

《特集：第 20 回図書館総合展フォーラム》

AI 研究とのコラボレーションによる次世代型図書館の構築 —電気通信大学附属図書館 “UEC Ambient Intelligence Agora” —

Development of the Next-generation Library through Collaboration with AI Research
“UEC Ambient Intelligence Agora” in the University of Electro-Communications Library

村 田 輝*

[抄録] 電気通信大学附属図書館が AI (人工知能) 研究との協働によって整備した Ambient Intelligence Agora は、利用者のためのアクティブラーニングスペースであると同時に AI 研究のための実験空間でもある。学修環境からビッグデータを取得し、AI での解析結果を環境にフィードバックすることを通して、学修者の主体的な学びを AI が支援するアンビエント学修環境の実現を目指している。本稿では、Agora の現況を紹介するとともに、人間と共存・共生する汎用 AI の研究開発と図書館のインタラクションによって構築される次世代型図書館の可能性を示す。

[キーワード] 電気通信大学附属図書館, Ambient Intelligence Agora, AI 研究, アクティブラーニングスペース, ビッグデータ, アンビエント環境, 知的インタラクション, 対話型ロボット, 汎用人工知能, 次世代型図書館

[Author Abstract] Ambient Intelligence Agora, which was developed by the University of Electronic Communication University Library in collaboration with AI (Artificial Intelligence) research, is an experiment space for AI research as well as active learning space for library users. By acquisition of big data from a learning environment and feedback of analysis results by AI to the environment, we aim to realize an ambient educational environment where AI supports active learning of students. In this paper, we introduce the current situation of Agora and show the possibility of a next-generation library built by interaction between research and development of general-purpose AI and the library.

[Keywords by Author] University of Electro-Communications Library, Ambient Intelligence Agora, AI (Artificial Intelligence) research, active learning space, big data, ambient environment, intellectual interaction, communication robot, general-purpose AI, next-generation library

1. はじめに

本稿では、電気通信大学附属図書館（以下、本学図書館）が 2017 年 4 月に AI (人工知能) 研究とのコラボレーションにより整備した革新的な学修スペース “UEC Ambient Intelligence Agora” (以下、Agora) の現状と将来像を紹介し、図書館と先端的 AI 研究とのシナジーによって切り開かれる次世代型図書館の可能性の一つを提示したい。

現在、AI には社会からの大きな関心と期待が寄せられており、学術研究、技術開発および社会実装の各方面でその進化は急速である。AI はビッグデータと人間の知能を模したアルゴリズムによって、現実世界の現象から新知識を創出し、予測や判断・制御までを行える能力を持つことから、科学技術やビジネス、その他社会の

様々な分野への応用が進んでいる。多様な産業における生産性の向上や、医療や福祉のエンパワーメントに貢献するのみでなく、ロボット技術等との連携によって人間の生活に密着した場面での役割も期待されている。また、学術研究のツールとしての利用も進んでおり、理工学や生命科学の分野への活用はもちろん、例えば膨大な古文書を AI に解読させるための研究¹⁾等も進んでいる。

このような状況の中で、知識を収集し、蓄積し、提供して活用を促すことを目的とした機関である図書館は、AI との関わり方を真剣に検討すべき時期に来ている。今後、さまざまな業種において、業務やサービスの効率化・高機能化のツールとしての AI の導入が進んでいくことが予想されるが、知識を扱う機関としての図書館が特に注意を払うべきなのは、AI がこれからの知的生産や学びのあり方を変えていくかもしれない可能性に対してであろう。

本学図書館の目指すところはこのような背景を視野に入れている。つまり、AI の活用による図書館の機能強化という側面を含みつつも、電気通信大学において行わ

* Teru MURATA
電気通信大学学術国際部学術情報課
〒182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1

れる AI の教育・研究と図書館とのインタラクションを追求することを通して、大学における教育・学修を進化させ、AI 研究と図書館の融合によるイノベーションの創出を目指している。

Agora は整備途上の段階にあるが、本稿では Agora 設立のこれまでの経緯と現在進行形のプロジェクトを紹介するとともに、Agora の目指す次世代型図書館の未来像を描いてみたい。

なお、本稿には筆者の個人的見解が含まれており、所属機関を代表する見解ではないことをあらかじめお断りしておきたい。

2. Agora 誕生の背景

電気通信大学（以下、本学）は 2018 年に創立 100 周年を迎えた国立の理工系大学である。1918 年に創設された無線電信講習所を起源とし、当初は無線通信士の養成を目的とした教育機関であったが、現在では、情報・電気・通信を基軸としつつ、材料科学、生命科学、光科学、エレクトロニクス、ロボティクス、機械工学、メディアなど、理工学の基礎から応用までの広範な分野をカバーする総合的な理工系大学へと進化・拡大している。2013 年には文部科学省の研究大学強化促進事業に採択され、研究大学としての地位を確立するとともに、先進的な情報理工学研究でこれからの超スマート社会 (Society 5.0) を先導する大学を目指している。

AI 分野においても多数の研究者を擁し、2016 年 7 月には国立大学初の人工知能研究拠点「人工知能先端研究センター」(Artificial Intelligence eXploration Research; 以下、AIX) を創設した²⁾。AIX は、汎用性のある「強い AI」の実現を目指すとともに、人間に寄り添い、人間と共存・共生することのできる AI の開発を目標に掲げている。現在、社会の多様な分野に影響を及ぼしつつある AI が、基本的には用途特化型の AI であるのに対して、AIX は汎用人工知能の研究拠点を目指している点で特色を持っている。この AIX と図書館と

の協働によって構築されたのが Agora である。

本学図書館では以前から、アクティブラーニングスペースの構築を中心に、理工系大学らしい特色を持ち、本学の教育・研究支援において核となる役割を果たすことができる図書館へのリノベーションを目指していた。一方で、AIX の設立を計画していた本学の AI 研究者は、AI 研究推進のうえで欠かすことのできないビッグデータの取得基盤を必要としていた。AI を駆動させる動力源ともいえるビッグデータは、インターネットの発達により技術的には取得が容易になったが、その大部分は巨大 IT 企業等によって押さえられてしまっているのが現状である。そこで、入館者数が多く、利用者のリアルな学修活動に関わる独自のデータを大量に取得することができる図書館は、AI 研究を進めるうえでの実験空間としても格好の場所といえた。

このように、図書館が目指す方向と AI 研究が目指す方向がシンクロナイズして誕生したのが Agora であり、Agora の基本的なコンセプトは「AI の支援によって学修者の主体的な学びが深まる次世代型図書館の実現」である。このコンセプトが文部科学省の理解を得て国立大学強化推進補助金に採択された結果、事業は急速に進展することとなり、2017 年 4 月の Agora オープンに至った³⁾。

3. Agora の概要

Agora は、第一義的には学生のためのアクティブラーニングスペースとして構築されている。本学図書館 2 階の閲覧スペース (床面積 1,008 m²) を大規模に改修し、約 270 人を収容可能な空間を整備した。この空間には、グループで使える可動式の家具や、ディスカッションで使えるガラス製ホワイトボード、プロジェクターなどのほか、利用者とのインタラクションに活用するための対話型ロボット 10 台を導入している (図 1, 2)。さらに 2018 年に入ってから、文部科学省の科学技術人材育成費補助事業に採択された『データアントレプレ

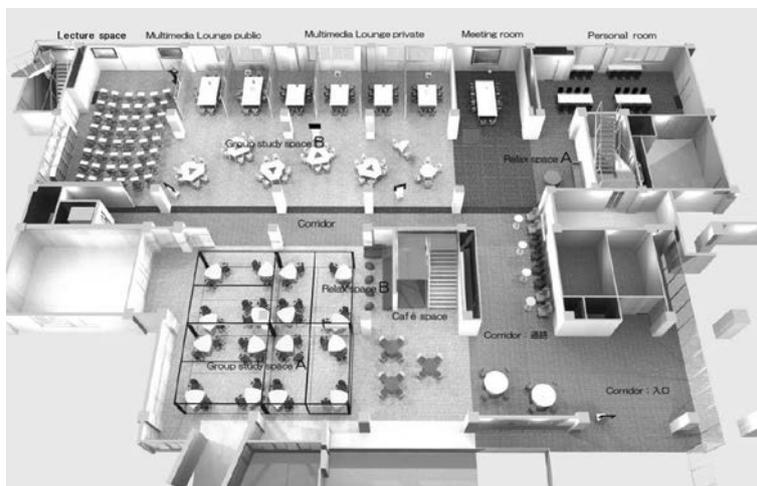


図 1 UEC Ambient Intelligence Agora 全体図



図2 アクティブラーニングスペース

ナーフェロープログラム』⁴⁾の授業の実施を目的として、オープン型の講義スペースを Agora 内に整備した。この結果、Agora は多くの学生に利用されるようになり、図書館への入館者数は Agora 整備以前と比較して 15% 程度増加した。

混雑時には座席が不足するほど利用者が多く、グループワークやディスカッション、さらにはセミナーやワークショップなどの多様な活用がなされていることから、Agora はアクティブラーニングスペースとして成功している。加えて目に見えないテクノロジーが学修環境に埋め込まれている点に他に類を見ない革新性がある。すなわち、46 ブロックに分けられた空間に、温度・湿度・照度センサー、人感センサー、CO₂ センサーが組み込まれ、さらにセンサー機能を持ったカメラやマイクが配置されている。これらのセンサーからの取得データは、独自の無線 LAN システムを通じて、専用のアプリケーション端末に蓄積されるとともに、視覚化アプリケーションによって館内の環境を直感的に把握できるようになっている (図3)。さらに Agora 隣接のサーバ室には 18 台のディープラーニングマシンが設置されており、センサーから取得したビッグデータを AI により分析できる仕組みが整えられている。つまり Agora の独創的

な点は、学生のためのアクティブラーニングスペースが AI 研究のための実験空間でもある点にある。

Agora は、AI 研究と図書館の学修空間を融合させることで、利用者の能動的学修のテクノロジーによる進化を図るとともに、学修環境から得られたビッグデータに基づいて、AI 研究を進展させていくことを目指している (図4)。具体的には、設置された大量のセンサーから学修環境および利用者のアクティブな学修活動に関わるデータ収集を行い、それを元に AI 研究を行い、研究成果をリアルな学修スペースにフィードバックしていく。フィードバックの方法は、利用者や学修環境の状況に応じてのアクチュエータ (AI とリンクして作動する機械要素) を介した環境制御や、ロボット技術等による知的インタラクションを想定している。これによって利用者の行動に変化が見られたり、分析に必要なデータの不足が見られた場合には、さらにセンサーを充実させてデータを取得し、施設・設備やサービスの改善を図っていく。以上のサイクルをまわすことによって、学修環境を持続的に進化させ、イノベーションの循環を生み出していくことが Agora の目標である。

4. AI と 図 書 館

古くは「図書館機械化」とよばれた図書館への ICT 技術の導入は、1960 年代から始まっており、その後の学術情報ネットワークやインターネットの発展により、現在では図書館の業務・サービスと ICT 技術とは不可分であり一体的なものとなっている。これに対して、AI 技術は従来の ICT 技術とどのように異なり、図書館への導入と活用を行うとするならば、どのようなアプローチが可能なのだろうか。

AI とは何かについては、「専門家間で共有されている定義は未だにない」とされている⁵⁾。しかし、かなり大雑把な仕分けであることを承知のうえでいえば、従来の ICT 技術がプログラムの指示どおりに動き、人間が意図したとおりの結果を出す技術であるとするならば、AI は学習によって成長し、人間の指示によるというよ

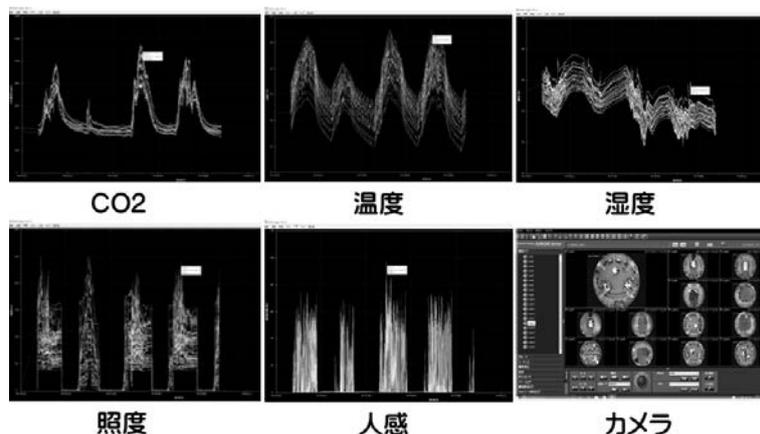


図3 視覚化アプリケーションによる環境情報の可視化

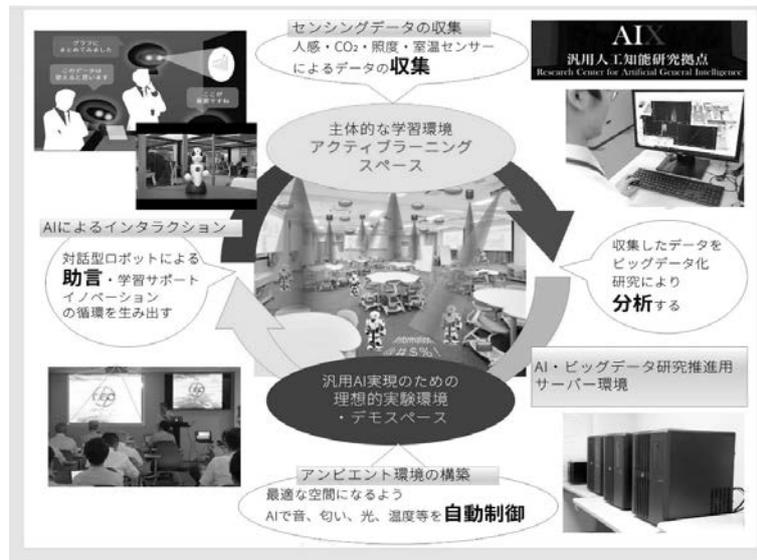


図4 学修空間と AI 研究

りも、ビッグデータ（学習内容）とアルゴリズム（学び方）がその性能を形成していく技術であるといえる。AIは大量のデータや設定された目標に基づき、自己組織的にプログラム（関数）を生成し、時に人間の意図や期待を超えた発見や予測・判断を行うようになる。特にディープラーニング（深層学習）の技術はこの側面において飛躍的な性能を発揮するに至っており、AI研究・技術に画期的なブレークスルーをもたらしたとされている。

ディープラーニングによって大きな発展を遂げた現在のAIは、従来のICT技術が苦手としていた環境の認識能力（画像認識、音声認識等）において高い性能を持ち、その延長上に、運動の習熟（ロボット技術）や言語の意味理解（概念獲得）の領域での研究開発も急速に進んでいる⁶⁾。環境認識能力に優れたAIは、人間が五感を通して多様な情報を取得することで、経験から学び、成長していく様子に似た性質を持たせることが可能である。AIに身体性を実装し、人間と同様の知覚機能を持たせることによって、人間に似た意識や感情の創発を目指す研究も行われている⁷⁾。今後、人間と同じような汎用的な知能（さらには感情や感性）が機械によって実現されるSFのような世界が現実になっていくかもしれない。

以上のことからわかるように、これまでのICT技術とこれからのAI技術はかなり異なる性格を持っている。図書館がAIにアプローチするに当たっては、AIの性格を踏まえたうえでの課題設定を行う必要があると考えられる。このような状況で本学図書館では、アンビエントな学修環境の実現という側面からAIへのアプローチを進める。

5. アンビエント環境と AI 研究

アンビエント環境とは、“Ambient Intelligence Ago-

ra”の名称の由来であるアンビエントインテリジェンス（環境知能）を現実の空間に実装した環境のことである。アンビエントインテリジェンスとは、環境側がその中で生活する人間を知的に支援する機能のことをいい、情報通信技術の分野で研究が進められた⁸⁾。例えば、人が指示することなく、温度や照明の調節が自律的に行われたり、目的とする場所までの案内情報が提供されるなど、適時適切なサービスがさりげなく自動的に提供されるような環境のことである。近年では働き方の改善を目的としたスマートオフィスのようなかたちで、アンビエントインテリジェンスの社会実装が進んでいる。

Agoraにおいては、アンビエントインテリジェンスの技術を活用し、図書館利用者の知的生産性や創造性が高まり、イノベーションが創出されていく環境の実現を目指す。具体的な仕組みは次のとおりである。

- ① Agoraに設置された多様なセンサーから、温湿度やCO₂濃度、明るさ、人の動きや話し声など、学修空間の現象を反映した多様な環境情報が取得され、ビッグデータが形成される。
- ② ビッグデータをディープラーニングマシンに投入してAIによる解析を行い、見出されたパターンや傾向に基づいて予測や判断を行うモデルを生成する。
- ③ AIによる予測や判断に基づいてアクチュエータを動かし、環境の制御を行う。Agoraで実装するアクチュエータとしては、空調や照明、VR（仮想現実）やAR（拡張現実）、ロボット等を想定している。

例えば、個人で学習をしたり、グループでディスカッションをしている利用者の状態に応じて、照明の色を変化させたり、香りを発生させたり、音を流したりするなど、五感に働きかけるアクションを行う。あるいは、人の集中力の低下をもたらすとされるCO₂濃度が一定以上に上昇した場合には、当該区域の空調を利用して空気の調整を行う。このような環境への働きかけを行うこと

で、利用者の生理的・心理的状态の変化をセンサーが感知した場合には、その傾向を AI が学習し、環境をさらに目標に適合した状態に変化させるためのフィードバックを行っていく。AI はこのような学習を繰り返すことによって、環境のコントロールを自在かつ確に行えるようになり、学習者にとって快適であるとともに、学修活動が活性化される空間をつくり出していく。

また、Agora がアンビエント環境構築の一環として、もう一方で実現を目指しているのは、対話型ロボット等を利用した知的インタラクションである。第一段階は、学生の発話に対応したお勧めの本の紹介や、物理や数学の基礎知識に関するアドバイスを行うなどの学習支援が行えるインタラクションを、ロボットを介して行う機能の開発を進めている (図 5)。将来的には学生同士のディスカッションへの介入や、学生の心理的な問題にも関わることのできるレベルのインタラクションを行うロボットの実現も視野に入れている。

ところで、学生に知識を伝授することのみを目的とした AI であるならば、その形態が物理的なロボットである必然性はないだろう。しかし、人間と対話ができるレベルの AI を環境の中に違和感なく溶け込ませるためには、センサーと AI とアクチュエータが一体化したメディアであるロボットの活用が有効である。あたかももう一人の仲間がいるような存在感のあるロボットは、究極的なヒューマンインターフェースであるともいえ、その存在感が人間の心理に与える影響は大きい⁹⁾。形態、発声、動作を含めて的確にデザインを行えば、ロボットを親しみやすく、接しやすい存在にしていける可能性がある。例えば、自閉症者や高齢者へのカウンセリング等において、人間よりもロボットのほうが向いているケースも紹介されている¹⁰⁾。

このように、人間と環境とロボットが相互に関わり合う Agora ならではのアンビエント学修環境においては、これまでにない AI 研究の展開が期待される。従来、人間の心理や行動に関する研究は、統制された実験的な環境の中で行うか、客観的なデータが十分でない状況で経験や直観に頼らざるをえない場合が多かったと思われる。しかし、Agora においては、学習者が自然に行っている様々な活動を多様なセンサーが捉え、ビッグデータ化し、AI による解析の対象とすることができる。これまでは想定できなかった膨大かつ多様な客観的データの AI による高次な分析に基づいて、人間の行動に関わる研究を行うことが可能になることによって、AI 研究と人間科学研究にブレークスルーをもたらす可能性がある。学術研究と教育・学修支援にイノベーションをもたらすこのような環境を現実化するためには、センサー・アクチュエータの更なる整備と、人と環境を対象とした学際的な AI 研究の一層の進展が必要である。



図 5 対話型ロボットによる蔵書検索システム (試作版)

6. 進行中の事業・プロジェクト

Agora は様々な可能性が模索されている段階ではあるが、すでに複数の事業やプロジェクトが進行中である。以下に具体例を紹介する。

6.1. 基盤整備

Agora におけるアンビエント環境の構築に向けて、センサー・アクチュエータの更なる整備を中心とした基盤整備を進めようとしている。例えば、Agora 内の個々の利用者の動線を追跡するためにビーコンを利用したり、学習者の集中度を測るために加速度センサーや圧力センサーを椅子に取り付けたり、照明による環境制御を行うために LED による調光・調色機能を整備していくことなどが検討されている。センサー・アクチュエータを介してのデータ取得や環境制御は、その種類・量が多ければ多いほど多様な利活用を進めていくことができることから、継続的な整備を行っていきたいと考えている。

6.2. 超スマート社会の実現に向けた研究開発

サイバー空間と現実社会が高度に融合した未来像である超スマート社会は、本学の研究開発テーマとしても重要な位置づけがなされており、研究と実装のためのプラットフォーム構築が課題となっている。超スマート社会の実現は第 5 期科学技術基本計画¹¹⁾で打ち出された政策であるが、その個別具体的な実現の姿は必ずしも明らかではない。そこで Agora の中に、研究に必要なデータ共有等のためのプラットフォームを構築するとともに、超スマート社会を実際に目で見、耳で聞き、体感できるモデル空間を整備したい。これによって、先端研究の内外への発信や未来の技術者を目指す学生のための実験・実習の場としても重要な役割を果たしていくことを目指している。

6.3. データアントレプレナーフェロープログラム

2018 年度から、大学院博士課程レベルの高度なデータサイエンティストを養成するデータアントレプレナーフェロープログラムを、Agora を活用して行っている

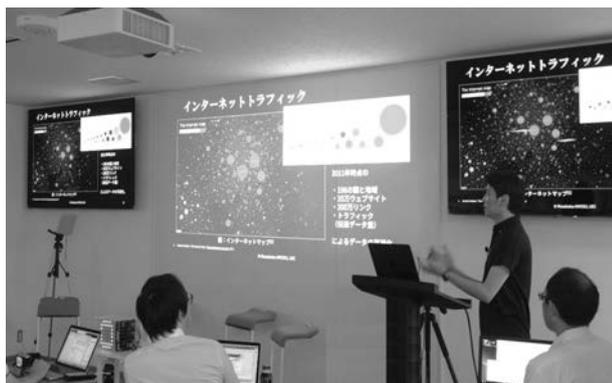


図6 データアントレプレナーフェロープログラムの授業

(図6)。Agora内に、アクティブラーニング型の授業に活用でき、データサイエンス分野の関連図書を揃えた学修スペースを構築したほか、教材用のビッグデータを蓄積するための専用サーバを整備した。当スペースでは、連携企業等から提供されたビッグデータを利用した授業や演習が行われているほか、Agora内のセンサーから取得したビッグデータによる教材開発や議論の活性化分析等も行っている。今後は、授業の中で作成されたアプリケーションを図書館サービスに活用することも目指している。

6.4. 各種研究プロジェクト

その他、Agoraを活用した各種の研究プロジェクトが進行している。研究の一環として、施設の利用状況等を無線配信できるシステムの構築や、スペース内におけるエネルギー使用状況を把握できるシステムの構築等も行われている。産学連携の研究プロジェクトも進んでおり、Agoraをプラットフォームとした多様な学内外連携の進展も期待される。

これら複数のプロジェクトは同時並行で進んでいる。今後は各プロジェクト間の情報共有を図り、目指す未来像を共有しながら、次世代型図書館の構築につなげていく。

7. AI研究の方向性

人工知能先端研究センター(AIX)の長井隆行特任教授(前センター長)によれば、現在のAI研究には、AIを単なる道具とする見方(道具としてのAI)と、人と関わる相手とする見方(相手としてのAI)の2つの方向が存在するという¹²⁾。本学は、汎用AI研究の推進を目的とした研究拠点であるAIXを設置し、人と共生し、人と同様のコミュニケーションが取れる「相手としてのAI」の実現を大きな目標に据えている。また、『ゲゲの鬼太郎』で一世を風靡したマンガ家の水木しげる氏が拠点とした調布にキャンパスが立地していることにちなみ、実現すべきAIのコンセプトを「AI妖怪」と表現している¹³⁾。そのイメージは、人間には理解しがたい不可思議な側面を持ちながらも、「人間社会に寄り添い、個性を持ち、会話し、いたずらもする」人間のよき相棒

としてのAIである。

現在、政府や産業界が期待を寄せているのは「道具としてのAI」であろう。「道具としてのAI」は、特に急激な高齢化にともなう労働力不足が予想される今後の日本社会において、各分野における業務の効率化・最適化あるいは自動化のため強力な道具となっていくと思われる。だが、そのようなAIが社会の中に入り込んでいくときに、人間との間に様々なコンフリクトを生じる可能性がある。そのような場面において鍵となるのが、人とAIが共存・共生するうえで必要とされる汎用AI技術であり、「相手としてのAI」という考え方であろう。

「道具としてのAI」は、基本的には人間の能力拡張のための道具であり、大量のデータと計算パワーに基づく最適解の出力を目標とする。その動作の原理がブラックボックスであり、出力結果が感情的には納得できないものであったとしても、正解率が高く、生産性が向上すればよしとする価値観のうえに成立するAIであるといえる。

一方で「相手としてのAI」は、意味を理解し、社会性を持つことで、人間の相棒となれるようなAIの実現を目指すものである。このようなタイプのAIは、介護、教育、接客、家庭など、プライベートでデリケートな場面における人間との共存を目指す。その研究開発には脳科学や認知科学、心理学や社会学等の成果が援用され、デザイン性や身体性も重要な要素となってくる。

今後、AI研究がどのような方向に進むのか、筆者には判断することはできないが、図書館がAIに向き合いつつ、図書館をエンパワーメントしていくことのできる図書館AIを実現していくためには、「道具としてのAI」と「相手としてのAI」の両側面に目を配っていくことが必要なのではないかと考える。

8. AI妖怪が棲む図書館

そこで最後に、以上のようなAI研究の動向を踏まえたうえで、Agoraの未来イメージを描いてみることにし、本稿を締めくくりたい。

先にも述べたように、図書館職員や図書館利用者のよき相棒となる図書館AIを実現するためには、「道具としてのAI」と「相手としてのAI」の両方の側面を取り入れる必要があると筆者は考える。特殊能力を持った正体の知れない顔と、人に寄り添うよき相棒の顔の両方を持ったAIは、まさに「AI妖怪」と呼ぶのにふさわしい変幻自在な性格を持っている。そこで、Agoraが目指す未来像を「AI妖怪が棲む図書館」と表現したい。

人間がイメージできるレベルを超えた計算能力を持ったAIは、図書館の運営を合理化・最適化し、様々な業務を効率化・自動化することで、図書館職員がこれまで行ってきた業務のある部分を不必要にしてしまうかもしれない。一方で、図書館の持つ多様な可能性を引き出し、AIとの共生を迫られる時代の利用者をサポートす



図7 AI妖怪 (<http://aix.uec.ac.jp/2-2/> 参照)

るためには、先端技術の導入を躊躇すべきではないだろう。

そこで、本学図書館では、常にイノベティブであることが期待されている本学の学生や教職員の強力なサポーターとなるために、非日常的な特殊能力を持つ一方で、個性を持ち、愛嬌もあるAI妖怪を図書館にすまわせ、活躍させていきたい(図7)。

AIの研究領域の一つに、環境との相互作用を通して、ロボットの認知能力を発達させていく「認知発達ロボティクス」がある¹⁴⁾。身体性を持つことで、環境の中に溶け込み、人や環境から様々な知識を学ぶとともに、外界とのインタラクションを通して試行錯誤しながら成長するAIの構築を目指すものである。このようなAIが実現すれば、Agoraの中で利用者の行動を観察し、話し声を聞き、対話をしながら学習したAIによって、Agoraという環境そのものが知性を持っているかのような状態となっていく。具体的には、「阿吽の呼吸」や「場の空気を読む」といった人間を思わせる対話能力を身につけたAIが、ロボットやVR、ARのようなアクチュエータを通して変幻自在なAI妖怪となって、学生を励まし、ディスカッションを促し、ストレスを緩和し、情報の提供を行い、さらには議論の相手となって、創造性が誘発される図書館空間を想像することができる。

読者には、以上のような話は荒唐無稽に聞こえるだろうか。数年前であれば、筆者もそのように考えたであろう。しかし、急激に進化発展するAIの実情を知れば知るほどに、筆者にはAI妖怪の実現が現実味を帯びて見えてくるのである。

もちろん、AI研究と図書館のインタラクションが何を生み出すかは未知数である。しかし、テクノロジーの進化によって大きく変貌を遂げていくことが確実な近未来の社会の中で、主体的に学ぶ利用者を力強くサポートできる図書館であり続けるために、図書館は変化しなければならない。本学図書館ではAI研究の成果を活用した次世代型図書館の実現に向けて準備を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) Clanuwat, T. et al. Deep learning for classical Japanese literature. arXiv:1812.01718, 2018. (online), available form (<https://arxiv.org/abs/1812.01718>), (accessed 2019-01-21).
- 2) 人工知能先端研究センター. (オンライン), 入手先 (<http://aix.uec.ac.jp/>), (参照 2019-01-20).
- 3) 上野友稔ほか. 電気通信大学附属図書館「UEC Ambient Intelligence Agora」: 人工知能研究との協働による知能化されたアクティブラーニング空間の構築. 大学図書館研究. 107, 2017. (オンライン), 入手先 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcul/107/0/107_1709/_article/-char/ja), (参照 2019-01-20).
- 4) データ関連人材育成プログラム. (オンライン), 入手先 (<https://de.uec.ac.jp/>), (参照 2019-01-20).
- 5) 新田克己編. “人工知能基礎”. 人工知能学事典. 東京, 共立出版, 2017, p. 1-53. (ISBN 9784320124202)
- 6) 情報処理推進機構 AI 白書編集委員会編. “技術動向”. AI 白書 2019. 東京, 角川アスキー総合研究所, 2018, p. 33-205. (ISBN 9784049110142)
- 7) 長井隆行. “ロボットと人工知能”. 人工知能と社会: 2025年の未来予想. 東京, オーム社, 2018, p. 17-63. (ISBN 9784274221811)
- 8) 西山高史ほか. アンビエントインテリジェント技術とその応用. システム/制御/情報. 56 (1), 2012, p. 2-7. (オンライン), 入手先 (https://doi.org/10.11509/isciesci.56.1_2_1), (参照 2019-01-21).
- 9) 萩田紀博ほか. 生活環境で動作するロボットと人のインタラクションについての研究動向. 人工知能学会誌. 28 (2), 2013. (オンライン), 入手先 (<http://id.nii.ac.jp/1004/00008231/>), (参照 2019-01-20).
- 10) 石黒 浩. アンドロイドは人間になれるか. 東京, 文藝春秋, 2015, 223 p., (文春新書, 1057). (ISBN 9784166610570)
- 11) 科学技術基本計画 (平成 28 年 1 月 22 日閣議決定). (オンライン), 入手先 (https://www8.cao.go.jp/cstp/kihon_keikaku/5honbun.pdf), (参照 2019-01-21).
- 12) 長井隆行. 人と共存するこれからの AI×ロボティクス. (オンライン), 入手先 (<https://www.nvidia.com/content/apac/gtc/ja/pdf/2018/1083.pdf>), (参照 2019-01-21).
- 13) “プロジェクト”. 人工知能先端研究センター. (オンライン), 入手先 (<http://aix.uec.ac.jp/2-2/>), (参照 2019-01-21).
- 14) 情報処理推進機構 AI 白書編集委員会編. “技術動向”. AI 白書 2017. 東京, 角川アスキー総合研究所, 2017, p. 15-166. (ISBN 9784048996075)

(原稿受付: 2019.1.25)