

平成10年度

人間感覚データベース構築モデル事業
成果報告書

平成12年3月

新エネルギー・産業技術総合開発機構
社団法人 人間生活工学研究センター

目 次

まえがき (執筆 財団法人 労働科学研究所 小木 和孝)	
本事業成果の要約	3
本事業の基本計画	4
委員会委員名簿	7
第1章 作業環境評価のための人間感覚データベース構築	
1. 1 はじめに (執筆 関西学院大学 八木 昭宏)	15
1. 2 作業環境評価のためのタスクマップ・既往データ分析 (財団法人 労働科学研究所)	16
1. 3 運輸場面におけるフィールド調査 (財団法人 労働科学研究所)	25
1. 4 監視作業場面におけるフィールド調査 (名古屋市立大学)	35
1. 5 オフィス場面におけるフィールド調査 (九州芸術工科大学)	51
1. 6 緊張作業・単調作業における標準データ収集 (社団法人 人間生活工学研究センター)	62
1. 7 作業環境評価のためのデータベースシステム (社団法人 人間生活工学研究センター)	75
第2章 衣料製品設計支援のための人間感覚データベース構築	
2. 1 はじめに (執筆 大阪大学 彼末 一之)	101
2. 2 体温調節能の評価基準開発とプロトタイプ衣服の評価 (大阪大学・信州大学)	102
2. 3 高齢者向けの夏用衣服素材とプロトタイプ衣服の開発 (日清紡績株式会社)	113
2. 4 発汗サーマルマネキンを用いた衣服内気候の解析 (通商産業省 工業技術院 大阪工業技術研究所)	123
2. 5 湿度の影響の解析 (神戸女子大学)	139
2. 6 運動能力の個人差の影響解析 (信州大学)	157
2. 7 気流の影響の解析 (奈良女子大学)	169
2. 8 運動能の評価基準の提案 (大阪大学・旭化成工業株式会社)	184
2. 9 高性能発汗マネキンを用いた衣服環境のデータ収集 (東洋紡績株式会社)	188
2. 10 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果 (大阪大学)	198
2. 11 衣料製品設計支援のためのデータベースシステム (社団法人 人間生活工学研究センター)	203

まえがき

新機軸の対策指向「人間感覚データベース」の開発

生活者を重視した製品設計や働き易い職場環境を実現するには、実際に製品を使ったり働く現場の人間感覚情報の計測が大いに有効です。ストレスや疲労の影響下の心身状態の計測を集め大成した人間感覚計測応用技術プロジェクトは、新しい計測手法やよい応用事例の有効性を実地に示してきました。そうした計測基盤技術研究の成果を使いやすい指標化に置き換えて製品評価や職場改善に適用できるようにしていくことが同時に大切であり、これから大きな課題となっています。

人間感覚データは、製品の使いやすさ・使いにくさや、職場・生活環境の評価に応用範囲はきわめて広いようです。どの程度の感覚データ変化が各種の製品使用でどう起こり、さまざまな環境影響下でどの方向にどの程度変動するかの知見が集大成されていけば、いろいろの応用の道がひらけてくると考えられます。使いやすさの方向づけ、簡易判定、個別製品に見合った複合指標化、実生活環境の問題点指摘、個別環境や行動場面のストレス・疲労判定、設計案や改善対策の総合指標の構築・応用など、いずれも重要な感覚データ活用を促進できます。産業の活性化にも、生活の快適化にも、感覚データ、行動データを活用する効用は広がる機運にあります。

この人間感覚応用の次のステップとして取り組まれたのが、この「人間感覚データベース」の開発です。企画委員会はじめ、作業環境評価技術委員会と製品設計支援技術委員会に参加された感覚データ活用の第一線の研究陣、それを指導し支えてくださった通商産業省生活産業局、工業技術院、NEDO 応用技術開発室、開発に直接参加するとともにデータベース設計を担当した人間生活工学研究センターの方々の一一致した努力で、職場環境診断用のデータベースと衣料製品設計支援用のデータベースとが作成できました。平成 10 年度補正予算事業として取り組み、プロトタイプの構築、フィールドデータ・標準データの収集、データベース化のための再構成をへて、広く応用可能なデータベースを提供することができました。関係者の皆様に心からお礼を申し上げます。人間感覚計測応用プロジェクトを推進し担ってこられた多くの方々のご支援やご助言にも深く感謝します。

今回の「人間感覚データベース」の開発では、データベース利用者の立場から利用可能な生理心理データの提示条件を吟味する開発理念にたちました。つまり、検索に便利で、しかも利用目的である対策情報引き出しを可能にすることを心がけました。実生活場面での生理心理データを負担度やストレス影響として、また疲労性変化として検索でき、必要な対策ヒントがえられるような「読み出し」可能なデータベースにするには、この利用者の視点からのデータベース構築がとりわけ有効だったと考えられます。特に 3 つの視点が大事でした。

第 1 に、取り上げようとするタスク・製品利用場面の特徴にしたがう検索手順をデータ検索の第 1 段階とすることにしました。第 2 に、その場面ごとに時間変動の大きな集団データを利

利用目的にそって「読み出し」で評価と対策応用にまで読み替え可能にするために、生理心理状態上の変動フェーズと心身イベントとに着目したデータ検出支援手法を採用しました。この変動フェーズ・イベントに当たる生理心理反応を整理して提示するとともに、分かりやすい反応フレーズで解説しました。第3に、こうしたフェーズ・イベントごとに反応の意義と必要な対策ヒントを提示しています。特に職場環境診断用には、運輸場面、監視作業場面、オフィス作業場面をフィールドデータ収集に設定しましたので、そうしたタスク特性別に対策を応用目的に従ってまとめて読み出しできるようにしました。同様に、衣料製品設計支援用には、衣服内気候変動特性が分かりやすく検出できる評価手順を設定しています。

この新機軸の開発によって、実生活場面で計測された人間感覚データの応用がさらに広がることを期待しています。今回のデータベースは、集録したデータ場面が当然に限られていますが、実生活評価や製品設計のデータ範囲の有効な検索手法としては有効なまとめをもっていますので、検索場面をさらに広げていくことができるフレキシブルなデータベース構成をとっています。応用場面をさぐり、感覚データ利用のヒントをえながらデータ活用を習得していく上にも役立つと思います。この時間軸検索機能をもった「人間感覚データベース」をその意味で広く活用していただきたいと願っています。利用に当たってのご意見もぜひ寄せていただきたい、よりよいデータベース開発のよいステップとして行きたいと念願しています。

財団法人 労働科学研究所
常務理事 小木和孝

本事業成果の要約

本報告書は（社）人間生活工学研究センターが新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託を受けて実施した「人間感覚データベース構築モデル事業」の成果をまとめたものである。

本事業の成果は、以下の2点である。

(1) 作業環境評価のための人間感覚データベース構築

フィールド（運輸、監視作業、オフィス）と実験室において約400名の被験者を対象に、人間感覚（ストレス、疲労など）に関する計測を行い、職場の作業環境評価に活用できるデータベースを構築した。

(2) 衣料製品設計支援のための人間感覚データベース構築

夏用の衣服を想定し、その評価のための標準的な測定プロトコルを開発し、これを用いた内衣・中衣の評価実験結果と若年者と高齢者の生理・感覚量の比較実験の結果を搭載したデータベースを構築した。

The purpose of this project is to develop useful databases of human sensory, which are as

(1) Human Sensory Database for Evaluating Working Environment

We structured Human Sensory Database as a result of measuring of approx. 400 subjects human sensory data (stress and fatigue etc.) at fields (task of traffic, control room and office) and in a laboratory.

(2) Human Sensory Database for Support Design of Clothing

We developed the standard protocol of measuring human sensory data for evaluating summer clothing (shirt, slacks and underwear). The protocol was adapted to measure human sensory data of elder people and young people. As a result of this research, we structured Human Sensory Database for Support Design of Clothing.

本事業の基本計画

本事業の基本計画は以下の通り。

(目的)

産業科学技術研究開発制度による人間感覚計測応用技術プロジェクト（1990～1998年）においては、ユーザー業界が自らの業界用にデータベースをアレンジすることを前提として汎用性の高い人間感覚データベースモデル（人間の感覚量をホルモン量や発汗量などの物理量との相関により導き出すためのデータベースのモデル）を構築することが目的であった。

しかし、実際の産業界において、このデータベースモデルを活用するためには、その産業界で特に必要とするデータ（例えば、運輸業界においては疲労度や覚醒変化のデータ等、オフィス機器業界ではオフィス作業におけるストレスや環境適合性に関するデータ等）の選定や収集、データ構造の設計など、その産業界に特化した形でデータベースをアレンジするノウハウ等が必要になる。また、このデータベースモデルは将来の目標である実用的な人間感覚データベースのプロトタイプであり、同プロジェクトの終了時点においては実際の産業現場に対応できるだけのデータ量には達していない。

そこで、本事業では実際レベルでの更なるデータの積み上げと、ユーザーが製品設計の支援として必要なデータ検索が可能となるデータベースを構築するものである。また製品設計支援の試用として、具体的に繊維業界を取り上げ、高齢者に優しい衣料製品の設計に役立つ生理学的諸量のデータベースの作製、およびそれを用いて衣服のプロトタイプ製品を開発する。

(実施内容)

具体的には下記の4つのサブテーマ（①～④）について実施する。

①データベースシステムの整備

産業科学技術研究開発制度による人間感覚計測応用技術プロジェクトにおいて構築したデータベースへ後述する「収集データ」を入力蓄積し、産業界の実作業での活用へ対応強化を図る。そのために上記プロジェクトで構築するデータベースの一部修正とデータ入力作業を実施する。具体的実施項目を以下の通り。

a) データベース修正

- ・データ属性・変数項目検討決定、検索システム構築等

b) データ入力

- ・収集データの加工作業および確定作業（プログラム作製含む）

②作業環境評価に関わるデータ収集

現在の職場の問題点（長時間化、深夜勤務）や今後の課題（情報通信化、在宅勤務化）に対応するため、今後ニーズが高まるであろう現場を絞り込み、実際レベルでのデータ収集とガイドライン作成を実施する。具体的には、オフィス（在宅勤務、S O H O等）、監視（夜間勤務等）、運輸（深夜走行等）の3場面を設定し、実場面データ収集を実施する。また、データの量的補完を目的に実場面を模擬した実験室データを収集する。収集したデータを整理・分析し、データベース化を図るとともに、データベースを活用して、労務管理の在り方、作業環境の在り方についてガイドラインを作成する。実施するプロセスは以下の小項目である。

- a) オフィス（在宅勤務等）における実場面データ収集
- b) 運輸（深夜走行等）における実場面データ収集
- c) 監視（夜間勤務等）における実場面データ収集
- d) オフィス・運輸・監視の実場面を模擬した実験室データ収集
- e) タスクマップ作成及び既往文献データ調査
- f) データの整理・解析

③衣料製品設計支援評価に関わるデータ収集

本事業では特に衣料に関する2つの生理機能に着目する。1) 衣料の最も大きな生理的役割は体温保持機能である。そこで先ず体温調節能を検討する。2) 高齢者の80%以上は健常者であるが、運動能力の低下は高齢者での大きな問題である。そこでもう一つの柱として運動能を取り上げる。この2点について基礎的検討を行った後、データベース作製を目指す。一方、代表データをもとに「高齢者にやさしい製品」のプロトタイプを作製し、その特性について検討する。

具体的な実施項目は以下の4つである。

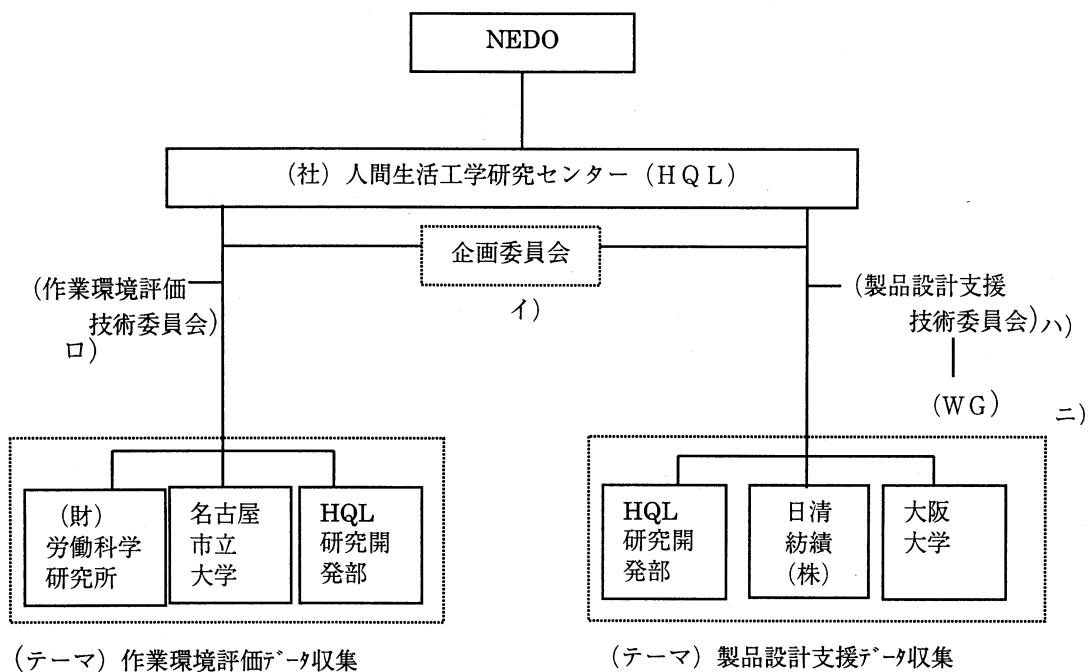
- a) 体温調節能（特に急速温度変化、湿度の影響）の評価基準開発と
プロトタイプデータベースの作製
- b) 体温調節能（特に気流の影響）の評価基準開発とプロトタイプ製品の開発
- c) 運動能の評価基準開発とプロトタイプデータベースの作製
- d) 高齢者の衣服内環境（温度、湿度）のデータ収集

④データベースの成果普及

データベース（収集データ及び検索システム）及びガイドラインをCD-ROM等の媒体として配布し、成果普及を図る。

- a) CD-ROM作製
 - ・データベースの集約、簡易版検索システムおよびガイドラインの閲覧システム作製等

(実施体制)



イ) 企画委員会

ユーザーの声を反映させ、役に立つ、使いやすいデータベースを構築するため、学識経験者、関連業界の専門家より構成。

ロ) 作業環境評価技術委員会

研究開発テーマに関して、実施者とフィールド調査等の学識経験者が実施場所、実行方法等について検討し、具体的案を協議。

ハ) 製品設計支援技術委員会

研究開発テーマに関して、実施者と関連業界の専門家が研究進捗状況や研究の方向づけ等について協議。

二) 製品設計支援技術委員会 WG

製品設計支援技術委員会の下部組織として製品設計支援のための高齢者データベース検討ワーキンググループ (WG) を設置。

(共同研究)

人間生活工学研究センター・九州芸術工科大学

「オフィスにおける実場面データ収集」に係わる共同研究

人間生活工学研究センター・大阪工業技術研究所

「快適空間評価用データベース構築に関する研究」に係わる共同研究

人間生活工学研究センター・東洋紡績株式会社

「高齢者の衣服内環境のデータ収集」に係わる共同研究

委員会委員名簿

1. 「人間感覚データベース構築モデル事業」企画委員会委員名簿

2000.3.31

ユーザーの声を反映させ、役に立つ、使いやすいデータベースを構築するため、学識経験者、関連業界の専門家より構成し、作業環境評価技術委員会、製品設計支援技術委員会の進捗状況確認、ニーズ検討、データベースの評価を実施した。

(委員長)

小木 和孝 財団法人 労働科学研究所 常務理事

(委員)

市川 駿 社団法人 日本アパレル産業協会 専務理事
小川 喜洋 社団法人 ニューオフィス推進協議会 事務局長
柄原 裕 九州芸術工科大学 工業設計学科 教授
村松 誉幸 武田薬品工業株式会社 環境安全健康管理室 主席部員
森下 逸夫 西日本旅客鉄道株式会社 技術開発部 取締役部長

(オブザーバー)

八木 昭宏 関西学院大学 文学部 心理学科 教授 (作業環境評価技術委員会委員長)
彼末 一之 大阪大学 医学部 保健学科 教授 (製品設計支援技術委員会委員長)
土屋 新五郎 通商産業省 工業技術院 脳科学研究企画官
大久保 一彦 通商産業省 工業技術院 産業科学技術研究開発課 研究開発専門職
遠藤 博史 通商産業省 工業技術院 脳科学研究企画官付
千野 雅人 通商産業省 生活産業局 人間生活システム企画室 室長
森田 健太郎 通商産業省 生活産業局 人間生活システム企画室 企画班長
高橋 秀彦 通商産業省 生活産業局 人間生活システム企画室 企画係長
新階 央 通商産業省 生活産業局 繊維課 業務班長
師田 晃彦 通商産業省 生活産業局 繊維課 技術班長
中山 正幸 通商産業省 生活産業局 繊維課 技術係長
佐々 裕美 新エネルギー・産業技術総合開発機構 応用技術開発室 主査

(事務局)

吉岡 松太郎 社団法人 人間生活工学研究センター 研究開発部長
岸本 泰藏 社団法人 人間生活工学研究センター 主任研究員

■開催実績

第1回 (98/12/10)、第2回 (99/3/2)、第3回 (99/7/30)、第4回 (2000/3/14)

2. 「人間感覚データベース構築モデル事業」作業環境評価技術委員会委員名簿

2000.3.31

作業環境評価のためのデータ収集に関して、フィールド調査実施者および学識経験者が実施場所、実行方法、調査結果について検討し、「作業環境評価のための人間感覚データベース」を構築した。

(委員長)

八木 昭宏 関西学院大学 文学部 心理学科 教授

(委 員)

青木 和夫 日本大学 理工学部 医療福祉工学 教授
井谷 徹 名古屋市立大学 医学部 衛生学教室 教授
酒井 一博 財団法人 労働科学研究所 所長
松岡 克典 通商産業省 工業技術院 大阪工業技術研究所 情報光学研究室 室長
安河内 朗 九州芸術工科大学 工業設計学科 教授
吉岡 松太郎 社団法人 人間生活工学研究センター 研究開発部長

(オブザーバー)

北島 洋樹 財団法人 労働科学研究所 主任研究員

(事務局)

岸本 泰蔵 社団法人 人間生活工学研究センター 主任研究員
米谷 知子 社団法人 人間生活工学研究センター 研究員

■開催実績

第1回 (98/8/31)、第2回 (98/9/29)、第3回 (98/11/7)、第4回 (98/12/21)

第5回 (99/2/10)、第6回 (99/4/22)、第7回 (99/7/6)、第8回 (99/9/10)

第9回 (99/12/10)、第10回 (2000/3/8)

3. 作業環境評価のためのデータ収集実施機関、実施者

本データベースのフィールド調査及び実験室におけるデータ収集は、下記の機関、実施者が
行い、データベース（CD-ROM）及び本報告書のそれぞれ該当部分を分担執筆した。

○運輸場面におけるフィールド調査

(調査)

財団法人 労働科学研究所

○監視作業場面におけるフィールド調査

(調査)

名古屋市立大学 医学部 衛生学教室：井谷 徹、城 憲秀、坂村 修、武山 英麿、丹羽 さゆり

名古屋市立大学 看護学部：鈴村 初子

北九州大学 文学部：高西 敏正

ノートルダム女子大学 文学部：井上 辰樹

龍谷大学 文学部：村田 健三郎

○オフィス場面におけるフィールド調査

(調査)

九州芸術工科大学 工業設計学科：安河 内朗、柄原 裕

福岡女子大学 生活環境学科：大中 忠勝

(調査協力者)

九州芸術工科大学：宮田 賢二、許斐 剛志、古味 知紗

福岡女子大学：高橋 朋子、武富 友美

○緊張作業・単調作業における標準データ収集

(調査)

社団法人 人間生活工学研究センター

(調査協力)

大阪教育大学教養学部：永井 由美子

4. 「人間感覚データベース構築モデル事業」製品設計支援技術委員会委員名簿

2000.3.31

製品設計支援のためのデータベースに関して、実施者と関連業界の専門家が研究進捗状況や研究の方向づけ等について協議し、「衣料製品設計支援のための人間感覚データベース」を構築した。

(委員長)

彼末 一之 大阪大学 医学部 保健学科 教授

(委 員)

足立 公洋 通商産業省 工業技術院 大阪工業技術研究所 高分子表面化学研究室 主任研究官
小原 和幸 旭化成工業株式会社 繊維商品科学研究所 主事
登倉 尋實 奈良女子大学 生活環境学部 教授
能勢 博 信州大学医学部 附属加齢適応研究センター 教授
平田 耕造 神戸女子大学 家政学部 教授
柳内 雄一 日清紡績株式会社 美合工場研究所 顧問

(事務局)

岸本 泰蔵 社団法人 人間生活工学研究センター 主任研究員

■開催実績

第1回（98/10/9）、第2回（99/2/18）、第3回（99/7/5）、第4回（99/9/16）
第5回（99/12/16）、第6回（2000/3/9）

5. 製品設計支援のための高齢者データベース検討ワーキンググループ (WG) 委員名簿

2000.3.31

製品設計支援技術委員会の下部組織として製品設計支援のための高齢者データベース検討ワーキンググループ (WG) を設置し、高性能発汗サーマルマネキンへの高齢者特性の組み込み等を検討した。

(WG長)

彼末 一之 大阪大学 医学部 保健学科 教授

(メンバー)

足立 公洋 通商産業省 工業技術院 大阪工業技術研究所 高分子表面化学研究室 主任研究官

福岡 重紀 東洋紡績株式会社 総合研究所 繊維研究所 技監

吉岡 松太郎 社団法人 人間生活工学研究センター 研究開発部長

(オブザーバー)

森下 篤郎 東洋紡績株式会社 総合研究所 繊維研究所

(事務局)

岸本 泰藏 社団法人 人間生活工学研究センター 主任研究員

■開催実績

第1回 (99/6/1)、第2回 (99/12/24)

6. 衣料製品設計支援のためのデータ収集実施機関、実施者

本データベースのデータ収集、評価実験は、下記の機関、実施者が行い、データベース（C D-R O M）及び本報告書のそれぞれ該当部分を分担執筆した。

○体温調節能の評価基準開発とプロトタイプ衣服の評価

大阪大学 医学部 保健学科 彼末 一之、永島 計

医学部 情報生理 依田 珠江

信州大学 医学部 附属加齢適応研究センター 能勢 博、増木 静江、竹野 鉄昭、上條義一郎

○高齢者向けの夏用衣服素材とプロトタイプ衣服の開発

日清紡績株式会社 美合工場研究所 柳内 雄一、傍島 光郎、多田 尚恵

○発汗サーマルマネキンを用いた衣服内気候の解析

通商産業省 工業技術院 大阪工業技術研究所 足立 公洋、松村 和子

○湿度の影響の解析

神戸女子大学 家政学部 平田 耕造、石井 与子、上地 歩美

○運動能力の個人差の影響解析

信州大学医学部 附属加齢適応研究センター 能勢 博、増木 静江、竹野 鉄昭、上條義一郎

○気流の影響の解析

奈良女子大学 生活環境学部 登倉 尋實、Mrs. P. Zhang、佐藤 真紀、

○運動能の評価基準の提案

大阪大学 医学部 保健学科 彼末 一之

旭化成工業株式会社 繊維商品科学研究所 小原 和幸

○高性能発汗マネキンを用いた衣服環境のデータ収集

東洋紡績株式会社 総合研究所 森下 祿郎

○高齢者と若年者の体温調節能の比較結果

大阪大学 医学部 保健学科 彼末 一之、永島 計

医学部 情報生理 依田 珠江

第1章 作業環境評価のための 人間感覚データベース構築

1. 1 はじめに

現在はストレス社会と評されるように、職場において作業を行う人々は、様々なストレスに苛まれている。高度情報化、24時間社会化など、その原因は複雑かつ多様であるが、そのストレスによる障害や災害が問題になっている。中でも、その作業環境はストレスと密接に関連しており、その環境を分析、評価し、適切な対策を講じれば、作業者のストレスの低減と、障害や災害の防止に役立つと考えられる。

今回の研究の目的は、ストレスをもたらす職場環境の評価システムの開発である。そのため、先ず、職場環境条件に焦点を当て、複雑な要因の絡む実際の作業場面と、作業現場を模擬的に設定した実験的場面において、ストレスに関連した心理的・生理的データを収集した。それぞれの場面における心理・生理反応を分析し、集計を行いデータベースを作成した。さらに、そのデータベースをもとに、作業環境の評価が行え、かつ、その環境下での対策も提案できるシステムを構築した。但し、職制や人間関係など、社会的環境には触れていない。

このシステムでは、企業等で環境管理者や作業をする人自身が、コンピュータの画面の指示にしたがって、職場等に関する質問に答えて行くうちに、環境の評価が行える。従って、このデータベースは、作業場面の環境評価を実施する部分と、その背景となるデータベースからなっている。タイトルは作業環境評価となっているが、対象としたものは人が働く作業現場があるので、仕事現場あるいは、職場の環境（英語では、working environment）に対する評価である。

さらに本システムには、問題点の指摘にとどまらず、それに対する対策も盛り込まれている。そのため、出来上がったシステムは、単に評価と言うよりは診断のためのシステムと言えるであろう。環境条件が一定であっても、その環境の中で人々が仕事を続けていく過程で、様々な心理的生理的変動が生じる。そこで、それぞれの作業過程を、時間経過に伴っていくつかのフェイズに分け、それぞれのフェイズの中でどのような心理的、生理的問題が予測されるか、さらにそれらの問題に対して、どのように対応すればよいかの対策も検索できるように構成されている。

このシステムでは、使用者の目的に応じて、今回収集されたデータを参照できるように作成されている。さらに使用者の多様な要求に対応できるよう、集計したデータの平均値だけではなく、生のデータにまでアクセスできるようになっている。

このような研究テーマを実施するには、通常最低3年程度必要であると考えられるが、実際のデータ収集を行った労働科学研究所、名古屋市立大学、九州芸工大学と人間生活工学研究センターの実験担当者と、システム構成者らの努力により、1年あまりで作成できた。

時間的な制約で実際場面でのデータは、運輸作業、監視作業、オフィス作業の三ヵ所しか対象にできなかった。委員会でも、製造業や、介護や販売など対人場面でのデータは含まれていない点が議論になった。そのため、製造業や介護などの場合は、監視作業など類似した他のデータを参照する形になっている。今後、今回十分検討できなかった製造業や対人作業場面のデータ収集が必要であろう。また、このシステムは、完成されたものというより第1版と考えている。このシステムの使用者、あるいは、使用された現場からのフィードバックにより、さらに洗練されたシステムに改良されることが必要である。将来、新たなタイプの職場が現れた場合には、改めて調査が必要となろう。そのため、引き続きこのような研究が継続されることが望まれる。

八木昭宏
関西学院大学文学部心理学科

1. 2 作業環境評価のためのタスクマップ・既往データ分析

(財団法人 労働科学研究所)

1.2.1 疲労・覚醒DB構築にあたっての基本的な考え方

1. 疲労・覚醒とは

ヒトがある活動をつづけたときに起こる心身の状態の変化を疲労と呼んでいる。通常、疲労すると、本人が「疲れた」という自覚をもつとともに、その活動を「もうつづけたくない」あるいは「休みたい」という休息欲求が起こる。また、疲れてくると、休息欲求だけでなく、生理・心理・行動面にいろいろな変化が生じる。疲労状態に陥ると、意識水準が下がるために活動が不活発になったり、仕事の能率が落ちたり、場合によっては小さなエラーを起こすこともある。さらに、その意識水準の低下が眠気、つまり覚醒水準の低下と重なって起こることもよくある。

以上のように「疲労」を見るなら、疲労・覚醒のデータベースを構築する上で重要な性質がいくつかある。

疲労の性質1；疲労には進行性・蓄積性と可逆性といった異なる2つの性質がある

ヒトがある活動をつづける限り、疲労は回復することなく進行する（進行性）が、疲れはじめたときにタイミングよく休息をとれば、かならず元の状態に戻る（可逆性）という性質がある。さらに、毎日の活動と休息（睡眠）のサイクルのバランスを逸すると、疲労は回復せずに蓄積（蓄積性）して慢性化する性質がある。

疲労の性質2；疲労すると、心身の状態変化にともなって多面的な変化としてあらわれる

ヒトが疲労すると、心身の状態変化にともなって多面的な変化としてあらわれる性質があるので、疲労・覚醒DB（データベース）の構築にあたっては特定の生理指標のゆらぎにだけ注目せずに、生理、心理、行動面の変化を幅広くとりあげ、疲労との関連で「意味ある変化」を見出すことが重要である。

疲労の性質3；疲労や覚醒状態はヒトの活動との関連でみていくと理解しやすい

今回のDB構築のねらいからみて、疲労現象を客観的な指標によって把握するだけでは不十分で、その疲労や覚醒状態をヒトの活動との関連で明らかにすることが求められている。疲労がそのヒトの活動との関連で把握できれば、実社会で役立つ疲労対策を具体的に提案することも可能になる。

ここでいうヒトの活動とは、実社会において日々展開する生活であり、また企業内でのさまざまな活動をさすが、DB構築のための研究戦略としては、生活場面を取り上げるよりは、企業内での活動つまり勤務場面を取り上げることが有利である。弾力的で自律的になってきたとはいっても、勤務の時間編成をはじめ、1日の作業と休憩時間配分さらに業務内容などの規範性は生活場面よりも企業活動の方がはるかに強固であるために、そのときどきの状況の記述がしやすく、またそこで働く人たちの反応との関連がつけやすく、しかもそこでとらえられた反応が一般的なものか特殊なものかについてもこれまでの研究成果の対比や経験と合わせていけば、判定することは相当程度可能である。

2. DB構築の基本戦略

疲労・覚醒の基本的な性質を考慮すれば、DB構築にあたっては、次のような研究戦略によって進めることが可能である。

基本戦略1（疲労の性質の主に1と3によって）；ヒトがある活動をつづけたときに起こる疲労の進行と回復の状態を、変化の段階つまりフェーズを追って具体的に調べることとする。実勤務を想定したとき、このフェーズはあらゆるタスクに共通するといってよい。ただし、フェーズごとにあらわれる反応は、そのタスクの特性や、そのタスクを担うヒトの特性によって異なることは当然である（そのために基本戦略の3が必要となる）。

フェーズとしては、初期適応期、適応持続期、疲労進行期、ねむけ発現期、タスク終期、休息期の6段階で構成し、それにタスク競合時と外乱影響時を加えたモデルでDBの構築を図る。

基本戦略2（疲労の性質の主に2によって）；ヒトが疲労すると、心身の状態変化だけでなく多面的な変化としてあらわれる所以、DB構築にあたっては、生理、心理、行動面の幅広い反応変化について把握するように目標おく。具体的には、疲労・覚醒と、機能レベル、生理機能、自覚症状、行動能力、状況追隨能力、回復性、安全影響、健康影響などとの関連性を想定し、それぞれの反応を代表する指標によってフェーズ別の疲労・覚醒状態を証拠づける。

基本戦略3（疲労の性質の主に3によって）；疲労の進行度合いや疲労の現れ方は主にタスクの特性と作業・休憩配分によってかなり異なる。全身性の疲労度合いをはじめ、最近の作業様相を反映して、あるタスクでは視覚疲労に集中することもあれば、肩や頸、腕さらに腰といった筋・骨格系に疲労が集中することもある。そのために、あらかじめタスクマップを作成したうえで特徴のあるケーススタディ（事例DBの構築）を実行することとした。当面の事例DBとして、化学プラント（三交代制）、運輸トラック（高速道路走行と一般道路走行）、オフィス（データ入力作業と情報処理作業）を取り上げた。

基本戦略4；本DBでは、フェーズごとの反応の特徴をフレーズによって明確に示すことと、その反応の実際をタスク別のデータとして示すことを目標としたが、このDBが産業界において実際に役立つためには、もう一つ、対策を提案することである。提案する対策の根拠として反応DBが利用されれば、本DBに深みが加わり、利用価値が高くなることが期待される。

本DBでの対策はタスク別のフェーズにそくして提案するように配慮した。対策案の作成にあたっては、タスクごとにフェーズ別の反応を調査データによって見ながら、情報の流れ・情報のわかりやすさ、作業負荷の軽減、周辺環境、チームワークとコミュニケーション、作業時間制などの面から検討した。

1.2.2 タスクマップと自職場診断

1. タスクマップ

本DB構築にあたっては基本戦略3で示したように、3事例程度によってユーザーのニーズにこたえるような特徴のある事例DBとするためには、事例の選び方が一つのポイントとなる。本DBユーザーが調べたい業種・業態は千差万別と見なければならない。その多様なユーザーが希望する情報に100%ヒットできなくとも、ヒントはたくさんあったと評価してもらえるような仕組みをつくっておくべきである。そのためにはユーザーが調べたいタスクと、DBに盛り込む事例タスクとの位置関係を明示し、ユーザーがDBのどの事例をみれば満足できる情報にいち早く到達できるかがわかるようにしておけば使い勝手はよくなる。そのための基礎情報を提供するためにタスクマップをつくることで、タスク相互の相対的な位置関係を示してみた。

自職場診断システムは、ユーザーが調べたいタスクとDBのもっている事例タスクとの位置関係をタスクマップ上で明きらかにし、どの事例DBをみれば適切なフェーズ別の反応と対策が示されるかを提供する、いわばユーザーを事例DBへ誘導する糸口になるものである。

(1) タスクの特性

タスクの特性の差を的確にマッピングできればタスクマップを作成することができる。タスクの特性は少なく、要求特性 (task demand) 、裁量特性 (task control) 、勤務特性、関係・組織特性、環境特性、休息・福利特性の6要因あると見られる。ただし、実際のマップを6軸で描くことは困難であるので、基本的な要求度と裁量度の2軸で示すこととする。なお、それぞれの特性で想定している内容は次の通りである。

A. 要求特性

－仕事への集中度、－身体的負担度

B. 裁量特性

－仕事の自律度、－状況変化への対応度

C. 勤務特性

－労働時間の長さ、－夜間もしくは変則勤務

D. 関係・組織特性

－作業上の連絡密度、－人間関係の複雑さ

E. 環境特性

－環境有害性、－災害危険性

F. 休息・福利特性

－休息・休養のゆとり、－休養・厚生施設

(2) タスクマップの例

表1-2.1は、タスクマップ作成の準備として、事例DBで取り上げるタスクを中心にタスク特性をモデル的に比較したものである。横軸にオフィスワーク（テレワークとデータ入力作業）、プラントにおける

表1-2.1 代表タスクとタスク特性との関連についてのモデル的な検討

タスク特性	オフィスワーク		プラント 制御監視作業	運輸 トラック運転	看護 看護作業
	テレワーク	データ入力作業			
作業・職務特性	全身性作業 静的作業（座位・立位） 運転・操縦作業 高度情報通信作業 要求度（ディマンド） 裁量度（コントロール） 時間切迫	VDT連続操作 ○ バラツキ大 ○ 場面による	VDT連続操作 △ バラツキ大	○ 故障やメンテ	○ ○ △ ○ 患者急変
勤務特性	長時間残業 夜勤・変則勤務	不規則勤務	○ ○	○ ○	○ ○ ○
関係・組織特性	サポート	○ ○			○

注) ○: 関係が深い、△: 関係がある ことを示す

制御監視作業、運輸 トラック運転、看護作業の4分野5作業を取り上げる一方、縦軸には前項で示したAからFまでの6タスク特性のうち、要求度、裁量度を含む作業・業務特性（主にタスクの遂行にともなう心身負担に影響の大きいと思われる特性をとりあげた）、勤務特性、関係・組織特性を取り上げ、この両者の特徴のある関係をモデル的に表内に示した。○が関係が強い、△はそれほど強くはないが関係があることを示し、その他特記する事項はその都度記載した。

テレワークを例に表の見方を解説すれば次のようになる。テレワークの主要ツールはいうまでもなくパソコンと情報通信ネットワークの活用である。パソコン操作は終日にわたることが予測されるので、VDT連続操作による「静的作業」のほか、「高度情報通信技術」とは当然関係が深いと見られる。テレワークはこの最新技術が前提となった作業態様であるから、そこから得られる恩恵は無限といえるが、この技術の習得や活用の過程ではストレスをはじめ、心身の負担を受けることは必須であり注目しておく必要がある。一口でテレワークといっても作業態様や運用方法は多様であるが、現在の状況からすればテレワークによる「要求度（ディマンド）」が過大なケースも見られ、運用の「バラツキは大きい」といえそうである。その半面、従来のフェース・ツー・フェースの管理から独立するテレワーカーの「裁量度（ジョブ・コントロール）」は一般に大きいと見てよい。また、テレワークの普及状態を見ると現状では営業職に多いが、納期に余裕がない場合や年度末などの繁忙期など「場面によって」は時間切迫のストレスは大きくなる。

テレワークに共通する勤務特性としては、裁量度が大きくなる分、運用次第では勤務が不規則になることがあげられる。また、テレワークの場合、人間関係や組織的なサポート体制の組み方とその実行が、テレワーカーのストレスや疲労対策において本質的な事柄であることは周知の通りである。

図1-2.1は以上のような検討をもとにタスクマップ（モデル）を試行的に作成したものである。事例DBで取り上げるタスクを中心に、そのほかのタスクも一部加えて、要求度と裁量度の2軸上での分布を示してみた。このマップはあくまでもこれまでの経験や文献にもとづく一つのモデルにすぎないが、要求度や裁量度の程度を示す指標を確立すれば（国内外においてすでに提案はある）、相當に説得的なタスクマップの作成は可能と思われる。

(3) 事例DBで取り上げるタスクの特徴

こうしたタスクマップの考え方を背景として、事例DBで取り上げるタスクの特徴をまとめると次のよ

うになる。取り上げたタスクは、①化学プラント（三交代制）、②運輸トラック（高速道路走行と一般道路走行）、③オフィス（データ入力作業と情報処理作業）であったが、この3タスクについての共通性と異同性を主にいま見た6タスク特性から検討した結果、事例それぞれのタスクの基盤がつぎのような特徴で成立していることが判明した。

化学プラントにおける監視そのほかの仕事 → 機器対応型

運輸業におけるトラック運転などの仕事 → 状況対応型

オフィスにおけるデータ入力や情報処理の仕事 → 情報対応型

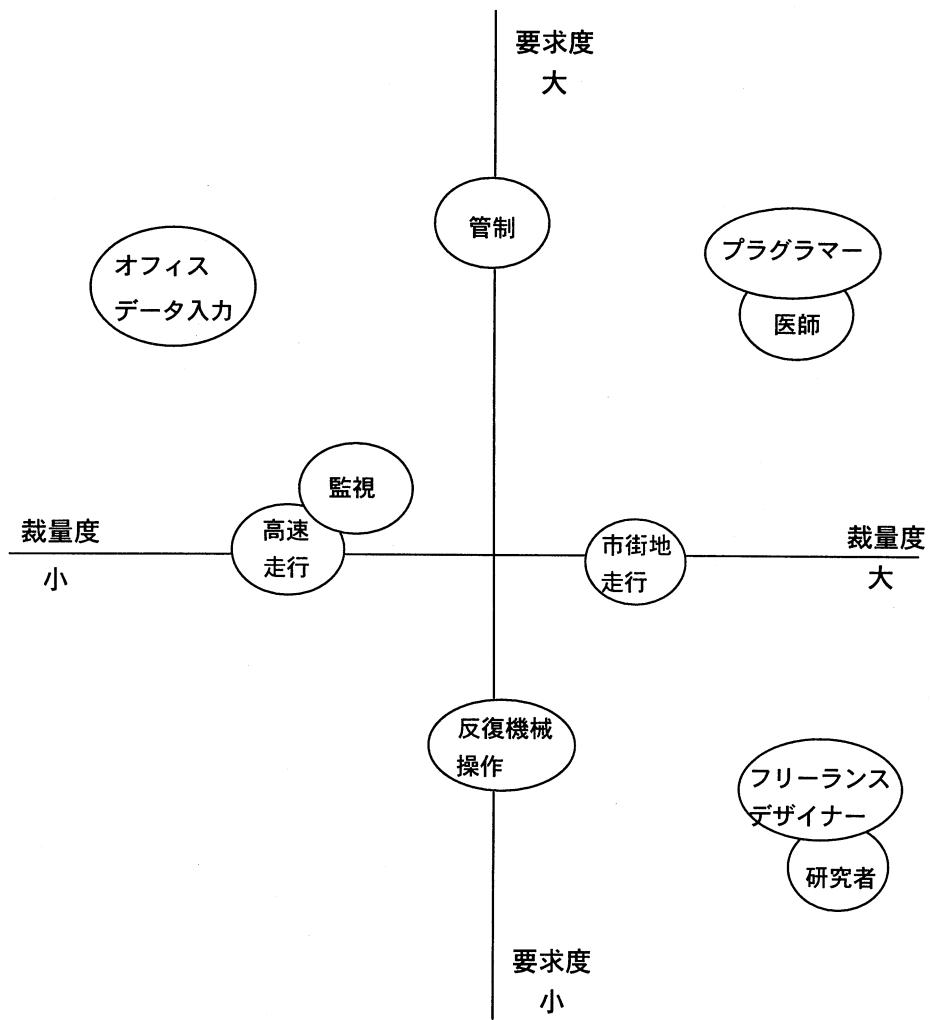


図1-2.1 タスクマップの一例

なお、福祉や医療さらに教育と関連したヒューマン・ケアの仕事が、いまあげた機器対応、状況対応、情報対応とはまた異なる特性をもっている。ケア対応型と呼べるもので、将来、本DBを拡大する機会があれば、優先的に構築を図りたい分野である。なお、今回はやや強引であるが、この分野からのユーザーも予想できることから、機器対応型のなかに含め、「機器対応・ケア型」とした。また実際は世の中に存在するすべてのタスクが機器、状況、情報だけでくくれるわけではなく、その中間に位置するタスクもたくさんある。本DBでは中間型をもう一つ用意し、構築済みのDBを参考にしてもらうことにする。以下、機器対応型、状況対応型、情報対応型、中間型の特徴を簡単にまとめてみた。

Aタイプ：機器対応やケア型の職業によく見られる仕事が多いタイプ（機器対応型と呼ぶ、将来はケア対応型を分離する）

- 機器システムやまとまりのある作業場において計画的に作業していく仕事一般に温熱や有害環境など作業場環境の影響にさらされやすい。
- 物や工具・機器の取扱いや監視あるいは医療・介護のような対人直接ケアに当たり、同じような条件での繰り返し作業が比較的多い。

Bタイプ：状況対応型の職業によく見られる仕事が多いタイプ（状況対応型と呼ぶ）

- 場所の移動、不規則な勤務、作業の変更などが比較的多い作業。
- 物や機器の取扱いも含まれるが、同一作業の繰り返しよりも状況変化がよく起こる
- 長時間勤務や夜間作業の機会が少なくない

Cタイプ：情報対応型の職業によく見られる仕事が多いタイプ（情報対応型と呼ぶ）

- 情報の取扱い、事務的な処理、対人接触など状況に応じた比較的判断の多い仕事。
- オフィスやセールス環境のように定常的に比較的整備された環境下で作業することが多い。
- 情報処理や企画あるいは変化のある対人サービスを中心になることが多く、仕事による心理的影響や人間関係の影響を比較的受けやすい。
- 常日勤がよくある勤務制であるが、需要対応の残業のほか不規則勤務や交代制もありうる。

Dタイプ：比較的中間的な特徴をもった仕事のタイプ（中間型と呼ぶ）

2. 自職場診断システムの構築

（1）自職場診断の目的

DBユーザーが調べたいタスク（多くの場合、自分が所属している企業のタスク）についてタスクマップ上での相対的な位置を知り、疲労・覚醒と関連する労務管理上の主要な問題点と、参考になる事例DBへの誘導を目的とした「自職場診断システム」を構築することとした。そのために、

- ①ユーザーの調べたいタスクの特性を簡単な方法で分類し、どの事例DBをみればユーザーニーズにヒッ

トするか判定し、ユーザーをDBの適切な「反応と対策」部分に誘導する
②そのために、DBのフロント部分に3つの簡単な職場診断票を用意する
③ユーザーによる職場診断票のチェックにもとづき、タスク特性を読みとり、事例DBへ導入するアルゴリズムをきめることなどが必要である。

(2) 自職場診断票の開発と事例DBへの導入アルゴリズム

1.自職場診断票1：

要求特性、裁量特性、勤務特性、関係・組織特性、環境特性、休息・福利特性の6特性によってタスクを区分するようなキー項目を、それぞれの特性から1～2項目抽出することによって、以下のような10項目の自職場診断票を作成した。

1) 身体的負担	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
2) 物や工具・機器の取扱い	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
3) 情報の取扱い・事務処理	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
4) 対人接觸・人間関係	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
5) 計画・企画・自分の判断	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
6) 場所の移動	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
7) 勤務の不規則性	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
8) 作業環境の影響（温熱・騒音・有害物など）	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
9) 仕事での同僚や上司とのコミュニケーション	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない
10) 仕事による心理的緊張の持続	<input type="checkbox"/> 多い	<input type="checkbox"/> ふつう	<input type="checkbox"/> 少ない

【事例DB誘導のアルゴリズム】

- 1)、4)、7) がすべて「多い」にチェックされた場合→ケア型（今回はAタイプに誘導）
 - 2)、8) がすべて「多い」にチェックされた場合→機器対応・ケア型（Aタイプに誘導）
 - 6)、7) がすべて「多い」かつ9) が「少ない」にチェックされた場合→状況対応型（Bタイプに誘導）
 - 3)、5) がすべて「多い」にチェックされた場合→情報対応型（Cタイプに誘導）
- その他はケースは自職場診断票2の結果に従うこととする。

2.自職場診断票2：

自職場診断票2では、ユーザーの業務・業態を直接質問することで事例DBへ誘導する。総務省の職業分類や文献を参考に以下のような8業種に分類した自職場診断票を作成した。

- 1) 製造・設備管理
- 2) 建設現場・清掃・警備などの身体負荷の大きい作業
- 3) 運輸・車両等の運転
- 4) 専門的職業（専門的知識やメディアを生かした職業。ヒューマンケアを除く）

- 5) 事務・コンピュータ操作
- 6) 医療・福祉などのヒューマンケア
- 7) 販売・サービス
- 8) 農林漁業

【事例DB誘導のアルゴリズム】

- 1) または2) または6) →機器対応・ケア型（Aタイプに誘導）
- 3) または8) →状況対応型（Bタイプに誘導）
- 4) または5) または7) →情報対応型（Cタイプに誘導）

自職場診断票1と自職場診断票2の結果によってA、B、Cタイプに分類する

3.自職場診断票3：

実際の運用や管理にあたりコンサルティングをおきたい事項は、そのタスクに共通することだけではなく、自職場の特殊な条件についてであることは少なくない。ここでは診断票の1、2をさらに一步突っ込んだ項目を用意することで、本DBへのユーザーの関心を強め、使用感がよくなるように配慮した。

- 1) 一部の人に身体的負担の大きい作業の偏りがある
よくある ときどきある ほとんどない
- 2) 一部の人に心理的負担や重圧感が偏るようなことが
よくある ときどきある ほとんどない
- 3) 繁忙時間帯や繁忙期のように作業が一時的に集中するようなことが
よくある ときどきある ほとんどない
- 4) 長時間作業や夜間などによる負担がある
よくある ときどきある ほとんどない
- 5) 複雑なシステム理解を求められるようなことが
よくある ときどきある ほとんどない
- 6) エラーやねむけによって危険となるようなことが
よくある ときどきある ほとんどない
- 7) 同じことの繰り返しなどによって単調となることがある
よくある ときどきある ほとんどない
- 8) 緊急な対応を強いられるような事態がある
よくある ときどきある ほとんどない
- 9) 作業環境が適合しないために不快となるようなことが
よくある ときどきある ほとんどない
- 10) 作業場面が時々刻々かわるような状況変化がある
よくある ときどきある ほとんどない

1 1) 品質や環境のことが顧客や地域住民などからクレームを受けることが

よくある ときどきある ほとんどない

なお、この診断票のチェック結果は事例D Bへの誘導には使わずに、診断票の1と2で誘導されたAからDのタスクタイプの特徴説明（一般解説）にくわえるコメントとして活用する。

追加するコメント例

1) または2) が「よくある」にチェック

仕事の負担が大きく疲れやすいことが問題点であると思われます。

後述の「疲労進行期」「タスク競合時」「眠気発現期」をご覧になることをおすすめします。

4) または5) が「よくある」にチェック

作業編成による影響（深夜・早朝帯の勤務を含む）が問題点であると思われます。

後述の「疲労進行期」「眠気発現期」「タスク終期」をご覧になることをおすすめします。

6) または7) が「よくある」にチェック

単調やいねむりによる作業低下やミスが問題点であると思われます。

後述の「疲労進行期」「眠気発現期」をご覧になることをおすすめします。

8) または9) が「よくある」にチェック

環境変化にうまく適応できないことが問題点であると思われます。

後述の「初期適応期」「外乱影響時」「タスク競合時」をご覧になることをおすすめします。

3) または10) が「よくある」にチェック

作業タスクの大きな変化（繁忙期など）をフォローできないことが問題点であると思われます。後述の「タスク競合時」「外乱影響時」をご覧になることをおすすめします。

「よくある」のチェックがゼロの場合

特に大きな問題点はないようです。後述の「疲労進行期」「眠気発現期」「タスク終期」などをご覧になり、自職場と比較されることをおすすめします。

1. 3 運輸場面におけるフィールド調査

(財団法人 労働科学研究所)

警察庁交通企画課のまとめによれば、年間交通事故死者数は1995年では10,679人であったが、1996年から1999年の間では9,000人代を推移している。この数年間わずかな減少傾向を示しているとはいっても、大変な死亡者数である。事故の発生を時間帯別にみると、夜間には交通量が減少する（藤田, 1988）にも関わらず死亡事故件数が高く、夜間の交通事故を減らすことが重要課題となっている。

大阪府の運輸業事業所における調査では、全業種において、事故発生時点については、休日の翌日で乗務開始後50km以下の時点で重大事故が起きており、職業運転手の不規則な勤務（≒睡眠と食生活）に問題があることが指摘されている（中高年職業ドライバー研究会1999：北川睦彦・三戸秀樹、2000）。

そこで本研究では、深夜～早朝を含む夜間に長時間・長距離走行を恒常的に行っているトラック運転業務を対象とし、実験的にある程度統制した条件で夜間長距離走行実験を行った。

(1) 夜間運転の特性と、(2) 睡眠の問題・道路環境などに起因する「眠気」に注目して、対策を志向しながら、その実態を明らかにすることを目指した。

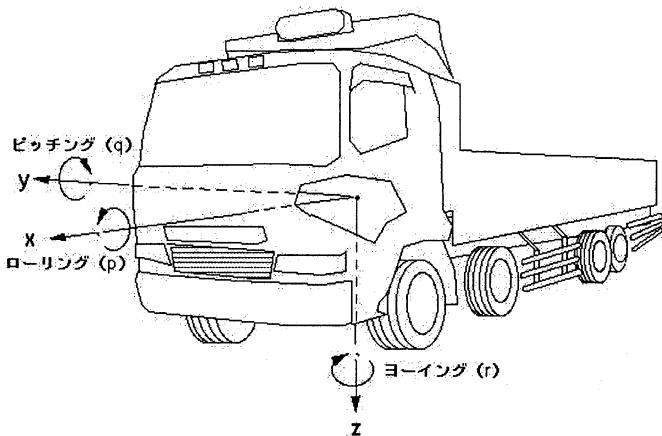
1.3.1 目的

夜間・長時間・長距離走行を恒常的に行っている、職業トラックドライバーを対象とし、運転中の生理反応・主観評価・道路交通状況などを連続的に測定する。運転中の「眠気」発現の実態を明らかにして、その予測方法を検討することで、夜間交通事故対策・運転者の健康管理などに有効な知見を得る。

1.3.2 方法

(1) 被験者

被験者は、深夜を含む夜間走行を恒常的に行っている陸送関係の会社に所属する職業運転手S01 (51)、S02 (37)、S03 (47)、S04 (58) の4名 {() は年齢} であった。



(2) 実験車

実験車は、総重量25t、全長12mの平台ボディーの大型トラックであった（図1.3-2-1 参照）。生体情報、ビデオ画像記録装置一式をキャビンに搭載した。ハンドル操作角、車間距離、ブレーキタイミング等の操作情報を測定・記録できるように改造を施した。

図1.3.2-1 実験車の概観と車両運動の座標軸

(3) 課題

これまでの知見から、高速道路における走行では、その単調性のために眠気が発生し易いことが予測される。また、実際の運輸業務においては、一般道路を走行することは少なくない。

表 1.3.2-1 実験条件とデータ名

No.	年齢	高速道路条件		一般道路条件	
		1回目	2回目	1回目	2回目
S01	51	S01H1	S01H2	S01N1	S01N2
S02	37	S02H1	S02H2	S02N1	S02N2
S03	47	S03H1	S03H2	S03N1	S03N2
S04	58	S04H1	S04H2	S04N1	S04N2

そこで、走行条件として「高速道路条件」と「一般道路条件」の2条件を設定し、両条件を比較することで、眠気発生の実態をより詳しく解明することを目指した。

高速道路条件では、東名高速道路を主に走行する岡崎 I.C.までの往復、一

般道路条件では国道1号線を主に走行する静岡駅前付近までの往復がおよその経路であった。両条件とも、22:00頃に実験基地を出発し、翌朝6:00に帰還するよう教示した。走行速度、休憩の仕方は、出来る限り普段の業務と同様に行うよう教示した。実質の走行時間はおよそ7時間であった。各被験者はそれぞれ毎週同じ曜日に実験を行い、2条件を2回ずつ試行した(表1.3-2-1)。“S01H1”は被験者1高速道路条件1回目ということを示す。条件の試行順は偏りの無いように調整した。実験は1999年7月～8月に実施した。予備走行も含め全20走行の実施には5週間を要した。

測定項目

測定項目と求めた主な評価項目の一覧を表1.3-2-2に示す。

表 1.3.2-2 測定項目一覧

	測定項目	主な評価項目
生理学的指標	EOG：水平	視線の固定
	EOG：垂直	瞬目回数、持続時間
	ECG	心拍数
ビデオ画像	皮膚温：額	緊張、リラックス
	皮膚温：鼻先	
	皮膚温：耳朶	
	前方画像 運転者上半身 運転者側面 バックミラー	前方状況・雨 運転者表情・副次動作 姿勢・副次動作 後方状況(追越し車)
車内環境	乾球温度 湿球温度 黒球温度	車内温度環境
	CO濃度 CO ₂ 濃度	車内空気環境
	騒音	車内音環境
操作情報 車両情報	速度 車間距離 ハンドル角 アクセル開度 ブレーキタイミング ウインカー 車両加速度 車両角速度	運転パフォーマンス

①生理学的データ

EOG：直径11mmの銀-塩化銀電極を被験者の左右のこめかみ、左眼窓の上下に貼付し、上下、左右のEOGを測定した。アース電極は右乳様突起(mastoid)に置いた。生体アンプの設定は、時定数3秒、HIGH CUT 300Hzを基本とし、感度は逐次調整した。ECG：ディスポーザブル電極を胸部の3箇所(前胸部胸骨柄：マイナス極、V5に近い肋骨上：プラス極、前胸部肋骨下部：アース)に貼付し、測定した。生体アンプの設定はLFF(0.016:時定数は自動的に

10秒)、HFF30Hz、感度2mVを基本とした。皮膚温：被験者の鼻先、額、耳朶の3カ所に米粒大的温度センサーを貼付し、表面皮膚温を測定した。

②主観評価指標

各種主観評価の測定時点を表1.3-2-3に示す。“Pre”は走行前、“Inter”は中間折り返し時、“Post”は走行後を示す。MWS(Mental Work Strain)チェックリストはRAS(Roken Arousal Scale)と同一のものである。走行中に実施するために、6要因(眠気、全般的活性、リラックス、緊

張、注意集中困難、意欲減退）から、1質問項目ずつ選び、口頭で質問した。被験者は、運転席インパネに貼付した7段階のスケール値を参考に口頭で答えた。

表 1.3.2-3 主観評価測定時点

③画像記録

4台の小型 CCD ビデオカメラと4画面分割器、ビデオデッキを用いて、被験者顔部画像、被験者側面画像、前方画像、バックミラー画像を同期させて記録した。なお、低照度条件で記録

するために、顔部および側面画像用のカメラには赤外線対応の改造を施した。

④車内環境

被験者の頭部付近に、温度センサーを設置し、30秒毎の平均乾球温度、湿球温度、黒球温度を測定した。同様に被験者の頭部付近において、一酸化炭素(CO)素濃度、二酸化炭素(CO₂)濃度、および騒音を測定した。

⑤操作情報

実験車に各種センサー・機器をとりつけ、車間距離、ハンドル操作角、アクセル開度、速度等を測定した。GPS センサー・3次元ジャイロ・3次元加速度計を組み合わせた測定器によって、緯度・経度、加速度、角速度を測定した。

1.3.3 結果

(1) 結果の概要

まず、主観評価を中心に結果の概要を述べる。

①走行前日 当日の時間スケジュール

実験日の前日からの、睡眠・仮眠・食事・勤務などの時間を図 1.3-3-1 に示す。被験者4名の前日の睡眠時刻は21時～10時ころの間（通常の睡眠時間に近い）が多くかった。夜間走行を恒常的に行っているが、昼夜逆転生活ではない。睡眠や仮眠の時刻、昼間の勤務に関する明かな特徴があった例を以下に示す。

S01H2：睡眠短め。昼間の運転業務が長く、唯一仮眠を取った日→（瞬きが平均して長めであった。）

S02H2：前日は1日仕事（通常睡眠なし）、その後の仮眠は6時間と長め→（実験中仮眠休憩をとった。）

S03N1：睡眠時間も仮眠時間も短め。

S03H2：睡眠時間も仮眠時間も長め。

S04H2：睡眠時間が短く、仮眠時間が長い日→（実験中仮眠休憩をとった。）

別途行ったインタビューでは、「眠い」と感じる時間（通常も実験時も）は3時～4時という報告が多くかった。これらのことからサーカディアンリズム、サーカセミディアンリズムの逆転はないと考えられる。

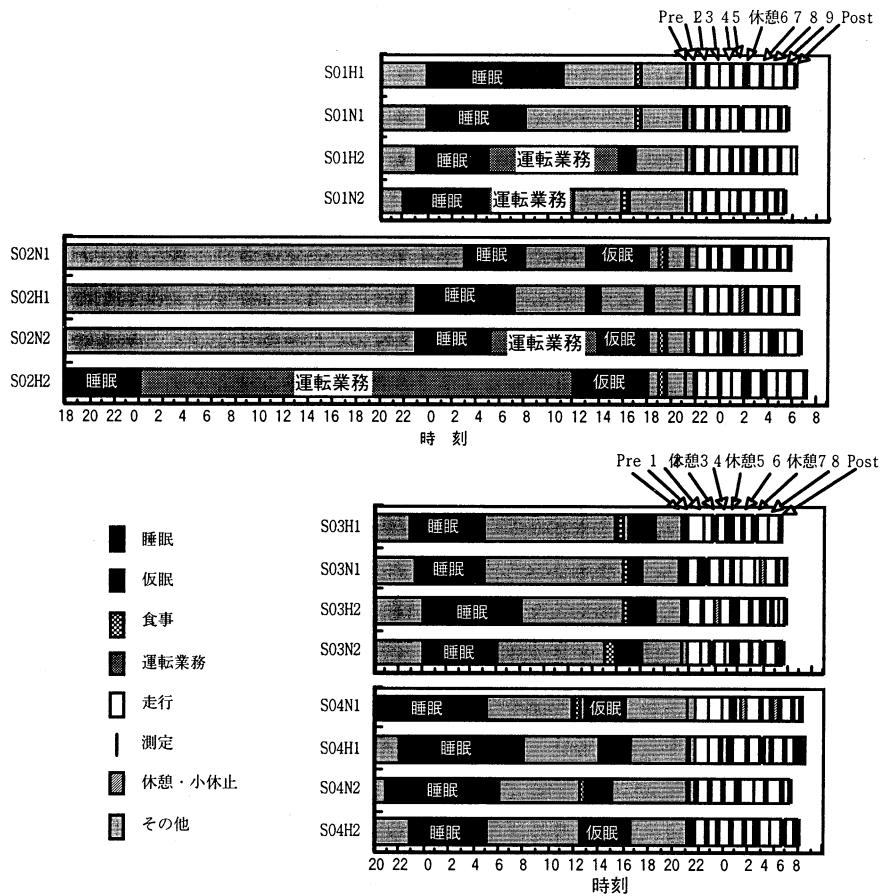


図 1.3.3-1 走行の前日 当日の時間スケジュール

②自覚症状しらべの概要

3 時点 {走行前 (Pre)、折り返し時点 (Inter)、走行後 (Post)} 別に、各被験者毎に群別に集計したものを平均した (図 1.3-3-2)。

両走行条件で平均訴え件数は、I 群 > III 群 > II 群であり、職業運転手にとっての運転作業

は精神作業的傾向をもつといえる。各条件別・質問項目群別に、時点 (Pre, Post) 要因とした 1 要因分散分析を行った。高速道路条件では、I 群 (activation の低下) のみ統計的に有意であった。下位検定 (Fisher の PLSD) によれば、Pre/Post 間、Inter/Post 間で差があるとみなせた ($p < 0.05$)。これらのことから、高速道路条件における Activation の低下が問題であるといえよう。

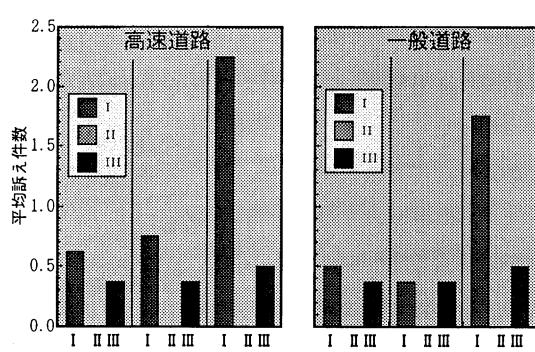


図 1.3.3-2 走行条件別・時点別・群別平均訴え件数

③MWS の概要

全被験者・全走行に共通する 7 時点 {走行開始直前(start)、1 時間後、3 時間後、折り返し休憩後、6 時間後、7 時間後、走行終了後(Post)} を選択し、要因別に平均したものを図 1.3-3-3 に示す。眠気については一般道路条件と高速道条件間の差が認められたので、走行条件別の平均を示す。

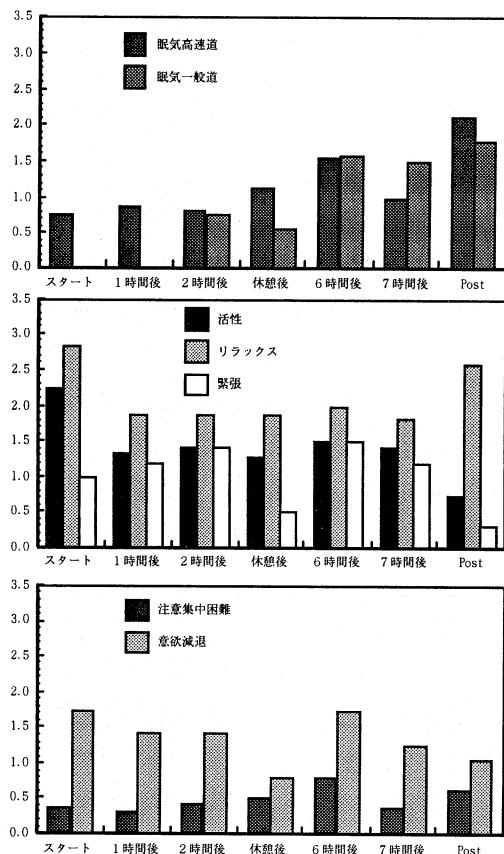


図 1.3.3-3 7 時点における
要因別平均

各要因毎に、時点×被験者の 2 要因分散分析を行った。眠気、活性、リラックス、緊張、については時点の主効果が統計的に有意であった。リラックスはスタート時点と走行後に高く、走行中はやや低い。活性はスタート時点で高く、徐々に低くなる。緊張はスタート時点、休憩後、走行後に低く、走行中は高いレベルにある。眠気・活性は休憩に関わらず、一定の増加または減少傾向を示している。緊張は休憩後は低下しており、走行に依存することが示唆される。

また、注意集中困難・意欲減退に時間経過による効果がみられない一方で、眠気の増加、活性の低下が見られるということは、「注意力を高める」「意欲を昂揚させる」などの方策は、眠気対策にはそれ程効果がないということを示唆する。

④各種データの総覧

測定した各種データより以下の指標を求めた。**眠気表情値**：顔のビデオ画像より、「全く眠くなさそう」「やや眠そう」「眠そう」「かなり眠そう」「非常に眠そう」の 5 段階等間隔尺度に基づき 1 分ごとに眠さの程度を評定した。

評定は熟練した第三者が行った。**心拍数**：ECG より求めた 1 分値。**瞬目持続時間**：EOG に基づく閉眼から開眼までの時間。1 分間ごとの平均値。**長い瞬目生起率 (Long15)**：眠気がない 10 分間の平均瞬目持続時間より 15%以上長い瞬目を 1 分間ごとに数えた。その数を、その区間の全瞬目数で除した。**EOG_SD**：水平 EOG の AD 変換値(256Hz)の 1 分間ごとの標準偏差。**表面皮膚温**：鼻先温度から額温度を引いたもの（鼻先・額）、耳朶温度から額温度を引いたもの（耳朶・額）を求めた。**ハンドル角速度 SD×速度**：速度を考慮したハンドル操作量の指標として、ハンドル角速度に速度を掛けたものを算出した。

データ総覧の例 (S02H2) を図 1.3-3-4 に示す。眠気表情値は日の出時刻付近 (4 時 30 頃) から低下している。この傾向は全被験者の全走行にみられた。

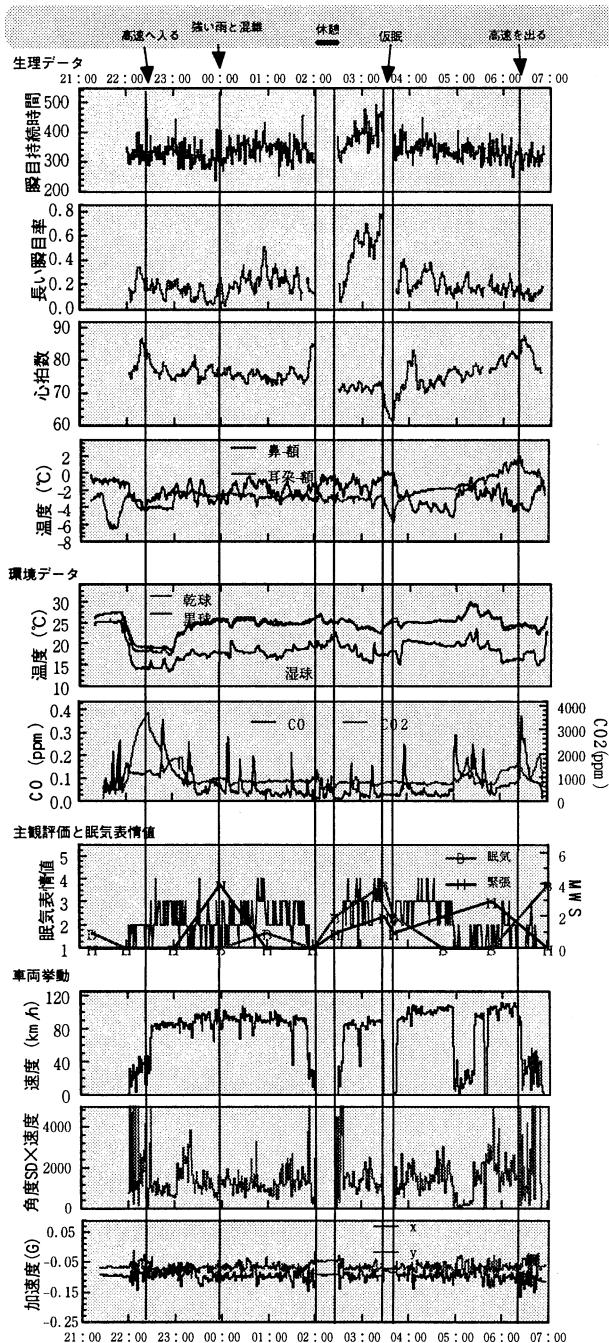


図 1.3.3-4 結果総覧 (S02H2)

び相関の正負は類似した傾向であった。従って、これらの測度は実走行においても、眠気の予測指標としての利用価値があると考えられる。

北島・沼田ほか (1997) では、10名中7名の被験者が居眠り事故を起こしていた。シミュレーター実験における相関係数の高さは、眠気の変動範囲が大きかった事が大きな要因であると考えられる。また、本実験では、天候、夜の暗さ、他車や道路特性などに基づく交通状況の影響が強いということが考えられる。実走行における眠気予測の精度をさらに向上させるためには、このような要因の影響を明確にすることが必要である。

(2) 相互相関分析と眠気予測

北島・沼田他 (1997)、沼田・北島他 (1997, 1998) に基づき、眠気の予測手法を検討するために、走行条件別に眠気表情値と、各測度との相互相関を求めた。眠気予測の実用性を考慮し、-1~-10(分)Lag 値の範囲で最も高い相関係数を採択した (表 1.3-3-1)。**高速道路条件**：眠気表情値と心拍数の有意な負の相関が S02、S03 に見られ、Lag は -3~-6(分) であった。S01 は眠気表情値の変動が小さく、また被験者 S04 は全体的に心拍数の変動が小さかった。瞬目持続時間では、S03 の 2 試行目を除き有意な正の相関が見られ、Lag は -3~-6(分) であった。EOG_SD では、S03 の 2 試行目を除き有意な負の相関が見られ、Lag は -1(分) であった。**一般道路条件**：眠気表情値は全体的に、高速道路条件よりも低めである。眠気表情値と心拍数の有意な負の相関が S02、S03 に見られた。Lag 値は高速道路条件よりも大きく、心拍数の低下と眠気表情値の上昇の delay は短かい。EOG_SD についても S02、S03 において同様の傾向であった。

北島・沼田他 (1997) のシミュレーター実験の結果と比較して、今回は両走行条件とも全体的に相関係数が低かった。しかし、Lag 値およ

高速道路条件	眠気表情値			心拍数		瞬目持続時間		Long15		EOG_SD	
	min	max	ave	Lag	r	Lag	r	Lag	r	Lag	r
S01H1	1	3	1.70	-6	-0.139	-3	0.162	-	NS	-1	-0.164
S01H2	1	4	1.60	-	NS	-1	0.184	-1	0.161	-1	-0.101
S02H1	1	5	1.80	-3	-0.114	-1	0.200	-1	0.252	-1	-0.318
S02H2	1	4	2.20	-5	-0.283	-1	0.262	-1	0.254	-1	-0.361
S03H1	1	2	1.30	-4	-0.182	-2	0.113	-	NS	-	NS
S03H2	1	3	1.40	-3	-0.109	-	NS	-	NS	-	NS
S04H1	1	3	1.70	-	NS	-6	0.136	-	NS	-1	-0.131
S04H2	1	4	1.70	-	NS	-	NS	-	NS	-	NS

一般道路条件	眠気表情値			心拍数		瞬目持続時間		Long15		EOG_SD	
	min	max	ave	Lag	r	Lag	r	Lag	r	Lag	r
S01N1	1	2	1.30	-7	-0.336	-9	0.155	-	NS	-7	-0.122
S01N2	1	3	1.40	-	NS	-	NS	-	NS	-	NS
S02N1	1	4	1.90	-1	-0.256	-1	0.232	-9	0.170	-1	-0.201
S02N2	1	5	1.80	-4	-0.212	-4	0.293	-2	0.338	-1	-0.365
S03N1	1	2	1.30	-1	-0.195	-	NS	-	NS	-1	-0.188
S03N2	1	4	1.60	-1	-0.140	-1	0.176	-2	0.119	-1	-0.208
S04N1	1	3	1.40	-1	-0.106	-1	0.151	-	NS	-1	-0.205
S04N2	1	3	1.50	-	NS	-	NS	-	NS	-	NS

表 1.3-3-1 眠気表情値と各指標との相関

(3) 実走行における諸要因の分析

実走行における眠気予測手法の検討においては、実走行に特有の問題、すなわちシミュレータと比較して状況要因がより複雑で変動範囲大きく、また、現実に事故の危険性を伴うために眠気への対処の問題がより深刻であることなどを考慮する必要がある。本節では、実走行にみられた心拍初期亢進および眠気の発現について、また、状況要因として天候や地理、混雑の影響、さらに休憩について取り上げ、運転作業負担や眠気関連生理測度に及ぼす影響に関するより詳細で個別的な検討をおこなう。

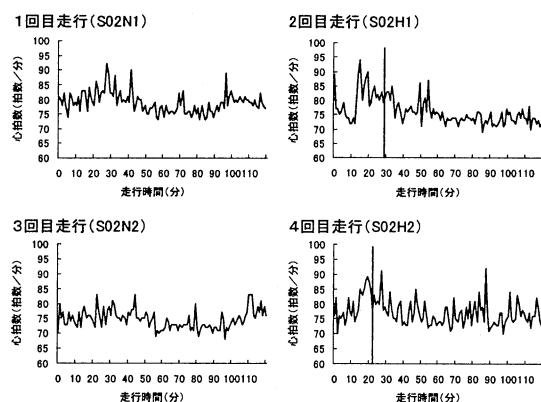


図 1.3.3-5 走行開始後 2 時間の心拍数の例。1名の被験者 (S2) の全 4 走行の結果 (垂直線は高速道路入口)

どで復帰して平坦となる。この被験者の場合、高速道路条件の方が初期亢進が大きい。前述のようにこうしたパターンには個人差があり、例えば S01 は、全 4 回の走行において、走行開始

①心拍の初期亢進

走行開始直後の数十分から 1 時間にかけ心拍の亢進が多くの走行で認められた。初期亢進における心拍の変化パターンには大きな個人差があったが、個人内では比較的類似していた。高速道条件と一般道条件との間に明瞭な差はみられなかった。走行全体の平均心拍数と走行初期 30 分の平均心拍の差で初期亢進の大きさを見ると、その心拍数の増加量は 1.3~15.0 拍/分の範囲、平均 5.5 拍/分であった。最も明瞭な初期亢進を示した被験者の例を図 1.3-3-5 に示した。走行開始後 10~20 分に心拍数のピークがあり、1 時間ほ

後 30 分付近に緩やかなピークを示し、その後約 2 時間で緩やかに低下するというパターンを示した。図 1.3-3-5 の例において、高速道、一般道の各条件で 1 回目と 2 回目を比較すると、1 回目の方がやや初期亢進が大きい。こうした実験走行の繰り返しによる初期の心拍数の低下は 4 名の被験者のうち 3 名に認められた。

②強い眠気が発現した場合の分析

高速道路走行の延べ 8 例のうち 2 例 (S02H2, S04H2) において、眠気を理由に仮眠がとられた。2 例とも約 13 分間の運転席での仮眠であった。強い眠気が生じていたと考えられる仮眠の直前においては、2 例とも副次動作（あくび、自分の身体に触るなどの運転に直接関係のない動作）の頻度が増加するとともに瞬目持続時間が延長した。S02H2 では、眠気表情値と瞬目持続時間が増加する間、瞬目回数が一旦増加した後に減少するというパターンを示した。図 1.3-3-6 は、この仮眠の後も約 2 時間、副次動作が頻発し、瞬目持続時間の延長を示した例 (S04H2) である。車速、車間距離、瞬目持続時間、瞬目頻度、副次動作をそれぞれ 1 分値または 2 分値で示した。副次動作は、ビデオ映像に基づき、自分の身体の各部位に触る行動、「あくび」、「伸び」、他の運転操作以外の身体各部位の動き等を 2 分ごとに合計した。この被験者においては、「あくび」、「顔に触る動作」、および「顔面の動き」の頻度の増加がみられた。車速、追い越し頻度、車間距離から運転行動をみると、十数分の間隔で、一定ペースを保って他車に追い越せる状態と、積極的に追い越す状態を繰り返しているが、追い越しの多い時期においては瞬目持続時間の延長が押さえられ、結果的に、瞬目持続時間に十数分の周期の変動

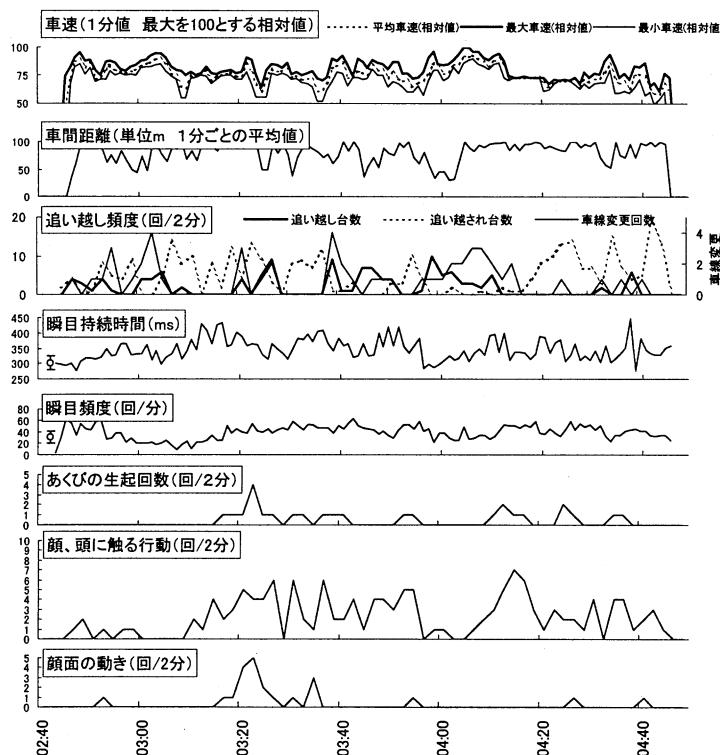


図 1.3.3-6 往路における、運転行動（車速、車間距離、追い越し頻度）瞬目（持続時間、頻度）、および副次動作の例
(瞬目測度における左端の円と垂直線は往路の平均と SD)

がみられた。特に、午前 4 時頃以降に、当日最高のレベルまで速度をあげて積極的に追い越しをした時期には瞬目持続時間の短縮、瞬目の若干の抑制、副次動作の減少がみられた。この例においては、十数分間の単調の持続が、眠気の進行を生じさせ、おそらく、被験者は、頻繁な副次動作や、運転に変化をつけることによって単調感や眠気に対処していたことがうかがわれる。

仮眠には至らなかつたものの、強い眠気（事後報告で MWS の眠気レベル 6）が訴えられた際に、副次動作の増加

と共に顕著な瞬目数の増加を示した例があった(S03H1、午前4時頃)。この例や、前述のS02H2の仮眠直前の瞬目測度の変化パターンからすると、眠気の増加に伴って瞬目回数が減少する場合と増加する場合があり、眠気の評価指標への適用方法に関して、今後さらに検討する必要がある。

③道路条件、天候の影響

一般道、高速道各8例において、ワイパーの動作を手がかりとして降雨の有無を判断した結果、ほとんど全ての走行において少なくとも1度は雨に遭遇していた。気象の変化と道路条件によって作業負荷が増加した例として、急カーブが連続する一般道の山坂道において、雨と濃い霧が発生した場合の心拍数、瞬目頻度、ステアリングSD、および車速を図1.3-3-7に示した。急カーブの多い山坂道での霧の発生時には、約5拍/分の心拍数の増加と、前方注視に伴う瞬目回数の減少がみられ、1分間に一度も瞬目のない区間もあった。これは最も顕著な例であった。これとほぼ同一の道路区間での瞬目頻度の減少は、一般道走行の全8例中5例に認められた。こうした道路条件や天候などを考慮することも、瞬目測度の評価における精度の向上に有効であると思われる。

④混雑、渋滞等の状況とその影響

本調査の高速道路条件においては、しばしば停止するほどの渋滞はS02H2の復路に生じたのみであったが、1~2時間の間におよそ60km/hまでの減速が時折生じる混雑が3例にみられた。強い眠気を訴えて仮眠をとった2例では、いずれも往路にこうした混雑があった。往路の車間距離(高速道走行時の平均値)と復路の瞬目持続時間(被験者ごとに標準化)との相関係数 r を求めたところ

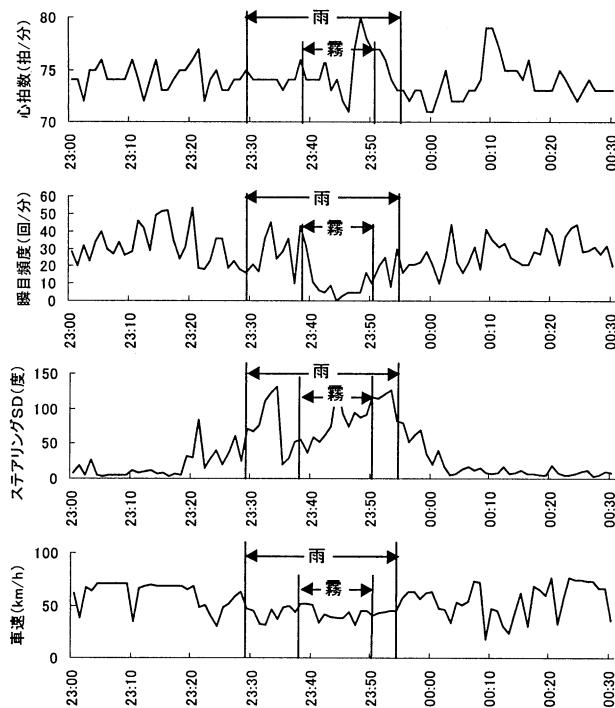


図1.3.3-7 一般道の山坂道において雨および濃い霧が発生した際のドライバーの心拍数、瞬目頻度、ステアリングSD、および車速における1分ごとの平均値(S04N1)

-0.76(N=8)であり、5%水準で有意であった。これは、少数のnの結果ながら、往路の混雑が強い場合に、復路における眠気が生じたことを示すものである。しかし、上記2例が強い眠気を示した時点での道路状況は比較的単調なものであった。また、混雑が生じ、かつ瞬目持続時間の長かった走行は2回目の走行に集中していることから、実験走行の繰り返しも影響している可能性がある。

⑤休憩

本調査では、休憩の配分は被験者に任された。休憩の取り方には個人差があるが、個人内ではほぼ類似していた。1走行あたりの休憩回数は1~4回の範囲であり、S01とS02は、ほとんどの走行において、折り返し地点での1回の休憩であった。S03とS04は、多くの場合に3~4回の休憩を取った。1回あたりの

休憩の長さは4～32分の範囲であり、1走行あたりの合計は15～66分の範囲であった。

眠いため休憩・仮眠を取ったS02とS04における休憩の効果をみると、仮眠の後の走行においては、S02H2は、心拍数亢進と瞬目持続時間のレベルの低下、副次動作の頻度の低下を示し、走行終了まで安定していた。S04H2は、休憩直後に心拍の亢進はみられず、約30分後(3:00頃)に再び瞬目持続時間の増加、瞬目回数の増加を示し、副次動作が頻発した。これらの眠気微候は4:45のトイレ休憩まで、起伏を示しながらも持続した(図1.3-3-6)。この例では休憩・仮眠による十分な回復効果はみられなかったと言える。

以上の分析において、仮眠前の眠気、および休憩の効果の差などに関して、瞬目、心拍、運転行動および副次動作の符合がみられ、主観評定ともある程度一致していた。生理測度と共に行動測度を採用することによる眠気予測の高精度化の可能性が示された。

1.3.4 まとめ

- (1) 被験者は夜間運転業務を恒常的に行っている職業運転手であったが、4名全員が3～4時頃には比較的強い眠気を訴え、眠気表情値も高めであった。
- (2) シミュレータ実験において、眠気の予測指標としての有効性が確認されている、瞬目持続時間・視線固定の程度・心拍数などは、実走行場面においても有用であると思われる。
- (3) 実走行場面における予測精度をさらに向上させるため、以下の検討が必要である。
 - ①長距離自動車走行においては、大幅で頻繁な環境の変化が作業負担や眠気に影響を及ぼすことがうかがわれ、その詳細な分析をさらに継続する必要がある。
 - ②実走行の眠気発現においては、副次動作を頻繁におこなうことや意図的な運転行動の変化(積極的な追い越しなど)といった対処によって覚醒維持がなされていることが本分析結果からうかがわれた。実走行における眠気予測の精度の向上のためには、こうしたドライバの行動や状況要因を加味しての分析が必要である。
 - ③今回は、実走行での眠気予測手法の検討を主たる目的とした。そのため、走行条件の実験的な統制を重視し、運転作業中の行動や生理反応の分析をおこなった。今後は、勤務体制や、生活時間、「荷揚げ、荷下ろし」といった、精神的、身体的負担に影響する他の要因を取り上げていく必要があろう。

文 献

- ・警察庁ホームページ：交通事故発生状況：時間帯別死亡事故発生件数(
<http://www.npa.go.jp/koutuu1/99home/jikan.htm>)
- ・藤田大二(編著)，交通現象と交通容量，1988，技術書院
- ・北川睦彦・三戸秀樹、労働としての自動車運転とその管理、大阪交通科学研究会編 交通安全学第6章、企業開発センター交通問題研究室、2000
- ・北島洋樹・沼田仲穂・山本恵一・五井美博、自動車運転時の眠気の予測手法についての研究(第1報、眠気表情の評定法と眠気変動の予測に有効な指標について)，機械学会誌C篇，1997，63(613)，3059-3066
- ・沼田仲穂・北島洋樹・五井美博・山本恵一、自動車運転時の眠気の予測手法についての研究(第2報、眠気変動の予測と居眠り警報タイミングの決定)，機械学会誌C篇，1997，63(613)，3067-3074
- ・沼田仲穂・北島洋樹、シミュレータ実験による事故前後の運転者の挙動分析と居眠り警報、自動車技術会論文集，1998，29(2)，127-132

1. 4 監視作業場面におけるフィールド調査

(名古屋市立大学)

1.4.1 調査目的

化学プラント・コントロール・ルームにて3交代で勤務する監視作業従事者の労働負担を、生体リズム、ストレスの視点から検討することを目的として本調査を実施した。

1.4.2 調査対象

某化学プラントの監視作業者を対象として調査を実施した。アンケート調査では、対象職場の全監視作業者を対象群、常日勤事務作業者を対照群として調査を実施した。また、作業負担調査では、交代勤務監視作業者34名（年齢 36.5 ± 8.1 歳、勤続年数 18.1 ± 7.5 年、配属年数 13.8 ± 8.8 年）および常日勤者8名（年齢 39.6 ± 9.6 歳、勤続年数 22.1 ± 7.6 年、配属年数 16.0 ± 9.5 年）を対象に実施した。なお、一部の検査については、対象者中の1部のもののみを対象として検査を実施した。

なお、対象職場においては4組3交代で各組8名が下に示した様なシフトで勤務していた。

休	日	日	日	休	タ	タ	タ	夜	夜	夜	明	休
→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	け	→
日	勤	勤	勤	日	勤	勤	勤	勤	勤	勤	日	日

※日勤：8:00～16:00、夕勤：16:00～23:00、夜勤：23:00～8:00

1.4.3 調査項目

- ・アンケート調査：調査対象事業所において、全般的な勤務状態、健康・ストレス状況を把握するため、主調査対象である監視業務従事者および対照として他作業従事者に対して質問紙調査を実施した。調査質問紙は、個人属性のほか、雇用形態、勤務状況など勤務条件、勤務による生活への影響、主観的な健康・心理状況（日常的な睡眠感、自覚症状、健康感・ストレス感）、最近の罹病状況などの質問項目から構成されている。
- ・作業負担調査：勤務中の勤務内容、および生理・心理機能の変化を継時的に観察するとともに、帰宅後・休日における家庭生活中の状況を調査した。

実施した検査は、疲労感などに関する質問紙調査、フリッカー検査、反応時間、身体重心動揺、唾液中コルチゾル濃度、心拍数、心拍変動である。

なお、各検査項目の概要と意義は以下の通りである。

- 1) 質問紙調査：各時点ごとに下記の項目に関する質問し検査を実施した。

- ・作業(行動)内容、作業状況、休憩の有無
- ・日本産業衛生学会産業疲労研究会編「自覚症状しらべ」
- ・VAS(Visual Analog Scale)を使用した主観的疲労感、眠気など
- ・MWS(Mental Workload Strain)：眠気、緊張度に関する12項目に関する7段階尺度

- 2) フリッカー：点滅する光源を示し、認識できる光源の点滅周波数を測定する。大脳皮質の覚醒状態を示し、覚醒レベルが低下すると、認識できる光源の点滅周波数も低下する。

- 3) 反応時間：パソコン画面上にランダムに表示される数字を出来る限り早く、正確に入力させることによって、視覚刺激からタスク遂行までの時間(反応時間)を評価した。今回、反応時間の延長をもって覚醒レベルおよび集中力の低下とした。

- 4) 身体重心動搖：直立姿勢時における身体の振れ具合を重心点の移動によってとらえる。大脳皮質の覚醒レベルが低下すると重心移動距離は延長することが知られている。
- 5) 唾液中コルチゾル：副腎皮質から分泌される糖代謝作用の強いホルモンであるとともに抗ストレスホルモンであり、精神的緊張が増加すると分泌が増す。
- 6) 心拍数：1分間の心臓の拍動数。身体活動や精神的緊張等で増加する。
- 7) 心拍変動：心拍の間隔の生理的変動（心拍の揺らぎ）を周波数解析することによって、交感神経および副交感神経の活動状態を推定する。

1.4.4 調査期間

1999年9月14日～27日

1.4.5 調査結果

1) アンケート調査結果

調査対象者の勤務・生活状態、健康・ストレス状況を把握するため、雇用形態、勤務状況など勤務条件、勤務による生活への影響、主観的な健康・心理状況（日常的な睡眠感、自覚症状、健康感・ストレス感）、最近の罹病状況などに関する質問紙調査を実施した。

95名から回答を得たが、結果の解析はそのうちの男性従業員85名についてのみ行った。全体の平均年齢は、 39.2 ± 9.4 歳（平均値±SD）であった。これらの回答者を勤務制（交代制勤務、補充的に交代勤務にも就業する常日勤、常日勤）、作業内容（監視業務または非監視業務）で分類したうえで以下の解析を進めた。

監視作業者42名のうち、32名は交代制勤務者、10名は補充的に交代勤務にも従事する常日勤者であり、一方、非監視作業者43名はすべて常日勤者であった。回答者の勤続年数は、監視作業者、非監視作業者間に大差はなかったが、現在の所属に配属されてからの経過期間は、監視作業者では交代勤、補充的交代勤とも平均で約14年であるのに対し、非監視作業者では7年と短く、監視作業者では同一勤務に長く従事していることが明らかとなった（表1-4.1）。年齢は、監視作業者の方が、非監視作業者より4～5歳若かった。

表1-4.1回答者の属性

		勤務年数	配属年数	年齢
監視作業	交代勤	18.5 ± 7.2	14.2 ± 8.9	36.9 ± 7.9
	補充的交代勤	19.8 ± 9.1	14.2 ± 9.2	37.5 ± 10.3
非監視作業	常日勤	19.8 ± 10.4	7.4 ± 7.9	41.8 ± 10.1

これらの回答者で仕事と生活との関連をみると、交代勤の監視作業者では、ほとんどの項目で非監視作業者よりも多く、勤務によって個人生活に影響を受け、支障が生じていることがうかがわれる（図1-4.1）。また、現在の仕事で「よいと思われる点」についても質問したが、交代勤監視作業者では72%の者が「日中に自由時間がある」ことを利点として答えていた。一方、仕事の内容、自分の予定のたてやすさ、残業の少なさ、仕事の進め方の自己調整度などは、非監視作業者でメリットとしてあげる者が多かった。

仕事の内容については、交代勤監視作業者では、仕事量の多さ、勤務時間の不規則性、技術知識の必要性を訴える者の割合が高かった（図1-4.2）。他方、作業者自身で仕事の予定を組む

ことに関しては、非監視作業者で高率であった。これらのことから、交代勤監視作業者では常日勤非監視作業者よりも仕事の要求量が高く、裁量度が低いことがうかがわれた。

主観的項目のうち、睡眠不足の訴え状況をみると、交代勤監視作業者では、睡眠不足を「しばしば」以上に訴える者の割合が非常に多く、日勤時の訴えについてみても、非監視作業者と比較した場合には、約3倍交代勤監視作業者の訴え率が高かった（図1-4.3）。交代勤監視作業者で勤務時間と睡眠不足との関係をみると、夜勤時にはとくに睡眠不足を訴える割合は高く、「しばしば」以上頻回に睡眠不足を訴える者は8割以上だった。夕勤時の睡眠不足の訴えは他勤務時より低値であった。日勤時の睡眠時間に関しては、平均値でみると各群とも6.6～6.9時間であり大きな差は認められなかった。夕勤時の平均睡眠時間は比較的長く、7時間程度となり、また、夜勤時は逆に最も短く、5.9時間であった。

最近1か月における回答者の自覚症状に関する回答では、身体不調や一般的疲労感の訴えである「胃腸の調子が悪い」「腰が痛い」「健康のことが心配で仕方ない」などが交代勤監視作業者では多くなっている。労働意欲の低下とも考えられる「いろいろ不満だ」「なんとなく生きている気がする」も同様の傾向を示した。

全体的な健康感では、「不調」や「非常に不調」を訴える者の割合が交代勤監視作業者では非監視作業者よりやや多かった。さらに、疲労感、ストレス感でも、交代勤監視作業者では高く感じる割合が多く、主観的に交代勤監視作業者では自分の健康に不安を感じる傾向が強かった（図1-4.4）。

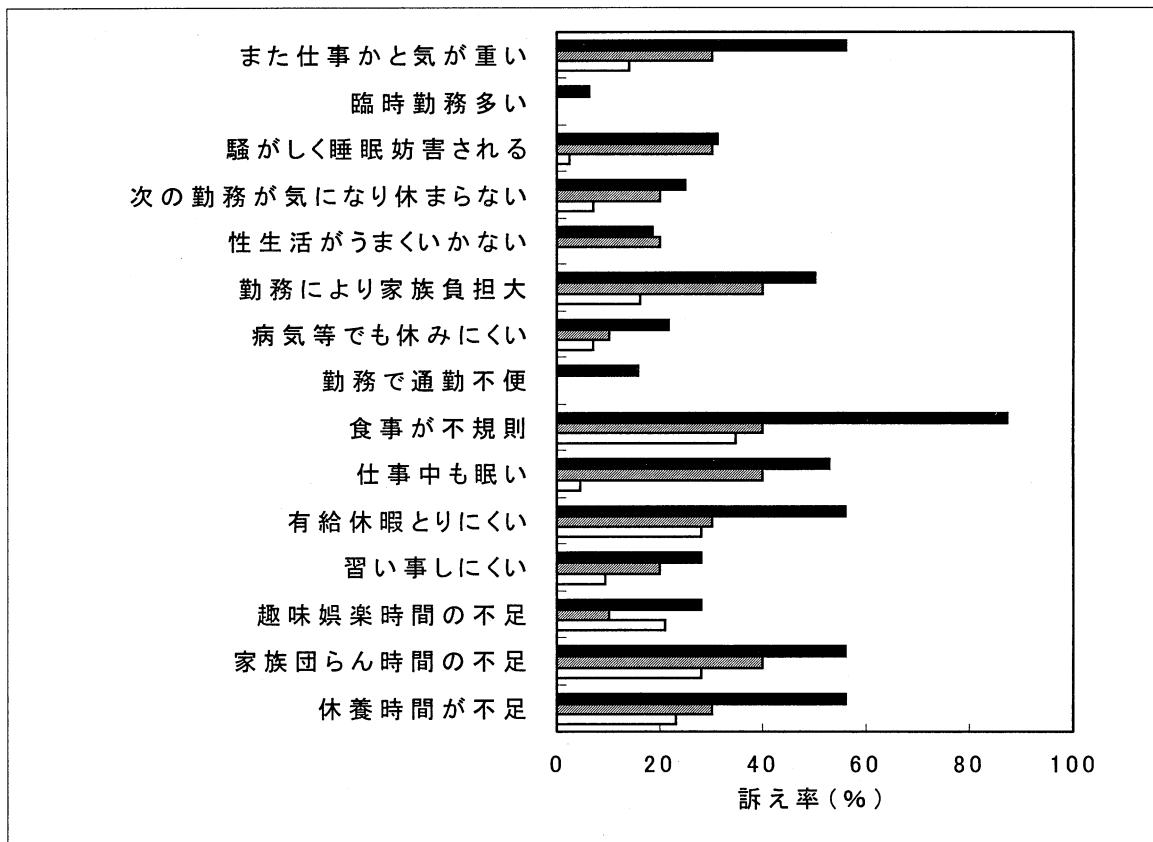


図1-4.1 勤務による個人生活への影響

黒色バーは交代勤監視作業者（n=32）、斜線は補充的交代勤監視作業者（n=8）、白色は非監視作業者（n=45）

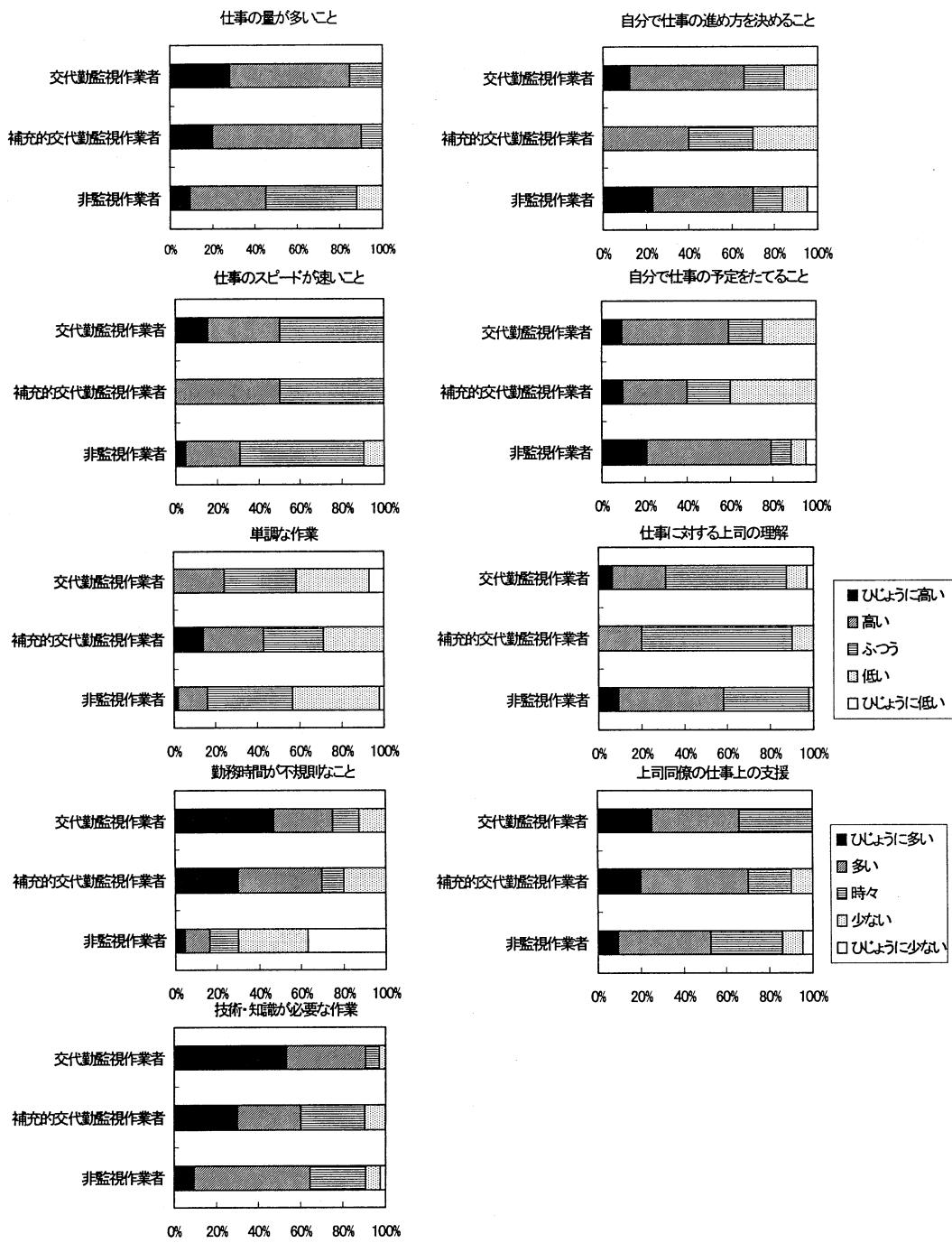


図 1-4.2 監視・非監視作業者における仕事の性格・性質

図中、黒色は「ひじょうに多い」、斜線は「多い」、横線は「時々」、斑点は「少ない」、白色は「ひじょうに少ない」を表す。ただし、仕事に対する上司の理解については図横の説明を参照。

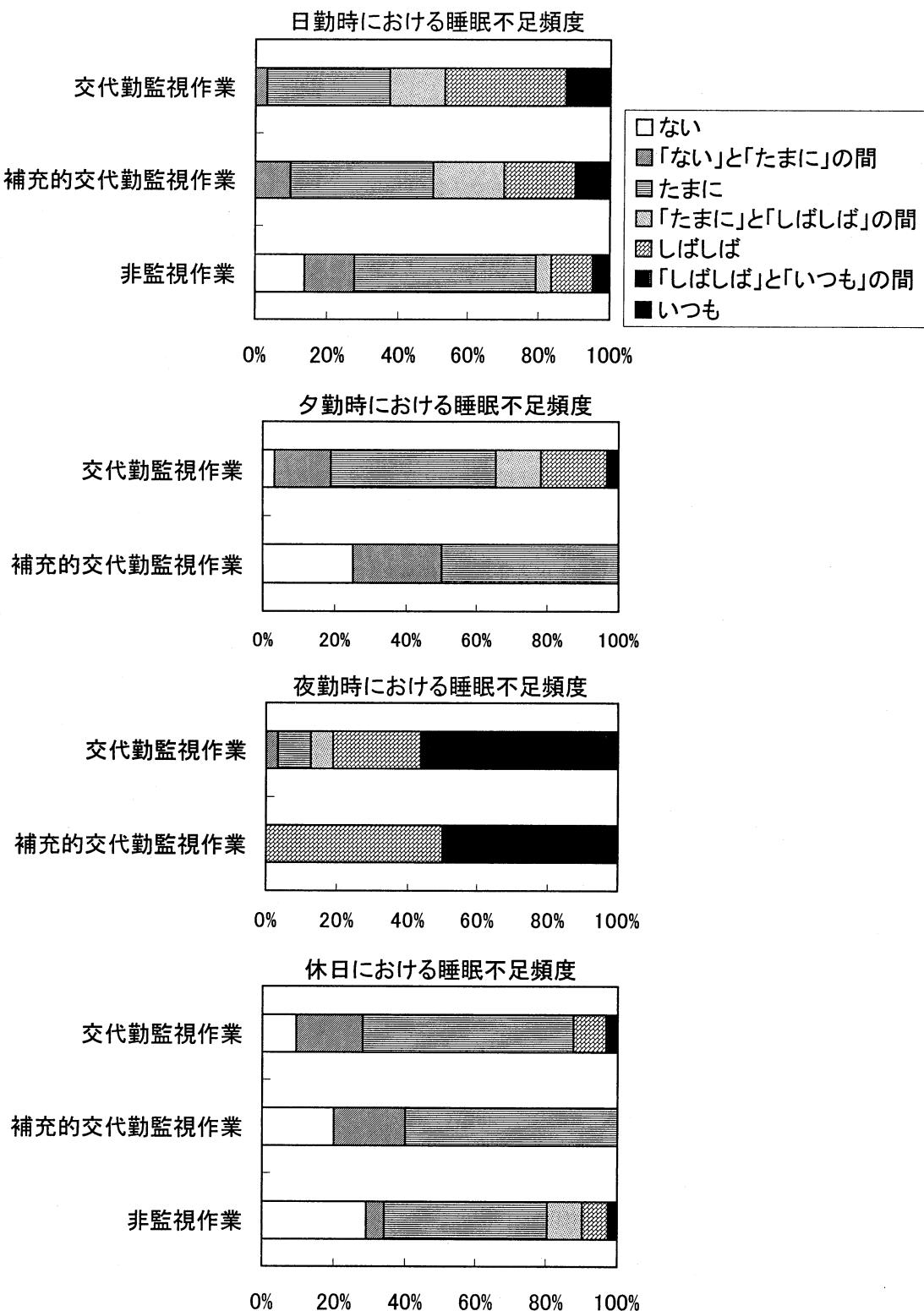


図 1-4.3 各勤務時における睡眠不足感の頻度

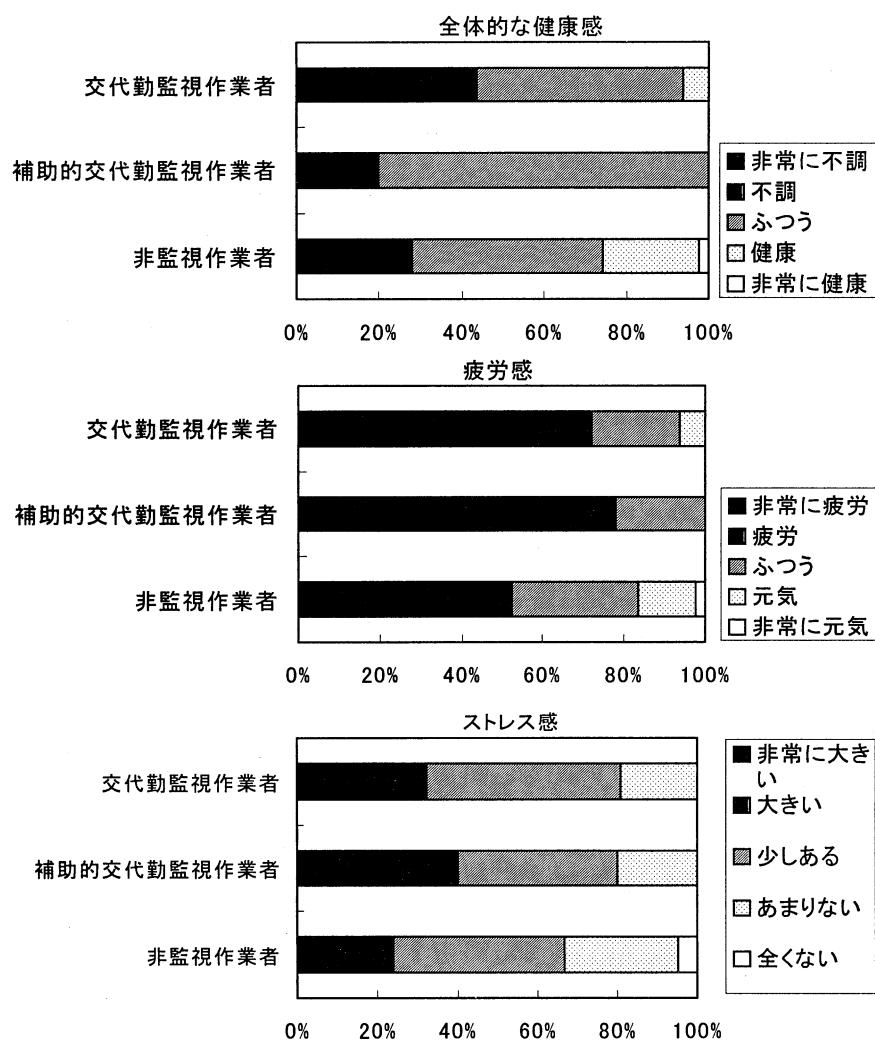


図 1-4.4 監視・非監視作業者における主観的健康感・疲労感・ストレス感

2) 作業負担調査結果

1. 質問紙検査

・勤務と睡眠時間

シフトごと、勤務日ごとに勤務までにとる睡眠時間（前日の勤務と当日の勤務の間にとる睡眠時間の総合計、ただし、前日が休日の場合は前日午後 10 時以降の睡眠時間の合計）をみたところ、常日勤者では、勤務日に関わらず、ほぼ 7 時間で一定となっていた。交代勤務者では、日勤時にはいずれの勤務日とも 7 時間前後であるが、夕勤時では 3 日間のシフト中日勤時よりも長く睡眠をとる傾向が認められた。夜勤時では 1 日目は 10 時間と長く眠るもの、2、3 日目は平均で 6.5 時間前後と日勤時よりもやや短くなっている（表 1-4.2）。

・V A S 法による眠気尺度（図 1-4.5）

眠気尺度は、日勤者では作業開始時から昼休み前まで眠気が減少した。昼食後は眠気が高くなり 1 日の最高値を示す。その後は再び眠気は低下し、午前中のレベル程度となる。勤務に就いてからの日数では 3 日目が全体的にやや低い傾向を示した。

表 1-4.2 常日勤・交代勤務者の平均睡眠時間

シフト	勤務日	平均値 ± 標準偏差
常日勤	1 日目	6.99 ± 1.19
	2 日目	7.06 ± 1.06
	3 日目	7.11 ± 0.64
交代勤	1 日目	6.75 ± 1.26
	2 日目	6.85 ± 1.89
	3 日目	7.37 ± 1.35
日勤時	1 日目	9.15 ± 2.10
	2 日目	8.07 ± 1.48
	3 日目	7.58 ± 1.38
夕勤時	1 日目	10.43 ± 1.88
	2 日目	6.23 ± 1.76
	3 日目	6.57 ± 1.66

交代勤務者では、日勤時には、常日勤者と同様の変化を示し、昼休み後にピークとなるパターンが観察された。しかし、午後の低下は常日勤者ほど大きくはなく、作業開始時点のレベルで継続した。勤務日（1, 2, 3日目）間の相違はあまり大きくはなかった。夕勤時には作業開始時点から2時間後にかけて眠気は減少した。その後の眠気は時間経過とともに漸増していった。夕勤勤務日間の違いはほとんど認められなかった。夜勤時の眠気尺度は全体的にひじょうに高く、また、眠気は時間経過とともに上昇していった。夜勤時では夜勤2日目が作業前半から高い傾向を示した。

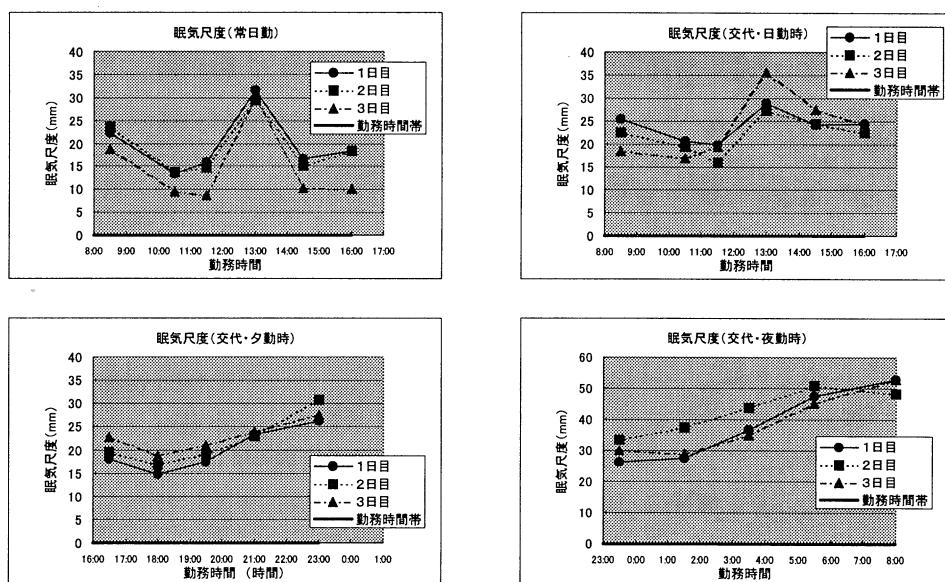


図 1-4.5 勤務時間ごとの眠気尺度の変化

眠気尺度はV A S法によって測定した。数値が高くなるほど眠気が大きくなることを示している。横軸上の太線は勤務時間帯を表している。

・精神的作業負担 (MWS)

精神的作業負担の評価はグループごとの平均値で行った。精神作業負担の各項目の回答を因子分析すると（主因子法、バリマックス回転）、大きく3因子に分類された（表 1-4.3）。因子1は、覚醒度に関する項目と考えられ、「まぶたが重いと感じる」、「思考がにぶってい

る」、「眠い」、「なにかすることに気乗りがしない」、「注意の集中ができない」が含まれる。因子2は、心理的賦活感を表し、「緊張している」、「活力がみなぎっている」、「どきどきしている」、「積極的な気分だ」がこの因子に入る。3番目の因子は、「くつろいだ気分だ」、「ゆったりした気分だ」が含まれ、精神心理的なリラックス状態を表すものと思われる。

各時点の動きは、因子ごとで同様の変動を示しており、ここでは各因子の代表例について述べる。因子1の覚醒度に関する項目のうち「注意の集中ができない」をみると、その変動

表1-4.3 精神的作業負担質問項目による因子分析

	因子1	因子2	因子3
くつろぎ感	0.008	-0.0021	0.892
まぶたの重さ	0.689	-0.167	0.0066
緊張感	0.222	0.733	-0.250
活力感	-0.112	0.756	0.337
思考のにぶさ	0.848	0.156	0.0013
ゆったりさ	0.112	0.084	0.902
眠さ	0.676	-0.284	0.0012
やる気のなさ	0.762	0.104	0.0030
どきどき感	0.297	0.530	-0.223
気乗りのなさ	0.730	0.139	0.0022
注意困難	0.841	0.208	0.0019
積極的な気分	-0.191	0.677	0.356

因子抽出法は主因子法を用い、Kaiser の正規化を伴う
バリマックス回転後の因子行列。各数値は因子負荷量を表す。

は、VAS法による眠気尺度と相似したパターンを示した（図1-4.6）。常日勤、交代勤とも日勤時には、午前中は昼休み前にかけて低下し、午後は高くなるパターンであった。夕勤時や夜勤時は時間経過に伴い上昇する形がみられた。夜勤時の2日目は、1日目、3日目よりもより早期に覚醒度が下がる傾向が認められた。

因子2では、「活力がみなぎっている」を代表例としてみると、全般的には日勤、夕勤、夜勤とも勤務前半に活力感が高く、その後漸減する傾向にある（図1-4.7）。

因子3のリラックス感は、図1-4.8に

示すように、日勤時の昼休み後を除けば、一日を通じてほぼ一定であった。

・自覚症状しらべ

産業衛生学会産業疲労研究会撰「自覚症状しらべ」については、3群にわけ、それぞれの訴え率で評価した。「ねむけとだるさ」を表すとされるⅠ群訴え率は常日勤者ではVASによる眠気尺度とほぼ並行した形で変動しており、午前中は低下傾向、昼休み後高くなり、さらにその後作業開始レベルまで低下するというパターンが見られた（図1-4.9）。交代勤務者では、日勤時でも常日勤者とは異なり、時間経過とともに上昇する形が観察された。この形は夕勤、夜勤時でも認められ、とくに夜勤時の訴え率はひじょうに高いものであった。また、日勤、夕勤、夜勤とも2日目の訴え率は他日よりもやや高い傾向にあった。

「注意集中の困難」を意味するⅡ群訴え率は日勤、夕勤では10%未満で推移し、時間経過や勤務日での違いは明確ではなかった（図1-4.10）。しかしながら、夜勤時には訴え率は作業時間が長くなるにつれて高まり、勤務終了時には10%以上の訴え率が観察された。

夜勤2日目の訴え率は早期に高まる傾向にあった。

Ⅲ群（「身体部位への疲労の投射」を意味する）訴え率も、日勤時には、常日勤者も交代勤務者もほぼ一定であり5～10%程度の訴え率で動いていた（図1-4.11）。夕勤時にも訴え率は数値的には日勤時と同様だが、訴え率の変化をみると作業時間の経過とともに上昇するような印象を受けた。夜勤時のⅢ群訴え率は他の勤務時とは異なり、作業終了時では12%前後の高い値を示した。また、2日目の訴え率は作業開始時から約20%と高値であり、他の勤務日とは相違するパターンが認められた。

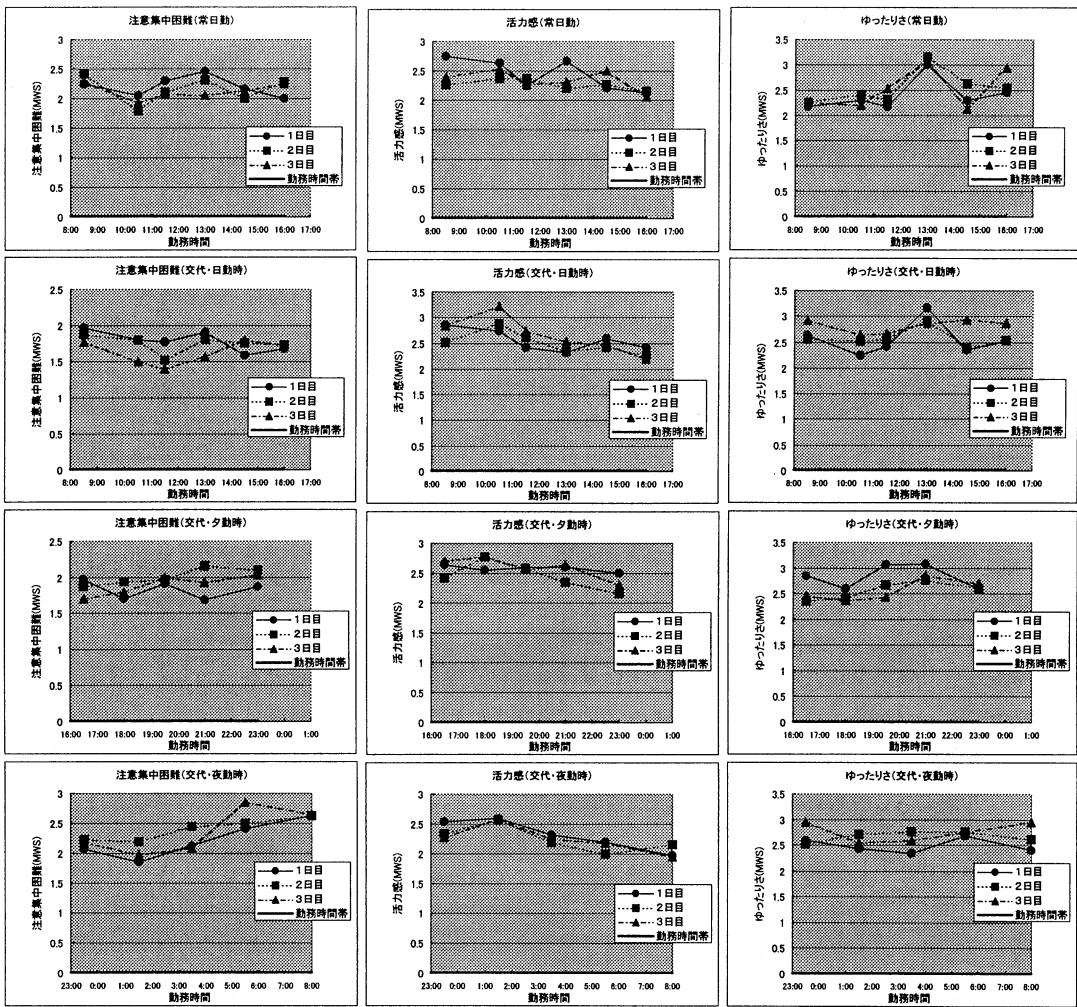


図1-4.6 精神的作業負担因子1
の変動 (注意の集中困難)

図1-4.7 精神作業負担 因子2
の変動 (活力)

図1-4.8 精神作業負担 因子3
の変動 (ゆったりした気分)

2. フリッカー検査結果

・日勤作業におけるフリッカー

1日目、2日目、3日目ともに8:30(作業開始時)は低い覚醒レベルから開始し、全体的なレベルも日毎に低下したが、初期適応期と考えられる機能亢進が3日間とも認められた。また1日目には14:30から15:30にかけて作業終了に向けての終末スパート効果による著明な覚醒レベルの回復が見られるのに対して2日目、3日目には終末スパート効果が見られず覚醒レベルの回復がはかられていない。

・夕勤作業におけるフリッcker

夕勤は1日目が高い覚醒レベルで開始し、それ以上の機能亢進はみられず、覚醒レベルの向上は認められなかった。途中で覚醒レベルの低下が見られたが終末スパート効果による覚醒レベルの回復がみられた。2日目には19:30から21:00にかけて若干の覚醒レベルの回復が見られるものの1日目ほどではなかった。3日目は16:30(作業開始時)から18:00にかけて若干の覚醒レベル向上が認められたが日勤ほど著明ではなかった。また2、3日目は1日目に比して作業開始時の値がすでに低く、若干の機能亢進が認められたものの、変動が少ないまま低いレベルで推移していた。

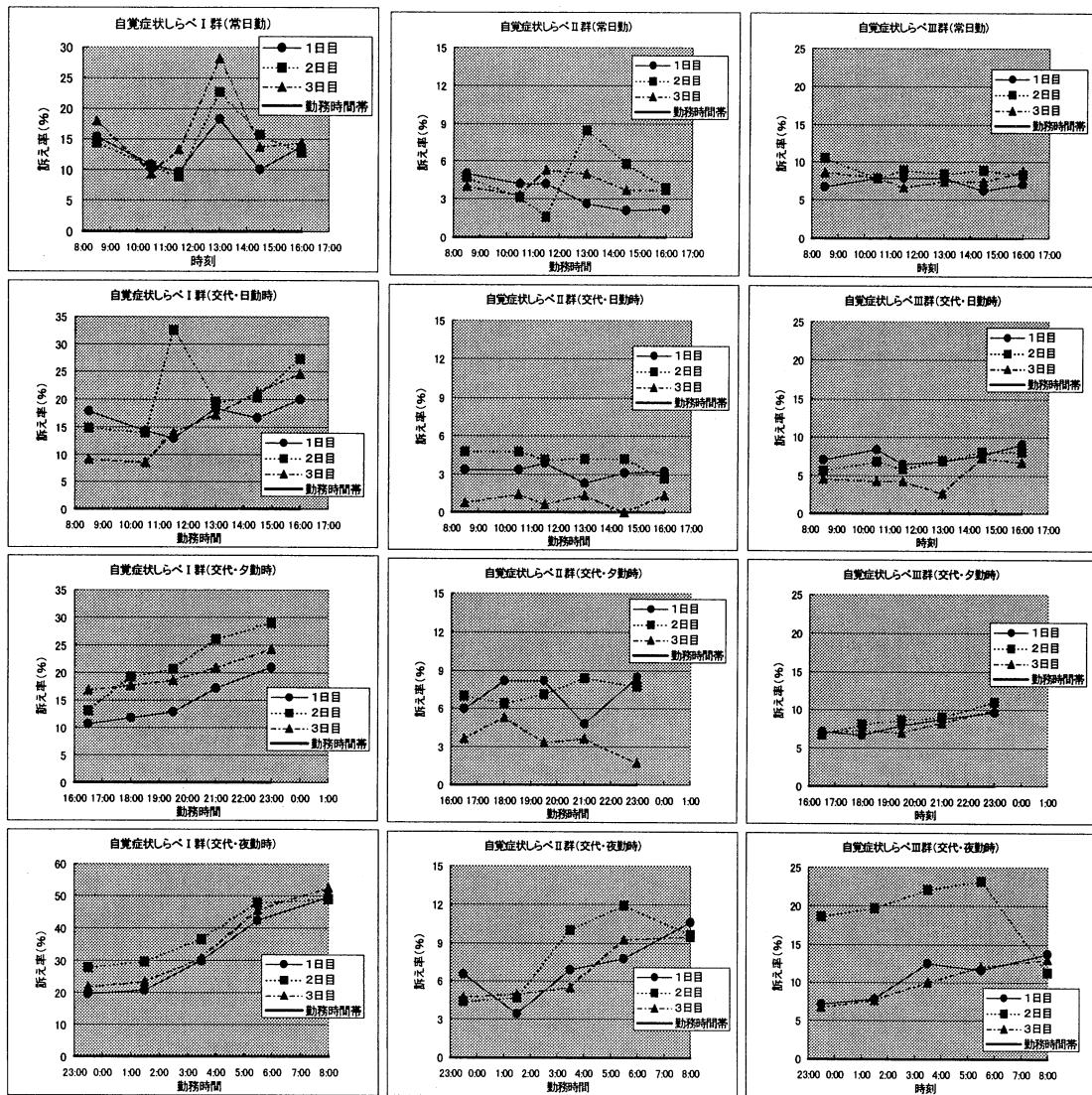


図 1-4.9 自覚症状しらべ I 群訴え率

率

・夜勤作業におけるフリッカー

1日目、2日目では 23:30(作業開始時)に日勤、夕勤と比べて高い覚醒レベルを示したが終了時にかけて一様に機能が低下し、作業中に覚醒レベルの亢進、回復が全く認められなかった。3日目は1:30から3:30にかけて若干の覚醒レベルの亢進が認められるものの、作業開始時から低いレベルで大きな変化のないまま推移し、日勤や夕勤でみられた様な著しい機能亢進、回復はみられなかった。

・フリッカー検査結果のまとめ

日勤時は作業開始後の初期適応期と考えられる機能亢進が3日間とも著明であったのに対し、夕勤、夜勤では日勤ほど著明に認められなかった。また終末スパート効果は日勤と夕勤の1日目で著明であった以外は認められなかった。夜勤では初期適応期、終末スパート効果が日勤、夕勤ほど顕著に認められなかった。

日勤、夕勤が作業中も機能を亢進しうる状態にあるのに対して、夜勤では高い覚醒機能状態から作業が開始されることがあるにもかかわらず、作業中の覚醒度の亢進能および回

図 1-4.10 自覚症状しらべ II 群訴え率

図 1-4.11 自覚症状しらべ III 群訴え率

復能ともに減衰していた。このことから覚醒度からみた場合、夜勤は生理機能の亢進および回復が低下する勤務時間帯であり、作業中にその回復を図るのは困難であることが考えられた。

3. 反応時間検査結果

・日勤作業における反応時間

1, 2, 3日目とも作業開始時と昼食休憩との間に、検査値に大きな差は認められなかった。1日目、2日目では昼食休憩により反応時間の顕著な短縮が認められたが、その後反応時間は延長し、作業終了時にもっとも遅くなっていた。一方、3日目にはこのような現象は認められなかった。3日目の作業終了時には、3日目としてはもっとも反応時間が短く、翌日が休日であることによる終末スパート効果による可能性が示唆された。

・夕勤作業における反応時間

夕勤時には、他勤務時間帯時に比べ、全般的に反応時間は短く、覚醒レベルが高いことが推察できた。また、勤務時間中の変動も比較的少なかった。

・夜勤作業における反応時間

夜勤1日目、2日目の反応時間は、作業開始から徐々に延長する傾向が認められた。しかし、3日目では、作業中（午前3時）での反応時間が短縮しており、昼夜逆転生活に対する順応が生じた可能性が示唆された。

・反応時間検査結果のまとめ

今回の反応時間検査結果で見る限りは、夕勤時の反応時間が他勤務時間帯の反応時間に比してやや短い=覚醒水準がやや高かったが、夜勤時に反応時間が特に長い=覚醒水準が低いということは認められなかった。しかし、夜勤1日目では、作業善の反応時間は相対的に長く、しかも、作業の遂行に伴って延長する傾向が認められた。夜勤2日目、3日目にはこのような傾向は少なくなり、夕勤から夜勤への移行時に負担が大きくなっていることが推察された。

4. 身体重心動搖検査結果

・日勤における身体動搖

日勤1日目、2日目、3日目とも作業開始後から昼食前にかけて重心移動距離の増加が見られ、特に1日目で著しかった。1日目では昼食前後で昼食後に移動距離の短縮がみられ、休息効果による機能回復と認められた。2日目では短縮がみられず、3日目ではむしろ移動距離は延長した。また、1日目、2日目では作業終了時に移動距離の短縮が見られたのに対し、3日目では短縮は見られなかった。

・夕勤における身体動搖

夕勤1日目は作業開始時から作業終了時にかけて重心移動距離が延長したが、2日目になると作業中をピークに作業終了時にかけてむしろ短縮し、日勤2日目のパターンと類似していた。3日目は作業開始時から作業終了時にかけて移動距離が一様に短縮し、1日目とはほぼ逆のパターンを示した。

・夜勤における身体動搖

夜勤1日目、2日目、3日目ともに始業時から終業時にかけて一様に右上がりであり、日勤、夕勤でみられた機能回復がみられなかった。さらに夕勤と同様に夜勤を重ねる度に全体のレベルが徐々に増加していた。

・身体動搖のまとめ

各勤務時間帯で疲労の発現が認められたが、その内容は勤務時間帯によって異なっている。日勤における疲労効果は主として機能回復の減衰という形で発現したのに対して、夕勤では主として全体的な移動距離の延長という形で発現した。夜勤には機能回復の消退と全体的移動距離の延長、すなわち日勤と夕勤との特徴を併せ持つもので、特に機能回復の消退は1日目から認められ、顕著である。このように機能回復が図られず且つ機能低下の度合いが徐々に増す夜勤は疲労の蓄積が生じやすい勤務時間帯であることが推測された。

5.体温検査結果

図1-4-12に日勤、夕勤、夜勤3日間と、休日の体温変化を平均値で示した。日勤3日間では、起床時の6:00時点で最低値を示し、その後に上昇していく規則的なリズムを示した。夕勤でも、6:00時点で最低値を示す、日勤と同様のリズムがみられたが、夕勤の勤務中は、日勤の勤務中と比較して、やや高い体温で推移していた。夜勤では、6:00時点の低下は、日勤、夕勤時と比較して小さく、勤務による夜間覚醒が影響していた。また、18:00時点で、低い値を示す傾向にあったが、これは、昼間睡眠による低下と思われる。夜勤3日間後の休日では、6:00時点の低下が、日勤や夕勤後の休日と比較して小さく、明瞭なリズムがみられなかったことから、体温リズムは、夜勤3日間のリズム変調が休日まで持続するものと思われる。

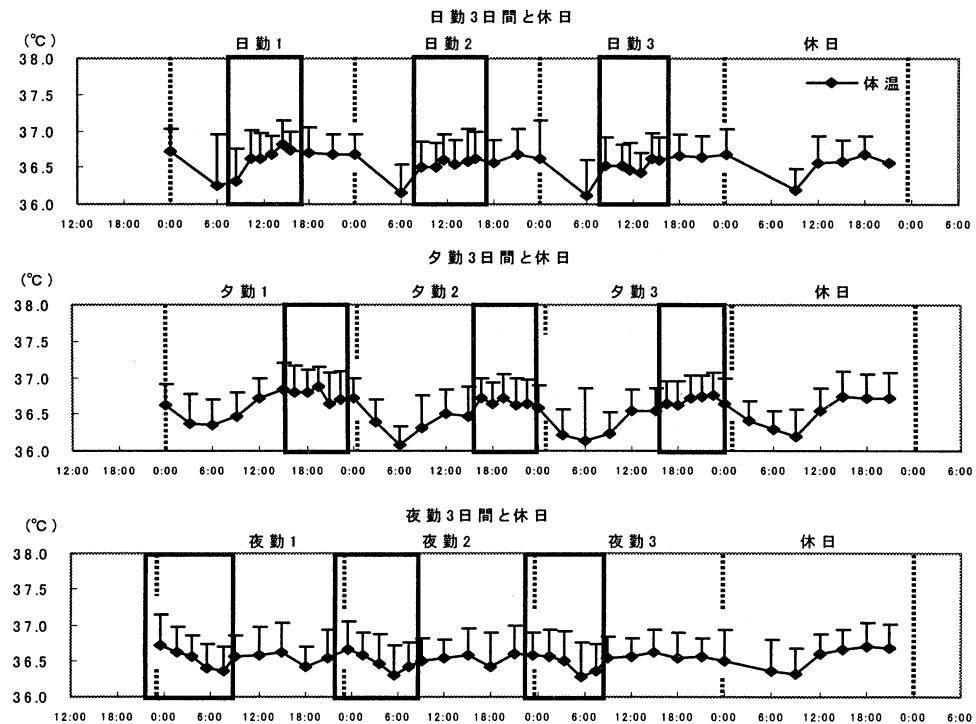


図1-4-12　日勤、夕勤、夜勤3日間と休日の体温変化
(図中の枠内は勤務時間帯を示す)

6.唾液コルチゾール検査結果

図1-4-13に日勤、夕勤、夜勤の連続3日間とその後の休日における、唾液中コルチゾールの平均値の変化を示した。コルチゾールは昼間覚醒、夜間睡眠の場合、朝に最高濃度を示し、その後、低下していくリズムを示す。夕勤では、午前9時で最高レベルを示す本来の生体リズムがみられた。一方、夜勤では、頂点レベルが低下して、平坦化して行く傾向がみられた。また、この変調は、夜勤後の休日でも持続していた。また、日勤のピークレベルは、夕勤と比べて若

干低く、位相も夕勤の 6:00—9:00 から正午近くと、後半へシフトしている傾向にあった。また図示していないが、個人ごとで変化をみると、勤務開始時や、異常事態の発生時に、一過性の上昇を示す場合もみられた。これらは、精神的な緊張状態を反映しているものと思われる。

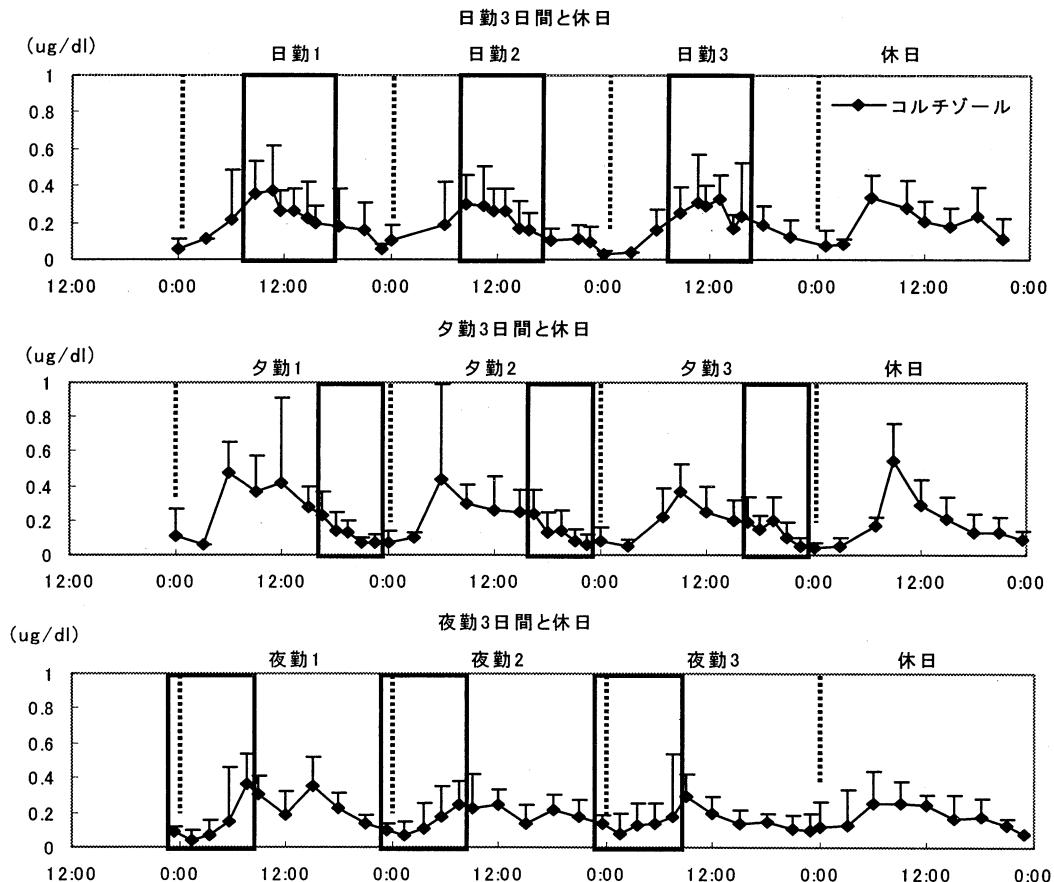


図 1-4.13 日勤、夕勤、夜勤 3 日間の唾液コルチゾールの変化
(図中の枠内は勤務時間帯を示す)

7.心拍数、心拍変動、活動量検査結果

・測定方法の概要

各勤務班の監視作業に従事する 2 名（合計 8 名）を対象に、心拍数、活動量、R-R 間隔を連続測定した。各対象者に心電計と加速度計を内蔵した GMS 社製の AC-301 を腰部に装着させ、連続する 3 日間の勤務のうち、原則として勤務 1 日目と 3 日目の勤務中、およびその前後の休日の間を連続測定した。R-R 間隔については、諏訪トラスト社の Memcalc システムを用いて、周波数解析を行い、0.15~0.4Hz の高周波成分（以下 HF）を副交感神経活動の指標として、0.04~0.154Hz の低周波成分（以下 LF）と HF との比（以下 LF/HF）を交感神経活動の指標とした。活動量については、AC301 に内蔵の加速度計によって記録された 3 軸の合成加速度を身体活動量の指標とした。

・結果

図 1-4.14~16 に各勤務それぞれ対象者 1 名の心拍数と合成加速度の変化（上段）、HF、LF/HF の変化（下段）を示した。合成加速度については、5 分間の平均値を、心拍数、HF、LF/HF については、5 分間の平均値を 30 分間の移動平均で示した。図中の枠内は、勤務

中を表している。

心拍数は、活動量の増減に対応して変化していた。HF、LF/HF は、睡眠覚醒に対応して変化し、睡眠中は、覚醒時と比較して、副交感神経活動の指標である HF 値が上昇し、覚醒時には、睡眠時と比較して交感神経活動の指標である LF/HF 値が上昇する変動を示していた。残りの対象者でも、変動幅に個人差があるものの、同様な傾向がみられた。

図 1-4.17 の上段に同じ監視作業者の勤務中における心拍数と活動量の変化を示した。全項目とも 5 分間の平均値を 1 時間の移動平均で示している。各勤務内での変化としては、一部例外があるが、勤務開始時からしばらくの間、心拍数は上昇するが、その後低下していく再び上昇する M 字状の変化を示す場合が多くあった。LF/HF も心拍数の上昇に対応して同様の変化を示し、一方、HF 値は LF/HF と相反する変化を示した。各勤務で比較してみると、夜勤では、日勤や夕勤時と比較して行動量に大きな差が見られないにもかかわらず、心拍数は低い値で推移していた。これは図示した対象者以外の対象者についても共通にみられた結果であった。下段の HF、LF/HF の変化では、日勤、夕勤と比較して、夜勤 3 日間は、副交感神経活動の指標である HF 値が高い値で推移しており、一方、交感神経活動の指標である LF/HF 値は日勤、夕勤時に比べ、夜勤では高い値で推移していた。これは、生体固有のサーカディアンリズムが、影響しているものと推察できる。

1.4.6 要 約

以上の調査結果から、交代勤務で従事する化学プラント監視作業者の生体リズムは、深夜勤務時にも通常の日周リズムが残っていることが明らかとなった。そのため、自律神経機能、ホルモン分泌機能などの面から見て身体活性レベルの低い状態で、比較的緊張度の高い作業を遂行しなければならない状況に於かれている。そのことが、夜勤時において作業遂行に伴い、作業中の覚醒水準・注意集中の低下、眼むけ、疲労感、活力の低下に関する生理・心理機能低下や訴え率上昇を発生させていると推察できた。

このような夜勤時の負担増大に対する対策としては、種々の事項が考えられるが、仮眠制度の導入、休憩時に横になれる長椅子の設置など仮眠をとりやすい環境を整備することが効果的と考えられる。また、夜勤 1 日目には、作業遂行に伴い上述のような疲労症状の増大が顕著であり、夕勤→夜勤移行方法を検討することが推奨される。また、交代勤務により、日中の自由時間が増えるというメリットはあるものの、睡眠や休養の不足、食事の不規則性、家族関係維持上の障害など、個人の生活面における影響も大きく、それらの点を考慮して、福利厚生施設の充実、勤務編成方法の検討、衛生教育などを実施することが望まれる。

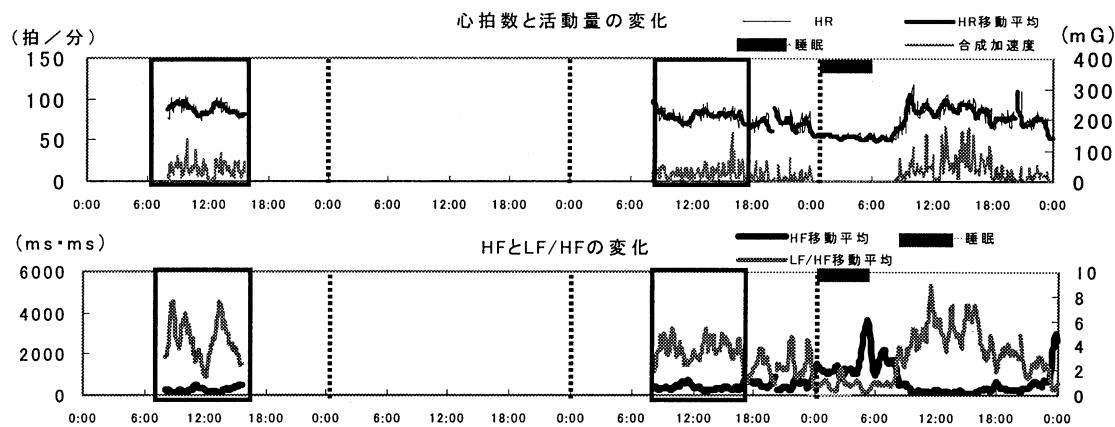


図 1-4-14. 監視作業者 1 名の日勤 1 日目と 3 日目の心拍数、行動量、HF、LF/HF の変化

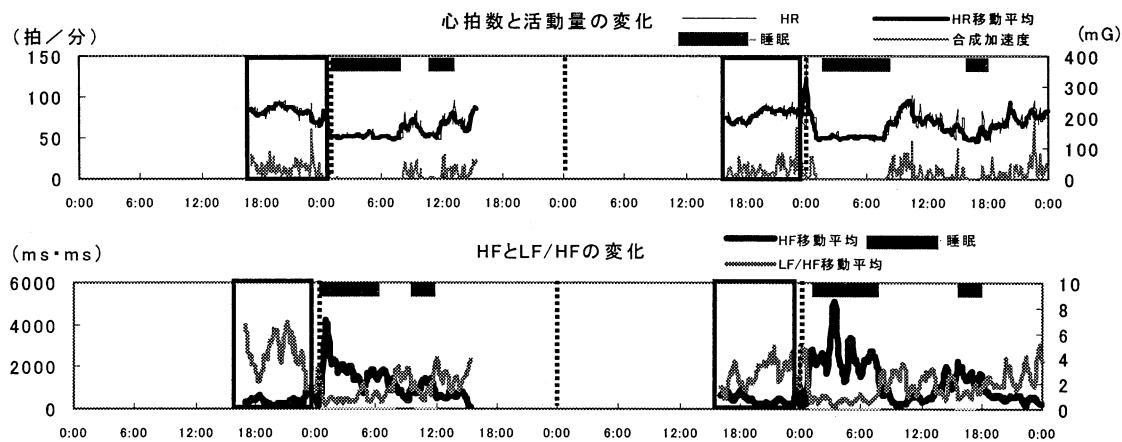


図 1-4-15 監視作業者 1 名の夕勤 1 日目と 3 日日の心拍数、行動量、HF、LF/HF の変化

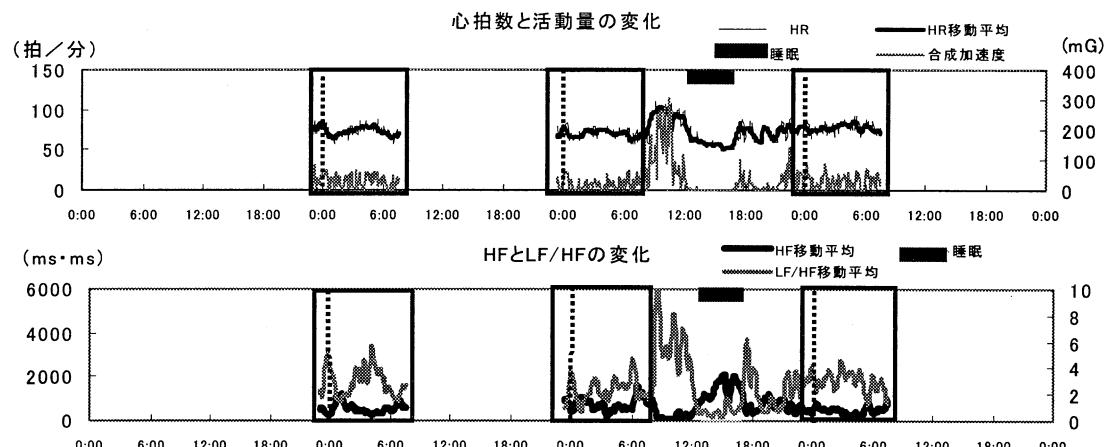


図 1-4-16.監視作業者 1 名の夜勤 3 日間の

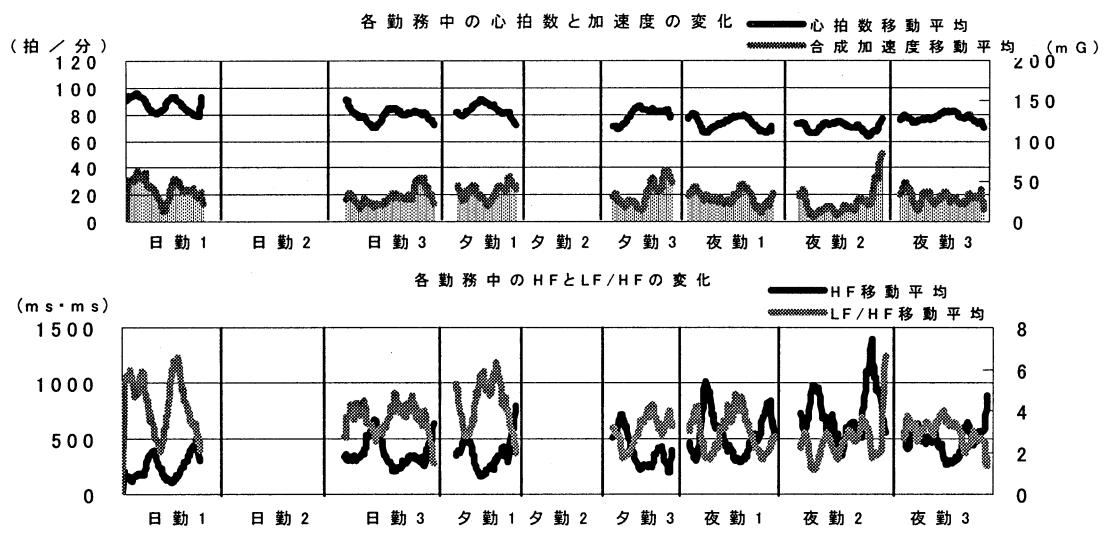


図 1-4-17. 監視作業者 1名の各勤務中における心拍数、行動量、HF、LF/HF の変化
(5分間の平均値を 1時間の移動平均によって示した)

1. 5 オフィス場面におけるフィールド調査

(九州芸術工科大学)

1.5.1 オフィスの概要

福岡市内にある 3 つのオフィスビルを調査対象とした。表 1-5.1 にビルの概要およびアンケート調査対象者の概要を示した。A ビルと C ビルが自社所有のビルであり、B ビルはテナントビルに入居していた。空調方式は A ビルが各部屋に個別制御方式の冷暖房装置が設置されており、各部屋毎の温度設定が可能となっていた。B・C ビルは中央式の空調設備が使用されており、温湿度の設定は中央で一括して管理され、各部屋では風量のみの調節が可能であった。

アンケートに回答した者は全従業員の 60~80% であり、3 つのビルで 143 名からの回答を得た。A・C ビルの回答者のうち約 60%、B ビルの回答者の 90% 以上が一日中机に向かって事務作業に従事する者と VDT 作業に従事する者であった。その他の者は営業等で外出する機会の多い者であった。

表 1-5.1 調査対象ビル、アンケート調査対象者の概要

	A ビル	B ビル	C ビル
所有形態	自社ビル (1~4 階)	テナントビル (4、6 階)	自社ビル (1~4 階)
管理方式	自社管理	管理会社委託	自社管理
空調方式	個別冷暖房	中央式空調	中央式空調
従業員数	約 100 名	約 50 名	約 50 名
被調査者数	84 名 (男: 58、女: 26)	28 名 (男: 7、女: 21)	31 名 (男: 23、女: 8)
平均年齢 (範囲)	42.2 歳 (22~66)	34.1 歳 (20~58)	40.5 歳 (25~57)
勤務年数 (範囲)	3.2 年 (0.1~37)	10.4 年 (0.3~30)	6.2 年 (0.1~17)
事務作業者割合	60.7%	96.4%	51.7%

1.5.2 オフィスの環境

オフィスの物理的環境を把握するために、表 1-5.2 に示す項目について測定を行った。温熱環境因子については、ビル管理法に準じた項目と足元の冷えとの関係で床上 10cm での気温も同時に測定した。気温、気湿および黒球温度はメモリー型の温 (湿) 度計を使用し、10 分間隔で 1 週間に渡って計測した。温湿度センサーおよび黒球温センサーを床上 100cm に、温度センサーを床上 10cm に固定したポール (図 1-5.1) を各ビルとも 1 フロアに 15 箇所程度設置した。気流、騒音、照度は 1 日 4 回 (勤務開始直後、昼休み前、昼休み後、勤務終了前)、勤務が行われている場所 (1 フロア - 5 箇所程度) で測定した。A、B ビルはすべてのフロアで測定を行ったが、C ビルは 1、2 階が受付と会議室だったので執務フロアである 3、4 階のみで測定を行った。

表 1-5.2 環境要因の測定項目・器具・測定期間

環境要因	測定項目	測定機器	測定期間
温熱	気温 (床上 100cm)	メモリー型温湿度計 (RS-10、タバイ)	10 分間隔で、1 週間連続
	気温		
	放射熱 (黒球温)	メモリー型温度計 (RT-10、タバイ)	
	気温 (床上 10cm)		
	気流	微風速計 (AM-09S、リオン)	
騒音	等価騒音レベル	騒音計 (NL-15、リオン)	1 日 4 回、各ビル 2 日間
光	照度	色彩色差計 (CL-100、ミノルタ)	
	光源の色温度		

図 1-5.1 測定用ポール

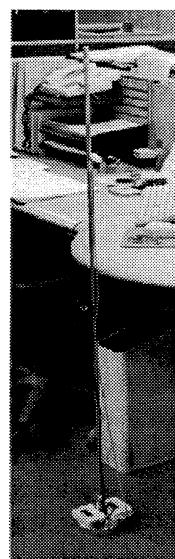


図1-5.2に室温(床上100cm)、図1-5.3に湿度の測定結果の1例(水曜日)を示した。測定は1週間(月～金曜日)行われたが、曜日毎の変動は少なかった。A、Bビルの室温は24～26℃の範囲にあり、時刻による変動も少ない。一方、Cビルでは22～27℃の範囲にあるが、時刻に伴う変動が大きく、最も室温が高い場合には27℃を超えることがあり、最も低い場合には22℃程度まで下降した。湿度はA、Bビルでは終日45～65%の範囲にあったが、Cビルでは35%～60%と時刻により大きく変動した。温度はビル管理法の17～28℃の範囲にあったが、湿度はCビルにおいて、40～70%の範囲を逸脱する場合も認められた。

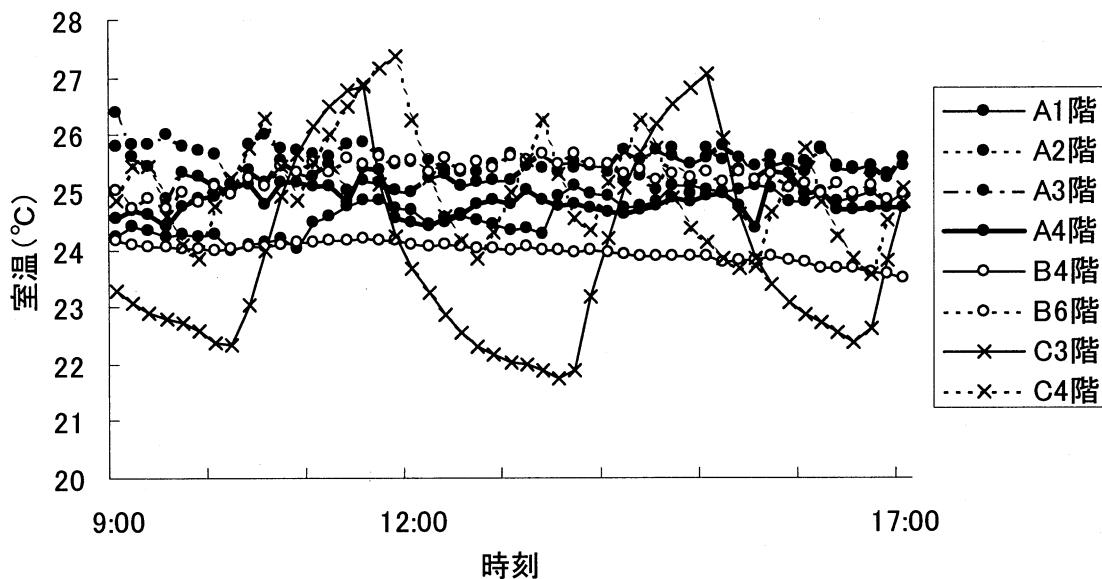


図1-5.2 一日の室温(床上100cm)の変動 (各階毎の15箇所の測定値の平均)

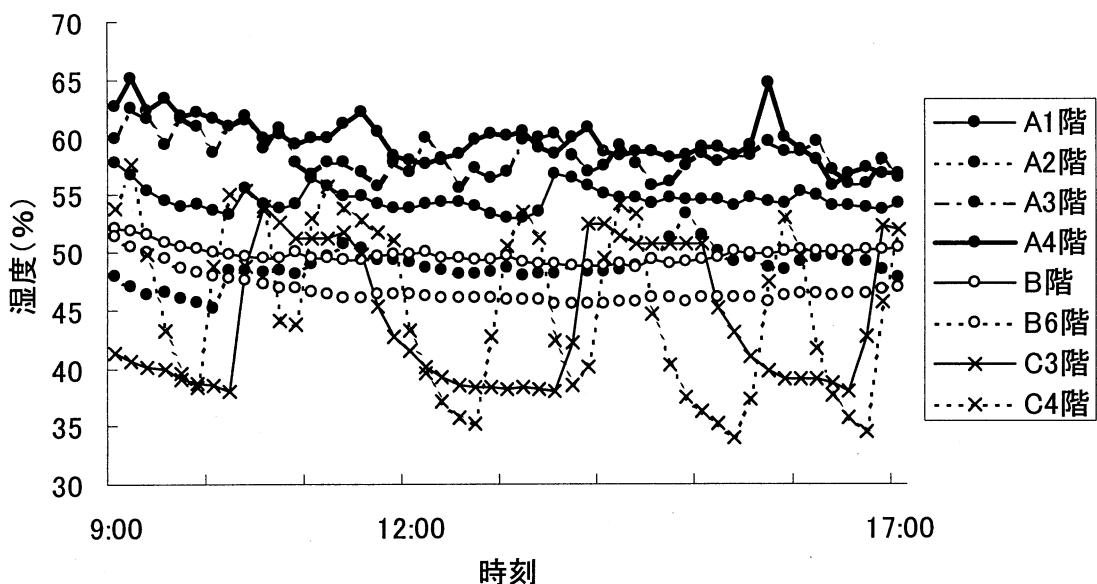


図1-5.3 一日の湿度の変動 (各階毎の15箇所の測定値の平均)

温湿度と同時に測定した黒球温度は、室温よりやや高い程度（0～0.5℃）であり、特に放射熱がある環境ではなかった。上下温度差（床上100cmと10cmの気温差）は殆んどの測定点において1℃以下であったが、Cビルで室温が上昇する場合に1.5℃程度まで拡大した。

1日4回測定した気流は全ての測定点、測定時において0.5m/sを超える例はなく、測定点、測定時刻による変動は小さかった。騒音レベルは全ての測定点、測定時刻において60dB(A)程度であり、特に高い測定値を示した例はなかった。騒音源は電話、人の話し声が主であり、大きな音を立てる特別な機器は存在しなかった。

照度の測定は各ビルの1フロアで、机面上で10箇所程度測定し、その平均値を図1-5.4に示した。机上面の照度はビルによって大きく異なり、A、Cビルで400～600lxと特に低い値を示し、JISで推奨されている事務所での照度基準750～1500lxに達していない。Bビルではほぼ照度基準の範囲にあった。A、Cビルの照明設備はあまり良くないが、これには自社所有のビルであり、Bビルがテナントビルであり、所有形態が影響していると思われる。

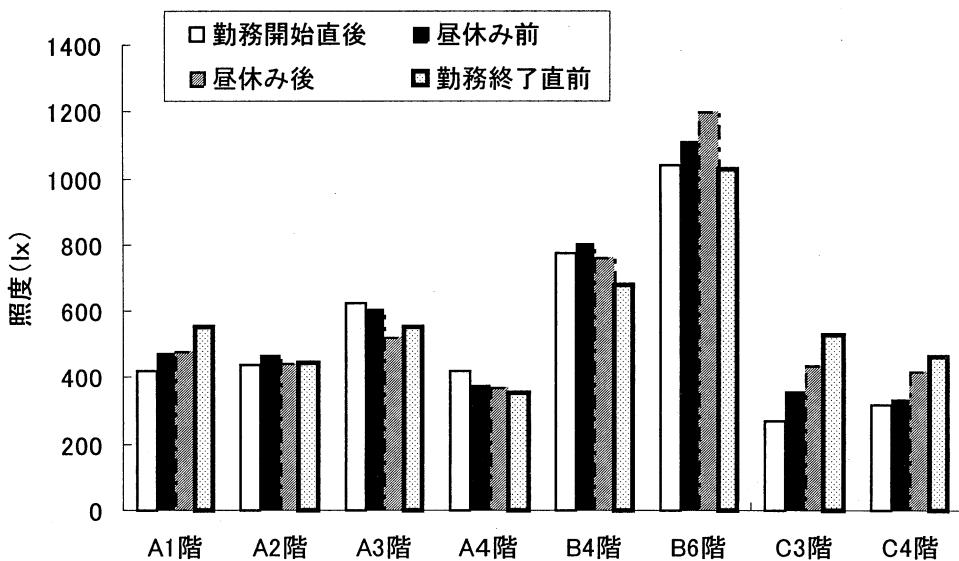


図1-5.4 ビル毎の照度レベル

1.5.3 オフィス執務者へのアンケート

執務者の健康状態、ビルの環境をどう感じているかに関するアンケートを行い、実際のビルの環境状態との関連で検討した。執務者の健康状態についてのアンケートは、一般的な健康状態と環境と関係するであろうと思われる23項目について、4段階評価により行った。表1-5.3に項目毎に各評価を行った者の割合を示した。Cビルでアレルギー体質であるとの回答がやや多く、現在の体調についてはA、Bビルの「やや悪い」と回答した者が多かった。3ビルに共通して出現率の高い症状は、「疲労感」「眼の痛み」「肩・首の痛み」であった。

職場環境をどう感じているかについてのアンケートは、16項目について、6段階評価により行った。表1-5.4にアンケート結果を示した。温熱環境が良くなかったCビルでは、「温熱環境が不快」、「空気の汚れを感じる」、「空気のにおいを感じる」、「人員に対して部屋が狭い」などの訴えが高率であった。一方、Bビルでは目立った不満は少なかった。

表1-5.3 日ごろの健康状態・体調（回答率：%）

	Aビル	Bビル	Cビル		Aビル	Bビル	Cビル		
日頃の健康状態	至極健康	17.9	7.1	25.8	腹痛	よくある	2.4	0.0	
	まあまあ健康	71.4	85.7	54.8		時々ある	7.1	7.1	
	アレルギー体質	7.1	7.1	12.9		たまにある	22.6	42.9	
	病気がち	1.2	0.0	6.5		ない	66.7	50.0	
	不明	2.4	0.0	0.0		不明	1.2	0.0	
現在の体調	良い	26.2	3.6	6.5	便秘	よくある	10.7	10.7	
	普通	57.1	78.6	90.3		時々ある	9.5	21.4	
	やや悪い	15.5	17.9	3.2		たまにある	11.9	32.1	
	悪い	0.0	0.0	0.0		ない	65.5	35.7	
	不明	1.2	0.0	0.0		不明	2.4	0.0	
疲労感	よくある	33.3	39.3	32.3	吐き気	よくある	1.2	0.0	
	時々ある	32.1	39.3	45.2		時々ある	6.0	3.7	
	たまにある	26.2	17.9	22.6		たまにある	15.5	25.9	
	ない	8.3	3.6	0.0		ない	76.2	70.4	
頭が重い痛い	よくある	7.1	7.1	22.6		不明	1.2	0.0	
	時々ある	20.2	35.7	12.9	めまい	よくある	3.6	0.0	
	たまにある	35.7	35.7	29.0		時々ある	9.5	7.1	
	ない	36.9	21.4	35.5		たまにある	22.6	50.0	
目の痛み	よくある	20.2	42.9	29.0		ない	63.1	42.9	
	時々ある	34.5	32.1	32.3		不明	1.2	0.0	
	たまにある	31.0	21.4	35.5	発疹	よくある	2.4	0.0	
	ない	14.3	3.6	3.2		時々ある	9.5	14.3	
のどの痛み	よくある	4.8	0.0	3.2		たまにある	15.5	25.0	
	時々ある	25.3	17.9	38.7		ない	71.4	60.7	
	たまにある	24.1	42.9	25.8		不明	1.2	0.0	
	ない	45.8	39.3	32.3	肌荒れ	よくある	2.4	10.7	
鼻づまり鼻炎	よくある	7.1	3.6	9.7		時々ある	10.7	14.3	
	時々ある	6.0	7.1	16.1		たまにある	26.2	39.3	
	たまにある	23.8	17.9	38.7		ない	59.5	35.7	
	ない	61.9	71.4	35.5		不明	1.2	0.0	
	不明	1.2	0.0	0.0	手足の冷え	よくある	7.1	14.3	
せき	よくある	う	0.0	0.0		時々ある	8.3	14.3	
	時々ある	6.0	3.6	6.5		たまにある	16.7	35.7	
	たまにある	15.5	21.4	22.6		ない	66.7	35.7	
	ない	76.2	75.0	71.0		不明	1.2	0.0	
	不明	1.2	0.0	0.0	肩痛	よくある	15.5	39.3	
息苦しさ	よくある	0.0	0.0	0.0		時々ある	25.0	21.4	
	時々ある	2.4	7.1	3.2		たまにある	20.2	32.1	
	たまにある	16.7	7.1	19.4		ない	39.3	7.1	
	ない	79.8	85.7	77.4		腰痛	よくある	10.7	17.9
	不明	1.2	0.0	0.0		時々ある	22.6	35.7	
風邪	よくある	3.6	3.6	3.2		たまにある	22.6	25.0	
	時々ある	9.5	14.3	12.9		ない	44.0	21.4	
	たまにある	38.1	46.4	35.5		手足の関節痛	よくある	3.6	0.0
	ない	47.6	35.7	48.4		時々ある	6.0	7.1	
	不明	1.2	0.0	0.0		たまにある	16.7	28.6	
下痢	よくある	6.0	85.7	6.5		ない	73.8	64.3	
	時々ある	10.7	3.6	19.4	神経痛	よくある	1.2	7.1	
	たまにある	36.9	10.7	45.2		時々ある	4.8	10.7	
	ない	45.2	0.0	29.0		たまにある	8.3	7.1	
	不明	1.2	0.0	0.0		ない	85.7	75.0	
(女性のみ)	よくある	11.5	19.0	12.5	生理障害	よくある	50.0	38.1	
	時々ある	7.7	14.3	25.0		時々ある	30.8	28.6	
	たまにある	30.8	28.6	50.0		たまにある	50.0	12.5	
	ない	50.0	38.1	12.5		ない	85.7	75.0	

表1-5.4 ビル室内の環境衛生（回答率:%）

		Aビル	Bビル	Cビル		Aビル	Bビル	Cビル
足元冷え	非常に	1.2	0.0	6.5	室の広さ	非常に	3.6	0.0
	かなり	4.8	10.7	12.9		かなり	11.9	0.0
	少し	17.9	28.6	19.4		少し	19.0	10.7
	あまり	16.7	10.7	16.1		あまり	31.0	25.0
	ほとんど	22.6	21.4	19.4		ほとんど	20.2	42.9
	まったく	36.9	28.6	22.6		まったく	14.3	21.4
	不明	0.0	0.0	3.2		不明	0.0	9.7
室内気流	非常に	3.6	0.0	0.0	暑さ寒さ	非常に	2.4	0.0
	かなり	8.3	0.0	12.9		かなり	4.8	0.0
	少し	38.1	25.0	38.7		少し	25.0	14.3
	あまり	26.2	17.9	22.6		あまり	35.7	50.0
	ほとんど	15.5	25.0	19.4		ほとんど	26.2	17.9
	まったく	8.3	32.1	3.2		まったく	6.0	14.3
	不明	0.0	0.0	3.2		不明	0.0	6.5
陽あたり	非常に	1.2	0.0	9.7	温度の快適さ	非常に	2.4	0.0
	かなり	7.1	3.6	9.7		かなり	8.3	10.7
	少し	15.5	21.4	19.4		少し	21.4	42.9
	あまり	25.0	21.4	35.5		あまり	27.4	17.9
	ほとんど	21.4	25.0	6.5		ほとんど	29.8	25.0
	まったく	29.8	25.0	16.1		まったく	9.5	3.6
	不明	0.0	3.6	3.2		不明	1.2	0.0
空気匂い	非常に	7.1	7.1	16.1	湿気	非常に	1.2	0.0
	かなり	6.0	10.7	25.8		かなり	0.0	0.0
	少し	21.4	14.3	32.3		少し	14.3	10.7
	あまり	19.0	32.1	9.7		あまり	45.2	50.0
	ほとんど	26.2	25.0	3.2		ほとんど	32.1	25.0
	まったく	20.2	10.7	12.9		まったく	6.0	10.7
	不明	0.0	3.6	0.0		不明	1.2	3.6
タバコ煙	非常に	15.5	7.1	16.1	照明の明るさ	非常に	3.6	0.0
	かなり	6.0	7.1	6.5		かなり	2.4	0.0
	少し	23.8	21.4	12.9		少し	19.0	7.1
	あまり	11.9	25.0	16.1		あまり	34.5	50.0
	ほとんど	27.4	28.6	19.4		ほとんど	27.4	21.4
	まったく	15.5	10.7	29.0		まったく	13.1	21.4
	不明	0.0	3.6	0.0		不明	1.2	0.0
空気汚れ	非常に	7.1	3.6	12.9	室内の雰囲気	非常に	1.2	0.0
	かなり	6.0	14.3	29.0		かなり	3.6	0.0
	少し	19.0	32.1	16.1		少し	16.7	17.9
	あまり	20.2	21.4	19.4		あまり	41.7	39.3
	ほとんど	28.6	14.3	12.9		ほとんど	22.6	28.6
	まったく	19.0	10.7	9.7		まったく	14.3	14.3
	不明	0.0	3.6	0.0		不明	1.2	0.0
ほこり	非常に	2.4	3.6	0.0	室外騒音	非常に	3.6	0.0
	かなり	3.6	17.9	19.4		かなり	7.1	0.0
	少し	17.9	50.0	22.6		少し	15.5	17.9
	あまり	23.8	17.9	32.3		あまり	26.2	46.4
	ほとんど	33.3	0.0	16.1		ほとんど	31.0	25.0
	まったく	19.0	10.7	9.7		まったく	16.7	10.7
	不明	0.0	3.6	0.0		不明	1.2	0.0
照明のまぶしさ	非常に	1.2	3.6	0.0	室内騒音	非常に	1.2	0.0
	かなり	1.2	3.6	6.5		かなり	3.6	0.0
	少し	8.3	10.7	22.6		少し	22.6	21.4
	あまり	25.0	32.1	38.7		あまり	32.1	32.1
	ほとんど	23.8	32.1	12.9		ほとんど	27.4	42.9
	まったく	40.5	17.9	19.4		まったく	11.9	3.6
	不明	0.0	3.6	0.0		不明	1.2	0.0

表 1-5.5 にビルの環境を総合的にどう評価したかのアンケート結果を示した。評価は「非常に悪い」から「まったく良い」の 6 段階評価により行った。ビル環境を悪く（非常に悪い、かなり悪い、少し悪い）感じている執務者は、A ビル約 23%、B ビル 11% であるのに対して、C ビルでは 68% と過半数以上を占めた。C ビルでは室温はビル管理法の 17~28℃ の範囲にあつたが、時間による変動が大きく、温度調節がうまくいっていないことが評価が低い一因であろう。

表1-5.5 ビル環境の総合評価 (%)

	Aビル	Bビル	Cビル
総合評価	非常に	1.2	0.0
	かなり	4.8	0.0
	少し	16.7	10.7
	あまり	33.3	35.7
	ほとんど	33.3	46.4
	まったく	10.7	7.1

ビル環境の総合評価と関係深い項目を検討するために、図 1-5.5 に示した 17 項目（a 年齢～q 総合評価）について主成分分析を行った。第 1 主成分の固有値は 4.18、寄与率は 24.6%、第 2 主成分の固有値は 2.0、寄与率は 11.7% であり、累積寄与率は 36.3% であった。図 1-5.5 には各項目の第 1 主成分と第 2 主成分の因子負荷量の関係を示してた。総合評価 q に近似した因子負荷量を持つものは、m 空気の匂い、n 空気の汚れ、p 温度の快適さの 3 要因であり、空気の汚れや温度環境の快適さが総合的な環境評価を行う上で重要な項目となっていた。

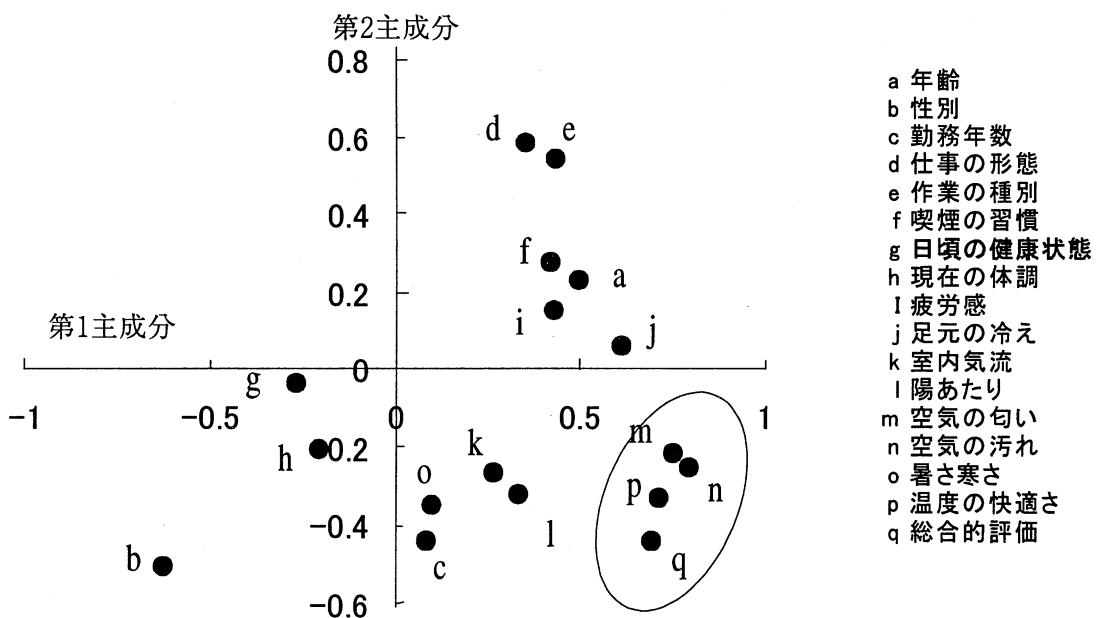


図 1-5.5 ビルの環境衛生に関する要因の第 1 主成分と第 2 主成分の因子負荷量の関係。

1.5.4 オフィス執務者の個別温熱反応

特定の男女16名については、皮膚温・心電図の測定および耳内温、血圧の測定を行った。下に被験者の概要を示す。

表 1-5.6 被験者の概要

ビル	Aビル					Bビル				Cビル						
被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
調査日	7/14	7/15	7/21	7/22			8/25	8/26			9/1	9/2				
性 別	男女	男女	男女	男女			男女	男女			男女	男女				
年 齢	28	48	30	22	37	29	62	37	58	27	49	20	35	27	29	32

皮膚温は、出社時（8：30頃）から退社時（18：00頃）まで、サーミスタセンサーと乾電池で作動するサーミスタ温度計を用いて、1分間隔で各部位（前額・腹・前腕・手・大腿・下腿・足）において測定した。

実際使用されているオフィスの環境と快適基準値を照らし合わせるため、各オフィスの代表値という形で、被験者16名の近辺の室温および平均皮膚温（7部位）を（平均値・最大・最小）として比較した（図1-5.6）。

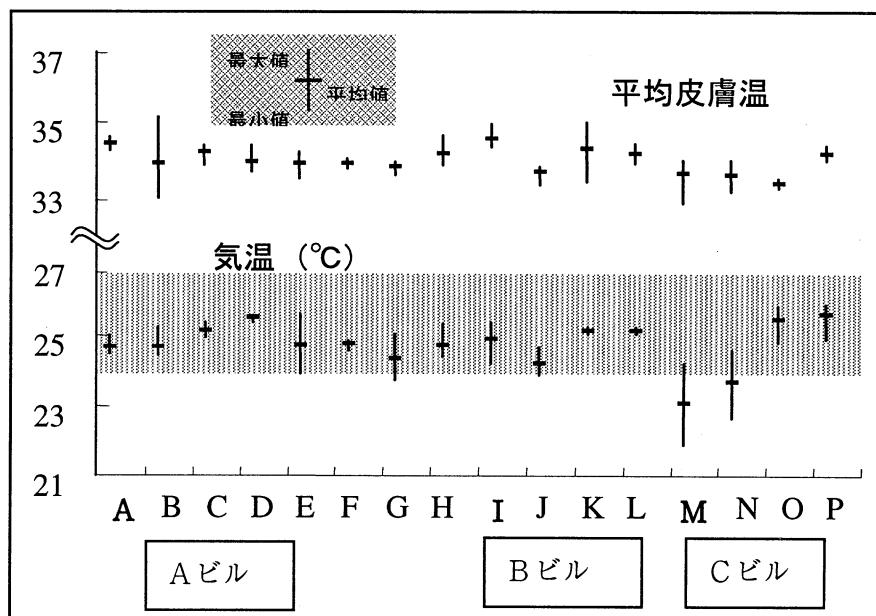


図 1-5.6 被験者近辺の気温と平均皮膚温

グレーで示した個所が事務所衛生基準規則による快適基準値であり、夏期の快適基準値は24°C～27°Cである。A、Bビルについては最低値がわずかにその範囲を下回っている程度であるのに対して、Cビル特にM・N周辺の気温は平均値さえも基準範囲から大きく下回っている。CビルのM、Nは特に室温の低さがめだつ。そして同じCビルにも関わらずM・N(3F)、O・P(4F)で大きく差があることもわかる。

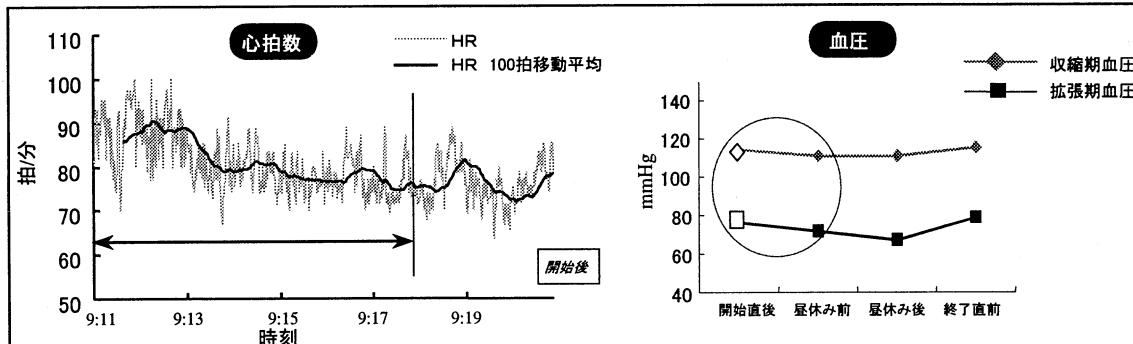
平均皮膚温も、特にCビルのM、Nの変動が大きく最低値も低いのが特徴的である。アンケートによてもM、Nの被験者では不快環境や体調の不良を訴えることが多かった。特にこの傾向は、女性の方が強く、環境の不備による冷房病等の愁訴の可能性がある。

1.5.5 オフィス執務者的心拍数の事例

調査したオフィスのフロア毎に男女1名づつを被験者に依頼し(男女8名づつ、計16名)、勤務中(9:00~17:00)の心拍数を測定した。また、同時に被験者の勤務中の行動を観察した。これらを照合し、また一日4回(勤務開始直後、昼休み前、昼休み後、勤務終了直前)測定した血圧、自覚症状調べを参照にしながら、勤務中に特徴的に見られる心拍数の経時的な変動を評価した。

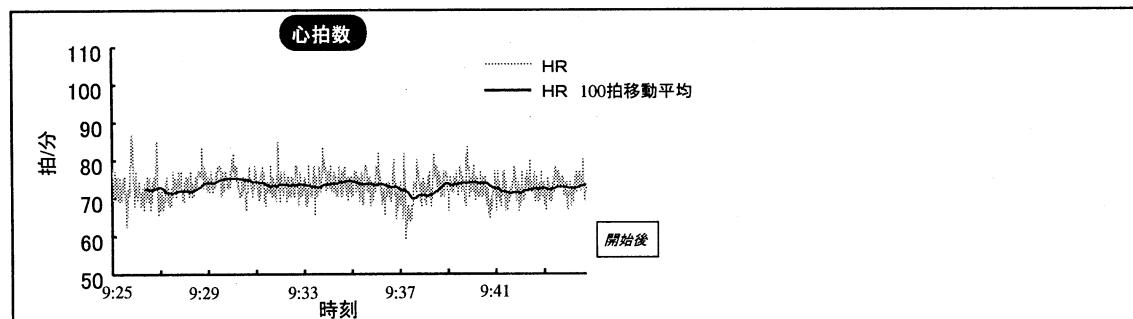
○被験者の座位姿勢の状態での心拍数の変化を勤務開始後から終了前と順序だてて示す。

- 就業開始直後には、若干の機能亢進として心拍数及び最大・最低血圧の初期上昇が見られ

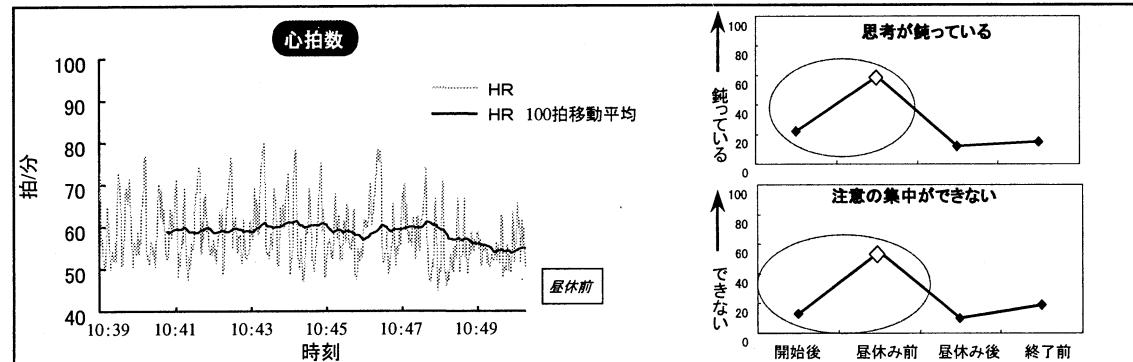


た。

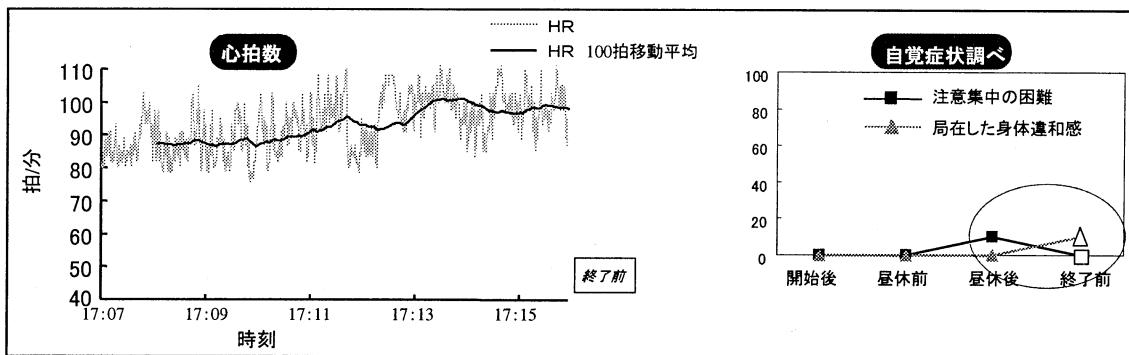
- 初期緊張が落ち着き適応してくると、心拍数は定常状態を示し、心理的にも生理的も適度な緊張状態が持続していると考えられる。



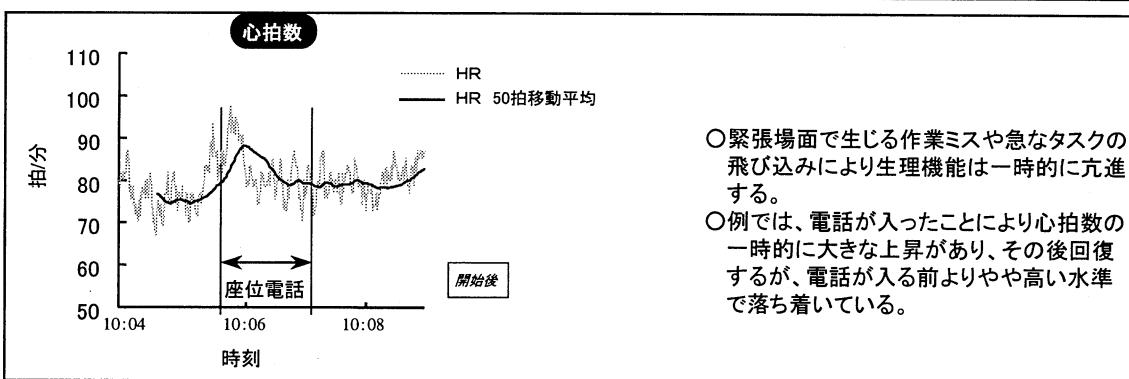
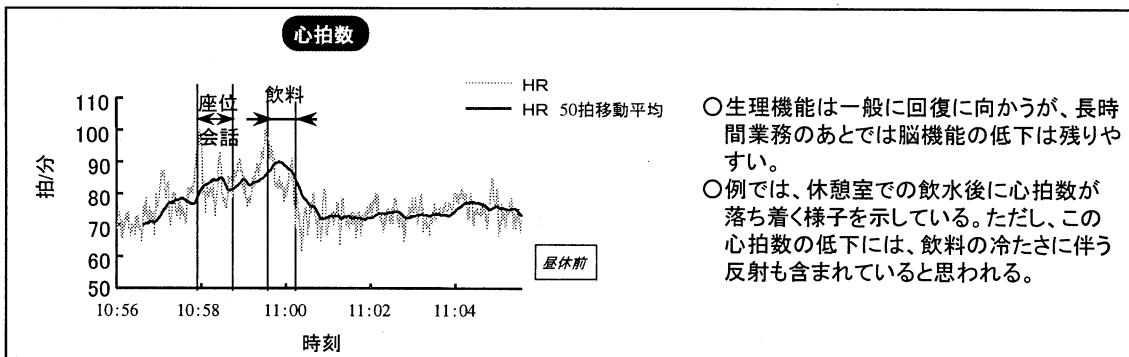
- 勤務中、疲労が進行すると覚醒水準を含め生理指標は一般に低い水準となり、例に示される心拍数はその平均値において低い水準で維持されているが、一拍毎の心拍の変動は大きい傾向がみられる。心理的にも注意の集中が難しい、思考が鈍るなどの訴えがみられる。



- タスク終了に向かう頃は、生理機能は緊張復帰することが多いが疲労の影響が残る。例に示される心拍数の上昇傾向は終末効果と思われる。しかしながら自覚的には注意集中の低下や局在した身体の違和感の訴えがあった。



- その他、突発的な心拍数の変化として不規則にかかる電話などによる一時的心拍数の上昇や、休息時の飲料に伴う心拍数の落ち着く変化なども特徴的にみられた。



以上のような事例が挙げられるが、この変化は執務者のオフィス空間での活動状態を表すのに参考になると考えられる。

1.5.6 オフィスファニチャーの寸法調節の調査

オフィスワーカーの身体各部の寸法と、それに対応するファニチャーの諸寸法を計測し、身体各部の痛み、疲労感との検証をおこなう。

3社のすべてを対象として、身体8箇所、ファニチャー8箇所の計測をおこなった。計測箇所は以下に示す(図1-5.7)。また一日4回のアンケートを2日おこない、身体各部の痛み、疲労感の経時変化をみた。

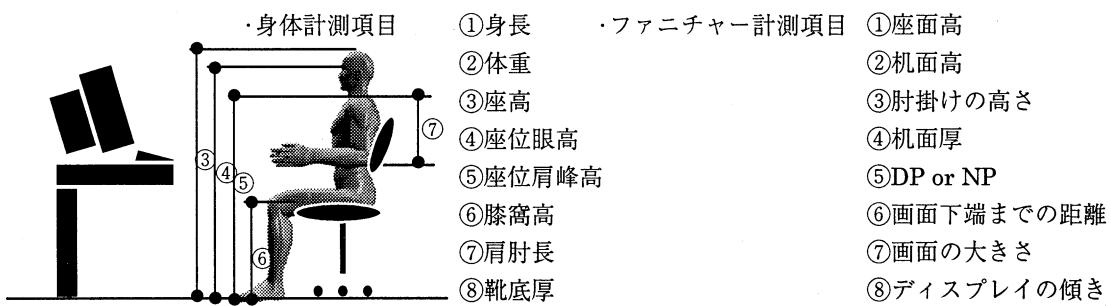


図1-5.7 身体とファニチャーの計測項目

○アンケート結果

椅子の高さは90%近くとほとんどが調節しているのに対し、机に関してはほとんどが調節していない、もしくは調節できない机を使用していた。そして椅子、机の高さに関しては共に“ちょうどよい”という多くの回答を得られた。次に膝窩高を基準とした時、最適な座面高は“膝窩高+靴底厚”と等しい時であるといわれている。しかし今回の調査では座面高と膝窩高+靴底厚との間には相関関係はなく、また関係式1(座面高-(膝窩高+靴底厚))による度数分布を図1-5.7に示す。アンケート結果より、ほとんどが椅子の高さがちょうどよいと答えたのにも関わらず、最適となる‘0’から大きなばらつきがみられた。

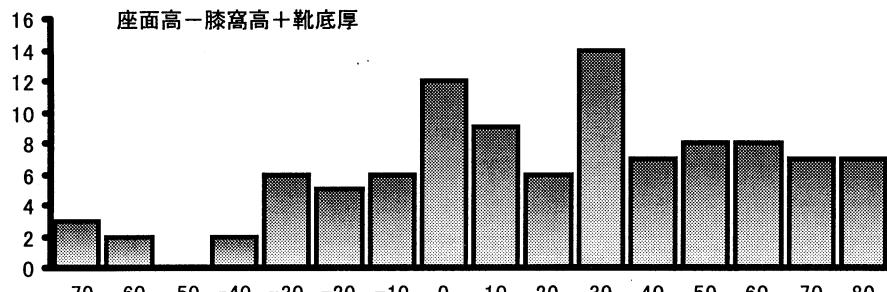


図1-5.8 座面高-膝窩高+靴底厚による度数分布

○身体計測値とファニチャー寸法値との関係と身体各部の痛み、疲労感との関連について

①座面高と膝窩高

関係式1(座面高-(膝窩高+靴底厚))と身体各部の痛み、疲労感の相関関係を見た結果、下半身に対して正の有意な二次の近似曲線があらわせた。典型的な例を図1-5.8示す。膝窩高に対して座面高が高すぎても低すぎても下半身に痛み、疲労感を及ぼすことがわかる。この時、痛み、疲労感の最小値が最適な座面高である0より右にずれているのが認められる。

②ディスプレイと眼

労働省通達「VDT 作業のための労働衛生上の指針」の中に「首や目の負担を少なくする姿勢を保つため、CRT ディスプレイは、その画面の上端が目の位置より下になるような高さにすること。なお上端と眼を結ぶ線と画面上端の水平線との角度は、標準的な VDT 作業において、おむね 10° 以内とすること。」とある。座位姿勢時の目の高さと画面上端の高さの相関を見た結果、相関関係はなかった。そこで懸念される首や眼の痛み、疲労感と関係式 3(目の高さ - 画面上端までの高さ)との間には負の有意な負の回帰直線が得られた(図 1-5.10)。画面に対して目の位置が高すぎても低すぎても眼、上肢に痛み、疲労感があらわれることが懸念されたが F 検定、相関分析の結果、画面に対して目の位置が高いほうが眼、上肢の痛み、疲労感の訴えが少なかった。

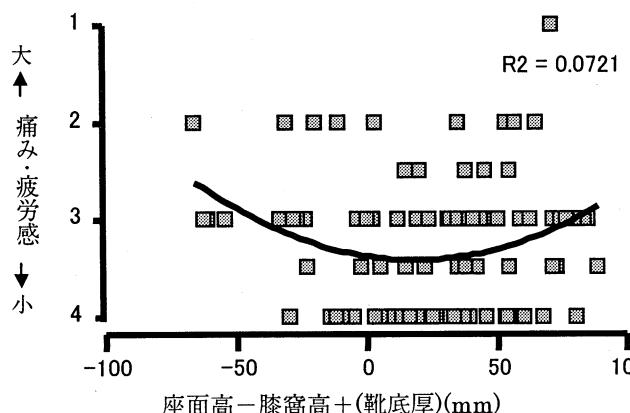


図 1-5.9 座面高調節と大腿後面との痛みとの関係

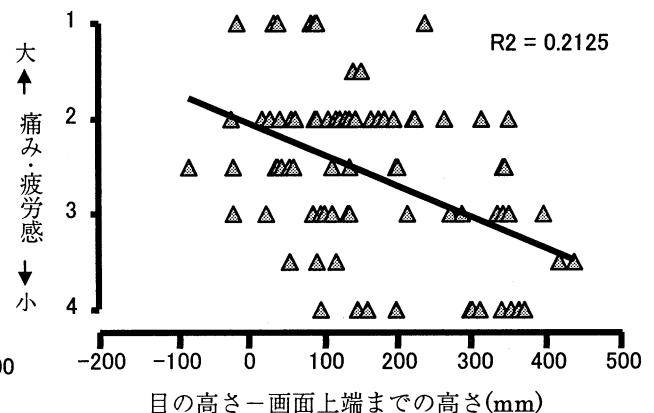


図 1-5.10 ディスプレイの高さと首との痛みとの関係

今回の結果より、図 1-5.9 の痛みの最小値となるグループは、主に下半身の痛み、疲労感の軽減を優先しているものであると考えられる。また、座面高がそれ以上に高いグループは座面を高くすることにより、目の位置を上げ、下半身より上半身の痛み、疲労感の軽減を優先していると考えられる。座面高の低いグループは身体、ファニチャーの計測値と身体各部の痛み、疲労感と有意な相関関係を見ることができなかった。

従来最適な座面高は膝窩高と靴底の厚さを足した長さに等しいといわれているが、今回の結果では分析対象のほとんどが最適な座面高よりも高めに調節してあった。ディスプレイと眼の高さの関係も座面の高さを決定する要因の一つであると考えることもできた。

1. 6 緊張作業・単調作業における標準データ収集

(社団法人 人間生活工学研究センター)

1.6.1 目的

現代はストレス社会といわれている。しかし、ストレスそのものの定義もいまだ確立されておらず、その評価手法も多種多様であり、ストレス状態が漠然と捉えられているのが現状である。そこで、通産省工業技術院による産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術」の一環として非侵襲的方法による生理心理的なストレス評価手法の開発が行われた。開発された技術は、様々な生理・主観量の測定方法の標準化、ストレスレベルを評価するアルゴリズム、ストレスレベルを迅速、簡便に測定するシステムである。

プロジェクトの研究では、ストレスを「刺激に対して人の中で生じる負の情動（不安、緊張、嫌悪、倦怠感…等）」と定義し、その時間的経過を重要なファクターと捉え、比較的長期に持続し疾病につながりかねないものを慢性ストレス、作業負荷などの原因となるものを取り除けば比較的速やかに回復するものを一過性ストレスと呼び、これらの評価を行った。なお一過性ストレスは、緊張ストレスと単調ストレスとに分離しそれぞれの評価を行った。緊張ストレスとは、作業ストレスが重大事故につながるような作業場面において生じる過緊張・不安などの負の情動をともなう心的状態であり、単調ストレスとは、変化の少ない作業を繰り返し行うことによって生じるうんざり、あきあきといった負の情動をともなう心的状態である。

本データ収集においても、この一過性ストレスの評価を行うことを目的とした。また、「人間感覚計測応用技術」プロジェクトでは、数種類の生理計測指標から一過性ストレスを評価する総合指標を開発したが、本研究ではそれらの計測手法、評価法を踏まえ、対象となる個々の生理指標の変化傾向と一過性ストレスとの関係を従来よりも大規模なデータを計測・蓄積することにより、さらに詳細に把握することを目的とした。

1.6.2 実験方法

（1）被験者

被験者には、既往症なし、トラッキング作業未経験者などのスクリーニングを行い、インフォームドコンセントを得た大学生および社会人 257 名を用いた。詳細は表 1.6.2-1 に示す。スクリーニングテストには、被験者特性を調べるため、YG、CMI 健康調査票、MAS、日常苛立ち事テスト、ライフイベントの 5 種類の質問紙を使用した。

表 1.6.2-1 被験者

	20 代	30 代	40 代	50 代	計
男性	35	35	34	35	139
女性	35	35	28	20	118
計	70	70	62	55	257

（2）実験環境

実験環境は、標準的な一般オフィスを想定し、温度 26°C、湿度 50%、照度 750lx、色温

度 4,500K、暗騒音 45db とし、被験者の着衣量は 0.7clo (tシャツ、長ズボン、靴下) とした。尚、実験期間中（1999 年 4 月～12 月）上記の実験環境を定常的に呈示するために通商産業省工業技術院大阪工業技術研究所内に作業環境呈示システムを構築した。

(3) 実験課題

実験課題には、緊張を負荷する実験（以下では緊張実験と示す）と、単調作業を負荷する実験（以下では単調実験と示す）ともにトラッキング作業^{注*)}を用いた。トラッキング作業の内容は、画面上をランダムに動きまわる円形のターゲットが、正方形の枠の中に常に入っている状態となるよう、トラックボール枠を操作する作業であった。

注*) なお、トラッキング作業ソフトは、生命工学工業技術研究所の吉田倫幸氏の原案をもとに、三洋電機㈱が作成したソフトを(社)人間生活研究センターが改良したものを使用した。

(4) 計測指標

実験では、以下の指標について計測を行った。

①生理指標

計測した生理指標を表 1.6.2-2 に示す。表中の指標以外にも参考指標として、筋電図、皮膚電気活動、血圧、体温、唾液中コルチゾールを計測した。なお、一次指標の算出方法に関しては、人間感覚計測マニュアル第一編を参照されたい。

表 1.6.2-2

測定項目	一次指標
心電図	平均心拍、心拍 MF、心拍 RF、心拍 LF、心拍 HF、RR 間隔平均 RR 間隔標準偏差、RR 間隔 CV
脈波	平均 PTT、PTTMF、PTTRF
呼吸	呼吸重心周波数(呼吸 GF)、呼吸ピーク周波数(呼吸 PF)、呼吸不安定性
脳波	Fz、Oz の α 波パワー値、 β 波パワー値、 θ 波パワー値
皮膚温	指と額の皮膚温差、鼻と額の皮膚温差
瞬目	瞬目率 (回/分)

*一次指標の詳細は文末の用語の説明を参照

②主観指標

②-1 ストレス評価質問紙 (PSS) :

表 1.6.2-3 に示す評価語について、パソコンを用い、画面上のスケールにマウス入力させた。「全く感じない」から「非常に感じた」までの線分において、左端から評定者のつけた線分までの距離の占める割合をその評価語の得点とし、各評価語とも 100 点満点とした。また、表 1.6.2-3 に示すように、各評価語を平均し、9 項目の感情尺度を算出した。

表 1.6.2-3 PSS の主観項目

感情尺度	評価語
倦怠	ぐったりした、気が滅入っていく、むなしい
心地良さ	さわやかな、安心した、気持ちのよい、心地良い
怒り	怒りを感じた、むしゃくしゃした、腹立たしい、むつとした
不安・動搖	くよくよした、ふさいだ、うろたえた、びくびくした
総合ストレス度	ストレスを感じた
緊張	緊張した、どきどきした
眠気	眠かった
疲労	疲労していた
集中	集中していた

②-2 疲労・覚醒評価質問紙 (R A S) :

表 1.6.2-4 に示す評価語について、各々 7 段階評価の質問用紙に記入させ、各評価語を平均して、6 項目の感情尺度を算出した。

表 1.6.2-4 RAS の主観項目

感情尺度	評価語
眠気	まぶたが重いと感じる、眠い
全般的活性	活力がみなぎっている、積極的な気分だ
リラックス	くつろいだ気分だ、ゆったりした気分だ
緊張	緊張している、どきどきしている
注意集中困難	思考が鈍っている、注意集中ができない
意欲減退	やる気が出ない、何かする事に乗り気がしない

③行動指標

作業成績を評価するために、以下の 2 つを行動量とした。

- ・エラー回数：トラッキング作業において、ターゲットが追従枠から逸脱した場合をエラーとし、作業時間中に発生したエラーの合計回数を指標とした。
- ・累積エラー時間：ターゲットが追従枠から逸脱して復帰するまでの時間をエラー時間とし、作業時間中の合計エラー時間を指標とした。

(5) 実験プロトコル

実験は、前半に緊張実験、後半に単調実験を行い、途中 15 分間の休憩を設けた。電極装着を含め、約 4 時間にわたって行われた。全体の実験の流れを図 1.6.2-1 に示す。

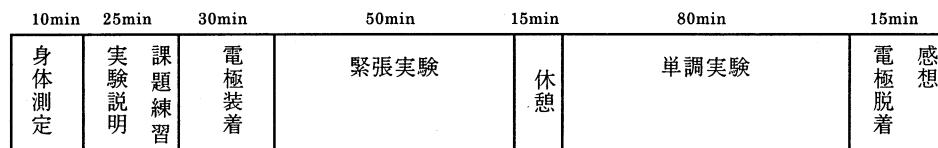


図 1.6.2-1 全体の流れ

(5)-1 緊張実験

緊張実験は、安静閉眼 5 分とトラッキング作業 10 分を 1 セッションとして、下記のようにストレスを与える教示内容が異なる 2 セッションを実施した。なお、セッションの順序はカウンターバランスをとった。

1. 教示なし条件：できるだけミスをしないように作業を行うという教示のみ
2. 延長教示条件：トラッキング作業中にミスする毎に 90 秒作業時間が延長されると教示（ただし、実際には作業時間の延長は行わない）

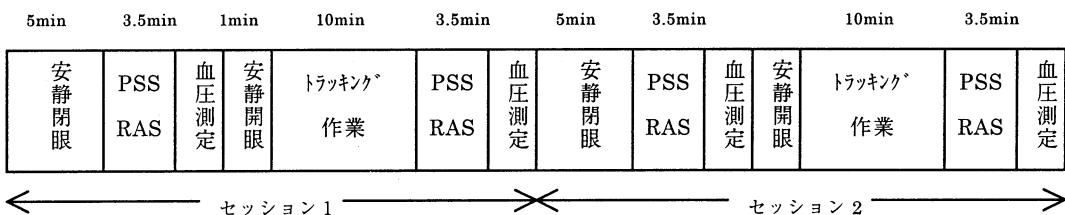


図 1.6.2-2 緊張実験の流れ

(5)-2 単調実験

単調実験は、安静閉眼 5 分のあとにトラッキング作業 5 分を 8 回繰り返すものであった。終末効果を防ぐために、被験者にはトラッキング作業の繰り返し回数を教示しなかった。また、実験の最後に安静開眼を 3 回設け、回復過程を調べた。

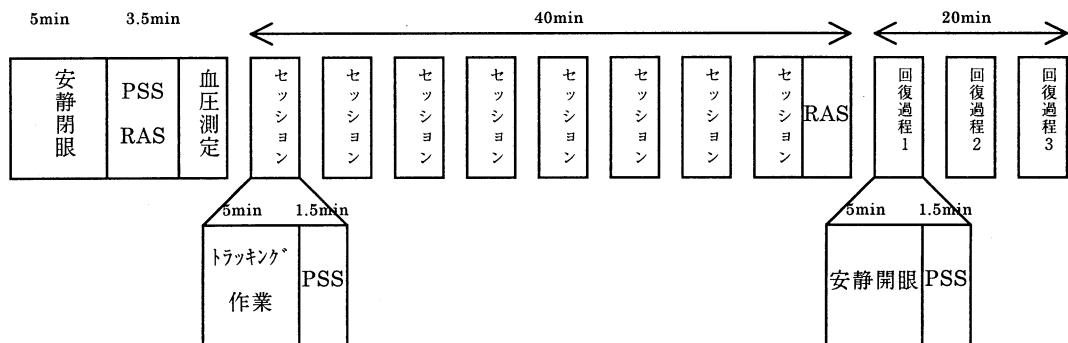


図 1.6.2-3 単調実験の流れ

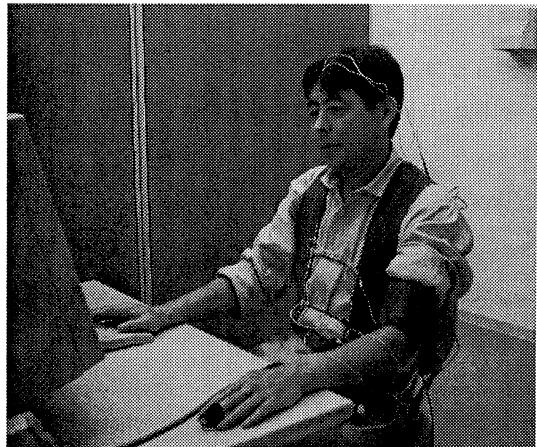


図 1.6.2-4 実験風景

1.6.3 実験の結果

(1) 緊張ストレス実験

①主観指標

対象被験者は、スクリーニングテストで、虚偽性が高いと判定された7名と、計測上の問題があった被験者を除き、PSSの眠気、疲労、集中については257名中226名、その他の項目については257名中247名を対象とした。

まず、トラッキング作業による作業負荷効果と、時間延長教示による条件の効果の有無を検討するために、各指標ごとに被験者内で、作業（2水準：安静／トラッキング作業）×条件（2水準：延長教示条件／教示なし条件）の2要因の分散分析を行った。その結果、作業の主効果がRASの「眠気」「全般的活性」を除く全ての指標に認められた。一方、条件の主効果が認められたのは、PSSの「緊張」「総合ストレス度」「怒り」「不安・動搖」「眠気」「疲労」および、RASの「全般的活性」「リラックス」「緊張」であった。条件の主効果が認められた指標の一部を図1.6.3-1に示す。図からも明らかなように、“緊張”“イライラ”“不安感”等に関する項目の評価値が延長教示条件で大きくなっていることから、教示により緊張ストレスが有効に負荷されたといえる。

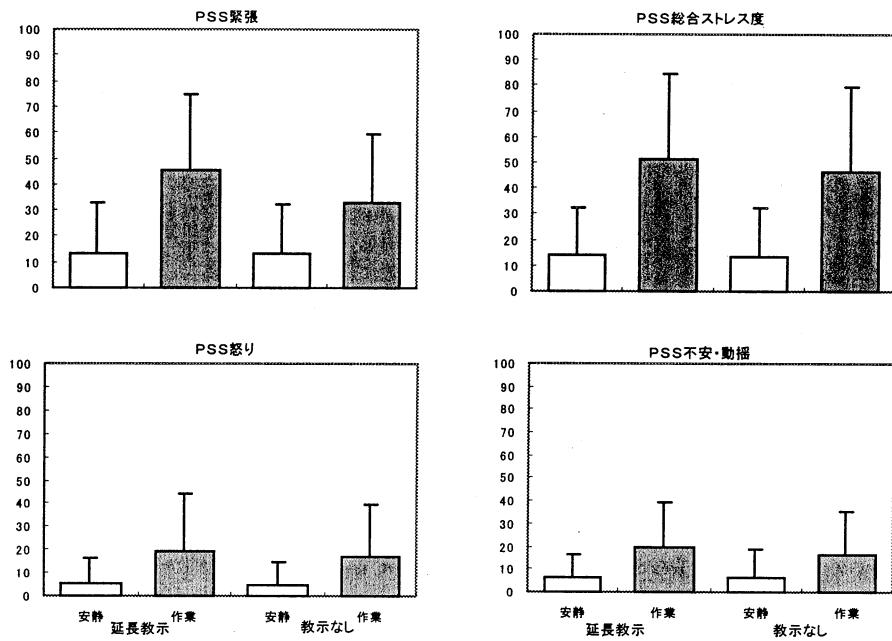


図 1.6.3-1 緊張ストレス実験結果の一部
(作業と条件の主効果がともにあった主観量, $p<0.05$)

②生理指標

対象被験者は、主観指標と同様の理由で 257 名中、脳波関連は 254 名、皮膚温関連は 235 名、心拍関連は 243 名 (RR 平均、RRCV、RRSD は 241 名)、脈波関連は 203、呼吸関連は 248 名、瞬目率は 184 名を対象とした。

生理指標についても、主観指標と同様の処理（作業×条件の 2 要因の分散分析）を行った。その結果、作業の主効果が PTTMF と呼吸不安定性を除く全ての指標について認められた。条件の主効果が認められたのは、鼻-額の皮膚温差、指-額の皮膚温差、心拍 MF、心拍 RF、心拍 LF、心拍 HF、平均心拍、心拍 RR 平均、平均 PTT であった。鼻-額の皮膚温差、指-額の皮膚温差など同じ意味をもつものは片方を除き、条件の主効果が認められた指標を図 1.6.3-2 に示す。ただし、心拍の MF、RF、LF、HF については、条件の主効果に関して統計的に有意な差が認められたが、ストレスが少ないと考えられる“教示なし条件”において“延長教示条件”よりも大きく低下した。従って与えられたストレスレベルに対応した変化を示すとはいえない。

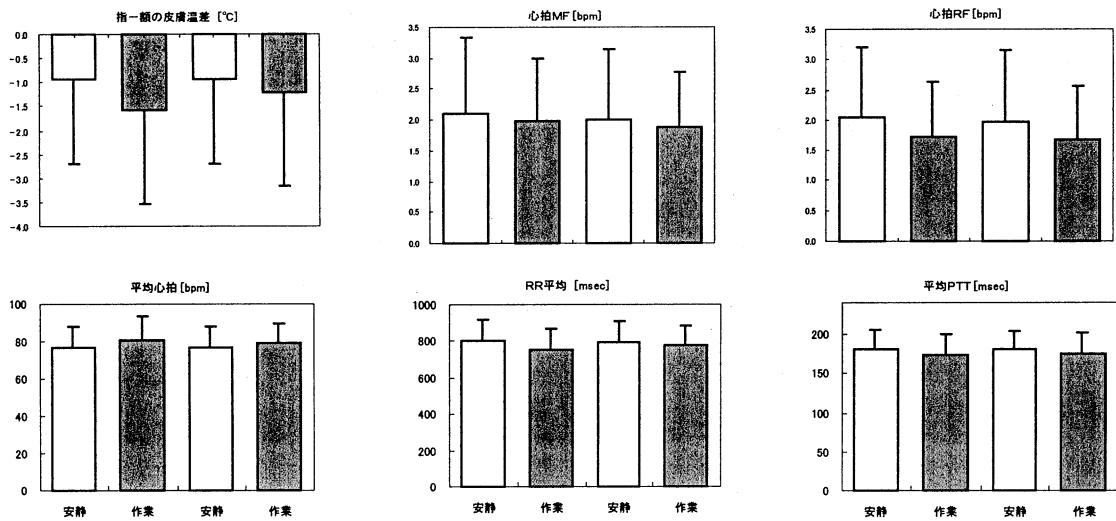


図 1.6.3-2 緊張ストレス実験結果の一部
(作業と条件の主効果がともにあった生理量,p<0.05)

③行動指標

対象被験者は 257 名中 254 名とした。時間延長教示による条件の効果を検討するため、各指標ごとに、2 条件の対応のある t 検定を行った。その結果、エラー回数、累積エラー時間とともに、5 % 水準で有意差が認められた。結果を図 1.6.3-3 に示す。図からも明らかなように、教示なし条件よりも延長教示条件でエラー回数が減少していることから、教示により緊張ストレスが有効に負荷されたといえる。

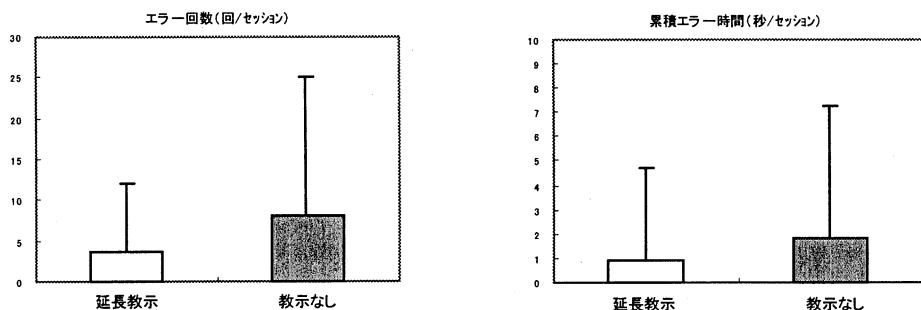


図 1.6.3-3 緊張ストレス実験－行動量

④属性（年齢および性別）の違いによる緊張ストレス反応の検討

緊張ストレス負荷時の各指標の変化に、年齢および性の差が認められるかどうかについて検討を行った。対象指標は、教示による条件の効果が認められ緊張ストレスの反応を示したと思われる生理指標の鼻一額の皮膚温差、指一額の皮膚温差、平均心拍、心拍 RR 平均、平均 PTT と、行動指標からエラー回数、主観指標から PSS 緊張を用いた。最もストレス負荷の高い作業時と安静時で比較するために、延長教示条件における、作業（2 水準；安静、作業）×年齢もしくは性別の 2 要因の分散分析を行い、ストレスを負荷した時の反応の違いを表す交互作用を用いて、年齢や性別による反応の変化を検討した。エラー回数

については、作業負荷（安静、作業）×年齢もしくは性別の2要因の分散分析を行った。その結果、指一額の皮膚温差、平均心拍、心拍RR平均、平均PTT、エラー回数に作業もしくは作業と年齢の交互作用が認められた。また鼻一額の皮膚温差、指一額の皮膚温差、PSS緊張、エラー回数に、作業と性の交互作用が認められ、緊張ストレス時の指標の変化に年齢差や性差が生じることが示唆された。結果の一部を図1.6.3-4に示す。

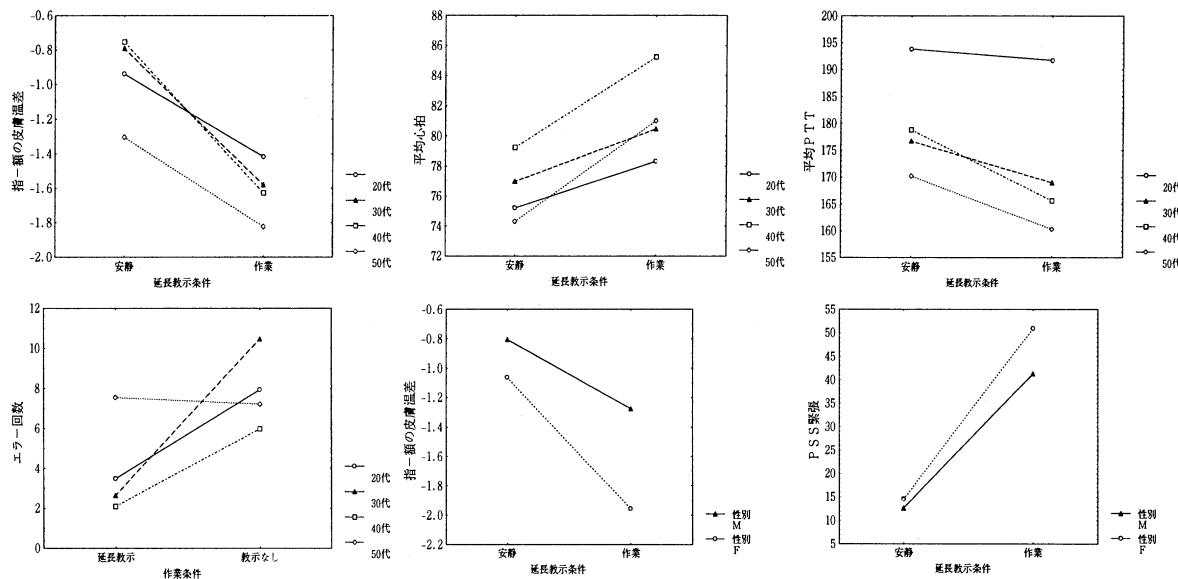
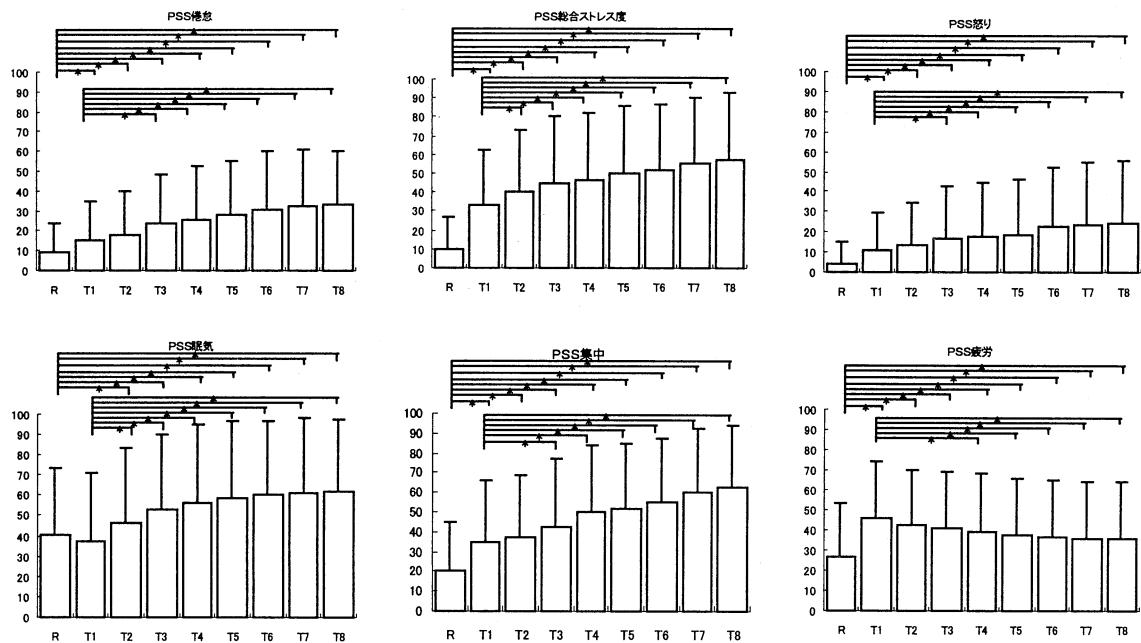


図1.6.3-4 緊張ストレス負荷時に年齢差・性差が生じた指標の一部

(2) 単調ストレス実験の結果

①主観指標

対象被験者は、PSSの眠気、疲労、集中については226名、その他の尺度については247名とした。単調実験では、初期安静とトラッキング作業中の主観指標の経時変化を検討した。各指標ごとに、経時変化を検討するため、安静を含む9セッションを要因とした1要因の分散分析を行った。まずPSSに関しては、全項目でセッションの主効果が認められたため、テューキーのHSD検定を用いて下位検定を行った。その結果、眠気を除く項目で、安静と作業1回目の間に有意差が認められ($p<.05$)、作業負荷効果がみられた。また「緊張」を除く項目に、作業1～8の間の少なくとも1箇所で有意差が認められた。一方RASについては、単調作業開始前と作業終了後の2回のみの計測であったため、作業開始前後で、対応のあるt検定を行った。その結果、いずれの項目も作業前後に有意差が認められた。単調ストレスの評価に有効と推察される主な尺度の結果を、図1.6.3-5に示す。図の縦軸は主観申告値を、横軸はRが安静、T1からT8まではタスクセッションを表す。安静と作業、作業1回目と2回目以降について5%水準で有意なものについては'*'で表す。図からも明らかなように、トラッキング作業の繰り返しにより、「倦怠感」に関する主観評価値が高くなっていることから、単調作業の繰り返しにより単調ストレスが負荷されたといえる。



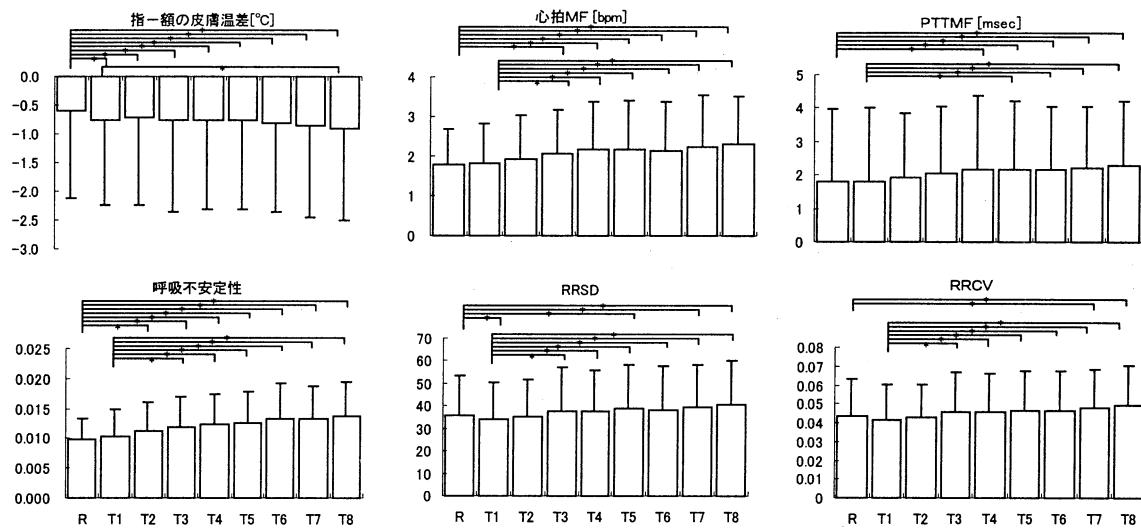
* : 有意差 ($p < .05$) のある部分

図 1.6.3-5 単調ストレス実験結果－主観量

②生理指標

対象被験者は、脳波関連は 254 名、皮膚温関連は 247 名、心拍関連は 209 名、脈波関連は 107 名、呼吸関連は 213 名、瞬目率は 178 名とした。

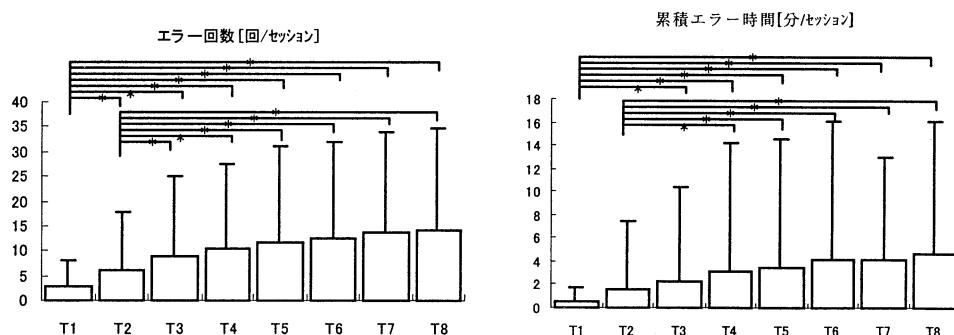
生理指標についても、各指標ごとに主観指標と同様の処理（セッションを要因とした 1 要因の分散分析）を行った。その結果、セッションの主効果が全指標に認められたため、全指標に対してテューキーの HSD 検定を用いて下位検定を行った。まず、作業負荷効果を表す、安静と作業 1 回目の間に 5 % 水準で有意差が認められたものは、 $Fz\alpha$ 、 $Fz\beta$ 、 $Fz\theta$ 、 $Oz\alpha$ 、 $Oz\beta$ 、 $Oz\theta$ 、鼻部皮膚温、指部皮膚温、心拍 RF、心拍 HF、RRSD、平均 PTT、PTTRF、呼吸 GF、呼吸 PF、瞬目率であった。このうち、作業 1～8 の間の少なくとも 1 箇所で 5 % 水準で有意差が認められたものは、 $Fz\beta$ 、 $Fz\theta$ 、指部皮膚温、心拍 HF、RRSD、平均 PTT、呼吸 GF、呼吸 PF であった。心拍 MF、心拍 LF、平均心拍、RR 平均、RRCV、PTTMF、呼吸不安定性に関しては、作業負荷効果は認められなかったものの、作業 1～8 の間で有意差が認められた。作業 1～8 の間で有意差が認められた指標の一部を図 1.6.3-6 に示す。



* : 有意差 ($p < .05$) のある部分
図 1.6.3-6 単調ストレス実験結果－生理量

③行動指標

対象被験者は、254名とした。トラッキング作業中の行動指標の経時変化を検討するために、作業8セッションを要因とした1要因の被験者内の分散分析を行った。その結果、エラー回数、エラー累積時間とともにセッションの主効果が認められた。図1.6.3-7に示す。下位検定を行った結果、作業1回目と2回目以降および、作業2回目と3回目以降に5%水準で有意差が認められものについては '*' で示す。図からも明らかなように、トラッキング作業の繰り返しによりエラーが増加していることから、行動量からも単調作業の繰り返しにより単調ストレスが有効に負荷されたといえる。



* : 有意差 ($p < .05$) のある部分
図 1.6.3-7 単調ストレス実験結果－行動量

④属性（年齢および性別）の違いによる単調ストレス反応の検討

以上の結果をもとに、単調ストレス実験についても単調ストレス負荷時の指標の変化に、年齢および性の差が認められるかどうかについて検討を行った。対象指標は、セッションの主効果が認められた生理指標、 $Fz\beta$ 、 $Fz\theta$ 、指-額の皮膚温差、平均心拍、心拍 MF、

心拍 RF、心拍 LF、心拍 HF、RR 平均、RRCV、RRSD、呼吸 GF、呼吸 PF、呼吸不安定性、平均 PTT、PTTMF と、行動指標のエラー回数、主感指標の PSS 倦怠とした。安静を含む作業の繰り返しセッション×年齢もしくは性別の 2 要因の分散分析を行い、緊張ストレスの解析と同様に年齢や性別による反応の変化を検討した。その結果セッションと年齢の交互作用が、平均心拍、心拍 MF、心拍 LF、RR 平均、RRCV、RRSD、PTTMF、Fz θ に認められた。また、セッションと性の交互作用が、RRCV、RRSD、Fz β 、Fz θ に認められ、単調ストレス時の指標の変化にも年齢差や性差が生じることが示唆された。結果の一部を図 1.6.3-8 に示す。

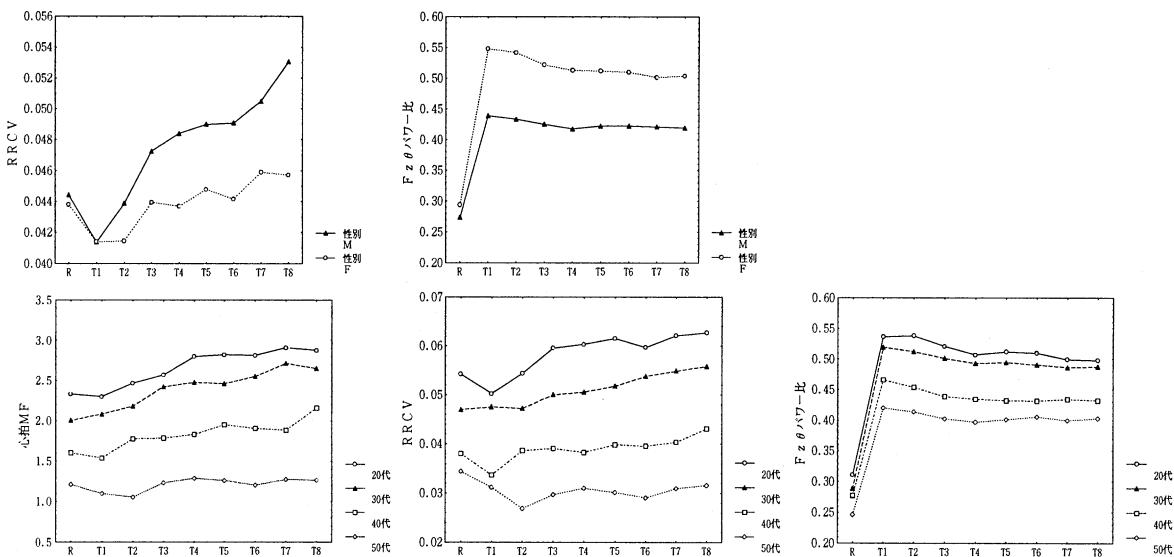


図 1.6.3-8 単調作業の経時的变化に年齢差・性差が生じた指標の一部

1.6.4 考察

今回の実験では、緊張実験・単調実験ともに作業を開始することによって、脳波の α 波パワー値、皮膚温、心拍変動、平均 PTT、瞬目の低下および減少、 β 波・ θ 波パワー値、平均心拍、呼吸重心周波数の上昇という作業負荷の効果がみられた。

緊張実験の時間延長教示によるストレス負荷効果は、主観評価における“緊張”“イライラ感”“不安感”に関する項目の評価値が延長教示条件で大きくなっていること、また行動量におけるエラー回数が延長教示条件で減少していることから、教示により緊張ストレスが負荷されたといえる。生理指標の結果では、延長教示条件で平均心拍の上昇、皮膚温、平均 RR 間隔、平均 PTT の減少が認められた。以上の結果から、主に交感系指標を用いれば緊張ストレスを良好に推定できる可能性が示唆されたといえ、これは従来通りの結果であった。

単調実験では、トラッキング作業を繰り返すことによって“倦怠感”に関する主観評価得点が高くなってしまい、また行動指標のエラー回数も増加した。このことから単調負荷実験により単調ストレスが負荷されたといえる。また、単調作業における各生理指標の変化パターンは指標によって異なり、主に表 1.6.4-1 示す 3 つの変化傾向がみられた。表の 1) に示す変化については、トラッキング作業の作業負荷による緊張ストレスと作業を続ける

ことによる単調ストレスで指標に与える変化方向が同じであることから、これらの指標が単調ストレスのみの反応を示しているかどうかは疑問である。ただ、緊張実験の作業負荷時に示した緊張ストレスによる反応の変化方向と比較すると、心拍 MF については、緊張ストレスとは逆の方向に時間経過に伴い単調に変化した。従って、これらは単調ストレス指標の変化を示すと思われる。2) 3) では、作業負荷と単調ストレスによる指標の変化方向が逆である。2) については作業半ばから安静時に戻っていることから単調ストレスの反応を表すとは考え難いが、3) についてはその可能性が示唆された。以上のことから、従来は評価困難とされていた単調ストレスについては、1) の心拍 MF および 3) の RRCV、RRSD を用いれば良好に評価できる可能性が示唆された。

表 1.6.4-1

	変化傾向	生理指標
1)	セッションを重ねることにより単調に変化するもの	Fz β 、指・額の皮膚温差、心拍 MF、PTTMF、呼吸不安定性
2)	作業初期の変化値が作業半ばから安静時の値に戻っていくもの	Fz θ 、心拍 HF、心拍 RF、平均心拍、RR 平均、呼吸 GF、呼吸 PF、平均 PTT
3)	作業初期の値から安静時の値に戻り、そしてその値を超えてさらに逆方向に変化するもの	RRCV、RRSD

1.6.5まとめ

本実験結果から、生理量を用いてストレスを評価する場合、緊張ストレスには主に交感系指標を、単調ストレスには心拍の MF 成分や変動性を用いれば各々のストレスを良好に推定できる可能性が示唆された。またこのことは緊張と単調の各ストレスによる反応指標が異なることを意味する。従って緊張ストレスと単調ストレスの評価には、上記の指標の各変化傾向を考慮した上で総合的な判断が必要である。

【用語の説明】

平均心拍

心臓交感系と心臓副交感系のバランスで決まる。ストレスでは、心臓交感系の賦活と心臓副交感系の活動の低下のいずれか、あるいは両方により上昇する。

心拍変動 RF

心拍変動スペクトルの呼吸重心周波数±0.05[Hz]の帯域の平均値を呼吸成分として算出したものである。心臓副交感系の活動を反映するといわれているが、実際には呼吸の影響が大きい。呼吸が普通の速さの場合には、いわゆる HF と同じ変化を示す。

心拍変動 MF

心拍変動スペクトルの 0.1[Hz]近辺の平均振幅を MayerWave 成分として算出したものである。心臓交感系と心臓副交感系の両方の活動を反映すると言われているが、速い呼吸や乱れた呼吸もこの成分を増加させる。

呼吸ピーク周波数(PF)

呼吸のデータを周波数解析して得られるパワースペクトルの最大振幅を示す周波数である。呼吸の速さが一定の場合は、重心周波数と一致する。

呼吸重心周波数(GF)

呼吸スペクトルのピーク値の 1/2 以上の範囲での重心位置の周波数である。呼吸の速さの代表値として使っている。速い呼吸と遅い呼吸が混在しているときには、その中間的な値となる。一般的には課題負荷で上昇するが、上昇度合いは課題に依存する。

呼吸不安定性

呼吸ピーク周波数と呼吸重心周波数の差の絶対値。呼吸が乱れると、この値は多くの場合増大する。例外は、ピーク周波数を中心に、速い呼吸と遅い呼吸が同じだけ混ざったとき。

【参考文献】

(社)人間生活工学研究センター編：産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術」人間感覚計測マニュアル 第一篇,第二編 1999

1. 7 作業環境評価のためのデータベースシステム

(社団法人 人間生活工学研究センター)

1. 7. 1 データベースシステムの概要

1. 3～6に記述した様に、運輸場面・監視作業場面・オフィス場面および実験室において、約400名の被験者を対象に、人間感覚（ストレス、疲労など）に関する計測を行った。そして、その結果を搭載したデータベースを構築し、これを用いて職場環境の診断に活用できるようデータベースシステムを開発した。本データベースでいう「データ」とは単に数値データだけを指すのではなく、図・表のグラフィックデータや結果・考察を記述したものを含めている。「データベース」は、それらのデータを体系的に整理し、収録したものとし、これに利用者の使いやすさを工夫したインターフェースソフトを附加したものと「データベースシステム」と呼ぶこととする。

1. 7. 2 データベースシステムの構成

本データベースシステムは、以下の3つの部分から構成されている。

(1) 自職場診断システム

利用者を以下の事例データベースに誘導することを目的に、自職場の作業特性のタイプ分類と想定される問題点の抽出を行うシステム。詳細は「1. 2 作業環境評価のためのタスクマップ・既往データ分析」を参照されたし。

(2) 事例データベース

フィールド調査を実施した運輸場面、監視作業場面、オフィス場面から6つのタスク（作業）を取り出し、そのタスクにおけるヒトの生理・心理反応特徴と対策案をフェーズごとに記述した。このフェーズとはストレス・疲労の進行と回復の状態の変化段階をいい、8つのフェーズを取り上げた。このフェーズでもって、どのタスクも共通にデータを整理・収録することが本データベースの特長であり、体系的にデータを整理・収録できるだけでなく、タスク間の比較や、事例タスク以外のタスクであって共通の問題点が見つけることができる。フェーズや本データベース構築の戦略については「1. 2」を参照いただきたい。

フィールド調査の結果は、ヒトの生理・心理反応特徴を客観的かつわかりやすく解説するための裏付け資料として、各フェーズごとに代表的な事例を選抜し、搭載している。

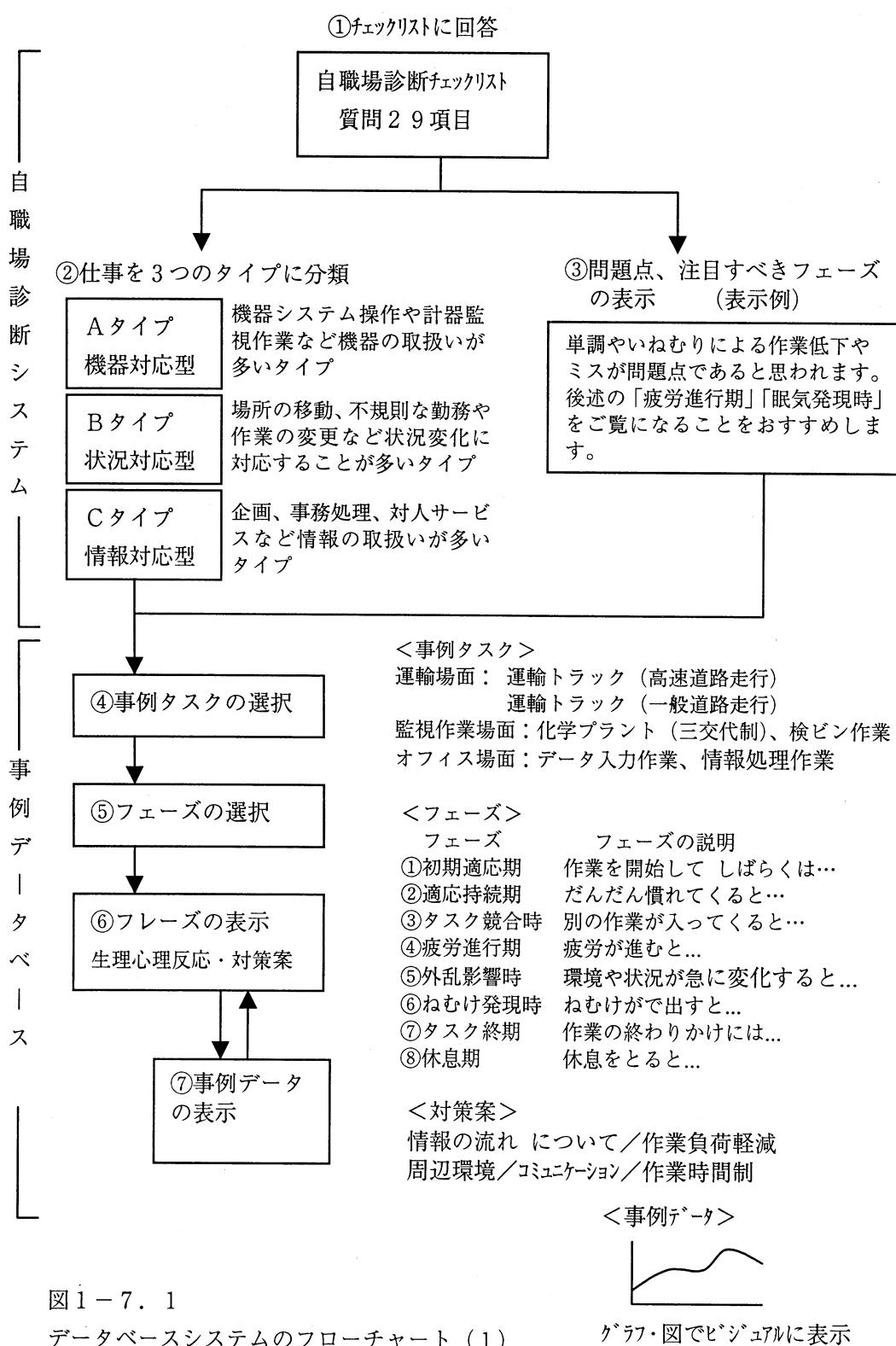
(3) 計測方法のデータベース

利用者が自職場で実際にストレス・疲労の計測をしたい場合、あるいは、ストレス・疲労の計測についてより理解を深めたい場合を想定し、各種のストレス・疲労の計測について、その計測方法、評価方法、標準値（統計量）、標準値（データ）を記述した。この計測方法のデータベースは「1. 6 緊張作業・単調作業における標準値データ収集」の調査結果を元に作製している。

1. 7. 3 データベースシステムのフローチャート

このデータベースシステムのフローチャートを図1-7. 1、図1-7. 2に示す。

1) 自職場診断システム～事例データベースのフローチャート



①チェックリストに回答

自職場診断チェックリスト29項目に回答することで、自職場の仕事のタイプ分類と想定される問題点が表示される。

②仕事を3つのタイプに分類

①の回答結果から、仕事を下記の3つのタイプに分類する。各タイプには事例タスクを用意している。

Aタイプ：機器対応型 機器システム操作や計器監視作業など機器の取扱いが多いタイプ
事例タスク＝化学プラント監視作業・検ビン作業

Bタイプ：状況対応型 場所の移動、不規則な勤務や作業の変更など状況変化に対応することが多いタイプ
事例タスク＝トラック深夜走行（高速道路走行・一般道走行）

Cタイプ：情報対応型 企画、事務処理、対人サービスなど情報の取扱いが多いタイプ
事例タスク＝データ入力作業・情報処理作業

必ずしも、全ての職業が上記の3タイプに明確に分類できるわけではないので、DタイプとしてA～Cタイプの中間タイプとして利用者みずから判断するタイプを設けている。

③問題点、注目すべきフェーズの表示

①の回答結果から、想定される問題点および注目すべきフェーズを表示する。

詳細は「1. 2 作業環境評価のためのタスクマップ・既往データ分析」を参照のこと。

④事例タスクの選択

上記の②、③を参考に下記の6つの事例タスクの中からいづれかを利用者に選択させる。<事例タスク>

運輸場面：運輸トラック（高速道路走行）、運輸トラック（一般道路走行）

監視作業場面：化学プラント（三交代制）、検ビン作業

オフィス場面：データ入力作業、情報処理作業

検ビン作業については監視作業のひとつとして取り上げたが、フィールド調査は実施していないので、生理・心理反応特徴と対策案だけをまとめている。

⑤フェーズの選択

上記の②、③を参考に下記の8つの事フェーズの中からいづれかを利用者に選択させる。<

フェーズ フェーズの説明

1)初期適応期 作業を開始して しばらくは…

2)適応持続期 だんだん慣れてくると…

3)タスク競合時 別の作業が入ってくると…

4)疲労進行期 疲労が進むと…

5)外乱影響時 環境や状況が急に変化すると…

6)ねむけ発現時 ねむけがで出すと…

7)タスク終期 作業の終わりかけには...

8)休息期 休息をとると...

⑥フレーズの表示

④で選択した事例タスク、⑤で選択したフェーズに該当するヒトの生理心理反応のフレーズと対策フレーズを表示する。(表1-7. 1~6及び表1-7. 7~12)

対策案は下記の5つの項目について記述している。

<対策案>

情報の流れ・情報のわかりやすさ／作業負荷軽減／周辺環境
チームワークとコミュニケーション／作業時間制

⑦事例データの表示

ヒトの生理心理反応の理解を促進するために、今回調査したフィールド調査の結果から各フェーズの特徴を言い表していると思われる代表例を抽出し、その反応の特徴を以下の項目に従って記述した。

1. データの位置付け
2. フェーズの特徴（概要・サマリー）
3. 生理心理反応の事例データ

上記の④～⑦を繰り返し参照することで、自職場と共に状況や問題点を発見し、職場環境を見直し、具体的な対策策定の支援となることを目指している。

2) 計測方法データベースのフローチャート

図1-7. 2に計測方法データベースのフローチャートを示す。

計測項目は以下の①～③の大項目・中項目・小項目で整理し、各計測項目について④～⑦の情報が呈示またはデータ抽出できるようになっている。

①計測項目（大項目）

一過性ストレスの評価／覚醒・集中度の評価／筋疲労の評価／行動量

②計測項目（中項目）

皮膚温による評価／心臓系生理量による評価／瞬目による評価／内分泌系による評価
皮膚抵抗変化による評価／主観評価

③計測項目（小項目）

皮膚温／心電図／脈波／呼吸／瞬目／唾液中コルチゾール／GSR／PSS
RAS／脳波／筋電／エラー回数／エラー時間

④測定方法の表示

計測装置やセンサー、計測手順などの解説情報を呈示。

⑤評価方法の表示

計測したデータからストレス・疲労を評価する指標の解説情報を呈示。

⑥標準値（統計量）の表示

⑤の評価指標を用いて、緊張作業および単調作業負荷時の変化を性別・年齢別の統計量で比較した結果を解説

⑦標準値（データ）の抽出

付属のプログラムで⑥の元データとなる個人特性データを抽出することができる。

①～⑦を繰り返すことで自職場で実際にストレス・疲労の計測をしたい場合、あるいはストレス・疲労の計測について理解を深めたい場合に対応し、疲労調査実施の支援、人間感覚計測応用技術の成果普及を目指している。

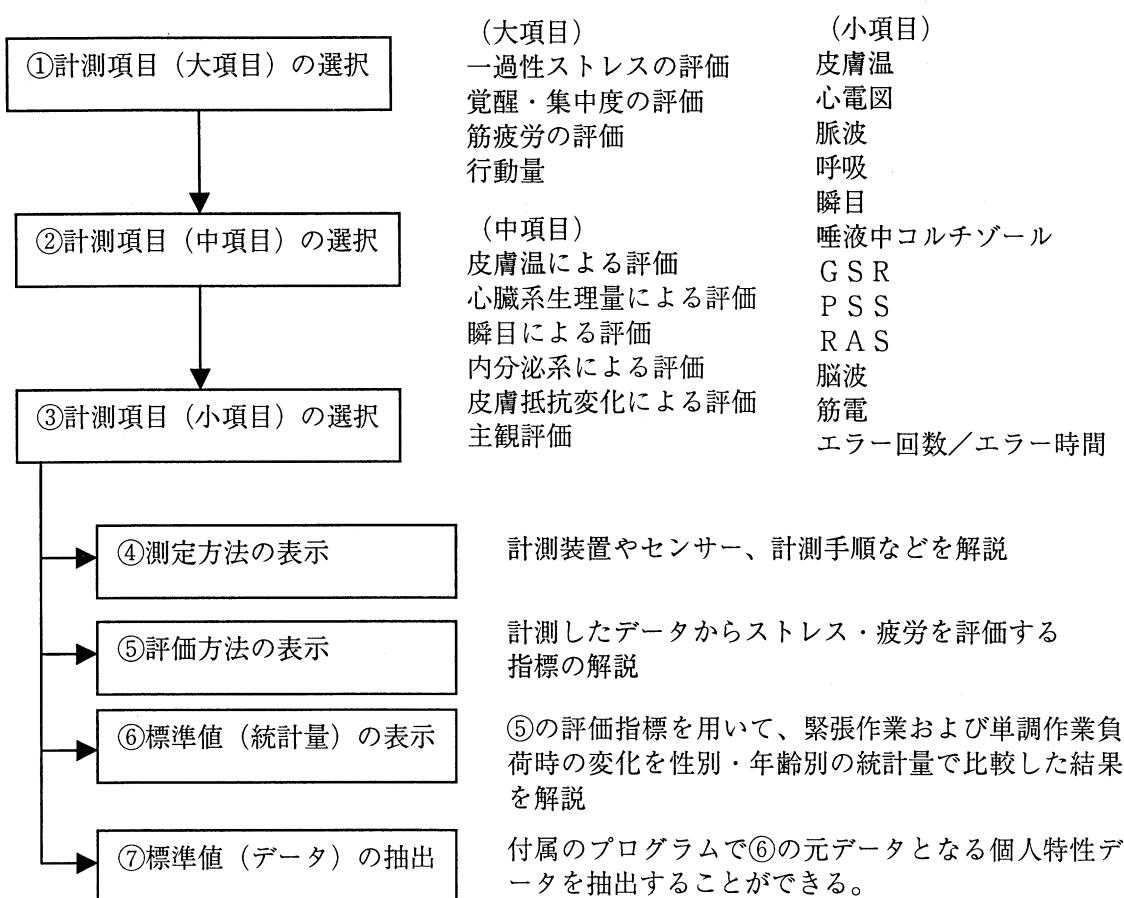


図1-7.2 データベースシステムのフローチャート(2)

1. 7. 4 データベースシステムの活用例

この診断システムの活用例として、例えば作業者用教育資料や小集団活動の共有化・検討資料、あるいは自職場オリジナルのアンケート作成が考えられる。いづれにしても、このシステムを利用し事例データとの比較対照から、自職場と共通する問題点を発見し、その問題点に対する対策案を自職場に置き換えて、具体的改善策を計画することを狙っている。

以下にシステムの使用例を示す。

(1)初期画面 (以下のような画面が表示される)

**作業環境評価のための人間感覚データベース**
このデータベースはワーカーのストレス・疲労の観点から作業環境を評価するために、
作業とストレス・疲労の関係を整理したデータを収録しています。
※ここで言う「作業環境」とは物理的環境だけでなく作業特性も含めた環境です。


データベースご利用上の注意事項
(最初にこちらをお読みください)

■ メニューをお選びください ■

▶ 人間特性データベースの紹介	作業環境の評価やモノづくりの基本となる「人間の諸特性に関するデータベース」を紹介します。
▶ 自職場診断	自職場の作業内容を分析し、作業内容とストレス・疲労との関係を診断します
▶ 事例データベース	オフィス・運輸・監視作業の実作業現場におけるストレス・疲労の調査結果を紹介します。
▶ 計測方法データベース	現場で簡単に使えるストレス質問紙から連続計測できる生理計測まで、各種の計測方法と個々の計測データを提供します。

(自職場診断を選択)

(2)自職場診断チェックリスト (以下のQ 1～Q 3に回答する)

Q 1

自職場診断

あなたの職場の作業特性を以下の質問的回答結果から診断します。
そして、あなたの職場の特性に近い事例タスク(作業・職業)を紹介します。
本データベースには事例タスクごとに生理心理反応や管理対策を収めています。
これらの情報を参考に自職場の作業環境の見直しをお勧めします。



■ あなたの職場の特性を診断します。以下の問いに回答ください。■

Q1. 対象としてとりあげたい仕事の性格は、次の各要素について多いですか、少ないですか。

1)身体的負担	<input type="radio"/> 多い	<input checked="" type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
2)物や工具・機器の取扱い	<input type="radio"/> 多い	<input checked="" type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
3)情報の取扱い・事務処理	<input type="radio"/> 多い	<input checked="" type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
4)対人接觸・人間関係	<input type="radio"/> 多い	<input checked="" type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
5)計画・企画・自分の判断	<input type="radio"/> 多い	<input checked="" type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
6)場所の移動	<input checked="" type="radio"/> 多い	<input type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
7)勤務の不規則性	<input checked="" type="radio"/> 多い	<input type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
8)作業環境の影響(温熱・騒音・有害物など)	<input checked="" type="radio"/> 多い	<input type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない
9)仕事での同僚・上司とのコミュニケーション	<input type="radio"/> 多い	<input type="radio"/> ふつう	<input checked="" type="radio"/> 少ない
10)仕事による心理的緊張の持続	<input checked="" type="radio"/> 多い	<input type="radio"/> ふつう	<input type="radio"/> 少ない

Q 2

自職場診断

～あなたの職場の特性を診断します。以下の問いに回答ください～

Q2. 対象としてとりあげたい仕事の種類は次のどれに相当しますか
（そのまま該当するものが無い場合は、類似するものを選んでください）。



- 1) 製造・設備管理
- 2) 建設現場・清掃・警備などの身体負荷の大きい作業
- 3) 運輸・車両等の運転
- 4) 専門的職業（専門知識やメディアを生かした職業。ヒューマンケアを除く）
- 5) 事務・コンピュータ操作
- 6) 医療・福祉などのヒューマンケア
- 7) 販売・サービス
- 8) 農林漁業

Q 3

自職場診断



～あなたの職場の特性を診断します。以下の問い合わせに回答ください～

Q3. 対象としてとりあげたい仕事について、日常の運用や管理上の問題となる点をあげてください。

- | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|---|
| 1) 一部の人に身体的負担の大きい作業の偏りが | <input type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input checked="" type="radio"/> ほとんどない |
| 2) 一部の人に心理的負担や重圧感が偏るようなことが | <input type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input checked="" type="radio"/> ほとんどない |
| 3) 繁忙時間帯や繁忙期のように作業が一時的に集中するようなことが | <input checked="" type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input type="radio"/> ほとんどない |
| 4) 長時間作業や夜間などによる負担が | <input checked="" type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input type="radio"/> ほとんどない |
| 5) 複雑なシステム理解を求めらるるようなことが | <input type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input checked="" type="radio"/> ほとんどない |
| 6) エラー・やねむけによって危険となるようなことが | <input checked="" type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input type="radio"/> ほとんどない |
| 7) 同じことの繰り返しなどによって単調となることが | <input type="radio"/> よくある | <input checked="" type="radio"/> ときどきある | <input type="radio"/> ほとんどない |
| 8) 緊急な対応を強いられるような事態が | <input type="radio"/> よくある | <input checked="" type="radio"/> ときどきある | <input type="radio"/> ほとんどない |
| 9) 作業環境が適合しないために不快となるようなことが | <input type="radio"/> よくある | <input checked="" type="radio"/> ときどきある | <input type="radio"/> ほとんどない |
| 10) 作業場面が日々かわるような状況変化が | <input checked="" type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input type="radio"/> ほとんどない |
| 11) 品質や環境のことが顧客や地域住民などからクレームを受けることが | <input type="radio"/> よくある | <input type="radio"/> ときどきある | <input checked="" type="radio"/> ほとんどない |

(3)診断結果 （以上の回答から仕事のタイプ分類、問題点、注目すべきフェーズを診断）

自職場診断結果

あなたが対象としてとりあげたい仕事はおおよそ次の特徴をもっていると思われます。

B. 状況対応型の職業によくみられる仕事が多いタイプ

場所の移動、不規則な勤務、作業の変更などが比較的多い仕事。
物や機器の取扱いも含まれるが、同一作業の繰り返しよりも状況変化がよく起こる。
長時間勤務や夜間作業の機会が少なくない。

想定される問題点

単調やいねむりによる作業低下やミスが問題点であると思われます。

後述の「疲労進行期」「眠気発現時」をご覧になることをおすすめします

(4)事例タスクの紹介 (このデータベースに収録されている事例タスクが一覧される)

自職場診断結果

このデータベースには現在までの主要区分についての生理心理反応や 管理対策が収められています。
前回で確認していただいた特徴に相当するデータを参照するには、

状況対応型 の区分がもっともご利用に適しています。

■ご希望の事例タスクをひとつ選び、クリックしてください ■

作業区分	事例タスク(青色のタスクがご覧になります)
▶ A. 機器封止・ケア型 製造・福祉など	化学プラント・三交代制・検査作業 建設作業 看護 福祉サービス NC機器操作
▶ B. 状況対応型 運輸など	トラック高速道路走行・トラック一般道路走行 貨物列車運転 航空機操縦
▶ C. 情報対応型 事務・企画など	事務(情報処理)・事務(データ入力作業) 企画 設計 SE / プログラマ

事例タスクをひとつ選択。

**状況対応型-トラック高速道路走行
【反応と対策を見る】**

以下のフェーズ(疲労・ストレスの出現局面)を用意しています。
ご希望のフェーズを選んでください。

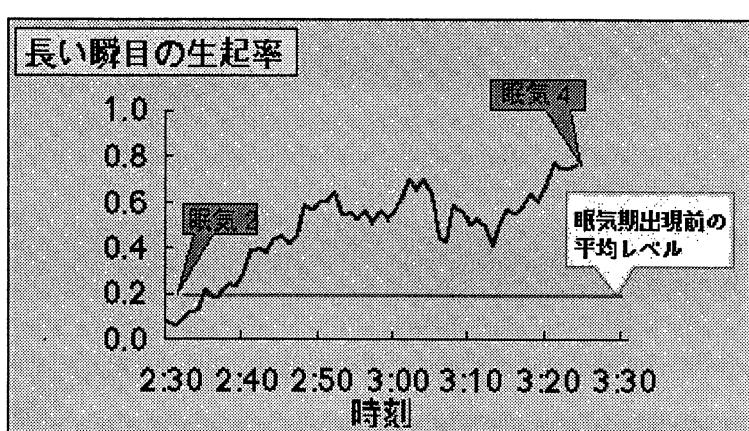
▶ 初期適応期	作業を開始してしばらくは…
▶ 適応持続期	だんだん慣れてくると…
▶ タスク競合時	別の作業が入ってくると…
▶ 疲労進行期	疲労が進むと…
▶ 外乱影響時	環境や状況が急に変化すると…
▶ ねむけ発現時	ねむけがで出すと…
▶ タスク終期	作業の終わりかけには…
▶ 休憩期	休息をとると…
▶ 概要	実験概要／全体のあらまし

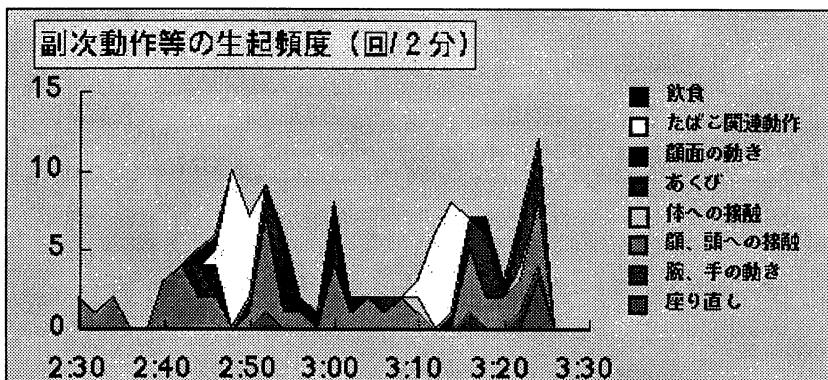
フェーズ (ストレス・疲労の局面) をひとつ選択。

(5)労働者のストレス・疲労状態 (生理的・心理的反応) が表示される。

例)

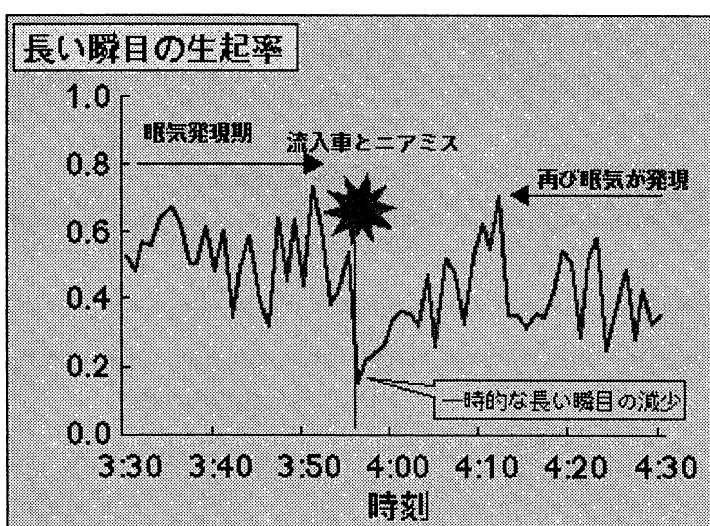
「ねむけ発現時」には
通常よりも長い瞬きの頻度
が増加する。
この深夜トラック走行の
ケースでは夜中の3時頃
に眠気が発生している。





副次動作

眠気の進行とほぼ同期して、運転操作には直接関係のない副次動作が頻発する。これらは、眠気対処行動の一部と考えられる。



眠気は副次動作や外乱によって一次的に抑制されても、再び生じることが多くある。高速道路走行条件の眠気発現時において、流入車とのニアミスがあった。このため長い瞬きの生起率と瞬き回数は低下し、心拍は増加したが、この眠気の減少は一次的なものであり、10分～20分後にはほぼ元のレベルに戻り、再び眠気が発現するといった危険な状態になっている。

(5) 対策案の表示 (以上の局面に対応する対策案が一覧される)

2. 対策案の一覧

1.情報の流れ・情報のわかりやすさ	音声情報を活用する、休憩設備情報を利用しやすくする
2.作業負荷の軽減	操作に変化をもたらすようにする、音声指示をタイミングよく行う、ひとりある運行計画で一時休止をとるようにしておく
3.マイクロ環境	一時的環境変化を起こしやすくする、窓あけ等の対応を図る
4.チームワークとコミュニケーション	音声連絡を計画的に気軽に使うようにする、ねむけ防止やねむけ時対応の訓練を行う
5.作業時間制	ひとりあるスケジュールにする、小休憩をとりやすくする、仮眠設備を改善する

深夜トラック走行に代表される状況対応型の仕事では、眠気防止対策として、環境の変化などの刺激を与えることと小休憩が取りやすい環境をつくることが重要である。「刺激を与えること」は運転手自身が自発的に行う窓明けやガムを噛む等だけでなく、ラジオや無線、携帯電話など音声を使うことも効果がある。「小休憩」については運行スケジュールの工夫、仮眠設備の改善の他、運行道路の休憩設備情報を利用しやすくするのも一手である。また、仮眠時の注意として運転手本人は多く休んだつもりでも実は10～20分程度しか休んでおらず、仮眠後にむしろ事故を起こすケースがある。

このように眠気防止や眠気時対応について事前に教育訓練を設けることも重要である。

(6)測定方法のデータベース (実際にストレス・疲労を測定したい場合、このメニューを選んぶと、その計測装置・手法の解説を見ることができる)



作業環境評価のための人間感覚データベース

このデータベースはワーカーのストレス・疲労の観点から作業環境を評価するために、作業とストレス・疲労の関係を整理したデータを収録しています。

※ここで言う「作業環境」とは物理的環境だけでなく作業特性も含めた環境です。

データベースご利用上の注意事項
(最初にこちらをお読みください)

■ メニューをお選びください ■

▶ 人間特性データベースの紹介	作業環境の評価やモノづくりの基本となる「人間の諸特性に関するデータベース」を紹介します。
▶ 自職場診断	自職場の作業内容を分析し、作業内容とストレス・疲労との関係を診断します
▶ 事例データベース	オフィス・運輸・監視作業の実作業現場におけるストレス・疲労の調査結果を紹介します。
▶ 計測方法データベース	現場で簡単に使えるストレス質問紙から連続計測できる生理計測まで、各種の計測方法と個々の計測データを提供します。



計測方法データベース

現場で簡単に使えるストレス質問紙から連続計測できる生理計測まで、各種の計測方法と個々の計測データを収録しています。
ご希望の項目(青色の部分)をクリックして下さい。(データ収集実験の概要)

【各種計測方法】

大項目	中項目	小項目	計測方法/データ		
一過性ストレスの評価(※)	皮膚温による評価	皮膚温	測定方法	評価方法	標準値(統計量)
		心電図	測定方法	評価方法	標準値(統計量)
	心臓系生理量による評価	脈波	測定方法	評価方法	標準値(統計量)
		呼吸	測定方法	評価方法	標準値(統計量)
	瞬目による評価	瞬目	測定方法	評価方法	標準値(統計量)
		唾液中コルチゾール	測定方法	評価方法	標準値(統計量)
内分泌系による評価	GSR	測定方法	評価方法	標準値(データ)	
	PSS	質問紙	評価方法	標準値(統計量)	
	RAS	質問紙	評価方法	標準値(統計量)	
覚醒・集中度の評価	脳波	測定方法	評価方法	標準値(統計量)	
	筋電	測定方法	評価方法	標準値(データ)	
筋疲労の評価					
行動量	エラー回数	課題作業	評価方法	標準値(統計量)	
	エラー時間				

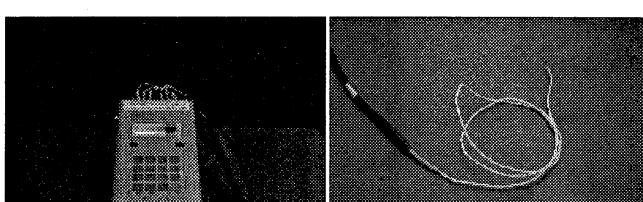


2. 測定条件

皮膚表面の温熱計、直接サーミスタを皮膚上に貼付する方法と、赤外線サーモグラフによって非接触で計測する方法がある。ここではサーミスタを用いた方法を略述する。

なお、ストレス推定に必要な皮膚温の測定部位は額部と鼻部の2ヶ所である。額面皮膚温の計測が困難な場合は、鼻部の代わりに指部の皮膚温、額部の代わりに上腕部等の皮膚温を計測してもよい。

皮膚温は温熱環境に左右されるため、気温、湿度、輻射、風速の変化や、これらの空間分布を計測しておく方が望ましい。また着衣量や行動量も把握しておく必要がある。



ストレス・疲労の測定方法にどのようなものがあるのかを紹介している。

その中から自職場に適していると思われるものを探し、測定する又はコンサルタントに相談して、職場のストレス・疲労調査を実施することに役立てられる。

1. 7. 5 まとめ（データベースシステムの成果普及）

開発したデータベースシステムはブラウザソフトで閲覧できるようにHTML形式で作成したコンテンツの集まりである。このHTML形式のコンテンツを搭載したCD-ROMを作成し、配布することで、人間感覚（ストレス・疲労）に関する情報を広く世の中に発信し、本事業および人間感覚計測応用技術プロジェクトの成果普及を図っていく。

■ CD-ROM配布の概要

1. 配布物（1社あたりの配布物）

(1) 趣旨書

(2) CD-ROM 1組（2枚）

内容：「職場環境診断のための人間感覚データベース」1枚

「衣服設計支援のための人間感覚データベース」1枚

(3) 利用状況アンケート

2. 配布予定先および配布数

配布予定先	(社) 日本化学工業協会	会員企業・団体	約280組
	(社) ニューオフィス推進協議会	会員企業・団体	約170組
	(社) 日本アパレル産業協会	会員企業・団体	約150組
	(社) 人間生活工学研究センター	会員企業・団体	約120組
その他 関係各位			約 30組
問合わせ対応			約250組
	計		約1000組

表1-7.1 運輸（高速道路走行）心理生理反応フレーム

タスク	フレグ'エレメント	機能レベル	生理機能	自覚症状	行動能力	状況追隨能力	回復性	安全影響	健康影響
運輸(日)	A・初期適応期	1.初期緊張が起こり注意	2.生理機能は心拍数、血圧などに敏感、かゝる	3.自覚症状は心拍数が感られる	4.反応時間など行動能	5.状況変化に追随する	6.一連のウォーミング	7.疲労は多	8.健康影響は多
運輸(日)	B・過応付続期	1.初集中場況や室内環境に適応しきるが、開始後時間に遅れる	2.心拍数など生じる	3.自覚症状は心拍数が感られる	4.反応時間など行動能	5.状況変化に追随する	6.状況変化に追従する	7.疲労は少	8.健康影響は少
運輸(日)	C・タスク競合期	1.適度の緊張をもつた	2.機能は心拍数、血圧などは心拍数が感られる	3.自覚症状は心拍数が感られる	4.反応時間など行動能	5.状況変化に追随する	6.特続的緊張を維持し	7.疲労は少	8.健康影響は少
運輸(日)	D・疲労進行期	1.通常数時間内に疲労	2.生理機能は心拍数、血圧などは心拍数が感られる	3.自覚症状は心拍数、血圧などは心拍数が感られる	4.反応時間など行動能	5.状況変化に追随する	6.適切な休息時間、リラクゼーション	7.疲労がお	8.健康影響は少
運輸(日)	E・外乱影響期	1.交通状況の比較的急	2.緊張場面では生理示	3.自覚症状は心拍数が感られる	4.反応時間など行動能	5.状況変化と外乱が重	6.情報提供、人間的接	7.疲労がお	8.健康影響は少
運輸(日)	F・ねむけ発現期	1.注意低下がある間隔	2.生理機能上は心拍数	3.注意低下自体は自覚	4.反応時間の大さ	5.状況把握は着	6.気分転換、運動、人	7.疲労がお	8.健康影響は少
運輸(日)	G・タスク終期	1.頻回操作に応じた一定	2.生理機能は心拍数	3.注意低いが、心拍数	4.反応時間の大さ	5.状況変化はお	6.休息要求は強	7.疲労がお	8.健康影響は少
運輸(日)	H・休息期	1.短時間業務で比較的	2.生理機能は心拍数	3.自覚症状は心拍数	4.反応時間の延長と正	5.短時間業務後の緊張	6.休息効果が認められ	7.疲労がお	8.健康影響は少

表1-7.2 運輸（一般道路走行）心理生理反応フレーズ

タスク	機能レベル	生理機能	自覚症状	行動能力	状況適応能力	回復性	安全影響	健康影響
運輸（一般道） A. 初期適応期	1. 心拍、血圧などに初期上昇があり、状況に応じた緊張や作業意欲が認められる	1. この時点では疲労感は少なく、適度な緊張や作業意欲が認められる	1. 反応時間などはやや亢進することが多いが、一般的には注意分配先が多いため正確さに問題がある	1. 初期的な状況変化に適応する努力は情説的に行われることが多いが、一般的には注意分配の結果、急変態などには戸惑うことがある	1. 一般的な状況変化への対応が認められるが、十分なサポートが必要な時期に当たる	1. 一般的な状況変化が大きくなると、安全影響は多くなるが、不安の高まりはある	1. 一般的な状況変化が大きいが、安全影響は多くなるが、不安の高まりはある	1. 一般的な状況変化が大きいが、安全影響は多くなるが、不安の高まりはある
運輸（一般道） B. 運転持続期	1. 適度な緊張をもった適応が持続するが、解折状況に応じた反応や依存性の反応が起こりやすい	1. 疲労感などの生理指標は初期上昇から次第に向かうが、一時的な緊張で上昇することもある	1. この期間には一般的に反応性がよく、正確さも保つことがある	1. 運転状態が維持しやすい場面の監視や小休憩、人間的な接觸などで疲労発現を遅らすこともある	1. 運転状態が維持しやすい場面の監視や小休憩、人間的な接觸などで疲労発現を遅らすことある	1. 安定した対応が図りやすく、注意配分による注視の低下で一時的に不安な事態もある	1. 普通はすぐに健康影響にいたらないが、初期疲労が必要な場合に、注意配分による注視の低下で一時的に不安な事態もある	1. 普通はすぐに健康影響にいたらないが、初期疲労が必要な場合に、注意配分による注視の低下で一時的に不安な事態もある
運輸（一般道） C. タスク競合期	1. 携帯電話使用や追い越し時など、タスクが競合する」と、生理機能に大きな変化が起こりうる	1. タスクの競合により生理機能は急上昇し、その後もによってでききすぎるような促迫感が起こる。疲労感は非常に早くが集中できにくいうら感が支配する	1. タスクに競合が起きたことによる緊張注意配分がしやすく、運転の見落としや正確さが起こりやすい	1. 状況全体が複雑で、変動を避けないと、不安定な動揺感が起き、あとで疲労の進行を促進させる	1. 過度の緊張や情説的錯綜注意配分が多いため、タスクの見落としや正確さが悪くなる	1. タスクの競合による注視の悪化が回復するといい、運転の運行で状況変化の要因が多いが、前方競合が十分でなくなり、円滑な追跡ができない	1. タスクの競合が反復するといい、運転の運行で状況変化の要因が多いが、前方競合が十分でなくなり、円滑な追跡ができない	1. タスクの競合が反復するといい、運転の運行で状況変化の要因が多いが、前方競合が十分でなくなり、円滑な追跡ができない
運輸（一般道） D. 疲労運行期	1. 数時間内に疲労が進行し、心身とも機能低下が進みうる。休息不足、深呼吸、長時間運動などが疲労の進行を促進する	1. 疲労感がすみ全力のままうる。休息不足、深呼吸、長時間運動などが疲労の進行を促進する	1. 疲労感の低下が起きたとき、四肢の疲れ、集中低下や休息欲求などが強く感じられる。	1. 反応時間の延長や誤差が大きくなり、前方視野が十分でなくなり、円滑な追跡ができない。	1. 疲労の進行で状況変化の反応が遅れ、集中低下や休息欲求などが強く感じられる。	1. 疲労の進行で状況変化の反応が遅れ、集中低下や休息欲求などが強く感じられる。	1. 疲労感や回復不全が起こりやすく、慢性化に連する危険がある	1. 疲労感や回復不全が起こりやすく、慢性化に連する危険がある
運輸（一般道） E. 外乱影響期	1. 交通状況の比較的急な外乱は緊張をもたらすが、そとの繰り返しや室内環境の異常は疲労を促進する	1. 外乱によって生理機能は一過的な上昇を示すことが多いが、外乱が反復すると低下や不安定な動揺感を起こすことがある	1. 注意配分、正確さは妨げられるので、適度な行動は保ちにくくなる	1. 状況変化と外乱が並んで起こると、適度な行動は不安な事態も生じやすくなる	1. 情報提供、人間的接触などにより外乱の影響から逃れやすいが、外乱の反復条件では疲労回復も遅れる	1. 疲労感や異常感の外乱によって行動と食事による安全低下が起こることがある	1. 疲労感や異常感の外乱によって行動と食事による安全低下が起こることがある	1. 疲労感や異常感の外乱によって行動と食事による安全低下が起こることがある
運輸（一般道） F. ねむけ発現期	1. 1～数時間程度の運転運転で著しい眠気を伴った機能低下が起こりうる。休息不足や運転とともに車両性能の持続が眠気を促進する	1. 心拍や血圧などが沈静化して、眼球運動と脳波の異常が大きくなり、集中低下が出現する	1. 反応時間の延長やばらつき増大、正確さの低下が顕著。閉眼、まどろみによる危険状態にも至る。	1. 状況把握は著しくおろそかになり、状況変化の追跡が大幅に遅れる	1. 気分転換、運動、人間的接觸を含む休息が不可欠であり、増大した疲労の回復に一定時間が必要となる	1. 瞬間感と眠気に対する外乱や異常感の外乱によって行動と食事による安全低下が繰り返しがあるので、きわめて危険な状態となることがある	1. 瞬間感と眠気に対する外乱や異常感の外乱によって行動と食事による安全低下が繰り返しがあるので、きわめて危険な状態となることがある	1. 瞬間感と眠気に対する外乱や異常感の外乱によって行動と食事による安全低下が繰り返しがあるので、きわめて危険な状態となることがある
運輸（一般道） G. タスク終期	1. タスク終了に向けた操作に応じて機能水準の回復が認められることがあるが、同時に疲労影響もみられる	1. タスク終了では疲労感は強く感じられ、全身のパート効果もあるが、反応時間の延長、集中低下などのほか、頭痛、肩こり症状も強い。	1. 疲労感があるいは緊張緩和による半面、疲労による半面、疲労感が弱くなる	1. 疲労感が弱くなることはしばしばある	1. 長時間業務では休息欲求は強く、疲労感はあるが、休息時間にはきちんととした休息時間と休息設備と不安となりやすい備、気分転換、栄養補給がかかけない	1. 疲労感が弱くなることは早いが応がどれもない化によるストレスが大きい	1. 疲労感が弱くなることは早いが応がどれもない化によるストレスが大きい	1. 疲労感が弱くなることは早いが応がどれもない化によるストレスが大きい
運輸（一般道） H. 休息期	1. 短時間業務の場合休憩効果があらわれやすいが、長時間業務では疲労影響が長く残る。	1. 生理機能は一様に活性化され、脳機能への影響が向かうが、脳機能への影響が向かうが、長時間業務後では相手に持続する	1. 反応時間や正確さについては徐々に低下するが、長時間業務後では相手に持続する	1. 長時間業務後の状況が長い場合は明らかに低下する	1. 長時間業務の後影響は強く、夜間睡眠までまだない疲労がある	1. 長時間業務の後影響は強く、夜間睡眠までまだない疲労がある	1. 長時間業務の後影響は強く、夜間睡眠までまだない疲労がある	1. 長時間業務の後影響は強く、夜間睡眠までまだない疲労がある

表1-7.3 化学プラント監視作業 心理生理反応フレーズ

タスク	フレグ・エレメント	機能レベル	生理機能	自覚症状	状況追隨能力	行動能力	回復性	安全影響	健康影響
監視(日)	A. 初期適応期	1.初期緊張が起こり、若干の機能亢進があり、集中場面が緊張、やがて状況や室内環境に適応していく	2.生理機能は、あまり大きな変化はないが、心拍数や血圧などに軽度の初期上昇があり、刺激や緊張の影響で乱れることがある	3.自覚疲労感は少ないが、心拍数や作業意欲が感じられる	4.反応時間など行動能力は、やや亢進しているが、注意を向けることが多いため、正確さには問題が発生する	5.監視作業の持続努力は積極的に行われるので、活性度は高いが、外乱には弱い面がある	6.一種のウォーミングアップ期なので、一般的に行われなければ、ミスや事故が発生する危険性が大きくなる	7.業務の引き継ぎが生じるが、不慣れのストレスや不安の蓄積はある	8.健康影響は頭著ではないが、不慣れのストレスや不安の蓄積はある
監視(日)	B. 適応持続期	1.適度の緊張をもつた適応が持続し、機能はむしろ平穀化に向かうが、開始後数時間内に機能低下が起りうる	2.心拍数などの生理指標はやや上昇した後や少なめで推移した後や少なめで、だらかに、頭部の疲れ、集中低下が、一時的緊張で上昇することがある	3.自覚疲労感はふつう少なめで推移した後や少なめで、だらかに、頭部の疲れ、集中低下が感じられる	4.反応性よく、正確さも保って行動するが、反応時間の経過延長や正確さの減退がときどきおこる	5.状況によく追随でき、状況変化にはまじむが、それが劇激となつて一時的緊張を持続しやすい	6.持続的に集中力を維持するのが難しく、作業場面の転換や小休憩、人間的接触などで疲労が現れる	7.安定した対応が困難による不安全化もある	8.普通はすぐに健康影響に至らないが、初期疲労に則した対策は必要
監視(日)	C. タスク統合期	1.タスクが一時的に統合すると、生理機能に軽度の変化が起こりうる	2.生理機能は心拍数、血圧を始めやや上昇し、その後も動搖が続くこともある	3.緊張感と、ときどきするようなな促迫感がおこり、疲労感は背面に退くが集中でにくく、いらいら感がする	4.融合タスクにうまく注意配分しにくく、計器などの読みとり間違い、正確さの低下が起りうる	5.状況全体が複雑で、変動要因が多いため、生理性心理的な乱れが行動能力に影響しやすい	6.過度の緊張や情報の錯綜をさける支障がないと、不安定な動搖が続き、あとで疲労も大きい	7.注意配分の不適切なまま不安全化が一時的に安全が低下する	8.競合が反復するといらいら感など、やストレス増大、疲労影響がある
監視(日)	D. 疲労進行期	1.通常数時間内に低刺激による”単調感”などの疲労が進行し、心身とも機能低下が進みうる。計器監視には視覚疲労や肩部局所筋疲労などが進行する	2.生理指標はレベル低下を起こすか不安定な同様状態となり、單調低下が脳機能の著しい低下が認められる	3.自覚疲労感がさらにすすみ、全身のだるさ、頭肩部の疲れ、集中低下などが強く感じられ、眠気もときには強い	4.反応時間の延長やばらつき増大、正確さの減退がみられ、統合した行動が困難となつてく	5.状況変化の把握が十分でなく、従つて円滑に追従できなくなる	6.適切な休憩時間、リラックス条件、気分転換があつてはじめて疲労回復に向かえる	7.状況変化に気づかないまま不安全化が進むので、適切な支援が必要	8.接労の蓄積や回復不全がおこりやすく、慢性化しあくなる
監視(日)	E. 外乱影響期	1.警報など異常事態の発生は急性的なレベル上昇を示すが、その繰り返しや事故防止への対処の難しさは疲労を促進する	2.緊張場面では生理機能は急激なレベル上昇を示すことが多いが、反復的な外乱の影響で低下や不安定化もする	3.一時的緊張であれば自覚疲労感は少なくなり、異常の統発や対処の困難な異常発生などの影響で疲労感が増大する	4.注意配分、正確さは妨げられるので、的確な行動は保ちにくくなったり、ミス発生の危険性が大きくなる	5.状況変化と外乱が重なることになり、追隨の困難な異常発生などが起きる	6.情報提供、人間の接觸を含む休憩が不可欠であり、外乱の影響から逃れやすいうが、反復条件では疲労回復も遅れる	7.反復する外乱や以上環境の持続下で、大きな安全低下がおこりうる	8.大きなか外乱や異常事態の持続で、行動と健康に影響が及ぶやすい
監視(日)	F. ねむけ発現期	1.注意低下がある間隔でおこり、1～数時間程度で単調持続とともに睡眠を伴った機能低下が起りうる	2.生理機能は操作によって上昇するなど近況眼球運動と脳波の異常などが動搖しながら繰り返し出現する	3.自覚疲労感は自覚しないが、眼瞼が大きく増大し、集中困難も強く感じられる	4.反応時間の大きさ延長とばらつき増大、正確さの低下があまり、閉眼、まどろみなどによる監視作業の中斷が起きた	5.状況変化は少ないが、異常の統発や対処の困難な異常発生などの影響が起きる	6.気分転換運動、人間的接觸を含む休憩が不可欠であり、疲労の回復に一定時間が必要となる	7.繰り返しだ大きな注意低下がおこるの状態となる	8.単調感と眠気に抗するストレスが大きく、全身影響もある
監視(日)	G. タスク終期	1.タスク終了後に、单調感の減少が認められ、機能レベルの回復もある。他方、疲労影響も明らかにみられる	2.生理機能は操作によって上昇するなど近況眼球運動による影響と、疲労による機能の動搖も見られる	3.自覚疲労感は一般に強く感じられ、全身の疲労感、四肢の疲れ、集中低下などと腰痛、肩こり症状も強い。	4.緊張復帰を伴う終末スポーツ効果もあるが、反応時間の延長、正確さの低下、注意集中力の低下も伴う	5.状況変化時に緊張復帰効果はあるが、明らかな疲労影響があれれば、追隨はおろそかにもなれる。	6.休息要求は強く、疲労回復にはきちんと必要な休憩時間と休息設備、気分転換、栄養補給がかかる	7.強い疲労の影響で早い対応がとれないと不安全となりやすい	8.休息要求に抗しての作業持続や反復で蓄積効果が現れる
監視(日)	H. 休息期	1.比較的早く休息時間が長いが認められるが、長時間にわたる勤務の影響により、かなりの時間疲労影響が残ることもある	2.生理機能は心拍数を始め一緒に鎮静化するが、脳機能への影響により、疲労性の行動能力低下は長く残る	3.自覚疲労感では眠気と感じるが、腰痛や頸肩部の疲れ、集中低下などが残る	4.反応時間の延長正規化の低下などが徐々に回復するが、連続動作により疲労性の行動能力低下は長く残る	5.休息効果が認められ、あるが、勤務シフトの影響で睡眠までもない疲労が生じた場合には状況変化への対応力は明らかに低下している	6.休息効果が得られるが、余裕で作業開始まで長い回復しない疲労もあ	7.十分な休息期のないままタスクに戻るが、サポートがいる	8.休息不全、過労蓄積で作業関連健康障害の発症のおそれがある

表1-7. 4 検ビン作業 心理生理反応フレーズ

タスク	フレグエント	機能レベル	生理機能	自覚症状	行動能力	状況追隨能力	回復性	安全影響	健康影響
監視(日)	A. 初期適応期	1.初期緊張が起りこり、若干の機能亢進とともに注意集中場面が続き、やがて状況や室内環境に適応していく	2.生理機能は、心拍数や血圧などに至度の初期上昇があり、刺激や緊張の影響で乱れることがある	3.自覚度勞感は少なめか減退し、適度の緊張や作業意欲が感じられる	4.反応時間など行動能力は積極的に用いられ、注意を向けるが、正確さにが多いため、正確さには戸惑うことがある	5.監視作業の持続努力は積極的に行われて行くが、異常事態発生時には弱い面がある	6.一層のウォーミングアップ期なので、一般的には活性度は高いが、外乱には弱い面がある	7.作業への適応が円滑に行われない場合には、ミスが発生する危険性が大きくなる	8.健康影響は頭痛や筋肉の緊張があるが、不慣れのストレスや不安感はある
	B. 適応持続期	1.適度の緊張をもつた適応が持続し、機能はむしろ平靜化に向かうが、開始後数時間内に機能低下が起りうる	2.心拍数などの生理指標はやや上昇した後レベルから沈静化に向かうが、一時的緊張で上昇することもある	3.自覚度勞感はふつう少なめで推移した後やすすみ、視覚疲労、だるさ、頸肩部の疲れ、集中低下などが軽度に感じる	4.反応性よく、正確さも保って行えるが、反応時間の経過延長や反応時間の減退がどこにかおこる	5.状況によく追随でき、状況変化にはむしろそれが刺激となつて一時的緊張を持続しやすい	6.持続的に集中力を維持するのが難しく、作業場面の転換や小休憩、人間的接触などで疲労感をおくらすこともある	7.安定した対応が困難な状況による不安全化もある	8.普通はすぐに健康影響に至らないが、注意散漫による不安全化もしくは初期疲労に対策は必要
監視(日)	C. タスク統合期	1.タスクが一時的に融合すると、生理機能に軽度の変化が起りうる	2.生理機能は心拍数、血圧を始めやや上昇し、その後も動搖が続くこともある	3.緊張感と、どきどきするような促迫感がおこり、疲労感は背面に退くが集中できにくく、いろいろな感覚がする	4.融合タスクにうまく注意配分しにくく、検査結果は正確な結果となり、正誤率が高くなる	5.検査対象の動きが速く、変動要因が多いいため、生理心理的に影響を受けやすい	6.過度の緊張や情報の錯綜をさける支援がないと、不安定な動搖が繰り返され、あとで疲労も大きい	7.注意配分の不適切さや正確さの低下で一時的に作業ミスが増加する	8.競合が反復するといらいら感などやストレス増大、視覚などへの疲労影響がある
	D. 疲労進行期	1.通常数時間内に視覚や局所筋などの疲労が進行し、心身とも機能低下が進みうる。また、單調感の増大も認められる	2.生理指標はレベル低下を起こすか不安定な同様状態となり、視覚疲労が著しい。單調下では脳機能の低下が認められる	3.自覚度勞感がさらにすすみ、視覚疲労、頸部の疲れ、集中低下のみだれ、正確さの減少がみられる	4.反応時間の延長やばらつき増大、根点移動分でなく、従つて田滑りが進む	5.状況変化の把握が十分でなく、従つて田滑りが進むにつれて正確さが失われる	6.適切な休憩時間、リラックス条件、気分転換があつてはじめて疲労回復に向かえる	7.状態変化に気づかないままミスが進むので、適切な支援が必要	8.疲労の蓄積や回復不全がおこりやすく、慢性化する
監視(日)	E. 外乱影響期	1.異物混入など異常事態の発生は度々ある間隔でおり、1～数時間程度で単調持続とともに著しい眼鏡を伴つた機能低下が起りうる	2.緊張場面では生理機能は急激なレベル上昇を示すことが多いが、反復的な外乱の影響で低下や不安定化もする	3.一時的緊張であれば接効感への影響は少ないが、異常の統発などへの影響で疲労感が増大する	4.注意配分、正確さは妨げられるので、的確な行動は保ちにくくななり、ミス発生の危険性が大きくなる	5.状況把握は著しくおこりうる	6.人間的接觸、小休憩などにより外乱の影響から逃れやすいが、反復条件では疲労回復も遅れる	7.反復する外乱や以上環境の特徴下で、運営した作業ミスがおこりうる	8.大きな外乱や異常事態の特徴で、行動と健康に影響が及ぶやすい
	F. ねむかけ発現期	1.注意低下がある間隔でおり、1～数時間程度で単調持続とともに著しい眼鏡を伴つた機能低下が起りうる	2.生理機能は心拍数、血圧などが沈静して、眼球運動と脳波の異常などが動搖しながら繰り返し出現する	3.注意低下自体は自覚しないが、眼鏡とだるさを中心とする疲労感が大きく増大し、集中困難が進する	4.反応時間の大きさ延長とばらつきがあり、閉眼、まどろみなどによる検査中断が起き得る	5.状況把握は著しくおこりやすくなることになり、状況変化への追隨が大幅におくれ、眼鏡が出現で対応が大きく遅れる	6.運動、人間的接觸を含む休憩が不可欠であり、増大した疲労の回復も遅れる	7.繰り返し大きな注意低下がおこるので、きわめて危険な状態となる	8.単調感と眠気に抗するストレスが大きくなり、全身影響もある
監視(日)	G. タスク終期	1.比較的早く休息められ、機能レベルの回復もある。他方、疲労影響も明らかにみられる	2.生理機能は操作によって上昇するなど近況復帰による影響と、疲労による機能の動搖も見られる	3.自覚度勞感は操作によって強められ、視覚疲労、全身のだるさ、集中低下などと腰痛、肩こり症状も強い。	4.緊張復帰を伴う終末スパート効果もあるが、反応時間の延長、正確さの低下、注意集中力の低下も伴う	5.状況変化時に緊張復帰効果はあるが、明らかな疲労影響があれば、追隨はおろそかにもなる	6.休憩要求は強く、疲労回復には、きちんととした休憩時間と休息設備、気分転換、栄養補給がかかせない	7.強い疲労の影響で正直で早い対応がとれないこと作業ミスが発生しやすい	8.休息要求に抗しての作業持続や反復で蓄積効果が現れる
	H. 休息期	1.比較的早く休息められ、長期間にわたる作業の影響により、かなりの時間疲労感が残ることもある	2.生理機能は心拍数を始め一様に鎮静化に向かうが、脳機能への影響など疲労影響が得る	3.自覚度勞感では眼鏡とだるさ、腰痛や頸肩部の疲れ、集中低下などが緩和される	4.反応時間の延長路正直ある一方、長時間作業が持続した場合に回復するが、長時間作業により疲労性の行動能力低下は長く残る	5.業務後の緊張復帰がある一方、長時間作業が持続した場合には状況変化への対応力は明らかに低下している	6.休息効果が認められ、長時間作業が睡眠まで長いままタスクに戻るが、長時間作業が増加する	7.十分な休息期のないまま疲労感が増加する	8.休息不全、過労疲労で作業関連健康障害の発症のおそれがある

表1-7. 5 オフィス（データ入力作業）心理生理反応フレーズ

タスク	フレーミング	機能レベル	生理機能	自覚症状	行動能力	状況追隨能力	回復性休息効果	安全影響	健康影響
オフィスデータ入力型	A. 初期適応期	若干の機能亢進と注意集積	覚醒水準は比較的高く、心拍数や血圧などの自律神経系の初期緊張がある。	自覚疲労感は少なめか減退し、適度の緊張感や作業意欲が感じられる。	反応時間など作業遂行能 力は全般に亢進しているが、作業効率や精度は必ずしも高くはない。	状況変化に追従する努力は積極的に行われていくが、不案内事態には戸惑いがある。	一種のウォーミングアップ期で一般に活性は高いため、この時期の休息は適応期を遅らすことが多い。	健康影響は顕著でないが、連日の不適切な環境によるストレスの蓄積は生じる。	
オフィスデータ入力型	B. 適応持続期	適度の緊張をもつた適応	作業遂行に必要な覚醒水準や自律神経系の適正な水準を維持する。	自覚疲労感はふつう少ないが、その限り返り返りながら、その室内環境によっては動搖するところが多い。	反応よく、正確さを保って行動できるが、單調性の持続で注意が散漫になることがある。	状況変化にはむしろそれが簡単に適度の緊張をもつたままに刺激を感じやすくなることが多い。	BGMなど嗜好性の高い刺激で持続的緊張をさらに維持しそうことが多い。	特に問題となる症状は少ないのが通常である。	
オフィスデータ入力型	C. タスク競合時	タスクが一時的に競合しても適度な緊張を持続する。	覚醒水準や自律神経系は一時的に背面上昇して、新たな緊張状態になると、その限り返り返りながら、室内環境によっては動搖するところが多い。	場面の変化で疲労感は一時的に背面上昇して、新たな緊張状況下で起きることができる。	競合タスクの低頻度の発 生ではば、通常業務への影響は少ない。	短時間の休息により、情報収集を調整できることが多い。	タスク競合による情報収集や緊張から軽い頭痛を伴うことがある。		
オフィスデータ入力型	D. 疲労進行期	単調な作業の持続により疲労が進行し、心身の機能低下が進みうる。	生理指標はレベル低下をおこし、脳機能も低下す る。	自覚疲労感がすすみ、特に頭部や腰部、及び眼瞼和感を伴う。集中力が減退がみられる。	反応時間の増大、及ぼす減退がみられる。	適切な休息時間と觉醒条件が満たされ、気分転換できることが想定される。	VDT作業による眼のかすみや痛み、頭肩施症が生じやすくなる。		
オフィスデータ入力型	E. 外乱影響時	時間的な切迫感の中での作業ミスや急なタスクの飛び込みで過度の緊張があるが、もたらすことが多い。	緊張場面で生じる緊張感は一時的に亢進するが、その後安定した状態に回復することが多い。	一時的緊張は少ないが、時間的切迫感の中ではいらだつた感が生じる。この場合の疲労感は心身ともに感じるようになる。	時間的に注意配分、正確な行動が求められる。	適切な情報収集、人間的接觸、小休憩など外乱の影響を受けないが、従つて円滑に作業の効率や正確さの低減がみられる。	外乱による緊張や情報収集からライラ感が緩く。		
オフィスデータ入力型	F. ねむけ発現時	開始後數時程度でねむけを伴った機能低下が生じやすい。	生理機能は操作によつて上昇するが、反応時間の延長、正確さの低下も強く感じられる。	頸腕、腰部の疲れを感じ、集中力低下とともに眠気が増大し、集中力も強くなる。	反応時間の大さきな延長と低下があり、閉眼、まどろみ状態に至る。	誤った状況把握をしたいためになり、状況変化への適切な対応が遅れる。	過冷房やタバコ煙などによる眼のかすみや痛み、頭肩施症が生じやすくなることがある。		
オフィスデータ入力型	G. タスク終期	長時間の連続した単調業務ではかなりの疲労の影響が残りやすい。	生理機能は操作によつて上昇するが、反応時間の延長、正確さの低下も強くなる。	自覚疲労感を感じ、集中力低下とともに全身の疲れ、腰のすみや痛みを感じる。	緊張復帰を伴う終末スパート効果もあるが、反応時間の延長、正確さの低下、注意集中力の低下も伴う。	状況変化時に緊張復帰効果はあるが、反応時間の延長、正確さの低下、注意集中力の低下も伴う。	頭肩施症や自律神経系の失調症状が不適切な環境により促進されることがある。		
オフィスデータ入力型	H. 休息期					自覚疲労では眼瞼と頭肩施部の疲れ、集中低下などが残る。	疲労感の蓄積や環境条件による健康影響が生じる。		

* タスク競合時：通常勤務中の電話、新たな業務の発生などを想定、
 休息追隨能力：1日の勤務中の休息、休憩時を想定、
 状況安全性：上記のタスク競合発生時の複合作業を想定、
 安全性：オフィスでは特にこの項目を設けない。

回復性：1日の勤務中の休憩のとり方及びその効果を想定、

表1-7. 6 オフィス（情報処理作業） 心理生理反応フレーズ

タスク	機能レベル	生理機能	自覚症状	行動能力	状況追隨能力	回復性（休息効果）	勤務中の休息効果	安全影響	健康影響
オフィス情報処理型	A. 初期適応期	覚醒水準は比較的高く、心拍数や血圧などの自律神経系の初期緊張がある。	自覚疲労感は少ないが、退し、適度の緊張感や作業意欲がある。	反応時間など作業遂行能力は全般に亢進しているが、作業効率や精度は必ずしも高くはない。	状況変化に追随する努力は積極的に行われていくが、不案内事態には戸惑うことがある。	一種のウォーミングアップ期で一般に活性化は高いため、この時期の休息は適応期を運らすことが多い。	健康影響は顎著ではないが、連日の不適切な環境によってストレスの蓄積は生じる。		
オフィス情報処理型	B. 適応持続期	適度の緊張をもった適応が持続し、機能はむしろ平靜化に向かう。	覚醒水準や自律神経系の初期緊張が落ち着き、作業遂行に適した水準を維持する。	反応性よく、正確さを保つて行動できる。	状況によく追隨でき、状況変化にはむしろそれが刺激となるって適度の緊張を維持しやすく、疲労発現を遅らすことが多い。	短い人間的接触やトイレなどの刺激で持続的緊張をさらに維持しやすく、疲労発現を遅らすことが多い。	特に問題となる症状は少ないのが通常である。		
オフィス情報処理型	C. タスク競合時	タスクが一時的に競合すると緊張をともなう。	覚醒水準や自律神経系は一時的に緊張状態になるが、通常の状況下では動作が持続することほとんどない。	競合タスクの発生で通常業務における正確さの低下が起こりうる。	短時間の休息により、過度の緊張や情報の錯綜を調整できることが多い。	タスク競合による情報錯綜や緊張の頭痛を伴うことがある。			
オフィス情報処理型	D. 疲労進行期	通常数時間内に疲労が進展し、心身ともに機能低下が進みうる	生理指標はレベル低下を起こすか不安定な動脈圧となり、単調下では機能低下も著しい。	自覚疲労感がすみ、特に頭脳や腰部、及び眼瞼と呼吸感覚を伴う。集中力の低下とともに眠気を感じるようになる。	状況変化の対応とばらつきの増大、及び眼瞼の減退がみられ、統合した行動が困難となる。	適切な休息時間とリラックス条件が満たされ、気分転換できれば疲労回復に向かう。	VDT作業による眼のかすみや痛みが生じやすくなる。		
オフィス情報処理型	E. 外乱影響時	作業ミスや急なタスクの飛び込みによる事態の混乱は、過度の緊張をともなし、一時的な機能低下を招くことがある。	緊張場面で生理機能は一時的に過度の水準に達し、その後不安定な状態が持続することがある。	一時的緊張による疲労感への影響は少ないが、その後の疲労感は心身ともに増大する。	状況変化と外乱が重なることになり、追隨の遅れ、思考能力や作業の効率低下が生じる。	適切な情報収集、人間的接觸、小休憩などで外乱の影響は縮小化されるが、繰り返しの外乱により疲労が進行する。	外乱による過度の緊張や情報の錯綜からイライラや憤怒や精神的な動搖が続く。		
オフィス情報処理型	F. ねむけ発現時	開始後数時間程度でねむけを伴つた機能低下が生じ、単調条件下で起きることがある。	覚醒水準や自律神経系は沈静化し、脳波による機能の動搖もみられる。	反応時間の大さな延長と心に疲労感、眼瞼、全身の低下があり、閉眼、まどろみ状態に至る。	誤った状況把握をした通り、状況変化への適切な対応が遅れる。	気分転換、運動、人間的接觸を含む休憩が不可欠であり、増大した疲労の回復に一定時間が必要となる。			
オフィス情報処理型	G. タスク終期	タスク終了に向けて一定の機能レベルの回復があるが、疲労の影響も残る。	生理機能は操作によって上昇するなど緊張復帰による影響と、疲労による機能の動搖もみられる。	自覚疲労感は一層に強く感じられ、集中力低下とともに全身のだるさ、頭脳、腰部の疲れ、眼の低めもみや痛みを伴う。	状況変化時に緊張復帰を伴う終末スパイロトメトリー結果もあるが、反応時間の延長、思考能力の低下、注意集中力の低下も伴う。	休憩後も腰痛や肩こり症状は残りやすく、長時間業務は残る。	頸肩腕症や自律神経系の失調症状が不適切な環境により促進される。		
オフィス情報処理型	H. 休息期	通常の業務で比較的早く休息効果が認められるが、疲労の影響も残る。	生理機能は一般に回復に向かうが、脳機能への影響など疲労効果は残りやや弱い。	自覚疲労感では眠気とだるさ、腰痛と頸肩腕部の疲れ、集中低下などが残り、集中低下ながら業務の頻繁な緊張的な業務の後には疲れがちである。	通常業務後は反応時間や業務が緩和されるが、緊張的な長時間業務変化への対応は遅れがちである。	業務再開後、緊張的な業務のあとでは、業務が継続いたあとは状況が悪化するが、長時間業務変化への対応は遅れる。	業務の緊張度や環境条件によって健康影響が異なることがある。		

* タスク競合時：通常勤務中の電話、新たな業務の発生などを想定、
 休憩期：1日の勤務中の休息、休憩時を想定、
 状況追隨能力：上記のタスク競合発生時の複合作業能力を想定、
 安全性：オフィスでは特にこの項目を設けない。

※ タスク競合時：通常業務中に生じるほっておけないミスや不意に要求される緊急業務で精神的に負担となる、
 回復性：1日の勤務中の休息のとり方及びその効果を想定、

表1-7.7 運輸（高速道路走行） 対策フレーズ

タスク	フラッグエレメント	情報の流れとわかりやすさ	作業負荷の軽減	マイクロ環境	チームワークとコミュニケーション	作業時間制
運輸	A. 初期適応期	ルート情報をあらかじめ明示する、ナビゲータ支援を積極的に使う、道路案内を有効に活用する	座席の位置や角度の調節が快適になるように調節する、乗り心地に配慮した車両を提供する	緊急時や時間遅れの運送方法を定めておく、道路情報を容易に入手できるようにしておく	一連続時間に走行スケジュールを定めておく、休憩時間は計画的に走行する、できるだけ計画的に運行する、第1回休憩時点を明示しておく	走行スケジュールに無理がないか点検する、できるだけ計画的に運行する、第1回休憩時点を明示しておく
運輸	B. 運応持続期	ルート情報を見やすくしておこう、作業指示の疑問についての問い合わせ方法を決めておく、道路情報の入手方法を活用する	キャブ内の環境が快適となるよう、クレア防止が容易にできるようになる	作業途中の運送方法を定めておく、何扱いなどチーム作業を工場にてよく、ハンドル位置を可動にする、肘掛けを使えるようにする	一連続時間を計画的に走行する、休憩時間は定めておく	走行スケジュールを無理のないようとする、付帯・準備作業の負荷を軽減する、小休止時間を取りやすくする
運輸	C. タスク競合期	ルート情報を見やすくしておこう、携帯電話の使用基準を定めておく、死角部分の情報入手について工夫する	オートクルーズ等の支援設備を使う、ゆとりのある田空間にしても、車両の性能をよくする、騒音対策を講じる	不時の複雑な運路を避ける、ルートや付帯作業の指示をあらかじめ十分行っておく	一連続時間の定めにできるだけ従う、休憩を計画的にとる	走行スケジュールを無理のないようとする、付帯・準備作業の負荷を軽減する、小休止時間を取りやすくする
運輸	D. 疲労進行期	道路情報を得やすくする、パネル上の表示情報をわかりやすくする、案内表示を工夫する、視界を大きくとれるようにする	座面・背もたれをよくする、窓あけやラジオなど関連機器を操作しやすくする	音声運路を気軽に行えるようにする、荷扱い・付帯作業などのチーム分担を工夫する	一連続時間の定めにできるだけ従う、休憩を計画的にとる	走行スケジュールを無理のないようとする、付帯・準備作業の負荷を軽減する、小休止時間を取りやすくする
運輸	E. 外乱影響期	気象情報を提供する、ミラー等の情報入手手を工夫しておく、取り扱いに含まれる有害物情報をする	悪天候下の作業手順を明示しておこう、悪天候下の荷扱いを工夫する	悪天候下の室内環境について配慮する、くもり防止、抹除をやりやすくする、	悪天候時を考えた弾力的スケジュールにする、小休憩を多く挿入する	悪天候時を考えた弾力的スケジュールを無理のないようとする、付帯・準備作業の負荷を軽減する、小休止時間を取りやすくする
運輸	F. ねむけ発現期	音声情報を活用する、休息設備を利用しやすくする	操作に変化をもたらせるようにする、音声指示をタイミングよく使う、ゆとりある運行計画で一時休止をとれるようにしておく	音声運路を計画的に気軽に使う、ねむけ防止やねむけ時対応の訓練を行う	一連続時間の定めにできるだけ従う、休憩時間は定めておく	走行スケジュールを無理のないようとする、付帯・準備作業の負荷を軽減する、小休止時間を取りやすくする
運輸	G. タスク終期	ルート情報を詳しく提示しておく、目立つ案内を活用する、到着地着時情報を傳やすくなる	荷扱い作業の、食事のタイミングよく使う、ゆとりある運行計画で一時休止をとれるようにしておく	事故時の対応方法を定めておく、ルート・スケジュール変更の運送方法を定めておく	一連続時間の定めを明確にする、休憩時間にあつたスケジュールを計画する、長時間勤務を避ける	走行スケジュールを無理のないようとする、付帯・準備作業の負荷を軽減する、小休止時間を取りやすくする
運輸	H. 休息期	休息情報を提供する、到着地の開運情報を得やすくしておこう	よい休息設備を確保する、休息設備を利用しておこう	休憩条件の改善をチームで図る、リフレッシュ設備や休憩時間の自己調節ができるようにする	休憩時間を計画的にとる、休憩時間を計画的に配置する	休憩時間を計画的にとる、休憩時間は定期的に配置する

表1-7.8 運輸（一般道路走行） 対策フレーズ

タスク	フレックサメント	情報の流れとわかりやすさ	作業負荷の軽減	マイクロ環境	チームワークとコミュニケーション	作業時間例
運輸	A. 初期適応期	ルート情報をあらかじめ表示する、ナビゲータ支援を積極的に使う、道路案内を有効に活用する	緊密な位置や角度の調節を容易にする、いつも同じ専用の車両を使うようにする、工具等の収納場所を決め、必要数を常備する、荷扱い・準備作業となるべく少なくする	キャブ内の環境が快適となるよう、乗り心地に配慮する、乗り心地に配慮した車両を提供する	緊急時や時間遅れの連絡方法を定めておく、道路情報を入手できるようにしておく	走行スケジュールに無理がないか点検する、第1回休憩時点を明示しておく
運輸	B. 適応持続期	ルート情報を見やすくしていく、携帯電話の使用基準を定めおく、死角部分の情報入手について工夫する	無理な追い越しは避け、音対策を講じる	キャブ環境の調節を容易にする、グレア防止が容易にできるようにする	作業途中の連絡方法定めておく、付帯・準備作業を工夫する	一連続時間を定めておく、休憩時間を計画的にとる
運輸	C. タスク競合期	ルート情報を見やすくしていく、車上の表示情報をどのようにする、案内表示を工夫する	連絡手段の性能をよくする、騒音対策を講じる	音声連絡を気軽に使えるようにする、荷扱い・付帯作業などのチーム分担を工夫する	不時の機械な連絡を避ける、ルートや付帯作業の指示をあらかじめ十分行っておく	走行スケジュールを無理のないようにする、付帯・準備作業の負荷を軽減する、小休止時間をとりやすくする
運輸	D. 疲労進行期	道路情報を得やすくする、ハネ、あけやラジオなど開運機器を操作しやすくする、視界を大きくとれるようにする	座面・背もたれをよくする、窓の外側をやりやすくしておこう、BGM、ラジオなどを活用する	環境調節をやりやすくしておく、BGM、ラジオなどを活用する	音声連絡を気軽にできるようにする、ねむけ防止やねむけ時対応の訓練を行う	一連続時間の定めにできるだけ従う、休憩を計画的にとる
運輸	E. 外乱影響期	気象情報を提供する、ミラー等の情報入手手を工夫していく、取り扱いに含まれる有害物情報を提供しておくる	悪天候下の作業手順を明示して悪天候下の室内環境について配慮する、くもり防止・排除をやりやすくする	スケジュール変更などの運送方法を定めておく、点検・整備をチーム内で工夫する	悪天候時を考えた強力的スケジュールにする、小休憩を多く挿入する	悪天候時を考慮する
運輸	F. ねむけ発現期	音声情報を活用する、休息設備情報を利用しやすくする	操作に変化をもたらせるようになる、音声指示をタイミングよく行う、ひとりある運行計画で一時休止をとれるようにしておく	一時的環境変化を起こしやすくする、窓あけ等の対応を図る	音声連絡を計画的に気軽に使うようにする、ねむけ防止やねむけ時対応の訓練を行う	ひとりあるスケジュールにする、小休憩をとりやすくする、仮眠設備を改善する
運輸	G. タスク終期	ルート情報を詳しく提示しておく、目立つ案内を活用する、到着時情報を得やすくする	荷扱い作業の、負荷を軽減するリフレッシュ設備を工夫する、怒あけ、BGMなど環境変化を図る	事故時の対応方法を定めておく、ルート・スケジュール変更の連絡方法を定めておく	一連続時間の設定を明確にする、休憩時間にあつたスケジュールを計画する、長時間勤務を避ける	休憩時間を計画的にとる、休憩時間に計画的に配置する
運輸	H. 休憩期	休憩地情報を提供する、到着地点の開運情報を得やすくしておくる	よい休息設備を確保する、休息設備を利用する可能にしておく	休息条件の改善をチームで図る、リフレッシュ設備や休憩時間のアクティブレストについてチームで工夫する		

表1-7.9 化学プラント監視作業 対策フレーム

タスク	フレームメント	情報の流れとわかりやすさ	作業負荷の軽減	マイクロ環境	チームワークとコミュニケーション	作業時間制
監視 (日) A. 初期適応期	システムの稼働状況の概略や、異常発生状況が簡単に間違なく把握できるような表示方法を採用する。	椅子にキヤスターを装着する、椅子周りに十分な空間を確保する、座面の調節が簡単な椅子を使用する、機器の空間配置を適正化するなどにより、作業性が高く、疲れの少ない姿勢を容易にする。	空調温度・照明照度の適正化やコントロール・ルーム前室の設置などにより、外部との温度差や照度差が極端にならないように留意する。	作業の引き継ぎ、特に、異常や不具合の発生状況、継続中の作業の有無などを簡潔に連絡するための手順を決めておく。TBMなどにより、当日の作業スケジュール臨時作業の有無などを確認する。	作業の引き継ぎ、特に、異常や不具合の発生状況、継続中の作業の有無などを簡潔に連絡するための手順を決めておく。TBMなどにより、当日の作業スケジュール臨時作業の有無などを確認する。	交代勤務性を採用している場合には、機能低下が大きい深夜帯での交代は避けれる。
監視 (日) B. 適応持続期	監視すべき、あるいは重要な画面、計器などが識別しやすいようだアザイン・配置・配色・形状にする。異常事態の警告は確実にかつ内容が分かりやすく提示する。	同一姿勢の保持や、単調作業の継続を避けるため、作業間体操や小休憩の挿入、巡視など動作的作業との組み合わせなどを考慮する。	作業者の意見も参考にし、温熱環境や騒音、照度などの環境を適正化する。単調な根空間を避けるため、観葉植物や室内装飾を考える。	作業者間の連絡や会話が行いやすいようなコントロール・ルーム内作業位置を設定する。保守作業などとの連絡が、簡単かつ正確に行えるよう機器などを整備する。	作業の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。昼食休憩などは、運動など出来るようゆとりのある休憩時間を確保する。	休憩の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。
監視 (日) C. タスク競合期	重要な画面、計器などが識別しやすいようなアザイン・配置・配色・形状にする。計器を読みとりやすく、異常値判断が簡単に出きるものにし、誤読を避けるため、	一連の関連する作業が大きな移動を伴わず行えるように作業機器、作業位置などを配置する。	移動のための通路を確保し、通路には歩行の障害となる物を置かない。	繁忙時や緊急時に他作業者の応援が簡単に得られるように、連絡体制を整備するとともに、繁忙時を考慮した人員配置を行う。	作業が集中しないような作業スケジュールを作成するには、他作業者の応援態勢を整えておく。	休憩の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。
監視 (日) D. 疲労進行期	疲労によるミスを少なくするため、監視すべき、あるいは重要な画面、計器などが識別しやすいようなアザイン・配置・配色・形状にする。計器を読みとりやすく、異常値判断が簡単に出きるものにする。	同一姿勢の保持や、単調作業の継続を避けるため、作業間体操などボシティップ・レストの挿入、巡視など動作的作業との組み合わせなどを考慮する。	疲労が強くなる時期には、通路内休憩や仮眠のできるよう、ソファーやベッドを設置する。	疲労が強くなる時期には、作業者が簡単に休憩を補完しあい、臨時の個人休憩を挿入する。	作業者が集中しないような作業スケジュールを作成するには、他作業者の応援態勢を整えておく。	休憩の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。
監視 (日) E. 外乱影響期	来客・電話などの外乱的原因は必要最低限にするとともに、緊急時には、音やランプなどにより警報が作業者に確実に伝わるようにしておく。	受付係の設置などにより、外乱的原因の低減をはかる。	コントロール・ルームに近接した場所に、外部者との打ち合わせ場所、電話設置場所などを設置し、緊急時には、すぐに気づき、対応できるようにしておく。	来客・電話などの外乱的事態が発生した場合には、他作業者が作業を補完できる体制を整えておく。	日勤時など外来者や外部からの連絡が多くなる場合には、それら外乱的原因に対応する人員を指定するなどの対応を考える。	休憩の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。
監視 (日) F. ねむけ発現期	ねむけによるミスを少なくするため、監視すべき、あるいは重要な画面、計器などが識別しやすいようなアザイン・配置・配色・形状にする。	動きを伴う作業の挿入、リフレッシュのための休憩、作業者間での会話やベッドを設置した休憩室を設置する。単調な根空間を避けるため、観葉植物や室内装飾を考える。	深夜帯など疲労が大きくなる時期には、休憩や仮眠ができるよう、ソファーやベッドを設置する。	作業者間の会話、眼気の強くなったり、作業者間で仕事を補完しあい、臨時の個人的休憩を挿入する。	日勤時など外乱の原因に対応するため、外乱的原因に対応する人員を指定するなどの対応を考える。	休憩の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。
監視 (日) G. タスク終期	引き継ぎ事項の漏れがないように引き継ぎ事項のチェックシートなどを作成しておく。	作業が勤務時間の終期に集中し難いように考慮して、作業スケジュールを作成しておく。	ロッカールームや着替えのための部屋、シャワールーム、風呂などを整備し、気分をリフレッシュして帰宅できるようにする。	次の班に引き継ぐべき事項をまとめておく。特に注意を要する事項については、引き継ぎ・連絡事項表などを利用して迅速かつ確実に引き継ぎできるようにしておく。	深夜・早朝での勤務交代はできるだけ避けるとともに、そのような時間帯に交代する場合は、通勤手段の確保に留意する。	既婚者の場合には、交代勤務時、日曜・祝日が休日となる回数を増やすなど個人の状況も考慮して、社会生活・家庭生活の支障を少なくなるような勤務編成を行う。
監視 (日) H. 休息期	休憩時にコントロール・ルームを離れていても、緊急時には、音やランプなどにより警報が作業者に確実に伝わるようにしておく。	深夜帯の仮眠の効果、アクティビア、レストの有用性、疲労回復の観点から、隔離された休憩室を設ける。アクトライブ・レスト取得が可能な環境・施設を整える。	コントロール・ルームに隣接した場所に、隔離された休憩室を設ける。アクトライブ・レスト取得が可能な環境・施設を整える。	ストレス対策として職場内ソーシャルサポート体制を整えるとともに、そのような職場内外におけるソーシャルサポートの重要性を啓発する。	既婚者の場合には、交代勤務時、日曜・祝日が休日となる回数を増やすなど個人の状況も考慮して、社会生活・家庭生活の支障を少なくなるような勤務編成を行う。	

表1-7.10 檜ビン作業 対策フレーム

タスク	フレグュレメント	情報の流れとわかりやすさ	作業負荷の軽減	マイクロ環境	チームワークとコミュニケーション	作業時間制
監視（日）A. 初期適応期	A. 初期適応期	前日あるいは前シフト時に発生した異常の頻度、種類などをわかりやすく提示しておく。	椅子にキヤスターを装着する、椅子に黒色紙などでマスクイングし、眼に入る強い光を低減する。	検ビン作業を実施する周囲の照明を明るくし、検ビン作業照明パネルとの照度差を少なくする。	作業の引き継ぎ、特に、異常の発生状況などを簡潔に連絡するための手順を決めておく。	休憩時間の導入などにより、1日あたりおよび1連続検ビン作業時間が長くならないように工夫する。
監視（日）B. 適応持続期	B. 適応持続期	検ビン用照明パネル面で作業上必要な部分を黒色紙などでマスクイングし、眼に入る強い光を低減する。	作業者の意見も参考にし、温熱環境や騒音、照度などの環境を適正化する。遠方を眺めることができる休憩室を整備する。作業位置周りに背伸びなどができる空間を確保する。	OITなどにより、検ビン作業の技術習得者を増やし、できる限り多能工化する。	休憩時間の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。昼食休憩などは、遠方注視や運動などが出来るようゆとりのある休憩時間を確保する。	休憩時間の導入などにより、1連続作業が長くならないように特に注意する。
監視（日）C. タスク競合期	C. タスク競合期	検ビンのための情報が識別しやすいように照明パネルの設置位置を考慮し、パネル周辺を整理する。抜き取り不良ビンの置き場所を身近な位置に確保する。	タスクが競合し、対応が困難など起きる場合には歩行の障害となる。タスクが競合し、対応が困難など起きる場合には歩行の障害となる。	移動のための通路を確保し、通路内には歩行の障害となる物を置かない。	検ビン作業以外の作業を課さないようになる。また、タスクの競合が予測される場合には、他作業者の応援態勢を整えておく。	休憩時間の導入などにより、1連続作業が長くならないようになる。
監視（日）D. 疲労進行期	D. 疲労進行期	検ビン用照明パネル面で作業上必要な部分を黒色紙などでマスクイングし、眼に入る強い光を低減する。検ビンのための情報が識別しやすいように照明パネルの設置位置を考慮し、パネル周辺を整理する。	注視作業や、同一姿勢の保持、単調な操作などを避けるため、作業間体操などのボディティ・レストの挿入、運動的作業との組み合わせなどを考慮する。	検ビン作業を実施する周囲の照明を明るくし、検ビン作業照明パネルと照度差を少なくする。遠方を眺めることができる休憩室を整備する。作業位置周りに背伸びなどのできる空間を確保する。	疲労が強くなつた場合には、作業者間で仕事を補完し、あるいは、臨時の個人的休憩を挿入する。	疲労が頭痛となりやすい午後（勤務時間帯の後半）の作業時には、より頻回に、休憩や作業ローテーションを挿入する。
監視（日）E. 外乱影響期	E. 外乱影響期	来客・電話などの外乱的要因は排毒なし、伝言メモなどの整備により、作業終了後に速やかに連絡が取れるようにしておく。	受付係の設置などにより、外乱的原因の低減をはかる。	作業場に近接した場所に、外部者との打ち合わせ場所、電話設置場所などを設置し、短時間で不可避の外来事態に対処できるようにしておく。	不可避の来客・電話などの外乱的事態が発生した場合には、他作業者が部との連絡のための体制を整えておいて、作業ローテーションを設定する。	職務上の打ち合わせなど外來者や外客への対応を考慮して、作業ローテーションを設定する。
監視（日）F. ねむけ発現期	F. ねむけ発現期	ねむけによるミスを少なくするため、他作業者との接觸機会を確保する。1連続作業を短くし、動的な作業や休憩（アクティブラスト）を入れする。	動きを伴う作業の挿入、リフレッシュによるミスのための休憩、作業者間での会話の挿入など、眠気を防止するための工夫をする。	単調感を避けるために、バックグラウンドミュージックなどを考慮するとともに、室内温度を適正化する。また、単調な視空空間を避けた、単調な室内装飾を考える。	作業者間の会話、眠気の強くなつた場合には、作業者間で仕事を補完し、あるいは、臨時の個人的休憩を挿入する。	休憩の挿入により一連続作業時間が長くなりすぎないようにする。
監視（日）G. タスク終期	G. タスク終期	引き継ぎ事項の漏れがないように、引き継ぎ事項のチェックシートなどを作成しておく。	不良いため摘出したビンの処理など、作業者が勤務時間帯の終期に集中しないように考慮して、作業スケジュールを作成しておく。	ロッカールームや着替えのための部屋、シャワールーム、風呂などを確保し、気分をリフレッシュして帰宅できるようにする。	引き継ぐべき事項を簡潔にまとめておく。特に注意を要する事項については、引き継ぎ事項表などを用いて迅速かつ確実に引き継ぎできるようにしておく。	深夜・早朝での勤務交代はできるだけ避けるとともに、そのような段の確保に留意する。
監視（日）H. 休息期	H. 休息期	休憩時に発生した異常例や他部署からの連絡事項が休憩後、簡潔かつ速やかに連絡できるよう、連絡票などの整備をはかる。	アクティブ・レストの有用性、復元の回復の観点から、疲労回復の環境の整備をはかる。	作業場に隣接した場所に、隔離された休憩室を設ける。遠方視やアクティブ・レスト取得が可能な環境、施設を整える。	既婚者の場合には、交代勤務時、日曜・祝日が休日となるとともに、そのような社会生活・家庭生活の支障が少なるような勤務編成を行う。	

表1-7. 11 オフィス（データ入力作業）対策フレーズ

タスク	フレーミント	情報の流れと 慣れかたりやすさ	作業負担の軽減	周辺環境	チームワークション	作業時間制
オフィスデータ入力型	A. 初期適応期	入力データの収集、電子メール等の整理を通じて、処理する。一日の仕事を取ります。	作業スペースを確保し、人や力用の位置にあります。	椅子を含むアニマチヤー、及びその周囲に諸調節する。	仕事に就く前のミーティング等によるデータの収集、点検、整理をする。	一日の作業の段取りもおよそ決めておく。
オフィスデータ入力型	B. 適応持続期	作業の進行状況がわかるようになります。工夫をしておく。	イヤホンを用いて、好みに応じたライアウトの一部を図る。	グレアの防止や空調の過不足に注意する。	チームによる共同作業で手軽にできるところは、必要ができます。	一日の作業の休憩時間もおよそ決めておいた一連続時間に従って休憩を計画的にとります。
オフィスデータ入力型	C. タスク競合時	社内電子メール、PHS等による情報交換のための記録方法を理解する。	電話対応や新規な情報を連絡する際は、関係者との連絡を確実に取る。	電話対応や新規な作業の発生に余裕を持たせる。	入力データの確認、発送作業を中断せずに、新たな業務に応じて作業やその整理を行います。	予め決めておいた休憩を時間的にとります。
オフィスデータ入力型	D. 疲労進行期	タスクライトの活用やCRT上の文字輝度を上げるなど、手元の情報を見やすくなる。	短時間の休憩をとり、身体的な痛みやだるさをほんの少しでも再調整を試みます。	身体的な痛みやだるさをほんの少しでも再調整を試みます。	作業の過不足がないように、相互通信や業務の配分を心がける。	必要に応じて作業を中断せずに、休憩を図ります。
オフィスデータ入力型	E. 外乱影響時	日頃考えられる外乱の対策をまとめる。	飛行機の運航状況などに応じて作業の量を増大する。	空調など環境調節の過不足に注意する。	ケジユールの追加、変更などを定めることで、また情報の点検、整理をチーム内で工夫する。	必要に応じて作業スケジュールを再調整する。
オフィスデータ入力型	F. ねむけ発現時	作業内容のローテーション作業を計画しておく。	飛行機の運航状況などに応じて作業の量を増大する。	椅子の背もたれや座面高を調整する。	共同作業においても、個人ペースで作業を進めたり、休憩をするようにする。	小休止を多く取り入れる。
オフィスデータ入力型	G. タスク終期	一日の作業が計画通りに行われてきただからかをを長くしておきましょう。	休憩時間をとり、飲水や人との接觸等、適度な刺激を経験する。	椅子の意図的な環境調節をやりやすくなる。	チエックし、作業の再配分を行う。	作業の終了に向けて新たな集中を試みる。
オフィスデータ入力型	H. 休息期	個人に合ったリフレッシュの対策を計画しておく。	休憩時でも簡単な作業のチエックが行えます。	空調の効果を最大限に發揮する。	休憩時に数人が同時に会話を交換したり、談話する。	計画的に休憩をとるよう心がける。

※ タスク競合時：通常勤務中に生じるほつておけないミスや不意に要求される緊急業務の発生などを想定、外乱影響時：通常勤務中の電話、新たな業務の発生などを想定、休憩時：1日の勤務中の休憩のとどななる、状況追隨能力：上記のタスクでは特にこの効果を想定、回復性：1日の勤務中の休憩のとどななる効果を想定、安全度：オフィスでは特にこの項目を設けない。

表1-7. 12 オフィス（情報処理作業） 対策フレーズ

タスク	フランク エレメント	情報の流れとさ わかりやすさ	作業負担の軽減	周辺環境	チームワークション コミニケーション	作業時間制
オフィス 情報処理型	A. 初期適応期	上司や関連部署との打合せを確実にアットを抑えます。	作業スペースを確保する。	5感にて快適な環境を保つ。	一日の作業内容を把握する。	次回まで休憩をとるべめく。
	B. 適応持続期	作業の進行状況がわかるよ。また出に応じて静かにBGM等を流す。	イヤホンを用いて、好み流を聞きながら、思考などを集中して聞く。	グレアの防止や空調の過不足に注意する。	仕事に就く前のミミ互いの事況を確認し、作業の全般を把握する。	一日の作業内容を把握する。
オフィス 情報処理型	C. タスク競合時	社内電子メール、PHS等による情報交換の円滑化な情報準備をしておく。	電話対策を安易に採用する。	騒音、視線対策としてバーナーを相手に伝達する。	新たに正や業者で確認していく。	疲労を感じる前に、作業の疲労を切るよ。心がける。
	D. 疲労進行期	小さなアラーム等を用いた休憩時刻を設定する。	作業の場を離れて思考を図る。	環境調節をやりやすくする。	チームによる連絡方法を点検し、整理をする。	疲労を感じる前に、作業の疲労を切るよ。心がける。
オフィス 情報処理型	E. 外乱影響時	日頃マニアックな情報交換をする。	飛行機のジユームを飛ばす。	精神的緊張感をほぐせる。	スケジュールの追加、変更など、またムードで工夫する。	外乱影響時に、作業を中断し休憩するか、人ととの接触を図る。
	F. ねむけ発現時	作業内容のローテーション作業計画をしておく。	休憩時間をとり、飲水や刺激を通じて覚醒を図る。	一時的環境変化をやりやめする。	個別ベーシックな集中を試みる。	外乱影響時に、作業を中断し休憩する。
オフィス 情報処理型	G. タスク終期	新しいアイデアや記録メモなどを整理しておく。またスケジュールの整理をしておく。	背もたれや肘掛けを活用する。	リフレッシュを求める。	チーム内の一日の作業の終了に向けて新規を整理し把握しておく。	外乱影響時に、作業を中断し休憩する。
	H. 休息期	個人に合った休息対策を計画しておく。	快適なトイレや休息設備を利用する。	短時間で快適な休息をとれるよう設備等を整える。	休憩時に数人が同時に会話する。	外乱影響時に、作業を中断し休憩する。

※ タスク競合時：通常勤務中の電話、新たな業務の発生などを想定、
 体状況追隨能力：1日の勤務中の休憩、休憩時間の複数回発生時の複数回の休憩のどちら方及びその効果を想定、
 安全性：オフィスでは特にこの項目を設けていません。
 外乱影響時：通常業務中に生じるほつておけないミスや不意に要求される緊急業務の発生などを想定、
 回復性：1日の勤務中の休憩中の休憩のどの程度の回数を想定、

第2章 衣料製品設計支援のための 人間感覚データベース構築

2. 1 はじめに

種々の製品の設計にはその利用者である人間の生理・感覚・運動機能の特性を考慮することが必要があるが、そのためにはその特性に関するデータベースが利用できるようになっていることが望ましい。しかし、そのデータベースは単に生理学的な標準値というだけではなく、個々の製品に特異的な側面やまた製品を利用する人間の性別、年齢などに基づく差異が正確に反映したものでなければならない。そこでユーザーが製品設計の支援に必要なデータ検索が可能であり、また場合によってはユーザー自身が必要なデータを測定する際に測定技術面で参考とすることができるようなデータベース構築をめざした。

繊維製品は直接身に着けるものであることから、人間の特性と密接に関係しましたそれ以外にも多くの要因を考慮しなければならない。そのためにこれまでも素材評価、製品評価が様々な方法でなされているが、残念ながらそれらは個別のものに終わってしまいがちで、業界全体として標準的な評価方法を確立できない状態にある。そこで本プロジェクトの応用事例として繊維業界を取り上げ、「高齢者に優しい繊維製品」の設計支援のためのデータベース及び製品プロトタイプづくりをおこなった。プロジェクトは以下のような流れで進められた。

- 1) 製品評価のために基準となる生理学的実験方法を提案し、それを用いてプロトタイプ製品の評価を行う。
- 2) プロトタイプの製品に用いる素材の特性を物理学的に測定する。また製品の特性をサーマルマネキンによっても測定する。
- 3) 衣服の特性に影響する要因を洗い出し、その中でも特に重要な因子（湿度、風、運動）についてそれがどのように影響するかを、人の着用実験を行って検討する。
- 4) 標準的な着衣・測定方法を用いて、若年者と高齢者の生理・感覚量測定を行い、特に高齢者の特性の特徴を検討するとともに、データベースを作成する。

今回は特に夏用の衣服を想定し、その評価のための標準的な測定プロトコールを提案した。そしてそれを用いて内衣、中衣の評価実験を行った結果を2-2で述べる。また素材の物理的特性と製品のサーマルマネキンによる評価結果は2-3と2-4で述べる。興味深いのは素材の物理的測定から予想される「涼しさ」と、製品の着用実験から得られた「涼しさ」が実験条件によっては必ずしも一致しなかった点である。2-5, 2-6, 2-7では衣服の評価に大きく影響する湿度、運動、風の影響についての解析結果を示す。これらの要因は予想以上に衣服性能に影響することが明らかになった。製品設計の際には利用条件を厳密に認識することが大切であろう。

高齢者についての実験結果及び、そのデータベースシステムについては2-9, 2-10, 2-11にまとめられている。また体温調節能とは別に運動能と衣服との関係も検討したが、それは2-8で述べる。高齢者は明らかに若年者とは異なる生理・感覚特性を持つ。つまり同じ環境刺激に対して生理的反応が遅れる傾向にあり、また感覚も鈍い。デザインを優先させて「生理学的な良さ」をある程度犠牲にすることは若者の服の場合には可能かもしれないが、高齢者ではむしろ衰えた機能を補うような「優しい」製品の設計が望まれる。

彼末一之
大阪大学医学部保健学科

2.2 体温調節能の評価方法開発とプロトタイプ衣服の評価

(大阪大学・信州大学)

2.2.1 体温調節方法の評価方法

1) 背景

「高齢者にやさしい衣料」を設計開発するには、高齢者に特有の生理特性についての正確な理解が不可欠である。そこでその基盤となる高齢者の感覚、生理反応データ取得のための測定方法と評価基準の確立を試みた。しかしこの問題は高齢者に限らず若齢者にも適用できるはずである。着衣の人間の心理・生理反応には以下のような実に様々な要因が関係する。

- ・環境の特性：温度、湿度、風
- ・素材の特性：吸湿度、通気度、吸水性、重量、など
- ・織：換気効果（しわ）、肌ざわり（しゃり味）触感、接触温冷感、
- ・形：ゆとり量（換気効果と関連）、デザイン（首、袖口）
- ・人間の特性：年齢、身長、体重、体脂肪、性（周期）、温度適応、運動量

また衣料は季節によって着衣の数、要求する事項が全く異なるものになる。そこで本プロジェクトでは夏の衣服に特化し、女性用の中衣、内衣の設計に焦点を絞ることにした。夏の衣料設計の大きな目標は「涼しい」ことであろう。「涼しい」服は単に快適というだけではなく、生理性の負担の小さなものになるはずである。そこで夏の衣料の評価には「暑さ・涼しさ」という感覚ばかりでなく、暑熱に対する体温調節反応を測定してそれを比較することとした。そこで先ず標準的な測定のプロトコールを設定した。そしてそれを用いて本プロジェクトで取り上げた内衣（7分袖、3種類）と中衣（長袖ワイシャツとスラックス、4種類）の性能評価を行った。実験に用いた製品の形状などの詳細や素材の特性評価については2-3を、また製品のサーマルマネキンによる評価については2-4を参照されたい。

2) 体温調節能の評価方法

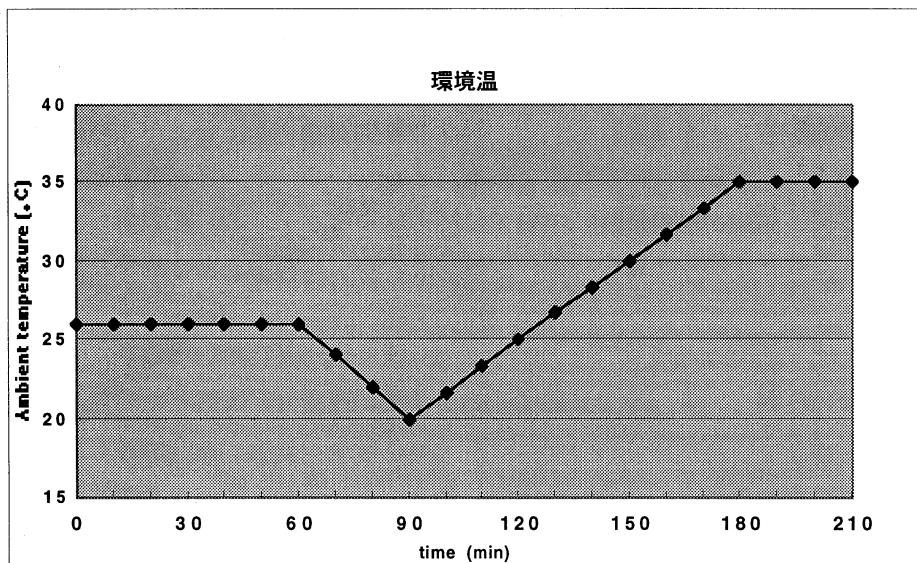


図2-2.1 標準的な温度刺激

暑さに対してヒトはまず皮膚血流を増加させて熱を体外に逃がすことで対処する。そして、それでは不十分の場合は汗をかいて蒸発による熱放散を盛んにする。このデータベースで想定している内衣、中衣を着用したときのこの2つの対暑反応（皮膚血流増加、発汗）の強さが評価できるように図2-2. 1のような環境温度刺激を設定した。つまり

1. “暑さ”・“寒さ”を感じない中性温度（26°C）に1時間安静にし、これで安定な初期状態を得る。
2. 30分間で20°Cまで環境温度を低下させる。この寒冷刺激によって皮膚血流が最低のレベルまで低下し、また発汗もない状態をつくる。
3. つぎに1. 5時間で35°Cまで環境温度を上げ、さらに1時間35°Cに保つ。この刺激で先ず皮膚血流の増加、そして発汗が起こる。

このプロトコールでは加温がゆっくりであるので皮膚血流、発汗反応それぞれの特性を厳密に解析することが可能である。温度以外には湿度50%、無風で、被験者は安静に椅子に座った状態を基準のものとしている。湿度、風、運動は当然ヒトの温熱反応に影響するので、それは別のシリーズの実験で検討した（2-5, 2-6, 2-7参照）。

2. 2. 2 内衣の評価結果

(1) 被験者

被験者は23.6 + 1.8歳（mean + SD）の成人女性（身長158.8 + 3.1cm、体重48.6 + 4.3kg）6名である。いずれの実験も月経終了から1週間の低体温期を行った。実験は10時から17時の間の時間帯で行い、実験開始前少なくとも3時間は食事をしないように指導した。

(2) 実験条件

被験者には人工気象室で座位安静をとらせた。標準温度刺激（図2-2. 1）で無風、湿度は50%に維持した。まず、気温26°Cの部屋で60分間、被験者に座位姿勢で安静をとらせ、その後30分かけて部屋の温度を20°Cまで低下させ、その後90分かけて部屋の温度を35°Cまで上昇させ、その後60分間その温度を維持した。240分間の実験を通して部屋の相対湿度は50%に維持した。実験中被験者には座位での簡単な作業（読書など）は自由にさせた。

(3) 測定項目

直腸温、7点の皮膚温（前額、胸部、腹部、上腕、前腕、大腿、下腿）を熱電対にて測定した。胸部の皮膚血流量をレーザードップラー法（アドバンス、ALF 21）で、また発汗量をカプセル換気法（アドバンス、OSS-100ALF）で測定した。また心拍数と血圧をフィナプレスにて測定した。これらの測定量は1秒ごとにコンピュータに記録した。また10分ごとに温冷感覚、快適感、湿潤感を被験者に申告させた。温冷感覚は「非常に寒い」から「非常に暑い」までを9段階で、快適感は「非常に快適」から「非常に不快」までを7段階で、湿潤感は「ジメジメしている」から「サラッとしている」までを7段階にそれぞれ数量化した。すべてのデータは平均値±標準誤差で表す。

(4) 実験着衣

被験者は下着（ブラジャーとショーツ）の上に3種類の内衣（エステル／キュプラ丸編み、エステル丸編み、エステルトリコット、特性は2-3参照）のうちの一つを着て、さらにその上に標準中衣（綿100%、通気度大、特性は2-3参照）を着用する。

(5) 結果

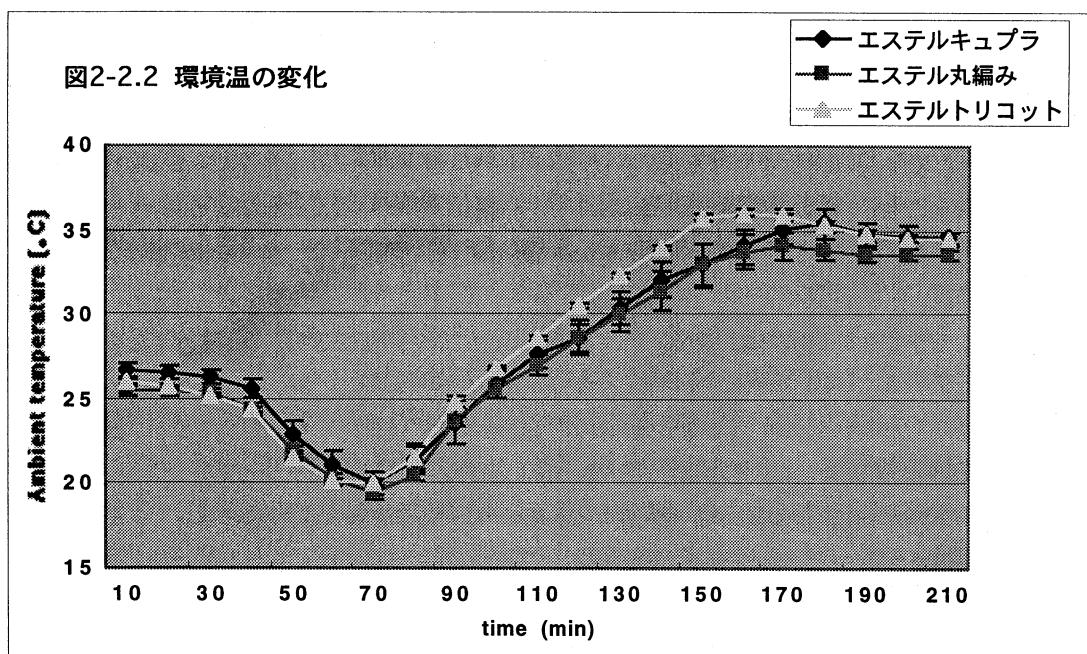


図2-2.2は人工気象室内の温度変化を表す。ただしこれは26°C1時間の最初の30分が経過した時点からのデータであることに注意されたい。各内衣を着用した群間に有意な差はなく、温度刺激は再現性良く与えられていたことが分かる。図2-2.3と図2-2.4には感覚量の時間的変動をしめす。温度感覚の変化に見られるように、標準温度刺激は短時間の寒冷刺激で「寒い」という感覚を引き起こし、そこから暑熱刺激時の「暑い」までゆっくりと温冷感覚は変化する。その間、快適感は「不快」から一度「快でも不快でもない」を経過して再び「不快」に移行する。湿潤感（図2-2.5）は150分頃から「じめじめ」した感覚が始まるがこれは明らかに発汗の始まりと対応しており、その変化も発汗量と並行している（図2-2.9）。また快適感も発汗開始と同じ頃に急に「不快」側へ移動する。

直腸温はエステルキュプラの群が他の群より高値を示しているが、これは有意なものではない（図2-2.6）。直腸温は最初の短時間の寒冷刺激では最大で0.2°C低下、それに引き続く暑熱刺激時には最大0.3°C上昇した。皮膚温は環境温の変化と並行して上下している（図2-2.7）。実験の後半に環境温が35°Cにあるときでも皮膚温は34°Cまでしか上昇していないが、これは発汗による水分蒸発が皮膚を冷却した結果である。

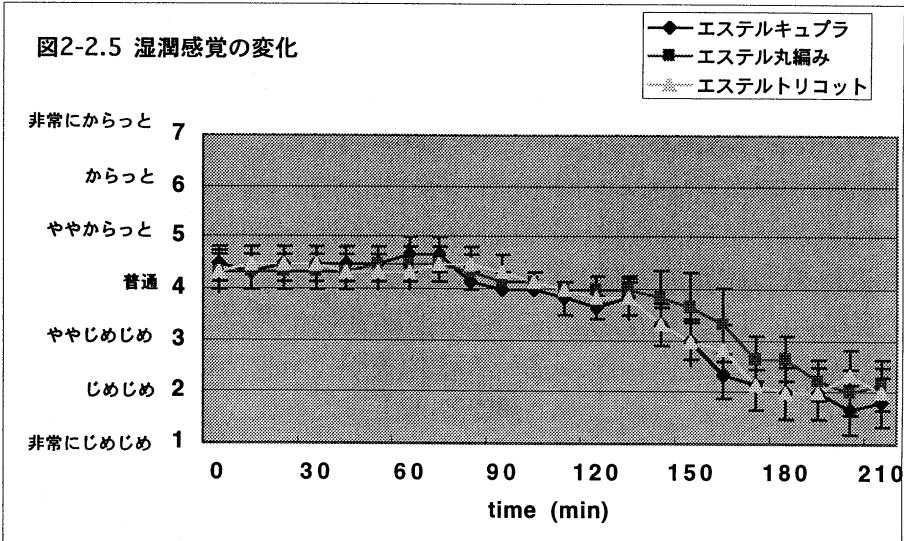
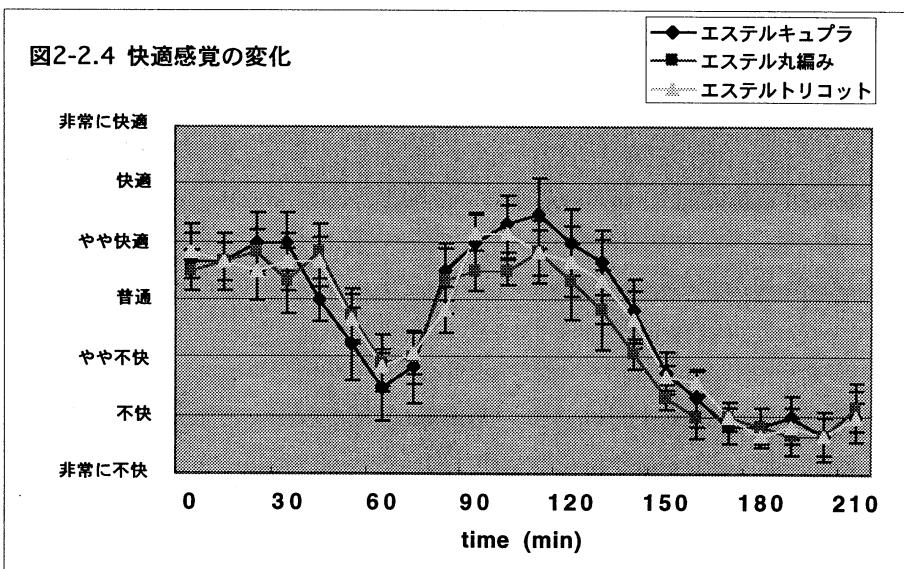
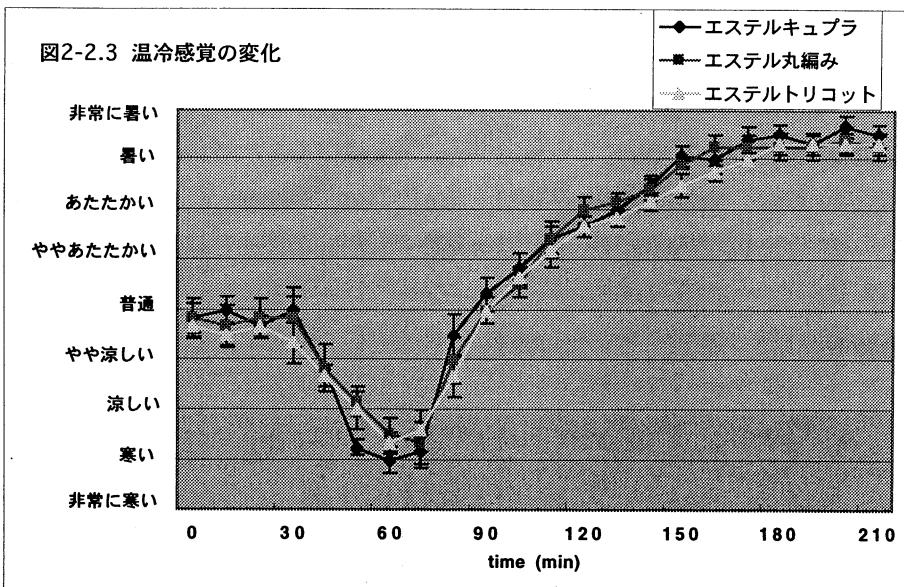


図2-2.6 直腸温の变化

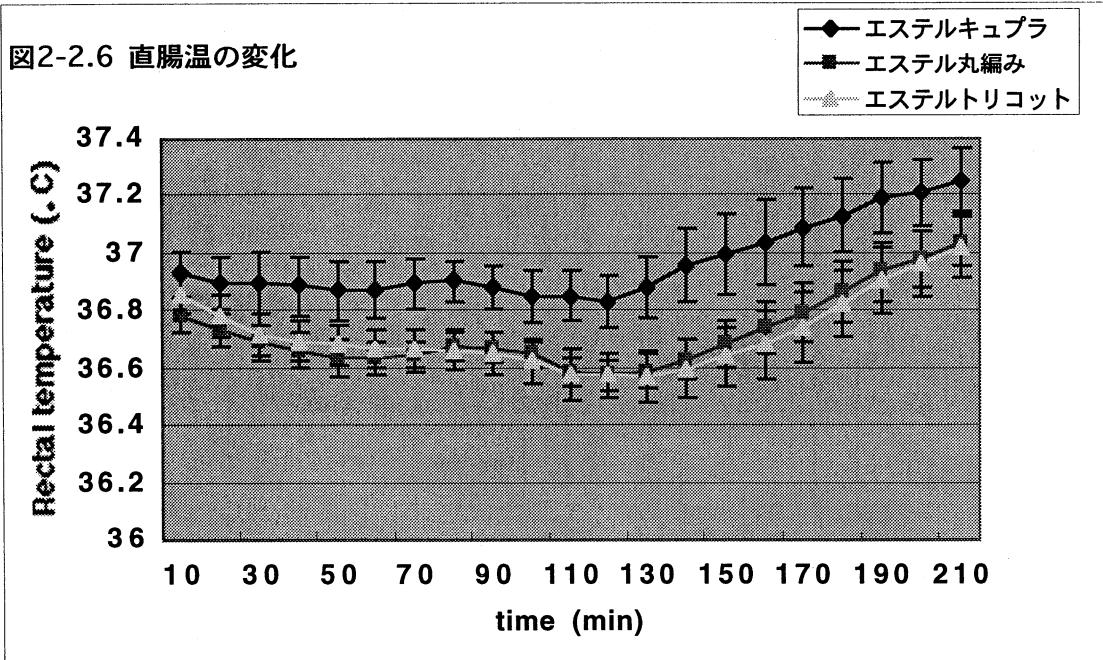


図2-2.7 平均皮膚温の变化

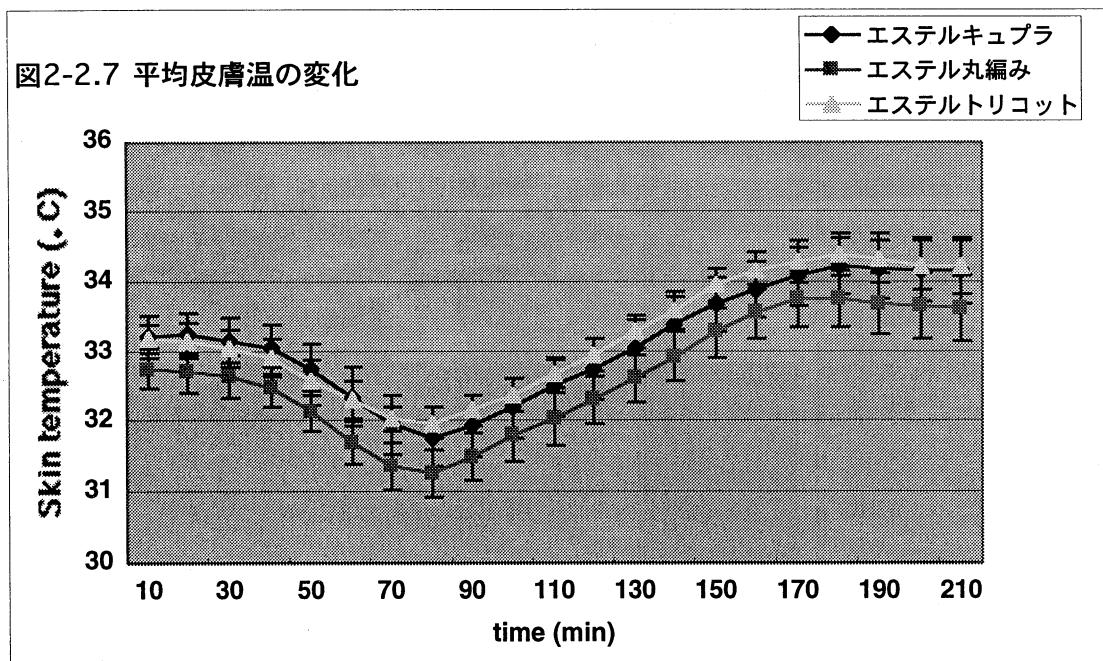
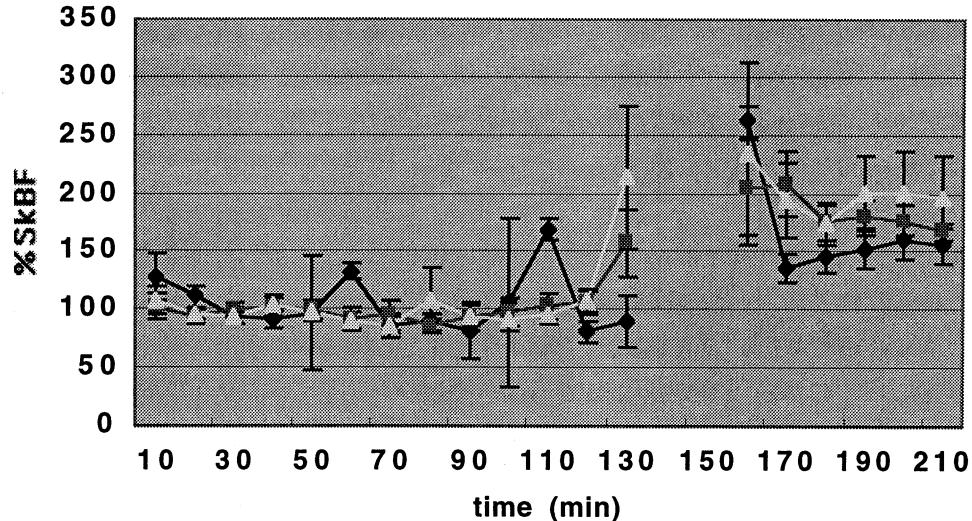
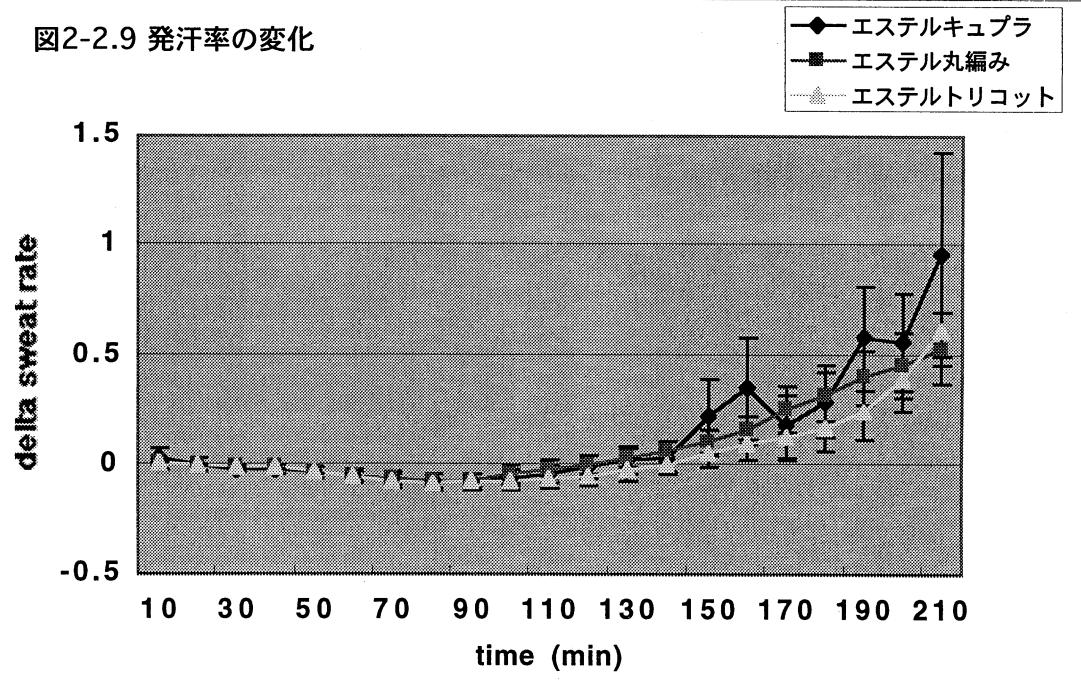


図2-2.8 皮膚血流量の変化



(注) 140分から160分の間は測定機の不調でデータ採取出来ず。

図2-2.9 発汗率の変化



皮膚の血流量は環境温が低下してもそれほど低下は示さなかった(図2-2.8)。これは26℃の条件ですでに最大に収縮していることを示している。環境温上昇に対して30℃付近で皮膚血流量は上昇し始めすぐに最大値に達する。発汗は150分頃に始まり実験の終了まで増加が続く。この発汗量は実験終了時でも最高値ではない。上述のようにこの発汗量の変化と快適感・湿潤感の変化は良く対応している。

以上のような傾向は3つの肌着いずれの着用時にもみられ、すべての感覚・生理反応測定量について有意差が認められたものはなかった。被験者の総合的な評価でも、とくに「暑い」あるいは「涼しい」と感じられるものはなかったようである。

6) 考察と結論

今回行った標準温度刺激は、(1) 皮膚血流量・発汗とも最小になるような状態を実現してそこから徐々に加温することで、皮膚血流増加・発汗量増加を閾値から観察できるように、また(2) 中程度の発汗が起こるような状態になるように、と設定された。生理反応量を見ると、たしかに20℃の低温暴露で皮膚血流量、発汗量とも最低のレベルになっており、そこからの増加が引き続く加温により起こっている。また発汗量も服が汗でべたべたになる程ではなかった。感覚も暑くて耐えられぬ程ではないと被験者は申告している。このようなことから、本実験で設定した標準温度刺激は初期の目標通りの作用をしており、この刺激によって引き起こされた感覚・生理反応を基に、着衣の評価を行うことは十分に妥当なものであると考えられる。

しかし、取り上げた3種類の内衣はヒトが着用したときの生理反応、感覚から見る限り、特に「涼しい」と結論できるものはなかった。並行して行ったサーマルマネキンによる実験結果からも特に有意な違いは得られなかった。素材の物理特性測定ではエステル／キュプラ丸編みのものが通気性、吸湿性とも優れている。しかしその差は通気性でも20%、吸湿性では数%程度であり、内衣としての特性に有為に差が出るには他の因子の影響が大きすぎるのであろう。ただし、湿度を大きくした場合にはエステルキュプラが最も涼しいとの結果が得られている(2-5参照)。物理特性から製品の評価を行うにはその製品の使用される条件を厳密に規定することが必要なことを示す好例である。

2.2.3 シャツ・スラックスの評価結果

プロトタイプ製品の中衣について、提案した標準的な温度刺激を行ったときの感覚・生理反応を測定して評価をおこなった。ここではさらに被験者の種々の身体特性も測定してその影響についても検討した。

1) 被験者の身体特性

表1に女性被験者（年齢20-26歳）6名の身体特性を示す。

表1 被験者の身体特性

	身長、cm	体重、kg	除脂肪体重、kg	体脂肪率、%	VO _{2max} 、ml/kg/min
平均値	159.6	49.9	40.0	19.8	42.6
±標準偏差	±3.7	±2.5	±1.9	±4.3	±5.8

2) 実験条件

図2-2. 1の標準的な温度刺激を行った。まず、気温26℃の部屋で60分間、被験者に座位姿勢で安静をとらせ、その後30分かけて、部屋の温度を20℃まで低下させ、その後90分かけて部屋の温度を35℃まで増加させ、その後60分間その温度を維持した。240分間の実験を通して部屋の相対湿度は50%、無風に維持した。

3) 測定項目

食道温（熱伝導）、胸部、大腿部の被服内温湿度（温湿度センサー）、前腕部、下腿部の被服内温度（熱伝導）、胸部発汗速度（カプセル法）、皮膚血流（レーザードップラー血流計）、心拍数（心電図）、動脈血圧（ソノメトリック法）によってそれぞれ測定した。また主観的温度感覚を10段階にて10分毎に申告させた。

表2 着衣とその性能

	材質	保湿性、%	吸湿性、% 20℃,90%	透過性、 g/m ² ·h
下着	綿95%、ポリウレタン5% Calvin Klein	—	—	—
中衣②	エステル丸編み	6	0.7	403
中衣1	綿	16	10.0	324
中衣2	綿	18	9.6	305
中衣3	テトロン	12	0.6	351
中衣4	綿	12	11	298
中衣5	テンセル	12	16.8	356

4) 実験着衣

表2に被験者の着衣した被服の材質、保温性、透湿性を示す。被験者に下着（ブラジャーとショーツ）の上に標準内衣を着用させ、5種類の中衣を着用させた。

5) 解析方法

図2-2. 10に示すように、被服内温度と部屋の温度差、および水蒸気圧差を、それぞれ ΔT_{skin} (°C)、 ΔP_{H2O} (mmHg)とした。 ΔT_{skin} は体熱平衡の状態で熱移動流速が一定の場合の、被服の熱伝達抵抗（保温性）を示す。また、 ΔP_{H2O} は体の内外の水蒸気の移動が平衡に達した状態の水分移動抵抗（吸湿率、または吸湿性）を示す。図の値はすべて平均値±標準誤差で表示する。

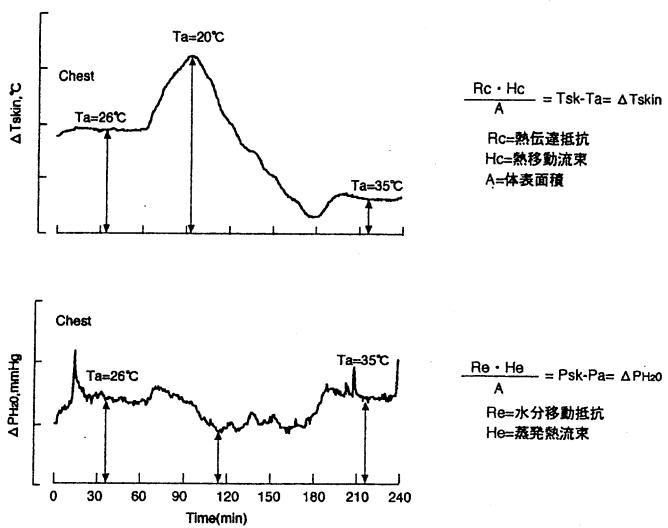


図2-2. 10 皮膚温と水蒸気圧の解析方法

6) 結果

図2-2. 11は皮膚温の変化と中衣との関係を示す。皮膚温には中衣による有意な差は見られなかった。

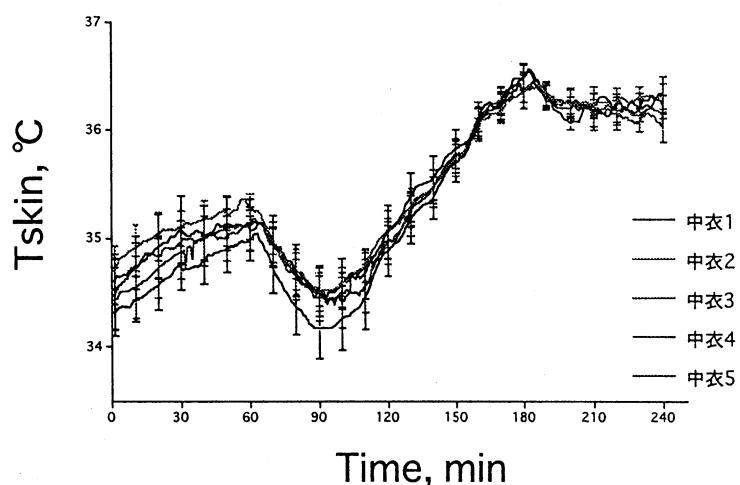


図2-2. 11 皮膚温の変化と中衣との関係

図2-2. 12は、衣服内の水蒸気圧差の変化と中衣との関係を示す。中衣5（テンセル）で水蒸気圧が35℃の高温になってから有意に上昇することが分かる。これは特に発汗が強く起こったことを示している。

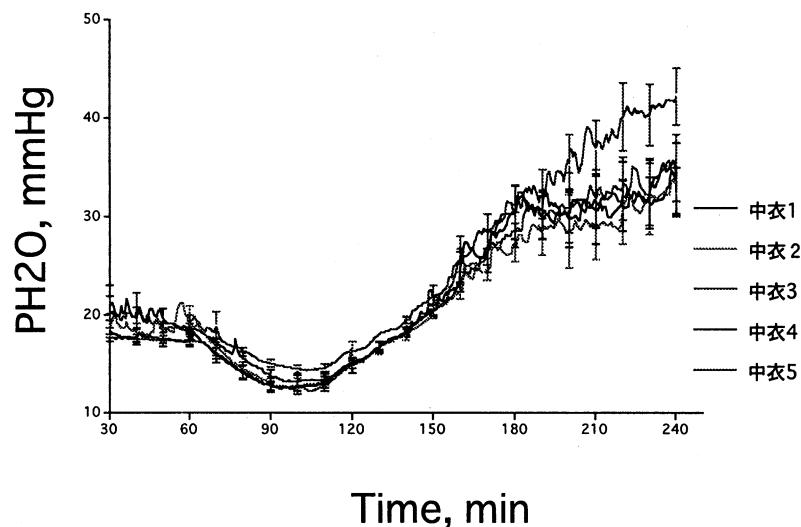


図2-2. 12 衣服内の水蒸気圧の変化と中衣との関係

図2-2. 13は、部屋の温度を変化させた際の食道温の変化を示したものである。食道温は環境温を下げた時に一過性に上昇している。これは末梢の血管が収縮して血液が核心部に集められるためである。35℃の高温で中衣5（テンセル）は他の中衣着用時に比べて食道温が有意に高くなっている。これは中衣5着用時に最も発汗量が多かったことと良く対応している。

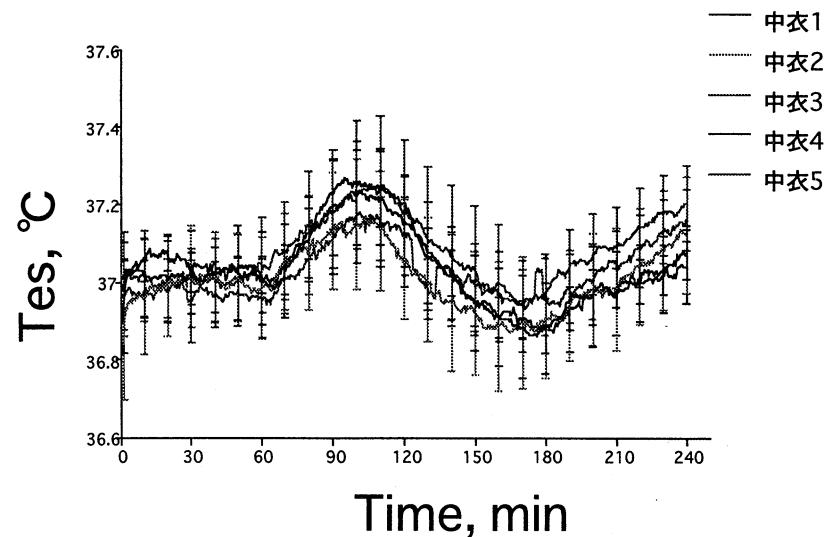


図2-2. 13 食道温の変化と中衣の関係

図2-2. 14は主観的快適感覚（最も寒い：-5、最も暑い：+5）の変化を中衣との関係で表す。主観的快適感覚は最初中立（暑くも寒くもない）だが20℃の寒冷刺激時に一時わずかに「寒い」側に移動する。そして暑熱刺激ではほぼ温度変化に並行して「暑い」側に変化している。特に35℃に達してから中衣5（テンセル）着用群で他の群に比べて有意に強い「暑さ」申告があった。これも上の発汗量、食道温変化と良く対応している。

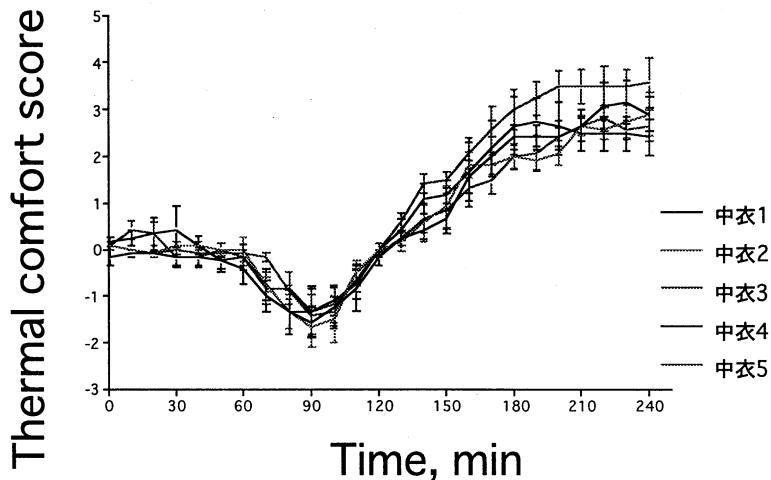


図2-2. 14 主観的快適温度感覚の変化と中衣との関係

7) 考察と結論

標準温度刺激に対して、中立、寒冷刺激では中衣による感覚・生理反応量に有意な差は見られなかつたが、35℃の暑熱刺激下において中衣5（テンセル）のみが発汗量、食道温が他の群に比べて有意に高くなり、また主観的温度感覚も最も「暑い」申告を示した。物理量測定からは当初テンセルが通気性、吸湿性ともにすぐれており（2-3参照）、もっとも「涼しい」であろうと考えていたので、この結果は予想外であった。しかし、じつはテンセルは吸湿熱も最も大きい値を示した（2-3参照）。そこで実際の製品が「暑い」か「涼しい」かは（通気性、吸湿性）と吸湿熱のバランスにより決まり、どちらが強く出るかにより、それは利用条件に大きく依存することになる。特に本実験では「無風」の条件下で行ったので、発汗による水蒸気が衣服内にたまり、吸湿熱が大きく影響したものと考えられる。一方、同じ温度刺激でも有風で行った別の実験ではテンセルの中衣が「涼しい」との結果が得られている（2-7参照）。つまり、中衣の評価においても利用条件を厳密に規定することがいかに重要かがわかる。

内衣、中衣いずれの実験においても製品の評価は実験条件で大きく異なることが明らかになった。すべての条件下で一様に「涼しい」ものが製品としては望ましいが、実際には必ずしもそうはならないことを製品開発の際には十分に認識しておくことが重要であろう。

2. 3 高齢者向けの夏用衣服素材とプロトタイプ衣服の開発

(日清紡績株式会社)

2.3.1 はじめに

衣服素材には、糸、織、加工の異なる極めて多数の種類があり、その物性にも多数の項目がある。今迄の研究により、吸湿容量（吸湿性×重量）と通気性が、特に清涼感に重要な意味を持つとのデータが得られていると共に、清涼特性を総合的に測定する方法として、新たに開発した熱・水分移動特性装置が有効である事が認められつつある。

そこで、これらの知見を基に、高齢者向けの夏用衣服に相応しいと推定される素材として、吸湿性、通気度等の異なる素材を試作し、且つその素材を用いたプロトタイプ衣服の試作を行なった。

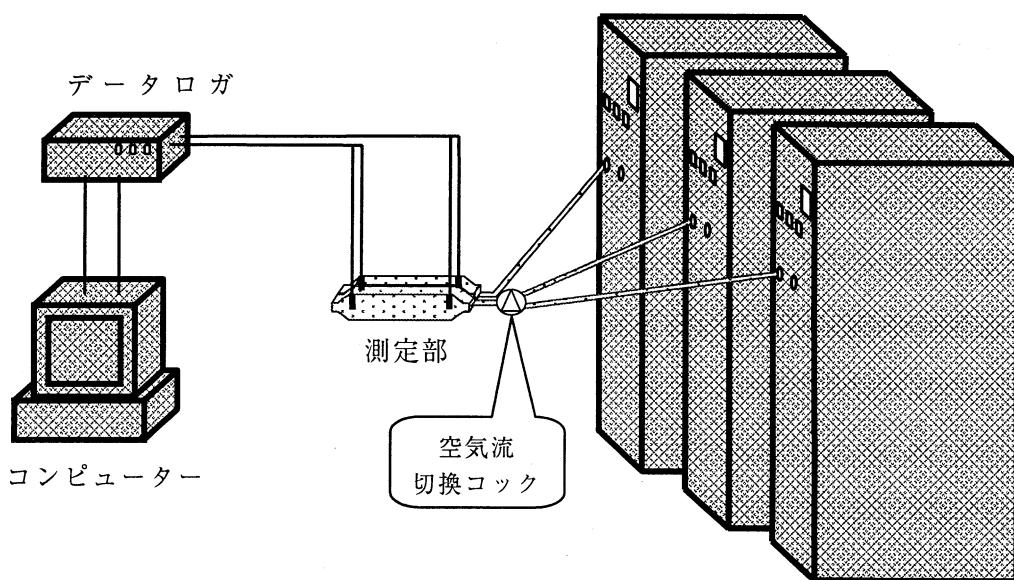
2.3.2 热及び水分移動特性測定装置について

測定部は、測定対象の布を挟んで、両側を厚さ5mm前後、風速0.5m/秒程度の薄層の空気が流れる構造になっている。初め二つの空気流の温湿度を同じにしておき、その後一方の空気流をコックによって第3の空気流に切換える、温湿度を瞬時に変更する。その時点から、二つの空気流に挟まれた布を通して、一方の空気流から他方の空気流に熱及び水分の移動が起り、その様子がグラフで観察できる。

この装置の第一の特長は、着用時の快適性に大きく関係する衣服を通しての熱及び水分の移動に相当する状況を、発汗直後に相当する時点から時間経過と共に逐次観察できる事である。また、測定対象試料が大きく、空気流量も多いため、測定用センサーによる測定対象の搅乱が少ない事が第二の特長である。

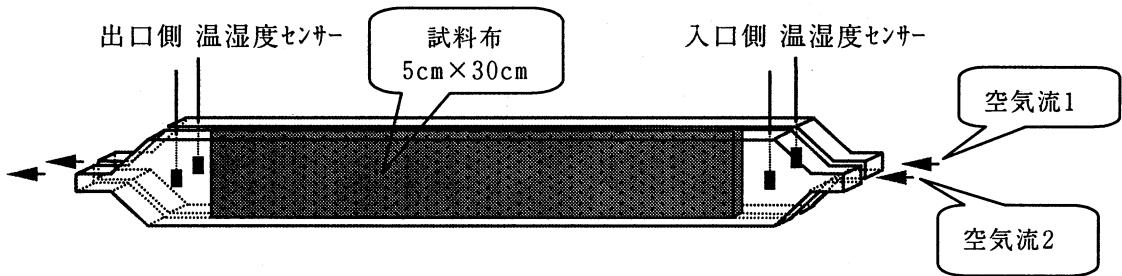
この熱及び水分移動特性測定結果から、着用時の快適性を予測することを目指す。

熱及び水分移動特性測定装置構成図



精密温調空気供給裝

熱及び水分移動特性測定測定部拡大概念図



2.3.3 第1回試織

2.3.3.1 第1回試織反内訳

予備実験の意味で下記の4種の生地を試織した。繊維種別としては吸湿性のある綿と吸湿性のないポリエステルを選び、綿については通気性の高いものと低いものを作成し、更に着用時の換気効果を高める目的で皺加工を施したものも加えた。

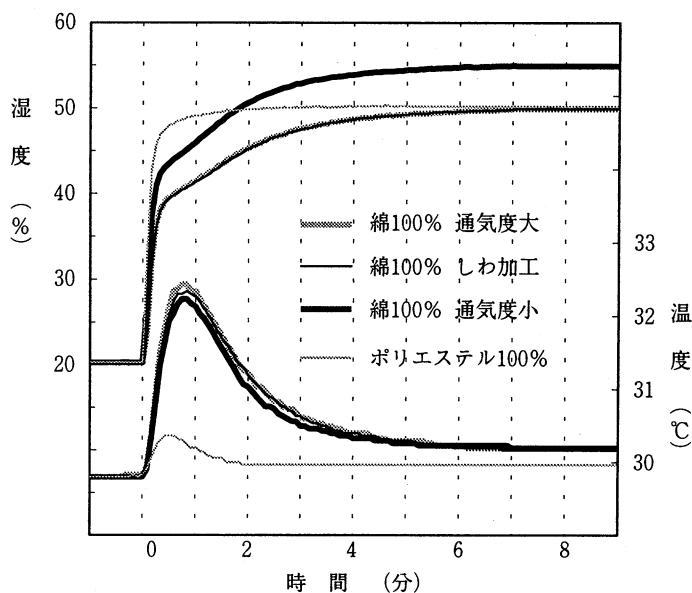
第1回試織反			数量
素材	品名	組織	
綿 100% 通気度大	NS10559C①	87.0/2×86.0/2 131×79	110m
綿 100%通気度大 しわ加工	NS10559C②	87.0/2×86.8/2 113×75	110m
綿通気度小	No5747	54.5×51.4 154×83	110m
ポリエステル 100%	NS10560T	35.4×35.0 122×78	110m

2.3.3.2 第1回試織反の主な物性

	綿100% 通気度大	綿100%通気度大 しわ加工	綿通気度小 No5747	ポリエステル 100%
吸湿率*1(%) 20℃ 65%	6.1	5.9	7.0	0.4
吸湿率*2(%) 20℃ 90%	10.0	9.6	11.0	0.6
△MR (*2-*1)	3.9	3.7	4.0	0.2
通気度($\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$)	143	125	27	210
通気抵抗(Pa·sec/m)	47	56	543	28
重量(g/m ²)	123	130	117	135
厚さ(mm)	0.22	0.23	0.17	0.28
保温性(%)	16	18	12	12
JIS透湿量(g/m ² /h)	324	305	298	351
社内法透湿量(g/m ² /h)	417	387	405	435
接触温冷感(W×10 ⁻² /cm ²)	15	13	15	14

2.3.3.3 第1回試織反の熱及び水分移動特性

空気流1出口側の温湿度変化



空気流1: 30°C 20%→90% 厚さ 4mm 流量 6 リットル/分

空気流2: 30°C 20% 厚さ 6mm 流量 9 リットル/分

環境温度: 30°C

湿度切換え1分後の湿度は素材の吸湿性及び通気度の大きい順に低い値を示した。即ち綿の通気度大2種が最も低く、次に綿通気度小、最後に吸湿性の低いポリエステルであった。一方、湿度切換え8分後の湿度は、通気度の影響のみが現れ、綿通気度小のみが高い湿度を示した。また、水分の吸着熱による発熱は、綿3種がほぼ同じ高い値を示した。

皺加工の影響はこの測定では現れなかった。

2.3.3.4 第1回試織反のワイシャツ作成数量

区分	サイズ	綿 100% 通気度大	綿 100% 通気度大しわ加工	綿 100% 通気度小	ポリエステル 100%	計
男性用	39-80	5	5	5	5	20
	42-80	5	5	5	5	20
女性用	37-76	5	5	5	5	20
	39-78	5	5	5	5	20
合計枚数		20	20	20	20	80

2.3.3.5 第1回試織反のスラックス作成数量

区分	サイズ	綿 100% 通気度大	綿 100% 通気度大しわ加工	綿 100% 通気度小	ポリエステル 100%	計
男性用	M	5	5	5	5	20
	L	5	5	5	5	20
女性用	M	5	5	5	5	20
	L	5	5	5	5	20
合計枚数		20	20	20	20	80

2.3.3.6 第1回試織反のワイシャツ及びスラックス送付数量

大阪大学、奈良女子大学、信州大学及び神戸女子大学に4品種各4枚計16枚のワイシャツとスラックスを送付した。又、大阪工業研究所には4品種各1枚のワイシャツとスラックスを送付した。送付枚数合計は68枚。残り4品種各3枚計12枚は日清紡の控え。

2.3.4 第2回試織

2.3.4.1 第2回試織反内訳

第1回試織反作成結果を参考に快適性に大きく関係する吸湿率及び通気度を考慮して下記の4種類の生地を作成した。

即ち、吸湿率について顕著に値の大きいテンセル（高強度再生セルロース纖維）と標準的な綿及び殆ど吸湿性のないポリエステルを素材として選び、その中で綿について織物組織を調節し、通気度の標準的なものと顕著に少ないものとを作成した。尚、糸は通常糸の略2倍の撚りとなる強撚糸を使用した。

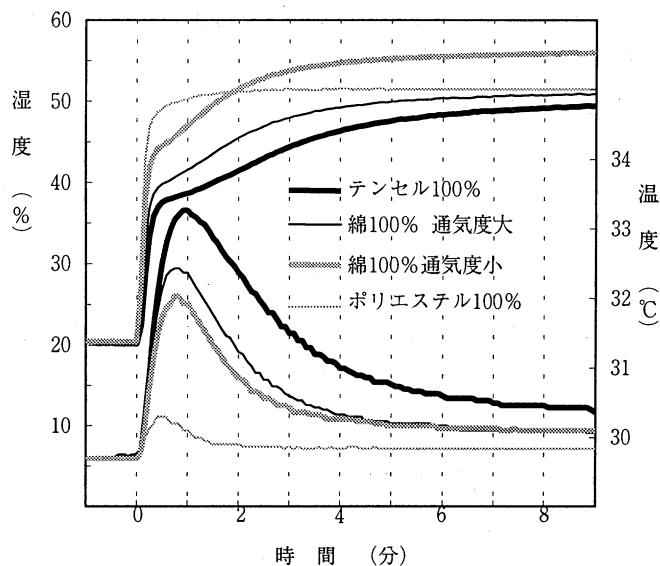
第2回試織反			数量
素材	品名	組織	
テンセル100%	ZNS20228	39.9×40.4 129×111	550m
綿100%通気度大	CNS10652	87.7/2×84.8/2 127×77	550m
綿100%通気度小	No.5747	53.1×52.0 158×79	550m
ポリエステル100%	ZNS10653	38.9×38.1 124×79	550m

2.3.4.2 第2回試織反の主な物性

	テンセル 100%	綿100% 通気度大	綿100% 通気度小	ポリエステル 100%
吸湿率*1(%) 20℃ 65%	10.4	6.8	6.9	0.5
吸湿率*2(%) 20℃ 90%	16.8	10.4	10.4	0.6
△MR(*2-*1)	6.4	3.6	3.5	0.1
通気度(cm ³ /cm ² /sec)	128	138	19	163
通気抵抗(Pa·sec/m)	48	48	752	41
重量(g/m ²)	167	128	116	128
厚さ(mm)	0.33	0.23	0.18	0.25
保温性(%)	11	12	12	14
JIS透湿量(g/m ² /h)	356	361	328	348
社内法透湿量(g/m ² /h)	463	453	466	466
接触温冷感(W×10 ⁻² /cm ²)	16	16	18	16

2.3.4.3 第2回試織反の熱及び水分移動特性

空気流1出口側の温湿度変化



湿度切換え1分後の湿度は、吸湿率の最も大きいテンセルが最も低く、続いて綿通気度大、綿通気度小と続き、通気度は大きいが吸湿率の低いポリエステルは高い値を示した。切換え8分後では通気度が大きく影響し、綿通気度小が明らかに高い湿度を示した。一方、吸湿による吸着熱により吸湿率の大きいテンセルでは顕著な温度上昇が起り、ポリエステルがわずかな上昇、綿はその中間であった。

この結果から、風のある環境ではテンセルが最も快適と予想されるが、風のない場合には発熱の影響で異なる結果が予想される。

2.3.4.4 第2回試織反のワイシャツ作成数量

		テンセル 100%	綿100% 通気度大	綿100% 通気度小	ポリエステル 100%	合計
男性用	39-82	10	10	10	10	40
	42-80	10	10	10	10	40
女性用	37-76	40	40	40	40	160
	39-78	40	40	40	40	160
合計枚数		100	100	100	100	400

2.3.4.5 第2回試織反のスラックス作成数量

		テンセル 100%	綿100% 通気度大	綿100% 通気度小	ポリエステル 100% 53	合計
男性用	M	10	10	10	10	40
	L	10	10	10	10	40
女性用	M	40	40	40	40	160
	L	40	40	40	40	160
合計枚数		100	100	100	100	400

2.3.4.6 第2回試織反のワイシャツ及びスラックス送付数量

大阪大学、奈良女子大学、信州大学及び神戸女子大学に4品種各16枚計64枚4大学計256枚のワイシャツとスラックスを送付した。又、大阪工業研究所には4品種各4枚計16枚のワイシャツとスラックスを送付した。送付枚数合計はワイシャツ、スラックス各々272枚。残り4品種各32枚計128枚は日清紡の控え。

2.3.5 第3回試織

2.3.5.1 第3回試織反内訳

信州大学での着用実験に於いて、テンセル使用の衣服のみ顕著に暑いとの結果が出た。

これは、当方が想定したテンセル使用品が最も涼しい筈との当初の予想とは全く異なる結果である。その原因として、この実験は無風での着用であったため、高い吸湿性を持つテンセルが、発汗により発生した水蒸気を吸湿した際の吸着熱によって衣服温が上昇し、これによって更に発汗が起ると云う連鎖反応が生じたものと考えられる。

そこで無風でも涼しい衣服とするため、第2回試織反の内No.5747を除く3品種の重量を糸を細くする事によって約20%減らした下記の薄い生地3種、及び吸湿性を低くする目的でポリエステル綿混とし、且つ糸本数をポリエステル100%生地と同一とした生地1種を試織した。尚、糸は時間的制約のため通常の撚り数のものを使用した。

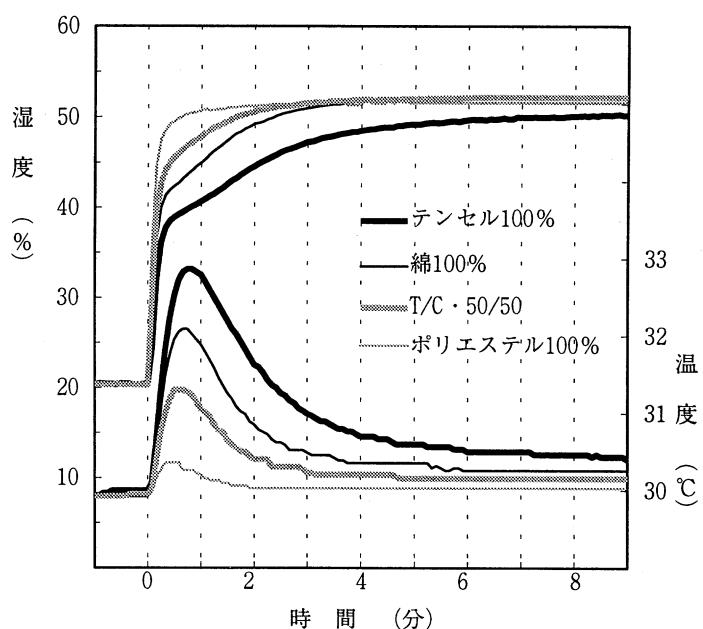
第3回試織反				対応する第2回試織反	
素材	品名	組織	数量	品名	組織
テンセル 100%	ZNS20242	51.4×51.4 119×110	110m	ZNS20228	39.9×40.4 129×111
綿 100%	CNS10729	53.2×54.2 129×77	110m	CNS10652	87.7/2×84.8/2 127×77
ポリエステル 綿 50・50	ZNS10730	47.5×48.8 130×78	110m	ZNS10653	38.9×38.1 124×79
ポリエステル 100%	ZNS10731	49.8×47.4 126×78	110m	ZNS10653	38.9×38.1 124×79

2.3.5.2 第3回試織反の主な物性

	テンセル 100%	綿 100%	ポリエステル綿 50・50	ポリエステル 100%
吸湿率*1(%) 20℃ 65%	10.0	6.5	3.5	0.3
吸湿率*2(%) 20℃ 90%	16.9	10.8	5.5	0.5
△MR(*2-*1)	6.9	4.3	2.0	0.2
通気度(cm ³ /cm ² /sec)	122	68	73	86
通気抵抗(Pa·sec/m)	45	148	122	91
重量(g/m ²)	112	100	107	100
厚さ(mm)	0.23	0.19	0.20	0.19
保温性(%)	15	15	13	20
JIS透湿量(g/m ² /h)	338	392	390	395
社内法透湿量(g/m ² /h)	514	504	501	510
接触温冷感(W×10 ⁻² /cm ²)	18	18	17	16

物性値の中で、予想外の値となったのは、通気度である。即ち、第2回試織反に比べ、糸を細くしたので、通気度も増大すると考えたが、撚りの影響が非常に大きく働いて、通気度は第2回試織反の半分の値であった。従って、プロトタイプの生地としては未完成の結果である。

2.3.5.3 第3回試織反の熱及び水分移動特性 空気流1出口側の温湿度変化



湿度切換え1分後の湿度は、吸湿率の順序そのままの順序で低い値を示した。また、切換え8分後の湿度は通気度の大きいテンセルのみ低い値となった。一方、吸湿による発熱は吸湿率の順序で高い値を示した。

2.3.5.4 第3回試織反のワイシャツ作成数量

区分	サイズ	テンセル 100%	綿 100%	ポリエステル 綿50・50	ポリエステル 100%	計
男性用	40-82	5	5	5	5	20
	42-80	5	5	5	5	20
女性用	37-76	5	5	5	5	20
	39-78	5	5	5	5	20
合計枚数		20	20	20	20	80

2.3.5.5 第3回試織反のスラックス作成数量

区分	サイズ	テンセル 100%	綿 100%	ポリエステル 綿50・50	ポリエステル 100%	計
男性用	M	5	5	5	5	20
	L	5	5	5	5	20
女性用	M	5	5	5	5	20
	L	5	5	5	5	20
合計枚数		20	20	20	20	80

2.3.5.6 第3回試織反のワイシャツ送付数量

大阪工業研究所に各品種1枚計4枚のワイシャツを送付した。

2.3.6 肌着

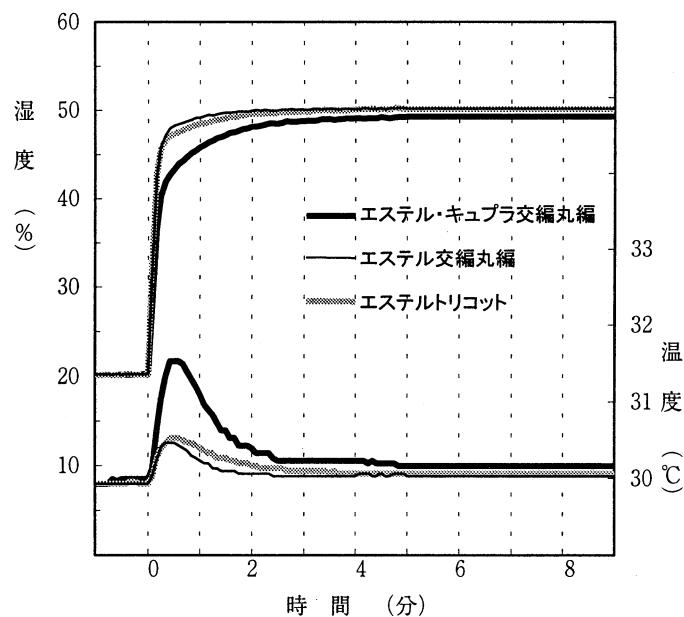
2.3.6.1 肌着の主な物性

	エステル・キュプラ交編丸編み	エステル丸編み	エステルトリコット
吸湿率*1(%) 20℃ 65%	2.6	0.6	0.8
吸湿率*2(%) 20℃ 90%	3.3	0.7	1.2
△MR(*2-*1)	0.7	0.1	0.4
通気度(cm ³ /cm ² /sec)	427	358	361
通気抵抗(Pa·sec/m)	18	22	15
重量(g/m ²)	123	114	73
厚さ(mm)	0.43	0.36	0.25
保温性(%)	10	6	6
JIS透湿量(g/m ² /h)	317	316	343
社内法透湿量(g/m ² /h)	420	403	436
接触温冷感(W×10 ⁻² /cm ²)	14	16	15

肌着は市販品の標準的なものから選択してある。この内再生セルロース繊維であるキュプラを若干含んだ素材が、綿の3分の1程度の吸湿性を示すが、その他の素材の吸湿性は殆どない。又、編み組織であるため3種の肌着は織物に比べて通気度が約3倍の水準にある。

2.3.6.2 肌着の熱及び水分移動特性

空気流1出口側の温湿度変化



空気流1の出口側温湿度の変化は、吸湿率の高いキュプラを含む素材の湿度上昇が切換え1分後に於いて最も低く、その後も通気度の高さを反映して低く保たれた。他の2品種には差がなかった。温度上昇はキュプラを含む素材のみが大きかった。

2.3.7 热及び水分移動特性測定条件及び測定装置

2.3.7.1 測定条件の設定

热及び水分移動特性の測定条件としては、種々テストの結果、下記条件が素材の差を明確に測定するのに有効である事が分り、全ての生地を再測定した。

適正測定条件

空気流1： 30°C 20%→90% 厚さ 4mm 流量 6 リットル/分 風速0.5m/秒

空気流2： 30°C 20% 厚さ 6mm 流量 9 リットル/分 風速0.5m/秒

環境温度： 30°C

2.3.7.2 測定治具の改良

以前の試料装着治具はかなり重量のある頑丈なプラスチックで出来ていた。この結果、熱容量が大きく、治具の温度と空気流の温度が違うと、空気流の熱が治具に奪われるか、治具の熱が空気流に与えられるかのいずれかの現象が起り、所望の条件設定ができなかった。

対策として、測定室の環境温度を測定用の空気流の温度と同一にして、装着治具による熱損失又は熱搅乱の発生を防いで来た。しかしそれでは、測定条件が限定されるため、対策として、資料装着治具の熱容量を下げ、断熱性を高めるため、治具の素材の一部を発泡プラスチックに代える等の下記の改造を行なった。

- イ. 治具本体の厚さを3倍にし、内層部を発泡プラスチックとする。
- ロ. ホース取付口をプラスチックとする。
- ハ. 空気流通過部の底上げに発泡プラスチックを使う。
- ニ. 空気流入部の形状はそのままとする。
- ホ. 中央部のセンサー挿入口は設けない。
- ヘ. 試料取付板を厚くする分、治具両端の嵩上げを高くする。

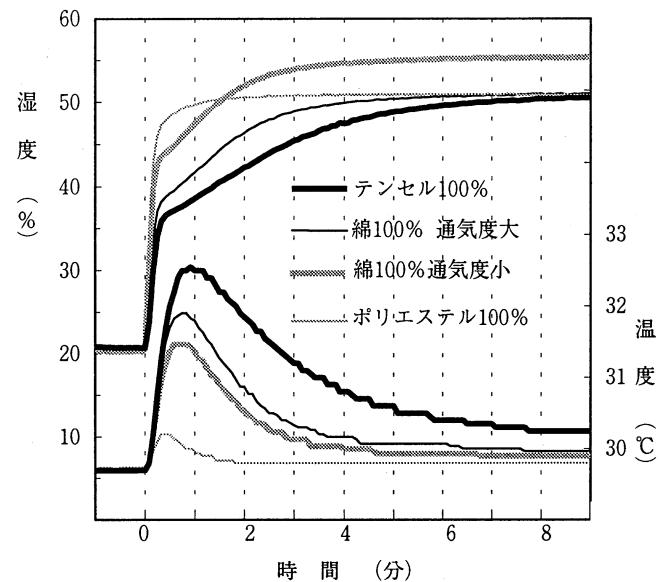
測定治具の改良は数回の手直しの後、12月上旬に終了した。

2.3.7.3 測定治具の改良による効果

改良治具は断熱性が向上した結果、吸湿による発熱が保持され、素材間の差が下記グラフで示す様に一段と明瞭になった。

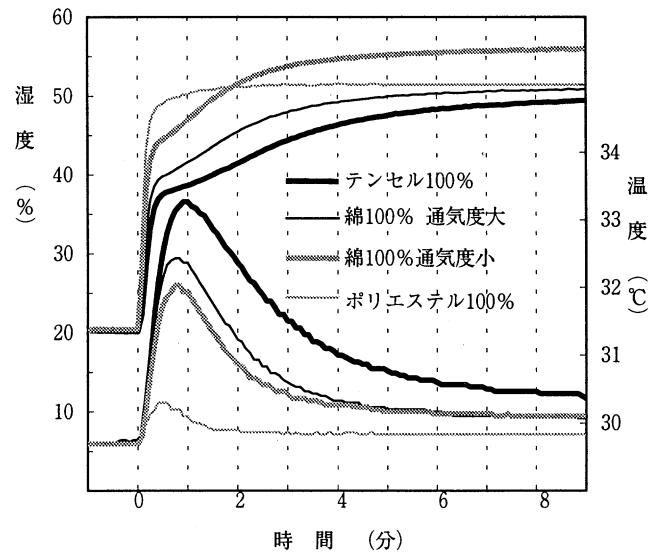
改良前測定結果

第2回試織反による比較を行なったところ、温度上昇の程度は、最も大きいテンセルの場合で、約2.5℃であった。



改良後測定結果

温度上昇の程度は、最も大きいテンセルの場合で、約3.5℃であり、改良前より明らかに大きく素材間の差が明瞭となった。



以上

2. 4 発汗サーマルマネキンを用いた衣服内気候の解析

(通商産業省 工業技術院 大阪工業技術研究所)

2. 4. 1 はじめに

衣服内気候の測定については、被験者による測定がこれまで行われていたが、被験者の生理条件の調整や個人差などがあって、データ処理に問題があった。

さらにサーマルマネキンを用いて測定することも多く行われているが、衣服の熱的な性質は測定できても、熱と水分が関連した熱水分複合移動特性については測定できない。

そこで、発汗機能をもった発汗サーマルマネキンを用いて、人間が着衣した状態に近い条件で衣服内気候を測定した。

2. 4. 2 測定

2. 4. 2-1 環境室

環境室は間口4m×奥行3m×高2.4mで、30°C、50%RHに設定した。環境室空気は間口一方の壁面の全面に開けられた小孔から吐出し、間口の他方壁の全面に開けられた小孔から吸引している。この環境室の中に、間口2m奥行1m高さ2mのフレームを置き、その周りを小孔を開けたポリエチレンフィルムで被った。発汗サーマルマネキンは壁の空気の吐出面に向けて設置し、環境室の空気が直接当たらないフレームの側面の一方は開放した。また、マネキンにあてる風は、発汗マネキンの左前方2mから市扇風機で送った。(図2. 4. 1)

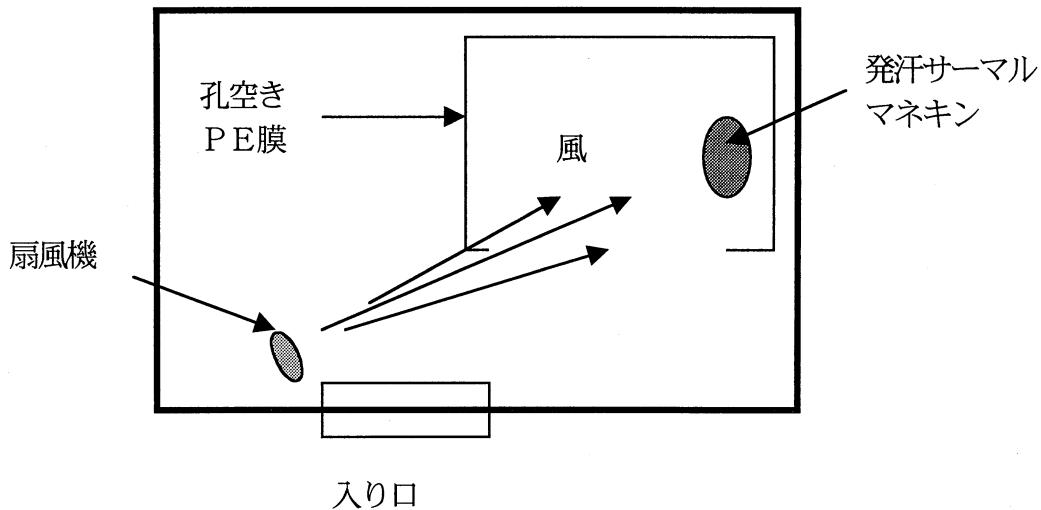


図2. 4-1 測定用環境室と配置図

環境室は、測定日の前日に30°C、30%に設定し、測定日の朝、相対湿度を50%に設定した。50%RH設定後、3時間以上経過したのち測定を行った。

2. 4. 2-2 発汗サーマルマネキン

マネキンは青銅製で、身長168cm、体重61kgの男性を想定して作られており、発汗サーマルマネキンの青銅表面(以後、マネキン皮膚という。)にはピッチ3mm、径2mmの小孔が均一に開けられて

いて、その小孔から温度制御した飽和水蒸気の空気が吐出して、不感蒸泄を模擬している。

発汗サーマルマネキンの胴体は胸部、腹部、腰部に分けられ、それぞれ前後に仕切られ、さらに両腕、両脚の計10部について、それぞれ独立して皮膚温度と発汗を設定することができる。

マネキン皮膚の温度は、マネキン皮膚下に埋め込まれた温度センサで皮膚温度を検出し、マネキン皮膚の内部に埋め込まれたヒータで皮膚温度が一定になるよう制御されている。

飽和水蒸気の空気をつくる飽和水槽の水温は33°Cとし、飽和水槽からマネキン皮膚までのパイプには、水蒸気が結露しないためヒータでもって34°Cに保った。

2. 4. 2-3衣服内気候の測定

衣服内気候の測定は、次の条件で行った。

測定試料衣は上半身用の衣服とし、胸前、胸後、腹前、腹後、腕左、腕右の6部位について皮膚温度の制御と発汗を行った。マネキン皮膚温度は部位の中央部を測定して、33°Cになるようヒータを制御した。

なお、腰前、腰後の両部は、腹部からの熱の流出を防ぐために、発汗は行わず、マネキン皮膚温度は33°Cに設定した。

発汗サーマルマネキン測定のプロトコルは図2. 4-2に示した。すなわち無発汗、無風の状態で20分間測定した後、胸前部、腹前部、胸後部、腹後部、左腕部、右腕部の6部位について、それぞれ300g/m²/hの発汗を行った。発汗は30分間行った後、発汗を続けながら市販の扇風機で風を左前から送った。風速は胸前部の下部の位置で、マネキンに直角に当たる方向に0.3m/secであった。

衣服内気候の測定は、マネキン皮膚と内衣との間の空間について行った。温湿度センサは、センサの感湿面が試料衣の方向になるようマネキン皮膚上に金属金具で固定し、測定位置には、センサと測定試料衣との間隔を一定にするために、巾2cm×長さ3cm×高さ1.8cmの針金製の枠をマネキン皮膚上に取り付けた。測定位置は、マネキン前面の胸前部上部、胸前部下部、腹前部の3点で行った。

また、環境室の測定はマネキンの胸の前方0.5m、床から1m上の位置で行った。温湿度センサのデータはパソコンで30秒毎に取り込み、得られた温度と湿度のデータから、湿度は水蒸気圧（単位：hPa）に変換した。

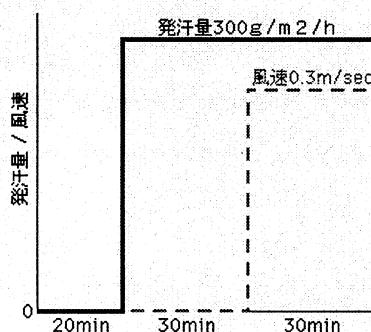


図2. 4-2 発汗サーマルマネキン測定のプロトコル

2. 4. 3 測定結果

2. 4. 3-1 無風状態

2. 4. 3-1-1 無風発汗時の衣服内温度

発汗サーマルマネキンによる測定は3回（一部2回）行い、それらの平均値をその部位の衣服内気候（温度および水蒸気圧）とした。

例えば、内衣がA（エステル／キュプラ）、中衣が1（テンセル）の場合、表2. 4-1に示すように、個々の衣服内温度のデータと平均した衣服内温度との差は、無風無発汗の時は±0.06°C以下、無風発汗では±0.07°C以下、有風発汗でも±0.1°C以下であり、測定による差は小さいので、平均温度を衣服内温度と考えて考察を行った。

衣服内温度は環境室温度の影響を受けるので、環境室の温度変動を補正するために、得られた衣服内温度のデータは、その時の環境室温度との差 Δt をとり、衣服内温度とした。

$$\text{衣服内温度 } \Delta t = \text{衣服内温度 } t - \text{環境室温度 } t_a$$

測定した胸前上、胸前下、腹前の3つの位置についてみると、腹前のデータは表2. 4-1に見られるように他のものと比べて変動が大きいので、衣服内温度は胸前上、胸前下の2つの位置のデータの平均値とした。

表2. 4-1 衣服内温度の測定値の変動

測定	測定位置	平均温度との差		
		無風無発汗	無風発汗	有風発汗
測定A	胸前上	-0.05	-0.06	-0.03
	胸前下	-0.03	-0.06	-0.04
	腹前	-0.05	-0.07	-0.10
測定B	胸前上	0.06	0.03	0.00
	胸前下	0.04	0.03	0.01
	腹前	0.03	0.02	0.01
測定C	胸前上	-0.01	0.03	0.03
	胸前下	0.00	0.04	0.03
	腹前	0.02	0.05	0.09

図2. 4-3 a, -3 bに、無風状態で、無発汗から300 g/m²/hの発汗を行った場合の衣服内温度の変化を示した。aには内衣の3種A, B, Cと中衣1（テンセル）、中衣2（綿・通気度大）、中衣3（綿・通気度小）の重ね着の衣服内温度を、bには内衣と中衣1（テンセル）、中衣4（エステル）の重ね着および内衣単衣の衣服内温度を示した。

飽和槽から発汗マネキンの各部位に送るパイプは、発汗を模擬した水蒸気の結露を防ぐために、その温度がマネキン皮膚温度より1°C高く設定してある。しかし、マネキン皮膚から吐出する空気の流量は

0.2 cm/s e c以下であり、したがって、マネキン皮膚から吐出する空気温度はマネキン皮膚によってマネキン皮膚温度まで下げられていると考えられる。

発汗が始まると衣服内温度は高くなっているが、特に、テンセルの衣服内温度は、いずれの内衣を用いても上昇が著しい。特に、内衣がA及びCでは、発汗直後に温度上昇の山が見られた。この現象は、中衣2（綿・通気度大）にも見られたが、いずれもテンセルや綿が吸湿性を示すことから、水蒸気の吸着熱が現れていることを示している。

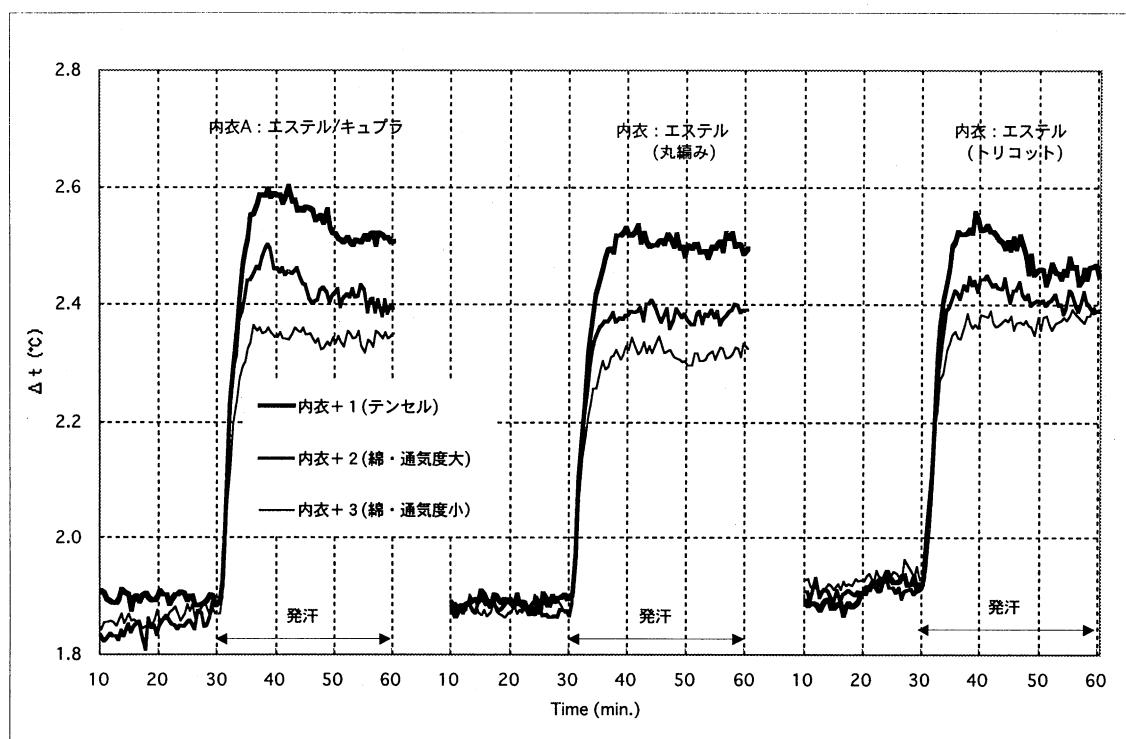


図2. 4-3 a 無風状態における発汗に伴う衣服内温度の変動
(中衣1, 2, 3重ね着)

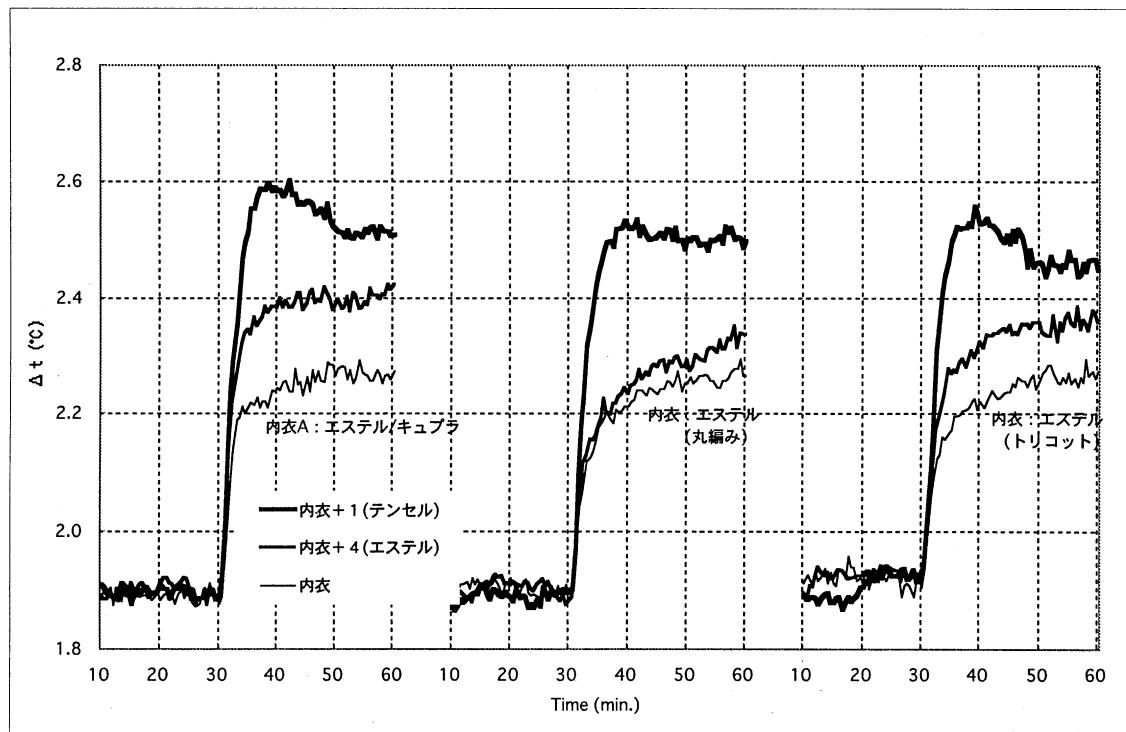


図2. 4-3 b 無風状態における発汗に伴う衣服内温度の変動
(中衣1, 4重ね着, 内衣単衣)

内衣がBまたはCの単衣、およびそれらの内衣と中衣が4の重ね着は、エステル素材のみの吸湿性の素材を含まない組み合わせであるが、吸湿素材を含む着衣条件と比べて、衣服内温度は発汗時間とともに漸増する傾向がある。しかし、発汗30分後には、ほぼ定常状態にあると考えられる。

無風状態で、発汗に伴う衣服内温度の変化 Δt を、発汗して衣服内気候が定常状態になったと考えられる55~60分の平均衣服内温度 t_s と無風無発汗時の平均衣服内温度 t_0 との差で表し、重ね着の衣服厚さ d との関係を図2.4-3に示した。重ね着の衣服厚さ d は、内衣の衣服厚さ d_i と中衣の衣服厚さ d_m との和として計算した。

$$\Delta t = t_s - t_0 \quad (1)$$

$$d = d_i + d_m \quad (2)$$

重ね着において、中衣が吸湿性の素材について、衣服内温度の発汗による温度上昇は衣服厚さとともに大きくなっている。エステル素材である内衣Bと内衣Cについては、良い相関性を示した。なお、衣服の吸湿率と衣服内温度の上昇についてはこのような相関性は見られなかった。

中衣に疎水性であるエステルを用いた試料数が1つであるために、衣服内温度の上昇と衣服厚との関係を論することはできないが、エステルの場合も衣服厚との関係があると考えられる。そして、内衣がA、B、Cのいずれの場合とも、同じ厚さの吸湿性素材と比べて中衣がエステルである時の温度上昇が小さいので、発汗時の温度感覚は同じ厚さの吸湿性素材に比べてエステルが涼しいと想定される。

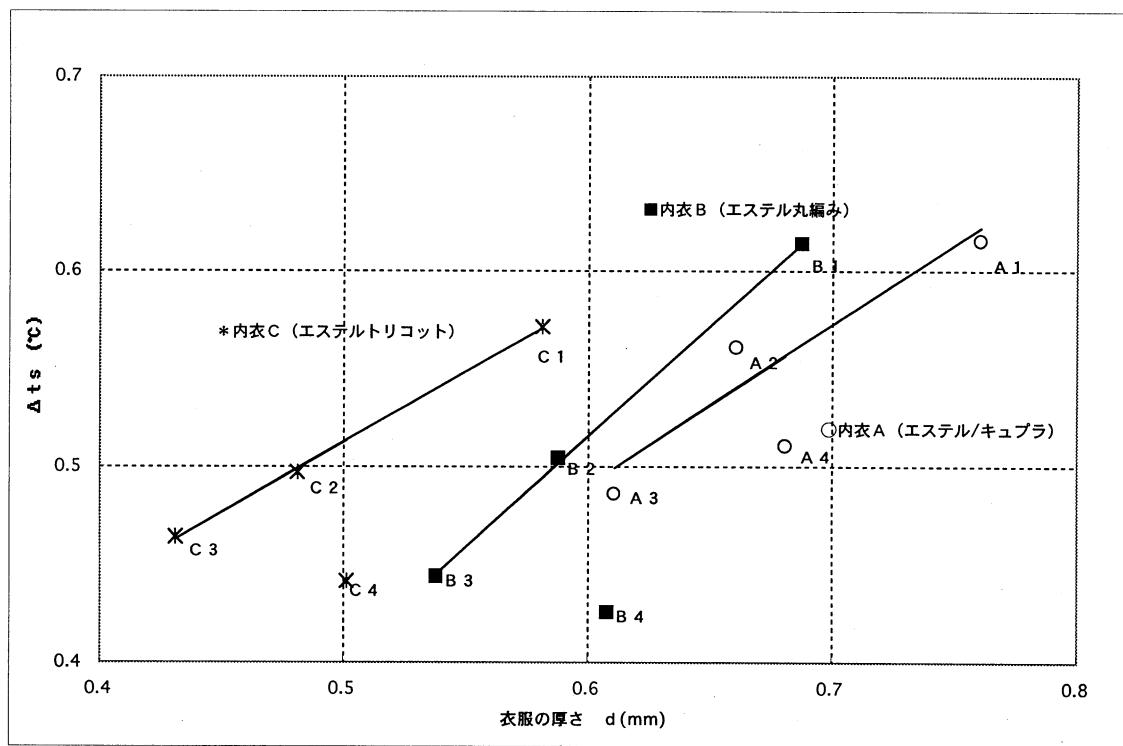


図2.4-4 発汗に伴う衣服内温度上昇と衣服厚さの関係（無風）

2. 4. 3-1-2 無風発汗時の衣服内水蒸気圧

得られた湿度に関するデータは、その時の衣服内温度での水蒸気圧に換算した。この時、個々の湿度センサを25°C下、湿度校正器で30%RH、70%RH、90%RH、95%RHで校正した値で補正した。

衣服内水蒸気圧は、無発汗状態で個々のセンサの誤差があるので、発汗による衣服内水蒸気圧の変化をみるため、無風無発汗での水蒸気圧の平均値を基準にとった。

また、衣服内温度と同様に胸前上、胸前下の平均を衣服内水蒸気圧とした。

発汗に伴う衣服内水蒸気圧の変動を図2. 4-5 a、-5 bに示した。いずれの内衣を用いても中衣4(エステル)の衣服内水蒸気圧の上昇は最も大きく、中衣1(テンセル)と中衣2(綿・通気度大)は同じような水蒸気圧の上昇を示した。中衣3(綿・通気度小)は、最も小さな衣服内水蒸気圧の上昇であった。この中衣3の衣服内水蒸気圧の上昇が小さいのは、中衣2と同じ程度の吸湿率を示しているが、中衣2の衣服厚さが0.23mmであるのに対して、中衣3では0.18mmと薄くなっているためと思われる。

図2. 4-6に発汗に伴う衣服内温度上昇 Δt_s と衣服内水蒸気圧上昇 ΔV_s との相関を示した。環境温度が皮膚温に近い状態では、温熱感覚は、衣服内温度が高くかつ衣服内温度(水蒸気圧)が高くなれば蒸れて暑い感覚になり、衣服内温度が低く衣服内温度(水蒸気圧)も低くなると涼しく爽やかに感じる。

環境が30°C、50%RHの状態で300g/m²/hの発汗を行ったこの実験結果を考えると、中衣が1(テンセル)の場合は、定常状態での衣服内温度の上昇が大きく、衣服内水蒸気圧上昇も大きいので、この4種の中衣を比較すると、無風状態では蒸れる感覚と暑い感覚がつよいと考えられる。

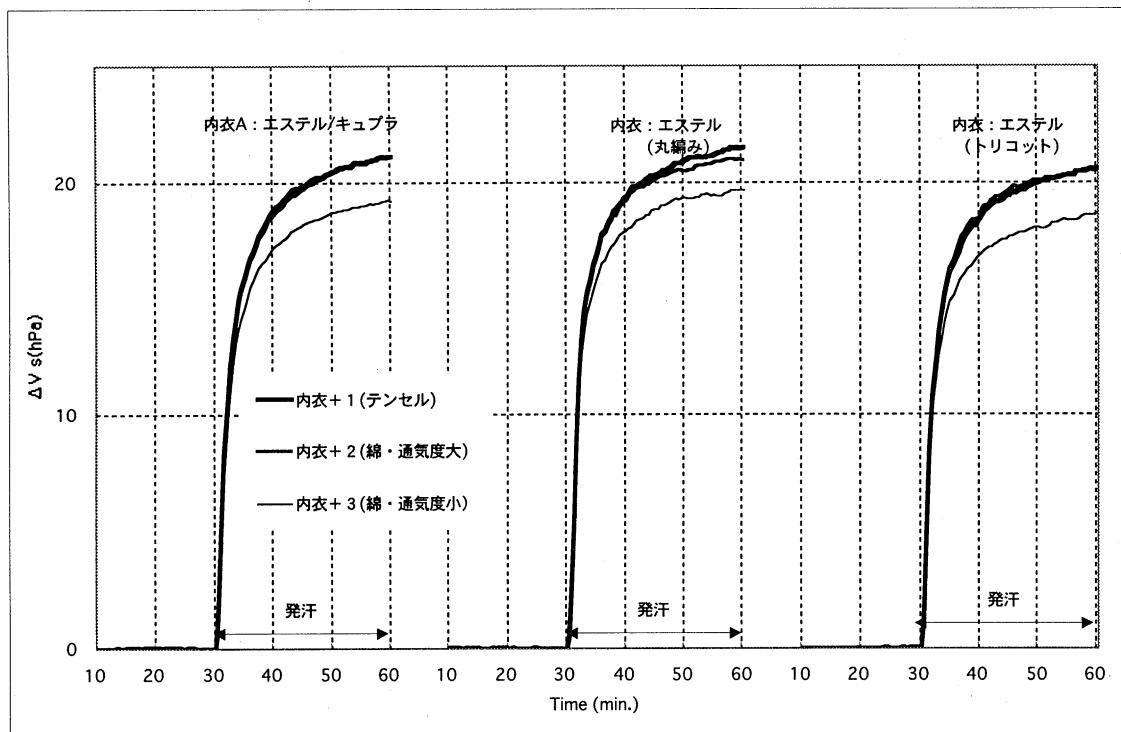


図2. 4-5 a 無風状態における発汗に伴う衣服内水蒸気圧の変動
(中衣1, 2, 3重ね着)

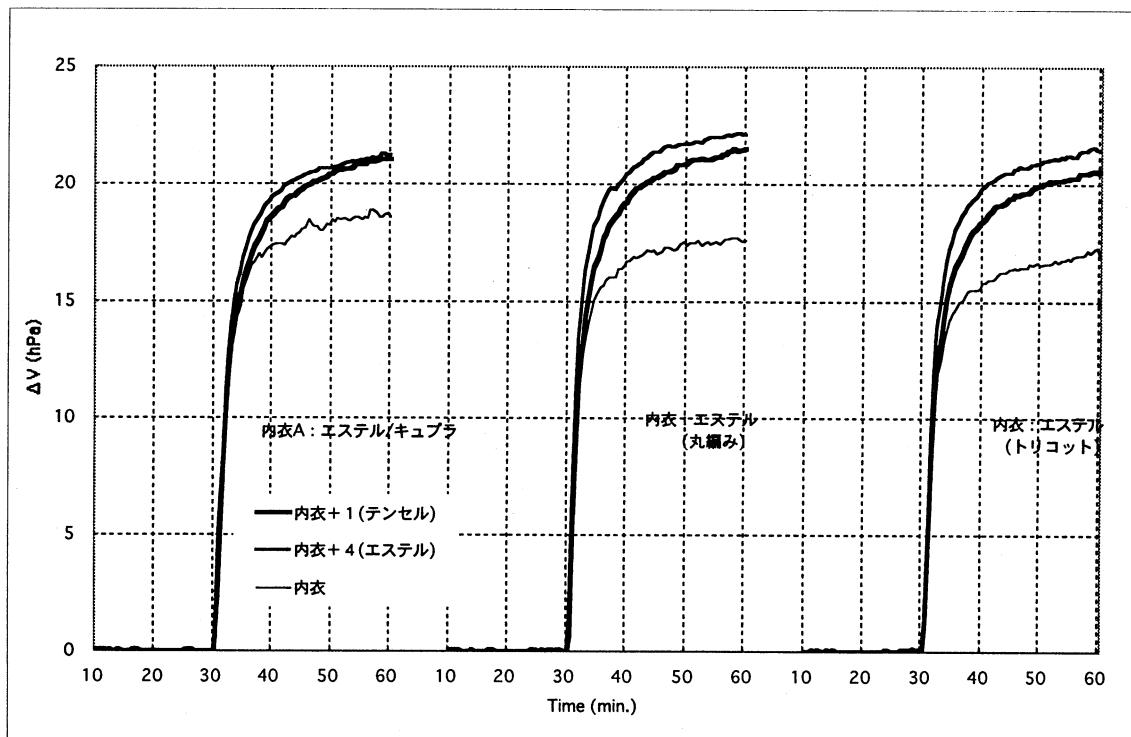


図2. 4-5 b 発汗に伴う衣服内温度上昇と衣服内水蒸気圧上昇との相関
(中衣1、中衣4(重ね着)、内衣単衣)

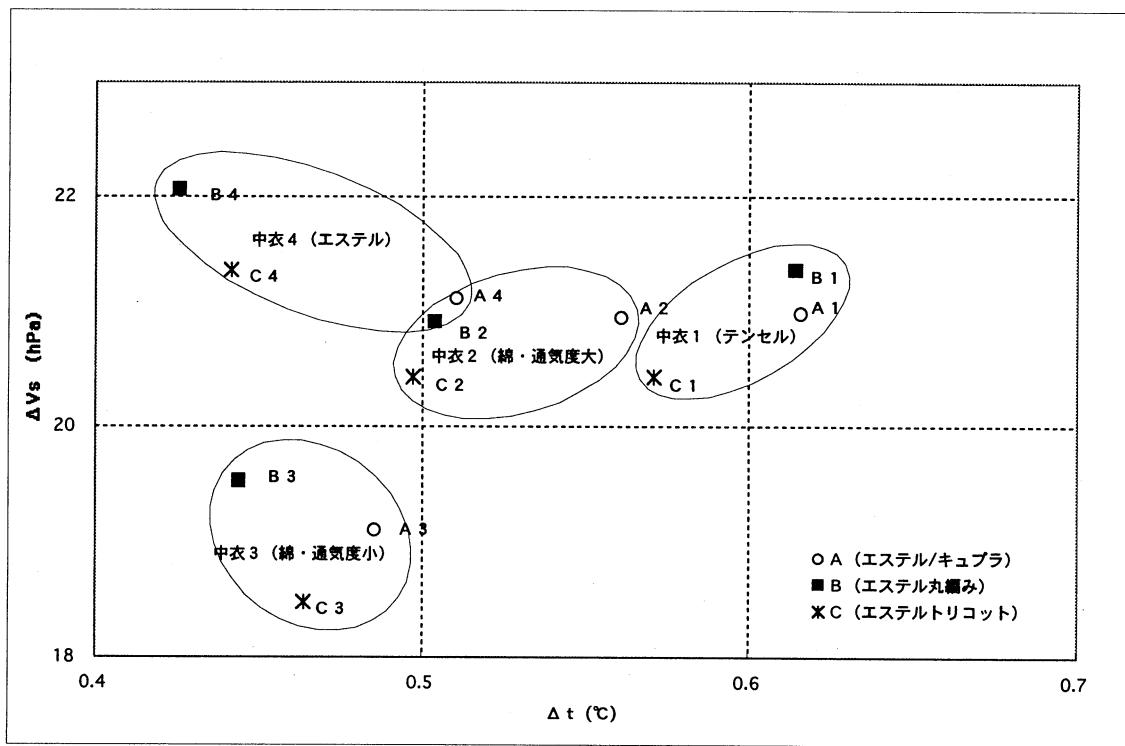


図2. 4-6 発汗に伴う衣服内水蒸気圧上昇と衣服内温度上昇の相関(無風状態)

中衣が4（エステル）では、衣服内水蒸気圧の上昇が大きいが衣服内温度の上昇はちいさいので、涼しい感覚が、中衣2（綿・通気度大）ではやや涼しい感覚が、それぞれ中衣がテンセルの時と比べて、感じることが推定できる。

中衣3（綿・通気度小）は、衣服内温度、水蒸気圧とも上昇が小さいので、この4種の中では、無風状態では涼しく爽やかな感覚が期待される。

2. 4. 3-2 有風状態

2. 4. 3-2-1 発汗有風時の衣服内温度

図2. 4-7 a、-7 bに発汗状態における風による衣服内温度の変動を示した。風は、発汗マネキンの左斜め前方から、市販の扇風機から連続的に風を送った。衣服内気候を測定した温湿度センサの位置で風の吹いてくる方向の風速は平均0.3m/sであった。

発汗時の衣服内温度は風が吹くとともに急激に低下している。温度低下の割合は、中衣1（テンセル）が大きいが、定常状態と考えられる90分には、中衣1（テンセル）、中衣2（綿・通気度大）、中衣4（エステル）の衣服内温度はほぼ同じ程度を示している。これはこれら中衣の通気度が128（中衣1（テンセル））～163cc/cm²/sec（中衣4（エステル））と比較的大きくまた同程度であるため、中衣の違いが現れ難かったことを示している。

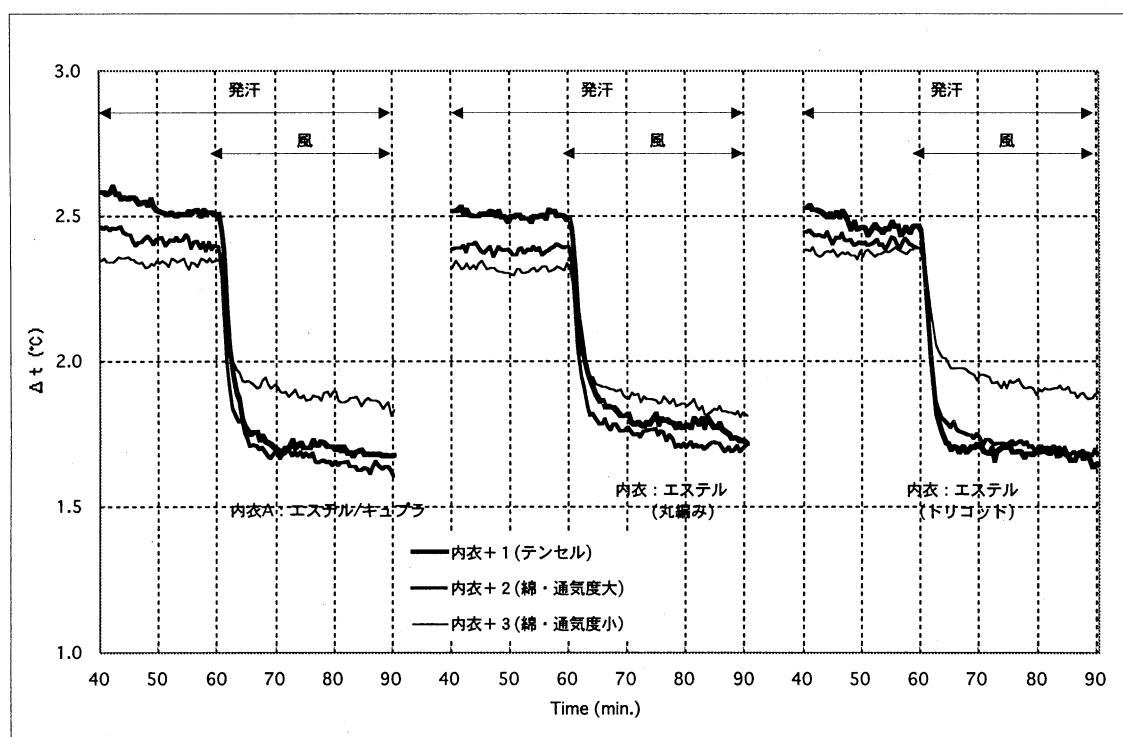


図2. 4-7 a 発汗状態における風による衣服内温度の変動
(中衣1, 2, 3重ね着)

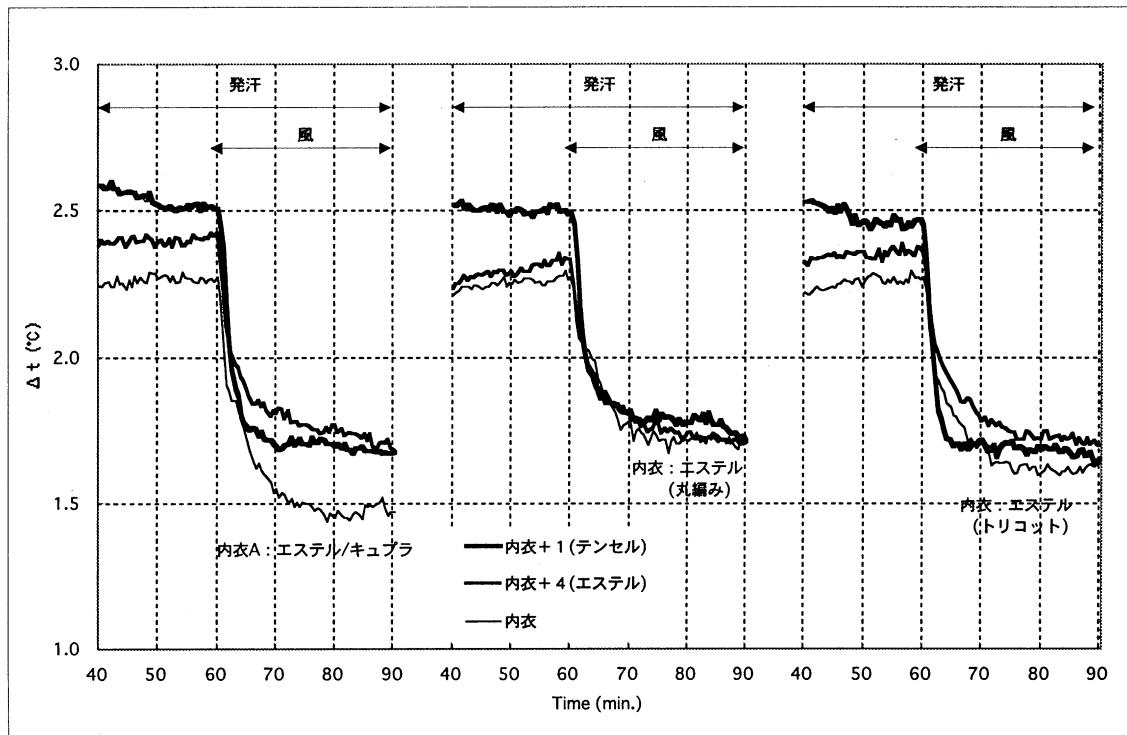


図2. 4-7 b 発汗状態における風による衣服内温度の変動
(中衣1, 4重ね着、内衣単衣)

一方、通気度が $19 \text{ ccc/cm}^2/\text{sec}$ と著しく小さい中衣3（綿・通気度小）では。衣服内温度の低下が小さく、図2. 4-6 aに示したように明らかに通気度の違いが見られる。

内衣単衣の場合、内衣A（エスティル／キュプラ）の衣服内温度の低下が、内衣B、内衣Cと比べて大きい。これは衣服素材のキュプラが吸湿性のため、キュプラに吸着した水の蒸発潜熱のためと考えられる。

内衣Bと内衣Cを用いた重ね着では、中衣3（綿・通気度小）を除いて、他の3種の中衣では、定常状態と考えられる90分には、重ね着も単衣も同じような衣服内温度になっている。

これは内衣B、内衣Cの通気度（約 $360 \text{ ccc/cm}^2/\text{sec}$ ）が3種の中衣の通気度より著しく大きいため、中衣の通気度が有風下の衣服内温度を決めていること、これら中衣の通気度に比べて、風速が大きすぎたため、中衣の違いが衣服内温度に反映していないと考えられる。

図2. 4-8に、発汗状態において、風による衣服内温度の変動と衣服の吸湿率の関係を示した。

図に示さなかった中衣3（綿・通気度小）は、吸湿率は $6.9\% (20^\circ\text{C}, 65\% \text{RH})$ と中衣2（綿・通気度大）と同程度であったが、通気度が $19 \text{ ccc/cm}^2/\text{sec}$ と他の試料と比べて著しく小さいので、データから省いた。

図に示すように、発汗状態で風を受けた時には、衣服の吸湿率が高くなるほど衣服内温度もより低くなっている、水の蒸発潜熱が衣服内温度を低下させていると考えられる。同様に、内衣の吸湿率も影響していて、吸湿率の高い内衣A（エスティル／キュプラ）の衣服内温度の低下が大きい。また、吸湿性の小さいエスティル素材である内衣Bと内衣Cについては、 $20^\circ\text{C} \cdot 60\% \text{RH}$ の吸湿率には大きな差はないが、

$20^\circ\text{C} \cdot 90\% \text{RH}$ の吸湿率は内衣B < 内衣C と僅かではあるが差があるので、内衣Cの温度低下が大きいのはその影響とも思えるが、詳しいことはこれからの検討が必要である。

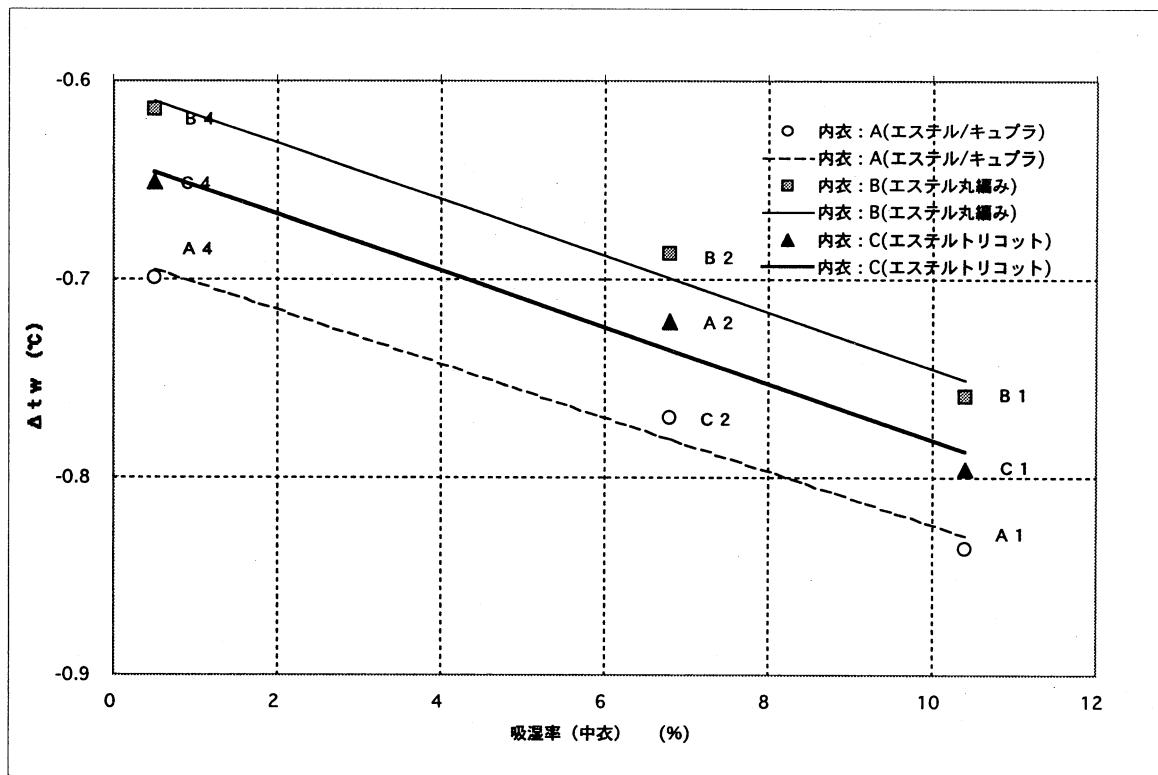


図2.4-8 発汗時、風による衣服内温度の変動と衣服の吸湿率の関係

このように、発汗状態で環境温度が衣服内温度より低い時に風を受ける条件では、衣服内温度は衣服の通気度に応じて低下し、同じような通気度の場合には、衣服素材の吸湿率が衣服内温度の低下に影響していることを示している。

2. 4. 3-2-2 発汗有風時の衣服内温度

図2.4-8 a, -8 bに、発汗時、風に伴う重ね着の衣服内水蒸気圧変動を示した。

風は発汗30分後にマネキン左斜め前方から扇風機の風(0.3 m/sec)を吹き付けた。風速測定は全測定の前に、マネキン胸前下の部位について風速計で10秒間隔で10回測り、その平均値を風速とした。測定中の扇風機の位置、風の強さは同じになるようにしたが、測定毎に風速確認はしていない。

通気度がほぼ同じである中衣A(テンセル)、中衣B(綿・通気度大)、中衣4(エスカル)では発汗、風とも定常になっている80~90分では、数hPaの差はあるが、ほぼ同じ衣服内水蒸気圧を示している。

通気度が小さい中衣3(綿・通気度小)は、衣服内温度の風による低下が小さいと同様に、衣服内水蒸気圧の低下も他者に比べて少なかった。

内衣単衣の衣服内水蒸気圧の低下は、重ね着と比べて大きくなっているが、内衣Bは他2種の内衣と比べて通気度が悪いために、衣服内水蒸気圧の低下が、やや少なくなっている。

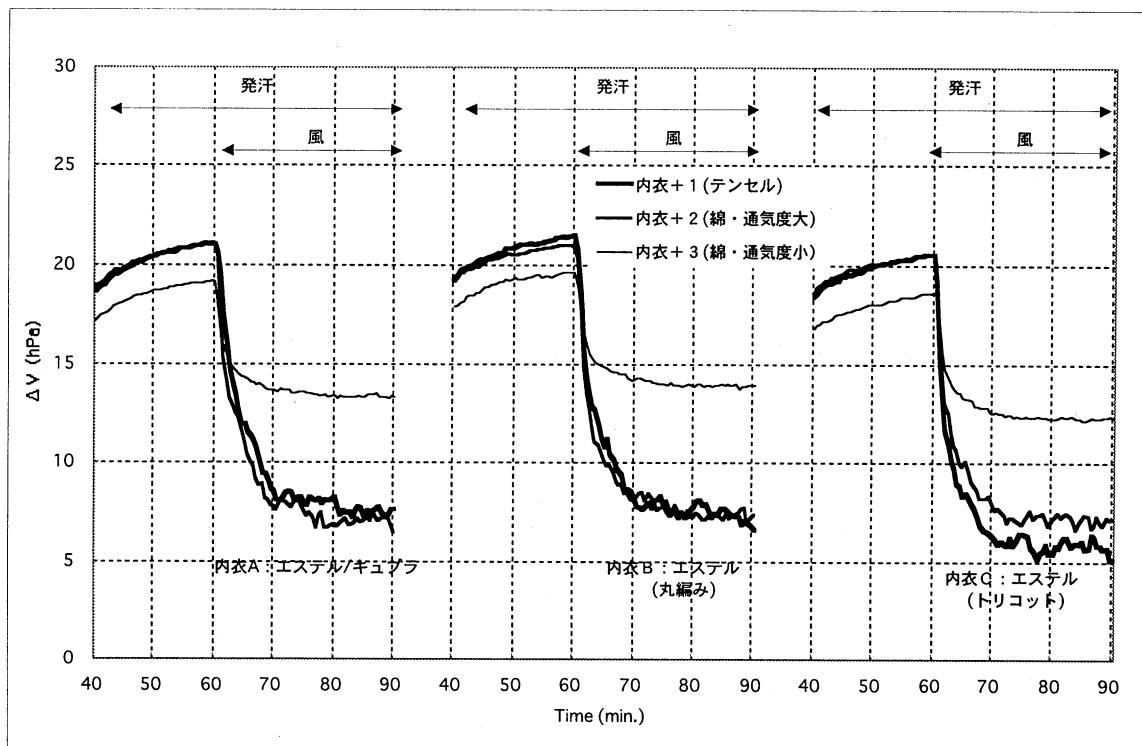


図2. 4-9 a 発汗状態における風による衣服内水蒸気圧の変動
(中衣1, 2, 3重ね着)

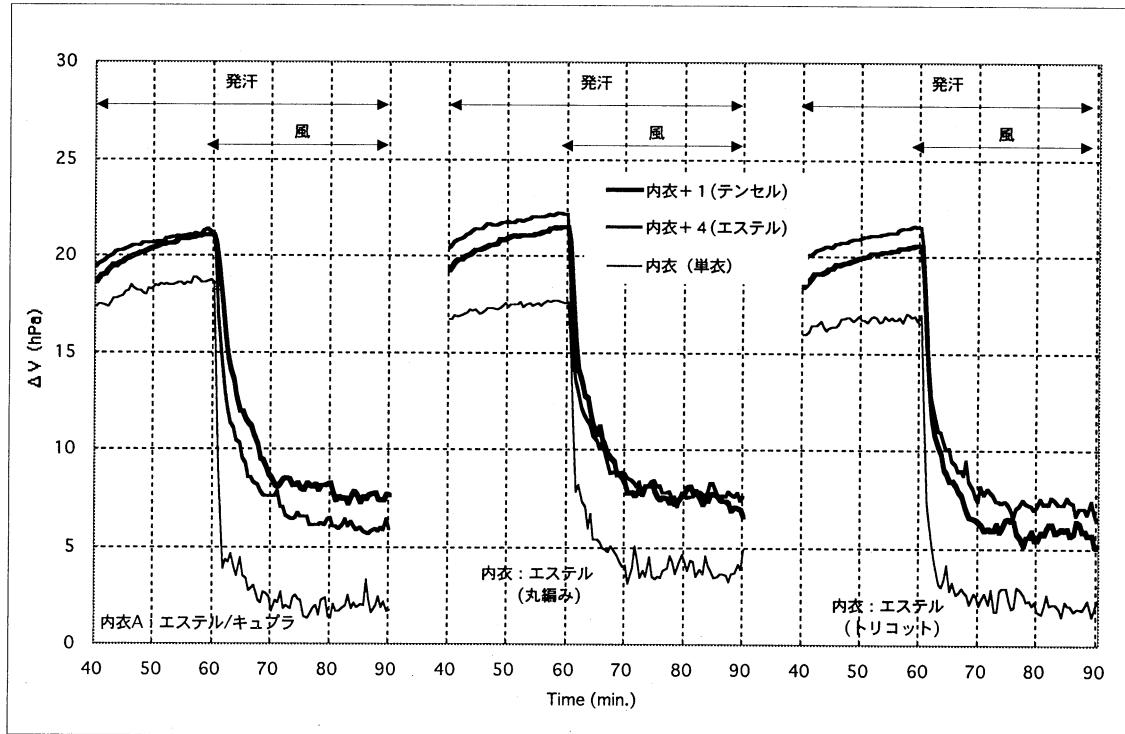


図2. 4-9 b 発汗状態における風による衣服内水蒸気圧の変動
(中衣1, 4重ね着、内衣单衣)

図2. 4-9に、発汗時、風による衣服内水蒸気圧の変動 (Δt_a) と中衣の通気度との関係を示した。なお、 Δt_a は、発汗、有風の条件で定常的な状態にある衣服内水蒸気圧 (85~90分の平均) と発汗、無風状態での衣服内水蒸気圧の差である。

重ね着において、内衣の通気度が $358 \sim 427 \text{ cc/cm}^2/\text{sec}$ であるのに対して、中衣の通気度は $19 \sim 163 \text{ cc/cm}^2/\text{sec}$ と大きな差があるので、衣服内の水蒸気圧低下には中衣の通気度が影響していると考えられるので、図中の通気度は中衣のそれを用いた。

発汗時、風による重ね着の衣服内水蒸気圧の低下は中衣の通気度に依存していることを示している。すなわち、重ね着の場合、通気度の小さい中衣3では、風による水蒸気圧の低下が最も少なく、通気度の大きい他の3種の中衣は、水蒸気圧の低下が大きい。また、内衣の違いも表れており、吸湿性である内衣1(エステル/キュプラ)の風による水蒸気圧の低下は、吸湿性のない内衣2(エステル・丸編み)、内衣3(エステル・トリコット)と比べて小さくなっている。内衣1についての回帰直線を点線で、また、内衣2と内衣3はほぼ同じ傾向であり、内衣の差はないと考えて、それらの回帰直線を実線で示した。併せて、内衣単衣の場合の風による衣服内水蒸気圧の変動量と通気度を図の中に示した。

内衣A単衣の通気度は、内衣B単衣、内衣C単衣と比べて $100 \text{ cc/cm}^2/\text{sec}$ 以上上の差があるにも関わらず、同程度の水蒸気圧低下を示しているのは、風の強さが大きいために素材の通気度の差が表れなかつたと考えられる。すなわち、重ね着の回帰直線上で、内衣単衣の水蒸気圧低下量と同程度となる中衣の通気度は $200 \text{ cc/cm}^2/\text{sec}$ であり、これ以上の通気度を有する中衣は、 0.3 m/sec の風が吹いた場合には、水蒸気圧低下量は同程度であることが考えられる。

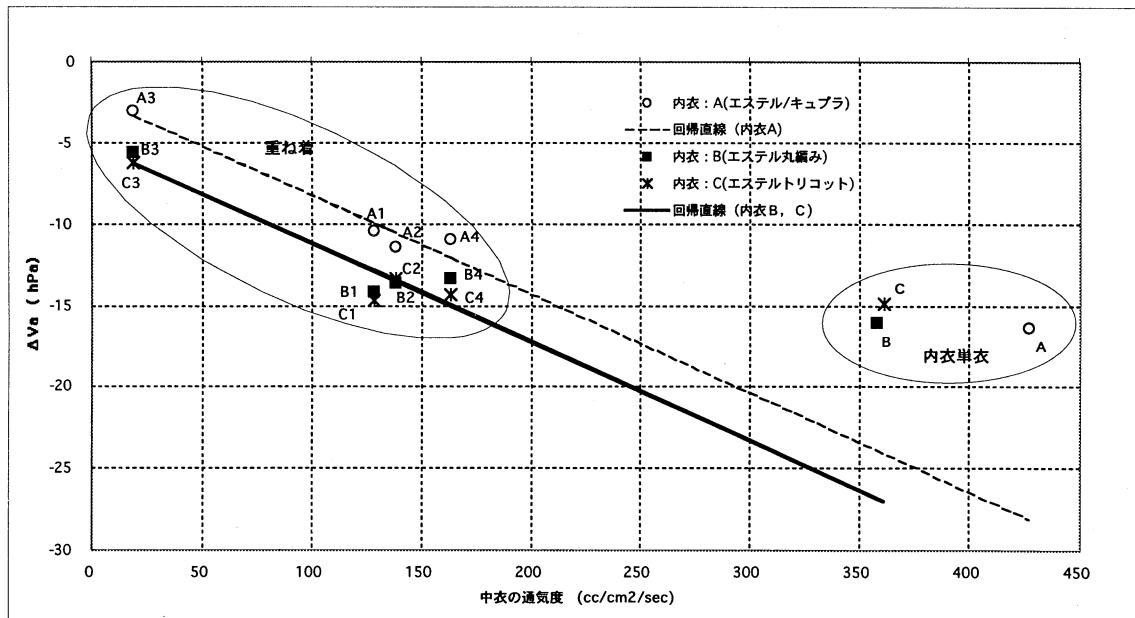


図2. 4-10 発汗時、風による衣服内水蒸気圧の変動 (Δt_a) と中衣の通気度との関係

2. 4. 4 まとめ

発汗時、風の有無が衣服内気候に影響することを、3種の内衣、4種の中衣の重ね着について、発汗サーマルマネキンで測定した。

- (1) 無風発汗時、衣服内温度は中衣が吸湿性素材のテンセル、綿では水分の吸着熱のため上昇し、疎水性素材のエステルは、衣服内温度の上昇が小さい。
吸湿性素材のテンセル、綿が中衣の時、衣服厚さが大きいほど、衣服内温度が高い。
衣服内水蒸気圧は中衣が吸湿性のテンセル、綿の時より、疎水性のエステルの方が高い。
- (2) 発汗時、無風から有風になると、中衣の通気度が大きいほど、衣服内温度の低下が大きい。中衣の通気度が同程度であれば、吸湿率が大きい程、衣服内温度の低下が大きい。
衣服内水蒸気圧は、中衣の通気度が大きいほど、風による低下は大きくなる。
- (3) 衣服内気候は、風の有無によって変動するので、衣服の快適性を評価する時には、風の条件も考慮する必要がある。

補記：

以上、中衣が第2回試験反の衣服についてその測定結果を述べたが、第3回試験反の衣服について、その測定結果を以下に概略記する。

内衣はエステル／キュプラの衣服を用い、他の測定条件は前述と同じである。

第3回試験反は、第2回試験反のテンセル使用衣服が顕著に暑いとの結果から、涼しい衣服とするために、糸を細くし、吸湿性を低くしたものである

図2. 4-11に無風時、発汗した前と後の衣服内温度の変化 Δt_s と衣服内水蒸気圧の変化 ΔV_s との関係を示した。

第3回目試験反のテンセル、綿、エステルは第2回試験反と比べて涼しいことを意図したものであるが、その性能を比較すると、保温性はいずれも大きくなっている。(2. 3章参照)

発汗サーマルマネキンの測定においても、第3回目試験反の Δt_s は第2回目試験反に比べて大きくなっている。特にテンセル、エステルの衣服では衣服内温度の上昇が大きいが、綿では上昇が小さく、エステル／綿混試験反では温度上昇はほとんど見られなかった。

無風発汗時の衣服内水蒸気圧はエステルでは第3回試験反と第2回試験反との違いがないが、テンセルでは、第3回試験反の衣服内水蒸気圧がやや低下しており、蒸れ感が少し改善されたと考えられる。また、第3回目試験反の綿は、発汗時の衣服内温度はやや上昇していたが、衣

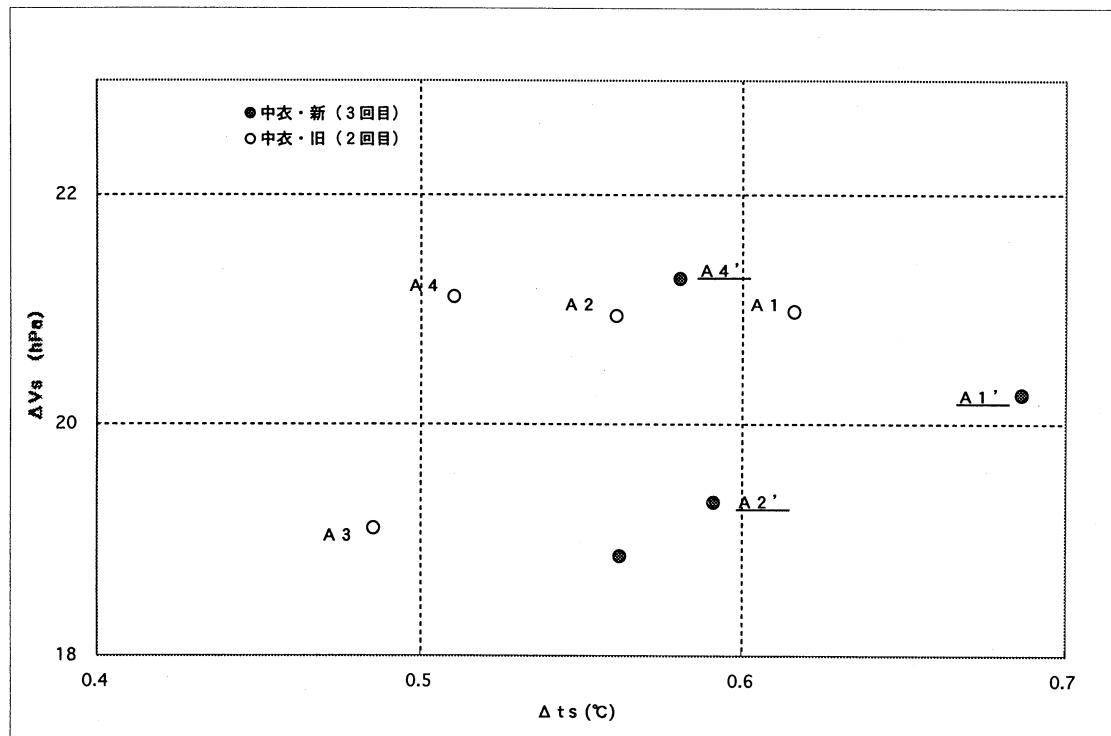


図2. 4-11 無風時、発汗前後の衣服内温度変化と衣服内水蒸気圧変化関係

服内水蒸気圧は著しく低下している。これは衣服の厚さが影響しているのかもしれない。

図2. 4-12に、発汗状態において、風による衣服内温度の変動と吸湿率の関係を示した。

第3回目試験反の通気度は、テンセルが $122\text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$ とやや高いほかは、 $68 \sim 86\text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$ であり、この4種については、ほぼ同じであると考えてもよい。そこで、吸湿率と衣服内温度の変動をみると、吸湿率が高いほど、水の蒸発潜熱の影響が大きく、衣服内温度の低下が大きくなっていることは、第2回目試験反と同じである。第3回目試験反の通気度が、第2回目試験反に比べて小さいために、温度低下は小さくなっている。

図2. 4-13に、発汗時、風による衣服内水蒸気圧の変動(Δt_a)と中衣の通気度との関係を示した。

第3回目試験反の風による衣服内水蒸気圧の低下は、第2回目試験反に比べて、改善されたとは言えず、通気度が悪くなつた分、風による衣服内水蒸気圧の低下はむしろ小さくなつている。

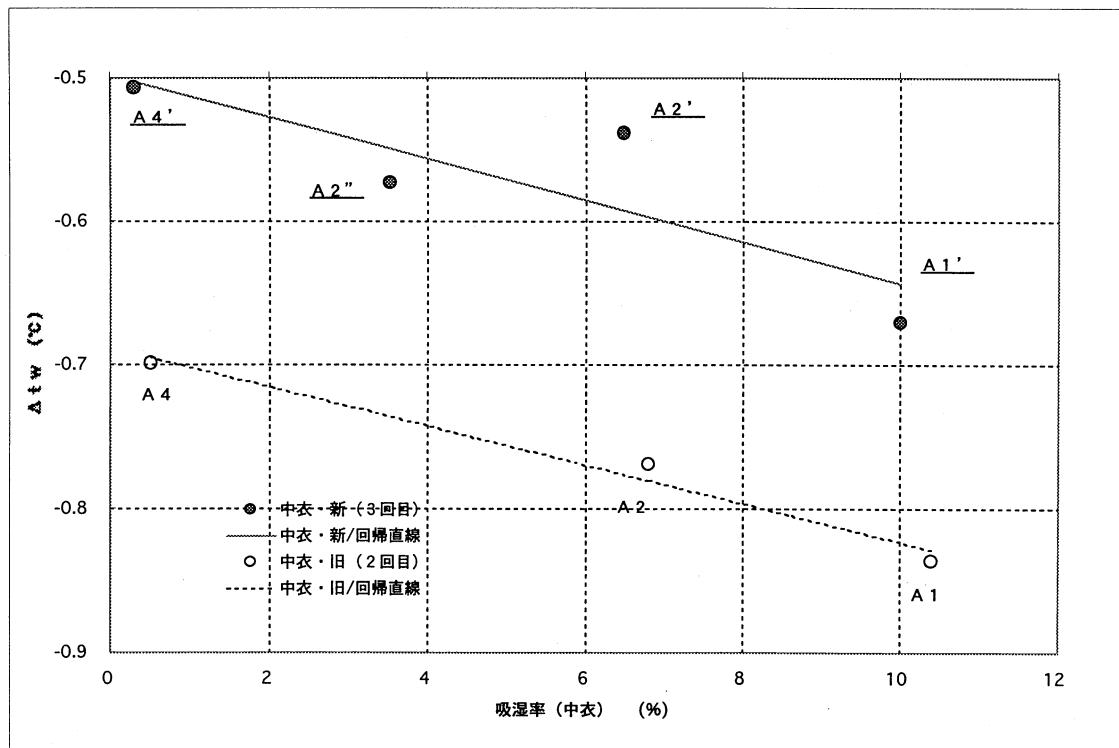


図2. 4-12 発汗状態における風による衣服内温度の変動と吸湿率の関係

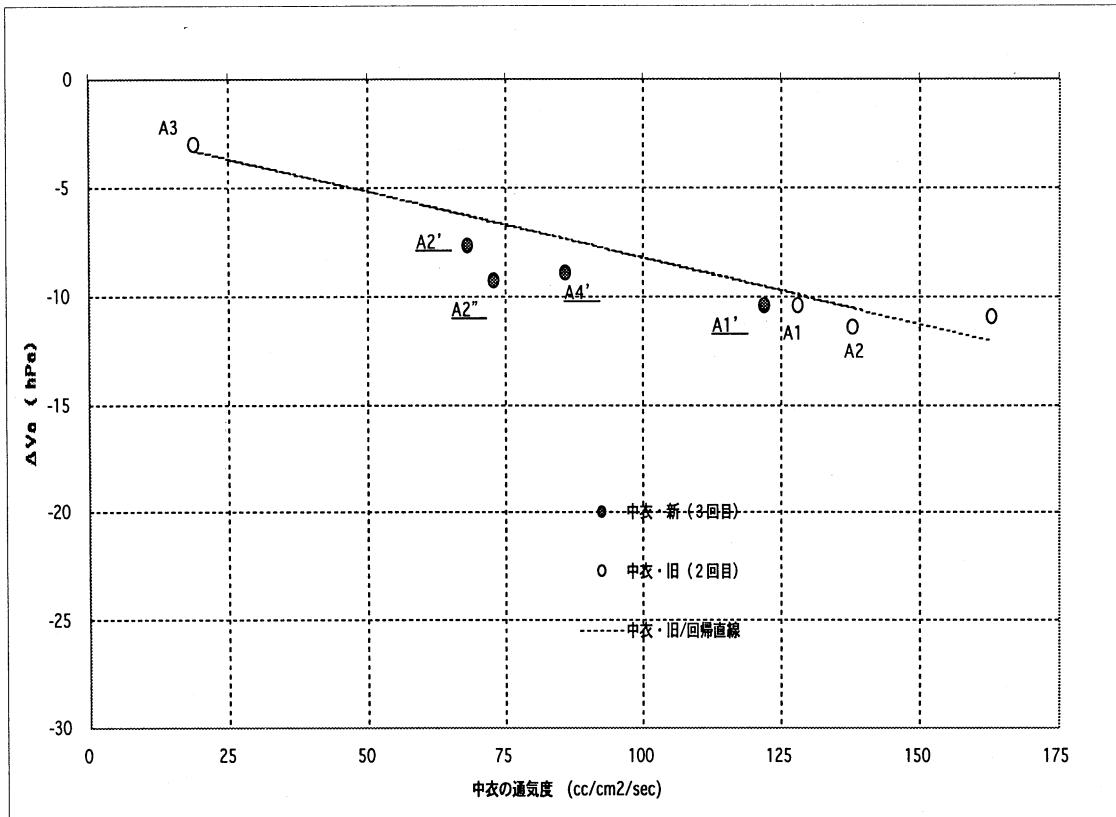


図2.4-13 発汗時、風による衣服内水蒸気圧の変動と中衣の通気度との関係

第3回目試料反と第2回目試料反とも、有風時、中衣の通気度が衣服内水蒸気圧を下げる主要因であることを示していて、蒸れ感に關係する衣服内水蒸気圧を下げるには、通気度を大きくして、風が衣服内に入りやすくする必要があろう。

これらのことから、第3回試験反は保温性がよくなつたために、無風発汗時の衣服内温度が高くなり、有風発汗時では、通気性が小さくなつたため、衣服内温度低下、衣服内水蒸気圧低下とも悪い結果となり、第2回目試料反と比べて涼しさが改善されたとは言えない。ただ、無風発汗時の衣服内水蒸気圧が小さくなつているので、蒸れ感の改善が期待される。

2. 5 湿度の影響の解析

(神戸女子大学)

2.5.1 はじめに

日本の夏季は高温で、しかも高湿な条件に毎年暴露されており、このような時期に着用するのに相応しい衣服のあり方について、長い間いろいろと研究が続けられてきている。しかし、人体生理反応と統合的に関連づけた研究はまだ少ないのが現状である。水分の移動に関して重要な働きをする吸湿性の高い衣服について研究した、Tanaka et al (2000)の研究は興味深い。皮膚から蒸発した汗を吸湿すると吸着熱が生じ、人体の体温調節反応に影響することを観察している。これによると、発汗開始とともに皮膚から蒸発する汗を綿 100% 製の衣服が吸収すると、先ず衣服表面温度が急激に上昇する。このため皮膚と衣服との温度差が小さくなり、皮膚からの乾性熱放散量が減少する。そのため、皮膚温が上昇し皮膚の温度受容器を刺激し、皮膚血管の拡張と皮膚温のさらなる上昇が生じた。その結果、ポリエルテル製衣服に比べて綿衣服は「暑くて」、「不快」であると被験者が申告したことを報告している。

本研究は、吸湿性の異なるエステル／キュプラ交織丸編みの長袖Tシャツ、またはエステル丸編み長袖Tシャツを肌着として着用させた場合、環境温を 20°C から 35°C まで変化したときに湿度の異なることが人体の温熱生理心理反応に影響するのか否か、検討することを目的として行った。

2.5.2 実験方法

2.5.2.1 被験者

本実験の被験者は健康な成人女子大学生および大学院生 8 名であり、身体的特徴は表 2.5-1 に示した。それぞれの平均値は、年齢 23.1 歳、身長 158.5 cm、体重 53.5 kg、体脂肪率 21.5 % であった。なお、体脂肪率は仰臥位安静にてインピーダンス法により求めた。さらに性周期による生理的な影響をなくするために、実験はすべて低体温期にのみ実施した。

表 2.5-1. 被験者の身体的特徴

年 齢 歳	身 長 c m	体 重 k g	体脂肪率 %
23.1±0.5	158.5±1.5	53.5±0.9	21.5±1.3

2.5.2.2 実験時刻と測定姿勢

時刻による体温調節反応への影響 (Smolander, et al, 1993) を避ける目的で、すべての実験は午前 10 時から午後 2 時までの 4 時間で統一して行った。被験者の測定姿勢は、椅座位安静状態で実施した。

2.5.2.3 環境条件

<標準測定基準条件>

温度：26℃で（1時間）→12℃／時間の速度で20℃まで（0.5時間）→10℃／時間の速度で35℃まで（1.5時間）→35℃一定（1時間）

湿度：50%一定

<高湿条件>

温度：26℃で（1時間）→12℃／時間の速度で20℃まで（0.5時間）→10℃／時間の速度で35℃まで（1.5時間）→35℃一定（1時間）

湿度：70%一定

2.5.2.4 実験用衣服

<上衣>は以下のとおりであった。

肌着：（衣服1）エステル／キュプラ交織丸編み長袖Tシャツ、または
（衣服2）エステル丸編み長袖Tシャツ。

中衣：綿100%、通気度大長袖ワイシャツ（標準実験服）

下着：スポーツ用ブラジャー

<下衣>は以下のとおりとした。

中衣：綿100%、通気度大スラックス（標準実験服）

下着：ショーツ

2.5.2.5 測定手順

被験者には前日から生活統制を行い、できる限り一定条件で生活させて実験に臨ませた。実験当日の朝食は、実験開始2時間前までに食パン1枚に水分200ccを摂取させ、その後は一切の飲食を禁じた。実験室に来室した被験者には、体調や生活状態に関するアンケート後、実験着を着用させ、直腸温センサーを装着させた。測定開始1時間前に本学生活環境シミュレーター主室に入室し、椅子座位を保持させた。実験開始までの間に、皮膚温、皮膚血流量、衣服内温・湿度、衣服表面温・湿度、局所発汗量、心拍数、血圧、それぞれの測定センサー類を装着後、午前10時に測定を開始した。実験時間中、主観的申告は10分ごとに、血圧は5分ごとに、心拍数は15秒ごとにそれぞれ測定した。安静座位のまま午後2時に4時間の測定を終了した。実験中は基本的に会話を禁じたが、読書は許可した。

2.5.2.6 測定項目

体温はサーミスター（YSI, 401）を用いて直腸温を連続測定した。皮膚温はサーミスター（テクノセブン）を用いて、10ヶ所の皮膚（前額、胸、上腕、手背、手指、大腿、下腿、足背、足指）にサージカルテープで固定し測定した。皮膚血流量はレーザードップラー血流計（アドバンス）を用いて、5ヶ所の皮膚（胸、前腕、手指、大腿、足指）に両面接着テープで固定し測定した。衣服内温・湿度は温・湿度センサーを用いて、3ヶ所の皮膚（胸、前腕、大腿）に、感湿面を皮膚側に向けて固定し測定した。衣服表面温・湿度は温・湿度センサーを用いて、衣服内温・湿度と同一の3ヶ所の衣服表面（胸、前腕、大腿）に、感湿面を衣服側に向けて固定し測定した。この時、皮膚と衣服との間には自作のフレームスペーサー（3x3x2cm）を挿入し、毎回ゆとり量が均一となる様に工夫した。これは熱負荷中の発汗量に及ぼす影響は、衣服の素材の違いよりも衣服と皮膚との距離、

すなわち、ゆとり量の違ひの方がはるかに大きかったとの Otomasu, et al(1997)の報告に基づいてとった措置である。

さらに、局所発汗量は換気カプセル法を用いて胸部、前腕部 2ヶ所で測定した。心拍数はパルスウォッチを用いて測定した。また、血圧は自動血圧計を用いて最高、最低血圧を測定のうえ、両者から平均血圧を算出した。主観的申告は温冷感、快適感、湿潤感について、次に示すそれぞれのカテゴリー・スケールを用いて被験者に申告させた。温冷感申告は（1：非常に暑い、2：暑い、3：暖かい、4：やや暖かい、5：どちらともいえない、6：やや涼しい、7：涼しい、8：寒い、9：非常に寒い）、快適感申告は（3：非常に快適、2：快適、1：やや快適、0：どちらともいえない、-1：やや不快、-2：不快、-3：非常に不快）、湿潤感は（1：非常に湿っている、2：湿っている、3：やや湿っている、4：どちらともいえない、5：やや乾いている、6：乾いている、7：非常に乾いている）である。

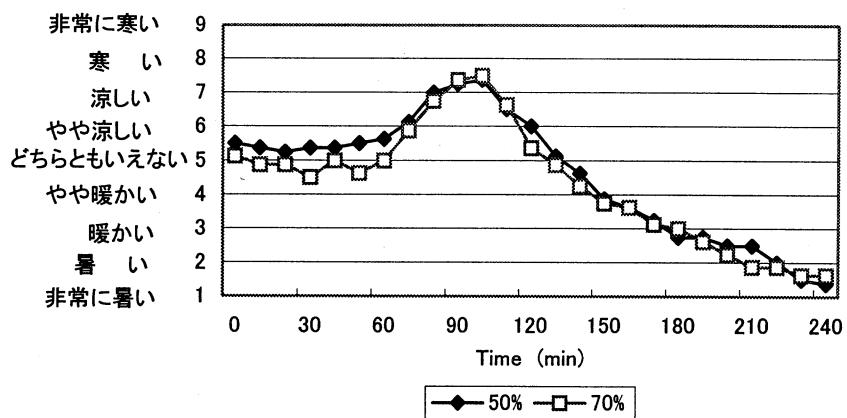
2.5.3 実験結果

2.5.3.1 主観的申告

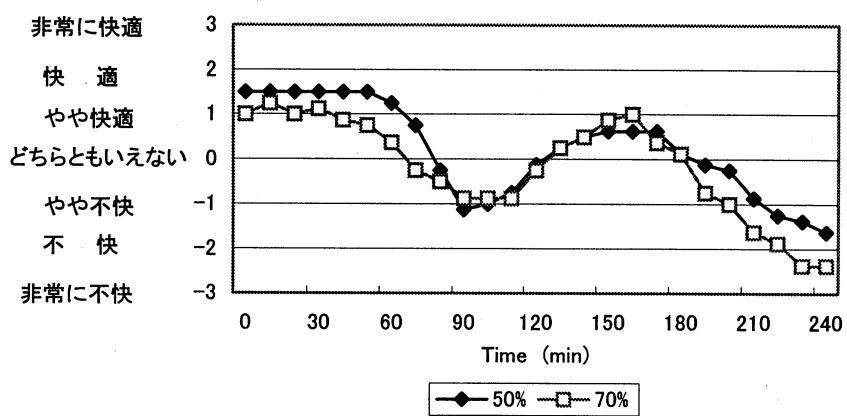
図 2.5-1 には衣服 1 における環境湿度 50%、および 70% 時の温冷感、快適感、湿潤感申告の変化を示した。温冷感では異なる湿度条件による差異は観察されなかつたが、実験後半の 200 分以降、湿潤感で 70% 環境の方が 50% 環境に比べより「湿っている」と申告している。これが原因となって全身の快適感もほぼ同時間から「不快」側に移行しているのが観察された。

図 2.5-2 には衣服 2 における環境湿度 50%、および 70% 時の主観的申告の変化を示した。温冷感では衣服 1 のときよりも実験後半では 50% 湿度環境よりも 70% でより「暑い」側の申告をしているのが観察された。さらに、湿潤感、快適感でも 70% 湿度環境でより「湿っている」と「不快」を申告した。50% 湿度環境との申告の差は衣服 1 の場合よりも大きくなつたことが認められた。

全身温冷感(8名平均・衣服①)



全身快適感(8名平均・衣服①)



全身湿潤感(8名平均・衣服①)

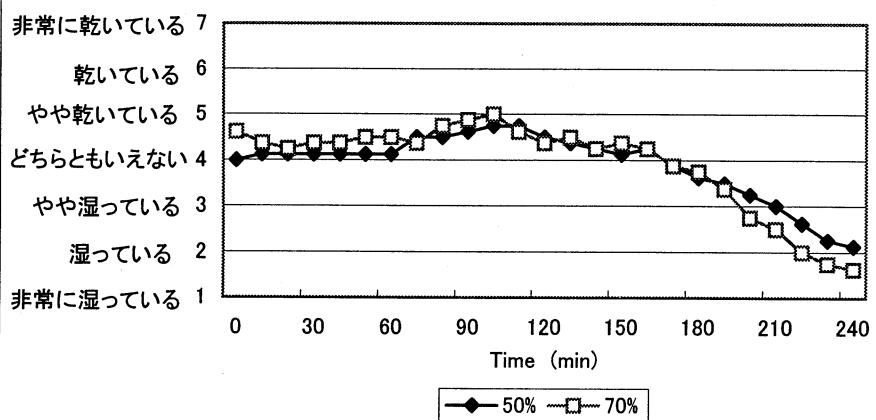
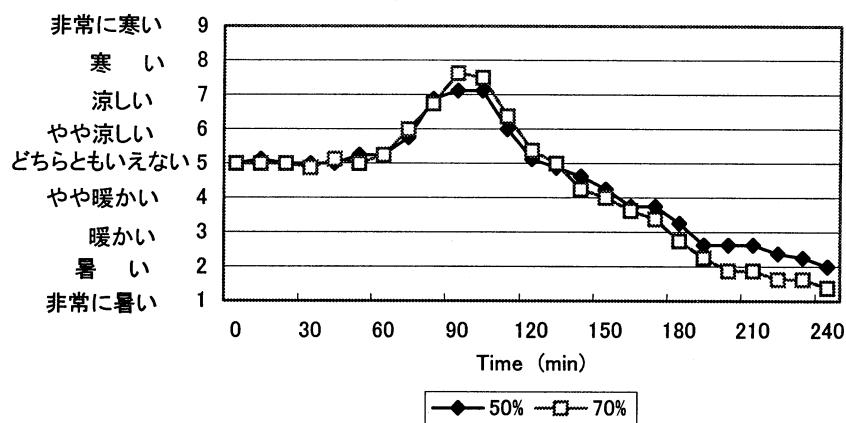
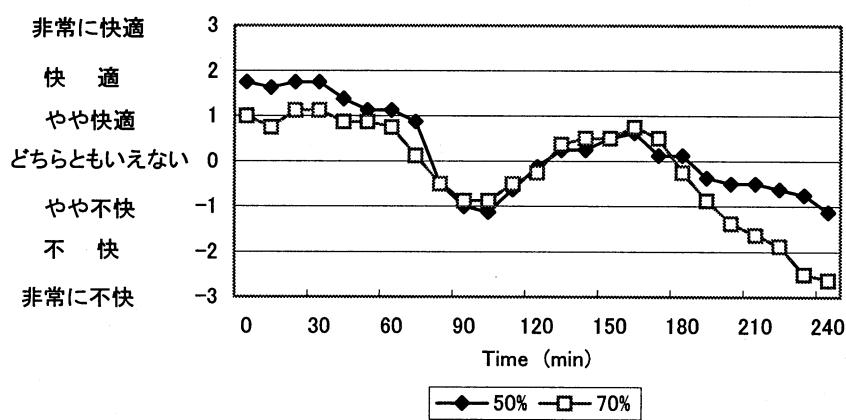


図 2.5-1 衣服 1 着用時の主観的申告に及ぼす環境湿度 (50% と 70%) の影響

全身温冷感(8名平均・衣服②)



全身快適感(8名平均・衣服②)



全身湿潤感(8名平均・衣服②)

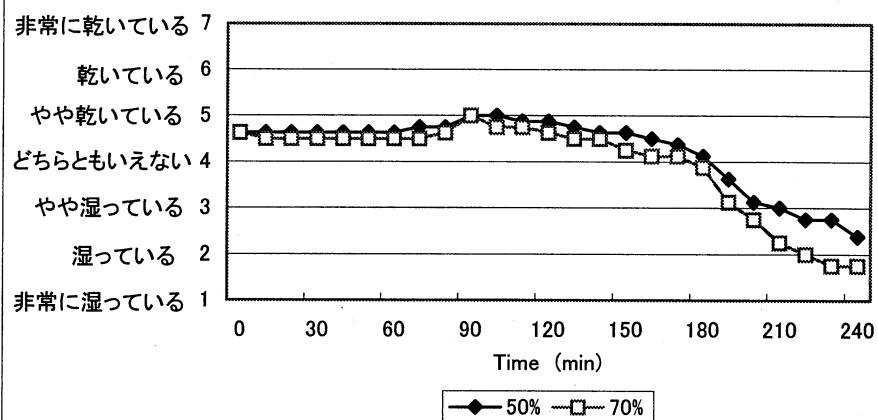


図 2.5-2 衣服 2 着用時の主観的申告に及ぼす環境湿度 (50% と 70%) の影響

2.5.3.2 衣服内温度、衣服表面温度

図 2.5-3 では衣服 1 における胸部の衣服内温度と衣服表面温度への環境湿度の影響を示した。この条件では 20% の環境湿度の違いは全く影響しなかった。図 2.5-4 には同様に衣服 2 の場合について示した。衣服表面温度には全く環境湿度による差異は観察されなかったが、胸部衣服内温度には若干の違いが観察された。環境温度がやや低めの実験前半では 70% の方がやや低温傾向であったが、後の高温環境になると 70% 湿度環境の方が高い温度を示す様になった。特に 180 分から 210 分にかけて高い値を示した。

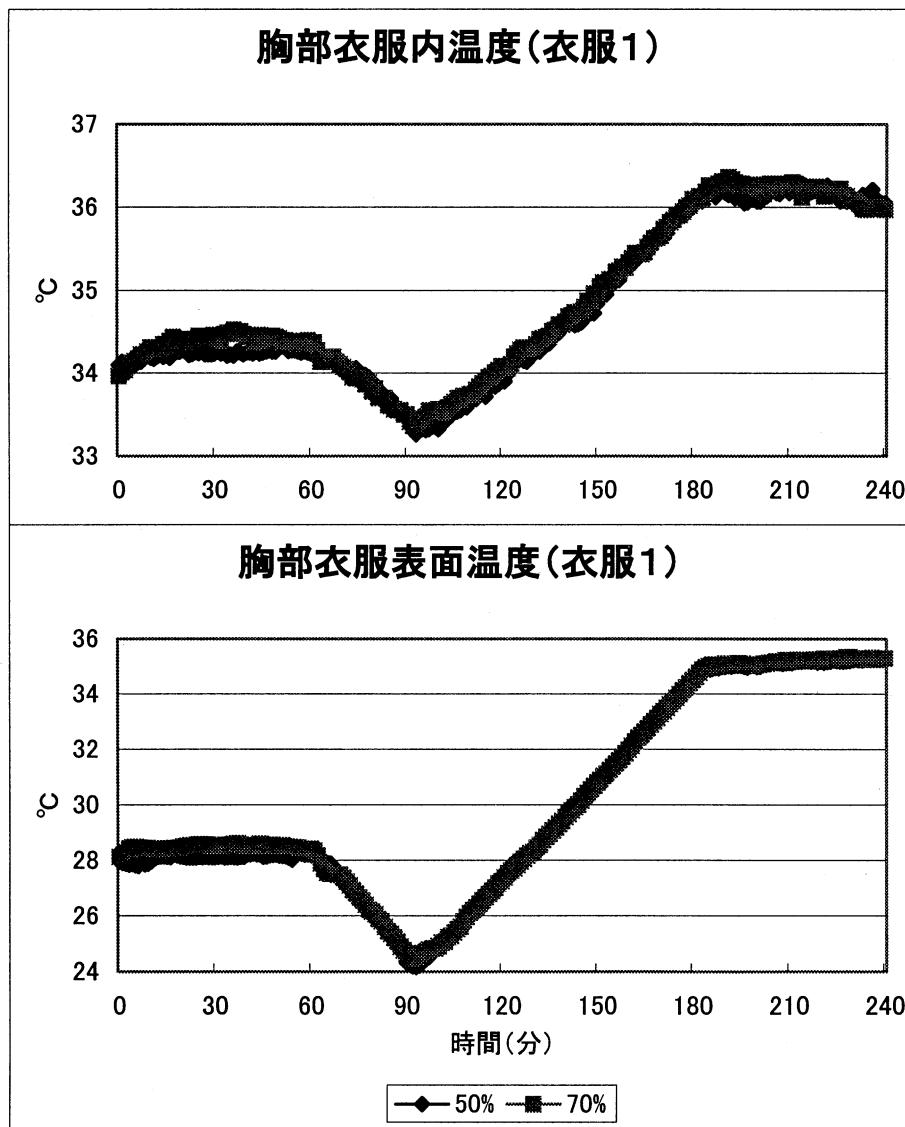


図 2.5-3 衣服 1 着用時における胸部衣服内温度および衣服表面温度の変化に及ぼす環境湿度の影響

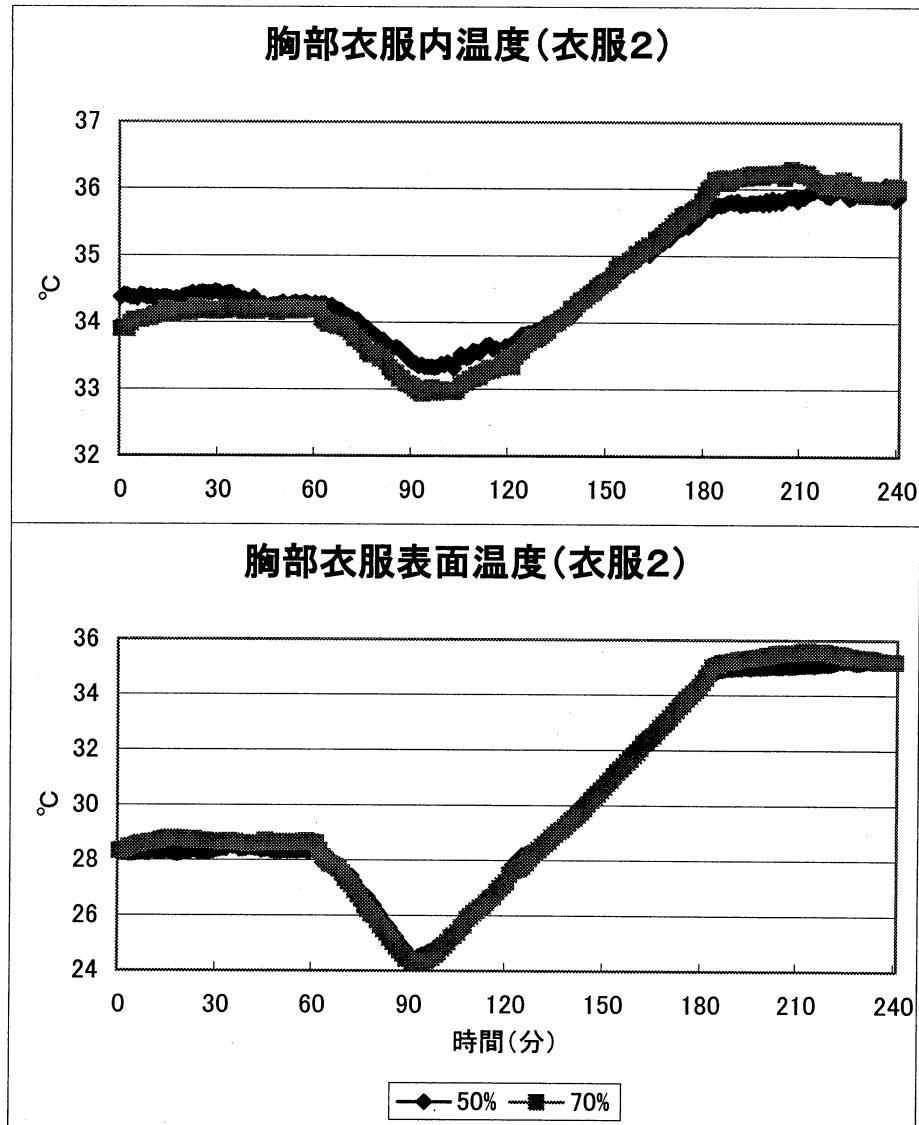


図 2.5-4 衣服2着用時における胸部衣服内温度および衣服表面温度の変化に及ぼす環境湿度の影響

図 2.5-5 には衣服 1 における前腕部の衣服内温度と衣服表面温度への環境湿度の影響を示した。衣服表面温度には差異は認められなかったが、衣服内温度は 70%の方が 50%より約 1℃高い値を示した。一方、衣服 2 における環境湿度の影響は図 2.5-6 に示した。この場合も衣服表面温度には差異は観察されなかった。衣服内温度では衣服 1 の場合より両湿度条件間の差異は小さくなつたが、70% 条件の方が若干高い値を示した。

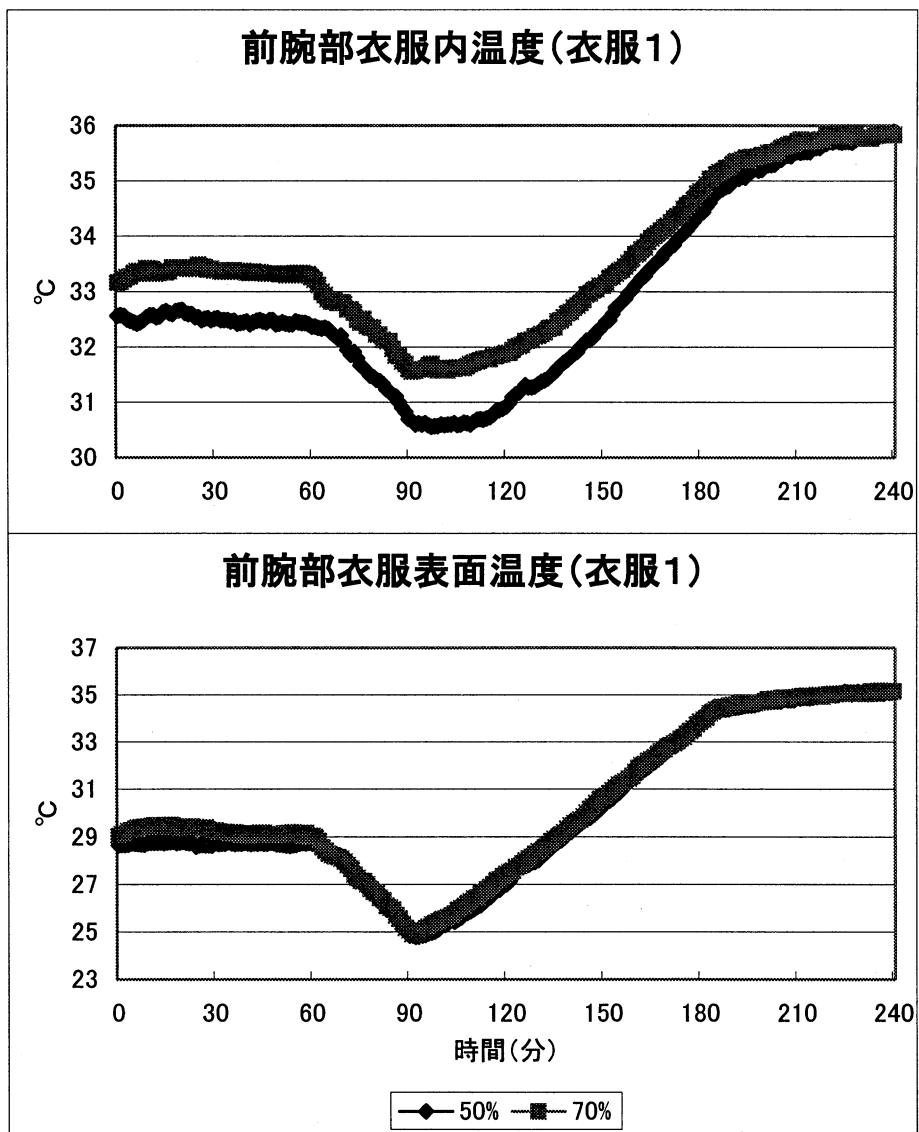


図 2.5-5 衣服 1 着用時における前腕部衣服内および衣服表面温度の変化に及ぼす環境湿度の影響

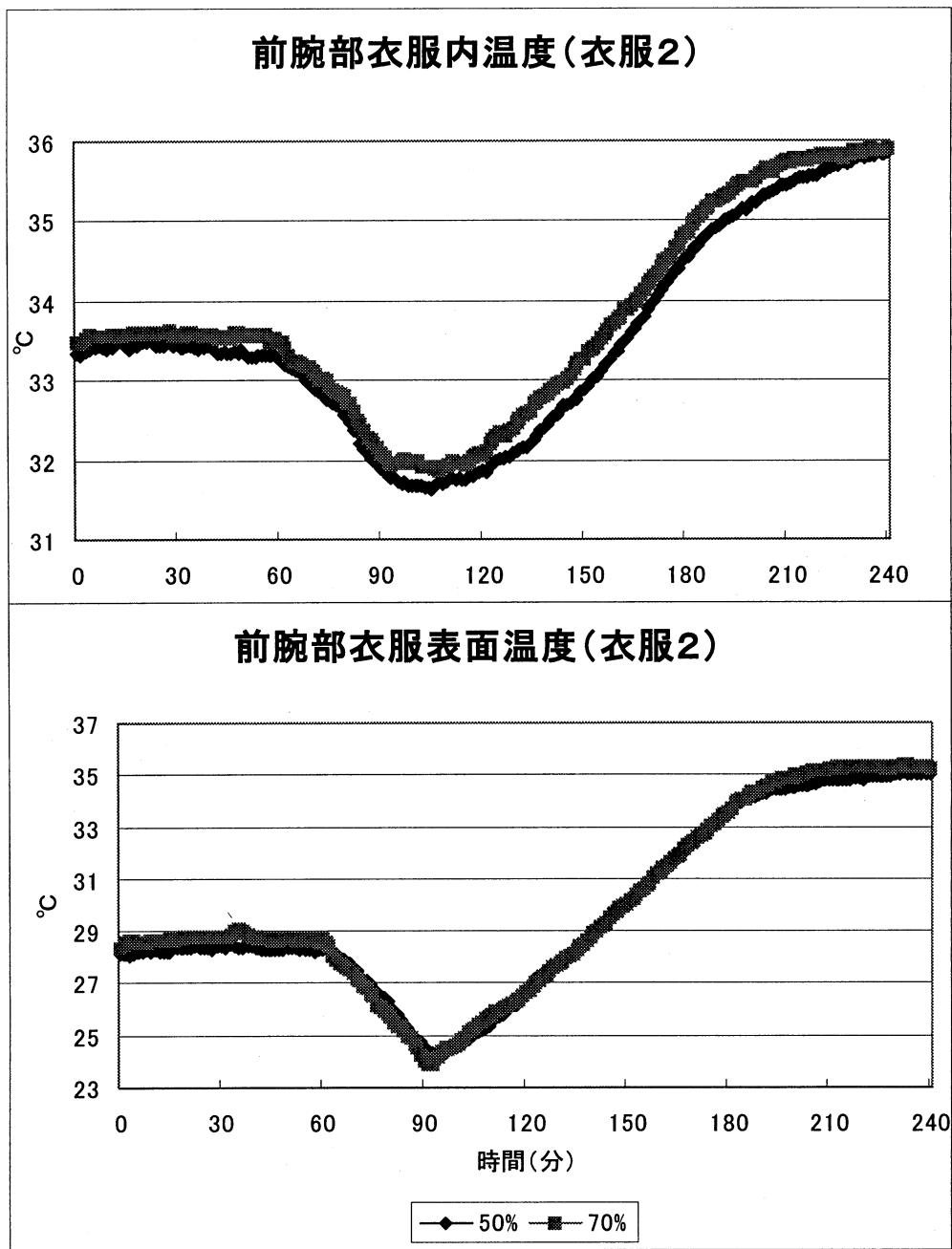


図 2.5-6 衣服 2 着用時における前腕部衣服内温度および衣服表面温度の変化に及ぼす環境湿度の影響

2.5.3.3 衣服内湿度、衣服表面湿度

図2.5-7には衣服1着用時の胸部における衣服内湿度と衣服表面湿度の変化を示した。環境湿度が高い70%条件の方が実験時間中、常に高い値が観察された。この傾向は図2.5-8に示した衣服2の場合も同様であった。

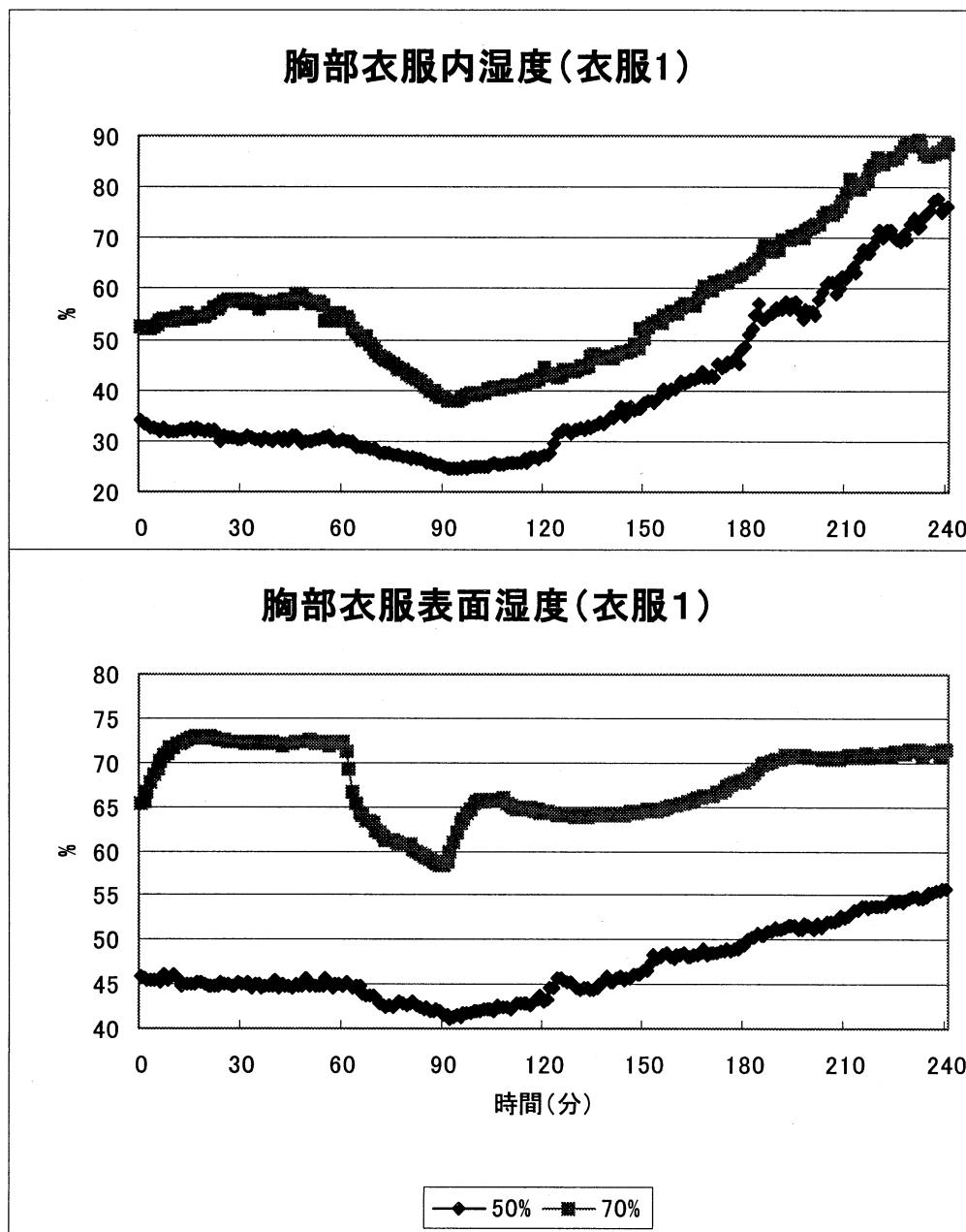


図2.5-7 衣服1着用時における胸部衣服内および衣服表面湿度の変化に及ぼす環境湿度の影響

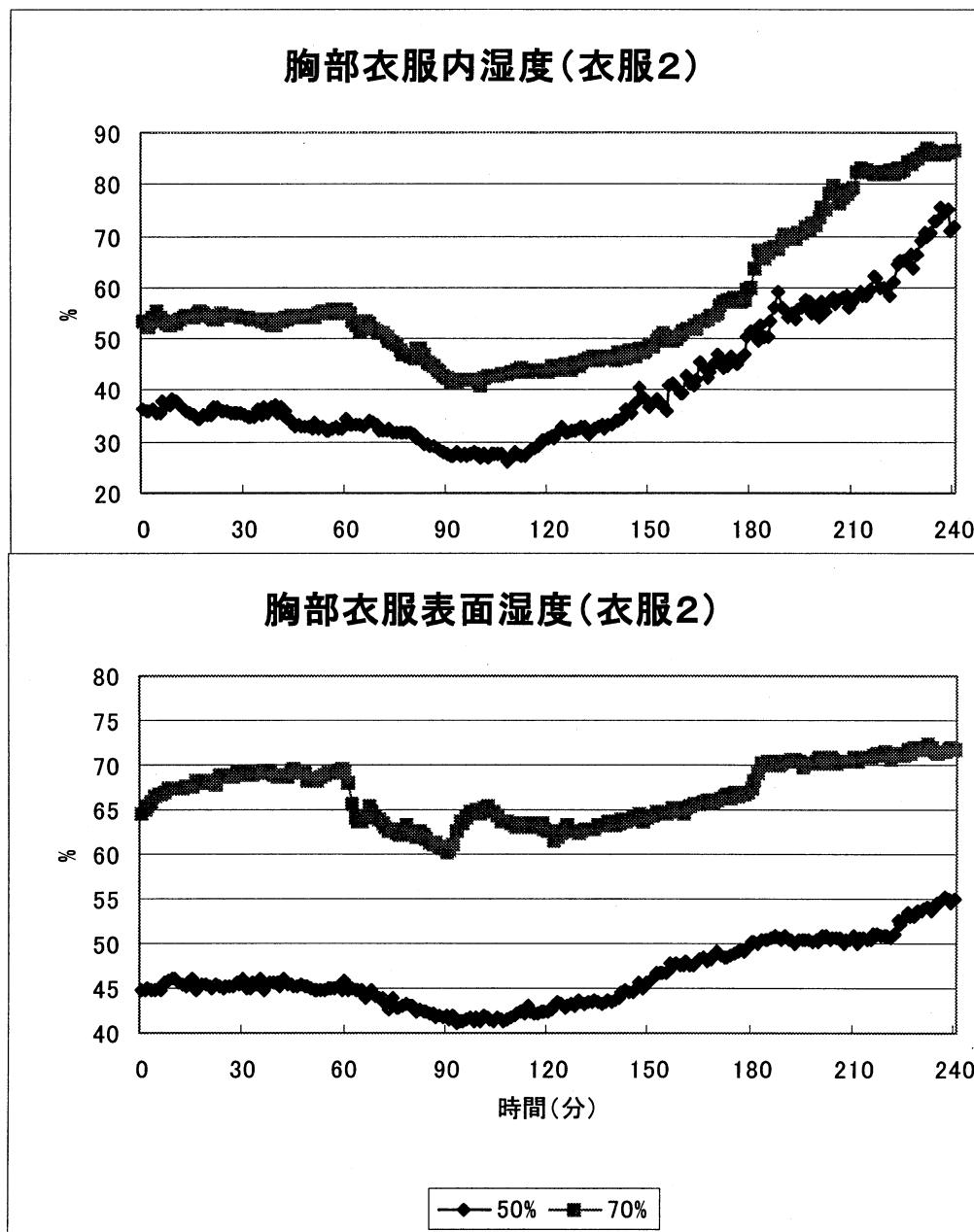


図 2.5-8 衣服 2 着用時における胸部衣服内および衣服表面湿度の変化に及ぼす環境湿度の影響

2.5.3.4 皮膚温

胸部と手指部の皮膚温変化を、衣服1については図2.5-9に、衣服2については図2.5-10に示した。胸部皮膚温には湿度条件の差による影響は観察されなかった。しかし、図2.5-9に示す様に手指部皮膚温は衣服1では環境温を低下させた条件で70%の方が50%より高く推移した。しかし、環境温が高い条件では両湿度環境には差は認められなかった。また、衣服2ではいずれの温度環境でも湿度の影響は認められなかった。

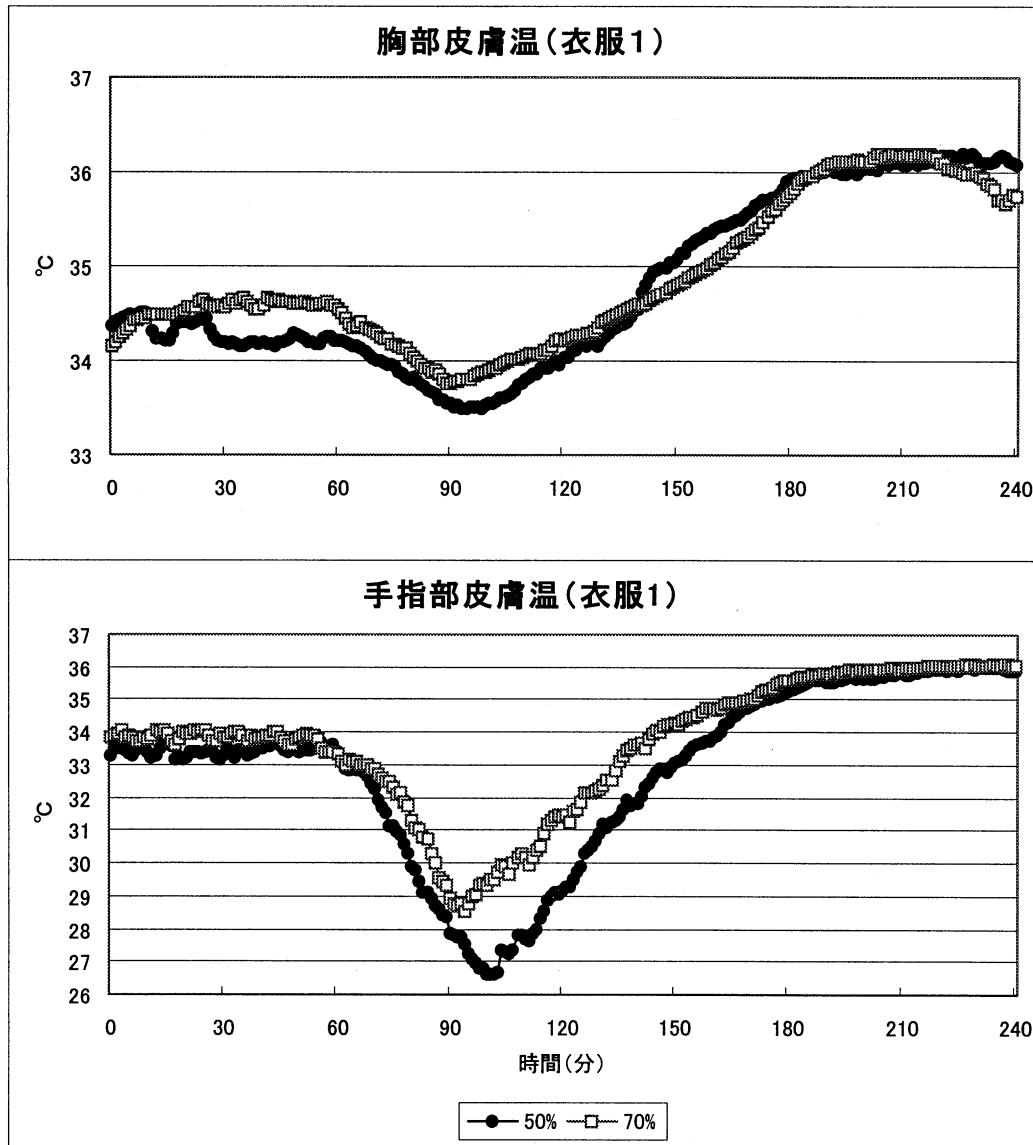


図2.5-9 衣服1着用時における胸部および手指部皮膚温の変化に及ぼす環境湿度の影響

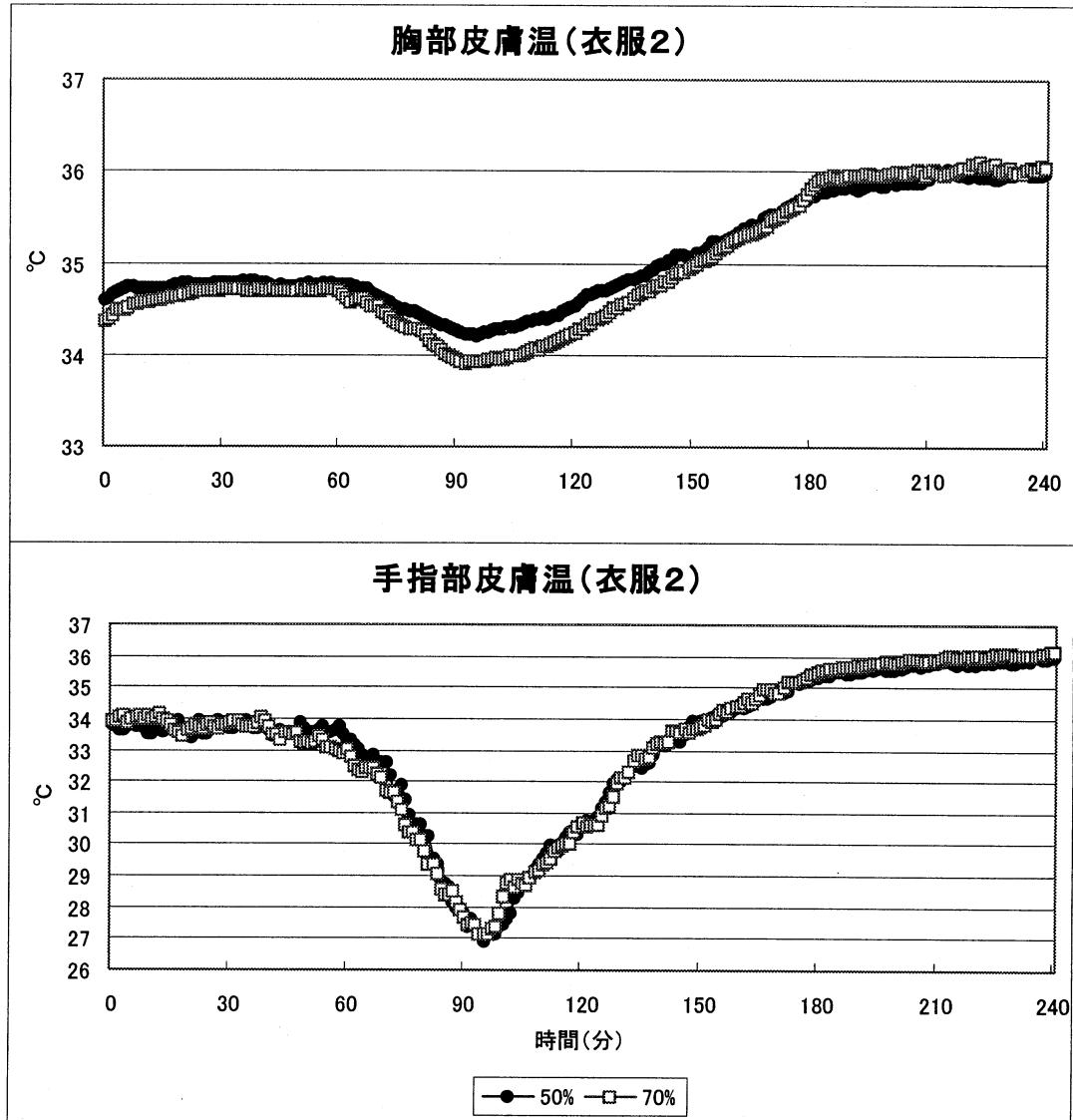


図 2.5-10 衣服 2 着用時における胸部および手指部皮膚温の変化に及ぼす環境湿度の影響

2.5.3.5 皮膚血流量

図 2.5-11（衣服1）と図 2.5-12（衣服2）には胸部と手指部における皮膚血流量への湿度影響をしめした。手指部皮膚血流量は、衣服1、2ともに環境温度の低下により減少、環境温度の上昇により増加が観察されたが、湿度の違いによる影響は認められなかった。一方、胸部においては70%湿度の条件の方が常時高い傾向を示し、特に実験後半の高環境温時には70%でより高くなかった。

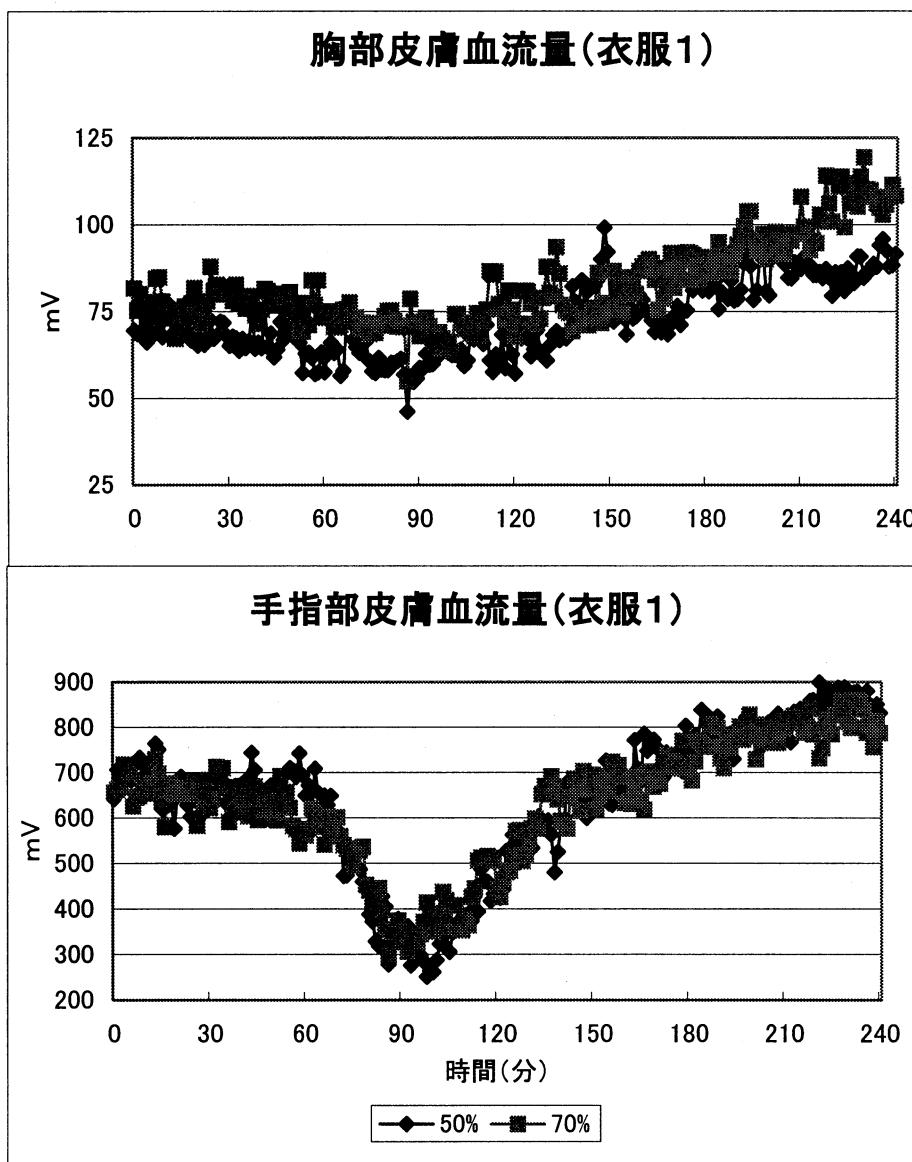


図 2.5-11 衣服1着用時における胸部および手指部皮膚血流量の変化に及ぼす環境湿度の影響

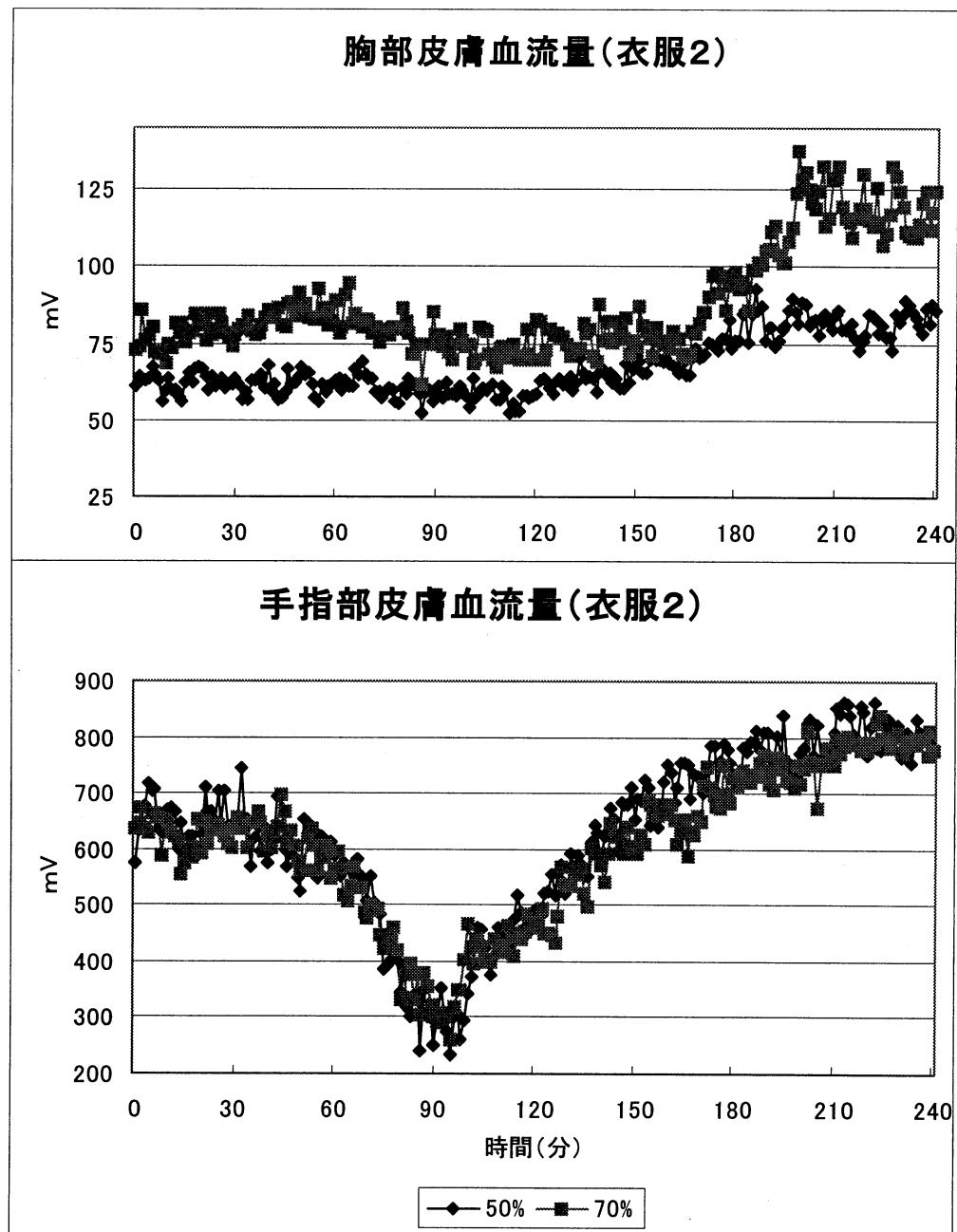


図 2.5-12 衣服 2 着用時における胸部および手指部皮膚血流量の変化に及ぼす環境湿度の影響

2.5.3.6 平均血圧、心拍数

図 2.5-13 には衣服 1 着用時の平均血圧と心拍数に及ぼす環境湿度の影響を示した。平均血圧は環境温度が高めのときには湿度条件による差異は見られなかったが、低温条件のときに 50% 湿度では 70% より高くなる傾向が認められた。また心拍数は実験後半の高環境温では 70% で高かった。図 2.5-14 には衣服 2 を着用したときの環境湿度の影響を示した。この場合は平均血圧、心拍数ともに湿度の影響は観察されなかった。

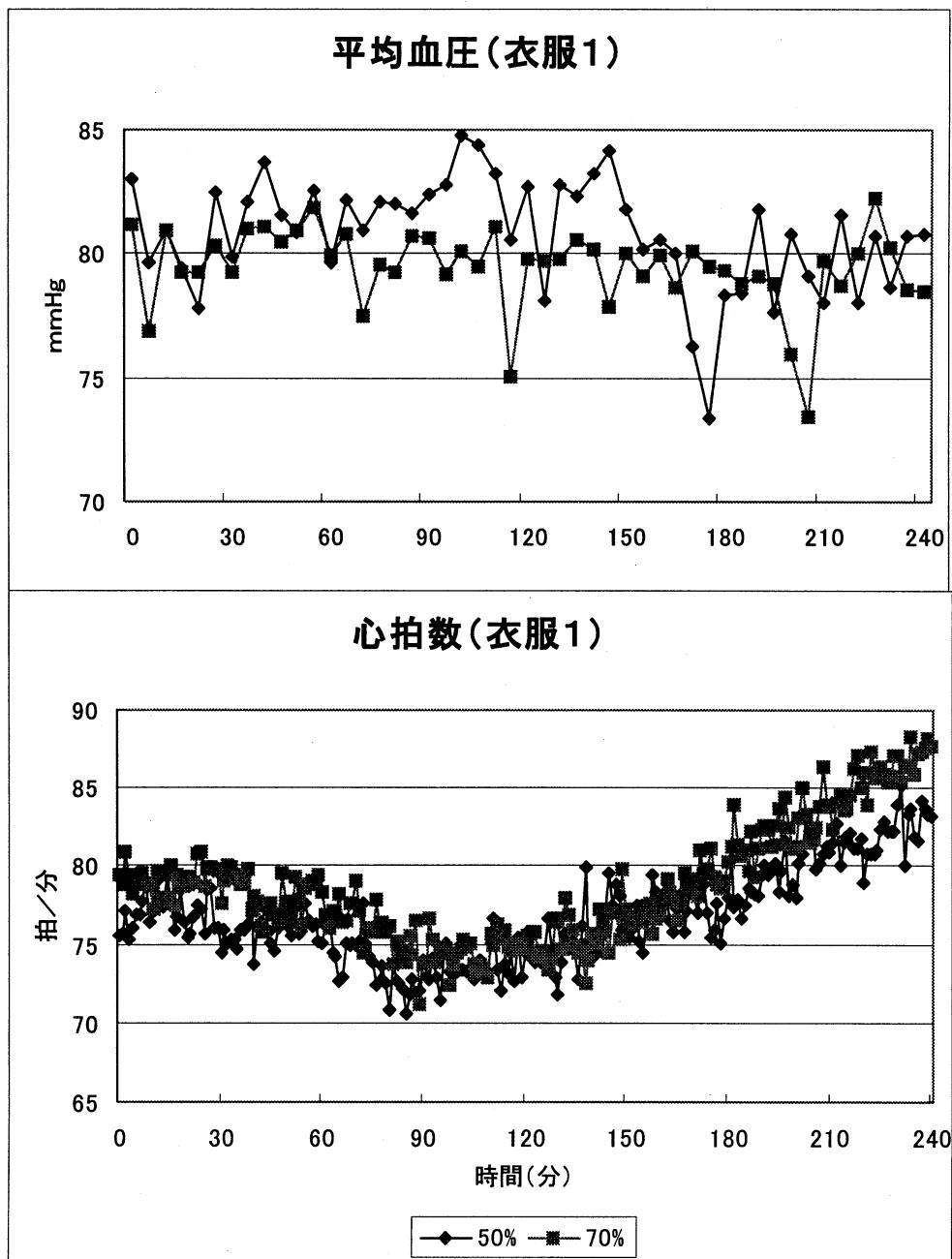


図 2.5-13 衣服 1 着用時における平均血圧および心拍数の変化に及ぼす環境湿度の影響

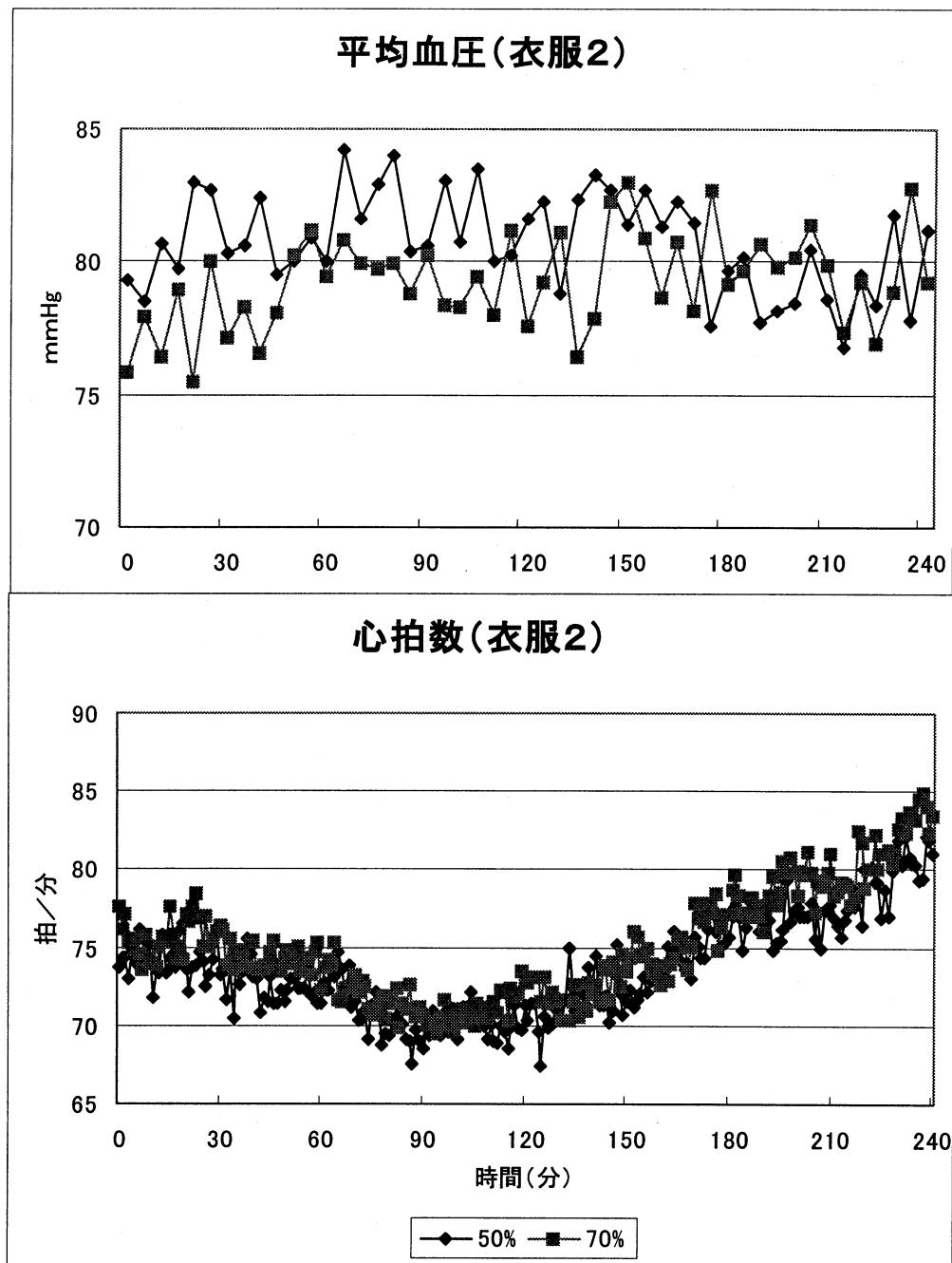


図 2.5-14 衣服2着用時における平均血圧および心拍数の変化に及ぼす環境湿度の影響

2.5.4 考察

衣服1のエステル／キュプラ交織丸編みでは(2.5-1)、湿度50%と70%との間に差は認められなかつたが、衣服2のエステル丸編みでは(2.5-2)、210分から240分にかけて湿度70%の方がより「暑い」と申告している。さらに、湿潤感と快適感についても同様の方向の変化が観察された(図2.5-1, 2.5-2)。

これは50%湿度条件での申告が、衣服1では衣服2よりも「暑くて」、「湿って」、「不快」とあると申

告したために70%の値に近似したため、両湿度条件間の差が縮小したものである。衣服1と衣服2では吸湿率にわずか2%程度の差が生じただけでも、50%湿度条件で発汗を伴う条件で既に吸湿により多くの吸着熱が発生し、そのために「暑くて」、「湿って」、「不快」であると申告したものと推察される(Tanaka, et al, 2000)。すなわち、湿度70%では、衣服1と2の間に大きな差異は認められないが、湿度50%では衣服1と2の間に大きな差異が生じることによるものである。やや低湿度環境では主観的申告に差を生ずるが、高湿になるにしたがってこの差は減じる方向に動くものと推察される。

これを支持する生理学的な変化として、図2.5-3, 2.5-4に示した50%湿度環境での胸部の衣服内温度は衣服2では低いが、衣服1では若干高い。そのため、衣服1では70%湿度環境の変化と類似のレベルにまで上昇し、差が消滅したものと考えられる。図2.5-9と2.5-10に示した胸部の皮膚温も50%湿度環境では、衣服1の方が衣服2よりも高く上昇していることから、Tanakaら(2000)の提唱する吸着熱による生理学的な機序が作動した結果であろうと考えられる。

一方、室温を26°Cから20°Cへ低下したときの変化では、体幹部では特筆するような変化は認められなかったが、四肢部ではいくつかの違いが認められた。すなわち、図2.5-5と2.5-6に示した様に前腕部の衣服内温度は、衣服1では50%湿度に比べて70%湿度の方が高く維持した。しかし、衣服2では両湿度条件による差異は認められず、衣服1の50%湿度条件での反応とほぼ同一の値を示した。すなわち、エステル／キュプラ交織丸編みの衣服1着用時には、発汗はないが不感蒸散と環境湿度を吸湿したため、70%湿度条件では前腕部衣服表面温度も高く、前腕部衣服内温度も高くなつたものと推察される。この変化と類似したものが、図2.5-9と2.5-10にみられる手指部皮膚温にも観察された。衣服1着用時には、70%湿度条件で手指部の皮膚温が高く維持されていた。冷涼環境でも周囲の湿度、または不感蒸散による吸湿が末梢部の皮膚温を高く保つような反応が生じたものと考えられる。しかし、これらの変化は血流量には反映していないようである(図2.5-11、2.5-12)。

以上の結果より、室温を26°Cから20°Cへ低下させ、さらに35°Cへと上昇させる温度変化をおこさせたとき、湿度50%と70%の異なる湿度環境下では、低温のときはエステル／キュプラ交織丸編みの衣服1では、エステル丸編みの衣服2に比べ高湿環境の方が吸湿による吸着熱発生のため、四肢末梢部の皮膚温を高く保持することができた。これに対し、高温のときは人体側からの発汗による水分蒸発を衣服が吸湿し、同様に吸着熱を発生させたため、体幹部の衣服内温度が高く保持され、主観的な申告でも「暑くて」、「湿って」、「不快」であると申告した。わずか2%程度の吸湿率の違いでも低温から高温にわたって、人体生理反応に影響することが判明した。

2.5.5 引用文献

- Tanaka, K., Hirata, K. and Kamata, Y. (2000) Heat of sorption induced by sweating affects thermoregulatory responses during heat load. Eur. J. Appl. Physiol., (in press)
- Smolander, J., Harma, M., Lindqvist, A., Kolari, P. and Laitinen, L. A. (1993) Circadian variation in peripheral blood flow in relation to core temperature at rest. Eur. J. Appl. Physiol., 67:192-196.
- Otomatsu, K., Yamaguchi, M., Ohwatari, N., Matsumoto, T., Tsuchiya, K. and Kosaka, M. (1997) Analysis of sweat evaporation from clothing materials by the ventilated sweat capsule method. Eur. J. Appl. Physiol., 76:1-7.

2. 6 運動能力の個人差の影響解析

(信州大学)

2.6.1. はじめに

高齢者の暑熱環境下における体温調節能が若年者に比べて低下し、単位人口当たりの熱中症死亡率は他の年齢層より高いことが報告されている (Kenney, 1995)。一方、Havenith ら(1995) は、前腕皮膚血流量の最大値 (FBFmax) と年齢 (Age)、最大酸素摂取量 ($\text{VO}_{2\text{max}}$) との間に、 $\text{FBFmax} = 8.4 - 0.17\text{Age} + 0.35 \text{VO}_{2\text{max}}$ の関係のあることを明らかにし、高齢者の体温調節能には加齢による負の効果の他に最大酸素摂取量による正の効果があることを報告している。体温上昇に対する皮膚血管拡張の感受性の上昇は、核心温、皮膚温のわずかな変化によって皮膚血流が増加することで放熱が促進し、無意識のうちに体温が一定のレベルにコントロールされることを意味する。すなわち、同じ服装、同じ環境に居ても、暑く感じるヒトと感じないヒトが存在し、それはそのヒトの年齢と最大酸素摂取量（生活活動量）によって決定され、いわゆる主観的快適温度感覚が体温調節能によって変化する可能性がある。本研究の目的は、「主観的温度感覚は個人の好気的運動能 ($\text{VO}_{2\text{max}}$) に依存する」ことを実験仮説として、まず若年者において最大酸素摂取量に対する被服内温湿度と主観的温度感覚との関係を求めた。

2.6.2 方法

2.6.2.1 被験者

実験プロトコールはあらかじめ信州大学医学部医倫理委員会に提出しその認可を得た。表 1 に被験者は 6 名の医学部女子学生で、その身体特性を示す。身長、体重、除脂肪体重、% 脂肪率は各被験者間で一定であったが、最大酸素摂取量は最高 50.3 ml/ min kg、最低 35.3 ml/ min kg まで変化し、好気的運動能の異なる被験者についておこなった。

表1

被験者の身体特性

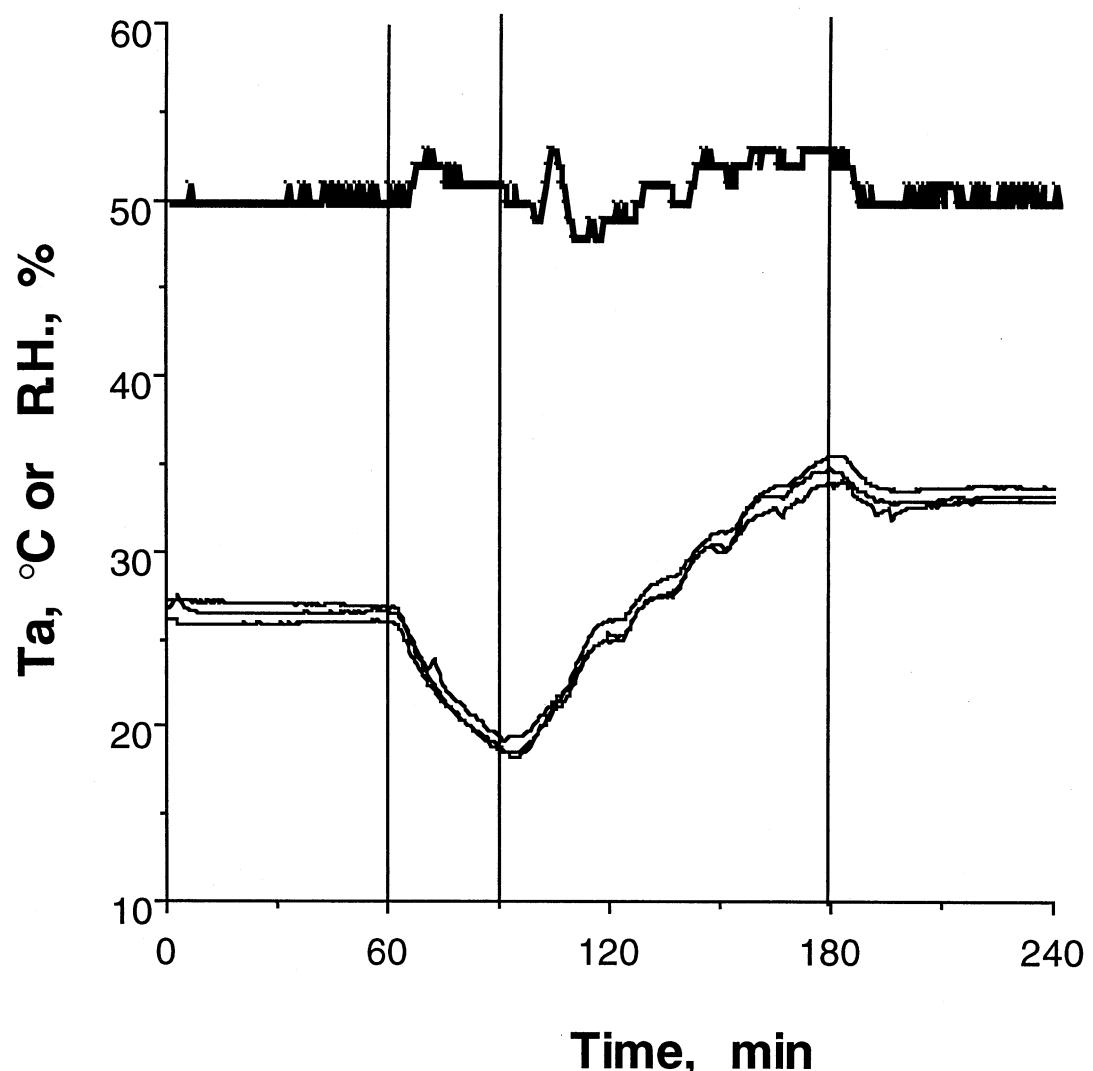
	Height,cm	Body mass,kg	Lean body mass,kg	Body fat content, %	VO ₂ max, ml/kg
T.O	160.0	51.1	39.9	22.0	50.3
K.I	161.0	46.4	39.5	14.9	46.7
T.S	164.0	54.0	42.3	21.7	45.3
M.I	154.3	49.5	37.0	25.3	40.8
H.I.	162.0	48.8	41.7	14.5	37.1
Y.I	156.0	49.5	39.5	20.2	35.3

2.6.2.2 プロトコール

図1に実験中の部屋の温度の変化を示す。最初の60分間は26°Cで一定に保ち、次の30分間で20°Cまで気温を低下させ、次の90分間で気温を35°Cまで上昇させ、さらにその温度で1時間維持した。その間、湿度は50%を維持した。図に示した3つの気温曲線は、被験者の頭上30cm、胸部の高さ、下腿部の高さのそれぞれ3カ所を示しており、頭上が最も高く、次に胸部、次に下腿部であり、最高0.1~0.2°Cの温度差があった。また、部屋の温度は被験者頭上30cmの値を用いた。それぞれの位置で定常状態における気温の変化は±0.1、湿度は±3%であった。

被験者は実験着衣に着替えた後、人工気候室に入室後、各種測定プローブを体各部に貼付した後、背もたれ付き椅子に座位姿勢をとり安静状態になったことを確認した後実験を開始した。足下の床の温度の影響を避けるため、足下に断熱用マットレスを敷いた。実験中は基本的には会話を慎むように指導し、読書は許可した。

図 1



2.6.2.3 実験着衣

表2は今回被験者に着せた着衣の材質、保温性、透湿性を示す。下着はプラジャーとショーツ、内衣は中衣と下着との間に着る長袖の上半身の肌着、中衣は上半身のブラウスと下半身のズボンとした。下着の色は黒で、内衣、中衣の色は白である。

表2 実験着衣

	材質	保温性, %	透湿性, g/m ² h
下着	綿 95%、ポリウレタン 5% Calvin KleinR	-	-
内衣	エステル丸編み	6	403
中衣	綿	12	324

2.6.2.4 測定項目

各被験者の最大酸素摂取量の測定は、自転車エルゴメータを用い負荷漸増法によって行い、あらかじめ設定したリズムに被験者が追随できないか、または心拍数が 180beats/min 以上、呼吸商が 1.1 以上のいずれかになった時点での酸素消費量を呼気ガスから求め（ミナト医学、Aeromonitor AE280S）、その値を最大酸素摂取量とした。皮脂厚はカリバー法による 2 点法で求めた（長嶺ら、1972、Brozek ら、1963）。

心電図用電極を胸部 3 力所に貼付した後、胸部鎖骨中線 3 cm 下にレーザードップラー血流計のプローブを貼付した。また、発汗量連続測定用カプセル（直径 5 cm、厚さ 3 cm）は前腹部に固定した。カプセル内に乾燥空気を 1 litter/min の速度で流し、その出口に直径 2cm、長さ 10cm のバッファーチューブを設け、その内部の温湿度を連続測定した（神栄、THP-B3T）。また、食道温は銅コンスタンタンの熱伝対を鼻部先端から身長の 1/4 に相当する長さまで挿入して左心房背面温度を測定した。口腔温は熱伝対を舌下に固定し、呼吸によって外気の影響を受けないようにガーゼマスクを着用させた。また、同様に熱伝対を前腕部、下腿部のそれぞれ有毛部に貼付した。さらに、温湿度センサープローブ（神栄、THP-B3T）を胸部、大腿部に貼付した。それぞれのデータを 2 秒ごとに A/D コンバーター（江藤電気、Thermodac E）で変換し、30 秒ごとの平均値をコンピューターに記憶させた。主観的快適温度感覚は、最も寒いを -5、最も暑いを +5 として、5 分ごとに被験者に記録させた。被服内水蒸気圧は、各温度における飽和水蒸気圧と相対湿度から求めた。実験中の酸素消費量を、6 例中 4 例の被験者で、26°C、20°C、36°C のそれぞれ 3 分間測定した。

2.6.3 結果

図 2 は、上から室温、心拍数 (HR)、食道温 (Tes)、口腔温 (Tor)、酸素摂取量 (VO_2) を示す。左に示す被験者 (K.I.) は、最大酸素摂取量が 46.7 ml/kg min で好気的運動能の高い被験者、右に示す被験者 (H.I.) は、最大酸素摂取量が 37.1 ml/kg min で好気的運動能が低い被験者である。HR は 26°C、20°C ではほぼ一定値を示したが、室温を 35°C に上昇させるにつれて上昇し、好気的運動能の劣った被験者ではその傾向が大きかった。Tes は 26°C から 20°C に室温を低下させると、上昇し、以後室温が上昇するにつれて低下した。運動能の差によって Tes の反応は影響されなかった。次に、被験者 K.I. における Tor は、Tes に比べてノイズを含みやすいが、ほぼ同様のパターンで変化したが、被験者 H.I. では、Tor は Tes の変化を反映しなかった。また、 VO_2 は、室温を 20°C に低下させると、両被験者で若干上昇する傾向を見せたが、その変化はわずかであった。

図2

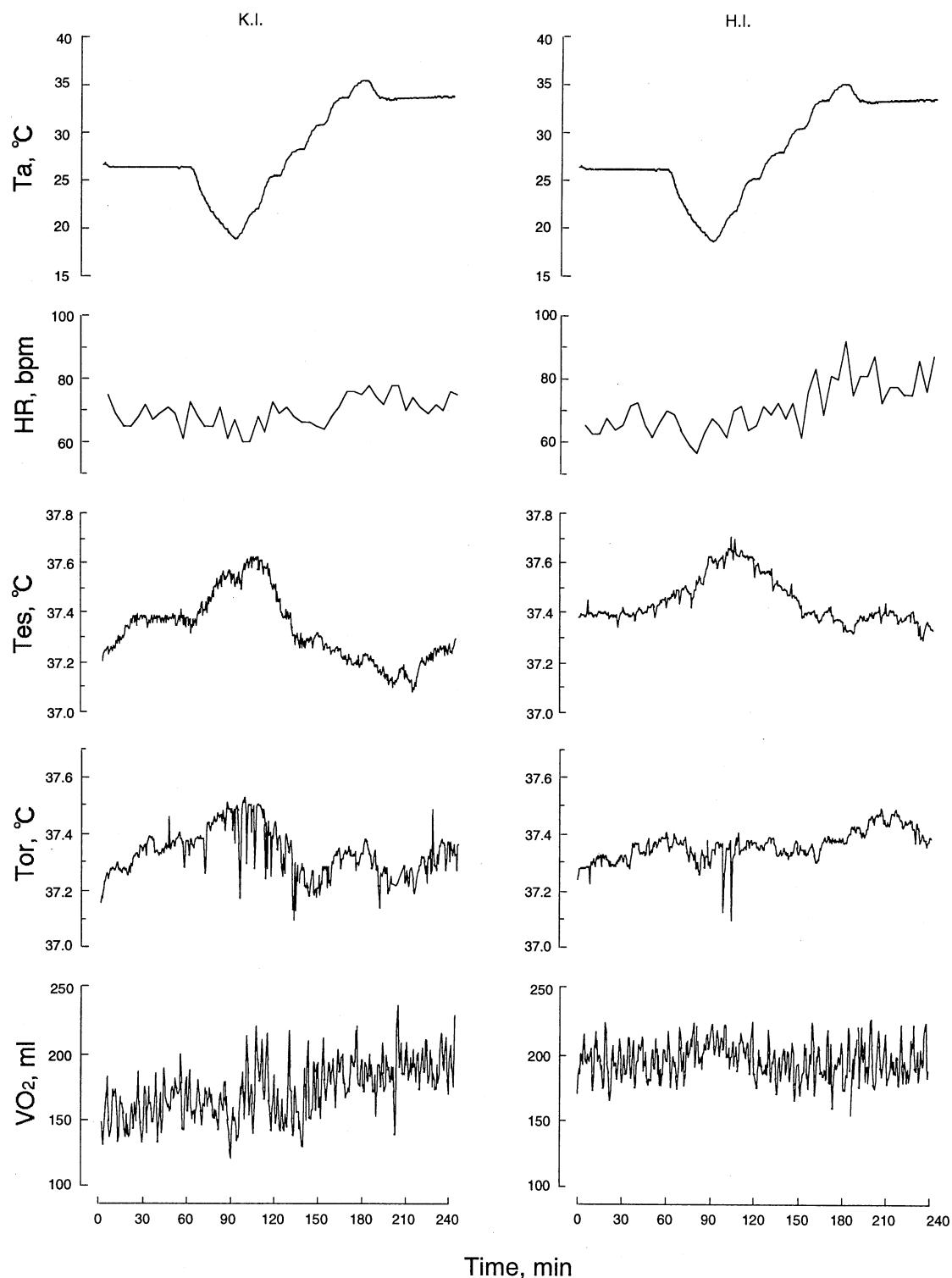


図3は、発汗カプセル内の水蒸気圧とレーザードップラー血流計で測定した皮膚血流を表す。運動能の高い被験者 K.I. では発汗カプセルの中の水蒸気圧は実験中変化がないのに比べ、運動能被験者 H.I. では実験開始後 180-240 分目で顕著な発汗を認めた。また、皮膚血流は、室温の変化に並行して変化した。

図3

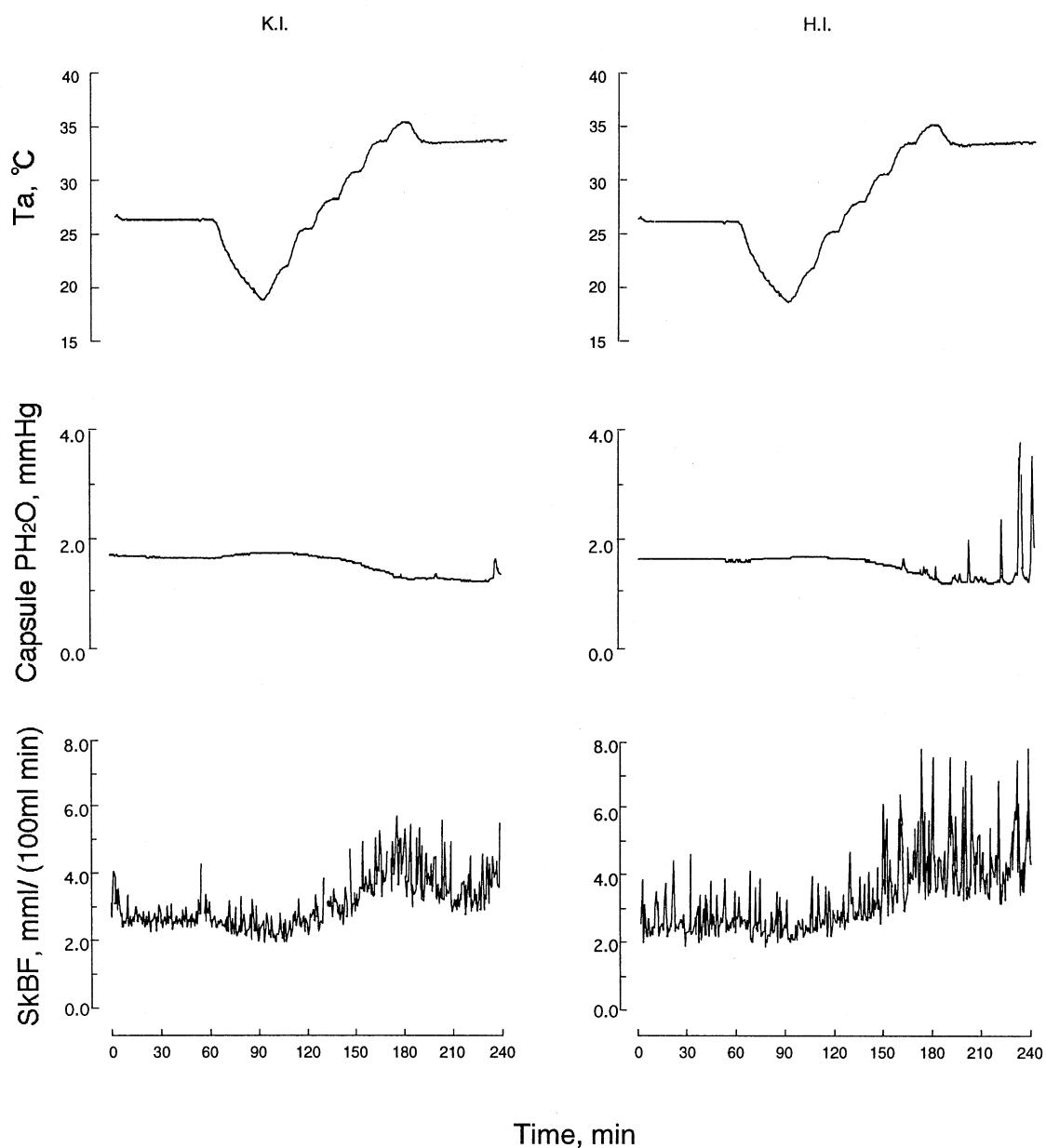


図4は、胸部、大腿部の衣服内温湿度、それと主観的快適温度感覚を示している。大腿部皮膚温は環境温と並行して変化したが、それに比べ胸部皮膚温の変化は環境温の影響を受けにくかった。衣服内の相対湿度変化は、大腿部、胸部ともに環境温変化と並行していたが、その変化は被験者 K.I. に比べて被験者 H.I. で大きかった。また、主観的快適温度感覚は、被験者 K.I. で寒がる傾向にあるのに比べ、被験者 H.I. では暑がる傾向にあった。

図4

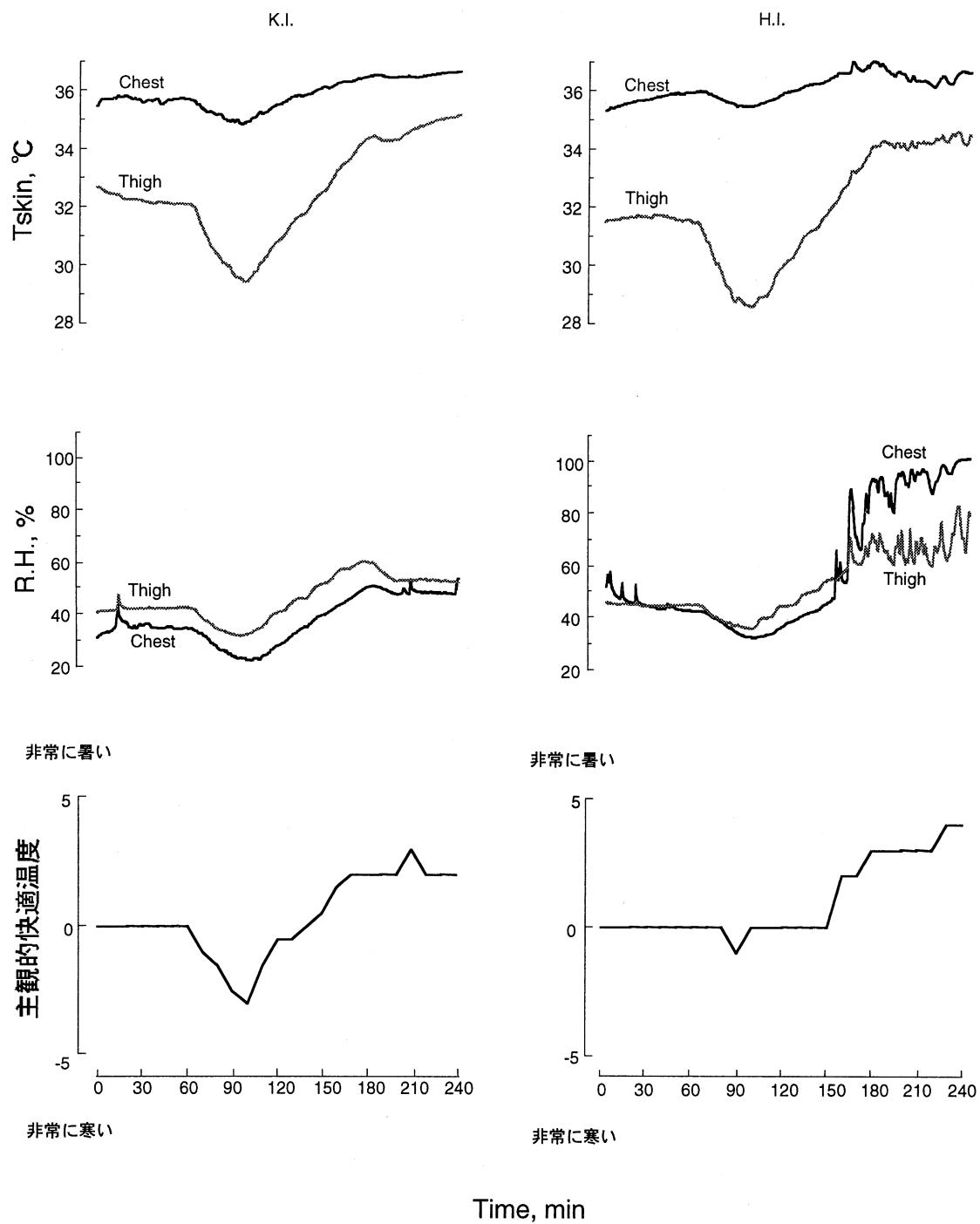


図5は、最大酸素摂取量と環境温 35°Cにおける相対湿度との関係を6名の被験者において求めたものである。図で明らかなように、両者には高い負の相関関係が認められ、体力の高い被験者ほど 35°Cにおける衣服内相対湿度が低い結果を得た。

図 5

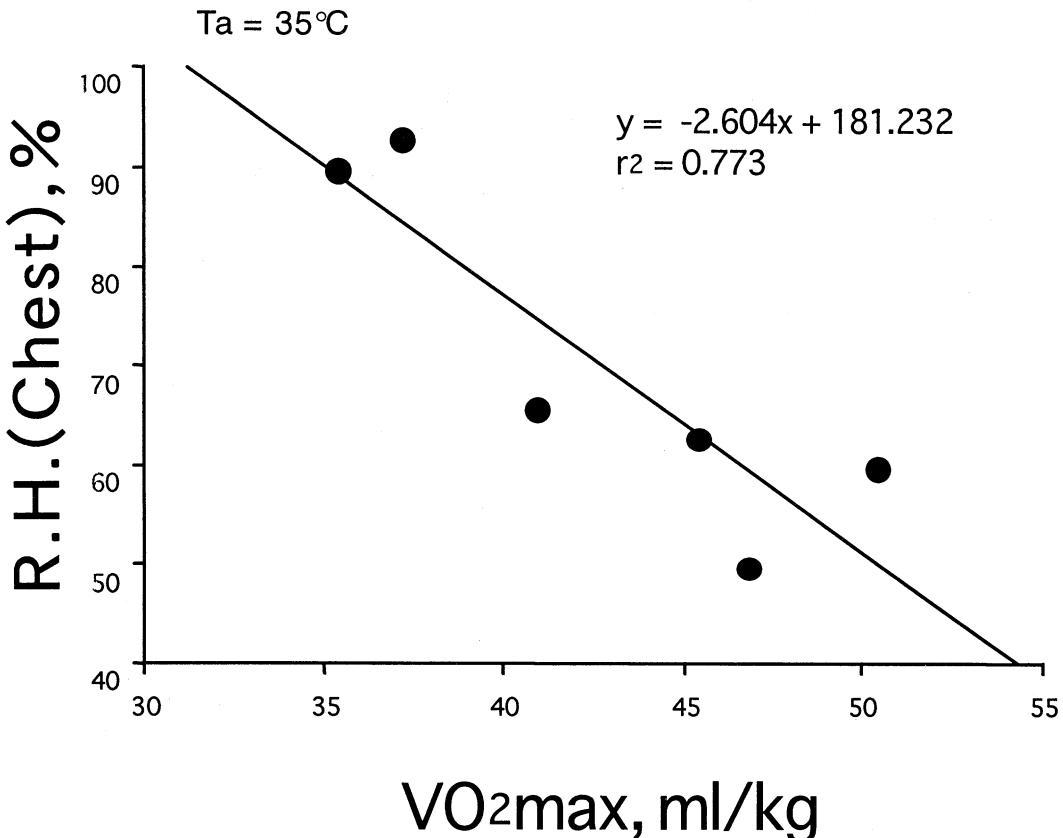


図 6 は、胸部皮膚温と主観的快適温度感覚との関係を表したものである。左上から右下まで最大酸素摂取量の高い方から低い方へ配置してある。その結果、両者に高い正相関があるものの、その相関係数は体力の高い被験者に比べ低い被験者では低値を示した。すなわち、高い運動能の被験者では皮膚温と主観的快適温度感覚の間に直線関係があるのに対し、低い運動能の被験者では「暑い」と感じる温度感覚に閾値が存在する可能性がある。

図 6

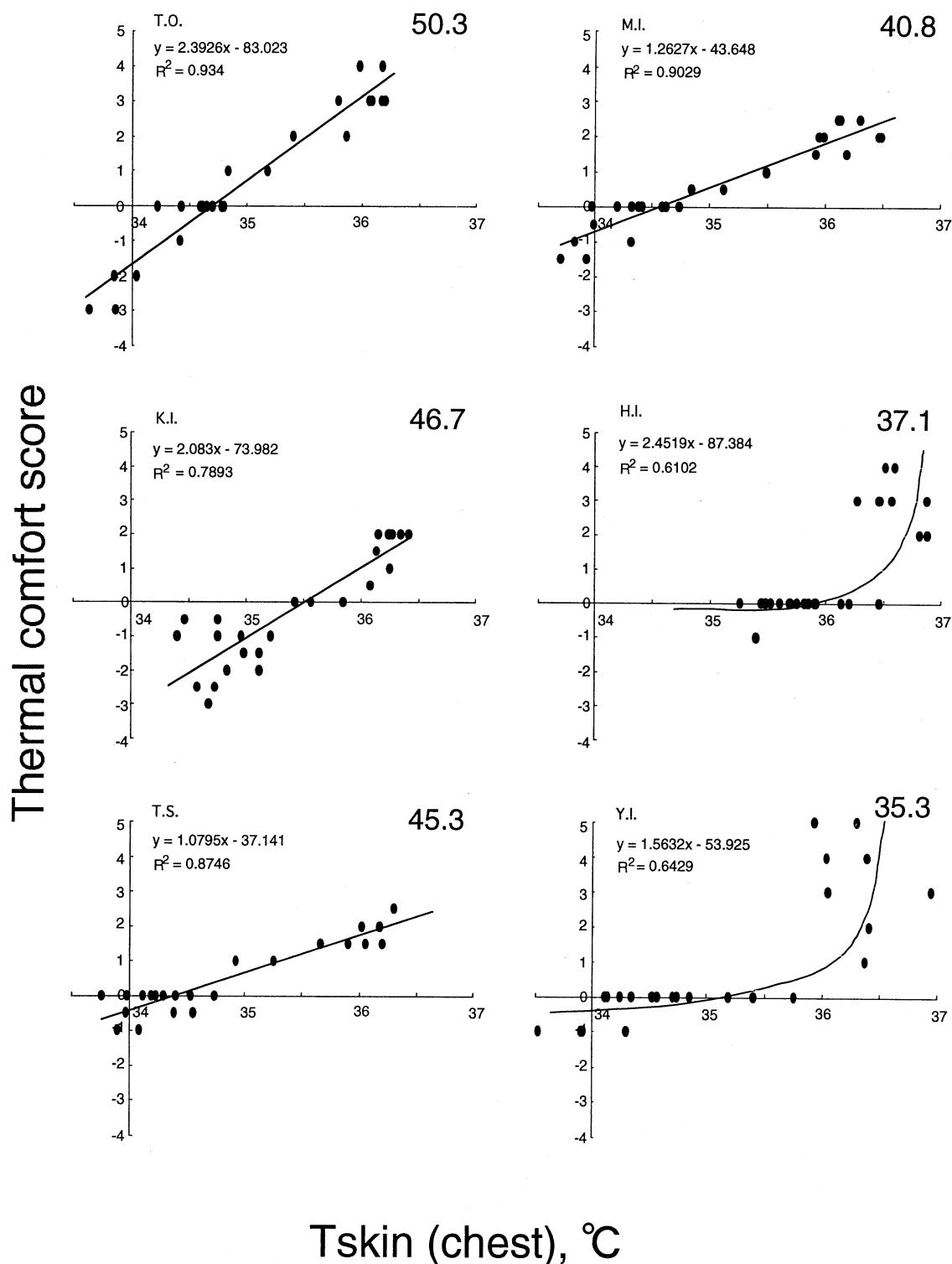
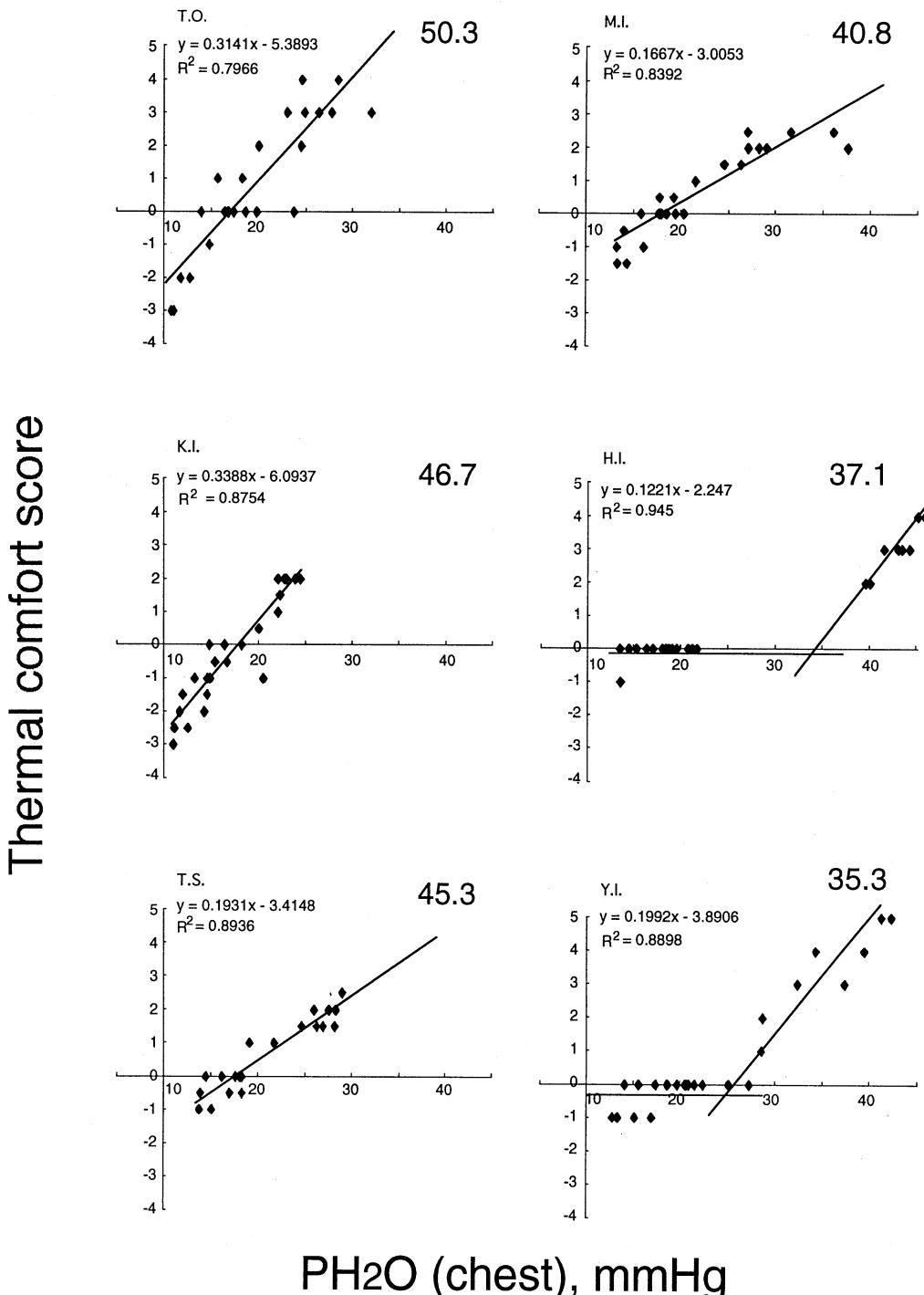


図7は、胸部被服内水蒸気圧と主観的快適温度感覚との関係を表したものである。図6と同様、左上から右下まで最大酸素摂取量が高い方から低い方へ配置してある。胸部皮膚温と主観的快適温度との関係と異なり、運動能レベルに関係なく、衣服内水蒸気圧と主観的快適温度との間に高い相関関係が認められた。しかし、皮膚温と同様、体力レベルが劣る被験者では「暑い」と感じる被服内湿度に閾値が存在する可能性がある。

図7



2.6.4. 考察

この実験結果で明らかになった点は、同じ暑熱環境下でも好気的運動能の高い被験者では被服内湿度が低いこと。また、皮膚温と主観的快適温度感覚の関係については、好気的運動能の高い被験者では、被服内温湿度と主観的快適温度感覚との間に強い直線関係があるが、低い被験者では、衣服内温湿度に対する主観的快適温度感覚の反応に閾値が存在する可能性が示唆された。このように、同様な環境温変化に対して、運動能レベルに応じて主観的快適温度感覚が異なり、それには被服内の水蒸気圧の反応の差が影響している可能性がある。

従来、生理学の分野における体温調節反応について、核心温（食道温）と皮膚温がそれぞれどの程度、皮膚血流、発汗に寄与するか、について議論されてきた。その結果、例えば、皮膚血流増加に対する核心温、皮膚温の寄与度はそれぞれ 10:1 もしくは、20:1 ということで、体温調節反応における核心温の寄与度は皮膚温に比べ圧倒的に高い。一方、最近、主観的快適温度に対する核心温、皮膚温の寄与度を測定した結果、それぞれの寄与度は 1:1 であることが報告されている (Frank ら、1999)。すなわち、主観的にヒトが「暑い」、「寒い」を感じる場合には、従来体温調節反応で報告されていた場合に比べ、圧倒的に皮膚温の寄与度が高い。このことは、核心温が変化する前に、快適環境に移動したり、また空調を変化させたり、さらに着衣を工夫することで体温調節を行うという行動性体温調節の点から興味深い。

今回の実験においては、環境温 20°C の涼環境において食道温が上昇し、それにもかかわらず主観的快適温度感覚では涼しいと (-1~-3 点) 被験者は感じている。これは、食道温の 0.3 °C の上昇よりも、大腿部で 3 °C、胸部で 1°C の皮膚温の低下によって、主観的快適温度感覚がより大きく作用された結果であり、Frank らの報告と軌を一にしている。

図 6 で示すように体力のある被験者では、衣服内温度に対して主観的快適温度感覚が直線的に上昇したが、体力のない被験者では、被服内温度が 36°C に上昇するまで、主観的温度感覚は上昇せず、それ以上の温度で急激に上昇した。この急激な温度感覚の上昇が被服内温度と有意な相関を示さなかった理由は、衣服内温度と同期して急上昇した湿度が温度感覚に影響した結果かもしれない (図 7)。あるいは、体力のない被験者においては、主観的快適温度感覚は被服内温度より温度と高い相関を示すことから、体力のない被験者では、主観的快適温度感覚は衣服内温度よりむしろ湿度の影響を強く受けるのかもしれない。

以上をまとめると、衣服内温湿度と主観的快適温度感覚との関係は、好気的運動能によってよって影響を受けた。その原因の一つとして、衣服内温度の影響が示唆された。

2.6.5. 主な参考文献

Frank SM, Raja SN, Bulca CF, and Goldstein DS. Relative contribution of core and cutaneous temperatures to thermal comfort and autonomic responses in humans. J Appl Physiol 86: 1588-1593, 1999.

Havenith G, Inoue Y, Luttkholt V, and Kenney WL. Age predicts cardiovascular, but not thermoregulatory responses to humid heat stress. Eur J Appl Physiol 70: 88-96, 1995.

Kenney WL. Body fluid and temperature regulation as a function of age. In: Exercise in Older Adults, Lamb DR, Gisolfi CV, Nadel ER (eds), Cooper Publishing Groups LLC, Carmel, IN, pp305-351, 1995.

2. 7 気流の影響の解析

(奈良女子大学)

1) 緒論

衣服素材の吸湿性と通気性は及び着用環境における気流の温熱生理反応に対する影響を実験的に明らかにすることを目的とした。特に吸湿性が同じであっても、通気度の違いがどのような生理的意義を有するかを無風下・有風下で観察することを注目した。私の研究室で得られた過去のデータも含めて報告したい。

2) 有風条件下での布地の吸湿性の生理的意義 (Kwon et al., 1998)

布地の吸湿性のレベルを以下の表1に示されるように、3種類のウエアを用いた。すなわち、吸湿性が8.7%のウールと綿の混紡(A)、6.8%の綿100%(B)、0.4%のポリエステル100%(C)の長袖シャツ・長ズボンである。通気性・放湿性は三者で大きな違いはない。被験者は10分運動、5分休息の間歇的な運動を2時間繰り返した。運動は自転車エルゴメーターにより各人の最大酸素消費量に40%の強度であった。最初の60分は無風で、最後の60分是有風(風速毎秒1.5m)であった。

図1は直腸温度(上段)、平均皮膚温度(中段)、平均体温(下段)の時間経過を示す。直腸温度は運動中上昇し、休憩中僅かの下降を示した。無風下では(Session I)三素材間に有意な差はまったくない。しかし、有風下では(Session II)吸湿性の最も高いウールと綿の混紡(A)で最も低く抑えられた。B、C間では差がなかった。

平均皮膚温度は無風下では(Session I)では全体に上昇し、有風下では(Session II)急に下降した。無風下では(Session I)では三素材間に有意な差はない。しかし、有風下では(Session II)吸湿性の最も劣るポリエステル(C)で最も高い。

平均体温は平均皮膚温度に類似した動向を示した。すなわち、無風下では三者間に差はないが、有風下ではポリエステルが最も高かった。

計算した2時間の貯熱量(kilocalories per meter squared per hour)はAが5.87(SEM 0.11)、Bが6.03(SEM 0.12)、Cが7.31(SEM 0.14)であった。CがAより有意に高かった。

以上のように、有風下において、布地の吸湿性は中核温度の上昇を最も効果的に抑制するという生理的意義を持つ。

3) 高温下で吸湿性と通気性はどちらが重要か (Ha et al., 1995) ?

Wet Heat Loss のみ存在する条件下で布地の吸湿性と通気性のうちどちらの性質が体の温熱的生理的負担を減少するであろうか? 100%の綿のニット地の長袖シャツと長ズボン (C) と 100%のポリエステルのニット地の長袖シャツと長ズボン (E) の布地の物理的性質を表 2 にまとめた。表からわかるように、綿はポリエステルに比較して、水分率が優れているが、通気性はポリエステルが綿より優れている。27度(摂氏)から30分かけて37度(摂氏)に室温度を上昇させ、さらに60分間37度に保った。

前腕内側から測定した局所発汗速度を6人の青年女子で両素材間で比較したのが、図2である。被験者(S-4)では系統的な差はないが、他の5人ではポリエステル着用時において、局所発汗量は大きい。平均局所発汗量は綿では 0.43 ± 0.02 (milligram per centimeter squared per minute), ポリエステルでは 0.50 ± 0.02 (milligram per centimeter squared per minute) 両者間に有意の差があった。このことはポリエステル着用時に発汗中枢がより強く興奮していることを示唆する。このことはWet Heat Loss のみで放熱する条件において温熱的負担を軽減するためには布地の吸湿性が重要であることを示している。

4) 吸湿性と通気性の結合効果 (Ha et al., 1999; Asahi et al., 未発表) 室温27度(摂氏)、湿度50%一定下で間歇的な運動を90分間行った時、布地の吸湿性と通気性はどのような生理的意義を持つであろうか? 布地は物理的性質を異にする長袖シャツと長ズボンであるが、吸湿性と通気性が劣るポリエステル (A)、吸湿性は劣るが通気性が優れているポリエステル (B)、吸湿性と通気性が優れている綿 (C) の三種類である (表3)。主観的申告と局所発汗量の関係を図3に示した。同一局所汗量に対する種々の主観的申告は A と B の間では一貫した差がなかったが、C、すなわち、吸湿性と通気性に優れた綿のシャツにおいて、例外なくすべての申告は改善されていた。このことは通気性がよくても吸湿性を随伴しなければ着心地を改善する生理的な意味は有しないことを示唆するものである。

Asahi et al. (未発表) は、吸湿性・通気性に加えて吸湿量を考慮することの重要性を述べている。四種類の長袖シャツ・長ズボンが用意された。すなわち、(1) 高通気性と低吸湿量、(2) 高通気性と高吸湿量 (3) 低通

気性と低吸湿量、(4) 低通気性と高吸湿量である。室温は28度から30分かけて35度に上昇させ、さらに35度に60分間保った。最後の30分間、被験者の前1.5mから微風(毎秒0.18から0.90 meter)が与えられた。

直腸温度をみると、60分間の高温時の結果は、高通気性と高吸湿量(2)が他の3者より有意に低く維持された。このことは高い通気性と高い吸湿量の性質を持つことが、暑熱下のウエアとしての重要なことを示唆する。高通気性があっても高吸湿量がないと意味がないことも示している。どの程度までの吸湿量が必要なのかは、発汗量の程度、気温等で変わるであろう。今後の研究に待ちたい。

吸湿性が同じ場合、通気性はどのような関与をするのであろうか? Zhang and Tokura(未発表)は表4に示すような物理的性質を持つ二種類の衣服を着用し、最大酸素消費量の60%に相当する強度の運動を無風と有風下で(毎秒1.5m)60分間行った。直腸温の結果を図4に示した。無風下では両素材間で全く差がないが、有風下では通気性に優れたType Aで直腸温の上昇は有意に抑制された。すなわち、吸湿性があり、さらに通気性が優れていることの意味が有風下で発揮されることを示している。

さらに、吸湿性が綿よりも優れているテンセルを比較の対象としてとりあげた。3種類の素材を比較した。すなわち、テンセル(吸湿性10.4%、通気性128c/m²sec), 綿(6.8%, 138), 綿(6.9%, 19)である。直腸温度の結果を図5、図6、図7に示した。図5はテンセルと通気性大の綿を比較している。有風下においてのみ、有意にテンセル着用時に直腸温は低く抑制された。両者は通気性はほぼ同じであったので、この直腸温の差はテンセルの優れた吸湿性のせいであろう。図6はテンセルと通気性小の綿を比較している。実験期間中一貫してテンセルの直腸温は有意に低く抑えられる。さらに図7は通気性大と小の綿を比較している。通気性大のほうが直腸温は低く抑えられるが有意な差はない。図4と図7は一見矛盾するが、図4の被験者は激しく運動しているし、図7では安静にしていることが違いに原因になっていると想像される。この3枚の図からも、高温度下のウエアとして、優れた吸湿性と通気性がとくに風の存在下でその生理的意味を発揮することを示唆するものであろう。

文献

- 1) Kwon, A., Kato, M., Kawamura, H., Yanai, Y., Tokura, H. (1998) Physiological significance of hydrophilic and hydrophobic textile materials during intermittent exercise in humans under the influence

of warm ambient temperature with and without wind. Eur Appl Physiol 78: 487-493.

- 2) Ha, M., Tokura, H. (1995) Effects of two kinds of clothing made from hydrophobic and hydrophilic fabrics on local sweating rates at an ambient temperature of 37DegreeC. Ergonomics 38: 1445-1455.
- 3) Ha, M., Tokura, H. (1999) Combined effects of fabric air permeability and moisture absorption on clothing microclimate and subjective sensation during intermittent exercise. Ergonomics, in press.

表 1. 三種類の布地の物理的性質

Fabrics	Materials	Mass (g · m ⁻²)	Thickness (mm)	Density (n · inch ⁻¹) (warp, filling)	Moisture regain ^a (%)	Moisture transfer (g · m ⁻² · h ⁻¹)	Air permeability (m · kPa ⁻¹ · s ⁻¹)	Water absorbency (cm · 10 min ⁻¹) (warp, filling)
A	Wool/cotton	120.8	0.50	70, 62	8.7	518.4	4.12	8.6, 8.2
B	Cotton	125.2	0.49	84, 61	6.8	525.6	4.20	8.9, 7.1
C	Polyester	127.2	0.41	78, 74	0.4	518.4	3.68	4.9, 4.3

^a Moisture regain was defined as the water content of fibres at 65% relative humidity per 100 g of dry fibre

表 2 二種類の布地の物理的性質

Fabrics	Weight (g·m ⁻²)	Thickness (mm)	Density Wale, course (no/inch)	Water absorbency (cm·10 min ⁻¹)	Moisture regain (%)	Moisture transfer (g·m ⁻² ·hr ⁻¹)	Thermal conductivity (W·cm ⁻¹ ·°C ⁻¹)	Air permeability (c·cm ⁻² ·s ⁻¹)
Cotton	193.6	1.34	44,37	8.03	4.8	203	9.6×10^{-4}	75
Polyester	188.7	1.30	39,41	4.60	0.5	220	8.8×10^{-4}	190

表 3 三種類の布地の物理的性質

Fabrics	Materials	Yarn count	Weight (g·m ⁻²)	Thickness (mm)	Density (warp, filling)	Water absorbency (cm·10min ⁻¹) (warp, filling)	Moisture regain (%)	Moisture transfer (g·m ⁻² ·hr ⁻¹)	Air permeability (cm ³ ·cm ⁻² ·s ⁻¹)
A	Polyester	30	174.6	0.25	116, 91	0.9, 0.4	0.3	350	4.1
B	Polyester	30	169.1	0.39	116, 97	1.3, 1.6	0.2	380	120
C	Cotton	30	189.4	0.54	134, 87	5.6, 5.1	7.6	360	108

表 4 Type AとTypeBの布地の物理的性質

	纖維	重量 g/m ²	厚さ mm	吸湿率 %	透湿性 g/m ² ·day
Type A	綿 100%	122.5	0.22	6.1	143
Type B	綿 100%	117.0	0.17	7.0	26.8

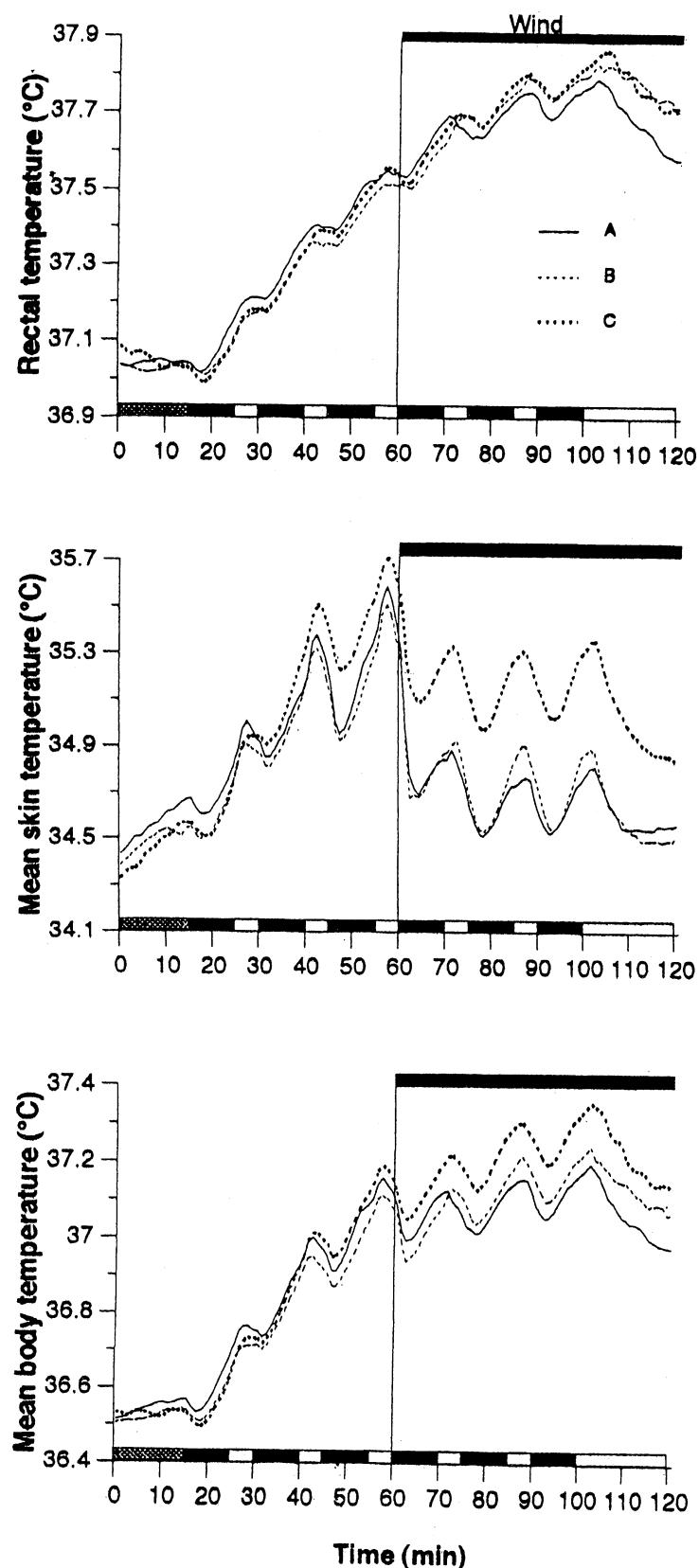


図 1 三種類の異なる布地の影響下にある直腸温（上段）、平均皮膚温度（中段）、平均体温（下段） From Kwon et al. (1998)

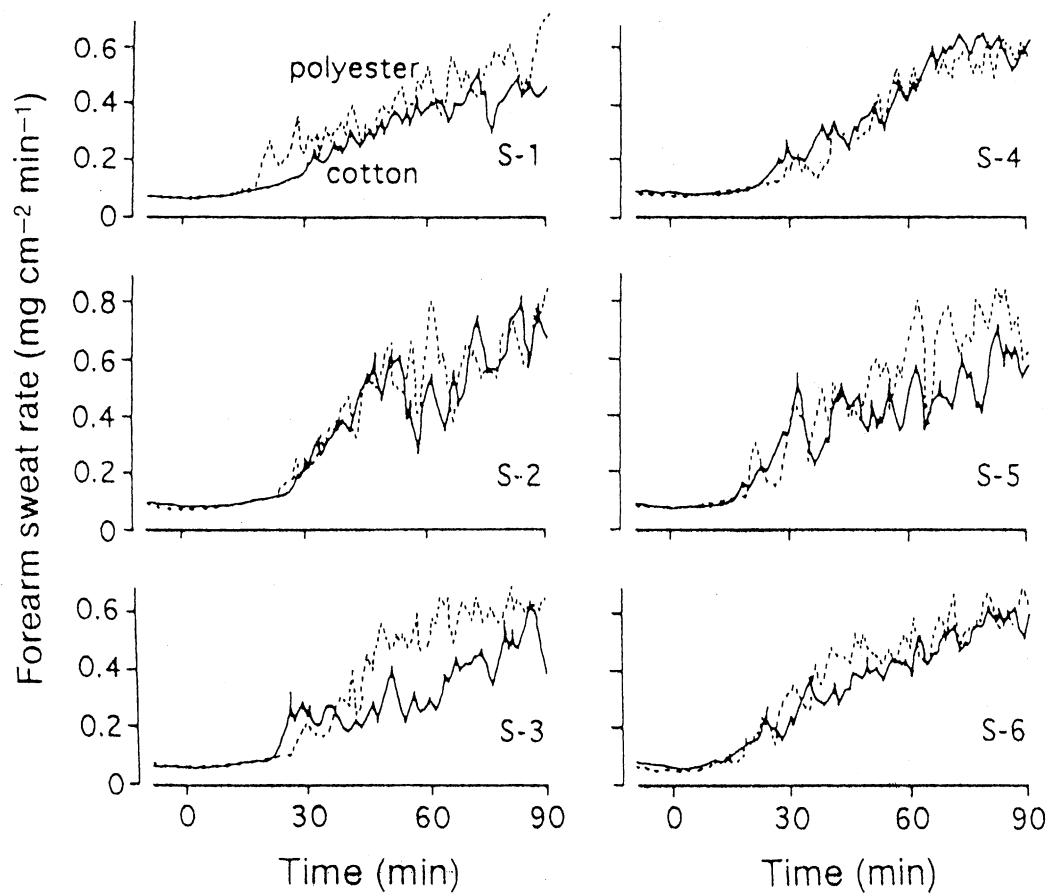


図 2 二種類の異なる布地の影響下にある局所発汗速度 From Ha et al. (1995)

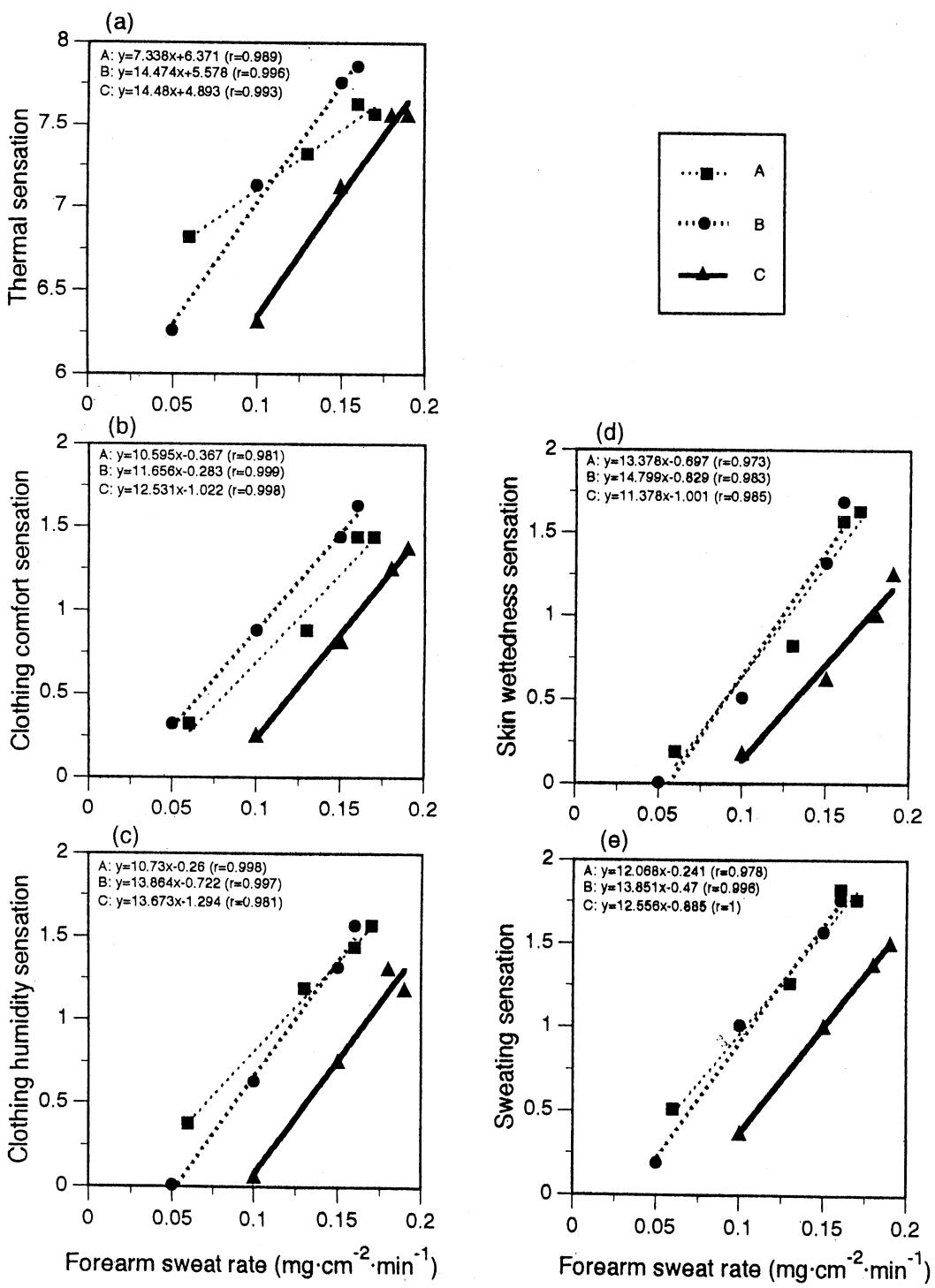


図 3 局所発汗速度と主観的申告の関係 From Ha et al. (1999)

Changes in rectal temperature (C)

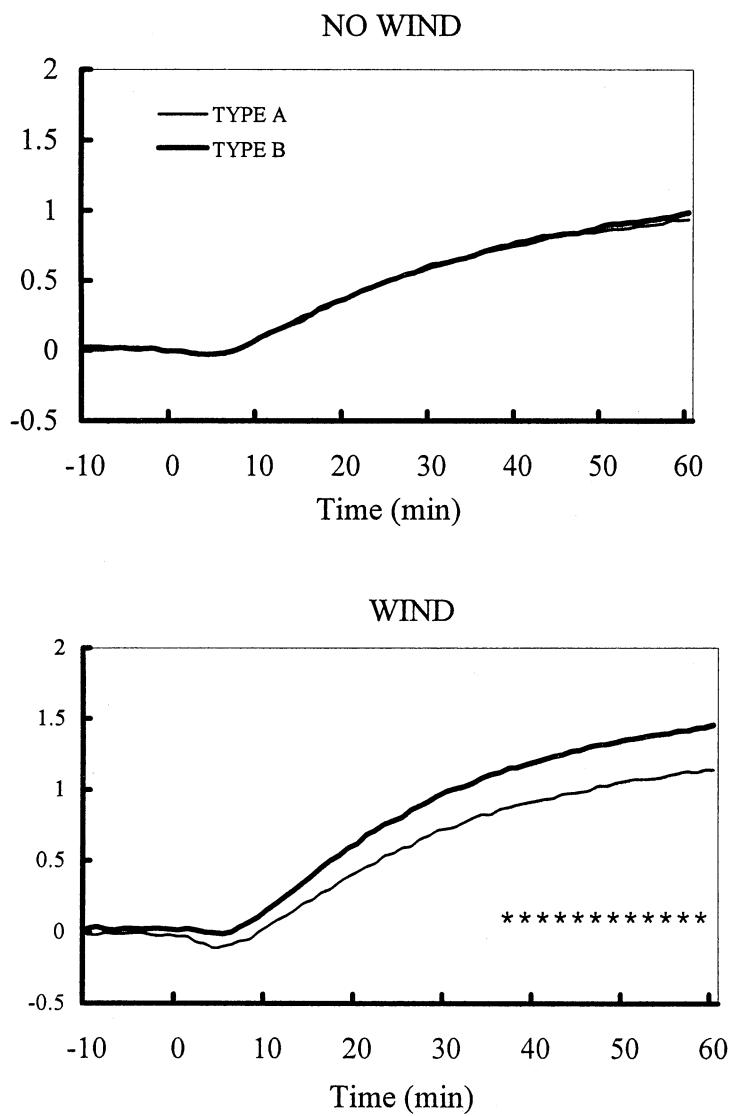


図 4 二種類の異なる布地の影響下にある直腸温度。上段：無風。下段：有風

Rectal temperature

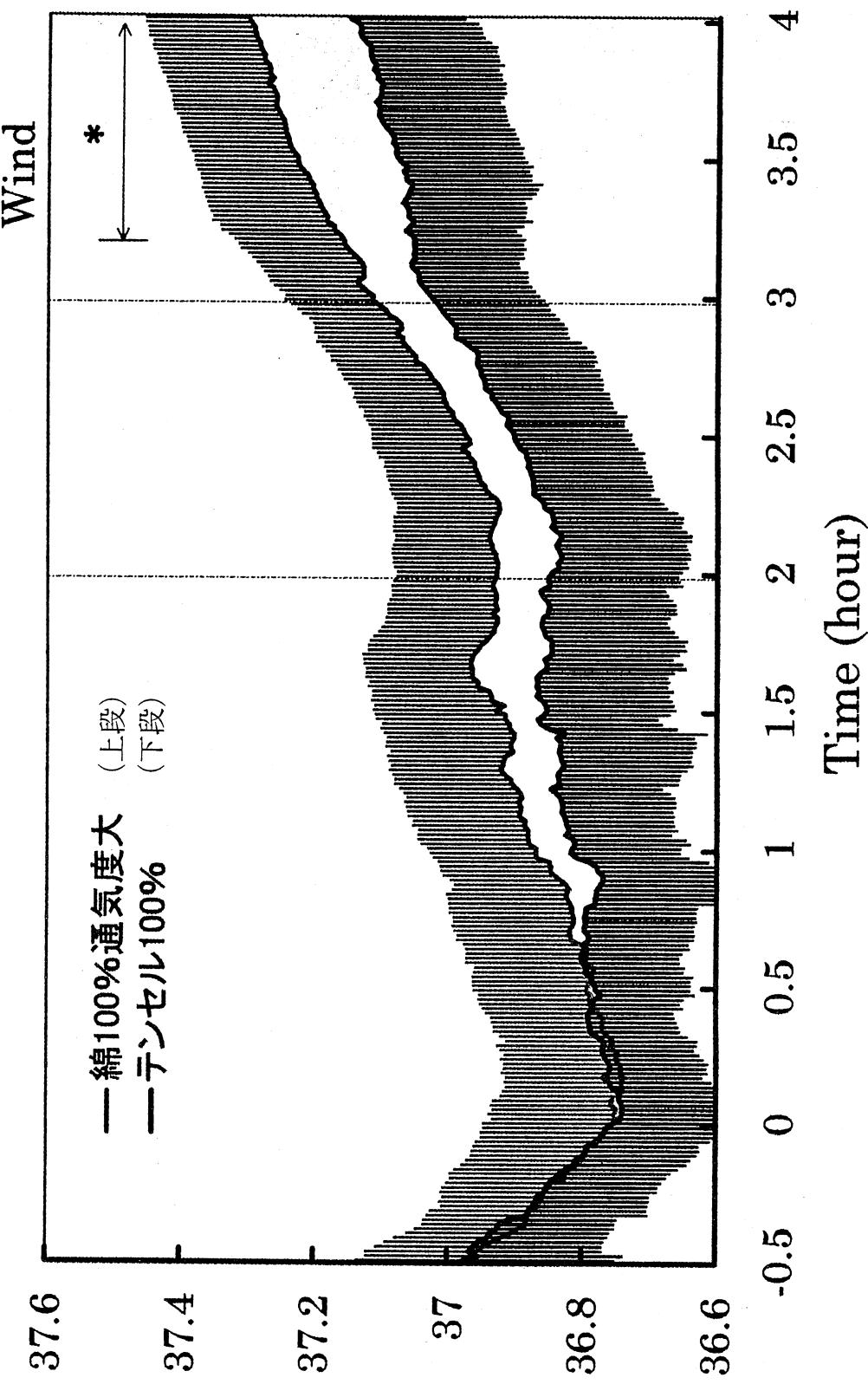


図 5 テンセル(吸湿性大、通気性大)と綿(吸湿性中、通気性大)の影響下にある直腸温。両者間には有意差があることは有風時のみであることに注目。

Rectal temperature

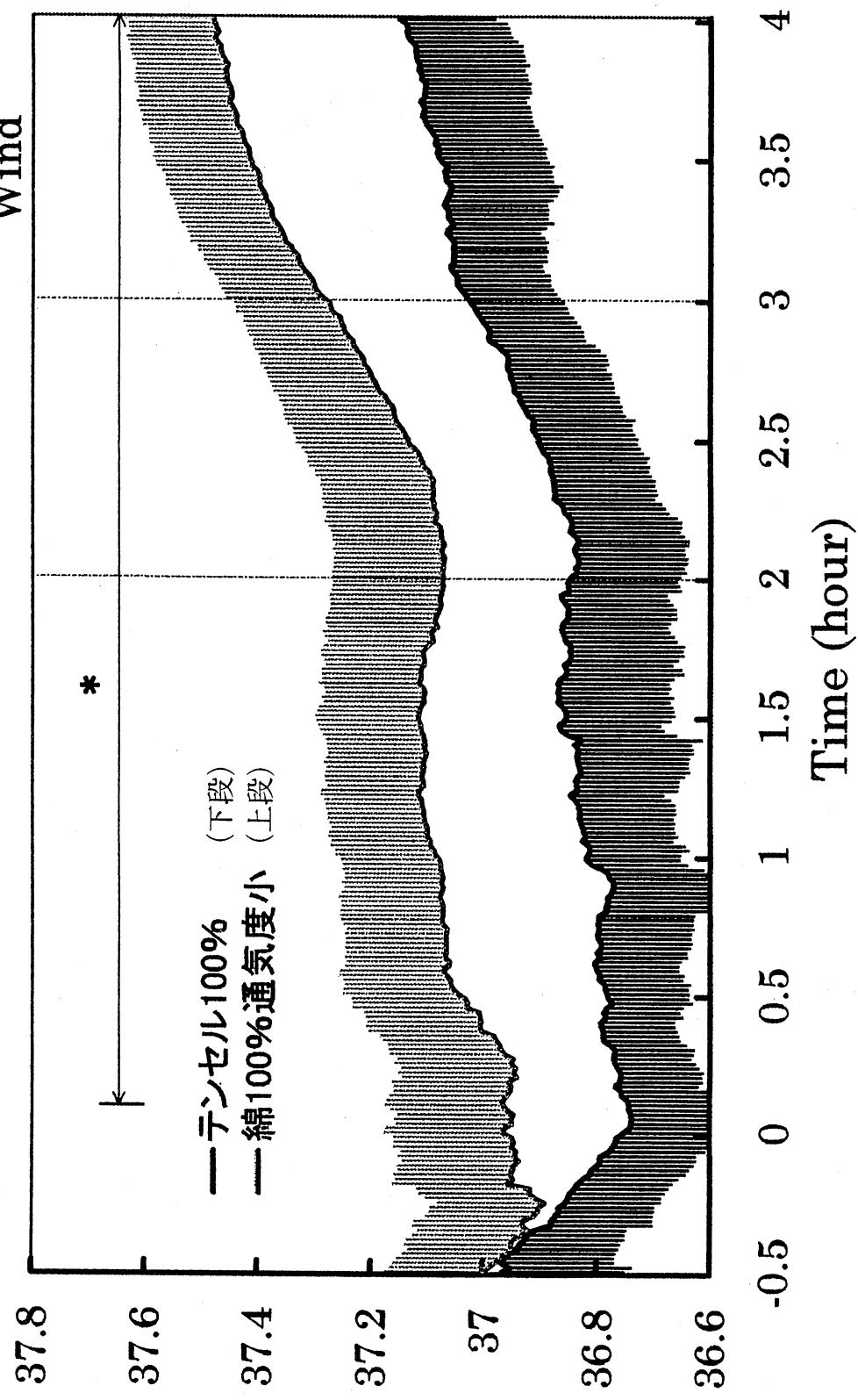


図 6 テンセル(吸湿性大、通気性大)と綿(吸湿性中、通気性小)の影響下にある直腸温

Rectal temperature

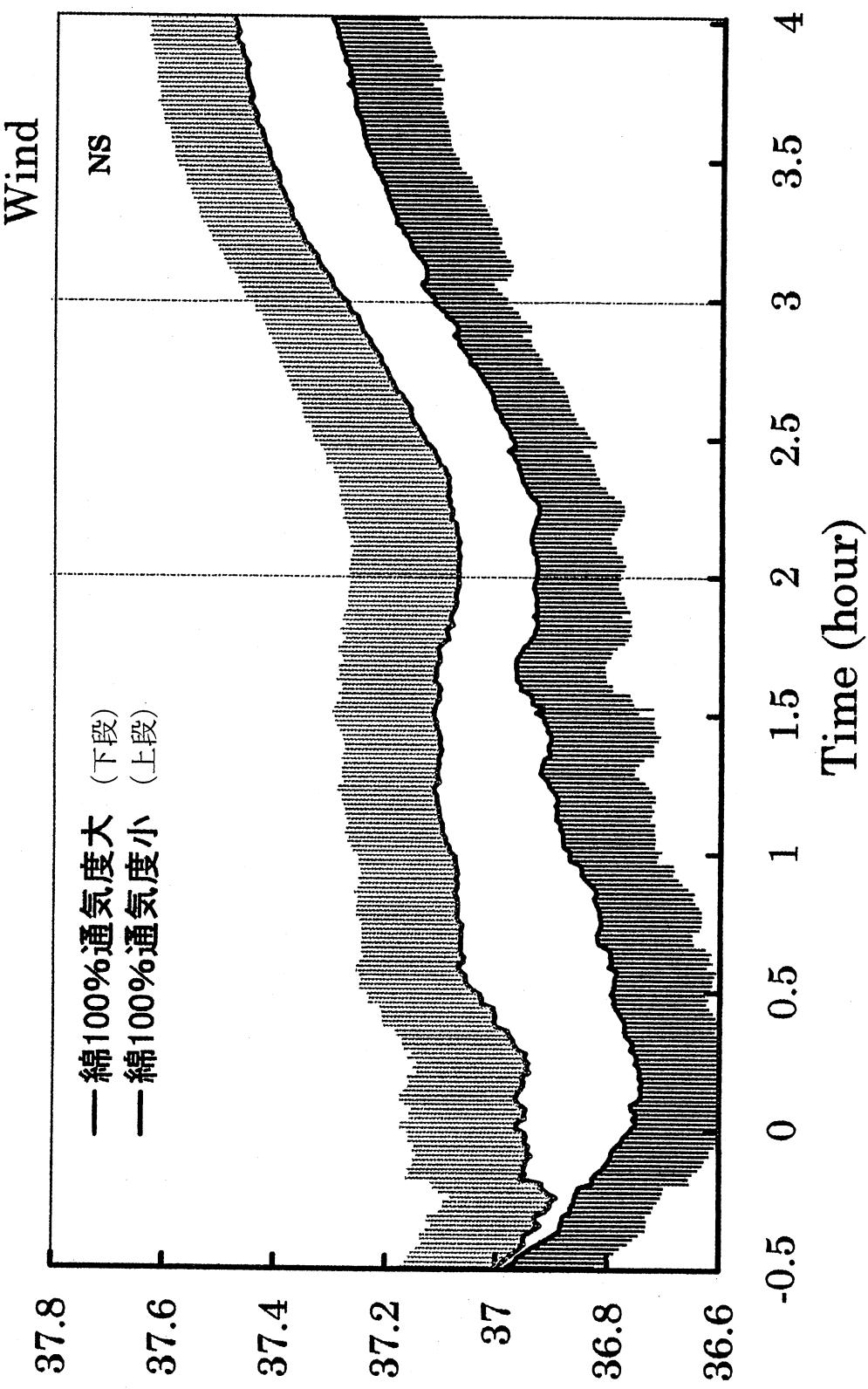


図 7 吸湿性中、通気性大と吸湿性中、通気性小の綿の影響下にある直腸温

2. 8 運動能の評価基準の提案

(大阪大学・旭化成工業株式会社)

2. 8. 1 評価方法の開発背景

「高齢者にやさしい衣料」を設計開発するには、高齢者に特有の生理特性についての正確な理解が不可欠である。高齢者に特有の生理特性の一つとして、運動能の変化があげられる。加齢に従い、筋力、神経系が衰え、運動能が低下することは一般に知られているが、評価方法等が明確に確立された状況とは必ずしも言えない。そこで、高齢者の運動能データー取得のための評価方法と評価基準を検討し、プロトタイプ衣料素材の評価を試みた結果を報告する。

2. 8. 2 運動能の評価方法

加齢に従い、特に衰えの著しい下半身の運動能に着目し、代表的な日常動作である「歩行」に関連するモデル動作での瞬発力、持久力を評価する基準を提案する。

2. 8. 3 運動能の評価基準

市販の運動機能測定装置を使用し、瞬発力および持久力モデル運動を課し、その時の応力を測定する。併せて大腿直筋、大腿2頭筋の筋電図を測定し、モデル運動を行う際の発生筋電量を算出する。

- | | |
|-----------|---|
| ・運動機能測定装置 | 例えば、B I O D E X S Y S T E M 3 (B I O D E X社) |
| ・筋電測定 | 例えば、生体アンプ 7745 (N E C三栄社) |
| ・測定値解析 | 運動機能測定装置で得られたデーター及び筋電データーはデジタル変換後、パーソナルコンピュータに取り込み、解析に供する。
解析ソフトは例えば、多用途生体情報解析プログラム B I M U T A S (キッセイ社) を使用する。 |

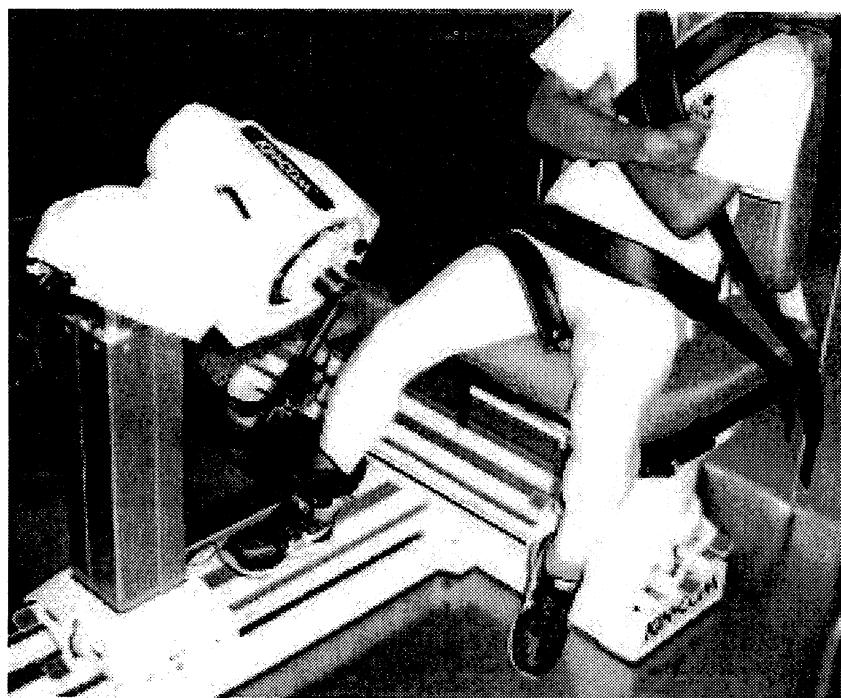


図 2-8. 1 運動能測定状況

モデル運動及び評価基準

- ・瞬発力：本人が意識する最大パワーで、下肢を屈曲・伸展した時の最大力を測定し、瞬発力指数に換算する。瞬発力指数は各モニターの最大力実測値をモニター毎に規格化し、衣料素材毎に規格化値を平均して算出する。最大力は個人差が大きいために、モニター毎の規格化を行う。

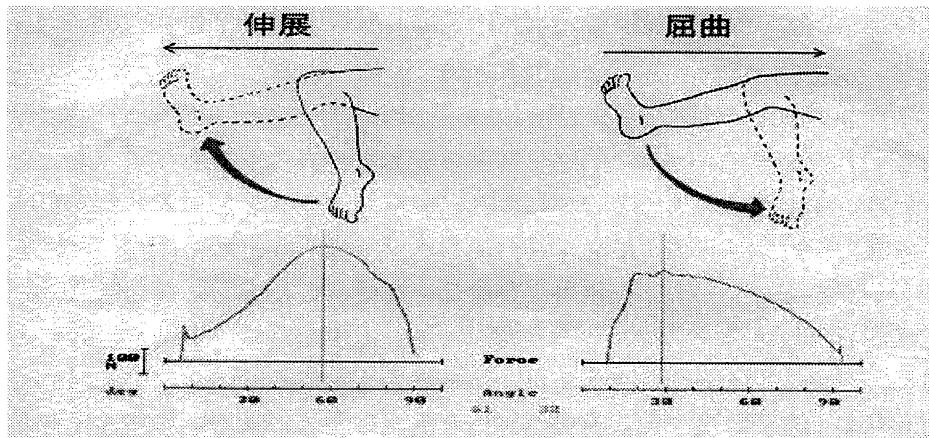


図 2-8.2 瞬発力測定方法概要及び測定例

- ・持久力：2分×3セットの下肢屈曲・伸展で負荷連続運動を行ったときの運動前半30秒及び運動後半30秒の時間平均運動モーメントを算出し筋パワーとする。また、同時に測定した筋電図から筋放電量を算出し、筋パワー／筋放電量で運動効率を求める。筋放電量は筋肉の活動量を表し、筋パワーは実際に外部で計測された運動エネルギーの指標であるため、筋パワー／筋放電量は運動効率の指標とみることができる。運動前半と運動後半の筋パワー変化、運動効率変化から持久力を判断する。

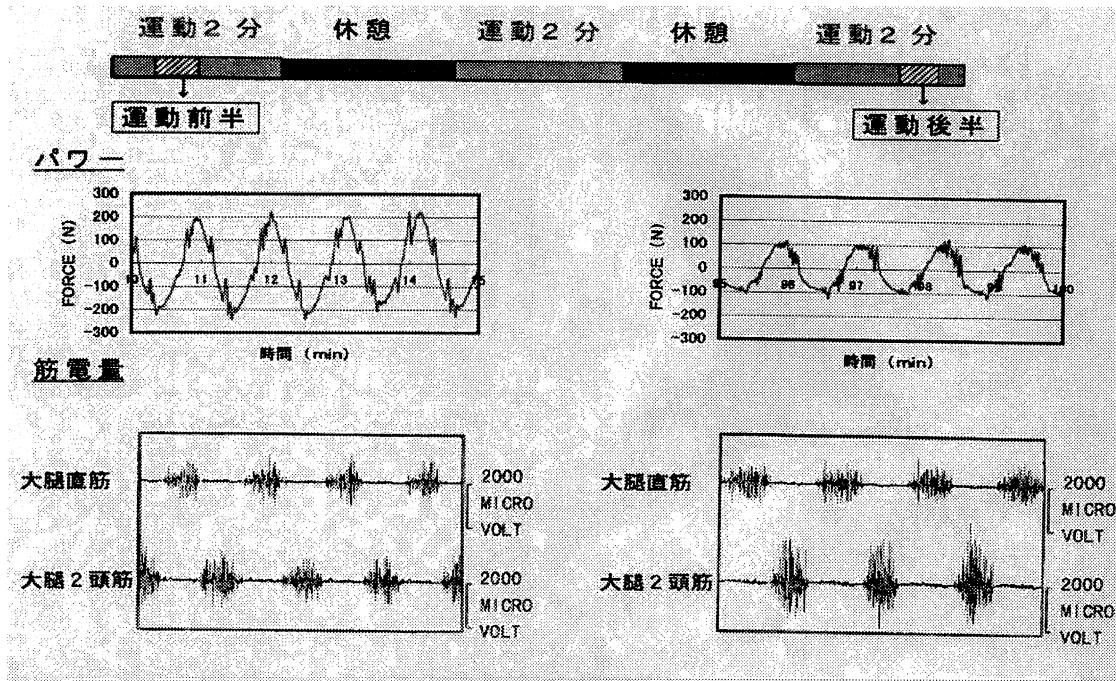


図 2-8.3 持久力測定プロファイル及び測定例

2. 8. 4 運動能の評価結果

運動能に対する衣料素材特性の影響について評価した結果を報告する。評価方法、評価基準は2. 8. 3に記載の方法、基準に従った。その他の条件を下記に示す。

モニター 20代男性 6名

衣料 スパツツ

衣料素材 スパンデックス混ツーウェイトリコット生地2種

(素材特性は2. 8. 5参照)

素足

瞬発力モデル運動におけるモニター2名の最大力測定値を図2-8. 4に示す。最大力であるため、モニターの筋力の違いにより、測定値に大きな個人差が生じていた。モニタ一人の衣料素材特性による変化、経時変化等を把握するためには、測定値そのものを用いることが好ましい。しかし、衣料素材特性が運動能に及ぼす影響を把握するためには、大きすぎる個人差をキャンセルする必要がある。そのために、素足を含めて3種の素材の最大力測定値のモニター毎の平均値m、標準偏差sを用いて、モニター毎の瞬発力指数を式2. 8. 1で求め、その数値をモニター6名で衣料毎に平均して、各衣料素材の瞬発力指数とした。

$$\text{瞬発力指数} (i, A) = (\text{最大力} (i, A) - m(i)) / s(i) \quad (2. 8. 1)$$

i : モニター A : 衣料素材

瞬発力モデル運動（伸展時）の結果を図2-8. 5に示す。瞬発力指数は素材A > 素材B > 素足の順に大きく、素足に比べ、締め付けるスパツツをはくことにより、瞬発力は発揮されやすく、しかも素材特性により、効果に違いが出ることが確認できた。本測定では、ソフトで伸びやすく、ヒステリシスロスの小さい素材Aが瞬発力を発揮しやすい結果で、加齢により、筋力の低下した高齢者に適した素材であると示唆された。

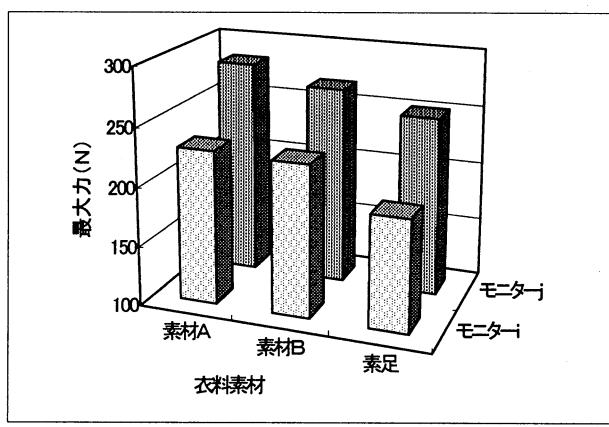


図2-8. 4 最大力測定値

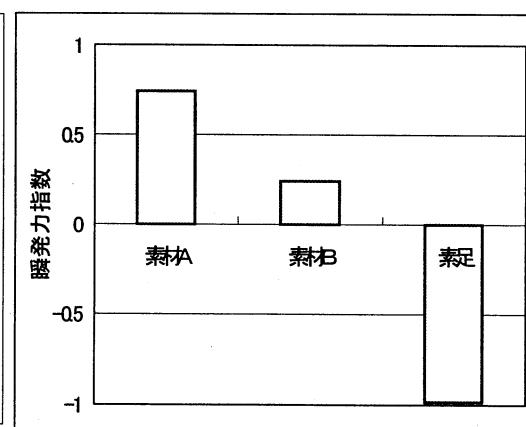


図2-8. 5 瞬発力指数

持久力モデル運動時の筋パワー、運動効率の測定結果を図2-8. 6に示す。運動前半は、各素材間の筋パワーに有意差は見られないが、運動後半は素材A > 素材B > 素足の順になり、瞬発力モデル運動に準じた結果が得られた。さらに、運動効率は運動前半から素材A > 素材B > 素足の順であり、運動後半での低下量、低下率ともに素材Aが最も小さい。両評価基準とともに、素足に比べ、締め付けるスパツツをはくことにより、持久力は向上し疲れにくくなり、素材特性により、効果に違いが出ることが確認できた。本測定では、ソ

フトで伸びやすく、ヒステリシスロスの小さい素材Aが持久力を向上しやすい結果で、高齢者に適した素材であると示唆された。

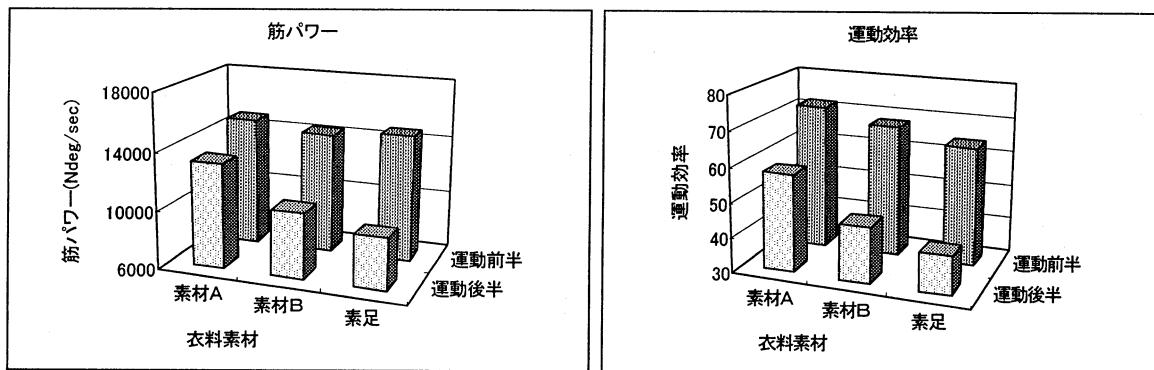


図 2-8.6 持久力測定結果（筋パワー、運動効率）

2. 8. 5 衣料素材特性

素材Aはスパンデックスに「ロイカ HS」44 d t e x、素材Bはレギュラータイプ「ロイカ GT」44 d t e x（共に旭化成工業株式会社）を使用したツーウェイトトリコット生地である。素材の二軸伸長特性を図2-8.7に示すが、素材Aは素材Bに比較し、以下の特長がある。

- ・「ロイカ HS」使用の素材Aは伸長時の応力が低く、抵抗なく伸びる特性がある。
- ・素材Aは運動追従性に関する伸長時応力と回復時応力の差（ヒステリシスロス）が小さく、運動追従性に優れる。
- ・低温環境下でも、素材Aは上記の特長を損なわない。

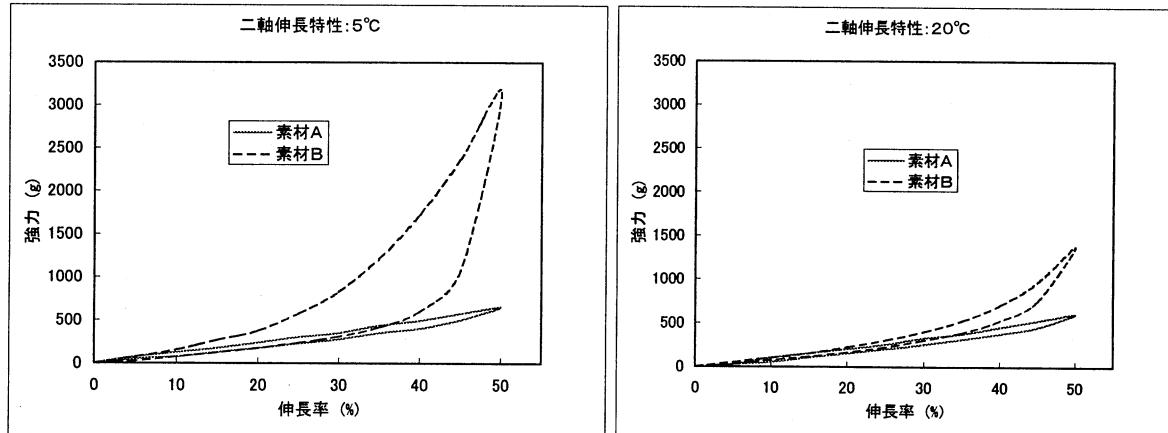


図 2-8.7 素材の二軸伸長特性測定結果

2. 8. 6 運動能の評価方法及び測定基準の提案

- ・運動機能測定装置及び筋電測定装置を用いて、瞬発力及び持久力モデル運動を果たすことにより運動能を評価する。
- ・最大力、瞬発力指数、筋パワー、運動効率を測定基準にする。
- ・運動様式は目的とする動作で適切に選択する。
- ・モニターの特性により、運動負荷を適切に設定する。

2. 9 高性能発汗マネキンを用いた衣服環境のデータ収集

(東洋紡績株式会社)

2. 9. 1 はじめに

衣服は身体を熱的に保護し、外界からの危害や汚染から守るという機能を発揮するものとして着用されてきた。経済の発展に伴い、物の豊かさへの欲求から、心のゆとりを求める時代へと変化し、価値観が質的にも多様化してきている。衣服などの繊維製品も従来の機能面中心の製品開発から、心地よさ、使いやすさなどの快適性や健康といった人間の感性要求を加味した製品の開発が重要となってきた。中でも、衣服の着用時に感じる温熱・温潤感覚を考慮した快適な衣服に対する要望が大きくなっている。そのためには材料、デザインなどの事前評価を行うことが有効である。人体による温熱・温潤感覚量の評価や衣服内微小空間の温度、湿度の計測などは、個人差が大きい、人体の疲労による誤差が大きい、特殊環境条件下での評価がしにくなどの問題がある。また、加齢による皮膚温や発汗量の変化を考慮した評価方法を得るためにも、評価機器による計測が必要となる。このような考え方をもとに、通産省・工業技術院、産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術（平成2年～平成10年度）」において、人体の発汗量、皮膚温の分布を再現できる「高性能発汗マネキン」を開発した^{2.9-1,2,3,4)}。

この報告は、補正予算事業（人間感覚データベース構築モデル事業）「製品設計支援のための高齢者データベース検討」ワーキンググループの活動の一環として、社団法人人間生活工学研究センター（HQL）と東洋紡績が高性能発汗マネキンを用いて実施した製品評価の共同研究に関するものである。

2. 9. 2 目的

被験者による着用テストにおいて温冷感に差があると認められた衣服を高性能発汗マネキンに着用させて測定し、高性能発汗マネキンでの衣服内気候、熱的状態が、被験者実験と相対的に再現できるかどうかを調べる。

- ①高性能発汗マネキンについて、皮膚温を一定に保つ定温制御による計測ではなく、人体の体温調節の機序に合わせた供給電力制御（産熱量制御）がどの程度可能かを確認する。
- ②高性能発汗マネキンを供給電力制御で操作し、着用テストで着心地に差のある衣服の皮膚温や衣服内気候が高性能発汗マネキンでも差があるかを確認する。
これらを確認できれば、高齢者の特性を皮膚温や発汗量の違いで特徴づけることが可能になると思われる。

2. 9. 3 結果・考察

（1）高性能発汗マネキン

温熱環境の評価などでは、人体模型の装置としてサーマルマネキンが利用されるが、高性能発汗マネキンでは温熱状態下で発汗を模擬した計測が可能であり、各種の繊維材料などを用いた衣料、椅子・シート等、さらに寝具等の評価に使用することができる。

高性能発汗マネキン（図 2.9-1）は、衣服・椅子・寝具などの製品設計のために、人体と同じように産熱、発汗することができる。その機能・特徴は、① 人の産熱・発汗を模擬、② 「立つ・寝る・座る」 姿勢変化、③ 少量(気相)～多量(液相)発汗、④ 皮膚温・発汗量の経時変化などが可能であるという点である^{2,10-4)}。

このマネキンでは、発汗状態も含めた衣服の放熱性（着衣状態におけるボディからの顯熱・潜熱の寄与）および衣服内気候（衣服着用時の皮膚と衣服との微小空間の温湿度）を計測できる。衣服の断熱性は供給電力から求められ、衣服内気候は発汗マネキンのボディに設けられた温湿度センサにより計測される。

高性能発汗マネキンは、日本人成人男子をベースにした人体形状ボディ（JIS L 4004 準拠、日本人成人男性 25～29 歳平均）に、関節部・頭部・手・足以外の全身部位で人体に近い産熱・発汗が模擬できる機能を持ち、立つ・寝る・座るの 3 様の姿勢変化が可能で、衣服を装着している時の衣服内温湿度・消費電力を計測できる機能を持つものである。

高性能発汗マネキンのシステムは、発汗マネキンボディ、産熱系、発汗系、計測制御系、フレーム他で構成されている。ボディは、全身を 9 分割したアルミ合金製で、両肩・大腿部・膝に関節を備え、立つ・寝る・座るの姿勢変化が可能である。本マネキンのボディ内側にはコードヒータがワイヤリングしており、温度制御、供給電力制御ともに可能である。全身には 168 個の模擬汗腺を持ち、各部位ごとに設けたポンプにより発汗量を変えることができる。ボディ表面には模擬皮膚（綿編地）を装着してある。

（2）供給電力制御による高性能発汗マネキンの操作性確認

衣服評価の観点から考えれば、発汗マネキンを定温制御で操作すればよいが、人の発汗メカニズムを考えると、皮膚温（産熱）が上昇するのを抑制するために発汗が生ずるスキームを再現する方が好ましい。そこで、まず、衣服を着用していない(NUDE)状態で供給電力制御し、皮膚温が特定値になったら発汗を開始させる評価方法を検討した。

後述する試料衣服の比較実験の条件と整合させるため、外気温を 28℃ とし、発汗のない状態で定温制御で皮膚温分布を中庸状態（夏に暑くも寒くもない感じるであろう皮膚温分布として想定）とした時の電力出力状態を確認した。ここで求めた電力出力値が、供給電力制御実験での初期条件となる。表 2.9-1 に 2 回の実験による各部位の設定皮膚温に対する平均電力出力を示す。

この値を初期値として、発汗マネキンの各部位の供給電力を増加させることにより皮膚温を上昇させた。胸の皮膚温を温度センサでモニタし、33.0℃ になった時点から全身に発汗させる操作を行い、皮膚温が低下することを確認できた。実験室がエアコン空調である

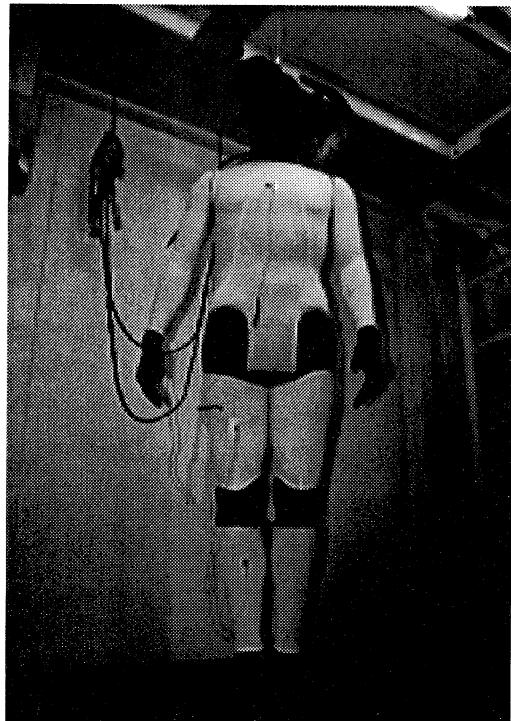


図 2.9-1 高性能発汗マネキン

ため室温変動があるが、発汗マネキンのNUDEでの外気温変化および発汗に対する皮膚温の変化は敏感であり、供給電力制御による実験は可能と判断できる。

表 2.9-1 各部位の設定皮膚温と平均電力出力

部位	定温制御 (28°C × 70%RH)	
	設定皮膚温 (°C)	平均電力出力(W/m ²)
体幹前(胸)	34.5	74.4
体幹後(背)	34.5	68.0
腰	34.5	85.6
左・右腕	33.0	42.7
左・右大腿	32.0	45.4
左・右下腿	29.0	19.7

(3) 着心地に差のある衣服での着用確認実験

着心地に差のある衣服が高性能発汗マネキンで差を検出できるかどうか確認するため、被験者による軽作業負荷時の衣服内気候を測定した。

- ①試料衣服：着用感に差のある衣服として、綿／ポリエステル混のカッターシャツ 2種を用いた^{2.9-5)}。表 2.9-2 に内容を記す。

表 2.9-2 試料カッターシャツ

	生地物性	着用感およびサーモグラフ観察での考察
快適シャツ	通気度：73.9cc/c m ² /秒 最高衣服内湿度*：60.8%RH	運動後のベタツキ、ムレ感が小さく、サーモグラフでも放熱性が大きい傾向がある。
一般シャツ	通気性：26.9cc/c m ² /秒 最高衣服内湿度*：63.9%RH	運動後のベタツキ、ムレ感があり、サーモグラフでも放熱性が小さい傾向がある。

*：東洋紡法・発汗量 240g/m²·h

- ②方法：被験者は男性 36 歳 1 名で、カッターシャツを素肌に着用した。外気温湿度は過去の実験^{2.9-5)}に合わせた 28°C × 60%RH の室温条件下で着用試験を実施し、胸の衣服内温湿度および外気温湿度を計測した。運動負荷は 10 分安静後、20 分程度の自転車こぎ（約 55kcal）である。

- ③結果・考察：測定結果を図 2.9-2（衣服内温度）、および、図 2.9-3（衣服内湿度）に示す。衣服内温度（胸）の差は大きくないが、一般シャツに比べて快適シャツでは運動開始時の温度が低く、運動の後半（20～25 分）は高い。衣服内湿度は快適シャツの方が一般シャツよりも、湿度の立ち上がりが 3 分程度遅く、運動時の湿度も 5%RH 以上低い。

このように、2種のカッターシャツでは衣服内湿度の差が見られた。被験者実験の計測値と発汗マネキン実験での計測値とを絶対値で合わせることは難しいが、皮膚温、衣服内温湿度の立ち上がりのはやさに注目して比較実験を行うことにした。

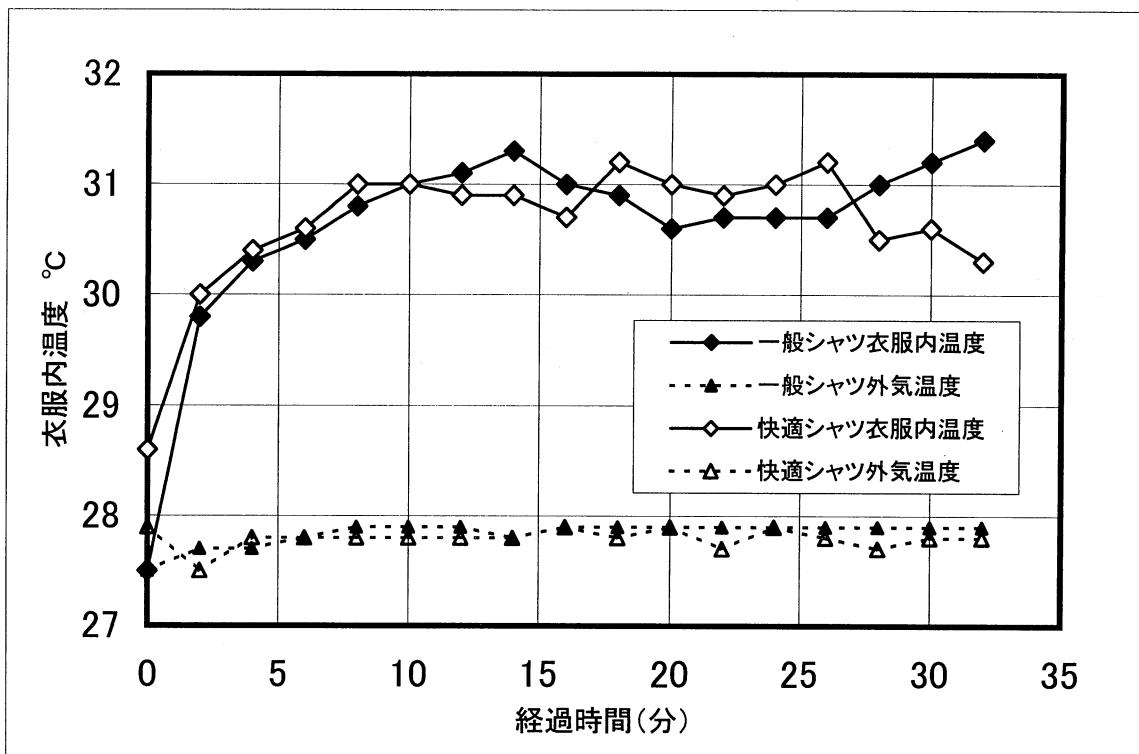


図2.9-2 着用試験での衣服内温度

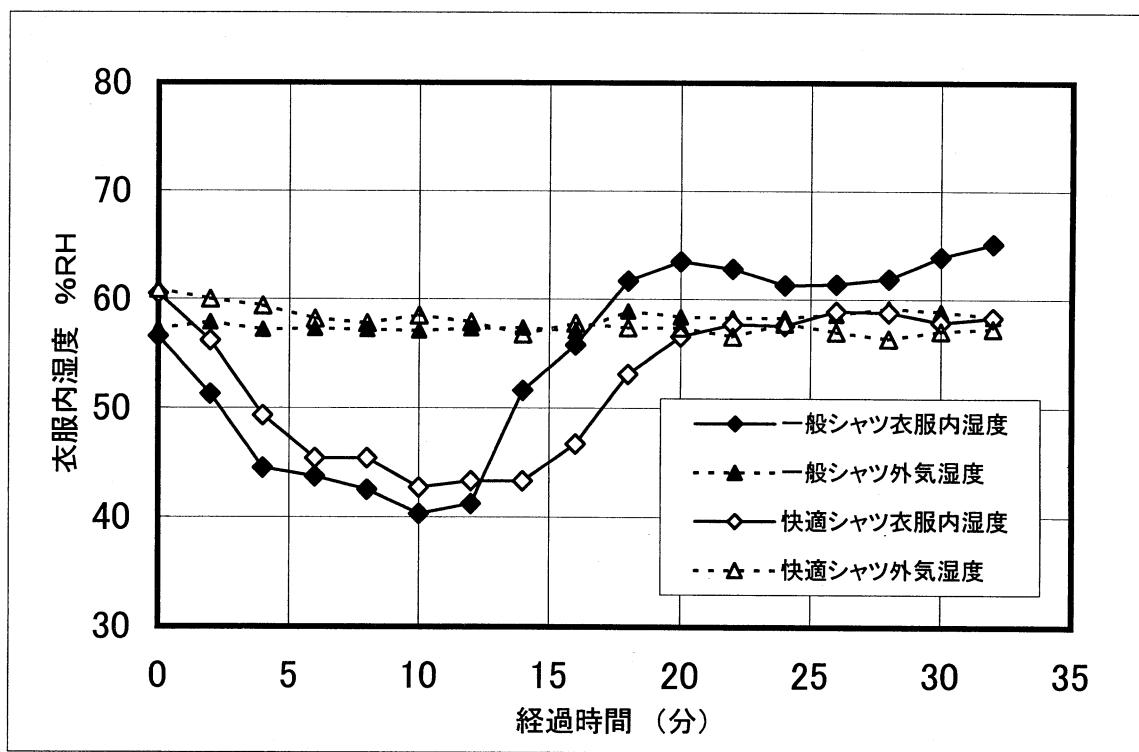


図2.9-3 着用試験での衣服内湿度

(4) 高性能発汗マネキンによる比較実験

(2) 項の供給電力値をもとに (3) 項の 2 種のカッターシャツの比較測定を実施した。

①着衣状態での出力電力を決めるための実験

室温 28°C の下で、2 種のカッターシャツを着用させ、表 2.9-1 (NUDE 時) に示した初期皮膚温に設定するための電力値をそれぞれ調べた (カッターシャツ + 作業ズボン着用、発汗しない状態)。表 2.9-3 にその結果を示す。初期皮膚温は同じでも着衣により供給電力が異なっている。以下で実施した発汗実験では、初期条件として一般シャツの供給電力値を用いた。

表 2.9-3 一般シャツと快適シャツとの供給電力の差 (発汗なし) (単位 : W/m²)

	体幹前・後	腰	左右腕	左右大腿	左右下腿	NUDE 時との差
一般シャツ	47.7	48.1	28.3	25.3	19.3	15.2
快適シャツ	51.6	49.1	30.7	25.3	19.3	13.6
						1.6

②プロトコル

実験の手順を次のようにした。

- a) 発汗開始を決めるための平均皮膚温はカッターシャツの評価を目的とするため、胸と上腕の平均値とし、計測画面上でモニタした。
- b) 各部位への供給電力を 10 分刻みに 0.2~0.3%づつ増加させることにより、平均皮膚温を上昇させ、33.0°C になった時点から発汗を開始させた。表 2.9-4 に各部位の供給電の値を示す。

表 2.9-4 各部位の供給電力 (単位 : W/m²)

分	体幹前	体幹後	腰	右腕	左腕	右大腿	左大腿	右下腿	左下腿
0	48.9	46.6	48.1	28.6	28.0	25.2	25.5	18.7	19.9
10	51.5	49.1	50.2	30.2	29.6	27.1	27.4	20.5	21.8
20	54.2	51.6	52.3	31.8	31.2	29.0	29.4	22.3	23.7
30	56.8	54.2	54.4	33.4	32.7	31.0	31.4	24.0	25.6
40	59.5	56.7	56.5	35.0	34.3	32.9	33.3	25.8	27.5
50	62.1	59.2	58.6	36.6	35.8	34.9	35.3	27.6	29.4
60	64.7	61.7	60.6	38.2	37.4	36.8	37.2	29.4	31.3
70	67.4	64.2	62.7	39.8	38.9	38.7	39.2	31.2	33.2
80	70.0	66.8	64.8	41.4	40.5	40.7	41.2	32.9	35.1
90	72.7	69.3	66.9	43.0	42.1	42.6	43.1	34.7	37.0
100	72.7	69.3	66.9	43.0	42.1	42.6	43.1	34.7	37.0
110	72.7	69.3	66.9	43.0	42.1	42.6	43.1	34.7	37.0
120	72.7	69.3	66.9	43.0	42.1	42.6	43.1	34.7	37.0

c)発汗量は各部位 $40\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 相当とした。発汗量の設定は被験者実験で約 $50\text{g}/\text{h}$ 相当の体重減少があったので、その 70~80%程度が蒸発すると仮定して各部位の発汗量を設定した。表 2.9-5 に各部位の発汗量設定を示す。ただし、発汗の開始時間は平均皮膚温が 33.0°C に達した時点である。

表 2.9-5 各部位の発汗量設定 ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

	体幹前	体幹後	腰	右腕	左腕	右大腿	左大腿	右下腿	左下腿
設定	60.0	60.0	50.0	45.0	45.0	50.0	50.0	50.0	50.0

③シャツでの比較結果および考察

外気の状態を図 2.9-4 (外気温度) および図 2.9-5 (外気湿度) に示す。エアコン空調ではあったが、温度の振れは小さくほぼ 28°C で安定しており、相対湿度も 3%RH 程度（絶対湿度で 2~3 mm Hg）の幅で収まっている。

皮膚温（接触温度センサ）の変化を図 2.9-6 に示す。供給電力が大きくなると皮膚温は上昇し、一般シャツでは 56 分に、快適シャツでは 66 分に、胸と上腕の平均皮膚温が 33.0°C に達した。皮膚温の上昇をモニタし、胸と腕の平均皮膚温 33.0°C に達した時に汗を吐出させたので、汗の吐出量（累積）は図 2.9-7 のように変化した。

発汗が始まると模擬皮膚が徐々に濡れていくため、胸、上腕とともに温度の低下し、一般シャツでは 80 分以降に、快適シャツでは発汗開始が遅れたので 90 分以降で、腕、上腕の温度が低下する。

図 2.9-8、図 2.9-9 はそれぞれ、胸・背・上腕の衣服内温度、衣服内湿度を示している。

一般シャツでは、胸と上腕の平均皮膚温が 56 分で 33.0°C に達したので、ここから全身 $40\text{g}/\text{h}$ 相当で発汗を開始した。これに伴い（遅れを生じながら）、皮膚温の低下、衣服内温湿度の上昇があった。

一方、快適シャツでは、一般シャツよりも皮膚温上昇が 10 分遅かった（従って発汗開始も遅い）。胸・上腕の皮膚温は一般シャツより上昇が遅く、上腕では顕著であった。背でも快適シャツの方が皮膚温が低かった。衣服内気候においても、快適シャツの温湿度が低く有利な方向であった。一般シャツよりも快適シャツの方が発汗開始が遅く、その遅れを考慮しても胸の衣服内湿度が低い傾向があった。

これらの結果から、衣服内湿度自体の差は極めて小さいが、一般シャツよりも快適シャツの方が皮膚温上昇を抑える効果が見られた。これは、生地の通気性・放熱性と衣服内湿度が小さいこと^{2.9-5)}に対応すると考えられる。

以上のように、供給電力制御による発汗マネキンでの着衣評価実験から、衣服の放熱性の違いによる発汗開始時期の差を捉えることができ、その結果として被験者実験の結果同様に衣服内湿度の差を捉えることができた。

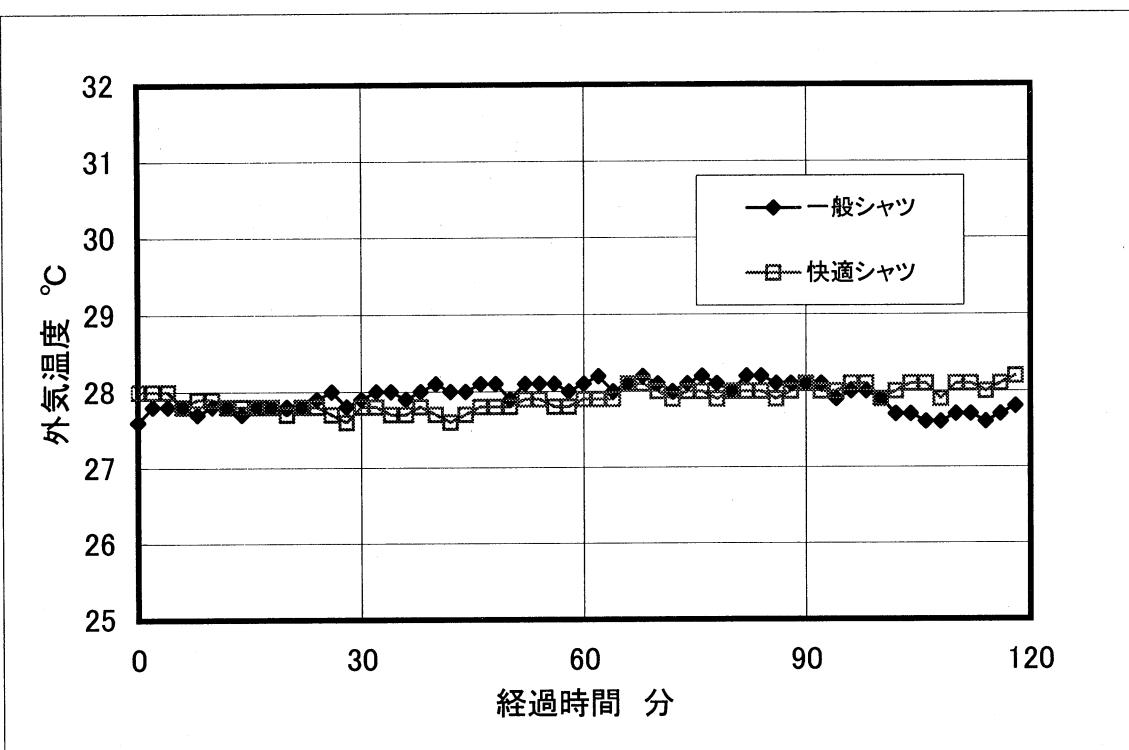


図2.9-4 外気温度

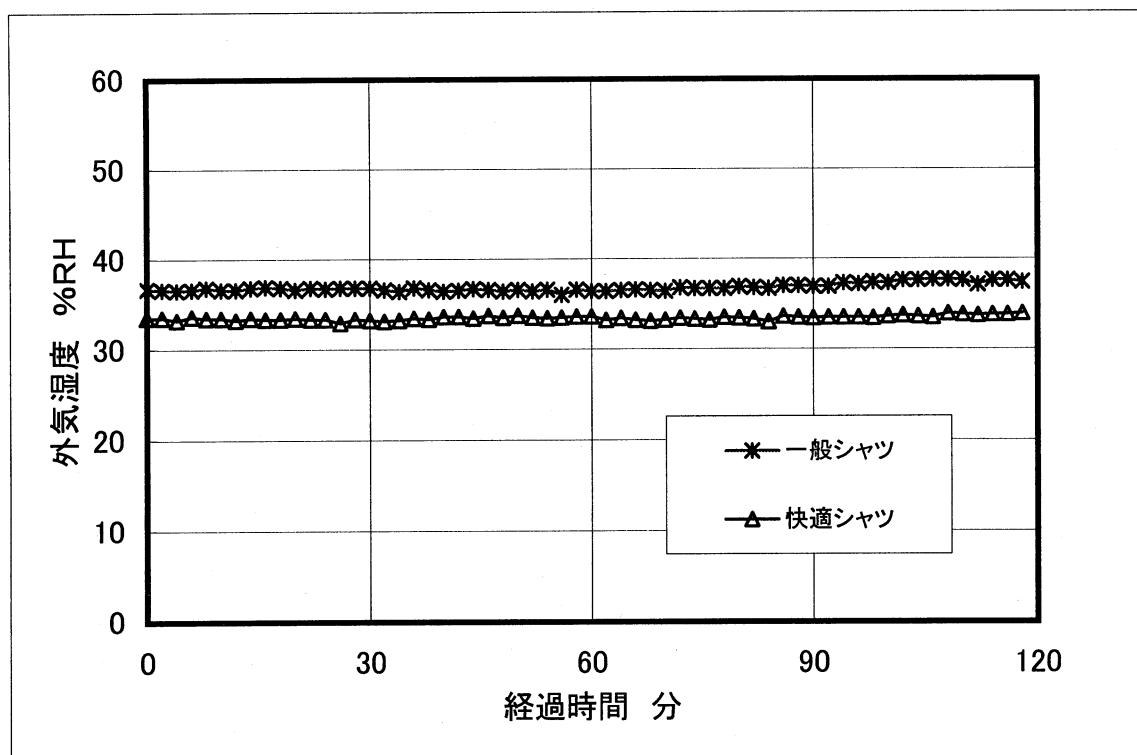


図2.9-5 外気湿度

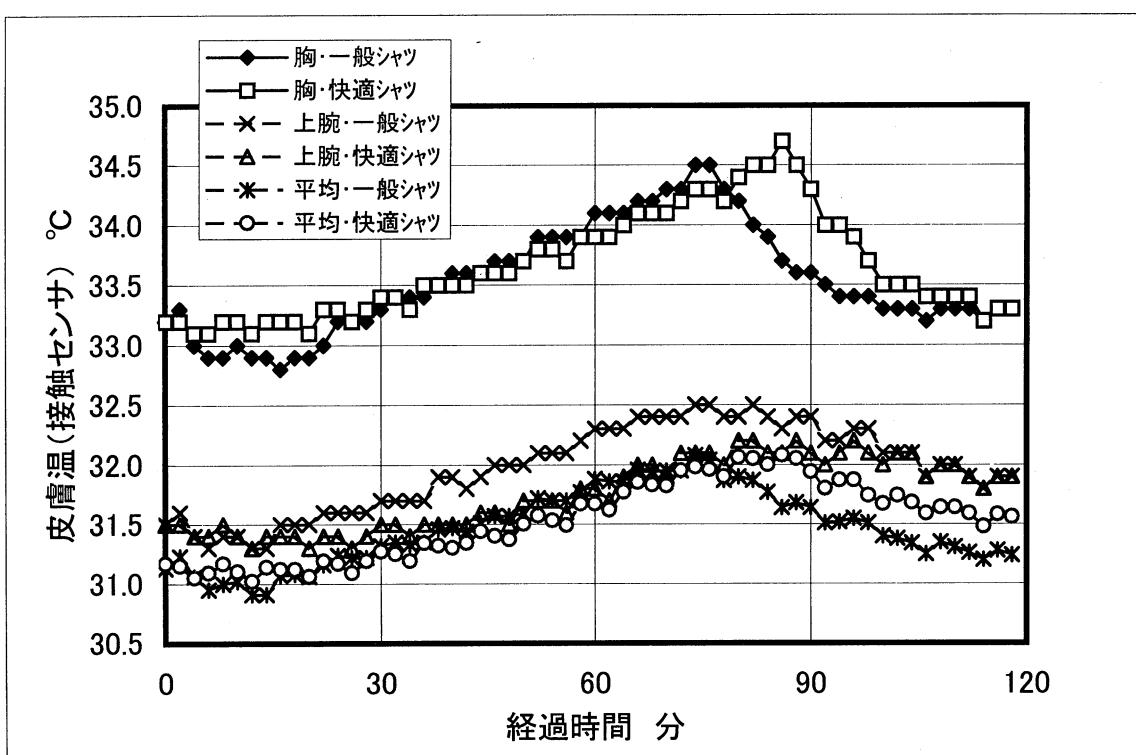


図2.9-6 皮膚温（胸・上腕）の経時変化

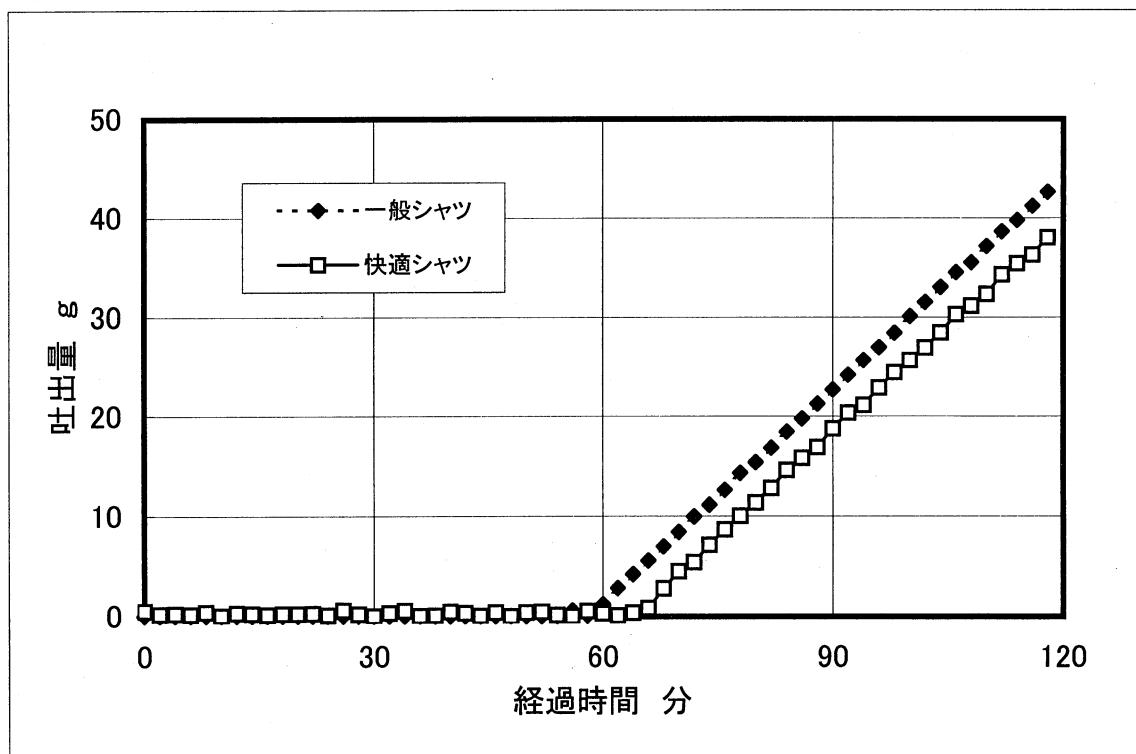


図2.9-7 発汗量（吐出量）の経時変化

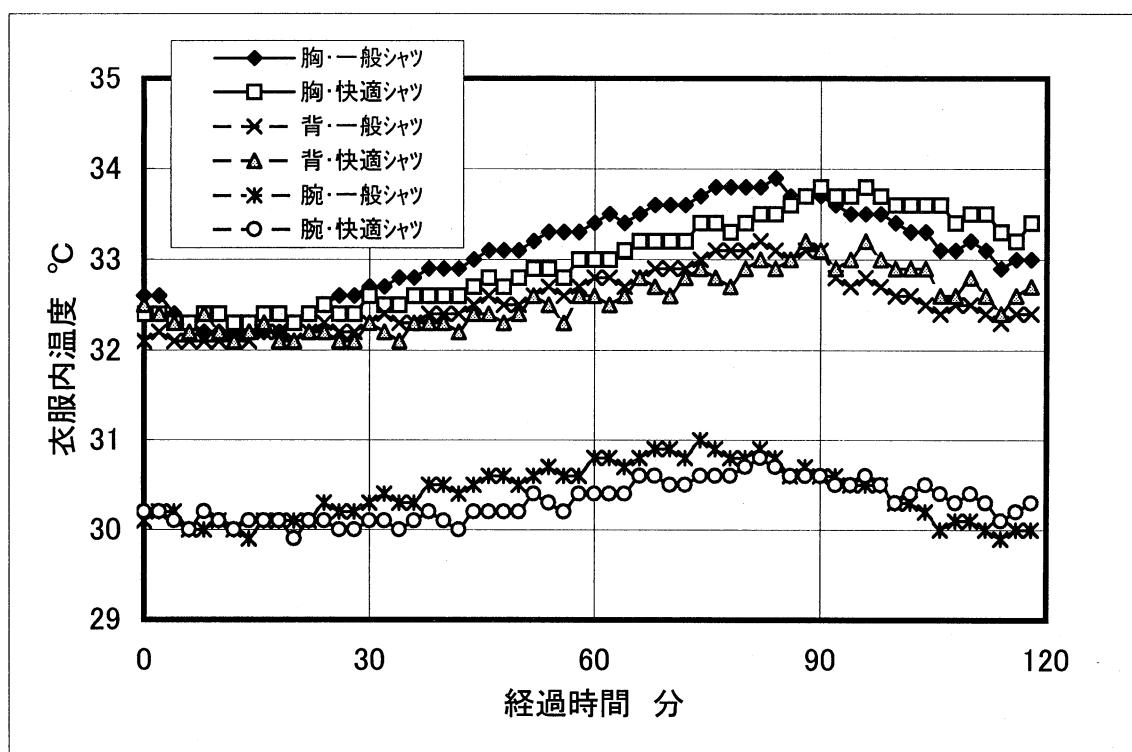


図2.9-8 衣服内温度の比較

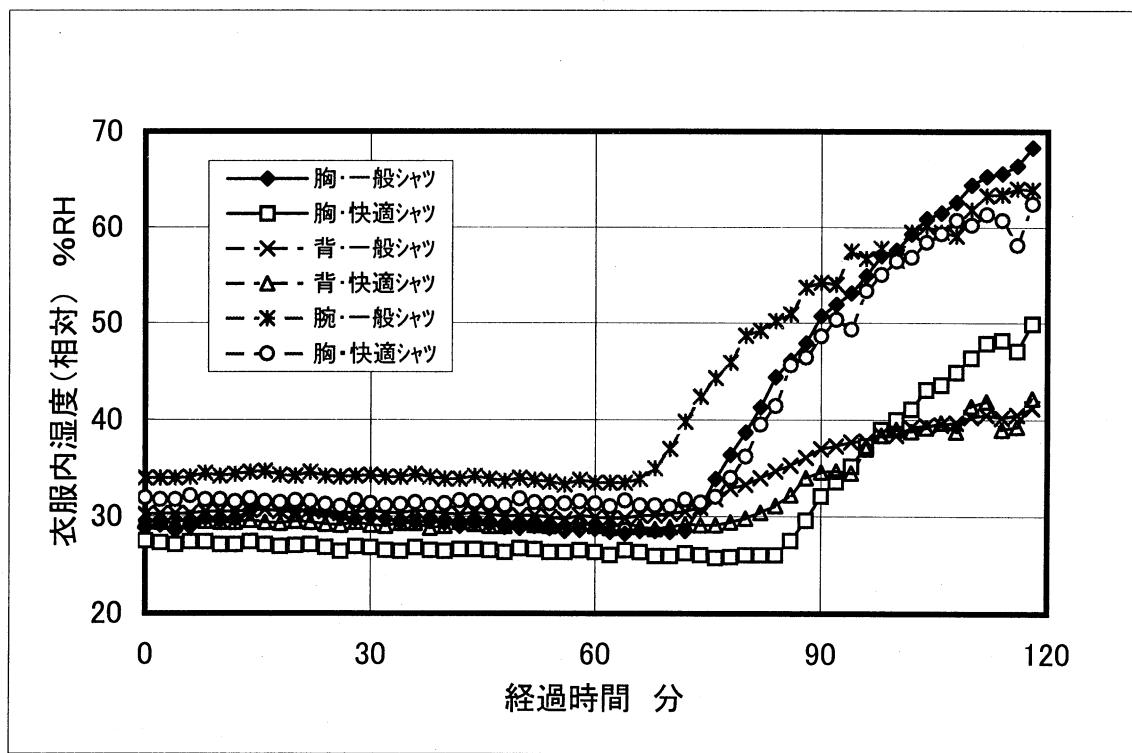


図2.9-9 衣服内湿度の比較

2. 9. 4 まとめと今後の課題

この研究では、高性能発汗マネキンを用いた一連の検討により次のことがわかった。

- ① 供給電力制御実験（室温 28℃設定）において被験者による着用感に差のある2種のカッターシャツを評価した。着心地において比較品よりも良いシャツは、1) 皮膚温の上昇が遅く、2) それに伴う発汗開始も遅くなり、3) 衣服内温度が低くなることが分かった。
- ② これらは、被験者実験での衣服内温度の差に対応する結果である。

これらの検討より、当初計画した目標を予定通り達成することができた。

今後は、これらの検討結果をベースに高性能発汗マネキンを活用して、衣服、寝具、椅子などの製品のむれ感・暑熱感に関する設計支援、高齢者の皮膚温・発汗量のデータを高性能発汗マネキンの運転条件とする評価技術の構築などに展開して行きたい。

なお、この研究は「人間感覚データベース構築モデル事業」の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの依託により、社団法人人間生活工学研究センター（HQL）を通して行われたものである。

2. 9. 5 参考文献

- 2.9-1) Rokuro Morishita, Minoru Saito, Kazuyoshi Tsuchida and Takashi Harada; Pre-print, 'Studies on Micro-climate within Clothing and the Equipment for its Evaluation', p.83, The 3rd International Symposium on Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji(The Japan Research Association for Textile End-uses), 1994.10.23-25
- 2.9-2) 森下禄郎："「人間感覚計測応用技術」特集 衣服の設計指針－高性能発汗マネキン－"、纖維学会誌（纖維と工業），52, P-366(1996)
- 2.9-3) 原田、森下："機能性纖維素材の開発動向 1. 汗・水分への対応"、纖維製品消費学会誌，38, p.362(1997)
- 2.9-4) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、社団法人人間生活工学研究センター；平成9年度 人間感覚計測応用技術の研究開発委託研究成果報告書、第Ⅱ編 本論編, 第13章 衣服の設計指針, p.239(1998)
- 2.9-5) 東洋紡快適サイエンス[28℃適応]快適シャツの展開, 田端利行, 加工技術, 34, 7, 455(1999)

2. 10 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果

(大阪大学)

2. 10. 1 被験者の身体特性

表2. 10-1に被験者の身体特性を示す。被験者は61歳から76歳までの高齢者群と、22歳から27歳までの若年者群の2群を対象として実験を行った。

表2. 10-1 被験者の身体特性

	年齢	性別	身長	体重
若年者	22歳	女性	162cm	48Kg
	23歳	女性	154cm	48Kg
	23歳	女性	162cm	53Kg
	23歳	女性	158cm	41Kg
	24歳	女性	160cm	50Kg
	27歳	女性	157cm	52Kg
高齢者	61歳	女性	162cm	65Kg
	65歳	女性	153cm	64Kg
	67歳	女性	158cm	59Kg
	68歳	女性	162cm	62Kg
	72歳	女性	157cm	58Kg
	73歳	女性	146cm	46Kg
	76歳	女性	143cm	49Kg

2. 10. 2 実験条件

被験者には座位で安静をとらせた。標準温度刺激(図2. 10-1)で無風、湿度は50%に維持した。まず、気温26℃の部屋で60分間、被験者に座位姿勢で安静をとらせ、その後30分かけて部屋の温度を20℃まで低下させ、その後90分かけて部屋の温度を35℃まで上昇させ、その後60分間その温度を維持した。240分間の実験を通して部屋の相対湿度は50%に維持した。

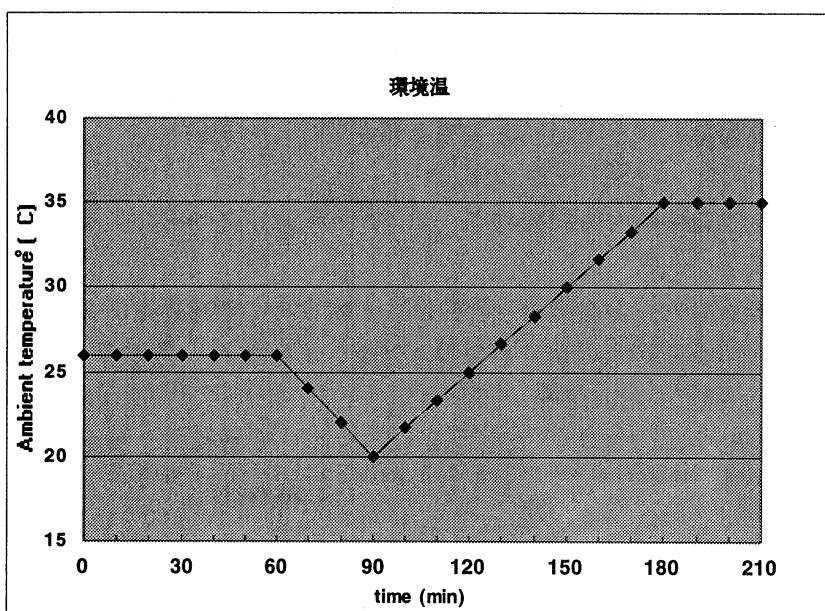


図2. 10-1
標準温度刺激

2. 10. 3 測定項目

直腸温、皮膚温（前額、胸部、腹部、上腕、前腕、大腿、下腿）、胸部発汗率、胸部皮膚血流量、心拍数、動脈血圧をそれぞれ計測した。実験後、各皮膚温から平均皮膚温を、直腸温と平均皮膚温から平均体温を算出した。また、実験中には被験者に温冷感、快適感、湿润感を自己申告させた。

2. 10. 4 実験着衣

被験者は下着（ブラジャー、ショーツ）をつけ、上半身に内衣（エステルキュプラ丸編み）を着用し、その上から標準中衣（綿100%、通気度大）着衣した。

2. 10. 5 実験結果

直腸温（図2. 10-2）は常に高齢者のほうが高い。またその変化量を表す図からわかるように、高齢者は若年者に比べて環境温の変化に対して直腸温の変動が大きい。血圧（図2. 10-3）は高齢者が若年者よりもかなり高い。環境温が下がると高齢者の直腸温は低下し、血圧は上昇する傾向を示した。その際心拍数（図2. 10-4）はむしろ低下傾向にあることから、高齢者の寒冷時の血圧の上昇は血管収縮によるものだと推察される。しかし胸部の皮膚血流量（図2. 10-5）は環境温低下時にも安静時と変わらないので、他の部位で血管が収縮していると考えられる。一方、若年者の直腸温は寒冷時に変化はほとんどなく、血圧、心拍数も特に変動はしていない。続いて環境温が上昇し始めると皮膚温は両群ともほぼ同時に上がり始めるが、直腸温は若年者のほうが早く上昇し始める。直腸温つまり核心温の上昇に伴い、皮膚血流量が増加する。やはり若年者のほうが早く増加し始める。また、発汗率は若年者は皮膚血流量の増加にやや遅れて上昇し始めるが、高齢者は最後の30分になってようやく発汗活動が見られた。しかも、その大きさは明らかに若年者よりも小さかった。

このように高齢者は環境温の変化に対して身体の内部の温度つまり核心温を一定範囲に保つことができない。それでいながら寒冷刺激に対しても暑熱刺激に対しても体温調節系の反応は若年者よりも遅れる傾向が見られた。特に暑熱に対する強力な熱放散機構である発汗反応が弱いことが明らかになった。

さらに主観的な感覚については、温冷感（図2. 10-6）は若年者が寒冷に対しても暑熱に対しても反応が早かった。感覚の入力として皮膚温の変化とそれに対する感覚をプロットした図を見ると、高齢者は若年者に比べ、感覚が鈍いといえる。高齢者は温度負荷に対して核心温が大きく変動していながら、感覚として認知する能力が弱まっていることが明らかになった。

6) 結論

高齢者は環境温の変動に対して体温調節系の反応が減弱しており、若年者に比べて核心温を一定に保つことができない。特に発汗反応が衰えている。さらに核心温の変化に対する主観的な温度感覚も若年者より鈍いことが明らかになった。このことは高齢者は感覚にだけ頼ると体温が正常に維持されない可能性のあることを示唆している。つまり暑熱刺激が暑くなくとも生理的にはストレスとなり、体温上昇を招いて、しかも発汗などの生理反応も減弱しているためにそれも有効には働きえず、ますます体温が上昇するという悪循環に陥る可能性がある。高齢者の衣服を設計するに場合にはこのような高齢者特有の生理的特性を考慮することが必要であろう。また将来的には高齢者の生理的・感覚的衰えを補完するような衣服（例えば感覚の鈍化を補って環境温や体温の上昇を知らせるようなインテリジェント機能をもったもの）の開発も望まれる。

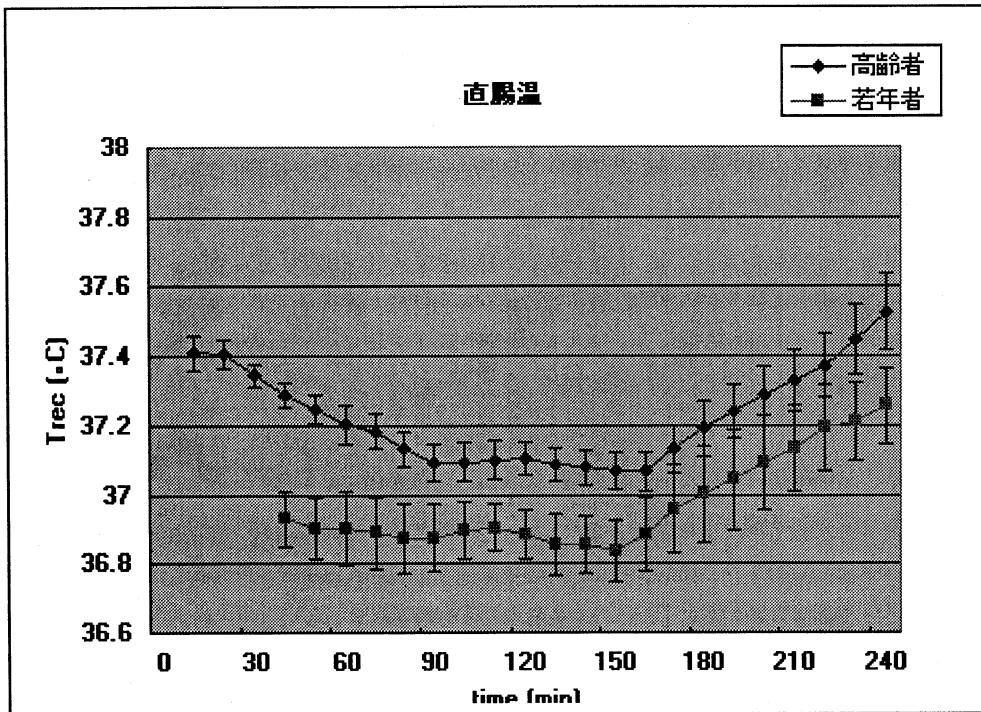


図2. 10-2 直腸温

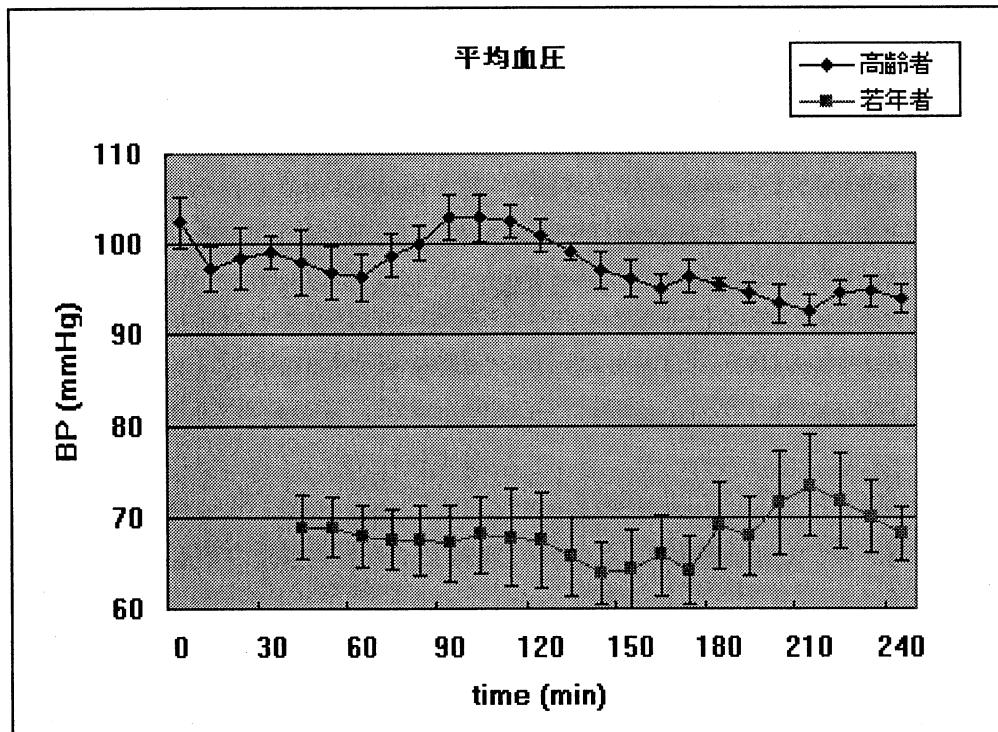


図2. 10-3 血压

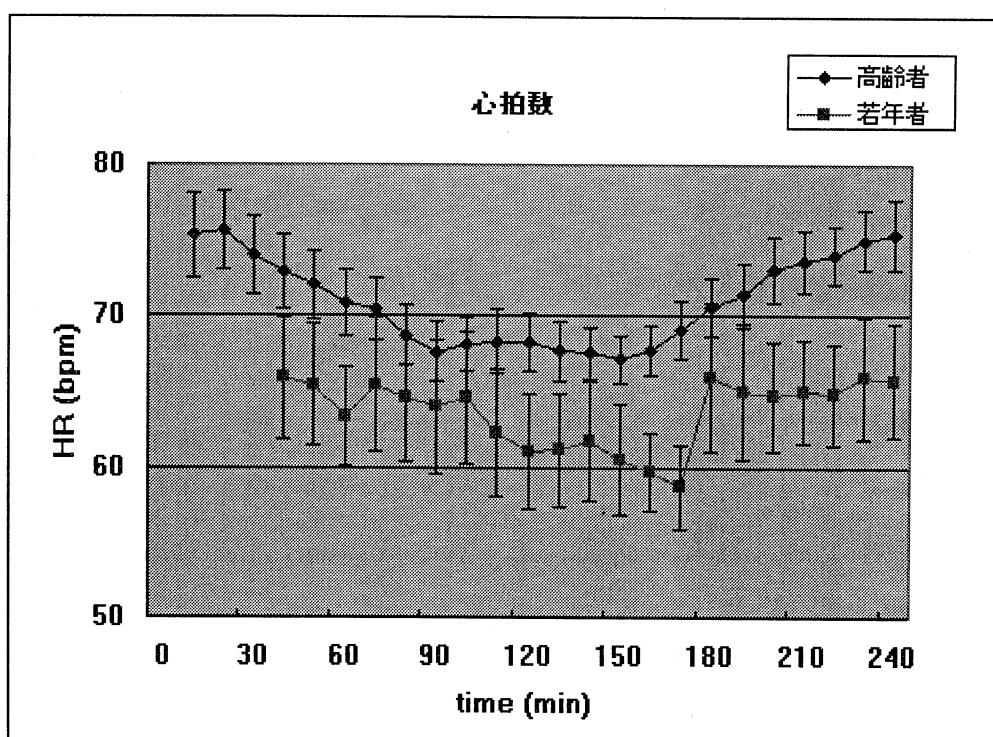


図2. 10-4 心拍数

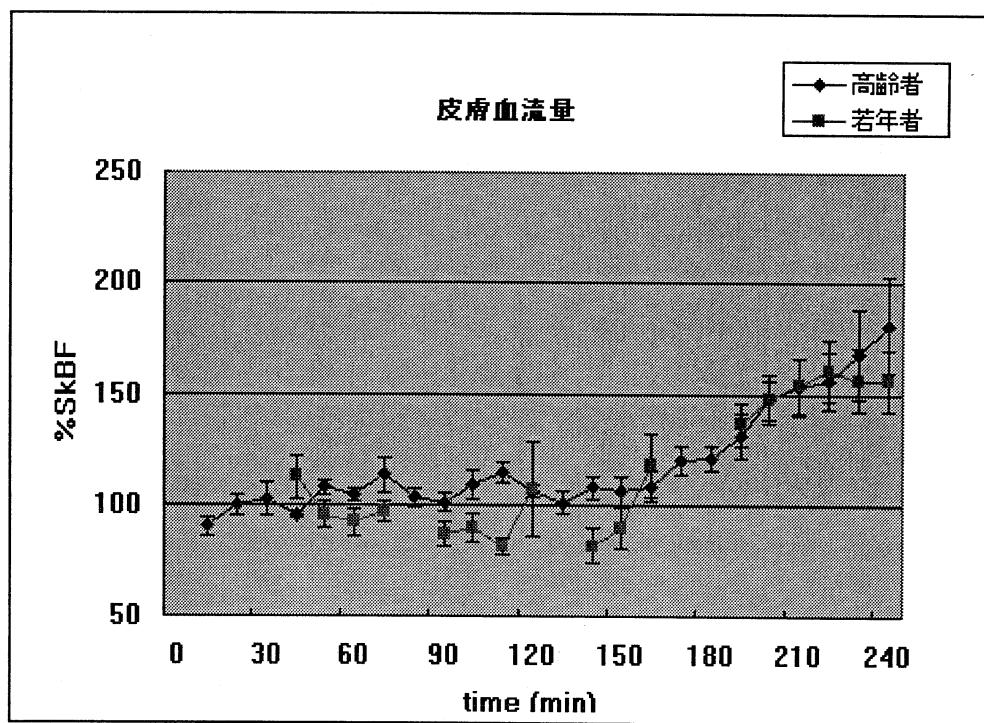


図2. 10-5 皮膚血流量

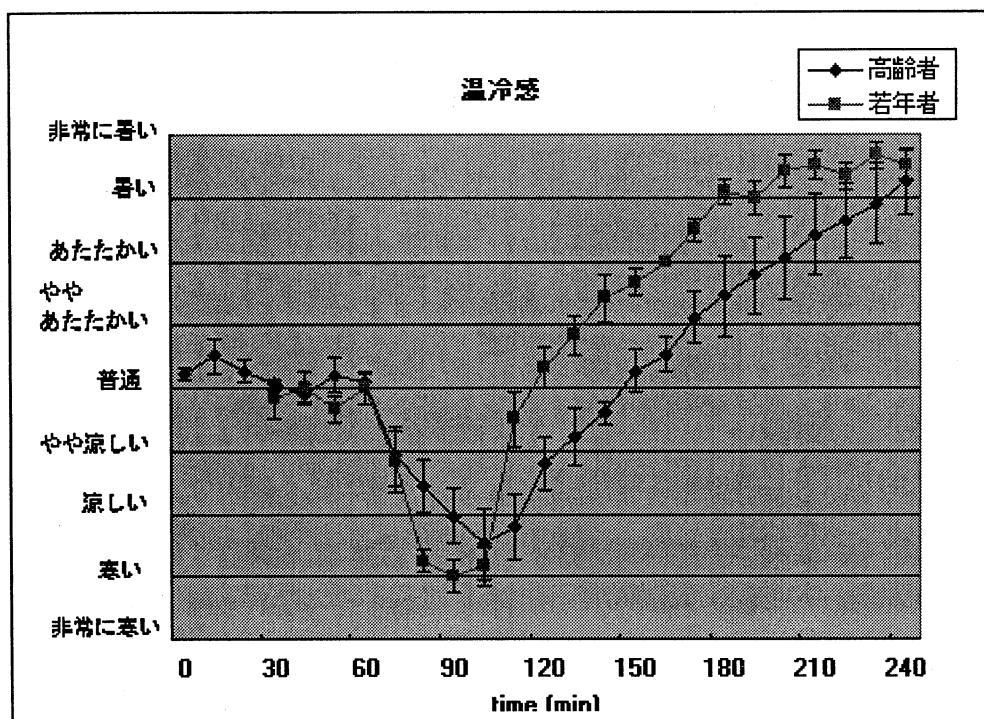


図2. 10-6 温冷感

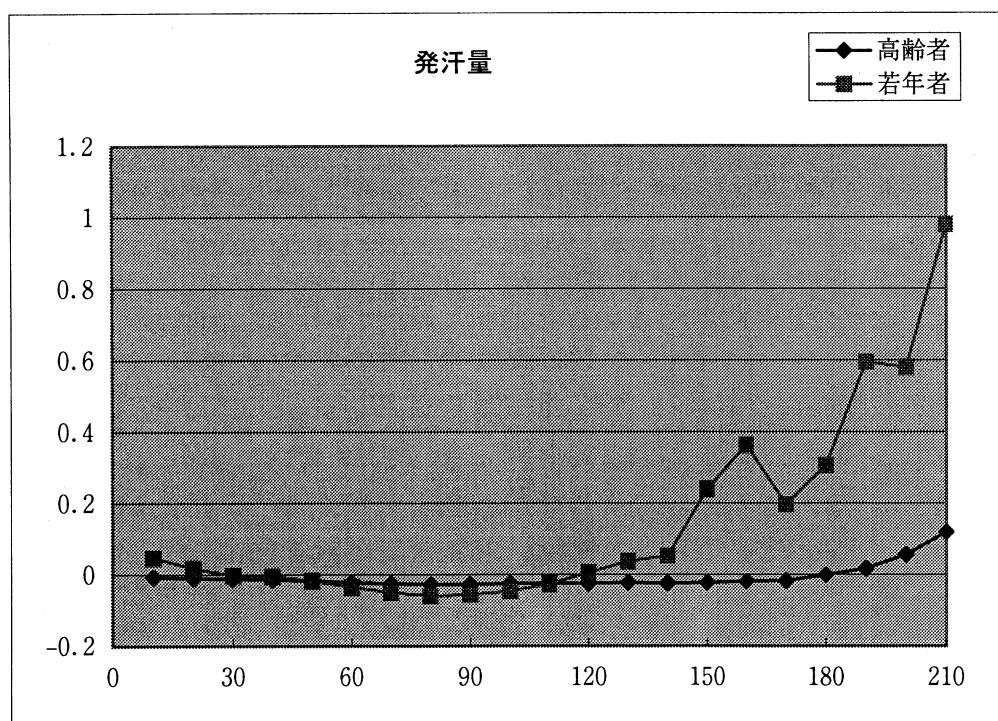


図2. 10-7 発汗量

2. 11 衣料製品設計支援のためのデータベースシステム

(社団法人 人間生活工学研究センター)

2. 11. 1 データベースシステムの概要

2. 2～10の研究成果を広く世の中に公開し、衣服設計に役立てもらうために「衣料製品設計支援のためのデータベースシステム」を開発した。つまり、夏用の衣服を想定し、その評価のために開発した標準的な測定プロトコル及びこれを用いた内衣・中衣の評価実験結果、さらに若年者と高齢者の生理・感覚量の比較実験の結果をデータベースとして収録した。

データベースでいう「データ」とは単に数値データだけを指すのではなく、図・表のグラフィックデータや結果・考察を記述したものを含めている。「データベース」は、それらのデータを体系的に整理し、収録したもの指し、これに利用者の使いやすさを工夫したインターフェースソフトを附加したものと「データベースシステム」と呼ぶこととする。

2. 11. 2 データベースシステムの構成

本データベースシステムは、以下の3つの部分から構成されている。

(1) 体温調節能の評価方法

本プロジェクトで開発した体温調節能の評価方法とその検証結果を見る能够である。

(2) 肌着、シャツ、スラックスの評価事例

開発した評価方法を用いて、「涼しい」肌着、「涼しい」シャツ、「涼しい」スラックスの評価結果を見る能够である。

(3) 体温調節能データベース

高齢者を中心に計測した体温調節能の個人データを抽出する能够である。

2. 11. 3 データベースシステムの利用方法

以下に本データベースの利用方法を示す。なお、本システムはHTML形式で作成したコンテンツの集まりであり、ホームページの閲覧の様に、複雑なシステム操作の知識なしに希望の情報を取り出せるように極力工夫した。

<初期画面>

衣服設計支援のための人間感覚データベース

このデータベースは、特に衣服と人の体温調節の関係に注目し、その評価方法や高齢者を中心とした体温調節能の特性データを収録したものです。

本データベースの概要
(最初にこちらをお読みください)

■ メニューをお選びください ■

▶ 体温調節能の評価方法	本プロジェクトで開発した体温調節能の評価方法とその検証結果を紹介します。
▶ 肌着、シャツ、スラックスの評価事例	「涼しい」肌着、「涼しい」シャツ、「涼しい」スラックスの評価事例を紹介します。
▶ 体温調節能データベース	高齢者を中心に計測した体温調節能のデータを提供します。
▶ 人間特性データベースの紹介	作業環境の評価やモノづくりの基本となる「人間の諸特性に関するデータベース」を紹介します。

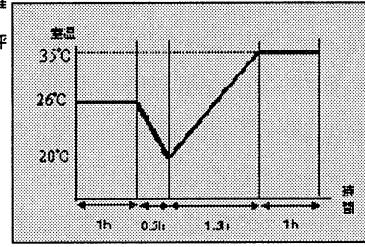
(1) 体温調節能の評価方法

体温調節能の評価方法

■ 評価方法の開発背景
「高齢者にやさしい衣料」を設計開発するには、高齢者に特有の生理特性についての正確な理解が不可欠です。そこでその基盤となる高齢者の感覚・生存能データ取得のための測定方法と評価基準を確立し、高齢者を中心としたデータ収集およびプロトタイプ衣服の評価を試みました。

■ 体温調節能の評価方法
夏の衣服に特化し、体温調節に重要な“暑さ”的感覚、生理反応(発汗など)と環境温度刺激の関係を評価する測定基準を確立しました。

■ 温度刺激の時間的変動に対する測定基準
暑さに対してヒトはまず皮膚血流を増加させて熱を体外に逃がすことで対処します。そして、それでは不十分の場合には汗をかいて蒸発による熱放散を盛んにします。このデータベースで想定している内衣、中衣を着用したときのこの2つの対暑反応(皮膚血流増加、発汗)の強さが評価できるように図のような環境温度刺激を設定しました。つまり、
(1) “暑さ”・“寒さ”を感じない中性温度(26°C)に1時間安静にし、これで安定な初期状態を得る。
(2) 30分間で20°Cまで環境温度を低下させる。この寒冷刺激によって皮膚血流が最低のレベルまで低下し、また発汗もない状態をつくる。
(3) つぎに1.5時間で35°Cまで環境温度を上げ、さらに1時間35°Cに保つ。この刺激で先ず皮膚血流の増加、そして発汗が起こる。
加温がゆっくりであるので皮膚血流、発汗反応それぞれの特性を厳密に解析することが可能です。温度以外には湿度50%、無風で、被験者は安静に椅子に座った状態を基準のものとしています。温度、風、運動は当然ヒトの温熱反応に影響するので、それは別のシリーズの実験で検討します。



TopMenu [風の影響について](#) / [温度の影響について](#) / [運動能力の影響について](#) Back

評価方法の開発背景、体温調節能の評価方法（概要）とその詳細（温度刺激の時間的変動に対する測定基準）に関する情報が表示される。評価方法の詳細については「2. 2 体温調節能の評価方法開発とプロトタイプ衣服の評価」を参照のこと。

また、衣服の評価に大きく影響する湿度、運動、風の影響についてこのページから該当ページへリンクするよう工夫した。

(2) 肌着、シャツ、スラックスの評価事例

肌着、シャツ、スラックスの評価事例

■ 今回使用した実験用着衣の評価結果は以下の通りでした。

1. 今回使用した実験用着衣の種類とその特性 (1) 热・水分移動特性について
(2) シャツ・スラックスについて
(3) 肌着について

2. 発汗サーマルマネキンを用いた評価結果 (1) 発汗サーマルマネキンについて
(2) 発汗サーマルマネキン測定条件
(3) 測定結果1: 無風時の衣服内気候
(4) 測定結果2: 有風時の衣服内気候
(5) 測定結果3: まとめ

3. 被験者を用いた評価結果 (1) 標準条件での評価結果(シャツ・スラックスの場合)
(2) 標準条件での評価結果(肌着の場合)
(3) 風の影響について
(4) 温度の影響について
(5) 運動能力の影響について

4. 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果

肌着、シャツ、スラックスの評価結果および高齢者と若年者の体温調節能の比較結果を以下のように整理して収録した。

1. 今回使用した実験用着衣の種類とその特性
 - (1) 热・水分移動特性について
 - (2) シャツ・スラックスについて
 - (3) 肌着について
2. 発汗サーマルマネキンを用いた評価結果
 - (1) 発汗サーマルマネキンについて
 - (2) 発汗サーマルマネキン測定条件
 - (3) 測定結果1：無風時の衣服内気候
 - (4) 測定結果2：有風時の衣服内気候
 - (5) 測定結果3：まとめ
3. 被験者を用いた評価結果
 - (1) 標準条件での評価結果（シャツ・スラックスの場合）
 - (2) 標準条件での評価結果（肌着の場合）
 - (3) 風の影響について
 - (4) 湿度の影響について
 - (5) 運動能力の影響について
4. 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果

情報の表示例の幾つかを以下に示す。

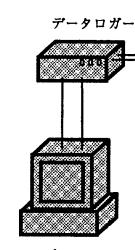
1. 今回使用した実験用着衣の種類とその特性

肌着、シャツ、スラックスの評価事例

■ 今回使用した実験用着衣の評価結果は以下の通りでした。

1. 今回使用した実験用着衣の種類とその特性
(1) 热・水分移動特性について
(2) シャツ・スラックスについて
(3) 肌着について
2. 発汗サーマルマネキンを用いた評価結果
(1) 発汗サーマルマネキンについて
(2) 発汗サーマルマネキン測定条件
(3) 測定結果1：無風時の衣服内気候
(4) 測定結果2：有風時の衣服内気候
(5) 測定結果3：まとめ
3. 被験者を用いた評価結果

熱・水分移動特性について



精密温調空気供給装置

2. 発汗サーマルマネキンを用いた評価結果

肌着、シャツ、スラックスの評価事例

■ 今回使用した実験用着衣の評価結果は以下の通りでした。

1. 今回使用した実験用着衣の種類とその特性 (1)熱・水分移動特性について
(2)シャツ・スラックスについて
(3)肌着について

2. 発汗サーマルマネキンを用いた評価結果 (1)発汗サーマルマネキンについて
(2)発汗サーマルマネキン測定条件
(3)測定結果1:無風時の衣服内気候
(4)測定結果2:有風時の衣服内気候
(5)測定結果3:まとめ

3. 被験者を用いた評価結果 (1)標準条件での評価結果(シャツ・スラックスの場合)
(2)標準条件での評価結果(肌着の場合)

4. 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果

発汗サーマルマネキンについて

3. 被験者を用いた評価結果

肌着、シャツ、スラックスの評価事例

■ 今回使用した実験用着衣の評価結果は以下の通りでした。

1. 今回使用した実験用着衣の種類とその特性 (1)熱・水分移動特性について
(2)シャツ・スラックスについて
(3)肌着について

2. 発汗サーマルマネキンを用いた評価結果 (1)発汗サーマルマネキンについて
(2)発汗サーマルマネキン測定条件
(3)測定結果1:無風時の衣服内気候
(4)測定結果2:有風時の衣服内気候
(5)測定結果3:まとめ

3. 被験者を用いた評価結果 (1)標準条件での評価結果(シャツ・スラックスの場合)
(2)標準条件での評価結果(肌着の場合)
(3)風の影響について
(4)湿度の影響について
(5)運動

4. 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果

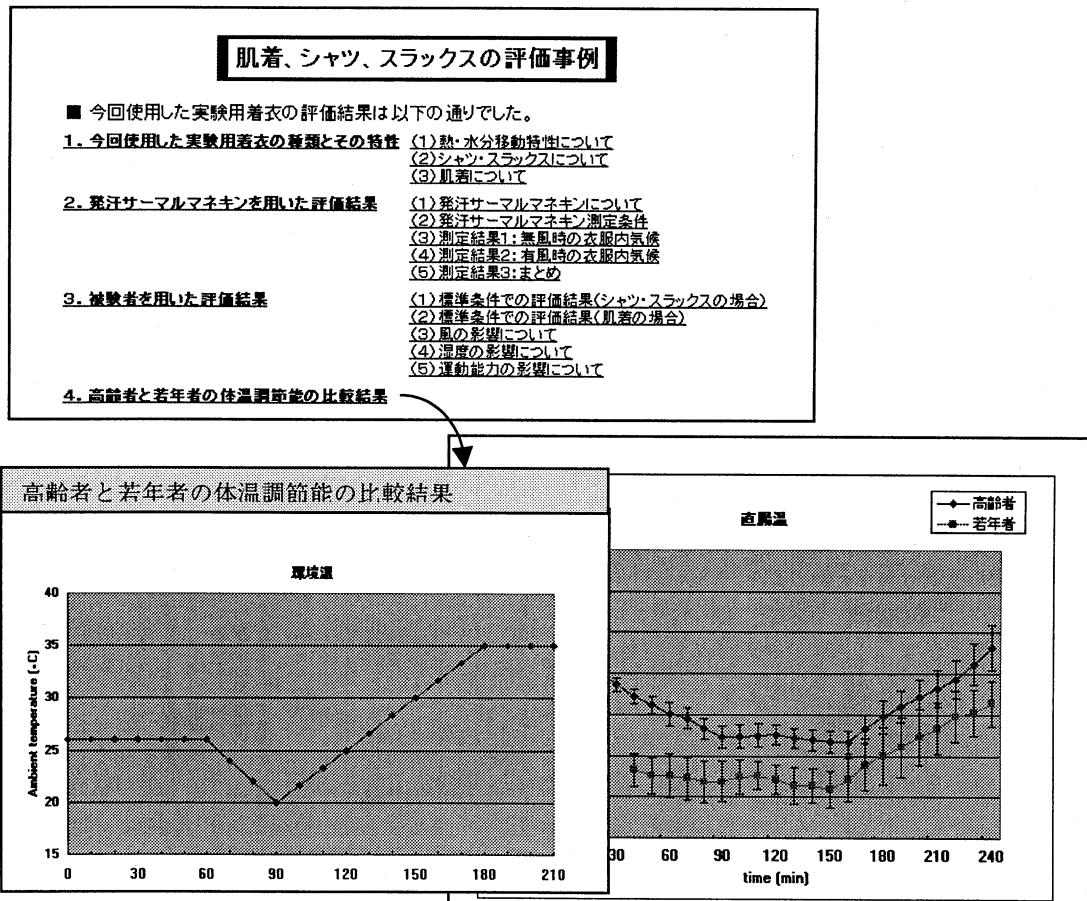
標準条件での評価結果

表1 被験者の身体特性

	身長, cm	体重, kg	除脂肪体重, kg	体脂肪率, %	VO _{2max} , ml/kg/min
平均値 ±標準偏差	159.6 ±3.7	49.9 ±2.5	40.0 ±1.9	19.8 ±4.3	42.6 ±5.8

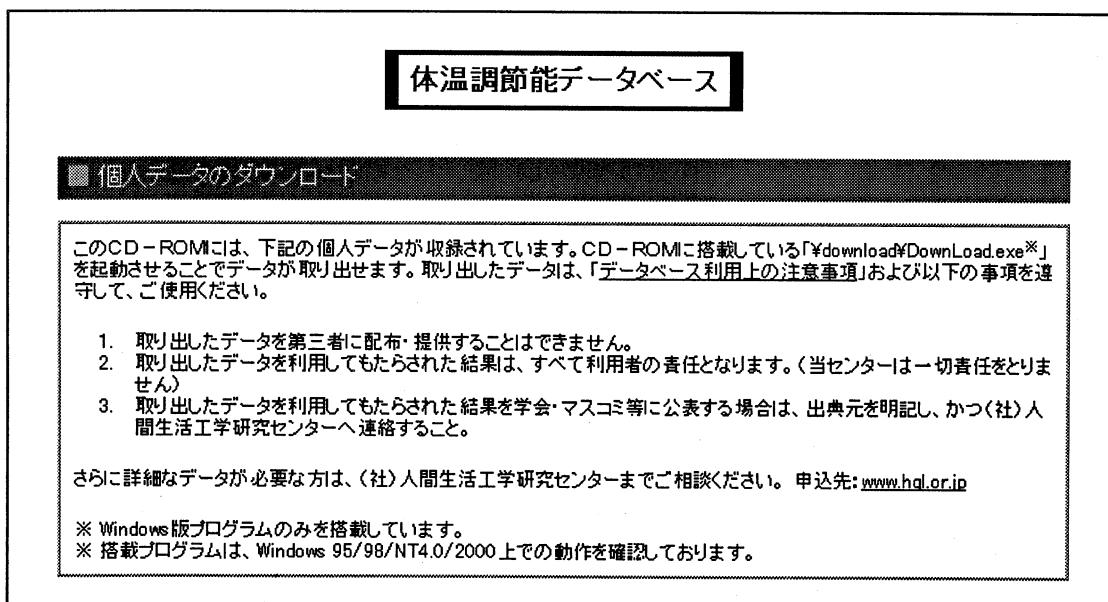
図5 主観的温度

4. 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果



(3) 体温調節能データベース

付属のプログラムを使用して個人データのダウンロードができる仕組みになっている。



1) 収録データについて

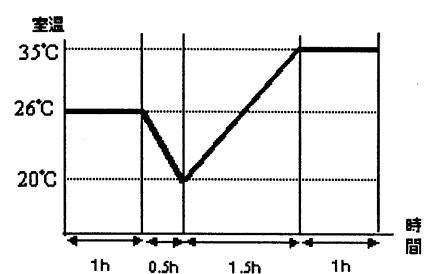
● 収録データについて

- 被験者属性
- 測定項目
- 測定基準
- プログラムの使用方法
- 高齢者と若年者の体温調節能の比較結果

被験者属性

高齢者(60代・70代)	サンプル数: 7名
若年者(20代)	サンプル数: 6名

測定基準



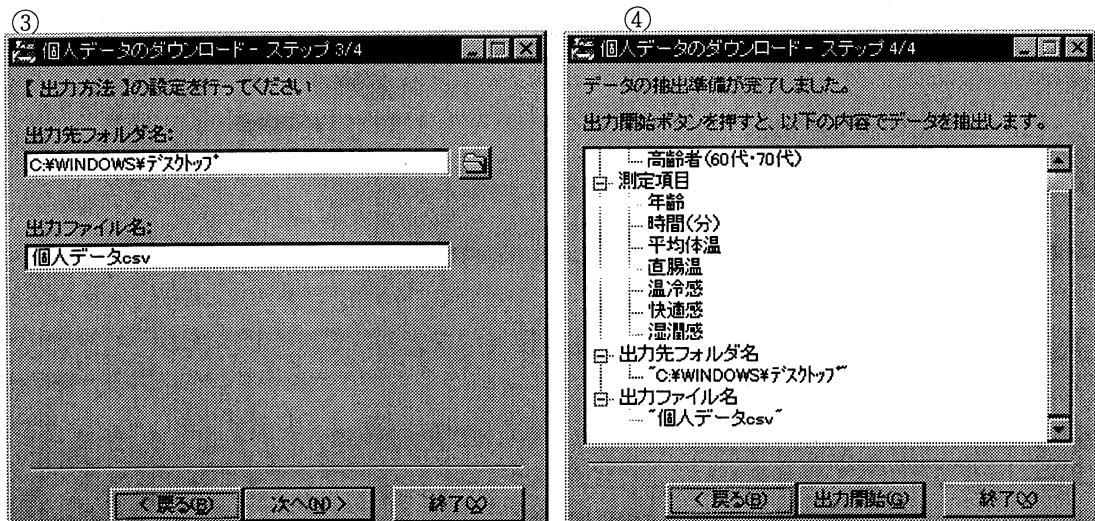
測定項目

基本項目	1) 性別 2) 年齢 3) 身長 4) 体重 5) 時間(分) 6) 環境温
	7) 平均体温 8) 直腸温 9) 直腸温変化分 10) 皮膚温 11) 平均血圧 12) 心拍数 13) 皮膚血流量 14) 局所発汗量
生理量	15) 温冷感 16) 快適感 17) 湿潤感
心理量	

2) プログラムの使用方法およびデータの取扱いについて

以下の①～④の画面に表示される指示に従って操作することで、個人データをテキスト形式で抽出することができる。

<p>①</p> <p>個人データのダウンロード - ステップ 1/4</p> <p>抽出対象とする【年代】を選択してください</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">年代</th> <th style="width: 10%;">サンプル数</th> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 若年者</td> <td>20代</td> <td>6名</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> 高齢者</td> <td>60代・70代</td> <td>7名</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">戻る 次へ 終了</p>	年代	サンプル数	<input type="checkbox"/> 若年者	20代	6名	<input checked="" type="checkbox"/> 高齢者	60代・70代	7名	<p>②</p> <p>個人データのダウンロード - ステップ 2/4</p> <p>抽出対象とする【測定項目】を選択してください</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">基本項目</td> <td style="width: 33%;">生理量</td> <td style="width: 33%;">心理量</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> 年齢</td> <td><input type="checkbox"/> 平均体温</td> <td><input type="checkbox"/> 温冷感</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> 時間(分)</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 直腸温</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 快適感</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 環境温</td> <td><input type="checkbox"/> 直腸温変化分</td> <td><input type="checkbox"/> 濡潤感</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 皮膚温</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 平均血圧</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 心拍数</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 皮膚血流量</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 発汗量</td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">戻る 次へ 終了</p>	基本項目	生理量	心理量	<input checked="" type="checkbox"/> 年齢	<input type="checkbox"/> 平均体温	<input type="checkbox"/> 温冷感	<input checked="" type="checkbox"/> 時間(分)	<input checked="" type="checkbox"/> 直腸温	<input checked="" type="checkbox"/> 快適感	<input type="checkbox"/> 環境温	<input type="checkbox"/> 直腸温変化分	<input type="checkbox"/> 濡潤感		<input type="checkbox"/> 皮膚温			<input type="checkbox"/> 平均血圧			<input type="checkbox"/> 心拍数			<input type="checkbox"/> 皮膚血流量			<input type="checkbox"/> 発汗量	
年代	サンプル数																																			
<input type="checkbox"/> 若年者	20代	6名																																		
<input checked="" type="checkbox"/> 高齢者	60代・70代	7名																																		
基本項目	生理量	心理量																																		
<input checked="" type="checkbox"/> 年齢	<input type="checkbox"/> 平均体温	<input type="checkbox"/> 温冷感																																		
<input checked="" type="checkbox"/> 時間(分)	<input checked="" type="checkbox"/> 直腸温	<input checked="" type="checkbox"/> 快適感																																		
<input type="checkbox"/> 環境温	<input type="checkbox"/> 直腸温変化分	<input type="checkbox"/> 濡潤感																																		
	<input type="checkbox"/> 皮膚温																																			
	<input type="checkbox"/> 平均血圧																																			
	<input type="checkbox"/> 心拍数																																			
	<input type="checkbox"/> 皮膚血流量																																			
	<input type="checkbox"/> 発汗量																																			



取り出したデータの取扱いについて、利用者には以下の事項の遵守を示している。

1. 取り出したデータの第三者へ配布・提供の禁止。
2. 取り出したデータを利用してもたらされた結果に関する責任の所在。
(利用者が責任を負う。)
3. 取り出したデータを利用してもたらされた結果を学会・マスコミ等に公表する場合の届出。

2. 11. 5 まとめ（データベースシステムの成果普及）

開発したデータベースシステムはブラウザソフトで閲覧できるようにHTML形式で作成したコンテンツの集まりである。このHTML形式のコンテンツを搭載したCD-ROMを作成し、配布することで、人間感覚（体温調節能および快適感）に関する情報を広く世の中に発信し、本事業および人間感覚計測応用技術プロジェクトの成果普及を図っていく。

CD-ROM配布の概要に関しては「1. 7 作業環境評価のためのデータベースシステム」を参照のこと。

研究発表・講演、文献、特許等の状況

(1) 研究発表・講演

発表月日：2000年3月7日・9日

発表先：(財)労働科学研究所主催 維持会月例研究会

発表題目：「居眠り運転は、予防できるか？（その2）－深夜長距離トラック運転時の眠気－」

発表者：労働科学研究所 主任研究員 北島 洋樹

(2) 文献

なし

(3) 特許等

なし

(4) その他の公表（プレス発表取材対応）

1) 取材先：日刊工業新聞

取材日：2000年3月21日

取材内容：職場環境診断システムについて

2) 取材先：日経産業新聞

取材日：2000年3月22日

取材内容：職場環境診断システムについて

本報告書の内容を公表する際は、あらかじめ新エネルギー・
産業技術総合開発機構 応用技術開発室の許可を受けてください。
電話 03-3987-9388
FAX 03-3987-9388

