

TODAY

**経済産業省 製造産業局
金属課 金属技術室
室長 伊藤 隆庸**

本年（令和4年）7月1日に製造産業局金属課金属技術室長を拝命いたしました伊藤隆庸でございます。経済産業省ではエネルギー・電力の供給に関する行政を長く経験してきました。製造業の根幹を支える金属産業はエネルギー・電力の需要家でもあります。これまでの経験を活かして、金属産業の更なる成長と発展に向けて技術的側面から貢献できるよう努力してまいりますので、何卒よろしくお願いたします。

着任以来金属産業の現状と課題の把握に努めてきており、製造の現場にも何度か足を運ばせていただきました。ものづくりの現場を直に拝見させていただくことで、製造現場の熱量を直接感じることができ、また、現場の方々から抱えている課題を直接聞くことができたことは非常に良い機会でした。今後も現場への訪問や意見交換の機会を通じて、現場の状況を踏まえた政策的課題に取り組んでいく所存です。

さて、金属産業始め産業界が直面する大きな課題としてカーボンニュートラルがあります。温暖化への対応をコストと捉えてきた時代から、国際的にも成長の機会と捉える時代に突入しています。従来の発想を転換し、積極的な対策を行うことで産業構造や社会経済の変革をもたらす成長に繋げていくことが必要となります。こうした経済と環境の好循環を作っていく産業政策として、昨年（2021年）6月に具体化された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定されました。この2050年カーボンニュートラルの実現は非常に困難な課題であり、これまで以上に野心的なイノベーションが必要となります。そこで官民で具体的な目標を共有した上で目標達成にコミットした企業に対して技

術開発から実証・社会実装まで支援するためのグリーンイノベーション基金が創設されました。

金属産業ではこのグリーンイノベーション基金事業の一環として「製鉄プロセスにおける水素活用」に係る技術開発事業が、日本製鉄株式会社、JFEスチール株式会社、株式会社神戸製鋼所及び一般財団法人金属系材料研究開発センターのコンソーシアムにより、2021年度から2030年度までの最大10年間を予定として、研究開発・社会実装計画に基づき開始されたところです。具体的には、現在、高炉を用いた水素還元技術の開発（所内水素を活用した水素還元技術等の開発、外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素化技術等の開発）及び水素だけで鉄鉱石を還元する水素直接還元技術の開発（直接水素還元技術の開発、直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発）が行われています。いずれもCO₂排出を50%以上削減する技術の確立を目指しており、野心的な目標を掲げて取り組まれています。事業としてはまだ始まったばかりではありますが、今後、円滑に事業を進められ、着実に成果を出していただくよう支援してまいります所存です。

また、米中対立、ロシアのウクライナ侵略、新型コロナウイルスの影響など地政学的リスクの高まりにより、世界の不確実性が增大する中、経済安全保障推進の重要性が高まっています。そうした中、本年5月に「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律」、所謂、経済安全保障推進法が成立しました。本法律の執行も見据えて、金属産業におけるサプライチェーンの強靱化など取り組むべき課題を整理していく所存です。

この他にも金属産業が取り組んでいる課題は多くありますが、皆様と協力しながら腰を据えて一つ一つの課題に対応していく所存ですので、何卒ご指導・ご鞭撻を賜るようお願い申し上げます。

AIの研究開発・社会実装を加速するオープンプラットフォーム ABCI

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

デジタルアーキテクチャ研究センター 副連携研究室長 高野 了成

1. はじめに

AI 橋渡しクラウド (AI Bridging Cloud Infrastructure, ABCI) ^{1,2,3} は、スーパーコンピュータ由来の技術を用いて、高速かつ高度な AI 学習、大量データの高速な処理を、AI 技術の初心者から専門家まで、技術の習熟度に応じた使い勝手でオンデマンドに提供するクラウド型計算システムです。国立研究開発法人産業技術総合研究所柏センターに構築され、2018年8月に運用を開始しました。以来、産学官による AI 研究開発及び社会実装を加速するオープンプラットフォームとして、多くの民間企業、大学・国研から活用いただいています。本稿では、ABCI の整備に至った背景と ABCI が実現すること、ABCI を支える省電力データセンター技術、そして今後の展望についてご紹介します。

2. AI 研究開発における大規模インフラの重要性

AI の中でも現在主流になっている深層学習の基本的なアイデアは古くから存在しましたが、その実用化には、アルゴリズム、データ、計算能力

が揃っていることが必要であり、これらが 2010 年代になり整ったことでブレークにつながりました。著名な AI 研究者である Andrew Ng 氏は、深層学習が成功した要因をロケットの打ち上げになぞらえて次のように言いました。「ロケットの打ち上げが成功するには強力なエンジンと大量の燃料の両方が必要である。深層ニューラルネットワークのモデルがエンジンであり、そこに投入する大量のデータが燃料である。」⁴ と。アルゴリズム (深層ニューラルネットワークのモデル等) に関しては、毎日新しい論文がオープンアクセス可能なアーカイブ arXiv.org 等に投稿されていますし、オープンソースソフトウェアとして実装も公開され、誰でもがアクセスできます。データに関しては、社会・経済活動のデジタル化によりパブリック、プライベートに関わらず大量かつ高品質なデータが利用可能になりました。これらの画像やテキストなど大量のデータを用いて、深層ニューラルネットワークのような複雑なモデルを学習させるには大規模な計算能力が必要です。さらに AI の精度は学習に用いるデータ量とコンピュータの利用量に従って向上することも知られています。まさに強力なロケットエンジンが必要なのです。Midjourney や Stable Diffusion 等テキストから画像を生成する AI サービスが最近話題になっていますが、Stable Diffusion の開発者はそのモデルの学習に 60 万ドル (約 8000 万円) を投じたことを明らかにしています⁵。



図1 ABCIの外観

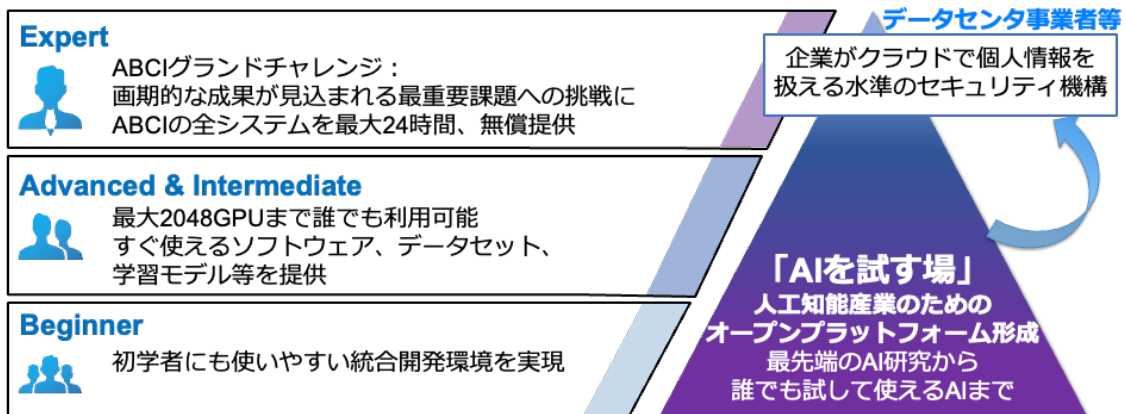


図2 初心者から専門家まで、産学官のあらゆるユーザが利用可能なオープンプラットフォーム

大規模な計算能力を有することがAI分野における競争力の源泉になっているのです。このような背景から、我が国におけるAI技術の研究開発・実証、社会実装の推進を目的に、世界トップクラスの計算能力を有するオープンプラットフォームとして整備されたのが ABCI です。

計算能力についてさらに補足すると、深層学習の計算の加速に、ゲームなどのグラフィックス処理のために開発されたGPU (Graphics Processing Unit) が有効であったことが、現在の深層学習の爆発的な発展の一因になっています。ABCIは、高性能で省電力のGPUを4352基(2021年5月にシステム増強し、現在は5312基³⁾搭載しており、2018年6月時点のスパコンランキングでは世界5位、国内1位の計算性能を達成しています。図3は、画像認識によく用いられている深層ニューラルネットワークであるResNet-50の性能向上の推移を示しています。2015年からの4年余りで1500倍の性能向上が達成されていることがわかります。このような性能向上を実現するには、計算システムの大規模化だけではなく、GPU等の大量の演算装置を無駄なく(遊休させることなく)使いこなすソフトウェア上の工夫が必要でした。緑の棒グラフがABCIを用いた結果になり、2018年にSONYが224秒、2019年に富士通研究所が70秒とそれぞれ当時世界最短の時間で学習させることに成功しました。これはGoogle、Facebook、TencentなどAI分野の研究開発に膨大な投資を行っている企業とも、ABCIを用いることで互角の勝負ができるようになったという証左と言えます。さらにABCIはスーパーコンピュータを用いなければ解けない規模の機械学習処理ベンチマークMLPerf HPCにおいて最高

レベルの速度を達成しました⁶⁾。ABCIでは、このように画像・動画認識だけではなく、自然言語理解、創薬・バイオ、シミュレーションなど幅広い応用分野で活用されています。

3. 世界トップクラスの省電力性能

ABCIのような大規模な計算システムを支えるデータセンターにも独自の工夫があります。ABCIは、GPU等の演算処理装置などを外気に近い温度の水で直接冷却することで、世界トップクラスの省電力性能を達成しています⁷⁾。一般的にデータセンターでは計算システムから発生する熱を冷却するために膨大な電力を必要とします。ABCIの実現にあたっては、計算サーバあたりの消費電力70kWに耐えられる高密度実装と、年間平均PUE (Power Usage Effectiveness) 1.1以下での省エネ運用が実現できる、極めてエネルギー効率の高いデータセンターが不可欠でした。なお、PUEとはデータセンターにおける電力使用効率を示す指標です。データセンター全体の消費電力量を、計算サーバなどIT機器の消費電力量で割った値であり、1.0に近いほど効率がよいとされます。日本データセンター協会の市場調査によると国内データセンターの平均PUEは1.7程度とのこと。さらに、商用データセンターなどへの速やかな技術移転も考慮して、ABCIに特化した技術ではなくコモディティ技術を採用することで、他のどこにもないABCI専用のデータセンターをゼロから設計しました。

従来のデータセンターでは、20℃以下の冷風を床下から吹き上げることで間接的に計算システムを冷却していました。一方ABCIでは、サーバを冷やすではなく熱を移動させるという方針を採用し、省エネ効率の大幅な改善を実現しています。

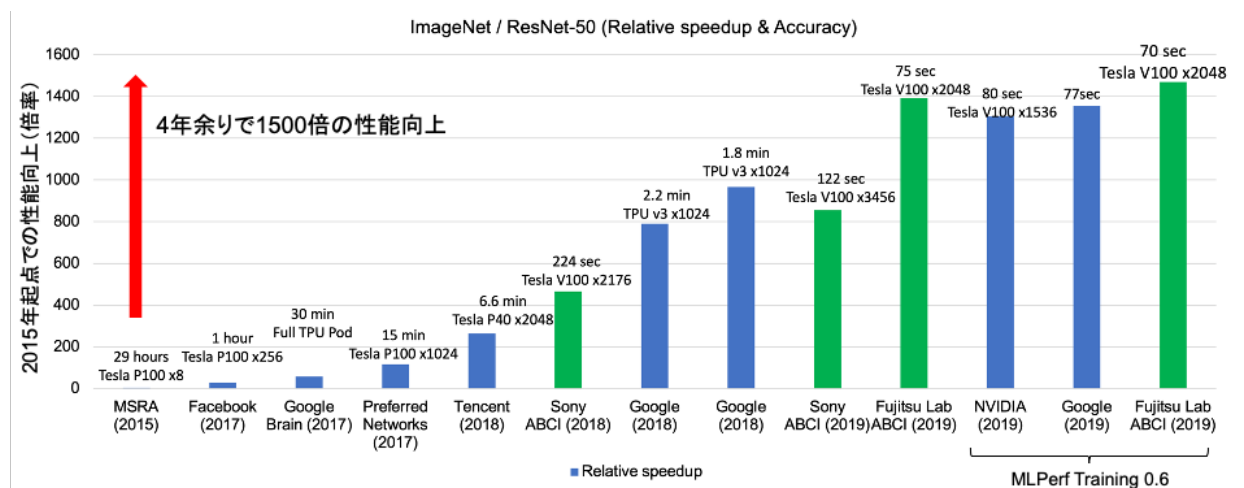


図3 画像認識ベンチマークの性能向上

具体的には、冷却水温度を最高 32℃に設定することで、通年でのフリークーリング運転を可能とし、この高温冷却水を用いた直接水冷と間接水冷（オーバヘッド方式空調機を用いて、排熱を水と間接的に熱交換する方式）を組み合わせています。フリークーリングとは、冷却塔で外気を用いて比較的高温の冷却水を作り冷却に利用するシステムであり、消費電力が大きい冷凍機を使用しないので、省エネ効果が大きいという利点があります。ABCI 規模の計算システムを夏季も通じてフリークーリング運用するのは非常に挑戦的な課題でした。この結果、スーパーコンピュータの省電力性能を示す Green500 List において 2019 年 6 月時点で世界 3 位(国内 1 位)にランキングされました。

4. 現状と今後の展望

本稿では詳しく説明しませんが、ABCI は膨大な計算能力を提供するだけでなく、高いセキュリティ機能を有するクラウドストレージ、利用者登録型のデータカタログ「ABCI データセット」等、AI やビッグデータ処理のライフサイクルを支援するサービスを段階的に拡充しています。クラウドストレージは、学術情報ネットワーク SINET と直結した「データハーバー」としての役割を担っており、他機関からの高速・安全なデータ収集・蓄積や、ABCI で作成された高性能な汎用学習モデル等の共有・配布が可能です。今後はさらに、学習済みモデルを再利用するためのワークフロー支援フレームワークの提供を予定しています。これは ABCI データセットに登録された学習済みモデルをもとに、転移学習を使って、ある応用領域に特化したり、パーソナライズしたりしたモデルを簡便に作成する仕組みになります。転移学習は、過去の経験を活かして新しいものごとを習得することに似ていて、少ないデータから短時間でモデルを学習できるという利点があります。

2022 年 3 月末時点で、ABCI を利用するプロジェクト数は 458、利用者数は 2812 名（内訳：産総研所内 322 名、所外 2490 名）と、運用開始後、図 4 に示す通り順調に増加しています。国研の施設ということで敷居が高いと思われるかもしれませんが、前述の通り ABCI は民間企業等にも広く

一般に公開されています。具体的な活用事例については、ABCI ウェブサイト¹に掲載しています。また、ABCI をプラットフォームとした研究開発コミュニティの醸成を目的とした「ABCI ユーザグループ」⁸も存在し、ABCI の使い方・ノウハウの公開や、ウェビナー、ハンズオン形式の講習会等の活動を行なっています。

ABCI は AI の研究開発・社会実装を加速するオープンプラットフォームとして今も進化を続けております。本稿がみなさまの業務における AI 技術利活用の検討の一助となれば幸いです。

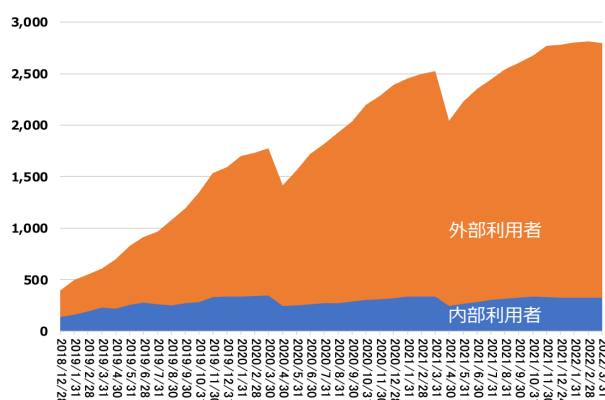


図 4 ABCI 利用者数の推移

参考情報

- [1] ABCI ウェブサイト, <https://abci.ai/>
- [2] 小川他, 世界最大規模のオープン AI インフラストラクチャ AI 橋渡しクラウド (ABCI) の概要, 情報処理学会 2018-HPC-165, 2018 年 7 月
- [3] 滝澤他, ABCI 2.0: Advances in Open AI Computing Infrastructure at AIST, 情報処理学会 2021-HPC-180, 2021 年 7 月
- [4] Andrew Ng, What Data Scientists Should Know about Deep Learning, Extract Data Conference, 2015 年 10 月 24 日
- [5] Emad Mostaque, <https://twitter.com/EMostaque/status/1563870674111832066>, 2022 年 8 月 28 日
- [6] 産総研, 機械学習処理ベンチマーク MLPerf HPC にて最高レベルの速度を達成, 2020 年 11 月 19 日, https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20201119_2/pr20201119_2.html
- [7] 高野他, 0.55 AI-EFLOPS の計算インフラストラクチャを支える超グリーンデータセンタ, 情報処理学会 2018-HPC-165, 2018 年 7 月
- [8] ABCI ユーザグループウェブサイト, <https://abciug.abci.ai>

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第 430 号

内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2022 年 10 月 1 日
 発行人 小紫 正樹
 発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター
 〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目 5 番 11 号 第 11 東洋海事ビル 6 階
 TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285
 ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>
 E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp