

仙台市/仙台市産業振興事業団  
 ロボット博士の基礎からのメカトロニクスセミナー  
 第2回

C02/Rev 1.0

# マイコンの初歩

仙台市地域連携フェロー  
 熊谷正朗  
 kumagai@tjcc.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部  
 ロボット開発工学研究室 **RDE**

## 今回の目的

- **マイコンの初歩**
  - テーマ1: コンピュータの動作の仕組み
    - ・演算と記憶
  - テーマ2: コンピュータの構造
    - ・CPU/MPUとメモリと入出力
    - ・パソコンとマイコン
  - テーマ3: 組込マイコン
    - ・用途と必要な機能
    - ・マイコンの選定, とっかかり

C02. マイコンの初歩 Page. 2 基礎からのメカトロニクスセミナー

## メカトロニクスなシステム (No 1より)

- **メカとコンピュータの情報ループ**  
 制御 = 計測 → 演算 → 操作

計測

操作

C02. マイコンの初歩 Page. 3 基礎からのメカトロニクスセミナー

## メカトロとコンピュータ

- **コンピュータ制御のためのコンピュータ**  
 なぜコンピュータ制御か?

- **簡単**だから
  - 1: 修正はソフトウェアのほうが簡単
  - 2: 回路では面倒な処理が簡単  
(足し算ですら回路だと部品が複数必要)
- **安い**から
  - 1: 安いコンピュータは数十円
  - 2: 部品削減

C02. マイコンの初歩 Page. 4 基礎からのメカトロニクスセミナー

## メカトロとコンピュータ

- **コンピュータ制御のためのコンピュータ**  
 パソコンでOK?

- たぶん、いいえ
  - 1: オースペック過ぎ
  - 2: 高コスト 大き過ぎ

- マイコンでOK?

- たぶん、はい

ただし、パソコンに比べて癖が多過ぎ  
 ※敢えて癖を付けてある(後ほど)

C02. マイコンの初歩 Page. 5 基礎からのメカトロニクスセミナー

## メカトロとコンピュータ

- **コンピュータ制御のためのコンピュータ**  
 メカトロニクスだけ?

- **いいえ**

メカトロニクス・ロボット +  
 世の中の電子機器、ほとんど全て

「制御」の対象はメカのみならず。  
 制御のみならず。

C02. マイコンの初歩 Page. 6 基礎からのメカトロニクスセミナー

## メカトロとコンピュータ

- **そもそもマイコンって?**

とりあえず、

- ・ **小さい**コンピュータ(マイクロコンピュータ)
- ・ **装置というより部品**
- ・ パソコンに比べて性能は低い
- ・ あまり電気を食わない(省電力)

程度と置いてください。

C02. マイコンの初歩 Page. 7 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 予備知識

- **コンピュータの扱うデータ**

- ★すべての基本は0と1、オフとオン  
 いわゆるデジタル → 第3回  
 回路の配線などの「状態」が2種類
- ★0と1を多数組み合わせる &  
 組み合わせを特定のルールで解釈する  
 → 「いろいろな情報」を表現する  
 いろいろ: 数値(整数、小数)、命令、文字、など

C02. マイコンの初歩 Page. 8 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 予備知識

### ○ 0と1の組み合わせ

0 (オフ) 1個の「0か1」  
1 (オン) → 2種類

0 0 2個の「0か1」の組み合わせ  
0 1 → 4種類  
1 0  
1 1

## 予備知識

### ○ 0と1の組み合わせ

4個の「0か1」の組み合わせ  
→ 16種類

何種類か?  
 $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^4 = 16$

※それぞれ2通り選べる

## 予備知識

### ○ ビット(bit) と バイト(byte)

8個 → 256種類  
(2を8回 =  $2^8$ )

コンピュータの基本単位:  
この1個の「0か1」が「ビット」。  
「0か1」8個の組みが「バイト」。  
※1バイト = 8ビット

## 予備知識

### ○ ビット数と表せる情報の種類数

8ビット = 256種類

16ビット = 65536種類

32ビット = 4294967296種類  
= 約43億種類

64ビット = 約1845京種類

## 予備知識

### ○ コンピュータにおける 0/1 の解釈例

#### ★数値

整数値 (正のみ、正負、いわゆる2進数)

例 8bitで0~255, -128~127

小数値 (浮動小数)

例 32bit (単精度) 64bit (倍精度)

#### ★命令/プログラム

例 0000 加算命令、0001 減算 ...

#### ★オンオフの組み合わせ (そのまま)

## テーマ1: コンピュータの動作の仕組み

### ○ 概要

#### ★コンピュータの動作の仕組み

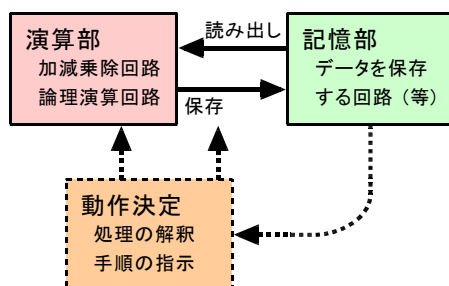
- ・演算部と記憶部

#### ★処理の実行

- ・命令の取り込みと処理
- ・移動、演算、分岐、呼び出し
- ・条件判断

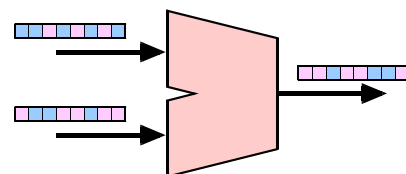
## コンピュータのしくみ

### ○ 演算部と記憶部



## コンピュータのしくみ

### ○ 演算部



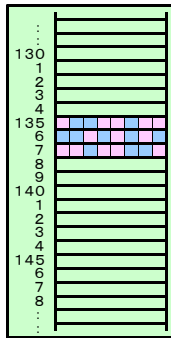
何らかのルールで入力を加工して出力

ルール: 入力を特定種類の数値と解釈

→ 加減乗除など → 数値に該当する 0/1群

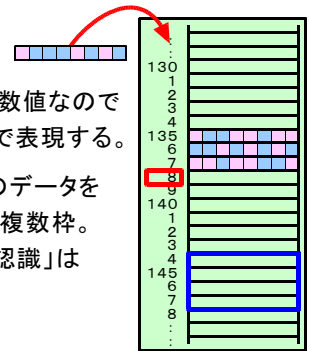
## コンピュータのしくみ

- 記憶部
  - ★1バイト単位の保管箱群
  - ★1カ所ごとに番地がある  
番地=アドレス  
一般に通し番号
  - ★番地を指定して  
データを取得する場所  
データを記憶させる場所  
を特定する



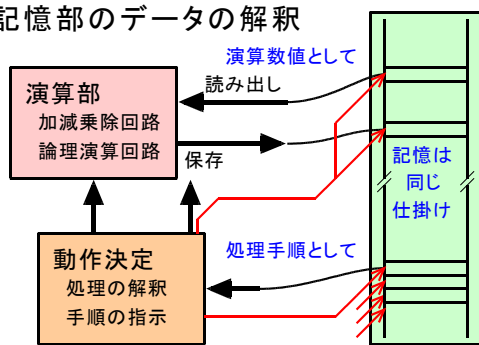
## コンピュータのしくみ

- 記憶部
  - ★補足
    - ・アドレス=整数値なので  
必要なビットで表現する。
    - ・16bit, 32bitのデータを入  
れるときは複数枠。  
ただし「枠の認識」は  
利用者側。



## コンピュータのしくみ

- 記憶部のデータの解釈

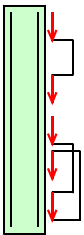


## コンピュータの動作

- 命令の実行
  - 1: 次に実行する命令を記憶から取得  
※どのアドレスかを示す値があって、順に増加  
※取得されるものは、あくまで01のかたまり
  - 2: 命令を解釈して、実行する  
※解釈法はものによる  
→その方法に応じて01を並べてプログラムする
    - ・演算 (+入力と出力の指定)
    - ・記憶を別の記憶場所へコピー
    - ・「次の命令の場所」を変える (ジャンプ、呼出)

## コンピュータの動作

- 命令の実行
  - 1: 次に実行する命令を記憶から取得
  - 2: 命令を解釈して、実行する
    - ・「次の命令の場所」を変える (ジャンプ、呼出)
      - ・通常は順番にアドレスが増える
      - ・ジャンプ(分岐、ブランチ)  
命令の取得場所を変える
      - ・呼び出し(コール)  
一度変えた後、戻ってくる



## コンピュータの動作

- 条件判断
  - 「もし~なら Aの処理」の仕組み
  - ★直前の演算の結果の単純な判断
    - 判断1: 直前の演算の結果がゼロ
    - 判断2: 直前の演算で繰り下がり発生
  - およびこれらの組み合わせ  
ならば分岐する、等

## コンピュータの動作

- 条件判断
  - 判断1: 直前の演算の結果がゼロ
  - 判断2: 直前の演算で繰り下がり発生
- 例: 二つの値で、 $A-B$ を計算する (結果は廃棄)
  - 結果がゼロ →  $A=B$ だった(等しい)
  - 繰り下がり →  $A < B$ だった
  - どちらでもない →  $A > B$ だった

※ほぼこの形式、ただし実際には繰り上がりが使われる

## コンピュータの動作

- 動作の例: 動作の繰り返し
  - 1: 記憶場所Aに10を入れる
  - 2: 目的の処理をする
  - 3: Aの値を取り出して、1を引いて、結果をAの場所に返す
  - 4: 直前の結果がゼロでなければ、2にジャンプ
  - 5: 次の処理 (4で2に行かなければ自然にここに)

## テーマ2:コンピュータの構造

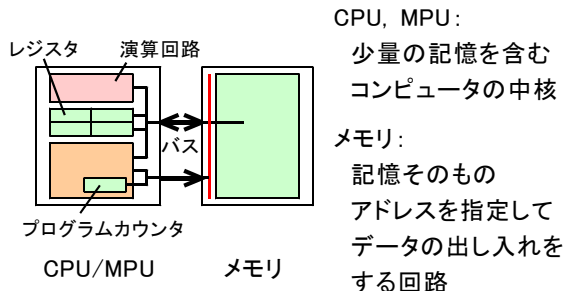
### ○ 概要

- ★CPU、MPUとメモリ  
演算部と記憶部の実際
- ★演算と記憶と入出力  
計算以外のための仕掛け
- ★パソコンとマイコン  
パソコン、マイコン、組込マイコン

## コンピュータの構造

演算部
記憶部
管理

### ○ CPU, MPU と メモリ



## コンピュータの構造

### ○ 用語

- CPU: Central processing unit
  - MPU: Micro processing unit
  - レジスタ: 頻繁に使う値、途中経過などを置く小規模の記憶回路(類:電卓の表示、そろばん)。
  - プログラムカウンタ: 「次の命令」のアドレス用。
  - メモリ: 記憶部の概念と同一の回路。
  - バス: 信号線の束。1対1ではなく多数で共有する。  
アドレスバス: アドレスを指示する  
データバス: CPU内外のデータのやりとりを使う
- ※レジスタ幅、バス幅が「CPUのビット数」の根拠

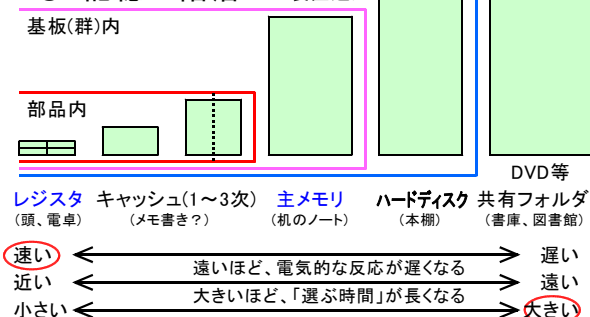
## 記憶部の雑学

### ○ メモリの種類

- ・ RAM Random Access Memory  
ほぼ瞬時に好きなところを読み書き可
- ・ ROM Read Only Memory  
(通常は)書けず、読むだけのメモリ  
プログラムや固定データの記憶用
- ・ PROM (Programmable) EPROM(Erasable PROM)  
EEPROM(Electrically EPROM) 変更可能ROM
- ・ フラッシュメモリ 消去法に特徴のあるEEPROM

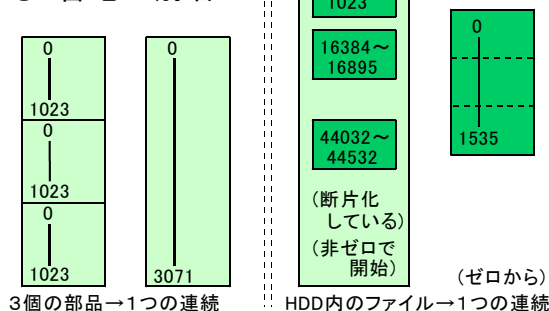
## 記憶部の雑学

### ○ 記憶の階層



## 記憶部の雑学

### ○ 番地の別名



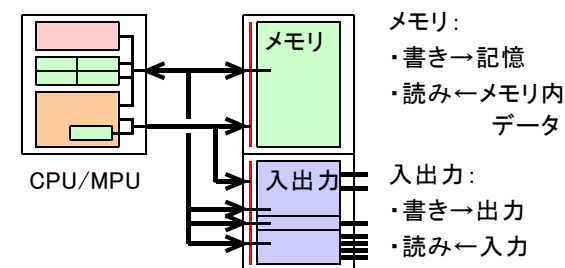
## コンピュータの構造

### ○ 入出力部

- ★CPUとメモリだけでは、役立たず  
データの入力も、結果の出力もできない
- ★入出力用の機能が必要
  - ・ キーボードやマウスなどの入力  
※いまはまとめてUSBに
  - ・ ディスプレイやプリンタなどの出力
  - ・ ハードディスクなどの接続
  - ・ ネットワーク通信

## 入出力機能

### ○ 入出力の方法=メモリの置き換え



## 入出力機能

### ○ 入出力機能の実現＝メモリの置き換え

★なにか0/1を渡し、受け取れば、あとは  
入出力回路が好きなように加工する  
＝データの受け渡し方法

★CPUはアドレスを指定して読み書き動作をしたときに、**同じ電氣的動作**をすれば、  
なにがつながってても気にしない  
→どのアドレスがなんの機能かは  
開発者が管轄すること。

## 入出力機能

### ○ 入出力の例：

#### ★デジタル出力回路

・あるアドレスに0/1のパターンを書き込むと  
LEDが光ったりブザーが鳴る。

#### ★画面表示モニタ用回路

・あるアドレスに数値を書き込むと、  
その数値に応じて画面に光点がでる。  
・別のアドレスに数値を書き込むと、  
直線のデータを自動的に作ってくれる。

## パソコンとマイコン

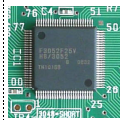
### ○ おおざっぱな区別

#### ★パソコン Personal Computer, PC

・一般に**汎用性重視**で**大型**。  
・CPUとメモリと入出力回路用の部品で構成。  
・装置、箱（、基板）

#### ★マイコン Micro Computer, Micro Controller, MCU

・一般に**目的重視**で**小型**、省電力指向。  
・組込マイコン / 汎用マイコン



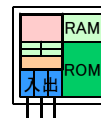
一熊研標準

※「自称」で区別という説もあり

## パソコンとマイコン

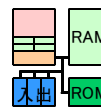
### ○ おおざっぱな区別（区分はそこそこ曖昧）

#### ★組込マイコン



・一つの集積回路(LSI)に、CPU、メモリ、  
特定の入出力回路を**全部入れた部品**。  
1個で目的を達成することが前提。

#### ★汎用マイコン



・パソコンと似た**複数部品構成**のCPU部分。  
・パソコンほどのパワーは不要ながら、  
ある程度汎用な設計にしたい場合など用。

## テーマ3：組込マイコン

### ○ 概要

★組込マイコンの用途、実例

★組込マイコンに求められる機能  
入出力の種類

★組込マイコンの選定

★組込マイコンとOS

★とりあえず触ってみたい、という場合は？

## 組込マイコン？

### ○ そもそも、組込(くみこみ)とは？

★何らかの装置に**組み込まれて**、その**機能**を  
担うような コンピュータ / ソフトウェア



・組込マイコン＝**機能部品**としてのマイコン  
・組込パソコン＝制御装置化したパソコン  
・組込ソフト＝そういう環境でのソフト

※広い意味での組込ソフトには、携帯電話でのアプリも  
含まれるが、「ハードがらみに限る」という見解もあり、  
要注意。

## 組込マイコンの用途

### ○ ハードに密着した、なにか

#### ★装置の**中央制御部品**として

家電

小型ロボット (大型はPC内蔵のこともあり)

シーケンサ (動作を担う部分)

プリンタ (受信、描画、機械制御)

ネットワークカメラ (画像処理、通信)

携帯電話 (汎用性重視＋特有機能)

## 組込マイコンの用途

### ○ ハードに密着した、なにか

#### ★別のコンピュータの**下請け**として

例：

操作パネルだけを担当するマイコン

モータ制御を担当するマイコン

(モータ制御器としてみたら中央制御係)

#### ★高度な信号の**やりとり**解釈用

例：

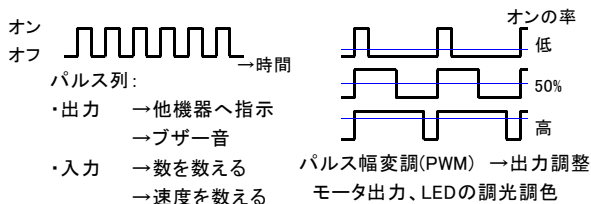
USBマウス、キーボード内蔵マイコン

## 組込マイコンの用途

- 機能部品としての、なにか
  - ★コンピュータを意識させない部品だけど  
実は入っている場合  
ありそうな例：テレビのリモコン用IC  
※学習リモコンはマイコン製品
  - ★デジタル回路の部品として  
回路を設計するよりプログラムで  
作った方が楽な場合

## 実務に必要な機能

- ハードとの入出力
  - ★デジタルな入出力
    - ・ただのオンオフ (LEDの点灯、スイッチの検知)
    - ・タイミングの重要なオンオフ変化



## 実務に必要な機能

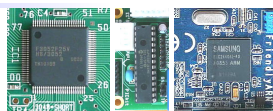
- ハードとの入出力
  - ★アナログ電圧の入力
    - ・センサからの信号の入力
  - ★アナログ電圧の出力
    - ・スピーカーからの音再生、出力調整  
→ 今は廃れつつある、デジタル(PWM)で代用  
※回路構成上、アナログは効率が悪いため

## 実務に必要な機能

- ハード以外を指向した機能
  - ★通信機能
    - ・シリアルポート(調歩同期通信)、USB
    - ・I<sup>2</sup>C(センサ等)、CAN(車内ネット等)、Ethernet
  - ★マイコン自身の電源管理
    - 休眠省電力と外部入力での復帰など
  - ★特殊入出力
    - ・メモ리카ード(SDカードなど)の読み書き
    - ・液晶ディスプレイ(表示機能)

## 組込マイコンの種類

- 種類が膨大
    - ★ラインナップ  
メーカーごとに互換性無し、複数の方向性
    - ★メモリ内蔵  
メモリ(RAM/ROM)の大きさで選択肢
    - ★周辺回路内蔵  
回路機能の有無、個数で選択肢
- ※用途のはっきりした品種もある  
例：携帯電話用、モータ制御用



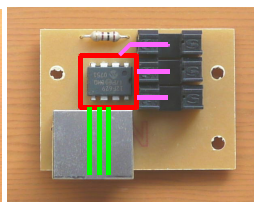
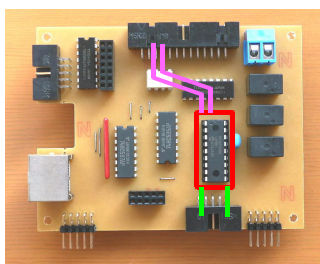
## 組込マイコンの種類

例: Renesas SHシリーズ

Part No.	ROM	RAM	A/D コンバータ 分解能 × チャネル	32ビット タイマ	シリアル インタフェース クロック同期 非同期兼用
<input type="checkbox"/> R8A77240D500BG	-	16K	10ビット × 4	6(TMU) 1(CMT)	3(SCIF × 3) 3(SCIFA × 3)
<input type="checkbox"/> R8A77240B500BB	-	16K	10ビット × 4	6(TMU) 1(CMT)	3(SCIF × 3) 3(SCIFA × 3)
<input type="checkbox"/> R8A77660HBG	-	(8K + 16K) × 2	-	12(TMU)	6(max)
<input type="checkbox"/> R8A77660NBG	-	(8K + 16K) × 2	-	12(TMU)	6(max)
<input type="checkbox"/> R8A77650BADBG	8K(高速) + 16K(高速) + 128K(中速)	-	-	6(TMU)	6(Max)
<input type="checkbox"/> R8A77650BANBG	8K(高速) + 16K(高速) + 128K(中速)	-	-	6(TMU)	6(Max)

## 組込マイコンの種類

熊谷研の実例



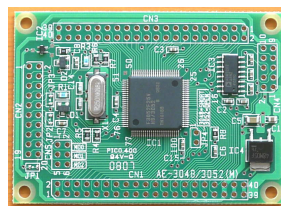
3個の光センサの判断と状況出力

モータ信号のカウント用

いずれもMicrochip社製PICマイコン: デジタル部品として

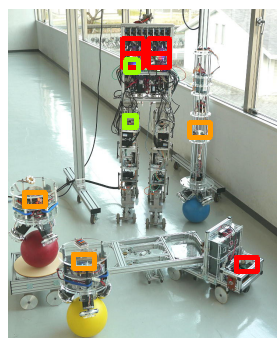
## 組込マイコンの種類

熊谷研の実例



基板搭載済みマイコン

- ロボットの中央制御
- ロボットの現場制御
- ※さっきの回路



Renesas H8/3052, 秋月電子 AKI H8/3052ボード

## 組込マイコンの種類

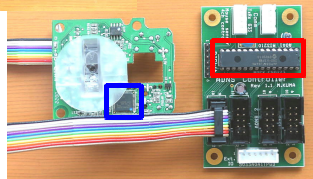
熊谷研の実例



マウスのセンサを流用する回路

### 3相ベクトルインバータ

PWM x6  
アナログ入力 x6



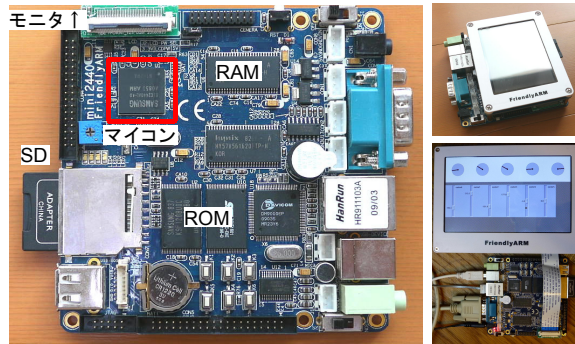
Microchip製dsPICマイコン: モータ制御用

C02. マイコンの初歩

Page. 49 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンの種類

熊谷研の実例



携帯電話用ARMマイコン+Linux, Friendly ARM製

C02. マイコンの初歩

Page. 50 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンの選定

### ○ 量産目的で無ければ

#### ★性能

十分な処理能力、速度、メモリの大きさ、必要な入出力

#### ★入手性

1個単位で変えるかどうか(ネット通販など)  
※組込マイコンは品種が多い一方で、「実は1000個単位発注」というケースが多い。あくまで、量産品への組込が前提。

C02. マイコンの初歩

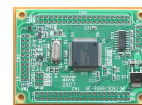
Page. 51 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンの選定

### ○ 量産目的で無ければ

#### ★開発のしやすさ

- ・基板で売られているかどうか？  
マイコン基板、マイコンユニット、評価基板
- ・開発に特殊なものは必要か？  
開発ソフト(有償、無償、対応OS)  
マイコンへのプログラム書き込み手段  
(専用回路、専用装置、専用ソフト)  
※最近特殊なものは不要 or 安価



C02. マイコンの初歩

Page. 52 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンの選定

### ○ 量産目的で無ければ

#### ★開発のしやすさ

- ・基板で売られているかどうか？
- ・開発に特殊なものは必要か？
- ・世の中/周囲でよく使われているか？  
= 解説の多さ、聞ける場所  
※マニュアルを見るだけで、短時間で理解することは容易ではない。

C02. マイコンの初歩

Page. 53 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンの選定

### ○ 量産目的なら (数千個~)

#### ★コスト

ただし装置全体を見たトータルコスト

- ・ぎりぎりの処理力
- ・ぎりぎりのメモリ
- ・ぎりぎりの入出力 (注: 削りすぎると逆効果)

#### ★開発の容易さ

- ・同じシリーズの上位に開発しやすい品種があること(試作は前述と同じ)。

C02. マイコンの初歩

Page. 54 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンとOS (オペレーティングシステム)

### ○ マイコンにOSを搭載する意義

#### ★能力の分配、複数処理の同時実行

- ・時分割でCPUを複数プログラムに分配。
- ・メモリの管理(割り当て、回収)

#### ★デバイスドライバを介した入出力の簡素化

- ・違うハードをプログラムに同じように見せる  
例: Linuxで開発したネット通信プログラムは、PCとLinux搭載マイコンで、同じ書き方で動作する。

C02. マイコンの初歩

Page. 55 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンとOS

### ○ マイコンとOS選定

- 1: 無理にOSを搭載する必要はない
  - ・OSを使うと、OS分だけ余分にマイコンが働く=メモリや演算力を取られる。
  - ・OS無しで限界性能を引き出せる。
- 2: 高機能なマイコンで、OSとドライバがあるなら、OSを使った方がずっと楽。
  - ・自分で全てを用意することは困難。

C02. マイコンの初歩

Page. 56 基礎からのメカトロニクスセミナー

## 組込マイコンとOS

### ○ マイコンとOS選定

- 3: 小さいマイコンでも、簡易的なOSを導入すると、**機能のライブラリ**として開発が簡単になることがある。  
(特に通信、表示機能など)

※Linuxが使えるから、Androidが使えるから、と**OS目当てでのマイコン選定**もあり。

## マイコンをとりあえず触ってみたい

### ○ 回路設計経験はあるけど**ソフト未経験**

- ・マイコン開発を始めるという点では、回路設計はあまり役立たない。  
(量産設計などの時には非常に心強い)



- ・初心者向け: **Arduino系**(\*)
- ・誰でもできる系: **H8/3052**(※), **PIC系**
- ・解説本、WEBサイトなどでお試し

\* いま巷でかなり話題 (熊谷は未経験)  
※秋月電子 AKI-H8/3052基板

## マイコンをとりあえず触ってみたい

### ○ ソフト開発経験あるけど**回路不慣れ**



- ・動くマイコンさえあれば、大きく変わらず。
- ・入門向けマイコン基板(Arduino, 秋月H8)などを買ってきて、とりあえずソフトを書いてみる。



- ・Linux, Android搭載の**32bitマイコン**(ARM系など)を買ってきて、「Linux PC / Linuxサーバの小さいの」と思って触ってみる。

## まとめ

- ★ コンピュータの動作の仕組み
  - ・演算と記憶
- ★ コンピュータの構造
  - ・CPU と メモリ と 入出力回路
- ★ 組込マイコン
  - ・マイコン=小さいコンピュータ
  - ・組込=装置の一部品として機能する
  - ・パソコンと異なり、様々な入出力機能やメモリなどを1個の部品に内蔵している。
  - ・規模も機能も多種多様。

## 参考情報

ロボット博士の基礎からのメカトロニクスセミナー  
今後の予定:

3月: デジタルの基礎

4月: アナログ信号の基礎

5月: アナログ信号のコンピュータへの取り込み

## 参考情報

ロボット開発工学研究室  
<http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp/rde/>

→ 講義情報

- ・「メカトロニクスI, II」  
主にメカトロに必要電子回路系基礎
- ・「ロボット基礎」  
ロボットとされるものに関する基礎理論
- ・「ロボット開発工学」(まだ工事中)  
メカトロニクス総合

## CPU の構造の例 (Intel Core2Duo, Intelサイトより)

<http://www.intel.com/pressroom/kits/core2duo/>

一般に基盤の目状に整然と並んでいるところは記憶。こちやこちやの所は演算や動作制御部。  
左半分はキャッシュ。

