

超高次元分散ベクトル表現を基軸とする融合型AIコンピューティング基盤の開拓

研究代表者	東京工業大学・科学技術創成研究院・教授	
	本村 真人 (もとむら まさと)	研究者番号:90574286
研究課題情報	課題番号: 23H05489	研究期間: 2023年度~2027年度 キーワード: 深層ニューラルネットワーク, アニーリング計算, 超高次元コンピューティング

なぜこの研究を行おうと思ったのか (研究の背景・目的)

●研究の全体像

AI技術の社会応用が急ピッチで進むとともに、その処理に多大なエネルギーを消費することが社会問題として浮上りつつある。より豊かで低環境負荷なSociety5.0の実現のためには、AIコンピューティングの処理効率を向上する情報処理アーキテクチャの技術革新が必要である。ここで、AIコンピューティングとは、計算機の入力となる「データの爆発」、出力される「解の爆発」を対象として、人間の知能を補完するような知能型の情報処理であると理解できる。

このような課題意識の下、本研究では「データの爆発」を取り扱う代表的な技術である深層ニューラルネットワーク(DNN)、「解の爆発」を扱う代表的な技術であるアニーリング計算(ANC)の二つに着目して研究を進める。更に、両者の処理方式が超高次元分散ベクトル(HV)表現を基軸として再構築できることに立脚し、エマージングな機械学習技術である超高次元コンピューティング(HDC)をも統合する分野融合型AIコンピューティング基盤の開拓を目指す。

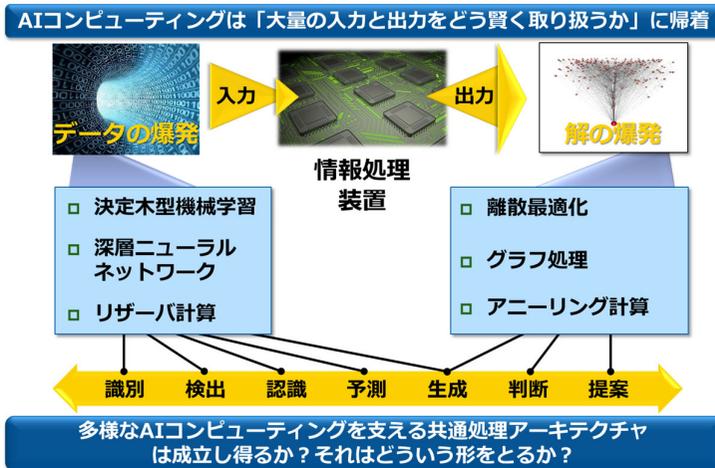


図1 AIコンピューティングの全体像と学術的な課題

●研究実績に基づく着想

研究代表者らによるこれまでの深層ニューラルネットワークとアニーリング計算の研究の中で、それらがHVを対象とする並列処理という観点で統一理解できる可能性に気づき、本課題の研究構想を生み出すに至った。



図2 隠れニューラルネットワーク(HNN)研究実績と得られた気づき

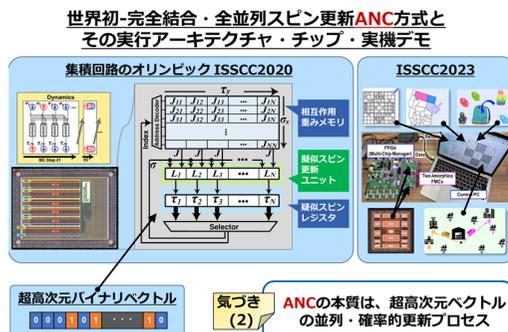


図3 アニーリング計算(ANC)研究実績と得られた気づき

●研究体制

それぞれ異なる強みや経験値を有する東工大、北大、京大の3チーム間の密な協力により、「データの爆発」と「解の爆発」の双方に対し、ソフトウェア・ハードウェア両面にわたる領域横断、階層縦断的なAIコンピューティング技術の研究を推進する。



図4 研究体制

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●研究推進方針

深層ニューラルネットワーク(DNN)、アニーリング計算(ANC)、超高次元コンピューティング(HDC)の三者を含むより広範なAI分野に於いて、HV集合の並列・再構成型メモリ・プロセス統合エンジン機構を中核に、DNN-HDC融合型の新たな機械学習技術、DNN-HDC-ANC統合処理アーキテクチャ、ANCの逆プロセスやHV集合の後段処理による説明可能なAIへの取組み、さらにそれらを全体統合するアーキテクチャ基盤の創出、等の野心的なテーマに取り組む。ソフトウェア・ハードウェア協創型研究アプローチにより広範なAIドメインの情報処理特性を明らかにし、その理解を今後のスマート社会を支えるAIコンピューティングの革新的アーキテクチャ基盤技術に結実させる。

●学術・社会への貢献

本研究課題のタイトルには学術・社会への貢献の意識を込めた。「超高次元分散ベクトル表現を基軸」とすることにより、従来の計数型と新しい物理インスパイアード型(将来の量子計算技術も含む)の情報処理の共通基盤を構築し、インメモリ型集積回路に対して、トップダウンで、健全な計算モデルを提供することを目指す。「融合型」は、二つの種類の爆発に統一的に対処する手段を提供ため、また個々の応用に囚われない汎用的で骨太な情報処理の実現のために重要である。更に「AIコンピューティング基盤」のエネルギー効率向上は、Society5.0の大きな社会ニーズであり、その上で、更なるスマート化を支える情報処理アーキテクチャを社会に提供すべく研究を推進する。

HV表現を基軸に、機械学習、離散最適化、リザーバ計算、  
相関計算、グラフ・離散データ処理等の分野をまたぐ  
共通の計算モデルとコンピューティング機構を構築

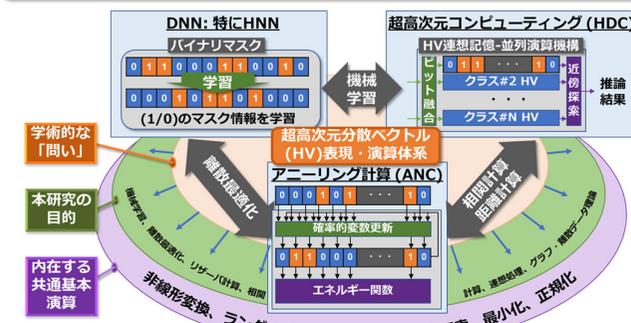


図5 研究推進方針

研究課題名  
超高次元分散ベクトル表現を基軸(a)とする  
融合型(b) AIコンピューティング基盤(c)の開拓

- (a) 超高次元分散ベクトル表現を基軸
  - 計数型(従来)と物理インスパイアード型(新参)情報処理の共通基盤
  - インメモリ型集積回路にトップダウン型の健全な計算モデルを提供
- (b) 融合型
  - 「データの爆発」と「解の爆発」に統一的に対処
  - スペシフィックな応用に囚われない骨太な情報処理の枠組み
- (c) AIコンピューティング基盤
  - AI処理エネルギー効率向上はSociety5.0の大きな社会ニーズ
  - 更なるスマート化を支える情報処理アーキテクチャを社会に提供

図6 研究推進方針