

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8) 温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響に関する現地実測

プロダクティビティ 学習効率 換気量

正会員 金子隆昌*¹ 正会員 村上周三*²
同 伊藤一秀*³ 同 深尾 仁*⁴

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⁾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、現地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、従来では厳密な比較が困難であった、現地実測と実験室実験の整合性について検討を試みる。併せてプロダクティビティの標準評価方法として検討されている主観評価について、得られるデータの信頼性の検討を行う。

2. 学習効率に関する現地実測の概要

異なる温熱・空気環境が学習効率に及ぼす影響を検討する。温熱・空気環境の両者が変化したが、操作要因として換気量を選んだので環境条件名を換気量(小)・(大)と呼ぶ。

2.1 実験期間・場所(図 1) 日建学院の講義が行われている教室。(2005.3.20~6.12)。

2.2 実験条件(表 1) 換気量(小)は教室内に設置された換気扇を常時 OFF、換気量(大)は換気扇を常時 ON とした(図 1)。(1)論理系科目、(2)暗記系科目、(3)暗記系科目の各々で、換気量(小)・(大)の環境条件にて学習効率を比較・検討する。

2.3 被験者 一般受講生 70 名程度である^{注 1)}。被験者の概日リズムに配慮し、同一曜日・時間帯に実施する。

2.4 測定項目

(1)学習効率

()客観評価 授業の理解度を問うテストの点数を用いる。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^{注 2)}。()主観評価(表 2) 学習効率に関する主観評価として、「環境の質が悪いためロスしたと思う時間」並びに「環境が改善された場合の学習効率の予想向上率」を用いる。また空気環境並びに温熱環境の満足度を調査。全回答者数に占める不満側(1、2)の申告割合を不満足者率とする^{注 3)}。

(2)室内環境の質(物理環境)

空気環境要素、温熱環境要素を中心に測定する(表 1)。

2.5 実験手順(図 2) 日建学院における現地での講義進行スケジュールに準拠する。引き続き申告票の記入を行う。

2.6 統計解析方法 学習効率の環境間比較には等分散を有意水準 5% で仮定できるものは対応のある t 検定を行う。その他のデータは Wilcoxon の符号付順位和検定を行う。

3. 物理環境測定結果

換気量(小)では外気導入量は 136 [m³/h] (=換気回数 0.4 回/h)、換気量(大)では外気導入量は 1190[m³/h] (=換気回数 3.5 回/h)となった。換気量(大)、換気量(小)の環境条件間で、空気環境と温熱環境の両者が変化した^{注 4)}。

4. 学習効率評価結果

4.1 客観的な学習効率(テスト)(図 3)

換気量(小)から換気量(大)に環境条件が変化したことで、

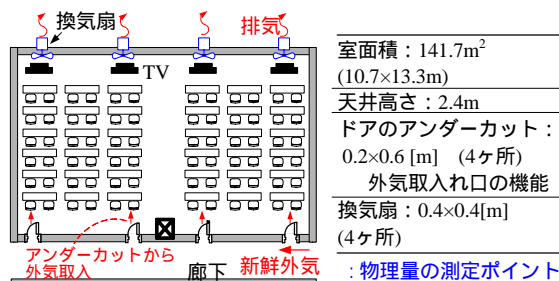


図 1. 現地実測の対象空間の概要ならびに測定ポイント

表 1. 現地実測の環境設定と物理環境測定結果

環境設定条件: 換気量	論理系科目		暗記系科目		暗記系科目	
	(小)	(大)	(小)	(大)	(小)	(大)
換気回数 [回/h]	0.4	3.5	0.4	3.5	0.4	3.5
二酸化炭素濃度、粉塵濃度、化学物質濃度、真菌濃度も測定						
空気温度 [°C]	27.1	24.2	25.2	27.3	28.1	24.5
相対湿度 [%]	35	22	44	43	63	42
着衣量 [clo]	0.80	0.80	0.74	0.65	0.54	0.70
PMV	0.75	-0.19	0.82	0.04	0.87	-0.12
風速 [m/s]、放射温度 [°C] も測定。代謝量は 1.0 [met]。						
(1)机上面照度: 817 lx (2)等価騒音レベル: 46.9 dB						

表 2. 学習効率の主観評価の項目ならびに設問文

___ロスしたと思う時間: 教室の室内環境が原因で講義内容の理解に関してロスしたと思う時間。[分] ___学習効率の予想向上率: 現状の室内環境が改善した場合、予想される講義内容の理解度の向上率。[%]程度向上すると思う。 ___満足度調査(5 スケール): 教室の空気(温熱)環境はいかがですか? [1.不満, 2.やや不満, 3.どちらでもない, 4.やや満足, 5.満足]

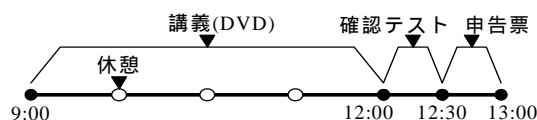


図 2. 実測手順

論理系科目(建築構造)では、有意に 4.7 点向上する結果になった(p<0.03)。また暗記系科目 (計画並びに施工)では同様に有意に 6.4 点向上した(p<0.002)。暗記系科目 (計画)では、同様に有意に 4.6 点(p<0.0007)向上した。各設定科目ケースにおける換気量(小)におけるテスト点数を基準とした時の換気量(大)での学習効率向上率の百分率換算は順に 5.4%、8.7%、5.8%の向上となった。

4.2 主観的な学習効率(申告票)

室内環境によるロスした時間の変化(図 4) 換気量(小)から換気量(大)に変化により、論理系科目はロスした時間が有意に 6.8 分減少し、講義有効時間^{注 5)}が 4.0% 向上した(p<0.004)。同様に暗記系科目はロスした時間が 3.8 分減少し、講義有効時間が 2.2% 向上した(p<0.04)。同様に暗記系科目でもロスした時間が有意に 4.7 分減少し、講義有効時間は 2.8% 向上した(p<0.02)。

環境改善による授業理解度の向上率予想(図 4) 換気量(小)から換気量(大)の環境条件の変化により、論

理系科目では予想向上率が有意に4.6%低下する結果となった($p < 0.04$)。つまり、換気量の増加により、学習効率が4.6%向上した($p < 0.04$)と判断できる。同様の環境条件の変化で、暗記系科目では予想向上率が有意に5.3%低下(学習効率が5.3%向上)する結果となった($p < 0.04$)。同様に暗記系科目でも予想向上率が有意に6.6%低下(学習効率が6.6%向上)した($p < 0.04$)。

4.3 学習効率の主観評価の信頼性の検討 学習効率の向上率に関して客観/主観評価結果を併せて図5に示す。主観評価は相対的に過小評価する傾向となった。6つの客観/主観データから、客観評価を基準とした主観評価の差異は平均値(±標準偏差)で $-2.4(\pm 2.2)\%$ となった。

4.4 成績群別検討(図6) 被験者群を成績の上位と下位の2群に分けて、温熱・空気環境が学習効率に及ぼす影響を分析する。論理系科目、暗記系科目、のそれぞれにおいて換気量(小)の条件のテスト点数を用いて、平均点以上を成績上位群、平均点以下を下位群に分類した。3つの設定科目ケースの全てにおいて成績上位群では設定した環境間において学習効率に有意差は認められず、成績下位群では換気量(小)から換気量(大)に変化することで学習効率が有意に向上する結果となった($p < 0.009$)。

4.5 学習効率に関する相関分析(図7) 暗記系科目の計2ケースの結果を統合し、独立変数を換気量や不満足者率、従属変数を学習効率として相関分析を行う^{注6)}。一人当たりの換気量とテスト点数の相関分析の結果、対数近似で $R^2=0.74$ の相関が認められた($p=0.15$)。また空気質の不満足者率とテスト点数の相関分析の結果、線形近似により $R^2=0.79$ の相関が認められた($p=0.11$)。

5. まとめ

環境操作要因として換気量を増加させたことで、テスト平均点が5.4~8.7%有意に向上した($p < 0.03$)。また申告による学習効率も2.2%~6.6%有意に向上した($p < 0.04$)。学習効率の客観評価と主観評価はよく対応するが、主観評価がやや過小評価する傾向となった。

成績群別に学習効率を分析した結果、成績下位群が環境の影響を受けやすい結果となった。空気質の不満足者率、換気量と学習効率の間に相関関係が確認された(各 $R^2=0.79(p=0.11)$, $R^2=0.74(p=0.15)$)。温熱・空気環境が各々単独で学習効率に及ぼす影響に関して、今後詳細に検討する予定である。

【謝辞】 本研究を遂行するにあたり日建学院西生一次氏、井澤真悟氏、東京工業大学仙田満名誉教授に多大なご協力を頂きました。心より御礼申し上げます。また実測にご協力頂いた大成建設(株)森川泰成氏、樋渡潔氏、慶応大学亀田健一氏、島崎祐輔氏、東急建設(株)原祥子氏(当時慶大)並びに被験者の方にお礼申し上げます。
【注】 (1)実測全体を通して被験者は概ね同一で、設定科目ケースでは完全に同一である。(2)各環境条件下で行う授業内容が異なるため、2004年度の日建学院実施平均点データを基に点数の補正を行い、全テストの難易度を統一。(3)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³⁾。(4)その他の物理環境測定結果に関しては既報²⁾を参照されたい。(5)講義有効時間 = 「講義時間(180分)」 「ロスしたと思う時間(申告結果)」 (6)有意な相関分析を行うにはデータ数が十分でなく、今後データ数を増やす必要がある。

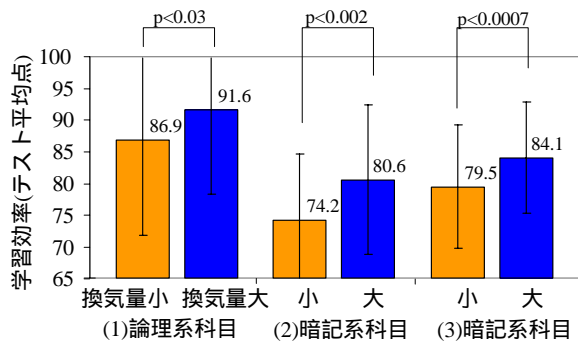
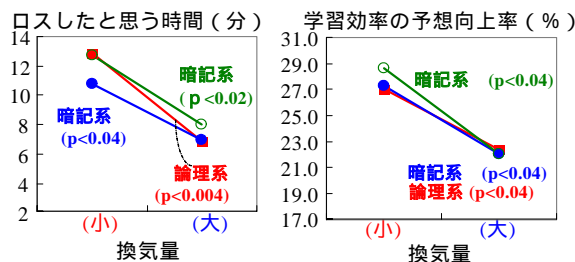


図3. 客観的な学習効率(確認テスト)結果



(1) ロスしたと思う時間 (2) 学習効率予想向上率

図4. 主観的な学習効率(申告票)の結果

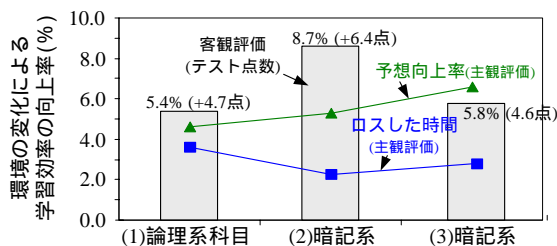


図5. 客観評価と主観評価の対応関係(向上率%)

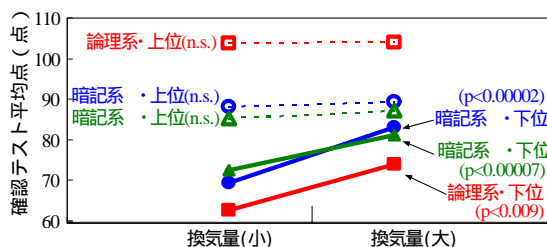
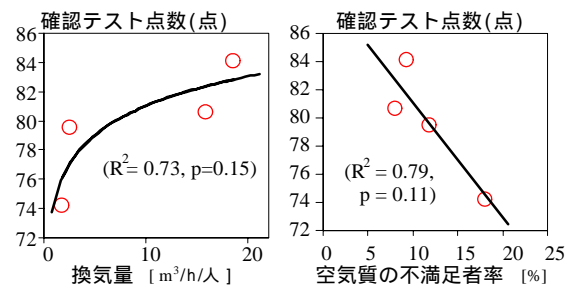


図6. 客観的な学習効率(テスト平均点)の成績群別結果



(1) 換気量と学習効率 (2) 不満足者率と学習効率
 図7. 学習効率に関する相関分析

【参考文献】 (文1)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の実測、建築学会関東支部研究報告集、2005 など (文2)金子ら、(その6)現地実測による温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2005.8 (文3)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、2004

*1 株式会社設計

*2 慶應義塾大学 教授 工博

*3 東京工芸大学 助教授 工博

*4 大成建設(株)技術センター 部長・博士(工学)

Kume Sekkei co.ltd

Prof., Keio University, Dr. Eng.

Associate Prof., Tokyo Polytechnic University, Dr. Eng.

General Manager, Tech. center, Taisei Corporation, Dr. Eng.