E111

レーザーCTによる回転槽内分散粒子の濃度分布計測

堀田 俊輔[○] (日本大学)、武居 昌宏 (日本大学) 斎藤 兆古 (法政大学)

Concentration measurement of dispersion particles in rotating tank

Shunsuke Hotta Masahiro Takei and Yoshihuru Saitou

ABSTRACT

Experiment to measure multi-phase flow was performed in the rotary tank by using laser CT. The laser strength through blue acrylic stick was measured at 16 points along the section while the laser rotated every 5-degrees. Provided data constitute to an image was reconstructed based on the provided projection data, however was able to pinpoint the extract of the acrylic stick.

Key words : CT, laser, Frequency measurement

1. 緒言

レーザーは透過性の問題があるが安全性、経済性、小型化に優れており、電気的特性の考慮不要、デジタル化(制御システム化)が容易、極小時間で複数回の計測が可能という利点がある。流体中の温度分布や混合中の物質濃度、圧力、密度などの物理量の変化などに起因する光吸収や屈折率分布の変化を光波変調として捉え解析、測定などに利用されている¹⁾。

本研究では、粒子分布計測のため回転中の水槽の外部から複数のレーザーを当て粒子濃度を計測するための基礎実験を行った。

2. 理論

Fig.1のように未知なる光の透過率分布 $f(x, y)$ が平面内に存在するとして x - y 座標と角度 θ をなす s / l 軸を考え、光の透過率分布 $f(x, y)$ の l 軸に沿った線積分値 $P(s, \theta)$ をプロジェクションデータといい、式(1)で表す。

$$P(s, \theta) = \int f(x \cos \theta + y \sin \theta, x \cos \theta - y \sin \theta) dl \quad (1)$$

このプロジェクションデータを多方向から測定し、得られたデータ群にCTアルゴリズムを適用すると、元の物理量 $f(x, y)$ を再構成することが出来る。このよう

に光の透過率分布 $f(x, y)$ を再構成できる手法をCT手法と呼ぶ²⁾³⁾。

今回の実験では、各走査線の光強度を通過した座標に加算し平均値を求めるアルゴリズムで再構成画像を作成した。

Fig.1. Concept of projection

3. シミュレーション

計測精度を調べるためシミュレーションを行った。Fig.2に示すとおりCTは回転と並進の二つの動きにより走査が行われる。実験では90mm×90mmの矩形領域を180degの範囲を5deg毎に回転するたび並進させ16点を計測するのでシミュレーションも実験に準じた動きを行わせた。32×32ピクセルとして透過率1の領域を

作り、ターゲットとして大きさ 5×5 ピクセル、透過率 0 の領域を [16,24] の位置に置いた。光の強さは 1 とし空気による減衰、容器による屈折などの条件は考慮しない。Fig.4 に光強度のプロジェクションデータ、その場合の再構成画像を Fig.5 に出力した。また、閾値が 0.3 以下の領域はフィルター処理により閾値を 0 とした。

オリジナル画像と再構成画像の相関係数は 0.807337 であった。

Fig. 2 Simulation

Fig. 3 Projection Fig. 4 Reconstruction image

4. 実験

Fig.5 に実験装置を示す。発信器および受信器には KEYENCE 製 LX2-01 を使用した。計測器の性能は波長 780nm、周波数 12.5kHz、レーザー幅 10mm、厚さ 1mm である。内径 105mm、厚さ 3mm の円形水槽を一边 150mm 厚さ 2mm の正方形アクリル水槽に入れた。レーザー光の屈折を抑えるため円形水槽内および円形水槽と矩形水槽の間にはヨウ化ナトリウム水溶液 (64%) を満たし、アクリル容器との屈折率 (1.5[-]) を同じにした。円形水槽に 18mm 角青色アクリル棒をシミュレーションと同じ位置、中心より 22.5mm の位置に置いた。レーザーの光強度は電圧換算で 2.5[V] である。

円形水槽を 180deg 回転させ 5deg ごとにレーザー発信器と受信器を並進させ 6mm 間隔で 16 点計測した。

Fig. 5 Experimental device

5. 実験結果

Fig.6 は、計測結果を表した画像であり、Fig.7 は、再構成画像である。再構成画像に関してはフィルター処理により閾値が 0.8 以下の領域を 0 とした。プロジェクション、位置情報の両端にノイズが発生するものの、アクリル棒の位置を良く示している。シミュレーションで使ったオリジナル画像との相関係数は 0.626869 であった。

Fig. 6 Measurement data Fig. 7 Reconstruction image

6. 結論

分散粒子を模したターゲットを [16,24] に置きレーザーによる透過率計測の実験を行った。シミュレーションを行ったところオリジナル画像と再構成画像との相関係数は 0.80737 であった。オリジナル画像と計測後の再構成画像との相関係数は 0.626869 であった。

7. 参考文献

- 1) 川口 達也：レーザーCT と流体計測、静電気学会誌、27,1 (2003) 00-00
- 2) 尾崎弘、谷口慶治、小川秀夫：画像処理—その基礎から応用まで—、233 (1983)
- 3) 電子情報通信学会編：新版 画像工学、210 (2006)