

モーションキャプチャを用いたリズム演奏習得過程の分析

An analysis of skill acquisition process for rhythmic performances

上村 章浩*¹ 藤波 努*¹ 山本 知幸*¹
 Akihiro Kamimura Tsutomu Fujinami Tomoyuki Yamamoto

*¹北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
 School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

Although there are individual differences in the process of skill acquisition, the difference tends to be regarded to be the matter of "talent" and in the word "genius." However, why is such individual difference produced? In this research, while observing the process in which the beginner makes progress on the topic of the rhythm performance of samba with a shaker, we analyzed what difference exists in the acquisition process of body skill among students. In our experiment, the operation to move a shaker for two or more subjects was measured using a motion capture equipment, and cooperation of each part grade of the body was analyzed. Moreover, the operation of each subject was compared in terms of skill acquisition process, and we specified where the difference in progress would have arisen.

1. はじめに

シェイカーによるサンバのリズムの演奏を通じて、身体技能の発達過程を見るための研究を行った。本研究の目的は、演奏の上達する過程を時間領域と周波数領域で観察および観測することにより、何らかの変化を捉え、少しでも早く演奏の技が上達するヒントを得ることである。サンバの基本リズムの習得には短期間での上達が見込めるため、スキル上達の対象として適している。サンバのリズムを演奏する動作では身体全体を基本のリズムに合わせて周囲に躍動感を伝える事ができる。リズムの演奏の上手い・下手という点についてはいろいろと考えられるが、本研究では身体の様々な部位の動作の同期がとれていて、かつ協調していると見られる動作をリズムの演奏が上手いと判断している。

また、周期的な動作に関しては熟練者ではその動きが時間的にも空間的にも安定して見える。これは、周波数領域のみならずパワースペクトルに鋭いピークがあることに対応すると考えられる。一方、初心者の動きでは、動作が安定しておらず、周期的な動きを作り出すことが難しい事は容易に予想できる。そのため、パワースペクトルのピークも全体的に低いと思われる。以下では、これらのことを検証するためにサンバのリズム演奏を題材にした実験の詳細を記す。そして、スキルの発達過程を分析することにより、発達の特徴について一般性を見つける。最後に、実験結果について考察し、まとめとする。

2. 実験

実験は、5日間連続で行った。1,3,5日目を測定日として、2,4日目に身体の動作を改善する練習日とした。被験者にはサンバのリズムを演奏した経験はほとんどない人(AとB)の2名を選んだ。

2.1 実験手順

モーションキャプチャ装置により被験者の運動を計測した。計測にはAscention社のMotionStarを用い、身体の各部位を3次元で86.1Hzの時間解像度で測定を行った。

まず、被験者の身体の各部に位置検出用のセンサーを取り付ける。センサーが検出した位置から、1. 首, 2. 腰, 3. 右肘, 4.

連絡先: 上村 章浩, 北陸先端科学技術大学院大学, 〒923-1292 石川県能美郡辰口町旭台1-1, Email: akihirok@jaist.ac.jp

右手首, 5. 左股関節, 6. 左膝, 7. 右股関節, 8. 右膝の各部位の角度を時系列で測定した。詳細は[藤波04]を参照。

実験は異なる6種類のテンポを使用し、1つの実験につき3分間ずつで1日で6回の計測をおこなった。実験を行う前に、各被験者にテンポを変えて踊ってもらったところ、身体の動きが一番良く現れていた速さがA, Bそれぞれ100bpm, 110bpmであったため、その速さを中心にして測定を行った。測定には、リズムボックスを使用してテンポを指示しそれに合わせて踊るように指示した。テンポは次の順に変化させた。(a) 被験者 A : 80,90,100,110,120,100[bpm] (b) 被験者 B : 90,100,110,120,130,110 [bpm]

2.2 練習内容

被験者の動作の改善のため、2日目と4日目に以下の練習を行った。各回約1時間ずつで、教授が被験者2人の身体の動きを指導した。練習は、2日目に上半身の動作の周期性を出す事を目的とした。実験1の時よりも足のステップを押さえて練習した。4日目には身体全体を動かすように練習を行った。こちらでは、下半身の動きも積極的に出していく方針で練習を進めた。

3. 時系列の解析手順と結果

以下では、結果の解析手順とそこから得られた結果を示す。

3.1 データ解析手法

結果の解析には、全実験のデータを解析したがスペースの都合により 実験1~実験3の被験者Aの100bpmを、被験者Bの場合は110bpmにおけるパワースペクトルを各々比較した。モーションキャプチャを用いて計測した時系列データから、演奏動作をm次の自己回帰モデル(AutoRegressive model, ARモデル)で近似した[北川93]。周波数領域において、FFTによる解析では動作の特徴を表すピークがいくつも現れてしまい、特徴を捉えることが難しいが、ARによる解析ではノイズ成分を減らすことにより、一意に特徴を表すピークが出力できる利点がある。この方法では同時に自己共分散も求められる。モデルの次数決定にはAIC(赤池情報量基準)[赤池弘次・和田97]を使用し、尤度の高い次数のモデルのAR係数を求める。最後にAR係数よりユールウォーカー方程式からパワースペクトルを求めて評価することで、身体の

各部位の周期性の強さを見る。なお、100bpmでの運動は、1beatに4音が対応し、2音で身体は1振動するため、周波数に直すと約6.7Hzに相当し、110bpmは約7.3Hzに相当する。

3.2 パワースペクトルから見る各被験者の特徴

実験より計測された各被験者のパワースペクトル図から以下の特徴が見られた。被験者がリズムを作りやすい速さを、測定前に調べたところ被験者Aは100bpm、被験者Bは110bpmであったため、その速さにおけるパワースペクトラムを比較する。(a)被験者A(図1~3の左列参照)

実験1(図1の左側)では左股関節(left hip:青)のみが基本のリズム(6.7Hz)に付いていくことができている。練習後の実験2(図2の左側)では右手首の周波数は基本リズムとよく一致している事が読み取れる。これは、テンポに合わせて音を出していることに相当している。実験3(図3の左側)では、右ひざ(right knee:オレンジ色)以外のピークが高い。これは膝をあまり振らないように踊り方を変えた影響が出ていると思われる。(b)被験者B(図1~3の右列参照)

実験1(図1の右側)では左股関節、右ひざ、腰(lumbar:黄緑色)のピークを基本リズム(7.3Hz)の辺りに見ることができる。実験2(図2の右側)では右手首(right wrist:桃色)、腰、左股関節のピークが基本リズムの位置に見られるが、右ひざと左ひざは3.65Hzの辺りにピークが見られるが、2倍の周期である。これは、リズムのアクセントに対応して振幅が変化するため、2振動分での周期性の尤度が高いことがわかる。実験3(図3の右側)では、全体的に周期性が低い。しかし、観察では演奏が上達していることが見てとれた。下に述べる相互相関では周期性が高いことがみてとれるので、周期のゆらぎが大きいものと考えられる。

3.3 相互相関の図からの解析

以下では、両被験者の右ひざと他の身体の部分との相互相関について解析する。まず、被験者Aの100bpm時の相互相関(図4~6の左列)を用いて比較する。右ひざ(right knee:橙色)と左ひざ(left knee:黄色)の相関に注目すると実験1の時には左ひざと右ひざの位相が入れ替わっていたが、実験2の時には右ひざと左ひざの位相が揃ってきている。そして、実験3の時には右ひざと左ひざの位相は再び半波長分だけ位相差が生じていることがわかる。

次に被験者Bの110bpm時の相互相関(図4~6の右列)を比較する。実験1では右ひざと左ひざの位相差があるかどうかを判定するのは難しい。実験2では右ひざと左ひざの位相が半波長の位相差がある。波形に関しても、右ひざと左ひざの波形は酷似している。また、右股関節と右ひざ、左股関節と左ひざの組み合わせに着目すると、それぞれの組み合わせの上で位相が揃っている。実験3でも同様に実験2と同様に半波長だけ位相差があり、右股関節と右ひざ、左股関節と左ひざの波形は酷似しているが、実験2の波形と比較すると変化がみられなかった。

4. 考察とまとめ

本研究では、初心者の上達過程を計測し、演奏のスキルが早く上がるためには何が必要なのかを見つける事が目的であった。

相互相関による解析では、身体の各部の位相がほぼ同じくらいであり、実験2と実験3の違いがあまり見られなかった。(図5, 図6右側参照) また、パワースペクトルの強さを比較すると、実験3の方が低い値である。つまり、周期性が低いとい

うことが言える。これらは、踊り方を変えたことで、初心者が安定して周期的な動きを作ることができていないと為と考える。被験者Bの相互相関だけで見ると、実験1から実験2にかけて飛躍的に周期的な動きを作り出せている(図4, 図5右側参照)が、被験者Aの場合は、実験2~実験3にかけて、相関値が下がっている(図2, 図3左側参照)。

しかし、観察による印象と評価の点からは、徐々に身体全体を使ってリズム演奏ができることが確認できたが、リズム感は必ずしも正確なテンポを意味するのでは無いことが見て取れる。身体各部の同期をさせるだけならば、身体を硬くして微弱な振動をするだけでも良いが、リズム感にあふれた動作とは言い難い。実験を行う前の私たちの予測では初心者の演奏動作を周波数領域で見るとピークが立っていないか、あるいは低い値になるというものであった。ところが、実験により初心者でも、一部の動作については周期的な動きができていた事が見られた。(図2, 図3参照) 足のステップを止めた自由度が少ない状態での演奏動作では、さらに手首の周期性や両ひざの周期性を上げることに成功している(図4, 図5左側参照)が、被験者が足のステップを演奏動作に取り入れた途端、周期的な動きが弱くなってしまった。また、パワースペクトル図では身体の特徴が弱まってしまったが、身体の各部分の協調動作が無くなったわけでは無く、むしろ一回目の実験時よりも上達しているように見られた。以上のことから、身体の動作を評価するには、パワースペクトルや相互相関だけでは不十分であり、その他に周期のゆらぎや動作の協調度を評価できる解析方法が必要であることがわかった。また、初心者のサンバの演奏動作についてパワースペクトルを中心に比較したが、基本リズム周波数の位置で身体各部のピークを立たせることが上達したと言えるかどうかを確かめていない。これらのことから、私たちはスキルの発達過程に関して次のような仮説を考えている。まず、身体のある部分が基本リズムと同調し、鋭いピークが形成される。そして、練習を重ねる内に他の部位もピークが立ってくるが、基本周波数のところに位置することはなく、ある程度離れた位置にピークが立ってくる。何度も繰り返して身体部位を測定しても同じピークを作り出せる事が確認できれば、初心者から中級者へレベルアップしたと予想できる。

今後の研究課題として上級者の動作を周波数領域で見た時に身体の各部位のピークがどのように揃っているかを確かめたい。

参考文献

- [赤池 弘次・和田 97] 赤池 弘次・和田 孝雄：生体のゆらぎとリズム—コンピュータ解析入門，講談社（1997）
- [藤波 04] 藤波 努，山本 知幸，阿部 真美子：身体技能に見られる階層性と「あそび」に関する考察，第18回人工知能学会全国大会予稿集（2004）
- [北川 93] 北川 源一郎：FORTRAN77 時系列解析プログラミング，岩波コンピュータサイエンス（1993）

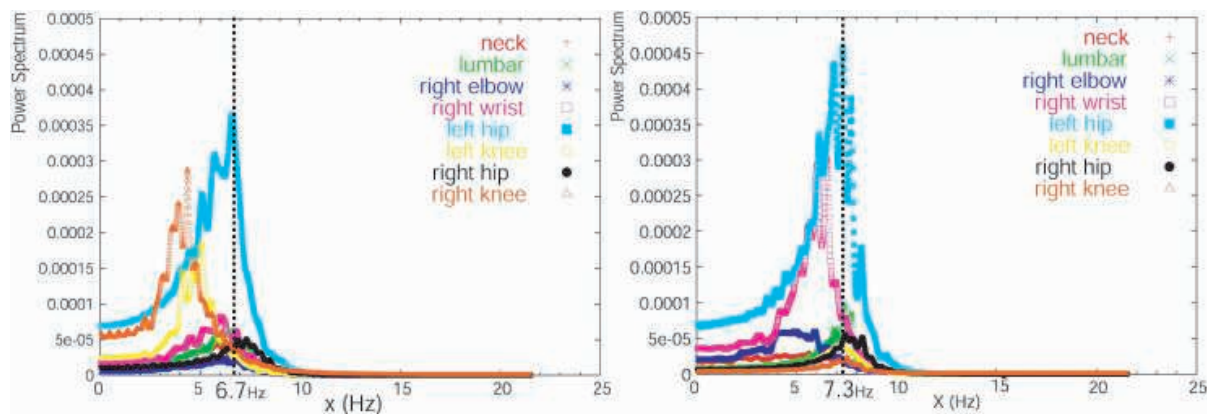


図 1: 実験 1 のパワースペクトル 左:A 右:B

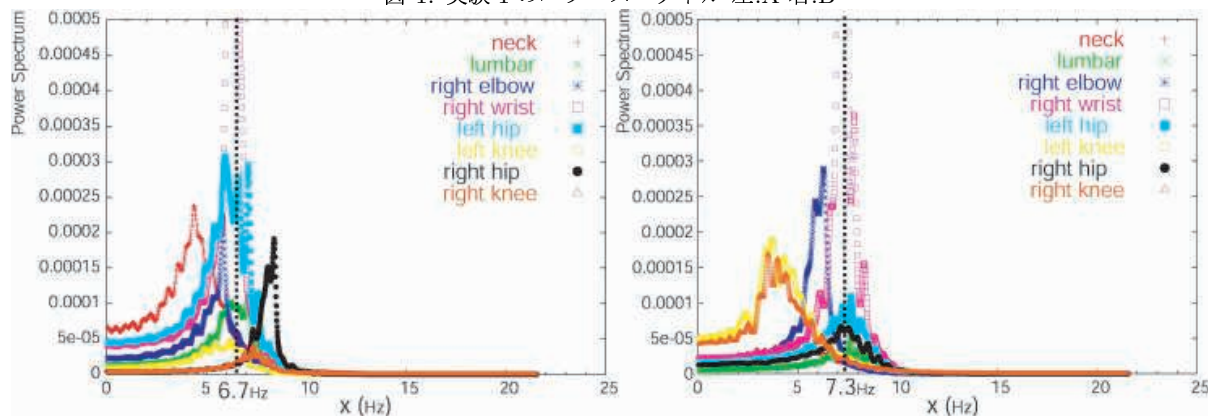


図 2: 実験 2 のパワースペクトル 左:A 右:B

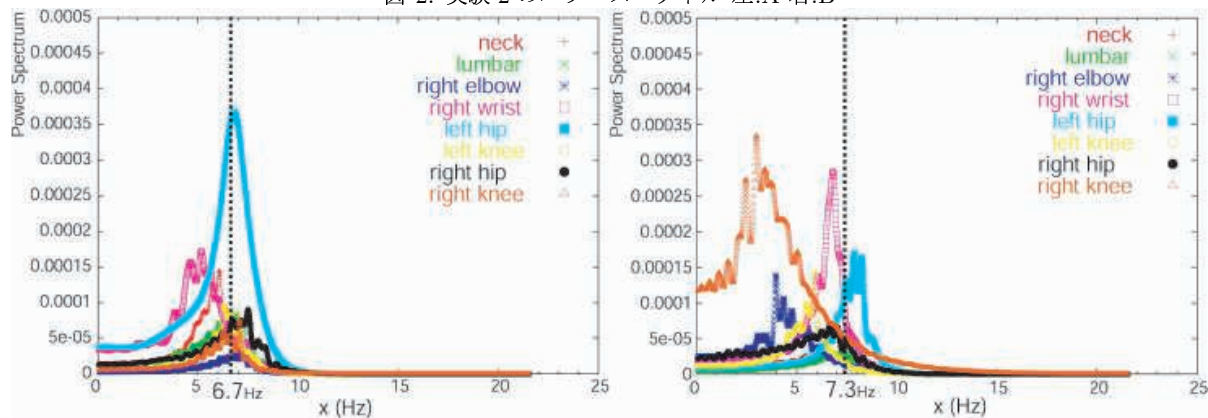


図 3: 実験 3 のパワースペクトル 左:A 右:B

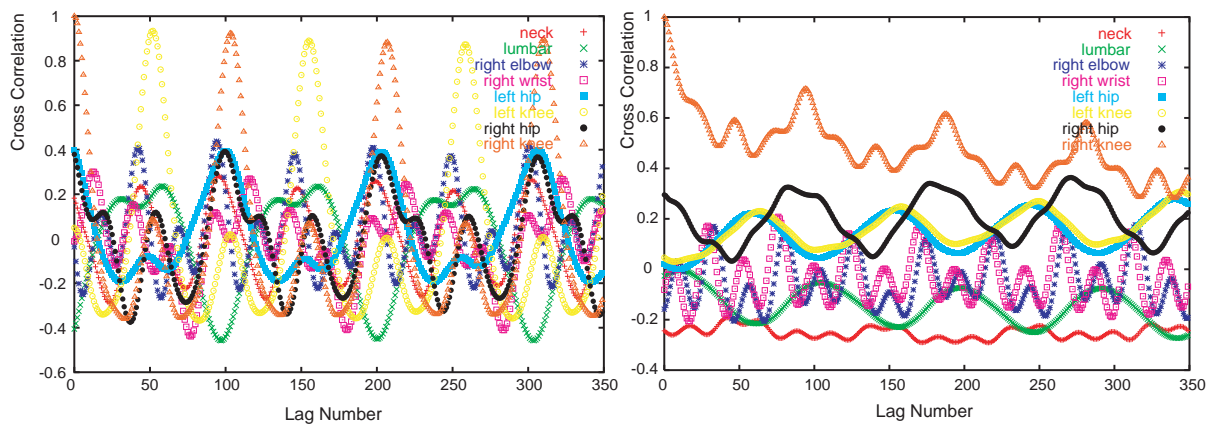


図 4: 実験 1 の相互相関 左:A 右:B

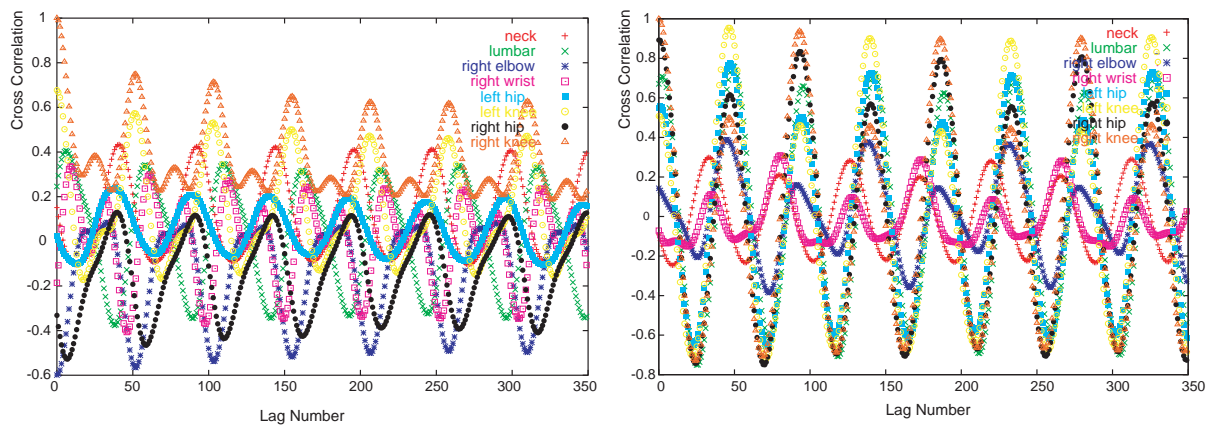


図 5: 実験 2 の相互相関 左:A 右:B

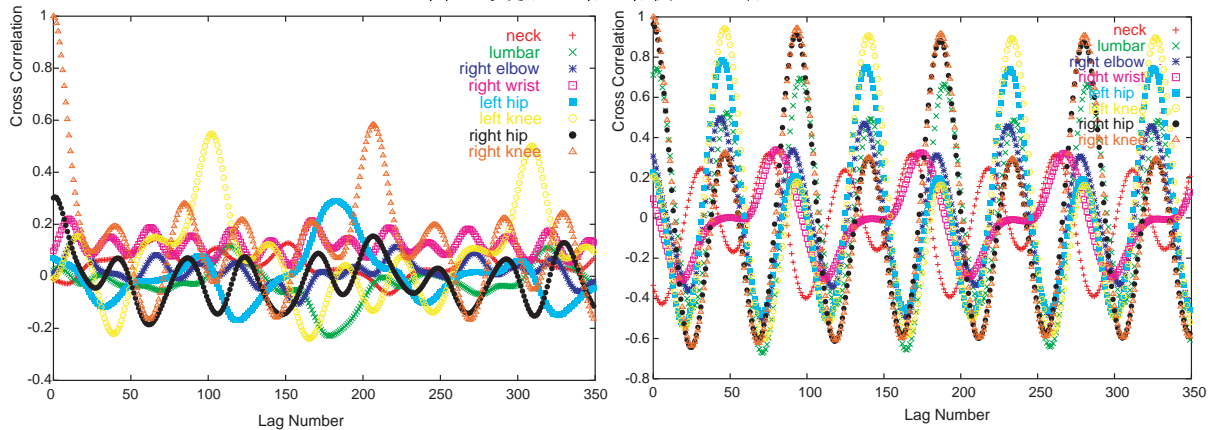


図 6: 実験 3 の相互相関 左:A 右:B