

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月20日現在

機関番号：32665

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22652020

研究課題名（和文）音響解析を用いたインドネシア・バリ島のガムランの変遷

研究課題名（英文）Changes of Balinese Gamelan in Indonesia by acoustical analysis

研究代表者

塩川 博義 (SHIOKAWA HIROYOSHI)

日本大学・生産工学部・教授

研究者番号：50187324

研究成果の概要（和文）：バリ島でいちばん一般的に用いられている編成ガムラン・ゴング・クビヤールを中心に日本およびインドネシア・バリ島において50セット近くガムランを測定し音響解析を行ってきた。その結果、ガムランのうなり周波数は大体5Hzから10Hzの間で調律されていることがわかった。また、それらは、地域によって音高や音程に違いがあり、大体4つに分類されることがわかった。

研究成果の概要（英文）About 50 sets of Gamelan, mainly Gamelan Gong Kebyar which is generally used in Bali, in Japan and Bali of Indonesia were measured and analyzed. As a result, their interference beat frequencies were tuned between 5Hz from 10Hz. Further, their pitches and intervals were differences on the regions in Bali, and they are classified into four roughly.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	0	1,700,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	360,000	3,260,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：芸術学，芸術学・芸術史・芸術一般

キーワード：ガムラン、バリ島、うなり、音程、音高、有限要素法

### 1. 研究開始当初の背景

20世紀初頭から、国際的に関心の高かったバリ島の音楽や舞踊を含む芸能全般は、早くから民族音楽学の研究対象となってきた。オランダ植民地時代にはすでに、バリの音楽研究として Jaap Kunst. *De Toonkunst van Bali* (1925)、Walter Spies. *Dance and Drama in Bali* (1937)をはじめ、戦後は Colin McPhee. *Music in Bali* (1966)など早くからさまざまな研究が行われた。しかし、多くは各時代上演されている音楽・舞踊の民族誌であり、音響工学的にバリ島のガムラン音楽や楽器

を研究対象にした研究はほとんど見られない。ガムランを音響工学的に分析している研究では、Thomas. D. Rossing and Robert B. Shepherd. *Acoustics of Gamelan Instruments* (1982)があるが、これはガムラン・アングレンの鍵盤楽器ジェゴガンとゴング系楽器タワタワの周波数特性を分析したもので、多種あるガムラン編成のひとつであるガムラン・アングレンの1セット内2種の楽器のみを解析しただけであり、この種の研究はほとんどないに等しい。研究代表者は、いままでもバリ島でいちばん一般的に用いられて

いる編成ガムラン・ゴング・クビャールを中心に 20 セット近くガムランを測定し音響解析を行ってきた。これらによれば、大体、ガムランのうなり周波数は 5 から 10Hz の間で調律されていることがわかってきた。また、ゴング・クビャールの音高および音程も測定し、1950 年代以前の古いゴング・クビャールには、低音域ではその音高や音程にはあまり違いはないが、中音域以上では 1 オクターブの音程を狭く調律しているものがあることを解析結果から明らかにした (2008 年日本音響学会研究発表会で発表)。そして、SMKI (音楽高校) で 1962 年に製造されたゴング・クビャールを測定した結果、上記の 1950 年代以前に製作されたゴング・クビャールより、全体的に約 2 音分、音が高いことを確認した。また、2000 年に製作された現在バリで標準的なゴング・クビャールも、それらより、全体的に約 1 音分、音が高いことを確認した (2009 年日本音響学会研究発表会で発表)。

## 2. 研究の目的

インドネシア・バリ島のガムランとは、多数の青銅製打楽器のアンサンブルであり、儀礼や舞踊の種類などによりさまざまな編成あるいは楽器が存在する。大きな特徴として、どの編成においても楽器 2 台が一組を成しており、西洋音楽と異なり、それらはどうなりが生じるように調律されている。また、ガムランは、同じ編成の楽器でも、その音程や音高は地域や村によって異なっている。しかし、それらの音響的構造はほとんど研究されていない。ガムランの音響的解析を行うことによって、ガムラン演奏者や楽器製作者などへのインタビューからだけでなく、客観的にガムランの音の響きの変化や地域による相違を考察できる。本研究では、19 世紀から 21 世紀までにおけるインドネシア・バリ島のガムランの変遷について、民族音楽学研究と音響学研究の新しい学際的な視点から、楽器の音響解析とバリにおいてガムラン演奏者、所有者、楽器製作者および調律師へのインタビューを通して明らかにすることを目的としている。

## 3. 研究の方法

(1) フィールドワーク調査の研究方法は①ガムラン楽器の音響測定②現地で聞き取り調査③音響データの解析と整理④音響データおよび聞き取りデータの分析に大別できる。

①ガムラン楽器の音響測定は、基本的に測定対象ガムランのところに赴き、まわりの暗騒音が測定対象レベルに影響がないことを確認して、WAVEレコーダーを用いて録音する。基音および倍音の周波数やうなり周波数が調査目的なので、特に、絶対レベルを押さえて測定する必要はなく、録音レベルがオーバーし

ないように注意しながら録音する。ガムラン・ゴング・クビャール 1 セット (図 1) を例にとれば、最低でも、ジュゴガンが 5 鍵で 2 台、ジュプラーグが 5 鍵で 2 台、ブマデが 10 鍵で 2 台、カンティランが 10 鍵で 2 台、ウガール 10 鍵で 1 台、トロンポン 10 個、レヨン 12 個、ゴング 1 台、クンプール 1 台、合計で 94 種類の音を録音する。ほかに、ウガールがもう一台、グンデル・ランバットなどがあれば、それ以上である。



図 1 ガムラン・ゴング・クビャール

②測定対象ガムランの所有者や演奏者から、そのガムランの歴史、再調律の時期などをインタビューする。また、調律師には、調律の方法、歴史そして、最近の楽器に対する考え方などをインタビューする。

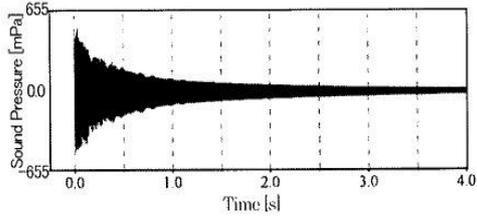
③これらを研究代表者の研究室に持ち帰り、録音されたデジタル音源データをコンピュータに入力して、時系列波形 (図 2) を導き、うなり周波数を求める。また、それらの時系列波形を FFT 変換し、周波数分析を行い、基音や倍音の音高や音程、そして周波数差を求める。これらをセット毎に表やグラフにまとめ整理をする。

④各ガムランのセットをそれぞれ整理された音響データと聞き取りデータをもとに比較しながら分析する。

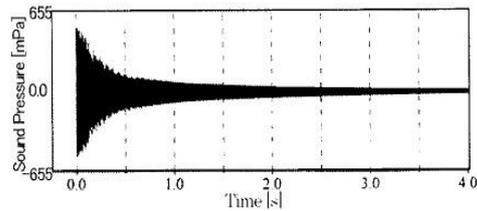
(2) 現地調査とは別に、ガムランの鍵盤系や銅鑼系の楽器をモデリングし、コンピュータ・シミュレーションを用いて、その鍵盤が持つ振動の共振周波数を解析して、ガムランの調律方法を検証する。

## 4. 研究成果

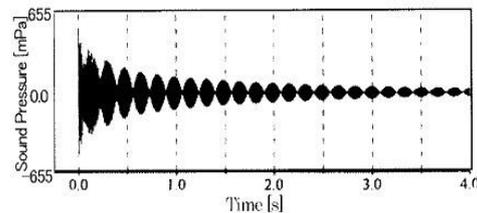
(1) バリ島でいちばん一般的に用いられている編成ガムラン・ゴング・クビャールを中心に日本およびイン



基本周波数が 324.5Hz の鍵盤における時系列波形



基本周波数が 318.5Hz の鍵盤における時系列波形



基本周波数が 324.5Hz および 318.5Hz の鍵盤を同時に鳴らしたときにおける時系列波形

図2 ガムランのうなり

ドネシア・バリ島において50セット近くガムランを測定し音響解析を行った。

①ガムランのうなり周波数は大体5から10 Hz の間で調律されていることがわかった (2011年および2012年のジャーナル騒音制御に発表) (表1)。

表1 うなり周波数の度数分布

うなり周波数	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
SetA	2	4	5	6	5	3	2	1	1		
SetB		1	5	4	6	5	4	3			1
SetC				4	14	12					
SetD				3	5	5	4	9	3	1	
SetE	2	1	1	2	2	4	9	3	2		1
SetF				2		11	10	7			
SetG				2		7	13	4	2		
合計	4	6	11	23	32	47	42	27	8	2	1

②ガムランの音高および音程も測定し、5音のペログ音階の楽器、ガムラン・ゴング・クビヤール、ガムラン・プレゴンガンそしてガムラン・ゴング・グデ(日本国内6セット、

バリ島37セット)は、5音階の一番下の音高が西洋音階のH(シ)からF(ファ)までさまざまあることがわかり、これらは、だいたい4つに分類されることがわかってきた。

ガムラン・プレゴンガンは3セット測定したが、いずれも全体的に音高は高く、音階の一番下の音高が西洋音階のD(レ)からF(ファ)の間にある。それに比して、ガムラン・ゴング・グデは2セット測定したが、いずれもガムラン・プレゴンガンより低く、音階の一番下の音高が西洋音階のC(ド)である。

また、地域によって音高や音程に特徴があり、バリ島東側にあるクルンクン県(5セット、いずれも1930年代に製作された)とカラングスム県(2セット)のガムラン・ゴング・クビヤールの音高は低く、いずれも5音階の一番下の音高が西洋音階のH(シ)である。

バリ島中部のタバナン県(8セット)、バドゥン県(2セット)およびギャニヤール県(1セット)のガムラン・ゴング・クビヤールは、ガムラン・ゴング・グデに音高や音程が近く、いずれも5音階の一番下の音高が西洋音階のC(ド)である。

バリ島北部のブレレン県のガムラン・ゴング・クビヤールは7セット測定を行ったが、音高がガムラン・プレゴンガンに近いものとガムラン・ゴング・グデに近いものとの二つに分かれる。

③教育機関である芸術大学ASTI(現在のISI)が持っている1969年製のガムラン・ゴング・クビヤールと芸術高等学校SMKIが持っている1962年製のそれらの音高はガムラン・プレゴンガンに近く、5音階の一番下の音高が西洋音階のCis(ド#)およびD(レ)と高い。いずれも演奏家であり、ガムラン製作者でもあったブラタ氏が製作して調律を行っている。また、デンパサール特別区のアビアンカパス集落にあるガムラン・ゴング・クビヤールは1963年にやはりブラタ氏によって製作されており、芸術大学ASTIのそれらに音高や音程に近い。そして、1929年に造られたブラルアン集落のガムラン・ゴング・クビヤール(現在はグレンチェン集落にある)の音高は芸術高等学校校SMKIのそれらの音高や音程に近い。ブラルアン集落は、1929年以前、ガムラン・プレゴンガンを使用していたようである。また、このブラルアン集落のガムラン・ゴング・クビヤールはブラタ氏の父親が製作や調律に関わっていたようである。現在バリ島で作られている標準的なガムラン・ゴング・クビヤールは、これら教育機関で使用されているガムラン・ゴング・クビヤールの音高や音程に近いものが多い。

このように、歴史的に古いと呼ばれるガムラン楽器だけでなく比較的新しい楽器でも、

それぞれの音響特性の地域による特徴や、造られた当時、流行して演奏されていた作品、演奏方法の特徴の類似などの関係が見えてきた。つまり時代や地域による相違が徐々に明らかになってきた。

すでにバリ島においてガムラン・ゴング・クビヤールを中心に37セットのペログク音階のガムランを測定したが、バリ島6県のサンプル数には偏りがある。また、バリ島西側のジュンブナナ県およびバリ島北東部のバンリ県の2県では測定をまだ行っていない。すなわち、今後の研究活動としては、これまでの研究成果を基にして、さらに、なるべく製作年代が分かっているバリ島のガムラン・ゴング・クビヤールを地域ごとに測定および調査して、それらの音高、音程およびうなり周波数をガムラン演奏者や調律師へのインタビューと照らし合わせながら比較検討する。

(2) バリ島の楽器工場で試作したガムランの鍵盤をモデリングにして、有限要素法を用いて3次元固有値解析を行い、実験から求めた周波数と数値計算から求めた2次モードの周波数がほぼ近似していることを確認し、これらを日本音響学会で発表した(2012年日本音響学会秋季研究発表会で発表)。ここで実験値が2293Hz(図3)に対して、図4の固

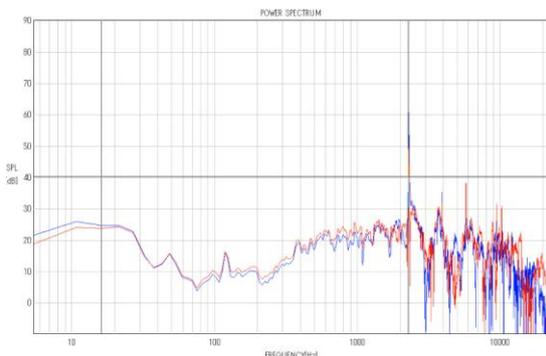


図3 実験値のFFTパワースペクトル  
(ピーク周波数  $f$ : 2293Hz)

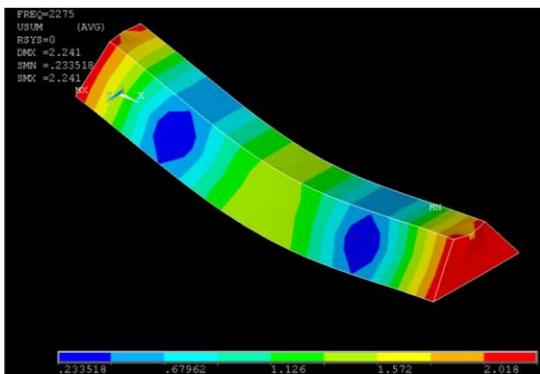


図4 2次モード( $f=2,275\text{Hz}$ )

有値が2275Hzであり、ほぼ近似している。

今後は、これらの数値シミュレーション手法を鍵盤の反りなども考慮し、さらに詳細に計算できるようにして、どのくらい鍵盤を削れば、どのくらい音が変わるのかという調律技術を明らかにする。このことは、再調律された古いガムランが、どのくらい製作されたときと音が変わったか判断するときの予測に大いに役にたつものと期待される。

まだ、本研究自体は研究途中ではあるが、上記で述べたように、詳細な音響分析と精緻な音楽演奏研究、文化コンテクスト研究の視点からガムラン音楽をとらえるという音響学と民族音楽学の学際的見地から、はっきりと判らなかつたバリ島のガムラン・ゴング・クビヤールの調律方法や構成楽器の変遷をいくつか明らかにすることができた。また、時代や地域の異なるガムラン楽器の音響特性の比較研究により、19世紀末から21世紀までのバリ音楽史を音響面からいくつか明らかにすることができた。このことは、従来、理工学的方法を採用してこなかつたガムラン音楽の研究に大きく寄与するばかりでなく、国際的にも民族音楽学分野に対して大きな刺激となっている。また、こうした研究成果は、ガムラン音楽に対する伝統文化財としての保存や新たなガムラン音楽の創作等に対しても影響を与える意義あるものである。今後、さらに研究活動を続けていきたいと考えている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 塩川博義：インドネシア・バリ島におけるガムランのうなり —その2 ガムラン・グンデル・ワヤンおよびガムラン・アンクルン—、騒音制御、査読有、36巻2号、2012、pp.195-200
- ② 塩川博義：インドネシア・バリ島におけるガムランのうなり、騒音制御、査読有、35巻1号、2011、pp.89-96

[学会発表] (計3件)

- ① 豊谷純、塩川博義：有限要素法による青銅製ガムラン用鍵盤の3次元固有値解析、日本音響学会、2012年9月19日、信州大学
- ② 藤田考治、豊谷純、塩川博義：鍵盤楽器ガムラン音板の有限要素法による2次元音響固有値解析、日本音響学会、2011年9月22日、島根大学
- ③ 藤田考治、豊谷純、塩川博義：有限要素法を用いたガムランの鍵盤楽器の音響解析、日本音響学、2010年9月16日、関西大学

[その他]

新聞記事：

- ① Kepincut Gong Kebyar Tiga Profesor Jepang Lakukan Penelitian: RADER BALI, 2011.9.5
- ② GAMELAN GONG KEBYAR DITELITI Oleh Tiga Profesor Jepang: WARTA BALI, 2011.9.5
- ③ Tiga Profesor Jepang Meneliti Gamelan Bali:Nusa Bali, 2011.9.5
- ④ Penelitian Gong Kebyar Tiga Profesor Jepang: FAJAR BALI, 2011.9.5

ホームページ：

[http://home.h03.itscom.net/shio\\_lab/research.htm](http://home.h03.itscom.net/shio_lab/research.htm)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

塩川 博義 (SHIOKAWA HIROYOSHI)

日本大学・生産工学部・教授

研究者番号：50187324

### (2) 研究分担者

梅田 英春 (UMEDA HIDEHARU)

静岡文化芸術大学・人文・社会学部・教授

研究者番号：40316203

皆川 厚一 (MINAGAWA KOICHI)

神田外語大学・外国語学部・准教授

研究者番号：60337748

### (3) 連携研究者

豊谷 純 (TOYOTANI JUN)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：70459866