

## スキル習得時の熟達のモデル化及び力覚デバイスを用いた教育支援

### Modeling of proficiency in skill acquisition and educational support using haptics devices

小笹 滯<sup>\*1</sup>, 松居 辰則<sup>\*1</sup>

Mio KOSASA<sup>\*1</sup>, Tatsunori Matsui<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>早稲田大学人間科学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Human Sciences, Waseda University

Email: mkosasa23@fuji.waseda.jp

あらまし：本研究では身体動作を伴うスキル習得時の熟達過程のモデル化と、力覚デバイスを用いたピアノ打鍵指導支援システムの構築を行う。「身体動作を伴うスキル」としてピアノの打鍵について取り上げ、3Dsystem社「Touch」を用いて力覚の提示を行う。また、文献調査や経験者へのインタビュー調査によりスキル習得時の熟達過程を明らかにする。本研究を通して熟達段階に応じた適切な指導や、言語化が困難であるとされる身体動作を伴うスキルの伝達を可能にすることが期待される。

キーワード：力覚情報、音楽、身体知

#### 1. 研究背景

熟達 (expertise) とは、「仕事などの長い経験を通して、スキルや知識を獲得し、高いレベルのパフォーマンスを発揮する熟達者 (expert) になる過程」のことである<sup>(1)</sup>。熟達の過程には手続き的知識を獲得した状態である「定型的熟達」や、手続き的知識の蓄積により柔軟性を獲得した状態である「適応的熟達」などの段階があり、反復練習や経験を積むことによって上位の概念に到達する。

熟達の過程に関してはホワイトカラー労働者<sup>(1)</sup>や珠算式暗算<sup>(2)</sup>などについて研究がされてきた。また、作文における初心者と熟達者の行動の差異<sup>(3)</sup>や舞踊における準熟達者と熟達者を対象としたスキルの熟達促進要因<sup>(4)</sup>など、熟達の段階や促進要因の違いについて様々な分野から考察されている。しかしスポーツや楽器演奏など身体動作を伴うスキル熟達の過程や段階ごとにおける行動の違いについては明らかにされていない。

また、技能の習得にあたり触力覚を伝達できるデバイスが教育分野でも使用されている。エレキギターのピッキング奏法練習ツール「PickFeel」は言葉で伝えることが困難であるとされるピックで弦を適切に弾く感覚をデバイスを用いて教授することを可能にした<sup>(5)</sup>。触力覚を伝達できるデバイスは医療分野で穿刺(血液採取)トレーニングシステム<sup>(6)</sup>や教育分野で書字の指導<sup>(7)</sup>などに関する研究がされている。

#### 2. 研究目的

本研究では身体動作を伴うスキル習得時の熟達のモデル化を行い、身体性を伴うスキル熟達に必要な要素や行動について明らかにする。また、力覚デバイスを用いた教育支援を行うことにより効果的なスキル習得ができるのか、熟達に必要な要素が強化する事ができるのか明らかにする。

#### 3. 本研究における「身体動作を伴うスキル」

本研究における身体動作を伴うスキルとしてピアノの打鍵を採用する。ピアノの適切な打鍵は豊かな音楽表現を行うために重要であり、打鍵を教えるための教本や解説書が多数存在する。これらは初学者から上級者まで多くのピアノ演奏者が取り組み、レッスンや自主練習のための解説がされているが、ギターのピッキング奏法<sup>(5)</sup>と同様に打鍵をした際の感覚は言葉で伝える事が困難である。

そのため、身体動作を伴うスキル習得時のモデル化だけでなくピアノの打鍵の熟達過程をモデル化し、力覚デバイスを用いて指先の感覚までも伝達できるような指導を目指す。

#### 4. 研究方法

本研究では身体動作を伴うスキル習得時の熟達過程のモデル化と、力覚デバイスを用いたピアノ打鍵指導支援システムの構築を行う。それぞれの研究方法について以下に示す。

##### 4.1 身体動作を伴うスキル習得時の熟達過程のモデル化

スキル熟達のモデルに関して、まず文献調査により熟達の過程において必要な要素を明らかにする。モデルの中には主観的、客観的な熟達について取り上げる。情報の伝達には、話し手と聞き手の間で客観的に伝達ができている状態の度合いを指す「伝達度」、話し手と聞き手が適切に情報の伝達できたかどうか主観的に感じている度合いを指す「伝達感」の2つの指標がある<sup>(8)</sup>。そのため、スキルの習得という教授者から学習者への情報伝達という観点も踏まえてモデルを作成する。また、「納得」という言葉の概念<sup>(9)</sup>には、「理解の深化」や「感情的受容」などといった客観的及び主観的に熟達した状態に関する項目があるため、本研究においては客観的、主観的に熟達した状態を「納得」と定義した。これらの先行研究から得ら

れた知見をもとにモデル化を行った。モデルを図1に示す。次にピアノ演奏の経験者1名に熟達の過程の中での思考や行動についてインタビュー調査を行い、発言内容をもとにモデルの修正を行った。モデルを図2に示す。今後は複数人にインタビューを行い、モデルの妥当性の検証と力覚デバイスを用いてどの要素が強化されるのかの仮説を立てる。

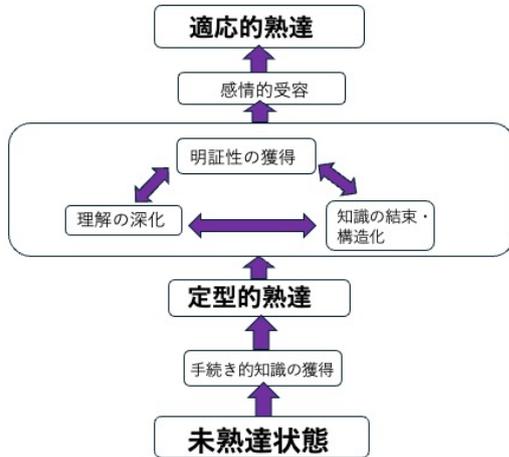


図1 先行研究をもとにしたモデル

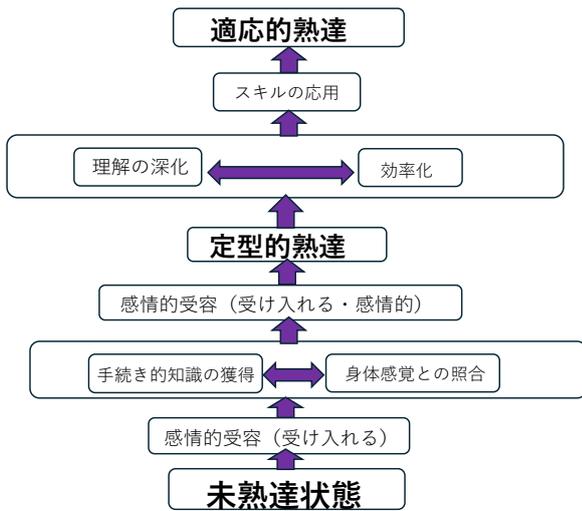


図2 経験者へのインタビューをもとにしたモデル

#### 4.2 力覚デバイスを用いたピアノ打鍵指導支援システムの構築

本研究では、力覚を提示するデバイスとして3Dsystem社「Touch」を使用する。実際に使用するデバイスを図2に示す。本デバイスではPCのモニター上に表示される3D CG上での視覚情報提示と、使用者のデバイス操作による力覚提示が可能であり、物体に触れた際に手に伝わる感覚を再現することができる。力覚デバイスで打鍵の感覚が正確に伝達できているかを確認するため、ピアノ演奏経験者を対象にデバイス検証実験を行う。実験参加者に複数のばね定数の値を設定した上述の「Touch」を操作させた

後、アンケート調査をもとに最も打鍵の感覚が再現できている値を明らかにする。その後本実験を行い、力覚デバイスを用いることにより効果的な学習ができるのか、熟達に必要な要素が強化されるのか明らかにする。



図2 3Dsystem社「Touch」

#### 5. 期待される成果

身体性を伴うスキル習得の際の学習者の行動や思考の変化、過程について明らかにすることにより、指導者が学習者の熟達段階に応じて適切な指導をする事が可能になることが期待される。また、学習時に力覚デバイスを使用することの有効性を明らかにすることにより、言語化が困難であるとされる身体動作を伴うスキルの伝達を可能にする事が期待される。

#### 参考文献

- (1) 楠見孝:”ホワイトカラーの熟達化を支える実践知の獲得”, 組織科学, 48巻2号 p. 6-15, (2014)
- (2) 波多野諄余夫:”珠算式暗算における習熟”, 認知科学の発展, 1巻, p. 141-160, (1988)
- (3) 加藤由香里:”熟達者と初心者の文章産出過程の相違について:プロトコルとCohen(1991)の質問紙による調査”, 日本語教育方法研究会誌, 2巻1号 p. 46-47, (1995)
- (4) 岡千春:”ダンサーの舞踊観変化に表れた舞踊の熟達と自己調整学習との関連”, スポーツパフォーマンス研究, 15巻, p. 83-100 (2023)
- (5) 加茂文吉:”3次元触覚/力覚インターフェースデバイスを用いたエレキギターピッキング奏法練習ツールの開発”第29回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, p.195-6, (2021)
- (6) 遠藤恒史, 中口俊哉, 津村徳道, 三宅洋一:”Vr穿刺トレーニングシステムのための方向依存性ハプティックテクスチャの提案”, Vr医学, 4巻1号 p. 11-17 (2006)
- (7) Zakraoui J, Moutaz S, Al-ma'adeed S, Aljaam J:”A study of children emotion and their performance while handwriting Arabic characters using a haptic device”, Education and Information Technologies, 28 (2022)
- (8) 杉谷陽子:”インターネット・コミュニケーションと対面コミュニケーションにおける情報の伝わり方の際についての意見書”, 日本オンラインドラッグ協会提出資料 (2013)
- (9) 今井芳枝, 雄西智恵美, 板東孝枝:”納得の概念分析”, 日本看護研究学会雑誌, 39(2):2\_73-2\_85 (2016)