

平成 21 年 6 月 10 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18760442
 研究課題名 (和文) 視覚情報取得を考慮した低湿度環境における
 知的生産性・疲労感の評価に関する研究
 研究課題名 (英文) Evaluation of Performance and Fatigue at Low Humidity
 Considering Visual Data Acquisition
 研究代表者
 堤 仁美 (TSUTSUMI, Hitomi)
 早稲田大学・理工学術院・講師
 研究者番号：00409690

研究成果の概要：本研究では、低湿度環境下でのまばたき回数増加が在室者の視覚情報取得、疲労感に及ぼす影響を検討することを目的としている。視覚認知反応作業を作業成績評価ツールとして開発した。湿度、気流、光を環境からの目に対する負荷と位置づけた被験者実験を実施し作業の妥当性の検討を行った。被験者のまばたきが短くなると、作業成績が低下する可能性があることが示唆された。視覚認知反応作業を用いて、低湿度条件と高湿度条件にて実験を実施した。また、被験者実験における新しいまばたき時間測定方法の検討を行った。本研究結果より、湿度基準を定める際に視覚情報取得を考慮した知的生産性・疲労感評価を考慮する必要があることが示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	2,200,000	0	2,200,000
2007 年度	1,000,000	0	1,000,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	150,000	3,850,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 建築環境・設備

キーワード：低湿度環境 知的生産性 疲労感 視覚情報

1. 研究開始当初の背景

オフィス空間における現行の湿度基準は、日本ではビル管理法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)で 40～70%RH と定められている。東京都では、1971 年にビル管理法の施行に伴い、特定建築物の立ち入り検査を行っている。1995～1998 年の検査結果を見ると、テナントや居室内の居住者の快適性や苦情を配慮して室温は年間を通して 24.5～25 前後に収束している。湿度に関しては、東京都は建築確認申請時指導において、空調

系統ごとに必要加湿量を計算し必要な能力を有するものを選定するように指導している。この設計時の計算根拠となる温度、室内相対湿度は 22 /50%RH である。しかし、現状の居室内は温度 24～25 であり、このための冬季では相対湿度が低くなっている。最近では、これに加えて冬季の冷房負荷や結露対策、省エネルギーやコンピュータ等への影響の考慮により加湿を行わない・できないといった理由から極端に低湿傾向の居室が出てきている。

研究代表者は、これまで湿度環境が在室者の快適性や知的生産性に及ぼす影響に関して大規模な被験者実験を通して評価を行ってきた。その結果、熱的中立な環境においては、ビル管理法で定められている低湿度基準の40%以下であっても在室者は乾燥による不快を生じないことを報告した。一方で、非常に湿度の低い環境においてはまばたき回数が増加し、視覚情報取得が阻害され、その結果として作業成績が低下する可能性が示されている。また、今日のオフィスではコンタクトレンズ装用者の増加やコンピュータ作業(VDT作業)の増加から、ドライアイの問題が深刻になっている現状がある。

2. 研究の目的

本研究では、上記のような現状を鑑み、低湿度環境下でのまばたき回数増加が在室者の視覚情報取得、疲労感に及ぼす影響を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

以下のような方法で研究を行った。

1) 視覚からの情報取得量・正確性の評価ツールの開発:

環境の湿度が下がることにより、目の粘膜が乾燥し涙膜の質が低下すると共にまばたきが多くなることで在室者の目からの情報取得量が減少し、知的生産性が低下する可能性の確認を行うため、在室者の視覚情報取得量を定量的に測ることのできる手法が必要とされる。そこで、在室者の視覚情報取得量及びその正確性の評価ツールを開発した。従来、オフィス空間における在室者の知的生産性に関する研究では、オフィス作業を模擬した作業として、加算テストやテキストタイピングを課し、その解答数や入力した文字数で在室者の生産性を評価することが多かった。本研究では、在室者の視覚からの情報取得量・正確性、また、それらが環境によって異なるかどうかを詳細に測定することができる評価ツールとして、視覚から取得した情報に基づき正しい判断を下す3種類の作業を設定した(短期記憶検索作業、ピジランス作業、視覚認知反応作業)。視覚情報の取得は、自分のペースで行うのではなく、出題をコンピュータで自動切り替えにすることでタイムリミットを設け、より一層情報取得量を感度よく評価できるようにした。

また、不快感の蓄積が疲労感につながることを考えられるため、被験者の主観申告を行い環境要素に対する被験者の不快感、疲労感、眼精疲労に関する測定を行うための手法を検討した。

これらをあわせて、視覚情報取得の観点から見た在室者の生産性・疲労感評価ツールを

提案することとした。

2) 開発した評価ツールの信頼性を検討するための被験者実験:

1)で開発した評価ツールの検討を行うための被験者実験を早稲田大学内の温熱環境室(人工気候室)にて行った。なお、この段階では、評価ツールそのものの信頼性を評価することを目的としているため、低湿度環境だけでなくその他の環境要素のうち在室者の目の粘膜・まばたきに影響を与えるような条件を加えた。具体的には、高湿度条件、低湿度条件を設定し、それぞれの湿度条件に対し、目に気流を当てる条件と気流を当てない条件、照度を上げた条件を設定した。被験者は、健康な大学生年齢の男女とした。1)に示した3種の作業を数回課し、作業前後にまばたき回数、眼精疲労、主観的な不快感・疲労感の測定を行った。作業中のまばたき時間を計測した。加えて、作業終了時には、被験者の快適性申告をおこなった。

この実験では、上記の湿度条件、気流条件、光環境条件はすべて「環境からの目に対する負荷」と位置づけ、「まばたき時間(回数)」を環境からの負荷量を表す指標として使用した。作業ごとに、まばたき時間に対する作業成績、被験者申告の検討を行った。

3) 低湿度環境における視覚情報取得量・正確性及び疲労感評価のための被験者実験:

低湿度環境下の在室者の視覚情報取得・正確性・疲労感評価を目的とした被験者実験を行った。ここでは、湿度低下による目の乾燥に起因する視覚情報量や正確性の変化、それに伴う在室者の不快感・疲労感の測定に重点をおいた実験を行った。実験条件として、同一温度で高湿度・低湿度の2条件を設定した。被験者は健康な成人女性とした。実験中、被験者には視覚認知反応作業を課した。また、被験者の快適性申告、皮膚水分量・まばたき時間といった生理量測定を行った。

4) 新しいまばたき時間測定方法の検証

これまで行ってきたまばたき時間の測定方法は、被験者が自分自身のまばたき間隔をストップウォッチで測定するものであった。この方法は、測定が簡便であること、顕微鏡や目薬を使用しないため、目周辺の環境を乱すことなく測定できるというメリットがあった。しかし、一方で、この方法では、被験者自身が測定を行うため、作業中の被験者のまばたき時間の測定は困難であった。そこで、本研究では、画像処理によってまばたき時間を測定する方法の検証を行った。

4. 研究成果

本研究は、低湿度環境下でのまばたき回数増加が在室者の視覚情報取得量・正確性・疲労感に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。

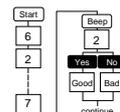
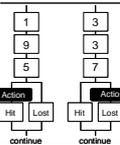
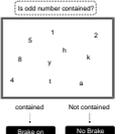
1) 視覚からの情報取得量・正確性の評価ツールの開発：

環境の湿度が下がることにより、目の粘膜が乾燥し、まばたきが多くなることで在室者の目からの情報取得量が減少し、知的生産性が低下する可能性の確認を行うため、在室者の視覚情報取得量を定量的に測ることのできる手法が必要とされる。そこで、在室者の視覚情報取得量及びその正確性の評価ツールとして、文献調査により短期記憶検索作業、ビジランス作業を抽出した。また、視覚認知反応作業を本研究で開発した。これらの作業にはタイムリミットを設定しているため、情報取得にかかる迅速性、正確性ともに必要とされ、いずれかが欠けても正答率は低下すると考えられる。

本研究では、短期記憶検索作業、ビジランス作業、視覚認知反応作業の3種類の作業を選定した。表1に作業内容を示す。短期記憶検索作業及びビジランス作業は、視覚情報取得と短期的な記憶力が結びつくことにより判断（反応）を起こす。視覚認知反応作業では、視野上に広範囲に広がる情報の中から判断基準となる情報を迅速且つ正確に取り出す能力を測定している。

また、被験者の主観申告を行い環境要素に対する被験者の不快感、疲労感、眼精疲労に関する測定を行うこととした。

表1 作業内容

作業内容	説明
	短期記憶検索作業 1. 6個の数字が1秒ごとに画面中央に連続表示される。 2. 判断対象となる一つの数字が表示される。 3. その数字が「1」で表示された数字群に含まれていたかどうか3秒以内で判断・反応する。
	ビジランス作業 1. 1秒ごとに3個の数字が画面中央に連続表示される。 2. 3つの異なる奇数が連続で表示されたかどうかを3秒以内に判断・反応する。
	視覚認知反応作業 1. 「奇数が一つでも入っていたら反応」と作業画面表示前に指示。 2. 3秒間、数字(1~9)・アルファベット(a~z)がランダムに10個一画面上に表示される。 3. 指示通りの対象文字(奇数)が出たら画面表示時間(3秒間)以内に判断・反応する。

2) 開発した評価ツールの信頼性を検討するための被験者実験：

これらの評価ツールの検討を行うための被験者実験を早稲田大学温熱環境室にて行った。被験者は大学生年齢の男女15名であった。湿度、気流、光を環境からの目に対する負荷と位置づけた。表2に実験条件を示す。空気温度は25.0一定とし、30%RH、70%RHの2湿度条件を設定した。各条件に、局所気流（小型ファンを用いて被験者の顔に対し1.0m/s程度の気流を付加した）を加えた低湿度+局所気流条件、高湿度+局所気流条件とした。加えて低湿度条件+高照度条件を設定した。実験中、被験者は短期記憶作業、ビジランス作業、視覚認知反応作業を20分×3回ずつ行った。

実験結果より、ビジランス作業が最も難易度が低く、短期記憶検索作業の難易度が高かった。高照度条件で作業成績が高かった。作業成績に対する湿度影響が見られた。局所気流のある条件で視覚疲労訴え率が増加した。図2、図3にそれぞれ短期記憶検索作業、視覚認知反応作業実施時のまばたき時間と作業成績の関係を示す。被験者のまばたきが短くなると、作業成績が低下する可能性があることが示唆された。本研究で開発された視覚認知反応作業は評価ツールとして使用可能であることが示された。

表2 実験条件

条件	空気温度 []	相対湿度 [%RH]	局所気流	照度
30%RH	25.0	30	無	400lx程度
30%RH+LV			有	400lx程度
30%RH+HI		無	1400lx	
70%RH		70	無	400lx程度
70%RH+LV			有	400lx程度

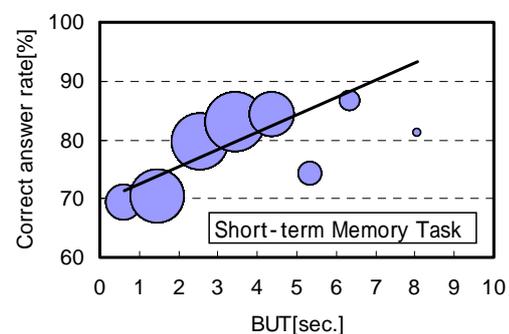


図1 まばたき時間と作業成績の関係（短期記憶検索）

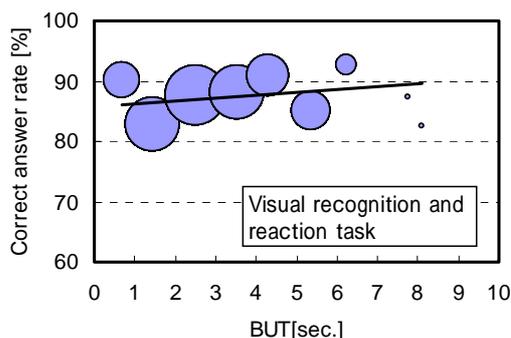


図 2 まばたき時間と作業成績の関係（視覚認知反応作業）

3) 低湿度環境における視覚情報取得量・正確性及び疲労感評価のための被験者実験：

異なる湿度条件下における在室者の視覚情報取得量・正確性・疲労感評価を目的とした被験者実験を人工気候室にて行った。本実験では、在室者の視覚情報取得量及びその正確性の評価ツールとして開発した視覚認知反応作業を用いた。

被験者として、健康な成人女性 8 名が参加した。実験条件として、相対湿度 20%RH と 50%RH の 2 条件を設定した。空気温度は両湿度条件とも 25.0 一定とした。100 分間の曝露時間中、20 分間の視覚認知反応作業を 3 回被験者に課した。各作業終了後、被験者申告、自覚症状しらべ、視覚疲労自覚症状しらべ、まばたき間隔測定、皮膚水分量測定を行った。

被験者の皮膚水分量は、湿度の低い条件において低下した。条件間で有意差はみられなかったものの、低湿度条件で被験者の乾燥感が高くなった。自覚症状しらべの結果より、高湿度条件では集中することが困難になる可能性が示唆された。目の乾燥感や視覚疲労に条件間の有意差はなかったが、低湿度環境ではまばたきが短くなった。被験者に課した視覚認知反応作業にはタイムリミットを設定しているため、情報取得にかかる迅速性、正確性ともに必要とされ、いずれかが欠けても正答率は低下することから、本実験では、正答率を被験者のパフォーマンスとして評価した。高湿度条件より低湿度条件で視覚認知反応作業の正答率が高い傾向が見られた。

4) 新しいまばたき時間測定方法の検証

これまで、被験者実験におけるまばたき時間測定では、被験者自身がストップウォッチを用いて 1 回のまばたきの間隔を測定する方法を採用していた。本研究では、これに加え画像解析によりまばたき時間を測定する方法について測定の妥当性の検討を行った。同じ環境下で 2 種類のまばたき時間測定方法

を用いて測定を行った結果、同じ傾向を示した。また、心理量との関係も確認された。両方法とも実験に採用可能であると考えられる。

以上で示した研究成果より、湿度基準を定める際に視覚情報取得を考慮した知的生産性・疲労感評価を考慮する必要があることが示された。

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 1 件)

Hitomi Tsutsumi, Yoshitaka Hoda, Shin-ichi Tanabe, Akiko Arishiro: Effect of Car Cabin Environment on Driver's Comfort and Fatigue, SAE 2007 Transactions Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems, Section6-Vol. 116, pp.335-346, 2008 年 8 月, (査読有)

〔学会発表〕(計 4 件)

- H. Tsutsumi, Y. Hoda, S. Tanabe, A. Arishiro: Subjective Eye Comfort and Performance under the different Combination of Humidity, Local Air Velocity and Illuminance, Proc. of IAQVEC2007, 2007 年 10 月 (査読有)
- Yoshitaka Hoda, Hitomi Tsutsumi, Shin-ichi Tanabe, Akiko Arishiro: Impact of Indoor Humidity, Local Air Velocity and Illuminance on Subjective Comfort, Performance and Fatigue, Proc. of CLIMA2007, Vol. 1, pp.81-88, 2007 年 6 月 (査読有)
- H Tsutsumi, Y Hoda, S Tanabe, A Arishiro: Effect of Car Cabin Environment on Driver's Comfort and Fatigue, Technical Paper of SAE World Congress 2007, No.2007-01-444, 2007 年 4 月, (査読有)
- 堤仁美, 保田佳孝, 田辺新一, 有城朗子 湿度・局所気流・照度が目の快適性・疲労感に及ぼす影響に関する被験者実験 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 2006, pp.2013-2016 (査読無)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

堤 仁美 (TSUTSUMI HITOMI)
早稲田大学・理工学術院・講師
研究者番号：00409690