

教室における温熱・空気環境が学習効率に及ぼす影響の被験者実験

プロダクティビティ
被験者実験

学習効率
主観評価

換気量
客観評価

正会員 ○金子隆昌*1 同 村上周三*2
同 原 祥子*3 同 伊藤一秀*4
同 深尾 仁*5 同 樋渡 潔*5

1. はじめに

本報を含む一連の学習効率向上に関する研究^{1~3)}では、教室の温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響を検討する。また現場と実験室で全く同一の学習効率評価方法(DVD 講義+統一テスト)を用いることにより、プロダクティビティ研究の分野において初めて現場実測と被験者実験の整合性について検討を試みるものである。特に被験者実験においては、実測では曖昧になりがちな環境条件を精密に制御し、実測データを補うことが可能となり、室内環境の質と学習効率の関係に関して多角的に考察することができる。本報(その4)で報告する被験者実験では異なる換気量に着目し、温熱・空気環境要素が学習効率に与える影響を検討する。次報(その5)では、学習効率の客観評価と主観評価の整合性を検討する。

2. 学習効率に関する実験の概要^{2) 3)} (図1)

N 学院^{注1)}の教室の空調・換気設備を模擬するために、定風量方式の空調システムを想定し、一定量の空調吹出空気に含まれる外気導入量(すなわち換気量)を変化させて環境条件を操作する。すなわち、教室で外気導入量が異なる場合に生じると想定される温度変動も実験室で再現する。また教材やタイムスケジュールなども N 学院の講義を厳密に再現する。

2.1 実験期間・場所(図1, 2) 大成建設技術センターの空調システム実験室(2004.11.1~17)。

2.2 実験条件(表1) 実験条件として換気量を大・小に変更させた。実験回数の影響を排除するために、それぞれの環境条件に曝露する順番を2組で変えた。

2.3 被験者 被験者は建築系の大学生および院生を対象とし、授業に対する動機付けをN学院の生徒と同じにするよう配慮した。被験者の概リズムに配慮して実験は同一の曜日・時間帯で行った。

2.4 測定項目

(1)学習効率

(i)客観評価 授業の理解度を問うテストの点数を用いた。授業内容は一級建築士試験対策で、テストは五者択一形式で全20問である。

(ii)主観評価 学習効率に関する申告票を用いた^{注2)}。申告票項目は、①教室環境の授業理解度への影響(5 スケール)、②室内環境の悪化によってロスした時間(分)、③授業理解の妨げとなっている要因(1.温熱環境 2.空気環境 3.光環境 4.音環境 5.空間環境 6.人間関係 7.授業内容 8.モチベーションから上位3つ選択)、④上記要因(③)の改善による授業理解度の向上(%)等を回答させた。②や④のような定量的に評価する項目を設けた。

(2)室内環境の質(物理環境)(図2)

(i)空気環境要素 CO₂濃度、換気量、化学物質濃度(揮発性有機化合物濃度)の測定をした。

(ii)温熱環境要素 空気温度、風速、相対湿度、放射温度、を連続測定した。その他音・光環境も測定した。

2.5 実験手順(図3) 初めに環境順応時間を設け、その後N学院の授業を模擬したタイムスケジュールとした。

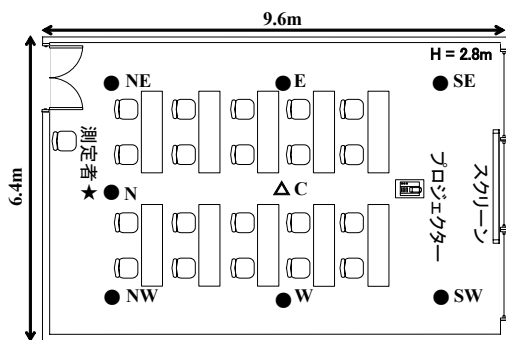
2.6 統計解析方法 テスト結果の環境条件間比較には、危険率を5%として定め対応のあるt検定を行った。申告

Study on the Productivity in Classroom (Part4)

Experiment on Effects of Thermal / Air Environment on Productivity in Classroom



図1 実験風景



●(a)風速(b)相対湿度(c)放射温度(d)空気温度
△(a)風速(b)相対湿度(c)放射温度 ★二酸化炭素濃度
図2 実験室概要ならびに測定ポイント

表1 実験条件

	被験者群 A	被験者群 B
	20人(女性5名)	19人(女性4名)
第1週 授業①	予備実験 全外気導入, 26°C60%	予備実験 全外気導入, 26°C60%
第2週 授業②	換気量小(69m ³ /h) 外気導入無, 25°C50%	換気量大(1200m ³ /h) 全外気導入, 27°C60%
第3週 授業③	換気量大(1200m ³ /h) 全外気導入, 27°C60%	換気量小(69m ³ /h) 外気導入無, 25°C50%

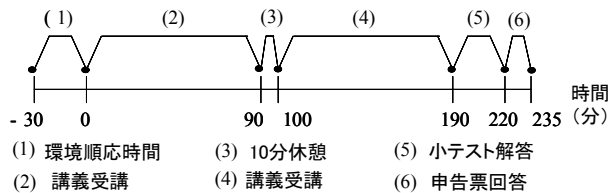


図3 実験手順

表2 温熱環境測定結果(図2のN点)

	換気量大		換気量小	
	被験者群 A	被験者群 B	被験者群 A	被験者群 B
空気温度[°C]	25.1±0.2	25.0±0.2	26.9±0.2	27.1±0.2
相対湿度[%]	48±1	49±2	60±1	58±2
風速[m/s]	0.07±0.05	0.02±0.01	0.07±0.05	0.01±0.01
放射温度[°C]	25.1±0.2	25.7±0.1	27.6±0.1	27.7±0.1
PMV	0.16±0.05		0.94±0.04	

票結果の環境条件間比較には、対応のある順位尺度の検定として Wilcoxon の符号付順位と検定を用いた。

3. 物理環境測定結果

(i)空気環境 ①換気量は全外気導入(ここでは換気量大と呼ぶ)で換気回数 7.2 回/h(1200 m³/h)、外気導入無し(換気量小と呼ぶ)で換気回数 0.4 回/h(69 m³/h)となった。②CO₂濃度は換気量大で 780ppm で一定であった。換気量小では

徐々に上昇し授業終了後には 2800ppm に達した。③化学物質の室内空気濃度は両条件ともに厚生労働省の室内濃度指針値を超えることはなかった^{文2)}。

(ii)温熱環境(表 2) 温熱環境に関わる物理要素はほぼ一定に制御されていた^{注3)}。

4. 学習効率評価結果

4.1 客観的な学習効率(テスト)(図 4)

各環境条件下で行った授業内容が異なるため、昨年度の N 学院実施平均点データを基に点数の補正を行い^{注4)}、全テストの難易度を統一した。テスト平均点結果は条件間で有意な差が認められなかったが、換気量大の環境下で約 2.5 点向上していた(図 4)。すなわち換気量小(48.0 点)を基準として換気量大の環境下において点数換算で 5.2%の学習効率向上が見られた。

4.2 主観的な学習効率(申告票)

① 環境改善による授業理解度の向上率予想(図 5) 授業理解度の向上率予想^{注5)}は、換気量小の環境下で有意に高くなった(p<0.01)。換気量小(24.5%)を基準として換気量大の環境下で主観的な学習効率が 9.6%向上した。

② 室内環境によってロスした時間(表 3) 換気量大の環境下よりも換気量小の環境下においてロスしたと思う時間^{注6)}が有意に長かった(p<0.01)(表 3)。授業時間が 180 分なので換気量小(有効使用時間 140.5 分)を基準として時間換算で主観的な学習効率は 15.5%の向上となった。

③ 各環境要因が授業理解度に及ぼす影響(図 6) 授業理解度に及ぼす影響^{注7)}は、換気量小の温熱環境、空気環境、教室環境(総合)は授業理解度を有意に低下させている側の申告であった(p<0.01)。音環境も換気量小の方が授業理解度を有意に低下させている側の申告となった(p<0.05)。

4.3 学習効率の客観評価と主観評価の整合性の検討

4.1 節並びに 4.2 節の結果から学習効率の客観評価(5.2% 向上)と主観評価(9.6%, 15.5%向上)は対応する傾向にある。しかし、主観評価の方が過大評価される傾向がある。

6. まとめ

実験室にて温熱・空気環境が学習効率に及ぼす影響を検討し、以下の知見を得た。①客観的な学習効率は換気量大の環境下で 5.2%向上した(n.s.)。②主観的な学習効率は換気量大の環境下で有意に 15.5%向上した(p<0.01)。③学習効率の客観評価と主観評価は対応する傾向にあるが、主観評価が過大評価される傾向にあった。④次報にて学習効率に関して詳細な検討を行う。

【謝辞】本研究を遂行するにあたり日建学院の西生一次氏ならびに井澤真悟氏、東京工業大学の仙田満教授に多大なご協力をいただきました。心より御礼申し上げます。また実験の実施にあたりご協力いただいた東京工芸大学の松田有加氏、笹原典明氏、富岡晋也氏に感謝致します。被験者としてご協力下さった方々へ御礼申し上げます。

【注】(1) 日建学院 (2) 質問項目は空気調和・衛生工学会建築設備システムの性能評価方法の標準化調査研究委員会プロダクティビティ小委員会が検討しているものに準ずる^{文4)}。(3) PMV は代謝量 1.0met、着衣量 0.7clo とした。(4) 補正点=(被験者の点数(100 点満点))×(基準平均点 81.7 点)/(実験で行った授業の昨年度予備校実施平均点); N 学院の昨年度の平均点データは母集団が極めて多いためテストの難易度を代表するものとみなした。全授業の難易度を統一するために、N 学院の昨年度のテスト平均点データを用いて補正を行った。また予備実験で用いた授業①と対応する N 学院平均点データ (81.7 点) を基準

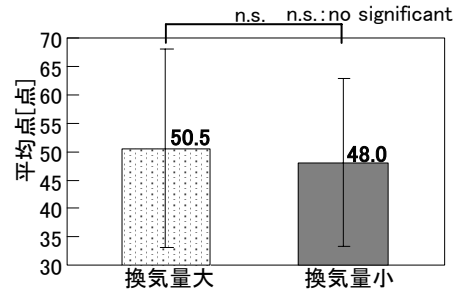


図 4. テスト平均点比較結果

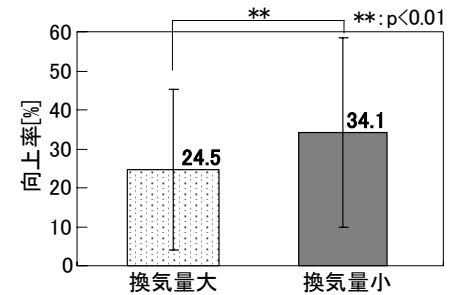


図 5. 授業理解の向上率予想申告結果

表 3. 主観的な学習効率の申告値 (**: p<0.01)

	換気量大	換気量小	有意差
ロスしたと思う時間平均値[分]	17.7	39.5	**

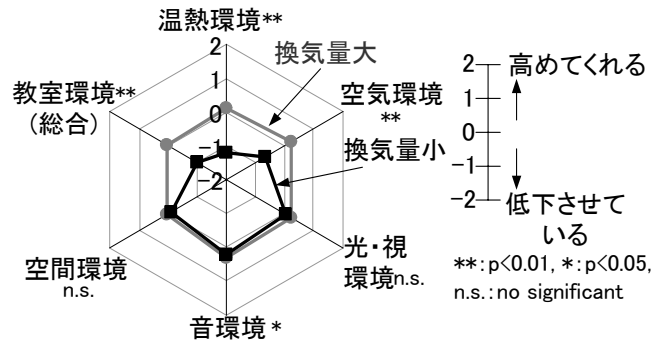


図 6. 各環境要因が授業理解度に及ぼす影響

平均点とした。(5) 2.4 節(1)の(ii)主観評価③1~8 の障害に関して「この障害要因が改善すれば授業理解度はどの程度向上するとお考えですか」という問いに対する申告の結果である。(6) 室内環境によってロスした時間は「今日の授業において、教室内の環境が原因で授業の理解に影響を及ぼした頻度や影響をロスしたと思われる時間に換算してお答えください」という問いに対する申告である。(7) 「各環境要因が授業理解度にどのような影響を与えていると思いますか」という問いに対して、5 スケール(-2: 低下させている~+2: 高めてくれる)で申告させた。

【参考文献】(文 1-3)金子ら、学習環境におけるプロダクティビティ向上に関する研究 (その 1) 室内環境の質と学習効率の関係に関する予備的実測、建築学会関東支部研究報告集、pp533-536、2005 (その 2) 原ら、温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響に関する被験者実験、建築学会関東支部研究報告集、pp537-540、2005 (その 3) 原ら、被験者実験による温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討、建築学会関東支部研究報告集、pp541-544、2005 (文 4) 寺野ら、室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究 (第 6 報) 標準的な主観評価票に関する提案、空気調和・衛生工学会学術講演大会論文集、pp637-640、2004

*1 慶應義塾大学 大学院
 *2 慶應義塾大学 教授 工博
 *3 東急建設株式会社(当時慶應義塾大学)
 *4 東京工芸大学 助教授 工博
 *5 大成建設(株)技術センター 博士 (工学)

*1 Graduate School, Keio University
 *2 Prof., Keio University, Dr. Eng.
 *3 Tokyu Construction
 *4 Associate Prof., Tokyo Polytechnic University, Dr. Eng.
 *5 Taisei Corporation, Dr. Eng.