

周期的身体技能における同期と分化

山本知幸 (北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科)

e-mail:t-yama@jaist.ac.jp

周期的な身体技能における熟練者の技に注目し、実験的な研究を行った。身体技能に関する概念としては Bernstein による自由度の縮退現象として問題が提起され、Haken らによるパラメータ変化による自由度の協調パターンの転移といった観点や、さらに多賀による神経振動子と身体運動の相互の引き込みを利用した歩行の生成などが挙げられるが、これらは自由度の減少を主眼にしている。

しかし、高度な技能においては自由度の縮退のみが重要ではない。例えば、熟練者の技能は中級者より自由度が小さいか、という問いには多くの人が首を傾げるであろう。一般的に、熟練者の技を見ると体の軸がぶれないなど整然としてはいるが、同時に「精緻」であるという印象を受ける。自由度のそろった整然さと、精緻さを両立して表現するために、筆者らは「協調の中の分化 differentiation within coordination」という概念を提唱し、協調構造の中に分化があるという階層的な構造を持つという仮説を立てた。これまで熟練者の技能とその獲得過程について、モーションキャプチャ装置を用いて全身の運動の時系列解析を中心とした研究を行ってきた。

本研究では陶芸の土練りとサンバの演奏およびダンスを対象とした。前者では、時間的構造が非自明な運動からのタイミング情報を抽出し、後者ではリズムが明確な運動においてその習得プロセスを調べた。土練りでは、中級以上の10人の被験者(うち2人熟練者)を被験者とした。ヒルベルト変換を用いて瞬時相互位相を求めることにより各部の前後運動の同期に注目して解析した。中級者までは体幹が前進するのに同期して腕を伸ばして粘土を練るのに対して、熟練者では、全体として同期は維持されているものの、腕を伸ばすタイミングに遅れがあり、体幹を後ろに戻すときにも練りを続けていることがわかった。このため、練りの周期が短くなることが考えられる。直感的には、腕を伸ばすのと体の前進を同期した方が体重を使えるため楽に思えるが、粘土の乾燥を防ぐために練りは手早く終える必要があるため、熟練者の方法に利点があると考えられる。ただし肘関節のロックを利用して体重をかけることが出来なくなるので、力学的な仕事に関しては効率は悪くなる。ここでは技能は直感に反して腕のタイミングをずらすこと(つまり分化)に相当すると考えられる。また、脳からの運動指令としては時間的な情報が多くなっていることであると思われる。

この知見を念頭におき、後者では、日本人にはなじみの薄いサンバのリズムの熟練者の技能と、初心者者の習得過程を調べた。音楽のリズムは単に周期的という訳ではなく、強弱のアクセントも要素に含まれる。まず被験者5人(うち熟練者、上級者各1名)を対象としたシェイカーの演奏をモーションキャプチャにより測定した。軌道の自己相関による解析の結果、熟練者には周期性とアクセントの両方が見いだされたが、中級者では周期性はあるものの、アクセントの表現が弱いことが見いだされた。これは、熟練者では4音からなる1拍をひとまとまりとして把握しているのに対し、中級者までは1音毎の周期にこだわっているのではないかと考えられる。この知見をもとにサンバのダンスの上達過程を、2人の被験者を5ヶ月にわたり継続的に測定したところ、1音ごとの周期性は早期に確立されるものの、アクセントがつくのは最後の測定付近だった。次に関節角の時系列を調べたところ、アクセントが確立した後では弱拍の部分では膝は伸びており、運動のパターンとしても変化があることが見いだされた。これらの結果により、運動指令の時間的階層化が示されたものと考えられる。

以上の実験結果から、技能の獲得過程における協調/同期構造の階層性が示された。神経系の遅れを考えると、脳による運動指令はフィードフォワード的になると考えられるが、熟練者ではその信号が時間的に複雑になると考えられる。人間の運動系は正確さを期待出来ず、フィードバックによる位置補正情報は時間的に不可能であるということからの推論である。また、力学的に考えると、コントロールの利きやすい部分に集中して制御入力をかけるといった「コツ」のようなものが存在すると考えられる。今後はそれらの仮説を実験的に検証して行きたいと考えている。