

EHD ガスポンプの内部流動の可視化と PIV 解析

坪根 弘明 (有明高専)

●研究概要

現在、パソコンを始めとする電子機器の冷却や自動車や室内のエアコンなど、様々な分野で送風機（ブロー）が利用されている。しかし、近年、それらの小型化、低騒音化、低振動化がますます要求されているものの、回転翼を有する現在の送風機では限界がある。そこで、可動部を無くし、風切音がない、新しいタイプの送風機（EHD ガスポンプ）の研究が近年行われ始めた。EHD ガスポンプとはクーロン力を利用した電氣的に直接流体を駆動する送風機のことである。しかしながら、EHD ガスポンプには様々な電極形状を有するタイプが提案されているものの、未だ最適な設計方針は見い出されていない。さらに、現在、本研究で提案している線-平行平板型の EHD ガスポンプでは、正味の流体移動の発生メカニズムやポンプ特性が明らかになっていない。特に、多段化した際に、単段の場合と比べて効率は上昇する結果が得られているがその原因は不明である。したがって、内部流動を可視化し、PIV 解析を行うことで、これらの現象を詳細に解明することを目的としている。

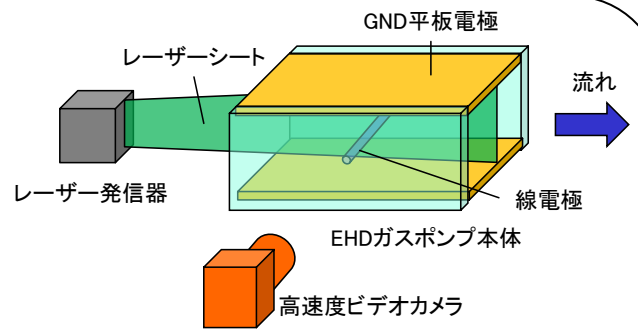


Fig. 1 EHD ガスポンプ内部流動可視化のための実験装置概略図

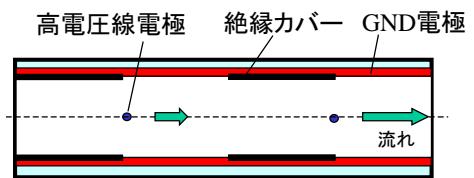


Fig. 2 多段式線-平行平板型 EHD ガスポンプの概略図

●実験

Fig. 1 と Fig. 2 に本実験で使用した多段式線-平行平板型 EHD ガスポンプの実験装置およびポンプ概略図を示す。GND 電極を部分的に絶縁し、GND 電極間の中間にステンレス線電極を 2 本配置した。各線電極に直流高電圧を印加し、幅 10 mm、高さ 14 mm、長さ 56 mm の流路から正味の空気流れを発生させた。また、流路入口側よりトレーサー粒子となるオイルミストを流れにのせて導入し、レーザーシートを照射し、高速度ビデオカメラで内部の流動状態を撮影した。

●実験結果および考察

・流れの可視化

Fig. 3 に示すように、定常状態における単段式 EHD ガスポンプの線電極より上流側における内部流動を可視化することができた。これにより、線電極の上流側に渦を生じていることが分かった。なお、線電極の下流側では、流れの速度増加に起因すると思われるトレーサー粒子の分散により、流れを可視化することができなかった。なお、多段式 EHD ガスポンプでも同様であったため、特に情報として必要としていた線電極間の流れの可視化は実現できなかった。

・PIV 解析

Fig. 4 に、得られた動画より PIV 解析を行った結果を示す。ベクトル図でも、線電極より上流側で渦が発生していることが確認できた。また、線電極より上流側の渦部分以外は一般的な穏やかな流れであり、線電極付近で流れが急激に GND 電極方向に増速していた。さらに、その内、一部の流れは上流側へと逆流し、渦を形成する流れになっていることが確認できた。なお、GND 電極と渦中心間水平距離 x を GND 電極と線電極間距離 $H/2$ で割り、無次元数 $(2x/H)$ で整理すると、 $2x/H=1.0$ となり、ほぼ GND 電極-線電極間と同じ距離の上流側に渦中心があることが分かった。

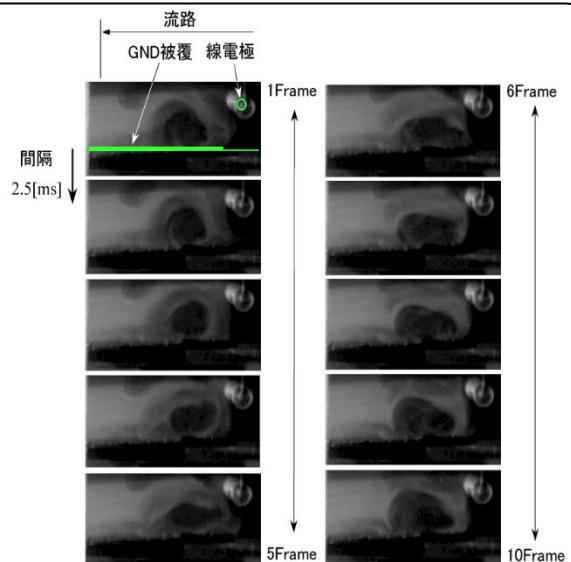


Fig. 3 高速度ビデオカメラで撮影した動画の一部 (電圧 $V=8.5$ kV、平均流速 $u=0.3$ m/s、画像間隔 2.5 ms)

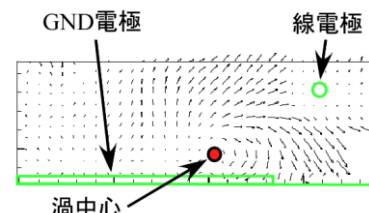


Fig. 4 PIV 解析結果における 4 秒間の平均ベクトル図 (電圧 $V=8.5$ kV、平均流速 $u=0.3$ m/s)