

工業高校における BASIC プログラム教材の 複雑さ分析の試み

但馬文昭*

A study on the complexity analysis of BASIC programs
for teaching materials of technical high schools

Fumiaki TAJIMA

ABSTRACT

BASIC programs used as teaching materials at technical high schools in Kanagawa and Chiba Prefecture was analyzed from the point of view of complexity on the basis of the number of their lines and keywords. The results obtained were as follows: (1) programs under 20 lines or keywords occupy about 80% of all the programs; (2) there are more keywords which belong to partial categories, screen, graphic and arithmetic commands in graphic programs than in another functional programs; and (3) half of keywords in all the programs belong to categories of print, comment and arithmetic commands.

1. はじめに

近年、情報教育はコンピュータ教育あるいはプログラミング言語教育を中心とする内容から応用ソフト利用の教育、いわゆるコンピュータリテラシーへと分野を広げ応用形態が変容しつつある。工業科教育における情報教育も同様の利用形態を含み込みつつあるが、依然、プログラミング言語教育はソフトウェア生産技術教育の視点からその重要な位置を占めている。このような観点から本稿では工業高校におけるプログラミング言語教育の一端を知るために、BASIC 言語プログラム教材の複雑さの分析を試みた。

BASIC 言語は現在、中学校技術科教育の情報基礎領域のプログラミング言語として取り上げられている。工業高校においてもプログラミング言語教育の入門部分で実施されることが多い。このような実態から本稿では BASIC 言語を対象とした。

プログラミング言語教育は例題を提示して進められることが多い。この場合、段階的な発展のために教材として提示するプログラムを予め何らかの基準に基づいて分析し、順序

* 横浜国立大学教育学部

だてておく必要があると考えられる。また、生徒の学習の進捗を知る上からも教材用プログラムの評価・分析が必要と考えられる¹⁾。

プログラムの複雑さはこのような評価・分析の一要素と考えられる。その分析方法として、一般によく使用されるソースコードの行数がある。また、オペレータの数に着目した Halstead の方法²⁾がある。この方法を使用して PL/I, FORTRAN, アセンブラ等により記述されたプログラムを分析し、プログラミング時間、理解度等と強い相関があることが報告されている³⁾。このほか、プログラムの制御構造に着目した McCabe の方法⁴⁾や大規模プログラムの評価・分析方法⁵⁾が提案されている。しかし、教材用のプログラムのように規模が小さく直線的な流れで分岐や繰り返しの少ないプログラムを分析する場合には制御構造面からの評価や大規模プログラム用の方法を用いることは適当でないと考えられる。

以上の理由から、本稿では教材プログラムの基本的分析を行うことを目的として行数および BASIC 文法上の予約語（機能語⁶⁾）に基づいてプログラムの頻度分布を調査した。

2. BASIC プログラム教材の評価方法

分析の対象としたプログラムは神奈川県、千葉県においてプログラミング言語教育の最初の段階で使用されている 131 編のプログラムである。分析は教材プログラムの行数と使用されている機能語の種類と数を調査し、それらに対するプログラムの分布状態を調べる方法により行った。機能語は JIS⁷⁾に規定されているものに教材で使用されているもの (N 88 BASIC, Ver.6.0⁸⁾に規定されている) を加えてそれらを機能の点から 13 に分類した。それを表 1 に示す。この分類に従って教材プログラムの分布を調査した。なお、プログラム中の行番号と注釈文の内容は分析の対象から除外した。

3. 結果と考察

(1) 行数、機能語数に対するプログラムの分布

図 1 に行数に対するプログラム数の分布を示す。これによると 10 行以下または 11 以上 20 行以下のプログラムが 50 編程度と最も多く、全体の約 80% を占めていることがわかる。また、50 行以上の大きいプログラムもわずかながら存在する。機能語数に対するプログラム数の分布を図 2 に示す。これによると、語数 10 以下が最も多く次いで 11 から 20 が多い。両者を合計すると全体の 75% を占めることがわかる。従って、入門向けには 20 行、20 語以下のプログラムによるプログラミング言語教育が主として行われていることが分かる。

次に、機能語の分類毎のプログラムにおける使用頻度の調査結果を図 3 に示す。これによると、5 種の分類数によるプログラムが最も多く、次いで 6, 7, 8 種の順に分類数が多い。これら上位 4 組で全体の約 80% を占めている。このことから教材プログラムは 5, 6 程度の機能語の分類数を使用したものが多いことがわかる。

(2) プログラムの内容別分析

調査した教材プログラム集の目次に沿って、プログラムを入・出力プログラム、条件・反復プログラム、配列プログラム、グラフィックプログラム、総合的練習プログラムの 5

表 1 機能語の分類

分類番号	分類	機能語
1	コマンド	RUN, LOAD, BLOAD, SAVE, BSAVE, DELETE, MERGE, LIST, LLIST, EDIT, MON, RENUM, TERM, FILES, WIDTH.
2	宣言・定義	DIM, DEF INT, DEF STAR, DEF SEG, DEF USR, DEF FN, DEF DBL.
3	入力	INPUT, LINE INPUT, INKEY, READ, DATA, RESTORE, EOF, OPEN, CLOSE, INPUT#, GET, FIELD,
4	出力	PRINT, PRINT USING, LPRINT, LPRINT USING, PUT.
5	無条件分岐	GOTO, GOSUB RETURN
6	条件分岐	IF THEN ON GOTO ON GOSUB ON ERROR GOTO
7	反復	FOR TO STEP NEXT WHILE WEND
8	注釈	REM
9	画面	CLS COLOR CONSOLE SCREEN LOCATE WINDOW ROOL VIEW
1 0	グラフィック	CIRCLE DRAW LINE PAINT POINT PSET PRESET GET@ PUT@
1 1	算術関数	ABS ANT CINT CVI CVS EXP FIX INT RND SGN SIN SQR TAN
1 2	文字列操作	ASC CHR\$ HEX\$ INSTR\$ LEFT\$ MID\$ MKI\$ RIGHT\$ SPACE\$ STR\$ STRING\$ VAL
1 3	その他	SWAP CALL OUT PEEK POKE BEEP

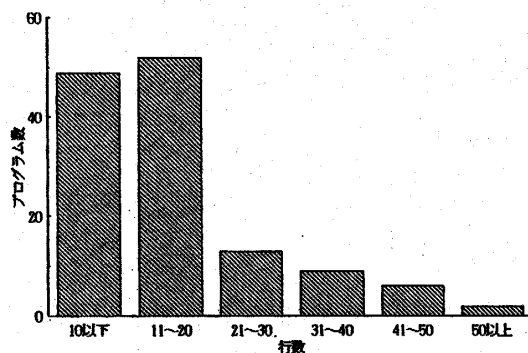


図1 行数に対するプログラム数の分布

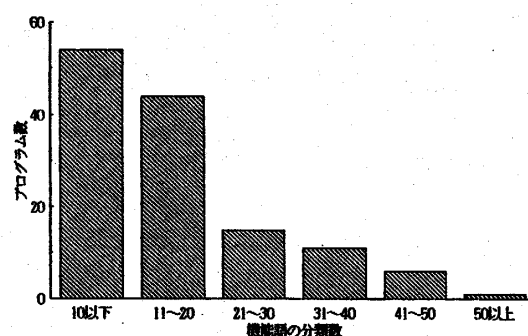


図2 機能語数に対するプログラム数の分布

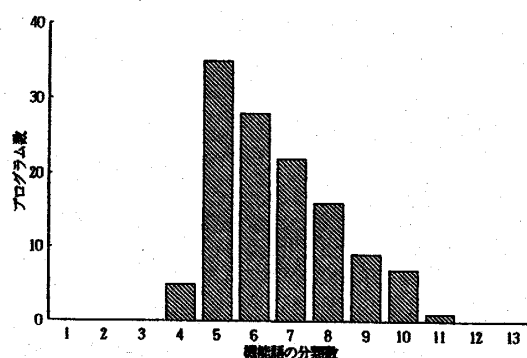


図3 機能語の分類数に対するプログラム数の分布

種に分類し、使用されている機能語の出現頻度分布を調べた結果を図4から図8に示す。図4より、入・出力プログラムにおいては注釈（分類番号8，以下番号のみ示す）による説明が多く、次いで画面への文字表示のため、出力(4)が多い。これらに引き続いて算術関数(11)が多いことが分かる。

図5はプログラムのアルゴリズムを学習する際の基礎となる条件・反復プログラムの分析結果を示している。これによると、出力(4)が特に多いが、それ以外は平均的に使用されていることが分かる。すなわち、条件・反復プログラムにおいては機能語が特定の分類に偏って使用されていないことが分かる。図6は配列の学習用プログラムの分析結果である。これより、出力(4)、注釈(8)が多いことが分かる。これは、配列学習プログラムはやや理解が困難な点があることに配慮したため配列の内容表示と注釈が多くなっていると推

察される。

図7はグラフィックプログラムの結果を示している。図より、当然のことながら、グラフィック(10)、画面操作(9)が多い。また算術関数(11)が多いのは、種々の幾何学的グラフィック図形を生成するに必要であるためとみることができる。

図8に総合的演習プログラムの分析結果を示す。これより、反復(7)が最も多く次いで出力(4)が多い。このことから総合的プログラムは反復処理を取り入れ、プログラムのアルゴリズム学習の要素を持ったものとなっていると判断される。

図9に内容の分類別プログラム数を示す。これによると、入・出力に関するプログラムが最も多く、次いで条件・反復、総合・グラフィックの順になっている。このことから初学者を対象とするプログラム教材では、コンピュータと対話的な情報の入力・出力処理を多く取り入れていると推測される。

教材プログラム全体の機能語の分類毎の分布を図10に示す。これより、出力が最も多く、次いで注釈、算術の順であることが分かる。出力、注釈が多いのは教材プログラムの場合、処理過程、結果、説明を学習者に示す必要上当然であると考えられる。算術が多いことから工業高校の教材プログラムには算術処理が比較的多く取り入れられていることが分かる。

4. おわりに

平成5年度から中学校技術・家庭に情報基礎領域が設けられ、プログラミング言語とし

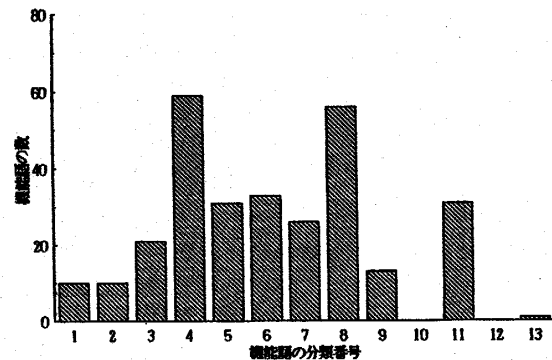
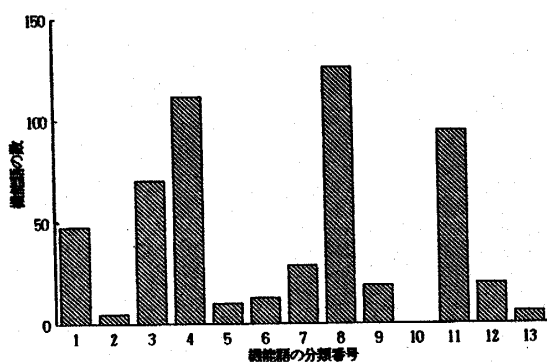


図4 入・出力プログラムの分類毎の機能語の出現数 図6 配列プログラムの分類毎の機能語の出現数

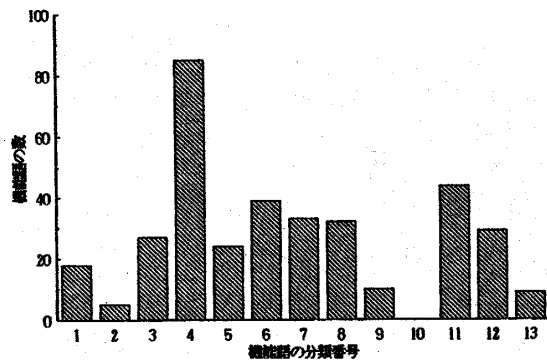


図5 条件・反復プログラムの分類毎の機能語の出現数

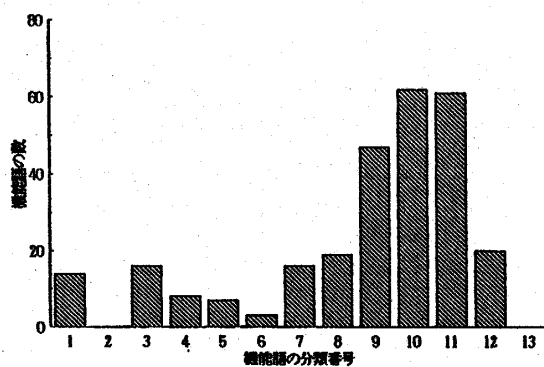


図7 グラフィックプログラムの分類毎の機能語の出現数

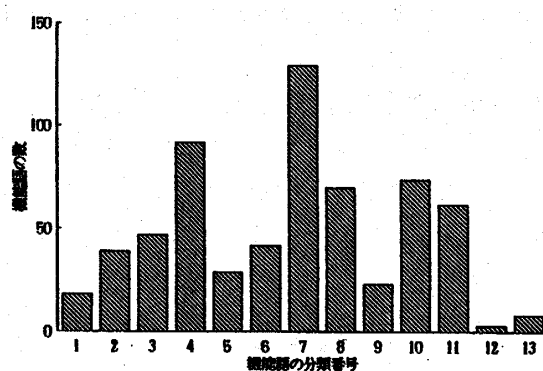


図8 総合的練習プログラムの機能語の分類毎の機能語の出現数

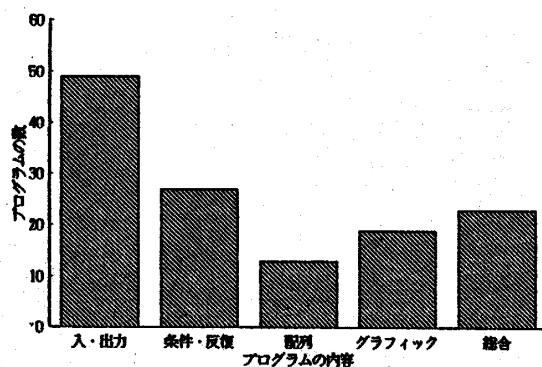


図9 内容別プログラム数

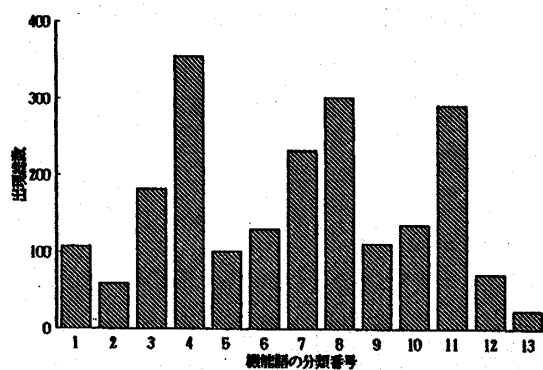


図10 機能語の分類ごとの分布

て BASIC 言語が取り上げられ、課題のひとつになっている。

本研究では、このような状況に鑑み、神奈川、千葉両県の工業高校で実際に使用されている BASIC 言語のプログラム教材 131 編の複雑さを教材プログラムの行数と機能語の分類毎の分布を調べることにより分析した。その結果を要約すると、次のとおりである。

- (1)教材プログラムは行数が 20 行以下のものが全体の 80%を占めている。また、使用されている機能語数は 20 以下のものが全体の 75%を占めている。
- (2)プログラムの内容別分析の結果、グラフィックプログラムは画面、グラフィック、算術関数の分類に属する機能語の使用数が多く、他の内容のプログラムに比較して使用している機能語の分類に偏りがみられる。
- (3)工業高校の教材プログラムは入・出力を主たる内容とするプログラムが多い。また、使用されている機能語数は分類の出力、注釈、算術関数に属するものが多く、3 分類で全体の約半分を占めている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、教材用 BASIC プログラムを提供して頂いた神奈川工業高校 清水紘司教諭および千葉県工業教育研究会の皆様へ深謝する。

参考文献

- 1) 但馬文昭・星出安昭(1992)：Halstead の尺度による BASIC プログラムの評価，第 35 回産技学会全国大会講演要旨集，pp.89.
- 2) Halstead, M. H. (1977)：Elements of Software Science, Elsevier North-Holland, New York.
- 3) Fitzsimmons, A. and Love, T. (1978)：A review and evaluation of software science, ACM Computing surveys, 10, 1, pp.3-18.
- 4) McCabe, T. J. (1976)：A Complexity Measure, IEEE Trans. Software Eng. SE-2, 4, pp.308-320.
- 5) 花田収悦，高橋宗雄，永瀬淳夫，黒田幸明(1982)：プログラム構造の複雑さ尺度の評価と導出法の提案，情報処理学会論文集，23, 6, pp.701-706.
- 6) 松原伸一・小沢慎治(1990)：BASIC プログラムテキスト分析システムの開発，日本教育工学雑誌，14, 1, pp.29-41.
- 7) 日本工業規格：電子計算機プログラム言語基本 BASIC(JIS C 6207-1982).
- 8) NEC 編：PC-9801 BASIC REFERENCE MANUAL N 88 BASIC (86).