

サリエンシーマップによる眺望性評価

岡本 泰成

1. はじめに

建築物において窓は室内外をつなぎ昼光や空気と同時に、屋外の景色を室内に取り込む役割を持つ。しかし、人々が窓からの眺望を評価する際にどのように評価しているかについての研究は少ない。そこで本研究では、眺望を評価する時の視線の集まる部分(以下、「注視点」という)に着目して人々の眺望に対する評価方法を考察し、景色から眺望性能を定量化する事を目的とする。画像自体の特徴として視線の集まりやすい部分を予測するためにサリエンシーマップを用いて評価し、アイトラッキング機能の付いた VR ヘッドセットで実際の注視点を計測して考察を行ったので報告する。

2. サリエンシーマップ

視覚刺激がボトムアップ性注意を誘引する特性をサリエンシー(顕著性)と呼ぶ。サリエンシーには明度特徴、方向特徴、色特徴などあらゆる特徴それぞれについて特徴マップを算出することが可能で、それらの特徴マップを合成して一つのマップとして表現したものがサリエンシーマップである。もっとも単純な合成方法にはそれぞれを線形和で足し合わせる方法があるが、重要視する特徴マップに重みをつけて足し合わせることでより目的に沿ったサリエンシーマップを作成することができる。

サリエンシーの計算には以下の複数の手法が提案されている。

- (1) Spectral Residual (2) Fine Grained (3) Itti らの手法
- (4) Ming-Ming Cheng の手法 等々…

この中で本研究の分析に用いるサリエンシーマップのアルゴリズムは Spectral Residual を用いる。このアルゴリズムは、画像の空間周波数分析を行い、空間周波数の対数強度差を抽出しプロトオブジェクトの位置を示唆するサリエンシーマップを構築する。よって主に明度特徴についてサリエンシーの算出をすることができ、これを用いる事で実空間の輝度特徴について分析できると判断した。¹⁾²⁾³⁾

3. 眺望評価の注視点に関する実験

3.1 眺望の評価画像

眺望の評価に用いる画像は昼間の画像 5 枚 D1~D5 と夜間の画像 5 枚 N1~N5 で、それぞれの画像の特徴と選定理由を以下に示す。

D1 は比較的近景の昼間の画像とした。D2 と D3 は明度特徴による変化による、サリエンシーマップの変化と注視点の変化を分析するため D1 の一部を加工して明度変化を加えたものとした。D4 と D5 は建築物の距離による注視点の変化を分析するため D1~D3 と対比して比較的遠景の昼間の画像とした。N1~N5 は D1~D5 をそれぞれ夜間の時間帯に撮影したもので行ったものとする。これらの評価画像とこれらのサリエンシーマップを図 2 に示す。

3.2 実験方法

眺望評価の注視点に関する実験では、窓からの景色として評価を行う画像を VR ヘッドセット上で表示して評価するものとした。評価者は 10 名(19 歳~23 歳)であった。実験を行うにあたって以下の手順で行った。

評価者を椅子に着座させ VR ヘッドセットを着け、操作説明とともに実験の内容として以下のように伝えた。「これから表示する 10 枚の画像について眺望性を評価してください。評価は 5 段階評価で行い、1 が最も悪いとし 5 が最も良いとします。」これは注視点の測定において評価者が視線を測定されていることを意識せず自然な視線移動が測定できるようにするためである。

まず評価用の画像と異なる画像を 1 度表示させて操作確認を行った。次に評価用の画像 10 枚のうち昼間の画像 5 枚をランダムに表示し、続いて夜間の画像を 5 枚表示させた。表示させる時間は 1 枚当たり 20 秒間で、待機画面や 1 つ前の画像の影響を減じるため表示する 10 秒前から被検者に目を瞑ってもらうこととした。これを 1 枚の画像について 1 人につき 2 回ずつ計測を行い、1 回目と 2 回目の間に最低 1 時間以上設けた。

本研究では、使用機器としてアイトラッキング機能を搭載した HTC の VIVE Pro Eye を用い、VR ソフトの作成に、ソフトウェア開発キットエンジンとの互換性がある Unity を用いた。この時表示させる画像は、被検者の 2.0m 前方にある縦 1.5m×横 2.0m の壁面に張り付ける形で表示させた。この画像全体は視野角で縦 42° 横 56° に相当した。この壁は Unity 上で視線に沿って表示された光線との衝突判定がされるように設定しており、前述のとおり衝突した座標と時間を取得できる。

3.3 実験結果

実際に実験で得られた注視点データの例を図1に表示する。エクセル上で時間とともに座標が記録され、散布図として表現し別の画像と照らし合わせる。なお以下の条件を満たす測定結果については再実験を行った。

(条件) 実験開始から5秒間の視線データが360カウント以下、または実験開始5秒後から10秒間の視線データが720カウント以下

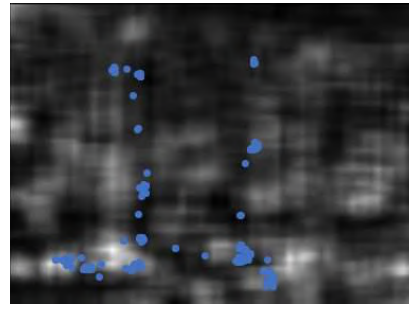


図1 測定したデータの照らし合わせ例(D1)



(a) 昼間 D1



(f) 夜間 N1



(b) 昼間 D2



(g) 夜間 N2



(c) 昼間 D3



(h) 夜間 N3



(d) 昼間 D4



(i) 夜間 N4



(e) 昼間 D5



(j) 夜間 N5

図2 評価画像とそのサリエンシーマップ

4. 注視点データの分析と考察

4.1 分析方法

本研究ではサリエンシーマップや元画像の上に測定した視線と画像の衝突点を時間ごとに分けてプロットし、プロットが集まった部分について原因を考察する方法で分析を行う。

画像の注視点に関する実験で被験者に画像を見せる際、5 秒間表示することで被験者に考える時間を与えず画像から自然に誘導されるものみに注目することができる」と述べられている。このため本研究の実験結果の分析において測定開始から 5 秒間を基本の測定時間とした⁴⁾。分析の参考用に用いるため基本の測定時間にさらに 10 秒間追加で測定を行い被験者が考えて視線を動かした注視点も測定した。画像の表示時間を 20 秒としたのは確実に 15 秒間の測定を行うためである。

測定した視線と画像との衝突によるプロットは 0.011 秒ごとに 1 回カウントされるため、実際の測定では開始から 5 秒間でおおよそ 400 カウント分測定していた。画像上に 400 前後の測定結果をそのまま表示すると視線が特に重なった部分は実際の測定結果より少なく見え、視線の重なりが少ない部分は相対的に実際の測定結果より目立ってしまう。それによって実験結果が分析しにくくなるのを防ぐため、図 3 のようにサリエンシーマップ上で 7×7pixel ずつ(画像全体で縦 30 区画、横 40 区画)に区分しそれぞれの区画に集まった視線を数えた。各区画の大きさは視野角において、区画された 1 区画は縦横ともに 1.4° に相当した。なお画像内で評価する区画は画像 13 上の赤線で囲われた範囲内とする。これは画像を等分して区画する時点において赤線より外部は等分して区画を分けることができないためである。



図 3 分析に用いた評価画像の分割の例(D1)

この区画分けにおいてサリエンシーマップとの対応を分析する方法として、以下の手順で分析を行う。

- (1) 各画像のサリエンシーマップをグレースケール化
- (2) グレースケール化されたサリエンシーマップの画素値を参照して、一定の画素値以上の区画を取り出す
- (3) アイトラッキングによって得られたデータのうち同様の区画分けにおいて一定の衝突回数より多かった区画を取り出す
- (4) (2)と(3)で取り出した区画が重なった数で対応がみられるかを判断する。

なおこの際対応が見られたと判断する基準としては重なった区画が 5 つ以上の場合とする。

4.2 分析結果

得られた実験データのうちサリエンシーマップとの対応がみられたのは表 2 に示した通りで、開始 5 秒間の測定では昼間の画像にはほとんど対応がみられず特に遠景の画像グループは 1 人も対応がみられなかった。反対に夜間の画像では複数の人に対応がみられた。測定開始 5 秒後～15 秒後の時間においては測定開始 0 秒後～5 秒後と同様の傾向が見られたと共に、全体的に対応が増加した。

表 1 表記号

- 1、2回目共に対応が見られた
- △ 1回目のみ対応が見られた
- ▽ 2回目のみ対応が見られた
- 対応が見られなかった

表 2 サリエンシーマップとの対応

(a)測定開始 0 秒後～5 秒後

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
D1	△	-	-	-	-	-	-	△	-	-
D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3	-	-	-	-	-	△	-	-	-	-
D4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N1	▽	△	○	▽	▽	-	-	▽	-	△
N2	-	○	-	-	▽	-	-	-	△	-
N3	-	-	△	-	▽	-	-	-	-	-
N4	○	▽	○	△	△	▽	△	○	▽	○
N5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(b)測定開始 5 秒後～15 秒後

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
D1	▽	-	-	-	▽	-	-	-	-	△
D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3	△	-	▽	△	▽	△	-	-	-	-
D4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N1	○	▽	▽	○	▽	-	-	-	△	○
N2	-	-	-	-	▽	-	▽	-	-	▽
N3	-	-	▽	-	△	-	-	▽	▽	△
N4	▽	△	-	○	-	▽	-	○	▽	▽
N5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

昼間より夜間の画像において対応が増加するという傾向がみられたことから、昼間のように明るさが十分にある場合はより高い輝度特徴を重視するのではなく、色特徴や構成などの別の要素を重視して見ているということが分かった。反対に全体的な明るさが極端に低くなる夜間には細かい色特徴や構成が判断しづらいため輝度特徴の相対的な重要性が高まりサリエンスマップと対応が出たと考える。

また測定開始から 15 秒間で明らかなサリエンスマップとの対応は夜間のみで見られたことから、輝度特徴を元にしたサリエンスマップは夜間や悪天候時など、全体的に輝度の低い空間では分析に用いるのに適していると考えた。

4.3 他の要素の分析と考察

用いる画像や評価者によってサリエンスマップとの対応がみられなかった結果を受けて、輝度特徴以外に視線が集まりやすいと考えられる要素についてそれぞれ分析を行い、考察することとする。

建物と空との境目(スカイライン)は単純な輝度特徴の変化だけでなく、構成内容として視線が集まりやすい部分といえる。今回のどの画像にも含まれていたため「スカイラインに視線が向いたか」について分析を行った結果を表3に示す。

表3 「スカイラインに視線が向いたか」の分析結果
(a)測定開始 0 秒後～5 秒後

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
D1	-	-	-	-	-	△	▽	-	-	▽
D2	▽	△	-	▽	-	▽	-	▽	△	-
D3	▽	-	-	○	-	△	-	○	▽	○
D4	▽	△	-	-	△	▽	-	-	△	△
D5	△	○	▽	▽	○	△	▽	▽	△	-
N1	△	-	-	-	-	-	-	△	-	-
N2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△
N4	△	▽	-	▽	-	-	▽	-	△	-
N5	-	▽	-	○	▽	▽	△	-	△	△

(b)測定開始 5 秒後～15 秒後

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
D1	▽	-	-	○	-	△	-	-	△	△
D2	-	-	-	○	-	△	-	△	-	△
D3	▽	-	-	-	▽	○	▽	○	-	△
D4	○	△	-	○	△	○	▽	△	△	-
D5	△	○	-	△	○	△	○	○	△	-
N1	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N3	△	-	-	-	-	-	-	-	▽	-
N4	○	▽	-	△	-	○	○	○	-	△
N5	△	○	-	△	○	▽	△	-	-	-

表3で見られる通り測定時間関係なく昼間の画像や夜間の遠景の画像で対応が見られたことから、スカイラインは特に昼間や遠景の画像において視線を集めやすいといえる。

また遠景画像について「道路、通路に視線が向いたか」を分析したところ、道路が大きく映る D4,N4 では車や外灯の光で照らされた夜間時だけでなく昼間時にも視線が集まった。D5,N5 においては明らかな傾向は見られなかった。

表3 「道路、通路に視線が向いたか」の分析結果
(a)測定開始 0 秒後～5 秒後

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
D4	-	○	△	△	○	-	-	△	-	○
D5	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-
N4	○	▽	○	△	○	△	○	△	-	▽
N5	-	-	△	-	-	-	-	-	-	▽

(b)測定開始 5 秒後～15 秒後

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
D4	△	○	○	▽	▽	-	-	△	○	-
D5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△
N4	△	△	○	○	○	-	-	△	▽	△
N5	-	-	▽	-	-	-	-	-	-	△

最後に全体を通してみられた傾向について指摘すると、建物群の距離感を比較して「視線のぼらつき」を分析したところ、ほとんどの評価者が近景の画像のほうが視線のぼらつきが大きかった。これは近景の画像の構成が単純で均一的なファサードの建物が大きく映し出された画像であったためであると考えられる。

5. おわりに

実空間の輝度をもとにしたサリエンスマップと実際の注視点の対応は夜間のみ認められた。これにより注視点は、昼間は色特徴や構成などの別の要素に集まりやすく、夜間は暗く細かい色特徴や構成が判断しづらいため輝度特徴に集まりやすいといえる。

参考文献

- 1) Xiaodi Hou and Liqing Zhang : Saliency Detection: A Spectral Residual Approach. (<http://www.houxiaodi.com/assets/papers/cvpr07.pdf> 閲覧日 2021 年 11 月 28 日)
- 2) 木上理恵ほか：景観画像を構成する要素の抽出に関する研究—2 次元フーリエ変換とクラスタリングを用いて—(<https://www.edu.kobe-u.ac.jp/eng-arch-sled/dat/research/adachi-kigami-1/1.pdf> 閲覧日 2021 年 11 月 28 日)
- 3) OpenCV で顕著性検出 (Saliency Detection)(<https://data-analysis-stats.jp/%e6%b7%b1%e5%b1%9e%e5%ad%a6%e7%bf%92/openvc%e3%81%a7%e9%a1%95%e8%91%97%e6%80%a7%e6%a4%9c%e5%87%b2/asaliency-detection/> 閲覧日 2021 年 11 月 28 日)
- 4) 山田光穂ほか：画像における注視点の定義と画像分析への応用。電子通信学会論文誌'86/9Vol. J69-D No.9