

ゲームエンジンを用いたリアルタイム GI による 局所環境の暑熱リスクの可視化

角田 直嵩[†] 尾崎 平 檀 寛成 窪田 諭 安室 喜弘[‡]

関西大学大学院 理工学研究科[†] 関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科[‡]

1 はじめに

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象などの影響により、熱中症患者数並びに死亡者数が増加している[1]。輻射や湿度をもとに人体と外気との熱収支を考慮した指標である暑さ指数として用いられる WBGT(Wet Bulb Globe Temperature)は、市民への熱中症リスクの意識付けに有効である。この指標は都市域単位で公開され、市民への注意喚起に用いられているが、暑熱リスクの時間変化については詳細な情報は提供されておらず、街区や公園等の身の回りの屋外生活圏での具体的なリスクを知る機会が無い。

本研究では、グローバルイルミネーション(global illumination;以下 GI)によるコンピュータグラフィックス(3DCG)を活用した地表の日射量推定により、時々刻々と変化する日照環境での暑さ指数分布を可視化し、配信する方法を提案する。ゲームエンジンを用いた実装により、Web やアプリを介したオンデマンドな形態で庇陰や木陰などによる暑熱の軽減効果をリアルタイムでヒートマップ化できるシステムを実現する。

2 先行研究

WBGT は気温、湿度、輻射熱の関係から算出されるが、輻射熱の測定に黒球温度計を必要とする。岡田らは、全天日射量、風速、乾球温度を説明変数として黒球温度を推定した[2]。安室らは、標準反射板上で陰影を撮影した写真の画素値と全天日射量との相関を求め、地表の陰影のCG から全天日射量を求め、岡田らの方法で WBGT を推定した[3]。GI は光エネルギーの大域的な輸送を光学的・物理学的に扱う CG の技法で、直接や建造物などの地物を考慮した日射状況のシミ

Visualization of local environment heat risks with Real-Time Global Illumination in Game Engine

[†]Naotaka Sumida, Taira Ozaki, Hiroshige Dan, Satoshi Kubota, Yoshihiro Yasumuro

Faculty of Environmental and Engineering, Kansai University

ュレーションとして利用できる。一方で、GI はあらゆる経路の光を計算するため、膨大な計算が必要であり、条件を変えてレンダリングするたびに処理時間がかかることが課題であった。また、一般向けサービスの実現には、基本気象データ取得を包含したシステム化が必要である。

3 提案手法

本研究では、先行研究で課題となっていた GI による日射 CG 生成にリアルタイム GI を用いることで高速化するとともに、基本気象情報の取得をシステム化することで、時々刻々と変化する日照条件に対して場所を選ばずに暑さ指数分布を可視化し、一般ユーザーに配信する方法を提案する。リアルタイム GI では、ライトプローブと呼ばれるライトマップを対象空間に多数配置し、建物などの静的物体による相互反射などの多数の光線経路のノード情報を、テクスチャとして事前計算しておく。ライトプローブの情報を辿ることでレンダリング時の計算コストを大幅に減少させつつ、間接光などの効果を含んだ質の高いCGをリアルタイムに描画する[4, 5]。本研究の対象シーンには、樹木等の複雑な形状を含むものの、動的な物体は必要ないため、リアルタイム GI の導入に適している。WBGT の推定と可視化は、安室らの手法に基づいて行うものとする。本研究で提案するシステムの処理を図1に示す。

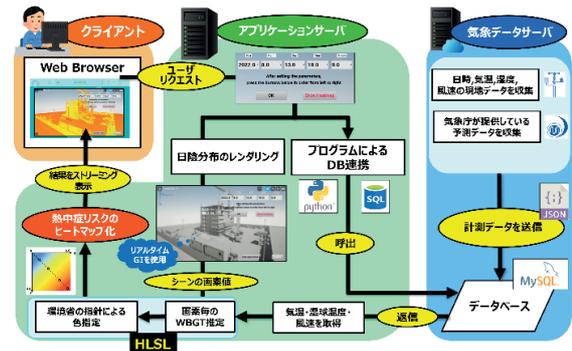


図1 提案システムのフローチャート



図2 標準反射板(左)と実測した地表日陰の例(右)

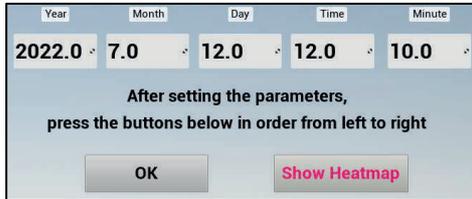


図3 パラメータ入力画面

リアルタイム GI には、日時と緯度経度から対象場所の日照条件を設定できるゲームエンジンを用いる。ゲームエンジンがインストールされたアプリケーションサーバ内で、日照状況の CG 生成と、WBGT 推定および WBGT 分布のヒートマップ化する処理を組み込んだアプリケーションを実装して稼働させる。ユーザは、手元の端末の Web ブラウザから、ネットワークを介してアプリケーションサーバにアクセスしてこのアプリケーションを利用する。初めに、ユーザは、暑熱リスクを知りたい場所と日時を指定する。ユーザが暑熱リスクを知りたい場所と時間についてアプリ内で CG を生成し、気象データサーバを介して、基本的な気象情報を取得したうえで、WBGT のヒートマップを生成して表示する。

4 実装と検証

本研究では、一眼レフカメラと同等の露出設定で、リアルタイム GI によるレンダリングが可能なゲームエンジンとして Unreal Engine4(以下 UE) を用いた。実環境に即した GI レンダリングのために、標準反射板の実写画像を収集し(図 2)、画素値を基に、樹木・建造物におけるソフトシャドウ、3DCG 空間内における直達日射(Lux)のパラメータを設定した。UE の天空の照明環境として太陽高度を設定するために、ユーザが日時を指定する入力インターフェースを作成した(図 3)。ユーザがボタンを押すと、標準反射板と同じ拡散反射面を設定した地表に陰影を描いた CG(図 4(左))から抽出した画素値と、日時と場所に対応した気温・湿度・風速のパラメータを基に画素ごとに WBGT を推定し、図 5(右)のようなヒートマップを作成することが可能となっている。尚、アプリで結果が表示されるまでの時間は約 0.02 秒(50fps)であった。

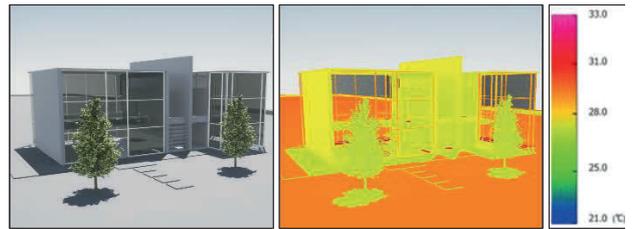


図4 地表の陰影 CG(左)と WBGT ヒートマップ(右)



図5 実際の公園での適用例

摂津市平和公園の庇蔭設備に対してレーザスキャナで 3 次元形状計測を行ってモデル化し、本手法を適用した(図 5)。図 5 (左)の写真と同じ日時の当該地点の緯度経度を指定することで日陰分布を再現し、暑熱状況を任意視点で分かり易く可視化できることが分かる。これにより、公園等のユーザの身近な場所での WBGT をリアルタイムに調べることが可能となった。

5 おわりに

本研究では WBGT 推定におけるリアルタイム GI の有用性を示し、公園などの身近な場所のヒートマップをリアルタイムで作成してユーザに提供するシステムを開発した。今後は、WBGT 推定に必要な基本パラメータ(気温・湿度・風速)情報の集約の自動化を検討している。また、地物の 3 次元モデルの特性について、例えば、木の葉の透過率は考慮していないため、実計測によるパラメータ化についても検討する予定である。

謝辞 本研究の一部は、中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS2022I4 の助成による。

参考文献

- [1] 環境省, 熱中症予防サイト:
<https://www.wbgt.env.go.jp>
- [2] 岡田他, 岡田・日下の黒球温度推定式の広域適用とパラメータ調整, ヒートアイランド学会論文集, Vol. 8, pp. 13-21, 2013.
- [3] 安室他, 3DCG を用いた WBGT の推定とその適用, 土木学会論誌 G, Vol. 74, No. 6, pp. II-1-III-8, 2018.
- [4] 宮崎大輔, 床井浩平, 結城 修, 吉田典正, コンピュータグラフィックスの基礎, オーム社, 2020.
- [5] 倉地紀子, CG Magic: レンダリング, オーム社, 2007.