

駅コンコース温熱環境の予測方法と主観評価

構造物技術研究部 建築研究室

室長 伊積康彦

1. はじめに

駅空間の快適性を考える上で、温熱環境は重要な要因の一つである。近年の駅は、滞在時間が長く、かつ開放的な雰囲気とするためにガラスを多用した駅舎が建設されるなど、設計上温熱環境に関わる問題が以前よりも増えてきている。よって、快適な温熱環境を実現するため、精度の高い温熱環境解析技術の確立が不可欠である。

そこで、実駅に対して十分な解析精度を有する実用的な解析技術を確立することを目的として、実駅や実物大橋上駅舎模型（駅シミュレータ）を対象とした温熱環境解析を行った。さらに、駅コンコースにおける温熱環境の主観評価試験を行い、目標値の目安を得たので、それらの結果について報告する。

2. 駅コンコースの温熱環境シミュレーション

(1) 駅空間温熱環境予測プログラム

駅コンコースは出入り口やホーム階段など常時開放されている比較的大きな開口部を複数有し、かつ比較的断熱性の低い材料で構成されることが多いため、外気温の影響や日射の影響を受けやすい。さらに、コンコース内には照明や設備機器等内部発熱源も存在する。そこで、これらの影響を考慮できる「駅空間温熱環境予測プログラム」を開発した。本プログラムは、3次元有限差分法による粘性流体の数値解析を行うもので、建物内部とその周辺の屋外を同時にモデル化することが可能である。そのため、屋外の温熱環境変動がコンコース内に及ぼす影響を計算できる。また、建築材料や内部発熱源について豊富な境界条件設定が可能であるため、適宜測定データを解析条件に反映させることができる。

(2) 橋上駅の温熱環境シミュレーション

まず、橋上駅を対象とした温熱環境シミュレーションを試みた。解析対象駅は、大都市圏郊外の通勤ターミナル駅であるA駅で、4面8線を有する橋上駅である。A駅には北側と南側に大規模な駅ビルが建っており、東側には乗り換え跨線橋、西側には駅事務室等が配置されているため、コンコースに対する日射の影響はほとんど無い。一方、コンコース内は日中も照明が点灯されているため、内部発熱源を考慮した解析を行うこととした。境界条件は、外部風を南風0.1m/s定常、内部発熱源として照明を仮定し、定格出力からコンコース内の気温を上昇させる寄与分を考慮し、天井付近に0.5W/m²の熱源を設定した。解析モデルを図1に示す。

計算結果を実測値および外気温と比較したものを図2に示す。計算値の時間変動が実測値の時間変動よりもやや遅れているものの、最高気温の値や全体的な変動の性状については、実用上十分な精度が得られていると考えられる。

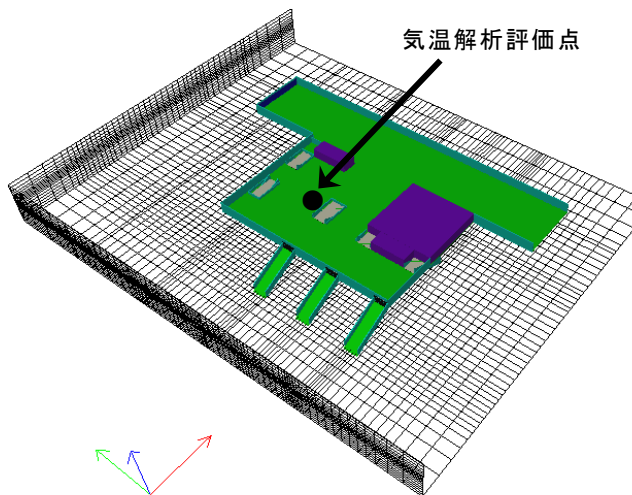


図1 A駅解析モデル図

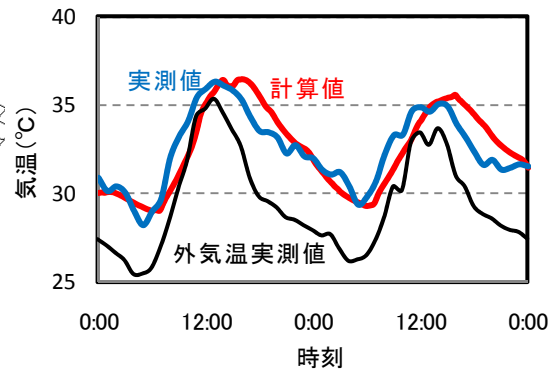


図2 A駅計算結果

(3) 高架下駅の温熱環境シミュレーション

高架下駅は、コンコースの直上が軌道階等であるため、橋上駅と比較して日射の影響は少ないものの、日中でも照明を点灯するなど日中の内部発熱源が橋上駅よりも多く存在する可能性がある。また、A駅の検討では、照明等の熱負荷に関する詳細データが無かったため、高架下駅を対象に測定とシミュレーションを実施した。対象とした駅は、九州地方にある1面2線を有する高架下駅であるB駅で、底や他の建物の影響により日射の影響をほとんど受けていない。B駅では内部照明の影響が大きいと予想されたため、照明の表面温度も計測し、解析では照明の表面温度測定結果を境界条件として与えた。気温分布の計算結果を図3に示す。図3より天井付近の気温が、照明により高くなっている様子がわかる。同コンコースの気温変動の計算結果を図4に示す。午前中で実測値と最大2°C程度差があるが、15時から16時ころ生じる最高気温は測定値とほぼ同じ結果が得られ、その後外気温よりも高めに推移している状況が再現できている。

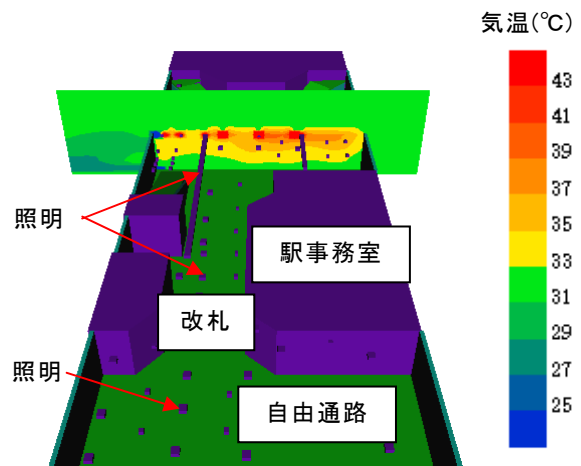


図3 B駅気温分布の計算結果 (断面)

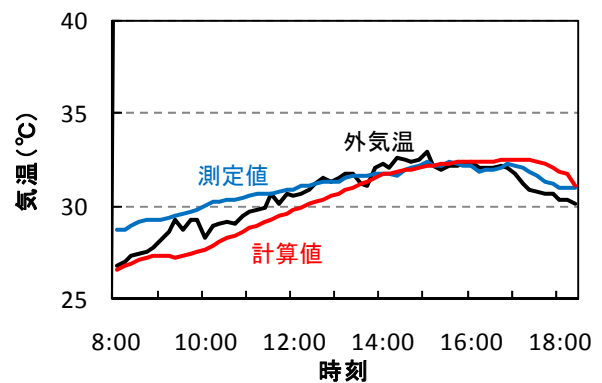


図4 B駅気温の時間変動計算結果

(4) 自然換気による暑熱環境改善のシミュレーション

駅計画時にシミュレーション等を用いて温熱環境の改善効果を把握することは、良好な滞在環境を実現するうえで有益である。一方、空調を使用せずに夏季暑熱環境を改善するには、十分な換気量を確保することが効果的である。そこで、実物大橋上駅舎模型（駅シミュレータ）¹⁾を用いて、自然換気による温熱環境の改善効果について検討した。

解析ケースは、窓を全て閉鎖した条件と天井付近に設けた窓を開放した条件の2ケースとした。境界条件は、屋外風向、風速を南風 1m/s 定常とし、外気温、壁面表面温度、天井表面温度は実測データを用いた。壁面と天井の表面温度に実測データを用いたのは日射の影響を考慮するためである。窓閉鎖条件での計算結果を図5に示す。計算結果は、外気温と最大 5℃程度の差があるなど概ね実測値と同じ結果が得られた。上部窓開放条件の計算結果を図6に示す。内外温度差は窓閉鎖条件よりも小さくなっており、換気効果が表れている。計算結果を実測値と比較すると、一部差が大きくなっている時間帯があるが、終日外気温よりもやや高めに推移するなど、定性的には実測値と同等な結果となっている。また、14時頃に表

れている最高気温の差は 1℃程度となっており、実用上の精度は得られていると考えられる。なお、図5、図6の15時頃の実測値にあるピークは、温度計に直射日光が当たった影響である。上部窓開放条件の計算精度は、窓全閉鎖条件よりも計算精度が低くなっている。原因としては、窓の通風量の誤差であると考えられる。誤差の原因は、計算では風速 1m/s の定常風としているが、実際の風速は変動しており、この差が計算誤差になっていると想定される。しかし、予測時には風速の時間変動を見込むのは不可能である。また、最高気温については計算値と実測値との差は約 1℃であるため実用上の精度は得られているものと考えられる。

3. 駅コンコースにおける温熱環境の主観評価

熱的快適性に関しては多くの指標がある。体感温度に影響を及ぼす要因としては、気温、湿度、風速、輻射熱の4つの環境側要因と着衣量、代謝量の2つの人間側要因の計6要因があると言われているが、簡便さから気温のみで評価したり、気温と湿度を考慮した不快指数等 1~2 個の要因のみから評価したりすることが多い。しかし、駅コンコースの場合は、半屋外空間であるために気温、湿度の変動が大きいこと、季節により利用者の服装が変化することから、温熱環境の6要素を考慮できる PMV (Predicted mean vote、予測平均温冷感) で評価することとした。PMV は、ISO 規格²⁾にも採用されており、通常の温熱環境では+3(暑い)から-3(寒い)程度の値をとる。PMV が 0

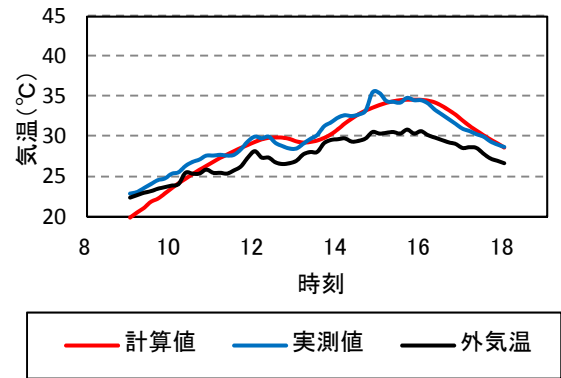


図5 駅シミュレータ計算結果
(窓全閉鎖)

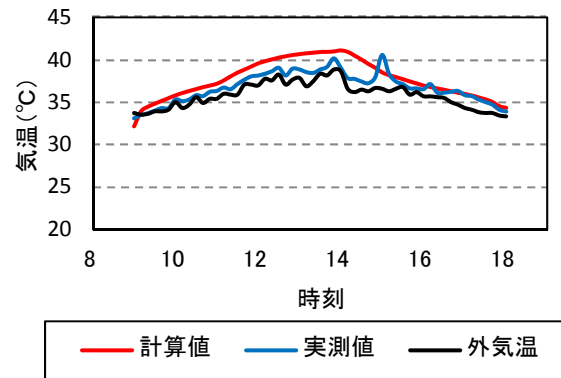


図6 駅シミュレータ計算結果
(上部窓開放)

付近では暑くも寒くもなく快適であるとされている。ISOでは、PMVの値に対してどの程度の人が不満であるかをPPD(predicted percent of dissatisfied、予測不満率)指標として整理している。しかし、このPMV-PPD指標は事務所や居室を対象としているものであるため、駅コンコースにそのまま適用できるか確認する必要がある。そこで、首都圏の橋上駅において、被験者による主観評価試験と物理測定を行い、駅コンコースにおけるPMV-PPD関係を把握した³⁾。主観評価試験は、被験者によるアンケート方式とし、同時に気温、湿度、風速、グローブ温度を測定しPMVを算出した。1回あたりの被験者数は6~20名であった。

試験結果を図7に示す。1回当たりの被験者数が少なかったため、不満率が0である割合が高くなっており、特にPMVが-1~1のケースでは、ほとんど全員が不快ではないと評価している。夏期と冬期を比較すると、冬期のPMVが-1.5以下の試験がないものの、冬期の方が不満率は低めの傾向となっている。これは、より寒い屋外との比較を無意識に行っていることなどのためと考えられる。また、一般居室を想定したISOのPMV-PPD曲線と比較すると、今回の試験結果は全体的に低めの値となっている。これは、駅コンコースが半屋外であるとの認識により温熱環境に対する期待値が一般居室ほど高くないことを示唆している。この期待値は、今後駅の温熱環境が改善されるにしたがって高まっていくことが予想される。本試験により、現状の駅コンコースに対する快適性に関する評価基準の一端を得ることができた。

4. おわりに

駅コンコースにおける温熱環境のシミュレーション事例と主観評価試験結果を紹介した。

駅の温熱環境については、主に換気不足により屋外よりも気温が高くなる時間帯がある。一方、駅利用者は駅の温熱環境に対して、事務所のような一般建物と同等レベルの快適性を求めているわけではない。よって、駅の温熱環境の改善には機械空調に頼るのではなく、まずは適切な開口を設けるなどにより通風を確保することを考慮すべきと考える。駅の温熱環境については、未だ未解明な点も多く、制御方法についても合理的な設計方法は確立されていない。今後、快適な駅空間の実現を目指すため、さらに検討を進めて行く必要がある。

参考文献

- 1) 石突光隆：駅シミュレータの開発，鉄道建築ニュース，2008. 8
- 2) ISO: IS07730 Moderate thermal environments - Determinations of the PMV and PPD indices and specifications of the conditions for thermal comfort. (1994)
- 3) 藤井光治郎，伊積康彦，野口祐司，佐藤隆：駅の温熱環境と体感評価，鉄道総研報告，Vol. 17, No. 1, 2003

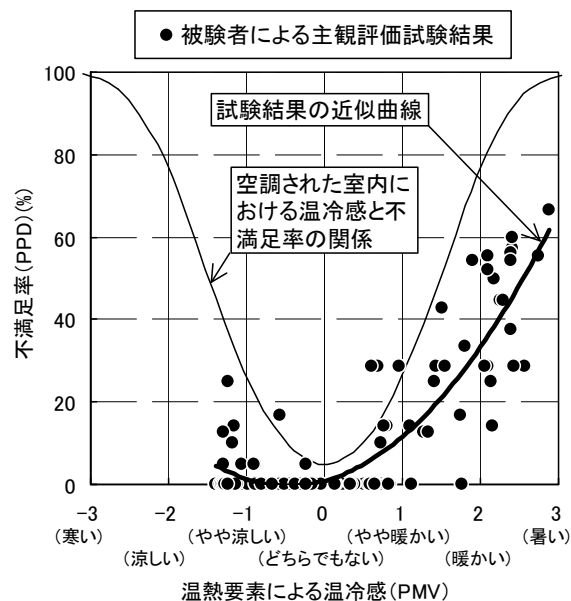


図7 PMVと不満率との関係