

MMCテクニカル・レポート
MMC Technical Report
MMC TR-S002(01)-2000

マイクロマシンの計測評価法

Measurement and Evaluation
Methods of Micromachine

平成 12 年 6 月
June 2000

財団法人 マイクロマシンセンター
Micromachine Center

MMCテクニカル・レポート
MMC Technical Report
MMC TR-S002(01)-2000

マイクロマシンの計測評価法

**Measurement and Evaluation
Methods of Micromachine**

平成 12 年 6 月
June 2000

財団法人 マイクロマシンセンター
Micromachine Center

序

マイクロマシン技術はまだ若い技術であり、機械工学、電子・電気工学、医用工学等の多様な工学分野、さらに、物理、化学、生物学等の基礎科学分野が重なったところに存在しており、典型的な学際領域の技術であります。また、材料技術・加工技術等の基盤技術、センサ技術・アクチュエータ技術等の微小機能要素技術、制御技術・インターフェイス技術等のシステム化技術等多様な技術分野に関連したもので、その応用範囲も広く、産業界全般から大きな期待がかけられています。

工業技術における標準化の重要性は申すまでもありませんが、現在、研究開発段階にあるマイクロマシン技術の場合は、その研究開発を推進し、技術としての体系を整備し、さらに広範な応用分野への普及を図るというそれぞれの段階で要求される標準化課題を、長期的視野に立って取り上げていくことの重要性が指摘されております。

本MMCテクニカルレポート「マイクロマシンの計測評価法」は、このような観点から先に発行しましたテクニカルレポート「マイクロマシン技術専門用語」に続くものであり、当センターが平成5年度より調査研究を続けてきた成果を取りまとめたものであります。関係各方面において広くご高覧、ご利用いただければ幸いに存じます。

平成12年6月

財団法人 マイクロマシンセンター
理事長 石丸 典生

ま え が き

マイクロマシン技術は、従来の一般的な機械関連のみならず、医療、バイオなど多様な分野に関連するマルチディシプリナリーな技術であります。これらの異分野間にまたがる研究を、効率的に進めるためには、まず分野を越えたコミュニケーションの基本となる専門用語の語意を明確にすること、及びマイクロマシン特性等を適正に評価するための計測評価法の標準化が必要であると考えられます。当センターでは、これらの観点に基づき平成5年度から、専門用語及び計測評価法の標準化について調査研究を行ってまいりました。

その成果として、平成10年度にはマイクロマシン技術の要素技術分野及び応用分野から、特に重要であると考えられる専門用語220語を抽出、整理し、和文と英文とから成る「マイクロマシン技術専門用語」をテクニカルレポートとして発行致しました。

この度、これに引き続き、マイクロマシンの計測評価法に関する調査研究の成果をテクニカルレポートして発行できることになりました。これは一重に、旧メンバーを含めて、(財)マイクロマシンセンター標準化委員会、計測評価法WGのメンバーの方々の並々ならぬご努力と、標準化委員会委員の力強いご協力及び関係各位のご支援の賜と厚く御礼申し上げます。

本書が今後、国内外の標準・規格の原案作成に寄与することを心より祈念しております。関係各位に広くご高覧、ご利用を頂き忌憚のないご意見を賜れば幸いです。

平成12年6月

財団法人 マイクロマシンセンター
標準化委員会
委員長 佐藤 壽芳

MMC計測評価法WG関連組織

●標準化委員会

委員長	佐藤 壽芳	中央大学 理工学部 精密機械工学科	教授
委員	三井 公之	慶應義塾大学 理工学部 機械工学科	教授
	小林 敏雄	東京大学 生産技術研究所 第二部	教授
	諸貫 信行	東京都立大学大学院 工学研究科 マイクロプロセス工学講座	助教授
	壁井 信之	埼玉県立 循環器・呼吸器病センター 総合研究施設	施設長
	八田 勲	工業技術院 標準部 標準業務課産業基盤標準化推進室	課長
	小鍛冶 繁	機械技術研究所 極限技術部	部長
	平井 成興	電子技術総合研究所 知能システム部	部長
	櫻井 慧雄	計量研究所 計測システム部	部長
	成瀬 好廣	株式会社アイシン・コスモス研究所 研究開発部 エレクトロニクス分野	副主席研究員
	小川 治男	オリンパス光学工業株式会社 技術開発本部 複合精密技術部	課長・グループ長 開発 2 G r
	川原 伸章	株式会社デンソー 基礎研究所 第4研究	主任部員
	田中 伸司	株式会社日立製作所 機械研究所 情報システム開発センタ	主任研究員
	坂野 哲朗	ファナック株式会社 基礎技術研究所	取締役所長
	青木 新一郎	松下技研株式会社 超機構研究グループ	主席技師
	成宮 宏	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 開発戦略グループ	主席研究員
	大和田 邦樹	株式会社村田製作所 技術開発本部 第3開発グループ 開発1部	部長
	椛島 武文	株式会社安川電機 つくば研究所 マイクロマシン・グループ	課長
	秋山 喬	横河電機株式会社 モーション&メジャメント事業部	課長

●計測評価法ワーキンググループ

主査	三井 公之	慶應義塾大学 理工学部機械工学科	教授
委員	小川 治男	オリンパス光学工業株式会社 技術開発本部 複合精密技術部 開発2Gr	課長・グループ長
	澤田 毅	ファナック株式会社 基礎技術研究所 坂野研究室	主任研究員
	成宮 宏	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 開発戦略グループ	主席研究員
	青木 新一郎	松下技研株式会社 超機構研究グループ	主席技師
	尾上 寧	横河電機株式会社 技術開発本部 開発プロジェクトセンター 1部	部員
	庄子 習一	早稲田大学 理工学部 電子・情報通信学科	教授
	成瀬 好廣	株式会社アイシン・コスモス研究所 研究開発部 エレクトロニクス分野	副主席研究員
	田中 伸司	株式会社日立製作所 機械研究所 情報システム開発センタ	主任研究員
	早乙女 康典	群馬大学 工学部 機械システム工学科	助教授
	前田 重雄	三菱電線工業株式会社 総合研究所	研究員
	村石 賢介	三菱マテリアル株式会社 総合研究所 情報エレクトロニクス研究所	研究員

上記以外の前任の計測評価法WG委員の方は、下記の通りです。

堀江 三喜男	(東京工業大学)	大矢 信之	(株式会社デンソー)
田名網 健雄	(横河電機株式会社)	原田 武	(株式会社日立製作所)
斉川 昭	(ファナック株式会社)	金山 斎	(株式会社デンソー)
金本 学	(三菱マテリアル株式会社)	谷口 伸行	(東京大学)
井戸垣 孝治	(株式会社デンソー)	佐藤 健夫	(松下技研株式会社)
梅田 章	(計量研究所)	大和田 邦樹	(株式会社村田製作所)

●財団法人マイクロマシンセンター

平野 隆之	専務理事
石川 雄一	研究部長
藤井 義高	研究部 標準課長

前任の研究部長および標準課長／担当者は、下記の通りです。

研究部長：	北原 時雄、須藤 徹也、田中 誠
標準課長：	植田 武志、村上 義英
	標準化担当：上西 雅彰

計測評価法テクニカルレポートの作成にあたって

マイクロマシン技術は将来の有望な産業分野を担うものとして大きな期待を集めております。この技術は、機械工学、電気・電子工学、物理、科学、生物学、医学など多くの学問分野にまたがる典型的な境界領域技術であります。現状は基礎的な研究開発段階にありますが、個々の要素技術がすでに具体的な成果となって形を表しつつあり、将来その応用により広範な産業分野に大きな影響を及ぼすものと考えられます。このようなマイクロマシン技術の発展を加速し、広範な産業分野への普及を図っていくためには標準化が必要不可欠なものと考えられます。このため、本ワーキンググループにおける調査研究では、マイクロマシン技術の基礎となる計測評価法についての調査研究を行ってまいりました。

対象の分野といたしましては、平成5年度に国立研究所と研究賛助会員を対象としたアンケート調査を行い、計測対象としてのニーズの高かった、形状・寸法、力・トルク、流体関連、材料特性を選び、形状・寸法、力・トルク、流体関連分野につきましては平成6年度より、材料特性については平成7年度より調査研究を進めてまいりました。

この度、本調査研究の内容をテクニカルレポートとしてまとめることになりました。この小冊子がマイクロ計測の標準化を進める上で多少なりともお役に立てれば幸いです。調査研究活動の推進、テクニカルレポートの作成に際しましては（財）マイクロマシンセンターの関係各位、標準化委員会のメンバー各位より多くのご助言、ご協力を頂きました。本計測評価法WGメンバー一同より深く感謝申し上げます次第でございます。また、本調査研究を進めるにあたり多くの方々のご貴重な研究成果を参照させていただきましたことに深く感謝申し上げます。

平成12年6月

財団法人 マイクロマシンセンター
標準化委員会 計測評価法WG
主査 三井 公之

目 次

序	i
まえがき	ii
MMC計測評価法WG関連組織	iv
計測評価法テクニカルレポートの作成にあたって	vi

第1章 形状・寸法

1.1	はじめに	1
1.2	調査結果	2
1.2.1	アンケート調査結果	2
1.2.2	文献調査結果	4
1.2.3	計測ニーズとシーズに関する調査	69
1.3	分析及び考察	79
1.3.1	マイクロ部品の形状・寸法計測の問題点	79
1.3.2	微小穴形状測定における問題点	82
1.3.3	パターン幅・膜厚・段差測定における問題点	84
1.3.4	表面形状測定における問題点	86
1.3.5	微小光学部品測定における問題点	88
1.3.6	測定対象部品の調査と考察	96
1.4	標準化の国内外動向	114
1.5	提言	114

第2章 力・トルク

2.1	はじめに	118
2.2	調査結果	118
2.2.1	アンケート結果（ニーズ）	118

2.2.2	文献調査（シーズ）	122
2.3	分析及び考察	176
2.3.1	産技プロジェクトにおけるニーズ	176
2.3.2	マイクロアクチュエータの測定法	180
2.3.3	計測環境、キャリブレーション及び非接触計測	186
2.4	標準化の国内外動向	189
2.5	提言	190
第3章 流体関連		
3.1	はじめに	192
3.2	流体デバイス・計測法の概要	193
3.2.1	マイクロポンプ	193
3.2.2	マイクロバルブ	194
3.2.3	マイクロフローセンサ	195
3.3	調査結果と分析・考察	195
3.3.1	機械式流体制御デバイス	195
3.3.2	流体制御デバイスの計測方法	203
3.3.3	非機械式流体制御デバイスの分類と評価パラメータ	212
3.3.4	マイクロ領域における流れ計測・評価技術	217
3.4	標準化の国内外動向	229
3.5	提言	229
第4章 材料特性		
4.1	はじめに	251
4.2	調査結果	252
4.2.1	機械的特性試験法	252
4.2.2	その他特性試験法	254
4.2.3	JIS、ISO規格の調査と マイクロマシン材料計測例との比較	254

4.3	分析及び考察	263
4.3.1	機械的特性試験法	263
4.3.2	その他特性試験法	273
4.4	標準化の国内外動向	274
4.5	提言	276
第5章	まとめ	369