

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：34517

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16484

研究課題名(和文) ピアニストに打鍵位置を定めさせる情報のモダリティ：注意と感覚統合の観点から

研究課題名(英文) Modalities of information that allow the pianist to decide where to strike: in terms of attention and sensory integration

研究代表者

大澤 智恵 (Ohsawa, Chie)

武庫川女子大学・音楽学部・准教授

研究者番号：90726093

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：ピアノ演奏者が弾こうとする鍵に位置的に正しく運指する上で、鍵盤や手などの視覚的情報、弾いた音のフィードバックである聴覚的情報、鍵盤を触った感触としての触覚的情報のそれぞれがどのように貢献しているかを演奏実験を通して調査し、演奏者が正しい位置を打鍵できるメカニズムを検討してきた。実験では、各種の情報の有無または多少を演奏実験の中で操作し、演奏エラーを分析した。実験結果から、エラーのない正しい位置への運指に事前に大きく貢献しているのは視覚情報であること、また生じたエラーの素早いリカバリに聴覚情報や触覚情報が貢献していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鍵盤楽器における、演奏を成立させるための基礎技能のメカニズムを、演奏中に必要な情報の獲得という観点から記述することで、演奏という行為についての理解を進めることができた。このことは、人の複雑な行動のしくみについての理解への貢献に加え、生涯学習が進む現代の多様な演奏学習者の技能的な課題解決において、指導者の経験則に依存しない、柔軟な指導方法・学習方法考案のための基礎となる情報を提供し、広く演奏学習者の熟達化を支えることにつながると考えられる。このことはさらに、無用な挫折を防ぎ、より多くの人々が演奏を自由に楽しみ、生活を豊かなものにすることに貢献するだろう。

研究成果の概要(英文)：We investigated the contribution of visual information, such as the keys and hands, auditory information, which is the feedback of the sound played, and haptic information, which is the feel of the keys, to the positional accuracy of a piano player's fingering of the keys he or she is trying to play. In the experiment, the presence or absence (or amount) of information in each modality was manipulated in the performance experiment and performance errors were analyzed. The results suggested that visual information contributed significantly to the fingering in advance and that auditory and haptic information contributed to the quick recovery of errors that occurred.

研究分野：演奏科学

キーワード：演奏 鍵盤 モダリティ 位置 視覚 聴覚フィードバック 触覚 ピアノ

1. 研究開始当初の背景

- (1) 鍵盤は、音高と各キーが1対1で対応しており、左から右に向かって低音から高音へ順に配列された操作盤で、理論上、打鍵する位置とタイミングさえ正しければ演奏が成立する。熟練した演奏者が高い精度の時間的・空間的記憶を獲得していることは十分にありそうである。一方、演奏中には位置に関する記憶の他にも、視覚情報、触覚情報や手指の運動に伴う固有受容性感覚など種々の体性感覚情報、演奏によって得られる聴覚のフィードバック情報など、様々なモダリティの情報が得られる。演奏を最低限成立させるために、すなわち適切な位置を正しいタイミングで打鍵し続けるために、ピアノ演奏者はどのようにして情報を得、また利用しているのかを解明したいと考えた。
- (2) 【A. 曖昧で可動な鍵盤空間記憶】
本研究代表者が実際にピアニストの空間的記憶の正確性をキー位置指示課題で測った結果、熟練したピアニストであっても、鍵盤の空間的記憶の精度は低く、そのずれは各キーの幅を上回っていた(Ohsawa *et al.*, 2013)。すなわち、「空間的記憶のみ」を基準には、意図したキーを弾くことは不可能であるといえる。一方で、参照点として与えるキー位置を大きく移動しても、参照点を中心としたキー位置記憶正確性の分布のパターンは同様に保たれており、この結果から、キー位置記憶は参照点にもなっており可動なものと考えられた。この可動性を生かして滞りなく演奏するためにも、頻繁に参照とすべき点の位置情報を得て、キー位置の知識を更新し続けることが必要だと考えられる。一方、他の楽器の演奏においてどのように正確な操作位置が実現されているかについては、弦楽器の左手の押弦位置の研究があり(Lage *et al.*, 2007; Chen, *et al.*, 2008)、これら弦楽器の研究は、位置記憶のみでは運指技能を説明できないことや、演奏中の知覚による情報獲得の重要性を示していた。
- (3) 【B. 演奏中の視覚および聴覚情報の利用】
ピアノ演奏に用いられている可能性のある情報のうち、本研究開始当初、すでに視覚情報および聴覚情報の遮蔽を用いた予備的実験でその役割を検討しており、視覚情報がすばやい大きな跳躍を含む演奏に大きな役割を果たしていることや、エラー修復に聴覚情報が利用されていることが示唆される結果を得ていた。

2. 研究の目的

- (1) ピアノ演奏は、意図した音高に対応したキーを適切なタイミングで打鍵する連続動作によって成り立っている。演奏の成立に決定的なのは打鍵動作の位置系列コントロールである。しかし、上述の通り、研究開始当初、この位置そのものの記憶には曖昧性があり、奏者が演奏中リアルタイムに得るキー位置に関する知覚情報が必須であることがわかってきていた。
- (2) 本研究は、演奏中に得られる視覚、各種体性感覚、聴覚の情報が、どのような機序で打鍵位置を奏者に定めさせているかについて、注意を向けられるべきモダリティと他のモダリティの結びつきの観点から検討することを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) 実験参加者
主な実験においては、いずれの実験にも、ピアノ演奏を専攻する音楽学部の大学生及び大学院生が実験に参加した。
- (2) スケール及びアルペジオによる実験用音列での演奏課題
課題は、後述する4つの条件下で、以下の音列および楽曲の抜粋を電子ピアノで演奏することであった。実験用の課題音列として、スケールおよび様々な音程によるアルペジオ5種を用いた。
実験条件として、手元及び鍵盤からの視覚情報の有無(手元を見られないようにする視覚情報マスキング用ゴーグルの有無)、演奏音のフィードバックによる聴覚情報の有無(電子ピアノの音出力の有無)、黒鍵の凹凸による触覚情報の多少(すべて白鍵の八長調、黒鍵をスケール7音中5音含む口長調での演奏)を操作した。
視覚情報マスキング用ゴーグルは、眼鏡と顔の間隙を埋める幅広い縁のついた埃よけ眼鏡を使用し、その正面の透明窓の下半分にマスキングテープを貼り付けて作成した。「視覚なし」条件ではゴーグルを装着し、大きく顔の角度を変えない限り手元は見られなかった。

(3) レパートリー演奏による演奏課題

課題は、(2)に示したのと同様の視覚・聴覚の条件下で、各実験参加者の実験時のレパートリーのうち、よく弾き込んでおり自信をもって弾けると申告した楽曲の中で、特に「技術的に難しいが、聴かせどころでもあると感じる」、「主旋律がもっとも高音の声部に置かれている」と実験参加者自身が判断した、8小節から16小節程度の抜粋を演奏することであった。

(4) 演奏エラー分析方法

演奏の正確性を測るため、各種音形の演奏におけるエラーをカウントした。MIDIで取得された演奏データ、演奏されるべき音列のデータのMIDIデータを用いて、打鍵された音と本来弾くべき音との対応を動的計画法を用いて判定した。この際、演奏エラーとして2種のエラーを設定した。一つは「位置エラー」で、本来弾くべきキー(鍵)と異なるキーを打鍵した場合の、いわゆるミスタッチをエラーとした。もう一つは「移動エラー」で、前の音からの移動距離が楽譜上のそれと異なった場合にエラーとしてカウントするものであった。後者を分析することは、演奏音のエラー分析上は新しい試みであり、これにより、本質的なエラーの出現の度合いと、そのエラーを修正できずに演奏し続けた箇所の出現の度合いを推定できると考えた。

(5) その他の実験

上記以外の実験として、ピアノ演奏者に模擬難聴音を聴かせることで、演奏のさまざまなパラメータにおける変化をみる実験も行った。また、参考として、音高の連続的な調整が可能な演奏形態における聴覚フィードバックの影響をみるために、声楽家のピッチコントロールにおける聴覚フィードバック攪乱の影響を調査する実験も行った。

4. 研究成果

(1) 各種情報の役割：実験用音列での結果より

手元や鍵盤からの視覚情報は、エラーの防止に大きく貢献していること、演奏音のフィードバックである聴覚情報、鍵盤を触った感触である触覚情報は、すでに生じたエラーの影響を最小限におさえ、すばやく正しい位置への打鍵へと運動を修正することに貢献していることが示唆された。以下に詳細を述べる。

(ア) 視覚情報の役割

実験用音列は、実験開始直後の練習セッションでのみ練習することができた、それほど弾き込んでいない音列であったが、スケールやアルペジオなどの規則的な音列であり、ピアノ専攻の学生・大学卒業生である実験参加者たちにとっては、本来それほど難しい課題ではなかったと思われる。このことは、視覚のある条件でほとんどミスがなかったことから伺える。しかし、視覚情報が入手不可となると、位置エラーをみても移動エラーをみても、演奏エラーの割合は著しく増加していた。これらにより、それほど弾き込んでいない音列の演奏において、視覚情報は正しい打鍵位置への運指にきわめて大きな役割を担っていたこと、さらに、跳躍のないスケールの演奏では視覚の効果は見られず、アルペジオの音列において視覚の効果が発揮されていたことがわかった。また、1オクターブ以上の大きな跳躍を含む音列だけではなく、3度などの小さな跳躍によって音列が構成されている場合にも、視覚情報が重要な役割を果たしていた。

(イ) 聴覚情報の役割

聴覚情報は、視覚情報がない場合のアルペジオ音列でその有無が位置エラーでみた正確性に影響しているが、移動エラーを見ると影響がみられなかった。聴覚情報は、視覚情報がないときに起きてしまったエラーを修正するのに用いられている(エラーの防止には貢献していなかった)のではないかと推測された。

(ウ) 触覚情報の役割

実験結果について、調(白鍵のみの八長調・黒鍵を5音含む口長調)を要因に入れた分析から、位置エラーでみた場合、視覚情報がない場合に触覚情報がより少ないと考えられる八長調で、エラーが多くなっていた。位置エラーに関して、特に視覚情報がない場合にのみ効果が発揮される点は、聴覚情報と似た効果の現れ方であった。移動エラーにおいては、視覚・聴覚情報とも得られない場合にのみ調の効果がみられたが、この場合触覚情報量が多いはずの口長調でよりエラーが大きくなっていた。触覚情報が多いことがかえってエラーを数多く引き起こしていたのか、それとも単に、白鍵と

黒鍵の高低差や奥行き差による運指の「難しさ」から口長調のエラーが起きたのかはここでは不明であるが、おそらく八長調よりもいくぶんかは「難しい」はずの黒鍵5つを含む口長調で、しかも視覚の得られない場合にのみエラーが八長調よりも少なかった点をあわせて考えると、調の違いによる触覚情報は、視覚が得られない場合に、少なくともエラーの修正には役立っていると考えられる。

(2) 各種情報の役割：レパートリー抜粋課題

レパートリー演奏においては、視覚情報の有無は位置エラー、移動エラーのどちらにおいても大きな効果をもっていたのに対し、聴覚情報の有無は位置エラーでのみ効果があった。これらは、実験用音列と同様の結果であり、このことから、視覚情報がエラーの防止にも修正にも役立っていると考えられるのに対し、聴覚情報は起きてしまったエラーの修正に主に貢献しているといえそうである。ただし、位置エラーにおいて、聴覚情報の有無は視覚があってもなくても正確性に影響していた点は実験用音列と異なる結果である。視覚情報がある状態でも、聴覚情報がないとわずかながらエラーが増えていたということは、レパートリー演奏での視覚への依存度が、よく弾き込んではいない音列ほど高くなく、その分、聴覚情報があることが正確な運指、特にエラー修正に貢献していたことの現れではないかと考えられる。

レパートリー演奏の実験用音列とのもう一つの大きな違いは、個人間のばらつきの大ささであった。各実験参加者が選んだ楽曲の違いによってこのばらつきが生じていた可能性とともに、十分に弾き込んでレパートリーとなった演奏では、知覚情報・音列特有の記憶・それらの情報モダリティなどに関して、どの種類の情報にどの程度頼るか、という方略により大きな個人差があった可能性が考えられる。

(3) 演奏の正確性算出のためのエラー解析におけるエラー定義方法の提案

本研究の提案した演奏エラー分析方法として、従来からある「ミスタッチ」の基準である「位置エラー」に加え、「移動エラー」を解析対象とすることにより、演奏のどの局面で各種情報が役立っているかを推定することが可能になった点は重要な成果であると考えている。今後さまざまな形態の「演奏」における知覚情報の役割の検討にも本研究成果を応用できる可能性がある。

(4) その他の実験より

(ア) ピアノ演奏者に模擬難聴音を聴かせることで、演奏のさまざまなパラメータにおける変化をみる実験は、他のプロジェクトと共同で行ったものであるが、本研究課題としては、模擬難聴音へと加工されたフィードバック音により打鍵位置コントロールに影響があるかに注目した。結果、この実験においては誘発されたミスタッチはなく、難聴状態のフィードバックで打鍵位置コントロールに影響があるとはいえなかった。

(イ) 音高の連続的な調整が可能な演奏形態における聴覚フィードバックの影響をみるために行った、声楽家のピッチコントロールにおける聴覚フィードバック攪乱の影響を調査する実験においては、聴覚情報の攪乱よりピッチコントロールは有意に影響を受け、通常よりもエラー((1),(2))の研究で用いた用語でいう移動エラーに相当するエラー)が大きかった。このことから、ピッチの連続的な調整が可能な演奏形態では、聴覚フィードバックはピッチコントロールに大きく貢献していることが示唆された。

引用文献

- Chen, J., Woollacott, M. H., Pologe, S., & Moore, G. P. (2008). Pitch and space maps of skilled cellists: accuracy, variability, and error correction. *Experimental Brain Research*, 188(4), 493-503.
- Lage, G. M., Borém, F., Vieira, M. N., & Barreiros, J. P. (2007). Visual and tactile information in double bass intonation control. *Motor control*, 11(2), 151-165.
- Ohsawa, C., Obata, S., Hirano, T., Tsuzaki, M., Ito, T., Saito, T., & Kinoshita, H. (2013). Memory of the piano key positions in pianists. *Proceedings of the International Symposium on Performance Science 2013*, 67-72.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 大澤智恵、菅裕、高見仁志、森薫	4. 巻 48
2. 論文標題 第49回大会報告 共同企画II パネルディスカッション 音楽に関する実践知研究(3): 「知覚」「思考」「行為」	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 音楽教育学	6. 最初と最後の頁 67-88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20614/jjomer.48.2_67	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大澤智恵、菅裕、仙北瑞帆、高見仁志、森薫	4. 巻 47(2)
2. 論文標題 第48回大会報告 共同企画VII パネルディスカッション 音楽に関する実践知研究(2): 「即時の知」と「信念・価値観としての知」に着目して	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 音楽教育学	6. 最初と最後の頁 102-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20614/jjomer.47.2_102	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高見仁志、森薫、大澤智恵、仙北瑞帆、菅裕	4. 巻 90
2. 論文標題 音楽に関する実践知研究: 可能性と課題	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宮崎大学教育学部紀要 芸術・保健体育・家政・技術	6. 最初と最後の頁 37-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高見仁志、森薫、大澤智恵、仙北瑞帆、菅裕	4. 巻 13
2. 論文標題 音楽に関する実践知研究の展望: 「即時の知」と「信念・価値観としての知」に着目して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 音楽学習研究	6. 最初と最後の頁 69-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大澤智恵、菅裕、仙北瑞帆、高見仁志、森薫	4. 巻 46 (2)
2. 論文標題 音楽に関する実践知研究(1) : 方法論上の可能性と課題	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 音楽教育学	6. 最初と最後の頁 83--84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20614/jjomer.46.2_83	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計15件(うち招待講演 4件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Minoru Tsuzaki, Noriko Maegawa, Chie Ohsawa, Hideki Banno, Toshio Irino
2. 発表標題 Effects of modified auditory feedback simulating age related hearing loss on piano performances.
3. 学会等名 Association for Research in Otolaryngology (ARO) 43rd MidWinter Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柚木慧莉、大澤智恵
2. 発表標題 声楽家の歌唱ピッチコントロールにおける聴覚フィードバック攪乱の影響
3. 学会等名 日本音楽知覚認知学会令和元年度秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津崎実、前川典子、大澤智恵、坂野秀樹、入野俊夫
2. 発表標題 加齢性難聴によりピアノ奏者は何か変わるか
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Minoru Tsuzaki, Noriko Maegawa, Chie Ohsawa, Hideki Banno, Toshio Irino
2. 発表標題 Modification of piano performance by simulated hearing loss: Analyses on the key velocities and output powers.
3. 学会等名 International Symposium on Performance Science 2019 (ISPS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chie Ohsawa, Ken-ichi Sawai, Minoru Tsuzaki
2. 発表標題 Contribution of Visual and Auditory Information in Pianists' Performance of Their Repertoire: Observation with Positional and Moving Error Analyses.
3. 学会等名 15th International Conference on Music Perception and Cognition(ICMPC15) 10th triennial conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music(ESCOM10) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大澤智恵、菅裕、高見仁志、森薫
2. 発表標題 音楽に関する実践知研究 (3): 「知覚」「思考」「行為」
3. 学会等名 日本音楽教育学会第49回岡山大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大澤智恵、澤井賢一、津崎実
2. 発表標題 ピアノ演奏における正確な運指のための視覚・聴覚・触覚情報の役割
3. 学会等名 日本音楽知覚認知学会 平成30(2018)年度秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 津崎実、前川典子、大澤智恵
2. 発表標題 模擬難聴聴覚フィードバック下でのピアノ演奏の変容について
3. 学会等名 日本音楽知覚認知学会 平成30(2018)年度春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 津崎実、前川典子、大澤智恵
2. 発表標題 模擬難聴聴覚フィードバック下でのピアノ演奏の変容：個人内変動の検討
3. 学会等名 日本音響学会 2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大澤智恵，澤井賢一，津崎実
2. 発表標題 ピアノ演奏中に得られる視覚・聴覚・触覚情報の打鍵位置決定における役割：スケール及びアルペジオ課題を用いて
3. 学会等名 音学シンポジウム2017（第115回 音楽情報科学研究会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chie Ohsawa, Ken-ichi Sawai, Minoru Tsuzaki
2. 発表標題 Visual, auditory, and haptic information in the performance of scale and arpeggio tasks in pianists.
3. 学会等名 The International Symposium on Performance Science 2017（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大澤智恵、菅裕、仙北瑞帆、高見仁志、森薫
2. 発表標題 共同企画VII パネルディスカッション 音楽に関する実践知研究(2): 「即時の知」と「信念・価値観としての知」に着目して
3. 学会等名 日本音楽教育学会第48回大会(愛知大会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大澤智恵、澤井賢一
2. 発表標題 弾きたい音(鍵)を弾くために、視覚と聴覚は重要か: 視聴覚情報を除去したピアノ演奏のエラー分析から
3. 学会等名 日本音楽教育学会第48回大会(愛知大会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高見仁志、大澤智恵、菅裕、仙北瑞帆、森薫
2. 発表標題 パネルディスカッション「音楽に関する実践知研究(1): 方法論上の可能性と課題」
3. 学会等名 日本音楽教育学会第47回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Chie Ohsawa, Ken-ichi Sawai, Minoru Tsuzaki
2. 発表標題 The Role of Real-time Acquisition of Visual and Auditory Information in the Performance of Scale and Arpeggio Tasks in Pianists
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan(国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 大澤智恵 他（日本音楽教育学会編）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 音楽之友社	5. 総ページ数 248（担当ページ：78-79）
3. 書名 音楽教育研究ハンドブック（第2部 1-2「質的情報と量的情報とともに扱うこと」を執筆）	

1. 著者名 大澤智恵 他（大串健吾、桑野園子、難波精一郎 監修、小川容子、谷口高士、中島祥好、星野悦子、三浦雅展、山崎晃男 編）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 416（担当ページ：235、243-244）
3. 書名 音楽知覚認知ハンドブック（「演奏技能の発達と獲得」「演奏情報の認知と記憶」を執筆）	

1. 著者名 大澤智恵 他（齊藤忠彦、菅裕 編著）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 教育芸術社	5. 総ページ数 256（担当ページ：104-105、212-214）
3. 書名 新版 中学校・高等学校教員養成課程 音楽科教育法（「威風堂々（リコーダー）」、「知っておきたい教育用語（共著）」を執筆）	

1. 著者名 大澤智恵 他（高見仁志 編）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 240（担当ページ：29-40）
3. 書名 新しい小学校音楽科の授業をつくる（第3章「器楽」1 5 を執筆）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Chie Ohsawa Researchgate
https://www.researchgate.net/profile/Chie_Ohsawa
 大澤 智恵 - 研究者 - researchmap
<https://researchmap.jp/ohsawach/>
 武庫川女子大学 教員情報検索システム 教員情報詳細
<https://www.edusys.jp/mukogawa-u/tis/public/detail?id=15576&kana=%E3%82%AA&page=1>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	澤井 賢一 (Sawai Ken-ichi) (10754715)	東京大学・大学院法学政治学研究科(法学部)・助教 (12601)	2020年度より、九州大学, 芸術工学研究院, 助教
研究協力者	津崎 実 (Tsuzaki Minoru) (60155356)	京都市立芸術大学・音楽学部・教授 (24301)	