都市俯瞰景観における注視特性に関する基礎的研究

－アイマークレコーダを用いた東京スカイツリーからの景観体験実験の分析－

EYE FIXATION FEATURES OF CITYSCAPE SCENERY FROM HIGH ELEVATIONS

－ A viewing experience analysis from Tokyo Sky Tree using Eye-Mark Recorder －

申 炳 欣*, 後藤 春彦**

Byoung-heun SHIN and Haruhiko GOTO

This study aims identify the characteristics of eye fixation of test subjects in order to lay a solid foundation for the urban cityscape analysis from a high elevation. More specifically, from the tendency of eye fixation, the distribution of point of gaze and a target of gaze were analyzed. To achieve this goal, six image samples obtained from Tokyo Sky-tree (Height 350m) and an Eye-Mark Recorder (EMR) were used in order to understand the viewing experience of the urban cityscape from above. The main conclusions of this study are as follows: 1) Subjects tended to view the urban cityscape from a high elevation in a horizontal manner and gaze into the distance rather than nearby. 2) From the aspect of visual focal points, subjects tended to focus on high-rise buildings or a group of high-rise buildings. More specifically the number of focal points increased as the distance of gaze increased and there was also a tendency to focus on symbolic buildings.

Keywords : *View, Cityscape Scenery from High Elevations, Eye Fixation Features, Tokyo Sky-Tree*

眺望景観, 都市俯瞰景観, 注視特性, 東京スカイツリー

1. はじめに

1-1. 研究の背景

今日の都心部での多様な用途の建築物は土地利用の効率化のために高層化が進行している。これによって高所から眺める人口も増加し、都市を眺める景観（以下、都市俯瞰景観）^{注1)}も体験できるようになった。さらに、景観を生活環境として捉えれば、都市部において都市俯瞰景観が日常化している現在、都市俯瞰景観も地域の景観資産^{注2)}の一つとして重要なものである。

特に、都市俯瞰景観は地上での景観と異なり、広域を瞬時に視認することができる。都心部に存在する様々な高所視点場の中でも展望施設などにおいては、来訪者はこの俯瞰景観から都市形態を把握し、都市に対して様々な印象を持ち、都市の位置関係を理解するのであり、その都心部における公共的な視点場であるとも言える^{注3)}。都心部における地上での景観の議論は街路景観などが主であり^{注4)}、研究も限られたものであったが、この都市俯瞰景観については、視覚的な領域が広範囲に及ぶため、既存の街路景観などをコントロールするより、特に広い領域における建築物や工作物などを扱わなければならない。街路景観などよりも可視領域が広い都市俯瞰景観では、どのような着眼点が必要であるのか。こうした点について客観的に明らかにすることは、今後の都市的な規模での景観整備に必要

なことであり、今後の景観研究において、都市俯瞰景観の分析が新たな課題の1つにあげられる。

また、景観は視対象として存在する景観要素と視点を構成する人間の視知覚の関係により成立する人間の心的現象である。特に、景観に対し何をどのように見ているのかなどの被験者の注視特性を把握する事は視覚的刺激に対する生理的反応であるとも言え、その景観の特徴について論じるための最も基礎的な段階である。こうしたなか、被験者の注視特性を通じて都市俯瞰景観が持つ基礎的な特性を整理するのは重要な課題である。

1-2. 研究の目的

本研究は、都市俯瞰景観における被験者の注視特性を把握するための基礎的な研究を実施するものである。特に、アイマークレコーダ（以下、EMR）を用いた景観体験実験を行い、都心部に現存する最も高い視点場からの景観画像^{注5)}に対する被験者の注視特性に着目し、スカイツリー展望台という超高所（地上 350m）からみた都市俯瞰景観について以下の2点を明らかにすることで、今後、都市俯瞰景観を対象にした景観研究における新たな知見を得ることを目的とする。

①注視点の分布特性：注視点の位置、注視範囲、注視方向、注視回数^①の分析から注視傾向を明らかにする（3章）。

* 早稲田大学大学院創造理工学研究科
博士課程・修士(工学)

** 早稲田大学理工学術院 教授・工博

Grad. Stud., Dept. of Creative Sci. & Eng., Waseda Univ., M. Eng.

Prof., Faculty of Sci. & Eng., Waseda Univ., Dr. Eng.

②注視対象の特性：注視回数、注視時間より抽出された注視対象に対し、俯瞰画像の景観構成特性及び俯角との関係から注視傾向を明らかにする(4、5章)。

1-3. 既往研究及び本研究の位置づけ

本研究は、俯瞰景観そのものの景観分析に関して論じた研究と注視特性による景観分析を試みた研究の2つの研究の延長線上に位置づけられる。

①俯瞰景観そのものの景観分析に関する既往研究

篠原ら¹⁴⁾は自然景観における高所から対象を俯瞰する場合の高さと距離の関係から、俯角による俯瞰領域を提示した。宮脇ら³⁾の研究では本研究の対象と同じ東京スカイツリーを対象に理論上の可視域と視覚的影響ゾーンの距離について具体的に明らかにし、視覚的影響の及ぶ範囲を定量化した。さらに、松本ら⁵⁾は視点場の高さに着目し、高さの変化に伴う各眺望景観の特徴を素描景観による構図評価、印象評価、魅力度から分析した。なお、五十嵐ら⁶⁾による超高層住宅の居室からの景観に対する満足度調査による緑地の景観評価について知見を提供した研究もある。また、俯瞰夜景に対して景観の構成とその魅力を印象評価により明らかにした研究もあった⁷⁾。これらの研究は景観あるいは視点場に対する視覚的範囲について定量化したり、自然や夜間の景観における景観の構図論及びその景観に対する心理評価分析を実施した基本的な考え方を述べている。

②注視特性による景観分析に関する研究

渡辺ら²⁾は商業地域の看板に着目し、昼間における歩行者の看板に対する注視特性を分析した。知花⁸⁾はある場所の景観構造に慣れた人と不慣れな人に歩行者を分け、注視距離・注視高さ・仰角の差について分析した。さらに、ゆりかもめの車窓シークエンス景観における昼・夜間景観の注視対象、注視方向、注視動きの相違や特性を明らかにした研究もある¹⁾。また、河川空間からの眺望景観を対象に、現場における調査ならびに、初期段階での視覚特性を把握した研究もあった⁹⁾。これらの既往研究は主に地上レベルからの時間により景観変化を分析するシークエンス景観を対象としたものであった。また、西名大作ら¹⁰⁾は、被験者の個人差による注視特性と心理的評価の関連性について、注視行動は視覚的刺激に対する生理的反応であるとも言え、相関はみられないことを明らかにした研究もあった。

本研究は、上記①と②の延長線上に位置し、人の注視特性に着目して、東京スカイツリーという公開されている中で、最も高い視点場からの昼間の俯瞰景観を対象とすることから、都心部の大きなスケールの俯瞰景観を扱うことにその特徴がある。

1-4. 用語の定義

以下、本研究の分析に使用する用語を説明する。

- ・都市俯瞰景観：都心部にある高所の視点場から眺める際に体験できる景観の姿。本研究では大都市における、多くの人に公開されている最も高い展望台からの昼間の俯瞰景観を言う。
- ・俯瞰画像：都市俯瞰景観の撮影画像に出現する具体的な景観構成要素のまとまりのシーン景観。
- ・注視点：EMRによって記録された被験者の実験画像上のポイント中0.2秒以上停留している点^{注6)}。
- ・注視座標：画像内中心を原点とした時の注視点の座標(X、Y)。
- ・注視分布：俯瞰画像上に注視座標により記録された注視点の分布。

- ・注視範囲：注視座標の全データの標準偏差をX軸、Y軸方向の径として描いた範囲。
- ・注視方向：直前の注視点からの水平(X軸)、垂直(Y軸)移動量によって決定される上下・左右への注視点の平均移動方向。
- ・注視対象：建物、建物群、自然系など俯瞰画像を構成する具体的な景観構成要素。
- ・注視領域：俯瞰画像上に設定された近景・中景・遠景の3つの領域

2. 研究対象の選定と研究方法

2-1. 視点場の選定

本研究では、現代的な都市の姿を持つ代表都市である東京都を空間的な範囲とし、東京スカイツリーの展望台を視点場として設定した。また、その視点場から見えるシーン景観としての様々な地域の景観を都市俯瞰景観として取り扱う。視点場の選定理由を以下の3つに示す。

①近距離に高層ビルが林立していないことで、より大きな展望範囲を持つことが予想されること。また、臨海地ではないことで被験者の注視特性へ影響しないこと。

②展望範囲が360°であることで方位により多様な景観変化を体験することができる展望台であること。

③多くの人が訪れ^{注7)}、公共性の高い視点場であること。

2-2. 俯瞰画像の作成と調査範囲

東京スカイツリーにおける俯瞰画像の作成には、ウェブ上でアーカイブ形式に提供されていた画像データを用いた^{注8)}。その際、一年間の気象情報から視程距離が最も遠い日と時間を選定し画像を収集した^{注9)}。さらに、一定な高さの視点場から望める際の多様なシーン景観に対する被験者の注視特性を分析結果へ反映させるため、360°全方向に対し人の平均視野覚である60°ごとに分け6枚の俯瞰画像を作成した(図1)^{注10) 注11)}。

2-3. データの抽出と分析方法

①2-2で作成された俯瞰画像に対するEMRを用いた被験者実験を行う。EMRの実験方法は既往研究を参考にする^{注12)}。なお、俯瞰画像の提示においては各シーン景観の特性による残像が被験者の注視傾向への影響を最小化するために、画像転換の間に5秒の間隔をおくシーン画像を提示した(表1)。

②被験者の条件として裸

表1 実験手順			
実験準備	実験内容や俯瞰画像の提示順番		所要時間
	実験説明 EMR装着及びキャリブレーション 黒スクリーン(スタートサイン)		約10分
本実験	1	A画像	40秒
	2	黒スクリーン	5秒
	3	D画像	40秒
	4	黒スクリーン	5秒
	5	B画像	40秒
	6	黒スクリーン	5秒
	7	E画像	40秒
	8	黒スクリーン	5秒
	9	C画像	40秒
	10	黒スクリーン	5秒
	11	F画像	40秒
	12	黒スクリーン	5秒
合計			約15分

眼あるいはコンタクトレンズ使用者とし、20代の大学生9人(男6、女3)を対象に行う。その中でデータとして分析可能な6人のデータを本研究では扱う^{注13) 注14)}。なお、実験により得られた被験者の注視特性を含めた総36件の映像データを画像ごとに前後(5秒)をカットし30秒分のアイマークデータを得る。さらに、得られたアイマークデータの中、0.2秒以上停留するデータのみ抽出し注視点として収集する^{注15)}。

図1 実験に用いた6つの俯瞰画像

③②で36件の映像データから得た計1,559個の注視点データおよびその属性(注視点の座標、時間)を元に各章ごとに注視特性の分析を行う。また、被験者実験は東京スカイツリーの天望デッキで実際の景観を対象に行うことが理想である。しかし、基礎的な実験として複数の被験者に対して同じ環境を繰り返し提供することが可能な方法としては、既往研究¹⁾から確立している実験方法が適切であると判断し、本研究では再現画像を用いた実験を行った。実験の際にはスクリーンの大きさと被験者との距離を計算し、現場で望む際の俯瞰景観に対する遠近感を考慮した。

3. 注視点の分布特性

3-1. 注視点の全体分布

図2は、全俯瞰画像における被験者の1,559個の全注視点データを重ね、水平(X)の画角を60°、垂直(Y)の画角を36°に全注視点の座標値を示したものである。被験者全員分の注視点を客観的に比較可能にするため、EMR上の被験者毎の注視画像に対する位置、角度のズレなどを統一する座標補正を行い、GISソフトArcMapの一般図の同一座標系に注視点をプロットし示したものである。これより、注視点は画像全体に対し分散しているのがわかる。これは俯瞰景観以外の既往研究²⁾³⁾で指摘されているような、注視点とその景観における消失点の周辺に集中するという傾向を持たず、俯瞰景観全体に

図2 全俯瞰画像に対する全注視点の分布

布していることがわかる。

3-2. 注視範囲

図3は平均注視点^{注16)}を中心としてX、Y両軸の注視点の標準偏差をそれぞれX、Y方向の径とした楕円として平均注視範囲を求めたものである。各俯瞰画像に対してX軸方向の偏差が14.9～18.2度、Y軸方向の偏差が7.5～9.1度と、X軸の偏差がY軸より大きい、右・左への楕円形に注視範囲が形成されている。また、各俯瞰画像ごとに平均注視点の位置が異なっているが、F画像以外すべてX軸より上に位置している共通性が見られる。

図3 平均注視点と標準偏差

3-3. 注視方向

3-2章で確認できた楕円形の注視範囲に対し、さらに注視点の移動方向の分析を進め、注視傾向を明らかにする。分析データとして、各俯瞰画像における各被験者の全体注視点のX、Y座標の移動距離の差を用いる。図4はX、Y座標データの上下・左右の移動量から、注視点の移動方向を抽出した例(被験者2、画像D)である。こうした方法で、6つの俯瞰画像に対する全被験者6人分の全体の平均移動方向の割合を出したのが表2である。

これより、注視点は全画像共通して上・下方向より左・右方向への移動が多いのがわかる。すなわち、俯瞰注視の傾向として、3-2章で明らかになった楕円形の注視範囲にさらに水平方向への視野の広がりを持つ特徴が付けられる。

なお、注視距離と関係する注視点の上・下移動方向に関しては、移動方向割合の平均値が下より上の方が大きいことと、その分散値が小さいことから、全被験者の注視点が上の方に動いているという

①注視点の移動量計算から移動方向の決定

NO	注視点番号・座標		注視点移動量		移動方向
	X	Y	dX	dY	
1	-18.3	1.3	5.1	-5.9	下
2	-24.9	4.4	-6.6	3.1	左
3	-17.5	2.3	7.4	-2.1	右
4	-5.8	0.7	11.7	-1.6	右
5	-13.8	0.5	-8	-0.2	左
6	-7.6	0.2	6.2	-0.3	右
7	-1.2	0.6	6.4	0.4	右
8	8.1	-2.6	9.3	-3.2	右
9	1.5	0.3	-6.6	2.9	左
10	-4.6	0.3	-6.1	0	左
11	18.8	-16.3	23.4	-16.6	右
12	16.9	-15.5	-1.9	0.8	左
13	9.8	-3.5	-7.1	12	上
14	5.8	1.7	-4	5.2	上
15	7.2	7.2	1.4	5.5	上
16	3.5	1	-3.7	-6.2	下
17	-1.6	1.3	-5.1	0.3	左
18	-6.7	0.8	-5.1	-0.5	左
19	7.2	8.7	13.9	7.9	右
20	13.9	11.7	6.7	3	右
21	9	11.5	-4.9	-0.2	左
22	14.1	11.8	5.1	0.3	右
23	12	11.7	-2.1	-0.1	左
24	16.8	11.9	4.8	0.2	右
25	17.2	12.8	0.4	0.9	上
26	10.1	10.6	-7.1	-2.2	左
27	-1	2.4	-11.1	-8.2	左
28	-6.5	0.8	-5.5	-1.6	左
29	-11.2	0.7	-4.7	-0.1	左
30	-16.9	2.4	-5.7	1.7	左
31	-20.9	4.6	-4	2.2	左
32	-25.8	2.8	-4.9	-1.8	左

②移動方向を割合にまとめる。

画像	方向	被験者 2	
		回数	割合
D	上	4	12.5
	下	2	6.3
	左	16	50
	右	10	31.3

※ dX: 直前の注視点からの水平方向移動量 (X 座標値の差)
 ※ dY: 直前の注視点からの垂直方向移動量 (Y 座標値の差)

図 4 注視点の移動方向の分析例 (被験者 2、D 画像)

表 2 注視点の平均移動方向

方向	A	B	C	D	E	F	平均(分)
上	16.72	16.18	15.62	16.62	10.93	15.03	15.18(4.74)
下	7.78	12.62	14.32	15.52	10.12	13.72	12.35(8.35)
左	38.57	37.02	31.93	35.05	39.97	36.1	36.44(7.94)
右	36.88	34.18	38.12	32.8	38.97	35.15	36.02(5.67)

共通の傾向があるといえる。つまり、俯瞰景観に対しては近景から遠景の方に視野の広がりを持つ特徴もあると言える。

3-4. 注視領域別の注視回数

3-3 章で明らかになった遠景の方への視野の広がりがある注視傾向について詳細に分析するために、全注視点データより、画像上に設定した各対象領域別の注視データを集計する。領域設定においては、注視点が集中すると予想される部分を中景領域¹⁷⁾として 3-2 章での各俯瞰画像における平均注視点の平均値を全体平均注視点として抽出し、その Y 座標値の標準偏差を中景領域として設定する。

平均注視点の座標	A	B	C	D	E	F	全体平均注視点
X	-0.48	-0.77	-0.28	-2.86	0.52	-2.88	-1.13(1.42)
Y	3.30	0.89	1.64	2.56	2.91	-0.94	1.73(1.57)

図 5 全体平均注視点の位置と中景領域の範囲

結果、全体平均注視点は X 軸より上に位置し、その Y 座標値は 1.73 ± 1.57° になり、0.16° ~ 3.30° の約 3° 範囲が中景領域になっている (図 5)。

さらに、中景領域を基準に画像上の遠近感により成立される上方の部分の遠景領域、下方の部分の近景領域として設定し、注視データを集計した。その結果、F 画像以外の全ての画像において全体注視回数の半分以上が X 軸より上方である中景・遠景領域が占めていることがわかる。なお、各領域に対する注視回数は中景領域 (0.92) が最も多く、次に遠景領域 (0.76)、近景領域 (0.65) の順に多くなっており、この中景領域から遠景領域が地上 350m からの俯瞰景観における最も重要な領域であると言える (図 6)。

注視領域		注視回数							注視回数密度 (全体注視点数/面積)	
領域名	面積(度)		俯瞰画像ごとの注視点数(個)							全体 (個)
	Y画面範囲	面積	A	B	C	D	E	F		
①遠景領域	14.7	882	136	106	111	113	124	85	675	0.76
②中景領域	3.14	188.4	22	27	34	33	26	32	174	0.92
③近景領域	18.16	1089.6	98	112	136	116	95	153	710	0.65
合計		2160	256	245	281	262	245	270	1559	0.72

図 6 俯瞰画像及び被験者ごとの注視点数

3-5. 小括

注視点の分布特性から俯瞰景観における注視傾向として以下の点が明らかになった。

- ・消失点の有無に関わらず、注視点が画像全体に対し分散する傾向がある。
- ・被験者は左・右の水平方向に見ながら注視する特徴がある。
- ・被験者は中景・遠景領域のように、より遠い領域を注視する傾向がある。

4. 注視対象の抽出と注視傾向

本章では、画像全体に対し分散されていた注視点の中で何を見て景観を認知しているかを把握するために、各俯瞰画像における視認性が高い景観要素 (以下、注視対象) の抽出に注目して分析を進める。その注視対象の抽出課程と分析の流れを図 7 に示す。なお、注視対象の抽出課程と分析例を図 8 に示す。

図 7 注視対象の抽出と分析の流れ

4-1. 景観要素の分類

俯瞰画像における 2 度おきの各セル¹⁸⁾の特徴を検討し〔建物系〕、〔建物群系〕、〔自然系〕、〔IS (インフラストラクチャー) 系〕、

〔OS(オープン・スペース)系〕、〔遠景都市〕、〔その他〕に分け景観要素として取り使う(図8の①)^{注19)}。

4-2. 俯瞰画像の構成特徴

4-1章で分類された景観要素を用い、各俯瞰画像に重ね合わせたまとめり分布図を作成した(図8の②)。これにより、各俯瞰景観のまとめりの景観要素の割合が可視化できた。まとめりの多くは景観要素の分類により領域が形成され、主に都心部における景観特徴である建物、建物群に景観テクスチャが形成されている。各画像に

表3 各俯瞰画像における景観要素の構成割合

景観要素	A	B	C	D	E	F	割合(%) (n=3240)
建物	0.296	0.172	0.317	0.352	0.200	0.098	23.92(775)
建物群	0.300	0.431	0.352	0.372	0.559	0.337	39.20(1270)
自然	0.172	0.172	0.217	0.187	0.139	0.319	20.09(651)
IS系	0.085	0.076	0.035	0.037	0.043	0.119	6.57(213)
OS系	0.031	0.009	0.015	0.007	0.006	0.019	1.45(47)
遠景都市	0.107	0.139	0.065	0.041	0.050	0.109	8.52(276)
その他	0.007	-	-	0.004	0.004	-	0.25(8)

おける景観要素ごとの割合を表3に示す。

4-3. 注視対象の抽出と特性

4-3-1. 共通注視量によるメッシュ分析

注視特性を可視化するために注視点データに対する共通注視量によるメッシュ分析を行う。共通注視量は、単位を持たない値であり、この値は実験時間や被験者数のによって左右するため絶対的な意味を持つ指標ではない。ただ、他のセルとの比較によって意味を持つ相対量である。つまり、この値が全体の中で高い場所は「被験者に共通して見られやすい」場所を示す、低いものは「被験者に共通して

$$i \text{ の共通注視量} = \frac{i \text{ の注視時間}}{\text{注視時間}} \times \frac{i \text{ の注視人数}}{\text{被験者数}} \times \frac{i \text{ の注視頻度数}}{\text{注視頻度数}}$$

- ・i: 各セルの番号
- ・iの注視時間: セルiに対する注視時間の合計
- ・iの注視人数: セルiに対して注視した被験者人数
- ・iの注視頻度: セルiに対する注視点の数
- ・被視時間: 30秒
- ・被験者数: 6人
- ・総注視頻度数: 256(A)、245(B)、281(C)、262(D)、245(E)、270(F)

図9 各セルの共通注視量の計算式

①景観要素の分類

②画像別の景観要素の構成図作成

見られ難い」場所であることを表す。この計算式(図9)によって分析したメッシュデータの例を図8の③に示す。

4-3-2. 注視面積と注視対象の抽出

各俯瞰画像における人の注視領域を面積として、セル単位の共通注視量を求めた結果、平均 $32.5 \pm 2.9\%$ になっている。さらに、注視面積の中で、共通注視量の値が全体の中で高いセルが「被験者に共通して見られやすい」ところであることから画像ごとに共通注視量が高いほう30%のメッシュのみ抽出する。また、抽出されたセルを図8の②と重ね合わせ各セルの特性を把握し、景観要素としての注視対象を抽出する。その結果、得られた注視対象の例が図8の④である。

4-3-3. 注視対象の特性

4-3-2で抽出した各セルの景観要素に対する注視対象の割合をまとめた(表4)。これは、俯瞰画像ごとに注視領域内で被験者がより共通して見ている注視対象の割合の傾向である。建物群系(31.7%)と建物系(29.4%)

③注視対象セルの抽出

④景観要素として抽出された各セルの特性把握

図8 俯瞰画像の景観まとめりの特性とメッシュ分析による注視対象の抽出課程の例(俯瞰画像D)

の順に大きく、両者合わせて全体注視対象の60%以上を占めており、俯瞰画像において、都心部景観特徴における主な景観要素であるためである。それら以外の景観要素から注視対象を見てみると主な注視対象は自然系(14.0%)と遠景都市(9.3%)であった。

また、注視対象における共通注視量の平均値を見ると(表5)、建物系(2.115)、遠景都市(2.085)の順に共通注視量が大きくなっている。これは、俯瞰画像における景観要素の中でも、建物系の特徴である^{注20)}、周囲と比べ非常に高く、大きく、象徴的なところに対し、視認性が高く見られる所を共通して注視することと、3章で明らかになった遠景の方により注視する特徴に起因していると考えられる。

表4 各俯瞰景観における注視対象の割合

景観要素	A	B	C	D	E	F	割合(%) (n=344)
建物	0.310	0.269	0.400	0.392	0.268	0.129	29.36(101)
建物群	0.190	0.269	0.308	0.412	0.393	0.339	31.69(109)
自然	0.121	0.154	0.123	0.157	0.036	0.242	13.95(48)
IS系	0.086	0.135	0.031	—	0.143	0.161	9.30(32)
OS系	0.103	0.019	0.031	—	—	—	2.69(9)
遠景都市	0.190	0.154	0.108	0.020	0.143	0.129	12.50(43)
その他	—	—	—	0.020	0.018	—	0.58(2)

表5 注視対象における共通注視量の平均

景観要素	A	B	C	D	E	F	平均
建物	2.087	2.187	1.931	2.314	2.202	1.970	2.115
建物群	2.079	2.006	1.884	2.204	1.965	1.949	2.015
自然	2.293	2.205	2.061	2.251	1.684	1.918	2.069
IS系	1.850	2.163	1.956	—	1.968	1.871	1.635
OS系	1.921	2.952	1.607	—	—	—	1.080
遠景都市	2.021	2.185	1.932	2.319	2.050	2.004	2.085
その他	—	—	—	2.865	1.921	—	0.798

4-4. 俯瞰画像の景観構成特徴と注視対象の関係

表6は俯瞰画像の景観構成要素の割合と注視対象の割合の差を計算したものである。各割合の差が関係性の高、低を示している。つまり、陰の数値を持つ項目は注視対象の割合が、景観構成要素の割合と関係性が低いことから、それらの項目をより見ていることを示している。

全俯瞰画像共通して主な注視対象は建物系である。さらに、遠景都市(A、B、C、E、F)、IS系(A、B、E、F)、OS系(A、B、C)をより注視している。一方、俯瞰画像の主な景観テクスチャを構成していた建物群や自然系の要素はその割合と比べ、少なくなっていることが特徴であった。つまり、被験者はそれぞれの俯瞰画像における河川や建物群など主に俯瞰画像テクスチャを構成していた景観要素構成の割合とは関係なく、周囲と比べ非常に高く、大きく、象徴的どが見られるなどの景観要素に対し視線が選択しながら注視する傾向があるといえる。

表6 俯瞰画像の景観構成と注視対象の関係

景観要素	A	B	C	D	E	F
建物	-0.014	-0.097	-0.083	-0.040	-0.068	-0.031
建物群	0.110	0.162	0.044	-0.040	0.166	-0.002
自然	0.052	0.018	0.094	0.030	0.103	0.077
IS系	-0.001	-0.059	0.004	0.037	-0.100	-0.043
OS系	-0.072	-0.010	-0.016	0.007	0.006	0.019
遠景都市	-0.082	-0.015	-0.043	0.021	-0.093	-0.020
その他	0.007	—	—	-0.016	-0.014	—

4-5. 小括

それぞれ違う画像の構成要素を有する6つの俯瞰画像における注視対象を抽出し、共通する注視傾向として以下の点が明らかになった。

- ・俯瞰画像を構成する景観要素の割合と注視対象としての景観要素の割合は比例しない。
- ・注視対象に関しては、建物系と遠景都市の順に共通注視量が大きいことから、周囲から導出して、高い建物系(群)を注視する傾向がある。

5. 俯角と注視傾向

本章では、4章で導出した注視対象のセルを俯瞰画像における俯角と3-4章で算定された領域に分け、注視対象の数の割合と共通注視量から注視傾向を求める。分析データとして、俯瞰画像上の横方向の30個のセルの平均値を2度おきに導出し、俯角ごとに示したデータを用いる。その際の画像上の俯角設定方法を図10に示す。

図10 俯瞰画像の俯角設定方法^{注21) 注22)}

5-1. 俯角の変化による注視対象数の特性

表7は注視対象の数の俯角別の割合を示したものである。注視対象数の割合の平均は3つの領域においては遠景領域が最も高く、近景より中景と遠景領域に注視対象となるものが多い。また、近景から遠景の方に、俯角が大きくなるほどその値は増加している。これは、俯瞰画像における注視対象となる物は遠景になるほどその数が増え、被験者はそれらを中心に見ている傾向があるといえる。

表7 注視対象の数の俯角別の割合(%)

俯角	A	B	C	D	E	F	平均
0以上	10.34	7.69	3.08	3.92	19.64	3.23	7.98
-2	10.34	5.77	13.85	11.76	14.29	11.29	11.22
-4	13.79	11.54	9.23	13.73	7.14	14.52	11.66
-6	13.79	17.31	4.62	5.88	5.36	3.23	8.36
-8	6.90	7.69	9.23	9.80	8.93	8.06	8.44
-10	8.62	3.85	10.77	15.69	10.71	11.29	10.15
-12	3.45	1.92	7.69	13.73	5.36	4.84	6.16
-14	8.62	7.69	12.31	7.84	—	6.45	7.15
-16	5.17	7.69	3.08	1.96	7.14	1.61	4.44
-18	6.90	5.77	4.62	3.92	7.14	3.23	5.26
-20	5.17	3.85	6.15	3.92	1.79	1.61	3.75
-22	5.17	5.77	6.15	1.96	5.36	6.45	5.14
-24	—	3.85	6.15	—	5.36	8.06	3.90
-26	—	3.85	—	—	1.79	8.06	2.28
-28	1.72	5.77	3.08	3.92	—	4.84	3.22
-30	—	—	—	1.96	—	3.23	0.86

□遠景領域 ■中景領域 ▨近景領域

5-2. 俯角の変化による共通注視量の特性

共通注視量に関しては、最も低くなっている近景の俯角-26の所をはじめ中景の付近までは継続的に増加し、中景・遠景の所では増減を繰り返している。全体的に見ると、遠景になるほど共通注視量の値は増加している傾向があると言える(表8)。これから、近景付近では被験者の個人差によって注視対象になる傾向があるが、中景・

遠景の、俯角が大きくなるほど注視対象を共通して注視する傾向があることがわかる。

表 8 俯角ごとの注視対象の平均共通注視量

俯角	A	B	C	D	E	F	平均
0 以上	2.047	2.119	2.019	1.985	2.088	2.341	2.100
-2	1.941	2.481	1.952	2.293	2.071	2.017	2.126
-4	2.041	2.099	1.857	2.314	1.865	2.020	2.033
-6	2.233	2.167	1.775	2.101	2.318	1.576	2.029
-8	2.187	2.454	2.375	2.389	2.100	1.977	2.247
-10	2.047	2.089	1.985	2.239	1.933	1.916	2.035
-12	2.175	2.085	2.092	2.318	1.926	1.833	2.071
-14	1.962	1.962	1.858	2.161	-	2.186	2.026
-16	2.206	2.326	1.746	2.473	2.321	1.488	2.093
-18	1.973	2.325	2.014	2.404	2.140	1.809	2.111
-20	2.178	1.890	1.729	1.933	1.921	1.926	1.929
-22	1.821	1.793	1.570	1.835	1.672	1.811	1.750
-24	-	2.360	1.905	-	1.863	1.744	1.574
-26	-	2.312	-	-	1.506	1.986	1.161
-28	1.731	1.734	1.566	2.797	-	2.031	1.972
-30	-	-	-	2.223	-	1.750	1.987

□遠景領域 ■中景領域 ■近景領域

5-3. 俯角変化による注視対象の数の割合と共通注視量の関係

図 11 は注視対象の数の割合と共通注視量の変化を角度別に示したものである。これからは、注視対象の数の割合の場合は最後のところは減少しているが^{注 23)}、それを除いて概ね遠景になるほど注視対象の数の割合と共通注視量がともに増加しているのが分かる。つまり、俯瞰景観における注視対象は俯角が大きくなるほどその数が増加し、さらにその注視対象を被験者が共通して見ている事が言える。これは、俯瞰景観においては遠景ほど注視の数は増えるが、しかし見られるものは特定の象徴的なものに絞られてくる傾向があることがいえる (図 12)。

図 11 俯角別の注視対象の数の割合と共通注視量

図 12 俯瞰画像における象徴的な注視対象の例 (俯瞰画像 E)

5-4. 小括

本章では注視対象に対し俯角変化によるその数の割合と共通注視量との関係から注視傾向の特徴として以下のことが明らかになった。

- ・注視対象数の割合と共通注視量はともに俯角が大きくなるほど増加する。
- ・俯瞰景観においては遠景ほど注視の絶対量 (数) は増えるが、しかし見られるものは特定の象徴的なものに絞られる。

6. まとめ

本研究では、東京スカイツリーにおける俯瞰画像を用いた景観体験分析より、都市俯瞰景観における注視傾向は以下の 2 点が明らかになった。

①注視点の分布特性からの注視傾向 (3 章)

俯瞰景観に対し被験者は左・右の水平方向への視野の広がりを持つことと、遠い領域をよく注視する傾向がある。

②注視対象の特性からの注視傾向 (4、5 章)

注視対象に関しては、周囲から導出して高い建物系 (群) を注視する傾向があり、それらに対しては遠景になるほど注視の絶対量 (数) は増えるが、特定の象徴的なものに絞られる。

これらの結果から、都市俯瞰景観の特徴として、水平方向に視野が広がる景観であることと、俯角が大きくなるほど共通して注視される象徴的な景観要素が存在することがわかった。今後の研究の課題としては、以上の本研究の成果を踏まえつつ、水平方向の視野の広がりを持つパノラマ景観に関して俯角と視点場の高さの関係による景観要素の把握特性を明らかにすることが考えられる。

注

- 注 1) 都市を俯瞰する昼間の眺望景観。本研究においては都心内の高い所から眺望される昼間の景観を言う。単に俯瞰景観や景観と言う場合もこれを指す。
- 注 2) 景観法第 2 条 1 項には、良好な景観は、美しく風格のある国土の形成と潤いのある豊かな生活環境の創造に不可欠なものであることにかんがみ、「国民共通の資産」として、現在及び将来の国民がその恵沢を享受するよう、その整備及び保全が図られなければならないと書かれて、景観として資産として規定している。
- 注 3) 参考文献 4) では東京タワーを事例として展望施設が持つ視点場の公共性について官民公共の役割と観光施設であると述べている。東京や世界的にも各国を代表する都市の景観は俯瞰景観としての都市景観に親しみたいという要望が多くなることは容易に考えられる。特に、本研究で取り扱っている東京スカイツリー展望台は都市の機能を維持する都市インフラとしての役割や新たな視点場の提供による観光資源と、周辺地域再生との連携する拠点として成長していくと予想されている。
- 注 4) 重要な視点場や視対象に対する景観評価やガイドラインの検討は盛んに行われており、学術研究としての報告も数多い。ただし、水平視や自然な見上げのパースペクティブによる景観構成の議論が多く、景観規制や誘導もこれに基づくものが多い。
- 注 5) 参考文献 15) では、ある景観を言う時、初めに頭に浮かぶのはいわゆる写真のような眺めであると言え、視点が固定されている眺めであり、時間的にも比較的短時間の現象であることをシーン景観の定義として示している。本研究においても、俯瞰景観に対する基礎的な知見を得るためにシーン景観を用いた実験を通じて、人間の視覚的刺激に対する一次的な生理的反応である注視傾向を把握することを目的とした。さらに、本文 2-3-③に示している理由からも、本研究は俯瞰画像を研究対象として採用している。
- 注 6) 本研究で扱う注視点とは、知花を参考に視点が 0.2 秒以上停留している点を注視点とみなす。参考文献 8)
- 注 7) 開業後の来場者数は注表 1 を参照。これは、参考文献 16) の東京スカイツリーホームページから抜粋・整理したものである。(2013.5.21 時点)。
- 注 8) 俯瞰景観の注視実験をするにあたって、その再現性と実験の効率を得るため

に本研究で
は参考文献
18)である
「SKYTREE
VIEW ソラ
マド」アー
カイブによる画像を使用した。本画像は天望デッキに設置された12台のデジタル一眼レフカメラが360度の眺望を定点撮影された画像データで、東京スカイツリー開業後1年間に撮影した写真が最短10分毎に更新され、24時間、365日、アーカイブとしてストックされていたウェブ・サービスである(カメラ設置高さ:地上350m、カメラレンズ:AF Nikkor 35mm f/2D、2013.5.15、担当者確認)参考文献19)。

本アーカイブの画像データを選んだ理由は以下のとおりである。

①時間軸にデータが蓄積され、気象条件に限らず、視野距離の最も遠い画像を得ることが可能であること。

②360°の全方向に同一時間と条件で撮影されたため、信憑性が高く、多様な画像サンプルを用いた実験が容易であること。

③カメラが天望デッキの地上350mに設置されており、撮影に用いたカメラレンズ(35mm)が人間の視野に相当する画角範囲(カメラCCD上の画角:対角線63度、横54度、縦38度)である。そのことで、来訪者が実際に体験できる俯瞰景観として再現性が高いこと。

注9) 晴、快晴な日の中、午前中(9:00～12:00)画像データとして選定された日の詳しい気象情報を注表2に示す。参考文献17)

注10) 俯瞰画像の収集と編集はAdobe社の「Photoshop CS5.1」を用いた。

注11) 参考文献11)では、景観評価における被験者の個人差が生じる要因として最も重要なのは、「被験者の属性の違いや評価項目の影響力の違いではなく、シーンから感じられる評価項目の違いであること」を示しており、それを参考に本研究では、俯瞰景観における景観要素の多様性に対する一般的な注視傾向を分析結果へ反映するための、同一撮影条件の6つのシーン景観を用いた実験を行い、得たデータを分析した。

注12) この実験の方法は参考文献1)に準拠している。EMRはNac社のEMR-9modelを使用した。EMRに装着された視野カメラのレンズは30度を用いた。

注13) 現実の都市空間におけるEMRを用いた実験を行った先行研究においても被験者数を10人程度としており、同一環境条件のもとで実験を行うことが可能なのは約5～10人以内と判断した(注表3参照)。

注14) 被験者の選定における個人差による注視特性への影響については参考文献10)で指摘している「日常的によく見慣れた要素に対しては注視点数と心理的評価との間に相関はみられないこと」を考慮し、以下の理由から専門的な建築教育を受けた学生を選んだ。

①各実験サンプルに対する知識が比較的少なく(各サンプルに過去に接したことがない)中立的に実験に参加できること。

②都内に5年以上居住し、都市景観に対する意識が比較的強く、実験結果がより明瞭になると判断される建築専攻の大学生であること。

注15) 実験の際に画像変化による残像と視線の不安定を考慮、得られた映像データの前後をカットした。なお、画像を見る時間は何段階か変えて同様に実験した結果である。40秒以上に関しては被験者のデータの変化による差が見られなく平準化になったため、本研究では40秒間の投影を採用した。得られた注視点データ数を注表4に示す。

注16) 30秒間の注視点の平均値

注17) 参考文献15)では視線が集中する領域を中心領域と呼び、俯瞰景で眺める際の領域を分類している。本研究では、6つの俯瞰景観に対する平均注視点を中心としてそれらの標準偏差を6つの画像に対する共通の中心領域として設定し、それを中景領域として設定した。

注18) 被験者から見える景観要素として画像上の要素の大きさを検討しセルの一边

を2度とした。一つの俯瞰画像当たり540のセルになり、6枚の俯瞰画像、全3240セルを検討した。なお、各セルには左下の1番から右上の540までに番号を付け、4・5

章における注視対象の分析を進める。

注19) 景観要素を分類する際に扱った細項目を注表5に示す。

注20)4-1章で各セル画像を検討する際に、画像の特徴として「建物の一部分(壁、屋上)や周囲と比較し、非常に高く、大きい、特異な形をしている建物及び建造物」を建物系に分類した。

注21) 画像の中心線の俯角については、注8)で確認した撮影条件と同一環境(同一カメラ機種とレンズ、地上350m)とし、現場からカメラレンズの撮影中心線の俯角を1度ごとに再撮影した方法を通じて確認したものである。つまり、本研究で使う俯瞰画像の場合は俯角-13度の条件で撮影されたものであり画像の中心の俯角を-13とした。

注22) 俯角1°以上のデータは確認し山以外の空や曇を注視したことを確認し範囲以外のデータとして除いた。

注23) 注視距離が極めて遠くなる場合には、注視対象として明確に把握できるもの自体が減少し見えなくなる。そのため、注視対象の数が減少したものと推察される。

参考文献

- 李永恒、後藤春彦：車窓シークエンス景観の夜間注視特性に関する研究－アイマークレコーダを用いた東京都ゆりかもめ沿線地域の昼・夜間景観の比較、日本建築学会計画系論文集 第613号、pp143－150、2007.03
- 渡辺聡、後藤春彦、三宅諭、中村隆：商業地街路における歩行注視特性に関する研究－品川区戸越銀座商店街外のビデオ映像を用いた分析、日本都市計画学会学術研究論文集、No.36、pp769-774、2001
- 宮脇勝、藤原磨名夢：東京スカイツリーの眺望と視覚的影響アセスメントに関する研究、－理論上の可視域ZTVと視覚的影響ゾーンZVIの距離に着目して－、日本都市計画学会論文集、No.49-3、pp.747-752、2014.10
- 宮脇勝、岩田純：東京タワーから見た富士山の歴史的眺望保全に関する研究－東京タワーの歴史性と展望台から見た富士山への眺望景観アセスメント－、日本都市計画学会論文集、No.48-3、pp.1047-1052、2013.10
- 松本直司、石川翔一、杉本隆典：視点の高さ変化に伴う都市眺望景観の特性と魅力に関する研究、日本建築学会計画系論文集 第675号、pp1113－1119、2012.05
- 五十嵐且治、木下剛、田代 順孝：超高層住宅居住者の意識からみた俯瞰景としての公園緑地の評価、日本造園学会誌 第68巻5号、pp763－768、2005.03
- 藤井美沙、大井尚行、高橋浩伸：俯瞰夜景が与える魅力に関する研究－夜景としての評価、街としての評価、日本建築学会九州支部研究報告集 第47号、pp41－44、2008.03
- 知花弘吉：歩行者の注視傾向からみた空間把握に関する研究、日本建築学会計画系論文集 第520号、pp159－164、1999.06
- 横山広充、宮岸幸正：河川空間における初期眺望景観把握に関する研究－京都市内の河川空間からの眺望景観を対象として、日本建築学会計画系論文集 第683号、pp115－122、2013.01
- 西名大作、村川三郎、金華、大石洋之：中国・日本の被験者による地域景観の注視特性と評価構造に関する分析、日本建築学会計画系論文集 第557号、pp103-110、2002.07
- 横沢、乾正雄、中村芳樹：街路景観評価の個人差について、日本建築学会計画系論文集 第483号、pp55-62、1996.05
- 鈴木利友、岡崎基幸：地下鉄駅舎とその仮想現実空間における探索歩行時の注視と歩行行動の比較、日本建築学会計画系論文集、第555号、pp199-205、2002.05
- 田島学、朝倉博樹：アイマークレコーダーによる歩行者の注視特性に関する基礎的研究、日本都市計画学会学術研究論文集、No.18、pp151-156、1983.11
- 篠原修、樋口忠彦：自然地形と景観、土木学会年学講IV－82、1971
- 篠原修：景観用語事典、彰国社、1998
- 東京スカイツリー・プレスリリース：http://www.tokyo-skytree.jp/press/upload/20130522_1y.pdf、2013.05.22
- 気象庁気象統計情報：http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php、2013.05.10
- SKYTREE VIEW ソラマド：http://www.skytree-view.jp、2015.05.16
- ニコンホームページ：マルチカメラコントロールシステム、http://www.nikon.co.jp/profile/technology/field/skytree/index2.htm、2013.05.14

EYE FIXATION FEATURES OF CITYSCAPE SCENERY FROM HIGH ELEVATIONS

– A viewing experience analysis from Tokyo Sky Tree using Eye-Mark Recorder –

*Byoung-heun SHIN** and *Haruhiko GOTO***

* Grad. Stud., Dept. of Creative Sci. & Eng., Waseda Univ., M. Eng.

** Prof., Faculty of Sci. & Eng., Waseda Univ., Dr. Eng.

Recently, in order to increase the efficiency of land use, the Manhattanization of downtown areas has been underway. This trend has enabled numerous people who live in high-rises and experience the urban cityscape from above at a daily routine. In this regard, the analysis of the urban cityscape from a high elevation will play a pivotal role in evaluating the city and its landscape assets.

To address this issue, this study aims identify the characteristics of eye fixation of test subjects in order to lay a solid foundation for the urban cityscape analysis from a high elevation. More specifically, from the tendency of eye fixation, the distribution of point of gaze and a target of gaze were analyzed. To achieve this goal, six image samples obtained from Tokyo Sky-tree (350m) and an Eye-Mark Recorder (EMR) were used in order to understand the viewing experience of the urban cityscape from above.

Using the data obtained from the EMR experiment, the tendency of eye fixation was unveiled through two perspectives: 1) From the perspective the distribution of point of gaze, ranges of gaze, directions of gaze, and the number of gaze were discovered 2) The focal features urban cityscape and distance of these features.

The main conclusions of this study are as follows:

1. Subjects tended to view the urban cityscape from a high elevation in a horizontal manner and gaze into the distance rather than nearby.
2. From the aspect of visual focal points, subjects tended to focus on high-rise buildings or a group of high-rise buildings. More specifically the number of focal points increased as the distance of gaze increased and there was also a tendency to focus on symbolic buildings.

Based on the results of this research, a further study on the recognition of a panoramic urban cityscapes from various elevation is needed, especially focusing on the relationship between the gazing distance and elevation of eye fixation.

(2014 年 9 月 26 日原稿受理, 2015 年 5 月 8 日採用決定)