

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秒当たり)：サンプリング数 × 量子化数
- ▷ 静止画像の情報量：横 × 縦 × 1dot当たりの色情報 (dpi : インチ当たりのdot数)
- ▷ 動画の情報量(1秒当たり)：静止画の情報量 × 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 / 弹道計算

▷ 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 (ディスクトップ/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 : 特定な目的のために、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) / 撃発性(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:輝発性/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) : システム起ち上げに利用(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、触れるとクラッシャー(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
 - ▷ トランク : ディスクの円周
 - ▷ セクタ : トラン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、通したり通さなかつたりする
- 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せる事により、複数 bit の数の加算が可能になる

基數

□ 基數 (Text p.55, 4.5 節)

- n 進法 : $n (> 1)$ 個の記号で(一桁の)数を表現し、足りなくなつた桁上げする

- ▷ 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 => 十進数 : 位の重みを足す

- ▷ 十進数 => 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 => 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 (*2, *(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)多項式の計算にて実現できる
 - ▷ 打切り誤差 : 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