

被験者実験による教室における学習効率に関する主観-客観評価の詳細分析

プロダクティビティ
換気量

学習効率
主観評価

被験者実験
客観評価

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

1. はじめに

前報(その2)¹⁾と(その3)²⁾では、N学院³⁾の教室環境を模擬した被験者実験の概要とその結果に関して報告した。本報では学習効率に関する詳細な検討として、テストの設問毎の正答率の算出ならびに有意差検定を行うと共に、客観的な学習効率と主観的な学習効率の相関分析を行う。

2. 成績別の学習効率の比較

同一環境下で同一授業を行った予備実験のテスト結果を基に、成績上位者(21人)と成績下位者(18人)に分け、以下の比較を行った²⁾。

2.1. 客観的な学習効率(テスト)(図1)

成績別のテストの平均点結果を図1に示す。成績上位者は換気量小³⁾の条件下で約4.7点低くなった。一方成績下位者は両条件間でほとんど同じ点数となった。成績上位者は温熱・空気環境の影響を受けやすい結果となった。

2.2. 主観的な学習効率(申告票)(表1)

(1)室内環境によってロスした時間 室内環境によってロスしたと思う時間の成績別申告平均値を表1上段に示す。成績上位者は換気量小の環境下においてロスしたと思う時間が有意に長かった($p<0.01$)。成績下位者では有意な差はなかった。主観申告においても、成績上位者の方が温熱・空気環境の影響を受けやすい結果となった。

(2)環境改善による授業理解度の向上率予想 障害要因の環境改善による授業理解度の向上率予想の成績別申告平均値を表1下段に示す。成績上位者は換気量小での障害要因の改善に伴う向上率の方が有意に高くなった($p<0.01$)。また、成績下位者では環境条件間に有意な差はなかった。成績上位・下位者別に見ると、成績下位者の方が、障害要因の改善に伴う向上率予想は高い傾向となったが、有意差はなかった。

3. テスト(客観的な学習効率)に関する詳細な検討(図2)

3.1. 講義で扱った内容に関する設問と各設問の難易度

テストの設問全40題(20題×2週)のうち、実験時の講義で扱った内容に関する設問⁴⁾ならびに昨年度N学院で実施した際の設問別正答率を図2の折れ線グラフに示す。N学院の昨年度の設問別正答率データは母集団が極めて多い(第2週実施テスト10132人、第3週実施テスト8555人)ので各設問の難易度を代表しているとみなすことができる。

3.2. 温熱・空気環境の質が各設問の正答率に及ぼす影響

(1)テストの設問別正答率の結果 テストの設問別正答率の比較を図2の棒グラフに示す。テストの設問別正答率は第2・3週共に被験者群Bの方が全体的に高くなった。これは、同一環境下で行った第1週の結果から、被験者群Bの方がテストの点数が高く、被験者群Bの方が被験者群Aよりも学習能力が高かったためと考えられる。そのため第1週のテスト結果を基に、第2・3週の設問別正答率を補正し、被験者群の母体の違いを考慮し補正した⁵⁾。補正した設問別正答率の環境条件間比較には、統計解析方法として独立性の検定(2試料カイ2乗検定)を行った。

(2)環境条件間の正答率に有意差が認められた設問の検討

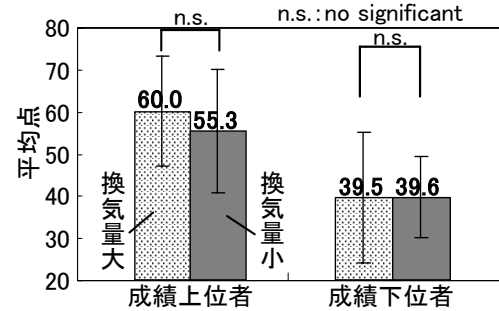
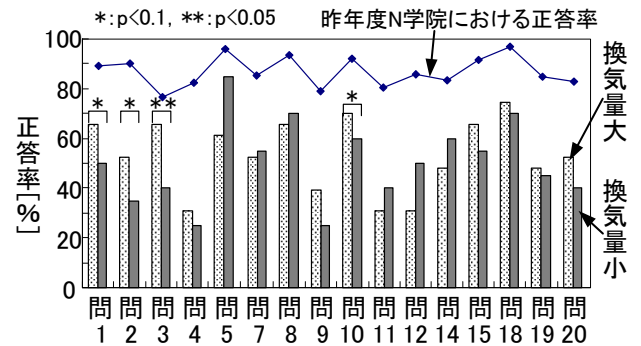


図1. テスト平均点比較(成績別)

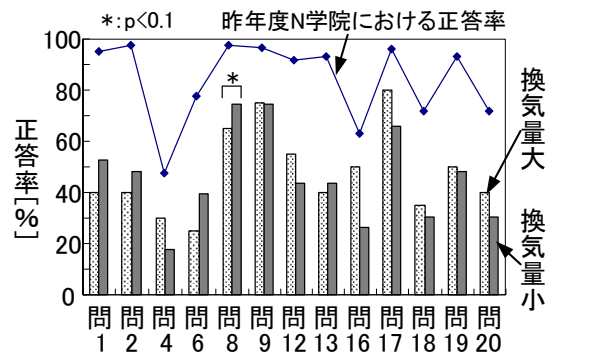
表1. 主観的な学習効率の申告値(成績別)

換気量	成績上位者			成績下位者		
	大	小	有意差	大	小	有意差
ロスしたと思う時間平均値[分]	15.5	42.4	***	20.3	35.9	n.s.
授業理解の向上率予想申告平均値[%]	16.5	30.2	***	33.9	38.6	n.s.

***: $p<0.01$, n.s.: no significant



(a)第2週(換気量大:被験者群B、換気量小:被験者群A)



(b)第3週(換気量大:被験者群A、換気量小:被験者群B)

図2. テスト設問別正答率の比較

設問別の正答率は、第2週は問3($p<0.05$)、問1・2・10($p<0.1$)で換気量大の環境下の方が有意に高い正答率となり、第3週は問8($p<0.1$)で換気量小の方が有意に高い正答率となった。第2週の間3はコーポラティブハウスやタウンハウスといった住宅の呼称に関する内容で、類似した語句の意味を問う設問である。この設問はN学院の昨年度の設問別正答率データにおいて第2週で正答率が最も低かったことから、相対的に難易度が高い設問であったといえる。また、問1・2・10は相対的に中程度の難易度であった。しかし、問2に関しては、他の設問が不適切な選択肢を選ぶ形式であるのに対し、問2は適切な選択肢を選ぶ形式であったため、設問文の解説に注意が必要な設問である。第3週の間8はN学院の昨年度の設問別正答率データにおいて正答率が最も高かったことから、相対的に難易度が低い設問であった。

(3)設問の難易度と環境条件間の正答率の関係 岩下ら^{x3)}は数値や語句の組み合わせを問うような正答率の低い設問については、22℃の低温の温熱環境条件の方が29℃の高温の温熱環境条件よりも高い正答率が得られたと報告している。本実験でも第2週の間3のような類似した語句の意味を問う難易度の高い設問では、換気量大(低温)の環境条件の方が有意に高い正答率となった。第3週の間8は難易度が低いため、環境条件の影響よりもモチベーションや個々の能力、すなわちノイズの影響を受け換気量小の方が正答率が高くなった可能性が考えられる。

3.3. 設問毎の正答率による学習効率の定量的評価

図2より、換気量大の方が有意に高い正答率となった設問は29題中4題であった。すなわち換気量大の条件下では $4/29=0.14$ より学習効率が14%向上したと考えられる。一方、換気量小の方が有意に高い正答率となった設問は29題中1題であったが、ノイズの影響が大きかったと判断される。よって $1/29=0.03$ より3%のノイズの影響があったと考えられる。以上のことから $14\%-3\%=11\%$ より、総合的に換気量大の条件下では学習効率が11%向上した結果となった。

3.4. 設問毎の正答率と平均点による学習効率の比較

テスト平均点結果では有意差は認められなかったが、換気量大の条件下で5.2%学習効率が向上した^{x2)}。一方、設問毎の正答率では換気量大の条件下で学習効率が有意に11%向上した。よって、本報ではテスト平均点ではなく設問毎の正答率を用いて学習効率を評価することにより、室内環境の質の影響を受け易い設問の形式や難易度を示唆することができた。

4. 客観的な学習効率と主観的な学習効率の相関分析(表2)

被験者個別の客観的な学習効率(テストの点数)と主観的な学習効率(室内環境によってロスした時間に関する主観申告値)^{注6)}の関係を表2に示す。換気量小での学習効率を基準として、被験者個別の学習効率を向上率[%]に換算した。そして両者の関連性を調べる統計解析方法として、独立性の検定(2試料カイ2乗検定)を用いて相関分析を行った。表2のグレーの部分は換気量大の環境の方がテストの点数が高く、なおかつ環境によるロスを受けていないと感じていた被験者である。該当人数は13人で全被験者の34%であった。反対に換気量小の環境下の方がテストの点数が高く、なおかつ環境によるロスを受けていないと感じていた

表2. 客観的な学習効率と主観的な学習効率

		客観的な学習効率	
		換気量小の方が向上	換気量大の方が向上
主観的な学習効率	換気量大の方が向上	13人(34%)	13人(34%)
	両条件同じ	1人(3%)	4人(11%)
	換気量小の方が向上	3人(8%)	4人(11%)

被験者で該当人数は3人(8%)であった。以上の16人は学習効率の客観評価と主観評価が一致していた被験者であり、全被験者の42%であった。一方、それ以外は学習効率の客観評価と主観評価が一致していない被験者であり、該当人数は32人で全被験者の58%であった。被験者の平均値で検討すると客観評価と主観評価は対応する傾向にあったが^{x2)}、全被験者を個別にみると、客観評価(テストの点数)と主観評価(室内環境によってロスした時間)の間には有意な差は認められず、相関係数も $R=0.17$ と相関がみられなかった。この原因として、実験の回数を重ねることで作業(講義の受講)に慣れてしまうため、環境条件ではなく実験回数が影響を及ぼした可能性がある。

5. まとめ

実験室にてN学院を模擬した被験者実験を行い、温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響を検討した。

①成績上位の方が環境の影響を受けやすいことが示唆された。②類似した語句の意味を問う難易度の高い設問において、換気量大の環境条件の方が有意に高い正答率となった。 $(p<0.05)$ ③換気量大の環境条件下において、11%の学習効率の向上が有意に認められた。④全被験者を個別にみると、客観評価(テスト)と主観評価(環境によるロス時間の申告)の間には有意な差は認められず、相関係数も $R=0.17$ と相関がみられなかった。

【謝辞】本研究を遂行するにあたり日建学院の西生一次氏、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)成績にはモチベーションも大きく影響するので、一つの方法として予備実験の結果をから成績上位下位に分けて検討することは有効であると考えた。(3)第一義的な要因として換気量を変化させたが、実際の教室同様、同時に温度も変化している。従って正確には温熱・空気環境の影響を調べたものであるが、ここでは簡易に換気量の大小という言葉で代表させる。(4)前報では全40題(20題×2週)の平均点で検討を行ったが、より詳細な検討を行うため講義内容に含まれていない設問を除いた。(5)補正方法を次式に示す。

$$\text{被験者群Bの補正正答率} = \text{被験者群Bの正答率} \times \frac{\text{被験者群Aの第1週平均点}}{\text{被験者群Bの第1週平均点}}$$

(6)全体の講義時間(180分)と室内環境によってロスした時間の差より有効時間を算出し、向上率に換算した。 **【参考文献】**(文1) 原ら、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2) 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 (文2) 原ら、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3) 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3) 岩下ら、室温の違いが作業効率に及ぼす影響—ビデオ内容の記憶の度合いを作業パフォーマンスと促えた研究—、日本建築学会環境系論文集 No.585、pp55-60、2004

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

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