

論文の内容の要旨

論文題目 リズム同期課題における対人間協調のダイナミクス
Dynamics of Interpersonal Coordination
in a Rhythmic Synchronization Task

氏名 岡野真裕

本論文では、アンサンブル演奏という課題環境それ自体が、人間の動作に対してどのような制約を与えうるのか、という観点から、アンサンブル演奏における協調のダイナミクスを検討する上での基礎的知見を得ることを目的とし、アンサンブル演奏のモデル動作として 2 人組テンポ維持同期タッピング課題を用い、単独で行う場合との課題パフォーマンスの差異、およびその差異の発生機序について検討した。特に、「目標テンポの維持」および「パートナー間の同期」という、アンサンブル演奏の協調の基礎をなすと考えられる 2 つの要素に着目して研究を行った。

第 2 章 2 人組リズム維持課題における対人間協調のダイナミクス (研究 1)

2-1 2 人組リズム維持課題における動作テンポの高速化

同期-継続課題を単独で行った場合、タップ間隔(ITI)は当初指示された基準 ITI から徐々に逸脱していく。ヒトはペアあるいは集団環境に置かれたとき、様々な運動(選択反応課題、リズムカルなボディスウェイ、コンサート会場での拍手など)において、自身のタイミングを無意識に調節してしまうことが知られており、このことは、ペア環境が ITI の逸脱

にも影響を及ぼす可能性を示唆している。そこで筆者は、ソロおよびペアでの同期-継続課題を、3種類の基準 ITI 条件 (800, 500, 300 ms) で実施し、動作テンポ維持のパフォーマンスが基準 ITI およびソロ・ペアによって変化するかについて検討した。その結果、いずれの基準 ITI 条件でも、ソロと比較して、ペアでは ITI がより短くなった。参加者を、各組の中でソロが速かった方の参加者と遅かった方の参加者の 2 グループに分け、ペアとソロの ITI の相関について検討したところ、速い参加者のグループでは、ソロ条件とペア条件の ITI が強く相関した。さらに回帰分析から、ペア条件での ITI の短縮には、速い参加者、遅い参加者の両方のタイミング調節が関与していることが示唆された。これらのことから、参加者はペア条件においては、自身のタップと言うより、自身のタップとパートナーのタップのうち早く起こったものを手がかりに、内部時計の位相を修正している可能性が考えられた。結論として、ペアという環境は、ITI の逸脱を減少の方向に偏らせることが明らかになった。

2-2 リズム維持課題のテンポ逸脱における心拍の影響

2-1 から、同期-継続タッピング課題を 2 人組で、パートナー間の同期も維持しながら行うと、動作テンポが増加しやすいことが明らかになり、同期のためのタイミング調節が動作テンポを速める一因になる可能性が示唆された。一方先行研究では、リズム動作のテンポに影響を与える要因の一つとして心拍への引きこみが示唆されており、タッピングのタイミングのみを取得した 2-1 では、心拍の影響が否定しきれない。また、そのような先行研究で用いられてきたリズム課題は、専ら参加者が自ら決めた快適な動作テンポを維持するものであり、外的に指定されたテンポを維持するリズム動作課題 (同期-継続課題) における心拍の影響はこれまで明らかになっていない。そこで本節では、ソロおよびペアでの同期-継続タッピング課題中の参加者の心電図を計測し、心拍がタッピングのテンポに与える影響について検討した。ペア条件でのタッピングはソロ条件と比較して速くなる傾向があったが、心拍数はソロ・ペアの条件間で有意な差は認められなかった。また、各試行における動作テンポと心拍数にも有意な相関は認められなかった。これらの結果は、ペア条件におけるタッピングの加速は、少なくとも心拍数の増加によるものではないことを示唆している。

2-3 2人組リズム維持課題の結合振動子モデル

2人組同期-継続課題におけるパートナー間の位相・周期修正について、2人組の参加者を1組の結合振動子と見なし、数理モデルを作成した。モデルは、(1) 位相・周期修正はパートナーがタップした瞬間に発生し、(2) パートナーに対して自身が遅れ（先行し）ていれば位相および角速度を上方（下方）修正する、という仮定の下で立式した。数値シミュレーションの結果、上記2つの仮定のみでタッピングのテンポが加速した。このことは、局所における同期のためのタイミング調節が、動作テンポの高速化の要因となり得ることを示唆している。またこの結果は、位相・周期の修正は実際に観測されたパートナーのタップの位相差や時間差と言うより、パートナーのタップタイミングの予測値との差に基づいて位相・周期修正が行われていることを示唆している。さらに、逸脱したテンポを元に戻そうとする項を加えることで、各試行の後半で観察されたテンポ加速が収まりプラトーに達する振る舞いも再現した。

第3章 2人組リズム維持課題における局所的・大域的協調構造

アンサンブル演奏において熟練した音楽家は、演奏テンポにランダムな揺らぎがあったとしても、音を発するタイミングを他の演奏者と同期させることが出来る。近年、タイミングにばらつきを持たせたビートとのリズム同期課題を扱った研究がいくつか実施されており、そこでは刺激系列と反応系列の間での「複雑性の一致」や長期相互相関といった協調構造が報告されている。アンサンブル演奏にとって演奏テンポの維持とパートナー間の同期の維持は、共に最も基礎的なスキルの1つであるが、複雑性の一致や長期相互相関が、外部ペーシング信号が存在しない状況での2人組タッピング課題で観察されるかは、先行研究では検討されていなかった。この課題における複雑性の一致や長期相互相関について検討することは、音楽における同期行動のダイナミクスに関する新たな知見を提供すると考えられる。そこで、筆者は2-1の実験のペア条件から得られたデータの協調構造について検討した。その結果、同じ参加者組のITI時系列間では、およそ20秒以上の比較的長い時間スケールの領域では複雑性について有意な相関が認められた一方、それ以下の短い時間スケールでは、複雑性の相関は有意でなかった。パートナー間のITIの相関構造についても

同様に、およそ 20 秒以上の比較的長い時間スケールでは強い相関が見られた一方、それ以下の短い時間スケールでは、相関が弱まるという構造が観察された。これらの結果から、2 人組同期-継続課題の対人間相互作用の協調には、多層的な協調プロセスが関与していることが示唆された。

第 4 章 総合考察

同期-継続タッピング課題を 2 人組で、パートナー間の同期も保ちながら行くと、単独で課題を行った場合と比較して、テンポが加速しやすいことが明らかになった。リズム動作のテンポには心拍が影響することが知られているが、本研究のペア条件の加速には、その影響は無視できると考えられる程度だった。ペア条件でのパートナー間の時系列の相関構造は、数秒以下の単位の短い時間スケールでの協調と、十秒程度以上の長い時間スケールでの協調とで異なり、複数の時間スケールにまたがる多層的な協調ダイナミクスを持つことが示唆された。さらに数理モデルの立式とシミュレーションから、局所における同期のためのタイミング調節（同期のずれに基づく位相・周波数の修正）が、テンポの加速の要因になり得ることが示唆された。また、提案モデルにおける位相・周波数応答関数のゲインは短時間スケール領域の協調構造（DFA 動揺量の傾き）に、テンポを初期値へ戻そうとする力のゲインは長時間スケール領域の協調構造に影響を与えていた。

本研究の結果は、演奏者の外部にある合奏という環境が必然的に持つ、演奏者間の同期という課題制約が、合奏のテンポの高速化に貢献していることを示唆するものであった。この知見は、テンポの維持に関する方略や演奏の指導に対し、外部環境への適応という、新たな方向性のアプローチが有効であることを示唆している。今後、より多人数の系への拡張や、個人特性とモデルパラメータの関係、モデルパラメータと協調構造の関係、さらに協調構造と演奏に対する聴衆の評価との関係といった課題について検討していくことで、合奏における「巧みさ」の本質につながる知見を蓄積していくことができると考えられる。