

走行装置レス・コンパクトアーム「NTS/TTSシリーズ」 ー標準化による半導体製造装置への簡単導入ー

The Traverse Unit-less Compact Arm, NTS/TTS Series: Simple Installation in Semiconductor Manufacturing Equipment through Standardization



中 矢 敦 史^① Atsushi Nakaya
芝 田 武 士^② Takeshi Shibata

当社は半導体製造装置内でウエハを搬送するための半導体搬送用ロボットの開発を行ってきた。近年は「コモンプラットフォーム」をコンセプトとして、顧客のさまざまな要求にハンドを交換するだけで対応できる汎用性の高い製品の開発を進めている。

今回、搬送容器の設置数の少ないコンパクト装置向けにハードウェアだけでなくソフトウェア面も標準化を実現した「NTSおよびTTSシリーズ」を開発した。

We have developed a semiconductor transportation robot used to transport wafers in semiconductor manufacturing equipment. In recent years, we have been developing versatile products that can accommodate various customer requests simply by changing the hand, with the "Common Platform" concept.

This time, we developed the NTS and TTS series, which realizes the standardization of not only hardware but also software for compact units that require fewer wafer pods.

まえがき

半導体は、以前は計算機のメモリなどの需要が主となっていたが、現在では携帯電話など数多くの製品に利用されている。2017年においては、データセンターや自動車、通信などで需要増加が見込まれている。

1 背景

半導体搬送用ロボットは、半導体製造装置内でシリコンウエハを密封して運ぶ容器であるFOUP (Front Opening Unified Pod) とプロセス処理間の受け渡しを行うEFEM (Equipment Front End Module) と呼ばれるモジュールにおいて使用される。現在、FOUPの数が2個の2W、3個の3Wが主流となっているが、これは装置の処理速度と設置面積を最適化した結果である。このように半導体製造装置には、処理能力の向上とコンパクト設計の両立が求められる。

顧客のさまざまな要求にハンドを交換するだけで対応を可能とする「コモンプラットフォーム」をコンセプトとして開発が完了している「NTおよびTTシリーズ¹⁾」は、4Wまで対応可能であるが、その分アームが長くなっている。このため、よりコンパクトな半導体製造装置の設計に

対応できる2Wおよび3Wに特化した、アームのより短いコンパクトなロボットが要求されていた。

2 製品の概要

図1(a)に示す2Wレイアウトや図1(b)に示す3Wレイアウトに対応できるように、新たに「NTSおよびTTSシリーズ」を開発した。

先行開発機種である「NTおよびTTシリーズ」と同様、クリーン度は国際標準化機構 (ISO) の定めた清浄度クラス1を実現している。また、走行装置を不要とし、ロボットの設置面積を最小化して装置空間を有効利用できるといった「NTおよびTTシリーズ」の特長を踏襲している。

2Wおよび3Wレイアウトに特化させることで従来製品よりもアームを短くしており、よりコンパクトな装置設計が可能となっている。図2に示すように、「NTSおよびTTSシリーズ」は、「NTおよびTTシリーズ」と比較して動作範囲を維持しつつアームを短くしている。

3 ハードウェア

(1) コンパクト設計

「NTSおよびTTSシリーズ」は、2本のアームのうちロ

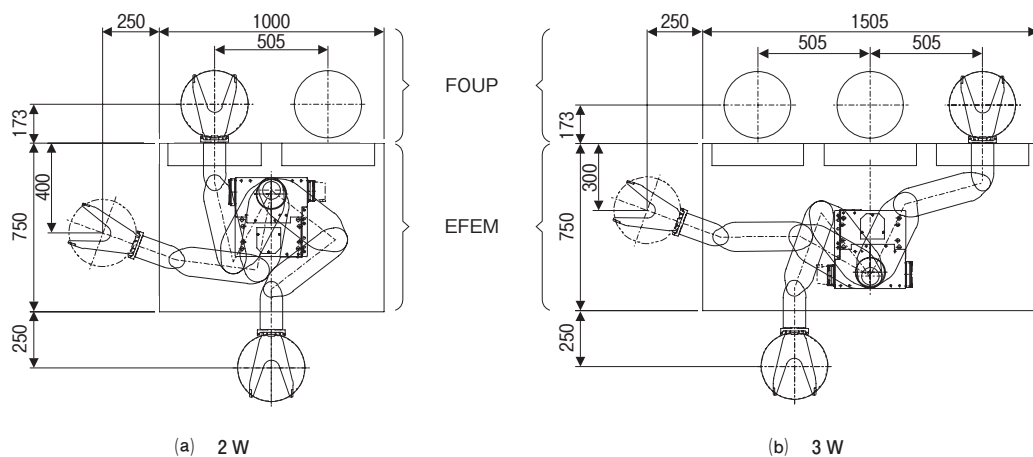
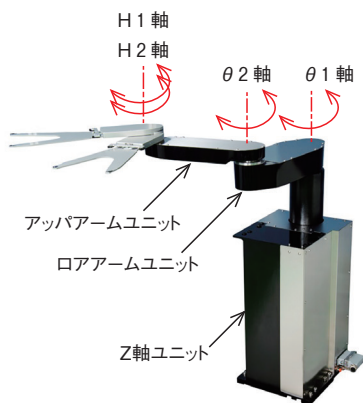


図1 半導体製造装置内レイアウト
Fig. 1 Layout in semiconductor manufacturing equipment



型式		NT520	NTS20	TT220	TTS20
動作範囲	Z軸(昇降) [mm]	470	470	740	740
	$\theta 1$ 軸(回転) [°]	340	340	340	340
	$\theta 2$ 軸(回転) [°]	340	340	340	340
	H1 軸(回転) [°]	380	380	380	380
	H2 軸(回転) [°]	380	380	380	380
アーム長	ロアアーム [mm]	440	360	440	360
	アッパアーム [mm]	440	360	440	360
	ハンド [mm]	350	350	350	350

図2 「NTおよびTTシリーズ」と「NTSおよびTTSシリーズ」の比較
Fig. 2 NT, TT Series & NTS, TTS Series spec comparison

アームユニットに、アーム駆動用ギヤの減速に使われるギヤボックスと2軸分のモータを内蔵している。また、アッパアームユニットには、最大2軸までのハンド駆動用ギヤの減速に使われるギヤボックスとモータを内蔵している。つまり、各軸部にそれぞれの駆動系をユニットとして

配置することで非常にシンプルな構造としており、「NTおよびTTシリーズ」の設計思想を踏襲している。また、アームを短くしていることから駆動系の負荷が小さくなるため、減速比を落してギヤボックスもコンパクトに設計できるようになり、その結果、アームのさらなる短縮化を実現している。

(2) 高いレイアウト自由度

アーム軸とハンド軸はそれぞれ独立に制御することが可能であり、各アクセスポジションへの進入角度を任意に設定することができる。また、装置内の干渉物の位置によって、ロボットの設置位置もフレキシブルに変更できる。

(3) 低コスト化

NTSおよびTTSシリーズでは徹底的なコストダウンを実施した。基板の電装部品や駆動系などのドライブユニットのレイアウトを最適化することやロボットの筐体の加工工程数を減らすことで、部品原価の低減を図っている。また、減速比を最適化することで、ドライブユニットの共通化を実施している。これらの取り組みによって、従来機種「NTおよびTTシリーズ」と部品点数を比較すると、Z軸ユニットとロアアームユニットでそれぞれ30%ずつ削減している。また、減速器ユニットを内製化することでコスト低減を図っている。

(4) リードタイムの短縮

コモンプラットフォームのコンセプトを踏襲しており、2Wおよび3Wのレイアウトに幅広く対応することが可能である。具体的には、装置とのインタフェース部分であるハンド以外を標準化している。また、長納期品をすべて標準化することでリードタイムの短縮を実現している。

4 標準アプリケーションソフトウェア

半導体製造装置へロボットを導入するにあたっては、装置からの指令に応じてロボットを制御するためのアプリケーションソフトウェアを実装している。従来は、装置レイアウトや導入するロボットの種類に応じて、制御パラメータの調整を行っていた。そのため、装置稼動までに多くの時間と専門的な知識が必要であった。

そこで、これらの調整項目を不要とした標準アプリケーションソフトウェアを開発し、導入の容易性向上とリードタイムの削減を実現した。

(1) 装置レイアウトに応じた動作パスの検討および設計

当社が提供する半導体搬送ロボットでは、あらかじめ顧客装置のレイアウトに応じた教示位置の登録と動作パスの検討を実施し、それをアプリケーションソフトウェアに事前に組み込んだ状態で提供している。装置レイアウトに依存した項目をアプリケーションソフトウェアから独立させ、さらに容易に検討できるようにするためのツールとして「KRET (Kawasaki Robot Easy Teaching)」を開発した。

ロボット制御ソフトウェアに実装されているロボットのデータや、姿勢計算に必要な座標変換のロジックをKRETに実装することで、以下を実現している。

- ・レイアウト情報（教示位置、ロボット動作領域など）を簡単に登録可能
- ・搬送動作で使用するロボットの姿勢を、ハンド角度などパラメータを入力するだけで簡単に作成可能
- ・入力した情報は図3に示すような平面図として表示され、アニメーション機能で視覚的な動作確認が可能

「KRET」に登録した内容は、ロボットコントローラが読み込めるファイル形式で出力できるため、アプリケーションソフトウェアに組み込むための知識が不要である。このように、ロボット動作に必要なデータ作成の容易化および自動化を実現している。

(2) 直線動作区間の横ブレ自動補正

ロボットハンドを直線軌跡で動作させる場合、複数の軸を同時に制御するため、ハンドに横ブレが発生する。装置内でロボットが動作できる空間は非常に狭いため、干渉しないように横ブレを補正する必要がある。従来は、実際にロボットを動作させて横ブレを計測して、補正するためのパラメータを調整していた。これにはロボットおよび計測機器の設置、計測、調整に多くの時間が必要であった。また、横ブレはロボットの姿勢に依存するため、レイアウト変更などによって動作経路が変更される場合、パラメータを調整し直す必要があった。

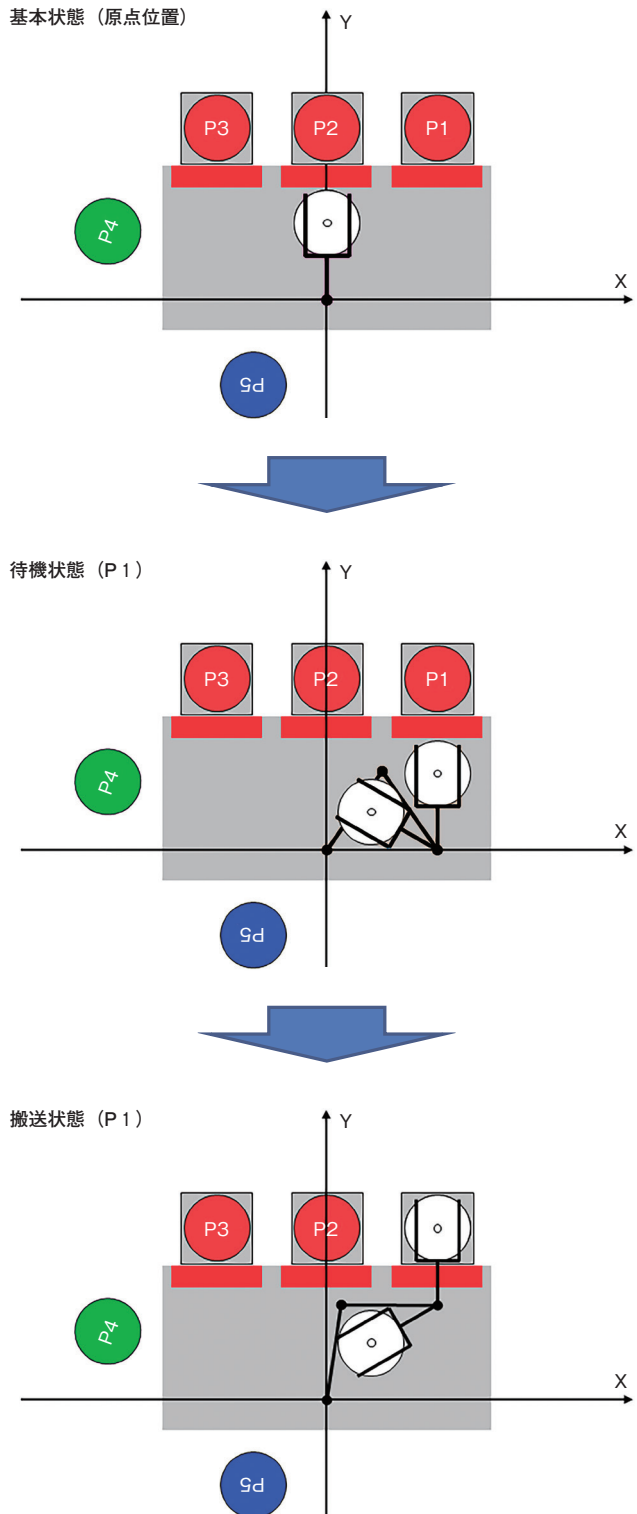


図3 「KRET」による動作確認のイメージ
Fig.3 KRET Operation check image

このため、この横ブレの補正を自動で行う仕組みを開発した。図4に示すように、動作中の姿勢、速度、加速度から導き出される慣性力、遠心力、コリオリ力を基に、動作に必要なトルクを動的に算出して個々のモータに与えることで横ブレを抑制している。

以上の自動化によって、作業者の熟練度によるばらつき

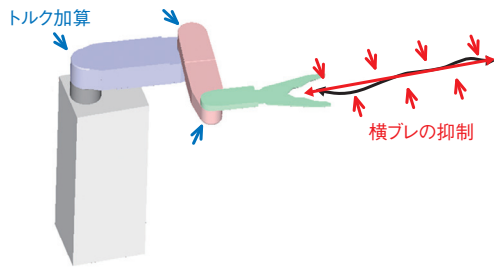


図4 横ブレ抑制イメージ
Fig. 4 Side motion correction image

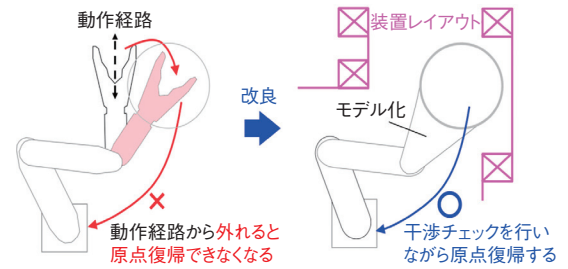


図5 原点復帰イメージ
Fig. 5 Conceptual image of homing

もなくなり、安定した品質の搬送機能を短時間で提供できるようになった。

(3) 原点復帰に関する調整項目の自動化

半導体製造装置はパーティクルの侵入を防ぐため、生産を開始した装置内には容易に人が立ち入れない。そのため、ロボットがなんらかの原因で停止した場合、装置からの指令に応じて、定められた原点位置に復帰動作を行えなければならない。これまでの当社の半導体搬送ロボットでは、復帰動作時に装置と干渉しないように、現在位置が搬送経路上であると判断できた場合に限り復帰動作を可能としていた。そのため、現在位置が搬送経路上であるかどうかを判断する基準の調整と確認が、案件ごとに必要であった。

そこで、ロボットおよび装置レイアウトをモデル化し、干渉を確認しながら自動で原点位置に復帰動作を行える機能を開発した。ロボットの外形モデルはあらかじめアプリケーションソフトウェアに実装し、装置レイアウトのモデルはKRETで登録したロボット動作領域の情報を使用している。図5に示すように、モデル化したロボットと装置レイアウトが干渉しないことを確認しながら、以下のように原点位置に向かって復帰動作が可能となった。

- ① 搬送時に経由するさまざまな姿勢の中から最寄りの姿勢を選択する。
- ② 最寄りの姿勢に直接動作してもモデル同士が干渉しない場合は、最寄りの姿勢に動作後、搬送経路に沿って原点位置に移動する。
- ③ 最寄りの姿勢へ直接動作すると干渉する場合は、干渉物の手前まで移動後、干渉物を避けながら最寄りの姿勢に向かう位置へ移動する。干渉物を避けて最寄りの姿勢に動作した後は、②と同様に搬送経路に沿って原点位置に移動する。

原点復帰を自動化することにより、現在位置が経路上であるかどうかを判断する基準の調整を不要とし、調整に伴う確認作業も不要とした。また、エリア判定であるため経路に依存せず、経路外の位置からであっても原点復帰動作が可能となった。

5 パッケージソフトウェア

先に紹介した「KRET」と標準化したアプリケーションソフトウェアを組み合わせたパッケージソフトウェアを開発した。同梱するターミナルソフトウェアを用いて、容易にアプリケーションソフトウェアや「KRET」での検討結果を、実際のロボットに適用できる。

このパッケージソフトウェアを顧客に提供することで、導入の容易性向上とリードタイムを短縮した。

また、ソフトウェアの専門的な技術を必要としないため新規顧客でも導入しやすく、装置ごとの調整が不要であるため短時間での提供が可能である。このようにKRETを使用することで、顧客自身でレイアウト検討することが可能となる。

あとがき

コモンプラットフォームに即したロボットのラインナップ拡充と標準アプリケーションソフトウェアによる簡易導入により、半導体装置に依存せず短時間でロボットシステムのセットアップが可能となった。今後も顧客のさまざまなニーズに沿った製品を短時間で提供できるよう、改良し続けていく。

参考文献

- 1) 後藤, 吉田, 井上, 在田, 芝田: “高速動作と使いやすさを両立した先進半導体搬送用ロボット「NTシリーズ, NVシリーズ」”, 川崎重工技報, No172, pp.18-23 (2012)



中矢 敦史



芝田 武士