

ピアノ熟達におけるチャンク形成要因の分析

大角悠華* 竹川佳成† 平田圭二‡

(公立はこだて未来大学)§

概要

楽器の演奏には多大な労力や時間を必要とするため、練習を断念してしまう演奏者が多く見られる。この問題を解決するために、竹川らは電子鍵盤楽器へのプロジェクトマッピングにより鍵盤上に演奏補助情報を提示するピアノ学習支援システムを開発した。また、田村らはより効率的なピアノ学習を提案するために、竹川らのピアノ学習支援システムを成人ピアノ初心者を利用してもらい、未熟から熟達にかけてのチャンク（一連の複数の音符をまとまりやパターンとして認識する単位）形成過程について調査した。その中でピアノ演奏におけるチャンク形成の変容に一定の傾向がある事が明らかとなったが、ピアノ演奏は、譜読み、打鍵行為、演奏音の聴取などさまざまな要素が複雑に絡み合っており、どの要素がチャンク形成に関わっているのか調査できていない。また、熟達度によってもチャンク形成に影響する要素は異なると考えられる。そこで本研究では、ピアノ演奏の熟達におけるチャンク形成要因の調査を目的とする。本研究ではピアノ初心者の熟達とチャンク形成との関係性を分析するために、ピアノ演奏に影響する3要素（運動・認知・知覚）の増減を制御した実験を実施する。

1 はじめに

ピアノ演奏には譜読み、正確な打鍵音の強弱、リズム感覚等といった様々な技術力が求められ、それらを修得するためには長期間の基礎的な練習を必要とする。そのため、敷居の高さに練習を断念したり、熟達効率の低さから挫折をしてしまう演奏者が多い。この問題を解決するために竹川らの研究グループは、プロジェクトを用いたピアノ学習支援システムを構築した[1],[2],[3],[4]。特に田村ら[5]は、そのピアノ学習支援システムをピアノ初心者を利用してもらった評価実験から、ピアノ初心者は未熟な段階において楽譜上の音符を個別に認識していたが、熟達するにつれ一連の複数の音符をまとまり（チャンク）として認識し演奏している様子が観測された。具体的に、(1)記録したチャンクは大きく、運指の難しい箇所でも形成しやすい高難度チャンク、運動や聴覚的な認知によりパターンを見出すことで形成されるパターンチャンク、演奏時の聴覚や音楽構造によって認知するフレーズチャンクの3種類に分類される。(2)一般に、練習初期段階では高難度やパターンによる小さなチャンクが多数形成されやすいが、習熟度が上がるにつれ大きなパターンやフレーズのチャンクが少数形成されることで楽曲全体を理

解するようになる。また、最終的に形成されるチャンクは類似傾向にあることも明らかになった。ピアノ学習支援システムが提示する知覚情報、打鍵運動、認知（音楽知識、記憶）等から学習者は熟達すると同時にチャンクを形成していくが、「熟達過程においてどの要素がチャンク形成に影響するのか」という熟達とチャンク形成の関係は十分調査されていなかった。そこで、ピアノ演奏の熟達におけるチャンク形成要因の調査を目的とする。

2 関連研究

これまでもピアノ演奏におけるチャンクに関わる研究は行われている。Weaver はピアノ熟達者の譜読みにおけるチャンク能力について調査をし、演奏経験者は譜面上の和音をまとめて読み取るといったチャンク形成能力を活用していることを明らかにした[6]。しかし本研究ではピアノ初心者を対象としている点、譜読みだけに着目せず、チャンクの形成要因に注目する点で異なる。Sakaiらは単純なボタン型キーボードを利用し、視覚的な提示情報を見ながら打鍵操作を行う場合における、チャンクの存在を明らかにした[7]。ピアノ演奏では、視覚だけではなく聴覚やフレーズといった音楽的知識もチャンク形成に寄与するため、より高次のレベルでの解析が求められる。また、大澤智恵らは、ピアノ学習によって獲得されるチャンクには調性音楽の様式だけでなく他に鍵盤上の黒鍵と白鍵の配列の位置関係に規定されるものにも影響することを明らかにした[8]。

3 実験環境

本研究では、田村らの研究成果をもとにチャンクに関する調査の深化を目的としているため、田村らの実験環境を再利用する。

3.1 システム構成

本実験で使用したピアノ学習支援システムの外観およびシステム構成を図1および図2にそれぞれ示す。このシステムでは鍵盤上部に設置したプロジェクトを用いて鍵盤上に演奏補助情報を提示する。また、演奏者の前方に視線追跡機能付ディスプレイを配置し、プロジェクトと同様に演奏補助情報を提示している。システムは、MIDI鍵盤によるMIDIデータ（打鍵位置や打鍵強度）および視線追跡装置による視線データ（ディスプレイ上における注視点の座標および記録時刻）を入力とする。演奏の様子を記録するためにビデオカメラを設置した。映像生成および視線・MIDIデータ記録用のPCとしてTOSHIBA社のRX-2L/E7LEを使用した。また、MIDI鍵盤としてCASIO社のPrivia PX-110を使用した。視線追跡装置としてTobii社のTX-300を使用した。プロ

* b1011007@fun.ac.jp

† yoshi@fun.ac.jp

‡ hirata@fun.ac.jp

§ 函館市亀田中野町 116 番地 2

ジェクタとして BenQ 社の MP776 ST を使用した。プロジェクタの鍵盤投影領域は 6 オクターブ (72 鍵) で、プロジェクタの映像がよく見えるように黒鍵を白く塗った。PC 上のソフトウェアの開発は、Windows 7 上で Microsoft 社の Visual C++ 2010 を用いて行った。

3.2 提示コンテンツ

ディスプレイと鍵盤上に表示されたコンテンツについて図 3 および図 4 を用いて述べる。各図中の番号は以下の箇条書き番号に対応している。

- (1) 既存の紙媒体の楽譜と同様の楽譜を提示する。
- (2) 現在の演奏位置を提示する。これにより、学習者は現在どこを演奏しているかを直感的に理解できる。正しい鍵を弾いた時のみ提示される演奏位置が進む。
- (3) 次に演奏する鍵上に色付枠を提示する。運指情報は運指番号 (親指から小指にかけて 1 から 5 の番号がそれぞれ割り当てられている) ごとに対応している輪郭の色や、鍵盤上に運指番号を提示することで示す。これにより学習者は容易に打鍵位置や運指を把握できる。また、ディスプレイにも鍵盤と同様の打鍵位置情報や運指情報を提示する。ディスプレイには打鍵位置となる鍵の枠のみ表示されるが、鍵盤上に提示された情報と比較して得られる情報は少なく、直感性に欠ける。(2) の演奏位置提示とこの打鍵位置提示は、アイコンを投影した演奏に使用しない鍵の打鍵により切り替えが可能であり、演奏者は自分の演奏熟達度に合わせて情報提示の On/Off を切り替えることができる。
- (4) 楽譜上に表示される番号付きの黒塗りの四角形は、現在の演奏位置を変更するキューポイントである。演奏中にキューポイントの提示位置まで演奏位置を変更することができ、これは学習者が任意の箇所を集中的に練習したい場合や、途中から演奏したい場合に有効である。打鍵位置提示および演奏位置提示と同じく、キューポイントも鍵盤上に設定した鍵を打鍵することでユーザーが選択的に利用できる。
- (5) 学習者が演奏をする際、右手のみあるいは左手のみの演奏が可能となるよう、当システムは片手演奏に対応した打鍵位置提示も可能となっており、片手のみ打鍵位置を提示している時は片手のみの演奏で演奏位置や打鍵位置の提示が進む。また、模範演奏を再生する機能を持ち、これらの機能も鍵盤上に設定した鍵の打鍵により利用できる。

3.3 方針

上述したように、ピアノ学習支援システムを利用して熟達する学習者は、図 5 に示すように、ピアノ学習支援システムが提供する楽譜・次の打鍵位置・鍵盤の外観といった視覚的な情報、打鍵時に出力される演奏音、模範演奏といった聴覚的な情報、打鍵行為という運動に影響され熟達していく。我々は、これらの提示情報や運動がチャンク形成も影響を与え、熟達度や学習方法によってチャンク形成過程は異なるという仮説を立てる。

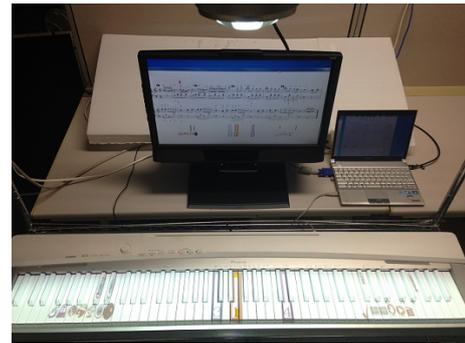


Fig. 1 ピアノ支援システムの外観

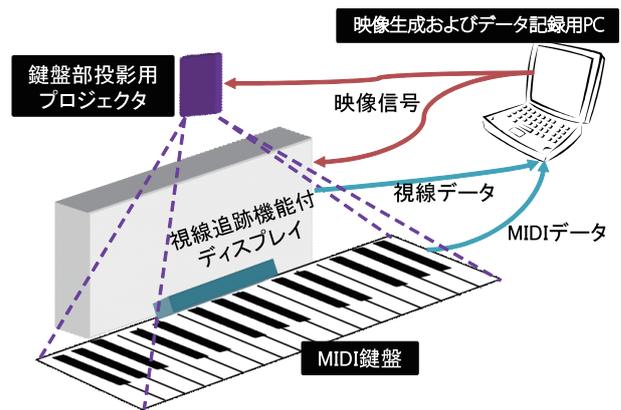


Fig. 2 システム構成



Fig. 3 デイスクリンに提示されたコンテンツ

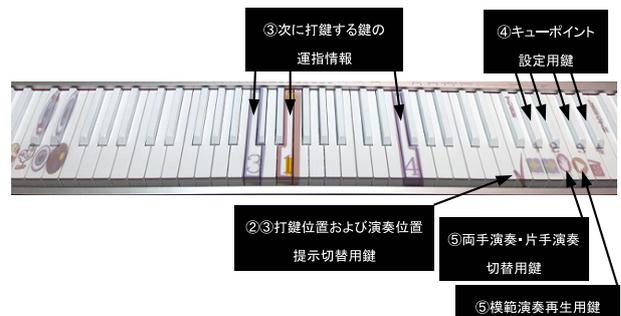


Fig. 4 鍵盤に提示されたコンテンツ

そこで、本研究では、この仮説を検証するために、表 1 に示すように、模範演奏聴取の有無・楽譜そのものの

有無・楽譜を構成する一部情報の有無・打鍵行為の有無・音楽知識の有無といった各種提示情報を被験者群ごとに变化させることで、チャンク形成に影響する要因を調査する。

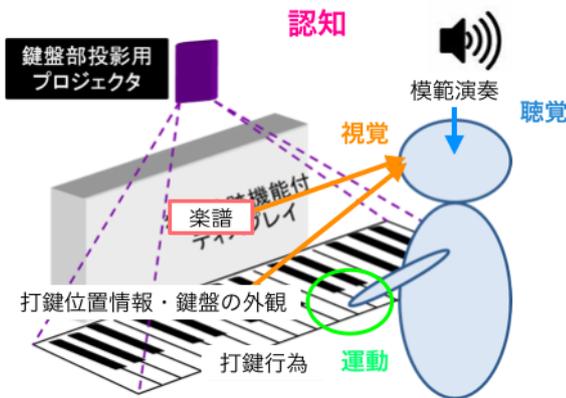


Fig. 5 チャンク形成の要因

4 評価実験

評価実験では、演奏初期段階（ピアノ初心者が初見の楽曲に対して運指や打鍵位置を覚えるために練習する段階）におけるチャンク形成に関与する要因に制約をかけた、ピアノ学習支援システムを用いた際の楽曲の習熟度とチャンク形成の関係を、被験者が楽譜上に記述したチャンクと内省報告、打鍵情報をもとに分析する。

4.1 実験内容

被験者数 ピアノ初心者3名を被験者とした。表2に示すように、被験者Aは演奏音を出力しない状態で、被験者Bは模範演奏の聴取を禁止し、被験者Cは図6に示すように連桁のない楽譜で練習をしてもらった。課題曲の事前知識の有無によるチャンク形成影響を調査しなかったため、模範演奏の聴取を禁止した実験環境の被験者（被験者B）は課題曲をもともと知らなかった。なお、被験者にはあらかじめピアノ学習支援システムの各機能の使い方を説明し、初心者には楽譜の読み方（楽譜上に記される音符や記号の意味）や演奏法も説明した。また、被験者Bに関しては現在実験が途中段階のため、それまでの結果を示す。

課題曲 課題曲として、W.A.Mozartのピアノソナタ第11番第3楽章トルコ行進曲の冒頭部分（最初から8小節目まで）を課題曲とした。

実験方法 トルコ行進曲を制約付ピアノ学習支援システムを使用し毎日20分かけて練習した後、到達度テストとしてピアノ学習支援システムの利用無しで課題曲の譜面のみの提示で最初から最後まで一通り演奏するという試行を毎日行う。これは到達度テストにおける打鍵ミス数が0回となるまで実験を続けてもらう。実験中は視

Table 2 各被験者に与えた制限とかかった日数

被験者名	実験	環境実験実施日数
被験者A	出力音無し	3日
被験者B	模範演奏聴取無し	実験途中
被験者C	連桁無し楽譜	3日

線計測装置が生成する視線データ、MIDI鍵盤が生成する打鍵データをシステムに記録し演奏中の様子をビデオカメラで記録する。到達度テストでは練習中で計測している打鍵データを元に打鍵ミスを計測する。打鍵ミスは誤打鍵、未打鍵、余打鍵を打鍵ミスと見なす。チャンクの形成方法を記録するため到達度テスト終了後、被験者が認識しているチャンクを楽譜へ記入してもらうとともに、その根拠について報告を得る。なお、被験者Cは連桁のない楽譜を利用しており、到達度テストおよびチャンクの書き込み時においても連桁のない楽譜を利用した。また、被験者Aは到達度テストにおいて演奏音を出力しない状態で到達度テストを受講し、チャンクを書き込み、その後、演奏音を出力した状態で到達度テストの受講およびチャンクを書き込んでもらった。

4.2 結果

練習中の様子 表2に被験者ごとの実験に要した日数を、図7に被験者ごとの到達度テストにおける打鍵ミス数の推移を示す。いずれの被験者も、2日目には、4小節目までを弾けるようになっていた。実験初日や2日目は片手のみで練習を繰り返す様子が見られたが、被験者Aは、2日目には両手で練習を行う様子が観測された。片手での演奏上達後、両手演奏の練習を試みるが、個人差はあるもののスムーズに両手で演奏できない状況が続いた。実験最終日における両手演奏では、練習中における打鍵ミスは減少した。難所にさしかかった際、練習を中断し正しい鍵盤位置をさがす、またはキューポイントを使用しその箇所を集中的に練習する様子が観測された。実験最終日の練習の終盤であっても、楽曲全体を一定のテンポで演奏する事は難しい状況であった。練習方法については、被験者ごとに様々な練習方法が見受けられた。被験者Aは実験初日から両手で練習していた。被験者Bや被験者Cは片手で練習していた。いずれの被験者もキューポイント機能を頻繁に使用し、練習したい箇所を何度も練習する姿が見受けられた。被験者Cは片手のみの打鍵位置を表示し、両手の練習を行うといった独自の練習方法を行う姿が見受けられた。また、難所は模範演奏を聞いてから繰り返し練習を行っていた。

チャンク形成過程 図8～図11に各被験者のチャンク記録結果を示す。図中では、それぞれ上段が1日目の記録、下段が最終日の記録である。ただし、被験者Aは上述したように演奏音がない状況でのチャンクと、演奏音

Table 1 チャンク形成要因を検証するための実験環境

種類	要因	内容
運動	運指の固定	常に同じ指を使って演奏してもらう
	打鍵行為無し	模範演奏の聴取および楽譜の観察のみで打鍵しない
聴覚	演奏音無し	打鍵した時に音が出ない
	模範演奏聴取無し	模範演奏を聴かない
	演奏音の固定	どの鍵からも同じ音が出る
	打鍵ミス音無し	どの鍵を押しても常に正しい音が出る
視覚	不完全五線譜	一部の音符および音楽記号（連桁、スラー、小節線など）を提示しない
	光る鍵盤なし	次の打鍵位置を提示しない
	白鍵のみ	物理的に黒鍵がない鍵盤をつかって演奏する
認知	音楽理論の知識付与	楽式やフレーズといった音楽構造に関する知識を教える



Fig. 6 通常の楽譜と連桁無し楽譜の比較

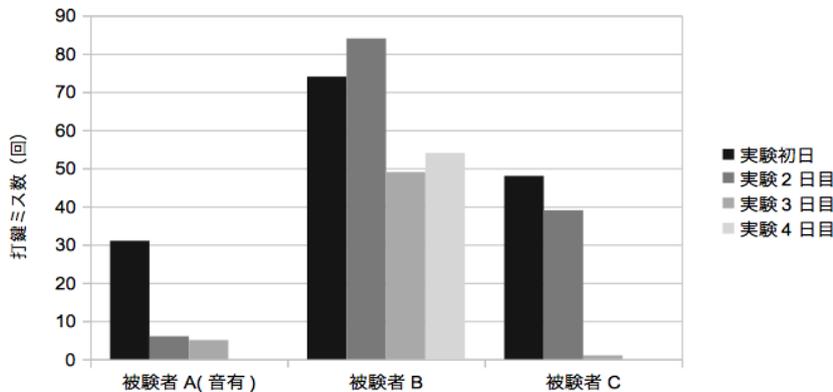


Fig. 7 到達度テストにおける打鍵ミス数の推移

がある状況でのチャンクを記録したため、2種類のチャンク結果を示す。結果の考察を進める上で、被験者の自省報告を聞き、それらとチャンクを比較し考察を行なった。

考察

被験者 A(打鍵音の有無) 被験者 A は図 8 の初日 (1 段目) の 1 小節目左手部分を動き方や手の位置によってチャンクの形成を行っていた。これは練習中に打鍵音がなかった事から、聴覚によってできたチャンクではなく、運指によってできたチャンクであるとおもわれる。これより、運指はチャンク形成に関わっているのではない

かと考えられる。また、被験者 A は原曲を覚えていたため、実験後のヒアリングから、記憶をたよりに課題曲の 1 小節目 2 小節目といった繰り返して出てくるフレーズにチャンクが形成された。この事から、曲に対する記憶が、チャンクの形成に影響をしていると考えられる。打鍵音の有無によるチャンク形成結果を比べると、音を聞く事によって初めて間違いに気づいた、音の高さが同じだという認知をしたというコメントが得られた。これは、被験者 A は練習中等、打鍵ミスをその場その場では認識しているが、実際に打鍵した音をきく事により、打鍵ミスの意識がより強くなったのではないかと考えられる。さらに、図 8 および図 9 を比較した際、右手の第 4 小節目

実験初日

実験2日目

実験最終日

Fig. 8 被験者 A (音無)

実験初日

実験2日目

実験最終日

Fig. 9 被験者 A (音有)

実験初日

実験2日目

実験3日目

実験最終日

Fig. 10 被験者 B

が変化する等、聴覚的な要素が加わる事により、チャンクの形成に変化が起こった。この事から、聴覚はチャンクの形成にとても大きな役割を果たしていると考えられる。

被験者 B(模範演奏聴取の有無) 被験者 B は楽譜を読めないため、練習中はほとんど楽譜を見ず、鍵盤を見て打鍵位置や運指を覚えていた。また、休符と左手の打鍵音のタイミングを意識しており、右手の休符の際に打鍵する左手の打鍵音にチャンクを形成していた。この事か

Fig. 11 被験者 C

ら音符よりも休符がチャンク形成に関係があると考えられる。被験者 B は上述したように、原曲をもともと知らなかったため、曲に対する記憶による影響を受けていない。しかし、練習を積み重ねる事により、きれいなチャンクを形成するようになった。これは、楽曲を弾いていくうちに自分の中で音楽構造を理解していくために最終的にある程度きれいなチャンクの形成を行なうようになったのではないかとと思われる。

被験者 C(連衡の有無) 被験者 C は、図 11 の初日(1 段目) 第 1 小節目のように左手のタイミングやフレーズが変わるところでチャンクが切り替わる等、左手の動きや音を意識したチャンクを形成しており、右手よりも左手の運指の動きがチャンク形成に影響していた。被験者 C は、楽譜や鍵盤の両方を見ながら打鍵位置の学習をしていたが、連衡の有無によるチャンク形成の変化は観測されなかった。また、チャンク形成において楽譜中の休符を意識したというコメントが得られた。このことから音符上の連衡よりも休符がチャンク形成に関係があると推測される。

5 まとめ

本研究では、ピアノ初心者を対象とし、ピアノ演奏においてチャンクを形成するための要因について調査・分析を行なった。実験結果より、聴覚や曲に対する記憶、運指は、チャンク形成に大きく関わっている事や、音符よりも休符がチャンク形成に関係するという事が考えられた。また、形成されたチャンクは他の要因によって容易傾向が観測された今後の研究課題としては、被験者数を増やした実験、運指や曲に対する記憶と言った要因を含むさまざまな要素に注目したチャンク形成要因の調査やそれらを利用したピアノ学習支援システムの提案等がある。

参考文献

- [1] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: 運指認識技術を活用したピアノ演奏学習支援システムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2 (2011 年) .
- [2] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: リズム学習を考慮したピアノ演奏学習支援システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4(2013 年)
- [3] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: システム補助からの離脱を考慮したピアノ演奏学習システムの設計と実装, コンピュータソフトウェア (日本ソフトウェア科学会論文誌) , Vol.30, No.4(2013 年).
- [4] 竹川佳成, 椿本弥生, 田柳恵美子, 平田圭二: 鍵盤上への演奏補助情報投影機能をもつピアノ学習支援システムにおける熟達化プロセスに関する調査, インタラクティブシステムとソフトウェア XXI: 日本ソフトウェア科学会 WISS2013(2013 年).
- [5] 田村速人, 竹川佳成, 平田圭二, 田柳恵美子, 椿本弥生: ピアノ初心者の演奏熟達におけるチャンク形成過程の分析, はこだて未来大学, 情報処理学会研究報告 (2014 年)
- [6] Weaver, H.E.: Studies of Ocular Behavior in Music Reading Psychological Monographs, 1943
- [7] Sakai, K., Kitaguchi, K., Hikosaka, O.: Chunking During Human Visuomotor Sequence Learning, Experimental brain research, 2003.
- [8] 大澤智恵. 鍵盤楽器演奏技術の習得-visuomotor 系列学習の側面から-, 新潟大学, 現代社会文化研究 38 (2007 年) .