3 レーザ光による空間中浮遊微粒子 の可視化

㈱東芝 藤田 博[○] , 青木克明, 泉 貴雄

Visualization of Airborne Particles by Laser Light.

Hiroshi FUJITA^{*} , Katuaki AOKI^{*} , Takao IZUMI^{**}

Scattering of toner particles contaminates the inside of PPC(Plain Paper Copier) and degrades copied picture quality. The copier is required to have a structure that prevents particles from scattering and controls air flow. However, as there exist moving elements, exothermic elements and electro-magnetic field, air flow and particle behaviour become complicated.

In this report, we show a laser using prototype device by which the particle behaviour in a narrow space of developing unit of PPC can be visualized. The optimal design data for space gap were obtained.

1. はじめに

複写機, 半導体製造装置などの清浄度が要求される装置では, 装置筐体内部に微粒子の飛散を抑止する空気の流れ, およびそのための構造が必要である. しかし, 筐体内部には通常, 可動部分, 発熱体, 電磁界などを有し, 気流も複雑になっている. したがって, 数値解析を用いて最適設計することは難しい. そこで, 筐体内部における微粒子の挙動を可視化することにより, その発生原因・経路を解明し, 装置設計にフィードバックすることが有用である. 今回, 複写機を対象に, 装置内部の狭所におけるトナー粒子挙動を可視化する小型微粒子可視化装置を試作したので報告する.

* Manufacturing Engineering Research Center, Toshiba Corporation, 33, Shin-isogo-cho, Isogo-ku, Yokohama, 235, Japan

** Information Systems Engineering Laboratory, Toshiba Corporation, 70, Yanagi-cho, Saiwai-ku, Kawasaki, 210, Japan

2. 一般的な可視化方法とその特徴

一般的に用いられる微粒子可視化方法では、レーザ光をスキャナミラーにより平面光にする。この平面光の中を微粒子が通過する際に生じる散乱光を、イメージンテンシファイヤで増幅し、CCDカメラで微粒子の挙動を映像化する。

このような可視化方法は次のような特徴を持つ。

- (1) レーザ光のスキャニング法では、レーザ光をシリンダリカルレンズで拡げるレーザライトシート法に比べ、ビームのパワー密度が上がる。このため、微粒子の方向・速度を容易に求めることができ、レーザ発振器の低出力化（小型化）が可能である。
- (2) イメージンテンシファイヤによって受光感度を上げられるので、より小さい粒子を検出できる。また、レーザ発振器を低出力化できる。

3. 装置内狭所の可視化における問題点

一般的な方法で装置内狭所の微粒子を可視化する場合、以下のような問題点がある。

- (1) レーザ光を走査させるスキャナを計測空間近傍に設置するため、これによる占有空間の確保が必要となる。
- (2) 計測空間近傍にスキャナを固定する手段が必要となる。
- (3) 計測空間近傍に設置したスキャナにレーザ光軸を設定するのが困難である。
- (4) 遠方に配置したスキャナからのレーザ走査光を装置内に導入する場合、十分な走査幅を確保するのが困難である。

4. 狭所可視化のための工夫、および構成

上記問題点を解決するために、以下の工夫を行った。Fig. 1 にその概略を示す。

- (1) 凸形シリンダリカルミラーだけを装置内に設置し、スキャナを装置外に配置する。
- (2) レーザ光は十分細い状態で、角管（ $7 \times 7 \times 550 \text{ mm}$ ）内を通過させ、装置内に導入する。この角管で光路を確保し、外乱となる散乱、反射を防止する。
- (3) 角管先端に固定した凸形シリンダリカルミラーで、レーザ光を必要な走査幅に拡げ、計測空間を作る。
- (4) イメージンテンシファイヤ等の

Fig.1 Detection optics unit constituent

撮像系とスキャナ、凸形シリンドリカルミラーを一体化することで光軸のアライメントをなくす。

今回試作した小型微粒子可視化装置では、上記対策を盛り込んだ検出光学ユニットを表示・制御ユニット内に組込んだ。

表示・制御ユニットの構成は可視化画像を表示するモニタ、可視化画像を記録し、後で画像処理を用いて定量評価するためのVTR、スキャナコントローラ、イメージインテンシファイヤコントローラ、CCDカメラコントローラ、レーザ発振調整部、検出光学ユニット位置設定機構からなる。Fig. 2に可視化装置本体の写真を示す。

Fig. 2 Particle visualization device

5. 計測例

複写機の現像器部における飛散トナー粒子の挙動を、本可視化装置で計測した例を以下に示す。

5. 1 計測方法

複写機内のトナー粒子飛散源は主に現像器である。そこで、現像器部のモデル実験機を使い、現像器部分からのトナー粒子飛散状態を、各種条件を変化させて計測した。現像器上部から $\phi 2\text{ mm}$ のレーザ光（波長： 633 nm ，出力： 6 mW ）を 200 Hz の走査周波数で照射した。ドラム－スリーブ間でのトナー粒子（粒径 $\phi 10\text{ }\mu\text{ m}$ ）の挙動を可視化し、画像処理を用いて定量化（個数，速度）した。Fig. 3に現像器部の構成、および計測状態を示す。

Fig. 3 Developing unit constituent

5. 2 計測結果

(1) Fig. 4にドラム－スリーブ間隔を変化させた時の飛散するトナー粒子の個数，および速度を示す。Fig. 5にトナー粒子の軌跡を示す。間隔が狭くなるにつれ飛

散トナー粒子数は増加していく。また、トナー粒子の軌跡からドラムスリーブ間で渦流が発生し、トナー粒子の飛散を誘発していることが分かる。

(2) Fig. 6 にドラム飛散防止板の間隔を変化させた場合の、飛散トナー粒子の個数、および速度を示す。間隔が広くなるにつれて、飛散トナー粒子数は増加していく。間隔が 1.1 mm のときに飛散トナー粒子数が最大となる。飛散防止板がない場合と同様に、ドラムスリーブ間で渦流が発生しているが、飛散防止板直下で、新たな渦流が発生しており、これが逆に飛散を抑制する方向に働いている。

以上の結果から、トナー粒子が飛散しにくい条件が以下のように得られた。

- ・ドラムスリーブ間隔：0.9 mm 以下
- ・ドラム飛散防止板間隔：0.7 mm 以下

6. まとめ

レーザ光を用いて空間中の浮遊微粒子の可視化を行う小型微粒子可視化装置を試作した。本装置により、装置内部の狭所の気流、および微粒子の可視化が容易にできるようになった。

本装置の有用性は、複写機内のトナー粒子飛散状態の計測に適用し、複写機の清浄化構造への指針が得られたことから、確認された。

Fig. 4 Modification of drum-sleeve gap would behavior of scattering toner particles

Fig. 5 Modification of drum-sleeve gap would locus of scattering toner particles

Fig. 6 Modification of drum-scattering prevention cover would behavior of scattering toner particles