

ハードウェア解説と機器の分解

北海道大学理学院宇宙理学専攻
修士課程 2年
茂木 遥平/Moteki Yohei

はじめに

今日はこれから皆さんの目の前にある計算機を

バラバラにする回

です！！！！！！

分解するその前に、これから分解するものが何かについて知っておきましょう。

今回の目標

“パソコン”を”パソコン”としてだけでなく、‘どのような’ものの集合体なのかを知る

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部品
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

本日のお品書き

- Personal Computerとは何か(PC, パソコン)
- ハードウェアのお仕事
- 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
 - ハードウェア同士をつなぐもの

Personal Computerとは何か

PC, パソコンとはなんだろうか

Personal Computer

Personal Computer(ちぢめてパソコン, PC)

- (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, Chrome book, タブレット端末
- 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!



IBM PC/AT. 現在シアトルのLiving Computer Museumにて展示中
Phot by MBlairMartin(CC BY-SA 4.0)

PC/AT互換機

- PC/ATと互換性のある計算機
- 設計仕様の多くが公開されている
 - 互換製品が各社から販売，価格競争の影響もあり低価格化し普及した
- OSはWindowsやUnix系が多い

日本ではPC/AT互換機はDOS/Vマシンと呼ばれることも多い

- DOS/V(DOSはDisc Operating System, VはVGA対応の意)
 - PC/AT 互換機用のOS
 - 日本IBM社が1990年にPC DOSに日本語を扱う機能を追加して発売

専用のハードウェアを搭載せずにソフトウェアの更新だけで日本語を扱えるようになったため，日本でPC/AT互換機が普及するきっかけになった。

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



ハードウェアのお仕事

計算機はどんな仕事をしている？

2022年05月XX日のM氏の日記

来週メ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。

情報実習のレポート投稿フォーラムに移動してレポートを書き始めた。

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もので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSB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メモリに保存

計算機はどんな仕事をしている？

2022年05月XX日のM氏の日記

来週メ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。

情報実習のレポート投稿フォーラムに移動してレポートを書き始めた。

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もので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSB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メモリに保存

計算機はどんな仕事をしている？

2022年05月XX日のM氏の日記

来週メ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。**

情報実習のレポート投稿フォーラムに移動してレポートを書き始めた。

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もので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSB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メモリに保存

計算機はどんな仕事をしている？

2022年05月XX日のM氏の日記

来週メ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。

情報実習のレポート投稿フォーラムに移動してレポートを書き始めた。

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もので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSB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メモリに保存

計算機はどんな仕事をしている？

2022年05月XX日のM氏の日記

来週メ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。

情報実習のレポート投稿フォーラムに移動してレポートを書き始めた。

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もので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、持参したUSB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メモリに保存

計算機はどんな仕事をしている？

2022年05月XX日のM氏の日記

来週メ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。

情報実習のレポート投稿フォーラムに移動してレポートを書き始めた。

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もので、未完成のレポートをメモ帳にコピーし、**持参したUSB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

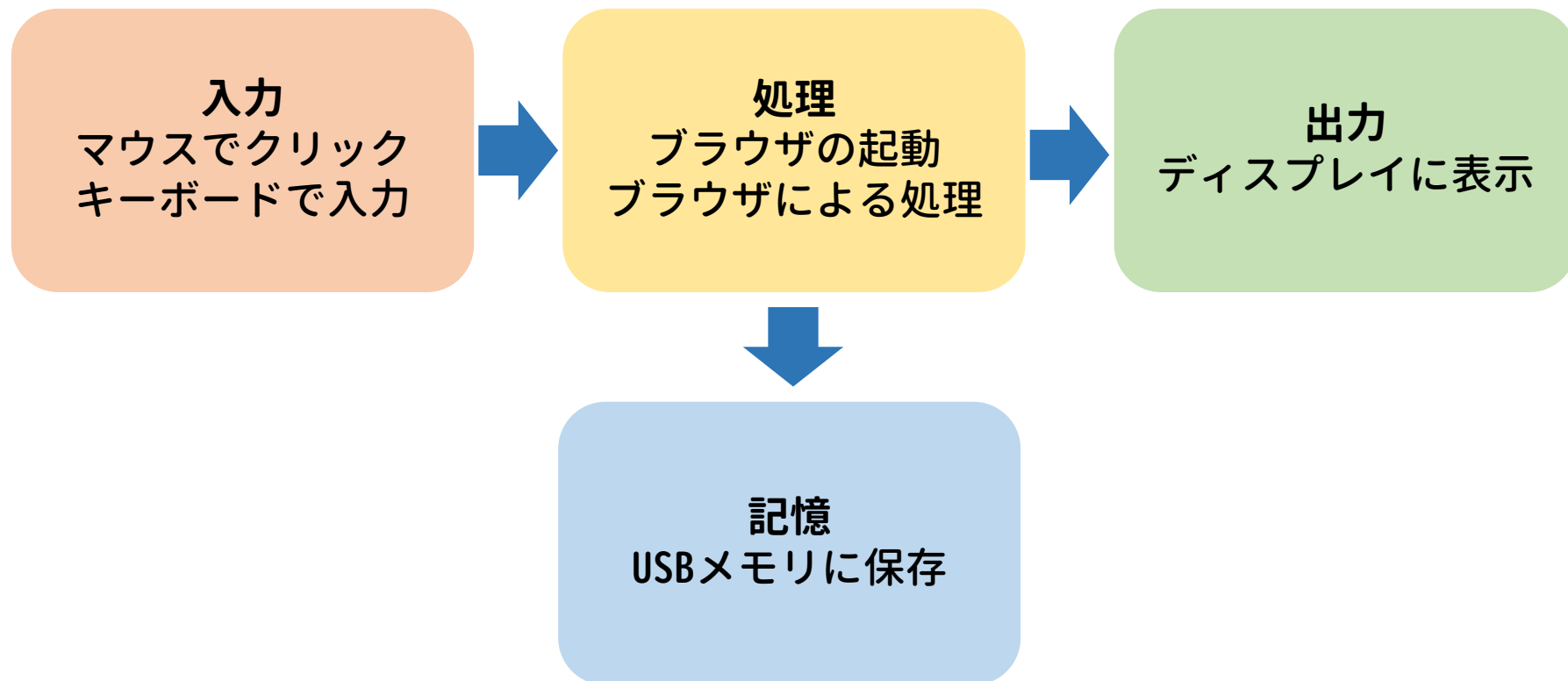
出力機能

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

計算機を構成するハードウェア要素

装置の種類

ハードウェアごとに異なる役割を持ち、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, USB, CD, DVD, BDなど
- その他の装置
 - ネットワークカード, ビデオカードなど
- 以上の機能を統合, 調整する装置
 - チップセット(マザーボード)

入力装置

計算機が人間から情報を受け取るための装置

キーボード，マウス，コントローラーなど。



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, スレッド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はマザーボードと接続するための基盤の上にダイと呼ばれる部品が搭載されている。

情報実験機のダイは14億個ほどのトランジスタで構成され、計算を実行する回路やそれに付随する記憶装置、これらを統合する回路などが搭載されている。



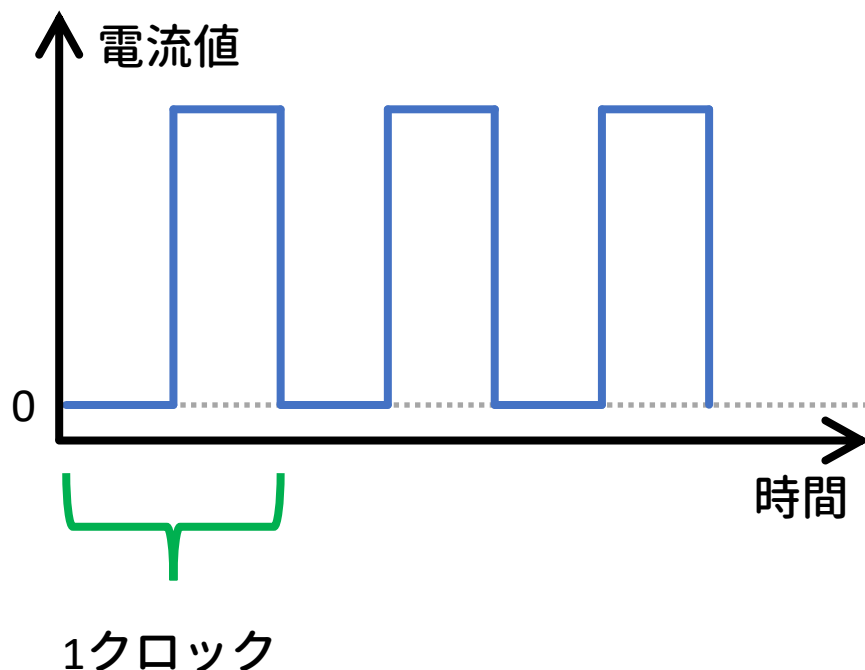
CPU(Ivy Bridge)のダイ構成

出典: <https://www.eetimes.com/analysts-start-intel-ivy-bridge-cpu-teardown/>

動作周波数

CPU投入される一秒あたりのクロック信号数

- CPUは1クロック信号ごとに1行程の処理を行うため、クロック信号数を増やせば処理できる計算量も増大する。



参考値：
情報実験機のCPU
(Intel Core i5 3450)
の動作周波数は3.1GHz (33億Hz)

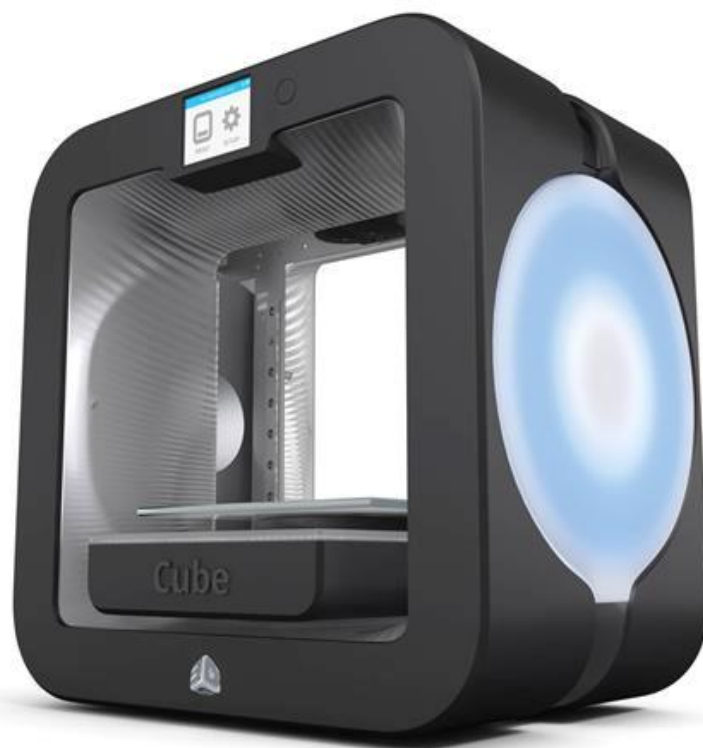
出力装置

出力結果を人間に伝える装置

ディスプレイ，プリンター，スピーカー



ディスプレイ



(3D) プリンタ
隣の部屋に実物アリ

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から直接アクセスが可能。
 - 動作が高速である.
- 単位容量当たりの価格が高い。
 - 500-1000円/GB



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
 - 電源を落とし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)
 - バス(後述)を介して読み書きする
- 接続規格
 - USB, Serial ATA(SATA), PCIe, NVMe など

ハードウェアの接続規格

ハードウェアをチップセットに接続するために様々な規格がある。

以下ではその例を挙げる。

- USB(Universal Serial Bus)
 - よく見る四角い形の接続端子はこれ。
 - USBメモリ, USBキーボード, マウス等の様々な機器を同一の端子で計算機に接続できるようにすることを目的とされている。
- SATA
- PCIe
- NVMe

ハードウェアの接続規格

ハードウェアをチップセットに接続するために様々な規格がある。

以下ではその例を挙げる。

- USB
- SATA(Serial Advanced Technology Attachment)
 - HDDなどの補助記憶装置を接続する標準的な規格
 - SATAケーブル接続部と電源ケーブル接続部からなる。
- PCIe
- NVMe



HDDのSATA接続部

ハードウェアの接続規格

ハードウェアをチップセットに接続するために様々な規格がある。

以下ではその例を挙げる。

- USB
- SATA
- PCIe(Peripheral Component Interconnect Express)
 - グラフィックボード等様々な拡張機器を接続するための規格
 - 非常に高速である
 - マザーボードの拡張スロットに直接機器を取り付ける
- NVMe

ハードウェアの接続規格

ハードウェアをチップセットに接続するために様々な規格がある。

以下ではその例を挙げる。

- USB
- SATA
- PCIe
- NVMe(Non-Volatile Memory Express)
 - PCIeを利用したSSDを接続するための規格
 - 最近のコンピュータでSSDを利用する際よく用いられる。
 - コードレスなため、組み立てがしやすい。



NVMe 接続機器の例

USBメモリ

- 接続規格：USB規格
- 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

HDD

HDD(Hard Disk Drive; ハードディスクドライブ)

- 接続規格: SATA
- 磁性体を塗布した円盤を高速に回転させ、磁気ヘッドを通してデータを読み書き。
- 単位容量当たりの価格が安価(1.5~3円/GB)
- 現在、データ保存用として主要な補助記憶装置
- 衝撃、振動に弱いので、取り扱いに注意



<http://www.atmarkit.co.jp/icd/rotation/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

ヘッド

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

SSD

SSD(Solid State Drive)

- 接続規格: SATA, NVMe(PCIe)
- フラッシュメモリ方式でデータを保存する
 - 振動, 衝撃に強い.
 - 記録回数に上限がある.(約3000回ほど書き込み可能)
- 現在, システム領域として主要な補助記憶装置
- 補助記憶装置としては高速なデータのやり取りができる.
- 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

- 接続規格: SATA, USB
- 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, $BD > DVD > CD$
- 古くはデータの配布などによく用いられた
 - 雑誌, 書籍の付録やイベントでのデータ頒布など
- 傷に弱い.

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

画面表示機能をつかさどるハードウェア
マザーボードに画面表示機能がない場合は追加が必須

- 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

機能を統合・調整する装置

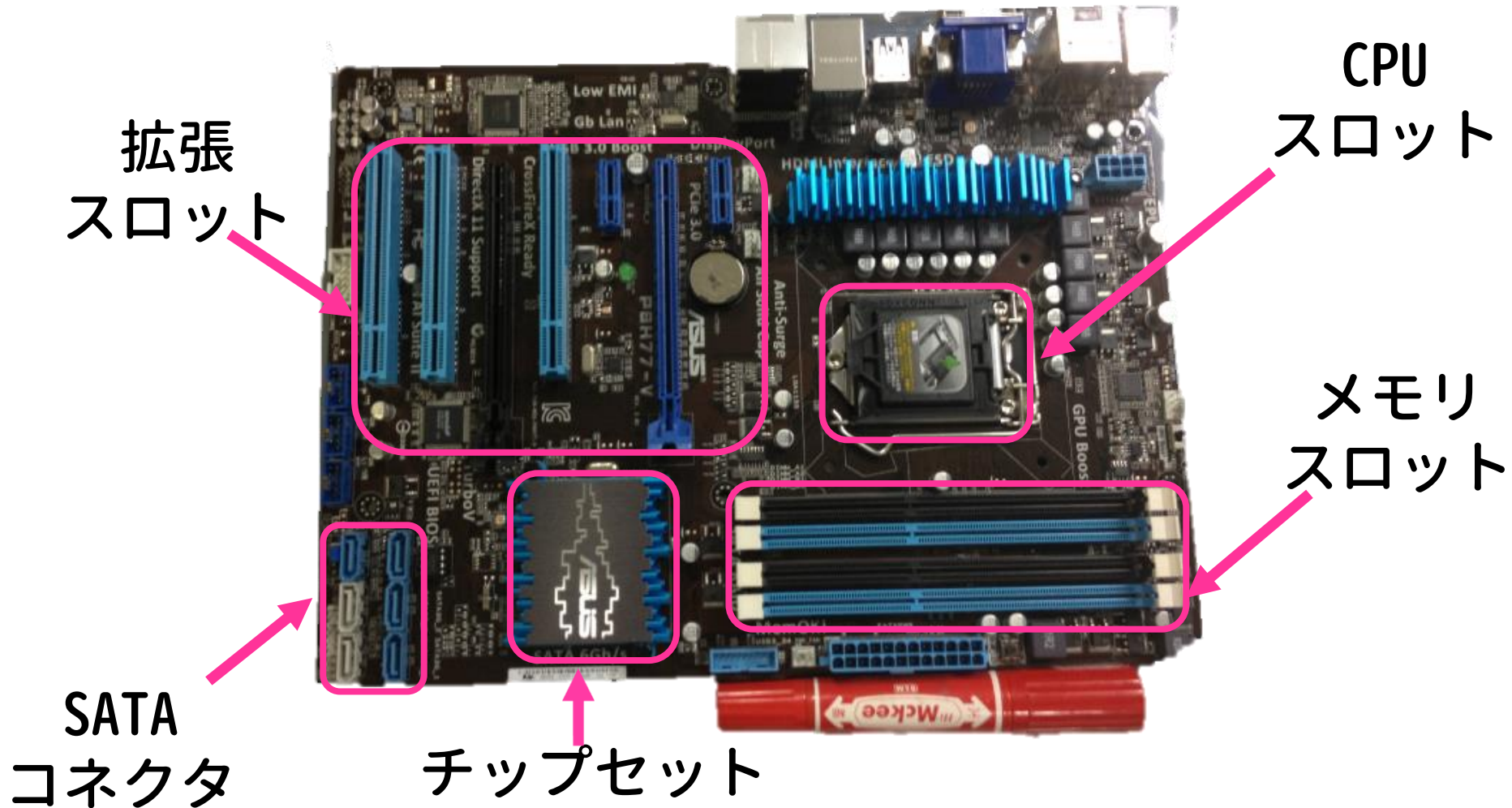
マザーボード

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



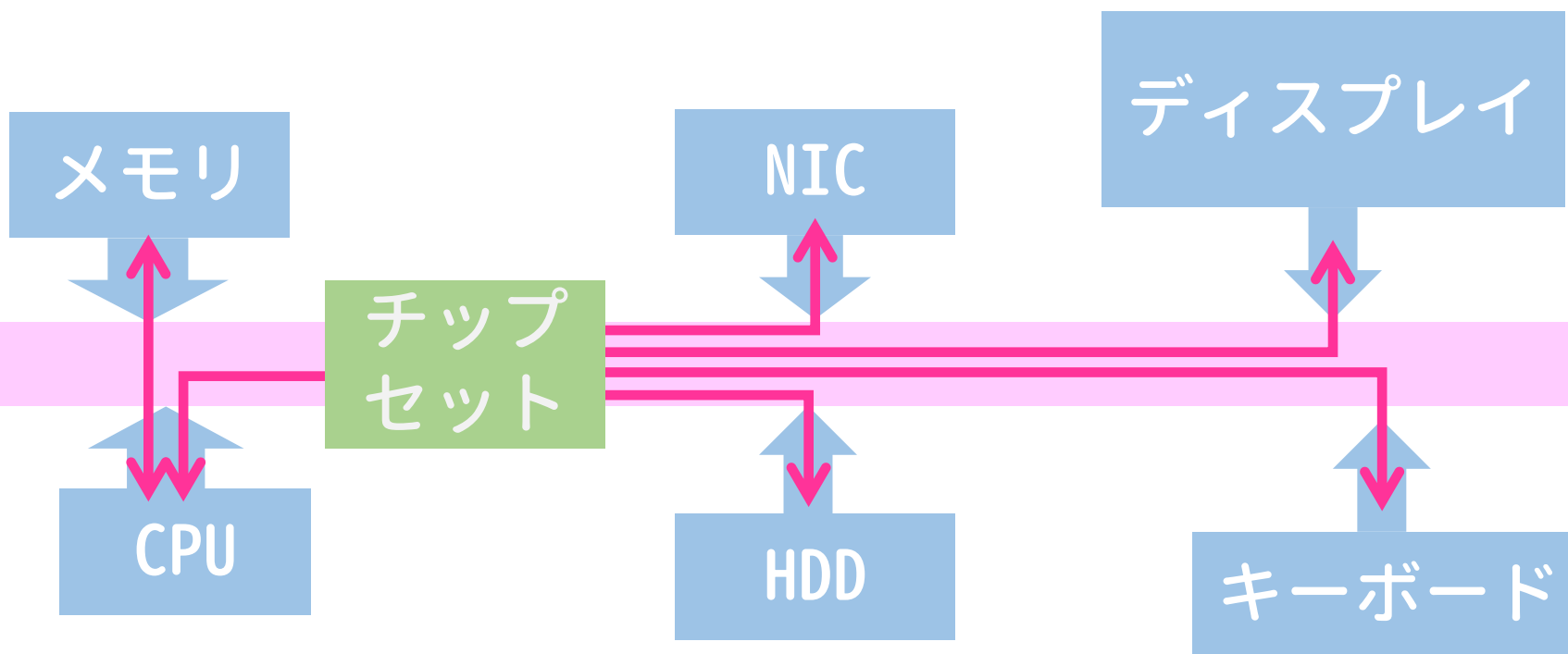
ASUS P8H77-V

マザーボード



バス

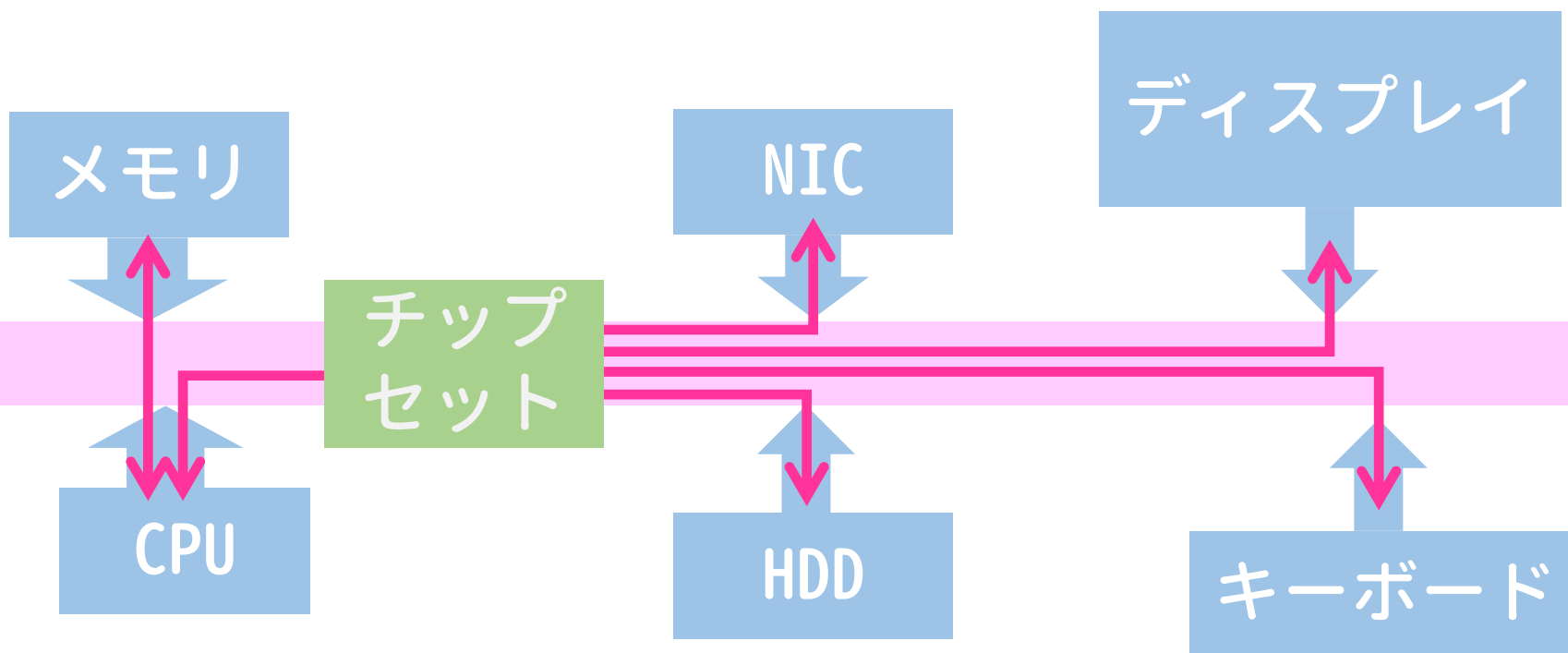
コンピュータ内で各装置がデータのやり取りをするための共通伝送路



チップセット

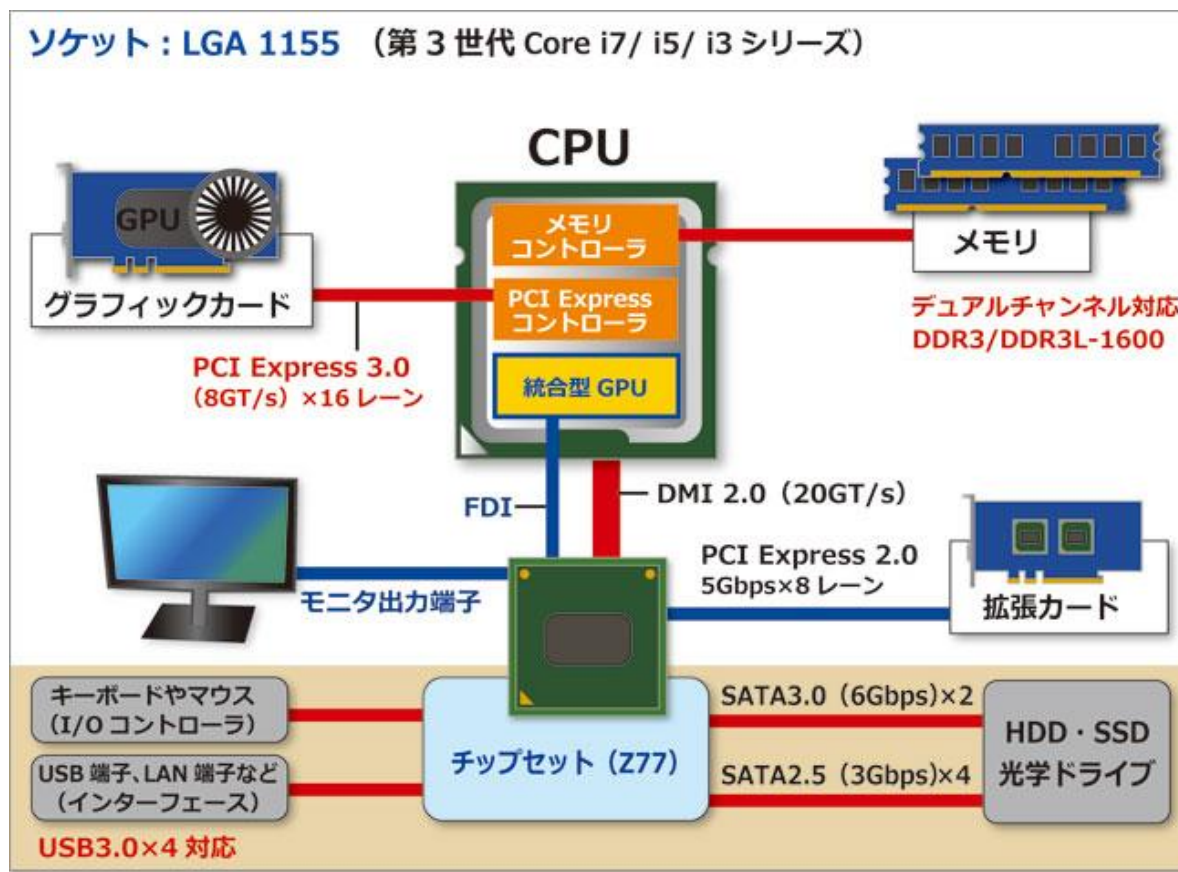
マザーボードに接続されている機器間，およびそれらとCPUとのデータ受け渡しを管理する一連の回路。

データの交通整理を行う。



じっさいはこんなかんじ

実際の情報実験機ではバス構造は以下のようにになっている。

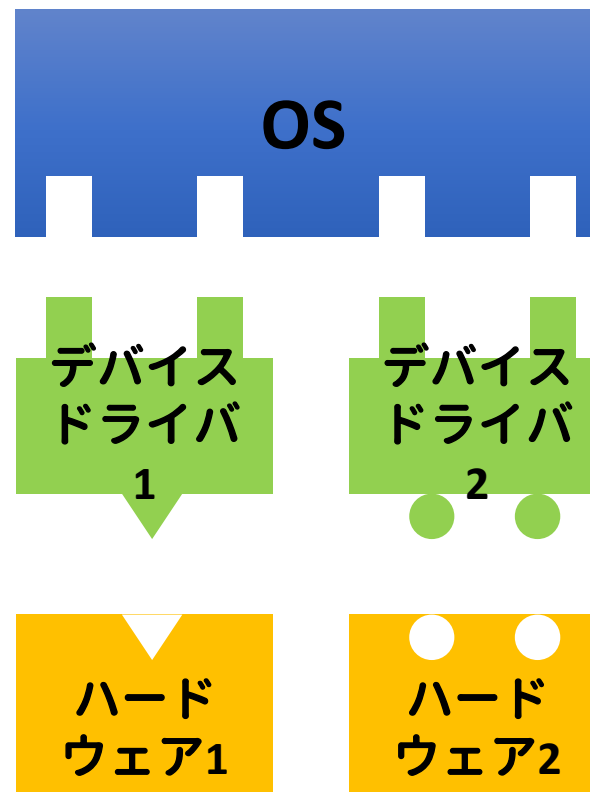


デバイスドライバ

ハードウェアを使用可能にするためのソフトウェア

- デバイスごとに用意される
- OSごとに異なるものを用意しなければならない
- 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



まとめ

まとめ

- PC/AT互換機(=パソコン)
 - PC/ATの設計仕様が公開されたため、広く普及
- パソコンは様々なハードウェア要素で構成される
 - それぞれ規格、使い方、機能、性能が異なる機器が異なる。
- 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

本日の実習

- 分解作業を行うことで，ハードウェアの仕組みを知る
- 実習にあたっての注意

✓ 怪我しない

✓ 壊さない

✓ 失くさない

参考文献

- INEX2017 ハードウェア解説と機器の分解
 - <http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~inex/y2017/0519>
- 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/>
- 及び各ページに張り付けてあるURL

付録

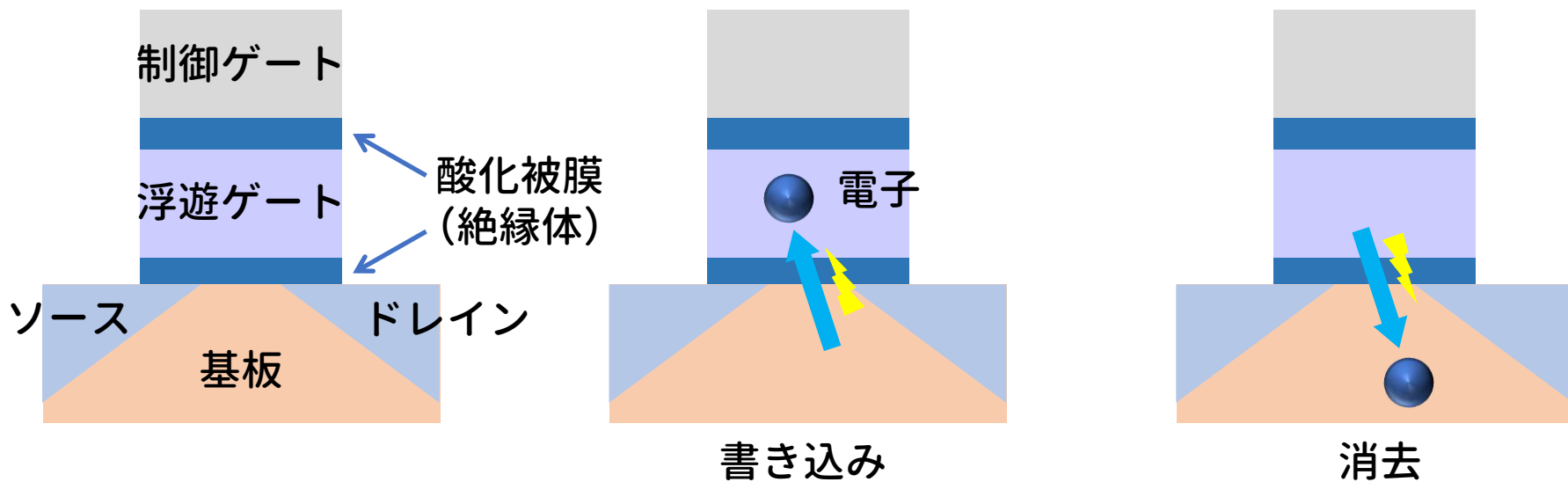
フロッピーディスク

- 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



フラッシュメモリの記録機構

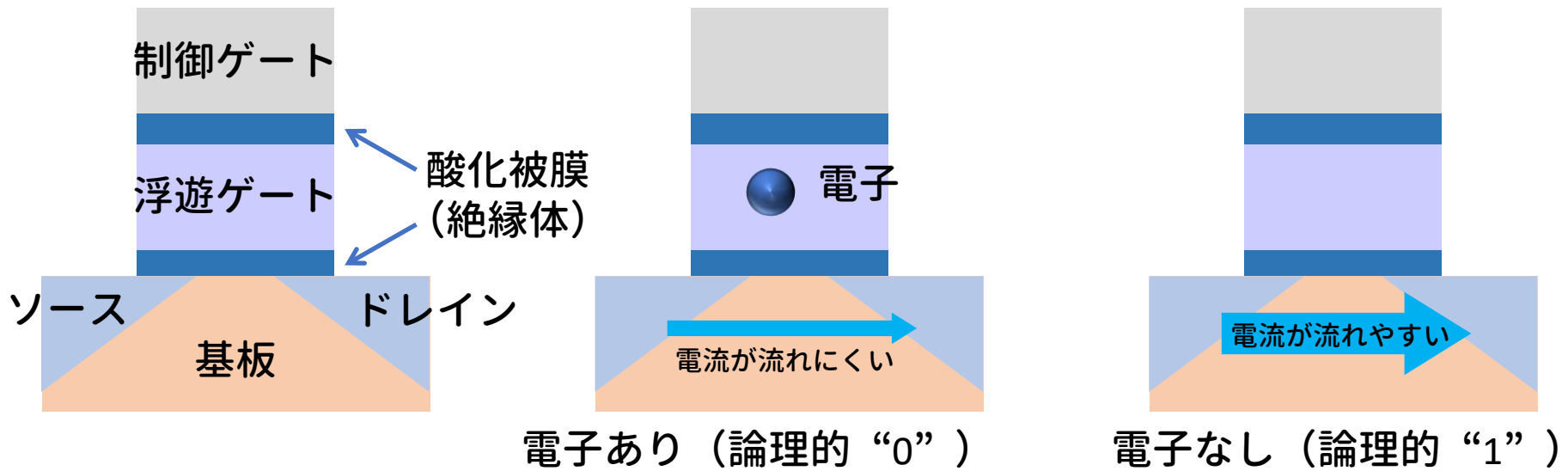
- 制御ゲートと基板の間に高電圧を印加し，浮遊ゲートと基板の間で電子をやりとりすることで，書き込み・消去
- 酸化被膜の絶縁性が電子の「蓋」の役割を担う
- 酸化被膜は電子の通過に伴い劣化（記録回数の有限性）



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



ハードウェア管理の仕方

- 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

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 \doteq 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

接続規格ごとの通信速度の違い

接続規格ごとに通信速度が異なる為、利用する機器ごとに性能を生かせる規格を用いることを留意すると良い。

- USB: 最大10Gbit/s
 - USBメモリなどでは実際420MB/sほどの読み込み速度がでる。
- SATA: 最大6Gbit/s
 - HDDでは200MB/s, SSDでは550MB/sほどの速度が出る。
- PCIe: 最大126Gbit/s
 - 一般的に補助記憶装置に用いられることは少ないが, NVMeSSDと同程度の速度が出る。
- NVMe: 最大64Gbit/s
 - SSDでは4GB/sほどの読み込み速度が出る。