台大日本語文研究第 37 期
2019 年 6 月，頁 117-146
2019-03-04 收稿，2019-06-02 通過刊登
DOI: 10.6183/NTUJP. 201906_(37).0006

# 從連結 AI 自然言語處理研究觀點來論多模式領域中之日本語研究未來展望

落合由治*

## 摘要

本論文目的在於超越文學、語學、媒體等範疇形式，而針對現今流行表達方式之 AI 領域中言語研究表現特徵。主要是就日本語學、日本語教育之言語課題脈絡中來進行考察。

AI 之自然言語處理是不僅需要處理言語形式，也需要處理視覺資訊等視覺元素以及標記方式等非言語要素的多模式文本之研究領域。本論文將此特徵，放置於日本語表現研究史中，來考察並釐清日本語學、日本語教育之言語課題發展。

關鍵詞：表達方式、AI、自然言語處理、多模式、文本

* 淡江大學日本語文學系教授

臺灣大學學術期刊資料庫

# Future outlook of Japanese research in multimodal domain: From the viewpoint of connection to AI natural language processing research

Ochiai Yuji *

## Abstract

In this thesis, we will take up the language research in the AI; artificial intelligence as expression genre that is currently in fashion, and we would like to consider its expressive characteristics in the flow of language tasks of Japanese studies and Japanese language education beyond departmental genres such as literature, language, media, etc...

In natural language processing of AI, it is necessary to handle multimodal text such as visual elements as visual information processing and non-verbal elements in notation etc., as well as language form. This is a field where researches are progressing now with methods and tasks different from Japanese language studies.In this thesis, we would like to consider these features as a development of language tasks on Japanese studies and Japanese language education from the view point of Japanese expression history.

Key words：expression genre, AI; artificial intelligence, natural language processing, multimodal, text

* Professor, Japanese Department of Tamkang University, Taiwan

臺灣大學學術期刊資料庫

# マルチモーダル領域における日本語研究の未来展望
## —AI 自然言語処理研究への接続の観点から—

落合由治*

## 要旨

本論文では文学、語学、メディア等々の学科ジャンルを越えて、現在、流行している表現ジャンルである AI 部門での言語研究を取り上げて、その表現的特徴を日本語学、日本語教育の言語課題の流れの中で考察していきたい。

AI の自然言語処理には、言語形式ばかりでなく、視覚情報処理などのビジュアル要素、表記法などでのノンバーバル要素のマルチモーダルなテクストを扱う必要があり、現在、研究が進んでいる分野である。こうした特徴を、日本語の表現研究史の中で日本語学、日本語教育の言語課題の発展として考察していきたい。

キーワード：表現ジャンル、AI、自然言語処理、マルチモーダル、テクスト

* 淡江大学日本語文学科教授

臺灣大學學術期刊資料庫

# マルチモーダル領域における日本語研究の未来展望
## ―AI 自然言語処理研究への接続の観点から―

落合由治

## 一、はじめに

現在までの日本語に関わる研究は、文学、語学、歴史、メディア、社会、美術、経済などと、明治時代に形成された日本の学科分類に拘束されている。今まで日本語の研究は、こうした個々の分野でおこなわれてきたため、社会的表現やジャンルに見られるマルチモーダル表現を、自分の研究ジャンルに合わせて対象だけを切り取り、他の要素を捨象して進んできた。[1]

たとえば、日本のコンテンツ文化を代表するジャンルとして世界的に人気の高い漫画であるが、現在、発展が著しい AI（人工知能、以下 AI）技術の中では、漫画、アニメ、写真、動画、挿し絵、絵画、人物や動物の画像、文字読み取り、自然言語処理等はすべて同じ視覚情報の判別と認識として同じ課題として扱われるのに対し[2]、日本の人文社会系研究の中では、それぞれ相互に関係のない表現と研究のジャンルとして扱われている。[3]そのため、元もとあった社会的でマルチモーダルな表現を分解してできている今の人文社会系学科の

---

1 明治期の日本の学校成立については、天野郁夫(2009)『大学の誕生(上)(下)』中公新書を参照。近代の日本語研究史については、釘貫亨(2013)『「国語学」の形成と水脈』ひつじ研究叢書・言語編第 113 巻ひつじ書房、服部隆(2017)『明治期における日本語文法研究史』ひつじ研究叢書・言語編第 146 巻ひつじ書房等を参照。

2 最近の AI の主要な研究動向として視覚聴覚情報処理がある。CNET（2018）「人工知能が苦手なこと、人と共存する未来の姿--研究者から見た AI とは」https://japan.cnet.com/article/35115616/#clip_link（2019 年 2 月 2 日閲覧）参照。

3 最近の研究でも、漫画は漫画という固定した社会的ジャンルの問題として扱われ、広く視覚表現、視覚情報として扱われることはない。固定した研究ジャンルで捉えている研究の一例として、美術に位置づけているベルント・ジャクリーヌ編（2011）「漫画とマンガ、そして芸術 (特集 漫画とマンガ、そして芸術)」『美術フォーラム 21』24pp20-22、図書館情報学に位置づけている池嶋千夏、權田真幸、長屋俊、中村美里、鳴島弘樹、高久雅生(2014)「特集:「MANGA」の編集にあたって(<特集>MANGA)」『情報の科学と技術』64-4pp.119 等を参照。

臺灣大學學術期刊

枠組みでは、実際に社会で使われている様々な表現ジャンルや情報という同じレベルで表現を扱うことができない。現在、人文社会系研究は不要という議論が出ている背景のひとつには、近代に成立した研究のフレームに拘束され、元々、存在している対象を習慣的恣意的に分割していることで、新しい潮流への対応や社会的貢献に限界が生じていると考えられる。[4]

そこで本論文では文学、語学、メディア等々の学科ジャンルを越えて、現在、流行している表現ジャンルであるAI部門での言語研究を取り上げて、その表現的特徴を日本語学、日本語教育の言語課題の流れの中で考察していきたい。AIの自然言語処理には、言語形式ばかりでなく、視覚情報処理などのビジュアル要素、表記法などでのノンバーバル要素を伴ったマルチモーダルなテクストを扱う必要があり、現在、研究が活発に進んでいる分野であり、また、人間生活と関係が深く、今後のAIの社会的浸透での中心的分野である。こうした特徴を、日本語の表現研究史の中での日本語学、日本語教育の言語課題の発展として考察していきたい。

## 二、近代と現代の本質的差異におけるAIの表現研究中での位置

現在、メディア等でも大きな話題になっているAIの基本概念は、物語として、小説、映画、漫画、アニメなどの中で取り上げられてきたものを除けば、1930年代に起源を持つ、人間の思考とデータ処理に関する革新的思想から生まれた。現在、人類最初の実用的コンピューターのアイディアを出したとされる同時代のアメリカの数学者エミール・ポストと同時期に、イギリスの数学者アラン・チュー

[4] 日本の人文社会系学科の改組、統廃合は大学の大学改革の中心的課題のひとつになっており、さまざまな議論が行われている。一例として、古川雄嗣(2017)「「大学改革」における PDCA サイクルの批判的考察(1)導入過程の整理・検討」『北海道教育大学紀要.教育科学編』67-2pp.1-13、山口裕之(2017)「人文系学部は廃止？:日本の大学改革の現状と課題」『人間社会文化研究』25pp.148-158、古川雄嗣(2017)「「大学改革」における PDCA サイクルの批判的考察(2・続)三つの批判類型とその本質」『北海道教育大学紀要.教育科学編』68-1pp.41-51等を参照。

臺灣大學學術

リング(1936)は、機械的手続きで計算が可能かどうかを考察し、計算などに関する命令を出す部分、計算に使われるデータが保存される部分、計算結果を出力する部分、という三つの概念によってチューリング・マシンと呼ばれる計算機の構想をデザインしている。[5]アラン・チューリングは、この構想を活かして第二次世界大戦中、イギリス情報部でドイツ軍の暗号を解読する計算機システムを作り、方式が詳しく公開されているエニグマ暗号を始め、近年まで未だに解読方法の全容が公表されていなかったローレンツ暗号などを解読した。[6]1947 年から 1952 年まで、現在のコンピューターの元型を設計し、プログラムも行っている。その中から、「人間とコンピューターをどう区別するか」というチューリング・テストなどの概念が生まれ、哲学的課題として人間の意識と AI と関係を捉えていた。[7]現在の日本や台湾では、AI＝情報通信科学・技術に限定された問題と捉えられがちであるが、現代社会との関係で見れば、人間と世界の活動や表現を機械的に理解、処理して、効率的に運用する方法の探究が起源であり、本質は人間の意識、認識、表現作用の数理的モデ

---

5 現在、アラン・チューリングの業績は高く顕彰され、公開アーカイブで未公開の資料などを見ることができる。The Tuning Digital Archive http://www.turingarchive.org/。チューリング・マシンについては、Turing,A.M.(1936)“On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs problem”*Proceedings of the London Mathematical Society*2 42pp.230–65 を参照。チューリングの初期の計算機構想については、河西棟馬(2018)「<サーベイ論文>チューリングの歴史的位置づけを巡って」『科学哲学科学史研究』12pp.67-89 参照。

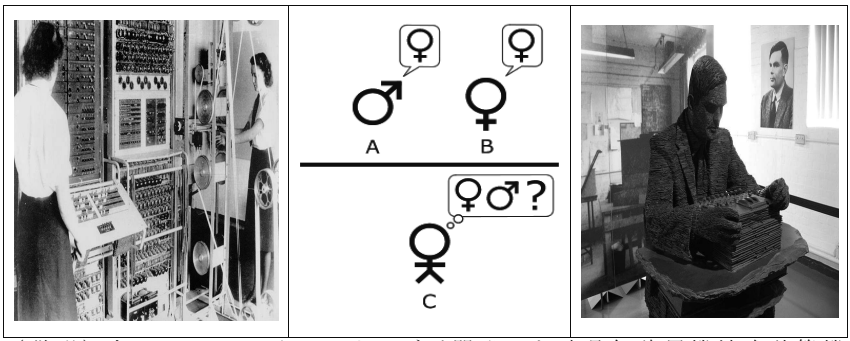
6 20 世紀前半、ドイツ軍の暗号は機械式暗号の最高水準にあり、チューリングはそれをいち早く解読するためのエニグマ暗号解読機の計算機 bombe を作り、続いてローレンツ暗号の解読に成功して、計算機 Colossus の基礎を作った。これらは機密保持のため完全に破壊されたが、現在、復元されている。チューリングの業績は軍事機密だったため戦後も長く公表することができず、その過程で同性愛者として有罪判決を受けた後、1954 年に死去した。2000 年前後から業績の顕彰がおこなわれるようになり、完全な名誉回復は 2013 年で、コンピューター科学の最初の研究者の一人として業績が認められるようになった。専門家の間では、早くから業績が知られており、1966 年、コンピューター科学での最高の栄誉として、チューリングの名前をつけたチューリング賞が設けられている。チューリングの暗号解読の業績については、サイモン・シン(2007)『暗号解読(上)(下)』新潮社がわかりやすい。

7 チューリング・テストと呼ばれる人間と思考する機械を区別する課題については、Turing,A.M.(1950) “Computing Machinery and Intelligence”*Mind* LIX (236)pp433–460 を参照。

臺灣大學學術期刊資料庫

ル化、表現化が AI の実態であろう。

図 1　アラン・チューリングの業績




（説明）左：アラン・チューリングが開発した暗号解読用機械式計算機 Colossus[8]。中：アラン・チューリングが構想した AI と人間が判別できるかどうかのテスト「チューリング・テスト」の模式図、右：イギリスで行われているアラン・チューリングの業績再評価で作られたチューリングの彫像

この点から見れば、第二次世界大戦以降を現代とすると、それ以前の近代と大きく区別される点として、現代社会での機械はただ作業的に機械的動作の反復を行うものではなく、人間の意識、認識、表現作用との相関性の中で人間的機能を代替するようになったことを指摘できよう。現代社会の発展と情報通信技術の発展は相即している。

以下の図 2 のように、三つの時期に分けて AI の発達を見ることができる。第一期は、1950 年代に始まるコンピュータ技術の草創期で、探索、検索などのプログラムや現在も使われているニューラルネットワーク、自然言語処理などのアルゴリズムが誕生し、1980 年代の第二期に、現在も使われる多くのプログラムが発達した。

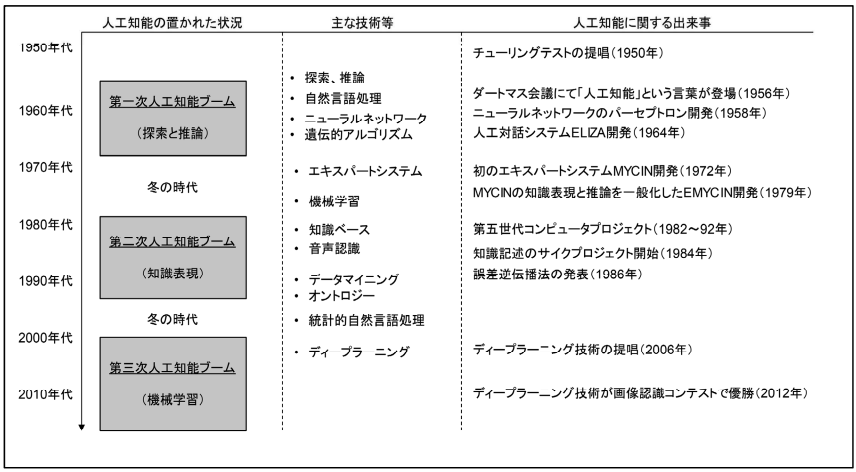
現在、AI の急速な発展として注目されている技術は、2000 年以降の第三期の発展である。AI の発展と現代社会の特徴と定義される高度知識社会化は一体のものであり、近代と異なる新しい社会の価値

8　図版は、「Colossus.jpg」https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colossus.jpg、「The Imitation Game.png」 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:The_Imitation_Game.png 、「 Alan Turing.jpg 」https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alan_Turing.jpg

臺灣大學出版社

観、システム、活動、組織が社会を動かすようになっており、その大きな推進力として情報科学技術の発展が近代的技術や人間の活動の諸分野を代替するようになったことがあると言える。[9]

図 2　AI の発展史[10]




人文社会系の研究、教育について見れば、学科分類を見れば明らかなように、日本や台湾のシステムは基本的に第二次世界大戦前の

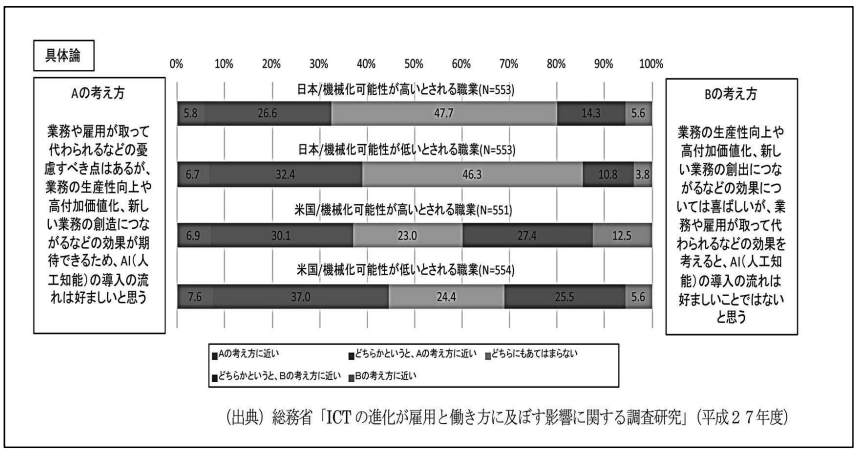
[9] 1950 年代以降、多くの論者が新しい社会への移行を指摘し、その見通しが現実化している。たとえば、ピーター・ドラッカー（1959）『変貌する産業社会』ダイヤモンド社、および同（1969）『断絶の時代―来たるべき知識社会の構想』ダイヤモンド社は、高度知識社会の特徴として、近代と異なる新しい社会の価値観、システム、活動、組織が社会を動かす時代であり、知識が生産手段よなり労働者本人がそれを所有していることで、この知識労働者集団の出現は新しい経済学の誕生をうながし、組織の知識と専門技能知識が真の「生産のための要素」となり、従来、近代経済学で生産の三要素とされていた「土地、労働、資本」は知識を有効に働かせうる限定条件にとなり、その大きな推進力として情報科学技術の発展が近代的技術や人間の活動の諸分野を代替するようになったとしている。その他、アラン・トゥレーヌ（1970）『脱工業化の社会』河出書房新社、ダニエル・ベル（1975）『脱工業社会の到来―社会予測の一つの試み（上・下）』ダイヤモンド社、1975 年、アルビン・トフラー（1982）『第三の波』日本放送出版協会など、21 世紀の情報化による社会、産業の大きな変動を予想する研究が出て、ポスト近代としての現代の社会と産業変動の特徴を考察している。

[10] 資料は、総務省(2016)「第 4 章第 2 節人工知能（AI）の現状と未来」『平成 28 年版情報通信白書』（PDF 版）http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/n4200000.pdf（2018 年 10 月 10 日閲覧）。

臺灣大學日本語文資料庫

「近代」にいまだ多くの基本的価値観の点で拘束されており、近代と現代を明確に区別せずに漠然とした連続性の中で捉えていると言え、現代の高度知識社会化という社会の構造的質的変化への対応がまだ十分ではないとも考えられる。

図 3　日米の AI に対する評価の違い[11]




（出典）総務省「ICT の進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究」（平成２７年度）

その証拠として、総務省（2015）の AI の導入による雇用への影響の調査では、職種を問わず日本の勤労者の約 50%が AI の導入についてプラスでもマイナスでもないと態度と判断を保留したのに対し、高度知識社会への対応を進めているアメリカでは、プラス、マイナスともにそれぞれ 40%程度が明確な態度を決めており、アメリカのほうがより明瞭に AI の社会的浸透という現実に直面していることが分かる（図 3）。日本での AI に対する理解と関心は、第三期の急速な AI 技術の発展と社会的普及という現実の中で、かなり時代の変化から遅れていることが分かる。[12]この点で、日本や台湾では AI の特性を理解し、近代を超えた新しい高度情報化時代に合わせた人

[11] グラフは総務省・野村総合研究所(2016)『ＩＣＴの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究報告書』（PDF 版）http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_03_houkoku.pdf（2018 年 10 月 10 日閲覧）参照。

[12] 日本での AI に関する労働者の見方は、同注 11 参照。

文社会系の価値観や研究の再編が求められている。

現在、AI に関する情報処理技術は大きく分けて三つの時期にそれぞれ生まれた技術や処理があり、それらが同時並行で各分野で使用されている状態で、使用目的も達成できる処理も多種多様である。AI は、狭義では第三世代の技術である深層学習などに関する技術とその成果によるさまざまなシステムを指すが、広義では三つの時期にそれぞれ生まれた成果やシステムも含み、また、それらが複合されて利用されている。AI という語の多義性は、現在まで 70 年以上に渡って続いてきた情報処理技術とその産み出したシステム全体に関わっていることから来ている。同時に、artificial intelligence という名称自体も intelligence 自体の定義が多義的で曖昧あり、狭義では IQ を指すとしても、EQ、DQ などさまざまな拡張された概念があり、知的能力が産み出した軍事、経済、政治などに関する重要情報の意味も含まれている。[13]また IQ に変わる概念として、コンピテンシーというより社会的経験的な知的運用力の概念も生まれている。[14]

人工知能の社会的応用について全体像を整理している野村直之(2016)は、多様な AI（人工知能）の概念を 3 つの軸で整理し、図 4 のように整理している。

（1）強弱：「強い AI」とは「人間の脳と同じふるまい、原理の知能を作る」ことを目指す AI 研究で、「弱い AI」は「人間の能力を補佐・拡大する仕組みを作る」ことを目指す研究で、必ずしも人間の脳の構造や機能は解明する必要がない。

（2）汎用性：「専用 AI（個別、狭い）」対「汎用 AI（万能、広い）」という軸で、相互に相対的であり、例えば、チェスしかできない機械と、チェスも将棋も囲碁もできる機械を比べたら、後者のほうが汎用的だと言える。ただし、AI 研究の世界ではもっと次元

[13] 野村直之(2016)『人工知能が変える仕事の未来』日本経済新聞出版社の第 1 章に AI に関する定義の曖昧さ、広がり、関係分野に関する説明が整理されている。

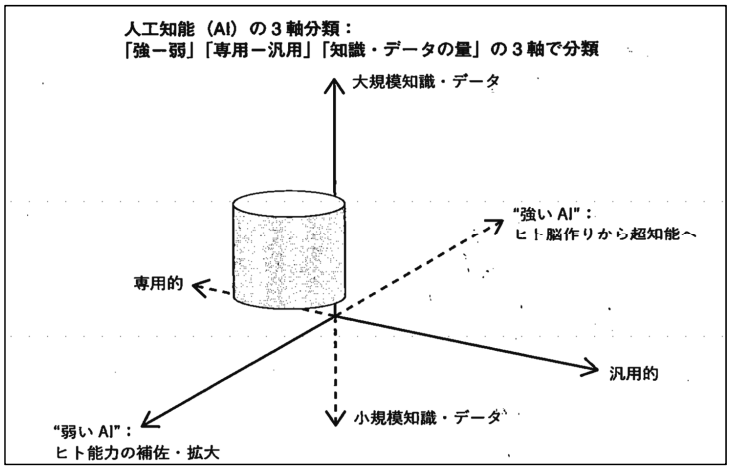
[14] ドミニク・S・ライチェン、ローラ・H・サルガニク編著、立田慶裕訳(2006)『キー・コンピテンシー―国際標準の学力をめざして』明石書店等を参照。

臺灣人文學術期刊資料庫

の違う汎用性、知識を新たに自分でその場で獲得しながら使いこなしていけるという学習能力を持った AI のことを「汎用 AI」と呼ぶことが多い。

（3）知識・データ量:「大規模知識・データに基づく AI」対「小規模知識・データで動く AI」という軸で、現在のニューラルネットなどの生データコンピューティングは前者で、第 2 次 AI ブームのエキスパートシステムや、人間がコンパクトに自分の常識の一断面をコーディングした概念体系などは、後者に属する。[15]

図 4 人工知能の 3 軸分類[16]




AI に関する統一的で明確な定義は図 4 のようにまったく位相の異なる各種の目的と実用化が複合している現状では存在しない。研究者が目指す研究がそれぞれ違っているため研究者によっても、以下の表 1 のようにまったく見方や方向性は異なっている。

[15] 同注 13pp.42-45 参照。
[16] 同注 13p.43 に拠る。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 1 研究者による AI の定義[17]

| 研究者 | 所属 | 定義 |
|---|---|---|
| 中島秀之<br>武田英明 | 公立はこだて来来大学学長<br>国立情報学研究所教授 | 人工的につくられた、知能を待つ実態。あるいはそれをつくろうとすることによって知能自体を研究する分野である。 |
| 西田豊明 | 京都大学大学院情報学研究科教授 | 「知能を持つメカ」ないし「心を持つメカ」である。 |
| 溝口理一郎 | 北陸先端科学技術大学院大学教授 | 人工的につくった知的なふるまいをするためのもの「システム」である。 |
| 長尾真 | 京都大学名誉教授 | 人間の頭脳活動を極限までシミュレートするシステムである。 |
| 堀浩一 | 東京大学大学院工学研究科教授 | 人工的に作る新しい知能の世界である。 |
| 浅田稔 | 大阪大学大学院工学研究科教授 | 知能の定義が明確でないので、人工知能を明確に定義できない。 |
| 松原仁 | 公立はこだて朱来大学 | 究極には人間と区別がつかない人工的な知能のこと。 |
| 池上高志 | 東京大学大学院総合文化研究科教授 | 自然にわれわれがペットや人に接触するような、情動と冗談に満ちた相互作用を、物理法則に関係なく、あるいは逆らって、人工的につくり出せるシステムを、人工知能と定義する。（以下、略） |
| 山口高平 | 慶應義塾大学理工学部教授 | 人の知的な振る舞いを模倣・支援・超越するための構成的システム。 |
| 栗原聡 | 電車気通信大学大学院情報システム学研究科教授 | 人工的につくられる知能であるが、その知協のレベルは人を超えているものを想像している。 |
| 山川宏 | ドワンゴ人工知能研究所所長 | 計算的知能のうちで、人間が直接・間接に設計する場合を人工知能と呼んで良いのではないかと思う。 |
| 松尾豊 | 東京大学大学院工学研究科准教授 | 人工的につくられた人間のような知能、ないしはそれをつくる技術。人間のように知的であるとは、「気づくことのできる」コンピューター、つまり、データのゆから特徴量を生成し現象をモデル化することのできるコンピューターという意味である。 |

本論では、図 2 のような AI の発展過程で産まれた技術、理論および応用成果の総体と考えておくことにする。

## 三、第三世代の AI によるテクスト資料の処理

以下では、現在、日本語教育や日本語研究との関係で、第三世代と呼ばれる AI の発展で、可能になってきている自然言語処理の成

[17] 松尾豊（2015）『人工知能は人間を超えるか』KADOKAWAp.45、同注 13p.57 の資料に拠る。

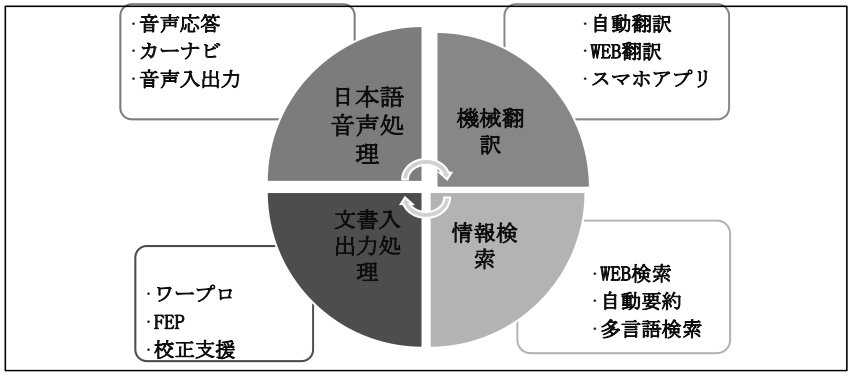
臺灣大學學術期刊資料庫

果について、まず概観していきたい。

**（一）従来の自然言語処理**

言語を数理的データとして扱う計量言語学の手法は第一世代 AI が注目された 1950 年代から始まり、1980 年代から始まったコンピューター技術の発展と拡大の中、第二世代 AI 時代に漢字、仮名、各種記号なども扱えるようになったことで自然言語処理が行われるようになり、現在でも使われている実用的プログラムが誕生した。

図 5 第二世代 AI の自然言語処理概要




ワードプロセッサー、リレーショナルデータベース、表計算など現在の文書処理、事務処理で広く使われているジャンルのアプリケーションはこの時代に生まれたものである。また、日本語や中国語を漢字、仮名などとして入力できる FEP、IME など文字入力のための基本プログラムもこの時代に生まれた。その発展として、2000 年代にはスマートフォン端末やタブレットが普及し、自然言語処理はより身近で手軽に成果をアプリケーションとして利用できるようになり、語学や教育の研究でも各種コーパス、データベースの整備が急速に進んだ。[18]現在、第三次 AI ブームを迎えて、急に何かまったく新しい事態が生じているかのような報道が続いているが、図 2 の

[18] 自然言語処理の歴史的概観は、奥村学(2010)『自然言語処理の基礎』コロナ社を参照。

臺灣大學學術期刊資料庫

電子情報技術の発達史を見ればすぐに分かるように、各時代の技術が発展しながら連続、連携して、2010 年代の第三次 AI ブームとして現象しているのであり、第二世代の AI 技術である自然言語処理用のコンピューター・ソフトウェア、コンピューター上での言語情報処理技術､データベース技術はそのまま現在の基礎になっている。[19]

この時代の自然言語処理は、基本的には以下の表 2 のように、人間の側の言語概念に従って言語をコンピューターの処理に置き換えようとしたもので、特に日本語の場合は、実際の言語を要素の組み立てで捉えようとする近代の日本語学の概念をそのままコンピューターの処理で再現しようとしていたと言える。日常的に使っている FEP のプログラムと辞書のセットやコーパスの検索ソフトの検索のための分類、文章校正なども、すべて同じ作業でできている。

表 2　従来の自然言語解析タスク[20]

| 作業 | 内容 | 目的 |
|---|---|---|
| 品詞タグ付け | 単語に名詞・動詞などの文法的な役割分類（品詞）を付与する処理 | テキストを文法的品詞に分解して、コンピューターに品詞に従った処理をさせる |
| 単語分割 | 日本語などの単語に分けられていないテキストを単語列に分割する処理 | 日本語や中国語は単語の区切れがテキストに入っていないため、単語単位で処理できるように、区切りを入れて単語での処理をさせる |
| 語義曖昧性解消 | 複数の語義をもつ単語の語義を特定する処理 | 辞書を作って、多義的な語の各意味を定義する |
| 固有表現抽出 | 人名・地名・日付などを抽出する処理 | 特定の固有名などの単語を辞書に登録して、一般的な単語と区別できるようにする |
| 構文解析 | 文法に基づく文の木構造を構築する処理 | 構文論に基づいて文の各部分の意味の係り受けを解析する |
| 述語項構造認識 | 述語を中心とした意味構造を抽出する処理 | 日本語では複雑な述語部分の構造を解析して、構文上での意味を決める |

[19] 資料は、長岡技術科学大学 自然言語処理研究室 https://sites.google.com/a/jnlp.org/lab/introduction/panelh22-1（2018 年 10 月 10 日閲覧）、坪井裕太・海野裕也・鈴木潤(2017)『深層学習による自然言語処理』講談社 pp.1-2 等を参照して作成。

[20] 同注 15 坪井裕太・海野裕也・鈴木潤(2017)pp.2 を元に作成。

臺灣大學學術期刊資訊

2010年代始めまでに、こうした処理による自然言語処理で様々な実用的プログラムが使われるようになっていたが、基本的には人間の文法概念に基づく各処理を積み重ねたデータの数理的統計的処理で最終出力をおこなっているため以前のインターネット検索や自動翻訳などの例で分かるように成果は十分とは言えなかった。[21]

**（二）新しい自然言語処理の方向性**

こうした中で大きな突破が見られたのは、視覚情報処理や音声言語処理など物理的データを対象とした情報処理に深層学習によって、かなり高い精度が得られるようになった2010年以降からである。

深層学習（Deep Learning）とは、隠れ層が複数ある人工ニューラルネットワーク（Artificial Neural Network; ANN）のための機械学習手法全般のことで､それを用いたパターン認識の枠組み全体も指す。2010年代後半の第三次人工知能ブームで、メディアの報道に「人工知能」「AI」という言葉が頻出するようになったAI技術革新のかなりの部分は、この深層学習と自律学習の技術がもたらしたものである。まず、視覚情報処理であるが、2014年に人間の画像認知能力を超える精度がAIで達成され､以後､様々な対象での認知能力が著しく向上している。[22]音声言語処理についても、2011年に大規模な音声言語データの処理に深層学習による飛躍的な精度向上が見られ、急速に研究が進み、現在、音声言語処理を利用した様々なプログラムが生活レベルで実用化されている。[23]

---

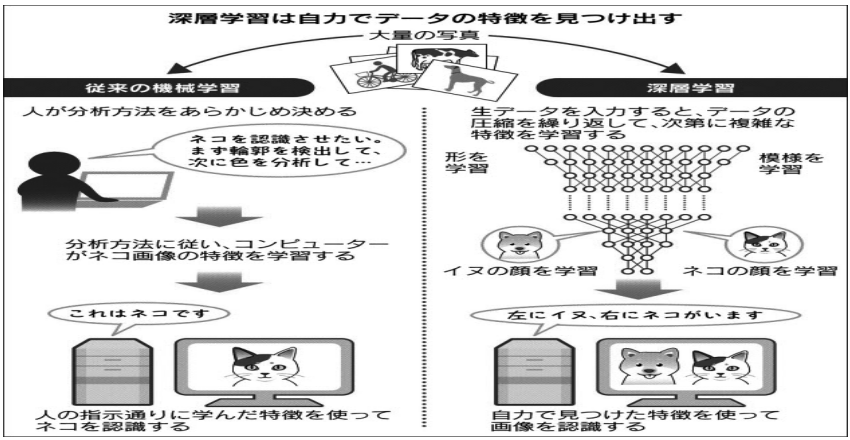
[21] 従来の自然言語処理の成果と問題点についての全体的把握は、乾健太郎(2016)「未解決問題の正体」『自然言語処理』23-1pp.1-2参照。個々の問題の検討は、言語処理学会(2015)「「エラー分析」特集号」『自然言語処理』22-5、同(2016)「「エラー分析」特集号」23-1参照。

[22] 画像処理などの応用について野村直之(2016)『人工知能が変える仕事の未来』日本経済新聞出版社参照。

[23] 篠田浩一(2017)「小特集―音声言語処理における深層学習―音声言語処理における深層学習：総説」『日本音響学会誌』73-1pp.25–30参照。現状についても、日本音響学会(2017)「小特集―音声言語処理における深層学習」『日本音響学会誌』73-1参照。

臺灣大學學術資訊中心

図 6 従来の第二世代機械学習と第三世代深層学習の相違[24]




この成果を受けて自然言語処理でも、従来の人間の言語観（日本語学の概念）による情報処理ではなく、新しい方式での処理を模索する動きが広がっている。現在、深層学習 DNN を応用した処理方法として、再帰ニューラルネット RNN(Recurrent Neural Network)、たたみ込みニューラルネット CNN(Convolutional Neural Network)などの系列変換を中心にした方法が多いが、新しい敵対的生成ネットワーク GAN(Generative Adversarial Network)などの方法が試行されている。[25]しかし、現在までのところ、視覚情報処理や音声言語処理など物理的データを対象とした情報処理、つまりマルチモーダル情報での処理にはかなり実用的レベルでの成果が出て、製品化、応用化が進んでいるが、[26]自然言語処理に関してはまだ課題が大きい。人

[24] 図版は日本経済新聞（2015）「AI、自ら学んで深化―人間の脳をまねて情報処理」https://www.nikkei.com/article/DGKKZO93682720V01C15A1TJN000/（2018年 10 月 1 日閲覧）に拠る。

[25] 深層学習による自然言語処理については同注 15 坪井裕太・海野裕也・鈴木潤(2017)『深層学習による自然言語処理』講談社参照。

[26] 応用分野の広がりについては、一例として総務省(2016)『平成 28 年版情報通信白書特集　IoT・ビッグデータ・AI～ネットワークとデータが創造する新たな価値～』http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/index.html、同(2017)『平成 29 年版情報通信白書特集　データ主導経済と社会変革』http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/index.html（2018年 10 月 1 日閲覧）等を参照。

臺灣大學學術期刊論文

間と同じように AI が自然言語を使用する段階にはなく、個別課題においてそれぞれの対応が進んでいる段階である。[27]

### （三）第三世代 AI の機械学習の手法と成果

現在、著しい発達が見られる第三世代 AI の特徴は、1）インターネットで蓄積されていくビッグデータの学習、2）深層学習など各種のアルゴリズムによる教師付あるいは教師なしの学習プログラム、3）学習（プログラミング、アルゴリスム）を AI 自身が自分で生成、実行、修正という、第二世代までとは異なる発展にあり、それを支える各種の情報通信技術との接続で、社会に広く浸透し、生活に影響をもたらしている。重要なポイントをいくつか挙げると、まず、ビッグ・データであるが、これは Wikipedia、SNS、ネットコマースのようなネットで人間がネットを利用することで共有、蓄積されていく言語、映像、利用数値、数値などのデータで、2016 年には 16 ゼタバイト（兆ギガバイト）だったが、2025 年には 10 倍の 163 ゼタバイトに増大すると予想されている。[28]こうした大量のデータを処理する次世代のコンピューターも開発が進み、現在、量子コンピューターが次世代コンピューターとして実用化されつつある。[29]また、発達している機械学習であるが、人間が自然に行なっている学習能力と同じ機能をコンピューターで実現しようとする一連の手法で、機械学習を行うためにベースとなる アルゴリズムは、「教師あり学習」「教師なし学習」「強化学習」などが開発されている。それぞれ、現在、実用的に使われている第三世代 AI の情報処理アルゴリズムの組み合わせであり、データ処理のプログラム実体でもある。

---

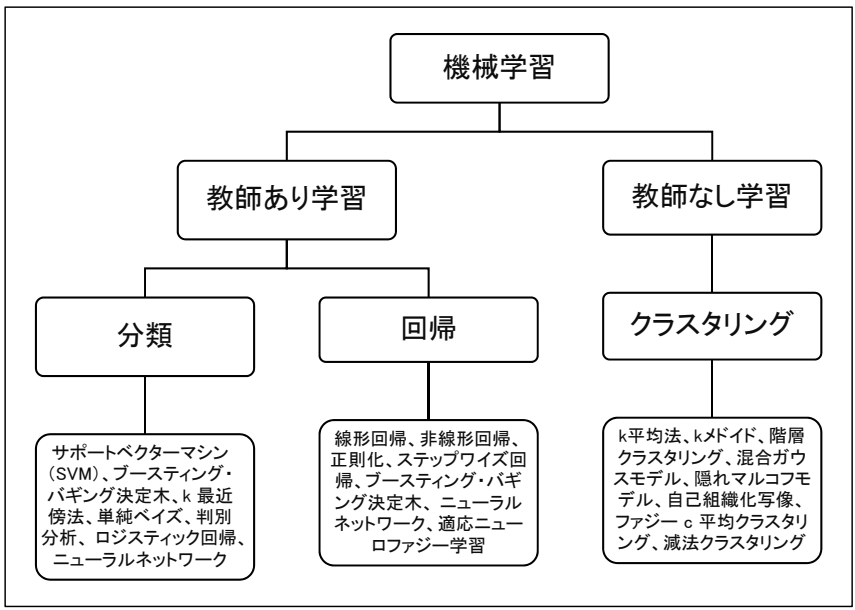
[27] 自然言語処理の各領域の課題については、情報処理学会(2015)「自然言語処理技術の現状と展望 -エラー分析プロジェクトを通して-」『情報処理』57-1 参照。

[28] DIGITAL X(2017)「2025 年に全世界で発生するデータ量は 163 ゼッタバイトに、IDC 調査」https://dcross.impress.co.jp/docs/news/000202.html（2018 年 10 月 1 日閲覧）。

[29] 量子コンピューターは様々な方式があるが、実用化された量子コンピューターとして、ニュースイッチ(2019)「IBM の商用量子コンピューター、数年後にはスパコン超えを見据える」https://newswitch.jp/p/16058（2019 年 2 月 2 日閲覧）等を参照。

臺灣大學學術期刊資料庫

図 7　機械学習の種類と手法[30]




現在、最もよく使われているのは、以上の図 7 に示した「教師あり学習」と「教師なし学習」である。

教師あり機械学習は、証拠に基づいて予測を行うモデルを構築する目的で用いられ、予測しようとする事象について、既存の入力と出力データがある場合に使用される。教師あり学習では、分類や回帰の手法を用いて予測モデルを作成する。基本的に、既存のデータをカテゴリーに分類するための判定の学習を行い、例えば、メールがスパムメールかそうでないか、画像を見て、病気などの疑いがあるかどうか、文字を見て、本人かどうかなどを判定したりすることができる。

30 「教師あり学習」と「教師なし学習」については、実際のプログラミング技法との関係で Mathworks（2019）「機械学習とは？これだけは知っておきたい 3 つのこと」https://jp.mathworks.com/discovery/machine-learning.html（2019 年 2 月 2 日閲覧）参照。「強化学習」は、試行錯誤を通じて環境に適応する学習・制御の枠組みで、ゲームなどのプログラミングなどに応用されている。牧野貴樹、澁谷長史、白川真一（2016）『これからの強化学習』森北出版参照。

一方、教師なし学習は、データに内在する隠れたパターンや固有の構造を見いだそうとするもので、ラベル付け（特徴づけ）された応答（出力）を持たない一連の入力データから推論、推測を導き出す手法である。第二世代 AI の時期に発展したデータマイニングの各種方法が活かされ、一例としてよく使われるクラスタリングは、最も一般的な教師なし学習手法で、探索的データ分析により、データ内の隠れたパターンやグループ構造を発見するために用いるもので、遺伝子配列解析、市場調査、画像や物体認識、サイトコマースでの消費者嗜好分析などによく使用されている。[31]

## 四、自然言語処理に関する課題

現在、進んでいる自然言語処理の主な研究課題について、概要を述べると以下の表 3 のようになる。[32]

表 3　現在の自然言語処理の主な基本的研究課題

| 分野 | 内容 | 課題例 |
|---|---|---|
| 形態素解析 | 日本語は英語などと異なり単語の区切れが明示的でないため日本語の句切れ、品詞などを事前に処理する必要がある | 未知の単語が出ると現在の AI は処理ができない。すべての語の辞書を作ることは今はまだ不可能である。新語、表現揺れ、顔文字、各種記号、流行語、固有名詞などは語として 20%以上、認識できない。 |
| 構文解析 | 文は語の並びで、語と語の間には句構造や係り受け関係などの文法的意味的関係がある。現在は既知の語で学習済みであれば 90%、構文を解析できる。 | 並列構造の誤り、正解タグ付けの曖昧性、語彙的選好知識の問題などがあり、構文が理解できない、あるいは、揺れが生じやすい。 |
| 述語項構造解析 | 文内の各項がどのように係り受けをして述語部分に関係するかを解析する。 | 容易な項構造の場合は 90%だが、省略がある場合、20%から 50%程度で、今、構文上で省略に手掛かりのある場合について推測するなどの手法が試みられている。 |
| 固有表現抽出 | 人名、組織名などの固有名詞や日付、時間、数値などの数値データの処理で、データ処理の基本である。 | 参照辞書にある場合は、ない場合に比べると 20%～40%高い率で区別できる。内容が整った新聞記事では認識率が |

[31] 同注 25 参照。
[32] 同注 22 情報処理学会(2015)の各報告の要点を整理した。

臺灣大學學術期刊資料庫

| | | |
|---|---|---|
| | | 80％程度に上がるが、ブログや雑誌などでは 60％前後で、辞書の整備と曖昧性の定義が課題である。 |
| 言い換え技術 | 漢語的表現と口語的表現のように日本語には同義だが多様な言い方が存在する。各表現が同じ意味かどうかを判定する必要がある。 | 現在、ビッグデータの学習で類似表現の学習が進んでいる。言い換え可能な現象について、表現との関係やその構造を理解する必要がある。 |
| 語義曖昧性解消 | 文中の多義語の意味を識別する課題である。現在、ビッグデータによる深層学習で意味の多様性を理解させる方法が取られている。 | 人間の言語が元来、多義的で曖昧であり、背景知識の分野や量によって意味が変わるため、AI には大きな壁になっている。また、認知的意味拡張など認知と推論による意味の理解は AI には非常に難しい。 |
| 知識獲得情報検索 | 同義、上位下位、固有表現、格フレーム、事態間知識などをパターン、ルール、共起関係から学習する。逆に、検索する場合は、関連知識と語彙の多義性の理解が必要になる。 | AI の知識の評価が課題で、正しく知識が得られているかどうかを判定する場合、選択選好、事態間知識、推理などの問題では困難が大きい。 |
| 自動要約 | 新聞、小説、論文の要点を抽出する。 | 課題として、要約した文が非文になる、要約によって文意が歪曲されている、要約に必要ない部分が含まれるなどの課題があり、まだ文の書き換えのスキル、要約対象の論理的構造把握が不十分である。 |
| 文章解析 | 必要な情報やレビュー評価を対象から抽出する。 | 情報を抽出する場合は語彙、抽出場所の誤りが目立ち、レビューの場合は、本文の意図が理解できない、想定していない内容を誤解するなどが見られた。 |
| 機械翻訳 | 現在、多くの企業が機械翻訳を提供している。ルールベース、統計翻訳、フレーズベース、統語ベースなど各種のアプローチがある。 | 2015 年のアプリケーションでの評価では、ルールベースが最も評価が高く、フレーズベース、統語ベースが低評価になった。翻訳の困難点は、語彙の錯誤、並べ変えの錯誤、語彙の曖昧性が目立った。 |
| 日本語校正 | 使われている日本語校正ソフトで日本語学習者の誤用を訂正させたところ、文法的誤用、語彙の誤用はほとんど判定できず、句や文型の訂正はまったくできなかった。 | 日本語校正の分野では出現する誤謬の形態、原因は非常に多様で AI での対応は非常に難しい。 |
| 対話システム | テキスト、音声、動作を交えるなど各種のシステムが作られている。NTT の対話システムでの破綻の分析では、発話、応答、文脈、環境の四つの破綻が見られた。 | 人間の場合も談話の破綻は容易に起こる問題で、AI での回避は大きな課題である。 |

臺灣大學學術期刊資料庫

AIの自然言語処理の課題は、実は人間が知らない言語を学んでいる状態と並行的で、日本語学習者もほぼ同じ問題に常に直面していると言える。AIの自然言語処理が一定レベルで壁になっている部分は、日本語学習者も同じ壁にぶつかると言える。AIの自然言語処理を手掛かりに日本語学習方法（外国語学習方法）を再検討することは非常に有効と言える。そこから考えると、日本語学習の壁を超える方法は、以下の点に重点を置く必要があると言えよう。

(1)語彙的辞書の拡張：AIは新語、流行語、表記の変形、固有名詞など実際に社会的場面で使われる用語、用法の獲得では壁にぶつかりやすい。日本語学習者も同じで、これらの語彙は意識して獲得していく必要がある。特に職業として日本語使う場合は、AIも人間も同じ困難にぶつかる。[33]

(2)構文理解の訓練：日本語学習の中級以降の進歩ではAIと同じように、文構造の理解、文型の理解、文の各項の理解が十分でないと、曖昧な翻訳で何となく意味が分かった気になっていてもそれ以上の語学的理解の成長には繋がらない。中級以降は常に構文と述語項の正確な理解ができるように訓練を進める必要がある。[34]

(3)表現の多様性と曖昧性への対応：日本語学習の上級以上で実用レベルの日本語能力の基礎として、言い換え技術、語義の多様性、曖昧性の理解、文章の要点理解など表現の多様性と曖昧性への研究での対応と学習が必要で、これはAIのぶつかっている課題とまったく同じ問題である。上級以降の学習方法の開発を進める必

[33] 専門語彙の研究は日本語教育の一分野として続けられている。一例として、石井容子、熊野七絵(2006)「外交官・公務員研修における専門語彙の習得」『国際交流基金日本語教育紀要』2pp.15-29、専門日本語教育学会 http://stje.kir.jp/index.html 参照。

[34] 文章理解過程に関する研究の一例として、藤原未雪(2017)「上級日本語学習者による学術論文の読解における語義の解釈過程」『一橋大学国際教育センター紀要』8pp.119-132、藤木大介(2017)「読み手の信念や批判的思考態度が文章理解における道徳的読解に及ぼす影響」『読書科学』59-2pp.72-79、外村耀平、砂山渡、畑中裕司、小郷原一智(2017)「文章における書き方の特徴の抽出と理解」『JSAI 大会論文集 JSAI2017』2M3OS34b1-2M3OS34b1、蒙韫(韞)(2018)「文章理解過程における日本語学習者の固有名詞の意味理解：文脈的手がかりに着目して」『国立国語研究所論集』14pp.125-143 等を参照。

要がある。[35]

(4)背景知識、社会歴史文化的知識、事態間知識の習得：AI の場合と同じく、日本語学習者も母語話者も人間が社会人として生活、仕事をしていく場合には、多様な社会歴史文化的知識や社会的行動の構造を身につける必要がある。異文化理解に関する知識や行動も同じ領域に属すると言えよう。人間もこうした知識の獲得と習熟がなされないと、社会的適応が困難になったり、反社会的傾向が強化されたりする傾向がある。ぶつかる問題は AI の場合とまったく同じである。[36]

(5)日本語作文や会話能力：AI の場合、基本的にはまだ日本語能力初級程度のレベルで、それ以上になるには、まだ技術的課題が大きいと言える。AI の発展から見ると、日本語作文や会話には定型化できる部分と、そうでない部分があり、定型化できる部分以外の能力を更に伸ばせるように研究を進めていく必要があると言える。日本語学習でも自由自在の作文、目的に応じた校正と編集、臨機応変の会話などは人間でも達成困難な言語スキルであり、言語能力の中では最高度の課題と言える。定型化されない部分の学

---

[35] 人文社会科学における曖昧性については、一例として、日本ファジィ学会(1992)「<特集解説>人文・社会科学におけるあいまいさの取扱い」『知能と情報』4-6 日本ファジイ学会をはじめ、曖昧さについて研究する領域が広がっている。日本ファジィ学会誌 https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfuzzy/-char/ja 参照。

[36] 第二言語教育と背景知識の関係については、現在は活発とは言えないが、一例として、柴崎秀子(2003)「スキーマ理論と第二言語読解研究--過去 20 年間のスキーマ理論を土台にした読解研究における貢献と問題点」『言語情報科学』1pp.161-174、柴崎秀子(2005)「第二言語のテキスト理解要因としての背景知識と語彙知識」『第二言語』4-0pp.51-70、石黒圭(2008)『日本語の文章理解過程における予測の型と機能』ひつじ書房、小森和子(2018)「言語能力と背景知識が第二言語の論文執筆に与える影響 -要約課題を通して-」『明治大学人文科学研究所紀要』82pp.195-221 などがある。異文化理解については、田中一嘉(2018)「言語の多様性と普遍性に基づいた異文化理解教育:文化記号論と認知言語学を手掛かりに」『群馬大学教育学部紀要.人文・社会科学編』67pp.107-114、社会文化的知識と行動との関係については吉澤寛之(2005)「社会的情報処理モデルによる反社会的行動研究の統合的考察:心理学的・生物学的・社会学的側面を中心として」『名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要.心理発達科学』52pp.95-122、吉澤寛之、吉田俊和、原田知佳、海上智昭、朴賢晶、中島誠、尾関美喜(2009)「社会環境が反社会的行動に及ぼす影響――社会化と日常活動による媒介モデル――」『心研』80-1pp.33-41 等を参照。

習と教授法の開発が重要と言える。[37]

第三世代 AI の発展によって、母語と第二言語の言語能力の習得の機構の解明と同時に現実の言語や表現の構造についての研究が再認識されるようになっていると言える。従来の文法や言語理論の前提から離れて、人間の知覚、認識、意識活動と言語や各ジャンルのマルチモーダルな表現活動を結びつけて考察していくことが非常に重要になっている。[38]AI の発達は、実は、今までの日本語や日本語教育の研究でほとんど光の当たっていなかった部分を強く照らし出していると言える。そうした新領域、未知の領域に踏み込む新しい研究が今後の日本語や日本語教育の中心的課題に転位したのである。

## 五、終わりに

現在、第三世代 AI の開発は、自然言語処理とマルチモーダル情報処理が結びついた領域に拡大している。マルチモーダル深層学習とは複数のモダリティからの情報を統合的に処理し、それらを関連付けるモデルを構築することを目的とする研究で、人間の表情を読み取ってコミュニケーションするなどが可能になるほか、言語情報を視覚化したり、視覚情報を言語化したりすることが可能になる。[39]

---

[37] 文章構造の類型性を利用した作文指導は現在普及した指導法である。一例として、小山貴之(2016)「投書を利用したディスコース・レベルの段階的文章指導:牧口常三郎の「文型応用主義」を手掛かりとして」『日本語日本文学』26pp.73-89、楊 明翰(2018)「投書の意見文に見られる文章構造の分析:YNU 書き言葉コーパスを例に」『東北大学高度教養教育・学生支援機構紀要』4pp.203-211 等参照。談話構造に関する研究も一般化しており、佐藤瞳、金川絵利子、岡留剛(2016)「談話構造による文書の特徴付け」『JSAI 大会論文集 JSAI2016』1K31in2-1K31in2、李婷(2016)「講義の「話段」の多重構造を捉える手がかりとしてのメタ言語表現の分析」『早稲田日本語教育学』(21)などを参照。定型的な部分の文書校正ツールとして、textlint、RedPen などがすでに使われている。

[38] 安西祐一郎(2017) 「人工知能・認知科学・データサイエンスの相互関係－歴史・現状・将来展望－」 DataScientist Scccіety 4th Symposium http://www.datascientist.or.jp/symp/2017/（2018 年 10 月 10 日閲覧

[39] マルチモーダル AI の開発は、現在、急速に研究が進んでいる分野で、第三世代 AI が社会生活に浸透する最も大きな局面である。首相官邸（2017）「第４次産業革命人材育成推進会議（第２回）配布資料・資料１東京大学大学院工学系研究科松尾特任准教授提出資料」https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/jinzaiikusei_dai2/、森紘一郎（2018）「マルチモーダル深層学習の研究動向」株式会社ディー・エヌ・エー

臺灣大學日語教學研究會

AI の技術革新は、想像を超える速さで進んでいる。2019 年に発表された OPEN　AI は、800 万例の用例を学習し、ニュース記事、評論記事、小説などさまざまなジャンルの英語の文章を人間と区別ができないレベルで生成できるようになっている。[40]今まで人文社会系の研究が直接、情報通信技術に接続した研究課題や研究分野を持つことはかなり限られていたが、現在の AI 研究の発展は、人文社会系の研究や日本語教育など外国語学習や教育と直接関係する分野に浸透してくる。今後の人文社会系研究の発展には、今まで関係を持ってこなかった AI の発展に象徴されるような高度知識社会への対応は回避不可能になってきている。新しい分野と接続することで、人文社会系の研究にも新しい分野や研究課題の沃埜が開かれる。新しい可能性の探究を目指して、今までの人文社会系研究の成果を活かし、協働して進んでゆきたい。

**【付記】**本論文は、2018 年 12 月の台湾日本語文學會 2018 年度國際學術研討會での研究発表に加筆、訂正をおこなったものである。また、科技部研究案 MOST 107-2410-H-032 -030 -MY2 の研究成果の一部である。研究へのご支援に心からの感謝の意を表するものである。
ORCID ID：https://orcid.org/0000-0002-2424-5825

**【参考文献】**

天野郁夫(2009)『大学の誕生(上)(下)』中公新書

安西祐一郎(2017)「人工知能・認知科学・データサイエンスの相互関係－歴史・現状・将来展望－」DataScientist Scciety 4th Symposium http://www.datascientist.or.jp/symp/2017/（2018 年 10 月

https://www.slideshare.net/f2forest/ss-108087799?from_action=save（2018 年 10 月 10 日閲覧）参照。

40 AI＋ITmedhia（2019）「OpenAI、まことしやかなフェイクニュースも簡単生成の言語モデル「GPT-2」の限定版をオープンソース化」https://www.itmedia.co.jp/news/articles/1902/15/news075.html（2019 年 5 月 31 日閲覧）。

臺灣大學圖書館期刊資料庫

10 日閲覧）
池嶋千夏、權田真幸、長屋俊、中村美里、鳴島弘樹、高久雅生(2014)「特集:「MANGA」の編集にあたって(<特集>MANGA)」『情報の科学と技術』64-4pp.119　情報科学技術協会
石井容子、熊野七絵(2006)「外交官・公務員研修における専門語彙の習得」『国際交流基金日本語教育紀要』2pp.15-29　国際交流基金
石黒圭(2008)『日本語の文章理解過程における予測の型と機能』ひつじ書房
乾健太郎(2016)「未解決問題の正体」『自然言語処理』23-1pp.1-2 言語処理学会
奥村学(2010)『自然言語処理の基礎』コロナ社
河西棟馬(2018)「<サーベイ論文>チューリングの歴史的位置づけを巡って」『科学哲学科学史研究』12pp.67-89　京都大学文学部科学哲学科学史研究室
釘貫亨(2013)『「国語学」の形成と水脈』ひつじ研究叢書・言語編第113 巻　ひつじ書房、
言語処理学会(2015)「「エラー分析」特集号」『自然言語処理』22-5、同(2016)　「「エラー分析」特集号」23-1　言語処理学会
小森和子(2018)「言語能力と背景知識が第二言語の論文執筆に与える影響 -要約課題を通して-」『明治大学人文科学研究所紀要』82pp.195-221　明治大学人文科学研究所
小山貴之(2016)「投書を利用したディスコース・レベルの段階的文章指導:牧口常三郎の「文型応用主義」を手掛かりとして」『日本語日本文学』26pp.73-89　創価大学日本語日本文学会
佐藤瞳、金川絵利子、岡留剛(2016)「談話構造による文書の特徴付け」『JSAI 大会論文集 JSAI2016』1K31in2-1K31in2　人工知能学会
CNET（2018）「人工知能が苦手なこと、人と共存する未来の姿--研究者から見た AI とは」https://japan.cnet.com/article/35115616/#clip_link（2019 年 2 月 2 日閲覧）　CNET JAPAN

臺灣大學學術期刊資料庫

篠田浩一(2017)「小特集—音声言語処理における深層学習—音声言語処理における深層学習：総説」『日本音響学会誌』73-1pp.25–30 日本音響学会

柴崎秀子(2003)「スキーマ理論と第二言語読解研究--過去 20 年間のスキーマ理論を土台にした読解研究における貢献と問題点」『言語情報科学』1pp.161-174　東京大学大学院総合文化研究科言語情報科学専攻

柴崎秀子(2005)「第二言語のテキスト理解要因としての背景知識と語彙知識」『第二言語』4-0pp.51-70　日本第二言語習得学会

ベルント・ジャクリーヌ編（2011）「漫画とマンガ、そして芸術 (特集 漫画とマンガ、そして芸術)」『美術フォーラム 21』24pp.20-22 一般社団法人 美術フォーラム 21

首相官邸（2017）「第 4 次産業革命人材育成推進会議（第 2 回）配布資料・資料 1 東京大学大学院工学系研究科松尾特任准教授提出資料」
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/jinzaiikusei_dai2/（2019 年 2 月 2 日閲覧）　首相官邸

サイモン・シン(2007)『暗号解読(上)(下)』新潮社

情報処理学会(2015)「自然言語処理技術の現状と展望 -エラー分析プロジェクトを通して-」『情報処理』57-1　情報処理学会

専門日本語教育学会 http://stje.kir.jp/index.html（2019 年 2 月 2 日閲覧）

総務省(2016)「第 4 章第 2 節人工知能（AI）の現状と未来」『平成 28 年版情報通信白書』（PDF 版）
http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/n4200000.pdf（2018 年 10 月 10 日閲覧）　総務省

総務省(2016)『平成 28 年版情報通信白書特集　IoT・ビッグデータ・AI～ネットワークとデータが創造する新たな価値～』
http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/index.html（2018 年 10 月 1 日閲覧）　総務省

臺灣大學學術期刊資料庫

総務省(2017)『平成 29 年版情報通信白書特集　データ主導経済と社会変革』http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/index.html（2018 年 10 月 1 日閲覧）総務省

総務省・野村総合研究所(2016)『ＩＣＴの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究報告書』（PDF 版）http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_03_houkoku.pdf（2018 年 10 月 10 日閲覧）　総務省

外村耀平、砂山渡、畑中裕司、小郷原一智(2017)「文章における書き方の特徴の抽出と理解」『JSAI 大会論文集 JSAI2017』2M3OS34b1-2M3OS34b1　人工知能学会

田中一嘉(2018)「言語の多様性と普遍性に基づいた異文化理解教育:文化記号論と認知言語学を手掛かりに」『群馬大学教育学部紀要.人文・社会科学編』67pp.107-114　群馬大学教育学部

The Tuning Digital Archive　http://www.turingarchive.org/（2019 年 2 月 2 日閲覧）　King's College, Cambridge

Turing,A.M.(1936)“On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem” *Proceedings of the London Mathematical Society* 2-42pp.230–65 London Mathematical Society

Turing,A.M.(1950) “Computing Machinery and Intelligence” *Mind* LIX (236)pp433–460　Oxford University Press on behalf of the Mind Association

坪井裕太・海野裕也・鈴木潤(2017)『深層学習による自然言語処理』講談社

DIGITAL X(2017)「2025 年に全世界で発生するデータ量は 163 ゼッタバイトに、IDC 調査」https://dcross.impress.co.jp/docs/news/000202.html（2018 年 10 月 1 日閲覧）　impress

アルビン・トフラー（1982）『第三の波』日本放送出版協会

アラン・トゥレーヌ（1970）『脱工業化の社会』河出書房新社

ピーター・ドラッカー（1959）『変貌する産業社会』ダイヤモンド社

臺灣大學圖書館期刊資料庫

ピーター・ドラッカー（1969）『断絶の時代―来たるべき知識社会の構想』ダイヤモンド社

長岡技術科学大学 自然言語処理研究室 https://sites.google.com/a/jnlp.org/lab/introduction/panelh22-1（2018年10月10日閲覧）長岡技術科学大学

日本音響学会(2017)「小特集―音声言語処理における深層学習」『日本音響学会誌』73-1　日本音響学会

日本経済新聞（2015）「AI、自ら学んで深化ー人間の脳をまねて情報処理」https://www.nikkei.com/article/DGKKZO93682720V01C15A1TJN000/（2018年10月1日閲覧）　日本経済新聞

日本ファジィ学会(1992)「<特集解説>人文・社会科学におけるあいまいさの取扱い」『知能と情報』4-6　日本ファジイ学会

日本ファジィ学会誌 https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfuzzy/-char/ja （2018年10月10日閲覧）　日本ファジイ学会

ニュースイッチ(2019)「IBMの商用量子コンピューター、数年後にはスパコン超えを見据える」https://newswitch.jp/p/16058（2019年2月2日閲覧）　日刊工業新聞

野村直之(2016)『人工知能が変える仕事の未来』日本経済新聞出版社

服部隆(2017)『明治期における日本語文法研究史』ひつじ研究叢書・言語編第146巻　ひつじ書房

藤木大介(2017)「読み手の信念や批判的思考態度が文章理解における道徳的読解に及ぼす影響」『読書科学』59-2pp.72-79　日本読書学会

藤原未雪(2017)「上級日本語学習者による学術論文の読解における語義の解釈過程」『一橋大学国際教育センター紀要』8pp.119-132 一橋大学国際教育センター

古川雄嗣(2017)「「大学改革」におけるPDCAサイクルの批判的考察(1)導入過程の整理・検討」『北海道教育大学紀要.教育科学編』67-

臺灣大學圖書館期刊資料庫

2pp.1-13　北海道教育大学
古川雄嗣(2017)「「大学改革」における PDCA サイクルの批判的考察(2・続)三つの批判類型とその本質」『北海道教育大学紀要.教育科学編』68-1pp.41-51　北海道教育大学
ダニエル・ベル（1975)『脱工業社会の到来―社会予測の一つの試み（上・下)』ダイヤモンド社
牧野貴樹、澁谷長史、白川真一（2016)『これからの強化学習』森北出版
Mathworks（2019)「機械学習とは？これだけは知っておきたい 3 つのこと」 https://jp.mathworks.com/discovery/machine-learning.html（2019 年 2 月 2 日閲覧）　MathWorks
松尾豊（2015)『人工知能は人間を超えるか』KADOKAWA
蒙韞(韞)(2018)「文章理解過程における日本語学習者の固有名詞の意味理解 : 文脈的手がかりに着目して」『国立国語研究所論集』14pp.125-143　国立国語研究所
森紘一郎（2018)「マルチモーダル深層学習の研究動向」https://www.slideshare.net/f2forest/ss-108087799?from_action=save（2018 年 10 月 10 日閲覧）　株式会社ディー・エヌ・エー
山口裕之(2017)「人文系学部は廃止？:日本の大学改革の現状と課題」『人間社会文化研究』25pp.148-158　徳島大学総合科学部
吉澤寛之(2005)「社会的情報処理モデルによる反社会的行動研究の統合的考察:心理学的・生物学的・社会学的側面を中心として」『名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要.心理発達科学』52pp.95-122　名古屋大学大学院教育発達科学研究科
吉澤寛之、吉田俊和、原田知佳、海上智昭、朴賢晶、中島誠、尾関美喜(2009)「社会環境が反社会的行動に及ぼす影響――社会化と日常活動による媒介モデル――」『心理学研究』80-1pp.33-41　日本心理学会
ドミニク・S・ライチェン、ローラ・H・サルガニク編著、立田慶裕訳(2006)『キー・コンピテンシー―国際標準の学力をめざして』明

臺灣大學學術期刊資料庫

石書店
李婷(2016)「講義の「話段」の多重構造を捉える手がかりとしてのメタ言語表現の分析」『早稲田日本語教育学』21pp.57-76　早稲田大学 大学院日本語教育研究科

**【図版出典】（再利用可能図版）**

「Colossus.jpg」 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colossus.jpg
「The Imitation Game.png」 https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:The_Imitation_Game.png
「Alan Turing.jpg」 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alan_Turing.jpg

臺灣大學學術期刊資料庫