

H-061 28℃オフィスにおける生産性・着衣・省エネルギー・室内環境に関する研究
(1) 生産性・経済性に関する研究

早稲田大学

創造理工学部建築学科

田邊新一

<研究協力者> 早稲田大学

西原直枝

早稲田大学理工学研究科

羽田正沖

平成18～20年度合計予算額 20,110千円

(うち、平成20年度予算額 5,641千円)

※上記の合計予算額には、間接経費4,641千円を含む

[要旨] サブテーマ1では、室内環境質と生産性の関係を定量化し、COOL BIZの効果を評価するとともに、執務者の作業効率と省エネルギー性を両立させる28℃オフィス環境の最適化について検討することを目的とした。平成18年度は、WEBサーバにデータ蓄積可能な知的生産性評価ツールを開発した。認知能力分類を用いて執務時に必要な能力の特徴を把握するための調査を行った。作用温度25.5℃/28.5℃と換気量大/小を組み合わせた被験者実験を行った。空気受容度から算出した不満足者率は、高温、換気量の少ない条件において高かった。温熱環境、空気質環境や室内環境全般に関する申告が不満側になるほど正答数が低い関係が見られた。平成19年度は、温熱満足度の向上による知的生産性の改善効果を検討した。着衣量の緩和や個別制御を可能とする温熱環境の簡易な改善策を導入する実験を行った。温熱満足度が高いとき、作業成績が高く疲労の個人訴え率が低かった。また、夏季室温緩和設定オフィスにおいて現場実測を行った。無対策で空調機器の温度緩和運転を行うと運用上の問題が生じることがわかった。温熱環境に関する不満足者率は70%を超えており、着衣のみの対策では作業効率は低下していた。主観作業能力および疲労度の主観申告は温熱満足度との関係が強かった。中間評価の指摘を受けて、研究成果統合手法の検討を行った。平成20年度は、25.5℃、28.5℃、31.5℃とした温熱環境下で被験者実験を行った。平成18年度から20年度の被験者実験結果を統合して温熱満足度と作業効率の関係、作業効率の予測モデルを作成した。夏季室温緩和設定オフィスにおける執務温熱環境や改善策を導入した場合の空調設備消費エネルギーをシミュレーションから求めた。エネルギー削減を光熱費換算し、作業効率の変化を賃金で換算し、夏季室温緩和設定オフィスの知的生産性を評価した。室内温度28℃については、空調方式やその定義によって形成される室内の温熱環境、また、そのための消費エネルギー量には違いがあるため、本研究では、居住域の空気温度を28℃以内とすることを28℃オフィスの定義とした。室温設定を28℃とすることがCOOL BIZの前提となるのであれば、着衣や気流の工夫、先駆的な空調システムなどと組み合わせることが必須となることがわかった。

[キーワード] 知的生産性、知的生産性評価ツール、温熱環境、被験者実験、実測調査

表1-1 パフォーマンス評価ツールのテスト一覧

	テスト名称	テスト内容
平成 18 年度	マネキン	人形と、○と□が人形の外周および人形の左右の手に表示される。外周と手の○□の対応を答えるテスト
	座標当て	数字とアルファベットの対応表をもとに、指定された座標を探し答えるテスト
	コード対応探し	数字とアルファベットの対応表をもとに、表示されたアルファベットに対応する数字を入力するテスト
	Four Choice	テンキーの1,2,4,5に対応する4つのボックスのうち点滅する番号を入力するテスト
	Nine Choice	テンキーの1~9に対応する9つのボックスのうち点滅するボックス番号を入力するテスト
	後追い入力	1つ前に画面に表示された数字を入力するテスト
	計算記号	計算記号の欠けた数式に、補われるべき計算記号(+,-,×,÷)を答えるテスト
	ポジショニング	ランダムに表示された1~25の番号の点の中から指定された番号の点を見つけるテスト
	配置記憶	ランダムな点の配置を記憶し、配置変化の有無を答えるテスト
	文字探し	表示されたアルファベット群に指定されたアルファベットが含まれるかを答えるテスト
	分類規則発見	●○■□▲△の数や色の条件についての規則を発見し答えるテスト
	パターン認識	表示された図柄と同じ図柄を4つの候補から探し出すテスト
平成 19 年度	アイデア リスティング	回答に選択肢が用意されておらず、提示された2つの特徴に当てはまる物質を3つ回答するテスト
	地図解説文	地図に表示された家や学校などの配置に関する記述が正しいかどうか判定するテスト

(1-5) 評価ツールのWEBプログラム化(平成18年度)

作成した知的生産性評価ツールを、WEBプログラム化した。また、利用者を管理するための初期登録内容について検討した。

(2) 夏季室温緩和設定オフィスにおける執務温熱環境の実測調査(平成18~19年度)

夏季室温緩和設定オフィスを対象とした実測調査は、東京都に立地する26階建てオフィスビルの23階にて行った。対象オフィスはコアを挟んで東側(48名)と西側(68名)にあり、計116名が執務を行っていた。対象オフィスでは6月1日から9月30日までの期間は冷房設定温度を緩和し、着衣を軽装化していた。空調設備は基準階を北東・北西・南東・南西の4方向にゾーニングし、各ゾーン21階から23階までの3階層分に空調機が1台割り当てられる。対象オフィスは北東・北西ゾーンにある。空調空気は空調機から3階層に分配された後、各階でペリメータ側2系統、インテリア側2系統の計4系統に分配され、天井吹出し口より室内に供給される。排気はペリメータ側、還気はインテリア側の天井スリットから行われている。空調機は3階層分の還気の混合空気温度が冷房設定温度となるように冷温水2方弁の開度を比例制御していた。また、ペリカウンターにあるファンコイルユニット(FCU)はペリメータにある温度センサが冷房設定温度になるように制御していた。COOL BIZ実施期間における冷房設定温度は28℃であり、運転時間は9時半から19時までであった。なお、休日の翌日の空調機運転開始時刻は通常より1時間早い8時半としていた。

平成18年8月21日~10月2日に予備調査を行った。予備調査を踏まえ、平成19年7月23日~9月30日に実測調査を行った。室内環境測定箇所を図1-3に示す。オフィス内の空気温度と相対湿度は机上面高さ付近でThermo Recorder(RSW-20S)を用い、東側オフィス16点と西側オフィス20点で測定した。上下温度分布(床上0.1m、0.6m、1.1m、1.7m、2.1m、天井付近)を東側オフィスのインテリア側とペリメータ側の2点で、給気吹出し口温度を東側オフィス4点、西側オフィス4点の合計8点で、FCU吹出し口温度を東側オフィス2点、西側オフィス4点の合計6点で、Thermo Recorder(RSW-30S)を用いて、それぞれ10分間隔で連続測定した。

執務者アンケートは、出勤時アンケート（出勤時の健康状態、執務環境の評価、自覚症状しらべ¹⁾）と退勤時アンケート（回答日の執務環境の評価、執務環境における主観作業能力、日本語版NASA-TLX³⁾、作業への集中度、作業に対するモチベーションおよび退勤時の自覚症状しらべ）の2部により構成され、同日にそれぞれ回答するものとした。なお、自覚症状しらべは、I群として「眠気とだるさ」を中心とする疲労一般の訴え10項目、II群として「注意集中の困難さ」を示す作業意欲衰退を中心とする心的症状についての訴え10項目、III群として「局在した身体の違和感」で体の特定部位に現れる心身症的訴え10項目で構成される。アンケート調査期間は7月24日～8月6日（7月期）、8月7日～9月24日（8月期）、9月25日～9月30日（9月期）とした。各期初日の前日に調査対象となった執務者105名に対して執務者アンケートを3セット配布し、各期の期間中に執務を行った任意の3日間での回答を依頼した（各期全315件）。

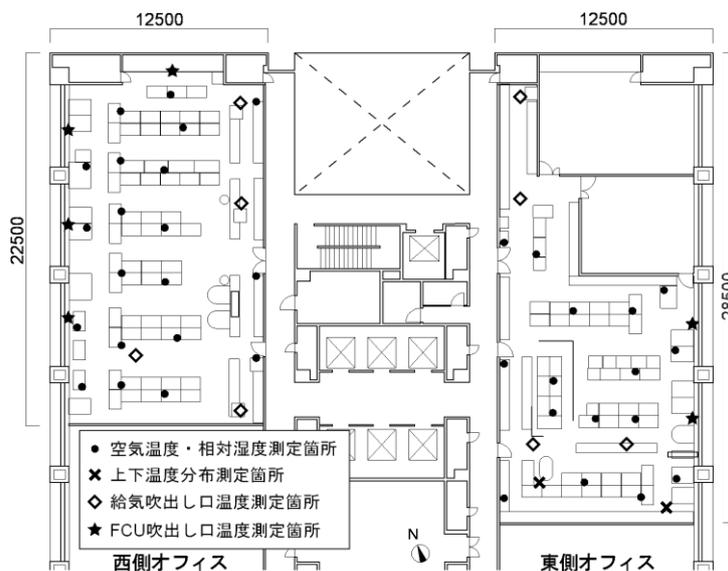


図1-3 執務温熱環境の測定箇所

(3) 温熱環境と空気質環境を対象とした被験者実験（平成18年度）

実験は平成18年9月18日から10月19日の月曜日から木曜日12:00～18:00に、早稲田大学61号館温熱環境室内人工気候室にて健康な大学生年齢の男子12名を対象として行った。1人あたり換気量の制限から、一度に実験室に入る人数は3人とした。着衣量は夏季オフィスにおけるCOOL BIZを想定して0.61clo (1 clo = 0.155 m²°C/W)⁴⁾とした。温熱環境条件は、作用温度25.5°C、28.5°Cの2条件、換気量条件は大、小の2条件を組み合わせ、計4条件とした。なお、換気量小条件においてCO₂濃度は、設計基準濃度の3500ppmを超えないようにモニタした。作業の学習効果を考慮し、第一回目に練習条件（28.5°C/換気量小）を設け、その後の条件はランダムに組んだ。

実験手順を図1-4に示す。まず前室にて実験説明および初期申告を行い、実験前の被験者の状態を揃えるため10分間の前室順応を行った。その後人工気候室に入室し、空気質受容度申告、室内環境申告、自覚症状しらべ、P-Tool、指尖脈波測定を行った。次に30分間の順応を行い、室内環境申告、自覚症状しらべ、P-Toolを行った。作業は6セッションを課し、各セッションの最後に、日本語版NASA-TLX、室内環境申告、自覚症状しらべ、P-Toolを行った。一日の最後に作業能力予測申告、指尖脈波測定を行い、人工気候室を退室後、再入室し空気質受容度申告を行った。実験時

間は350分、作業時間は計180分とした。

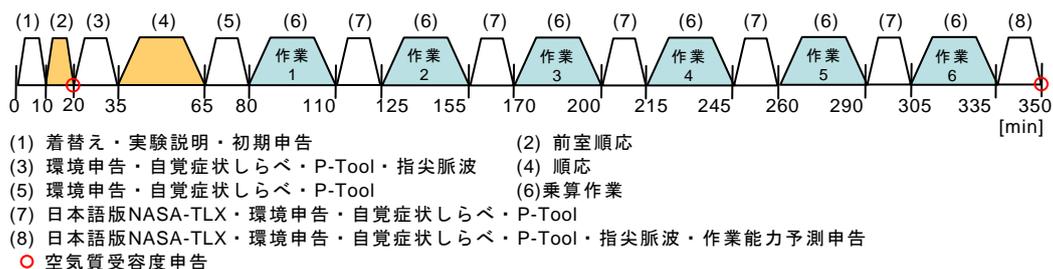


図1-4 実験手順

(4) 採涼手法の導入による温熱満足度の向上に関する被験者実験（平成19年度）

夏季の室温緩和設定オフィスとして、冷房設定を28℃とする既存オフィスを想定し、温熱環境に関する満足度の向上による知的生産性の改善効果を検討することを目的とし、被験者実験を行った。実験は平成19年9月18日から11月4日の火曜日から日曜日の13:00～19:00に早稲田大学61号館温熱環境室内人工気候室にて行った。

実験条件は作用温度と着衣量、採涼手法の使用可否で構成した。作用温度25.5℃でスーツ着用とする25.5℃/Suit条件と、室温緩和設定オフィスを想定して作用温度28.5℃でスーツ着用（0.96clo⁴⁾とする28.5℃/Suit条件を設定した。また、室温緩和設定オフィスにおけるCOOL BIZの軽装を想定し、作用温度28.5℃でジャケット、ネクタイを着用せず半袖Yシャツを着用（0.57clo⁴⁾させた28.5℃/CB条件と、28.5℃/CB条件で卓上ファンを使用可能とした28.5℃/DF条件を設定した。さらに、28.5℃/DF条件の半袖Yシャツの代わりにファン付シャツ（シャツ内に気流を循環させるファンが設置された空冷式シャツ）を着用させ、クッション椅子の代わりにメッシュ椅子を使用させた28.5℃/ALL条件を設定した。卓上ファンは風量調節と首振り機能の使用を、ファン付シャツは風量調節を許可した。卓上ファンおよびファン付シャツを自由に使用させ、温熱環境の個別調節を可能とすることで、温熱満足度の向上を図った。被験者は矯正視力0.7以上の健康な成人男性11名（年齢22±1.6歳、身長171.9±4.7cm、体重60.6±4.8kg）とした。被験者は週に一度、同一曜日に、最大3人の被験者が一度に実験に参加した。作業に対するモチベーションを一定に保つために、被験者には正当な報酬に加え、成績優秀者にボーナスを支払うことを事前に告知した。

実験手順を図1-5に示す。作業課題は3種類の作業を1セッションとし、1条件につき3セッション行い、作業時間は計225分とした。

乗算作業はPC画面上で3桁×3桁の乗算を提示し、紙面上で計算させ、PC上で回答を入力させる作業であり、各セッション30分とした。校正作業は新聞の社説に、①一文内でそれと判断できる

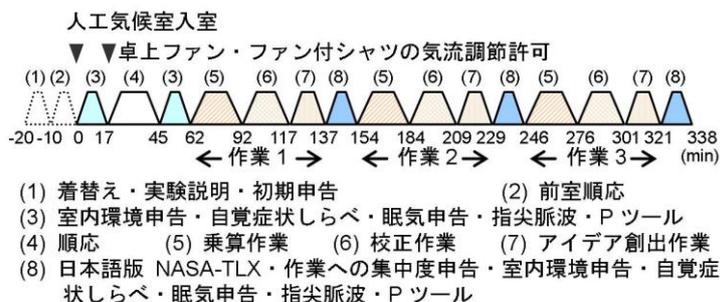


図1-5 実験手順

文法上の間違い、②漢字の変換間違い、③文脈から発見可能な単語のすり替わりの3種類の間違いを加えた文章を紙面で被験者に提示し、間違いを指摘させる作業であり、各セッション25分とした。アイデア創出作業はWyonら⁵⁾の“Alternate Uses”を参考に作成した。まず、「長いもの」「弾力のあるもの」「食べられるもの」などの8つのカテゴリを設定し、カテゴリに属する品物群の中から、互いにカテゴリの異なる3種類の品物の組み合わせを無作為に選び出し被験者に提示した。それぞれの組み合わせについて3種類の品物全てを使った新しい使い方を被験者に1つ考案させ文章で記述させた。アイデア創出作業は各セッション20分とした。

(5) 温熱満足度に関する被験者実験（平成20年度）

温熱満足度に着目し、温熱満足度と作業効率の関係を評価することを目的として、早稲田大学61号館温熱環境室内人工気候室にて行った。実験期間は2008年10月6日から11月8日までの水曜日を除く月～土曜日の13:00～18:30であった。被験者は健康な大学生年齢の男性14名とし、一度の実験に最大3人の被験者が参加した。作業に取り組むモチベーションを一定に保つために、正当な報酬に加えて、成績優秀者にはボーナスが支払われることを事前に被験者に告知した。また、曜日や時間による影響を少なくするために、各被験者は同じ曜日、同じ時間帯に参加するものとした。実験条件はCOOL BIZの着衣（ノージャケット・ノーネクタイで長袖Yシャツを着用）を想定し、温熱満足度の申告値を広く分布させるため、作用温度を25.5°C（25.5°C/長袖）、28.5°C（28.5°C/長袖）、31.5°C（31.5°C/長袖）の3段階に設定した。また、長袖Yシャツと半袖Yシャツの比較を行うため、作用温度28.5°CでYシャツを半袖とする条件（28.5°C/半袖）を併せて設定した。着衣量は長袖Yシャツ着用で0.61clo、半袖Yシャツ着用で0.57cloであった⁴⁾。また、作業の学習効果を考慮し、第1回目に練習条件（25.5°C/長袖）を設け、その後の条件は呈示順序の影響が出ないようにランダムに組んだ。実験手順を図1-6に示す。前室にて初期申告を行い、体重を測定した後指定した着衣に着替え、前室順応を兼ねた実験説明を計20分間行った。その後、人工気候室に入室し、温冷感申告・温熱満足度申告・自覚症状しらべ¹⁾・覚醒度申告・Subjective Assessment of workplace Productivity⁶⁾の温熱環境に関する項目（以下、SAP）・指尖脈波測定を行った。入室後50分間の順応の後、温冷感申告・温熱満足度申告・自覚症状しらべ・覚醒度申告・SAP・指尖脈波測定を行った。以降はオフィス作業を模擬した3桁×3桁の乗算作業を30分間課し、各タスク後には日本語版NASA-TLX³⁾・温冷感申告・温熱満足度申告・自覚症状しらべ・覚醒度申告・SAP・指尖脈波測定を行い、タスクと各種申告を含めたセッションを計6回、繰り返し行った。全作業終了時には各種申告に加え、主観作業能力申告を行った。その後人工気候室から退室し、実験中の被験者の水分摂取量と体重を測定した。環境曝露時間は300分、作業時間は合計180分であった。



図1-6 実験手順

(6) 28°Cオフィス環境最適化のための各サブテーマ成果統合手法の整備（平成19年度）

経済性と省エネルギー性の点から28°Cオフィス環境の最適化について検討・提案するために、研究フロー内での各サブテーマの位置づけを明示した。

(7) 夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境における作業効率予測モデル（平成20年度）

温熱満足度と作業効率の関係を評価するモデル作成のため、(3)～(5)で示した3つの被験者実験データを用いた。作業効率の指標は、乗算作業の正答数[問/h]を用いた。曝露環境が条件ごとに異なるものとしてデータを扱い、条件ごとに算出した順応以降の温熱満足度の平均申告値と作業効率の平均の関係を作成した。全ての実験結果を統合する際に、実験間の作業効率の集団差を考慮するため、温熱満足度に基づく各実験の基準状態を仮定した。基準状態は、実験ごとに温熱満足度と作業効率から線形回帰式を求め、その回帰式において温熱満足度が0となる点とした。実験ごとの基準状態における作業効率を回帰式から算出し、各条件の相対的な作業効率を算出し、温熱満足度を用いた作業効率評価モデルを作成した。

温熱環境の6要素である、空気温度・平均放射温度・相対湿度・気流速度・代謝量・着衣量から算出される予測不満足者率(PPD)⁷⁾に注目した。条件ごとの温熱満足度と、その条件におけるPPDの関係について検討した。PPDの算出にあたり、空気温度、平均放射温度、相対湿度は各条件の物理環境測定結果を用い、着衣量は各条件の着衣構成に従った。気流速度は0.1m/s、実験での被験者を想定して代謝量は1.0met (1met=58.2W/m²)とした。(4)の実験で採涼手法を導入した条件については、サーマルマネキン実験により得られた採涼手法の冷却効果(等価温度⁸⁾換算)⁹⁾を、空気温度および平均放射温度から差し引くことにより考慮した。条件ごとの温熱満足度とPPDを対応させ、PPDのロジットが温熱満足度と直線関係になると仮定し、ロジスティック回帰分析を行った。近似の際には最小二乗法を用いた。温熱満足度を用いた作業効率評価モデルとこの温熱満足度とPPDの関係により、PPDから作業効率を予測する式を求めた。なお、この予測式を導くにあたって、PPDの定義上の下限値5%における作業効率が基準(100%)であると仮定し、PPDの増加に伴う作業効率の低下を示すこととした。

(8) 夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境における作業効率評価（平成20年度）

COOL BIZの実施および採涼アイテムの導入が執務者の作業効率に与える影響を評価することを目的として、採涼アイテムが人体に与える熱的影響を人体熱モデルJOS¹⁰⁾により評価した。人体熱モデルJOSは詳細な血管系のモデルを含む体躯可変型人体熱モデルであり、人体をコア・皮膚の2層からなる17部位に分割し、AVA血管を含む詳細な血管系が組み込まれている。人体部位別の温熱環境6要素、物体との接触条件および曝露時間を入力することによって、部位別の皮膚温やぬれ率などの生理量を予測し、体感温度であるJOS-SET*¹¹⁾を算出した。

既存オフィスにおいてCOOL BIZを実施する他、設備改修など不要な採涼アイテムとして、(4)の被験者実験で用いた卓上ファン、メッシュ椅子、ファン付シャツの使用を想定した。シミュレーション条件を表1-2に示す。28°Cもしくは採涼アイテムを使用した条件については、サーマルマネキンを用いた測定より、CB条件との等価温度の差を求めた。JOSの計算およびJOS-SET*の算出に当たっては、その等価温度の差を28°Cから差し引いた温度を空気温度および平均放射温度として用いた。相対湿度は50%RH、静穏気流、代謝量は1.2metとした。着衣量には、冷却効果の測定

時に使用したサーマルマネキンを用いて別途測定した軽装とクッション椅子の合計の基礎着衣熱抵抗値を用いた。

さらに、JOS-SET*をもとに予測不満足者率（PPD）を算出した。PPDの算出における入力値は空気温度および平均放射温度に各条件におけるJOS-SET*を用い、相対湿度50%RH、気流速度0.1m/s、着衣量0.60clo、代謝量1.0metとした。また、25°C環境でスーツ着用時（以下25°C条件）のPPD算出には空気温度および平均放射温度として25°C、相対湿度50%RH、気流速度0.1m/s、着衣量は標準的なビジネススタイル（スーツ上下、長袖Yシャツ、Tシャツ、下着、靴下、靴）の0.96cloにオフィス椅子の基礎着衣熱抵抗値0.04cloを加えた1.0clo⁴⁾とし、代謝量は1.2metとした。

（8）の検討で得られた各検討条件のPPDについて、（7）で作成した任意の温熱環境における作業効率への影響を予測するモデルを用いて作業効率を予測した。

表1-2 人体熱モデルJOSのシミュレーション条件

条件名*	(25°C)	CB	DF	MC	MC/DF	ACS	MC/DF/ACS
着衣	スーツ	軽装**				ファン付シャツ***	
椅子	クッション	クッション	メッシュ	クッション	メッシュ	クッション	メッシュ
卓上ファン	-	-	運転	-	運転	-	運転
ファン付シャツ	-	-	-	-	-	運転	運転

*条件名の略語は、「CB」COOL BIZ想定の軽装、「DF」卓上ファンを導入した場合、「MC」メッシュ椅子を導入した場合、「ACS」ファン付シャツを導入した場合

**軽装：スラックス、半袖Yシャツ、半袖Tシャツ、下着、靴下、革靴

***ファン付シャツ：軽装でYシャツの代わりにファン付シャツ

（9）空調設備シミュレーション（平成20年度）

本研究では冷房設定温度の緩和や採涼アイテムの導入が空調システムのエネルギー消費量に与える影響を把握することを目的とし、標準的なオフィスビルにおける夏季の空調システムのエネルギー消費量のシミュレーションを行った。

シミュレーションモデルには空気調和・衛生工学会が標準的なオフィスビルとしているKビルを用いた。Kビル外観および基準階平面図を図1-7に、Kビル概要を表1-3に示す。Kビルは東京都に立地する地上11階、地下1階のオフィスビルである。建物の構成は、地下に機械室、1階にエントランスとラウンジ、2階から9階がオフィス、10階が食堂、11階が会議室となっている。空調制御の対象となる床面積は延べ床面積10,002m²のうち6,082m²である。空調システムは各階に設置されており、各階での制御が可能である。また、オフィス南北のペリメータに沿ってファンコイルユニットが設置されている。2台の吸収式冷凍機があり、並列運転している。

空調設備シミュレーション条件を表1-4に示す。空調システムのエネルギー消費量のシミュレーションにはLCEMツール¹²⁾を用いた。LCEMツールは国土交通省が無償で一般公開している空調シミュレーションツールであり、エクセルの反復計算によりエネルギー消費量の定常解を算出する。また、シミュレーションの入力変数の一つである室内熱負荷は杉原が作成したソフト¹³⁾により別途計算した。このソフトはエクセルの反復計算により非定常熱負荷計算を行うことが出来る。計算対象期間はCOOL BIZ期間である6月1日から9月30日とし、冷房設定温度を25°Cと28°Cとしたと

きの空調システムのエネルギー消費量を算出した。また、冷房28°C設定における採涼アイテムの導入を想定し、卓上ファンの内部熱負荷4W/m²（稼働電力26.1W、1台/人、0.2人/m²、使用率を76.8%とした）を考慮した条件についてもシミュレーションを行った。一次エネルギー換算値は、都市ガス: 46.046MJ/Nm³、電力: 9.4185MJ/kWhを使用した¹⁴⁾。

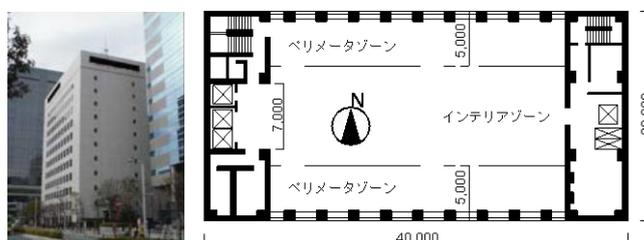


図1-7 Kビル外観および基準階平面図

表1-3 Kビル概要

建物用途	事務所	熱源	冷温水発生器2台並列運転 (吸収式冷凍機: 冷凍能力527kW/台)
所在地	東京都	方式	ラウンジ系統、事務所系統、食堂系統、 会議室系統各階空調機 (CAV) + ファンコイルユニット
階数	地下1階、地上11階		
延床面積 (空調面積)	10,002m ² (6082m ²)		

表1-4 空調設備シミュレーション条件

気象条件	AMeDASの年間標準気候データ (1981-2000)
対象期間	6/1~9/30 (休日指定: 土日)
空調時間	8:00~18:59 (食堂のみ11:00~21:59)
室内設定温度	25°C, 28°C
湿度制御	成り行き
執務者	0.2人/m ²
一人当たり外気導入量	20m ³ /(h*人)

(10) 夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境における知的生産性評価 (平成20年度)

(8) の検討で予測された作業効率の変化について、人件費330,313円/月¹⁵⁾を考慮し、損益を金額で評価した。また、(9) で得られたエネルギー消費量のシミュレーション結果について、電力およびガス料金を考慮し、削減金額を算出した。電気料金は東京電力の「電気需給約款」における業務用電力を参照し、6月は10.80円/kWh、7-9月は12.00円/kWhを使用した。ガス料金は東京ガスの「空調用A契約 (選択約款) 東京地区等」を参照し、39.18円/Nm³を使用した。

4. 結果・考察

(1) 知的生産性評価ツールの開発

(1-1) 評価項目の調査および選別

既往研究との比較検討を踏まえ、知的生産性評価ツールは申告ツール、P-Tool、タスクツールの3つで構成した。既往研究で用いてきた温熱、湿度、空気質、光、音環境、また室内環境に関する印象評価、快不快感、満足度、受容度の評価項目を、また執務者・作業者の執務・作業時の状態把

握のために自覚症状しらべとNASA-TLXを申告ツールに組み込んだ。P-Toolは既往研究で用いてきた標準作業を参考として作成し、FleishmanのHuman Abilityによる認知能力分類をその特性把握のための評価項目として採用した。

(1-2) オフィスにおけるアンケート調査

M社・K事業所・T社の認知能力特性を図1-8に示す。最小値を0%、最大値を100%とし、必要と回答した人数が全回答者数に占める割合を示した。「1.口頭理解」「2.書面理解」「3.口頭表現」「4.文章理解」についていずれも85%以上の執務者が必要と回答した。また「17.空間位置確認」「18.視覚化」についていずれも25%以下の執務者が必要と回答した。事務職が多いオフィス、研究職が多いオフィスにおいて、執務時に必要な能力をHuman Abilityによる認知能力分類より把握した。

(1-3) 開発した評価ツールの精度確認のための被験者実験

認知能力分類を用いてP-Toolの特性を把握した(図1-9)。また、画面構成や作業性などについて、被験者から集められた意見をもとに評価ツールを改良した。

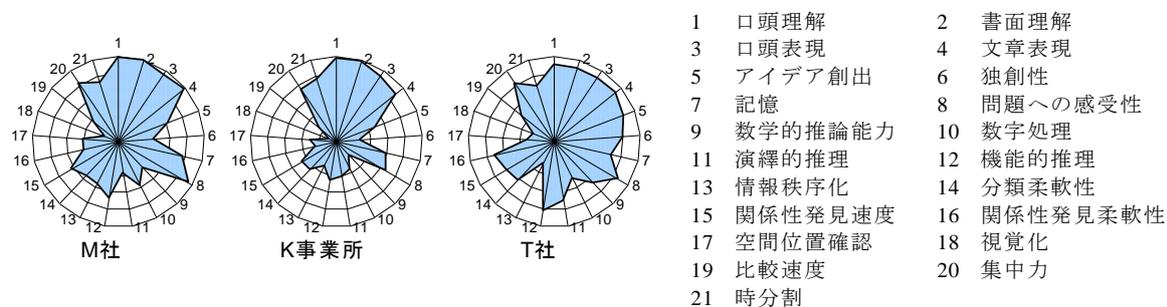


図1-8 オフィスにおける認知能力特性

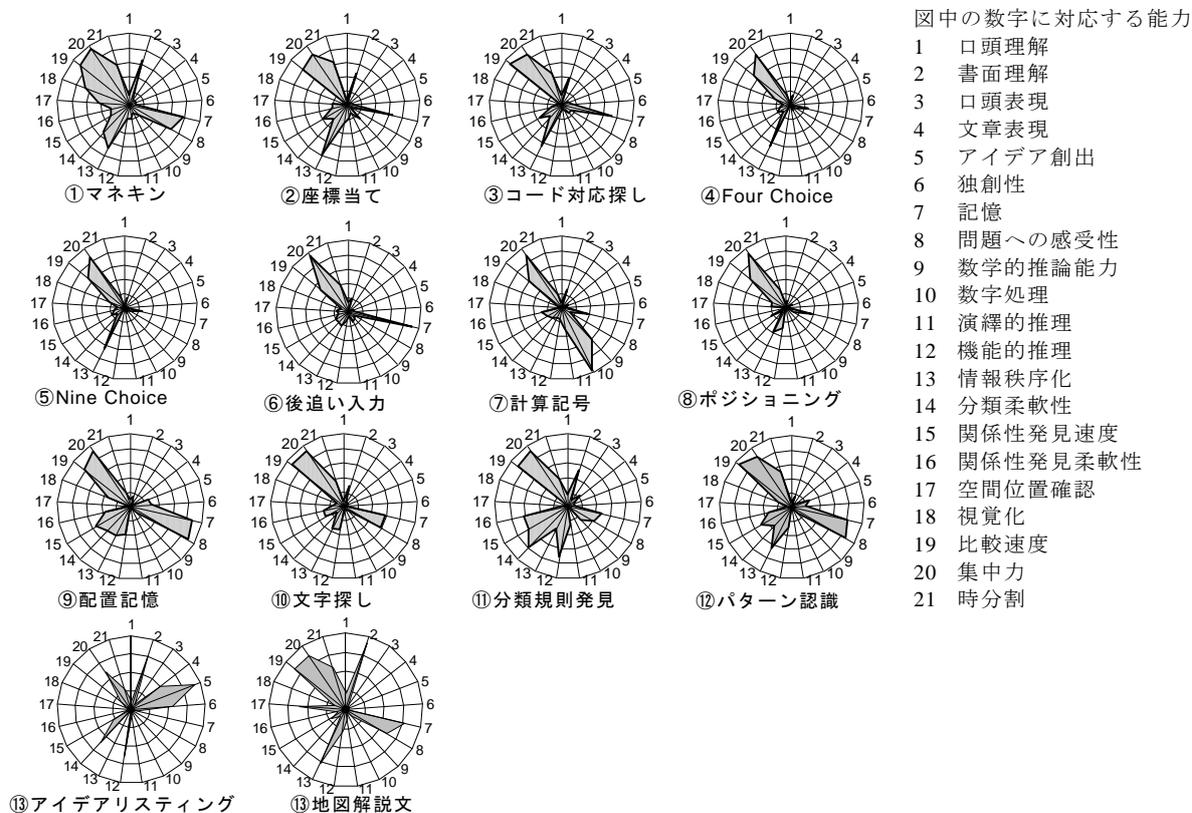


図1-9 パフォーマンス評価ツールの認知能力特性

(1-4) パフォーマンス評価ツールの改良および被験者実験

改良を行ったパフォーマンス評価ツールは、平成18年度版に比べ「アイデア創出」「独創性」等の項目でより多くの能力²⁾を必要とするツールとなることを確認した。

(1-5) 評価ツールのWEBプログラム化

アカウント作成時の登録項目を整理した。申告ツールとP-Toolを一般的なブラウザ上で動作するプログラムと回答されたデータをWEBサーバ内に蓄積できるシステムを構築した。WEBプログラムのログイン画面を図1-10に、知的生産性評価ツールの画面の一例を図1-11に示す。



図1-10 WEBプログラムのログイン画面

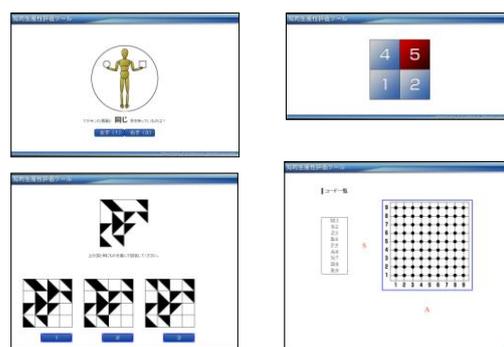


図1-11 知的生産性評価ツールの画面例

(2) 夏季室温緩和設定オフィスにおける執務温熱環境の実測調査

実測期間中の平均室内空気温度の推移を図1-12に示す。平均室内空気温度は空調機運転時間のオフィス内全36点の測定データの平均値とした。平均外気温度は9時から19時までの気象庁の観測データの平均値とした。平均室内空気温度は28°C前後で推移していた。夏季の代表日として8月8日の12時における室内空気温度平面分布を図1-13に示す。オフィス内全36点の空気温度測定データを元にバイリニア補間を行った。室内空気温度は東側・西側オフィスともペリメータ側が低く、インテリア側は高かった。ペリメータ側にFCUが設置されていたこと、インテリア側にOA機器が多く配置されており、内部発熱量がペリメータ側に比べ大きかったことが原因と考えられる。また、執務者やOA機器、照明などの室内熱源を目視により確認し、稼働率を考慮して内部発熱量を算出したところ東側オフィスは41W/m²、西側オフィスは48W/m²であり、東側に比べ西側オフィスの室内空気温度が高かったのは内部発熱量が影響した可能性が考えられる。8月8日の室内空気温度の日変動を図1-14に示す。東側、西側オフィスそれぞれについて、ペリメータとインテリア中央の測定点3点ずつの平均値を算出した。外気温度は気象庁のデータを用いた。いずれの場所においても空調機運転開始時刻の室内空気温度が30°Cを超えており、冷房設定温度である28°Cに達するまでに東側オフィスのペリメータ側で90分、同インテリア側で190分、西側オフィスのペリメータ側で80分、同インテリア側では540分を要していた。このような日変動は外気温度が高くなる8月で多く見られ、執務者周辺の環境を28°C以下に保つには空調機運転開始時刻を早める等の対策を講じる必要がある。8月8日の給気吹出し口温度の推移を図1-15に示す。西側オフィスでは給気吹出し口温度はほぼ一定の温度で推移していたが、東側オフィスでは14時以降に給気吹出し口温度が8~10°Cの幅で上下するハンチングが見られた。ハンチングは実測期間中の空調機運転日48日のうち東側オフィスで42日、西側で21日確認された。いずれも室内空気温度が冷房設定温度である28°C付近まで低下した時間帯以降に確認されたことから、空調負荷が減少し給気温度の制御が困難に

なった。対象オフィスのように、既存の空調設備において室温緩和設定を行う場合、空調機の適切な運転が出来るように冷水温度等のチューニングを行う必要があることが分かった。

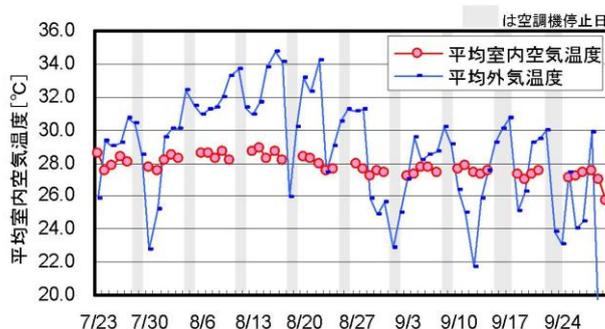


図1-12 実測期間中の平均室内空気温度の推移

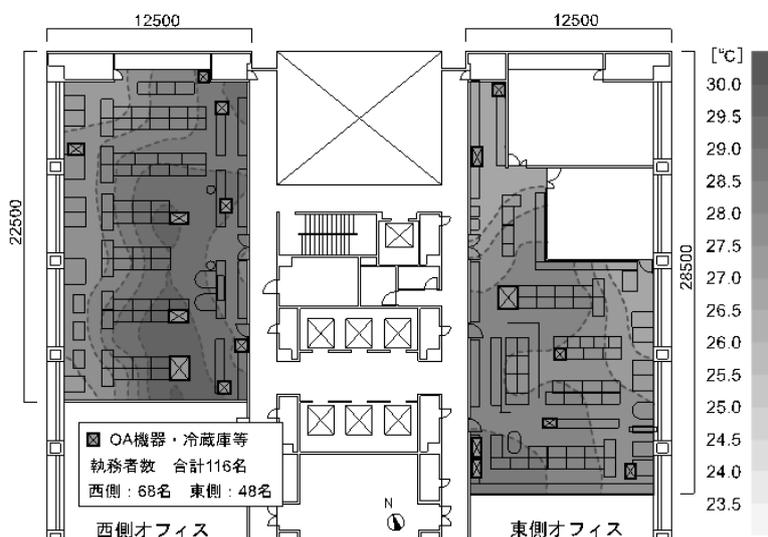


図1-13 室内空気温度平面分布 (8月8日12時)

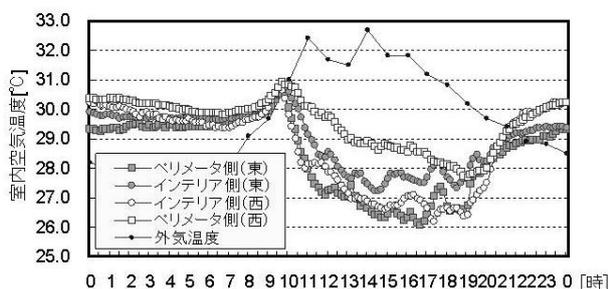


図1-14 室内空気温度の日変動 (8月8日)

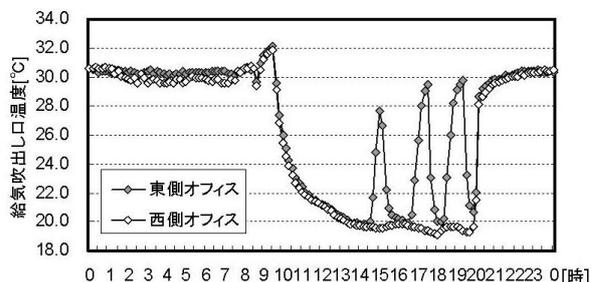


図1-15 給気吹出し口温度の推移 (8月8日)

温熱満足度の申告結果を表1-5に示す。温熱満足度尺度 (-1:不満、-0:どちらかという不満、+0:どちらかという満足、+1:満足) において-1~-0と申告した執務者を「温熱不満足者」と定義し、全有効回答数に対する割合として算出した。7月期および8月期は出勤時、退勤時ともに温熱不満足者率が70%を上回っていた。執務環境における主観作業能力は、仮に執務環境が最適だったとき

の回答者の作業能力を100としたときの、現在の執務環境下における作業能力を予測させ、回答が認められた申告値の平均値を算出した。主観作業能力の平均値は8月期が60 (n=141) と最も低く、7月期に65 (n=137)、9月期に68 (n=60) の順に高い値を示した。疲労度の主観申告を表1-6に示す。回答が認められたものを対象として群別訴え率および総訴え率を評価した。各群別訴え率を比較すると、7月期および9月期の出勤時は一般型疲労 (I群>III群>II群)、8月期の出勤時および各期の退勤時は精神作業型疲労 (I群>II群>III群) であった。

表1-5 温熱満足度

	7月期		8月期		9月期	
	出勤時	退勤時	出勤時	退勤時	出勤時	退勤時
有効回答件数[件]	171	170	142	141	59	59
温熱満足度[-]	-0.30	-0.29	-0.50	-0.35	0.04	-0.14
温熱不満足者率[%]	77	79	83	77	37	64

表1-6 疲労度の主観申告

	7月期		8月期		9月期	
	出勤時	退勤時	出勤時	退勤時	出勤時	退勤時
有効回答件数[件]	171	170	142	141	58	58
I群[%]	24	24	25	28	15	19
II群[%]	13	15	17	16	3	7
III群[%]	13	14	13	15	5	7
総訴え率[%]	17	17	18	19	8	11

対象オフィスにおける温熱環境が執務者の主観申告に与える影響を評価するため、各回答に対応する周辺空気温度、周辺SET* (標準新有効温度)¹⁶⁾および温熱満足度と、執務者の主観作業能力および疲労度の主観申告との関係を調べた。周辺空気温度および相対湿度は執務者に最も近い測定点のデータを用い、9時から19時までの平均値とした。周辺SET*の算出では放射温度=周辺空気温度+1°Cとし、気流速度は各期の短期詳細実測における執務者に最も近い測定点のデータを用いた。着衣量は平成18年度の調査結果より0.5clo¹⁷⁾とし、代謝量は1.2metとした。

周辺空気温度と主観作業能力の関係を図1-16に、周辺SET*と主観作業能力の関係を図1-17に、退勤時温熱満足度と主観作業能力の関係を図1-18に示す。なお、図中のプロットの大きさは、データサンプル数を示している。周辺空気温度および周辺SET*は0.5°C毎に、退勤時温熱満足度は0.2毎の概数に分類し、対応する主観作業能力の平均を算出した後、人数による重み付けをした。主観作業能力は、周辺空気温度および周辺SET*が高いほど低下し (各々 $r=-0.21$, $r=-0.42$)、退勤時温熱満足度が高いほど高かった ($r=0.97$)。また、個人ごとに算出した自覚症状しらべ訴え率 (以下、個人訴え率) は、周辺空気温度および周辺SET*が高いほど高く (各々 $r=0.71$, $r=0.73$)、退勤時温熱満足度が高いほど低かった ($r=-0.97$)。調査対象オフィスにおいては、温熱評価指標として空気温度よりもSET*が作業効率とより強い関係を示す可能性があり、それ以上に温熱満足度が作業効率と強い関係を示す可能性が示された。気流速度の増加や着衣の軽装化、環境選択性の提供など、温熱満足度の向上を図ることで夏季室温緩和設定オフィスにおいても作業効率の低下を防ぐことが可能と考えられる。

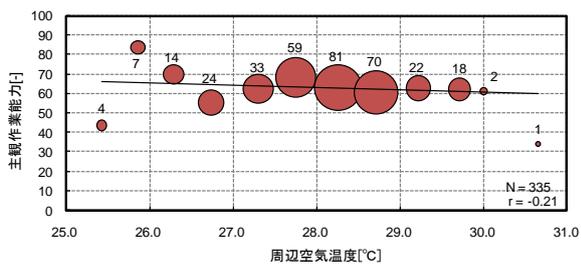


図1-16 周辺空気温度と主観作業能力の関係

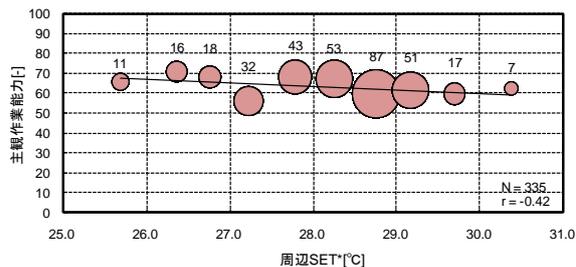


図1-17 周辺SET*と主観作業能力の関係

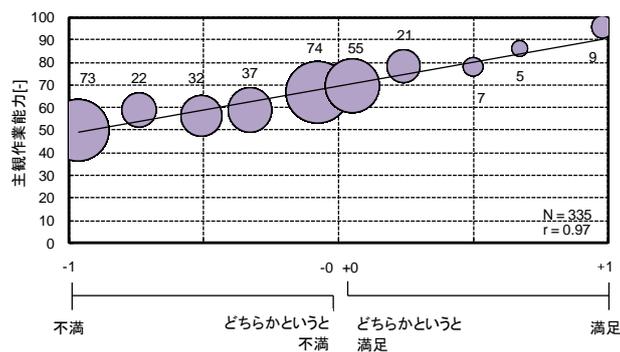


図1-18 退勤時温熱満足度と主観作業能力の関係

(3) 温熱環境と空気質環境を対象とした被験者実験

疲労感の申告結果を図1-19に示す。疲労感は換気量の差による顕著な差は見られず、本実験における環境条件下では換気量条件より温熱条件が疲労に与えた影響が大きかった可能性が考えられた。また、作業終了後に一度退室し再入室して行った空気受容度から算出したPD (図1-20) は、高温、換気量の少ない条件において高い傾向が見られた。作業終了後、一度退室した後に再入室して行った空気質受容度から算出したPDが増加するほど疲労が増加する相関関係が見られた (図1-21)。室内環境全般に関する満足度と正答数の関係を図1-22に示す。このほか、温熱環境、空気質環境や室内環境全般に関する申告がむっとする側、不満側になるほど、疲労感が増え、正答数が低下する相関関係が見られた。

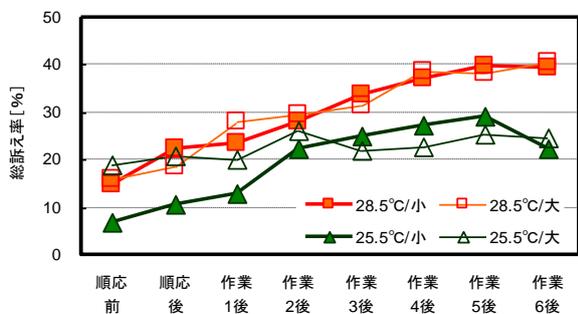


図1-19 疲労感

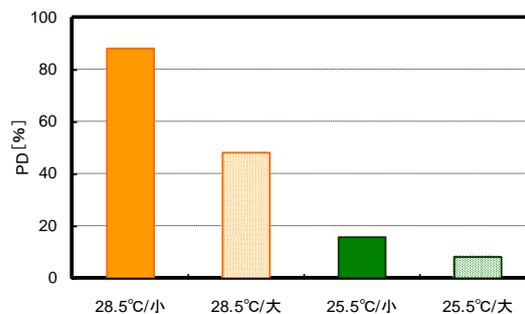


図1-20 不満者率 (PD) 再入室直後

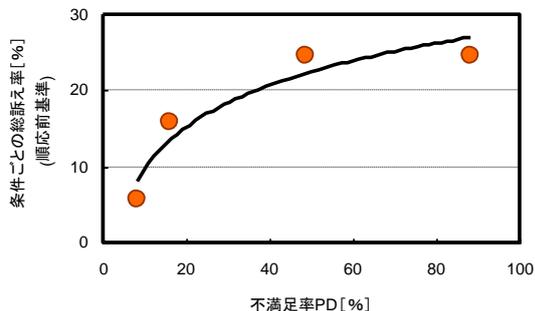


図1-21 不満足者率 (PD) と疲労

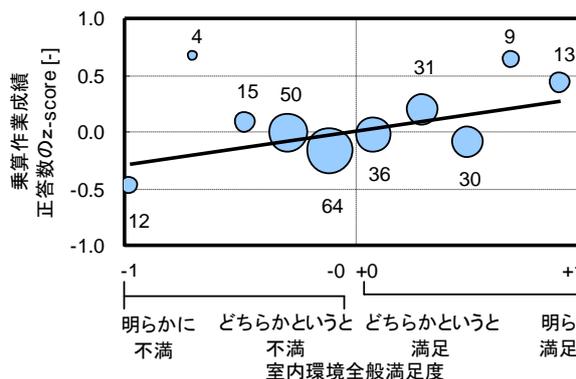


図1-22 室内環境全般に関する満足度と作業成績

(4) 採涼手法の導入による温熱満足度の向上に関する被験者実験

作用温度、相対湿度、CO₂濃度は作業時間中の、等価騒音レベルは別日に作業者不在状態で測定した際の測定値を用いて算出した。人工気候室内の環境物理量測定結果を表1-7に示す。作用温度以外の室内環境は全ての条件において同様であった。室内環境に関する申告の結果の一部として、温熱満足度の結果を図1-23に示す。順応後以降の各申告時点において、28.5°C/Suit条件に比べ、28.5°C/DF条件および28.5°C/ALL条件が有意に満足側の申告となった (p<0.05)。作業1、2後では、28.5°C/Suit条件に比べ、28.5°C/CB条件が有意に満足側の申告となった (p<0.05)。申告時刻間の比較では、28.5°C/DF条件および28.5°C/ALL条件において、順応前と比べ順応後以降が有意に満足側の申告となった (p<0.05)。これは順応開始後以降、被験者に卓上ファンやシャツのファンの使用を許可したことによる影響だと考えられる。

表1-7 人工気候室内の環境物理量測定結果 (標準偏差)

	25.5°C/Suit	28.5°C/Suit	28.5°C/CB	28.5°C/DF	28.5°C/ALL
作用温度 [°C]	25.5 (0.3)	28.5 (0.4)	28.6 (0.3)	28.5 (0.2)	28.6 (0.1)
相対湿度 [%RH]	49 (2)	47 (3)	46 (4)	47 (1)	47 (1)
CO ₂ 濃度 [ppm]	737 (74)	687 (74)	741 (64)	684 (42)	705 (65)
等価騒音レベル L_{Aeq} [dB]	51	51	51	54	55

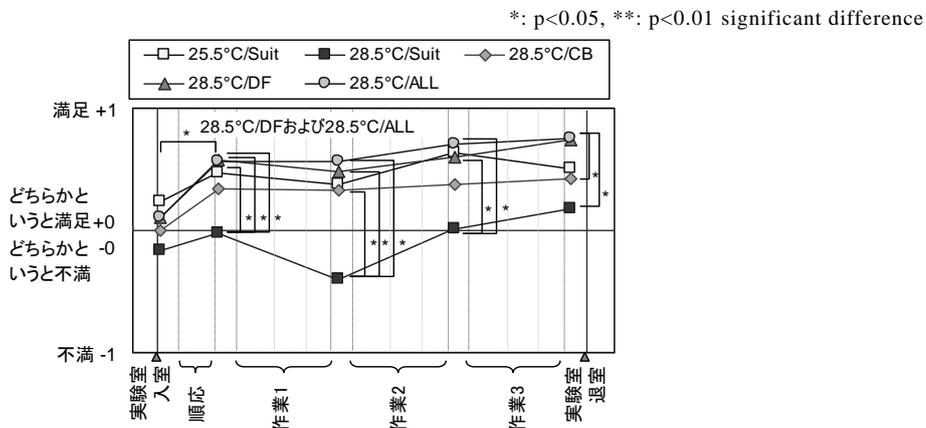


図1-23 温熱環境満足度の推移

表1-8 作業成績向上率

	25.5°C/Suit	28.5°C/Suit	28.5°C/CB	28.5°C/DF	28.5°C/ALL
乗算作業正答数向上率[%]	-	-4.8	-3.3	-0.1	+0.8
校正作業正答数向上率[%]	-	-3.7	-4.0	-1.5	+1.9
アイデア創出作業正答数向上率[%]	-	+25.5	+0.2	-11.5	-1.1

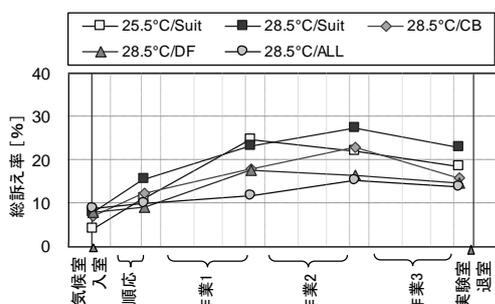


図1-24 自覚症状しらべ総訴え率

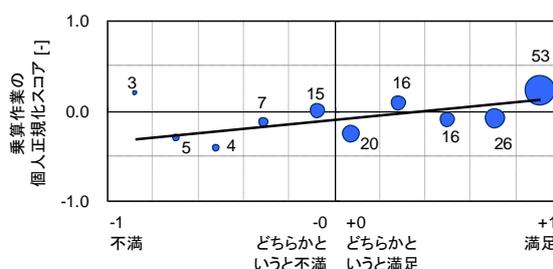


図1-25 温熱満足度と乗算作業正答数z-score

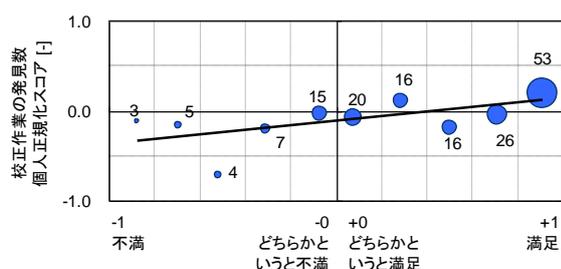


図1-26 温熱満足度と校正作業正答数z-score

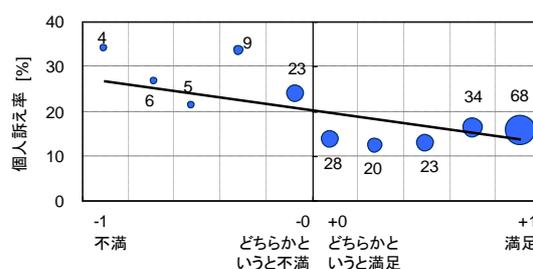


図1-27 温熱満足度と個人訴え率

3種類のオフィス模擬作業ともに、各条件間において正答数z-scoreに有意な差は見られなかった。作業成績向上率を表1-8に示す。アイデア創出作業については、覚醒度が高い状態では作業成績が悪くなるとの指摘もあり⁵⁾、他の作業成績とは異なる傾向が得られた。

自覚症状しらべ総訴え率を図1-24に示す。作業1後以降の各申告時点において、作用温度28.5°Cの4条件間で比較すると、スーツ着用の28.5°C/Suit条件が最も高く、次いで軽装の28.5°C/CB条件、軽装・卓上ファン使用の28.5°C/DF条件、軽装・卓上ファン・ファン付シャツ・メッシュ椅子使用の28.5°C/ALL条件の順に総訴え率が低い値となった。採涼の度合を個人ごとに調節可能とすることで、執務者の作業後の疲労度を軽減できる可能性が示された。

温熱満足度と各オフィス模擬作業の作業成績との関係を調べた。作業セッション後の温熱満足度 (n=165) を対象として0.2ごとの概数に分類し、対応する各オフィス模擬作業の正答数z-scoreの平均を算出した後、人数による重み付けをした。温熱満足度と乗算作業正答数z-scoreの関係を図1-25に、温熱満足度と校正作業正答数z-scoreの関係を図1-26に示す。温熱満足度が高いとき、乗算作業および校正作業の正答数z-scoreが高い関係が見られた ($r=0.64$, $r=0.72$)。執務者の温熱満足度を向上させることで、作業成績が向上する可能性が示された。温熱満足度と個人訴え率との関係を調べた。順応以降の全ての申告時点での温熱満足度 (n=220) を対象として0.2ごとの概数に

類し、対応する個人訴え率の平均を算出した後、人数による重み付けをした。温熱満足度と個人訴え率を図1-27に示す。温熱満足度が高いとき、個人訴え率が低い関係が見られた ($r=-0.65$)。執務者の温熱満足度が高い環境では、疲労度が低くなる可能性が示された。

(5) 温熱満足度に関する被験者実験

温熱満足度の経時変化を図1-28に示す。28.5°C/半袖条件と28.5°C/長袖条件において、温熱満足度に有意な差は見られなかった。作業成績を表1-9に示す。正答数を個人毎に標準化した正答数z-scoreを算出し、評価した。条件間において作業成績に有意な差は見られなかった。温熱満足度と作業成績の関係を図1-29に示す。作業成績は正答数を個人ごとに標準化した正答数z-scoreを用い、温熱満足度を0.2ごとの概数に分類し、対応する正答数z-scoreの平均を算出した後人数による重みづけを行った。温熱満足度が高いときに正答数z-scoreが高いという関係がみられた ($r=0.55$)。

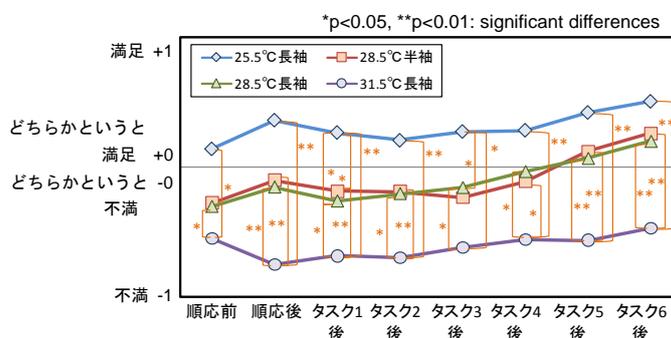


図1-28 温熱満足度の経時変化

表1-9 作業成績

条件	25.5°C/長袖	28.5°C/半袖	28.5°C/長袖	31.5°C/長袖
正答数[問/分]	1.51 (0.47)	1.45 (0.51)	1.50 (0.44)	1.50 (0.48)
正答率[%]	88	90	90	90
正答数z-score[-]	-0.06 (1.11)	-0.13 (0.98)	0.17 (0.83)	0.01 (0.98)

() 内は標準偏差

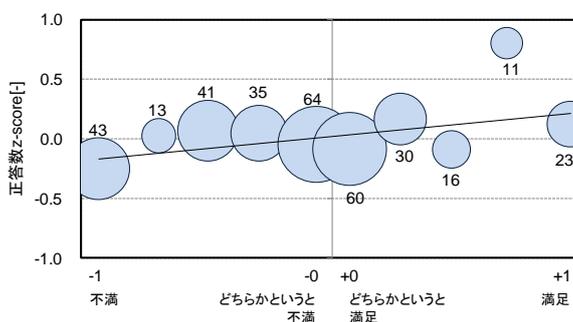


図1-29 温熱満足度と作業成績の関係

(6) 28°Cオフィス環境最適化のための各サブテーマ成果統合手法の整備

サーマルマネキン実験により得られた人体各部位の熱損失や皮膚温データを用いて、早稲田大学で開発された体温調節人体モデルJOS¹¹⁾による生理量シミュレーションを用い、着衣条件や採涼

手法を導入した際の体感温度SET*を予測する手法について整理した。また、SET*から予測不満足者率を算出し、次項の（7）の関係を用いて作業効率を予測する。

エコ効率および経済性評価を行う為に必要な要素および計算手法について検討した。空調エネルギー消費量については、典型ビルにおけるシミュレーションを行う。冷房設定温度の緩和幅と採涼手法の効率を比較検討することで、冷房設定温度の変更を伴う運用により知的生産性の向上と消費エネルギー量削減を両立できる可能性について検討可能となる。

（7）夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境における作業効率予測モデル

全ての実験結果を統合した温熱満足度と相対的な作業効率の関係を図1-30に示す。これらの関係の線形回帰から得られた、温熱満足度を用いた作業効率評価モデルを式(1-1)に示す（相関係数 $r=0.69$ ）。なお、このモデルは実測や実験のアンケート調査などにより得た、温熱満足度の申告結果から、作業効率への影響を評価できる点が特徴である。

$$P_{rel} = 100.97 + 5.75 \times TS \quad [\%] \quad (1-1)$$

ロジスティック回帰分析によって得られた回帰式を式(1-2)に、温熱満足度と予測不満足者率PPDの関係を図1-31に示す。なお、温熱環境に関する満足度の申告尺度の範囲より、PPDの値域は87%以下となった。

$$PPD = \frac{1}{1 + e^{3.20 \times TS + 0.39}} \times 100 \quad [\%] \quad (1-2)$$

予測不満足者率PPDを用いた作業効率予測モデルを式(1-3)および図1-32に示す。予測不満足者率PPDの定義と式(1-2)の値域より、式(1-3)の定義域は $5\% < PPD < 87\%$ とし、図1-32では定義域外は破線で示した。

$$PP = 94.9 + 1.72 \times \ln\left(\frac{1}{PPD/100} - 1\right) \quad [\%] \quad (1-3)$$

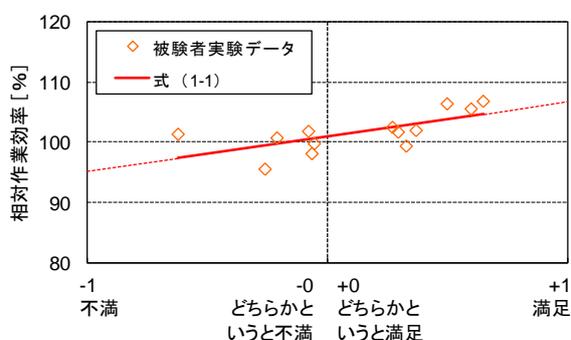


図1-30 温熱満足度を用いた作業効率評価モデル

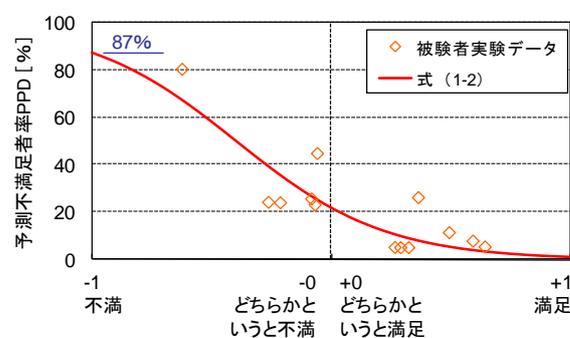


図1-31 温熱満足度と予測不満足者率PPDの関係

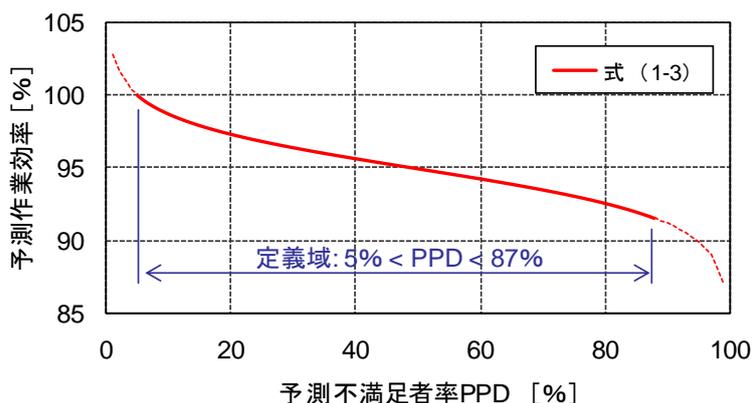


図1-32 予測不満足者率PPDを用いた作業効率予測モデル

温熱環境が作業効率に与える影響は、作業の種類によって異なることも考えられる。本研究で提案したモデルは作業効率が乗算作業を基にしている点には注意が必要である。また、本研究で提案したモデルは熱的中立よりも高めの温熱環境を対象とした被験者実験の結果を基にしているため、熱的中立より涼しい側の評価を保証するものではない点にも注意が必要である。

(8) 夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境における作業効率評価

JOS-SET*およびJOS-SET*をもとに算出した予測不満足者率（PPD）、そのPPDをもとに算出した予測作業効率を表1-10に示す。PPDは25°Cの場合に17.2%で、CB条件で51.6%、DF条件で21.9%、MC条件で38.0%、MC/DF条件で12.9%、ACS条件で23.8%、MC/DF/ACS条件で8.4%であった。予測された作業効率は25°Cの場合に97.6%、CB条件で94.8%、DF条件で97.1%、MC条件で95.8%、MC/DF条件で98.2%、ACS条件で96.9%、MC/DF/ACS条件で99.0%であった。各採涼アイテムを使用することによりPPDが減少し、作業効率が向上する予測となった。また採涼アイテムを併用することでそれらの効果が高くなることが示された。

表1-10 JOS-SET*、PPDおよび予測作業効率

条件名	25°C	CB	DF	MC	MC/DF	ACS	MC/DF/ACS
JOS-SET* [°C]	-	29.8	28.1	29.1	27.3	28.2	26.7
PPD[%]	17.2	51.6	21.9	38.0	12.9	23.8	8.4
予測作業効率 [%]	97.6	94.8	97.1	95.8	98.2	96.9	99.0

(9) 空調設備シミュレーション

LCEMツールを用いて算出した、各冷房設定温度における空調システムのエネルギー消費量を図1-33に示す。COOL BIZ期間中の冷房設定温度を既存オフィスビルの通常の運用を想定した25°Cから28°Cに上げることで、79.0MJ/(m²・COOL BIZ期)の空調システムのエネルギー消費量削減が見込めることがわかった。また、卓上ファンを導入した場合、室内熱負荷の増加により空調システムのエネルギー消費量は増加するが、それでも冷房設定温度を28°Cとし卓上ファンを使用した条件では、冷房設定温度を25°Cとした条件に比べ67.6MJ/(m²・COOL BIZ期)の空調システムのエネルギー消費量削減につながると試算された。

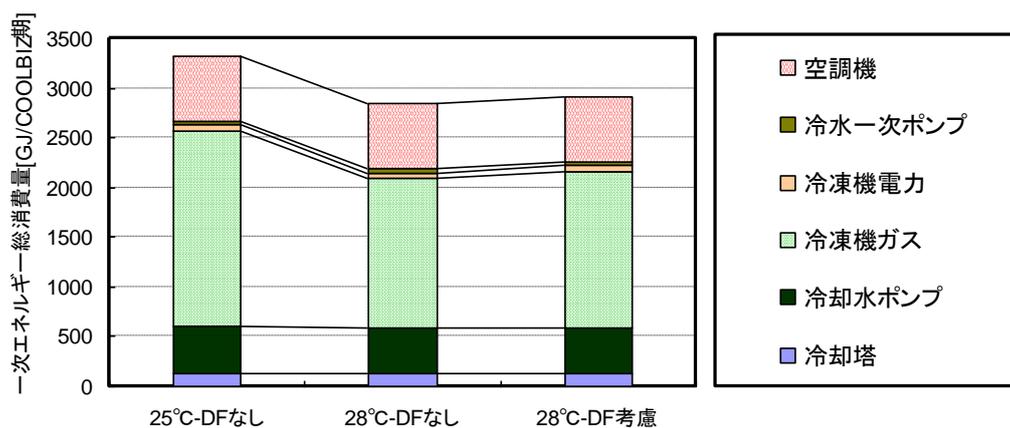


図1-33 空調システムのエネルギー消費量

(10) 夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境における知的生産性評価

既存オフィスビルの通常の運用を想定した25°Cを原点においた場合の、空調システムのランニングコストの削減量をインプット、(8)で検討した作業効率変化による経済効果をアウトプットとした、COOL BIZオフィスを想定した知的生産性評価を図1-34に示す。28°CでCOOL BIZを想定した軽装にした場合には、ランニングコストが68.5円/(m²・COOL BIZ期)削減できるが、一方で作業効率の低下に由来する7640円/(m²・COOL BIZ期)の損失が生まれることがわかった。また、卓上ファン、ファン付シャツ、メッシュ椅子の3種類の採涼アイテムを導入することで、ランニングコストは9.0円の削減、作業効率の向上に由来する3800円の利益が生まれることがわかった。空調消費エネルギーと執務者への影響を数値化し、金銭価値の同じ評価軸に置くことにより、費用対効果の検討が可能となった。

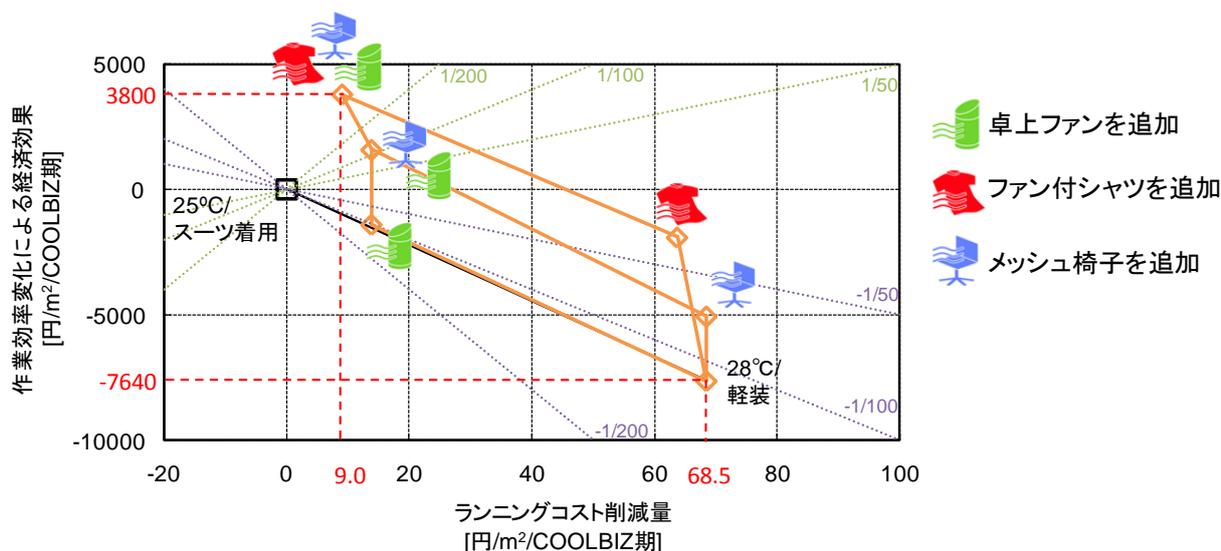


図1-34 COOL BIZオフィスを想定した知的生産性評価

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 1) 知的生産性評価ツールを開発してその測定手法としての有効性を確認した。一般的なブラウザ上で動作する知的生産性評価ツールを作成し、WEBサーバ内にデータを蓄積できるシステムを構築した。(平成18年度、平成19年度)
- 2) 夏季室温緩和設定オフィスにおける温熱環境の実態を把握することを目的とした実測を行い、内部発熱量、空気温度分布および空調設備の運転状況を測定した。主観作業能力および疲労度の主観申告は、空気温度や体感温度SET*よりも温熱満足度と強い関係を示した。気流速度の増加や着衣の軽装化、環境選択性の提供など、温熱満足度の向上を図ることで夏季室温緩和設定オフィスにおいても作業効率の低下を防ぐことができる可能性がある。(平成19年度)
- 3) 作用温度25.5°C、28.5°Cの2条件に対して換気量大/小の条件を組み、計4条件とした被験者実験では、作業終了後、一度退室した後に再入室して行った空気質受容度から算出したPDが増加するほど疲労が増加する相関関係が見られた。温熱環境、空気質環境や室内環境全般に関する申告がむっとする側、不満側になるほど、疲労感が増え、正答数が低下する相関関係が見られた。疲労感が増えるほど正答数が低下する傾向が見られたことから、作業による疲労が増加するほど作業成績が低下する可能性が示唆された。(平成18年度)
- 4) 作用温度25.5°Cおよび28.5°C条件を設定するとともに、着衣量の緩和や個別制御を可能とする温熱環境の簡易な改善策を導入する実験条件を設けた被験者実験では、作用温度28.5°Cの環境では、温熱環境の個別調節の自由度が高いほど、作用温度25.5°C条件と同程度の高い満足度申告値が得られた。温熱満足度が高いとき、作業成績が高く疲労の個人訴え率が低かった。(平成19年度)
- 5) 作用温度を25.5°C、28.5°C、31.5°Cとする条件を設定した被験者実験では、温熱満足度が高いとき、作業成績が高く疲労の個人訴え率が低い関係が得られた。(平成20年度)
- 6) 28°Cオフィス環境の最適化のための各サブテーマの成果を統合する手法を整備した。(平成19年度)
- 7) 被験者実験の結果を統合し、温熱満足度の申告結果から作業効率への影響を評価できる温熱満足度を用いた作業効率評価モデルおよび予測不満足者率PPDを用いた作業効率予測モデルを提案した。(平成20年度)
- 8) 人体熱モデルを用いたシミュレーションでは、各採涼アイテムを使用することにより予測不満足者PPDが減少する予測となり、採涼アイテムを併用することでその効果が高くなることが示された。(平成20年度)
- 9) COOLBIZ期間の冷房設定温度を、既存オフィスの通常の運用を想定した25°Cから28°Cに上げることで、79.0MJ/(m²*COOL BIZ期)のエネルギー消費量削減が見込めることがシミュレーションよりわかった。(平成20年度)
- 10) オフィスの温熱環境を対象とした知的生産性評価モデルを作成し、COOL BIZの効果を作業効率に基づく経済性と省エネルギー性の面から評価した。COOL BIZ実施期間を6月1日から9月30日までとした場合で25°Cスーツ着用から28°C軽装にすると、エネルギー消費量の削減により68.5円/(m²*COOL BIZ期)コスト減が見込めるが、作業効率の低下により7640円/(m²*COOL BIZ期)の損失が出ると予想された。一方、28°C軽装で採涼アイテムを導入することで、25°Cスー

ツ着用と比べ9.0円/(m²*COOL BIZ期)コスト減と、作業効率の向上により3800円/(m²*COOL BIZ期)の利益が出ると予想された。(平成20年度)

(2) 地球環境政策への貢献

平成18年度は日本建築学会大会(国内学会)において、「夏季オフィスの温熱環境」のテーマについてオーガナイズドセッションを開催した。平成19年度は、フィンランドで行われた国際学会CLIMA2007においてWorkshop「Indoor environmental quality and productivity: challenges for future work」にて、研究代表者の田邊が研究発表・議論を行った。仙台で行われた国際会議IAQVECにおけるSpecial Session「Productivity and Indoor Environment in Offices and Schools」にて、田邊が議長として研究発表を、研究協力者の西原が研究発表を行い、デンマーク、シンガポールの研究者とともにパネルディスカッションを行った。国際会議ISHVAC2007において、研究代表者田邊が基調講演の中で研究成果を発表した。研究協力者西原が、日本建築学会関東支部環境工学専門研究委員会主催の公開勉強会「[COOL BIZ/WARM BIZ]3年間の足あと」にて、話題提供・議論を行った。国内学会や国際学会における発表や関連論文誌での発表、日本建築学会で平成20年7月に建築学会熱シンポジウム内で開催予定のセッション「28°Cオフィス環境」などを通じて、成果の広報・普及に努めている。

6. 引用文献

- 1) 吉竹博: 改訂産業疲労-自覚症状からのアプローチ-, 労働科学研究所出版部、1993
- 2) E.A. Fleishman: Handbook of Human Abilities, Consulting Psychologists Press, 1992
- 3) 三宅晋司、神永雅晴: メンタルワークロードの主観的評価法 NASA-TLXとSWAT紹介および簡便法の提案、日本人間工学会論文誌、Vol.26(6)、pp.399-408、1993
- 4) ASHRAE, Fundamentals Handbook (SI) , Thermal Comfort, 2001
- 5) D. P. Wyon: Creative thinking as the dependent variable in six environmental experiments: a review, Proceedings of Indoor Air Quality and Climate, Vol.1, pp.419-422, 1996
- 6) 杉浦ら: ワークプレイス・プロダクティビティの主観的評価手法と評価例、空気調和・衛生工学会近畿支部環境工学研究会、266号、pp.9-15、2007
- 7) P.O. Fanger.: Thermal Comfort, Danish Technical Press 1970
- 8) 田辺ら: 皮膚温度可変型サーマルマネキンによる室内環境評価法に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集、第448号、pp1-8、1993
- 9) S. Nakamura et al.: The evaluation of productivity and energy consumption in 28°C office with several cooling methods for workers, Proceedings of Indoor Air 2008, paper129, 2008
- 10) 田辺ら: 温熱環境評価のための体温調節モデルJOSの開発(その1) —血管系および体躯・性別・年齢の考慮—、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.1733-1736、2002
- 11) K. Murakami et al.: Development of Human Thermoregulation Model JOS for Evaluating Thermal Environment (Part1) Considering Vascular System and Body Size, Sex, and Age, Proceedings of Roomvent, Vol.1, pp.3-10, 2007
- 12) 時田ら: ライフサイクルエネジーマネジメントのための空調シミュレーション開発(第1報) LCEM(ライフサイクルエネジーマネジメント)の枠組み、空気調和・衛生工学会大会学術

講演論文集、pp.1957-1960、2005

- 13) 杉原: 表計算ソフトを用いた空調シミュレータの開発(室内熱負荷と空調機の非定常連成解析)
日本機械学会 第16回環境工学総合シンポジウム2006、pp.360-363、2006
- 14) 空気調和・衛生工学便覧、第13版、第5編、第4章、2001
- 15) 厚生労働省、平成20年版労働経済白書、第1章、第2節
- 16) A.P.Gagge, et al.: A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment,
ASHRAE Transactions, Vol.92, Part 2, pp.709-731, 1986
- 17) 西原ら: 室内環境が知的生産性に与える影響(その20)-夏季室温緩和設定オフィスにおける執務者の着衣量 -、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1127-1128、2008.9

7. 国際共同研究等の状況

- 1) 国際室内空気環境学会「オフィスにおける室内環境が生産性に与える影響」専門調査会
- 2) デンマーク工科大学 エネルギー・室内環境研究所と国際共同研究を行い、研究協力者羽田が2007年9月から2008年8月までデンマークに滞在し、情報交換を行った。
- 3) CLIMA2007におけるWorkshop「Indoor environmental quality and productivity: challenges for future work」を行った。
- 4) 国際会議IAQVECにおいてSpecial Session「Productivity and Indoor Environment in Offices and Schools」におけるパネルディスカッションを行った。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 羽田 正沖、西原 直枝、中村 駿介、内田 智志、田辺 新一: 夏季室温緩和設定オフィスにおける温熱環境実測および執務者アンケート調査による知的生産性に関する評価、日本建築学会環境系論文集、Vol.74、No.637、pp.389-396、2009.3
- 2) 羽田 正沖、西原 直枝、田辺 新一: 温熱環境と換気量が知的生産性に与える影響に関する被験者実験、日本建築学会環境系論文集、Vol.74、No.638、pp.507-515、2009.4

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 田辺新一、西原直枝: 室内温熱環境における知的生産性評価、空気調和・衛生工学、Vol.81(1)、pp.9-14、2007.1
- 2) S. Tanabe, M. Haneda and N. Nishihara: Indoor Environmental Quality and Productivity, REHVA Journal, Vol.44(2), pp.26-31, 2007.6
- 3) 田辺新一、西原直枝: 室内環境質と知的生産性、建築雑誌、No.1564、pp.22-23、2007.7
- 4) 田辺新一、西原直枝: 健康・疲労と知識創造環境の関係(特集 知的生産性, 4. 建築における知識創造環境構築(2))、IBEC、28(5)(通号 164)、pp.23-28、2008.1

<その他誌上発表(査読なし)>

口頭発表の欄に示す。

(2) 口頭発表(学会)

- 1) 田辺新一、西原直枝: クールビズと知的生産性・省エネルギー・室内環境、日本建築学会大会

- 学術講演梗概集、選抜梗概、D-II、pp.443-446、2006.9
- 2) 西原直枝、西川雅弥、植木雅典、川村明寛、田辺新一: 冷房設定温度28℃環境における知的生産性評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、選抜梗概、D-II、pp.447-450、2006.9
 - 3) 羽田正沖、西原直枝、田辺新一: 知的生産性によるオフィスの温熱環境の経済的影響評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、選抜梗概、D-II、pp.451-454、2006.9
 - 4) 田辺新一、西原直枝、羽田正沖: 室内温熱環境と知的生産性、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.159-162、2006.9
 - 5) 田辺新一、西原直枝、羽田正沖: 28℃オフィス環境、第36回熱シンポジウム、pp.35-40、2006.11
 - 6) S. Tanabe, M. Haneda and N. Nishihara: Productivity, Energy, and Economics in Modern Offices, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.3-10, 2007.6(査読付)
 - 7) N. Nishihara, S. Tanabe, M. Haneda, M. Ueki, A. Kawamura and K. Obata: Effect of Overcooling on Productivity Evaluated by the Long Term Field Study, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.35-42, 2007.6(査読付)
 - 8) M. Haneda, S. Tanabe, N. Nishihara, M. Ueki and A. Kawamura: Development of Survey Tools for Indoor Environmental Quality and Productivity, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.43-50, 2007.6(査読付)
 - 9) A. Kawamura, S. Tanabe, N. Nishihara, M. Haneda and M. Ueki: Evaluation Method for Effects of Improvement of Indoor Environmental Quality on Productivity, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.89-96, 2007.6(査読付)
 - 10) M. Ueki, S. Tanabe, N. Nishihara, M. Haneda and A. Kawamura, M. Nishikawa: Effect of moderately hot environment on productivity and fatigue evaluated by subjective experiment of long time exposure, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.207-214, 2007.6(査読付)
 - 11) 植木雅典、西原直枝、羽田正沖、川村明寛、中村駿介、田辺新一: 室内環境が知的生産性に与える影響(その15) - 温熱・空気質環境が疲労感・作業効率に与える影響 -、日本建築学会大会学術講演梗概集(福岡)、D-II、pp.1155-1156、2007.8
 - 12) 川村明寛、西原直枝、羽田正沖、植木雅典、中村駿介、田辺新一: 室内環境が知的生産性に与える影響(その16) - 温熱・空気質環境における満足度および作業効率の評価 -、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1157-1158、2007.8
 - 13) 羽田正沖、西原直枝、植木雅典、川村明寛、中村駿介、田辺新一: 室内環境が知的生産性に与える影響(その17) - 温熱・空気質環境におけるパフォーマンス評価ツールを用いた作業効率評価 -、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1159-1160、2007.8
 - 14) 中村駿介、西原直枝、羽田正沖、植木雅典、川村明寛、田辺新一: 室内環境が知的生産性に与える影響(その18) - 温熱環境を対象とした被験者実験における指尖脈波による疲労の客観的評価 -、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1161-1162、2007.8
 - 15) 西原直枝、羽田正沖、植木雅典、川村明寛、中村駿介、田辺新一: 室内環境が知的生産性に与える影響(その19) - 温熱環境を対象とした被験者実験における作業成績・メンタルワークロード・脳内酸素代謝 -、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1163-1164、2007.8
 - 16) 中村駿介、西原直枝、羽田正沖、田辺新一: 室内環境における知的生産性評価(その6) 夏季冷房28℃設定オフィスにおける執務者の主観申告への影響、空気調和・衛生工学会大会学術講演

- 論文集、pp.1697-1700、2007.9
- 17) 中川優一、田辺新一、稲垣勝之、清田修、丹羽勝巳、小林弘造、篠塚大輔、三村良輔: 室内環境における知的生産性評価 (その7) 研究所移転前後の温熱環境調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.1701-1704、2007.9
 - 18) S. Tanabe: Thermal Comfort, Health and Productivity vs. Indoor Environment, Proceedings of ISHVAC 2007, 2007.9 (別冊: 基調講演集に収録)
 - 19) N. Nishihara and S. Tanabe: Monitoring Cerebral Blood Flow for Objective Evaluation of Relationship Productivity and Thermal Environment, Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, pp.655-662, 2007.10(査読付)
 - 20) S. Tanabe, N. Nishihara and M. Haneda: Performance Evaluation Measures for Workplace Productivity, Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, pp.663-670, 2007.10(査読付)
 - 21) M. Haneda, N. Nishihara, S. Tanabe and P. Wargocki: The Effect of Modified Thermal Environment in Office on Productivity, Proceedings of the 6th International Conference of Indoor Climate of Buildings 2007, pp.53-59, 2007.11
 - 22) 西原直枝、田辺新一: 室内温熱環境と知的生産性、日本建築学会関東支部環境工学専門研究委員会公開勉強会「[COOL BIZ/WARM BIZ] 3年間の足あと」資料集、pp.25-27、2008.3
 - 23) 田辺新一、西原直枝: 28°Cオフィスの展望と課題、第38回熱シンポジウム『暑熱環境と人間・社会』- 温熱感研究の社会的貢献 -、pp.97-100、2008.7
 - 24) 西原直枝、田辺新一: 温熱環境における知的生産性と疲労感、第38回熱シンポジウム『暑熱環境と人間・社会』- 温熱感研究の社会的貢献 -、pp.105-108、2008.7
 - 25) M. Haneda, S. Tanabe, N. Nishihara and S. Nakamura: The combined effects of thermal environment and ventilation rate on productivity, Proceedings of Indoor Air 2008, ID108, 2008.8(査読付)
 - 26) S. Nakamura, S. Tanabe, N. Nishihara and M. Haneda: The evaluation of productivity and energy consumption in 28°C office with several cooling methods for workers, Proceedings of Indoor Air 2008, ID129, 2008.8(査読付)
 - 27) N. Nishihara, S. Tanabe, M. Haneda, and S. Nakamura: Objective Evaluation Method of Workers' Physiological Responses that Affect Productivity in Moderately Hot Environment, Proceedings of Indoor Air 2008, ID138, 2008.8(査読付)
 - 28) 川口玄、西原直枝、羽田正沖、中村駿介、内田智志、田辺新一: 室内環境における知的生産性評価 (その8) 採涼手法の導入による温熱環境満足度の向上が知的生産性に与える影響、空気調和・衛生工学会学術講演大会論文集、pp.2015-2018、2008.8
 - 29) 内田智志、西原直枝、羽田正沖、中村駿介、川口玄、田辺新一: 室内環境における知的生産性評価 (その9) COOL BIZ実施オフィスにおける採涼手法導入シミュレーション、空気調和・衛生工学会学術講演大会論文集、pp.2019-2022、2008.8
 - 30) 西原直枝、羽田正沖、中村駿介、田辺新一: 室内環境が知的生産性に与える影響 (その20) - 夏季室温緩和設定オフィスにおける執務者の着衣量 -、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1127-1128、2008.9
 - 31) 内田智志、西原直枝、羽田正沖、中村駿介、川口玄、田辺新一: 室内環境が知的生産性に与える

- 影響（その21）-夏季室温緩和設定オフィスにおける執務温熱環境の実測調査-、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1129-1130、2008.9
- 32) 中村駿介、西原直枝、羽田正沖、内田智志、川口玄、田辺新一：室内環境が知的生産性に与える影響（その22）-夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境が執務者の主観申告に与える影響-、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1131-1132、2008.9
- 33) 羽田正沖、西原直枝、中村駿介、内田智志、川口玄、田辺新一：室内環境が知的生産性に与える影響（その23）-夏季冷房28℃設定オフィスを想定した温熱環境満足度の向上に関する被験者実験概要および温熱環境申告結果-、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1133-1134、2008.9
- 34) 川口玄、西原直枝、羽田正沖、中村駿介、内田智志、田辺新一：室内環境が知的生産性に与える影響（その24）-夏季冷房28℃設定オフィスを想定した温熱環境満足度の向上に関する被験者実験の作業成績・疲労と温熱環境満足度-、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1135-1136、2008.9
- 35) N. Nishihara, M. Haneda, S. Nakamura and S. Tanabe: The Effect of Moderately Hot Environment on Mental Task Performance and Cerebral Blood Flow, Proceedings of the 18th International Congress of Biometeorology, in CD-ROM, 2008.9

（3）出願特許

特に記載すべき事項はない

（4）シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

（5）マスコミ等への公表・報道等

- 1) ポルトガルにて開催されたHealthy Buildings 2006の講演内容に関するインタビューを受け、ポルトガルの新聞紙（Público、2006年6月7日、p.18）に記事が掲載された。

（6）その他

- 1) 日本建築学会大会におけるオーガナイズドセッション、2006.9
- 2) Healthy Buildings 2006におけるPlenary Lecture、2006.9
- 3) Syracuse Universityにおけるシンポジウム、2006.12
- 4) 国際学会CLIMA2007におけるワークショップ。
- 5) 国際会議IAQVECにおけるSpecial Session（パネルディスカッション）。
- 6) 日本建築学会関東支部環境工学専門研究委員会主催の公開勉強会「[COOL BIZ/WARM BIZ] 3年間の足あと」における話題提供。