

一般財団法人新技術渡辺記念会「科学技術調査研究助成」

未来社会を築く高解像度物理シミュレーション
と AI 計算原理の融合新技術の動向調査研究

報 告 概 要

平成 31 年 3 月 28 日

一般財団法人高度情報科学技術研究機構参与
松岡 浩

一般財団法人新技術振興渡辺記念会が実施された平成 30 年度科学技術調査研究助成(上期)の募集に応募し、平成 30 年 3 月 29 日付けで交付決定の通知(交付番号:H30-470)を頂きました。これをうけ、調査研究計画書に記載したとおり、平成 30 年 6 月から平成 31 年 1 月まで、下記の課題名に関する調査研究を実施しましたので、以下、概要を報告いたします。

○課題名：

未来社会を築く高解像度物理シミュレーションと AI 計算原理の融合新技術の動向調査

○計画の概要：

台風・津波等の高精度予測や実験を凌ぐ高精度なものづくりで社会貢献できる“高解像度物理シミュレーション”に“人工知能計算原理”を融合させ、初期条件や境界条件を不完全にしか知り得ない現実世界でも真価を発揮させる新技術の動向を調査し振興に資する。

○課題申請者： 松岡 浩 (一般財団法人高度情報科学技術研究機構 参与)

1. 今回実施した調査研究の目的、背景等の要点は、以下のとおりです。

(1) 目的

- ・高解像度物理シミュレーションに AI 計算原理を融合する新技術の動向を調査する。
- ・現実世界の不完全な初期条件や境界条件下でも動作するシミュレーション技術の振興に資する。

(2) 背景の要点

- ①高解像度物理シミュレーションの実用化が安全・安心な社会構築に大きく貢献する。
- ②高解像度な物理シミュレーションを実現する要求は特にものづくり分野で尽きない。
- ③他方、現実世界では予測計算に必要な初期条件や境界条件の完全取得は不可能である。
- ④従って、リアルタイムなデータ取得で逐次補正が可能な超高速物理計算が必要になる。
- ⑤しかし、演算コアの超並列化のみに頼る最近の計算機では実効効率をあげられない。

(3) 問題解決へのヒント

- ⑥物理現象を近傍計算が主体のニューラルネットで行えれば、高効率な並列計算が可能。
- ⑦また、ニューラルネットの学習計算で部分的に得られた計測データへの同化も可能。
- ⑧計測融合シミュレーションの先行研究では不完全情報下の高精度予測を既に実現済み。

2. はじめに「人工知能計算原理を実現するアルゴリズムに関する調査」を実施しました。
調査結果の要点は以下のとおりです。

(1) ニューラルネットワーク計算のアルゴリズムに関する基本的な特徴

- ・ニューラルネットワークの重要な機能は“パーセプトロン”の機能に起因している。
- ・パーセプトロンは入力ベクトルと重みベクトルの似ている度合いの大きさを算出する。
- ・“特徴抽出”では多数の入力ベクトルのいずれとも似ている重みベクトルを探す。
- ・“多層パーセプトロン”では“誤差逆伝搬法”という特徴抽出手法が確立している。
- ・“セルラニューラルネット”は近接相互作用を記述しやすく連続体物理に向いている。

(2) 高解像度物理シミュレーションへの応用が期待できる技術の抽出

- ① “リカレントニューラルネット”は時間相関を調節でき輸送係数の制御に向いている。
- ② “オートエンコーダ”は入力データを出力で再現する途中の中間層で情報圧縮できる。

3. 続いて「人工知能計算原理を実現するプロセッサに関する調査」を実施しました。
調査結果の要点は以下のとおりです。

(1) ニューラルネットワーク計算の電子回路実現に関する基本的な特徴

- ・ニューラルネットは“積和演算”と“しきい値演算”で似ている度合いを計算する。
- ・大規模な入力データ処理には上記演算を超高速で実行できる計算機が必要である。
- ・ベクトル計算機はプロセッサへのデータ供給能力が優れ上記の AI 計算に有利である。
- ・ABCI やポスト京など AI 計算を意識した大規模計算機も開発されている。
- ・高性能な AI プロセッサも盛んに開発されている。

(2) 高解像度物理シミュレーションへの応用が期待できる技術の抽出

- ① 次世代の低消費電力高速演算回路として不揮発性メモリ内蔵多値差動論理もある。
- ② 確率演算プロセッサの開発は自己組織化計算のリアルタイム実現を促進できる。

4. 最後に「高解像度物理シミュレーションとの融合技術に関する整理と提言」ということで総合的な検討を行い、提言事項をまとめました。

(1) シミュレーションと AI の関係に関する最近の論調

- ・最近の AI 発展はビッグデータ (IoT) × 計算機パワー × アルゴリズム (深層学習) による。
- ・シミュレーションへの AI 活用は今が黎明期: まずは計算の加速、次にモデルの置換え。
- ・さらなる発想の誘発と実社会への応用加速には“説明可能な AI”にすることが必要。

(2) 高解像度物理シミュレーションのAI技術によるブレークスルーを目指して

- ①現実世界では“微分方程式数値解法計算原理”より“AI学習推論計算原理”が役立つ。
- ②仮想粒子の衝突並進モデルの時間発展計算を階層型ニューラルネットで高精度に実現。
- ③オートエンコーダによる情報圧縮で高解像度物理シミュレーションを高速化。
- ④AI計算のビット演算実現と国産ミニマルファブによる少量多品種カスタム生産。
- ⑤黎明期、物理シミュレーションの新発想に役立つAI概念はたくさんあるはず。

最後に、高い目標を追求し続ける精神力とそれをもつ人材が集中可能な環境構築が重要。

以上。

