

初心者におけるオペレーティングシステムの理解と学習

鈴木宏昭

日本学術振興会特別研究員（東京大学教育学部）

本研究では、① MS-DOS のコマンドの学習と理解についておこなった調査の結果を述べ、②そこでのパフォーマンスががどのような知識に基づいたものなのかについて論じた。①については、単純なコマンドについての学習は容易であること、入出力が絡むような事項についての学習は困難であることが確認された。②では、①の結果を「するもの-されるもの」という関係についての知識が関与したものと仮定し、説明を行った。その結果、単に①で確認されたことが説明できるだけではなく、同じタイプの問題における正答率のばらつきも、こうした知識を仮定することによりうまく説明できることが示された。

Novices' Understanding and Learning of Computer Operating System

Hiroaki SUZUKI

Department of School Education, The University of Tokyo

7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan

It is well-known that novices have considerable difficulties in learning computer operating systems and that some of the users construct incorrect mental representation of computer operating systems. A study was conducted to explore the processes of learning a computer operating system, MS-DOS. In this study, subjects were required to learn how to use (1) some of MS-DOS basic commands, (2) pipe and filter commands, and (3) redirection. Subjects were first asked to read the manual which contained these three topics and then master how to use them. Subjects were interviewed in the course of learning and were given a test in which subjects should predict what would happen by executing these commands. The results showed that subjects could easily understand basic and filter commands and correctly interpret them on the posttest. In contrast, it took subjects longer to understand redirection. Furthermore, proportions of correct interpretation of redirection were much lower than those of basic and filter commands. Based on these results, it was discussed what kinds of knowledge subjects used in the learning computer operating systems and how these prior knowledge affected on the processes of learning.

人間の学習や理解において特徴的なことは、それが既存知識に依存していることである。すなわち、人間はまったく白紙の状態から何か新しいことを学習したり、理解したりするわけではない（佐伯・鈴木、1987）。では必要な知識が欠けている場合は、どうなるのだろうか。このような場合、人間は処理をそこでストップするわけではなく、関連する知識を引き出して、なんとかやりくりしてしまったりするということが多く、認知科学の研究で示されている。

たとえば、物理を学習し始めたとき、人はニュートンが定式化したことはほとんどなにひとつ知らないが、だからといって物理について無知であるわけではない。人は物理の学習以前から、日常経験を通して物理現象について様々な知識を既に獲得している。こうした知識がいわゆる物理の学習に様々な形で介入してくるのである。塩川らは様々なやり方で力の合成・分解のルールを学習させようとしたが、学習者が持つ日常的知識が介入してくるため、ルールを適切に学習できないことを示した（塩川他、1987）。同様の現象は様々な力学法則の理解においても見られている（村山・宮下、1987）。また、算数における濃度の公式の学習においても同様のことが見いだされている（鈴木、1983）。

上に述べた研究は既存知識がネガティブに働くケースを明らかにしたものであるが、既存知識は学習を阻害するだけではない。知識の領域固有性についての様々な研究は、様々な問題状況の中での既存知識の働き方を調査し、ある場面では日常的な知識が適切に働き、従来はできないと思われていたことについて、適切な処理が可能になることを示している（Cheng & Holyoak, 1984; Hudson, 1983; 鈴木・福田、1985; 鈴木、1986）。

これらの研究の成果をもとにして、近年の研究では初心者や素人の持つ日常的知識の性質やそれが学習においてどのような働きを示すのかということをも明らかにしてきている（Cheng & Holyoak, 1985; Cheng et al., 1986; Lawler, 1982; 鈴木、1987）。

このようなことはコンピュータの理解についても当てはまる。鈴木（1987）では、コンピュータの初心者がどのように MS-DOS のマニュアルを読み、その過程においてどのような心的操作を行うのかということ、またそこでどのような困難が生じているのかについて論じた。そこで明らかにされたことを簡単にまとめてみよう。

- ① ワードプロセッサだけを用いるような初心者はプログラムファイルとテキストファイルの区別をしていない。ファイルはすべてテキストファイルであると見なしている。コマンドの実行はいわゆる「コンピュータ」が行っていると考えている。
- ② 初心者は入出力関係についての理解が欠けている。この問題が最も顕著に現れるのはリダイレクションにおいてである。マニュアルの読解において最も時間がかかったにもかかわらず、事後テストにおいて最も成績の悪かったのはこの部分であった。

本研究は、昭和63年度文部省科学研究費奨励研究A（課題番号 62790021）によって行われた。

- ③ 初心者は言い換えを行う。コマンドとオペランドの関係や、リダイレクションの部分においては不適切ながら様々な言い換えが行われ、既存の知識を用いたアナロジーが頻繁に行われていた。特に、コマンドとオペランドの関係の理解については「するもの-されるもの」という関係についての知識を用いて、学習を進めていた。

本研究では初心者が学習過程において示すこうした結果を確認しながら、それを生み出す日常的な知識を特定することが目的となる。特に「するもの(agent)-されるもの(recipient)」という関係についての知識が様々なパフォーマンスにどのように関連しているかを明らかにしていく。

調査の計画

調査計画は次のようになっている。

- I タイピング能力向上のためのプログラムを使った訓練(2~3日、6~8時間)
- II MS-DOS上で動くワードプロセッサを使った文書作成の訓練(2~3日、6~8時間)
- III MS-DOSのコマンドについての学習(2~3日、6~8時間)
- IV MS-DOSのコマンドの使用についての事後テスト

I、IIについてはIIIへの導入に過ぎないため、これ以上の報告は行わない。

・学習課題

IIIの段階では、前述したMS-DOSのコマンドの使用についてのマニュアルを用意した。マニュアルの構成は、以下の通りである。

- ① 導入
- ② MS-DOSの機能についての一般的な説明
- ③ ドライブとファイルについての説明
- ④ 内部コマンドの機能と書式の説明(DIR, TYPE, COPY)
- ⑤ ①から④の総括
- ⑥ 外部コマンドの一般的な説明
- ⑦ フィルタ、パイプの機能とその書式(MORE, SORT, FIND)
- ⑧ リダイレクションの働き
- ⑨ ⑥から⑧の総括
- ⑩ 自由な復習

・手続き

被験者はコンピュータの前に座り、このマニュアルに基づきながら、書かれていること、また自分で練習したいことが自由にできる環境におかれた。それを可能にするため、コマンドの実行のために必要なファイルを含んだシステムディスク

クとワープロで作成した文書ファイルが入っているディスクを用意した。1つのコマンドの説明が終わるごとに、学習者たちは自由に練習したり、マニュアルを読みかえすことができた。また入力がエラーとなり、その原因がわからないような場合や、学習者が質問をした場合は、実験者がそれについての簡単な説明を行った。また1日の学習が終わるごとに、その日に学習したことについての自由な復習を行うように指示した。エラーが生じ、その原因が理解できない場合は、実験者が説明を行った。原則として、①から⑤までを1日目に、残りを2日目以降に行った。被験者の打鍵はすべて記録された。

・テスト課題

IVで用いられたテスト問題は大きく2つ（解釈問題と生成問題）に分けられる。なお今回は生成問題についての分析は行わないので、以下では解釈問題についてのみ説明を行う。

問題内容	問題タイプ	例
単純コマンド	類似	DIR A:
	不可能	TYPE B:
パイプ	類似	type b:file.fil more
	非類似	type a:report1 find "Suzuki"
	不可能	copy a:data1 b:data2 sort
リダイレクション	類似	sort < master.jxw
	非類似	sort < book.lst > regular.lst
	不可能	type a:mode.fas < dir

表1: テスト課題の問題のタイプと内容

解釈問題とは、問題に書かれてあるコマンド（またはコマンド群）を実行するとどのような結果が生じるかということを解釈する問題である。これは表1に示したように、コマンドの使い方によって（以下、問題内容と呼ぶ）3種類に分かれ、さらに学習時点で行った操作との類似度（以下、問題タイプと呼ぶ）によって3種類、合計8種類に分かれる。

問題内容による区別は、①コマンドとオペランドの単純なペアだけで解決できる問題（以下、単純コマンド課題と呼ぶ）、②パイプを用いて解く問題（以下、

パイプ課題と呼ぶ)、③リダイレクションを用いて解く問題(以下、リダイレクション課題と呼ぶ)というものである。

一方、問題タイプによる区別は、類似課題: 学習時点で行った操作ときわめて類似した課題、非類似課題: 学習時点で行った操作とは異なった形式が必要とされる問題、エラー課題: エラーとなる問題、というものである(但し、単純コマンド課題においては類似課題は存在しない)。被験者はテストを受ける前に自由にマニュアルを読み返すことができた。但し、テストを行っている間はマニュアルを見ることは禁じられた。事後テストはペーパーテスト形式でおこなわれた。また、問題用紙の冒頭にエラーとなる問題が含まれていることが明示された。

被験者は、MS-DOS はもちろんコンピュータ、ワープロについての経験がほとんどない大学生8名(男女同数)であった。

結果

解釈問題の各課題タイプについての正答率を表2に示す。

	類似	非類似	不可能	全体
単純コマンド	83.3		75	79.2
パイプ	87.5	69.4	53.1	71.6
リダイレクション	68.8	66.7	33.3	54.7

表2: 事後テストの正答率

表から明らかなように、問題内容による差がはっきりと現れている。すなわち、単純コマンド課題とパイプ課題の正答率は高く、リダイレクション課題の正答率は低くなっている。一方、問題タイプについては、類似課題は非類似課題やエラー課題に比べて一般的に容易であることがわかる。また個人別にみると、最高が25題中23題正解で、最低は11題正解であった。以下では、問題内容別に結果を考察することにする。

・単純コマンド課題

このタイプの課題はかなり容易で、全体で83%の正答率であった。しかし類似課題における正答率は92%であるのに対して、エラー課題では75%であり、両者の間に差がみられる。

この結果は前回の調査(鈴木、1987)と同様で、学習者は単純なコマンドとオペランドだけからなるような学習事項については容易に理解することができることを示している。また、自発的な練習の場面においても多くの学習者がオ

ペラントの変更をきわめて頻繁に行っており、かつほとんど間違いがなかった。

エラー課題において正答率が下がるのは、ワープロでのファイル作成の訓練にもかかわらず、成績下位の学習者においてファイルについての誤解があるためである。たとえば、

TYPE B:

という問題において、「Bドライブにあるファイルの中身が表示される」とか「Bドライブのファイルの名前が出てくる」などというような、ファイル内容とファイル名、ファイルとドライブの間の混同に基づく誤答がみられた。

・パイプ課題

このタイプの問題は全体としてみると正答率は70%とさほど低くはない。確かに、類似課題では単純コマンド課題とほとんど変わらない正答率なのであるが、エラー課題では正答率が50%となる。そこで、正答率の低い課題を以下に示して、この誤答例を挙げてみよう。

```
COPY A:DATA1 B:DATA2 | SORT
```

という問題は正答したものがいなかった。典型的な誤答は「AドライブのDATA1というファイルをBドライブにDATA2という名前でコピーして、それをアルファベット順に並べる」というものである。また

```
FIND "MARU" | TYPE A:LAST.DAT
```

という問題の正答率は38%であった。この問題の誤答の多くは「LAST.DATというファイルの中からMARUという文字を見つけ出して表示する」というものであった。

パイプを用いたコマンドでは、パイプの第1項（"|"の前にあるコマンド）の出力が第2項（"|"の後にあるコマンド）の入力となるという構造を持っている。しかしながら、学習者たちはこうした形でパイプを理解しているわけではないことがこの例に示されている、と考えられる。

・リダイレクション課題

リダイレクション課題の正答率は最も低く、類似課題においても70%、エラー課題においては33%の正答率である。たとえば、

```
DIR B: > FILE.LST
```

というような類似課題においても正答率は50%程度となるし、

```
FIND "KUMIKO" < TYPE NAME.LST > SONG.LST
```

といったエラー課題では正答率は25%となってしまう。こうした結果は、パイプ課題でも示されたように、システムの入出力が絡むような事項の学習は著しく難しいということを示している。またこれは前回の調査結果ともほぼ同様である。

但し、リダイレクション課題の全てにおいて正答率が低かったわけではない。たとえば、

```
SORT < MASTER.JXW  
FIND "MOMOE" < SONG.POP
```

というような課題では、8名中7名が正しい解釈を行っていた。このようなことは、学習者が別の方略を用いてコマンドを解釈している可能性を示している。

考察

以下では、「するもの－されるもの」関係についての知識という観点から、上に述べた結果を問題内容別に解釈してみる。

・単純コマンド

単純なコマンドとオペランド（通常はファイル）のペアからなるような事項の学習はきわめて容易に行われる。こうしたことはなぜ可能なのだろうか。

前年度の研究でも指摘したことだが、これが可能になるのは学習者がコマンドとファイルの関係を「するもの－されるもの」という日常的で一般的なスキーマを用いてアナログカルに理解しているためであると考えられる。つまり、コマンドをある機能を実現する行為者と考え、ファイルをその機能が実行される対象と見なしているのである。たとえば、

```
TYPE B:DATA1
```

という場合、TYPEが「内容を表示させるもの」、DATA1が「内容を出されるもの」という形でカテゴリー化されているのである。このようにカテゴリー化が行われているとすれば、ファイル名の変更がエラーになるとは考えにくい（図1参照）。

もちろん、COPYコマンドやFINDコマンドでは、もう1つの項が必要になる。しかしこの場合も、コマンドの果たす機能の意味を解釈することによって、学習者は容易にその必要性を認識することができる。たとえば、FINDコマンドを使ってある文字列を検索する場合、FIND以外に「何を」についての情報と「どこから」ということの情報が必要であることは、何もコンピュータという対象だけに固有のことではない。それは日常言語の用法から考えても、容易に理解できることなのである。

このように、「するもの－されるもの」といった日常的な知識、または日常言語的な知識を用いた解釈を行うことで、単純なコマンドの学習はスムーズに進むと考えられるが、成績下位のものにみられたエラー課題における誤答はどのよう

に解釈できるだろうか。前述したように、彼らはファイルとドライブ、ファイル名とファイルの内容を混同していた。とすると、図1に示した「されるもの」のカテゴリー化には、ファイルだけでなく、ドライブ名などが一緒に含まれる可能性が高くなる。そこでエラーになるようなオペランドが与えられた場合でも、それが「されるもの」という形で認識され、エラーに気づかないというような現象がみられると考えられる。

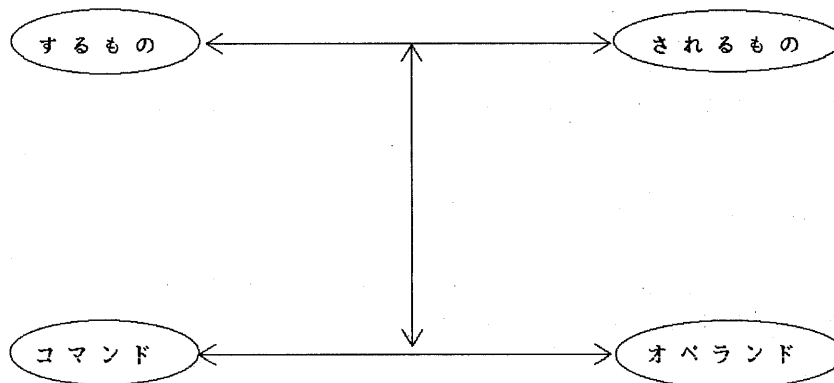


図1: 「するもの-されるもの」スキーマによる
コマンド-オペランド関係の理解

・パイプ課題

こうした「するもの-されるもの」関係についての知識を仮定すると、実はパイプ課題におけるパフォーマンスについての説明も可能になる。

まず、図2にパイプ課題において正答率の高かった問題（8名中7名以上正解）と正答率の低かった問題（正解が4人以下の問題）を挙げる。

正答率の高かった問題

```
TYPE B:FILE.FIL | MORE 8/8
DIR B: | SORT 7/8
TYPE B:SHOKAI.LST | SORT 7/8
DIR B: | MORE 7/8
MORE | DIR 8/8
```

正答率の低かった問題

```
FIND "MARU" | TYPE A:LAST.DAT 4/8
COPY A:DATA1 B:DATA2 | SORT 0/8
```

図2: パイプ課題において正答率が高かった問題と低かった問題

こうしてみると、正答率の高い課題は、最後の課題を除いて、一般的に次のような構造を持っていることがわかる。

ある出力を出すもの | フィルタ [空白]

前から見てみると、まず、あるまとまった結果を出力するコマンドとオペランドのペアが存在している。そしてパイプの次に、フィルタコマンドが単独で現れている。そして、パイプの前のところで行われた結果が、次のフィルタの働きを受ける対象となっている。

ここでの処理プロセスは次のようになっているのではないかと考えられる。まず、はじめのコマンドの解釈を行い、その結果を一時的に保存しておく。次に、フィルタコマンドの解釈に移る。そこでは、フィルタの働きを受けるもの、すなわち「されるもの」が明示されていない。そこで、「されるもの」を最初のコマンドの解釈結果とするのである。たとえば、

```
TYPE B:FILE.FIL | MORE
```

という場合、はじめに TYPE B:FILE.FIL の解釈を行う。そして、「Bドライブの FILE.FIL の中身を表示する」という解釈結果を一時的に保存する。次に、MORE の解釈を行うが、MORE の作用する対象の記述がない。そこで、「FILE.FILの中身を表示する」という先ほどの解釈結果をMORE の作用の対象とするというわけである。

こうした推論は妥当であり、MS-DOS のパイプ処理とはまさにこうしたことを行っているとも考えられる。しかしながら、実は「するもの－されるもの」に基づく推論は過剰な解釈を生み出す危険性があるのである。こうした危険性がはっきりと現れているのが、図2に示した正答率の低い問題（エラー課題）なのである。

前述したように

```
COPY A:DATA1 B:DATA2 | SORT
```

という問題は全員が間違えたのだが、彼らの行なった解釈のほとんどは「Aドライブの DATA1 というファイルをBドライブに DATA2 という名前でコピーして、それをアルファベット順に並べ替える」というものであった。こうした誤答は前述した「TYPE B:FILE.FIL | MORE」とまったく同じやり方で生み出すことができる。すなわち、まず、COPY A:DATA1 B:DATA2 についての解釈を行い、「Bドライブに DATA2 というファイルができる」という結果を得る。次の SORT の解釈に移る。しかしながら、SORT のオペランド、すなわち「並べ替えられるもの」についての情報がここでは欠けている。そこで、以前に処理した COPY についての結果をむりやり SORT のオペランドとしてしまうのである。このように、パイプ課題における妥当な推論も、また妥当でない推論も「するもの－されるもの」という知識に基づいたものであるということが推測される。

・リダイレクション課題

リダイレクション課題は、どうしても入出力の関係を理解して必要があるわけで、「するもの－されるもの」という知識だけではうまくいかない問題が多い。したがって、当然、このタイプの問題の正答率は低くなることはすぐにわかる。しかし、いくつかの問題では、正答率が80%を超えたものがある。それは、

```

SORT < MASTER.JXW
FIND "MOMOE" < SONG.POP

```

であった。

実は、この2つの問題は、「するもの－されるもの」という関係で理解できるものなのである（もちろん正しい理解の仕方とは言えないが）。つまり、SORT コマンドを「並べ替えをするもの」と見なした場合、どうしても並べ替えられる対象が必要になる。それが MASTER.JXW というファイルになるというわけである。また、FIND コマンドについても同様で、FIND を「探すことを行うもの」、MOMOE を「探すもの」とすれば、SONG.POP というファイルは「どこから」ということに対応するわけである。したがって、この2つの問題においては入出力関係についての理解をせずとも、正答することができるわけである。

まとめ

一般に、初心者がおかす様々な間違いは単に学習が不十分なために生じるというわけではなく、彼らがその不十分さを補おうとして不適切な知識を用いて、学習材料を解釈してしまうことから生じる。したがって、ユーザインタフェースを考える場合、彼らが学習の過程において利用する知識の特定とその性質の解明はきわめて重要なことといえるだろう。

本研究では、初心者がオペレーティングシステムを学ぶ際に、どのような困難があるのか、またどのような点は問題なく学習できるのかということをも明らかにするための実験を報告した。そして、その結果を初心者が持つ日常的で一般的な知識、「するもの－されるもの」関係についてのスキーマ、との関係で考察した。そして、このスキーマを仮定することにより、単純なコマンドの学習が迅速に行なわれたり、リダイレクションの学習が困難になるということが、うまく説明された。今後、熟達者がどのようにオペレーティングシステムを理解しているのかということの分析を通して、初心者たちの学習を援助するための教授方略を考えてみたい。