

緑の環境価値を評価・可視化する「みどりのものさし」 グラングリーン大阪における微気候シミュレーションを中心に

"Midori-no-monosashi" for Evaluating and Visualizing the Environmental Value of Greenery:
Microclimate Simulation at Grand Green Osaka

日建設計総合研究所 主任研究員/東京大学空間情報科学研究センター 協力研究員
Senior consultant, NIKKEN SEKKEI Research Institute / Visiting research associate, Center for
Spatial Information Science, The University of Tokyo

鶴見 隆太
Ryuta Tsurumi

キーワード：都市緑化(Urban greenery)、微気候(Microclimate)、シミュレーション(Simulation)、
Envi-met、環境価値(Environmental value)

1. はじめに

夏の強い日差しを歩いているときに緑の木陰にはいって暑さが和らいだと感じたり、都市の中の緑を見て気持ちが安らいだりした経験は多くの人を持っているだろう。都市緑化には、温熱環境の改善といった環境面の効果に加え、不動産価値の向上といった経済面の効果¹⁾や、QOL (Quality of Life) の向上²⁾といった社会面の効果があるなど、多面的な価値があることが最近の研究で明らかになりつつある。

さらに都市緑化は、気候変動対策としても注目されている。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)では、都市緑化に代表されるグリーンインフラストラクチャーは他の対策と比較したときの技術的な実現可能性、費用対効果、世論からの支持の観点から優位性がある気候変動の対策の一つであると言及されている³⁾。

このように、都市緑化には様々な価値があり、それぞれの分野の専門家により研究が進められている一方で、その多面的な価値を不動産に関わる多様な（そして必ずしも都市緑化の専門家でない）ステークホルダーにビジュアルに分かりやすく伝えることが難しく、その効果が十分に理解されていないという実務上の課題があった。そこで、日建設計・日建設計総合研究所では緑が持つ価値を、既往研究の調査などをもとに「環境価値」「社会価値」「経済価値」に分類し、まず比較的定量化に取り組みやすい「環境価値」に関して5つの指標で評価・ビジュアル化する「みどりのものさし」を策定した。「みどりのものさし」で整理した都市の緑がもつ5つの環境価値は、①温室効果ガスの削減、②空気の浄化、③温熱環境の改善、④生物多様性の促進、⑤雨水流出の抑制である（図1）。

2. グラングリーン大阪でのケーススタディ

2.1 概要

JR 大阪駅北側にてうめきた 2 期地区の都市再開発プロジェクトとして進行中の「グラングリーン大阪」では、4.5 ha のうめきた公園を中心に街区全体で 1600 本以上の高木の緑を導入している。ここでは緑陰や水景等による微気象調整効果で都心のクールスポットを創出しているとともに、公園と民地一体で雨水流出抑制、樹木による CO₂ 固定や、生物多様性への配慮も行っている。「みどりのものさし」の 5 つの指標を用いて、このような環境価値を具体的に数値・ビジュアル化し、グラングリーン大阪の環境への貢献の可視化を行った。

2.2 温室効果ガスの削減

樹木は、光合成によって吸収した CO₂ をセルロースの形で固定することで成長する。さらに樹木の幹・枝・根の乾燥重量の 50% は炭素であり、それは全て大気中からの CO₂ 由来であることが知られて

いる。国土技術政策総合研究所の研究⁴⁾を参考に、樹種・本数・直径からCO₂の年間固定量を算出した。グラングリーン大阪の敷地全体の高木樹木による年間のCO₂固定量は35.9 t-CO₂という結果となり、これは車の走行による排気ガスに換算すると地球約6.7周分、出力370 Wの太陽光モジュールが発電する時に削減できるCO₂に換算すると約190枚分に相当する(図3)。

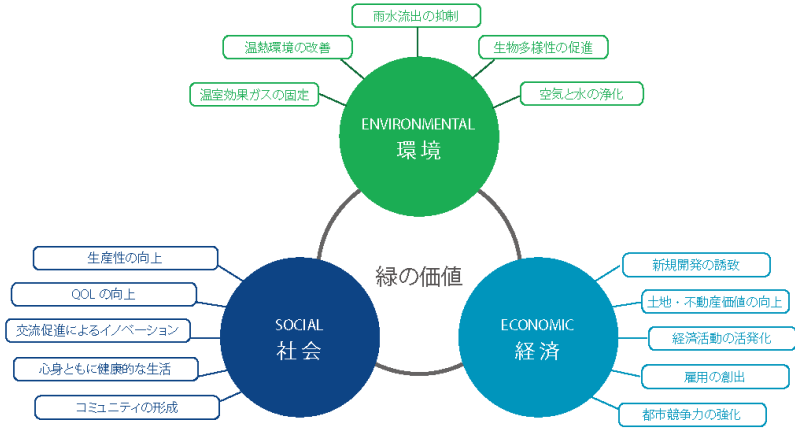


図1 日建設計・日建設計総合研究所が既往研究等をもとに整理した緑の価値の全体像。

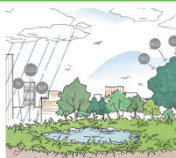
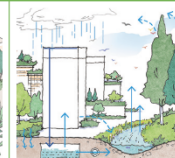
評価項目					
	温室効果ガスの削減	樹木による空気浄化	温熱環境の改善	生物多様性の促進	雨水流出の抑制
イメージ					
概要	植物は成長の過程で温室効果ガスを吸収・固定	緑による汚染物質の吸収・吸着により大気環境を改善	緑陰の日射遮蔽および葉からの蒸散効果により温熱環境を改善	植栽の階層構造化、多様な生息環境の創出により生物多様性を促進	土壌・樹木・施設の雨水貯留・浸透機能により雨水流出を抑制
評価方法	樹木の樹種・本数・胸高直径から、樹木による年間のCO ₂ 固定量を算出	樹木による年間の大気汚染物質(SO ₂ 、NO ₂ 、O ₃)の吸収量を推計し、大気の浄化効果を算出	気象条件などを設定し、みどり豊かな計画と高木と水面がないシナリオ等と比較し、温熱環境の改善効果をシミュレート	衛星画像の解析による樹林地データをもとに現況とエリア開発後に予想される生態的ネットワークをBefore-Afterで可視化	計画降雨条件や年間降水量での雨水流出抑制施設の効果やみどりの大地の浸透能力を可視化

図2 「みどりのものさし」で整理した都市緑化のもつ5つの環境価値

2.3 樹木による空気の浄化

樹木はCO₂と同時に大気汚染物質も浄化することが知られている(図4)。既往研究をもとに⁵⁾年間の大気汚染物質(SO₂、NO₂、O₃)の吸収量を推計し、大気の浄化効果を算出した。グラングリーン大阪の敷地全体の高木樹木による、年間のSO₂吸収量、NO₂吸収量、O₃吸収量はそれぞれ、4.2 kg-SO₂、10.7 kg-NO₂、16.6 kg-O₃となった。NO₂吸収量は車の走行による排気ガスに換算すると、年間では地球を約3.1周走行するときに排出される量に相当する。グラングリーン大阪の樹木は幹線道路等から発生される大気汚染物質の吸収し、公園内や地域の快適な生活環境の形成に貢献することが期待される。

樹木の樹種と胸高直径を整理し、計算式を使って全樹木の CO₂ 固定量を算定

各樹木の CO₂ 固定量を計算し、エリア別に集計

樹木数とCO₂固定量

樹種 学名	クスノキ <i>Cuscuta japonica</i>	シラカシ <i>Quercus myrtilloides</i>	マデバシイ <i>Liriodendron tulipifera</i>	ケヤキ <i>Zelkova serrata</i>	イチョウ <i>Ginkgo biloba</i>	プラタナス <i>Platanus</i>	その他 Others
算定式 Y: 年間 CO ₂ 固定量 X: 胸高直径 (cm)	$Y=0.0491 \times X^2$ ($R^2=0.84$)	$Y=0.218 \times X^2$ ($R^2=0.92$)	$Y=0.266 \times X^2$ ($R^2=0.92$)	$Y=0.127 \times X^2$ ($R^2=0.92$)	$Y=0.0667 \times X^2$ ($R^2=0.92$)	$Y=0.0956 \times X^2$ ($R^2=0.92$)	$Y=0.111 \times X^2$ ($R^2=0.92$)
Y=20 の場合の 年間 CO ₂ 固定量 / 本	36.78 kg	63.70 kg	39.59 kg	58.92 kg	31.88 kg	57.40 kg	42.45 kg

引用: 松江ら, 2009. 日本における都市樹木の CO₂ 固定量算定式. 日経エレクトロニクス, 35(2), 318-324

ONIKKEN



樹木数とCO₂固定量

	エリア	高木本数(本)	常緑樹(本)	落葉樹(本)	CO ₂ 固定量(kg/yr)
1	北公園	約 360	約 60	約 300	約7,613
2	南公園	約 250	約 50	約 200	約5,620
3	北貫貸	約 220	約 100	約 120	約2,766
4	北分譲	約 140	約 50	約 90	約2,610
5	南貫貸	約 140	約 60	約 80	約2,935
6	南分譲	約 60	約 10	約 50	約2,245
7	歩道	約 300	約 170	約 130	約8,528
8	J R	約 160	約 80	約 80	約3,599
	合計	約 1,630	約 580	約 1,050	約35,916

図 3 樹木による温室効果ガスの固定効果の計算

付近の大気環境状況と全樹木の CO₂ 固定量から大気汚染物質の吸収量を整理

各樹木の汚染物質吸収量 (SO₂, NO₂, O₃) を集計し、敷地全体の年間吸収量を算定

各物質吸収量の基本式

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 \text{ 吸収量 (kg/yr)} &= 11.4 \times \text{CSO}_2 \times \text{CO}_2 \text{ 固定量} \\ \text{NO}_2 \text{ 吸収量 (kg/yr)} &= 8.53 \times \text{CNO}_2 \times \text{CO}_2 \text{ 固定量} \\ \text{O}_3 \text{ 吸収量 (kg/yr)} &= 7.14 \times \text{CO}_3 \times \text{CO}_2 \text{ 固定量} \end{aligned}$$

CSO₂: 大気中の SO₂ 濃度 (μg/cm³)
CNO₂: 大気中の NO₂ 濃度 (μg/cm³)
CO₃: 大気中の O₃ 濃度 (μg/cm³)

年間汚染物質吸収量:



NO₂ 吸収量を車の走行による排気ガスに換算すると



*登録乗用車の 40km/hr 走行時の NOx 排出量原単位 0.086 g/km (全国平均) を用いて算出
(自動車排出ガス対策関係のガイドライン, 2014.3, 一般財団法人 日本自動車研究所)

図 4 樹木による空気の浄化効果の計算

2.4 生物多様性の促進

都市に暮らす人々が生態系サービスを引き続き享受できるように、都市の中で生物多様性を促進することが重要である。生物は緑のネットワーク性 (生態系ネットワーク) が高いほど存続の可能性が高いことが知られている。グラングリーン大阪では、人工衛星画像の解析により、現況と計画完成後に予想される生態的ネットワークを可視化した。グラングリーン大阪は樹林率を 12%まで増加させ、樹林率の増加が生態系ネットワークの形成に寄与する (図 5)。都心に多様な生物が生息する環境を整えることで、来訪者が生物と触れ合う機会を提供する副次的な効果も期待される。

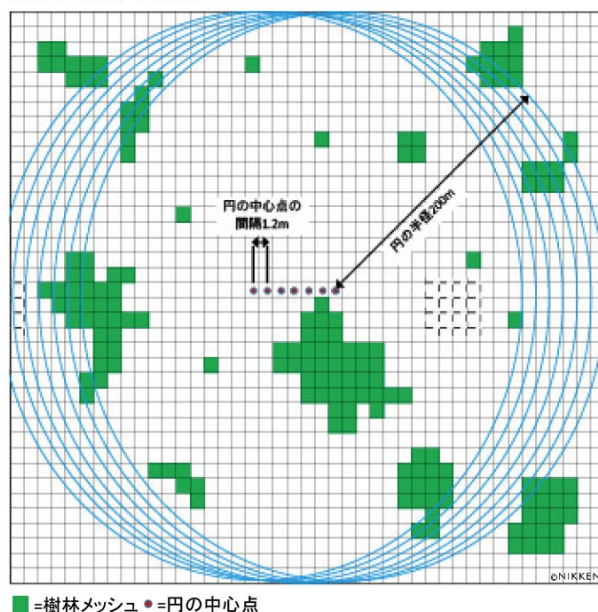
2.5 雨水流出の抑制

近年、大雨の発生回数は増加しており、都市部で内水氾濫を起こす「都市型洪水」が問題となっている。グラングリーン大阪では、雨水の貯留施設や浸透トレンチ、砕石貯留槽などの雨水流出抑制施設を有しており、その効果や緑の大地の浸透能力を可視化した。街区中心のうめきた公園では年降水量の約半分 (約 29,130 m³/年) を流出抑制施設等により貯留コントロールしていると同時に、一部雨水は植栽灌水用として有効活用されている。また、緑地での雨水浸透は年降水量の 1/3 以上の約 23,320 m³/年に達し、緑の大地を通じた浸透や蒸発散による水循環の健全化にも寄与し、土壌や空気的环境を改善されることが示唆された (図 6)。

人工衛星画像をもとに、植生指数に基づき樹林による緑被地を抽出



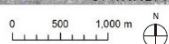
シジュウカラの生息にとって意味を持つ半径 200m の円を集計範囲として樹林率を算出



グラングリーン大阪が整備されることにより、都市内に "飛び石" 状に点在する緑地を効率よく利用して生活することが知られているシジュウカラのような樹上性鳥類が容易に移動できると考えられる樹林率 10% 以上のエリアが多く出現されることが確認された。



グラングリーン大阪完成前



※コンターは樹林率の等値線、%は樹林率を示す



グラングリーン大阪完成後

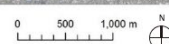


図 5 生態系ネットワークの計算

2.6 温熱環境の改善

夏の暑さはますます厳しさを増している。屋外の暑さに最も影響があるのが直達日射で、緑陰は直達日射を大きく軽減してくれる。緑による温熱環境を気流や放射を連成し数値計算により予測することのできるシミュレーションツール ENVI-met (ver 5.1.1)を用いて、緑が豊かなグラングリーン大阪の夏期の体感温度と表面温度を予測した (表 1)。比較対象として、高木および水面がない条件と比較して、夏の日射の厳しい時間帯で主に樹冠の下では体感温度 (Universal Thermal Climate Index) が 4-6 °C、表面温度が 13-16 °C程度下がることが確認した。高木による緑陰は表面温度と体感温度を下げるのと同時に、夜間には周辺へ涼しい空気がにじみ出すと考えられ、ヒートアイランド現象の抑制にも寄与する都心の貴重なクールスポットとなることが期待される (図 4)。

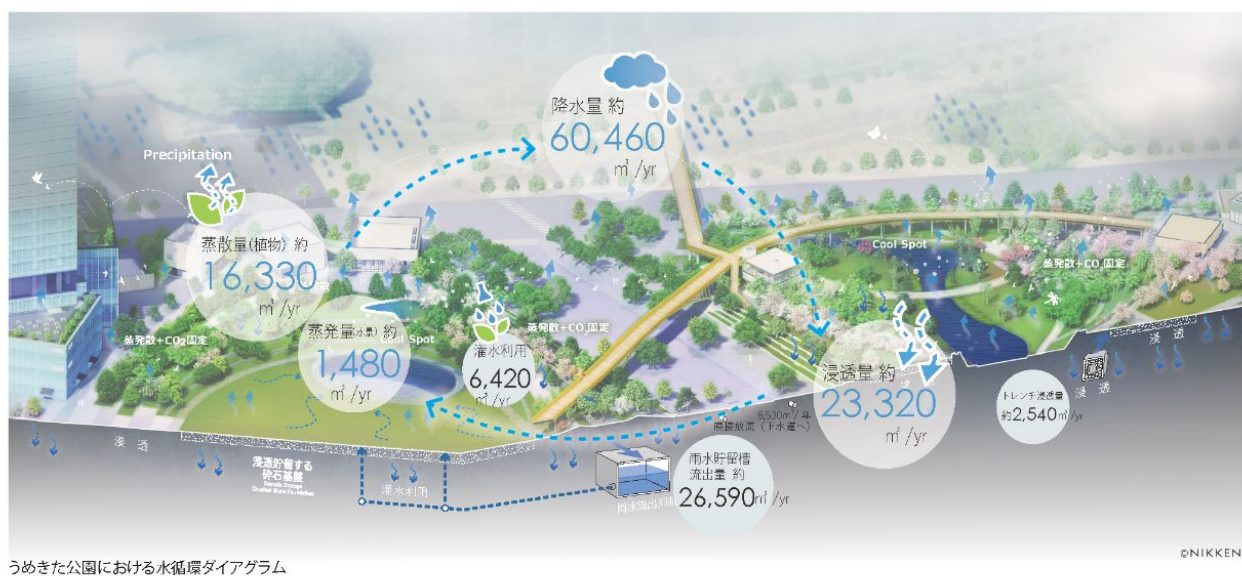
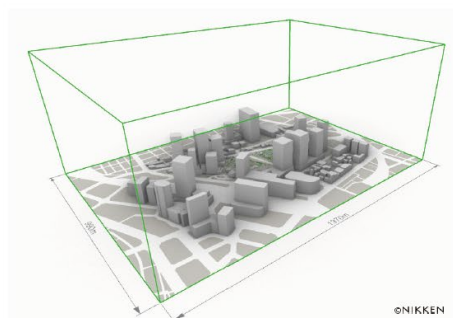
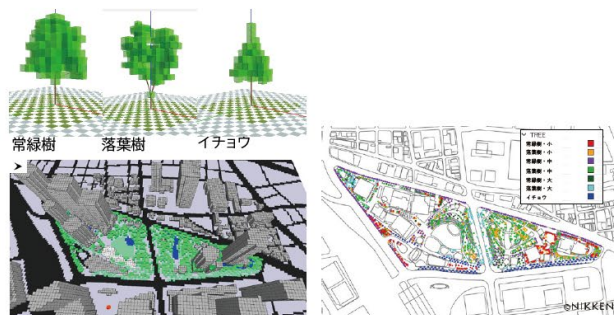


図 6 雨水の敷地外流出の抑制

シミュレーションを実施するために 3D モデルを作成



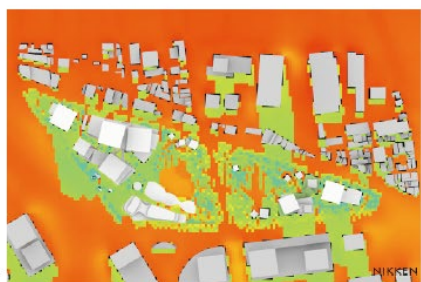
緑の効果や大気⇄放射の相互作用を再現できる微気候シミュレーションソフトで熱環境評価指数のシミュレーションを実施



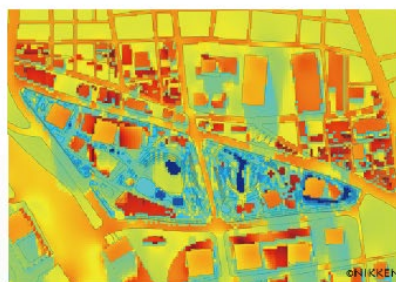
現計画



体感温度 (7 月 25 日 15 時)



表面温度 (7 月 25 日 15 時)



高木と水面がないシナリオ

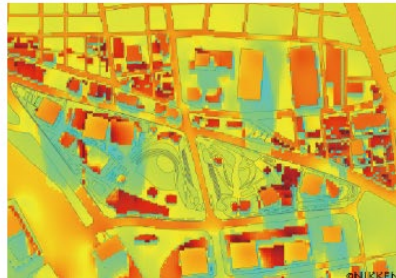
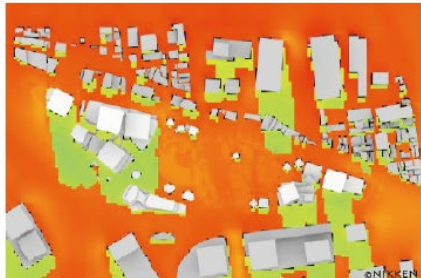


図 7 温熱環境の改善効果のシミュレーション (体感温度は UTCI)

表 1 温熱環境シミュレーションの条件

計算対象範囲：XY 1370 m×990m、計算対象時間：24 時間、Time step：1～2s、気象条件：拡張アメダス（2010）標準年大阪気象データの気温が 1 年で最も高い日、風向・風速は夏期の代表的な条件である西南西 2 m/s として定常で与えた。メッシュサイズ：XY 方向 6 m、Z 方向は 5 m を基準とした。建物内室温設定：26℃一定

3. Envi-met を用いた緑の微気候シミュレーション

3.1 Envi-met の概要

グラングリーン大阪の温熱環境の改善効果はシミュレーションソフト ENVI-met を用いて検討した。ENVI-met は商用ソフトであるものの、屋外微気候のシミュレーションを用いた研究（とりわけ緑の温熱環境評価）では国際的にデファクトスタンダードとなっている。国際誌（e.g., Building and Environment, Urban Climate）においてもその計算アルゴリズムや精度検証が掲載されるなど、商用ソフトでありながら ENVI-met そのものも研究対象になっている。一方で、国内では研究や実務での報告事例が少ないため本稿ではその概要や特徴を説明する。

ENVI-met は都市の屋外環境における地表－植物－空気の相互作用をシミュレーションできるモデルであり 1998 年にヨハネス・グーテンベルク大学マインツの Michael Bruse によって初めて一般公開され、2024 年に One Click LCA に買収された。2025 年 9 月現在最新版は Ver5.8.0 である。その機能の概要を表 2 に示す。

表 2 ENVI-met が有する機能

- 典型的な空間解像度は 1-10 m、時間解像度は 1-5 s、計算対象時間は 1-5 日間
- 直交格子のみ対応しており水平方向に 50×50-500×500 グリッド、鉛直方向に 20-50 グリッド程度が典型的な計算対象領域サイズ（例えば、250×250 グリッドで 3 m の空間解像度の場合、750×750 m が計算領域）
- 鉛直方向には伸縮オプションがあり、地上レベル付近を細かくする機能や、建物レベルより上を粗くする機能
- 建築および植生からの日陰、反射、再放射に関する短波および長波放射フラックス計算（多重反射や樹冠での放射拡散を含む）
- 植物から空気への蒸散、蒸発、顕熱フラックス計算（植物の光合成速度など植生理パラメーターシミュレーションを含む）
- 断熱材や壁面緑化など複数の材料から構成された壁／屋根の動的な表面温度と壁内温度の計算
- 土壌システムの水と熱の交換（植物の水分吸収を含む）計算
- 汚染物質の拡散（葉や表面での沈降と堆積を含む）や NO、NO₂・O₃ の光化学反応
- MRT、PMV/PPD、PET、UTCI などの生物気象指標の計算
- QGIS、SketchUp、Grasshopper のプラグイン連携機能

3.2 Envi-met の放射環境のシミュレーション例

3.2.1 樹冠による減衰のシミュレーション

特に屋外の熱的快適性に重要な放射のシミュレーションの例を示す。ENVI-met の特徴は植生のモデリングに力点が置かれていることである。図 8 に ENVI-met の樹冠内の放射伝達の再現の例を示す。短波放射が 1360 W/m² の条件下において、LAD（葉面積密度）の異なる樹木の樹冠内部で短波放射が、LAD に応じて大きく減衰している様子がシミュレートされている。このように、ENVI-met では複雑な樹冠構造をもつ緑の周辺の温熱快適性の検討を行うことができる。

3.2.2 MRT の精度検証の事例

香港の複雑な建物形状をもつ都市環境を対象にして、Peer et al.が ENVI-met の MRT 計算の精度検証を行った例を示す⁷⁾。評価は3地点で行われ、それぞれアスファルトの広場 (Open Space 条件)、Ficus macrocarpa (ガジュマル) の樹冠の下 (Natural Shading 条件)、半密閉型の廊下 (Artificial Shading 条件) である図 9(a)。それぞれ、 $3 \times 3 \times 3$ m の空間解像度で適切な校正を行った結果、MRT の RMSE に関して、それぞれ Open Space が 5.07 K、Natural Shading が 1.51 K、Artificial Shading が 1.27 K であった報告している。特に MRT の精度向上に以下の2点の校正が重要であったと報告している。(1)アスファルトの広場のアルベドに関して、ENVI-met の材料データベースのデフォルト値は 0.50 であったが、現地計測により 0.26 と同定し変更した。(2)フィールド測定の結果より雲量のダイナミクスを推定して、気象条件に反映した。図 9(b)をみると、このように適切に入力データを設定することで、全体的には系統的誤差は小さく推定できることがわかる (ただし、 $MRT > 50$ °C の領域において、やや過大推定される傾向があり今後の改善が望まれる)。

3.3 その他の特徴や注意点

ENVI-met はバージョン更新により、無視できない計算アルゴリズムの内部変更がなされることがある。図 10 に Helge et al.によって実施された Ver.4.X (2010~2021) と Ver5.X (2021~) の放射計算のアルゴリズムの変更による MRT 計算結果の違いについて示す⁸⁾。従来の計算方法では、日射の反射や長波長の計算において、3 次元的な形態が十分に考慮されていなかったのに対して、新しい計算方法ではレイトレーシングにより放射計算を行っている。従来の計算方法では建物の影のエリアでは MRT が過大評価される一方で、公園のエリアは MRT が過少評価されており、両者には実務的にも無視できない差が生じている。

その他の留意点を表 3 に示す。このような留意点があるものの、地表-植物-空気の相互作用をユーザーフレンドリーなインターフェースで解けるソフトは他になく (他の微気候シミュレーションとの比較は Vurro, G. et al.に詳しい⁹⁾)、都市緑化による温熱環境の評価するためには大変有用な選択肢のひとつであると考えられる。

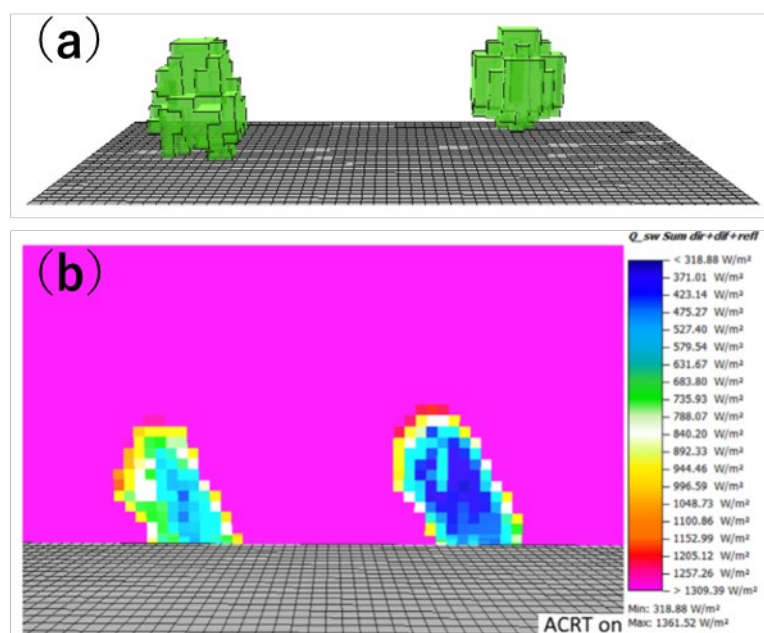
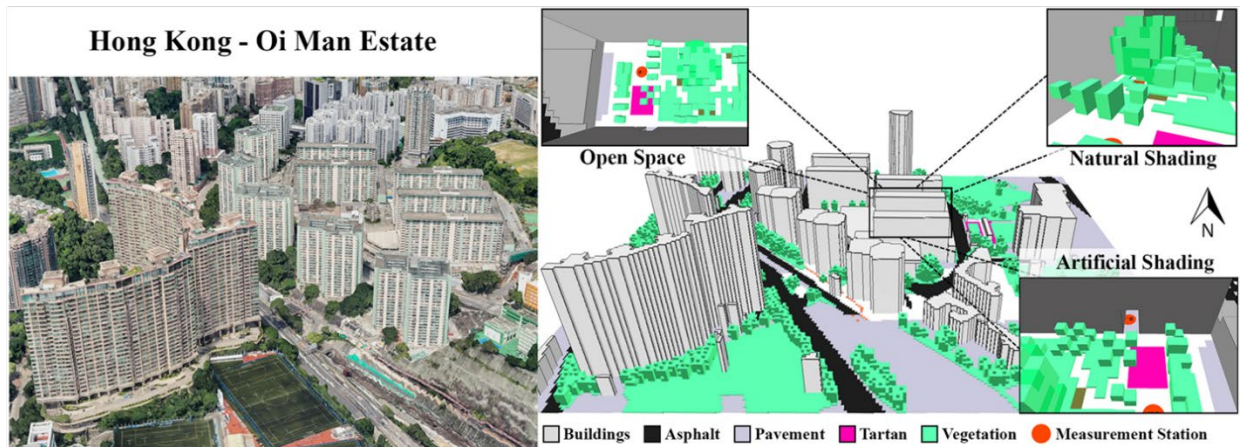


図 8 Helge et al.⁶⁾によって実施された ENVI-met の樹冠内の放射伝達の再現の様子 (CC BY 4.0)。(a) 対象の樹木 (左 : LAD が $0.024 \sim 0.825$ m^2/m^3 の樹冠内部 LAD が不均一な樹木、右 : LAD が 0.300 m^2/m^3 の均一の樹木)、(b) 短波放射フラックス (直達・拡散・反射の合計、ドイツの夏期晴天日の正午)

(a)



(b)

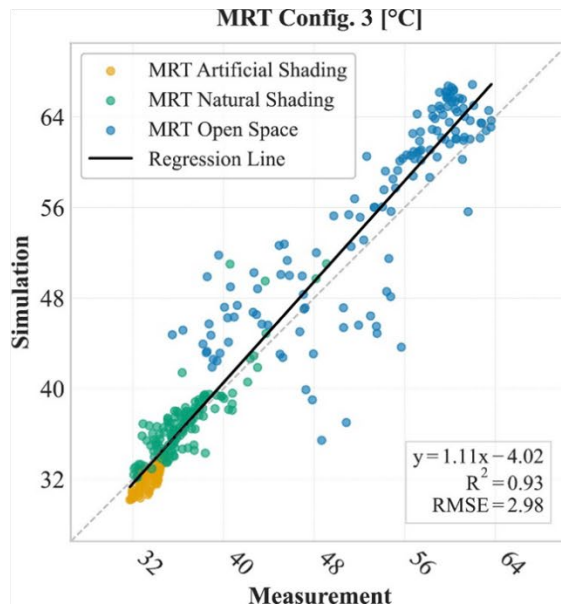


図9 Peer et al.によって実施された ENVI-met (Ver. 5.7.2) による MRT の検証 (CC BY 4.0). (a) 香港の検証サイトと ENVI-met 上の 3D モデル, (b) シミュレーションと実測の比較 (アルベド及び中層雲の校正後の結果)。

表 3 ENVI-met の留意点

- 直交格子のみしか対応していないため、曲面や坂道など複雑な建築や地形の再現が不十分
- 計算時間が長い。グラングリーン大阪の計算はワークステーション PC で 1 週間程度 (2025 年 5 月にリリースされた Ver5.8 では計算時間が 20~50%短縮したとの報告もある)
- 大気の流れ過程 (大気放射や雲物理) や大気成層の考慮が不十分 (日下らによる指摘¹⁰⁾)
- 街区内の放射計算において空気を透明と仮定している (日下らによる指摘¹⁰⁾)
- きわめて重大な計算アルゴリズムの変更以外は、リリースノートに簡単に書かれるのみで、内部的にどのような変更がなされたか正確に把握できない (報告時にはバージョンの情報が必須)
- WBGT を直接出力する機能がない
- 年間のサブスクリプションで買い切りができない (アカデミックライセンスでは 1500 ユーロ/年、ビジネスライセンスは要問合せ) ※ただし有料ライセンスがないと一定規模以上のシミュレーションのスタートができないだけで、モデル準備や小規模モデルのシミュレーション実施などは無料ライセンスで実施可能

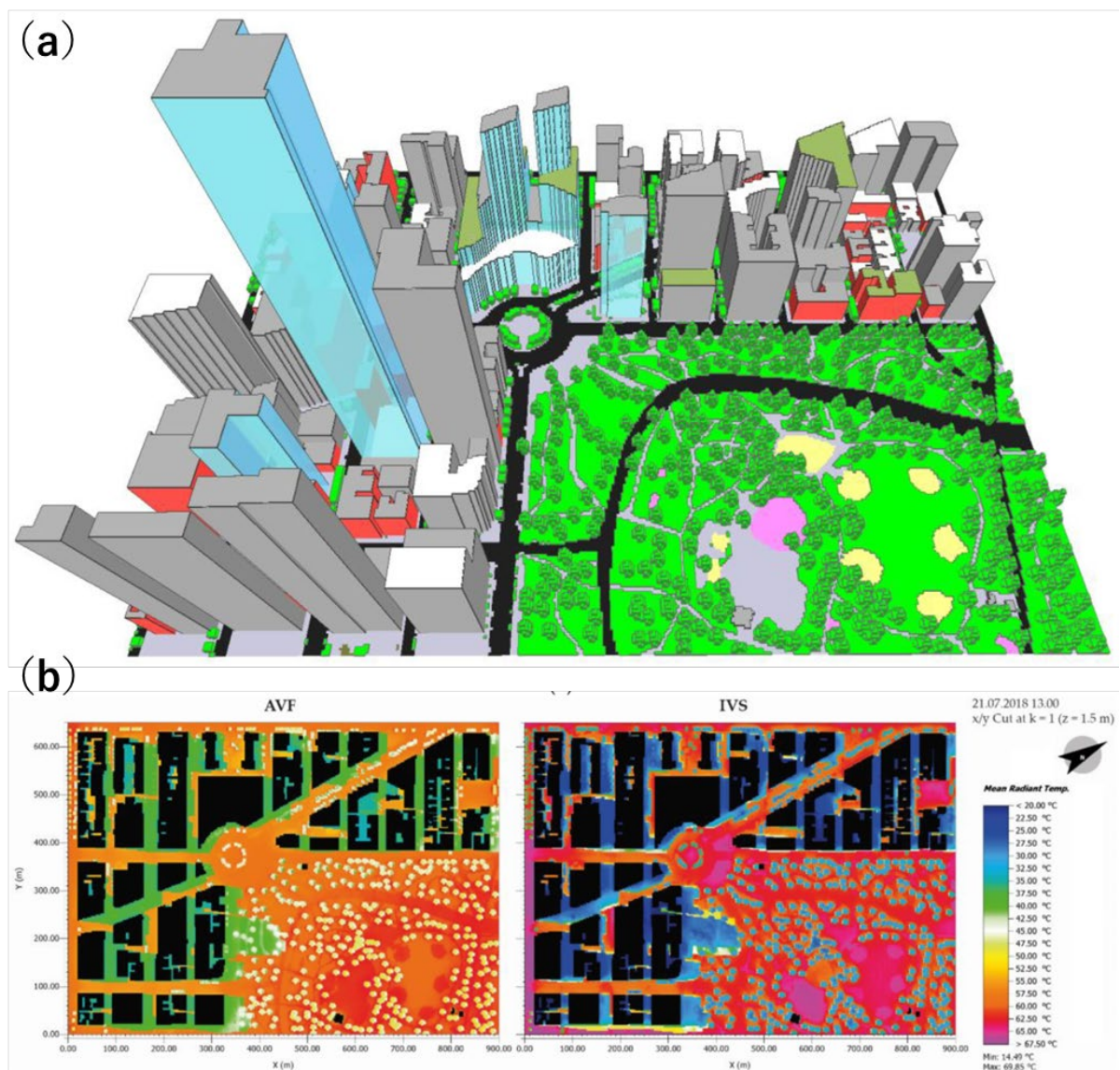


図 10 Helge et al. ⁸⁾によって実施されたニューヨーク・セントラルパーク周辺を再現した ENVI-met の同一境界条件での放射計算アルゴリズムのケーススタディ (CC BY 4.0)。(a)モデルエリア、(b) AVF: Ver. 4.X 以前の古い計算アルゴリズムによる MRT, IVS: Ver. 5.X 以降の新しい計算アルゴリズムによる MRT。

4 まとめ

リジェネラティブな都市（都市に緑が取り戻された状態）を実現するため、日建設計・日建設計総合研究所では緑が持つ環境価値を、5つの指標で評価・ビジュアル化する「みどりのものさし」を策定した。日本を代表する都市緑化であるグラングリーン大阪を対象にケーススタディを実施し、その環境価値を必ずしも専門家でないステークホルダーにわかりやすく伝えるためのビジュアライズを行った。

また特に緑による温熱環境の改善に関して、地表－植物－空気の相互作用をユーザーフレンドリーなインターフェースで解くことができ、国際的に広く利用されているシミュレーションソフトである、ENVI-met に関してその特徴を解説した。いくつかの留意点はあるものの、都市緑化による温熱環境の評価するためには大変有用な選択肢のひとつであることを説明した。

今後、日建設計・日建設計総合研究所では、都市緑化のもつ「社会価値」「経済価値」についても定量化する方法を検討する。

参考文献

- 1) Ewane, E. B., Bajaj, S., Velasquez-Camacho, L., Srinivasan, S., Maeng, J., Singla, A., Luber, A., de-Miguel, S., Richardson, G., Broadbent, E. N., Cardil, A., Jaafar, W. S. W. M., Abdullah, M., Corte, A. P. D., Silva, C. A., Doaemo, W., & Mohan, M. (2023). Influence of urban forests on residential property values: A systematic review of remote sensing-based studies. *Heliyon*, 9(10), e20408. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E20408>
- 2) Mensah, C. A., Andres, L., Perera, U., & Roji, A. (2016). Enhancing quality of life through the lens of green spaces: A systematic review approach. *International Journal of Wellbeing*, 6(1), 142–163. <https://doi.org/10.5502/IJW.V6I1.445>
- 3) Dodman, D., B. Hayward, et al. (2022) “Cities, Settlements and Key Infrastructure. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.” Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 907–1040.
- 4) 藤原宣夫, 山岸裕, 村中重仁, 都市緑化樹木による CO₂ 固定量の算定方法に関する研究, 日本緑化工学会誌, 2002, 28 巻, 1 号, p. 26-31, <https://doi.org/10.7211/jjsrt.28.26>
- 5) 独立行政法人環境再生保全機構. 大気浄化植樹マニュアル 2014 年度改訂版.
- 6) Simon, H., Sinsal, T., & Bruse, M. (2020). Introduction of Fractal-Based Tree Digitalization and Accurate In-Canopy Radiation Transfer Modelling to the Microclimate Model ENVI-met. *Forests* 2020, Vol. 11, Page 869, 11(8), 869. <https://doi.org/10.3390/F11080869>
- 7) Schöneberger, P., Sinsal, T., Ouyang, W., Tan, Z., Bruse, M., & Simon, H. (2025). Enhancing urban microclimate simulations: Validating ENVI-met’s accuracy in modeling multi-directional radiative fluxes and mean radiant temperature in subtropical hong kong. *Building and Environment*, 284, 113475. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2025.113475>.
- 8) Simon, H., Sinsal, T., Bruse, M., Isabel, M., Galdo, L., Naji, H., & Dios, R. J. (2021). Advances in Simulating Radiative Transfer in Complex Environments. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 5449, 11(12), 5449. <https://doi.org/10.3390/APP11125449>
- 9) Vurro, G., & Carlucci, S. (2024). Contrasting the features and functionalities of urban microclimate simulation tools. *Energy and Buildings*, 311, 114042. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2024.114042>
- 10) 日下博幸, 佐藤拓人. 筑波大学で開発した都市気象 LES モデル (City-LES) の精度検証. 都市極端気象シンポジウム/台風研究会: 台風・豪雨など極端気象による都市の災害リスク評価に関する研究集会 2023