

夜間街路における明るさの空間的広がりが運転者に与える影響に関する研究

信州大学 正会員 ○高瀬 達夫
西松建設 非会員 中 俊太郎

1. はじめに

夜間に街路を走行する際、運転者が視認できる範囲は昼間よりも狭くなっており、自動車のヘッドライトや街路灯、建物の照明に大きく依存するところが多い。運転者が夜間に安心して運転を行うためには、これらによって形成される道路空間の明るさの分布が重要となってくることから、断片的な空間の明るさの分布だけではなく、連続した空間での明るさの分布状態を考慮する必要がある。

道路照明施設設置基準¹⁾には連続照明についての性能指標として、平均路面輝度、輝度均斉度、視機能低下グレア、誘導性が示されている。しかしながら、明るさについては“輝度”や“照度”など明確な数値で表すことができるが、明るさの広がりとは数値化することが難しい。筆者らはこれまで街路空間の明るさの広がりをフラクタル次元を用いて定量化し、街路空間特性と運転者の意識との関連性について分析²⁾を行ってきた。しかしながら、街路空間での明るさの広がりについては断片的な空間について計測していたため、本研究では空間の連続性を考慮し、動画から連続的に空間画像を抽出して計測して分析を行うこととした。

2. 分析対象街路空間と輝度計測

分析対象街路は長野市内の一般道や商店街、住宅街の街路から計7箇所を選び、速度約30km/hで走行中の車内より路面からの高さ約110cmに三脚で固定したビデオカメラ（SONY DCR-CX270V：有効画素数(動画)223万画素）を用いて撮影を行った。撮影は降雨や積雪のない晴れの日で、交通量がほとんどない休日の23時から1時の間に行っている。撮影した映像を用いて空間内の明るさの分布状態を定量化し分析を行うためには、静止画像を取り出す必要がある。本研究では街路空間の連続性を考慮しつつ空間内の明るさの分布状態の変化を細かくとらえるため、1秒間隔で静止画像を抽出することとした。

これらの抽出した画像データをもとに明るさの分布状態を分析するために、まず各画像は画像内の各画素のRGBそれぞれに256段階（0～255）の階調値が存在するカラー画像であるため、明暗情報のみの256段階のデータであるグレースケール画像に変換する。グレースケール化した各画素の階調値Pは式(1)で表され、今回使用する解析ソフトimageJでは、係数は $r=0.30$ 、 $g=0.59$ 、 $b=0.11$ となっている。

$$P=r*R+g*(Gr+Gb)/2+b*B \quad (1)$$

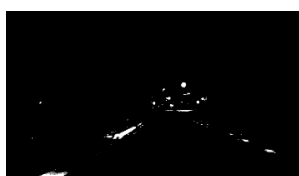
次に得られた階調値から輝度値への変換を行った。先行研究²⁾と同様に輝度計を用いて階調値と輝度値の対応関係の推定を行ったが、直接静止画として撮影したものと比較して動画から抽出した静止画の画質が劣っていたため、精度が高い結果が得られなかった。そこで、先行研究で用いた推定式を介して変換を行った。

3. フラクタル次元の算出

フラクタル次元を求めるためには、画像を明暗の二値化する必要がある。図-2に示すようにある一定の輝度より明るい箇所を白色に、その輝度より暗い箇所を黒色に変換することとした。この二値化の際には、“明るい”と“暗い”を分ける基準となる輝度を、明確に決めることが重要である。本研究では、道路照明施設



図-1 二値化前後の画像(一般道①)



D=1.076



D=1.610

図-2 フラクタル次元の最大・最小値の画像

設置基準¹⁾の前方に障害物がないことを確認するのに必要な平均路面輝度から、二値化する輝度の基準を1.0cd/m²と設定した。次に画像全体を解析範囲としてボックスカウンティング法によりフラクタル次元を算出した。なお、解析ソフトはimageJを使用し、白い部分(輝度1.0cd/m²以上の明るさ)をカウントした。図-3は算出したフラクタル次元が最小値と最大値となったときの画像およびフラクタル次元Dの値を示す。

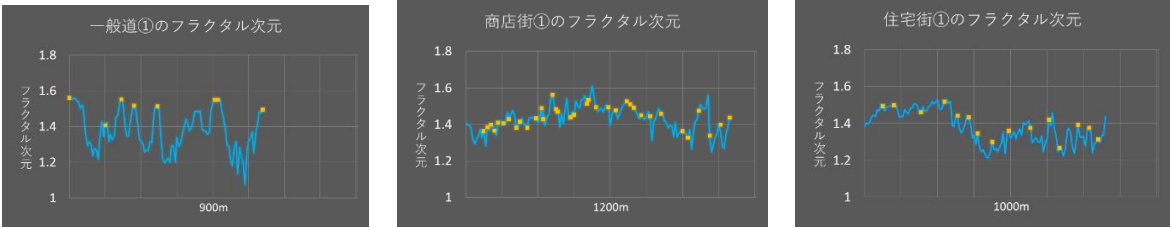
4. フラクタル次元の算出結果による街路空間の明るさの分布状況

各街路のフラクタル次元を算出して得られた結果をもとに平均値等を求めた値を表-1にまとめた。また図-3に、街路の1秒毎のフラクタル次元の推移を示した。なお、一般道③と商店街①については動画内に信号待ちの区間があったため、その区間のデータは取り除いている。

表-1 各街路のフラクタル次元

	一般道①	一般道②	一般道③	商店街①	商店街②	住宅街①	住宅街②
平均値	1.378	1.481	1.326	1.429	1.407	1.380	1.398
最大値	1.560	1.572	1.504	1.610	1.525	1.530	1.462
最小値	1.076	1.319	1.155	1.249	1.237	1.212	1.257
最大最小差	0.484	0.253	0.349	0.361	0.288	0.318	0.205
標準偏差	0.114	0.046	0.168	0.066	0.052	0.089	0.037
山と谷の数/分	28.6	26.8	37.9	27.8	35.1	32.5	35.1

図-3 フラクタル次元の推移と街灯 (青線：フラクタル次元, 黄色：街灯の位置)



5. 運転者の安心度評価分析

前章で求めた各街路のフラクタル次元が運転者の安心感にどのような影響を与えているかを把握するために、重回帰型の安心度評価モデルを作成した。運転者の安心度については先行研究で行った被験者23名がヘッドマウントディスプレイを用いて映像を見て、街路ごとに心理的な項目を評価した結果を用いた。説明変数は前章で求め

表-2 安心度評価モデルの推定結果

	回帰係数	標準誤差	t 値
切片	-0.452	4.621	-0.098
フラクタル次元の平均値	3.715	2.663	1.40
1分あたりの山と谷の数	-0.076	0.034	-2.22
100mあたりの街灯の数	0.326	0.097	3.34
歩道の有無	0.425	0.216	1.97

R² : 0.33, N : 161

た各街路のフラクタル次元の特性と各街路の構造上の諸特性を用いた。モデルの推定結果を表-2に示したが、これによると運転者は明るさが空間全体に広がっていることに安心を感じるが、その一方で短い間隔での明るさの変化を望んでいないことが分かった。以上のことから、街路照明の設置については広範囲に明るさが広がるランプを設置したり、街路灯の間に補助照明を設置したりすることが良いと思われる。

参考文献

1) 日本道路協会, 道路照明施設設置基準・同解説, 丸善出版, 2007
2) 夜間街路空間の明るさが運転者の安心感に与える影響に関する研究, 高瀬達夫, 鈴木星也, 楊揚, 令和元年度土木学会中部支部研究発表会講演集, 2020