

## AI・脳研究WGの論点とこれまでの議論まとめ（案）

## 1 人工知能の発展の方向性

## (1) 人工知能及び脳科学の現状及び課題

## ① 人工知能研究と脳科学研究との関係

## ア) 人工知能と脳科学は、相互に影響を与えつつ発展してきている

- － 脳科学の知見から、パーセプトロンの概念が誕生《脳→AI》
  - ⇒ 更に脳科学的知見から、多層化したネオコグニトロンが構想され、現在の深層学習に受け継がれている《脳→AI》
  - 逆に、パーセプトロンは実際に小脳で実現されている事が後年確認されている《AI→脳》
- － 人工知能の知見から、BMI、バイオマーカー、ニューロフィードバック治療といった脳科学への影響もある《AI→脳》

## イ) 脳科学の急速な進展に際し、まだ人工知能技術に反映されていない知見もある

- － 脳の複雑な立体視機構は、現在の画像認識には取り入れられていない《脳→AI》
- － 脳の結合様式（コネクトーム）は、現在解明されつつあるところ

## ウ) 人工知能に脳科学の知見を取り入れようとする動きがある

- － 機械学習関連学会にて、脳と機械学習に関するシンポジウムを開催

## ② データの重要性

## ア) 機械学習のためには、良質で大量のデータを確保することが重要

- － 日本企業は大量のデータを所有しているが、個人情報保護の観点からデータ管理を厳しく問われ、なかなか提供してもらえない。現在は統計処理によるデータの匿名化の技術も進んできている。
- － 日本の公共機関・研究機関には良質なデータも多く、活用すべき
- － 自然言語解析では、辞書・知識ベースなどのデータの品質の良さで、欧米と勝負できる場合もある
- － データ分析のためには、取り扱うべきデータの「前処理」に相当の時間・労力を消費しており、効率化が望まれる

## イ) 少量データしか存在しない分野がある

- － ロボットの強化学習では得られるデータ量に限界
  - ⇒ 少量データを扱う機械学習法の研究が必要
- － 各種医療症例：100万人～1億人といったオーダーでのデータ確保はそもそも困難
- － 海外企業の一部では、スモールデータ活用の動きあり

## ウ) 対訳、音声等のコーパス構築等のデータ活用における環境整備が重要

- － 研究以外の外部連携等においても、非常に重要な要素であった

## エ) データのスパース（疎）性の利用に関する新たな取組

- ー 少ないデータからの元情報の再現、欠損値の穴埋めなどが可能に  
⇒ センシングの時間効率性の向上、観測可能領域の拡大、ノイズ除去（前処理等）等に威力を発揮
- ー スパース性を活用して、大量データから系統的に科学的仮説を導き出せる方法や、材料開発の新しい手法なども開拓されつつある

## ③ 深層学習

### ア) 深層学習は、計算機性能の飛躍的向上、ウェブによる大量のデータの供給等を契機として、非常に大きなブレークスルーをもたらしている

- ー 性能が高い  
画像、音声、自然言語処理等に強み  
翻訳分野では、リカレントニューラルネットワーク (RNN) モデルによる急激なパラダイムシフトが起きつつある  
学習データに正確な教師データが付与されている場合には、特に高い学習性能を発揮する
- ー 特徴量の抽出を可能にした  
これまで人手で行っていた特徴量の抽出が、自動で可能になった  
⇒ フレーム問題、シンボルグラウンディング問題など、長年の間難問とされていた人工知能の課題を解決できるのではないかと

### イ) その一方、難点もある

- ー 最大の難点は汎化能力の欠如  
現在はデータを大量に学習することで、見かけ上、十分に対応できるように見えているが、本質的にはこの問題は解決されていない。そのため、学習量を確保できない状態では、適切な対応や判断が行えないという課題が残っている。  
画像、音声、自然言語等の分野では高い性能が発揮されるが、汎用化には課題がある。
- ー 不具合の説明が困難  
システムの内部で行われている処理の状況を人間が論理的に把握するのが困難であるため、不具合が生じてもその原因の究明が困難である  
⇒ そのため、故障検知など原因究明が必要なタスクには向かない  
⇒ 品質保証も困難である  
⇒ ただし、原理に関する理論研究も急速に進展中

### ウ) オープン・ソース・ソフトウェア (OSS) が発達し、誰でも深層学習を始められる時代になりつつある

## ④ モデルと学習法

### ア) 機械学習の手法は「モデル」と「学習法」を独立して、それぞれが発展することによって、適用範囲を拡大することが可能となる。

- ー 「モデル」には線形モデルや深層モデル、「学習法」には回帰・分類・強化学習といったものがある

- このうち「モデル」は適用できる課題と密接な関係がある。例えば、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) モデルは画像処理の課題と関係が深く、応用も盛んであり、研究は欧米が先行している。
- 他方、「学習法」は「モデル」から独立しているため、効果の大きい学習法を生み出せば、モデルに関係なく課題を越えて広く適用できる

## ⑤ 研究者リソース

### ア) 欧米とは圧倒的な研究者数及びレベルにおいて格段の差がある

- 日本には機械学習の理論研究者が少ない
- 国際学会で採択される論文数も少ない

### イ) データサイエンティストの不足により、ビッグデータ解析にかかるデータの「前処理」に相当の時間・労力を消費

- 上記は大学での人材育成も困難

## ⑥ 関連市場環境

### ア) 企業での利用は、当面は「ビッグデータ＋機械学習」の枠組みが主流

- 一部ではスモールデータ活用の動きもある

### イ) 画像認識の能力が飛躍的に向上

- ロボット制御への応用
- 産業の自動化が遅れていた農業・建設・食品加工（＋健康・医療）に応用が進む

### ウ) クラウド企業によるIoTプラットフォームの公開が必要

- ICT企業のみならず、非ICT産業分野へのAIの適用が進展

### エ) 民間利用においては、高度なAI技術を必要としないケースが多い

- 高度な技術のニーズはこれから

### オ) AIを十分に活用できる企業やAIの価値を見出す企業が少ない

## ⑦ その他

### ア) 第二次ニューラルネットワークブームは日本が牽引

- 再認識されるべき
- 過去の成果（TNN、ATR音声DB、階層強化学習等々）も踏まえて、検討すべき

### イ) 音声翻訳の研究は30年間継続し、高度な技術を確立

- 明確なニーズに基づく目標設定が寄与、プロジェクト研究をぶれずに実施

### ウ) ウェブの世界では、米国IT企業が急速に成長

- 研究者を次々と吸い込んで行き、検索エンジンの主要な研究が実施困難に

## (2) 新しい技術の発展によるAIの発展の方向性とその実現へのロードマップ

### ① 深層学習の応用

#### ア) 深層学習の応用が海外で急速に拡大

- － 「プランニング」「シンボルグラウンディング」の先駆け
- － 「認識」→「運動」→「言語」と進化するのではないか
- － 「運動」を目指したロボット、機械の活用に向けて
  - ⇒ 情報路線（海外IT企業に先行されている分野）
  - ⇒ 運動路線（日本企業の得意分野） の二つのルートがあるのでは

### ② 集合知能・環境知能の適用

- － マクロレベルで作用する人工知能研究を目指すべきではないか

### ③ 時空間統計解析の適用

- － 温暖化対策・疫学・経済活動把握などのため、社会的に必要ではないか

### ④ 社会知解析の応用

- － 自ら問いを発し、得られた回答・仮説を検証し、自ら賢くなる人工知能も登場するのでは

### ⑤ 学習法・基礎理論の新たな研究

- － 機械学習の学習法を研究していく事も重要ではないか
- － 脳型AI発展のための機械学習の基礎理論の強化が必要ではないか

## (3) 脳科学の発展の方向性とその知見を取り入れたAIの飛躍的な発展の可能性

### ① 脳科学と機械学習の融合

#### ア 視覚系

- － 深層学習と視覚野の知見を取り入れたAIの構築
- － 画像認識と人の意図・意識の関連部分の探索

#### イ 言語系

- － 自然言語処理における学習データ不足の解消、有効な教師無し学習法の探索
- － 真の言語理解の探索

脳の内状態のパターンから、言語（記号・シンボル）を理解する取組（辞書の脳内表現）  
体験（視覚・触覚等のセンサー情報）から、言語情報（文脈）を理解する取組

#### ウ 対人間系

- － 人との協調部分に関わるAIの構築

#### エ 環境・都市系

- － センサーネットワークの統合・汎化・知能化と統合脳実現の接点の探索

## オ 原理・統合系

- － 脳の学習汎化プロセスの解明と人工知能への応用
- － ロボットの強化学習における困難の克服
- － 上記二つ（認知・制御）の統一的理解
- － 脳と現実世界の複合ビッグデータの取得方法の探究

## ② 汎用人工知能の研究

- － 実現のため、脳に学んで行くことは有効ではないか
- － 10年程度かけて、基礎技術も固めながらの着実なアプローチが必要ではないか

## 2 人工知能の利活用

### (1) 人工知能の将来の活用イメージ

#### ① 人工知能の発展の方向性

##### ア 画像認識

- － 認識精度向上 ⇒ 画像による診断、広告への応用

##### イ マルチモーダルな認識

- － 視覚や聴覚等の複数の感覚情報を統合的に判断し認識する
- － 行動予測、異常検知 ⇒ 防犯・監視、セキュリティ、マーケティング

##### ウ ロボティクス

- － 自身の行動と観測データを基に特徴量抽出・記号操作・行動計画立案
- － 環境変化にロバストな自律行動 ⇒ 自動運転、物流自動化、農業自動化、製造装置効率化

##### エ インタラクション（自身の行動と取得したデータを基に高度な状況認識）

- － 文脈にあわせた環境認識・行動、「優しく触る」技術 ⇒ 家事・介護、他者理解、感情労働の代替、試行錯誤の自動化

##### オ モノ・コトと言葉とのひもづけ（シンボルグラウンディング）

- － 言語理解 ⇒ 翻訳、海外向けEC

##### カ 知識獲得

- － 大規模知識理解 ⇒ 教育、秘書、ホワイトカラー

#### ② より快適な世界の実現

- － 国民生活の質(QoL)の向上に繋がるインフラ構築
- － センサー情報に基づく人・モノ・情報の流れの近未来予測  
⇒ 先行的な制御・誘導により快適な世界へ

### ③ 高度な知的業務の支援、人への示唆の高度化（人とAIの協調）

- － 万能対話ロボット
- － 分析調査業務支援
- － イノベーション支援
- － コンプライアンス対策 等

### ④ 圧倒的な効率化

## (2) 人工知能の普及が社会にもたらす影響

### ① 社会的、倫理的な問題

#### ア 人工知能の活用にあたっての倫理や社会制度の議論

- － 自動運転における危険回避の問題 等

#### イ 人工知能システムが社会に広がったときの不具合の問題

- － 製造物責任、保険・社会保障の在り方

#### ウ 心をもつように見える人工知能を作ってよいか

- － プログラムが停止すると悲しいか。恋愛をさせるビジネスは許容されるか。

#### エ 人工知能の軍事への利用

- － ロボット兵士やドローン兵器への規制 等

#### オ 人工知能による知財権利の扱い

- － 著作権や特許は認めるべきか

#### カ 人間が生きるために許される状態がAIによって脅かされる可能性

- － 忘れられる権利、大目にみられる権利 等

## 3 人工知能の発展のための推進方策

### (1) 国や研究機関が取り組むべき研究課題と推進方策

#### ① 研究課題

##### 《短期》

#### ア 深層学習と脳科学との融合による新たな研究

- － 記憶・運動・言語等に関わる脳型AIのロールモデルの確立

#### イ 深層学習と強化学習の連携

- － ロボットの強化学習
- － 「子どもの人工知能」（特徴量を人間が事前に設計しなくてよい人工知能）  
⇒ ものづくり、1次産業に近い分野等への応用
- － 上記を支える次元削減等の理論研究

#### ウ 都市問題解決に向けた人工知能の適用

#### エ 「前処理」への深層学習等の応用

## 《長期》

- オ 高度な言語理解（シンボルグラウンディング）のための研究
- カ 脳の学習汎化プロセスの解明と人工知能への応用
- キ 脳と現実世界のビッグデータの取得方法探究
- ク 機械学習の新たな基礎理論研究

## ② 推進方策

### ア 有用性の評価

- ー 特に基盤研究の場合に重要。評価基準もクリアにすべき。
- ー 融合領域では、出口を明確に意識

### イ 異分野連携

- ー バイオ系と情報系の連携等、異分野で連携できる環境が重要
- ー 脳科学で得られた様々な知見を他分野に活用できる環境の構築が必要

### ウ 計算機リソースの提供

- ー 新進気鋭の若手研究者に潤沢な計算機リソースをあたえ、広く支援すべき

### エ 新たな研究開発支援体制の構築

- ー 理論研究は成果の事前予想が困難なため、リスクの取れる支援体制が必要
- ー 急に出てくる新しいアイデアへの対応が可能な戦略的運営が必要
- ー 研究者、開発者のオリジナリティを継続的に発揮できる環境が必要

## (2) 我が国の国際競争力の強化のための戦略

### ① 全体方針

- ア) リアクティブでなくプロアクティブで、根源的な戦略検討
- イ) きちんと「儲かること」に繋げること
  - ー そこから学にも資金が還流してくる仕組み作り
- ウ) 日本が強みを持つトップ産業との連携による産業競争力強化
- エ) 海外のAI先進国への徹底的なキャッチアップ
- オ) 新しい技術のみならず、既存技術のベストプラクティスの組合せによる新たな価値創出

### ② 個別戦略

#### ア) 社会課題解決を目指した取組

- ー ボトムアップではない研究アプローチ
- ー ただし、全く新規の市場を創出可能かどうかという視点を持つべき
- 例) 都市問題（スマートシティ）、QoL向上、農業、介護、廃炉作業、防災 等

#### イ) 「大人／子ども」の人工知能の性格別の適用

- ー 大人の人工知能 ⇒ 金融・医療・教育等の専門分野へ
- ー 子どもの人工知能 ⇒ ものづくり、1次産業に近い分野（農業、建設、食品加工、組み立て加工等）へ

- ウ) 「情報路線」ではなく「運動路線」
- エ) IT巨大企業がカバーしきれていない分野への注力
- オ) 言語処理のアプリケーションには、多くの可能性

### (3) 専門家の人材の確保及び育成、産学官の連携の在り方

#### ① 人材確保・育成

##### ア 学生の高い実装力の活用

- － 例：インターンなどを活用したリスクのある研究の実施

##### イ アジャイル(俊敏)な実装力を持つ人材

##### ウ 並列・大規模のデータベースを使える人材(企業応用)

##### エ データから価値を生み出す「キュレーター」

- － できれば元研究者が望ましい

##### オ 深層学習人材の至急の育成

##### カ 異分野の研究者と近距離でコミュニケーションの取れる環境整備

- － 脳科学と機械学習の連携の推進

##### キ 高い給与水準での研究者雇用

- － 海外からの研究者招へいにも有効

#### ② 産学官連携

##### ア データ活用に関する環境整備

- － 公的研究機関等の持つデータや国の委託研究によって得られたデータ(画像データ, センシングデータ等)の徹底的なオープン化のための省庁横断的な取組
- － 企業の持つデータ(パーソナルデータ等)活用のための匿名化技術の普及
- － データやサービスを共有するための制度設計(プライバシー関連規程の設計、データフォーマットの標準化、知財管理)

##### イ 産学官から構成されるボード

- － 5~20年の中長期戦略を継続的に議論
- － 予算提案と共に責任を持って評価も受ける仕組

##### ウ 産学官のコンソーシアム

- － 定常的な議論・情報交換を実施

##### エ 日本型のDARPAモデル(競争型モデル)