都市空間における圧迫感及び開放感に関する研究

周辺環境及び外装材の違いに着目して

RESEARCH OF THE OPPRESSIVENESS AND SPACIOUSNESS IN URBAN SPACE

Focusing on the difference in the surrounding environment and exterior materials

崔 峰云^{*1}, 宮森 秀志^{*2}, 小崎 美希^{*3}, 平手 小太郎^{*4}*Fengyun CUI, Hideyuki MIYAMORI, Miki KOZAKI
and Kotaroh HIRATE*

The purpose of this study is to quantitatively evaluate how the oppressiveness and the spaciousness change, when the height of the surrounding building and the exterior of the target building are changed. Two experiments were conducted. In both experiments, images prepared in advance were presented to the subjects in VR, and evaluation was performed using the rating scale method and the ME method. Several allowable conversion values was calculated and proposed based on the solid angle ratio considering the influence of the exterior material. As a result, the conversion oppressiveness and spaciousness tolerance limit value is 65% and 73%.

Keywords : *Oppressiveness, Spaciousness, Surrounding environment, Exterior materials, Weight coefficient, Allowable value*

圧迫感, 開放感, 周辺環境, 外装材, 重み係数, 許容値

1. はじめに

日本の都市部では霞が関ビルディングの完成以来, 様々な規制緩和制度により高層建築物が次々と建設されてきた。東京都の環境影響評価制度では, 高層建築物の建設に伴う圧迫感の増加を問題視し, 圧迫感を定量的に評価するための研究が行われてきた。遑ら¹⁾の圧迫感の予測式に関する先行研究に加え, 既往研究として周辺の建築物の高さの影響に関する研究が武井・大原²⁾によって行われたが, 超高層を対象としておらず十分とは言えない。また遑ら³⁾の圧迫感と開放感の要因に関する先行研究をはじめ, Asgarzadeh ら⁴⁾の緑の圧迫感緩和効果の先行研究や, 武井・大原⁵⁾の色彩と圧迫感の関係についての既往研究, 下手・武井⁶⁾のミラーガラスの圧迫感緩和効果の既往研究など, 圧迫感に影響を与える要因に関する様々な研究が行われてきたが, 十分に定量化されているとは言えない。またこれらは, 開放感という観点では分析されていない。

そこで本研究では, 圧迫感の測定対象となる建築物(以下, 対象建築物)に対して, 周辺の建築物の高さ(以下, 周辺環境)及び対象建築物の外装材を変化させた場合, 圧迫感及び開放感がどのように変化するかを定量的に評価することを目的とする。また遑ら⁷⁾が行った,

既存の街並みに新たに高い建築物が建てられた場合の圧迫感及び開放感の変化の分析, 並びに許容値の算出を, 周辺環境や外装材を考慮した上で行った。

2. 研究方法

2.1 手法

実験方法及び分析手法を次のように定めた。3D モデリングソフトを用いて作成した都市空間の画像を, バーチャルリアリティ(Virtual Reality, VR)を用いて被験者に提示し, 圧迫感及び開放感の評価を行わせた。本研究で VR は, 物理的には存在しないものを, 感覚的には本物と同等の本質を感じさせる技術⁸⁾のことを指す。それを提示する手段として, VR 内を 360° 自由に見回すことのできる Head Mounted Display (以下 HMD) をもちいた。HMD を選んだ理由は, 360° 見回すことができる点と装置がコンパクトで扱いやすい点である。VR の機種には HTC Vive^{注1)}, 3D モデリングソフトには, ARCHICAD, 3ds Max 2020, Unreal Engine4^{注2)}を用いた。Fig.1 のように周辺環境, 対象建築物の高さ, 外装材の内の二つを固定し, 残り一つの変化を分析した。基準となる外

¹⁾ 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻
大学院生・修士(工学)

Grad. Student, Dept. of Architecture, School of Engineering, The University of Tokyo, M.Eng.

²⁾ 大成建設(株) 修士(工学)
(元東京大学大学院工学系研究科 大学院生)

TAISEI CORPORATION, M.Eng. (Former Grad. Stud., Graduate School of Engineering, The Univ. of Tokyo)

³⁾ 東京大学新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻 准教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Socio-Cultural Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Dr.Eng.

⁴⁾ 東京大学 名誉教授・工博

Emeritus Prof., The University of Tokyo, Dr.Eng.

装材(以下、基準)に対する各外装材の評価の変化率を重み係数として算出し、各外装材の許容値の実験値(以下、実験許容値)に重み係数をかけて算出した「換算許容値」を、基準の実験許容値と比較する。重み係数の精度を検証した上で、「換算許容値群」を指標として提案する。

Fig. 1 Conceptual diagram of analysis method

2.2 周辺環境及び外装材

建築学に関する専門用語を扱った文献^{9) 10)}を参考に、本研究における周辺環境を以下のように定義する。

- ・超高層:主に 100m 程度以上の建築物が周辺に建ち並ぶ環境
- ・高層:主に 60m 程度の建築物が周辺に建ち並ぶ環境
- ・準高層:主に 30m 程度の建築物が周辺に建ち並ぶ環境

周辺環境は東京都千代田区大手町 1 丁目 5-1 周辺の建築物の外形を参考に作成した。この地点を選択した理由は、大手門から続く通りに面している建築物の高さが、概ね 100m 程度以上であり、本研究の超高層の周辺環境に合致するからである。周辺建築物の高さは、超高層を現実の建築物の高さとし、高層、準高層の順にそれらを 2 分の 1 倍、4 分の 1 倍し、定義に合致するようにした。Fig.2 は 3D モデルの平面図であり、Table.1 は超高層、高層、準高層 3 種に対応する対象建築物及び周辺建築①～⑪の高さを示した表である。

また前述の先行及び既往研究と現地調査から、本研究で対象とする外装材を実験ごとに設定した。実験 1 では、種類別の街路樹、壁面緑化、広告物、明色、暗色、ミラーガラス、凹凸に設定し、実験 2 では、黄赤を基に外装材を設定した。

2.3 評価指標

上半球の表面積に対する立体角の割合を「立体角率」とし、立体

角率及び立体角投射率を本研究における物理指標として用いた。これらは、3ds max 2020 上でパノラマ書き出した正距円筒図法の画像を、画像変換ソフト(Cube2DM 及び SPCONV)を用いて等立体角射影及び正射影に変換し、Photoshop 上での面積により計測した。複雑な都市空間から投影される球面多角形の面積計算はとても煩雑なものになってしまうため、ピクセル値を面積とした簡易的な方法を用いた。また視線の高さは 153 cm とし、建築物のその高さ以上の部分を計測した。

物理指標と対応させる心理指標は、評定尺度法及びマグニチュード推定法(以下、ME 法)により測定した。Fig.3 がそれぞれの質問項目である。

Fig. 2 Floor plan of 3D model

Table 1 Setting of building height [m]

建築物	高さの設定値		
	超高層	高層	準高層
対象建築物	90	60	30
周辺①	115	57.5	28.75
周辺②	100	50	25
周辺③	105	52.5	26.25
周辺④	200	100	50
周辺⑤	140	70	35
周辺⑥	35	17.5	8.75
周辺⑦	115	57.5	28.75
周辺⑧	110	55	27.5
周辺⑨	150	75	27.5
周辺⑩	120	60	30
周辺⑪	145	72.5	36.25

質問項目 A 評定尺度法	・対象建築物から受ける圧迫感があるーない
	・対象建築物から受ける圧迫感に不満があるーない
	・都市空間全体から受ける圧迫感があるーない
	・都市空間全体から受ける圧迫感に不満があるーない
	・都市空間全体から受ける開放感があるーない
質問項目 B ME法	・対象建築物から受ける圧迫感
	・都市空間全体から受ける圧迫感
	・都市空間全体から受ける開放感

Fig. 3 Contents of question

評定尺度法を用いた理由は、心理的な変化を定量的に分析するた

めであり、遑ら^{1) 3) 7)}の先行研究を一部踏襲した。しかし、本研究では被験者はヘッドセットを装着しているため記入ができないので、評定尺度は簡潔にして回答しやすい「7:非常にある, 6:ある, 5:ややある, 4:どちらでもない, 3:ややない, 2:ない, 1:非常にない」の7段階とした。

Fig. 4 Presentation image of Experiment 1

ME法は基準を100とした場合の各外装材の評価を数値で回答させる方法である。ME法を用いた理由は、外装材の重み係数を算出するためであり、基準と対象建築物の外装材のみを変えた画像とを、直接比較して評価することが可能であるため、重み係数の算出に有効であると考えた。重み係数については、ME値の幾何平均を算出し重み係数とした。

3. 実験 1

3.1 実験内容

周辺環境及び対象建築物の外装材と圧迫感の関係性を明らかにするため、実験1を実施した。実験は被験者にHMDを用いてVR画像を提示し評価させる形式にし、超高層、高層、準高層の3種類の周辺環境にあわせ3つのパートに分けて行った。

Fig. 5 Experimental flow

それぞれのパートにおいて、最初に外装材「基準」の画像を被験者に提示し、評定尺度法（質問項目A）により評価させた。次に対象建築物の外装材のみを変えた画像を提示し、ME法（質問項目B）、次いで評定尺度法（質問項目A）により評価させた。次に基準画像を30秒間再提示し、その後次の対象建築物の外装材のみを変えた画像を提示し、ME法（質問項目B）、次いで評定尺度法（質問項目A）により評価させた。以下、全ての外装材について同様の手順で画像を提示し評価を行った。Fig.5に実験フローを示した。

提示画像に関して、圧迫感と周辺環境の関係性について定量的に検証するため、超高層、高層、準高層の周辺環境に対して、対象建築物は高層のみとした。また圧迫感と外装材の関係性を定量的に検出するため、高層の対象建築物の外装材として、基準に加えて、街路樹、壁面緑化、広告物、明色、暗色、ミラーガラス、凹凸の7種類を用いた。色彩に関しては、武井・大原の研究²⁾では、無彩色において明度が低いと圧迫感をより感じる結果となっており、それを検証するために無彩色のみとし、大まかな傾向を知るため明色と暗色のみに限定した。つまり、周辺環境3種類×外装材8種類=24の画像（Fig.4）を提示した。周辺環境の画像は、Fig.2の周辺建築⑨を視野中央に映している画像である。外装材8種類はFig.2の測定地点から対象建築物を見た画像である。3種類の周辺環境及び7種類の外装材の提示順序は被験者間で同じにならないように全てランダムに提示した。

実験は東京大学の実験室において行った。被験者は、視覚能力に関わる疾病や障害を持たない一般の健康者である、建築学専攻の学生20名（20代・男14名女6名）を、機縁法で募集した。

被験者には、はじめに実験の方法に関して教示をし、指定の位置及び向きに立ち、ヘッドセットを装着し、その場で立ち止まったままVR内の都市空間の画像を360度見回し評価するようにした。VRの開始時はすべてFig.2の測定地点から対象建築物を正面となるように統一した。また、長時間VR内の画像を見続けると、VR酔いが発生する場合があるため、教示文に「酔いが発生した場合、被験者は随時休憩もしくは中断ができる」旨を記載し、酔いが出なかったとしても最低限15分毎に3~5分の休憩時間を設けた。

3.2 結果と考察

はじめに、対象建築物の高さと外装材を固定し、周辺環境を変化させた場合、対象建築物から受ける圧迫感がどのように変化するかを調べた。要因に周辺環境、目的変数に対象建築物から受ける圧迫感とその不満の評定値を設定し、外装材ごとに一元配置分散分析を行った。Bartlett検定により等分散性を調べ、等分散であれば分散分析の後TukeyのHSD検定を、等分散でなければWelchの分散分析の後Steel-Dwass検定を行った。結果は、全ての外装材で、両評定値で分散分析のp値が0.05以上であり、有意差はないという結果であった。つまり、対峙する建築物一棟の圧迫感は周辺環境の影響はあまり受けず、対象建築物単体の条件から影響を受けていると推察できる。Fig.6に対象建築物から受ける圧迫感についての評定尺度法の結果を示す。

その他、周辺環境及び外装材に対して二元配置分散分析を行ったが、評定尺度法を用いたすべての質問項目において主効果はp値が0.05以下であったのに対し、交互作用はp値が0.05以上であり、主効果には有意差があるが、交互作用には有意差はないという結果

であった。つまり、周辺環境と各外装材の間には相互作用がないと判断することができる。

Fig. 6 Result of Rating scale method

また、ME 値に関しても同様に周辺環境の影響があるかを調べた。代表として、都市空間全体における街路樹の結果を Fig.7 に示す。結果は全ての外装材で、対象建築物から受ける圧迫感、都市空間全体から受ける圧迫感及び開放感のいずれの ME 値に関しても、分散分析の p 値が 0.05 以上で有意差はないという結果であった。更に、基準と各外装材との ME 値の常用対数の差について、対象建築物から受ける圧迫感、都市空間全体から受ける圧迫感の ME 値の常用対数のいずれの場合も、全ての外装材で、基準と有意差があるという結果であった。つまり外装材は、対象建築物へ大きな影響を与え、結果的に都市空間全体から受ける圧迫感及び開放感を変化させるということが推察できる。

Fig. 7 Result of ME method

続いて、対象建築物の高さと周辺環境を固定し、基準から外装材を変化させた場合、圧迫感及び開放感がどのように変化するかを調べ、重み係数を算出した。説明変数に外装材、目的変数に ME 値の常用対数を設定して一元配置分散分析を行い、Steel-Dwass 検定により基準との有意差を調べた。有意差があった外装材は、ME 値の幾何平均値から各外装材の重み係数を算出した。結果は、壁面緑化の都市空間全体から受ける開放感の ME 値以外は、基準との有意差 ($p < 0.05$) があった。算出した重み係数は Table.2 に示す。表中では有意差がなかったものを「(1.00)」としている。セルの色分けのうち、薄灰色は圧迫感が減少しかつ開放感が増加している外装材で、濃い灰色は圧迫感が増加しかつ開放感が減少している外装材である。Table.2 から、概ね圧迫感と開放感が対概念であることが分かる。本研究では、壁面緑化は圧迫感を増加させる方向に作用したが、既往研究との相違点として、パターンによる凹凸感や青が強い緑の色、快適な緑被率の超過などが挙げられるため、圧迫感と壁面緑化の関係性については今後さらなる研究をする必要がある。その他の外装材の影響は、概ね仮説通りであった。

Table 2 Weighting factor calculated in Experiment 1

	対象建築物 圧迫感	都市空間全体 圧迫感	都市空間全体 開放感
街路樹	0.88	0.90	1.07
壁面緑化	1.18	1.06	(1.00)
広告物	1.20	1.12	0.91
明色	0.90	0.88	1.10
暗色	1.54	1.23	0.83
ミラーガラス	0.72	0.84	1.17
凹凸	1.29	1.10	0.91

4. 実験 2

4.1 実験内容

Fig. 8 Presentation image of Experiment 2

立体角率及び立体角投射率と圧迫感及び開放感の関係性を明らかにするため、また、対象建築物の外装材の色と圧迫感の関係性を明

らかにするため、実験2を行った。実験は被験者にHMDを用いてVR画像を提示し評価させる形式にし、2つのパートに分け、前半（以下、第1部）では基準の外装材に対して、対象建築物の高さ及び周辺環境を変えた7種類の画像をランダムで提示し、評定尺度法（質問項目A）により評価させた。後半（以下、第2部）では実験1同様に、対象建築物の外装材が異なる5種類の画像の評価を行わせた（Fig.8）。実験1と同様に各外装材の画像の提示前に必ず、基準の画像を30秒間提示した。

Fig. 9 Scatter plot of rating values and physical indicators throughout the urban space

提示画像に関して、圧迫感と周辺環境の関係性について定量的に検証するため、高層の周辺環境に対して対象建築物を高層とし、対象建築物の外装材として、中明色、中暗色、赤、黄赤、黄の5種類を用いた。無彩色については、明色、中間色（基準）、暗色の間を補強するために中明色と中暗色を用意し、有彩色も追加で検証した。また既存の街並みに対して新たに高い建築物が建てられた場合を想定するために、実験1では評価しなかった、3種類の周辺環境に対する超高層、準高層の対象建築物（外装材は基準）を用意した。さらに、実験1と比較可能にするため、高層の周辺環境に対する高層の対象建築物も加え、合計12の画像を提示した。

実験は東京大学の実験室において行った。被験者は、視覚能力に関わる疾病や障害を持たない一般の健康者である、建築学専攻の学生20名（20代・男15名女5名）を、機縁法で募集した。実験2は実験1の補完的な意味合いを持つため、被験者20名のうち16名は実験1を行った者とした。

被験者には、はじめに実験の方法に関して教示をし、ヘッドセットを装着し、指定の位置及び向きに立ち、その場で立ち止まったままVR内の都市空間の画像を360度見回し評価するようにした。また、長時間VR内の画像を見続けると、VR酔いが発生する可能性があるため、適度に休憩時間を設けた。

4.2 結果と考察

第1部に関して、はじめに、都市空間全体から受ける圧迫及び開放感が立体角率及び立体角投射率によって予測できるかを調べた。

説明変数に各物理指標、目的変数に都市空間全体から受ける圧迫感及び開放感とそれらへの不満の評定値を設定し、回帰分析を行ったところ、Fig.9のようにいずれも決定係数が0.9以上という結果となった。

続いて、同程度の立体角率の都市空間である、超高層×高層(0.725)（“対象建築物の高さ”×“周辺環境”（“立体角率”）を意味する）と準高層×超高層(0.726)間、超高層×準高層(0.638)と準高層×高層(0.642)間で、都市空間全体から受ける圧迫感及び開放感とそれらへの不満の評定値をt検定により比較した。結果をFig.10に示す。両側検定のp値はいずれも0.05以上で、有意差がないという結果となった。なお、これらの都市空間の立体角投射率は同程度でない。

Fig. 10 Comparison of rating values between urban spaces with similar solid angle ratios

以上より、都市空間全体から受ける圧迫感及び開放感は立体角率及び立体角投射率によって予測が可能であり、さらに決定係数の値はほとんどが立体角率のものが立体角投射率のものより高かったため、立体角率の方がより精度高く予測できると考えられる。

Table 3 Weighting factor calculated in Experiment 2

	対象建築物 圧迫感	都市空間全体 圧迫感	都市空間全体 開放感
中明色	(1.00)	0.91	(1.00)
中暗色	1.31	1.14	0.92
赤	1.35	1.16	(1.00)
黄赤	1.17	(1.00)	(1.00)
黄	1.19	(1.00)	(1.00)

第2部に関して、実験1と同様の手順で重み係数を算出した。結果、都市空間全体におけるME値に関しては、基準との有意差がないものが多かった。表中では有意差がなかったものを「(1.00)」としている。算出した重み係数をTable3に示す。対峙する建築物一棟の外装材を黄赤系の有彩色に変えた程度では、一棟から受ける圧迫感に影響は与えるものの、都市空間全体の圧迫感及び開放感の重み

係数に有意差がないため、都市空間全体から受ける圧迫感及び開放感に与える影響はほぼないということが分かる。

5. 総合考察

5.1 増築時の圧迫感及び開放感の変化

既存の街並みに対して新たに高い建築物が建てられた場合の、圧迫感及び開放感の変化を検証した。対象建築物が準高層から高層に、高層から超高層に、準高層から超高層に、それぞれ変化した場合の各評定値の変化を、周辺環境ごとに分析した。データは実験1と実験2のデータを、共通部分をもとに統合したものを用いた。

Fig. 11 Change in rating value at the time of extension

Fig.11 のように、超高層及び高層の周辺環境では、準高層から高層に変化した場合に評定値の変化が最も大きく、高層から超高層に変化した場合は横ばいもしくは減少であった。準高層の周辺環境では、高層から超高層に変化した場合に圧迫感の変化が最も大きい結果となった。以上をまとめると、対象建築物から受ける圧迫感と超高層及び高層の周辺環境における圧迫感及び開放感、高層→超高層、準高層→超高層、準高層→高層の順に変化が大きく、準高層の周辺環境における圧迫感、準高層→高層、準高層→超高層、高層→超高層の順に変化が大きいと言える。これに基づいて都市景観について考えると、圧迫感及び開放感という観点では高さ 60m 付近に評価の境界線があることを示唆しており、中・低層地域と超高・高層地域で場合分けをして考える必要があると考えられる。

5.2 色彩の重み係数と明度の関係

無彩色の明色、中明色、基準、中暗色、暗色及び有彩色の壁面緑化、赤、黄赤、黄の重み係数と明度の回帰分析を行った。結果を Fig.12 に示す。なお、UE4 が HSV 色空間に対応したパラメータ

を用いるため、本研究ではこのうち V 値を明度とする。まず対象建築物に関して、無彩色のみで行った場合、高明度側が 1 に近く一次関数よりも二次関数の方が、当てはまりが良いという結果となった。次に有彩色も含めた場合、V=0.5 で黄赤系 3 色の重み係数が 1 を超えるため、決定係数は無彩色のみの場合と比べると低かった。これらはいずれも、高明度色及び暖色の進出と膨張の影響であると考えられる。都市空間全体に関しては、一次関数で十分に決定係数が高く当てはまりが良いという結果となった。以上の結果から、色彩の重み係数は明度の関数により表すことができると考えられる。対象建築物の無彩色の重み係数については計算式 (1) で予測することができ、有彩色の重み係数は計算式 (2) で予測することができると考える。なお計算式 (1) (2) において X は明度 (V 値) とする。

無彩色の重み係数 = $0.99X^2 - 1.78X + 1.71$... (1)

有彩色の重み係数 = $0.38X^2 - 1.12X + 1.60$... (2)

Fig. 12 Color weighting factor and lightness scatter plot

5.3 許容値の算出

最後に、これまで算出してきた重み係数を用いて、都市空間全体から受ける圧迫感及び開放感の許容値を算出した。邊らの許容値の算出手法に則り、実験1の結果を用いてロジスティック回帰分析を行い、各外装材の圧迫感許容限界値及び開放感確保限界値（以下実験許容値）を求めた。下記の計算式 (3) (4) により、重み係数を考慮した各外装材の換算許容値を算出し、さらに基準の実験許容値と各外装材の換算許容値の立体角率の差を取り比較した (Fig.13)。開放感に関しては差が小さく（絶対値の平均値 = 1.86%）精度が高いと言えるが、圧迫感に関しては差が大きい（絶対値の平均値 = 4.56%）結果となった。これは邊らの許容値の算出手法自体がやや複雑であったため、重み係数と十分に対応しなかったと考えられる。本研究では ME 法を用いることにより、被験者の感覚値の定量化をしていることから、妥当性は比較的高いと考えられる。

・外装材 a の換算圧迫感許容限界値

$$= \text{外装材 a の実験圧迫感許容限界値} \times \text{重み係数} \quad \cdots (3)$$

・外装材 a の換算開放感確保限界値

$$= 1 - \{ (1 - \text{外装材 a の実験開放感確保限界値}) \times \text{重み係数} \} \quad \cdots (4)$$

実験 1 の圧迫感許容限界値

実験 1 の開放感確保限界値

Fig. 13 Difference between conversion tolerance and standard experimental tolerance

そして、実験 2 第 1 部の結果を用いて同様に許容値を求め、外装材の影響を考慮した立体角率での換算許容値として、換算圧迫感許容限界値 65% (基準)、換算開放感確保限界値 73% (基準) を含めた換算許容値群 (Fig.14) を提案する。

このうち基準の換算許容値は、それぞれ邊らの許容値である、64.5%と 76.5%に近い値であった。さらに、それ以前の既往研究との比較も行った。街路空間の開放・囲繞感覚については、街路幅員 D と沿道の建物高さ H の比である D/H で説明している研究が多いが、その中の土木学会の研究¹¹⁾と Spreiregen の研究¹²⁾を本研究と比較した (Fig.15)。圧迫感許容の限界値はちょうど「囲ま

れ感がある」の中間に位置し、開放感確保の限界値は、「非常に囲まれ感が強い」の境界点及び完全に囲まれた感の境界点に近い。これらによっても、本研究の提案する換算許容値に妥当性があると考えられる。

提案する圧迫感許容限界値群

Fig.14 Proposed conversion tolerance group

Fig. 15 Comparison with previous studies

6. まとめ

6.1 本研究で得られた知見

本研究で得られた主な知見をまとめる。

- ・建築物一棟から受ける圧迫感は、周辺環境にはほぼ影響されず、概ね形態の大きさによって説明できると考えられる。
- ・建築物一棟の外装材を変えた場合の圧迫感及び開放感への影響を、重み係数として算出した。街路樹、明色、ミラーガラスが圧迫感を減少させ開放感を増加させる方向に作用し、広告物、暗色、凹凸が圧迫感を増加させ開放感を減少させる方向に作用した。本研究では壁面緑化が圧迫感を増加させる方向に作用する結果となったが、これは今後更なる研究をする必要があると考える。
- ・圧迫感及び開放感に関する都市景観評価は、高さ 60m 付近を境に大きく変化すると考えられる。
- ・色彩の重み係数は明度の関数により表すことができると考え、色彩の重み係数を予測する計算式を算出した。どちらの式も、明度の増加に伴って重み係数は減少する傾向にあることが分かった。
- ・外装材の影響を考慮した場合の換算許容値群を立体角率によって算出し提案した。そのうち、基準の換算許容値は以下のような

る：換算圧迫感許容限界値 65%，換算開放感確保限界値 73%。

6.2 本研究の限界と今後の課題

ここで、本研究の限界と今後の課題についても言及しておく。本研究は高さ 60m の建築物に対してのみ、各外装材の影響を検証したため、他の高さの建築物に対して各外装材の影響がどのようなものであるかは分らなかったため、今後、様々な高さの建築物の外装材を変えた場合に圧迫感及び開放感にどのような影響を与えるかを、網羅的に検証する必要があると考えられる。最後に提案した許容値に関しても、高さ 60m の建築物に外装材を敷設した場合の換算許容値ということになる。

また、本研究における外装材の種類は基礎的なもので、例えば街路樹の本数や高さ、樹種が異なる場合や、様々な広告物の種類や配置の場合、二色以上の色彩が用いられる場合など、より詳細な外装材については、今後さらに研究を深める必要があると考える。

そして、本研究において、許容値の算出には 7 段階の評定尺度法を用いており、その結果として、都市空間全体から受ける圧迫感の重み係数の精度が低かったと考えられる。さらに参考にした邊らの許容値を求める手法自体も、やや複雑であったと言える。今後の研究では、評定尺度法ではなく、ME 法や調整法を組み合わせる許容値を算出する方法を確立し、本研究で算出した重み係数の精度を検証する必要があると考えられる。

最後に、本研究は 3D モデルを用いた基礎的なパラメータ実験であり、実空間においても外装材の影響が同程度であるかは検証できなかった。今後、実空間での実証実験を行う必要があると考えられる。

注

- 注1) HTC VIVE の仕様：視野角：110°；解像度：1080×1200 のディスプレイを両目用に 2 枚；リフレッシュレート：90Hz
- 注2) Unreal Engine 4 に搭載されているレンダリングシステムは、ディファードシェーディング、グローバル イルミネーション、lit（ライティング有り）の透過処理、そしてポストプロセスに加えベクターフィールドを利用する GPU パーティクルシミュレーションが可能な全く新しい DirectX 11 パイプラインである。今回はデフォルト設定で作成しており、設定は変更していない。UE4 における光環境設定は以下のとおりである。

• <u>Light Source</u>
→ [トランスフォーム]
→ [位置] : (x, y, z)=(0.0, 2000.0, 1000.0)
→ [回転] : (x, y, z)=(0.0, -90.0, 0.0)
→ [Light]-[Intensity] : 0.5lux
• <u>Lightmass Importance Volume</u>
→ [トランスフォーム]-[位置] : 原点
→ [Brush Settings]-[X]・[Y]・[Z] : いずれも1500000.0
• <u>Sky Sphere</u>
→ [トランスフォーム]-[位置] : 原点
→ <u>デフォルト</u>
→ [Directional Light Actor] : Light Source
→ [Sun Brightness]・[Cloud Speed]・[Stars Brightness] : いずれも0.0
→ [Cloud Opacity] : 0.7
→ [オーバライド設定]-[Sun Height] : 1.0
• <u>Sky Light</u>
→ [トランスフォーム]
→ [位置] : (x, y, z)=(0.0, 2000.0, 1000.0)
→ [可動性] : スタティック

参考文献

- 1) BYUN, K. et al.: A Discussion on Evaluating Indicators of the Sense of Physical Oppression and the Sense of Openness Using Imaging Experiments. -A Study on the Sense of Physical Oppression and the Sense of Openness Created in Urban Spases Part2-, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 76, No. 660,

pp. 107 - 113, 2011. 2 (in Japanese)

邊敬花ほか 5 名：画像実験による圧迫感と開放感の評価指標の検討ー都市空間における圧迫感と開放感に関する研究 その 2ー, 日本建築学会環境系論文集, 第 76 巻, 第 660 号, pp. 107 - 113, 2011. 2

- 2) TAKEI, M. and OHARA, M.: Experimental Study on Measurement of the Sense of Oppression by a Building. (Part-2) Selection Process of the Physical Scale and Proposal of the Equation for Estimating the Sense of Oppression Caused by a Building in Housing Area, Transactions of the Architectural Institute of Japan, No. 262, pp. 103 - 113, 1977. 12 (in Japanese)
- 武井正昭, 大原昌樹：圧迫感の計測に関する研究・2（物理尺度との対応について）, 日本建築学会論文報告集, 第 262 号, pp. 103 - 113, 1977. 12
- 3) BYUN, K. et al.: A Study on the Factors of Senses of Physical Oppression and Openness on Residential Street Fronts Using Structured Evaluation Diagrams, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 74, No. 642, 915 - 921, 2009. 9 (in Japanese)
- 邊敬花ほか 4 名：評価構造図を用いた自宅前街路における圧迫感と開放感の要因に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 74 巻, 第 642 号, pp. 915 - 921, 2009. 9
- 4) ASGARZADEH, M. et al.: Measuring Oppressiveness of Streetscapes, Landscape and Urban Planning, No. 107, pp. 1-11, 2012
- 5) TAKEI, M. and OHARA, M.: Experimental Study on Measurement of the Sense of Oppression by a Building. (Part-3) Consideration of the Distance to a Building, and Relation between Colour Effect of Exterior Wall and the Sense of Oppression, Transactions of the Architectural Institute of Japan, No. 263, pp. 71 - 80, 1978. 1 (in Japanese)
- 武井正昭, 大原昌樹：圧迫感の計測に関する研究・3（建築物までの距離並びに建築物の色彩との関係）, 日本建築学会論文報告集, 第 263 号, pp. 71 - 80, 1978. 1
- 6) SHIMOTE, A. and TAKEI, M.: A Study on the Decrease of Oppression by the Mirror Effect of the Mirror Glass Building, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, D-Environmental Engineering, pp. 947 - 948, 1993. 7 (in Japanese)
- 下手彰, 武井正昭：ミラーガラス建築物の鏡面効果による圧迫感の緩和, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-環境工学, pp. 947 - 948, 1993. 7
- 7) BYUN, K. et al.: A Study of Allowable Value of the Sense of Physical Oppression and the Sense of Openness by Solid Angle. -A Study on the Sense of Physical Oppression and the Sense of Openness Created in Urban Spaces Part3-, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 78, No. 688, pp. 437 - 444, 2013. 6 (in Japanese)
- 邊敬花ほか 4 人：立体角による圧迫感と開放感の基準値の検討ー都市空間における圧迫感と開放感に関する研究 その 3ー, 日本建築学会環境系論文集, 第 78 巻, 第 688 号, pp. 437 - 444, 2013. 6
- 8) NARUMI, T.: Technological Applications of Multisensory Perception, The Japanese Journal of Psychonomic Science, Vol. 36, No. 1, pp. 129-132, 2017 (in Japanese)
- 鳴海拓志：多感覚知覚の工学的応用, 基礎心理学研究, 第 36 巻, 第 1 号, pp. 129-132, 2017
- 9) AOKI, S. et al.: Architectural Dictionary vol. 2, SHOKOKUSHA Publishing Co., Ltd, 1993 (in Japanese)
- 青木繁ほか：建築大辞典 第 2 版, 彰国社, 1993
- 10) AIJ: Architectural Glossary, Iwanami Shoten, Publishers, 1993 (in Japanese)
- 日本建築学会：建築学用語辞典, 岩波書店, 1993
- 11) JSCE: Street Landscape Design, pp. 54-55, GIHODO SHUPPAN Co., Ltd, 1985. 12 (in Japanese)
- 土木学会：街路の景観設計, pp. 54-55, 技報道, 1985. 12
- 12) SPREIREGEN, P. D.: Urban Design, The Architecture of Town and Cities, McGraw-Hill Book Co., 1965

RESEARCH OF THE OPPRESSIVENESS AND SPACIOUSNESS IN URBAN SPACE

Focusing on the difference in the surrounding environment and exterior materials

Fengyun CUI^{*1}, *Hideyuki MIYAMORI*^{*2}, *Miki KOZAKI*^{*3}
and Kotaroh HIRATE^{*4}

^{*1} Grad. Student, Dept. of Architecture, School of Engineering, The University of Tokyo, M.Eng.

^{*2} TAISEI CORPORATION, M.Eng. (Former Grad. Stud., Graduate School of Engineering, The Univ. of Tokyo)

^{*3} Assoc. Prof., Dept. of Socio-Cultural Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Dr.Eng.

^{*4} Emeritus Prof., The University of Tokyo, Dr.Eng.

Various studies have been conducted on the factors that influence the oppressiveness, but they cannot be said to be sufficiently quantified. Moreover, these have not been analyzed from the viewpoint of spaciousness. Therefore, in this study, we will quantitatively evaluate how the oppressiveness and the spaciousness change when the height of the surrounding building and the exterior of the target building are changed with respect to the target building. Two experiments were conducted. In both experiments, images prepared in advance were presented to the subjects in VR, and evaluation was performed using the rating scale method and the ME method.

In Experiment 1, three types of surrounding environment, super high-rise, high-rise, and semi-high-rise, was combined with eight types of exterior materials; standards, roadside trees, wall greening, advertisements, light colors, dark colors, mirror glass, and unevenness. 24 In total images was evaluated. In Experiment 2, in addition to 7 types of combinations of the target building and the surrounding environment, 5 types of exterior materials with different colors (medium light color, medium dark color, red, yellow red, yellow), a total of 12 images were evaluated. The following findings was obtained by analyzing the evaluation results.

- The oppressiveness received from a single building is hardly affected by the surrounding environment. It can be explained by the shape of the target building.
- We analyzed the effects of various exterior materials on the oppressiveness and the spaciousness, and the coefficient of weight is calculated.
- The cityscape evaluation of the oppressiveness and the spaciousness will begin to change significantly when the height of the target building exceeds 60 m.
- From this study, it was found that the color weighting coefficient can be expressed by a function of lightness, and we calculated a formula to predict the color weighting factor.
- The group of conversion tolerance of each exterior material was calculated. As a result, the conversion oppressiveness tolerance limit value is 65%, and the conversion spaciousness assurance limit value is 73%.

Comparing the results of the previous study with the results of this study, the tolerance or range of the previous study and the conversion tolerance of this study are very close, showing that the conversion tolerance proposed by this study is valid.

(2020 年 11 月 10 日原稿受理, 2021 年 5 月 6 日採用決定)