

日本医科大学における AI 教育と AI を活用した生物物理研究

藤崎 弘士

日本医科大学数理データサイエンス AI 教育センター&物理学

Artificial intelligence education and AI-based biophysics research at Nippon Medical School

Hiroshi Fujisaki^{1,2}¹Department of Physics, Nippon Medical School²Center of Mathematics, Data Science, and Artificial Intelligence Education, Nippon Medical School**Key words:** Artificial intelligence education, Data Science, AI-based biophysics, rare event, path sampling

1. はじめに

ChatGPT や Stable diffusion などの生成系 AI に代表されるように、人工知能 (AI) の進化は近年 (2023 年) ますます加速しており、研究においてはもちろんのこと、教育の現場においても AI を無視することはできなくなっている。2012 年の Hinton らの深層学習による画像認識の高精度化をきっかけとして第 3 次 AI ブームが起こり¹、その背景のもとで日本でも 2019 年に政府によって AI 戦略 2019 が策定された。そこでは『デジタル社会の「読み・書き・そろばん」である「数理・データサイエンス・AI」の基礎などの必要な力をすべての国民が育み、あらゆる分野で人材が活躍』²することが求められており、教育機関での大幅なカリキュラム改変が求められている。また 2016 年には内閣府によって Society5.0 という概念も打ち出されており、これは様々なビッグデータが AI でリアルタイムに解析される世界を想定している。医学医療の分野においては、これは国民や患者に付随する様々な健康医療データを AI を用いて解析するということが求められている。ちなみに令和 4 年度に改訂された医学教育コアカリキュラムにおいても、「情報・科

学技術を活かす能力」が医学者の資質として追加されている。

文科省は 2020 年からリテラシーレベルの数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度 (MDASH)³を開始しており、本学もこの制度の申請を 2022 年に行いすでに認可されている。そこでどのような経緯でこの申請に至ったか、またどのような内容の AI リテラシー教育を行っているか、ということについて次の節で述べる。また AI 教育を実施するに当たっては、教育者が AI 研究を行っていることも重要な要素だと考えられるので、筆者の所属する物理学教室での AI 研究についても第 3 節で述べる。

2. 日本医科大学における AI リテラシー教育

2.1 AI リテラシー教育を行うに至った経緯

本学の弦間昭彦学長は 2017 年に京都大学の西田豊明氏との対談で「私は 2015 年に日本医科大学の学長に就任しました。そのときに、これからの医学教育に何が必要となるかを考えましたところ、人工知能、仮想現実、ロボット・テクノロジーの 3 分野がこれからの医療、医学には必須なものであるだろうし、日本医科大学としても力を入れて行かなければならないとの結論に達しました。」「医学教育は生命科学が中心でし

Correspondence to Hiroshi Fujisaki, Department of Physics, Nippon Medical School, Center of Mathematics, Data Science, and Artificial Intelligence Education, Nippon Medical School, 1-7-1 Kyonancho, Musashino, Tokyo 180-0023, Japan

E-mail: fujisaki@nms.ac.jp

Journal Website (<https://www.nms.ac.jp/sh/jmanms/>)

たが、これからは人工知能をはじめとした情報科学の比重が高くなりますから、そこに精通した医師の養成は避けて通れません。今後の医療、医学に欠かせない臨床研究統計、バイオインフォマティクス、臨床応用ロボットの研究を東京理科大学や早稲田大学などと連携して進めています。必要とあれば、これらの大学の研究室に学生が行って、研究する体制を整えました。電子黒板を46台入れ、Small group learningに活用して電子情報を蓄積したり、救急などの医療情報サーバを整備して人工知能につなげる予定です。病理診断やレントゲン画像などを人工知能を使った読影について企業と共同で研究をする体制を築いています。」と述べており⁴、その後、本学においてはロボット手術、VRを用いた救急医療や教育、またアンドロイドを用いた診断に関する教育体制などが整えられてきた。またAIを用いた研究も泌尿器科、放射線科、病理学科、形成外科、救命救急科などで始まり、シミュレーション教育にどのようにAIを活用するかという議論も始まった⁵。

そのような状況において、2023年度からの新カリキュラム発足に向けて、本学の授業内容を刷新する必要性が生じ、弦間学長からの要請も受けて、物理学教室と数学教室が主体となって、1年次のカリキュラムにAI教育を取り入れることになった。数学教室においては、すでに統計学やコンピュータリテラシーなどAIに関わることを一部教えており、物理学教室においてもpythonのプログラミング授業を行っていたので、これらを統合し、またAIリテラシー教育の部分も加えることとした。2021年4月に物理学教室、数学教室のメンバーですり合わせを行って、大体の授業内容やコマ数などを決め、学内でもワーキンググループを立ち上げて審議を行った。リテラシー部分の授業の名称は「人工知能概論」とし、この授業を統括する機関として、数理データサイエンスAI教育センター（日本医科大学、英語名 Center of Mathematics, Data Science, and Artificial Intelligence Education）を設立することとなった（2021年9月28日に理事会で承認され、9月29日に発足）。また医学部におけるAI教育ということを鑑みて、臨床医によるAI研究に関する講義を含ませることを必須とすることにした。

2021年10月から人工知能概論の授業をスタートさせ、12コマ分の授業を行った（内容に関しては2023年度のを以下に記してある）。また、AIカリキュラム評価委員会も立ち上げて、授業内容の精査や改善などを行ったのち、2022年5月に文科省の数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度に申請を

行った。その結果、本学の教育が2022年8月にリテラシーレベルのプログラムとして認定された。

2.2 身につけることのできる能力と授業内容

文科省の数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度に関する資料³を参考に、以下の16項目を身につけることのできる能力として定めた。医学や医療とAIとの関連も含まれるが、一般的な大学生が身につけるリテラシーの内容としては順当なものである。

1	データ思考がなぜ重要なのかを説明できる。
2	Society5.0という言葉について説明ができる。
3	AIの歴史（第1次、第2次、第3次）について説明ができる。
4	カーツワイルのシンギュラリティについて説明ができる。
5	データにはどのような種類があるか、1次、2次データとは何か説明できる。
6	データを用いたシミュレーションについて説明ができる。
7	データを表示（可視化）するやり方がいろいろあることを説明できる。
8	回帰について説明ができる。
9	相関と因果の違いについて説明ができる。
10	画像処理や音声処理の仕組みについて説明ができる。
11	ビッグデータについて説明ができる。
12	データサイエンスのサイクルについて説明ができる。
13	データAIの利活用領域について具体例を挙げて説明ができる。
14	データAIの最新動向について説明ができる。
15	人工知能と医療・医学との関係について説明ができる。
16	人工知能に関する総合的な議論、発表ができる。

また授業内容としては2023年度の概要は以下になる。

1	ガイダンス (人工知能とは, 機械学習, データ思考, Society5.0 など)
2	AI の最近の話題 (自動運転, AI 倫理, 生成 AI, ChatGPT の使い方など)
3	データとは何か (情報量の概念, POS データ, オープンデータ, ビッグデータ, 各種データベースなど)
4	AI と救急医療 (コロナ患者の入院判断, 人工呼吸器離脱予測)
5	機械学習とは何か (教師あり学習の手順, 深層学習とは)
6	画像診断における AI 活用 (CT, MRI 画像の処理, AI 器具の管理)
7	データ AI の利活用 (企業における例, 研究における例)
8	医療における様々な AI 化 (ロボット医療, 説明可能な AI, マルチモーダルな AI)
9	Python 入門① (繰り返し文, 条件文, 数値積分, ニュートン法)
10	Python 入門② (配列とは何か, 配列の計算, 線形代数の基礎)
11	Python 入門③ (Pandas を使った統計処理, グラフ化, フーリエ解析)
12	Python によるシミュレーション (ニュートン方程式や SIR 方程式を解く)
13	Python による機械学習 (パーセプトロン, ロジスティック回帰, 決定木)
14	Python による文字処理 (形態素解析, Wordcloud, RSA 暗号, バイオインフォマティクス)
15	Python による深層学習 (畳み込みニューラルネットワークを用いた医療画像の認識)
16	理解度を確かめるためのミニテスト

本学における AI リテラシー教育の特色としては, 前に述べたように臨床医による AI に関する講義が含まれているということであり, 上の 4, 6, 8 がそれに当たる。2023 年度に関しては, それぞれ救命救急科の五十嵐豊講師, 放射線科の町田幹講師, 泌尿器科の赤塚純講師が担当しており, やや専門性は高いが, アーリーエクスポージャーの意味合いもあり, 学生は興味をもって聞いているようである。

それ以外の内容としては, まず ChatGPT のような AI の最新の状況 (2023 年現在) から話を始めて, データとは何か, 機械学習とは何か, どのように社会で用いられているのか, ということに関して一般的な講義を行う。次にプログラミング言語 python についての入門を行ってから, 実際の数値データや画像データを使って, AI やデータサイエンスの利用法に関して手を動かして学ばせる。今年度は数学教室の貝塚公一講師による医療画像を分類させる講義と演習も行った。学生に提出させるレポートに関しては 4 名の

teaching assistant (他大学の修士や博士の学生であり, 物理学科や情報学科に所属する) が評価を行ってフィードバックする。また授業の最後に google form を用いた確認テストも行った。

進んだことを学びたい学生は本学の特色である GPA 上位者プログラムや 3 年生時の研究配属というプログラムで AI についてさらに学ぶことも可能である。また 2 年次においては統計学や SPSS のような統計ソフトの使い方を学ばせている (これは医学部としては標準的なことであろう)。学部でのリテラシー教育と直接の関係はないが, 本学の大学院でも AI について学ぶコースが設けられている。

筆者は以前に様々な学会 (人工知能学会, 日本物理学会, 分子シミュレーション学会) の機関誌における人工知能特集の編集に携わった⁶⁻⁸。そのことを踏まえて, 医科大学ではどのような人工知能教育が相応しいのかということを論じたこともあり⁹, 上記のような人工知能教育を行うには時宜にかなっていたと言える。また教育の半分は python のプログラミングに関係するが, 現在では物理学者の大半が研究を遂行する上でプログラミングを行うのが常であり, その経験を教育に転用するのも容易であった。

3. 物理学教室における AI を用いた研究

筆者はボストン大学に留学していた頃からタンパク質などの生体分子のシミュレーションを主な研究対象としているが, 特にタンパク質の構造変化に興味をもっており, それをどのようにシミュレートするかということに近年は注力している。タンパク質はいくつかの準安定状態をもっており, リガンド結合などによって外部から刺激を受けたときは, そのいくつかの状態間の遷移を行う。ただし, 状態間には高い自由エネルギーの山が聳え立っており, その山を越えて遷移することは非常にまれな, 時間のかかる現象となる (一般にレアイベント (rare event) と呼称される¹⁰)。タンパク質をシミュレートするためには, 分子動力学という手法が有用であるが, これは原子レベルのニュートン方程式を数値的に解く手法である。現在はコンピュータやアルゴリズムも十分に発達しているので, 膜タンパク質やコロナウイルスのような「巨大な」分子系を扱うことも可能である。しかし, タンパク質の構造変化のようなレアイベントに関しては, たとえ長時間計算したとしてもレアイベントを効率的にとらえることが難しいことが分かっている (そのような遷移を何回も効率的に得るのが難しい)。そこで筆者も含めて関係する研究者はその効率化のための手法を開発

してきており、それらは一般的に遷移パスサンプリング (transition path sampling) と呼ばれる¹¹。

現在では多くのパスサンプリング手法が提唱されており、筆者は Zuckerman らのグループがよく用いている重み付きアンサンブル (weighted ensemble) 法¹² を人工タンパク質^{13,14} や PIN1 酵素¹⁵ の構造変化に適用した。その結果、構造変化の速度論はある程度分かったが、動的な反応経路がどのような性質をもっているかということは複雑すぎてよく分からないという状況に遭遇した。これは次元縮約 (dimensional reduction, 低次元化) された反応経路を調べるということであり、現在では人工知能や機械学習の手法がよく用いられる¹⁶。われわれも多様体学習 (manifold learning) の一種である拡散マップ (diffusion map) を用いて小さいタンパク質の重要な自由度はある残基の 2 面角であることまでは突き止めたが¹³、これを大きなタンパク質にも適用可能なのか、もっと一般的な機械学習の手法を用いるべきなのかは今後の課題である。

また本学の小川令教授 (形成外科) のグループとメカノバイオロジー (mechanobiology) に関連して、血管新生 (angiogenesis) などの細胞ダイナミクスの数理的なモデル化¹⁷ と、細胞ダイナミクスをどのように物理的もしくは生物学的に解釈するかという研究を共同で行っている。細胞ダイナミクスがあまりにも複雑なために、ここでも次元縮約の考えが有効となる。現在では細胞動画のデータが実験的にも豊富に得られているので、それを畳み込みニューラルネットワーク (convolutional neural network) で低次元化し、その結果にさらに拡散マップを適用して数次元の自由度を抜き出すという試みを行った。その際に、細胞がただ乱雑に運動する場合と血管生成のような有機的な振る舞いをする場合とでは、低次元のダイナミクスが異なることが分かった。しかし、低次元化してしまうと、その自由度が物理的、生物学的にどういう意味をもつのが容易には分からなくなってしまうので、これを元の画像に戻すための画像生成のテクニックを併用する必要がある。今は変分オートエンコーダー (variational autoencoder) のような画像生成に関する人工知能の手法がどのように細胞の動画を再構築できるのかということに関する研究を進めている。以上の研究の内容は人工知能概論の授業でも一部学生に伝えている。

Conflict of Interest : 開示すべき利益相反はなし。

文 献

1. 松尾 豊：人工知能は人間を超えるかディープラーニングの先にあるもの。KADOKAWA 2015.
2. 内閣府政策統括官「AI 戦略 2019」の概要と取組状況。 <https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/reform/wg7/20191101/shiryoul.pdf>
3. 新原俊樹：数理・データサイエンス・AI 教育プログラムの実状 2021 年度リテラシーレベル認定 78 校の事例から。日本教育工学会論文誌 <https://doi.org/10.15077/jjet.46095>
4. 日本医療学会：医のこころ：人工知能時代の医学教育と日本医科大学の選択。 https://www.jhcs.or.jp/no_category/index.html?cid=28
5. 藤倉輝道, 内藤知佐子, 羽場政法, 高橋優三：人工知能 (AI) をいかにしてシミュレーション医療者教育に活かすか? 日本シミュレーション医療教育学会誌 2021; 9: 89-92. <https://doi.org/10.50950/jasehp.2021-09-14>
6. 小林亮太, 岡本 洋, 山川 宏：特集「物理学と AI」にあたって。人工知能 2018; 33: 391.
7. シリーズ人工知能と物理学, シリーズ開始にあたって。日本物理学会誌 2019; 74: 4.
8. 藤崎弘士, 齋藤大明：特集「機械学習と分子シミュレーション」にあたって。アンサンブル 2019; 21: 6.
9. 藤崎弘士：医科大学における人工知能教育について。日本医科大学基礎科学紀要 2019; 48: 21.
10. 藤崎弘士：生体分子におけるレアイベントの探求。生物物理 2017; 57: 40-41.
11. 藤崎弘士：生体分子におけるパスサーチおよびパスサンプリングについて。日本医科大学基礎科学紀要 2011; 40: 83-98.
12. Zuckerman Daniel M：生体分子の統計力学入門—タンパク質の動きを理解するために—。藤崎弘士, 藤崎百合訳。2014; 共立出版。
13. Fujisaki H, Moritsugu K, Mitsutake A, Suetani H: J Chem Phys 2018; 149: 134112.
14. Fujisaki H, Suetani H, Maragliano L, Mitsutake A: Life 2022; 12: 1188.
15. Moritsugu K, Yamamoto N, Yonezawa Y, Tate S, Fujisaki H, Chem J: Theory Comput 2021; 17: 2522-2529.
16. Mehdi S, Smith Z, Herron L, Zou Z, Tiwary P: arxiv-vanity.com/papers/2306.09111/
17. Odagiri K, Fujisaki H, Takada H, Ogawa R: Biophys. Physicobio 2023; 20: e200023.

(受付：2023 年 7 月 21 日)

(受理：2023 年 8 月 8 日)

日本医科大学医学会雑誌は、本論文に対して、クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 (CC BY NC ND) ライセンス (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) を採用した。ライセンス採用後も、すべての論文の著作権については、日本医科大学医学会が保持するものとする。ライセンスが付与された論文については、非営利目的の場合、元の論文のクレジットを表示することを条件に、すべての者が、ダウンロード、二次使用、複製、再印刷、頒布を行うことができる。