

# 和太鼓演奏運動のリズム取得に向けたリアルタイム運動診断システム

中島瑛太<sup>†1</sup> 高本綺架<sup>†1</sup> 松下宗一郎<sup>†1</sup>

**概要**：小型軽量の腕時計型慣性運動センサデバイスを使用し、和太鼓における利き手側の演奏運動をリアルタイムにて可視化する情報処理システムを製作した。和太鼓の演奏では、リズムを管理するような指揮者が存在しない。さらに、表情や掛け声も演奏で重要な要素であるため、互いの打ち込み動作を確認しづらくリズムを合わせるのが困難である。そこで、本研究では和太鼓演奏でリズムキープをすることが多い、最も小型の和太鼓である締太鼓を演奏者に打ち込み、リズムと運動パラメータをフィードバックすることで、安定したリズムを打ち込むことができるか検証した。ここで、演奏者が打ち込むリズムのパラメータとしては上腕ひねり角速度の時間二階微分した角躍度と手首上面鉛直方向の加速度2階微分の値の積の絶対値を用いており、音響と比較結果、時刻差分は強弱に関わらず±10msec以内に収まっていた。そして、演奏者の流派が異なっても視認が容易となる画面表示デザインについて、グラフや数値による無機的な表現と、円を用いた感性的な表現を組み合わせた運動診断システムを制作し、演奏者による比較実験を実施した。

## 1. はじめに

和太鼓という楽器は木材の筒に牛皮や馬皮を張った打面にバチと呼ばれる木材の棒状の道具で叩くことで音響を生じる打楽器の1つである。和太鼓を中心とした舞台芸能として「創作和太鼓」が1950年以降に定義されている。現在では、プロのチームから小学生のチームまで幅広く存在しており、近年はイベントだけではなく大会も開催されている。創作和太鼓では複数的人数で演奏することが多いが、吹奏楽のような指揮者が存在しない。また、長胴太鼓や締太鼓、大太鼓など様々な種類の太鼓を組み合わせで演奏する。さらに、創作和太鼓では音だけではなく、打ち込みの動作や表情、掛け声も重視な要素とされている。しかし、演奏中は互いに打ち込み動作を確認しづらいため、人数が多いほどリズムを合わせるのが難しくなるという課題がある。和太鼓のリズム解析手法としては、和太鼓を打ち込む際に生じる音響を分析する方法が挙げられる[1]。しかし、実際の練習では複数人で演奏することが多いため、音響による評価は困難である。また、先行研究では時間差分が大きく、実際のレッスンで適用することが困難である。Matsushitaはエレキギター演奏において、利き手側手首に装着する慣性運動デバイスにより、リズム分析を行うことが出来ると報告している[2]。しかし、和太鼓でも同様のリズム分析が可能であるかは明らかになっておらず、リアルタイムシステムでの開発がされていなかった。

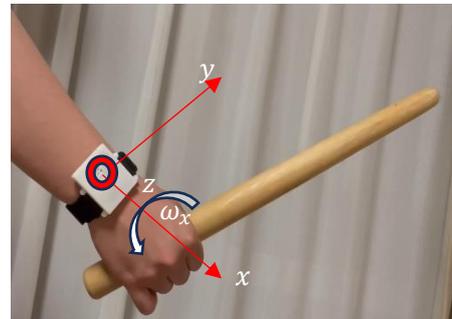


図1 腕時計型モーションセンサによる演奏運動計測

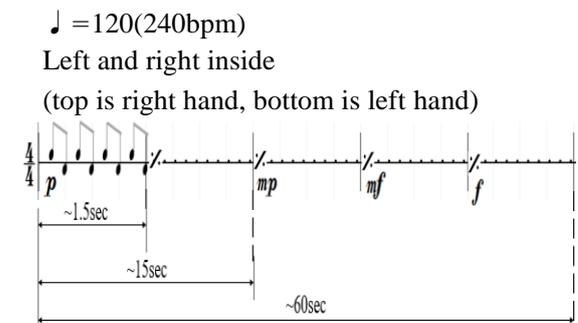


図2 締太鼓両手打ちによる演奏譜面

## 2. 腕時計型モーションセンサによる運動計測

図1に腕時計型モーションセンサデバイスを用いた和太鼓演奏の様子を示す。デバイスの総重量は25グラムと軽量であり和太鼓演奏運動に与える影響は極めて少ない。デバイスには3軸加速度ならびに3軸角速度センサが搭載されており、打ち込みの衝撃を正確に捉えるために

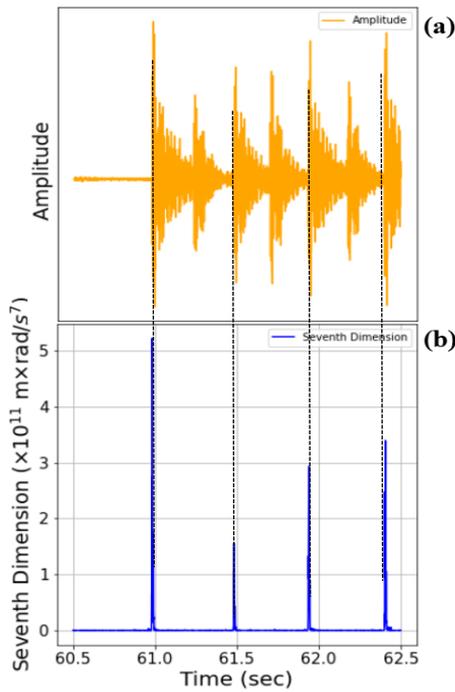


図3 和太鼓経験者による演奏波形

サンプリング周波数を 1024Hz としている。また、デバイス上で上腕ひねり回転軸(x軸)まわりの角速度を時間二階微分した角躍度といった運動パラメータを計算し、PC 等への外部デバイスへワイヤレスにて転送することができる[3]。図2は縮太鼓両手打ちによる演奏譜面例であり、指を握り打ち込む強さを4段階に分けている。

### 3. 打ち込みのリズム数値評価

和太鼓演奏におけるリズムを分析する方法については、音響を用いる手法が使用されているが、この手法では正確な時刻推定が困難である。そこで、本研究ではモーションセンサの手首上面鉛直方向の加速度2階微分(djz)とx軸まわりの角速度2回微分(ajx)の積の絶対値を衝撃量(7th dimension impulse)と考え、そのピーク時刻と和太鼓から生じる音響のピーク時刻との差分を比較した。図3(a)は和太鼓経験者3年以上がウォーミングありの状態です。15秒ごとに打ち込みを強くし、合計60秒間連続で8分を叩いた際の音響であり、図3(b)は衝撃量の挙動を示したものである。音響が最も大きくなる時、衝撃量も大きくなるのがわかり、強さを変化させた時にも同様の結果であった。60秒間の音響と衝撃量の最大値時刻を記録し、時刻差分を調べた結果、音響データと衝撃量のピーク時刻差分は最も強く打ち込んだ時を除いて±5ms以内に収まっていた。

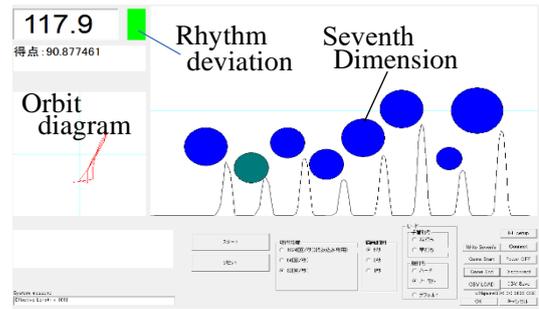


図4 和太鼓演奏運動解析システム

西堀によれば、人間が認識可能な時刻差分は8ms以上であることから、人間の聴覚では音響とセンサの時刻差分を認識できないことがわかる[4]。また、最も強く打ち込んだ時は、±10ms以内であった。これは、和太鼓の打ち込みの際に生じる運動がセンサのダイナミックレンジ(±16G)を超えてしまうためであることが分かった。

### 4. リアルタイム演奏運動診断システム

演奏運動パラメータを数値として計測し、それを演奏者にリアルタイムでフィードバックするシステムについて検討した。予備実験の結果、数値を文字やグラフにして表示するだけでは、システムへの注目が優先され、演奏運動に支障が生じることが分かった。そこで、演奏運動の評価結果を伝える方法として、図形や色を用いた非言語表現を考えた。図4は制作したPCの画面である。和太鼓を叩いた時に円が表示され、リズムの安定性を色として提示することで、流派が異なる人でも使用できるシステム構成にしている。

### 5. 結論および今後の展望

本研究では和太鼓演奏におけるリズムについて、モーションセンサで評価し、それを演奏者に提示するシステムの開発ならびに評価を行った。今後は本研究の成果を活用し、和太鼓演奏運動において重要なスナップや腕の上下運動について検討していきたい。

### 参考文献

- [1] 工藤喬也, 松田浩一: 和太鼓におけるリズムのズレ提示法による学習効果の違い, 人工知能学会第二種研究会資料, (SKL-21), pp04-(2015).
- [2] S. Matsushita: Single-Note Guitar Picking Detection by Using Wrist-Worn Inertial Motion Sensors, Proc. of IEEE Global Conf. on Consumer Electronics (GCCE2024), pp.21-24 (2024).
- [3] 松下宗一郎, 小松叶芽, 田村 黎, 加茂文吉: 身体運動の日常的評価に向けたパーソナルモーションキャプチャデバイス: エレキギター演奏の運動学的診断への応用, 情報処理学会論文誌, Vol. 64, No. 6, pp. 1123-1133 (2023).
- [4] 西堀佑, 多田幸生, 曾根卓朗: 遅延のある演奏系での遅延の認知に関する実験とその考察, 情報処理学会論文誌, Z0031B, pp37~42 (2003)