

AI・ビッグデータによる学修環境のイノベーション

ー電気通信大学附属図書館 UEC Ambient Intelligence Agoraー

村田 輝*, 中田 はるみ*

電気通信大学附属図書館では、AI（人工知能）研究との協働により、学生がグループや個人で能動学修、セミナー、ワークショップなど様々な場面で利用できる革新的なアクティブラーニングスペース『UEC Ambient Intelligence Agora』（AIA）を構築した。このスペースでは、多様なセンサーを設置することで、学修環境の状態を反映した様々なデータを取得し、ディープラーニングマシンを用いた AI 研究によって、解析及び可視化できるようになっている。AIA が AI やビッグデータとどのように関わり、次世代型図書館の実現を目指していくのか、アンビエント環境、アクティブラーニングと AI 研究、ロボットによる知的インタラクションの 3 つの観点から、その現状と将来像について紹介する。

キーワード：IoT、ビッグデータ、AI（人工知能）、アンビエント環境、アクティブラーニング、対話型ロボット、超スマート社会

1. はじめに

平成 29 年 4 月に電気通信大学附属図書館（以下、「図書館」という。）内にオープンした UEC Ambient Intelligence Agora（以下、「AIA」という。）は、図書館と AI（人工知能）研究とのコラボレーションによって構築された革新的な学修スペースである¹⁾。グループや個人による学修、あるいはセミナー・ワークショップなど、多様な場面で活用できるアクティブラーニング空間であることに加え、スペース内に設置された大量のセンサーから取得されたビッグデータにより利用者の行動を可視化し、ディープラーニングマシンを用いた解析を行えるシステムを導入している。また、利用者に対して知的なインタラクションを行うことを目的とした対話型ロボットや MR デバイス（複合現実を表現できる眼鏡）等を導入し、図書館サービスや学修サポートへの活用に向けた準備を進めている。

AIA は、これらの施設・設備を利用した AI 研究からのフィードバックによって学修環境を進化させ、近未来における図書館空間のモデルとなることを目指している。研究プロジェクトは進行中であり、現時点で明確な成果が出ているわけではないが、AIA の整備によって、研究と実装の持続的な循環がイノベーションを生み出していく仕組みが構築されたことのインパクトは、AI 研究の推進、教育・学修支援や図書館サービスの刷新、超スマート社会の実現に向けた実験の場としての役割など、様々な側面で波及効果は大きいと考えている。

本稿では、AIA の現状と将来像について述べるとともに、AI とその動力ともいえるビッグデータが図書館と学修環境のみならず学習者の学び方や知的創造のあり方までも変

容させていく可能性についても言及したい。

なお、本記事の記述には筆者らの個人的見解が含まれており、所属組織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. AIA の概要

Ambient Intelligence Agora は、日本語に直訳すると「環境が知性を持った広場」という意味になる。名付け親は電気通信大学長の福田喬である。学生の能動的で創造的な学びを、知的な調整能力を持った学修環境がサポートするとともに、環境と人間の相互作用によって革新的な知・イノベーションが創出される空間のイメージが込められている²⁾。そのような学修環境を現実化するテクノロジーが、IoT・ビッグデータ・AI（人工知能）である。

AIA は第一義的には学習者のためのアクティブラーニング環境である。図書館の 2 階スペース（床面積：1,008m²）を大規模に改修して約 270 名を収容可能な学修空間を構築し、可動式の机・椅子、ガラス製ホワイトボード、液晶ディスプレイ、無線対応のプロジェクターなど、学習者がグループ学習やディスカッションに自在に活用できる設備を整備した（図 1）。家具については機能を考慮し、人間工学的に



図 1 AIA 全体図

*むらた てる, なかた はるみ 電気通信大学 学術国際部
学術情報課

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

(原稿受領 2018.12.20)

もデザイン的にも優れた製品の選択に努め、学修活動のバリエーションに対応してブロック毎に絨毯の色を変えるなど、快適な環境づくりのための工夫がなされている。この結果、AIA は一気に学生の人気スポットとなり、図書館の入館者数は AIA 整備以前と比較して 15% 程度増加した。また、AIA 内で学修支援に関わる多彩なセミナーやワークショップが開催されるようになり、文字どおり学生のアクティブな学び合いの場としての活用がなされている（図 2）。

一方で、AIA の他に類を見ない特色は、目に見える物理



図 2 AIA 内での学修の様子

的な環境にあるのではなく、その背後に組み込まれているテクノロジーにあるといえる。

AIA においては、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、セキュアな無線 LAN システムを通じて図書館 2 階サーバ室内のアプリケーション端末に蓄積され、個人情報に配慮しつつ活用される。端末側では、位置情報とリンクした視覚化アプリケーションによって、空間内の環境の変化を把握することができる（図 3）。また、センサー取得データの解析を目的として導入した 11 台のディープラーニングマシンは、学内の研究者に

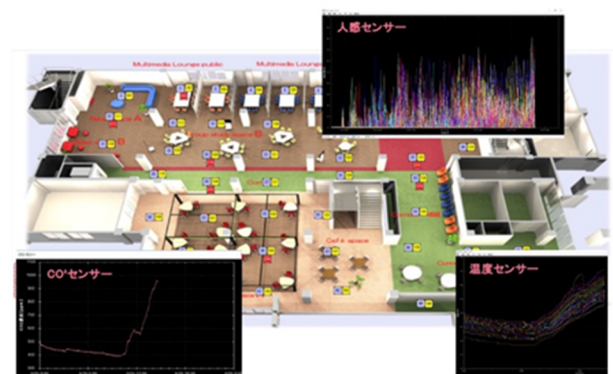


図 3 センサー取得情報の視覚化

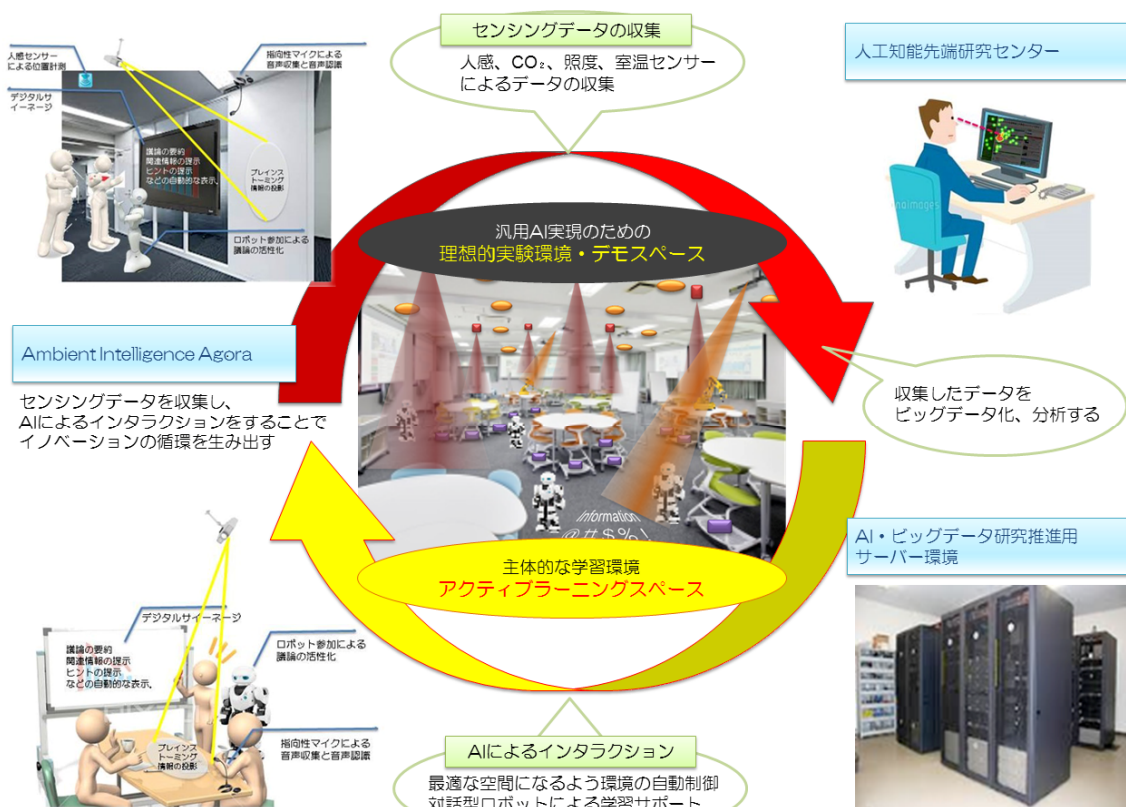


図 4 イノベーションの循環

よって共用され、AI 研究のためのインフラともなっている。

さらに、利用者とのインタラクションに用いることを目的とした対話型ロボットや MR デバイスを導入している。学修環境や利用者の状況を認識する機能を有した各種センサーに対応して、これらのツールは学修環境や利用者への働きかけを行う機能を有したアクチュエータとして位置づけることができる。

以上を整理すると、AIA はアクティブラーニング環境、センサー、サーバ環境、アクチュエータから構成されており、これらがネットワーク化されることで、イノベーションを循環させる空間（図 4）として構築されている。具体的には次のようになる。

- ① 多様なセンサーから、物理的な環境と利用者の行動に関わるビッグデータが取得される。
- ② 蓄積したビッグデータをディープラーニングマシンに投入し、AI による分析を行う。
- ③ AI は、データに基づいて高度な分析・予測や特徴の発見を行う。
- ④ AI の分析結果を、空調や照明、さらにはロボットや MR デバイスといったアクチュエータにつなげ、環境や利用者へのアクションを行う。
- ⑤ アクションを受けて変容した環境や利用者の行動に関するデータは、循環的にセンサーによって取得され、再び AI による分析の対象となる。

このようなプロセスが循環し、空間が AI 研究にとって重要な研究データを提供するとともに、研究成果を活用した次世代型のアクティブラーニング空間の実装が進んでいくことを目指す。しかしながら、この構想は途上の段階であり、実質的な成果を出していくためには、センサー・アクチュエータ（＝IoT）を中心とした施設・設備面での一層の充実と、環境や人間を対象とした AI 研究のさらなる発展が必要であると考えている。

3. 近未来型学修空間が目指すもの

次に、AIA が実現を目指している近未来型の学修空間の機能・特質を、3 つの側面から詳述する。

3.1 アンビエント環境

AIA はアンビエント環境の実現を目指している。アンビエント環境とは、環境側がその中で生活する人間を知的に支援する機能、言い換えれば環境知能（アンビエントインテリジェンス）の実現を目指すものである。ちなみに「環境知能」とは①センサーによる人間行動の記録や理解（会議の議事録作成など）、②人間が求める情報の提供（道案内や、出会った人の記録・情報検索など）、③アクチュエータによる環境側からの働きかけ（照明をつけたり、温度調節したりすることを含む。自動運転もこの範疇とみなせる）の 3 要素を持ったものであるとされている³⁾。

AIA における環境知能は、たとえば図書館の混雑状況に関する情報を館外にいる利用者に配信したり、MR（複合現

実）が利用者を求めている図書・資料に誘導したり、利用者の状況に応じて学修環境の照明や温度などを最適な状態にコントロールしたりするものを計画している。この中でも特に環境の物理的な制御に関わる機能については、以前から研究が行われている分野であるが⁴⁾、近年では現代日本の社会的な課題とされている働き方改革や省エネルギー等を促すスマートオフィス構築等のかたちで、社会実装が急速に進んでいる。AIA ではオフィスではなくキャンパス内の学修空間をフィールドとしてこれを行うものであるといえる。

学修空間である AIA におけるアンビエント環境構築の目的は、学習者の知的生産性や創造性を最大化することにある。すなわち、学習者の集中力を高めたり、ストレスを緩和したり、発想を誘発するインタラクションを行うための環境制御を自律的に行うことによって、学習者にとって最適な環境の創出を目指す。制御の対象には、温度、空質（CO₂ 濃度など）、照明（調光・調色）のほか、音や匂い、視覚的效果など、五感に訴える多様な要素を想定している。人や環境に影響を与える多様な要素をコントロールするためには、各種のアクチュエータの整備とともに学習者の状態を把握するセンサーの整備が必要である。たとえば学習者が眠気を感じ、集中力が落ちている様子が見られるときには、換気によって CO₂ 濃度を下げたり、上着を脱ぐ動作が感知され、「暑い」と声に出す学習者が増えてきたときには、温度を下げたりといったインタラクションは、センサーとアクチュエータの連携によって可能となる。

このようなアンビエント環境の仕組みを概念的に示すと、図 5 のようになる。

すなわち、実空間から取得したビッグデータに基づいて AI が学習した結果がアクチュエータを駆動させ、実空間に循環的にフィードバックされることを通して、AI の環境制御機能が持続的に進化していく。このような仕組みによって形成されていく近未来のアンビエント学修環境のイメージを具体的に描写してみると、たとえば次のようになる。



図 5 アンビエント環境の仕組み

せらぎが聞こえてくる。勉強に疲れてきた利用者が、気分を変えるために場所を移動すると、周囲からやさしく懐かしい香りがただよってきて、窓から見える風景が森に変化している。論文のテーマをめぐって独りで考えあぐねていると、言葉や図が空間にただよいはじめる。はじめは関係のない情報かと思っていたが、次第に重要なヒントとなるものがそこに含まれていることに気づく。少し離れたグループ席では数人がディスカッションをしているが、議論は低調なようである。すると、その周辺だけ照明の温かみが増してきて、それまでの発言に含まれていたキーワードが構造化されて周囲の壁に表示される。参加者の表情が生き生きとしてきて、話し合いは少しずつ活発になっていく。

このように時々刻々と変化する人と環境の状態に応じて、AIが多様なアクチュエータを通じた働きかけを行う。学習者を集中させ、ストレスを緩和し、コミュニケーションを誘発し、知的創造を促す。AIAの目指すアンビエント環境とは、このようにリアルな世界とバーチャルな世界が融合した空間であり、空間そのものが知能を持っているかのように自律的に変化し、働きかけ、学習者をサポートしてくれる学修環境であるといえる。

3.2 アクティブラーニングとAI研究

アクティブラーニングはその有効性が認められるとともに、教育の場において様々な手法が開発され、実践されている。また、直接的に教師によって意図され、設計されたものではなくても、適切な環境が用意されれば、学び合いは自然に発生し、アクティブラーニングは行われる。

一方で、アクティブラーニングの場において生起している現象や、それが学習者にもたらす影響については、経験的・直感的には知られているものの、科学的に解明されているわけではない。アクティブラーニングは物理学や心理学の実験のような統制された環境で行われるものではないため、科学的な研究の対象とすることには困難を伴う。たとえば、図書館のラーニングコモンズにおいて日々どのような学びが発生し、どのような効果がもたらされているかについて、人間による観察のみによって把握することは難しい。

AIAを活用したAI研究の可能性のひとつに、このような統制されない環境における人間活動を対象とした研究がある。AIAに設置された各種のセンサーから取得されたビッグデータは、AIA内で発生している多様で複雑な行動を、学習者の動きや声、さらにはCO₂濃度や温度などの環境データを通してありのままに反映している。取得されるデータは膨大かつ多様で複雑であり、人間が直接に分析を行うことは困難である。しかし、データをAIに投入することによって、機械学習・ディープラーニングの手法による高次の分析を行うことが可能となる。これによって、人間による観察・記録・分析によっては捉えることのできなかった現象が明らかにされ、隠れていた法則や傾向・パター

ンが発見される可能性がある。

たとえば、学生同士の学び合いがどのように発生し、成立するのかがAIによる分析によって明らかにされる。AIAを訪れた学生が、どのように動き、どのようにグループを形成し、その結果どのようなコミュニケーションが発生するのか。グループの人数や構成、あるいは場所の特性によって、コミュニケーションの質に違いが生じてくるのか。学び合いを成功に導く心理的・社会的・生理的・物理的な因子は何なのか。どのような環境や情報を提供し、物理的あるいは心理・社会的な働きかけを行えば、質の高いアウトプットが生み出されるのか。AIは、このように複雑で曖昧かつ容易に捉えがたい現象を科学的な分析の対象とし、解き明かしてくれるかもしれない。

AI・ビッグデータが可能にすることは研究や分析の進化に留まらない。内閣府が第5期科学技術基本計画⁵⁾において示した近未来の社会像としての超スマート社会(Society 5.0)は、AIの活用によって多様な社会的課題の解決と新たな価値創造がなされる社会としてイメージされている。AIAが目指すものも、学修空間における様々な課題の解決である。すなわち快適でストレスフリーな学修環境の構築、グループワークやディスカッションの活性化、知識・情報の効果的な提供や学生の個性に応じた学修支援、それらを通じた知的生産性の向上とイノベーションの創出をAIの支援によって促進することが糸口になると考えている。

AIと従来のICT技術との大きな違いのひとつは、デジタルの世界で実現する機能が直接的にリアルな世界に滲み出し、実空間に影響を及ぼす点にあるとされている⁶⁾。AIが物理的な世界で営まれる農業や製造業との親和性が高いとされているのはこの点にある。AIAで機能するAIもまた、アクティブラーニングやイノベーション創出の原理を科学的に解明するとともに、その結果に基づいた工学的ソリューションの物理的な世界への実装を目指すものである。

3.3 ロボットによる知的インタラクション

ロボットは、センサー・コンピュータ(=AI)・アクチュエータが一体化したメディアである。現在、世間で話題にされることの多いロボットは、特定の作業を正確かつ効率的に行わせることを目的とした産業用ロボットと、AIと人間が共存する社会を構築するうえで鍵となる技術になると考えられる対話型ロボットに大きく分けることができる。

AIAに導入したロボットは対話型ロボットであり、知識や外的状況を学習し、知的なコミュニケーションを行うことができるロボットの実現を目指している(図6)。具体的には、図書館の様々な場所で図書館利用者の案内役となり、学習法や資料の探し方等のアドバイスをしてくれるようなロボットである。このようなロボットを実現するためには、言語や環境を認知する能力、知識や情報を学習する能力、状況に応じたインタラクションを行う能力をロボットに持たせる必要がある。このためにはロボットに脳に当たるものを持たせる必要があるが、それがAIである。AIが



図6 AIAで活躍する対話型ロボット SOTA

センサー・アクチュエータ(=IoT)と連動することによってこの機能を実現することが可能となる。

対話型ロボットのもうひとつの重要な側面は、人間にとって親しみやすい外見や仕草である。人間とロボットが関わる場面において、ロボットの姿かたちが人間に与える影響が大きいことが指摘されている⁷⁾。逆にいえば、愛嬌のある外形や声、あるいは動作を持たせるなどのデザインを上手に行えば、ロボットを人間以上に親しみやすく、接しやすい存在にしていけることができるかもしれない。

たとえば、クライアントの心理的な緊張を和らげることで、人間相手では相談しにくいことについても安心して相談を持ちかけることができるカウンセリングロボットをつくることもできるかもしれない⁸⁾。あるいは、公共施設内でルール違反を行っている利用者を発見したとき、人間が注意すると角が立つかもしれないが、愛嬌のある見まわりロボットが注意をすれば、利用者は素直にいうことに従う気になるかもしれない。つまり、AIと人間とのインタラクションは、無機質なコンピュータの画面を通すよりも、対話型ロボットによる方が、違和感なく行うことができると考えられるのである。

AIAにおけるロボットは、第一段階としては、学習者のための学習ツールとなるようなものの開発を目指している。たとえば、学習者の発話に対応して、学習者が必要としている図書を探してくれたり、関連する参考資料を紹介したり、基礎科目の基本的な質問に答えてくれたりするようなロボットである。現在、対話型ロボットが利用者の求める書籍をOPACから検索する機能や、お勧めの本を提示してくれるシステムの開発を、関連研究室の学生の協力を得て試験的に行っている。今後は、物理学や数学の基本的な知識や学習法に関するノウハウ等をロボットに学習させ、学習の進度に応じたアドバイスを学生に対して行えるような学習支援ロボットの開発を目指したいと考えている。

学修空間にロボットを導入することの意義と効果を整理すると、次のようになる。

1 点目は、これまでは人間が行ってきた学修支援をロボットに代行させることにより、低コストで多くの学生に品質の保証された学修支援サービスを提供することができる点である。ロボットは性能をコピーすることができ、台数を増やすことが容易であり、365日24時間休まずに働

かせることができる。

2 点目は、学習者の学修履歴やAIAで行われる学修活動の姿をロボットが学習することで、個別最適化された支援サービスが可能になることである。ちなみに経済産業省が公表した『「未来の教室」とEdTech研究会 第1次提言⁹⁾』では、テクノロジーを活用して教育に変革をもたらすサービス・技法であるEdTechによって、学習者中心の学びのシステムが実現する未来を提言している。従来、個性の異なる学習者ひとりひとりに最適化された教育を実現することは、人間(教師)の能力の面でもコストの面でも非常に困難であった。しかし、今後AIが発展し、ビッグデータに基づき個別性を捉えて予測・推論することが可能になれば、平均的な学習者に合わせた教師主導型の一斉教育ではなく、個々人に適した最も効率的な学習プログラムを提示する「個別最適化学習」が可能になると予想されている。AIAにおいても、対話型ロボットが個々の学習者のつまずきに合わせてアドバイスをを行い、その学習者に適した教材を紹介するといった支援システムの実現を目指したいと考えている。

3 点目は、人間とロボットの相互作用により、学び合いを活性化し、イノベーションの創出を促すことができる可能性である。対話型ロボットは擬人化された姿を持っていたとしてもその本質はAIであり、人間の知能を模倣しつつも、異なる原理で知識や情報を解釈し、アウトプットする。ある特定の場面においては、人知の及ばないような知識や発見をもたらしてくれる可能性もあるが、一方で倫理や常識から外れた言動をするかもしれない。しかし、だからこそ異なる存在である人間とロボット(=AI)が学びの場を共有することによって、今までにない異次元のコミュニケーションが生じ、イノベーションが生み出されていく可能性がある。ロボットが加わることによって、人間と機械の境界を超えてダイバーシティが拡大するのである(図7)。

人間の中にロボットが混じって議論している様子を想像してみると、SF映画の一場面のように思えるが、家庭用ロボットが開発され、販売もされている現代においては、近未来における日常的な風景としてリアリティを持って受け止めることができるのではないだろうか。



図7 ロボットとともに学ぶ学生

4. まとめ

AIA の目指しているものを 3 つの側面から述べてきた。これらの要素は相互に関連し合っており、混然一体となってアンビエントな学修空間を実現するものである。すなわち、アクティブラーニングのパターンや性質を AIA の空間を通して学んだ AI が、環境のコントロールやロボット技術等を通して利用者に適切な働きかけを行う。もちろん、利用者は AI から影響を受けるだけでの受動的存在ではなく、AI やロボット、環境知能のような新たな他者とのインタラクションを通して、いっそう創造的になり、さらに高度なイノベーションが生み出されていく。このような姿としてイメージされるのが、電気通信大学附属図書館が目指す次世代型のアクティブラーニング空間であり、図書館空間である。

現在、政府が推進しようとしている超スマート社会 (Society 5.0) は、大きなイメージとしては描かれているものの、個別具体的な実現の姿は必ずしも明らかではない。AIA においては、次世代の社会や技術の姿を図書館空間の中に物理的に実装することによって、超スマート社会を実際に目に見え、耳に聞こえ、五感で感じることができるようになりたい。AIA がこのような姿になっていったとき、図書館は知識・情報の蓄積・提供の場や快適な学修空間であることを超えて、社会における先端的な課題の解決の場となり、解決のモデルケースを発信する空間になっていくと考えている。

註・参考文献

- 1) 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. 2017, 107 巻, <https://doi.org/10.20722/jcul.1709>, (参照 2018-12-12)
- 2) AIA の名称の背景となっている「アンビエントインテリジェンス」は情報通信技術や人工知能の分野で以前から研究の対象となっている。次の文献が参考になる。
〈特集〉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. 2012, 56 巻 1 号, p.2-41, https://www.jstage.jst.go.jp/browse/isciesci/56/1/_contents/-char/ja, (参照 2018-12-12)
- 3) 人工知能学会編. 人工知能学大事典. 共立出版, 2017, 1579p.
- 4) 2) の文献
- 5) 科学技術基本計画 (平成 28 年 1 月 22 日閣議決定). <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>, (参照 2018-12-12)
- 6) 富山和彦. “AI 経営で会社は甦る”. AI 白書 2017 人工知能がもたらす技術の革新と社会の変貌. 情報処理推進機構 AI 白書編集委員会編. 角川アスキー総合研究所, 2017, 359p. p.254-262.
- 7) 石黒浩著. ロボットとは何か—人の心を映す鏡. 講談社, 2009, 240p.
- 8) 次の文献では、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方が向いているケースが紹介されている。
石黒浩著. アンドロイドは人間になれるか. 文藝春秋, 2015, 223p.
- 9) 経済産業省. 「未来の教室」と EdTech 研究会 第 1 次提言. <http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/20180628001.html>, (参照 2018-12-12)

Special feature: Analyzing Library Patrons by Data. Introduction of the Innovative space based on the perspective of AI and Big Data —Ambient Intelligence Agora in The University of Electro-Communications Library—. Teru MURATA, Harumi NAKATA (Academic Information Office, the University of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585)

Abstract: The University of Electro-Communications Library built an innovative space named Ambient Intelligence Agora (AIA), in which seminars, workshops, and other meetings can be held, in cooperation with AI research. In this space, various data reflecting the state of the learning environment are acquired by installing various sensors, and they can be analyzed and visualized by AI research using deep learning machine. Here, we will present the current situation and future image of AIA from three different viewpoints, i.e. ambient environment, active learning and AI research, and robotic intellectual interaction, and discuss how AIA contributes to realization of the next-generation library.

Keywords: IoT / Big Data / AI (Artificial Intelligence) / Ambient Environment / Active Learning / Interactive Robot / Society 5.0