

---

運転方案言語による電気制御用P Cの記述システムの開発

Development of New Programming System on Programmable Controller for Electrical Use

上原 義人(Yoshito Uehara) 土井 克彦(Katsuhiko Doi) 宮崎 容治(Yasuharu Miyazaki) 岩本 周治(Shuji Iwamoto) 佐藤 和彦(Kazuhiko Sato) 桜井 孝員(Takakazu Sakurai)

---

要旨：

水島製鉄所の溶融亜鉛メッキライン(CGL)において、電気制御用P C(Programmable Controller)の自動プログラミングシステム「運転方案言語ベースP C」を(株)日立製作所と共同で開発した。このシステムは運転方案を直接コンパイルし電気制御用P Cのプログラムを生成するもので、だれにでもわかる運転方案がそのままプログラムに変換される。また操業用CRTにこの運転方案形式の表示をし、オペレータによる自動運転監視も実現した。これにより、現在の電気制御用の高級化、大容量化、複雑化に伴う問題点が解決でき、生産性、信頼性、保守性の向上を図ることができた。

---

Synopsis：

Kawasaki Steel and Hitachi Ltd. have recently developed new programming system, which is used to make programs directly from the operation plan for enabling DDC-PC (programmable controller) to carry out electrical control at the CGL plant of Mizushima Works. By this system, the program is made automatically from the operation plan on the DDC-PC. Thus operators can monitor the condition of automatic control plant directly by the CRT display of the operation plan type. By this system, it has become possible to solve the problems of conventional programming systems such as productivity, reliability and maintainability necessitated by the recent trends of higher-class control equipment, a bigger program volume and more complex control operation.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

# 運転方案言語による電気制御用 PC の記述システムの開発\*

川崎製鉄技報  
22 (1990) 3, 209-213

## Development of New Programming System on Programmable Controller for Electrical Use



上原 義人  
Yoshito Uehara  
水島製鉄所 電気・計装部電気・計装技術室 主査(掛長)



土井 克彦  
Katsuhiko Doi  
水島製鉄所 電気・計装部電気・計装技術室 主査(部長補)



宮崎 容治  
Yasuharu Miyazaki  
水島製鉄所 電気・計装部長



岩本 周治  
Shuji Iwamoto  
水島製鉄所 電気・計装部電気・計装技術室 主査(掛長)



佐藤 和彦  
Kazuhiko Sato  
水島製鉄所 電気・計装部電気・計装技術室 主査(掛長)



桜井 孝員  
Takakazu Sakurai  
(株)日立製作所大みか工場 電機制御システム設計部長

### 要旨

水島製鉄所の溶融亜鉛メッキライン (CGL) において、電気制御用 PC (Programmable Controller) の自動プログラミングシステム「運転方案言語ベース PC」を(株)日立製作所と共同で開発した。このシステムは運転方案を直接コンパイルし電気制御用 PC のプログラムを生成するもので、だれにでもわかる運転方案がそのままプログラムに変換される。また操業用 CRT にこの運転方案形式の表示をし、オペレータによる自動運転監視も実現した。これにより、現在の電気制御用の高級化、大容量化、複雑化に伴う問題点が解決でき、生産性、信頼性、保守性の向上を図ることができた。

### Synopsis:

Kawasaki Steel and Hitachi Ltd. have recently developed new programming system, which is used to make programs directly from the operation plan for enabling DDC-PC (programmable controller) to carry out electrical control at the CGL plant of Mizushima Works. By this system, the program is made automatically from the operation plan on the DDC-PC. Thus operators can monitor the condition of automatic control plant directly by the CRT display of the operation plan type. By this system, it has become possible to solve the problems of conventional programming systems such as productivity, reliability and maintainability necessitated by the recent trends of higher-class control equipment, a bigger program volume and more complex control operation.

## 1 緒言

鉄鋼の生産プロセスは品質向上と生産性向上をめざし自動化がますます進展している。そしてこの生産プロセスを制御する電気制御用 PC (Programmable Controller) の機能・性能向上はめざましいものがある。制御に対する要求も高級、高度になってきている。このため、電気制御用 PC のソフトウェアも高度化、大容量化、複雑化が進み、生産性、信頼性および保守性が問題となっている。導入時のプログラムの完成度が低いといった問題点もある。またオペレータによる運転条件監視および 1 次判断処置の実施という要求もある。生産性、完成度(プログラムの品質)等からみて、電気制御用 PC が建設工程のネックになっているという問題もある。

これらの問題点を解決するために、水島製鉄所の溶融亜鉛メッキライン(CGL)電気制御用 PC に対する自動プログラミングシステム

「運転方案言語ベース PC」を(株)日立製作所と共同で開発した。このシステムは、運転方案より直接電気制御用 PC のプログラムを作成するもので、運転方案=プログラムという画期的なシステムである。PC ソフトの生産性、信頼性、保守性の向上が図られ、オペレータによる運転条件監視および 1 次判断処置も可能になった。

以下にその内容を報告する。

## 2 システム開発の背景とねらい

### 2.1 システム開発の必要性

自動プログラミングシステムの開発の必要性は、以下に示すように、品質、生産性向上の必要性の増大とこれに対するハードとソフトの進歩、ユーザノウハウの増大の 3 点の対策にある。

#### (1) 鉄鋼製品の品質向上と生産性向上の要求

鉄鋼の生産プロセスは、品質向上・生産性向上のために大幅

\* 平成 2 年 4 月 25 日原稿受付

な自動化を進めてきている。そして、現状の多品種少量生産のニーズに伴い、その自動化はより高度で複雑なものが要求されている。またたとえば表面処理プロセスにみられるように、高品質・高付加価値製品が増大してきており、高度な制御が要求されてきている。

## (2) 電気制御用 PC の機能・性能向上

最近の PC はハードウェアの急速な進歩等により、非常に高速な処理が可能になった。その結果 1 台当りの処理能力が増大し、メモリの大容量化が図られた。また、相当高級な演算も実行できるようになった。インテリジェント CRT の出現により、電気制御においても、CRT オペレーションが主体になってきている。

## (3) ユーザーノウハウの増大

表面処理プロセス等にみられるように、高付加価値製品を多く生産するようになった。これに伴い、ユーザーノウハウが増大してきている。この結果ユーザーによるプログラムの開発という要求もある。

## 2.2 電気制御用 PC の現状と問題点

### 2.2.1 現状

生産プロセスの大幅な自動化、高機能ロジックのニーズ、CRT オペレーションの導入、監視機能の充実等により電気制御用 PC のプログラム容量が飛躍的に増大してきている。当社における電気制御用 PC の処理量について、同様な生産プロセスでの 5~10 年前のものとの比較結果を Table 1 に示す。数~10 倍と非常に大きな差がある。

Table 1 Transition of software volume on the DDC-PC for electrical control

	Past (5~10 years ago)	Present
Program volume	100%	200~1 000%
The count of process input-output	100%	200~1 000%
The count of sensor	100%	300~1 000%

### 2.2.2 現状の問題点

#### (1) 運転方案と PC プログラムの非整合

電気制御用 PC の機能・性能向上により、ソフトウェアの高度化、大容量化、複雑化が進み、担当者以外はプログラムの処理内容の把握が困難となり、生産性と保守性が悪い、導入時のプログラムの完成度が低いといった問題点がある。

現状のソフトウェア製作の方式では、運転方案⇒プログラム仕様書⇒プログラムと記述方式が変わり、担当者も各段階に応じて変わって変換(プログラミング)していくため、運転方案の意図していることが確実にプログラムに反映されない危険性を持っている。

#### (2) オペレータによる運転条件監視と 1 次判断処置の困難さ

運転条件を監視し不調時の 1 次判断処置を実施するのは、その設備を運転しているオペレータが最も適している。そのためにはオペレータにわかる運転条件表示をする必要があるが、現状は操業用 CRT に条件内容をメッセージ形式で表示し、条件成否を色別するといった方法をとっている例が多い。このような方式では制御プログラムと表示データの二重管理となり、制御プログラム変更時に常に表示データも確実に一致させるのは

困難である。

#### (3) ソフトウェアドキュメント作成機能の不完全さ

漢字仮名まじりでわかりやすいコメントの充実したソフトウェアドキュメントをユーザー側で機械的に作成することは、保守性という点で特に重要な問題である。しかし、現状の電気制御用 PC 各機種でこの機能が充実しているものはほとんどない。

#### (4) 電気制御用 PC が建設工程のネック

(1) 項に示した運転方案と電気制御用 PC プログラム整合性の問題等により、ソフトウェア設計製作、デバッグおよび試運転の各段階で非常に長い期間を要している。

#### (5) ユーザーのマンパワー過大

建設時には特に、電気技師と保守員に多くのロードが掛かり、専門・専任的に担当しなければならなくなってきている。

## 2.3 運転方案言語ベース PC の開発のねらい

上述の問題の解決策として、下記のように、運転方案がそのまま PC プログラムに変換され、CRT 表示でき、ソフトウェアドキュメント作成できるシステムの構築を検討した。

$$\text{運転方案} = \begin{cases} \text{電気制御用 PC プログラム} \\ \text{操業用 CRT 表示} \\ \text{ソフトウェアドキュメント} \end{cases}$$

このような運転方案言語ベース PC 方式によれば、以下のような効果が期待できる。

### 2.3.1 ソフトウェアの品質向上

Fig. 1 に従来のプログラミング方式と自動プログラミング方式の処理フローを示す。従来方式では担当者も変わり、記述方式も順次変えていくため、ミス発生要因を多く含んでいることがわかる。これに対し運転方案言語ベース PC 方式では、運転方案をそのままプログラム(機械語)に変換するため、運転方案がいかに正確に記述されているかということのみが問題となる。ただし、この修正改造も運転方案形式の記述で実施すればよく、容易に可能である。そして運転方案の記述に計算機の専門知識は不要なので、設備の専門の担当者が詳細に検討すればこの問題は解決する。運転方案言語ベース PC 方式では、プログラミング処理が短時間に可能で運転方案の検討に十分時間がかけられるため、信頼性の高い運転方案となる。また検討期間を長くとれることは、ピーク作業の平準化ができ、担当者の負荷軽減につながる。運転方案=プログラムであるため、バグのない高品質な完成度の高いプログラムが作成できる。

運転方案言語ベース PC を実現するためには、運転方案の記述方

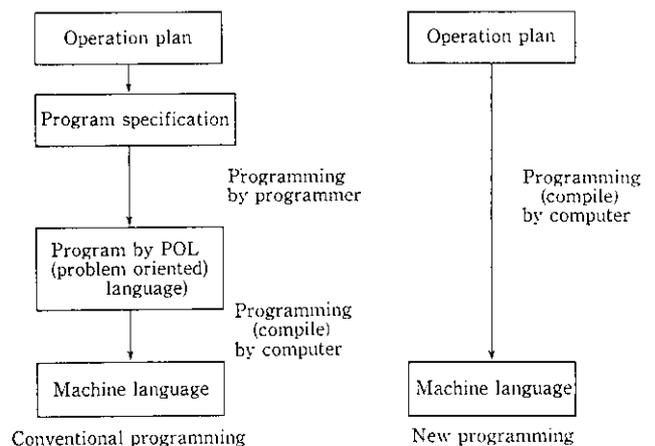


Fig. 1 Flowchart of programming

式を一定のパターンにする必要がある。つまり標準化を実施しなければならぬが、この結果非常にわかりやすい運転方案となり、信頼性と保守性の向上につながる。

運転方案言語ベース PC によりソフトウェアの品質向上を図ることができる。

2.3.2 ソフトウェアの生産性・保守性向上

運転方案言語ベース PC では運転方案をそのまま EWS (Engineering Work Station) でプログラムに変換するため、非常に短期間にプログラミングが可能となり、ソフトウェアの生産性が著しく向上する。またプログラムの保守は、運転方案の形式で記述したものをみるため、だれにでも容易に理解でき保守性の向上が図られる。

2.3.3 ソフトウェアドキュメントの充実

運転方案=プログラムであるため、コメントの充実したソフトウェアドキュメントが得られる。また運転方案言語ベース PC 処理に EWS を使用するので、ドキュメント作成の機械化は当然の結果である。

2.3.4 建設工程短縮

2.3.1~2 項に述べたソフトウェアの生産性向上、プログラムのバグ 0% 等の結果により、建設工程(ソフトウェア作成・デバッグ・試運転)の短縮が可能になる。

2.3.5 ユーザーノウハウの流出防止

運転方案言語ベース PC により、ソフトの自動作成が可能となりユーザーによるソフト作成も容易に実現できる。このため貴重なノウハウ部分は後で内作する等により、社外流出を防止できる。

3 運転方案言語ベース PC の方法

運転方案言語ベース PC に関する文献は多く見られるが、知識処

理手法によるもの<sup>1)</sup>、プログラム変換によるもの<sup>2)</sup>、部品合成によるもの<sup>3)</sup>、自然言語処理<sup>4)</sup>等、ほとんど人工知能と AI を用いている。

電気制御用 PC は直接プロセス機器を動作させているため、シーケンス制御が大きな部分を占め、非常に高速な処理が要求され、また処理内容も複雑である。現状の AI 処理等はまだまだこのような要求を満足できるレベルには達していないので、従来手法による部品合成を今回の運転方案言語ベース PC では用いた。この手法のポイントは処理内容を細分化し、パターン化、標準化するところにある。

我々が運転方案言語ベース PC に求める機能は、運転方案から直接電気制御用 PC プログラムを自動生成するという 1 つの柱とともに、もう 1 つの柱として運転方案の形式でプログラムをモニタできるという機能である。運転方案をプログラムソースとして入力し不足データを順次補足していくという手法もあるが、これでは運転方案形式表示でのモニタは困難と考えられる。今回の方法は最初から完全詳細な運転方案が必要である。プログラム改造修正も運転方案形式の記述により実施するが、この方法は短時間に修正処理できる最良の方法であると考ええる。

4 溶融亜鉛メッキラインの運転方案言語ベース PC の方式

Fig. 2 に水島製鉄所 CGL 工場のシステム構成図を示す。運転方案言語ベース PC 用主局である EWS を設置し、その端末としてパソコンを置き、高速データウェイで電気制御用 PC とリンケージしている。

Fig. 3 に運転方案言語ベース PC の処理フローを示す。電動機リスト、検出器リスト等の電気品リストは、パソコンのワープロソフトにより機械メーカーが直接作成し、これを運転方案言語ベース PC

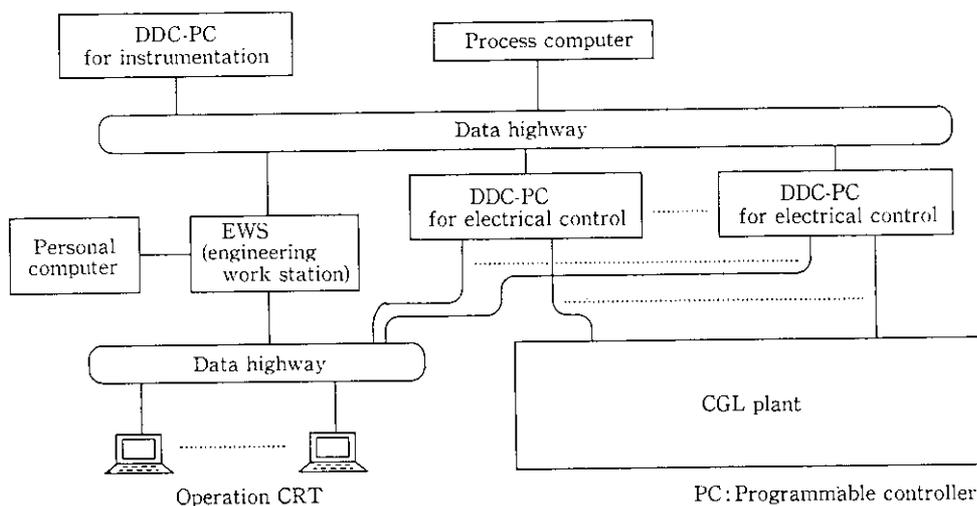


Fig. 2 Control system of the CGL plant at Mizushima Works

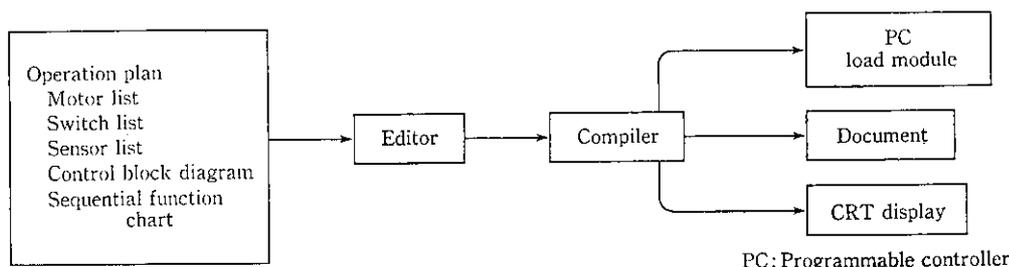


Fig. 3 Flowchart of programming treatment of the new system

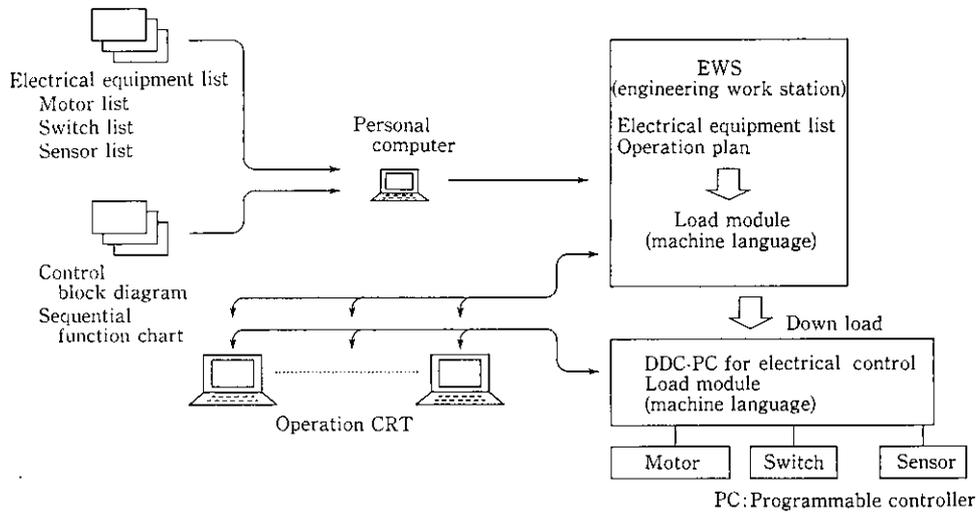


Fig. 4 Block diagram of the new DDC-PC system

用データベースに変換する。インターロック関係も同様である。またハンドリング自動のフロー図も機械メーカーが作成し、電気担当者で追記・整理してプログラムソースとする。数値演算およびデータフロー処理はブロック図形式で入力する。これらのソースデータを EWS でコンパイルおよびアセンブルし、電気制御用 PC の機械語 (ロードモジュール) に変換してダウンロードする。操業用 CRT にはこのプログラムソース形式のままをダウンロードしてモニター用とする。またソフトウェアドキュメントとしては、プログラムソースそのものを印字出力すれば自動作成できる。

Fig. 4 は運転方案言語ベース PC 関係のプログラムデータの流れから見たブロック図を表している。EWS 端末のパソコンよりプログラムソースを入力する。EWS にて電気制御用 PC のロードモジュールに変換し、操業用 CRT のモニター画面にも自動変換する。また電気制御用 PC のモニターデータ収集用プログラムも自動生成する。プログラムモニターは運転方案形式で PC と CRT の直接データリンクにより実施している。

Fig. 5 はハンドリング関係の自動フローのサンプルである。自動

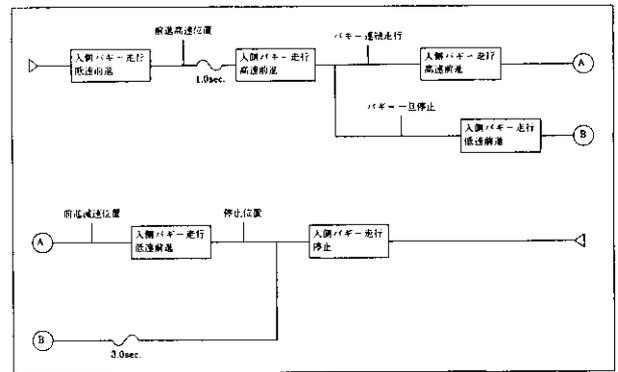
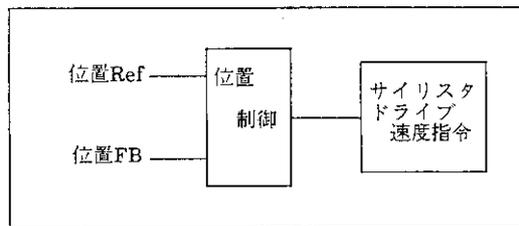


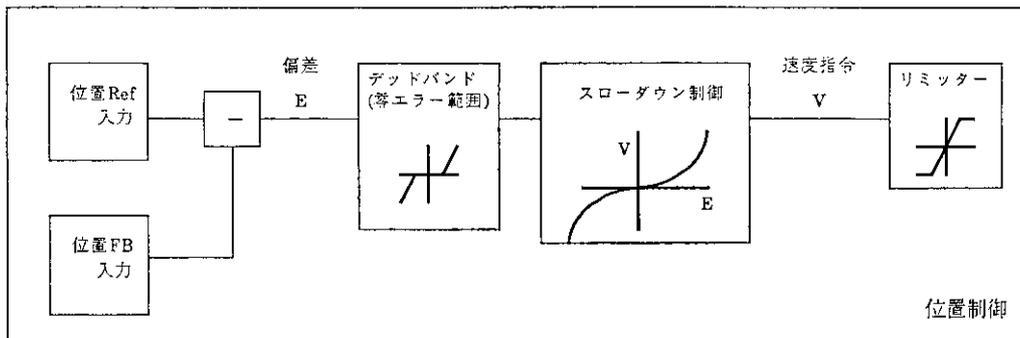
Fig. 5 An example of sequential function chart (SFC)

シーケンスは SFC (Sequential Function Chart) により記述している。機械設備の動作を順次記述していくもので、オペレータにも十分理解できる。

Fig. 6 はブロック図のサンプルである。1つのブロックはあるま



(a) General control block diagram



(b) Detail control block diagram

Fig. 6 An example of control block diagram

とまった処理である。通常これまで実績のある標準化したプログラムでブロックは構成されるが、プラント独自の非標準のものも定義できる。ブロック内は POL (Problem Oriented Language) のよりマクロ化した言語により記述・定義する。このブロック図は数値演算処理、データフロー処理等の記述に使用する。

インターロック等はツリー構造形式で記述する。手動回路もこのツリー形式で記述するが、基本的にはデータベースにより自動作成している。

## 5 運転方案言語ベース PC の効果

### (1) 運転方案記述方式

ハンドリング関係の自動フローの SFC による記述は、現在考えられる方式で最良のものであろう。運転方案の記述が機械設備の動作のフロー図であるため、あいまいな点がなく精度の高いものとなった。また、デバッグ、試運転が運転方案で実施でき非常にわかりやすく、容易になった。

### (2) プログラム作成

運転方案を直接 PC プログラムに変換するため、プログラムの品質が向上した。本方式ではメモリ管理を EWS 内で自動的に処理しているため、誤りの発生しやすいこのメモリ管理から完全に解放された。初期の全体プログラミング、稼働後の部分変更ともにプログラミング処理に要する時間が大幅に短縮でき、生産性が向上できた。

### (3) モニタ

運転方案形式の表示で機械設備の動作をモニタできること

は、非常にわかりやすく好評である。この表示を操業用 CRT で実施しているため、画面の表示速度も十分高速化されている。操業用 CRT により運転方案形式でプログラムモニタできるため、試運転時においてもオペレータも解説なしで処理内容が理解できた。

## 6 結 言

水島製鉄所 CGL 工場において、電気制御用 PC に対する運転方案言語ベース PC 技術を開発、実用化した。この運転方案言語ベース PC 技術は電気制御用 PC では初めての試みであり、画期的な技術である。その結果を以下に示す。

- (1) 運転方案の記述方式を SFC 等を使用し一定のパターン化、標準化したため、運転方案そのものの精度が向上した。
- (2) 運転方案を直接 PC のプログラムに変換するため、生産性の向上が図られ、信頼性、保守性の高いプログラムが作成されるようになった。
- (3) 操業用 CRT に PC 処理内容を運転方案形式で表示しているため、オペレータによる運転条件監視、一時判断処置が可能となった。

運転方案言語ベース PC は電気制御用 PC における革命的な技術である。そしてさらに発展していく重要な技術である。今後ともそのレベルアップを続け、より有効なシステムとして仕上げていきたい。

## 参 考 文 献

- 1) 杉山健司: 「知識処理手法による自動プログラミング」, 情報処理, 28 (1987) 10, 1297-1304
- 2) 吉田紀彦: 「プログラム変換による自動プログラミング」, 情報処理, 28 (1987) 10, 1320-1328
- 3) 古宮誠一, 原田 実: 「部品合成による自動プログラミング」, 情報処理, 28 (1987) 10, 1329-1345
- 4) 辻井潤一, 上原邦昭: 「ソフトウェア工学と自然言語処理」, 情報処理, 28 (1987) 7, 913-921