

クリーンルーム検査ロボットの開発

西岡利晃 竹本 靖
井上康夫 汐川 孝
菱河恭一 斎藤隆雄
(本社 エンジニアリング本部)

Development of Clean Room Inspection and Monitoring Robot

Toshiaki Nishioka Yasushi Takemoto
Yasuo Inoue Takashi Shiokawa
Kyoichi Hishikawa Takao Saito

Abstract

The authors have developed two robots which can carry out the HEPA filter installation leak test and examine the air cleanliness levels in clean rooms. Studying in detail the results of tests and measurements carried out in clean rooms, the authors selected the functions required and the mechanisms to fulfill the functions. Each robot is made of an AGV (Automatic Guided Vehicle), a scanning probe part, and measuring apparatus. The first has four-wheel drive and a XY table. As a result of tests with it in the test clean room and in a real one, the second has been equipped with a TV camera and a multi-jointed arm. The second robot can run more precisely, while the arm has a wide range of operation. The more powerful microprocessor allows more freedom of programming. As a result, the second robot named "CRIMRO" was proven to be practical enough.

概要

クリーンルームのリークテストや清浄度測定を、人手に代って行なうロボットを開発した。クリーンルームの検査・測定の検討よりロボットに必要な機能を抽出し、機能を満たす機構を選択した。ロボットは、自走台車に、センサー（プローブ）を走査させる装置と測定器を搭載するシステムである。台車、走査装置とも2組開発した。1号機は、4輪駆動の台車とXYテーブル型の走査装置からなる。研究用クリーンルームや実際のクリーンルームでの1号機の試験より、2号機では、CCDカメラ（視覚）をもたせ、走査も多関節アームで行なうものとした。2号機では、視覚の採用により走行精度が向上し、多関節アームにより複雑な動作が可能になった。プロセッサも強化し、走行経路、測定動作に関するプログラミングの自由度も大幅に増加し、実用化の域に達した。

1. はじめに

高い品質が要求されるクリーンルームでは、施工に際し各種の性能検査が不可欠であり、日常の運転管理においても頻繁な環境測定が必要である。ところが、これらの作業は多くの時間と人手を要し、自動化が求められている。本文では、これらの作業を人手に代って遂行するロボットの開発に関して述べる。

2. クリーンルーム検査・測定と自動化

2.1. クリーンルームの検査・測定

完成時の性能検査に関しては、垂直層流方式を主な対象として細かい規定があたえられている¹⁾。これには、浮遊微粒子（塵埃）を計測する清浄度測定の他に、リークテストや気流のテストなどが含まれている。クラス100あるいはそれ以上の清浄度を要求される垂直層流方式では、完成時の（従って無負荷）単なる清浄度測定の結果からでは、そのような高い性能を実現しているか否かを判定するのが困難だからである。

日常の清浄度管理は、清浄度を実現する上でハードの

設備の性能と同程度に重要なファクターである²⁾。多くの費用と人手をかけて、日夜環境のモニタリングが行なわれている。

2.2. 検査・測定の自動化

システム天井を構成する HEPA フィルターやその支持枠からの、汚染空気の流れの有無を判定するリークテストは、写真-1 に示すように、非常に無理な姿勢を強いる苦渋な作業であり、自動化の要求が強い。

フィルター単体のリークテスト用の自動測定装置は、フィルターメーカーにより開発され、工場検査用に用いられている。

システム天井のものとしては、フィルター支持枠に、装置を釣り下げるタイプのものが開発されている。フィルター1枚ごとに人手により盛り替えが必要であることと、釣り下げに不向きなシステム天井には使えないことから、普及ははかばかしくないようである。

日常の環境測定（モニタリング）も、人手に代えて機械により自動化すれば、最大の発塵源である人間を減らすことができる。これは、今後のクリーンルームの FA 化にも応えるものである。

モニタリングの自動化としては、無人移動装置による移動測定の他に、多数の固定した測定位置のデータを遠隔地で集中監視する多点遠隔集中測定が考えられる。クリーンルームでは、データに細かい密度での分布が必要であり、多数の測定点がある。清浄度測定では、計器が高価なこともあって、人手による移動測定がもっぱらであった。最近では、費用もそれほどかさまない多点遠隔集中装置も市販されている³⁾。これは、連続測定ができる利点はあるが、測定点が固定されること、多点と

も数に限りがあることなどから移動測定に代るまでには至っていない。

移動測定に関しても、軌道方式では本来の作業に支障があり、あまり好ましくない。無軌道移動車によれば、環境測定だけでなく、リークテストもこなすことができる。

無人搬送車にパーティクルカウンターを搭載したものが開発されているが⁴⁾、環境測定だけの単機能のためかそれほど使われていないようである。

検査の自動化によるメリットとしては以下のものがあげられる。

- ① 省力化（苦渋作業の削減）
- ② 発塵源の低減
- ③ 測定精度の向上

3. 自走型クリーンルーム検査ロボット

3.1. ロボットの作業機能

クリーンルームの検査測定作業の分析から（表-1）、作業機能は以下の二つに整理できる⁵⁾。

- ① リークテストのように室を平面的に全面走査する。
 - ② 室内の幾つかの点でサンプリングを行なう。
- 以上の二つの機能を満たすためには以下の機構があればよい。
- ① センサーをある範囲で走査する機構
 - ② 任意の位置に移動する機構
- さらにクリーンルームでの使用という条件に従い、以下に示すような清浄化対策を採用する。
- ① 発塵量を少なくするためリモート操作

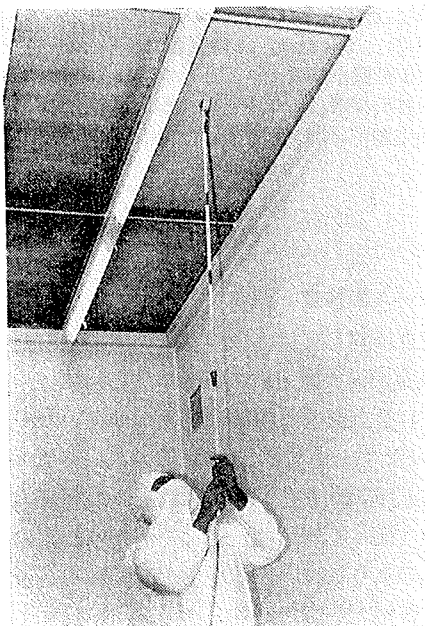


写真-1 人手によるリークテスト

調査対象	調査・実験項目
適用対象	クリーンルーム構造、形式、規模 HEPAフィルター構造、形式、サイズ
測定作業	リークテストの測定方法・動作測定・リーク判定基準etc・清浄度テストの測定方法・測定量・測定器etc・その他の測定項目・方法・測定器etc
移動機能	クリーンルーム床構造とその施工精度（段差、目違い傾斜）走行性能（直進・操舵性能）に関する調査・実験・位置決め方法
その他	構成部品の発塵量 クリーンルーム内でのラジコン特性

表-1 測定実験項目

- ② 発塵量の少ない材料，機構の選択
- ③ 発塵量を人間の約1/10に低減する。

3.2. ロボットの概要

開発したロボットの外観を写真-2, 3に，概要を図-1に示す。プローブ（センサー）走査機構と測定器（パーティクルカウンター）を自走台車に搭載するもので，プローブ走査機構，自走台車とも二つのタイプを開発した。以下にそれぞれの概要を示す。

(1) XY テーブル型 “OCRR-1”

写真-2，図-1の左に示すもので，空気を吸引するプローブの走査は，XY テーブル式の機構で行なう（リークテストモード）。

環境測定の場合は，XY テーブル機構を取りはずし，環境測定用のアタッチメントに代える。

走行は，光学式センサーにより，床などに布設したテープを追跡して行なう。

研究用クリーンルームや実際のクリーンルームでのテスト走行や試験により基本機能を満たすことは確認できたが以下のような問題点も明らかになった⁶⁾。

- ① 重量が大きすぎ作動時間が短い。
- ② 測定動作の自由度が低い。
- ③ 台車の走行の自由度や位置決め精度が低い。

(2) 多関節アーム型 “クリムロ (CRIMRO)”

写真-3，図-1の右に示すもので，OCRR-1 と比べ，機能の強化と性能の向上を計り，実用機として満足できるものになっている。OCRR-1と比較して，特徴は以下のとおりである。

①自律走行の精度を高めるため，視覚 (CCD カメラ) を有している。

② 多関節アームの採用により，複雑な動作が可能になり，その範囲も拡大した。

③ 動作速度が表-2に示すように大幅に向上した。

④ 重量軽減により，作動時間が長くなった。

⑤ 走行経路，測定動作に関するプログラミングの自由度が大幅に向上した。クリムロのその他の仕様を表-2に示す。

4. クリムロによる動作

4.1. プログラムによる自動動作

リークテストの場合は，室の大きさ，HEPA フィルターの配列，システム天井の支持枠の寸法などを，クリーンル

ームごとに入力するだけで行なえる。リークがあると，そのフィルターとフィルターでの細かい位置を記憶する。室全体のテスト終了後，プリンターを接続して出力させる。

環境測定の場合，測定位置を入力する。結果は，位置，塵埃の粒子径ごとの濃度を記憶しており，測定完了後プリンターに出力する。いずれも夜間にロボットを働かせておけば，朝にはテストや測定が完了しているということも夢ではない。

また作業中には，環境モニタリングを人手による場合よりも頻繁に実施できるので，清浄度などの監視もきまこまかになり，引いては製品の歩止まり向上も望める。

4.2. 遠隔操作によるマニュアル動作

リークテストは，リモートコントローラのワンタッチのボタン操作で，フィルター1枚分のリークテストを自動的に行なう。リモートコントローラのジョイスティックの操作によりロボットを任意に移動させ，その位置で1枚分のフィルターのリークテストを行なうことができる。これは，コンベンショナル方式のクリーンルームのリークテストに応用ができる。

環境のモニタリングは，ラジコン模型と同じように，リモートコントローラのジョイスティック操作により，ロボットの走行，アームの移動を行なう。これらにより，クリーンルームの外部から，観察しながら，ロボットを任意の位置に移動し，アームの操作によって自由な位置でサンプリングができる。データはいずれも，測定完了後プリンターを接続して出力するが，オプションとして，データを無線で転送し，監視室のCRT上に表示するこ



写真-2 OCRR-1
(XYテーブル型)

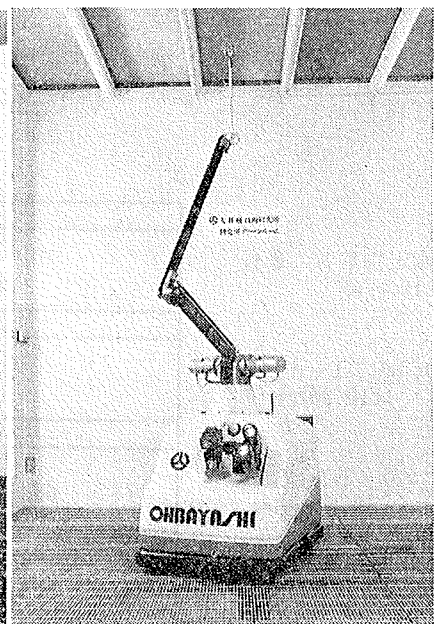


写真-3 クリムロ (CRIMRO)
(多関節アーム型)

	XYテーブル型“OCRR-1”	多関節アーム型“クリムロ(CRIMRO)”
プローブ走査	XYテーブル式	多関節アーム式
自走台車	X=600, Y=850, Z=300 4輪独立駆動, 独立操舵 直進, 直角, 旋回	X=1,500, Y=700, Z=440 2輪独立駆動, 操舵, 4輪キャスター 直進, 旋回
電源	光学センサー バッテリー 24V×36Ah×4	CCDカメラ バッテリー 6U(80Ah)×4; 5時間連続使用
塵埃計	交流(インバーター使用)	直流
重量	290kg	230kg
開発期間	1983/6~1985/12	1985/2~

図-1 クリーンルーム検査ロボットの概要

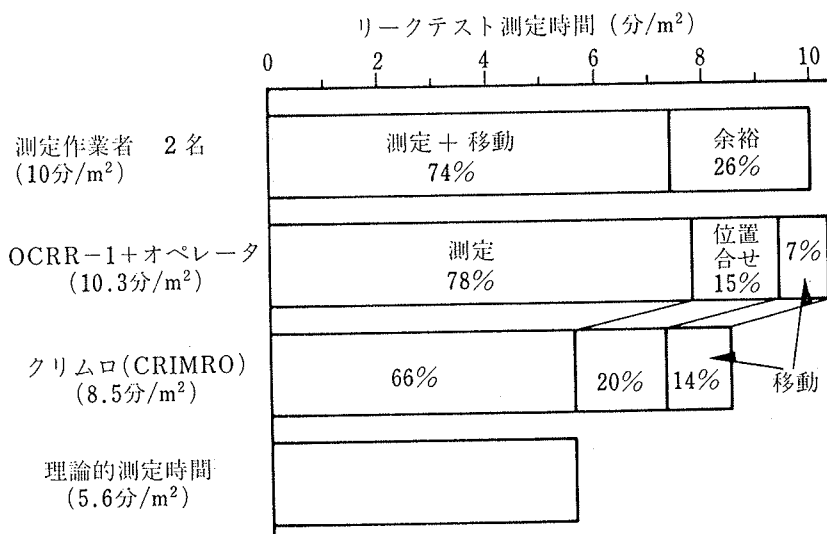


図-2 作業能率の比較

とも可能である。

5. リークテスト時の作業性

研究用クリーンルームを用いてリークテスト時の作業性を評価した。結果を図-2に示す。クリムロは、作業の無人化と作業速度の15%向上をもたらすことが判明した。

6. まとめ

クリーンルームでのほとんどの検査や測定を行なうロボットを開発した。

研究用クリーンルームでの試験により、とくに多関節タイプのクリムロは、実用性が高いことが分かった。

今後、クリムロを実際のクリーンルー

項 目	仕 様	ムで運転して性能確認などを行なう。
1. 機 能	自動によるリークテストおよび環境モニター マニュアル（遠隔操作）によるリークテストおよび環境モニター	
2. 構 成	(1) ロボット本体 ①プローブ走査部（多関節アーム） ②走行台車（2輪駆動、操舵、マークなど） (2) 無線コントローラ (3) 計測器（直流駆動パーティクルカウンターなど） (4) 電源（バッテリー、連続2～8時間） (5) 重量 230kg (6) 寸法 台車部：1,000 ^L ×750 ^W ×895 ^H ロボット全高：1,590（プローブ除く）	参考文献 1) I. E. S. Recommended Practice Tentative: Testing Clean Rooms, IES-RP-CC-006-84, T., (Nov. 1984) 2) 日本空気清浄協会編：クリーンルーム運転管理指針（案），JACA No-14 A-1984 3) 石塚，吉川，沼田：クリーンルームモニタリングにおけるセンサーセパレート方式とコンビネーションの比較，第3回空気清浄とコンタミネーションコントロールに関する技術研究大会予稿集，日本空気清浄協会，（1984. 2），p. 115 4) 今福，小林：測定ロボットによる自動モニタリングシステム，BE 建築設備，（1986. 7），p. 44 5) 汐川，西岡：クリーンルームにおける検査作業の自動化（その1リークテスト用検査ロボットの開発），日本建築学会大会学術講演梗概集A，（昭和61. 8），pp. 481～482 6) 西岡：クリーンルーム検査ロボットの開発，（その1リークテストの自動化），空調衛生工学会学術講演会，（1986. 10），pp. 649～653
3. 性 能	(1) プローブ走査部 ①モード：多関節アームによる同一高さでの平面XY走査 多関節アームによる同一位置での高さ変化 ②リークテスト範囲：X<700, Y<1,500, 1,500+α<H<2,000+α αはオプション（≦1,000） ③速度（Max）60mm/s ④精 度：≦2mm (2) 台車 ①モード：前進・後退および定地旋回 ②速度（Max）：自動；18m/min, マニュアル；36m/min ③精 度 ±50mm (3) ラジコン ①通信方式；140MH帯微弱電波による双方向通信（免許不要） ②機 能；コマンド送信およびロボットからのメッセージ受信 ③フェージング対策；ラジコンからの直接波およびレピータからの中継波による周波数ダイバーシティ採用	
4. 制 御	(1) プロセッサ：8,086+8,087 3セット (2) センサー：視 覚；CCDカメラ2台 バンパ；リミットスイッチ 赤外線反射型近接スイッチ プローブ；リミットスイッチ	

表-2 クリムロの仕様