

総論

超精密位置決め of 最新技術トレンドと
利用動向

静岡大学 大岩 孝彰*

*おおいわ たかあき：大学院総合科学技術研究科
工学専攻 教授

はじめに

位置決め技術は、加工・組立てなどの製造装置や検査・測定装置に必要な技術であり、アクチュエータ、運動伝達要素、案内要素、センサおよび制御技術などの幅広い機械・電子技術の集大成である。特に超精密位置決め技術は半導体製造装置を頂点とした精密機械産業を支える基盤技術の一つであるが、精密・正確な運動だけではなく高速化つまり単位時間当たりの処理能力（スループット）向上の要求が厳しい重要な技術である。

図1は一般的な直線運動を行う位置決め装置の構成を表している。リニアボールガイドや静圧空気案内などの案内要素でガイドされたテーブルをモータなどのアクチュエータで運動方向に駆動する。テーブルの変位はセンサによって計測され、目標値からの偏差が最小となるようにアクチュエータへフィードバックして位置決め制御を行っている。要求精度や速度の実現のためには、適切な

機械要素、センサおよび制御コントローラを選択する必要があるが、その種類・組合せは膨大となり、外乱や内乱(振動・熱など)なども加わるため、要求仕様を満足させることは年々困難になってきている。

精密工学会超精密位置決め専門委員会¹⁾は49社の法人会員および41名の個人委員(2020.4現在)からなり、超精密工作機械や半導体関連の超精密位置決め技術の情報交換会を年5回行っている。さらに1986年以来4年ごとに「超精密位置決めアンケート」を実施し、位置決め技術の現状と変遷、また現時点と将来的に発生する具体的な問題点などについて調査・分析を行ってきた^{2)~9)}。アンケートの対象装置は、機械要素全般から測定機、半導体検査・製造装置、超精密加工機、工作機械などから組立調整装置・ロボットや情報機器関連装置などまで幅広い領域にわたっており、本誌読者が位置決め装置を設計する際の重要な参考資料になると思われる。本稿では主に2018年に実施された最新の第9回アンケート調査¹⁰⁾に基づき、位置決め技術トレンドについて解説する。過去に実施したアンケート調査の解説については文献⁹⁾および本誌バックナンバー¹¹⁾を参照いただきたい。

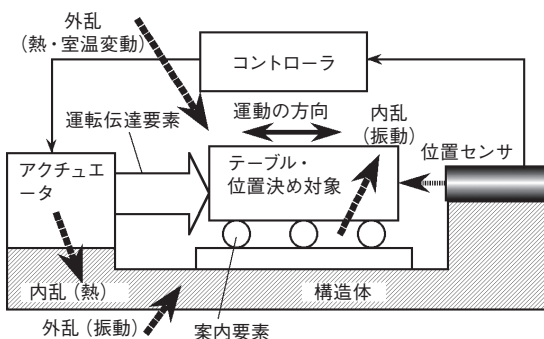


図1 位置決め装置の構成

回答者が関心をもっている装置

2018年調査時の回答者は超精密位置決め専門委員会委員のほか、精密工学会生産自動化専門委員会委員、半導体製造装置、工作機械関連協会会員などであり、所属は企業技術者約87%、大学・

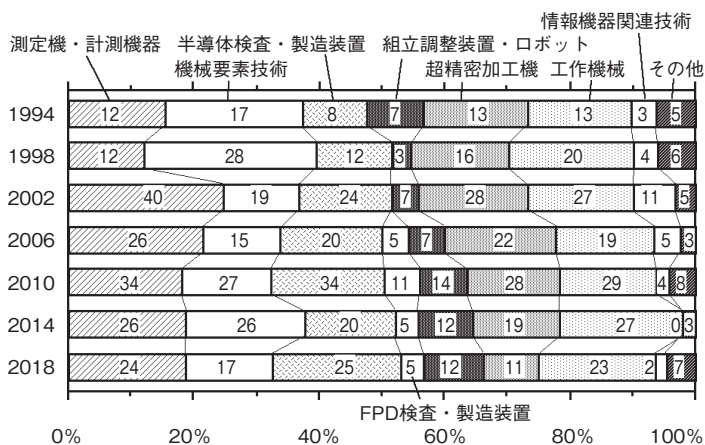


図2 対象装置の種類

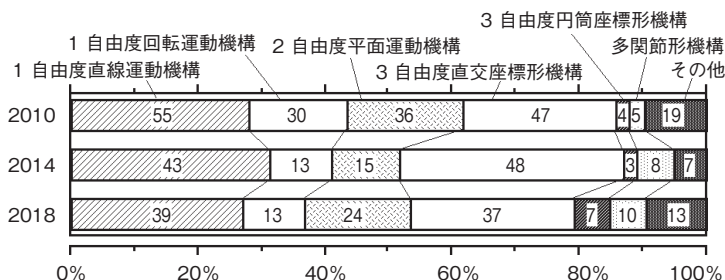


図3 対象装置のメカニズム

高専など約 11.4%，その他約 1.6%である。最初にアンケートの回答者が関心をもっている対象の位置決め装置の種類を図 2 に示す。2006 年以降の調査で新たにフラットパネルディスプレイ (FPD) 関連装置を分類項目に加えた。今回の調査では測定機・計測機器，FPD，ロボットおよび工作機械の割合には変化が見られないが，半導体検査・製造装置が増え，機械要素技術，超精密加工機の割合は低下した。これは近年の各業界の景気の影響を受けて回答者の割合が増減したことによると思われる。

装置の運動の形態を調べるため，前々回の調査から新たにメカニズムの種類についての設問を加えた。結果を図 3 に示す。前回より 2 自由度平面運動機構の割合が増え，1 自由度直線運動機構および 3 自由度直交座標形機構の割合が減った。これは図 2 の対象装置との関係が強いと考えられる。

運動の形態としては，移動途中の経路と時間が関連付けられている連続的位置決め (CP Continuous Path) と目標位置での停止を伴う間欠的位置決め (PTP Point-to-Point) が 1994 年の集計開始以来ほぼ半々であるが，CP 方式の装置の割合がやや多い (2018 年度：CP53%，PTP46%)。

位置決めグレードの認識と限界

具体的な対象はあえて指定せず，現時点で「精密位置決め」と「超精密位置決め」と言った場合どの程度のグレードをイメージするか，回答してもらった結果の平均値の変遷を図 4 に示す。1986 年から 1994 年までは一桁程度グレードが上がっている。その後 2006 年まで徐々にグレードが下がり，それ以降はほぼ一定の値となって多くの人は 1 μm を「精密」，10 nm を「超精密」と捉えて