

フォン・ノイマン型コンピュータ における命令実行の仕組み

50年間変わらないコンピュータの動作原理に興味を抱く方へ

東京農工大学工学部

教授 中川 正樹

章構成

- 1 . フォン・ノイマン型コンピュータの構成
- 2 . コンピュータの命令体系の基本
—ED9900を例にして—
- 3 . ED9900 での簡単なプログラミング
- 4 . ソフトウェアが拡張する情報処理機械
- 5 . 計算機科学の歴史的成果と参考文献

第1章

フォン・ノイマン型コンピュータの構成

目次

- コンピュータの誕生
- 記憶装置（メモリー）の構成
- 数値の表現，命令の表現
- 命令実行のサイクル

電子コンピュータの誕生

1946 年 : ENIAC (世界発の電子コンピュータ)

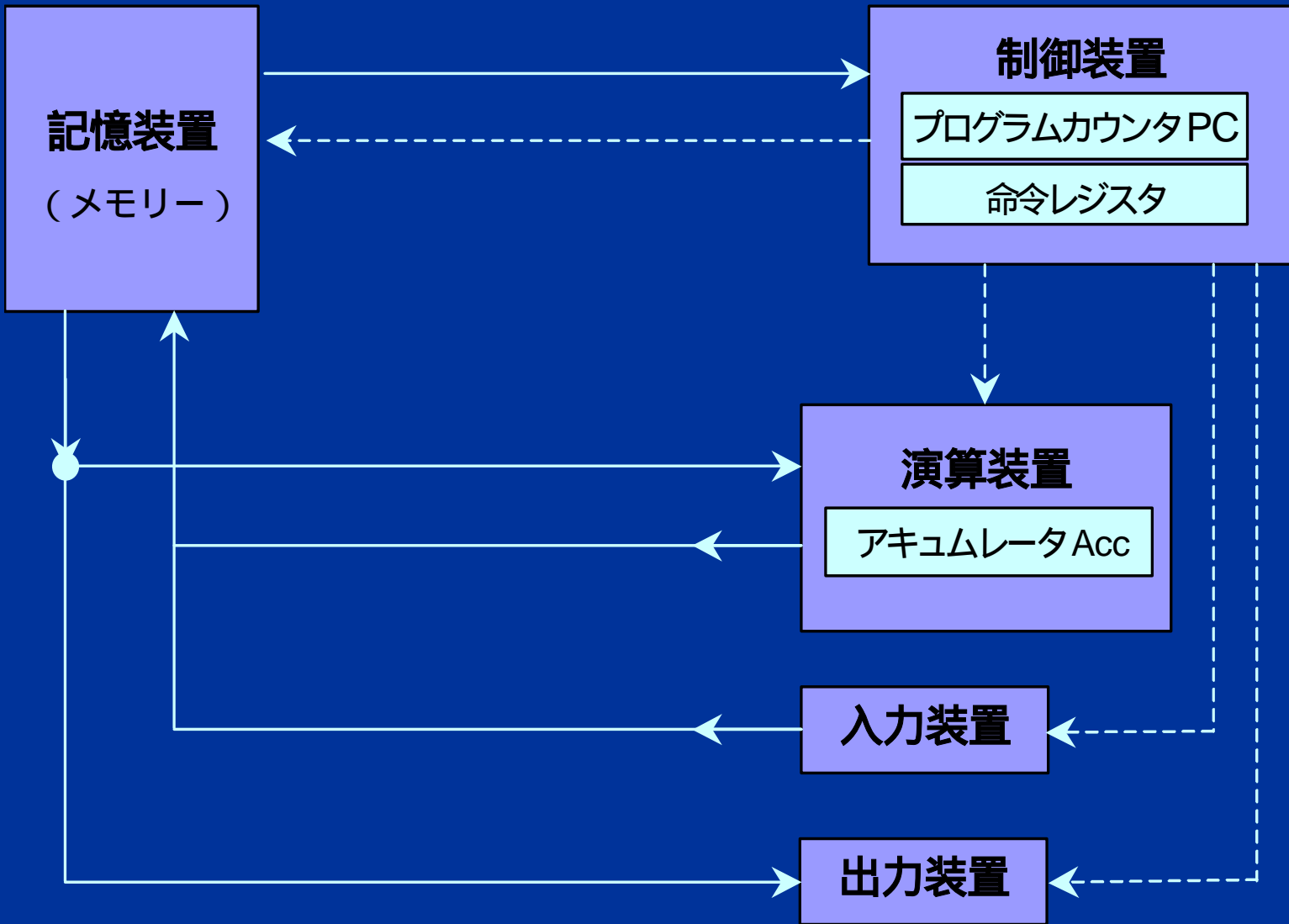
問題ごとに配線しなおす方式

フォン・ノイマン型コンピュータの提案
(プログラム内蔵型)

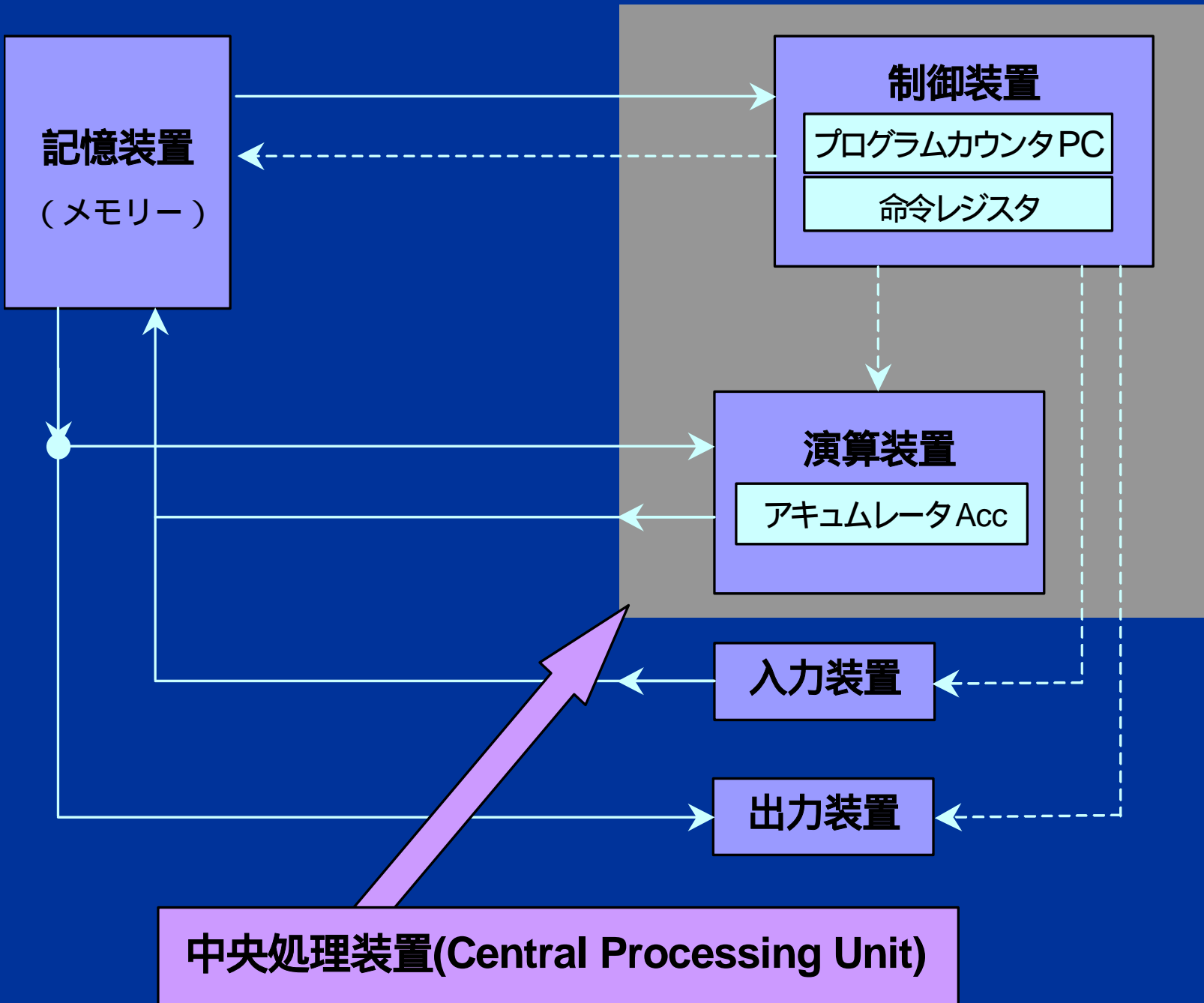
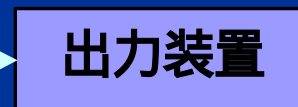
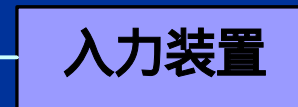
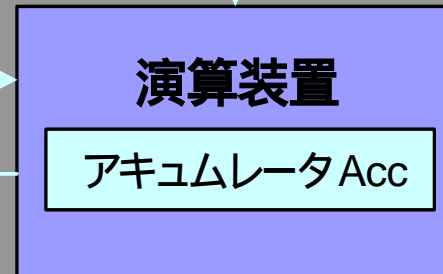
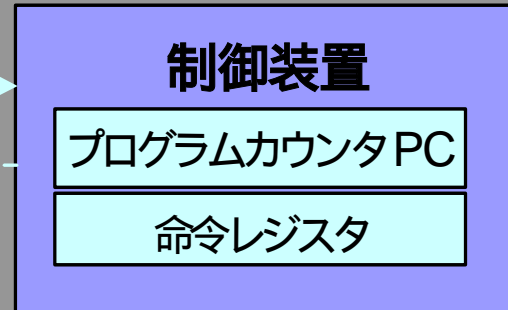
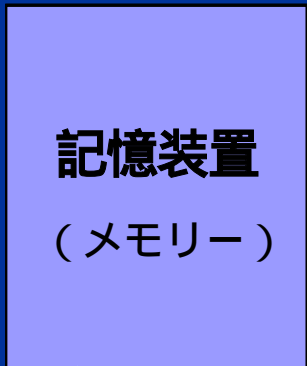
1949 年 : EDSAC

(世界発のフォン・ノイマン型コンピュータ)

ソフトウェアの原点



EDSACの構成



フォン・ノイマン型コンピュータを理解するには

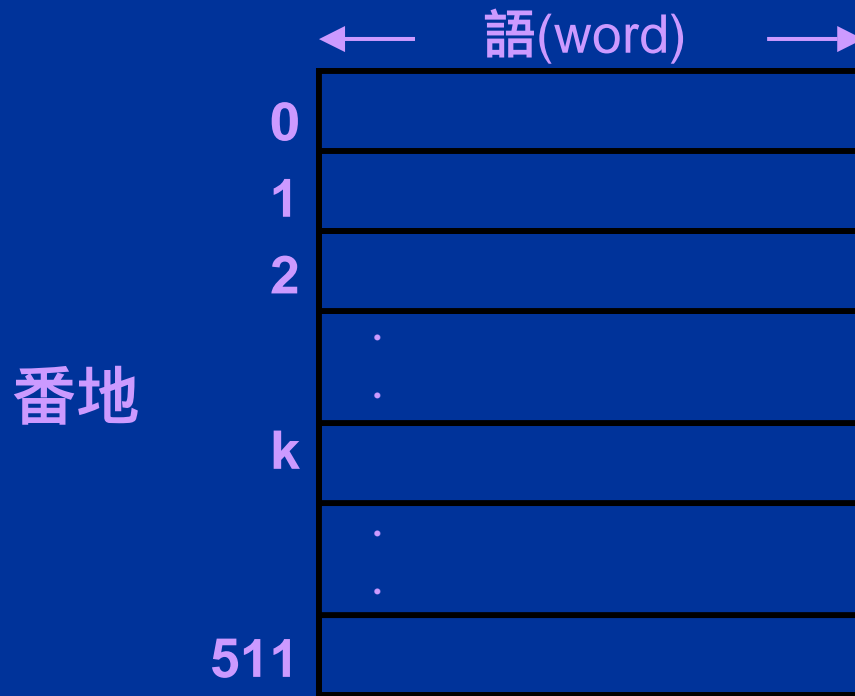
具体例：ED9900（<http://www.infostudio.ne.jp>で公開）

- 記憶装置の構成
- （演算）命令の種類と動作
中央処理装置内（制御装置 + 演算装置）のレジスタの動作
- 意味のある演算をするために命令をどう組み立てるか
（プログラミング）

レジスタ：CPU 内で値の更新が高速にできる記憶場所

命令：メモリー内のデータをレジスタと演算することを指示する

記憶装置（メモリー）の構成



語(word) : ビット (0または1) の列 例 : 0101,1001,0101,0000
(ED9900は , 1語 16 ビット)

初期 : 512 語 , 1024 語 10年で 1,000 倍 20 年で 1,000,000倍 .
なぜ , 512 , 1024か . 2進数で 2^8 , 2^{10} . 切りのいい数 .

数値の表現

ビット列 $X_{15} X_{14} \cdots X_1 X_0$ ($X_i = 0$ or 1) は,
 $X_{15} \cdot 2^{15} + X_{14} \cdot 2^{14} + \cdots + X_1 \cdot 2 + X_0$ を表現する

10進数

2進数

0 0000 0000 0000 0000

1 0000 0000 0000 0001

2 0000 0000 0000 0010

4 0000 0000 0000 0100

8 0000 0000 0000 1000

10 0000 0000 0000 1010

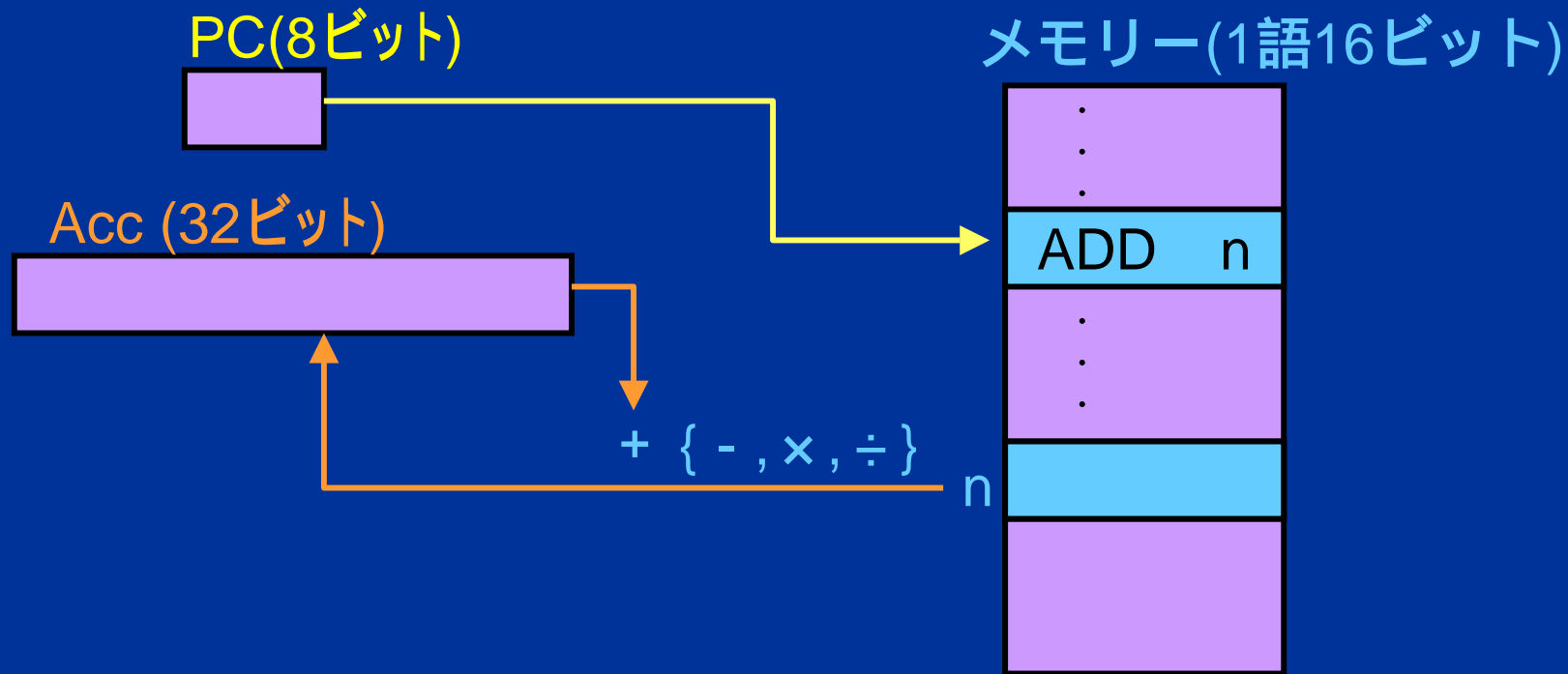
100 0000 0000 0110 0100

1000 0000 0011 1110 1000

...

命令とは

代表例：アキュムレータ Acc に対して，指定されたメモリー番地の内容を加えたり引いたり，掛けたり，割ったりするもの



アキュムレータAcc：保持している数値に演算をほどこして結果をまたそこに保持できるレジスタ

命令の表現

命令をメモリー内で数値と同じように表現する：プログラム内蔵方式

命令部

番地部



Xは0または1

命令の種類を指定

どの番地のデータと演算するかを指定

人間にとってビット列は覚えにくい（読みにくい）

名前付け

ED9900の命令例

00001000 XXXXXXXX LOAD n

00010000 XXXXXXXX LOADI n (nが番地部：10進表現)

命令セット

ED9900 (全15命令)

- メモリーとアキュムレータ間でデータをコピーする命令
- アキュムレータでシフトする命令 (2のべき乗演算)
- アキュムレータに対する四則演算
- 演算結果に応じて、指令された命令にジャンプする命令
- 入出力命令, 停止命令

EDSAC (全17命令)

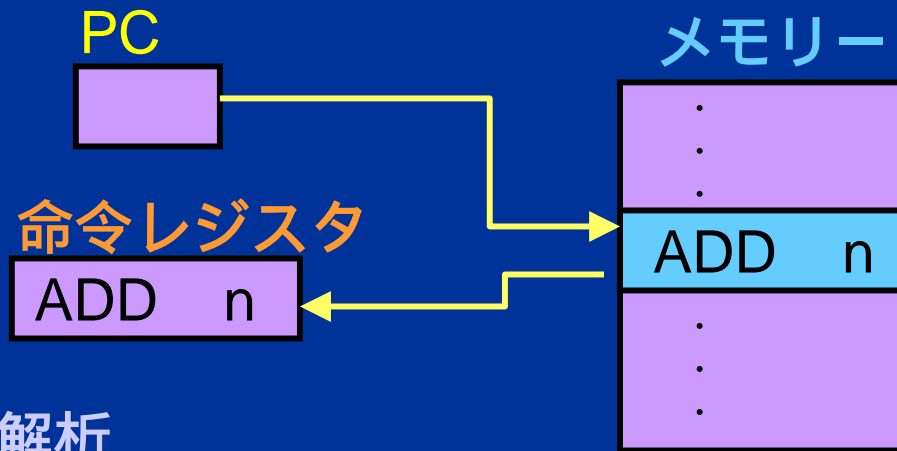
- 除算命令なし (論理回路が大がかり, ソフトウェアで実現可能)
コンピュータはハードウェアとしてすべてを提供しなくても,
プログラム (ソフトウェア) によって機能を付加できる。

現在のコンピュータ: 数百種類の命令

プログラムカウンタPCによる命令実行のサイクル

命令の取出し

プログラムカウンタの指すメモリ番地 命令レジスタ



命令の解析

命令の実行

PCに1加えて、 \uparrow

ただし、ジャンプ命令ならプログラムカウンタをその命令で指定された飛び先に更新。

まとめ

フォン・ノイマン型コンピュータとは

基本的に単純な命令を一語一語順番に実行する機械にすぎない

命令とデータにそれ自体としては区別がない。形式はいずれもビット列

- プログラムカウンタで指される語が命令
- 演算命令の番地部として指された語がデータ

命令の取出しが電子的に行われるので高速プログラムをデータと同じように加工可能

(詳しくは次章で)

演習課題

メモリーの語数が $512 = 2^8$ だと、その番地を指定するのは8ビットあれば良いことになります（プログラムカウンタが8ビットなのはそのためです）。逆に、8ビットある番地指定部をすべて使いきるためには、変に500語など（10進数できりの良い数）にするより、512語にしたほうが無駄がなくなります。コンピュータの語数が2のべき乗になるのは、語の中で番地も含め数値を2進表現しているからなのです。では、上にも呼べたように時代とともにメモリーが大きくなると、番地指定部分は大きくなります。どれぐらいのビット数になるのでしょうか。