

空調空間を有する駅の 熱的快適域に関する研究



坂本 圭司*

空調が導入された駅におけるお客さまの熱的快適域はこれまで研究事例が無く、特に夏場などの空調負荷が高い季節に空調をどの程度まで効かせる必要があるかの目安が無かった。本研究では、空調が導入されているO駅をフィールドとして約1年間にわたり温熱環境の実測を行い、あわせて季節ごとに温熱環境に対するお客さまの心理量を把握するためのアンケートを実施することで、駅の熱的快適域を明らかにすることを目指した。過去に当研究所が非空調駅で調査した結果も踏まえ、夏場の駅においてお客さまが許容できる環境を確保するための目安は、空調の有無に関わらず体感温度SET*32℃、快適性確保のための目安は、SET*29℃（空調の有無に関わらず）であることが分かった。

●キーワード：駅、温熱環境、体感温度、熱的快適域

1. はじめに

当社は長期的な取組みとして、鉄道事業の二酸化炭素総排出量の削減を進めている。駅においては環境の質を向上させつつ、環境負荷を最小限に抑えることが重要な課題である。一方で近年、駅構内に空調が導入される事例が増えてきているが、そのような駅における熱的快適性と省エネルギー性を両立するための指標が無く、また空調導入駅における温熱環境の実態も良くわかっていない。そこで本研究では、空調された駅において3季節にわたる熱的快適性実測調査を行い、空調された駅における利用者の熱的快適域を求めることを目的とした。

2. 対象駅の概略

本研究では、関東エリアに立地するO駅を調査対象とした。O駅は在来線と新幹線が乗り入れるターミナル駅で、東西に伸びる自由通路を介して北側と南側に改札がある。南側改札内に大規模な商業施設（約5,000m²）があり、下階のホームと直接接続する通路の大部分とすべての店舗内に空調が導入されている。

空調が導入されている南側改札内と非空調の改札外自由通路を4つのゾーンに分けて調査を行った。駅としての熱的快適特性を明らかにするため、個別の店舗内は調査対象から除外し、利用者が駅の通路として使用できる範囲を本研究の対象とした。図1にゾーン分けを示す。

ZoneAは外気流入のおそれのあるホーム階段から離れた空調域、ZoneBはホーム階段に接する空調域とした。また、ZoneDは改札外の非空調域、ZoneCは間に位置する空調／非空調の境界域と位置づけられる。温熱環境測定として3種の測定を行った。



図1 調査対象駅平面図とゾーン分け（ZoneAからD）



図2 各エリアの様子（左から順にZoneA, ZoneB, ZoneC, ZoneD）

3. 本研究のフロー

本研究のフローを図3に示す。

まず駅における温熱環境実測調査を行った。この調査では、1) 屋外気象測定、2) 駅構内温湿度長期測定（計37点、9ヶ月。図4参照）、3) より詳細なデータを得るための集中測定（計13点、計21日間）を行った。

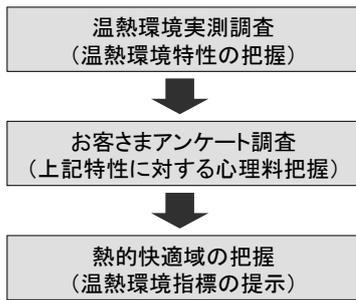


図3 本研究のフロー



図4 長期測定で使用した機器と設置のイメージ

また、利用者の熱的快適性調査については、駅構内に滞在する利用者に対し、心理量や滞在状況などの把握を目的としてiPadを用いたタッチパネル式のアンケートを実施した（図5）。各ゾーンに調査員を1人ずつ配置し、夏季（7～9月）に9日間、秋季（10～11月）と冬季（12～1月）に6日間ずつ行い、計21日間、平日のラッシュ時を避けた10:00～17:00に実施した。



図5 使用したiPadとアンケートの様子

4. 温熱環境実測調査結果

本研究では、2011/7/16～9/19を夏季、9/20～11/20を秋季、2011/11/21～2012/1/17を冬季として詳細に分析した。図6に各季節の晴天代表日における13時台の構内空気温度平面分布を示す。

夏季においてZoneAは他のゾーンより低い温度分布になっており、特に店舗内では周囲より空気温度が低くなっていた。ZoneBはゾーン内で4℃程温度差があり、ホームへ繋がる階段で空気温度が高くなっていた。ZoneCはZoneB同様、ゾーン内で5℃程温度差が生じており、改札内広場で高く、通路で低くなっていた。ZoneDでは、構内で最も空気温度が高くなっていた。

秋季は、構内全体で22～26℃程度となっており、ゾーンごとに大きな温度差は見られなかった。ZoneAは、ZoneB・Cより空気温度が高くなっていた。ZoneB・Cでは、夏季と同様ゾーン内に2～3℃温度差が生じていた。

冬季は、3季節の内最も構内の温度差が大きく、最大で約14℃であった。構内の空気温度はZoneAで最も高く、ZoneCで最も低くなっていた。ZoneBは、ゾーン内で南北方向に8℃程の温度差があり、改札方向に近づくに従って空気温度が低くなっていた。ZoneCはゾーン内で7℃程温度差があり、改札内広場で低く、通路で高くなっていた。

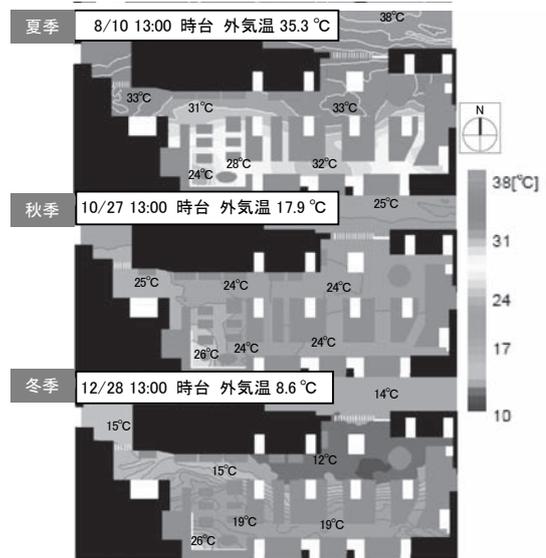


図6 構内空気温度平面分布

5. お客さまアンケート調査結果

お客さまアンケートの質問項目および回答選択肢を表1に示す。回答者の属性や駅および改札内商業施設の利用形態、温冷感や快不快感などの心理量に関して調査した。

各季節のゾーンごとの回答者数を表2に示す。3季節に渡る調査の回答総数は1356であった。夏季の回答総数は823、中間期は278、冬季は254と、調査日数の違いにより差があったが、ゾーンごとの回答割合は同程度であった。尚、全季節を通じて女性の回答割合が多く、6割以上を占めていた。各世代偏り無く回答が得られた。

表1 アンケート質問項目および回答選択肢

あなた自身についてお答えください。	
性別	男性/女性
年齢	19歳以下/20歳代/30歳代/40歳代/50歳代/60歳代/70歳以上
滞在時間	Q. この場所についてからどれくらい時間がたっていますか？ (5分程度/10分程度/30分程度/時間程度/時間以上)
経由地	Q. どちらからここにいらっしゃいましたか？(ホーム/改札/屋外)
今後の行動	Q. このあとどこに滞在されますか？ (はいいいえ)
利用頻度	Q. 0駅/改札内商業施設を、それぞれの程度利用されますか？ (ほぼ毎日/週に数回程度/月に数回程度/ほとんど利用しない)
利用形態	Q. 0駅について該当するものを選んでください。 (自宅の最寄り駅/勤務先の最寄り駅/乗り換え駅/その他)
利用目的	Q. 0駅/改札内商業施設をどのような時に利用されますか？ (買い物/食事/涼む・暖まる/通るのみ/利用しない) (乗り換える/合間/帰宅前/出勤/通学前/時間調整/利用しない)
いま、この場所の環境についてお答えください。	
温冷感	Q. いま、この場所の暑さ・寒さの程度はどうですか？ (-3: 寒い/-2: 涼しい/-1: やや涼しい/0: どちらでもない/ +1: やや暖かい/+2: 暖かい/+3: 暑い)
適温感	Q. いま、この場所の環境がどうあればいいと思いますか？ (-1: 今より暖かい方がいい/0: このままでいい/+1: 今より涼しい方がいい)
快不快感	Q. いま、この場所の快適さ・不快さの程度はどうですか？ (-3: 非常に不快/-2: 不快/-1: やや不快/0: どちらでもない/ +1: やや快適/+2: 快適/+3: 非常に快適)
受容度	Q. いま、この場所の暑さ・寒さを受け入れられますか？ (-1: 受け入れられない/+1: 受け入れられる)

表2 ゾーンごとのアンケート調査回答者数

	ZoneA	ZoneB	ZoneC	ZoneD	総計
夏季	225	108	284	207	824
秋季	88	38	83	69	278
冬季	67	35	85	67	254
総計	380	181	452	343	1356

図7に温冷感申告結果を示す。夏季においては、空調域であるZoneA・Bでは「やや涼しい」の申告が最も多く、非空調域であるZoneC・Dでは「暑い」の申告が最も多かった。しかしZoneB・Cではゾーン内に生じた温度差により申告にはばらつきが見られた。

秋季は、夏季と比較すると全体的に中立に寄る結果となり、「やや暖かい」「どちらでもない」の申告が大半を占めていた。冬季においては、ZoneA・Bでは暖かい側の申告が多く、涼しい側は殆ど回答されなかった。またZoneAでは、「暑い」と回答する人も見られた。ZoneC・Dでは「寒い」の申告が最も多く、涼しい側の申告が大部分を占めていたが、両ゾーン共に中立と申告する人も多かった。

図8に適温感申告結果を示す。適温感は、夏季にはZoneA・B・C・Dの順に「今より涼しい方がよい」が多く回答され、ZoneAで10%程度、ZoneDでは70%を超えていた。冬季には「今より暖かい方がよい」の申告がZoneA・B・C・Dの順に多くなっていたが、夏季の「今より涼しい方がよい」と冬季の「今より暖かい方がよい」それぞれの申告率を比較すると、夏季の方が環境調節を求める割合が高いことがわかった。

図9に快不快感申告結果を示す。夏季においては空調域のZoneA・Bで快適側の申告が多かったが、ZoneAよりZoneBの方が「やや不快」の申告率が高かった。ZoneCでは「どちらでもない」の申告が最も多かったが、夏季と同様ゾーン内に生じた温度差により快適側と不快側どちらの申告も見られた。秋季は全ゾーンに共通して「やや快適」の申告が約4割と最も多かった。ZoneCおよびZoneDでは、夏季と比較すると両ゾーンともに不快申告者率が大幅に減少し、快適側に移行した結果となった。

冬季では、ZoneAで「快適」「やや快適」の申告が圧倒的に多かったのに対し、同じく空調域であるZoneBでは、快適側の申告が減少していた。ZoneC・Dでは、「どちらでもない」に続いて「やや不快」「やや快適」両方の申告が多かった。不快側の申告が圧倒的であった夏季と比較すると、冬季のZoneC・Dは快適な環境であったとわかる。

図10に受容度申告結果を示す。夏季および冬季において特にZoneC・Dで僅かに非受容申告者率が増えているが、全ゾーン・全季節で非受容申告者率が20%を下回っていた。

以上のアンケート調査結果より、空調域ZoneAは構内において最も快適な空間であったが、空調域でも外気の影響を受けやすいZoneBでは不快と感じる利用者も多かった。境界域ZoneCはゾーン内での温度差が非常に大きく、それに伴って申告結果にも差が見られた。非空調域ZoneDは夏季・冬季ともに構内で最も熱的快適性の低い空間であったと言える。

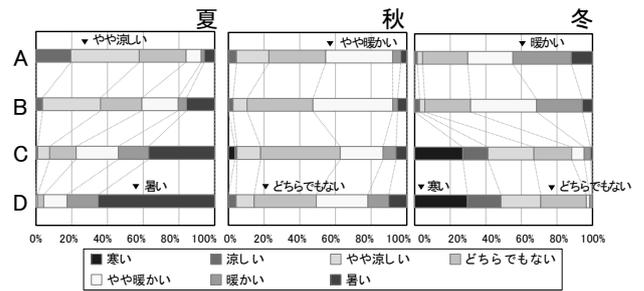


図7 温冷感申告結果

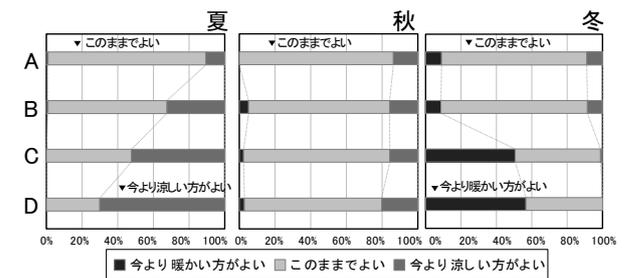


図8 適温感申告結果

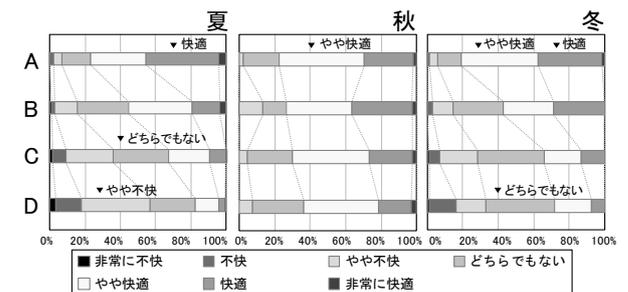


図9 快不快申告結果

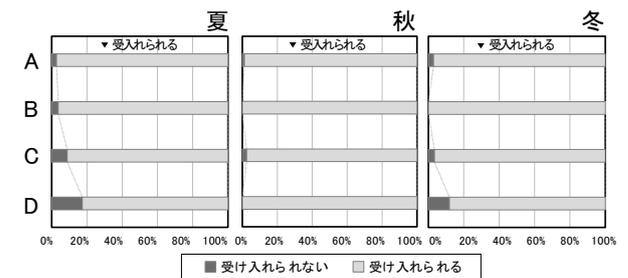


図10 受容度申告結果

6. 熱的快適域の把握

今回の研究対象は空調が導入されたO駅であるが、当研究所では、空調の導入されていない「非空調駅」においてもその熱的快適域の把握を行うための研究を過去に実施している。そこで、今回はそれぞれのケースでどの程度熱的快適域に差があるのかを比較することとした。

具体的には、空調導入駅であるO駅および過去に調査した非空調駅のそれぞれにおいて、温熱環境と利用者の申告心理量（先のアンケートで実施した、「温冷感申告」、「適温感申告」、「快不快申告」、「受容度申告」）の相関を検討した。

空調された駅としての特性を分析するため、O駅の申告結果については、空調域のZone A・Bおよび空調の影響のある境界域Zone Cの回答を分析対象とした。尚、居住域温熱環境の代表値として、各回答者の体感温度、SET* (注) を求めた。

各回答者が、SET*に対する適温感の涼暖要望、すなわち「今よりも涼しい方がよい／暖かい方がよい」と申告者した割合、を「非適温申告者率」として図11に示す。非空調駅・O駅ともにSET*約25℃で「暖要望」と「涼要望」が交わり、非適温申告率が最も少なくなる。つまり、ここが多くのお客さまにとって「暑くも寒くも無い」状態である。

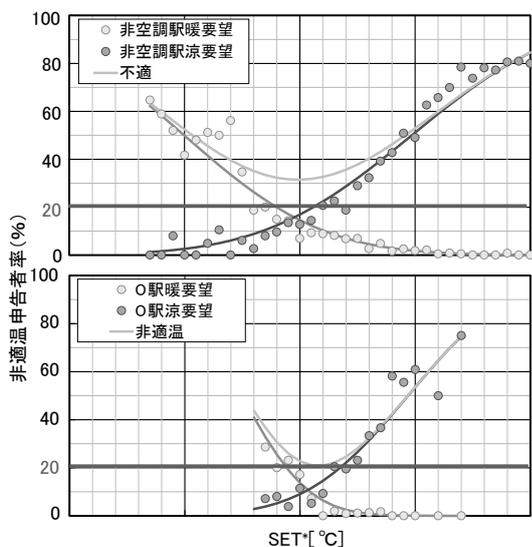


図11 「暖／涼要望」申告者率の回帰曲線

SET*に対する適温感の涼暖要望と快不快感の「やや不快、不快、非常に不快」のいずれかを同時に申告した利用者の割合を「熱的不快申告者率」として図12に示す。非空調駅ではSET*19~29℃の範囲で申告者率20%を下回っていた。一般室内の快適域はSET*23~28℃であるとされていることから、非空調駅では一般室内よりもお客さまの快適域が広いと言える。一方、O駅の熱的快適域はSET*23~29℃となり、下限は一般室内のそれとはほぼ一致して非空調駅よりも高かった。また、O駅の熱的快適域の上限は非空調駅のそれよりも低くなることが予想されていたが、SET*29℃で一致していた。O駅の夏季調査時は東日本大震災後の節電時期と重なっており、利用者の意識に影響があった可能性もある。

SET*に対する適温感の涼暖要望と「受け入れられない(非受容)」を同時に申告した利用者の割合を熱的非受容申告者率として図13に示す。非空調駅ではSET*19~32℃の範囲で申告者率20% (一般的な閾値設定の目安) を下回り、この範囲であれば利用者が熱的に受容できることが示された。一方でO駅では冬季に構内の空気温度が外気温よりも高い状態で保たれ、「暖要望・非受容」申告者が非常に少なく、20%を超えることがなかった。O駅の「涼要望・非受容」の回帰曲線は非空調駅と同様32℃程度で申告者率20%を超え、どちらの駅においても熱的受容域の上限はSET*32℃であるこ

とがわかった。

(注) SET*とは、標準新有効温度(℃)=理論に基づく体感温度。SET*は、温熱環境に係る6要素(気温(℃)、平均放射温度(℃)、相対湿度(%)、風速(m/s)、着衣量(clo)、仕事量(met))の影響を標準温熱環境へ換算した値(温度)である。

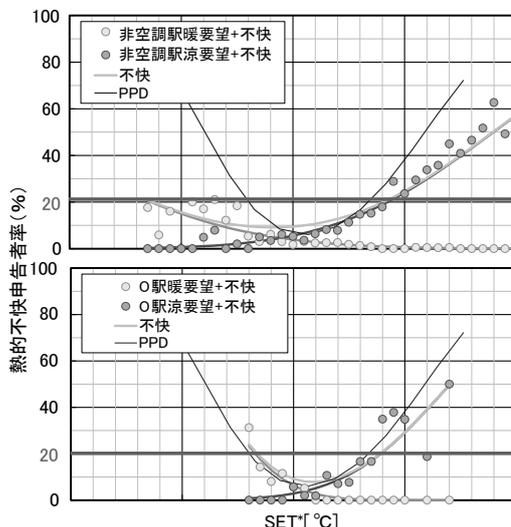


図12 「暖／涼要望・不快」申告者率の回帰曲線 (図中のPPDは一般建物の熱的不快申告者率の曲線)

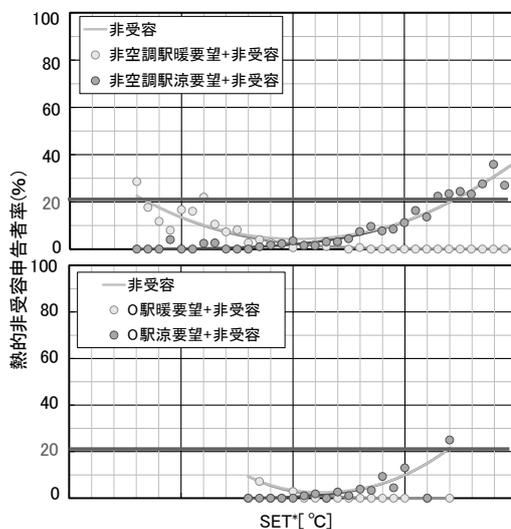


図13 「暖／涼要望・非受容」申告者率の回帰曲線

7. まとめ

以上から、温熱環境の受容範囲は非空調駅・空調導入駅とも一致して上限はSET*32℃であった。また快適範囲は非空調駅でSET*19~29℃、空調導入駅ではSET*23~29℃とこちらも上限が一致していた。これらの結果から、夏場の駅でお客さまが許容できる環境確保の目安はSET*32℃、これよりも快適性を保つ必要がある場合の目安はSET*29℃であることが分かった。