

ク リ ー ン ロ ボ ッ ト

三菱電機㈱産業システム研究所

○ 関 口 久 由

三菱電機エンジニアリング㈱稲沢事業所

村 田 一 正

C l e a n R o o m R o b o t s

by Hisayoshi Sekiguchi and Kazumasa Murata

1. はじめに

近年、半導体、電子機器、バイオテクノロジー、医薬品、化学工業などの分野でクリーンロボットの需要が増加している。特に、半導体製造クリーンルームでは、

- (1) 人間の関与によるじんあい（塵埃）汚染の防止
- (2) 品質のばらつきの低減
- (3) 多品種少量生産への対応

の要求が強く、急速に自動化が進められている。数百に達する過程を経て完成される製品を歩留まり良く生産するためには、最大の発塵源である人間による作業をクリーンロボットに置き換える要求が生じるのは当然である。

本報告では、クリーン化対策及びクリーンロボットの具体例を紹介する。また、今後の課題についても述べる。

2. クリーン度の定義

現在は、我が国独自のクリーンルームの規格としてJIS B 9920(1989)があるが、ここでは従来から準用されてきた米国連邦規格 209の定義に従った表示を用いる。

クリーンルームのクリーン度は、空気中の単位体積あたりに存在する粒子の大きさとその数で定義される。たとえば、クリーン度クラス 100とは、粒径 $0.5\mu\text{m}$ 及びそれ以上の塵埃が 1ft^3 (約 28.3ℓ) 内に、100個以下であることを意味する。

3. クリーン化対策

クリーンロボットのクリーン化対策は、大別すると下記のように分類できる。

- (1) ロボット本体内の発塵を少なくする。

駆動部や関節部のガイド、ベアリング、ボールねじなどに用いられる潤滑剤の揮発による発塵を抑制するため、潤滑剤には揮発性の低い特殊グリースを用いる。

- (2) ロボット内部の発塵を外部へ出さない。

関節部やカバー取り付け部に、シール、カバー、パッキンなどを用いる。また、完全密封化ができない場合は、真空ポンプによりロボット内部を吸引・負圧化し、塵埃の外部流出を防ぐ。

(3) ロボット表面からの発錆等による発塵を無くす。

鉄系の材料は、ステンレス品への変更またはメッキ処理を行う。アルミ材には、表面酸化による発塵防止のために、陽極被膜処理を施す。また、ロボット表面の塗装にはウレタンなどの耐摩耗性塗装を施す。

(4) ロボットの存在がクリーンルームの気流に影響を与えないようにする。

ロボットが気流を妨げ、塵埃が飛散することやロボット表面に付着することを防止するために、表面形状の円滑化及びケーブル類の本体収納化を行う。

4. クリーンロボットの具体例

4. 1 スーパークリーンロボット

開発したスーパークリーンロボット^{1) 2)}の外観を図1に、自由度構成を図2に示す。第二アームとリンクにより平行リンク機構を構成し、 θ_3 軸が動作しても第二アーム先端のフランジ面を常に鉛直下方に向ける構造となっている。 θ_3 軸とともに、 $\theta_1 \cdot \theta_2$ 軸を協調して動かすことにより、鉛直方向の直動が可能である。水平面内の位置決めは $\theta_1 \cdot \theta_2$ 軸を動作させることにより行う。このように、スカラ形ロボットと同様の動作を、シールによる密封が困難な直動関節を用いずに回転関節のみで実現し、各関節を磁性流体シール³⁾で密封することにより、吸引除塵のための装置を一切使用せずにスーパークリーン化を実現することができた。

第3章のクリーン化対策の中で採用したものを以下に示す。

- (1) 各関節部に磁性流体シールを採用
- (2) ケーブル類のロボット本体収納化
- (3) ロボット表面形状の円滑化

クリーン度測定実験装置の構成及び測定点を図3に示す。実験は、クリーン度クラス1に対応できるクリーンブースの中にロボットを設置し、発塵量の測定を行った。各関節単独動作時における関節近傍①～⑦の発塵量測定結果を表1に示す。また、ロボットにピックアップ動作（水平300mm、鉛直100mmの門形経路往復連続動作）を行わせ、その作業域内の発塵量測定を行った結果を表2に示す。

表1及び表2の測定結果により、開発したクリーンロボットはクリーン度クラス1以下を要求されるスーパークリーンルーム内の作業に適応可能である。

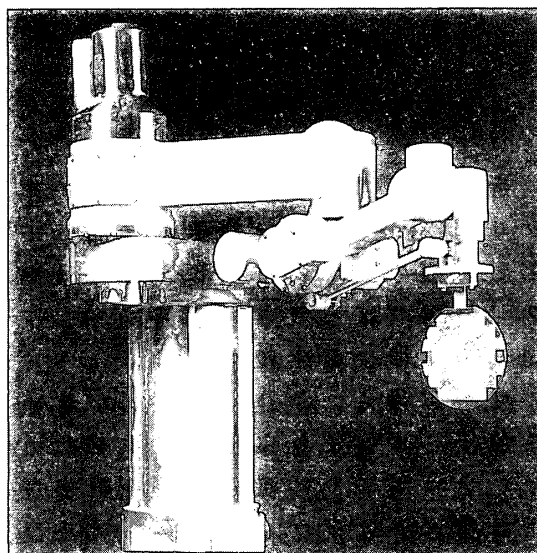


Fig.1 Overall view of super clean room robot

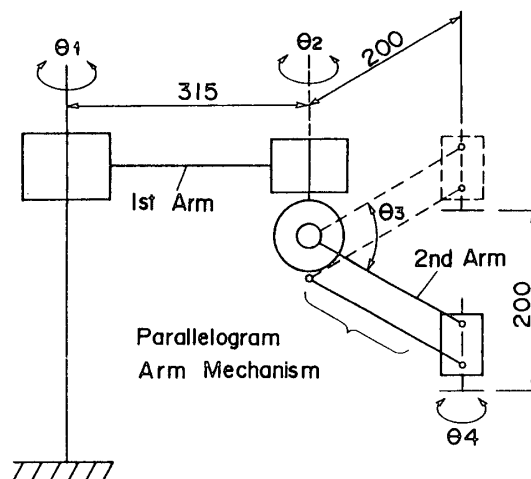


Fig.2 Allocation of the joints of the super clean room robot

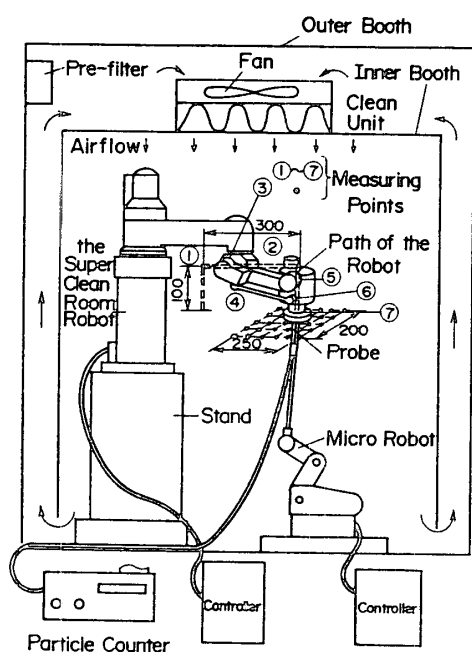


Fig.3 Experimental equipment of particle emission measurements

Table 1 Particle emission by each joint operation of the super clean room robot

Probe location	Particle counts (/ft ³) (Particle size 0.5 μm)
①	0 . 3 4
②	0 . 3 4
③	0 . 5 3
④	0 . 4 4
⑤	0 . 5 3
⑥	0 . 4 9
⑦	0 . 2 8

Table 2 Particle emission by pick-and-place motion of the super clean room robot

	Particle counts (/ft ³) (Particle size 0.5 μm)
Maximum	0 . 3 9
Average	0 . 2 2

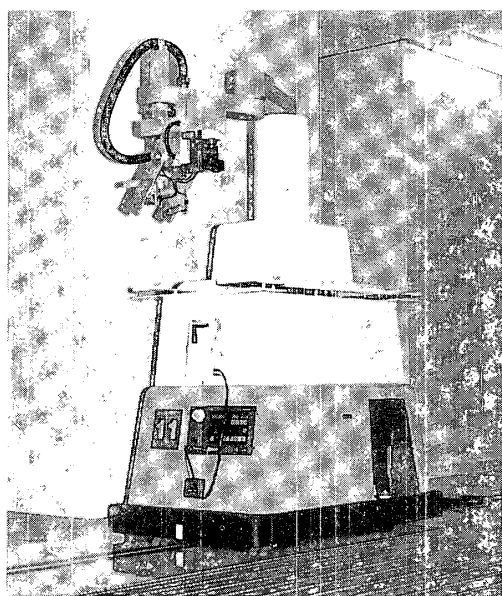


Fig.4 Overall view of automated guided vehicle with manipulator

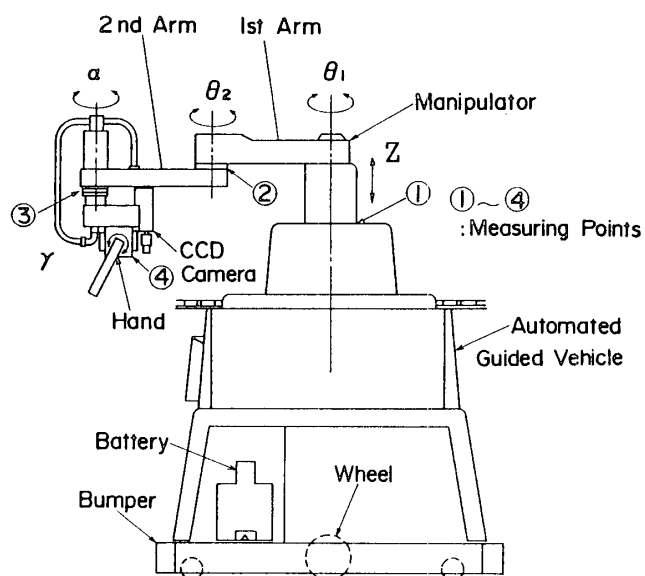


Fig.5 Configuration of the automated guided vehicle with manipulator

4. 2 マニピュレータ付き無人搬送車

マニピュレータ付き無人搬送車²⁾ (以下 FMH-M) は、半導体や電子機器などの生産分野における、クリーンでかつフレキシブルな自動搬送システム実現のニーズに対応して開発したものである。

FMH-Mの外観を図4に、構成を図5に示す。FMH-Mは床面に貼られたガイドテープをCCDカメラで認識し、バッテリー駆動により走行する。搬送指示をグランド

ステーションから通信ターミナルを通して受け、クリーンルームの各工程内のワーク搬送を行う。

第3章のクリーン化対策の中で採用したものを以下に示す。

- (1) ハンド摺動部に特殊グリースを採用
- (2) 各関節にラビリンスシールを採用
- (3) 防錆処理・ウレタン塗装の実施
- (4) ケーブル類のマニピュレータ内収納化
- (5) マニピュレータ及び搬送車本体表面形状の円滑化
- (6) θ_1 ・ θ_2 軸駆動部の第一アーム下部設置及びカバーによる密閉化

図5に示す①～④の測定点について、クリーン度評価を実施した。各関節単独動作時における発塵量測定結果を表3に示す。測定結果から、マニピュレータ部はクラス20、ハンド部はクラス100を満足していることがわかる。

Table 3 Particle emission of the automated guided vehicle with manipulator

Probe location	Particle counts (/ft ³) (Particle size 0.5 μ m)
①	8
②	1 5
③	1 8
④	1 0 0

5. 今後の課題

5. 1 クリーンロボット関連技術について

半導体製造プロセスにおいて、歩留り低下抑制のために管理が必要な塵埃の最小粒子径は、0.1 μ m 以下というレベルに達している。将来の64MDRAM、256MDRAMという高集積度に到ってはもはや大気中での製造は困難になり、真空クリーンロボットが要求されると思われる。そのために、ロボット本体及びハンドに関するクリーン化技術と耐真空技術とを組み合わせた実用的な技術開発が必要である。

5. 2 クリーン度測定・評価方法について

本報告で行った発塵量測定は、従来からよく行われてきた方法であり、実用的な方法と言えるが不確定な要因も多い。従って、JIS B 9926(1991)のような総発塵量を測定する案が提案されたわけである。今後は、これらの方法やサンプリングウェハを用いた沈降塵埃の測定なども含め、多くのクリーンロボットにおいて実質的なクリーン度の比較ができるように、総合的な評価・表示を行っていく必要がある。

6. おわりに

多くのクリーンロボットが急速に導入されてきたが、今後は、クリーン関連技術開発の拡充とともに、統一した測定法による総合的な評価・表示を行い、よりユーザーオリエンテッドなクリーンロボットを開発していく必要がある。

参考文献

- 1) 関口, 岩崎, 播磨: 回転4軸型クリーンロボットの開発, 精密工学会誌, 56, 4 (1990) 655.
- 2) 関口, 村田, 西村: クリーンロボット, 三菱電機技報, 64, 5 (1990) 20.
- 3) 武富: 磁性流体シール〔原理と設計法〕, ターボ機械, 9, 10 (1981) 43.