

## 都市熱環境評価のための温熱感マッピングツールの開発

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻  
東京理科大学理工学部土木工学科  
東京理科大学理工学部土木工学科

学生員 ○酒井 遼  
正会員 仲吉 信人  
正会員 二瓶 泰雄

### 1. 序論

熱中症罹患者数の増加や睡眠の質の悪化など、都市化に伴う人間生活圏の暑熱化による弊害が問題視されている。気象疾患の抑制、快適・安全な都市空間創出のためには、街区構造と熱的快適性の関係性評価が必要であるが、そのために十分な基礎的データが蓄積されているとは言い難い。要因の一つとして都市熱環境の局所性が挙げられる。都市熱環境の詳細理解には高密度な気象観測網を必要とするが、都市内への高密度観測点の設置は、コスト面、用地確保などの様々な問題から現実的とは言えない。そこで、本研究では、街区を活動する市民一人一人の熱環境に対する知覚量を収集・解析することで都市構造と熱的快適性の関係性を把握する新たな評価手法を提案する。本手法の利点は、特別な計測機を必要とせず、市民の快適感などの主観量による直接的な快適性評価が行えることである。本報告では、市民の主観量を効率的に収集・解析するために作成したスマートフォンアプリケーションの概要、及びそれを用いた屋外実験の結果について紹介する。

### 2. アプリケーション開発

(1) **概要**：本研究で作成したスマートフォンアプリケーションのユーザーインターフェースを示す。ユーザーは熱環境に対する自身の体感値（温熱感、快適感、体感風速、体感日射量）を任意のタイミングで入力し、その申告値が位置・時刻情報とともに記録される。本アプリでは map quest 社の API を実装することで申告された体感気象値を端末上で可視化可能とした。また、ユーザーの個人属性（性別・身長・体重・着衣量）も記録可能である。本アプリはアドビシステムズの Adobe Flash Professional CS6 を用い作成された。Adobe Flash を用いることで iOS、Android OS など端末に縛られないクロスプラットフォームなアプリ開発が可能である。下記に示す実機テストは Android OS 向けに出力した。

(2) **対象データ**：集対象とするのは暑さ寒さの温熱感、快適不快の快適性、風速、日射の体感値の4項目である。全ての熱環境因子（気温、湿度、風速、短波・長波放射量）に関する情報が得られることが理想であるが、人の温熱受容器では個別因子の知覚は難しい。風速、日射の体感値は、視覚・触覚などの別の感覚器を併用することで評価可能と考え、対象データとして採用した。また熱の感覚には個人差があるため、性別・体格などの個人情報も併せて収集することで個人差の影響評価を可能とした。

(3) **機能**：個人情報の登録(図 1-c-)、及び画面下のスライダーを用いた温熱感、快適感、体感風速、体感日射の入力が可能である。また入力と同時に、入力値と GPS で捕捉された現在位置・時刻が端末に記憶される。入力項目は画面右下のボタンで切り替えられる。入力されると画面地図上にマーカーが置かれ、マーカーをタップすることで入力情報を確認できる(図 1-b-)。各画面への移行は、画面左上のタブでメニューがスライドし該当項目を選択することで可能である(図 1-d-)。



図 1 アプリケーション

キーワード：都市気象，アプリケーション開発，熱環境，熱中症，熱的快適性

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501（内線 4069）FAX：04-7123-9766

3. 研究方法

(1) 熱環境評価手法：収集した熱環境に対する主観評価（温熱感、快適感、体感風速、体感日射）をマッピングする。マッピングされた温熱申告が集積されることで、温熱申告の分布図が得られる。それにより暑熱箇所の検出や熱的快適性別の屋外空間の区分けが可能である。

(2) 実験サイト

(a) 観測サイト：図 2 に示されるように千葉県野田市 東京理科大学野田キャンパス（緯度：35.918149°,経度：139.907215°）で行った。野田市を含む東葛地区の特性として冬場は筑波風と呼ばれる北西風による冷え込みが激しい。また内陸に位置するために暖かい海風が導入されにくい。都市スケールで見ると、観測サイトは西には江戸川、東には利根川、南に両河川を結ぶ利根運河に囲まれた地域に位置する。

(b) 現地キャリブレーション：熱環境の簡易把握、個人の温熱感覚の感度調査のために(2015/01/24)、快晴日の午後一時に実験を行った。被験者一人は 図 2 中赤点線上を①から反時計回りに②-③-④を歩行しながら連続的に温熱感、風、日射の順に体感値を入力する。入力時の尺度については(表 1)を参照する。

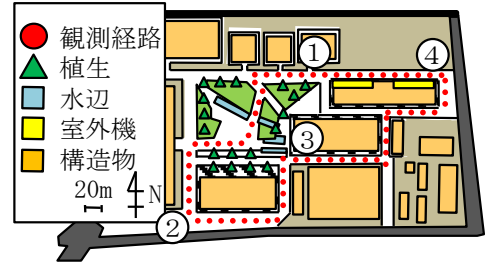


図 2 実験サイト

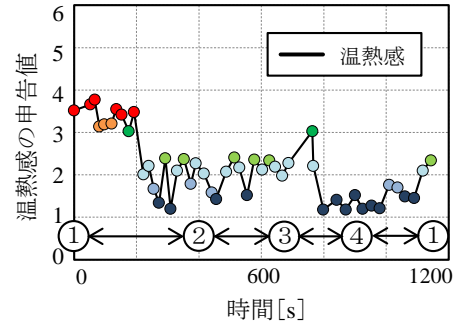


図 3 一被検者の温熱感の時間変化

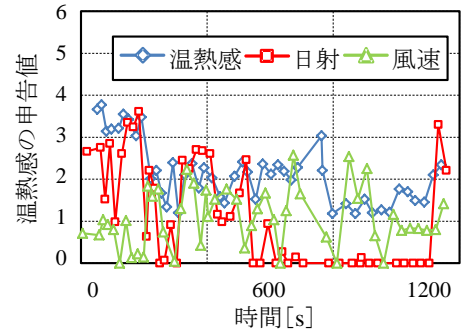


図 4 一被検者各申告値の時間変化

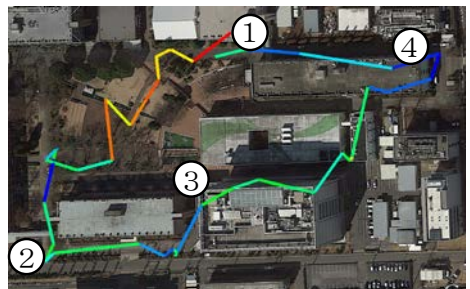


図 5 一被検者の温熱感動線マップ

4. 観測結果と考察

(1) 結果

被検者一人の温熱感の申告値と時間変化の結果を図 3 に、温熱感、体感風速、日射同時と時間変化の結果を図 4 に載せる。温熱感の申告値を値別に色分けし、Google Earth 上で可視化したものが図 5 である。また図 3 の各申告値の色と図 5 中の色は対応しており図中①-④は対応している。

当日の気象条件として、利根運河より導入されたと思われる西風が強く、東西に渡る観測経路は風道となっていた。そのため図 2 中②-③-④の空間で比較的風が強いと申告された。また、日陰空間では温熱感が低下している傾向が確認される。また天空率が高く、日当たりのよい図 4 中①では体感日射上昇に応じて温熱感も上昇している。

5. まとめ

開発したアプリケーションは必要とされる温熱申告から、現在位置・時間の取得、データのアウトプットまでの一連のプロセスを可能にした。また被検者の温熱感、風速を低く評価している際に、体感日射との応答が良く、日射を低く評価している際には、体感風速との応答も良い。しかし温熱感、風速は熱環境の変化を捉えやすい反面、変動に囚われ熱環境を評価しがちである。多量なデータでの熱環境快適性の評価前に尺度表の見直しや観測方法の再考を行うことで個人差の誘発を抑制したい。

参考文献：1)神田ら，新しい屋外用温熱指標による河川の熱環境評価---多摩川河川敷における観測を例に---，土木学会論文集, No.545, II-36, 1-10, 1996, pp.1-278,  
2)木内 豪，屋外空間における温冷感指標に関する研究，Meteorological-Society-of-Japan, 408, 48-9:1521, 2000

表 1 熱的主観評価尺度表

尺度	冬の温熱感	快適感
6	非常に暖かい	非常に快適
5	暖かい	快適感
4	やや暖かい	やや快適
3	中立	中立
2	寒い	やや不快
1	非常に寒い	不快
0	極端に寒い	非常に不快
尺度	体感日射	体感風速
6	快晴 (雲/空: 0~2割)	木が倒れる程度
5	夏 晴れ (雲/空: 3~6割)	幹が揺れる程度
4	夏 晴れ (雲/空: 7~8割)	太い枝が揺れる程度
3	冬 快晴 (雲/空: 0~2割)	細い枝が揺れる程度
2	冬 快晴 (雲/空: 3~8割)	葉が揺れる程度
1	夏、冬 曇天	風を感じる
0	なし、日陰	なし