

## 2者のヴァイオリン演奏におけるリード関係と 曲の難易度・身体部位の関連

### Relationship Between Influence in the Violin Performance by Two People and Difficulty of Piece of Music/Difference of Body Parts

板垣 寧々<sup>†</sup>, 谷貝 祐介<sup>‡</sup>, 古山 宣洋<sup>\*</sup>  
Nene Itagaki, Yusuke Yagai, Nobuhiro Furuyama

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院人間科学研究科, <sup>‡</sup> 早稲田大学人間総合研究センター招聘研究員,  
<sup>\*</sup> 早稲田大学人間科学学術院

<sup>†</sup> Graduate School of Human Sciences, Waseda University,

<sup>‡</sup> Adjunct Researcher of Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda University,

<sup>\*</sup> Faculty of Human Sciences, Waseda University

nene64kt1214@akane.waseda.jp

#### 概要

本研究では、ヴァイオリン合奏における奏者間のリード関係が、曲の難易度によって変容するのか、頭部・楽器・弓の部位別でリード関係が構築される特徴が異なるのかを、グレンジャー因果性分析を用いて検討した。その結果、課題曲の中で奏者が難しいと感じることが多い部分はリード関係が抽出される小節数が多いことが明らかになった。また、頭部・楽器に比べて、弓はリード関係が抽出される小節数が多い可能性が示唆された。

キーワード：ヴァイオリン演奏，個人間協応，グレンジャー因果性

#### 1. はじめに

本研究では、複数人による演奏（合奏）がどのように成り立っているのかを探索的な分析を通して明らかにするために、ヴァイオリン合奏場面における奏者間のリード関係を、グレンジャー因果性を用いて捉えることを目的としている。

合奏は、共演者との関わり合いの中で、演奏する楽曲の特徴を活かし、各奏者における演奏技術の違いなどを調整しながら行われる。息の合った演奏を行うためには、身体動作を調整しながら他者とタイミングや表現を合わせる必要がある。それでは、奏者間でタイミングや表現を合わせる際に、基準となる奏者は存在するのだろうか。

上記の問いに対する示唆的な研究として、合奏を対象とし、グレンジャー因果性分析を用いて、奏者の身体動作から奏者間のリード関係を捉えた研究がある<sup>[1][2]</sup>。ヴァイオリン奏者の弓と指揮者の指揮棒の位置変位データ<sup>[1]</sup>、弦楽四重奏における各奏者の頭部の位置変位データ<sup>[2]</sup>にグレンジャー因果性分析を適用した結果から、演奏を先導するリーダーが存在することが明

らかになった。さらに、楽譜が複雑な場面では、他の場面よりもコミュニケーション量を増やして演奏を成立させている可能性が示唆された<sup>[2]</sup>。つまり、演奏を先導するリーダーを中心に、楽曲の特性などに応じて演奏を成り立たせるための調整を行なっているのである。

上記の先行研究では、指揮者や主旋律を担当するパートといった、先導するリーダーとなる奏者が事前に想定されていた。しかし、実際の演奏では事前に先導するリーダーが想定されていない場合（たとえば、パートが同じであったり、初対面であったりする場合）でも演奏を成り立たせることができる。共演経験・パートの違いがある奏者間を対象とすることで、奏者間のリード関係を適切に捉えられることが明らかになっている一方で、奏者の身体動作にグレンジャー因果性分析を適用する事例は未だ少ないため、奏者間のリード関係をどのような場合に捉えられるのか、さらに検討していく必要がある。

また、先行研究では楽譜が複雑な部分とそうでない部分による、奏者間のコミュニケーション量を比較していた<sup>[2]</sup>。その際、複雑さの評価は第三者によって行われていた。しかし、パートによって楽譜の構造は異なり、各奏者が苦手とする演奏技法も異なると推測されるため、第三者の評価では、実際に演奏した各奏者にとっても複雑で演奏することが（あるいは合奏することが）難しい部分であったのかは明らかではない。同パートのペアを対象としてペア内でパートの差を無くし、奏者自身に課題曲の難易度を評価させてリード関係との関連を考察することで、楽譜を揃え、各奏者が演奏することが困難・容易である部分のリード関係を比較することができる。

さらに、これまでは弓と指揮棒、頭部といったある特定の身体部位に着目して、試行全体のリード関係が検証されてきた。しかし、各奏者における身体動作は多様であり、複数部位でリード関係を抽出した際に、全ての身体部位が同様にリード関係構築に寄与しているとは限らない。また、曲の場面ごとにリード関係が変容しているのかも、明らかになっていない。そこで、リード関係を複数部位で抽出し、抽出された場面を小節毎に検討することで、各部位がどのような場面でリード関係構築に寄与しているのか検討することができる。

そこで、本稿では、同パートを演奏するヴァイオリン奏者のペアを対象とし、ペアで構築されたリード関係の変容を、グレンジャー因果性分析に基づいて検討していく。その際に、演奏回数・ペア・課題曲の難易度によって、リード関係が抽出された小節数に差があるのか検討する。また、頭部・楽器・弓の変位データにグレンジャー因果性分析を適用すると、部位間でリード関係が抽出される小節数に差があるのかも検討する。

## 2. 方法

### 2.1 実験参加者

ヴァイオリン演奏経験のある大学生・大学院生 12 名を対象に実験を行った。奏者は、事前に実施したソーシャルスキルを評価するための質問紙（成人用ソーシャルスキル自己評定尺度<sup>[3]</sup>）の調査結果に基づき、男女別で 2 名毎のペアに分けた（演奏におけるリード関係とソーシャルスキルの関連を検証するために回答させたが、本稿の議論では用いない）。実験参加者の詳細は、表 1 の通りである。なお、6 ペアのうち、初対面であったペアが 4 組（ペア 2・3・4・5）、相手を知っていると一緒に演奏をしたことはほとんどなかったペアが 2 組（ペア 1・6）であった。

表 1 実験参加者の詳細

| ペア番号   | 1  |    | 2  |    | 3   |    | 4  |    | 5  |    | 6  |    |
|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 参加者    | 1  | 2  | 1  | 2  | 1   | 2  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 2  |
| 性別     | 女性 | 女性 | 女性 | 女性 | 女性  | 女性 | 男性 | 男性 | 男性 | 男性 | 女性 | 女性 |
| 年齢(歳)  | 22 | 21 | 21 | 21 | 21  | 21 | 22 | 22 | 22 | 24 | 21 | 24 |
| 経験歴(年) | 17 | 12 | 16 | 14 | 2.5 | 5  | 15 | 16 | 20 | 14 | 16 | 9  |

### 2.2 課題

実験参加者には、課題曲を 3 試行演奏させた。課題

曲として、E. H. Grieg 作曲、「組曲『ホルベアの時代から』作品 40」<sup>[4]</sup>より第 5 楽章 1st ヴァイオリンを指定し、実験実施日より前に提示することで、事前に練習させた。さらに、実験実施日に、個人練習（10 分間）とペア練習（20 分間）の時間を設けた。この曲を課題とした理由は、1 曲の中で多様な音楽表現・ヴァイオリン演奏技術が必要であり、様々な場面における奏者が演奏を構築する過程を検証できるためである。課題曲における音楽表現に関しては、大きく前半（40 小節目まで）と後半（41 小節目から）の二つに分けられる。前半は、生き生きと速く<sup>[5]</sup>（音楽用語では *Allegro con brio*）演奏される。後半は、前半までより遅く<sup>[5]</sup>（音楽用語では *Poco meno mosso*）演奏され、特に終盤では静かに<sup>[5]</sup>（音楽用語では *più tranquillo*）演奏される。前半と後半で、テンポを含め適切に切り替えができなければならない。課題曲におけるヴァイオリン演奏技術に関しては、ピッチカート・速いテンポでの移弦・ポジション移動など、多岐に渡る。

### 2.3 計測

演奏は立奏で行い、演奏時の実験参加者の全身の 3 次元動作を計測した。計測には、光学式の動作計測装置（Opti track, Natural Point 社）を用いて、標本周波数 100Hz で計測した。反射マーカーは全身（頭頂部・側頭部左右・頸椎 7 番・胸椎 10 番・腰椎 3 番・肩峰左右・肘関節左右・尺骨形状突起左右・上前腸骨棘左右・膝蓋骨左右・足首の外果左右・足の甲左右の計 20 箇所）・楽器・弓・譜面台に貼り付けたが、本研究では合図動作といった示し合わせに関連する、各奏者の頭頂部・楽器渦巻き先端・弓先端の位置変位データを分析対象とした。実験状況は図 1 に示した。楽器は、電子ヴァイオリン（YAMAHA 社, YSV-104s）を用いた。また、演奏の様子を撮影した動画と、実験後に各奏者が楽譜に書き込むことで収集した曲の難易度に関するデータも分析対象とした。

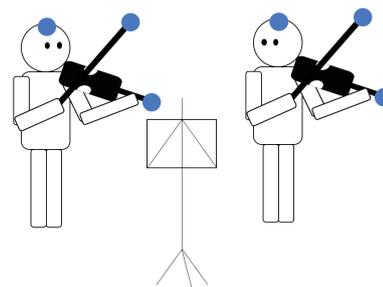


図 1. 実験状況と分析対象とした部位

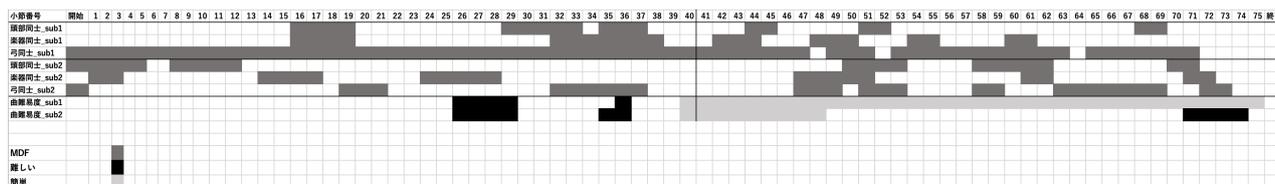


図2. MDF・曲の難易度をまとめた一覧 (あるペアの1試行分)

## 2.4 解析

### 2.4.1 事前処理

まず、計測した3次元データの中から、各奏者の頭頂部前後方向・楽器渦巻き先端上下方向・弓先端上下方向を抽出した。頭頂部前後方向を抽出した理由は、演奏中の動画を確認した際に、2者の身体全体における前後運動が揃っていたペアが存在し、他の奏者と身体動作を調整する際の特徴が見られる方向であると推測したためである。また、楽器・弓上下方向を抽出した理由は、弓を動かすボウイングが上下運動として表されることから、連動して楽器も上下動が表出することが想定されるためである。次に、抽出した各部位の変位データにバンドパスフィルターを適用した(2次, 0.2-10Hz, 双方向)。変位データは、定常性を確保するために、二階微分から加速度データに変換した後、z得点化した。その後、変換したデータに対し、各ペアの頭部同士・楽器同士・弓同士の組み合わせごとにグレンジャー因果性分析を適用し、統計的因果性を求めた(詳細は次項にて記述)。統計的因果性は、グレンジャー因果性分析で求められた、データの予測の概念に基づく因果性であり、心理学実験における要因統制の結果として特定される直接的な因果関係とは必ずしも一致しない<sup>[4]</sup>。

### 2.4.2 グレンジャー因果性分析とMDF

グレンジャー因果性分析を適用するためには、データが(弱)定常性を満たしていることが前提となる。本研究では、グレンジャー因果性分析を実行する際に、単位根検定を行うことで、定常性が確保されたデータのみをグレンジャー因果性分析にかけた。

自己回帰モデルのパラメータ推定には、最小二乗法を用いた。グレンジャー因果性の統計処理は、F検定を行い、有意性を評価した。なお、有意性の評価は、Benjamini & Hochberg法(BH法)により補正したp値を用いて行った( $\alpha < 0.05$ )。単位根検定から統計処理まではすべて、MATLAB toolbox for Granger causal con-

nectivity analysis<sup>[6]</sup>で実行した。

さらに、グレンジャー因果性分析の結果に基づいて、Musician Driving Force(以下、MDF)を算出した。MDFとは、ある奏者から他の奏者への影響量を示す指標である<sup>[2]</sup>。データをウィンドウごとに区切ってMDFを算出することで、奏者間のリード関係を定量化し、時系列的に捉えることができる。本研究では、欠損を考慮して最後の5秒間をカットし、ウィンドウサイズ3秒とし、それを1秒間隔でスライドさせて、ウィンドウごとにMDFを算出した。なお、本研究におけるグレンジャー因果性分析・MDFの算出の詳細については、板垣・谷貝・古山(2020)を参照されたい<sup>[7]</sup>。

### 2.4.3 MDFと動画の対応づけ

算出したMDFと演奏の動画を、ELAN(Ver. 6.0)で対応づけ、頭部同士・楽器同士・弓同士のMDFと、奏者の身体動作・奏者が評価した曲の難易度の関連を探索した。ELANへの入力の際に、MDFについては、データの開始と動画の開始を合わせた上で、抽出できたウィンドウを奏者毎に入力した。その後、小節番号と対応するように、MDF・各奏者が評価した曲の難易度を色分けして一覧を作成した(図2)。本研究におけるMDF・曲の難易度のまとめ方の詳細は、板垣・谷貝・古山(2021)を参照されたい<sup>[8]</sup>。曲の難易度は、演奏後に奏者に難しかった部分・簡単だった部分を譜面に書き込ませたデータを使用した。その後、一覧に基づき、グレンジャー因果性分析においてリード関係が抽出された小節数を集計した。具体的には、一覧の中で各ペア・各奏者・各部位のリード関係が抽出された小節(図2の濃い灰色で示されている部分)を、リード関係が抽出された小節とした。なお、課題曲の前半と後半(図2の40・41小節目を境に分かれる)では合計小節数が異なるため、前後半を比較する場合のみ、前半の中でリード関係が抽出された小節数の割合・後半の中でリード関係が抽出された小節数の割合を算出したものを、統計処理にかけた。

## 2.4.4 統計処理

MDF で示された奏者間におけるリード関係の特徴を捉えるために、統計的検定にかけた。まず、全ペア全試行のグレンジャー因果性分析におけるリード関係が抽出された小節数のデータが正規分布しているかを確認するために、1 標本 Kolmogorov-Smirnov 検定を適用した。その結果、データが正規分布に従わないことが明らかになったので、ノンパラメトリック検定を採用した。全ペアの試行間におけるリード関係が抽出された小節数の差については、Friedman 検定を適用した。ペア間におけるリード関係が抽出された小節数の差については、Kruskal-Wallis 検定を適用し、下位検定には、Wilcoxon 符号順位和検定を用いた (p 値補正は BH 法)。課題曲の中で、奏者が難しいと評価した部分が多い課題曲前半と、奏者が簡単であると評価した部分が多い課題曲後半における、リード関係が抽出された小節数の割合の差については、Wilcoxon 符号順位検定を適用した。各奏者の頭部同士・楽器同士・弓同士におけるリード関係が抽出された小節数の差については、Friedman 検定を適用し、下位検定には、Wilcoxon 符号順位検定を用いた (p 値補正は Bonferroni 法)。統計処理はすべて、MATLAB R2021a で実行した。

## 3. 結果

解析に用いたグレンジャー因果性分析におけるリード関係が抽出された小節数のデータに対し、1 標本 Kolmogorov-Smirnov 検定を適用した結果、正規性は認められなかった (試行間:  $D=1.00, p<.001: 0.31$ ; ペア間:  $D=1.00, p<.001: 0.31$ ; 前半・後半:  $D=1.00, p<.001: 0.22$ ; 部位間:  $D=0.99, p<.001: 0.13$ )。したがって、ノンパラメトリック検定を適用することにした。

### 3.1 試行間の差

リード関係が抽出された小節数 (2 者 3 部位の合計) は、試行間で差があるのかどうかを検討するため、Friedman 検定を適用したところ、有意差はなかった ( $\chi^2(2)=0.86, p=.652$ )。したがって、3 試行の中で、リード関係が抽出される小節数に差があるとは言えない。

### 3.2 ペア間の差

リード関係が抽出された小節数 (2 者 3 部位の合計) が、ペア間で異なるのかどうかを検討するため、Kruskal-Wallis 検定を適用したところ、有意差があった ( $\chi^2(5)=16.16, p=.006$ )。そこで、下位検定として、

Wilcoxon 符号順位和検定を適用したところ (p 値補正は BH 法)、どのペアの組み合わせでも有意差がなかった。したがって、ペアによってリード関係が抽出された小節数に差があるとは言えない (図 3)。

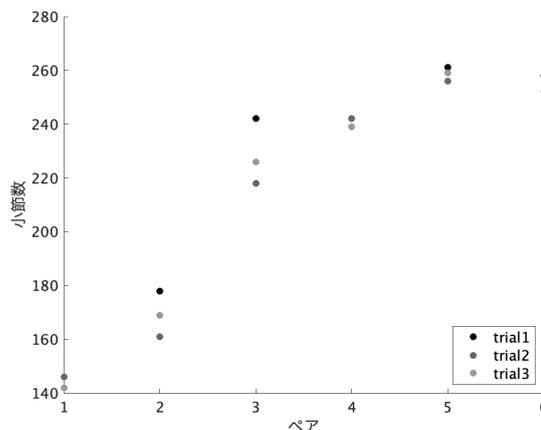


図 3. 試行・ペアによるリード関係が抽出された小節数の違い

## 3.3 課題曲の前半と後半

### 3.3.1 奏者の評価

各奏者が楽譜に書き込む形で評価した課題曲の難易度について、前半・後半ごとに簡単であると回答した小節の割合・難しいと回答した小節の割合を算出すると、表 2 のようになった。簡単であるという評価は、後半に含まれる 41 小節目以降で多く見られる。一方、難しいという評価は、前半に含まれる 40 小節目までで多く見られる。したがって、本稿では前半をより難しい部分、後半をより簡単な部分であるとして、比較を行なった。

表 2 各奏者が評価した前半・後半における課題曲の難易度 (割合)

|          | 簡単_前半 | 簡単_後半 | 難しい_前半 | 難しい_後半 |
|----------|-------|-------|--------|--------|
| ペア1_sub1 | 10%   | 94%   | 12%    | 6%     |
| ペア1_sub2 | 0%    | 100%  | 24%    | 0%     |
| ペア2_sub1 | 2%    | 100%  | 12%    | 0%     |
| ペア2_sub2 | 2%    | 23%   | 15%    | 11%    |
| ペア3_sub1 | 27%   | 100%  | 24%    | 0%     |
| ペア3_sub2 | 2%    | 3%    | 29%    | 6%     |
| ペア4_sub1 | 17%   | 0%    | 12%    | 0%     |
| ペア4_sub2 | 5%    | 0%    | 12%    | 0%     |
| ペア5_sub1 | 7%    | 97%   | 24%    | 3%     |
| ペア5_sub2 | 2%    | 14%   | 20%    | 9%     |
| ペア6_sub1 | 2%    | 100%  | 22%    | 0%     |
| ペア6_sub2 | 0%    | 89%   | 27%    | 0%     |

### 3.3.2 前半と後半の差

リード関係が抽出された小節数の割合は、楽曲の前半と後半で差があるのか、Wilcoxon 符号順位検定を適用したところ、有意差があった ( $z=2.94, p=.003$ )。したがって、難しい部分の多い楽曲の前半は、後半に比べてリード関係が抽出される小節数が多い (図 4)。

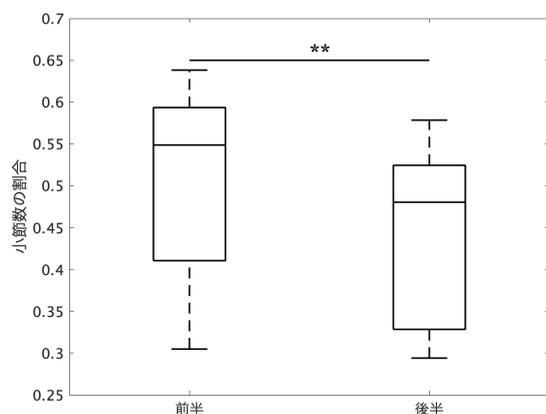


図 4. 前半・後半によるリード関係が抽出された小節数の割合の違い

### 3.4 部位間の差

各奏者のリード関係が抽出された小節数は、部位 (頭部・楽器・弓) によって差があるのか、Friedman 検定を適用したところ、有意差があった ( $\chi^2(2) = 51.01, p < .001$ )。そこで、下位検定として、Wilcoxon 符号順位検定を適用したところ (p 値補正は Bonferroni 法)、頭部と弓・楽器との間に有意差があった (弓>頭部,  $p < .001$ ; 弓>楽器,  $p < .001$ )。したがって、弓は頭部や楽器よりも、リード関係が抽出される小節数が多い (図 5)。

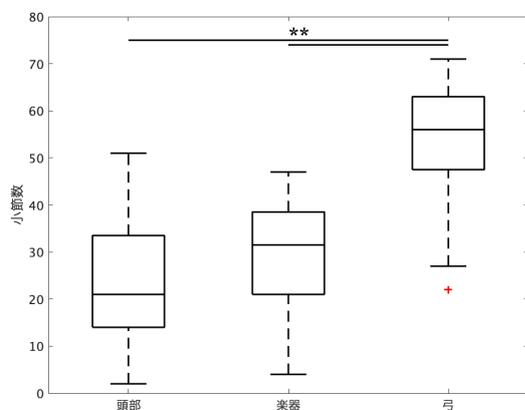


図 5. 身体部位によるリード関係が抽出された小節数の違い

## 4. 考察

分析の結果、演奏回数を重ねても、リード関係が抽出される小節数に差がなかった。これは、練習時間の影響である可能性が示唆された。本番試行の前に、個人でもペアでも練習できる時間を設けていて、練習時間の中で相手の演奏に十分に慣れることができ、リード関係を構築する場面を大幅に増減させなくても、演奏を成り立たせることができたのではないかと推測される。また、ペアによる差も見られなかったことから、どのペアにおいても演奏の中でリード関係を構築する場面がある程度存在すると推測される。

さらに、課題曲の前半と後半による比較を行なった。前半・後半によるリード関係が抽出された小節数の差は、奏者が評価した難易度が異なることが影響している可能性が示唆された。弦楽四重奏を対象とした先行研究では、楽譜の複雑さに応じて、奏者間のコミュニケーション量に変容する可能性を示している<sup>2)</sup>。本研究においても、奏者によって難易度が高いと評価された課題曲前半では、リード関係が抽出された小節数の割合が高く、奏者によって難易度が低いと評価された課題曲後半では、リード関係が抽出された小節数の割合が低くなった。難易度が高い部分では、より相手と示し合わせながら演奏を成立させる必要がある。一方で、難易度が低い部分では、ある程度各奏者が自由に演奏し、リード関係を構築しなくても演奏を成り立たせることができる。

また、身体部位ごとにリード関係が抽出された小節数を比較すると、弓が頭部・楽器に比べて多いことが明らかになった。これは、動作の類似度と関連している可能性がある。ヴァイオリン演奏は、ボウイングと呼ばれる弓の上下動のタイミングを合わせて演奏することが多い。したがって、他の身体部位より動作の類似度が高くなる可能性がある。一方で、頭部・楽器は曲調に合わせて動作が類似する可能性はあるものの、各奏者にとって弾きやすい方法や、合図動作を出しやすい方法などに応じて類似しない可能性もある。グレンジャー因果性分析は予測の概念に基づいてリード関係を抽出する<sup>1)</sup>ことから、動作が類似している部位ほどリード関係が抽出されている可能性がある。

## 5. 展望

本研究において、試行・ペアによる差がみられなかったことから、ヴァイオリン奏者は、初対面の (あるいはほぼ共演経験がない) 相手であっても、事前の練

習時間を設けることで、演奏回数を重ねるごとに大きな変化を見せることなく合奏を行うことができる可能性が示唆された。しかし、他の奏者との演奏に慣れていく過程を見るためには、本番試行のみではなく、練習時間のコミュニケーションにも着目する必要がある。ヴァイオリン奏者による二重奏を対象とした先行研究によると、奏者間における経験の違いによって、弾き方などについて伝える際のコミュニケーション方法が、言語的なものから聴覚・視覚的なものによっていく可能性が示唆された<sup>9)</sup>。練習中のコミュニケーション方法は、奏者の演奏技術や経験と関連している可能性がある。本番試行におけるリード関係の構築が、練習におけるやり取りにどのような影響を受けるのか、この問いについてはさらに探究していく必要がある。

また、本稿ではリード関係が抽出された小節数に着目し、課題曲の難易度との関連を考察した。楽曲の前半・後半という大きな枠組みにおけるリード関係のあり方を検討できた一方で、リード関係が抽出される小節数が何らかの影響で変化する（あるいは変化しない）場合でも、リード関係が抽出されるタイミングは変化しない（あるいは変化する）場合もあると推測される。課題曲の前半と後半という大きな枠組みだけではなく、フレーズの区切りや、強弱・テンポを変化させる場面などで、リード関係が抽出されるのかに着目すると、さらに演奏を成り立たせるリード関係のあり方と音楽表現の関連に迫ることができる。

さらに、グレンジャー因果性分析によって抽出されるリード関係は、動作の類似度と関連している可能性が示唆されたが、動作が類似している身体部位のみが演奏の成立に寄与しているとは限らない。なぜなら、身体部位ごとに他の奏者に伝えることができる情報が異なる可能性があるためである。考察でも示した通り、弓の運動は楽曲に依存しているため、1拍1拍のタイミングを効率的に他者に伝えることができる。しかし、大きなフレーズの区切りなどは、弓の微細な動きだけではなく、全身の緩やかな動作も駆使して、奏者間のタイミング調整を行っている可能性がある。また、実験は立奏で実施したため、各奏者が下半身をどのように用いていたのかによって、今回検討した3部位を動かすことができる範囲も大きく変わる可能性がある。奏者がどの身体部位からどのように相手の次の動作を予測しているのかは、今後検討していくべき課題である。

ヴァイオリン奏者が当たり前のように行なっている

合奏は、複雑な現象であるため、各奏者のコミュニケーション方法や楽曲の特性との関連、身体動作についての理解を深めていくことで、各奏者が合奏を成り立たせるために行っている微細な調整を明らかにしていくことができる。本研究をさらに深めていく過程で、奏者が合奏をどのように成り立たせているのか、合奏の質をどのように向上させているのかについて、解明を目指す。

## 参考文献

- [1] D'Ausilio, A., Badino, L., Li, Y., Tokay, S., Craighero, L., Canto, R., Aloimonos, Y., & Fadiga, L. (2012). Leadership in Orchestra Emerges from the Causal Relationships of Movement Kinematics. *PLoS ONE*, 7(5), e35757. doi: 10.1371/journal.pone.0035757
- [2] Badino, L., D'Ausilio, A., Glowinski, D., Camurri, A., & Fadiga, L. (2014). Sensorimotor communication in professional quartets. *Neuropsychologia*, 55, 98-104. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2013.11.012
- [3] 相川充・藤田正美 (2005). 成人用ソーシャルスキル自己評定尺度の構成 東京学芸大学紀要, 第1部門, 教育科学, 56, 87-93.
- [4] Grieg, E. H., (1886). Aus Holberg's Zeit Op.40, FRANK-FURT: C. F. PETERS. [https://imslp.org/wiki/Holberg\\_Suite,\\_Op.40\\_\(Grieg,\\_Edvard\)](https://imslp.org/wiki/Holberg_Suite,_Op.40_(Grieg,_Edvard))
- [5] 石桁真礼生・丸田昭三・金光威和雄・末吉保雄・飯田隆・飯沼信義 (2001). 楽典-理論と実習- 音楽之友社.
- [6] Seth, A. K. (2010). A MATLAB toolbox for Granger causal connectivity analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 186(2), 262-273. doi: 10.1016/j.jneumeth.2009.11.020
- [7] 板垣寧々・谷貝祐介・古山宣洋 (2020). ヴァイオリン合奏における奏者間のリード関係とその要因 日本認知科学会第37回大会
- [8] 板垣寧々・谷貝祐介・古山宣洋 (2021). ヴァイオリン合奏におけるリード関係の定量化：奏者間の身体動作のグレンジャー因果性に着目して, 日本生態心理学会第8回研究大会
- [9] 宮宇地秀和・福田忠彦・諏訪正樹 (2005). 合奏という協調活動に関する研究：熟達者ペアの二重奏のケーススタディを例として, 情報処理学会研究報告, 59, 13-18.