

ICT リテラシー (情報技術論) A

-- 第 11 回：コンピュータの基本構造と動作原理 --

栗野 俊一

講義内容の静止画・動画での撮影、及び SNS 等への転載を固く
禁じます

2025/12/08 ICT リテラシー (情報技術論) A

伝言

私語は慎むように !!

□ 席は自由です

- できるだけ前に詰めよう
- コロナ対策のために、ソーシャルディスタンスをたもとう

□ 色々なお知らせについて

- 栗野の Web Page に注意する事

<http://edu-gw2.math.cst.nihon-u.ac.jp/~kurino>

- google で「kurino」で検索

前回 (第 10 回) の復習

ICT リテラシー (情報技術論) A

前回 (第 10 回) の復習

講義内容の静止画・動画での撮影、及び SNS 等への転載を固く禁じます

前回 (第 10 回) の復習

□ 前回 (第 10 回) の復習：情報量の応用(08 回目の内容の続き)

○ 色々なメディアの情報量

- ▷ 音声の情報量 (1 秒当り) : サンプル数 \times 量子化数
- ▷ 静止画像の情報量 : 横 \times 縦 \times 1 dot 当りの色情報 (dpi : インチ当りの dot 数)
- ▷ 動画の情報量 (1 秒当り) : 静止画の情報量 \times 更新回数

○ 情報量の応用

- ▷ 圧縮技術 : 情報の除去(非可逆圧縮) / 確率分布の偏りの利用 (可逆圧縮)

今週 (第 11 回) の概要

ICT リテラシー (情報技術論) A

今週 (第 11 回) の概要

講義内容の静止画・動画での撮影、及び SNS 等への転載を固く禁じます

今週 (第 11 回) の予定

□ 今週 (第 11 回) の予定

○ コンピュータの基本構造

- ▷ コンピュータの歴史 (Text p.43, 3.1 節)
- ▷ コンピュータの種類 (Text p.44, 3.2 節)
- ▷ コンピュータの機能 (Text p.45, 3.3 節)
- ▷ コンピュータの構成要素 (Text p.45, 3.4 節)
- ▷ パソコンの内部構成 (Text p.46, 3.5 節)
- ▷ 記憶装置 (Text p.47, 3.6 節)
- ▷ 演算装置 (Text p.49, 3.7 節)

○ コンピュータの動作原理

- ▷ 演算処理の原理 (Text p.51, 4.1 節)
- ▷ 論理素子の歴史 (Text p.52, 4.2 節)
- ▷ 論理素子の動作原理 (Text p.52, 4.3 節)
- ▷ 論理回路 (Text p.54, 4.4 節)
- ▷ 基数 (Text p.55, 4.5 節)
- ▷ 2進数と10進数の変換 (Text p.56, 4.6 節)
- ▷ 桁数の多い足し算 (Text p.58, 4.7 節)
- ▷ 引き算 (Text p.58, 4.8 節)
- ▷ 掛け算・割り算 (Text p.59, 4.9 節)
- ▷ 数学関数 (Text p.59, 4.10 節)

今週 (第 11 回) の目標

□ 今週 (第 11 回) の目標

○ コンピュータハードウェアの基本構成について学ぶ

- ▶ どのような部品からなるか / 個々の部品の働きは何か
- ▶ コンピュータハードウェアはどんな原理で動くか

○ デジタルコンピュータの動作原理について学ぶ

- ▶ チューリングマシン
- ▶ 電気回路と数値の関係
- ▶ 二進法と十進法

今週 (第 11 回)

□ 前回 (第 10 回) の課題

- 振り返り課題-10

- 小テスト-10

□ 今週 (第 11 回) の課題

- 振り返り課題-11

 - ▶ 回答期限は、講義実施から 1 week

- 小テスト-11

コンピュータの基本構造

ICT リテラシー (情報技術論) A

コンピュータの基本構造

講義内容の静止画・動画での撮影、及び SNS 等への転載を固く禁じます

コンピュータの歴史

□ コンピュータの歴史 (Text p.43, 3.1 節)

○ コンピュータの役割：計算をするための道具

▶ 数を表現し、記録し、操作(計算)する為の(補助)装置

○ 電子コンピュータ以前：モノそのもので情報を表す

▶ アバカス/そろばん：コマの位置で数値を表す/操作は手動

▶ パスカルの計算機/ライプニッツの乗算機：歯車の位置/動作は機械式

▶ リレー：スイッチの On/Off を磁気的に行う (電話交換網の技術)

○ 電子式計算機(電子コンピュータ)：電子の操作によって、数を表現

▶ 電圧(Hight/Low)で数値(1/0)を表現 (2 進数)

▶ 規模：縮小化が可能なので、大規模化が可能(集積度の拡大)

▶ 速度：動作エネルギー量が小さいので、高速化が可能(光速度)

□ 初期の電子式計算機

○ ENIAC (ABC)：2万本近くの真空管によって構成 / 弾道計算

▶ 配線プログラミング：計算の方法は、回路設計(配線のしなおし)で指定

○ EDSAC：プログラム内蔵方式 (ノイマン型:命令とデータが共にメモリに記録)

▶ プログラムが(ハードウェアから独立して)データとして扱える(ソフトウェア)

○ 半導体(トランジスタ)：真空管より小型(集積)で安定

□ (未来) 量子コンピュータ：量子状態で情報を表現

○ 量子状態が、複数の情報を同時に表現可能

コンピュータの種類

□ コンピュータの種類 (Text p.44, 3.2 節)

○ 規模による分類

- ▶ スーパーコンピュータ (最も高速) : 複雑な構造解析, 自然災害のシミュレーション, 天気予報, 新薬開発
- ▶ 大型汎用計算機 (共用で利用) : 銀行オンラインシステム, 座席予約システムなどの大量のデータを処理 (cf. 中型/小型)
- ▶ ワークステーション (Unix) : 技術者が占有して利用する高級な PC (Window System)
- ▶ パソコン (パーソナルコンピュータ) : 個人で利用する事を想定 (デスクトップ/ノートブック)

○ 形態による分類

- ▶ タブレット : ホームページ閲覧やメール送受信などのインターネットの利用だけに特化
- ▶ スマートフォン : 携帯電話の一種だが、通信機能の付いたパソコン

○ 用途による分類

- ▶ 汎用計算機 : プログラム(ソフト)の変更により、色々な事が可能
- ▶ 専用計算機 : 特定の目的のために、ハード/ソフトを制限 (ゲーム機, カーナビ, 電卓)

コンピュータの機能と構成要素

□ コンピュータの機能 (Text p.45, 3.3 節)

- 記憶：数値(情報)を記録する
- 処理：数値(情報)を処理(計算)する
 - ▶ 電子化により、大量の記憶容量と高速な処理を実現 (量から質へ)

□ コンピュータの構成要素 (Text p.45, 3.4 節)

- 演算装置：計算を行う (CPU)
- 制御装置：判断を行う (CPU)
- 記憶装置：数値の記録を行う (主記憶装置/外部記憶装置)
- 入力装置：数値(データ)を外から入力する (キーボード/マウス/マイク/カメラ/LAN)
- 出力装置：数値(データ)を外へ出力する (ディスプレイ/プリンター/スピーカー/LAN)

パソコンの内部構成

□パソコンの内部構成 (Text p.46, 3.5 節)

○M/B(マザーボード) : メインとなる基板 (cf 1 ボードマイコン : Raspberry Pi)

- ▶この上に、色々な部品を継ぐ (ボード上に直付けの機能もある) / チップセット
- ▶バス(部品同士の情報交換をする経路)機能を実現

○CPU (Central Processing Unit:中央演算処理装置)

- ▶コンピュータの頭脳 : 演算装置,制御装置,記憶装置(作業用:レジスタ/キャッシュ)
- ▶GPU : 画面表示専用のグラフィックプロセッサ

○メモリ : 主記憶装置 (プログラムとデータを記憶) / 揮発性(RAM) / 高速

- ▶CPU は、基本、メモリ上の情報しか扱わない

○ハードディスク : 補助(外部)記憶装置 (不揮発性/大容量)

- ▶SSD (Solid State Drive) : 読み書き速度の速い

○CD-ROM/DVD-ROM/USB メモリ : 取り外し(交換)可能な記憶装置

○USB (Universal Serial Bus) : 周辺器機を継ぐ規格

- ▶キーボード/マウス/プリンター(周辺器機)等を接続する

記憶装置 (メモリ)

□ 記憶装置 (Text p.47, 3.6 節)

○ 情報を記憶する装置：読み書き速度, 容量, 永続性 (RAM/ROM)

- ▶ 部品の値段を下げるために、トレードオフが行われる
- ▶ (高速/小低容量) キャッシュ/メモリ/ハードディスク (低速/大容量)

○ メモリ (半導体メモリ)：主記憶装置

- ▶ RAM (Random Access Memory)：R/W が可能 (DRAM:揮発性/SRAM:高価), VRAM(Video RAM:画像イメージ)
- ▶ ROM (Read Only Memory)：Read のみ (書き換え不能/不揮発性)：システム立ち上げに利用(IPL)
- ▶ メモリは、記憶セルの集まりで、個々のセルはアドレスで指定できる

記憶装置 (ハードディスクハードディスク)

□ 記憶装置 (Text p.47, 3.6 節)

○ ハードディスク：情報を磁気情報として記録

- ▶ 磁性体を塗った何枚かの金属の円板が 1 分間に数千回転の高速で常時回転

○ ヘッド：ディスク上を移動して、その位置の情報を読み書きする

- ▶ ディスクと触れていない(磁気情報)が、触れるとクラッシュ(壊れやすい)

○ 記憶位置の指定

- ▶ ヘッド：何枚目のディスクか / 裏表
- ▶ トラック：ディスクの円周
- ▶ セクタ：トラックを細分化した一つの区画

演算装置

□ 演算装置 (Text p.49, 3.7 節)

○ CPU (MPU:Micro Processing Unit) : 演算機能と制御機能を持つ

▶ CPU はバスを通じてメモリから、プログラムとデータを読み書きする

▶ 32bit/64bit : CPU が一度に処理可能なデータのサイズ

○ 命令セット : CPU が実行可能な命令とその表現

○ クロック : CPU が一命令を実行するために必要な時間

▶ 1G Hz : 1秒間に 10億回実行

○ Core 数 : 内蔵されている演算装置の個数

▶ この個数だけ、並行して、プログラムが実行可能

コンピュータの動作原理

ICT リテラシー (情報技術論) A

コンピュータの動作原理

講義内容の静止画・動画での撮影、及び SNS 等への転載を固く禁じます

演算処理の原理

□ 演算処理の原理 (Text p.51, 4.1 節)

○ チューリングマシン (TM) : CPU の動作原理の数学的なモデル

- ▶ テープ : 左右に無限続く、書き換え可能なマスの並び (メモリ)
- ▶ 有限制御部(オートマトン) : マスを指すヘッドをもち、現在の状態とマスの記号から次の動作(状態変化、ヘッドの移動、マスの書き換え)を決める (CPU)
- ▶ テープの内容や、動作規則によって TM の振舞い(機能:何を計算するか)が決る

○ TM による計算可能性

- ▶ 計算可能なもの(とおぼしきもの..)には、それを実際に計算する TM が存在する

○ 万能 TM

- ▶ ある TM' (万能 TM) が存在し、任意の TM に対して、テープの工夫だけで、それと同じ機能を持つ
- ▶ (証明の概要) 元の TM の機能を TM' のテープ上に実現 (プログラム) / 計算対象(データ)もテープ上にある

○ ノイマン型と TM

- ▶ TM の事をノイマンが知っていて、コンピュータの設計に利用した

○ TM の限界 : フォン・ノイマンボトルネック

- ▶ ヘッドが一つ (逐次処理をしている) [cf. 人間の脳は並列処理]

論理素子

□ 論理素子の歴史 (Text p.52, 4.2 節)

- 増幅機能：信号を別の入力で増幅する機能 -> スイッチとして利用可能

- ▷ 真空管/トランジスタ/IC (Integrated Circuit) / LSI (Large Scale Integration) / VLSI

□ 論理素子の動作原理 (Text p.52, 4.3 節)

- 真空管：グリッドの電位によって、カソードからプレートへの電流を制御

- ▷ ヒータで温めた熱電子を電圧を掛けて、真空の中に飛す

- ダイオード：p 型と n 型の半導体の接合により、一方向にしか電流を流さない

- ▷ 両端の電圧の高さの違いによって、通したり通さなかったりする

- トランジスタ：ダイオードを逆むきに二つ継いだもの

- ▷ コレクタ(C)からエミッタ(E)への電流がベース(B)からEへの電流の変化に追従

- IC (integrated circuit)：一枚のシリコン板の上に色々な素子を実現し回路を作る

- ▷ 回路構成が「配線(半田付け)」から、印刷へ移行 (大量生産が簡単に..)

- LSI (Large Scale Integration)：大規模集積回路

- ▷ IC の集積化 (印刷/設計技術の発展)

論理回路

□ 論理回路 (Text p.54, 4.4 節)

- スイッチ機能：電流の On/Off を行う仕組み (増幅装置で実現可能)
- スイッチ(On/Off)と論理(真/偽)と0/1
 - ▷ On：電流が流れる => 真 [1]
 - ▷ Off：電流が流れない => 偽 [0]
- スイッチと回路によって、論理演算の機能を実現できる
 - ▷ 複数のスイッチ(論理値)に対して、全体としての論理値を定める仕組み

□ 論理演算

- 論理和 (OR) : $P \mid Q \rightarrow P$ と Q のどちらか一方が On なら On、それ以外は Off
- 論理積 (AND) : $P \& Q \rightarrow P$ と Q の両方が On なら On、それ以外は Off
- 否定 (NOT) : $\sim P$: P が Off なら On、それ以外は Off

□ ハーフ加算器：論理演算回路の組み合わせで、1 桁同士の足し算が実現可能

- ハーフ加算器を組み合わせる事により、複数 bit の数の加算が可能になる

基数

□ 基数 (Text p.55, 4.5 節)

○ n 進法 : $n (> 1)$ 個の記号で(一桁の)数を表現し、足りなくなった桁上げる

▷ 二進法 : 二個の記号 (0, 1) で数を表現 (計算機の基本)

▷ 十進法 : 十個の記号 (0 ~ 9) で数を表現 (人間の基本)

▷ 十六進法 : 十六の記号 (0 ~ 9, A ~ F) で数を表現 (二進法の 4 桁を纏めた)

○ 2進数と10進数の変換 (Text p.56, 4.6 節)

▷ 二進数 \Rightarrow 十進数 : 位の重みを足す

▷ 十進数 \Rightarrow 二進数 : 2 で割った余りを逆順に並べる

○ 丸め誤差 : 十進数の有限小数が、二進数の無限小数になる事がある \Rightarrow 切り捨て(丸め)がおきる

数の計算

□ 桁数の多い足し算 (Text p.58, 4.7 節)

- 一桁の足し算と桁上がりの処理ができれば、何桁の足し算でも計算できる

- ▶ ハーフ加算器/全加算器/加算器

□ 引き算 (Text p.58, 4.8 節)

- 補数 (逆数) を利用

- ▶ 引き算を、補数の計算と足し算で実現

- 1 の補数 : bit の on/off (0/1) を反転する

- 2 の補数 : 1 の補数に 1 を加えたもの

□ 掛け算・割り算 (Text p.59, 4.9 節)

- ビットシフト ($\times 2$, $\times (1/2)$) を利用して、繰返しで実現

□ 数学関数 (Text p.59, 4.10 節)

- テイラー展開により、(無限次元の)多項式の計算にで実現できる

- ▶ 打ち切り誤差 : 有限次元の多項式で近似

おしまい

ICT リテラシー (情報技術論) A

おしまい

講義内容の静止画・動画での撮影、及び SNS 等への転載を固く禁じます