

< 論 文 >

와이어 컷 방전가공을 위한 자동프로그래밍 시스템 '오토 컷'의 개발에 관한 연구

이재원* · 강신한** · 강호진**

(1987년 11월 30일 접수)

A Study on the Development of the Computer Aided Part Programming System 'AUTO-CUT' for Wire-Cut EDM

Jae Won Lee, Shin Han Kang and Ho Jin Kang

Key Words : NC Machine Tool(수치제어 공작기계), Wire-Cut EDM(와이어 컷 방전가공), Computer Aided Part Programming(자동 프로그래밍), CLDATA(공구 위치 데이터), Machine Control Data(기계제어 데이터)

Abstract

This paper introduces the system AUTO-CUT for the automatic generation of NC tapes for wire-cut EDM(Electrodischarge Machining) parts. The information input to the system is the description of the part geometries, the tool motions and the cutting conditions etc. The system generates CLDATA and machine control data. Also dynamic simulation of tool motions can be performed on the screen.

1. 서 론

수치제어 공작기계(numerically controlled machine tool)의 이용에 따른 제조업 분야의 생산성 증대 노력은 여러가지 형태로 노력되어져 왔다. 그 중의 하나가 컴퓨터를 이용한 수치제어 가공프로그램(NC part program)의 작성이다.

컴퓨터를 이용한 가공프로그래밍(computer aided part programming)은 흔히 자동프로그래밍(automatic programming)작업이라고 불리워지는데, 수치제어 공작기계의 제어에 필요한 기계 제어 데이터(MCD ; Machine Control Data)의 작성을

컴퓨터가 수행한다.

이때 컴퓨터 사용자는 기계 제어 데이터를 직접 작성하는 수동프로그래밍(manual programming)보다 쉬운 방식을 이용하여 가공물의 형상, 공구경로 및 가공조건 등을 정의하여 빠르고 정확한 프로그램 작성이 가능하다. 이들 시스템을 이용한 프로그래밍 시간의 단축은 윤곽가공(contouring)의 경우는 수동프로그래밍에 비하여 50% 이상에 달하고 있다⁽¹⁾.

1950년대 미국 MIT에서 개발되어 60년대 이후 산업계에 널리 이용되고 있는 APT언어를 중심으로 컴퓨터를 이용한 가공프로그래밍 시스템은 ADAPT, MINIAPT 등의 APT-subset 시스템, COMPACT II, PROMO 등의 APT-like 시스템들이 다수 개발되었으며 독자적인 방식으로 운영되는 시스템도 존재한다⁽²⁾.

* 정회원, 인하대학교 공과대학 자동화공학과

** 인하대학교 대학원

가공처리 능력별로 시스템을 구별해보면 APT 언어가 5축 가공처리를 수행할 수 있는 고기능 시스템인데 반하여 드릴링(drilling) 전용의 EXAPT1⁽³⁾, 선반 가공을 위한 EXAPT 2⁽⁴⁾, MELTS⁽⁵⁾, AUTAP-NC⁽⁶⁾, 2축 윤곽 가공 및 2.5축 가공을 처리하는 2C, L⁽⁷⁾, PROMO⁽⁸⁾, FAPT-MILL⁽⁹⁾ 등과 3축 가공 시스템으로서 국내에서 사용되는 COMPACT II⁽¹⁰⁾, FAPT-DIE II⁽¹¹⁾, NSE-GP 3000⁽¹²⁾ 등이 있다.

컴퓨터를 이용한 수치제어 가공프로그래밍 시스템 개발에 관한 국내 연구로는 선반 가공시스템으로 MELTS시스템의 subset이 있는데, 사용 언어가 복잡하며 그래픽 기능이 없다⁽¹³⁾. 또 APT언어의 일부를 한글로 표현하려 했던 시스템이 있으나 가공 여유치에 따른 공구의 오프셋(offset) 보상 기능설정이 없으며⁽¹⁴⁾, 2축 가공으로 FAPT의 운동 정의 방식을 채택한 시스템의 연구가 있는데 MACRO기능이 없다⁽¹⁵⁾.

2축 와이어 컷 방전가공에 대한 연구로는 순차(progressive)금형 가공에 필요한 CAD/CAM 시스템의 한 모듈로서의 연구가 있는데 가공 여유 설정시 공구의 오프셋(offset) 처리 기능에 대한 언급이 없고 언어 구문(syntax)에 대하여는 APT-subset의 성격이 강하다⁽¹⁶⁾.

본 연구는 와이어 컷 방전가공을 위한 자동프로그래밍 시스템 오토 컷(AUTO-CUT)의 개발에 관한 것으로 저자가 수행했던 연구를 확장한 것이다⁽¹⁷⁾.

2. 오토 컷의 구조 및 기능

2.1 구조

시스템의 구조는 전처리부(pre-processor), 주처리부(processor), 후처리부(post-processor) 및 그래픽 모듈(graphic module)의 네부분으로 나눌 수 있는데 Fig. 1은 이를 보여준다.

전처리부의 기능은 프로그램의 입력, 입력문에 대한 구문의 과오(error)점검 등을 수행하며 입력 데이터를 시스템의 내부 데이터 형태로 저장한다.

형상 정의와 공구 이동 위치에 관한 계산은 주처리부에서 수행된다. 계산에 이용된 알고리즘으로는 상대좌표계(local coordinate)의 설정에 따른 좌표 변환을 이용하여 비선형 연립 방정식의 계산에 따르는 어려움을 줄이는 방법을 이용하였다⁽¹⁸⁾.

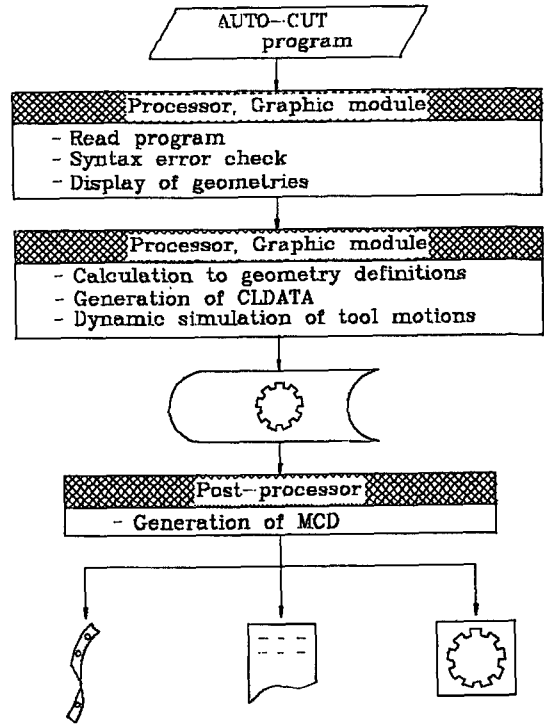


Fig. 1 Organization of 'AUTO-CUT' system

주처리부는 공구의 직경 및 가공 여유를 고려하여 공구 위치 데이터인 CLDATA(Cutter Location DATA)를 생성한다. 물론 직경에 대한 공구 오프셋 보상은 기계 제어 데이터의 G41 또는 G42 기능을 이용할 수 있으나, 가공 여유 설정에 따른 보상은 처리할 수 없으므로 CLDATA계산시 이 기능의 존재는 중요하다. 뿐만아니라, 그래픽 화면에 공구 경로가 도시될 경우 공구 보상이 되어 있으면 가공프로그램에 대한 과오 점검이 시각적으로 수행될 것이다.

후처리부는 CLDATA를 이용하여 주어진 수치제어 공작기계의 구동에 필요한 기계 제어 데이터를 생성한다.

2.2 문의 포맷(Statement Formats)

컴퓨터를 이용한 가공프로그래밍 시스템으로 프로그램을 작성하는 방법은 도형방식, 데이터방식 및 언어방식이 있다⁽¹⁹⁾. 오토 컷은 이 가운데 언어방식을 택하였으며, APT언어와 같은 자유 포맷(free format)이다. 프로그램을 구성하는 문은 가공물의 형상, 공구의 이동 그리고 가공조건 등에 관한 부분으로 나누어지는데 이들은 다음의 한 가

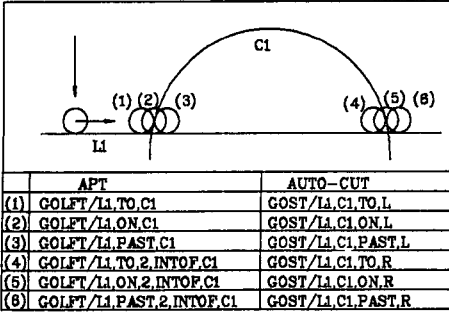


Fig. 2 Simplification of syntax in 'AUTO-CUT' system

지 구문형태를 취하게 된다.

—단순 주 단어(single major word)

예 : RAPID

—주 단어 (major word), 슬래쉬 (slash), 보조단어 (minor word), 심볼 (symbol), 숫자 (number), 콤마 (comma)의 조합

예 : GOCCW/C2, L2, PAST, U

—등호 (equal sign), 심볼 (symbol), 숫자, 콤마의 조합

예 : C4=L2, C1, R, OUT, D

이때 사용된 주 단어, 보조단어, 심볼, 숫자, 오퍼레이터 (operator) 및 마침기호 (punctuation character)의 여섯개는 APT언어의 구문 개념을 따랐다.⁽²⁰⁾

형상 정의 방법에 있어 APT언어와의 차이점은 등호 다음에 나오는 주 단어인 'CIRCLE', 'LINE', 'POINT'와 '/'를 생략하여 구문 어휘의 수를 줄였고, 위치 설정에 필요한 보조 언어 XLARGE, XSMALL, YLARGE, YSMALL의 사용 경우를 대신할 수 있는 R, L, U, D를 정의하였다. 공구 운동 정의에는 APT의 드라이브 면 (drive surface)과 체크 면 (check surface)의 개념을 도입하였으나, APT의 주 단어와 보조 단어인 CW, CCW를 이용하여 GOCW, GOCCW의 주 단어를 정의하였다. 이들에 의한 구문의 단순화는 사용 어휘수를 줄여 주므로 효율적인 프로그램 작성을 가능하게 한다. 직선과 원을 각각 드라이브면과 체크 면으로 할 때의 구문 단순화 예를 APT언어와 비교하여 Fig. 2에 도시하였다.

2.3 프로그래밍 보조 기능

동일한 형상이 반복되는 가공물의 경우는 항상,

공구 이동 및 기술조건 등의 서술이 반복되어질 수 있다. 본 시스템은 이를 위하여 'MACRO' 기능과 'COPY'기능을 설정하였다. COPY는 임의의 각도에 대한 반복 회전 및 임의의 벡터에 대한 반복 평행이동을 가능하게 한다.

2.4 프로그램 입력 방식

프로그램의 작성은 두가지 방법이 가능한데 첫째는 전처리부에 의하여 문의 입력이 하나씩 입력되고 시스템 응답 (prompt)이 있게되는 호환방식 (interactive method)이 가능하고, 둘째는 문편집기 (word processor)와 같은 기존의 소프트웨어를 이용하여 일괄 작성한 후 입력시킬 수 있는데, 단 ASCII코드의 형태로 된 화일이어야 한다.

Table 1 'AUTO-CUT' part program

```

G01 X0.0 Y0.0
G01 X1.0 Y0.0
G01 X2.0 Y0.0
G01 X1.0 Y1.0
G01 X0.0 Y1.0
G01 X1.0 Y2.0
G01 X0.0 Y2.0
G01 X1.0 Y3.0
G01 X0.0 Y3.0
G01 X1.0 Y4.0
G01 X0.0 Y4.0
G01 X1.0 Y5.0
G01 X0.0 Y5.0
G01 X1.0 Y6.0
G01 X0.0 Y6.0
G01 X1.0 Y7.0
G01 X0.0 Y7.0
G01 X1.0 Y8.0
G01 X0.0 Y8.0
G01 X1.0 Y9.0
G01 X0.0 Y9.0
G01 X1.0 Y10.0
G01 X0.0 Y10.0
G01 X1.0 Y11.0
G01 X0.0 Y11.0
G01 X1.0 Y12.0
G01 X0.0 Y12.0
G01 X1.0 Y13.0
G01 X0.0 Y13.0
G01 X1.0 Y14.0
G01 X0.0 Y14.0
G01 X1.0 Y15.0
G01 X0.0 Y15.0
G01 X1.0 Y16.0
G01 X0.0 Y16.0
G01 X1.0 Y17.0
G01 X0.0 Y17.0
G01 X1.0 Y18.0
G01 X0.0 Y18.0
G01 X1.0 Y19.0
G01 X0.0 Y19.0
G01 X1.0 Y20.0
G01 X0.0 Y20.0
G01 X1.0 Y21.0
G01 X0.0 Y21.0
G01 X1.0 Y22.0
G01 X0.0 Y22.0
G01 X1.0 Y23.0
G01 X0.0 Y23.0
G01 X1.0 Y24.0
G01 X0.0 Y24.0
G01 X1.0 Y25.0
G01 X0.0 Y25.0
G01 X1.0 Y26.0
G01 X0.0 Y26.0
G01 X1.0 Y27.0
G01 X0.0 Y27.0
G01 X1.0 Y28.0
G01 X0.0 Y28.0
G01 X1.0 Y29.0
G01 X0.0 Y29.0
G01 X1.0 Y30.0
G01 X0.0 Y30.0
G01 X1.0 Y31.0
G01 X0.0 Y31.0
G01 X1.0 Y32.0
G01 X0.0 Y32.0
G01 X1.0 Y33.0
G01 X0.0 Y33.0
G01 X1.0 Y34.0
G01 X0.0 Y34.0
G01 X1.0 Y35.0
G01 X0.0 Y35.0
G01 X1.0 Y36.0
G01 X0.0 Y36.0
G01 X1.0 Y37.0
G01 X0.0 Y37.0
G01 X1.0 Y38.0
G01 X0.0 Y38.0
G01 X1.0 Y39.0
G01 X0.0 Y39.0
G01 X1.0 Y40.0
G01 X0.0 Y40.0
G01 X1.0 Y41.0
G01 X0.0 Y41.0
G01 X1.0 Y42.0
G01 X0.0 Y42.0
G01 X1.0 Y43.0
G01 X0.0 Y43.0
G01 X1.0 Y44.0
G01 X0.0 Y44.0
G01 X1.0 Y45.0
G01 X0.0 Y45.0
G01 X1.0 Y46.0
G01 X0.0 Y46.0
G01 X1.0 Y47.0
G01 X0.0 Y47.0
G01 X1.0 Y48.0
G01 X0.0 Y48.0
G01 X1.0 Y49.0
G01 X0.0 Y49.0
G01 X1.0 Y50.0
G01 X0.0 Y50.0

```

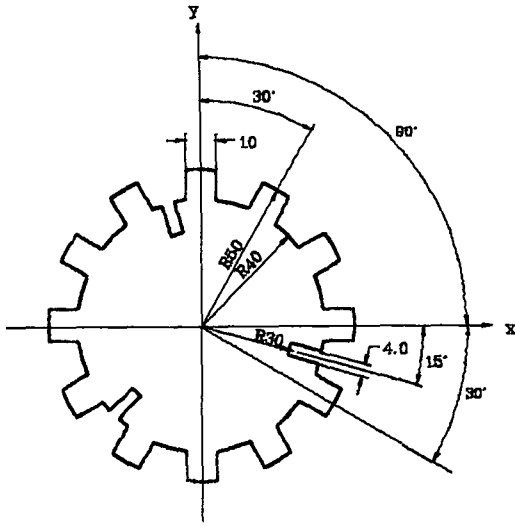


Fig. 3 Sample part drawing

2.5 그래픽 기능

시스템의 그래픽 모듈은 가공물 형상 및 공구 경로의 화면 도시를 실시간(real time)으로 처리할 수 있다. 가공물 형상은 하나의 도형이 정의될 때마다 나타나게 되며 공구 이동은 연속적인 이동이 되게하여 실제 가공에 가까운 시뮬레이션(simulation)이 가능하다. 이상의 기능은 가공프로그램의 과오 점검을 위하여 효율적인 지원을 하게되며 컬러 그래픽 기능을 이용하면 그 효과는 증대된다.

사용된 그래픽 루틴은 프로그램 개발에 사용된 FORRAN-77⁽²¹⁾과 인터페이스가 가능한 HALO⁽²²⁾를 이용하였다.

2.6 출력의 형태

시스템이 생성하는 화일은 오토 컷 가공프로그램

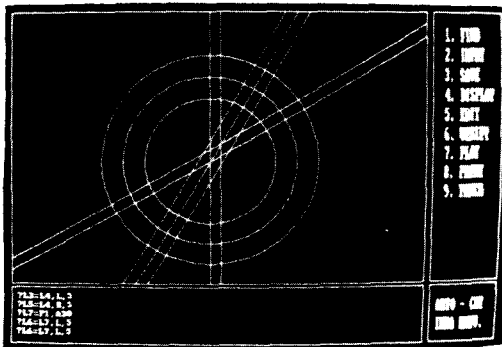


Fig. 4 Displayed geometries on the screen

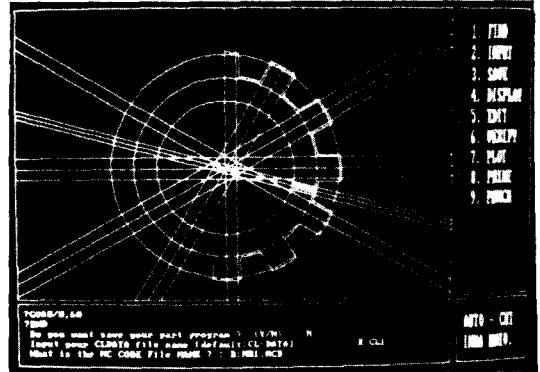


Fig. 5 Generated tool paths during dynamic simulation

(part program)화일, CLDATA화일 그리고 기계 제어 데이터 화일의 세가지가 있다. 기계 제어 데이터 화일은 천공기를 이용하여 NC테이프 형태나 프린터에 의한 출력이 가능하다.

Table 2 CLDATA

TOOL	1.0000		
THICK	1.0000		
FROM	1.0000	00.0000	
DD	1.0000	51.1000	
DEW	6.1000	50.7346	
	1.0000	00000	51.1000
ED41	6.1000	40.6447	
EDW	15.0000	33.2494	
	1.0000	1.0000	41.1000
ED42	20.0000	45.7874	
EDW	30.0000	40.6447	
	1.0000	1.0000	51.1000
	1.0000	1.0000	
ED43	-9.9152	1.0000	
EDW	-7.1765	36.1616	
	1.0000	1.0000	51.1000
ED44	-9.7605	34.8227	
EDW	-6.1000	40.6448	
	1.0000	1.0000	41.1000
ED45	-6.1000	50.7346	
EDW	1.0000	51.1000	
	1.0000	1.0000	51.1000
ED46	1.0000	60.0000	
EDW			

Table 3 MCD(Machine Control Data)

```

:
E220Y15010
#90291751160
#0226100Y0077101-71100
001Y40645
#00410040/307451-01001-40345
#00120020/46901
#00730050/61001-001001-60901
#0142010010149
#00401010/10101-10101-10101
#00111000/00001-00001-00001
#00111500/00001-00001-00001
#00401150/00001-00001-00001
#001018910/00001-00001-00001
#00101717/00001-00001-00001
#00101976/00001-00001-00001
#00201100/00001-00001-00001
#00101507/00001-00001-00001
#00201001/00001-00001-00001
#00101600/00001-00001-00001
:
    
```

3. 응용 연구

Table 1은 오토 컷 언어에 의한 가공프로그램으로서 Fig. 3의 가공물에 대한 것이다. Fig. 4는 도형 정의가 진행 중인 경우의 화면 모습이며, 완료된 도형 정의의 결과와 임의의 점까지 진행된 공구의

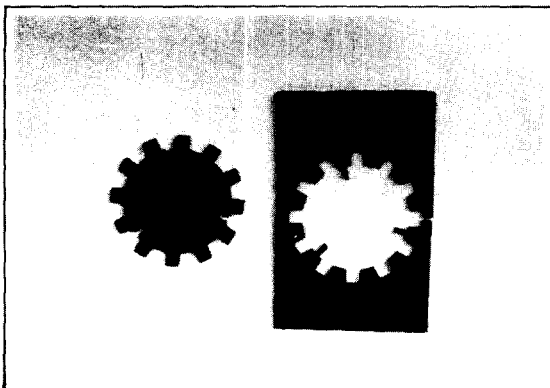


Fig. 6 Tested part by 'AUTO-CUT' system

경로가 Fig. 5에 도시되어 있다.

Table 2와 Table 3은 각각 시스템이 생성한 CLDATA 및 기계 제어 데이터를 보여준다. FANUC TAPE CUT MODEL P상에서 NC테이프에 의하여 시험 절삭된 가공물이 Fig. 6에 나타나 있다.

4. 결론

수치제어 공작기계의 수동프로그래밍(manual programming)에 대한 생산성 향상을 목적으로하여 와이어 컷 방전가공(wire-cut EDM)에 대한 컴퓨터 이용 가공프로그래밍(computer aided part programming)시스템인 오토 컷을 개발하였다. 시스템은 APT-like와 APT-subset의 혼합 형태로서 단순화된 언어 구문을 갖는다. 그리고 생성되는 CLDATA는 공구 지름 뿐만아니라 가공 여유에 대한 공구 오프셋 처리가 되도록 하였다. 시스템은 프로그램의 과오 점검이 시각적으로 수행이 될 수 있도록 하여 화면상에 정의된 도형위에 연속적인 공구 이동이 도시되도록 하였다. 시스템의 사용은 IBM PC/XT 및 AT 호환 기종에서 가능하다.

보완될 연구방향으로는 대수계산, 삼각함수 사용, 기울기(taper)를 갖는 3차원 입체 형상물 정의, 곡선 보간 및 다양한 기계 구조 형상에 대한 매크로(macro)기능 설정 등이 필요하겠다.

후 기

본 연구의 일부는 한국과학재단의 연구지원과 한국기계연구소의 위탁연구 지원에 의한 것이다. 관계제위께 감사드린다.

참고문헌

- (1) R. Weil and C. Sauvaire, "Revue Générale des Languages de Programmation Pour la Cammande Numériuqe des Machines-Outils", Annals of the CIRP, Key Note-Paper No. 5.
- (2) R. Shah, 1983, "NC Guide", Vol. 1, NCA Verlag, p. 181.
- (3) D. Reckziegel, EXAPT 1, 1970, "Numerical Control User's Handbook" ed. W.H.P. Leslie, McGraw-HILL, pp. 159~196.
- (4) D. Reckziegel, EXAPT 2, 1970, "Numerical Con-

- trol User's Handbook" ed. W.H.P. Leslie, McGraw-HILL, pp. 197~235.
- (5) H. Takeyama, K. Inoue, T. Honda, H. Sekiguchi, K. Takada, 1973, "An Automatic Programming System for Lathe Operations MELTS", Annals of the CIRP, Vol. 21/1, pp. 167~168.
- (6) W. Eversheim, B. Holz, 1982, "Computer Aided Programming of NC-machine Tools by Using The System AUTAP-NC", annals of the CIRP, Vol. 31, No. 1, pp. 323~327.
- (7) J.F. McWaters and D.S. Welch, NEL Computer Programs for NC, 1970, "Numerical Control User's Handbook" ed. W.H.P. Leslie, McGraw-HILL, pp. 236~270.
- (8) "Manuel de Language de Base PROMO", 1981, ADEPA.
- (9) "FAPT TURN/MILL Operator's Manual", 1983, FANUC Ltd.
- (10) "COMPACT II Programming Manual", 1980, MDSI.
- (11) "FAPT-DIE II Programming Manual", FANUC Ltd.
- (12) "NSE-GP 3000
- (13) 박삼진, 김석일, 박연규, 박정현, 1985, "생산 자동화를 위한 소프트웨어 기술개발", 한국기계연구소 연구보고서, 과학기술처.
- (14) 고명삼, 김규식, 김대원, 성광재, 1986, "IBM-PC를 이용한 CNC선반용 한글자동 프로그래밍 시스템과 그래픽 디버거의 설계", '86 한국자동제어 학술회의 논문집, Vol. 1, pp. 414~418.
- (15) 조범구, 1986, "2차원 Part Programming System개발에 관한 연구", 석사학위 논문, KAIST.
- (16) 박삼진, 박정현, 황기현, 1987, "Progressive금형의 CAD/CAM기술 개발", 한국기계연구소 특정연구 개발사업 보고서, 과학기술처, pp. 1~107.
- (17) 이재원, 강신한, 강호진, 1987, "와이어 컷 방전가공을 위한 자동화 프로그래밍 프로세서의 개발", 한국기계연구소 특정연구 개발사업 연구보고서, 과학기술처, pp. 109~159.
- (18) D.F. Rogers, 1980, "Interactive Graphics and Numerical Control", CAD, Vol. 12, no 5, pp. 253~261.
- (19) 竹山秀彦, 井上久仁子, 本多庸悟, 關口博, 高田孝次, 1981, "自動加工ソフトウェア", 日刊工業新聞社, p. 53.
- (20) "Encyclopedia of the APT Programming Language", 1973, CAM-I.
- (21) "Microsoft FORTRAN Reference Manual", 1985, Microsoft Corporation.
- (22) "HALO Manual", 1984, Lifeboat Associates.