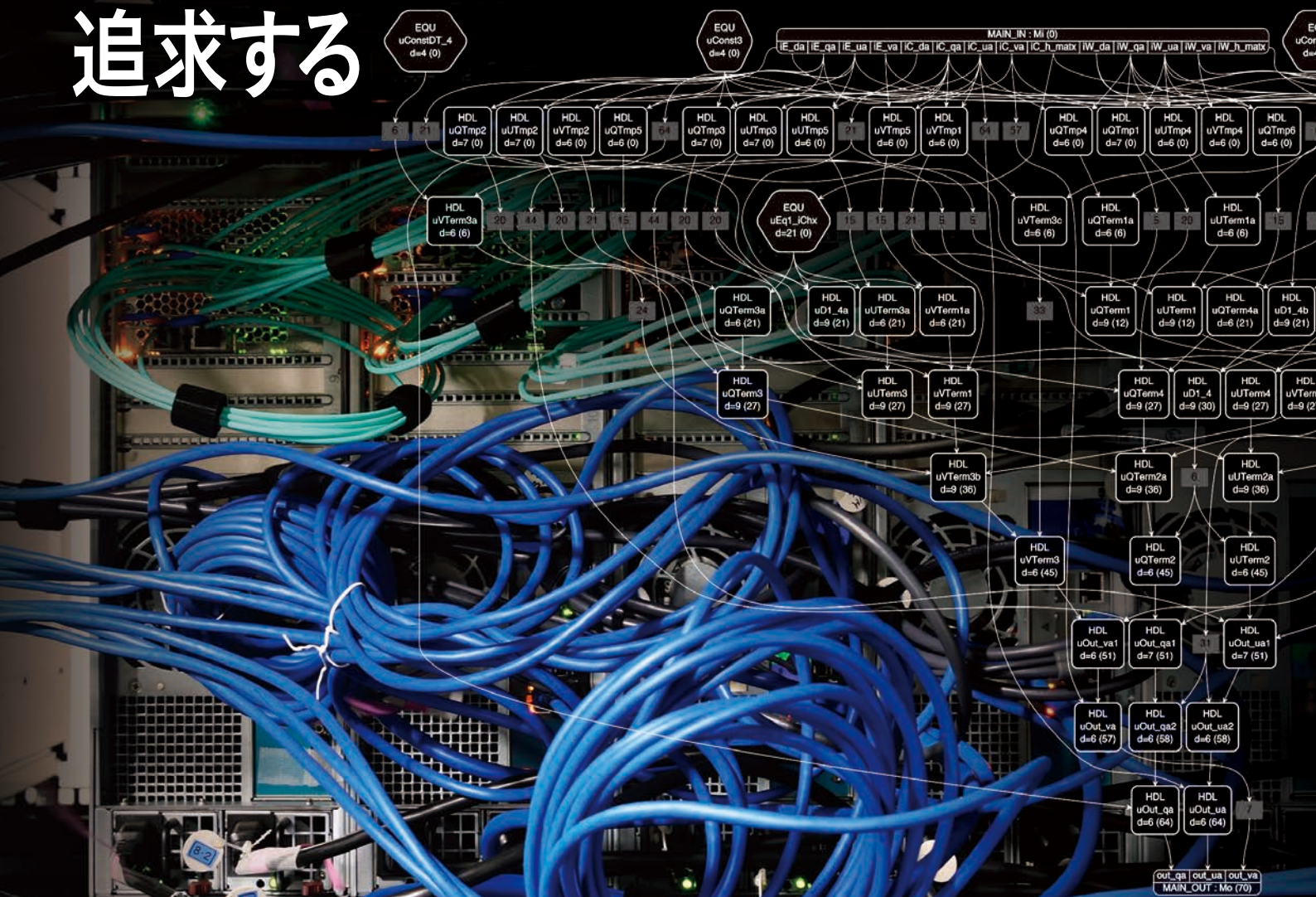


計算科学 の世界

March 2020 NO.20

スパコンはどこまで速くできるのか？ 新しいアーキテクチャの可能性を 追求する



スパコンはどこまで速くできるのか？ 新しいアーキテクチャの可能性を追求する

佐野 健太郎 Kentaro Sano

理化学研究所 計算科学研究センター
プロセッサ研究チーム チームリーダー

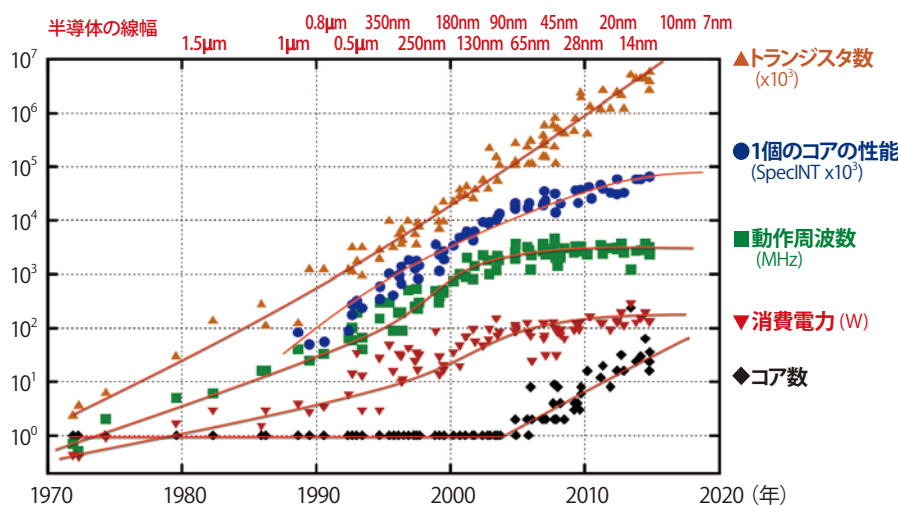


図1 マイクロプロセッサの進歩

グラフの枠の上にならべて書かれているのは、半導体加工の基準となる線幅（プロセスルールと呼ばれる）で、マイクロプロセッサの誕生以来、どんどん細くなってきた。それにより、トランジスタ数も増加し続けてきた。しかし、動作周波数と消費電力は2000年代半ばに頭打ちとなり、同時期にコア数が増え始めた。（2010年までのデータはM. Horowitzら、2010-15年のデータはK. Ruppによる。赤い線は佐野による）

現在のスパコンの計算速度をおもに決めているのはCPU（中央処理装置）とメモリです。

これまでのスパコンは、CPUの性能を上げるとともに、多くのCPUを並列で使うことで計算速度を向上させてきました。

しかし、CPUの実体は半導体チップであり、その性能は加工技術や消費電力などの制約を受けるため、性能の向上は頭打ちになりつつあります。そのような現状を踏まえて、佐野さんはこれまでとは異なるアーキテクチャを研究しています。

コンピュータの速度を上げるために行われてきたこと

現在のコンピュータは、パソコンでも、スパコンでも、CPU（中央処理装置）で計算を行っています。CPUの実体は、「マイクロプロセッサ」と呼ばれる半導体チップで、トランジスタやほかの素子がたくさん集積

されています。個々のトランジスタは超小型のスイッチとして働き、スイッチのオンとオフで、2進法の1と0を表します。そして、多数のトランジスタを組み合わせた演算器（計算を行う回路）の中でトランジスタのオン／オフを行うことで、2進数の計算を実現しています。

1971年に、アメリカのインテル社が世界初のマイクロプロセッサを発売して以来、半導体メーカーは、マイクロプロセッサの開発にしのぎを削ってきました。「計算速度を上げるために、1個のマイクロプロセッサの性能をとことんまで上げようとしてきたのです」と、佐野さんは説明します（図1）。

これまで、計算速度を上げるために大きく分けて2つの方法がとられてきました。1つは、チップに集積するトランジスタの数を増やすことです。トランジスタの数を増やせば、1個のマイクロプロセッサでたくさんのデータを処理でき、計算速度は速くなります。実際、マイクロプロセッサの誕生後、半導体の微細加工技術は急速に進歩し、同じ面積により多くのトランジスタを集積できるようになりました。「1つの半導体チップに集積される素子の数は18ヵ月ごとに倍増する」というムーアの法則（法則と呼ばれているが、実際は産業界の開発目標）が、長い間実現されてきたのです（図1のトランジスタ数のグラフ）。

「しかし、トランジスタのオン／オフの切り替えは電力を消費しますから、トランジスタが増えればチップの消費電力も多くなり、発熱も増えます。当然、チップは冷却しますが、それにも限界があるので、チップ全体の消費電力は200W程度以上にはできません。最初のころは、微細化によりトランジスタの動作電圧を下げ、トランジスタ1個の消費電力を下げることで、チップに搭載するトランジスタの数を増やしていったのですが、2005年ごろに、動作電圧を下げると漏れ電流が増えるという問題が出てきて、これ以上の改善は望めなくなりました（図1の消費電



佐野 健太郎 理化学研究所 計算科学研究センター
プロセッサ研究チーム チームリーダー

撮影：大島拓也

力のグラフ)」

計算速度を上げるためのもう1つの方法は、回路の動作周波数を上げることです。マイクロプロセッサの中のトランジスタはばらばらにオン/オフが切り替わるわけではなく、クロックに合わせて一斉に動作します。ですから、その周波数を上げれば、計算速度を上げることができます(図1の動作周波数のグラフ)。しかし、ある程度以上周波数を上げるには動作電圧を高くする必要があるので、やはりチップ全体の消費電力の問題が生じ、2000年代の初めに周波数は頭打ちとなりました。

「そこで開発の戦略は変わり、1つのマイクロプロセッサの性能を極限まで上げるの

ではなく、効率のよいものをたくさん並べることによって計算を速くしようということになりました。こうして登場したのが、『マルチコアプロセッサ』です。マルチコアプロセッサとは、簡単に言えば、複数のマイクロプロセッサを1つの半導体チップに収めたもので、一つひとつのマイクロプロセッサにあたるものをコアと呼びます。「昨年まで使われていた『京』は、8コアが搭載されたプロセッサを使っていました。今つられて『富岳』は、52コア搭載のプロセッサを使います。しかし、計算速度をさらに上げるために、コアの数を1000、10000と増やしていけばよいかというと、そうはいかないのです」

これまで以上に計算速度を上げるのが難しいのはなぜか

その背景には、「開発コストの増加」、「半導体の微細加工技術が限界に近づいていて、トランジスタの微細化がなかなか進まない」、「すべてのコアを同時に使うとチップ全体の消費電力が高くなりすぎる」といった技術的な問題があります。しかし、より本質的な問題はコアのアーキテクチャにあると、アーキテクチャの専門家である佐野さんは言います。「アーキテクチャ」という言葉の定義は、使う人や場面によって少しずつ異なりますが、佐野さんはこう説明します。「計算機上でアプリケーションを使って問題を解くのは、こういうことをしたいという『要

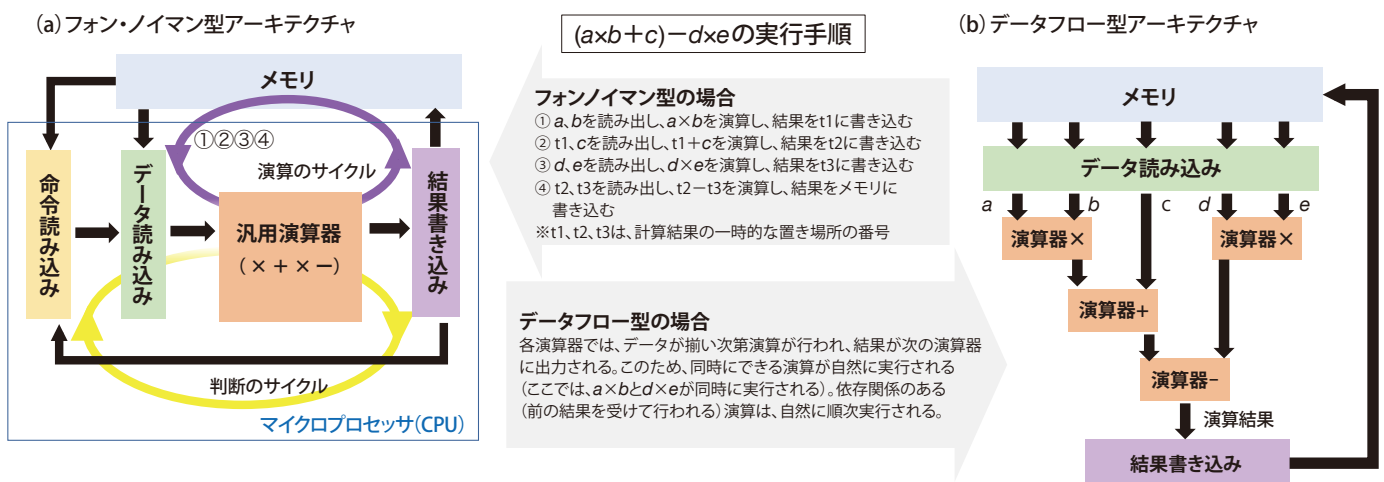


図2 フォン・ノイマン型アーキテクチャとデータフロー型アーキテクチャ

(a) フォン・ノイマン型のマイクロプロセッサ (CPU) は、メモリから命令とデータを読み込んで演算を行い、演算結果をメモリに返すことを繰り返して計算を行う。例えば、 $(a \times b + c) - d \times e$ を計算する場合、4回の命令により、CPUとメモリの間には①②③④の読み書きのサイクルができるので、処理に時間がかかる。さらに、計算結果に応じて命令を変えるといった判断がある場合には、その判断を待ってから次の処理を行う必要があり、そこにも時間がかかる。

(b) データフロー型アーキテクチャでは、計算式における演算の依存関係の通りに演算器が並んでいるので、毎回命令を読み込む必要はない。メモリからデータを読み込み、データが揃った演算を次々と行っていくことにより、最後には数式の計算結果が得られ、それをメモリに返す。データを次々に読み込んで計算するパイプラインという方法によって、計算の高速化が可能である。もっと複雑な計算式(例えば、図3や表紙)でも、データフローで計算できる。

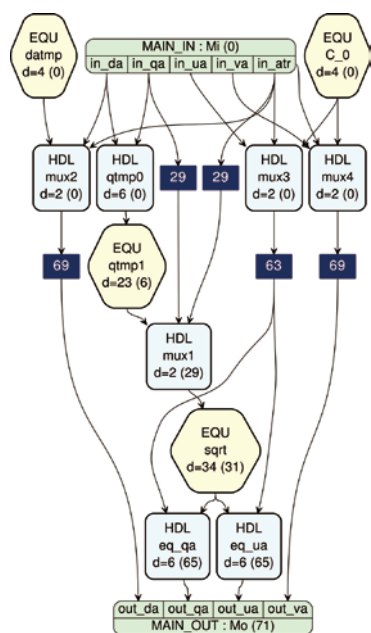


図3 データフロー演算回路の例

この回路は、数値シミュレーションの一部を計算するためのもの。HDLやEQUは数式の計算（四則計算より複雑な計算）や処理を行うモジュール。上の段の計算が終わって次の計算に必要な結果が揃うと、自動的に次の計算が始まる。このような構造の回路をつくることで、高速な計算が可能となる。

求』です。一方、計算機をつくるのに使われる半導体などのデバイスの特性は決まっています。それは『制約』となります。この両者をつなぐのが『アーキテクチャ』です。要求を満たすために、制約のあるデバイスを用いてどのような計算機をつくるのかという方式が、アーキテクチャなのです

現在のほとんどのマイクロプロセッサは、「フォン・ノイマン型」のアーキテクチャ

(図2a)を採用しています。「しかし、このアーキテクチャでは、メモリからデータを読み出して計算し、その結果をメモリに書き込んで次の計算のためにまた読み出すというサイクルが必要です。また、計算結果に応じて命令を変えるとといった判断のサイクルもあります。これらには回路の遅延が伴うため、計算を速くできないのです」。さらに、「この点を改善する方法もいろいろあるのですが、それを実現する処理回路が必要となるため、計算に使えるトランジスタの数が減り、計算効率は上がらなくなってしまうのです」

マルチコアにした場合、この2つの問題に加え、コア間の通信という問題も起こります。「あるコアで計算した結果を、『キャッシュ』と呼ばれる、チップ上に置かれた一時的なメモリに書き込み、それを必要とするコアに読み込ませる必要があります。キャッシュに置かれたデータをコアが読み書きするには一定の時間がかかるため、コア間のデータの受け渡しや同期の効率が低下してしまい、コアをいくら増やしても、計算を速くできないのです」

データを一方に流すことで、計算を速くする

これらの問題を解決するために最適なのは、「データフロー」というアーキテクチャだと、佐野さんは考えています。「データフ

ローは1970年代半ばに提案されたもので、計算式の通りに演算器を並べて、そこにデータを流すというやり方です(図2b、図3)。前の計算が全部終わって結果が揃うと自動的に次の計算に進むので、読んで書くというサイクルによる遅延がありません。データが流れていくのに時間はかかりますが、パイプラインという方法を使うと、1つの計算が終わらないうちに次のデータを入れて計算させることができるので、どんどんデータを入れることで、同じ時間でより多くの計算を行えます。これは、読み書きのサイクルのあるフォン・ノイマン型では難しいことです

ただし、データフロー型のマイクロプロセッサは、計算式の通りに演算器を並べた回路をもっていなければなりません。そのような半導体チップはどうやってつくのでしょうか。「FPGA (field-programmable gate array、図4) という、回路構成をプログラムで変えられる集積回路のチップを使います。最近のFPGAは性能がかなりよくなり、高速計算にも利用できるようになってきました。例えば、FPGAに流体の計算をするデータフロー回路を書き込んで、津波を再現することに成功しました(図5)。計算式通りの回路を使うので、ソフトウェアは不要で、命令を読み込む必要もありません」

このように、データフロー型マイクロプロセッサを使うと、ある計算に特化した場合に計算を速くできますが、「京」や「富岳」の

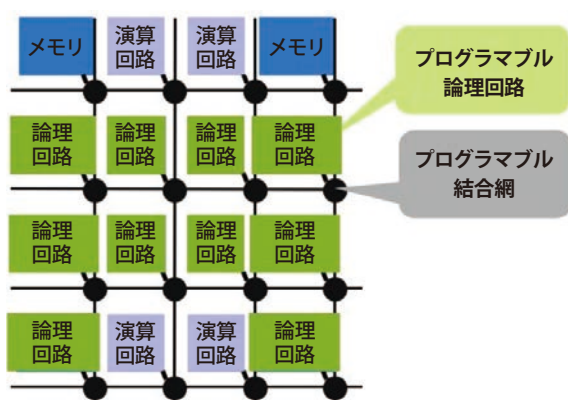


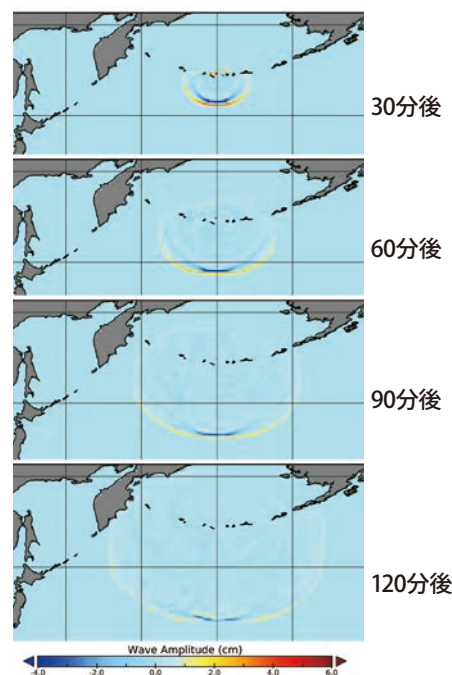
図4 FPGAのしくみ

FPGAチップには、プログラム可能な論理回路、メモリ、算術演算回路など様々な構成要素が集積されており、それらがプログラム可能なネットワークで接続されている。プログラムを書き換えることにより、計算に必要な回路をつくることができるので、特定の計算に特化した専用の計算回路をつくれる。最近のFPGAには数十億個のトランジスタが集積されていて、複雑な回路を書き込むことが可能になっている。

(東北大学大学院情報科学研究科 張山昌論教授提供)

図5 データフローによる津波のシミュレーション

アリューシャン列島付近で発生した地震による津波を、1個のFPGA上につくった流体計算の回路にデータを流すことで、再現した。GPUという高性能プロセッサの2倍のシミュレーション性能を、約6分の1の消費電力で実現できた。(K. Nagasu et al., Journal of Parallel and Distributed Computing, Vol.106, pp.153-169, DOI: 10.1016/j.jpdc.2016.12.015, 2017.より)



ような汎用型スパコンとは、目指す方向が少し違います。「汎用型スパコンはいろいろな種類の計算を行うことができますが、計算の種類によって実現できる計算性能に幅があります。ですので、汎用型が得意でなく、データフロー型なら速く行える種類の計算に使えたらと考えています。例えば、ゲノムの膨大な塩基配列の比較とか、ディープラーニングの推論などは、データフロー型のほうがずっと速くできると思います」

現在、佐野さんは、16個のFPGAとサーバをネットワークでつないだ計算機を試作中です（図6、表紙写真）。「今は、実際に計算をするときの問題点などを検証している段階ですが、FPGAをうまく使って、いくつかの計算に特化した高性能計算機をつくれたらと考えています」

計算をより速くするためには、様々なアプローチがあります。シリコンに替わる新たな半導体材料も開発されていますし、量子コンピュータのように新しい計算原理を使う動きもあります。「しかし、今すぐにで

きて、効果大きいのは、特化型の新しいアーキテクチャの開発だだと思います」。「富岳」の開発の一方で、新たなアーキテクチャの研究が進む——このような多様性こそ

が、スパコンを進歩させていく原動力となることでしょう。

（取材・執筆：サイテック・コミュニケーションズ青山聖子）

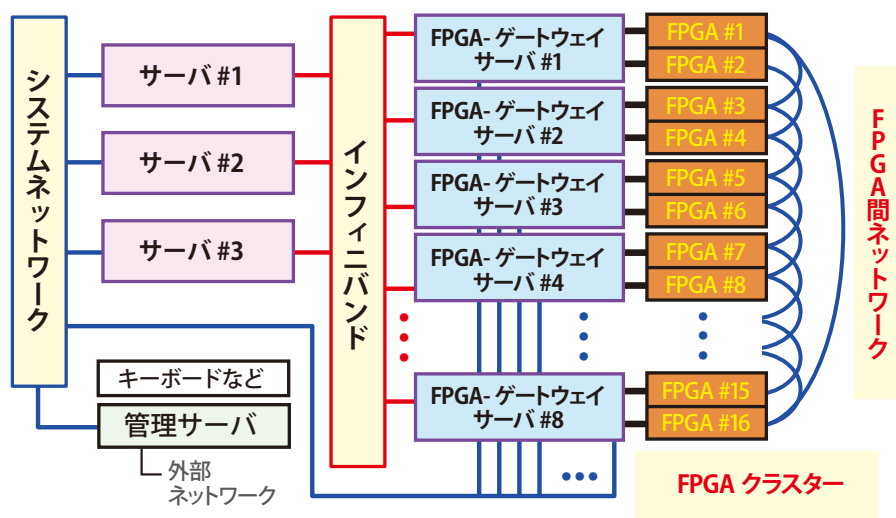


図6 FPGAによるデータフロー型計算機（試作中）

ネットワークでつながれた16個のFPGAが、ゲートウェイサーバを経てサーバとつながっている。まず、サーバに置かれた数式（四則計算や関数計算）のデータフロー回路をFPGAに送って書き込み、そのFPGAにサーバからデータを送って計算し、結果をFPGAからサーバに返す。FPGAに書き込む回路を変えれば違う種類の計算ができるが、回路をいちいち手で設計するのはたいへんな作業になる。そのため、佐野さんは、数式通りのデータフロー計算回路を自動でつくりだすプログラム（コンパイラ）も開発している。

まだまだ気になる Q&A

教えて佐野さん！



Q なぜ研究者になったのですか？

A 高校生のころから、すでにあるものを使うのではなく自分で新しいものをつくってみたいという思いがあり、そのために、すでにあるものの中身や原理を知らなくてはと考えていました。また、みんなができないと言っていることにチャレンジしたいという気持ちも強かったです。だから、研究者になったのだと思います。皆さんにも、中身や原理を知りたいという好奇心と、チャレンジ精神をもってほしいですね。

Q アーキテクチャという言葉聞いたことがありませんが、あまり研究されていないのでしょうか…

A 私の博士論文は大規模データの可視化でしたが、それを高速化するためのハードウェアを研究するようになり、アーキテクチャが専門となりました。昔ながらのマイクロプロセッサの開発が進むにつれてアーキテクチャ研究は成熟し、そのインパクトは小さくなったかのように感じられる時期もありました。しかし、人工知能（AI）の研究が花盛りとなって、今は新規アーキテクチャの黄金時代だと言われています。学生さんたちは、AIでも自動運転とかロボットのようになりやすい応用に飛びつきやすく、AI用のチップの設計などには関心が向きにくいようですが、ソフトとハードの両方がわかってアーキテクチャを設計できる人材はとても重要で、アメリカでは引っ張りだこです。チップがないと、何も動きませんからね。日本でもアーキテクチャの重要性が広く一般にも認められるといいなと思っています。

Q 若いときにしておいたほうがいいことはありますか？

A 私は好奇心が強いので、学生時代に何度も海外旅行に行きました。ヨーロッパ各国にも、タイやラオスにも行ったことがあります。旅行先や飛行機の中での思いがけない出会いや、国による文化の違いを知って驚いた経験は、その後のものの見方、考え方に影響を与えたと思います。見聞きし体験しなければわからないことはたくさんありますから、若いうちに海外に行ってみる価値は絶対あると思いますね。そして、”Young people be ambitious!” です。いろいろな経験をして、自分の目指すべきものを見つけてください。

研究室へようこそ！

東北大学大学院情報科学研究科
知能集積システム学分野

張山研究室



<http://www.ecei.tohoku.ac.jp/hariyama-lab/>

高校生の私たちが取材しました！



怜香(れいか)



大地(だいち)



先生はどんな研究をしているのですか？

「計算で人を幸せにしたい」と思って、いろいろな研究をしています。計算というと、ソフトウェア開発を思い浮かべる人が多いと思いますが、ソフトウェアだけでは到達できないこともあるため、ハードウェアの開発も必要です。私はもともとハードとソフトをつなぐ「アーキテクチャ」が専門なので、そこからハードとソフトの両方に研究を広げています。



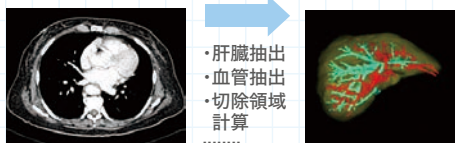
張山 昌論 教授

研究テーマ1

医療情報処理システムの開発

薬の効き方は患者さんごとに違いますが、その違いと、血液や遺伝子の検査結果などの関係を明らかにすれば、患者さんに最適な薬を提案することができます。このような目的のために生体シミュレーションを行っています。また、内視鏡やCTの画像から、手術の際の最適な切除範囲を示す外科手術支援システムも開発中です。

術前プランニング



▲肝臓のCT画像から血管の広がり方を求め、最適な切除領域を提案する

研究テーマ2

子どもの発達の定量化

いくつかの幼稚園と共同で、子どもがよりよく発達するために、どのような遊具や建物が必要かを調べています。そのために、子どもたちに高精度のGPSセンサーやマイクを装着してもらい、屋内外での動きや会話のデータを集めて、一人ひとりのバックグラウンドデータ(家族構成、性別など)との関係を解析しています。前例のない研究だけに難しい点もたくさんありますが、手応えもあります。

子どもの発達の定量化システム



研究テーマ3

FPGA を使って高性能のコンピュータをつくる

FPGAは、人間の脳のように回路の構造を変えることができる集積回路です。現在のコンピュータは大量のエネルギーが必要なので、FPGAを使って低消費電力で高性能のコンピュータをつくる研究をしています。遺伝子解析、画像処理、自然言語処理などに使えるコンピュータを目指しています。



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Altera_StratixIVGX_FPGA.jpgを改変

教えて!先輩!(Q&Aコーナー)

Q. 大学で情報科学を学ぼうと思ったのはなぜですか？

A. 高校生のころから、将来は情報系の仕事をしたいと思っていたからです。大学では想像通りの勉強ができましたが、就活するなかで、情報系でも様々な職種があり、それぞれ求められる能力が違うことに気づきました。今は、望む職種に必要な能力をアップさせたいと思っていますところ。 (修士1年 畠山 遼さん)

Q. 大学入試のための勉強と部活をどうやって両立させましたか？

A. 授業をちゃんと聞くこと、出された課題をちゃんとやることを心がけました。部活で忙しいときは、「今は最低限どこまで勉強しておけば大丈夫か」という線引きをして、そこまでをやり、あとで挽回しました。 (学部4年 最上 智稀さん)

研究室プロフィール



仙台駅から地下鉄で10分ほどの青葉山駅。駅を出ると、自然豊かな東北大学青葉山キャンパスが広がっています。張山研究室のある電気・情報系3号館は駅からすぐの建物で、アクセスのよさは抜群。張山研究室には、博士課程の留学生



生が1名、修士課程の学生と学部生が15名ほどいて、海外からの短期留学生もときどき来るそうです。准教授のウィッデヤスーリヤ・ハシタ・ムトゥマラさんはスリランカ出身。でも、日本語はべらべらで、面倒見がいいので、学生さんたちにすごく慕われてるみたい。学生さんの半分はソフトウェア、半分はFPGAを研究しているので、ゼミではいろいろなテーマの話が聞けて、すごく勉強になるんだって。

ゼミ



張山: 今日のゼミは、修士論文発表会の予行演習です。
怜香: 張山先生も、ハシタ先生も、きびしい質問をたくさんするんですね。ビックリしました！
張山: 研究発表では、話の筋道がちゃんとしていることが大事なので、そこをしっかり指導しています。

研究



大地: 研究室ではどんな話をしているんですか？
ハシタ: プログラムの開発がうまくいかないときに、アドバイしたり、研究のまとめ方を教えてあげたりします。
学生たち: 飲み会の相談もします！

一日の過ごし方～研究室に入ったら～



修士2年
渡部 椰也 さん

腫瘍のある肝臓の3次元画像から、手術の際の最適な切除領域を自動的に推定するプログラムを開発してきました。張山先生と先輩たちが開発した部分を修正・拡張し、私が独自に開発した部分を加えることで、実用にかかなり近いものができました。ふだんはアルバイトをしていませんが、夏休みに2ヵ月間、東京の会社でアプリ開発の補助の仕事をし、研究に役立つ知識も得られました。修士課程修了後は東京のインターネット関連企業でソフトウェア開発をする予定です。その準備として、毎日の生活では早寝早起きを心がけています。

朝食は基本学食で。家からもってきたり、コンビニで買うことも。

研究中は集中しますが、ときには甘いものを買ってきたりして気分転換もします。

7:00 起床
 朝食・家事 10:00 通学 12:00 研究 13:00 昼食
 18:00 通学 20:00 夕食・入浴 23:30 自由時間 就寝

研究室に来る時間は早いほうです。プログラムに新しい機能を追加したり、バグを直したりの毎日でしたが、今は修論をまとめています。

趣味でスマホのアプリを開発しています。写真の振り分けアプリとか、結構使われているものもあります。



社会の規則性を科学で

榎本さんは社会学者として、シミュレーションを用いて社会の中で起こる物事の規則性について研究しています。社会科学は使い方によっては悪い噂やネット上の炎上など“兵器”にもなりますが、テロ防止や防災にもつながる素晴らしい分野です。「科学法則は“世界のルール”で、科学だけが“世界のルール”を変えられることができる」。科学についてそう語り、日々前向きに楽しく研究している榎本さんにお話を伺いました。



離散事象シミュレーション研究チーム
客員研究員
神戸大学経済経営研究所 特命講師

うめもと だいご
榎本 大悟

神奈川県立川和高校卒業。千葉大学・東京大学・理研を経て2019年から神戸大学の特命講師。趣味は機械加工(旋盤・フライス盤)、音楽、料理など。大学時代は電子回路設計・制作にハマっていた。最近再開した趣味はヨット。

Q 研究する中で楽しいことは?

A 世界の誰も知らないことを自分だけが知っている、という瞬間です。なにかトキメクものがありますね。山登りと同じで、正直そこにたどり着くまでは苦しいけど、達成できた時は最高です。もう一つは自分で作る楽しさです。ある状態を作ると何が起きるのか、という研究をしているので、「どうなるのかな?」と設定を作っている時が楽しいです。結果が想定通りにならなかった時はもっと楽しい! 自分が想像していたより世界がずっと広いことに気付くわけですから。それはもしかしたら、みんなも思い違いをしていたかもしれない。そんな世界の秘密を自分だけが知っている瞬間があるのは楽しいです。上手いかわからないこともありますが(笑)。

Q 上手いかわからない時の気分転換は?

A 取り組んでいることからいったん離れて、別のことをします。おいしいものを食べたり、料理をして気を紛らわしています。他には論説や小説を読んで気持ちを落ち着かせたり、家に友人が遊びに来てくれて話をしたりするのも気分転換になります。研究という趣味性が強い職に就いていると、仕事と趣味が混じってしまい、つまずいた時に全てが辛くなってしまいますので、仕事(オン)と趣味(オフ)は分けて、楽しむ時は思いっきり楽しむことが大切です。

Q 研究している今だからこそ学生時代にやっておけばよかったと思うことは?

A 言って大丈夫が分からないんですけど、彼女を作っておけばよかったってことですかね。やって

兵庫県立淡路三原高等学校 1年生有志

おけばよかったことというよりは、出来なかったことか(笑)。学生時代はやりたいことをやってきたので、それ以外の後悔はないです。強いて言うなら、もっと勉強をしておけばよかった。学生の時、勉強嫌だったんですよ。やらなくてはいけなかったからではなく、楽しいならやるという感じでしたね。当時から好きだった物理は得意教科でした。

学生時代は留学をしたと伺いましたが、言葉の壁をどのように乗り越えたのですか?

A 話すこと・質問することが重要ですね。知らない単語が出てきた時に調べることも大切です。同じ単語に別々の場面で3回出会うと覚えられます。3~6カ月くらいで英語の文章を書けるようになり、会話するには9カ月くらいかかりました。話せるほど英語がよく分かってくると、聞き取れるようになります。先に聞き取れるようになるというわけではないんです。話していても、発音が悪いと相手にしてくれず、「はぁん?」と言われますね。相手に伝われば、「あはん」と言ってくれますよ。これ日本で言ったら喧嘩売っているみたいですね(笑)。今でも英語は苦手ですが、吸収力がある若いうちに留学すべきだと思います。

Q 効果的な勉強方法はありますか?

A いい参考書を見つけて楽しく勉強することですね。義務だと思うとあまり楽しくないし、伸びに

くいです。簡単な基礎から極めて、順番に理解していくことが大切だと思います。誰も「理解できること」は楽しいです。でも勉強を好きになるって難しいですね(笑)。なので、勉強が楽しくなるように仕向けられるといいと思います。勉強においてもスポーツにおいても、必要を感じながらやると、分からないことを放っておけなくなるので、効率的にやれると思います。ちなみに私は『直観でわかる数学』(畑村洋太郎著)という本を読んだりしていました。続編もあります。とても面白いのでぜひ読んでみてくださいね。

Q 私たちの学校では理系を目指している女子が多いのですが、女性と男性の研究者で違う点や、女性の方が大変な点がありますか?

A 私自身は研究に性別は全く関係ないと思っています。ただ、男性目線で言うと、女性は大変そうだなと感じることもあります。結婚や出産、育児には家族や職場の人のサポートがとても大切なのではないでしょうか。サポートが得られやすいかどうかは研究分野によるかもしれません。私の分野はコンピューターさえあればどこでも研究できますが、実験室に行っても実験する必要がある分野はそうはいかないと思います。ただし全体的に、社会はもう少しずつ良い方向に変化しつつあると思います。その変化を加速するためにも、そこで仕事を続けることが本当に人生のプラスになるかどうか一人ひとりがよく観察し、しっかり選ぶことが大切だと考えています。ちなみに、理研のサポートは手厚いと聞いていますよ。



今回は海外への留学経験がある研究者にインタビューしたいという私たちの希望で榎本さんを紹介していただき、とてもいい経験ができました。研究者の方に会うのが初めてだったので、緊張しつつも胸に大きな期待を抱えて理化学研究所に伺いました。榎本さんが説明してくださった研究は「数理で考える渋滞の起し方」というものでした。渋滞の起し方なんて今まで考えたことがなく、こんなことも研究対象になるのだと思いました。何気ない生活の中でも色々なところに目を向けていくことが大切だと思います。榎本さんは気さくな方で、インタビューをするのがとても楽しかったです。彼女問題など、答えにくいプライベートな質問にも答えてくださいました。お忙しい中ありがとうございました。(取材・執筆 瀬戸田 恵季、三井 綾乃、赤穂 雅姫、小山 瑞季、村上 莉緒、土井 美咲、長尾 郁和)

