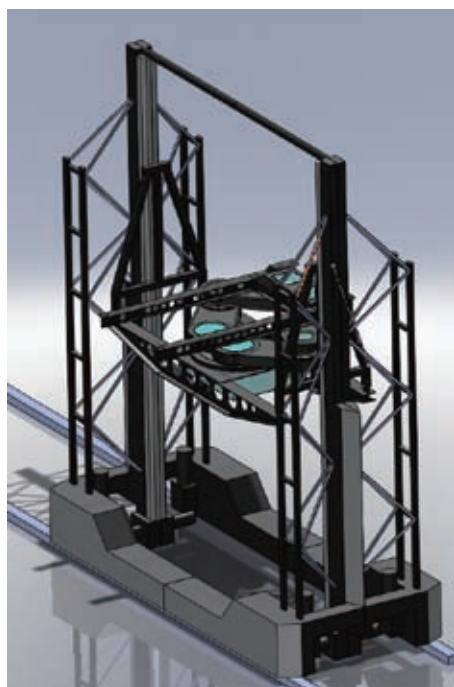


微細なほこりも出さない 徹底した工夫満載！

フラット・パネル・ディスプレイの製造現場で 活躍するクリーンルーム向けスタッカークレーン

24 時間体制でフル稼働するフラット・パネル・ディスプレイ製造現場。そこで走り続けるスタッカークレーンには高速性と耐久性に加えて緻密さと繊細さが求められる。その技術と工夫を紹介する。



FPD 製造現場で活躍するスタッカークレーン

フラット・パネル・ディスプレイ (Flat Panel Display : FPD) とは、液晶やプラズマテレビをはじめ、パソコンや携帯電話、タブレット端末などのディスプレイとして利用されている表面が平らな薄型映像装置である。

FPD は大きなガラス基板上に種々の加工を施し、それを最後に所定の大きさに切り分けることで作られる。このガラス基板は年々大型化し、現在はおおよそ 2.4 m 角、たたみ三畳以上もの大きさが主流で、一方

でその厚さはわずか 0.7 mm 以下にすぎない。

このような FPD をはじめとする電子機器は微細なほこりや汚れが原因で不良品になってしまう。そのため給排気システムを完備し、空気のクリーン度が確保されたクリーンルーム内で加工作業を進めるが、このときクリーンルームのほこりをいかに抑えて制御するかが大きな課題である。

空間のクリーン度を測る指標として「クラス」と

いう等級（ 1 ft^3 （立方フィート）の中に $0.5 \mu\text{m}$ 以上のほこりなどが何個あるか）がある。一見きれいな空気環境の保たれたオフィスでもそのクリーン度はクラス 100 000 以上もあるといわれる。これは 1 m^3 の中には $0.5 \mu\text{m}$ 以上のほこりが 350 万個以上存在することになる。一方、FPD などの電子機器製造現場のクリーン度は、それをはるかに上回るクラス 1 以下が必要とされ、これは東京ドームにパチンコ玉が 10 個転がっているというレベルである。

FPD 製造現場で求められる搬送装置とは

今回株式会社 IHI が開発した「クリーンルーム対応スタッカークレーン」は、シビアなクリーン度が求められる現場で、高速かつ安定的に FPD を搬送する。

FPD 用スタッカークレーンは、ガラス基板 60 枚程度を収納したカセットと呼ばれる荷（およそ 3 m^3 ）を、クリーンルーム内に多数設けられた棚の間を運んで出し入れするための装置である。カセットの重量は $1.5 \sim 3 \text{ t}$ 、また最も高い棚の高さは 10 m 以上になる。直立するマストに沿ってフォークが上下し、ある棚でカセットの出し入れをしたのちに次の棚に向かって昇降、走行を行う。この大きな構造物を距離 100 m 以上、時速 15 km 近くで走らせることもある豪快な機械である。

一般にスタッカークレーンを含む搬送装置には、高速性（荷の出し入れ、移動が速いこと）、安定性（確実に動作すること）、経済性（導入、運転、整備コストを抑えられること）の 3 点が求められる。さらに、FPD 用のスタッカークレーンの場合、「クリーンルームで壊れやすいものを長時間連続で扱う」という性格上、以下の要素が付け加わる。

- ① 発塵を抑制すること：スタッカークレーン自身からほこりが発生してしまうと所定のクリーン度を維持できない
- ② 振動を抑制すること：スタッカークレーンの加速・減速、荷の積みおろしに伴って過大な振動が発生

するとガラス基板が壊れてしまう

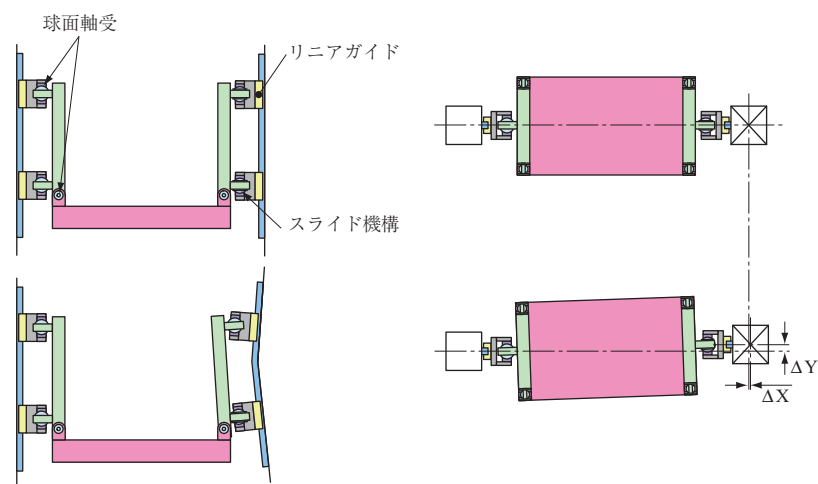
- ③ 機械の破損・故障を極限まで少なくすること：故障中に生産が止まるのはもちろんだが、大規模な修理となると、クリーン度を維持したままの作業が困難となり、長期間にわたって工場が機能しなくなる

大きな装置を高速で走らせつつ、これらの要求を満足するために、IHI が開発した技術を紹介する。

スリムでほこりを出さないマスト

発塵を抑制するためにまず注目したのは、フォークをマストに沿って上下させる昇降ガイドである。従来のマストは、昇降ガイドとして 2 個の車輪でマスト本体を挟み、それら全体を覆うようにカバーがつけられたもので、マスト幅が広く、走行時の気流の乱れの原因となっていた。また、ローラ接触部からの発塵という点で改善の余地があった。

気流の乱れを抑えるためには、マストはなるべくスリムにしたい。スリムにするには、まず、昇降ガイドをローラ方式からリニアベアリング方式に変更し、カバーレスにする必要がある。だが、リニアベアリングは、大型クレーンのような搬送装置に安易に使用すると、短時間で破損する場合がある。また、スリム化としてマスト本体のフレームをできるだけ細くする必要がある。これらを解決する画期的な機構として、今回採用されたのがリニアベアリングの弱点を補った IHI オリジナルのリニアベアリング誤差吸収機構である。



リニアベアリング誤差吸収機構

リニアベアリングは、機械を直動させる部品として機械分野ではよく知られている。ボールベアリングが内蔵されたブロック状のガイドが支柱に沿って上下する。ガイド自体がほこりを出しにくいという構造を持ち、さらにベアリング内には粘り気のあるグリースが充填されているため、これがほこりを吸着して外に出さないという二重のメリットがあり、クリーンルーム用の機械には広く使われている。

しかし、大型の搬送構造物への適用は難しかった。例えば、細いフレームに地上から高さ 10 m まで取り付けようとする、位置精度が保てなかったり、3 t もの荷重がかかるとフレームが変形してしまったり、安定的に使用するには課題があった。

IHI は、このリニアベアリングを大型の搬送構造物に適用するため、独自のアイデアによるリニアベアリング誤差吸収機構を開発した。

この機構によって、製作誤差、取付誤差、構造変形によるガイドへの余分な負荷を吸収することができ、リニアベアリングの長寿命化を実現できる。また、マスト本体のほかに補助マストを設けることでマスト本体を細くすることが可能となった。

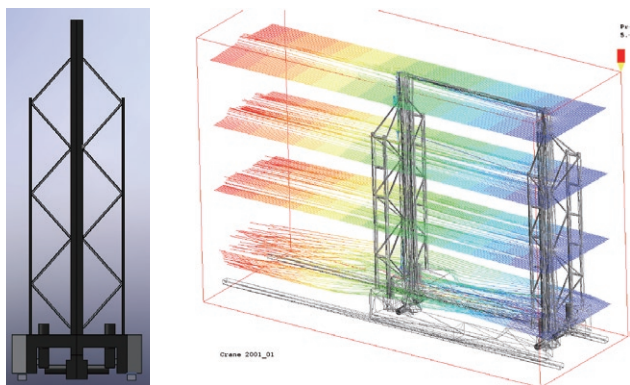
このオリジナルの機構の採用で、マストの太さは他社や従来品と比べて 1/3 程度までスリム化できた。こうして「丈夫で荷にやさしく、ほこりを出さない」という理想に近いガイド、マストを開発することに成功した。

気流解析と風洞実験

スタックークレーンは高速で走行するため、自身で作る風や走った後にできる乱れによってほこりを巻き上げ、拡散させる恐れがある。従って、スタックークレーン本体の低発塵化以外にクリーンルーム全体の気流をコントロールすることが重要である。

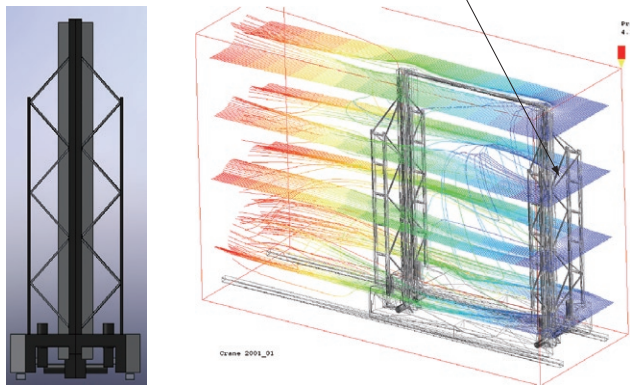
IHI では以前から気流解析（流れのシミュレーション）技術の研究開発を進め、その成果をさまざまな製品の設計に適用している。そこで今回は、走行や昇降動作を行うクレーンをクリーンルーム内に再現したモデルで気流の解析を行った。さらに、ある部分の構造については風洞実験（人工の風を起こす風洞内に置いた実物の縮尺模型に、風を当てて、流れの状態を観察する）も行っほこりの挙動を観察した。その結果からマストの断面形状、車輪部の構造などを吟味し、発塵が小さく、また、ほこりを巻き上げにくい形態や清浄空気の流し方を決定した。設計の技術だけでなく、日頃蓄えた基盤技術を活用することでクラス 1 を確保することができた。

(a) 新型クレーン



(b) 従来クレーン

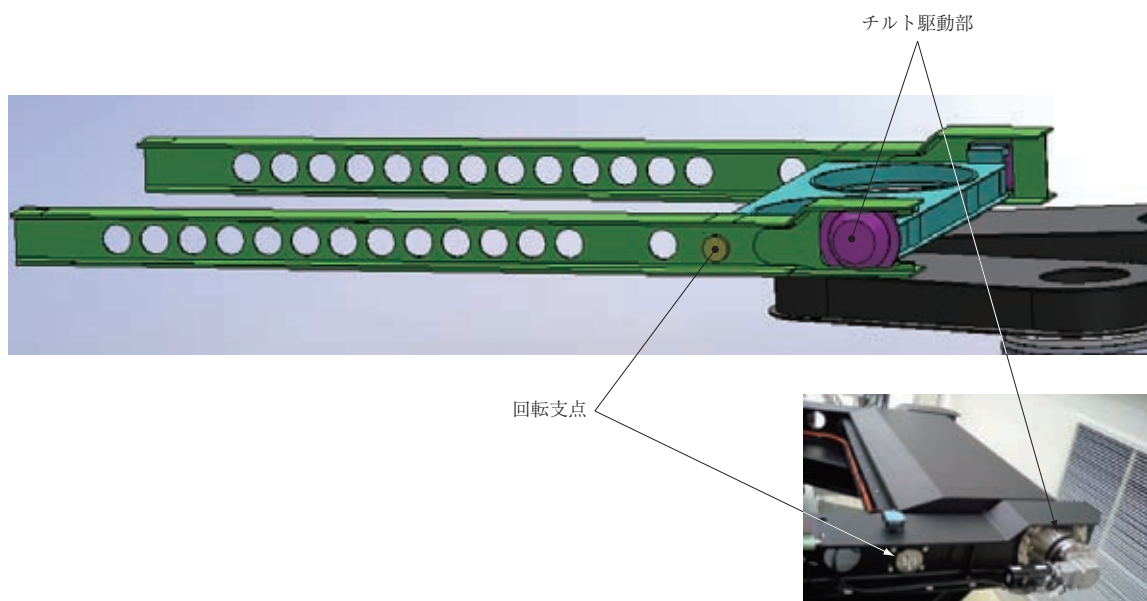
マストの周囲から気流の乱れが発生



240 m/min 走行時のクレーンまわりの気流

優しく速く・正しく速く

カセットの棚間の移載速度はより速く、が求められている。しかし、カセットを水平に移載するときカセットの重量でフォークがたわんでしまうため、荷置き速度を上げるには限界があった。IHI は、先端フォークにチルト機構を設け移載時のカセットの傾きを補正する機構を開発した。このフォークチルト機構をつけることで、カセットの傾斜、置く時の振動を抑えられ、基板の損傷を減らすことに成功した。



カセットを水平に移載することによるカセット、基盤への負荷の低減

カセットを、製造設備の正しい位置にセットするためには、取合ステーションごとに多数の位置決め装置（位置を補正する装置）を設ける必要があった。そこで、IHI ではフォーク上のカセットの位置を検出して、クレーン自身がカセットの置き位置を適正に変えるカセット位置補正機能を開発した。

このように新たな機構・機能を付加して、従来にない高速動作を実現した。

クレーンを止めない工夫

走行モータや昇降モータ、車輪などの回転駆動部は、発生した塵をクリーンルーム内に広げないために、個々にカバーで覆われていた。そのため、ひとたび故障が起こると、車輪を取り換える前にカバーをはずすなど、修理・保守に余計な手間と時間がかかることになり、生産性の大きな低下につながっていた。

そこで IHI では、駆動部各パーツの配置を見直し、駆動部全体をまとめた上でカバーする密閉ユニット方式に変更した。万一の故障時には、ユニット単位で交換することができるので、設備のダウンタイムが最小限に抑えられる。また、現地組み立てでなく、工場でユニット単位に製作することで精度管理を容易にして信頼性が向上した。

クリーン技術で社会貢献

台湾や中国などの企業では、24 時間 365 日フル稼働できるスタッカークレーンの切実なニーズがあり、高性能、高信頼性の日本製機械に対する期待が高い。そこで現在、FPD 市場で著しい存在感を見せるこれらの地域へ積極的な展開を進めている。ここで紹介したクレーンの機械技術だけでなく、並行して開発している複雑な工程間をコントロールする技術や省エネ技術がさらにシステムとしての競争力を高めている。

また、このスタッカークレーンは FPD に代表される電子機器業界用として開発したが、製薬業界のような別の指標のクリーン度が要求される分野へも適用が可能である。さまざまな産業への展開によって社会への貢献が広がるだろう。

問い合わせ先

株式会社 IHI

物流・産業システム営業部

電話（03）6204 - 7232

URL：www.ihico.jp/