

中央大学 正員 日野幹雄

(株)カマックス技研 佐藤行成, 吉田偉和正, 村本龍夫

要旨 : 数年来, 開発に努めている CT 型 2D レーザ濃度計の高速化による改良を行った。今回は, 前報で提案のみであったレーザ光をシリンドリカル・レンズで扇状に拡散する方式を採用し, 可動部分を完全に撤去した。また, 各(12個の)受光フォトダイオードが濃度場信号を同時連続記録処理を行い, msオーダーの記録・測定が可能となった。

1. 二つの射光方式の比較

(a) ステップ・モータ式 : 一列に多数配列したレーザ光源の射出方向をステップ・モータにより次々に切り替えるこの方式は, 強いレーザ光を濃度場に射出しうるので広い濃度範囲の測定が可能である。反面, 走査の周期を短くするには, 射出方向の切り替えによる機械的な故障と射出・受光信号の電氣的同期処理の点において問題があった。

(b) 扇型シート状射光方式 : これに対し, 前報でも提案しているレーザ光をシリンドリカル・レンズでシート状に射出する方式では, 光の強度は弱くなるものの, 可動部分を全く有しないので, 故障の心配はない。また, 射出光源の機械的切り替えがないため, 射出・受光信号の同期が容易で, いわゆる「タレ流し」的計測が可能となる。

2. 解析方法 : いま, 任意の2次元濃度場を, ある関数 $G(x, y; \xi, \eta)$ もしくはこれを離散化し $G(x, y; i, j)$ の二重級数展開として次のように表す。

$$C(x, y) = \sum w_p(i, j) G(x, y, i, j) \quad (1) \quad C(I, J) = \sum w_p(i, j) G(I, J; i, j) \quad (2)$$

通常の場合, 関数 $G(x, y, i, j)$ は二重フーリエ展開の基底関数であり, 基底関数系は直交系である。しかし, 前報にも示したように計測誤差が混入する場合には, 二重フーリエ展開法では正しい解に達しなかった。ここでは, 前報と同様に G を弾性平板の Green 関数とする**仮想荷重法**を用いる。このとき式(1)の係数 w_p は, 濃度場を弾性平板の撓みとみなすときに平板上に与える“仮想荷重”に相当する。

一方, 濃度場を通過する光の強さ L は, 空間において吸収(と散乱)により次式に従い減衰する。

$$1/L \cdot dL/dl = -\lambda C \quad (3) \quad l = x/\sin \theta \quad (4)$$

ここに, l : No.p 光源から No.r 受光点へ向かう光路に沿う距離, θ : x 軸に対する射出角。また, $L_{p,r}$: p 光源から光の r 受光点での光強度, $L_{0,p,r}$: 光源での光強度とすれば,

$$\ln(L_{p,r}/L_{0,p,r}) = -\lambda \int C(x, y + x \tan \theta) dx / \cos \theta \quad (= -\lambda R) \quad (5)$$

式(5)に式(2)を代入して, 整理すれば次の行列表示が得られる(詳しくは, 日野(1997)参照)。

$$[GG][w] = [R] \quad (6) \quad \text{ここに, } GG = \int G(x, y + x \tan \theta; \xi, \eta) dx / \cos \theta \quad (7)$$

3. 高速スキャン CT 濃度計装置 : CT 型濃度計の信号処理高速化のために, 多点レーザシート光を瞬時に濃度場に照射し, 多点のフォトダイオードで受光して得られる透過減衰光信号を高速でデジタル処理し, 前述の逆推定法により濃度分布を求めるシステムを試作した。**発光射出源機構** : システムは, 測定部, 発光受光信号制御・処理インターフェース, およびパーソナルコンピュータより構成される(図1,2)。測定部(510×300mm)では, レーザシート発光部(12チャンネル)と受光フォトダイオード・アレイ(12チャンネル)が一定距離を挟んで平行に設置され, 水中での実験にも適用できるように光学ガラス窓を用い, 耐水性を有する金属枠で保護されている。個々の半導体レーザ(出力30mW; 波長685nm)はコリメータレンズおよびプロットレンズと一体化され, 広がり角度約40°(水中で約32°), 厚さ約0.3~0.4mmの強度一様なシート光を発信する。濃度場への照射時間は, 適切な受光信号出力および取込み速度とも関連し, 最短1.76ms(12チャンネルの場合)である。発光源レーザは, 順次位相をもって点滅を切り替える。つまり, 第 i 番目のレーザ光源は扇形に拡がって全受光ダイオードと同時に向けて射出され, Δt 時間発光した後次の第 $(i+1)$ 番のレーザ光源が発光する。**受光処理機構** : 一方, 受光側のフォトダイオードは, それぞれ発光レーザ・ダイオードの濃度場透過信号を連続的に受光し, それが何

キーワード : 濃度計, CT スキャン, 逆問題, レーザ測定, 高速スキャン

連絡先 : 〒251-0033 (自宅) 藤沢市片瀬山4-20-6

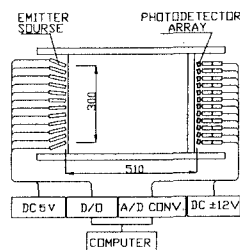


図1 高速処理CT濃度計システムブロック図

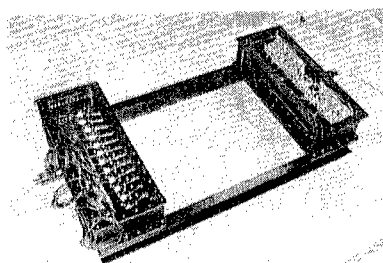


図2 高速処理CT濃度計測定部の外観

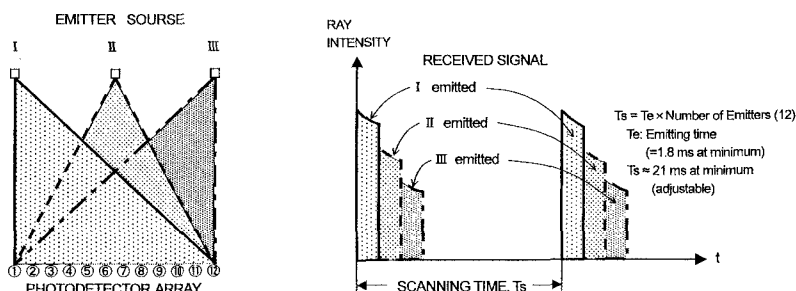


図3 レーザ発光・受光信号のタイミングチャート

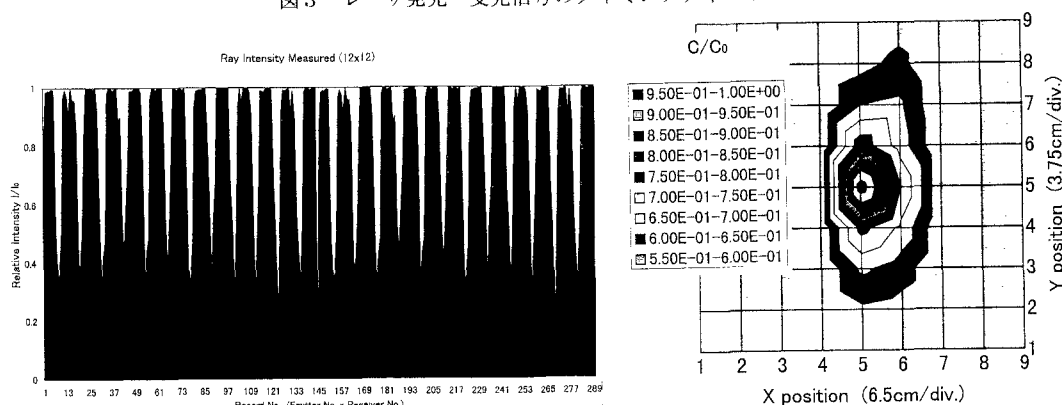


図4 実測例（走査受光信号）

図5 実測例（空気中での噴霧水滴濃度分布）

番目の発光点からの光かを判別するだけで良い。このため、場の一スキャンに要する時間は（各発光レーザー・ダイオードの発光時間）×（ダイオードの個数）となり、msオーダーの短い周期（12チャンネルの場合、約21ms）で可能となる。これによって、ほぼ瞬時の2次元濃度分布の連続的測定が可能となった。なお、今回の実験では、透過減衰光 I および基準参照光 I_0 の安定性、精度をできるだけ上げるため、約100msに走査時間を設定した。図3,4に、レーザーシート光（Emitter）発光とフォトダイオードアレイ（Receiver）による受光信号の取込みのタイミングチャートを示す。

4. 実測例：大気中に加湿器より測定断面にほぼ垂直に平均流速約1m/sで噴霧した微細な水滴の濃度分布の測定結果を示す。図5は、ノズル径約50mmφ出口近傍の（20回走査平均）濃度マップを示す。これらは、発光点12×受光点12の場合に、（仮想荷重点数7×7, 最小自乗法）、仮想荷重点逆推定のアルゴリズムを用いて算出した結果である。

今後、分解能や精度の向上、より複雑な濃度場へ適用などを行い、本システムの実用化を推進したい。

1)日野幹雄（1997）：CT型レーザー七砂濃度分布計の開発，科研報告書。2)日野幹雄,佐藤行成（1998）：水工学論文集，42巻，565-576。3)Hino,M.& Sato,Y.（1998）：Proc. 9th Int. Symp. on Appl. Laser Tech. to Fluid Mech., Lisbon.