

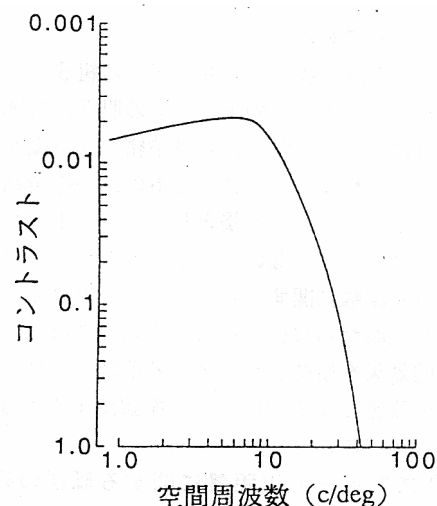
屋外における人の視覚に関する空間周波数特性

中部大学 正会員 塩見 弘幸

1. 研究の背景と研究目的

筆者らは、人の空間周波数特性（MTF と呼ぶ）の概念を用いて、コンクリート構造物のスリットの大きさとそれに対する識別距離との関係を求めた¹⁾。その際、テクスチャーの大きさとコントラストが識別距離に関する主要因であることから、図一1 に示す画像工学分野で用いられているMTF²⁾ を直接用いることを考えたが、屋外でかつ視距離が長い土木的なスケールを有するテクスチャーには直接適用できないことが確認された。何故なら、MTFのコントラストというのはテクスチャー自体のコントラスト（真のコントラストと呼ぶ）であり、視距離が短い場合は観測者が観測するコントラスト（見かけのコントラストと呼ぶ）にほぼ等しいといえるが、視距離が長くなれば、真のコントラストに対し見かけのコントラストとが小さくなるからである。

この研究は屋外における人の視覚の空間周波数特性を実験的に求め、図一1 のMTFを直接使用できるように、視距離に応じた低減係数を提案するものである。



図一1 ひとの空間周波数特性

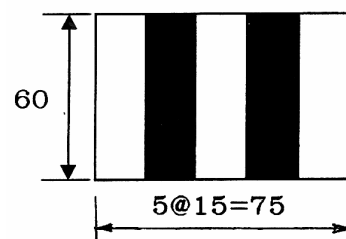
2. 実験概要

縞模様が無彩色で描かれた供試体を用意する。供試体の模様が見えない十分離れた位置から被験者を歩かせ、供試体の模様が確認できた地点で合図をさせる。供試体に対する識別距離と真のコントラストを測定し、図一1 のコントラストと比較する。

2. 1 供試体 図一2 に示すように白紙に黒色の縞模様を描いたものを供試体とした。黒色の明度を、N1.5、N5.0、N7.5、N8.5、の4種類とした。直線で400mの見通し距離が得られる場所が最長距離であったため、文様寸法は400m離れた位置から文様が完全に確認できない値とした。

2. 2 被験者 実験場所近くを通行する人を被験者とし、視力0.8から1.2までの被験者78名のデータを収集した。視力は自己申告とし眼鏡の場合は矯正視力として1.0とみなした。年齢は18歳から65歳まで多岐に渡っていた。

2. 3 実験条件 供試体設置場所は直射日光が当たらない日陰を選び散乱光線下の条件とした。理由は直射日光の場合は時間によって照度の変化が激しく、安定したデータの収集が難しいためである。日陰といえども照度は刻々と変化をし、それに伴って、供試体の縞模様の輝度も変化をする。輝度の計測に比べて照度の計測の方が手軽に行うことができるため、予めそれぞれの供試体の模様の照度と輝度との関係を求め、照度を測れば輝度が算出できるようにした。図一3はその一例である。輝度からコントラストCを求める式を次に示す。



図一2 供試体模式図(cm)

$$C = \Delta B / B = (B_{\max} - B_{\min}) / (B_{\max} + B_{\min}) \quad \text{----- (1)}$$

キーワード： テクスチャー、MTF、視距離、コントラスト、構造デザイン

連絡先： 〒387-8501 春日井市松本町1200 中部大学工学部土木工学科 TEL 0568-51-1111（代表）

ここに、 $B_{\max}$ は縞模様の白地の輝度、 $B_{\min}$ は黒色の輝度である。散乱光線下の照度は 10,000 ルックスを超えないことが文献 1) で確認されている。図一 3 から散乱光線下では照度と輝度はほぼ直線関係と見なすことができるので、コントラストはそれぞれの供試体に関して光線の強弱にかかわらず一定となり、最も大きいコントラストのものは、 $N=1.5$ の供試体で 0.91、最も小さいものが $N=8.5$ の供試体で 0.06 となる。

それぞれの被験者に 4 種類の供試体を見せるわけだが、効率よく実験を行うためにコントラストの大きい供試体から順次提示した。

3. 実験結果

視力 0.8~1.2 全員の集計結果では、当然のことながらばらつきは大きい。また、一般に視力の良いグループほどばらつきが大きいという結果が得られた。そこで、視力 1.0 のデータを標準として考察することにする。表一 1 は視力 1.0 の被験者（27 名）に関する実験結果をまとめたものである。コントラストが小さくなるにつれて、供試体に対する識別距離が短くなる。標準偏差が N 値 5.0 を除いてコントラストが小さくなるにつれて小さくなっているのは、供試体を提示した順序に従って被験者の実験に対する慣れではないかと思われる。 N 値=5.0 に対するばらつきが N 値 1.5 のものよりも大きいのは、実験に慣れる前の戸惑いの結果ではないかと推察される。視力 0.8~1.2 全体の平均値も、標準偏差を除いて表一 1 とほぼ同じ値を示した。

表一 1 実験結果（視力 1.0）

N 値	1.5	5.0	7.0	8.5
真のコントラスト	0.91	0.72	0.24	0.06
識別距離 (m)	277	256	190	138
空間周波数 (c/deg)	16	15	11	8
標準偏差 (c/deg)	2.4	2.5	1.7	1.5

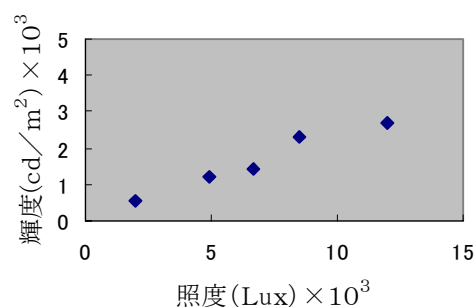
4. 低減係数の提案

今回の実験では、供試体の文様寸法を一定とし、コントラストのみ変化させた。したがって、表一 1 に見られるように、識別距離は平均値で 138m~277m と比較的狭い範囲に限定されている。このデータのみで屋外における空間周波数特性を論じるには少し無理がある。そこで以前に行った文献 1) の実験結果を再度用い、今回の実験結果と併せて考察した。

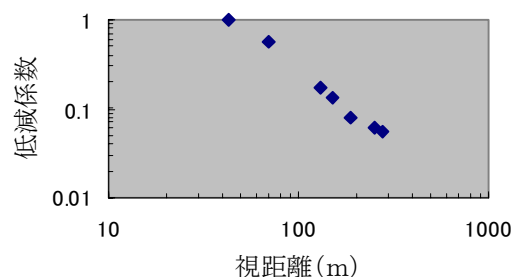
文献 1) では、コンクリートに大小のスリットを施したものを供試体としたので、コントラストが一定で文様寸法が異なることになる。識別距離は結果的に 43m~250m が得られている。これらの結果と今回の識別距離 277m の結果を真のコントラストと空間周波数について整理した。図一 1 の MTF を用い、これを見かけのコントラストとし、（見かけのコントラスト）／（真のコントラスト）を低減係数とした。その結果を図一 4 に示す。この図から、50m 程度までは画像工学で用いられている MTF をそのまま使用できることが明らかである。表一 1 の真のコントラストに低減係数を乗じ見掛けのコントラストを求め、図一 1 の MTF から空間周波数を求めるとほぼ実験結果に一致し、信頼できうる低減係数であると考えられる。280m を超えるさらに長い視距離の場合は、図一 4 から類推できないこともないが、正確を期すには更なる実験が必要であろう。

謝辞 本実験は、元中部大学生、仲吉邦晃、前田卓宏、藪田正満等の協力によって遂行された。記して謝意を表する。

参考文献 1) 塩見、石原、山田：コンクリート構造物のテクスチャーと視覚の空間周波数、構造工学論文集、Vol. 44A, pp. 589-594、1998。 2) 乾敏郎：視覚の情報処理の基礎、サイエンス社、1990。



図一 3 照度と輝度 (N8.5)



図一 4 視距離に対する低減係数