

# 実践的なシステムに基づいた機械学習の学習教材について

北本 卓也・伊藤 正剛\*<sup>1</sup>

Regarding Educational Materials for Machine Learning Grounded in Practical Systems

KITAMOTO Takuya, ITO Masataka \*<sup>1</sup>

(Received September 30, 2025)

キーワード：学習教材、生成 AI、マルチメディア

## はじめに

近年、人工知能 (AI) や機械学習の発展は目覚ましく、医療診断、金融取引、自動運転、さらには教育に至るまで社会の基盤を支える存在となりつつある。そのため、高等教育においては、学生が機械学習の基礎的理解を身につけ、将来的に応用可能なスキルを習得することが強く求められている。こうした教育的要請に応えるためには、従来の講義形式による知識伝達にとどまらず、理論と実践を往還できる教材設計が不可欠である。

教育工学の分野では「学習者中心の学習」や「アクティブラーニング」が強調され、学習者が自ら操作し、試行錯誤する体験を通じて深い理解を獲得することが有効であるとされている (Bonwell & Eison, 1991; Prince, 2004)。さらに、マルチメディア学習理論によれば、テキストだけでなく画像や音声といった複数チャンネルを用いた提示が理解を促進する。加えて、認知負荷理論は学習者のワーキングメモリ容量を超える教材設計が学習を阻害することを指摘しており (Sweller, 1998)、複雑な概念を扱う機械学習教育では特に配慮が必要である。

このような教育学的視点から、実際のデータを扱いながらシステム開発プロセスを学べる教材は、学習者にとって抽象的な数理モデルを現実世界の応用と結びつける機会となり、理解や探究心を深める点で意義が大きい。特に筋電位 (EMG) を題材とすることは、生体信号という具体的かつ身近なデータを通して、学習者に「理論がどのように実世界に応用されるか」を実感させる教育的効果をもつ。

著者らはこれまでに、筋電位を用いたカーソル操作を題材に、keras や PyCaret を活用した機械学習教材を構築し、学習者が基礎から応用までを体験的に学べる環境を設計した。その結果、理論だけでなくシステム開発の流れを理解できる効果が確認されたが、教材がテキスト中心であったため、理解の定着やモチベーション維持に課題が残った。本研究では、こうした課題を解決するために、教材のインタラクティブ化およびマルチメディア化に取り組む。

## 1. 関連研究

### 1-1 マルチメディア学習理論と認知負荷理論

マルチメディア学習理論は、学習者がテキストと図表、音声を組み合わせて学習することにより理解や記憶が促進されることを示している。一方、認知負荷理論 (Sweller, 1998) は、教材設計において学習者のワーキングメモリに過度な負荷をかけない工夫が必要であると強調している。特に数理的処理を伴う機械学習教育では、アニメーションや動画を用いて概念を段階的に提示することが、理解促進に有効である。

### 1-2 アクティブラーニングとインタラクティブ教材

---

\* 1 放送大学教養学部

アクティブラーニングは、学習者が学習過程に主体的に関わることを促す教育手法であり (Bonwell & Eison, 1991)、近年では高等教育に広く導入されている。さらに、教材自体にインタラクティブな要素を組み込むことで、知識の受動的習得から能動的な知識構築へと移行できることが報告されている。

### 1-3 生成 AI と教育応用の新展開

近年は、ChatGPT などの大規模言語モデルを代表とする生成系 AI が教育に導入されつつあり、その可能性と課題が議論されている (Zawacki-Richter et al., 2019)。例えば、Google NotebookLM のようなシステムは、既存資料を取り込み、要約や動画化を行い、学習者が自由に質問できるインタラクティブな学習環境を提供しつつある。こうした技術は、従来型の教材を補完し、学習者中心の学習をさらに推進する可能性を秘めている。

### 1-4 本研究との接続

これらの研究動向を踏まえると、(1) マルチメディア化による理解促進、(2) インタラクティブ要素による能動的学習支援、(3) 可視化による直感的理解、(4) 生成 AI を活用した新しい学習体験、の 4 点が重要である。本研究はこれらを統合し、筋電位を題材とした機械学習教材を「インタラクティブかつマルチメディア的」に再設計することで、従来教材の課題を克服し、教育効果の向上を目指すものである。

## 2. 教材設計の基本方針

### 2-1 学習対象と学習目標

本研究で対象とするのは、AI や機械学習を初めて学ぶ大学生である。彼らは数理的知識やプログラミング経験に差があるため、教材は初学者でも取り組める一方で、発展的理解につなげられる柔軟性を持つ必要がある。学習目標は以下の 3 点に整理できる。

1. 機械学習アルゴリズムの基本原則を理解する
2. 筋電位データを題材とした特徴量抽出とモデル適用の流れを体験的に学ぶ
3. 得られた知識を他分野の応用可能性へと広げる視点を獲得する

学習は「具体的経験」「省察」「概念化」「実践」のサイクルを通じて深化する。本教材もこの枠組みに沿い、データ解析やモデル構築を単なる知識伝達に留めず、体験を通じた学習の循環を促すことを重視する。

### 2-2 教材設計理念

教材設計は、以下の二つの理念に基づいて行う。

#### 2-2-1 視覚化による直感的理解の促進写真や図の掲載

マルチメディア学習理論に基づき、複雑なアルゴリズムや数式はテキストだけでなく図解・アニメーション・動画で提示する。また、Sweller (1998) の認知負荷理論の観点から、情報を段階的に提示し、学習者のワーキングメモリへの過剰な負荷を軽減する。

#### 2-2-2 インタラクティブ要素による能動的学習支援

Bonwell & Eison (1991) や Prince (2004) が示すように、アクティブラーニングは学習者の能動性を高め、深い理解を促進する。本研究では、動画途中にクイズや質問応答を挿入し、学習者が自ら思考を確認できるよう設計する。さらに、NotebookLM のような生成 AI を利用して学習者が自由に質問できる環境を整え、知識の受動的習得から能動的知識構築へと移行させる。

### 2-3 本研究における位置づけ

以上の方針に基づき、本教材は以下の特徴をもつ：

- 視覚化：アルゴリズムやデータ処理の流れを動画・アニメーションで表現
- インタラクティブ性：クイズ・Q & A・補足解説を通じた双方向的学習
- マルチメディア性：生成 AI によるナレーション・動画作成支援

これにより、従来の「読む・聞く」中心の教材から、「見る・操作する」学習へと拡張し、学習者の理解促進と主体的関与を両立することを目指す。

### 3. 教材開発の実際

#### 3-1 動画化とナレーション付与

本研究では、既存の教材資料（PyCaret による分類手法や筋電位データの解析手順など）を Google NotebookLM に取り込み、自動要約機能を活用して学習者向けの動画教材を生成した。これにより、テキスト中心の説明を短時間で理解できる形式に変換することが可能となった。さらに、生成系 AI を用いた音声合成によりナレーションを付与し、学習者が視覚と聴覚の両方を用いて情報を処理できるようにした。マルチメディア学習理論が示すように、テキスト・画像・音声を組み合わせることは学習効果の向上に寄与する。また、認知負荷理論（Sweller, 1998）の観点からも、複雑な内容を動画で段階的に提示することで学習者の負担を軽減できる。

#### 3-2 インタラクティブ要素の導入

教材は、単に動画を視聴するだけでなく、学習者が能動的に関与できるように設計した。具体的には、解説のプレゼンテーション素材（図1参照）や理解度確認のためのクイズ（図2参照）を作成し、学習者が理解度を自己確認できる仕組みを導入した。これは、アクティブラーニングの実践的アプローチ（Bonwell & Eison, 1991 ; Prince, 2004）に基づいており、学習者の主体的関与を促進する効果が期待できる。さらに、NotebookLM の Q & A 機能を用いることで、学習者が疑問点をその場で質問でき、即時的な応答を得られる点も大きな特徴である。

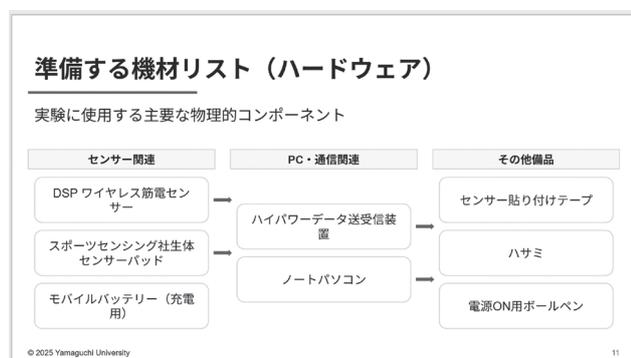


図1 解説のプレゼンテーション素材

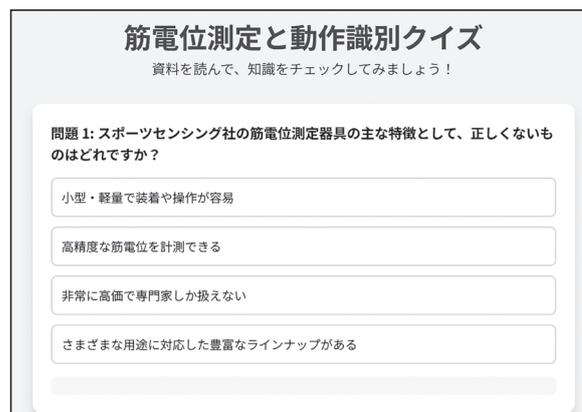


図2 理解度確認のためのクイズ

#### 3-3 生成 AI によるビジュアル教材の作成

複雑なアルゴリズムやモデルの構造については、生成系 AI（NotebookLM による動画生成機能、Gemini のインフォグラフィックス生成機能）を活用し、図解やアニメーション動画として提示した（図3参照）。例えば、決定木やニューラルネットワークの分岐構造を図的に示すことで、静的な図表よりも直感的理解を可能にした。こうしたビジュアル化は、言語情報と非言語情報の結合による学習効果を高めるものと考えられる。

#### 3-4 本章のまとめ

以上のように、本研究で開発した教材は、① NotebookLM による動画化とナレーション付与、②理解度確認クイズや Q & A 機能を含むインタラクティブ要素、③生成 AI によるアルゴリズム可視化、という3つの要素を統合して設計されている。これらは、既存の教育学理論と工学教育の実践的要請を踏まえたものであり、従来教材の課題であった理解の定着と学習意欲の持続を改善することを目指している。



図3 インフォグラフィックスによる図解

## 4. 実践と評価方法（予定）

### 4-1 実施対象と方法（予定）

本研究で開発した教材は、今後、大学の情報系・教育系科目を履修する学生を対象に授業で活用する予定である。実施はオンライン学習環境（Moodle や Google Classroom など）を通じて行い、学生は共通の動画化・インタラクティブ教材を用いて学習を行う。従来型教材との厳密な比較実験は現実的に困難であるため、本研究では一群のみを対象とし、学習成果や学習者の反応を多角的に評価することを予定している。

### 4-2 評価手法（予定）

教材の効果を検証するため、以下の3つの観点から評価を行う予定である。

1. 知識理解
  - 授業後に確認テストを実施し、教材内容の理解度を測定する。
  - 選択式問題で基礎的理解を、記述式問題で応用的理解を評価する。
2. 学習意欲・満足度
  - アンケート調査を行い、教材のわかりやすさ、学習意欲の変化、学習継続意向を5段階リッカート尺度で測定する（Bonwell & Eison, 1991 ; Prince, 2004）。
  - 自由記述により、生成AIを活用した教材の印象や改善要望を収集する。
3. 学習行動ログ
  - 動画の視聴ログ（再生時間、繰り返し視聴箇所、途中離脱の有無）、クイズの解答履歴を収集する予定である。
  - これにより、学習者がどの箇所で理解に苦労し、どのように補足解説を活用しているかを明らかにする（Sweller, 1998）。

### 4-3 分析方法（予定）

- 定量分析：理解度テストの得点やアンケートの回答結果を集計し、学習者の平均的傾向を明らかにする。
- 定性分析：自由記述を分析し、教材の有効性や改善点を抽出する。

### 4-4 本研究における評価の意義

本研究における評価は、従来型教材との比較実験ではなく、「単一群を対象とした実践的評価」を通じて行う予定である。これにより、教材の有効性や学習者の受容性を把握し、改善点を抽出することが可能となる。Zawacki-Richter et al. (2019) が指摘するように、AI を教育に応用する際には、教育現場での受容や実践の有効性を検証することが重要である。本研究の評価はその初期的段階に位置づけられる。

## 5. 今後の展望

本研究では、筋電位を題材とした機械学習教材を、従来のテキスト中心から「インタラクティブかつマルチメディア的な形式へと拡張する設計」を行った。動画化、クイズ挿入、生成 AI を活用した解説や可視化を取り入れることで、理解促進と学習意欲の向上を目指した。本章では、今後の研究および教育実践に向けた展望を整理する。

### 5-1 教材の改善と発展

まず、本研究で提案した教材は今後の授業実践を通じて評価される必要がある。その過程で、以下の改善点が重要となる。

- 短尺動画化：長時間の動画は集中力の維持を困難にするため、5～10分程度に分割したモジュール化が望ましい。
- 適応型学習：学習者の理解度や学習履歴に応じて出題内容や提示情報を動的に調整する仕組みを導入することで、個別最適化を実現する可能性がある。
- ゲーミフィケーション要素：スコア、バッジ、進捗可視化といった仕掛けを取り入れることで、学習意欲の継続を支援できる (Prince, 2004)。

### 5-2 教育分野への応用拡張

本研究の成果は、大学教育だけでなく他分野への展開も期待される。

- リハビリ教育：筋電位を利用した動作識別は医療・福祉分野での活用が進んでおり、その基盤知識を教育的に提供する教材として利用可能である。
- STEM 教育全般：データサイエンス教育や工学系教育において、AI・機械学習の教材として他の生体信号やセンサデータへ拡張できる。
- 教員養成・FD 活動：教育工学的な観点から、AI を統合した教材開発のモデルケースとして教員研修や FD プログラムに応用できる。

### 5-3 オープン教育資源 (OER) としての公開

教材の効果を広く共有するためには、オンラインでの公開と活用が不可欠である。動画教材や生成 AI を用いた教材設計のノウハウをオープン教育資源 (OER) として公開することで、他大学や地域教育機関でも利用可能となる。これにより、教育現場における AI 活用の標準化に寄与できる。

### 5-4 AI 技術と教育学理論の融合

最後に、本研究は教育学理論（マルチメディア学習理論、認知負荷理論、アクティブラーニング）と、最先端の AI 技術（NotebookLM、生成系 AI）を結合する試みである。今後は、AI が単なる教材作成ツールにとどまらず、学習者のパートナーとして知識構築を支援する存在となる可能性がある。教育学的枠組みに基づいた AI 教育応用の研究を深化させることで、次世代の学習環境デザインに資する知見を提供できるだろう。

## おわりに

本研究では、筋電位を題材とした機械学習教材を、従来のテキスト中心の形式から「インタラクティブかつマルチメディア的な教材」へと再設計する試みを報告した。具体的には、Google NotebookLMによる資料の動画化、生成系 AI を活用したナレーション・アニメーション・補足解説の導入、理解度確認クイズや質問応答機能を組み込んだ。これにより、受動的な学習から能動的・生成的学習への転換を促し、理解促進と学習意欲の向上を目指した。

また、実践と評価については現段階では計画段階に留まるが、理解度テスト、アンケート調査、学習ログ分析を組み合わせた多面的な評価方法を設計した。今後の授業実践を通じて、教材の有効性と課題を明らかにし、改善を重ねていく予定である。

本研究の意義は、教育学理論（マルチメディア学習理論、認知負荷理論、アクティブラーニング）と最新の AI 技術（NotebookLM や生成系 AI）を融合し、次世代の教育環境設計に資する具体的モデルを提示した点にある。さらに、この取り組みは AI を教育現場に統合する上での実証的基盤となり、大学教育のみならずリハビリ教育や STEM 教育など幅広い領域への展開が期待される。

今後は、実際の授業実践を通じて教材の効果を検証するとともに、短尺動画化、適応型学習、ゲーミフィケーション要素の導入などの改善を進める。また、教材をオープン教育資源（OER）として公開することで、より多くの教育機関や学習者に貢献できる学習基盤を形成していくことを目指す。

## 付記

本研究では、研究全体の統括及び調整を北本、研究資料や教材の提供を伊藤が担当している。

## 参考文献

Hazzan, O., & Lapidot, T. (2017): Guide to teaching computer science: An activity-based approach, Springer.

## 引用文献

- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991): Active learning: Creating excitement in the classroom. *ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1*.
- Prince, M. (2004): Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93 (3), 223-231.
- Sweller, J. (1998): Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12 (2), 257-285.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019): Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39.