

課題名	H-061 28°C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		
課題代表者名	田邊 新一（早稲田大学創造理工学部建築学科）		
研究期間	平成18-20年度	合計予算額	50,112千円（うち20年度 13,938千円） ※上記の合計予算額には、間接経費11,567千円を含む
研究体制			
<p>(1) 生産性・経済性に関する研究（早稲田大学）</p> <p>(2) 衣服の影響に関する研究（独立行政法人 産業技術総合研究所）</p> <p>(3) パーソナル空調・省エネルギー性に関する研究（芝浦工業大学）</p> <p>(4) 温熱・空気環境実測調査（武蔵工業大学）</p>			
研究概要			
<p>1. はじめに</p> <p>温室効果ガス排出量の削減約束を定めた京都議定書が2005年2月に発効し、日本は1990年比6%の削減量が義務付けられた。また、2005年7月のG8年次サミットにおいて定められたグレンイーグルズ行動計画の中で、建築物のエネルギー効率向上のため、先進国及び開発途上国における既存の建築基準及び規則の見直し、効率性を評価するためのエネルギー指標の策定、政策上の最善の事例の特定を国際エネルギー機関に要請することが決定した。日本では地球温暖化対策推進大綱のもと二酸化炭素削減への取り組みが進められているが、二酸化炭素排出量の約16%を占める「業務その他」部門は、事務所ビル等のOA化に伴う室内での発熱量の増加や、室内環境に対する要求水準の上昇などが原因となり排出量削減の成果が必ずしも現れていない。「エネルギーの使用の合理化に関する法律」における建築物や設備などのハードな対応も行われているが、オフィス面積の増加や経済事情の変化などにより対策にも限界が生じている。一方、研究代表者によるこれまでの実測調査では、オフィス内環境の設定は執務者の要求によって調整されている場合が多く、必ずしも設計意図に沿った運用がなされているわけではない。このように建築物側のハードな対応のみではなく、居住者の省エネルギーに対する意識や心がけなどに働きかけるソフトな対策も同時に必要であり、それらの内容や効果を明確化する研究を行うことで地球温暖化に貢献することができると考えられる。業務オフィス内の冷房の設定温度には28°Cが推奨されており、2005年は夏季の軽装としてノーネクタイ、ノー上着ファッションのいわゆるCOOL BIZが政府主導で実施された。</p> <p>COOL BIZについて石野らにより、温冷感、着衣量と省エネルギー性に関して検討されているが、決定権を持つ企業経営者などが懸念する企業にとっての損益に関する見解は示されていない。特に生産活動を行うオフィスが対象となるため、省エネルギー効果のみではなく、投資とそれに対する見返り効果が判断基準になることが多いと考えられる。オフィスの室温を28°Cにするかどうかという二者択一的な選択ではなく、真に省エネルギーになる空調システム、業務内容に合わせた段階的な手法の提案が必要とされる。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究は、(1)生産性・経済性、(2)衣服の影響、(3)パーソナル空調・省エネルギー、(4)温熱・空気環境実測調査のサブテーマで構成されており、省エネルギー性に優れオフィス空間として最適な室内環境について調査することを目的とする。</p> <p>本研究を構成するサブテーマの研究成果の関係を研究フローとして図1に示す。28°Cオフィスを経済的な観点から検討するために、サブテーマ(1)において室内環境質と生産性の関係を定量化する。サブテーマ(2)では、COOL BIZなど衣服の温熱環境制御性能について詳細に調査する。サブテーマ(3)では、28°Cオフィスにおける空調設備システムの省エネルギー性の評価と、執務者スペースの環境制御方法としてパーソナル空調の有効性とその効果について検討する。また、サブテーマ(4)では、オフィスの温熱環境および空気環境の実態把握をするとともに他のサブテーマにおける実験的検討との比較を行う。これらの成果を統合して、COOL BIZの効果を評価するとともに、経済性と省エネルギー性を両立させる28°Cオフィス環境の最適化について検討する。</p> <p>3. 研究の方法と結果</p> <p>(1) 生産性・経済性に関する研究（早稲田大学）</p> <p>1) 平成18年度および平成19年度に知的生産性評価ツールを開発・改良して、その測定手法として</p>			

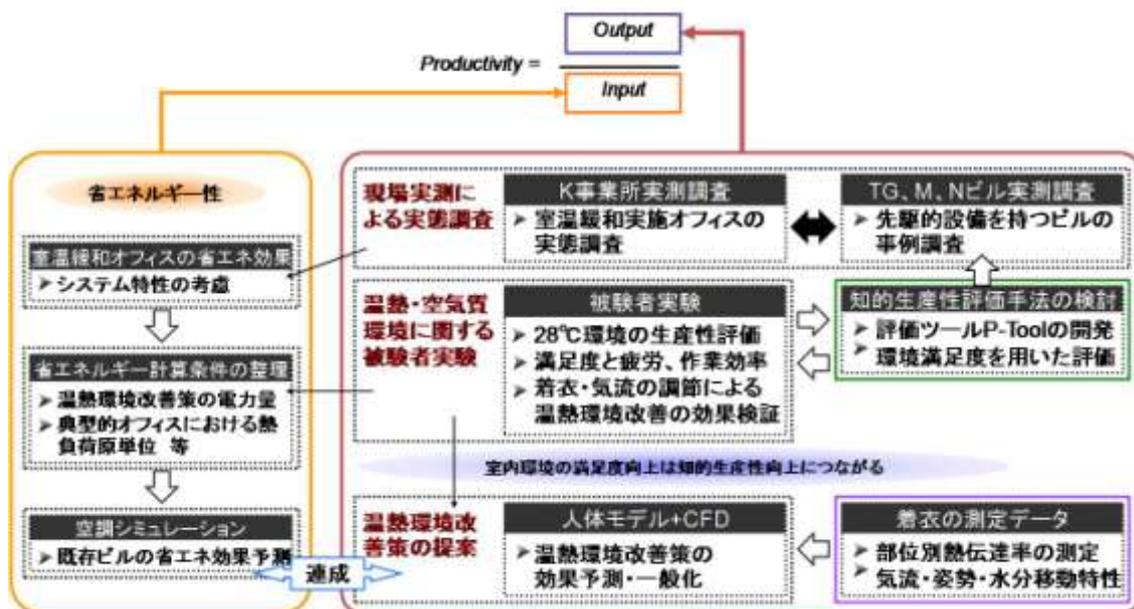


図1 研究フロー

の有効性を確認した。一方、実務作業の能力バランスを把握するために調査を行い、ツールでの評価可能な能力を比較した。また、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。

- 2) 夏季室温緩和と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て、冷房設定を28℃としたオフィスを対象とした実測調査を平成19年度に行った。室内の空気温度調査より、時間的な空気温度の変動や平面に温度分布が発生しており、設定温度より高温な時間帯や場所も確認された。空調機の運転開始前の時間帯に室内温度は最も高くなっていた。OA機器や執務者の分布などの調査より、内部発熱量の大きい場所と高温になりやすい場所への対応が必要とされることがわかった。また、室内への給気温度を測定した結果、空調機の制御が周期的に変化し安定状態にならないハンチング現象が確認された。設定温度の緩和により設計時よりも内部負荷が少なくなったことにより、空調機の運転制御が困難になったためである。温度緩和のみでは従来型の空調システムでは、必ずしも最適運転が出来ないことが示された。室温緩和運転に適用する調整が必要である。一方、執務者を対象に行ったアンケート調査より、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と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。また、個別対応が重要な鍵になることがわかった。
- 3) 緩和設定した室温と換気量との関係を把握するために、作用温度25.5℃、28.5℃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を平成18年度に実施した。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した。また、作用温度を25.5℃、28.5℃、31.5℃とする条件を設定した被験者実験を平成20年度に実施した。25.5℃、28.5℃、31.5℃の順で温冷感は涼しい側の申告になり、温熱満足度は高かった。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い関係が得られた。物理環境の平均値ではなく、個々の被験者の疲労感と温熱満足度に注目することが重要とわかった。
- 4) 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（以下、採涼アイテム）を導入する効果を把握するための被験者実験を平成19年度に実施した。作用温度は25.5℃および28.5℃条件を設定した。採涼アイテムとして実験で用いた卓上ファン、ファン付シャツとメッシュ椅子、また実験条件を図2に示す。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り、温冷感は涼しい側の申告になり、温熱満足度は向上し、疲労の自覚症状が低くなる結果が得られた。作用温度28.5℃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℃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い関係が得られた。着衣以外の採涼アイテムの効果が定量的に示された。
- 5) 空気温度28℃の空間を仮定し、図2で示した採涼アイテムを単体もしくは組み合わせで導入することによる体感温度を、人体熱モデルを用いたシミュレーションにより求めた（図3）。また、求めた体感温度の温熱環境に曝露された場合の予測不満足者率（PPD）を算出した。採涼アイテムを導入することによりPPDが減少する予測結果が得られ、採涼アイテムを併用することでその



図2 個別制御を可能とする温熱環境の簡易な改善策および実験条件

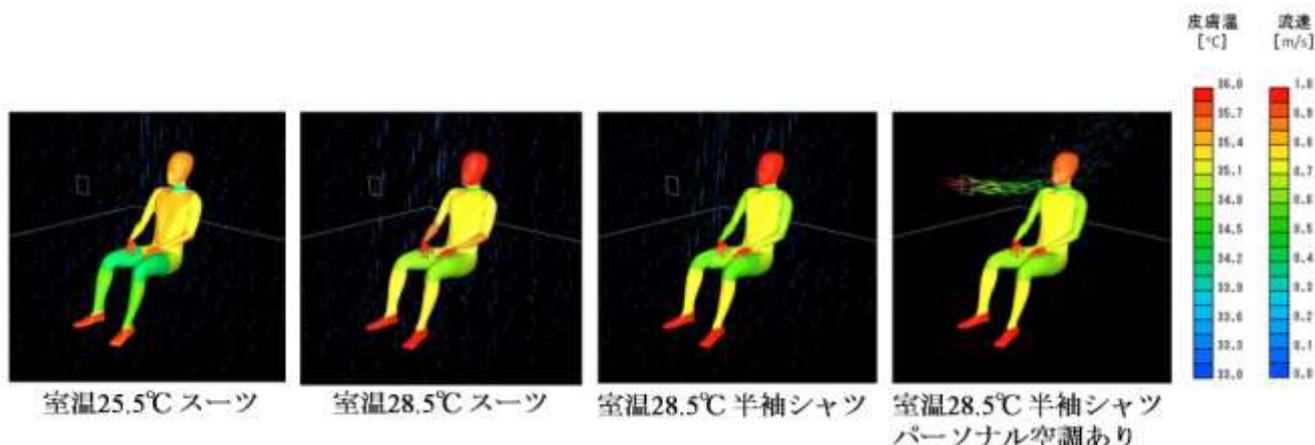


図3 人体熱モデルのシミュレーション結果（一部抜粋）

効果が高くなることが示された。

- 6) 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。COOL BIZ期間（6月1日から9月30日）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℃から28℃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わかった。また、卓上ファンを導入した場合にはファンの排熱による室内熱負荷の増加のため、エネルギー消費量削減は67.6MJ/(m²・COOL BIZ期)になると試算された。特に、メッシュ椅子に関しては運転エネルギーを消費しないため有効な手法の一つと考えられる。

(2) 衣服の影響に関する研究（独立行政法人 産業技術総合研究所）

- 平成18年度は、サーマルマネキンを使用し、夏服49の単品衣服、97の組合せ衣服について、全9部位について衣服の有効熱抵抗 $R_{cle,i}$ を測定した。これらの測定に用いた衣服の一部抜粋を図4に示す。衣服の断熱性を示す熱抵抗値の表現はいくつかあるが、本研究では、着衣時の熱抵抗から裸体マネキンの熱抵抗を引いて算出する有効熱抵抗 $R_{cle,i}$ を用いた。全身としての有効熱抵抗値は、単品衣服で0.02-0.24clo（1clo=0.155m²°C/W）、組合せ衣服で0.13-0.60cloであった。
- 平成19年度は、立位のサーマルマネキンを風洞に設置し、着衣の部位有効熱抵抗が気流に応じてどのように変化するかを明らかにした。0.26-2.6m/sの風を吹かせた風洞内に立位サーマルマネキンを設置し、気流方向3条件（前方、後方、仰角30度の前方）での部位の対流熱伝達率、着衣の部位有効熱抵抗を実測した。異なる組合せ着衣における気流の影響は、いずれの組合せ着衣においても、部位の有効熱抵抗が風によって減少し、全身に対する着衣の有効熱抵抗 $R_{cle,i}$ の静穏基準比は、いずれの着衣でも大きな違いはなかった。しかし、部位によって風に伴う着衣の部位有効熱抵抗の減少比率は異なり、身体を円筒に見立てたときに直径にあたる代表径は躯幹部、足部、腕部の順に小さくなり、その代表径が大きな部位では減少比率が大きくなる傾向があった。上躯幹、腰、上腕、前腕、大腿、下腿、足の共通する、着衣の部位有効熱抵抗の減少比率（静穏基準） $C_{corr,R_{cle,i}}$ を表すモデル式を提案した。従来、部位にまで着目した気流影響のデータは非常に少なく、研究統合化のために貴重なデータが得られた。
- 平成20年度は、発汗サーマルマネキンにより男性用アンサンブル着衣（トランクス、ランニング、半袖シャツ、スーツズボン、靴下、スーツ上着、ネクタイ）の透湿性を計測し、有効乾性熱抵抗値と有効湿性熱抵抗値の関係を比較したところ、有意な相関関係が認められた。中でも腹、大腿、背中、臀部で乾性熱抵抗値は湿性熱抵抗値とともに他の部位に比べて高くなった。衣服の重なりによる影響と考えられる。人体の発汗特性を調べるために、気温28℃、34℃、37℃

の環境において人体の部位における蒸発量を測定したところ、前額、背中、大腿、足背で他の部位よりも多くなった。部位の汗腺密度と蒸発量との関係を調べると有意な相関関係が認められた。靴や靴下に足からの水分蒸発量を妨げない透湿性・通気性の良い断熱性の低い素材を選ぶとともに、衣服についても室温緩和による人体への熱負荷を軽減するような衣服の着方や素材などの選択が有効であることがわかった。



図4 測定した衣服例（一部を抜粋）

(3) パーソナル空調・省エネルギー性に関する研究（芝浦工業大学）

- 1) 平成18年度は、居住者の快適性を減じないで28°Cオフィスを実測した事例として、タスク・アンビエント空調システムを導入しているオフィスで実測調査を行った。実測対象オフィスの内観および導入されているタスク・アンビエント空調システムの概要を図5に示す。温熱環境調査やアンケート申告による知的生産性の評価を行った。活力申告では、男性平均のタスク空調on条件で活力度が高く、女性平均ではタスク空調off条件で活力度が高かった。また、男性平均の方が女性平均に比べ活力度が高かった。女性平均の活力度が低い要因は、特に退勤前の申告値が低いためと考えられる。先進的な空調システムを用いたオフィスビルでは、室温緩和を行っても知的生産性が低下していない事例が観察された。

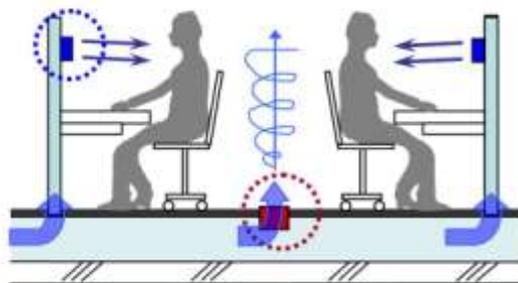


図5 実測対象オフィスの内観およびタスク・アンビエント空調システム

- 2) 温熱・音・光に関するさまざまな環境制御技術を採用し、特に空調に関してはパーソナル性の高い床吹き出し空調を導入している先駆的な省エネルギー型オフィスの実践例を調査した。「先進的なオフィス」と「移転前の従来型オフィス」との比較を行い、床吹き出し空調をはじめとした各制御技術や空間の構成が、室内環境物理量や、執務者の温熱快適性、知的生産性の向上にどのように寄与しているのかを平成19年度および平成20年度に評価した。実測対象オフィスの執務者のうち、30名(男性28名、女性2名)を被験者とし、より詳細に知的生産性評価について調査した。被験者アンケートを行った結果、WPP(ワークプレースプロダクティビティ)低下率は表1に示すように移転前後で約半分に減少しており、移転後オフィスにおいてWPPの向上がみられた。疲労の自覚症状しらは、移転前後で平均総訴え率は16%減少し、移転前オフィスは一般型、移転後オフィスは精神作業・夜勤型であることが分かった。これはNASA-TLXの結果にも反映されており、特に移転後オフィスでは作業や要素作業の頻度や速度に圧迫感を感じる執務者が多かった。活力度は移転前後で申告率が約20%増加し、全体として知的生産性の向上が確認された。眼精疲労に関しては、移転後オフィスにおいて若干緩和される傾向があった。
- 3) 快適性を考慮した運用方法の提案のため、実測および被験者アンケートの結果から、移転後オフィスにおいて、現状設定温度25°Cを高く変更できる可能性があると考え、解析を行った。その結果、設定温度を1°C上昇させ、消費エネルギーを抑えても、快適の申告者率は変わらず、不快の申告者率もほぼ同様の結果となった。移転後オフィス特有の空間や環境を選択していくことでさらに設定温度を緩和できると考えられることから、設定温度は27°Cまで緩和できる解析結果となった。個別対応を行う空調方式が室温緩和に有効であることがわかった。

表1 WPP低下率

	1ヵ月にロスした時間(h)	WPP低下率(%)
移転前オフィス	5.2	2.6
移転後オフィス	2.5	1.25

(4) 温熱・空気環境実測調査(武蔵工業大学)

- 1) 22°C、25°C、29°Cという異なる3つの室温条件において、それぞれ約50名の被験者を用いて、温度条件が作業効率に及ぼす影響を調査する実験を行なった。作業として、ビデオを30分間視聴させた後に、その内容を問うテストを実施した。本実験では、内容記憶の度合いを作業効率としている。空気質の許容度、空気の新鮮度、集中度、疲労感、覚醒度、精神的な気分、眠気などに関するアンケート項目は、総じて室温が高いほどネガティブ(不快)側の申告をした。特に29°C条件の申告が大きくネガティブ側であった。また、最も暑い環境であった29°C条件では、番組後半の内容である問題において正解率の低下が見られた。室内環境の評価が最も悪かった29°Cの被験者は、番組の後半において集中力・覚醒度等が低下したことが正解率に影響を及ぼしていた。
- 2) 室温が上昇することにより人体からの体臭成分の揮発性有機化合物(VOC)の発生量が増すことが考えられる。室温緩和時は室温上昇の影響だけでなく、体臭による知覚空気質の悪化が作業効率低下につながる可能性がある。そこで異なる室温条件のもと、被験者在室中のVOC濃度を計測した。空気成分クロマトグラムを見ると、人体由来と思われるVOCが3種類あり、これらは室温条件の高温のものほど高濃度となった。室温の高い環境に曝露されることで発汗等により人体からの生体発散物質の放散が増加することがわかった。室温緩和時は換気量にも配慮する必要があることがわかった。
- 3) 在室密度の比較的高い居住空間を作成し、被験者を在室させて実験を行うことにより、体臭由来のVOC濃度と、対象空気を嗅いで申告した臭気強度との関係を調査した。空気質判定者(嗅覚パネル)はチャンバーに入室することなく、室内からチャンバー内臭気を嗅ぎ、臭気強度を申告した。その結果、嗅覚パネルの申告した臭気強度とアルデヒドVOCであるノナナル、デカナル濃度との相関が高かった。特にデカナル濃度と臭気強度申告との相関が高く、体臭の指標としてデカナル濃度を用いることが可能と考えられる。
- 4) 室温が高くさらに騒音も激しい場合、被験者は二重の障害(アノイアンス)によって作業効率が低下することが予想される。そこで、二重アノイアンスが作業効率へ及ぼす影響の度合いを考察する実験を行った。被験者は入室後45分座位状態で在室した後、30分間の作業を行った。作業は企業の採用活動にも使用される問題A、B、Cとした。作業を遂行した後、5分間アンケートに答えた。問題Aは示された一次方程式の空欄の数字を選択肢より選ぶ問題、問題Bは示された1つの表と設問から答えを導き出し選択肢より選択する問題、問題Cは示された長文を読み、趣旨にあった選択肢を選ぶ問題である。その結果、問題Aにおいては騒音のある条件が騒音のない条件に対し有意に正解数が多い結果となった。また、騒音のない状態では25°C環境である条件が28°C環境である条件に比べ有意に作業効率が高かった。一方、問題Bにおいては騒音のない

条件が騒音のある条件に対し有意に正解数が多い結果となった。問題Cにおいては各条件下においても正解数に大きな差はなく、騒音・温度条件による作業への影響はみられなかった。知的作業の内容により、室温緩和影響が異なることがわかった。

- 5) 平成20年度は、平成19年度に開発した作業効率評価手法を用いて実際のオフィスにて温熱・空気環境実測を行った。実測対象オフィスは、夏季は通常25℃に室温を設定しているが、7月末から8月初頭にかけての2週間のみ室温を緩和設定し、28℃に近い室温設定の実測を行った。在室者は執務時間内に室内環境に関するアンケートと自覚症しらべの回答及び10分間の作業課題（平成19年度研究で用いた問題Aおよび問題B）を行った。図6に作業効率調査テストの解答数を、図7に全体正解率を示す。図6より、解答数は問題Aでは有意に28℃設定期間に減少した。また、8月が7月に対して有意に少ない結果となった（ $p<0.05$ ）。問題Bに関しては28℃設定期間が最も少ない結果となったが、28℃設定期間と8月との間に有意差は見られなかった。図7より全体正解率に関しては、問題Aにおいて7月に対し28℃設定期間が有意に低下したが（ $p<0.05$ ）、問題Bにおいては7月、28℃設定期間が8月に対し有意に高い結果となった（ $p<0.05$ ）。これより問題A、Bの解答数及び問題Aの正解率には室温緩和による影響があると考えられるが、問題Bでは正解率に有意な負の影響は見られなかった。注意力においては問題Aの様な単純作業においては阻害されたが、問題Bの様な、より複雑な作業においては阻害されなかったと考えられる。

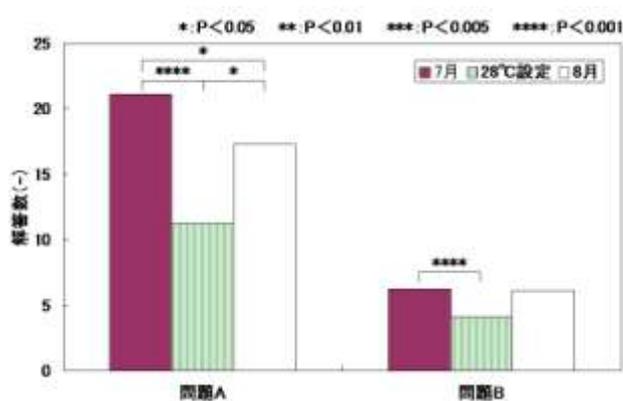


図6 解答数

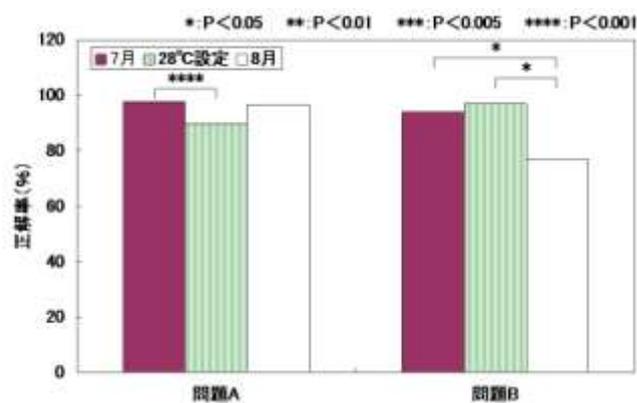


図7 全体正解率

(5) 研究成果の統合（早稲田大学及び分担研究者）

- 室内温熱環境や省エネルギー効果を検討する際に重要となる、「28℃オフィス」に関する定義について整理した。空調機の還気温度を28℃とした制御の場合、夏季は日射等の影響により室内の放射温度が高くなるため、空気温度以外の温熱環境要素の調整を可能とすべきである。また、複数の階やゾーンで空調制御している場合には温度差が生じる可能性がある。室温センサ指示値を28℃とする制御の場合、室内で温度分布が発生し、部分的に28℃を超える可能性が高い。また、居住域の温度を28℃とする制御の場合、詳細な温度分布を調べるために十分な量のセンサが必要となる。また、夏季は放射温度が高くなるため、空気温度以外の温熱環境要素の調整を可能とすべきである。そのため、本研究では、建築物衛生管理法を考慮し、運用の設定温度ではなく、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。なお、空気温度以外の温熱環境要素（放射温度、相対湿度、気流速度、着衣量）の調整は可能とされるべきであろう。
- 個々の分担研究で得られている知見から28℃オフィス環境の最適化のために研究成果を統合する手法を整理した（図1）。
- サブテーマ(1)で3年間にわたり行った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を提案した（図8）。また、温熱環境要素を入力値として設定することにより求められる予測不満足者率PPDを用いた作業効率予測モデルを提案した（図9）。これにより、任意の温熱環境における作業効率の予測が可能となった。二者択一的な室温緩和だけではなく、段階的な評価が可能となった。
- 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（図10）。25℃スーツ着用から28℃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℃軽装で採涼アイテムを導入することで、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。経済性評価に関して、ここに示した例は一例である。その他の手法に関しても推定が可能なモデルとなっている。

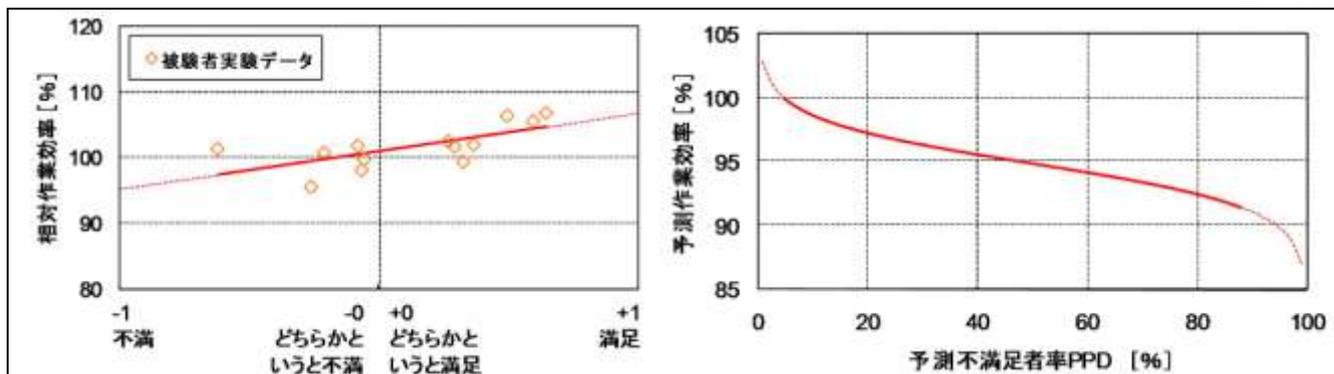


図8 温熱満足度を用いた作業効率評価モデル

図9 予測不満足者率PPDを用いた作業効率予測モデル

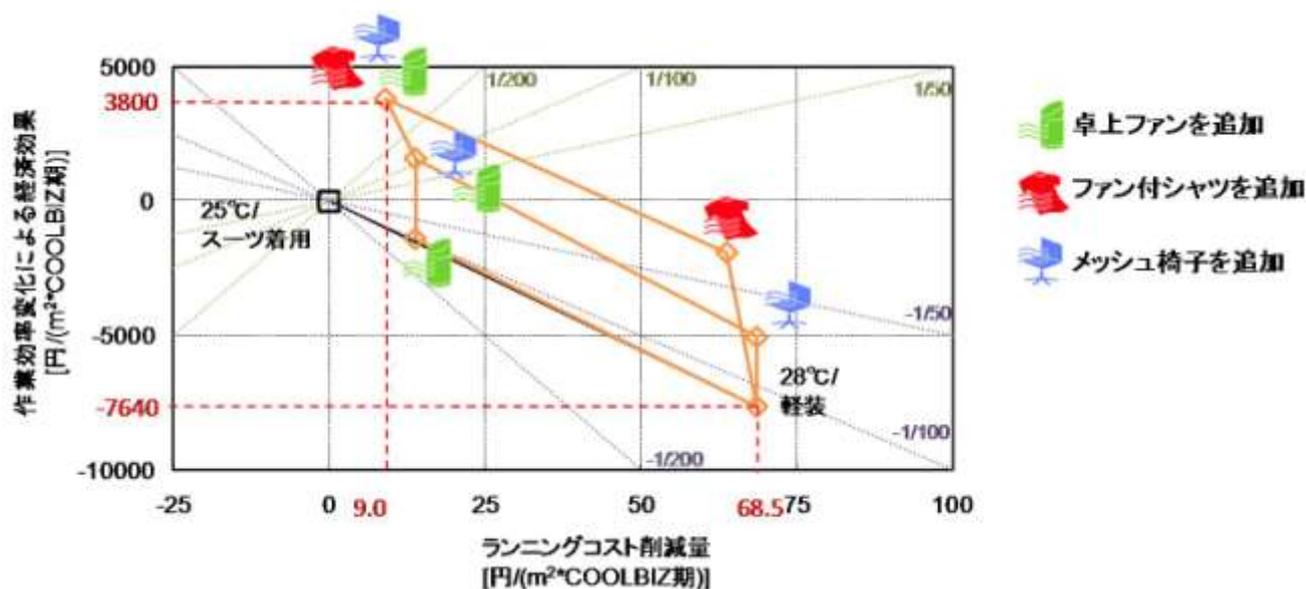


図10 夏季室温緩和設定オフィスの温熱環境を対象とした知的生産性評価

4. 考察

- 1) 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、定義を明確にする必要があると考えられた。中間評価などでも様々な評価を受けたが、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。
- 2) COOL BIZの認知度は非常に高くなっているが、全てのオフィスで実行されているわけではない。その原因として着衣の軽装のみで室温設定を単純に緩和すると熱的に不快であり、生産性が低下するという認識があると推察される。本研究では、この点に注目し、可能な温熱環境改善方法の提案や問題となりうる点を科学的な調査に基づき示してきた。本研究の検討を踏まえると、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。
- 3) 室温設定を通常の設定よりも緩和することでも消費エネルギーを削減することは可能であるため、軽装化のみで熱的に不快とならない室温設定の緩和を、対象企業の業務内容や空気温度以外の室内環境などを踏まえて実施することも可能であろう。この点は、中間評価、最終評価ヒアリングにても同様の指摘を受けた。なお、業務内容によっては温度上昇による作業効率への影響が小さい場合もある実験結果が得られている点にも注目すべきである。COOL BIZの取り組みは、世界中でも注目されている。通常の冷房設定温度が低めである海外でも受け入れられるような仕組みは、日本の様々な業務形態のオフィスでも受け入れられる仕組みにも通じると考えられる。それぞれのオフィスの執務者が過度に不快とならない、作業効率を落とさない範囲で室温設定を緩和することが望ましい。COOL BIZを実施するにあたって、数段階の温度設定レベルや付加的な対応策メニューを提示することにより、導入しやすい受け入れやすい政策として、実施例が増加していくと考えられる。本研究成果を受けた対策パンフレットなどの開発が望まれる。
- 4) サーマルマネキンを用いた着衣量の測定結果は多く公開されているという指摘を受けたが、個

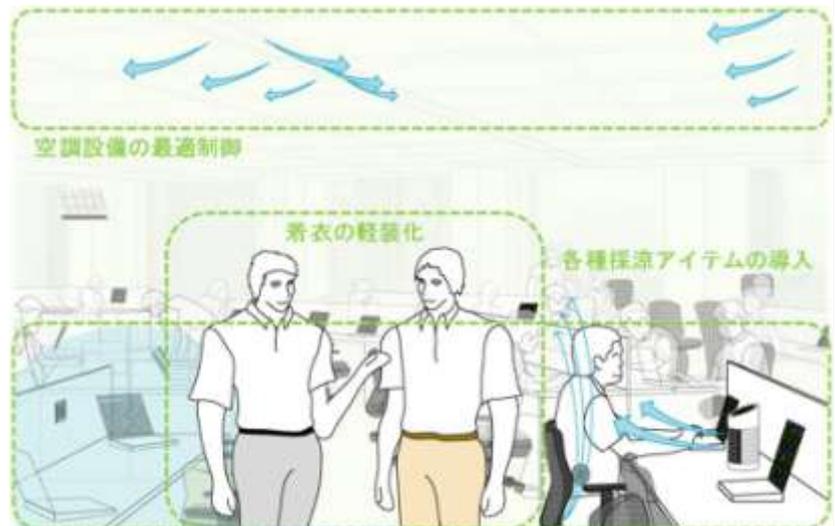
別部位まで測定したデータは世界的にも極めて少ない。本研究では、測定したデータを用いた人体熱モデルのシミュレーション結果より知的生産性の評価（図10）に導いたが、このほかにも、可能となる検討の幅は大きく広がると考えられる。

- 5) 中間評価におけるコメントとして、(1) サブテーマの関連が不明確であり、全体としての統合のあり方がまだ見えていない、(2) 28°Cにするだけで生産性が落ちるといふなら、その対策（新築だけでなく既存オフィス）を示して検討する必要がある、(3) 最適化の考え方を示して具体的な提案に結び付ける必要があり、そのための追加的なエネルギーやコストの分析も必要である、その他、満足度や経済性の尺度の数値化の適切性、室内環境以外に満足度に影響する要因の考慮の必要性等について意見があった。コメント(1)への対応として、サブテーマで取り扱う研究課題の見直し、その関連付けを明確にした。また、図1に示した研究フローを整備し、研究成果を統合化した。コメント(2)(3)への対応としては、当初計画通り、温熱環境改善策による効果検証および省エネルギー性の評価を対象とした被験者実験や実測調査を進めた。また、研究成果の統合化の際に追加的なエネルギーやコストの分析を具体的な改善策に対して示した。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 1) 28°Cの定義を明確化するとともに、無対策で室温緩和を行う場合の問題点に関して指摘した。
- 2) 既存オフィスにおける室温緩和設定の対策として、服装の軽装化、通気性の高い椅子や卓上ファンの導入による効果を定量的に検証した。
- 3) サーマルマネキン測定により通常時、気流速度増加時の着衣の部位別熱抵抗値および服の素材の透湿性に関するデータを示した。これらの着衣データを適用して周辺環境を変化させた場合の人体熱シミュレーションを行い、温熱環境を客観的に評価した。
- 4) 最新の環境制御・空調技術を導入した新築オフィスを調査し、空調方式の違いによる執務温熱環境および執務者への影響を評価した。
- 5) 中程度の高温環境においては体臭成分の増加が確認され、室内空気質への影響がある可能性が示された。
- 6) 室温緩和による在室者の作業速度の低下傾向が見られた。しかし複雑な作業においては室温緩和による注意力の阻害は見られなかった。
- 7) 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。



(2) 地球環境政策への貢献

これらの科学的調査の知見を公表することにより、快適性を損なう等の室温緩和設定に対する懸念を払拭することで、COOL BIZ実施率が向上すると予想される。

- 1) 28°Cの定義を明確にした。建築物における衛生的環境の確保に関する法律は順守する必要があるため、実際には居住域の作用温度で28°Cか、空調機への還気温度で28°Cとする。定義や空調方式によって省エネルギー効果が異なる。居住域での温度を28°Cとすべきである。
- 2) 知的生産性を低下させない室温緩和についての知見の提供。一部の公表データは国土交通省の政策などにも活用されている。
- 3) 室温緩和設定の普及とそれによる二酸化炭素削減。

6. 研究者略歴

課題代表者：田邊新一

1958年生、早稲田大学大学院理工学研究科修了、工学博士、現在、早稲田大学創造理工学部教授、総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会住宅・建築物判断基準小委員会委員、東京地裁専門委員、米国暖房空調冷凍学会Fellow、国際室内環境アカデミー会長など

主要参画研究者

(1)：田邊新一（同上）

(2)：都築和代

1962年生、奈良女子大学大学院博士課程人間文化研究科修了、学術博士、現在、独立行政法人産

業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 環境適応研究グループ長

(3) : 秋元孝之

1963年生、早稲田大学大学院理工学研究科修了、博士(工学)、現在、芝浦工業大学工学部教授、社会資本整備審議会建築分科会建築環境部会省エネルギー判断基準小委員会委員など

(4) : 岩下剛

1964年生、早稲田大学大学院理工学研究科修了、博士(工学)、現在、武蔵工業大学工学部教授

7. 成果発表状況

(1) 査読付き論文

- 1) 岩下剛: 中立温度環境の作業効率への影響及びビデオ視聴内容の長期記憶—室温の違いが作業効率に及ぼす影響(その2)—日本建築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、pp.815-821、2008.6
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 岩下剛、仲川純子、玉木元太郎: 体臭による知覚空気汚染に関する研究—その1 生体発散物質のVOCによる表現に関する試験研究—、日本建築学会環境系論文集、掲載決定、2009.7

(2) 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

(3) 査読付口頭発表論文

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) T. Sakoi and K. Tsuzuki: Effective Thermal Insulation of Body Segments by Summer Clothing, Proceeding of CLIMA2007, 2007.6
- 7) S. Nagareda, T. Akimoto, S. Tanabe, T. Yanai, M. Sasaki, D. Shinozuka, Y. Nakagawa, Y. Kurosaki: Workers' Behavior and Thermal Sensation in Task-conditioned Office, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.119-126, 2007.6
- 8) G. Iwashita and S. Tanabe: Effect of Work Motivation on the Task Performance under the Different Thermal Conditions, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.19-26, 2007.6
- 9) 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)
- 10) 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
- 11) 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
- 12) 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
- 13) K. Tsuzuki, T. Sakoi, H. Kondo and S. Iizuka: Influence of air velocity on local effective thermal insulation provided by clothing, Proceedings of Indoor Air 2008, ID686, 2008.8
- 14) J. Nakagawa and G. Iwashita: Impact of air pollution caused by human bioeffluents on perceived air quality in warm condition, Proceedings of Indoor Air 2008, ID368, 2008.8
- 15) G. Iwashita: Influence of room temperature on long time memory as work performance, Proceedings of

Indoor Air 2008, ID384, 2008.8

- 16) 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

このほか査読付口頭発表論文6報

(4) 口頭発表論文

- 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
- 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°C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
- 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
- 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
- 5) 田辺新一、西原直枝、羽田正沖: 28°Cオフィス環境、第36回熱シンポジウム、pp.35-40、2006
- 6) 黒崎優一、流田慎也、中川優一、三村良輔、篠塚大輔、佐々木真人、柳井崇、秋元孝之、田辺新一: タスク・アンビエント空調システムに関する研究(その32) タスク空調システムが導入された実オフィスの実測概要及び執務者特性、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1183-1184、2007
- 7) 流田慎也、黒崎優一、中川優一、三村良輔、篠塚大輔、佐々木真人、柳井崇、秋元孝之、田辺新一: タスク・アンビエント空調システムに関する研究(その33) タスク空調システムが導入された実オフィス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、D-II、pp.1185-1186、2007
- 8) 三村良輔、秋元孝之、田辺新一、柳井崇、佐々木真人、篠塚大輔、田島昌樹、黒崎優一、中川優一: 非等温気流タスク空調に関する研究 その8 タスク空調を導入した執務空間における着席状況および呼吸域到達率、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.181-184、2007
- 9) 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
- 10) 佐古井智紀、都築和代: 椅座のサーマルマネキンによる夏期着衣の部位有効熱抵抗の測定、日生氣誌(Jpn. J. Biometeor.) 44(3)、S41、2007
- 11) 佐古井智紀、都築和代: 夏期衣服の部位有効熱抵抗推定法の提案、第31回 人間-生活環境系シンポジウム報告集、123-126、2007
- 12) 佐古井智紀、都築和代: 気流が夏季の組み合わせ着衣の部位有効熱抵抗値に及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.373-374、2008
- 13) 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
- 14) 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
- 15) 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
- 16) 秋元孝之: ベストプラクティス事例-タスク・アンビエント空調、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.123-128、2008
- 17) 玉木元太郎、岩下剛、仲川純子: 室温及び交通騒音の二重アノイアンスが作業効率へ及ぼす影響に関する研究 その1 実験方法及び作業効率の結果、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1147-1148、2008
- 18) 仲川純子、岩下剛、玉木元太郎: 室温及び交通騒音の二重アノイアンスが作業効率へ及ぼす影響に関する研究 その2 アンケート結果及びアノイアンスと作業効率の関係、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1149-1150、2008
- 19) 都築和代: 室温緩和支援のための人体の局所発汗量に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009 (印刷中)
- 20) 玉木元太郎、岩下剛、仲川純子: 実際のオフィスにおける室温緩和による作業効率への影響に関する研究その1 実測概要及び物理量測定結果、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009 (印刷中)
- 21) 仲川純子、岩下剛、玉木元太郎: 実際のオフィスにおける室温緩和による作業効率への影響に関する研究その2 作業効率測定およびアンケート調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009 (印刷中)

このほか口頭発表論文16報

