

都市部と郊外における建物の熱環境に関する研究（１）

—気象データを利用した熱環境緩和ライフスタイル支援の検討—

A study on thermal environment in building in urban area and suburbs
—Examination of thermal environment easing lifestyle support using meteorological data—

岡村 聖

OKAMURA Kiyoshi

Abstract: The use of the temperature and the humidity data measured in the building of the urban area and suburbs and meteorological data open to the public on the Internet are examined. The method of processing the GUI application automatically was shown by using UWSC as a means to use various data combining it. Keywords: thermal environment, heat island, building, meteorological data, internet

はじめに

公園・緑地によるクールスポットの増設、屋上緑化・壁面緑化の推進、保水性・透水性舗装効果の検証など、ヒートアイランド現象の抑制を目指した様々な取組が実施されている。森山(2004)が行った東京23区で発生する人工排熱量調査では、人工排熱の約半分は建物であり、4割が自動車交通、残りは工場等であった。ヒートアイランド現象抑制のためには、工場も含めた建物からの人口排熱の削減が効果的であるといえる。

一方で、「デジタル百葉箱」などIPv6を活用したセンサーネットワークを使って環境情報を収集し、教育や研究、ビジネスに役立てることを目的としたコンソーシアム「Live E!」の設立¹⁾や、経済産業省、国土交通省の連携の下、独立行政法人都市機構の協力により「晴海アイランドトリトンスクエア」で実施されている情報家電の実証実験²⁾など、インターネットを中核とした情報技術の活用による生活利便性の向上や多様なライフスタイルを実現するための取組が実施されている。

本報告では、環境情報を複合的に利用した熱環境緩和ライフスタイル支援のためのファーストステップとして、建物内で測定した温度・湿度データとインターネット上で公開されている気象データの活用法についての検討を行う。

1. 熱環境に関する近年の状況

地球温暖化問題、ヒートアイランド現象、熱中症など、熱環境に対する関心がかつてなく高まっている。地球温暖化現象は、地球規模という空間スケールの現象であることからわかるように、百年程度かけてその影響が明らかになるのに対して、ヒートアイランド現象は、東京や名古屋といった都市域という空間スケールにおいて、最高気温、最低気温といった日単位指標の積み重ねでその影響が明らかになる。日本の場合、全人口の3分の2以上が都市居住者であること、

ヒートアイランドはカスケード的に地球温暖化につながる現象でもあること、などを考えると、ヒートアイランド抑制への取り組みこそが、一般生活者による身近かつ効果的な熱環境緩和政策になりうることが示唆される。

ここ 100 年の地球平均の上昇温度 0.6℃に対して、東京では 3℃上昇していることからこのことはわかる³⁾。ヒートアイランドというと、夏季の耐え難い暑さがその代表であるが、気温上昇幅は冬季の方が 1℃程度高い。冬季は多くの都市で室内の暖房を必要とするため、冬季の高温化は不都合が無く、むしろ好都合に見える。しかしながら、南国産植物の進出による貴重な在来種の減少、野生化した南国産ペットの異常繁殖など、ヒートアイランドがもたらす様々な問題が報告⁴⁾されており、生態系の保全の観点からは問題がある。

環境省資料⁵⁾によると、自動車、工場、建物に関する 1972 年と 1999 年の東京 23 区 8 月の人口排熱の比較は、特徴的な結果を示している。自動車からの排熱は燃焼効率が上がったため、台数の増加が 2 倍に対して排熱量は 1.4 倍に抑えられ、工場からの排熱は同じく効率が上がったため 0.75 倍と減少している。一方、建物からの排熱量は空調機台数が 30 倍に増加したことから、3 倍に増加している。最近大阪市で行われた調査でも、都市に排熱される熱の割合は、ビル壁面が 35%、室外機が 30%、道路が 25%、自動車が 10%という結果が出ている(森山, 2004)。

室外機による排熱量の増加は排熱温度の上昇の影響も大きい。従来中規模以上のビルの室外機は、熱を水に吸収させて冷却する水冷式がほとんどであった。この場合、排熱と外気温の温度差はわずかであった。水冷式は、ポンプで汲み上げた水でビル全体を冷却するシステムのため、配管など大掛かりな設備を必要とすることが特徴である。一方、新しいビルでは家庭用エアコンと同じ空冷式の採用が進んでいる。空冷式は、設備が小規模なこと、部屋単位、フロア単位の温度設定の容易性などから、ここ 20 年で顕著に増加している。24 時間空調管理が必要な各種コンピュータシステムの増加もこれを後押ししている。空冷式は熱を直接屋外に排出させるため、排熱が高温という特徴を持ち、外気より 20℃以上高温の場合もある(鳴海ら, 2002)。

このような状況から現在垂れ流しの熱に対して税金等規制を掛けるべきという意見⁶⁾もある。大阪では 8 月の最高気温を 1 度下げると 2 兆円の事業費がかかるという試算⁶⁾もある一方、最近首都圏で 34 万人が参加した打ち水により都市を冷やす試みでは短時間ではあるが、1℃の温度低減を実現した報告⁷⁾があり、多くの人々が同時に熱緩和に取り組んだ場合の効果の大きさが伺える。大規模な緑地の造成など大掛かりな対策は再開発地区などに限定されるため、このように身近な多くの居住空間で実行可能な熱環境緩和策への期待は大きい。

これらの状況を背景として、都市部のヒートアイランド現象緩和に効果が期待される屋上緑化に大変注目が集まっている。屋上緑化はドイツなど欧州で古くからあったが、日本では 2001 年度から東京都において一定条件を満たす建物の屋上緑化が義務化されたことにより導入が進み広く知られるようになった。他都市でも地方自治体による助成金を中心とした推進策により導入が進んでいる(日経アーキテクチュア編集部, 2003)。2004 度からはグリーン購入法の重点品目にも加えられるとともに、国も導入の義務づけや税制面での優遇措置、建築の規制緩和などの検討を本格化させている(船瀬, 2003)。

屋上緑化の効用としては、①夏季の大気や室内への加熱抑制効果(緑化した建物が太陽エネルギーを受ける場合、その多くを水分蒸発や植物蒸散のためのエネルギーとして利用する)、②冬季の保温効果(緑化した建物は建物内の暖かい空気を外へ逃がさない)、③植物の光合成に伴う大気

浄化効果、④雨水を蓄えることによる水害抑制効果、⑤建物の表面温度変化軽減による長寿命化、⑥やすらぎ効果、などがある。これらの項目をヒートアイランド対策から見た場合、屋上緑化は、古くから建物に採用されていた建物表面温度上昇を許し室内を保温するとした内断熱材に頼るのではなく、建物表面も高温化させない外断熱方式による室内保温を実現する点に特徴がある。これは大気への熱放出軽減にも符合する。また、単に太陽エネルギーを反射することによるヒートアイランド抑制に比べて、保湿による蒸発散に基づく、より自然に近い形の熱環境緩和を実現する方法でもある（都市緑化技術開発機構 特殊緑化共同研究会，2003）。

また、渋谷区が一般生活者を対象に行ったアンケートによると、屋上緑化を家族とのコミュニケーション作りの場として活用したいなど、癒しの場や屋上菜園への期待が高い傾向があった（小嶋，2003）。2003 年オープンした六本木ヒルズでは 68000 本もの樹木が植えられるとともに、水田や菜園もあり、収穫物はビル内のレストランの食材として活用されている⁸⁾。温暖な屋上で取れる野菜は大きく糖度も高いため、菜園に適しているとの声もあり、今後は屋上菜園としての需要が増える可能性も大きい。

2. 研究の目的

本研究では、太平洋側沿岸部大都市の典型例として名古屋地域を対象に、当該地域の気候特性を活かした熱環境緩和を実現するためのライフスタイル支援の可能性について、気象データ、インターネットをキーワードに検討を行う。

研究の特色・位置づけとしては、以下があげられる。

（1）名古屋の都市部を研究対象とすること

名古屋地方気象台は小高い丘（標高約 51m）にあるため、天気予報等で表示される温度は都心より低めに出る傾向がある。名古屋は、一般に「白い街」と呼ばれるようにコンクリートが多く、緑が少ない場所も多い。体感としては、全国的にも一番暑いのは名古屋という人も多く（新井，1995）、名古屋都市部の気候特性を考慮したうえで、望ましい熱環境について検討を行うことの意義は大きいといえる。

（2）熱環境を制御する上で、ハードウェアは最小限、ソフトウェアを最大限活用する方法で、熱環境緩和の方法を提案すること

例えば、各個人の辛抱に頼った一律の空調設定温度維持ではなく、周辺および室内の気象情報から、快適性を考慮した上での適正温度をアドバイスできるようなシステムの構築可能性を検討する。近年は、常時接続インターネットの爆発的な普及もあり、リアルタイム気象データが情報発信されているケースも多い。しかし、基本的には計測データを表示するだけで一般の人が有用に利用するには敷居が高いのが実情である。これらのデータを自動的に有用な情報に加工するためのソフトウェアを使って、賢く気象情報を利用し快適かつ省エネな熱環境緩和ライフスタイルを支援するための検討を行う。

3. 体感を考慮した温度指標の計測

（1）都市域の建物への温度・湿度センサーの設置

都市域の建物の代表として、独立行政法人都市機構中部支社の研究協力の下、都市部集合住宅（空室）へ温度湿度センサーを設置し、2004 年 7 月 23 日から 10 月 23 日までの 3 ヶ月間データ

収集を行った。

集合住宅の位置を図 1 に示す。集合住宅は、地下鉄東山線一社駅(名古屋市の中心地栄まで 8.6km、地下鉄で 16 分)まで徒歩 10 分の位置にあり、名古屋市の中でも大変交通の便が良い住宅地にある。地上 4 階 RC 構造の一般的な集合住宅(3DK)であり、最上階南向き空室を提供いただいた。温湿度センサー設置場所を図 2 に示す。表 1 に示すように居室の特徴的な場所として、①ベランダ、②居室南側、③居室北側、④玄関中、⑤玄関外、を選んだ。居室内でセンサー取付けが容易であった 180cm を、全てのセンサーの設置高さとした。夏季の都市部で冷房の影響を直接的に受けない居室環境で収集したデータは大変貴重である。

不快指数のような体感を考慮した温度指標を求めるために室内・室外温湿度観測を行った。不快指数とは、体感温度のひとつで、70 を超えると不快に感じる人が出はじめ、75 で半数以上、80 を超すと全員が不快に感じるとした指標のことである(田中ら, 1999)。

$$\text{不快指数(DI)} = 0.81T + 0.01H(0.99T - 14.3) + 46.3 \quad (1)$$

ここで、T : 気温(摂氏温度)、H : 相対湿度(%)、である。

表 1 温度センサー設置場所の特徴(図 2、4 参照)

建物	設置場所	センサー設置状況(設置高さは 180cm)
都市機構集合住宅(室内の換気のために、洗面台上部の斜め開きの小窓が 15cm 開放されている。)	①	ベランダで外気を測定した。直射日光と雨水の影響を受けにくい場所(ベランダの隣室との仕切り部分)に設置した。
	②	南側居室で測定した。直射日光を受けないように、西側の壁の中央に設置した。西隣には居室がある。
	③	北側居室で測定した。東側の壁の中央に設置した。
	④	玄関下駄箱の上部で測定した。
	⑤	玄関外で測定した。北側が外気に面している。
名古屋産業大学(無人の研究室と講義室、および廊下)	⑥	大型太陽光発電システムの温度センサーで測定した(湿度測定は無い)。
	⑦	最上階との違いを見るために、2 階廊下で測定した。10m 西側には窓がある。西日による廊下面からの輻射、反射の影響は少ない。窓の開閉状況は日によって違う。
	⑧	3 階西研究室で測定した。東側壁の中央に設置した。西隣には部屋がなく、壁には西日が当たる。南側からの日射はない。北側窓にはブラインドが降りている。
	⑨	3 階西廊下で測定した。10m 西側には窓がある。西日による廊下面からの輻射、反射の影響は少ない。窓の開閉状況は日によって違う。
	⑩	3 階東廊下で測定した。芝生緑化の下側にあたる。10m 東側には窓、更に東側には緑化庭園がある。朝日による廊下面からの輻射、反射の影響は少ない。窓の開閉状況は日によって違う。

	⑪	3 階南研究室で測定した。大型太陽光パネルの下に当たる。パネルの日陰部分以外、屋上は直射を受ける。また、南向き窓はブラインドが降りているが漏れこむ日射の影響が強い。
	⑫	3 階北研究室で測定した。屋上庭園の下側に当たる。西隣には部屋がなく、壁には西日が当たる。南側からの日射はない。北側窓にはブラインドが降りている。
	⑬	3 階北廊下で測定した。5m 西側には窓がある。2m 東側からの南面は足元までガラス張りとなっている。午前から日中にかけて、廊下面からの輻射、反射の影響が大きい。西日による廊下面からの輻射、反射の影響は少ない。窓の開閉状況は日によって違う。

温度・湿度センサーは、倉庫、ビニールハウス、美術館の温湿度管理などで使用事例が多い。今回は、株式会社ティアンドデイ Thermo Recorder TR-72U（写真 2）を使用した。TR-72U は、温度・湿度を 8000 個まで記憶可能なデータロガーである。データを 5 分間隔記録する場合、27 日分を記録可能である。データの取り出しは、都市機構瀬木氏、岩本氏立会いの下、8 月 20 日、9 月 7 日、28 日、10 月 23 日の 4 回、Windows を搭載した PC から USB 通信により行った。なお、最近発売された新製品では、温度・湿度データをインターネット経由でデータ収集可能な製品もある。



図 1 温度湿度データ計測地点（都市機構集合住宅および名古屋産業大学位置図）



写真1 都市機構集合住宅



写真2 温度・湿度センサー

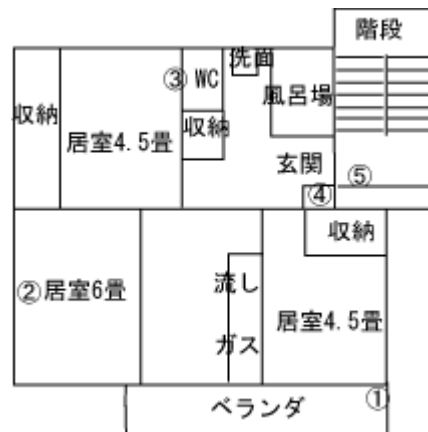


図2 都市機構集合住宅温湿度センサー設置場所（上の方角が北）

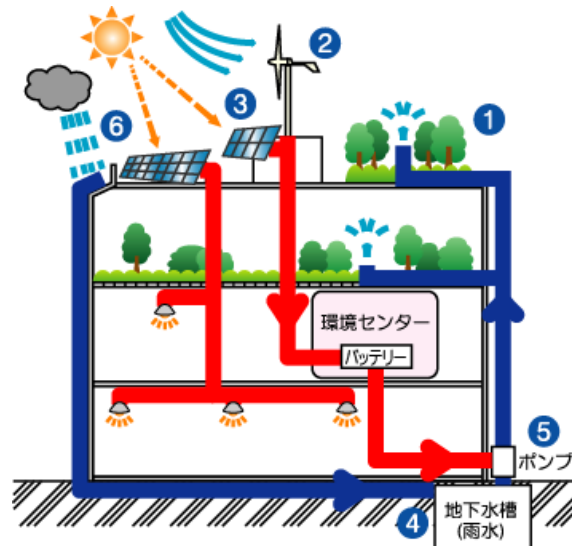


図3 名古屋産業大学エコキャンパス概略図 (①屋上緑化庭園、②風力発電 900W×2 基、③小型太陽光発電 128W×2 基、④地下水槽 (雨水利用)、⑤自動散水用ポンプ、⑥大型太陽光発電 10KW)



図4 名古屋産業大学温湿度センサー設置場所 (右の方角が北)

(2) 郊外の建物への温度湿度センサーを設置

郊外の建物の代表として名古屋産業大学に温度・湿度センサー (写真2) を設置し、2004 年 8 月 9 日から 10 月 23 日までの 2 ヶ月半データ収集を行った。名古屋産業大学の位置を図 1 に示す。名古屋産業大学は、名鉄瀬戸線尾張旭駅 (名古屋市を中心地栄まで 15.6km、急行で 20 分) まで徒歩 10 分の位置にあり、森林公園、城山公園といった大きな公園を有する緑豊かな郊外都市である。地上 3 階 RC 構造で、環境負荷低減を考慮した校舎構造 (3 号館エコキャンパス) を持つ (図 3)。温度・湿度センサー設置場所を図 4 に示す。特徴的な場所として、⑥3 号館屋上、⑦3 号館 2 階西廊下、⑧3 号館 3 階西研究室、⑨3 号館 3 階西廊下、⑩3 号館 3 階東廊下、⑪3 号館 3 階南研究室、⑫3 号館 3 階北研究室、⑬3 号館 3 階北廊下、を選んだ (表 1)。全てのセンサーの取付け高さは、都市機構住宅と同じ 180cm とした。

4. インターネットで公開されている気象データ

(1) 気象庁の WEB ページ電子閲覧室⁹⁾

全国約 1300 地点の観測所において、気温、風向・風速などの気象データを自動計測し、ほぼリアルタイムで情報公開を行っている。データを 1961 年 1 月 1 日にまでさかのぼって取得可能である。また、単一地点の気温、風向・風速、降水量、日射量の時系列変化をグラフ表示することも可能である。

(2) 大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）ホームページ¹⁰⁾

全国の都道府県及び大気汚染防止法上の政令市により、1,711 局の一般大気環境測定局、および 416 局の自動車排出ガス測定局において、大気汚染の常時監視が行われている（例えば、二酸化硫黄、一酸化窒素、二酸化窒素、一酸化炭素、光化学オキシダント、非メタン炭化水素、浮遊粒子状物質、風向・風速、温度、湿度など）。実時間の 2 時間前の観測値を最新時報値として WEB ページで公開している。ただし、最新の 1 週間分のデータのみ閲覧可能である。

5. 様々なデータを複合的に活用する手段の検討

現在、経済産業省主導の下、あらゆる家電がインターネットを実装し、利便性を向上させる検討が行われている²⁾。空調機自身の温度・湿度センサーによる情報に加えて、外気や周辺の気象データをインターネット経由で活用することで、省エネルギー性を高めるといったことも実現の可能性がある。本報告では、まず、都市機構住宅および名古屋産業大学で測定した温度・湿度データ、およびインターネットで利用可能な気象データを、複合的に自在に扱う方法の検討を行う。

先述の通り、常時接続インターネットの普及により、気象データ、株式データなど様々な最新データが WEB 公開されている。また、単に最新のデータを公開するだけでなく、Web 環境向けのインタプリタ型言語 JavaScript を利用し、ラジオボタン、チェックボックス、プルダウンにより、対象、日付などユーザーに必要なデータ特定させた上でデータを提供し、時系列変化のグラフを表示するなど、データを解りやすく表示する工夫がなされているものも多い。これにより、ユーザーグラフィカルインターフェースに基づき、わかりやすい操作で可視化されたデータを見ることが可能である^{9,10)}。

これらのデータを熱環境緩和ライフスタイルに役立てるとなると、観測データを単純に表示したものを眺めているだけでは難しい。複数の観測地点を比較する、データの傾向を見るために移動平均を取る、といったデータの集計処理が必要となる。しかしながら、一般のユーザーを対象とすれば、これらの作業は煩雑すぎる。

また、室内の温度・湿度等、安価なセンサーを使えば自前で用意することが可能なローカルな気象データも活用したい。先述した「デジタル百葉箱」が広く普及すれば、統一的で空間的にきめ細かなデータを、インターネットを介して自由に利用可能になるが、現状では難しい。

現在でも温度・湿度センサーや個人向けの気象観測装置はあるが、そのほとんどが、Windows のユーザーインターフェース (GUI) アプリケーションを利用して、データを PC に取り込む方式をとっている。Windows で利用できるアプリケーションは、基本的にマウス操作に基づく GUI 方式を採用している。GUI は、メニューやダイアログの表示により、自分がどのように操作を行うかを知ることが出来るため、使い慣れない場合は特に便利である。しかしながら、大量のデータを対象とする場合や繰り返し作業をする場合は、ユーザーに時間と作業面で負担をかけることに

なる。これは、JavaScript を利用したインターネットの情報においても同様である。

一方、このような負担を軽減するために、表計算ソフトエクセルの VBA マクロを初め、GUI アプリケーションによっては、手作業を自動化するスクリプト（台本）処理を実装するものもある。しかしながら、複数の GUI アプリケーションを連携してスクリプト処理することが想定されていないものがほとんどである。

複数の GUI アプリケーションを利便性よく再利用する方法を検討した結果、Windows 上で動作するフリーソフト UWSC¹¹⁾に注目した（図 5）。UWSC は、マウスとキーボード入力をスクリプト形式で記録して、再生スクリプト言語によってアプリケーションを操作するソフトウェアである。

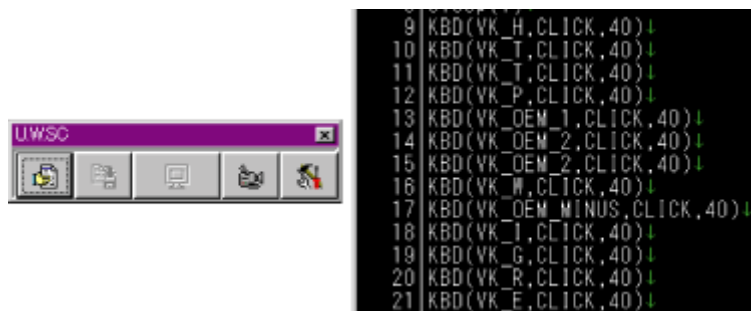


図 5 UWSC¹¹⁾（左）と生成されるスクリプト例（右）

使用手順は以下の通りである。まず、大量処理、繰り返し処理の最初の 1 回を手作業で行い、その処理内容のすべて（複数の GUI アプリケーション処理を含め）をスクリプトとして保存する。次いで任意の日付、対象を処理するために、記録されたスクリプトを追加処理あるいは部分修正を行う。記録されたスクリプトは、テキストエディタで処理可能なプレーンテキストである。注意点としては、コンピュータ処理には時間的な余裕を持たせること（処理を一時的に中断すること）がある。UWSC でが行う自動処理は、ユーザーがマウスやキーボードで行う作業の肩代わりである。マウスやキーボード処理速度には時間的な限界があるため、処理が終了しないまま UWSC で命令されたスクリプトを実行してしまうとエラーになる。

UWSC 利用のメリットは以下の通りである。

- ① GUI アプリケーションのデメリットである大量のデータ処理や繰り返し作業時に発生するユーザーの負担を、自動化により軽減することが可能である。
- ② GUI アプリケーションを手作業で実行することで、基本的なスクリプトが自動生成されるため、スクリプトに関する専門的な知識を多く必要としない。
- ③ 独自にスクリプト処理を持たないあらゆる GUI アプリケーションを、自動処理の対象とすることが可能である。
- ④ 利用可能な GUI アプリケーション等コンピュータの使用環境が同じであれば、どこでも一度作った UWSC のスクリプト（プレーンテキストのため、ファイル容量は極めて小さい）を再現することが可能である。
- ⑤ UWSC による自動処理を実行中に、吹き出しや音声により処理状況を解説することが可能である。また、自動処理中にダイアログボックスによりユーザーがキーボード、マウス操作を要求することも可能である。

- ⑥ また、Windows のアプリケーションでリアルタイムに測定しているデータを、定期的にインターネットにアップロードすることが可能である。

これらメリットから、環境教育のツールとしての活用にも期待が持てる。データの集計は、煩雑な処理が伴う。この部分を自動化させ、処理の本質部分を吹き出しや音声により知ることが出来れば、例えば、授業のように限られた時間を活用するのに特に有用である。UWSC を利用すれば、集計処理の自動化の程度も自由に設定可能である。筆者の経験（例えば、間島ら（2004））では、環境教育効果を狙う場合、どんなに優れた成果物でも、それをただユーザーに見せるだけでは効果が薄いと考えている。ユーザーがボタンを押すとダイナミックな変化が現れるといった、ゲーム性やメリハリのある動きの要素が必要であると考えている。UWSC にはこのニーズに応える処理を含ませることが可能である。GUI アプリケーションが自動的に動く様子には迫力があるし、重要部分は自動化せずに、ユーザーに操作指示を出すことも可能である。また、集計処理を加えていないオリジナルのデータから、様々な環境情報に加工する過程をすべて見ることも、興味関心を高める効果があると考えられる。以下に、UWSC 使って自動実行した例を示す。

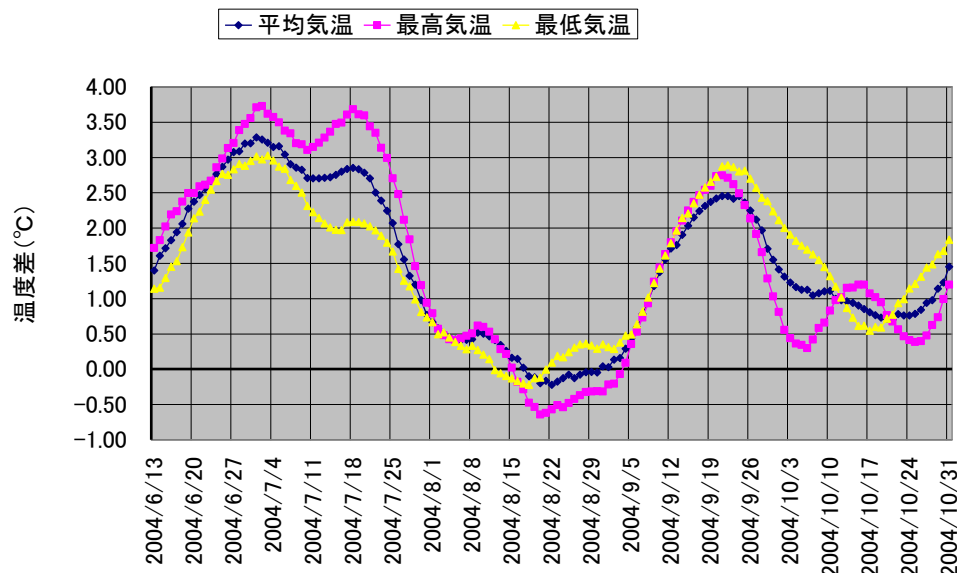


図7 2004年6月から10月の名古屋の1日の平均気温、最高気温、最低気温の平年値差（元データはインターネット気象庁電子閲覧室⁹⁾、集計処理のアプリケーションはマイクロソフトエクセル）

日別平年値は、統計期間内のそれぞれの値を単に累年平均して算出した場合（30年間の1月1日の値を算術平均した値を1月1日の値とするなど）、前後の日で差が大きくなることがあり、実用上不便なことが多い。そのため、気象庁で公開されているデータでは、移動平均によって平滑化した日別平滑平年値を求めている。移動平均には、KZ（Kolmogorov-Zurbenko）フィルター（単純移動平均を数回繰り返す方式をいう。日別の累年平均値に対して9日間移動平均を3回行う。）を用いている⁹⁾。従って、平年より気温が高いか、低いといった平年値差を求める場合も、対象とする年の気温について同様の移動平均を行う必要がある。インターネットとエクセルが利用可能なPC上で、作成したUWSCスクリプトを使えば、任意の日付、任意の観測地点について、このような図を直ちに再現可能である。

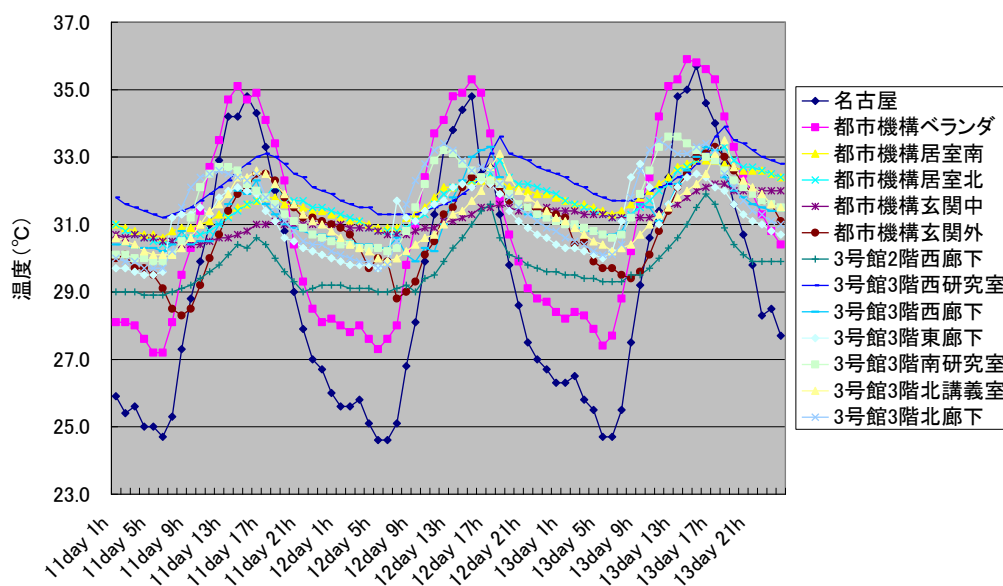


図8 日最高気温が35℃を超える酷暑日が3日続いた2004年8月11日から13日の温度変化(元データはインターネット気象庁電子閲覧室⁹⁾、都市機構集合住宅と名古屋産業大学で測定された温度データ、集計処理のアプリケーションはマイクロソフトエクセルおよび温度・湿度センサー付属のWindowsアプリケーションT&D Recorder for Windows)

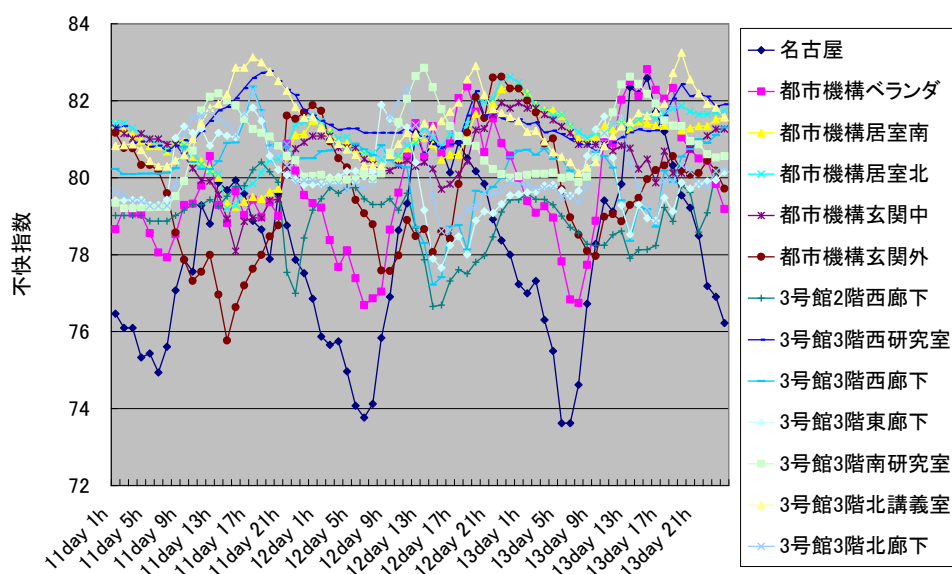


図9 不快指数の日変化(図8と同じ条件)

図8、9はインターネット上の温度データとローカルな温度センサーによって計測されたデータを同時に評価した例である。インターネットのデータ、センサーで測定したデータを同時に評価する場合、通常煩雑な手作業が必要であるが、作成したUWSCスクリプトを使えば、任意の日付、任意の観測地点について、このような図を直ちに再現可能である。本図では、すべての比較地点を同時プロットしているが、これらの増減も簡単に変更可能である。

おわりに

本報告では、環境情報を複合的に利用した熱環境緩和ライフスタイル支援のためのファーストステップとして、建物内で測定した温度・湿度データとインターネット上で公開されている気象データの活用法について検討を行った。様々なデータを複合的に活用する手段として、UWSC を利用した任意の GUI アプリケーションの自動処理による方法を示した。次報告では、実際の熱環境緩和ライフスタイル支援可能性の検討結果例を報告する予定である。

謝辞

本稿の執筆にあたっては、独立行政法人都市機構中部支社ご提供の集合住宅に温度湿度センサーを設置させていただき、収集したデータを使用しました。また、同支社小袋孝幸氏、瀬木健一氏、仲田光二、岩本一良氏からは研究に関する貴重なご意見をいただくと共に、大変お忙しいところ 3 週間に 1 度センサーのデータ収集作業にご同行いただきました。改めてここに記し、深く感謝の意を表します。

補 注

- 1) 「IPv6style: デジタル百葉箱を世界にばらまくためのコンソーシアムが発足」
- 2) <http://www.ipv6style.jp/jp/news/2005/0513_v6pc.shtml> (2005/05/12 アクセス)
- 3) 「情報家電の実証実験プロジェクトについて」
- 4) <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha01/07/071206_2_.html> (2005/03/16 アクセス)
- 5) 『中日新聞』2003 年 6 月 22 日「中日サンデー版世界と日本 大図解シリーズ No. 585 ヒートアイランド」
- 6) 「NHK スペシャル ヒートアイランド～今 東京に何が起きているのか～」
- 7) <<http://www.nhk.or.jp/special/libraly/02/10006/10629s.html>> (2005/03/16 アクセス)
- 8) 「環境省_大気環境・自動車対策（環境管理局）ヒートアイランド対策」
- 9) <http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/index.html> (2005/03/16 アクセス)
- 10) 『NHK おはよう日本』2003 年 7 月 25 日「ヒートアイランド現象」
- 11) 「打ち水大作戦」
- 12) <<http://www.uchimizu.jp/top.html>> (2005/03/16 アクセス)
- 13) 「六本木ヒルズ・垂直庭園都市」
- 14) <<http://www.roppongihills.com/jp/feature/i8cj8i000001e81k.html>> (2005/03/16 アクセス)
- 15) 「気象庁 | 気象観測（電子閲覧室）」
- 16) <<http://www.data.kishou.go.jp/>> (2005/03/16 アクセス)
- 17) 「大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）ホームページ」
- 18) <<http://w-soramame.nies.go.jp/>> (2005/03/16 アクセス)
- 19) 「UWSC(Windows ユーティリティ)」
- 20) <<http://www.vector.co.jp/soft/win95/util/se115105.html>> (2005/03/16 アクセス)

【参考文献】

- 新井光三（1995）『名古屋は本当に暑いか？データで見る名古屋の気象』ブックショップ「マイタウン」、162pp.
- 小嶋和好（2002）『渋谷の屋上菜園都市化計画』築地書館、174pp.
- 田中俊六、武田 仁、足立哲夫、土屋喬雄（1999）『最新建築環境工学[改定 2 版]』井上書院、317pp.
- 都市緑化技術開発機構 特殊緑化共同研究会（2003）『知っておきたい屋上緑化の Q&A』鹿島出版会、160pp.
- 鳴海大典、下田吉之、水野 稔（2002）「地域熱環境特性が冷房用エネルギー消費量に及ぼす影響—地域の熱環境特性が居住者の心理・生活面に及ぼす影響 その 1—」『日本建築学会計画系論文集』第 551 号、pp. 77-84.
- 日経アーキテクチュア編集部（2003）『実例に学ぶ屋上緑化』「日経 BP 社」208pp.
- 船瀬俊介（2003）『屋上緑化完全ガイド』築地書館、272pp.
- 間島大仁、伊藤雅一、岡村聖（2004）「地球温暖化防止のための環境教育に関する方法論的研究—CO2 濃度計測を中心とした環境教育プログラム」『日本環境共生学会 2004 年度学術大会発表論文集』pp. 6-10.
- 森山正和（2004）『ヒートアイランドの対策と技術』学芸出版社、208pp.