

平成14年度  
スケールインターフェースに関する  
調査研究事業報告書

平成15年3月

社団法人 日本機械工業連合会  
財団法人 マイクロマシンセンター



## 序

今日の代表的な先端技術であるマイクロマシンやMEMSは、インクジェットプリンターヘッドや自動車の加速度センサのように実用化され、また光通信や医療・バイオ分野などの洋々たる応用分野が開けており、不況といわれるわが国の現状でも、毎年大きな伸びを示す数少ない成長産業である。

この成長分野であるマイクロマシンやMEMSの代表的なサイズはmm程度であるが、加工精度は、大きさが1メートル程度の場合のおよそ1 $\mu$ mから、数十nm程度に向上してはいるが、1メートル程度の場合の相対精度 $\sim 10^{-6}$ に比べ、1mmの場合には相対精度がおよそ $10^{-4} \sim 10^{-5}$ と大きく劣化している。

このような大きさに連動した相対精度、すなわちスケールインターフェースの考え方は、超小型機械の性能向上はもちろんのこと、その信頼性や寿命等の品質向上に大きく関係した概念として浮かび上がってきた。

本調査研究事業は、社団法人日本機械工業連合会より「スケールインターフェースに関する調査研究」の委託を受けて当マイクロマシンセンターが実施したもので、通常サイズと微小サイズのデバイス加工や計測技術の精度的な関係、すなわちスケールインターフェースとそれらのデバイス性能との問題、さらに関連する技術の現状や将来のあるべき姿をさぐると共に、開発や製造技術の基盤となる計測技術、なかんずくサブナノメートルまでの高い測定精度や微小で複雑な形状を安定して測定する手段等について、これらの現状と問題点を議論して将来技術を展望した。

今後の先端的工業製品やその部品は、マイクロマシンやMEMS技術を何らかの形で利用しなければ成り立たないことは確実である。この意味でも本調査研究は今後の先端産業に必須の基盤的調査であり、今回の成果を継続的に更新し発展させることが必要であり、ここで挙げられた課題や展望を参考にして、有望分野への無限の応用に向かって開発を進められることを期待したい。

平成15年3月

財団法人 マイクロマシンセンター  
理事長 下山 敏郎

## 事業運営組織

本調査研究事業は財団法人マイクロマシンセンター内に「スケールインターフェースに関する調査研究委員会」を設け、その運営企画組織としてステアリング委員会と実行部隊である、寸法精度部会と寸法限度・標準部会を設けて効率的に調査活動を実施した。

番号	氏名	所属団体名	役職名	担当委員会／部会*			
				1	2	3	4
1	河野 嗣男	東京都立科学技術大学	名誉教授	◎	◎	○	○
2	三井 公之	慶應義塾大学 理工学部	教授	○	○	◎	
3	松本 弘一	独立行政法人 産業技術総合研究所	副研究部門長	○	○		◎
4	奥山 栄樹	秋田大学 工学資源学部	助教授	○		○	
5	高谷 裕浩	大阪大学 大学院工学研究科	助教授	○		○	
6	武田 光夫	電気通信大学 情報通信工学科	教授	○			○
7	高増 潔	東京大学 大学院 工学系研究科	教授	○			○
8	小倉 一朗	独立行政法人 産業技術総合研究所	研究員	○			○
9	藤間 一郎	独立行政法人産業技術総合研究所	室長	○		○	
10	三原 孝士	オリンパス光学工業株式会社	担当部長	○		○	
11	西村 直樹	キヤノン株式会社テクノロジー統括本部	主幹研究員	○		○	
12	古田 一吉	セイコーインスツルメンツ株式会社	課長	○			○
13	谷口佳代子	ソニープレジジョンテクノロジー株式会社	担当部長	○			○
14	山田 浩	株式会社東芝 研究開発センター	研究主務	○		○	
15	大曾根靖夫	株式会社日立製作所 機械研究所	研究員	○			○
16	谷村 吉久	株式会社ミットヨ つくば研究所	顧問	○			○

ここに◎は委員長又は部会長

\* 1. スケールインターフェースに関する調査研究委員会

2. ステアリング委員会 3. 寸法精度部会 4. 寸法限度・標準部会

## 目 次

序	i
事業運営組織	iii
目 次	iv
総 論	vi
本 編	
はじめに	1
第1章 調査研究の概要	3
1. 1 背景と目的	3
1. 2 調査研究の体制	3
1. 3 調査研究項目・スケジュール	5
第2章 寸法精度に係わる調査研究	7
2. 1 まえがき	7
2. 2 デバイスの形状・寸法精度とその特性、製品性能	7
2. 3 マイクロ金型の要求精度とその評価法	25
2. 4 既存の測定法のマイクロデバイス評価への適合性	36
2. 5 マイクロ測定用プローブの調査	42
第3章 寸法限度・標準に係わる調査研究	59
3. 1 まえがき	59
3. 2 光波干渉技術	59
3. 3 高分解能変位センサー技術	69
3. 4 人工物精密標準器技術	76
3. 5 位置決め技術	82
3. 6 2・3次元のインターフェース技術	95
3. 7 複雑な不連続段差形状インターフェース技術	111
3. 8 物性・環境とのインターフェース技術	118
3. 9 共通技術	125
3. 10 結論	129
第4章 ユーザから見たスケールインターフェース技術	131
4. 1 まえがき	131
4. 2 3次元マイクロ閉空間の非破壊精密測定	131
4. 3 各種薄膜の機械的特性	137

4. 4	ナノメートルレベルの三次元形状測定	141
4. 5	面形状の動的測定	147
4. 6	加工形状の3次元ナノオーダ高速自動測定	150
4. 7	マイクロ流量測定	151
4. 8	集積型触圧覚センサーでの微小力測定	155
4. 9	高密度実装技術と精度	159
第5章	スケールインターフェース技術の展望と有るべき姿	175
5. 1	はじめに	175
5. 2	スケールインターフェース技術の課題	175
5. 3	スケールインターフェースにおけるロードマップ	192
5. 4	研究開発の進め方	220
5. 5	結 論	229
	おわりに	231