

鍵盤楽器演奏時のアクションスリップ分類と 音楽記号の認識能力の関係分析

Analysis of the relationship between action slip classification when playing keyboard instruments and the recognition ability of musical symbols

後閑 祐介[†]
Yuusuke Gokan

中平 勝子[†]
Katsuko T. Nakahira

北島 宗雄[†]
Muneo Kitajima

1 はじめに

本稿は、演奏技能獲得教育におけるフィードバック支援システム設計への寄与を目指し、アクションスリップ分類の基盤である ATS 理論 [2] を適用し、鍵盤楽器演奏時のエラー原因の一因を音楽記号の認識能力に求め、その関係を分析する。鍵盤楽器演奏における人の行動を、音楽記号の知覚・認識、演奏に分け、ある楽曲を読譜した場合にどのような知識、音楽記号の認識能力が獲得できるのかをシミュレーションする。鍵盤楽器演奏を学習する初心者にとって、学習開始時にはいくつかの困難な点が存在するが、その一つに円滑な読譜がある。その仕組みは個別の音符および音高認識、音符列の文脈認識、運指、等多くの要素が存在する。このうち個別の音高認識については例えば武田ら [4] に示される様なモデルを援用することでシミュレーションが可能であると考えている。そのため、本稿ではリズム認識に関係する音価の判別に必要な個別の音符認識に着目し、記号認識能力の獲得のされ方と、生じる可能性のあるスリップの関係を分析する。実際に演奏した時に起きた楽譜通りではない音や行動はエラー（演奏間違い）となり、これらのエラーはスリップであると考えられる。後閑ら [3] によって述べられた文章更新量における置換・挿入・欠失の考え方 (図 1) を演奏間違いに対応づけ、その原因の一部を音符の認識間違いに由来すると考えた。

2 アクションスリップと鍵盤楽器演奏スキーマ

本稿ではアクションスリップに ATS 理論 (Activation-Trigger-Schema system) を適用する。ATS 理論とは一連の運動行動が感覚と運動を結びつける知識構造によって制御されることを想定する。一つのスキーマは組織化された記憶単位である。アクションは、スキーマの活性化と選択に基づき、またスキーマの動作のために適切な条件が満たされることを要求するようなトリガーマカニズムを使用する。

スリップとはエラーの一種で目的は正しいが行為が誤って発生したエラーである。例として、正しい動作を間違った場面で行う、よく行っている行動をやることや不適切なタイミングでの行動がある。

スキーマは活性化値とトリガー条件を持つ。活性化値は関連スキーマから活性化値の伝播を行い閾値を超えるとスキーマが活

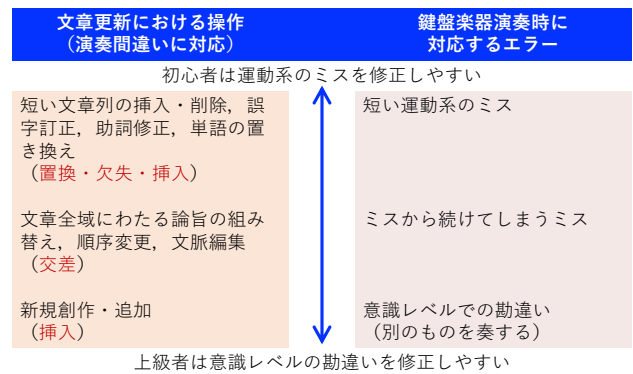


図 1 文章更新量と演奏間比較：間違いとエラーの関係 [3]

性化する。トリガー条件はスキーマが実行される条件でありスキーマが活性化していてもトリガー条件を満たさなければスキーマは実行されない。

スリップの例はこれらの組み合わせにより説明できる。よく行っている行動をやるしてしまうというのは、よく行なっている行動のスキーマは本来やりたい行動のスキーマより活性化値が高くなりやすいので同じトリガー条件が設定されている場合にはよく行なっている行動が選択されスリップが起きる。演奏においては、演奏時に練習していた似ている別のフレーズを弾いてしまうことに対応する。

3 音符判定モデルシミュレーション

【音符判定モデル】本稿では演奏行動を、楽譜情報を知覚し、記憶を検索し、運指等を行う行為と捉える。演奏行動時にエラーが起きた場合、楽譜情報を見間違える知覚の段階でのエラーなのか、知覚した情報は正しかったがよく使っている別の音符が活性化して間違える認知の段階でのエラーなのか、指が追いつかない行動の段階でのエラーなのかを判別するために、楽譜から音符をどのように知覚したかとその知覚した情報から認知の過程で音符種別であるとして判断したのかの過程をモデル化する。認知過程における音符種別の判別には、知覚過程における音符を形成する基本要素の集合を正しく取得できる必要がある。この流れをシミュレーションで再現可能とするため、音符を基本要素に基づいて行う。

【知識表現と利用履歴の記録】全ての音符を判定するために図 2 に示した、音符を構成する要素である符頭・符幹・符尾と付

[†] 長岡技術科学大学

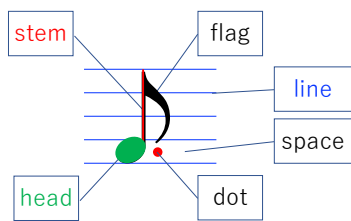


図2 音符のパーツ

点を符号化する。各要素はジオン理論 [1] の基礎形状に基づけば、head は閉じた円、stem は短い直線、flag は閉じて無い曲線、dot は点として知覚される。各要素の状態は次の通りである。音符は head を必ず持ち、head は黒く塗りつぶされているか白抜きされているかの2状態を持つ。stem の状態は有無の2つである。flag は stem ある場合は無か1本以上の状態を持ち、stem がない場合は必ず無である。dot は無か1本以上の状態を持つ。これらをまとめると各要素の状態は表1になる。例えば、図2の八分音符を表1を用いて表現すると、head は黒なので1、stem は有なので1、flag が1本有るので1、dot は無なので0、これにより八分音符は「1100」として表現できる。

読譜は、既知の音符情報を知覚された情報と照合し利用する、あるいは、未知の音符情報の知識を獲得する、のいずれかで行われる。知識の利用・獲得は単位時間毎に行われると仮定する。知識の利用・獲得が認められたタイミングで、表2の履歴フィールド中の利用・獲得された知識の行に1を立てて、時系列情報として履歴フィールドに利用履歴を記録する。初期状態は0とする。最後の知識利用からどれだけの時間が経ったのか、どれだけの回数各知識が利用されたのかわかるように利用履歴を記録する。

ATS理論のスキーマは各要素の状態の集合に対応し、知覚された要素のスキーマや関連する音符のスキーマは活性値が高くなる。知識活性化のトリガー条件は参照する知識の判定に必要な入力が全て入力された時とする。例えば、よく利用された知識は全ての要素が知覚されなくても決め打ちで検索される様な間違いをシミュレーションできる。

【モデルシミュレーション】音符判定過程では、知覚情報を要素に分けて符号化したのちに音符種別の判定を行うが、知覚される情報に間違いはないと仮定する。音符の各要素から正しい音符を認識するために符号化したスキーマを組み合わせで正しい知識を検索する能力が音符（音楽記号）の認識能力である。モデルシミュレーションにより、音符の認識能力とアクションスリップもしくはその分類との関係は正しく符号化まではできなかったのになぜ間違えたのかの原因分析を可能となる。以下に、エラーの原因とそれによって引き起こされる行動の例を示す。

誤ったトリガー:符号化した全ての情報を使わなかった。flag = 0, stem = 1, dot = 0の時点で音符の判定を行い定着した知識である四分音符であると判定するが本当は head = -9で二分音符であった。

トリガーの失敗:要素が全て揃ったのに判定を行わなかった、または判定しようとしたが活性値が低かった。この場合、音符の種類であれば4要素あるので活性値が4以上とすると全ての

表1 音符の要素の状態と符号

head	状態	stem	状態	flag/dot	状態
白	-9	有	1	無	0
黒	1	無	0	1本/1点	1
				2本/2点	2
			

表2 音符種類の知識と利用履歴

符号	名称	履歴 (t=1,...)
-9 0 0 0	全音符	0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, ...
-9 1 0 0	二分音符	0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, ...
1 1 0 0	四分音符	1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, ...
1 1 1 0	八分音符	0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, ...
-9 1 0 1	付点二分音符	0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, ...
1 1 0 1	付点四分音符	0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, ...

要素があるのに活性値が全て4未満なのは知らない要素の組み合わせに相当するので知識にない音符が出る。

キャプチャエラー:符号が知識と合致した時の活性値が高い。head = -9, stem = 1, flag = 0, dot = 0で二分音符が4つ合致するので合致する要素1つにつき活性値が1増えるとして活性値 = 4を得る。ここで、定着した知識である四分音符は3つ合致するが合致する要素1つにつき活性値が1.5増えると活性値 = 4.5になり二分音符より高い活性値になるので四分音符と誤って判定する。

4 まとめと今後の課題

音符を要素分割し、各要素を組み合わせで音符を判定する音符判定モデルを提案した。音符判定モデルで必要となる要素と知識の符号化と知識の利用履歴を音符判定モデルにATS理論を適用しアクションスリップに当てはめた。今後は音符の種類以外の演奏に必要な知識の要素分割・符号化、当てはめたアクションスリップと挿入欠失置換とを対応付け評価する。また、音符を1つずつ読み込み行動をするという仮定のもとで行動の順番を間違える様な間違いもシミュレーション可能にする。

謝辞

本研究の一部は科研費(19K12232)の助成を受けた。

参考文献

- [1] I. Biederman. Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, Vol. 94, No. 3, pp. 115-147, 1987.
- [2] D. A. Norman. Categorization of action slips. *Psychological Review*, Vol. 88, No. 1, pp. 1-15, 1981.
- [3] 後閑祐介, 中平勝子, 北島宗雄. 文章更新量比較技術を活用した鍵盤楽器演奏間の相違の量的評価手法. *FIT2019*, 2019.
- [4] 武田大河, 中平勝子, 北島宗雄. 楽器演奏教育支援のための楽典学習の深化と読譜方略選択の関係. *FIT2019*, 2019.