

特集

知能コンピューティング — AIとハードウェアの出会い —

編集にあたって

袖美樹子 | 国際高等専門学校

AI処理に特化した半導体はAIチップと呼ばれる。ディープラーニング（深層学習）が原動力となり第3次AIブームが起こっている。画像認識、音声認識、自然言語処理、予測など各種技術の実用化が始まっている。それに伴い高速で低消費電力なAIに特化したハードウェアの要求も高まってきている。

AIチップは3種類に分類できる。1つ目は、マイクロプロセッサ、GPU、FPGAなど既存チップをAI処理に活用するものである。GPUがその代表であり、当初は高速画像処理向けチップとして誕生している。2つ目は、AI処理の一部機能に特化したハードウェア化したチップでGoogle社のTensor Processing Unit (TPU)が代表格だ。ディープラーニングに特化した特定用途向けチップである。3つ目は、ニューラルネットワークの機能と構造をハードウェアで模した脳型チップ（ニューロモーフィッ

ク・チップ）である。近年Intelのニューロモーフィックチップ「Loihi」などAIチップの一種である脳型チップの研究開発も盛んに行われている。

コンピュータアーキテクチャ分野においては次のパラダイムシフトが起こりつつある。本特集ではAIチップの動向およびAIの各種機構をハードウェア化するための着眼点を紹介いただき、これまでのノイマン型コンピュータとは異なった新しいコンピュータの在り方を紹介いただく。

第1の記事は、東京工業大学本村真人氏による「AIは新しいハードウェアを欲しているか？—知能と計算とアーキテクチャの新しい関係」である。Google社の機械学習アルゴリズムの演算に特化したプロセッサTPUなど知能コンピューティングへのパラダイムシフトは進んでいる。なぜAIチップが脚光を浴びているのか？ 知能を支える新しいハードウェアはどのようなものなのかを紹介いただく。



第2の記事は、北海道大学浅井哲也氏による「確率的コンピューティングの再開拓—その場学習が可能な極低電力エッジAIにむけて—」である。ニューラルネットワークの演算に拡張可能な確率的コンピューティング技術の概要と確率的コンピューティングを用いたニューラルネットワークの実装例を紹介いただく。

第3の記事は、北海道大学池辺将之氏による「画像の解像度と知的処理の関係を見つめ直す—知的な高解像度リアルタイム処理に向けて—」である。IoTなどエッジコンピューティングでは画像をクラウドにアップロードしAI処理を行うのではなく、エッジに知能コンピューティングを搭載しリアルタイム処理する要求が多く存在する。エッジ型知能コンピューティングの例としてカメラ向けCNNを用いた画像処理技術を紹介いただく。

第4の記事は、東京大学高前田信也氏による「機械学習に適したハードウェア・ハードウェアに適した機械学習アルゴリズム」である。ハードウェア設計特有の考え方は大きなパズルを解くような発想の柔軟さであり、真理を追究し続ける力である。機械学習の観点からハードウェア設計の考え方、面白さを解説いただく。

第5の記事は、東京工業大学劉載勳氏による「ランダム・スパース・ストカスティック—新しい計算の形を目指して—」である。プログラム内蔵方式のノイマン型コンピュータから量子コンピュータ、脳型チップなどへ大きな変化点を迎えているコンピュータアーキテクチャ、パラダイムシフトの現状を解説いただく。

ムーアの法則に従いCPUは処理能力を上げ、2000年まではCPUクロック周波数はどんどん上昇した。その後伸び悩み、最近では3GHz～5GHzあたりで頭打ちになっている^{☆1}。この問題を打開すべくマルチコア化が始まった。2010年NVIDIAのFermiが発売されGPUが広く使われるようになり、AIの技術進歩を後押しした。それから約10年、現在量子コンピュータやAIチップなど新たなパラダイムシフトが起こっている。この息吹を共有したく本特集を企画した。日本の半導体を再度世界一に押し上げる一助となれば幸いである。

(2022年1月8日)

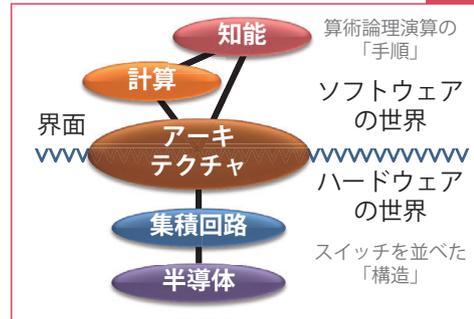
^{☆1} ACM Queue, <https://queue.acm.org/detail.cfm?id=2181798>, Andrew Danowitz, Kyle Kelley, James Mao, John P. Stevenson, Mark Horowitz, Stanford University: CPU DB: Recording Microprocessor History With this open database, you can mine microprocessor trends over the past 40 years.

知能コンピューティング—AIとハードウェアの出会い—

1 AIは新しいハードウェアを欲しているか？ —知能と計算とアーキテクチャの新しい関係—

本村真人 | 東京工業大学

「知能コンピューティング」に呼応するコンピュータのアーキテクチャ技術はどうあるべきなのか。これは現代のコンピュータにおける中心的な課題であり、我々は情報処理能力の爆発的な発展を60年以上にわたって支えてきたムーアの法則の減退という苦しい状況の中で答えを出さねばならない。本稿では、活況を呈する現在の知能コンピューティング向けハードウェア基盤技術研究のムーブメントを俯瞰し、今後の技術発展を展望する。

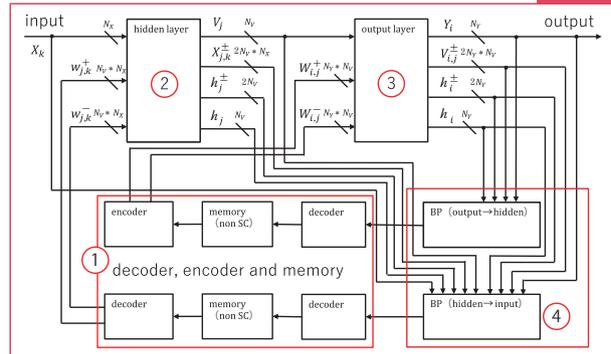


基
般
★
Jr.

2 確率的コンピューティングの再開拓 —その場学習が可能な極低電力エッジAIに向けて—

浅井哲也 | 北海道大学大学院情報科学研究院

1960年代に提唱された確率的コンピューティング(SC)は、その簡便な論理回路構成・低電力動作の可能性から、さまざまな情報処理に組み込まれようとしてきたが、通常演算とのインターフェースのオーバーヘッドの大きさが問題となっていた。この問題を解決するためには、なるべく多くの演算をSCで実行する必要がある。本稿では、多層ニューラルネットにおける推論と学習に関するすべての演算をSCで実行できる例を紹介する。

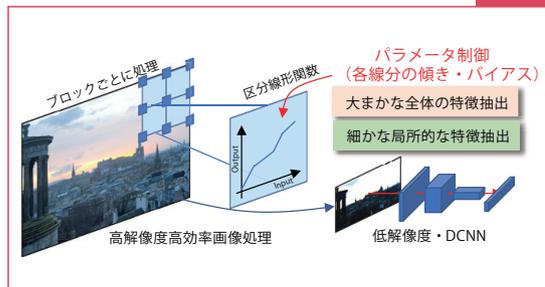


基
般
★
Jr.

3 画像の解像度と知的処理の関係を見つめ直す —知的な高解像度リアルタイム処理に向けて—

池辺将之 | 北海道大学量子集積エレクトロニクス研究センター

イメージセンサの性能向上が進み、その出力表現も研究がされてきた。その中で、輝度表現に関する技術(トーンマッピング)やノイズ除去は重要であり、画像補正のみならず、監視、車載、医療など幅広い応用が可能である。近年、深層畳み込みニューラルネットワークを活用した手法も多く提案されている。そこでは画像解像度の扱いが処理の効率化に強くかかわっている。本稿は知的処理と処理解像度の関係と今後の展開について述べる。

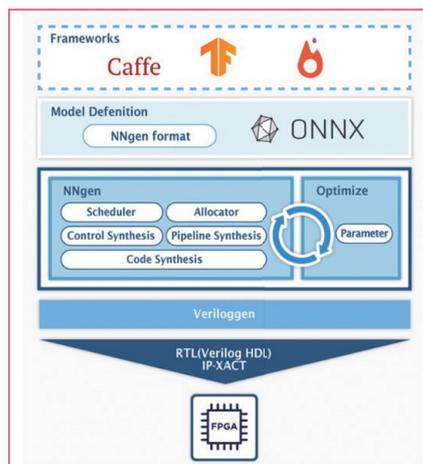


基
般
★
Jr.

4 機械学習に適したハードウェア・ ハードウェアに適した機械学習アルゴリズム

高前田伸也 | 東京大学

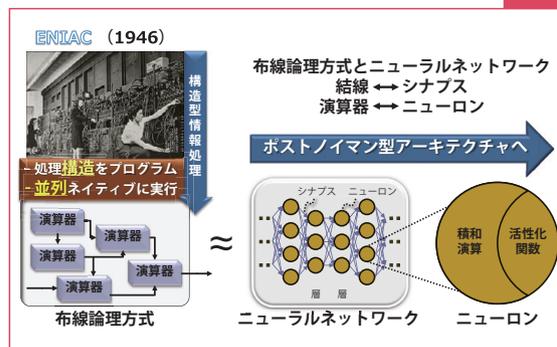
コンピュータアーキテクチャ界隈においても、機械学習、特にディープラーニングに関する研究が盛んに行われるようになってきた。本稿ではその理由を考察する。また、コンピュータアーキテクチャの研究者が行った機械学習の研究の一例として、筆者が実際に取り組んできたハードウェア指向の機械学習に関する研究をいくつか紹介する。そして最後に今後の展望を述べる。



5 ランダム・スパース・ストカスティック —新しい計算の形を目指して—

劉 載勳 | 東京工業大学

近年の人工知能ブームにより、我々にはノイマン型アーキテクチャから脱却し、ポストノイマン時代への扉を開くことが期待されている。本稿では、ハードウェア処理基盤を「計算の形」として捉え、ニューラルネットワークにおけるランダム性・スパース性・ストカスティック性の3つの性質について述べる。またいくつかの研究成果を通してこれらの性質が「計算の形」に及ぼす影響について考える。



訂 正

本誌 63 巻 3 号 (2022 年 3 月号) の特集：知能コンピューティング—AI とハードウェアの出会い—「編集にあたって」に一部誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

P.109 左段 17 行目

(誤) 高前田信也

(正) 高前田伸也