

# 先進計算機構成論

---

東京大学大学院 情報理工学系研究科 創造情報学専攻  
塩谷 亮太

shioya@ci.i.u-tokyo.ac.jp

# 自己紹介

- 塩谷 亮太（しおや りょうた）

- ◇ 創造情報学専攻 准教授

- 経歴：

- ◇ 2011 年：情報理工 電情 博士取得

- 当時は 坂井・五島研（現 坂井・入江研）でした

- ◇ 2011 年：名古屋大学 助教

- ◇ 2018 年：情報理工 創造情報学専攻 准教授

# ちょっと考えてみよう

1. スーパーコンピュータとパソコンは何が違うのか？
  - ◇ スーパーコンピュータはパソコンの上位互換なのか？
2. なぜ GPU は CPU よりグラフィックや機械学習で速いのか？
  - ◇ そもそも「専用」のマシンだとなぜ速いのか？
3. 大きくて速いキャッシュは作れないのか？
4. 物理的な量がなさそうな「情報」を処理してるのに、なぜコンピュータは電力を消費するのか？

- この講義では,
  - ◇ この手のコンピュータに関する疑問に  
ざっくり答えられるようになることを目指します
- 学部とかでコンピュータのハードのことをあまり勉強していない  
人でも大丈夫・・・なようにしたい
  - ◇ 2回目ぐらいまでは学部の講義レベルぐらいの復習
  - ◇ できればC言語と論理回路の基本がわかっていると良いが,  
わかってなくてもなんとかなると思う

# コンピュータ・アーキテクチャ

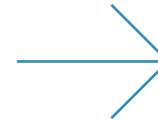
- 「アーキテクチャ」

- ◇ 建築そのものや, 建築における設計や様式

- 「コンピュータ・アーキテクチャ」

- ◇ コンピュータにおける設計や様式

# コンピュータ・アーキテクチャ



プログラムに 書かれている命令に 従って計算&出力

## ◇ 命令セット・アーキテクチャ

□ 命令をどう規定するか

## ◇ マイクロアーキテクチャ

□ 命令を CPU 内でどう処理するよう作るか

## ◇ システム・アーキテクチャ

□ CPU やメモリなどを含めた全体をどう作るか



# 他の分野との関係：ソフトとハードの境界にある

アプリケーション・ソフトウェア  
画像処理 / 音声認識 / 言語処理 / 機械制御  
WEB サービス / 暗号 ...

システム・ソフトウェア  
OS / コンパイラ / インタプリタ

**ここ → コンピュータ・アーキテクチャ**

論理回路

集積回路 / デバイス

# この講義の内容

## ■ 話題：

- ◇ コンピュータ全体や、主に最近の CPU
- ◇ 他に GPU や 機械学習用ハード、FPGA など

## ■ 内容：

- ◇ どのような工夫によって高速化されているのか
  - 主に CPU が主題
  - 今年は GPU について内容を追加予定
- ◇ それぞれのハードは一体何が違うのか？
  - 動作速度や消費電力や熱の違いはどのように決まるのか
  - CPU と比較しながら説明
- ◇ セキュリティなどの話題も取り扱う



# キーワード

## ■ CPU

- ◇ CISC / RISC
- ◇ 命令パイプライン
- ◇ Out-of-order スーパースカラ, VLIW
- ◇ 投機実行, キャッシュ, プリフェッチ

## ■ その他のプロセッサや計算機

- ◇ GPU, FPGA, 機械学習とかの専用プロセッサ
- ◇ プロセッサ以外のメモリ

## ■ 回路

- ◇ 遅延, 電力, 熱

## ■ セキュリティ

- ◇ Spectre/Meltdown などのアタック

- 下記で公開しています
  - ◇ <https://github.com/shioyadan/advanced-computer-organization>
- よくわからない部分等は, issue を投げてもらうのもあります

# 話題は上から下までおよぶことがある

アプリケーション・ソフトウェア  
画像処理 / 音声認識 / 言語処理 / 機械制御  
WEB サービス / 暗号 ...

システム・ソフトウェア  
OS / コンパイラ / インタプリタ

**ここ → コンピュータ・アーキテクチャ**

論理回路

集積回路 / デバイス

# コンピュータや CPU, GPU 等についての ニュースや解説記事など

## Zen 3のマイクロアーキテクチャ拡張

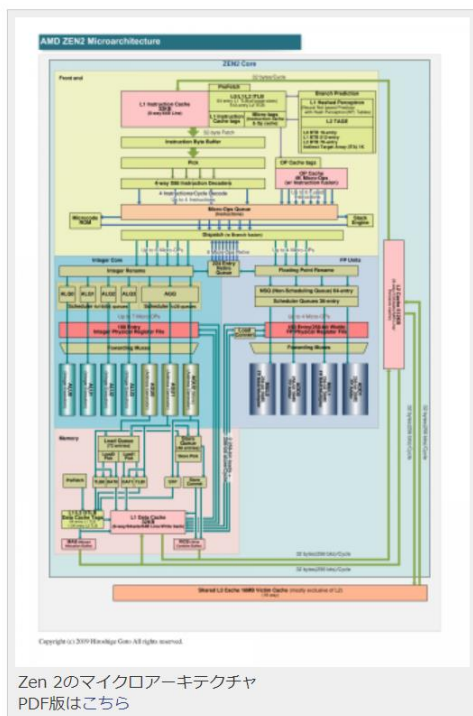
Zen 3の実行エンジンでは、浮動小数点演算系ユニットと整数演算系ユニットが「よりワイドになった」(Papermaster氏, AMD)と説明された。

ただし、スライドでは「よりワイドな(命令)発行(wider issue)」となっている。スライドのとおりなら、実行ユニットを増やしたというより、実行ユニットが分離されて命令発行ポートが分離されたように受け取れる。

下はZen 2のマイクロアーキテクチャだ。整数演算/ロード/ストア系が7ポート、浮動小数点演算系が4ポートでスケジューラが分離された構造になっている。AMDの示すIPCの向上幅を見ても、実行エンジンの寄与分は小さいため、命令ポートの分離の可能性が高い。命令発行の分離では、たとえばIntelは浮動小数点演算系でシャッフル命令の実行ユニットのポートを分離している。

■ たとえば左に書いてあるようなことが、なんとなくわかるようになる

■ <https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/kaigai/1282690.html> より



# 他の講義との関係

- 各地の学部：
  - ◇ 論理回路, デジタル回路
  - ◇ コンピュータ・アーキテクチャ, 計算機アーキテクチャ
- 大学院：東大だと, 下記の先生方が近い内容を扱っているはず
  - ◇ 電子情報学（坂井先生, 入江先生）
  - ◇ システム情報学（中村先生, 高瀬先生）
  - ◇ コンピュータ科学（中田先生, 高前田先生）

- 出席とレポート・・・で主につけようと思います
- 今年はレポートとの選択で課題も出そうと考えています
  - ◇ プログラムの特性の解析など

# 今日の出席

## ■ 出欠

◇ パスワード : computer, 本日23時まで

## ■ 下記について, それぞれ知っているかどうかを LMS の出席欄に書いて下さい

1. 組み合わせ回路と順序回路
2. 命令とは何か
3. 命令パイプライン
4. キャッシュ
5. スーパスカラ

## ■ 注意 :

- ◇ 回答は「わかる」「聞いたことがある」「知らない」等をお願いします
- ◇ この講義は上記があんまわかってない人向けの説明から始まります
- ◇ その他コメントや, 「こう言う話題も取り上げて欲しい」や質問などもあればお願いします