東京農工大学 工学部 知能情報システム工学科 中條研究室

超並列処理系をベースにAIから計算機まで幅広く研究
RISC-Vにも注目、4月から内閣府主導プロジェクト(K Program)をサポート

農学と工学の二つの学問領域を核に幅広い関連分野を包含する科学技術系大学である東京農工大学(本部:東京都府中市)。情報工学、電気電子工学の基礎から最新のデータ処理技術、人工知能技術も学べる知能情報システム工学科で、超並列処理系をベースにAIから計算機まで幅広い研究を続けているのが中條拓伯教授。オープン仕様のRISC-Vに注目し、JASA技術本部のRISC-V WGでもプラットフォーム開発、普及にご指導いただいている。小金井キャンパス(東京都小金井市)にある研究室を訪ね近況をうかがった。

分散共有メモリ研究で博士号

東京農工大学は2024年に150周年を迎えた。1874年(明治7年)4月、新宿御苑の前身となる内務省勧業寮内藤新宿出張所に置かれた農事修学場と蚕業試験掛が農学部、工学部のルーツ。工学部は2019年4月から生命工学科、生体医用システム工学科、応用化学科、化学物理工学科、機械システム工学科、知能情報システム工学科という現在の6学部構成となっている。

中條研究室のある知能情報システム工学科は、核となる情報工学、電気電子工学を横断した研究を推進する高度ITイノベーション人材を育成する。ハードウェアからソフトウェアまで幅広い知能情報システム工学分野を網羅する学科の構成が特徴となっている。そうしたなかで、AIから計算機まで幅広く研究している中條研究室。現在、優に20名を超える学生が学ぶ大所帯の研究室だ。「プロセッサを学びたい学生もいれば、AIを研究したいという学生もいます。自分の研究したいことを見つけて進めてもらっています」と中條拓伯教授は言う。研究室からは明るい声が聞こえ、楽しみながら研究に勤しむ様子が伝わってくる。

中條氏が博士の学位を取得した研究は分散共有メモリ(Distributed Shared Memory:DSM)。分散メモリシステム上で高速実行できるシステムをつくるという考え方は1980年代あたりからあったもの。90年代半ばに文部科学省の科学研究費助成事業の重点領域研究に採択され、中條氏もその研究メンバーとして加わっている。「東京大学の田中英彦先生を代表に、超並列用のアプリケーション、プログラミング言語、計算機用OS、アーキテクチャの4班に分かれた構成でした。私はアーキテクチャ班に属して、効率的な分散共有メモリの実現を最大の目的に設計したJUMP-1(ジャンプワン)という超並列計算機を試作しました」とその実績を語る。

RISC-V、FPGAで高速化を提案

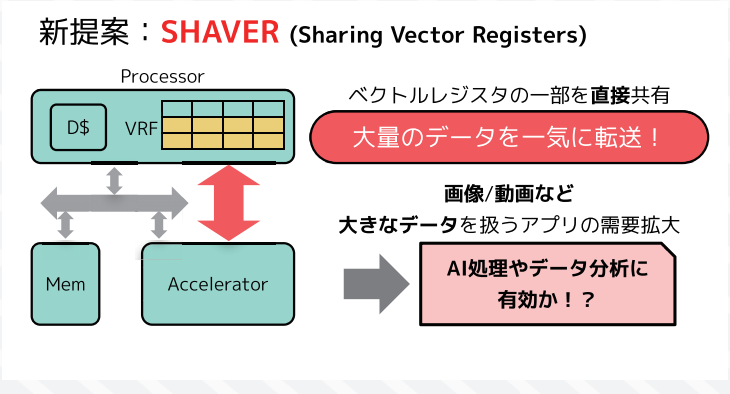
現在進行中の研究テーマを紹介する。

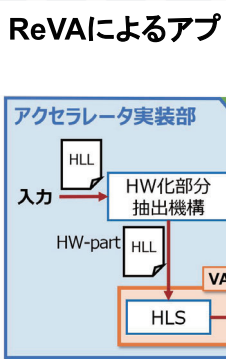
ひとつはRISC-Vを中心としたハードウェア研究で、RISC-Vベースのアクセラレータとベクトルレジスタの共有。『SHAVER(シェーバー:Sharing Vector Registers)』と称するその仕組みを中條氏は次のように説明する。「SHAVERはプロセッサ内部のベクトルレジスタの一部をアクセラレータと直接共有する機構です。アクセラレータとRISC-Vのベクトル拡張の間でベクトルレジスタを共有してベクトルロードしたら、レジスタで書き込まれたものがそのままアクセラレータから読めるというものです」

通常は高速・大容量の転送にはハードウェアを使って直接データ転送するDMA(Direct Memory Access)転送を用いるところだが、転送している間はバスを占有するためほかのデバイスはアクセスできない。「そうしたことなく、どんどんベクトル演算を実行したり、その結果をアクセラレータで処理できます。特に、画像データ音声データを圧縮したものを展開するなどの前処理、計算したものをまた圧縮してメモリに書き戻すといった後処理があって、なおかつ処理したものの高速な演算を同時に行える仕組みになっています」と説明する。さらに、オープンソースコアvicunaでの実装、同じくvicunaで実装したDMA転送との評価など研究を進めている。

2つめは、FPGAによる高速化。多数の計算機・FPGAをまとめて単一の計算機のように扱う仕組みを研究、再構成可能仮想アクセラレータ(Reconfigurable Virtual Accelerator)という名称から『ReVA(リーバ)』とした。「FPGAで高速化するにはFPGA上のリソースが大量に必要となりますが、リソース容量の多いFPGAは数百万円にもなる非常

▼『SHAVER(シェーバー)』 RISC-Vベースのアクセラレータとベクトルレジスタの共有。プロセッサ内部のベクトルレジスタの一部をアクセラレータと直接共有する





NAKAJO HIRONORI
教授/博士（工学） 中條 拓伯 氏
工学部 知能情報システム工学科

に高価なもの。そこで、複数のFPGAのリソースをネットワークで接続して、あたかもひとつのFPGAで高速化しているように見せるという研究です」

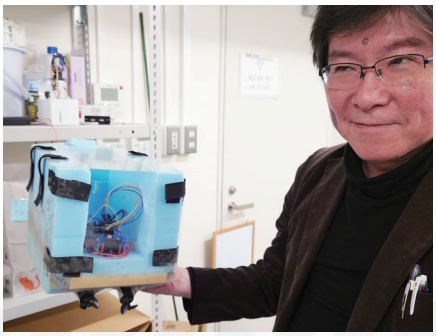
仮想化で単一に見せることに加え、ハードウェアが分散していてもメモリアクセスがおこなえる。「共有メモリという空間があれば、ネットワーク上でメモリを通じてデータがやり取りできます。メモリもですがロジックも分散していることで“Distributed Shared Logic”という概念を打ち出しました。共有メモリはリソースのキャッシュ間のデータが一致しなくなるコヒーレンス性の問題が生じますが、CPUのメモリ空間と接続デバイスのメモリ間のメモリコヒーレンシを維持するCXL（Compute Express Link）規格を用いてReVAのエミュレーションを進めています」

稲作の課題に向き合うスマート農業研究

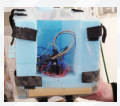
3つめとしてあがるのがスマート農業。意外に感じるが、このプロジェクトは農学部と農業分野でビジネス展開する企業との共同で進めているという。「きっかけは学生が始めたカイワレ大根育成の実験」からだそうだ。「PBL（Project Based Learning）教育として半年間、面白いと思うテーマで進めてもらったなかにありまして。いろいろなセンサーやカメラでセンシングして、成長過程でカイワレ大根からメッセージがテキストで届きPCで受けてアプリで読み上げるという。温度が低いと“ちょっと寒いかも”とか、収穫のころなら“食べごろよ”とか（笑）」

そうして着目したスマート農業で取り組んでいる研究は、水田ドローンを用いた水稲有機栽培における雑草管理の補助。稲の有機栽培では、雑草対策が最大の課題とされる。光や養水分などの資源を奪い合うように作物と競合することで、成長を妨げる要因となり、収穫量や品質の低下を招いてしまう。対策のひとつは水の濁りで、雑草の光合成を妨げることで生育を抑制する。水田ドローンは水田を撹拌して水を濁らせるというものだ。

「共同研究先の企業が水田用自動抑草ロボットを開発していますが、ある程度抑止につながるものの、どうしてもまた生えてきてしまう。また筐体の大きさで育ってきた稲をなぎ倒してしまうため使用が制限されます。『Oyone（オヨネ）』と名付けた我々の水田ドローンは稲にぶつからず、株間を自動航行でき、RaspberryPiとカメラを載せてAI技術で雑草を検知するものです。2年ほど前に論文も発表しました」。府中キャンパスの水田のほか、福島と新潟、二期作が主流の西表島の農家の協力を得て実験をおこなっているという。「いまは、藻が絡みにくいタイプのスクリューでOyone2号を開発中です」

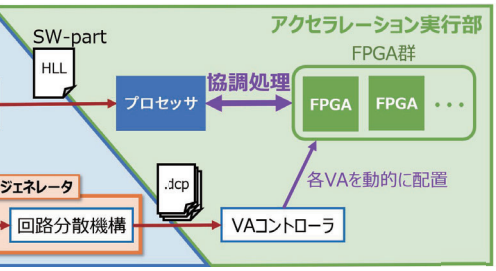


▲水田ドローンOyoneを手に



◀▼稲の間を航行し雑草を検知する。

▼『ReVA（リーバ）』 多数の計算機・FPGAをまとめて単一の計算機のように扱う仕組み



K ProgramでTEEを研究

それらに加えて、この4月から4つめのテーマと位置付けられるK Programが始まっている。科学技術振興機構（JST）経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）に採択された、先端的な重要技術を育成するための研究開発だ。安全なプログラム実行の環境を提供するハードウェア技術であるTEE（Trusted Execution Environment）が研究テーマ。5年計画のプロジェクトで「現状の技術はチップに依存していて互換性がない。ユニバーサルなTEE、ポータブルなTEEを世の中に提供しなければいけないということで採択されたものです。我々はミドルウェアとAPIをいろいろ試して、チップを試すところではRISC-Vを用いながらPoCシステムを提供していきます」という内容になる。

超並列系の分野で、これまで数多の研究成果を発信してきた中條氏。いまいちばんのアプリケーションであるAIの処理速度や効率を高めるニーズは強まるばかりで、中條氏の研究成果はますます重要になっていきそうだ。