

発行日時 (Publication date)
2024/12/18 17:42 (水)

- ・ 加工システムの作成
- ・ 加工プログラム自動生成システムの作成

(version 2024.12 α 1)

Author: kurahashi Nobuaki

本書は一時的に複製されたものです。
発行日から 6 ヶ月以上経過した場合、または新たなバージョンのものが存在する場合は、本書は速やかに破棄してください。

This document is a temporary copy. If more than 6 months have passed since the publication date, or if a new version exists, please dispose of this document promptly.

- ▶ This document was created using \TeX ($\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$, $\text{\LaTeX} 3$), specifically utilizing tools such as \TeX Live 2024, TLContrib, Lua \TeX (Lua \LaTeX , Lua \TeX ja, Lua), KOMA-Script (scrbook, scrlayer-scrpage) and PGF/TikZ, and many useful packages, libraries and modules.
- ▶ The \TeX documents were edited using TeXstudio, SumatraPDF, and SyncTeX.
- ▶ The some documents were edited using Excel (Excel VBA) and Python (OpenPyXL, xlwings).
- ▶ For the bibliography, Bib \TeX (Bib \LaTeX , biber) was used.
- ▶ For the index, upmendex and mendex-doc (jpbase) were used.
- ▶ For displaying source code and its syntax highlighting, minted (Pygments, latexminted) was used.
- ▶ Additional utilities such as \TeX Live Manager (tlmgr) and \TeX Live Utility were also employed to enhance the functionality and manage the packages of \TeX Live.
- ▶ The document was typeset using Euler, AMSFonts, Latin Modern, HaranoAji, Arvo, Roboto, Source Sans Pro, TRAJAN PRO, URW Arial, URW Classico, **Nimbus Sans**, Segoe UI, TestSöhne, **STEREO GOTHIC**, **YuGothic**, Consolas, Product Sans, and HuiFont font families.
- ▶ The analytical approximations were computed using Wolfram|Alpha.
- ▶ Numerical calculations were performed using Python.
- ▶ The source codes for the G-code (NC program) on Arumatik were written and editing using VS Code (nc-gcode and many useful extensions).
- ▶ Version, release, and issue control for these documents were managed using git and GitHub (GitHub Desktop).
- ▶ For internet connectivity, Rakuten Mobile and sometimes Google Public DNS were greatly utilized.

Thanks to these tools, with the all-around support of ChatGPT-4 (Copilot), the creation of the documents and system was made possible. This was achieved even while I had to navigate solo, finding my way in the quiet corners, despite being a novice with almost all of these tools, software and languages.

Among these tools, this was my first time using \TeX Live 2024, TLContrib, Lua \TeX , $\text{\LaTeX} 3$, scrlayer-scrpage, TeXstudio, SumatraPDF, Bib \TeX , upmendex, mendex-doc, G-code (NC program), Arumatik, nc-gcode, git, GitHub, Python, minted, latexminted, Pygments, OpenPyXL, xlwings, and Copilot.

Trademark	Owner	Links
AMS	AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY	USA
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY	AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY	USA
YuGothic	JIYUKOBO	Japan
Source	Adobe	USA
TRAJAN	Adobe	USA
Adobe	Adobe	Japan, USA
Consolas	Microsoft Corporation	USA
Segoe	Microsoft Corporation	Japan, USA
Excel	Microsoft Corporation	Japan, USA
VS Code	Microsoft Corporation	Japan, USA
Wolfram Alpha	Wolfram Research	Japan, USA
Wolfram	Wolfram Research	Japan, USA
Arumatik	Kitamura Machinery	Japan, USA
Mycenter	Kitamura Machinery	Japan
KITAMURA	Kitamura Machinery	Japan, USA
Python	Python Software Foundation	Japan, USA
git	Software Freedom Conservancy, Inc	USA
Software Freedom Conservancy	Software Freedom Conservancy, Inc	USA
GitHub	GitHub, Inc	Japan, USA
RENISHAW	RENISHAW	Japan, USA
MOLDINO	MOLDINO	Japan, USA
NS TOOL	NS TOOL	Japan, USA
BIG DAISHOWA	BIG DAISHOWA	Japan, USA
Rakuten	Rakuten	Japan, USA
Rakuten Mobile	Rakuten Mobile	Japan
Google	Google	Japan, USA
GPT	OpenAI	Japan, USA
GPT-4	OpenAI	Japan, USA
ChatGPT	OpenAI	Japan, USA
OpenAI	OpenAI	Japan, USA

はじめに

2023/09 下旬、新たに導入するマシニングセンタについて、ハードウェアの観点からは大きな問題はないという形で設置に至った。一方、ソフトウェアの観点においては、極めて深刻な状況にある。「ソフトウェアに関する管理・業務」を担当する部門はおろか専任者さえ存在せず、関連規程・標準もなく、開発計画も論理的でない。さらには、そもそも業務の流れの体系的な把握さえもなされていない。つまり、「何を作っているのか」「何を作りたいのか」といったことさえ（数十年にわたって）把握ができていないのである¹。そのため加工システムの構築においては、改めてそのプロセスを白紙の状態から着手せざるを得ない事態にある。

なお、外注により作成された加工システムは存在する。しかし上述のとおり、当社が具体的な要件の把握さえできず、したがってそれを外注先に伝えることもできないまま話を進めたため、その加工システムは必然的に実用には至っていない²。これは、当社のソフトウェアエンジニアリングに関する無関心による影響が顕在化した、十分に想定でき得た必然の結果である。

このようにマシニングセンタについては（四半世紀以上にわたり）管理業務が放棄され続けている。これだけでも十分に問題ではあるが、とりわけ大問題なのは、その皺寄せによる負担の大部分が作業者に押し付けられているという点である。これは道徳的・倫理的にとっても看過できないものであり、新たな加工システムの作成に着手した理由の1つである。本書で作成を試みる加工システムでは、作業にかかる負担の軽減を優先事項とし、作業の属人性を極力排除することに努めるものとする。

¹ 「ソフトウェア」を「ハードウェア」に置き換えると、これがどれほどの異常事態であるかがわかる。なお、安全・環境・品質に関する部門はそもそも関与さえしていない。

² 加工システム自体は尤もな内容であり、むしろよくここまで作成して（付き合っ）ただけたと感心するレベルのものである。

本書の概要

本書で作成を試みる加工システムについて、その内容はいたって単純である。明細固有の寸法等の情報を用いればすべて構成が可能である。すなわち、その入力情報に対してそれに応じた NC プログラムは自動的に決定できることは明らかである。このような方針のもとに作成を行えばよいだけの話である³。本書の内容は、単にこれを行っているに過ぎない。

第1編では主に各工程に対する NC サブプログラムの作成、第2編では各明細に対する NC メインプログラムの自動生成について記述している。

³特にモールドの場合、加工に必要な幾何的性質のほぼすべてが直線または円で記述される。そのため、その体系化は高校初学年程度の数学応用能力があれば可能である。それにも関わらず、(数十年もの間) ほぼ何もなされていない。その結果として、作業者が明細ごとに個々に対応を行わなければならない事態にある。

大目次

第1編：加工システムの作成

I.	現状の業務フローの把握および整頓	47
II.	加工システム作成における要件	73
III.	加工システム作成に向けた諸規程の策定	87
IV.	加工システム作成に向けた諸標準の策定	105
V.	幾何的性質の解析計算	143
VI.	解析計算に基づく数値解析	245
VII.	加工システムの設計*	263
VIII.	各工程用 NC プログラムの作成	357

第2編：加工プログラム自動生成システムの作成

IX. 加工プログラムの条件分岐*	387
X. 加工プログラムの自動生成*	391

目次

大目次	3
目次	7
表目次	39

I. 現状の業務フローの把握および整頓	47
01. 現状の横型マシニングセンタの業務フロー	49
01.01. M マシニングセンタにおける工程および使用ツール	49
01.01.01. 工程の種類 (M マシニングセンタ)	49
01.01.02. 使用ツール (M マシニングセンタ)	50
01.02. 加工の流れ (加工前)	51
01.02.01. 図面の確認	51
01.02.02. 加工部分の有無の確認	51
01.02.02.1. 端面削加工部分	51
01.02.02.2. 外削加工部分	51
01.02.02.3. キー溝加工部分	51
01.02.02.4. 端面面取加工部分	52
01.02.02.5. 端面座ぐり加工部分*	52
01.02.02.6. 内削座ぐり加工部分*	52
01.02.03. 加工部分の寸法の確認	53
01.02.03.1. 端面削加工における寸法	53
01.02.03.2. 外削加工における寸法	54
01.02.03.3. キー溝加工における寸法	55
01.02.03.4. 端面面取加工における寸法	56
01.02.03.5. 端面座ぐり加工における寸法*	56
01.02.03.6. 内削座ぐり加工における寸法*	56
01.02.04. NC プログラムの入力	57
01.02.05. ワークの設置	57
01.02.06. ワーク設置後の調整	58
01.03. M マシニングセンタにおける工程 (加工中)	59
01.03.01. 芯出し測定後	59
01.03.02. 端面削加工中	59
01.03.03. 外削加工中	59
01.03.04. キー溝加工中	59
01.03.05. 端面 C 面取加工中	59
01.03.06. 端面内 C 面取加工中	60
01.03.07. 端面座ぐり加工中*	60

01.03.08. 内削座ぐり加工中*	60
01.04. M マシニングセンタにおける工程（加工後）	61
01.04.01. ワークの取外し	61
01.04.02. 外観の確認・寸法の測定	61
01.04.03. 手動による端面面取加工	61
01.04.04. 手動による刻印加工	61

02. イシュー・問題の特定

63

02.01. 安全 (safety) に関するイシュー・問題	63
02.02. 品質に関するイシュー・問題	65
02.02.01. 測定における品質	65
02.02.02. 外削加工における品質	65
02.02.03. キー溝加工における品質	66
02.02.04. 端面面取加工における品質	66
02.02.04.1. 端面外 C 面取加工における品質	66
02.02.04.2. 端面内 C 面取加工における品質	66
02.02.05. 端面座ぐり加工における品質	67
02.02.06. 加工全般における品質	67
02.02.07. 工具における品質	67
02.03. 作業効率に関するイシュー・問題	68
02.03.01. NC プログラムの作成における作業効率	68
02.03.02. 測定における作業効率	68
02.03.03. 端面削加工における作業効率	69
02.03.04. キー溝加工における作業効率	69
02.03.05. 端面面取加工における作業効率	69
02.03.06. 特殊な加工における作業効率	69
02.03.07. 加工全般における作業効率	70
02.04. 信頼性に関するイシュー・問題	71
02.05. 全般的な問題点	72

II. 加工システム作成における要件	73
03. 加工システム作成における達成したい目標・解決すべき課題	75
03.01. 新たなマシニングセンタの導入の目的	75
03.02. 加工システム作成における達成したい目標	76
03.02.01. 教育コストの削減に対する目標	76
03.02.02. 全体の作業効率の向上に対する目標	76
03.02.03. 内面ディンプル加工の実現に対する目標	76
03.02.04. その他の目標	76
03.03. 加工システム作成における解決すべき課題	77
04. 加工システム作成における要件	79
04.01. ワークの幾何的情報の体系的把握	79
04.01.01. テーブル回転による振分調整における幾何的情報の体系化	79
04.01.02. ワーク座標系原点設定における幾何的情報の体系化	79
04.01.03. 通り芯測定における幾何的情報の体系化	79
04.01.04. キー溝加工における幾何的情報の体系化	79
04.01.05. 端面外面取加工における幾何的情報の体系化	79
04.01.06. 端面内面取加工における幾何的情報の体系化	79
04.01.07. 内面ディンプル加工における幾何的情報の体系化	80
04.01.08. その他の幾何的情報の体系化	80
04.01.08.1. 端面座ぐり加工における幾何的情報の体系化	80
04.01.08.2. 湾曲外削加工における幾何的情報の体系化	80
04.01.08.3. 内径における幾何的情報の体系化	80
04.02. NC プログラム作成に関する諸基準の規格化	81
04.02.01. ソフトウェアエンジニアリングに関する諸規程の策定	81
04.02.02. マシニングセンタに関する諸標準の策定	81
04.03. 3D CAD・CAM の使用について	81
04.04. 振分調整用スパーサの使用について	82
04.05. 端面部の荒削り加工工程について	82
04.06. 異常値の検知	82
04.07. 各工程に必要な機能	83
04.07.01. 測定における工程の機能	83
04.07.02. 加工における工程の機能	83
04.08. その他の要件	84
04.08.01. 加工システムの利便性	84
04.08.02. NC プログラムの引数の指定	84
04.08.03. NC プログラムのネスティング	84
04.08.04. NC プログラムに用いる座標	84
04.08.05. 加工システムのバックアップ	84
04.08.06. 加工システムの公開	84
05. 制約の特定	85
05.01. 人員の制約	85
05.02. 開発期間の制約	85
05.03. 加工の空間的制約*	85

III. 加工システム作成に向けた諸規程の策定	87
06. 情報処理技術者および技術水準に関する規程	89
06.01. 規程の目的	89
06.02. 利用者および技術者の区分	89
06.02.01. IT を利活用する者	89
06.02.02. 情報処理技術者	89
06.03. 期待される技術水準	90
06.03.01. 技術水準：区分Ⅰ	90
06.03.02. 技術水準：区分Ⅱ	90
06.03.03. 技術水準：区分Ⅲ	90
06.03.04. 技術水準：区分Ⅳ	91
07. システムおよびソフトウェアの作成に関する規程	93
07.01. 開発プロセス	93
07.01.01. 要件定義	93
07.01.02. 基本設計	93
07.01.03. 詳細設計	93
07.01.04. コードの記述	93
07.01.05. コードレビュー	93
07.01.06. テスト	93
07.01.07. テスト環境での動作確認	94
07.01.08. 本番環境へのリリース	94
07.01.09. 変更管理	94
07.01.10. リスク管理	94
07.01.11. ドキュメンテーション	94
07.01.12. 緊急時の対応	94
07.02. コードレビュー	95
07.02.01. レビューおよびレビューアー	95
07.02.02. レビューの範囲	95
07.02.03. コードレビューの承認	95
07.02.04. フィードバックの提供	95
07.02.05. コードレビューの時期	95
07.03. バージョン管理	96
07.03.01. バージョン管理の目的	96
07.03.02. バージョン管理の手順	96
07.03.03. コミットおよびコードレビュー	96
07.03.04. 変更およびコミットの時期	96
07.04. テスト	97
07.04.01. テストの目的	97
07.04.02. テストケースの作成	97
07.04.03. テストの手順	97
07.04.04. テストの承認	97
07.04.05. テストの時期	97
07.04.06. リグレーションテスト	97

07.05. ドキュメンテーション	98
07.05.01. ドキュメンテーションの目的	98
07.05.02. ドキュメンテーションの作成	98
07.05.03. ドキュメンテーションの更新	98
07.05.04. ドキュメンテーションの保存	98
08. マシニングセンタにおける工具の取扱い	99
08.01. 工具番号	99
08.01.01. 工具番号の設定	99
08.01.02. 工具の登録	99
08.01.03. 工具番号の管理	99
08.02. 工具補正值の設定	99
08.03. 工具の送り速さ値および主軸回転数	99
08.03.01. 送り速さ値および主軸回転数の設定	99
08.03.02. 送り速さ値および主軸回転数の変更	99
09. 著作物およびその提示	101
09.01. 著作物および著作者	101
09.01.01. 著作物	101
09.01.01.1. プログラムの著作物	101
09.01.01.2. データベースの著作物	101
09.01.02. 著作者	101
09.02. 著作物の著作権および著作権者	102
09.02.01. 著作人格権	102
09.02.02. 著作財産権	102
09.03. 同一性保持権	102
09.04. 職務著作物	102
09.05. 著作物の管理	103
09.06. 著作物の公表	104
09.06.01. 公表する著作物	104
09.06.01.1. 公表の判断および著作権者の同意	104
09.06.01.2. 個人の著作権者	104
09.06.01.3. データ保護とプライバシー	104
09.06.02. 非公表にする著作物	104
09.06.02.1. 機密情報の保護および公表の範囲	104
09.06.02.2. 外部作成の著作物および著作権者の同意	104

IV. 加工システム作成に向けた諸標準の策定	105
10. D マシニングセンタの設置環境	107
10.01. 設置箇所における基本事項	107
10.02. 設置の条件	107
11. マシニングセンタにおける寸法	109
11.01. 寸法における基本事項	109
11.01.01. 寸法公差の取扱い	109
11.01.02. 寸法の優先度	109
11.02. ワーク全長および振分長に関する寸法	110
11.02.01. ワーク全長と振分長の公差の関係	110
11.02.02. 振分長が括弧寸法の場合	110
11.02.03. 振分調整	110
11.02.03.1. スペーサによる振分調整	110
11.02.03.2. テーブル回転による振分調整	110
11.03. 外径に関する寸法	111
11.04. 内径に関する寸法	111
11.04.01. 内径テーパ表の寸法公差	111
11.04.02. 内径テーパ表にない内径	111
11.04.03. 水平方向の内側径	111
11.04.04. めっき膜厚の考慮	111
11.05. 端面削加工に関する寸法	112
11.05.01. 端面削加工の基準点	112
11.05.02. 工具補正：端面削加工	112
11.05.02.1. 工具長補正：端面削加工	112
11.05.02.2. 工具径補正：端面削加工	112
11.05.03. 端面削コーナー R	112
11.06. 外削加工に関する寸法	113
11.06.01. 外削加工の基準点	113
11.06.02. 工具補正：外削加工	113
11.06.02.1. 工具長補正：外削加工	113
11.06.02.2. 工具径補正：外削加工	113
11.06.03. 外削長の寸法	113
11.06.04. 湾曲外削の寸法	113
11.07. キー溝加工に関する寸法	114
11.07.01. キー溝加工の基準点	114
11.07.02. 工具補正：キー溝加工	114
11.07.02.1. 工具長補正：キー溝加工	114
11.07.02.2. 工具径補正：キー溝加工	114
11.07.03. キー溝位置長およびキー溝幅の寸法	114
11.07.04. キー溝深さの寸法	114
11.08. 端面 C 面取加工に関する寸法	115
11.08.01. 端面 C 面取加工の基準点	115
11.08.01.1. 端面外 C 面取加工の基準点	115

11.08.01.2. 端面内 C 面取加工の基準点	115
11.08.02. 端面 C 面取加工の寸法	115
11.08.03. 工具補正：端面 C 面取加工	115
11.08.03.1. 工具長補正：端面 C 面取加工	115
11.08.03.2. 工具径補正：端面 C 面取加工	115
11.08.04. 端面外 C 面取加工	115
11.08.05. 端面内 C 面取加工	116
11.09. 端面 R 面取加工に関する寸法	117
11.09.01. 端面 R 面取加工の基準点	117
11.09.01.1. 端面外 R 面取加工の基準点	117
11.09.01.2. 端面内 R 面取加工	117
11.09.02. 端面外 R 面取加工	117
11.09.03. 端面内 R 面取加工	117
11.10. 端面座ぐり加工に関する寸法	118
11.10.01. 端面座ぐり加工の基準点	118
11.10.02. 端面座ぐりコーナー R の中心	118
11.10.03. 工具補正：端面座ぐり加工	118
11.11. 内削座ぐり加工に関する寸法	118
11.11.01. 内削座ぐり加工の基準点	118
11.11.02. 工具補正：内削座ぐり加工	118
11.12. 内面ディンプル加工に関する寸法	119
11.12.01. 工具補正：内面ディンプル加工	119
11.12.01.1. 工具長補正：内面ディンプル加工	119
11.12.01.2. 工具径補正：内面ディンプル加工	119
11.12.02. 内面ディンプル加工の基準点	119
11.12.03. 内面ディンプル加工の傾き角	119
12. マシニングセンタにおける工程の順番	121
12.01. 工程の順番に関わる事項	121
12.01.01. 測定と加工の順番の制約	121
12.01.02. 各工程の順番	121
12.01.02.1. 内面ディンプル加工以外についての工程	121
12.01.02.2. 内面ディンプル加工についての工程	121
12.02. D マシニングセンタ・M マシニングセンタにおける工程の順番	122
13. 工具番号および登録工具	123
13.01. 工具番号の基本事項	123
13.02. 工具番号の割当て	123
13.03. 登録工具	124
13.03.01. 2024/12 時点の登録工具	124
13.03.02. 工具の詳細	125
14. 工具の送り速さ (F コード値)	129
14.01. 送り速さの基本事項	129
14.02. タッチセンサプローブ	130
14.03. タッチセンサプローブ以外の工具	130

15. 工具の主軸回転数 (S コード値) *	133
15.01. 主軸回転数の基本事項 *	133
16. 関連する著作物およびその提示	135
16.01. 関連する著作物	135
16.02. 関連著作物の著作権および著作権者	135
16.02.01. 著作人格権	135
16.02.02. 著作財産権	135
16.03. 関連著作物の公表	136
16.03.01. 公表する関連著作物	136
16.03.01.1. 生産性の向上および著作権者の同意	136
16.03.01.2. 個人の著作権者による提示の権利	136
16.03.01.3. データ保護とプライバシー	136
16.03.02. 非公表にする関連著作物	136
16.03.02.1. 機密情報の保護および提示の範囲	136
16.03.02.2. 外部作成の著作物および著作権者の同意	136
Part IV の補遺	140
A. 引数指定	141
A.01. 引数の指定	141
A.01.01. 引数指定 I	141
A.01.02. 引数指定 II	141
A.02. 引数アドレスとそのローカル変数	142
A.02.01. 引数指定 I 一覧	142
A.02.02. 引数指定 II 一覧	142

V. 幾何的性質の解析計算 143

17. ワーク全長および振分けの幾何 145

17.01. 固定用ジグの接点部が点の場合	145
17.01.01. スペーサを用いた再振分け	145
17.01.02. 再振分長が均等になるスペーサ厚	147
17.02. 受板がある場合	148
17.02.01. 受板との接点	148
17.02.01.1. 回転後のワークの湾曲中心	148
17.02.01.2. 傾き後の受板との接点（トップ側）	150
17.02.01.3. 傾き後の受板との接点（ボトム側）	150
17.02.02. スペーサによるワークの傾き角	151
17.02.03. スペーサによる再振分け	151
17.02.03.1. 再振分長	151
17.02.03.2. ワークの移動距離	151
17.02.04. 再振分長が均等になるスペーサ厚	152
17.03. テーブルの回転による振分長の調節	153
17.03.01. 回転後の湾曲中心および受板との接点	153
17.03.01.1. 回転後のワークの湾曲中心	153
17.03.01.2. 傾き後の受板との接点	153
17.03.02. 傾き後の再振分長	154
17.03.03. 再振分長を指定したときの振分調整用傾き角	154
17.04. 湾曲のないモールド	155

18. 端面削および外径の幾何 157

18.01. トップ端面の幾何	157
18.01.01. トップ端の湾曲中心の位置	157
18.01.01.1. スペーサを用いた場合の T'_{Rc}	157
18.01.01.2. テーブルを傾けた場合の T'_{Rc}	157
18.01.02. トップ端面における外側中心の位置	158
18.01.02.1. スペーサを用いた場合の T'_c	158
18.01.02.2. テーブルを傾けた場合の T'_c	158
18.02. ボトム端面の幾何	159
18.02.01. ボトム端の湾曲中心の位置	159
18.02.01.1. スペーサを用いた場合の B'_{Rc}	159
18.02.01.2. テーブルを傾けた場合の B'_{Rc}	159
18.02.02. ボトム端面における外側中心の位置	159
18.02.02.1. スペーサを用いた場合の B'_c	159
18.02.02.2. テーブルを傾けた場合の B'_c	160
18.03. 端面削加工の工具径補正	161
18.03.01. 加工の開始可能範囲	161
18.03.02. 工具径補正を用いる場合	161
18.03.03. 手動で補正を行う場合	162

19. 外削の幾何	163
19.01. ボトム外削中心（ボトム基準）	163
19.01.01. スペーサを用いた場合の \mathfrak{B}'_c	163
19.01.02. テーブルを傾けた場合の \mathfrak{B}'_c	164
19.01.03. トップ外削中心（ボトム基準）	164
19.02. トップ外削中心	165
19.02.01. スペーサを用いた場合の \mathfrak{B}'_c	165
19.02.02. テーブルを傾けた場合の \mathfrak{B}'_c	165
19.02.03. ボトム外削中心（トップ基準）	165
19.03. トップ外削長	166
19.04. 湾曲外削の幾何	167
19.04.01. ボトム湾曲外削の幾何	167
19.04.01.1. ボトム湾曲外削の傾き角	167
19.04.01.2. ボトム湾曲外削の端点の位置	167
19.04.02. トップ湾曲外削の幾何	169
19.04.02.1. トップ湾曲外削の傾き角	169
19.04.02.2. トップ湾曲外削の端点の位置	169
19.05. 湾曲外削コーナー R の近似曲線	171
19.05.01. ヘリカル加工を用いた近似曲線	171
19.05.02. ヘリカル加工の中心の相対位置	171
19.05.03. 各分割点の相対位置	172
19.06. 通り芯の幾何	173
19.06.01. ボトム外削中心が基準の場合	173
19.06.02. トップ外削中心が基準の場合	173
20. キー溝の幾何	175
20.01. キー溝の基本事項	175
20.02. 湾曲中心が基準の場合	176
20.02.01. スペーサを用いた場合のキー溝中心（湾曲中心基準）	176
20.02.02. テーブルを傾けた場合のキー溝中心（湾曲中心基準）	176
20.03. 外削中心が基準の場合	177
20.04. A 側キー溝深さが基準の場合	177
20.04.01. 外削のない場合	177
20.04.02. 外削のある場合	177
20.05. 測定上のキー溝深さ	178
20.05.01. 図面上のキー溝深さ	178
20.05.02. 測定上の傾き	178
20.05.03. 測定におけるキー溝深さ補正	179
20.06. C 側キー溝深さ	181
20.07. キー溝のコーナー	182
20.07.01. キー溝：コーナー R の場合	182
20.07.02. キー溝：コーナー C（8 角形）の場合	182
20.07.03. キー溝：8 角形コーナー R の場合	182
20.07.03.1. 各辺の長さ	182
20.07.03.2. コーナー R の中心および接点の相対位置	182

21. 端面 C 面取の幾何	183
21.01. 端面 C 面取の寸法	183
21.02. テーパーエンドミルの参照直径	183
21.03. 中心座標 X の移動	184
21.04. 端面面取長による補正*	184
21.05. 端面 C 面取加工の負荷	185
21.05.01. 削り代の体積	185
21.05.02. 加工 1 回あたりの体積比*	185
21.06. ワークの歪みを考慮した端面 C 面取加工	186
21.06.01. 測定点とその座標：ボトム端面外面取	186
21.06.01.1. 各々の辺の式	186
21.06.01.2. 各々の辺のなす角度	187
21.06.01.3. 凸四角形の頂点の座標*	188
21.06.01.4. コーナー R の円の接点*	188
21.06.01.5. コーナー R の円の中心*	188
21.06.02. 測定点とその座標：端面内面取*	188
22. 端面 R 面取の幾何	189
22.01. テーパーエンドミルによる端面面取	189
22.02. 中心座標 X の移動	190
23. 端面座ぐりの幾何	191
23.01. 端面座ぐりの位置：XY 方向	191
23.01.01. 端面座ぐりコーナー R の中心の位置	191
23.01.02. 端面座ぐり幅の直線部の長さおよび径	192
23.01.03. 端面座ぐりの中心	192
23.02. 端面座ぐりの位置：Z 方向	192
24. 内削座ぐりの幾何	193
24.01. 内削座ぐり加工の基準	193
25. 内面ディンプルの幾何	195
25.01. 内面ディンプルの表記法	195
25.02. 内面ディンプル加工の基本方針	197
25.03. 傾き前の内面ディンプルの位置と内面ディンプル用傾き角	198
25.03.01. 内面ディンプルの X 座標（傾き前）	198
25.03.02. 内面ディンプルの Y 座標（傾き前）	199
25.03.03. 内面ディンプルの Z 座標（傾き前）	199
25.03.04. 内面ディンプル用傾き角	199
25.03.05. B 面内面ディンプル, D 面内面ディンプルの位置（傾き前）	202
25.04. 傾き後の内面ディンプル	203
25.04.01. 傾き後の A 面内面ディンプル, C 面内面ディンプル	204
25.04.02. 傾き後の B 面内面ディンプル, D 面内面ディンプル	205
25.05. 内面ディンプルの番号付け	207
25.05.01. d_o および d_e が一定の場合	207
25.05.02. d_o および d_e が一定でない場合	207

26. 内面逃がし溝の幾何	209
26.01. 内面逃がし溝の表記法	209
26.02. 内面逃がし溝加工の基本方針	210
26.03. 傾き前の内面逃がし溝の位置と内面逃がし溝用傾き角	211
26.03.01. 内面逃がし溝の X 座標 (傾き前)	211
26.03.02. 内面逃がし溝の Y 座標 (傾き前)	211
26.03.03. 内面逃がし溝用傾き角	213
26.04. 傾き後の内面逃がし溝*	214
27. 内径の幾何*	215
27.01. e テーパの算定*	215
27.02. 内側湾曲の近似曲線*	216
28. その他の幾何	217
28.01. 回転中心とのずれの考慮	217
28.01.01. ワーク全長の変化	217
28.01.02. 通り芯の変化	218
28.01.02.1. ボトム側が基準の場合	218
28.01.02.2. トップ側が基準の場合	218
28.02. ワーク固定用ボルト	219
28.02.01. 高さ方向のボルト長	219
28.02.02. 幅方向のボルト長	219
28.03. ワークの固有振動	220
28.04. 内面ディンプルのみの加工に伴うワークの調整	221
28.05. 倒れの幾何	221
28.06. 外径の統一化に伴う幾何	222
28.06.01. 外側 BD 径の修正	222
28.06.02. 外側 AC 径の修正	222
28.07. A 側外面の頂点の調整	223
28.07.01. 両端面を鉛直方向とした場合*	223
28.07.02. C 側外面両端点を結ぶ直線を水平方向とした場合	223
28.08. ワークとテーブルとの位置	224
28.08.01. スペーサ取付前	224
28.08.02. スペーサ取付後	224

Part V の補遺 228

B. 曲線の近似と NURBS 曲線	229
B.01. アイソパラメトリック曲線	229
B.02. B スプライン曲線	230
B.02.01. 非一様 B-スプライン曲線	231
B.02.02. 有理 B-スプライン曲線	231
B.02.03. 非一様有理 B-スプライン曲線 (NURBS 曲線)	231
B.03. 近似曲線	232
B.03.01. 次数および制御点・ウェイトの個数	232

B.03.02. 制御点およびウェイト	232
B.03.03. 最小二乗法*	233
C. 諸公式	235
C.01. 近似計算	235
C.02. 2 直線の関係	235
D. 表記 一覧	237
D.01. 数式に用いられる記号	237
D.02. 点・位置を示す記号	244

VI. 解析計算に基づく数値解析	245
29. 入力する数値情報・パラメタ	247
29.01. 湾曲・振分けに関する入力数値	247
29.02. 外形・内形に関する入力数値	247
29.03. 外削に関する入力数値	248
29.04. キー溝に関する入力数値	249
29.05. 内面ディンプルに関する入力数値	249
29.06. 端面面取に関する入力数値	250
29.06.01. ボトム端面面取に関する入力情報	250
29.06.02. トップ端面面取に関する入力情報	251
29.07. 端面座ぐりに関する入力情報	251
29.08. 内削座ぐりに関する入力情報	252
30. 必要な条件分岐情報（NC プログラム）	253
30.01. 湾曲・振分けに関する条件分岐	253
30.02. 外削に関する条件分岐	254
30.03. キー溝に関する条件分岐	255
30.04. 内面ディンプルに関する条件分岐	255
30.05. 端面面取に関する条件分岐	255
30.06. 特殊な加工に関する条件分岐	256
31. NC メインプログラムに必要な数値情報	257
31.01. 振分調整用傾き角の数値情報	257
31.02. ワーク座標系原点設定用の数値情報	258
31.02.01. ボトム端外側中心の位置	258
31.02.02. ボトム外削中心の位置	258
31.02.02.1. ボトム外削中心：ボトム外削 A 側肉厚基準の場合	258
31.02.02.2. ボトム外削中心：トップ外削 A 側肉厚基準の場合	258
31.02.03. ボトム端内側中心の位置	258
31.02.04. トップ端外側中心の位置	258
31.02.05. トップ外削中心の位置	259
31.02.05.1. トップ外削中心：トップ外削 A 側肉厚基準の場合	259
31.02.05.2. トップ外削中心：ボトム外削 A 側肉厚基準の場合	259
31.02.06. キー溝中心の位置	259
31.03. 内面ディンプルの数値情報	259
32. 各工程用 NC サブプログラムに必要な数値情報	261
32.01. *	261

VII. 加工システムの設計* 263

33. 加工システムの全体の流れ 265

33.01. 工程：加工前の段取	265
33.02. 工程：加工前の測定	266
33.02.01. ワーク座標系原点設定（ボトム側）	266
33.02.02. ワーク座標系原点設定（トップ側）	266
33.02.03. 内面ディンプル測定	266
33.03. 工程：トップ側の加工	269
33.04. 工程：ボトム側の加工	269
33.05. 工程：加工後の測定	272
33.06. 工程：加工後の段取	273

34. ワーク座標系原点および加工基準点 275

34.01. ワーク座標系の種類	275
34.02. ワーク座標系 G54	275
34.02.01. ワーク座標系 G54X の原点	275
34.02.02. ワーク座標系 G54Y の原点	275
34.02.03. ワーク座標系 G54Z の原点*	275
34.02.04. ワーク座標系 G54B の原点	275
34.02.05. ワーク座標系 G54C の原点	275
34.03. ワーク座標系 G55	276
34.03.01. ワーク座標系 G55X の原点	276
34.03.02. ワーク座標系 G55Y の原点	276
34.03.03. ワーク座標系 G55Z の原点*	276
34.03.04. ワーク座標系 G55B の原点	276
34.03.05. ワーク座標系 G55C の原点	276
34.04. ワーク座標系 G56	277
34.04.01. ワーク座標系 G56X の原点	277
34.04.02. ワーク座標系 G56Y の原点	277
34.04.03. ワーク座標系 G56Z の原点*	277
34.04.04. ワーク座標系 G56B の原点	277
34.04.05. ワーク座標系 G56C の原点	277
34.05. ワーク座標系 G57	278
34.05.01. ワーク座標系 G57X の原点	278
34.05.02. ワーク座標系 G57Y の原点	278
34.05.03. ワーク座標系 G57Z の原点*	278
34.05.04. ワーク座標系 G57B の原点	278
34.05.05. ワーク座標系 G57C の原点	278
34.06. ワーク座標系 G58	279
34.06.01. ワーク座標系 G58X の原点	279
34.06.02. ワーク座標系 G58Y の原点	279
34.06.03. ワーク座標系 G58Z の原点*	279
34.06.04. ワーク座標系 G58B の原点	279
34.06.05. ワーク座標系 G58C の原点	279

34.07. ワーク座標系 G59	279
34.08. ワーク座標系 G54.1 P01 - G54.1 P96	279
35. NC プログラムの番号付け	281
35.01. プログラム番号の基本事項	281
35.02. 番号付け：8, 7 桁目	281
35.03. 番号付け：6 桁目	282
35.03.01. 6 桁目：0	282
35.03.02. 6 桁目：0, 9 以外	282
35.03.03. 6 桁目：9	282
35.04. 番号付け：5 桁目	283
35.05. 番号付け：4 桁目	283
35.06. 番号付け：3, 2 桁目	283
35.07. 番号付け：1 桁目	284
36. 作成する NC サブプログラム	285
36.01. 作成する NC サブプログラム一覧	285
36.02. 作成する NC サブプログラム： 0110001	287
36.02.01. 0110001 ：作成の目的	287
36.02.02. 0110001 ：使用の前提条件	287
36.02.03. 0110001 ：データの入出力	287
36.02.03.1. 0110001 ：格納する引数	287
36.02.03.2. 0110001 ：出力されるデータ	287
36.02.03.3. 0110001 ：必要な主な変数	287
36.02.04. 0110001 ：主な機能	288
36.02.05. 0110001 ：品質保証	288
36.03. 作成する NC サブプログラム： 0110002	289
36.03.01. 0110002 ：作成の目的	289
36.03.02. 0110002 ：使用の前提条件	289
36.03.03. 0110002 ：データの入出力	289
36.03.03.1. 0110002 ：格納する引数	289
36.03.03.2. 0110002 ：出力されるデータ	289
36.03.03.3. 0110002 ：必要な主な変数	289
36.03.04. 0110002 ：主な機能	290
36.03.05. 0110002 ：品質保証	290
36.04. 作成する NC サブプログラム： 0120001	291
36.04.01. 0120001 ：作成の目的	291
36.04.02. 0120001 ：使用の前提条件	291
36.04.03. 0120001 ：データの入出力	291
36.04.03.1. 0120001 ：格納する引数	291
36.04.03.2. 0120001 ：出力されるデータ	291
36.04.03.3. 0120001 ：必要な主な変数	291
36.04.04. 0120001 ：主な機能	291
36.04.05. 0120001 ：品質保証	292

36.05. 作成する NC サブプログラム :	0130001	293
36.05.01.	0130001 : 作成の目的	293
36.05.02.	0130001 : 使用の前提条件	293
36.05.03.	0130001 : データの入出力	293
36.05.03.1.	0130001 : 格納する引数	293
36.05.03.2.	0130001 : 出力されるデータ	293
36.05.03.3.	0130001 : 必要な主な変数	293
36.05.04.	0130001 : 主な機能	294
36.05.05.	0130001 : 品質保証	294
36.06. 作成する NC サブプログラム :	0130002	295
36.06.01.	0130002 : 作成の目的	295
36.06.02.	0130002 : 使用の前提条件	295
36.06.03.	0130002 : データの入出力	295
36.06.03.1.	0130002 : 格納する引数	295
36.06.03.2.	0130002 : 出力されるデータ	295
36.06.03.3.	0130002 : 必要な主な変数	295
36.06.04.	0130002 : 主な機能	295
36.06.05.	0130002 : 品質保証	296
36.07. 作成する NC サブプログラム :	0140001	297
36.07.01.	0140001 : 作成の目的	297
36.07.02.	0140001 : 使用の前提条件	297
36.07.03.	0140001 : データの入出力	297
36.07.03.1.	0140001 : 格納する引数	297
36.07.03.2.	0140001 : 出力されるデータ	297
36.07.03.3.	0140001 : 必要な主な変数	297
36.07.04.	0140001 : 主な機能	297
36.07.05.	0140001 : 品質保証	298
36.08. 作成する NC サブプログラム :	0150002	299
36.08.01.	0150002 : 作成の目的	299
36.08.02.	0150002 : 使用の前提条件	299
36.08.03.	0150002 : データの入出力	299
36.08.03.1.	0150002 : 格納する引数	299
36.08.03.2.	0150002 : 出力されるデータ	299
36.08.03.3.	0150002 : 必要な主な変数	300
36.08.04.	0150002 : 主な機能	300
36.08.05.	0150002 : 品質保証	300
36.09. 作成する NC サブプログラム :	0210003	301
36.09.01.	0210003 : 作成の目的	301
36.09.02.	0210003 : 使用の前提条件	301
36.09.03.	0210003 : データの入出力	301
36.09.03.1.	0210003 : 格納する引数	301
36.09.03.2.	0210003 : 出力されるデータ (測定時のみ)	301
36.09.03.3.	0210003 : 必要な主な変数	302
36.09.04.	0210003 : 主な機能	302
36.09.05.	0210003 : 品質保証	302

36.10. 作成する NC サブプログラム :	0220001	303
36.10.01.	0220001 : 作成の目的	303
36.10.02.	0220001 : 使用の前提条件	303
36.10.03.	0220001 : データの入出力	303
36.10.03.1.	0220001 : 格納する引数	303
36.10.03.2.	0220001 : 出力されるデータ (測定時のみ)	303
36.10.03.3.	0220001 : 必要な主な変数	303
36.10.04.	0220001 : 主な機能	303
36.10.05.	0220001 : 品質保証	304
36.11. 作成する NC サブプログラム :	0220002	305
36.11.01.	0220002 : 作成の目的	305
36.11.02.	0220002 : 使用の前提条件	305
36.11.03.	0220002 : データの入出力	305
36.11.03.1.	0220002 : 格納する引数	305
36.11.03.2.	0220002 : 出力されるデータ (測定時のみ)	305
36.11.03.3.	0220002 : 必要な主な変数	305
36.11.04.	0220002 : 主な機能	305
36.11.05.	0220002 : 品質保証	306
36.12. 作成する NC サブプログラム :	0230001	307
36.12.01.	0230001 : 作成の目的	307
36.12.02.	0230001 : 使用の前提条件	307
36.12.03.	0230001 : データの入出力	307
36.12.03.1.	0230001 : 格納する引数	307
36.12.03.2.	0230001 : 出力されるデータ	307
36.12.03.3.	0230001 : 必要な主な変数	307
36.12.04.	0230001 : 主な機能	307
36.12.05.	0230001 : 品質保証	307
36.13. 作成する NC サブプログラム :	0230002	308
36.13.01.	0230002 : 作成の目的	308
36.13.02.	0230002 : 使用の前提条件	308
36.13.03.	0230002 : データの入出力	308
36.13.03.1.	0230002 : 格納する引数	308
36.13.03.2.	0230002 : 出力されるデータ	308
36.13.03.3.	0230002 : 必要な主な変数	308
36.13.04.	0230002 : 主な機能	308
36.13.05.	0230002 : 品質保証	308
36.14. 作成する NC サブプログラム :	0410000	309
36.14.01.	0410000 : 作成の目的	309
36.14.02.	0410000 : 使用の前提条件	309
36.14.03.	0410000 : 関連するパラメタ	309
36.14.03.1.	0410000 : 格納する引数	309
36.14.03.2.	0410000 : 必要な主な変数	309
36.14.04.	0410000 : 主な機能	309
36.14.05.	0410000 : 品質保証	309

36.15. 作成する NC サブプログラム :	0420000	311
36.15.01.	0420000 : 作成の目的	311
36.15.02.	0420000 : 使用の前提条件	311
36.15.03.	0420000 : 関連するパラメタ	311
36.15.03.1.	0420000 : 格納する引数	311
36.15.03.2.	0420000 : 必要な主な変数	311
36.15.04.	0420000 : 主な機能	312
36.15.05.	0410000 : 品質保証	312
36.16. 作成する NC サブプログラム :	0421000	313
36.16.01.	0421000 : 作成の目的	313
36.16.02.	0421000 : 使用の前提条件	313
36.16.03.	0421000 : 関連するパラメタ	313
36.16.03.1.	0421000 : 格納する引数	313
36.16.03.2.	0421000 : 出力されるデータ	313
36.16.03.3.	0421000 : 必要な主な変数	314
36.16.04.	0421000 : 主な機能	314
36.16.05.	0421000 : 品質保証	314
36.17. 作成する NC サブプログラム :	0430000	315
36.17.01.	0430000 : 作成の目的	315
36.17.02.	0430000 : 使用の前提条件	315
36.17.03.	0430000 : 関連するパラメタ	315
36.17.03.1.	0430000 : 格納する引数	315
36.17.03.2.	0430000 : 必要な主な変数	316
36.17.04.	0430000 : 主な機能	316
36.17.05.	0440000 : 品質保証	316
36.18. 作成する NC サブプログラム :	0440000	317
36.18.01.	0440000 : 作成の目的	317
36.18.02.	0440000 : 使用の前提条件	317
36.18.03.	0440000 : 関連するパラメタ	317
36.18.03.1.	0440000 : 格納する引数	317
36.18.03.2.	0440000 : 必要な主な変数	318
36.18.04.	0440000 : 主な機能	318
36.18.05.	0440000 : 品質保証	318
36.19. 作成する NC サブプログラム :	0441000	319
36.19.01.	0441000 : 作成の目的	319
36.19.02.	0441000 : 使用の前提条件	319
36.19.03.	0441000 : 関連するパラメタ	319
36.19.03.1.	0441000 : 格納する引数	319
36.19.03.2.	0441000 : 必要な主な変数	320
36.19.04.	0441000 : 主な機能	320
36.19.05.	0441000 : 品質保証	320
36.20. 作成する NC サブプログラム :	0450000	321
36.20.01.	0450000 : 作成の目的	321
36.20.02.	0450000 : 使用の前提条件	321

36.20.03.	 0450000	：関連するパラメタ	321
36.20.03.1.	 0450000	：格納する引数	321
36.20.03.2.	 0450000	：必要な主な変数	322
36.20.04.	 0450000	：主な機能	322
36.20.05.	 0450000	：品質保証	322
37. シーケンス番号 (N コード値)			323
37.01.		シーケンス番号の基本事項	323
37.02.		作成した NC サブプログラムのシーケンス番号	323
37.03.		作成した NC メインプログラムのシーケンス番号	324
37.03.01.		N1000：測定（内面ディンプル・内面逃がし溝以外）	324
37.03.02.		N2000：測定（内面ディンプル・内面逃がし溝）	324
37.03.03.		N3000：内面ディンプル加工・内面逃がし溝加工	324
37.03.04.		N4000：トップ側の加工	324
37.03.05.		N5000：ボトム側の加工	325
37.03.06.		N8000：エラー*	325
37.03.07.		N9990：NC プログラムの終了	325
38. #3000：アラーム*			327
38.01.		アラーム番号の分類*	327
39. コモン変数 (D マシニングセンタ)			329
39.01.		コモン変数の範囲 (D マシニングセンタ)	329
39.02.		#100-#199	329
39.02.01.		#100-#174：一時保存値	329
39.02.02.		#175-#199：各工程用 補助機能（使用頻度 低）	330
39.03.		#400-#499：各工程用 補助機能（使用頻度 高）	331
39.03.01.		#400-#424：初期設定および調整	331
39.03.02.		#425-#449：初期設定および調整（続き）	332
39.03.03.		#450-#474：内面ディンプル深さ調整	333
39.03.04.		#475-#499：各工程用 補助機能（該当明細 少）	334
39.04.		#500-#574：バンドルの NC プログラムの使用コモン変数	335
39.05.		#600-#699	337
39.05.01.		#600-#624：ワークと工具間の距離の調整	337
39.05.02.		#625-#649：残り代および 1 回あたりの削り代	338
39.05.03.		#650-#699：工具の送り速さ	339
39.05.04.		#700-#724：スピンドルの回転数（切削時）	341
39.06.		#900000-#900049, #900100-#900599：実測値	342
39.06.01.		#900000-#900050：内面ディンプル以外	342
39.06.02.		#900100-#900599：内面ディンプル	345
39.07.		#901000-#901049：パレット・固定用ジグ	346
39.07.01.		#901000-#901024	346
39.07.02.		#901025-#901049	347
39.08.		#901050-#901074：タッチセンサープローブ	348
39.09.		#901100-#901149：工具	349
39.09.01.		#901100-#901124	349

39.09.02. #901125-#901149	350
39.10. #901200-#901249：内面ディンプル用	351
39.10.01. #901200-#901224：内面ディンプル 0210003 用	351
39.10.02. #901225-#901249：内面ディンプル 0220001 0220002 用	352
39.11. 未使用（使用可）のコモン変数	353
40. コモン変数（M マシニングセンタ）	355
40.01. コモン変数の範囲（M マシニングセンタ）	355
40.02. #502-#510	355

VIII. 各工程用 NC プログラムの作成 357

41. 作成した NC プログラムの内容 359

41.01.	作成した NC プログラム 一覧	359
41.01.01.	作成した NC メインプログラムの例 一覧	359
41.01.02.	作成した NC サブプログラム 一覧	361
41.02.	GP 0110001 : 測定 両側 外側中心・幅 X	363
41.02.01.	GP 0110001 の引数	363
41.02.02.	GP 0110001 の取扱説明 *	363
41.02.03.	GP 0110001 の注意事項 *	363
41.03.	GP 0110002 : 測定 両側 外側中心・幅 Y	364
41.03.01.	GP 0110002 の引数	364
41.03.02.	GP 0110002 の取扱説明 *	364
41.03.03.	GP 0110002 の注意事項 *	364
41.04.	GP 0120001 : 測定 片側 キー溝中心 X	365
41.04.01.	GP 0120001 の引数	365
41.04.02.	GP 0120001 の取扱説明 *	365
41.04.03.	GP 0120001 の注意事項 *	365
41.05.	GP 0130001 : 測定 両側 内側中心・幅 X	366
41.05.01.	GP 0130001 の引数	366
41.05.02.	GP 0130001 の取扱説明 *	366
41.05.03.	GP 0130001 の注意事項 *	366
41.06.	GP 0130002 : 測定 両側 内側中心・幅 Y	367
41.06.01.	GP 0130002 の引数	367
41.06.02.	GP 0130002 の取扱説明 *	367
41.06.03.	GP 0130002 の注意事項 *	367
41.07.	GP 0140001 : 測定 片側 外削中心 X	368
41.07.01.	GP 0140001 の引数	368
41.07.02.	GP 0140001 の取扱説明 *	368
41.07.03.	GP 0140001 の注意事項 *	368
41.08.	GP 0150002 : 測定 片側 通り芯	369
41.08.01.	GP 0150002 の引数	369
41.08.02.	GP 0150002 の取扱説明 *	369
41.08.03.	GP 0150002 の注意事項 *	369
41.09.	GP 0150003 : 測定 片側 AC 方向倒れ	370
41.09.01.	GP 0150003 の引数	370
41.09.02.	GP 0150003 の取扱説明 *	370
41.09.03.	GP 0150003 の注意事項 *	370
41.10.	GP 0160003 : 測定 片側 トップ端面傾き測定	371
41.10.01.	GP 0160003 の引数	371
41.10.02.	GP 0150002 の取扱説明 *	371
41.10.03.	GP 0150002 の注意事項 *	371
41.11.	GP 0210003 : 測定・加工 内面ディンプル	372
41.11.01.	GP 0210003 の引数 *	372

41.11.02.	GP 0210003	の取扱説明 *	372
41.11.03.	GP 0210003	の注意事項 *	372
41.12.	GP 0410000	: 加工 端面削 コーナー R 左回り	373
41.12.01.	GP 0410000	の引数	373
41.12.02.	GP 0410000	の取扱説明 *	373
41.12.03.	GP 0410000	の注意事項 *	373
41.13.	GP 0420000	: 加工 外削 コーナー R 左回り	374
41.13.01.	GP 0420000	の引数	374
41.13.02.	GP 0420000	の取扱説明 *	374
41.13.03.	GP 0420000	の注意事項 *	374
41.14.	GP 0421000	: 加工 湾曲外削 コーナー R 左回り	375
41.14.01.	GP 0421000	の引数 *	375
41.14.02.	GP 0421000	の取扱説明 *	375
41.14.03.	GP 0421000	の注意事項 *	375
41.15.	GP 0430000	: 加工 キー溝 左回り	376
41.15.01.	GP 0430000	の引数	376
41.15.02.	GP 0430000	の取扱説明 *	376
41.15.03.	GP 0430000	の注意事項 *	376
41.16.	GP 0440000	: 加工 端面外 C 面取 コーナー R 左回り	377
41.16.01.	GP 0440000	の引数	377
41.16.02.	GP 0440000	の取扱説明 *	377
41.16.03.	GP 0440000	の注意事項 *	377
41.17.	GP 0441000	: 加工 湾曲外削用端面外 C 面取 コーナー R 左回り	378
41.17.01.	GP 0441000	の引数	378
41.17.02.	GP 0441000	の取扱説明 *	378
41.17.03.	GP 0441000	の注意事項 *	378
41.18.	GP 0450000	: 加工 端面内 C 面取 コーナー R 左回り	379
41.18.01.	GP 0450000	の引数	379
41.18.02.	GP 0450000	の取扱説明 *	379
41.18.03.	GP 0450000	の注意事項 *	379
41.19.	GP 0460000	: 加工 端面座ぐり コーナー R 左回り	380
41.19.01.	GP 0460000	の引数	380
41.19.02.	GP 0460000	の取扱説明 *	380
41.19.03.	GP 0460000	の注意事項 *	380
41.20.	GP 0470000	: 加工 内削座ぐり コーナー R 左回り	381
41.20.01.	GP 0470000	の引数	381
41.20.02.	GP 0470000	の取扱説明 *	381
41.20.03.	GP 0470000	の注意事項 *	381
41.21.	GP 0915100	: 暖機運転	382
41.21.01.	GP 0915100	の引数	382
41.21.02.	GP 0915100	の取扱説明 *	382
41.21.03.	GP 0915100	の注意事項 *	382
41.22.	GP 0919100	: 工具長補正	383
41.22.01.	GP 0919100	の引数	383
41.22.02.	GP 0919100	の取扱説明 *	383
41.22.03.	GP 0917100	の注意事項 *	383

IX. 加エプログラムの条件分岐 *	387
42. 分岐となる条件項目 *	389
42.01. *	389

X.	加工プログラムの自動生成*	391
----	---------------	-----

図目次	395
Column 一覧	396
Bibliography	397
参考文献	397
ウェブサイト	397
論文	397
参考文献	398
ウェブサイト	398
マニュアル	398
索引	399

表目次

I. 現状の業務フローの把握および整頓	47
01. 現状の横型マシニングセンタの業務フロー	49
表 01.01. ワークワークに直接関わる主な工程の種類 (M マシニングセンタ)	49
表 01.02. 使用ソフトウェアおよびツール (M マシニングセンタ)	50
<hr/>	
IV. 加工システム作成に向けた諸標準の策定	105
10. D マシニングセンタの設置環境	107
表 10.01. D マシニングセンタ据付要件	107
13. 工具番号および登録工具	123
表 13.01. D マシニングセンタの工具番号の割当て	123
表 13.02. D マシニングセンタの登録工具	124
表 13.03. D マシニングセンタ 工具詳細：先端工具	125
表 13.04. D マシニングセンタ 工具詳細：シャンク・ホルダ・コレットチャック . .	126
表 13.05. D マシニングセンタ 工具詳細：チャック	127
14. 工具の送り速さ (F コード値)	129
表 14.01. 工具の送り速さ設定値 一覧	131
15. 工具の主軸回転数 (S コード値) *	133
表 15.01. 工具の主軸回転数設定値 一覧	133
A. 引数指定	141
表 A.01. 引数指定 I 一覧	142
表 A.02. 通常指定不可な引数	142
表 A.03. 引数指定 II 一覧	142
<hr/>	
V. 幾何的性質の解析計算	143
27. 内径の幾何 *	215
表 27.01. 化学組成の含有量	215
D. 表記 一覧	237
表 D.01. 中心湾曲・振分長・外径	237
表 D.02. 端面削	237
表 D.03. 角度	238

表 D.04. 外削	238
表 D.05. キー溝	239
表 D.06. 端面 C 面取	239
表 D.07. 端面 R 面取	239
表 D.08. 端面座ぐり	240
表 D.09. 内面ディンプル (主に傾き前)	240
表 D.10. 内面ディンプル (主に傾き後)	241
表 D.11. 通り芯	241
表 D.12. 実測値 (計算値含む)	242
表 D.13. 固定用ジグ	242
表 D.14. 工具	242
表 D.15. e テーパ	243
表 D.16. アイソパラメトリック曲線	243
表 D.17. その他	243
表 D.18. 位置	244

VI. 解析計算に基づく数値解析 245

29. 入力する数値情報・パラメタ 247

表 29.01. 入力情報：湾曲・振分け	247
表 29.02. 入力情報：外形	247
表 29.03. 入力情報：内形	247
表 29.04. 入力情報：ボトム外削	248
表 29.05. 入力情報：トップ外削	248
表 29.06. 入力情報：両外削	248
表 29.07. 入力情報：キー溝	249
表 29.08. 入力情報：内面ディンプル	249
表 29.09. 入力情報：ボトム端面外 C 面取	250
表 29.10. 入力情報：ボトム端面外 R 面取	250
表 29.11. 入力情報：ボトム端面内 C 面取	250
表 29.12. 入力情報：ボトム端面内 R 面取	250
表 29.13. 入力情報：トップ端面外 C 面取	251
表 29.14. 入力情報：トップ端面外 R 面取	251
表 29.15. 入力情報：トップ端面内 C 面取	251
表 29.16. 入力情報：トップ端面内 R 面取	251
表 29.17. 入力情報：端面座ぐり	251
表 29.18. 入力情報：内削座ぐり	252

30. 必要な条件分岐情報 (NC プログラム) 253

表 30.01. 条件分岐：PM 中心湾曲の有無	253
表 30.02. 条件分岐：PM ボトム振分長の括弧寸法の有無	253
表 30.03. 条件分岐：PM トップ外削の有無	254
表 30.04. 条件分岐：PM トップ外削端のキー溝の有無	254
表 30.05. 条件分岐：PM ボトム外削の有無	254

表 30.06. 条件分岐：	PM スクエアエンドミル先端テーパの有無	254
表 30.07. 条件分岐：	PM 外削中心基準	254
表 30.08. 条件分岐：	PM キー溝コーナーの種類	255
表 30.09. 条件分岐：	PM A 側キー溝深さの公差の有無	255
表 30.10. 条件分岐：	PM 内面ディンプルの有無	255
表 30.11. 条件分岐：	PM 端面外面取の種類	255
表 30.12. 条件分岐：	PM 端面内面取の種類	255
表 30.13. 条件分岐：	PM 端面座ぐりの有無	256
表 30.14. 条件分岐：	PM 内削座ぐりの有無	256
表 30.15. 条件分岐：	PM 湾曲外削の有無	256

VII. 加工システムの設計 * 263

36. 作成する NC サブプログラム 285

表 36.01. 作成する NC サブプログラム一覧	285
----------------------------	-----

37. シーケンス番号 (N コード値) 323

表 37.01. シーケンス番号 一覧 (メインプログラム) *	326
----------------------------------	-----

38. #3000：アラーム * 327

表 38.01. D マシニングセンタのアラーム番号の分類 (作成した NC プログラム) . .	327
---	-----

39. コモン変数 (D マシニングセンタ) 329

表 39.01. #100-#109：一時保存値	329
表 39.02. #175-#199：補助機能 (使用頻度 低)	330
表 39.03. #400-#424：補助機能 (使用頻度 高)	331
表 39.04. #425-#449：補助機能 (使用頻度 高) 続き	332
表 39.05. #450-#474：内面ディンプル深さ調整	333
表 39.06. #475-#499：補助機能 (該当明細 少)	334
表 39.07. #500-#574： G0910x G093xx 用	335
表 39.08. #600-#624：ワークと工具間の距離の調整	337
表 39.09. #625-#649：残り代および 1 回あたりの削り代	338
表 39.10. #650-#674：測定用工具の送り速さ *	339
表 39.11. #675-#699：加工用工具の送り速さ *	340
表 39.12. #700-#724：主軸回転数 (切削時)	341
表 39.13. #900000-#900005：外中心 X 両側 測定用 G0110001	342
表 39.14. #900006-#900011：外中心 Y 両側 測定用 G0110002	342
表 39.15. #900012-#900014：キー溝中心 X 片側 測定用 G0120001	342
表 39.16. #900015-#900020：内中心 X 両側 測定用 G0130001	343
表 39.17. #900021-#900026：内中心 Y 両側 測定用 G0130002	343
表 39.18. #900027-#900029：外削中心 X 片側 測定用 G0140001	343
表 39.19. #900030-#900037：通り芯 片側 測定用 G0150002	344
表 39.20. #900038-#900044：湾曲外削加工用 G0421000	344

表 39.21. #900045-#900048：トップ端面レベル出し 測定用	0160003	344
表 39.22. #900100-#900299：内面ディンプル AC 表面位置 測定値	0230001	345
表 39.23. #900300-#900499：内面ディンプル BD 表面位置 測定値	0230002	345
表 39.24. #900500-#900599：内面ディンプル BD 表面位置 測定値差用	0210003	345
表 39.25. #901000-#901024：主にパレット・固定用ジグ		346
表 39.26. #901025-#901049：主にパレット・固定用ジグ（続き）		347
表 39.27. #901050-#901074：工具 T50 および工具測定用タッチセンサープローブ		348
表 39.28. #901100-#901124：工具（T50 除く）		349
表 39.29. #901124-#901149：工具（T50 除く）続き		350
表 39.30. #901200-#901224：内面ディンプル 移動	0210003 用	351
表 39.31. #901225-#739：内面ディンプル 移動	0220001 0220002 用	352
表 39.32. #901240-#901249：内面ディンプル 測定	0230001 0230002 用	352

40. コモン変数（M マシニングセンタ）

355

表 40.01. #502-#510：測定値一時保存値	355
-----------------------------	-----

VIII. 各工程用 NC プログラムの作成

357

41. 作成した NC プログラムの内容

359

表 41.01. 作成した NC プログラム一覧：メインプログラムの例 1	359
表 41.02. 作成した NC プログラム一覧：メインプログラムの例 2	360
表 41.03. 作成した NC プログラム一覧：メインプログラムの例 3	360
表 41.04. 作成した NC サブプログラム一覧：芯出し・幅・通り芯測定	361
表 41.05. 作成した NC サブプログラム一覧：内面ディンプル	361
表 41.06. 作成した NC サブプログラム一覧：加工（内面ディンプル以外）	362
表 41.07. 作成した NC サブプログラム一覧：その他	362
表 41.08. 0110001 の引数	363
表 41.09. 0110002 の引数	364
表 41.10. 0120001 の引数	365
表 41.11. 0130001 の引数	366
表 41.12. 0130002 の引数	367
表 41.13. 0140001 の引数	368
表 41.14. 0150002 の引数	369
表 41.15. 0150003 の引数	370
表 41.16. 0160003 の引数	371
表 41.17. 0210003 の引数*	372
表 41.18. 0410000 の引数	373
表 41.19. 0420000 の引数	374
表 41.20. 0421000 の引数	375
表 41.21. 0430000 の引数	376
表 41.22. 0440000 の引数	377
表 41.23. 0441000 の引数	378
表 41.24. 0450000 の引数	379
表 41.25. 0460000 の引数	380

表 41.26.	 0470000	の引数	381
表 41.27.	 0919100	の引数	383