

「次世代人工知能社会実装戦略」

情報通信審議会 情報通信技術分科会
技術戦略委員会 第3次中間報告書(案)
第Ⅱ部(別冊)

目次

第0章 はじめに	2
第1章 自然言語処理技術・脳情報通信技術の研究開発等の動向.....	5
1-1 海外における取組	5
(1) 米国の状況	5
(2) 欧州の状況	10
(3) 中国の状況	13
1-2 我が国における取組	19
(1) 国の取組	19
(2) 民間企業等における取組.....	28
第2章 自然言語処理技術・脳情報通信技術の社会実装が実現する社会像.....	36
2-1 自然言語処理技術・脳情報通信技術における現状認識	36
(1) 自然言語処理技術.....	36
(2) 脳情報通信技術.....	44
2-2 自然言語処理技術・脳情報通信技術の社会実装推進が実現する社会像	51
(1) 自然言語処理技術.....	51
(2) 脳情報通信技術.....	54
第3章 自然言語処理・脳情報通信技術の社会実装に向けた課題.....	58
3-1 データの取扱い	58
(1) 大規模データの収集.....	58
(2) パーソナルデータ利活用.....	67
(3) 知的財産権への対応.....	69
3-2 自然言語処理技術	69
(1) 民間企業等における導入事例（サービスアプリケーション）と課題.....	69
(2) サービスアプリケーションを支える基盤技術と課題.....	75
3-3 脳情報通信技術	77
(1) 民間企業等における導入事例（サービスアプリケーション）と課題.....	77
(2) サービスアプリケーションを支える基盤技術と課題.....	79
3-4 その他の課題	81
第4章 自然言語処理技術・脳情報通信技術の社会実装に向けた推進方策.....	83
4-1 自然言語処理技術	83
(1) 次世代対話プラットフォーム技術の研究開発及び標準化.....	83
(2) 次世代高度対話技術の実現.....	84
(3) 多言語音声翻訳技術の高度化.....	87
(4) 社会的な利活用ニーズに応じたアプリケーション・サービスを想定した新た	

な学習データの整備	87
4-2 脳情報通信技術	89
(1) 脳情報通信技術の社会実装を加速化させるための推進体制の整備.....	89
(2) 脳情報データの収集・共通利用の加速化.....	89
(3) 脳情報通信技術の社会実装に向けた研究開発の推進.....	90
4-3 自然言語処理技術と脳情報通信技術の融合	91
4-4 技術課題の社会実装に向けたロードマップ	92
第5章 まとめ	93

第0章 はじめに

近年の人工知能技術の急速な発展により、様々な分野における IoT (Internet of Things) の利用拡大と相まって、「第4次産業革命」と言われる史上最大のイノベーションが起きつつある。20世紀は産業の競争力の源泉がハードウェアのノウハウ、レシピであったが、このような IoT/ビッグデータ (BD)/人工知能 (AI) 時代の到来により、産業構造の変革が起り、「プラットフォーム」と「データ」と「人工知能」を制するものが勝つというゲームチェンジがあらゆる産業分野で起きる可能性がある。

人工知能技術は、多様かつ大量のデータをリアルタイムに処理するための高度な情報通信技術と膨大なデータを基盤として、日常生活のルーチンワークとなっている部分や単純労働等に留まらず、専門知識を網羅した推論を行う業務等も人工知能技術で代替することができるようになってきている。これにより、限られた労働力を創造性のある業務や付加価値の高い業務に活かすことができるようになる等、我々の人間社会において、新たな発見や感動、精神的な安らぎをもたらすとともに、人間の創造性を豊かにするものという観点からも、我が国の生産性向上と豊かで安心な生活の実現に資することが、大いに期待されている。

このような状況の中で、政府としても、2016年4月12日に開催された「未来投資に向けた官民対話」の中で、安倍総理大臣より、「人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップを本年度中に策定する。そのため、人工知能技術戦略会議を創設する。」との指示があり、同年4月18日に人工知能技術の研究開発と社会実装を加速化するため、政府の司令塔として設置された「人工知能技術戦略会議」(議長：安西祐一郎 日本学術振興会理事長)の下、総務省、文部科学省、経済産業省が中心となり、関係府省や関係研究機関と連携して「人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップ」を2017年3月31日に取りまとめた。

この枠組みの中で、総務省には情報通信研究機構 (NICT) が世界最先端の研究を行っている自然言語処理技術、脳情報通信技術の研究を中心とした成果の社会実装を加速化することが求められている。

自然言語処理技術については、人類が築いてきた膨大な知識・日常生活の会話を人工知能に学習させるための核となる極めて重要な技術であり、我が国においても NICT が中心となって最先端の研究開発を進めている。

一方で、自然言語処理の高精度化のためには大量のデータが必要となるが、その言語データの収集において、Google、Apple、Facebook、Amazon といった海外の大手 ICT 企業がそれぞれ独自のエコシステム構築の下、既に大量のデータの蓄積を進めている。我が国の研究開発において海外企業のデータの囲い込みは憂慮すべき事態であり、社会実装を進める上での障害となり得る。

	Amazon	Google	LINE
デバイス	Echo (常時、音声認識起動)  Amazon Tap (ボタンをタップで音声認識起動) Echo Dot (持ち運び可)	Google Home 	WAVE  FACE 
AI-PPF	Amazon Alexa	Google Assistant	LINE Clova
価格 (1\$=110円換算)	Echo : \$ 180 (約19,800円) Amazon Tap : \$ 130 (約14,300円) Echo Dot : \$ 50 (約5,500円)	\$ 130 (約14,300円)	未定
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・オンラインショッピング (Amazon shopping) が可能。 ・7,000種類以上 (2017.1時点) のスキル (ユーザー等が作ったプログラム) を通じて、家電の操作や食事のデリバリー注文等が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・Googleの巨大な検索機能を活かしたWeb情報活用が可能。 ・様々なGoogleのサービス (メール、連絡先管理、スケジュール管理等) を利用可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・日本語及び韓国語での音声操作が可能。 ・LINEアプリを通じたアジアでの検索データ、サービス利用状況データの蓄積を活かしたサービスの提供が可能。
販売台数	約510万台 (2016.12時点)	未公表	(今年夏以降発売)
利用エリア	 (各国のアカウントからのみ利用可)	制限なし	

図 0-1 民間の音声 AI プラットフォームの比較

特に、Amazon によるクラウドベースの音声認識サービス「Alexa」は、家庭用音声アシスタント端末「Amazon Echo」に搭載され、その販売台数を急速に伸ばしつつある一方で、そのAPI(Application Programming Interface)である「Alexa Voice Service」や SDK(Software Development Kit)がサードパーティーに対し無償で公開されたことによって、自動車や家電製品等、様々なデバイスに搭載されている。

現時点ではこの Alexa 搭載デバイスを通じて、欧米諸国の言語を中心としてユーザーの言語データ収集が進められているが、今後、日本語を含むアジア諸国の言語にも対応していくことが想定される。

このまま欧米の民間企業による日本語の自然言語処理対話プラットフォームの構築が進むと、我が国の防災、医療、観光等の分野における貴重な日本語データが当該プラットフォームに独占されてしまう恐れがある。そのため、我が国の最先端の日本語の自然言語処理技術を発展させ、貴重な日本語の学習データを我が国の手元で生かすような仕組みを構築するためにも、我が国の自然言語処理技術の社会実装の推進が急務である。

脳情報通信技術については、我が国が世界最先端の技術を有しており、次世代人工知能の実現をはじめ第4次産業革命にブレークスルーを起こすために極めて重要な技術である。

2016年8月には、NICTの脳情報通信融合研究センター(CiNet)において研究を進めてきた脳情報通信技術とAI技術を応用し、NTTデータがNICT及びテムズと共同で、脳活動の動きからテレビCM等の動画広告の効果を高精度に測定するマーケティング支援サービスを実用化した。

広告の効果を測る上で「質的」な側面を科学的・定量的に捉えることが脳情報通信(脳情報読解)技術を応用することで実現可能となった。これにより従来の調査手法では計測できなかった無意識に消費者の心を動かす「質的」な情報の可視化・モデル化を可能とし、広告主のプロモーション戦略に変革をもたらす技術であると言える。今後、自動車・広告・教育・飲食・化粧品・日用品等、「価値」を社会に提供する事業主体すべてに、脳情報の利活用による産業競争力向上のチャンスが広がっている。

これらの脳情報の定量化・可視化に関する研究成果は、今後、顧客の感性に訴える魅力的な製品設計（デザイン、音質等）を可能とするものづくり等の分野での貢献に結びつくことが期待されるが、民間企業と脳情報通信の研究者との接点が少ない等の課題がある。

また、最近になって、Facebook 社やイーロン・マスク氏が相次いで BMI (Brain Machine Interface) 研究への投資を発表し、世界的にこの分野への参入する動きが加速し始めようとしている。

脳情報通信技術の分野において、今後も我が国が世界の最先端を走り続けるためには、マーケティング分野での社会実装に続く新たな市場の創出を促す等、脳情報通信技術の社会実装の加速化が急務である。

上記で述べたように、IoT/BD/AI 時代を迎えた熾烈な国際競争の中で、我が国社会の生産性向上と豊かで安心な生活を実現するためには、我が国が最先端の技術を有する自然言語処理技術と脳情報通信技術の社会実装が喫緊の課題となっている。そこで、自然言語処理技術と脳情報通信技術に焦点をあてて、その社会実装推進方策を検討した。

第1章 自然言語処理技術・脳情報通信技術の研究開発等の動向

自然言語処理技術・脳情報通信技術の社会実装推進方策の検討にあたり、はじめに国内外における自然言語処理技術・脳情報通信技術等の動向を調査した。

1-1 海外における取組

(1) 米国の状況

① 国の取組

1) ホワイトハウス報告書「人工知能の未来に備えて」

2016年10月12日、ホワイトハウスが「人工知能の未来に備えて（PREPARING FOR THE FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE）¹」を公表した。国家科学技術会議（NSTC）と科学技術政策局（OSTP）が中心となってまとめた報告書で、人工知能の現状、人工知能による社会的な影響や今後の制度設計に関して幅広く言及し、23の提言を取りまとめている。

2) 人工知能研究開発国家戦略計画

人工知能技術開発に向けた連邦政府投資の適切な役割及び官民・国際協力の機会検討のために立ち上げられたNSTC ネットワーキング・情報技術研究開発小委員会（NITRD）のAI タスクフォースによって、2016年10月13日に策定された戦略である。米国では民間における人工知能への投資が盛んであることから、民間が投資する可能性が低い分野（ハイリスク研究等）への連邦政府としての投資や、研究開発人材の拡大・維持に対応するための優先事項等、7つの主な戦略（図 1-1 に俯瞰を示す）が取りまとめられている^{2,3}。

例えば、「AI 研究への長期投資」においては、5～10年先を見据え、以下の研究分野を重要分野と位置づけている。

- データに着目した知識発見の促進
- AI システムの知覚能力の増強
- AI の理論上の能力・制約の理解
- 汎用 AI に関する研究推進
- 拡張性のある AI システムの開発
- 人間的な AI の研究推進
- より高性能で信頼性の高いロボットの開発
- 高性能 AI のためのハードウェア改善
- ハードウェア改善のための AI 開発

¹

https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf

² https://www.nitrd.gov/PUBS/national_ai_rd_strategic_plan.pdf

³ NEDO ワシントン事務所「「米人工知能研究開発戦略戦略」について」、2016年10月25日
(<http://www.nedodcweb.org/report/AI%20Research%20Development%20Plan.pdf>)



(出典) 「人工知能研究開発国家戦略計画²⁾」に三菱総合研究所加筆

図 1-1 「人工知能研究開発国家戦略計画」における戦略

3) ホワイトハウス報告書「AI、自動化、そして経済」

「人工知能の未来に備えて」に続き、2016年12月にホワイトハウスが公表した報告書である。人工知能による自動化が米国の経済や雇用へもたらす影響をまとめたもので、以下の3つの戦略が掲げられている⁴⁾。

- AI への投資と開発の推進
- 未来の仕事のための国民の教育及び訓練
- 労働者の転換支援とセーフティネットの整備

4) BRAIN Initiative

2013年4月、オバマ大統領が10年計画となる「BRAIN Initiative (BRAIN: Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies)」を発表し、大規模研究を開始した。政府予算としては、2016年から10年間で45億ドルを拠出予定となっている。ナノテクノロジー、イメージング、工学、情報学など等の技術を活用し、神経回路の全細胞の全活動を記録・解析するためのツールを開発することを目標としている。

② 民間企業等による取組

大手 ICT 企業である Google、Microsoft、Facebook をはじめ、スタンフォード大学、米カリフォルニア大学バークレー校 (UC バークレー) 等、深層学習に関する取組が活発化している。そして、最近では、AI クラウド及び API 提供の取組も各社が競うように開始している。

⁴⁾ <https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/images/EMBARGOED%20AI%20Economy%20Report.pdf>

1) Google

従来よりフレーズベースでの機械学習を用いた翻訳を実現していたが、深層学習を用いて文やフレーズの特徴量を捉えて翻訳を行うグーグルニューラル機械翻訳 (GNMT) を 2016 年 9 月に中国語から英語への翻訳で導入し、2016 年 11 月に日本語を含む複数の言語から英語への翻訳サービスにも導入した。独特の誤訳の問題は指摘されているものの、総じて翻訳精度は向上したほか、雑音環境下における音声認識の誤認識が減少する効果が出ている。並行して、同社が開発している機械学習ライブラリである TensorFlow の高速化を実現する TPU(Tensor Processing Unit)と呼ばれるプロセッサを開発、実用化している。

同社のクラウドサービス上で、クラウド自然言語 API (Cloud Natural Language API) として、センチメント分析 (ネガポジ分析)、表現抽出、シンタックス解析等の自然言語の分析機能が利用できる。その他、学習済みの機械学習 API、クラウド・スピーチ API (Cloud Speech API) や視覚 API (Vision API)、GNMT をサポートした翻訳 API (Cloud Translation API) 等も提供している。同社のクラウドサービスを利用する民間企業がカスタマイズして利用することが可能となっている。

これらの API を活用した双方向の会話を可能にするパーソナルアシスタント機能 Google Assistant や音声アシスタントデバイス Google Home も提供している。



(出典) <https://madeby.google.com/home/>

図 1-2 音声アシスタント対応スピーカー「Google Home」

2) Microsoft

2015 年より人工知能研究プロジェクト「Project Oxford」として画像、音声、テキストに対応する認識 API の提供を始めている。現在は、クラウドサービス Azure 上で Cognitive Services API として利用できるようになっている。また、Windows10 及びスマートフォン用に音声認識によるアシスタント機能 Cortana を提供しており、ユーザーが使いこむことで利用者個人向けに最適化される機能を持っている。

2015 年 7 月に提供を始めた高校生の人格を持つチャットボット「りんな」は、中国語用対話エンジン XiaoIce をベースに、過去の膨大な会話データや、約 1000 万冊分の書籍データ、ファッションの種類や素材等の情報を学習し、女子高生キャラクターとの対話を実現しており、LINE や Twitter の対話インタフェース経由で利用できる。また、2016 年 12 月、

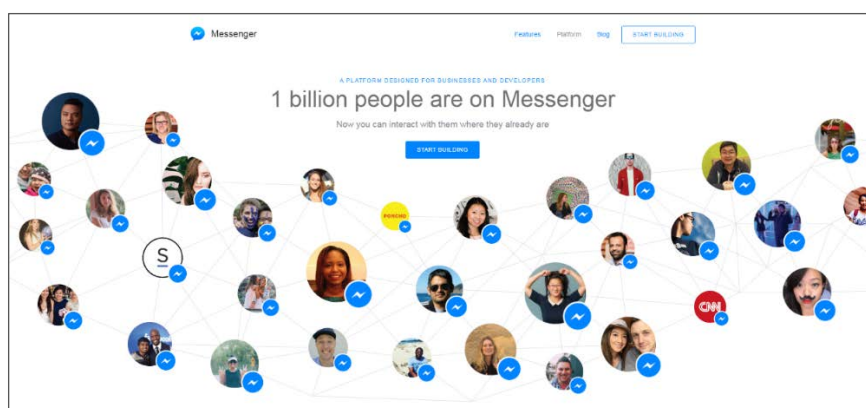
「Tay.ai」チャットボットの後継として、インターネット上のソーシャルコンテンツから学習する最新のチャットボット「Zo.ai」を発表した。メッセージアプリ「Kik」のユーザー向けに提供している。

3) Facebook

2013年9月にFacebook AI Research (FAIR) を設立し、深層学習の第一人者であるヤン・ルカン氏（ニューヨーク大学教授）が所長に就任した（同年12月）。深層学習のオープンソースフレームワーク「Torch」のためのモジュールの公開や、深層学習解析用のハードウェア「Big Sur」の設計をオープンソース化している。

同社は2015年1月、米国の自然言語処理ソフト開発のスタートアップであるWit.ai社を買収し⁵、自社のチャットボットである「facebook M」にそのエンジンを組み込み、2015年8月に一部のMessengerユーザーを対象に試験提供を開始した^{6,7}。

2016年4月には、Facebook Messengerでユーザーと会話するチャットボット「bots for the Messenger Platform」を公開した。開発環境となる「Messenger Platform」が無償で提供され、民間企業がチャットボットを通じてFacebook Messengerのユーザーとやりとりすることが可能となった。4月の公開以降、約半年で3万以上のチャットボットが開発された⁸が、同年9月には新たに決済や共有機能の提供が追加され、さらに多くの開発者の利用が見込まれている。



(出典) <https://messengerplatform.fb.com/>

図 1-3 Facebook 「Messenger Platform」

4) Amazon

2014年11月、クラウドベースの音声認識機能「Alexa（アレクサ）」を搭載した家庭用音声アシスタント端末 Amazon Echo を発表した。音声で話しかけることによって、音楽の再生

⁵ <https://wit.ai/blog/2015/01/05/wit-ai-facebook>

⁶ <http://www.theverge.com/2015/10/26/9605526/facebook-m-hands-on-personal-assistant-ai>

⁷ <https://www.wired.com/2015/08/facebook-launches-m-new-kind-virtual-assistant/>

⁸ Facebook newsroom (<https://newsroom.fb.com/news/2016/09/more-seamless-more-ways-to-share-more-ways-to-buy-more-context-introducing-messenger-platform-v1-2/>)

や質問への回答、天気予報等、様々な機能を果たすことができ、2015年6月の発売開始以降、2016年12月時点で既に500万個が販売されたと推定されている⁹。

また、Amazonは2015年6月、AlexaのAPIであるAlexa Voice ServiceやSDK (Software Development Kit) をサードパーティに対し無償で公開した。これらのAPIやSDKを用いることで、開発者は簡単にAlexaの音声認識機能を活用したサービスを構築することができるようになった。サードパーティによって提供された機能 (skill (スキル) と呼ばれる) は増加し続け、2017年5月時点で12,000以上のskillが構築されている¹⁰。これにより様々なデバイスへのAlexa搭載が急速に進み、2017年1月に開催されたCES (Consumer Electronics Show) では、Amazon Alexaを搭載した白物家電や車載機器等の製品が700超発表され、大きく注目を浴びる事となった。



(出典) CES2017にて三菱総合研究所撮影

図 1-4 CES2017におけるLGのalex搭載スマート冷蔵庫「Smart InstaView」の発表

5) スタンフォード大学人工知能研究所 (SAIL)¹¹

AI関連の研究、教育、理論、実践のための拠点として1962年に設立された。2017年5月現在、所属教員は15名、客員教員は10名が所属しており、中でもアンドリュー・ウ氏は、百度 (Baidu) が米国西海岸に設立したAI研究開発センターの初代所長となった。また、民間企業との連携としては、パナソニックが年間20万ドルを提供する加盟員 (Affiliate Member) となっている。2015年9月には、トヨタが2,500万ドルを拠出しフェイ・フェイ・リー氏を中心にSAIL-Toyotaセンターが新設された¹²。自動運転における重大な意思決定手法に関して研究等行っている。

6) Partnership on AI

「Partnership on AI」は、AI技術及びAIが社会に及ぼす影響を研究し、社会への啓蒙、課題解決等を目的として、2016年にAmazon、Google、DeepMind、Facebook、Microsoftによって設立された非営利団体である。2017年1月にはAppleが加盟を発表し、最初の理事会は2017年2月3日にサンフランシスコにて開催された。Apple、IBM、Intel、SONY等、32の団体が加盟している (2017年5月16日時点)。この他、Association for the Advancement of

⁹ <http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/1612/08/news025.html>

¹⁰ <http://voicebot.ai/amazon-echo-alexa-stats/>

¹¹ <http://ai.stanford.edu/>

¹² <http://news.stanford.edu/2015/09/04/toyota-stanford-center-090415/>

Artificial Intelligence (AAAI) や Allen Institute for Artificial Intelligence (AI2) 等の非営利研究グループ等とも協議をしていくとしている。

(2) 欧州の状況

① 国の取組

1) 第7次研究枠組計画 (FP7) ¹³

2013年1月より、FP7のフラッグシッププロジェクトとして Human Brain Project を開始した。全体では12のサブプロジェクトで構成されており、神経科学分野に関するサイエンスのサブプロジェクトと、技術的に実現するサブプロジェクトの2種類がある。技術サブプロジェクトは、ICT統合基盤研究プラットフォームをコアとし、データ取得、理論、応用コンピューティング、倫理の5つのサブプロジェクトからなる。ICTを用いて脳の理解を目指す10年計画の学際的研究プロジェクトとして総額10億ユーロを超える予算が確保されている。技術のサブプロジェクトには、脳神経科学と情報科学を融合したニューロインフォマティクスや、高性能コンピューティング (HPC)、脳神経回路を模倣するニューロモーフィックコンピューティング、ニューロロボティクスが含まれている。ただし、開始当初3年間には研究者から様々な問題点が指摘され、欧州委員会に対して公開書簡が出され、参加する各組織に権限が分散できる等の改革が行われた。

2) Horizon2020¹⁴

2014年から2020年までの期間を対象とする研究開発プログラム Horizon 2020 の予算総額は約800億ユーロに上る。22の支援対象分野が挙げられており、その中の一つとして ICT リサーチとイノベーションが挙げられている。下記に示すように ICT の枠組みの中では、ビッグデータがテーマとなっている。

ICT-15-2014 : Big data and Open Data Innovation and take-upとして、欧州企業が多言語のデータを利用して多様なサービスを実施するための意味的に互換性の高いデータ分析技術を提供することを目的として公募、研究開発を行った。

ICT-15-2016-2017 Big Data PPP: Large Scale Pilot actions in sectors best benefitting from data-driven innovationとして、2017年予算2,500万ユーロを確保し、ヘルスケア、エネルギー、モビリティ、製造業等の特定分野において大規模のパイロットプロジェクトを実施し、大規模かつ複雑な実際のデータを扱うことで、データの付加価値の向上、適用した業務での20%以上の生産性向上を目的としている。

また、特定の言語（英語や仏語等）の自動翻訳技術の開発は進んでおり、翻訳の品質が高くなってきているものの、幾つかの欧州言語に関しては言語技術のサポートが進んでいないことが指摘されており、EUの全言語間の組合せの翻訳品質を向上させることが特に目標とされている。

具体的には、2014-2015年度に公募された ICT-17-2014:Cracking the language

¹³ 第7次枠組計画 (7th Framework Program for Research and Technological Development)

¹⁴ 「Horizon2020」 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
各分野のプログラムやファンディングの獲得について紹介がされている。

barrier(言語の壁の打破)というプログラムにおいて、自動翻訳技術の開発に対して、1,500万ユーロの支援が行われた。また、2016-2017年度の公募では、個別の言語技術よりも、音声認識や自動翻訳技術に対する支援が中心となっている。

3) 行政機関向けオンライン共通機械翻訳サービス MT@EC

MT@ECは、ISA (Interoperability Solutions for European Public Administrations) プログラムの下で開発された EU 諸機関及び EU 加盟国の行政機関向けのオンライン共通機械翻訳サービスである。EU 関連の文書を最も正確に翻訳するものとされており、EU 全公用語間での翻訳を直訳で提供している。2010年12月までは、ECMT という自動翻訳サービスがあり、ルールベースの機械翻訳技術が利用されていたが、MT@EC では統計ベースの技術が使われている。欧州のインフラストラクチャの接続を支援する EU の CEF (Connecting European Facility)」というプログラムでは、公共機関向けの「CEFAT (CEF Automated Translation) という機械翻訳プラットフォームも開発も支援している。CEFAT は、MT@EC 上に構築予定であり、EU 域内 24 カ国語及びノルウェー語、アイスランド語を対象としている。

② 民間企業等による取組

1) DeepMind

前身である DeepMind Technologies は 2011 年にロンドンで設立され、2014 年 1 月 Google に約 4 億ドルで買収された。ディープ・ニューラルネットワークと強化学習を応用し、高得点を目指してゲームを試行錯誤により自律的に学習するアルゴリズムである DeepQ-Network (DQN) を開発した。最近では、囲碁ゲームでシミュレーションを通じて同学習技術を向上させた AlphaGo が人間のプロ棋士に勝利している。

2) SwiftKey

2008 年にロンドンを拠点に設立された。ニューラルネットワークの機械学習による変換予測機能を有するスマートフォンの文字入力システムを開発している。現在、Swiftkey キーボードとその SDK は、3 億台以上の Android と iOS のスマートフォンに採用されている。ユーザにとって大幅な入力時間の短縮を実現する。スティーブン・ホーキング博士が使用するコミュニケーションシステムを改良するプロジェクトにも取り組んでいる。2016 年 2 月に Microsoft 社が約 2 億 5,000 万ドルで買収した。

3) ドイツ人工知能研究センター (DFKI)

ドイツ人工知能研究センター (DFKI: German Research Center for Artificial Intelligence) は、1988 年設立された。官民協調 (PPP: Public-Private-Partnership) モデルに基づく組織であり、官と民が出資する非営利の公益有限会社 (gGmbH) の経営形態を取る。その設立目的は、人工知能技術の研究開発で国際的競争力を高め、そこでの研究成果を技術移転することにより、起業・新たな雇用を促進し、人材を世界各地に送りネットワークを強化することにある。

カイザースラウテルン（ラインラント・プファルツ州）、ザールブリュッケン（ザールラント州）、ブレーメン、ベルリンの国内4か所に研究拠点をもち、下記に示すように異なる研究部門が配置されている。職員数は、世界60カ国以上から研究者が485人、大学院生が373人在籍している。

言語技術分野の欧州研究機関の提携を強化するMETA-NETのコーディネータを務めており、欧州で同分野の中心的な研究組織の一つである。また、機械翻訳技術分野の欧州研究機関の提携を強化するHorizon2020のCRACKERプロジェクトのコーディネータも務めている。またDFKIから、Acrolinx（言語分析エンジンの提供）とYocoy（機械翻訳モバイルアプリケーションの開発）というスピンオフ企業が設立されている。

表 1-1 DFKI における研究部門

地区	研究部門
カイザースラウテルン地区	1. ナレッジマネジメント （マイクロログ分析、スマートグリッド、ビッグデータ、文字認識技術） 2. 埋め込みインテリジェンス 3. インテリジェント・ネットワーク 4. 拡張現実感対応画像認識 （遠隔ロボット制御） 5. Innovative Factory Systems （スマート・ファクトリー）
ザールブリュッケン地区	6. 多言語技術 7. Innovative Retail Laboratory 8. Institute for Information Systems 9. Agents and Simulated Reality （拡張現実・仮想現実） 10. 知的ユーザインタフェース （セマンティック検索）
ブレーメン地区	11. サイバー・フィジカル・システムズ （インダストリー4.0、人間-ロボット間の協働） 12. Plan-Based Robot Control （3Dマッピング、センサー・ネットワーク） 13. Robotics Innovation Center （宇宙・深海・災害救助、医療・介護、産業用ロボット）
ベルリン地区	14. スマートデータ 15. 言語技術

(3) 中国の状況

① 国の取組

中国政府は人工知能産業に国として注力し、産業競争力の強化を目指している。2016年3月に正式に可決された第13次5ヵ年計画では、供給側のイノベーションの一つとして、人工知能を重要分野と位置づけている他、2016年5月に発表された「互聯網+」人工知能三年行動実施方案では、2018年までに1,000億元（約1.6兆円¹⁵）級のAI活用市場を創出することを目標としている。

また、瀋陽に40億元（約640億円）を投入し、2018年までに人工知能（AI）ロボット産業団地を造り、知能ロボット研究開発及び生産・体験・展示・交易・学術普及等の機能を備える計画を発表する¹⁶等、国として人工知能開発へ積極的な投資を進めている。

表 1-2 中国における人工知能関連の施策

発表年月	施策名	機関	概要
2015年 5月	中国製造 2025	国務院	「製造大国」から「製造強国」への転換が目標として掲げられ、その実現に向けての取組の一つとして、物聯網技術の研究開発と応用を加速させることが挙げられた。
2015年 5月	互聯網+（インターネットプラス）行動計画の策定作業に関する通知	中国国家発展改革委員会	互聯網+に関する4つの方針（インターネットを利用した産業の向上促進、スマート自動車やスマートホーム、ウェアラブル端末分野等の育成、インターネットを通じた公共サービスの充実、TD-LTE網やデータセンター等の基盤改善）が示された。
2015年 7月	「互聯網+」行動の積極的な推進に関する指導意見	国務院	2018年、2025年までの段階的な目標が設定された。 2025年までの具体的な取組として挙げられた11項目の一つとして「互聯網+人工知能」が示されている。
2016年 4月	ロボット産業発展計画（2016-2020年）	工業・情報化部 他	「中国製造 2025」を実現するための、2020年までの五大主要任務と重要部品目標を定めた。

¹⁵ 1元=16円として換算。以降同様。

¹⁶ <https://roboteer-tokyo.com/archives/3504>

2016年 5月	「互聯網+」人工知能三年行動実施方案	中国国家發展改革委員會 国家科技部 工業・情報化部 中央情報局	互聯網+の一環として、「2018年までに、中国のAIの産業体系・サービス体系・標準化体系の基礎を構築し、技術と産業を世界水準に引き上げるとともに、AIの重点領域において、世界トップクラスの中核企業を育成すること等により、1,000億元級のAI活用市場を創出する」ことを全体目標として定めた3ヵ年計画を発表した ¹⁷ 。
-------------	--------------------	--	--

「互聯網+」人工知能三年行動実施方案の概要は、以下のとおりである。

表 1-3 「互聯網+」人工知能三年行動実施方案の概要¹⁷

項目		概要
AI 産業の 育成・発展	コア技術の研究 開発と 産業応用	<ul style="list-style-type: none"> ・産学連携の促進：国家工程実験室、国家工程（技術）研究中心等の設立 ・深層学習技術や脳型コンピューティングの研究開発等 ・AI 領域のチップ、センサー、OS、ミドルウェア等、各種ハードウェア・ソフトウェアの技術開発等
	開発リソースの オープン化・プ ラットフォーム 化	<ul style="list-style-type: none"> ・文書、音声、画像、動画、地図等、AI の訓練用ビッグデータのプラットフォーム形成による AI 開発コストの低減 ・コンピューティングリソースやアルゴリズムのオープン・プラットフォーム化
重点分野に おける製品 開発	AI 活用による製 品・サービスの スマート化の促 進	<ul style="list-style-type: none"> ・スマートホーム（ホームエンターテインメント、エネルギー管理、ホームセキュリティ等） ・自動運転（クルーズコントロール、自動駐車システム等） ・無人システム（飛行機、船舶等、各種産業機械・機器の無人化、物流、農業、測量、電力配線、保安、救急等での活用） ・公共安全（治安維持、災害予知等）
端末製品の スマート化	端末製品のスマ ート化の促進	<ul style="list-style-type: none"> ・クラウド連携、カスタマイゼーション等の導入による端末製品のスマート化 ・ウェアラブル端末の医療・ヘルスケア、労働、人身安全等での活用促進、ビジネスモデル等の変革 ・産業用ロボット、特殊ロボット、サービスロボット等の開発強化、活用促進

¹⁷ みずほ産業調査/55 2016 No. 2

計画実行のための支援措置	資金支援	・中央政府予算の活用、ベンチャー企業投資・創業投資、適格企業による社債発行の認可等、資金チャネルの多様化
	技術標準化	・ネットワークセキュリティ、プライバシー保護等に関する技術の標準化等
	知的財産権の保護強化・活用促進	・AIの基礎技術、応用アプリケーションに関する知的財産の保護強化等
	人材育成	・高等教育の充実化、産学官連携、養成基地の設立等による人材育成 ・国内人材の海外派遣によるトップ人材の育成等
	国際協力	・有力企業による海外市場開拓支援、海外企業との連携等による海外市場開拓支援等 ・国内外のイノベーション資源の融合による国際競争力の獲得 ・業界団体/連盟のプラットフォーム化による、AIベンチャー企業に対する国際協力・海外の技術紹介等のサービス提供
	組織連携	・「インターネット+」政策連絡会議制度を利用した領域横断的な専門家・中核企業による定期連絡会議体制の整備 ・中央政府、地方政府、研究機関、産業等の連携促進

また、2017年1月22日には、国家互連網情報弁公室（国家インターネット情報事務室）及び財政部の共同提唱による、中国インターネット投資基金が設立された。基金の計画総規模は1,000億人民元（約1.6兆円）に上る。第一期の規模である300億元（約4,800億円）は既に全額落札が決定済みとなっており、今後もさらに多くの人工知能分野に係る基金が創設される見込みであるといわれている。

さらに、2月には国家発展改革委員会が国家工程（プロジェクト）実験室¹⁸のリスト公布を開始。百度、阿里巴巴（アリババ）、騰訊（テンセント）といった大手ICT企業各社はいずれも発展改革委員会の承認を得て、数多くの国家工程実験室の共同設立に関与することとなっている。

¹⁸ 国家工程実験室は、国家発展及び改革委員会が主管する民間企業や（民営に転じた）研究機関、科学研究院、大学等に基づいて設立された研究開発組織。国家科技イノベーションシステムを構成する重要な一部分を担っている。

表 1-4 中国における国家工程実験室の例

民間企業・組織	概要
<p>百度 (Baidu)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2017年3月2日、百度の陣頭指揮によって、深層学習技術及び応用に関わる国家工程実験室が誕生した。中国人工知能分野における初めての国家工程実験室となった。 • 同時に、百度は更に共同設立企業としてビッグデータシステムソフトウェアに関わる国家工程実験室、脳型人工知能技術及び応用に関わる国家工程実験室の設立事業にも共同関与している。 • 百度が率先して創設した実験室は、深層学習技術、コンピューター視覚センサー技術、コンピューター聴覚技術、バイオメトリクス認証技術、新型ヒューマンコンピューターインタラクション技術、標準化サービス、深層学習の知的財産権という七つの方面に重点的に注力している。
<p>阿里巴巴 (Alibaba)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 阿里雲（アリババクラウド）が関与する「工業ビッグデータ応用技術に関わる国家工程実験室」と「ビッグデータシステムソフトウェアに関わる国家工程実験室」がいずれも承認認定を取得したことを公布した。 • これら両実験室は、それぞれ工業ビッグデータの応用及びビッグデータシステムソフトウェア分野に関わる唯一の国家レベルのプロジェクト実験室とされている。
<p>清華大学 騰訊 (Tencent)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 清華大学が主導的役割を担った「ビッグデータシステムソフトウェアに関わる国家工程実験室」が承認された。 • 騰訊雲（テンセントクラウド）は当該試験室の重要な共同設立企業の一つであり、国家レベルのビッグデータ技術イノベーションプラットフォームのキーテクノロジーへの取組、国家ビッグデータ技術規範の起草、ビッグデータのアプリケーションデモンストラーションの実施等といった一連の事業を展開している。

(出典) <http://dy.163.com/v2/article/T1488276280148/CF0GSKMS0511DG8P>

さらに、中国の国家発展改革委員会は、2017年における「インターネットプラス」に係る主な22のプロジェクトを発表した。その中のAIに関するプロジェクトは、百度、科大訊飛(iFlytek)、騰訊(Tencent)等の民間企業が担当し、地域と連携しながら人工知能機能を利用できる公共サービスプラットフォームの構築を進めることとなっている。

表 1-5 管轄及び担当企業

管轄	担当企業・構築プラットフォーム
北京市発展改革委員会	北京百度网讯科技有限公司 人工知能基礎資源公共サービスプラットフォーム
安徽省発展改革委員会	科大訊飛 (iFlytek) 股份有限公司 科大訊飛人工知能クラウドサービスプラットフォーム
深セン市発展改革委員会	騰訊 (テンセント) 計算機系統有限公司 人工知能基礎資源公共サービスプラットフォーム
重慶市発展改革委員会	重慶中科雲叢科技有限公司 人工知能基礎資源公共サービスプラットフォーム

(出典) <http://dy.163.com/v2/article/T1488276280148/CF0GSKMS0511DG8P>

このプラットフォームの目的は、

- 新型の超大規模コンピュータクラスターを構築し、音声、画像、地理情報等のフォーマットされたデータを集積して全業界が使用する人工知能基礎資源データベースを築き、
- クラウドでの人工知能分析処理やデータ自動ラベリング機能等を備え、顔認識、文字識別、オンライン音声認識等の補助分析機能を提供し、
- 人工知能エコシステムの開発や構築のために基礎的、公共的サービスを提供する。

というものであり、具体的な機能要件としては以下が示されている。

1. プラットフォームに保存されるデータ容量は 5PB 以上とし、500 万件以上の標準化されたデータリソースを生成し、画像や音声を使うアプリケーションによる API 利用回数が 1 日平均 1 億回を越えることを可能とする。
2. 2 つ以上のプロジェクトによる知能化処理されたデータラベルを持ち、知能分類標準を制定し、ストレージリソースの評価プラットフォームを構築する。
3. 画像認識率が 93%を越え、文字識別率 (中国語) が 90%に達し、オンライン音声認識率が 95%を越える。

これらのプロジェクトは、国家発展改革委員会の管轄下で行われる開発プロジェクトであり、それぞれトータルで 1 億元以上投資される。

② 民間企業等による取組

中国では、大手 ICT 企業である百度 (Baidu)、阿里巴巴 (Alibaba)、騰訊 (Tencent) の 3 社 (頭文字から BAT と称される) が人工知能技術開発及びその活用を牽引している。各社は、人工知能の独自の研究体制を構築している他、新興企業への積極的な投資・買収を行い、事業分野の拡大を目指している。なお、中国の 2016 年におけるベンチャーキャピタルへの投資額は、昨年比 19%増の推定 316 億ドルとされる¹⁹⁾。

¹⁹⁾ Venture Pulse, Q4' 16, Global Analysis of Venture Funding, KPMG Enterprise. Data provided by PitchBook, January 12, 2017

表 1-6 中国の大手 ICT 企業における取組

企業	研究体制	特徴/最近の動向等
<p>百度 (Baidu)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2013 年、画像認識・機械学習等を対象領域とする研究所 Institute of Deep Learning (IDL) を北京に設立した。 • 2014 年にはシリコンバレーに、深層学習の第一人者である Andrew Ng 氏を迎え、音声認識、画像認識及び自然言語処理の研究開発を目指す研究所 Silicon Valley AI Lab (SVAIL) を設立した。投資額は約 300 億円とされる。 • 2017 年 1 月には、北京に AR Lab を設立したと発表した。 	<ul style="list-style-type: none"> • 2016 年、深層学習フレームワーク「PaddlePaddle」をオープンソース化した。クラスタ（相互接続されたコンピュータ群）で稼動する国産 AI として注目を浴びている。 • 近年 AR 技術にも力を入れ、2016 年 8 月には AR プラットフォーム「DuSee」を立ち上げた。 • 2017 年 2 月、中国の AI 音声認識プラットフォームを提供する Raven Tech を買収した。
<p>阿里巴巴 (Alibaba)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2016 年 1 月、クラウド・コンピューティング事業の AliCloud において NVIDIA と協力し GPU (Graphics Processing Unit) を採用することを決定した。同時に、研究と技術開発のための共同研究室を設立することを発表した。 	<ul style="list-style-type: none"> • AliCloud が 2016 年 8 月、人工知能「ET」を発表した。 • ソフトバンクとともに合弁会社「アリババ・ロボット・コーポレーション」を設置した。 • 2017 年 2 月には、Intel と提携して人工知能開発のスピードアップを目指すと発表した。
<p>騰訊 (Tencent)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2016 年、機械学習やコンピュータビジョン、音声認識、自然言語処理等を対象領域とする研究所 Tencent AI Lab を深センに設立した。 • AI 研究チームである Youtu Lab が自社サービスのデータを分析した研究成果を発表している。 	<ul style="list-style-type: none"> • 2017 年 3 月、Tencent AI Lab の開発した囲碁ソフト「絶芸 (Fine Art)」が、第 10 回 UEC 杯コンピュータ囲碁大会にて日本の囲碁 AI 「DeepZenGO」に完勝し優勝した。 • オープンソースの機械学習プラットフォーム「Angel」を公開する計画を発表した。

1-2 我が国における取組

社会・経済の様々な場面において人工知能の役割への関心が大きく高まっている中、我が国においても人工知能に関する研究に取り組んでいる。

(1) 国の取組

政府では、2016年4月の「未来投資に向けた官民対話」における総理指示を受け創設された「人工知能技術戦略会議」が司令塔となり、総務省、文部科学省、経済産業省で連携し、人工知能技術の研究開発を進めるとともに、人工知能を利用する側の産業（いわゆる出口産業）の関係府省も協力し、人工知能技術の社会実装を進めることになった。

特に、総務省、文部科学省、経済産業省が所管する、以下の3つの国立研究開発法人に所属する研究センター（3センター）が連携し、中心となって、人工知能技術の研究開発を推進している。

- (ア) NICTの脳情報通信融合研究センター（CiNet）、ユニバーサルコミュニケーション研究所（UCRI）
- (イ) 理化学研究所の革新知能統合研究センター（AIP）
- (ウ) 産業技術総合研究所の人工知能研究センター（AIRC）

総務省においては、自然言語処理、多言語音声翻訳や脳情報通信等について、基礎研究から社会実装までを担当することとなっており、NICTと連携しながら、ビッグデータ処理に基づく人工知能技術や、脳科学の知見に学ぶ人工知能技術の研究開発に取り組んでいる。NICTユニバーサルコミュニケーション研究所（UCRI）において主に自然言語処理技術や多言語音声翻訳技術等の研究開発を、またCiNetでは脳の仕組みを解明し、その仕組みを活用したネットワーク制御技術、脳機能計測技術、脳情報の可視化・定量化技術等の研究開発を行っている。

総務省及びNICTの具体的な取組の例を以下に述べる。

総務省では、2017年度から、人間の脳活動メカニズムに倣い、少数・無作為データから情報を取捨選択しながら分類・学習すること等を可能とする「次世代人工知能技術の研究開発」に取り組むとともに、最先端の人工知能基盤技術を様々な産業分野に早急に展開し、データ収集と人工知能での解析により価値創出を図るため、産学官のオープンイノベーションによる先進的利活用モデルの開発や国際標準化を推進する「IoT/BD/AI 情報通信プラットフォーム」の構築と社会実装を推進している。

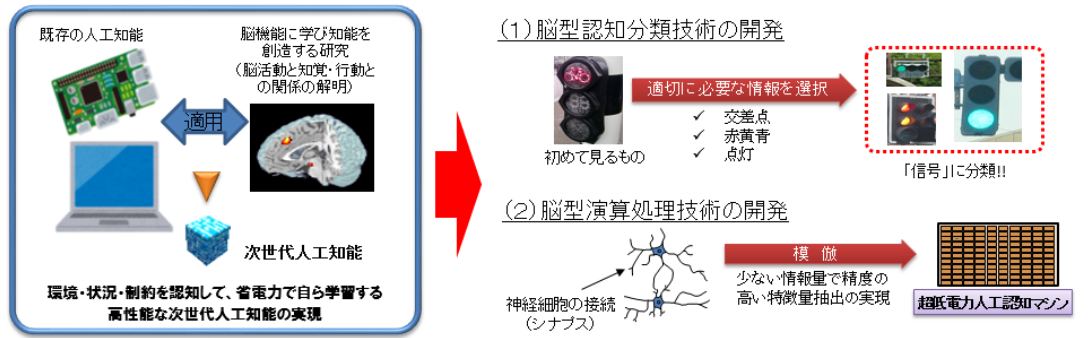


図 1-5 次世代人工知能技術の研究開発

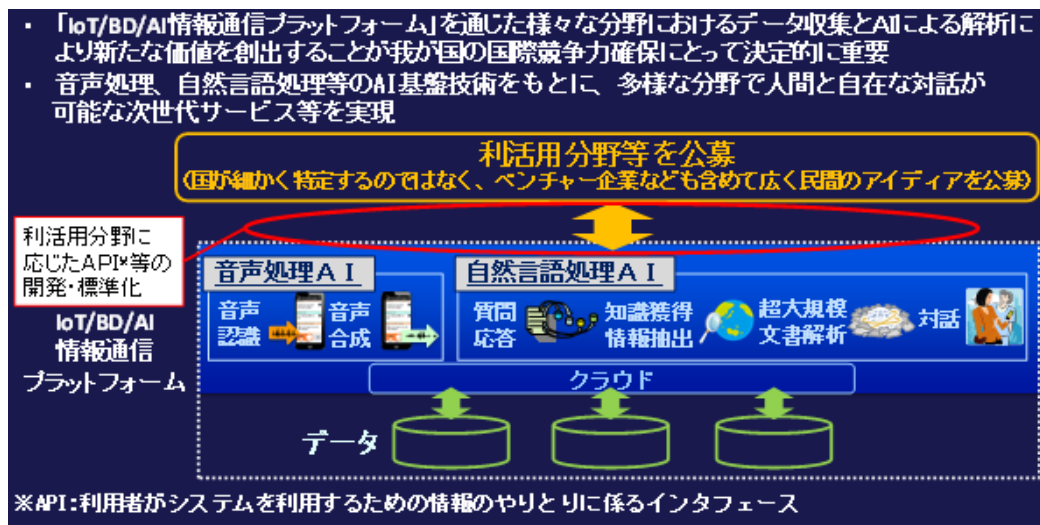


図 1-6 「IoT/BD/AI 情報通信プラットフォーム」社会実装推進事業

また、多言語音声翻訳技術の研究開発・実証の推進への取組として、「グローバルコミュニケーション計画」を2014年4月に発表し、NICTが開発した多言語音声翻訳システムを社会実装することにより、世界の「言葉の壁」をなくし自由でグローバルな交流を実現することとしている。同計画を着実に進めるため、総務省では2015年度から5年間の計画で、多言語音声翻訳システムを社会実装する上で必要な取組として、周囲の様々な雑音の中で会話を正確に認識するための雑音抑圧技術等の研究開発や、病院、商業施設、鉄道、タクシー等の実際の現場での性能評価等を実施している。また、多言語音声翻訳システムを広く普及させることを目的として、誰もが使い易い翻訳システムのユーザインタフェースを開発し、2017年度は全国の4地域（千葉県大多喜町、北海道富良野市、石川県金沢市、大阪府大阪市）において、商業施設や観光案内所等で利活用実証を実施する予定である。さらに、NICTは、日英中韓に加え、スペイン、フランス、タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー語の10言語の旅行会話の翻訳を比較的精度よく実現し、2020年までに実用レベルの翻訳を目指している。研究成果は多言語音声翻訳アプリ VoiceTra で公開している。

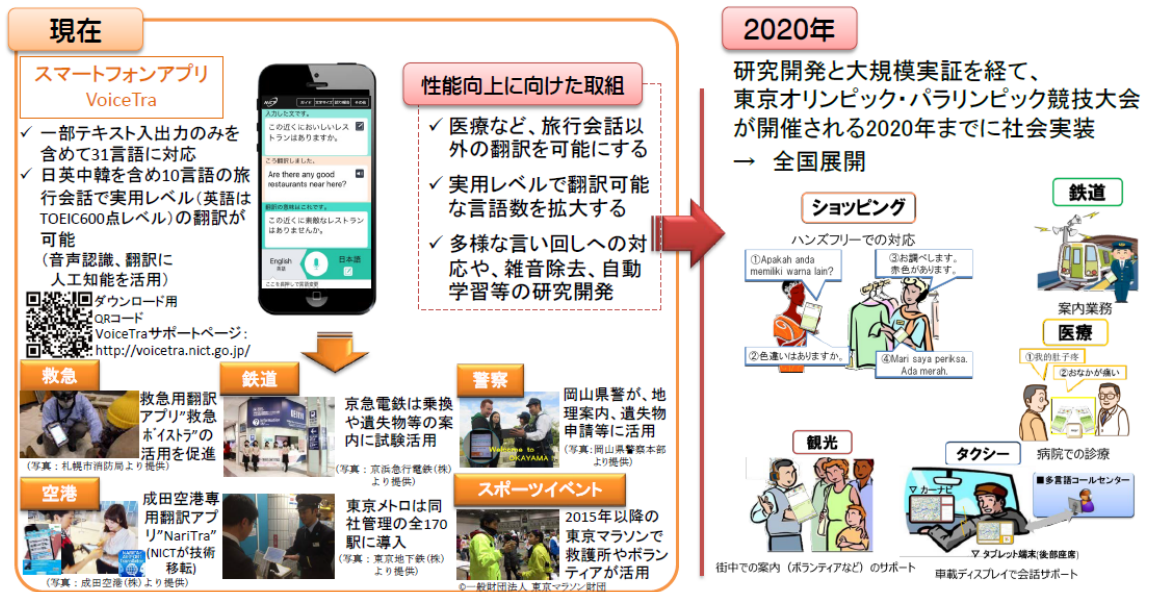


図 1-7 多言語音声翻訳アプリ (VoiceTra)

NICT UCRI には、多言語音声翻訳技術の研究開発を目的とする「先進的音声翻訳研究開発推進センター (ASTREC)」と、インターネット上の大量の情報を自動的に解析し、質問者に有益な回答を提示するデータ解析技術等の研究開発を推進することを目的とする「データ駆動知能システム研究センター (DIRECT)」が設置されている。

現在、ASTREC、DIRECT では多数の民間企業から研究員が出向してきて研究を行っており、我が国における自然言語処理研究の拠点となっている。

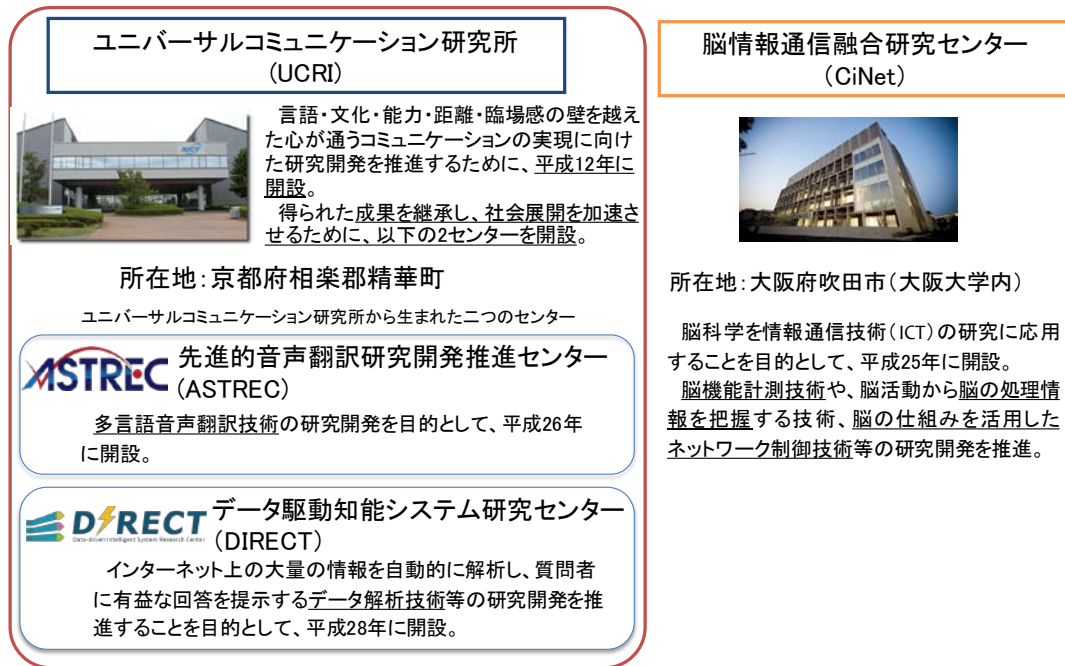


図 1-8 NICT の自然言語処理及び脳情報通信技術における研究拠点

以下、それぞれの研究拠点における先進的な研究開発や実用化に向けた取組等について代表的な事例を幾つか紹介する。

NICT DIRECT では、自然言語処理技術を用い、約 40 億件の Web (ワールド ワイド ウェブ) ページを解析して、ユーザの質問に様々な回答を提示できる情報分析システム「WISDOM X」や、災害時に SNS (ソーシャルネットワークサービス) に発信される膨大な災害関連情報に関し、ユーザの質問に回答したり、エリア内の災害関連情報を一括して分かりやすく提示する対災害 SNS 情報分析システム「DISAANA (ディサーナ)」を開発し、ネット上で無償で公開をしている。また、さらに内閣府 SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) の支援のもと、DISAANA をさらに発展させ、被災状況を地域ごと、時間ごと、トピックの意味的カテゴリ毎に集約、要約して分かりやすく提示する D-SUMM (ディーサム) も無償公開中である。特に D-SUMM は自治体内での被災状況を非常に短時間で把握することが可能であり、救援活動等の効率化に有効であると考えられる (WISDOM X は 2015 年 3 月、DISAANA は 2014 年 11 月、D-SUMM については 2016 年 10 月より公開)。

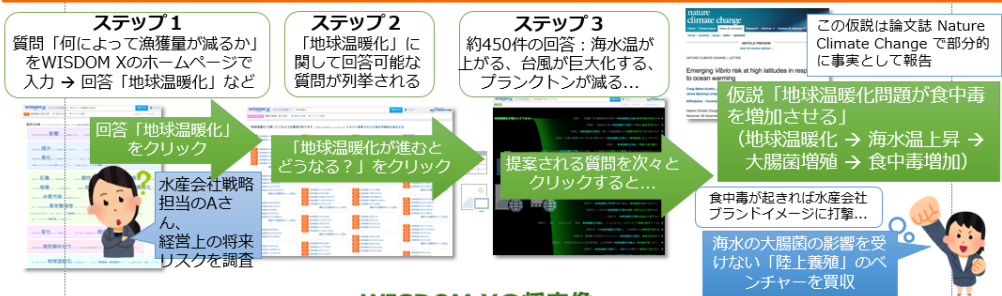
通常の Web 検索では、検索キーワードを含む文書へのリンクが提示されるのみであるが、この場合、キーワードを含む文章が提示されるのみであり、ユーザが文章を読まない限り回答として適切かどうか分からない。一方、WISDOM X は、自然言語処理技術により質問の回答として適切なものをピンポイントで表示するほか、提示された回答をさらに深掘りするための質問を提案する等の機能を持つ。この情報の深掘りをする機能を活用することで、情報源の Web ページには記載されていない仮説を作成することも可能である。

WISDOM X の技術は、将来的に民間企業やシンクタンク等が活用することで、専門家でなくても、あらゆる技術、出来事や事象の膨大な組合せを、人間には実行不可能な規模で分析することが可能となり、将来有望な様々なアイデアを提案する等、企業戦略のサポートとしての利用が期待されているほか、今後大きな発展、普及が予想される音声対話システムにおいて、ユー

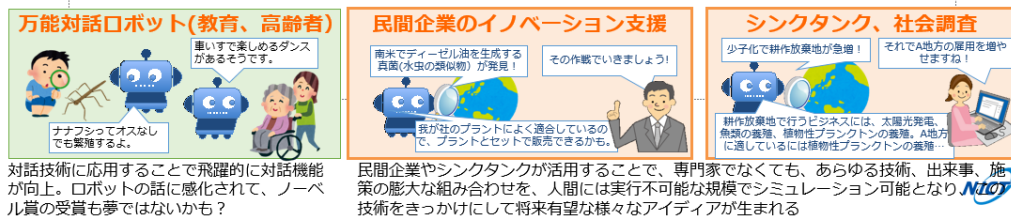
ザに提示すべき有用な知識を Web 等から取得する機能を実現する上で極めて有効な技術である。

DIRECT 大規模Web情報分析システム WISDOM X

- 自然言語処理技術を用いてユーザーの質問に対してWeb40億ページの情報を基に様々な回答を整理して表示
- また、その回答に対して、システムがさらに質問を追加提案することができるため、ユーザーがその質問と回答をたどることによって、新たな「仮説」を立てることも可能
- 一般公開中



WISDOM Xの将来像



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」

図 1-9 大規模 Web 分析情報分析システム (WISDOM X) 概要

また、DISAANA においては、質問の回答に関して矛盾する情報も同時に提示して、デマの可能性を示唆したり、被災報告に対して取られた対応策も同時に提示する等、単なる質問応答にとどまらない各種機能を持つ。これは、システム内部でテキストを意味的に深く分析することによって可能になっているものであり、また、他の質問応答システムにはない特徴である。なお、DISAANA に関しては 2016 年 4 月に発生した熊本地震において、Twitter の情報の分析に使用される等、今後さらに普及が進むものと期待される。

- SNS (ツイッター) 上の災害関連情報をリアルタイムに深く分析・整理して、状況把握・判断を支援し、救援、避難の支援を行う質問応答システム
- ツイートしてから5秒で分析結果を提供可能
- 熊本地震の際には、ツイッター社から人道支援として1ヶ月ほど100%のツイートを提供いただき、その分析結果を提供 (平時は10%サンプル)
- WISDOM X, D-SUMMとあわせて民間企業へのライセンスも締結

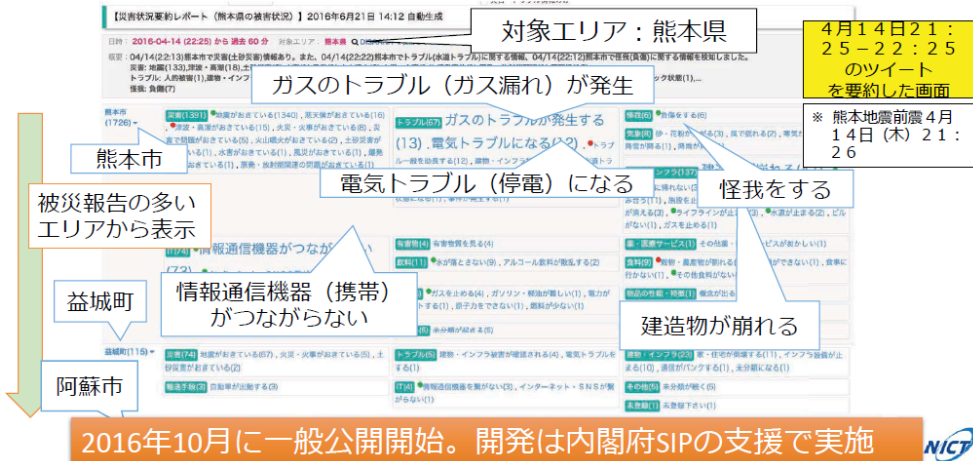


(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」
図 1-10 対災害 SNS 情報分析システム DISAANA

D-SUMM については東京都を含め、自治体での防災訓練に参加する形で実証実験が行われており、今後の活用が期待される。

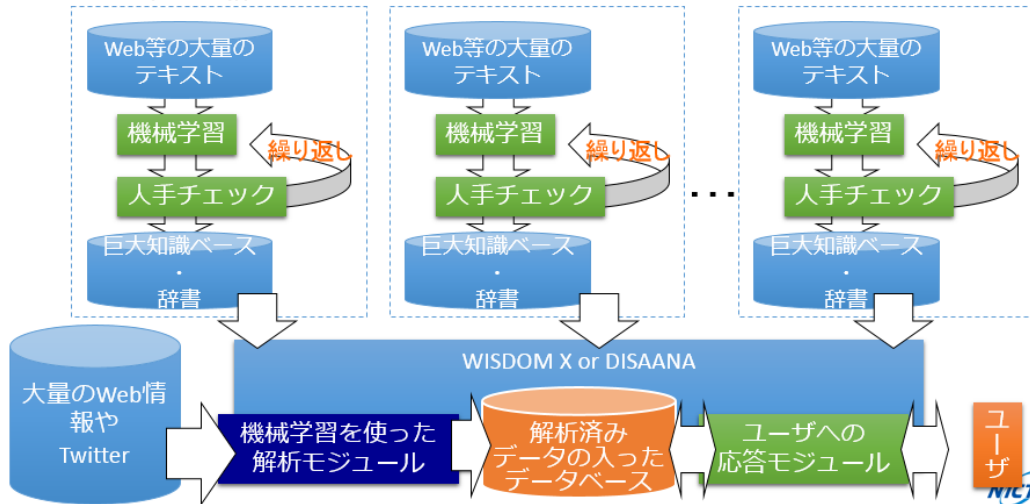
DIRECT 災害状況要約システムD-SUMM (ディーサム)

- 被災報告の自動抽出結果を整理して要約。リアルタイムで被災状況を把握可能。
- 熊本地震においては、発災後わずか1時間以内には、建物倒壊、負傷者発生、停電、ガス漏れ、信号故障等の被災概況が把握できていた。
- 現地機関からの報告やマスコミ報道を待つまでもなく、初動対応に活用可能。



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」
図 1-11 災害状況要約システム D-SUMM

なお、DIRECT では、WISDOM X、DISAANA、D-SUMM といったシステムを図 1-12 に示すとおり巨大知識ベース・辞書、機械学習、データベースの組合せで開発している。



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」
 図 1-12 DIRECT における開発方針

ASTREC では、外国語と日本語の間で話した言葉の自動通訳を可能とする多言語音声翻訳技術等の研究開発を実施している。

現在は無料のスマートフォンアプリ VoiceTra として公開しており、一部テキストによる入出力も含め 31 言語間の翻訳に対応している。中でも日英中韓を含めた 4 言語の旅行会話については、実用レベル (TOEIC600 点レベル相当) の翻訳が可能となっている (VoiceTra は 2010 年 8 月に公開し、シリーズの累計ダウンロードは 200 万件を越えている)。

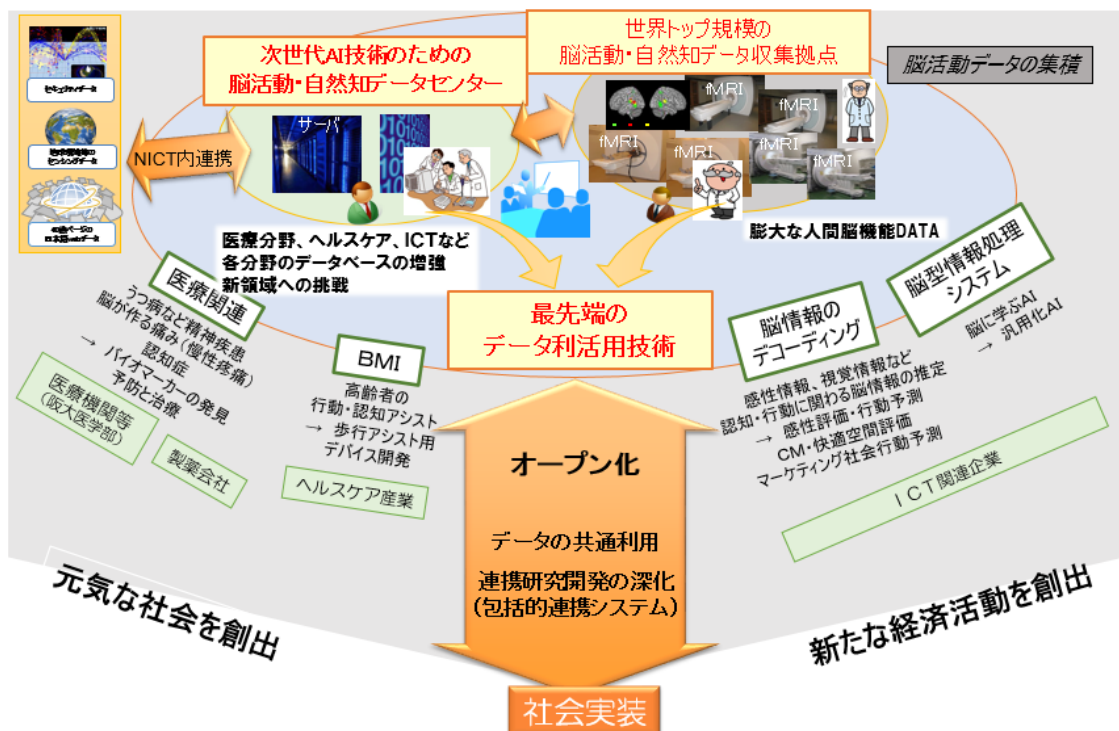
なお、実サービスとして、成田国際空港が公開する多言語音声翻訳アプリ NariTra や KDDI が提供する「おはなしアシスタント」の音声翻訳機能として採用されている。



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」
 図 1-13 VoiceTra 技術の進化

CiNet は、NICT と大阪大学により、加速的に進化している脳機能研究を究め、そこで得られる知見を脳科学に基づく新しい技術体系の発展に応用することを目的とした異分野融合研究を先導する研究機関として 2011 年に創設された。CiNet は、NICT と大阪大学が連携して大阪大学吹田キャンパスの中に世界でもトップクラスの大型の脳計測機器を備え、民間企業や大学・研究所と連携をして研究を進めるデータ駆動型 AI・脳科学融合研究開発拠点として整備したものである。

CiNet では、現在、「近未来・未来の AI 技術」を目指してビッグデータ、機械学習を使って脳を解析する取組、脳に学んだ新しいメカニズムの AI をつくり出す取組の 2 つの柱を掲げて研究に取り組んでいる。



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「脳科学×AI が拓く新しい社会」
 図 1-14 データ駆動型 AI・脳科学融合研究開発拠点

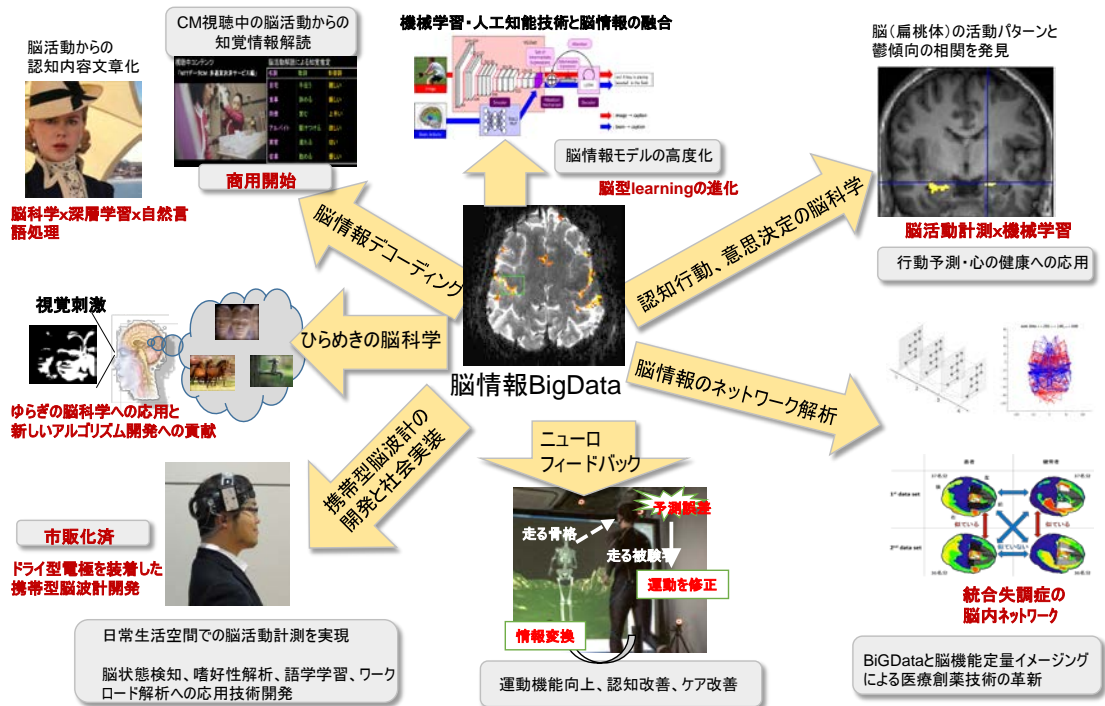
CiNet における研究成果について述べる。脳情報の復号化技術（デコーディング）は CiNet が精力的に進めている研究課題の 1 つであり、動画を視聴中の被験者の脳活動を fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) で計測することによって、その被験者が見ている動画像を推定するという技術を実現している。近年では、それをさらに発展させて、見ているものだけではなく、視聴している映像から何を感じているかを推定(知覚意味内容の解読)できるようになってきた。これが商業の評価に使える技術として実用化に結びついている。さらに、脳内で意識に上った意味を文章として取り出すという技術も開発されてきており、社会への早期の活用が期待されている。

また、高次脳機能の解析が主流となる認知行動、意思決定の脳科学の分野においては、扁桃体の活動を機械学習で分析することによる、将来の鬱傾向の予測という研究が進んできており、このような高次脳機能の解析が、ヘルスケアあるいは職場の労働環境の改善等に応用展開され

ることも期待できる。このような脳の部位の機能計測のみならず、脳機能を情報ネットワークとしてとらえて、このネットワークを解析する手法も進んできている。fMRI を使った脳活動データをネットワークの観点で解析することにより、これまで症状を明確に記述することが難しかった慢性疼痛患者が、健常者とは異なった特徴的な脳情報ネットワークを形成していることが明らかになったり、統合失調症患者の脳情報ネットワークが健常者とは明らかに異なるパターンを示すこと等が明らかになってきている。このような生体の状態を客観的に評価するバイオマーカー（指標）を脳情報の中に見出すことは、医療への貢献のみならず、脳情報通信技術の社会実装において重要な役割を持つ。

CiNet では、上述の fMRI のような大型脳機能計測装置を用いた研究に加えて、社会実装を想定した可搬・携帯型の脳機能計測装置の開発とその活用を進めている。特に BMI 技術の開発において、この試みは重要である。fMRI は大型の設備であり、測定環境を整備して装置を設置した実験室でなければ計測を行うことができない。また、計測において被験者は運動等の身体の自由度を大きく制限される。社会実装する BMI 技術として汎用性をあげるためには、大型計測装置で得られた脳情報の知見を日常空間の中で活用するために脳情報を日常空間で計測・解析する手段が必要である。これを実現するために携帯型脳波計の開発を行っている。民間企業との連携によって、語学学習や運転中のドライバーの集中力の状態等を解析する技術として活かされようとしている。

最近では、この BMI や fMRI を使ったニューロフィードバック技術に関する研究も行っている。例えばスポーツ選手の運動中の脳活動や身体の動きを可視化して本人にフィードバックすることで、運動スキルの向上や新たなスキルの習得を促したり、リハビリテーションの方法、介護方法の改善や効果向上等に活かすことができる技術として社会実装を視野に入れた研究を進めている。ニューロフィードバック技術は、身体的活動にとどまらず、PTSD（心的外傷後ストレス障害）等への適用を想定し、恐怖や嫌悪等、記憶を緩和するといった精神活動にも応用できることが明らかになってきている。バイオマーカーの発見という観点で、被験者の視野に恐怖記憶の対象を表す脳活動パターンを検出したときに、被験者に報酬を与えることで恐怖記憶を消去することに成功している。



(出典) (事前会合) CiNet プレゼン資料「脳科学×AI が拓く新しい社会」
 図 1-15 人工知能に関連した CiNet の研究成果

また、NICT では、蓄積してきた言語情報データや、脳情報モデル等を全国規模で研究開発テストベッドネットワーク (JGN) を通じて利用可能とする「最先端 AI データテストベッド」の構築を進めている。また、IoT の技術実証と社会実証の一体的な推進のために、既存の 4 種類のテストベッドを統合した「総合テストベッド」を構築・運用している。



図 1-16 最先端 AI データテストベッド

(2) 民間企業等における取組

上記のほか、我が国の民間企業等が取り組んでいる主な事例を、次に述べる。

① NEC (自然言語処理技術・脳情報通信技術)

自然言語処理技術に関する取組として、声の高さや声色等から相手の感情を認識する「会話解析」の技術によりコールセンター等の高度化を実現した。さらに、テキスト含意認識技術

によって、案件の中から管理が必要なもの等を抽出することで業務の効率化に取り組んでいる。

また、脳情報通信技術に関する取組として、2016年4月1日には、大阪大学と共同で、脳の振る舞いから人間の理解・認知の構造を解明してコンピュータ上で再現することによって、新たなコンピューティングの基盤を目指す取組を進める「NECブレインインスパイアードコンピューティング協働研究所」を設立し、脳の振る舞いから人間の理解・認知の構造を解明してコンピュータ上で再現することによって、新たなコンピューティングの基盤を目指す取組みを進めている。さらに、2016年9月には、東京大学と共同で、アナログ回路の活用により本物の脳を再現し、高度な社会課題を解決する「ブレインモルフィック AI 技術」の研究開発を進めると発表した。様々な感覚入力を汎用的に処理する大脳皮質の知的処理機能を、1ニューロンあたり 10nW 以下で実現する次世代 AI 専用の脳型 LSI を開発する。大量の電力を消費する現在のデジタル計算機ベースの AI 処理に比べ、1 万倍以上の電力効率化が図れるとしている。

② KDDI（自然言語処理技術）

NICT の VoiceTra をベースとして、タクシー車内向けの多言語音声翻訳システムを開発し、鳥取、東京のタクシー車内で訪日外国人向けに多言語の観光案内の実証実験を実施した。観光案内の会話データを取得・解析し、翻訳辞書の高度化を推進している。GPS 情報を活用し、現在地に適した地名の翻訳等、音声翻訳システムの精度を向上させたり、それに関連した文脈をなるべく抽出するという手法で正解率を上げている。

③ トランスコスモス（自然言語処理技術）

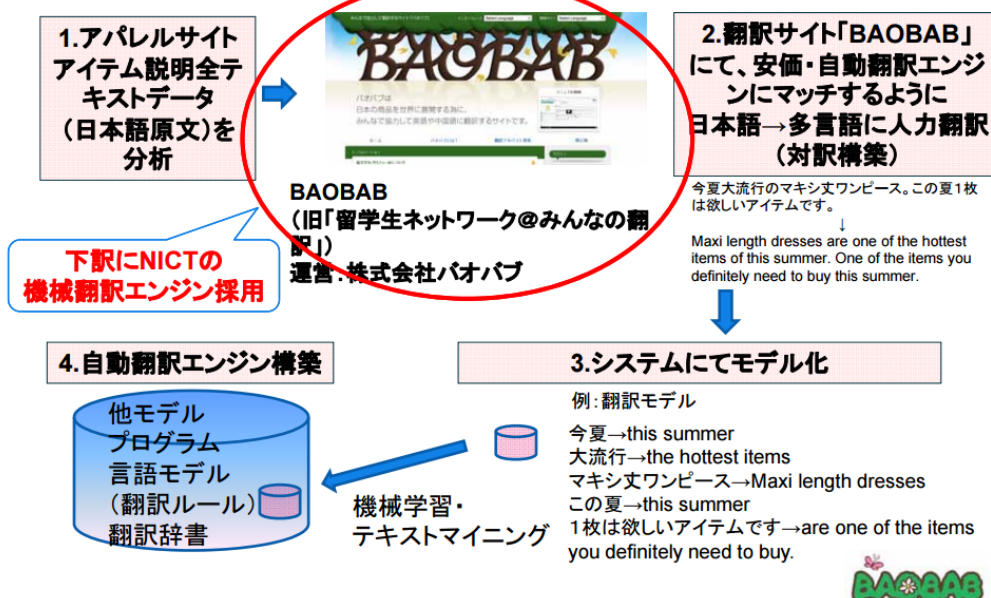
様々な民間企業におけるコールセンター、Web、チャットや SNS を含めたビックデータを活用し、マーケティングコミュニケーションやカスタマーケアの対応支援に取り組んでいる。

また、このようなコールセンターの対応履歴のほか、従来型の会員データ及び販売履歴、音声、位置情報等をマルチチャンネルで集約して機械学習の入力とし、その学習結果をチャットやレコメンドエンジン等のサービスに広く API 連携させた独自のデジタルマーケティングプラットフォームである「DEcode」を開発した。特にチャット広告、チャットコミュニケーションに関しては、専用の独自システムとして「DECAds」を提供しており、広告からチャットへ誘導し、より適切な情報提供やコミュニケーションを行うことで、ユーザーの課題解決や興味関心度の向上を図ることができる。

④ バオバブ（自然言語処理技術）

バオバブでは、クライアント企業から受け取ったデータを自社の翻訳サイトで人手により翻訳し、そのクライアントや分野に特化した機械翻訳エンジンを構築している。人手による翻訳の際には、NICT の提供する機械翻訳エンジンを活用し、下訳を作成することによって、翻訳者を支援し、翻訳作業の生産性・効率性の向上を図っている。

機械翻訳構築のプロセス(例:アパレル特化自動翻訳エンジン)



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」
図 1-17 アパレルに特化した自動翻訳エンジン構築の仕組み

⑤ 日立製作所 (自然言語処理技術)

あらゆるモノ(Things)とヒト(Human)がつながり実現される超スマート社会において、IoTの推進に加えIoHの社会実装に取り組んでいる。

具体的には、「現場力向上」「働き方改革」「サービス向上」のテーマにおいてヒトを支援する人工知能活用技術開発と実装を推進している。例えば「サービス向上」の取組として、店舗や公共スペースでの接客・案内サービス業務で人間を補い共生するサービスロボットの実現を目指し、多言語対応の豊かなコミュニケーション能力をもち、対人業務の高度化により公共スペースでのサービスを向上させるロボット「EMIEW3」を開発、羽田空港や東京駅等に設置して実証実験を実施している。

⑥ 富士ソフト (自然言語処理技術)

コミュニケーションロボットとして、法人向けロボット「PALRO」、家庭向けロボット「Palmi」「ATOM」を開発している。

PALROは音声認識、音声合成、各種センサーとの連携によってコミュニケーションを行う。特に高齢者に向けて展開しており、高齢者施設を中心として全国で850以上の施設で採用されている。主な活用用途としては、話し相手のほか、施設内でのレクリエーション・体操等の運動機能の改善、またクイズやゲームといった脳の活性化や、情報提供のレコメンド等が可能である。

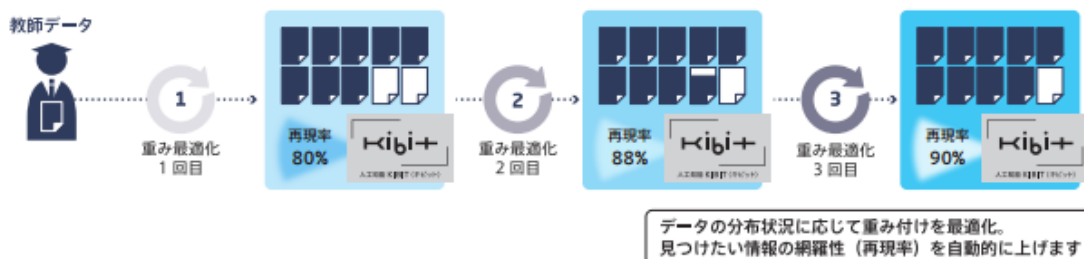
⑦ 富士通 (自然言語処理技術)

主に窓口対応業務に向け、ユーザの要望を理解し、必要な情報を自然に聞き出しながら自律的に対話する技術を開発し、一部の顧客対応業務で技術検証を行っている。さらに、音声分

析により、満足や不満を感じる箇所を特定する技術も開発している。また、東京大学、NICT とともに、NICT が開発した VoiceTra の技術をもとに、医療分野の専門用語の強化や、騒がしい環境における人の音声判別技術等の導入により、実際の医療現場で外国人患者と医療者の方を対象とした臨床試験も行っている。

⑧ FRONTEO（人工知能全般）

テキスト解析に特化し、少量のデータで学習可能な人工知能「KIBIT」を開発しており、訴訟支援等、大量の教師データが揃っていない場合でも活用することができる。同じ人工知能により、精神疾患患者の支援記録を解析し、症状悪化の予兆を発見するシステムを開発している。

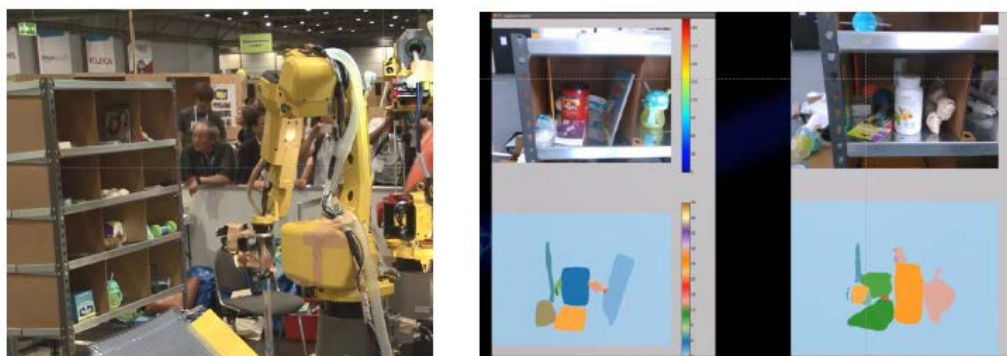


(出典) FRONTEO 研究開発報告書 2015

図 1-18 パフォーマンス向上のための再学習の仕組み

⑨ Preferred Networks（人工知能全般）

Preferred Networks では、深層学習の社会実装に取り組んでいる。例えば、深層学習が特に得意とされている画像認識分野では、画像の中にどのような物体があるかをボックスで表示する仕組みを作ったりしている他、異常検出、制御といった分野でも深層学習の応用として様々な成果をあげている。



Amazon Picking Challenge 2016 (首位と同スコアの2位)

(出典) (第4回) Preferred Networks プレゼン資料「深層学習の社会へのインパクト」

図 1-19 深層学習による画像認識の事例

⑩ 奈良先端科学技術大学院大学（自然言語処理技術）

全国の学会や病院等が保有する症例データ、入退院データ等を活用し、症例報告検索基盤「症例くん」や、テキスト自動構造化ツール「TEXT2TABLE」、自動病名標準化ツール「MedEx/J」を開発している（MedEX/Jは2017年2月時点で開発中）。症状から症例を出すのではなく、症

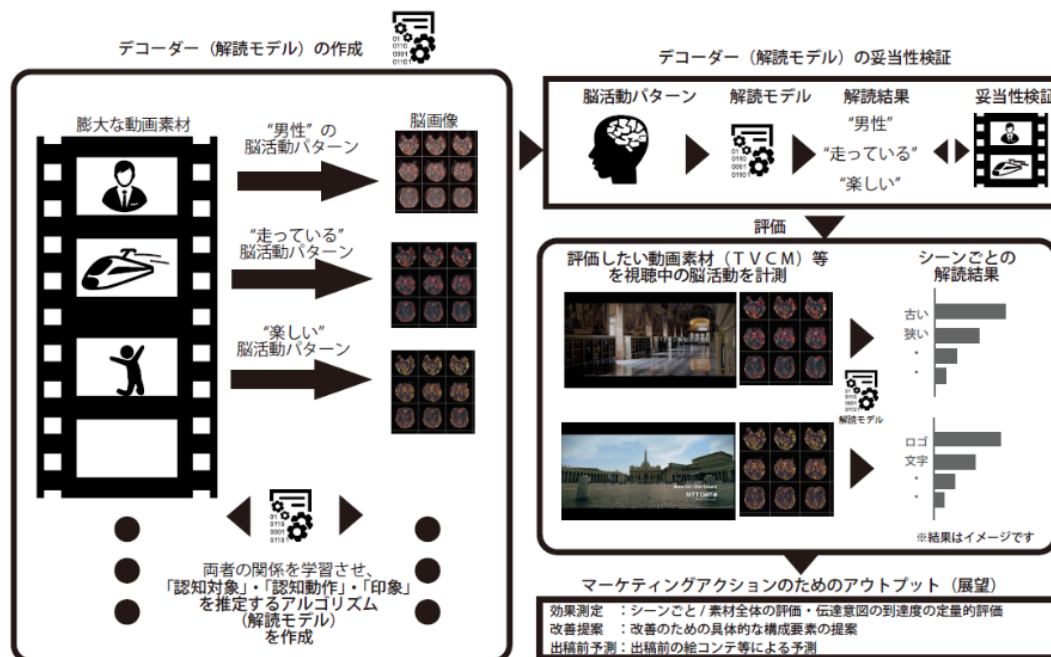
状から診断を出す、診断支援システムの開発にも取り組んでいる。

さらに、病院外のデータの活用にも着目し、例えば Twitter の情報を活用し、感染症の拡大を予測する取組や、認知症や発達障害等の発症と語彙能力の関係に着目し、個人発話データからこれらの疾病を測定する取組も進めており、一定の成果を得ているところである。

⑪ NTT データグループ（脳情報通信技術）

従来、テレビ CM 等の動画広告・コンテンツに対する視聴者の評価は、静止画を見せて主観で評価するという方法が主流であった。これに対し、NTT データ及び NTT データ経営研究所は CiNet で研究開発を進めている脳情報解読技術を活用し、fMRI によって計測される視聴中の複雑な脳活動パターンをリアルタイムで処理し、その反応を言語として可視化することで、定量的に脳活動を把握する仕組みを実現した。

広告の評価のみならず、得られた成果を基に、広告素材（動画）の改善のためのニーズに対する具体的なクリエイティブ要素の提案や、「出稿前の絵コンテ」による効果予測・評価の技術開発も進めている。



（出典）（事前会合）NTT データ経営研究所プレゼン資料「NTT データグループの取組のご紹介」
 図 1-20 TVCM 視聴中の脳活動情報デコーディング（解読）方法

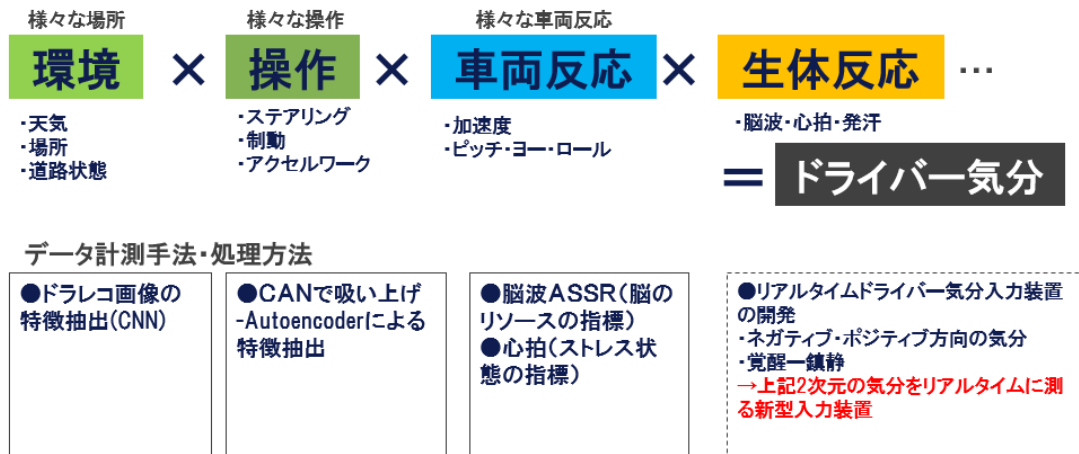
⑫ パナソニック（脳情報通信技術）

低消費電力化・ノイズの耐性強化・接触状態の常時モニタリングを実現することにより、日常生活で計測可能なワイヤレス脳波計を開発している。

また、慶応義塾大学と共同で、ワイヤレス脳波ヘッドセットとニューロフィードバックによる、脳卒中のリハビリ機器を開発した。脳波を解析して脳卒中患者の意思を読み取り、脳波に連動する形で麻痺した手の指を機械で動かしたり、腕に電気刺激を与えることで、神経回路の修復が促される仕組みである。これまで不可能とされていた発症後 6 ヶ月経過後でも機能回復の可能性があるとされている。

⑬ 本田技術研究所（脳情報通信技術）

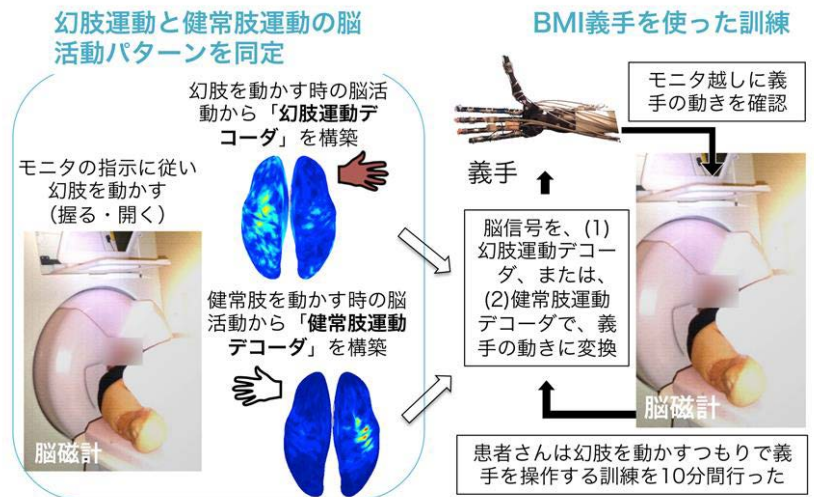
運転中のドライバーの「楽しさ」や「心地よさ」といった感情を、脳波を含めた走行中のドライバーの生体データや運転行動・車両データ・周辺情報から推定する研究に取り組んでいる。



(出典) (第6回) NTT データ経営研究所プレゼン資料「脳情報通信産業の展望」
 図 1-21 「脳情報」や「車両情報」に基づくドライバーの状態推定

⑭ 大阪大学（脳情報通信技術）

2016年、BMI 技術を用いた義手を開発し、幻肢痛の患者が BMI 義手を使うことで、痛みをコントロールすることに成功した。また、同年、冷却シートを額に貼るような感覚で装着できるパッチ式脳波センサの開発を発表し、リアルタイムに脳状態を可視化し、手軽に睡眠中の脳波を計測する事に成功した。



(出典) 大阪大学研究情報「念じると動く義手で幻肢痛のコントロールに成功」、2016年10月27日
http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2016/20161027_1

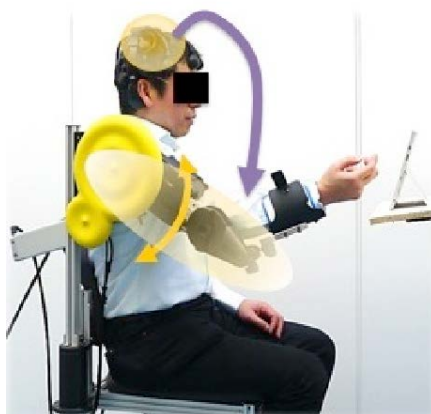
図 1-22 BMI 義手を使った訓練

さらに、脳情報のデータベースに係る取組として、「ヒト脳表現型コンソーシアム」という日本最大のヒト脳表現型の包括的なリサーチソースデータベースを構築し、健常者、統合失調症、気分障害、発達障害等の患者における、安静時 fMRI・三次元脳構造画像等の様々な脳

情報やゲノム DNA 情報等、3,000 例以上を蓄積している。

⑮ 国際電気通信基礎技術研究所(ATR) (脳情報通信技術)

上肢麻痺のリハビリテーションを目的とした簡易外骨格ロボットを開発している。脳活動に対してロボットが動作することでリハビリ効果向上を確認し、BMI 療法として実用化された。また、簡易脳波計と、動作を意図する脳活動に反応して動く外骨格ロボットによる運動支援・リハビリシステムも開発している。



(出典) (第3回) ATR プレゼン資料「脳情報通信の応用に関する ATR の取組」
図 1-23 簡易外骨格ロボット

ATR では、健常者・患者の安静時脳機能画像をこれまでに 1,800 例蓄積 (2016 年 9 月 21 日時点)、多疾患データベースを構築している。2014 年度に策定した安静時脳機能画像の統一プロトコルについて、利用者を広げるため、革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト疾患研究チーム (精神疾患) と共同体制を作っている。より信頼性の高いバイオマーカーを開発するために、健常者に対しても本プロジェクトで対象とする疾患に関連する臨床・行動指標を統一的に実施するためのプロトコルを策定した。

また、ムービングファントム撮像を実施し、被験者間に比べて施設間の変動は小さくスキヤナの違いが影響している可能性を示唆し、被験者数を増やし、施設間の違いを補正する方法の開発を行う。

* データベース・コンソーシアムのホームページで公開予定。
(<http://www.cns.atr.jp/decnefpro/>)

	平成28年度	平成29年度
データベースの管理・運営 (100%/H27, 70%/H29)	各機関からの安静時脳活動データの提供および管理	→
	各機関へのバイオマーカー開発プログラムの配布および管理	



(出典) (第3回) ATR プレゼン資料「脳情報通信の応用に関する ATR の取組」
図 1-24 多疾患データベースの構築

⑯ 産業技術総合研究所 (脳情報通信技術)

簡易脳波計から得られた脳波を解析することで、患者がパソコン画面上に表示された意思

伝達メニューの中からどの項目を選んだかを推測する技術を開発している。筋萎縮性側索硬化症(ALS)や閉じ込め症候群等、意思疎通の難しい患者のコミュニケーション手段（ニューロコミュニケーター）として活用することが考えられる。



(出典) http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/story/no4.html

図 1-25 ニューロコミュニケーター

⑰ ソニー（データ収集）

現在、人工知能は、人が情報を直接入力しなくても直接実社会のセンシングする方向にシフトしてきており、人には知覚することが困難なセンシングデータであっても人工知能では処理が可能となる。ソニーでは、人の目を超える超高感度・超ハイフレームレート、超ハイダイナミックレンジ等の先端イメージセンシング技術を実現しており、これらにより人工知能技術やIoT技術の進化を推進する。

IoTにおける課題；実社会を如何にして切り取るか

圧倒的な情報量を持つ「画像」。しかし、画像をとらえるには難しい条件が多く存在。

IoTの構成要素
(Cyber/Physical System)

人の目を越えた画像センサがIoTの進化をドライブ

**暗闇を捕える
超高感度技術**

デジタルカメラ黎明時代から積み上げてきた半導体プロセス・デバイス革新で暗闇をもクリアに映し出す

**超高速で動くものを捕える
高速・低消費電力技術**

世界初、メモリ一体型画像センサー技術で人が見えない1/1000秒の瞬間を連続で撮影

**まぶしい所と暗い所を同時に捕える
広ダイナミックレンジ技術**

高速化技術、高感度センサー、両方を備った技術開発に力を入れ、白黒の中間領域が広い、すべてを捉えられた映像を実現

(出典) (第6回) ソニープレゼン資料「人工知能にを入力する最強の実世界情報を作る～人の眼を超えた先端イメージセンシングのIoT応用～」

図 1-26 人の目を越えた画像センサの例

第2章 自然言語処理技術・脳情報通信技術の社会実装が実現する社会像

2-1 自然言語処理技術・脳情報通信技術における現状認識

(1) 自然言語処理技術

第0章で述べたように、自然言語処理技術においては、その根幹となる言語データの収集において、Google、Apple、Facebook、Amazonといった海外の大手ICT企業がそれぞれ独自のエコシステム構築のもと、既に大量のデータを保持している状態である。

特にAmazonの家庭用音声アシスタント端末Amazon Echoと、これに搭載されているクラウドベースの音声認識機能Alexaの普及の勢いは大きな注目を浴びている。

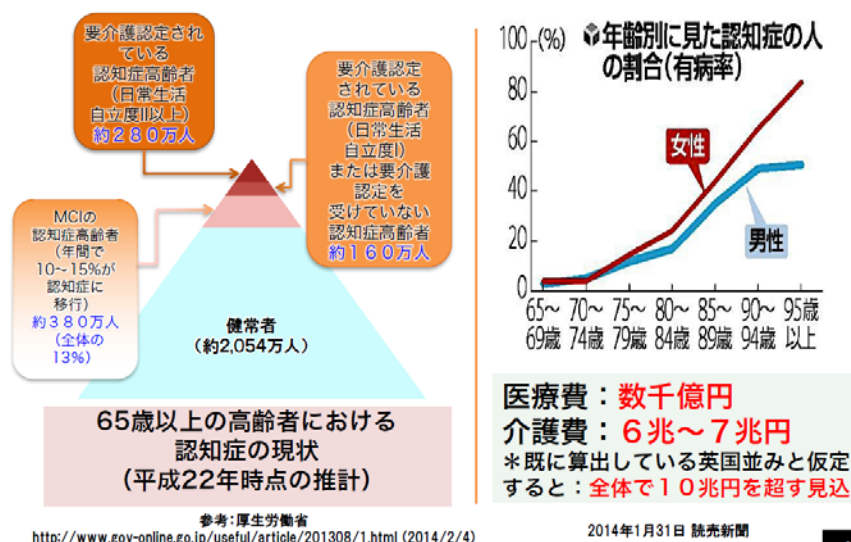
このように、大量にBtoC(Business to Consumer)で普及させてカバレッジをあげていく海外の大手ICT企業に対抗するためには、我が国ならではの社会課題の解決や社会貢献を目的とした自然言語処理アプリケーションの開発に取り組むことが有効と考えられ、特に医療、防災、対話や翻訳等の生活支援等の分野に着目した。

医療分野を取り巻く現状について述べる。

医薬品産業は我が国を牽引する産業の一つであるが、新薬の創出コストが増加しつつある一方で製薬企業における研究開発費は2008年をピークにほぼ一定のままである。さらに人件費が高いことから治験にかかるコストも高く、我が国の競争力は徐々に低下しており、実際に2008年から2013年にかけて医薬品の売り上げは減少、今後も厳しくなると予想されている。

その一方で、我が国における高齢化問題、医療費問題は深刻化しており、例えば我が国における認知症発症の割合は、65歳以上の高齢者で7人に1人程度とされており、医療費は年間1.9兆円、介護費は6.4兆円に上ると推計され、大きな社会負担となりつつある。

認知症発症数と医療費



(出典) (第2回) 奈良先端科学技術大学院大学プレゼン資料「自然言語処理の医療応用」

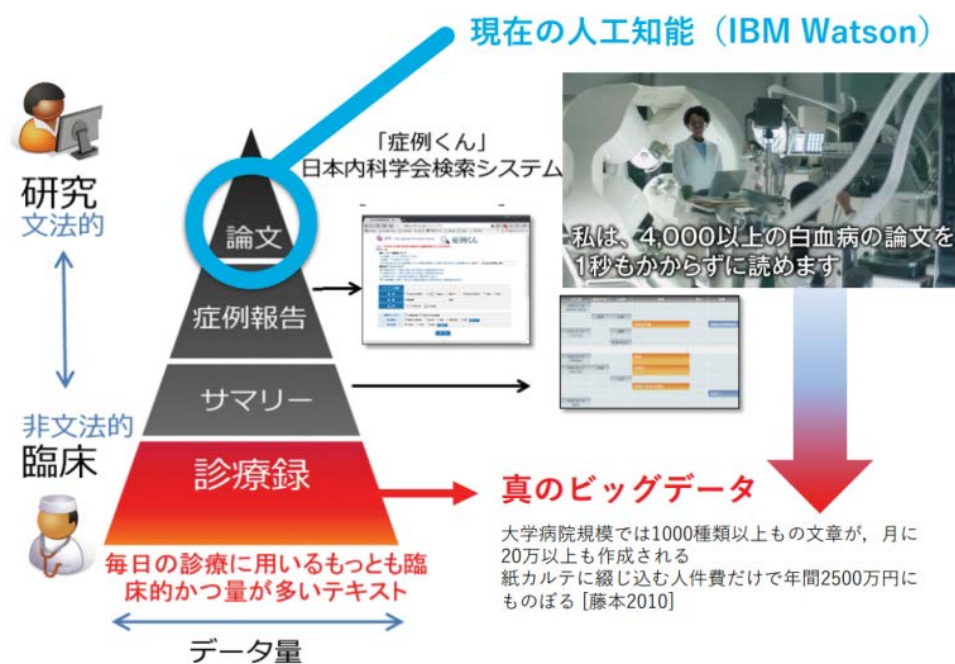
図 2-1 認知症発症数と医療費

この状況を打破すべく、AI、すなわち自然言語処理を医師の診断支援に活用することが期待されている。例えば代表的な病院内のテキストデータとしては、最も臨床に近いデータといえ

る診療録から、これをまとめたサマリー、症例報告、論文という研究に近いデータまでいくつかの種類がある。この中で論文データの活用については実際に研究が進められているところであり、例えば4,000以上の白血病の論文を1秒もかからずに学習するというIBMのWatsonは、2016年8月、東京大学医科学研究所において特殊な白血病のタイプを10分で分析したことで注目を浴びた²⁰。

但し、論文データは最新の治療法を発見する等、活用目的が高度医療に限られる可能性がある。これに対し診療録等、臨床に近いデータの活用は、日々の医師の診療のサポートに直結し得ると期待される。診療録については、大学病院規模であれば1,000種類以上もの文章が月に20万以上作成されるとも言われている。また、症例データについても、例えば最も日本で大きい内科系の学会である日本内科学会では、約10年間で4万5,000ほどの症例を保有しているという。

このように最も臨床的かつ量が多いテキストデータにも関わらず、現状は各病院や大学、学会等が保有しているデータが全国に島状に散らばっている状態であり、上述の人工知能を活用した診療サポート等が社会実装に至らない原因となっている。まずはこれらのデータを集約し、活用していくことが期待されている。



(出典) (第2回) 奈良先端科学技術大学院大学プレゼン資料「自然言語処理の医療応用」
図 2-2 病院内のデータの利活用

さらに、このような電子カルテ等の病院・施設内のシステムから得られる情報の活用に加え、2010年以降、新たに大きく2つの潮流が生まれている。

1つ目は、検索ログ・データやSNSデータ等、病院外のデータの活用であり、もう1つはセンサー等によって得られる深いデータの活用である。

例えば奈良先端科学技術大学院大学では、Twitterの情報を活用し、感染症の拡大予測に取

²⁰ <https://yomidr.yomiuri.co.jp/article/20160806-0YTET50000/>

り組んでおり、東京オリンピックに向けた危機管理体制の一環として、SNS を用いた感染症発生の推定ツール開発を実施している。

インフラの不安定性の問題や、ユーザ・バイアスの問題、正確性の問題、さらに責任の所在の問題等の検討を進めることにより、さらなる社会実装が促進されるものと期待されている。

さらに、病院外のデータ活用として、奈良先端科学技術大学院大学では認知症や発達障害等の発症と語彙能力の関係に着目し、個人発話データからこれらの疾病を測定する取組を進めており、一定の成果を得ている。



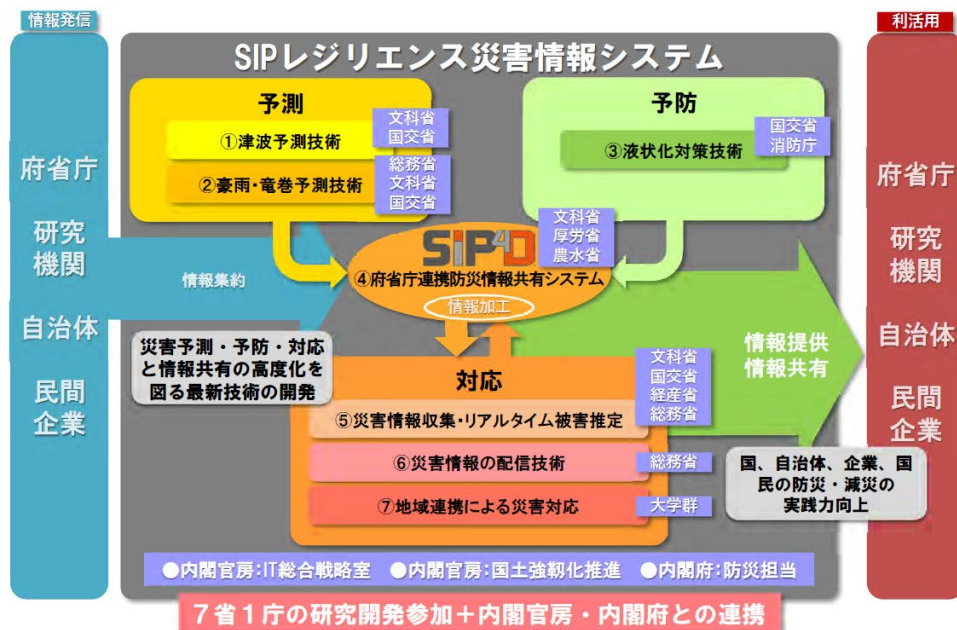
(出典) (第2回) 奈良先端科学技術大学院大学プレゼン資料「自然言語処理の医療応用」

図 2-3 医療情報への展望

このように、自然言語処理の医療分野への適切な活用については、大きく期待が寄せられているところである。

防災分野を取り巻く現状について述べる。

現在、内閣府総合科学技術・イノベーション会議で推進している「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)」の中で、防災は「レジリエントな防災・減災機能の強化 (SIP 防災)」としてテーマの一つに設定され、多くの研究開発が進められているところである。SIP 防災では予測、予防、対応という3つのテーマに対して詳細技術の開発を行っているが、中でも「府省庁連携防災情報共有システム (SIP4D)」では、国全体で状況認識を統一し、的確な災害対応を行うために、所掌業務が異なる多数の府省庁・関係機関等の中で、横断的な情報共有・利活用を実現するシステムの開発に取り組んでいる。

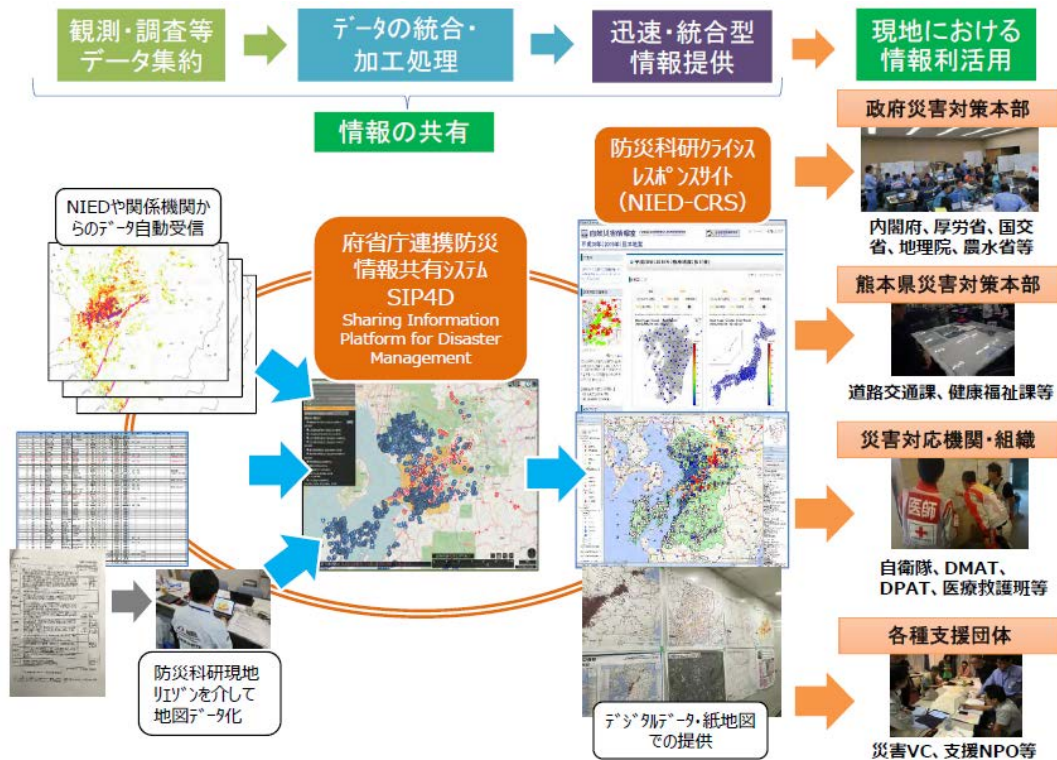


(出典) (第5回) 防災科研プレゼン資料「防災・減災分野からのAI技術への期待—熊本地震災害対応の事例から—」

図 2-4 SIP 防災の全体構成

本システムについては、2016年4月に発生した熊本地震において実際に適用され、その利便性を確認したと同時に、現状の技術におけるいくつかの課題も明らかになってきたところである。

例えば、熊本地震では様々な機関から集められた情報をSIP4Dに集約し、防災科研クライシスレスポンスサイトを介して利活用機関へ提供した。その中で、可能な限り複数の機関が同じ情報を互いに共有できるよう、COP（共通状況図）を展開したが、さらに大きな地震が発生した場合に同様の対応が可能かどうかについては、今回の経験を踏まえた課題とされている。



(出典) (第5回) 防災科研プレゼン資料「防災・減災分野からのAI技術への期待—熊本地震災害対応の事例から—」

図 2-5 熊本地震における SIP4D の情報共有・利活用支援

一方で、このように防災分野における情報システムの活用に向けた取組は進められているものの、自然言語処理技術等の人工知能技術の有効活用にはまだ至っていない。

例えば、熊本地震では、指定避難所以外にも避難所が多数発生し、どこに避難所があるのか、その避難所にどのくらいの人が集まっているのかといったことを把握するのに、非常に現場の負担をかけて対応しなくてはならない状況であった。その理由としては、指定の避難所に関しては緯度経度、住所、避難所名のデータがもともと揃っているため、地図化して共有することが容易であるが、指定外避難所については、明確な情報フォーマットが無い中、現場の職員が情報を集約して上にあげていくことになる。そのため、名前が変わっていたり、緯度経度が含まれていなかったりといった様々な問題が発生し、人手をかけて手作業でデータを確認・整理していく必要が生じてしまったというものである。

熊本地震時における避難所情報の不整合

事前情報：国土数値情報（緯度経度あり）

避難所名	住所
(旧) 西部小体育館	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字河陽4964
(旧) 立野小体育館	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字立野1596
総合センター	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字吉田1495
総合福祉センター	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字久石2705
長陽体育館	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字河陽3570-1
南阿蘇西小体育館	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字河陽2999-2
白水小学校	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字吉田1499
白水体育館	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字吉田1007-1
白水中学校	熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字吉田2301

緯度経度情報があるので地図化は容易



様々な不整合があり、統合処理が非常に困難

現地情報：熊本県避難所情報（緯度経度なし）

市町村名	避難所名	施設名	住所
南阿蘇村	久木野福祉センター	久木野総合福祉センター	南阿蘇村久石2075
南阿蘇村	久木野総合センター	久木野総合福祉センター	南阿蘇村久石2075
南阿蘇村	白水体育館	白水体育館	南阿蘇村吉田1007-1
南阿蘇村	白水保健センター	白水保健センター	南阿蘇村吉田1495
南阿蘇村	白水小体育館		熊本県阿蘇郡南阿蘇村吉田1499
南阿蘇村	福祉センター		玉名市岩崎88-4
南阿蘇村	白水中体育館		熊本県阿蘇郡南阿蘇村吉田2301
南阿蘇村	南阿蘇中体育館		熊本県阿蘇郡南阿蘇村河陽3645
南阿蘇村	南阿蘇西小体育館		南阿蘇村大字河陽2999-2
南阿蘇村	旧長陽西部体育館		
南阿蘇村	旧立野小体育館		南阿蘇村立野1596
南阿蘇村	下野公民館		南阿蘇村大字下野647-1

- ① 避難所情報に緯度経度が含まれていないため、位置を特定できない
- ② 事前情報にない避難所が新設される
- ③ 事前情報で1つだった施設が2つになっている
- ④ 避難所名と施設名の違いが不明
- ⑤ 事前情報と名前が変わっている
 - ・旧名称や新名称が混在
 - ・紛らわしい名前が混在
 - ・誤りも多々存在
- ⑥ 住所不明の避難所もある

…等々

(出典) (第5回) 防災科研プレゼン資料「防災・減災分野からのAI技術への期待—熊本地震災害対応の事例から—」

図 2-6 熊本地震における避難所情報の不整合

また、災害現場は依然としてホワイトボード、FAX、紙地図という3点セットでまわっている。ホワイトボードは人の手で書き込まれるため、読みにくいことも多く、それを人が目で見て判断して活動するため、混乱を生じやすい。また、情報を集めても、誰がまとめてどこに集約されるのか分からず、結局同じことを何度も現場に問い合わせることになる等、情報の迅速かつ確実な集約や共有が難しい状況である。なお、技術的にはタブレット等で代替することは問題ないが、現場の職員が災害時にすぐに作業に入れるような使いやすいデバイスではないことも、このような状況が続いている一因と考えられる。

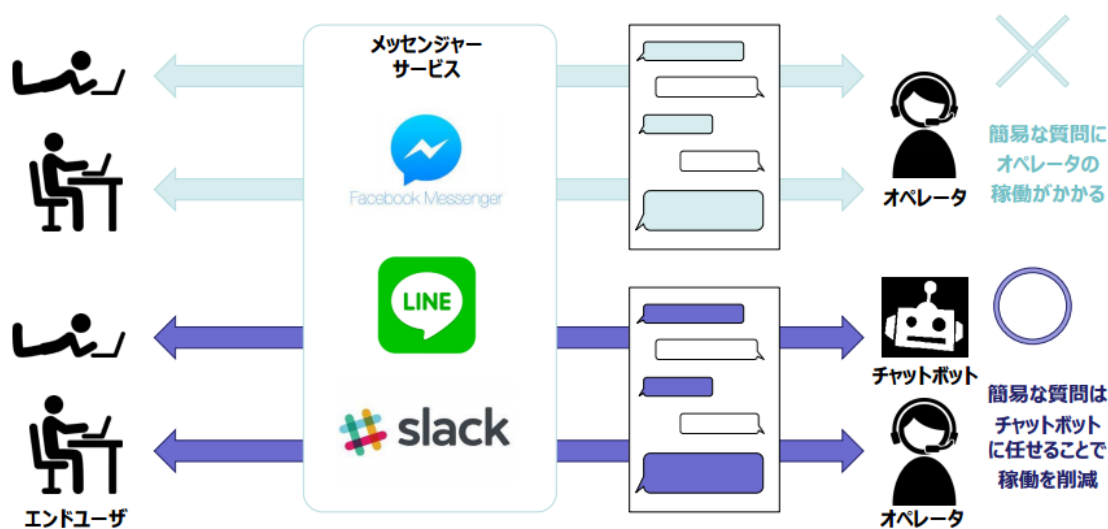
上述の指定外避難所の情報収集の過程において避難場所の名前が変わっていたり、緯度経度が含まれていなかったりといった問題に関しては、NICTの自然言語処理技術をもって対応できる可能性があるが、災害現場における情報共有の効率化については、ICTが現場の要求によりそのような技術、例えば、ホワイトボードに書き出した文字を判別して電子化したり、重要な内容を抽出していくような技術の開発に取り組む等、ICTを現場サイドに持っていくことにもっと注力する必要がある。

また、隠れた災害リスクへの対応については、構造化されたデータの融合処理・シミュレーション等の技術はかなり進んできている一方で、自然言語のような文字情報を含め非構造化データと構造化データを合わせた融合処理はまだ十分に研究が進んでおらず、今後の重要な課題と考えられる。

これらの課題に対応するにあたっては、防災機関のみで対応していくことは難しく、自然言語処理や空間情報の専門家と融合した形で、国としてプロジェクトを進めていくことが必要である。

対話分野を取り巻く現状について述べる。

これまで、対話技術としては Apple の Siri や Google の Google assistant 等、音声によるアシスタントサービスや、IBM の Watson による質問応答等が中心であった。しかし近年、主に LINE や Facebook Messenger、Slack といったメッセージングサービスの利用率の高まりを背景に、メッセージングサービス上でのユーザからの自然言語による問いかけに対して自動応答する「チャットボット」とよばれる技術が注目されている。チャットボットを導入することで、民間企業のコールセンター等における簡易な質問への対応はチャットボットに任せることができるようになり、民間企業（オペレーター）の稼働削減に寄与しているのである。



(出典) (第1回会合) NTT ドコモプレゼン資料「自然言語処理応用の現状と今後～対話・翻訳を中心に～」

図 2-7 チャットボット概要

基本的に、チャットボットの技術としては、以下に示すように、ユーザーが何をしたいのかを判定し、必要な情報を集める「意図解釈」と、そのタスクに応じて収集した情報を活用した返答内容を生成する「対話制御」で構成されることが多く、それぞれ機械学習型あるいはルールベース型のアプローチによって実現されている。



(出典) (第1回会合) NTT ドコモプレゼン資料「自然言語処理応用の現状と今後～対話・翻訳を中心に～」

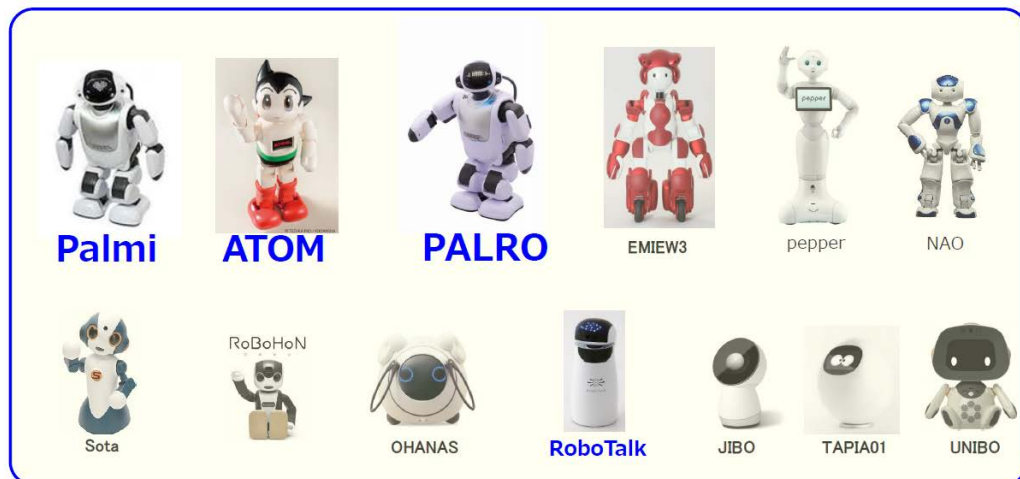
図 2-8 チャットボットの構成技術

既に、チャットボットはホテルや飛行機・列車の予約等をはじめとして、様々な分野・企業において実装・サービス展開が進められている。また、例えばトランスコスモスでは、従来型

の会員データ及び販売履歴、コールセンターの対応履歴、音声、位置情報等をマルチチャネルでアグリゲーションして機械学習の入力とし、その学習結果をチャットやレコメンドエンジン等のサービスに広く API 連携するというサービスモデルを展開しており、新たなマーケティングツールの基盤としても期待が寄せられている。

また、対話技術の高度化はコミュニケーションロボットの社会実装の加速化にもつながっている。以下の図に示すとおり、既に様々な機能・特徴を備えたコミュニケーションロボットが開発されており、今後ますます少子高齢化が進む我が国において、コミュニケーションロボットを通じた生活支援等へのニーズは高まっていく事が想定される。

多くのコミュニケーションロボットが生まれ 市場が形成されつつある。



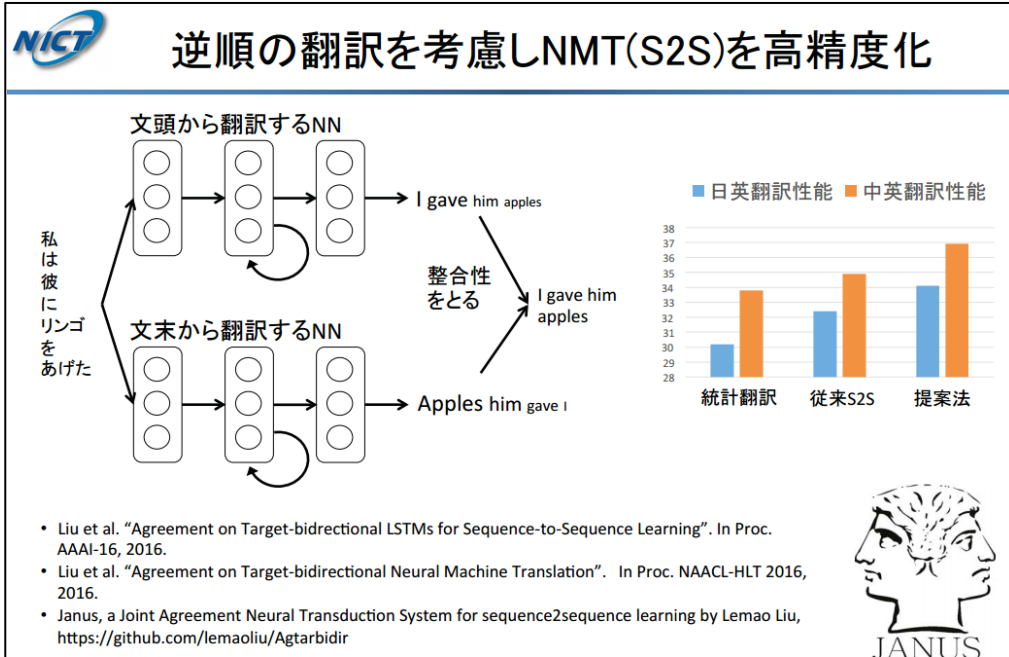
(出典) (第6回) 富士ソフトプレゼン資料「コミュニケーションロボットにおける自然言語処理技術の社会実装への期待について」

図 2-9 コミュニケーションロボットの市場

翻訳分野を取り巻く現状について述べる。

統計的機械翻訳 (SMT:Statistical Machine Translation) が主流であったが、現在は Neural Machine Translation (NMT) と呼ばれる技術が非常に脚光を浴びている。NMT は、いくつか特徴的な欠点がありながらも、全体性能は SMT を上回る場合が多い。NICT では逆順の翻訳を考慮することによって、NMT を高精度化する研究を行っている。

この技術は 2016 年 9 月に Google が自社の翻訳システム「Google 翻訳」に「Google Neural Machine Translation (GNMT)」を導入し、翻訳精度を大幅に向上させたことで注目された。NICT でも 2013 年から多数の NMT に関する論文を AACL (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) や NAACL (The North American Chapter of the Association for Computational Linguistics) のような分野を代表する国際会議に投稿している。



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」
 図 2-10 NICTにおけるNeural Machine Translation (NMT) への取組

なお、NICTではSMTで民間企業に多数の技術移転を行っており、今後は、NMTを導入していく計画である。

(2) 脳情報通信技術

脳情報に関する研究はfMRIや脳波計等で計測した大量のデータを解析することによって行われるため、その研究プロセスで蓄積したビッグデータを解析することにより更に新たな脳のモデル等に関する知見を獲得することが可能である。したがって、本分野においては、メタアナリシス等のデータ駆動型(データ・ドリブン)な研究が活発になっており、大量で質の高いデータの蓄積を行うデータベース、データ解析を高速で行い、新たな知見を抽出するAI、さらに、それらを活用した脳のモデル化の研究体制の構築が必要である。

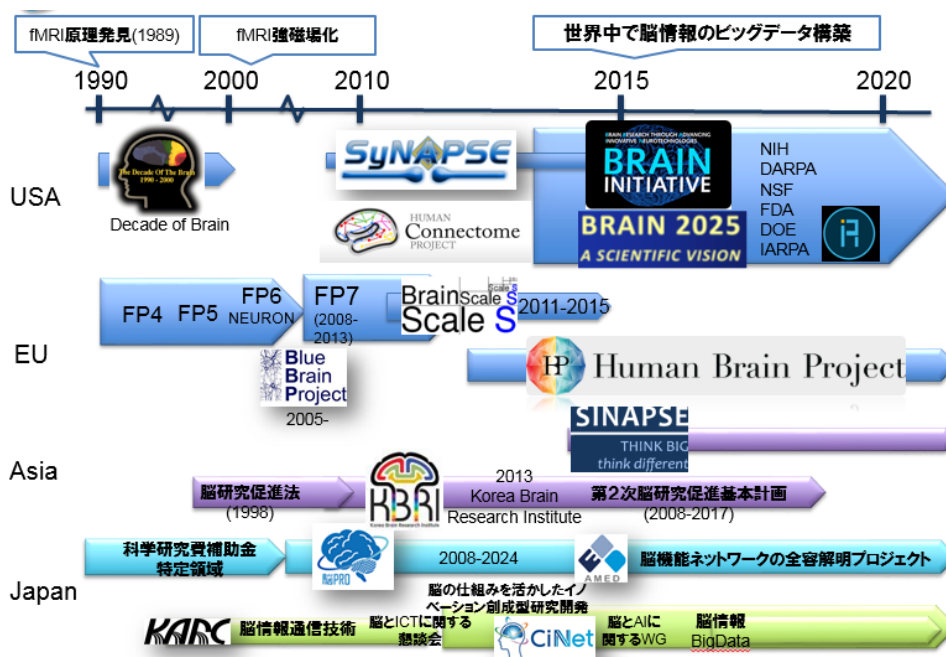
脳研究全般を見渡せば、培養神経細胞や線虫、昆虫脳等を用いて、神経細胞やシナプスの機能を明らかにして、さらにそれらが作り出すネットワークの機能を明らかにしていく演繹的研究が脳研究の進展に大きく貢献してきている。しかし一方で、膨大な神経細胞数と複雑なネットワークを持つヒト脳の研究においては、演繹的研究手法に制約があるため、沢山の事象を集めてそこから共通項を見つけてモデル化していくという帰納的方法が用いられる。この帰納的研究では、データ駆動型の研究スタイルが中心となる。

現在の神経科学の基礎となるニューロン説を唱えたラモン・イ・カハールは、脳機能研究を「多くの研究者が迷い込んできた通り抜けられないジャングル」と称したが、カハールの時代から1世紀を経た現在でも脳機能研究は巨大なフロンティアであり、基礎から応用まで脳科学研究を支援する政策が世界各国で行われている。特にヒト脳機能研究を加速したのはfMRI(機能的磁気共鳴画像法)の発展であろう。fMRIの原理となるBOLD法は1989年に東北福祉大学の小川誠二特任教授によって開発された手法であるが、それ以降、fMRIの強磁場化が進んで空間

／時間分解能が一気に上がり、かなり高精度なヒトの脳機能計測が可能となってきている。これに加えて、細胞・器官レベルの研究を支える光学・電子顕微鏡技術の発展や分子生物学の発展、さらには人工知能の進化と相まって、神経科学は近年急速に進展し、イオンチャネルの分子レベルからニューロン、神経回路、システム、ヒトの高次脳機能に至るまで包括的な理解が可能なところまで来ている。この観点からは脳科学の社会実装を考える時期に来ていると捉えることができる。

第1章でも述べたように、海外でも脳機能・脳情報の研究が進んでいる。アメリカでは1990年には政府が「Decade of Brain (脳の10年)」を打ち出し、その重要性の認知と脳研究の普及に大きく貢献した。2014年にはBRAIN(Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies)イニシアチブとして総額100億円を6つの国立研究機関に補助し、脳機能の全容解明のための革新的計測・観察技術の開発に注力した。EUにおいても、早くからFP6、FP7といったプロジェクトがあり、2012年からの10年間で総額14億ユーロという資金で「ヒューマン・ブレイン・プロジェクト」が動いており、ヒト、マウスの脳のシミュレーションとモデル化のための研究を行い、高性能の計算機を配置する等、インフラの整備に貢献している。中国では、認知機能疾患に関する診断・治療技術の開発、ブレイン・インスパイア・コンピューティングの研究が2016年から17年にかけてスタートするという報道もある。

我が国においては、文部科学省による「脳プロ」が2008年から現在まで動いており、日本医療研究開発機構(AMED:Japan Agency for Medical Research and Development)では脳機能ネットワークの全容解明プロジェクトが動いている。総務省においては、NICTの前身である通信総合研究所が脳情報通信研究を開始し現在に至っており、2011年には脳情報通信融合研究の拠点としてCiNetを設立して、ヒト脳機能の解明とその活用を進めている。



(出典) (第1回) NICTプレゼン資料「脳情報通信の現状と今後の展望」

図 2-11 脳機能・脳情報研究に関する世界の動向

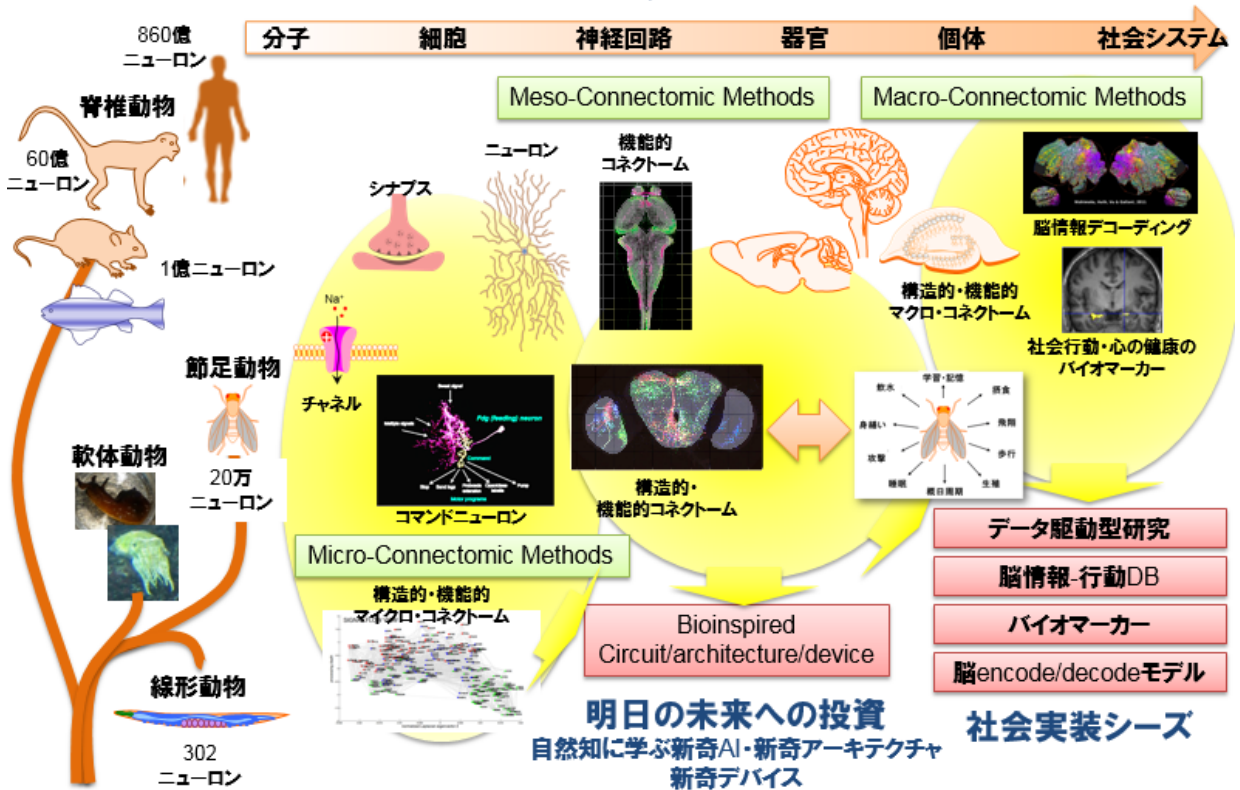
生命科学の中で脳機能研究は、系統的にも構造階層的にも非常に広い範囲で行われている。ニューロンの働きは、他のニューロンとの接続によって定義されるとする「コネクショニズム」という考え方があり、この考えに基づいてニューロン同士の接続地図をつくることで、脳機能を理解しようとする研究が大きなプロジェクトになっている。シナプスレベルのコネクトームは、神経細胞数が高々300の線虫を使って行われたが、これが明らかになるまでに15年を要している。しかし、最近では電子顕微鏡技術の改良やクラウドソーシング、機械学習による画像処理の効率化と自動化が進みその進展は加速されている。

ショウジョウバエのような小型の昆虫では脳のニューロンの数は20万程度になるので、シナプスレベルのコネクトームを全脳に拡大するのは困難が予想される。このため、神経細胞の集団や領野のレベルで、ニューロンの投射や神経線維の走行等を明らかにするメゾ・コネクトームやマクロ・コネクトームが進んでいる。このような脳の部分的なコネクトームの解明が進み、ニューロンの接続が明らかになると脳のシミュレーションの研究には大きな役割を果たす。脳機能のシミュレーションを行い、神経回路構造と機能からニューロコンピュータを高機能かつ小型化するヒントを得る等のアイデアがあると考えられる。ソフトウェア的に脳を再現することで、生物に学ぶ新しいアーキテクチャやデバイスをつくるといった脳型コンピュータの開発も進められている。このような、社会実装には距離があるものの先を見据えた未来への投資も重要である。

一方で、ヒトの脳のコネクトームの研究の進展に寄与しているのは、fMRIやMEG(脳磁計)といった非侵襲大型イメージングシステムである。それに加え、深層学習の発展が大きく寄与するようになってきている。大型計測装置から出てくる画像データは膨大な量であり、空間/時間的にもビッグデータである。データ駆動型脳機能研究では、そのデータを処理する方法が重要になっており、それが新たなAIを生み出す可能性になると同時に、AIの活用領域としても有望である。

また、ヒト脳研究では社会システムとの関係が非常に重要であり、脳機能ネットワークと個人の社会行動やヒト集団としての社会システムとがどのように関わってくるかといった研究がいま進みつつある研究領域である。ここに社会実装のシーズがあると考えられる。ヒト脳機能研究では、実験室で刺激を制御して行う精密な計測を、心の健康や喜び・痛み・苦痛・悲しみの評価、睡眠状態、快不快等に対して実施するとともに、日常活動を実験室内、大型計測器内で再現できるような臨場感を持った測定用刺激セットを使って計測することが重要である。また、脳情報計測を日常生活の中に持ち込んで、生理学的データやIoTから得られる人間の行動データ、SNS等の社会活動データと併せてデータベース化することで、日常活動と脳活動が精密に結びつけることが可能になる。これには、脳活動の計測に併せて生理学的計測や高度なセンシング技術(イメージング技術など)によるヒトの表情や生理指標、行動パターンの解析、さらに言語活動を含めた総合的なデータの蓄積が求められる。ヒトの脳機能のデータ駆動型研究を進める過程で生み出される脳情報刺激データセット、脳情報行動データベース、言語活動と脳情報の相関、バイオマーカー、さらに脳活動のエンコード/デコードモデルが社会実装のシーズになると考えられる。

NICT 生物構造階層と生物システム学から俯瞰した脳機能研究 CiNet



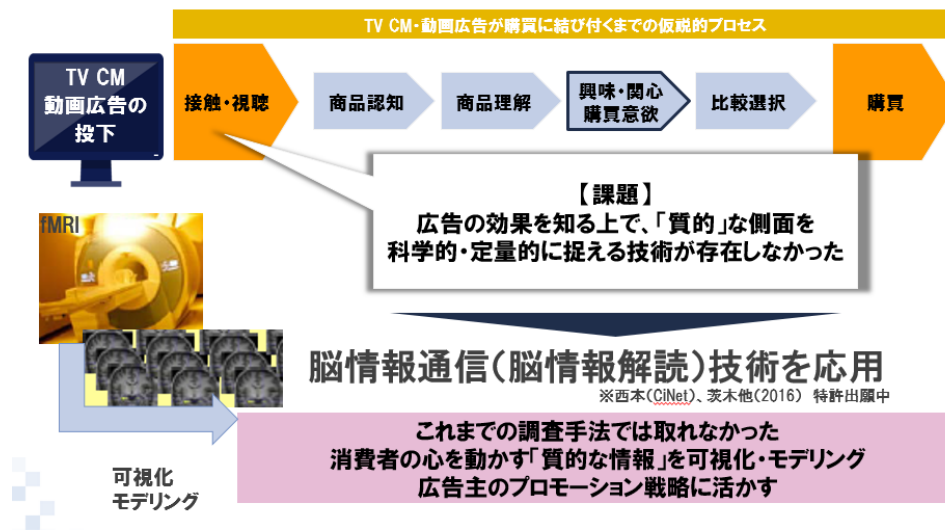
(出典) (第1回) NICT プレゼン資料「脳情報通信の現状と今後の展望」
 図 2-12 生物構造階層と生物システム学から俯瞰した脳機能研究

脳科学研究自体は非常に速いスピードで進展しており、その成果をタイムリーに社会実装する上で大量の脳情報の蓄積とその解析、さらには解析結果からモデル化への展開が急務である。これにはまずデータ・ドリブンの研究を進めるという視点でデータベースの整備の必要性があると考えられる。それは単に大型計測装置から出てくる脳機能の可視化データだけでなく、ヒトのあらゆる活動、ヒト、モノとのコミュニケーションや社会行動とリンクした形でデータベースがつけられることが重要である。

前述したように、大型計測器を用いた実験室での脳計測に日常空間を再現する技術と日常活動に脳情報計測と生理学指標、行動観察、表情評価などの計測を併せる技術とを取り入れることで、精度の良い行動予測やそれに基づくサービス提供の技術にもつなげることができると考えられる。研究者は総合的に得られたデータを使って研究を加速し、社会実装を担うユーザー側はそのデータを使ったサービスを生み出し、利用できるようになるのである。

この好循環の代表的な例として、第0章で述べた脳情報通信のマーケティング分野への社会実装が挙げられる。蓄積された脳情報データは、消費者の心を動かす「質的」な情報の科学的・定量的な可視化・モデル化を可能とし、広告主のプロモーション戦略に活かす新たなサービスを生み出した。

脳情報通信技術を利用した事業開発例：
「脳情報解読」で、企業の「広告プロセス」を変革する(NTTデータ・CiNetとの共同開発)



(出典) (第6回) NTTデータ経営研究所プレゼン資料「脳情報通信産業の展望」
図 2-13 民間企業の広告プロセスへの脳情報通信の活用例

2010年に異業種の民間企業と異分野の研究者が一堂に会し、脳科学、心理学、人工知能等の最新の研究知見を基盤に「研究開発」、「人材育成」、「人材交流及び啓発」に取り組むオープンイノベーションモデルのコンソーシアムとして「応用脳科学コンソーシアム」が設立された。現在、様々な業種の企業約50社、約100名の脳科学、心理学、行動経済学等、異分野の研究者が集まり、学際的な活動を行なっているが、これはNICT等の先端的な研究機関と民間企業が連携をしながら活動を行ってきた成果と言える。



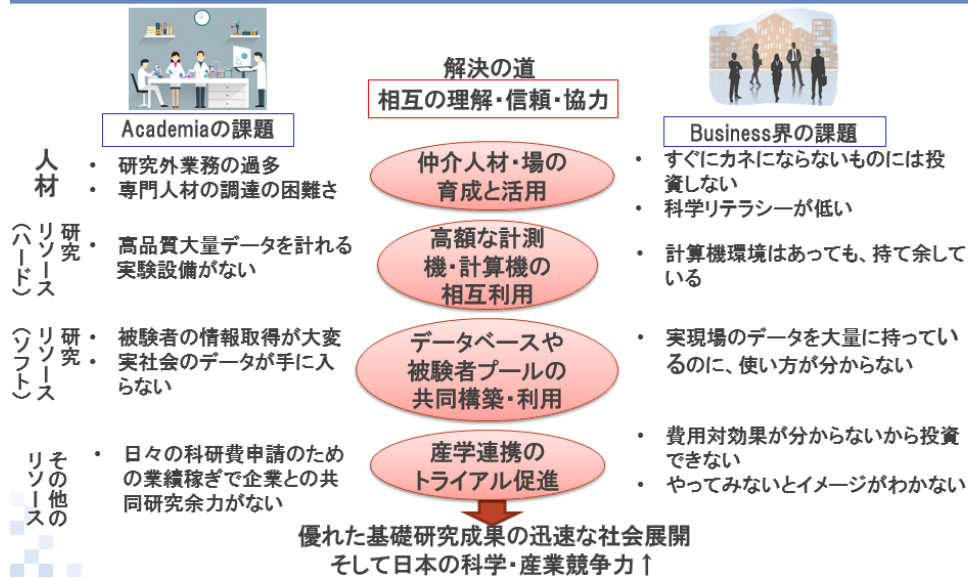
(出典) (第6回) NTT データ経営研究所プレゼン資料「脳情報通信産業の展望」

図 2-14 応用脳科学コンソーシアム

このように、AI や脳活動計測の進化により様々な脳の機能や動きが解明されつつあり、行動予測や認知・感覚機能の向上等、応用科学へ発展する段階において、脳情報通信技術は実ビジネスへの導入ステージへと進展していると言える。

革新的な脳情報科学の基礎研究成果は、社会にとってもハイインパクトな「価値」となり得る可能性を秘めており、「応用脳科学コンソーシアム」においても基礎研究者と民間企業を結ぶ取組が行われてはいるが、我が国においては脳科学の分野はまだまだ新しいものであるために、実社会への展開が見えづらい。また、薬学や工学の分野に比べて民間企業と研究者の接点が少ないことに起因して、民間企業の脳情報通信技術の導入の検討があまり進んでいない状況にあると言える。このような、アカデミアと民間企業のギャップを埋めるためには、相互の理解・信頼・協力が不可欠であり、さらなる仲介人材・場の育成と活用、高額な計測機・計算機の相互利用、データベースや被験者プールの共同構築・利用、産学連携のトライアル促進等が鍵となる。

脳情報通信の優れた基礎研究を社会の発展に役立てるためには
アカデミアとビジネス界、両者の相互理解と協力が不可欠



(出典) (第6回) NTT データ経営研究所プレゼン資料「脳情報通信産業の展望」
図 2-15 アカデミアと社会（民間企業）にはギャップが存在

一方で、2017年3月にイーロン・マスク氏が侵襲型 BMI の実現を目指す NEURALINK 社を設立し、4年で臨床利用を開始し、8-10年後には一般ユーザ向け埋込み型 BMI の実現を目指すことを発表、2017年4月には Facebook 社が非侵襲型の BMI により、2年間で 100words/min の情報伝達実現を目指すことを発表する等、海外の脳情報通信技術への取組に動きが出始めている。本分野に資本を集中投資することで技術革新が起こる可能性が考えられる。

このような状況において、我が国の脳情報通信技術が世界最先端の技術を維持するためには、基礎研究と社会実装を車の両輪として進める必要がある。




Elon Musk
SpaceX CEO
Tesla, Inc. CEO
PayPal創業者

2017年3月 **Elon Musk氏が侵襲型BMIを目指すNeuralink社を発表。**
→ 4年で臨床利用、8-10年で一般ユーザ向け埋込み型BMI実現を目指す。




Regina Dugan
Facebook “Building 8”所長
元Google ATAP副所長
元DARPA所長

2017年4月 **Facebook社が非侵襲型BMIの開発を発表。**
→ 2年で100words/minの情報伝達実現を目指す。

(出典) (第5回) NICT プレゼン資料「脳情報解析と人工知能の接点：シーズ・社会実装・課題」

図 2-16 海外の脳情報通信技術への取組例

2-2 自然言語処理技術・脳情報通信技術の社会実装推進が実現する社会像

(1) 自然言語処理技術

① 医療分野

2-1 で述べたように、医療分野では論文データの活用が一定の成果を出しているものの、診療録等の病院内の臨床データについては未だデータそのものが各施設に散在している状態で、効果的な活用にまでは至っていない。論文データが新たな治療法の発見にも寄与する可能性をもっているほか、これらの臨床データは、医師の日々の診断支援にも有効であると考えられており、より効果的かつ確実な診断が可能になると想定される。

また、情報通信技術の革新に伴い、SNS データのようなソーシャルセンサーのデータや、日々の生体情報等のセンシングデータ、あるいは、日々の会話ログ等、医療分野において活用できるデータの範囲は病院の外に存在するデータへと、量・質ともに拡大しつつある。これらの多様な情報を掛け合わせて活用することで、自覚症状が生じる前の早期の診断や、疾病予防等に役立てることができる可能性がある。

このような技術傾向を踏まえると、医療分野における社会像としては、例えば以下のような事例が考えられる。

1) 問診内容に基づく診断支援

問診時における患者自身の症状の訴えを音声認識・解析し、類似の症例を自動で抽出、医師の日々の診断を支援する。自然言語処理技術によって、問診の会話中に含まれるキーワードだけでなく、訴える内容の順番及び痛みの表現等から、より正確に類似の症例を抽出し、効率的に医師の診断を支援することができる。

② 防災分野

災害対応現場では、スタッフ等の負担を軽減し、混乱を解消することが必要であり、そのために自然言語処理は大いに役立つ可能性がある。

また、SNS 等のソーシャルデータ等、複数の観点から得られた多様なデータを掛け合わせて活用することで、事前のリスク回避等にも役立ち、現場での迅速かつ柔軟な対処に役立つと想定される。

防災分野における社会像としては、例えば、以下のような事例が考えられる。

1) 新たな情報伝達ツールによるスムーズな情報連携の実現

災害対応現場に設置されたホワイトボードに情報を記載すると、自動的にその記載内容が解釈され、構造化されるとともに、内容に応じて関係する機関等へ自動で伝達される。一刻も早く、かつ正確な情報の連携が求められる状況の中で、バックグラウンドの異なるスタッフ同士でもスムーズに情報の受渡しが可能となるほか、緊急で対応しなければならない事柄の見落とし防止にもつながる。

2) リスク検知エンジンの構築による住民の安全確保

災害対応現場で集約されている情報と、SNS 等のソーシャルデータから得られる情報を組

合せ、現場スタッフが認知していないリスク（避難所における感染症の発症、倒壊しそうな建物等）を検知。さらにその内容に基づき、そのリスクに対応すべき機関等へ自動で情報が伝達される。

③ 対話分野

2-1 で述べたように、近年、チャットボット等とも呼ばれる対話システムが大きな注目を集めており、現在主流の情報収集の手段は Web ブラウザであるものの、将来、対話システムが Web ブラウザに取って代わるようになり、ブラウザは長い文章や画像等を見るための補助手段になるといった見方も一部ではある。これは、つまり、対話システムが様々な分野、領域で利用されるようになり、マン・マシン・インタフェースの主役になる可能性を示唆するものである。

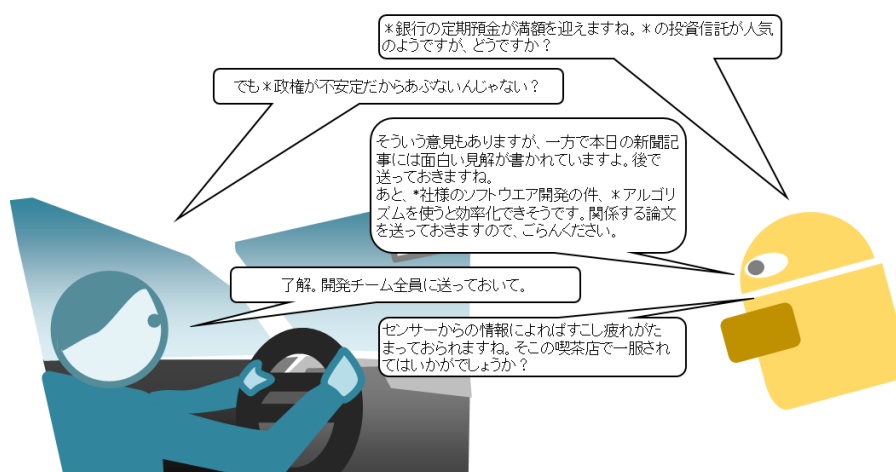


図 2-17 次世代対話システムのイメージ

長期ビジョンとしてのチャットボットは、様々な話題に関して人間の相談相手を務める対話エージェントと呼べるレベルになることが想定され、ネット上のテキスト、論文、報道等や、ユーザの行動履歴、検索履歴、SNS、バイタルデータ等、様々な情報を活用して、多様な対話を実現し、ユーザの心情によりそい、あらゆる生活シーンにおいてサポートを行うことになると考えられる。より具体的には、現在でも実現している天気や時間といった非常に基本的な情報の取得や買物といったものから、自動運転車内の移動時間の価値を高める対話、高齢者介護、メンタルケアから QoL (Quality Of Life) の改善、教育、社会人のスキルアップ、様々な意思決定や業務効率化の支援や、イノベーションを起こすためのブレインストーミングのパートナー、在宅医療診断等の医療や防災、フィンテックからマーケティング分野といった多様なものが考えられる。さらに、これに限らず、ほぼ全ての AI 関連技術に関係する、比較的ニッチなものから巨大な領域をカバーするものまで多様なものが出現すると思われ、日常生活から福祉、企業活動に至るまでの様々な状況で対話システムが使われ、人間の相談相手となり、様々な活動の高度化、効率化に資すると思われる。

また、対話エージェントの側は、ユーザの置かれている状況、情動等まで含めて適切に理解

をし、ユーザによりそった対話や相談を行うことが期待される。このため、一人のユーザが置かれている状況やその傾向を長期的視点で継続的に把握し、さらには、例えば高齢者の健康維持、ユーザの職業上のスキルアップといった長期的な目的を持った上で、その時々状況に合わせた適切なアドバイス等を行う技術が必要とされる。これは、別の言い方をすれば、対話エージェントがユーザに関する深い知識やユーザに関する目的を持って対話をするということであり、対話エージェントがそうした知識や目的を持つ擬似的人格を持つようになるということである。例えば、漫画ドラえもんのドラえもんはユーザ、つまり、のび太と長期的に対話を行い、のび太のことを知り尽くしたうえで、彼によりそったサービスを行っており、また、そうした一連の動作やその裏にあるのび太に関する知識や目的がドラえもんの人格となっていたが、将来の対話エージェントはまさにこうした擬似的人格を持ち、ユーザによりそった対話を行うことが予想される。

こうした擬似的人格が対話エージェントに導入されることの帰結の第一としては、一つの対話エージェントの擬似的人格が、多様なハードウェア形態に、いわば「憑依」し、多様な場所、状況において、同一のユーザとそれ以前の経緯や文脈を踏まえた継続的な対話の実施が可能となることが予想される。また、第二の帰結としては、対話エージェントの擬似的人格をどのようにデザインし、また、場合によってはどのように自動構築するかが極めて大きな技術課題としてクローズアップされることになる。例えば、「おもてなし」に代表されるような日本人特有のきめ細やかな対人関係を反映し、ユーザによりそえる擬似的人格を実現する技術は、対話エージェントの普及や、対外輸出を考える上で鍵になる可能性がある。さらに第三の帰結としては、ユーザは対話エージェントに極めて個人性の高いプライバシーに関する情報を入力することが想定されるため、現状のように全てのユーザの入力を吸い上げるようなビジネスモデルではユーザに受け入れられず、新たなビジネスモデルを考案する必要があるかもしれない。こうした帰結も含め、対話エージェント技術の進展は社会を大きく変える可能性が高い。

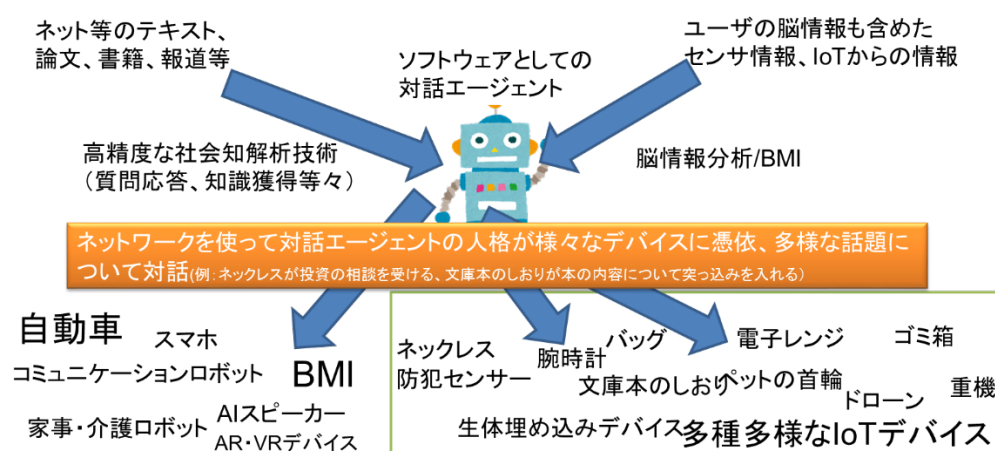


図 2-18 対話システムの 2030 年に向けた長期的なビジョン

このような技術傾向を踏まえると、対話分野における社会像としては、例えば以下のよう

な事例が考えられる。

1) 自動車内での対話エージェント

自動運転車の普及に伴い、自動車内での移動時間の価値を高めるため、多様な話題に関する情報提供や気分の盛り上げをするとともに生体センシングだけでは困難な乗員の精神や体調などの推定が可能となる。事故防止の観点では、現在の自動車では警報表示や警報音、緊急ブレーキなどが順次作動するのに対し、将来は対話によるインタラクティブな働きかけにより未然に危険を回避することが期待できる。

2) 対話エージェントによる業務支援、スキルアップ支援、対話エージェントとの共創

対話エージェントが家庭、出勤の途上の自動車内、さらには業務遂行中に、対話を介してユーザに業務をより適切に遂行するための知識の伝達や、遂行中の業務を改善するためのアイデアの提示等を行い、ユーザのスキルアップを図る。また、例えば、大学院の学生や研究者に対して、自らの研究上のアイデアに類似する既存研究に関するサーベイ情報や、研究のノウハウ、さらには対話エージェント自らが導き出した仮説等を提供する。もしこうした対話の実現すれば、人と対話エージェントの共創によるイノベーションが至る所で実現する可能性がある。

3) よりそい型の日常生活支援エージェントの実現

対話ロボットやアプリケーションが、利用者の様々な情報（行動履歴や、Web 検索履歴、SNS 等）及び外部情報（ニュースや天気予報等）を基に、日常的に利用者の心情によりそい、あらゆる年齢層のユーザのあらゆる生活シーンにおいてサポートを行う。例えば、高齢者介護ロボットに憑依した対話エージェントが高齢者の相談相手となることによる QoL の向上や介護労働者の負担軽減、在宅医療診断のほか、ユーザを元気にするような会話やメンタルケアの提供、教育・いじめ等の若年者のケア、個人の資産管理を目的とするフィンテック応用等が考えられる。

(2) 脳情報通信技術

脳情報通信技術はユーザの脳に想起される非言語情報を可視化・客観的定量化できる可能性に大きな社会実装のポテンシャルがあり、その応用範囲は広い。特に生理学的データや言語データ、行動評価などと結びつくことで、その応用範囲は大きく広がる。一方で前述したように、脳機能計測は大型計測器を用いて行われている現状では、その応用範囲拡大が制限されてしまうおそれがある。この課題の解決には、ヒトと脳情報の相関を見出すインタフェース技術としてのセンサー技術、IoT ネットワークなど ICT の活用とリンクが必要であり、その整備によって、次のような応用の実現可能性が高まると考えられる。

① マーケティング分野

脳情報通信技術は、心地良さを求める空間・環境、商品やサービスに対する客観的評価基準を与える技術として活用される。

1) 快適空間・快適環境評価

ユーザの感じている心地良さや満足感等、言語に表しきれない情報をアンケート情報だけでなく、提供される空間・環境・サービスでのユーザの脳活動により、快適性等を評価することで、様々な空間・環境・サービス等のデザインや提供方法等を評価する。また、快適な空間・環境・サービスのデザインの支援を行う。

2) 製品・サービス価値の評価

製品・サービスを利用しているとき、観ているとき等のユーザの脳活動及び他の生体データを利用し、言語で表すことが難しい無意識のうちのユーザの商品に対する評価を可視化することで、評価の高い製品・サービスの流通を促進する。

② スポーツ、技能継承・向上分野

1) 脳活動データと生理学データ、行動データ等を蓄積したデータベースの構築

熟練技術者、スポーツ等競技に優れた選手、ゲーム等の熟練者などの脳活動データと身体活動の生理学データ、行動データの蓄積による脳情報データベース。このデータベースの整備が、脳情報通信技術の社会実装上のカギとなる。

2) ニューロフィードバックによる身体能力・言語能力の向上

言語認知に関わる脳機構計測から、意識に上らない異なる音を脳内処理では区別しているという研究事例や言語習得度に伴う脳活動パターンの変化などの知見が蓄積しており、この知見を活用したニューロフィードバック技術の開発が進む可能性がある。同様に運動機能に関しても脳活動パターンを視覚・聴覚・触覚等の知覚刺激として脳活動にフィードバックすることで、運動能力の向上・改善等に役立てる試みが始まっている。

3) 脳活動による熟練度の評価・理解度の評価

上述のニューロフィードバックの対象を熟練技術者・技能者に拡張することで、トレーニングの基本となる脳情報データベースの構築ができる。

4) 熟練技術者、優れた技能者、スポーツ選手を手本とするトレーニング

到達目標とする人物（スポーツ選手、技術者等）の脳活動を参考に、同様の脳活動を発生させるように、視覚、聴覚、触覚等の感覚刺激を通して脳活動にフィードバックをかける。これによって、効果的なトレーニングを実現する研究も進められている。

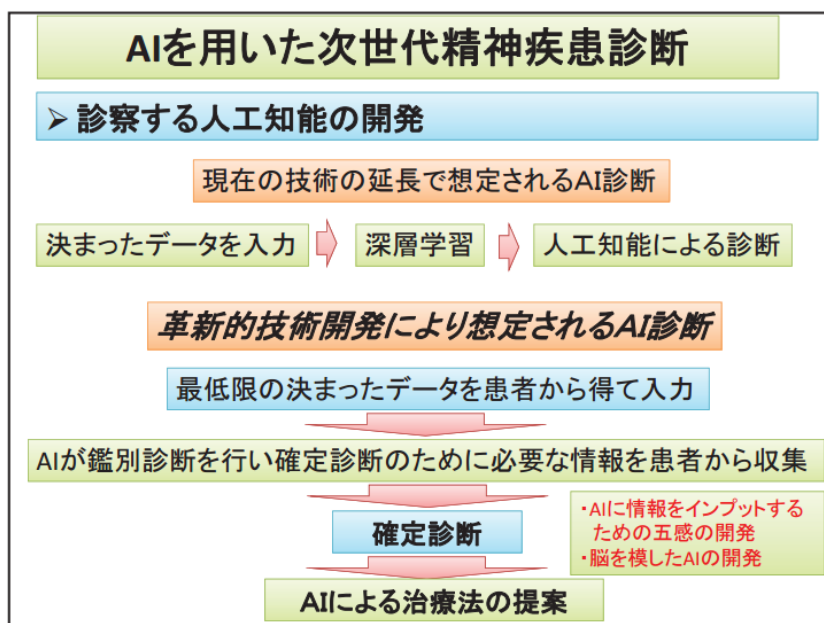
③ 医療・生活支援分野

リハビリテーションや介護分野での BMI 技術やニューロフィードバック技術の導入で、患者や被介護者に負担が少なく、効果的な介護やリハビリテーションが実現する。

1) 治療・診断への人工知能と脳情報通信技術の応用

現在想定されている医療分野における人工知能の活用方法としては、例えば胸のレントゲン写真から肺炎を発見する等、決まったデータを入力して深層学習することによって診断するというケースが多い。しかし、日々の診療においては、問診票に記載されている主訴や背景を確認して可能性のある病気を検討し、次に問診でどのようなことを患者に尋ねるかを考えて、患者や家族とやりとりを重ねて情報を収集していく。自然言語処理の高度な応用によ

って、例えば最低限の決まったデータを患者から得て入力すると、人工知能が自動で鑑別診断を行い必要な情報を患者から収集、医師に対して可能性のある診断の選択肢を提案した上で治療法を提案するといったことも考えられる。



(出典) (第3回) 大阪大学プレゼン資料「人工知能と精神医学・医療—社会実装に向けて—」
図 2-19 AI を用いた次世代精神疾患診断

2) 言語表現と脳活動の組合せによる診療の外国人対応

外国人患者の問診の際、症状の表現が一般的な日本人と異なることによって誤った診断を招かないよう、日本人の症状に関する言語表現と実際にその症状を示している際の脳情報、外国人患者の脳情報とを紐付けることで治療施術者の患者の症状の理解を支援する技術により、下記のバイオマーカによる非言語情報の可視化による治療の効率化が実現。

- 3) 脳活動から精神疾患、痛み、不安等のバイオマーカを発見、予防・治療支援
- 4) 非侵襲・低侵襲 BMI 技術を利用した高度なリハビリテーションの実現
- 5) 非侵襲・低侵襲 BMI によるロボット操作

患者・被介護者の QOL 向上のために、頭の中で意識するだけで、生活支援ロボット、家電製品、情報端末の操作を可能にする技術の実現。

④ 教育分野

1) 学習進度の評価や理解度の客観的評価。脳波計測などで得られた信号に基づき、学習進度や理解度を評価することを可能とする。脳波計などの装着への抵抗感を下げるための、脳波計のデザインや、脳波活動を反映し、かつ簡易に計測できる生理指標などのバイオマーカの探索が進むことで、この応用は進むと期待される。

2) ニューロフィードバック技術を活用した教育システム

ニューロフィードバック技術を活用することによって、無理なく個人の能力、得意不得意に合わせた教育の実現を図る。

3) 脳活動の理解によるセルフ・ストレスコントロール

デフォルトモードネットワークやマインドフルネスの研究を推進し、ストレスの自己制御訓練等を行う。

これまでに開発されてきたユーザと機器のインタフェース技術は視覚・聴覚等の感覚器や、発話や運動操作などの作動器を介して行うものが中心であった。脳情報通信技術は、この機器とユーザの境界をよりユーザの内的空間（心の領域）に近づけるものと捉えることができる。それは、これまで言語での表現が難しかった事象（痛みの表現、職人の技や熟練技術者の持つ暗黙知など）、怒り・悲しみ・快・不快などの情動や心の動きのように定量化が難しかったものを客観的・定量的に示すことを可能にすることにつながり、インタフェース技術の応用範囲が飛躍的に広がることを意味している。精度の高い脳機能や脳情報の計測は、fMRI や MEG などの大型計測設備を利用することが求められる。このため脳情報通信技術が真に社会実装され汎用性を高めていくためには、可搬型脳機能計測装置の開発が必須であり、これに加えて、簡易計測が可能な生理学的データやユーザの表情、発話、行動などのデータと脳活動・脳情報との相関を示す脳情報データベースの整備が必須となる。現在、この脳情報データベースの整備が徐々に進んでいるが、より広範囲にデータの蓄積が進むことで、上述したような脳情報通信技術の社会実装が、様々な分野で加速することが期待できる。

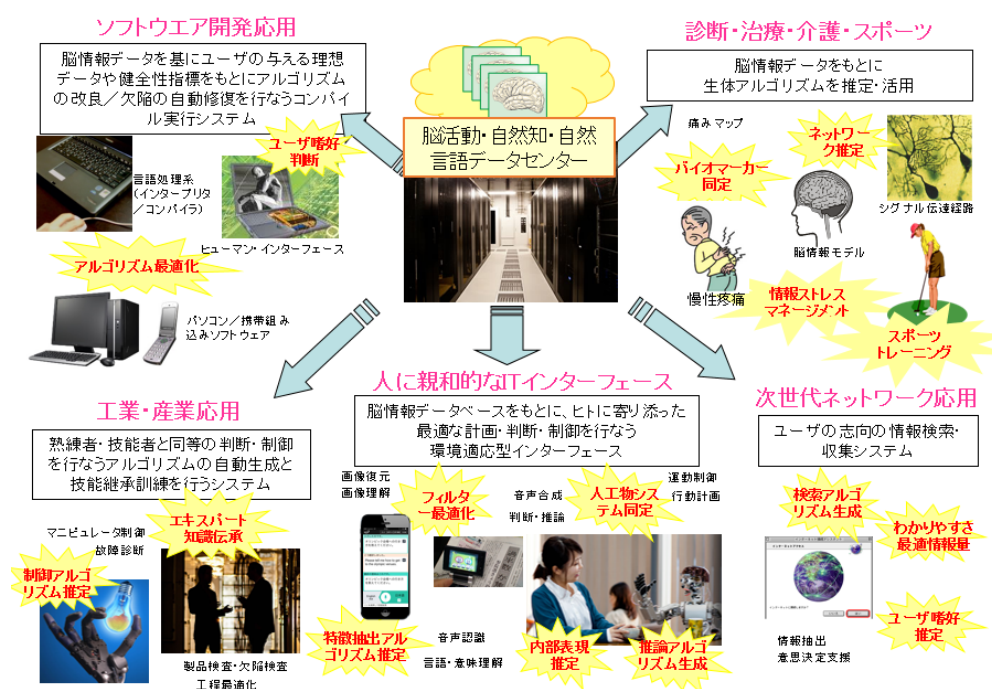


図 2-20 対話システムの 2030 年に向けた長期的なビジョン

第3章 自然言語処理・脳情報通信技術の社会実装に向けた課題

社会実装を進めるための技術課題を検討するにあたって、実サービスに直接つながるアプリケーション層に該当する技術とそれを支える基盤技術に分類して、課題について検討した。

3-1 データの取扱い

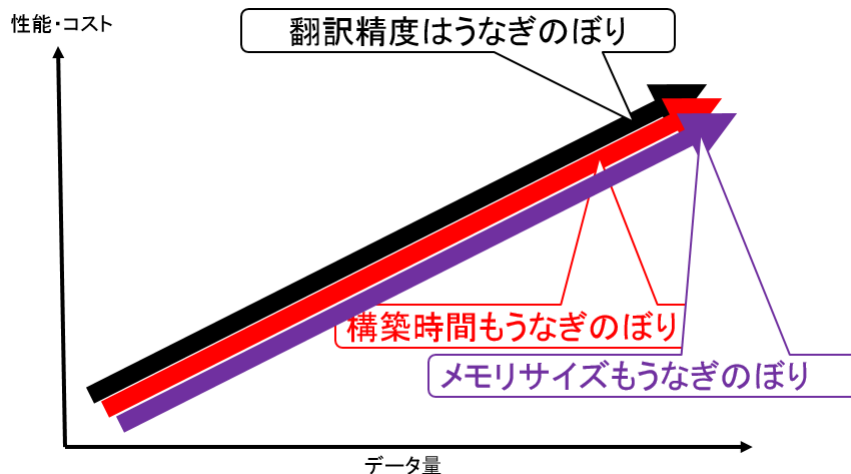
(1) 大規模データの収集

自然言語処理・脳情報通信といった分野を問わず、人工知能の研究開発では、人工知能の研究開発での利用を意識した加工が一切なされていない「生データ」に対して、ノイズ除去やフォーマットの統一といった前処理や学習のための教師データとなるラベル付与を行った、「学習データ」の設計・作成を行い、この学習データを用いてモデルの構築を行う。

- **二種類のデータ**
 - **生データ**
 - 人工知能の研究開発での利用を意識した加工が一切なされていないもの
 - 例：生のWebテキスト、科学技術論文
 - **機械学習等でそれだけで有用な場合は「まれ」**
 - 例：SNS上のユーザがタグ付けした画像情報
 - 普通は、機械学習で学習したモデルの適用先
 - 例：質問の回答をその中から探してくるテキスト（そのテキストに、学習済みのモデルを適用することで回答を見つける）
 - **教師ラベル付きデータ（いわゆる「学習データ」）**
 - 生データに機械学習用のラベルが付与されたもの
 - 機械学習の学習時に学習データとして利用
 - **生データに比して作成には圧倒的にコストがかかる**
 - **人がラベルを付与する作業が必要なため**
 - 例：質問と、その質問の回答の候補が書かれたテキストのペア
 - 回答候補が正解か、不正解かを示すラベルがふられている

（出典）（第2回）NICT プレゼン資料「自然言語処理のためのデータ整備について」
図 3-1 言語処理研究におけるタスクと学習データ

図 3-2 は対訳データの量と性能（翻訳精度）を示した模式図だが、一般に、学習データの量はモデルの精度に直結するため、大量の学習データの作成は重要命題といえる。



(出典) (事前会合) NICT プレゼン資料「NICTにおける自然言語処理研究」
 図 3-2 対訳データの量と性能

例えば海外の大手 ICT 企業では、独自のプラットフォーム戦略のもと、既に大規模なデータを収集・蓄積し、人工知能技術の高度化を含む各自の商品・サービス開発に活用されているところである。

一方、我が国においては、現状これらの海外企業に匹敵するような大きなデータ収集基盤を構築できている組織・企業はなく、各組織や企業がそれぞれデータはアセットであるという考えのもと、独自の目指すアプリケーションに必要なデータの収集から前処理・ラベル付与まで、コストをかけて行い、保持し続けている状態である。

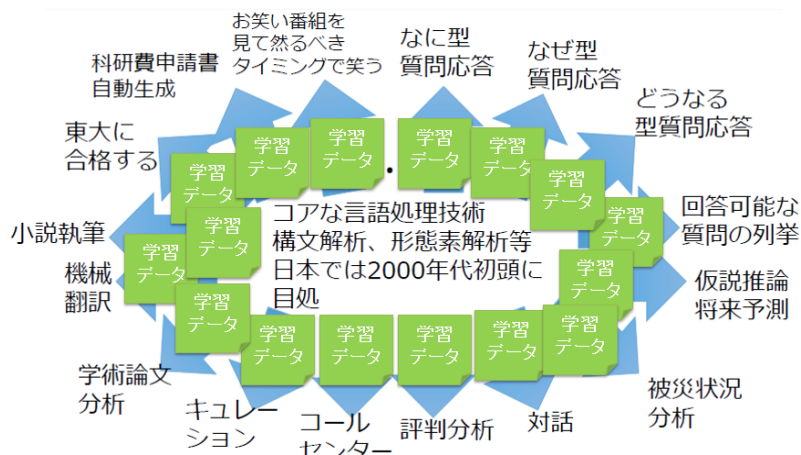
結果として、現状、我が国では人工知能の研究開発を実施している多くの組織や企業において十分な量の学習データを扱うことができないという課題が生じており、技術向上の障壁となっている。

例えば、自然言語処理分野における、収集した生データに対する前処理やラベル付与作業には、以下のようなノイズの除去やラベルの付与といった作業が必要となる。

- 生データ中のノイズの除去、フォーマットの統一等
 (例) 音声と読みの対 (音声コーパス)、文単位の原文と訳文の対になるデータ (対訳コーパス)、対話の内容の対になるデータ (対話コーパス) 等
- ラベルの付与
 (例) 質問と (正解か不正解かのラベル付き) 回答候補の対になるデータ等

また、自然言語処理研究においては、質問応答や被災状況分析、評判分析、コールセンター、学術論文分析から、科研費申請書自動作成まで、日々新たなタスクが提案されている状況である。このような無数のタスクに対して、図 3-3 に示すように、上述の学習データがそれぞれ必要になる。

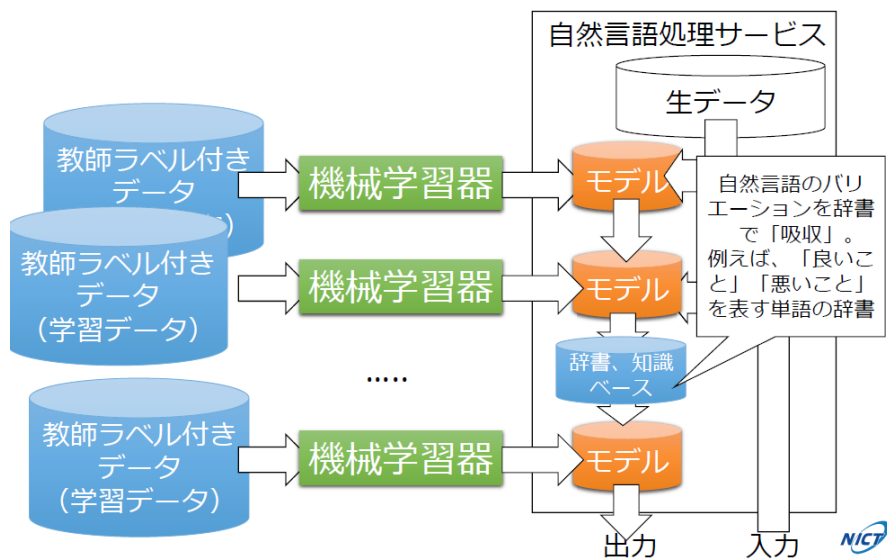
● 当分、タスク毎に学習データは必要



(出典) (第2回) NICT プレゼン資料「自然言語処理のためのデータ整備について」

図 3-3 言語処理研究におけるタスクと学習データ

さらに、自然言語処理のための機械学習器は通常、計算量や計算速度、精度等の面から、1個だけで構成するのではなく複数個組み合わせて構成する方が効率的である。そのため、それぞれの機械学習器用に学習データが必要になるため、実際は上述のタスクごとだけでなく、非常に様々な学習データを用意しなくてはならない。



(出典) (第2回) NICT プレゼン資料「自然言語処理のためのデータ整備について」

図 3-4 言語処理システムのアーキテクチャ

これらを踏まえると、学習データの設計においては目標とする実サービス、アプリケーションだけでなく、アーキテクチャにも依存するという十分に注意を払わなければ、実運用や社会実装に結びつかないと考えられる。例えば現在一般公開されているデータが論文を書くことにしか使えないといわれるのは、実サービスとデータのカップリングが不十分なためである。

その他、学習データの作成にあたっては、そもそも学習データ作成の作業者が実行可能なタスクかどうか重要である。例えば、医療に関するデータ作成は医療従事者以外が作成することは難しいと想定され、各分野の専門家が十分に確保できるかどうか課題となる。また、作

業マニュアルが十分に分かりやすいかどうか、作業者間でラベル付けが一致しているかどうか、学習データの品質に影響する。良いデータを作るためには、データ作成者と自然言語処理研究者、システム開発者が一緒になってこのような点を十分に検討することが必要である。

学習データの課題を解決するためには、既に学習データを蓄積している組織・民間企業がデータを公開することに対し何らかのインセンティブが付与される等、データの好循環を促す仕組みや、機密情報等が含まれる情報の取扱い、著作権等の取扱いを明確化することが求められている。また、脳情報は、それ自体が個人情報として捉えられるような考え方もあり、データ自体の公開方法等に工夫が求められる。

一方で、データを広く収集し、汎用的なデータベースを構築しようとする、結局それぞれの組織・民間企業が目指すアプリケーションに適さず、かえって使いにくいデータとなる可能性も指摘されている。データ作成者からサービスプロバイダーまで、垂直な連携あるいはコミュニケーションが可能な仕組みについても検討する必要がある。また、特に自然言語処理技術に関しては、文章の意味を単語の出現頻度だけで捉えるような手法でもそれなりに質疑応答が成立しているようにも見えるといった浅い理解でもある程度役に立つことがあるため、上記のようなコストをかけて学習データを確保し、技術を向上することの必要性を見極めた上で、社会実装を進めていくことが重要である。

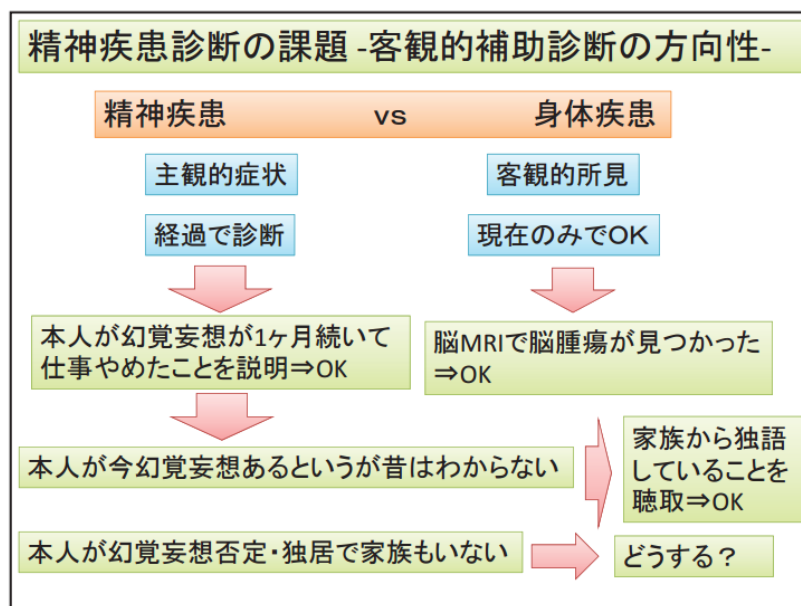
我が国における脳情報の学習データの蓄積量に関しては、まだ海外に大きく差をつけられている状況ではなく、特に fMRI による精緻な脳情報については、データの取得方法等に関する被験者からのコンセンサスを取ることによって、比較的蓄積が進められている。

例えば、大阪大学では脳情報のデータベースに係る取組として、「ヒト脳表現型コンソーシアム」という日本最大のヒト脳表現型の包括的なリサーチソースデータベースを構築しており、健常者、統合失調症、気分障害、発達障害等の患者における、安静時 fMRI・三次元脳構造画像等の様々な脳情報やゲノム DNA 情報等のマルチモダリティデータの蓄積を進めている。



(出典) (第3回) 大阪大学プレゼン資料「人工知能と精神医学・医療—社会実装に向けて—」
図 3-5 ヒト脳表現型コンソーシアム

また、脳情報の社会応用に向けて、これらのマルチモダリティデータを精神疾患診断に活用するための研究も進んでいる。以下に示すとおり、身体疾患は現在の客観的所見で診断するのに対し、精神疾患は、患者の主観的症状に基づいて医師が診断するという点や、経過で診断するという特徴がある。そのため、例えば幻覚や妄想がいつから始まっていたかということについて、患者本人や家族が認識している場合はその情報が得られるが、そうでない場合には診断ができないという課題があり、客観的な補助診断が必要とされている。



(出典) (第3回) 大阪大学プレゼン資料「人工知能と精神医学・医療—社会実装に向けて—」
図 3-6 精神疾患診断の課題

ヒト脳表現型コンソーシアムのようなマルチモダリティデータを活用して、健常者のビッグデータから、深層学習解析にて正常や異常を判断するための客観的指標を同定したり、異常のデータから、深層学習解析によって精神疾患毎の特徴的なパターンを同定する等、精神疾患においても客観的な診断の補助が可能になると考えられている。このように、脳情報の社会応用に向けた取組が進められている一方で、学習に十分な数のデータが集まっていないという課題がある。

AIを用いた精神疾患診断の可能性と課題

可能性

- 正常のビックデータから、ディープラーニング解析にて正常からずれている異常を同定
- 異常のデータを正常のビックデータと比較してディープラーニング解析により、精神疾患毎の異常なパターンを同定
- 脳型AI解析技術開発から、他の分野への発展

課題

- マルチモダリティデータ収集システムは構築され日本一のデータ数ではあるが・・・

- 学習に十分な数のデータが集まっていない

- ハードとしてのMRI機器とデータ収集のための人材が必要
- より少ない数のデータで学習できる脳型AI解析技術開発が必要

(出典) (第3回) 大阪大学プレゼン資料「人工知能と精神医学・医療—社会実装に向けて—」

図 3-7 精神疾患診断の課題

データ不足の大きな要因は、データを作成するための人材の不足である。我が国はMRI (Magnetic Resonance Imaging) の数が多く、OECDによれば、2014年時点の人口100万人あたりのMRI台数は51.7台と世界1位を誇っている。それにも関わらず、MRIの計測技術者や、取得したデータを解析するデータアナリストが不足しているため、現状では研究者がデータの取得から解析、産業応用まで全てやらなくてはいけない状況であり、データがなかなか集まらないばかりか、研究者にとっても本来の研究に割く時間が削られることとなり、非常に効率が悪い事態となっている。

加えて、大学にはMRIが次々に入っているものの、民間企業がMRIを保有しているケースは少ない。そのため民間企業がMRIで計測した脳情報を活用するにはMRIを保有する組織に計測を委託しなければならないが、そういったケースにおいて民間企業がどのような組織にどのように委託すればよいのかが明確になっていないという点も課題の一つとなっている。

また、脳情報はそれを取得した被験者の主観的内面に係るものであるため、第三者が後から別のアノテーションを付与することが困難であることや、脳情報の個人情報としての取扱いが明確化されていないことも、データ収集における課題として挙げられている。

さらに、このような状況を踏まえて、より少ない数で学習できるAI技術の開発も必要と考

えられている。

また、大阪大学におけるもう一つのデータベースに係る取組として、学内におけるデータの統合利活用を推進するため 2016 年 4 月に設立された「データビリティフロンティア機構」がある。

データビリティフロンティア機構では、データ駆動型研究推進、2 次利用可能なデータベースと世界標準、実践型人材育成をミッションとしている。

「データビリティ」におけるミッション



1 データ駆動型研究推進

- 研究者マッチング
- 分野固有のノウハウを考慮した研究計画の設計

2 2次利用可能なデータベースと世界標準

- 大学という公共性を利用し、オプトイン、匿名化処理による被験者データ収集

- ◆ 大阪大学キャンパスを超スマートシティと想定した、1000人エキストラによる群衆行動データ、教職員ボランティアによるライフログデータ
- ◆ 生物学的・医学的データと臨床データの連結データベース



3 実践型人材育成

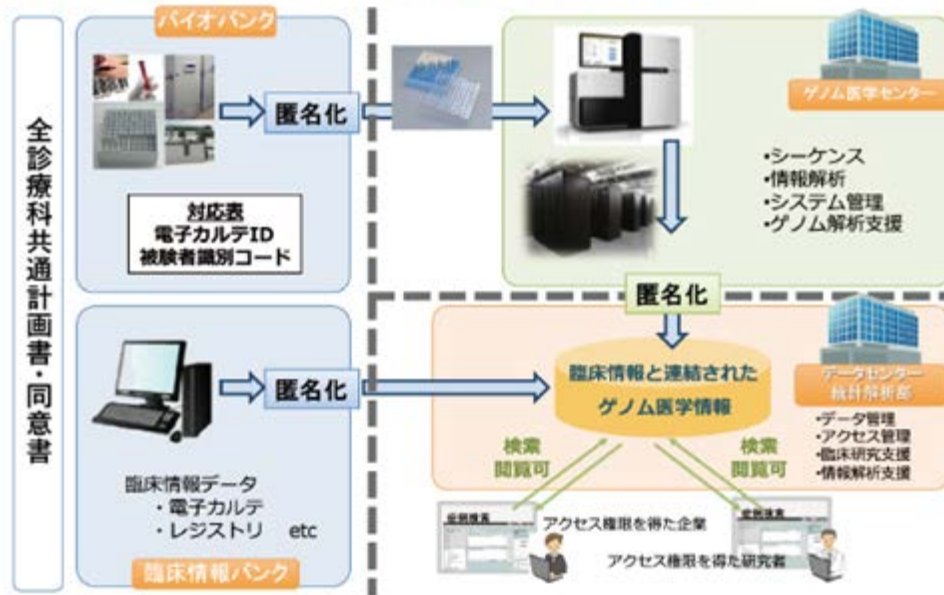
- OJTによる課題解決実践プログラム
- 基礎から実践までの一貫教育(講義とOJTの併用)
- ニーズに合わせたアラカルト形式の教育プログラム

(出典) (第4回) 大阪大学プレゼン資料「高品質データベース構築と個人情報を含むデータの利活用における課題—大阪大学における取組を例に—」

図 3-8 「データビリティ」におけるミッション

データビリティフロンティア機構は、医療に関わる分野とも協働しており、診療科・関連病院の垣根を超えた医療データの集積と活用を目指している。附属病院における大量の電子カルテデータのような臨床データと、診療時に採決された血液等のゲノム解析結果等の集積にあたっては、どのようにデータを匿名化し連結するかといった課題を解決する必要があり、希少・難治性疾患、がん、感染症、認知症等の領域における臨床ゲノム情報データストレージの整備に関する研究が進められている。

◆事例：連結データベースの構築（データマッチング）



大阪大学における診療科・関連病院の垣根を超えた医療データ集積

(出典) (第4回) 大阪大学プレゼン資料「高品質データベース構築と個人情報を含むデータの利活用における課題—大阪大学における取組を例に—」

図 3-9 大阪大学における連結データベース構築

また、個人情報という観点では、防犯カメラの映像やネット上に流れるデータが考えられ、データビリティフロンティア機構においてはスマートキャンパスプロジェクトを推進する中で、例えば、大学グラウンドのスマート化を推進しており、スポーツ医科学と情報科学のシーズを合わせて新たな情報の収集を行うような、データの収集を実際に行おうとしている。

また、大阪駅周辺にある「うめきた」は1日に240万人往来する大都市であるが、うめきた2期区域開発地域の再開発の中で、「ライフデザイン」をキーワードに、実証フィールド的にデータの扱いについても整備していこうとする取組を行っている。

データの収集にあたって、以下のような意見があった。

- ・ データにアノテーションをつけることでデータの価値が生まれるが、そのために非常に大きな人的コストがかかることから、重要分野については国が積極的取り組むべきである。
- ・ 国がデータを収集・整備していくといったことを考えていく上では、付加価値の高いデータを整備し、競争力のあるデータが必要となる。そのようなデータが整備されれば、日本の民間企業にも大学にも大きなメリットがある。
- ・ その場合にはデータを第三者に提供することを前提に利用目的を明確に定めた上で、オプトイン、オプトアウトによる、確実な本人同意に基づくデータ収集を行う流れをつくり、違うタイプのデータを連結していく又は収集の段階から連結していく形で、特に高付加価値のデータを整備することが重要である。
- ・ 特に、日常の生活データとの連結、脳科学との連結は、新たな研究を生み出す。また、

患者のデータだけではなく、健常者データも合わせて取っていくとさらに利用価値が上がる。

- ・ なお、医療データの最大の問題は、目的外の使用をしたいときに再度承認を取ろうとしても既に他界されているようなケースも多く、データ自体を使えないという問題が起きてくる。そのため、本人同意に加えて利用目的を明言化した上でデータ収集する必要がある。

脳情報におけるビッグデータは、以下のように、様々な分野への広がり期待される。それらの分野に応じて、必要なデータを蓄積していく必要がある。

種々のサービス等の評価やニューロマーケティングへの展開

- ・ CM 評価
- ・ 脳波計による消費者の意識調査

創薬への応用

- ・ バイオマーカの発見、薬による効果(脳活動の変化)の検証

教育・能力開発への応用

- ・ 心の健康への応用
- ・ 脳波等のバイオマーカによるニューロフィードバック

ストレス評価への応用、認知機能評価・検査

- ・ 脳波・NIRS 等による評価とニューロフィードバック

脳情報を社会実装する上ではこのような質と量を兼ね備えたデータが非常に重要である。これらの課題を解決する一つの方策として、多くの計測機器を有する中立的な機関において、計測手順等を明確にした脳情報を大量に蓄積、解析する枠組みを整え、データの管理、権利関係を整理し、産業界でのデータ利用の窓口として機能するようなシステム作りが考えられる。このような枠組みを整備し、安定的に維持・運営することが重要である。民間企業から見ると脳情報はなかなか扱いにくいものであるため、恒常的に稼働している複数の計測器とシステムを持ち、計測専門の技術者がいて、かつ大容量データをハンドルできる技術者がいる組織が必要と考えられる。その際に社会実装をするための体制は、研究者だけでなく産業界からの人も入った形で作られることが必要である。また、設備を運用する機関間の連携も必要である。

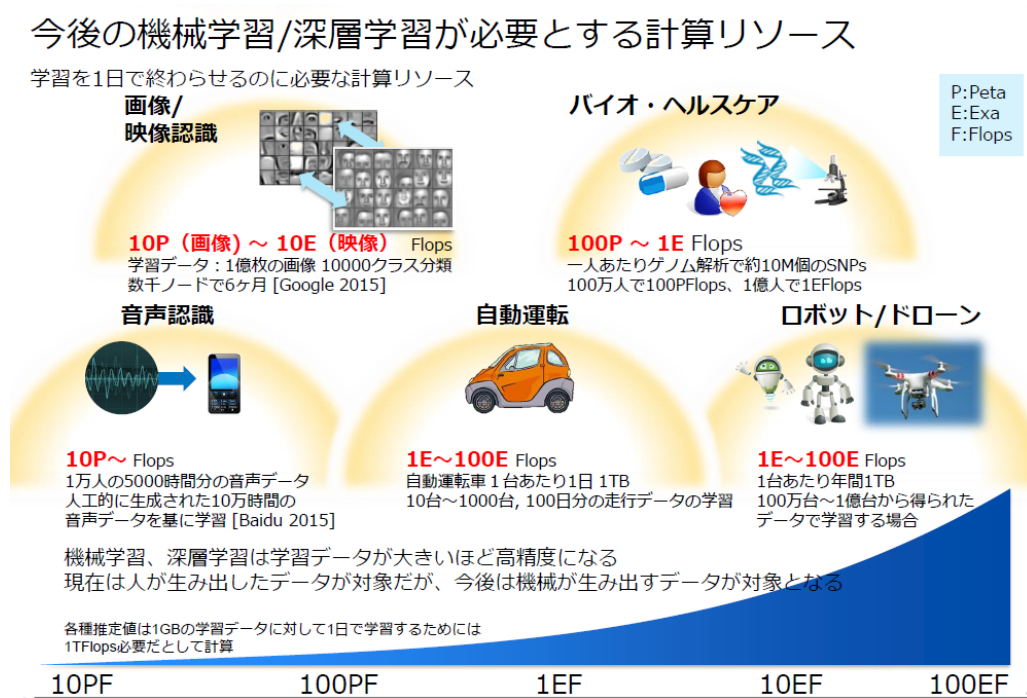
データの共有については、やはり個人情報の課題があり、MRI による生データを共有することはかなり難しい状況であることから、当面は共同研究の形態になると考えられる。ただ、解析モデルや翻訳モデルといった形でライセンス供与する方法が主流になると考えられることから、サービスに合わせたモデルの構築に協力するという形で、社会実装を展開する方法が有効ではないかと思われる。

また、最近注目を集めている深層学習については、深層学習が特に得意とされている画像認識による異常検出、制御といった分野等で深層学習の応用が進められている。

深層学習の可能性が注目される一方で、必要となる計算リソースが課題となっている。

以下の図 3-10 に示すように、機械学習、深層学習は学習データが大きいほど高精度になる一方で、例えば 1GB (ギガバイト。ギガは 10 の 9 乗。) の学習データに対して 1 日で学習するには 1TFLOPS (テラフロップス。テラは 10 の 12 乗。フロップスは Floating-point Operations Per Second の略称でコンピュータの性能指標の一つ。) かかると仮定すると、画像では 10PFLOPS (ペタフロップス。ペタは 10 の 15 乗。)、バイオ・ヘルスケアデータでは 100PFLOPS、音声認識では 10PFLOPS、さらに自動運転やロボット等リアルタイムでセンサーデータが入力される領域では、さらに大量の計算リソースが必要になる。今後の深層学習の社会実装では、強力な計算リソースの確保が重要になってくる。

これに対し、Preferred Networks の提供するオープンソースフレームワーク Chainer では、128GPU 程度までは線形にスケールするため、大量のデータの処理において他の既存フレームワークと比較して高いパフォーマンスを実現している。



(出典) (第4回) Preferred Networks プレゼン資料「深層学習の社会へのインパクト」

図 3-10 今後の機械学習/深層学習が必要とする計算リソース

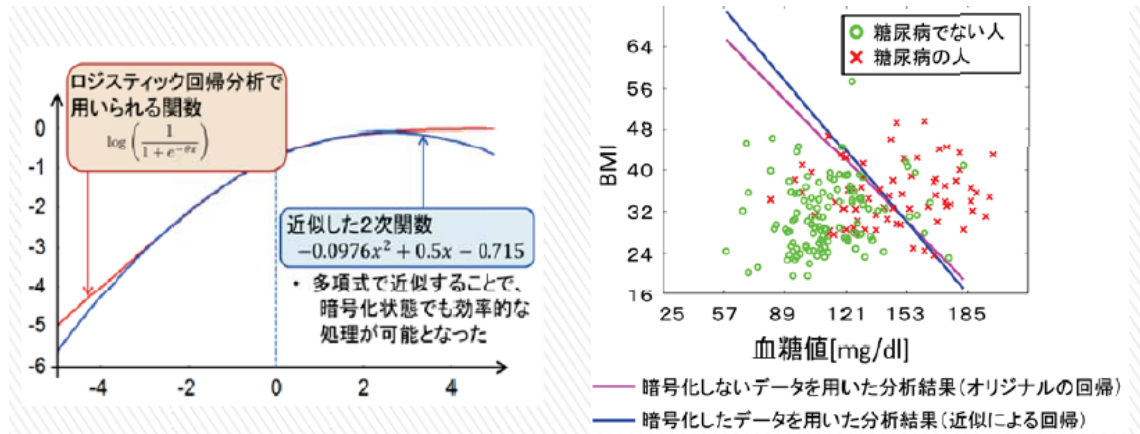
(2) パーソナルデータ利活用

一般に、人工知能技術に活用されるビッグデータにおいて、ビジネス創出にむけた利用価値が高いとされているのは個人の行動や状態に関するデータ、すなわちパーソナルデータである。ビッグデータ解析、人工知能技術の活用に取り組む民間企業の多くが利用者(顧客)のパーソナルデータの収集に力を入れる中、利用者のプライバシーを保護するため、改正個人情報保護法が2017年5月に全面施行されることとなった。

このようなパーソナルデータの利活用に当たっては、匿名加工情報とよばれる、「個人情報を加工して、通常人の判断をもって、個人を特定することができず、かつ、加工する前の個人情報へと戻すことができない状態にした情報」へ加工すれば、本人の同意を得ずともデータを利用することが可能である。分野によって匿名加工の方法は異なるため、今後の社会実装に向

けては、この匿名加工の技術において、いかに再識別のリスクを低減し、データの有用性を保ったまま加工するかが課題となると考えられており、現在様々な手法が検討されているところである。

また、匿名加工方法には含まれていないが、暗号技術を用いたプライバシー保護データ解析技術の取組も進められている。



(出典) (第2回) NICT サイバーセキュリティ研究所 プレゼン資料「データ利活用とセキュリティ・プライバシー保護」

図 3-11 暗号化したままのデータ分類(NICT 開発の準同期型暗号を糖尿病判別へ適用した例)

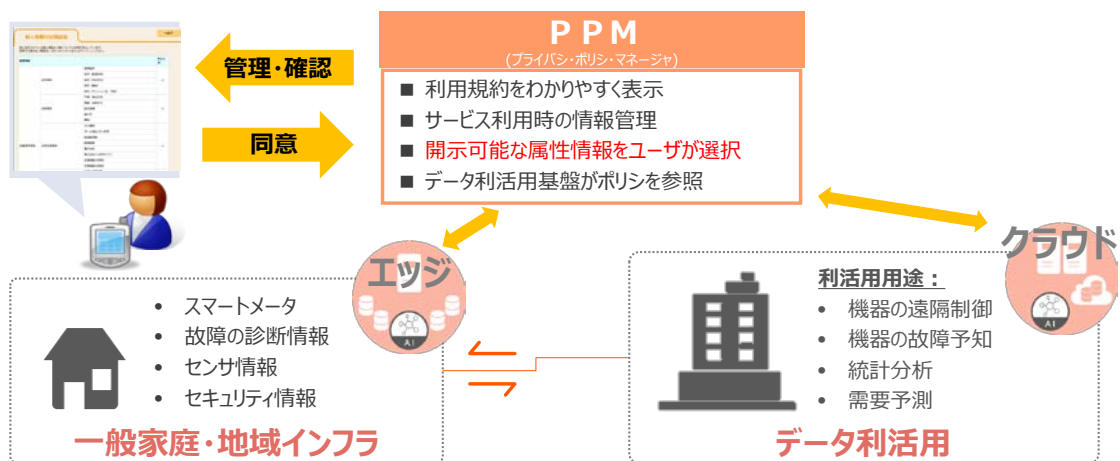
現在 NICT では、多数の参加者が持つデータセットを互いに秘匿したまま深層学習を行うプライバシー保護深層学習システムについての研究や、「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」(JST 戦略的創造研究推進事業 (CREST)) の研究プロジェクトの中で、暗号技術や人工知能技術を活用し、プライバシーを保護した状態で高速にデータ分析や異常検知を行う技術の研究開発等を実施している。

(出典) (第2回) NICT サイバーセキュリティ研究所 プレゼン資料「データ利活用とセキュリティ・プライバシー保護」

図 3-12 プライバシー保護に関する動向

また、パーソナルデータを利用者が本人が管理していくという方法も検討が進められている。

KDDI では、以下の図に示すように、パーソナルデータ提供のためのポリシー管理を行い、利用者自らがデータの提供をコントロールできる機能を提供する、プライバシーポリシーマネージャー (PPM) を開発している。利用者一人ひとりにプライバシーの基準あるいは特性、開示可能な属性を開示してもらい、管理する仕組みであり、既にいくつかの実証の中で検証を行っているところである。



(出典) (第6回) KDDI プレゼン資料「AI・自然言語処理に向けた言語データの提供・利活用と社会実装について」

図 3-13 プライバシ・ポリシー・マネージャ (PPM)

(3) 知的財産権への対応

自然言語処理技術・脳情報通信技術に限らず、人工知能技術の社会実装において、学習データや学習済みモデル等に対する知的財産権の扱いは現在、政府でも検討中の状況である。

例えば学習データについては現在、大規模な Web アーカイブを組織間で販売したり、共有したりすることが著作権法上認められていないという解釈が多数派である。(アーカイブ中の各 Web ページの著作権者に承認をもらえれば他組織への提供は可能ではあるが、数十億ページの Web ページに対してこうした作業をするのは不可能である。) これはつまり、こうした Web アーカイブを利用するサービスを立ち上げようとする民間企業は、自前で Web ページを収集せざるをえず、ベンチャー等の企業にとっては非常に困難である。自然言語処理技術の開発サイドからは、こうした著作権法の課題の解決が望まれている。

3-2 自然言語処理技術

(1) 民間企業等における導入事例 (サービスアプリケーション) と課題

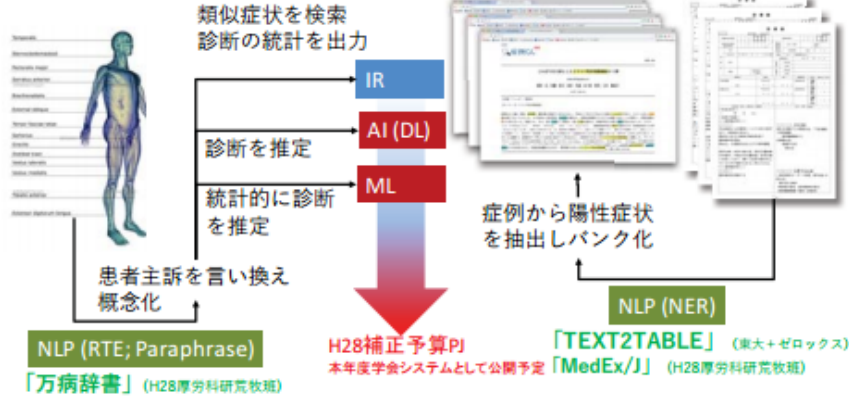
医療分野については、奈良先端科学技術大学院大学において、全国の学会や病院等が保有する症例データ、入退院データ等を活用し、症状から症例を出すのではなく、症状から診断を推測する、診断支援システムの開発にも取り組んでいる。

症例検索から診断支援のためのデータへ

症状から症例を検索

症状から診断名を推測する

- ・ 稀な症例であっても重要な疾患集であり見落としの防止に貢献
- ・ 海外展開時における競争力の確保に寄与



(出典) (第2回) 奈良先端科学技術大学院大学プレゼン資料「自然言語処理の医療応用」

図 3-14 診断支援システムの開発事例

さらに、Twitterの“つぶやき”情報を活用し、感染症の拡大を予測する取組も進めており、東京オリンピックに向けた危機管理体制の一環として、SNSを用いた感染症発生の推定ツール開発を実施している。



迅速・網羅的病原体ゲノム解析法の開発及び感染症危機管理体制の構築に資する研究



感染症危機管理体制の構築に資する網羅的な診断系を確立
Twitterの“つぶやき”から自然言語処理にて感染症発生を推定するツールを開発し、そのアラートが実際の現場（病院・地研・感染研）で正しい事象を捕捉しているのか否かを検証する。
海外来訪者の増大と東京オリンピック対策を兼ねて、感染研・東京都健康安全研究所との連携を密にし、実地疫学とNGS検査法を軸にネットワーク構築する。

- 黒田誠 (国立感染症研究所)
- 木村博一 (国立感染症研究所)
- 梁明秀 (横浜市立大学大学院)
- 大石和徳 (国立感染症研究所)
- 四宮博人 (愛媛県環境衛生研究所)
- 貞升健志 (東京都健康安全研究所)
- 大場邦弘 (公立昭和病院)
- 荒牧英治 (奈良先端技術大学院大学)

(出典) (第2回) 奈良先端科学技術大学院大学プレゼン資料「自然言語処理の医療応用」

図 3-15 医療におけるソーシャルデータの利活用事例

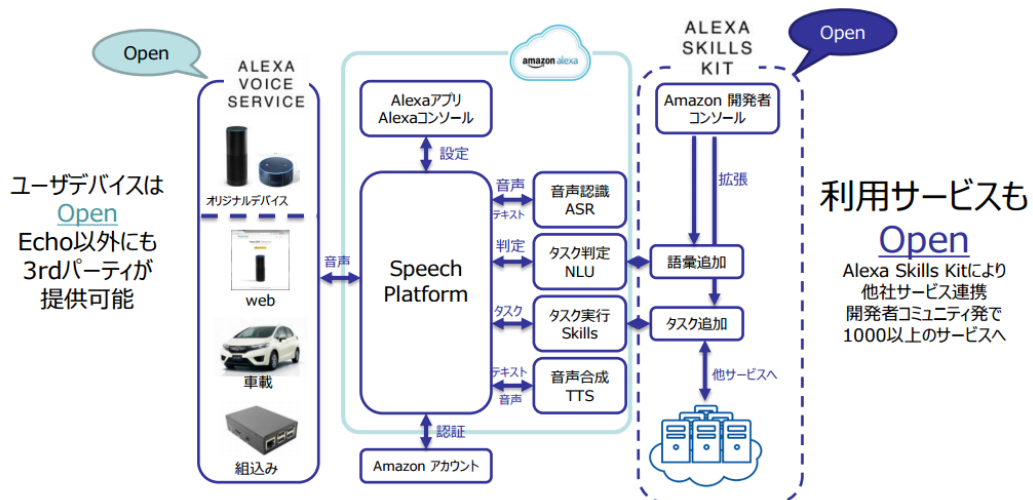
また、認知症や発達障害等の発症と語彙能力の関係に着目し、個人発話データからこれらの疾病を測定する取組も進めており、一定の成果を得ているところである。

このように、医療分野において、診療録や症例報告のような病院内のデータだけでなく、SNS

等のソーシャルセンサーから得られる病院外の情報を利用することが有効である可能性が示された一方で、このようなソーシャルセンサーを活用するにあたっては、大都市や若者に利用者が多く、日本全体のサンプルとしては偏っていることに留意する必要がある。

防災分野においては、災害時の情報収集ならびに災害対応における意志決定支援のためのシステムとして、NICTにて対災害 SNS 情報分析システム DISAANA 及び災害状況要約システム D-SUMM の研究開発が進められている。いずれのシステムも一般公開され、社会実装が進んでいるところであるが、現在は情報源が SNS であり、情報の信頼性を向上するため、センサー由来の情報と統合的に解析することで SNS 上の情報の信頼性判断を可能とし、新たな価値を創出するための技術開発が進められているところである。

対話分野においては、Amazon Alexa のプラットフォームでは、音声認識やタスク判別、Q&A といった機能は進化し続けているが、それはこれらの各機能がインタフェースの改造なしに接続可能となっていることによるものである。



(出典) (第1回会合) NTTドコモプレゼン資料「自然言語処理応用の現状と今後～対話・翻訳を中心に～」

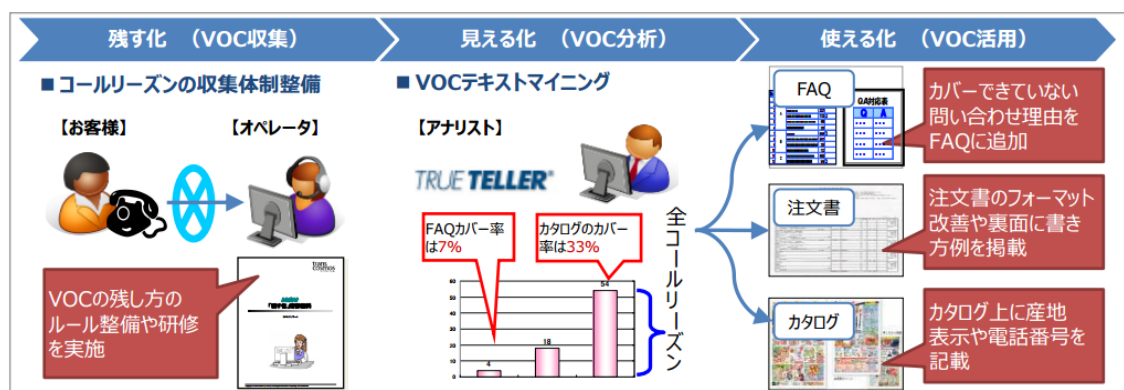
図 3-16 Amazon Echo (Alexa) に見られる対話システムの典型

一方、これまで我が国におけるシステムの多くは、それぞれが個別に作られていたため、技術が陳腐化してもそのまま残ってしまっていた。また、ソリューションごとにシステムを作っているため実装が重複していたり、技術が非標準のため技術者がノウハウを共有できない、閉じたシステムになっているため機能の追加もあくまで対象システムへの追加としてのみ開発可能であり、スケーラビリティが担保されていないといった課題が存在している。

また、対話分野では、コールセンターにおいて自然言語処理の活用が期待されている。

トランスコスモスでは、様々な民間企業におけるコールセンター、Web、チャットや SNS を含めたビッグデータを活用し、マーケティングコミュニケーションやカスタマーケアの対応支援に取り組んでいる。例えば、以下の図に示すように、食品通販企業向けに、顧客がなぜ問合せをしてきたのかを人工知能を活用して分類し、FAQ やマニュアルがどのくらい必要な問いを

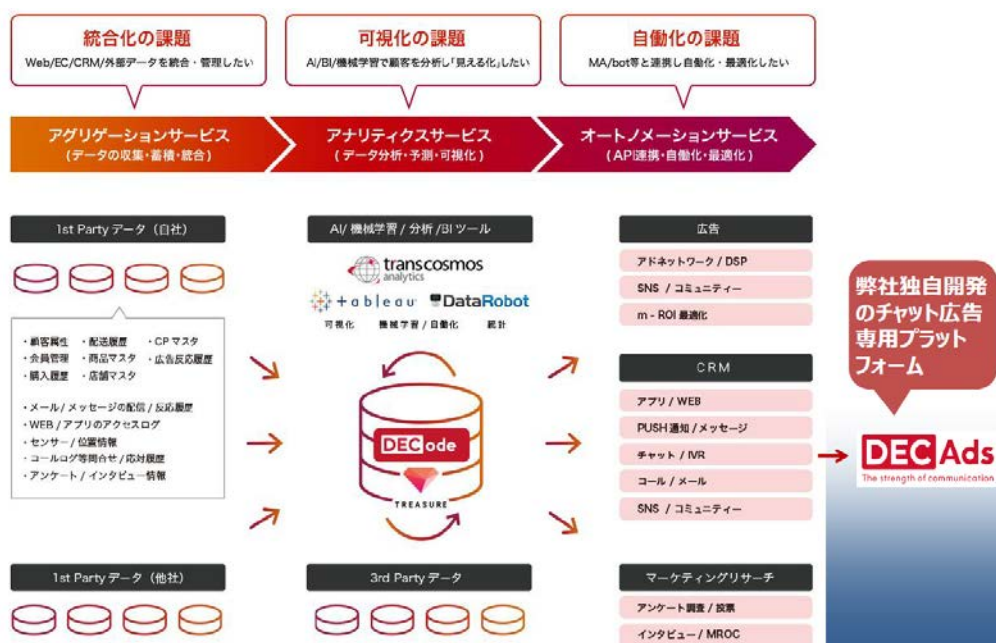
カバーできているかを分析するような取組を行っている。



(出典) (事前会合) transcosmos プレゼン資料「トランスコスモスにおける自然言語処理や人工知能に関する取組」

図 3-17 トランスコスモスにおける食品通販のコールセンター/カバー率分析と FAQ 改善事例

また、このようなコールセンターの対応履歴のほか、従来型の会員データ及び販売履歴、音声、位置情報等をマルチチャンネルでアグリゲーションして機械学習の入力とし、その学習結果をチャットやレコメンドエンジン等のサービスに広く API 連携させた独自のデジタルマーケティングプラットフォームである「DEcode」を開発した。特にチャット広告、チャットコミュニケーションに関しては専用の独自システムとして「DECAds」を提供しており、広告からチャットへ誘導し、より適切な情報提供やコミュニケーションを行うことで、ユーザーの課題解決や興味関心度の向上を図ることができる。



(出典) (第4回) transcosmos プレゼン資料「消費者コミュニケーション領域における AI/自然言語処理に関する現状と課題」

図 3-18 Transcosmos のデジタルマーケティングプラットフォーム「DEcode」

既にいくつかの民間企業において導入が進められており、例えば 2017 年 1 月には、ライフネット生命保険に対し、LINE 及び Facebook Messenger での、チャットボットによる自動応答

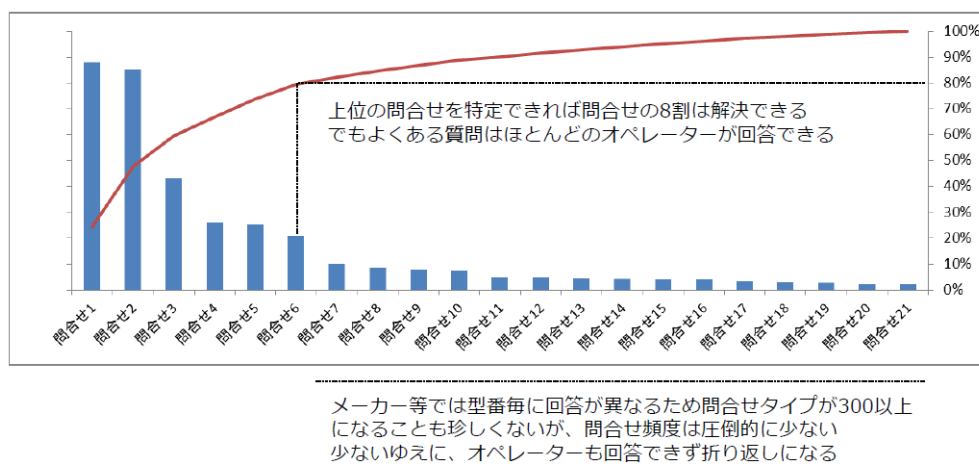
を活用した保険診断及び保険料見積りを実現するサービスの提供を開始した。

このようにコールセンター業務への対応においては、当面は従来の電話やFAQに加えたチャット/SNS/メッセージングアプリの活用が進むとされつつも、並行して有人応答の補完的手段としてAIによる応答支援や自己解決支援が普及していき、最終的にはチャットボット等による自動応答へとシフトしていくと予想されている。一方で、社会実装に向けては以下のような課題が挙げられる。

① 不均衡データへの対応

実際の間合せ別の発生量は、図 3-19 に示したとおり概ねロングテールで不均衡な分布であり、上位の間合せを特定できれば間合せの8割は解決できるとされている。一方、このような上位の間合せについては、殆どのオペレーターが回答できるものであり、自然言語処理に求められるのはオペレーターによる回答が困難なケースが多い、ロングテール部分の間合せへの対応となる。

現状、サンプリング技術や学習データ量を増やす等の工夫で対応しているものの、社会実装の拡大に向けてはこのような間合せ頻度に依存しない自然言語処理技術の研究開発が課題である。

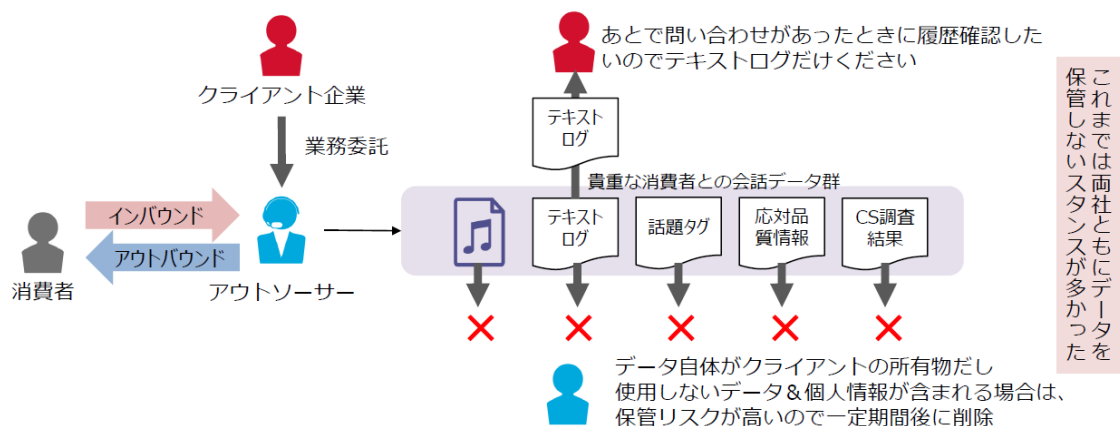


(出典) (第4回) transcosmos プレゼン資料「消費者コミュニケーション領域におけるAI/自然言語処理に関する現状と課題」

図 3-19 コールセンターにおけるデータ分布

② 会話データの活用

業務委託によりコールセンター業務を代行するアウトソーサーにおいては、クライアントのコール音声やログデータの保管は業務委託契約終了の一定期間後に廃棄され、活用されないことが多い。そのため、貴重な会話データやアノテーションデータが失われてしまっているのが現状である。その背景として、自社におけるデータ利用の対処方針が人工知能の活用というシーンに対応していないこと、匿名化技術が確立していないことや、そもそもデータ保管の価値・重要性がクライアントに浸透していないこと等が挙げられる。



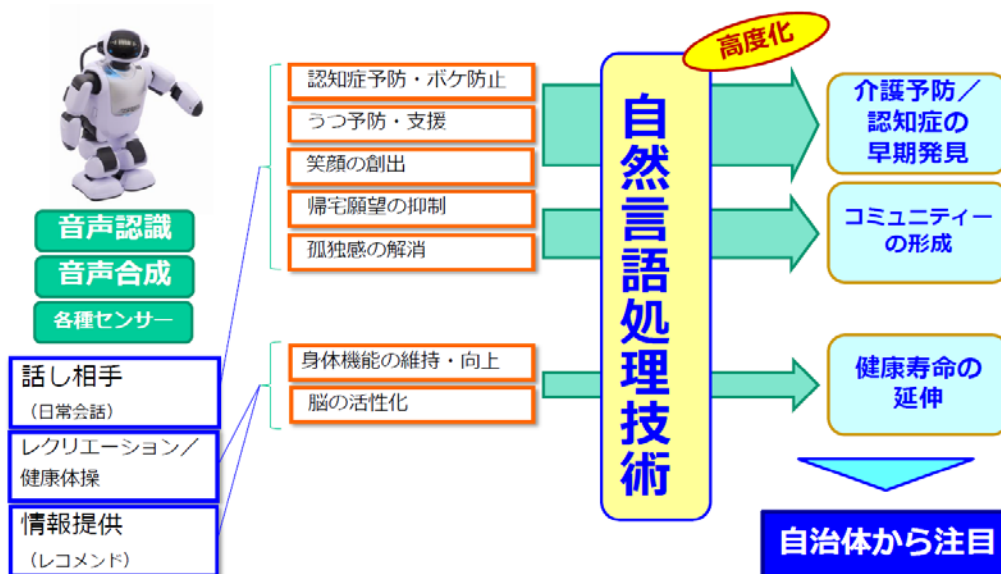
(出典) (第4回) transcosmos プレゼン資料「消費者コミュニケーション領域におけるAI/自然言語処理に関する現状と課題」

図 3-20 アウトソーサーによるデータ保管期限の仕組み

対話分野の中でも、コミュニケーションロボットにおける自然言語処理の活用事例と課題について述べる。

第1章で述べたように、富士ソフトでは、高齢者向けコミュニケーションロボットとして、「PALRO」を開発している。

PALRO は音声認識、音声合成、各種センサー、画像認識等他の人工知能との連携によってコミュニケーションを形成する。今後は、自然言語処理技術の高度化と、他の人工知能との連携等、高度なマルチモーダル情報処理による高度なコミュニケーションを実現することによって、介護予防・認知症の早期発見やコミュニティの形成、健康寿命の延伸が期待できるとしている。これらのテーマは自治体における課題とも関連することから、このサービスを活用して自治体サービスと連携していくといった可能性も考えられる。



(出典) (第6回) 富士ソフトプレゼン資料「コミュニケーションロボットにおける自然言語処理技術の社会実装への期待について」


図 3-21 高齢者福祉施設における PALRO の導入効果と自然言語処理技術融合による期待

翻訳の分野については、翻訳精度は学習データの量に比例する。しかし、日本語は話者数の多さの割に他の言語と比較して対訳データが少ない。また、要約・対話については、そもそも大規模なデータが存在しない。機械翻訳をビジネスとするバオバブからは、例えば以下に示すような言語資源データへのニーズが挙げられた。

言語資源データ(何を)

具体的には(例):

- 種類
 - ・対訳(社会実装転用可能な一般分野対訳・辞書)
 - ・要約
 - ・対話
- 分量
 - ・100万文単位
- 他
 - ・きれい
 - ・フリー
 - ・誰でも目的を問わず簡単に入手出来る



(出典) (第1回) バオバブプレゼン資料「バオバブにおける自然言語処理関連データ構築の取組と課題
次世代人工知能社会実装 WG への期待」

図 3-22 具体的な言語資源データ (例)

(2) サービスアプリケーションを支える基盤技術と課題

自然言語処理の基盤技術については、様々な分野に共通して、対話エンジンの高度化が肝となる。

こうした対話エンジンは、ユーザの性別、年齢等の属性や、保有する知識や感情、意図等の特性、状況等をユーザからの入力等から推測する技術、ソフトウェアモジュールを必要とするが、それらの技術は未だ発展途上であり、今後研究開発を進める必要がある。

また、今後、対話システムが高度化する一つの軸は、社会常識から非常に高度な専門的知識に至るまで、いかに大量の知識を活用して、ユーザにとって有用な対話ができるようになるか、という点であるが、そもそも Web 文書、SNS や論文等の各種ドキュメントにある知識を抽出、整理して、対話で活用できる技術がまずは必要であり、NICT の WISDOM X や DISAANA、D-SUMM のような自然言語テキストからの各種質問応答技術、知識獲得技術を拡張、発展させて、そうした技術を開発していく必要がある。

また、長期的に見ると、対話システムは高度に専門的な知識に関してユーザの問合せに答えたり、ユーザにアドバイスをしたり、といったことが期待されているが、こうした機能を実現するには、ベースとなる質問応答技術、知識獲得技術の改良が重要である。さらに、そうした技術の基盤である長い文章からその意味を読み解く文脈処理技術や、辞書データや大規模な文書アーカイブを大規模な計算機システムで効率良く処理できるミドルウェア等の開発も重要である。

また、対話システムにおいては、単にユーザが回答を読み取れる文、文章を提示するだけではなく、対話の文脈に合わせて、特に長い文、文章で表される回答を翻案、要約する必要がある。こうした翻案、要約技術も非常に重要な研究課題である。

また、対話の過程においては、単に既存の知識をユーザに伝達するだけでなく、ユーザによりそう形で、文書等には明確に書かれていない仮説を提示する必要も出てくる。このため、仮説推論技術も重要な技術として研究開発を進める必要がある。

こうした対話エンジンから仮説推論技術に至るまでの一連の技術は、深層学習も含めた多様な機械学習技術によって実現されるものと思われるが、そうした機械学習は現在、教師あり学習が主流であり、人手をかけて学習データを構築、蓄積していくことはもちろんのこと、可能であれば学習データを人手で構築する必要のない、教師なし学習の枠組みも重要な研究課題である。



図 3-23 同時通訳の概要

また、翻訳分野においては、同時通訳も音声翻訳の究極の形として期待が大きい。現在、実用化されている音声翻訳の技術は、入力を1文単位で処理する方式を採用しており、入力が高いと結果が得られるまでの遅延が大きくなり役に立たなくなることから、この課題を解決するため、入力の途中で翻訳が開始される方式の実現が望まれる。

本来、同時通訳者は、音声情報だけでなく、視覚情報や話題に関する背景情報等を駆使して多角的に翻訳している。入力のマルチモーダル化に自然に繋がっていく性質のものであり、研究もそのように発展させていくことも進化の方向としては考えられる。既にニューラルネットを利用することで、静止画に説明文を付与することは研究が一部で開始されている。遠くない将来に動画を対象として、要約や解説を多言語で生成したり、複数話者の音声に字幕を多言語で付与したりすることが実現可能と考えられる。そのために、マルチモーダルの大規模なアーカイブや機械学習用の大規模な計算プラットフォームの整備が基盤として必要となる。また、このように機械学習をベースに文外の情報を取り入れていくことは、百科事典の知識やWebから獲得できる様々な知識、あるいは、対話の構造等の取り込みに自然に発展していき、更に、相手の年齢、性別、能力及び文化の差を考慮した「通じやすい」翻訳の実現が期待される。

3-3 脳情報通信技術

(1) 民間企業等における導入事例（サービスアプリケーション）と課題

これまでに述べたように、脳情報通信技術の導入事例としては、マーケティング分野での実用化が挙げられる。これは、CiNet が開発した体験内容とヒト側頭葉脳活動の関係を言語空間表現でモデル化することにより、客観的/主観的な知覚意味内容を脳活動から（一定精度で）解読する知覚推定技術をベースにしている。



Huth et al., 2016 *Front. Syst. Neurosci.*
Nishimoto et al., 2015, 2016a/b *patent pending*

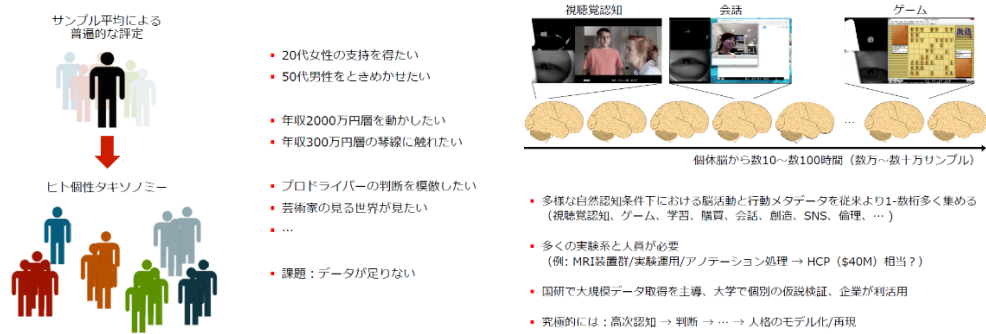
(出典) (第5回) NICT プレゼン資料「脳情報解析と人工知能の接点：シーズ・社会実装・課題」
図 3-24 動画（広告）の質的側面の定量化

これにより「動画（広告）の質的側面を定量化」することで、動画企画段階で作られた複数案に対して、制作意図に対する伝達度等を定量化し、意思決定に寄与したり、知覚結果を脳からダイレクトに引き出すことで、主観報告に頼らない直感的で信頼性の高い情報を獲得することが可能となる。

このほかにも、化粧品使用時のユーザの感性を脳情報を利用して検出したり、化粧の方法による対人印象の研究、運転中のドライバーの「楽しさ」等の感覚を脳波を含めた生体データや運転行動・車両データ・周辺情報から予測する研究等の取組が行われており、成果を上げている。

一方で、これらの評価手法は、現状、fMRI による脳計測が必要であり、社会実装を促進するための足かせとなっている。現状では、このような評価にも fMRI や脳波計のような機器での計測が必要となっている。脳情報通信技術の社会実装にあたって、センサーをつけた人が日々そのあたりに大勢いるというのはイメージしにくく、バイオマーカーが簡易な手法で取り出すことができれば、その人の行動や判断の予測、快・不快の心の状態等がつかみ出せ、実装につながるのではないかと考えられる。fMRI の密な情報、脳波計の粗い情報及び言語の3つの要素を繋ぐような膨大なデータベースができることによって、fMRI や脳波計が不要になり、究極的には顔の表情を計るだけでよくなるのではないかとの意見があった。fMRI によらない計測技術、評価技術が実現できれば、普及が一気に進む可能性がある。

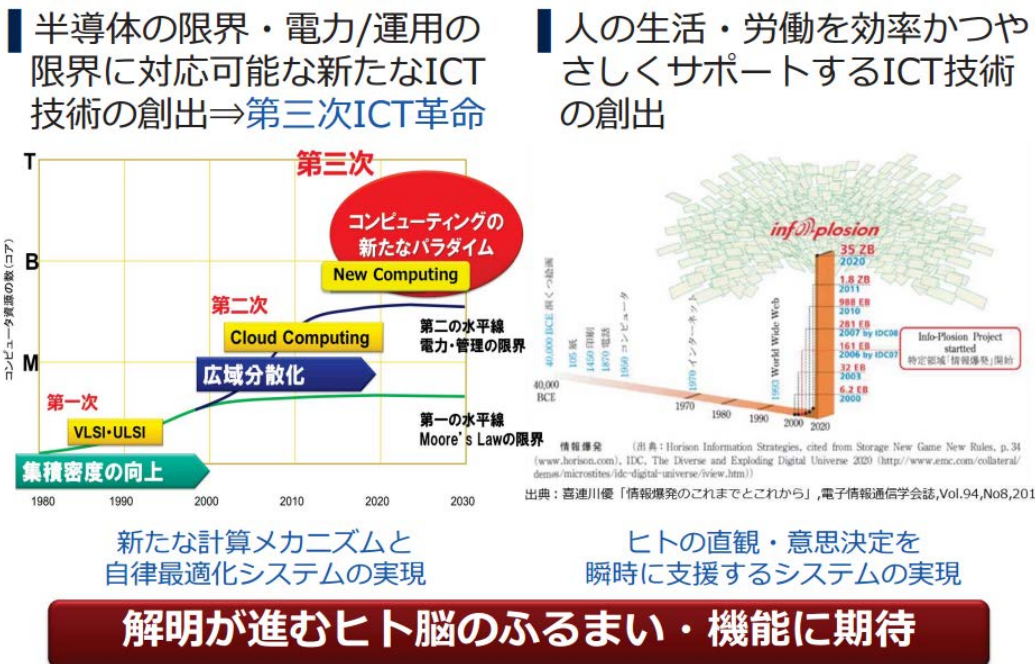
そのほかに、基礎研究を社会実装に結びつけるための課題として、第2章に述べた実社会への展開が見えづらいことや民間企業と研究者の接点が少ないという課題がある。さらに、平均的な脳情報解析（研究）に加えて、それぞれの個人の個性を踏まえた解析（社会実装）に必要な脳情報データが圧倒的に不足していることも大きな技術課題と考えられる。



(出典) (第5回) NICT プレゼン資料「脳情報解析と人工知能の接点：シーズ・社会実装・課題」
図 3-25 データの必要性

今日、情報通信産業は半導体の進化に大きく依存して性能やコストパフォーマンス、品質を上げてきたが、今後 IoT 等によって何十億ものコンピュータが並列に地球上に存在することになり、電力の問題や、管理・運用の対応に限界が見え始めているとの意見もある。情報が爆発的に増加している中で人手不足は大きな課題であり、ヒトの直感や意思決定を瞬時に支援し、生活・労働を効率的かつやさしくサポートする ICT が求められる。

このような状況の中、脳の振る舞いや機能の解明が進みつつあり、これを新たなコンピューティング基盤とすることでこれらのニーズに対応する試みが始まっている。

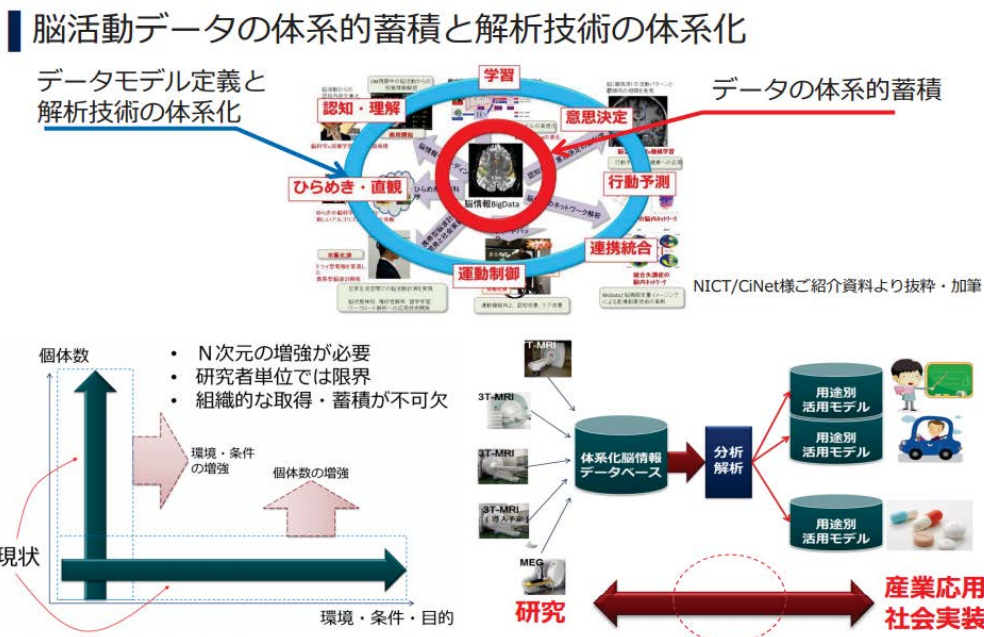


(出典) (第3回) NEC プレゼン資料「脳情報技術の産業利用と課題」
図 3-26 情報通信産業が直面する課題

このような状況の中で、大きく以下の3点が社会実装に向けた課題として挙げられた。

① 脳活動データベースの拡充強化

現在、各々の研究者がそれぞれの目的に応じて収集したデータが個別に存在している状況であるため、どのようなデータをどのような数で、どのように増やしていくのかという観点と、環境・条件・目的をどのように設定していくかという観点で、ある程度体系化してデータベースを拡充していく技術が必要である。



(出典) (第3回) NEC プレゼン資料「脳情報技術の産業利用と課題」

図 3-27 脳情報通信産業が直面する課題

② 利活用技術の確立

脳情報を単に提供されても、何ができるのかが分かりにくいいため、脳情報研究から積極的に利活用を提案し、推進していく必要がある。また、研究者の興味と利用者の興味のマッチングも重要と考えられるが、研究者が個別に対応すると研究者にとって大きな負担となることが想定される。研究と市場をタイムリーにつなぐ双方向のシステムが必要であり、これに対する民間企業あるいは国の戦略的な投資により利活用を加速し、競争優位を確保することが重要である。

③ 多領域の産学官連携

脳情報には中央政府/自治体を含め多くの業界が関与していくことが想定されるが、企業単位で個別に取り組むことは難しいため、多くの業界、産業界に向けて、脳情報の利活用を推進するような、広範囲の連携・知見の交換を実現する新たなシステムが必要である。

(2) サービスアプリケーションを支える基盤技術と課題

① 脳機能計測技術の高度化

詳細な(高空間分解能・高時間分解能な)脳活動計測技術を実現し、それら脳情報データの

解析を高速化・詳細化することにより、脳内ネットワークの状態や脳機能の解明を推進できる。fMRI の計測技術の向上による、実験室内の限定された環境における脳活動データの高度化だけでなく、日常生活における脳活動計測技術（脳波計等）の高度化及び fMRI データとの関連性を分析することにより、実験室での高度な計測データに裏打ちされた日常生活で得られる脳情報の活用が期待される。

② 脳情報モデル化技術の高度化

脳機能の解明と脳情報データの蓄積が進むことにより、脳情報のエンコーディング・デコーディング技術の精度が向上し、外界からの刺激に対するヒトの脳の反応をシミュレートすることが可能な脳モデルが構築される。脳モデルを利用して fMRI 等を用いずに外界からの様々な刺激を評価することができるようになれば、広範囲な分野での利活用が可能となる。

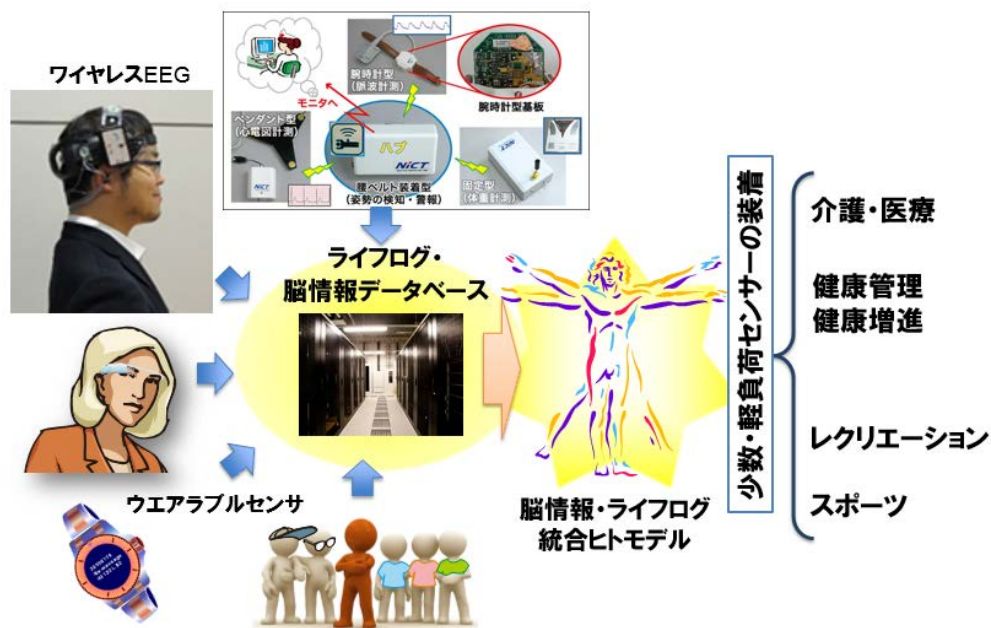
また、さらにヒトの内的思考や創造性をも含めた高度な脳モデルを構築するためには、エンコーディング技術・デコーディング技術に加えて、脳内の領野間の活動の関係性を定量的に記述するバーチャルブレイン技術を開発することが重要である。バーチャルブレイン技術は、ヒトの内的思考や創造性などの源泉となっている脳情報処理メカニズムを解明し、工学的に利用可能なシステムを提供することにより、現在の人工知能サービスの汎用化やヒトによりそうアプリケーションの開発に貢献できる可能性がある。このような技術は単体として有用なばかりでなく、エンコーディング技術・デコーディング技術と組み合わせることによりヒト行動の予測が可能になり社会実装を加速することができる。また、基礎研究や高度医療用が中心の fMRI から社会実装可能な脳波計への橋渡しとなる基礎技術を提供し、脳機能計測技術の高度化に大きく貢献する。

一方、外界からの刺激に対応する脳活動の分析だけでなく、外部への反応としての行動との関連性を明確にすることは大きな課題である。行動することにより得られるフィードバックも考慮した脳内での情報処理メカニズムは、ヒトと関わるインタフェース技術やこれから大きな社会変革をもたらすであろうロボットの実装、リハビリや行動支援システム等を高度化するための基礎的技術としても、脳機能と行動の関連性の解明は重要な課題である。

③ BMI 等を用いた社会実装

日常生活のデータと脳科学をつなぐ方法としては、ワイヤレス脳波計やセンサーエリアネットワーク等、民間企業が持つ各種のウェアラブルのセンサーシステム等を統合した社会実装への応用が重要となる。

CiNet では、ドライ型電極を装着した携帯型脳波計を開発して市販済みであり、日常生活空間での脳活動計測を実現しているが、今後は、脳活動の解析が進むことで、脳活動から意図を抽出することが期待され、BMI 等とこのような技術と組み合わせて応用し、生活支援の向上に資するための研究開発に取り組んでいく必要がある。そのため、BMI による義手や車椅子といった機器を操作する技術の高度化や、抽出した人の意図の解釈等を BMI を通じてどのように応用し、社会実装していくかが課題となる。



(出典) (第1回) NICT プレゼン資料「脳情報通信の現状と今後の展望」
 図 3-28 ライフログ・脳情報統合システム

民間企業においても新しいセンサー技術の開発が進められている一方で、企業としては、脳情報通信技術の社会実装には、ニーズ特定、実現手段検討、システム化、効果検証・評価のステップを踏んで進める必要がある。しかし、実現手段検討や効果検証・評価には脳科学の知見やデータ収集が必要であり、単独企業には負担が大きいことから、脳科学の知見の活用とデータ収集の共用化について取り組む必要がある。

各ステップの課題と対応策の例	課題	脳波リハビリにおける対応策	他用途への展開性	
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; margin-bottom: 5px;"></div> 各企業の独自開発が必要 </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #FF6347; margin-bottom: 5px;"></div> 単独企業では負担が大きい </div>	(1) ニーズ特定	商品性/事業性	脳卒中後のリハビリ	応用ごとに検討必要
	(2) 実現手段検討	簡易脳計測の実現	自社ASIC開発	そのまま展開可能
		脳活動の理論	大学連携	脳科学とAIの両方の境界領域の知識が必要
		解析手法の確立	自社開発	
	(3) システム化	ラピッドプロトタイプング	自社開発	脳計測は共通化
(4) 効果検証	有効性の確認	医師主導治験	データ収集と用途毎の評価が必要	
	安全性の確認	各種規格への適合		
(5) 発売・普及	認知	薬機法対応、教育	応用ごとに検討	

(出典) (事前会合) パナソニックプレゼン資料「パナソニックにおける脳情報通信関連の取組」
 図 3-29 各ステップの課題と対応策の例

3-4 その他の課題

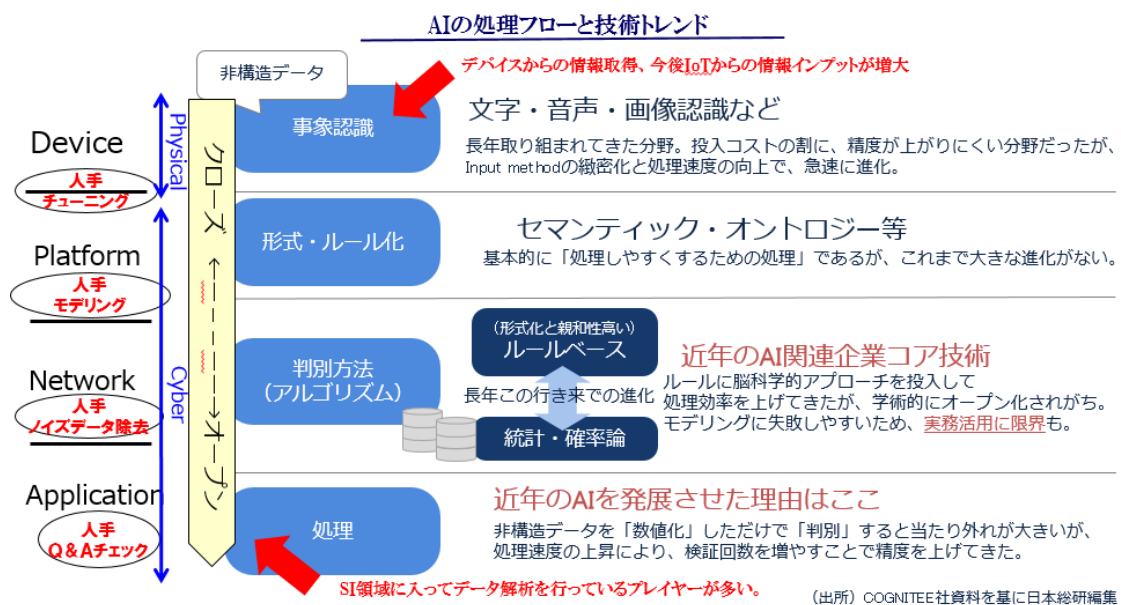
自然言語処理技術・脳情報通信技術をはじめとする人工知能技術の社会実装に向けては、技術をどのように事業化・ビジネス化していくかが重要である。

これらの技術への注目度の高まりに伴い、民間のファンドも増えつつあるが、一方で人工知能技術を事業化していくことは容易ではなく、オープンイノベーションを目指す活動が進めら

れている。事業連合体を作ってその中で Proof of Concept (POC) を回したり、実現可能性のチェックをかけることによって適正かどうかを判断し、投資に移り、これによって AI のスタートアップが設立するというエコシステムができつつある状況である。

近年、様々なアクセラレーションプログラムで、IoT/AI/BD 領域において、スタートアップが登場し、更にその組合せによるサービスプロダクト（スマートハウス×AI（自然言語）等）が登場してきている。また、自然言語処理の応用のスタートアップも増加してきている。

一方で、このように AI 技術が多岐にわたるようになると、事業性の評価が困難になる。今後、特に AI スタートアップの適正評価を行うにあたり、様々なユースケースを想定した POC を実施し、社会実装・事業化していく必要がある。なお、現状では、形式・ルール化やアルゴリズム分析にかかるスタートアップが多く、特に大学から出てきている状況である。



(出典) (第4回) 日本総研プレゼン資料「AIの社会実装・事業化に向けたオープンイノベーションの重要性について」

図 3-30 AI の処理フローと技術トレンド

第4章 自然言語処理技術・脳情報通信技術の社会実装に向けた推進方策

4-1 自然言語処理技術

我が国の自然言語処理技術を活用したサービスの展開は、米国等の大手 ICT 企業が大規模なシステムを構築してデータを囲い込むような状況とは異なり、日本独自の社会課題に根付いて、診断支援や健康管理のような医療分野、SNS を活用した災害対応等のような防災分野、コールセンターのような顧客対応分野、対話ロボットによる高齢者支援のような介護支援分野、外国人向けの翻訳サービスのよう観光分野等において、個々の民間企業が NICT や大学、ベンチャー企業等と連携しながら個別のシステムを構築している状況にある。

このような現状を踏まえて、我が国の自然言語処理技術の社会実装を推進していくためには、今後もこういった個々の民間企業による社会実装をさらに誘発させ、それぞれがサービスを発展させていくことが必要である。民間企業は、その際、「おもてなし」に代表される我が国の対人関係観を反映した「よりそい」型対話を実現することで、米国等の大企業の「命令実行」型サービスとの差別化を図ることが重要である。

上記の推進のため、具体的には、以下のような取組を進めていくべきである。

(1) 次世代対話プラットフォーム技術の研究開発及び標準化

現状において、国内の各民間企業が構築している対話プラットフォームは、構成要素（モジュール）を個別に開発し、モジュールを組み合わせて構築している状況であり、モジュール間のインタフェースも共通化されておらず、例えば他者が開発した対話エンジンをモジュールとして組み込む場合は、モジュール間の接続についての改修が必要となる。このため、個々の民間企業が、NICT や大学、ベンチャー企業が開発する最新の対話エンジン（チャットボット等）や翻訳エンジン等のモジュールをそれぞれの対話プラットフォームに容易に取り込んで最新の対話プラットフォームを維持可能にするような環境を構築するため、複数分野の事業者が利用することのできる、上位のアプリの実装に左右されずに柔軟に外部のシステムと接続可能な機能実装の仕組みの開発を推進し、オールジャパンの体制で技術の共有化と標準化を進めていく必要がある。その際に重要なのは、利活用のための分野研究とアプリケーション開発、環境（エコシステム）作り、人材育成及びベンチャー支援と考えられる。また、動きの速い業界に対する情報収集能力、キャッチアップ能力も欠かしてはならない。

同時に深層学習等を用いた先進的な対話技術の研究開発を支援するため、民間企業が利用可能な大規模計算機や大規模データを扱うことのできる環境の整備も合わせて推進する必要がある。海外の大企業が急ピッチにデータの整備を行っている現状において一刻も早く社会実装を加速化させる取組が必要であることから、このプラットフォームを国が主導して実現し、それらを活用した対話アプリケーションのベストプラクティスを蓄積するために社会実装を加速させる実証事業等により、開発コミュニティの構築等を促しつつ、民間企業の参入を誘発していくことが必要である。

これらの環境を構築することにより、民間企業が持つ得意分野に対する研究や各領域に対応するための作り込みへの集中投下が可能となり、我が国全体として海外の大企業に対抗しうる対話プラットフォーム技術を維持していくことが可能になると考えられる。また、このスキー

ムにより、我が国の自然言語処理技術の高度化を進めるとともに、それぞれの民間企業に我が国の貴重な言語データが蓄積され、海外の大企業のデータの囲い込みにも対抗しうる環境が構築可能と考えられる。

(2) 次世代高度対話技術の実現

我が国の自然言語処理技術で米国等の大企業に対抗するためには、差別化を図ることが重要である。現状、Amazon が公開している Alexa のプラットフォームでは、提供されるスキルセットは基本的にユーザの一回の入力に対して、なんらかのアクションを一回行う「命令実行」型対話機能にとどまっており、例えば、システム側からの積極的な働きかけや複数ターンでの自然な対話により、ユーザに職業上必要とされる高度な知識の提供や、高齢者のケア等の社会課題の解決や社会貢献に繋がるような高度なやりとり、気分の改善といったメンタルな要素を持つ対話を行うといった、高度なレベルでメリットをもたらすような対話エージェントの構築は困難である。

そこで、我が国ならではの社会課題の解決や社会貢献を目的としながら、「おもてなし」に代表される我が国の対人関係観を反映した「よりそい」型高度対話技術の実現を目指す等、米国等の ICT 企業が提供している「命令実行」型対話との差別化を図りながら我が国の自然言語処理技術を更に高度化していく取組が必要である。そのためには、以下のような取組が必要である。

① 自律的社会知解析技術の研究開発

1) 質問応答システム、仮説推論技術等、テキストの分析・活用技術の改良点改善

今後、対話エージェントが高度化する一つの軸は、社会に存在する大量の知識（社会知）を活用して、いかにユーザにとって有用な対話や高度な相談が実施できるかである。したがって、Web 文書や論文等の各種ドキュメントにある知識を抽出・整理して、対話に活用できる技術がまずは必要となる。このため、NICT においてこれまで開発してきた、社会知解析技術、すなわち、Web 等のテキストを対象とする質問応答技術を拡張・発展させていく必要がある。特に、対話においてはユーザが明確にリクエストしていない知識をシステムが先回りして提供することも求められ、ユーザのリクエストに応じて社会知を解析するのではなく、ユーザの入力が与えられる以前に自律的に重要・有用な社会知を抽出・整理しておくといった自律性の高いテキストの分析・活用技術の開発が必要である。

また、対話の過程においては、単に既存の知識をユーザに伝達するだけではなく、ユーザによりそう形で会話を形成していく必要があるが、この際、ユーザの入力に関する有用な情報がない場合に、単に情報がないことを伝達するだけではなく、自動的に仮説を推論し、その仮説を対話中で提示する必要もある。このため、仮説推論技術も重要な技術として研究開発を進める必要がある。

2) リアルタイム社会知解析システムの開発・実証

ソーシャルメディア情報は社会知の重要な一部を構成しているが、その情報は刻一刻と変化するという特徴があり、これをリアルタイムに分析することは、東日本大震災、熊本地震

等の大規模災害でクローズアップされたような防災・減災を目的とする NICT の DISAANA、D-SUMM のようなシステムに限らず、高度対話エージェント技術においてもユーザに提供すべき情報の供給源として、今後重要性がさらに増していくものと想定される。一方で、ソーシャルメディア上でデマ等が流布することを防ぐため、矛盾等の検出によって悪質なデマや不適切な情報の可能性をユーザに提示する機能や、センサー情報との融合による情報の信頼性を担保する機能等も今後の研究課題として非常に重要になる。

3) 高度な専門的知識に関する推論技術

対話エージェント技術の開発が進捗し、ユーザの業務支援や職業上のスキルアップ、イノベーション等を目的とした対話エージェントを開発する段階においては、対話の内容が高度に専門的なものになることが予想される。このとき、対話においてユーザに提供すべき情報、知識がテキスト中に明確に書かれていない可能性が高くなる。これは、そうした専門的なテキストや論文等は、一般常識等を書いたテキストに比べてそもそも少ないこと、また、そうしたテキストの想定読者自身が専門家であり、いわば一を聞いて十を知る人々であるため、推論によって補える情報に関しては、書き手側もあえて明確に書かないためである。こうした課題に対処するには、前述した仮説推論技術を発展させ、高度に専門的な知識においても妥当な仮説を推論し、対話中で活用する必要がある。

② 対話エンジンの高度化のための研究開発

高度な対話アプリケーションを実現するためには、基盤となる対話エンジン自身の高度化が必須となる。具体的には、以下のような技術について研究開発を進める必要がある。

1) ユーザの意図、情動、背景等各種属性の推定および活用技術

ユーザによりそった高度な対話を行うためには、ユーザが明確に言わない意図、情動、体調や、年齢、居住地、知識のレベルなどの背景等、各種の属性を対話エージェントが推定して、対話中で適切なサポートを行うなどの活用をしていくことが必須である。また、ユーザの音声での入力だけではなく、IoT や各種センサー、BMI からの情報を統合してユーザの意図等の属性を推定する技術も有効と考えられ、併せて研究開発を進めていく必要がある。

2) 社会知活用型対話エージェント技術

ユーザの入力に合わせて適切な知識を先述した自律的社会知解析システムから取得し、対話中でユーザに提供するためには、自律的社会知解析システムに対して、対話の文脈や対話エージェントの持つ目的から見て、的確な問合せを自動的に導出する技術が必要となる。また問合せへの回答や、仮説推論技術の導き出した仮説は、対話の文脈に沿ったテキストになっているとは限らず、そうした知識を対話の文脈に合わせた適切なテキストへと翻案する必要がある。これはつまり、対話エージェント本体と社会知解析技術とのインタフェースは自明ではなく、対話エージェントのコア技術として開発が必要であるということである。

また、現在の対話エンジンは、実装者が前もって用意した規則（ルールベース）によって、対話の制御をする（与えられた入力に対して、出力となるレスポンスを生成する）もの

が主流である。社会知を活用できる対話技術においても、その確実な動作ゆえにルールベースが全くなくなることはないと思われるが、対話で扱う内容、トピックが多岐にわたり、場合によってはネット上で発信されているテキストのトピックほぼ全てにわたって対話を行うことが期待される。そうした状況下においては、すべての対話を実装者が記述したルールベースで制御することは困難であり、深層学習等の機械学習を活用することで、ルールベースの制御では対応が難しいロングテールの入力に対して適切な対話を行うことが求められる。また、特に「よりそい」型の対話においては、きめ細かな対話の制御が必要になり、ルールベースでの対応が困難になることも予想される。一方で、既存の深層学習を用いた対話制御技術は、学習データにある発話や、前もって実装者が用意した比較的少数の発話を、入力に合わせて出力するだけのものがほとんどであり、様々な状況に柔軟に対応しつつ、有用な情報を提供することは困難である。

こうした点に鑑み、多様な情報を取り扱いつつも多様な対話の制御を大量の対話データから学習できる、深層学習等を用いた新たな対話制御技術を開発する必要がある。

3) 擬似的人格生成技術および擬似的人格に従った対話を行う技術の開発

「よりそい」型高度対話を実現するためには、一人のユーザが置かれている状況やその傾向を長期的視点で継続的に把握し、例えば、高齢者の健康維持、ユーザの職業上のスキルアップといった長期的な目的を持った上で、その時々状況に合わせた適切なアドバイス等を行う技術が必要とされるが、こうした技術は、ユーザに関する知識や目的を構成要素とする一種の擬似的人格を対話エージェントに持たせる技術であると考えられる。この技術は、まず、対話エージェントにそうした知識やゴールをプログラムする方法である擬似的人格生成技術や、そうした知識やゴールを基に、状況に応じて具体的な対話を行う方法なども含む。また、知識や目的は、実装者が明確に指定できるとは限らず、ユーザからの入力に応じて対話エージェントが学習する必要もあり、例えば、「高齢者の健康維持」という大雑把な目的から、より具体的な「散歩を薦める」といった一時的な目的を自動生成することも必要となる。これには「散歩をすれば健康維持に役立つ」といった常識的知識が必要であり、社会知解析技術等を用いて、こうした常識的知識を取得する必要がある。さらに、こうした知識やゴールを対話に反映させる方法についても、やはり、社会知解析技術等を用いて、社会における常識（例えば、桜が綺麗なことを言えば、桜を見にユーザが散歩をするかもしれない）を抽出した上で推論等を行うことが必要となる。こうした技術は現状ではいずれも実現されておらず、今後、研究開発を行う必要がある。

4) 多様なデバイス上で対話エージェントを活用する技術

今後、自動運転車の普及や、社会のIoT化に伴い、同一の擬似的人格を持つ対話エージェントが、自動車からコネクティッドホーム、Virtual Reality/Augmented Reality用デバイスから果てはネックレス等の装身具に至るまで、様々なデバイスにいわば「憑依」し、同一ユーザの生活の様々な側面を支援することが予想される。このため、対話エージェント自体の活用と並行し、オンライン、オフラインを問わず、そうした様々なデバイス上で対話エージェントを動作させる技術も開発をしていく必要がある。これは様々な環境、デバイスに応

じた音声認識技術や大規模なメモリ等を持たないデバイスで対話エージェントを動作させるような技術も含む。

(3) 多言語音声翻訳技術の高度化

音声翻訳については、引き続き、多分野化・多言語化への対応を行うとともに、同時通訳・ビジネス通訳への対応、話者、話題、文化理解等の文章を超えた知識の活用に基づく文章翻訳への対応を行っていく必要がある。また、翻訳精度の向上に加えて、雑音除去や複数話者の識別等も技術課題として重要と考えられる。

(4) 社会的な利活用ニーズに応じたアプリケーション・サービスを想定した新たな学習データの整備

自然言語処理精度向上には様々な社会経済的な応用分野ならびに言語に関する大量のラベル付き学習データが必要となるが、現状の学習データの規模では不十分である。

現在の我が国の流れでは、各企業においてデータはアセットとしてコストをかけて個別に収集している状況であり、それらを相互に共有するためには、何らかのインセンティブが働くような仕組みが必要であるが、それぞれの民間企業が個別のサービスを立ち上げて、データを収集している現在の段階では、相互にインセンティブが働くような状況が生み出しにくい状況であると考えられる。

しかし、各民間企業がそれぞれでデータを蓄積して、サービスが大きくなってきたときには、お互いにインセンティブが働くような連携体制の構築も可能になり、一つにまとまることにより、さらなるサービス創出に派生していくことが期待される。

一方で、対話エンジンから仮説推論技術に至るまでの一連の技術は、深層学習も含めた多様な機械学習技術によって実現されるものであり、そうした機械学習は現在、教師あり学習が主流である。教師あり学習は、人手をかけて学習データを構築、蓄積していく必要があることから、ベンチャー企業のような民間企業の新規参入にとって、大きな障壁となる。

このような状況において、新たな民間企業の新規参入を促し、データの蓄積を好循環させるために、以下のような取組を進めていく必要がある。

① 学習データの整備

ユーザーよりそい型の対話アプリケーションを実現するためには、利用分野に応じて社会的な利活用ニーズに応じたアプリケーション・サービスを想定したデータの整備を推進する必要がある。学習データの収集にあたっては、必要とされる自然言語処理解のレベルを明確にして、ターゲットを設定し、実サービスやアプリケーション、アーキテクチャを踏まえて学習データを設計する必要があることから、民間企業が目的に応じて、NICT 等と連携して、個別にデータを蓄積していけるような体制を構築していく必要がある。

なお、その際には、時代とともに情報の内容が変化することから、最新の教師付学習データが収集できるような枠組みの構築を推進することも重要であり、また、処理の内容（例えば構文解析等）によっては適用範囲の広い汎用のデータを作成することも有効であることに留意する必要がある。

特に、新規参入を誘発するためには、国の研究開発や実証事業の実施等によってデータを整備し、さらには整備したデータを有効に活用できるような仕組みを検討していく必要がある。

② 少量データ活用技術の研究開発

例えば、防災分野においては、災害が頻繁に起こるものではなく、過去の少量のデータを活用した防災への活用が期待される。また、コールセンター等においては、不均衡データへの対応が課題となっている。このような特殊な分野においては、少量のデータを活用して、半教師あり学習等の人工知能によってデータを活用することが有効であると考えられる。また、学習データを人手で構築する必要のない、教師なし学習の枠組みも重要な研究課題である。このため、少量でも質の良いデータを作成・収集した上で半教師あり学習等の人工知能によってデータを有効活用する研究開発等を推進する必要がある。

③ パーソナルデータ利活用のための研究開発

利用価値が高いとされているパーソナルデータを利活用するためには、プライバシー保護が不可欠であるが、多くの民間企業は対処方針に関する検討が不十分なため、挑戦的・スピーディーな活動がしにくい状況にある。

個人情報と匿名加工情報に加工することで、本人の同意を取らなくても利活用可能となるが、いかに再識別のリスクを低減し、データの有用性を保ちつつ匿名加工情報に加工する技術開発が求められる。また、パーソナルデータの共有を促進するため、暗号化したままのデータ解析技術の研究開発を推進する必要がある。利用価値の高いパーソナルデータ等を、データの有効性を保ちつつ匿名加工情報に加工する技術の研究開発を推進するとともに、個人データに対する第三者提供の同意を得やすくするための暗号化処理やユーザから利用目的や利用範囲を容易に取得・反映するための仕組み（プライバシーポリシーマネジメント）の研究開発を推進する必要がある。

4-2 脳情報通信技術

本分野はまだまだ新しいものであるために、実社会への展開が見えづらいことや薬学や工学の分野に比べて民間企業と研究者の接点が少ないことに起因して、民間企業がその技術の導入までには及ばない状況にある。また、脳情報の研究は沢山の事象を集めてそこから共通項を見つけてモデル化していくというデータ・ドリブンの研究スタイルが中心となるが、上記のような状況もあいまって、脳情報のデータが圧倒的に不足している状況にある。

現状を踏まえ、我が国が今後も脳情報通信技術の分野において世界最先端の技術として競争力を維持していくためには、マーケティング分野への社会実装を呼び水として、優れた基礎研究成果の迅速な社会実装により、脳情報通信技術をマーケティング以外の様々な分野に対しても利用を拡大させていくような取組が有効である。そのため、脳情報通信技術の社会実装を加速化させるための推進体制を整備するとともに、脳情報データの収集、共通利用を加速化し、研究者と民間企業が一体となって社会実装に向けた研究を進めることが有効な推進方策であると考えられる。

上記の推進のため、具体的には、以下のような取組を進めていくべきである。

(1) 脳情報通信技術の社会実装を加速化させるための推進体制の整備

脳情報通信技術の社会実装を加速化するためには、アカデミアが保有する優れた基礎研究成果と様々な社会的ニーズを結びつけてビジネス化する民間企業を数多く輩出することが必要である。

脳科学の世界は近年になって社会実装への期待が高まってきたが、(薬学や工学と比べて)アカデミアと民間企業との接点が少なく、どのような基礎研究があり、どのような社会的ニーズが存在するのかの認識にギャップが存在している。

アカデミアと民間企業のギャップを埋めるためには、相互の理解・信頼・協力が不可欠であり、仲介人材・場の育成と活用、産学連携のトライアル促進等をいかに進めるかが鍵となる。そのため、脳情報通信技術の社会実装を加速化させるための体制として、研究と市場をタイムリーかつ双方向につなぐ「応用脳科学コンソーシアム」のような情報共有や人材育成のための取組を拡大、推進していく必要がある。

(2) 脳情報データの収集・共通利用の加速化

脳情報通信技術は、マーケティング分野、医療分野、BMI 等の様々な分野での社会実装が期待されており、それらの分野に応じて必要なデータを十分に蓄積していく必要がある。しかしながら、データを作成するための fMRI 計測技術者や取得したデータを解析するデータアナリストが不足しており、必要なデータがなかなか集まらない事態となっている。

また、脳情報はそれを取得した被験者の主観的内面に係るものであるため、第三者が後から別のアノテーションを付与し、データを再利用することが困難である。これも、データ収集の課題となっており、今後収集するデータについては、複数用途で使用するを見越してデータを整備することが求められている。このような状況において、脳情報通信技術の社会実装を加速するためには、fMRI 計測技術者等の育成と並行して、どのようなデータをどのように増やしていくのかという観点と、環境、条件、目的をどのように設定していくかという観点で、あ

る程度体系化してデータベースを構築する取組を推進する必要がある。

(3) 脳情報通信技術の社会実装に向けた研究開発の推進

脳情報通信技術の社会実装に向けて、研究者と民間企業が一体となって、以下のような研究を進める必要がある。

① 高次脳機能の認識と応用に関する研究（感性支援技術）

fMRI の計測に基づき、被験者において、外界から受ける刺激とそれにより変化する脳活動情報との相関関係を調べ、外界の情報から人間の脳活動をシミュレートする技術及び人間の脳活動情報から外界の情報をシミュレートする技術の研究開発と社会実装が期待されている。刺激データ及びその刺激に対応する脳活動データが相互に紐付けられた脳情報データを大量に用意することにより、この技術の高度化を進め、具体的に脳活動を計測しなくても、外部の刺激に対する人間の脳活動を予測できるモデル（エンコードモデル）を構築すれば、様々な分野での活用が期待できる。現在、特に視覚刺激に対応するモデルの構築が進んでおり、動画像の推定、動画に対する人の感性を含めた認知内容の推定が実現している。これらの技術は CM 評価サービスとして、既に商用化されている。

エンコードモデルの研究開発及び社会実装は、基礎的なモデルの構築が実現されれば、それを微調整することで様々な分野への活用が期待でき、脳情報の社会実装に取り組みたい民間企業と、社会実装を企図する脳情報研究者とを結びつけ、脳情報通信ビジネスの拡大が期待できる。

より高精度なエンコードモデルを構築し、視覚以外のモダリティへの拡張、実装するサービスの多様化につなげていくためにも、より詳細な外部情報や情報収集環境等にひも付いた脳活動情報データのデータベースが必要不可欠である。

② 身体性・ロボットに関する研究（身体支援技術）

人間の脳活動情報をもとにして機械を制御する BMI 技術は、脳情報通信技術の社会実装を促進する基盤技術として期待されており、人間が自己の身体活動を脳内でどのように情報処理しているか、脳活動と身体活動との関係性の解明が進めば、病気・疾病や高齢化のために麻痺してしまった身体を外部機器により代替させる等、様々な観点で人々の QOL を高めることができる。例えば、リハビリ施設での行動データと関連する脳活動データ等の蓄積により、行動・運動と脳活動の関係が徐々に解明され、医療・介護の分野で活用され始めている。

fMRI 等の大型の脳活動計測機器による計測では、計測設備に被験者が入り計測時には静止することが求められるため、被験者の運動時のリアルタイムな脳情報を fMRI で計測することは、ほぼ不可能である。そのために、簡易型計測装置による運動時の脳活動計測データの蓄積及び簡易計測装置による計測データと fMRI 等の高精度の大型計測設備による計測データとの相関関係の分析が必要となる。また、相関関係の分析のために、各装置での計測データの大量の蓄積・データ整備が必要である。

③ 脳科学に学ぶ AI の実践

脳情報通信産業の発展と脳情報データベースの高度化という好循環の促進は、人工知能技術に新たな可能性をもたらし得る。人間の脳は、認知判断機能を低コストかつ高精度に実現している。この脳情報処理を人工知能の情報処理プロセスに適用することによる次世代人工知能の実現が展望される。脳の情報処理に倣い、判断機能までを備えた次世代人工知能が、他の人工知能と連携することで、新たな価値を創造し、また人工知能自体の飛躍的な進歩につながることを期待される。そのような状況において、人工知能を安全に利用するためには、人工知能の相互連携における判断過程等を可視化し検証可能とすることが必要になると考えられる。

4-3 自然言語処理技術と脳情報通信技術の融合

自然言語処理技術と脳情報通信技術の社会実装を考える場合に、それぞれ個別の技術として捉えるだけではなく、ICT 技術全体がヒトとマシンとのインタフェース技術であるということを考慮することが重要である。

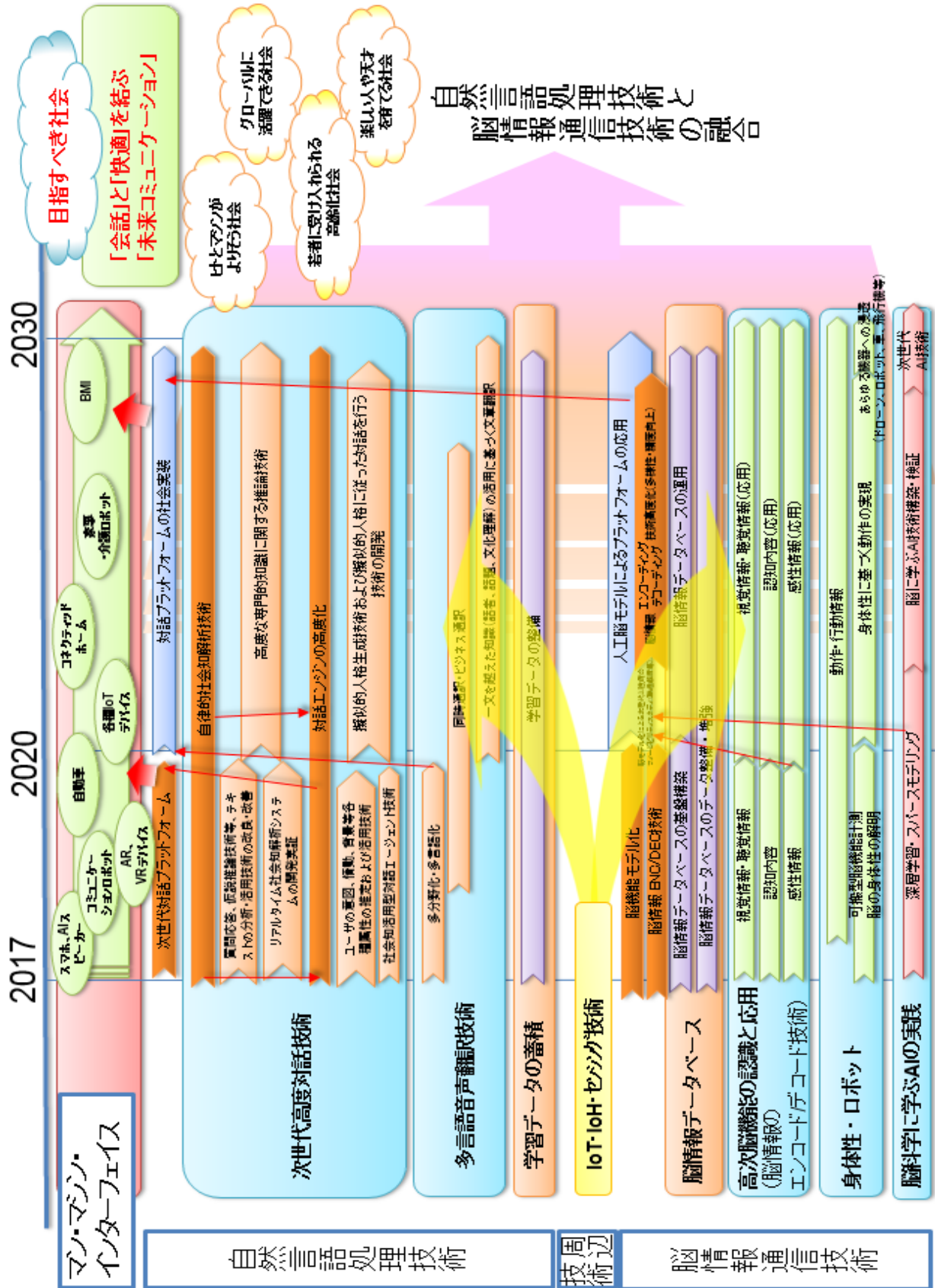
現在、急速な勢いで高性能化・小型軽量化・省電力化されつつある各種センサー及びそれらをインターネットで人工知能と接続する、いわゆる IoT/IoH (Internet of Human) 技術によって、今までは計測できなかった環境情報や人間の生理、行動、意思決定等の情報が入手できるようになってきている。これらの周辺技術を活用して取得されるマルチモーダルな情報を自然言語処理技術と脳情報通信技術を融合させることで、より高精度に人間を支援し、人間によりそう次世代人工知能システムが実現できると考えられる。

コミュニケーション技術としての自然言語処理技術は、顔表情抽出による感情理解技術、モーションキャプチャーを活用した人の挙動やジェスチャーを理解する技術等と組み合わせることにより、より高精度な社会知解析技術として進化することが考えられるが、そのような顔表情や挙動、ジェスチャー等の意味理解には、顔表情を含めた身体運動系の理解が必須であり、これらを脳情報通信技術が担うこととなる。

このように、IoT、IoH、センシング技術等の周辺技術を媒体にして、自然言語処理技術と脳情報通信技術が融合し、ヒトとマシンとのインタフェース技術として社会実装につながっていくことを考慮していくことが重要である。

4-4 技術課題の社会実装に向けたロードマップ

4-1、4-2 及び 4-3 の推進方策に挙げた技術課題のロードマップを下図に示す。



第5章 まとめ

「第4次産業革命」という世界的な産業構造の変革が起こりつつある中で、欧米各国が大企業を中心としながら国をあげたプラットフォームの構築、データの蓄積、人工知能技術の高度化に取り組んでいる。

我が国においても、過去から現在において、世界最先端の自然言語処理技術や脳情報通信技術の研究開発を NICT が中心となって進めてきた。熾烈な国際競争の中で、これらの基盤技術を維持し、日本の産業を将来にわたって繁栄させていくためには、人工知能の高度化に必要な良質で大量のデータをいかに生み出し、維持できる体系を構築し、発展させていくかにかかっている。

自然言語処理技術については、欧米の大企業が大規模なプラットフォームを構築してデータの蓄積を行い、そのデータによって高度な人工知能を生み出そうとしている中で、「おもてなし」に代表される我が国の対人関係観を反映した「よりそい」型対話を実現することで日本が得意とするきめの細かい応答が出来る対話サービスは、海外にインフラを輸出することも期待される。

また、脳情報通信技術については、世界でも類を見ないマーケティング分野への社会実装がなされており、我が国のものづくりを支える革新的な基盤技術としても期待がされている。これまでの調査手法には実現できなかった「質的」な情報の可視化・モデル化による、製造業等の革新につながる可能性がある。このような我が国発の世界最先端の技術とビジネスを創出し、今後とも世界と伍していくためには、アカデミアと民間企業のギャップを埋め、相互の理解・信頼・協力を深め、先端的な基礎研究を実ビジネスにつなげ、民間の投資を促す好循環を生み出していくことが有効である。

次世代人工知能技術の分野で、このような社会実装が進むことで、産学官での人材交流が促進され、基礎研究をビジネスへ結びつけるために必要となる高度な知識を有する人材育成が進むことも期待する。