

人間の熱的適応性を考慮したパーソナル空調システムに関する研究

第2報—パーソナル空調による活動変化に伴う熱的不快感緩和時間の検討

須藤 美音 *1 村上 周三 *2
加藤 信介 *3 宋 斗三 *4

本研究は、従来型パーソナル空調の問題点を解明し、快適かつ省エネルギー的な新たなパーソナル空調システムの開発を目的としている。パーソナル空調の長時間の使用により、快適感が損なわれ、エネルギーを不必要に浪費することを防ぐためのパーソナル空調の制御方法を検討するため、熱的不快状態から熱的中立状態に達するまでの時間“緩和時間”の検討を行った。実験室による被験者実験の結果、歩行に伴う熱的不快状態から着座し、この不快感をパーソナル空調により約5～10分で緩和することを明らかにした。しかし、今回用いたパーソナル空調では緩和時間到達後2,3分程度経過すると快適感が低下する傾向が見られた。実験後のアンケート調査の結果では、目の乾燥が最も大きな原因であり、それ以外にも寒さ・気流による不快感が問題点とされていることを確認した。

キーワード：パーソナル空調・温冷感・緩和時間

1. はじめに

本研究の目的は、快適かつ省エネの両面を達成させたパーソナル空調システムの開発を行うための技術的な解決策を検討することである。第1報目¹⁾では被験者実験により従来型パーソナル空調の評価を行い、改良型のパーソナル空調開発の意義及びその要件について述べた。要件の一つとして、パーソナル空調を一部自動制御とし、その制御に人間の熱的適応性を組み込むことを提案している。本研究では、人間の熱的適応性として特に人が体験した温熱環境及び活動に対する熱的な体験履歴をパーソナル空調の制御に考慮するこ

とを検討する。

人間は環境や活動の変化に対し、生理的・心理的に変化する。この性状は定常状態の生理・心理状態とは異なり、例えば、夏季に暑い屋外からオフィスに帰ってきた時、屋外で生じた熱的不快状態を室内の清涼な環境に持ち込むことにより、しばらく不快を感じている場合が多い。オフィスが快適温度に設定されていても、設定温度が高いと認識され、不必要に室内の空調温度が低く設定される可能性がある。そのため、空調制御を行う際には、このような熱的な適応過程を考慮する必要があると考えられる。

人間の熱的適応性に関しては国内では田辺ら²⁾による半屋外空間での人間の熱的適応行動に関する実測調査や、田村・吉野ら³⁾によるオフィスにおける実測調査など数多くの報告がなされている。また、人間の熱的適応性を考慮した空調制御法に関する研究としては、中野・田辺⁴⁾は屋外と室内の間

*1 (株) 総合設備コンサルタント

(研究当時慶應義塾大学大学院) 正会員

*2 慶應義塾大学 正会員

*3 東京大学生産技術研究所 正会員

*4 成均館大学 (研究当時東京大学生産技術研究所) 正会員

に緩衝空間を設け、熱的刺激に対する緩和効果を被験者実験により検討している。

しかし、これらは室内全体空調を対象とした緩和効果の検証実験であり、パーソナル空調のように人体を局所的に冷却した場合は温熱生理的・心理的に異なる影響があると考えられるため、これをパーソナル空調にそのまま適用することは難しい。また、オフィス環境においては、物理的な環境変化は比較的小さく、活動の変化が人間の温冷感に大きな効果を及ぼすと考えられるため⁵⁾、その影響について詳しい検討を行う必要がある。

本報では、活動による熱的不快状態からパーソナル空調の使用により熱的中立状態に至るまでに要する時間を“緩和時間”と定義し、検討を行う。これをパーソナル空調の制御論理に組み込むことにより、例えば、パーソナル空調の長時間使用による生理的・心理的不快感が生じる前にパーソナル空調を自動的に停止させることができるので、快適性の定常的な維持を省エネルギーに行うことが可能であると考えられる。

2. 空調制御論理に人間の熱的適応性の導入

オフィス空間では、デスクワークの合間にも間欠的に代謝量の多い活動が行われ、その活動がその後の快適性に及ぼす影響は少なくないものと考えられる⁵⁾。オフィス勤務者は温熱環境の変化や着衣量の変化よりも活動量の変化の頻度が高い場合が多く⁵⁾、無視できないものである。

温熱生理・心理的な変化は代謝量の変化に対し時間遅れを生じる。このように、代謝量の変化のような個人的な要因により、人の環境における受容性は異なる⁶⁾。様々な活動レベルの変化が予想されるオフィスにおいて、この時間遅れはたとえ室内温度が一定であり快適域に設定されていたとしても熱的不快感を与え、作業効率の低下を招く可能性がある⁵⁾。活動変化に伴う熱的不快感は、パーソナル空調により効率よく緩和させることが可能であるが、個別の空調制御に個別の人間の熱的適応性を導入することにより、不快を感じることなく省エネ的な制御が可能であると考えられる。

本報では、特に活動変化により生じる熱的不快感に着目して、パーソナル空調により緩和時間を検討することを目的とする。

3. パーソナル空調による人間の活動変化に伴う熱的不快感緩和時間の検討

本実験では代謝量の変化に伴い生じる熱的不快状態から熱的中立状態に達するまでの時間“緩和時間”の検討を行うことを目的とする。

実験はタスク・アンビエント空調により、アンビエント域は気温 28℃、相対湿度 50%RH に制御し、タスク域ではパー

ソナル空調よりアンビエント域より低温の吹出し気流を提供した。

3.1 被験者実験概要

3.1.1 実験室及び実験条件 (図-1、表-1)

本実験は 2003 年 7 月 1 日～25 日に慶應義塾大学理工学部環境実験室にて行われた。環境実験室内観を図-1(a)に示す。アンビエント空調及びパーソナル空調の設定条件を表-1 に示す。アンビエント空調は床 3 箇所から吹出し、天井吸込み方式を用いた。アンビエント空調は吹出し温度は 28℃、風量 90m³/h (吹出し口 1 個あたり)、相対湿度 50%RH とした。ここでは、パーソナル空調を使用するためアンビエント域の温度を比較的高く設定した。天井付近では約 29.5℃程度の空気温度となった。パーソナル空調は市販品 (米国製) で机上の両端に設置され人体方向に吹出した。パーソナル空調は吹出し温度 26℃、風量は 26m³/h (吹出し口 1 個あたり) で平均吹出し風速 2.5m/s、相対湿度 40%RH、吹出し風向は水平吹出しとした。この時、人体の胸部には約 0.79m/s、頭部には約 0.55m/s の気流が到達する。また、机にはパソコンを設置することによって熱放射の影響を加えた。実験室には暗幕を設置した。

3.1.2 被験者概要

被験者は、標準的な体格で健康な大学生男性 6 名、女性 6 名の計 12 名を対象とした。夏のオフィスを想定した着衣とし、男性は 0.62clo (半袖シャツ・長ズボン・ネクタイ・靴下・下着)、女性は 0.55clo (半袖シャツ・スカート・ストッキング・下着) と統一した。なお、本実験においては靴を着用させなかった²⁾。着衣量は事前に行ったサーマルマネキン実験により推定をした。また、実験中の着衣の変更は許可しなかった。

実験は 1 日に 3 回行うが、各被験者は同一の時間帯に実験を行わせた。概日リズムより⁷⁾、実験の時間帯によって人間は生理的・心理的な変動を生じるが、本実験ではそれらの有意な差は確認されていない。

3.1.3 実験順序 (図-2)

図-2 に実験順序を示す。被験者には実験開始 (0 分) の 1 時間前に環境実験室に入室させ、着替え及び熱電対の装着をさせた。着替え・熱電対の装着終了後、被験者は実験室 (図-1 (a)) の左側に着席し、雑誌の読書を開始した。この間、被験者に実験室環境及び測定器具に十分慣れさせた。入室後 40 分に測定開始とした (-20 分)。この時パーソナル空調は OFF のままである。次に被験者に向かって右側に配置したルームランナーにより歩行をさせた。これはオフィス内のデスクワークの合間の歩行を想定したものである。歩行後はすぐにパーソナル空調を ON にし、再び席に戻り読書をさせた (40 分間)。

3.1.4 実験ケース (表-2)

実験ケースを表-2 に示す。case1 は歩行速度 1.8m/s (高速) とし、歩行後にはパーソナル空調を使用した。これを基本ケースとして設定し、case2 では歩行速度を 0.9m/s (低速) とし、歩行後にはパーソナル空調を使用した。case3 では歩行速度 1.8m/s (高速) とし、歩行後にはパーソナル空調を使用しなかった。なお、歩行速度は ASHRAE の代謝量の表⁹⁾ による一般的な歩行速度を使用する。表-2 中の代謝量は文献値である。

3.1.5 測定項目

生理量として皮膚温・代謝量、心理量として全身温冷感・快適感申告及び実験後アンケート調査を行った。皮膚温は QREC の 10 点法 (頭、胸、背、上腕、前腕、手、大腿 (2 点)、下腿、足) に準じて⁷⁾ 10 秒間隔で測定を行った。代謝量は間接測定法に基づき、呼吸代謝測定装置により 10 秒間隔で測定を行った。間接測定法は人間の活動変化と呼吸変化の相関関係に基づき、O₂ 消費量と CO₂ 排出量より代謝量を算出する方法である。式(1)に ASHRAE より提案された実験式を示す⁹⁾。

$$M = \frac{352(0.23RQ + 0.77)V_{O_2}}{A_D} \quad (1)$$

ただし、M : 代謝量 [W/m²]、RQ : 呼吸商(消費された O₂ の体積) / (排出された CO₂ の体積)、V_{O₂} : 酸素摂取量 [L/min]、A_D : 体表面積 [m²]。さらに式(1)から ASHRAE に準じて、エネルギー代謝率に変換して表示する (1met = 58.1 W/m²)。ただし、熱電対・呼吸代謝測定装置は被験者に大きな負荷を与えることから併用は避け、代謝量の測定のみ別の日に行った。また、代謝量の長時間の測定は人体に負担となるため、代謝量が安定し始める 40 分で計測を終了した。

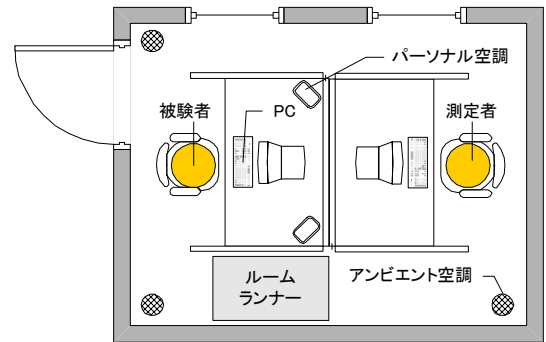
温冷感申告は ASHRAE の 7 段階スケール⁹⁾、快適感申告は 6 段階スケール⁹⁾ とした。温冷感・快適感申告は実験開始から 30 分間は 5 分に 1 回、歩行中及び歩行後 20 分間 (30 ~ 60 分) は 1 分に 1 回。60 ~ 80 分は 5 分に 1 回とした。

3.2 実験結果と考察

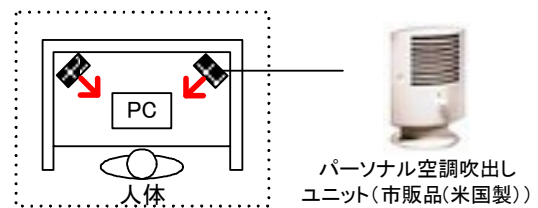
3.2.1 代謝量結果 (図-3)

図-3 に代謝量の男性 6 名、女性 6 名の平均値を示す。前述の通り測定は 40 分で終了し、それ以降の代謝量は一定と仮定した。

リラックス時の男性の代謝量は約 1.0met、女性は約 0.8met であった。歩行時は高速歩行の場合、男性は約 4.1met、女性は約 3.5met であった。低速歩行の場合、男性は約 2.5met、女性は約 2.0met であった。女性は男性より代謝量が低い傾向にあった。高速歩行の代謝量は低速歩行時の約 1.7 倍であった。また、実験を開始する前に行ってた被験者の様々な活動が実験の結果に影響を与えるものと考えられるが、図-3 より前半のリラックス時で男性被験者、女性被験者ともに約 1.0met と文献値 (0.9met) に近い値が得られ、本実験の結



(a) 環境実験室内観



(b) タスク域及びパーソナル空調ユニット

図-1 環境実験室とタスク空調

表-1 アンビエント空調・パーソナル空調設定条件

アンビエント空調	温度	28 °C
	風速	90 m ³ /h (吹出し口 1 個あたり)
	湿度	約 50%RH
パーソナル空調	温度	26 °C
	風速	26 m ³ /h (吹出し 1 個あたり)
	風向	水平吹出し
	湿度	約 40%RH

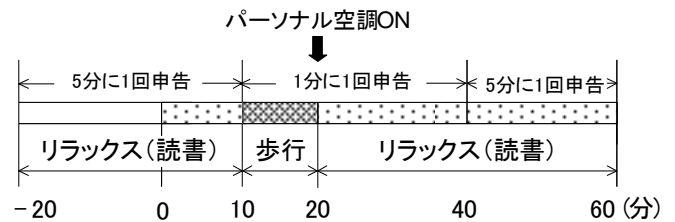


図-2 実験順序

表-2 実験ケース

	歩行速度	代謝量	パーソナル空調
case1	1.8 m/s (高速)	約 3.8 met	あり
case2	0.9 m/s (低速)	約 2.0 met	あり
case3	1.8 m/s (高速)	約 3.8 met	なし

果に、実験を開始する前に行ってた被験者の活動は大きく影響していないものと考えられる。

3.2.2 平均皮膚温結果 (図-4)

図-4 に平均皮膚温偏差の男性 6 名、女性 6 名の平均値を示す。ここで皮膚温の偏差とは前半 10 分のリラックス時の皮膚温の平均値に対する偏差とする。

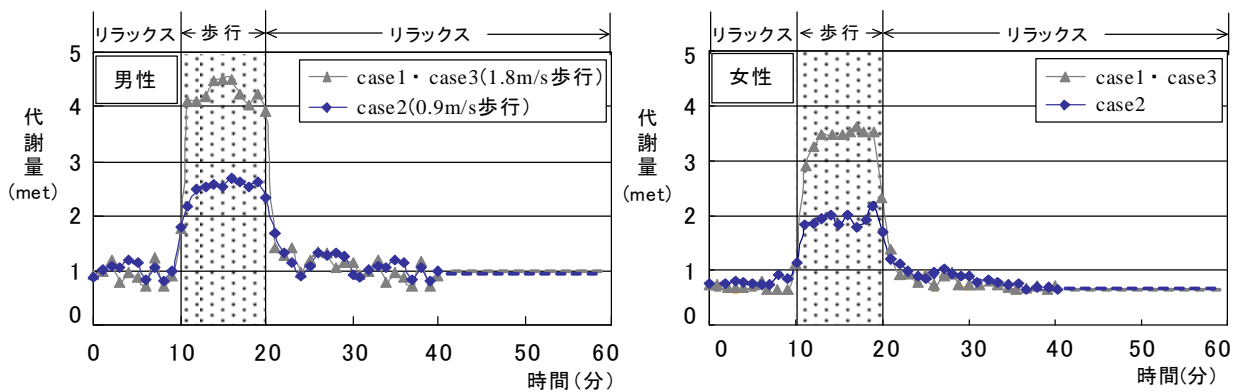


図-3 代謝量 経時変化

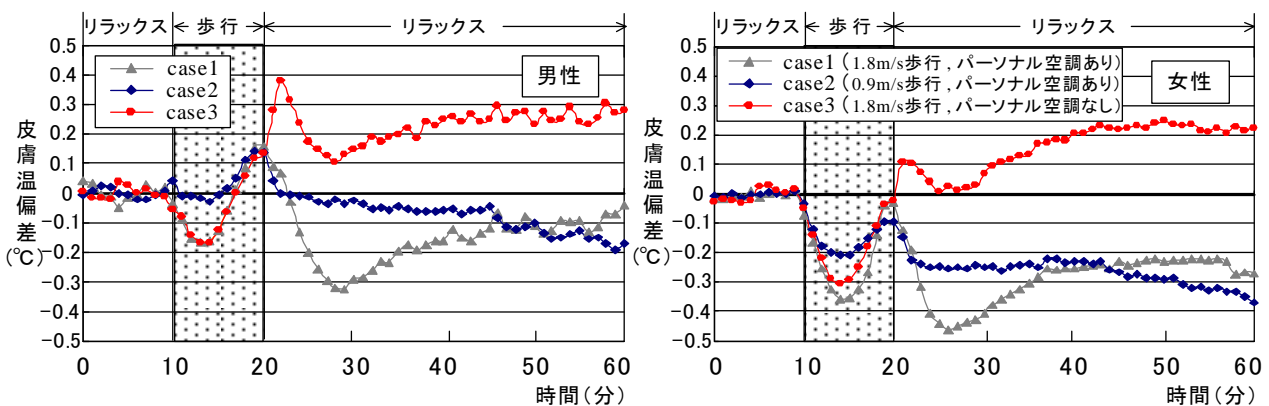


図-4 皮膚温 経時変化

全3ケースともに歩行開始とともに平均皮膚温の低下がみられる。これは歩行により生じた対流の影響から、肌が露出している手や前腕の皮膚温低下したことや大腿部の発汗が主な原因である。case2（低速歩行）では男性は歩行開始後（10分）、わずかに平均皮膚温の低下がみられるが、歩行開始5分（15分）で急激に上昇する。女性は歩行開始後約0.2℃（標準偏差：0.09）平均皮膚温が低下し、15分で急激に上昇する。case1・case3（高速歩行）では歩行開始後（10分）、男性は約0.2℃（標準偏差：case1；0.10、case2；0.07）の平均皮膚温が低下する。女性はcase1では約0.4℃（標準偏差：0.18）、case3では約0.3℃（標準偏差：0.05）の平均皮膚温が低下する。

歩行終了後（20分）、case1とcase2ではパーソナル空調をONにし、case3ではパーソナル空調を使用しない。パーソナル空調を使用しないcase3では40分で皮膚温は安定し始めるが、前半のリラックス時に比べて男性は約0.3℃（標準偏差：0.20）、女性は約0.2℃（標準偏差：0.32）程度皮膚温の上昇がみられる。この主な原因は下半身の皮膚温の上昇である。このような歩行後の皮膚温の上昇は熱的不快感を覚えさせる原因の一つであると考えられる。これに対しパーソナル空調を使用したcase1とcase2では、歩行を終了させ、

パーソナル空調をONにすると平均皮膚温が低下する。case1（高速歩行）とcase2（低速歩行）で同じ気流を当てているにもかかわらず、皮膚温の低下に差が見られる原因としては汗が影響していると考えられる。歩行終了後のリラックス時においては、case1では40分頃になると平均皮膚温は安定する。前半のリラックス時と比べて、男性では約0.1℃（標準偏差：0.15）、女性では約0.2℃（標準偏差：0.31）低い状態で安定している。case2（低速歩行）はcase1と同様に歩行終了直後に平均皮膚温が急激に低下するが安定せず、実験終了（60分）までなだらかに平均皮膚温が低下する。これは特に手の皮膚温の低下が影響している。

3.2.3 温冷感申告結果（図-5）

図-5に男性6名、女性6名の温冷感申告値を示す。

前半（0～10分）のリラックス時は男性・女性ともに熱的中立状態よりわずかに高い値を示す。歩行を開始すると（10分）、case1・case3（高速歩行）ではすぐに『やや暑い（+1）』に達し、歩行終了後には『とても暑い（+3）』に達する。case2（低速歩行）では歩行終了後は『やや暑い（+1）』に達する。女性の温冷感の変化は男性に比べて勾配が急であり、女性の方が歩行に対し大きな負荷がありより暑く感じている。

case1では歩行終了後（20分）、パーソナル空調をONに

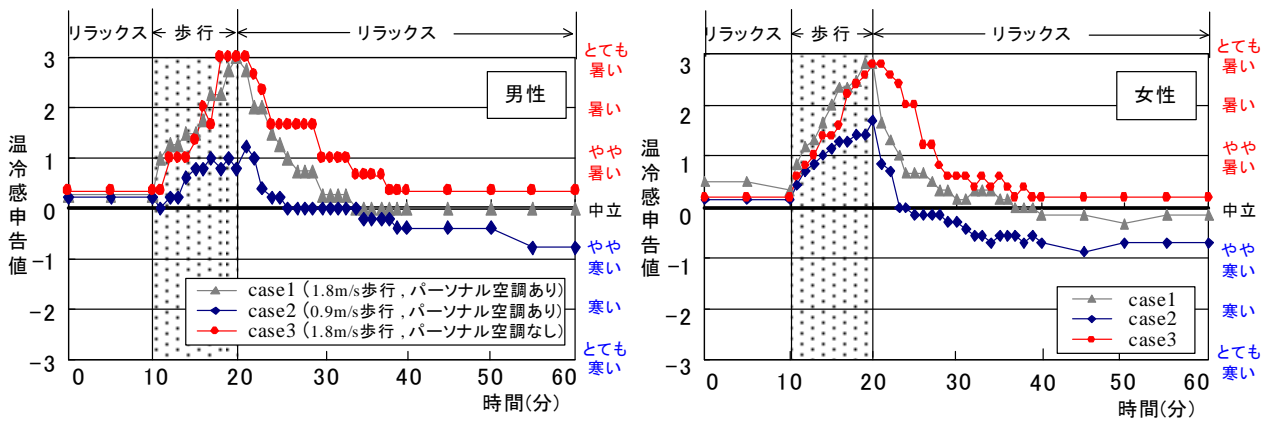


図-5 温冷感申告値 経時変化

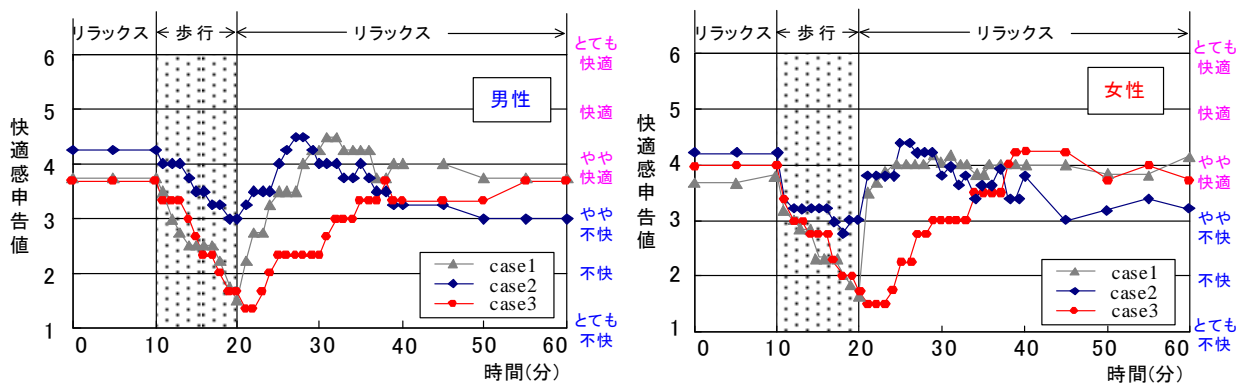


図-6 快適感申告値 経時変化

すると急激に温冷感が低下する。歩行終了後から熱的中立状態になるまで要する時間を“緩和時間”とすると、男性・女性ともに緩和時間は約 10 分である。緩和時間に達した後、男性は熱的中立状態のまま安定しているが、女性は 40 分になると寒い側の申告になる。

case2 では男性の緩和時間は約 5 分、女性の緩和時間は約 3 分。女性の方が男性と比べて歩行により強い暑さを感じていたにも関わらず、女性の方が緩和時間が早い理由としては、女性は着衣の関係で寒さに敏感であるということが考えられる。緩和時間に達した後は、男性は約 35 分、女性は約 30 分になると寒い側の申告となった。

case3 ではパーソナル空調を使用していないため、case1、case2 ほど急激な温冷感の低下はみられず、徐々に変化する。リラックス開始から約 20 分 (40 分) になると男性・女性ともに熱的中立状態に近い状態となり安定する。この結果から、室内歩行により温冷感が上昇し、再びデスクワークに戻ってもしばらくは温冷感がはじめのリラックス時よりも高く、熱的不快感を生じている。

3.2.4 快適感申告結果 (図-6)

図-6 に男性 6 名、女性 6 名の快適感申告値を示す。

前半 (0~10 分) のアンビエント空調のみの環境におけるリラックス時は男性・女性ともに『やや快適 (1)』となる。

歩行を開始すると、熱的不快感や疲労から快適感が低下し、歩行終了時 (30 分) になると case1・case3 (高速歩行) では男性・女性ともに『とても不快 (1)』に近づき、case2 (低速歩行) では『やや不快 (3)』となる。

歩行終了後、case1 ではパーソナル空調を ON にすると急激に快適感が上昇する。男性は約 10 分で『やや快適 (4)』に達し、女性は約 5 分で『やや快適』に達する。この差は着衣量の影響から女性の方が涼しさに敏感であり、緩和時間が短くなったものと考えられる。『やや快適』に達した後、多少快適感は上下するが、しばらく『やや快適』を保つ。

case2 では歩行終了後、パーソナル空調を ON にすると急激に快適感が上昇する。男性・女性ともに熱的中立状態に達するころ (約 25 分) に快適感は最大値を示す。しかし、その後 2,3 分程度経過すると、快適感は徐々に低下する。これは case1 と比べて運動量が少なかったため、すぐに寒さを感じ始めたからであると考えられる。実験終了時 (60 分) は男性・女性ともに『やや不快』まで達する。

case3 では歩行終了後パーソナル空調を使用しないため、case1・case2 とは異なる変化を示す。歩行終了後は快適感は徐々に上昇をする。男性は実験終了時 (60 分)、女性は約 40 分で『やや快適 (4)』に達する。

以上の結果から、歩行後ははじめのリラックス時と比較し

て皮膚温がやや高い状態となり、これが原因で熱的不快感を生じる。パーソナル空調を使用することにより、効率よく熱的不快感を緩和することが可能である。しかし、緩和時間に達してから、2,3分もすると温冷感の低下に伴い快適感が徐々に低下する。

3.2.5 実験後のアンケート結果

パーソナル空調の長時間の使用により『不快』を感じた被験者に対し、その原因に関するアンケート調査を行った結果を以下にまとめる。

(a)目が乾く：

この回答が最も多く、特にコンタクトレンズ使用者は不快を訴えていた。この問題は前報でも多くの被験者が不快の原因としていた。

(b)汗がひいた後に寒くなる：

特に0.9m/s (case2)のやや軽めの歩行後の被験者に多くみられた。パーソナル空調の使用により熱的中立状態に達する時間は圧倒的に早い、すぐに寒い側の申告に達する。前報のパーソナル空調の問題点として挙げられていたように、作業の集中から寒さを我慢してしまう傾向があり、これがエネルギーの過剰浪費の原因となる。

(c)気流感が不快：

歩行終了直後は、首などの汗をかきやすい部位に気流を当てることが心地よく、気流感が快適な要因となる。しかし、長時間気流を当て続けると気流感が不快の原因となる。特に着衣で覆われていない顔面や腕等の部位で不快を生じる。

(d)息苦しい：

パーソナル空調は温冷感が中立ではなく、暑いもしくはやや暑い場合に温熱快適性や空気快適性を考慮すると気流を顔に当てることが有効である。しかし、顔へ長時間パーソナル空調を当て続けることにより息苦しさを感ずる。

4. 考察

2005年に政府が「クールビズ」と称し、オフィス内の室温設定を28℃とし、オフィス勤務者の軽装(半袖シャツ、ノーネクタイ)を推進した。3章の被験者実験のcase3(1.8m/s歩行+パーソナル空調なし)では、クールビズを実施したオフィス環境に近い状況であるといえるが、この結果からわかるように、通常の執務中ではそれほど不快を感じないものの、室内歩行など若干代謝量の高い活動を行った際に熱的に不快を感じる可能性がある。屋外から帰ってきたオフィス勤務者はさらに大きな不快を感じると考えられる。

被験者実験より明らかなように、パーソナル空調を使用することにより、このような活動により生じた熱的な不快感を効率よく緩和させることができると考えられる。しかし、長時間の使用により目の乾燥や寒さから再び不快を感じ始める結果となるが(3.2.4項参照)、パーソナル空調のコントロ

ールが面倒である、コントロールが難しいなどの理由から、使用者がコントロールを放棄する傾向もあり¹⁾、その不快感を我慢してしまうこともある。そのため、被験者実験の結果より、低速歩行時の緩和時間は男性5分、女性は3分、高速歩行時の緩和時間は男性・女性ともに10分であることから、パーソナル空調をONとした後、約10分で自動的にOFFにするように制御することが望ましいと考えられる。低速歩行時は若干過剰にパーソナル空調を使用することになるが、10分では男性・女性ともに快適感の低下は見られていない。

ただ、ここで導き出した結果はアンビエント空調28℃、相対湿度50%、パーソナル空調吹出し26℃、40%RHに限られた条件で行ったものであり、必ずしも緩和時間に関する一般的な結論を導くものではない。しかし、3章で示した結果は顕在の温熱環境の時間変化に対応する温冷感変化の関係に関する検討結果と大きく矛盾するものではなく、温熱環境調節をパーソナル空調という身体に対して部分的にしかカバーしない方式で行っても、人体の温冷感変化に“緩和時間”という概念設定を可能とするところを示す結果となっている。緩和時間の定量的評価に関して、今後多くの検討が行われる必要があることは無論である。

5. 結論

本研究は、快適かつ省エネの両面を達成させたパーソナル空調システムの開発を行うための技術的な解決策を検討することを目的として、パーソナル空調の制御論理に人間の熱的適応性を導入するための検討を行った。本報では、熱的不快状態からパーソナル空調の使用により熱的中立状態に至るまでに要する時間を“緩和時間”と定義し、検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) アンビエント空調を28℃、相対湿度を50%RHに調節した室内で26℃、相対湿度40%吹出しのパーソナル空調使用した場合、0.9m/s歩行時の緩和時間は男性は5分、女性は3分。1.8m/s歩行時の緩和時間は約10分であった。緩和時間には男女差が見られた。
- 2) 熱的中立状態到達後2,3分に快適感申告値が最大値を示すが、その後は低下傾向にある。
- 3) 目の乾燥の影響や寒さによる不快感が原因となる。そのため、緩和時間到達2,3分後にはパーソナル空調を消す、または弱める必要がある。

謝辞

本研究の一部は文部科学省の科研費の助成を得ている。ここに記して謝意を表す。

本研究の遂行にあたり、東洋大学・高草木明教授には貴重なご助

言を頂戴いたしました。ここに記して深甚の謝意を表する。

注 釈

クロ値を測定するためのサーマルマネキン実験で使用したサーマルマネキンの制約上、靴の着脱が不可能であり、統一を図るために被験者実験においても被験者に靴を着用させなかった。

参 考 文 献

- 1) 須藤美音、村上周三、加藤信介、宋斗三、近本智行：人間の熱的適応特性を考慮したパーソナル空調システムに関する研究—第1報 従来型パーソナル空調システム被験者実験による評価、空気調和・衛生工学会論文集、No.95、(2004.10)、pp53-62
- 2) 田辺新一ら：半屋外空間における熱的快適性実測調査 その1～14、日本建築学会大会学術講演梗概集、(2001～2004)
- 3) 林崇郎、後藤伴延、三田村輝章、吉野博、田村明弘：オフィスにおける在室者の温熱適応性に関する実測調査 その1～2、日本建築学会大会学術講演梗概集、(2004.8)、pp531-534
- 4) 中野淳太、田辺新一：緩衝空間が歩行移動後の熱的快適性に与える影響に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第55号、(2003.3) pp33-40
- 5) 須藤美音、村上周三、加藤信介、宋斗三：高温多湿気候におけるアダプティブ空調システムに関する研究(その7)間欠的な活動の変化が人間の温熱生理・心理に及ぼす影響の検討、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、(2002.9)、pp1669-1772
- 6) 野部達夫：環境選択権の付与による受容性向上に関する研究(その1)漸次温度変化時における着衣調整行動の発現空気調和・衛生工学会学術講演論文集、(2005.8)、pp897-900
- 7) 中山昭雄：温熱生理学、理工学社、pp.10～26
- 8) 空気調和・衛生工学会：快適な温熱環境のメカニズム 豊かな生活空間をめざして、空気調和・衛生工学会、(1997)、pp87-124
- 9) 2001ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS, CHAPTER8 THARMAL COMFORT p8.18
- 10) Nishi : Y,Measurement of thermal balance of man, (1981)
- 11) George Heavenith : Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production, Energy and Building, (2002)
- 12) Arsen K Melikov,Laila Halkjaer,Razmik S. Arakelian,P.Ole Fanger : SPOT COOLING-PART2:RECOMMENDATIONS FOR DESIGN OF SPOT-COOLING SYSTEMS 、ASHRAEvol.100、(1994)
- 13) 須藤美音、村上周三、加藤信介、宋斗三、富永正道：高温多湿気候におけるアダプティブ空調システムに関する研究(その6)代謝量の時間変化が人間の温熱生理・心理に及ぼす影響の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、(2002.8)、pp381-382
- 14) 須藤美音、村上周三、加藤信介、宋斗三：人間のアダプティブ性を考慮したパーソナル空調システムの開発(その6)活動変化に伴う熱的刺激緩和時間の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、(2004.8)、pp1125-1126

(2005年7月27日原稿受付)

Study on the Personal Air-conditioning System Considering Human Thermal Adaptation

Part 2 – Examination of the response effect of thermal stimulus due to change of activity

by Mine Sudo^{*1}, Shuzo Murakami^{*2}, Shinsuke Kato^{*3}, Doosam Song^{*4}

Key Words: Personal Air-condition, Thermal Sensation, response time

Synopsis : In this study, a personal air-conditioning system considering the human thermal adaptation is analyzed. Although a lot of studies of conventional individual personal air-conditioning system indicate that it provides thermal comfort, it doesn't necessary decrease running energy. The purpose of our study is to

develop personal air-conditioning system considering both thermal comfort and energy conservation. In this paper, we define 'response time' as personal air-conditioning system eases thermal stimulus due to change of activity, and examine it by subjective experiment. As the result, thermal discomfort due to walking exercise is eased within 5 to 10 minutes by the personal air-conditioning system. But, after further 2-3 minutes, subjects feel discomfort because of dry eyes or cold.

(Received July 27, 2005)

*1 SOGO SETSUBI CONSULTING Co.,Ltd, Member

*2 Keio University, Member

*3 Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Member

*4 Sungkyunkwan University, Member