

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：32631

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23860053

研究課題名（和文）タスクアンビエント空調における人体局所冷却と呼吸域空気質が知的生産性に与える影響

研究課題名（英文）The effect of local cooling and air quality by task/ambient conditioning system on productivity

研究代表者

西原 直枝（NISHIHARA NAOE）

聖心女子大学・文学部・講師

研究者番号：90611129

研究成果の概要（和文）：省エネルギー性の高いシステムとして、人体に近い空間を効率的に空調できるタスク・アンビエント空調が着目されている。本研究では、人体呼吸域の空気質および人体の局所冷却について、知的生産性へ与える影響を検討した。メンタルワークロードの客観指標として、脳内酸素代謝測定を行い、作業の負荷を高くする場合や、高い室温下において、精神作業時の脳内血流量の指標が大きくなるという関係があることを確認するとともに、局所冷却によって効率的にメンタルワークロードを低減させる可能性を示した。日常生活で経験する範囲のわずかな空気質の違いについては、脳内酸素代謝測定による有意な差は検知できなかった。

研究成果の概要（英文）：The task/ambient conditioning air conditioning systems attract attention in recent years from the aspect of energy conservation. In this study, the effects of respirable air quality or local cooling on workers' productivity were studied. We used infrared spectroscopy to measure cerebral blood flow in an effort to evaluate the mental workload. It was confirmed that the mental workload level to maintain task performance was increased in the hotter environment than in the thermally neutral condition. The analyses indicate that local cooling of the task fan had better impact on mental workload than simply controlling thermal sensation via room temperature. The cerebral blood flow was not able to detect the small differences of air quality that was normally experienced in daily life.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：建築環境・設備, 知的生産性, 室内環境質, 脳内酸素代謝

## 1. 研究開始当初の背景

省エネルギー性の高い建築環境設備について検討を行うためには、省エネルギー性の評価とともに、建築環境設備によって作り出される環境について、執務者の熱的快適性や知的生産性を確保することも重要な課題の一つである。省エネルギー性の高いシステムとして、人体に近い空間を効率的に空調できるパーソナル空調やタスク・アンビエント空調が注目されている。

これらのシステムについては、国内外において、熱的快適性や省エネルギー性、呼吸域の空気質の改善等について、多くの研究がなされている。また、個別制御性が高く、執務者の満足度が高いため、知的生産性向上についても期待されている。しかし、呼吸域の空気質や人体の局所冷却などが、いかに知的生産性に影響を与えるのかについては、未だ不明な点が多い。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、人体周辺を局所的に空調するタスク・アンビエント空調システムを想定し、特に、脳内酸素代謝等を用いたメンタルワークロードの評価に着目し、「呼吸域の空気質」、および「人体の局所冷却」の影響について検討することとした。

### (1) 呼吸域の空気質

呼吸域の空気質が知的生産性に与える影響については、既往の研究で、換気量や汚染物質の有無に関して作業効率と相関があることが報告されている。また、タスク・アンビエント空調では、新鮮外気を呼吸域に直接的に導入するなどの設計が可能であり、空気質環境の改善が期待できる。

しかしながら、空気質環境の違いが作業効率に影響を与えるという、メカニズムについては、不明な点が多い。そこで、本研究では、十分な換気のある中で汚染源（カーペット）の有無の違いを比較する被験者実験データを用い、空気質と脳内酸素代謝測定に関する詳細な検討を行った。

### (2) 人体の局所冷却

タスク・アンビエント空調等が使用される環境では、省エネルギーのために、執務者周辺のタスク域のみを効率的に空調し、アンビエント域は冷房設定温度を高め、28℃程度に設定して運用する機会が多い。このような環境条件を対象とし、局所冷却の効果について検討を行った。特に、温熱環境と脳内酸素代謝を用いた知的生産性の研究については、これまでは均一な温熱環境における研究が多く、人体を不均一に空調する場合における

知見は少ない。本研究では、人体の局所冷却が、精神作業時の脳内酸素代謝に与える影響を中心に考察を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) 呼吸域の空気質

日常生活で経験する程度の空気質のわずかな違いを対象とし、十分な換気のある中で汚染源（カーペット）の有無の違いを比較する実験データを用いた。これまでの研究で、知覚空気質や作業効率の一部で有意な差が認められたものの、脳内酸素代謝を用いたメンタルワークロード測定については予想とは異なり、有意差が認められていなかった。

本研究では、この点について考察を行うために、大気のおゾンレベルと室内汚染物質の放散との関係、および、実験室内の湿度調整に用いた加湿器の空気清浄効果について、環境物理量データを解析するとともに、環境物理量の違いに基づいて被験者をグループ化することによって、再解析を行った。また、デンマーク工科大学の研究者と研究打ち合わせを行い、最新情報を収集しながら、その結果の考察を行った。

### (2) 人体の局所冷却

計画当初は、夏季のオフィス環境を想定した人工気候室内での被験者実験を想定していたが、研究設備環境等の関係で被験者実験の実行が困難となったため、脳内酸素代謝に与える影響の評価を行うために、均一に空調した場合のデータと、タスク・アンビエント空調やタスクファンなどの、局所冷却を行う場合のデータとの比較を行い、当初の目的を達成することとした。

タスク・アンビエント空調やタスクファン使用時を想定した室内環境条件の物理環境データを測定し、そのデータを用いて、人体モデルにより、人体部位ごとの熱損失量や体感温度（SET\*：標準新有効温度）等を数値計算した。この計算結果と、これまでに被験者実験において蓄積したデータと比較することで、同じ程度の体感温度状況下における、精神作業時の脳内酸素代謝の特徴について検討を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 呼吸域の空気質

汚染源（古いカーペット）の有無による室内空気質の環境条件が精神作業時の脳内酸素代謝に与える影響を検討した。このときの作業効率については、多くの作業では環境条件間に有意な差は認められなかったが、テキストタイピングの正確性については低下したことが示されている。解析の結果、脳血流

の酸素化指数は精神作業時に有意に低下し（図1）、脳血流量の指標は作業負荷が大きい時に高いことがわかり、メンタルワークロードの客観指標として有効であることを確認した。

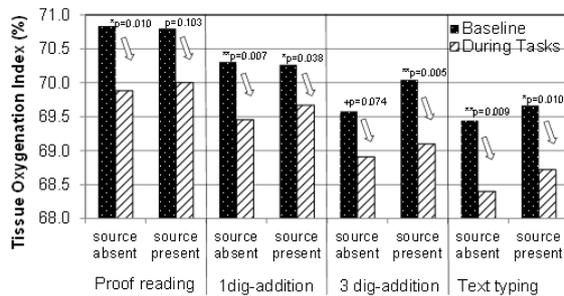


図1 精神作業時の酸素化指標 TOI

(Baseline:安静時、During Task: 作業時)

脳血流量の指標がメンタルワークロードの客観的指標として有効である点については確認できたが、一方で、脳血流量の指標による評価では、室内空気質条件間の差を検知することができなかった。その理由について検討するには、実際に曝露された室内環境による影響を正確に把握する必要がある。外気のオゾンレベルや温湿度などの環境物理データについて環境条件ごとに整理し検討した。

まず、汚染源からの放散とオゾンとの反応による、生成物による影響について検討するため、外気のオゾン濃度レベルを確認した。その結果、外気のオゾンレベルは25~40 ppbと低く、汚染源からの放散とオゾンとの反応によるものではないと判断した。

既往研究で噴霧式の超音波式加湿器において、汚染物質の放散に対し、空気清浄効果があることが報告されている。本研究で使用した加湿器も超音波式加湿器であったため、外気の温湿度からその加湿量を求め、空気清浄効果による影響について検討を行った。具体的には、実験の第1週目と2週目の間に、外気の絶対湿度に差が認められたため、被験者群を週および曝露条件に関してグループ化し、その心理量および脳内酸素代謝等の指標について再解析を行った。

その結果、加湿量が多かった第1週目における汚染物質有の条件下での知覚空気質は、「受容できる側」の値となっており、一方で、ほとんど加湿を行っていないなかった第2週目のデータは「受容できない側」の申告値であった（図2）。このことより、加湿器による空気

清浄効果がある可能性があったが、これらの二群間に有意差は認められなかった。被験者群の曝露週ごとのグループ化を行った脳内酸素代謝に関する測定値にも、有意差は認められなかった。

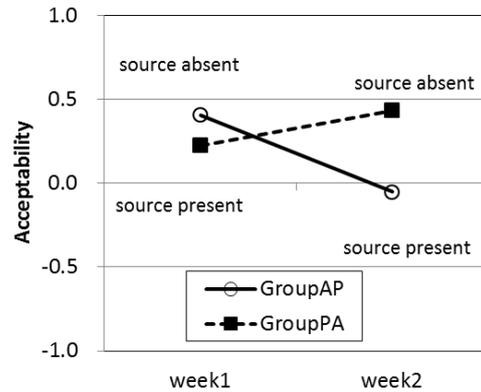


図2 知覚空気質の受容度

(曝露実験直後、再入室時)

これまでの温熱環境を対象とした研究では、室温の高い環境において、知的作業時の脳血流量が熱的中立時に比べて高いことが示されてきたが、今回のような、日常生活で経験する程度の空気質のわずかな違いを対象と研究については、脳内酸素代謝による測定によって、メンタルワークロードの違いを検知するのが難しかったと考えられる。

## (2) 人体の局所冷却

被験者実験による精神作業時の脳内酸素代謝データを用い、同熱損失量や体感温度状況下における、局所冷却時の特徴について検討を行った。タスク・アンビエント空調やタスクファン使用時の室内環境条件の物理環境データ（温度、湿度、気流、等）を測定した。また、人体モデルへの入力値とし、その冷却効果について数値計算を行った。

脳内酸素代謝の比較には、室温 28.0℃とし、タスクファン使用の有無による二条件に加え、タスクファン無しと全身を均一空調した場合の、室温 25.5℃、28.5℃、31.5℃の3条件を対象とした。衣服は、クールビズ衣服を想定した。

全身を均一な室内環境に曝露した条件においては、室内環境温度が高くなり、体感温度 SET\*が高くなると、メンタルワークロードの指標である精神作業時の総ヘモグロビン濃度増加量は大きくなるという線形関係が認められた。一方、上半身をタスクファンの気流によって局所冷却する条件については、人体モデルによって冷却効果を評価したと

ころ、熱損失量および体感温度 SET\*が同程度となる全身冷却時と比べて、作業時の総ヘモグロビン濃度の増加量が小さいことがわかった (図 3)。

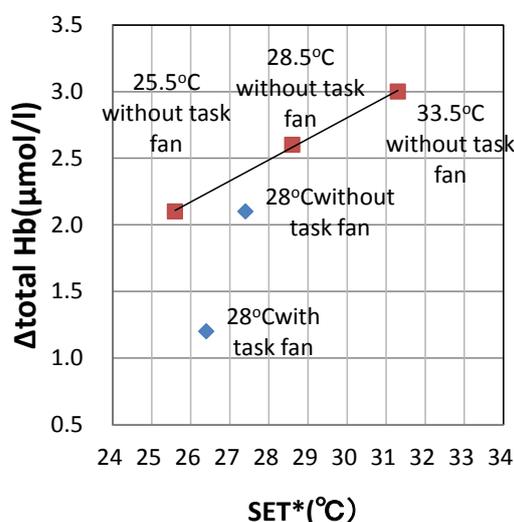


図 3 体感温度と総ヘモグロビン濃度増加量

局所冷却によって効率的にメンタルワークロードを低減させる可能性を示した。今後は、その要因が、個別制御による影響の違いなのか、局所冷却部位による冷却効率の違いなのか等を詳細に検討する必要があると考えられる。

なお、これらの成果の一部は、国際会議にて、紙面公表 (査読有・掲載決定) するとともに、口頭発表を行った (2 件)。また、室内空気質に関する評価についても、査読論文としてまとめ、国際誌に投稿した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Naoe Nishihara and Shin-ichi Tanabe: Cerebral Blood Flow during Mental Tasks with Individually Controlled Task Fans, Proceedings of CLIMA 2013 (11th REHVA World Congress & the 8<sup>th</sup> International Conference on IAQVEC), 2013, USB(4pages) (査読有・掲載決定)
- ② Naoe Nishihara, Shin-ichi Tanabe, Kanae Sako, Kazuki Wada, Takashi Miyazaki and Mikio Takahashi: Evaluation of Personal Air

Conditioning System Mounted in Desk Partition with Separation Process of Latent Heat and Sensible Heat, Proceedings of the 9th International Meeting for Manikins and Modeling (9I3M), 2012, USB(6pages) (査読有・掲載済)

[学会発表] (計 2 件)

- ① Naoe Nishihara and Shin-ichi Tanabe: Cerebral Blood Flow during Mental Tasks with Individually Controlled Task Fans, Proceedings of CLIMA 2013 (11th REHVA World Congress & the 8<sup>th</sup> International Conference on IAQVEC), 2013 年 06 月 16 日～2013 年 06 月 19 日, Prague, Czech Republic
- ② Naoe Nishihara, Shin-ichi Tanabe, Kanae Sako, Kazuki Wada, Takashi Miyazaki and Mikio Takahashi: Evaluation of Personal Air Conditioning System Mounted in Desk Partition with Separation Process of Latent Heat and Sensible Heat, Proceedings of the 9th International Meeting for Manikins and Modeling (9I3M), 2012 年 08 月 21 日～2012 年 08 月 24 日, Tokyo, Japan

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

西原 直枝 (NISHIHARA NAOE)  
聖心女子大学・文学部・講師  
研究者番号: 90611129

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし