

# IT 装置の動作原理表現システム

佐藤 匡正\*・白波瀬雅也\*・田中 博幸\*\*

\*総合理工学部 島根大学

\*\*鳥取県立米子高等学校

A System for Showing Inner Structures and Model Behaviors in IT Devices

Tadamasa SATOU\*, Masaya SHIRAHASE\* and Hiroyuki TANAKA\*\*

\**Department of Mathematics and Computer Science, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering Shimane University*

\*\**Tottori Prefectural Yonago Highschool*

## Abstract

It is the social request to enrich the education for Information Technology (IT) . As an education course for it, it is commonly gone into training for how to use word processors and/or Internet related software packages.

Orthodox education course, however, should be conducted even for IT, which would be based on principles as common in other subjects.

In IT area PC machines can be major that could be placed on the basis of IT. A system has been developed to show principles of PC machines for the education, by drawing internal structures hierarchically and animating model behaviors of each unit device in each hierarchical level.

## あ ら ま し

IT 教育の充実は社会的な要請である。現状では、PC 機上の文章処理用やインターネット関連のソフトウェア機能を活用するための技能教育が主体である。

しかし、本来は、他の学問と同様に背景の原理や考え方を教授するのが正統である。IT 教育では、その基幹を成す PC 機の構成と動作原理を教えるのが望まれる。この考え方に則って教育用に PC 機の動作原理を表現する方法を考案した。

この方法は、表示装置上に PC 機の構成を階層構造で段階的に、詳細化して示し、各装置ごとにその動きを表現するものである。ここではこの実現方法について述べる。

## 1. 序

情報処理技術 (IT 技術) の普及を進めるよう平成十三年度から、中高校の授業科目として、情報が新設・必修化されている。これまで、大学の教養科目として、「情報」に関する講義および演習が行われて来た教育内容がいずれは中高校の授業として移行するため、大学における「情報」の講義・演習の内容について変革せねばならぬ状況が予想される。

大学では、これまで「情報」としての演習を中心として、PC 機 (personal computer) 上

のソフトウェア操作方法の修得が一般的であった(技能教育)。これは、社会の要求する実践技術の修得と歩調が合い、それなりの効果を上げている。

しかし、大学の情報教育として、技能教育だけでは不十分である。技能教育は、促成教育としての効果はあるが、技術の理解が不足するため、とかく応用が利かないことが危惧される。昨今のIT技術の激しい変化において、習得した技能の陳腐化は避けられず、すぐに新たな学習が必要となる。

そのひとつの観点として、他の学問分野と同様にものや考え方の背景にあるしくみや原理を教育することが考えられる。この考えに添って、IT装置の主要機器であるPC機について、構成の原理を表示し、その動作を可視化するシステムを試作してみたので報告する。

## 2. 理解の脚本

### 2.1 問題分析

計算機(PC機)は様々な構成要素から成る複雑な系(system)である。これを理解する上での問題点は次の三項目に整理できる。

#### (1) 多種多様な専門知識

主として、計算機工学、電子工学、システム工学を基本とした多種多様な知識が必要となる。こうした知識は、情報を専門としない学習者にとっては馴染みがない上に、珍妙な略号で表され、体系化されていない取り決めの類が多く、理解するのに苦しみが伴う。特に、多量な暗号的略号やカナ表現の記憶が要求されることおよび、事項に軽重の区別が付き難いことが学習上の難点である。このため、余儀なく「暗記学習」となっている。

#### (2) 原理の記述不足

系の構成や動作原理についての解説書は十分とは言えない\*)。入門書の記述は装置の構成よりも機能の説明に止まり、原理の記述は不十分である。一方、専門書では膨大な知識を前提とした記述、もしくは特定機種 of 具体的な事項の記述であり、専門家以外には難解である。

#### (3) 構成装置連携の記述不足

装置の構成として、F/F(フリップ・フロップ)回路やレジスタなど構成装置や回路個々についての原理は記述されることもあるが、装置の組み立てた系としてのつながりや装置間の連携動作については不明である。

### 2.2 解決策の考え方

上の問題点を解消する方法として次の方策を考える。

#### 1: 動作脚本に添った動作記述

複雑な機械の動作原理を示す方法として、この機械のひとつの外部機能に着目して、この機能が内部でどのように実現されているかを示すことが考えられる。

---

\*) 英語では例えば、文献2がある。

この外部機能および関係する内部装置の動きを「動作脚本 (behavior scenario)」ということにする。

この動作脚本としては簡単な動作であることが望ましく、例えば、鍵盤の打鍵による文字表示やブートストラッピング (bootstrapping) といった事項が考えられる。

### 2: 装置の詳細化階層

機械は装置 (device) の結びつきで構成され、その装置がさらに、装置の結びつきで構成されている。そこで装置の表現として、装置ごとに構成の層を設け、段階化・詳細化してその構成を示す。最上位はブロック図によって全体を表わし、構成要素のブロックの詳細を個別に次位層のブロック図で示す。こうして詳細化の水準を深めて行き、論理回路に至り、最終的には素子・トランジスタの水準に到達させる。

### 3: 動作の可視化

装置ごとにブロック図中での動作を図に動きを与えて表現する。動きを与えることによってブロック間の間合せや実行順序、やり取りなどを表現する。

上の解決策と問題点の対応を図1に整理する。図から上の方策が有効であると言える。

## 2.3 表現すべき事項

### (1) 動作脚本

動作脚本は、まず書物として著す。これには糸の基本動作に関する構成装置である鍵盤、本体装置、表示装置、また本体装置として、CPU 装置および内部記憶 (MEM) 装置全てについての動作を与える装置に関する脚本が必要となる。

### (2) 表現の実現方法

装置図に動きを与えるための表現方法が問題である。この方法として、①科学映画で用いられるような完全動画による、②動画用ソフトウェアの適用による、③別な方法の考案によ

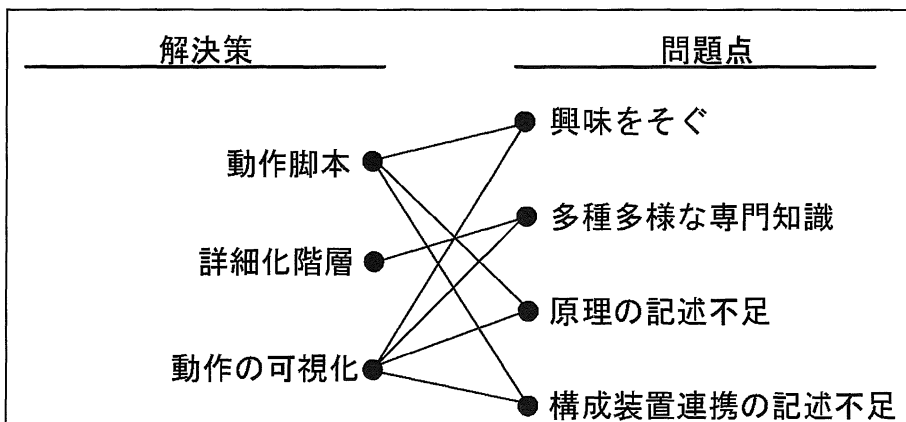


図1 解決策と問題点の対応

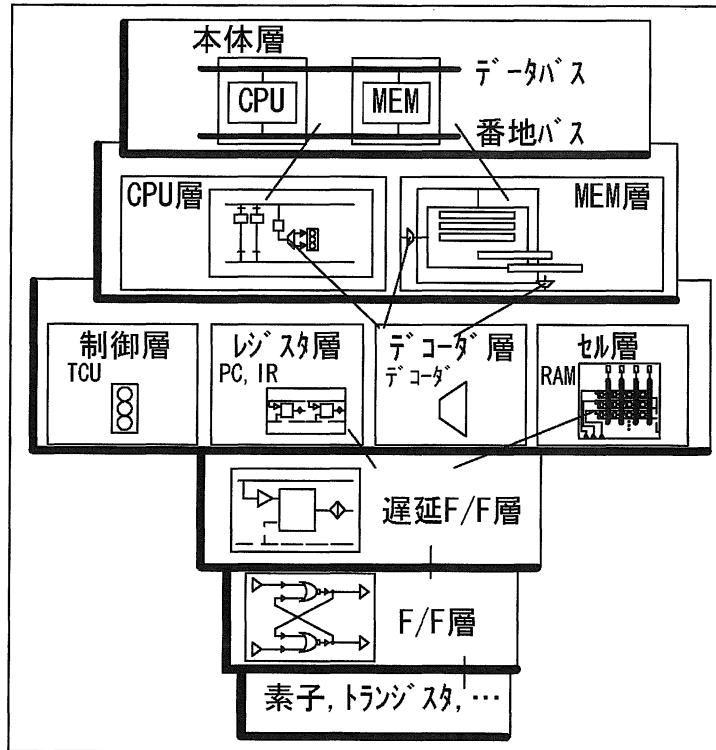


図2 ブロックの階層図のあらまし

るといった対案が考えられる。

①は費用と開発期間の点で実現性に問題がある。②は実現性は高いが、描画や動きに制約があるなどの難点をもつ。③は、プログラム言語の適用が考えられ、自由度の高い点からここでは③案を選択する。

### (3) ブロック図

ブロック図から論理回路、素子までの装置に対応した多様な図を表現する。表現すべきブロック階層の概念を図2に示す。

### (4) 動きの表現

操作の動きは外部からは見えない。そこで、結線を伝って信号の流れによって象徴することを考える。つまり、信号を円板で表わし、これをブロック図中で移動させる。また、信号によってブロックの状態が変化するので、これを色付けによって表現する。

つまり、静止画として表現したブロック図中の連結線上を、信号を表す小円板を移動させることによって動作を表す。合わせて色を変化させて、ブロックの状態変化を表わす。

### (5) 階層

装置に応じて、また指定によってその装置の任意階層のブロック図を表示する。層間移動は、上位下位の双方向を可能とする。

## 3. 試作方法

### 3.1 開発方式

動画脚本全体を試作対象とするのが理想的であるが、実現方法が十分に見通せないので、螺旋型開発方式 (spiral lifecycle model) によって開発を進める。この場合、不明項目の仕様検討法が重要である。ここでは「動きの仕様」がこれに該当する。この仕様検討法として、発表用ソフトウェアの動画機能 (アニメーション) を活用する。

まず、このソフトウェアを用いて、ある装置の動作原理を発表原稿として作成する。次に、発表原稿を表示させて、効果および、実現性について採否の判断も含めて検討を加える。こうして、仕様を確定させる。確定した仕様を今度は、手続き型言語によって開発する。開発の順序は上位層から降下式に行う。

最上位層についての開発を終えたならば、次位層のブロック図を設計する。この動きについて、必要なら動画機能を用いて仕様を確定させ開発する。このように段階的に動きを与えるプログラムを作成する。

### 3.2 動きのあらまし

ここで実現する動きは、実現の容易さと動きの特性を表せるよう CPU 装置と MEM 装置の動きの連携に絞る。このため、動作脚本を部分化し、次の二つの部分動作脚本を用意する。

#### (1) 部分動作脚本

- ① レジスタ間のデータ転送命令の解釈実行
- ② メモリ・データのレジスタへのロード

①は、CPU 装置自体の動作に着目したものである。②は、番地レジスタ (AR) を介した MEM 装置との連携の動作に着目する。①について、CPU および MEM 内の装置間、および CPU-MEM 装置間で連携する様子を、図 3 に示す。

図 3 の実際の動きを図 4 の本体装置のブロック図によって表現する。図で、CPU 装置には、バス線、レジスタ類と DCR, TCU 装置および門 (gate) を配置している。一方、MEM 装置には、DCR と記憶セルの組を配する。

図 4 の結線上を信号に模した円板が移動することによって動作を示す。この動作は図 3 で示す規定に添って示される。CPU 装置から MEM 装置へと移ると、信号円板は、番地バスを通り、DCR 装置を通して指定された記憶セル (00番地) につながり、このセルが「指定された状態」に変化するので赤色化させる。このセルのもつ値を示す円板が動き、読み取られたことを表す。円板はデータ・バスを移動し、CPU 装置の IR レジスタに移ってゆく。

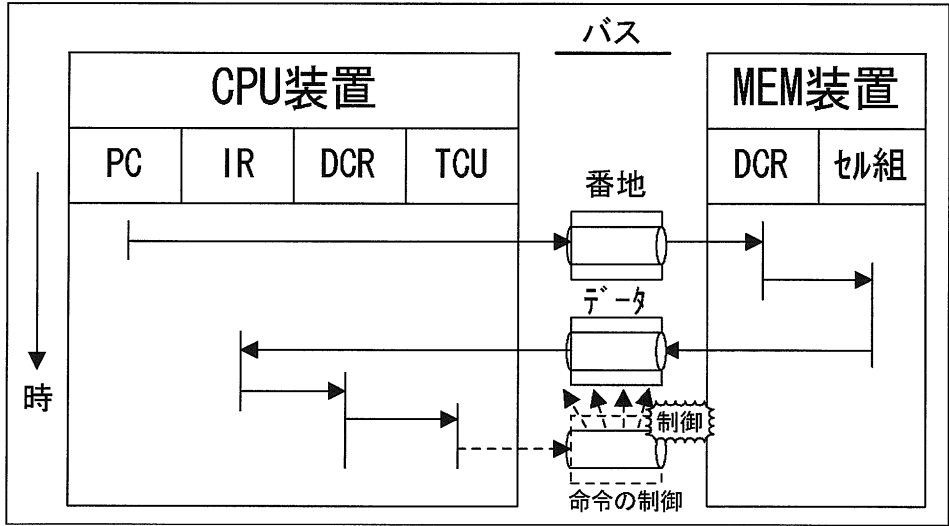


図3 装置内ブロックの連携

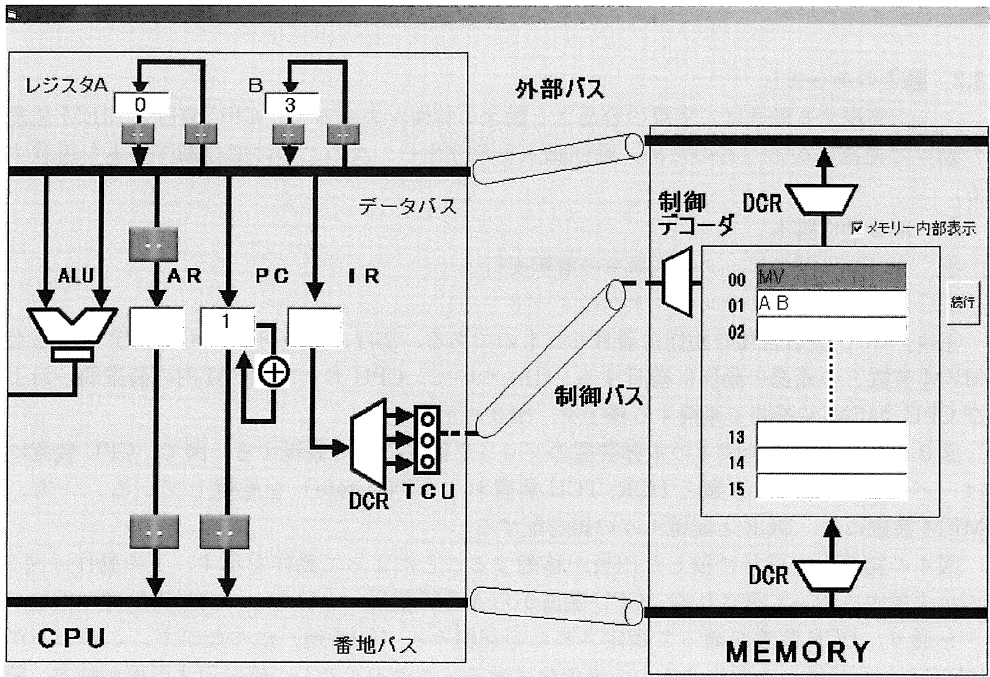


図4 本装置のブロック図

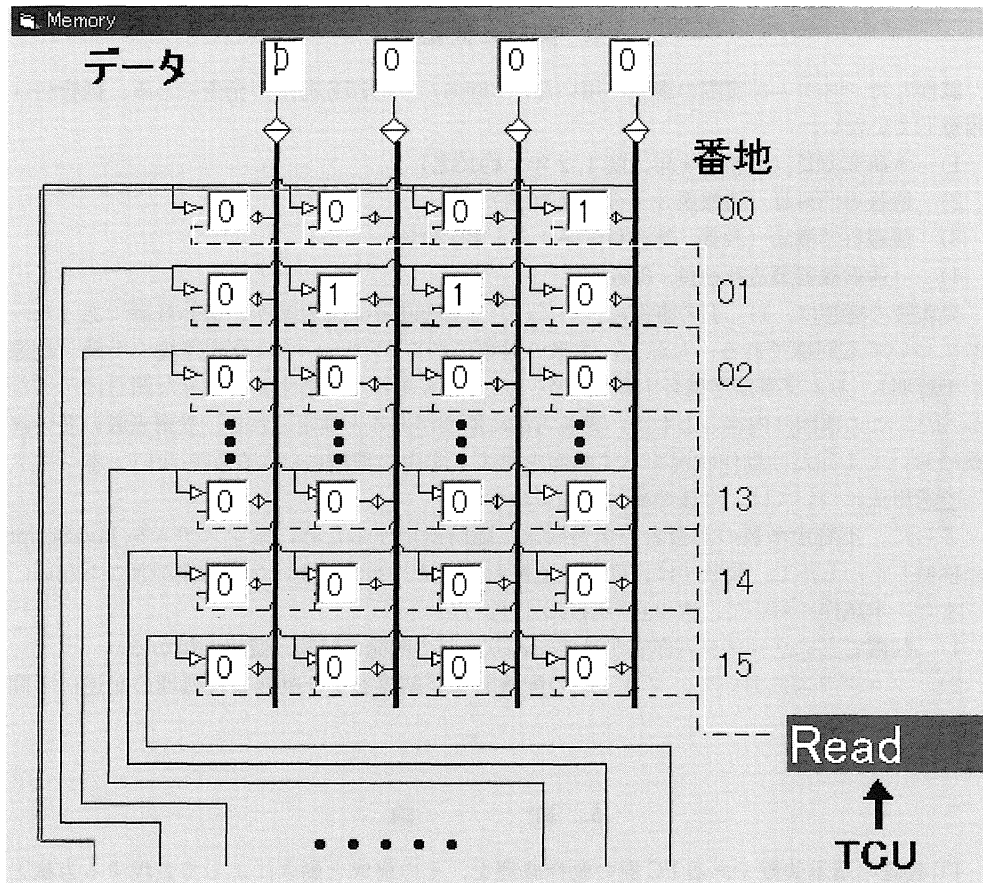


図5 記憶セルの格子

内部脚本②は、AR レジスタの動きが加わり、MEM 装置上へのデータ読み取りの動作を示す。

## (2) 階層の表示

レジスタ類の次位層は4ビット構成で、記憶の仕組みを表わす。4ビットとしたのは単純化のためである。さらにこの下位にはF/F回路を示し、最下位層ではトランジスタ回路に連なる。一方、MEM装置のセル組の次位層は格子セル構成(4ビット、16番地)である。これを図5に示す。

00指定値のDCR装置の出力によってMEM装置の00番地の値がデータ・バスに読み出される。この一連の動作が円板の動きと色わけによって示される。

このDCR装置の動作は次階層で表す。原理上はCPUの命令解釈用のDCRと同じである。入力が番地か命令コードかの違いである。

#### 4. 実施と問題点

試作したシステムを実際の講義に用いた。1回あたり約15分程度の発表である。紙資料は用意していない。

- 1) 本研究室員（情報系4年，院1,2年，約15名）
- 2) 情報専門科目（情報系3,4年，約50名）
- 3) 情報科学概論（教養，社会科学系1年，約120名）
- 4) （通信機器製造社社員，3名）

発表後の感想は，1)，4)の事例については，予備知識があるためか，概ね好評であった。2)についても同様である。しかし，本来の対象である3)については発表環境の不備（映像が不鮮明），および事前準備が十分でなかったこともあって，必ずしも十分な関心は示さなかった。この原因は内容とともに，講義方法に原因があると推定される。受講者数の多い講義において1回だけ動作状況を示す画面を見ても学生の理解にはつながらない。本システムの適用法については，今後の検討課題である。

さらに，不特定多数の学習者の学習要求に随時対応するため，本システムをJavaScriptに移植した。しかし，現状では，回線速度およびデータ量が多いため動作がぎこちない。

また，本試作において，次の点が明らかになった。

- 1) 装置ごとにプログラム作成が必要であり，この開発に時間・費用が掛かる。
- 2) プログラムにおいて，ブロックの配置および結線および動作表現処理の記述に手間がかかる。

#### 5. 結 論

IT装置の基本装置であるPC機の動作原理を，その構成と動きによって表現する方法とその実現方法について述べた。

本提案の表現方法は，適用方法の工夫などの改善の余地はあるが，原理やしくみに教授する方法として，今後のIT教育の推進に資するものと期待できる。

#### 参 考 文 献

- 1) 白波瀬，田中，佐藤：PC機動作原理の一表現，電気・情報関連5学会中国支部第52回連合大会（2001）
- 2) Milind S. Pandit: How Computers REALLY Work, Osborne McGraw-Hill (1993)