

発行日時 (Publication date)
2025/01/17 08:02 (金)

- ・ 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 2025.01 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 ($\text{\LaTeX 2}_{\epsilon}$, \LaTeX 3), specifically utilizing tools such as \TeX Live 2024 , TLContrib , $\text{Lua}\text{\TeX}$ ($\text{Lua}\text{\LaTeX}$, $\text{Lua}\text{\TeX ja}$, Lua), KOMAScript (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, $\text{Bib}\text{\TeX}$ ($\text{Bib}\text{\LaTeX}$, **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 , $\text{Lua}\text{\TeX}$, \LaTeX 3 , scrlayer-scrpage , **TeXstudio**, **SumatraPDF**, $\text{Bib}\text{\TeX}$, **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 Mobile	Rakuten Mobile	Japan
Rakuten	Rakuten	Japan, USA
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、とりわけ深刻なのは、その皺寄せによる負担の大部分が（本来責任のある立場ではない）作業者に押し付けられているという点である。これは倫理的・道徳的にも看過できないものであり、筆者が新たな加工システムの作成に着手するに至った大きな理由の1つである。本書で作成を試みる加工システムでは、作業者にかかる余計な体力的・精神的負担の除去を最優先事項としている。

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）ただけたと感心に値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。すなわち、明細固有の寸法等の情報があれば、それに応じた NC プログラムの構成が可能である。したがって、入力情報に対してそれに応じた NC プログラムが自動的に出力できることは明らかである。そのようなシステムの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について、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) 何もなされていない。さらには、そのしわ寄せが作業者に押し付けられている状態にある。

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	49
II.	加工システム作成における要件	75
III.	加工システム作成に向けた諸規程の策定	89
IV.	加工システム作成に向けた諸標準の策定	107
V.	幾何的性質の解析計算	145
VI.	解析計算に基づく数値解析	249
VII.	加工システムの設計*	267
VIII.	各工程用 NC プログラムの作成	361

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*	391
X. 加工プログラムの自動生成*	395

目次

大目次	5
目次	9
表目次	41

I. 現状の業務フローの把握および整頓	49
01. 現状の横型マシニングセンタの業務フロー	51
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	51
01.01.01. 工程の種類 (M マシニングセンタ)	51
01.01.02. 使用ツール (M マシニングセンタ)	52
01.02. 加工の流れ (加工前)	53
01.02.01. 図面の確認	53
01.02.02. 加工部分の有無の確認	53
01.02.02.1. 端面削加工部分	53
01.02.02.2. 外削加工部分	53
01.02.02.3. キー溝加工部分	53
01.02.02.4. 端面面取加工部分	54
01.02.02.5. 端面座ぐり加工部分 *	54
01.02.02.6. 内削座ぐり加工部分 *	54
01.02.03. 加工部分の寸法の確認	55
01.02.03.1. 端面削加工における寸法	55
01.02.03.2. 外削加工における寸法	56
01.02.03.3. キー溝加工における寸法	57
01.02.03.4. 端面面取加工における寸法	58
01.02.03.5. 端面座ぐり加工における寸法 *	58
01.02.03.6. 内削座ぐり加工における寸法 *	58
01.02.04. NC プログラムの入力	59
01.02.05. ワークの設置	59
01.02.06. ワーク設置後の調整	60
01.03. M マシニングセンタにおける工程 (加工中)	61
01.03.01. 芯出し測定後	61
01.03.02. 端面削加工中	61
01.03.03. 外削加工中	61
01.03.04. キー溝加工中	61
01.03.05. 端面 C 面取加工中	61
01.03.06. 端面内 C 面取加工中	62
01.03.07. 端面座ぐり加工中 *	62

01.03.08. 内削座ぐり加工中*	62
01.04. M マシニングセンタにおける工程（加工後）	63
01.04.01. ワークの取外し	63
01.04.02. 外観の確認・寸法の測定	63
01.04.03. 手動による端面面取加工	63
01.04.04. 手動による刻印加工	63
02. イシュー・問題の特定	65
02.01. 安全 (safety) に関するイシュー・問題	65
02.02. 品質に関するイシュー・問題	67
02.02.01. 測定における品質	67
02.02.02. 外削加工における品質	67
02.02.03. キー溝加工における品質	68
02.02.04. 端面面取加工における品質	68
02.02.04.1. 端面外 C 面取加工における品質	68
02.02.04.2. 端面内 C 面取加工における品質	68
02.02.05. 端面座ぐり加工における品質	69
02.02.06. 加工全般における品質	69
02.02.07. 工具における品質	69
02.03. 作業効率に関するイシュー・問題	70
02.03.01. NC プログラムの作成における作業効率	70
02.03.02. 測定における作業効率	70
02.03.03. 端面削加工における作業効率	71
02.03.04. キー溝加工における作業効率	71
02.03.05. 端面面取加工における作業効率	71
02.03.06. 特殊な加工における作業効率	71
02.03.07. 加工全般における作業効率	72
02.04. 信頼性に関するイシュー・問題	73
02.05. 全般的な問題点	74

II. 加工システム作成における要件	75
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	77
03.01. 新たなマシニングセンタの導入の目的	77
03.02. 加工システム作成における達成したい目標	78
03.02.01. 教育コストの削減に対する目標	78
03.02.02. 全体の作業効率の向上に対する目標	78
03.02.03. 内面ディンプル加工の実現に対する目標	78
03.02.04. その他の目標	78
03.03. 加工システム作成における解決すべき課題	79
04. 加工システム作成における要件	81
04.01. ワークの幾何的情報の体系的把握	81
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	81
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	81
04.01.03. 通り芯測定における幾何的情報の体系化	81
04.01.04. キー溝加工における幾何的情報の体系化	81
04.01.05. 端面外面取加工における幾何的情報の体系化	81
04.01.06. 端面内面取加工における幾何的情報の体系化	81
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	82
04.01.08. その他の幾何的情報の体系化	82
04.01.08.1. 端面座ぐり加工における幾何的情報の体系化	82
04.01.08.2. 湾曲外削加工における幾何的情報の体系化	82
04.01.08.3. 内径における幾何的情報の体系化	82
04.02. NC プログラム作成に関する諸基準の規格化	83
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	83
04.02.02. マシニングセンタに関する諸標準の策定	83
04.03. 3D CAD・CAM の使用について	83
04.04. 振分調整用スパーサの使用について	84
04.05. 端面部の荒削り加工工程について	84
04.06. 異常値の検知	84
04.07. 各工程に必要な機能	85
04.07.01. 測定における工程の機能	85
04.07.02. 加工における工程の機能	85
04.08. その他の要件	86
04.08.01. 加工システムの利便性	86
04.08.02. NC プログラムの引数の指定	86
04.08.03. NC プログラムのネスティング	86
04.08.04. NC プログラムに用いる座標	86
04.08.05. 加工システムのバックアップ	86
04.08.06. 加工システムの公開	86
05. 制約の特定	87
05.01. 人員の制約	87
05.02. 開発期間の制約	87
05.03. 加工の空間的制約*	87

III. 加工システム作成に向けた諸規程の策定	89
06. 情報処理技術者および技術水準に関する規程	91
06.01. 規程の目的	91
06.02. 利用者および技術者の区分	91
06.02.01. IT を利活用する者	91
06.02.02. 情報処理技術者	91
06.03. 期待される技術水準	92
06.03.01. 技術水準：区分 I	92
06.03.02. 技術水準：区分 II	92
06.03.03. 技術水準：区分 III	92
06.03.04. 技術水準：区分 IV	93
07. システムおよびソフトウェアの作成に関する規程	95
07.01. 開発プロセス	95
07.01.01. 要件定義	95
07.01.02. 基本設計	95
07.01.03. 詳細設計	95
07.01.04. コードの記述	95
07.01.05. コードレビュー	95
07.01.06. テスト	95
07.01.07. テスト環境での動作確認	96
07.01.08. 本番環境へのリリース	96
07.01.09. 変更管理	96
07.01.10. リスク管理	96
07.01.11. ドキュメンテーション	96
07.01.12. 緊急時の対応	96
07.02. コードレビュー	97
07.02.01. レビューおよびレビューアー	97
07.02.02. レビューの範囲	97
07.02.03. コードレビューの承認	97
07.02.04. フィードバックの提供	97
07.02.05. コードレビューの時期	97
07.03. バージョン管理	98
07.03.01. バージョン管理の目的	98
07.03.02. バージョン管理の手順	98
07.03.03. コミットおよびコードレビュー	98
07.03.04. 変更およびコミットの時期	98
07.04. テスト	99
07.04.01. テストの目的	99
07.04.02. テストケースの作成	99
07.04.03. テストの手順	99
07.04.04. テストの承認	99
07.04.05. テストの時期	99
07.04.06. リグレーションテスト	99

07.05. ドキュメンテーション	100
07.05.01. ドキュメンテーションの目的	100
07.05.02. ドキュメンテーションの作成	100
07.05.03. ドキュメンテーションの更新	100
07.05.04. ドキュメンテーションの保存	100
08. マシニングセンタにおける工具の取扱い	101
08.01. 工具番号	101
08.01.01. 工具番号の設定	101
08.01.02. 工具の登録	101
08.01.03. 工具番号の管理	101
08.02. 工具補正值の設定	101
08.03. 工具の送り速さ値および主軸回転数	101
08.03.01. 送り速さ値および主軸回転数の設定	101
08.03.02. 送り速さ値および主軸回転数の変更	101
09. 著作物およびその提示	103
09.01. 著作物および著作者	103
09.01.01. 著作物	103
09.01.01.1. プログラムの著作物	103
09.01.01.2. データベースの著作物	103
09.01.02. 著作者	103
09.02. 著作物の著作権および著作権者	104
09.02.01. 著作人格権	104
09.02.02. 著作財産権	104
09.03. 同一性保持権	104
09.04. 職務著作物	104
09.05. 著作物の管理	105
09.06. 著作物の公表	106
09.06.01. 公表する著作物	106
09.06.01.1. 公表の判断および著作権者の同意	106
09.06.01.2. 個人の著作権者	106
09.06.01.3. データ保護とプライバシー	106
09.06.02. 非公表にする著作物	106
09.06.02.1. 機密情報の保護および公表の範囲	106
09.06.02.2. 外部作成の著作物および著作権者の同意	106

IV. 加工システム作成に向けた諸標準の策定	107
10. D マシニングセンタの設置環境	109
10.01. 設置箇所における基本事項	109
10.02. 設置の条件	109
11. マシニングセンタにおける寸法	111
11.01. 寸法における基本事項	111
11.01.01. 寸法公差の取扱い	111
11.01.02. 寸法の優先度	111
11.02. ワーク全長および振分長に関する寸法	112
11.02.01. ワーク全長と振分長の公差の関係	112
11.02.02. 振分長が括弧寸法の場合	112
11.02.03. 振分調整	112
11.02.03.1. スペーサによる振分調整	112
11.02.03.2. テーブル回転による振分調整	112
11.03. 外径に関する寸法	113
11.04. 内径に関する寸法	113
11.04.01. 内径テーパ表の寸法公差	113
11.04.02. 内径テーパ表にない内径	113
11.04.03. 水平方向の内側径	113
11.04.04. めっき膜厚の考慮	113
11.05. 端面削加工に関する寸法	114
11.05.01. 端面削加工の基準点	114
11.05.02. 工具補正：端面削加工	114
11.05.02.1. 工具長補正：端面削加工	114
11.05.02.2. 工具径補正：端面削加工	114
11.05.03. 端面削コーナー R	114
11.06. 外削加工に関する寸法	115
11.06.01. 外削加工の基準点	115
11.06.02. 工具補正：外削加工	115
11.06.02.1. 工具長補正：外削加工	115
11.06.02.2. 工具径補正：外削加工	115
11.06.03. 外削長の寸法	115
11.06.04. 湾曲外削の寸法	115
11.07. キー溝加工に関する寸法	116
11.07.01. キー溝加工の基準点	116
11.07.02. 工具補正：キー溝加工	116
11.07.02.1. 工具長補正：キー溝加工	116
11.07.02.2. 工具径補正：キー溝加工	116
11.07.03. キー溝位置長およびキー溝幅の寸法	116
11.07.04. キー溝深さの寸法	116
11.08. 端面 C 面取加工に関する寸法	117
11.08.01. 端面 C 面取加工の基準点	117
11.08.01.1. 端面外 C 面取加工の基準点	117

11.08.01.2. 端面内 C 面取加工の基準点	117
11.08.02. 端面 C 面取加工の寸法	117
11.08.03. 工具補正：端面 C 面取加工	117
11.08.03.1. 工具長補正：端面 C 面取加工	117
11.08.03.2. 工具径補正：端面 C 面取加工	117
11.08.04. 端面外 C 面取加工	117
11.08.05. 端面内 C 面取加工	118
11.09. 端面 R 面取加工に関する寸法	119
11.09.01. 端面 R 面取加工の基準点	119
11.09.01.1. 端面外 R 面取加工の基準点	119
11.09.01.2. 端面内 R 面取加工	119
11.09.02. 端面外 R 面取加工	119
11.09.03. 端面内 R 面取加工	119
11.10. 端面座ぐり加工に関する寸法	120
11.10.01. 端面座ぐり加工の基準点	120
11.10.02. 端面座ぐりコーナー R の中心	120
11.10.03. 工具補正：端面座ぐり加工	120
11.11. 内削座ぐり加工に関する寸法	120
11.11.01. 内削座ぐり加工の基準点	120
11.11.02. 工具補正：内削座ぐり加工	120
11.12. 内面ディンプル加工に関する寸法	121
11.12.01. 工具補正：内面ディンプル加工	121
11.12.01.1. 工具長補正：内面ディンプル加工	121
11.12.01.2. 工具径補正：内面ディンプル加工	121
11.12.02. 内面ディンプル加工の基準点	121
11.12.03. 内面ディンプル加工の傾き角	121
12. マシニングセンタにおける工程の順番	123
12.01. 工程の順番に関わる事項	123
12.01.01. 測定と加工の順番の制約	123
12.01.02. 各工程の順番	123
12.01.02.1. 内面ディンプル加工以外についての工程	123
12.01.02.2. 内面ディンプル加工についての工程	123
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	124
13. 工具番号および登録工具	125
13.01. 工具番号の基本事項	125
13.02. 工具番号の割当て	125
13.03. 登録工具	126
13.03.01. 2025/01 時点の登録工具	126
13.03.02. 工具の詳細	127
14. 工具の送り速さ (F コード値)	131
14.01. 送り速さの基本事項	131
14.02. タッチセンサプローブ	132
14.03. タッチセンサプローブ以外の工具	132

15. 工具の主軸回転数 (S コード値) *	135
15.01. 主軸回転数の基本事項 *	135
16. 関連する著作物およびその提示	137
16.01. 関連する著作物	137
16.02. 関連著作物の著作権および著作権者	137
16.02.01. 著作人格権	137
16.02.02. 著作財産権	137
16.03. 関連著作物の公表	138
16.03.01. 公表する関連著作物	138
16.03.01.1. 生産性の向上および著作権者の同意	138
16.03.01.2. 個人の著作権者による提示の権利	138
16.03.01.3. データ保護とプライバシー	138
16.03.02. 非公表にする関連著作物	138
16.03.02.1. 機密情報の保護および提示の範囲	138
16.03.02.2. 外部作成の著作物および著作権者の同意	138
Part IV の補遺	142
A. 引数指定	143
A.01. 引数の指定	143
A.01.01. 引数指定 I	143
A.01.02. 引数指定 II	143
A.02. 引数アドレスとそのローカル変数	144
A.02.01. 引数指定 I 一覧	144
A.02.02. 引数指定 II 一覧	144

V. 幾何的性質の解析計算 145

17. ワーク全長および振分けの幾何 147

17.01. 固定用ジグの接点部が点の場合	147
17.01.01. スペーサを用いた再振分け	147
17.01.02. 再振分長が均等になるスペーサ厚	149
17.02. 受板がある場合	150
17.02.01. 受板との接点	150
17.02.01.1. 回転後のワークの湾曲中心	150
17.02.01.2. 傾き後の受板との接点（トップ側）	152
17.02.01.3. 傾き後の受板との接点（ボトム側）	152
17.02.02. スペーサによるワークの傾き角	153
17.02.03. スペーサによる再振分け	153
17.02.03.1. 再振分長	153
17.02.03.2. ワークの移動距離	153
17.02.04. 再振分長が均等になるスペーサ厚	154
17.03. テーブルの回転による振分長の調節	155
17.03.01. 回転後の湾曲中心および受板との接点	155
17.03.01.1. 回転後のワークの湾曲中心	155
17.03.01.2. 傾き後の受板との接点	155
17.03.02. 傾き後の再振分長	156
17.03.03. 再振分長を指定したときの振分調整用傾き角	156
17.04. 湾曲のないモールド	157

18. 端面削および外径の幾何 159

18.01. トップ端面の幾何	159
18.01.01. トップ端の湾曲中心の位置	159
18.01.01.1. スペーサを用いた場合の T'_{Rc}	159
18.01.01.2. テーブルを傾けた場合の T'_{Rc}	159
18.01.02. トップ端面における外側中心の位置	160
18.01.02.1. スペーサを用いた場合の T'_c	160
18.01.02.2. テーブルを傾けた場合の T'_c	160
18.02. ボトム端面の幾何	161
18.02.01. ボトム端の湾曲中心の位置	161
18.02.01.1. スペーサを用いた場合の B'_{Rc}	161
18.02.01.2. テーブルを傾けた場合の B'_{Rc}	161
18.02.02. ボトム端面における外側中心の位置	161
18.02.02.1. スペーサを用いた場合の B'_c	161
18.02.02.2. テーブルを傾けた場合の B'_c	162
18.03. 端面削加工の工具径補正	163
18.03.01. 加工の開始可能範囲	163
18.03.02. 工具径補正を用いる場合	163
18.03.03. 手動で補正を行う場合	164

19. 外削の幾何	165
19.01. ボトム外削中心（ボトム基準）	165
19.01.01. スペーサを用いた場合の \mathfrak{B}'_c	165
19.01.02. テーブルを傾けた場合の \mathfrak{B}'_c	166
19.01.03. トップ外削中心（ボトム基準）	166
19.02. トップ外削中心	167
19.02.01. スペーサを用いた場合の \mathfrak{B}'_c	167
19.02.02. テーブルを傾けた場合の \mathfrak{B}'_c	167
19.02.03. ボトム外削中心（トップ基準）	167
19.03. トップ外削長	168
19.04. 湾曲外削の幾何	169
19.04.01. ボトム湾曲外削の幾何	169
19.04.01.1. ボトム湾曲外削の傾き角	169
19.04.01.2. ボトム湾曲外削の端点の位置	169
19.04.02. トップ湾曲外削の幾何	171
19.04.02.1. トップ湾曲外削の傾き角	171
19.04.02.2. トップ湾曲外削の端点の位置	171
19.05. 湾曲外削コーナー R の近似曲線	173
19.05.01. ヘリカル加工を用いた近似曲線	173
19.05.02. ヘリカル加工の中心の相対位置	173
19.05.03. 各分割点の相対位置	174
19.06. 通り芯の幾何	175
19.06.01. ボトム外削中心が基準の場合	175
19.06.02. トップ外削中心が基準の場合	175
20. キー溝の幾何	177
20.01. キー溝の基本事項	177
20.02. 湾曲中心が基準の場合	178
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）	178
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）	178
20.03. 外削中心が基準の場合	179
20.04. A 側キー溝深さが基準の場合	179
20.04.01. 外削のない場合	179
20.04.02. 外削のある場合	179
20.05. 測定上のキー溝深さ	180
20.05.01. 図面上のキー溝深さ	180
20.05.02. 測定上の傾き	180
20.05.03. 測定におけるキー溝深さ補正	181
20.06. C 側キー溝深さ	183
20.07. キー溝のコーナー	184
20.07.01. キー溝：コーナー R の場合	184
20.07.02. キー溝：コーナー C（8 角形）の場合	184
20.07.03. キー溝：8 角形コーナー R の場合	184
20.07.03.1. 各辺の長さ	184
20.07.03.2. コーナー R の中心および接点の相対位置	184

21. 端面 C 面取の幾何	185
21.01. 端面 C 面取の寸法	185
21.02. テーパーエンドミルの参照直径	185
21.03. 中心座標 X の移動	186
21.04. 端面面取長による補正*	186
21.05. 端面 C 面取加工の負荷	187
21.05.01. 削り代の体積	187
21.05.02. 加工 1 回あたりの体積比*	187
21.06. ワークの歪みを考慮した端面 C 面取加工	188
21.06.01. 測定点とその座標：ボトム端面外面取	188
21.06.01.1. 各々の辺の式	188
21.06.01.2. 各々の辺のなす角度	189
21.06.01.3. 凸四角形の頂点の座標*	190
21.06.01.4. コーナー R の円の接点*	190
21.06.01.5. コーナー R の円の中心*	190
21.06.02. 測定点とその座標：端面内面取*	190
22. 端面 R 面取の幾何	191
22.01. テーパーエンドミルによる端面面取	191
22.02. 中心座標 X の移動	192
23. 端面座ぐりの幾何	193
23.01. 端面座ぐりの位置：XY 方向	193
23.01.01. 端面座ぐりコーナー R の中心の位置	193
23.01.02. 端面座ぐり幅の直線部の長さおよび径	194
23.01.03. 端面座ぐりの中心	194
23.02. 端面座ぐりの位置：Z 方向	194
24. 内削座ぐりの幾何	195
24.01. 内削座ぐり加工の基準	195
25. 内面ディンプルの幾何	197
25.01. 内面ディンプルの表記法	197
25.02. 内面ディンプル加工の基本方針	199
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	200
25.03.01. 内面ディンプルの X 座標（傾き前）	200
25.03.02. 内面ディンプルの Y 座標（傾き前）	201
25.03.03. 内面ディンプルの Z 座標（傾き前）	201
25.03.04. 内面ディンプル用傾き角	201
25.03.05. B 側内面ディンプル, D 側内面ディンプルの位置（傾き前）	204
25.04. 傾き後の内面ディンプル	205
25.04.01. 傾き後の A 側内面ディンプル, C 側内面ディンプル	206
25.04.02. 傾き後の B 側内面ディンプル, D 側内面ディンプル	207
25.05. 内面ディンプルの番号付け	209
25.05.01. d_o および d_e が一定の場合	209
25.05.02. d_o および d_e が一定でない場合	209

26. 内面逃がし溝の幾何	211
26.01. 内面逃がし溝の表記法	211
26.02. 内面逃がし溝加工の基本方針	212
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	213
26.03.01. 内面逃がし溝の X 座標 (傾き前)	213
26.03.02. 内面逃がし溝の Y 座標 (傾き前)	214
26.03.03. 内面逃がし溝の Z 座標 (傾き前)	214
26.03.04. 内面逃がし溝用傾き角	214
26.04. 傾き後の内面逃がし溝	215
26.04.01. 傾き後の A 側内面逃がし溝, C 側内面逃がし溝	215
26.04.02. 傾き後の B 側内面逃がし溝, D 側内面逃がし溝	216
27. 内径の幾何 *	217
27.01. e テーパの算定 *	217
27.02. 内側湾曲の近似曲線 *	218
28. その他の幾何	219
28.01. 回転中心とのずれの考慮	219
28.01.01. ワーク全長の変化	219
28.01.02. 通り芯の変化	220
28.01.02.1. ボトム側が基準の場合	220
28.01.02.2. トップ側が基準の場合	220
28.02. ワーク固定用ボルト	221
28.02.01. 高さ方向のボルト長	221
28.02.02. 幅方向のボルト長	221
28.03. ワークの固有振動	222
28.04. 内面ディンプルのみの加工に伴うワークの調整	223
28.05. 倒れの幾何	223
28.06. 外径の統一化に伴う幾何	224
28.06.01. 外側 BD 径の修正	224
28.06.02. 外側 AC 径の修正	224
28.07. A 側外面の頂点の調整	225
28.07.01. 両端面を鉛直方向とした場合 *	225
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	225
28.08. ワークとテーブルとの位置	226
28.08.01. スペーサ取付前	226
28.08.02. スペーサ取付後	226
Part V の補遺	230
B. 曲線の近似と NURBS 曲線	231
B.01. アイソパラメトリック曲線	231
B.02. B スプライン曲線	232
B.02.01. 非一様 B-スプライン曲線	233
B.02.02. 有理 B-スプライン曲線	233

B.02.03. 非一様有理 B-スプライン曲線 (NURBS 曲線)	233
B.03. 近似曲線	234
B.03.01. 次数および制御点・ウェイトの個数	234
B.03.02. 制御点およびウェイト	234
B.03.03. 最小二乗法*	235
C. 諸公式	237
C.01. 近似計算	237
C.02. 2 直線の関係	237
D. 表記 一覧	239
D.01. 数式に用いられる記号	239
D.02. 点・位置を示す記号	248

VI. 解析計算に基づく数値解析	249
29. 入力する数値情報・パラメタ	251
29.01. 湾曲・振分けに関する入力数値	251
29.02. 外形・内形に関する入力数値	251
29.03. 外削に関する入力数値	252
29.04. キー溝に関する入力数値	253
29.05. 内面ディンプルに関する入力数値	253
29.06. 端面面取に関する入力数値	254
29.06.01. ボトム端面面取に関する入力情報	254
29.06.02. トップ端面面取に関する入力情報	255
29.07. 端面座ぐりに関する入力情報	255
29.08. 内削座ぐりに関する入力情報	256
30. 必要な条件分岐情報（NC プログラム）	257
30.01. 湾曲・振分けに関する条件分岐	257
30.02. 外削に関する条件分岐	258
30.03. キー溝に関する条件分岐	259
30.04. 内面ディンプルに関する条件分岐	259
30.05. 端面面取に関する条件分岐	259
30.06. 特殊な加工に関する条件分岐	260
31. NC メインプログラムに必要な数値情報	261
31.01. 振分調整用傾き角の数値情報	261
31.02. ワーク座標系原点設定用の数値情報	262
31.02.01. ボトム端外側中心の位置	262
31.02.02. ボトム外削中心の位置	262
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	262
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	262
31.02.03. ボトム端内側中心の位置	262
31.02.04. トップ端外側中心の位置	262
31.02.05. トップ外削中心の位置	263
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	263
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	263
31.02.06. キー溝中心の位置	263
31.03. 内面ディンプルの数値情報	263
32. 各工程用 NC サブプログラムに必要な数値情報	265
32.01. *	265

VII. 加工システムの設計* 267

33. 加工システムの全体の流れ 269

33.01. 工程：加工前の段取	269
33.02. 工程：加工前の測定	270
33.02.01. ワーク座標系原点設定（ボトム側）	270
33.02.02. ワーク座標系原点設定（トップ側）	270
33.02.03. 内面ディンプル測定	270
33.03. 工程：トップ側の加工	273
33.04. 工程：ボトム側の加工	273
33.05. 工程：加工後の測定	276
33.06. 工程：加工後の段取	277

34. ワーク座標系原点および加工基準点 279

34.01. ワーク座標系の種類	279
34.02. ワーク座標系 G54	279
34.02.01. ワーク座標系 G54X の原点	279
34.02.02. ワーク座標系 G54Y の原点	279
34.02.03. ワーク座標系 G54Z の原点*	279
34.02.04. ワーク座標系 G54B の原点	279
34.02.05. ワーク座標系 G54C の原点	279
34.03. ワーク座標系 G55	280
34.03.01. ワーク座標系 G55X の原点	280
34.03.02. ワーク座標系 G55Y の原点	280
34.03.03. ワーク座標系 G55Z の原点*	280
34.03.04. ワーク座標系 G55B の原点	280
34.03.05. ワーク座標系 G55C の原点	280
34.04. ワーク座標系 G56	281
34.04.01. ワーク座標系 G56X の原点	281
34.04.02. ワーク座標系 G56Y の原点	281
34.04.03. ワーク座標系 G56Z の原点*	281
34.04.04. ワーク座標系 G56B の原点	281
34.04.05. ワーク座標系 G56C の原点	281
34.05. ワーク座標系 G57	282
34.05.01. ワーク座標系 G57X の原点	282
34.05.02. ワーク座標系 G57Y の原点	282
34.05.03. ワーク座標系 G57Z の原点*	282
34.05.04. ワーク座標系 G57B の原点	282
34.05.05. ワーク座標系 G57C の原点	282
34.06. ワーク座標系 G58	283
34.06.01. ワーク座標系 G58X の原点	283
34.06.02. ワーク座標系 G58Y の原点	283
34.06.03. ワーク座標系 G58Z の原点*	283
34.06.04. ワーク座標系 G58B の原点	283
34.06.05. ワーク座標系 G58C の原点	283




34.07. ワーク座標系 G59	283
34.08. ワーク座標系 G54.1 P01 - G54.1 P96	283
35. NC プログラムの番号付け	285
35.01. プログラム番号の基本事項	285
35.02. 番号付け：8, 7 桁目	285
35.03. 番号付け：6 桁目	286
35.03.01. 6 桁目：0	286
35.03.02. 6 桁目：0, 9 以外	286
35.03.03. 6 桁目：9	286
35.04. 番号付け：5 桁目	287
35.05. 番号付け：4 桁目	287
35.06. 番号付け：3, 2 桁目	287
35.07. 番号付け：1 桁目	288
36. 作成する NC サブプログラム	289
36.01. 作成する NC サブプログラム一覧	289
36.02. 作成する NC サブプログラム： 0110001	291
36.02.01. 0110001 ：作成の目的	291
36.02.02. 0110001 ：使用の前提条件	291
36.02.03. 0110001 ：データの入出力	291
36.02.03.1. 0110001 ：格納する引数	291
36.02.03.2. 0110001 ：出力されるデータ	291
36.02.03.3. 0110001 ：必要な主な変数	291
36.02.04. 0110001 ：主な機能	292
36.02.05. 0110001 ：品質保証	292
36.03. 作成する NC サブプログラム： 0110002	293
36.03.01. 0110002 ：作成の目的	293
36.03.02. 0110002 ：使用の前提条件	293
36.03.03. 0110002 ：データの入出力	293
36.03.03.1. 0110002 ：格納する引数	293
36.03.03.2. 0110002 ：出力されるデータ	293
36.03.03.3. 0110002 ：必要な主な変数	293
36.03.04. 0110002 ：主な機能	294
36.03.05. 0110002 ：品質保証	294
36.04. 作成する NC サブプログラム： 0120001	295
36.04.01. 0120001 ：作成の目的	295
36.04.02. 0120001 ：使用の前提条件	295
36.04.03. 0120001 ：データの入出力	295
36.04.03.1. 0120001 ：格納する引数	295
36.04.03.2. 0120001 ：出力されるデータ	295
36.04.03.3. 0120001 ：必要な主な変数	295
36.04.04. 0120001 ：主な機能	295
36.04.05. 0120001 ：品質保証	296

36.05. 作成する NC サブプログラム :	0130001	297
36.05.01.	0130001 : 作成の目的	297
36.05.02.	0130001 : 使用の前提条件	297
36.05.03.	0130001 : データの入出力	297
36.05.03.1.	0130001 : 格納する引数	297
36.05.03.2.	0130001 : 出力されるデータ	297
36.05.03.3.	0130001 : 必要な主な変数	297
36.05.04.	0130001 : 主な機能	298
36.05.05.	0130001 : 品質保証	298
36.06. 作成する NC サブプログラム :	0130002	299
36.06.01.	0130002 : 作成の目的	299
36.06.02.	0130002 : 使用の前提条件	299
36.06.03.	0130002 : データの入出力	299
36.06.03.1.	0130002 : 格納する引数	299
36.06.03.2.	0130002 : 出力されるデータ	299
36.06.03.3.	0130002 : 必要な主な変数	299
36.06.04.	0130002 : 主な機能	299
36.06.05.	0130002 : 品質保証	300
36.07. 作成する NC サブプログラム :	0140001	301
36.07.01.	0140001 : 作成の目的	301
36.07.02.	0140001 : 使用の前提条件	301
36.07.03.	0140001 : データの入出力	301
36.07.03.1.	0140001 : 格納する引数	301
36.07.03.2.	0140001 : 出力されるデータ	301
36.07.03.3.	0140001 : 必要な主な変数	301
36.07.04.	0140001 : 主な機能	301
36.07.05.	0140001 : 品質保証	302
36.08. 作成する NC サブプログラム :	0150002	303
36.08.01.	0150002 : 作成の目的	303
36.08.02.	0150002 : 使用の前提条件	303
36.08.03.	0150002 : データの入出力	303
36.08.03.1.	0150002 : 格納する引数	303
36.08.03.2.	0150002 : 出力されるデータ	303
36.08.03.3.	0150002 : 必要な主な変数	304
36.08.04.	0150002 : 主な機能	304
36.08.05.	0150002 : 品質保証	304
36.09. 作成する NC サブプログラム :	0210003	305
36.09.01.	0210003 : 作成の目的	305
36.09.02.	0210003 : 使用の前提条件	305
36.09.03.	0210003 : データの入出力	305
36.09.03.1.	0210003 : 格納する引数	305
36.09.03.2.	0210003 : 出力されるデータ (測定時のみ)	305
36.09.03.3.	0210003 : 必要な主な変数	306
36.09.04.	0210003 : 主な機能	306
36.09.05.	0210003 : 品質保証	306

36.10. 作成する NC サブプログラム :	0220001	307
36.10.01.	0220001 : 作成の目的	307
36.10.02.	0220001 : 使用の前提条件	307
36.10.03.	0220001 : データの入出力	307
36.10.03.1.	0220001 : 格納する引数	307
36.10.03.2.	0220001 : 出力されるデータ (測定時のみ)	307
36.10.03.3.	0220001 : 必要な主な変数	307
36.10.04.	0220001 : 主な機能	307
36.10.05.	0220001 : 品質保証	308
36.11. 作成する NC サブプログラム :	0220002	309
36.11.01.	0220002 : 作成の目的	309
36.11.02.	0220002 : 使用の前提条件	309
36.11.03.	0220002 : データの入出力	309
36.11.03.1.	0220002 : 格納する引数	309
36.11.03.2.	0220002 : 出力されるデータ (測定時のみ)	309
36.11.03.3.	0220002 : 必要な主な変数	309
36.11.04.	0220002 : 主な機能	309
36.11.05.	0220002 : 品質保証	310
36.12. 作成する NC サブプログラム :	0230001	311
36.12.01.	0230001 : 作成の目的	311
36.12.02.	0230001 : 使用の前提条件	311
36.12.03.	0230001 : データの入出力	311
36.12.03.1.	0230001 : 格納する引数	311
36.12.03.2.	0230001 : 出力されるデータ	311
36.12.03.3.	0230001 : 必要な主な変数	311
36.12.04.	0230001 : 主な機能	311
36.12.05.	0230001 : 品質保証	311
36.13. 作成する NC サブプログラム :	0230002	312
36.13.01.	0230002 : 作成の目的	312
36.13.02.	0230002 : 使用の前提条件	312
36.13.03.	0230002 : データの入出力	312
36.13.03.1.	0230002 : 格納する引数	312
36.13.03.2.	0230002 : 出力されるデータ	312
36.13.03.3.	0230002 : 必要な主な変数	312
36.13.04.	0230002 : 主な機能	312
36.13.05.	0230002 : 品質保証	312
36.14. 作成する NC サブプログラム :	0410000	313
36.14.01.	0410000 : 作成の目的	313
36.14.02.	0410000 : 使用の前提条件	313
36.14.03.	0410000 : 関連するパラメタ	313
36.14.03.1.	0410000 : 格納する引数	313
36.14.03.2.	0410000 : 必要な主な変数	313
36.14.04.	0410000 : 主な機能	313
36.14.05.	0410000 : 品質保証	313

36.15. 作成する NC サブプログラム :	0420000	315
36.15.01.	0420000 : 作成の目的	315
36.15.02.	0420000 : 使用の前提条件	315
36.15.03.	0420000 : 関連するパラメタ	315
36.15.03.1.	0420000 : 格納する引数	315
36.15.03.2.	0420000 : 必要な主な変数	315
36.15.04.	0420000 : 主な機能	316
36.15.05.	0410000 : 品質保証	316
36.16. 作成する NC サブプログラム :	0421000	317
36.16.01.	0421000 : 作成の目的	317
36.16.02.	0421000 : 使用の前提条件	317
36.16.03.	0421000 : 関連するパラメタ	317
36.16.03.1.	0421000 : 格納する引数	317
36.16.03.2.	0421000 : 出力されるデータ	317
36.16.03.3.	0421000 : 必要な主な変数	318
36.16.04.	0421000 : 主な機能	318
36.16.05.	0421000 : 品質保証	318
36.17. 作成する NC サブプログラム :	0430000	319
36.17.01.	0430000 : 作成の目的	319
36.17.02.	0430000 : 使用の前提条件	319
36.17.03.	0430000 : 関連するパラメタ	319
36.17.03.1.	0430000 : 格納する引数	319
36.17.03.2.	0430000 : 必要な主な変数	320
36.17.04.	0430000 : 主な機能	320
36.17.05.	0440000 : 品質保証	320
36.18. 作成する NC サブプログラム :	0440000	321
36.18.01.	0440000 : 作成の目的	321
36.18.02.	0440000 : 使用の前提条件	321
36.18.03.	0440000 : 関連するパラメタ	321
36.18.03.1.	0440000 : 格納する引数	321
36.18.03.2.	0440000 : 必要な主な変数	322
36.18.04.	0440000 : 主な機能	322
36.18.05.	0440000 : 品質保証	322
36.19. 作成する NC サブプログラム :	0441000	323
36.19.01.	0441000 : 作成の目的	323
36.19.02.	0441000 : 使用の前提条件	323
36.19.03.	0441000 : 関連するパラメタ	323
36.19.03.1.	0441000 : 格納する引数	323
36.19.03.2.	0441000 : 必要な主な変数	324
36.19.04.	0441000 : 主な機能	324
36.19.05.	0441000 : 品質保証	324
36.20. 作成する NC サブプログラム :	0450000	325
36.20.01.	0450000 : 作成の目的	325
36.20.02.	0450000 : 使用の前提条件	325

36.20.03.	 0450000	：関連するパラメタ	325
36.20.03.1.	 0450000	：格納する引数	325
36.20.03.2.	 0450000	：必要な主な変数	326
36.20.04.	 0450000	：主な機能	326
36.20.05.	 0450000	：品質保証	326
37. シーケンス番号 (N コード値)			327
37.01.		シーケンス番号の基本事項	327
37.02.		作成した NC サブプログラムのシーケンス番号	327
37.03.		作成した NC メインプログラムのシーケンス番号	328
37.03.01.		N1000：測定（内面ディンプル・内面逃がし溝以外）	328
37.03.02.		N2000：測定（内面ディンプル・内面逃がし溝）	328
37.03.03.		N3000：内面ディンプル加工・内面逃がし溝加工	328
37.03.04.		N4000：トップ側の加工	328
37.03.05.		N5000：ボトム側の加工	329
37.03.06.		N8000：エラー*	329
37.03.07.		N9990：NC プログラムの終了	329
38. #3000：アラーム*			331
38.01.		アラーム番号の分類*	331
39. コモン変数 (D マシニングセンタ)			333
39.01.		コモン変数の範囲 (D マシニングセンタ)	333
39.02.		#100-#199	333
39.02.01.		#100-#174：一時保存値	333
39.02.02.		#175-#199：各工程用 補助機能（使用頻度 低）	334
39.03.		#400-#499：各工程用 補助機能（使用頻度 高）	335
39.03.01.		#400-#424：初期設定および調整	335
39.03.02.		#425-#449：初期設定および調整（続き）	336
39.03.03.		#450-#474：内面ディンプル深さ調整	337
39.03.04.		#475-#499：各工程用 補助機能（該当明細 少）	338
39.04.		#500-#574：バンドルの NC プログラムの使用コモン変数	339
39.05.		#600-#699	341
39.05.01.		#600-#624：ワークと工具間の距離の調整	341
39.05.02.		#625-#649：残り代および 1 回あたりの削り代	342
39.05.03.		#650-#699：工具の送り速さ	343
39.05.04.		#700-#724：スピンドルの回転数（切削時）	345
39.06.		#900000-#900049, #900100-#900599：実測値	346
39.06.01.		#900000-#900050：内面ディンプル以外	346
39.06.02.		#900100-#900599：内面ディンプル	349
39.07.		#901000-#901049：パレット・固定用ジグ	350
39.07.01.		#901000-#901024	350
39.07.02.		#901025-#901049	351
39.08.		#901050-#901074：タッチセンサープローブ	352
39.09.		#901100-#901149：工具	353
39.09.01.		#901100-#901124	353

39.09.02. #901125-#901149	354
39.10. #901200-#901249：内面ディンプル用	355
39.10.01. #901200-#901224：内面ディンプル  0210003 用	355
39.10.02. #901225-#901249：内面ディンプル  0220001  0220002 用	356
39.11. 未使用（使用可）のコモン変数	357
40. コモン変数（M マシニングセンタ）	359
40.01. コモン変数の範囲（M マシニングセンタ）	359
40.02. #502-#510	359

VIII. 各工程用 NC プログラムの作成 361

41. 作成した NC プログラムの内容 363

41.01.	作成した NC プログラム 一覧	363
41.01.01.	作成した NC メインプログラムの例 一覧	363
41.01.02.	作成した NC サブプログラム 一覧	365
41.02.	GP 0110001 : 測定 両側 外側中心・幅 X	367
41.02.01.	GP 0110001 の引数	367
41.02.02.	GP 0110001 の取扱説明 *	367
41.02.03.	GP 0110001 の注意事項 *	367
41.03.	GP 0110002 : 測定 両側 外側中心・幅 Y	368
41.03.01.	GP 0110002 の引数	368
41.03.02.	GP 0110002 の取扱説明 *	368
41.03.03.	GP 0110002 の注意事項 *	368
41.04.	GP 0120001 : 測定 片側 キー溝中心 X	369
41.04.01.	GP 0120001 の引数	369
41.04.02.	GP 0120001 の取扱説明 *	369
41.04.03.	GP 0120001 の注意事項 *	369
41.05.	GP 0130001 : 測定 両側 内側中心・幅 X	370
41.05.01.	GP 0130001 の引数	370
41.05.02.	GP 0130001 の取扱説明 *	370
41.05.03.	GP 0130001 の注意事項 *	370
41.06.	GP 0130002 : 測定 両側 内側中心・幅 Y	371
41.06.01.	GP 0130002 の引数	371
41.06.02.	GP 0130002 の取扱説明 *	371
41.06.03.	GP 0130002 の注意事項 *	371
41.07.	GP 0140001 : 測定 片側 外削中心 X	372
41.07.01.	GP 0140001 の引数	372
41.07.02.	GP 0140001 の取扱説明 *	372
41.07.03.	GP 0140001 の注意事項 *	372
41.08.	GP 0150002 : 測定 片側 通り芯	373
41.08.01.	GP 0150002 の引数	373
41.08.02.	GP 0150002 の取扱説明 *	373
41.08.03.	GP 0150002 の注意事項 *	373
41.09.	GP 0150003 : 測定 片側 AC 方向倒れ	374
41.09.01.	GP 0150003 の引数	374
41.09.02.	GP 0150003 の取扱説明 *	374
41.09.03.	GP 0150003 の注意事項 *	374
41.10.	GP 0160003 : 測定 片側 トップ端面傾き測定	375
41.10.01.	GP 0160003 の引数	375
41.10.02.	GP 0150002 の取扱説明 *	375
41.10.03.	GP 0150002 の注意事項 *	375
41.11.	GP 0210003 : 測定・加工 内面ディンプル	376
41.11.01.	GP 0210003 の引数 *	376

41.11.02.	GP 0210003	の取扱説明 *	376
41.11.03.	GP 0210003	の注意事項 *	376
41.12.	GP 0410000	: 加工 端面削 コーナー R 左回り	377
41.12.01.	GP 0410000	の引数	377
41.12.02.	GP 0410000	の取扱説明 *	377
41.12.03.	GP 0410000	の注意事項 *	377
41.13.	GP 0420000	: 加工 外削 コーナー R 左回り	378
41.13.01.	GP 0420000	の引数	378
41.13.02.	GP 0420000	の取扱説明 *	378
41.13.03.	GP 0420000	の注意事項 *	378
41.14.	GP 0421000	: 加工 湾曲外削 コーナー R 左回り	379
41.14.01.	GP 0421000	の引数	379
41.14.02.	GP 0421000	の取扱説明 *	379
41.14.03.	GP 0421000	の注意事項 *	379
41.15.	GP 0430000	: 加工 キー溝 左回り	380
41.15.01.	GP 0430000	の引数	380
41.15.02.	GP 0430000	の取扱説明 *	380
41.15.03.	GP 0430000	の注意事項 *	380
41.16.	GP 0440000	: 加工 端面外 C 面取 コーナー R 左回り	381
41.16.01.	GP 0440000	の引数	381
41.16.02.	GP 0440000	の取扱説明 *	381
41.16.03.	GP 0440000	の注意事項 *	381
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	382
41.17.01.	GP 0441000	の引数	382
41.17.02.	GP 0441000	の取扱説明 *	382
41.17.03.	GP 0441000	の注意事項 *	382
41.18.	GP 0450000	: 加工 端面内 C 面取 コーナー R 左回り	383
41.18.01.	GP 0450000	の引数	383
41.18.02.	GP 0450000	の取扱説明 *	383
41.18.03.	GP 0450000	の注意事項 *	383
41.19.	GP 0460000	: 加工 端面座ぐり コーナー R 左回り	384
41.19.01.	GP 0460000	の引数	384
41.19.02.	GP 0460000	の取扱説明 *	384
41.19.03.	GP 0460000	の注意事項 *	384
41.20.	GP 0470000	: 加工 内削座ぐり コーナー R 左回り	385
41.20.01.	GP 0470000	の引数	385
41.20.02.	GP 0470000	の取扱説明 *	385
41.20.03.	GP 0470000	の注意事項 *	385
41.21.	GP 0915100	: 暖機運転	386
41.21.01.	GP 0915100	の引数	386
41.21.02.	GP 0915100	の取扱説明 *	386
41.21.03.	GP 0915100	の注意事項 *	386
41.22.	GP 0919100	: 工具長補正	387
41.22.01.	GP 0919100	の引数	387
41.22.02.	GP 0919100	の取扱説明 *	387
41.22.03.	GP 0917100	の注意事項 *	387

IX. 加エプログラムの条件分岐 *	391
42. 分岐となる条件項目 *	393
42.01. *	393

X. 加工プログラムの自動生成* X 395

図目次	399
Column 一覧	400
Bibliography	401
参考文献	401
ウェブサイト	401
論文	401
参考文献	402
ウェブサイト	402
マニュアル	402
索引	403

表目次

I. 現状の業務フローの把握および整頓	49
01. 現状の横型マシニングセンタの業務フロー	51
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)	51
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)	52
<hr/>	
IV. 加工システム作成に向けた諸標準の策定	107
10. D マシニングセンタの設置環境	109
表 10.01. D マシニングセンタ据付要件	109
13. 工具番号および登録工具	125
表 13.01. D マシニングセンタの工具番号の割当て	125
表 13.02. D マシニングセンタの登録工具	126
表 13.03. D マシニングセンタ 工具詳細：先端工具	127
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 . .	128
表 13.05. D マシニングセンタ 工具詳細：チャック	129
14. 工具の送り速さ (F コード値)	131
表 14.01. 工具の送り速さ設定値 一覧	133
15. 工具の主軸回転数 (S コード値) *	135
表 15.01. 工具の主軸回転数設定値 一覧	135
A. 引数指定	143
表 A.01. 引数指定 I 一覧	144
表 A.02. 通常指定不可な引数	144
表 A.03. 引数指定 II 一覧	144
<hr/>	
V. 幾何的性質の解析計算	145
27. 内径の幾何 *	217
表 27.01. 化学組成の含有量	217
D. 表記 一覧	239
表 D.01. 中心湾曲・振分長・外径	239
表 D.02. 端面削	239
表 D.03. 角度	240

表 D.04. 外削	240
表 D.05. キー溝	241
表 D.06. 端面 C 面取	241
表 D.07. 端面 R 面取	241
表 D.08. 端面座ぐり	242
表 D.09. 内面ディンプル	243
表 D.10. 内面ディンプル (主に位置座標)	244
表 D.11. 内面逃がし溝	245
表 D.12. 実測値 (計算値含む)	246
表 D.13. 固定用ジグ	246
表 D.14. 工具	246
表 D.15. e テーパ	247
表 D.16. アイソパラメトリック曲線	247
表 D.17. その他	247
表 D.18. 位置	248

VI. 解析計算に基づく数値解析 249

29. 入力する数値情報・パラメタ 251

表 29.01. 入力情報：湾曲・振分け	251
表 29.02. 入力情報：外形	251
表 29.03. 入力情報：内形	251
表 29.04. 入力情報：ボトム外削	252
表 29.05. 入力情報：トップ外削	252
表 29.06. 入力情報：両外削	252
表 29.07. 入力情報：キー溝	253
表 29.08. 入力情報：内面ディンプル	253
表 29.09. 入力情報：ボトム端面外 C 面取	254
表 29.10. 入力情報：ボトム端面外 R 面取	254
表 29.11. 入力情報：ボトム端面内 C 面取	254
表 29.12. 入力情報：ボトム端面内 R 面取	254
表 29.13. 入力情報：トップ端面外 C 面取	255
表 29.14. 入力情報：トップ端面外 R 面取	255
表 29.15. 入力情報：トップ端面内 C 面取	255
表 29.16. 入力情報：トップ端面内 R 面取	255
表 29.17. 入力情報：端面座ぐり	255
表 29.18. 入力情報：内削座ぐり	256

30. 必要な条件分岐情報 (NC プログラム) 257

表 30.01. 条件分岐：PM 中心湾曲の有無	257
表 30.02. 条件分岐：PM ボトム振分長の括弧寸法の有無	257
表 30.03. 条件分岐：PM トップ外削の有無	258
表 30.04. 条件分岐：PM トップ外削端のキー溝の有無	258
表 30.05. 条件分岐：PM ボトム外削の有無	258

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	258
表 30.07. 条件分岐：	PM 外削中心基準	258
表 30.08. 条件分岐：	PM キー溝コーナーの種類	259
表 30.09. 条件分岐：	PM A 側キー溝深さの公差の有無	259
表 30.10. 条件分岐：	PM 内面ディンプルの有無	259
表 30.11. 条件分岐：	PM 端面外面取の種類	259
表 30.12. 条件分岐：	PM 端面内面取の種類	259
表 30.13. 条件分岐：	PM 端面座ぐりの有無	260
表 30.14. 条件分岐：	PM 内削座ぐりの有無	260
表 30.15. 条件分岐：	PM 湾曲外削の有無	260

VII. 加工システムの設計 * 267

36. 作成する NC サブプログラム 289

表 36.01. 作成する NC サブプログラム一覧	289
----------------------------	-----

37. シーケンス番号 (N コード値) 327

表 37.01. シーケンス番号 一覧 (メインプログラム) *	330
----------------------------------	-----

38. #3000：アラーム * 331

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)	331
---	-----

39. コモン変数 (D マシニングセンタ) 333

表 39.01. #100-#109：一時保存値	333
表 39.02. #175-#199：補助機能 (使用頻度 低)	334
表 39.03. #400-#424：補助機能 (使用頻度 高)	335
表 39.04. #425-#449：補助機能 (使用頻度 高) 続き	336
表 39.05. #450-#474：内面ディンプル深さ調整	337
表 39.06. #475-#499：補助機能 (該当明細 少)	338
表 39.07. #500-#574： G0910x G093xx 用	339
表 39.08. #600-#624：ワークと工具間の距離の調整	341
表 39.09. #625-#649：残り代および 1 回あたりの削り代	342
表 39.10. #650-#674：測定用工具の送り速さ *	343
表 39.11. #675-#699：加工用工具の送り速さ *	344
表 39.12. #700-#724：主軸回転数 (切削時)	345
表 39.13. #900000-#900005：外中心 X 両側 測定用 G0110001	346
表 39.14. #900006-#900011：外中心 Y 両側 測定用 G0110002	346
表 39.15. #900012-#900014：キー溝中心 X 片側 測定用 G0120001	346
表 39.16. #900015-#900020：内中心 X 両側 測定用 G0130001	347
表 39.17. #900021-#900026：内中心 Y 両側 測定用 G0130002	347
表 39.18. #900027-#900029：外削中心 X 片側 測定用 G0140001	347
表 39.19. #900030-#900037：通り芯 片側 測定用 G0150002	348
表 39.20. #900038-#900044：湾曲外削加工用 G0421000	348

表 39.21. #900045-#900048：トップ端面レベル出し 測定用	0160003	348
表 39.22. #900100-#900299：内面ディンプル AC 表面位置 測定値	0230001	349
表 39.23. #900300-#900499：内面ディンプル BD 表面位置 測定値	0230002	349
表 39.24. #900500-#900599：内面ディンプル BD 表面位置 測定値差用	0210003	349
表 39.25. #901000-#901024：主にパレット・固定用ジグ		350
表 39.26. #901025-#901049：主にパレット・固定用ジグ（続き）		351
表 39.27. #901050-#901074：工具 T50 および工具測定用タッチセンサプローブ		352
表 39.28. #901100-#901124：工具（T50 除く）		353
表 39.29. #901124-#901149：工具（T50 除く）続き		354
表 39.30. #901200-#901224：内面ディンプル 移動	0210003 用	355
表 39.31. #901225-#739：内面ディンプル 移動	0220001 0220002 用	356
表 39.32. #901240-#901249：内面ディンプル 測定	0230001 0230002 用	356

40. コモン変数（M マシニングセンタ） 359

表 40.01. #502-#510：測定値一時保存値	359
-----------------------------	-----

VIII. 各工程用 NC プログラムの作成 361

41. 作成した NC プログラムの内容 363

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	363
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	364
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	364
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	365
表 41.05. 作成した NC サブプログラム一覧：内面ディンプル	365
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）	366
表 41.07. 作成した NC サブプログラム一覧：その他	366
表 41.08. 0110001 の引数	367
表 41.09. 0110002 の引数	368
表 41.10. 0120001 の引数	369
表 41.11. 0130001 の引数	370
表 41.12. 0130002 の引数	371
表 41.13. 0140001 の引数	372
表 41.14. 0150002 の引数	373
表 41.15. 0150003 の引数	374
表 41.16. 0160003 の引数	375
表 41.17. 0210003 の引数*	376
表 41.18. 0410000 の引数	377
表 41.19. 0420000 の引数	378
表 41.20. 0421000 の引数	379
表 41.21. 0430000 の引数	380
表 41.22. 0440000 の引数	381
表 41.23. 0441000 の引数	382
表 41.24. 0450000 の引数	383
表 41.25. 0460000 の引数	384

表 41.26.	 0470000 の引数	385
表 41.27.	 0919100 の引数	387

