

カラービデオ画像を用いた 円形有孔部を持つ交差管内の流れの可視化

福山大学工学部 正会員 梅田眞三郎
福山大学大学院 学生員 ○花澤 潤
(株)陸地コンサルタント 平川 幹雄

1. まえがき

本研究では、交差部を円形の形に全面的にくりぬいた有孔部を設け、合流による流れの衝突及びそれに伴う二次流などの流況特性の把握を試みた。その方法として、流れの混合などの流体工学的現象解明での新しい流れの可視化であるカラービデオ画像処理¹⁾を導入した。

2. 実験方法

2.1 実験装置

今回の実験では、有孔部での流れの変化が顕著に現れるようにするために、有孔部に対する交差管の断面を小さくすることと交差管から有孔部への流れを噴流の衝突の形で供給することを考えた。交差管の断面は、一辺 $a=1.0\text{cm}$ の正方形断面とし、有孔部は直径 20cm の円形とした。交差角は今までと同様に、 30° 、 60° 及び 90° の3種類とした。有孔部を持つ交差管の製作にあたっては、合成樹脂板に3つの交差角のものを同時に溝切り加工し、実験時に測定対象の交差角以外のものは、その管路全体に合成樹脂板による栓を挿入して流れをせき止めた。上流側水位を 3.3cm から 40cm までの6種類を設定し、左右対称及び非対称水位に対しての流れの変化を調べた。実験装置の概要を図-1に示す。

2.2 カラービデオ測色システム

今回用いたビデオ測色システムは、CCDカラービデオカメラとコンピュータに内蔵したビデオデジタイザ(Data Translation/Quick Capture)で構成され、図-2に示されるような機器構成となっている。ビデオカメラはRGB信号を独立して出力することができる。コンピュータに内蔵したビデオデジタイザは $640\text{画素} \times 480\text{画素} \times 8\text{bit} \times 3\text{フレーム}$ のメモリを持ち、カラービデオ画像のRGB信号を各8bitで入力することができる。各画素のRGB信号は画像処理ソフトウェアによって、0から255までの整数値に変換される。

2.3 CIE (国際照明委員会) 表色系

理論上、各画素のRGB値は、CIE 1931 XYZ表色系の三刺激値(X, Y, Z)に変換できる。さらに、実用性の観点から三次元の色空間の変化を感覚的に均等化するために、明るさの心理尺度を導入した次のCIE 1976 $L^*a^*b^*$ の均等色空間での色差式を用いて物体色の三刺激値から直接計算した。

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16, \quad \left(\frac{Y}{Y_0} > 0.008856 \right)$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right], \quad b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right]$$

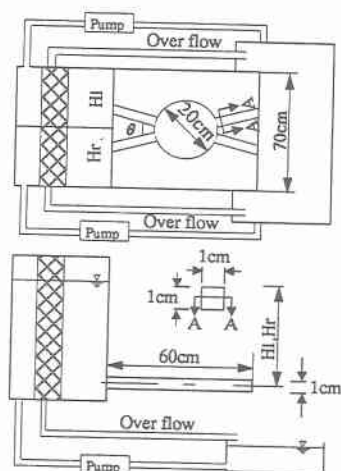


図-1 実験装置の概要

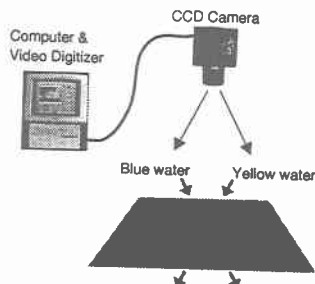


図-2 ビデオ測色システムの概要

ここに、 X_0 、 Y_0 、 Z_0 は同一照明条件下での基準白色面の三刺激値である。今回の実験では、染料を投入する前の実験装置の底板の白色の値を入力した。 L^* は、明るさを表し、 a^* は、その正負の符号と絶対値が赤と緑のそれぞれの色相と尺度を表している。最後の b^* は、黄から青の彩度を表している。

3. 実験結果と考察

CIE表色系を考慮して円形有孔部を持つ交差管の左右上流側からそれぞれ黄色と青色の染料を投入し、上流側水位と交差角の違いによる有孔部内での色の混合の変化を調べた。それらのCIE $L^*a^*b^*$ の色差式による画像処理結果の等色分布を求めた。交差角が 30° と 60° の上流側水位が非対称の場合の結果の一例を図-3と4に示す。それぞれの図においては、黄色の彩度の最大を100とし、青色の彩度の最小を-60として b^* を求めた。図での表示にあたっては、それぞれ最大と最小付近の値はみられなかったので、 b^* の範囲を90から-50までとして等色度分布図を示した。また今回の交差形状では、交差角度 θ によって円形有孔部への流入及び下流側管路への流出位置が異なっている。そこで円形有孔部の流れ方向に対して、4つの縦・横断面の色の混合の変化を調べた。それらの結果の中から前述の等色度分布図に対応するものをそれらの図に並べ、図-5と6を示した。横軸を円形の中心からの距離とし、縦軸を青色系から黄色系の色の彩度をあらわす b^* として示している。

図-3から6までの比較から、交差角や上流側水位の違いにより有孔部内での b^* が異なり、流れの混合状況を理解することができる。紙面の都合でその他の考察結果は発表時に行う。

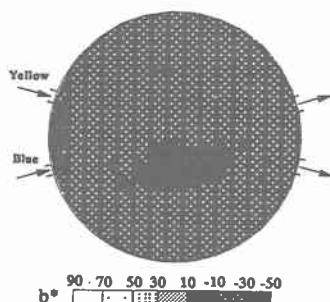


図-3 b^* の等色分布図($\theta=30^\circ$, Run-18, Hr=40.0cm, Hl=10.0cm)

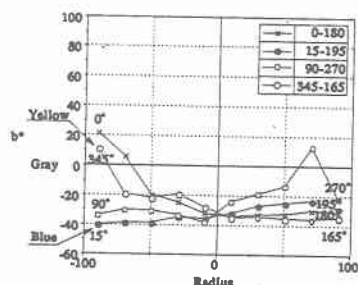


図-5 b^* の変化($\theta=30^\circ$, Run-18, Hr=40.0cm, Hl=10.0cm)

4. 結論

流れの混合の新しい可視化として、カラービデオ画像処理による交差管の有孔部内での流況のデジタル解析を行った結果、次のような結論を得ることができた。

(1) CCDカラーカメラにより交差流れでの色の混合状況の画像取り込みを行うことができた。

(2) 得られた画像をCIE $L^*a^*b^*$ の表色形を用いたデジタル化によって均等色度図を示すことができた。

(3) 交差角や上流側水位の違いにより色の混合の変化を彩度尺度である b^* によって解析することができ、有孔部内での上流側からの流入による混合の濃度変化を明らかにすることができた。

なお、本研究を進めるにあたって「財団法人中国電力技術研究財団」による研究助成を得た。ここに記して謝意を表する。

<参考文献> 1) Y. Uetani: Colorimeter by Color Video Image and its Application, 23rd Session of the CIE-Proceedings, Vol.1, pp.240-241, 1995

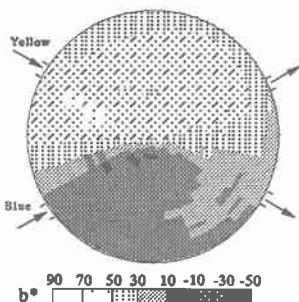


図-4 b^* の等色分布図($\theta=60^\circ$, Run-18, Hr=40.0cm, Hl=10.0cm)

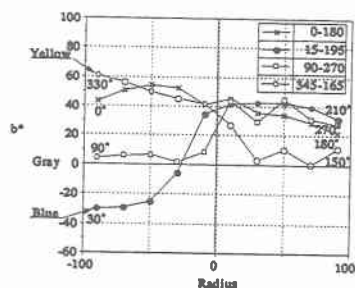


図-6 b^* の変化($\theta=60^\circ$, Run-18, Hr=40.0cm, Hl=10.0cm)