

1. 製品概要

近年様々な業界で、人間の間近で動く協働ロボットの導入や産業用ロボットの自動化が推進されている。現在はサービスロボットからのアプローチはまだ少なく、その研究用ロボットの早急かつ求めやすい価格での流通が求められている。

CRANE-X7（読み：クラインエクスセブン）はサービスロボットの教育・研究向けに開発した7軸構成のアーム型ロボットである（図1）。大阪大学細田研究室と共同開発している。各軸モータは電流制御が可能となっており、動力学に基づく制御を体感することができるようになってきている。7軸なので冗長性を持ち、自由度の高さを活かして人の腕のような柔軟な動作を行うことができる。成人女性の腕の大きさを基準に設計し、3Dプリンタによる樹脂で製造した華奢なイメージの外装により、人が近づくこと、触れることに抵抗を持ちにくいデザインを実現した。肘にあたる部分の設計を工夫することで動作中の挟み込みを防止するなど、安全性にも配慮している。



図1. CRANE-X7

2. サービスロボットの研究に適した設計

モータユニット、ケーブル、3Dプリンタ製フレームの3種類によるシンプルな構成となっている。金属系のアルミフレームなどを使用して作ったアーム型ロボットと比べて、剛性、可搬重量、耐久性、速度は劣るが、軽量で移動設置や管理がしやすく、数十Wh程度のバッテリーでも駆動させることができるため、研究の場所を選ばない。シンプルな構成により、不具合が起こったときの原因の切り分けがしやすい。また繰り返し精度は最低限確保し、実験の再現性を落とさないことに留意した。

7軸構成となっているが、状況に応じていくつかのモータを固定することで、様々な自由度のロボットとして実験ができる。

筐体カラーはパーツごとに白、黒、赤、青、黄、緑の6色から選択可能で、画像処理で色によるマスク処理をしたい場合にも対応できる。さらにCADデータなどのハードウェア情報や組み立てマニュアルを開示しているため、ユーザーによる変更や修理ができるようになっている。

3. 教育研究向けのサポート

C言語による逆運動学のサンプルのほか、ロボット開発ミドルウェアとして近年利用者が多いROS（Kinetic,Melodic,Noetic）に対応した制御用パッケージ、制御サンプルを公開している。ROSでは、ロボットの状態などを可視化できる「RViz」やマニピュレータのための運動学計算・軌道計画用のライブラリとして「MoveIt」がある。これらの豊富なサンプルコード集とパッケージを公開することにより、ユーザはROSプログラムが容易に開発できるだけでなく、高度な処理の研究開発に応用することも可能である（図2）。

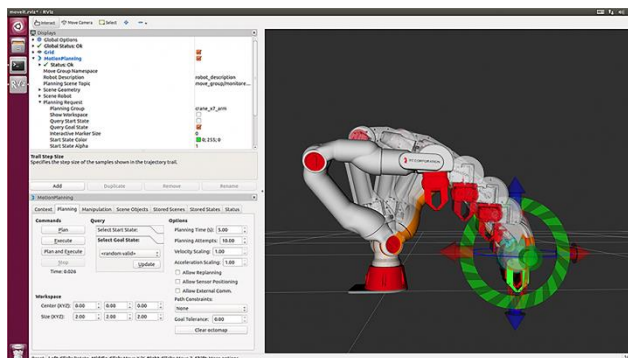


図2. ROSのRVizを使ったロボット操作

さらにCRANE-X7をモデルとした教科書「実践ロボット制御基礎から動力学まで」（大阪大学細田教授著、オーム社出版）と合わせることで、アーム型ロボットの制御に関する理論を体系的に学ぶことができる。

（株）アールティからは、本書籍を参考に理論をプログラム実装したものを技術ブログで連載している（図3）。

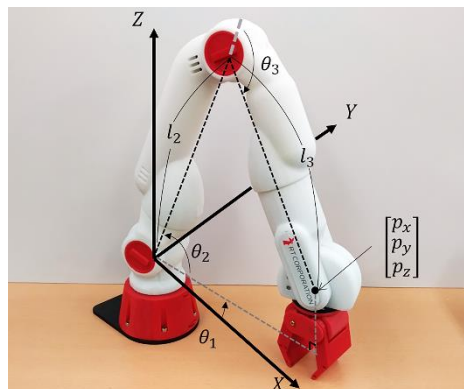


図3. 技術ブログ掲載写真の一例

4. 販売実績

主に国内大学などの教育機関や、企業の研究開発機関に向けて販売している。2018年に発売し、現在までに約80台販売している。

*1 特別員、〒101-0021 東京都千代田外神田 3-9-2 末広ビル 3F

1. 製品概要

熱処理やショットピーニングなどの表面処理は処理装置における工程管理と抜き取り検査にてその品質を管理しているが、出荷製品そのものの検査がなかなかできていないのが現状である。このため、表面処理製品を非破壊で検査でき、且つ誰でも扱える非破壊検査技術が求められており、この要望に応えたのが渦電流非破壊検査装置 ECNI-II である。

本製品は、渦電流法と呼ばれる磁気の力を用いた手法によって、表面処理製品を破壊せずにその内部を検査する非破壊検査装置である。表面処理の状態を数値化することで、経験の浅い現場作業者であっても表面処理状態の良し悪しを判別することができる。また、生産ラインへの組み込みが可能であるため、主に自動車用ギヤの生産ラインにて本製品によるインライン全点検査が行われている。また、表面処理の異常検査だけではなく、処理前の素材判別検査としても使用されている。

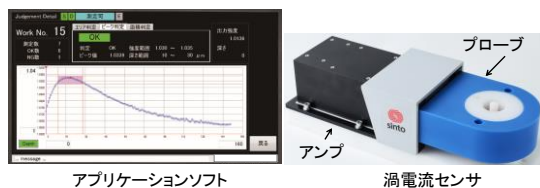


図1 渦電流非破壊検査装置 ECNI-II

2. 製品の内容

2.1 渦電流法について

図2にて渦電流が発生する模式図を示す。渦電流とは、時間的に変化する磁界を鋼材などの導体に照射することで生じる電流である。コイル内に導体を配置した場合にはコイルに囲まれた導体側面に対して渦電流が流れる。表面処理により金属組織内の弾性歪みや塑性歪みなどの歪みに変化する場合や相変態する場合において、導体の電磁気特性が変化する。渦電流は電磁気特性変化により反応が変わるため、表面処理製品の検査が可能となる。また、渦電流は照射する磁界の周波数によって導体に浸透する深さが変わるため、表面処理製品内部を非破壊にて検査することが可能である。

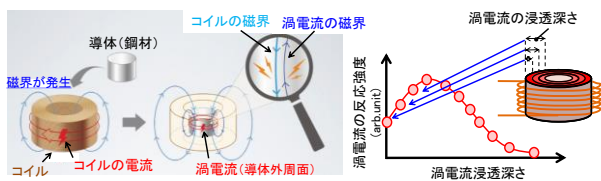


図2 渦電流発生時の模式図(左)と測定結果イメージ図(右)

2.2 製品の特徴

本製品は、被検体を測定する渦電流センサと、センサの制御および判定機能を備えたアプリケーションソフトにて構成されている。また、センサは被検体を配置するプローブとプローブを制御するアンプにて構成されている。測定はプローブに備えられたコイル内へ被検体を配置して行われる。測定方法としては周波数掃引渦電流法を採用しており、1回の測定にて磁界の周波数を掃引することで渦電流の浸透深さを徐々に変えながら測定が行われる。あらかじめ保存されている処理前の周波数掃引情報を基準条件として、表面処理状態に応じた渦電流の反応強度を処理後である被検体の周波数掃引結果との比率を算出することで表面処理状態の定量化を行う。図2内の右図は、測定後に表示される測定結果のイメージ図である。

測定例を図3に示す。測定サンプルには表面処理であるショットピーニング(SP)を使い、処理層の深さを変えたサンプルを用いている。基準条件はショットピーニング前の周波数掃引情報を記憶している。縦軸は渦電流の反応強度、横軸は磁界の周波数を渦電流の浸透深さに換算した値である。図3のように、本製品によって渦電流反応を定量化することでショットピーニングによるサンプル処理層の違いを視覚化することができる。

測定形状としてはコイルが円筒形状であるため、均一に磁界を照射することのできるギヤやシャフトなどの軸対称形状が望ましい。

検査ではあらかじめ記憶しておいた良品グラフと、被検体グラフを比較することで被検体の表面処理状態の良否判定が行われ、測定から判定までの検査時間は最短で1秒である。

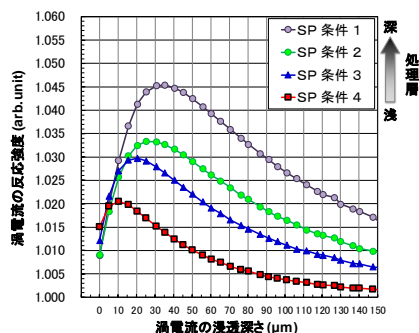


図3 ショットピーニング品の測定例

3. 販売実績

近年のコロナ禍において生産ラインでの省人化や自動化対策としての要望が増えつつある。販売実績は国内で20台程であるが、ライン自動化を目指したデジタル化やIoT活用のニーズが高まると考えている。また、本製品から得た情報をIoTシステムに展開するなど、生産現場での課題解決に貢献していきたい。

* 特別員、〒441-1205 愛知県豊川市大木町小牧 180-1

1. 製品概要

ものづくりの現場では、労働人口の減少や生産性の向上といった点から、自動化への要求が強くなっている。本製品は工作機械において、被加工物のチャックへの着脱や工程間での搬送をするための装置であるロードの動作の高速化を実現した。ロードの高速化は、実際の部品加工現場における非加工時間（非生産性）の削減につながり、部品1個当たりの生産時間にも影響があるので、業界全体での取り組みとなっている。

一般的にはロードの移動速度の高速化による対応が多いが、その場合、強烈な加速・減速力により振動が発生し、工作機械本体への伝播により部品の加工精度が悪化するという問題がある。本製品は、移動速度の高速化だけではなく、被加工物の着脱（ローディング）作業での「動作を見直して省略する」ということに主眼をおいた高速化に取り組み、加工精度の品質を下げることなく高速化を可能にしたロード装置である。

図1に機械上を移動する走行軸と機械内に移動する上下軸を持つ2軸仕様のロード装置を示す。走行軸の方向と主軸への寄り付き方向が異なる並行2スピンドル機等に対応するため、前後軸を付加した3軸仕様もある。

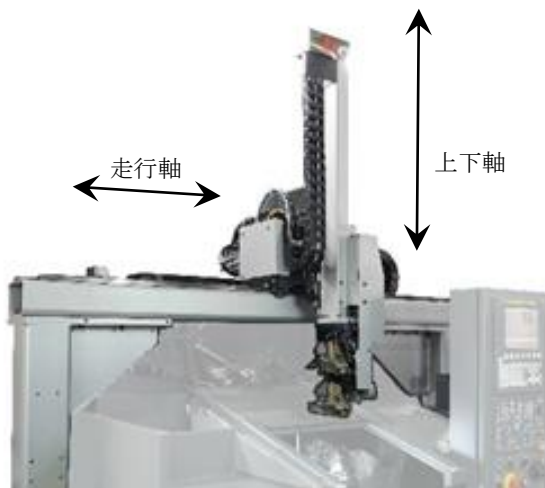


図1 Σiロード高速タイプ（2軸仕様）

2. ローディング動作を省いた最適化

当社では、以前から直交型ロード装置を自社開発しており、ロードハンド個別動作（特許6174193）、ロードハンドからチャックへの素材押し込み動作（特許5349850）、加工室シャッタの高速制御

（特許5253448）の技術があった。これらを組み合わせることで新しい制御フロー（特開2019-147215）を開発することで、図2に示すように、従来15ステップあったローディング動作を12ステップに省略することができた。

さらに、ロードの移動速度が高速になることで増加する振動の影響を旋盤本体に伝えにくくする構造（特許5890365）も組み合わせることで、ローディング動作全体の最適化の技術を盛り込むことで、トータルのローディングタイムの高速化を実現した。



図2 従来と本製品のローディング動作数の比較

3. 販売実績

本製品は、当社の主力製品である主軸チャックサイズが5ないし6インチの機械に搭載されている。2020年12月までに13台の販売実績がある。2020年はコロナ禍で生産台数の落ち込みもあったが、徐々に市場の回復基調にある中で、さらなる生産性の向上を目指すお客様への普及が進むと期待する。

4. まとめ

本製品は業界最速レベルのローディングタイム2秒を実現した。コロナ禍によるものづくり現場の無人化、自動化への要求が強まる中、本製品が貢献できる部分は大きいと考えている。

ⁱ 特別員、〒924-8558 石川県白山市旭丘1-8

(4) 乾式反応集じん装置

株式会社プランテック*ⁱ

1. 製品概要

廃棄物焼却炉から排出される排ガス中には、ダストの他、塩化水素や硫酸化合物などの酸性ガス、窒素化合物、ダイオキシン類、水銀等の重金属類等、さまざまな有害物質が含まれている。乾式反応集じん装置（本製品）は、広く普及している汎用の乾式排ガス処理では対応できない厳しい規制値が求められる酸性ガス処理やダイオキシン類、水銀の除去に加え、未反応消石灰の大幅な削減を実現した画期的な製品である。

2. 開発の背景

廃棄物焼却に伴い発生する排ガス処理として、排ガス中に薬品（消石灰および活性炭）を連続して吹込み、排ガスダクト中とバグフィルタ内のろ布表面で反応・吸着処理させる乾式の処理が広く普及している。しかし、排ガス中の有害成分と消石灰の接触が十分でなく、未反応消石灰が多くなることから、消石灰が過剰に必要となり、その結果バグフィルタ捕集灰が強アルカリとなって重金属類が溶出し易くなるため最終処分の際に安定化薬剤も必要となる。さらに、大都市圏を初めとして有害ガスの排出に厳しい規制値が求められる場合、乾式処理では対応できず、装置が複雑でメンテナンスに手間がかかる湿式処理が採用されていた。

そのため、排水処理が不要でメンテナンスコストを削減できる乾式の処理であり、かつ、排ガス処理性能が高い製品が強く求められていた。

3. 製品の内容

本製品の外観と内部構造を図1、図2に示す。汎用の乾式処理では、排ガスダクト中に薬品（消石灰および活性炭）を連続して吹込んで排ガスダクト中とバグフィルタ内部のろ布上で反応・吸着処理させるものであるが、消石灰や活性炭と排ガス中の有害成分との接触効率が十分でない。これに対して本製品では、薬品の吹込みを短時間で一気に（4時間の処理に必要な量の薬品を10分程度で吹込む）行うことにより、ろ布表面に均一な厚さの消石灰と活性炭の反応・吸着層を常時形成して排ガス処理を行うものであり接触効率が高い。

そのため、排ガス中のダストは薬品の反応・吸着層表面で完全に取り除くことができ、ガス中の酸性有害物質（塩化水素や硫酸化合物）は、消石灰と効率良く接触するため高効率で除去できる。排ガス処理により、消石灰が反応しなくなるか、バグフィルタろ布の差圧が上昇した場合に、ろ布上の付着物（フィルタで取り除かれた有

害物質と反応済みの消石灰）をろ布から分離、落下させた後、再び短時間で一気に消石灰を吹込むことで、ろ布表面に新たな薬品の層を形成し、排ガス処理が継続される。

本製品はろ布上の付着物を速やかに分離、落下させ、新たな薬品の層を無駄なく形成するための工夫として消石灰を吹込むノズルを可動式とし、排ガス量を調整するダンパと併せて制御する機構を設けている。



図1 本製品の外観

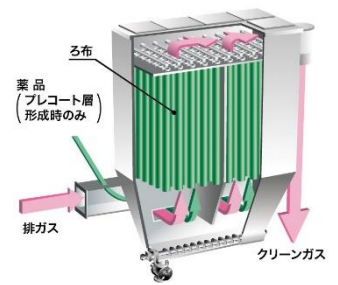


図2 本製品の内部構造

4. 本製品の特長

本製品は、廃棄物焼却炉の種類を問わず、使用することができるもので、排ガス処理に使用される薬品が有害物の高い除去効率を発揮できることから、従来の乾式処理の常識を超えるレベルまで有害ガス濃度を低減でき、インシヤルコスト、ランニングコストを大幅に削減できる。また、未反応消石灰が少ないことから、重金属類の安定化処理薬剤とともに、最終処分が必要なバグフィルタ捕集灰量も低減でき、環境負荷の低減にも寄与するものである。

5. 販売実績

本製品は、1994年に第1号基（京都大学医学部附属病院）を納入。以降も開発・改良を継続しており性能は進化を続けている。現在までに、医療廃棄物処理、産業廃棄物処理、災害廃棄物処理、一般廃棄物処理向けに実績を重ね、156基の販売実績を有している。

6. まとめ

乾式反応集じん装置は、当社の161に上る焼却プラントの経験と研究開発により完成させたもので、多種多様な廃棄物と半世紀に亘る廃棄物の変化に対応してきた技術である。この技術を広く広めるとともに、更なる技術開発にも取り組み循環型社会の発展に貢献していきたい。

ⁱ 特別員、〒550-0003 大阪市西区京町堀 1-6-17