

昭和55年度科学研究費補助金(総合研究(A))研究成果報告書

課題番号 435031

温熱環境と温冷感・人体反応 に関する研究

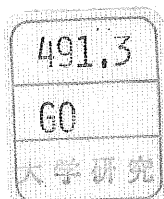
研究代表者 後 藤 滋 (横 浜 国 立 大 学)

研究分担者 射場本 勘市郎 (IBA環境熱学研究所)
磯 田 憲 生 (奈 良 女 子 大 学)
江 口 和 雄 (建 設 省 建 築 研 究 所)
川 島 美 勝 (横 浜 国 立 大 学)
小 林 陽太郎 (豊 橋 技 術 科 学 大 学)
田 中 正 敏 (昭 和 大 学)
中 村 泰 人 (京 都 大 学)
成 瀬 哲 生 (近 畿 大 学)
南 野 脩 (芝 浦 工 業 大 学)
三 平 和 雄 (大 阪 市 立 大 学)
吉 田 敬 一 (昭 和 大 学)

2303870

横 浜 国 立 大 学

昭 和 56 年 3 月



491.3
G0

昭和 5 5 年度科学研究費補助金 (総合研究 (A)) 研究成果報告書

課題番号 4 3 5 0 3 1

研究課題 温熱環境と温冷感・人体反応に関する研究

研究代表者 後藤 滋 (横浜国立大学工学部教授)

研究分担者 射場本 勘市郎 (北海道大学名誉教授)
磯田 憲生 (奈良女子大学家政学部助教授)
江口 和雄 (建設省建築研究所第 5 研究部長)
川島 美勝 (横浜国立大学工学部助手)
小林 陽太郎 (豊橋技術科学大学教授)
中村 泰人 (京都大学工学部助教授)
成瀬 哲生 (近畿大学工学部助教授)
田中 正敏 (昭和大学医学部助教授)
南野 脩 (芝浦工業大学講師)
三平 和雄 (大阪市立大学生活科学部教授)
吉田 敬一 (昭和大学医学部教授)

研究経費 昭和 5 4 年度 5 , 5 0 0 千円

昭和 5 5 年度 3 , 0 0 0 千円

2303870

横浜国立大学

研究成果

はじめに

人間 — 環境系の中で、熱環境は人類を含めすべての生物にとって、その生存に基本的に関わるものである。それゆえ、温熱環境の評価の問題は重要であり、それは生体個有の体温調節機序の存在とその特性を十分に考慮してなされなければならない。しかるにこれまで、労働環境や一般室内環境における温熱条件は経済やエネルギー事情に左右されやすく、人間—熱環境系として充分考察されず断片的に取扱われることが多い。そこで本研究においては、本邦の温熱関係研究者が結集協力して、緊密な連絡のもとに温熱環境と温冷感・人体反応に関する基礎的データを集積し、これを総合体系化することを目的とし、その成果に基づいて温熱環境における設計・維持管理上の基礎を確立しようとする。

研究成果の概要

人工気候室などによる実験室研究と各種建築物における現場実態調査とを併行して行ない、とくに作業強度、被服量、性差、年齢差、季節変化に着目しながらデータを集積し、人間—熱環境系としてその取扱いを総合的にまとめる。

1. 人体反応の生理・心理的データの集積（実験室的研究）

(1) 女子一般服について夏服・合服・冬服を着用した場合の各種温度下での人体反応を測定し、また被服着用実験に基づく被服の熱遮断能を明らかにした（後藤、川島）。(2) 足部を冷水（15℃，一部10℃）に浸漬したときの温冷感・人体反応について実験を行った。男女差、季節差について有意差はみられなかったが、各測定項目には一定の傾向がみられた（田中、吉田）。(3) 各3段階の気温と気流速度下で、通常着衣における人体反応を測定し気流による局部冷却の影響を明らかにした（小林）。(4) 平均ふく射温度の影響について、ふく射面となる部位の表面温度やその方向によって体感に与える影響が異なることを明らかにした（江口）。

2. 温冷感および着衣量に関する現場実態調査

東京および大阪における事務所建築について、夏期・中間期・冬期における室内温熱条件と在室者の着衣状況、温冷感・快適感等を調べた。季節による室温、ふく射熱等の相違、在室者着衣量の変化と温冷感（中立点）の移動等について知見をえた。省エネルギーのための室温（冷房時28℃，暖房時18℃）は、冷房時のふく射熱および暖房時の着衣量を考慮するとき、温冷感的に実現不可能であり、見なおす必要がある（南野、成瀬、磯田）。

3. 被服機能に関するデータの集積

着衣内に生ずる熱気流が着衣の熱遮断能に及ぼす影響について、ワンピースのウエストベルトじめの有無による変化をサーマルマネキンにより煙突効果、あんどん効果から検討した。また、風速0.6m/sの下で通気性を異にする4種類の着衣の局所別熱抵抗を解析した（三平）。

4. 温熱環境の計測・解析

(1) ベクトル放射束計を用いて、人体に作用する熱放射の方向分布を測定した。冬期室内では窓際暖房器具による暖房効果が、夏期の体育館では日射よりも壁面温上昇による放射の効果が大きいことを確かめた（中村）。(2) 皮下ヌレ面モデルによる解析から、近似実用公式を誘導し、それに基づく簡易実用型の計測器（暖冷房適温計）を開発した。これはカード判プラスチックにデジタル温度発色テープを封入し、その裏面にヌレ紙を貼ることにより、上記実用公式に従って指示するものである（射場本）。

以下に各研究の内容と発表論文等を記載する。

横浜国立大学 川島 美勝, 後藤 滋, 増田 順子, 大平 通泰

1. はじめに

人間—熱環境系の諸問題を考察する際には、生体固有の体温調節系の存在とその特性を十分考慮しなければならない。そのためには、「人間の体温調節系の特性」を総合的に把握することが必要である。

本研究では人工気候室実験により温熱環境に対する人体の生理・心理反応のデータの集積を着衣量との関連において行なっており、今回は女子一般（水着・夏服・合服・冬服）についてまとめた。

また、被服の熱遮断能の計算法の検討を行い皮膚温分布を仮定した新しい計算法を導いた。

2. 女子一般服

女子の日常着をとりあげ、夏服・合服・冬服・冬外出着について着用実験を行い、裸体（ビキニ型水着）と比較して熱遮断能を求めた。夏服は（パンティ・ブラジャー・パンティストッキング・スリッパ・ワンピース）とし、合服は（パンティ・ブラジャー・パンティストッキング・ガードル・スリッパ・スカート・ブラウス・セーター）とした。冬服は（合服＋ジャケット）とし、冬外出着は（合服＋ジャケット＋オーバー）とした。

被験者は健康女子2～4名であり、実験の時間経過は約28℃, 50%の前室で、開眼、椅座、安静で約60分経過させたのち、一定状態の人工気候室に移動させ、180分経過させ、合計約4時間の状態を記録、採取した。測定項目は、直腸温、耳内温、皮膚温、指血流量、体重減少量（総蒸散量）、代謝量、脈拍数、呼吸数、皮膚からの放熱量、温冷感、不快感、血圧、被服温、被服内湿度などである。

実験の結果は、各測定項目の時間変化、および定常状態についてまとめた。これらの各種の標準被服着用時の「体温調節系の特性」に関するデータは、今後、人間—熱環境系に関する諸問題を考察していくときの基礎となるとと思われる。

着衣による影響の要点は、「体温調節系の特性」が数式モデルの計算から予測した通り、全体的に低温側に移行し、生理的快適範囲と考えられる血流調節範囲が拡大することであり、温冷感申告にも同じ傾向がみられた。なお、血圧は着衣によってはほとんど影響されなかった。しかし気温の変化に対しては、最高血圧は変わらないが、最低血圧が低温へいくに従って直線的に上昇する知見を得た。

図1.および図2.は、 $(M - E)/A$ と $(\theta_{sk} - \theta_{cl})$ の関係をプロットしたもので、勾配から熱伝達率 H が求まる。裸体時は $6.26 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$, 夏服着用時は $3.71 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$, 合服では $2.52 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$, 冬服では $2.20 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ でありこれより被服の熱抵抗値は夏服で $0.0944^\circ\text{C}/\text{W}/\text{m}^2$, 合服で $0.204^\circ\text{C}/\text{W}/\text{m}^2$, 冬服で $0.254^\circ\text{C}/\text{W}/\text{m}^2$ となった。

また、これらの着用実験に用いた被服について、恒温法により保温性試験を行い、部位別積層と被覆面積比率を考慮して理論計算を行い、先の着用実験で求めた値と比較した。

この結果、スカート部分の空気層のとり方により大きく変えることが判り、夏服では 0.5 cm , 合服では 1.0 cm のときよく合った。

3. 被服の熱遮断能の計算法

被服の保温機能の測定には、①人体着用実験による方法 ②サーマルマネキンによる方法 ③恒温法などの保温性試験機による方法がある。サーマルマネキン、保温性試験機による方法では、部位別積層と被覆面積比率とから全身の熱遮断能を計算しなければならない。

この計算は、仮定の方法により異ってくる。

各部の放散熱量が等しいとすると、次式で計算され、熱抵抗の面積荷重平均となる。

$$R = \sum_{i=1}^n a_i R_i \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 a_i : 各部位別積層の面積比率

R_i : 各部位別積層の熱抵抗

R : 全身の熱抵抗

各部の皮膚温が等しいと仮定すると、

$$R = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{R_i}} \quad \text{----- (2)}$$

で計算され、熱コンダクタンスの面積荷重平均となる。

当該被服を着用したときの皮膚温分布を仮定し、部位別皮膚温の平均皮膚温からのずれを表わす係数 P_i を次のように定義すると

$$P_i = \frac{T_{si} - T_a}{T_{sm} - T_a} \quad \text{----- (3)}$$

ただし、 T_a : 周囲空気温度

T_{si} : 各部位別皮膚温

T_{sm} : 平均皮膚温

計算式は次のようになる。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n a_i P_i}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i P_i}{R_i}} \quad \text{----- (4)}$$

4. 研究発表

(1) 口頭発表

- ・川島 美勝, 後藤 滋, 増田 順子, 大平 通泰:
一被服の熱遮断能に関する研究(第三報), 日本家政学会総会(予定)

(2) 出版物

- ・川島 美勝
一体温調節系のモデル, 中山 昭雄編「温熱生理学」
理工学社, 1981

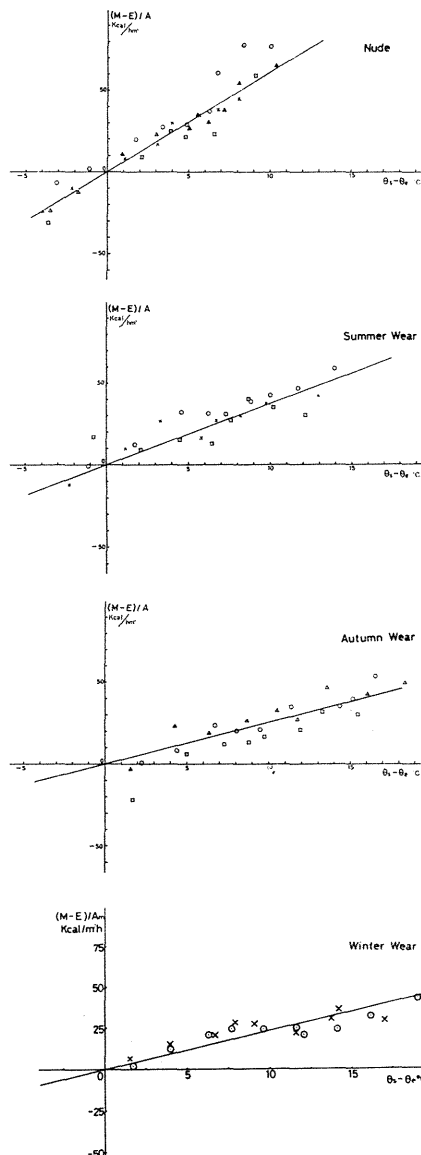


図1. 女子一般服の熱伝達率

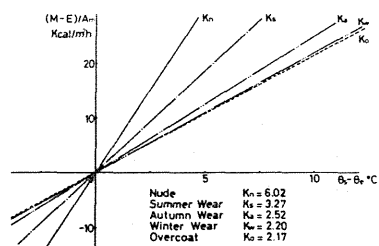


図2. 熱伝達率の比較

温熱環境と温冷感・人体反応に関する研究

—足部冷水浸漬による場合—

田中正敏, 吉田敬一

(昭和大学・医学部・公衆衛生学教室)

目的：人間を取巻く温熱環境にはいろいろの場合がみられる。人間と温熱環境との掛け合いにおいて問題になるのは、こうした温熱環境の多様さとともに人間側での変異である。同一個人であっても季節による差もみられ、男女差、年令差、人種差、等々がある。また温熱環境にしても温度レベルと共に、それが人間への全身の暴露であるか局所的暴露であるかによっても反応が異なる。日常生活環境においても労働環境においても局所的に寒風に暴露される機会は割合多い。室内で室温分布の不均一により足が冷えるといった場合もあるし、水仕事により手、足が冷えるといった場合もみられる。この研究では足部を冷水に浸漬するという局所寒冷暴露状態によって人間がどのような反応を生じ、温冷感はどうになるかを、男女差、季節差について検討した。

実験方法：実験は気温24°C、相対湿度60%、風速0.3 m/secに設定した人工気候室においておこなった。椅座位安静20分ののち、両足くるぶし上まで15°Cの冷水（一部10°C）に10分間浸漬させた。のち、回復期として30分間観察した。この間、皮膚温、血圧、心拍数についての測定および温冷感、疼痛感についての申告をうけた。温冷感は「-3」の「暖かすぎる」から、「13」の「耐えられないくらい冷たい」と巾広くとり、疼痛感は「0」の「なんともない」から「5」の「耐えられないくらい痛い」までの6段階とした。被検者は、22~42才の男子7名と21~26才の女子5名である。季節変動をみるために同一被検者について年4回、即ち、5, 8, 11, 1月にこなった。

実験結果：足部の冷水への浸漬によって足部の冷えとともに、血圧、脈拍、皮膚温へも変化を示す。浸漬前の足部の温冷感はいずれの季節にても「やや暖かい」又は「どちらともいえない」とする場合が多い。15°Cの冷水への浸漬1, 2分後に「冷たい」「冷たすぎる」との申告が多く、その後は次第に前値にもどる傾向を示し、被検者によっては冷水中にありながら「やや暖かい」とする場合もみられ、各個人により申告の内容にはかなりのことなりを示している。10°Cの冷水浸漬時には、1分後「ものすごく冷たい」など温冷感の申告は、15°Cに比べさらに冷たい程度が大きく、疼痛感の程度も大きい。図-1は、水温10°Cと15°Cの場合の疼痛感の比

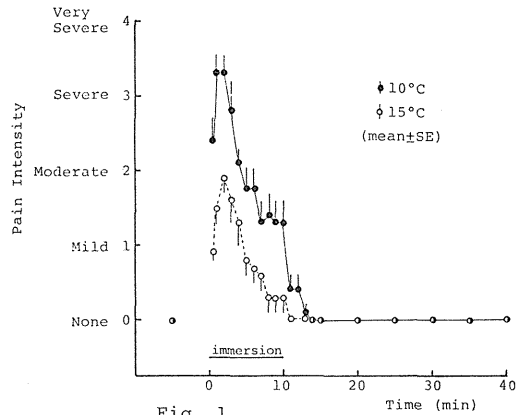


Fig. 1

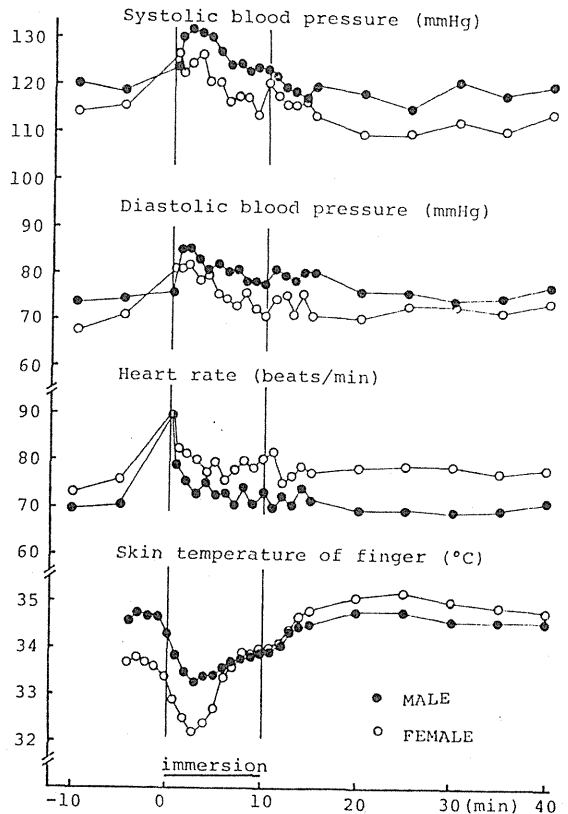


Fig. 2

較を示した(被検者10名の平均値)。いずれの水温でも浸漬 2分後にもっとも高い疼痛感を申告している。冷水10°Cでは疼痛感「4」の「ものすごく痛い」を申告するものもみられた。10°Cの冷水では被検者の負担が大きい。したがって以下に示す、男女差、季節差についての結果はいずれも冷水15°Cへの浸漬の場合とした。

1) 男女差：図-2に、男・女別の血圧、心拍数、指先の皮膚温の結果を示した(男子6名、女子5名の平均、5月に実施した結果より)。血圧は浸漬により収縮期血圧も拡張期血圧も浸漬30秒又は1分で10mmHg以上の上昇を示し、以後低下を示す。回復時女子の収縮期血圧は一時的に前値より低下を示す場合もみられた。心拍数は一般的に女子の場合が多く、浸漬により上昇を示す。以後は変動はみられるがしだいに前値に戻った。指温は浸漬と共に低下を示し、数分して上昇に転じている。この上昇に転ずる時間は3~5分と個人によって差がみられる。図では女子の前値及び浸漬の前半まで女子が低い傾向がみられるが、有意差はみられない。浸漬後半において女子は前値よりも高い値を示し、特に回復期の上昇は著しい。

2) 季節差について：図-3に、各季節とも同一被検者(男子6名、女子4名)について得られた結果を平均値で示した。収縮期血圧は同一室温にかかわらず浸漬前より春、冬の値が高く、浸漬によってもほぼ同じ傾向がみられた。しかし、上昇度からみると季節による差はみられない。拡張期血圧は夏期低いが浸漬による上昇の差はみられない。心拍数の浸漬による上昇は30秒で最も大きく、春期における上昇度が大である。指先皮膚温の前値は、秋期にやや低く他の季節はほぼ同一である。浸漬によって低下を示し、秋、春期において約33°Cまで低下し、夏期の場合は高いレベルにとどまっている。前値よりの低下度からみると1~1.5°Cの低下である。上昇に転ずる時間は夏、秋期でやや遅れがみられる。その後も秋期の指先皮膚温は他の季節よりも低い傾向がみられる。温冷感は平均値でみると春期の場合、最もきびしい申告をしたのが浸漬1分目で9.2、夏期は同じく2分目の9.3、秋期は1.2分が同じく9.8を示し、冬は2分目で9.5である。この場合、9が「冷たい」、10が「冷たすぎる」であり、秋期にはむしろ厳しいと感ずる傾向がみられる。しかし、この場合、有意差としてはあらわれていない。

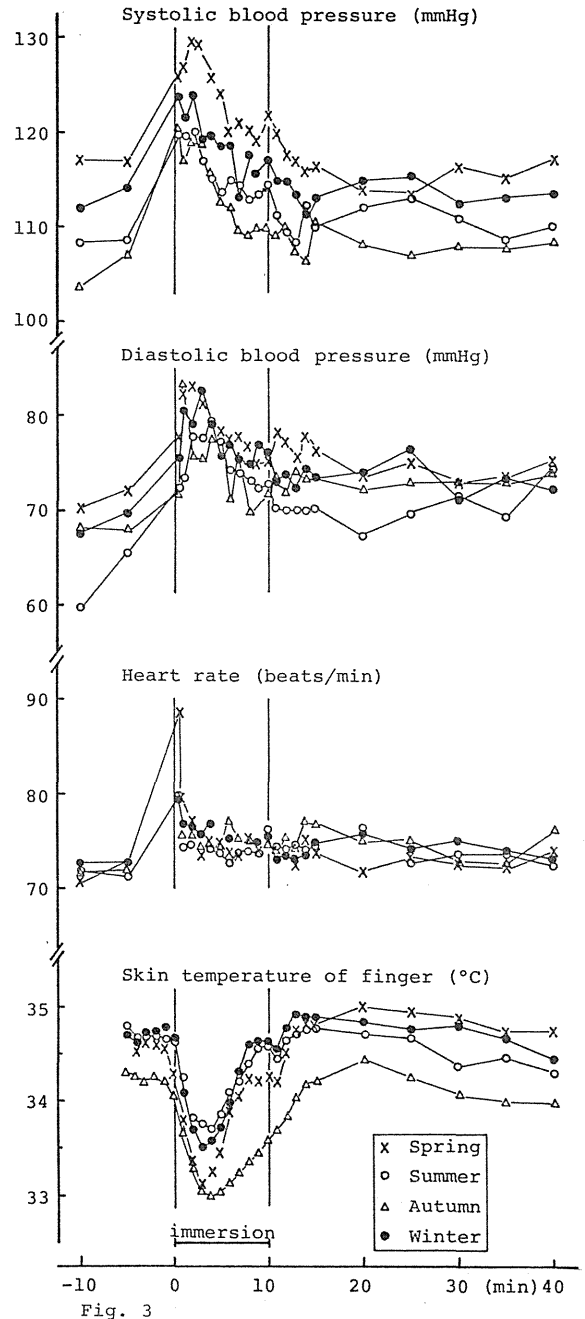


Fig. 3

(研究発表) 1) 梶原裕, 大中忠勝, 松井住仁, 田中正敏, 吉田敬一：足部冷水浴時の人体反応, 生気象学会 日生氣誌, 16(2), 1979, 11

2) 針村裕, 梶原裕, 大中忠勝, 松井住仁, 田中正敏, 吉田敬一：足部冷水浴時の人体反応—水温差について—, 生気象学会 日生氣誌, 17(3), 1980, 11 3) 梶原裕, 針村裕, 大中忠勝, 松井住仁, 田中正敏, 吉田敬一：足部冷水浴時の人体反応—季節差について—, 生気象学会 日生氣誌, 17(3), 1980, 11

1. 研究目的

室内における、高気温・通常気温・低気温の場合に、高速気流・低速気流・無風に暴露されている健康な青年男子、着衣状態、椅座安静時における局所皮膚温などの測定と、温冷感・快適感の申告との関係を求め、室内温熱条件の組合せに関する最適条件とそれからの偏位と温冷感などの偏位との関係を求めることを目的としている。

2. 実験計画

可変気温・気流回流式全木材使用風胴内において、床上70cm以下の範囲に、 $1.0 \pm 0.15 \text{ m/s}$, $0.5 \pm 0.1 \text{ m/s}$ 無風の3種類の流速で、気温 $30 \pm 1.0^\circ\text{C}$, $23 \pm 1.0^\circ\text{C}$, $15 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の空気を送り、29才の男子が、それぞれの温熱環境内で着用する自然の衣服をつけ、気流に直面して座り、天井・壁および壁より15cmのカーテン表面および床表面は 2.0°C 以内の変化に保ち、90~120分の暴露の下で、舌下・前額・肩・胸乳・腹・腰・上膊・手背・大たい前・大たい後・下たい前・下たい後・足背などの表面温度を測定し、平均温度を算出した。

温冷感は、liner scale 50cm, category scale 5段階、快適感も同様および4段階の尺度により申告を受けた。床上70cm以上の空間は無風とした。

3. 実験結果

- (1) 90~120分間における暴露直後の平均皮膚温よりの変化は、気流が一定の場合、温度が低い場合ほど低下が大である。一定温度の場合、気流が大なるほど、それぞれの平均皮膚温の低下が大となっている。
- (2) 各部位別皮膚温の変化は、概ね足背・下たい後・下たい前・大たい前の順序で低下が大である。腰・腹・胸乳・などは気温・気流の変化に関係なく、略一定を保っている。上記末梢部皮膚温の低下は気温が低いほど、気流が大なるほど大である。
- (3) 平均皮膚温の低下は、概ね、気温が低いほど、気流が大なるほど大である。(90分後に)
- (4) 舌下温は、概ね実験中変化なく 36°C 附近にある。
- (5) 回流風胴内の気温とグローブ温度とは 1°C 以内において一致している。
- (6) 温冷感と快適感の関係曲線を描くと、温冷感25cm(全体50cm) が山となり快適感10cm(快適尺度50cmの中、快適は0cmとする) となり、温冷感が暑い側、寒い側に変化すると快適感もそれぞれ不快の方向へ変化していることがわかる。
- (7) 末梢部の代表として足背の温度降下が他の部位に比較して最も大で、 15°C の場合 1 m/s : 7.8°C , 0.5 m/s : 6.2°C , 無風: 3.9°C となっており、他の部位はこれよりも少ない。
- (8) 同じく 23°C の場合の温度降下は、 1 m/s : 3.1°C , 0.5 m/s : 3.2°C , 無風: 2.9°C となっている。
- (9) 30°C の場合には、各部位の体温は、極めて安定して一定に近く、 1°C 以上の変動を示すことは、各種類の気流についてみられなかった。それらは舌下温を含め 3°C 以内に存在している。

4. まとめ

気温と気流の組合せでは、 23°C , 0 m/s の場合において快適感申告が最も快適を示し、それを頂上として温冷感が両側に变化するに従い快適感が不快の方向に向っている。

温熱環境と温冷感・着衣量に関する現場実態調査

— 事務所建物（関西地区）調査結果 —

近畿大学 成瀬 哲生 奈良女子大 磯田 憲生
芝浦工大 南野 脩

目的 事務所建物における室内温熱環境条件と在室者の温冷感・快適感および着衣量について実態調査を行い、実際の建物室内における温熱環境の現況を把握すると共に、温冷感、着衣量などとの関係について検討を加える。

調査方法 調査は、関西地区にある2ヶ所の事務所建物のそれぞれ1フロアの事務室（HH室、KH室）を対象として、夏期（冷房期）および冬期（暖房期）に各期3日間づつ1日4回の室内温熱環境条件平面分布測定と在室者に対するアンケート調査を行った。温熱環境条件として温湿度（電動アスマン通風乾湿計）、気流速度（熱式風速計）およびグローブ温度を床上高さ1.2mの位置で測定し、同時に在室状況、温冷感、快適感、着衣状況等についてアンケート調査した。調査対象者はHH室86名（内女性15名）、KH室122名（同25名）が定員であるが、勤務中のため毎回変動している。また、室内の設定冷暖房温度は、初日は通常温度（夏期26℃、冬期22℃）、2回目・3回目は通常温度±2℃とした。

調査結果 1. 在室者状況 調査票の有効回答率は定員に対し女性では70%～90%、男性では50%程度であった。在室者の年齢構成は女性では大部分が20才代であり、男性では30才前後をピークに20才～60才にわたっている。執務状況は、50%以上が坐って作業しており、立ったり坐ったりの作業は、KH室では45%近いが、HH室では少ない。健康はほとんどが普通以上で、“やや悪い”は10%以内で、そのうちの原因として風邪をあげている人が多い。

2. 室内温熱環境の現況 1) 夏期：HH室における気温は25.0℃を平均として、23.5℃～26.5℃の範囲に分布しており、同時刻の分布では1℃以内の範囲に95%が包含され、ほぼ均等な状態である。KH室では26.0℃を中心に24.5℃～27.0℃の範囲にあり、HH室に比べ1℃程度高い。グローブ温度は気温よりほぼ1℃高くなっており、窓および照明からのふく射熱がかなり大であることを示している。また、執務者の影響も考えられる。気流速度は0.2m/sを越える部分はほとんど見られず、0.1m/s以下が大部分を占めている。相対湿度は、HH室では45%～65%、KH室では55%～70%の範囲にあり、ほぼ良好といえる。HH室における在室者の着衣量は、男性0.5 clo～0.8 cloであるのに対し、女性0.37 clo～0.6 cloと女性の方が0.2 clo程度薄着している。KH室では男女ともに0.5 clo～0.8 cloと男女差はみられない。これは女性のユニホームが夏冬兼用のジャンパースカートであり、通常の夏用スカートに比べ着衣量が0.2 clo程度増加したことによると考えられる。HH室在室者の温冷感は、⑤どちらともいえないをピークに②暑いから⑥涼しいの範囲の申告がみられる。男女差としては、男性の方が暑い側の申告が50%とやや多くなっている。これは男性の方がやや着衣量が多いことによると考えられる。KH室では、④やや暖かいがピークでHH室

に較べやや暖かい側の申告が多い。これはKH室の気温が1℃程度高いことによると考えられる。④⑤⑥の温熱的中性申告が在室者のほぼ70%を占めていることは、ほぼ良好な温熱環境であるといえる。快適感の申告では、“快適”がほぼ過半数で、“やや不快”も同数の申告となっている。また、KH室では“やや不快”の申告の方が多く、やや暑いことにより不快側の申告が増加したものと考えられる。気流感では“感じない”、“やや感じる”の申告がほとんどであり、気流速度が0.2 m/s以下であることから裏付けされる。

以上より夏期においては、現状の着衣状態では、気温24℃～26℃、グローブ温度25℃～27℃でほぼ良好であるといえる。

2) 冬期：HH室における気温は20.8℃を平均に、20.5℃～21.5℃の範囲に分布しており、KH室ではHH室より低く、18.8℃～20.7℃(平均20.0℃)となっている。分布範囲はいずれも2℃以内であり、ほぼ均等であるといえる。床上高さ0.2mにおける気温は上層(1.2m)に較べ、ほぼ1℃低く、上下温度分布があることを示している。グローブ温度はHH室では気温に較べやや低く、KH室ではやや高くなっている。気流速度は大部分が0.2 m/s以下ではあるが、夏期に較べやや速くなっている。相対湿度はHH室では35%～45%とほぼ良好であるが、KH室では15%～25%とかなり乾燥している。在室者の着衣量は男性0.8 clo～1.2 clo、女性0.8 clo～1.1 cloと夏期に較べ男性で0.4 clo程度、女性で0.5 clo程度厚着している。また女性の方が男性に較べやや薄着している。温冷感では、寒い側の申告が多く、女性のヒザカケ装着率が増加する。快適感では、寒くて不快の申告が増加している。

以上より冬期においては、気温19℃～21℃とかなり寒い環境であることがうかがわれる。

3. 温熱環境と温冷感・快適感および着衣量

ここでは夏期の結果について述べる。

温冷感申告は、気温が26℃を越えると暑い側の申告が増加し、24℃以下では寒い側の申告が増加する。温熱的中性申告をした在室者の60%レンジのグローブ温度の範囲は、気温より約1.2℃高く、25.0℃～26.8℃で、男女差はほとんどみられない。快適感では、気温が26℃を越えると暑くて不快の申告が増加し、快適申告の60%レンジのグローブ温度の範囲は24.7℃～26.1℃と温熱的中性域に較べ、やや低い側でやや狭くなる。これは、夏期においてはやや涼しい方が快適であることを示すものである。温熱的中性申告をした在室者の60%レンジの着衣量は、HH室では女性0.40 clo～0.56 clo、男性0.60 clo～0.70 cloとなる。

まとめ 今回の調査からは、夏期においては気温24℃～26℃、グローブ温度25℃～27℃であり、ほぼ良好な温熱環境であるといえるが、冬期においては、気温20℃～21℃とかなり寒い環境となっていることがわかった。省エネルギーのための冷暖房温度(冷房時28℃、暖房時18℃)に設定された場合、冷房時室温28℃はふく射熱を考慮すると30℃程度の体感温度となり、暖房時室温18℃では1.5 clo以上の着衣量が要求される。現状の実態調査からみた場合、省エネルギーのための冷暖房温度は実現不可能であり、見なおす必要があろう。

発表論文 成瀬哲生、南野脩、磯田憲生 他：事務所建築の室内環境調査－夏期、その1.調査概要、その2.熱環境要素測定、その3.温熱要素に関するアンケート調査結果、空気調和衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集、昭和55年度、1981,3

被服の温熱機能に関する研究

大阪市立大学生活科学部

三平 和雄

1. 着衣内の熱気流の移動に関する研究

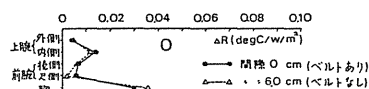


図 1

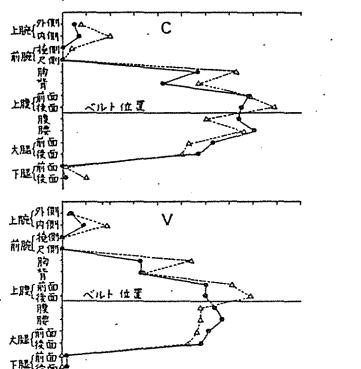
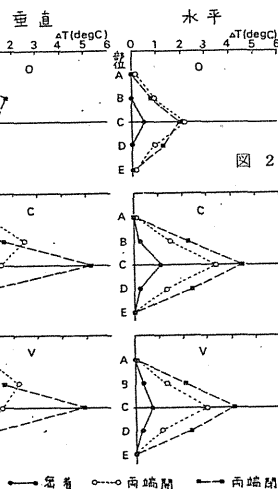


図 2



● 着衣 ○ 両端開 ▲ 両端閉

〔目的〕 着衣内の空気は静止時立位姿勢で体表面温度の部位差にもとずく温度勾配，衣服構造にもとずく空気スペースの導管的役割などによって対流を生じ，いわゆる煙突効果を生ずるといわれているが，そのメカニズムは未だ明らかにされていない。

〔実験方法〕 A. 着衣実験：通気性の異なる3種のスリープレス・ワンピースを用いて，ベルトの有無を区別して，サーマルマネキン装置を用いて，局所別熱抵抗を計測し，着衣全体の熱抵抗のプロファイルをうる。 B. モデル実験：サーモインテグレートを用い，Aと同じ材料を用い，布を円筒表面に密着，種々の間隙をおく場合の熱移動をインテグレートの温度分布の変化から解析する。

このとき熱抵抗は $\Delta R = [(T_s - T_a)_{cl} - (T_s - T_a)_N] / M$ で示される。添字 cl ， N は着衣およびヌード時を示し， T_s ， T_a および M は表面温，気温および供給熱量である。 ΔR の単位は $\text{degC} / \text{W} / \text{m}^2$ である。

〔実験結果〕 A. 実験結果は図1に示すようである。通気性の異なるワンピースOはウエストをベルトでしめると，気流は腰部に停滞すると同時に外部へ抜け，上腹部周辺をもあたため，上腹部の熱遮断効果を大にする。ウエストに間隙を設けると，下肢から胸の方へ気流が移動し，布目および開口部から抜けて大腿部，腰部の ΔR を最小値として，上方に行くに従い増加して胸部の出口で最大になる。通気性のないワンピースVはウエストをベルトでしめると大腿部および腰部に ΔR の最大値を生じ，上半身では上腹部の比較的

ゆとりの多い部分に気流が停滞する。ウエストに間隙を設けると気流は上半身に移動するが胸部からの排出は予想外におこりにくく，上腹部の ΔR が大となり腰部の ΔR も減少しない傾向がある。開口部は必ずしも排気口になっていないことがわかった。

B. サーモインテグレートで，布密着の場合および間隙を有し上下端開放，同密閉時のモデル実験を行った結果は図2に示されるようである。これにより間隙ある場合の熱流は煙突効果の他にあんどん模型現象も起ることがわかり，ワンピースの熱気流移動のメカニズムは検証された。また本実験から着衣内の気流の移動は同一着衣でも，外界と皮膚表面との間の温度差により様相の異なることがわかり，それが着衣の局所別熱抵抗の分布に影響を及ぼすことが示唆された。

2. 有風時の着衣の局所別熱抵抗に関する研究

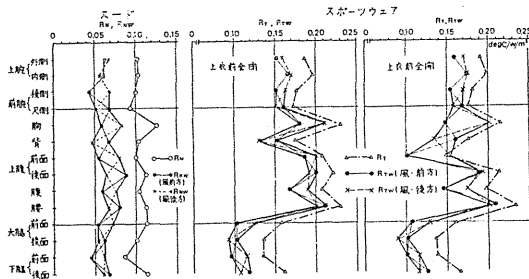


図1 スードマネキンの R_N , R_{NW} およびスポーツウェア着衣の R_T , R_{TW} のプロファイル

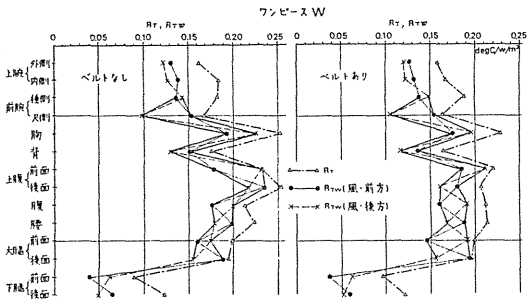


図2 ワンピースW着衣の R_T , R_{TW} のプロファイル

〔目的〕 着衣は風により熱絶縁性を低下するが、それは布材料の通気性ばかりでなく、着衣形態（布と空気層の量）の風による変化が大なる影響を及ぼす。本研究は平均 0.6 m/sec の風が着衣の前方および後方から当たった場合の熱抵抗の変化を計測する。

〔実験方法〕 サーマルマネキン装置を用い、スポーツウェアと通気性を異にする3種のワンピース着衣における局所別熱抵抗を測定する。スードマネキンの無風時の表面熱伝達推移を R_N 、有風時を R_{NW} であらわし、また着衣時の無風時の総括熱遮断係数を R_T 、有風時を R_{TW} であらわす。また着衣の総括熱遮断係数からスード時の表面熱伝達抵抗を引いた値を着衣の熱遮断効果 ΔR 、 ΔR_W であらわし、全身に対する着衣の平均的熱抵抗を $\overline{\Delta R}$ 、 $\overline{\Delta R_W}$ で示す。

〔実験結果〕 実験結果は図1～2にその例を R_{TW} の局所別プロファイルで示し、また表1に着衣全体の $\overline{\Delta R}$ 、 $\overline{\Delta R_W}$ の一覧表を示す。それらからつぎの知見がえられた。

(1) 一般に R_{TW} は風が直接当たらなかった部位でも無風時の R_T に比べ減少している。風が直接当たるときはさらに減少するが服種別につぎの特徴がある。すなわちスポーツウェアではボディに布地が密着する下肢の熱抵抗は小さく、上衣は前を開放すると背面の熱抵抗まで低下する。ワンピースは通気性の大きな布地は着衣内への風の流入のメカニズムは複雑になり熱抵抗を激減するが、通気性のない布地では着衣内部の熱流の停滞が熱抵抗を低下させない。通常の布地は服の隙き間や開口部からの風の侵入する部位がとくに低減する。

(2) プロファイルを平均的にみると、一般に有風時では前方から風が当たる場合と後方から風が当たる場合との差はほとんどない。ワンピースではベルトをつけた方が熱抵抗が小さくなる。風の方向、着つけ方の相異を統括すると、 R_{TW} の R_T に対する減少度は、スポーツウェア17%、通気性の大きなワンピース29%、全く通気性のないもので25%、通常の布地で21%程度であった。

〔発表した論文〕 (1) 花田嘉代子、着衣の局所別熱抵抗に関する研究（第4報）、織消誌、21, 4, (1980) (2) 花田嘉代子、三平和雄、同上（第7報）同誌、22, 2, (1981)

〔発表した論文〕 (1) 花田嘉代子、着衣の局所別熱抵抗に関する研究（第4報）、織消誌、21, 4, (1980) (2) 花田嘉代子、三平和雄、同上（第7報）同誌、22, 2, (1981)

1 研究目的

人体に作用する熱放射環境の表現方法としては、従来から平均放射温度があるが、人体を対象として熱放射環境の形成制御を考える場合には、熱放射の方向性を表す表現法が必要となる。方向性の表現には放射束ベクトルの概念が有用である。放射束ベクトルはベクトル量であるから、ベクトル量の各成分から放射の方向性、ないしは方位性を知ることができ、その場所の放射特性、室にあっては室内の放射の方位特性が知られ、室内における人体を対象とした熱環境の解析と評価に有用な資料となりうるものである。

放射の方向性を測定する計測器としてベクトル放射束計を用いる。これは、立方体の各表面を受感面として、日射を中心とした短波長放射と、常温の物体が射出する長波長放射とを、別々に測定することのできる放射束ベクトルの計測器である。このベクトル放射束計を用いて、実際の室内において測定を行ない、室空間の熱放射分布特性を解析することによって、室空間における人体に対する温冷感ならびに人体生理反応の解析のための有用な資料をうることを目的とする。

2 研究経過

2.1 初年度 長方形型の室内で熱放射量の方位特性の測定を行なった。すなわち、一面がガラス窓から成る 7.5 m × 5.4 m の大きさを持ち、天井高さ 3.6 m の室内において窓際列、中央列、壁側列の 3 列について、それぞれ 3 点ずつ、いずれも壁から 1.5 m 以上離れた合計 9 点において、床上 1 m でベクトル放射量を測定した。測定時期は冬期の午後 2 時から 5 時の間である。計測器は 1 台のみで、9 点を移動しながら 2 ～ 3 回の測定を繰り返し、その平均値をもってデータとした。ガラス窓は南側に面しており、窓下に蒸気暖房のラジエータが 2 台あるが、ラジエータによる暖房時と非暖房時の 2 者についてデータをえた。

非暖房時測定では、窓際列で窓側への放射冷却が認められ、中央列、窓際列では、天井からの放射による熱取得が認められた。しかし、値は総じて大きくはなかった。日射量については、窓際列で南向き鉛直面に次いで、西向き鉛直面、上向き水平面が大きい、中央列から遠い場所では、ほとんど無視できる程度であった。

暖房時測定では、立方体各表面に対する平均放射温度は周辺気温よりも低く、窓際列で約 1℃、中央列で 2 ～ 3℃、壁際列で 3℃、それぞれ差があった。周辺気温は 9 点でほぼ一定であったから、窓際に近づくほどラジエータによる放射の熱取得が大きく、窓による放射の冷却を上まわっていることを示した。これは経験的に知られている、窓面近くに暖房器具を配置することによる暖房効果を、定量的に示すものである。また別に、午前 9 時からのラジエータ暖房の開始があっても、午後になってなお壁表面温の上昇が十分でなく、空気温度が 1 ～ 3℃ 高いことは、ラジエータの暖房設備性能として注目されるところであ

る。日射量については、非暖房時測定の場合と同じく、室の中央部から奥へかけては、ほとんど影響がなくなっている。

ここにえられた結果は、常識的に予想される結果であるが、これらがはじめて実測値としてえられたところに意味があるのであって、この実測法を用いれば予想のつかない複雑な場に対しても熱放射環境のデータをうることができ、解析や評価へと結びつけることが可能となる。

2.2 次年度 体育館の内部において熱放射量の方位特性の測定と解析を行なった。この体育館は、48m×36mのフロア面積をもち、四周に観覧席があり、屋根は寄棟型で天井はなく、フロアの長辺方向に平行に棟の部分に採光窓を有している。夏期に熱環境の悪化が予想されるために測定を行なった。

先年度と同じくフロアを3行3列の交点、合計9点について床上1mで熱放射量の方位特性を測定した。ただし、方位特性は下向き面を除き、上向き水平面と各鉛直面の合計5面について求めた。これは、6面のベクトル放射束計の測定位置への設置と取りはずしが容易でないことから、設置の作業性と移動の操作性の観点から、下向き面の受感部を取り除き、かわって支持三脚を取りつけたことによっている。

夏期における天候が曇時どき晴の日の測定結果から、いくつかの特性を明らかにすることができる。5面に対する長波長放射の平均放射温度は、いずれも周辺気温よりも高く、最大で4.5℃に及ぶ。概して上向き水平面に対する平均放射温度が高いが、鉛直面で最高になる測定点が4点にも及ぶ。各面間の平均放射温度の差は最大で2.5℃程度である。これらの結果から、壁表面は上方のみでなく、側方や場合によっては床表面温も気温より高くなっていることが予測される。周辺気温は30～32℃の間にあった。

日射による影響は、フロア上の水平面で、屋外水平面の日射量に対して透過率がおおよそ6%とえられた。各面が受ける日射量の最大値は20kcal/m²hに及び、これを温度差に換算すると4℃に対応する。上向き水平面が日射量が大きいとは限らず、鉛直面の方が大きい場合が、9点のうち6点にも及ぶ。各方位について差は長波長放射の場合より大きく、日射量は方向がかなり限定されることがわかる。いずれにしても、直接的な人体への効果は日射量よりも長波長放射の方が大きく、日射のために壁表面温が上昇し、それが間接的に人体への負荷となっていることがわかる。このように、熱放射量の方位特性の測定を基にして、室空間の熱環境特性を分析することができた。

3 研究発表

(1) 学会誌等 な し

(2) 口頭発表

中村泰人：3素子型環境放射束計の試作検討（有効日射吸収率の較正と修正），日本建築学会近畿支部研究報告集，昭和55年6月

中村泰人，小玉文博：室内空間における熱放射分布の日射と長波長放射との分離測定，空調和・衛生工学会学術論文集，昭和55年10月

(3) 出版物 な し

問題の背景

温冷感を工学的に取扱う手段としては、結局のところ衣服下の皮温面に注目する。

すなわち周壁ふく射・気温・気流・気湿の4要素を総合した環境と、作業・着衣の2要素をまとめた人体との、定常的な熱交換の現象になる訳である。

半世紀も前に米国で、大規模な実験結果から提唱された有効温度ETは、その2室比較法の宿命で、かなり気湿の影響を過大視していると、1960年に至って指摘を受けた。そこで米国暖冷房工学会ASHRAEにより、改めて行なわれた別実験の結果は、New ET^{*}線図として1972年から改訂されている。

しかしET^{*}も未だヌレ率なる概念に科学的な厳密性を欠くので、筆者は自著「体感温と暖冷環境の設計理論」で、皮下にヌレ面を想定して解析を行なった。

開発の原理

その結果として、湿り空気線図上で中立温感を示すパラメーター直線群が平行に近いので、その中央代表を選んで発展させたところ、全く簡便な実用公式とそれに基づく計測器を開発することが出来た。

すなわち透明カード判プラスチックにデジタル温度発色テープを封入し、その裏面にヌレ紙を貼ると、上記の実用公式に従って運行する次第である。

その最もユニークな利点としては、全く発熱源を内在せず、また着せ替えも必要なくて、人体なみの暑さ・寒さを簡便に表示させる考案であり、作業や服装・年齢や性別および微風に対する補正は、現場で容易に暗算が出来る。

筆者も自宅の数部屋に常置してその実用性を確かめたり、また車輛や航空機の座席でも試みた。ビル・オフィスなどでの組織的な実測は、友好グループに実物（原型と改良型）を配布して、在来計器類との比較実測を依頼した。

ビル・メンテナンスで冷暖房の苦情が出た際に、駆けつけて現場の環境診断を行なうには、携帯に便利で約3minで速指するカード判が、比類のない威力を発揮する。

しかし別の立場から、高級なニーズに応じて、冷暖房のリモコン用センサーに仕立てることも可能であり必ずしも湿板を要しない嫌水方式すら考えられて、保守管理や省エネルギーがさらに合理的に近代化される。

研究発表

(1) 学会誌等

射場本 勘市郎：冷暖房の適温計を考える，労働の科学 Vol 35, No. 6, 昭55.6.1

(2) 口頭発表

射場本 勘市郎：暖冷房適温計の開発原理，空気調和・衛生工学会学術講演論文集，昭55.10.25