

ビッグデータ解析技術

(7) 国際比較

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした機関など
日本	基礎研究	△	→	機械学習の基礎研究全般に関しては、電子情報通信学会の情報論的学習と機械学習(BISM)研究会 ¹⁹⁾ が国内の学术界を主導しているが、これまでのところ、ディープラーニングに関する研究発表はわずかである。
	応用研究・開発	○	↗	画像処理、音声認識、自然言語処理などを専門とする研究者、エンジニアがディープラーニング技術に対する強い興味を示している。これまでのところ、北米で開発された技術の転移会や、それらの技術の実証実験などが盛んに行われている。
	産業化	○	↗	海外の企業の成功を受け、同様の技術を自社に取り込もうと、多くの企業がディープラーニング技術の習得に力を入れている。 ・NTTドコモが音声認識サービス「しゃべってコンシェル」にてディープラーニング技術を実用化 ²⁰⁾ 。 ・デンソーアイティラボラトリが歩行者認識技術を開発 ²¹⁾ 。
米国	基礎研究	◎	↗	元来、機械学習の研究が非常に盛んであり、これまでのディープラーニングに関するほぼすべての技術は、米国とカナダの大学や企業から発信されている。 ・もともとは、Neural Information Processing Systems ²²⁾ やInternational Conference on Machine Learning ²³⁾ という機械学習学会の国際会議にてディープラーニングの研究情報が発信されていたが、2013年よりInternational Conference on Learning Representations ²⁴⁾ というディープラーニングに特化した国際会議が開始され、今後は北米が中心となってディープラーニングの基礎研究がけん引されていくものと考えられる。
	応用研究・開発	◎	↗	・Facebook社がディープラーニングを用いたほぼ人間レベルの顔認識技術DeepFace ²⁵⁾ を発表。 ・Microsoft社が画像認識技術Project Adam ²⁶⁾ を発表。
	産業化	◎	↗	・Google社が画像検索にディープラーニングを採用 ²⁷⁾ 。 ・Apple社がSiriの音声認識にディープラーニングを採用 ²⁸⁾ 。
	基礎研究	○	↗	・イギリス、ドイツ、フランス、スイス、イタリア、スペインなどの大学や研究機関にて機械学習の研究が行われており、ディープラーニングの基礎研究も活発に行われつつある ²⁹⁾ 。
欧州	応用研究・開発	○	↗	・Google社、Amazon社などのヨーロッパのブランドが、ディープラーニングの応用研究を行っている。
	産業化	○	↗	・欧州に特化した産業化が行われているわけではないが、北米の企業が欧州にも進出している。
中国	基礎研究	○	↗	・機械学習の主要な国際会議であるInternational Conference on Machine Learning ²⁹⁾ を2014年に北京でホストするなど、研究者人口が爆発的に増加している。北米とのコラボレーションも活発で、アジアの機械学習研究をけん引しつつある。ディープラーニングの研究も盛んになりつつある。
	応用研究・開発	○	↗	・Baidu社にて、ディープラーニングに関する応用研究が活発に行われている ³⁰⁾ 。
	産業化	○	↗	・Baidu社を中心として、ディープラーニングの産業化が行われていく環境である。
韓国	基礎研究	×	→	・ソウル大学、KAIST、POSTECHなどの主要大学にて機械学習に関する研究が行われているが、ディープラーニングに関する基礎研究はほとんど行われていない。
	応用研究・開発	△	↗	・Samsung社がディープラーニングに関する研究開発に力を入れている ³¹⁾ 。
	産業化	△	→	・今のところ、韓国のディープラーニング産業は見当たらぬ。

BMI(ブレイン・マシン・インターフェイス)

(7) 国際比較

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした機関など
日本	基礎研究	◎	↗	高度埋め込み技術によるロボット操作、多関節複合運動を指揮するBMI、精神疾患の脳状態のチューニング(脳プロ(文科省)) 脳を傷つけず、長期にわたる安定な脳計測を多チャンネルで実現する技術革新が進んでいる。非侵襲型についても、情報統計と次元削減を駆使して、1000を超える多次元脳データが少ないサンプル数にもかかわらずモデルに落とし込む情報解析技術が着実に構築されている。脳卒中やジストニアといった神経疾患の脳状態をBMIでチューニングし、従来の医療では治療できなかったタイプの運動障害を克服することに成功している。 また、スマートハウスによる環境センシングデータとの統合により、複数人のユーザーがBMIを使って生活する実証実験が進みつつあり、脳以外の情報で制御をとりつつ、自覚脳活動のデコーディングすることに成功している。
	応用研究・開発	○	→	ロボットスーツHALによる高齢者運動介助、歩行訓練などのなかでBMI機能を搭載し、脳からしか信号が取得できない重度運動障害者のための動作支援やコミュニケーション支援を視野に入れた研究が進んでいる。
	産業化	○	↗	BMIによる脳卒中片麻痺の治療について、パナソニック、日本光電をはじめとした企業グループと慶應義塾大学をはじめとした医療グループが実用化研究を推進している。 電圧が米国の脳波センサーを組み込んだおもちゃを発売(ネコミミ)、7万台のセールスを達成している。脳活動をデコーディングできるかどうかの検証が十分でなく、基礎研究サイドとの距離はある。
米国	基礎研究	◎	→	針電極を脳へ埋植することによって高品質な信号を取得し、多自由度なロボット操作がピッツバーグ大学とブラウン大学で実現されている。圧力センサーからの出力に基づいて、脊髄や脳の神経を刺激することで感覚機能を再建し、これによって運動神経の機能を高める研究に歩を進めている。またサルを用いて、脳と脳を人工的に電気接続し、その後の適応能力や能力増強性を調べる研究が、University of Washingtonで体系的に研究されており、理論と実証の両面で研究が発展している。 一方で、研究トピックとしては10年前とほぼ変わらず、コンセプトのリノベーションはやや遅い印象がある。
	応用研究・開発	◎	→	脳信号が脳内に伝わってきたところで信号を計測することで、高い剛性性と自由度を実現したロボットアーム技術がResearch Institute of Chicagoで開発され、大規模な臨床研究が進められている。日常生活に十分耐えられる時間空間自由度を確保し、手首のひねり、肩の挙上、リーチング運動、つまみ動作、握り動作などが実現できる。
	産業化	○	→	BMIによるロボットアーム制御は、ベンチャー企業GrainGateがFDA承認を得るための知見を推進中である。 Neurosky、Emotivといった複数のベンチャー企業が、数万円オーダーの価格で脳波計測モジュールを一般販売しており、複数のゲームメーカーがおもちゃを販売している。 アスリート養成のために、アーチェリー米国オリンピックチームがシューティング時の脳波解析を行い、脳の最適化支援を行っている。
欧州	基礎研究	◎	↗	デンマークCopenhagen大学やドイツTubingen大学などで、脳に電流を与えて脳機能を修補する研究が盛んであり、そのためのデバイス開発が進んでいる。具体的には、リアルタイムに脳内情報を検定する逆閉回路法と、脳計測装置の中でノイズの発生なしに脳電流判別を行えるデバイスが確立している。一部は、日本の研究所や大学に技術移転が進んでいる。

認知科学

汎用人工知能

(7) 国際比較

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした根拠など
日本	基礎研究	◎	↘	研究テーマが細分化する傾向にあり、「人間の知の理解」などの基礎的研究に取り組む研究者は少ない。
	応用研究・開発	○	↗	人間行動の理解（消費者行動や災害時の避難行動など）に基づく、サービス工学研究が立ち上がりつつある。
	産業化	○	→	工業製品のユーザビリティを反映した製品開発が行われている。
米国	基礎研究	◎	↗	認知科学は心理学や脳科学、工学の融合分野に位置づけられており、企業を含め基礎研究は充実している。
	応用研究・開発	◎	↗	脳活動を計測することで人間行動の前段階での理解を目指した研究が立ち上がりつつある。消費者の購買行動や政治行動（投票行動など）を脳活動から推測するニューロマーケティングが盛んになっている。
	産業化	◎	↗	認知科学的視点に基づくコンサルタント専門の企業も立ち上がり、製品展開している。
欧州	基礎研究	◎	↗	認知科学は特に医学分野との連携を深め、医療分野での基礎研究が盛んである。
	応用研究・開発	○	↗	自閉症の早期発見・治療プロジェクトを代表として、認知科学の成果を応用した治療法の開発が盛んである。
	産業化	△	→	基礎研究に重点が置かれ、特筆すべき産業化の事例は見当たらない。
中国	基礎研究	△	→	fMRIやPETを利用した脳機能計測に基づく認知科学的基礎研究が行われている。
	応用研究・開発	×	→	ベンチャー企業を中心にさまざまな認知科学の知見を応用した教材や教育玩具が開発されているが、特筆すべき活動は見えていない。
	産業化	×	→	認知科学分野において特筆すべき、産業化の事例は見当たらない。
韓国	基礎研究	×	→	韓国科学技術院を中心に基礎研究が行われているが、特筆すべき活動・成果が見えていない。
	応用研究・開発	△	↗	自動車運転時の行動解析の大型プロジェクトが進行している。
	産業化	×	→	認知科学分野において特筆すべき、産業化の事例は見当たらない。

〔注1〕 フェーズ

(7) 国際比較

「基礎研究」、「応用研究・開発」、「産業化」の3つのフェーズについて、現状およびトレンドを専門家としての見識に基づき、主観的に記す。また、これらの根拠について、エビデンスなどと併せて文章にて記す。日本、米国、欧州、中国、韓国について記載するが、他の国についても当該技術について重要な国については行を挿入して記載する。

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした根拠など
日本	基礎研究	△	↗	AGI国際会議では1%程度の発表だが、かつての大型プロジェクト投資などを通じてシニア人材には強みがある。発達ロボティクスの研究の歴史も長い。また最近に入り金剛アークテクトロジー、汎用人工知能研究会などの活動も活性化。また汎用人工知能の発表詳細領域になりうるRobocup@Home研究も世界的に認知されている。
	応用研究・開発	×	↗	要素技術である深層学習の応用を目指すPreferred Networksが設立され、研究が加速されると思われる。
	産業化	△	↗	周辺技術として感情認識に力点を置いたPepperがソフトバンクモバイルから発表された。ロボット革命の動きから、汎用人工知能への期待が高まると思われる。
米国	基礎研究	◎	↗	認知アーキテクチャーの構築や、理論の両面において研究が盛んである。AGI国際会議では4割の発表を占めやや伸びている。
	応用研究・開発	○	→	IBMによるSynapseプロジェクトや、DARPAを中心とした軍用用途に向けた認知アーキテクチャーなどの応用開発が進んでいる。
	産業化	×	→	要素技術としての深層学習は、GoogleやFacebookなどのマーケティングなどに利用されている。
欧州	基礎研究	◎	→	欧州は理論的な研究に強みがありつつ、Micro PSIなどアーキテクチャーや、ITALKなどの言語獲得のプロジェクトもある。AGI国際会議の約半分の発表を占めているが、ここ数年の発表件数はやや低調気味。Human Brain Projectの主要出口は医療だが、知能技術についても一定の後押しがあり、今後はこの分野の研究もある程度加速すると思われる。
	応用研究・開発	×	→	Human Brain Projectで開発されるNeuromorphic Computingを利用した応用や開発の準備が進められている。
	産業化	△	→	特筆すべき産業化事例はみあたらない。
欧州	基礎研究	○	→	AGI国際会議の7%程度の発表をしめる。理論的研究に強みがあり、Googleが買収した英国のDeepMindとの繋がりがある。
	応用研究・開発	△	→	海馬のナビゲーション機能をヒントとして、ナビゲーションを行うRatSLAMという認知アーキテクチャーの研究などがある。
	産業化	×	→	特筆すべき産業化事例はみあたらない。
その他アジア	基礎研究	?	?	中国・韓国などを含めてAGI国際会議の4%程度の発表をしめるが、現段階では米国との共同で、研究が根をおろしている段階ではない。
	応用研究・開発	×	→	特筆すべき応用研究・開発事例はみあたらない。
	産業化	×	→	特筆すべき産業化事例はみあたらない。

時空間データマイニング技術

オントロジーとLOD

(7) 国際比較

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした根拠など
日本	基礎研究	△	→	・オントロジーに関する基礎研究が着実に進められている
	応用研究・開発	○	↗	・オントロジーについて、さまざまな領域において応用レベルのもの構築され、現場への適用などが行われている。 ・LODについて、産学官の協働で、データ公開やアプリケーションの開発が進められている。
	産業化	△	↗	・オントロジーに基づく応用がいくつかの領域で行われている ・特にLODについて民間企業の動きが活発になっていることなど、産化に向けて進展が進んでいる。
米国	基礎研究	○	→	・バイオ分野のオントロジーを中心に基礎的研究に厚みがある。
	応用研究・開発	◎	→	・Wordnet、CYC、ConceptNetなどの大規模知識ベースが構築され、一部は公開されている。 ・バイオ分野におけるオントロジー群の構築にもNCBOやOBO foundry が大きな役割を果たしている。
	産業化	◎	↗	・IBMによって Watson の技術の医療診断といった分野への産業応用が進められている。 ・Google など大手サービス業では Knowledge Graph に基づくサービスが行われている。 ・多くのベンチャー企業が活発に活動している
欧州	基礎研究	◎	→	・オントロジーやLODの基礎分野において、英国・ドイツ・イタリアなどが先導的な成果を挙げている。
	応用研究・開発	◎	↗	・2013年までのFP7において、LOD2、PlanetDataなどの意味処理に関わる多くのプロジェクトが行われた ・ドイツ・英国を中心にLODの応用研究・開発が積極的に進められている。
	産業化	○	↗	・ドイツを中心に、オントロジーとLODに関するベンチャーなどが設立されている。2014年から開始されているEUの Horizon 2020によって産業界の支援が行われる予定である。
中国	基礎研究	△	↗	・中国語の意味処理基盤が構築され、近年、トップカンファレンスでも研究論文を発表している。
	応用研究・開発	△	→	・独自のLODハブや統合的スキーマが開発された後継であり、未成熟である。
	産業化	×	→	・まだ顕著な産業化は見えてこない。
韓国	基礎研究	△	→	・複数の共同機関が欧州のDERI と共同研究を行うなど積極的に国際共同研究を進めている。
	応用研究・開発	○	→	・気象情報や高齢者のモニタリングなどへのSW技術の適用などが行われている。
	産業化	△	→	・意味処理に関するベンチャーが設立されている。

(注1) フェーズ

各国の状況、評価の際に参考にした根拠など

日本	基礎研究	△	↗	・大学、研究所、企業などにおいて研究が行われているが、限定的なインフラ整備をとおるには遅れている。 ・ソーシャルグラフマイニングの研究はかなり活発に行われている。また、時系列データマイニングに関しては世界トップレベルである。 ・2014年におけるデータベースおよびデータマイニング分野のトップ国際会議 2014の論文発表数は7件（全体の約3%）であり、他国と比べて件数は少ないものの、若干ではあるが全体的に研究レベルは上昇傾向にあると思われる。
	応用研究・開発	△	→	・データマイニングにおいてはGoogleなどの米国企業が強みを有するため、応用研究については日本がいつか任せていくか早急な検討が必要である。 ・分散オンライン機械学習フレームワークであるJuhatusが現れるなど、一定の進展が見られる。
	産業化	△	→	・データストリーム処理のための商用システムとして、uCosmos Stream Data Platform（日立）やMEMソリューションCONNEXIVE（NEC）がある。
米国	基礎研究	◎	↗	・データマイニングについては、米国の大学、研究機関における基礎研究のレベルは高い。 ・2014年におけるデータベースおよびデータマイニング分野のトップ国際会議 2014の発表数は147件（全体の約7%）であり、件数は極めて多い。その中には世界をリードする研究も数多く見られる。
	応用研究・開発	◎	↗	・医療情報解析に関する研究開発が本格化している。国際会議KDD'14では11件の医療情報解析に関する発表があり、その中で9件が米国の企業、大学からの発表である。また、IBMは基礎研究と応用研究の両面で医療情報解析の技術開発をリードしている。
	産業化	◎	↗	・Google、Facebook、IBM、AT&Tなどの企業によって、各社のために有用なデータマイニング技術が開発され、様々な商用製品がリリースされている。 ・著名なグラフデータベースNeo4jは米国産である。
欧州	基礎研究	○	↗	・データマイニングについては、特にドイツの大学、研究機関における基礎研究のレベルが高い。またデータベース技術に関してはドイツのみならず、スイスの研究レベルも高い。 ・2014年におけるデータベースおよびデータマイニング分野のトップ国際会議 2014の発表数はドイツ11件（全体の約6%）、スイス3件（約3%）、イギリス4件（約2%）、フランス4件（約2%）、イタリア8件（約4%）となっている。その中にはインパクトのある研究も見られる。
	応用研究・開発	○	↗	・StreamCloudプロジェクトなどデータストリームの研究開発、さらにグラフデータ処理の研究も進んでいる。
	産業化	△	→	・時空間マイニングについては、応用研究・開発の動きは見られるものの、全体的に産業化が進んでいることを示す明確な情報は見当たらない。
中国	基礎研究	○	↗	・2014年におけるデータベースおよびデータマイニング分野のトップ国際会議 2014の論文発表数は20件（全体の約14%、香港の11件を含む）であり、件数は急増している。また、米国の大学との共同研究が多いことも特徴である。
	応用研究・開発	○	↗	・グラフデータ処理の研究が進められている。 ・知識情報を用いたソーシャルネットワークマイニング、推薦システムデータ解析など、医療情報を用いたデータマイニングに関する応用研究も進んでいる。また、大気汚染に関する研究も行われている。
	産業化	△	↗	・Baiduをはじめとして、IT企業の強みが目覚ましい。研究所の発表も積極的に進められている。
韓国	基礎研究	△	↗	・2014年におけるデータベースおよびデータマイニング分野のトップ国際会議 2014の論文発表数は1件と大幅に件数は下がっている。しかし韓国はこれまで質の高い研究成果を長年に亘って出してきており、た若干の研究者の台頭もあり、一時的なものと思われる。
	応用研究・開発	△	→	・グラフデータの統合処理において質の高い研究が行われているものの、応用研究・開発が進んでいることを示す明確な情報は見当たらない。
	産業化	△	→	・時空間マイニングについては、応用研究・開発の動きは見られるものの、全体的に産業化が進んでいることを示す明確な情報は見当たらない。

(注1) フェーズ