

5. 「知的生産性研究委員会」応用部会 学習環境小委員会の活動報告

応用部会長：坊垣和明（建築研究所）

学習環境小委員会 委員長：村上周三（慶應義塾大学）

学習環境小委員会 副委員長：伊藤一秀（九州大学）

目 次

1. 小委員会の目的と活動方針
 - 1.1 小委員会の目的
 - 1.2 研究内容
 - 1.3 方法
 - 1.4 アウトカム
2. 研究内容の概要
 - 2.1 平成19年度 研究小委員会の活動
 - 2.2 学術論文を対象とした海外の研究動向調査
 - 2.3 資格試験対策予備校を対象とした学習効率調査
3. 今後の課題と活動方針
4. 部会委員名簿

1. 応用部会 学習環境小委員会の目的と活動方針

1.1 小委員会の目的

知的生産性を知的産出と知的吸収に大別した場合、後者で対象とする効率を特に学習効率、対象とする場を学習環境と称することが出来る。学習環境が学習効率に与える直接的な影響に関する報告例は大変少なく、学習環境の実態把握を含めて早急な研究の実施が期待されている課題である。

本小委員会では、主として学習を行う教室環境に着目し、各年齢層を対象として教室環境の実態調査を行うとともに、教室環境が学習効率に与える影響を客観的評価方法ならびに主観的評価方法を用いて検討する。

1.2 研究内容

- (1) 教室環境、特に物理環境の実態調査データの収集
- (2) 年齢層や就学目的等に対応した学習効率の客観的評価手法の検討
- (3) 年齢層や就学目的等に対応した学習効率の主観的評価手法の検討
- (4) 教室環境と学習効率の関係を客観的・主観的評価法を用いて調査し、基礎データを収集

1.3 方法

- (1) 教室環境、特に物理環境の実態調査データの収集
国内外の文献調査(学術論文)を行うと共に、各種公的機関の調査報告書データを収集し、整理する。
- (2) 学習効率の客観的評価手法の検討
各年齢層ならびに就学目的に応じた客観的な学習効率評価方法を検討する。コンポーネントスキルの測定法から統一テストまで幅広く検討する。
- (3) 学習効率の主観的評価手法の検討
年齢層や就学目的等に対応したアンケート調査票をベースとする主観的な学習効率評価方法を検討する。上記(2)の客観的手法との整合性も検討する。
- (4) 教室環境と学習効率の関係を客観的・主観的評価法を用いて調査し、基礎データを収集
各年齢層、各種の教室環境を対象として上記(2)ならびに(3)で検討した客観的・主観的評価方法を用いた学習効率の調査を実施し、データの蓄積を図る。

1.4 アウトカム

- (1) 学習環境と学習効率に関するこれまでの学術研究の体系的な整理
- (2) 対象年齢層に応じた客観的評価手法ならびに主観的評価手法の標準化
- (3) 調査例の蓄積とデータベース化

2. 研究内容の概要

2.1 平成19年度 研究小委員会の活動

教室の物理環境と学習効率の定量的な関係把握に向けて、国内外の学術論文を中心とした文献調査を実施し、現状での知見を整理した。さらに、若年層と比較して相対的に評価が容易な成人を対象として、資格試験対策予備校の教室環境と学習効率の関係を客観評価法ならびに主観評価法により検討した。

2.2 学術論文を対象とした海外の研究動向調査

(1) 欧米を中心とした教室環境質の実態

学校の教室環境は、たとえ先進国であっても適切な環境ではないことが多く、オフィスビルの室内環境と比較しても劣悪な状態であることが、各国の研究報告によって明らかにされている。特に、教室における生徒一人当たりの外気導入量は、推奨値や基準値と比較してかなり低いレベルにとどまっているのが現状である。換気量が少ない場合には教室内の二酸化炭素濃度の上昇を招き、一般的な推奨濃度レベルである 800 ppm から 1000 ppm を大きく越えることもある(日本では 1500 ppm)。二酸化炭素濃度の上昇は人体由来を含む他の汚染物質の濃度上昇も示唆しており、それ故、室内空気質の低下を意味する。また、多くの研究論文にて教室の粒子濃度上昇が報告されている。

学習環境としては不適切な高温となるのも一般的な教室の状況であり、これは寒冷地の国々においても同様である。このように、教室内にて高温となる一般的な要因は、日射負荷等の除去に十分な換気量が確保されていないことによる。北欧では、可能な限り日照を大きく確保するように大きなガラス面を南面に確保したデザインが伝統的に採用されてきたことにも一因があるといえる。このように、教室環境は不適切な状態にあることが多いと言えるが、教室内が劣悪な空気質である場合や教室内が高温となっている場合に教室の環境が生徒の学業、すなわち学習効率に与える影響の程度に関する研究・報告例は大変少ないのが現実である。

一般的には教室環境と生徒の間には次のような事実が存在する。例えば、

- (i) 教室は混雑している上、教室内は未熟で脆弱、成長段階にある子供によって占められている。その上、生徒は劣悪な教室環境であろうが無かろうが、出席が義務つけられている。
- (ii) 子供達は劣悪な教室環境に対して苦情を申し立てる術を持っておらず、欠席することや他の学校を探すといった方法をとることは不可能に近い。
- (iii) 子供達が学校で義務づけられている作業は任意選択的で繰り返し作業的なものではなく、子供達にとって常に新しいものである。それ故、子供が行うべき作業の程度は大人が職場において慣習的に行っている仕事を比較して、当人にとっては困難であることが一般的である。
- (iv) また、生徒の学業の成就レベルが低い場合には、人生の長いスパンにおいて影響を与えることになる。

以下に、教室環境の質が低い場合に生徒の学習効率に与える影響の程度、特に教室の空気

環境要素ならびに温熱環境要素と学習効率の関係に関して調査した諸外国の事例を示す。

(2) 教室内の空気質が学習効率に与える影響に関する既往研究

欧米では 1990 年代より学校の維持管理の程度が低い場合には、学習効率すなわち学業の到達レベルも低いという関係や、換気量の増加と学習効率の関係に関する研究報告例が見られる。しかしながら、これらの研究では交絡因子が適切に除外されておらず、その因果関係は十分に明確になっていない。

近年では、標準化された算術テストならびに言語テスト、もしくは心理テストや授業での学習に類似した学習効率評価用のテストを採用することで、教室空気質の良否が学習効率に与える影響が大きいことが確認され始めているが、信頼に値する研究事例は 1~2 例であり、その他、室内空気質と生徒(子供)の学習効率の関係に関する研究の報告例は皆無であるのが実情である。

(3) 教室内の温度が学習効率に与える影響に関する既往研究

教室の室温が学習効率に与える影響に関する包括的な実験が 1960 年代から 1970 年代にスウェーデンにおいて実施されている。これらの実験では、9 歳から 10 歳の児童が 3 つのクラスに分けられ、20°C、27°C、30°C に設定された教室内でそれぞれ 2 時間暴露される。同様の条件で 11 歳から 12 歳の児童が 4 つのクラスに分けられ、20°C と 30°C、午前と午後(2 条件×2 条件の実験条件設定)に条件設定された教室にて室内環境に暴露される。生徒は、加算テストやかけ算といった算術に関するタスク(作業)や、読解や理解力、類義語や反義語探しといった言語に関するタスクを含む様々な学業に関連するタスクを実施し、誤答率や作業量として学習効率を定量化したものである。この実験では、全ての作業において、子供の学習効率は 20°C の場合と比較して 27°C ならびに 30°C の条件で著しく低下するという結果となり、室温の効果は、算術に関するタスクを対象とした場合には作業 “率”、即ち割合に影響を与えるが、読解力や読書速度といった言語に関するタスクを対象とした場合、室温が上昇するに従い作業 “速度” が低下するという結果が報告されている。これらの研究報告より、教室の温度が上昇した場合、子供の学習効率には負の影響を与えることが確認されているが、実験結果は約 40 年前に得られたものであり、現在での状況と比して温度効果の程度には差があると推察される。

欧米を中心とした学術論文のレビューを行った結果、小学生程度から成人までの各年齢層を対象として、教室の空気環境や温熱環境が学習効率に与える影響を定量的に評価した事例は大変少なく、学習環境小委員会での独自の研究推進が強く期待される状況である。

2.3 資格試験対策予備校を対象とした学習効率調査

既往文献レビューを実施した結果、室内環境と知的生産性に関する研究課題の中で、教室環境と学習効率の関係を定量的に評価した研究事例は大変少ない。また、小学生等の若年層を対象とした調査の実施は、成人を対象とした場合と比較して困難なケースが多いため、学習環境小委員会での調査の第一段階として、資格試験対策予備校において成人を対象と

した調査を実施した。

実測対象とした資格試験対策予備校は映像講義を用いて全国で均一な講義環境を提供していることに大きな特徴がある。一般に、教師の教授レベルやプレゼンテーション能力が学習効率に与える影響は大きく、それ故、異なる教室条件や異なる教師によって行われた授業を対象として、特に室内環境の質が学習効率に与える影響の比較や検討を行うことは大変困難となる。各種の教室環境を対象として、建築設備的・環境工学的側面での教室環境要素が学習効率に与える影響を調査する場合、教師の教授能力は統一化、標準化されていることが望ましく、この点において全国一律に同一の映像コンテンツを用いた授業を提供する方式は、室内環境と学習効率の関係を調査する上で適切な調査対象となる。また同予備校では、一連の授業の最後に授業理解度を問う全国一律の確認テストを実施しており、学習効率を確認テストの点数を用いて定量的に評価することも可能となる。すなわち、講義内容と直接的には関係の無いコンポーネントスキルの測定ではなく、実際の講義内容に関する確認テストを実施することで、直接的に授業理解度すなわち学習効率を測定することが可能となる。

(1) 実態調査の概要

本調査の目的は教室の物理環境が変化した場合の学習効率の変化を定量的に把握することである。特に教室環境の制御要素として空気環境(換気量)と温熱環境(室温)に着目する。換気量(大)に条件設定したケースにおける外気導入量は 1,200[m³/h]程度(換気回数に換算すると 3.5 [回/h]程度)、換気量(小)に条件設定したケースでは外気導入量は 140 [m³/h]程度(換気回数では 0.4 [回/h]程度)である。また室温に着目したケースでは、換気量は一定条件で、温熱環境(特に PMV)のみを変化させている。ここでは、室温を変化させた環境条件として 5 ケース設定している。PMV(-0.2±0.6)の条件は温熱環境を時間内で変化させる条件としている。この条件は室温変動に対して空調の噴出し設定温度等を連成した制御を行わずに一定温度の空気を供給する方式で、人体発熱に起因して時間経過とともに徐々に PMV が暖かい側に変化していく環境条件である。その他、PMV が 0.0 程度で熱的中立条件(再現性を含めて 2 回設定)、やや暖かい側の条件設定である PMV+0.5、やや寒い側の設定条件である PMV-0.5 の条件を設定した。

今回の現地調査では、建築業界の最難関資格の一つである一級建築士の受験資格講座を対象とする。現地実測の対象となる被験者は資格試験対策予備校の一級建築士講座の受講生であり、受講者のほぼ全員が毎年 7 月に実施される一級建築士の資格試験を受験する。そのため、講座受講に対する動機付け、いわゆる勉学に対するモチベーションは非常に高いといえる。

(2) 学習効率の評価方法

本調査では、予備校で実施されている講義の理解度を問う統一確認テストの点数を採用することで客観的な学習効率評価を行う。解答速度は評価対象とせず、比較的十分な解答時間が与えられた場合の授業理解度、すなわち正答率にて客観的な学習効率を評価すること

とする。

(3) 実態調査の結果

実測にて得られた結果を、一人当たりの換気量[m³/h/人]と確認テスト平均点(一人当たりの換気量が 1.0[m³/h]の時の学習効率を代表値として無次元化した相対的な学習効率として表示)の関係として図 1 に示す。図中には実測と同一の環境条件となるように制御して実施した実験室実験の結果も併せて示している。相対的な学習効率を y [-]、一人当たりの換気量を x [m³/h/人]とした近似式は(1)式となる。

$$y=0.039\ln(x)+1.000 \quad (1)$$

この実測結果に従うと仮定した場合、換気量を 10[m³/h/人]から 20[m³/h/人]に倍増させた場合、学習効率は 2.5 [%]程度上昇する。換気量を増加させると共に学習効率も増加し、換気量 10[m³/h/人]から法定換気量である 30[m³/h/人]まで増加させた場合、学習効率上昇は 4.0 [%]上昇、60[m³/h/人]まで増加させた場合に学習効率上昇は 6.4 [%]との結果となる。同様に、設定室温[°C]と確認テスト平均点(ここでは相対値として表示)の関係を図 2 に示す。両者の間には、室温が 24°Cから 25°C付近で上に凸型の 2 次多項式にて近似可能な関係が確認される。相対的な学習効率を y [-]、室温を x [°C]とした場合の近似式は(2)式となる。

$$y=-0.027x^2+1.330x-15.178 \quad (2)$$

このモデルに従う場合、例えば夏期に室温を26°Cから25°Cへ1°C低下させることで、学習効率は6.2%向上、27°Cから26°Cへ1°C低下させることで、学習効率は11.7%向上する結果となる。また、冬期を想定して室温を22°Cから23°Cへ1°C上昇させることで学習効率は10.2%向上、室温を23°Cから24°Cへ1°C上昇させることで学習効率は4.7%向上する結果となる。

今回の実測結果では、室温設定を調整することによる学習効率向上は、換気量変化に伴う学習効率向上と比較して効果が大きいといえる。

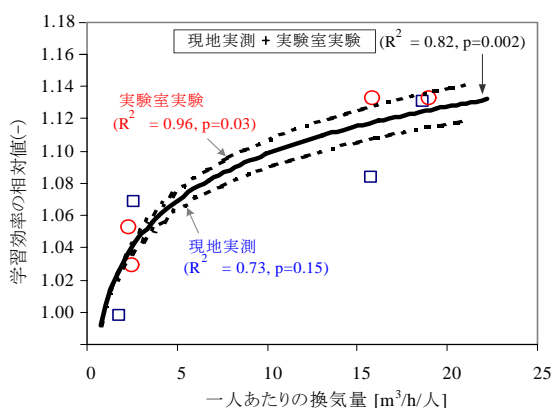


図 1 換気量と学習効率の関係

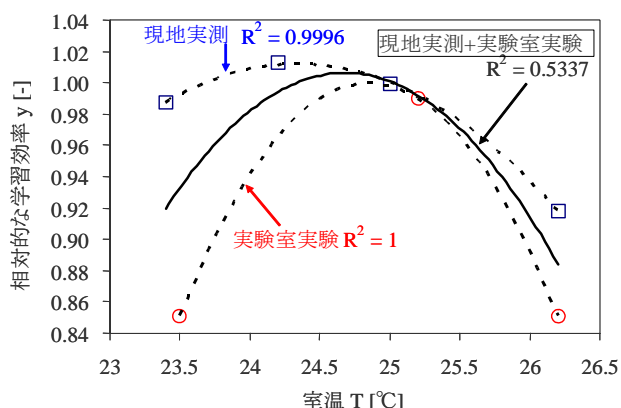


図 2 室温と学習効率の関係

3. 今後の課題と活動方針

学習効率研究を推進する上で、学習効率の定義ならびにその評価方法の検討が最重要課題となる。平成 19 年度の調査では、資格試験対策予備校における受験講座を対象とし、講師の教授能力に依存しない映像講義と講義内容に直接関連する確認テストを学習効率評価に採用することで、教室環境と学習効率の定量的な把握が可能であることを確認した。上述の実態調査は 20 代後半から 50 代程度までの年齢層が対象である。学習効率の研究を進める上で、同様の学習効率評価方法を用いて、対象とする年齢層を変化させた場合の検討を行うことが重要である。

平成 20 年度は、平成 19 年度の実態調査で採用した資格試験対策講座の映像講義と確認テストを用いて、高校生レベルの年齢層を対象とした学習効率測定を実施する。対象年齢層は 15 歳から 18 歳となり、一般の受験年齢層と対応することとなる。平成 19 年度の実態調査で対象とした建築士受験講座のコンテンツをそのまま適用可能な最下限の年齢層であり、また、この年齢層を対象とした学習効率の測定結果は、一般的な波及効果の大きい年齢層といえ、研究実施の重要性が非常に高い。

4. 部会・小委員会委員名簿（部会長、委員等（五十音順））

応用部会

部会長 坊垣和明（建築研究所）

学習環境小委員会

委員長 村上 周三（慶應義塾大学）

副委員長 伊藤 一秀（九州大学）

委員 岩下 剛（武蔵工業大学）

委員 上野佳奈子（東京大学）

委員 金子 隆昌（久米設計）

委員 須藤 美音（総合設備コンサルタント）

委員 樋渡 潔（大成建設）

委員 中江 哲（鹿島建設）

オブザーバー 亀田 健一（慶應義塾大学）