

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：20103

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K18518

研究課題名（和文）技能忘却モデルを核としたAI学習支援基盤の構築

研究課題名（英文）Construction of Learning Support AI Platform based on Prediction Model of Skill Forgetting

研究代表者

竹川 佳成（Takegawa, Yoshinari）

公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：60467678

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、音楽ゲームにおけるスキル習得の予測モデルを構築するために、スキル習得後の忘却パターンを分類することである。被験者には、低いスコアからある難易度まで上達するまで毎日練習してもらった。その後、1週間以上練習をしない練習不活性期間を設け、不活性期間終了直後のプレイ時のスコアを記録した。技能習得期のスコア変化と忘却期のスコア変化を分析することで、3種類の忘却パターンを発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

HCI技術の進展により、テニスや楽器演奏などの技能習得を補助する学習支援システムが提案されている。既存システムとの比較では学習効率の向上が議論されているが、技能の衰退や忘却については考慮されていない。この研究では初心者の技能忘却モデルを構築し、脳科学や認知心理学、スポーツ科学への貢献を目指している。また、忘却を活用した学習支援システムや指導方法の検討にも応用が可能であり、教育現場への貢献も期待される。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to categorize patterns of skill loss following skill gain, in order to develop a predictive model for skill retention in music games. The experiment was conducted using songs from the web-based music game "Sparebeat." Participants were instructed to train daily on a piece of music slightly more challenging than their current skill level until they achieved a specified level of proficiency. Following this, participants took a break from training for at least one week, and their scores were recorded when they played the music immediately after the non-training phase. By analyzing the changes in scores during both the skill gain and loss phases, we identified three distinct patterns of skill loss.

研究分野：教育工学

キーワード：学習支援 インタラクション 情報デザイン 機械学習

1. 研究開始当初の背景

近年、HCI 技術の進展に伴い、テニス・ゴルフ・習字・楽器演奏・歌唱・触診などの技能の習得を補助(自転車の補助輪のように、技能の難度を下げあかもできているようにみせかける補助ツール)する学習支援システムが多数提案されている。既存システムや既存練習方法と比較してどれだけ学習効率(早く習得できるか)が高まるかについて議論されており、技能の衰退や忘却に関しては検討されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は HCI (ヒューマンコンピュータインタラクション) 技術および機械学習を統合した技能忘却モデルの構築および AI 学習支援基盤の構築である。その第一段階として、本研究では、音楽ゲームにおける技能習得忘却予測モデルの構築に向けて、技能習得後における忘却パターンの分類を目的とする。初心者が練習によって音楽ゲームが上達する技能習得フェーズでのスコア変化、タイミング判定の内訳を観察し、ある一定レベル到達後の練習休止期間が明けたあとの忘却フェーズでのスコア変化、タイミング判定の内訳も同様に観察する。ここから、習得と忘却の関連性を分析し、忘却のパターンを発見し分類する。本研究の特色の1つは、長期間に渡る実験を実施する点である。身体動作が関わる技能の習得と忘却には、ある一定の長期間が必要となる。例えば自転車に乗れるようになるには、一般に数日から数十日の期間を要し、上に挙げたテニス、ゴルフ等は、どれだけ長時間練習しても足りることがなく、実質的に技能習得に要する時間の上限が存在しない。一方、ある程度の長期間を経ないと、身に付いた技能が忘却されることはない。本研究の実験計画では、音楽ゲームのスコアが一定レベルに達するまで練習期間を設けたので、被験者によっては 50 日の練習期間を要したケースがある。練習期間を終了した後は忘却フェーズに入るが、最長では 90 日近く実験を継続した被験者もいる。これだけ長期間に渡る習得と学習を観察することで、本質的なデータや知見がはじめて得られることが期待される。音楽ゲームは、身体動作が関わる技能獲得の実験対象として優れていると判断している。音楽ゲームには、そもそもゲームとして、プレイヤーが練習を継続しようとする動機を維持させる仕組みが最初から備わっており、プレイヤーは飽きることなく長期間に渡り音楽ゲームをプレイすることが期待される。さらに、音楽ゲームをプレイするには、多少の身体動作が関わる技能が必要であり、高スコアを得るには、トップアスリートほどの資質や練習は必要ではないが、ある程度の練習は必要となる。音楽ゲームは、プレイヤーの技能獲得レベルを安定に一貫して評価する機構も備えている。

3. 研究の方法

我々が実験に使用した音楽ゲームは、音楽ゲームシミュレータ Sparebeat (スペアビート) である。スペアビートは web ブラウザ上で動作するので、PC、スマートフォンやタブレットでプレイできる。プレイ画面は、奥から手前に向かう 4 本の黒地のレーンを中心に構成されている。各レーンの上には、画面奥から手前に移動してくる赤・紫・青・緑の菱形図形 (ノーツと呼ばれる) が見える。一番手前には 4 本のレーンを直角に横切る緑ラインがあり、ノーツがこの緑ラインを横切るタイミングに合わせて対応するキーを押下する。キーを押下するタイミングの正確さに応じて得点が加算されていく。

課題曲は、被験者ごとに腕前を事前に把握し、その結果にもとづき選定した。被験者にとって簡単すぎず難し過ぎずの適切な難易度の楽曲を選択することで、被験者の技能獲得の度合いを適切に測定できる。具体的には、スペアビート内にある適当な難易度の楽曲を被験者がプレイし、スコアが 65 ~ 70 万点付近であった楽曲を当該被験者の課題曲として選定した。

被験者の人数は 5 名である。被験者は音楽ゲームを全くプレイしたことのない初心者から、趣味としてプレイした経験のある中級者の大学および大学院生である。上級者で実験を行わない理由は、高難易度の楽曲で 80 万点以上の得点を取れてしまい、成長の度合いが分かりにくいからである。また、いずれの被験者も本実験で初めてスペアビートをプレイした。実験の最初から最後まで、実験用に貸し出し、またはそれぞれの被験者が持っている個人のデバイス端末で、スペアビートをプレイしてもらった。PC、iPad、タブレットとバラバラであったが、常に同一のデバイス端末でプレイしてもらった。

はじめに課題曲を最初から最後まで 1 回だけプレイしてもらい、次いで、各被験者は指示された時間 (10 分 ~ 20 分間)、課題曲を練習する。妥当な練習時間を調査するために被験者ごとに練習時間は異なっており、被験者 1 および被験者 2 は 10 分、被験者 3 および被験者 4 は 20 分、そ

して被験者 5 は、22, 25, 23 日目は 20 分、それ以外は 10 分間であった。練習後、最初から最後までもう 1 回プレイするように指示した。また、練習前後のプレイ結果を記録した。これらの試行を練習セットとし、毎日、1 日 1 回練習セットに取り組んでもらった。90 万点以上のスコアを安定して出せるようになった場合、実験者に指示された期間だけ練習をしないという練習休止期間に移行する。練習休止期間が明けたあとに、被験者は課題曲を最初から最後まで 1 回だけプレイする。そのスコアを記録した。これを練習休止セットと呼び、練習休止セットを繰り返し実施してもらった。

4. 研究成果

各被験者の練習期間および練習休止期間をそれぞれ表 1 に示す。練習期間および練習休止期間は被験者ごとで異なる。被験者 5 名の初日から 6 日目までにかけての練習前スコアおよび練習後スコアのそれぞれを図 1 に示す。

	練習期間	練習休止期間
被験者 1	16 日	89 日
被験者 2	10 日	56 日
被験者 3	10 日	56 日
被験者 4	33 日	62 日
被験者 5	49 日	50 日

表 1 被験者の練習期間および練習休止期間

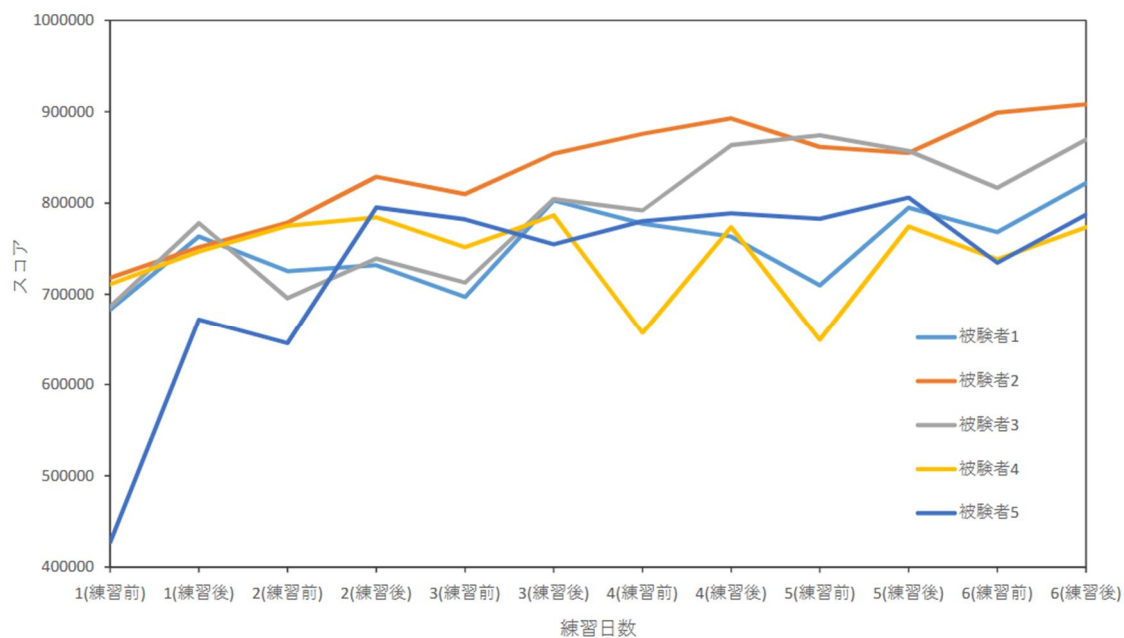


図 1 練習 6 日目までのスコア推移

図 1 のグラフから、いずれの練習日においても練習後のスコアは練習初日のスコアと比べ、高くなっている。また、ある練習日における練習前スコアは、練習後スコアより低くなっている傾向がある。練習することにより概ね上達しているといえる。個人差はあるが、7 日目以降も同様に前日の練習後スコアより、練習前スコアは下がっているが、練習を重ねるごとに少しずつスコアは上昇している。技能を習得するまでのスコアの推移を調査するため、練習後のスコアのみに着目する。図 2 に練習後スコアのための散布図を示す。練習期間が 10 ~ 16 日間であった被験者 1~被験者 3 は、傾きが 10,000 を超えており上達の速度は比較的速いといえる。被験者 4 および被験者 5 は、傾きが 5,000 未満である。練習期間がそれぞれ 34 日、50 日と 1 か月以上であり、ある程度習得するまで時間がかかっているため、成長は緩やかである。

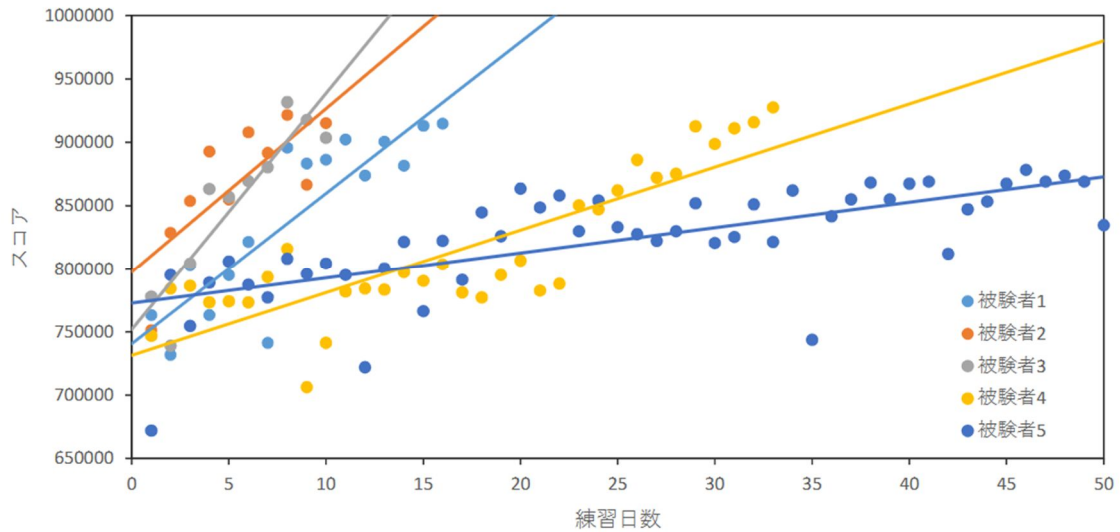


図2 練習後のスコアの推移

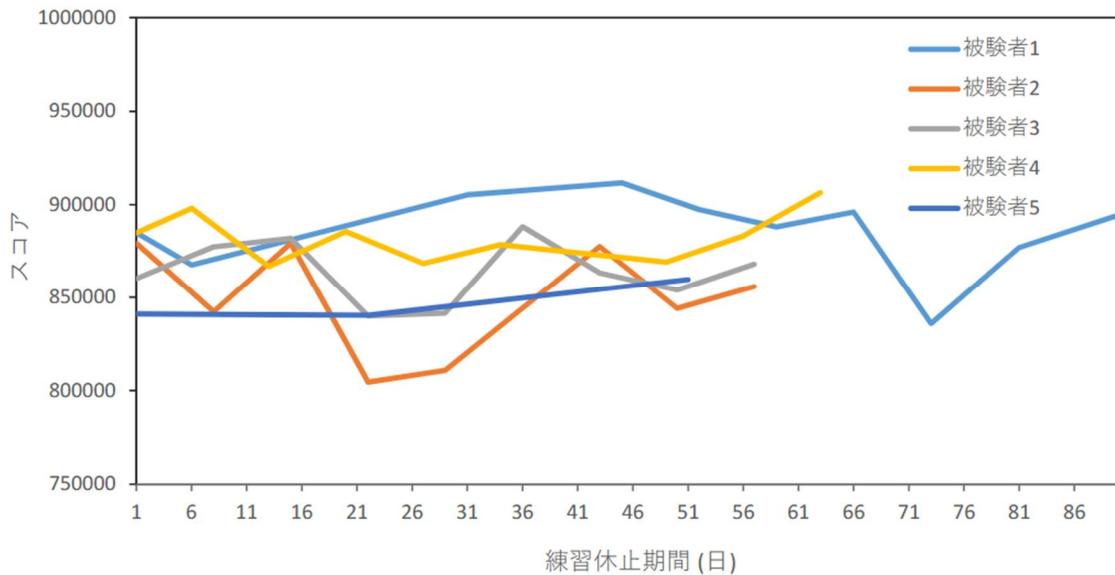


図3 練習休止期間のスコアの遷移

図3に、練習休止セットを実施した各試行回のスコアの推移を示す。図3では、徐々にスコアが上がっていき、練習を停止することでスコアは少しずつ下がっていくと予想されたが、そのような結果は見られなかった。1回目にはスコアが下がったが、2回目には上がるといったように、スコアのばらつきがみられることが分かった。また、練習を始めた頃のスコアは70万点台が見られていたが、この期間ではどの被験者も80万点以上のスコアを出しており、それより下には下がっていない。被験者2と3は練習期間が同じだが、被験者2の方がスコアが下がっており、被験者1よりも傾きの絶対値が大きい。また、スコアのばらつきも被験者2の方が大きいことが分かる。

被験者5名のスコア変化と判定内訳の変化に基づいて、忘却のパターンとして、しばらく維持したのち少しずつ忘却するパターン、スコアが乱高下するパターン、忘却しにくいパターンに分類した。なお、被験者5に関しては、実験と実験の間が不定期に空いてしまい、実験頻度が少なかったため、日毎のスコアの上下動などを観測することができなかった。そのため、今回はいずれのパターンにも分類しなかった。

しばらく維持したのち少しずつ忘却するパターン：

被験者1は、練習休止期間に入ってから7回目の実験(46日付近)までは若干右肩上がりで90万点前後と高得点を維持し、8回目以降緩やかな減少傾向に転じる。その間、2回目の実験の時に少しスコアを下げ、9回目で少し上げ、10回目で大きく下げているが、これは例外的な現象と

捉えることが可能な範囲に見える。

スコアが乱高下するパターン：

被験者 2 と 3 のスコアは比較的大きな上下動を繰り返している。被験者 2 の方が被験者 3 よりスコアの上下動の幅が大きいのは、練習期間中の Miss 率の不安定さが原因ではないかと考えられる。ちなみに、被験者 2 と 3 は、練習期間がともに 10 日間と比較的短期間であった。

忘却しにくいパターン：

被験者 4 はスコアが最も安定しており、忘却しにくいパターンと言える。被験者 4 は、練習期間後半のスコアと Rush, Cool, Miss が安定して伸びていた。経験的に我々は、練習期間中に安定して蓄積した実力は、練習休止の期間でも忘却しにくいと感じるが、被験者 4 はこのようなパターンに該当すると考えられる。

被験者 3 と被験者 4 は、練習期間の様子は類似しているが、忘却パターンが異なっている。まず、類似点から述べる。被験者 3 と被験者 4 は、練習期間前半に Cool が急激に増加し、その後 Rush と Cool の割合が互いに反転するのを繰り返す、という点において類似している。また、練習期間終了直前に、スコアと Rush, Cool, Miss の値が比較的安定している点においても類似している。一方、忘却のパターンに関して、被験者 3 のスコアは 80 万と 90 万の間を上下しているのに対し、被験者 4 は 85 万以上を維持し安定しており、さらに 50 日を過ぎるとスコアが伸びる傾向さえ見られる。もし技能の学習に定着という認知過程が含まれているとしたら、被験者 3 の練習期間は 10 日間と短かったために、獲得した技能が定着するための時間が不足していたと考えることができるかも知れない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 松井 遼太、竹川 佳成、平田 圭二、柳沢 豊	4. 巻 63
2. 論文標題 ピアノ学習における課題曲合格時期予測システムの構築	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 761 ~ 772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00217471	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 佐々木綾音、竹川佳成、寺井あすか、平田圭二	4. 巻 63
2. 論文標題 幾何図形から構成されるイラストの巧拙さを評価するための特徴量の同定と評価モデルの提案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Matsui, R., Takegawa, Y., Hirata, K., Kumaki, M., and Yanagisawa, Y.
2. 発表標題 Proposal of a Piano Learning Support System Considering Gamification Based on Reconsolidation
3. 学会等名 Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木 綾音、松原 正樹、竹川 佳成、平田 圭二、松浦 実央
2. 発表標題 音楽ゲームにおける技能習得忘却予測モデル構築に向けた忘却パターンの分類
3. 学会等名 情報処理学会音楽情報科学研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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 分担者	平田 圭二 (Hirata Keiji) (30396121)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	
研究 分担者	松原 正樹 (Matsubara Masaki) (90714494)	筑波大学・図書館情報メディア系・准教授 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------