

# 音楽ライブ鑑賞におけるリズム感覚の計測 ～腕時計型モーションセンサによるペンライト振り運動の分析～

松下 宗一郎<sup>†</sup>

東京工科大学コンピュータサイエンス学部<sup>†</sup>

## はじめに

ポピュラー音楽のライブ演奏では、聴衆がペンライトと呼ばれる棒状の発光器具を手で把持しつつ振ることで、奏者や他の聴衆との一体感を高めている場面が散見される。ここでは、拍手等による反応が演奏の前後にて行われるのに対し、演奏の進行中にも聴衆からのフィードバックを奏者が受けられることで、ライブにおける時間と空間を共有による感性的な効果がより高まるものと考えられる。この一方で、ライブ演奏における聴衆自身の状態を記録することで、演奏された楽曲に対する自身の感性応答の様子を客観的に知ることで、新たな発見につながる可能性がある。例えば、ライブ演奏を聴くことで、CD やオンラインでのレコーディング音源を聴取した際とは異なる印象や評価が生じることがある。しかしながら、ライブ演奏中に感想等を文字にて記録することや、自身の状況を動画撮影するといった感性応答反応の計測評価手法を用いることは、著作権や会場環境といった種々の制約条件により困難である。そこで本研究では小型軽量な腕時計型運動センサによりペンライト振りの状況を記録し、リズム感の推定を行うことで、ライブ演奏に対する感性応答を客観的に計測する手法の検討を行った。

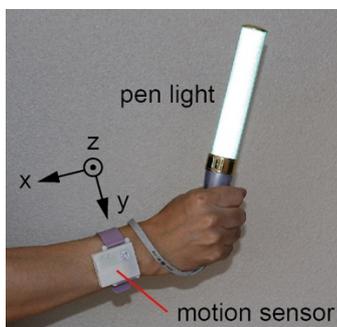


図1 腕時計型センサによるペンライト振り計測

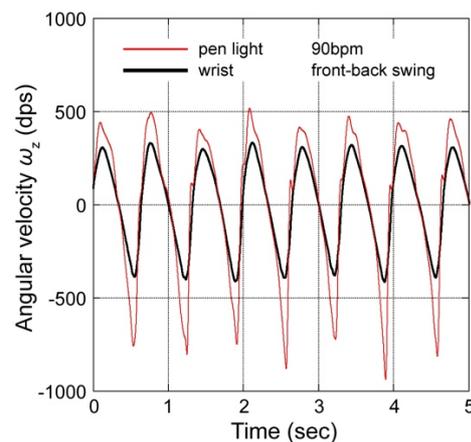


図2 ペンライトの前後振りにおける角速度信号

## 腕時計型センサによるペンライト振りの計測

図1に利用者の利き手(右手)によりペンライトを把持しつつ、手首に装着した腕時計型運動センサデバイスにより振りの計測を行っている様子を示す。ここでは、ペンライト側に小型の運動センサデバイスを装着することも考えられるが、多種多様なペンライトに対応できることや、幅広い利用者にとって違和感なく使用できる形態であることから、腕時計型デバイスでの運動計測を行うこととした。運動センサデバイスは3軸加速度センサ並びに3軸角速度センサを搭載しており、サンプリング周波数1024 Hzにてデバイスに内蔵されたSDメモ리카ードに運動信号を連続9時間以上記録することができる。また、デバイスの総重量は約39グラムであり、典型的なペンライトの重量である約90グラム前後と比べて十分に軽量となっている。図2はペンライトの手元付近に運動センサデバイスを取付けた状態で、腕時計型センサデバイスとともに分速90回(90 bpm)での前後振り動作を行った際の回転角速度(z軸まわり)を示している。ここで、ペンライトは利用者にて比較軽く把持されていることや、投げ出されるような動きにより手首位置よりも大きい角速度が観測されることが分かる。この一方で、振り下ろす際に生じる負の角速度が最大となる時刻が両方のセンサにて共有されていることが見て取れる。

Estimating the sense of rhythm while swinging a pen light in music live performance

<sup>†</sup> Soichiro Matsushita, School of Computer Science, Tokyo University of Technology, Japan

表1 ペンライトと手首位置でのリズム推定結果

Metronome (bpm)	front-back(1) wrist/pen light		front-back(2) wrist/pen light	
	rhythm (bpm)	deviation (%)	rhythm (bpm)	deviation (%)
90	90.1 / 90.0	1.4 / 2.0	89.6 / 90.2	2.1 / 1.9
110	110.0 / 110.4	2.9 / 1.9	110.1 / 109.9	2.3 / 1.6
130	130.4 / 130.8	2.1 / 2.1	129.9 / 129.9	2.6 / 1.7
150	150.2 / 150.6	2.0 / 2.1	150.1 / 150.4	2.6 / 1.7

回転角速度のピーク時刻から、奏者の利き手側運動によるエレキギター演奏タイミングを精度良く推定できることが報告されている[1]。表1はペンライトを振り下ろした際に生ずる角速度のピーク時刻を振りのタイミングと考え、その平均時間間隔と標準偏差から、平均リズムとリズム揺らぎを計算した結果である。ここでは、ロック等のポピュラー音楽にて頻出する90から150 bpmのリズムにメトロノームを設定し、手でしっかりとペンライトを把持する振り方:front-back(1)と、スナップを利かせ、軽く把持したペンライトをリズムに合わせて鋭く動かす振り方:front-back(2)について計測を行った。この結果、リズムの計測においては腕時計型運動センサによりペンライトの運動に漸近するタイミング評価が行えることが分かった。

一方、音楽ライブにおけるペンライトの振り方としては、前出の前後振りに加え、目前にて左右に大きく振る方法(左右振り)や、やや上方にてペンライトの先端が円を描くように振る方法(回転振り)が知られている。このうち、回転振りについては前後振りの場合と同じ計算手法によるリズム推定が可能であった。しかしながら、比較的ゆっくりしたリズムの場面で使用されることの多い左右振りについては、角速度(y軸まわり)に明確なピーク値が現れないことから正確なタイミング推定は困難であった。

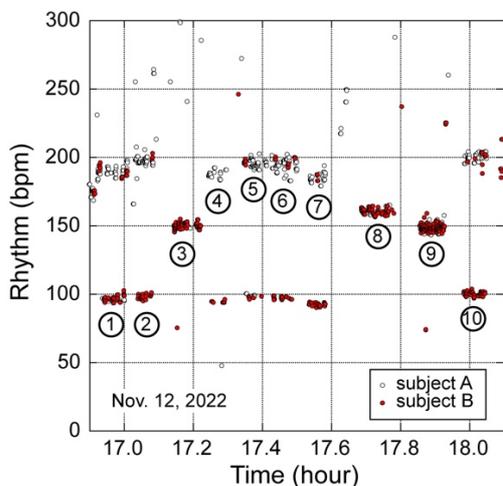


図3 音楽ライブにおけるペンライト振りリズム

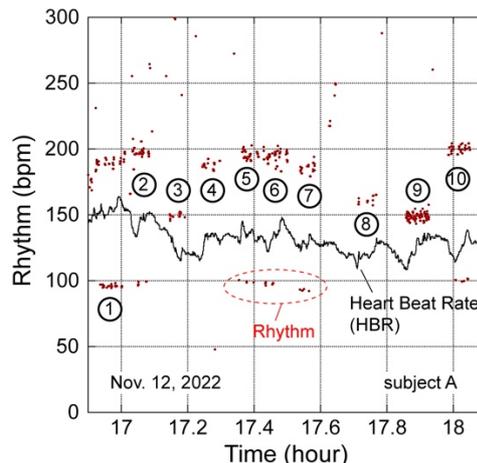


図4 音楽ライブにおける振りリズムと心拍数

### 実際の音楽ライブにおけるリズム感計測実験

ペンライト振りのリズム推定を手軽に行うことができる腕時計型デバイスについて、実際の音楽ライブにおける計測を行った。実験ではエレキギター演奏経験のある2名の被験者(A:58歳, B:26歳)がそれぞれ利き手側に腕時計型運動センサを取り付け、約5時間弱にわたる音楽ライブの全時間帯にて計測を行った。図3はペンライト振りリズムの時間推移であるが、各曲の切り替わりを容易に推定することができた。また、被験者Aは被験者Bに対し2倍のリズムでペンライトを振っていた時間帯があった。これは、例えば小節の構成要素が4分音符であると感じるか、8分音符としているのかの差が反映されており、いわゆる楽曲の「ノリ」の捉え方が両被験者の間で異なっていたことが示唆された。一方、図4は被験者Aが非利き手側に装着した腕時計型心拍数計による計測結果をリズムの推定値に重畳したものであるが、曲間の休憩(曲2と曲3, 曲7と曲8, 曲8と曲9のそれぞれの間)にて心拍数がやや低下していることが分かる。

### まとめと今後の展望

ポピュラー音楽ライブにおけるペンライト振りの様子を小型軽量の腕時計型運動センサにて計測することで、音楽に対するリズム感の変化を客観的に知ることができた。今後はより多様な運動様態への対応を検討するとともに、より高次元感性応答評価手法の確立を目指したい。

### 参考文献

[1] Kamo, F. and Matsushita, S.: Evaluating Electric Guitar Strumming Form as Musically Correct Rhythm And Sharpness Using Wrist-Worn Inertial Motion-Tracking Device, IEEE ICCE2022, pp. 881–886 (2022).