The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	音楽合奏における共演者の身体動作の役割に関する研究
Author(s)	片平, 建史
Citation	大阪大学大学院人間科学研究科紀要. 2012, 38, p. 171-195
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/7687
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

音楽合奏における共演者の身体動作の役割に関する研究

片　平　建　史

目　次

１．はじめに
２．実験
３．まとめ

大阪大学大学院人間科学研究科紀要 38；171-196（2012）

音楽合奏における共演者の身体動作の役割に関する研究

片　平　建　史

1．はじめに

「音楽とは人間により組織付けられた音である（Blacking, 1973）」と言われるように、音楽は音響情報をその主たる構成要素とした時間芸術である。音楽がこのように定義される一方で、その音楽を生み出し、受容する人間の行動はしばしば身体的な行為を伴い、そこでは音響情報に限らない多様な情報が利用されていると考えられる。

音楽の合奏では、共演者間の演奏音の協調が合奏の遂行に不可欠であるが、この協調の過程において演奏者の身体的なチャネルに由来する視覚的手がかりが、一定の役割を果たしている可能性が指摘されている。合奏における演奏音の協調については音響情報に基づく研究が展開されてきが、演奏における身体性の問題が議論の俎上に乗るようになった流れを受けて、近年では視覚情報の役割にも関心が向けられて来ている。

一方、演奏に関わる視覚情報の中でも身体動作に関する研究が多く行われてきている。そこで、合奏における演奏音の協調に関わる視覚情報の中でも、特に身体動作の役割について、これまでの研究の流れと筆者による一連の研究について紹介する。

1.1. 合奏と協調

時間芸術である音楽では、演奏音という音響的な要素が経時的に適切に配置される必要がある。特に合奏の場合には、個々の演奏者が産出する演奏音の同時的な関係性も適切にコントロールされる必要が加わるが、これを実現するためには合奏中に共演者間で演奏音の協調を図る必要性が不可避に生じる。

このような必要性を生じる要因の 1 つは演奏表現に求められる。そもそも音楽の演奏は、五線譜に記譜された通りに音響を再現してみせることではない。実際には楽譜は適切な演奏のための情報の全てを網羅しているわけではなく、機械的に楽譜をなぞるような演奏は魅力に乏しいものとなる。そのため、演奏者は記譜された情報に基づきながらも独自の解釈を加えて演奏表現を形成し、それを演奏音の細かな変化の上に表現する。結果的に、記譜された情報と実際に産出された演奏音の間で乖離が生じることとなるが、これは芸術的逸脱（Seashore, 1938）としてよく知られている。熟達した演奏家は、この逸脱によって特徴づけられる自身の演奏表現を長期にわたって確立し、高い精度で再現できるということが示されている（Shaffer, 1984）。独奏者ではこの確立された演奏表現を実際の演奏に用いても差し支えないが、合奏の場合には共演者達が個々に確立した演奏表現を統合することが求められる。通常、演奏者間の演奏表現の統合は練習やリハー

サルの間になされると考えられるが、それでもなお、実際に合奏が上演される際にはいくつかの理由から共演者間の協調が要求される。まず、ジャズやポピュラー音楽のライブ演奏で明確な例を目にするように、上演時にはしばしば即興的な演奏表現が形成されることがある。この場合、演奏はあらかじめ確立し共有された演奏表現を離れて展開することとなる。ここにまず、共演者間での演奏音の協調の必要性を認めることができる。また、もう 1 つの要因には演奏音の制御の失敗が挙げられる。人間の演奏には、知覚や運動の限界に起因すると考えられるゆらぎやズレ（田中, 2000）が含まれるほか、演奏以外の社会的な要因の影響を受けて、例えば「あがり」のような現象（Sloboda, 1982）により、確立された表現にミスが生じる可能性がある。このような、その場その場でリアルタイムに生み出される演奏表現のバリエーションや、互いの細かなズレから生じる変動に対応するためには、共演者間で演奏音の時々刻々の協調を行うことが不可欠となる（Davidson, 1997）。

合奏場面での演奏音の協調は、主として音響面から検討されてきた。Rasch（1979）や Shaffer（1984）の研究は、合奏における協調の問題を扱った初期の代表的な研究であり、共演者間での演奏音の協調を、同期というタイミング協調の観点から検討した彼らのアプローチは、今日の研究に引き継がれている。この最初期の研究において既に、指揮者の身ぶり（Rasch, 1988）や共演者の身ぶり（Shaffer, 1984）が、演奏音の協調において視覚的な手がかりとしての一定の役割を果たしている可能性が言及されてはいたが、検討はあくまで音響情報に対して行われた。音楽が主として音響によって成り立つ芸術であることを考えれば、まず音響面の検討から始めることは妥当であったかもしれない。これらのアプローチの延長上に位置づけられる研究には、堀内・坂本・市川（2004）のような、合奏におけるタイミングの調整機構を演奏音の音響的なフィードバックに基づいて明らかにしようとする取り組みが挙げられよう。これに対して近年では、音楽に関する複数の研究領域で、従来の音楽研究における音響情報への偏重と身体性に注目することの重要性についての認識がなされている（Clarke & Davidson, 1998; 山田, 2008）。この流れの中で、演奏者の身体に由来する視覚情報の働きを扱う研究が盛んとなっており、合奏場面での演奏音協調の過程における視覚情報の役割にも関心が向けられるようになってきている。

1.2. 演奏と視覚的手がかり

演奏音の協調を扱った従来の研究が着目する通り、その主たる手がかりは演奏音という音響情報であると考えられる。それでは、視覚情報の寄与はどのように想定することができるだろうか。これを考える上では、演奏音に依拠した協調に存在する、いくつかの制限を確認することが必要であろう。これらの制限をもたらす要因として、既に言及した芸術的逸脱を指摘することができる。芸術的表現のためには楽譜から逸脱した演奏が不可欠であり、合奏の個々のパートの演奏音や、さらには各パート間の演奏音の関係

性にこのような表現のための逸脱が含まれる。演奏音の協調が必要となる状況の一つに、演奏のミスを修正する場合が考えられ、この協調のプロセスは直前の演奏音の音響的なフィードバックに依存している。しかしながら、各パート間の関係には演奏音のコントロールの失敗による逸脱と、演奏表現が行われた結果としての逸脱とが混在する可能性がある。特に、即興などで即時的な演奏表現が形成されている場合や、音楽的な表現に起因するパート間の逸脱が非常に大きい場合には、ミスの情報を選択的に取り出すことが困難かもしれない。

また、演奏音が芸術的表現そのものであるということは、演奏音の協調のための、音響的な方略を制限する要因になると考えられる。演奏音を協調させるのに、未来の演奏音に関する手がかりを共演者に伝達するような方略が有効となる場合があろう。演奏音を用いてこのような手がかりを与えるためには、音響的パラメータを任意に操作することが必要になるが、それは同時に演奏表現を行うためにも不可欠である。従って Shaffer（1984）も指摘しているように、演奏音を用いて合図を送ることは表現の流暢さと対立する恐れがある。

このように、演奏音に依存した協調は必ずしも十全に機能するとは限らないように思われる。そのため、演奏音を手がかりとして協調が図られる場合であっても、その限界を補うために他の手がかりが機能する余地がある。ここに、合奏における演奏音の協調のための代替的なコミュニケーションのチャネルを提供するという役割を、視覚情報が果たしている可能性を見出すことができよう。

視覚情報が演奏音の協調で役割を果たすと言うときには、演奏者自身の視覚情報に含まれる何らかの手がかりが、演奏音についての情報を共演者に提供することで、共演者が自身の演奏を調整するのに寄与することを意味する。演奏者自身に由来する視覚情報が持つこの伝達的な働きの根拠は、どこに求められるだろうか。例えば独奏にも関係する研究として、演奏者から聴取者に対する表現意図の伝達に関する研究が挙げられる。この枠組みにおいて問題となるのは、演奏者の視覚情報が表現意図の伝達に寄与するかどうかである。先に見たように、演奏者は単に楽譜のままに演奏するわけではなく、独自の解釈を演奏音に表現する。音響的なレベルから情動的なレベルにまでわたるこの演奏表現による特徴づけが、演奏者が意図した通りに聴取者に伝達されるかどうかは、ときに演奏の成否に関わる重要な問題となりうる。佐久間・大串（1994）は、いくつかの表現意図に基づいて演奏された打楽器曲を聴取者に評定させ、演奏音が単独で提示されるよりも、演奏者の映像が同時に提示される場合に聴取者の判断が演奏者の意図によく一致し、表現意図がより正確に伝達されることを示した。また、下迫・大串（1996）はピアノ演奏を素材として、提示される演奏音と演奏者の映像との間で表現意図が一致しない場合に、視覚情報が聴取者の判断に及ぼす影響を検討した。この研究では、表現意図の判断が視覚情報により一貫した影響を受けること、そしてこの傾向は音楽的訓練の経験が少ない聴取者により顕著であることが示唆されている。これらの研究は、演奏者

の視覚情報が、演奏音についての判断を行うための手がかりを豊富に含んでいることを示唆している。合奏場面においては、これらの手がかりが演奏音の協調にも有用であるという推測は妥当なものであろう。

それでは、合奏場面において視覚情報は演奏者達によって実際に、そしてどのように用いられているのであろうか。共演者間で視覚情報がやり取りされるコミュニケーションチャネルについて整理すると、視線、身体動作、表情を主な視覚的チャネルとして挙げることができる。合奏グループを対象としたインタビューや観察による研究は、これらの視覚的チャネルが演奏者達によってどのように捉えられ、用いられているかを検討してきた。

Davidson & Good（2002）では弦楽四重奏を対象に、演奏者に対するインタビューと合奏中の演奏者達の観察という二通りの方法を用いて、共演者間のコミュニケーション行動を検討した。視覚的なコミュニケーションについて、インタビューからは視線についての知見が多く得られており、視線行動に対する演奏者の高い意識が示唆された。一方、合奏の観察からは身体動作の使用が見出されており、これらの動作は演奏の出だしや終わりのタイミングや、ダイナミクスなどを共演者間で協調させることに結びつけて考察されている。演奏者自身が視線行動により自覚的であることは、インタビューによる研究を行った Ford & Davidson（2003）の結果にも見出せる。視覚的チャネルの使用に関して、演奏者はアイコンタクトなどの視線行動についての見解を多く報告し、動作についての言及は研究者が期待したほどには得られていない。さらに、合奏の定量的観察を行った Williamon & Davidson（2002）の研究は、視覚的チャネルが単に合奏の中で使用されるだけでなく、合奏の遂行と結びついていることを示している。ピアノデュオを対象としたこの研究では、リハーサルから上演へと合奏が完成されていく過程を追い、視線行動や明確な身体動作の表出が、楽譜上で重要であると特定された箇所[1)]で生じる割合が有意に増加したことを示した。つまり、合奏が完成に近づくにつれ、これらの重要な個所ほど視覚的コミュニケーションが行われる頻度が増していた。この研究は、高度な協調を実現することにこれらの視覚的チャネルが関与していたことを示唆する点で重要である。上記の観察やインタビューからは、視覚的チャネルの使用が合奏の観察を通して確認されるとともに、その種類によって程度の違いこそあれ演奏者達によって自覚されていること、また視覚的チャネルの使用が合奏の遂行と結びついている可能性が示される。

こうした研究から、視覚的チャネルが合奏の遂行に関与していることが示唆されるが、演奏音協調の過程において個々の視覚的チャネルの持つ機能は様々であると考えられる。インタビューに基づいた研究において、演奏者からは視線行動に関する多くの報告が得られており、その重要性が伺える。しかしながら、視線そのものによって協調のための詳細な手がかりが提供されるという証拠は得られていない。河瀬（2011）は、互いに相手の頭部が見えるが動作を作ることができないよう固定された場合、ピアノデュオ

のタイミングの協調が固定されない場合と比べて劣ること、相手が見えない状況よりは良好であることを見出した。このことから河瀬は、視線が演奏音についての詳細な情報を与えると言うよりも、演奏の大局的な方針や表現に関する、決定や協調の面で機能している可能性を指摘している。合奏における視線の働きを考えるにあたっては、視線チャネルがいくつかの機能を持っていることに注意する必要がある。Kendon(1967)による分類では、視線（gaze）の主な機能として、対象の情報を取得するモニタリング機能、会話の調整機能、感情や対人関係の表出機能の 3 種類が挙げられている。視線はそれ自体を手がかりとして他者に何らかの情報を伝達する以外に、視覚的な情報を収集する機能を持つ。合奏場面での視線行動も伝達的な働きと言うよりはむしろ、視覚的な情報収集のために生起している可能性が考えられる。Davidson & Good の研究でも、演奏者によって報告された視線行動の多くがタイミングの協調に関連付けられたが、その主な働きにはタイミングに関する手がかりの提供ではなく、情報収集の側面が指摘されていた。情報収集に関する視線の機能には、相手に対してコミュニケーションの準備ができていることや、フィードバックの要求を伝えるような能動的な働きも含まれる。Price & Byo（2002）が指揮者の視線について指摘した、共演者との間の他のチャネルによる非言語的なやり取りを促進するという役割は、こうした機能に対応するものであろう。Williamon & Davidson の研究において、ピアノデュオが楽譜上の「重要な個所」でアイコンタクトを増加させたのは、共演者間でも同様の機能が働いていることを示唆している。このように、視線チャネルは演奏の全体的な意思決定や、演奏音の協調のための手がかりの取得、そのためのコミュニケーションの制御に関わっていると考えられる。

合奏での使用が報告されるもう一つの視覚的チャネルは身体動作であり、特に観察を用いた研究で数多く報告されている。演奏音の協調に関する初期の研究において既に、身ぶりが手がかりとなる可能性が言及されていたように、身体動作チャネルは演奏音の協調のためのより具体的な手がかりを提供していると考えられ、その根拠となる研究結果が得られてきている。まず、身体動作はその産出を通して演奏音と強固な結びつきを持つことが指摘される。丸山（2005）は演奏音の産出の契機としての演奏動作に注目し、両者の分かち難い関係を示す一例として、チェロのボウイング動作を検討した Winold, Thelen & Ulrich（1994）の研究を紹介している。Winold らはある音楽構造を特定の表現の意図をもって演奏する場合、そのような表現に最適な運動のパターンが存在することを指摘し、これを「運動学的な不変項」と呼んだ。このような関係が存在するならば、我々は演奏の遂行を目的として自発的に行われる運動からでさえ、その動作によって産出される演奏音についての手がかりを抽出できる可能性がある。実際にそのような手がかりが利用されていることを、演奏者の見解に確かめることができる。Goodman（2000）は長いキャリアを持つ合奏集団の演奏者が、身体動作について報告した内容を紹介しており、それによれば、長年にわたって共演してきた相手との間では演奏する際の互いの動きについての理解が形成され、それに対して反応できるようになるという。同時に、

このような身体動作に対する反応は直感的になされる傾向も指摘されているが、このことがインタビュー形式の研究で、演奏者が身体動作についてあまり多くを報告しなかったことの一因となっていたかもしれない。もちろん、このような自発的な身体動作だけでなく、意図的に身体動作を形成することによって手がかりを提供することも可能であろう。Davidson（1993）は演奏者-聴取者間での演奏表現の意図の伝達における視覚情報の働きが、提示される視覚情報が演奏者の身体動作だけであっても見られるという結果を得た。この結果は、聴取者が演奏者の身体動作から、演奏音についての判断に寄与する情報を得られたことを示している。

さらに、SMS（sensorimotor synchronization）の研究からは、身体動作が持つような空間的な情報が、同期を行うためのタイミング調整に有効であること示す証拠が得られている。視覚刺激に対する同期課題の成績は、一般的に音響刺激に対するそれよりも低くなることが知られているが、Hove, Spivy & Krumhansl（2010）は視覚刺激の中でも刺激が持つ性質によって成績が大きく変動することを明らかにした。Hove らは、典型的な明滅による視覚刺激との比較から、タッピング反応を行う手指の運動と親和性の高い空間的情報を含む視覚情報が、タイミング調整を促進することを明らかにした。空間的な情報を含む身体動作は、タイミングについての手がかりを視覚的に伝達することに適したチャネルであると言え、視覚情報が音響的なタイミング調整を補完する役割を果たす際にもとりわけ有効に機能する可能性が示唆される。

1.3. 合奏の協調と身体動作

ここまで見てきたように、演奏音の協調に寄与しうる視覚的チャネルの中でも、身体動作は特に重要な役割を持つと考えられる。そのため、合奏場面の身体動作に焦点を当てた実験的研究が行われてきた。この種の研究には大きく分けて、指揮者の身ぶりに関する研究と、合奏する共演者達の身体動作を分析した研究の 2 種類がある。

指揮者の身ぶりに関する研究では、指揮者の身ぶりに含まれる動作のどのような要素が演奏者の反応に影響するかが検討された。Luck & Sloboda（2008）では演奏者が指揮者の身ぶりのどのタイミングに自身の演奏を同期させるか、つまり指揮者の身ぶりの中にどのように拍を知覚しているかが検討された。演奏音の協調の観点からは、そのように知覚される拍に対してよりよくタイミング調整を行うために、先行する指揮者の身ぶりからどのような手がかりが用いられているかがより重要である。この観点からは、合奏の演奏音から得られた指標と指揮者の動作との相互相関を求めることで、演奏者のタイミング形成に結びつく動作の特徴を検討した Luck & Toiviainen（2006）のような研究の充実が待たれる。

合奏における演奏者達の身体動作を扱う研究の最も初期の例には、Williamon & Davidson（2002）が挙げられる。この研究で身体動作に関して得られた結果をまとめると、ピアノデュオがより高度な合奏を形成していく過程で、合奏を行うのに重要とされ

る楽譜上の個所において、強調された動作や類似した動作の増加が見られた。この研究は、合奏における身体動作の役割を検討するための基本的な枠組みを提供している。この枠組みの基本方針は、演奏音協調のために視覚情報が利用される程度の異なる状況を設定し、演奏者達が形成する身体動作を比較することである。これらの状況の間で身体動作の差異が見出されれば、それは身体動作が視覚的な手がかりとして何らかの形で利用されたことを示唆するし、また視覚情報の利用が促進される状況で見られた身体動作の特徴は、手がかりを利用するために重要なものと捉えられる。Williamon & Davidson で特定された重要な楽譜上の個所では、演奏音の協調をより高度に行うために、視覚情報も利用することが促されたであろう。これらの個所で生起頻度が増した、強調され、類似した動作は、視覚的な手がかりを共演者に提供するものと解釈された。

これまでに行われた同種の研究は、おおむねこの枠組みに則っている。Goebl & Palmer（2009）では、ピアノデュオの間でやり取りできる音響情報に段階的に制限を加えることで、視覚情報への相対的な依存の程度を操作した。結果より、音響情報の制限下では合奏中の身体動作に変化が見られ、これらが不足する音響的手がかりを補完するために用いられた可能性が指摘されている。このときに見出された身体動作の特徴は Williamon & Davidson で見出されものと共通しており、共演者間での動作の同期は不足する音響手がかりを補うための動作の視覚的な利用を表すものとして、動作の拡大は相手にこれらの手がかりを伝達するものとして解釈され、これらの特徴が共演者間での視覚的な協調に重要であるという示唆をより強固なものとしている。Keller & Appel（2010）はやはりピアノデュオを対象として、共演者間の視覚情報の利用の有無を操作することによって、視覚的手がかりが用いられる条件とそうでない条件を設定し、条件間で演奏音の同期と身体動作を比較した。この研究では先の二つの研究から示唆されるのとは逆に、共演者との視覚的接触は同期成績を低下させていた上、共演者間の動作が同期する傾向も視覚情報が得られない条件と変わらず、動作の大きさについてはより小さくなっていた。

以上がこれまでの主要な先行研究であるが、必ずしも一貫した結果が得られておらず、さらなる検討が必要である。

1.4. 本研究の目的

そこで、本研究ではこれらの先行研究を踏まえて、演奏音の協調における身体動作の役割についての実験的検討を行う。まず、先行研究に見出される課題を整理し、この検討の際に重要となるいくつかの点を指摘したい。

一点目は、演奏音の協調に対する身体動作の寄与を検討可能な実験条件を設定することである。Goebl & Palmer（2009）の研究では、演奏音の協調が同期の観点から定量的に検討されたが、音響情報の利用可能性を操作したことが演奏音の同期に影響したため、身体動作が音響的な協調を視覚的に補完するという働きについては検討されていない。

二点目は、演奏音の協調の指標を明確に定義しうる課題を用いることである。

Williamon & Davidson（2002）では、演奏音の協調が練習の進展に伴って向上したことが前提とされているが、身体動作の寄与を検討するためには定量的測定が不可欠であろう。一方、Keller & Appel（2010）では演奏音の同期が定量的に検討されたが、特定の音楽構造を持った演奏素材を用いたことが、その評価を困難なものとしている。既に述べたように、表現として適切な演奏は芸術的逸脱と呼ばれる変動を含んでおり、特定の音楽構造はそれに結びついた演奏表現を要求する。表現のための逸脱は共演者間の演奏音の時間的関係にも生じうるため、同期は必ずしも演奏音の協調の目標であったとは限らない。Keller & Appel も、同期の指標に視覚情報の寄与が見られなかった原因として、このような演奏表現に起因する非同期があった可能性を認めている。従って、用いられる合奏課題は、演奏音の協調に影響を及ぼす要因を極力取り除いたものであることが必要である。

三点目は、演奏音の協調と身体動作を別個に検討するのではなく、両者の関係性も検討の対象に加えることである。身体動作が視覚的手がかりとなっているなら、その利用の程度が演奏音の同期に影響すると考えられる。すなわち、共演者の視覚情報が得られる環境下では、視覚的な手がかりのやり取りに関わることが推測される、視覚条件に特有な動作の特徴がより顕著に見られるほど、同期成績も向上することが予想される。

本研究では以上の点を念頭に置き、演奏音の協調に対する身体動作の視覚的手がかりとしての役割を、一連の合奏実験を通して検討する。全ての実験に共通する基本的な枠組みは以下のようなものである。まず、実験条件として対面と非対面の 2 つの視覚条件を設定する。演奏音の協調に対する身体動作の寄与を検討するためには、音響情報に基づく協調が同様に行われながらも、視覚情報の用いられ方が異なるような環境の間で比較することが必要である。このため、Keller & Appel で用いられたような、共演者間での視覚情報を操作する方法を採用する。次に、演奏音の協調をタイミングの協調から検討し、演奏の素材には等間隔のパターンを用いる。タイミングの協調は、これまでに多くの研究で扱われてきた実績のある同期の観点から検討する。また、同期に影響を及ぼしうる演奏表現の影響を取り除くため、特定の音楽構造を含まない等間隔系列を採用する。Merker, Madison & Eckerdal（2009）によれば、等間隔のリズムに合わせるといった単純な行動でさえ、集団で行う音楽行動には前提として欠くべからざる能力である。従って、等間隔系列は合奏におけるタイミングの協調を最も基礎的なレベルから検討を行うのに適切な素材であると言えよう。最後に、実験参加者は特定の音楽訓練を受けた経験の無い一般大学生とする。演奏表現の意図の伝達の研究からは、音楽訓練が音響的手がかりに依存する傾向を強めることがわかっている。従って、視覚的手がかりの影響がより大きく見られることが予測される一般大学生を対象として実験を行う。

2．実験

2.1. 実験Ⅰ：共演者の視覚情報が対人合奏課題に及ぼす影響

2.1.1 目的

実験Ⅰでは、対面・非対面の 2 つの視覚条件で 2 名による対人合奏課題を行い、視覚情報が演奏音の同期と身体動作、およびそれらの関係に及ぼす影響を検討する。本実験で検証される仮説は次の通りである。まず、演奏音の同期について、視覚情報から音響情報を補う手がかりが提供され、タイミングの協調が促進されるために、対面条件ではより良好な同期が見られるだろう。次に、実験参加者は視覚情報の中でも身体動作を利用すると考えられる。よって、対面条件では先行研究が身体動作の使用例として報告した、拡大され、実験参加者間で類似した身体動作をより顕著に形成するだろう。最後に、これらの身体動作は同期を形成するための手がかりとして機能することが推測されるので、対面条件では同期成績との間に相関関係が見られるだろう。

2.1.2 方法

実験参加者

大阪大学の大学生及び大学院生 28 名（男性 10 名、女性 18 名、平均年齢は 22.5 歳、18 - 46 歳）が、初対面の同性 2 名で実験に参加した。また、専門的な音楽教育を受けた経験、および本実験参加以前のドラム演奏の経験を有する者はいなかった。

課題

2 名の実験参加者による演奏音の同期を目標とした合奏課題を実施した。実験参加者達は、各自 1 つずつ割り当てられた電子ドラムパッドを用いて、等間隔の系列を利き手のドラムスティックで演奏し、これを相手が同様に行う等間隔系列の演奏と可能な限り同期させるように求められた。合奏のテンポは指定せず、自由テンポで行うことを求めた。この理由は、課題が同期とテンポの維持という 2 重の目標を持つことを防ぐためであった。

装置・器具

実験は、大阪大学人間科学部の感性情報心理学研究室の隣接する 2 つの防音室で行われた。2 つの部屋の間はガラス窓で隔てられており、視覚的環境を統一、分離させることができた。聴覚的環境は互いに完全に独立で、音響情報は実験参加者の演奏によって産出されるドラム音色がスピーカを通して提示されるのみであり、その他の音響情報に関しては完全に独立した環境が構築された。各防音室には椅子と電子ドラム（Roland: PD-6）がガラス窓に向かって設置された。実験参加者の打叩情報は電子ドラムからドラム音源モジュール（Roland: TD-10）に伝達され、バスドラムの音色を生成した。生成さ

れた音色はオーディオワークステーション（TASCAM: SX-1）に音響データとして記録された。ドラム音色はアンプ（SONY: TA-V88ES）を経由したのち防音室内に設置したスピーカ（DENON: SC-T777SA）から提示された。身体動作の記録にはCCDカメラ（DAIWA: SE-72F）とHDD&DVDビデオレコーダ（TOSHIBA: RD-X5）を用いた。

手続き

最初に、2名の実験参加者達は、紙面および口頭で実験についての説明を一緒に受けた。実験参加者達は身体動作の測定準備の後に各部屋に分かれ、電子ドラムの扱いに慣れたと感じるまで、視覚・聴覚ともに完全に独立した環境で個別練習を行った。その後、1分間の合奏課題を5試行実施した。各試行において、実験参加者達は課題開始時に提示される定常音を合図として合奏を開始し、1分間が経過した後に再び提示される定常音を合図に合奏を終了した。

測定

演奏音について、収録した各実験参加者の音響データから、演奏時刻の情報としてドラム音色の開始時間を計測した。音響データを再生して1/3オクターブバンド実時間分析器（RION: SA-29）に入力し、時定数10ms、計測間隔1ms、A特性の設定で得られた瞬時値データ系列中で、瞬時値が急峻に増加する時点をドラム音色の開始時間と定義した。身体動作については、課題遂行中の実験参加者を複数の方向から録画した映像を動作解析システム（DKH: Frame-DIASII）で分析した。x軸、y軸、z軸がそれぞれ実験参加者から見て前後方向、横方向、上下方向を表すような3次元座標系における、手首の位置の時系列データを取得した。さらに、最も大きな動作が見られたz軸のデータに基づき、1打叩ごとの身体動作の特徴量として、大きさと上下方向位置のピーク生起時間の2種類を測定した（図1）。身体動作映像のフレームレートは29.97fpsで、時間分解能は33.4ミリ秒だった。

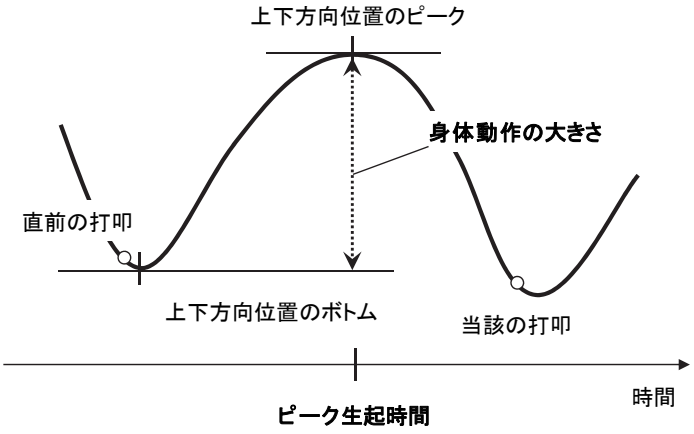

図1　身体動作の特徴量の測定

2.1.3 結果と考察

視覚情報が演奏音の同期の形成に及ぼした影響を検討した。同期を評価するための指標として非同期のばらつきが、2 名の演奏時刻の時間差の標準偏差によって検討され、試行ごとに代表値が求められた。非同期のばらつきは Shaffer（1984）をはじめとした先行研究で用いられており、小さなばらつきがより良好な同期を示す。図 2 は条件と試行回数ごとの平均を示したものである。全試行にわたり対面条件で非同期のばらつきが小さく、試行と条件を独立変数とした 2 要因混合計画分散分析は試行の主効果を明らかにし（F（4, 48）= 4.28, p < .01）、視覚条件の主効果は有意傾向を示した（F（1,12）= 4.55, p = .054）。結果より、合奏が繰り返されるにつれて同期の程度は向上し、対面条件における同期の水準が非対面条件より高くなっていたことがわかった。この結果はタイミングの協調を視覚情報が促進するという仮説を支持するものであり、対面条件の実験参加者は、相手の視覚情報を手がかりとして演奏音のタイミングの協調をより高度に行っていたと考えられる。

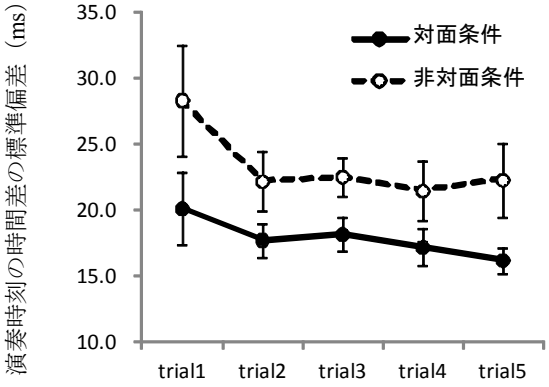

図 2　非同期のばらつきの条件間比較

次に視覚情報が身体動作に及ぼした影響を検討した。先行研究から示唆される、身体動作の視覚的な利用と関連する特徴のうち、各実験参加者が形成した身体動作の大きさを対面条件と非対面条件で比較したところ、条件間に差は見られなかった。次に、実験参加者間の身体動作の類似性を、大きさと時間的側面の両面から調べた。大きさの類似性の指標には、ペアを組む 2 名の間での動作の大きさのずれを用いた。大きさのずれを評価するために、1 打ごとに 2 名の身体動作の大きさの比が算出され、各試行の平均値が求められた。比が小さいほど動作の大きさが類似したことを示す。図 3a は結果を条件と試行回数ごとに平均したものである。2 要因混合計画分散分析の結果、条件の主効果

が有意傾向を示し（F（1, 12）= 3.52, p = .085）、対面条件では非対面条件よりも動作の大きさのずれが小さく、ペアの動作の大きさがより類似していた。

時間的な類似性は、実験参加者間での動作の時間的なずれを指標とした。時間的なずれは、1 打ごとに 2 名の動作のピーク生起時間の差の絶対値によって評価され、各試行の平均値が求められた。この値が小さいほど動作が時間的に類似したことを示す。図 3b は各試行の結果を条件と試行回数ごとに平均したものである。対面条件では一貫して非対面条件よりも動作の時間的なずれが小さかったが、分散分析の結果は条件の有意な効果を示さなかった。

身体動作に対する視覚情報の結果は、当初の仮説を部分的に支持するものであった。大きさに関しては、仮説と異なり両条件に差が見られず、先行研究で指摘される拡大された身体動作の使用が見られなかった。一方、身体動作の類似性に関しては、対面条件でペアの動作の大きさがより類似する傾向が示され、また有意差は見られなかったものの、対面条件では全ての試行にわたって時間的により類似した動作が形成されていた。このように、共演者間で類似した身体動作が対面条件で特有に形成されたことは、先行研究の指摘と一致しており、これらの特徴が身体動作を視覚的な手がかりとして利用するために用いられていた可能性が示唆される。

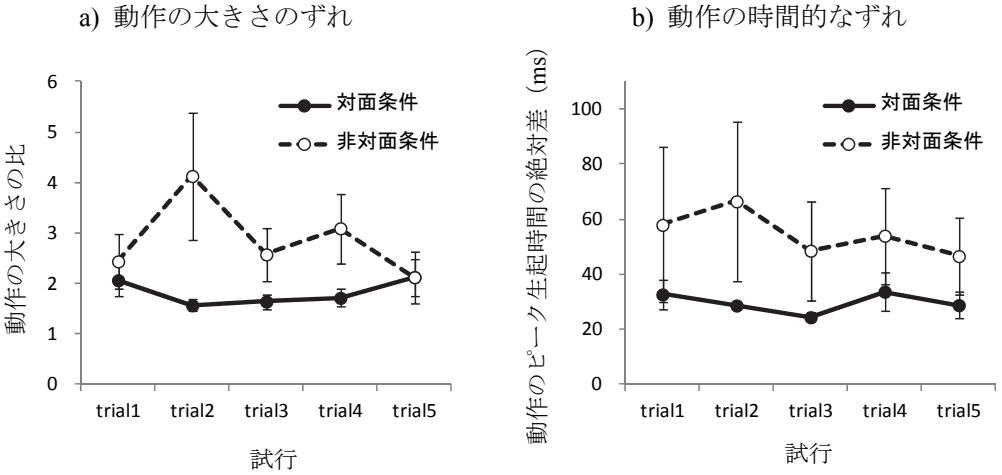

図 3　動作の類似性の条件間比較

最後に、身体動作と同期との関係が条件間で異なるかどうかを検討した。先行研究との共通性が見られたペアの類似した身体動作 2 種と、同期との間の関係を条件間で比較した。両者の関係に影響を及ぼすと考えられる IOI の影響を取り除いた偏相関係数を、対面・非対面の各条件で求めた。表 1 は、5 回の試行の平均値を各ペアのデータとして算出した、身体動作の類似性についての 2 つの指標と同期の指標の間の偏相関係数を示している。

表 1
身体動作の特徴と非同期のばらつきの関係

		身体動作の特徴	
		大きさのずれ	時間的なずれ
対面条件 (n=7)	非同期のばらつき	.63 *	.94 *
非対面条件 (n=7)	非同期のばらつき	-.45	.49

（* = $p < .05$）

同期の指標は値が小さいほど良好な同期を、動作の指標は値が小さいほどその動作の特徴が類似したことを意味するので、正の相関は動作が 2 名で類似しているペアほど同期が良好であったことを示す。対面条件では類似した動作の形成がより良好な同期に結びついていた。非対面条件では動作の時間的な類似と演奏の同期に対面条件より弱いながらも一定の結びつきが見られたが、動作の大きさの類似度は逆に不良な同期と結びついていた。

この結果は、視覚的利用と関連する身体動作の特徴が、対面条件において良好な同期と結びつくという、当初の仮説を支持するものである。対面条件に見られた強い相関は非対面条件では見られないものであり、音響的な同期から結果的に形成される両者の結びつきからは説明されないことがわかる。このことから、対面条件においては身体動作の視覚的な利用が、良好な同期の形成を促進していた可能性が示唆される。

以上の結果から、実験 I では視覚情報が同期を促進することが示され、身体動作を視覚的な手がかりとして利用することがタイミングの協調に寄与した可能性が示唆された。ただし、対面条件では身体動作以外の視覚情報も利用できたため、同期を促進した要因として他の視覚的チャネルが影響を及ぼした可能性を除外できない。また、見出された身体動作と同期との関係も、そのような視覚的チャネルを介した間接的なものであるかもしれない。

2.2. 実験Ⅱ：生物学的運動を用いた対人合奏課題の検討

2.2.1. 目的

実験Ⅰでは、視覚情報が演奏音の同期や実験参加者間での類似した動作の形成を促し、これらの身体動作と演奏の同期の結びつきを強めたことから、身体動作が視覚的な手がかりとしての役割を果たした可能性が示唆された。しかしながら、対面状況では利用できる視覚的チャネルに制限がなく、身体動作以外の視覚情報の影響も否定できない。そこで、実験Ⅱでは生物学的運動[2)]（biological motion）を双方向にリアルタイムで提示することにより、共演者間で身体動作だけが視覚的にやり取りできる環境を構築し、実験Ⅰと同様の検討を行った。

2.2.2. 方法

実験参加者

大阪大学の大学生及び大学院生 16 名（男性 8 名、女性 8 名、平均年齢 22.3 歳）が、初対面の同性 2 名で実験に参加した。専門的な音楽教育を受けた経験、および本実験参加以前のドラム演奏の経験を有する者はいなかった。

課題

課題は実験Ⅰと同様である。

装置・器具

実験Ⅰと異なる点のみ報告する。実験Ⅱではガラス越しに実験参加者達が対面するのではなく、相手の姿が生物学的運動の形で提示された。生物学的運動は、部屋の照明を落とした状態で、主要な関節部（両手首、両肘、両肩と額、腰）に光点を配置した実験参加者を CCD カメラ（SONY: CCD-PC1）で撮影し、低輝度、高コントラスト設定のプロジェクタ（EPSON: ELP-735, EPSON: EMP-740）でスクリーンに投影することでリアルタイムに提示された。音響提示にはプロジェクタの騒音が合奏課題に影響を与えないよう、スピーカではなくヘッドフォン（beyerdynamic: DT-250）を使用した。

手続き

実験Ⅰと異なる点として、本試行でのペア間のばらつきを抑えることを目的として個別練習で目標となるテンポが例示された。実験参加者はこのテンポを参考に練習を行った[3)]。また、実験参加者達には実験開始前にあらかじめ互いの生物学的運動が提示され、光点と実際の関節部の対応が確認された。

測定

測定したデータおよびその方法は、実験Ⅰと同様である。

2.2.3.結果と考察

実験Ⅰと同様に、演奏の同期、身体動作、および両者の関係を検討し、実験Ⅰの対面条件、非対面条件と比較を行った。演奏音の同期が非同期のばらつきによって検討されたが、実験Ⅰの対面条件とは異なり、非対面条件よりも良好な同期が形成されていたものの、有意な差は見られなかった。一方、身体動作の特徴に関しては、実験Ⅰにおける対面条件と同様に統計的な有意差こそ見られないものの、非対面条件よりも時間的な面でも大きさの面でも実験参加者間の類似した動作が見られた。重要な結果が身体動作と同期との間の関係について得られた。表 2 に示されるように、IOI の影響を取り除いた偏相関係数によって検討したところ、実験Ⅱでは実験Ⅰの対面条件と同じく身体動作の視覚的な利用と良好な同期との間に正の相関が見出された。

表 2
身体動作の特徴と非同期のばらつきとの関係（実験Ⅰとの比較）

	身体動作の特徴	
	大きさのずれ	時間的なずれ
実験Ⅰ:対面条件 (n=7)	.63	.94*
実験Ⅰ:非対面条件 (n=7)	-.45	.49
実験Ⅱ (n=8)	.56	.79*

（* = p < .05）

以上の結果から、その他の視覚的チャネルの影響を除いた環境下においても、身体動作を視覚的に利用しようとする動作の特徴が形成されたこと、そして実際にこのことがタイミングの協調に寄与していた可能性が確認された。一方で、生物学的提示条件下では非対面条件よりも同期の水準は高いものの、対面条件とは異なり有意な差が確認されなかった。この理由としては、除外された視覚的チャネルの中に身体動作と相補的に機能するチャネルが存在していたことが考えられる。例えば、指揮者の視線には共演者との非言語行動の効果を高める効果があるということが指摘されている。実験環境の面では、プロジェクタの騒音を避けるために演奏音がヘッドフォンを用いて提示されたが、このような音響情報の提示方法の違いが、実験参加者が自身と相手との演奏音の同期を知覚するのに影響を及ぼした可能性がある。また、生物学的運動の提示において、楽器と直接接触するドラムスティックの動きは提示されていなかった。このことが、対面条件と比べて動作に関する情報の不足をもたらしていかもしれない。

2.3. 実験Ⅲ：刺激同期課題を用いた身体動作の役割の検討

2.3.1 目的

実験ⅠとⅡの結果から、共演者の視覚情報がタイミング調整に寄与することが示され、特に身体動作が手がかりとして用いられている可能性が示唆された。最後に、実験Ⅲでは刺激同期課題を用いて身体動作の視覚的な役割を検討する。ここでの検討課題はまず、身体動作の視覚情報が与えられることで、音響に対する同期が促進されるかどうかを検証することである。もう一つの検討課題は、共演者間の類似した身体動作に関するもので、このような動作の特徴は身体動作の視覚的利用と結び付けられてきたが、その具体的な役割については詳細な議論がなされてこなかった。身体動作の視覚的利用と関連する動作を刺激同期課題でも検討することにより、このような動作の特徴が持つ働きについて考察を行う。

2.3.2. 方法

実験参加者

大阪大学の大学生及び大学院生 10 名（男性 5 名、女性 5 名、平均年齢 23.0 歳）が実験に参加した。専門的な音楽教育を受けた経験、および本実験参加以前のドラム演奏の経験を有する者はいなかった。

課題

1 名の実験参加者による、タイミングの同期を目標とした刺激同期課題を実施した。実験参加者は音響のみ、あるいは音響と映像を組み合わせて提示されるドラム打叩音の系列刺激に対して、電子ドラムを用いた等間隔の演奏を可能な限り同期させた。

刺激

単一のドラム音色によって 1 分間継続されるドラム打叩の音響刺激と、音響刺激と同期するように作成された、ドラム打叩を行う模式的な人物像の視覚刺激を使用した。刺激は等間隔のパターンを基本とし、厳密な等間隔刺激と、人間の演奏に特徴的なゆらぎを加えたランダム刺激の 2 種類を使用した。等間隔刺激では 1 打の間隔を 600.6 ミリ秒（映像では 18 フレーム）とし、ランダム刺激では 500.5 から 700.7 ミリ秒（同 15 から 21 フレーム）までランダムに変化させた。視覚刺激の 1 フレームの時間長が 33.37 ミリ秒であったので（フレームレート 29.97fps）、ドラム打叩の間隔はこの倍数を目安として決定され、音響刺激が作成された。視覚刺激は、実験Ⅰの対面条件から抽出された平均的な動作パターンで打叩を行う 3D アニメーションであり、ドラムスティックも含まれた。作成された音響刺激と視覚刺激は一つの動画ファイルに統合され、音響のみの刺激では一様な白色の背景画像が合成された。各刺激には、ドラム打叩音の系列が開始される前に、テンポのガイドとして 600.6 ミリ秒の間隔で 4 打分のメトロノーム音を挿入した。

装置・器具

実験は、大阪大学人間科学部の感性情報心理学研究室の防音室で行われた。刺激は室外の CD / DVD プレーヤー（SONY: DVP-S7000）で再生され、音響情報はアンプ（SONY: TA-V88ES）を経由して防音室内のスピーカ（DENON: SC-T777SA）から提示された。視覚情報は、プロジェクタ（EPSON: ELP-735）の騒音が課題の遂行に影響しないよう、実験参加者が着席した椅子の正面にあるガラス窓越しに、隣室から透過スクリーンを用いて提示された。実験参加者の演奏および動作の記録は実験Ｉと同様である。

手続き

実験参加者達は最初に、紙面および口頭で実験についての説明を受けた。身体動作の測定準備の後、実験参加者は電子ドラムの扱いに慣れたと感じるまで等間隔パターンの演奏を練習した。練習後、実験参加者の半数は視覚有り、無しの順で、もう半数はその逆の順で、全 4 種類の刺激に対して同期課題を行った。等間隔刺激とランダム刺激に関しては、ランダム刺激の難度を考慮し、全て等間隔刺激を先に実施した。

測定

測定したデータおよびその方法は、実験Ｉと同様である。

2. 3. 3. 結果と考察

同期成績に対する身体動作の視覚情報の影響を検討した。刺激中のドラム音の発音時刻と実験参加者の演奏時刻の時間差をもとに、非同期のばらつきが検討された。視覚条件と刺激の種類を被験者内要因とした 2 要因反復測定分散分析の結果、視覚条件（$F(1, 9) = 28.94, p < .001$）と刺激の種類（$F(1, 9) = 271.15, p < .001$）の主効果、視覚条件と刺激の種類の交互作用が有意であった（$F(1, 9) = 35.80, p < .001$）。単純主効果の検定から、刺激の種類の効果は両視覚条件で有意であり、等間隔刺激でランダム刺激よりも同期の水準が高かった。また、ランダム刺激で視覚条件の効果が有意であり、視覚無し条件よりも視覚有り条件で同期の水準が向上した（図 4）。

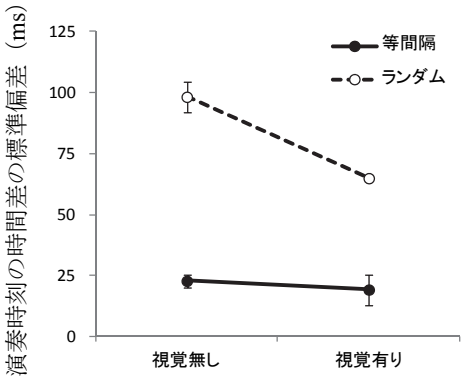

図 4　動作の類似性の条件間比較

刺激への同期ではランダム刺激に限り、身体動作の視覚刺激による影響が見られた。等間隔刺激では刺激の発音時間の予測が容易に成立するため、音響的手がかりのみで十分に同期を行えたのであろう。これに対してランダム刺激の場合には、音響情報のみでは予期が困難であったと考えられる。身体動作の視覚情報はランダム刺激の同期を促進しており、身体動作は演奏の産出時間を予期するための情報を提供することが確かめられた。

表 3
身体動作と非同期のばらつきとの関係

		身体動作の特徴	
		大きさのずれ	時間的なずれ
視覚無しランダム (n=10)	非同期のばらつき	.27	.53
視覚有りランダム (n=10)	非同期のばらつき	.42	.56†

（† = p < .10）

次に、身体動作の視覚情報の効果が見られたランダム刺激に注目して、身体動作の特徴と同期との関係を検討した。大きさと時間的側面について、実験参加者が刺激中の動作との間に形成した動作の類似性を調べ、非同期のばらつきとの相関係数を算出した[4)]。表 3 に示されるように、身体動作の特徴と同期との関係は、視覚刺激が与えられる場合とそうでない場合とで、実験Ⅰ・Ⅱの非対面条件とそれ以外の間で見られたような大きな差を示さなかった。

この結果は、刺激に含まれる身体動作の情報を、単に自身のタイミング調整に利用する上では、それに類似した動作を形成することが必須ではないということを示唆する。このことを踏まえると、実験Ⅰの対面条件や実験Ⅱで見られた実験参加者間の類似した動作には、身体動作の視覚的な手がかりを互いに伝達しようとする、双方向的、かつ能動的なコミュニケーションとしての役割が存在したものと推測される。

3．まとめ

音楽行動における身体動作の役割に関して、聴取状況では比較的多くの検討が行われてきたが、合奏場面における演奏音の協調は従来音響情報を中心に行われており、定量的な検討は少なかった。合奏における演奏音の協調に結びついた身体動作の使用が報告

されており（Williamon & Davidson, 2002; Goeble & Palmer, 2009）、これらの先行研究は身体動作が視覚的な手がかりとなる可能性を示唆していたが、演奏音の協調に関わる直接的な証拠は得られていなかった。本研究では、基礎的な合奏状況を用いた複数の実験環境による実験を行い、演奏音と身体動作の両方を定量的に測定することで、身体動作の役割の詳細な検討を試みた。

本研究で行われた一連の実験では、第 1 に、共演者の視覚情報が演奏音の協調を促進することを明らかにした（実験Ⅰ）。本実験で用いたような等間隔のパターンにおいても、視覚情報による演奏音の協調の促進が明らかになったことは意義深い。現実の合奏場面では複雑な構造を持つ音楽素材が用いられ、求められる演奏音の協調はより高度なものである。最も基礎的な合奏課題においてすらその協調に寄与するということは、視覚情報がこれら現実の合奏場面でも広く、そしてより重要な役割を果たす可能性を示唆する。第 2 に、視覚情報の中でも身体動作がタイミングの協調に果たしている役割について、本実験から新たな示唆が得られた。身体動作がタイミングの協調のための視覚的手がかりを提供していること（実験Ⅲ）、先行研究で見出されてきた共演者間の類似した動作が、相互に視覚的な手がかりを伝達しようとする能動的なコミュニケーションのために形成されており（実験Ⅰ～Ⅲ）、タイミングの協調を大きく規定する要因となっていること（実験Ⅰ・Ⅱ）が、新たな知見として本実験により提供される。

現実の合奏場面では、異なる楽器がさまざまな組み合わせで用いられ、個々の演奏者が担当するパートは異なる音楽構造を持っている。本研究で得られた知見をさらに一般化するためには、異なる楽器や音楽的素材を用いて、音楽経験の豊富な演奏者も対象に含めた同様の検討を重ねることが重要であろう。また、現実の合奏は身体動作を含む、多くの視覚的チャネルが使用できる環境で行われるのが通常である。本研究から得られた示唆を念頭に、その他の視覚的チャネルの働きをも含めた包括的な検討を行うことで、身体動作の役割をさらに詳細に明らかにすることができるだろう。

注

1）これらの個所は、演奏者による「演奏を協調させることや、音楽的な思考を伝達する際に重要であった」という判断に基づいて特定された。

2）行為者の主要関節部に取り付けられた光点のみを提示することで得られる運動パターンであり、人間の形状に関する情報や運動に関する情報を与えることが明らかにされている（Johansson, 1973）。

3）この操作は、先に強制テンポ課題が行われた場合に、後の自由テンポ課題において産出されるテンポが、先に強制されたテンポに近くなるという知見（平, 1996）に基づく。

4）視覚無し刺激に関しては、視覚有り刺激と同じ動作が存在するものと仮定した。

文献表

Blacking, J. (1973). *How Musical Is Man?* University of Washington Press: Seattle.（ブラッキング J. 徳丸吉彦（訳）（1978）．人間の音楽性　岩波書店）

Clarke, E. & Davidson, J. W. (1998). The Body in Performance. In W. Thomas (Ed.), *Composition-Performance-Reception: Studies in the Creative Process in Music*. Aldershot: Ashgate. pp. 74-92.

Davidson, J. W. (1993). Visual perception of performance manner in the movement of solo musicians. *Psychology of Music*, 21, 103-113.

Davidson, J. W. (1997). The social in musical performance. In D. J. Hargreaves, & A. C. North (Eds.), *The Social Psychology of Music.* New York: Oxford University Press. pp. 209-228.

Davidson, J. W. & Good, J. M. M. (2002). Social and musical co-ordination between members of string quartet: An exploratory study. *Psychology of Music*, 30, 186-201.

Ford, L. & Davidson, J. W. (2003). An investigation of member's roles in wind quintets. *Psychology of Music*, 31(1), 53-74.

Goebl, W. & Palmer, C. (2009). Synchronization of timing and motion among performing musicians. *Music Perception*, 26, 427-438.

Goodman, E. (2002). Ensemble performance. In J. Rink (Ed.), *Musical Performance: A Guide to Understanding.* New York: Cambridge University Press. pp. 151-167.

堀内靖雄・坂本圭司・市川 熹（2004）．合奏時の人間の演奏制御の分析・推定　情報処理学会論文誌，45(3)，690-697.

Hove, M. J., Spivey, M. J., & Krumhansl, C. L. (2010).Compatible motion facilitates visuomotor synchrony. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 36(6), 1525-34.

Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and psychophysics*, 14, 201-211.

河瀬諭（2011）．アンサンブル演奏に用いられる視覚的手がかり ～ ピアノデュオのタイミング調整 ～　電子情報通信学会技術研究報告　信学技報，Vol.111，No.190，93-98.

Keller, P. E. & Appel, M. (2010). Individual differences, auditory imagery, and the coordination of body movements and sounds in musical ensembles. *Music Perception,* 28(1), 27-46.

Kendon, A. (1967). Some functions of gaze-direction in social interaction. *Acta Psychologica*, 26, 22-63.

Luck, G. & Toiviainen, P. (2006). Ensemble Musicians' Synchronization With Conductors' Gestures: An Automated Feature-Extraction Analysis. *Music Perception*, 24, 189-199.

Luck, G. & Sloboda, J. (2008). Exploring the spatio-temporal properties of simple Conducting gestures using a synchronization task. *Music Perception*, 25(3), 225-239.

丸山慎（2006）．交響を知る身体――指揮者はいかに音楽を現実にしているのか――
佐々木正人（編）アート／表現する身体　アフォーダンスの現場　東京大学出版会 pp. 87-119.

Merker B., Madison G., & Eckerdal P. (2009). On the role and origin of isochrony in human rhythmic entrainment. *Cortex*, 45, 4-17.

Price, H. E. & Byo, J. L. (2002). Rehearsing & Conducting. In R. Parncutt & G. E. McPherson (Eds.), *The Science & Psychology of Music Performance.* New York: Oxford University Press. pp. 335-351.

Rasch, R. A. (1988). Timing and synchronization in ensemble performance. In J. A. Sloboda(Ed.), *Generative Processes in Music: The Psychology of Performance, Improvisation, and Composition.* New York: Oxford University Press. pp. 70-90.

Racsh, R. A. (1979). Synchronization in performed ensemble music. *Acustica*, 43, 121-131.

佐久間真理・大串健吾（1994）．打楽器演奏における演奏者の意図の伝達――視覚と聴覚の相互作用――　日本音響学会誌，50，613-622.

Seashore, C. E. (1967) *Psychology of Music*. New York, Dover Publications.

Shaffer, L. H. (1994). Timing in solo and duet piano performance. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 53-74.

下迫晴加（2000）．演奏者の動きと音楽の印象　谷口高士（編）音は心の中で音楽になる　音楽心理学への招待　北大路書房　pp. 125-126.

Sloboda, J. A. (1982). Music Performance. In D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music.* San Diego: Academic Press.
（ドイチュ，D．寺西立年・大串健吾・宮崎謙一（監訳）（1987）．音楽の心理学 I 西村書店)

平伸二（1996）．精神テンポの発現機構　松田文子・調枝孝治・甲村和三・神宮英夫・山崎勝之・平伸二（編）心理的時間―その広くて深い謎　北大路書房　pp. 87-119.

田中吉史（2000）．演奏と作曲　谷口高士（編）音は心の中で音楽になる　音楽心理学への招待　北大路書房　pp. 125-126.

Williamon, A., & Davidson, J. W. (2002). Exploring co-performer communication. *Musicae Scientiae*, 6, 53-72.

山田陽一（2008）．序――音楽する身体の快楽　山田陽一（編）音楽する身体：「わたし」へと広がる響き　昭和堂　pp. 1-37.

The role of co-performers' body movement as a visual cue in ensemble coordination

Kenji KATAHIRA

The uniqueness of ensemble performance, compared to other musical performances, is the demand for coordination of acoustic elements between co-performers. Although the most crucial cues for this type of coordination are provided by the music itself, visual information derived from co-performers may contribute by compensating for the limitations of auditory coordination. In particular, body movement is thought to be a clue for two main reasons. First, body movement is closely related to musical sound through the manipulation of musical instruments. Second, it contains spatial properties that facilitate improved visuomotor synchronization compared to other types of visual stimuli. Some previous studies have pointed out that co-performers in ensemble performances utilize their body movement for coordination of musical sounds; however, other studies have shown inconsistent results.

In the present study, three experiments were conducted to investigate the role of co-performers' body movement in visually facilitating the timing coordination in ensemble performance. In order to exclude the influences of musical expertise and expressive performance related to the specific musical structure, non-musical participants were employed, and an isochronous sequence was used as the basic ensemble material. The timing coordination, participants' body movement, and their relationship were compared between two conditions that modified visual information: the face-to-face condition and the non-face-to-face condition.

In experiment 1, the effect of visual contact between co-performers was examined through an ensemble task performed by two participants. The results showed that visual contact improved timing synchronization and encouraged participants to form their body movement with the specific features pointed out in previous studies as communicative actions f s or co-performers' coordination: expanded and synchronized body movement. In addition, a significant relationship between such body movement features and timing coordination was revealed only in the face-to-face condition. In experiment 2, in order to eliminate the effect of visual information other than body movement on the ensemble task, biological motion was employed as the only clue available for participants to obtain each other's visual information. A comparison with the results of experiment 1 did not reveal an effect of biological motion in improving timing coordination; however, in accordance with experiment 1, body movement features were significantly correlated to timing coordination. In experiment 3, participants performed a synchronization task with auditory sequences that were presented with or without the visual stimuli of body movement. Results showed that timing coordination was improved by visual

information of body movement, though they formed no significant relationship between body movement features.

These results suggest that visual information facilitates ensemble timing coordination, and this effect is related to the visual utilization of body movement. Such a use of body movement reflects active communication that conveys visual cues to co-performers. Overall, the results obtained in this study provide quantitative data showing that body movement may contribute to ensemble coordination in the form of a visual cue.