

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19500184

研究課題名（和文）

世界無形遺産グルジア伝統ポリフォニーの音響構造分析と感性評価

研究課題名（英文）

Sound structure analysis and KANSEI evaluation of Georgian Polyphony

研究代表者

河合 徳枝 (KAWAI NORIE)

国際科学振興財団・研究開発部・主任研究員

研究者番号：50261128

研究成果の概要(和文): ヨーロッパ多声合唱の源流といわれるグルジア伝統ポリフォニーの音響構造の特徴と、その生理的・心理的效果を検討した。グルジア伝統ポリフォニーは人間の可聴域上限を大幅にこえ非定期的に変化する超高周波成分を豊富に含むこと、その音律は 12 平均率とは異なる独特のものであること、そうした音響構造は聴取者の基幹脳活性と相関の高い脳波ポテンシャルを増大させ心理的な好感度を高めることに寄与していることが見出された。

研究成果の概要(英文): Georgian traditional polyphony seems to be one of the origin of polyphonic chorus in Europe. We examined its physiological and psychological effects. We found that the sound of Georgian traditional polyphony contained rich and fluctuating high frequency components above the audible range of human, its unique temperament was different from twelve-tone equal temperament. We also found that these characteristics of sound structure contributed to activate potential of alpha-EEG that correlated with the activity of fundamental brain, and improved its favorable impression.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成19年度	1,500,000	450,000	1,950,000
平成20年度	1,100,000	330,000	1,430,000
平成21年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：精神生理学

科研費の分科・細目：情報学 感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：グルジア音楽、ゆらぎ構造、超高周波成分、ポリフォニー、合唱

## 1. 研究開始当初の背景

グルジアすなわち南コーカサス一帯には、独特の発声法による複雑高度な構成とユニークな和声をもつ伝統的な多声合唱（ポリフォニー）が伝承されている。この合唱体系は、東西ヨーロッパのポリフォニーの源流の一つであることが明らかになり、2001年に「人類の口承及び無形遺産の傑作」（いわゆるユネ

スコ世界無形遺産）の第一号にわが国の「能楽」等とともに指定されて以来、急速に注目を集めている。しかし、その音響構造や感性効果に着目した研究は、緒についたばかりといえる。

研究代表者らは 1970 年代からこの優れた伝統ポリフォニーに注目し、1986 年から現地の合唱音楽継承者との交流を開始、1999 年に

はグルジア各地で伝統的合唱の超広帯域録音を行った。2002年からトビリシ国立芸術大学が中心となってグルジアで毎年開催されている伝統ポリフォニー国際シンポジウムに招待を受け、連続して研究発表を行った。こうした学术交流を通じて、グルジア伝統音楽国際センター理事会議長をつとめる世界的な指揮者・合唱指導者でありグルジア伝統ポリフォニーの研究者である Anzor Erkomaishvili 氏らから共同研究の申し入れを受け、グルジア伝統ポリフォニーについてグルジア・日本両国で本格的に研究する体制が整った。そこで、この研究課題を申請した。

## 2. 研究の目的

グルジア共和国に千年を超えて伝承されてきた高度な多声合唱（ポリフォニー）は、人類が築きあげてきた芸術文化の至宝のひとつであり、西欧のポリフォニーの源流といわれる。ユネスコにより『人類の口承・無形遺産の傑作』第一号の指定を受けたグルジアの伝統ポリフォニーは、人類の感性脳を強力かつ高度に誘起し、人類普遍の魅力をもつ。この研究では、グルジア伝統ポリフォニーに特異的にみられる周波数・ゆらぎ・ピッチ（音高）などの音響構造を解明し、それらが人間の脳における感性反応にどのように作用しているかを検討することを目的とする。

そのために、以下の研究を行う。

### (1) グルジア伝統ポリフォニーの音響構造分析

グルジア伝統ポリフォニーの超広帯域録音物を分析対象とし、可聴域についてはピッチ解析に基づいてその独特な音律について検討する。さらに、研究者らが開発してきたマイクロな時間領域を対象とした超広帯域音響構造分析手法を用いて、可聴域・超可聴域にわたるグルジア伝統ポリフォニーの音響構造の特徴を抽出する。ベルカント唱法による声楽を比較対照とする。

### (2) グルジア伝統ポリフォニーの音響構造が聴取者に及ぼす感性効果の検討

前項で抽出したグルジア伝統ポリフォニーを特徴づける音響構造に着目し、その感性的な効果を検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) グルジア伝統ポリフォニーの音響構造分析

グルジア伝統ポリフォニーの録音は、マイクロフォン B & K 4939、高速標準化1ビット量子化方式によるオリジナルレコーダー等によ

って構成した超広帯域音響収録システムを用いて行った。

これとは別に、共同研究者 Erkomaishvili 氏から、多声部の合唱を唄っている複数の歌い手の声をそれぞれ独立したトラックに収録した CD の提供を受け、これをピッチ解析に使用した。

録音したデータについて、高速フーリエ分析 (FFT) による周波数分析、および、オリジナルに開発した最大エントロピースペクトルアレイ法 (MESAM) を応用した複雑性の定量分析を行った。MESAMでは、音楽信号の時系列データを高速サンプリングによりA/D変換した後、音信号を多数の短い区間 (10 ms) に分割し、それぞれの区間の最大エントロピースペクトル (MEスペクトル) を求めた。次にそれらを三次元アレイ状に配列し、経時的な形状変化を視覚的に観察した。スペクトル計算・表示にはMATLAB言語を用いた。

さらに、MEスペクトルの時間的変化の度合を定量的に評価するために、周波数ポイントごとに、時間軸に沿って一階微分値を求めた。その絶対値を、解析対象時間と解析対象周波数帯域を通して積算し、累積変化量を求め、これを <MEスペクトル一階微分累積変化量> とした。また、時間的に増減を繰り返すような変化の複雑性 (変化の変化) を定量的に評価するため、同様にMEスペクトル二階微分値の絶対値を、解析対象時間、解析対象周波数帯域を通して積算し、累積変化量を求めた。これを <MEスペクトル二階微分累積変化量> とした。

### (2) グルジア伝統ポリフォニーの音律が聴取者に及ぼす感性効果の検討

前項の検討により、グルジア伝統ポリフォニーは、独特の音律構造を有することが見出された。音律構造が聴取者に及ぼす感性効果についての研究はそれほど行われていない。そこで、このグルジア独特の音律構造の感性的な影響を調べるために、グルジア伝統ポリフォニーの3声部の楽曲を電子的処理によってピッチ変換し、現代西欧圏の音楽においてもっとも標準的に用いられている十二平均律に再構成した楽曲を作成し、呈示用音試料とした。

それらの楽曲についての主観的印象の相違を調べるために、質問紙調査法による心理実験を行った。原曲および十二平均律にピッチシフトした楽曲を呈示し、複数の用語対について5段階での評価を求めた。得られた結果はシェッフェの対比較法によって分析した。

#### 4. 研究成果

##### (1) グルジア伝統ポリフォニーの音響構造分析 音律の分析

ピッチ解析を行った結果、グルジア伝統ポリフォニーの音律は、各音が十二平均律との間に数～数十セントの差をもち、純正律に比較的近い値をとりつつも、半音差の箇所では純正律のピッチと大きく異なることが見出された。さらに、各音の音高は単に十二平均律と異なるだけではなく、他の声部との相対的な関係によって随時調整されるという特異な仕組が存在していることも示唆された。

##### 周波数分析

FFTによる周波数スペクトルを分析した結果、グルジア伝統ポリフォニーには、人間に音として聴こえる周波数上限(20kHz)をこえ、時として40kHzを上まわる超高周波成分が豊富に含まれていることを見出した。対照として分析したベルカント唱法による歌声には、20kHzを上まわる高周波成分は殆ど含まれていなかった。

##### ゆらぎ構造分析

MESAMによるゆらぎ構造分析の結果、グルジア伝統ポリフォニーでは、基音が一定で持続している間にも、40kHzを超える超高周波成分が非定常かつ複雑に変化しているという著しい特徴が見出された。一方、対照としたベルカント唱法による歌声では、単調な変化が可聴域にのみ観察された。

0～48kHzの周波数帯域における<MEスペクトル二階微分平均値>および<MEスペクトル一階微分平均値>は、いずれも、ベルカント唱法による歌声よりも、グルジア伝統ポリフォニーにおける歌声の値の方が大きく、複雑性がより高いことを支持した。

さらに、グルジア伝統ポリフォニーのソリストの演奏部分、トリオの演奏部分、約10名による合唱の演奏部分について、比較検討を行った。その結果、演奏者数が増えるにしたがって超高周波成分のパワーが増し、スペクトルの変化がよりダイナミックになる傾向が見出された。

以上から、非定常的に変化する超高周波成分の豊富な含有は、グルジア伝統ポリフォニーの音響構造のひとつの特徴と考えられる。

研究者らはすでに、可聴域上限をこえる高周波成分を豊富に含み非定常に変化する複雑性の音は、これを聴く人の<基幹脳>(視床、視床下部、脳幹を含む基幹的機能を担う深部構造)およびそれに発する神経ネットワークの活性化、そしてそれを反映した領域脳血流値の増大、脳波の増強、免疫活性の上昇、ストレス性ホ

ルモンンの減少、音のより快く美しい受容の誘起、音をより大きく聴く行動の誘導など多岐にわたる反応を導くことを見出し、これらの複合的な応答を<ハイパーソニック・エフェクト>と命名している。グルジア伝統ポリフォニーは、ハイパーソニック・エフェクトを導く音としての要件を具えており、それがグルジア伝統ポリフォニーの感性効果の大きな要因となっていると考えられる。

##### (2) グルジア伝統ポリフォニー独特の音律の感性評価

今回の分析によって新たに明らかになったグルジア伝統ポリフォニー独特の音律が人間に与える感性的な影響を調べるために、オリジナルの楽曲と、それを十二平均律に合わせてピッチ変換した曲とを呈示し、主観的印象評価実験を行った。その結果、グルジア伝統ポリフォニーの方が十二平均律にピッチ変換したポリフォニーよりも、「透明感がある」「落ち着く」「好き」など心理的な好感度が高いことが統計的に有意に見出された。グルジア伝統ポリフォニーのもつ音律は、十二平均律の音律に比較して、音楽に対するポジティブな感性反応をより強く引き起こすことが示唆された。

以上の結果をさらに発展させた研究を、今後も継続することを計画している。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計2件)

\*森本雅子、八木玲子、本田学、福島亜理子、前川督雄、仁科エミ、アンゾール・エルコマイシビリ、大橋力、河合徳枝、ハイパーソニック・サウンドの音響構造について(その1)グルジア伝統ポリフォニー、日本音響学会平成21年春季研究発表会、2009年。

森本雅子、河合徳枝、グルジア伝統ポリフォニーの音響構造について - 西欧圏の合唱音楽との比較を通して -、第26回民族芸術学会大会、2010年。

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河合徳枝 (KAWAO NORIE)  
国際科学振興財団・研究開発部・主任研究員  
研究者番号：5 1 2 6 1 1 2 6

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

仁科エミ (NISHINA EMI)  
放送大学・ICT活用・遠隔教育センター・教授  
研究者番号：2 0 2 6 0 0 1 0

森本雅子 (MORIMOTO MASAKO)  
国立精神・神経医療研究センター・神経研究所・室長  
研究者番号：5 0 3 1 2 2 1 0

(4) 研究協力者

Anzor Erkomaishvili  
グルジア伝統音楽国際センター・理事会議長