

流体計測用ビデオカメラの試作

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

画像を用いた計測の特徴としては、一度に得られる情報量が現在用いられている計測器に比べて圧倒的に多いということである。時系列データを計測する場合、連続画像が高い時間・空間分解能で得られれば現在の測定機器に比べて非常に有効なものとなる。現在まで、フィルムを用いた超高速撮影が科学分野で数多く行われてきたが、そのデータを定量的かつ連続的な解析に用いた例は少ない。その理由として、現像などの処理に手間と時間がかかるという点、さらに得られた大量なデータの処理にその当時の計算機で莫大な時間がかかったという点等が挙げられる。最近、計算機の処理性能の向上、および画像処理のアルゴリズム進歩により画像を用いた計測が実用化できるまでに至っている。超高速ビデオカメラ（1秒間に千コマ以上録画）を使い、さらに出力信号をAD変換しデジタル信号として固体メモリーに記録すればすぐに計算機で処理できるという点を考えれば超高速ビデオ装置を用いた研究は科学の分野においてこれからますます有効な手段となっていくであろう。

原理的には露光時間をトレーサの移動速度に対して適当な時間間隔に取れば、撮影された1枚の画像から流速の大きさを測定することができる。つまり、露光時間内にトレーサの移動した軌跡、流跡線から求めることができる。しかし、実際には撮影された流跡線の始点および終点は明確に決定することはできず、正確な値を測定することはできない。また、基本的には流速の方向を決定することはできない。1枚の画像を用いて計測を行う場合でも、露光時間内に何らかの方法で始点と終点を明確に撮影することができ、さらにその方向も決定することができれば流速を決定することができる。従来、この方法は通常のスチールカメラのシャッターを開放にし、光源側の制御により行われており、始点終点強調法と呼ばれている¹⁾。しかし、光源側とビデオカメラのシャッターを完全に同期させ、かつ光源側の光量を短い露光時間内でこのように変化させるには装置が大型化すると同時に操作性が低くなる。また、これだけでは流速の方向を決定することができない。本研究では、露光時間内に撮像部の感度を変化させることが出来るような機構としてマイクロチャンネル（MCP）型イメージインテンシファイヤー（光増強装置）を用いた始点終点強調法、および流速の方向を決定する方法について述べる。

2. MCPについて

ビデオカメラの撮像部には、撮像素子の前面にマイクロチャンネルプレート（MCP）型のイメージインテンシファイヤー（II管）を内蔵する（図-1）。II管は真空中中に光を電子に変換する光電面、その変換された電子数を数段のアバランシュ効果（雪崩効果）により倍増させるMCP、倍増された出力電子を高電圧により加速させる加速部、およびそれらが衝突して再び光に変換される蛍光面を備えている。蛍光体はファイバーガラスの表面に塗られており、その出力窓から撮像素子の受光面に放射する構成である。ファイバーガラスを2段にす

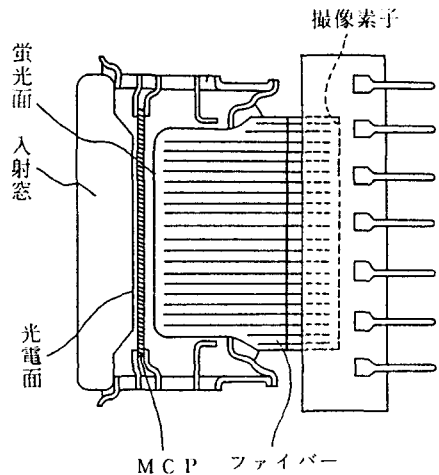


図-1 MCP型イメージインテンシファイヤー

Takeharu ETOH, Kosei TAKEHARA

るのは、I I 管と撮像素子部の接続部の脱着を容易にするためであり、ファイバーガラス間は光学オイルを塗ったオイル接合となっている。シャッターリングはMCPにおいて、光電面の印加電圧（数ボルト）を急変させることによって行う機構となっており、ビデオカメラ内部の信号制御部、もしくは外部装置により制御され、撮像素子との同期がとられている。

3. 撮像部による始点終点強調法

始点終点強調法とは、原理的には1枚の画像の中で、撮影開始点と終了点の粒子画像を高い輝度で写し、その間の軌跡を低い輝度で写す方法である。この方法により1枚の画像での流速の測定が精度良く行える。具体的には、被写体を連続光源で照明しながら、スチールカメラのシャッターを開放した直後と閉じる直前にストロボによりパルスのな光源を与える方式である。しかし、高速ビデオ撮影の場合、ストロボとの同期、またストロボ自身が高速に繰り返し発光できない等のために、この方法は困難である。また熱に敏感な現象ではこの方法は不適切である。その点、撮像部での始点終点強調法では外部との同期が必要なく、また余分な熱量が被写体に加えられない。以下に、MCPによる始点終点強調法の一例を示すが、これはMCPに限ったものではなく、たとえば撮像管、CCDにおいても簡単に実現することができる。

MCPのゲイン電圧は信号制御部により制御されており、1回のシャッターリングでのゲイン電圧（時間パターン）は図-2に示すような波形とする。すなわち、時刻 t_1 から時刻 t_2 までがゲイン電圧は高圧側の V_H 、時刻 t_3 から時刻 t_4 まで徐々に低圧側の V_{L1} から V_{L2} にゲイン電圧を上げ、時刻 t_5 から時刻 t_6 まではゲイン電圧を再び V_H としている。図-3は、画像の1例を示している。1枚の画像において、実線で示した粒子の形状が濃く現れる部分（図-2中の $t_1 \sim t_2$ 、 $t_5 \sim t_6$ に対応）と、破線で示した薄く現れる部分（図-2中の $t_3 \sim t_4$ に対応）が生ずる。画像処理装置により画像を2値化する際の閾値を高くすれば各トレーサーの始点と終点を正確に求めることができる。また、2値化の閾値を低くすれば各トレーサーの始点と終点の対応付け、および移動方向を決定することが出来る。

参考文献

- 1) 小林敏雄・佐賀徹雄・瀬川茂樹・唐司茂樹：逆流を含む二次元流れ場の画像処理システムの開発，流れの可視化，Vol. 5, No. 17, pp. 57-64, 1985.

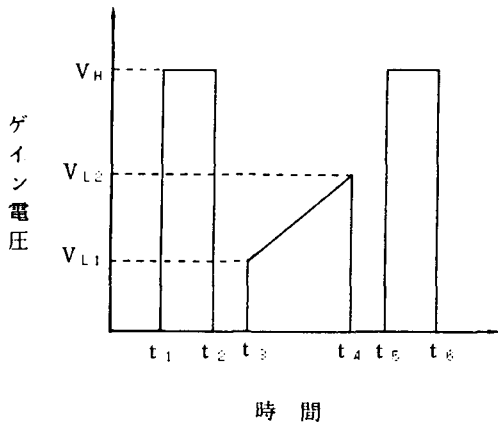


図-2 MCPのゲイン電圧波形

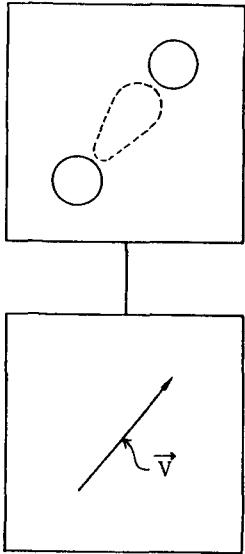


図-3 撮影画像の一例