大規模緑地公園再開発計画の屋外温熱環境影響評価

一ノ瀬　俊明[1]・潘　毅[2]

[1]正会員　国立研究開発法人国立環境研究所/名古屋大学大学院環境学研究科（〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2/〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町）
E-mail: toshiaki@nies.go.jp (Corresponding Author)

[2]筑波大学大学院理工情報生命学術院/国立研究開発法人国立環境研究所（〒305-8577 茨城県つくば市天王台一丁目 1-1/〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2）
E-mail: pankeyu21@gmail.com

茨城県つくば市の県営洞峰公園は，東西南北それぞれ 1 辺数百ｍのスケールを有する緑地公園である．茨城県が提示した再開発計画においては，公園内の野球グラウンドがグランピング施設へ変更され，それに伴い数 ha の樹林地が駐車場へ変更される．近隣の住民からは，公園内の希少動植物相の喪失に加え，暑熱リスクの上昇についても懸念する声が上げられた．そこで屋外温熱環境の数値シミュレーションにより，建築形状や土地被覆の変化による夏季日中の暑熱リスク上昇を推定した．地表面温度や風速，気温，湿度への影響により，風下側隣接住区の棟間における温熱環境変化は，季節，時間帯，気象条件次第では，一定割合の住民が変化に気づく程度である可能性が指摘された．しかしこの結果は，開発反対の視点で計画を注視している住民らの認識と乖離していた．

Key Words: *re-development, green park, thermal comfort, citizen movement, numerical simulation*

1. 本研究の背景と目的

茨城県つくば市の県営洞峰公園（**図-1**）は，1980 年に整備された東西南北それぞれ 1 辺数百ｍのスケール（20.0 ha）を有する都市公園（総合公園）である．洞峰沼を中心とした緑に囲まれた公園であり，市民の憩いの場となっている．

しかし 2021 年に茨城県は，公園の魅力アップや維持管理費の削減を目的として，民間資金を活用して整備・運営するための「パーク PFI」事業者を募集し，4 社によるグループを選定した．この事業計画では，集客施設の収益を公園の維持管理に充てることにより，県の財政負担（2021 年度に約 1 億 5 千万円：県都市整備課による）が軽減されるとしていた．また，手軽に豪華なキャンプ「グランピング」を楽しめる 18 棟の施設や，バーベキューガーデン，ドッグラン，カフェ，トレーニングジムが設置され，テニスコートの増設や駐車場の拡張が行われるとしていた[注1)]．

これに対しつくば市の五十嵐立青市長からは，「文教地区にキャンプ施設を造る妥当性は低い」との見解が示され，グランピングやバーベキューの施設についても，飲酒や煙などの問題を挙げ，「懸念されている部分は変更を求める」との姿勢が示された．また，公園の周辺住民を中心とした「地域参加型の洞峰公園整備計画を求める会」は，利用者や地域住民，近隣団体，有識者などを交えた協議会の設置を求め，2022 年 5 月に 2109 筆の署名を添え，知事宛ての要望書を提出しており，ここでは景観や生態系への影響，騒音などについて調査，議論し，必要なら計画を見直すべきとしている[注1)]．

これらの動きを受け，現在つくば市は洞峰公園について県からの無償譲渡を受け入れることを決めており，県も市の意向があれば無償で移管する考えを示している．今後両者は，老朽化している園内施設の修繕費負担の交渉や条例の改正など，譲渡に向けた調整が進むものと予想されている[注2)]．

さて，当初茨城県が提示した当該再開発計画においては，公園内の野球グラウンドがグランピング施設へと変更され，それに伴い数 ha の樹林地が駐車場へと変更されることとなっていた．この点に関し，近隣の住民からは，公園内の希少動植物相の喪失に加え，暑熱リスクの

上昇についても懸念する声が上げられ，2022年7月の県庁による説明会と，それと前後した住民グループ（地域参加型の洞峰公園整備計画を求める会）の討論集会を契機に，著者も当該グループの活動に専門家の立場で参与観察をはじめ，本論に述べるアセスメントを試みた．

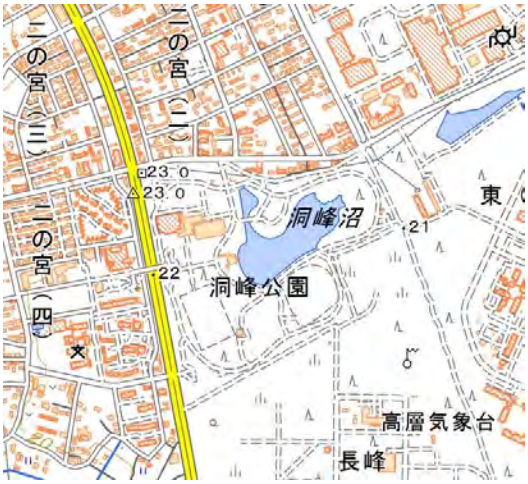

図-1　洞峰公園およびその周辺
（地理院地図：東西約1,400m，南北約1,250mの範囲）

2.　研究手法

本研究では県庁による当初の再開発計画をシナリオとして，屋外温熱環境の数値シミュレーションにより，建築形状や土地被覆の変化による夏季日中の暑熱リスク上昇の推定を試みた（**図-2**）．ここではドイツで開発され，近隣住区スケール（数百m四方）における屋外温熱環境評価ツールであるENVI-met [1)注3)]を用いた．また，1年を通じ最悪のケースを想定して，7月末の猛暑日の15時を計算対象とした．公園の西側に道路（学園西大通り）をはさんで中高層住宅街区（二の宮4丁目）が隣接しており，ここへの影響を想定して，鹿島灘からの海風（東風2m/s）が卓越する晴天日の気象データ（14時に気温32℃，湿度80%など）を入力条件とした．

ここではGoogle mapをベースとし，地上60m（鉛直解像度2m）までをモデル化している．地形は標高0m均一とし，地表面材料をアスファルト，緑地（樹林地や芝生など），荒地（土壌）に分類したほか，大きな樹木も立体的にモデル化している．洞峰公園西側の住宅街区は1階あたりを3mとし，写真判読から建物高さを6，10，12，15，25，30，35mとして表現した．また土壌層の初期値（10時）として，地下2mまでの湿り気を30%，温度を40℃としている．計算のタイムステップは2sである．

一方，懸念すべき気象条件（つくばAMeDAS）を日最高気温30℃以上，東風が卓越，十分な日射量で絞り込んでみると，それらの出現時間は7～8月日中の5%程度（毎日発生しても30分）であり，このような条件が夏季に連続して発生しているものではない．

3.　結果

以下では，地上1m（大気側の鉛直グリッドにおける第1層）における計算結果（水平解像度2m）を表示し考察する．

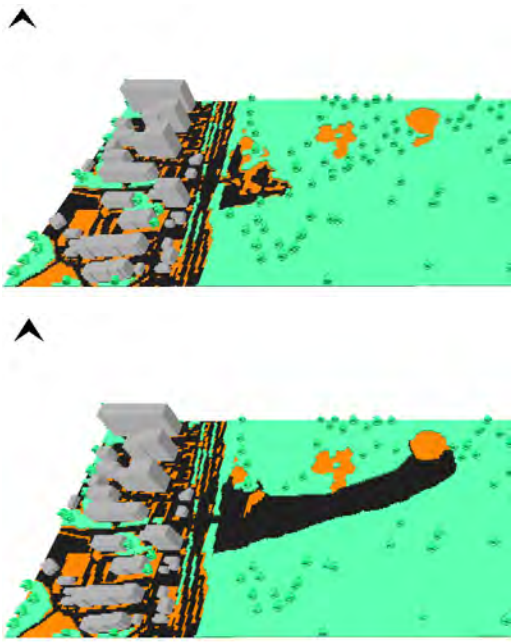

図-2　開発計画の概要（上：事前と下：事後）
地表面土地被覆（黄：土壌，黒：アスファルト）のモデリング
（東西500m，南北300mの範囲）

図-3は平均放射温度（Mean Radiant Temperature）の計算結果である．これは，一義的には評価対象グリッドにおける上下東西南北6方向からの赤外線を温度に換算したものと表現できるが，地表面からの影響が最も強いと仮定すると，地表面温度の代替指標としてよいと考えられる．樹林地の大規模な伐採，駐車場への転換により，平均放射温度が10℃以上上昇するエリアが広がっている．

計算の入力条件を検証するため，2023年7月26日12：37に洞峰公園周辺地表面温度のUAV観測を行った（**図-4**）．駐車場が60℃以上となっているのに対し，芝生が55℃前後，樹冠表面が45～50℃程度となっており，計算結果との整合性が認められる．

図-5 は風速の計算結果である．地上 1m の風速は，開発により駐車場付近で 0.4m/s 程度増加している．これは樹林地伐採による効果であり，地表面温度の上昇や地表面における摩擦の減少などが原因と考えられる．風速は増加するものの，気温が体表面温度より高い場合は熱中症リスクが上昇することに注意すべきである．

図-6 は気温の計算結果である．地上 1mの気温は，開発により，伐採前に樹林地であったところでは 0.4℃程度上昇している．これも樹林地伐採による効果であり，地表面温度の上昇が原因と考えられるほか，風下側隣接住区の棟間でも最大 0.2℃近く上昇している．

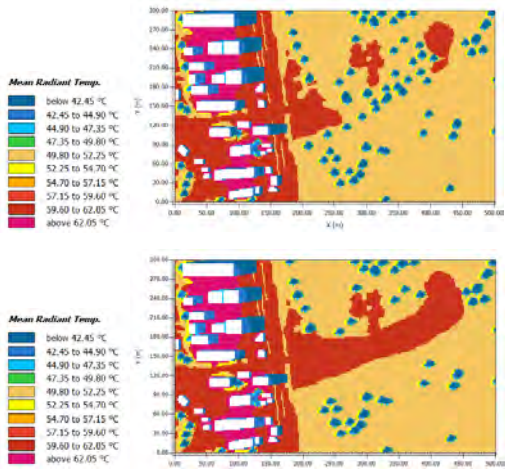

図-3 開発による屋外温熱環境影響（平均放射温度）
上：事前と下：事後（東西 500m，南北 300mの範囲）

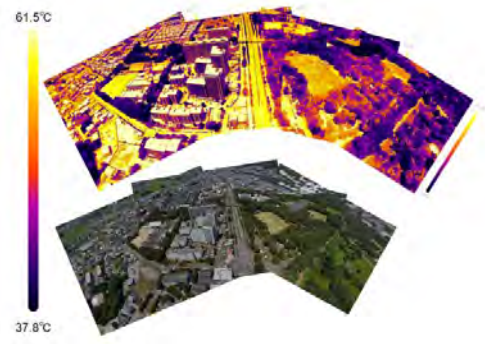

図-4 2023 年 7 月 26 日 12：37 における
洞峰公園周辺地表面温度の UAV 観測結果

このほか湿度の計算も行われているが，計画のもたらす変化としては重要性が大きくないと判断されたので，ここでは割愛する．

図-7 は体感温熱指標である PMV[2)]の計算結果である．PMV（予想平均温冷感申告：Predicted Mean Vote）は人間の感覚量から物理的考察にもとづいて温熱快適性を表示する指標である．人体の温冷感を決定する環境側の 4 要素（気温・湿度・風速・熱放射）に，人体側の 2 要素（代謝当量・着衣量）を加えて考慮するため，ここでは標準体型の 35 歳男性で夏服を想定している．また PMV=0 の状態を熱的中立とし，-3.0（冷）～3.0（温）の範囲で人間の温熱快適性を表現するが，ENVI-met においてはこの外側の計算も可能である．

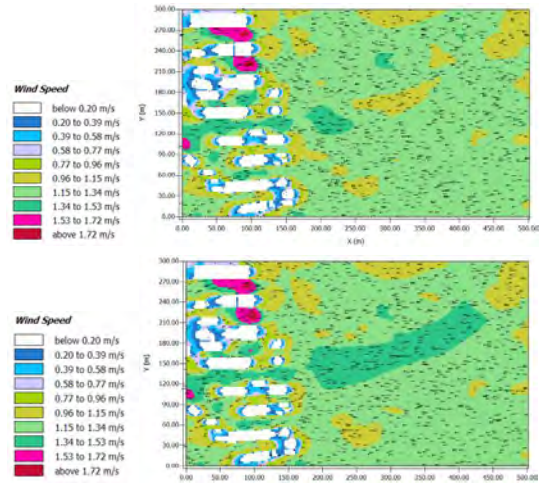

図-5 開発による屋外温熱環境影響（風速）
上：事前と下：事後（東西 500m，南北 300mの範囲）

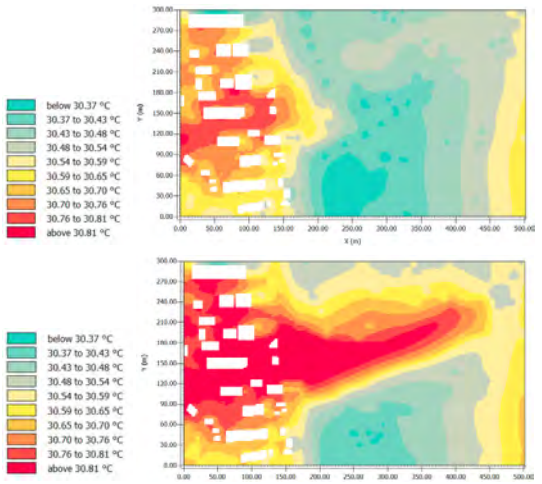

図-6 開発による屋外温熱環境影響（気温）
上：事前と下：事後（東西 500m，南北 300mの範囲）

地上 1mの PMV は，開発により駐車場付近で 0.3 程度，伐採前に樹林地であったところでは 0.7 程度上昇している．これも樹林地伐採による効果であり，気温や地表面温度の上昇（熱放射の増大），風速の増加（気温が高い場合）が原因と考えられるほか，風下側隣接住区の棟間

でも最大 0.3 近く上昇している．PMV の上昇が 0.3 というのは，10%程度（0.7 であれば 20%程度）の住民が，従前と比較して暑さの度合いが変化したと感じるレベルの変化であり，暑熱リスクの上昇について懸念する近隣住民の印象とは乖離するものであった．

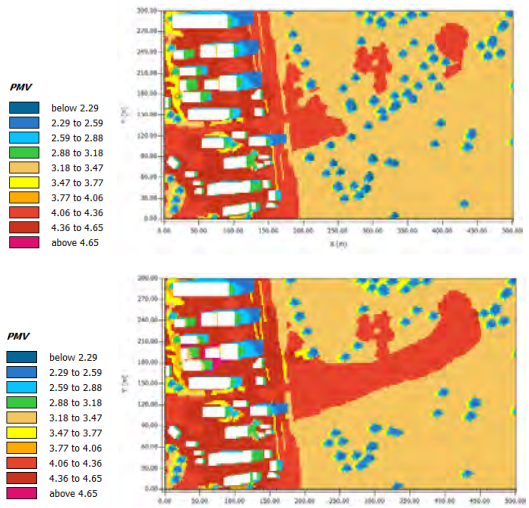

図-7　開発による屋外温熱環境影響（PMV）
上：事前と下：事後（東西 500m，南北 300mの範囲）

4. 結論

実際の都市内大規模緑地公園再開発計画をテーマに，屋外温熱環境の数値シミュレーションにより，建築形状や土地被覆の変化による夏季日中の暑熱リスク上昇を推定した．地表面温度や風速，気温，湿度への影響により，風下側隣接住区の棟間における温熱環境変化は，季節，時間帯，気象条件次第では，一定割合の住民が変化に気づく程度である可能性が指摘された．しかしこの結果は，開発反対の視点で計画を注視している住民らの認識と乖離していた．

謝辞：本研究の機会を与えていただきました「地域参加型の洞峰公園整備計画を求める会」の皆様に感謝いたします．本研究は，日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（B）D121H01468「リモートセンシングとビックデータにもとづく熱ストレス分析と都市計画への応用」（代表：一ノ瀬俊明）の成果の一部である．

NOTES

注1) 2022 年 5 月 26 日東京新聞「洞峰公園　県整備に待った！　グランピング、バーベキュー施設は変更をつくば市長ら計画に反発」．

注2) つくば市「2023 年 7 月洞峰公園無償譲渡に関する説明会」資料（https://www.city.tsukuba.lg.jp/material/files/group/131/0724setumeikaisiryou.pdf）．

注3) ENVI-met V5.5 (https://www.envi-met.com).

REFERENCES

1) Bruse, M. and Fleer, H.: Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three-dimensional numerical model, *Environmental Modelling Software*, 13, pp. 373-384, 1998.
2) Fanger, P. O.: *Thermal Comfort*, Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

(Received June 19, 2023)
(Accepted August 21, 2023)

NUMERICAL EVALUATION OF OUTDOOR THERMAL COMFORT CHANGE BY A RE-DEVELOPMENT OF A LARGE URBAN GREEN PARK

Toshiaki ICHINOSE and PAN Yi

The Doho Park in Tsukuba City, Ibaraki Prefecture is a green park with a scale of several hundred meters on each side of north-south and east-west. In the re-development plan presented by the prefectural government, the baseball field in the park will be changed to a glamping facility, and several hectares of forest will be changed to a parking lot. In addition to the loss of rare flora and fauna in the park, residents in the neighborhood expressed concern about the increased heat risk. Therefore, numerical simulation of the outdoor thermal comfort was conducted to estimate the increase in heat risk during the daytime in summer, due to changes in building shapes and land cover. Depending on the season, time of day, and weather conditions, it is possible that a certain percentage of residents will notice changes in the thermal comfort between buildings in adjacent residential areas on the leeward side of the park, due to the effects on ground surface temperature, wind speed, air temperature, and humidity. However, this result was at odds with the perceptions of the residents, who were watching the plan from an anti-development standpoint.