

画像処理を用いた乱流計測法の開発

近畿大学理工学部 正員 江藤剛治
近畿大学理工学部 正員 ○竹原幸生

1. はじめに

流れ場の3次元構造や境界極近傍の流速分布などの詳細な測定が重要な課題となっている。従来用いられている熱線・熱膜流速計やレーザードップラー流速計では、これらの測定が困難である。これらの問題点を解消する方法として、画像処理技術を用いて流れの可視化法を定量的測定に用いようとする研究が活発に行われている。しかし、この方法はまだ実用化には到っていない。その主な問題点として次の3つが挙げられる。(1)トレーサーとして粒子を用いる場合、その径、比重、個数が流れに影響を及ぼす。定量的測定に用いるためには、この影響が無視できるものでなければならない。(2)画像解析における2値化のしきい値の決定は、現在のところ人の主観によるところが大きい。(3)複数画面の同一粒子の対応付けに対して実用に耐える方法がない。特に、詳細な測定には多数のトレーサー粒子が必要となり、これらの問題がより厳しくなってくる。

今後この測定装置を実用的なものにするには、できる限り水の比重に近いトレーサー粒子の開発、および2値化からトレーサー粒子追跡までを自動的に行うアルゴリズムを開発することが必要であるが、現段階では、まずそれぞれの要素技術を精密化することが必要である。本研究では、トレーサー粒子の開発、2値化の客観的しきい値の決定法、および多数のトレーサー粒子の追跡法の各々の要素について検討を行ったが、本報ではトレーサー粒子の開発についてのみ報告する。

2. トレーサー粒子の開発

トレーサー粒子の運動によりその場の流速を測定しようとする際、厳密にはトレーサー粒子の比重は水の比重と等しくなければならない。またそのスケールは水運動の最小スケールよりも十分小さいものでなければならない。今回、著者らは内部がほとんど不純物を含まない水、外側に薄いポリスチレンの膜のマイクロカプセルを作ること成功した。その顕微鏡写真を写真-1に示す。マイクロカプセルとは、径が数 μm から数百 μm の球形のカプセルで、その内

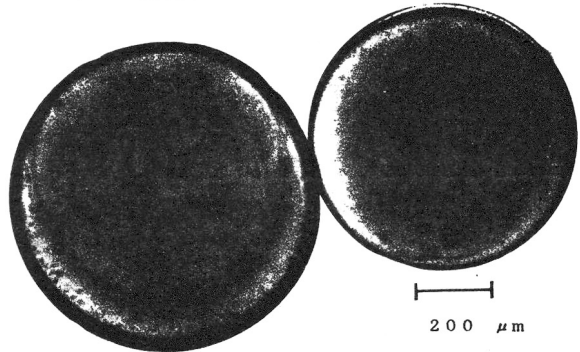


写真-1 マイクロカプセル

部の芯物質が外部の皮膜により保護されているものである。またマイクロカプセルの径、膜厚はその製法により変えることができる。これらの性質を用いて芯物質を観測流体と同じ流体にすることができれば、そのマイクロカプセルは周囲流体とほぼ同じ比重になるばかりでなく、比熱も同じにすることができる。よってマイクロカプセルは、トレーサー粒子として、通常用いられているものよりも有用なものになる可能性が高い。

3. マイクロカプセルの製法

以下のマイクロカプセルの一般的製法に関しては文献1)を引用した。

今回用いた方法は界面沈澱法と呼ばれるものであり、この製法について以下に述べる。

マイクロカプセル化において液体を芯物質とする場合、エマルション(互いに混じり合わない液体の一方が他方の中に分散した系)の調整が必要である。水と混和しない溶剤に皮膜物質を溶かし、その溶剤中に水のエマルションを形成させる。これを再度乳化させ、溶剤を取り除けば、芯物質の水が薄い膜で覆われたマイクロカプセルが形成される。マイクロカプセルの作成手順は次の通りである。

(1) 沸点が100℃以下で、蒸気圧が大きくて水と混和しない溶剤を選び、この中に皮膜形成能のある疎水性高分子を溶かす。今回は溶剤としてジクロロメタン(沸点40.21℃)、皮膜材としてポリスチレンを用いた。また、高分子溶液は20ml、水は7mlで実験を行った。

(2) 高分子溶液に芯物質となる水を加え、よく攪拌して(W/O)型のエマルションを作る。

(3) このエマルションを、よく攪拌している保護コロイドを含むカプセル化媒体である別の水溶液に加えて[(W/O)/W]型の複合エマルションとする。

(4) 皮膜生成は、この系に加温、減圧、溶媒抽出、冷却、冷凍、乾燥などの操作を行って、高分子の溶媒を除去する。ただし、ここでWは水相、Oは油相を表している。

4. 今回の製法によるマイクロカプセルの特性

今回の製法によるマイクロカプセルの特性を示す。マイクロカプセルの比重の測定法としては、塩水により検定液を比重0.001間隔で作し、その検定液中で表面に浮いたマイクロカプセルの個数を数えた。また、径の測定法としては顕微鏡写真にマイクロスケールとマイクロカプセルを写し、長さの比により算出した。

表-1 温度に対するマイクロカプセルの生成個数

表-1にマイクロカプセルの生成に対する温度の影響の結果を示す。温度が高くなるにつれて生成しやすくなっているのがわかる。ポリスチレンの溶剤としてジクロロ

温度 (℃)	30	20	10	0
個数 (n/cm ³)	861	506	255	28

メタンを使用しているため40℃以上にすることができない。マイクロカプセルの生成に対する最適な温度は、30℃と40℃の間にあると思われる。以下の比重、粒径の測定には30℃において生成されたマイクロカプセルを用いた。

図-1にマイクロカプセルの比重のヒストグラムを示す。比重の間隔の中央値を用いて計算した平均値は1.0064、標準偏差は0.0024であった。現在用いられているトレーサー粒子として、ポリスチレン、ナイロン12、キシレン等の粒子がある。比較のために値を示すと、ナイロン12の比重は1.02程度、ポリスチレンの比重は1.03程度である。これらと比較してかなり水の比重に近いものであることがわかる。

図-2にマイクロカプセルの径のヒストグラムを示す。径の平均値は295μmと、かなり大きいものを作ることができた。標準偏差は64μmであった。これ以下の径のものを作るのは簡単である。

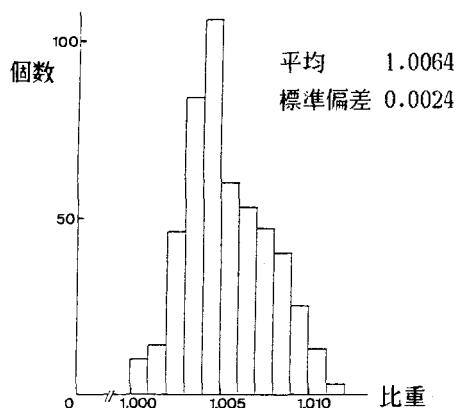


図-1 マイクロカプセルの比重分布

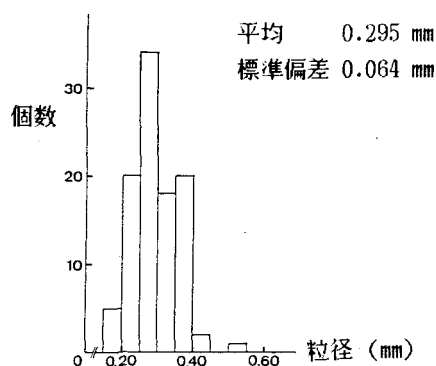


図-2 マイクロカプセルの粒径分布

参考文献 1) 近藤保・小石真純：新版マイクロカプセル その製法・性質・応用，三共出版，1987。