

情報実験・第6回 (2020/06/26)

計算機を構成するハードウェア

北海道大学大学院 理学院 宇宙理学専攻
修士課程2年
杉山 玄己

はじめに

例年は、情報実習で用いる計算機を
バラバラにし、組み立てなおし、セット
アップする
実習を行っていました。

ですが今年度はその実習は行えませんので、計算機を構成するハードウェアの機能について説明し、分解・組み立てについては過去の資料を確認してもらうこととします。

今回の目標
計算機を構成するハードウェア機能や特性を知ろう！

計算機の構成

計算機はハードウェアとソフトウェアからなる

ハードウェア

計算機を構成する電子回路や接続機器など物理的実体のあるもの



ディスプレイ



マウス

ソフトウェア

プログラムやコマンドなど、物理的実体のないもの



オペレーティングシステム



アプリケーションソフトウェア

本日のレクチャー内容

- Personal Computer (PC, パソコン)
- 計算機のハードウェアの機能
- 計算機を構成するハードウェア要素
 - 入力装置
 - 処理装置
 - 出力装置
 - 記憶装置
 - その他の装置
- ハードウェア要素をまとめるもの

1. Personal Computer (PC, パソコン)

Personal Computer

Personal Computer (PC, パソコン)

1. (汎用大型計算機に比べて) 個人でも購入可能な, 低価格の計算機
 - PC/AT互換機, Mac, タブレット端末, スマートフォン
...

2. PC/AT互換機のこと

PC/AT互換機

PC/AT (IBMが1984年に発売した計算機) と互換性を持つ計算機

※ PC/AT: Personal Computer/Advanced Technology

今回はPC/AT互換機の話をしてします



<http://www.atmarkit.co.jp/icd/root/43/5785643.html>

PC/AT互換機

- PC/ATと互換性のある計算機
- 設計仕様が公開されている
 - 互換製品が各社から販売され業界標準となった
- OSはWindowsやUnix系が多い

日本用に作ったPC/AT互換機をDOS/Vマシンと呼ぶ

- DOS/V (Disk Operating System/Video)
 - PC/AT 互換機用のOS (日本IBM, 1990 年発売)
 - Microsoft社製のOSであるMS-DOSに日本語機能を追加
 - PC/AT互換機による日本語の扱いが可能に

日本語が扱えることから、海外の安い計算機が大量に日本市場に流入した (1990年代初頭)

INEXで使うPC/AT互換機

- 分解・組み立てが簡単
- ハードウェアとしての計算機の仕組みを理解するのに最適

※メーカー品は分解すると保証が効かなくなる可能性があるので注意しよう！

前面



背面



2. 計算機のハードウェアの機能

計算機はどんな仕事をしている？

2020年06月XX日のM氏の日記

来週〆切の情報実験のレポートにとりかかった。

ブラウザのアイコンをマウスでクリックすると、ブラウザが立ち上がった。

検索サイトで“INEX”と入力し、レポート投稿システムにログインした。

まだキーボード操作に慣れてないため、疲れてしまった…。

そこで、気分転換に秘密のサイトへ行き、目の保養をする事にした!!!

めくるめく世界がディスプレイに表示された。

目の保養をし過ぎてレポートが終わらなかったのので、未完成のレポートをメモ帳にコピペし、持参したUSBフラッシュメモリに保存した。

明日こそがんばろう。

入力機能

マウスでクリック
キーボードで入力

処理機能

アプリケーションソフト
の実行：ブラウザ起動

出力機能

ディスプレイに表示

記憶機能

USBフラッシュメモリに
保存

計算機はどんな仕事をしている？

2020年06月XX日のM氏の日記

来週〆切の情報実験のレポートにとりかかった。

ブラウザのアイコンをマウスでクリックすると、ブラウザが立ち上がった。

検索サイトで“INEX”と入力し、レポート投稿システムにログインした。

まだキーボード操作に慣れてないため、疲れてしまった…。

そこで、気分転換に秘密のサイトへ行き、目の保養をする事にした!!!

めくるめく世界がディスプレイに表示された。

目の保養をし過ぎてレポートが終わらなかったなので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSBフラッシュメモリに保存した。

明日こそがんばろう。

入力機能

マウスでクリック
キーボードで入力

処理機能

アプリケーションソフトの実行：ブラウザ起動

出力機能

ディスプレイに表示

記憶機能

USBフラッシュメモリに保存

計算機はどんな仕事をしている？

2020年06月XX日のM氏の日記

来週〆切の情報実験のレポートにとりかかった。

ブラウザのアイコンをマウスでクリックすると、**ブラウザが立ち上がった。**

検索サイトで“INEX”と入力し、レポート投稿システムにログインした。

まだキーボード操作に慣れてないため、疲れてしまった…。

そこで、気分転換に秘密のサイトへ行き、目の保養をする事にした!!!

めくるめく世界がディスプレイに表示された。

目の保養をし過ぎてレポートが終わらなかったなので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSBフラッシュメモリに保存した。

明日こそがんばろう。

入力機能

マウスでクリック
キーボードで入力

処理機能

**アプリケーションソフト
の実行：ブラウザ起動**

出力機能

ディスプレイに表示

記憶機能

USBフラッシュメモリに
保存

計算機はどんな仕事をしている？

2020年06月XX日のM氏の日記

来週〆切の情報実験のレポートにとりかかった。

ブラウザのアイコンをマウスでクリックすると、ブラウザが立ち上がった。

検索サイトで“INEX”と入力し、レポート投稿システムにログインした。

まだキーボード操作に慣れてないため、疲れてしまった…。

そこで、気分転換に秘密のサイトへ行き、目の保養をする事にした!!!

めくるめく世界がディスプレイに表示された。

目の保養をし過ぎてレポートが終わらなかったなので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSBフラッシュメモリに保存した。

明日こそがんばろう。

入力機能

マウスでクリック
キーボードで入力

処理機能

アプリケーションソフト
の実行：ブラウザ起動

出力機能

ディスプレイに表示

記憶機能

USBフラッシュメモリに
保存

計算機はどんな仕事をしている？

2020年06月XX日のM氏の日記

来週〆切の情報実験のレポートにとりかかった。

ブラウザのアイコンをマウスでクリックすると、ブラウザが立ち上がった。

検索サイトで“INEX”と入力し、レポート投稿システムにログインした。

まだキーボード操作に慣れてないため、疲れてしまった…。

そこで、気分転換に秘密のサイトへ行き、目の保養をする事にした!!!

めくるめく世界がディスプレイに表示された。

目の保養をし過ぎてレポートが終わらなかったなので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSBフラッシュメモリに保存した。

明日こそがんばろう。

入力機能

マウスでクリック
キーボードで入力

処理機能

アプリケーションソフト
の実行：ブラウザ起動

出力機能

ディスプレイに表示

記憶機能

USBフラッシュメモリに
保存

計算機はどんな仕事をしている？

2020年06月XX日のM氏の日記

来週〆切の情報実験のレポートにとりかかった。

ブラウザのアイコンをマウスでクリックすると、ブラウザが立ち上がった。

検索サイトで“INEX”と入力し、レポート投稿システムにログインした。

まだキーボード操作に慣れてないため、疲れてしまった…。

そこで、気分転換に秘密のサイトへ行き、目の保養をする事にした!!!

めくるめく世界がディスプレイに表示された。

目の保養をし過ぎてレポートが終わらなかったため、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、**持参したUSBフラッシュメモリに保存した。**

明日こそがんばろう。

入力機能

マウスでクリック
キーボードで入力

処理機能

アプリケーションソフト
の実行：ブラウザ起動

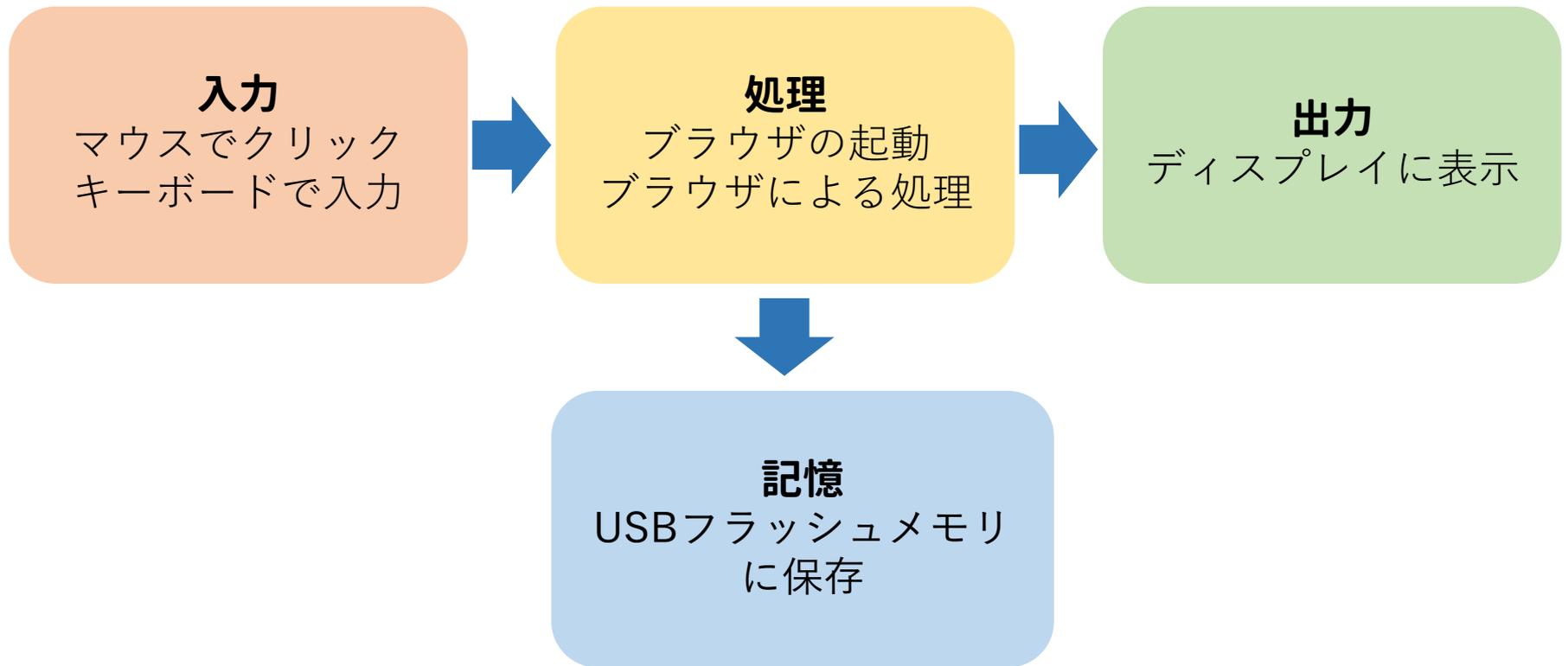
出力機能

ディスプレイに表示

記憶機能

USBフラッシュメモリに保存

まとめると...



これらの機能はどのような装置で実装されているのだろうか

3. 計算機を構成するハードウェア要素

PCを構成するハードウェア



デスクトップPCの筐体内部の様子为例

装置の種類

ハードウェアごとに異なる役割が与えられ、これらが組み合わさることで計算機は構成されている

- 入力装置：キーボード，マウスなど
- 処理装置：CPU (Central Processing Unit)
- 出力装置：ディスプレイ，プリンタなど
- 記憶装置：RAM，HDD，SSD，BD，DVD，CD，USBメモリ
- その他の装置
ネットワークカード，ビデオカード
- 以上の機能を統合・調整する装置
マザーボード(チップセット)
- 電源ユニット：各装置に電力を供給する

入力装置

人間から計算機へ情報を伝える装置
キーボード・マウスなど



処理装置

CPU (Central Processing Unit)

- 命令を処理する装置
- 動作周波数（後述）が大きいと処理が速い
- コア数が多いとより多くの並列処理ができる



Intel Core i5 3450
3.1GHz



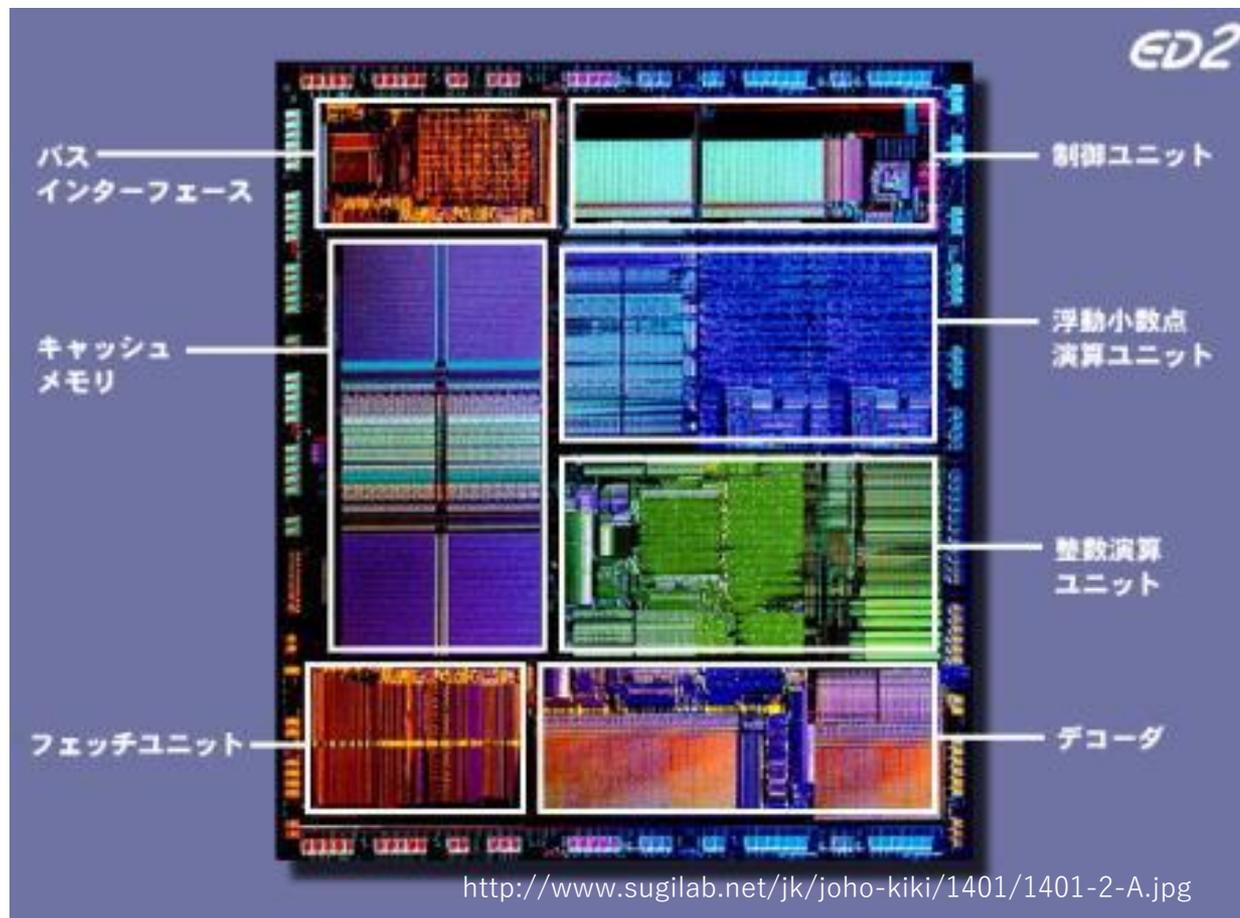
マザーボードにCPU
を装着した状態



さらにCPUファン
を装着した状態

CPUの中核部分

CPUには、計算を実行する回路やそれに付随する記憶装置、制御構造を司る制御ユニットなどが組み込まれている



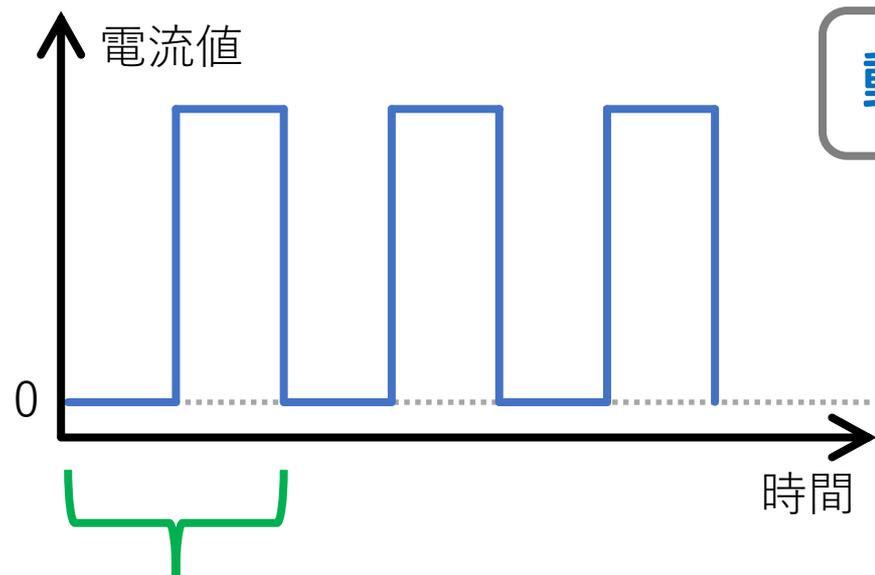
CPUの回路の一例
情報実験機のCPUとは
異なる

CPUの動作周波数

CPUは、1つのクロック信号ごとに一つの動作を行う



1秒当たりのクロック信号数を増やせばたくさん処理できる！



動作周波数という

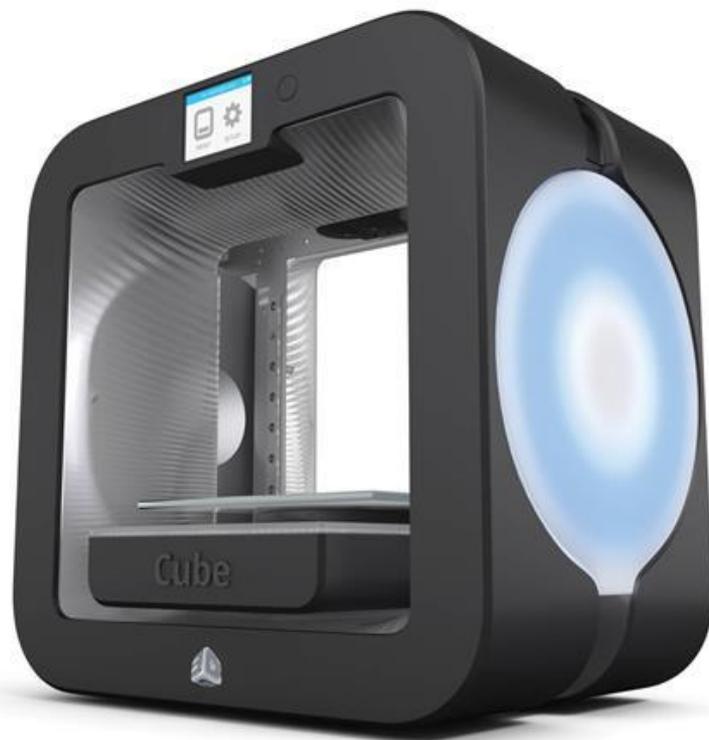
参考値：
情報実験機のCPU
(Intel Core i7 9700K)
の動作周波数は4.9GHz

出力装置

出力結果を人間に伝える装置



ディスプレイ



(3D) プリンタ

記憶装置

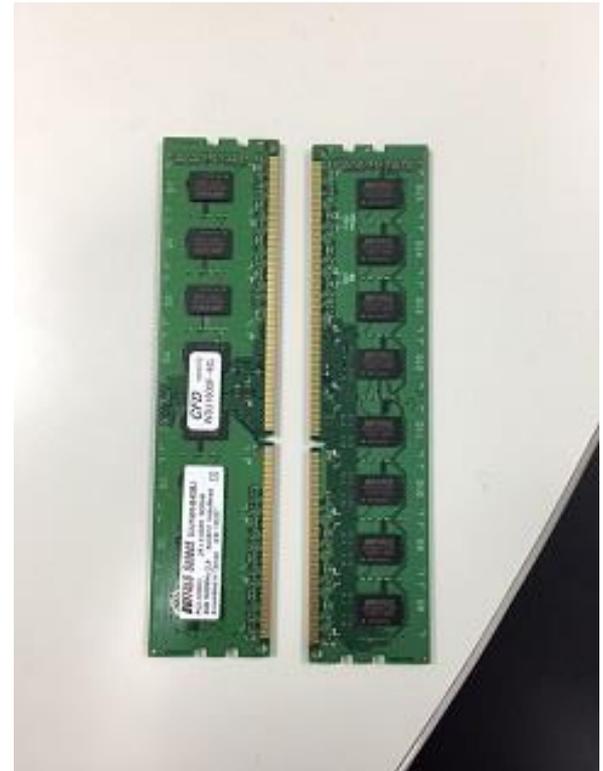
データ, プログラム (ソフトウェア) を保存する装置

- 主記憶装置 (メインメモリ)
- 補助記憶装置



主記憶装置（メインメモリ）

- **RAM (Random Access Memory)**
- 半導体素子を利用して電氣的に記憶する
 - 電源を落とすと記録内容は消滅
- CPUから直接アクセス可
 - 動作が高速
- 単位容量あたりの価格が高い
 - 500~1000円/GB



メモリ, CFDW3U1600F-4G, 4GB

補助記憶装置

- 磁気/光学/電気を利用してデータを保存する装置
 - 電源を供給しなくてもデータは消えない
 - HDD, SSD, BD, DVD, CD, USBメモリ など
- CPUから直接アクセス不可能 (動作が低速)
 - メモリを介して読み書きする
- 接続規格
 - USB, Serial ATA (SATA), PCIe など

USB

USB (Universal Serial Bus)

PCと周辺機器を接続するための規格の一つ

USBメモリ, USBキーボード, マウス, USB充電器, …

USBメモリ

USBメモリ

- USB規格で接続する補助記憶装置の一つ
- **フラッシュメモリ**（半導体素子に電氣的にデータを読み書きする機構の一つ）である
 - 静電気に弱く，記録回数が有限



SONY
USM8GLX L

SATA

SATA (Serial Advanced Technology Attachment)

- HDD, 光学ディスクドライブなどの補助記憶装置を接続する標準的な規格の一種
- データケーブル (SATAケーブル) 接続部と電源ケーブル接続部を備える



SATAケーブルとその接続部



HDDのSATA接続部

HDD

HDD (Hard Disk Drive ; ハードディスク)

- 磁性体を塗布した円盤を高速に回転させ、磁気ヘッドを通じてデータを読み書き
- 単位容量あたりの価格が安価 (~ 5円/GB)
- 現在の主要な補助記憶装置
- 衝撃・振動に弱いので、取扱いに注意



<http://www.atmarkit.co.jp/icd/root/63/5783863.html>



HITACHI
HDP725050GLA
500GB

HDDが衝撃・振動に弱い理由

ジャンボジェットが地上から砂粒1個分程の
浮上量で高速飛行するようなもの。



滑走路

数mm

ヘッド

ヘッドは、超高速回転している
ディスク表面からわずか $0.02\mu\text{m}$
のところを浮上している

煙草の煙
 $2\sim 4\mu\text{m}$

指紋
 $3\sim 5\mu\text{m}$

髪の毛の断面
 $80\sim 120\mu\text{m}$

ディスク

<http://www.fujitsu.com/jp/products/computing/storage/lib-f/tech/beginner/disk/>

SSD

SSD (Solid State Drive)

- フラッシュメモリ方式でHDDの仕事を担当
 - 振動・衝撃に強く、読み書きが速い
 - 最近のノートPCやタブレットなどの携帯端末によく使われている
 - 記録回数に上限がある
- 単位容量当たりの価格がHDDより高価 (~ 30円/GB)



光学ディスク

- ディスクにレーザー光を当て、光学的にデータを読み書き
- データの記録密度は、BD > DVD > CD
- 両面記録, 多層記録可能なものもある
- キズに弱い

規格例

*-ROM (Read Only Memory) 読み取り専用

*-R (Recordable) 一度だけ書き込み可能

*-RW, BD-RE (ReWritable) 何度も書き込み可能

その他の装置

マザーボードの拡張スロット（後述）に装置を取り付けることで、機能を拡張することができる

…**ネットワークカード**, **ビデオカード（グラフィックボード）** など



ネットワークカード
(インテル Gigabit CT Desktop
Adapter EXPI9301CT)



ビデオカード (ATI XPERT 98
VRAM: 8MB, ビデオチップ: RAGE)

ネットワークカード

LAN ポートを追加するカード

現在ではマザーボード (後述) に含まれている場合も多い

別名

- NIC (Network Interface Card)
- LAN card
- LAN board



接続部

ネットワークカード
(インテル Gigabit CT Desktop
Adapter EXPI9301CT)

ビデオカード

画面表示機能を追加するカード
マザーボードに画面表示機能がない場合は必須

- 描画/画像処理を行うチップ (GPU: Graphical Processing Unit; ビデオチップ)
- アナログ・デジタルデータへの変換を行うチップ
- 描画データを保持するためのメモリ (VRAM: Video Random Access Memory)



ATI XPERT 98
VRAM: 8MB, ビデオチップ: RAGE

4. ハードウェア要素をまとめるもの

機能を統合・調整する装置

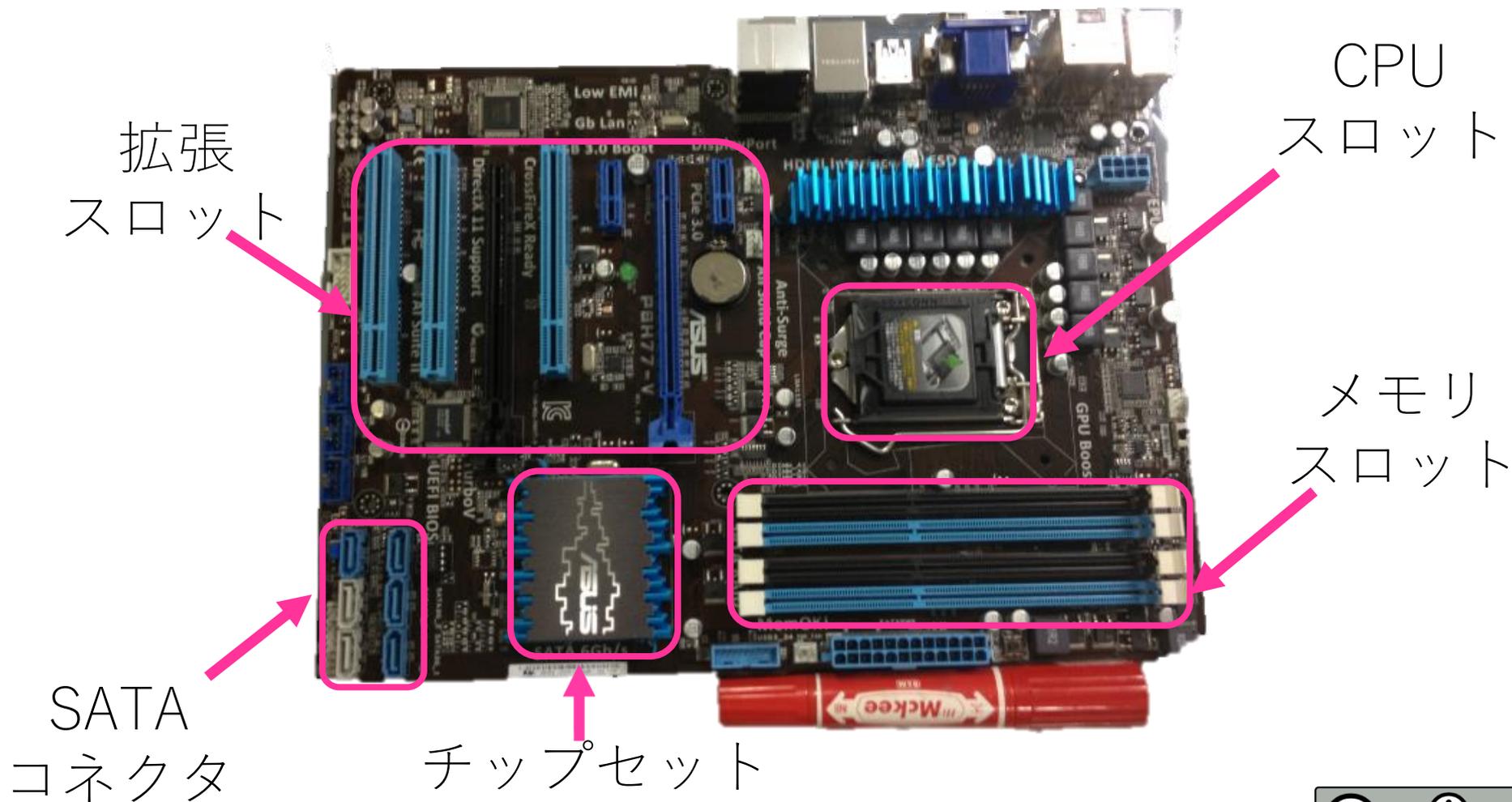
マザーボード

計算機に利用される電子装置を接続するための主要な電子回路基板



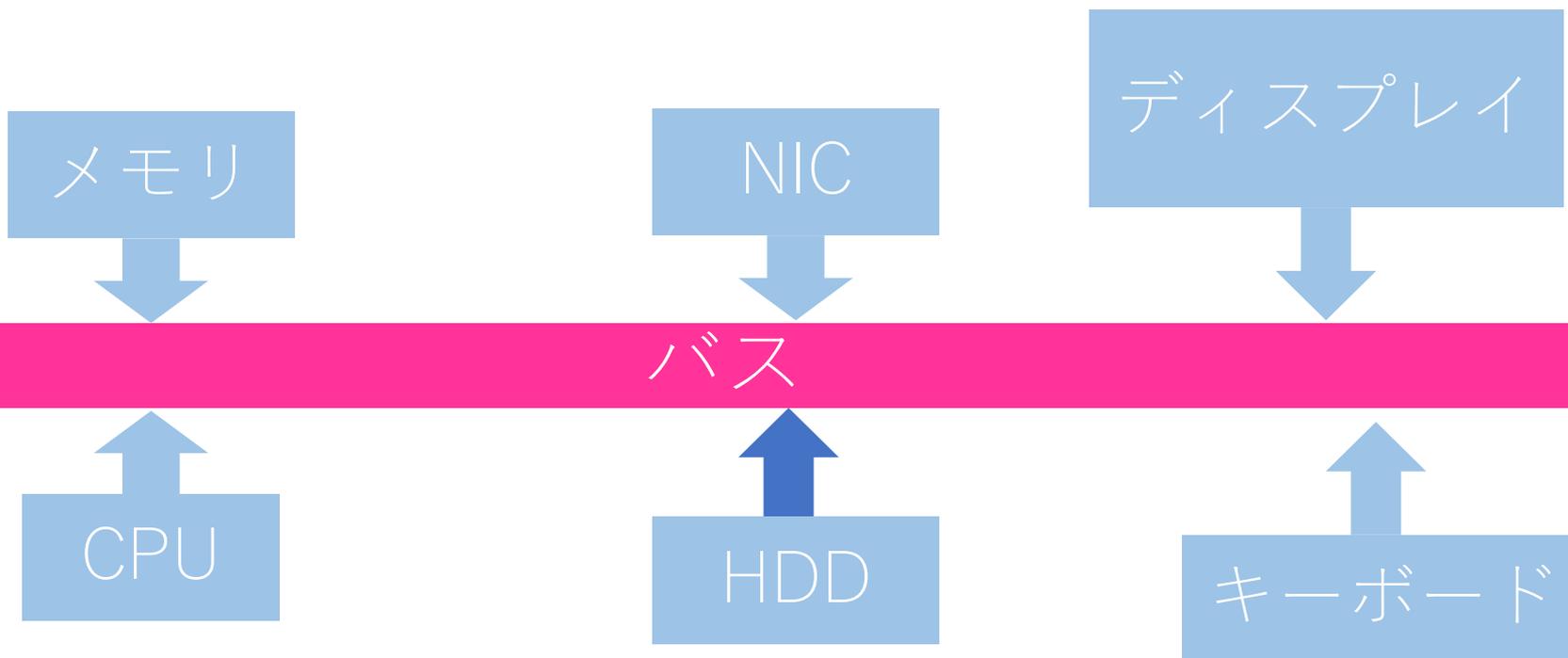
ASUS P8H77-V

マザーボード

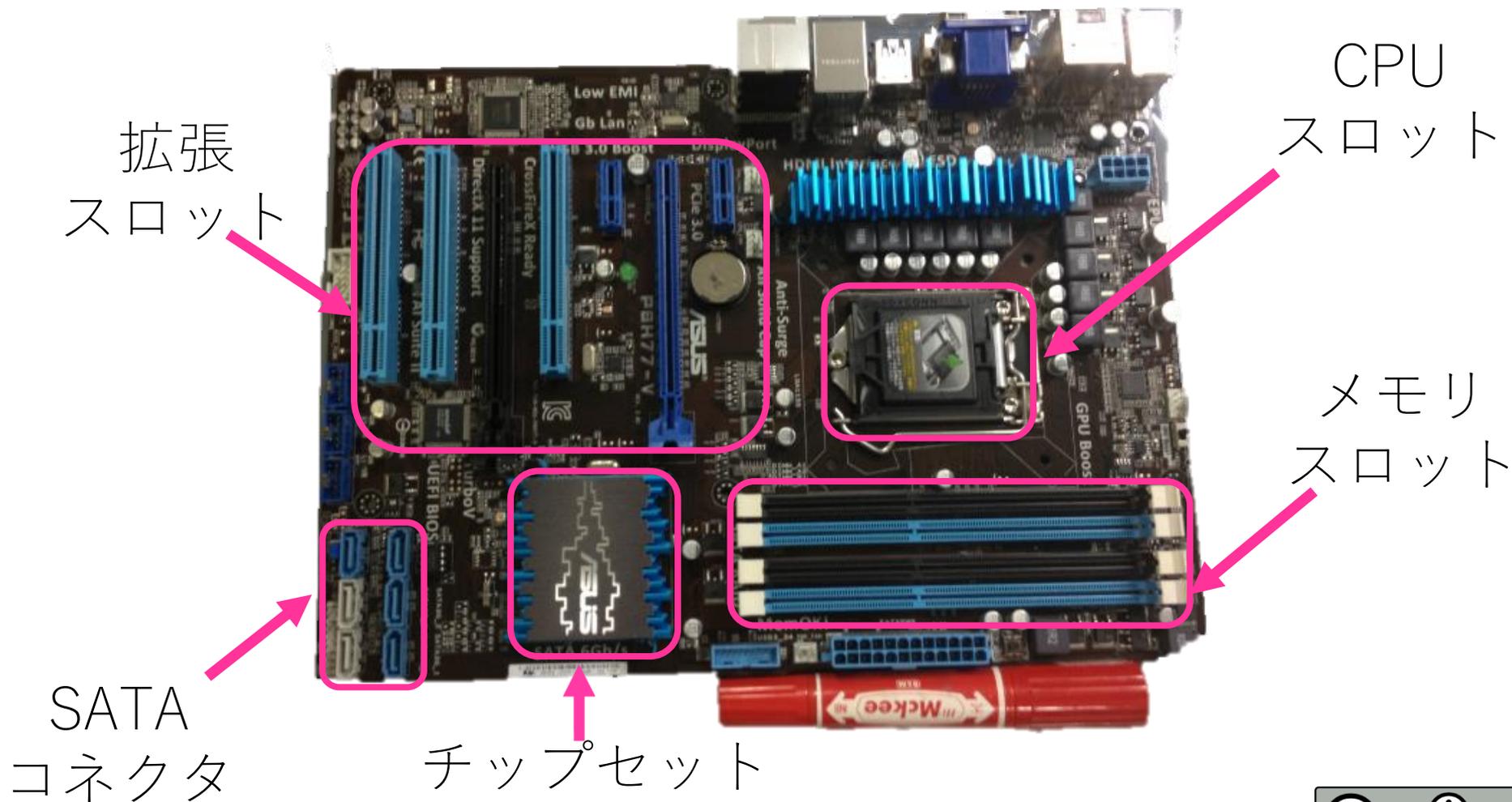


バス

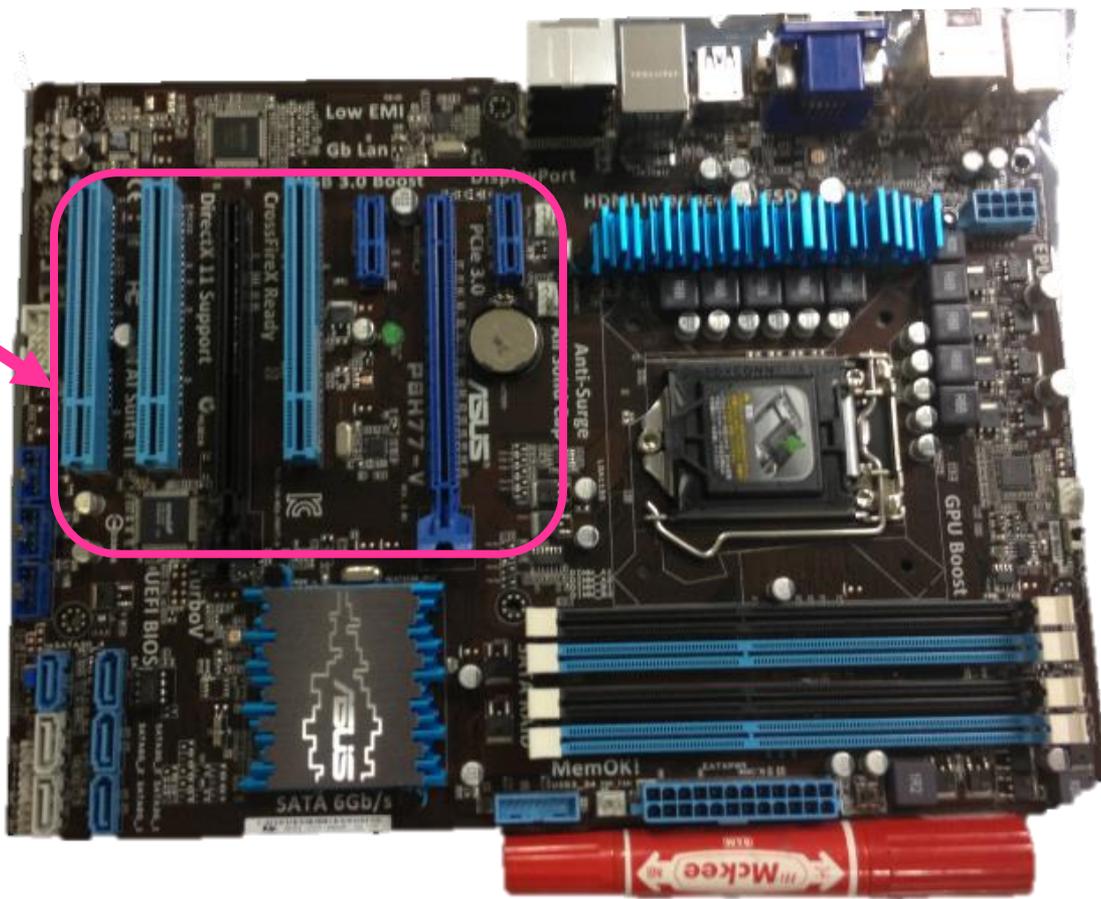
コンピュータ内で各装置がデータのやりとりをするための共通伝送路



マザーボード



拡張
スロット



拡張スロット

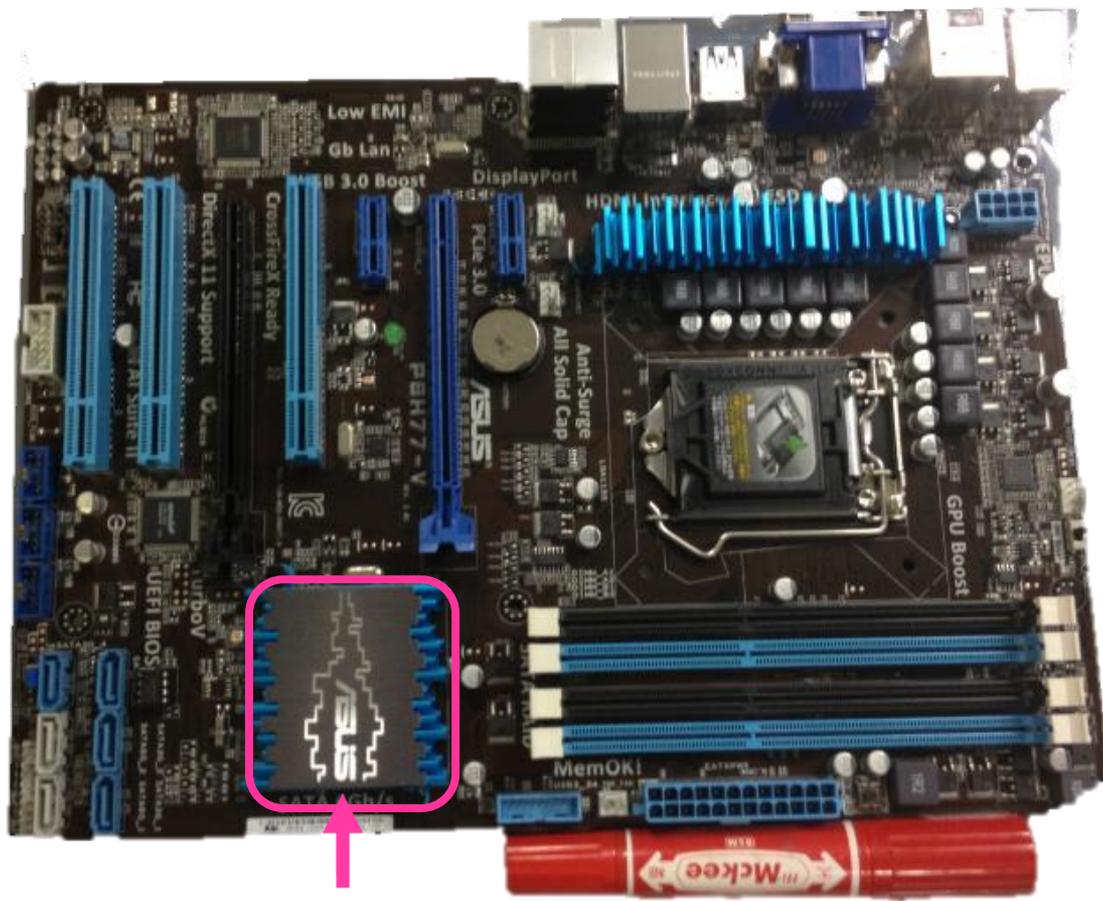
機能を追加するカードの差し込み口
バスを通じてデータをやりとりする



ネットワークカード
(インテル Gigabit CT Desktop
Adapter EXPI9301CT)



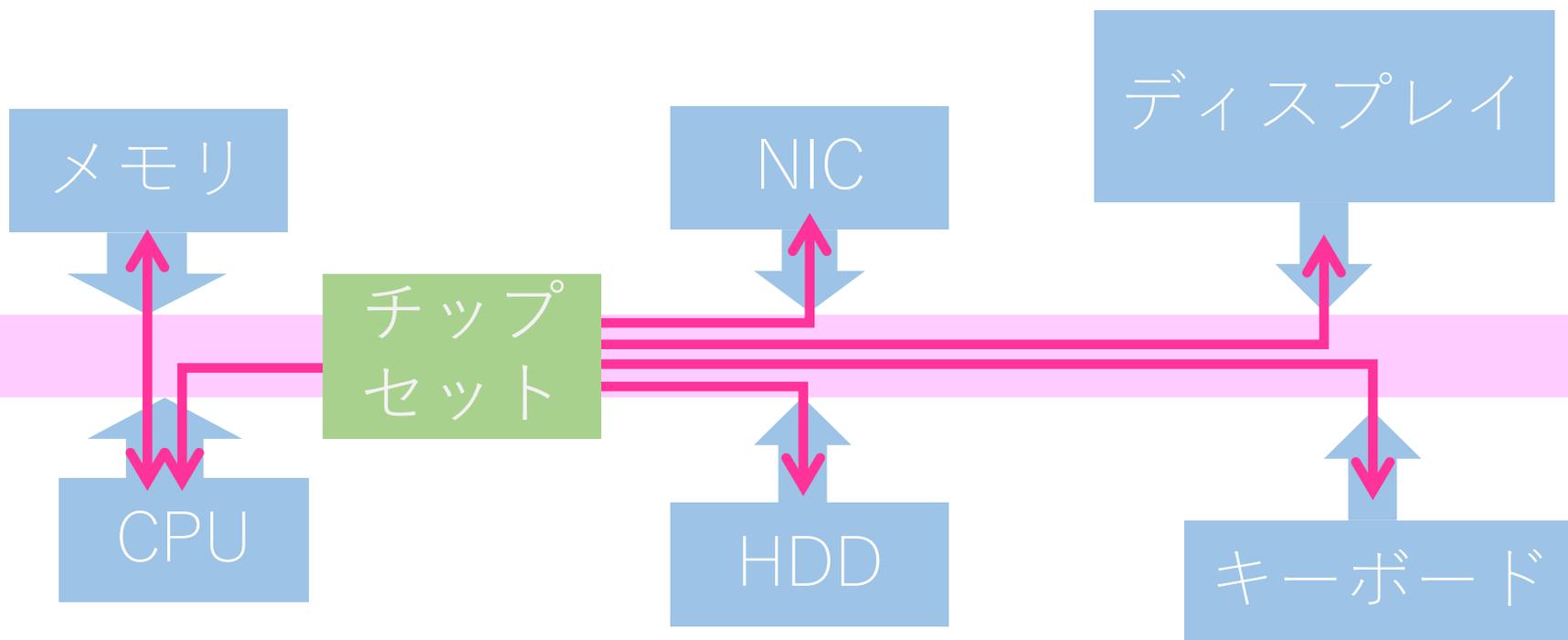
ビデオカード (ATI XPERT 98
VRAM: 8MB, ビデオチップ: RAGE)



チップセット

チップセット

マザーボードに接続されている機器間，あるいはそれらとCPUとのデータの受け渡しを管理する一連の回路群
データの交通整理屋さんのイメージ



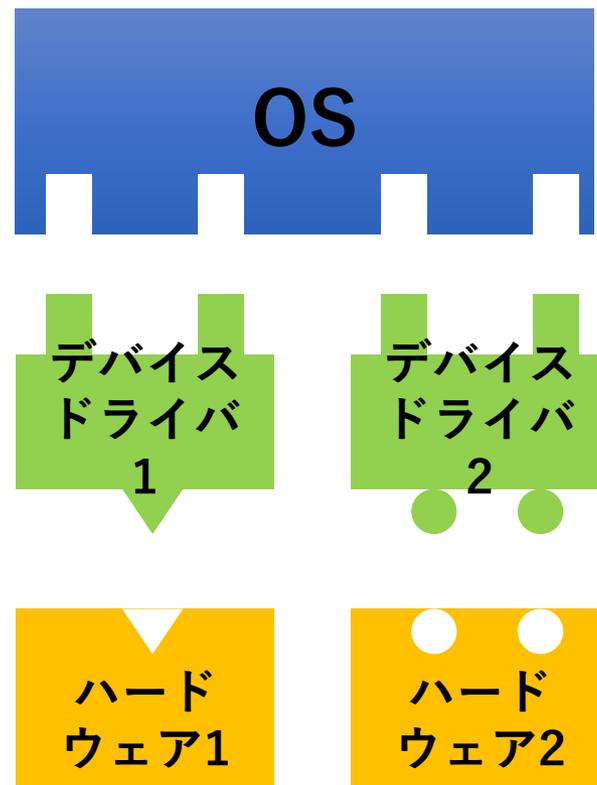
チップセットを伴うバス構成の一例

デバイスドライバ

ハードウェアを使用可能にするためのソフトウェア

- 各デバイスごとに用意される
- OS 毎に異なるものを用意する必要有り
- ハードウェアのメーカーが提供していることが多い

デバイスドライバはOSとハードウェアの橋渡しの役割をしている



ハードウェアの管理の仕方

- CPUが全てのハードウェアの動作を制御する
 - 各ハードウェアは整理番号 (ハードウェアリソース) で管理され, CPUの指示に基づき作業を実行する
- ハードウェアリソース
 - ハードウェアごとに割り当てられるCPUとのやり取りのための整理番号
 - PC/AT互換機ではI/Oポートアドレス, IRQ番号が該当
 - I/Oポート : CPU と他のハードウェア間の入出力通信窓口
 - IRQ (Interrupt ReQuest) : **割り込み要求**
作業中のCPUに対して別の処理の実行を要求すること

まとめ

- PC/AT 互換計算機 (= パソコン)
 - 設計仕様が公開されており, 広く普及
- パソコンは様々なハードウェア要素で構成
 - それぞれ規格や使い方, 性能が異なる
- ハードウェア要素をまとめるもの
 - マザーボード (ハードウェア), デバイスドライバ (ソフトウェア)
- ハードウェア要素の例
 - 入力: キーボード, マウス
 - 処理: CPU
 - 出力: ディスプレイ
 - 記憶: RAM, HDD
 - その他: ネットワークカード, ビデオカード

参考文献

- 過去のINEX資料 ハードウェア解説と機器の分解
<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~inex/index-list.html>
- IT用語辞典 e-words
<http://e-words.jp>
- 見てわかるパソコン解体新書 Vol. 5, 大島篤 著, ソフトバンクパブリッシング株式会社
- パソコンの世代・性能が分かるチップセット
<http://www.pc-master.jp/jisaku/chipset.html>
- Fujitsu : ストレージ技術用語解説
<http://www.fujitsu.com/jp/products/computing/storage/lib-f/tech/beginner/disk/>

付録

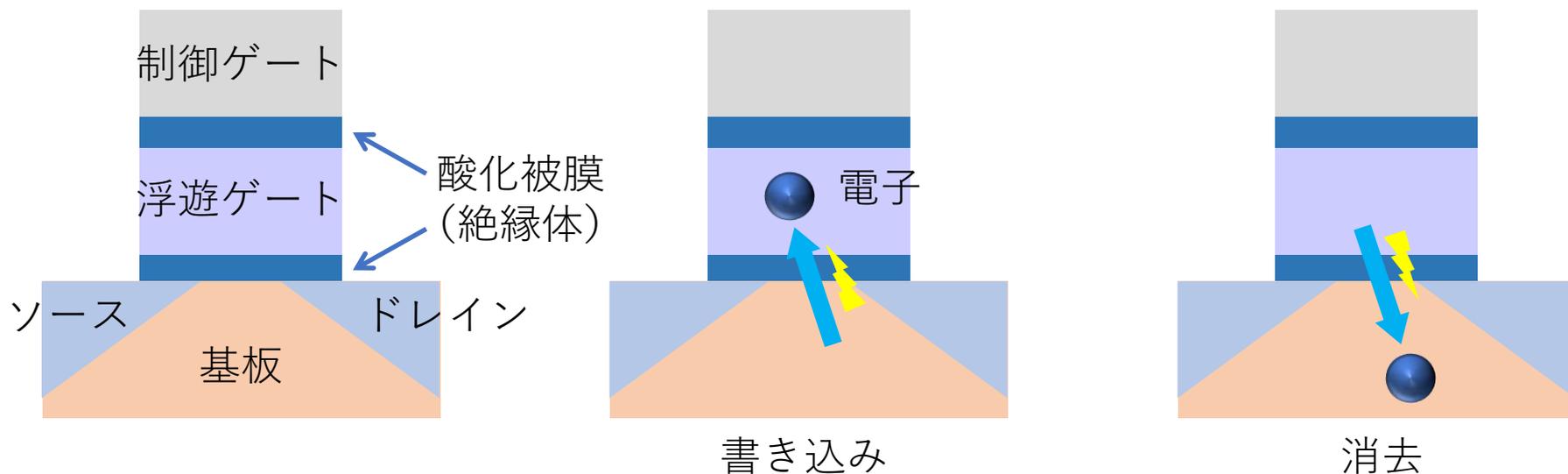
フロッピーディスク

- 磁性体を塗布した円盤を磁気ヘッドに近づけてデータを読み書きする
- 安価なため、古くから使用されていた
- 磁気に弱い
- 最近はほとんど使われていない
- 記憶容量はおよそ~1.4MB



フラッシュメモリの記録機構

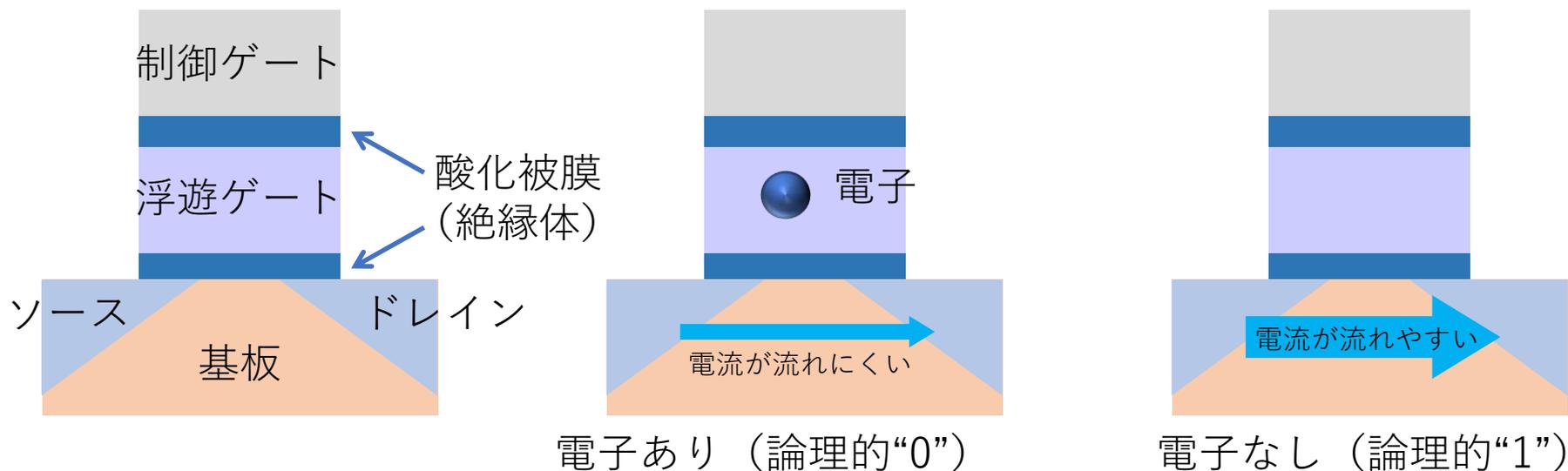
- 制御ゲートと基板の間に高電圧を印加し，浮遊ゲートと基板の間で電子をやりとりすることで，書き込み・消去
- 酸化被膜の絶縁性が電子の「蓋」の役割を担う
- 酸化被膜は電子の通過に伴い劣化（記録回数の有限性）



NAND型フラッシュメモリの書き込み・消去原理

フラッシュメモリの読み出し機構

- 浮遊ゲートに電子を蓄積すると、ソース・ドレイン間で電気が流れにくくなることを利用
 - ソース/ドレイン部がN型，その間がP型半導体だとこのようになる
- 読み出しは電子の酸化被膜通過を伴わない



NAND型フラッシュメモリの読み出し原理

IDE (接続規格)

- Integrated Device Electronics
- PC/AT登場時のハードディスクインターフェース
- DVD, CDなども接続可能
- 伝送速度はSATA よりも遅い
- 1本のケーブルで 2つの装置を接続可能
- 最近は使われていない



IRQ番号

- CPUがどのハードウェアから割り込み要求が来たのかを判断するための番号
- IRQ番号の数 ≒ IRQ端子の数
 - PIC :基本的に15個
 - APIC : 基本的に24個
 - Advanced PIC : マルチコアCPUや計算機に接続されるハードウェアの増加に対応
- 特定のハードウェアで大半が予約済み
 - 1 : キーボード, 12 : マウス など