

IT時代におけるアセンブラ教育

CASL 学習用シミュレータソフトの作成

神奈川県立産業技術短期大学校 情報技術科 森 敬子

1. はじめに

現在、情報処理の分野では技術進歩が目覚ましく、ハードウェア・ソフトウェアともに新しい技術が次々と誕生しては、瞬くうちに普及をしていく。そのような中であって、技術者は新しい技術の理解や習得にその労力の大部分を割かれ、案外基本的な知識の習得がおろそかになっているのではないかという懸念がある。

そこで今回は、コンピュータを基本から理解するために果たすアセンブラ教育の意味について考察し、今後のIT時代に期待されるその役割を探ってみたい。

さらに、アセンブラ言語の学習を手助けするために今回開発したCASL シミュレータソフトの概要についても触れてみることにする。

2. 情報処理技術者試験におけるアセンブラ言語の位置づけ

情報処理分野の国家試験として毎年春と秋の2回情報処理技術者試験が実施されている。情報処理で仕事をする際には、この資格は必須条件ではないが、技術者個人の能力を測る物差しとして、一般的に広く認知されている。

この情報処理技術者試験の実施要項が平成13年度春期試験より改訂になる。急速に進展するITの実状に合わせて、試験内容の抜本的な見直しを行うのが目的である。日進月歩の技術進歩に対応するために、その時々技術動向を試験内容に反映させて

表1 情報処理技術者試験の出題言語

	旧試験内容 平成12年度まで	新試験内容 平成13年度から
COBOL	JIS規格による	現行のまま
C	JIS規格による	現行のまま
Fortran	JIS規格による	廃止
Java		秋期試験より採用
アセンブラ	COMET/CASL	COMET /CASL

いこうというのである。

その一環として、これまで長い間「第2種情報処理技術者試験」として実施されていた試験区分が、新たに「基本情報技術者試験」という試験区分に生まれ変わる事となった。

第2種情報処理技術者試験は、通商産業省の指定により日本情報処理開発協会が実施する国家試験であり、情報処理技術者の基本的な能力形成という役割を担ってきた。第2種情報処理技術者試験の合格者に対するコンピュータ業界の評価も高く、実績のある資格試験である。

今回、第2種情報処理技術者試験が、基本情報技術者試験に変更になるにあたって、出題されるプログラム言語も変更になった(表1参照)。

COBOL言語、C言語はJISにより規格が定められており、広く一般的にも使用されている言語で、今回の改訂にあっても変更はなかった。

Fortran言語は、長い間出題されてきたプログラム言語であるが、今回から廃止となった。代わりに、

今後普及が予想されるJava言語が平成13年度秋期試験から採用されることとなっている。これは、一般での利用状況や普及度を考慮しての判断であると理解できる。

次にアセンブラ言語であるが、今回の改訂で言語仕様が「COMET/CASL」から「COMET/CASL」へと変更された。仕様の変更に伴い、新たな機能が追加されており、応用範囲が広がっている。

アセンブラ言語は一般的に広く利用されている言語ではないし、プログラム開発効率が良い言語というわけでもない。にもかかわらず、今回の試験内容改訂に際しても、出題言語として存続し、さらに機能的に拡充された理由はどこにあるのだろうか。

3. アセンブラ言語の特色

ここで、アセンブラ言語の特色についてみる。アセンブラ言語は最も早い時期から存在しているプログラミング言語である。ハードウェアを動作させるための命令（機械語命令）と密接なつながりを持っているのが特色である。コンピュータの1つひとつの動作を意識しながらプログラムを記述できるため、ハードウェアに近い処理を行うのに適している。

しかし、その性質の裏返しとして、ハードウェアの種類ごとに命令体系が異なるという問題もある。あるコンピュータ（ハードウェア）で動くプログラムが別のコンピュータ（ハードウェア）では動作しないということが当たり前のような状況である。

また、機械語に近いレベルのプログラミングが行えるという利点は、逆に言えば、プログラマに対して非人間的なプログラミング作業を強いるということでもある。

このように、アセンブラ言語は、汎用性や開発効率の観点から考えると若干問題のあるプログラミング言語である。しかし一方で、コンピュータを学習する者にとっては、学ぶべき点が多いのもまた事実なのである。

例えば、アセンブラ言語を学習することにより、コンピュータの動作原理、主記憶（メモリ）へのプログラムやデータの配置の方法、数値、文字などの

データの内部表現などについて理解を深めることができる。これらは、情報処理を学習する者にとって、知識の土台となる最も基本的な部分にあたる。

現在の情報処理の置かれている状況は、非常に汎用であり、さらにその内容は、日々新しくなっている。プログラム言語にあっても状況は同じで、開発効率の高いプログラム言語が新たに生み出されては、一般へと普及していく。

しかし、情報処理技術が進歩すればするほど、その中で一体何が行われているかを、利用者が理解することは難しくなっている。システムの機能が複雑化する一方、利用者に対してはその複雑さや内部の仕組みを見せない作りになっている。システム機能のブラックボックス化が進行しているのである。このことはプログラム言語についても同様のことが言える。

現在の情報技術の発展は、このような技術のブラックボックス化の恩恵によるものであり、その考え自体を決して否定するものではない。私たちが今日気軽にコンピュータを利用できるのも、さまざまな利用技術がブラックボックスとして提供されているからこそなのである。

しかし、今後の世の中での技術進歩を推し進めるためにも、また情報処理を学ぶ学生の今後のスキル向上のためにも、情報処理の技術者がコンピュータの基本的な仕組みを理解しているかいないかは、いずれ大きな違いとなって現れてくるに違いない。

コンピュータを学ぶうえでの基本と呼ばれることの多くは、アセンブラ学習によって習得することが可能である。アセンブラによるプログラミングは原始的ではあるが、プログラミングを基本から理解するのに適している。

現在、世の中ではITが急速に進展している。このような時代に技術者に期待されているのは、基本を踏まえたうえでの柔軟で臨機応変な発想力と実践力、さらにそれらを裏づける確かな技術だろう。今回の情報処理技術者試験の内容変更の際に、一般的にはあまり重要視されていないアセンブラ言語が存続した理由も、おそらくこのような点にあるのではないだろうか。

表2 CASL で追加された命令

命 令	説 明
ADDL命令 ADD Logical	論理加算
SUBL命令 SUBtract Logical	論理減算
JOV命令 Jump on OVerflow	オーバーフロー分岐
SVC命令 SuperVisor Call	スーパーバイザコール
NOP命令 No OPeration	ノーオペレーション

4 . COMET/CASLについて

ここでCOMETとCASLについて説明する。COMETとは、通産省主催の情報処理技術者試験で出題される仮想コンピュータである。1語長、アドレス幅ともに16ビットで構成されている。ここで仮想というのは、ハードウェア仕様のみが定義されており、その実機は存在しないということである。

次にCASLについてであるが、これは仮想計算機COMET上で動作するプログラムを作成するためのアセンブラ言語である。

先にも述べたとおり、アセンブラ言語はハードウェアの種類ごとに命令体系が異なることが当たり前である。そのため、情報処理技術者試験では、受験者に対して不公平のないよう、日本情報処理開発協会の定めた独自仕様のアセンブラ言語を採用している。

COMET, CASLはともに、現在一般的に利用されているコンピュータやプログラミング言語などに比べ、仕様のには劣っている。しかし、コンピュータ内部の動作原理や基本的な仕組みは、一般のコンピュータとは変わらない。内部の仕組みが、複雑すぎないということが、逆に学習教材としてはプラスになっている。

前述したとおり平成13年度の試験内容改訂によりアセンブラ言語の仕様変更が行われた。それにより、仮想計算機COMETはCOMET に、アセンブラ言語CASLはCASL に変更になっている。

5 . CASL の仕様改訂ポイント

今回のアセンブラ言語の仕様の見直しの特徴は、命令や機能が追加されて、より高いレベルのプログラミングが可能になったという点である。それではCASL の仕様のどの点について改訂が行われたか、そのポイントについて順を追って見ていく。

(1) レジスタ数の増加

旧方式では、汎用レジスタは5本（GR0～GR4）であったが、新方式では8本（GR0～GR7）へと増加した。また、旧方式では汎用レジスタとスタックポインタが共用になっていたが、新方式ではそれぞ

れの役割がはっきりと分けられている。

この変更により、プログラムの柔軟性と機能が向上する。旧方式では少ない汎用レジスタを使い回すためにプログラムがわかりづらくなるという難点があったが、その点もかなり解消される。

(2) 機械語命令の増加

新方式では、各種命令の見直しが行われ、新たに5命令が追加された（表2参照）。また、旧来からある命令の動作にも若干の変更が加えられた。

(3) 新たな機能

今回の改訂に伴い、新たに機能として加わったのがオーバーフロー条件である。演算処理により汎用レジスタにオーバーフローが発生したかどうかをプログラムで判断することができる。従来の仕様ではオーバーフローを検知するためにはプログラマ自身が独自にコードを書かなければならなかった。しかし新しい仕様では、言語の機能としてオーバーフローが発生したかどうかをチェックすることができ、それをそのまま処理に利用することができる。今後は、オーバーフローを意識したプログラムの記述が容易になるため、情報処理技術者試験のプログラムの出題パターンも増えてくると予想される。

全体を通して言えることは、今回の変更により、プログラムをより簡潔に記述できるようになったという点だろう。従来煩雑になりがちだったプログラムが、わかりやすくシンプルに記述できるようになった。これによりプログラマの労力を、本来の処理

アルゴリズムの作成や解読に、より多く振り向けることができるようになった。また、プログラミングの応用性が向上しているなど、今回の仕様改訂は、非常に前向きなものと評価することができる。

ITが進展していくこの時期に、情報処理技術者試験のアセンブラ仕様がプラスの方向で見直しされたということは、今後の情報処理技術者育成のためにアセンブラ教育が再認識された結果であると言えるだろう。

6 .CASLシミュレータソフト(旧バージョン)の作成

それでは次に、今回作成したCASL学習用シミュレータソフトの説明を行う。

旧バージョンのCASLシミュレータの開発に取りかかったのは、平成11年度である。CASLシミュレータがほぼ完成に近づいた時点で、情報処理開発協会よりCASLがCASLへ機能拡張するという情報を得た。

CASLシミュレータの作成を続けるか、あるいはそれを中止して、新バージョンのCASLシミュレータの開発に計画を変更するか、判断に迷うところであった。

新仕様を検討した結果、幸いにもCASLの基本となる動作内容は、旧方式のCASLにかなり近いものであることがわかった。

そこで、まずCASLシミュレータを完成させることとし、それをベースにしてCASLシミュレータを作成する計画を立てた。

CASLシミュレータはその後、当初予定した機能を装備して完成することができた。基本的な動作部分は、このあとで述べるCASLシミュレータソフトと同一であるので詳細な説明は省略する。

7 .CASLシミュレータソフト(新バージョン)への機能拡張

次にCASLシミュレータソフトについてであるが、これは旧バージョンのCASLシミュレータを土台として機能拡張を行った。

基本的に動作原理は同じとはいえ、作業量として

は相当な時間数を費やした。また、新バージョンでは、今後何年間が使われることを想定して、ユーザインターフェースやエラーチェックなど詳細な点についても再点検した。プログラム作成にあたっては、ユーザにとって使いやすいか、安定して動作するかという点について特に注意した。

8 .CASLシミュレータソフトの概要

CASLシミュレータの概要は、次のとおりである。

【動作環境】

ハードウェア	DOS/V機
開発環境	Microsoft Visual Basic6.0
動作OS	Windows95, 98, NT, 2000
CPU	Pentium200MHz程度以上
画面解像度	H600 × W800以上 (H768 × W1024以上が望ましい)

図1は、このシミュレータソフトでのプログラム作成までの流れである。

CASLシミュレータは学習者の操作性を考慮してWindowsプログラムとした。また、アセンブラプログラムの作成の手間を効率化するために、入力にはMicrosoft Excel(以下Excelという)を利用することとした。

Excelは一般に広く利用されている表計算ソフトである。ユーザにとって使いやすい操作環境を提供しているため、今回は、入力用に使用することとした。これによりCASLプログラムの管理や再利用が行いやすくなる。

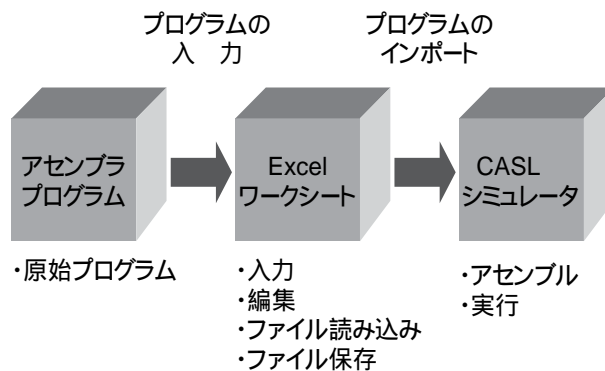


図1 プログラム作成の流れ

9. 一般的なプログラム開発の流れ

ここで、シミュレータソフトの説明からいったん離れて、一般的なプログラム開発の流れについて説明する。

アセンブラ言語に限らず、通常プログラムを開発するためには、次の手順を踏む。

プログラム作成

目的の処理を行うためのプログラムをエディタ等を用いてプログラミング言語で記述する。

翻訳

エディタ等で記述したプログラミング言語をコンピュータで実行可能な機械語へと変換する。この作業をコンパイラ言語（COBOL 言語，C 言語など）の場合はコンパイルといい，アセンブラ言語の場合はアSEMBルという。

実行

機械語に翻訳されたプログラム（ロードモジュール）をコンピュータ上で動かす。

デバッグ

実行した結果に不具合があれば、それを修正する。

その後、正しい結果が得られるまで、からの作業を繰り返す。プログラムの開発にあたっては、この一連の流れがスムーズに行える開発環境が必要となる。

10. Excel ワークシートへのプログラム入力

今回のシミュレータソフトでは、プログラムの入力に Excel を使用している。図 2 は、CASL のサンプルプログラムを Excel ワークシートに入力したものである。

ワークシートの A 列には、アセンブラ言語のラベルを入力する。

B 列には、命令コードを入力する。

C 列には、オペランドをカンマで区切りながら、ひとまとめにして入力する。

D 列の利用は任意であるが、この列に入力した内容は、CASL シミュレータに取り込まれ、コメントとして扱われる。



図 2 Excel ワークシートへのプログラム入力例

E 列以降の列は、自由に利用することができる。利用者がメモ代わりに利用することも可能である。また、プログラミングの学習指導を行う場合には、指導者が、学習者に対する要点や注意事項、練習問題などをこの部分に記述して、プリント代わりに配布することも有効な活用法だろう。

プログラム入力に Excel を用いた利点としては、次のようなことがあげられる。

入力や編集作業が容易である。

計算機能を備えているので、実行結果の確認などが簡単に行える。

重要な部分については、文字やセルに色をつけたり、罫線を引いたりして強調することができる。図形やグラフなど他のオブジェクトをワークシートに挿入できる。

シートを使い分けることにより、1つのファイルに複数のプログラムを保管することができる。

のように、複数のシートにプログラムを入力した場合は、その時点でアクティブになっているシートの内容が、CASL シミュレータにインポートされる。

11. CASL シミュレータソフトの動作および機能

図 3 は今回作成したソフトの実行画面である。前

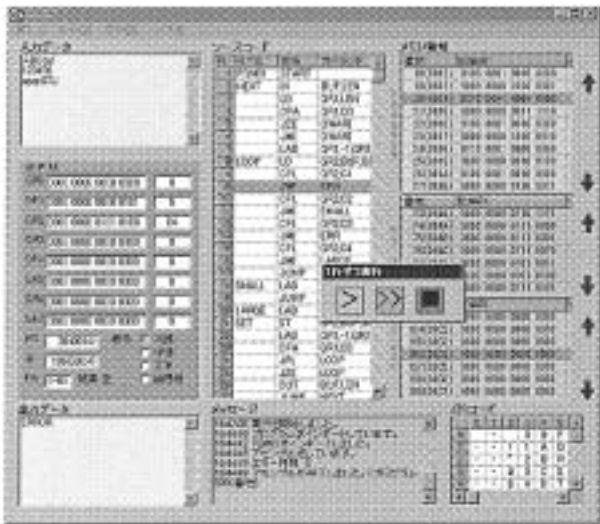


図3 実行画面

述した9項の ~ の一連の作業，すなわちプログラム作成，翻訳，実行，デバッグがこの画面から行える。これによりプログラミング作業がスムーズになり，途中で思考が中断されることが少なくなる。

また，本プログラムでは，実行時のメモリやレジスタなど，コンピュータ内部の変化の過程を確認できる。必要に応じて各値を2進数，10進数，16進数，JIS文字，論理値で表示することも可能である。

プログラム実行にあたっては，原始プログラムがどのような機械語へと変換されたか，また原始プログラムのどのコードが機械語のどの部分に対応するかがわかるように工夫した。

必要に応じて，プログラムを1ステップずつ動作を確認しながら実行できる機能も付け加えた。これにより，プログラム実行中のCPU内部の各種レジスタの動きが確認できる。メモリ内部の命令コードやデータ（定数，変数，スタックなど）の配置のされ方，さらに実行中にそれらがどのように変化するかの確認も行える。

12. おわりに

以上のように，今回はCASLシミュレータソフトとCASLシミュレータソフトの2本のプログラムを作成した。

これらのシミュレータソフトを使用することにより，アセンブラ学習者は次の点について理解を深め

ることができる。

コンピュータの動作原理，ハードウェアとソフトウェアの関わり

プログラム実行時の計算機内部での動き

メモリ空間内部でのプログラム，データ，スタック，アドレス等の扱い

プログラム言語と機械語の関わり

これらは，コンピュータを学習する者にとって非常に重要な事項である。また，情報処理技術者試験の受験のための基礎的知識の形成にも役立つだろう。

今回，シミュレータソフトの開発中に言語仕様の変更になるという事態に直面し，工数的には相当の時間を費やすこととなった。しかし，旧バージョンのシミュレータに手を加えることによって，アセンブラ言語仕様改訂の発表から，比較的早い時期にCASLシミュレータとして完成させることができたのは，結果的には良かったのかもしれない。

現在は，多くの関連書籍などがCASLからCASLへと移行している段階であり，出版されているものの大半はCASL向けに書かれたものである。当面，利用者はそれぞれのニーズに合わせてCASL版とCASL版のシミュレータソフトを使い分けていくのが適当だろう。

アセンブラ学習を通じて，IT時代のコンピュータ技術者として必要とされる，基礎的な知識を身につけてもらえれば幸いである。

参考文献・資料

- 財団法人日本情報処理開発協会情報処理技術者試験センター
「情報処理技術者新制度の概要」2000年
- 「情報処理技術者試験出題範囲」2000年
- 「アセンブラ言語の仕様改訂ポイント」2000年

関連URL

- 財団法人日本情報処理開発協会
<http://www.jitec.jipdec.or.jp/>

ソフト配布

- 株式会社ベクター
<http://www.vector.co.jp/>
CASLシミュレータ『CASLする?』
CASLシミュレータ『CASL2する?』