

日照と緑陰を考慮した街路景観指標と健康との関連

坂本秀祐¹・中谷友樹²・埴淵知哉²・中谷直樹³・小暮真奈⁴・竇澤篤⁴

Association of the Streetscape Indices Considering Sunlight and Shade of Trees with Health

Shusuke SAKAMOTO, Tomoki NAKAYA, Tomoya HANIBUCHI, Naoki NAKAYA, Mana KOGURE and Atsushi HOZAWA

Previous studies suggested that that lack of exposure to sunlight affects mental health and the existence of shade promotes walking behavior. However, few research has investigated the impact of sunlight exposure and shade of trees in the neighborhood on health. In this study, we analyzed the effects of neighborhood streetscape on mental health and walking behavior by using the sky factor and the green visibility as streetscape indices. As a result, while the streetscape indices were not associated with mental health, the green visibility at high levels from observer's point of view and the sky factor were positively and negatively associated with walking habits, respectively. The results indicated that a lot of shade of trees in the neighborhood may promote residents' walking behavior.

Keywords: 日照(sunlight), 緑陰(shade of trees), 精神的健康(mental health), 歩行(walking), 近隣(neighborhood)

1. はじめに

1.1. 太陽光への曝露と精神的健康

太陽光への曝露は、ビタミンDの生成を促すことをはじめ、人体に様々な影響をもたらすことが報告されている (Mead, 2008). ビタミンDは、精神障害の抑制に寄与することが示唆されている (Focker et al., 2017). したがって、住居周辺に日当たりのよい街路が多く存在すれば、徒歩での移動の際に太陽光への曝露が多くなり、精神的健康のリスクが少なくなる可能性が考えられる.

1.2. 日陰と歩行環境

一方、日陰の存在が快適な歩行空間の形成に寄与するとの指摘もなされてきた (Lee et al., 2020). 例えば Lee et al. (2020) は、夏季において、日陰の存在が熱的なストレスを軽減すること、歩行者が日陰のない通路よりも日陰のある通路を好むことを報告している. さらに、Lee et al. (2013) および Cheung & Jim

(2018)は、建物やコンクリートといった人工物がつくり出す陰と、樹木がつくり出す陰 (緑陰) の冷却効果を比較し、緑陰の方が人工物の陰と比べて冷却効果が大きいことを示している. この温度的な快適さに加えて、景観上の好ましさからも緑陰のある街路が多く存在する近隣環境が、居住者の歩行を促進し、身体的・精神的健康に寄与する可能性がある. 実際に、Lu et al. (2018) は近隣の緑視率と歩行活動には正の関連があることを報告している.

1.3. 研究の目的

以上のように、日照と日陰ととりわけ緑陰に着目した近隣環境が居住者の精神的健康や歩行と関連しうるものの、これを直接的に分析した事例は管見の限り見られない. そこで、本研究では街路景観の写真画像を利用して日照や緑陰の多寡を街路単位で推定する方法を検討し、以下2つの仮説に基づいた居住地周辺の日照および緑陰の量と精神的健康や歩

1 学生会員 東北大学理学部 (Tohoku University)

〒980-8578 宮城県仙台市青葉区 E-mail : shusuke.sakamoto.p2@dc.tohoku.ac.jp

2 正会員 東北大学大学院 環境科学研究科 (Tohoku University)

3 非会員 東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 予防医学・疫学部門 (Tohoku University)

4 非会員 東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 予防医学・疫学部門 (Tohoku University), 東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 災害交通医療情報学寄附研究部門 (Tohoku University)

行との関連の分析を目的とした。

仮説 1: 日当たりのよい街路が多い地域に居住する人は、そうでない人と比べて心理的ストレスの度合いが低い。

仮説 2: 緑陰が多い地域に居住する人は、そうでない人と比べて歩行活動が多い。

2. 方法

2.1. データおよび対象地域

本研究では、東北大学東北メディカル・メガバンク機構によって実施された、地域住民コホートのベースライン調査のデータを利用した。地域住民コホート調査は、宮城県・岩手県に居住する 20 歳以上の人を対象としており、ベースライン調査は 2013 年から 2015 年の期間に行われた。本研究では、宮城県仙台市の人口集中地区 (DID) に居住している参加者 4,311 名を対象とした。

2.3. アウトカム

2.3.1. 精神的健康

精神的健康の指標として、the Kessler 6-item psychological distress scale (K6) 日本語版を用いた。K6 は、過去 1 ヶ月間の不安・抑うつ症状を評価するための 6 項目の質問からなる。各項目について「全くない (0 点)」から「いつも (4 点)」の尺度で評価され、各項目の点数を合計する。合計点の範囲は 0~24 点となり、点数が高いほど心理的ストレスの度合いが高く、気分・不安障害の可能性が高いとされる。本研究では、K6 の得点によって 10 点以上と 10 点未満の 2 カテゴリーに分類し分析に利用した。

2.3.2. 歩行活動

歩行活動の指標として、地域住民コホートの調査票 (生活) 情報から項目「散歩頻度 (しない / 月に 1 回未満 / 月に 1~2 回 / 週に 1~2 回 / 週に 1~3 回 / ほぼ毎日)」および項目「ウォーキング 頻度 (しない / 月に 1 回未満 / 月に 1~2 回 / 週に 1~2 回 / 週に 1~3 回 / ほぼ毎日)」を用いた。

2.4. 街路景観指標

本研究では、Google Street View (GSV) の景観画像を利用して街路景観指標を作成した。日照を考慮する指標として天空率を、緑陰を考慮する指標として

緑視率に着目する。本研究における天空率の定義は、西尾・伊藤 (2017) と同様に、「任意の測定地点において、全天に対する空の量を立体角射影率で示したもの」とした。

2.4.1. GSV 画像の取得

まず ArcGIS 10.8.1 を利用し、仙台市の DID および仙台市の DID から 1 km 以内の道路に 50 m 間隔で景観評価サンプル地点を抽出した。道路データには、「ESRI ジャパン データコンテンツ ArcGIS Geo Suite 道路網 2021」を用いた。自動車専用道路 (仙台西道路, 仙台東部道路, 仙台南部道路, 東北自動車道, 三陸自動車道) 上の地点は対象外とし、計 65,762 地点が抽出された。

次に、各景観評価サンプル地点において撮影された GSV 画像を、以下の手順で取得した。まず、各サンプル地点において撮影された、すべての GSV 画像についてのメタデータを取得した。メタデータには、PanoID, 緯度, 経度, 撮影年月の情報が含まれている。PanoID とは、各 GSV 画像が持つ固有の ID である。続いて PanoID をもとに、GSV の景観画像 (1664 px × 832 px) を取得した。景観画像は 2013 年から 2015 年の期間に撮影されたものを使用し、季節による景観の違いを少なくするため、4 月から 9 月に撮影された画像を優先して使用した。

2.4.2. 空・緑の抽出

GSV 画像から空・緑の領域 (セグメント) を抽出するため、DeepLab v3+ (Chen et al., 2018) を利用して、画像のセマンティック・セグメンテーションを行った。本研究では、Cityscapes Dataset (Cordts et al., 2016) を訓練データとして学習されているモデルを用い GSV 画像の各ピクセルについて、19 のクラスに分類した結果から、sky, vegetation クラスに分類されたピクセルをそれぞれ空, 緑として扱った。

2.4.3. 天空率の算出

メルカトル図法によって撮影されている GSV 画像を、西尾・伊藤 (2017) の手法に基づいて天空図 (正射影投影法) に変換し、天空率を算出した。ここで GSV 画像におけるある点の座標を (X, Y) , 天空図の対応する点を極座標で (r, θ) , 天空図の半径を R とすると、以下の関係が成り立つ。

$$R = \frac{W}{2\pi}, X = R \cdot \theta, Y = \frac{R}{r} \cdot \sqrt{R^2 - r^2}$$

上式によって得られた天空図の、全天部分のピクセル数に対する sky クラスに分類された部分のピクセル数の割合を天空率とした。

そして、各対象者について、居住地から 1,000 m のネットワークバッファ内の範囲を近隣と仮定し、この範囲内の街路における天空率の平均値を算出した。なお、本研究ではバッファ内の景観評価サンプル地点が 20 地点以上存在する参加者 4,311 名のみを分析対象とした。

2.4.4. 緑視率の算出

2.4.3 の方法で得られた天空図の、全天部分のピクセル数に対する vegetation クラスに分類されたピクセル数の割合を緑視率とした。また、天空図を仮想半球の緯度によって 4 つの範囲 (0°~ 22.5°, 22.5°~ 45°, 45°~ 77.5°, 77.5°~ 90°) に分類し、それぞれの範囲の全ピクセル数に対する、vegetation クラスに分類されたピクセル数の割合も算出した。高緯度の範囲の指標ほど、視点となる位置からみて高い位置にある緑視率を表す (90 度は真上に相当する)。そうした高い緯度で視認される樹木は、日陰をつくり出す能力がより高いと考えられるため、高緯度の範囲の緑視率が高いほど緑陰が多いとみなした。

緑視率についても、天空率と同様に、各対象者について、居住地から 1,000 m のネットワークバッファ内の街路における天空率の平均値を算出した。

2.5. 分析

精神的健康と街路景観の関連については、K6 が 10 以上か否かの 2 値変数を従属変数、天空率 / 緑視率を独立変数とした 2 項ロジスティック回帰分析を行った。また、歩行活動と街路景観の関連については、散歩頻度 (6 カテゴリ) / ウォーキング頻度 (6 カテゴリ) を従属変数、天空率/緑視率を独立変数とした順序ロジスティック回帰分析を行なった。さらに、緑視率と優位な関連がみられたアウトカムについては、仮想半球の緯度帯別緑視率を独立変数とする分析を追加的に実施した。

なお、いずれの分析においても、年齢、性別 (男性 / 女性)、婚姻状態 (配偶あり / 離別・死別 / 未婚)、最終学歴 (小学校・中学校 / 高校 / 短大・高専・専

門学校 / 大学・大学院 / その他)、同居人数 (自分を含む)、仕事 (仕事をしていない・求職中 / 仕事をしている)、飲酒 (ほとんど (全く) 飲まない・飲めない / 飲む / やめた) を統制変数として用いた。また、統計解析は、すべて統計ソフト R 4.1.0 を使用した。

3. 結果

3.1. 対象者の特徴

対象者の記述統計は表 1-3 のような結果となった。

表 1: 対象者の記述統計 (統制変数)

	n (%)
年齢	
20-29	150 (3.48)
30-39	394 (9.14)
40-49	653 (15.15)
50-59	762 (17.68)
60-69	1493 (34.63)
70-79	780 (18.09)
80-	79 (1.83)
性別	
女性	3,066 (71.12)
男性	1,245 (28.88)
婚姻状態	
配偶あり	3,314 (76.87)
離別・死別	429 (9.95)
未婚	568 (13.18)
最終学歴	
小・中学校	148 (3.43)
高校	1,872 (43.42)
短大・高専・専門学校	1,166 (27.05)
大学・大学院	1,104 (25.61)
その他	21 (0.49)
仕事	
仕事をしていない・求職中	2,192 (50.85)
仕事をしている	2,119 (49.15)
飲酒	
ほとんど (全く) 飲まない	1,665 (38.62)
飲む	2,555 (59.27)
やめた	91 (2.11)

表 2: 対象者の記述統計 (アウトカム)

	n (%)
K6	
10未満	3745 (86.87)
10以上	539 (12.50)
不明	27 (0.63)
散歩頻度	
しない	1365 (31.66)
月に1回未満	357 (8.28)
月に1~3回	697 (16.17)
週に1~2回	686 (15.91)
週に3~4回	490 (11.37)
ほぼ毎日	687 (15.94)
不明	29 (0.67)
ウォーキング頻度	
しない	1987 (46.09)
月に1回未満	351 (8.14)
月に1~3回	495 (11.48)
週に1~2回	625 (14.50)
週に3~4回	456 (10.8)
ほぼ毎日	365 (8.47)
不明	32 (0.74)

表 3: 対象者の記述統計 (街路景観指標)

	平均 (標準偏差)
天空率	0.88 (0.06)
緑視率	
緑視率	0.07 (0.04)
緑視率: 0°~22.5°	0.38 (0.13)
緑視率: 22.5°~45°	0.22 (0.09)
緑視率: 45°~77.5°	0.11 (0.05)
緑視率: 77.5°~90°	0.06 (0.03)

3.2. 天空率の分布

天空率の分布は図1のようになった。郊外の住宅地では天空率が高く、仙台駅周辺や仙台駅から西側の市街地で天空率が低い。また、対象地域中央からやや東側に位置する自衛隊仙台駐屯地から東側へと続く道路や、そのさらに東側に位置する北東-南北方向に走っている道路(宮城県道23号線)のように、特定の街路に連続して天空率が低い地点が見られた。

3.3. 緑視率の分布

緑視率の分布は図2のようになった。特定の街路に連続して緑視率が高い地点が見られる街路には、仙台の中心市街地を通り、ケヤキ並木が特徴的である定禅寺通りや青葉通りが含まれている。また、対象地域北部に位置する泉区寺岡、泉区高森、泉区将監、泉区松陵など、緑視率が高い地点が多く分布している居住地域も確認できる。

3.4. 街路景観指標とアウトカムとの関連

2項ロジスティック回帰分析、順序ロジスティック回帰分析から得られた、1標準偏差の増加あたり

のオッズ比(OR)、95%信頼区間(95%CI)を表4に示した。K6と天空率、緑視率の間には有意な関連は見られなかった。散歩頻度、ウォーキング頻度と天空率の間には、OR=0.85(95%CI:0.80-0.89)、OR=0.91(95%CI:0.86-0.97)と、有意な負の関連が見られた。散歩頻度と緑視率の間には、OR=1.10(1.05-1.17)と有意な正の関連が見られたが、ウォーキング頻度と緑視率の間には有意な関連は見られなかった。

緑視率との有意な関連が見られた散歩頻度について、さらに4つの緯度帯に分類した緑視率の指標(緑視率:0°~22.5°、緑視率:22.5°~45°、緑視率:45°~77.5°、緑視率:77.5°~90°)との関連を順序ロジスティック回帰により解析したところ、緑視率:0°~22.5°、緑視率:22.5°~45°との間に有意な関連は見られなかったが、緑視率:45°~77.5°、緑視率:77.5°~90°において、それぞれOR=1.09(95%CI:1.04-1.16)、OR=1.11(95%CI:1.05-1.17)と有意な正の関連が見られた。

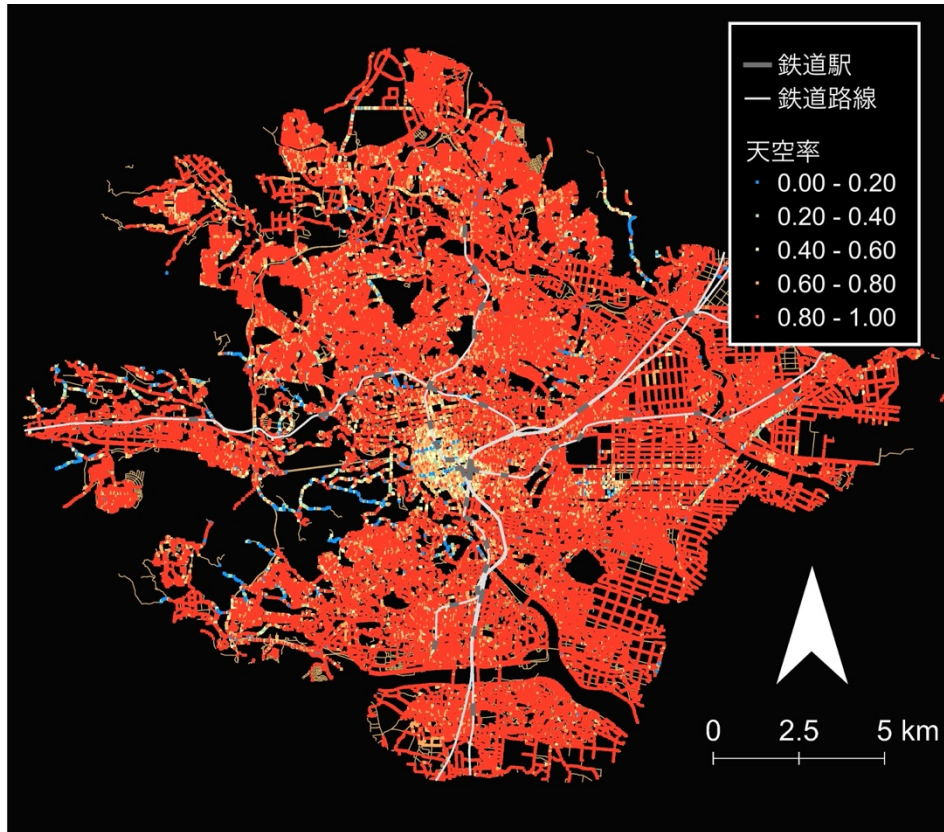


図 1: 天空率の分布

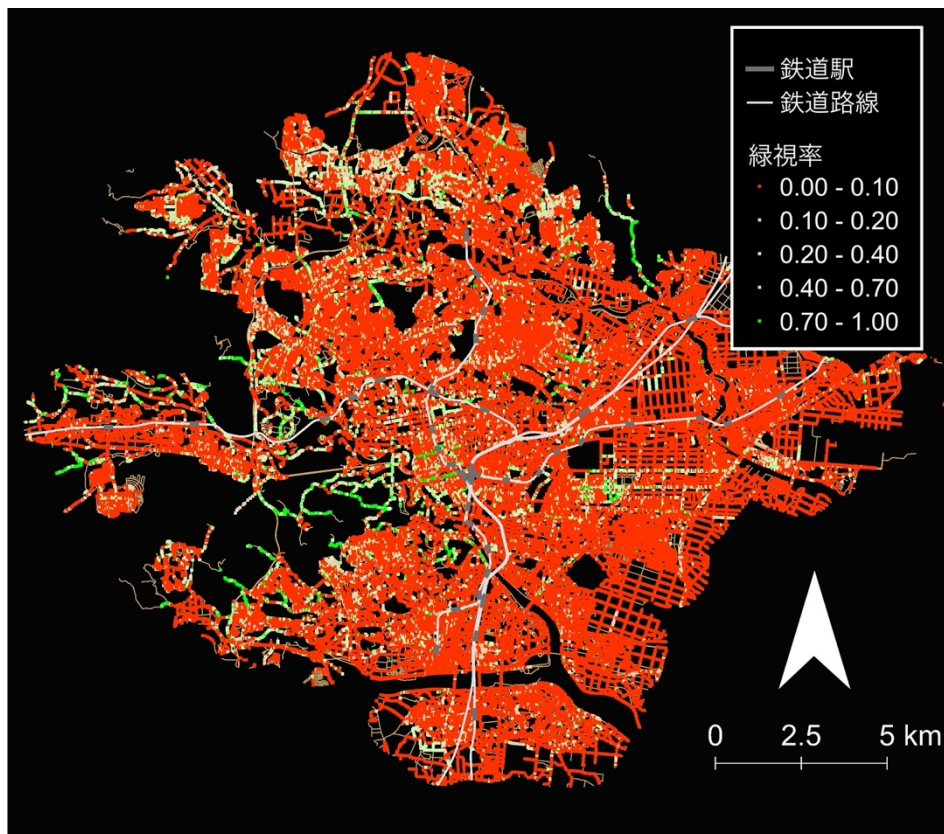


図 2: 緑視率の分布

表4: 2項ロジスティック回帰分析, 順序ロジスティック回帰分析の結果

	K6 OR (95% CI)	散歩頻度 OR (95% CI)	ウォーキング頻度 OR (95% CI)
天空率 (1標準偏差増加あたり)	1.00 (0.91-1.10)	0.85 (0.80-0.89)	0.91 (0.86-0.97)
緑視率 (1標準偏差増加あたり)			
緑視率	1.00 (0.91-1.10)	1.10 (1.05-1.17)	1.05 (0.99-1.11)
緑視率: 0°~ 22.5°		0.94 (0.99-1.05)	
緑視率: 22.5°~ 45°		1.04 (0.99-1.10)	
緑視率: 45°~ 77.5°		1.09 (1.04-1.16)	
緑視率: 77.5°~ 90°		1.11 (1.05-1.17)	

OR: オッズ比, CI: 信頼区間

年齢, 性別, 婚姻状態, 最終学歴, 同居人数 (自分を含む), 仕事, 飲酒で調整

4. 考察

4.1. 天空率および緑視率の分布

天空率については, 仙台駅周辺や仙台駅の西側の市街地で, 天空率が低く, 郊外の住宅地で天空率が高い傾向が見られた。このことは, 中心市街地に高層の建物が密集している一方, 郊外住宅地には低層の住宅が多いことが反映されている。また特定の街路に連続して天空率が低い地点が認められた理由としては, 街路に沿った高架の存在が指摘できる。天空率が低い地点が連続している, 対象地域東部を北東-南西方向に通る宮城県道 23 号線は, 東北自動車道の高架下となっている。また, 一部は緑視率が高い地点が連続している街路と一致しており, その中には定禅寺通りや青葉通りが含まれることから, 高木の街路樹の分布が天空率を小さくしている場合もある。

緑視率が全体として高くなる居住地域が郊外住宅地の一部で認められたが, その背景としてそれら郊外住宅地の居住者の植樹や造園に対する関心の高さと住宅地の開発主体の販売戦略 (伊藤, 1999; 千葉, 1994) が関係しているものと考えられる。千葉 (1994) によると, 泉区松陵の松陵ニュータウンは, 開発主体が街路や公園の整備による個性化を図っている。そのため, 街路樹や公園が整備され, 緑視率

の高い地点が多くなったと考えられる。また, 伊藤 (1999) は泉区寺岡地区の住宅地景観について調査・考察しており, 緑化を当該住宅地開発の特徴と指摘している。これは, 寺岡地区において緑視率が高い地点が多く分布している結果と一致する。

4.2. 精神的健康と街路景観との関連

K6 と天空率, 緑視率との間に有意な関連は見られなかった。これは, 仮説 1 を棄却する結果となった。なお精神的な不健康さと近隣の緑の量との間には, 負の相関があるとの報告もみられるが (White et al., 2013; Klomp maker et al., 2017; Kondo et al., 2018), 本研究の結果はこれらの研究結果と一致しなかった。

4.3. 歩行活動と街路景観との関連

本研究では, 散歩頻度, ウォーキング頻度と天空率との間には有意な負の関連 (OR = 0.85, 95% CI: 0.80-0.89), (OR = 0.91, 95% CI: 0.86-0.97) が確認された。天空率が低い場所は, 高層の建造物や背の高い樹木が多く日陰の多い街路になると考えられる。つまり, 居住地周辺に日陰が多いと, 日陰によって好ましい歩行環境がつくられ, 住民の歩行活動が促進されることが示唆される。

ただし, 郊外の住宅地で天空率が高くなっていることから, 天空率が高い低層住宅が密集する郊外地域では日常的な移動を自動車に依存しており, 歩行

習慣が乏しくなっている可能性もある点に留意すべきであろう。

また、散歩頻度と緑視率、さらには緑視率: 45°~77.5°, 緑視率: 77.5°~90°との間に有意な正の関連が見られ、散歩頻度と緑視率: 0°~22.5°, 緑視率: 22.5°~45°との間に有意な関連は見られなかった、すなわち、居住地周辺の街路において、街路に立つ観測者の視点からみて低い位置に存在する緑と散歩の頻度は関連しないが、高い位置に緑が多いと散歩の頻度が多くなる傾向が認められ、緑陰の多さと歩行活動の多さとの関連が示唆される。したがって、本研究の結果は、仮説2を支持するものとなった。

4.4. 本研究の課題

本研究では、日照を考慮した景観指標として天空率を利用したものの、必ずしも日当たりと景観指標の値が対応するとはいえない。観測者よりも北側にある建造物や樹木によって、観測者に日陰が提供されることはないが、本研究で用いた指標では方角を考慮できていない。また、GSV 画像は多くの場合、車道上で撮影されており、実際に歩道を歩く歩行者の視点とは異なるなど、より正確に日陰を評価するためには、これらを考慮した指標の考案が今後必要となる。

また、高度によって範囲を分けて緑視率を算出することで、緑陰を考慮した景観指標を作成したが、景観中にある事物の正確な位置関係に基づいて緑陰の有無を判断したものではない。例えば、高い位置に緑が画像では確認できても、陰をつくり出すのは、緑ではなくその背後にある人工物である可能性がある。これを解決するためには、複数の視点の情報や、視覚的な情報以外の情報を組み合わせて景観指標を作成する必要がある。

5. 結論

本研究では、居住地周辺の日照および緑陰を考慮した街路景観指標と精神的健康や歩行活動との関連を分析した。その結果、K6 と天空率、緑視率との間に有意な関連は見られなかったが、歩行頻度、ウォーキング頻度と天空率の間には負の相関が、歩行頻度と観測者から見て高い位置にある緑視率の間には

正の関連が見られた。この結果から、居住地周辺の日陰や緑陰が多い街路は、居住者の歩行活動を促すことが示唆された。健康に対する居住地周辺の日照や緑陰の影響を明らかにするためには、景観指標の改良や更なる分析が必要である。

謝辞

本研究は文部科学省ならびに日本医療研究開発機構 (AMED) による東北メディカル・メガバンク計画 (AMED 課題番号: JP20km0105001), 東日本旅客鉄道株式会社 (JR 東日本) からの寄付金, 文部科学省による科学研究費補助金 (課題番号: 20H00040) によって行われた研究である。

参考文献

- 伊藤徹哉 (1999) 仙台市における住宅地景観の地域的特徴およびその形成過程. 地理学評論, 72A(6), 357-380.
- 西尾尚子・伊藤史子 (2017) Google ストリートビューを用いた天空率算出システムの提案. 日本不動産学会誌, 31(1), 52-57.
- 千葉昭彦 (1994) 民間宅地開発業者の行動原理と大規模宅地開発の展開過程-仙台都市圏における事例-. 季刊地理学. 46, 19-36.
- Chen, L.C., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., Adam, H. (2018) Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation. In: Ferrari, V., Hebert, M., Sminchisescu, C., Weiss, Y. (eds.), Computer Vision – ECCV 2018, 833–851
- Cheung, P. K., Jim, C. Y. (2018) Comparing the cooling effects of a tree and a concrete shelter using PET and UTCI. Building and Environment, 130(October 2017), 49–61.
- Cordts, M., Omran, M., Ramos, S., T. Rehfeld, M. Enzweiler, R. Benenson, U. Franke, S. Roth, and B. Schiele (2016) The Cityscapes Dataset for Semantic Urban Scene Understanding. in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 3213-3223.

- Föcker, M., Antel, J., Ring, S., Hahn, D., Kanal, Ö., Öztürk, D., Hebebrand, J., Libuda, L. (2017) Vitamin D and mental health in children and adolescents. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 26(9), 1043-1066.
- Klompmaaker, J. O., Hoek, G., Bloemasma, L. D., Wijga, A. H., van den Brink, C., Brunekreef, B., Lebret, E., Gehring, U., Janssen, N. A. H. (2019) Associations of combined exposures to surrounding green, air pollution and traffic noise on mental health. *Environment International*, 129(May), 525–537.
- Kondo, M. C., Fluehr, J. M., McKeon, T., Branas, C. C. (2018) Urban green space and its impact on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3).
- Lee, H., Holst, J., Mayer, H. (2013) Modification of Human-Biometeorologically Significant Radiant Flux Densities by Shading as Local Method to Mitigate Heat Stress in Summer within Urban Street Canyons. *Advances in Meteorology*, 2013, 312572.
- Lee, L.S.H., Cheung, P.K., Fung, C.K.W., Jim, C.Y. (2020) Improving street walkability: Biometeorological assessment of artificial-partial shade structures in summer sunny conditions. *Int J Biometeorol*, 64, 547–560.
- Lu, Y., Sarkar, C., Xiao, Y. (2018) The effect of street-level greenery on walking behavior: Evidence from Hong Kong. *Social Science and Medicine*, 208(February), 41–49.
- Mead, M.N. (2008) Benefits of Sunlight: A Bright Spot for Human Health. *Environmental Health Perspectives*, 116(4), 160-167.
- Thorsson, S., Honjo, T., Lindberg, F., Eliasson, I., Lim, E.-M. (2007) Thermal Comfort and Outdoor Activity in Japanese Urban Public Places. *Environment and Behavior*, 39(5), 660–684
- White, M. P., Alcock, I., Wheeler, B. W., Depledge, M. H. (2013) Would You Be Happier Living in a Greener Urban Area? A Fixed-Effects Analysis of Panel Data. *Psychological Science*, 24(6), 920–928.