実用技術紹介

閉リンク方式による小型精密ロボットの開発

松山　二郎*　前川　清石*　藤田　正弘*
小林　智之*　佐田尾圭輔*
(*三菱電機(株))

1. はじめに

製品やこれを構成する部品の小型化に伴い，小さな部品を精度良く組み立てる作業ニーズが年々増加している．小物部品の組立現場では従来から小型ロボットが使用されているが，取り扱う対象物がミリサイズあるいはそれ以下になると従来のロボットでは精度不足となり，より高い精度が要求され，また取り扱う対象物の大きさに見合う占有空間の小さなロボットの必要性が高まってきている．筆者らはこのようなニーズに応えるため，既存の一般的なロボットとは構造の異なる閉リンク構造を採用し，高速でしかも高精度な4自由度小型産業用ロボット（RPシリーズ）を開発し，従来ではロボットの使用が困難であった精密作業への適用可能性を広げた．

2. 開発コンセプト

RPシリーズの開発にあたっては，「小さな部品を扱うための小さなロボット」というコンセプトを掲げ，次の3点を目標に開発を進めた．図1に開発コンセプトにかかわるロボット性能と従来ロボットとの比較を示す．

（1）　本体サイズが小さいこと

取り扱う対象部品のサイズが小さいことから，動作範囲を小さくし，本体サイズを縦横高さ全方向に対して取り扱う部品の大きさに見合う大きさとし，小さな部品を組み立てる生産現場や専用装置への設置上の制約を極力なくすことに配慮して構造を決定した．

（2）　高精度であること

既存の小型精密ロボットよりもさらに高精度化し，従来ではロボットの使用が困難であった作業に適用できることを目指した．

（3）　高速であること

電子機器組立など高速性が要求される作業を想定し，既存の高速ロボットよりもさらに高速な動作を実現することを目指し，特に短距離のハンドリング時間を短縮することに力点を置いた．

3. RPシリーズの特長

本体の小型化と高速高精度を両立するため，従来の小型ロボットでは使用されていなかった5節閉リンク構造を採用した．この構造を採用することにより，リンク駆動用モータ2個をベース上に配置することが可能となった．さらに残る手先軸の上下回転駆動用モータ2個も，ベルト伝達系を介してベース上に配置することにより，すべての駆動用モータをベース上に配置した．図2にシリーズ中最も小型であるRP-1 AH本体および同シリーズ共通の小型ロボットコントローラCR 1-571の外観を示す．

（1）　可動部の軽量化と高剛性化の両立

従来のロボットではアーム上に設置されアーム駆動上の質量負荷となっていたモータを，すべてベース上に配置したため，可動部分の軽量化による加減速時間の短縮が可能となった．また閉リンク構造による高剛性化により停止直後の残留振動を抑制する効果も得られた．

（2）　閉リンク構造による精度向上

減速機のバックラッシによる関節角度誤差が開リンク構造のように加算されず平均化されるため位置繰り返し精度

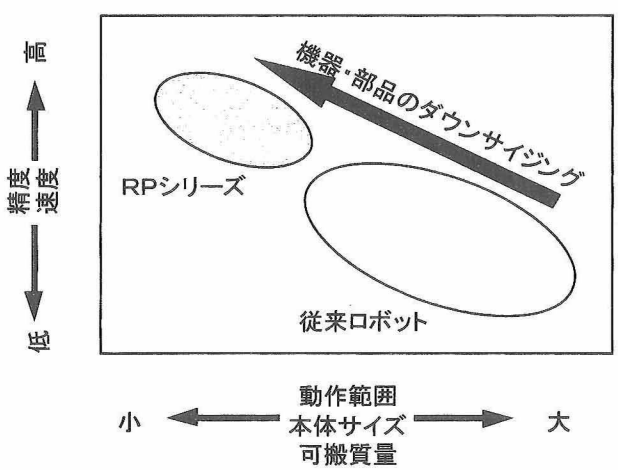

図1　従来ロボットとRPシリーズの特性比較

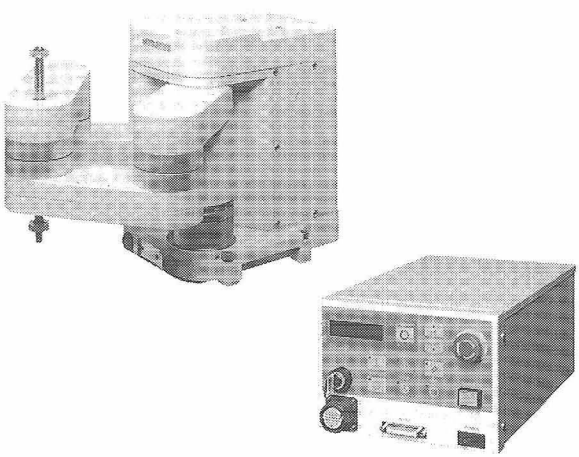

図2　RP-1 AHとCR 1-571

表1　RPシリーズの主要仕様

項目		単位	RP−1AH	RP−3AH	RP−5AH
自由度			4	4	4
最大可搬質量		kg	1	3	5
動作範囲(1)	幅×奥行	mm	150×105 (A6サイズ)	210×148 (A5サイズ)	297×210 (A4サイズ)
	上下	mm	30	50	50
アーム長		mm	100+140	140+200	200+260
最大リーチ(参考値)		mm	236	335	453
位置繰返し精度(水平方向)		mm	±0.005	±0.008	±0.01
サイクルタイム(2)		秒	0.28	0.33	0.38
本体高さ		mm	230	280	280
本体質量		kg	約12	約24	約25

注(1)長方形領域を包含する半円状領域

注(2)水平100mm，上下25mmの往復動作の所要時間

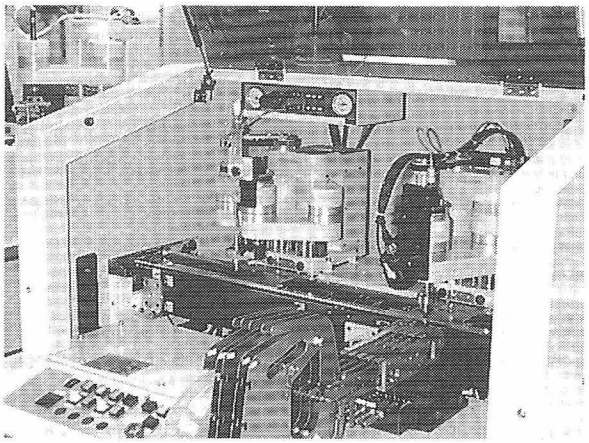

図3　ロボット組み込み装置の例

が向上する．またリンクの幾何学的誤差やリンク角度設定誤差なども平均化されるため，開リンク型ロボットに比べ直交座標系での停止位置精度も向上している．

（3）　本体高さ方向寸法の大幅な削減

ロボット本体駆動用のケーブル配線が本体外部にないため，高さ寸法を低くでき，生産現場や組み込む装置の空間的制約があっても設置が容易である．図3に2台のロボットを装置に組み込んだ例を示す．

（4）　ケーブル屈曲部排除による信頼性向上

すべてのモータがベース内部にありモータ用ケーブルは一切屈曲しない構造であるため，屈曲疲労によるロボット本体駆動用ケーブルの断線がなく，信頼性が向上している．

（5）　最適制御機能による高速化

制御面では，ロボットの姿勢や動作状態に応じて常に最小の加減速時間で駆動する最適加減速機能や，動作状態に応じて最高速度を変化させる最適オーバライド機能により，ユーザは特に意識することなく最速に近い条件で容易に動作させることが可能である．

（6）　ネットワーク機能と立ち上げ支援ツール

シーケンサや上位パソコン，あるいはビジョンセンサなどとの接続が容易なEthernet対応のネットワーク機能や，プログラミングやデバッグ，シミュレーションやモニタリングなどの機能を備えたパソコンツールを利用することにより，システム構築から導入メンテナンスまで総合的に使い勝手の向上を実現している．

4. おわりに

従来ではロボットによる作業が困難であった精密作業分野への適用を目指して，新しいコンセプトの小型高精度ロボットを開発した．すでに電子機器関連分野を中心にミリサイズの部品を高速・高精度に取り扱う必要のある作業に導入されているが，今後もさらに多くの精密作業への用途を拡大するため，ロボット本体のみならず周辺機能の充実を推進していきたいと考えている．

参考文献

[1] 小林："実装プロセステクノロジー展におけるマイクロ作業用ロボットの紹介"，ロボット，vol. 1, no. 126, pp. 60-64, 1999.

[2] 松山，藤田："小型精密作業用ロボット"，第17回日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp. 747, 1999.

[3] J. Matsuyama："High Speed and High Accuracy Robot with Closed-Loop Mechanism," 30th ISR, vol. 1, pp 95-100, 1999.

[4] 松山："小型産業用ロボットによる精密作業"，第18回日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp. 949-950, 2000.