

人間の視覚への影響を及ぼす水面からの光の乱反射を考慮した親水空間設計法の考察

日本大学理工学部 正会員 ○後藤 浩・日本大学理工学部 非会員 依田 光正
日本大学理工学部 非会員 城内 博・日本大学 フェロー 竹澤 三雄

まえがき 近年、人々が集う公共空間における憩いの場を創出するために、水路や水の流れを利用したモニュメントなどの工作物の設置が散見される。このような工作物の設置の聴覚的な目的としては、せせらいだ流れの音、落水の音などを発生させることによって、周辺からの騒音をスポット的にかき消すことができたり、また、流水音そのものを楽しむことができたりする効果があるためと考えられる。また、視覚的な目的としては、人の視界の構成として、動かない景色の中に動く水の流れがあることによって、人々にとって退屈しない良好な景観を形成する効果があるためと指摘されている¹⁾。このように視覚的にも聴覚的にもプラスの効果を考えて設置をする場合が多いと考えられるが、一部の人たちに対しては、親水空間における水面からの反射光が視覚刺激として好ましくない影響を与える場合がある(図1参照)。例えば、図1(A)の場合については、「ポケモンショック」との名で世に広く知られることになったが、テレビの映像から発せられる点滅閃光によって一部の子どもに意識障害が生じるとの報道があった²⁾。この現象は、同様に水面がある場所に太陽光などの強い光が入射し、水面で光が乱反射を起こして子どもへの視覚刺激となった場合、同様の結果をもたらす可能性がある。また、図1(B)については、一部高齢者にとって、強い光の網膜への入射は眼球内での光の拡散によってグレア(羞明)を誘発して適切な視覚情報が得にくくなる傾向がある³⁾。そのような視覚刺激を有する人への医学的対応としては、「親水空間には近づかないように」と指導があるのみで、根本的な解決策を示していないのが現状である。水面からの光の乱反射については、水工学的にも親水空間設計の中に全く考慮されておらず、著者らの知る限り、その基礎的な留意点すら明らかにされていない。すなわち、今後、視覚について光刺激の影響を受ける人を含め、誰もが安全・安心できる親水空間設計のための知見を得ることは工学的に意義があると考えられる。そこで、本報では、研究の第一歩として、図1の2ケースを想定し実験的検討を行った。

実験の概要 実験は、図2に示されるような、長方形断面水平水路で行った。実験条件は、表1に示す通りである。流れの水深はポイントゲージを用いて測定し、光源としては、比較的自然光に近いとされている無電極ランプ(100W×2)を用い、水面からの反射を輝度計(コニカミノルタ社製 Luminance meter LS-100; 測定応答モード: High) およびビデオカメラ(SONY 社製 HDR-CX670/B; 測定フレームレート 60) で計測した。計測した映像については、画像解析ソフト Image-Pro Premier 9.1 (MediaCybernetics 社製) を用いて、RGB 階調平均値の時系列変化を計算した。なお、室内の照度については、照度計(ISO-TECH 社製 ILM 1332A) で計測した。表1に示されるように、実験室内に設置されている照明の影響を少なくするために、実験エリア近くの照明は消灯し外部からの太陽光に頼ったため、照度に多少の変化が生じている。

輝度の支配因子の検討 本実験条件下における水面からの輝度 L (および RGB 値平均値の特性を表す説明変数としては、目的変数と次の

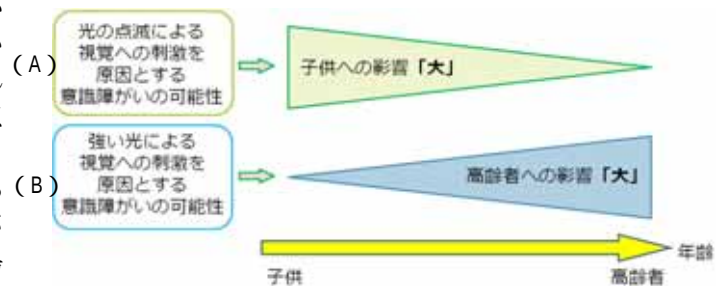


図1 光による視覚への刺激の種類の概要

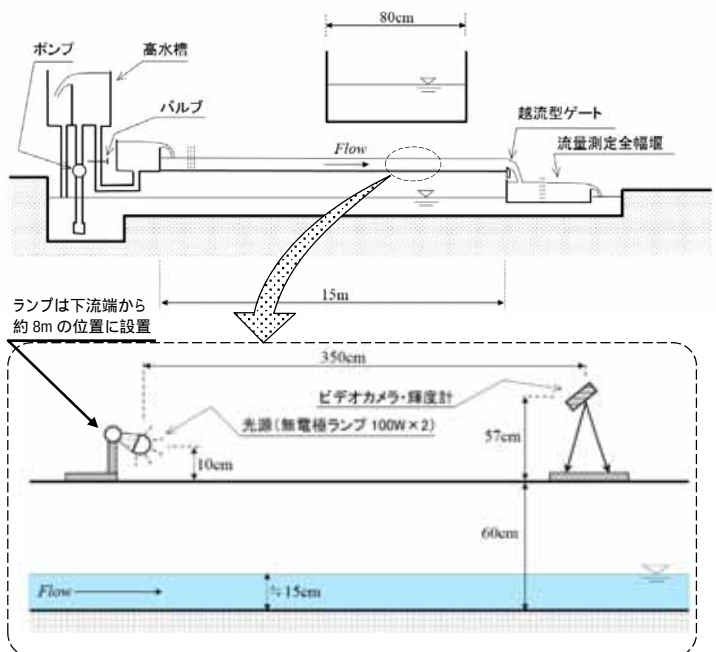


図2 実験装置の概要

表1 実験条件

実験No.	フルード数 Fr	照度 $I(\text{lx})$	レイノルズ数 $Re(\times 10^{-4})$
Case 1	0.697	710	12.5
Case 2	0.569	575	10.0
Case 3	0.434	387	7.5
Case 4	0.327	464	5.7
Case 5	0.270	336	4.7
Case 6	0.141	160	2.5
Case 7	0.077	137	1.3
Case 8	0.050	110	0.9
Case 9	0	110	0.0

Case 9 は「給水なし」を意味する。

キーワード：親水空間・水工構造物の設計・人への光刺激・グレア・光の点滅

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 e-mail:gotou.hiroshi@nihon-u.ac.jp

ような関係があると考えられる。

$$L = f(F_r, Re, I, t) \quad (1)$$

ここに、 F_r ：フルード数 ($=V/(gh)^{1/2}$ ； V ：断面平均流速， g ：重力加速度， h ：水深)， Re ：レイノルズ数 ($=Vh/\nu$ ； ν ：動粘性係数)， I ：室内照度 (lx)， t ：時間である。ここで、 Re については、実際の公園などの親水空間施設とほぼ同規模の実験であること、照度に関しては、計測時間内では一般的な体育館などの場合⁴⁾と同じ範囲であることを考慮すると、本実験での輝度 L および RGB 値平均値は、 F_r と t によって変化するものと推論される。

実験結果と考察 図3は、測定された輝度 L を L (RGB 値平均値) $= f(F_r)$ の関係で整理したものである。図3に示されるように、フルード数 F_r の値が大きくなるに伴って、輝度 L (RGB 値平均値) が小さくなることが示される。すなわち、流れの流速が大きくなるに伴って、水面からの反射光の強さ（まぶしさ）が低減されていることが示される。図4は、映像データから得られた RGB 値平均値の時系列変化を FFT によって解析し（データ数 1024）， F_r ごとにまとめたものである。図4に示されるように、いずれの F_r の場合でも全周波数成分が存在するが、 F_r が小さくなるに伴ってフーリエ振幅（光の濃淡の差異）が小さくなることが示される。また、 F_r が小さくなると、10Hz 以上の成分は僅少となり小さい周波数成分が支配的となる。図5は、 F_r が大きい場合と小さい場合について RGB 値平均値の時系列変化を整理した一例である。図5に示されるように、 F_r が大きい場合 ($F_r=0.679$)，RGB 値平均値が 158.72 で、RGB 値の高い方への振動が起きている。一方、 F_r が小さい場合 ($F_r=0.050$)，RGB 値平均値が 252.44 で、RGB 値の小さい方への振動が起きている。

以上の結果より、 F_r が小さい場合には、継続して明るい状態（光が常時反射し、まぶしい状態）が支配的な下で点滅が起きているが、 F_r が大きい場合には、暗い状態が支配的な下で点滅が起きていることが示される。これは、 F_r が大きくなることによって、水面の変動や水路側壁からの微細な定在波（側壁に生じている微小な凹凸等によって定常的に波が形成され、それが流され水面を伝搬し交差しあう波）⁵⁾ が誘起され、さらに水面上で交差し、水面に凹凸ができて水面からの反射光の特性が変化するためと考えられる。

まとめ 本検討の範囲での知見を元にとすると親水空間設計の注意点を次のように指摘する。①グレア（差明）の影響を想定した場合、流れを生じさせることによって、水面の変動や水路側壁からの微細な定在波の形成により、反射光が分散され「まぶしさ」が低減されることが明らかとなった。②子供への影響を想定した場合、流れの流速が大きくなると、低周波数の点滅ばかりでなく高周波数の点滅も出てくるため、例えば、木陰などを周囲に配置して入射光を低減させ流路を整備するなどの配慮が必要であうことが推論された。今後、散見される親水構造物の設置状況とその流れの特性を調査し、さらに考察を深める予定である。

謝辞 本研究の水理実験実施においては、日本大学理工学部土木工学科安田陽一教授よりご配慮をいただきました。また、本研究は、公益財団法人精密測定技術振興財団からの研究助成を用いて実施いたしました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 神田志保，高橋正行，安田陽一，大津岩夫：景観に配慮した急勾配粗石ブロック上の流れの特性，第58回土木学会年次学術講演会，第2部門，pp.269-270，2003。
- 2) テレビ東京：開局35周年記念事業特別講座「テレビが与える身体的，社会的影響について」，テレビ東京寄附講座，<http://tv-tokyo.co.jp/kouhou/kouza.html> (2016/01/9閲覧)。
- 3) 独法）産業技術総合研究所人間福祉工学研究部門：人間計測ハンドブック（普及版），pp.718-721，朝倉書店。
- 4) 例えば，株）GSユアサ：JIS照度基準，<https://www.gs-yuasa.com/> (2016/01/9閲覧)。
- 5) 林泰造：基礎水理学（第8版），pp.257-258，鹿島出版会。

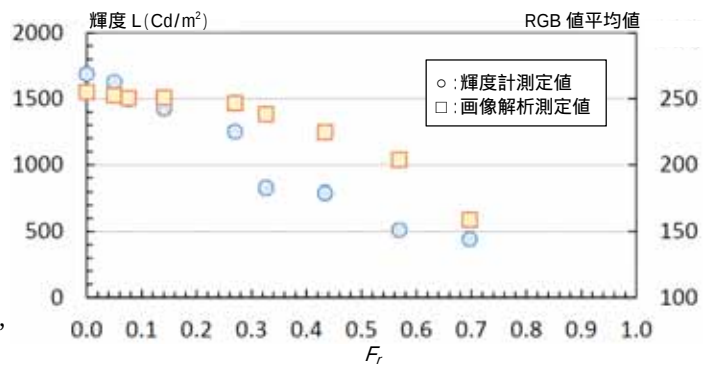


図3 輝度 L および RGB 値平均値とフルード数 F_r との関係

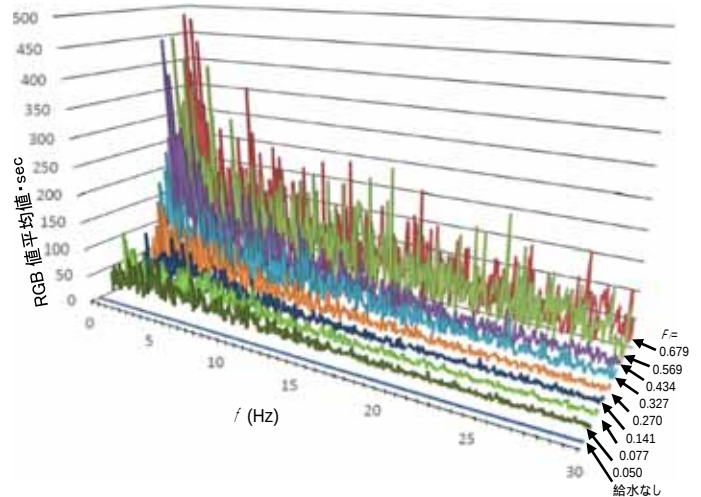


図4 与えられたフルード数 F_r に対するフーリエ振幅と周波数 f との関係

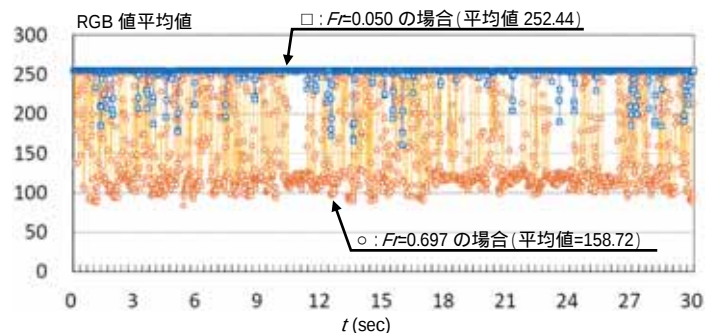


図5 RGB 値平均値の時系列変化の一例