

# Introduction to Artificial Intelligence

## 人工知能概論

～ 地域の文化資源を守り，知識基盤社会を支える人材の育成 ～

岐阜女子大学  
デジタルアーカイブ研究所

# 目次

第 1 講	AI の過去から未来へのプロローグ - 『コンピュータ歴史博物館』が語る AI 文化	2
第 2 講	知能の迷宮を解き明かす - 暗号解読とチューリングテストの謎めく挑戦	16
第 3 講	知識が翼を得る瞬間 - 知識表現とエキスパートシステムの知の舞	29
第 4 講	人間の脳の謎と深層学習の魔法 - 目を持ったコンピュータが見せる未知の領域	41
第 5 講	シンギュラリティの扉を叩け - AI が覆す人間の世界チャンピオン	51
第 6 講	機械翻訳の新時代 - トランスフォーマー革命と「生成 AI」の驚異的進化	65
第 7 講	未来への飛翔 - 生成 AI、自動運転、AI 倫理が紡ぐ社会の未来	77
第 8 講	人工知能 (AI) とデジタルアーカイブの現状と未来	93
第 9 講	AI と人間の学び	107
第 10 講	人と AI の学習研究から考えるこれからの教育	120
第 11 講	生成 AI と学習コンテンツ	136
第 12 講	教師あり学習を用いた AI 倫理	147
第 13 講	マルチモーダル生成 AI 共同による AI 倫理処理	157
第 14 講	超 AI と世界遺産 デジタル文化遺伝子 - AI 時代の教育を超えて	164
第 15 講	AI を超える世代教育	173

## 本テキストの活用にあたって

### 1. 学習を進めるにあたって

本テキストは、第1講から第15講まで、15の講義により構成され、人工知能について学ぶようになっています。

本テキストを使って学習する際、次のことに留意して、学習活動を行ってください。

- ①本テキストとe-Learningは、事前にテキストと動画で学習する自律的なオンライン研修の教材です。
- ②講習の内容は、まず、テキストとe-Learningとの両方を活用して学びます。
- ③講義では、始めに各講で講義の目的と学習到達目標についての説明を行います。
- ④講義内容について、受講者による自己研修を行います。
- ⑤各講の終わりに課題を示します。自分の学習の深度に従って、考えてみましょう。

### 2. このテキストによる講義の特色

○学習が進めやすいようにするテキストと、講義内容を解説する動画の視聴を併用することで、受講者の学びを確実にするとともに、受講者の便宜を図っています。

○多忙な学習者にとって、いつでも、誰とでも、どこからでも受講者の都合で講義内容についての基礎的な学習が進められます。

○講義の内容は、人工知能の基礎として必要な資質・能力について短時間で学習できるようにするものです。一度の講義による講習とちがって、テキストとe-Learning等の教材は、繰り返し視聴することができます。

○講義の内容は、受講者にとって、その後の職場でのデジタルアーカイブの実践に有効に活用していただける内容です。また、テキストと動画を、職場の校内研修や研究会などで活用していただくことで、受講者が学んだことを多くの学習者に広めることが可能になります。

### 3. 本テキスト及びe-Learningの利用にあたって

- ・本テキスト及びe-Learningの著作権は、岐阜女子大学にあります。
- ・著作権や肖像権など取扱いには注意してください。

### 4. QRコードの利用にあたって

- ・QRコードは、タブレットPCやスマートフォンのQRコードリーダーをご利用ください。



e-Learning



利用の際は必ず下記サイトを確認下さい。  
[www.bunka.go.jp/jiyuriyo](http://www.bunka.go.jp/jiyuriyo)

# 第1講 AIの過去から未来へのプロローグ - 『コンピュータ歴史博物館』が語るAI文化

## 【学習到達目標】

- ・コンピュータ歴史博物館が語るAI文化について説明できる。
- ・AI誕生からシンギュラリティにいたるAIの過去・現在・未来を説明できる。
- ・何をどのように学び、如何に自分の資質・能力をアップグレードするかについて考えることができる。

## 序章

### ・三浦謙一博士のコンピュータ歴史博物館紹介

「ここがシリコンバレーのど真ん中にあるコンピュータ・ヒストリーミュージアム（歴史博物館）です。コンピュータとか半導体それからAI、いろんな技術を展示しています。元々は、DEC社にいたゴードンベルさんがマサチューセッツ州のボストンの近くにミュージアムを持っていたのをこちらに移したのと、それからローレンスリバモア研究所にあったスーパーコンピュータを展示すると、この2つが合体したような形です。アメリカにコンピュータ関係のミュージアムというのは大きいのが3つあります。スミソニアン、それからこのコンピュータヒストリーミュージアム、もう一つモンタナ州のボーズマンというところにちょっと小規模だけど変わったミュージアムがあります。だいたいその3つぐらいじゃないかと思いますが、その中でもこのマウンテンビュー市にあるコンピュータ歴史ミュージアムがやっぱりシリコンバレーの中にあるということもあって、一番充実してるんじゃないかと思います」と。

米国シリコンバレーに「コンピュータの歴史博物館」があるため、コンピュータとAIの原点が、他の地域より良く見ることができると言われています。

## 1. 人工知能とは何か

人工知能とは何か。人工知能（Artificial Intelligence、アーティフィシャル・インテリジェンス）という言葉は1956年ダートマス大学のジョン・マッカーシー教授がダートマス会議で初めて使った言葉です。

その当時人工知能というのは、推論・認識・判断など人間と同じ知的な推論能力を持つ同じ知的な処理能力を持つ機械（情報処理システム）のことでした。

### ・世界初のプログラマー

コンピュータ歴史博物館に入ると最初に登場するのは世界初のプログラマーのエイダーラブレスさんです。展示コーナーの入り口は「革命（レボリューション）」といい、英語ではレボリューション・エントランスと言います。

### ・AIの事始め「そろばん」

コンピュータ歴史博物館の革命コーナーの入り口から入ると、最初にあるのは大きなそろばんです。コンピュータとAIというのは表裏一体になっており、AIの事始めは「そろばん」ということがわかります。

そろばんは、紀元前2000年頃メソポタミア地方で土や砂の上に線を引き、小石を置いて計算した「砂そろばん」が始まりで、エジプト・ギリシャ・ローマ・中国を経て日本にきました。

### ・アンティキティラ島の機械

紀元前200年頃の「世界最古のコンピュータ？」とされる『アンティキティラ島の機械』は、1900年にギリシャのアンティキティラ島の沖合に沈没していた難破船から発見されました。最近、設計者は、古代のもっとも優れた科学者であるアルキメデスという説も浮上してきています。

### ・バベッジの階差機関（difference engine）

1822年バベッジ(Charles Babbage)が世界で初めて「プログラム可能」な機械式汎用計算機を完成させました。その時の世界初のプログラマーが先ほど出てきた女性で、詩人バイロンの娘のエイダーラブレスさんです。この方が偉いのは、バベッジの解析機関用のプログラム設計を行い、「解析機関」(analytical engine)の著作を残したことです。近年、それをベースに復刻でき、確かに動くということが証明されました。

エイダーラブレスさんは1815年12月10日に、詩人のバイロンの娘のオーガスタ・エイダ・バイロンとして、英国上流社会に生まれました。彼女は機械化された未来の可能性を詩的に描き出す一方で、仮想の「コンピュータ」が機能するしくみをこと細かに解説しました。

#### ・第二次世界大戦時のエニグマ暗号の解読

第二次世界大戦時、アラン・チューリングが電気機械式の「ボンベ」(BOMB)を補助的に使用して、ナチス・ドイツの解読不能といわれたエニグマ暗号を解読に成功して、これがコンピュータの走りに、そしてAIの走りになるわけです。

#### ・コンピュータを誰が発明した

1番初期の計算機はバベッジのコンピュータです。

1834年、英国の数学者チャールズ・バベッジがプログラム可能なメモリと計算ユニットを備えた機械「分析エンジン」を思いつきました。1991年、バベッジの簡略設計に基づく分析エンジンが動作しました。バベッジが150年前に予想したように動作しました。

英国の数学者で暗号解読者のアラン・チューリングが、いろいろな問題を解決できる機械を創造しました。一式の命令で表現されるもので、本質的に汎用コンピュータです。

第二次世界大戦中の技術進歩があり、米国の物理学者のジョン・マッカーシーと技術者のプレスパー・エカートがENIACを作りました。世界初の電子式汎用コンピュータです。

#### ・第二次世界大戦時のCOLOSSUS“TUNNY”暗号を解読

1944年2月に世界初の完全電子式のプログラム可能な計算機コルサス(COLOSSUS)が稼働し、トゥーニ暗号を解読しました。多数の真空管を使い紙テープでデータを入力しデータに対して様々なブール論理操作を行うように設定変更可能になるものでした。

#### ・世界初の電子式汎用コンピュータENIACの誕生

1946年7月アメリカで世界初電子式汎用コンピュータのエニアック(ENIAC)が誕生しました。初めて「コンピュータ」という言葉が使われました。

1943年に陸軍省からの要請で、ペンシルバニア大学のジョン・エカルト教授とジョン・モークレー教授によって開発されました。

実際にコンピュータが稼働したのは戦争が終わった後の1946年でした。真空管を18,000本使って10進の数値計算を行うもので、当初の目的は弾道表の作成(さまざまな条件で砲弾がどこに着弾するかを、常微分方程式を用いて数値的に計算)でしたが、汎用的に作られていたためさまざまな応用計算が可能でした。その発想はアナログ計算機をデジタル回路にマップするというもので、20個の演算回路を応用計算毎にプラグボードを介して接続しプログラムする方式でした。当時は記憶素子の技術がなかったため真空管を演算と記憶(レジスタ)の両方に使っていました。本機は1955年まで稼働したといえます。ENIACの狙いは砲弾を正確に目標に当てるために、このコンピュータが開発されたというわけです。戦争中には間に合いませんでした。」(三浦謙一博士の学情研メールマガジンでの説明を引用)。

#### ・世界初のプログラム内蔵式として設計されたEDSAC/EDVAC

1946年7月に完成し、その後世界初のプログラム内蔵式として設計されたのが、エドサク(EDSAC)とエドバック(EDVAC)です。1949年5月イギリスのEDSACは水銀遅延性メモリを使用して内蔵メモリを持つようになりました。

1951年米国のEDVACというのが現在のノイマン型アーキテクチャーを確定しました。これがユニバックとして商用化されていくわけです。

#### ・ダートマス会議で人工知能(Artificial Intelligence)という言葉が誕生

1956年ダートマス会議が開かれ、人工知能(Artificial Intelligence)という言葉が誕生いたしました。AI設立の父と呼ばれる10人、ジョン・マッカーシー、マルビン・ミンスキー(認知科学)、クラウド・シャノン(通信)やアレン・ニューウエル(神経学)等の有名な方々がここに集まって、人工知能(Artificial Intelligence)という言葉を作ったというわけです。

#### ・AIブームの歴史と予想

第一次AIブームというのは1956年から始まりました。その時代は探索・推論の時代と言います。簡単な数学の定理の証明とか迷路とかというのを解くことはできましたが、それ以外の大きな問題はできませんでした。

それだけでは、役に立たないということでA I 研究への投資がなくなり、冬の時代を迎えました。

第2次A Iブームは1980年から始まりました。その時代は知識の時代と言います。MITのファイゲンバウム教授がDENDRALという分子構造を決めるシステムを作ったのが始まりです。DENDRALは専門家の知識を計算機に入れておいてかなり上手くいきました。そして医療の分野ではMYCINが大成功を収めました。それを見た人達が、それだったらやってみようということで第2次A Iブームが始まりました。10年くらいして専門家の知識を全て手で人間が書くのはとても無理ということで、また冬の時代を迎えました。

第3次A Iブームは2013年機械学習・表現学習の時代になります。ここで一番大きな特徴は、トロント大学のヒントン教授がCNN（畳み込みニューラルネットワーク）を用いて、画像認識分野で素晴らしい成果をあげました。CNN方式が、国際画像認識のコンテストで、従来A I方式に比較して倍近い高い性能、倍よく見えるということを示しました。これにより、コンピュータが初めて目を持つようになりました。

例えば、顔認識の際に人手で毎回知識を入れることもないので、第3次A Iブームになったわけです。現在も顔認証等で使われているわけです。

第4次A Iブームが2017年半ば「注意機構（アテンション）の時代」という風に言われています。何が起こったかという、「トランスフォーマー」（TRANSFORMER）というすごい機械翻訳機が出現したことです。入力したものをいろんなものに変えることで、言葉で入ってきたものを他の国の言葉に変えると同時に、今度は画像に変えることができるようになりました。第3次A Iブームで使われ大成功を収めたCNNとかRNNというニューラルネットワークが全て不要になり、注意機構（Attention）さえあれば全てできると言うことになりました。その意味で、外国の研究者は「トランスフォーマー革命」と呼んでいます。

#### ・A Iがこの後将来的にどうなっていくか？

2030年から「雇用の大崩壊」が起こると言われています。A Iが労働者に置き換わると言われています。日本に置き換えてみると、少子化で労働力不足、労働する人が減っていくと今言われています。逆にA Iを導入すれば日本がこれ

まで以上に生産力維持できるのではないかとと思います。

2045年には「シンギュラリティ」、AIが非常に賢くなって人類を超えるとも言われています。

ただこれも研究者によって様々な見解があり、「深層学習の父」と言われるトロント大のヒントン教授は「50年経っても行かないだろう」とおっしゃっています。研究者の間でも疑問が持たれているのは何故かという、鉄腕アトムに代表される「汎用AI」、つまり応用分野に依存しない「強いAI」が実現できているわけではないためです。

### ・チューリングテスト

ある機械が知的AIであるかどうかを判定するためのテストです。これは今日でもチューリングテストと呼ばれていて使われています。今話題になってチャットGPTとかBARD（バード、現 Gemini）とかという生成AIはどうやらこのチューリングテストをクリアしているのではないかとされています。

チューリングテストというのは、壁の向こうに人と機械が置いてあって、それと壁を隔てたこっち側から質問をするテストです。人が答えたのか、機械が答えたのか、わからない状態になった場合、この機械がチューリングテストをクリアした。つまりAIができたと判定できるというものです。

今日でも1950年代に作られたアラン・チューリングのチューリングテストが今でも生きてるわけです。

### ・イライザ (ELIZA)

第1次AIブームの時に、チューリングテストでかなりいい線に行ったと言われているのは「イライザ (ELIZA)」です。イライザとは、MITのジョセフ・ワイゼンバウム教授によって開発されたチャットボットの元祖とも言えるコンピュータプログラムです。チャットボットとは、「人工無能」とも呼ばれるチャット（対話型）のロボットです。例を見てみましょう。「E」はパラノイア（精神分析分裂症の一種）のお医者さん役の機械「イライザ」です。「人」はパラノイアの患者です。

イライザ (E) が「ここに来ることが不幸せから抜け出すことに役立つと思いますか」と質問します。

人（パラノイアの患者）は「私には何か助けが必要よ、それはかなり確かよ。」と回答し、対話（チャット）が続きます。

ここから、「イライザ効果」という言葉が生まれました。イライザ効果とは、A Iの動作が人間の動作に類似していると無意識に想定し、チャットボットを「擬人化」して感情移入することです。

## ・マイシン（MYC I N）

第二次A Iブームの時にはマイシン（MYC I N）の会話例が有名です。

専門家（エキスパート）システムMYC I Nは69%の確率で正しい処方ができたとされています。MYC I Nは緑膿菌の診断を行うシステムです。専門家であれば80%の確率で正しい処方ができますが、一般の開業医とか一般の内科医の正答率が40%でした。それでこの69%の確率で正しい処方ができるシステムがあれば、緑膿菌の専門医がいなくてもかなりの部分で、医療システムして使えるということで有名なになった訳です。そしてまた実用に使われました。

MYC I Nのルールの例では「もし（I F） 、培地（検体）は血液であり、グラム染色はネガティブであり、細菌の形が棒状であり、患者の痛みがひどい、なら、 その時は（T H E N）、細菌は緑膿菌と判定する」と記述されます。

診断の時、一般の開業医が血液を採取して、グラム染色体がネガティブか？細菌の形は棒状か？ 痛みはひどいか、ひどくないか？と聞き当てはまると一般開業医でも緑膿菌と判定できるというようなかなり有名になったシステムです。

## ・知識表現とオントロジー

知識表現の一例は、自然言語知の「テキスト・シナリオ」、動画知の「映像ファイル」と、図書館学由来のメタデータ「LOM（ラーニング・オブジェクト・メタデータ）」を使って検索もできるようにするものです。これにはもっと深い意味があります。映像には自然言葉で記述できない「暗黙知」が含まれており、言葉で記述できる「形式知」とメタデータ「LOM」を3項組知識表現とし、暗黙の知識を検索できるようにするという狙いがあります。

その際、知識のテキスト・シナリオのところでは、「オントロジー」を使います。例えば学習指導要領の教科「社会」というのは、「社会（高校）」、「公民」、「社会（中学）」、「地理歴史」と「社会（小学）」で構成されることがわかります。学習指導要領の教科「社会」をオントロジーでネット表現すると、メタ

データ間の関係を記述する「R D F S ( R D Fスキーマ)」と、インターネット上の教材アーカイブを記述する「R D F」で表現されます。例えば、教科「歴史」には日本史と世界史があって、日本史には日本史Aと日本史Bがあるという感じでそれぞれ記述されます。そして、教科「日本史A」は、日本史Aの教材アーカイブ(デジタルコンテンツ)のURLで教育できることが記述されています。

### ・エキスパートシステム

エキスパートシステムは、基本的には3つの要素からなってユーザインターフェース、と推論エンジンと知識ベースがあります。エキスパートシステムでは、まず知識ベースの中に専門家の知識を入れておきます。ユーザ(利用者)がユーザインターフェースで問い合わせすると、それに対して推論エンジンが知識ベースを使った検索をして助言(アドバイス)を出すというようになっています。

### ・深層学習とニューラルネットワーク

ニューラルネットワークは何であるかということ、入力層と中間層と出力層があって、例えば猫と犬というのを中間層にそのデータを覚えさせると、猫を見た時には猫と、犬を見た時は犬というように判別できます。その意味で、コンピュータが目を持ったということで大変有名になったわけです。

人工知能は、脳の構造そして神経の構造をモデルにしています。神経の構造をニューラルネットワークという形でモデル化し、たくさんの入力の合計がある境目となる値(閾値)を超えると興奮し、次のニューラルネットワークに情報を伝えるという仕組みです。

### ・機械翻訳とAIブーム

人工知能とは何か?機械翻訳で第1次AIブームから第4次AIブームそれぞれ違いが明確になり、非常によくわかります。

機械翻訳の第一次AIブームでは「ルールベース機械翻訳」というものが用いられました。ルールベース機械翻訳では、文法ルール等をあらかじめデータとして用意して置きます。原文「外で犬が吠えている」というのがあると、文法ルールと辞書で、訳文「A dog is barking outside」を作り出します。文法ルールは、例えば「文」は「名詞句」、「動詞」と「前置詞句」で構成され、辞書には例えば「犬」というのは「名詞」で、「英語ではdogと

言う」というような情報が入っています。文法ルールと辞書を用いると、訳文「A dog is barking outside」が出てきます。

第2次AIブームの最中の1990年に長尾真・京都大学名誉教授が「日英コーパス」を考え出されました。日本語の原文と英語の正しい翻訳文を、機械翻訳しやすいようにタグを付け、1000万文以上登録したものが「日英コーパス」です。この日英コーパスは、正確無比で一種のデジタルアーカイブといえます。第2次AIブームの統計的機械翻訳では、翻訳モデルと言語モデルで処理します。翻訳モデルには、例えば「昔々」と入力されると、次に来る語句は60%の確率で「あるところに」という形で出てくると登録されています。言語モデルには、言葉の出現頻度、例えば犬というものがどれくらいの頻度で出現するかというようなことが登録されており、翻訳モデルと言語モデルを用いて統計的に翻訳します。

第3次AIブームではニューラルネットワーク機械翻訳が登場しました。コンピュータも非常に性能が良くなってきました。メモリーだけじゃなくてコンピュータの処理速度も速くなったので、ニューラルネットワークの中間層に言語情報を全て入れて翻訳します。「外で犬が吠えている」と入力されると、ニューラルネットワークで全部変換して、「A dog is barking outside」というように翻訳します。

第4次AIブームでは、さらに発展させて、エンコーダとデコーダと言うような形にしています。例えば、日本語を英語用デコーダで英語に翻訳することもできます。スペイン語用デコーダに変えればスペイン語に翻訳することもでき、フランス語用デコーダでフランス語に翻訳することもできます。質疑応答用デコーダに変えれば質疑応答システムとしても使えます。画像生成用デコーダで画像を生成するということができます。非常にいいことづくめです。

#### ・トランスフォーマー革命で第4次AIブームに突入

第4次AIブームではトランスフォーマー革命によって、ChatGPT、Bard（現 Gemini）、Bing AI等の生成AIが誕生したわけですが、生成AIチャットボットを用いると宿題レポート、コンピュータプログラム、小説や論文を書いたり、翻訳ができます。トランスフォーマーはCNNのような一方向処理やRNNのような途中でフィードバックしながらぐるぐる回るということもありません。トランスフォーマーのエンコーダ（符号器）では、入力した文章の単語を「トークン」というベクトル表現にし、中間表現に変換します。

トランスフォーマーのデコーダ（復号器）では、トークン間を行き来し、それまでのトークンと入力トークンの両方を調べて、出力するトークンを予測し生成します。

## 2 人工知能の大分類

人工知能（A I）は4つのレベルに大分類されます。

A Iのレベル1はシンプルな制御プログラムで、は自動制御と言われてます。全ての振る舞いがあらかじめ決められています。

A Iのレベル2は古典的な人工知能です。状況に応じて極めて複雑な振る舞いをするものです。「ルンバ」等の自動掃除機や自動洗濯機等です。

A Iのレベル3は機械学習を取り入れた人工知能で、ビッグデータを元に入力と出力の関係を学習するものです。例えば、地図情報は、ドライビイングのA I案内システムとして使用されています。

A Iのレベル4は深層学習を取り入れた人工知能です。ビッグデータの特徴量を自動的に学習するものです。

## 3 A I効果

人工知能で何か新しいことが実現されと、「それは単純な自動化であって知能とは関係ない」と結論付けてしまう人間の心理的な効果をA I効果と呼びます。これは、時代とともにA Iのイメージが変化するという興味深い現象です。例えば、自動掃除機「ルンバ」も、登場した時は人工知能を活用した画期的な掃除機と言われていましたが、時代とともにイメージが変化してきて何となく自動掃除機というイメージに定着しました。このように、A I効果によって人工知能の貢献は、見誤られがちであると言われてています。

## 4 人工知能とロボットの違い

人工知能とロボットの研究は明確に異なります。一言で言えばロボットの脳にあたる部分が人工知能であると言われてています。京都大学名誉教授・長尾真先生は「人工知能には物理的な身体は必要ない。人工知能の研究はロボットの脳だけではない。というのも、囲碁や将棋といったゲームでは物理的な体は必要ない。

人工知能は『考える（知的な処理能力）』を扱う。言い換えると、人工知能の研究というのは『考える』という『目に見えないもの』を中心に扱っている学問です」と。ただこれは日本的な捉え方で、米国ではコンピュータ歴史博物館を見ると、人工知能の研究は最終的には、火星探査で使われるようなロボットを作ることだったり、自動運転する車を実現することを目標にしているようなところがあります。その辺りは、日本の捉え方とアメリカの人工知能の捉え方とで、若干違いがあるのかなと思います。

### ・世界初のAIロボット「SHAKEY」

実際、コンピュータ歴史博物館の人工知能&ロボットコーナーでは、正面に「シェーキーズ（SHAKEY）」と言われた第2次AIブーム時代に作られた世界初のAIロボットが展示されています。英語の命令を受けて動くロボットで、自動運転をします。ミニコンピュータを搭載したシステムが動いています。SHAKEYは今でも火星探査車とかの原理のもとになっているそうです。

### ・AIは哲学の最前線

長尾先生のご講演によれば、「人間の頭脳というのは、五感である情景、音、匂いや味という情報を、知識による判断を行い、その意味を解釈して、感性の働きを経て、感情を理解する心に達します。そこで、心に達した情報を、生まれながら持っている魂に照らし合わせ、逆方向に心から感性の働き、意味解釈、知識の判断という風に情報を処理して行きます。それを司っているのは意識の働きです」と説明されています。「理性脳」は、知識による判断を行い、その意味を解釈する脳です。「感性脳」は、意味を解釈して、感性の働きを行う脳です。「心性脳」は、感性の働きを経て感情を理解する心で、「魂脳」は生まれながら持っている魂です。大脳皮質に関係するのは「知」、連想や無意識に関わるのは「情」で、意欲や生命力は「意」です。「AIは人の心を理解できるか？」という問いに対して「感性、感情の検出はある程度できる。それには、言語の理解、人の発話に含まれる意味、感情などが把握できねばならない。人の発話に適切に応答するAIを作ることが重要な課題である。そのためには人の心の状態の適切な推定が必要である。介護ロボットは人の心を和ませる応答が出来ねばならない」、「介護ロボットの対話能力は？」という問いに対して「介護ロボットは人の心を和ませる応答が出来ねばならない」一般的な知識のほかに、介護される人の個人情報や親戚、知人などの情報もロボットが知っている必要があります。

## 5 AIが人間を超える！「シンギュラリティ」

### ・激動のAI時代

現在、無人自動運転自動車などに搭載された深層学習（ディープラーニング）を行う優れた人工知能（AI）の登場がある一方で、大きな不安が発生しています。2030年の「AIが労働者に置き換わる」雇用大崩壊と、2045年の人類の危機「AIが人類を超える」シンギュラリティ（技術的特異点）という問題があるからです。

### ・「シンギュラリティ(技術的特異点)とは

AIが自らを少しでも越えるAIを産み出せるようになったとき、一気に発散すると言われてています。

レイ・カーツワイル氏は、著書『シンギュラリティは近い (The singularity is near)』で、「技術的特異点について学べば、過去の重大な出来事やそこから派生する未来についての見方が変わる。特異点を正しく理解できれば、人生一般や、自分自身の個別の人生の捉え方がおのずと変わるのだ。・・・人工知能の分野で語られるシンギュラリティ(技術的特異点)とは、人工知能が十分に賢くなり、自分自身よりも賢い人工知能を作るようになった瞬間、無限に知能の高い存在を作ることになり、人間の想像力が及ばない超越的な知性が誕生するという。・・・シンギュラリティは、2045年の近未来である。シンギュラリティは「人工知能が人間よりも賢くなる年」であるという広義の意味で使われることも多いが、そのような出来事は2029年頃に起きると予測している。技術的特異点以後の世界では、人間と機械、物理的な現実とヴァーチャル・リアリティ(VR)の間には、区別が存在しない。」と話しています。

### ・人工知能は生命体か

生命というと、まず「種族の維持」です。お父さんお母さんがいて子供がいます。次に「個体の維持」です。体温を維持するとか、物を食べて排泄してエネルギーに変えていくというようなものです。それから「エラン・ヴィタール」です。エラン・ヴィタールとは、哲学者のアンリ・ベルクソンが著書『創造的進化』で述べた概念で、突拍子のないことを行うことがある「生命の躍動」です。生命の躍動の一つの例が「夢」です。夢では全く今までとは違った考え出すことができるわけです。

生命 = 種族維持 + 個体維持 + エラン・ヴィタール (生命の躍動)

(アンリ・ベルクソン『創造的進化』より)

「A Iが人間を超えるシンギュラリティ」が来ると言われ、今激動の時代を迎えています。

2029年にはA Iが人間より賢くなり、

2030年「A Iが労働者に置き換わる」という雇用の大崩壊が起こり、

2045年の人類の危機「A Iが人類を超えるというシンギュラリティ」が来るといふ不安があるとされています。

シンギュラリティとは、技術的特異点とも言われ、A Iが自分自身を少しでも超えるA Iを生み出せるようになった時、一気に技術進化速度が無限大になる(発散する)ということです。シンギュラリティが本当に登場するには、汎用A I (Artificial general intelligence) の実現が待たれます。

### ・ホモ・デウス

歴史学者ユヴァル・ノア・ハラリ氏は、著書『ホモ・デウス』で、「人間がホモ・デウスに進化すると、ホモ・サピエンスは絶滅危惧種になる」と、A I時代に警鐘を鳴らしています。

ホモ・デウス = 人間の特性 + A I

ホモ・デウスとは、人間の特性にA I活用能力を持っており、A Iを駆使できる人になった人です。ホモ・デウスの「デウス」は、ギリシャ神話の全知全能の神「ゼウス」から名付けられており、全能の人、神になるという意味です。つまりホモ・デウスが、ある意味でホモ・サピエンスに君臨し、独裁者みたいになる可能性があります。この激動のA I時代を生き抜くには学習者が何をどのように学びいかに自分の知識能力をアップグレードするか深く考える必要があるでしょう。

### ・A Iは人の仕事を奪うか

長尾真先生は「A Iは人の仕事を奪うか？」という問いに対して、「A Iに任せられる仕事は人の心に関係しない仕事である。A Iに任せられる仕事は創造的でない仕事である。

A I の導入によって得られる利益の一定の割合を税としてとり、失業者に対するベーシック・インカム財源としてはどうか。それよりもワーク・シェアリング制度を作り、それに参加する人たちにベーシック・インカムを分け与えるほうが良いだろう」と話しています。

私は「プログラム化できるものはA I システムに装備し歴史的なA I のいくつかを組み合わせれば課題を解決できるのではないか?」と思っています。

## 課題

結婚相手を探す時に信用するのはAI が選んだ人ですかそれとも親が選んだ人ですか? について考察し、あなたの考えを 800 字で説明しなさい。

## 第2講 知能の迷宮を解き明かす – 暗号解読と チューリングテストの謎めく挑戦

### 【学習到達目標】

- ・ アラン・チューリングの暗号解読とチューリングテストについて説明できる。
- ・ 汎用コンピュータとAI誕生とについて事例を挙げて説明できる。
- ・ 日本のコンピュータと日本のAIについて考えることができる。

### 1. 暗号解読とチューリングの謎めく挑戦

アラン・チューリングは、「AIの概念」を最初に考案した人物で、1956年のダートマス会議で「人工知能」という言葉が登場する以前の1950年「チューリングテスト」に代表される知的な機械についての理論を提唱し、AI研究の道筋を作り上げました。最近、映画「イミテーションゲーム」で紹介され、大きな反響がありました。アラン・チューリングは20世紀の数学者で、計算機科学者、暗号解読者として知られております。アラン・チューリングの生涯は謎に満ちており、まさに「知能の迷宮」と言うべきです。1) 暗号解読とチューリングマシン、2) チューリングテストと、3) アラン・チューリングの死という大きく3つの謎があります。

#### ・ 第1の謎「暗号解読とチューリングマシン」

アラン・チュリーング（以下「チュリーング」と言います）は、1912年イギリスで生まれ、幼い頃から身の回りの数字を覚える趣味があり、数学に関して優れた才能を発揮し、22歳で大学の研究員となりました。翌年1936年には「チューリングマシン」という計算を行う自動機械の数学的なモデルを論文「On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem」（計算可能な数について、および決定問題に適用した応用について）で提案しました。

チューリングマシンは、計算を行う自動機械の数学的なモデルで、現代のコンピュータサイエンスの基盤となるものです。

チューリングマシンは「計算する」ことを定義した仮想的な計算機で、世界初の電子式汎用コンピュータENIACすら存在しない時代に、チューリングはチューリングマシンでコンピュータの可能性を示しました。コンピュータサイエンスの観点から、チューリングは「チューリングマシンの停止問題」、「万能チューリングマシン」や、「チューリング完全」の問題を提示しました。

「チューリングマシンの停止問題」とは、チューリングマシンの計算が止まるか止まらないかを前もって判定するアルゴリズムは無いということです。アラン・チューリングは1936年このことを対角線論法で証明しました。

「万能チューリングマシン」は、あらゆる計算可能な数列を計算できるチューリングマシンのことです。

「チューリング完全」とは、計算理論において、ある計算のメカニズムが万能チューリングマシンと同じ計算能力をもつとき、その計算モデルはチューリング完全あるいは計算完備であることです。

1936年チューリングが提案したチューリングマシンは、現代の全てのコンピュータの基本原理となっています。チューリングマシンは、我々が日常使っている自然言語と同じ言語理論上「ゼロ型言語」を認識するオートマトン（自動機械）です。基本構造はカセットテープレコーダーのような構造を持っています。チューリングマシンは、1) 記号を読み書きできる無限長のテープ2) テープに読み書きするヘッド3) ヘッドの読み書きと、テープの左右移動を制御する機械（有限オートマトン）があります。無限の長いテープの一コマを読み、その内容により読み取り機械（有限状態マシン）の状態を変化させ、読み取りヘッドを左右に移動し動作を繰り返し計算します。計算結果が得られるとチューリングマシンは停止します。

基本は、読み書きするテープヘッドと、テープを左右に移動制御する有限オートマトンがあるという形です。チューリングマシンは、チョムスキーが1950年代に発表した、言語理論で説明できます。しかし、実際にチューリングマシンは地上に実現できるかと言うと疑問があります。

この疑問は、チューリングマシンの無限長テープが、この世界で実現できるかと言う事を質問するのと同じです。なぜなら、有限状態のマシンは、一定量の電気回路で実現できるからです。無限長テープは、宇宙の限りある物質を用いている限り、実現不可能だからです。

もし、毎秒あたり30万kmの光の速度の速さで、全体的に膨張しつつある宇宙空間を、記憶テープとして使えるなら、理論上、チューリングマシンをこの宇宙に実現できるはずです。

### ・ **チョムスキー階層(Chomsky hierarchy)**

チューリングマシンは、チョムスキーが1950年の時に発表した、言語理論で説明できるというわけです。言語には階層があり、0型文法の上に1型文法、2型文法、3型文法があります。コンピュータは基本的に3型文法に従っているのではないかとされています。「チューリングマシン」は、ノーム・チョムスキー(Noam Chomsky)が1950年代の中期に発表した句構造文法(phrase structure grammar)で説明できます。

### ・ **空間メモリー**

空間メモリーとは、宇宙空間に展開された複数の人工衛星あるいは人工惑星などの人工星間に存在する長大な空間距離を電波信号の遅延線メモリーとして利用したもので、各人工星に送受信装置を搭載し、各人工星間にループ状に信号伝送路を張って電波を循環的に伝播させることにより情報を記憶するようにしたものです。試算によると、地球の静止衛星軌道に三個の衛星を等間隔に打ち上げて、その間に100ナノ秒( ns )ごとに信号を送ると6.2メガビットのメモリーが誕生します。

地球上に複数の人工衛星を配置して構成された空間メモリーは、国際コンピュータ(CPU)ネットワークのための、便利な共用メモリーを提供することができます。

### ・ **多重空間メモリー**

多重空間メモリーは、単一の空間メモリーを発展させ、用いる電波の搬送波を変え、通信回線を増やし、衛星・惑星・恒星等の数々の星や、地上や海の通信網に適用する技術です。これなら宇宙全体で無限のテープを実現することができると考えられます。

単一の空間メモリーの方法は、宇宙空間内に多数の空間メモリーを実現することが可能ですが、これらの空間メモリーが個々に閉じた記憶系を構成しているため、並列的に使用可能となるにとどまり、一元的な使用ができませんでした。

一方、多重空間メモリーの方法は、一元的な使用ができないという問題点を解決するために考案されたものです。他の衛星・惑星・恒星等の数々の星や、地上や海の通信網などの複数の空間メモリーを多重化し、各空間メモリー内の遅延線路を直列に連結して、大きな単一ループの遅延線路とするものです。構成は、それぞれ送受信装置を搭載した複数の人工星間にループ状の信号伝送路を形成し、このループ状の信号伝送路における信号伝播時間を利用して遅延記憶を行います。空間メモリーを単位として、この空間メモリーを複数組み合わせ、各空間メモリー内の信号伝送路を直列に連結して単一の空間メモリーとして使用することを特徴としています。

## ・第2の謎「チューリングテスト」

第二次世界大戦時、チューリングは、電気機械式のボンベ（B O M B E）を補助的に使用して、当時解読不能と言われていたナチス・ドイツ軍のエニグマ暗号の解読に成功しました。これにより、連合国が勝利できたと言われております。1946年チューリングがイギリスの初期のコンピュータ「ACE（エース、Automatic Computing Engine）」を設計しました。ACEでチューリングは万能チューリングマシンを実現し、人工知能を構築することを目標としていました。ACEは、大学に転出したチューリングが謎の死を遂げた数年後に完成しましたが、既に時代遅れになっていました。

チューリングの業績はコンピュータサイエンスの発展において非常に重要であります。以上、第1の謎はこの「暗号解読とチューリングマシン」に関するものです。チューリングは、1950年「チューリングテスト」という概念を論文「計算機と知能」("Computing Machinery and Intelligence")で発表しました。チューリングテストは、コンピュータが人間との対話で人間のように振る舞うかどうかを評価する方法です。

論文の中で、チューリングは「コンピュータは知性をいつかは達成できる。」と論じています。チューリングテストは、AIが人間の知能に近づいたかどうかを判定する基準として、今日でも重要な概念として広く受け入れられています。AIと人間をどうやって見分けるか？についてひとつの解法を編み出しました。ひいては「人間とは何か？」という哲学上の謎解きに指針を与えています。

チューリングは、AIの理論的な基盤を提供し、AI研究とAIの発展において非常に重要な役割を果たしました。第2の謎はこの「チューリングテスト」の考案に関するものです。

### ・第3の謎「チューリングの死」

チューリングは1954年に41歳の若さで亡くなりました。チューリングの死には謎が多く、自殺説、事故説や暗殺説があります。公式には、チューリングは、同性愛者であることが判明し、1952年に刑事罰のホルモン注射を受けたことで、精神に異常をきたし、自殺したとされています。その背後には彼が同性愛者であることが社会的に受け入れられていなかった時代の差別が影響していたと考えられています。

コンピュータ関連の論文がチューリング死後になって評価され、1966年には彼の名にちなみ、コンピュータ界のノーベル賞とも呼ばれる「チューリング賞」が作られました。死後60年後、チューリングの「コンピュータとAIの父」と呼ばれる業績への名誉回復として、2009年に英国政府の謝罪に続き、2013年にエリザベス女王2世から英国勲章が授与されました。2017年「チューリング法」が制定され、LGBT権利運動の象徴として認識されました。2021年には50ポンド英国紙幣に描かれました。このように、現在でもチューリングは科学と社会に大きな影響力を持っています。

面白い話があります。英国政府は第二次世界大戦後、英国の旧植民地の国々等に「解読不能の暗号機」として使わせ、チューリングの死後もそれらの国々の内情を探っていました。こんなわけで、50年間英国政府が、チューリングのエニグマ暗号解読の功績を封印していました。チューリングは、「コンピュータとAIの父」、「チューリング賞」や「チューリング法」で今でも影響力が大きく、第3の謎はこの「チューリングの死」に関するものです。

## 2. 第1次AIブーム「推論・検索の時代」

第1次AIブームは「推論・検索の時代」です。第1次AIブームで中心的な役割を果たしたのは、探索・推論の研究です。

### ・探索・推論「探索木（たんさくぎ）」

迷路の問題は、このままではコンピュータで問題を解くことができないため、最初に行うべきことは、迷路の問題をコンピュータで処理できるような形式「探索木」に変換することです。

## ・SHRDLUの「積木の世界」

第一次AIブームで有名になったシステムとして、シュルドゥルー（SHRDLU）という「積木の世界」があります。SHRDLUは、1971年にTerry Winogradによって作られた言語理解システムです。

SHRDLUは積木の世界を対象にしており、ブロックやピラミッドなどの積木を操作するロボットと、人間がキーボードから入力した自然言語で会話をしながら、指令を出してロボットを動作させものです。例を見てみましょう。

人：赤い大きなブロックを1つ取りなさい。

〈図のようにロボットが①緑のブロックを別の場合に移し②赤い大きなブロックを持ち上げるところです〉

ロボット：OK。(そうします)

人：ピラミッドをつかみなさい。

ロボット：どのピラミッドをいうのか、わかりません。

人：あなたが持っているのより背の高いものを探して、それを箱に入れてください。

ロボット：「それ」というのは、いま持っているのより背の高いものをいうこととします。

ロボット：OK。(それを実行します)

〈図のようにロボットが③赤い大きなブロックを降ろし④背の高い青いブロックを箱に入れます〉

人：その箱には何がありますか？

ロボット：ピラミッドと青いブロックがあります。

・・・ という風に対話が進んでいきます。

SHRDLUの面白いのは、人が「ピラミッドをつかみなさい」というと、ロボットが「どのピラミッドをいうのか。わかりません」とわからないことを聞き返す。人が「あなたが持っているのより背の高いものを探して、それを箱に入れてください」といい、代名詞「それ」で指示すると、ロボットは「『それ』と

「これは、いま持っているのより背の高いものをいうこととします」と代名詞「それ」の意味するものを確認して動作します。SHRDLUに代表される自然言語を理解するコンピュータシステムは言語理解システムといわれます。

### 3. 汎用コンピュータの誕生

1946年世界初の電子式汎用コンピュータENIACの誕生した時、コンピュータを動かすプログラムを内蔵するメモリーが必要と分かりました。メモリーが無いと、毎回人手で配線を変え、プログラムを作成せざるを得ませんでした。

世界初のプログラム内蔵式として設計され、1949年に完成した英国のEDSACは水銀遅延線メモリーを搭載し、1951年米国のEDVACでようやく、現在のノイマン型アーキテクチャが確定しました。

1956年人工知能(Artificial Intelligence)という言葉は、エニアックの誕生からちょうど10年後にアメリカで開催されたダートマス会議において初めて使われました。これがチューリングマシンから見たコンピュータ及び人工知能(AI)の歴史です。

#### ・エニアック(ENIAC)の誕生

1946年にアメリカのペンシルベニア大学でエニアックという17、468個もの真空管を使った巨大な電算機が開発されました。ENIACは世界初の汎用コンピュータで圧倒的な計算力を持っていました。ENIACの誕生で、いずれコンピュータが人間の能力を凌駕するだろうと言われました。

「ここに展示されているのはENIACという名前の非常に早い時期に作られた電子計算機です。実際には戦争中の1945年ぐらい、もうちょっと前の1940年代に始まって、実際に完成したが1946年です。当初の目的は大砲を撃つ時にどういう条件だったらどこに届くというのを計算するものでした。射程表というのがあり、その計算をするためと言われましたが、実際にはいろんな計算に使うことができました。真空管が約1万8千本です。稼働時間が非常に短いということがありましたけど、結構いろんな計算ができたみたいです。実際には、まだ記憶装置という技術がなかったので真空管を使って、数字を覚えさすということで、十進だったんですけど。プログラムを、その中にストアするという考えは、まだ当時はなくて、演算器が20個あって、針金でつなぐというような

いわゆるそのアナログ計算機の延長としての方式というか作り方だったわけです。そういうわけで実際にはそのうまくやれば、20個の計算をいっぺんにすることができたんです。それをフォン・ノイマンが見て、後になってそんなにそのややこしいことは辞めたほうが良いと言って、一つだけ残して、あとは全部数字を記憶するレジスターに変えてしまったという話がありました。カリフォルニア大学バークレーのレーマという有名な先生がえらく怒っていたそうです。これが世界最初の商用コンピュータです。」

#### ・汎用コンピュータIBM360の誕生

汎用コンピュータIBM360の誕生した話について、三浦先生にお話を伺います。「これはIBMシステム360モデル30と書いてあります。当時IBMが作って、一世を風靡した汎用計算機であります。それまでは計算機っていうのは商用化されてはいましたけれど、事務用の十進法を扱う計算機と、科学技術計算用の2進法を扱う計算機という2つの流れがありました。IBM360っていうのはそれを両方ができると言うので、「360度カバーします」という意味で360とつけたそうです。その方式をまとめたのがアムダール博士です。要するにIBMの中で、方式の一つにまとめたと言う。ある意味で画期的な計算機だったわけです。これによって、IBMはマーケットを席卷して、一世を風靡したということになります。1964年から販売を開始したということだったと思います。」

#### 4. 日本のコンピュータ

国産コンピュータはゼロからの大逆転で始まりました。「プロジェクトX」「国産コンピュータ - ゼロからの大逆転」に詳しく描かれています。NHKでテレビ放送されましたから、ご存じの方も多いことでしょう。そこには「挑戦者に無理という言葉はない」という池田さんの有名な言葉が残されています。

#### ・「プロジェクトX」の裏話

実はこれにはもう一つ裏話があります。小林大祐さんは、池田敏夫さんや山本卓真さんの上司でした。小林大祐さんから「コンピュータは自主開発しよう。」と言われ、それを受けて池田敏夫さんがコンピュータの事業化に取り組みました。

世界戦略としてそれまでのFACOMは、IBMとは関係がないものでした。「ソフトウェアの共通性が大事になります。」ということで、IBMと関係を作ろうと言うことになりました。そのためには三浦先生がお話しされたようにIBMシステム360の設計を行ったAMDAL氏と手を組もうというような話になったわけです。池田さんの夢は、世界のスーパーコンピュータを作ることでした。一方小林さんは、それとは別に日本語情報処理システムを作ろうということで、日本語入力装置を作らなきゃいけないということで、ワードプロセッサ「OASIS」（オアシス）の開発になったわけです。その時に日本語情報システムとしては、大規模な転換がありました。1バイト8ビットというものから、漢字1万語以上のものを扱えるために16ビットコードでコンピュータを使えるようにするという風にしたわけです。山本卓眞さんは池田敏夫さんとコンピュータの共同事業化を進められ、池田さんが亡くなられた後、1979年IBMを売り上げで抜いて世界トップに立ちました。そして米国アマダール者に出資すると同時に、英国ICLに出資してグローバル戦略を進めました。

ところで、日本には独自の計算機がありました。高橋秀俊さんが組み立て指導されたパラメトロン計算機です。高橋さんは後に富士通の顧問に就任されました。高橋先生のお弟子さんの山田博さんが、パラメトロンコンピュータ開発やFACOM Mシリーズの開発を経て、川崎研究所所長に就任されました。高橋研の若手に三浦謙一博士がおられて、結局池田敏雄さんの「スーパーコンピュータ」という夢を実現することになります。

日本のコンピュータを作るにあたって、まず日本語が使えるということが大事なことでした。これまでのものは英語を中心に情報が処理されるというものでした。それを日本語中心に情報が処理するためには、そもそも日本語とは何なのかということで日本語の文化の変遷を調べなければならなくなりました。それをいろいろ調べて分かったことは、例えば、まず漢字の単語が入ってきて、万葉仮名、カタカナ、ひらがなができ、日本語のカナ混じり文ができました。その後ポルトガル語やオランダ語が入って来て、ヘボン式のローマ字、訓令式ローマ字を経て、現代仮名づかいとなりました。実に1万5000語近くの文字種があって、これを全部扱えるようにしなければならないということが出てきました。

とっても面白い話なのですが、上司の中には「こんな早いコンピュータが日本でできるのだから、もう今更その日本語処理なんかなくても良い。日本人が英語をしゃべるようになればそれで全て済むじゃないか。会社のトップにそう言ってくれ。」と日本語処理システム開発に異を唱える人もいました。

その時、澤井進は「日本人の脳」（角田忠信）という本を見つけて、角田博士は「日本人の脳と西洋人の脳では脳の使い方が異なっています。」と解説されました。角田先生の弁を受け、例えば、日本人は、虫の「ね」（音）を左脳を使い、言語として捉えています。西洋人の場合は虫の「ね」（音）というのは右脳を使い、音楽か雑音のように捉えています。だから、日本では虫の音に侘び・寂びを感じることができるのです。そこで、澤井進は「日本人と西洋人では脳の使い方が違うのですよ。」と言いました。上司は「それなら日本人のコンピュータ、日本語のコンピュータを作らなければしょうがない」と言い、それ以来、異を唱える人はいなくなりました。

#### ・「日本語が処理できる」

「日本語が処理できる」ためには、まず日本語のデータ処理ができなければならない、漢字処理ができなければならないということがありました。そこで、今まで8ビットだったのを16ビットコードでできるようにしました。

#### ・「日本語で処理できる」

「日本語で処理できる」ということで、日本語の文字入力装置でタイプライターに当たるものが必要だということでワードプロセッサが登場しました。ところが、キーボードで入力していると日本語の入力が非常に遅いと判明しました。何故かを、同僚の池上良己さんが調べると、意外と小指に負荷が掛かっていると分かりました。人間は、親指、人差し指と中指の3本が良く動きます。それを良く使うために新しいキーボードを作ろうという話で登場したのが、親指同時打鍵方式です。基本的によく使われる3本指に負荷がかかるというような形になっています。これによってだいたい2倍速の入力が実現できるようになりました。例えば、「KYA」があると、K、YとAの三打鍵が1打鍵で入るというわけです。その結果、新しいJISキーボード(新JISキーボード)が登場することになりました。最近AI入力であれば10倍くらい早く入力できると分かりました。

#### ・「日本語を処理する」

日本語情報処理の第3ステップは、エキスパートシステム（専門家システム）です。第3ステップの発展系として、1) デジタルアーカイブやデジタル教科書 2) ニューロコンピュータ上で動作するディープラーニングや3) データ駆動型研究があります。

「日本語を処理する」脳の研究も重要です。目で見えた情報は「視覚中枢」を、耳から聞いて情報は「聴覚中枢」を、それぞれ経由して「Wernicke中枢」に集められます。その後、「概念（思考）中枢」を経たりして、「BROCA中枢」に至ります。BROCA中枢は、運動性言語中枢とも呼ばれ、言語処理、及び音声言語、手話の産出と理解に関わっています。

「日本語を処理する」数学のことばは、「数学」と「論理学」です。数学の例では $1 + 1 = 2$ は「真」です。 $1 + 1 = 3$ は「偽」です。論理学の例では、「ソクラテスは人間である」と、「人間は死すべきものである」という知識があれば、推論として「ソクラテスは死ぬべきものである」という新しい知識を得ることができます。

論理的な処理をやるうというのは、第2次AIブームで生かされるわけです。

#### ・第4世代コンピュータ

「第4世代コンピュータはLSIの上に100個以上の素子を搭載して高速処理を実現しました。IBMシステム360の開発者アムダールさんと共同開発したものです。この第4世代コンピュータの成功のおかげでアムダール470V、富士通M200と富士通M190が登場しました。」と三浦博士が話します。

### 5. チューリングテスト

1950年チューリングは「人間か人工知能か」を見分けるテストを提唱しました。機械が知能を持てるか？ある機械が知能的（AI）かどうかを判定するためのテストは、今日「チューリングテスト」と呼ばれています。チューリングは、同じコンピュータをソフトウェアによっていろいろな仕事に使うという、今日普及している方法の可能性を70年以上も前に理論的に示していました。これは情報処理の原点ともいえるべきものです。更に、チューリングは機械が知能を持つ可能性について肯定的な考えを持つに至ったと言われています。チューリングテストの現在知られている手順は以下の通りです。

- 1) 壁の向こう側に1台のコンピュータと1人の人間（回答者）を用意します。
- 2) 壁のこちら側に2台のディスプレイとテストする人がいます。1台のディスプレイには回答者が、もう1台のディスプレイには人間をまねるように作られたコンピュータが受け答えした結果がそれぞれ出てきます。

3) テストする人とコンピュータ・回答者とそれぞれ対話します。コンピュータも回答者も相手に人間だと思われるように対話します。コンピュータは人間をまねる努力をして、例えば、わざと計算に時間をかけたり、間違えたりします。

4) テストする人が、対話相手が人間か、コンピュータかを答えます。テストをする人がどちらが人間でどちらがコンピュータか分からなければ、このコンピュータには知能があるとするのがチューリングテストです。一般的には複数いる判定者のうち30%をだますことがチューリングテストの合格ラインとされています。

### ・チューリングテストの合格基準

1950年チューリングが論文「COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE」内で「50年ほど経てば、5分程度の質疑応答では、質問者は対話相手が人間かコンピュータかを70%も当てられないだろう。」と言っていることから、質問者の30%以上が、対話相手が人間かコンピュータか判断がつかないことが、チューリングテストの合格の一つの基準とされています。

### ・チューリングテスト合格

2014年6月8日、英国レディング大学で開催して「チューリングテスト2014」(Turing Test 2014)において、ウクライナ在住の13歳の少年という設定の「ユージーン・グーツマン」(Eugene Goostman)というプログラムを、審査員の30%以上が「人間である」と判断し、チューリングテストに初めて合格したと報じました。

### ・中国語の部屋

「チューリングテストに合格すれば本当に人間並みの知能を持ったといえるのか？」という疑問は長年提示されてきました。その代表例が、米国の哲学者サール(John Rogers Searle)の『中国語の部屋』という思考実験です。この思考実験の内容は以下の通り。1) 英語しかわからない人(英語話者)が中国語で書かれた完璧な説明書を用意します。完璧な説明書には中国語の意味は一切書かれていません。中国語を記号として考え、対応するページには中国語の質問に中国語でなんと回答すればよいか記載されています。2) 英語話者に中国語で質問が書かれた紙を手渡します。3) 英語話者が完璧な説明書で質問に回答します。

4) 英語話者は中国語の意味を一切理解していないのに、外部からは中国語の質問に適切に回答したと観測できます。同様に、あたかも知能があるような受け答

えができるかを調べるチューリングテストに合格しても、本当に知能があるかは分からないという反論です。

## 6. ダートマス会議

1956年「人工知能」という言葉が、アメリカで開催されたダートマス会議において誕生しました。ダートマス会議は、ダートマス大学教授のジョン・マッカーシー主催で、認知学者のマルビン・ミンスキー教授とか神経学者のアレン・ニューウェル教授など、人工知能研究で重要な役割を果たした著名な研究者たちが一堂に参加して、知的コンピュータ・プログラムの出現可能性について議論されました。それを、「AI」（「人工知能」、アーティフィシャルインテリジェンス）という言葉にしました。そういう意味で「AI設立の父」というので図の10人の人が挙げられています。

特に、ニューウェルとサイモンは、世界初の人工知能プログラムと言われる「ロジック・セオリスト」をデモンストレーションしました。このロジック・セオリストは、コンピュータを用いて数学の定理を自動的に証明することが実現可能であることを示しました。コンピュータが、掛け算や引き算とか計算しかできなかった当時、画期的なことでした。

### 課題

貴方はAIの教師と人間の教師どちらから学びますか？について考察し、あなたの考えを800字で説明しなさい。

## 第3講 知識が翼を得る瞬間－知識表現と エキスパートシステムの知の舞

### 【学習到達目標】

- ・第五世代コンピュータ・プロジェクトを説明できる。
- ・知識表現形式、機械翻訳、エキスパートシステムについて事例を挙げて説明できる。
- ・知識（暗黙知）獲得の問題について考えることができる。

### 1. 第2次AIブーム「知識の時代」

第2次AIブームは1980年代に始まり、脳神経の学習モデル、知識のコンピュータへの蓄積、第5世代コンピュータの開発、チェスプログラムがチャンピオンに勝つなど、種々の進歩がありました。

#### ・AIは哲学の最前線

2019年3月「AIは哲学の最前線」を講演された長尾真・京都大学元総長は、「AIの歴史と本質」について次のように講演されました。

#### ・AIの歴史と本質

「AIの歴史を紐解いてみますと、1956年にコンピュータ計算だけではなく、人間の知的能力を実現できるのではないかとして、アメリカを中心に始まったわけです。当時、AIの中心テーマは、定理の証明、文字、図形、風景などの認識、音声の認識や、言語の翻訳などでした。

1980年代に脳神経の学習モデル、知識のコンピュータへの蓄積、第5世代コンピュータの開発、そしてチェスプログラムが人間の世界チャンピオンに勝つなど数々の進歩がありました。しかし、実際の社会に役立つことにはなりません。2000年代に入って学習プログラムも抜本的進歩を遂げ、深層学習、巨大なデータの利用の実現などがあり、AIの実用化の時代に入ったといわれています。世界の数々の現象というのは基本法則、例えばニュートンの力学、量子力学というものがあって、それに各分野の固有の法則、例えばオームの法則や流体力学で説明してきているわけです。

もっと精度を上げたり、法則では説明できない事象、例えば経済現象については膨大なデータから経験的に学び、未来を予知することを行ってきました。

人工知能も認識、記憶、推論、学習の機能を持って、外界現象を認識して、記憶しました推論して、判断をし、行動するということが行われてきました。人工知能の本質は、これらの働きを通じてだんだんと賢くなっていく学習能力を持つことでありました。」と話しています。

第2次AIブームで中心的な役割を果たしたのは知識表現の研究とエキスパートシステムでした。その時、人工無能というような言葉でチャットボット（チャットのロボット）が登場してきました。チャットボットの始まりはイライザです。チャットボットは、おしゃべりロボットといったコンピュータ・プログラムで、あらかじめ定められたルール手順に沿って会話を機械的に処理します。チャットボットは、実際には会話内容を理解しているわけではありません。チャットGPTも、チャットボット的一种なので実際に会話を理解しているわけではありません。事前に学習した学習データに基づいて統計処理を行い、答えを返しているという訳です。

### ・イライザ（ELIZA）

チャットボットの代表的な例として、「イライザ」があります。

1964年から1966年、MITの教授のヨゼフ・ワイゼンバウムによって開発されました。相手の発言パターンに応じた回答を行うもので、初期に成功したチャットボットと言われています。余り良くできていたので、チャットボットの質疑応答を人間の質疑応答と見なしがちになるという「イライザ効果」という言葉もできました。イライザの会話では、人間は「パラノイア」といわれる精神分裂症の患者で、イライザは、パラノイアを診断する医者です。

チャットボットの歴史を見て分かるように、チャットボットはイライザに始まり、ワトソンを経て、Amazon Lex等というように多数存在します。「チャットGPT」や「BARD（現Geminin）」もこの中の一つです。

## 2. 第五世代コンピュータプロジェクト

第五世代コンピュータというのは、第4世代のLSIを超えるVLSI（超LSI）使っており、第五世代コンピュータにどれくらいの知能を乗せるかがポイントで、並列処理できる記号論理を使っています。並列処理であれば、高速で知能処理ができるだろうと考えられたわけです。

第五世代コンピュータ・プロジェクトの計画づくりは、1978年の秋から準備が始められました。そのねらいとするところは、10年～20年後のコンピュータを設計することでした。1982年4月第五世代コンピュータは、国家プロジェクトとして開始されました。狙いは1990年代の汎用コンピュータの開発でした。1983年国際会議「FGCS'81」が東京で開催され、エドワード・ファイゲンバウム教授が「エキスパート（専門家）システムとは、さまざまな職業の分野で人間の専門家と同じレベルで仕事をするコンピュータ・プログラムのことである」と強調しました。第五世代コンピュータの設計思想の中核は論理プログラミング（PROLOG）と超並列でした。

1982年の4月に国家プロジェクトとして、開始されてから約10年以上継続しました。その間、国家予算約540億のお金が投資されました。当時の約540億は、2023年現在換算では10倍以上になるでしょう。狙いは知識情報処理を行う人工知能でした。

第五世代コンピュータのパーソナルユース（個人利用）としては個人用逐次推論マシン「PSI」（Personal Sequential Inference machine の略）がありました。論理型言語の高速なプログラミング環境を提供するため、設計当時市場に出た256Kビットのダイナミックメモリ素子を用い最大16M語まで実装可能でした。2023年現在、ちょっとしたスマホなんかでも2GBビット語を搭載していますが、当時は16MBというのはすごいことでした。

第五世代コンピュータの中心部には、ICOTが設計・開発した知識ベースマシン「DELTA」がありました。DELTAは関係モデルに基づいてデータベースを管理しており、データベースの管理が非常に得意でした。

#### ・論理型プログラミング言語プロログ（PROLOG）

論理型プログラミング言語プロログというのは、1972年頃フランスのアラン・カルメラーバーとフィリップセルによって考案されたものです。プロログプログラムのプログラムは論理式として読めます。論理式のBかつCかつDならばAであるというような表記は、プロログ（PROLOG）では次のように記述します。

A :- B, C, D.

(論理式： $A \leftarrow B \wedge C \wedge D$ )

(意味) BかつCかつDならばAである。

「:-」は論理記号の「←」(ならば)に相当します。

「日本語を処理する」という三段論法は、このプロローグでかけます。

「日本語を処理する」脳の研究も重要です。目で見たと情報は「視覚中枢」を、耳から聞いて情報は「聴覚中枢」を、それぞれ経由して「Wernicke中枢」に集められます。その後、「概念(思考)中枢」を経たりして、「BROCA中枢」に至ります。BROCA中枢は、運動性言語中枢とも呼ばれ、言語処理、及び音声言語、手話の産出と理解に関わっています。

「数学の言葉」のプログラムの実行は、「数学」と「論理学」の定理の証明を機械的に行うこととなります。例えば、「数学」の「 $1 + 1 = 2$ 」は真であり「 $1 + 1 = 3$ 」は偽です。

「論理学」の例では、知識①「ソクラテスは人間である」と知識②「人間は死すべきものである」から、新知識「ソクラテスは死すべきものである」が得られます。与えられた知識から新しい知識を得ることを推論(三段論法)と言います。

論理プログラミング言語PROLOGのプログラムの実行は、次のように定理証明を機械的に行います。大前提「すべての人間は死すべきものである」と小前提「ソクラテスは人間である」から、結論「ソクラテスは死すべきものである」が導き出されます。これをPROLOGで記述すると次のようになります。

```
mortal(X):-human(X).
```

```
human(Socrates).
```

```
mortal(Socrates).
```

次の例では、「全ての飛行機は空を飛ぶ」と「ボーイング747は飛行機である」から「ボーイング747は空を飛ぶ」と推論(定理の表明)できるというわけです。

```
flies(X):-A I rplane(X).
```

```
A I rplane(boeing747).
```

```
flies(boeing747).
```

PROLOGを使えば、機械的に定理の証明ができるわけです。

## ・談話理解実験システム：DUALS

談話理解実験システム「DUALS」(Discourse Understanding AI medat Logic-based Systems の略)は、次の例文では規則数は60規則、語い数は100語程度です。次の対話は、談話理解実験システム「DUALS」の実行例です。

「あと1時間でマニラへ着こうという時に、どうしたことか急にエンジンから白い煙が吹き出しました。

これを発見した機長のロールさんははっとしました。

(「これ」は「前の文全体の状況で、「機長」は「ロールさん」と理解する)

もし火でも吹こうものなら飛行機は爆発してしまいます。

(O(目的) 代名詞は「エンジン」と理解する)

下は広々と広がる太平洋です。

(O 代名詞は「飛行機」と理解する)

そうすると50人の乗客の命はどうなるでしょう。

(「そうすると」は「飛行機が爆発する」と理解する)

ロールさんは急いでスチュワーデスの淵上さん呼びました。

(「ロールさん」は「機長のロールさん」と理解する)

そしていざというときの用意するように命じました。

(O 代名詞は「ロールさん」、O 代名詞は「淵上さん」と理解する)

淵上さんの顔がひきしまりました。

『お客さまにお知らせしますか』

(話者は「淵上さん」、聴者は「ロールさん」、O 代名詞は「淵上さん」、お客さまは「乗客(文v)」、O 代名詞は状況と理解する)

『なんとかこのまま飛んでみる、お客さまには知らせないほうがよい』

というように、代名詞や状況等を理解しながら談話処理が行われます。

## ・第五世代コンピュータの辞書システム

第五世代コンピュータの辞書システムは次のようになっています：

見出し語【あびる】 . . . . . 0063

・読み1：1[あ-び-る]

・品詞1:動詞(DX)

・活用情報:語幹→あ

活用種→上一段(K 1) 活用形→バ行(BG)

・シソーラスコード1：A

・格支配パターン1：

[SP | MOA] { {が} A+ [NOO] {を} 0

・例文1：

太平洋のビキニ島で行われたアメリカ合衆国の水爆実験によって、日本の漁船「第五福竜丸」が放射能の灰を{あび}、そのために、やがて乗組員の中に死ぬ者が現れました、(出典：109069)

見出し語【あふれ】 . . . . . 0064

・読み1：1[あ-ふ-れ-る]

・品詞1:動詞(DX)

辞書というのは、例えば「放射能をあびる」の「あ」は、動詞の語幹で、活用種は「上一段」(略称は「k1」)です。動詞の語尾は、活用形「バ行」(略称は「BG」)です。意味分類コードの一種の「シソーラスコード」は「1：A」で、格文法の「格支配パターン」は「1：[SP | MOA] {が}A+[NOO]{を}0」です。

つまり、格支配パターン1は、シソーラスコードAの主格([SP | MOA])が、シソーラスコードOの目的格([NOO])を、動詞(あびる)の意味構文パターンで構成されることを意味します。さらに、動詞(あびる)の例文も辞書に記載されています。

## ・第五世代コンピュータの再評価

現在、第五世代コンピュータの再評価が行われています。

今日「人間中心のA I」では「A Iがどのような判断をしたか」をA Iが説明することが要求されています。これは、「A I倫理」の問題とされています。

「人間中心のA I」という時代の要望に応えるため、論理的に説明できる第五世代コンピュータの技術を活用しようと言う研究者も現れて来ています（2020 A I S u m m i t、カナダの講演者）。

このように、A Iの歴史を理解することによって新しい問題に活路が見つかるかもしれません。よく昔から言われてますが「故きを温ねて新しきを知る（ふるきをたずねてあたらしきをしる）」と言いますが、第五世代コンピュータの再評価により「説明できるA I」に活路ができるのではないかと考えています。

## 3. 知識表現形式

知識表現にはいろいろありますが、まず意味ネットワーク（セマンティックネットワーク）は現在の人工知能において重要な知識表現の方法の一つとなっています。セマンティックネットワークは、もともと認知心理学における長期記憶構造のモデルとして考案されました。セマンティックネットワークは概念をラベル付きのノードで表現し、概念間の関係をラベルについたリンクと、リンクで結んだネットワークとして表しています。

### ・オントロジー

オントロジーはセマンティックネットワークを更に発展させたものです。オントロジーは、本来は哲学用語で「存在、または存在に関する体系的理論」という意味で使われています。オントロジーのA Iでの定義は、「概念化の明示的な使用」とされています（トム・グルーパー）。

1984年サイク（C Y C）プロジェクトが開始されています。サイク・プロジェクトの目標は、「一般常識全て、森羅万象をコンピュータに取り込み知識ベース化し、人間と同等の推論を行うシステムを構築する」プロジェクトということです。1984年グラス・レナートによりスタートし現在も継続中です。人間の一般常識がいかに膨大か、形式的な記述がいかに難しいかがわかります。

以下は澤井進が考案した知識表現形式です。特長は、言葉で伝えられない匠の技のノウハウや顔の表情などといった「暗黙知」を記述するために動画を活用する点です。「動画知」、言葉で伝えられる「自然言語知」と、検索するためのIEEE準拠の「メタデータ」という3項組の知識表現となっています。

## ・ワトソン

知識表現を使って、エキスパートシステムの延長上で有名になったのがIBMの「ワトソン」というものです。2011年米国のクイズ番組「ジェパディ」に出演し、歴代の人間チャンピオンに勝利したことで、ワトソンは一躍有名になりました。実際にチャンピオンになると賞金が支払われます。IBMのワトソンは基本的には質疑応答システムです。ウィキペディアの情報をもとにライトウェイト・オントロジーを生成して、それを解答に利用しています。

## ・東ロボ

2019年日本で東大入試合格を目指す人工知能「東ロボくん」の開発がスタートしました。2016年6月の進研ゼミの模試では、偏差値57.8をマークしてほとんどの著者立大学に合格できるレベルに到達しました。

しかし東ロボくんは質問の意味を理解しているわけではないので、読解力に問題があります。何らかの技術的なブレイクスルーがない限り東大合格が不可能という理由から、2016年に開発が凍結されました。

国立情報学研究所の新井紀子教授は、「深い意味を広範囲で読解しなければならないタイプの問題や抽象的な類推を必要とするような問題は今の時点では難しい。これまでの研究成果から分かったことは、子供は、AIよりも暗記や計算で劣っているからAIに負けたのではなくて、実はAIと同じように意味を理解しないで無理に問題を解いていたから負けたらしいということがわかってきました。正直言って東ロボの成績を上げるよりも中高校生の読解力を向上させる方が、国民としては喫緊の課題なのではないか」と話しています。

## 4. 機械翻訳

長尾真先生は「言語はAIで最も重要なものである。言語の翻訳（機械翻訳）は60年以上かけて研究され、ようやく実用に供されるようになってきました。テキスト翻訳は、テキスト入力、形態素・構文解析、相手言語の構造への変換、単語の入れ替えと、相手言語のテキストの生成で処理されます。

それには膨大な辞書が必要です。膨大な翻訳用例の蓄積が必要です。用例の翻訳をなぞって機械翻訳する訳です。一方、音声翻訳では、音声認識によってテキストに直す、テキスト翻訳及び、テキストを音声合成によって出力します。

機械翻訳の実用化で社会が変わります。対話（音声）翻訳や文書の翻訳によって世界中の人同士の意思疎通が良くなり、他国の社会や文化的背景がわかり、相互理解が深まり、世界の平和につながるという長所があります。人は外国語を学び、話したり、書いたりできるようになれば、機械翻訳システムをよりうまく使えるようになります。また他国の文化や人間性がよりよく理解でき、相互の信頼度が密になります。したがって、機械翻訳が実用になったからといって、外国語を学ぶことの大切さは減じないでしょう」と講演されました。

機械翻訳システムは①機械辞書(機械翻訳用の辞書)、②文法規則と③アルゴリズム(機械翻訳プログラム)からなります。機械翻訳システムには元の言語と目標言語との間にどのような処理を置くかによって大別して3つのタイプに分けることができます。一つは「融合方式」または「ダイレクト方式」というような方式です。例えば日本語から英語に直接翻訳を持っていくようにする機械翻訳方式です。二つ目は、「トランスファー方式」です。解析フェーズ、変換（トランスファー）フェーズと、生成フェーズに分けて処理する機械翻訳方式です。三つ目は「ピボット方式」です。一旦エスペラント語のような形で、日本語とか英語のように、翻訳対象文と翻訳文にもないような中間言語を介する機械翻訳方式です。中間言語表現までの解析と生成だけを作成すれば、各国語間の機械翻訳ができというものです。

融合方式では、英語と日本語の文の段階が「私は持っている」とか「Apple」は「リンゴ」といった個別の対応関係をシステムが直接データベースに保存しており、パイナップルと与えられた際にはもうすぐに考えられた断片の組み合わせの中から、出力文「私はリンゴを持っている」というのを出力するというようなものです。

トランプア方式では解析処理、変換処理、生成処理が別々になった例になっています。例えば「私は本を持つ」というような文章が入ると、まず辞書を引いて、「I、 a、 book、 have」と変換します。続いて、英語変換処理で、主語、動詞、目的語という順に並べ替えて、「I have a book」と変換します。これがトランスファー方式です。機械翻訳プロジェクトは世界中に沢山あり、各社が競って作っていましたが、今は殆ど残っていません。

## ・ルールベース機械翻訳（RBMT）

機械翻訳の解析法には次の5段階があります。まず、「形態素解析」です。形態素解析ということで意味のある最小単位の形態素を解析します。続いて、「構文解析」(syntactic parsing)で自然言語の文の構造を解析します。続いて、「意味構造解析」(semantic parsing)で文が表す意味構造を認識します。続いて、「意味解析」で単語の意味に深く踏み込んだ解析を行います。解析フェーズの最後は、「文脈解析」で文章全体の意味を考慮した自然言語の処理を行います。「文脈生成」で文章全体の意味を考慮した自然言語の生成を行います。2017年にトランスフォーマーが出て、文脈解析と文脈生成までうまく処理できるようになりました。

## ・統計的機械翻訳（SMT）

長尾先生の機械翻訳方式は「統計的機械翻訳」（STM）と呼ばれていますが、当時は日英対訳用例「Eコーパス」を使った「用例翻訳」と呼ばれていました。統計的機械翻訳は、第2次AIブームの産物ですが、日米コーパスを学習した翻訳モデルと言語モデルを使います。例えば「昔々」ということがあると、翻訳モデルの方で60%の確率で「あるところに」という言葉が出てくると予測します。翻訳モデルは、出現頻度から、こういう言葉が出てくると、次にこういう言葉が出現するのは何パーセントというような情報が入っています。言語モデルの方も出現頻度で、例えばこのような場合には、「おじいさん」の出現頻度は30%で、「おばあさん」の出現頻度は40%の確率であるというような情報が入っています。第三次AIブームのニューラル機械翻訳になると、ニューラルネットの中間層にその言語情報を全て教え込んでいきます。それで機械翻訳をやっていくというのが第三次AIブームの機械翻訳です。

## 5. エキスパートシステムと知識（暗黙知）獲得の問題

第2次AIブームでは知識獲得の問題が浮かび上がって来ました。エキスパートシステムは各専門分野の知識を取り込み、その分野の専門家（エキスパート）のように振る舞うシステムです。

有名なエキスパートシステムは「デンドラル（DENDRAL）」と「マシン(MYCIN)」です。

## ・デンドラル

デンドラルは、1965年スタンフォード大学エドワード・ファイゲンバウム教授が開始したプロジェクトで、未知の有機化合物を質量分析法で分析し、有機化学の知識を使って未知の有機化合物の分子構造を特定するものでした。DENDRALは、化学者が行うような判断と問題解決の過程を自動化したものであるため、世界初のエキスパートシステムとされています。DENDRALの成功により、巨大な知識ベースを利用する知識工学（knowledge engineering）という新しい学問分野が始まり、日本の第五世代コンピュータ・プロジェクトにも大きな影響を与えました。

## ・マイシン

マイシンは1970年代スタンフォード大学で開発されたもので、DENDRALから派生したもので、血液中のバクテリアの診断、緑膿菌の有無の診断支援をするものです。感染症の専門医が正しい処方する確率は80%で、マイシン自身は69%ですが、開業医の内科医の40%よりはるかに良い成績です。500ルールを持ったルールベースのLISPプログラムになっています。簡単な質問に順番に答えていくと、感染した菌を特定し、それに合った抗生物質を処方するというシステムです。あたかも感染症の専門医のように振る舞うことができました。

診断のための対話というのは、例えば「培地全体はどこ？」という問いに「血液だ」と、「細菌グラム染色の分類の結果は？」という問いに「ネガティブ」と、「細菌の形は？」という問いに「棒状」と、「患者の痛みはひどいか？ひどくないか」という問いに「ひどい」と回答した場合は、診断結果として「細菌は緑膿菌である」と判定します。専門家の知識を扱った利用の領域で、あたかも専門医と対話しているような、視点の機能や説明機能を備えていることで、エキスパートシステムの実例として大きな注目を集めました。これならビジネスでやってみようということで、第二次AIブームが開いたわけです。

## ・知識獲得の問題

エキスパートシステムの開発は知識獲得の問題があって、人間の専門家からの知識獲得はとても困難でした。専門家の知識の多くは経験的なものであり、またその知識が豊富であればあるほど「暗黙知」であるため、つまり言葉では説明できないものでした。

例えば、優れた内科医は、患者の顔を見たり、聴診器を患者の胸に当て患者の体の音を聴くだけで、かなりの程度で病状を判断できます。どのような表情を見分け、どのような音の違いを聴き分けているのか、言葉で説明することは難しく、分かっているのにうまく言えない知識です。マイケル・ポラニーは、言葉では説明できないが、理解して使っている知識があることに気付き、「暗黙知」と名付けました。暗黙知を自発的に述べてもらうことはほとんど不可能であり、上手にヒアリングで取り出さなければなりません。

知識獲得の問題は今後に残されています。エキスパートシステムが扱うような一部の専門家だけが持つ高度な知識は明示的で体系化が終わっている場合が多い。常識的な知識は「暗黙知」で明文化されていないことが多く、このような知識をコンピュータで扱うのはとても難しい。知識を共有したり再利用したりする方法も問題になり、コンピュータで知識を扱うための方法論（意味ネットワークやオントロジーなど）が注目されるようになった。

経験から得られる暗黙知とは、一言で言えば、言葉で説明できない知識です。別の言い方をすると言語化しがたい知識です。暗黙知は、経験や五感から得られる適切な知識で、身体的なものとか、匠の技があります。それに対してコンピュータで処理できる知識は、言語化された明示的な知識で、「形式知」と言われます。言葉で語れるような知識はコンピュータで処理できます。

言語化していない暗黙知はコンピュータでは処理しにくい。動画知には暗黙知が含まれるので、動画を上手く使えばいいのではないかと考えられています。

## 課題

AI搭載の自動運転の車は、信号無視で突然歩行者が飛び出した時、壁に激突しても歩行者を救うべきか、それとも歩行者を犠牲にしてドライバーの命を救うべきか？について考察し、あなたの考えを800字で説明しなさい。

## 第4講 人間の脳の謎と深層学習の魔法－目を持ったコンピュータが見せる未知の領域

### 【学習到達目標】

- ・ 3つの機械学習(教師あり/教師なし/強化学習)を説明できる。
- ・ 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)について事例を挙げて説明できる。
- ・ カレントニューラルネットワーク (RNN)について事例を挙げて説明できる。

### 1. 第三次AIブーム「機械学習、深層学習の時代」

歴史的に見ると、1990年代に、情報検索、「データマイニング」、検索エンジンの3つの動きがありました。1992年、1) 米国政府主導によるTRC国際会議が開催され、情報検索と言う概念が登場しました。2) 必要なデータを引き出す「データマイニング」が国際会議やジャーナルで立上りました。3) 1998年には、検索エンジンのGoogle社が出現しました。2000年代に入ると、Web(ウェブ)が広がり、1) 1995年には1万サイトだったものが、2006年には1億サイトになりました。2) 「ビッグデータ」(大規模データ)という言葉が登場し、3) 大量のデータを用いた機械学習が実用化しました。2006年から、第三次AIブームに突入し、機械学習・深層学習の時代になりました。

#### ・ 第3次AIブーム時代を拓いたジェフリー・ヒントン教授

「ディープラーニングの父」と称される「ジェフリー・ヒントン」教授は、英国生まれのコンピュータ科学者で認知心理学研究者です。ヒントン教授は「高校生のときに優秀な友人がいて、脳の機能についてよく話していました。大学に入り生理学を専攻して、脳の働きをさらに学べるのではないかと期待しましたが、講義ではそれを学ばませんでした。」と、インタビューで動機を語りました。ヒントン教授は、心理学やAIの講義を受けても求めていたものが得られなかったヒントン教授は「ニューラルネットワークを研究してみようと思立ちました。ニューラルネットワークの研究は、簡略化された脳機能の研究でもあります。」

と、ニューラルネットワークに関心を抱いたきっかけを話しています。

ヒントン教授のインタビューのポイントは「ニューラルネットワークの研究は簡略された脳機能の研究でもあります。ニューラルネットワークではプログラムは学習アルゴリズムをプログラムします。これはとても簡単です。ディープラーニングは、ニューラルネットワークが、層になったニューロンから知識を得るもの」です。

ヒントン教授はディープラーニングを可能にしたものは？と問われ、「ディープラーニングの画期的な点は、AIに知識を与えようとする時、知識自体をプログラムをする必要性がない点です。最も大きな成功を収めたアルゴリズムは誤差逆伝播法です。2009年には誤差逆伝播法がそれまでの音声認識の水準を上回り、より優れた音声認識能力を備えました。2012年、ディープラーニングを画像認識に適用し、画像認識の技術を競う公式のコンペティションがあり、他の画像認識のテクニックは25%もしくはそれ以上の間違いがありました。私たちの方法でも15%の間違いがありましたが、他に比べると約半分の確率です。2016年、英語・中国語のGoogle翻訳を開発し、ニューラルネットワークは言語の断片を取り込み、別の言語の断片を作成できました。言語的な知識無しに、自動翻訳が行われました。膨大な翻訳の例を見せることによってニューラルネットワークが習得しました。Google翻訳はニューラルネットワークを使い、言語の知識がゼロの状態から誤差逆伝播法のアルゴリズムだけを使い知識を得ます。最近、人間の脳でも同じようなことが行われているのではないかと考える人たちが出てきています。進化的アルゴリズムと異なり、誤差逆伝播法は1つずつ重みの変化を比較する代わりに、重みの変化の影響を算出します。」と答えています。

ヒントン教授は、「AIと人間の未来はどうか？」と問われ、「最も人間らしい部分は、人に同情すること、詩を書くことなど創造的なこと、わずかな意味の違いを理解すること部分を実現するのはまだまだ先の話です。人は創造的な分野と汎用的な知識の面で秀でていると思います。AIにものを認識させ翻訳させることができますが、汎用機能を持たせることは、まだできません。」と答えています。

更に、「汎用型AIは実現するのか？」について、ヒントン教授は、「なるかもしれません。でも、それは遠い将来の話だと思います。汎用知能を備えた正真正銘のAIに到達するには、あと50年はかかるかもしれません。理由はスケールが随分と違うのです。

今のところニューラルネットワークは脳に比べものになりません。Google が作りたいと考えているのは、ウェブ上でドキュメントを検索した場合に、そのドキュメントの内容を理解すると言う技術です。AI をさらに発展させるには、人々はもっと大胆で異なる機能の仕方をする別の種類のニューラルネットワークを研究する必要があると思います。今あるニューラルネットワークが正しいとは限りません。」と将来を展望しました。

### ・ニューラルネットワークの多層化の発想

機械学習・深層学習の基礎となるニューラルネットワークの多層化の発想は、コンピュータの黎明期からありました。しかし、膨大な計算コストが問題となって、長らくニューラルネットワークというのは低迷していました。

第1回講座でも触れましたけれども、澤井も最初の頃機械翻訳開発にニューラルネットワークを使おうと思いました。が、当時のコンピュータ「IBM360」にしても性能が遅く、メモリがないということで機械翻訳には到底使えませんでした。

例えば、コンピュータの父の1人と言われるJ. V. ノイマンは、著書「人工頭脳と自己増殖」や「自己増殖オートマトンの理論」等の著書で、人間の脳やニューロン（神経細胞）の動きを、自己増殖する自動機械（オートマトン）のプログラムとして実現する方法を記述しています。そして、学習機械の元祖にあたる「パーセプトロン」が登場しました。

### ・パーセプトロン

1957年米国の心理学者フランク・ローゼンブラット（バッファローのコーネル航空研究所）が「パーセプトロン」を考案しました。ローゼンブラットが設計したパーセプトロンは、重さ数トンの電子機械でしたが、現代テクノロジーの魔法が、それを数行の小さなプログラムに置き換えてしまいました。パーセプトロンは神経細胞を数学的にモデル化したものになります。神経細胞の樹状突起から入ってきた「入力」に、神経細胞体の中で「重み」をかけ、神経細胞の中である一定の数値以上になると「活性化」して「1」という値を、軸索を通して次の神経細胞にシナプス経由で伝えます。神経細胞の中である一定の数値以上にならない場合は全て「0」になってしまいます。神経細胞体の中で、しきいち（閾値）というものを通して、0か1かを次のシナプスに信号が送られていく仕組みです。

## ・オートエンコーダの深層化

2006年にニューラルネットワークの代表的な研究者であるトロント大学のジェフリー・ヒントンらの研究チームが、制限ボルツマンマシンによるオートエンコーダの深層化(ディープニューラルネットワーク(DNN))に成功し、AIが再び注目を集めるようになりました。これにより、コンピュータが「目」を持つようになり、目を持ったコンピュータが見せる未知の領域が広がり始めました。

同時に、コンピュータのハード性能の急激な進歩や、CPUよりも単純な演算の並列処理に優れた画像処理ユニット(GPU)の低価格化により、2012年頃からは急速に研究が活発となり、第三次人工知能ブームが到来しました。以後GPU等がスーパーコンピュータに搭載され、AI研究開発に不可欠となりました。

米Googleは、囲碁の世界チャンピオン「イ・セドル」を破った「AlphaGo」や、様々なサービスで利用している、Google独自の処理装置「TPU」(Tensor Processing Unit)を発表しました。それによると、TPU(テンスー・プロセッシング・ユニット、Tensor processing unit)はGoogleが開発した機械学習に特化した「特定用途向け集積回路」(ASIC)となっています。

## ・ディープラーニング専用機

Googleのディープラーニング専用機は、ディープラーニング専用チップ「Cloud TPU」を64個相互接続した「TPUボット」の演算能力は11.5 PFLOPS(毎秒1,000兆回の浮動小数点演算が実行できる計算能力)で、計算精度は8ビットの精度で異なるものの、単純な演算回数の比較では、8.16 PFLOPSのスーパーコンピュータ「京」を上回っています。

数学の観点から言うと、オートエンコーダを使った学習は出力が入力を再現するような学習です。人間が介在しないので「教師なし学習」と言われています。例えば、3という手書き文字をオートエンコーダの入力層と出力層に同じデータを用いて覚え込ませると、中間(隠れ層)に特徴表現として圧縮されます。

Googleのスーパーコンピュータ8台で動作する機械翻訳機トランスフォーマーという機械翻訳は今まである翻訳よりも優れた性能を出しました。

## ・量子プロセッサ

2019年3月 Google が量子プロセッサ「Sycamore」を用いて、世界最速のスーパーコンピュータでも1万年かかるとされる処理を、Google の測定結果によると200秒で実行しました。Sycamore は、結構小さなもので絶対温度0度近くの温度で動作するというものになっています。

## 2. 人間の脳の研究と機械学習

### ・人間の脳のモデル

人間の脳は100億個以上のニューロンで構成されていると言われています。一説によると800億個だとか、1000億個とかというような話もあります。たくさん神経細胞でできています。

脳のモデルを作る研究には2つ目的があります。1つは脳の仕組みを解明すること、2つ目は優れた情報処理装置を作ることです。優れた情報処理装置を作るとは、脳の中にできる外界の写し「世界像」を自己形成し、思考・行動するような機械を創るというようなことです。

人工知能の立場では優れた情報処理装置を作ることになりますが、AI研究者の多くは「脳の仕組みを解明したい」、ひいては「人間とは何か?」というのを知りたいという人が多いようです。

脳のモデルを作る研究では、脳で神経活動が活発になっている部位の神経代謝や脳血流量の変化を、「fMRI」で測定します。1990年代は脳の10年と呼ばれており、脳科学のいろいろな分野で多大な進歩がみられました。

fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) とは、MRIの技術をもとに、脳を対象とした断層画像を取得し、脳の機能や活動の観察をするための装置・技術です。MRIは放射線を用いず、磁石による磁場と電波を用いて、生体外部から組織を画像化し、おもに全身の組織や臓器の構造の観察する装置・技術です。fMRIは、MRIの一種でありますけれども、例えば言葉を使うとき、脳のどこが働いているのか調べることが可能です。血流がよく流れている脳の活性化部位を「赤」で、あまり血流がない脳の非活性部位を「青」で表示しています。脳の仕組みを解明するという立場から、写真を見ると符号化(エンコード)モデルが働いて、視覚特徴、言語特徴、情動特徴や行動特徴というのを脳活動としてfMRIで画像化できます。動としてfMRIで画像化できます。

優れた情報処理を作るという立場からは、例えば、被験者に「感覚入力の写真を見せ、符号化モデルで脳活動を fMRI で解析し、復号化モデルにかけると「家族、料理、幸せ、楽しそう」というような認識内容が得られます。観測不能の脳の情報処理を、AI 情報を利用して可視化できる訳です。

入力によっては、画像に対してラベル付きのデータを作っていくことが必要になります。AI モデルからラベルなしのデータが大量（プール）に来ると、それに対するラベル付けする画像（クリエ）を選択して、人手でラベルを入力すること（アノテーション）があります。例えば「楽しそう」だとか、「幸せ」そうだというように、画像にラベルをつけてやるわけです。これがラベル付き学習データで、AI モデルはこのラベル付き学習データでモデルの学習を行います。

### ・脳の見覚野

脳は、生理学的な特性によって"領野"(りょうや)と呼ばれる機能単位を有しており、視覚に関連する領野も様々な部位に分類できます。脳の見覚野は、視覚情報を処理する大脳皮質の領域です。それは後頭葉にあります。視野中の形状に関する視覚信号は、腹側経路(V1野→V2野→V4野→IT (TE、TEO)野)と呼ばれる経路で処理されます。V1、V2、V4そしてITに至る経路は、形状認識とオブジェクト表現に関連しており、目から入った視覚信号からだんだん輪郭を掴んでいきます。また、長期記憶の保存にも関連していると言われています。

### ・初期視覚野：V1野

医学的な話ですが、初期視覚野と呼ばれるV1野の細胞は、視野中に受容野と呼ばれる情報処理範囲を持ち、一つの細胞の反応する範囲は非常に局所的です。これらの細胞は、受容野に示された入力刺激が、自身の"好み"に適合しないと発火状態になりません。この好みのことを選択特徴などと呼びます。V1野細胞の受容野の大きさはおよそ1度程度の大きさであり、抽出特徴としては、それほど複雑ではなく、画像中の「線分」や「エッジ」といった成分を抽出していると考えられています。

### ・視覚野 V2

二次視覚野(V2)は、前線状皮質とも呼ばれます。視覚野の2番目の主要領域であり、視覚連合野内の最初の領域です。V1からの視覚信号を受信し、V3、V4、およびITに視覚信号を送信します。

## ・高次視覚野：V4野～IT野

高次視覚野であるV4野からIT野にかけては、耳や鼻といった顔の特徴的な部位に強く反応する細胞や、顔そのものに反応する細胞と抽象的な概念を符号化している細胞が観測されます。特定の人の画像のみならず個人名が書かれたテキスト画像にも同様に反応する、ある種の概念が符号化された細胞の存在も知られています。V1、V2、V4とだんだん輪郭をつかんでいってその抽象的な概念がつかんでいきます。特徴量予測デコーダ（脳-DNN変換）で予測特徴パターンを得て、脳の信号を深層ニューラルネットワーク（DNN）の視覚特徴量に変換することで、ジェット機とか、カメであるとかが検出できるわけです。

fMRIと機械学習を用いて、脳の活動から心の中でイメージした内容の画像化になっています。これは堀川氏等のATR(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)と京都大学の研究者で日本人の方が研究され論文に発表されていました。高次視覚野であるV4野からIT野の細胞では、受容野の大きさはかなり拡大され、IT野に至っては視野中のほぼ全域が受容野となります。視野中のどこに物体や写真等を提示しても反応する細胞となっています。

1980年代にNHK技術研究所の福島邦彦氏が提案した「ネオコグニトロン・アーキテクチャ」で、機能的な事実と生理学的な事実を基にした初期視覚野の細胞群のモデルです。ネオコグニトロン・アーキテクチャは、例えば郵便の手書き文字を認識するに使われました。

## ・汎用AI

AGI（アーティフィシアル・ジェネラル・インテリジェンス）とは、人間のような汎用能力を持ち多種多様な問題解決ができる汎用AIです。汎用人工知能（AGI）は「強いAI」とも言われ、「弱いAI」と言われる特化型AI（ANI）に対して「人間と同様の感性や思考回路をもつ」人工知能のことを指します。「AI白書」によるとAGIの脳アーキテクチャーはこのような形になっています。ディープラーニングが教師なし学習、そして階層型評価学習、思考・ナビゲーションモジュール、言語理解など全ての機能を統合するモジュールと言います。

## ・強いAIと弱いAI

強いAIとっていうのはどういう風に違うか見てみましょう。

「強いA I」というのは汎用のA Iで、例えば「鉄腕アトム」のように、ほとんど人間と同じような感性を持って動く人工知能またはロボットです。

「弱いA I」というのは道具としてのA Iで、例えば金融ロボットで、現在稼働しているA Iというのは全てまだ弱いA Iなので道具としてのA Iであると思います。

#### ・機械学習

脳における学習の枠組みに基づくと、機械に学習させる「機械学習」には「教師あり学習」、「教師なし学習」、と「強化学習」の三つの学習の枠組みがあります。脳の部位として、それぞれ小脳、大脳皮質、と大脳基底核と深く関連があると言われていています。

#### ・教師あり学習

「教師あり学習」は、主に、小脳が担う学習機能です。学習者に対し、教示者が明示的に正解を教えたり、学習者の誤りを指摘したりすることで、学習者が正しい解を得ることを助けます。すなわち、正しい入出力の組合せを与えて学習することで、新規の入力に対し、適切な出力が出せます。誤差逆伝播法(Back Propagation)が、その代表的手法です。また、正解、若しくは誤りを入力として、未経験入力に対する意志を決定する決定木(DecisionTree)の作成などもあります。

ディープラーニングの基本原理は、損失値をフィードバックし、重みをほんの少し調整することです。誤差逆伝播法は「オプティマイザー」で重みを調整する仕組みです。

#### ・教師なし学習

「教師なし学習」は大脳皮質にある機能です。教師なし学習は、統計的性質や、ある種の拘束条件により入力パターンを分類したり、抽象化したりする学習です。主成分分析などの次元圧縮(Dimensionality Compression)手法が代表例です。感覚情報などの入力パターンの分類、同様に出力運動パターンに対して統計的性質を用いて要素行動に分類する学習法などがあります。

#### ・強化学習

「強化学習」というのは、基本的には脳の基底核の機能です。

強化学習では、最終結果若しくは、途中経過に対して、どの程度良かったかを示す「報酬信号」に基づき、これらの報酬をなるべく大きくするように探索します。例えば、将棋の場合にこんな手を打ったら最終的に勝った、負けたを教えます。強化学習によって、囲碁とか将棋のAIが強くなっていきます。

### 3. 画像認識「目を持ったAI」

画像認識、目を持ったAIとは、人工の脳神経回路（ニューラルネットワーク）で深層学習するもの例です。例えば、ギリシャのカタコルン港に咲いていた植物が何なのかAIで画像認識すると、「ブラシの木」で学名は・・・で、分類情報は「界」とか「属」とか、そして最後ブラッシュの木という「種」であるところまで教えてくれます。「目を持ったAI」は従来の事典に代わり、教科の主体的な深い学びの道具「生き字引」として活躍しています。最近、魚類図鑑や動物図鑑などのAI図鑑「リンネレンズ」がLinne(株)からWebで公開されています。

### 4. 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)

2012年9月30日に開催された一般物体認識のコンテスト「ILSVRC」(Image Net Large Scale Visual Recognition Challenge)において、「AlexNet」という深い構造を持つCNNが、従来手法の分類性能を大幅に上回り優勝いたしました。

AlexNet は畳み込みニューラルネットワーク(CNN)の構造の名前です。AlexNet はエラー率15.3%で優勝し、次点よりも10.8%以上低いものでした。以来、ディープラーニングが画像認識に盛んに利用されるようになりました。

### 5. リカレントニューラルネットワーク(RNN)

「リカレントニューラルネットワーク」とは、再帰的な繋りを持つニューラルネットワークです。

「リカレントニューラルネットワーク」(RNN)に対する研究も進んでおり、自然言語や時系列データなどの連続性のあるデータに対して適用されています。RNNはどんな長さの文章でも処理できる再帰型ニューラルネットワークです。RNNは系列予測、姿勢制御、自然言語処理への応用などが考えられてきました。近年、RNNの学習に関する勾配消失、勾配爆発問題を回避する手法が一般化したこと、大量のデータをGPUにより高速に処理できるようになったことを受け、性能を向上させてきました。

2016年にはGoogleの自動翻訳サービスの精度が向上されたことが話題となりましたが、従来手法である統計的機械翻訳(Statistical Machine Translation;SMT)に対して、ニューラルネットワーク機械翻訳(Neural Machine Translation;NMT)が支配的になりつつあります。機械翻訳分野と画像処理において、任意の場所を選択的に処理する注意機構の導入は、画像と言語と領域は異なるものの数式は同一であり、脳内でも同じような機構が仮定できるのではないかと予想されます。

Googleの自動画像キャプションシステムでは画像から「テーブルの上にコーヒカップがある」という文章(キャプション)に翻訳します。

## 課題

人間の医師とAI手術ロボット、どちらに命を預ける？について考察し、あなたの考えを800字で説明しなさい。

## 第5講 シンギュラリティの扉を叩け－A Iが覆す 人間の世界チャンピオン

### 【学習到達目標】

- ・ D Xやデータサイエンスの背景を説明できる。
- ・ バックギャモンやチェス等の中心的な例題が AI 技術をけん引したことを説明できる。
- ・ 多くの探索アルゴリズムや並列計算技術などが生み出されたことを説明できる。

### 1. データサイエンスとD X

データサイエンス (data science) というのは、データを用いて新たな科学的および社会に有益な知見を引き出そうとするアプローチを意味します。データを扱う手法である情報科学、統計学、アルゴリズムなどを横断的に扱います。

#### ・データサイエンティスト

データサイエンティストはコンピュータを活用し、データ収集と処理、統計学や機械学習的分析、意思決定や商品開発までの流れを効果的に処理します。

#### ・D X (デジタルトランスフォーメーション)

最近話題のD Xとは、もともとは「ITの浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」という概念のことを指します。2004年、スウェーデンのウメオ大学教授、エリック・ストルターマン氏によって初めて提唱されました。日本におけるD Xは、2018年に経済産業省が「デジタルトランスフォーメーション(D X)を推進するためのガイドライン」を取りまとめたことを契機に広がり始めました。D Xの分かりやすい例というのは大成建設での実例を見てみるととても良くわかります。

1) A Iがパッと風環境を予測！設計段階で何度も検討が可能に  
大成建設が開発したもので、設計のやり直しによるコストの発生と工程の遅れを防ぐものです。原理はA Iの深層学習です。

江戸の白黒風景写真をカラー写真に変えるというように、CNN（畳み込みニューラルネットワーク）の技術が使われているわけです。この技術を設計段階に使うと、まずは、

1) 建物の形状データと風向きを入力し、画像化し、風環境予測AIに入れます。するとパッと入力された画像を3D化して、建物周辺の風速・風向分布を出力してくれるというものです。これまでスーパー・コンピュータで膨大な計算力を使わないとできなかったことが、AIを使うことによって、パッと一瞬で風環境を予測できるというわけです。また、設計段階で何度も検討が可能になり、大成建設が開発設計のやり直しによるコストの発生と工程の遅れを防ぐことができたといいます。

2) 四足歩行ロボットで建設現場を遠隔巡視。  
大成建設が首都圏の建築現場に導入しています。

3) コンクリートひび割れ画像解析技術等  
(2022年5月12日AI・EXPO)  
これまではスーパー・コンピュータを使ってシミュレーションをしていたといいます。予測結果の事例として、これまでは何日間もかけた数値シミュレーションをAIで予測します。こうすることで、お客さんのところ行ってすぐにその場で風はこんな風に流れますと示すことができるということで、AIがパッと風環境予測できます。画像処理の概要というのは、AIの学習結果に基づき建物周辺の風速・風向分布をプロットして予測しています。

## ・ビッグデータ

ビッグデータとは、大容量のデジタルデータです。ビッグデータには、①オープンデータ、②Web APIによってアクセス可能なデータおよび、③ウェブコンテンツから入手できるものがあります。

### ① オープンデータ

オープンデータには、5つあります。

1つ目は、各国政府が公開する統計データで、日本の総務省、アメリカやイギリス等各国政府が公開する統計データがあります。

2つ目は、研究者が公開するデータで、機械学習コミュニティへのサービスで、653個のデータセットを保持する「uc irvine machine learning repository」

や、さまざまな画像処理システムの学習に広く使用される手書き数字画像の大規模なデータベースを出している米国「MNIST」のデータベース等があります。

3つ目は、共同努力で集まった情報をデータベース化したもので、ウィキペディアからの構造化コンテンツの抽出を目的とするプロジェクトの「DBpedia」等です。

4つ目は、特定団体が公開したデータで、租税回避行為に関する一連の機密文書の「パナマ文書」等です。

5つ目は、映画のデータベースです。

## ②Web APIによってアクセス可能なデータ

Web APIによってアクセス可能なデータには、例えば国立国会図書館、楽天、グルナビ、リクルート、Google、FacebookやFoursquareなどがあります。

## ③ウェブコンテンツから入手できるもの

Web コンテンツから入手できるものには、米国の銃による事件一覧とか、インドの賄賂を一覧等があります。

## ・ディープラーニング用のビックデータ

ディープラーニングが、新しい産業革命の「蒸気エンジン」なら、ビックデータは「石炭」です。インターネットにより大変革が起こりました。

①画像：利用者が作成した画像タグ など

②動画：YouTube など

③自然言語：Wikipedia など

## ・プログラミング

プログラミングとは、コンピュータに命令を与える方法です。機械語、アセンブラ、高級言語等さまざまな種類が登場しました。高級言語には、第5世代で使われたような関数型なプログラム、オブジェクト指向プログラミングや、コンパイラや、スクリプト言語というような様々な言語が出てきたわけです。

新しいプログラミング方法として「機械学習」があります。従来のプログラミングはルールとデータを入力して答えを出力しますが、機械学習では答えとデータを入力してルールを出力します。

## ・アルゴリズム

アルゴリズムとは、データの処理や分析を行なう際に生じる手順です。よいアルゴリズムとは、処理に時間がかからずメモリをあまり消費しないものです。

## ・新しいアルゴリズム

A I のボトルネックとなっていたのは、ハードウェアやデータだけでなくアルゴリズムです。2010年頃までニューラルネットワークの訓練を確実に行う効率的なアルゴリズムがありませんでした。以下は、深層で数千ものパラメータを擁する大規模な例です。

①コンピュータビジョン：VIT, ResNet, Inception, Xception

②自然語処理：BERT, GPT-3, XLNet などの Transformer ベースの大規模なアーキテクチャなど。

## ・回帰木

回帰木とは、特徴量を用いデータをグループに分割しその平均値を予測値にする手法です。

## ・k-平均法

k-平均法とは、トップダウンでクラスタリングする手法です。

## ・階層的クラスタリング

階層的クラスタリングは、大容量のデジタルボトムアップでクラスタリングする手法です。

## ・主成分分析

主成分分析は、多変数を少変数で表現するという、単なる線形分解にすぎないにもかかわらず、非常に有効な手法です。例えば、主成分分析では、身長と体重という2次元から、BMI（ボディマス指数）という肥満度を表す1次元指標に要約できます。

## 2. 探索・推論

### ・探索木

探索木は、迷路をコンピュータに理解できる構造で表現する1つの方法です。以下のように、探索木にはコスト概念無し検索と、コスト概念を取り入れた検索があります。

コスト概念無し検索には、横型探索(breadth-first search、幅優先探索と、縦型探索(depth-first search、深さ優先探索)があります。

コスト概念を取り入れた検索には、ダイクストラ法(dijkstra's algorithm)、山登り法(hill-climbing)、最良優先選択(best-first search)と、A\*アルゴリズム(A\* algorithm)があります。

### ・横型探索(breadth-first search、幅優先探索)

横型探索(ブレッズ・ファースト・サーチ)では、古いノードを先に調査します。最短距離でゴールにたどり着く解を必ず見つけることができるが、探索中にメモリ不足になる可能性があります。

### ・縦型探索(depth-first search、深さ優先探索)

縦型探索(ディプス・ファースト・サーチ)では、新しく発見するノードを先に調査します。探索に大量のメモリを必要としないが、解が見つかったとしても最短距離でゴールにたどり着く解とは限りません。

### ・ダイクストラ法(dijkstra's algorithm)

ダイクストラ法は、コストの総和が最も少ないノードを先に調査します。ダイレクストラ法では、例えば交通検索で東海道線を使って行くのと、中央線を使って東京から名古屋へ行くのとコスト比較して、コストの安い方を選びます。

### ・山登り法(hill-climbing)

予測コストの最も少ないノードを先に調査します。

### ・最良優先選択(best-first search)

これまでに発見したノードの中で最も予測コストの小さいノードを先に調査します。

### ・ A\*アルゴリズム(A\* algorithm)

予測コストとエッジにかかるコストの両方を用いて、最もコストの小さいノードを先に調査します。

### ・ Mini-Max法

チェスのプログラムを強くすることを目指し、Mini-Max法と呼ばれる手法を使います。考え方は単純で、

- 1) 自分が指す時にスコアが最大になる。(自分が有利になるように)
- 2) 相手が指す時にはスコアが最小になる。(相手が不利になるように)

戦略を立てます。方法は自分(プレイヤーP)が指す時にスコアが最大になるように、相手(プレイヤーQ)が指す時にスコアが最小になるように選んでいきます。

### ・ アルファベータ法

Mini-Max法は探索の末端の局面の全評価値を求める必要があるため、時間がかかりその分深く読めないという欠点があります。Mini-Max法と探索結果は同じでそれより効率がいい手法が経験的に開発されました。それがアルファベータ法です。

## 3. AI時代のバックギャモン

### ・ バックギャモンにおける人工知能が果たす役割

日本人が世界の選手権で優勝しました。2021年のオリンピックの時です。日本バックギャモン協会の望月正行氏(理事長・代表理事)が世界チャンピオンになったのは2回目です。その記事が出たり、その前にはチーム戦で日本人が優勝するという記事が出たりしました。

バックギャモンというのはそもそもなんですか?と言うと「ゲーム」です。いわゆる「すごろく」と言われているものの原型です。すごろくと言うと、いわゆるサイコロを振って「生涯人生ゲーム」みたいなものを思い浮かべる方が多いです。

「すごろく」を漢字で書くと「双六」なのですが、何故すごろくになるかというと二つ（双）のサイコロ（六の目）を使うからです。二つのダイス（サイコロ）を使い、15個の駒をゴールに進めていくのがすごろくです。

バックギャモンは、世界で実は3億人プレイヤーがいて、将棋が700万人、囲碁は4200万人に対して、3億人です。スーパーマリオも4000万しかないという中で、Candy Crush と同等ぐらいに遊ばれています。

バックギャモンは中東から発生しているゲームです。もともとは、エジプトのセネットというゲームと、シャットランガというインドのゲームが混ざってメソポタミアで5000年ぐらい前に完成されたというふうに言われています。セネットがメソポタミア地域まで行くと、イランだとかイラクだとかトルコだとか言われた地域で完成されて、そこからヨーロッパもしくはシルクロードを渡って日本もしくはロシアに伝来したと言われています。日本に伝来したのは約1300年前の飛鳥時代と言われています。聖武天皇の御物を保管している正倉院の中に、バックギャモンが日本に伝来し、「盤双六」と言われていた時代の「すごろく」が所蔵されていると言われています。ちょっとルールが違いますが、ほとんど今日と一緒です。物の本によると、江戸時代にすごろくを知っている人は100人に1人ぐらいでした。今は多分100人に1人はやってないと思います。

バックギャモンは、ただ確率のゲームでサイコロを2つ使いますから、1ゲームだったら、チャンピオンにも勝てるかもしれません。そこが将棋と違います。将棋だと永世名人の森内俊之氏ともバックギャモンをやることはありますけども重いですね。森内氏は2022年の日本選手権優勝しています。でも1ゲームだったら勝てます。そういう意味ではゲームとしては面白い。

今トップ10に日本人が3人います。これは実はファン投票みたいなもので誰が1番強いかな？を2年に1回投票します。強い人として自分の名前を2番目にし、32人リストアップして経費とするその合計点数が一番高かった人が1位になります。投票形式でのランキングは、1位が望月正行氏（日本バックギャモン協会代表理事）、2位が景山充人氏（大阪のプロのポケモン・プレイヤー）、3位はアメリカです。8位には矢田亜希子氏があります。がんを克服するのにバックギャモンを覚えて工夫しましたみたいな形でよく新聞とかテレビに最近出てきている女性です。この3人がトップ10にいます。

A I と何か関わりがあるかな？世界1位の望月氏がバックギャモンを始めた1997年、チェスでA I が人間に勝ちました。

当時、AIプログラムが一般のプレイヤーにも使われるようになった時期です。その当時から現在まで、望月氏はほぼ毎日AIを使って研究、練習をしているそうです。それ以来、バックギャモンにおいて、AIはゲーム戦略自体に影響を与え続けています。

1990年代初頭にIBMのGerald TesauroによってTD Gammonが作られました。これはニューラルネットを用いたプログラムで、「自分同士で対戦を繰り返し、その経験から学習して強くなる」(強化学習)を使用したものです。最初はほとんどランダムにプレーするプログラムが、自己対戦を150万ゲーム繰り返すなかで徐々に正しい手を学んでいき、最終的には当時の最強プレイヤーに近いレベルまで達しました。人間との対決は、1992年にAI「TD-Gammon」が人間に僅差で敗北しました。ただ、すでに実力はほぼ互角とされていました。その後、人間はAIを使ってスキルを上げました。1997年には、AI「Jellyfish」が人間と引き分けました。同年、Jerry GrandellというプレイヤーがAIを徹底的に使って勉強することにより世界チャンピオンになりました。このことは世界中のプレイヤーの意識を変えました。1990年代後半にはAIは人間を超えたと共通認識されました。これ以降はもう人間はコンピュータに勝とうとしませんでした。逆に、人間はAIを使って学ぶというような時代に入りました。今や人間対AIという構図はとっくに存在しません。AIが様々な形でバックギャモンコミュニティに貢献しています。AIによる弊害もあります。これからAIが社会に起こす変化の予習になり得ます。25年前からわかっていることですが、AIに勝つのではなくてAIから学ぶということをし始めたということです。

人間対AIというのはもうすでに存在していません。逆に、AIはバックギャモンのコミュニティにもものすごく貢献してくれています。共通言語としてAIの結果を使って、例えば、「XGはこういう結果を出しているんだ。これはどうすれば効果な形になる？」と教えてくれるAIというのは実は未だです。結果は出ます。強化学習をします。その結果、「この盤面だったらこういう風な手がいいですよ。さっきの予想だったらこういう手でこういう風が起きます」と結果が出ます。だけどなぜそうなのかっていう理由は、今まだAIやってくれないです。

#### ・AIがバックギャモン界に与えた影響

何がバックギャモン界に影響を与えたかを見てみましょう。

① 技術の向上

1つは技術の向上です。AIが強くなるのではなくて、人間がAIを使って人間が強くなります。例えば自動運転の仕組みを使って、人間が運転技術の向上をしてきたみたいなことです。

## ② 数値化

2つ目は数値化です。「貴方は80点です」と変数が出てくる訳です。

## ③悪用、誤用、誤解による害

3つ目4つ目はちょっと問題点で、1年の問題点で悪用、誤用が5回です。これは結構多いです。これはすごく参考になるのではないのでしょうか。

## ④人間の能力の再認識

4つ目は人間の能力の再認識が起こることです。

「Play 65事件」という倫理的な問題も発生しました。Play 65事件とは、犯罪グループがオンラインサイトに自動AIプレイヤーを数百台投入し、短期間で巨額の利益を上げたという事件でした。自動AIプレイヤーはアマ強豪レベルに調整され、掛け金もそれほど高くありませんでした。（1ポイント\$5程度）

有名な「シャハブ事件」とは、2011年、プロプレイヤー、シャハブがオンラインカジノでAIを負かして数万ユーロ稼いだという事件です。バックギャモンには、バックゲームという特殊な作戦に弱点があり、そこをつきました。オンラインカジノの相手はAIです。AIとゲームして勝てばお金がもらえるのがオンラインカジノです。一番強いAIを出してきますからなかなか勝てません。シャハブはわざとAIが苦手な手に持ち込んで、ちょっとずつAIから巻き上げていって、最終的に数万ユーロカジノから得たという事件です。バックゲームは非常に特殊なゲームで、普通にプレイしていたら1000回に1回ぐらいしか起きません。つまりAIがうまく学習できません。

羽生善治氏は「ITとネットの進化によって将棋の世界に起きた最大の変化は、将棋が強くなるための高速道路が一気に敷かれたということです。でも高速道路を走りぬけた先では大渋滞が起きています。」(梅田望夫「ウェブ進化論」2006年より)と言っておられます。羽生善治氏の言葉から分かることは、「AIが主流になった後のトッププレイヤーは、AIが出る前からトッププレイヤー！AIはツールに過ぎない。それをうまく使うのは人間」ということです。

結局、人間に残されたものは、こっちの方が面白そうだからこうやる、勝ち負けがないゲームはプレイできない、人間は人間が好き及び、シンギュラリティとは「AIが神ではない」ということです。

## 4 将棋・囲碁

### ・将棋

チェスやバックギャモンよりも場合の数が多いゲームとして、中国将棋(10, 150)、将棋(10, 220)、囲碁(10, 360)が存在します。中国将棋は探索問題として見るとチェスに近い(既に人間よりもコンピュータのほうが強くなっている)ですが、将棋と囲碁はチェスよりはるかに場合の数が多い、チェスとは異なる手法が必要なため、チェスに続く例題として適切です。

将棋はチェスと同じ敵の重要な駒(キングあるいは玉)を捕まえるゲームですが、チェスは敵から取った駒が使えないのに対して、将棋では敵から取った駒が再利用できる(「持ち駒」制度と呼ばれる)ため、終盤は序盤より分岐数が大きくなります。

チェスは収束型ゲームですが、将棋は発散型ゲームです。

将棋はチェスよりも場合の数が多い、チェスで有効であった探索手法がそのままでは使えませんので、チェスの次の探索研究のよい対象になりました。

将棋のプログラムの開発は1970年代に始まりましたが、当時のコンピュータの能力では将棋はチェスのような全数探索は無理でしたので、前向き枝刈り探索手法が盛んに研究されました。ミニマックス法(アルファベータ法)、反復深化などチェスで有効だった手法で将棋でも使える手法はおよそ全て使われています。将棋は発散型ゲームですので、チェスで有効だった終盤データベースの手法は使えません。その代わりに詰め将棋という将棋から派生したパズルを解くアルゴリズムの研究が盛んになされました。

詰め将棋の研究は1990年前後から本格的に進められ、その中で様々な探索の手法が試されました。有効だったのはチェスで提案された(そしてチェスではあまり有効でないとされた)証明数・反証数を用いた手法でした。

詰め将棋のプログラムは、2000年前後には既にプロ棋士を超える能力を示しました。評価関数はチェス同様に手作業で作成と改良を行っていましたが、チェスの評価関数は駒の損得という明快な基準があったものの、将棋の評価関数は複雑でなかなか強くなりませんでした。

## ・ボナンザ

2000年代の半ばに登場した保木邦仁氏(現在、電気通信大学)の「Bonanza」(ボナンザ)によって、コンピュータ将棋は革命的な進歩を果たしました。保木氏の工夫は1) それまで将棋は前向き枝刈りの探索をしていたのをチェスのように全数探索にし、2) それまで評価関数は手作業で作っていたのを棋譜からの機械学習で作るようにするの2点です。この工夫をしたボナンザが圧倒的な強さでコンピュータ将棋のトップに立ったので、ほかの研究者・開発者もこぞってこれらの方法を取り入れました。

特に(2)の方法は強豪のプログラム全てが取り入れており、「ボナンザメソッド」と呼ばれています。保木氏はBonanzaのアルゴリズムをすぐに公開し、またプログラムのソースコードも無償で公開しました。これはコンピュータチェスの文化を引き継いだものですが、研究成果を公開するという習慣がこの研究領域の発展を支えているものと思われます。 2

010年代になって、コンピュータとプロ棋士が対戦するようになりました。2013年、2014年と電王戦と称してプロ棋士5人とプログラム5つが対戦したが、3勝1敗1分け、4勝1敗と、ともにコンピュータが圧勝しました。この時点で既にコンピュータはトップクラスのプロ棋士(竜王、名人)のレベルに達しました。

現在のトップ棋士のシンボルである羽生善治氏との対戦はすぐに実現しないと思われるので、情報処理学会は2015年10月に将棋で人間とコンピュータの強さを問うことは学問的には結論が出たという終了宣言を行いました。2015年、事実上グランドチャレンジの目標が達成されたこととなります。その後2017年にBonanzaが佐藤天彦名人に圧勝しています。

## ・囲碁

囲碁は中国発祥のゲームですが、中国では廃れて日本で盛んになりました。(いま中国で盛んになったのはいわば日本からの逆輸入です)

囲碁は、ほかに似たルールのゲームが存在しない、漢字を使っていないので親しみやすい、などの理由で世界的に普及しています。最初にコンピュータ囲碁の研究がなされたのは1960年代です(チェスよりは遅いが将棋より早い)。

#### ・ボナンザ

囲碁もチェスのように探索によって次の手を決めようとしたのですが、囲碁の場合の数は10<sup>170</sup>とチェス(や将棋)よりはるかに大きく、普通の探索によっていい手を見つけるには候補手が多すぎて強くなりませんでした。

1990年代に探索を囲碁に適用するというアイデアが発表されたものの、そのときは成功しませんでした。

#### ・Crazy Stone

2000年代になってレミ・クーロン(Remi Coulom)氏が「Crazy Stone」という囲碁プログラムのなかでモンテカルロ法を応用したモンテカルロ木探索を採用し、このCrazy Stoneが圧倒的な強さを示しました。囲碁にモンテカルロ法を適用するということは、ある局面から白と黒が交互にランダムに終局まで打ち進めるというシミュレーションを多数行って、勝つ確率が一番高い手を選ぶということです。そこには囲碁の知識はほとんど何もはいていませんでした。この一見単純な方法で強くなることに驚き、その後の囲碁プログラムはみんなこの方法を取り入れています。それで囲碁プログラムは一気にアマチュアの六段程度の実力に達しました。

#### ・ZEN

最近までは日本の「ZEN」(これもモンテカルロ木探索を用いている)が、Crazy Stoneを抜いて最も強い囲碁プログラムでしたが、トッププロ棋士に勝つのはまだ10年はかかると思われました。

#### ・グーグル「アルファ碁」

2016年1月、GOOGLEの「ALPHAGO」というプログラムが二段のプロ棋士に互先で5戦5勝の成績を挙げたと発表して大ニュースになった。ALPHAGOは1)ディープラーニング、2)モンテカルロ木探索と3)強化学習という三つの手法をうまく組み合わせています。

大量のプロ棋士の棋譜をデータとしてディープラーニングによってある程度の強さのプログラムを作り、そのプログラム同士の強化学習によって更に強くしました。これまでコンピュータ囲碁で成功しなかった評価関数を、実質的に作ったことがALPHAGOの大きな特徴です。手を決める部分では、従来手法であるモンテカルロ木探索を使っています。その後、2016年3月に、ALPHAGOは韓国のトッププロ棋士のイ・セドル(Lee Sedol)氏と対戦して4勝1敗で圧勝しました。

ALPHAGOの改良版である「MASTER」は2016年末から2017年初めにかけて、世界中のトッププロ棋士相手に60勝で負けなしという成績を収めました。囲碁も一気に2016年から2017年に、グランドチャレンジの目標が達成されたこととなります。

## 5. チェスコンピュータの開発

チェスは、AIの最初の「グランドチャレンジ」でした。グランドチャレンジとは、大きな目標を掲げ、それを達成することで研究開発を加速するプロジェクト推進手法である。例えば、アポロ計画がそうです。

AIの分野では、人間のチェス・チャンピオンに勝つことのできるチェスコンピュータの開発がグランドチャレンジでありました。その開発過程において、多くの探索アルゴリズムや並列計算技術など、広く普及している技術が生み出されました。AIの例題として、チェスの世界チャンピオンに勝つコンピュータを開発することは、AIの研究が始まって約50年間ずっと中心的な例題となっていました。

ジョン・マッカーシー(John McCar[hy]氏)は、チェスのことをAIの「ハエ」と称しました。遺伝学が「ハエ」を題材として大きな進歩をしたように、AIはチェスを題材として大きな進歩をしたという意味です。クロード・シャノン氏とアラン・チューリング氏は、チェスの探索にゲーム理論でジョン・フォン・ノイマンらが開発したMini Max法を使うことを提案し、このMini Max法がその後のゲームの探索の基本となりました。

ゲームのプログラムを強くするには1) Mini Max法を基本とした探索手法の改良、2) 局面を点数化する(静的)評価関数の精緻化の2つが求められました。

1997年IBMの「DeepBlue」が、当時の世界チャンピオンであるガルリ・カスパロフ氏に勝利することで達成されました。

## 課題

AIを使って何をすれば生産性を倍増し、国際競争に勝てるか？について考察し、あなたの考えを800字で説明しなさい。

## 第6講 機械翻訳の新時代－トランスフォーマー革命と「生成A I」の驚異的進化

### 【学習到達目標】

- ・トランスフォーマー革命が生成A Iを誕生させたことを説明できる。
- ・トランスフォーマー革命により機械翻訳精度が向上したことを説明できる。
- ・A Iが産業、医療や農業等に应用されていることについて事例を挙げて説明できる。

### 1. トランスフォーマー革命

第4次A Iブームの火付け役がトランスフォーマー革命です。2017年、トランスフォーマーが、Google社で開発されました。機械翻訳システムのために発明されたものですが、今日生成A Iを開発するための基本技術となっています。

#### ・A Iブームの歴史と予想

歴史的にみれば、人工知能というのは今まで3回、ブームを迎えています。第1次A Iブームは1956年検索推論の時代で、ゲーム等が作られました。それはビジネスにならないというので1回目の冬の時代を迎えます。

第2次A Iブームは1980年知識の時代で、エキスパートシステムや機械翻訳システムが作られました。しかし、やはりビジネスにならないというので冬の時代を迎えました。

第3次A Iブームは2013年からで、機械学習・表現学習の時代に入りました。画像認識処理にCNN、自然言語処理にRNNといったニューラルネットワークが大活躍するようになりました。

第4次A Iブームは2017年CNNやRNNを使わずに機械翻訳で最高性能を更新する革命的なトランスフォーマーが出たことによって到来しました。アテンション（Attention、注意機構）の時代と言うべきかもしれません。

この後、2030年頃から雇用の大崩壊が起こるのではないかとA Iが労働者に置き変わるのではないかとされています。

それから、シンギュラリティです。2045年にはAIが人類を超えるのではないか？というようなことまで言われているわけです。

さて、ある機械がAIであるかどうか判断する1つの方法は、チューリング・テストとされています。チューリング・テストはアラン・チューリングが最初に考案したことで、壁の向こうに人と機械があり、同じように応答するようであれば、機械は人工知能AIであると言えるということです。最初に有名になったのが、第1次AIブームのイライザです。イライザは、生成AIの元祖「チャットボット」（人工無能）です。精神分裂症の医者（AI）が、パラノイアの患者（人）と話しします。イライザが患者に話かけ、人がそれに対して答えます。今日でも「イライザ効果」として名前をとどめています。イライザ効果とは、自然な会話を行う機械を目の前にした時、あたかも本物の人間と対話しているかのような錯覚に陥ってしまう現象のことを言います。

次に登場したのは第2次AIブーム「MYCIN」というAIで、専門家システムです。MYCINの専門医の知識は、「もし～何々ならば」という「IF THEN」ルールの形で記述されていました。

第3次AIブームでは、「コンピュータが目を持った」といわれるように、CNN（畳み込みニューラルネットワーク）を使った画像認識のAIが注目を浴びました。自然言語処理では、RNN（再帰型ニューラルネットワーク）を用いたニューラル機械翻訳システム（NTM）が開発され使用されるようになりました。しかし、RNNを用いたデコーダ（生成器）には、過生成、生成不足、原構造無視などの誤動作が発生しました。この解決法として、色々な試みの中からトランスフォーマーが発明されました。

#### ・第4次AIブーム

2023年、宿題、レポート、コンピュータプログラム、小説や論文を書いたり、翻訳する生成AI（チャットボット）であるChatGPT, BardやBing AI等が登場しています。イライザに始まり生成AIに至るチャットボットは、人間と対話（チャット）するロボットです。

#### ・生成AIの驚異的進化

トランスフォーマーを用いたBERTやGPTが登場し生成AIの歴史が始まりました。BERTやGPTの「T」は、トランスフォーマーの頭文字に由来しています。

第4次AIブームは、Google社のトランスフォーマーの論文及び特許から始まり、図の上側のGoogle社のBERT、LaMDA、BardやGeminiに至っています。

一方、オープンAI社は、Google社を師匠にしてGPT1、GPT2、GPT3を経てGPT3.5に発展させました。生成AI「チャットGPT」を2022年公開し、2024年チャットGPTをGPT4で運用しています。

他方では、Microsoft社が、オープンAI社に巨額の出資し、チャットGPTを自社のBing AIに搭載するようになったというのが2023年前半までの状況です。

一般的に、翻訳や文書分類、質問応答といった自然言語処理における仕事の分野を「(自然言語処理)タスク」と呼びます。

生成AIの歴史を見てみると、

2017年「Transformer」: Google社開発したニューラルネットワークアーキテクチャーです。2017年にオープンソース化しました。

元祖、大規模言語モデル(LLM)です。

2018年「BERT」: Transformerによる双方向のエンコード表現で、自然言語処理タスクの検索エンジンで活躍しました。

2020年「GPT」シリーズ (Generative Pre-trained Transformer) : OpenAI社が開発しているもので、事前学習済みの文章生成型のTransformerです。2018年, 2019年, 2020年, 2022年, 2023年と大規模化しています。

2021年「LaMDA」 (Language Model for Dialogue Applications) : 対話アプリケーション用で自然な会話を実現する大規模言語モデルです。

2022年「ChatGPT」 (チャットGPT, Chat-based Language Model for OpenAI's GPT) : 対話システムや教育支援などで自然な会話を実現する大規模言語モデルです。

2023年「Bing AI」 (Bing AI Chat, Copilot) : OpenAI社のGPT4を用いた、自然言語処理技術を用いた検索エンジン型のAIです。

2023年「Bard」 (Google Bard, 正式名はLaMDAと同じ) : 対話システムや教育支援などで自然な会話を実現する大規模言語モデルです。

2024年「Gemini」 (Bard改名) 画像生成AIとの合体型です。

2017年以来、生成AIは驚異的な進化をとげています。トランスフォーマーの本質は機械翻訳のためのニューラルネットワークアーキテクチャーです。

第3次AIブームで一番有名なのはGoogle機械翻訳です。Google社で機械翻訳の精度をさらに向上させるために、何か方法がないかということで発明されたのが、注意機構メカニズムとエンコーダ・デコーダモデルです。

第4次AIブームを引き起こした論文の題名は「あなたに必要な全ては注意機構のみ」（出典：Ashish Vaswani et al. "Attention Is All You Need"(2017), <https://arxiv.org/1706.03762>)

トランスフォーマーは、注意機構メカニズムを介してエンコーダとデコーダを接続します。トランスフォーマーの特長は次の3つです：

- 1) CNNやRNNと異なるモデル（エンコーダ・デコーダモデル）です。
- 2) 「注意機構」メカニズムのみに基づいています。
- 3) 機械翻訳のためのニューラルネットワークアーキテクチャーです。

トランスフォーマーは、機械翻訳システムの翻訳精度を競うコンテスト「WMT 2014」で、最高得点を獲得しました。具体的には、英語からドイツ語への翻訳タスクで28.4 BLEUを、英語からフランス語への翻訳タスクで41.0 BLEUを達成しました。これは、人間の専門家でも40.0 BLEU程度なので人間を超えたと言えそうです。このトランスフォーマー・モデルの成果は、8台のGPUで3.5日間トレーニングして得られました。

#### ・トランスフォーマー機械翻訳の発明

第4次AIブームのトランスフォーマー機械翻訳（TNT）の誕生です。事前学習済のビッグデータを用い、エンコーダ・デコーダ方式で機械翻訳を行います。トランスフォーマーは、第3次AIブームを牽引してきたRNNやCNNを使わずに、機械翻訳精度を当時の最高得点を獲得したことから、大きな注目を集めることとなりました。このような経緯でトランスフォーマーによって大規模言語モデルLLMと生成AIが登場するようになりました。最近では、GPT4-Turboや国産生成AIが登場し始めています。

#### ・トランスフォーマーの学習方法

トランスフォーマーの学習方法は訓練フェーズと推論フェーズに分かれます。まず訓練フェーズでどんどん大量のデータを教え込みます。例えば、英語の「How is the weather Today」は、スペイン語では「Qué tiempo hace hoy」になると教え込んでいきます。

フランス語だったりスペイン語だったり、どんどん教え込ませ、そして次に来る語（トークン）は何になるというような穴埋めのメカニズムでどんどん覚えさせていきます。推論フェーズでは、それに対して、穴埋めしながら生成してくれるというような学習方法になっているわけです。

## ・アテンション

アテンションは何かというと、注意する場所を特定するということです。例えば、元画像の猫を見て、目と鼻に注目する場合、アテンションスコアをかぶせて新しい表現として取り出します。これが自己注意機構（Self-Attention：セルフ・アテンション）です。穴埋めさせるという意味でこれを「自己教師あり学習」とも言います。

## ・自己注意機構で文脈理解

トランスフォーマーでは、入力が入ってくると、それぞれトークンというテキストの最小単位に分割して、それをベクトル化してトークンベクトルにします。トークンベクトル毎に、アテンションスコアというものをつけます。

類似度の値が0～1の範囲になるように、ソフトマックス関数でスケーリング乗算を行い、最終的に重み付けたトークンベクトル作成し、文脈を意識したベクトルが取り出せるという仕組みです。

例えば1)「The animal didn't cross the street because it was too tired.」と2)「The animal didn't cross the   street because it was too wide.」では、1)の「it」が「animal」を2)の「it」が「street」だという文脈処理できます。

第4次AIブームを引き起こしたトランスフォーマーには、エンコーダ・デコーダ、エンコーダのみ、デコーダのみの3種類の構成が存在します。トランスフォーマーでは、エンコーダによるテキストのベクトル表現化（入力された埋め込み）に対して、キー（KEY）、クエリ（query）、バリュー（value）の3つの異なる埋め込み（ベクトル表現）を計算します。

## ・生成AIの教育利用

2023年7月4日永岡桂子文部科学大臣記者会見で、生成AIの学校での利用についての文部科学省の暫定的なガイドラインが公開されました。

文部科学省の暫定的なガイドラインの内容は以下の通りです。

- ①発達段階を踏まえた、事前に生成A Iの性質を十分理解させることが可能かを見極めた上で活用する。
- ②「教育活動の目的を達成する上で効果的か否かで判断すべき」との考えから、
  - 1) 活用が適切でない例、2) 活用が考えられる例の両方を示している。
- ③今後、懸念やリスクに十分対応が講じられる一部の学校で、パイロット的取組を実施し、成果・課題を検証する。というガイドラインです。

「小学校と中学校の授業での生成A Iの活用法を教えてください」と、チャットGPTとBardについてそれぞれ質問しました。

チャットGPTの回答を要約すると、「授業で様々な活用法があります。1) 質問応答のサポート、2) 文章の添削や修正、3) 創造的なライティングのサポート、4) 計算や数学のサポート、5) 外国語の学習 ツールとしての利用に適しており、教師や指導者の役割を置き換えるものではありません。」でした。

Bardの回答を要約すると、「例えばBARDは次のようなことができます  
1) 生徒の質問に答える、2) 生徒に創造的なコンテンツを書くように依頼する  
3) 生徒に言語を翻訳させる、4) 生徒に知識をテストする、5) 生徒が研究を行うのに役立つ、6) 生徒に個別化された指導を提供します、7) 授業を豊かに強化する強力なツールです」でした。

違いの1つは、チャットGPTは1つの回答ですが、Bardは3通りを出してきます。ちなみに、チャットGPTを使ったBing AIは、説明の根拠として3つのURLを提示しています。

## 2 機械翻訳精度の向上

コンピュータの機械翻訳精度は着実に向上を続けています。これはチューリングテスト・レベルの課題「そのテストで人間並みの結果を出すには、人間並みの完全な言語理解を要求される」ので、人間の能力と競い合う最後の用途のひとつです。南カリフォルニア大学のコンピュータ科学者、フランツ・ヨーゼフ・オッホは、どんな言語間でも、わずか数時間から数日で新しい翻訳システムを作りだせる手法を開発しました。必要なのはいわば「ロゼッタストーン」です。ある言語の原文テキストと、それを別の言語に翻訳したものだけなのだが、システムを作るには数百万語分の翻訳された文章が必要となります。

これは、言語学者が苦心しながら、やたらに例外がある文法規則をコード化して作っている機械翻訳システムとは、じつに対照的です。オッホの機械翻訳システムはアメリカ商務省の国立標準技術研究所が実施している翻訳システムコンテストで当時の最高得点を記録しました。

#### ・RNNLM型デコーダによる自然言語生成技術

人間の日常的な会話で発生する自然言語生成では、常に厳密な文の構造を意識しながら単語の選択を行っているとは考えにくいといえます。話者が話そうとする情報に基づいて、前後の単語同士が流暢に接続するよう順に単語を選択しているととらえるのが妥当です。この動きを実際の文生成システムに当てはめて考えると、入力データと初期状態を受け取り、出力文の単語を逐次的に出力するオートマトン（自動機械）の一種としてとらえることができます。このオートマトンに必要となるのは、現在のシステムの状態に基づき、出力単語列の言語としての流暢さを考慮した上で、次回の出力として最も妥当な単語を決定する仕組みです。この仕組みは「言語モデル」と呼ばれます。

言語モデルの本質は「過去の入力系列から次回の出力単語の分布を求める確率モデル」です。リカレントニューラルネットワーク言語モデル「RNNLM」(Recurrent Neural Network Language Model)はその代表的なものです。

#### ・エンコーダ・デコーダモデル

ニューラルネットワークにより構成されたエンコーダをデコーダに接続することで、エンコーダとデコーダ双方を単一のニューラルネットワークと見なして同時に学習することが可能となります。このように、中間データを介してエンコーダとデコーダが対向する形で構成されたニューラルネットワークは、「エンコーダ・デコーダモデル」と呼ばれます。

最も初期のエンコーダ・デコーダモデルとして、エンコーダにもデコーダとほぼ同様のRNNを備えたエンコーダ・デコーダ機械翻訳モデルが挙げられます。

これに注意機構を加えたモデルは、現在の機械翻訳システムの主流の構成法であり、2014年頃から著名な機械翻訳コンペティションにおいて、次々と最高精度を達成し続けています。2017年にはトランスフォーマー機械翻訳システム(TMT)が発明され今日に至っています。

Google社が2016年に発表した機械翻訳システム「GNMT」(Google Neural machine Translation)で、例えば「I have an apple」を「私はりんごを持っている」に翻訳する場合、まずエンコーダが英単語「I」「have」「an」「apple」を順に読み込み、中間データである初期状態ベクトルを生成します。デコーダは初期状態ベクトルを受け取り、自身の状態遷移にしたがって単語列「私」「は」「りんご」「を」「持っ」「て」「いる」を生成します。このモデルの場合、初期状態ベクトルが入力文に関する情報を全て蓄えていることは明らかです。

エンコーダ・デコーダ機械翻訳モデルは入出力がともに可変長の単語列であることから「Sequence to Sequenceモデル」とも、「End to Endモデル」とも称することがあります。

様々な入力に対して有効性が期待されるエンコーダ・デコーダモデルですが、従来型の自然言語生成システムには存在しなかった特有の問題が複数存在することも報告されています。主な問題は「過生成」、「生成不足」や「原構造無視」です。

過生成とは、デコーダの状態遷移が何らかの不動点に陥ってしまい、例えば「りんご」という同じ語を繰り返し、出力し続けることです。

生成不足とは、逆に、本来必要な状態遷移の一部をスキップしてしまったがために、入力として与えられた情報の一部のみが自然言語として出力されてしまうことを示します。

原構造無視とは、誤動作で原文の構造を無視して出力することをいいます。

これら問題がどんな条件で発生するのかは今のところ詳しい解析がなされていません。モデルの構造を工夫することによって、間接的に回避するための手法も研究されていますが、今後の更なる研究が必要です。

### 3 産業におけるAI活用

#### ・経団連のAI活用戦略

「AIの活用戦略」ということで、2019年2月19日経団連が「AI活用戦略」と題して発表したもので、経団連でまとめたAI Ready化を測るアンケートもあります。AI Readyな企業の5段階レベルの何処にいるかを自己診断できるようになっています。

## ・ものづくり領域における応用事例

産業（ものづくり）分野においては、さまざまな工程で自動化が進められてきました。一方、現状においても一部「人が持つ能力・感覚に頼った工程」が存在します。このような工程では、担当者ごとに習熟度の差が存在することや、担当者への負荷が高くなるという課題があります。この課題の解決を目指して「ディープラーニング等技術を活用したアプローチ」が試され始めています。

## ・自動車ギヤ不良品検出

製造業では、そもそも不良品が発生する頻度が少ないことから「不良品に関するデータを学習させること」自体が難しい状況にあります。次の事例では「（大量に準備することができる）良品データのみから特徴を抽出し、その特徴との差分を利用することで不良品を検出」するアプローチを採用することにより、「不良品データが少ない環境下」での不良品検知を実現しています。

【事例】2018年2月からの武蔵精密工業株式会社と株式会社A B E J A 取り組みはその一例です。自動車部品(ベベルギヤ)完成品に対する自動検査への応用となっています。

①オートエンコーダをはじめとした複数のロジック手法を組み合わせ、良品データのみから不良品を判断という仕組みです。

②人による目視検査に近い精度を実現。人に頼らざるを得なかった検査工程を自動化することにより、生産効率の大幅な向上を目指しています。

## 4 医療領域における応用事例

医療分野では、主に「診断支援」・「創薬」・「ゲノム解析」領域にて、ディープラーニング技術が活用されています。"ごく早期"のがんは医師でも見つけにくく、見逃してしまうおそれがあると言われていました。ディープラーニングが持つ特徴抽出能力を、このような診断支援領域に適用することにより「医師への負担緩和および見落としリスク低減」を目指す取り組みが広がっています。

## ・胃がんを検出する内視鏡画像診断支援

慢性胃炎の中から胃炎に類似している胃がんを拾いあげるとは、経験を積んだ医師でも難しいケースがあると言われていました。

次の事例は「内視鏡画像からの胃がん検出」領域において、（医師の診断を支援する用途としてCNNを活用している試みです。

【事例】2018年1月からの公益財団法人がん研究会有明病院と株式会社AIメディカルサービスの取り組み事例です。CNNを活用し、内視鏡画像から胃がんを検出するというものです。

- ①6mm以上の胃がんを熟練の内視鏡医レベルに匹敵する精度で発見します。
- ②1画像の診断にかかる時間は約0.02秒であり、人間の解析速度を遥かに凌駕しました。
- ③本事例発表時においてAIを活用した胃がん内視鏡診断支援システムの報告はなく、本報告は世界初の快挙です。

#### ・大腸内視鏡検査支援

「大腸の内視鏡検査」支援事例です。内視鏡医がポリープを肉眼で検査する際、「サイズが小さいもの」や「形状が認識しにくいもの」は見逃されるケースがあるとも、言われています。次の事例では、ディープラーニングを活用した技術等を用いることにより、「内視鏡医による病変発見をサポート」するアプローチが採られています。

【事例】大腸の内視鏡検査時に撮影される画像に、深層学習を活用したAI技術等を用いることにより、大腸がんおよび前がん病変を自動検知（内視鏡医の病変の発見をサポート）します。2017年7月から、国立研究開発法人国立がん研究センターと日本電気株式会社/国立研究開発法人科学技術振興機構と国立研究開発法人日本医療研究開発機構が実施した事例ですが、（2017年7月）前がん病変としてのポリープと早期がんの発見率98%でした。動画各フレームにおける検知と“結果表示”を約33ミリ秒以内(30フレーム/秒)で行うことに成功しましたこれらの情報は、医師に対して、リアルタイムにフィードバックすることが可能です。

#### ・広角眼底画像を用いた網膜はく離判定支援

次の事例は「診断補助」領域の「眼底画像を用いた網膜はく離判定」です。

【事例】2017年8月から社会医療法人三栄会ツカザキ病院眼科と（株）RisTの取り組み事例です。

- ①失明に直結する疾患である網膜剥離眼と正常眼を、網膜の広角画像のみから判別します。

②広角眼底画像を用いたA Iによる網膜剥離判定A U C 9 8%の精度でした。広角眼底画像とは、健診などで主に用いられている従来型非散瞳眼底カメラの4倍以上の画角を持ち、わずか2mmの自然瞳孔下から眼底の80%のエリアを撮影可能です。

③診断見落としを防ぐ二重チェックシステムへの応用や、眼科医療過疎地に対する遠隔診療への応用、健診による早期発見などへの応用を想定しています。

## 5 農業における応用事例

日本社会全体で高齢化が進む中、農業分野においても「今後、数年の内に「離農」する農家が増加」してくることが予想されています。

### ・収穫・仕分け支援

農業における各プロセスの中でも、「収穫・仕分け作業」は、作業者に大きな負担が発生する作業であり、「労働力不足」が課題にあげられる中、当該作業を支援する収穫ロボットの研究が進められています。

【事例】2018年5月からのパナソニック株式会社の取り組みです。

トマト収穫ロボットに、ディープラーニングを用いた画像認識技術を採用しています。重なり合って見えにくいトマトの検出等、検出率向上に寄与しています。果実検出用に、農園で撮影した画像から果実画像を2,000枚準備し、「学習済みP V A N e tモデル」をファインチューニングして、検出モデルを作成しました。果梗(かこう、果実の柄になっている部分)認識には、セマンティック・セグメンテーションアプローチを採用しています。「画素ごとに果実、主茎、果梗、その他背景の分類にラベル付けを行った1,050枚の画像」を用いて学習しています。

### ・ピンポイント農薬散布

害虫駆除を目的として、畑全面に農薬を散布する際に(害虫は畑に「点在」しているため)必要のない箇所にも散布してしまっていることがあります。散布する農薬を減らすことが出来れば、生産コストの抑制にもつながることから、次のような取り組みが行われています。

① 大豆畑上空においてドローンを飛行させ、畑全体を撮影します。(マルチスペクトル撮影機活用)

②大豆の害虫である「ハスモンヨトウ(蛾)の幼虫」が居そうな位置(注)を探し出し、農薬を当該箇所にピンポイントで散布します。

【事例】2017年12月からの株式会社オプティムの取り組み事例です。結果、通常栽培と比較して使用する農薬量を1/10以下に抑え、収量・品質を従前までと同等とすることに成功しました。

(注)ハスモンヨトウの幼虫は、日中、葉の裏に隠れており、上空から直接は検知できないが、「大豆の葉をハスモンヨトウの幼虫が食べるに従って、葉の色が変色する」ことを利用することで、害虫が存在することを検知しています。

## 課題

AIが作った小説、論文、楽曲やプログラム等の著作権はAIにあるか？について考察し、あなたの考えを800字で説明しなさい。

## 第7講 未来への飛翔 – 生成A I、自動運転、 A I 倫理が紡ぐ社会の未来

### 【学習到達目標】

- ・日本のA I 戦略は教育から始まることを説明できる。
- ・教育に利用される生成A I や自動運転について、事例を挙げて説明できる。
- ・国際的なA I のルール作りとA I 倫理について考えることができる。

### 1. 日本のA I 戦略

政府見解として公開されたのが、2019年4月で「我が国のA I 原則/A I 戦略について」（平井卓也・内閣府特命担当大臣）です。HirAI PitchにおけるA I 関連テーマの例として「人材育成」、「社会実装」、「データ戦略」などがあり、A I 戦略に関連する幅広いテーマについて産官学の関係者が意見交換いたしました。

具体的には、「A I の中小企業向けサービス」、「A I 検定試験」、「データ流通市場」や「衛星写真を組み合わせた都市の3Dマップ作成技術」がA I 関連テーマの例です。今日でいうデジタルツインというようなものが当時出てきたわけです。

#### ・「A I 戦略」の概要

2022年のA I 戦略では、「人間尊重」、「多様性」と「持続可能」の3つの理念と、ソサイアティ5.0を実現しSDGsに貢献するということを目指しています。この3つの理念の実装念頭において、5つの戦略目標、「人材」、「産業競争力」、「技術体系」及び「国際」、それに加えて5つ目として、戦略目標0ということで「差し迫った危機への対処」というのを設定するようになりました。教育と関係するのは、「未来への基盤作り」の中の

「教育改革」です。

「産業・社会の基盤作り」項目では、「社会実装」が非常に重要されています。A I戦略2022での社会実装というのは、「他国の先進的な事例」との比較に基づいて、新たな目標を設定して推進するという事です。

#### ・人間中心のA I社会原則の概要

A I戦略2019で言う「人間中心のA I社会原則の概要」では、「人間中心の社会」を中心に周りに「人間の尊厳」、「多様性」と「持続可能性」というものがあります。

「人間中心の原則」というのは、A Iは人間の能力を拡張するが、A I利用に関わる最終判断は人が行うものです。教育と関係するのは「教育・リテラシーの原則」ですが、リテラシーを育む教育環境を全ての人々に平等に提供するとなっております。その他にも、「公正競争確保の原則」、「公平性、説明責任及び透明性の原則」、「イノベーションの原則」、「セキュリティ確保の原則」や「プライバシー確保の原則」があります。

#### ・A I戦略の進捗状況と新たな戦略

A I戦略のこれまでの進捗状況と新たな戦略の必要性を示したものです。

A I戦略の主な成果の第1番目は、「教育改革」です。教育改革の1つ目は、「数理、データサイエンス、A I教育プログラム認定制度」が開始されたことです。これはリテラシーレベル（読み書きレベル）ですが、2021年までに78件を認定するという成果を挙げています。

教育改革の2つ目は、皆さんも関わっておられる小学校、中学校における「G I G Aスクール構想」で、1人1台端末を前倒して実現したということです。

他にもあの「人工知能研究開発ネットワーク」を設立してこととか、スマート農業実証プロジェクトとかが成果として現れてきました。

進捗としては、171件中154件、90%が計画通りに進捗しています。

国外においては、A I技術は国家安全保障、民主主義保全などの社会の根本機能維持の必須技術となっています。

例えば、アメリカでは国家安全保障の観点から、A I予算（非国防）ということで年間320億ドル、プロ野球の大谷選手の契約金1000億円超の約50倍を、国家予算として軍事でない面だけでこれだけ投入しています。

一方、中国では、軍事に使うということで5か年計画を発表しています。他方、EUはAI利用に関する包括規制案を公表しています。

日本では、これまでの「社会・経済システムの変革」に加え、地震とか水害とか火山噴火という「大規模災害」への備えや、コビッド19のような「パンデミックへの備え」に対応するような新たなAI戦略が要求されます。

#### ・ 国家規模の危機への対処

「国家規模の危機への対処」ということで、日本の場合は少子化ということで人口減少に伴う、我が国の体力の低下とか、デジタル化の遅れがあります。

これまでの閉塞を破る起爆剤として、AIを大きく活用すべきというように捉えられているわけです。それには、2つの流れがあって、1つは最大速度でのデジタル化・AI化ということです。基幹インフラのAI化前提でデジタルツイン、特に災害の場合に実際の街で水害とか火山の噴火できないので、デジタルツインの上でシミュレーションするというものです。

例えば、渋谷の街をそのまま再現して、デジタルで作った世界で、例えば人口がどう動くとかか？を見るわけです。

それからもう1つの流れは、強靱な社会システムへの転換ということで、グローバルネットワークの強化ということがあります。

#### ・ 地球規模の危機への対処/強靱な基盤作り

規模の危機への対処」と「強靱な基盤作り」です。強靱な基盤作りということで、「責任あるAIの概念」を構築する「説明可能なAI」等の技術は、情報基盤の信頼性を担保します。そして、我が国は高品種と安心安全という競争上の利点を生み出し、「責任あるAI」に向けた取り組み行っていくことになります。地球規模の危機への対処の方は、SDGsで言うサステイナビリティ分野でのAIの応用を考えていくというわけです。

#### ・ AIに関する「思い込み」

AIの社会実装の推進に臨む姿勢には、3つの思い込みを捨てる必要があります。

1つ目は「AIは人の仕事を代替する？」という思い込みです。AIが我々の仕事を奪うのではと言うのは、思い込みであって、実はAIは人と協調します。人がAIと協調することで労力を最小化して利益を最大化することができます。

2030年雇用の大崩壊があり、AIが人の仕事を奪うと言われています。

澤井は、日本の少子化を解決するため、むしろA Iをどんどん使い込んで、生産技術では日本が世界で一番優れているとなったなら、日本の国際競争力が維持できると考えています。そんな訳で、人はA Iと協調していく方が良いのではないかと思います。

2つ目の思い込みは「技術者だけがA Iを深く理解できる？」です。これも思い込みです。最近のチャットGPTとかBARDとかBING AI等を見ると、「結構だれでも使える」感じですが、ビジネスケースからA Iは理解できるということです。自らA Iを構築しなくても、既存のA Iを利用し、他の部分で差別化していくことも一つの有効な手段です。

3つ目は、「データが全て？」です。今のA Iはデータがなければ何も出来ないという思い込みがあります。実はそうではなく、使いながらどんどん増やしていけば良いというのが「ループの形成」です。A Iによるサービスの提供を通じてデータを取得するというようなループを形成し、サービスの提供とデータの収集を同時に行うことが重要です。

#### ・A Iデータの課題

「データ」について、A I戦略2019に出た話ですが、ノイズや偏ったデータによってはA Iが信頼できる結果を出すことができない可能性があります。例えば採用試験を、A I採用システムがこれまでずっと過去の履歴では男性を取ることが多いとした場合、学習データのバイアスによって、女性を不適切な判断で不採用にするのではないかと心配です。

また、少しのノイズでA Iシステムが誤認識してしまいます。例えば最高時速50と書いてある標識が泥で汚れてしまうと、速度制限50以上出しても良いと読み間違えてしまうというような誤動作が発生します。

その意味でA I製品のサービスの信頼性を担保する仕組みが必要です。その1つは国際標準化で、もう1つは第三者評価プロセス、ガイドラインの整備です。

A I戦略2022では社会実装に向けた4つの取り組みがあります。

ディープラーニングを重要分野として位置づけ、企業による実装を念頭に置き、「A Iの信頼性の向上」、「人材確保等の環境整備」、「A I利活用データの充実」と「政府におけるA I利活用の推進」に取り組みます。そして、物理、科学、機械など日本が強みを有する分野とA Iの融合により、競争力の高い製品やサービスを生み出すことが今後大事になってきます。

## ・日本のA I戦略のまとめ

日本のA I戦略は3つにまとめることができます。1つは「人間中心の社会原則の必要性」です。2つ目は、「A I社会原則を踏まえたA I社会実装」で人間中心という意味を真に理解した上で実現すべき未来社会に向かうためのA I社会実装を推進します。3つ目は、「我が国としての方向性」です。

人間中心に基づく健全なA I社会実装で世界に先行し、広島サミットの宣言をおこなっていることです。2023年末A I戦略会議にて生成A Iに関する暫定的な論理を整理しています。これがまとまると次のA I戦略になるというわけです。

## 2 生成A Iと教育

### ・A Iの1丁目1番は教育

A I戦略2019では、「A Iの1丁目1番は教育」ですと言っています。登壇者は、座長の安西祐一郎・慶応義塾大学元学長、北野ソニー・コンピュータサイエンス研究所社長と内閣府の専門官です。

A I戦略2019での教育改革に関する主な取り組みです。狙いは、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・A I」の基礎などの必要な力を全国民が育み、あらゆる分野で活躍できるようにすることです。

### ・教育改革に関する主な取り組み

G I G Aスクール構想の前倒しで生徒1人1台端末もI C T環境これは実現されたので、今後小中学校では4校に1人以上、高校では1校に1人以上の多様なI C T人材を登用することになります。

「学習内容の強化」としては、高校におけるA Iの基礎となる実習授業の充実で、大学でのM O O C等を活用した標準カリキュラムの開発と展開です。2025年の育成目標は、小中学生全員と高校卒業生全員ということで毎年100万人にしていこう、大学・高専卒業生は全員ということで毎年50万人、合わせて150万です。

「応用基礎」は、高校の一部と大学の50%で2025年には25万人育成していこうというわけです。「認定制度・資格の活用」では、「大学等の優れた教育プログラムを政府が認定します。

「制度構築」し、全学生が受けれる講座を作ることです。この講座は著者だけじゃなくて何人かの先生方で一緒にすることです。更に「A I 応用力の習得」ということで、A I と専門分野、例えば文化系の文化創造であれば、A I と文化創造とのダブルメジャーになるような人の育成を促進していくことになっています。

「先鋭的な人材を発掘・伸ばす環境整備」ということでエキスパートを2025年には2000人を育成する状況にして行きたいということです。

### ・生成A I / 教育

2022年11月にオープンA I が、ご存知のようにC h a t G P T を発表いたしました。爆発的な広がりを持って、2ヶ月で、1億人に達しました。C h a t G P T は、事前学習した大規模なニューラルネットワーク（大規模言語モデル）を対話形式で操作する方法を採用し、「生成A I」として世界的に話題を呼びました。

生成A I とは、全く新しいオリジナルのアウトプットを生み出すA I のことで、具体的には新しいデジタルの画像／動画、音声／音楽、文章／コード等を生成するA I、もしくはこれらを組み合わせて生成するA I のことを指す、と言われています。

生成A I は、非常に高性能で、コンピュータが我々の住む世界のことを良く理解し、人間と自然な対話（チャット）ができるような新しい能力を獲得しているかのように振る舞います。

生成A I は、数億パラメータ以上の膨大な知識量を有し、答えを瞬時に提示することを得意としており、正解を提示する能力では人間を超えています。生成A I は使い次第で人間の創造的な作業を支援します。

### ・未来への基盤作り

教育改革に関する主な取り組みと、研究開発における主な取り組みです。「初等中等教育における環境整備」は、「1人1台端末」で実現されました。

リテラシーとして高等学校でのA I の基礎となる実習授業の充実と、大学等の優れた教育プログラムを政府が認定する制度で、毎年50万人育成します。

応用基礎で毎年25万人、エキスパートと言われる人材は毎年2000人育成していく計画です。

研究開発における主な取り組みでは、「人工知能研究開発ネットワークを理研、産総研とN I C T を中核にし、大学、海外の研究機関や国の研究機関とつぐネットワークを充実していきましょう」という計画です。

## ・生成A Iに関する暫定的な論点整理

以下の論点整理は、最近の技術の急激な変化や広島A Iプロセスを踏まえて、A I戦略会議構成員がA I関連の論点を整理したものです。

### ○生成A Iの可能性

生成A Iの登場は、内燃機関の発明・IT革命と同じく、幅広く生活の質を向上させる「歴史の転機」となる可能性があります。生産性の向上・情報アクセスの改善など、諸課題の解消も期待されています。

### ○生成A Iと日本の親和性

我が国は、①研究・技術水準の高さ、②ロボット・A Iへの肯定的イメージ、③労働人口急減、④デジタル化への高いニーズ、⑤きめこまやかさ・創造性など、生成A Iとの親和性が高く、大きなチャンスです。アトムとかドラえもんとかロボットA Iへの肯定的イメージが強くて、そこへ持ってきて、少子化による労働人口の急減があり、デジタル化の必要性が出てきています。きめ細やかさ創造性など、日本人の特性ともあって、生成A Iとの信和性が大きく、大きなチャンスになる可能性があるというわけです。

### ○いま戦略を検討することの重要性

我が国に、A Iの勃興とともに再び成長の機運が見えており、諸外国の後塵を拝さないよう、今こそ大胆な戦略が必要です。政府は、人々がA Iがもたらす社会変化に対して安心感を持ち、各プレイヤー、つまり各産業界の人たちが予見可能性を持てるようリスクに対応すべきという訳です。また、企業・研究者が十分に活動できるインフラ整備を行うべきです。例えばスパコン、A I用のスパコン整えるとかそういうような話です。

### ○懸念されるリスクの具体例と対応

懸念されるリスクの具体例と対応については、次の6点があります：1) 機密情報の漏洩や個人情報の不適正な利用のリスク、2) 犯罪の巧妙化・容易化につながるリスク、3) 偽情報などが社会を不安定化・混乱させるリスク、4) サイバー攻撃が巧妙化するリスク、5) 教育現場における生成A Iの扱い、6) 著作権侵害のリスク、7) A Iによって失業者が増えています。

澤井は、日本の場合むしろチャンスにすべきで、A Iによって生産力を上げ、逆に職業が増えていくという風にすべきだと思っています。

## ○A Iの利用

A Iの利用については、次の4点が考えられます：

1) 生成A Iは、デジタル化を加速させ、我が国全体の生産性向上のみならず、様々な社会課題解決に資する可能性があります。2) A I利用を加速するため、医療や介護・行政・教育・金融・製造等のデータ連携基盤の構築・D F F T (Data Free Flow with Trust) 構想の具体化・人材育成・スタートアップの事業環境整備を進めるべきです。3) 政府機関が一体となって、機密情報漏洩のリスクなどに配慮しつつ、率先して生成A Iの利用可能性を追求することが重要です。4) 幅広い世代が生成A Iの恩恵を享受できるよう、スキル・リテラシーを身に付けることが大切です。

A Iの利用は、デジタル化を加速し、我国全体の生産性向上のみならず様々な社会課題の解決する可能性があるので、教育に関しては幅広い世代が生成A Iの恩恵を享受できるスキル・リテラシーを身につけることは大切ではないかということです。

### ・生成A Iを活用した授業の実践例

【事例1】千葉県印西市立原山小学校（松本博幸校長）の生成A Iを活用した授業の実践例です。授業では「文章生成A Iの仕組みを知り、これからどのようにかかわっていけばよいか考える」ことを狙いとし学習活動に取り組んでいます。保護者の理解及び協力、そして専門的な知見を有する外部人材の助言によって、全国的に見ても先進的な生成A Iについての授業が実践されていました。

この授業実践例では、専門家の「N P O法人 みんなのコード」が「対話A Iは、ネット上にある大量のデータを使って、それをまずA Iに学習させて、人間の質問や指示に答えるようにするのだよ。悪いことに使わなければうまく使うことができるよ。A Iの言っていることは100%正しいということはないということを理解して使うのだよ。」とわかりやすく教えています。

【事例2】同志社中学校・高等学校の反田 任先生のA I発音チェックアプリ“ELSA Speak”を活用した英語授業デザインの事例です。目的はELSA Speakを活用し「話すこと（発話）」の力を向上させることです。ELSA Speakでは英語の音素単位で発音判定をするため、単語や英文の正確な発音が身に付きます。

## ・生成 A I が驚異的な進化

生成 A I が驚異的な進化をしています。最近「A I アライアンス」が出てきました。A I アライアンスとは、Microsoft の「being A I」、ChatGPT、GPT4 や GPT4 ターボに対抗する国際的な連合グループです。

## ・雇用の未来

オズボーン氏の論文「雇用の未来」の中では、「2030年には、現在ある職業の47%がなくなる」と言われています。そのため、A I 時代を生き抜く人材を育成する教育が重要になる。消える職業、なくなる仕事で筆頭に上がっているのは銀行の融資担当者とかスポーツの審判、不動産のブローカー、レストランの案内係や、保険の審査担当者というようなことが上がっています。

## 3 自動運転

自動車産業領域では、ディープラーニングが強みを持つ「認識」領域を中心に、数年前から様々な実証実験が行われています。安全性を最重視しつつ、将来の実用化に向けた取り組みが進められています。

## ・自動運転

カメラ・センサーなどから「信号・道路標識・障害物」等の外部情報を把握し、アクセスやブレーキ、ステアリング等の各種操作につなげていく自動運転の工程内で、ディープラーニング技術が活用されているわけです。

実際の動きを見てみますと、車の上にセンサーが付いていて、他にもセンサーついていると思うのですが道路の障害物とかを認識して動いています。

内閣官房 I T 総合戦略室等では、高遠道路でのトラックの隊列走行を早ければ2022年に商業化することを目指しています。高度自動運転の市場化・サービス化にあたり、「様々な走行環境における実証実験の実施」が不可欠となって来ました。

成果としては、まず自家用車の分野では2021年3月にホンダより、自動運転レベル3に適合する技術であるトラフィックジャムパイロット（渋滞運転機能）を搭載した車両が市場化されました。

ホンダの自動運転レベル3は、高速道路渋滞時など一定の条件化で、システムがドライバーに代わって運転操作を行うことが可能になりました。

このことにより、2020年の実現を目指していた高速道路での自動運転レベル3が実現されることになりました。また「運転支援システムの高度化」について、高精度3次元地図を利用した速道路でのハンズオフの運転支援が日産などで実現されました。

自動運転の国内外の動向を見てみましょう。

アメリカの場合、民間主導でレベル4を実用化しています。具体的には、IT企業が自動車を時期デジタル領域と見据えて、無人モビリティサービスの事業開発と促進しています。GOOGLEなどのIT企業を中心に、WaymoタクシーやGakic無人配送トラックといったレベル4サービスカーが一部公道で実用化しています。

欧州では、欧州OEMのディーゼル不正やHEV技術力不足を補う競争力獲得のため、自動化・電動化を政府指導で推進しています。官民ともに、レベル2のとかレベル3が中心で、官主導でレベル4の試みが行われています。レベル3までは車の運転を基本的に人間が主導で行っています。レベル4以降では基本的に人間はアシストしません。レベル5に至っては人間のアシストが全くありません。今見る限りレベル5は、未だ出てきていません。

中国の場合、2025年までに製造強国の仲間入りを、政府目標としており自動化技術開発を政府指導で推進しています。

新興国では、民間主導でレベル4を目指しており、公共交通の未整備地やスマートシティ内の移動手段確保を目的に、民間を中心に自動運転を実証しています。

日本における自動運転の導入地域とAD/ADAS市場の拡大です。ADは「自動運転システム (Autonomous driving system)」で、ADASは「先進運転支援システム (Advanced Driver-Assistance Systems)」です。

自家用車については2022年にレベル1からレベル2までに普及しています。

2025年には運転支援の進化により、レベル2からレベル3になりAD/ADAS導入が促進されます。そして高度な運転支援車とサービスカーの基盤を共用し、AD/ADAS ECU、センサーやアルゴリズムなどの量産効果によりコスト低減されたシステムの活用を通して、商用車レベル4サービスカーの本格普及に寄与します。

商用車については2022年にレベル4のサービスカーを導入し、自家用車との協調領域における自動運転開発を行いながら、2025年にはレベル4サービスカーの導入を40箇所を増やし促進して行きます。2030年以降に自家用車の技術を活用しながら、レベル4サービスカーの本格普及を目標にしています。

自家用車のレベル4自動運転サービスの実現は、限定空間の遠隔監視のみで自動運転サービスの実現に向けた実証事業の推進という形で行われています。事業性向上に向けて、4台までの車両を1人が同時監視します。2023年5月21日より、福井県永平寺町において、レベル4での自動運転移動サービスが開始されました。西村経済産業大臣（当時）が乗って現地で記念式典に臨んでいます。町民の方々による乗車や、遠隔監視室でレベル4運行を監視して様子が見れます。遠隔監視室では、1人の人が3台の自動運転を監視し、操作しています。

### ・タクシー需要予測

タクシーの需要予測にもAIが使われるようになりました。タクシードライバーが抱える一般的な課題に、「需要がある場所や時間帯を予測するのが困難」というものがあります。これから紹介するケースでは、タクシー需要を予測するために各種データ(リアルタイム人口統計データ、気象データ、過去のタクシー運行データ等)を活用して、どこに車を配車したら1番効率がいいか正解を予測する本事例では、「抽象的で複雑な特徴を獲得する」ことを狙い、オートエンコーダ系技術を採用しています。オートエンコーダとは、3層ニューラルネットにおいて、入力層と出力層に同じデータを用いて教師あり学習させたものです。

【事例】株式会社NTTドコモの「AIタクシー」は現在から30分後までの未来のタクシー乗車需要の予測結果などのデータをオンラインで配信するサービスです。需要を予測するために、発展させたオートエンコーダ(Stacked denoising Autoencoder、SdA)を使用しています。タクシー需要を92.9%の精度で予測しました。実証実験を経て、2018年2月よりサービス提供開始し2022年6月に終了しました。

### ・未来の自動運転

2023年8月13日、米国ミシガン州政府は、デトロイトからアナーバーの間に全長40マイル(約64km)に及ぶ米国初の自動走行レーンを建設すると発表しました。レベル5の自動運転は難しすぎるというので、アメリカでは道路になんか仕掛けをしようというようになってきているようです。デトロイトというとアメリカの自動車の発祥の地なので、デトロイトで行うことが将来の自動運転に相当のインパクトを与えるわけです。

これまでGoogleは、インフラに依存しない「自立型」の自動走行の実現を目指してきたことで有名です。

2000万マイル（約3200万km）以上の公道走行を続けながら開発してきた技術です。2016年に設立された自動運転専門会社「Waymo」が、アリゾナ州で提供している有料の自動走行ライドシェアサービスWaymo Oneのいずれも自立型の自動走行を前提としてきました。

グーグルは、関連会社Caviumがインフラ協調の必要性を主張したことにより自動運転の考えが変化しつつあるようです。

オレンジに引いた線のところが、自動運転車レベル5が走るイメージです。混雑している道路の中でオレンジのところだけは自動運転で走っています。

#### 4 国際的なAIのルール作り

上図は、国際的なAIのルール作りです。政府は「AI戦略2022」や「人間中心のAI社会原則」などをこれまで定めてきました。

論点整理は、従来の基本戦略・理念は維持しつつ、急激な技術変化やG7広島サミットで合意されたビジョンと目標（「我々が共有する民主的課に沿った、信頼できるAI」）等を踏まえ、AI戦略会議の構成員が有識者として、生成AIを中心に課題と方向性などを整理しています。

##### ・広島プロセス

広島プロセスには3つの動きがあります。

- 1) 2023年5月G7広島サミットにおいて岸田総理が提唱したことです。
- 2) 広島AIプロセスのG7デジタル技術・閣僚声明です。広島AIプロセス包括的政策枠組みです。①生成AIに関するG7の理解に向けたOECDレポート、②全てのAI関係者に向け及び高度なAIシステムを開発する組織向けの広島プロセス国際指針、③高度なAIシステムを開発する組織向けの広島プロセス国際行動規範、④プロジェクトベースの協力の4つあります。広島AIプロセスを更に前進させるための作業計画の策定です。
- 3) 2023年12月6日G7首脳による最終合意で、AIアラスシンポジウム2023で公表された指針です。①全てのAI関係者向けの広島プロセス国際指針として、導入前及び市場投入前を含め適切な措置を講じます。②導入後の話です。③十分な透明性の確保を支援します。④関連組織間での責任ある情報共有します。⑤AIガバナンス及びリスクの管理方針を策定し、実施し、開示します。⑥強固なセキュリティ管理に投資し実施します。

⑦ユーザーがA Iを生成したコンテンツを識別できるようにします。⑧社会的、安全、セキュリティ上のリスクを軽減するための研究を優先します。⑨世界の最大の課題、特に気候危機、世界保護、教育等に対するために、高度なA Iシステムの開発を優先します。⑩国際的な技術企画の開発を推進することです。⑪適切なデータインプット対策を実現し、それによって個人データ及び知的財産を保護します。⑫高度なA Iシステムの信頼でき責任ある利用を促進し、デジタルリテラシー、訓練及び認識を向上させる機会を求めるべきであるということです。

### ・リスクの対応として

中央省庁が生成A Iを利用する場合の手続きで、生成A Iの業務利用に関します。2023年9月オープンA Iに対する注意喚起がありました。

A Iと知的財産権とA Iと著作権問題に関して、研究会・審議会における議論が行われています。教育とも絡む面では学習用データの整備で、政府等保有データの提供促進があります。加えて、新たなモデルの開発、基礎的・先進的な研究、人材育成があります。注目したい点は次の3つあります。

1) ルールメイキング+エンフォースメント、2) 大規模汎用モデル+多様なモデル、ファインチューニング、3) 一部の地域での利用+世界各国での本格的な利用というものがあります。今後、安全性・信頼性、オープンクローズ、多様性/国際整合性の議論がますます重要になります。

## 5 A I倫理

現在の第4次A Iブームでは、自動運転や画像診断など私たちの暮らしにA I技術が急速に入り込んで来ています。21世紀の基幹テクノロジーとされるA Iとどう付き合い、その活用をどこまで許容していくのか？EUではA I倫理に基づく輸入規制を計画しており、日本のA I倫理が問われています。

### ・A I倫理の背景

2023年12月17日OpenA Iの「超知性」誕生に備える研究チームがGPT-2（弱いA I）モデルでGPT-4のように強力なA I（強いA I）を制御する方法を説明しました。OpenA Iは、人間よりもはるかに賢いA Iである「超知性」が2033年までの10年間で開発されると推測しており、「スーパーアライメントチーム」を立ち上げ、超知性を制御するための研究が行われています。

AIの賢さを下回る人間ではAIの監視が困難になります。OpenAIのスーパーアライメントチームは、人間が超知性を適切に監視できるかを見る代わりに、大規模言語モデルのGPT-2がより強力なGPT-4を監督できるかテストを行いました。

注) GPT-2のパラメータは15億程度であるのに対し、GPT-4のパラメータは約1760億に上るといいます (IEEE Spectrum)。

#### ・ AI倫理の定義

倫理とは、Websterによれば「a system of moral principle」となっており、AI倫理は「a system of moral principle for using AI」と定義できます。日本の文部科学省が推進する全国の児童・生徒1人に1台のコンピュータと高速ネットワークを整備する「GIGAスクール構想」に必要な「IoEEE」(倫理のインターネット、教育のインターネット、生きる力のインターネット)AI倫理チャットボット機能を試作・検証することにあります。

#### ・ 1人1台端末に必要なAI倫理チャットボット

AI戦略の教育改革「1人1台端末」、GIGAスクール構想の最大の課題は「チャットによるいじめ問題」と言われています。AI倫理を探究するうちに「チャットによるいじめ問題」にAI倫理チャットボットが使えるのではないかと考えられています。

近年、人間と会話をすることができる対話システムへの注目が集まっています。例えば、音楽の再生やメールの確認などを行うGoogle AssistantやSiri、また顧客からの問い合わせ対応を代替するチャットボット(チャットのロボット)といった、何らかのタスク達成を目的としたタスク指向型対話システムが広く浸透してきています。今日、自動運転や画像診断など私たちの暮らしにAI技術が急速に入り込んで来ています。21世紀の基幹テクノロジーとされるAIとどう付き合い、その活用をどこまで許容していくのか?

「AI倫理」とでも呼ぶべき社会規範をきちんと議論しなくてはならないと言われています。

ウィーン大学の哲学者クーケルバーク氏は著書「AI倫理」で、AIを使うための「運転免許証」がない。と警鐘を鳴らしています。

ノーベル文学賞受賞者のカズオイシグロ氏は「クララとお日さま」と言う最新の小説の中で、人工知能を搭載したロボット「クララ」を登場させています。クララは、観察と学習への意欲と理解力を持つに至り、人間社会で生きていく力「生きる力」(Energy of Life)を得るようになります。

#### ・教師あり学習

機械に学習させる「機械学習」には「教師あり学習」、「教師なし学習」、と「強化学習」の三つの学習の枠組みがある。図5は人間の脳のニューロンが層状に接続した構造を模擬した機械学習の三つの枠組みです。

教師あり学習とは主に人間の小脳が担う学習機能で、代表的な統計手法は回帰と分類です。学習者に対し、教師が明示的に正解を教えたり、学習者の誤りを指摘したりすることで、学習者が正しい解を得ることを助けます。正しい入出力の組合せを与えて学習することで、新規の入力に対し適切に出力します。

「回帰」の代表的手法は誤差逆伝播法(Back Propagation)です。「分類」の手法として、正解、若しくは誤りを入力として、未経験入力に対する意志を決定する決定木(Decision Tree)や決定表(Decision Table)の作成などがあります。本研究では EXCEL 上の決定表で「倫理表」を試作しました。

#### ・「A I 倫理」処理システムの試作

「教師あり学習」A I を使い、社会規範・倫理と、設計者の故意ではないA I の誤認識（機能不全、誤作動や機能低下を含む）を検証し、適切な処理を行う

「I o E E E」（Internet of Ethics, Internet of Education, Internet of Energy of Life）A I 倫理チャットボット機能の試作を行いました。

本研究では、「教師あり学習」を使い、教育禁止用語や放送禁止用語等のような社会規範・倫理とA I の誤認識が処理・説明できるシステム作りを目指しました。入力はA I 音声入力でもキーボード入力でもできます。デープラーニングによるA I 音声入力はiPhoneで行い、リモートマウスで接続したパソコン上でA I 倫理処理を行いました。「A I 音声入力では何故誤認識したか？」は言葉では説明できない、つまり暗黙知です。

社会規範・倫理とA I の誤認識の検出・修正（言換え）処理は EXCEL の VBA プログラムで瞬時に処理され、修正した音声入力文と修正理由を説明した説明文はそれぞれ EXCEL ファイルに保存される。学習データは、社会規範・倫理例、A I の誤認識と学習済みの TensorFlow.js モデル・デーモン（システム）等で、インターネットとブロックチェーンで参照します。

例えば入力文「Slave is a bad word」（奴隷は良くない言葉です）を入力すると、正しい表現に言い換え、その理由を説明する社会規範・倫理例の放送禁止用語は教育禁止用語としてウェブ検索する具体的にはアイヌ系からロンパリに始まりブスとかチビといった誹謗中傷の類からジョンやアメ公といった人種差別用語まで教育上使わない方が良くとかがえられる用語は網羅されています。

#### ・「教師あり学習」モデルを使った検証

音声入力文に、①アイデンティティベースの憎悪、②侮辱、③わいせつ、④重度の毒性、⑤性的に露骨、⑥脅威、⑦毒性などの有毒なコンテンツが含まれているかどうかを、約 200 万件を事前に「教師あり学習」した学習済みの

TensorFlow.js モデル・デーモンを使い検出しグラフ化し、「I o E E E」AI 倫理チャットボット機能の検証を行いました。例えば G I G A 端末の入力文「馬鹿!消えてしまえ!」を、学習済み TensorFlow.js モデル・デーモンに入力し分類すると、②侮辱)かつ⑦毒性が「TRUE (きわめて有害)」、及び①アイデンティティ攻撃、③卑猥、④重度の毒性、⑤性的な露骨及び、⑥威嚇は「FALSE (無害)」と分類します。

G I G A 端末でトラブルを引き起こす入力文例 37 件中 26 件(10%)が TRUE (きわめて有害)、53 件(20%)が NULL (要注意)、残りは FALSE (無害)と検出できました。「I o E E E」AI 倫理チャットボット機能は、30%を超える抽出率で、倫理テーブルで確認できなかった未定義の誹謗中傷を検出できました。本チャットボット機能は非常に効果的でした。

結果、G I G A 端末やケータイに人工知能を搭載した人間に親切な「I o E E E」AI 倫理チャットボット機能を搭載し、1) 社会規範・倫理と AI の誤認識の修正処理を行い、その後 2) 「教師あり学習」モデルを使った検証を行うと、抜けが少ない有効な AI 倫理処理ができると分かりました。

## 課題

自動運転車が引き起した事故は、誰が責任を負うべきか？について考察し、あなたの考えを 800 字で説明しなさい。

## 第8講

# 人工知能（AI）とデジタルアーカイブの 現状と未来

### 【学習到達目標】

- ・ AIにおける様々な処理には、その基礎にデジタルアーカイブがあるということを説明できる。
- ・ AI時代のデジタルアーカイブは、多様な価値を持っていることについて、事例を挙げて説明できる。
- ・ AI時代のデジタルアーカイブの在り方と、人間の学びの変革について考えることができる。

## 1. AIとデジタルアーカイブの関係

今日の内容は5つありまして、AIとデジタルアーカイブの関係、2つ目はデジタルアーカイブの利活用、3点目は生成AIの驚異的進化、4点目はAIとデジタルアーカイブが創る未来、そしてデジタル文化遺伝子を目指してという形でお話を進めさせていただきたいと思います。中では結構AIを使わせていただいています。

趣旨としてはAIとデジタルアーカイブの関係は、機関車と燃料車の関係に例えることができる。燃料車のデジタルアーカイブはうまく自分の燃料を利用してくれる機関車を探している。活用ですね。そして一方、生成AIというのは有害性のない正確な学習データ、つまり誹謗とか抽象とかがない、偏見とかない民主的なデジタルアーカイブという燃料車を求めているわけです。人工知能とデジタルアーカイブというのは、以前よりお互いを必要としているものになってきています。人工知能とデジタルアーカイブの両者の一体化が未来のブレークスルー、デジタル文化遺伝子となると澤井は考えているわけです。

今日のお話は、現在はデジタルアーカイブと人工知能というのは関係なく発展してきたわけですが、一これからはAIとデジタルアーカイブというのは一体化してレールの上で走ることが大事ということをお話ししたい。

チューリングの時代からずっと今に来て、カテゴリーも知識、探索・推論、機械学習・特徴表現、そしてディープラーニング、そして2017年にトランスフォーマーが出たことによって、トランスフォーマー革命という形で今やChatGPT、Gemini（BARDが名前を変えました）やBing AI等が出現してきている。

## 2 デジタルアーカイブの利活用

デジタルアーカイブというのはインターネットの登場と同じ頃にデジタルアーカイブという形で登場したわけです。

デジタルアーカイブというのは御存じのように平成6年春、月尾教授が提唱しました。これは実は私の目の前で行われたわけです。実は1993年ですけど、当時富士通の社長だった山本卓眞会長から「月尾教授のところ行って、マルチメディアで世界に発信できること、そしてコンピューターを使っていくアイデアをもらってきなさい」ということで月尾先生のところに行きました。月尾先生が「澤井さんはアーカイブという言葉を知っているか」と。「知っていますよ。公文書館とかそういうものですよ」と言ったら、「それをデジタル化して映像とかそういうものを全部世界に発信していくというのはどうだろう」、「それは素晴らしいですね」というところでデジタルアーカイブという和製の英語ができたわけです。

デジタルアーカイブとは、その当時の決めた話ですけども、世界各地にある遺跡や史跡など文化遺産、舞踊、祭事などの伝統芸能、絵画や彫刻などの芸術作品、工場や機械などの産業遺跡など、人類が創造し蓄積してきた資産をデジタル情報の形態で記録し、その内容を分散したデータベースに保管し、通信ネットワークを經由して世界の人々が自由に閲覧できるシステムであるということで5つの目的が出されました。消滅していく遺産を保存しよう。消滅していく芸能の保存をしよう。公開されない資産を保存しよう。人類共有の資産を保存しよう。文化衝突の回避できるだろうということで、アーカイブの意味は文書保管施設、公

文書・古文書保管庫，文庫で，まとまった文書や文化財などの集積で，将来に保存する歴史的価値のある記録を保存しようと，記録しようということです。

昨年の6月6日にデジタルアーカイブ憲章がデジタルアーカイブ学会で作成されています。「デジタルアーカイブとは人々の様々な情報資産をデジタル媒体で保存し，共有し，活用する仕組みの，そういう仕組みの総体を指す」と。今後，リスクがどこにあるのか，目指す理想の姿を提示していこうというようなことで社会に記憶する権利とその目的，オープンな参加，社会制度の整備，信頼性の確保，体系の確保などがこのアーカイブ憲章で唱えられているわけです。

### 3 生成A Iの驚異的進化

今日生成A Iの驚異的進化があります。生成A Iは機関車に当たる部分，活用のエンジンとなるわけです。2019年A I SUM という国際会議で「日本のA I戦略ではA Iの一丁目一番地は教育です」と言われていました。皆さんよく御存じですけども，日本のA I戦略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・A Iの基礎」などの必要な力を全ての国民が育み，あらゆる分野で人材が活躍するということです。幸いなことにコロナの前にGIGAスクール構想ということで，生徒1人1台端末を持つI C T環境が整備されました。日本は，生徒1人1台端末の整備により国際学力調査PISAで世界でも一躍トップに躍り出たわけです。今後は高校におけるA Iの基礎となる実習授業の充実，大学では特に大学等の優れた教育プログラムを政府が認定する制度を構築ということで，高校，大学，高専卒人材で全50万人／年間なるようにしたい。それから大学院レベルではA I専門分野のダブルメジャー，例えば文化創造であってもA Iというのとダブルメジャーになってほしい。高専，大学の約50%，25万人を毎年育成したい。そしてA I自体を開発できるようなエキスパートってというのは年間2000人育成したいというのが日本のA I戦略です。

さて，生成A Iに関連するA Iの新しいプログラミングの方法が機械学習というものです。従来のプログラミングではルールとデータがあります。

例えば、ルール「 $X + Y$ 」というのがある、データが「 $1 + 2$ 」というのを入れると、答えは3という形で出るわけです。ところが機械学習では答えが「3」で、データが「 $X = 1$ 」, 「 $Y = 2$ 」と入れると、ルール「 $X + Y$ 」というルールが出力されてくるという仕掛けになっているわけです。

生成A Iというのは皆様御存じのように、2022年11月にOpenA Iの発表したChatGPTが非常に有名です。2か月で1億人を突破したということで爆発的に増えて、生成A Iとして世界的に話題を呼んだわけです。これは大規模なニューラルネットワーク、大規模言語モデルというものを対話的に操作する、これをLLMというのですが、それを対話的に操作する方法を採用しています。生成A Iは数億パラメーター以上の膨大な知識量を有し、答えを瞬時に提示することを得意としており、正解を提示する能力では人間を超えていると言われています。生成A Iは使い方次第で人間の創造的な道具を支援するというところで

赤堀侃司先生がおっしゃったように、A Iは膨大なデータを基に推論するが意味を理解しないと、それから益川弘如先生がおっしゃったようにA Iには人を生成A Iに置き換えることはできないというところがあって、それが非常に大事なポイントです。反面、生成A Iというのはあくまで道具にすぎないので、人間には生成A Iの答えのうそを見抜く力が求められている。別にA Iが悪いわけじゃないですけど、生成A Iというのは入っているデータの確率の一番高いものを答えとして出してくるので、そのために、データが悪いと、つまりアーカイブされている学習データが悪いと間違った答えを出すわけです。生成A Iの出力結果を答えと見ないで、先ほど益川先生もおっしゃっていましたが、対話する、考えを深めるための一方法として見るのが重要になっています。

これが第4次A Iブームと私が捉えているところです。全てトランスフォーマーから始まっています。最近ではグーグルのBardっていうのがGemini、画像も扱えるようになったということでGeminiになっています。それからGPTはGPT4-Turboまで行って、ChatGPT3.5から出たChatGPTはマイクロソフトのBing A Iに搭載されるようになっているというのが現状になっています。

ここで見てみますと、結構、結局トランスフォーマーをみんな使っていると。BERTも最後にトランスフォーマー、GPTも最後にトランスフォーマー、それからChatGPTもトランスフォーマーを使っているということで、2024年、グーグルのBardがGeminiに改名した。要するに今までのBardに画像の認識に対応し生成するようなニューラルネットワークとのペアで、Gemini（双子座という意味）が動くようになったというわけです。

さて、トランスフォーマーというものは何であるかというのですけれども、この最高のパフォーマンスを発揮するモデルというのは注意機構、アテンションというメカニズムを介したエンコーダーとデコーダーになっています。それで本質は何かというと機械翻訳のためのネットワークアーキテクチャーになっています。これまでのCNN（Convolutional neural network）やRNN（Recurrent Neural Network）とは異なって、エンコーダーでコーダーモデルになっていて、注意機構に基づいているというのがポイントになっています。何より皆さんが驚いたのは、英語からフランス語の翻訳タスクで「41」というような翻訳の評価指数でした。人間のプロの翻訳者でも「40」くらいの翻訳の評価指数なので、「41」は人間を超えるということで、それはすごいことだということになったわけです。

トランスフォーマーの中で行われている日英翻訳メカニズムを見てみますと、例えば入力に「外で犬がほえている」というのをいれと、まずそれを入力トークン、ベクトルに直して、それを分割してどんどん蓄えていって、今度はデコーダーのほうで生成します。途中「A dog is barking」というのが出てくると、それとその入力のデータと合わせて確率的に一番高いのは「outside」というのがいいということで、「A dog is barking outside」というような形で答えを出してくるというようなメカニズムになっています。英仏翻訳では、例えば英文「I arrived at the」というようなものがあると、まずベクトルに直して、それを単語の意味を引いて、そして確率的に一番ふさわしいものは何かを見て、確率から最終的に答えを出していきます。そして仏文「Je suis arrive」というような形で出力していきます。

#### 4 AIとデジタルアーカイブが創る未来

「デジタルアーカイブの現状と未来について教えて」と ChatGPT と、 Gemini に問い合わせました。答えは大体同じようなことになっています。ChatGPT が言ったのは「デジタルアーカイブというのは現在大規模なデータセンターで膨大な量のデータを保存し、インターネットを通じてアクセスを可能にする。歴史的な文書、芸術作品、科学的データ、ビジネス、そういうようなことで長期保存のためにデータのバックアップ、レプリケーションを行うというようなこと。そして未来はさらなる技術革新とデータ管理の進化によって形成されるということで、AIや機械学習の進化によりデータの分類、索引づけ、検索が向上し、データコレクションの有用性が高まる」です。Gemini のほうは、同じように「多様な活用と課題があると。課題は著作権、肖像権、長期保存、メタデータ、デジタルディバイドってというような形が挙がっていて、未来はAI技術とメタバースの可能性。AI技術の発展によりデジタルアーカイブの活用はさらに広がる」というようなことを言っているわけです。

「人工知能の現在から未来はどうなるか」を尋ねると、ChatGPT は「深層学習の発展により大規模なデータセットと強力なコンピュータを用いた複雑な問題に取り組むことが可能になったということで、画像を認識し、自然言語。未来はどうなるかという、さらなる進化と革新が期待されるということで、AIの未来は社会や産業の様々な分野に革新と進歩をもたらすが、倫理的な問題や社会的な影響に対処するために適切な規制とガバナンスが必要である」と答えます。もったもな話です。Gemini は「いろいろな分野で活用されている。未来は進化し続け、大きな変化をもたらすでしょう。AI技術は正しく理解し倫理的に活用することでよりよい未来を築く」と答えているわけです。

「デジタルアーカイブを活用する人工知能とは何か」と聞くと、ChatGPT は「アーカイブ資料の検索や分析作業が大幅に効率化され、新たな知見の発見や過去の資料に新しい価値を見いだすことが可能である」と答えてきます。Gemini は「私たちの生活や社会をより豊かにするための大きな役割を果たす」と言ってきます。

逆に「A I を活用するデジタルアーカイブとは何ですか」と聞くと、ChatGPT は「大量のデジタルコンテンツを管理、分析するためにA I が使用されていて、A I はデータの膨大な量に圧倒されがちな人間の管理者にとって、デジタルアーカイブを管理する強力なツールになる」と言ってくれます。確かにそうかなと。Gemini は「データ構築、管理、利用に大きな可能性があるということで、特にメタデータの自動生成等ができる。A I 技術のさらなる発展と倫理的なガイドラインの策定などが求められる」と言っています。これは本日提案していますルールというか、規則というか、活用ルールということになるわけです。

そこで「デジタル文化遺伝子」を考案しました。遺伝子というのはご存じのとおり生物学的に継承されるDNAなどの設計情報を指します。これは先天的で本人の意思とは関係ないわけですが、文化的遺伝子というのは単一個体に人が後天的に文化を通して自身に蓄積した情報を示す。リチャード・ドーキンスが著書『利己的な遺伝子』の中で「ミーム」と称しています。楽曲、思想、標語、衣装の様式、つぼの作り方、あるいはアーチの建造方法などもミームの例です。デジタル文化遺伝子は、文化的遺伝子のデジタル版ということで、和製英語「Digital Culture Genes」を思い付きました。

少し ChatGPT と Gemini に対して文化遺伝子というのを教え込んだ後で、「デジタルアーカイブを活用したA I が提供するデジタル文化遺伝子とは何ですか」と聞きました。ChatGPT は「デジタルアーカイブを活用した人工知能が提供するデジタル遺伝子ということで、デジタルアーカイブを活用したA I の技術は文化遺産の保存、共有、研究のために新たな可能性を提供している」と言います。Gemini は「デジタル文化遺伝子とはA I を用いてデジタルアーカイブから抽出された文化の継承、変容に関する特徴や要素である。デジタル文化遺伝子の研究は人類の文化遺産を理解し、未来へと継承していくための重要な役割を果たす」と答えてくれていました。特に Gemini に至っては「こういうことでしょ」と一覧表にまとめてくれました。「人工知能とデジタルアーカイブの主な機能について」、人工知能はデータ分析、情報処理、コンテンツ創造というのに使えます。デジタルアーカイブは情報保存、検索・閲覧、研究・教育です。

デジタル文化遺伝子構築における役割は、人工知能はデジタル文化遺伝子の構築に関わるでしょう。デジタルアーカイブは保存・活用に関わるでしょう。それぞれの強みというのは、人工知能というのは膨大な量のデータを処理できる。デジタルアーカイブは長期的な保存が可能である。弱みとしては、人工知能は倫理的な問題や偏見のリスクを指摘しています。そしてデジタルアーカイブは情報の収集・整理に人手が必要である。とまとめてくれています。

A I とデジタルアーカイブが創る未来のポイントは、A I とデジタルアーカイブの一体化です。A I は、偏見とか誹謗とかが入っているデータが入ると、そのまま理解して答えに使ってきます。そこをきちんと、単なるビッグデータではなくて、ウィキペディアとかそういうものやインターネットの知識ではなくて、きちんと洗練されたデジタルアーカイブが必要となります。例えば長尾先生の用例翻訳では、きちんと人間がチェックして、こういう訳文についてはこういうふうにするんだというような用例集（デジタルアーカイブ）を入れて翻訳エンジンにかけると、初めてきちんとした翻訳ができるというわけです。

人工知能が新しい産業革命の機関車ならば、デジタルアーカイブは石炭です。画像、動画、自然言語、例えば動画ではユーチューブ、自然言語ではウィキペディアなどがあるわけですがけれども、単なるビッグデータでは駄目で、今後は人類に対して無害で正確なA I データ、学習データ、そしてそれを使うA I が課題であるというわけです。

A I とデジタルアーカイブがつくる未来には、A I を用いたデジタル文化の創造というのがあります。一つは古文書の解読です。『徒然草』とか『源氏物語』のくずし文字の翻訳、これは翻刻といわれています。2つ目は白黒写真をカラー写真化です。例えば江戸の風景。古い映像を4Kカラー映像化、これはNHKの例ですが「ノモンハン事件」とかかつて白黒で放映された「新日本紀行」をカラー写真化します。3つ目はグーグル社のA I の芸術への応用でバッハ調の作曲をする例です。4つ目はスタンフォード大学で日本人の方が研究されたことです。心の中でイメージした内容の画像化、fMRIと機械学習を用い脳の活動を可視化して何を今見ているのか、夢で何を見ているかが見えるようになる。

5つ目は澤井が実施しているものですが、A I文化そのもののデジタルアーカイブ化です。チューリングに始まって大体今100年になります。だから文化と言えますが、A I文化のデジタルアーカイブ化が大事だろうと思います。6つ目はオーラルヒストリーです。長尾真先生、木田宏先生っていうのは皆さん御存じのとおりです。A Iで美空ひばりさんが新しい曲を歌うとかいうようなことが出てきているわけです。

1つ目の翻刻の例では、『徒然草』のくずし文字を現代語に翻訳します。これを翻刻と言います。「つれづれなるままに」のくずし文字は読めませんが、横の現代語の赤字に書いてあるものは何となく読めるというわけです。『源氏物語秘抄・桐壺』のくずし文字の翻刻の例では、赤字で現代語に翻刻されるというわけです。

2つ目の元の原画、白黒写真がカラー写真化されます。放送大学で教えていたら、「先生、そんな白黒をカラーにして何の意味がありますか」と言われましたが、実際にはやっぱりカラーにすることによって、当時の人がどんな色の服装を着ていたとか、その街の風景はどんなカラーであったのかとかが分かってくるわけです。例えば女の人の服装はどうであったとか、農家の稲作業がどうであったかというのがカラー写真化にすることによって分かります。古い映像を4KカラーにするNHK技研の例では、白黒映像がカラー化され再現されます。

3つ目はA Iの芸術の応用ということで、バッハ調の作曲があります。真ん中にあるロゴをクリックするとイントロの画像が流れ、「私と一緒に作曲しませんか?」と出まして、2小節分の白紙の五線譜が提示されて、学習者が白紙の五線譜に好きなメロディーを書き出しすると、例えばドレミファミレドとか入れると、それに対してハーモナイズボタンをクリックすると、このメロディー、カエルの歌というのにアルトとテノール、バスの部分が自動的に作成されて、バッハ調のハーモニーが完成するというようなわけです。これが左上から白紙の2小節分に楽譜を入れると、それに対して3番のところで306曲のバッハの曲を見て、あと残りのアルトとテノール、バスの部分を作曲してくれて、交響曲の形にしてくれます。

4つ目はfMRIを用い機械学習を用いて脳活動から心の中をイメージする内容の画像化ということで、血流の解析から、あとはディープランニングしているデータと突き合わせするとこういう映像が再現、脳の中では現在こういうものが見られているというのが分かるわけです。

5つ目のAI文化のデジタルアーカイブ化は今、澤井が取り組んでいることですが、AIの初めから今、実際にはこの第6巻までアマゾンで出版しました。現在、第7巻と第8巻を執筆中ですけど、第8巻というのはデジタル文化遺伝子を目指してというので、今日の講演の内容を本にするという形になっています。AI文化の過去から現在までのデジタルアーカイブ化が、キンドル本で出版されています。一部は紙媒体出版もされています。

6つ目は木田先生のオーラルヒストリーが有名です。最近では長尾先生の「AIは哲学の最前線」というようなご講演がありまして、近々オーラルヒストリーの形で公開できれば考えています（長尾先生の希望でYouTubeには流してあります）。

最後の章では「デジタル文化遺伝子を目指して」というテーマで、デジタルアーカイブと人工知能っていうのは今後ますます大事になってくるんですとまとめます。学習データの燃料が、学習データが悪いと人工知能ではとんでもない結果を出しちゃいます。デジタルアーカイブと人工知能だけ考えていけばいいかという、ちゃんとある目的、例えば教育でいうと指導案があって、どういうところにどういうふうに教育していくんだと、例えばさっき益川先生が言われたように、人の強みを生かすとか、対話をしていくとか、教育方針を出した上で、生成AIを使っていけないとうまく教育の成果が上げられません。もちろん学習データは正確で偏見もなくて安全なものでなければいけません。それを基にこの確率に基づいた人工知能、生成AIというのは動いて、成果を上げていくということが大事なのではないかと思います。無害で正確なAIで、デジタルアーカイブ一体化、そしてそういうものを支えるルールというのが必要になるでしょう。

## 5 デジタル文化遺伝子を目指して

第4次AIブームでは自動運転や画像診断など、私たちの暮らしにAI技術が急速に入り込んできています。最近では医学でも内視鏡の診断、人間よりもはるかに、見落としたところ、専門医でも見落とすものを見つけたりしてきています。ところがAIとどう付き合い、その価値をどこまで許容していくのか。EUではAI倫理に基づく輸入規制を計画していきまして、EUのいうAI倫理に従っていない製品はEUに輸入してきては駄目だというような感じで、そういう規制をかけようとしています。そういう意味では日本のAI倫理、ルールづくりも問われているわけです。そのルール・AIの倫理の必要性については、OpenAI自身も、もう10年以内、2033年までの10年間に超知性が誕生するだろうと言っています。超知性をコントロールするためにOpenAIが考えたのは、過去につくったGPT-2、弱いAIモデルでGPT-4のような最新の強力なAIを制御しようという、そういうようなことを今、OpenAIを考えています。結局、OpenAIにあるAIのツールっていうのは、過去の道具、例えば第5世代コンピュータで使われたような知識とか方法、演繹や帰納というような方法論をOpenAIが持っていないので、GPT-2でやろうという形になっていると思います。言えることは、AIの賢さを下回る人間ではAIの監視が困難なので、何とかAIでコントロールしないとイケない。そういう意味では私はデジタル文化遺伝子が必須なのではないかと思っています。

デジタルアーカイブ概論の29ページ、これは岐阜女子大のほうでアーカイブ、デジタルアーカイブ研究所のほうで刊行されたものですが、知的創造サイクルというのがあります。知的創造サイクルというのは、創造、保護、活用、そして創造という循環のことを意味しているわけですが、このデジタル文化遺伝子というのはAIとデジタルアーカイブの一体化で、この知的創造サイクルを効率化することを狙っているというわけです。

実は同じような考えがアメリカのほうでも出てきています。これはデトロイト市のところで、今、現在進行中のものですが、64キロにわたってルールというかオレンジラインが引かれています。片一方は上り線で片一方は下り線。

今までグーグルはウェイモ（Waymo）という形で自動運転するのを 3700 万キロとかという膨大な実験をやって、一回事故を起こしています。今回グーグルの別の子会社キャベニュー（Cavnue）プロジェクトということで、このオレンジのラインを引いています。デトロイトのゼネラルモーターズの本社に向かってオレンジのラインが 2 本引かれています。このオレンジのラインの下には電磁誘導の線が引かれていて、このラインに入った全自動の機能を持っている車では、もう車を操縦していることを忘れて列車に乗っている感覚で旅を続けることができます。これはどんどんレールを敷いて全自動運転をやっていこうとプロジェクトが現在アメリカで進行中です。

まとめますと、人類の結晶たるデジタル文化遺伝子というのは AI とデジタルアーカイブが一体になっているものです。今までは遺伝子でただ人類がつながってきたかもしれませんが、最近分かってきたことは文化遺伝子によって図書とか本とかそういうものでミームという形で継承されているというのはリチャード・ドーキンスが言った利己的な遺伝子ですけれども、今後はデジタル文化遺伝子という形で、デジタル技術によって無害・正確に広く保存され、仕込まれた、そして発信していく。衆知の段階を経て熟成され、そしてレール、AI 倫理にかなった活用に結びついて、新たな創造につながっていくと考えているわけです。

## 課題

AI 時代のデジタルアーカイブの在り方と人間の学びの変革について考察し、あなたの考えを 800 字で説明しなさい。

【出典】

- 1) Computer History Museum in USA
- 2) AI白書2017/19/20/23 IPA編、KADOKAWA出版
- 3) ディープラーニングG検定公式テキスト 一般社団法人  
日本ディープラーニング協会監修 翔泳社出版 2021年4月27日発行
- 4) ディープラーニング活用の教科書 杉山俊幸著 日経BP社出版 2018年10  
月25日発行
- 5) 松尾 豊(著), NHK「人間ってなんだ? 超AI入門」制作班(著)「超AI入  
門 ディープラーニングはここまで進化するのか」NHK出版 2019/2/27
- 6) レイ・カーツワイル(著), 小野木 明恵他(著)「シンギュラリティは近いー人  
類が生命を超越するとき」 NHK出版 2012/8/9
- 7) メラニー・ミッチェル(著), 尼丁 千津子(翻訳), 松原 仁(その他), 尼丁 千  
津子(翻訳)「教養としてのAI講義」 日経BP 2021/2/11
- 8) 久野 遼平、木脇 太一(著)「大学4年間のデータサイエンスが10時間でざ  
っと学べる」KADOKAWA 2022/12/22
- 9) 大坪 直樹, 中江 俊博他(著)「XAI(説明可能なAI)--そのとき人工知能は  
どう考えたのか?」 リックテレコム 2021/7/14
- 10) Francois Chollet(著)「Pythonによるディープラーニング」 株式会社クイ  
ープ 2022/3/23
- 11) 猪狩 宇司, 今井 翔太他(著)「ディープラーニングG検定(ジェネラリス  
ト)公式テキスト」翔泳社、2021/4/27
- 12) 山本 晋太郎 他(著)「Transformer入門」 技術評論社 2022/9/15
- 13) 長尾真(著)「情報学は哲学の最前線」 ARG 2019/2/27
- 14) 山田 育矢他(著)「大規模言語モデル入門」 技術評論社 2023/7/29

【参考】

ディープラーニングを活用する Web

- 1) 「A I は哲学の最前線」 (長尾真名誉教授講演動画)

<https://www.youtube.com/watch?v=V58QvxTqXcI>

- 2) A I がくずし字を読み取る光学的文字認識(くずし字 OCR)する

<http://codh.rois.ac.jp/char-shape>

- 3) A I で彩る いだてんの時代 | NHK アーカイブス

<https://www2.nhk.or.jp/archives/idaten/?vol=043>

- 4) 白黒画像からカラー画像を生成する

<https://tech-lagoon.com/imagechef/gray-to-color.html>

- 5) 表情推定,表情

<https://emotion-ai.userlocal.jp/face/>

- 6) チャットG P T <https://chat.openai.com/>

- 7) B A R D <https://bard.google.com/chat>

- 8) B i n g A I

<https://www.bing.com/search?q=Bing%20AI&showconv=1&form=MA13FV>

- 9) fMRI と機械学習を用いて、脳活動から心の中でイメージした内容の画像化に成功 <https://ai-scholar.tech/articles/treatise/ai-imege-49>

## 第9講 AIと人間の学び

赤堀 侃司（東京工業大学名誉教授）

第1次AIブームから第2次AIブームへと移り変わり、生成AIを活用する人間の学びに変化が生じています。これからの私たちの学びに必要なとなる7つの資質能力とAIについて学びます。

### 【学習到達目標】

- ・第1次AIブームから第2次AIブームへと移り変わり、変化した生成AIの学びについて説明することができる。
- ・生成AIの発展により、私たちの学びに求められる7つの資質能力について説明することができる。

○赤堀 画面共有で皆さん見えておりますか。

○ 見えています。

○赤堀 これも見えますね。ありがとうございます。

### 1. チューリング・テスト

それでは私、今はICT CONNECT21 というところにおりますけれども、こういう観点で申し上げたいと思います。ただこの研究は、私はChatGPTが出る前にいろんな実験をやったんですね。ですから今日で見ると、ああ、ChatGPTで見ればこのぐらいいは解決しているっていうのはいっぱいあるかと思うのですが、ただ、教育という観点で見たときに、やはり考えさせる部分がいろいろございます。最も私がその当時注目いたしましたのはチューリング・テストですね。御存じのとおりであります。チューリングという天才数学者がいて、ドイツ軍の暗号工ニグマを解読したことで大変有名でありますけれども、第2次世界大戦、イギリスは御存じのとおり科学技術立国ドイツに敗戦というか、非常に敗色濃い状態になったので、当時の天才数学者アラン・チューリングにかに難しいかっていう結論がありました。左の知識・日常、この数字等はちょっと時間がないので省略いたしますけれども、こういうことだったんですよ。それからついでに兄弟、イラストもやってみました。これを見て、Aは漫画、草、イラスト。Bは夏、夏休み、虫取りと答えたときにどちらがAIか。すぐ分かると思うんです

ね。この兄弟のイラストを見て、漫画とか草とかイラストだとかって人間は答えるはずないですね。見りゃあ分かりますから。ところがBは夏、ああ、なるほどな。兄弟で夏に行ったのか。夏休みであって虫取りをしているんだなという、いわゆる感受性だとかそういうもの、連想とか、そういうものを感じるのであって、当時のA I、今は多分もっと進化していると思いますけれども、事実だけを述べているじゃないかということのでかなりの正解であった。

それから夏至なんかもそうでありまして、夏至についてAは2019年で6月22日で、Bは6月の20日前後ですというふうに、人間っていうのはおよその意味を考えているわけです。Aは年によって違いますけども云々、Bは昼間が最も長い日ですという記憶を我々は持っているはず。なぜかっていうと、日常生活に非常に関連するからですね。昼間が長ければ物干しざおに干した洗濯物をどうするだとか、日常生活に非常に関連しているので、そういうことだけ頭に入っているわけですね。物理的な日程を聞いているわけではないんだということですね。

ちなみに ChatGPT で聞いてみますと、こんな答えが出ますね。おはようございます。以下、こんなふうに答えている。今日も暑いですね。はい。こう答える。いってきます。つまり日常生活、もちろん ChatGPT に日常生活ですよというプロンプトを与えれば多分ちゃんと人間らしく答えるとは思いますが、人間ってこんなことは言いませんね。とにかく共感しているわけですから、その事実よりも人と人の共感だと。それが私は、ああ、人間の持っている特性なんだってというふうに気づいてきたんですね。

御存じのとおり第2次のA Iブームのときによく言われたのは、夏、テニスをしました。終わってから飲んだビールはおいしかった。誰でも分かるこの文章。これを解析的にやろうと思えば、夏っていうのは暑いとか、あるいは夏休みだとか、プールだとか、いろんな連想をするけれども、暑いという属性だけ引っ張り出してテニスをする、もちろんテニスにはいろんな属性があって、その中で連想すると、夏、暑い、テニスをするのもっと暑い、汗をいっぱいかく。しかしテニスで連想する用語ってもう無数にあるはずですよ。ビールだっていろんなビールがあったり、冷たいビール、普通、冷たいビールがあるわけですから。というふうに特定の属性だけつなぎ合わせて、つまり、つなぎ合わせておいしかった、冷たいビールを飲むのがおいしいということを理解するには、もうしらみ潰しでやったって無理だと。計算バグが起こってしまうじゃないか。つまり人間が持っているこの常識という知識は非常にすごいんだというのが、それを超えられ

なかったのが実は前のAIブームだろうと思うんです。しかし、今のChatGPTというのは、その関連性っていうのをものすごいビッグデータで類推が非常に働いたというふうに理解しておりますけれども、そういうことでこれを乗り越えたところっていうのはChatGPTは大きいなとは思っています。

……。

## 2. これからの資質能力

### (1) 共感する

ただ、その中でこれから求められる資質能力って何だろうかって思ったときに、私はまずは第一に、共感することだと思っています。これはなぜかというと平澤真名子先生って中学校の先生。右側に教科書があります。この教科書を読んで、さて、感動したところに傍線を引きましょうというグループと、大事だと思うところに傍線を引きましょうという大事群と感動群と、それから傍線引きをしない無し群、この3つに分けて理解度テストをしたんです。この青と赤がありますけれども、これは青は部分の問題、全体課題って、それぞれ違う課題です。しかしこの結果は、あまりにも見事、本当に見事だなと思いました。感動群は最も成績が高いんです。次が大事群で、最後は傍線なし群です。これを見たときに、なるほど、感動するっていうのは文脈に応じて人が共鳴することだと思ったんです。共鳴したときに人はなぜかその理解ができる。多分それは脳科学で言えば、いわゆる情動をつかさどる部位と認知をつかさどる大脳辺縁系の辺りのところがつながっているっていうのは、これは脳科学で分かっていますから、それが非常にリンクしているんですね。つまり共感するという情感の部位というのは、我々は理解する上でも非常に重要ではないかという示唆をこのときに得たんですね。

これは所沢市にある美原中学校の技術なんです。本箱を作っています。本箱を作っているときに生徒たちが自然に協力するんです。何で協力するのかなと思っていましたら、これ、見れば分かります。本箱を作っているときに、誰かに手伝ってもらいたいんですよ。なぜ手伝ってもらいたいかって思うと、自分もそうだからです。自分もこのとき手伝ってもらおうとありがたいなっていう共通の理解があって、そこが協働という形になっている。今、協働的学びが非常に注目されておりましてけれども、そういうところが自然発生するではないか。それはその中に共感したからではないか。共鳴する部分があるのではないか。同じように下山口中学校の体育の時間でも、生徒たちは自然に協働しています。それは自分もそういうふうなときに、こういうふうにしてもらおうとうれしいなという気持ちが自然にあったからだろうと思うんですね。なぜ私がこれを注目するかといいますと

それからもう一つ協働的学び、これは左側は1人1台端末で学習していますけども、自然に子供たちは相談し合います。のぞきます。それから端末がなくても右側のように、これ分からないよ、あるいはこういうことができたよというふうに話し合います。これは釈迦に説法で益川先生がおられると恥ずかしいのだけども、やっぱりガーゲンが言ったように人はコミュニケーションする。だから人間という存在があるんだといういわゆる社会構成主義の考え方っていうのは、私はここに表れていると思うんです。もともと人間はやっぱり共感しながら、共鳴しながら、そして協働（共同）して学びを深めていく存在ではないのか。こういう場面を見るといつもそういうふうに私は感じるんです。だから共鳴することって本当に基本的な教育ではないか。

これもちょっと著作権がないのでありますけれども申し訳ないのですが、オリンピックなんかを見ていると、私、本当にたたえ合っているんだなっていう気持ちがあります。というのはオリンピックの選手でもトップクラスですから。世界のトップっていうのはいかに競うか、トップレベルになるとその難しさが分かるんだと思うんです。つまりそれが共鳴ということにつながるから、彼らはお互いにたたえ合うというのがごく自然なんだっていうふうに私は思っているんです。

なぜそれを私がちょっと申し上げているかと言いますと、不登校の問題です。御存じのとおり2010年から2020年の10年で1.7倍、現在30万人だ。先般NHKで報道していますけども、急速な不登校の伸びがある。それから自殺者も非常に増えているではないかというニュースを見るときに、やっぱり子供たちの間に何かお互いが理解し得ない、共感できない、どこかそっぽを向いてしまう状態というものがあつて得るといふふうに思うんです。私は理由を、これは非常に複雑な理由がいっぱいありますので、私がそんなことを述べる力はありませんけれども、しかし何か今の学校を取り巻く環境を見たときに、どこか共鳴できない、お互い信じ合えないような環境というものがあるとすれば、これは大問題だなと思うんです。ですから私は先ほど実践事例を申し上げました。一緒に本箱を作ったりするときには確実に共鳴し合っています。そういうのがやっぱり人間にとって最も大切な部分ではないかなというふうに思って紹介をさせていただきました。

## **（2）非認知能力を高める**

次が非認知能力を高める。これも益川先生がお話しされたほうが良いような感じでありますけれども、有名なヘックマンの研究ですね。御存じのとおりヘック

マンはノーベル経済学賞を受けた大学者でありますけれども、ペリー就学前プロジェクト研究を行いました。ペリーというのはアメリカのある田舎で、田舎といいますがある地域で、貧困層もかなりいる地域でありますけれども、就学前でありますから学校に行く前、つまり保育園や幼稚園の3・4・5歳ぐらいの子供をいわば教育するプロジェクトであります。これの研究の調査はやっぱり3・4歳で受けた教育がどのくらい将来にわたって効果をもたらすかという研究で、このデータというのは40歳のときなんです。つまり35年かかっているわけですよ。35年かかってどうなったかっていうのは、もう見事に、たしか教育を受けた群が124~125名だったと思います。受けなかった群も同じような子供たちを対象にして調べました。アメリカですからいろんなデータがありますけれども、生活保護を受けたか、受けないか。持ち家を持っているか、持っていないか。月収が2000ドル以上かどうか。高校をちゃんと卒業できたか。基礎学力はどうか。特別支援の対象になっていたかどうか、全ての項目で明らかに教育を受けた群が大成功していたではないか。これほど見事に群が将来をもたらしたっていうのは一体何が原因なんだということをヘックマンはプロジェクトとして非常に研究した。そうすると就学……。

それからそのとき御存じの方が多と思うのですが、知能テストをやったんです。Treatmentっていうのは処方ですから、要するに教育を受けた群、コントロール群というのは教育を受けなかった群、それぞれ120~130名ずつのグループの知能テストをずっと測っていった。これは4歳・5歳、これは原文そのもののコピーなのでちょっと英語で申し訳ありません。4歳・5歳・6歳は当然ながら教育を受けていますので赤い群、つまり教育を受けた群のほうが知能指数は高かった。しかし学校へ入ると7歳ぐらいから同じなんですよ。ということは40歳、つまり35年過ぎたときのあの成功、つまり、勝ち組、負け組という言葉はあまり好きではないけども、あれだけの差はどこからもたらしたかって言えば、学校に行ったときに差がないとすれば認知ではないはずだ。つまり非認知なんだというわけです。その非認知はどこから来たかっていうと、実は4歳から6歳の就学前教育なんだと。

就学前教育ってどんなことをやっているかっていうと、掛け算とかあるいは漢字の書き取りとか、そんなことはやらないわけですね。これは日本の写真でありますけれども、人間関係力、人と人が付き合うのはどうしたらいいんだ。あるいは道徳であるとか、心と体、自己発揮と、こういうふうに日本の場合は書いてありますけど、いずれにしても非認知です。人とどう付き合うのか、人と人はどういうふうにしたら本当に問題なく仲よくできるか、それから道徳性とか自分を表

現するとか、そういうことなんだということになったら、この非認知能力が非常に重要ではないかというふうになったわけであります。

それでよく注目されるのが GRIT でありまして、中でも注目されるのはレジリエンスです。復元力です。失敗しても諦めずに続ける力、これを何とか持たせたい。先般、私も所沢市の教育のほうに関わらせていただいて感じることは、学校に、いろんな研究をしています。研究員指定制度（?00:25:42）っていうのがありまして。ある学校ではやっぱりこのレジリエンスを何とか身につけさせたいという、そんな研究をしている学校もありまして、学校でも子供たちがやっぱり復元力が弱いなということを感じているんですね。そういう面で非認知能力に注目する学校は非常に多くなっております。非常に大切だというふうに私は思っているんですね。レジリエンスっていうのはイメージでいうとこういうイメージかな。これもちょっとコピーライトがあって恐縮でありますので、コピーライトイシュー（?00:26:14）を書いてありますけれども、いわば釣りざおみみたいなもので、少々のことでは、とにかく復元力を強めて、そして何とか頑張っって現状を打破していこう。それは特にコロナ以降そういうふうな考え方っていうのは非常に強くなったんですね。コロナでパンデミックになって、学校も行けない子供たちがいっぱい増えて、また企業も倒産が非常に多くなった。今回のような能登大震災のような形になったとき、それでも人は生きていかななくちゃいけないですね。何とか頑張っって現状を乗り越えようという、そのためにはレジリエンスが必要ではないか。学校教育の中でもっともっとレジリエンスを高めていくような取組、これを大人も子供もすべき、する必要があるのではないかという認識が非常に高くなったと思うんです。

先ほどの技術家庭科の授業を見ていたときにふと思ったんです。子供が本箱を作っていました。左の男の子がすごいなと思ったのは、本箱を固定しなくちゃいけないんですよ。固定するときに動くものだから、この生徒、左のこの生徒は足で本箱を踏んで、手を足の膝というか、それを抱え込むようにして切っていました。すごいなと思いましたね。右側の生徒は固定するために机というか台というか、その角で固定しながらきりで穴を空けていました。もう至るところにアイデアがあるんですよ。それはどうやったらこの、小さなことかもしれない、板が動くという。しかしそれをどうやって乗り越えようかという力を彼らは持っているんじゃないかなっていうふうに思ったんです。

それから最後はこの授業では出来上がった本箱、全部は出来上がってないですけどもちゃんと並べて、それからきれいに整理整頓しているんです。やっぱり私は作品を作っていくということはものすごく重要だなと、最近そういうふうに

感じているんですね。それはやっぱり美しさだと思っています。美しさを求めているんだと思うんですね。レジリエンスというけども、耐えるだけは、人間は耐えられないような気がします。自分は美しくありたいと思わないと整理整頓だっでできないし、本当にきれいな本箱は作らないんじゃないかなという気がするんです。そういう点で、この非認知能力が重要視されているんじゃないかなと思っています。

### (3) 大切なことと大切でないことを区別する

それから大切なことと大切じゃないことを区別するという事です。これは、これをふと勉強させてもらったのはフィンランドメソッド、随分昔にフィンランドメソッドははやりました。問題がありまして、オッリは3日間、オッリというのはフィンランドだからこういう名前なんですけれども、3日間かけてパラッス山の山道を自転車で115キロメートル走りました。オッリが月曜日に走った距離は35キロメートル、火曜日に走った距離は48キロメートル。では、水曜日に走った距離はどのくらいですかという代表的な文章題です。私はフィンランドも行ったんですけれども、その教科書を見て面白いなと思ったのは、ここの1番の問いは必要な言葉は何ですかって聞いているんですよ。で、必要でないことは何ですかって聞いて、そして解き方を言葉で言いなさいって書いてあるところに、いやあ、さすがフィンランドだなと思った。というのは当時フィンランドはPISA、国際学力比較でずっとトップだった。今は落ちていますが、違うのですけれども、さすがはフィンランドだなと思ったんです。その教育方法が非常に印象深く思ったんです。つまり大切なことと大切でないことをちゃんと区別できること、そして言葉で表現できること、これは非常に学習にとっては重要だろうというふうに思っています。この前も所沢市の小学校に行ってみましたら、計算問題はやっぱり似たような解き方をしていました。この解き方を文章で表現していました。言葉で書いていました。それはアメリカのチ (?00:31:10) という学者が自己説明という概念で説明していましたけども、本当に自分の言葉で言えれば言語化できているので、本当に分かっているということになりますし、それから必要なことと必要でないことを区別するということがものすごく重要だと思ったのは基礎なんですよ、これ。これも著作権を侵していますので申し訳ございません。俳句のプレバトであります。テレビを見ていて、本当夏井(いつき)先生というのはプロだなと思ったんです。消してよい言葉と消してはいけない言葉、プロは分かるんだ。私は素人ですから、どうしてここを消せばいいのか、ここは消してはいけないのかが分かりません。つまり先ほどの算数の問題だったら誰でも分かります。つまり大切なことと大切でないことというのは、実は非常に

基礎であり、かつ高度なんです。だから俳句の専門家でない大切な言葉と大切でない言葉は分からないっていうこと。つまりそういう深い考えっていうものがあって、そしてプロはそれを見分けているではないか。小澤という著名な指揮者がこの前亡くなられて新聞報道でもなされていますけれども、私には何が指揮のすごさで、ここが駄目なという区別が分からない。それは大切なことと大切じゃないことが分からないからなんです。これ非常に、だからそういう面で深いんだろうと思う。

ジャムボード等で最近子供たちが1人1台でいろんな取組をしていますが、先ほどのフィンランドの文章題、これを重要な言葉だけで拾い出してみると上のような形になるだろうと思うんです。それはスキーマです。スキーマが分かればおよそは全部分かるんですね。それから下はプログラムだと。私に言わせれば別にプログラムって、プログラムのフローチャートで書かなくたっていいじゃないかと。つまり大切なことが分かれば、こんな形でみそ汁を作るんだというスキーマがあれば、それは必然的にプログラムができるはずだと。つまりこれが大切なことと大切じゃない、そのところを我々が、子供たちが理解すれば、あとはいろんな方法でできるのではないかと。そこをやっぱり教育とすればちゃんと伝えていく必要があるのではないかなというふうに思っています。

#### **(4) 疑問を持つ**

それから次は疑問を持つということでもあります。これは小学校で、ある校長先生でした。校長先生が給食の時間にクラスに行くんです。子供が大好きな先生。そうしたら子供たち、いろんな疑問が出てくるっていうんですね。給食費は高いのか安いのか、いつから給食は始まったのか、アレルギーの子はどうするのか、食事のマナーはあるのか、海外に給食はあるのか、いろんな子供らしい実は疑問が出てきます。実は校長先生はそれを聞いて本当に興味を持っちゃったんですね。だから本当に給食がどのくらい高いのか安いのか、これを授業でやったらどうか。日本はめっちゃくちゃ安いんですね。なぜ安いんだろうかって調べてみたら、ああ、実は国がこれだけ負担しています。なぜ負担するのか。歴史がいっぱいあります。つまり素朴な疑問だけど、奥はものすごく深くなっているんですよ。それは本当に分からないことであればリサーチクエスション、研究です。だから疑問を持つってすばらしいなというふうに今でも思っています。

ある子供、小学校3年生の夏休みの自由研究をやっていました。上のようにカブトムシに男の子が非常に興味を持って、カブトムシってどれぐらいの力を持っているのかなって10円玉を入れて引っ張った。そうしたら下の写真のようにこの子供は、自分だったらどれぐらい力があるかなと思って一生懸命引っ張ってい

ました。実は自分の孫だったんですけども、これ、面白いなと思ったんです。なぜ面白いかというと、本川（達雄）先生って東工大の生物学の有名な先生がおられますけど、この先生のこの『ゾウの時間 ネズミの時間』って大ベストセラーになりましたけども、結局、象のような大きな動物とネズミのような小さい動物過が違ふんだ。呼吸の時間とか脈拍だとかいろんなものを調べてみると極めてきの間では時間の経れいな相関があったということの研究されていて、でも発想は似ていますね。小さいものと大きいもの。これで時間とか力とかが違ふとすれば、それは非常に素朴なんだけれども非常に、探求（探究）する面白さっていうか、すばらしさをやっぱり持っているような気がするんです。

ある子供が昔の人の暮らしという社会科の授業があるんです。そこで書いていた文章をふと思いました。昔の暮らしではさみがなかったときはどうやって物を切っていたのか知りたいって書いてありましたけど、本当にそのとおりだなと思ったんです。はさがなかったら人はどうやって当時、物を切っていたのかなって自分でも分からない、自分でも興味を持ちました。子供の持っている疑問というものをやっぱり中心にして学習するというのも大切ではないかなと思ったんです。

#### **（５）関連付ける**

それから５番目が関連づけるということなんです。これは中村めぐみ先生、今、みどりの義務教育学校の教頭先生で、もう大変有名な実践の先生で、これは東京書籍の教育賞を受賞されたというか、私は審査員をやっていたので、そのときの教育賞を受賞された小学校１年生のときのプログラミング教育の実践だった。これ、プログラミング教育、アンプラグドと呼ばれるプログラミング教育ですけども、忘れ物をしないためにどうしたらいいかって小学校１年生に聞いたら、１年生がこう答えを書いていました。忘れ物をしないためには、まず家に帰る。明日の準備をする。もちろん明日の準備をしなければ分かりません。時間割を見る。連絡帳を見る。こちら辺からプログラミングの論理的な思考力っていうのを発揮していますね。時間割を見ないと明日の準備ができません。でも時間割だけじゃ駄目ですよ。連絡帳もアンドですね。見ないと本当にどういうものを持っていったか分からないじゃないかという論理的思考が働いて、そこでランドセルに必要なものを入れてノートや教科書を入れるという順番を書いたんです。なるほど。この中村先生はすばらしい教育をされているんだなっていうふうに思いました。これもいろんな関連づけだと思うんです。

それから全国学力・学習状況調査。このときに環境問題について英語のプレゼ

ンテーションを聞き、話し手の意見に対する自分の考えと理由を話すというのはもう4.2%で全然できなかった、もう最低の問題だったというふうに報道されておりました。それから算数でもそうですね。テープを直線で切った2つの三角形の面積の大小を判断し、その理由を説明する。これは21%で、つまりこの2つの三角形は等積変形だから同じ面積だということはもちろん学校で習っています。でも、自分で説明しろと言われたらもう全然できないんだ。つまり知識が関連されていないってことなんですよ。そういうことを考えたら自分で説明できる、さっきの知能、自己説明ではないですけども、それがやっぱり今、欠けているのではないのか。むしろ ChatGPT のほうが完全にいろんな豊富な知識を持っていますから、関連づけのほうはかなりできているような気がします。そここのところはやっぱり人間が弱くなっている。先ほどの知の話では、暗黙知を形式知にして言語化できるってことです。だから御存じのとおり、読解力とか言語化するというのが注目される一つの理由は、説明できないんですね、子供たちが。そこをちゃんと自分の言葉で説明できるようにする。そこが大切ではないのかなっていうふうに思っております。

## (6) 気づく

それから気づくということです。気づくというのはすごいなというふうに自分では思っているんです。なぜかっていうと、今、大学生の学力等の研究をしております、いろんな発見があるんですけども、例えば理科でいうと鍋の中の泡の正体は何か。ガスで温めるとボコボコボコボコ泡が出るのですが、そうするといろんなチャットで、あるいは実際に議論をする。それを全部記録しまして、分析してみました。もちろんこれだけじゃなくて、たくさんの質問を分析して分かったことは何か。例えばこの例で言いますと、最初に学生が言うのは空気だって言うんですよ。そうすると別の学生は空気だと思うけれども、でも底のほうからブクブク来るけども、空気って底にあるのかって。いや、空気っていうのは上だな。そうすると別の学生が、いやいやいや、これは空気なんだけれども、それは水の中に空気っていっぱい含まれているんだよって。なぜなら魚はえら呼吸をするから水の中の空気を吸っているからだって。そうしたら別のクラスは、それにしても随分泡が多いなって言うんです。水の中にそんなに空気って溶けているのか？って。そう言われればそうだなと。別の理系の学生だったですかね。いや、水は水素と酸素、HとOでできているから、あれはエネルギーをもらって水素分子と酸素分子に分かれるから、泡の中は水素と酸素の気体なんだよって。ちょっと待て。そうしたら水素って、水素ボンベだのいっぱいあって、あれは火に近づ

けたら爆発するから大変じゃないかって。そういえばそうだな。それで最後に、ああ、あれは水蒸気だ。液体の空気が熱をもらって水蒸気になっているから、水の中から泡になっているんだという、小学校で習う液体は熱をもらうと水は水蒸気になって蒸発しますという知識が全く理解できなかったというのも驚いたんですけども、本質に気づくってすごいことだろうというふうに私は思っているんですね。

例えば所沢中学校の社会科の授業を見ていました。これはヨーロッパの人たちが日本に来たとき、それを子供たちっていうか生徒が、ここから気づくことは何かという授業をやって、なるほどなあと思ったんです。1人1台端末を使ってそんなことやっている。生徒たちの気づきってすごいんですよ。これを見ていたら黒板に先生が板書しています。どんな人がいたかと。ポルトガル人、スペイン人、中国人、黒人、奴隷かも。それからどんな動物がいた。犬がいて虎がいて馬がいて猿がいた。虎なんか日本にいなかったな。じゃあ伝わってきたものは。これから類推すると、なるほど、鉄砲も伝わってきたし、キリスト教も伝わってきたんだ。つまりじっと見て、そこでいろんな気づきが生まれて、それで判断力、推論力というコンピテンシーによって、実はヨーロッパの人たちが来たことによって、日本はこれだけの仕組みが変わってきたのだということに気づいていくんです。だから気づくって見るということ。気づくということは、私はすばらしい学びになるのではないのかというふうに思っているということでもあります。

ChatGPTに聞いてみました。248引く35は。そうしたら248引く35の答えを13と答えた子供がいます。なぜでしょうかというふうに聞きますと、このとおり答えます。答えは間違っています。だからちゃんと正しい答えを教えてあげなさい。しかしプロの先生はどうする。これは益川先生に恥ずかしいんだけど、昔、私もこういうバグ研究っていうのもちょっとやりまして、こういういろんな研究がありました。8から5を引いたら3、4から3を引いて1、だから13。だけど2から引こうと思っていたって、何も空白がないから引けなかったんだ、何も書けなかったんだ。この世界には何もないものを引くという経験をしたことはありませんからどうしてもできなかったんだという答えがあったときに、学校の先生方はそういう背後を見るんですね。背後を見て、だから空白というものがあつたときにどうするか。そういう子供の認知を見て指導する。そこがやっぱりプロの先生の指導の仕方です、そういうところに気づきがあると思うんですね。

## (7) デザインする

最後はデザインということではありますが、スクラッチで今プログラムしていませんけれども、私はプログラムを見たときにどういうふうに思うかっていうと、頭の中に何かこういうことをしたいなというその知識があって、それを手順、一つの手順に落として、それを可視化して、つまり画面で見て、そしてもう一回繰り返して行く。それは私はプログラムをつくる人っていうのは、そういう面ではデザイナーだと思っております。専門の先生がいっぱいおられると思いますけれども。私はシナリオライターであり、それからデザイナーで、それはプログラミング的思考の学者のカーネギーメロン大学の先生だと思いましたが、これまでICTの活用っていうのはユーザーであった。つまり利用者だった。ICTをどう活用、利用するかというユーザーであったけれども、これからの時代はライターでなくちゃいけない。つまりデザイナーでなくちゃいけないと言っているんです。自分が主体になってデザインをすることだ。私に言わせればシナリオライターであり、ディレクターであり、NHKのプロデューサーみたいなものなんですね。そして手順というのを私に言わせればせりふです。こういうせりふをしゃべってください。役者にこういうせりふでしゃべってください。そして役者が演劇をしたときに、あ、あの動きはまずいな。もうちょっとこれを直しましょうというふうに知識を、構造化を変えていって、そして最もいい演劇をつくり出すような感じがしております。そういう面では求められるのはデザインだなと思っているんですよ。

ちょっともう時間がありませんけれども、東京書籍の優秀賞を取られた佐和（伸明）先生という著名な校長先生がおられます。私もこれを審査したのでなるほどなと思ったのですが、つまずくところは毎年同じ。データを分析したんですね。2年生でつまずいてしまうと改善が難しい。こういう分析をしました。そのとおりなんです。そして1人1台端末によるつまずかせない授業をするにはどうしたらいいかと考えた。そこで第4学年の正方形や長方形の面積の事例を見ると、およその面積の見当がつかないのは量感が育っていないから。ここです。これはChatGPTには、そうプロンプトを入れれば出るかもしれないけれども難しいところ。これが子供はなぜそういうふうに間違えるかという、いろんな経験則もあるし、データもあるし、科学的な分析があるんですね。多分、量感が育ってないんですよ。子供に聞いてみると分かるけども、とんちんかんな答えをします。そういう事例をしゃべる時間はないので。そこでこの先生はどうしたか。授業デザインをしたって、ここです。子供に問題をつくらせようという発想をしたところがこの賞を受賞されたところである。そして端末の道具を使うと、子供は

問題をつくれれば自分が主体になるからもっともっと学びが進むのではないかと思って、そして実際にさせてみたら、サッカーゴールやプールや消しゴムや、ちゃんと長方形や正方形の大きさの異なるものを写真を撮って。でもこれ、サッカーゴールとかプールとかを調べようと思ったら、長さという概念、いろんな工夫が必要なんです。それを工夫して、そして、ここも面白いですね。問題ができればグループ内で互いの端末に転送して出題し合うといういわゆる道具のリテラシーもちゃんとそこで求めている。つまりそういうデザインをしてやったら、1年間でもうすばらしい成績がアップしたという実践を私は読ませていただいて、やっぱりどこかでデザインをする。もちろん ChatGPT もデザインはできますけれども、でも人間はやっぱりもっともっとそういうデザイン能力も高める必要があるのではないか。ちょっと宣伝で申し訳ございませんが、『A I と人間の学び』という本の中にそのような話を書いております。

## まとめ

今日は最後にまとめますとこんな形になります。A I は膨大なデータ、ビッグデータを基に推論するけれども、果たして意味を理解しているかどうかは分かりません。意味を理解していないんじゃないかというのは、多分ニューラルネットワークの中間層っていうか、隠れ層は解釈できないからで、私もいろんなプログラムを昔やったことがあるので。それでやっぱり結果はいいですけど、その問題。それからそういう面でやっぱり人間として求められるもの、特に共感すること、非常に大切かなと。それから教育という面では非認知能力から始まって、最後のデザインするところまで求められるような気がいたしましたので、私の本を基に今日はお話し申し上げて、ちょうど 10 時になりましたので終わらせていただきます。以上であります。（文責：加藤）

（デジタルアーカイブ in 岐阜 2023（赤堀先生）.mp4/00:51:40 終了）

## 課題

1. 生成 AI の進化から、これからの私たち人間の学びに求められる資質能力について説明しなさい。

## 第 10 講

# 人と AI の学習研究から考えるこれからの教育

益川 弘如（聖心女子大学教授）

人はどのように学ぶのか、また、どのようなときに深く学ぶのかという認知科学の知見に基づき、人の学びと人工知能や AI がつくり上げていく知能を比較することで、AI との共生時代である今、人間としての「価値ある学び」やそれらの活用による私たちの学びの変容について学びます。

### 【学習到達目標】

- ・ AI 時代における「価値ある学び」について説明することができる。
- ・ 人工知能や生成 AI を活用した際の人間の学びの変容について説明することができる。
- ・ 生成 AI を活用した具体的な授業事例から、学習観や授業観をとおして私たちの学びの本質を説明することができる。

○益川 これで大丈夫そうですね。

○ はい、見えております。

○益川 皆さん、おはようございます。聖心女子大学の益川です。続いての 11 時までの時間は私のほうから「人と AI の学習研究から考えるこれからの教育」と題しまして話題提供させていただきます。よろしくお願いします。初めに簡単に自己紹介しておこうかなというふうに思うのですが、私自身の専門領域は学習科学、認知科学、教育工学と呼ばれているものです。ふだんは小学校の先生、中学校の先生、高等学校の先生と一緒に、これからの子供たち主体の授業づくりというものに取り組んでおります。自分は認知科学というものが一番ベースの専門領域でして、私たち人ってどういうふうに学ぶ存在なのか。また、どういうときに深く学ぶことができるのかみたいなことをずっと研究してまいっております。そういうような知見を基に、特にこう子供たちも主体的に学ぶといっても、いろんな人との対話を通して学んでいくことが深い学びにつながるということが分かっておりまして、そういうような取組をしております。同時に自分の研究領域である認知科学、人はどういうときにうまく学ぶのかっていう研究とずっと

と昔から並行して、人工知能、A I のつくり上げていく知能と人の賢さというのを比べることで、より人が賢くなるための特徴というのをずっと対応づけながら研究しているという研究領域でもあります。僕自身がこのA I の専門家というわけではないのですが、人の学習研究をしている立場からA I と比較しながら、今日、話題提供できればなというふうに思っていますのでよろしくお願いします。

## 1. AI との共生時代 人間として「価値ある学び」を

さあ、メディアとかでは生成A I , テキスト生成A I とかがいろいろどうなっていくのかみたいな感じで大きな話題にはなっているんですけど、使う、使わないっていうような議論を超えて、もはや今後もどんどんどんどん最先端のA I 技術っていうものがつくり出されていくわけなので、まさにA I との共生時代っていうことになっていくんだと思います。そうなってくるとますます私たち人間は、価値ある学びっていうものをしていかなければいけない、そういうふうに考えているところです。先ほどの赤堀先生の話と結構通ずるところがあって、それを僕なりに別の視点から話をしていくみたいなことになるかもしれないんですけど、やっぱり私たちはコンピューターと違って本当に分かるっていうこと、それはその学び取っていること自身が何を指し示すのかっていう意味がしっかり分かっているということなんだと思います。それっていうのは何か学習するときにインターネットで調べて出てきたことであるとか、教科書に書いてあること、それをコピーして、例えばノートに一字一句同じように書き写してそれを覚えるっていうのが、私たちの人間にとっての分かるっていうことでは決してないんですね。そうではなくって、その子、私たち、自分なりの言葉で説明できるようになることというところがとっても大事なんだと思います。ただ、そういうような形で一人一人が、私が説明するとこういうことなんだよっていうことができるようになるためには、いろんな情報にアクセスするであるとか、いろんな他者と議論をするであるとか、いろんな道具、グーグルを使ったりだとか、いろいろ生成A I みたいなものにプロンプトで入力して質問してみるとか、何かそこをうまく活用していくっていうことが、その人自身が納得する形で理解をつくっていくことになるというふうに思います。今回、デジタルアーカイブということで、皆さんそれに関連する学びをされるというふうに伺っているのですが、何かそういうデジタル化された情報っていうのは、実態と比べて、いろんな場所からアクセス可能だったり、時間っていう軸を超えてアクセス可能であったりですとか、何か私たちがいろんなことを知って分かっていく、もしくは簡単に調べたら出てこな

いものっていうものを私たち自身がつくり上げていく、そういうものを豊かにしていくための基盤になるんじゃないかなというふうに思っております。そういう視点から特に最近ではテキスト生成 AI、ChatGPT っていうものが話題になっているので、そこの辺りを今、教育現場、最先端のところではどうなっているかみたいなのところから話を進めていければなというふうに思います。

## 2. 生成 AI の効果的授業活用には、私たちの「学習観・授業観」の変容が鍵に

こちらのスライドはそういう学校現場の先生向けに提示しているスライドになるんですけど、例えば子供たちが将来、テキスト生成 AI を使って学習していく。そうなったときに、本当に子供たちは思考力を発揮するのか、ちゃんと考えながら学んでくれるのかっていうのが常に議論になっているわけです。でも、例えば ChatGPT みたいな生成 AI も 13 歳の年齢制限がかけられているっていうふうに言うんですけど、実際にアカウントを登録するときには年齢確認を何か証明書を提出しなさいっていうことは特にないですよ。なので、現状は使いたい人は使えてしまうという中であって、じゃあそうするとやっぱりもっともっと教育のほうが先回りして、こういう生成 AI 等を賢く使っていくっていう力を子供たちだけではなくて大人たちもそうなんですけど身につけていかなければいけないということだと思います。生成 AI を使うときに一つ鍵になるのが、いわゆる効率化のための使い方と、学ぶ、学習のための使い方っていうのは全く違うっていうことです。何か定型文であるとか決まった文章を作成するというものであれば、できるだけやっぱり頭を使わずに短時間で効率的にいい文章を書ければいいので、本当に AI から答えをもらえればそれでいいわけなんです。でも、学習ってなりますとちょっと違ってくるわけです。その授業活用には、私たち自身が持っている、学ぶってどういうことなのかであるとか、あとは授業観です。先生が授業っていうのはこういうやり方をすると子供たちにとって一番効果があるっていうような、その考え方っていうのがしっかりしていくことが大事だと思っています。例えば学ぶということは、誰かから教わってそれを覚えることなんだっていう学習観や授業観であると、生成 AI の使い方っていうのは AI から答えをもらって、それをコピペする、書き写せば終わりっていうことになってしまいます。そうするとやっぱりそのプロセスの間で子供たちがしっかり深く考えるっていうことをやらなくても成し遂げられてしまうわけなんです。一方そうではなくて、学ぶということは他者との対話などを通して自分なりに知識を構成していくこと、つくっていくことなんだっていうような、そういう学習観・授業観であれば生成 AI の使い方っていうのも、自分自身で答えをつくるため

に、そのヒントだとかサポートだとか、異なる視点を得るためにA Iを活用するんだというふうに変わってくると思います。そうすると子供たちの学習も、生成A Iを使っていても、いろいろ頭の中で思考したり、いろんな情報と比べたりしながら深めていくっていうことができるわけです。今の学校現場では学習指導要領も改訂されて、より後者のタイプの学習の仕方、授業の進め方ってというのが求められているところではあるのですが、まだまだ従来型の子供たちが何かを覚えればその教科の学習が達成されたっていうことになってしまうという観点で授業をされていたり、子供たち自身もテストでいい点数を取るためには何か一生涯暗記することが大事なんだっていう、間違っただけという教育観を持っていると、なかなかこういうような生成A Iっていうものが効果的に活用できないんじゃないかなというふうに思います。

こういう二分で考えていくと、生成A Iのいい使い方のアイデアっていうのもいっぱい出てくるんじゃないかなと思います。ちょっとこの次のスライドで示す内容は、こちらは文部科学省が7月4日に発表した初等中等教育段階における生成A Iの利用に関する暫定的なガイドラインという、そういうスライド資料の5ページ目を引用してきたものです。このページでは生成A Iの活用の適否に関する暫定的な考え方ということで、適切でないと考えられる使い方と、活用が考えられる例というのを2つ分けているんです。こちらをよくよく見てみますと、単に各種コンクールの作品やレポートを生成A Iが作ったものをそのまま自分のものとして出してしまおうってというような、そういうようなこの上のほうは、言わば先ほど紹介した誰かから教わる、何か答えをもらえればそれでもういいやってというような使い方なんです。一方、2番の活用が考えられる例っていうのは、例えばグループの考えをまとめたり、アイデアを出す活動の途中段階で生徒同士で一定の議論やまとめをした上で、足りない視点を見つけ議論を深める目的で活用させるみたいなことが書いてあります。こうなってくるとまさにこの下側、最終的に答えをつくるのは子供たちなんだと。グループでディスカッションしているんだけど、もっと別の視点が欲しいなっていう感じで使っているということで、まさに学ぶってことはいろんな人の対話を通して、自分なりに知識を構成、つくっていくことでの使い方に後者のほうはなっているんじゃないかなと思います。そういうふうと同じ道具でもあっても、どういう目的で使うかによって効果っていうものがすごく変わってくるんじゃないかなというふうに思います。

#### **【令和5年度文科省生成AIパイロット校 相模原市立中野中学校の取り組み】**

で、こういうのが7月に出された後、実は文部科学省のほうで全国からこの生

成 A I を使った授業づくりを実践してくれる学校を募集しまして、30 団体前後が採用されました。その中から実は相模原市さんから私のほうに声がかかって、生成 A I パイロット校として、この相模原市立中野中学校さんが手を挙げて実際に授業づくりに取り組んだので、せっかくの機会なので今日はその事例を紹介したいなというふうに思います。実はこちらの学校、ついこの間の 1 月 29 日に地域だけじゃなくて全国にもアナウンスをしたんですけど、授業公開をして、大体 100 名程度の参加者、先生方が参加されて幾つかの授業が公開されました。でも、実際には子供たちにアカウントを発行したのは去年の 12 月ですので、実は 2 か月弱の取組で、まだまだ本当に全国で見てもいろんなところでスタートを切ったばかりってというのが現状です。私はここのパイロット校、中野中学校さんはすごくいいなと思っているのが、生成 A I を使う前提としてどういう授業づくりを先生方が取り組んでいるかっていうところの視点がとってもよかったんですね。ですので、こういう学校だったら生成 A I を使うにしても、単に答えをもらって子供たちが書き写して終わるっていうので終わらない使い方をしてくれるんじゃないかなっていうのを期待したわけです。1 つ目は、この学校ではベースとして学びのスタンダードっていうものを設置して、それをベースにした授業づくりをしてくださいって進めていました。それは何かといいますと、子供達同士の対話を中心とした学び合いの授業づくりでした。そこの中で、生徒に対しては友達が発言する思いというものをきちんと受け止めて、そして自分自身の思いというのをしっかり相手に伝えながら学んでいきましょうねっていうような方針。そして教師は子供たちの実態に合わせて、主体的、対話的で深い学びを実現していきましょうと。そこでは教師がしゃべる時間っていうのをできるだけ減らして、生徒の活動時間っていうのを確保していきましょうというふうに言っていました。ここの時間、50 分の授業の中で先生がしゃべる時間は 10 分以内。もし可能であれば 5 分ぐらいの時間で、あとは子供たちがしゃべる時間にしましょうっていうような授業づくりです。そして先生が話すことってというのが子供たちの学習活動に関する問い返しを中心にやっていきましょうっていうふうに進められていました。そこでは「どうしてなの？」とか「どうするの？」とか「なぜ？」とか「そのわけは？」とか「どうしたいの？」とか「一体それはどういうこと？」みたいなことを問いかけることで、さらなる深い学びにつなげていくというような取組です。そして生徒自身が学びを深めるために 1 人 1 台のタブレット端末を使っておりまして、そこに自分自身の思いっていうのを書き込んだり、友達はいろんな思いを書き込んでいるわけです。そういうものを、学習の途中段階でクラウド上に記録されていますので、自由に見に行くことができたりですか、ほ

かの人を考えを比べることができる、そういう環境を整えて授業をやっていきたいと思いますという、こういうベースで生成AIは導入されました。

### 3. 英語「世界遺産を紹介する」授業にて

では、実際にこの1月29日に公開された授業の中身をちょっと紹介していきたいと思います。まず中心授業、全員が参観するっていう授業が午後の初めに、5時間目の授業だったかに設定されたんですけど、中学校2年生の英語で世界遺産を紹介するっていうような、そういう授業があります。ここでは本文の中ではいろんな世界遺産について紹介し合うやり取りが紹介されているんですけど、そういうのを学習した後に、自分たちで紹介したい世界遺産っていうのを相手に紹介する作文をして、実際につくった作文をプレゼンするというような、そういうような単元の授業でした。そこの中で英語表現を工夫する深い学びのためにChatGPTが使われていました。そこでは英語表現で伝えたいことを生み出すサポートです。この授業は初めの前半は帯学習と呼ばれていて、すごくやり取りをして学習する、会話をするという、そういう授業をやっているんです。特にこの英語の先生は即興での会話のやり取りの力を伸ばしていきたいっていうふうに願っています。ただ、残念ながらこちらの学校さんはそこまで全体的に学力の高い学校ではないんですけど、すごく先生方の授業として工夫されていて、とても素晴らしい即興活動ができていました。そのために何をしてきたかっていうと、やり取りを深めるためにまず事前にテーマ、今日のテーマ、今日この日は沖縄のよさについて伝えよう、伝え合おうっていうようなものだったんですけど、その表現準備に役立てました。そのときにまだ子供たちはChatGPTに慣れていないので、入力ルール、こういうスクリプトを入れるとこういう答えができるよっていうのを事前にテキストでクラウド上に、グーグルクラスルームの中になんですけど置いておいて、それをまずコピペして入力すればある程度の答えは出るようになっていました。ただ、そうするとちょっと難しい表現が出てきたりするんですね。それに対してもうちょっと10ワード以内で表現したらどういうふうになる？とか、中学校2年生でも分かる英単語を使ったらどういう表現になる？みたいな感じで何度も聞き返しながら、あ、この言い回しだったら自分は表現できるなっていうものを使って伝え合う。でも即興なので、それ以降はまた自分で考えて答えなければいけないっていうのをやっていました。さらにはその即興のやり取りの会話文の中で、使える表現というものを、自分はこれ、よく使えるようになったみたいなものをスプレッドシート、エクセルみたいなシートにまとめていって、この表現は自分がよく使えるとか、今回で初めて使ってみたとか、まだ

まだもっと使ってみたい表現なんだみたいなのを管理するみたいなのを同時にこのパソコン上でやっておりました。

こういう授業の中では、その学びのスタンダード、対話しながら学び合うっていう授業の中でどういうふうにICTを使っていくか、そして活動の進め方の中に仕掛けがうまく埋め込まれていました。実際に世界遺産を紹介するということで一通りつくり上げた文章を相手に伝えてみて、グループで、それでブラッシュアップするっていうのが実際の公開授業の本体の部分でした。そこでまず初めに用いたのが、これもAI技術ですよ。皆さんヘッドセットとマイクを持っていて、いわゆる音声入力ですね、文章に入力するときに音声で入力して自動変換される機能を使って、それを使いながらまず練習をします。そうすると発音が悪いとももちろん違う単語に変換されていきますし、そしてあとは練習してドキュメントとして可視化されることで、自分がちょっとしゃべっていることっていうのがちゃんと相手に伝わりそうな言い方になっているだろうかみたいなのをまずセルフチェックしました。その後、4人グループでお互いに世界遺産に関連する写真をプレゼンで提示しながら、しゃべって練習するっていうことをやったんですけど、実はここにも仕掛けがあって、みんなが同じ世界遺産を紹介するわけではないんです。日本ではない海外の文化遺産で、海外の自然遺産、国内の世界遺産の文化遺産、国内の世界遺産の自然遺産、それぞれテーマが異なるものから一つずつピックアップして、それぞれ文章をつくって、それを紹介し合う形で練習をしていたんです。そうするといろんな表現、単語の多様性っていうのを確保されて、よりお互いにコメントし合うとき、ちょっとここ、言っていることがよく分からないんだけどか、この単語やこの表現って私たちまだ習ってないから、もうちょっと分かりやすいのがいいんじゃないかとか、何か長過ぎてよく分からないとか、そういうようなコメントをもらうわけです。その後にChatGPTを使って、何か指摘されたところに対してどういう表現に変えたらよさそうかみたいなのを調べながら、でもこれがいいっていうふうを選ぶのは子供なので、そういうふうを選んで修正して、また練習するっていうことをやっておりました。ほかに、この日はほかの先生が英語の授業も公開されていたんですけど、別の授業ではいわゆるディスカッション、ディベートをさせるっていうような授業があって、田舎と都市どちらのほうが住みやすいのかっていうのを生徒たちがディベートしていたんですけど、そのときの答え探し、検討するときにChatGPTを使ってもいいし、高度なAIの翻訳ソフトのDeepLですね。DeepLも使っているよみたいなのをやっていたんですけど、どういふときにどう使い分けをすればいいのかみたいなの、そういう話し合いとかも入っていくと、より賢いAI技術の

使い方っていうものを子供たち自身も学んでいくことになるのかなというふうに思っておりました。

#### 4. その他 ChatGPT 活用授業の公開

そのほかにもいろんな教科で ChatGPT を活用した事業が公開されました。例えば数学では円錐の体積を求めるっていう、どうやったら求めることができるんだろうかっていうのを友達同士で考えながら深めていくっていう授業でした。その授業の後半なんですけど、より理解したかどうかっていう定着を確認するために、生徒たち自身が ChatGPT に関連する問題をつくってもらって、ChatGPT が出題した問題を解くというような学習活動が入っていました。そうすることによって、先生が決まった練習問題を出すんじゃなくて、すごくバラエティー豊かな問題っていうのが出題されて、それに挑むということをやっていました。時々こういうふうに入力すると、中学生レベルでは解けない高校生レベルの問題とかも出題してくるんですけど、それ自身も自分たちが解けそうな問題なのかっていうのを確認しながら、難しそうだったら作り直してごらんみたいなことを先生はおっしゃっていました。

例えばこういうようなアイデアっていうのも面白いとは思うんですよね。ただ、もっと子供たちの思考を働かせるためには、例えばグループごとで、これ、ChatGPT に入力していたんですけど、ほかのグループに解いてほしい問題っていうのを何度もプロンプトを工夫しながら入力して、作成して、問題交換して解き合うみたいなことができる、もしかしたらより効果的かもしれません。

理科の授業ではスプレッドシートに雲はどのようにできるのか、状態変化ですね。先ほど赤堀先生が沸騰した泡の正体は水蒸気なんだみたいな大学生の例を出していましたが、まさに水蒸気が今度は逆に、実は水滴になるから雲っていうものができるんですけど、その状態変化を文章で表現するっていうような授業でした。そのときにやっぱり初めは一生懸命教科書を見たり、実験も自分たちで確認実験もできるような環境を用意していたので、いろいろ、ピストンを引いて圧力低下をさせると雲ができたりするんですけど、そういうものを基にその現象を文章化するって書いていきます。ただ、子供たちはどうしても自分で書くと結構科学的ではない言葉を使った表現というのが多いので、そういうふうなものを実際に一度書いた後に、どこをどう書き換えれば科学的な表現になっていくかというのを ChatGPT を使いながら考えて深めていくっていうような授業でした。赤堀先生が冒頭のほうで伝えたように、AI で入力するとすごく解説的に答えを書いてくれるんですけど、そこで書いてくれた内容が子供たちにとって分か

りやすい表現かどうかは別なんです。そこを自分たちがまず書いた表現と ChatGPT が提示してきた表現っていうのをすり合わせて対応づけながら、自分たちなりの科学的な表現としての文章にまとめていく。そういうような実践っていうのは、これもまた思考を働かせることができるような実践かもしれません。

ほかに美術の授業では、いろんな図柄のボックスを作成していたんです。その作成した作品をみんなにどんなふうで紹介するとよさそうかみたいなのところを ChatGPT に相談しながら作品のポイントというものを見出すということをやっておりました。自分だともういろいろ分かっているつもりなので、結構情報をスキップした形で紹介しがちなんです。それをこういう作品を作ったっていう事実を入力するのも、まずテキスト化しなきゃいけないので、自分の作品を。そのテキスト化して入力したものに対して、こういうふうで紹介したほうがいいんじゃないですかみたいに提案してくると、いや、そうじゃないんだけどって思いながら、じゃあ自分はもっとどういうところを工夫して作ったのかっていうのを ChatGPT に改めて入力し直して、そしてまた回答を得るっていうような、そういうような使い方をしておりました。

最後は国語なんですけど、国語は逆に文章をつくってもらっているものではなくて、画像生成 AI ソフト、キャンバ (canva) って呼ばれているアプリケーションなんですけど、それを使った授業をやられておりました。それは何かっていいますと、班ごとに今年の1月の終わりまでに国語の授業で扱ったいろんな文学作品、例えば『走れメロス』だとか、いろんな文章をこれまで読んできたりですとか、あとは俳句や短歌みたいなものを親しんできているんですけど、その中から一つの題材っていうのを班ごとに選んで、その題材を表現する画像を生成して、議論するっていうような授業をやられていました。そうするとこれは実際に入力して、何か和風の家の中にロボットと女性が向かい合って座っているシーンが出てくるんですけど、何かここでつくり上げたものがちゃんとその作品を表しているものかどうか、そうじゃなかったらどういう表現をテキストで入力してお願いすればその作品のイメージがつくり上げられるだろうかっていうのを話し合いながらつくり上げておまして、これもつくり上げた画像かどうかこうかではなくて理想の画像をつくり上げていくプロセスの中にその授業で習った文学作品、どんなシーンだったのだろうか、どういうところが例えば印象的な作品だったのかみたいなことを子供たちの中で復習しながらつくり上げていく、そういうような授業の事例なのかなというふうに思います。こんなふうに本当にこの2か月間で先生方が悩まれて生み出した授業での活用のアイデアで、もっともっていろいろな反省点があったりとか、もっともっていろいろな方法があったりするかと

は思うのですが、こういうやり取りをしながら新しいこういう情報技術がきちんと先回りして子供たちの学びにつながって、賢い情報技術の使い方になっていく。そういう取組の例ではないかなというふうに思います。

## 5. 学修科学からみた「主体的・対話的で深い学び」を実現する授業のすがた

こういうところから見た、いろんな技術や道具も使いながら主体的・対話的で深い学びというものを実現している取組になるのですが、いくら生成AIってというのは入力したものに対して答えを出してくれる、そういうような道具であったとしても、授業の中心ってというのは、子供たちが中心となって子供たちが自分で答えをつくっていく、そのサポートとしてのいろんな情報技術。子供たち同士が考えながら対話して、自分の考えというのを少しずつよりよくしていってもらう、そのための情報技術の活用。さらには何かいろんな疑問が出てくるのが大事というようなこと、先ほど赤堀先生もおっしゃっていましたが、何かいろいろ生成AIを使ったりしながら答えを得ても、学んだことによってそれで終わってしまうじゃなくて、次の問い、次に知りたいことってというのが生まれて、さらに学びが高まっていく、そういうような授業づくりの文脈の中に、こういう情報技術というのが入っていくととってもいいんじゃないかと思っております。

### 【知識と理解の社会的構成モデル】

これはちょっと難しい話ではあるんですけど、私たちの理解って社会的に構成されるんだっていうものが昔から自分の研究領域では言われています。これ、レベル3というのが要は先生が教えたい内容なんですけど、それをいくら分かりやすい説明で先生が伝えても、なかなかレベル1、これは子供たちの頭の中ですね。それとつながらないというふうに言われています。分かりやすい先生からの説明は、ここに書いてあるようにバブル型の理解っていうものにとどまってしまっていて、要はその子供たちの中の長期記憶にまでは入らないんですね。なぜならば、分かりやすいと子供たちは分かったつもりにはなりやすいんです。ですけど、大体2週間すると8割忘れてしまうというふうに言われているのですが、こういう知識ではなかなかその子のものになりません。大事なのはいろんな道具を使うにしろ、何か学び取ろうとしていることをそのままコピーするのではなくて、ここで言っている大事なことって一体どういうことなのかっていうのを自分が知っている知識を持ち出してつなげてみる。ここで何々、マルマルって言っていることってバツバツってことなのかなみたいな感じで、自分で考えて言葉にしてみるとというのがとても大事だっというふうに言われています。言葉にしてみる

ときには話し言葉でしゃべるってなると、グループの相手、友達がいればその友達に向けて話をしてみて、マルマルってバツバツってことだよって言ったときに、周りの友達から、えっ、違うんじゃないの？って言われたら、このつなげ方を見直す活動になりますし、そうそう、そういうことだよっていうふうに共感してもらえたら、これはそれで大丈夫なんだって納得して、こうやってつながった知識というものは定着して、忘れにくい知識になっていますので、しっかり学習が深まっていくということになるのかなと思います。

## 6. 対話相手として、人を生成 AI に置き換えることができるのか？

こういうような対話活動を考えていったときに、時々出てくるのが、じゃあもう人間と人間の話し合い活動って要らないんじゃないの、これから生成 AI みたいな有能な人工知能がいっぱい出てくるので、もうそれとやり取りすれば私たち人間って学べるんじゃないかみたいな議論があるんですけど、いろんな研究から考えると私自身は、例えばグーグル検索に替わって生成 AI を使うとか、そういうような新しい道具としての使われ方ってことはこれからどんどん増えていくとは思いますが、人と人との対話に置き換わるものにはならないというふうに思っています。人と人との対話では、後でも話したいと思うんですけど、一緒に考えるっていうことができるんです。共通の問いや目標に向けて考えを出し合う中で、いろいろこれってこうじゃないの、ああじゃないのっていうふうに、これが答えですっていうしゃべり方ではなくて、どうかな、多分なだけどもみたいな感じで投げかけることができ、それが私たちの理解の進化につながるというふうに言われています。現在の生成 AI では質問をつくってくださいって言えば質問をつくってくれますけど、その質問というものが何か一緒に悩み合っで出し合っているような質問の類いではないんですね。ですので、本質的に人間と AI とでは相互作用のプロセスは違うんじゃないかなと思います。ただ、先ほど赤堀先生の冒頭の実験であったように、人間とは違う形で逆に答えてくれるので、回答してくれるので、そういう意味では新しいタイプの相互作用っていうのが起きています。ですので、そこでの学びの研究とか価値っていうのは深まっていく可能性があるかなというふうに思っております。

### 【心理ゲーム 4 枚カード問題】

じゃあ最後、残りの時間が短くなってきたんですけど、もうちょっと AI のベースに関わる話と人の学びを比べる話をして終わりたいなと思っております。突然なんですけど、ある心理実験というか心理ゲームがあるので、皆さん、

ちょっとこれを解いていただけますでしょうか。これは4枚カード問題って呼ばれているもので、皆さんもどこかで御覧になったことがあるかもしれません。これ、4つのカードを並べてあるんですけど、片方の面にはアルファベット、そしてもう片方の面には数字が書いてあるという、そういう表と裏にそれぞれアルファベットと数字が書いてあるカードがあって、今あるカードをこっちの向きで並べたものが4つあります。一方の側にDと書いてあるならば、もう一方の側は3であることが正しいかどうかを判定するには、最小限どのカードをめくってみればいいたろうかという問題解決の問題です。実はこれ、最小限めくる枚数は2枚なんですけど、どれとどれをめくってみたらいいというふうに皆さんお思いになるでしょうか。ちょっとだけ30秒ぐらい時間を取りたいと思うので考えてみてください。なお、これは結構認知心理学では有名な研究で、アメリカの大学生を対象に研究されたのが元論文なんですけど、非常に正答率が低いんです。5%以下で、ほとんどの人は答えることができないという問題です。では時間の関係もあるので次に進めていきたいと思うんですけど、これ、よく間違えてしまう回答はこの左側のDとそれから3をめくったら分かるんじゃないかっていうふうに答えてしまう方が大体2~3割ぐらいいるんですけど、実はこれは間違いなんです。正解は実はDと7が答えでして、どうしてそうなるんだろうっていうのは、もし気になられたら後でゆっくり考えてみていただければ気づくことができるかなと思うんですけど、すごくこの論理的な思考を働かせるのが難しい問題っていうふうに言われております。

### 【心理ゲーム 神社のお祭りの問題】

では、もう一問問題を出してみたいと思うのでちょっと考えてみてください。神社のお祭りの問題と呼ばれているものです。ビールを飲む人、ウーロン茶を飲む人、28歳の人、17歳の人があります。あなたは学校の保護者会で屋台を巡回しています。20歳以上ではないとアルコールは飲んではいけません。誰をチェックすればいいでしょうかという問題です。この問題も2人、最低限調べれば大丈夫という問題なんですけど、皆さん答えはお分かりでしょうか。ちょっとまた時間を置くので考えてみてください。さあ、いかがでしょうか。こちらのほうは皆さん結構正答できたんじゃないかなと思います。誰と誰をチェックすればいいかっていいますと、ビールを飲んでいる人が20歳以上かどうか、それから17歳の人からビールを飲んでいないかどうかをチェックすれば大丈夫っていうことになります。

### 【人の思考の特徴】

実はお気づきの方もいらっしゃると思うんですけど、先ほどのこっちの問題とこの問題、論理構造が全く一緒なんです。なので同じ考え方をすればどちらも解けるっていうふうになるんですけど、私たち人間はどうしてもこっちの問題がものすごく難しく、こっちの問題はものすごく簡単ということがあります。これは何かっていいますと、私たち人がいろいろ考える思考の特徴として、いろいろ経験に基づいたイメージ思考っていうのができると、同じ論理構造の問題でも簡単に解くことができるということがあるんです。この特性というのは私たち人間のものすごい強みであります。

### 【それではコンピュータ（AI）に解かせると？】

じゃあ逆に、先ほどの2つの問題、疑似的にコンピューター、AIに解かせるとどうなるかということなんですけど、どれも同じ論理構造、ルールが一緒なので、コンピューターにとっては難易度が変わらないんです。同じ時間で解けるかもしれません。これが本当に私たち人とコンピューターの大きな違いであります。私たちはこの人の強みっていうのをうまく使えば、こういう難しい問題でも簡単に解けたり、逆にこの強みを発揮できない問題は私たちっていうのはものすごく解くのが困難だったりするような、そういうような特徴があるわけです。

## 7. 全世代のAIで抱えている（解決できない）問題

こちら、次のスライド、こちらは学校の先生向けにつくっているんで、専門家から見ると結構ざっくりとしたまとめになっているんですけど、AIっていろんな世代に渡っているんですけど、いろいろ解決できつつあるとも言われているんですけど、なかなか本質的には解決できない問題っていうのが幾つかあります。一つはフレーム問題というふうに言われているんですけど、先ほどの赤堀先生の暑いテニスの日の後にビールを飲むとおいしいってというような、そういうような文章の意味を、ネットワークを探していくような問題と一緒にかなと思います。コンピューターっていうのは何か問題を解かなくちゃいけなくなったときに、どこまで調べればいいのかっていうのをあんまり決めることができないので、とにかく全部を調べます。コンピューターの処理がすごく軽くなったので、ほとんどの全体を調べることができるようになっていていうふうに最近は言われていますけど、私たち人間は何を考えなくていいのかっていうことを決めることができるんですね、問題を解くときに。これっていうのは結構大事な力、人にとっての大事な力かなと思います。もう一つは記号接地問題というふうに呼ばれているん

ですけど、これも随分計算の力を使って解決できてきていますが、コンピュータは記号の持つ意味を理解できていません。先ほど、夏の絵を見たときに人は夏って言うけど、コンピュータは草があるみたいな実のデータだけしか読み取れないみたいなものに近いんですけど、例えば猫ってどういう生き物ですかっていうふうに ChatGPT に聞くと、4本足で尻尾があってニャーと鳴いてコミュニケーションを取ることができるっていうふうに答えるんですけど、でもニャーって何なのかとか、4本足って何なのかっていうのは意味を理解しているわけではないんですね。ただ、ニャーに関するたくさんの情報をネットワークで持っていて、意味を理解できているかのように表現してくれることができるっていうところがまたすごいところではあるんですけど、そういう意味ではやっぱり確率なんですね。意味を持っていないので、こっちが答えのようだったっていうのを順番に生成して、文章化しているということがあります。これもやっぱり人間と処理の仕方が違うっていうことになります。

## 8. AI を生徒たちの学びで置き換えると学びで大切な部分が見えてくる

こういうふうに考えたときに、私たち人間、だから子供たちはどんな学習をしていけばいいか、AI みたいな学習の仕方をしていたらそれはAI に置き換えてもらったほうが効率はいいので、私たち人間が学ぶ必要がないのかなというふうに思っております。例えばそれは何かっていいますと、一つはフレーム問題です。最近の子供たち、テスト問題を解くときに文章題が読めない子供たちが多いうようなことをよく言われます。数学でも理科でも社会でもいいんですけど、何か問題文を読んだときに頭の中にイメージ化、先ほどにイメージ思考じゃないですけど、そういうのができないので豊かな思考を働かせることができなくて、持っている知識、公式っていうのは、これ使ってみて駄目だ、これ使ってみて駄目だ、これ使ってみて駄目、ああ、もう解けないっていうふうな子供たちがすごく増えちゃっているんじゃないでしょうか。もう一つは記号接地問題に絡めると、子供たちはいろんなこと、歴史もいろんなものを丸覚えしているだけで、何でそんな時代変遷をしてしまったのかみたいな意味を理解していない。そうするとやっぱり意味を理解していないので、穴埋め問題みたいな単純な暗記の再生みたいな、機械だとやりやすいみたいな問題は子供たちは解けても、どうしてそうなのかっていうふうに問うても理由を答えることができない。そういう子供が増えてしまっている。でも、こういう問題を抱えていると、あんまりコンピュータと子供たちの学習って変わらないんじゃないかみたいな話です。

### 【令和4年度全国学力学習状況調査の算数の問題（小学校6年生）】

最後、このネタを出して終わりたいと思います。こちらは令和4年度に全国学力学習状況調査の算数の問題、小学校6年生向けに出された問題です。ちょっと見てみますね。リンゴの果汁が20%含まれている飲み物が500ミリリットルあります。この飲み物を2人で等しく分けると、1人分は250ミリリットルになりますっていうふうにして絵も書いてあります。で、250ミリリットルは500ミリリットルの2分の1の量です。このとき、飲み物の量が2分の1になるとっていう形で、1から3の中から選んでくださいっていう問題で、果汁の割合も2分の1になります、果汁の割合は2倍になります、果汁の割合は変わりませんっていう問題が出されました。皆さんは大人なので答えは大丈夫ですよ。これ、答えてほしいのは3番のこれは半分にしても果汁の割合は変わりません、なんです。当たり前ですよ。友達の家で、ジュースを半分こしようって言って半分こして濃さが変わったら困っちゃいますもんね。でも実際、これは子供たち、全国の正答率何%だったと思いますでしょうか。こうやってネタにするぐらいだから低いんですけど、20%です。7割以上の子は1番を選んで誤答してしまうわけですよ。フィンランドメソッドっていうのを先ほど赤堀先生が紹介されていたと思うんですけど、本当に文章を読んだときに中身をイメージしない、できないよとかはしないんだと思うんですけど、で、何となく割合とか2分の1とか、すごくスキップ読みして大事なところを読み込めずに、イメージできずに、もう2分の1だから2分の1でしょっていうふうにして間違ってしまう。そういうような算数の学び方って本来求められていないのに、結構そういう機械的なパターンでコンピューターみたいに答えるみたいな子供たちが今、増えてしまっている中で、AIが登場する中、こういうのをちゃんとイメージして共感しながらこういう、これだよ、そりゃそうだよ、友達んちに行って、ジュースを半分こしたら薄くなっちゃ嫌だしねっていうふうに思いながら回答できるのか。

そういうような学力っていうのが、AI技術の進歩している今だからこそ求められているんじゃないかなというふうに思います。では、すみません。ちょっと時間をオーバーしてしまいましたけど、私のほうからは以上になります。(文責：加藤)

(デジタルアーカイブ in 岐阜 2023 (益川先生) .mp4/00:49:52 終了)

## 課題

1. AI時代における「価値ある学び」とデジタル化された情報との関係について説明しなさい.
2. 人工知能や生成 AI の効果的な活用と私たちの学びの変容について説明しなさい.

## 第 1 1 講

# 「生成 A I と学習コンテンツ」

### 【学習到達目標】

- ・超 A I 世代と 2 つの超 A I 世代教育について説明できる。
- ・ 3 つある生成 A I 世代用学習コンテンツを説明できる。
- ・ 体験学習と個別学習の学習コンテンツおよびその他の要素について、事例を挙げて説明できる。

### 1. 超 AI 世代教育シリーズについて

人工知能 A I は社会のあらゆる分野に影響を与え始めており、現在「生成 A I 世代が日本をどう変える！」と言われてています。

というのも現在大学で学んでらっしゃる学生さんは大体宿題を作ったり宿題を書いたり論文を作ったりする時に生成 A I を使われます。そういう意味で生成 A I を含む超 A I の発展は教育分野にも大きな影響を与え従来の教育方法では対応できない新たな課題が生じています。

#### ・超 A I 世代

超 A I 世代とはどういうものであるかと言いますと、生成 A I などが社会に広く浸透し日常生活や仕事に不可欠な存在となった時代に育つ世代を指します。現在が大体そういう時代になりつつあるわけです。超 A I 世代の子供たちは、生成 A I 等の A I 技術を活用して問題解決し、新しい価値を生み出す能力が求められています。

さて超 A I 世代と言われるのは何時から始まるかというのがこの図です。

1956 年ダートマス会議で「人工知能 (A I)」という言葉が誕生しています。アラン・チューリングのチューリングテストというのもその時代に登場しています。それを受けて第 1 次 A I ブーム、第 2 次 A I ブーム、第 3 次

AIブームを経てトランスフォーマー革命ということで第4次AIブームになっていると私は思います。

トランスフォーマー革命のポイントはアテンションというか注意機構が大事であるということです。現在、トランスフォーマー使ったGPT（ジピティ）、チャットGPT、Gemini（ジェミニ）、Being AI（ビイングAI）というような生成AIが出てきています。先ほど言いましたけど宿題とか論文を書くのに使うとか、プログラムのコーディングにも使うというような形で、超AI世代が育ってきています。それで「超AI世代教育」というものが脚光浴び始めています。

### ・超AI世代教育

超AI世代教育シリーズ講座には、「超AI世代の教育」と、「AIを超える世代教育」という2つの狙いがあります。どちらもAIの発展に即した教育を目指していますが、目的内容や焦点に違いがあります。今回の話は「超AI世代の教育」に注視します。

### ・2つの超AI世代教育

「超AI世代の教育」と「AIを超える世代教育」というのはどんな風に違うかと言いますと、まず目的が違います。

「超AI世代の教育」は汎用AI（AGI）や超知性（ASI）といった超AIを活用できる人材の育成です。「AIを超える世代教育」の目的はAI技術を超越した能力を持つ人材育成です。

学習内容については「超AI世代の教育」ではAIリテラシー、創造性・問題解決能力、コンピュータサイエンスという内容が大事になります。「AIを超える世代教育」では学習の内容としては想像性、倫理感共感力、批判的思考力というような内容が大事になってくると言われています。また、「超AIの教育」の焦点はAIです。「AIを超える世代教育」の焦点は人間で、どんな人材を作るかということに焦点が当たっています。

### ・超AI世代の教育

これからお話しするのは「超AI世代の教育」で、AIを活用できる人材育成、AIリテラシー、創造性・問題解決能力、コンピュータサイエンスそしてAIに焦点を当てるといったところです。

## 2. 生成AIとは

生成AIは、英語でGenerative Artificial Intelligenceと記します。生成AIは、AIを活用して、テキスト、画像、音楽、音声、動画など新しいコンテンツを作成することを指します。これはGoogle Cloud（グーグル クラウド）に記載されていることです。生成AIで生成されるものには大別すると3種類があります。

まずテキスト生成として、文章、詩、物語や、コードなどがあります。コードはプログラムコード（python（パイソン）のコードなど）を生成します。

次に、画像生成イラストとして、イラスト、写真、風景、物体などがあります。これはあの最初のトップページの絵なんかは書いてもらいました。

それから音声生成として、ナレーション、音楽、効果音などがあります。皆さんにも体感していただきたいと思っておりますが、スマートフォンに音声でドラえもんにかけるように話かけて、音声で答えてもらうというようなことが現在できるようになってきています。

生成AIの仕組みは、大別すると3つがあります。

- 1) 大量のデータから学習から学習するという事です。
- 2) それによって新しいデータを生成します。
- 3) 生成されたデータというのは学習データに依存します。

だから間違った学習データを与えると間違ったデータが出てきます。最近ではGOOGLEのGeminiに「アメリカの初代大統領、アメリカの設立者は誰ですか？」という風に聞くと、黒人の男性を生成してきました。けれども私たちは皆「ジョージ ワシントン」であり、白人だということを知っています。学習データが悪いと間違ったデータを生成してしまうという例です。

生成AIの代表的なツールとして以下の5つがあります。

- 1) Gemini（Google社製）
- 2) ChatGPT（OpenAI社製）
- 3) DALL-E（OpenAI社製）

4) Stable Diffusion (CompVisグループ (ミュンヘン大学))

5) Midjourney (Midjourney社製)

最近の生成AIの中には、「マルチモーダル生成AI」と呼ばれテキストだけでなく、画像、音楽、音声、動画などで入力したり、出力したりすることができます。今回この原稿のプレゼンテーション資料を作ってくれたGeminiや、表紙絵を書いてくれたりしたチャットGPTとDALL-E (ダリ・イ) があります。他に絵を書くものとしては、Stable Diffusion (ステーブルディフュージョン) やMidjourney (ミドジャーニー) という生成AIが代表的なツールになります。

例えば、Geminiは、表にまとめてというと、ポンと出してきてくれるわけです。

チャットGPTとDALL-Eは、例えば「生成AIと学習コンテンツ」を描いて言えば美しい絵を生成します。

ステーブルディフュージョンは、ミュンヘン大学のグループで開発されたものですが、量子コンピュータとその配線という綺麗な絵を描いてくれます。もっと凄いのはミドジャーニーの生成した絵です。アメリカコロラド州のアートイベントで最優秀賞になりました。この生成AIのプロンプトを作ったのはジェイソンアレン氏で、たくさんのプロンプトを書いたそうです。宇宙のオペラ劇場というような感じで絵を書かせたのが、最優秀賞になったわけです。この絵の著作権は結局アレン氏には認められませんでした。あくまで機械が書いた絵ということで著作権は認められませんでした。これは有名なお話です。

### 3. 生成AI世代用学習コンテンツ

さて、生成AI世代用学習コンテンツには、1) AIリテラシー、2) 創造性・問題解決能力、3) コンピュータサイエンスの3つの柱があります。

#### ・AIリテラシー

AIリテラシーとは、AIの歴史、AIの仕組みや倫理社会への影響などを理解する学習内容です。AIを正しく理解し活用するための必要な知識

を習得します。それにはAIの歴史、AIの仕組みと種類及びAI倫理です。今AIの社会の影響AIと人間の共同などということで、AIリテラシーというのは大事になっています。

そういう訳で著者の方で2023年の9月から2024年の2月まで8回社会人向けAI講義を実施し、「シリコンバレーにあるコンピュータ歴史博物館が語るAI文化」、「暗号解読とチューリングテストの謎めく挑戦」、「知識表現とエキスパートシステムの知の舞台裏」、「目を持ったコンピュータが見せる未知の領域」、「AIが覆す人間の世界チャンピオン」、「トランスフォーマー革命と生成AIの驚異的進化」、「生成AI、自動運転、AI倫理が紡ぐ社会の未来」及び「デジタル文化遺伝子を目指して」という8巻を出版しました。具体的な学習コンテンツの内容は岐阜女子代の大学院講座で受講できます。岐阜女子大学大学院は男性も女性も行けますので、岐阜女子大学の大学院でこの講座を受けることができます。

#### ・創造性問題解決能力

AIでは解決できない複雑な問題解決するために必要な能力です。創造的な思考力や問題解決能力を養って、AIを活用しながら主体的に行動できる人材を育成します。学習コンテンツの内容は、クリエイティブ・シンキング、デザイン思考、プロジェクトマネジメント、コミュニケーション能力などがあります。

#### ・コンピュータサイエンス

コンピュータサイエンスとは、AI開発に必要なプログラミングやアルゴリズムなどの知識を学ぶ学習内容です。AIを活用するだけでなく自らAIを開発できる人材を育成するというわけです。学習コンテンツの内容は、プログラミングやコーディングと言われるもの、それからアルゴリズム、データ構造、機械学習、ディープラーニング等があります。

#### ・学習コンテンツ

生成AI世代用の教育には、以下の既存の学習コンテンツを活用する必要があります。jmoocsの公開講座が日本の国内向けを中心に実施されています。moocの公開講座では、海外の大学、例えばハーバードとかMITの講座が受講できます。文部科学省が「学習支援コンテンツポータルサイト（子供の学び応援サイト）」、経済産業省が「マナビDX」、凸版印刷が「TOPPAN EDUCATION」及び、富士通が「LMS KnowledgeC@fe」で学習コンテンツを公開しています。他にも、大日本印刷、内田洋行、日本STEM教

育学会、NEC等々が学習コンテンツを公開中です。一例として、jmoocsの学習コンテンツで「AI活用人材育成講座」を見ると沢山のメニューが出てきます。「開講中」か「閉講中」が表示されますので、開講中のものを選ぶと、該当する講座が出てきます。該当する講座を選んで受講するという形で学習できます。

#### 4. 生成AI世代の教育のその他の要素

前節の学習コンテンツに加えて、超AI世代の教育には1) 体験型学習、2) 個別学習、3) グローバルな視点という3つが大事になってきます。

##### ・体験型学習

体験型学習では、アクティブラーニングでのディスカッション、グループワークや、実際にAIを使ってプロジェクトに取り組むなど、体験を通して学習することになります。

##### ・ディスカッション、グループワーク

ディスカッション、グループワークの体験型学習の一例として、群馬県桐生市在住の中学校教諭の丹羽先生の作成された「おもしろ科学教室『潜水艦（ミニ水族館）を作ろう』、『ゆらゆらふらふら磁石で遊ぼう』や『炭酸ガスロケットを飛ばそう』」並びに「おもしろ水と環境の課外教室『水を電気分解してみよう』」の例を見てみましょう。これは、公益財団法人学習情報研究センターのホームページに以前からアップロードされています。動画とテキストで体験型学習が体験できるようになっています。

##### ・おもしろ科学教室「潜水艦（ミニ水族館）を作ろう」

「おもしろ科学教室『潜水艦（ミニ水族館）を作ろう』では、まずプラスチック板に油性ペンで自分の好きな潜水艦の絵を書いて、切り取ってください。次にクッション剤の空気が入っているところをなるべく切らないようにして、手ごろな大きさに切り取ってください。ここに先ほど切り取った潜水艦の絵を、クッション材を貼り付けます。これで本体は完成です。次にこの潜水艦の絵にボールチェーンをけるわけですが、指を刺さないようにして、潜水艦の絵の真ん中に穴を開けます。先ほどの潜水艦の絵に同線を通して、その同線を使ってボールチェーンを巻付けておきます。次に水の入ったペットボトル容器を用意して、クッション材とボールチェーンを付けた潜水艦の絵を中に入れます。すると、ペットボト

ルの中で潜水艦の絵が浮いたり沈んだりします。具体的には、ペットボトルをぎゅと押し下ると下に沈み、離すと浮き上がります。なぜ沈むかということ、ペットボトルを押されることによってこのクッション剤の空気が縮められて、潜水艦の浮く力が弱くなるので沈んでしまいます。

#### ・おもしろ科学教室「ゆらゆらふらふら磁石で遊ぼう」

磁石の性質を利用して遊ぶ道具を作ってみたいと思います。最初に磁石の性質ですが、ここに青と赤で色分けした磁石があります。今この2つはくっついていきます。青なら青、赤なら赤の同色を近づけると反発します。ゆらゆらふらふら磁石で遊ぶため、少年の磁石の所に釘で穴を開けて紐を通し、その紐が割り箸に繋がっています。少年の眼下にある海の中には色々な魚たちがいます。この魚たちを少年がどんな風に観察するか、見てみましょう。一生懸命、魚はどこにいるかなと、少年は上から探しています。あっちかな、こっちかな、そっちも探してみよう、あっちも探してみようという風に、少年に触ったり動かしたりしていないのに、少年が勝手に海の中で魚を探して動いています。どうしてこんな現象が起こるかと言うと、実はこの海の紙の下に、磁石を付けた板が入っていて、少年に付けた磁石と反発するように、磁石を貼り付けてあります。それで、これを少年の下において動かすことによって、少年が海の中の魚を求めて泳いでいるように見えます。

#### ・おもしろ科学教室「炭酸ガスロケットを飛ばそう」

炭酸ガスロケットを作ります。用意するもの牛乳1Lの牛乳パックと、フィルムケースです。フィルムケースには、蓋が中に入り込むタイプと蓋が外側から被さるタイプの2種類あります。ロケットに使うフィルムケースは必ず蓋が中に入る方を使ってください。まず牛乳パックをハサミでロケットの形に切り離していただきます。下の4枚がロケットの羽根になります。半円形の部分がロケットの頭の部分になります。まず頭の部分を作ります。セロテープで貼っていただきます。そして丸みを付けながら、三角帽子を作ります。出来上がりましたら、フィルムキャップの底の方にセロテープで取り付けます。これでロケットの先端部分が出来上がりです。続いてロケットの対角線ごとに羽根を貼っていきます。これで出来上がりです。発泡剤の中に入れてそしてお湯または水を入れて、フィルムケースの蓋をカチとはめて、立てておくと発泡剤が炭酸ガスを出し、その力によってロケットは飛んでいきます。

## ・おもしろ水と環境の課外教室「水を電気分解してみよう」

実験室へようこそ電池を使って水を電気分解します。最後はちょっとびっくりかもしれません。最初に実験で使う材料と道具を揃えましょう。まず醤油さし、コンビニのお弁当についている小さなものを1本。大きめのゼムクリップ2本。色が付いたゼムクリップやステンレスのものは実験に使えません。ミョウバン10gを水道水のぬるま湯150ccで溶かしたミョウバン水を準備します。ミョウバンは薬局で売っています。9ボルト電池1本と、それからチャッカマンライターを1本用意します。材料はこれで揃いました。では、水を電気分解してみよう。それでは実験を開始します。今日は水に電気を流して、水を別のものに分解します。電気分解するので電気分解と言います。普通の水だとちょっと水に電気って流れにくいので、今日はミョウバンを溶かした水を使って、電気を流れやすくして分解したいと思います。最初に実験装置を作るので、クリップを伸ばしてまっすぐな棒にします。2本ともまっすぐに伸ばします。次に醤油さしに今伸ばした金属の棒を刺します。醤油さし底の角から、片方の角までクリップを差し通します。装置が上手にできたのでこれにミョウバン水を入れていきます。蓋を外して空気を抜いて吸い上げます。半分ぐらい入れたいので、もう1回吸い上げます。電池の両極にこの金属の棒をそれぞれつけて、電気を流して水を分解してみましょう。電池のプラスとマイナスにクリップの先を付けます。泡が出て、何か垂れてきます。水が分解されて出てきています。醤油さしがパンパンになってくると、隙間から中のミョウバン水が漏れてきます。実験は順調に進んでいます。水が分解されて、泡が出てきて気体になりました。これがどんな気体か、これにライターの火を近づけてみたいと思います。蓋を開け、ライターの火を近づけると、何かびっくりする音がしましたね。このようにライターの火を近づけると、爆発的に瞬間的に燃える気体ってなんだか知っているかな。わかんないか、これは水素って言います。しかし水素だけだと、あんな風には燃えなくて、水素と酸素が結びつくと瞬間的に爆発的に燃えます。実は水を電気で分解すると水素の気体と酸素の気体が出てきます。醤油さし中の気体は水素と酸素だったのですね。それにライターの火を近づけたのでそこで、爆発的に瞬間的に燃えたということになります。結果、水を電気で分解すると水素と酸素に分解されますよということが分かりました。

水は酸素と水素でできています。植物は太陽の力で光合成をして酸素を出します。植物は水の中にある酸素を取り出しているのです。

## ・個別学習

個別学習では、個々の学習者は、自分のペースで学習したい単元を選び、AIが生成した教材を使って学習します。AIは学習者の理解度に合わせて難易度や内容を調整した教材を提供するというわけです。効果は、個別ニーズにあった学習は可能で、学習意欲の向上や学力向上が期待できます。

最近のチャットGPTの音声入力等を活用すると、音声で質問すると、ドラえもんのように音声で答えてくれます。

AIで面白い科学教室を体験する方法が幾つも考えられます。マルチモーダル生成AIを使って面白い科学教室を体験する方法はいくつかあります。オンラインの科学教室やワークショップを探してみることができます。多くの科学教育プラットフォームが生成AIを活用した興味深い実験やプロジェクトを提供しています。YouTubeやオンラインコースなどの動画プラットフォームで生成AIを使った科学実験やデモンストレーションを見ることがもできます。そうした動画は自分で手軽に楽しむことができます。マルチモーダル生成AIを使って自分自身で科学実験を行うことも可能です。オンラインで科学実験キットを購入して、マルチモーダル生成AIが提案する実験を試してみることができます。このようにマルチモーダル生成AIを活用して色々の面白い科学実験が考えられます。

## ・グローバルな視点

グローバルな視点は、世界中の人々と協働しながら学習することで育成されます。

学習者がコンピュータの表示装置の前で外国語を話しており、異なる背景を持つ言語パートナーとコンピュータ画面を通じて繋がります。

グローバルな視点というのはどうやって養われるのか、NHKのニュースセンター9を最初に作られた磯村尚徳氏のオーラルヒストリを見てみましょう。

磯村尚徳氏は、フランスのミッテラン大統領、アメリカのレガン大統領やイラクのホメイニー氏とか世界の著名な政治家等に色々インタビューされました。このオーラルヒストリの中で、磯村氏は「フランスのパリの『エトワール広場』またの名『シャルルドゴール広場』の上にそり立っておりますのが、名物の『凱旋門』であります。そしてこの凱旋門の下に『無名戦士の墓』がありまして、あのフランスを訪れる国賓や、フランスの国家行事が開催される場所でもあります。

私がこのパリの若い特会員としてここに赴任いたしましたのは、1958年、昭和33年のことでした。その頃のフランスというのは、今日の日本みたいに経済は疲弊しており、首相は大体もう数ヶ月と持たないというような惨憺たる状況で、ヨーロッパの病人と言われるような状況でした。それがこのシャルルドゴール将軍の登場によって、アルジェリアの軍部の独走を抑え、独立を許し、そしてフランスの栄光を次第に取り戻していきました。私はそうしたこの色々なフランスを舞台とするヨーロッパの攻防というようなもの記者の目でずっと見つめてきたというわけなのです。・・・」と見る人に話しかけてきます。

更に磯村尚徳氏は色々な世界情勢を語った後、「・・・世界にはいろんな通貨があります。円を持っていても世界どこでも通用するわけじゃない。例えば、日本と中国の貿易は決済する時には、ドルに一旦変えて決済する。・・・尖閣列島を巡る日中の緊張がなければ実は非常に面白いこの経済的な発展があり得るはずだったのですが、ちょっとそれは控えています。今各国の外貨準備っていうものがありますね。つまり日本の場合にはドルとかユーロとか人民元とかそういう外国の通貨の準備っていうものがあり、貿易の決済をするわけです。今国の外貨準備の大体30%が今ユーロになりつつあります。ロシアに至っては41%ユーロなんですね。そして世界の一番重要な取引である原油の取引があります。未来の展望はその効果と課題です。」と磯村尚徳氏のオーラルヒストリは終わります。

## 5. 未来への展望

超AIを使うことによって個別学習の推進、創造性問題解決能力の向上、教員の負担軽減、学習欲の向上というものが期待できます。例えば、ドラえもんのように話しかけ、ドラえもんのように答えてくれると、学習欲が湧きます。課題もあります。まずコストです。インターネットのコストとか、動画の容量とか、データの偏り、それから倫理的な問題もあります。例えば、誰かの著作権を犯して、ラスト作ってないかとかというような問題があります。そういうところにも配慮が必要です。これからの展望としては生成AIの進化があって、より精度の高い生成AI、そしてより多様なコンテンツができるようになります。

教育への影響というのは個別最適化された学習より、創造的で協調的な学習、教育格差の解消というものが期待できます。そんなわけで未来は明るい。生成AIは教育の可能性を広げます。今後の発展に期待したいというところです。

## 6. まとめ

今超A I 世代の教育はまだ始まったばかりです。今後は社会の変化に合わせて必要な学習コンテンツも変化するでしょう。教育考察開発者そして社会全体で協力しマルチモーダル生成A I を使う超A I 世代が活躍できる社会を築いていくことが大事だということです。

### 課題

生成A I を活用してどのような学習コンテンツを作成したら良い授業になるか考察し、あなたの考えを800字以内で説明しなさい。

## 第12講 教師あり学習を用いたAI倫理

### 【学習到達目標】

- ・ AI倫理の定義と背景を説明できる。
- ・ GIGAスクール構想でAI倫理チャットボットが必要になった理由を説明できる。
- ・ AI倫理処理で用いる「教師あり学習」について説明できる。

### 1. AI倫理とは

現在の第4次AIブームでは、自動運転や画像診断など私たちの暮らしにAI技術が急速に入り込んできています。21世紀の基幹テクノロジーとされるAIとどう付き合い、その活用をどこまで許容していくのか？EUではAI倫理に基づく輸入規制を計画しており、日本のAI倫理が問われています。

#### ・ AI倫理の歴史

AI倫理の歴史は、AI技術の発展とともに進化してきました。以下は、その主要な出来事や転換点を解説します。

#### 1) 初期のAI倫理の概念（1950～1960年代）

アラン・チューリングによる「チューリングテスト」（1950年）は、「機械が人間のように考えることができるか？」という問いを投げかけ、AIにおける倫理的な議論の発端となりました。

アイザック・アシモフの「ロボット工学三原則」（1942年）は、フィクションの領域でしたが、AIの安全性と倫理に関する概念を初めて提示しました。

第一法則：ロボットは人間に危害を加えてはならない。

第二法則：ロボットは人間の命令に従わなければならない。

第三法則：ロボットは自己を守らなければならない。

## 2) AI技術の発展と懸念の拡大（1970～1990年代）

AIの初期段階で、多くの研究者は「AIが倫理的な問題を引き起こすか」という問いに関心を持ち始めました。

1980年代：エキスパートシステムの導入により、AIが医療や金融などの重要な意思決定に関与するようになりました。これにより、誤った判断やアルゴリズムによるバイアスの問題が浮上しました。

1990年代：AI技術がインターネットで普及し、プライバシー侵害や監視のリスクに対する懸念が増大しました。

## 3) 倫理的ガイドラインの登場（2000～2010年代）

2000年代：AIが社会生活に深く浸透するに伴い、政府や学術機関が倫理ガイドラインの必要性を認識しました。IEEEは倫理的AIの開発に関する最初の国際的な指針を提案しました。

2016年：Google、Microsoftなどの大手テック企業が独自のAI倫理委員会を設置し、AIの開発と使用に関する原則を発表しました。GoogleのAI原則には「AIは人々を傷つけるために使われてはならない」という考えが含まれました。

## 4) 国際的なAI倫理への取り組み（2010年代後半～2020年代初頭）

2018年：欧州連合（EU）が「AI倫理ガイドライン」の策定に着手し、AI開発における透明性、説明責任、公平性を重視する枠組みを構築しました。

2019年：OECDが国際的なAI原則を採択し、AI技術の倫理的な開発・運用に関する指針を提供しました。

シンガポールやカナダも、AI倫理のフレームワークを設けた結果、公共および民間部門でのAIガバナンスを推進しました。

## 5) 日米企業のAI倫理政策の代表例

米国Microsoft（2017年）：MicrosoftはAI倫理委員会を設置し、透明性や公平性を担保する方針を定めました。AIシステムの開発と利用に際してレビューを行うガイダンスを提供し、信頼性と安全性を重視する5原則の実践を進めています。

米国Google（2018年6月）：GoogleはAI倫理を策定し、「AIと私たちの社会における役割」を強調しました。企業全体でAIの利用に関するガイドラインを明確にしています。

米国IBM（2018年9月）：IBMは「Everyday Ethics for Artificial Intelligence」を発表し、AI導入における透明性と公正な判断の重要性を訴えました。問題が発生した場合、フィードバック体制を整備するなどの実践例も示しています。

ソニーグループ（2018年9月）ソニーは「AI倫理ガイドライン」を策定し、2019年4月からの実践に向け、安全性審査を始めました。

富士通（2019年3月）：富士通は「AIコミットメント」を発表し、AIの責任ある開発を推進する方針を明確にしました。

NEC（2019年4月）：NECはグループ全体でAI倫理の取り組みを進め、AIコンソーシアムのガイドラインを参照して実践しています。

NTTデータ（2019年5月）：NTTデータはAIシステム開発の倫理ガイドを作成し、現場での具体的な作業指針を提供しつつ、倫理的な取り組みを促進しています。

日立製作所（2021年2月）：日立はAI倫理委員会を設置し、外部専門家も招いた議論を進め、グループ全体での倫理的なAI運用を図っています。

Yahoo!（2022年5月）：Yahoo!はAI倫理方針を発表し、グループ全体で倫理的なAIの整備と運用を推進しています。

パナソニック（2022年8月）：パナソニックはAI倫理ルールを策定し、2022年度中の本格導入を目指しています。

このように、日米の企業は透明性、公平性、安全性の確保を目的にAI倫理に関するガイドラインを策定し、組織内外での対応を進めています。多くの企業がレビュー体制や専門家の参加を重視し、AI技術の信頼性向上に努めている点が共通しています。

## ・日本のA I 倫理政策と経団連のA I 倫理ガイドライン

### 1) 日本のA I 倫理政策の概要

日本政府はA I 技術の発展を支えるために、倫理的な指針を打ち出し、A I の社会的受容と信頼構築を目指しています。

総務省、経済産業省、文部科学省を中心に、A I 技術のガバナンスと社会実装に向けた施策を策定。2019年には「A I 原則」を公表し、以下の項目を重点的に掲げました。

人間中心の原則：A I は人間の幸福と利益を最優先する。

公平性：A I による差別や偏見を排除する。

透明性と説明責任：A I システムの設計者がその意思決定過程を説明できる。

プライバシー保護：個人データの保護を徹底する。

安全性とセキュリティ：A I の悪用や誤用のリスクへの対応を行う。

また、A I の利用にあたっては、企業や公共部門でのガイドラインに基づく適正な運用が求められます。

### 2) 経団連のA I 倫理ガイドライン

経団連（日本経済団体連合会）は、企業がA I 技術を社会に適切に展開するための倫理的枠組みを提供するため、2019年4月に「A I 活用の倫理原則」を発表しました。主な指針は以下のとおりです：

人間中心のA I：A I は人間の価値を尊重し、社会全体の福祉に貢献するように設計されるべき。

プライバシーの保護：A I が扱うデータに関しては、個人情報保護の法律を遵守。

公平性と多様性：アルゴリズムのバイアスを排除し、あらゆる人が平等に利益を享受できるよう配慮。

透明性と説明可能性：A I の意思決定の仕組みが明確に説明できるようにすること。

安全と信頼の確保：A Iシステムの安全性を確保し、リスクが発生した際の対応策を準備。

このガイドラインは、日本企業が国際社会の中でA I技術の信頼を高め、持続可能な成長を実現することを目的としています。また、企業が自発的にこれらの原則を実践することで、A Iの社会実装における倫理的な課題に対処することが期待されています。

日本政府と経団連のA I倫理ガイドラインは、人間中心の設計、安全性の確保、透明性、そしてプライバシー保護を重視しています。政府は法的枠組みと教育プログラムを通じてA Iの適正利用を促進し、経団連は企業が自主的に倫理的原則を実践することを推進しています。これらの取り組みは、A Iの社会的受容と国際競争力の向上に貢献しています。

それでは、世界各国のA I倫理への取り組みを見てみます。

#### ・米国の「A I 権利章典」と企業の対応

米国は2022年に「A I 権利章典」を発表し、A Iの設計・利用における5つの基本原則を提示しました。これには「安全かつ有効なシステム」「アルゴリズムの差別防止」「データのプライバシー」「告知と説明責任」、および「問題発生時の人間による代替対応」が含まれます。法的拘束力はないため、実効性に課題があると指摘されていますが、多様な政府機関がこれらの原則に基づきフレームワークを策定しています。

#### ・英国のA I 規制のフレームワーク

英国政府はA I 規制のフレームワークを設計し、「効果的なA I 保証エコシステムのロードマップ」を策定しました。これには「A Iの使用における安全性」「透明性の確保」「説明責任」などが含まれます。A Iの発展と国際標準化への連携も重視し、民間および政府機関が連携して市場構築や標準化を推進しています。

#### ・EUの「A I 責任指令案」と「製造物責任指令の改正案」

EUは2022年に「A I 責任指令案」と「製造物責任指令の改正案」を発表し、A Iシステムの開発者や提供者に対する責任を明確にしました。被害者救済の強化を目指し、因果関係の立証を簡易化しつつ、製品の長寿命化や改変に対応するための法改正を進めています。

## ・シンガポールの「モデルAIガバナンス枠組み」と「AI. Verify」

シンガポールは「モデルAIガバナンス枠組み」と「AI. Verify」という検証ツールを発表しました。これにより、企業がAIガバナンスの実践状況を客観的に評価できるよう支援します。また、透明性や説明責任を重視し、MasterCardやMicrosoftなど多国籍企業との協力も進めています。

世界の国々は、安全性、透明性、説明責任といった共通課題に取り組む一方で、法的拘束力や技術標準化のアプローチに違いがあります。それぞれの政策は、自国の技術発展を支えつつ、国際的な連携も視野に入れて構築されています。

## ・AI倫理の定義

倫理とは、Webster辞書によれば「a system of moral principle」となっており、AI倫理は「a system of moral principle for using AI」と定義できます。AI倫理の研究の1つの目標は、日本の文部科学省が推進する全国の児童・生徒1人に1台のコンピュータと高速ネットワークを整備する「GIGAスクール構想」に必要な「I o E」（倫理のインターネット、教育のインターネット、生きる力のインターネット）AI倫理チャットボット機能を試作・検証することにあります。

注) **GIGA端末**：GIGAスクール構想では1人1台端末を「GIGA端末」と称します。

## ・1人1台端末に必要なAI倫理チャットボット

日本AI戦略の教育改革「1人1台端末」、GIGAスクール構想の最大の課題は「チャットによるいじめ問題」と言われています。AI倫理を探究するうちに「チャットによるいじめ問題」にAI倫理チャットボットが使えるのではないかと考えています。

近年、人間と会話をすることができる対話システムへの注目が集まっています。例えば、音楽の再生やメールの確認などを行うGoogle AssistantやSiri、また顧客からの問い合わせ対応を代替するチャットボット

(チャットのロボット)といった、何らかのタスク達成を目的としたタスク指向型対話システムが広く浸透してきています。

今日、自動運転や画像診断など私たちの暮らしにA I 技術が急速に入り込んできています。21世紀の基幹テクノロジーとされるA I とどう付き合い、その活用をどこまで許容していくのか? 「A I 倫理」とでも呼ぶべき社会規範をきちんと議論しなくてはならないと言われています。

#### ・哲学者クーケルベルク著「A I 倫理」

ウィーン大学の哲学者クーケルベルク氏は著書「A I 倫理」で、A I を使うための「運転免許証」がないと警鐘を鳴らしています。

#### ・ノーベル文学賞受賞作品「クララとお日さま」

ノーベル文学賞受賞者のカズオ・イシグロ氏は「クララとお日さま」という最新の小説の中で、人工知能を搭載したロボット「クララ」を登場させ、A I 倫理の重要性を示唆しています。この小説の中で、クララは、観察と学習への意欲と理解力を持つに至り、人間社会で生きていく力「生きる力」(E n e r g y o f L i f e)を得るようになります。

#### ・G I G Aスクール構想に関するアンケート調査結果

G I G Aスクール構想に関するアンケート調査結果によると、子供にG I G A 端末をどのように使わされて良いかわからないが60% (1738件の調査、124件の解答)と分かりました。

この問題を解決するため、支援員やヘルプディスクを入れた学校が68%で(1742件調査、97件の回答)あった。一方、文部科学省や教育関係団体の調査で、ギガの最大のトラブルは、「チャットによる悪口」であると判明しました。

また、民間の調査機関によると、いじめの加害者または被害者になる子供が72.6%に上ると報告されています。

2022年3月の日本の内閣府調査によるとインターネットの危険性について説明を受けたり学んだりした子供は88%でした。その中でインターネット上のコミュニケーションに関する問題で悩んでいる子供が80%(2,984回答)に上ることが分かりました。

## 2. 教師あり学習

### ・三つの学習の枠組み

機械に学習させる「機械学習」には「教師あり学習」、「教師なし学習」、と「強化学習」の三つの学習の枠組みがあります。人間の脳のニューロンが層状に接続した構造を模擬した機械学習の三つの枠組みがあります。

### ・教師あり学習

「教師あり学習」とは主に人間の小脳が担う学習機能で、代表的な統計手法は回帰と分類です。学習者に対し、教師が明示的に正解を教えたり、学習者の誤りを指摘したりすることで、学習者が正しい解を得ることを助けます。すなわち、正しい入出力の組合せを与えて学習することで、新規の入力に対し、適切に出力する。代表的な手法は誤差逆伝播法 (Back Propagation) です。「分類」の手法として、正解、若しくは誤りを入力として、未経験入力に対する意志を決定する決定木 (Decision Tree) や決定表 (Decision Table) の作成などがあります。このAI倫理の研究では、EXCEL上の決定表でAI倫理処理システムの「倫理表」を試作しました。

注) **教師なし学習**：主に、大脳皮質が担う学習機能です。統計的性質や、ある種の拘束条件により入力パターンを分類したり、抽象化したりする学習で、主成分分析、自己組織化マップなどの次元圧縮 (Dimensionality Compression) 手法が代表例です。感覚情報などの入力パターンの分類、同様に出力運動パターンに対して統計的性質を用いて要素行動に分類する学習法などがあります。

注) **強化学習**：主に、大脳基底核が担う学習機能です。最終結果若しくは、途中経過に対して、どの程度良かったかを示す「報酬信号」に基づき、これらの報酬をなるべく大きくするように探索します。

強化学習と教師あり学習の違いは、フィードバックがスカラー(報酬の成否)かベクトル(正解の情報)かという説明もあるように、明示的な教師ではなく、環境などの非明示的な教師だという解釈もある。

### 3. 「A I 倫理」処理システムの試作

「教師あり学習」を使い、社会規範・倫理と、設計者の故意ではないA Iの誤認識（機能不全、誤作動や機能低下を含む）を検証し適切な処理を行う「I o E」（Internet of Ethics, Internet of Education, Internet of Energy of Life）A I 倫理チャットボット機能の試作を行いました。

学習者に対し、教師が明示的に正解を教えたり、学習者の誤りを指摘したりすることで、学習者が正しい解を得ることを助ける。

すなわち、正しい入出力の組合せを与えて学習することで、新規の入力に対し、適切に出力する。

具体的なA I 倫理処理を見ると、「教師あり学習」を使い、教育禁止用語や放送禁止用語等のような社会規範・倫理とA Iの誤認識が処理・説明できるシステム作りを目指しました。入力はA I 音声入力でもキーボード入力でもできます。

デブラーニングによるA I 音声入力はi P h o n eで行い、リモートマウスで接続したパソコン上でA I 倫理処理を行しました。「A I 音声入力では何故誤認識したか？」は言葉では説明できない。つまり暗黙知です。

社会規範・倫理とA Iの誤認識の検出・修正（言換え）処理はV B Aプログラムで瞬時に終了し、修正した音声入力文と修正理由を説明した説明文はそれぞれE X C E Lファイルに保存されます。

学習データは、社会規範・倫理例、A Iの誤認識と学習済みのT e n s o r F l o w. j sモデル・デーモン（システム）等で、インターネットとブロックチェーンで参照します。

例えば入力文「Slave is a bad word」（奴隷は良くない言葉です）を入力すると、正しい表現に言い換え、その理由を説明します。

社会規範・倫理例2の放送禁止用語は教育禁止用語としてウェブ検索すると出現します。

具体的にはアイヌ系からロンパリに始まりブスとかチビといった誹謗中傷の類からジョンやアメ公といった人種差別用語まで教育上使わない方が良いと考えられる用語は網羅されています。

#### 4. まとめ

本章では、「教師あり学習」として倫理表や学習済みTensorFlow.jsモデルを使い、教育・放送禁止用語のような社会規範・倫理が検証処理・説明できるチャットボット機能を試作し、GIGA端末やケータイに人工知能を搭載した人間に親切的な「I o E」AI倫理チャットボット機能の有効性を実証しました。

特に、ディープラーニングを使用した「I o E」AI倫理的チャットボット機能は、次章第13章で説明しますが、30%を超える誹謗中傷抽出率で、倫理テーブルで確認できなかったチャット内の未定義の誹謗中傷を検出することもでき、「I o E」AI倫理チャットボット機能のプロトタイプの有効性が実証されました。

## 課題

GIGAスクール構想でAI倫理チャットボットをどのように活用したら「いじめ」が減るかを考察し、あなたの考えを800字以内で説明しなさい。

## 第13講 マルチモーダル生成AI共同によるAI倫理処理

### 【学習到達目標】

- ・マルチモーダル生成AIについて説明できる。
- ・3種のマルチモーダル生成AI共同による倫理問題の解決法を説明できる。
- ・モーダル論理の定義を説明できる。

### 1. マルチモーダル生成AIの登場

2023年9月25日、新たな機能追加で、ChatGPT（チャットGPT）がついに目と声を手に入れました。具体的には、ChatGPTに画像解析機能と音声出力機能が追加され、マルチモーダル生成AIが登場しました。

その後、各社のマルチモーダル生成AIが開発され、マルチモーダル生成AIは驚異的な発展を行っています。

マルチモーダル生成AIとは、異なる種類のデータを組み合わせたり、関連付けたりして処理する人工知能（AI）システムで、生成AIの一種です。マルチモーダル生成AIは、テキスト、音声、画像、動画、センサ情報など、複数の異なるデータの種類（脳が知覚できる様相、Modality）から情報を収集し、統合して処理することで、より豊かな情報を処理し、深い理解や洞察を提供することができると言われています。

### 2. マルチモーダル生成AIの評価

#### ・マルチモーダル生成AIの性能評価

Claud 3は日本語の文法が非常に優れており、日本語が得意だと言われています。

それでは、このAI技術の性能について、最新の状況を確認しましょう。（チャットGPT）正午に確認したところ、テキスト生成の分野では、チャットGPTが1314というスコアでトップに立っているようです。このスコアは、例えばサッカーのJリーグで対戦結果から世界ランキングを決めるのと同じ方式で計算されています。

具体的には、150の質問を投げかけ、これまで160万人以上の人々から得た回答を基にしたランク付けです。ただし、このランキングは頻繁に変動します。2024年8月20日午後1時に確認したところ、特に大きな変動はありませんでした。

一方、画像生成の分野では、Geminiのバージョン1.5がわずかに性能が優れていることが確認されています。

著者がこの大量のデータをすべて読み解くのは大変なので、トップ5のツールだけを取り上げて見てみましょう。各ツールの性能はおおむね同じような傾向を示しています。

OpenAIのCEOのアルトマン氏が2024年8月8日に「チャットGPTがトップだ」とSNSで発言しましたが、スコアに10ポイント程度の違いがあったとしても、実質的な差はわずかであると考えています。

また、チャットGPTの最新バージョンについては、同年8月8日の段階では画像生成の機能は表示されていませんでした。おそらく、チャットGPTではなくDALL-Eで生成されていたため、チャットGPTの評価に含まれなかったのだと推測されます。

### 3. モーダル論理

#### ・3種類のマルチモーダル生成AI

AIの倫理問題を処理するために、ChatGPT、Gemini、Claude 3という3種類のマルチモーダル生成AIとの対話によるアプローチがあります。

これは、OpenAI社やGoogle社、Microsoft社等のマルチモーダル生成AI開発メーカーが行うのではなく、ニュートラルな立場でAI技術を駆使する方法です。

最近のマルチモーダル生成AIは、画像、音声、テキストなどを入力して回答を作成します。これらの生成AIの3者が一致した部分は「正確な情報に違いない(Must Be)」と推測できます。これを共通回答Pとします。生成AIの2者が一致する部分は「かもしれない(May Be)」ということです。

生成AIの回答が論理的に正しいかどうかを、モーダル論理で解決する。モーダル論理の定義には、 $\square X$  (必然) と  $\diamond X$  (可能性) がある。「Must Be」と「May Be」、つまり「Xに違いない」と「Xかもしれない」というものです。

#### ・モーダル論理の定義

生成AIの回答が論理的に正しいかどうか？様相論理で取り出す方法は、以下のモーダル論理（様相論理）で定義できます。

$\square P$  : 「Pに違いない」 (必然)

$\diamond P$  : 「Pかもしれない」 (可能)

$E(P)$  : 「Pが論理的に正しい」

$\Rightarrow$  : 「ならば」

$\wedge$  : 「かつ」

### 4. マルチモーダル生成AI共同のAI倫理処理

#### ・3種類のマルチモーダル生成AI共同によるAI倫理処理

3種のマルチモーダル生成AI共同により倫理問題を、どう解決するかについて、様相ロジックで見ます。まず、1) AIの共通回答を収集します。それが共通回答Pです。続いて、2) それが論理的に正しいかどうかを判断するための基準を設定し、倫理基準Eという形で設定します。EXという形で論理的に正しいかを評価する基準になります。3) 倫理基準Eつかった倫理的評価を、3者のマルチモーダル生成AIに対して行い、倫理基準Eの共通部分が論理的に正しいと評価されれば、共通回答が論理的に正しいと導き出されます。

#### ・モーダル論理での表記

モーダル論理では、以下のように記載されます。

##### 1) 生成AIの共通回答の収集：

3つの生成AIが与えた回答の共通部分を収集します。

例： $\square$  (回答A1  $\wedge$  回答A2  $\wedge$  回答A3  $\Rightarrow$  共通回答に違いない)

## 2) 倫理的基準の設定 :

回答の共通部分 P が倫理的に正しいかどうかを評価するための基準 E(P) を設定します。

例 :  $\square E(P)$  は「P が倫理的に正しいに違いない」を意味します。

## 3) 倫理的評価 :

回答の共通部分が倫理的に正しいかどうかを評価します。

例 :  $\square(E(A1 \wedge A2 \wedge A3) \Rightarrow \text{共通回答が倫理的に正しいに違いない})$

これは「3つ回答の共通部分が倫理的に正しいならば共通回答が倫理的に正しいに違いない」です。

倫理基準 E のあり方については次の章で説明します。まず共通部分を取り出すことです。専門的な話になるが、ChatGPT、Gemini、Claude 3 の生成 AI の回答の共通部分を見つけ出す Python プログラムを考えます。なぜ Python かというと、AI のシステム自体が Python で作られているため、親和性が高いからです。拡張するにしても Python であればすぐに対応できるからです。

テキストの意味を理解して、3つの回答の共通部分を見つけるために、自然言語処理を用います。キーワードは、コサイン類似度を計算して共通の意味を持つ部分を特定します。そのためにテキストをベクトル化し、ベクトルの近似度で、共通の意味を引き出します。

これは「教師なし学習」で、一般的に検索エンジンでコサイン類似度が使われています。

AI 倫理処理のプログラムでは、次の手順で処理します。まず、トランスフォーマーのライブラリを使ってテキストをベクトル表現にします。ベクトル間のコサイン類似度を計算して、共通の意味を持つ部分を特定します。グラフィック GPU を使うと処理が早くなりますが、通常の PC でも可能です。

手順としては、まずトランスフォーマーを読み込み、BERT を使ってテキストをベクトルに変換します。次にコサイン類似度の計算を行い、共通の意味を持つために必要なパーセンテージを設定します。現在の設定では 0.8、つまり 80% に近ければ共通の意味を持つと特定し、その結果を出力します。

## 5. マルチモーダル生成 AI 共同システムの試作

### ・生成 AI の倫理基準 E の設定

生成 AI の倫理基準 E の設定と評価は、先ほどの倫理基準 E を作成して評価します。

例えば、投稿論文を採択するかどうかを判断する例を考えると、3つのマルチモーダル生成 AI がそれぞれ採択して良いかどうかを判定し、採択して良いという共通回答が出た場合や条件付き採択となった場合、倫理基準 E の設定と評価を行います。実際の投稿論文に「黒人を差別する表現」が含まれている場合、それは修正すべきです。共通回答 P に対して倫理的に正しいかどうかを評価し、問題がなければ採択します。

### ・生成 AI の倫理基準 E による評価

倫理基準 E として使用するものには、英語の場合は教育禁止用語、日本語の場合は放送禁止用語を援用する。システムとしては、一度倫理基準が設定されれば、それに基づいて評価を行います。

マルチモーダル生成 AI の3種類の共通部分を入力し、まず演繹法 AI で入力部分に該当があるかチェックし、次に帰納法 AI で過去のデータに照らして問題がないかを評価します。

演繹法 AI では特定の言葉（例えば「スレーブ」）を検出し、それが放送禁止用語であれば修正指示を出します。

帰納法 AI では、「ディーブラーニングの父」と言われ、2024年度ノーベル物理学賞を受賞したトロント大学のヒントン教授が開発した、学習済みテンスルフローモデルを、使用して評価します。このモデルは、200万の文章に対して侮辱や卑猥な内容をフラグ付けする。例えば「この女は大食いだ」と入力すると、侮辱と毒性があるとマークされます。

このようにして倫理評価を行い、毒性のない文章であれば倫理的に問題ないと判断されます。赤いマークが多ければ倫理的に問題があるという結果になります。

## 6. 教師あり学習モデルを使った検証

音声入力文に、①アイデンティティベースの憎悪、②侮辱、③わいせつ、④重度の毒性、⑤性的に露骨、⑥脅威、⑦毒性などの有毒なコンテンツが含まれているかどうかを、約 200 万件を事前に「教師あり学習」した学習済みの T e n s o r F l o w . j s モデル・デーモンを使い検出しグラフ化し、「I o E」A I 倫理チャットボット機能の検証を行いました。

例えば G I G A 端末の入力文「馬鹿!消えてしまえ!」を、学習済みの T e n s o r F l o w . j s モデル・デーモンに入力し分類すると、②侮辱) かつ⑦毒性が「TRUE (きわめて有害)」、及び①アイデンティティ攻撃、③卑猥、④重度の毒性、⑤性的な露骨及び、⑥威嚇は「FALSE (無害)」と分類します。

G I G A 端末でトラブルを引き起こす入力文例 3 7 件中 2 6 件 ( 1 0 %) が TRUE(きわめて有害)、5 3 件 ( 2 0 %) が NULL(要注意)、残りは FALSE(無害)と検出できた。「I o E」A I 倫理チャットボット機能は、3 0 %を超える抽出率で、倫理テーブルで確認できなかった未定義の誹謗中傷を検出できました。

これらのことからわかるように、本チャットボット機能は非常に効果的でした。

教育禁止用語文を入力し分類し、グラフ化集計した結果では、英語版教育禁止用語文例 5 7 件では 5 7 件中 2 件 ( 4 %) が TRUE (きわめて有害)、6 件 ( 1 1 %) が NULL (要注意)、残りは FALSE(まったく無害)でした。

また、放送禁止用語文例では 3 6 9 件中 2 6 件 ( 7 %) が TRUE(きわめて有害)、5 8 件 ( 1 6 %) が NULL(要注意)、残りは FALSE(無害)となりました。

結果、G I G A 端末やケータイに人工知能を搭載した人間に親切な「I o E」A I 倫理チャットボット機能を搭載し、1) 社会規範・倫理と A I の誤認識の修正処理を行い、その後 2) 「教師あり学習」モデルを使った検証を行うと、抜けが少ない有効な A I 倫理処理ができると分かりました。

## 7. まとめ

第 1 3 章では、マルチモーダル生成 A I が A I 倫理の問題を解決する方法について解説しています。2 0 2 3 年に登場したマルチモーダル生成 A I は、テキスト、画像、音声など複数のデータ形式を統合して処理します。C h a t G P T、G e m i n i、C l a u d e 3 のような複数のマルチモーダル生成 A I が、

それぞれの回答の共通部分を基に「正確な情報かどうか」を判断し、倫理的に正しいかどうかを評価しました。

このアプローチにより、マルチモーダル生成AIが生み出す判断の信頼性を向上させ、人間社会でのマルチモーダル生成AIの適正利用を支援することが可能になります。

## 課題

マルチモーダル生成AIのハルシネーションを防ぐにはどのようにしたら良いかを考察し、あなたの考えを800字以内で説明しなさい。

## 第14講 超A I と世界遺産

### デジタル文化遺伝子 - A I 時代の教育を超えて

#### 【学習到達目標】

- ・ A I を超える世代教育の必要性を説明できる。
- ・ 世界遺産の事例で先人がどのような文字で「知」を継承したか説明できる。
- ・ マルチモーダル生成 A I の活用事例が説明できる。

#### 1. A I を超える世代教育の必要性

生成 A I の驚異的な進展に伴い、早ければ、2020 年代後半には業務に依存しない人工汎用知能 A G I や、人工超知能 A S I が登場すると言われています。

##### ・ マルチモーダル生成 A I

現在のマルチモーダル生成 A I のチャット GPT4 も、チャット GPT5 になると、人工汎用知能 A G I になると言われています。もう人工汎用知能 A G I がすぐそこまで来ている、人工超知能 A S I がそこまで来ているという時代です。A I が人間を超える「シンギュラリティ」が来ると予想されているわけです。超 A I には 2 つの人工知能があり、人工汎用知能 A G I と人工超知能 A S I（人工超知性とも称す、アーティフィシャル・スーパー・インテリジェンス）があると言われています。超 A I の名称や意味も時代と共に変わっていくと思います。現在 A I は、社会のあらゆる分野に影響を与え始めております。先日も「生成 A I 世代が日本をどう変える」と、テレビ東京の W B S という番組がありました。

マルチモーダル生成 A I、A G I や A S I といった超 A I の発展は教育分野にも大きな影響を与えられられています。超 A I 世代とはどういう世代であるかという、生成 A I が社会に広く浸透し日常生活や仕事に不可欠な存在となった時代に育つ世代を指します。

超 A I 世代の子供たちは、創造力が求められています。つまりマルチモーダル生成 A I 等の A I 技術を活用して、問題を解決し、新しい「知」を生み出す能力です。

先人がどんな文字で「知」を継承したかという歴史的な観点から考える必要性から、今回はまず文化的遺伝子としての世界遺産からお話しします。

## 2. 文化的遺伝子としての世界遺産

### ・文化的遺伝子

文化遺伝子としての世界遺産はどのようなものであるか見ていきます。

遺伝子とは皆さんご存知の通り生物学的に継承される DNA などの設計情報を指します。親から子に先天的に継承される遺伝子で、本人の意思とは切り離されたものになっています。文化的遺伝子は、単一個体が後天的に文化を通して、自身に蓄積した情報を意味します。リチャードドーキンスが『利己的遺伝子』という著作の著書の中で、「ミーム」と称したものです。図書館の本とか、楽曲や思想表現、衣装の様式、壺の作り方あるいはアーチの構造方法などもミームの例です。「デジタル文化遺伝子」は文化遺伝子のデジタル版ということで位置づけております。和製英語で和をデジタル・カルチャル・ジーンズ (Digital Cultural Genes) と名付けております。

### ・世界遺産

世界遺産について、パリのユネスコを訪問した折「世界遺産というのはどういうものか」という講義を受けたことがあります。ユネスコの皆さんがおっしゃることは「OUV が世界遺産だ」。「OUV って何ですか?」と聞き返すと「アウトスタンディング・ユニバーサル・バリュー (Outstanding Universal Value) です」と。OUV とは、卓越した普遍的な価値があるものを「世界遺産」と言うということです。国連のユネスコでは、世界遺産をあの高精細アーカイブすることによって、デジタル文化遺伝子を構築しています。これには日本のデジタルアーカイブ技術が用いられています。そういう意味では、NHK、凸版印刷(株)や大日本印刷(株)などが非常に力を発揮されていました。

これからお話する世界遺産は、著者がアーカイブ技術で「失われた文明」を担当していた時の作品です。

### ・エジプト文明

最近エジプト文明について、YouTubeの8K映像動画が公開されています。

エジプト文明というのは、ナイル川の上流、中流、下流で発展して来ました。ギザの大ピラミッドは、下流の場所的にはエジプトの首都カイロ近傍にあります。エジプト文明の中心は、中流にあるルクソールです。上流には、アブシンベル大神殿がありますが、アスワンハイダムが作ることによって水没する危機が訪れました。その時、アブシンベル大神殿を救わなければという世界的なキャンペーンが起こりました。50か国から募金が集まり、アブシンベル大神殿をブロック状に全部切り出して山の上に移動させるプロジェクトが成功裏に終わりました。これが、ユネスコの「世界遺産」制度が始まりです。

エジプト文明の1番大事なポイントは文字です。エジプト文明の文字には、最も有名なヒエログリフ（聖刻文字＝象形文字）、ヒエラティック（神官文字）とデモティック（民衆文字）という3種類の文字があります。

1799年7月ナポレオンのエジプト遠征隊が地中海沿岸のロゼッタで3種類の文字を刻んだ玄武岩を発見しました。これが後に有名になる「ロゼッタストーン」で、ヒエログリフとデモティックそしてギリシャ文字の3種類の文字で同じ内容が書かれていたということで、この石を手掛かりにフランス人のシャンポリオンがヒエログリフを解読しました。

エジプト文明の信仰と儀式は、太陽神ラーを祀り、王は神として崇められました。

国民の大多数を占める農民は、灌漑農業を営み、ナイルの氾濫サイクルに存した生活と送っていました。技術・学問としては、ピラミッド建造では正確な線で切断された石が用いられており、高い加工技術を持っていたことが分かります。同時に、古代エジプト人が残したパピルスにはピラミッド構造に関する幾何学の記述もあり、数学や天文学の知識も極めて高い水準にあったことが伺えます。

キーワードであるヒエログリフ文字の解読に関しては、既に19世紀初頭にロゼッタストーンが発見とシャンポリオン等の解読を通じて、基本的な解読の枠組みが確立されています。ヒエログリフは文脈に強く依存する言語です。AIは、大量のテキストデータから文脈のパターンを学習し、未知の記号やフレーズがどのような文脈で使用されているかを推測するのに役立つというわけです。

ちなみにロゼッタストーンにはヒエログリフで書かれた文章、民衆文字デモティックで書かれた文字そして最後にギリシャ文字で書かれた文字があってそれらが同じ内容なので解読に成功したというところがあります。今でも機械翻訳の中ではロ

ゼッタストーンが見つければ翻訳が作れるというようなことを豪語している人もいます。「失われた文明」担当の時の作品の中で、タイプライターとしてヒエログリフタイプライターがあります。ヒエログリフタイプライターでタイプすると、例えば「澤井」と入れるとヒエログリフ文字の「澤井」が打ち出されるわけです。名前の場合は楕円形のもので包みます。これをカルトウーシュと言います。例えば、エジプトで入手したキーホルダーですが、象牙にラムセス2世のヒエログリフ文字を刻んでいます。

ピラミッドについて最近名古屋大学の森島さんたちのグループが、ミューロンという宇宙線線を使って、大回廊のそばの大きな空洞と、入り口の辺りの通路のような空洞を発見しました。科学者がピラミッドの謎を解いています。

### ・メソポタミア文明

メソポタミア文明は世界の7不思議に数えられている「バビロンの空中庭園」で有名です。ユーフラテス川の水を汲み上げ、空中の高いところから水を流して庭園を作っていました。チグリス川とユーフラテス川に挟まれた肥沃な三日月地帯にバビロンという都が作られました。有名な物としては「バベルの塔」とか「ノアの箱舟」などがあります。

キーワードは文字で、シュメール人が使った文字は楔形文字と呼ばれています。有名な英雄叙事詩「ギルガメッシュ」も楔形文字で記されています。メソポタミア文明ではエジプトのように王は最高神ではなく、王と人間と最高心の間の保護神の役割をしました。

技術的には非常に興味深いものがあります。最初に車輪を用い、回転運動の利用に成功したのはシュメール人です。コンピュータやAIの先駆けになった「ソロバン」が、ここで発明されています。生活としてはシュメールの各都市では王を中心に家産的経営体が構成されました。楔形文字は、メソポタミア文明の言語で書かれ、既に基本的な解読はされています。AIを利用することで、解読されている楔形文字のデータを元に、未解読の部分、特に部族間で違った楔形文字、未解読の楔形文字についてもその意味を推定するということができるのではないかと期待されます。5000年前の「砂ソロバン」の想像図も、マルチモーダル生成AIのチャットGPT4が作ってくれ描いてくれています。砂の上に線を引いて、石を置いてソロバンにして使っていました。このソロバンがギリシャ、中国を経て日本に伝わり、コンピュータや人工知能が誕生したというわけです。

## ・マヤ文明

最近、マヤ文明の遺跡「チチェン・イツァ」近くの貯水地から、3歳から6歳までの男の子の生贄が見つかったと報道されました。女性とされていたが、男の子の生贄でした。このように今でも、ユカタン半島の辺りに展開するマヤ文明はホットな話題になっています。

キーワードはやはり文字です。マヤ文明の文字はいわゆる絵文字（象形文字）で、動物の頭をかたどったものと、幾何学文様を組み合わせたものがあります。マヤ象形文字は部分的には解読されていますが、まだ完全には解読されていないため、AIの技術を使うことで新たな発見が期待できます。

AIを利用することで、既知のマヤ象形文字の読みや意味を学習した自然言語処理モデルを構築し、未解読の象形文字の可能性ある読みや意味を推定できます。

幸いのに、今もマヤ人が約700万人いて、その人たちはマヤ語を喋っていますので、今後その人を上手く活用すれば、AIが解読できるのではないかと期待されています。

## ・インカ文明

南米ペルーのワイナピチ（若い峰）山とマチュピチュ（古い峰）山の間にはマチュピチュという空中都が作られました。インカ文明は、ご存知のように、ペルーからチリに数千kmにわたって広がっています。

キーワードの文字は、一般的には文字持たなかったと言われていますが、最近の研究ではアメリカの研究者が紐状の「キープ」を文字として解読に成功しました。例えば、キープの赤い紐がA、青い紐がBというように解読でき、部族の名前を記載しており、キープ全体その部族でどれだけ作物が取れたかを記載していたようです。

インカ帝国のキープ（quipu）は、紐に結び目をつけることで情報を記録した古代の記録システムです。

AIの自然言語処理技術を活用し、インカ帝国の言語や文化に関する知識を基に、キープが意味する言語的・数学的情報を解析するために、AIモデルを訓練するというわけです。

### 3. 文化を理解するための文字解読

#### ・古文書の解読

文化を理解するためには、文字を読むことが、非常に大事だということは分かりました。その文字の解読ってというのはどのようにされているのでしょうか。日本でも色々、文化を理解するための文字解読がなされているわけです。例えば、徒然草や源氏物語などの崩し文字を現代語に翻訳することがあります。古文書（こもんじょ）の解読ということで、崩し文字を現代語に翻訳することを「翻刻」と言います。例えば、徒然草の場合は「つれづれなるままに・・・」というように、現代語訳が付いてきます。「源氏物語秘抄・桐壺巻」のくずし字も「桐壺巻いわく、・・・」のように現代語訳に翻刻されます。

#### ・「あまびえ」のくずし字の翻刻と生成A Iによる自動着色

TOPPAN デジタル株式会社のホームページで具体的な内容と動画が見れます。

1) 「あまびえ」のくずし字の翻刻や2) 生成A Iによるコミックの自動着色の事例があります。例えば、白黒のコミックを TOPPAN グループの所有データで、生成A Iを使って着色をするというものです。着色の後、手作業で修正を行い、検査して正式版になります。

#### ・fMRIによる心の中でイメージした内容の画像化

MRI のプログラムできる装置に「fMRI」があります。MRI はご存知のように、X線を使わないで、磁気で脳の血流を調べるといような装置です。機械学習を用いて脳の活動から心の中でイメージした内容の画像として文章を取り出すってことができます。例えば、鳥とか白鳥とか心の中でイメージしていることが出てくるわけです。

#### ・A I文化のデジタルアーカイブ化

今著者がやっていることはA I文化のデジタルアーカイブ化です。A Iリテラシーを持つためには、少なくともA Iの始まりから現代に至るまで、そして将来展望まで出版することが大事だろうと考え出版を継続しています。今後は「超A I世代教育シリーズ」で継続していきます。今巻の内容はムークの大学院公開講座になっています。

#### ・長尾真先生ご講演「A I は哲学の最前線」

2019年3月、京都大学元総長の長尾真先生が「A I は哲学の最前線になっている」とご講演されました。「人工知能（A I）が人間の生き方に大変関わって来ており、どうやってA I時代を生き抜くか」について、ギリシャ哲学から最新のA Iまでポイントを押さえたお話しがありました。長尾先生から「是非この講演を広く知ってほしい」と希望されましたので、ご講演録画をY o u T u b e 動画化して公開しております。

#### ・美空ひばりオーラルヒストリ「あれから」

NHK によって美空ひばりさんの死後、新曲「あれから」を発表するというようなことも行われています。最近のデジタルコンクールで非常に有名になった例があります。妻を亡くした夫が「亡妻の若い時の写真と音源から、亡妻の歌う映像を生成し、一緒にコーラスを毎日しています」という作品は非常に高く評価されて大賞を受けたということがありました。

#### 4. 教育における生成A I 活用

教育における生成A I 活用は今後どうなっていくのか。TOPPAN デジタル（株）と東京書籍（株）との教育DXの取り組み事例に、一例があります。TOPPAN デジタル（株）は大規模言語モデル（L L M : L a r g e l a n g u a g e M o d e l s）を使って開発を行い、東京書籍（株）はデータとノウハウを提供するという以下の連携形態です。

- 1) 自動作問による省人化する「問題作成」
- 2) CBT (C o m p u t e r B a s e d t e s t i n g) に移行し、デジタル化を推進する「試験・ドリル」
- 3) 採点の自動化による作業効率化に貢献する「採点」
- 4) 個別最適化を目指す「分析・フィードバック」

という一連の流れをデジタル化し、先生を助けようというものです。A I を使うのは問題作成と採点です。1) 試験・ドリル問題の問題作成では、学習指導要領、教科書情報等を入力とした検索拡張生成（R A G : R e t r i e v a l A u g m e n t e d G e n e r a t i o n）の仕組みを活用し、学習内容・範囲に応じた作問生成をします。

生成 A I モデルに、例えば「植物の成長と日光との関係についての問題を作成してください」と指示（プロンプト）すると、学習指導要領、教科書情報等の関連情報（構造化した教育データ）を検索し実行します。結果、生成 A I モデルは「以下の選択肢から正しいものを選んでください。植物は日光がないと成長しない理由は何ですか？ A. 植物は日光があると暖くなるから B. . . C. 植物は日光を使って光合成を行うから D. . .」の 4 択問題を生成します。生成された問題を検証すると、指定した出題範囲や問題の種類に適した高精度な問題作成になったと言われています。

2) 記述式問題の自動採点では、採点業務で特に負担となる短文記述式問題の採点に対して、LLM を活用した自動採点 A I モデルを使います。

例えば「月の形が日によって、変化して見える理由をこたえなさい」という記述問題の答案を採点 A I モデルに入力すると、東京書籍（株）のデータやノウハウ活用して採点 A I モデルが採点してくれます。「○太陽、地球、月の位置関係が変わるから。」は正解ですが、「×月の形が変わるから。」は不正解と採点します。採点 A I モデルの採点結果は、国語・理科・社会の短文記述式問題に対して、少量データの機械学習で精度 9 0 % 以上を達成しました。

マルチモーダル生成 A I とデジタルアーカイブを使って、短文記述式問題を自動採点することは非常に難しいです。これは、自動論文査読に近い A I 技術です。東京書籍（株）の過去の採点データやノウハウが過去に沢山あり、過去の採点結果と採点基準を、どんどん TOPPAN デジタル（株）方で覚えさせて、成功しています。これは大変素晴らしいことだと思います。学校の先生方を助けるツールになるのではないかなと期待しています。

#### ・自動運転

自動運転についてアメリカでは新しい試みが行われています。キャベニュー（C a v e n u）・プロジェクトでは、道路にオレンジのラインが引かれています。デトロイトにあるジェネラルモータース本社に向かって、今 6 4 k m に渡って、実験道路が作られています。このオレンジの道路には、電磁誘導ラインとかセンサーとかが設置されていて、そこに乗った自動運転車は列車に乗っている感覚で終点に着くまで、ハンドル操作はしなくてもいいというものです。安全に行こうとするため、オレンジのラインを引いているわけです。

## ・デジタル文化遺伝子による知的創造サイクル

将来の知的創造サイクルは、創造⇒保護⇒活用⇒そして創造という循環をしていくとされています。マルチモーダル生成 A I とデジタルアーカイブの一体形のデジタル文化遺伝子で、この知識創造サイクル効を率化することが、今後大事になっていくのではないかと考えています。

## ・温故知新

世界遺産の事例、特にキーワードとして「文字」の継承をたどってみると、その歴史はまさに「温故知新」（おんこちしん）であると言えます。

我々は、「故（ふる）きを温（たず）ねて新しきを知る」故事成語の通り、マルチモーダル生成 A I を活用することにより、新しい時代を切り拓いていける、ということがわかります。

注) 孔子の「論語（為政篇）」に登場した故事成語で、孔子が師となる条件として、先人の思想や学問を研究するよう述べた言葉とされています。。

## 5. まとめ

卓越した普遍的な価値を持つ世界遺産には人類の知恵が凝縮されており、ユネスコが日本発のデジタルアーカイブ技術を活用して高精細アーカイブを作成しました。人類の知恵の結晶であるデジタル文化遺伝子は、マルチモーダル生成 A I とデジタルアーカイブの一体形になります。デジタル技術によって無害・正確に記録・保存され仕込まれ、ルール（ルールや A I 倫理）に則った利活用へと結びついて、生産性を向上させていきます。例えば、自動運転車の場合、人手を介さずに大量のものを運んでいけるようになるのではないかと考えています。

## 課題

世界遺産の謎を解明するには超 A I をどのように活用したら良いかを考察し、あなたの考えを 800 字以内で説明しなさい。

## 第15講 AIを超える世代教育

### 【学習到達目標】

- ・マルチモーダル生成AIから発展した2種の「超AI」を説明できる。
- ・「AIを超える世代教育」の狙いと授業の仕方を説明できる。
- ・超AIとデジタルアーカイブの役割を説明できる。

### 1. 超AI世代教育

#### ・「超知性」の誕生

2023年12月17日にOpenAIの「超知性」誕生に備える研究チームが、GPT-2（弱いAI）モデルで、GPT-4のように強力なAI（強いAI）を制御する方法を説明しました。OpenAIは、人間よりもはるかに賢いAIである「超知性」が2033年までの10年間で開発されると推測しており、「スーパーアライメントチーム」を立ち上げ、超知性を制御するための研究が行われています。AIの賢さを下回る人間ではAIの監視が困難になります。OpenAIのスーパーアライメントチームは、人間が超知性を適切に監視できるかを見る代わりに、大規模言語モデルのGPT-2がより強力なGPT-4を監督できるかテストを行いました。

注) **GPT-2/GPT-4** : GPT-2のパラメーターは15億程度であるのに対し、GPT-4のパラメーターは約1760億に上るという（IEEE Spectrum）。また、OpenAIは超知性の制御に関する研究に取り組む学生や研究者に対して1000万ドル（約14億円）規模の助成金制度を2024年2月から開始すると報じています。AIの賢さを下回る人間ではAIの監視が困難になります。そのため、著者は人間に代わる「デジタル文化遺伝子」の開発が必須と考えています。

#### ・超AIの登場予想

マルチモーダル生成AIの驚異的な進展にともない「超AIの一種の『汎用AI』（AGI）は2027年までに達成されそうです。その1年～数年後には、人間の知能をはるかに超える『人工超知能』（ASI）が登場すると考えています。」と、ChatGPTの開発元であるOpenAIの元研究者レオポルド・アッシュエンブレナー氏が語っています。

(日経新聞 2024 年 8 月 11 日の談話)

人工知能 (A I) は社会のあらゆる分野に影響を与え始めており、現在「生成 A I 世代が日本をどう変える」とも言われています。マルチモーダル生成 A I から超 A I への発展は、教育分野にも大きな影響を与え、従来の教育方法では対応できない新たな課題が生じており、「超 A I 世代教育」が必要になっています。

今日、マルチモーダル生成 A I から発展した超 A I には汎用 A I (A G I) と人工超知能 (A S I : 超知性とも称す) があります。

#### ・ A G I

A G I とは、汎用 A I (A r t i f i c i a l G e n e r a l I n t e l l i g e n c e の略) であり、人間のような汎用的な知能を持つ人工知能を指します。A G I は、種々のタスクに対して人間と同様の知識や能力を持ち、独自の学習や問題解決ができる能力を持つとされています。

#### ・ A S I

A S I とは、人工超知能 (A r t i f i c i a l S u p e r i n t e l l i g e n c e の略) であり、A G I がさらに進化したもので、人間の知能をはるかに超えた人工知能を指します。A S I は、あらゆる仕事や問題において人間よりも優れた能力を持ち、自己学習や自己進化により知識や能力を飛躍的に向上させ、人間には解決が困難または不可能な問題にも解決策を見つけ出すことができるとされています。A S I が現れた場合、「シンギュラリティ」が起きると言われています。

#### ・ シンギュラリティ

A I が人間の知能を超え、指数関数的に進化が加速する時点 (技術的特異点) を指します。従来は、シンギュラリティは 2045 年頃起こると予想されました。

## 2. A I を超える世代教育

「A I を超える世代教育」では、教師は生徒が超 A I を活用してより早く、より深く学べるよう支援することが求められます。具体的には、論文を書いたり、プログラムを作成したりすることに超 A I を使って行うことが推奨されます。しかし、その成果を評価する際には、コンピュータを使わずに理解度を測る方法が

重要になります。そのため、ペーパーテストを導入し、即時にレポートを書かせることで、理解の深さを確かめるべきです。

このアプローチは、放送大学の授業でも実践されました。実際の授業では、学生がパソコンを持ち込めない状況でしたので、ペーパーテストを中心に据えたことで、しっかりとした理解を促すことができました。家庭や自主学習の場では、超A Iを積極的に活用する一方、授業の限られた時間内では、超A Iをあえて使わずに学ぶことで深い理解を促すことが効果的だと考えられます。

#### ・「超A I世代の教育」について

「超A I世代の教育」においては、A Iの歴史から基本的な仕組み、応用例、創造力の向上、問題解決能力の育成まで幅広く教えることが求められます。また、STEM教育に見られるようなコンピュータサイエンスの基礎も重要です。

超A I世代教育の基盤となる生成A I技術は、2017年にGoogleの研究者たちによって発表された「トランスフォーマー」に起源があります。現在の生成A I革命は、このトランスフォーマー技術を基礎にして展開されています。これらの超A I技術を活用できる人材を育てることが、「超A Iの世代教育」の最大の目的であり、「超A Iの世代教育」の数年後に実現と言われる「A Iを超える世代教育」では、超A I技術を超える能力を持つ人材の育成が目標です。

#### ・「A Iを超える世代教育」について

「A Iを超える世代教育」では、想像力、倫理観、共感力、批判的思考力など、人間らしさを磨く能力を養うことが焦点となります。

教育DX化、つまり教育のデジタル化の変革は、マルチモーダル生成A I技術の急速な進展によって求められるものです。ハーバード大学のクリストファー・スタブス教授は「これからの教員は生成A Iの理解を深めることが欠かせない。『A I理解は教員の責任』」と述べています。超A Iをただ使いこなすだけでなく、人間にしかできないことを教育することが、今後の教育の重要な目的となります。これらの取り組みを通じて、超A I世代が新しい課題に適応し、社会に貢献できる人材に育っていくことが「A Iを超える世代教育」の狙いです。

超A I技術の適切な活用は、教育現場での大きなテーマとなっており、教師は超A Iを活用した学習を推進する一方で、生徒が超A Iに依存せず、物事を深く

理解する力を養うことが重要です。また、クリティカルシンキングや共感力、倫理観など、人間の本質的な能力を伸ばす教育も並行して行う必要があります。

このような教育の実践を通じて、超A Iの可能性を最大限に活かし、同時に人間としての本質的な力を失わないようにすることが求められます。

### 3. 「デジタル文化遺伝子」の開発

#### ・マルチモーダル生成A I共同によるA I倫理処理

「デジタル文化遺伝子」開発の弱み（A I倫理やハルシネーション等）を解く糸口を見つける開発も進んでいます。第13章で記したように3種類のマルチモーダル生成A I、たとえば「ChatGPT+Gemini+Claude3」共同によるA I倫理処理のアプローチがその1つです。

### 4. 多数決を行う超A I

多数決を行う超A Iでは、1) 複数の超A Iを使用し、2) 複数の超A Iの回答を比較し、「最も良い回答」を選ぶ、3) 多数決 (Majority Voting) で最も多くの超A Iが支持する回答を最終的な結論として採用します。

多数決を行う超A Iは、「アンサンブル学習 (Ensemble Learning)」の考え方に似ています。英語でアンサンブル (Ensemble) といえば合奏や合唱を意味します。

多数決を行う超A Iは、複数の超A Iからの回答を評価し、最も良いものを選ぶという過程に基づいています。以下では、様相論理の考え方を使い、「超A I間での合意形成」を論理式で表現していきます。

#### ・様相論理の基本要素

様相論理の基本要素を使うと以下のように記されます：

□P：「必ずPが成り立つ」（Pは必然的に正しい）

◇P：「Pが成り立つ可能性がある」（Pが部分的に正しいかも）

E(P)：「Pは倫理的に／妥当性のある回答と判断される」

## ・ 様相論理式的设计

以下のようなステップで、多数決を行う超A Iを様相論理式で表現します。

**Step 1** : n個の超A Iから回答を収集します。

超A Iたちからの回答を  $A_1, A_2, A_3 \dots, A_n$  と表現します。

n個の超A Iの回答 :  $A_1, A_2, A_3 \dots, A_n$

**Step 2** : 自分以外の回答を評価します。

各超A Iは他の超A Iの回答を評価し、最も良いと思われる回答を選びます。

$E(A_j)$  : 回答  $A_j$  が倫理的に／妥当な回答として選ばれます。

例) 超A I 1が  $A_1, A_2, A_3 \dots, A_n$  の回答の中で  $A_2$  が最良だと回答する場合 :

$E(A_1) \Rightarrow A_2$  : 「超A I 1は  $A_2$  が最良だと判断した」

**Step 3** : 各超A Iの選択を集めます。

全ての超A Iが他の回答から最良のものを1つずつ選んだ結果を集めます。

回答の多数決を行うために、n個の超A Iの選択を集約します。

$\square(E(A_j))$  : 「選択回答  $A_j$  は最も良い回答として選ばれるべきだ」

**Step 4** : 多数決の結果を決定します。

最終的に、多数決により最も多く選ばれた回答を決定します。

$E(A_1) \wedge E(A_2) \wedge E(A_3)$

$\square(E(A_1) \wedge E(A_2) \wedge E(A_3)) \Rightarrow A_1$  :

「もし  $A_1$  が複数の超A Iから選ばれたなら、 $A_1$  が最も良い回答である」

ここで、選ばれた回答の頻度が一定の閾値（しきい値）を超えた場合、その回答が「最良」とされます。

## 5. 民主的な超A I

将来的には、「民主的な超A I」というものが登場すると予想されます。人間の最終意思決定会議に、「多数決を行う超A I」の代表が専門家の一員として参加するものです。

「アポロ13号」の例でわかりますように、機械はツールなので、既存の知識を学習しただけの超A Iでは、これまで経験したことのない出来事や予想もしていないような突発的な出来事（潜在的問題）に対しては、超A Iだけでは対応できないと言われています。人間だけが、突発的な出来事、潜在的問題に適切に対処することができます。

つまり、「AIを超える教育」として潜在的問題分析法等の教育を受けた人だけが潜在的問題分析ができ、潜在的問題に対する対応ができると考えられます。人間の運命を超A Iに全てを任せることは出来ないし、最後の決定は人間が行わなければならない。

注) **アポロ13号**：1970年4月に行われた、アメリカ合衆国のアポロ計画の7度目の有人飛行です。米国NASAでは、アポロ計画を進めるに当たって、KT法による潜在的問題分析を頻繁に行っています。結果、途中での爆発事故により月面着陸のミッション中止を余儀なくされたにもかかわらず、多くの人々の知恵と予備機を使った検証に支えられ、その後に見舞われた数多くの深刻な危機的状況を脱し、乗組員全員が無事に地球へ帰還しました。

## 6. 超A Iとデジタルアーカイブの役割

### ・デジタル文化遺伝子

デジタル文化遺伝子というのは、文化的遺伝子のデジタル版ということで、英語ではデジタル・カルチャル・ジーンとなっています。デジタル文化遺伝子の開発の弱みは、AIの弱みをそのまま受け継ぎます。生成AIの暴走とも言われる「ハルシネーション」とも関わっています。例えば、名前を入力すると日本人の情報が少ないため、間違ったことが出やすいです。文化を理解するためには、テキスト、画像、動画を組み合わせたマルチモーダルなシステムが必要です。今

のマルチモーダル生成AIではテキストだけでなく、画像や動画も扱えるようになっており、共通の部分では正確な情報を提供できると期待されています。

### ・古文書の解読用AI

日本の古文書の解読にもAIが使われています。国立情報学研究所では、現代語への翻訳が進んでおり、現代人が理解しやすい形で古文書が読めるようになっています。例えば、Toppa nデジタル社の「ふみのは」などの商用ベースのアプリで、スマホを使って崩し字を現代語に翻訳することができるようになっています。

AIが提供するデジタル文化遺伝子は、将来の知識継承や文化遺産の保存に役立つと考えられています。

デジタル文化遺伝子は、将来的にAIと共に文化資産の保存や復元に重要な役割を果たします。AIは文化の翻訳や解釈を支援し、未来世代にその知識や価値観を伝えるツールとして機能するでしょう。例えば、チャットGPTやGeminiなどの生成AIは、文化遺産をデジタル化し、次世代に引き継ぐための重要な存在になっています。

### ・AI倫理問題

しかし、AIの活用には倫理的な問題も伴います。文化遺産を正確に保存することは重要ですが、AIが時折誤った情報を生成する「ハルシネーション」などのリスクもあります。これに対して、AIの生成したデータを複数のシステムでクロスチェックし、信頼性を高める方法が検討されています。

### ・教育分野におけるマルチモーダル生成AIの役割

教育分野におけるマルチモーダル生成AIの役割も急速に拡大しています。

東京書籍（株）やToppa nデジタル（株）が生成AIを活用して問題作成や自動採点を行っている例があります。これにより、教育の効率が向上し、教師の負担が軽減されると期待されています。

### ・AIを活用した知的創造サイクル

岐阜女子大学では、AIを活用した知的創造サイクルが提唱されています。AIを使って創造し、その成果をデジタルアーカイブとして保存し、さらにその

データを活用して新たな創造活動を行うという循環です。この仕組みにより、知的な創造活動が効率的に進められると考えられています。

### ・自動運転技術の進展

自動運転技術の進展も興味深い動きです。日本では、令和5年5月28日より、福井県永平寺町でレベル4自動運転による移動サービスを開始しました。レベル4自動運転サービスの名前は「ZEN drive」です。町内外からの公募により決定し、「自動走行という先端技術が、人に寄り添うものであり、永平寺町に根差した文化と、自動走行という文明が調和し、共生できる社会になる」という期待が込められています。

デトロイトでは、64キロメートルにわたる自動運転専用のハイウェイが計画されています。このハイウェイには電磁用線やセンサーが設置され、自動車は完全に自動運転モードで走行することができるようになる予定です。この技術により、広大な地域を安全に自動運転で移動できる時代が近づいています。

自動運転技術は、人類の知恵の集大成とも言えるでしょう。異なるAIシステムが協力し合い、正確に運転を行うことで、安全性が向上することが期待されています。

## 7. まとめ

超AIとデジタル技術の融合により、人類の知恵や文化が正確に保存され、次世代に伝えられる仕組みが整いつつあります。デジタル文化遺伝子は、これを支える重要な要素であり、超AIを活用した文化的な記録がより安全で正確に保存されることが求められています。

このような技術の進展は、日本の少子化問題にも対応するための手段となり得ます。超AIを活用して生産性を向上させることで、日本が世界における大国としての地位を保つ可能性があります。特に、デジタル技術を駆使して文化的な価値を守り、新たな創造を行うことは、未来に向けた重要な戦略です。

今後の展望として、超AIはさらに進化し、より多くの分野で活用されていくことが予想されます。教育、交通、文化保存など、さまざまな分野での活躍が期待されており、これらの技術が社会にどのような変革をもたらすかは今後の大きな関心事です。

## 課題

超A Iとデジタルアーカイブを活用してどんな社会、そしてどんな未来を実現したいかを考察し、あなたの考えを800字以内で説明しなさい。

# 地域の文化資源を守り，知識基盤社会を支える人材の育成



令和6年度 岐阜県私立大学地方創生推進事業

デジタルアーカイブによる新たな価値創造推進事業



令和6年度 岐阜県私立大学地方創生推進事業  
「DXで実現する地域のデジタル人材育成事業」

---

## 人工知能概論

- 発行年月日 令和7年2月
- 編 集 久世 均（デジタルアーカイブ研究所所長）  
齋藤 陽子
- 執 筆 澤井進（岐阜女子大学特任教授）
- 監 修 岐阜女子大学 デジタルアーカイブ研究所  
〒500-8813  
岐阜県岐阜市明德町 10 番地 杉山ビル 4 階  
岐阜女子大学 文化情報研究センター  
TEL 058-267-5237 FAX 058-267-5238
- 発 行 一般社団法人 遠隔教育振興会