音楽文化の一大要素であり、『ゴング』は東南アジア文化の象徴的文物の一つであるといえ

表1

る。

『ゴング』は円形・中空の盥（たらい）状、または壺状の、固体全体が振動して強い響きを出す楽器の類であり、名称、大きさや形状の細部、素材、製造法、などにおいて、多種・多様なバリエーションを見せる。直径数 cm から110cm以上のものまであり、重量は、最大で80kgに及ぶ。音域は、約50ヘルツから2500ヘルツをカバーする。『ゴング』を用いての合奏形態の主なものとして、ミャンマーの「サイン・ワイン」、タイの「ピー・パット」、カンボジアの「ピン・ペアト」、インドネシアを含む島嶼部に多く見られる「ガムラン」（もしくは、それに類似した名称を冠した合奏形態）などを挙げる事が出来よう。また、ベトナムからミャンマーに至る大陸部の広い範囲で、『ゴング』を含む合奏が共同体生活の重要な役割を果たしている（柳沢英輔2019）。

このような音楽についてはすでに一定の研究が行われてきたが、その、①製造法、②形と音（音高や響きなど）との相関関係、③供給と流通、など、より物理的な面に関して、東南アジア全体を見渡すような体系的な研究は進んでいるとは言えない。また、当地の演奏家や工人たちなどの、当事者の立場からの研究はあまり行われていない。1990年代から、田村史子の行ってきた東南アジア各地での調査・研究は、そのような体系的な研究の推進と当事者たちとの共同研究を目的とするものであり、いくつかの研究結果と、推論とを提示してきた。

上記のような、楽器の、より物理的な側面に焦点を当てての考察には、複数の専門分野の研究との協働が必要とされるだろう。①製造法に関しては、金属工学関連の知見、②形と音の関係性に関しては、音響物理学の視点、また、それらの研究の基本データとしての綿密な形状分析、③供給と流通に関しては、歴史・考古学的知見の援用が必要であろう。そのような視点から、2020年3月21日に本学人間文化研究所特別研究会、「共同研究の可能性：＜東南アジアの金属楽器『ゴング』に関する体系的研究—その形と音＞をテーマとして」が、表1のような発表者の陣容で日時設定されたが、コロナ禍のため実現しなかった。なお、本表内の発表者の身分は、当時のままである。本年報には、その時準備された内容を基に、以下の3点の研究報告が掲載されている。

A. 「東南アジアの金属楽器『ゴング』に関する体系的研究—その形と音」

田村史子・中川一人・渡辺祐基（本稿）

B. 「東南アジア大陸部のゴングの周波数特性」 塩川博義

C. 「東南アジアの沈没船に見られるゴング資料の考え方」 佐々木蘭貞

本稿は、そのA. であり、〔はじめに〕、〔Ⅰ 現在までの研究成果と共同研究の可能性〕、〔おわりに〕、を田村史子が、〔Ⅱ インドネシアにおける楽器用青銅の解析〕を中川一人が、〔Ⅲ 金属製ゴングの形状分析について〕を渡辺祐基が、執筆している。

I. 現在までの研究成果と共同研究の可能性

1. 現在までの研究成果

(1) 製造法の分類と分布域

筆者による先行の研究は、銅合金製の『ゴング』が、①「熱間鍛造」、②「打ち出し」もしくは、「冷間鍛造」、③「鑄造」の、三つの異なる製造法によって作られてきたこと、また、その分布域が異なることを明らかにした。

①「熱間鍛造」

「熱間鍛造」は、高純度の銅と錫のみを原料とし、溶解した材料を鑄型に流し込んで作った元の型（素形材）¹⁾を、約750℃の高温まで繰り返し加熱しながら鍛造するものである（写真①）。製品の種類によって多少の増減はあるが、銅と錫を約10：3の割合で混ぜる場合が多い。錫の含有率が23～25%であり、鍛造としては非常に高い割合である。この製造法では、鍛造の土台となる「打ち込み土台」（石床または金床）を、外型²⁾として用いるのが特徴である。すなわち、楽器の内側になる部分を叩きのぼして成形するもので、歴史的にも類例が少ない（写真②）。また、「打ち込み土台」の上に粘土を積み上げて可変的な支えを作ることにより、「打ち込み土台」のサイズを超えた、大型の物の製造が可能になる。一方、地域によっては、小型のものの製造に、鉄製アンビルを内型として用いて、鍛造の仕上げ行う例もある（写真④）。この製造法での「圧下率」（打ち込むことによって金属がどれくらい圧延するかの割合）は66～70%と、「熱間鍛造」としては極めて高く、素材の組織が「緻密化」し、不純物が除去された、非常に良質な状態の合金が出来上がっていることを示している。そのことが、楽器の持続性のある豊かな響きとうつくしい造形の基になっているといえる。

中型・大型（直径約40～110cm）のものの製造が、現在では、インドネシアの中部ジャワとバリを中心とする地域、及び、ミャンマーのマングレー周辺に、ほぼ限定的に分布し、小型のもの（直径約8～17cm）の製造が、ミャンマーからカンボジアに及ぶかつての王朝文化の中心地に分布する。上記のインドネシアとミャンマーの製造センターは、互いに遠く離れているが、その製法と製造理念には高度の類似性が示されている。中型・大型のものの製造を、インドネシア地域では、主として **Pandhe gangsa**／パンデ・ゴンソ（写真①②）、ミャンマー地域では、**Maung Khat**／マウン・カッと呼ぶ（写真③）。歴史の中で、時代・時代の有力な王朝に付随して移動し、またその生産活動が限定的であることが特徴である。それらの王朝の多くがヒンドゥー文化の影響を受けて成立している、という共通性は大いに注目すべき点である。そのことは、当製造法の成立と広がりについて考える、重要な材料となるだろう。また、その製品は高い価値を持ち、全東南アジア的に極めて広い地域に流通していたであろうことが推察される。

②「打ち出し」もしくは、「冷間鍛造」

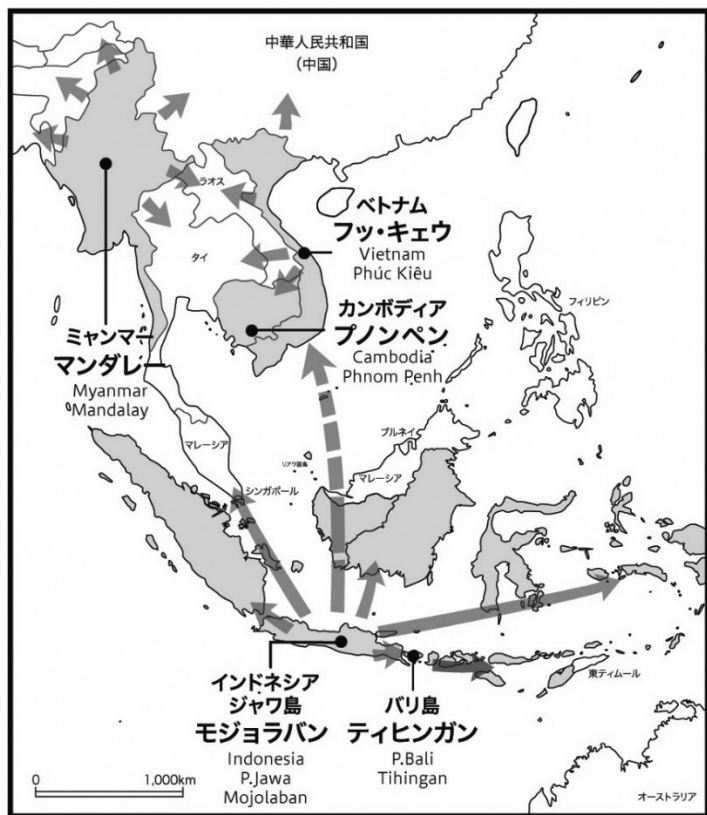
「打ち出し」もしくは、「冷間鍛造」は、銅と亜鉛を主原料とする数ミリの薄い板金（地域によって、又は楽器の種類や大きさによって厚みのバリエーションがある）を、常温で（製造のプ

ロセスの中で、素材を柔らかくするために一時的に300℃～400℃ほどに暖める場合を除き) 打って成形するものである(写真⑤⑥)。用いられる板金は工業製品として圧延加工され供給されるものであり、楽器作りの工人たちがその配合を調節できるものでない。この製造法は、比較的新しいもの(工業化の起こる16世紀以降)と考えることが出来よう。しかし、より古い時代に、別の方法で、板金状の物が作られていた可能性は無視できない。当製造法は東南アジア大陸部にも、島嶼部にも、多様なバリエーションを見せながら、広く分布している。

①②は、ともに、打撃によって成形するものだが、①が形の変化と共に、金属の組織の「緻密化」が生じるのに対して、②では、形の変化が起こるのみである、という違いがある。

③「鑄造」

「鑄造」は、溶解した銅・錫・亜鉛などの混合金属を鑄型に流し込んで成形するものである(写真⑦⑧)。材料を直接鑄型に溶かし込むため、古製品の破片など、様々なものが混流する。従って、錫、亜鉛などの含有率の平均値を出すのは困難であるが、錫の含有率は数%の場合が多く、①に比して圧倒的に少ない。この製造法は東南アジア大陸部東部、主としてベトナム、に集中し、島嶼部には例外的、実験的なものを除いては見られない。この製造法を、Dúc Cong Chieng / ドウック・コン・チェンと呼ぶ。この地域は、北に向かって、銅鍾、銅鼓、などを始めとして、古代から、きわめてすぐれた銅合金鑄造品を生み出してきた中国・ベトナムの王朝文化と直結し



地図1：東南アジアにおける『ゴング』製造の中心地と『ゴング』流通のイメージ

マンダレー、モジョラバン、ティヒンガンに、小～大型『ゴング』「熱間鍛造」の、マンダレーとプノンペンに小型『ゴング』「熱間鍛造」の、フツ・キエウに中型『ゴング』「鑄造」の、中心地がある。これは、筆者が調査を始めた1990年代以降の状況である。

矢印は、『ゴング』製品の流通のイメージである。

地図1

ており、その影響は明らかである。筆者は、この地域には「熱間鍛造」による『ゴング』の製品が先行的に外部から流通しており、その形を模倣して、当地のすぐれた鑄造技術を応用して、『ゴング』の「鑄造」が行われるようになったと推論する（写真⑨⑩）。

なお、『ゴング』製造の基本素材である銅は、インドネシア（世界10位）、ミャンマー（世界18位）、ベトナム（世界34位）の順で、世界有数の生産量を誇る。一方、錫は、インドネシア（世界2位）とミャンマー（世界3位）が極めて良質なものの産出国である。錫を潤沢に用いる①熱間鍛造が両地域で発展したと密接な関係があろう。また、ベトナムが第10位であることも注目すべきである。

（2）形と音の関係

『ゴング』は、「フラットな」ものと「中央にこぶ状の突起のある」もの、とに大別され、また、後者は、演奏時の設置形態と、形と音の特徴から、「垂直に吊る」ものと、「水平に置く」もの、とに分類することができる。

（2）-1 「フラットなゴング」と「中央にこぶ状突起のあるゴング」

この2種類の、『ゴング』の、最も大きな違いはその音色にある。「フラットなゴング」は、基本周波数の上に、高次倍音が多く生じノイズのようになり、音高が定まりにくくなる。楽器としての使用法は、二つの傾向に分かれる。一つは、重めの撥を用いて、あえて複雑な高次倍音を含むノイズのような激しい音を叩き出し、合図の楽器として効果的な役割を果たさせるものである。もう一つは、複雑な倍音の出方をさまざまな方法でコントロールし、響きのバリエーションによって音楽を作り出すやり方であり、演奏には優れた音楽性が求められる。

後者は、さらに、大別して二つの方法がある。その一は、素手や柔らかな撥類や布などを用いてコントロールするもので、ベトナムの中部高原に住む民族グループ（ラグライ、ハレ、ムヌン、コトゥなど）に、多くの使用例がみられる。第二は、ゴングの裏側を、木片で叩くもので、複数人で組み合わせのリズムとメロディーを奏する。打音と消音のタイミングが重要となる。ベトナムの中部高原に住む民族グループ（バナ、ザライ、エデ他）、ラオスの広い範囲と、フィリピン（イゴロットなど）にその例がみられる（写真⑬⑭）。

「中央にこぶ状突起のあるゴング」は、倍音の数が限られ、基本周波数が聞き取りやすく、音高が定まりやすい。旋律を演奏すること、複数の楽器を組み合わせで合奏することが可能になる。また、他の部分より厚く作られたこぶ状突起によって、楽器を強く振動させることが出来、うなりや音高や音圧の調整を多様性のあるものにすることが可能になる。基本的に、バチを用いる（写真⑪⑫）。

「中央にこぶ状突起のあるゴング」は『ゴング』製造のテクノロジーの到達点であり、「熱間鍛造」の技法が、それを可能にしたと考えられる。

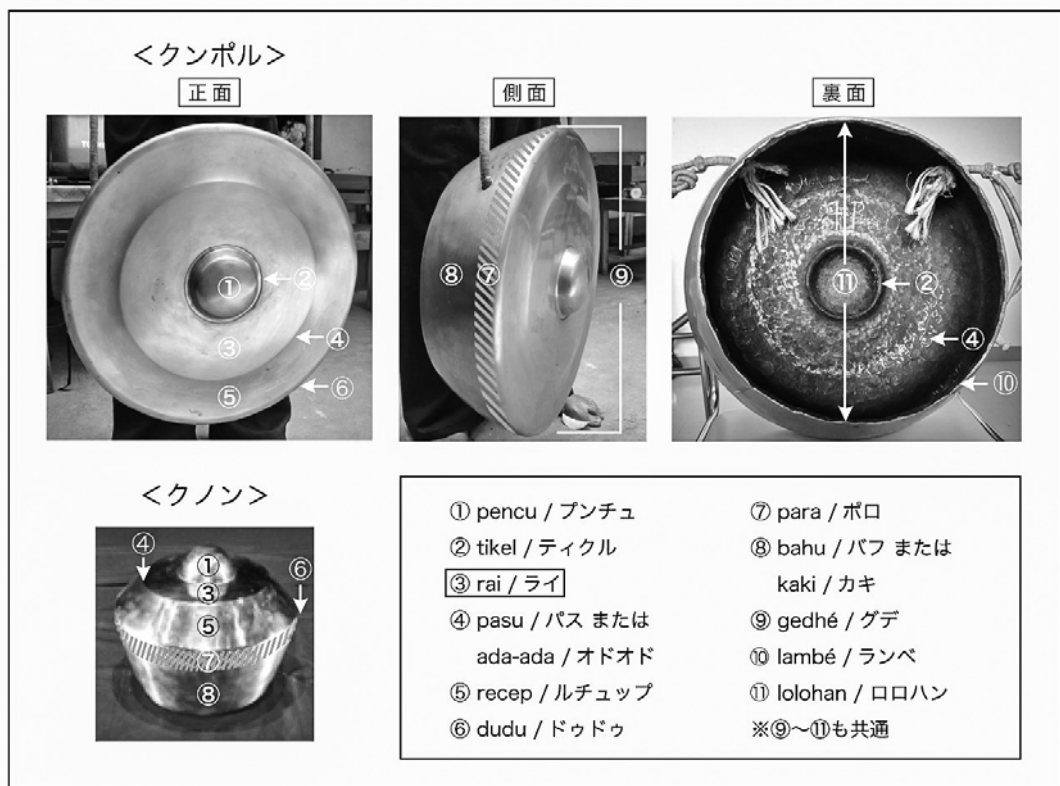


図1 「吊りゴング」と「水平置きゴング」の部分名（中部ジャワの例）

（2）-2 「吊りゴング」と「水平置きゴング」

この分類規範は、田村・塩川・中川・渡辺の共同研究の結果として提示されたものである（田村・塩川・中川・渡辺2019）。両者とも「中央にこぶ状の突起のある」もので、前者は垂直に吊って側面から打って演奏するもの、後者は水平に台の上に置くか、手など保持して演奏するものである。

同共同研究は、「前者が表面全体の振動によって基本周波数が定まってくるのに対して、後者は、ライ〔図1：P6〕の部分の振動が基本周波数（音高）を決める。」ことを明らかにしている。

また、前者は、うなりを伴う柔らかな響きを特徴とし、後者は倍音構成のすっきりとした、固めのまとまった音ができる。後者がより高音域である。そのことが合奏における役割に反映され、前者が間隔を置いて打たれ、曲の枠組みを作っていくのに対して、後者は、音階を成すように多数を並べて、旋律を演奏する役割を持つことが多い〔写真⑪⑫〕。

（3）流通

〔地図1：P4〕における矢印は、東南アジアおよびその周辺地域における『ゴング』の流通を推察して描かれている。『ゴング』は、政治的・宗教的な力のシンボルとして王家や有力者、

宗教者、共同体などによって所有され、儀礼や祭礼に欠かせない神聖な楽器として各地で用いられてきた。製造の中心地が限定されてきたため、製品は高い価値を持ち、現在の国境を越えて、全東南アジア的に極めて広い地域に流通した。その流通を支えるシステムのあること、などもわかってきた。(リード1997)には、これらの製造の中心地から[地図1]の流通のイメージの矢印のような流れで、『ゴング』が流通していたことを示唆する記述がある(リード1997:162~163)。既述のように、製造の中心地は、王朝等の移動に伴う場合が多いので、現在の中心地と完全に一致するわけではない。ちなみに、(リード1997)が既述の対象としている、15世紀半ばから17世紀の間、ジャワにおける「熱間鍛造」の中心地は、かつてのマジャパヒト王国の首都の近く、東部ジャワの交易港、グレシックとスラバヤにあったが、その後、スマラン、そしてスラカルタへと移動した。

この様な『ゴング』流通の大きな流れとして推察されるのは、次の三つの道である。

- ① ミャンマーの中心地から、全方向に陸路・川路による流通があり、東ではベトナムに至る道。(森の道)
- ② 東ジャワ(時代が下れば中部ジャワ)から、海路、現在のインドネシアの各島、更に、大陸部のカンボジアやベトナムに至る道。(海の道)
- ③ ①②によってベトナムに集まった『ゴング』類を、「鑄造」技法により模倣し、大陸内陸部に供給する道。(人の道)

①に関しては、2019年に、筆者が示唆的な例に出会ったので、2項において記述する。(田村①:2019)。②の、インドネシア内での流通に関しては、(田村・サブトノ・サロジヨクロモパウイロ:2019)に詳しく記されている。また、大陸部との交易に関しては、近年注目されている、海中考古学の知見が大きな力を貸してくれるであろう。2項において記述する。

2. 共同研究の可能性

(1) 材料を知る・製造法を知る

『ゴング』は、その製造法、材料、などによって大きく音色が異なる。金属という材料の性質上、堅牢であり古例が残るが、信仰や共同体のシンボルとして保有されることが多く、分解調査することは困難である。また、「鑄造」などの場合は、古いものを溶解して再利用することが頻繁に行われるので、材料を同定するのは難しい。金属工学の専門的な知識と、分析・解析方法が必要とされる。

この視点から、筆者と中川は2018年から共同研究を行い、その成果は、(田村史子・塩川博義・中川一人・渡辺裕基:2019)、(田村史子・サブトノ・サロジヨクロモパウイロ:2019)などに提示されている。本稿では、〔Ⅱ インドネシアにおける楽器用青銅の解析について〕を、中川が記述する。

(2) 形を比べる

『ゴング』の形がその音の特徴と密接な関係にあることは明らかであるが、それを科学的に明らかにしていくのは簡単ではない。実証的なデータが必要である。この視点から、筆者と渡辺は、九州国立博物館のバックアップを受けて、「蛍光 x 線分析」「CT」「3D デジタイザ」などの技術・装置を用いての分析を行ってきた。その成果は、(1) にあげたものに等しい。

ここでは、〔1-(3) 流通〕の項で述べたの①の仮説 (P7)、すなわち、「ミャンマーからベトナムへの『ゴング』の流通」、を検証する手がかりとして、この分析方法を用いている。2019年、ベトナムのフツ・キエウでの調査時に、西方面から伝来したとされる『ゴング』の古例が筆者に提示され託された (田村①)。具体的にどの地域から伝来したかは明らかではないが、通称として、このような古いゴングを「ゴング・ラオ」と呼ぶ場合が多い。ラオは、現在のラオスの主要民族であり、その主要在住地域はミャンマーの東に展開する。ベトナムとミャンマーをつなぐ地域として、考えることが出来よう。その古『ゴング』が、1999年にマンダレーで「熱間鍛造」された『ゴング』と、形状の高度な類似性を示しているため、精密な分析比較を行った。本稿の〔Ⅲ 金属製ゴングの形状分析について〕で記述が行われる。こぶ状突起の形態の差異を除いて、二つの『ゴング』の類似性は明瞭であり、上記の流通の仮説の傍証足り得るものであろう〔図5:P12〕。

(3) 響きを比べる

この視点での筆者と塩川博義氏の共同研究は2017年から始められている。その成果は、(1) にあげたものに等しい。今回は共同研究の一環として、本年報に「東南アジア大陸部のゴングの周波数特性」というテーマで、独立した研究報告を行っている。「フラットなゴング」と「中央にこぶ状の突起のあるゴング」の周波数特性分析比較は今まで行われたことのないものである。

(4) 流通の物的証拠

〔1-(3)〕流通の項で述べた三つの仮説 (P7) のうち、インドネシアの鍛造中心地と、その供給先である大陸部をつないでいたであろう交易路 (海路) について考察する必要がある。15世紀から17世紀の大航海時代と呼ばれる期間、この海域は、多くの交易船が行きかう交易路であった。インドネシアで鍛造『ゴング』が交易品として大変重要であったことは (リード1997) なども述べられている。沈没した交易船から発掘される遺品は考古学的に極めて重要である。海中考古学の専門家佐々木蘭貞氏が、今回の共同研究の一環として、本年報に、「東南アジアの沈没船に見られるゴング資料の考え方」というテーマで独立した研究報告を行っている。東南アジア全体を見渡す広い視点を与えてくれよう。

また、筆者は、2019年に、ベトナムのハノイの歴史博物館において、15世紀の沈没船 (ベトナム、クアンナム省、クーラオチャム島で発見) から回収されたゴングの調査を、中川とともに行った。ほぼ500年間海水に浸かっていたにもかかわらず、きちんとした形を保っていて銅と錫の合

金の青銅であることを示している。こぶ付きの美しい形とその大きさ（直径約17 cm）は、古い時代からジャワで製造され、インドネシア全域に流通している Bendhé/ブンデとの強い類似性を感じさせる（写真⑮⑯⑰）。

Ⅱ インドネシアにおける楽器用青銅の解析について

1. 目的

錫含有量が20mass%（以下単に%）を超える高錫青銅は、ベトナム社会主義共和国やインドネシア共和国（以下単にインドネシア）をはじめとした東南アジア諸国ではゴングや鍵盤打楽器の音板など楽器用材料として用いられる。これらの楽器は鋳造で作られる日本の梵鐘とは異なり、鋳造した後に熱間鍛造により目的形状および音高を得ている。これらのことから、インドネシアで楽器の製作に使用される青銅は熱間鍛造に適した組織ならびに組成であることが考えられる。

本研究ではインドネシアで楽器用に使用される青銅の成分分析を行った。また得られ成分分析結果を基に同組成の材料を作製し、鍛造及び熱処理による組織および機械的性質への影響について調べた。

2. 成分分析

2.1 成分分析方法

図2に成分分析に用いた青銅製楽器（破片）を示す。成分分析にはエネルギー分散型蛍光X線を用い、推定存在比はファンダメンタルパラメータ法（FP法）より算出した。



図2 分析に用いた青銅製楽器（破片）

2.2 成分分析結果

表2に青銅製楽器の成分分析結果を示す。比較として一般的な梵鐘に使用される青銅の成分も示す。

表2 青銅製楽器並びに梵鐘の成分分析結果 (mass%)

	Sn	Pb	Zn	Cu
ゴング	24.7	-	-	bal.
梵鐘	11	5	tr.	bal.

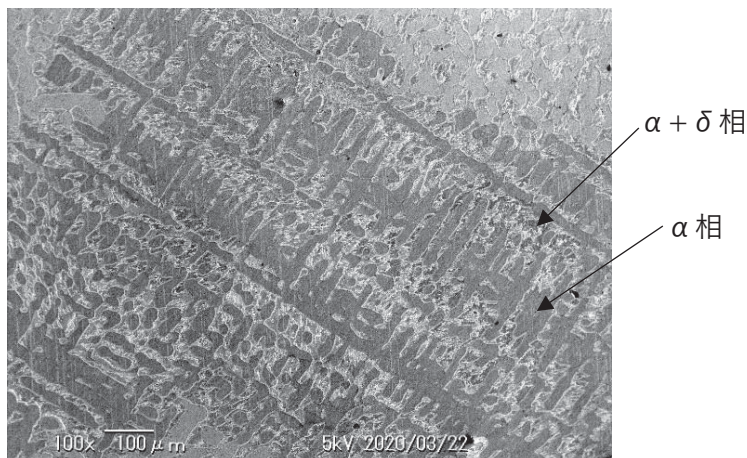


図3 Cu-25%Sn合金の鋳造後の組織

インドネシアでの聞き取り調査より素形材を作成する際に銅 (Cu) : 錫 (Sn) = 10 : 3が目標とすることから、製作時の歩留まりを考慮すると Sn 含有量は目標値であると考えられる。また、亜鉛 (Zn)、鉛 (Pb) をはじめとした添加元素は認められなかった。

一般的に錫含有量が20%を超える高錫青銅は図3に示すように α 相および $\alpha + \delta$ 相の共晶となり、 α 相はデンドライト状に成長する。このデンドライト状に成長した α 相が延性を阻害することから鋳放しでは延性に乏しく簡単に割れが生じる。これにより、鋳放しでの利用が困難であるため焼き入れ・鍛造をはじめとした2次加工を行った後に利用されることが前提であると考えられる。これに対し梵鐘は鋳放しで利用されること、また、撞木も用いて強い力で発音させることから割れが生じない範囲での Sn 添加量であることまた、鋳造性改善のための Pb 添加であると考えられる。

3. 熱処理および鍛造による組織並びに機械的性質の変化

成分分析結果を基に同組成の試料を作製した。試料は Cu-25%Sn 合金をとるよう電解銅、99.9%Sn より溶製した。鋳造条件として、溶解温度1473K、注湯温度1373Kとした。なお、鋳型には Y ブロック (1号 CO₂ガス型) を用いた。得られた鋳塊より150×30×15 (mm) の試験片を作製し、鍛造並びに熱処理を行った。鍛造条件は予備実験より鍛造温度923Kとした。ま

た、打撃速度および打撃力を制御できる装置を用い、打撃により材料が変形する速度（ひずみ速度）は100.0mm/sとした。この速度は鍛造により生じる表面割れを防ぐためであり、ハンマを用いた自由鍛造では低速度である。

鍛造での目標値は厚み5 mm（圧下率67%）とした。鍛造後は再度焼き入れを行うため、993Kで1 hr 保持後水冷を行った。鍛造後の試験片より JIS14B 試験を採取し試験に供するとともに、対数減衰率についても測定を行った。

図4に鍛造後の組織を示す。図2と異なり α 相はデンドライト状の α 相は減少し、再度の過熱に処理により若干粗大化した塊状の α 相と $\alpha+\beta$ 相からなるマルテンサイト状の組織が観察された。

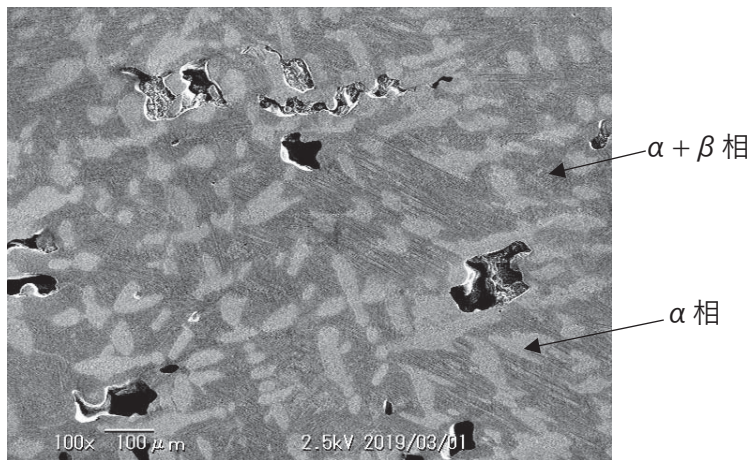


図4 Cu-25%Sn 合金の鍛造・熱処理後の組織

Cu-Sn 系平衡状態図より今回の鍛造条件は $\alpha+\beta$ 相あるいは β 相での加工であることが考えられるが、実際には一定の割合で α 相が存在し、熱処理により粗大化したことが考えられる。また、鍛造時に硬度が低い α 相が優先的に変形するが予想されたが、大きく変形した α 相は確認されなかった。このことから、確認される α 相の一部は再結晶により生じた可能性も考えられるが、初期からある α 相と再結晶による α 相の判別はできなかった。また、柔らかな α 相の増加は鍛造時における延性の向上に寄与することが考えられるが、音響特性としては対数減衰率を上昇に影響することが考えられるため、適切なバランスで晶出することが望ましい。

引張試験を行った結果、ヤング率は鑄放し・鍛造ともに約85GPaであったのに対し、伸びは鑄放しが1%以下であるのに対し鍛造後は8%と大きく改善した。これにより、利用時の割れを著しく低減するとともに、撥を用いて同一の力で叩いた際に鍛造後の方がより大きな変形を生じるため、結果として大きな音を発音できると考える。

対数減衰率 δ を測定した結果、鑄放しでは 4×10^{-4} であったのに対し、鍛造後は 1.2×10^{-4} と鍛造、熱処理より対数減衰率は低下した。鍛造した際に生じた α 相により対数減衰率は上昇することが予想されたが逆の結果となった。また、比較として表1に示した梵鐘に用いる青銅ならば

に楽器で使用される黄銅（Cu-30%Zn）および軟鋼についても測定したところ、梵鐘用の青銅は 4.8×10^{-3} 、黄銅 2.1×10^{-3} 、軟鋼 1.4×10^{-2} であった。楽器用材料として長時間減衰することなく響き続けることが有用であるため対数減衰率が低い方が望ましいことから、高錫青銅に対して鍛造・熱処理を行うことは、楽器用材料の性質向上に有効であると考ええる。

Ⅲ. 金属製ゴングの形状分析方法について

1. はじめに

九州国立博物館では、X線CTスキャナおよび3Dデジタイザを用いて各種文化財の三次元データを取得し、その構造や保存状態などの調査を行っている。CTとはcomputed tomography（コンピュータ断層撮影）を略したものであり、被写体の内部構造を断層画像や三次元画像で可視化する技術である。また、3Dデジタイザとは、対象物の表面形状をデータとして取得する装置であり、X線CTスキャナと異なり内部構造の観察はできないものの、場合によってはより詳細な三次元情報を得ることができる。いずれも、非接触・非破壊で文化財の調査を行うことができる装置である。

筆者らは、これまでX線CTによってガムランに使用される青銅製ゴングの形状分析を行い、形状と音響の関係などの検討を行ってきた（田村他2019）。本研究では、ミャンマー製ゴングおよびベトナムに流通したと考えられるゴングの2点について、X線CTスキャナおよび3Dデジタイザを用いた形状分析を実施し、両手法の比較を行ったうえで、2点のゴングの形状を比較した。

2. 方法

調査を行ったのは、ミャンマー製ゴングおよびベトナムに流通したと考えられるゴングの2点である（図5）。ゴングの直径はそれぞれ約43cmおよび約44cmである。2019年、ベトナムのフック・キエウでの調査時に、西方面から伝来したとされる『ゴング』の古例が、田村に提示され託され

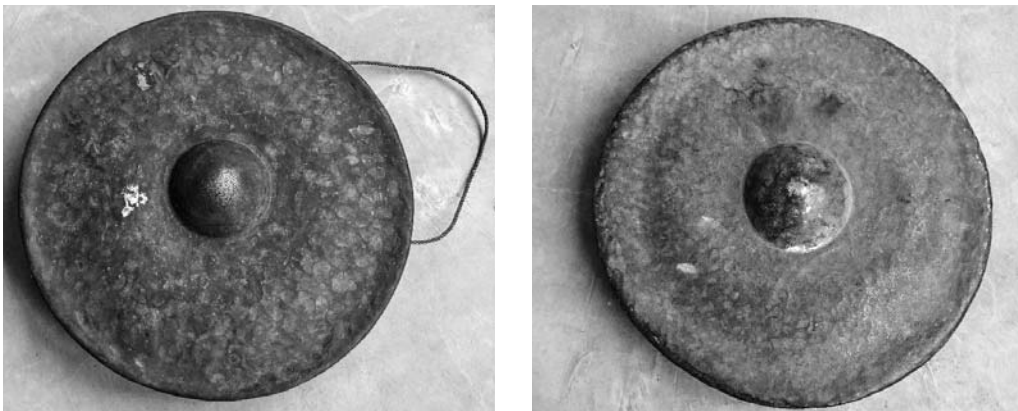


図5 ミャンマー製ゴング（左）およびベトナムに流通したと考えられるゴング（右）

た。1999年にマンダレーで「熱間鍛造」された『ゴング』と、形状が極めて似通っているため、精密な表面形状分析比較を行ったものである。

CT スキャンには、九州国立博物館の文化財用X線 CT スキャナ(Y.CT Modular、エクスロン・インターナショナル株式会社)を使用した。本装置では、X線を照射しながら対象物を360°回転させ、全方向からX線透過画像を取得し、これらを再構成することで断層画像を作成する。この時、ゴングを平置きすると良好な画像が得られないと考えられたため、図6のように回転台の上に立てて設置した。撮影条件は、管電圧310 kV、管電流2.40mA、積分時間400ms、プロジェクション数900とし、厚さ0.5mmの銅フィルタおよび厚さ1.0mmの錫フィルタを使用した。断層画像の分解能は0.55mm/pixelであった。データ解析には、画像解析ソフトウェア VGSTUDIO MAX 3.4 (ボリュウムグラフィックス社)を用いた。

表面形状計測は3D デジタイザ (ATOS TripleScan 16M、GOM 社) を使用して実施した (図7)。本装置では、対象物に青色LEDのパターンを投影し、左右のカメラで撮影することで計測を行う。得られるデータの点間ピッチは0.176mmであった。データ解析には、3Dソフトウェア GOM Inspect Professional 2018 (GOM 社) を用いた。

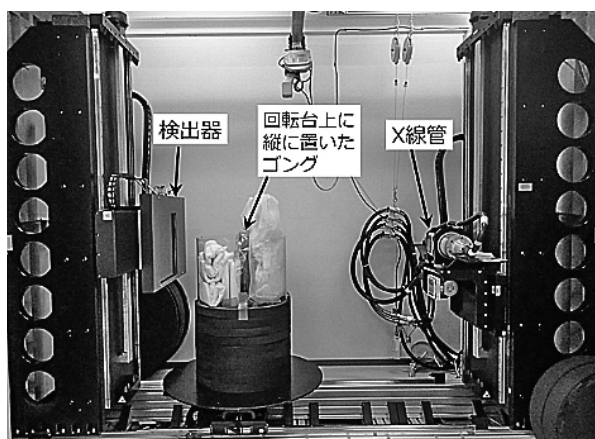


図6 X線 CT スキャンの様子



図7 3D デジタイザによる計測の様子

3. 結果・考察

CT スキャンで得られた断層画像では、ガムランのゴングの調査時と同様に、楽器の全体的な形状については把握可能であった (図8)。一方、メタルアーチファクト³³⁾の存在によって、金属の詳細な厚みの測定は困難であった。

3D デジタイザを用いた計測の結果、詳細な表面形状をデータ化できた。ゴングの中心を通る縦断面について、図9に三次元画像を、図10に二次元画像を示した。これらの画像より、ゴング表面の細かな凹凸なども測定できていることが分かる。ガムランのゴングの調査時と同様に、ゴングの形状の指標となると考えられる各寸法 (図10) を測定した結果を表3にまとめた。現段階では詳細な比較検討は行っていないが、両ゴングの形状はこぶ状突起の形態を除いて、概ね類似

していると考えられる。ミャンマーで製造されたものが流通したと推察する、一つの証拠となるう。

また、ガムランのゴングにおいては、ゴングのこぶ状突起周囲の部分（図10の c_1 および c_2 に対応する部分で、ガムランでは「ライ」と呼ばれる部分）の厚みが音響に影響している可能性が指摘されている（田村他2019）。3D デジタイザで得られたデータを用いると、ゴングの各位置における厚みを算出することもできる（図11）。このようなデータを用いて、今後、ゴング類の形状と音響の関係等に関する考察が深まることが期待できる。

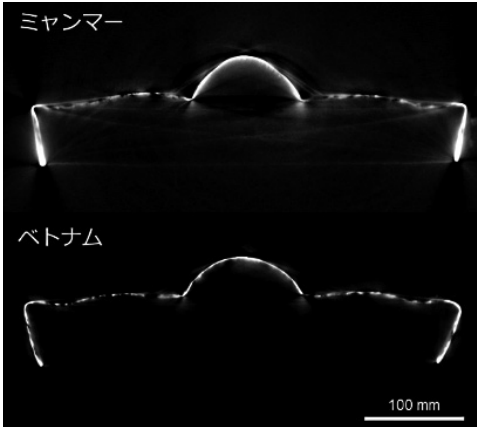


図8 CT スキャンで得られたゴングの断面画像

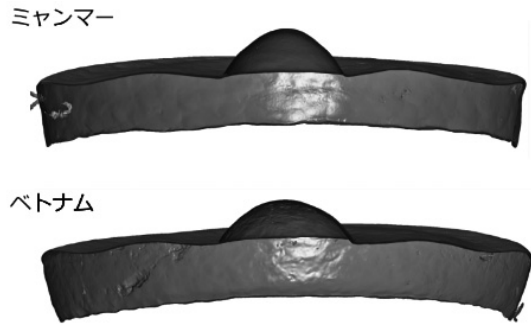


図9 3D デジタイザで得られたゴングの断面を表す三次元画像

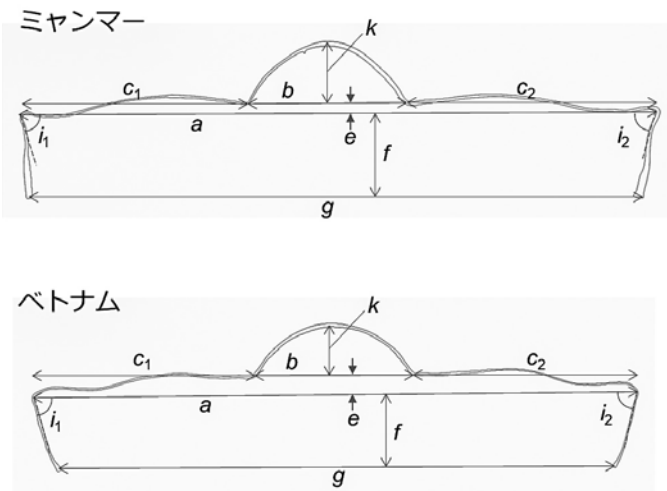
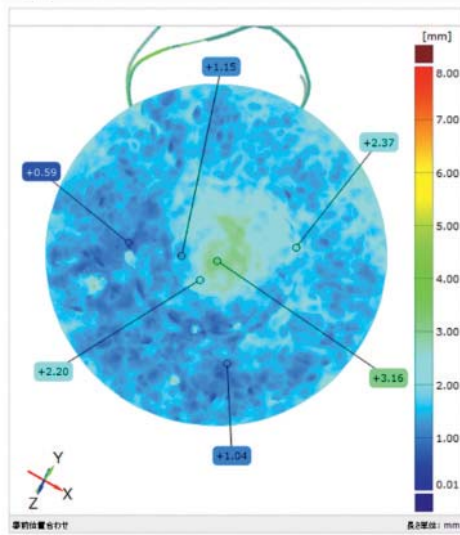


図10 3D デジタイザで得られたゴングの断面の二次元画像。距離および角度を測定した部位を、(田村他2019) に倣い、アルファベットで示した（一部は欠番）

	ミャンマー	ベトナム
a	432.9	438.7
b	110.6	116.9
c_1	170.7	161.7
c_2	154.5	162.9
e	6.5	13.9
f	60.6	55.6
g	421.4	405.9
i_1	75°	76°
i_2	74°	77°
k	41.7	37.5

表3 図10における各距離および角度（距離の単位は mm）

ミャンマー



ベトナム

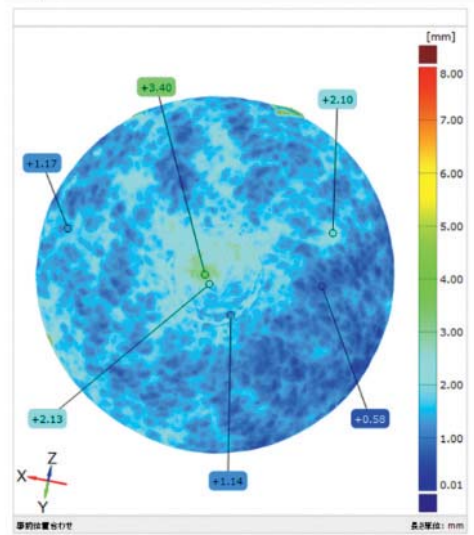


図11 ゴング上面における厚みの分布図

< I 章関連写真 >



写真①



写真②



写真③



写真④



写真⑤



写真⑥



写真⑦



写真⑧



写真⑨



写真⑩



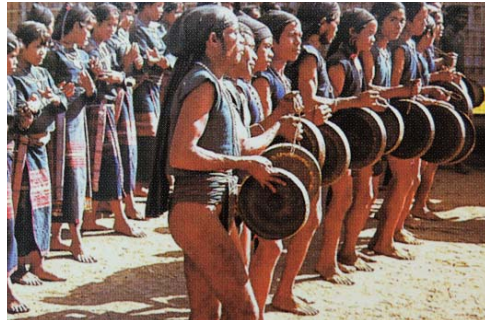
写真⑪



写真⑫



写真⑬



写真⑭



写真⑮



写真⑯



写真⑰

写真キャプション

- ①～②中部ジャワの「熱間鍛造」
- ③マンダレーの「熱間鍛造」
- ④バリの「熱間鍛造」の一過程
- ⑤～⑥カンボジアの「打ち出し」
- ⑦～⑧ベトナムの「鑄造」
- ⑨ベトナム、フツ・キエウの工房
「鍛造」の打撃跡を「鑄造」の鑄型にあ
らかじめ仕込んだもの
- ⑩同左「鍛造」の打撃跡のような表面の出
来上がり
- ⑪中部ジャワの王宮の所蔵する大きな「吊
りゴング」(ゴング・アゲン)
- ⑫カンボジアの「水平置きゴング」(コー
ン)
- ⑬「フラットなゴング」の演奏例(中部ベ
トナムの民族グループ、ラグライ)
- ⑭「フラットなゴング」の演奏例(中部ベ
トナムの民族グループ、バナ)
- ⑮水没した15世紀の交易船(中部ベトナム、クアンナム省、クーラオチャム島で
水没)で発見された古『ゴング』、表面
から見たもの
- ⑯同左、裏から見たもの
- ⑰中部ジャワで現在も「熱間鍛造」されて
いる Bendhé／ブンデの製造、裏側から
の打撃の様子

おわりに

本稿は、＜東南アジアの金属楽器『ゴング』に関する体系的研究－その形と音＞をテーマに、学際的な共同研究の可能性について、概要をまとめたものである。特に、①製造法、②形と音(音高や響きなど)との相関関係、③供給と流通、など、より物理的な面に関して、東南アジア全体を見渡すような体系的研究を目指したものである。当共同研究は、2016年ごろから始められ、本稿で述べたようないくつかの成果と推論とを提示してきた。2019年度に予定されていた本学人間文化研究所の特別研究会において計画された共同研究の試みは、さらに、以下の、いくつかの論証を加えた。

1. 本稿〔Ⅱ章〕の論考において、中川は、「楽器用材料として、長時間減衰することなく響き続けることは有用であるため対数減衰率が低い方が望ましいことから、**高錫青銅に対して鍛造・熱処理を行うことは、楽器用材料の性質向上に有効であると考え**る。」と結論付けている。「熱間鍛造」によって作られた『ゴング』が、持続するよく響く音色を持ち、他の製造法によって作られた『ゴング』に比べて、高く評価されることの多い理由を実証している。

2. 本年報の「東南アジア大陸部におけるゴングの音響解析」(pp. 191～202)において、塩川博義氏は、「フラットなゴング」と「中央にこぶ状突起のあるゴング」の音色の違いを、周波数構成から実証した。ゴングの「形と音」の関係を考察するうえで重要なデータである。

3. 本稿〔Ⅲ章〕において、渡辺は、3Dアナライザーを用いての綿密な形状分析の結果、中部ベトナムのフツ・キエウに伝承されていた『ゴング』の古例が、ミャンマーの「熱間鍛造」による現代の『ゴング』と高度な類似性を示すことを論証している。中部ベトナムのフツ・キエウは、高度な『ゴング』使用地域である東南アジア大陸部内部(現在のベトナム・ラオス・カンボジア・タイが隣接する地域)を後背地とし、そこに、「鑄造」(現在では「打ち出し」の物が増え

ている)『ゴング』を供給する製造の中心地である。今回の共同研究の成果として、東南アジアの二つの「熱間鍛造」の中心地のうちの一つであるミャンマーからベトナムの製造地に、古い時代から『ゴング』の流通のあったことを推測させる傍証を得た。また、この分析方法により『ゴング』の各部分の厚みの算出が可能になり、厚みと音響・音高との関係性の解析の可能性が高まった。又、調律の方法の解明に有効的である。

このことはまた、ベトナムには『ゴング』の「熱間鍛造」という技術の伝承(もしくは発生)はなかったが、当地の『ゴング』は、外部から流通した「熱間鍛造」ゴングの「形」を、当地の優れた「鑄造」技術によって模倣したものではないか、という推論に、一つの傍証を与えた。

4. 本年報の「東南アジアの沈没船遺跡にみられるゴング資料の考え方」(pp. 203~221)において、佐々木蘭貞氏は、沈没船から発見される『ゴング』の古例から、海路による『ゴング』流通に関する論証の手がかりが得られる可能性のある事を明らかにした。また、地上の『ゴング』の古例からは明らかにするのが困難であった「こぶ状突起を持つゴング」の製造開始時期を、水没船の積み荷の『ゴング』の内容の変化によって、12~13世紀と推論する可能性を示した。

地上のゴングの古例は、聖宝として神聖化されているものが多く調査が困難であり、また、腐食しない素材である青銅は、壊れた場合溶解して再利用することが可能なので古例が残りにくいのである。水没船から発見されるゴングは、極めて貴重な歴史的証拠である、といえる。

以上のような成果から、東南アジア文化の象徴的文物の一つであるといえる『ゴング』の体系的な研究が、さらに進むことが期待される。

注

- 1：鑄造・鍛造・ダイカスト・金属プレスなどで製造された素材。機械製品などに、形を変えて用いられる。
- 2：鍛造の際に製造品の外側になる部分を当て、内側からたたいて成形するための金床。
- 3：CT画像において、X線透過率の低い、金属などの物質付近に生じる画像ノイズのことをメタルアーチファクトと呼ぶ。

文献

田村史子・サプトノ・サロジョクロモパウイロ

2020 「東南アジアの銅合金製楽器の製造と流通に関する体系的研究—その形と音(1) インドネシアにおける「熱間鍛造」技術による青銅製『ゴング』の製造と流通の状況」『筑紫女学園大学人間文化研究所モノグラフシリーズ第7号』

田村史子・塩川博義・中川一人・渡辺祐基

2019 「中部ジャワのガムランにおける『ゴング』類の分類 I 肩高水平置き『ゴング』<kenong クノ

ン>と<Bonang ボナン>の形と音の特性」『筑紫女学園大学人間文化研究所年報』 第30号
pp. 79～99

田村史子

- ①2019 「認識と感覚：研究者と職人の出会うところ－東南アジアの『ゴング』の製造と流通をテーマにして－」『文明研究・九州』第13号 pp. 55～61
 - ②2019 「Duc Cong Chieng（ドゥック・コン・チエン）～中部ベトナムにおける鑄造技術によるゴング製造－形と響き－」『筑紫女学園大学研究紀要』 第14号 pp. 97～109
 - ③2018 「マウン・クッ：ミャンマーのマングレー地区における熱間鍛造技術による青銅ゴング製造」『筑紫女学園大学研究紀要』 第13号 pp. 97～110
 - ④2017 「パンデ・ゴングソ：中部ジャワにおける熱間鍛造技術による青銅ゴング製造」『筑紫女学園大学人間文化研究所年報』 第28号 pp. 171～186
- リード、アンソニー、1997 『大航海時代の東南アジアI－貿易風の下で』平野秀秋／田中優子訳、「叢書・ユニベルシタス570」、法政大学出版部、Anthony Reid, 1988, SOUTHEAST ASIA IN THE AGE OF COMMERCE 1450～1680 Volume One: The Lands below the Wind, Yale University Press
- 柳沢英輔、2019 「ベトナムの大地にゴングが響く」灯光舎

（たむら ふみこ：人間文化研究所 客員研究員）

（なかがわ かずと：日本大学生産工学部 専任講師）

（わたなべ ひろき：九州国立博物館学芸部博物館科学課 研究員）

【共同研究の可能性：＜東南アジアの金属楽器『ゴング』に関する体系的研究＞A】

東南アジアの金属楽器『ゴング』に関する体系的研究 —その形と音

田村史子・中川一人・渡辺祐基

A Systematic Study of “Gongs” in Southeast Asia: Their Sounds and Shapes

Fumiko TAMURA, Kazuto MAKAGAWA and Hiroki WATANABE

筑紫女学園大学
人間文化研究所年報
第33号
2022年

ANNUAL REPORT
of
THE HUMANITIES RESEARCH INSTITUTE
Chikushi Jogakuen University
No. 33
2022