

Space Syntax理論を用いた 坂道の眺望景観評価に関する基礎的研究

工藤 智也¹・天野 光一²・押田 佳子³

¹正会員 盛岡市都市整備部市街地整備課
(〒020-0807 岩手県盛岡市津志田14-37-2, E-mail:kudoh-t@city.morioka.iwate.jp)

²フェロー会員 工博 日本大学理工学部社会交通工学科
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1, E-mail:amano.kouichi@nihon-u.ac.jp)

³正会員 農博 日本大学理工学部社会交通工学科
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1, E-mail:oshida.keiko@nihon-u.ac.jp)

坂道の魅力とは、歩いているときの空間体験と景色を眺める時の眺望感の違いにある。この眺望感とは、目に見えるだけではなく、ビルの裏側に広がる空間がもつ見晴らし感覚からも影響を受けていると考える。本研究では、空間のつながり方に着目し、Space Syntax理論を用いて、眺望感を定量的に捉える試みとして、人間の感覚に近いと思われる指標を選定し改善を行い、建物の高さを変更した仮想空間で検証した。その結果、遠景域に中高層の建築物が建つような都市部においては、Space Syntax理論の指標が眺望感を表す指標として有効であることを明らかにした。これにより、坂道歩行時と空間体験と眺望感の違いを定量的に捉えることが可能になった。

キーワード: 坂道, Space Syntax理論, 眺望景観, 景観評価

1. 研究背景・目的

坂道の魅力とは、移動の際に標高に伴い見通しが変化することにある。そのため歩行による空間体験と、立ち止まって景色を望む際の眺望感が大きく異なる。この「眺望感」とは、目に見える空間だけではなく、建物の裏に広がる空間が持つ「見晴らし感覚」からも強い影響を受けていると考える。

眺望の評価には、視覚的に分かりやすく計算が容易である天空率が用いられるのが一般的である。しかし、遠景域に高層建築物がある場合では、中景域に建っている低層建築物が観測者に与える眺望感への影響を扱うことはできない。そこで、Space Syntax理論¹⁾を用いて空間の繋がりに視点を置くことで、新たな眺望景観評価の知見を得ることを目的とする。

2. Space Syntax理論の解析方法と指標の意味

(1) Space Syntax理論の概要

Space Syntax理論(以下SS理論)は1980年代前半にロンドン大学のBill Hillierらによって開発された空間の相対関係に着目した空間解析手法である。現在では欧米を中心として世界各国で研究が進められ、英国では公共空間

や建築物の設計・デザイン評価や立地特性などに用いるなど実務的な場面にも応用が進んでいる。

このSS理論の分析の基本概念にはConvex SpaceとAxial Line、Isovistの3つが存在する。Convex Spaceとは、「一つのまとまった空間と認識できる、全ての内角が180°以下の最小空間」のことである。Axial Lineとは「視覚的に見通せる範囲を一本の直線で示したもの」であり、Isovistとは「ある点から見ることのできる範囲(可視領域)」のことである。Convex Spaceの指標は対象地区全体の空間構成の把握を目的としているが、Axial LineとIsovistは、ある点における空間認識を表す指標を持っている。本研究では一地点からの眺望感の把握を目的としているため、Axial LineとIsovistの概念を用いて解析を行う。

(2) Axial lineを用いた解析方法

Axial Lineを用いた指標ではIntegration Value(以下Int.V)を分析に用いる(図-1)。SS理論では、あるAxial Lineから別のAxial Lineに対する位相的な距離をDepthといい、解析エリア内にある他の全てのAxial Lineに対して測定した値(Mean Depth: 以下MD)からReal Relative Asymmetry(以下RRA)を求める(式-1)。このRRA値は他の地域との比較を可能にするためにMD値を標準化したものである。

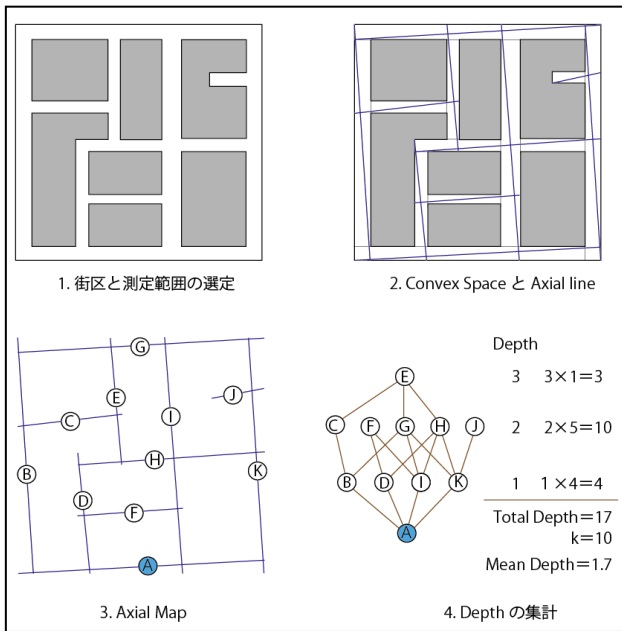


図-1 Axial 分析手順

$$RRA = \frac{(MD - 1)(k - 1)}{k \left\{ \log_2 \left(\frac{k + 2}{3} \right) - 1 \right\} + 1} \quad (1)$$

(k は Axial Line の総数)

さらに、RRA を感覚的に理解しやすいように逆数をとったものが Int.V である (式-2)。

$$Integration Value = \frac{1}{RRA} \quad (2)$$

Int.V が高い空間ほど、広く視覚的に見通しが利き、他の空間とのつながりが強いことになる。

(3) Isovist を用いた解析手法

a) Connectivity

Connectivity とは、グラフ上の任意の頂点から他の頂点と直接結ばれている頂点の数の中で、グラフ上のある一点からの視覚範囲を表す指標である (図-2)。値が高いほど、その点から見える範囲が広いことや多方面から見えることを意味する。本研究では測定範囲内で観測地点の可視域がどれだけの割合を占めているのかを求めるために「観測地点の Connectivity/全グリッド数」を Connectivity の指標として用いる。

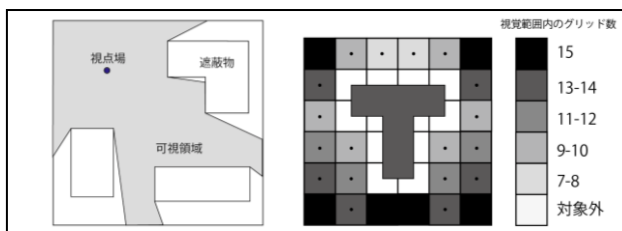


図-2 Isovist と Connectivity の概念図

b) Visual Step Depth

Visual Step Depth (以下 VSD) は任意の地点から別の地点まで移動する際に必要な首振り回数で、測定地点を 0 depth, 初めの位置からの可視域を 1 depth, その可視域から見える新たな範囲を 2 depth として計算していく (図-3)。本研究では、測定地点から全グリッドに対し必要な首振り回数を平均した数値を VSD として算出する。この値が小さいほど、測定地点から全地点を見る際に、あまり首を振らずに見ることができると、視覚的に見えやすい空間となる。

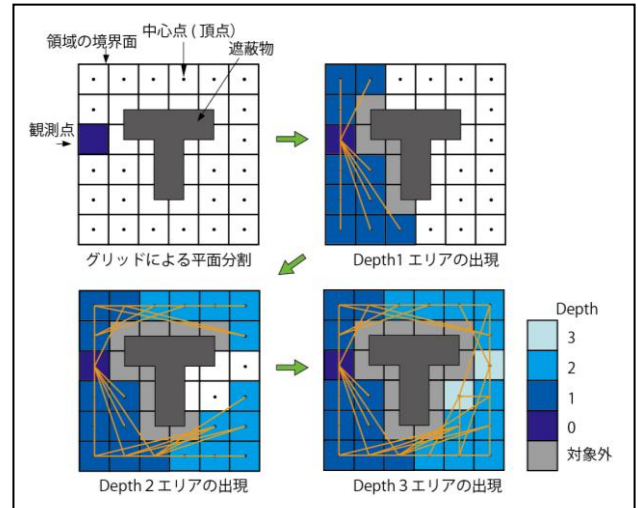


図-3 VSD の算出手順

c) Metric Step Shortest Path Angle

Metric Step Shortest Path Angle (以下 MSA) は、測定地点から任意の地点までの視線移動に必要な首を振る角度の合計をラジアンで表す。本研究では、測定地点から全グリッドに対し必要な首振り角度を平均した数値を MSA として算出する。この値が小さいほど、測定地点から見えやすい空間であることを意味する。

3. 各指標の測定方法と選定

(1) 研究対象地の選定

本研究では、良好な眺望が得られる東京都内の坂道の中で、遠景域に高層建築物が存在し、近景域には低層建築物が密集する坂道を対象とした。以下に対象地を示す。

- ① 目白台「富士見坂」(東京都文京区)
- ② 日暮里「富士見坂」(東京都荒川区)

目白台「富士見坂」は、近景域は低層住宅街になっており、中景域に神田川沿いの高層マンション群を、遠景域に新宿区の高層建築群を望むことができる。坂の全長 130m, 高低差 16m となっている。日暮里「富士見坂」は、現在でも富士山を望むことができる坂である。近景域は低層住宅街になっており、中景域には高層マンショ

ン群が存在する。坂の全長 125m, 高低差 12mとなっている。

(2) 指標の測定方法

a) SS理論を用いた測定方法

本研究では、坂道からの眺望景観の評価を行うためにSS理論に基づく解析ソフトウェア Depthmap⁽¹⁾を用いて、Int.V, Connectivity, VSD, MSAの指標を分析する。坂道において景色を眺める際の視線は水平方向とする(写真-1)。歩行時の視線の向きは斜面に対し平行に進むと仮定し、水平方向と視線移動方向(写真-2)の二種類の視線方向で測定を行う。人の視線高を1.5mと仮定し、標高と建築物を高さ2mおきに階層分けした⁽²⁾。坂道歩行時での視線の向きを基に、視線が交差する建物並びに地形による不可視域を遮蔽物として計測する(図-4)。等高線と街区は国土地理院発行1/2500地形図より把握した。建築物の高さは、等高線の間隔と同様に4mおきに表示し、測定地点の標高+2mの建物を表示する⁽³⁾。また、既存研究⁽²⁾より歩行容認距離を600mとし、分析を行う際の測定範囲は坂の上から前方600m、側面は各100m(坂の路幅4m+200m)とした。

b) 天空率の測定方法

樹木や電柱などは測定対象から除外し、標高ごとに撮影した写真を基に天空率を求める。樹木や電柱などで眺望が阻害されている場合は、別の角度から撮影した写真を基に空所の面積を測定し、写真全体の面積で割った値を天空率として扱う。

(2) 指標の評価と選定

a) SS理論の指標の選定

測定結果を表-1, Depthmapによる解析例を表-2に示す。Connectivity, VSD, MSAの分析では全グリッドの間隔を4mとした。Axial分析では計算するdepthの範囲の限定の仕方によってGlobalとLocalの指標が存在するが、既存研究^{(3) (4)}より歩行者との相関関係が知られているLocal-Int.Vを算出する。



写真-1 水平方向（目白台「富士見坂」標高24m地点）



写真-2 視線移動方向（目白台「富士見坂」標高24m地点）

図-4 目白台富士見坂の断面図と視線のイメージ図

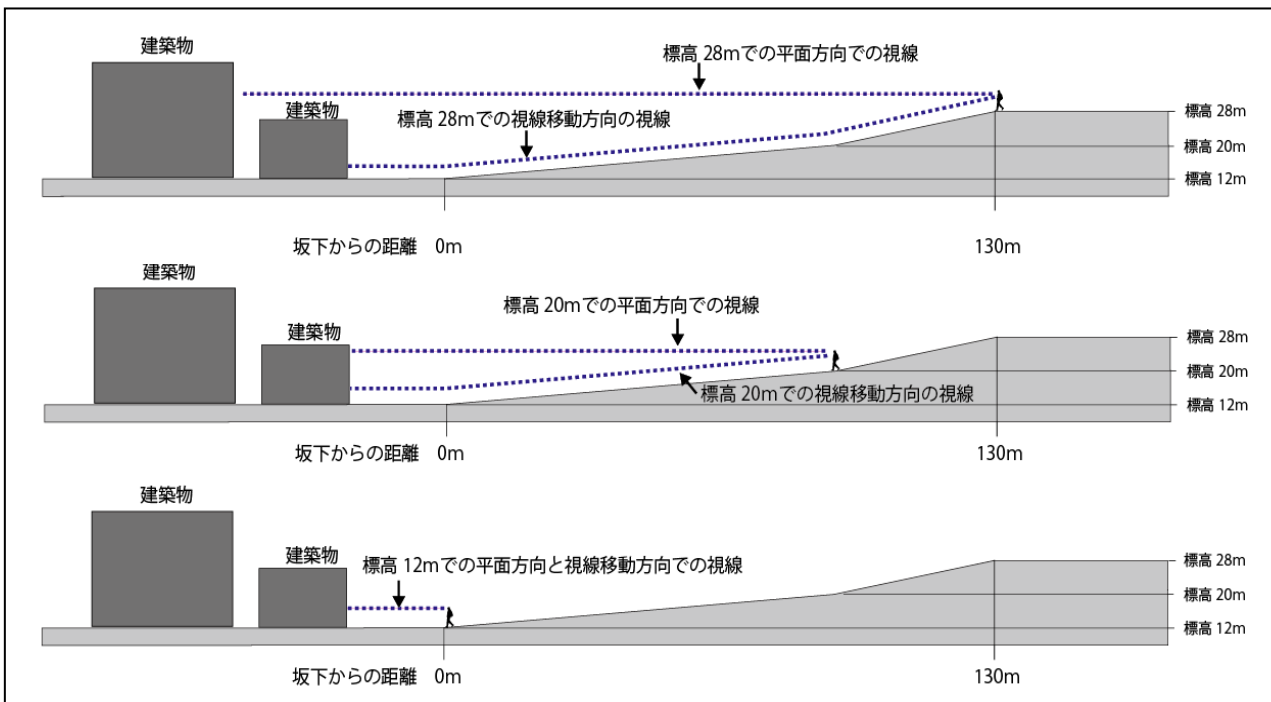


表-1 標高ごとの測定値

標高	天空率(%)		Int.V		connectivity		VSD (depth)		MSA(rad)	
	水平方向	視線移動方向	水平方向	視線移動方向	水平方向	視線移動方向	水平方向	視線移動方向	水平方向	視線移動方向
28m	20.1	8.7	1.512	2.386	0.384	0.023	1.662	4.415	0.125	1.641
24m	31.5	1.6	1.536	2.406	0.228	0.016	1.910	4.547	0.250	1.805
20m	21.0	2.6	1.625	2.413	0.055	0.020	2.376	4.616	0.403	1.808
16m	16.2	3.9	1.945	2.458	0.011	0.013	3.675	4.827	0.822	1.893
12m	13.9	13.9	2.139	2.141	0.027	0.027	4.762	4.761	1.871	1.871

表-2 各指標の意味と Depthmap による解析図

測定値の意味	標高24m地点、水平方向の解析図
Int.V 測定値が高い空間→視覚的に見通しが利き、他の空間とのつながりが強いことを意味する	
Connectivity 測定値が高い空間→見える範囲が広いことや多方面から見えることを意味する	
VSD 測定値が低い空間→測定地点から頭の角度を変えずに見ることができる、視覚的に見えやすい空間	
MSA 測定値が小さい空間→VSDと同様に測定地点から、視覚的に見えやすい空間	

Int.V は数値が高いほど、他空間との視覚的繋がりが大きい空間を示すが、測定結果では標高が下がるにつれて数値が増加している。これは空間の大きさに関わらず、一本の Axial Line が引かれるため、遮蔽物の無い広い空間も、建築物に挟まれた狭い空間と同様の空間と認識されていると考えられる。また、Connectivity は測定地点周辺の土地利用形態によって数値に大きな影響を受けていると考えられる。このことから Int.V と Connectivity の指標は眺望感を必ずしも反映しているとは考えられないため、指標として除外する。一方で、水平方向での VSD、MSA は標高が下がるにつれて、増加する傾向が見られる。そのため観測者が坂を移動していき際の「眺望感」を数値化することができていると考えられる。視線移動方向での VSD、MSA の測定は、勾配のない道を歩行している状況と変わらないため、前方の建築物に近づくにつれて緩やかに減少している。そのため「眺望感」ではなく歩行者の「空間体験」を数値化していると考えられる。

b) 天空率の評価

天空率の測定結果では測定地点の側方が建築物が空き地かによって、水平方向、視線移動方向ともに大きな差が生じている。そのため眺望感を表す指標として有効ではないと考えられる。

4. 指標の改善と検証

(1) VSD 値, MSA 値の指標の改善

以上のように VSD, MSA では測定地点からの眺望感を示すことができると考えられるが、2回以上曲がらなければ見ることのできない空間 (depth3 以上) は、眺望感に対する影響がほとんど無いと考える。より感覚に近い指標とするために、視覚的距離の遠い空間から受ける影響を取り除く必要が生じる。そこで、坂道を歩行しているときの眺望感、下っていく過程で減少していき、全ての建築物に視線が遮断される地点に達したときに、眺望感は一定になるとの仮設のもと、日暮里「富士見坂」を加え従来の測定方法と以下の3つのパターンで検証を行った (表-3, 表-4)。

- depth3 以下の VSD のみを扱い、depth4 以上の空間は無いと考える。
- depth3 以上の数値を depth3 に統合して扱い、その平均値を算出する。
- depth2 以下の数値のみを用いて、depth3 以上の空間を無いと考える。

表-3 目白台「富士見坂」の各 VSD

標高 (m)	平均値 (depth)	depth3までの平均値 (depth)	depth3に統合	depth2までの平均値 (depth)
28m地点	1.662	1.661	1.662	1.653
26m地点	1.757	1.757	1.757	1.750
24m地点	1.910	1.910	1.910	1.895
22m地点	2.018	2.018	2.018	1.903
20m地点	2.376	2.353	2.363	1.924
18m地点	3.179	2.592	2.759	1.956
16m地点	3.675	2.741	2.917	1.891
14m地点	4.871	2.625	2.913	1.902
12m地点	4.762	2.459	2.841	1.847

表-4 日暮里「富士見坂」の各 VSD

標高 (m)	平均値 (depth)	depth3までの平均値 (depth)	depth3に統合	depth2までの平均値 (depth)
20m地点	1.956	1.898	1.954	1.756
18m地点	2.298	2.047	2.245	1.885
16m地点	2.355	2.125	2.289	1.924
14m地点	4.475	2.433	2.884	1.864
12m地点	4.400	2.474	2.893	1.709
10m地点	4.545	2.470	2.927	1.781
9m地点	3.914	2.542	2.900	1.814

depth3 以上の数値を depth3 に統合して扱い、その平均値を算出する方法では、両坂とも数値の増減が一緒であり、かつ仮説通りの数値となった。このため眺望感を示す指標として最適だと判断する。今後は③の指標を VSD (改) として用いる。MSA に関しても、視覚的距離の遠い空間から受ける影響を取り除く必要があるため、一回の首振りで見ることのできる範囲 (depth2) 内での MSA 値のみを扱うことし、今後 MSA (改) として用いる。

(2) 建築物の高さ変更による指標の検証

(1) で行った数値の信憑性を高めるために、建築物の高さを変更した仮想空間での検証を行う。日暮里「富士見坂」を対象とし、写真から樹木を取り除いたイメー

シ図を作成し、高層建築物を仮想的に配置する。現在の富士見坂は、遠距離には高層建築物が見え、近距離に低層住宅が密集している(写真-3)。検証では現状と天空率が変わらない範囲で建築物の形状を変えたパターンと、天空率が変わる範囲で建物の高さを変えたパターンを2つずつ、計4パターンで高さ変更を行った。測定結果を表-5にまとめる。

パターン1では完全に視線を遮る形で建築物を配置した。現状と比較すると、圧迫感がある。天空率は変わらないが、VSD(改)は0.679depth、MSA(改)は0.258rad増加している。パターン2ではパターン1の建築物に隙間を空けた。VSD(改)・MSA(改)の値は現状に比べて、増加しているが、増加量は0.19depth、0.028radとパターン1より小さい。これは建築物の裏側に空間が存在することを認知できるためだと考えられる。

パターン1、2の様に、現在の眺望から天空率の変わらない範囲で、遠距離の建物の高さを変更した場合、水平方向でのVSD(改)、MSA(改)ともに数値の変化

が見られる。このことから、天空率が変わらない場合VSD(改)、MSA(改)値に優位性があると考えられる。

パターン3では、現在の眺望から天空率が変わる範囲で建築物を高くした。VSD(改)、MSA(改)の増加量は0.044depth、0.009radでありパターン1、2よりも小さい。これはパターン1に比べ建築物の後ろに広がる空間を容易に認識できるからであり、人間の感覚に近い値であると考えられる。しかし眺望感は建物の高さに依存すると思われるため、人間の感覚を正確に数値化するためにはSS理論の指標と天空率を合わせて用いることが最適だと捉える。

パターン4では現在の眺望から天空率が変わる範囲で、観測点から直近の建物の高さを変更した。現状よりも圧迫感を感じるが、VSD(改)、MSA(改)の増加量は0.001depth、0.008radと微量であった。よって側近の建築物の高さが変化した場合は、SS理論の指標よりも天空率の方が優位にあると考えられる。



写真-3 日暮里の富士見坂

(3) 現状調査

これらの結果を踏まえて、現状で再度VSD(改)、MSA(改)の測定を行う。表-6は目白台「富士見坂」の標高28m、20m地点の写真と天空率であり、表-7はVSD(改)、MSA(改)の測定結果である。

水平方向は標高が下がるごとに視線と交差する建築物が増加すが、標高20m地点の天空率は最も眺望感が得られる標高28m地点より0.1%増加している。一方でVSD(改)は0.714depth減少し、MSA(改)も0.318rad

表-5 建築物の高さ変更に伴うSS理論の指標の検証

	現状	変更パターン1	変更パターン2	変更パターン3	変更パターン4
イメージ図					
変化内容	・近距離に低い建築物が密集し、高層ビル群が遠い距離にある	・現在の眺望から天空率が変わらない範囲で、近距離の建物の高さを変更 ・完全に視線を遮る形で建物が建っている場合。空間が二分されている	・現在の眺望から天空率が変わらない範囲で、近距離の建物の高さを変更 ・パターン1の建築物の後ろに空間があることを認知できるようにする	・現在の眺望から天空率が変わるように、近距離の建物の高さを変更する ・一つの高層建築物があるだけで、建築物の後ろに空間があることが容易に認識できる	・現在の眺望から天空率が変わるように、測定地点の側近に高層建築物を設置する ・一つの高層建築物があるだけで、建築物の後ろに空間があることが容易に認識できる
天空率の変化	20.3%	20.3%	20.3%	19.1%	16.2%
VSD(改)	1.954	2.633	2.144	1.998	1.997
MSA(改)	0.290	0.548	0.318	0.299	0.298
考察	・近距離の建築物が低いため眺望感は良好である	depth1の領域が極端に減り、depth2の領域が増加したためVSDは上昇している。実際の感覚としても圧迫感があるため数値の上昇と人間の感覚は一致していると考え	建築物に隙間から、可視域が伸びたためにdepth2の領域が増加しVSD、MSAの変化は、パターン1に比べて極端に小さい。建築物の後ろに空間があることを認知できるため、観測者の感覚と数値は一致していると考え	VSD、MSAともに数値の変化は少なからずある程度は眺望感が確保されているため、実際の感覚と数値は一致していると考え	VSD、MSAともに数値の変化は少ない。しかし、建築物の存在は観測者の眺望感に大きな影響を与えていると考え

表-6 標高ごとの写真と天空率





水平方向	視線移動方向
 標高28m地点(天空率20.1%)	 標高28m地点(天空率8.7%)
 標高20m地点(天空率21.0%)	 標高20m地点(天空率2.6%)

表-7 目白台富士見坂の測定結果

標高 (m)	水平方向		視線移動方向	
	VSD(改) (depth)	MSA(改) (rad)	VSD(改) (depth)	MSA(改) (rad)
28m地点	1.662	0.174	2.813	1.641
26m地点	1.757	0.194	2.793	1.663
24m地点	1.910	0.255	2.868	1.805
22m地点	2.018	0.314	2.867	1.812
20m地点	2.363	0.492	2.856	1.895
18m地点	2.759	0.445	2.883	1.915
16m地点	2.917	0.512	2.902	1.956
14m地点	2.913	0.469	2.912	1.916
12m地点	2.841	0.586	2.841	1.871

減少している。VSD(改) MSA(改)の数値は標高16m地点までは減少し、麓の低層住宅にも視線が遮断されると一定になる。このことから、VSD(改) MSA(改)は天空率よりも景色を望む際の眺望感を的確に表していると捉える。

視線移動方向の天空率は測定地点ごとにばらつきがある。標高28m地点での天空率8.7%に対して標高20mでは2.6%となった。一方でVSD(改), MSA(改)の値は標高28mから12m地点まで大きな変化が見られず、ほぼ一定である。視線移動方向での眺望感は勾配のない道を歩行している状況と変わらないため、VSD(改), MSA(改)は天空率よりも歩行時の空間体験を数値化できていると考えられる。

5. 結論

(1) 結論

SS理論の指標を改良することにより、天空率では測れない眺望感(建築物の裏側に広がる空間を含む)を測定することが可能であると捉えられた。また、景色を眺める際の眺望感と坂道歩行時の空間体験の違いを示すことが可能であると捉えた。

本来、SS理論で分析できるのは二次元空間の奥深さ

であるが、視線の方向を限定し異なる測定範囲を設定することで、三次元空間への応用の可能性を示した。

(2) 今後の課題

本研究の対象地は東京都内の坂で、立地特性が似ている。この指標の有効性をさらに高めるために、さらに多くの坂で検証を行う必要がある。

謝辞：本研究において、早稲田大学の高野祐作氏にSS理論を御教授いただいた。厚く謝意を表す。

補注

- (1) Space Syntaxの解析ソフト及び既存論文は、学術研究目的のためであれば、Space Syntax Laboratoryのウェブサイトにて、無償でダウンロードできる。
- (2) 測定では地形並びに建築物を遮蔽物とし、電柱や樹木等は分析対象から除外した。
- (3) 建築物の高さはGoogle Earthより測定し標高+建築物の高さを指標とする。

参考文献

- 1) Hillier B, Hanson J : Social Logic of Space, Cambridge University Press, 1984
- 2) 佐藤寛之, 青山吉隆, 中川大, 松中亮治, 白柳博章 : 都市公共ターミナルにおける乗換抵抗の要因分析と低減政策による便益計算に関する研究, 土木計画学研究発表会講演集, p24, 2001
- 3) 高野祐作 : Space Syntaxを用いた一般市街地における場の景観の特性把握に関する研究, 都市計画学会論文集 No42, pp.127-142, 2007
- 4) 荒屋亮, 竹下輝和, 池添昌幸(2005) : 「スペースシンタックス理論に基づく市街地オープンスペースの特性評価」, 日本建築学会論文集, 第589号, PP153-160