

ギターのコードストローク演奏運動分析システム ～演奏様態を擬音化するインタラクションに向けて～

志水一斗^{†1} 奥村ヒョービ^{†1} 福田虎太郎^{†1}
肥後瑠一^{†1} 吉田海^{†2} 松下宗一郎^{†1}

概要：エレクトリックギターの演奏では、エフェクターやアンプといった機器の特性から、奏者の意図や技量とはかけ離れた音響が生じる特性がある。そして、初学者に誤った印象を与えることで、正しい技量向上が阻害されてしまう可能性が生じている。そこで本研究ではギター演奏者の利き手側に装着する腕時計型運動センサにより、コードストロークによる演奏運動の状態を擬音表現にて奏者に伝えるインタラクションシステムの検討を行った。その結果、豊富な演奏経験を有する演奏者では、演奏速度や演奏強度によらず、手首の角加速度（角躍度）と角速度との間に明瞭な比例関係が見られることが分かった。また、様々な技量レベルにある被験者での実験結果から、これらの数値の比率により演奏運動のスムーズさを数値表現できる可能性が見出された。

1. はじめに

エレクトリックギターは1950年代の登場以降、ロックやポップスをはじめとする幅広い音楽ジャンルにて使用されている楽器であり、電気増幅ならびに信号処理を組み合わせることで、楽曲において望ましい音響を手軽につくり出せる電子楽器としての性格を有している。また、楽器を含めた機材が比較的安価かつ小型であったことにより、若年層を中心とした多くの演奏者に受け入れられてきた。そして、非利き腕側の手指で押弦しつつ、利き腕側にて弦を弾くコードストロークと呼ばれる奏法では、演奏初心者が比較的短時間にて楽曲の雰囲気表現することができる。しかしながら、手軽に始められるという特性の一方で、エレクトリックギターによる演奏技法は非常に多岐に渡っており、奏者の多くは「望ましい音響をいつでも奏でられる」という、表現者としての究極的な到達点を目指している。

そこで本研究では、音響の特性に大きな影響を与えるエフェクターやアンプといった機材とは関係なく、演奏運動信号から奏者がどのような演奏表現技量を達成しているのかを分析する情報処理システムの検討を行ってきた。そして、コードストローク奏法においては、利き腕側における演奏運動について、初心者と熟練者の間に角速度ピーク値の揺らぎに大きな相違があることを見いだしている[1]。

2. 腕時計型運動センサデバイス

図1に本研究にて製作した腕時計型運動センサデバイスによるエレクトリックギター演奏運動分析の様子を示す。運動信号としては、3軸加速度（ $\pm 4G$, $1G = 9.8m/s^2$ ）及び3軸角速度（ $\pm 1000dps$, degree per second）を使用し、SDメモリーカードに連続16時間の記録を行うことができる。

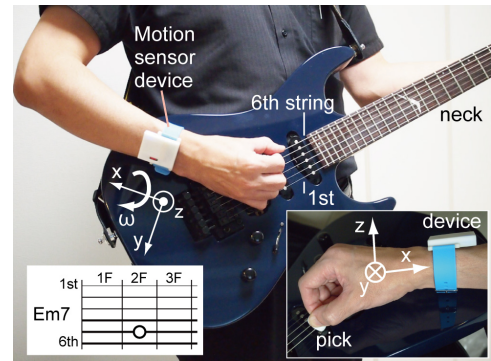


図1 腕時計型運動センサデバイスと座標系定義

ここで、腕時計型デバイスは被験者の利き手側（図では右手）に装着しており、前腕の上下運動では主にz軸まわりに、また手首の回旋運動ではx軸まわりに回転角速度が生じる。一方、コードストロークの演奏運動によりギター自体が動いてしまうことを抑えることに加え、生じる音響に音楽的な意味を持たせるため、非利き手側（図では左手）では図1内に示すEm7と呼ばれるコードにて押弦した。

3. コードストロークの運動分析

コードストローク奏法では、一般に複数のギター弦を利き手側の手指にて保持するピックにて上下方向に弾く運動を行う。この時、ライブ演奏の経験を有する演奏者では、利き腕側の肘を中心とする前腕の上下運動を主に用いる奏法と、手首の回旋運動による奏法とを併用している。図2は、演奏熟練者（subject1, 演奏歴40年以上、ライブ出演経験あり）に加え、エレクトリックギター演奏を経験を有しない2名の被験者（subject2, subject3）によるコードストローク演奏にて得られた角速度波形である。ここでは、被験者には1秒間あたり2回の往復運動（ $J = 120$ ）をメトロノームにて指示しているが、演奏熟練者を含めた全員にて

^{†1} 東京工科大学コンピュータサイエンス学部

^{†2} 東京工科大学大学院コンピュータサイエンス専攻

演奏リズムは概ね正確であることが見て取れる．一方で、利き手側の肘を中心とする角速度 ω_z と手首回旋による角速度 ω_x では、特に ω_x において、被験者間に大きな相違があることが分かる．この時、エレクトリックギターの出力音響では、演奏熟練者(subject 1)では引っかかりの少ない滑らかな演奏となっていたの対し、コードストロークによるピックと弦の衝突が不均一であることによる「ぎくしゃく」した音響が subject 2 および subject 3 にて観測された．

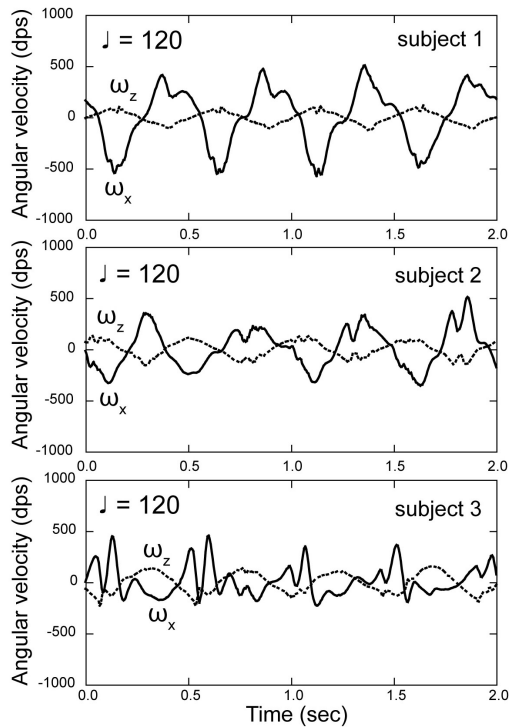


図 2 技量レベルの異なる演奏者による回転運動波形

4. スムーズさを表現する運動パラメータ

手の運動におけるスムーズについては、運動加速度を時間微分した加加速度（躍度：jerk）や角速度を二階時間微分した角加加速度（角躍度：angular jerk）による定量的な評価手法が報告されている[2]．また、ギター弦を1本のみ下方向へ引き下ろすダウンピッキングの技法については、角加加速度の一種である角加速度ベクトル軌跡長（AATL：Angular Acceleration vector Trace Length）といったパラメータの利用が提案されている[3]．ここで、腕時計型センサの取り付け位置や、重力加速度の影響といった視点から、本研究では角速度計測をもとにした運動パラメータの検討を行うこととした．ここで、回転運動のスムーズさについては、AATLの大小による表現を用いることが考えられるが、同じスムーズさを有する演奏運動であっても、演奏のスピードや強弱の付け方によってAATLは大きく変化してしまう．図3は、演奏熟練者が様々なスピードおよび強弱の付け方にてコードストロークを行った際の、1秒間あたりの3

軸合成角速度(AV)と AATL の分布を計測した結果であり、両者はほぼ比例関係にあることが見て取れる．すなわち、同様な演奏運動様態に対しては、スピードや強弱の付け方によらず、AATL と 3 軸合成角速度の比率(AATLw)が一定の値に近づくことが示唆された．また、表1はスムーズさの視点による演奏評価が高い順に5名の被験者について計算を行った結果を示したものであるが、AATLwによる順位と良く一致していることが分かった．

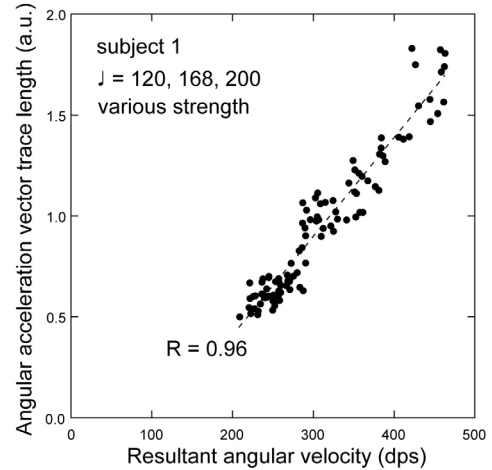


図 3 演奏熟練者による回転運動パラメータの分布

表 1 様々な技量レベルをもつ演奏者の運動パラメータ

Subject	AV(dps)	AATL(a.u.)	AATLw(a.u.)
1	250.2	2.813×10^6	1.124×10^4
2	188.0	2.951×10^6	1.569×10^4
3	134.8	3.244×10^6	2.407×10^4
4	110.9	2.672×10^6	2.410×10^4
5	119.3	3.755×10^6	3.146×10^4

5. まとめと今後の展望

以上により、演奏者の利き腕に設置した運動センサによって、スムーズさという視点からの演奏運動様態の数値化が可能であることが分かった．そこで今後は運動様態を表すパラメータを更に探索し、演奏者に分かりやすく伝えるシステムの実現を目指して行きたいと考えている．

参考文献

- [1] Matsushita, S. and Iwase, D., Detecting Strumming Action While Playing Guitar. Proceedings of International Symposium on Wearable Computers (ISWC '13), pp.145-146. 2013.
- [2] Hogan N. Sternad D., Sensitivity of Smoothness Measures to Movement Duration, Amplitude, and Arrests. Journal of Motor Behavior. 41:6:529-534. 2009.
- [3] Matsushita, S., Wrist-worn Motion Diagnosis Device for Heavy Metal Guitarists, IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2019), pp. 677-678, 2019.