

音楽演奏における観客効果
—演奏者の心拍，不安および第三者評価の分析—
**Audience Effect in Music Performance:
Analyses of the Performer's Heart Rate,
his/her Anxiety, and the Third Party's Evaluation**

正田 悠^{†,‡,§}, 阪田 真己子[†], Aaron Williamon[§]

Haruka Shoda, Mamiko Sakata, Aaron Williamon

[†]同志社大学文化情報学部, [‡]日本学術振興会, [§]王立音楽大学

Doshisha University, JSPS, Royal College of Music

hshoda@mail.doshisha.ac.jp

Abstract

The audience effect is a phenomena that the task performer's performance differs in accordance with the presence of others. We inquired such the effect in music performance. In Shoda, Sakata, and Williamon (2015) we measured ten violinists' ECGs in performing the well-learned and the challenging pieces in two conditions—audience-present and audience-absent—. Additional parameters such as the performer's state and trait anxieties and the third party's evaluations for the recorded performances were analyzed. We found that performers felt stronger anxiety just before performing the challenging piece than after all the performances. The audience-present performances sounded better and worse than the audience-absent performances for the well-learned and the challenging pieces, respectively. According to our principal components analysis, the first (PC1; 38.02% of total variance) and the second components (PC2; 24.78% of total variance) were reflected mainly in the relaxed physiological states (i.e., the heart-rate complexity) and the psychological stress (i.e., state anxiety), respectively. PC1 differentiated between the pieces and the performances with higher PC1 and lower PC2 generated better evaluations in listeners. Effects of the presence of the audience differ as a function of the difficulty of the task, suggesting that the conventional theory of audience effect seem applicable in the domain of music performance.

Keywords — Audience Effect, Violin Performance, Heart Rate, Anxiety, Evaluation

1. はじめに

第三者の存在によって課題遂行のパフォーマンスが変化することを観客効果という (audience effect). 音楽演奏における観客効果は、舞台恐怖 (stage fright) や演奏不安 (performance anxiety) と呼ばれる、ネガティブな側面を中心に調べられてきた (e.g., Yoshie, Kudo, Murakoshi, & Ohtsuki, 2009). 一般的に、演奏不安は、認知的不安 (cognitive anxiety, e.g., 音をミスすることを過度に気にする) や身体的不安 (somatic anxiety, e.g., 息が苦しくなる) に分類され (Kenny, 2011), 観客の存在によってパフォーマンスが低下するのは、演奏者の覚醒水準が過度に高まることが原因であると考えられている (ヤーキース=ドッドソンの法則, Yerkes & Dodson, 1908). 同程度の覚醒水準にあっても、作業者が強い認知的不安を抱えていると、演奏の質が急落してしまうこともある (カタストロフィ・モデル, Hardy & Parfitt, 1991). 演奏不安に伴ってストレス関連の生理反応が生じ、その結果として、演奏に対する審査員の評価も低下してしまうことが知られている (Yoshie et al., 2009; Williamon, Aufegger, Wasley, Looney, & Mandic, 2013).

その一方で、「生演奏では独特の高揚感と緊張感と鼓舞を経験する—これは観客の前で完璧な演奏をしたときにのみ起こりうる—」(Badal, 1996, p. 10) のように、コンサートの本番でこそ最高の演奏を行うことができるという音楽演奏家の記述もある。その実証的研究として、Shoda and Adachi (2015) では、シューマンの『トロイメライ』を観客の前で演奏した際、一人で演奏したときよりも高い評価を得ることを示している (「より上手に聞こえ、より感動する」). 前述のヤーキース=ドッドソンの法則に従えば、演奏家が観客の前で“最適の覚醒水準”となることができれば、演奏家は自身の持つ演奏能力を十分に発揮することが

できると考えられる。Zajonc (1965) の動因理論では、ディストラクタである他者の存在に対して、課題遂行者の一般覚醒水準が高まり、それに対応する形で優勢反応の生起確率が增大するために、課題が易しく学習済みである場合には遂行行動の生起率が高まり（“社会的促進”）、課題が複雑であったり未知のものである場合には、遂行行動の生起率が低下するとされる（“社会的抑制”）。Shoda and Adachi (2015) で用いられた『トロイメライ』は、ピアニストが演奏学習の初期の段階で演奏するものであり、演奏者にとっては十分に学習された楽曲であったと考えられる。その一方で、演奏不安の研究で用いられる楽曲は、一般的に、演奏者にとって挑戦的な楽曲であることが多い（たとえば Yoshie et al., 2009）。したがって、音楽演奏を対象とした従来の観客効果の研究において、パフォーマンスが上がったり（Shoda & Adachi, 2015）、下がったりするのは（e.g., Williamon et al., 2013; Yoshie et al., 2009）、「楽曲に対する熟達度」が要因の一つであると考えられる。

これを体系的に調べるために、我々の先行研究では、演奏者にとって挑戦的な楽曲（パガニーニ作曲『カプリース』Op. 1-24）と十分に学習された楽曲（ゴセック作曲『ガヴオット』）を観客ありと観客なしの2条件で演奏してもらい、そのときの演奏者の心拍を測定した（正田・阪田・Williamon, 2015）。その結果、挑戦的な楽曲では、観客を前に演奏するとき心拍数や心拍の複雑性が低下するが、平易な楽曲では、心拍の複雑性が増加することが示された。心拍の複雑性の減少は、恐怖をはじめとするネガティブな反応と関連するため（Bornas, Llabrés, Noguera, López, Gelabert, & Vila, 2006）、十分に学習された楽曲では、観客の前の方がむしろよい生理状態であったことを示している。

本研究では、音楽演奏における観客効果とはいかなる現象なのかを明らかにするために、演奏者が演奏直前に感じている不安（状態不安）および演奏者の不安に関するパーソナリティ（特性不安）と、正田ほか（2015）で調べた心拍の反応との関係について調べた。さらに、各条件で録音した演奏を第三者に評価してもらうことにより、観客の有無および楽曲の難易度が演奏音に及ぼす影響を調べた。



図1 序盤4小節。(a) パガニーニ、(b) ゴセック。

2. 方法

2.1 生演奏実験

2.1.1 実験参加者

21～38歳のヴァイオリニスト10人（男性2人、女性8人、 $M = 26.20$, $SD = 5.79$ ）が実験に参加した。うち半数はヴァイオリンを専門とする音大生、残りの半数は音大卒のヴァイオリニストであった。データ数が少ないため、本研究では音大生と卒業生の区別は行わず、10人分のデータを分析対象とした。

2.1.2 演奏曲

パガニーニ作曲カプリース作品1の第24番イ短調（図1a、楽譜は全音版。木野, 2003）およびゴセック作曲ガヴオット長調（図1b、楽譜は鈴木版。才能教育研究会, 1998）を課題曲として選出した。前者は、超絶技巧とも呼ばれる非常に高度なテクニックを必要とする、多くの演奏者にとって完成を目指すのが困難な挑戦的な楽曲（Borer, 1995）であり、後者は、ヴァイオリンの教育法の一つであるスズキ・メソードの第一巻にも掲載されており、初級のヴァイオリニストであっても演奏可能な易しい楽曲（才能教育研究会, 1998）である。以降、本稿では各曲を単に「パガニーニ（Paganini）」、「ゴセック（Gossec）」と呼ぶ。

2.1.3 装置

実験は防音室で行った。観客から発せられる雑音が録音されるのを防ぐため、演奏では電子楽器（SV150S, Yamaha）を使用した。演奏音の音響信号はオーディオケーブルを介してマルチトラック・レコーダー（R24, Zoom）に録音し、アンプ（R-801A, Onkyo）を介してステレオスピーカー（D-022A, Onkyo）から呈示した。また、心拍測定には、2枚のシール型電極を取り付けた小型センサ（WHS-I, ユニオンツール）を左側胸部に装着してもらった。WHS-Iは世界最小クラス（40 mm × 35 mm × 7.2 mm, 12g）の小型軽量の高速・低消費電流センサであり、2つの電極間に生じる電位差を検出し、その数値から心電図や心拍数を計測する。本研究ではサンプリング周波数1000Hzで計測を行った。WHS-Iと演奏音との同期については、WHS-Iに内蔵された時計を実験直前にパソコン（PCG-31117N, Sony）に合わせ、パソコン上の時計をビデオカメラ（HF-M32, Canon）で撮影しながら演奏音を記録し、演奏が開始された時間を同定することで行った。

2.1.4 手続き

演奏者に心拍センサを取り付けてもらった後、防音室内で十分に練習をしてもらった。その後、リハーサルとして「パガニーニ」と「ゴセック」を含む4曲を演奏してもらった（「観客なし条件」）。4曲の曲順は演奏者間でカウンターバランスした。リハーサルが終了した後、観客（6人の大学生あるいは大学院生）が入室するまで再び練習をしてもらった。観客が入室し、実験の説明をしている間、演奏者には別室で待機してもらった。観客への説明が終了した後、演奏者に入室してもらい、観客なし条件と同じ曲順で観客の前で演奏してもらった（「観客あり条件」）。すべての演奏者で「リハーサル」と「本番」という文脈のもとの演奏であることを統一するため、本研究では観客なし条件と観客あり条件の順番はカウンターバランスしなかった。

各曲演奏前と全曲演奏後に、演奏者がそのとき感じている不安（状態不安）を STAI 短縮版 6 項目 (Marteanu & Bekker, 1992) により測定した。実験終了後に不安に関するパーソナリティ（特性不安）を STAI20 項目により測定した。質問紙は新版 STAI 状態特性不安検査 (肥田野, 福原, 岩脇, 曾我, & Spielberger, 2000) に基づいて日本語で作成した。それぞれ「全くあてはまらない」、「いくぶんあてはまる」、「かなりよくあてはまる」、「非常にあてはまる」の4件法で回答してもらい、0~3の得点化を行った。

2.1.5 心拍時系列の分析

演奏者から取得した生理指標（心拍）の前処理、時間領域の分析およびマルチスケール・エントロピー分析については正田ほか (2015) に記したため、ここではその概略について述べる。なお、通常は周波数領域の分析として、心拍時系列をフーリエ変換し、低周波領域 (0.04–0.15Hz) および高周波領域 (0.15–0.40Hz) のパワーを算出し、心臓血管活動を推定する手法がとられる。しかしながら、本研究のような運動時には、各々の周波数領域に必ずしもパワースペクトルのピークが認められないことがあるため (三品・石田, 2008)、本研究では、非線形的な手法であるマルチスケール・エントロピー分析を用いた。

前処理. WHS-I から取得した RR 間隔（心電図に含まれる R 波から R 波までの時間間隔）からアーティファクトを取り除くため、前後 60 拍の平均 RR 間隔から 0.05s 以上逸脱する RR 間隔を取り除いた。閾

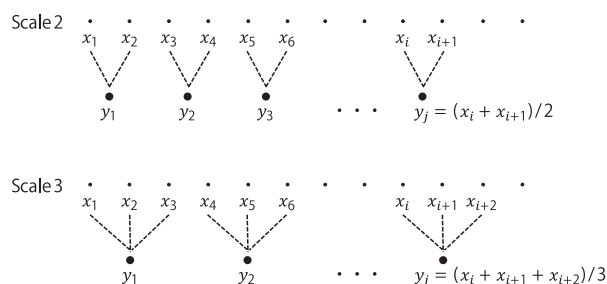


図2 マルチスケール・エントロピー分析における粗視化 (coarse-graining procedure) (Costa et al., 2005)。

値 0.05s は非常に狭い値であるが (Jarrin, McGrathm Giovanniello, Poirer, & Lambert, 2012)、本研究で得られた心拍時系列に多くアーティファクトが混在しているように見受けられたため¹、この閾値を設定した。この補正後、RR 間隔を 0.25s ごとの時系列 (4Hz) となるように、3次の区分的スプライン補間を行った。

時間領域の分析. 時間領域の分析として、平均心拍数 (60 ÷ 平均 RR 間隔 (s)) および CVRR (coefficient of variation of RR interval; SDNN² ÷ 平均 RR 間隔) を算出した。CVRR は RR 間隔の変動係数で、RR 間隔に含まれるゆらぎの大きさを示す。

マルチスケール・エントロピー分析. 複雑性の分析手法であるマルチスケール・エントロピーは Costa et al. (2005) に従って次のように算出した。まず、心拍時系列の粗視化 (coarse-graining procedure) を行い、長さ τ の窓に含まれるデータを互いに重ねることなく順に平均した時系列を算出する (この τ をスケールファクターと呼ぶ)。 $\tau = 1$ は粗視化を行わない元々の時系列であり、 $\tau = 2$ や $\tau = 3$ は RR 時系列を始まりから順に 2 つずつ、あるいは 3 つずつ平均した値である (図 2)。本研究では正田ほか (2015) で得られた $\tau = 1 - 3$ を分析の対象とした。図 2 に示すように、スケールファクターの値が大きければ大きいほどより大局的な変動が反映される。その後、各々の τ について、サンプルエントロピーを算出した。このサンプルエントロピー (複雑性) の値が小さいほど、被測定者の情動的ストレスが大きいとされる (Bornas, Llabrés, Noguera, López, Gelabert, & Vila, 2006)。

¹これはヴァイオリン演奏という運動時の心拍時系列を測定したためであると考えられる

²SDNN は RR 間隔の標準偏差を示す。

2.2 第三者評価実験

2.2.1 実験参加者

18～28歳の大学生・大学院生 50人（男性 24人，女性 26人， $M = 21.44, SD = 2.21$ ）が実験に参加した。参加者の音楽経験は 0～25年（ $M = 10.22, SD = 7.56$ ）であった。事前分析により音楽経験の効果が認められたため，本稿では 5年以上の音楽経験をもつ 35人（男性 15人，女性 20人， $M = 21.37, SD = 2.42$ ）を対象に分析した。

2.2.2 手続き

実験 1 で録音した 4 演奏（2 演奏条件 × 2 曲）を同じ曲が連続で呈示されないようにカウンターバランスして，ステレオスピーカー（D-022A, Onkyo）から呈示した。各曲聴取後，「よかった」，「感動した」の 2 項目を 0（まったくあてはまらない）～8（非常にあてはまる）の単極 9 件法で演奏を評価した。参加者の性別，年齢，学校教育以外の音楽演奏経験については実験前に回答してもらった。

3. 結果

3.1 演奏者の状態不安の変化

図 3 に，実験室到着時，各曲の前，全曲終了後を通して演奏者の状態不安がどのように推移したのかを示す。状態不安得点は 0 から 18 点の幅をとり，値が大きければより不安を感じていることを示す。図 3 に示したように，ゴセック前は演奏者間のばらつきが大きい，パガニーニを演奏する直前の不安は，全曲演奏後の不安に比べて高い値を示したようである。全体に演奏直前の状態不安が，そのほかの時点よりも高かったようである。

演奏者の状態不安について，時点（Stage）を要因とするフリードマン検定を行ったところ，時点の効果が有意であることがわかった， $\chi^2(3, N = 10) = 8.24, p = .04, \eta^2 = .27$ 。Bonferroni の修正による多重比較の結果，パガニーニを演奏する直前の不安が，演奏後に比べて有意に高いが（ $p = .04$ ），その他の組み合わせは有意ではなかった。したがって，挑戦的な楽曲として選出したパガニーニを演奏する際に演奏者が不安を抱いていたことが示された。

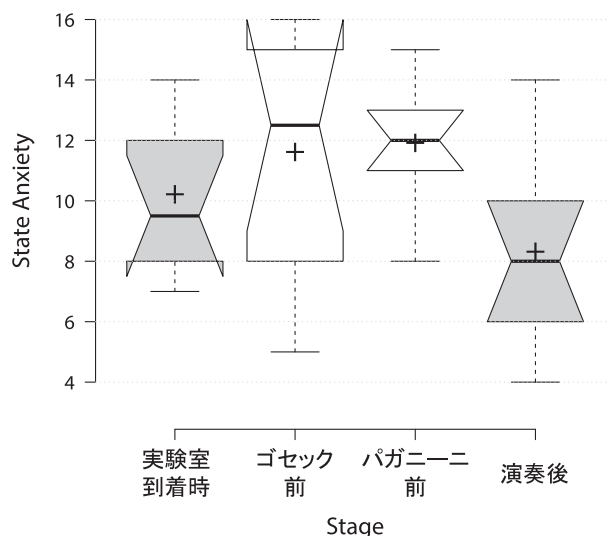


図 3 実験室到着時，各曲前，全曲終了後の状態不安の変化（ $N = 10$ ）。箱ひげ図のノッチは中央値の 95%信頼区間を示す。図中の+は平均値を示す。

3.2 第三者評価

図 4 に第三者評価の結果を示す。図 4 に示されるように，ゴセックでは観客なし条件よりも観客あり条件で「よかった」，「感動した」と評定されるのに対し，パガニーニでは逆の傾向が認められた。

「よかった」について観客の有無と楽曲を要因とした参加者内二要因分散分析を行ったところ，曲の主効果および交互作用は有意であったが，観客の有無の主効果は有意ではなかった，曲： $F(1, 34) = 19.06, p < .001, \eta_p^2 = .36$ ；観客の有無： $F(1, 34) = 0.37, p = .55, \eta_p^2 = .01$ ；交互作用： $F(1, 34) = 23.14, p < .001, \eta_p^2 = .41$ 。Bonferroni の修正による多重比較から，ゴセックでは観客ありの方が観客なしよりも評価が高く（ $p < .001$ ），逆にパガニーニでは観客なしの方が評価が高かった（ $p = .02$ ）。

同様に「感動した」についても観客の有無と楽曲を要因とした参加者内二要因分散分析を行ったところ，曲の主効果と交互作用は有意であったが，観客の有無の主効果は有意ではなかった，曲： $F(1, 34) = 10.84, p = .002, \eta_p^2 = .24$ ；観客の有無： $F(1, 34) = 0.03, p = .87, \eta_p^2 = .001$ ；交互作用： $F(1, 34) = 25.15, p < .001, \eta_p^2 = .43$ 。Bonferroni の修正による多重比較から，ゴセックでは観客ありの方が観客なしよりも「感動」評定値が高く（ $p = .01$ ），パガニーニでは観客なしの方が高かった（ $p = .002$ ）。

以上の結果より，観客の有無によって，演奏音の

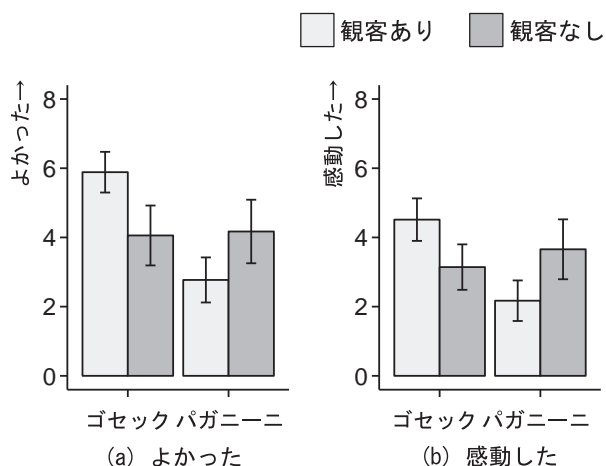


図4 観客あり，観客なしの各演奏の録音を聴取した第三者評定の結果。(a) よかった，(b) 感動した。エラーバーは95%信頼区間を示す。

「よさ」や演奏音から導かれる「感動」が異なることが示された。具体的には，演奏者にとって十分に学習されたゴセックの楽曲を演奏する際には，観客の存在がポジティブに働き，演奏がよりよいものとして評価され，聴取者自身にもより強い感動が導かれるが，演奏者にとって挑戦的な楽曲では逆に観客の存在がネガティブな働きをし，演奏の評価が下がってしまうことが示された。

3.3 指標間の関係

これまでに得た指標は下記の通りである。正田ほか(2015)では，観客の有無によって演奏者の生理反応が異なるのかを調べ，心拍数(HR)，心拍変動(CVRR)，および心拍の複雑性指標であるマルチスケール・エントロピー(MSE)のデータを取得した。本研究では，演奏者の各曲演奏前の状態不安および演奏者自身の不安に関するパーソナリティ(特性不安)，また第三者評価(「よかった」，「感動した」)を得た。ここでは，これらの指標間の関係について示唆を得るために相関行列に基づく主成分分析を行った。本研究で得られたデータは10人が2回演奏したものであるが，心拍計測時に欠測が生じたため(パガニーニで1人，ゴセックで3人の欠測)，主成分分析には16サンプルを用いた。なお，サンプル数が少ないため，傾向を捉えるための探索的な分析として扱う。主成分分析は観客あり条件を対象として行った。

まず，主成分数を決定するために平行分析(Revelle, 2015)を行ったところ，第二主成分までを採用することとした(図5)。主成分分析の結果を図6に示す。第

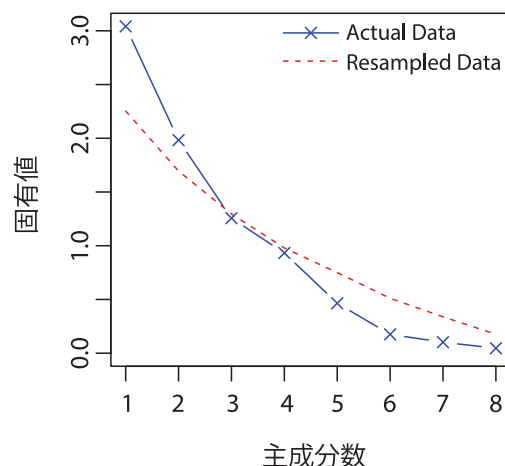


図5 平行分析の結果。青い線は各主成分に対する固有値である(スクリープロット)。赤い線よりも固有値が高い主成分数を採用する。

一主成分については，MSE1, MSE3, 「よかった」，「感動した」が正方向に強く寄与し，CVRRが負方向に寄与した。MSEは心拍時系列の複雑性を示し，CVRRは心拍変動のゆらぎの大きさを示す。心拍の複雑性が高いほどそのときに感じているストレスが小さいこと(Bornas et al., 2006)，およびCVRRの減少は安静を示すことから，第一主成分はポジティブな状態を表すと考えられる。すなわち演奏者が相対的に快の状態であるときに「よかった」，「感動した」との評価が得られることが示された。

第二主成分については，状態不安が正方向に強く負荷し，同方向に心拍数(HR)が高い負荷を示した。心拍数は心理的緊張や不安の指標として用いられるため(例えば本多, 2011)，第二主成分は不安・緊張の程度を示すと考えられる。このように，本研究では，心拍時系列の複雑さや心拍ゆらぎの小ささ(CVRR)が示す生理的に快な状態(第一主成分)と，状態不安や心拍数が示す不安・緊張の程度(第二主成分)が直交するものであることが示された。また，演奏者の不安に関するパーソナリティである特性不安はいずれの主成分に対してもその負荷量が小さかったことからその影響は小さいものであることが示された。

また図6右の主成分スコアのプロットから，演奏者にとって十分に学習されたゴセックは第一主成分の正方向に布置し，挑戦的な楽曲であるパガニーニは第一主成分の負方向に布置した。これは楽曲によって観客の前で演奏するときの生理的快の程度(第一主成分)が明確に異なることを示す。第二主成分ではそうした違いが認められないことから，演奏者が感じている不安や緊張は楽曲とは関係ないことが示された。

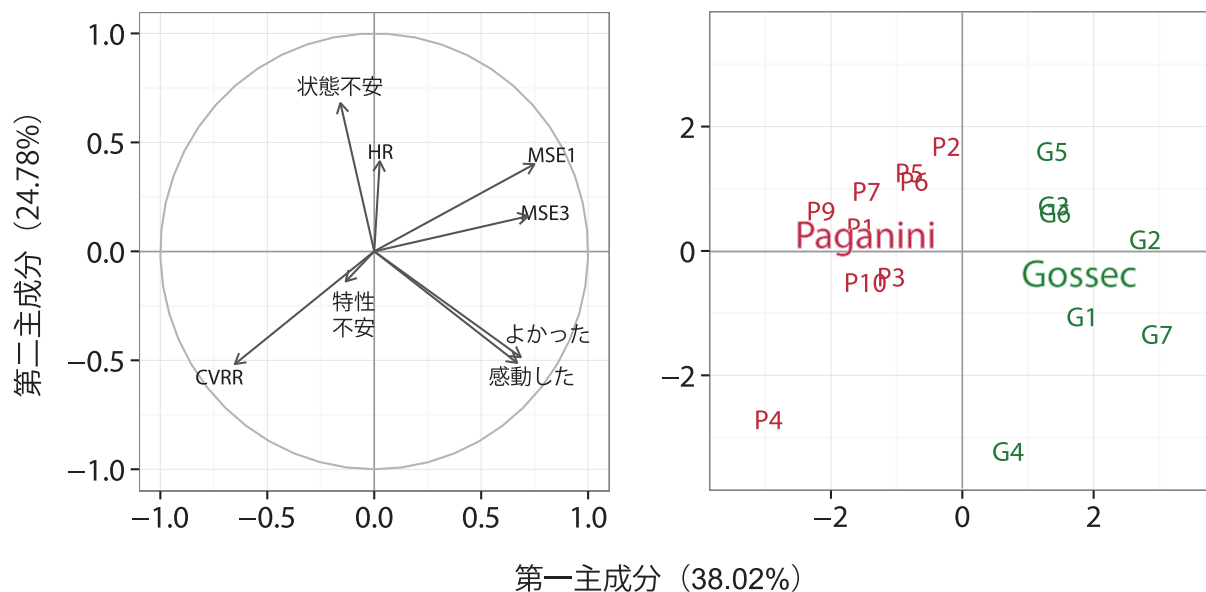


図6 演奏者の心拍諸指標（心拍数 HR，心拍のゆらぎ CVRR，マルチスケール・エントロピー（MSE1 および MSE3 はそれぞれスケールファクター 1 および 3 を示す）），各曲演奏前の状態不安，演奏者自身の不安に関する性格特性（特性不安），および第三者評価の「よかった」，「感動した」の評定平均値を用いた主成分分析の結果。データは観客あり条件のもののみを使用した。左図は変数ベクトル（主成分負荷量）を示し，右図は各バイオリニストの各演奏に対する主成分スコアを示す（数字はバイオリニストの ID を示し，赤色はパガニーニ，緑色はゴセック演奏時を示す）。

4. 考察

音楽演奏における観客効果について調べるため，10人の演奏者に観客あり，観客なしの2条件で演奏してもらった。またその録音刺激を第三者の大学生に評価してもらった。その結果，同一曲の演奏を聴取したのにも関わらず，評価者は演奏の「よさ」や自身の感じた「感動」を区別することができ，ゴセック（十分に学習された曲）では観客ありの演奏が，パガニーニ（挑戦的な楽曲）では観客なしの演奏が，それぞれよりよい評価を得ることが示された。これは，演奏者にとって十分に学習された楽曲では人前で演奏することによってパフォーマンスが向上する一方で，挑戦的な楽曲では人前でパフォーマンスが低下することを示しており，Zajonc (1965) の社会的促進理論やこれまでの演奏不安の知見（e.g., Yoshie ほか, 2009）と一致した結果である。

では「観客の前で演奏する」という状況は同じであるにもかかわらず，なぜ楽曲の学習度（課題の難易度）によってパフォーマンスが向上したり低下したりするのであろうか。主成分スコアのプロットにおいて，ゴセックとパガニーニが第一主成分上で明確に区別されたことから，楽曲の違い（すなわち「課題の難易度」の違い）は，本研究では第一主成分に反映された

ものと考えられる。第一主成分の正方向には「よかった」，「感動した」という正の評価が含まれており，第一主成分が大きいほど，演奏者がよりよいパフォーマンスができたことを示している。同時に，第一主成分は心拍の複雑性（マルチスケール・エントロピー）や心拍変動のゆらぎの安定度（CVRR の負方向）からなる主成分でもあるため，これらの指標の大小が，演奏者が観客の前でよりよいパフォーマンスをできたかどうかを示す指標となりうる。従来の観客効果の理論では，課題遂行者の覚醒度に注目し，十分に学習された課題を人で行う際に覚醒度が適度に上がるために，パフォーマンスが向上するという説明がなされてきた（Yerkes & Dodson, 1908; Zajonc, 1965）。本研究の結果とこの説明を統合的に捉えると，観客の前で十分に学習された楽曲を演奏すると，最適な覚醒水準を得るとともに，相対的に快な生理状態となり，結果として一人で演奏するときよりもよいパフォーマンスを達成することができたのだと考えられる。挑戦的な楽曲では，過度に覚醒された状態になるとともに，不快な生理状態になるために，人前ではパフォーマンスが低下してしまったのであろう。また，音楽演奏のような時間的に変化していく課題では，課題遂行中の心理的な覚醒度を時々刻々と取得することは難しいが，

本研究で扱った心拍の複雑性（マルチスケール・エントロピー）や心拍変動のゆらぎの大きさ（CVRR）によって覚醒度を代替的に調べることができるかもしれない。

このように、第三者評価や演奏者の心拍の複雑性（正田ほか，2015）では演奏曲によって異なる傾向が認められたのに対し，演奏者の状態不安に関する自己評価では，ゴセック前とパガニーニ前では有意な差は認められなかった。演奏者にとってみれば，「ゴセック」も「パガニーニ」も観客の前で演奏するという本番の状況であることには変わりがないため，演奏者の心理評価では差が出なかったのかもしれない。また，本研究の主成分分析において，状態不安の主成分（第二主成分）がMSEやCVRRに関する主成分（第一主成分）とは直交していたことから，演奏者自身が質問紙上で行う評価と，演奏者の生理的な状態は必ずしも対応するものではないことが示唆される。しかしながら，演奏者の性格特性やそのときの状態不安が必ずしもパフォーマンスに直結するわけではないという本研究の主成分分析の結果は，音楽実践に応用する際に重要なことかもしれない。そのときの心理状態がいかなるものであっても，たとえばバイオフィードバック法（e.g., 平井，1976）といった訓練によって，観客の前であっても，十分にパフォーマンスを発揮することができる可能性がある。

5. まとめ

音楽演奏における観客効果について調べたところ，演奏者にとって挑戦的な楽曲では観客を前にした演奏の評価が低下するが，十分に学習された楽曲では演奏の評価が向上することがわかった。演奏者の状態不安や特性不安が演奏者の生理反応との対応関係になかったため，実践的には，十分に楽曲を学習することによってパフォーマンスを向上することができる可能性が示唆された。

参考文献

- [1] Badal, J. (1996). *Recording the classics: Maestros, music, and technology*. Kent, OH: Kent State University Press.
- [2] Borer, P. (1995). *The twenty-four Caprices of Niccolò Paganini: Their significance for the history of violin playing and the music of the Romantic era*. PhD Dissertation, University of Tasmania.
- [3] Bornas, X., Llabrés, J., Noguera, M., López, A. M., Gelabert, J. M., & Vila, I. (2006). Fear induced complexity loss in the electrocardiogram of flight phobics: A multiscale entropy analysis. *Biological Psychology*, 73(3), 272–279.
- [4] Costa, M., Goldberger, A. L., & Peng, C. K. (2005). Multiscale entropy analysis of biological signals. *Physical Review E*, 71(2), 021906.
- [5] Hardy, L., & Parfitt, G. (1991). A catastrophe model of anxiety and performance. *British Journal of Psychology*, 82(2), 163–178.
- [6] 肥田野直・福原真知子・岩脇三良・曾我祥子・Spielberger, C. D. (2000). 新版 STAI マニュアル. 実務教育出版.
- [7] 平井久. (1976). バイオフィードバック. 医用電子と生体工学, 14(4), 279–288.
- [8] 本多麻子 (2011). スピーチ場面における緊張, 不安および心拍数の時系列変化の関連. 白鷗大学教育学部論集, 5(1), 183–195.
- [9] Jarrin, D. C., McGrath, J. J., Giovanniello, S., Poirier, P., & Lambert, M. (2012). Measurement fidelity of heart rate variability signal processing: The devil is in the details. *International Journal of Psychophysiology*, 86(1), 88–97.
- [10] Kenny, D. (2011). *The psychology of music performance anxiety*. New York, NY: Oxford University Press.
- [11] 木野雅之 (編) (2003). パガニーニ 24 のカプリース 作品 1. 東京: 全音楽譜出版社.
- [12] Marteau, T. M., & Bekker, H. (1992). The development of a six-item short-form of the state scale of the Spielberger State-Trait Anxiety Inventory (STAI). *British Journal of Clinical Psychology*, 31(3), 301–306.
- [13] 三品誠・石田敏郎 (2008). 運転シミュレータによる動揺病の主観評価値と生理指標との相関. 人間工学, 44(5), 279–289.
- [14] Revelle, W. (2015). *psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research* (R package, version 1.5.1). Northwestern University, Evanston, IL. Retrieved from <http://bit.ly/152pgvq>
- [15] 才能教育研究会 (編) (1998). 鈴木鎮一ヴァイオリン指導曲集 1. 東京: 全音楽譜出版社.
- [16] Shoda, H., & Adachi, M. (2015). Why live recording sounds better: A case study of Schumann's Träumerei. *Frontiers in Psychology*, 5(1564), 1–15.
- [17] 正田悠・阪田真己子・Williamson, A. (2015). ヴァイオリン演奏者の心拍変動および複雑性に聴衆の存在が及ぼす影響. 電子情報通信学会技術研究報告, 114(483), 29–34.
- [18] Williamson, A., Aufegger, L., Wasley, D., Looney, D., & Mandic, D. P. (2013). Complexity of physiological responses decreases in high stress musical performance. *Journal of the Royal Society Interface*, 10(89), 1–6.
- [19] Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18(5), 459–482.
- [20] Yoshie, M., Kudo, K., Murakoshi, T. & Ohtsuki, T. (2009). Music performance anxiety in skilled pianists: Effects of social-evaluative performance situation on subjective, autonomic, and electromyographic reactions. *Experimental Brain Research*, 199(2), 117–126.
- [21] Zajonc, R. B. (1965). Social facilitation. *Science*, 149(3681), 269–274.