

29. クリーンルーム検査ロボットの開発

(株)大林組：竹本 靖・汐川 孝・
*西岡 利晃

1. はじめに

高い品質を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. クリーンルームの検査・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等が含まれている。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、汚染空気の漏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。

システム天井用のものとしては、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使用できないことから普及が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、多点といっても限りがあることなどから移動測定に代るまでには至



写真1 人手によるリークテスト

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好ましくない。

無軌道移動車によれば、環境測定だけではなく、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、* 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 発塵量の低減
- 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2つに整理できる。*

- 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う。

以上の2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

更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

② 発塵量の少ない材料、機構

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概要を写真2、3と図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2つのタイプを開発した。

表1 調査実験項目

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



写真2 OCCR1
(XYテーブル型)



写真3 クリムロ (CRIMRO)
(多関節アーム型)

3.3 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。

4. まとめ

クリーンルームでのほとんどの検査や測定を行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判った。

今後、クリムロを実際のクリーンルームで運転して性能確認等を行う。

表2 クリムロの主な仕様

項目	仕様
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、換気、マーク追跡） 2) 無線コントローラ 3) 計測器（直流駆動パルティクルカウンター等） 4) 電源（バッテリー、連続2～8時間） 5) 重量 230kg 6) 寸法 台車部：1000 ^L × 750 ^W × 885 ^H ロボット全高：1590（プローブ除く）
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 < 1500, 1560 + α < H < 2000 + α αはオプション（≤1000） ③ 速度 (Max) 80mm/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：38m/min ③ 精度 ±50mm 3) ラジコン ① 通信方式：140 MHz 帯微弱電波による双方向通信（免許不要） ② 機能 : コマンド送着及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及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：8088+8087 3セット 2) センサー : 視覚 : CCDカメラ2台 パンパ; 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

(文献)

- 1) I. E. S. Recommended Practice Tentative "Testing Clean Rooms" IES-RP-CC-008-84, T. November 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-14A-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、P115
- 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、P44
- 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）、建築学会大会梗概集、1986、8（投稿中）
- 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（投稿中）

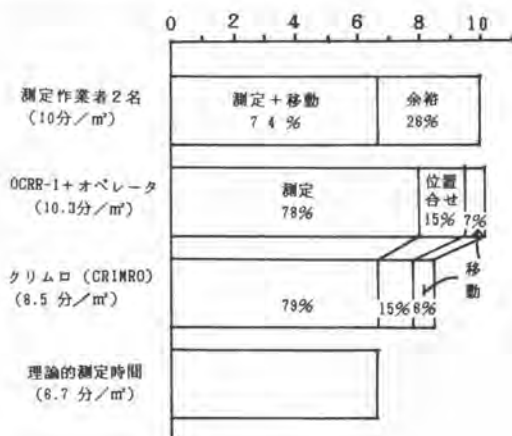


図2 作業能率の比較