

中学校の教室における温熱環境が学習効率・教授意欲に及ぼす影響

The Efficiency of Academic Performance and Productivity on Classroom Environment in Junior High School

4. 環境工学 - 10. 温熱感
学習効率 PMV 教室環境
中学校 温熱環境 教授意欲

準会員 ○鶴飼 翔太*
正会員 須藤 美音**
正会員 水谷 章夫***

Syota UKAI
Mine SUDO
Akio MIZUTANI

1. はじめに

学校の教室は、体格・着衣量・代謝量、そして、活動の目的等が異なる生徒及び教員により共有されている。教室環境は情報享受側の生徒の学習効率に影響を与える他、情報提供側である教員の教授状態にも影響を与える可能性がある。

これまで、成人を対象としたオフィスの知的生産性については多くの先行研究が行われている^{文1) - 3)}。一方、教室環境の学習効率については、オフィス環境を対象とした研究と比較すると多くはないものの、近年様々な研究が進んでいる^{文4・5)}。しかし、生徒と教員両者の体格・着衣量・代謝量等の相違点を考慮した教室の温熱環境の研究についてはほとんど行われていない。そのため、生徒の学習効率と併せて教員の知的生産性に関わる教室環境の科学的データを蓄積して、これを教育施設の計画に反映させることにより、優れた人材の育成につなげることが、今後ますます必要になるものと思われる。

そこで、本研究は、生徒及び教員の温熱環境に対する満足度及び学習効率や知的生産性(ここでは「教授意欲」とする)に与える影響について検討を行うことを目的とする。

2. 学習効率に関する教室環境調査の概要

2.1 対象者

宇都宮市のU中学校の1年生を対象として教室環境調査を実施した。U中学校の全校生徒数は約480名、調査対象である1年生は4クラスあり、学年全体で男子約80名、女子約80名で約160名である。

2.2 教室環境制御方法

調査は2009年9月7日(月)～11日(金)の計5日間実施された^{注1)}。測定項目は短期測定として室内温度分布、室内照度分布を測定し、長期測定としては室内温湿度、空調機吹出し口温湿度及び吸込み口温湿度、室内CO₂濃度、グローブ温度、風速を測定した。

今回の調査では教室環境の環境制御として、特に制御条件に着目した。表1に教室の制御方法をまとめた。空調機を稼働させ、室温を一定に制御する方法をアクティ

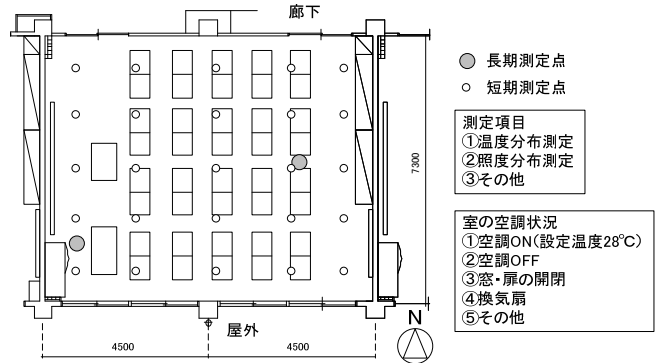


図1 教室の観測地点

表1 教室の環境制御方法

制御方式	アクティブ	パッシブ	フリー
空調	常時使用 温度: 26°C 風量: 弱	使用不可	使用可
換気扇	常時使用	常時使用	常時使用
窓	使用不可	使用可	使用可

表2 教室の環境制御ローテーション

クラス	1組	2組	3組	4組
環境測定	なし	あり	あり	あり
9/7 (月)	アクティブ	パッシブ	フリー	アクティブ
9/8 (火)	パッシブ	フリー	アクティブ	パッシブ
9/9 (水)	アクティブ	アクティブ	アクティブ	アクティブ
9/10 (木)	パッシブ	パッシブ	パッシブ	パッシブ
9/11 (金)	アクティブ	アクティブ	パッシブ	フリー

ブ制御とし、空調機を停止し、窓開け換気により室温を成り行きで調節する方法をパッシブ制御とした。空調機の使用を生徒・教員の判断に委ね、自由に設定する方法をフリー制御とした。この3つの制御方法を日毎にランダムに設定した(表2)。湿度は制御対象としない。外気導入量は全ケースで一定量に制御した(第三種換気の換気扇を常時使用)。すべてのケースにおいて、室温が著しく高くなる場合や不満が大きい場合には、空調機の制御

* 名古屋工業大学
** 名古屋工業大学大学院 工学研究科 助教・博士(工学)
*** 名古屋工業大学大学院 工学研究科 教授・工博

Nagoya Institute of Technology
Nagoya Institute of Technology, Assistant Prof., Dr. Eng.
Nagoya Institute of Technology, Prof., Dr. Eng.

を許可した。

2.3 評価方法

主観及び客観評価は中学1年生の全クラスで実施した。

(1) 主観評価

主観評価は国土交通省／知的生産性研究委員会で開発されたSAP(Subjective Assessment of Productivity)の質問項目をベースに、中学1年生向けに文言を修正したオリジナルのアンケート評価票を作成した^{※6)}。アンケート項目は音、熱、空気、光の各々の環境要素に関する評価に加え、空間環境を含めた環境に対する満足度である。また、学習効率の自己評価の項目も含まれている。アンケートは、学校生活の最後の時間帯に10分程度で実施した。

また、教室環境は情報提供側である教員の教授意欲にも影響を与える可能性がある。そのため、調査対象教室で授業を行った教員にも別のアンケート調査を実施した。教員のアンケート内容は、環境要素に関する評価・満足度に加え、教員側から見た生徒の受講状態や教員自身の教授状態についての質問で構成した。

(2) 客観評価

客観評価では、全国学力テスト(文部科学省)の問題レベルをベースとしたオリジナルの確認テストを作成した(河合塾協力)。通常授業の中で論理的思考を要求する科目である「数学」の問題を採用した。問題は単純な計算問題から応用力を問う問題まで様々である。確認テストは、アンケート終了後に8分間で実施するが、8分で全問の回答が困難な問題数を用意した。

2.4 制御別物理環境測定結果

図2,3にそれぞれ9月7日の温湿度変化を示す。温度変化においてパッシブ制御は外気温とほぼ同じ変動をしている。アクティブ制御はほぼ27°Cで安定しているが、フリー制御はアクティブ制御に比べ少し不安定である。

湿度変化においてもパッシブ制御は外気とほぼ同じ変動をしている。アクティブ制御とフリー制御はパッシブ制御に比べ不安定である。温度、湿度ともにパッシブ制御と外気はほぼ同じ変動をし、アクティブ制御とフリー制御はほぼ同じ変動をしていることが確認できた。

3. 学習効率と温熱環境の因果関係

3.1 生徒・教員の温冷感と温熱環境の満足度の比較

制御別での生徒と教員の温冷感を図4に示す^{※2)}。生徒と教員の上に大きな温冷感の違いがないことがわかる。

表3に生徒と教員のPMVを算出した結果を示す。生徒と教員では着衣量や代謝量に違いがあるため、それらを考慮しPMVを算出した結果、教員の方が0.2~0.3程度高くなることが確認できた^{※3・4)}。しかし、この差は生徒間の誤差とほとんど変わらないため教員も生徒とほ

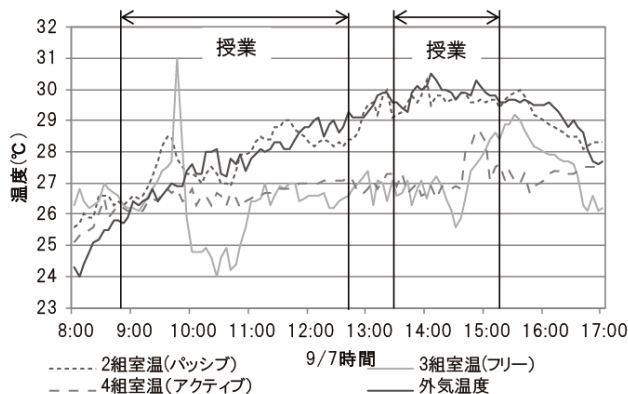


図2 制御別温度変化(9/7)

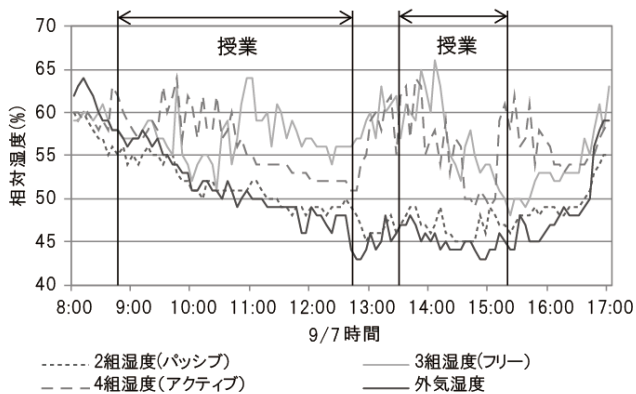


図3 制御別湿度変化(9/7)

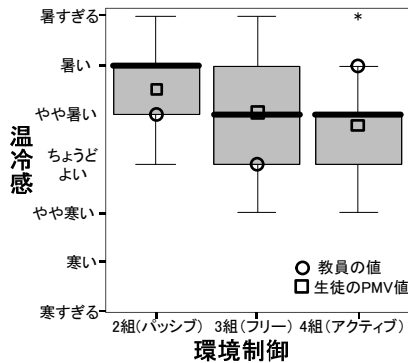


図4 制御別での生徒と教員の温冷感

表3 9月7日の温冷感評価

	温冷感		PMV		
	生徒	教員	生徒	教員(男)	教員(女)
2組 (パッシブ)	1.6±0.7 ^{※1)}	1 ^{※2)}	1.5	1.7	1.6
3組 (フリー)	1.2±1.2	0	1.1	1.3	1.1
4組 (アクティブ)	0.6±0.9	2	0.8	1.1	0.8

※1 生徒は40人分の平均と標準偏差を示す
 ※2 先生は1クラス1人である

ほぼ同じ温冷感を示していた。

制御別での生徒と教員の温熱環境の満足度を図5に示す。3組(フリー制御)の教員の温熱環境の満足度が高いが2組(パッシブ制御)、4組(アクティブ制御)の教員の温熱環境の満足度は生徒と差がほとんど見られない。

3.2 生徒・教員の温熱環境の満足度と温冷感の関係

図6は生徒の温熱環境の満足度と温冷感の関係性を示すグラフである。温冷感が「暑い」や「寒い」評価の場合には温熱環境の満足度が低く、温冷感が「ちょうどよい」に近づくにつれて温熱環境の満足度も高くなっている。図7には教員の温熱環境の満足度と温冷感の関係性を示す。教員も温冷感が「暑い」場合は温熱環境の満足度が低く、「ちょうどよい」と温熱環境満足度が高い。乾燥感については、温度と比較して満足度に強い相関が見られなかったが多少影響を与えていることが確認できた。

3.3 生徒・教員の温熱環境満足度と学習効率・教授意欲

はじめに、「学習効率」、「知的生産性」の主観評価指標として、アンケートによる「授業理解度」及び「教授意欲」への影響について検討する。図8は生徒の温熱環境の満足度と授業理解への影響度の関係性を示したものであ

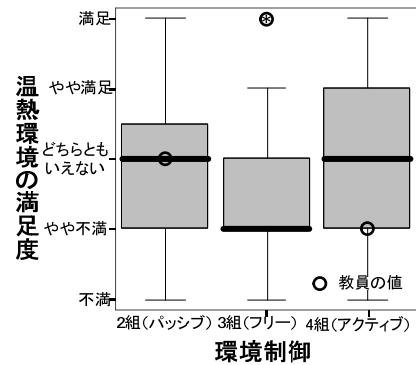


図5 制御別での生徒と教員の温熱環境満足度

る。温熱環境の満足度が低いほど授業の理解を「低下させている」と感じ、満足度が高くなるにつれて「やや高めてくれる」と感じている結果となった。

教員の温熱環境の満足度と教授意欲の関係性を図9に示す。教員も生徒と同様に温熱環境の満足度が低いと教授意欲を「低下させている」と感じ、温熱環境の満足度が高くなるにつれて「影響しない」と感じていることがわかる。生徒も教員も温熱環境が不満であると授業理解や教授意欲を低下させることがあるが、満足でも高めてく

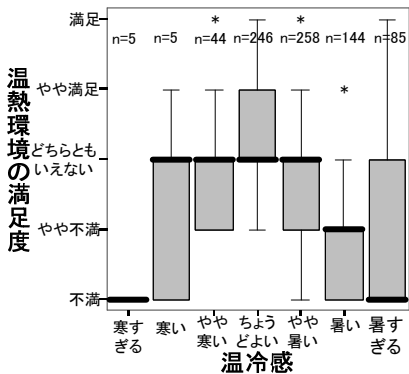


図6 生徒の温冷感と温熱環境満足度

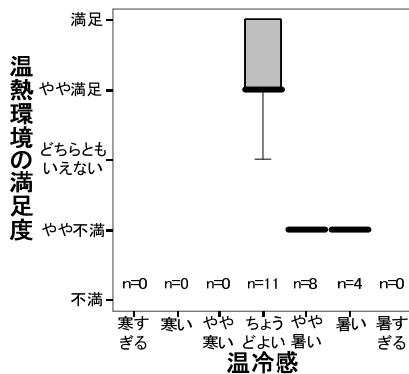


図7 教員の温冷感と温熱環境満足度

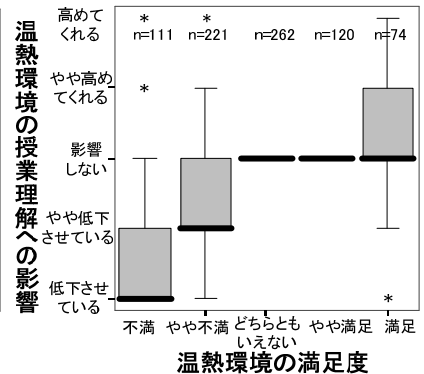


図8 温熱環境満足度と授業理解への影響

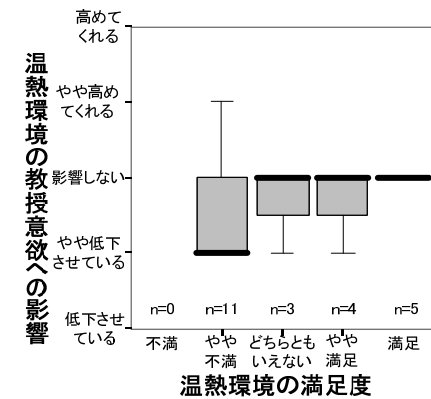


図9 温熱環境満足度と教授意欲への影響

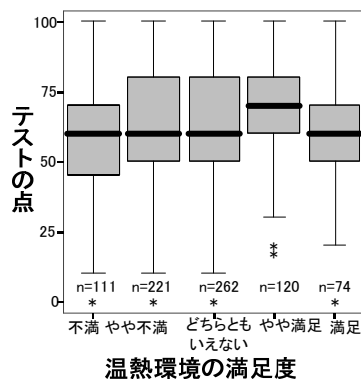


図10 テストの点と温熱環境満足度

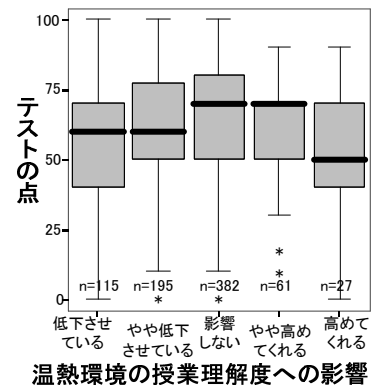


図11 主観評価と客観評価

れることは少ないと感じている。

次に、学習効率の客観評価として、生徒のテストの点数と温熱環境の満足度の関係を図 10 に示す。「やや満足」の点数が最も高く、「満足」と「不満」と感じている生徒の点が少し低い。温熱環境が満足であっても、必ずしも点数が高くなるわけではなかった。

図 11 はテストの点数と温熱環境が授業理解にどのような影響を及ぼすかの主観評価の関係を表す。温熱環境が授業理解を「高めてくれる」と答えている生徒の点数が一番低いことが確認できる。また、温熱環境が「影響しない」と感じている生徒の点数が一番高いという結果となった。これは温熱環境が影響していないと感じるほど集中できていたためではないかと思われる。

3.4 授業理解の妨げの要因

生徒・教員の主観評価として、生徒の学習効率に最も影響を与える要因の順位を表 4 に示す。生徒の主観評価で大きな影響を与えているものは「温熱環境」、「モチベーション」、「音環境」、「授業内容」の 4 つであることがわかる。その中で「温熱環境」が 4 割以上を占めている。その他については「疲れ」、「眠気」などの回答が多く見られた。一方教員から見た生徒の授業理解の妨げの要因は「モチベーション」が 4 割以上を占めるという結果になった。生徒は物理的環境が大きな要因になると感じているのに対し、教員は個人的環境が大きな要因になると全く異なる結果が得られた。

次に、教員自身の主観評価として、教員の教授意欲に最も影響を与える要因の順位を表 5 に示す。温熱環境が大きな要因になると感じることが確認できた。つまり、主観評価では生徒も教員も学習効率や教授意欲に最も影響を与える要因は温熱環境だと感じていた。

4. まとめ

本報では、生徒及び教員の温熱環境に対する満足度及び学習効率や教授意欲に与える影響について検討を行い、得られた結果を以下に示す。

- 1) 生徒と教員の温冷感にそれほど差が見られなかった。
- 2) 温冷感は温熱環境の満足度に影響を与えていた。
- 3) 生徒も教員も温熱環境に不満であると授業理解や教授意欲を低下させることはあるが、満足でも高めてくれることは少ないと感じている。また、今回の検討の範囲では、温熱環境の満足度や授業理解への影響度が高ければテストの点数が高いのではなく、「やや満足」や「影響しない」と回答している生徒の点数が高い傾向が見られた。
- 4) 主観評価では、生徒も教員も温熱環境が授業理解や教授意欲に最も影響を与えると感じていた。

表 4 生徒の授業理解の妨げの要因

順位	生徒による評価	割合	教員による評価	割合
1 位	温熱環境	43.5%	モチベーション	41.7%
2 位	モチベーション	20.6%	授業内容	34.8%
3 位	音環境	12.5%	温熱環境	17.4%
4 位	授業内容	11.6%	音環境	4.4%
5 位	その他	5.1%		
6 位	空気質環境	4.1%		
7 位	人間関係	3.0%		
8 位	光環境	0.8%		
9 位	空間環境	0.7%		

表 5 教員の教授意欲の妨げ要因

順位	教員による評価	割合
1 位	温熱環境	39.1%
1 位	モチベーション	39.1%
3 位	音環境	8.7%
3 位	授業内容	8.7%
5 位	空気質環境	4.4%

謝辞

実測に協力いただきました方々に深謝いたします。

注釈

- 1) 当期間は大学生の教育実習期間であり、常時教室には教育実習生が配置されていた。そのため、平常時と比較すると室温、グローブ温度、CO₂濃度が高めの可能性がある。
- 2) 箱の中の太線が中央値（測定値を低い順に並べたときの、低い方から 50%目の値）を示し、箱の上端が第 3 四分点（測定値を小さい順に並べたときの、低い方から 75%目の値）、箱の下端が第 1 四分位点（測定値を低い順に並べたときの、低い方から 25%目の値）を示している。（*は外れ値、極値は非表示）
- 3) 着衣量は写真から算出。男性の教員は半そでのシャツに長ズボン、女性の教員は半そでにスカートや七分丈のズボン、生徒は上下体操服が多い。
- 4) 代謝量については、年齢による体表面積（約 1.2 倍）や基礎代謝（約 1.2 倍）の違いを考慮して計算した²⁷⁾。

参考文献

- 1) 橋本哲, 寺野真明, 杉浦敏浩, 中村政治, 川瀬貴晴, 近藤靖史: 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、空気調和・衛生工学会論文集, No.93, pp67-76, 2004.4
- 2) Pawel Wargocki and Olli Seppänen (editors): Indoor Climate and Productivity in Offices, How to integrate productivity in life-cycle cost analysis, REHVA Guidebook No.6,2006
- 3) Wargocki, P., Wyon, D.P. and Fanger,P.O. : Productivity is affected by the air quality in offices, Proceedings of Healthy Buildings, Vol.1, pp635-640, 2000
- 4) 後藤伴延・伊藤一秀: 若年層 (16~22 歳) を対象とした温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討, 日本建築学会環境系論文集 第 75 巻 第 655 号, pp767-774, 2010.9
- 5) 須藤美音, 伊藤一秀, 佐々木英幸, 岩下剛, 上野佳奈子, 樋渡潔, 中江哲, 後藤伴延: 中学生を対象とした教室環境が学習効率に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会環境系論文集 第 76 巻 第 660 号, pp201-209, 2011.2
- 6) 建築環境・省エネルギー機構 編集: 誰でもできる知的生産性測定 SAP 入門, テツアド出版, 2010
- 7) 問田直幹, 内菌耕二, 伊藤正男, 富田忠雄: 新生理学 下巻 植物的機能編 第 5 版, 1982.1