

特集 「AI and Society」

次世代の AI テクノロジー

AI Technology in Next Generation

松井 哲也

Tetsuya Matsui

成蹊大学

Seikei University.

t-matsui@st.seikei.ac.jp

Keywords: game AI, algorithm, cognitive space, embodied AI, brane science, consciousness.

1. はじめに

本稿は、AI and Society の 1 日目 最終セッション「次世代の AI テクノロジー」における三つの講演内容を要約して報告する。本セッションは株式会社アラヤのデータサイエンスジマネジャーであるニコラス・グッテンバーグ氏の司会のもと、株式会社スクウェア・エニックスのリード AI リサーチャーである三宅陽一郎氏と IBM トーマス・ワトソン研究所上級研究員のジェフリー・オー・キーファート氏、理化学研究所脳科学総合研究センター特別顧問・東京大学名誉教授である甘利俊一氏の 3 名の方から、自身が開発に関わってきた AI についての講演が行われた。

2. LIFE in Digital Game World

三宅：この講演では私の関わってきたゲーム AI、特に FF（ファイナルファンタジー）15 で使われたゲーム AI を中心に解説したいと思います。

最近のゲーム開発は大規模になっていますが、FF15 においてはそれぞれに専門分野の違う、20 名の AI 専門スタッフが参加しています。FF15 はアクションロールプレイングゲームですが、その作品世界はすべて 3D で描画されています。その中のバディ（味方キャラクター）やモンスターはそれぞれの AI をもち、ほぼ自律的に動くことが可能です。

実際にゲーム内で使用されている AI は、大きく分けて「メタ AI」、「キャラクター AI」、「ナビゲーション AI」の三つの要素から構成されています。これらについて順に解説していきます。

メタ AI は各キャラクターをコントロールする AI で、いわば全体の統合役です。例えば敵モンスターの配置の決定や、バディの行動基準（プレイヤーを援護するなど）の決定などを行います。

キャラクター AI は、各キャラクターの自律的な意思決

定を行う AI です。キャラクターは 3D 空間上で自然に振る舞うために、インテリジェンス・ボディ・アニメーションの三つのレイヤから構成されています。この中で難しいのは、本来相容れないインテリジェンスとボディのレイヤを調和させることです。

インテリジェンスとは、キャラクターが環境からセンサによって集めた情報を統合し、環境の中であるべき行動を取るためのレイヤです。これはセンサ・エフェクタ・メモリ・認知・意思決定・行動決定の六つのパーツから構成されています。環境とインテリジェンスはデジタルな情報によって結合されています。ゲーム内のキャラクターはセンサによって他のキャラクターなどを認識し、それをもとに意思決定を行います。意思決定はルールベース・行動ベース・状態ベースなど全部で七つのアルゴリズムによって構成されています。これらのアルゴリズムの複雑性により、キャラクターの内部ではパラレルに二つの処理が行われることになり、よりインタラクティブなアクションをすることが可能になっています。

ナビゲーション AI はキャラクターの立つべき場所や移動するべき経路を決定する AI です。この AI によって、キャラクターはダイナミックな環境の中でも移動経路を見つけることが可能になります。キャラクターが移動できる領域は、自動で作成された地図の中で事前に定義されていますが、各キャラクターはナビゲーション AI を使用することにより、どの目的地に向けても移動可能な経路を見つけることが可能になります。

続けてモーションアナリシスについて説明します。これはキャラクターが自らの動きを認識するルールベースのシステムです。例えば大きなモンスターとプレイヤーが対峙しているとき、プレイヤーが特定の領域に入ることによって、特定のルールが発動します。このシステムにより、とても大きなモンスターの自然な動きを実現することができます。なお、複雑な環境の中で適切な行動、特に 3D では難しいカーブの動きなどを再現するために、モンスターは多くの学習を繰り返します。

キャラクター同士の会話もゲーム内の大きな要素です。メタ AI がシナリオのうち一つを状況に応じて選択し、キャラクターの視線や移動経路を制御します。また、会話を開始するとき、各キャラクターは適切な場所に移動して社会的な距離を取ります。

最後に説明したいのは、環境（アンビエント）AI、すなわちゲーム内の町や村を構成する AI です。これらの建造物などを構成する物体も、キャラクターを制御する AI をもっています。これにより、例えばキャラクターがテーブルを挟んで会話する、障害物を避けて歩くなどの行動をすることが可能になります。

FF15 は、以上のような AI 技術を使用して開発されています。

3. 身体化された AI

キーファート：AI を人工の脳と捉えるなら、「身体化された AI」とは、その脳に身体を与えることを意味します。言い換えるなら、（水槽脳仮説を信じる哲学者はおそらくこの見方に反対するでしょうが）AI が我々と同じようにこの世界を認識できるようにするということです。

まずは身体化されていない伝統的な AI について考えましょう。それは世界とは、入力および出力を行うデバイスを介してのみつながっている存在です。それと比較して身体化された AI は感覚器や運動器をもち、世界を直接経験することができます。より正確には、ソフトウェアエージェントであって、物理的な空間で人間と共存し、人間の認知タスク、例えば机の上に置き忘れた車の鍵を探すことなどに協力することができるものと定義されています。「鍵はもっと左にあるよ」などというふうに人間にアドバイスすることは、身体をもたない AI には不可能です。

さらに身体化された AI が必要な理由を考えてみましょう。私は、AI は人間にとって代わるのではなく、AI が得意とする能力を使って人間と協働するべきであると考えていますが、そのためには人間と AI が相互に理解することが不可欠です。ここで重要なことは、我々人間の認知は、我々が三次元の空間および時空の中で暮らしていることに影響を受けているということです。そして、我々と協働する AI にも同様の経験が必要になります。

では、AI に身体性をもたせるにはどのような方法があるのでしょうか。まずあげられるのはロボットです。あるいはアバターという方法もあります。私達と共同研究を行っている、ニュージーランドの Soul Machines 社が開発しているアバターを紹介しましょう。これは二次元のディスプレイ上に表示されていますが、視覚や聴覚によって我々とインタラクションを行い、我々の感情を読み取ることもできます。

さらに他の方法として「認知空間」という手法があげられます。例えば自動車の中、病院の手術室の中などを一つの AI システムとする方法であり、我々のチームも取り組んでいるテーマです。ニューヨークの IBM トーマス・ワトソン研究所にある我々のラボの様子と研究テーマを紹介したいと思います。ラボにはカメラや kinect などのセンサ、マイク、タッチデバイスといった入力機器や、スピーカ、ディスプレイといった出力機器が部屋中に置かれています。

まずセンサについて詳しく説明します。さまざまなデバイスから収集したデータをブラックボード上に保存し、他のエージェントが見て分析することを可能にします。その分析の結果がさらにブラックボード上に置かれ、さらにそのデータを他のエージェントが見て分析を行う、ということを繰り返すことにより、高次の分析を行うことができるようになります。

ブレインアプリケーションは、センサから受け取った情報そのものではなく、このようにして処理を加えられたデータを参照して、最終的に何をアウトプットするかを決定します。

我々がこのような AI が重要だと考えるのは、このような機能は AI が人間の認知活動を助けるために必要であると考えているからです。例えば認知機能の中の意思決定について、ダニエル・カーネマンは、我々人間はさまざまな認知バイアスをもっていることを明らかにしました。我々は人間の正確な意思決定を助けるシステムをつくらうとしています。

さらにもう一つの認知機能として、「科学的な発見」を取り上げましょう。我々の開発したプログラムは、自己プログラミングを行って法則を発見し、それを人間に伝えることが可能です。ここで動画をお見せしますが、この中で IBM ワトソンは「自分が何を発見できるか」をユーザに伝え、与えられたタスクに対して必要な情報を自ら求めています。

この動画の中でワトソンは惑星の軌道距離を計算する公式を導きましたが、彼が導出したものはまさにケプラーの第三法則そのものでした。ワトソンは、どのようにして自分がその法則を導いたかを説明できます。ケプラーは彼の法則を導くのに 15 年間で費やしましたが、それが AI と人間の協働作業により 2 秒半ほどで達成することができました。33 年ほどすれば、ノーベル賞も狙えるかもしれません。

身体化された AI には、センサの統合、文脈の扱い、どこにデータを置くのかなど多くの課題もあります。これらの課題を克服し、我々の認知タスクを助けてくれる AI 研究に取り組んでいます。

4. ロボット・コンピュータは意識をもてるのか

甘利：私は今の AI と人間の脳とを対比させて、その違いはどこにあるのかを考えていきたいと思います。チューリングマシンとパーセプトロンの提唱によって 1960 年代に AI ブームが起き、その後下火となったことはよく知られていますが、現在の AI ブームは、この二つの流れが合流したものともいえます。では、次世代の AI とはどのようなものになるのでしょうか。

一つの流れは、現時点ではなぜうまくいくのかわかっていない深層学習について、理論的になぜうまくいくのかを探求するというものですが、もう一つの流れとして数理脳科学というアプローチも考えられます。

そもそも人間の脳は、生命の歴史における進化によって生じた器官です。生物の進化とはランダムサーチであり、試行錯誤の結果、たまたまうまくいったものを採用するというプロセスです。我々の脳は一見偶然出来上がったとは思えないくらい高機能ですが、けっして確固たる設計思想に基づくものではなく、あくまでランダムに生じたものです。そのため、実際にはさまざまな制約をもっています。

一つは使える材料の制約です。生物の器官である以上、その材料は基本的にアミノ酸に限定されることとなります。もう一つは歴史的な制約です。生物の進化は逐次的なものであり、それまでに出来上がったものを改良するという方途で進められていきます。根本の設計思想を見直したいと思っても、それまで出来上がったものを破棄して 1 から作り直すには、膨大な時間が必要となります。このため、生物の脳は極めて複雑で煩雑なものとなっています。

そのため、この生物の脳そのものを模倣するというのは非現実的ですが、それでも我々の脳がうまく機能しているのは、脳の中で行われている情報処理の基本原則がうまく構成されているからであると考えられます。そのような基本原則のうち、情報処理システムとしてうまく働くものを捉えていくことが必要だと思えます。実際の我々の脳は、このような基本原則を進化によるランダムサーチによって奇跡的に獲得しました。

よって数理脳科学とは、実際の脳とは離れたなるべく単純なモデルを目指し、数学的にその原理を解明していくことを目指すべきです。その原理が判明すれば、次には実際の生物の脳が、その原理をどのように実現しているのかを明らかにすることを目指すことになります。

ここで AI に話題を移しましょう。現在の AI は、生物の脳が持っている基本原則の一端を明らかにして、機械的に実装することを実現したものであるといえま

す。そこでまだ明らかになっていない原理を調べることは、前述したように数理脳科学の役割ではないかと思えます。

特に深層学習を考えると、人間の脳との一番の違いは、統合する「意識」が存在しないということではないかと思えます。リベットの有名な実験で、「脳内の変化は、主観的な意思決定よりも先に生じる」という結果を明らかにしたものがあります。これは、意識の正体とは「自分の脳内で起きた変化を知ること」であることを示唆しています。そもそも意識とは、他者に自分の内部状態を伝えるために必要な機能であり、社会的な機能であるということもできます。

さらに言えば、脳内で起きた変化を意識として主観的に経験したときに、我々はその意思決定を合理化しようとし、このような合理化は大部分が無意識で行われていますが、重要なことは意識によって、感情や文脈などさまざまな情報を統合して行われます。

かつての AI は、この人間の「合理化」という機能のみを模倣しようとして、不十分な結果に終わりました。将来の AI に必要なのは、情報を統合する「意識」の機能ではないかと思えます。

ここで「心をもった AI とは何か」、言い換えると「心とは何か」という問題について考えましょう。もしロボットが他者の心を読んでいるかのように振る舞えば、我々はそのロボットに心があると感ずるかもしれません。しかし生物の「心」とは、生物の種としての生存、個体としての有限性、不合理性から生じたものです。果たして合理的で半永久的なロボットに、そのような心が理解できるのでしょうか。例えば、ロボットに「失恋して落ち込む」という感情が理解できるのでしょうか。

人間は極めて高機能であると同時に、社会的に見ると極めて不合理な存在でもあります。これから将来、我々が AI に隷属せずに生きていくためには、どのような社会を設計するかという点にかかってくると思えます。

文責者あとがき

タイトルどおり、現在の AI ブームの先をテーマとしたセッションであったが、いずれの講演者とも一見大きく離れたテーマについて述べているようでありながら、共通して「身体性」を俎上にあげていることに注目した。

三宅氏はゲーム内のキャラクタを動かすために、そのインテリジェンスとボディとをどう統合するかが重要であると説いた。

キーファート氏は、人間と協働する AI には身体化が不可欠であると指摘する。

甘利氏によれば、そのような身体が得る多くの情報を統合するために必要なものは意識である。

今後、AIと身体性・意識の議論はますます不可欠になっていくだろうと思われるが、身体性の獲得によってAIの内部状態にどのような変化が生じるかも興味深い問題であると感じた。

2018年2月2日 受理

著者紹介



松井 哲也

成蹊大学理工学部情報科学科助教。専門はHAI、感性情報学、認知科学。特にバーチャルエージェントの設計とその社会への実装、物語の分析に興味がある。ヒューマンインタフェース学会、IEEE各会員。