

平成21年 6月 23日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18760431  
 研究課題名（和文） 環境調整行動と熱・空気環境のモニタリングを導入した  
 住環境教育プログラムの開発  
 研究課題名（英文） Development of Home Environmental Education Methodology with  
 Monitoring Air and Thermal Environment and Behavior Adjusting one's Environment  
 研究代表者  
 菅原 正則（SUGAWARA MASANORI）  
 宮城教育大学・教育学部・准教授  
 研究者番号：60300513

## 研究成果の概要：

温暖な気候に恵まれた日本のこれからの住まい方は、屋外と全く無関係に室内環境調整するのではなく、建物周辺の微気象や地域環境との関わりを意識すべきで、地球環境・エネルギー・人体生理などさまざまな観点からも利点があるといえます。そこで、それを実現するため、基礎学習会と長期間の住環境観察からなる教育の方法を開発しました。また、窓開閉や部屋の滞在といった住まい方を自動計測し、特徴を分析しました。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,900,000	0	2,900,000
2007年度	400,000	0	400,000
2008年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	120,000	3,820,000

研究分野：建築環境、住環境教育

科研費の分科・細目：建築 建築環境・設備

キーワード：住環境教育、環境調整行動、年間計測、  
 モニタリング、空気環境、熱環境、  
 模型実験、データベース

## 1. 研究開始当初の背景

わが国を含む温暖地域における住宅は、その地域気象条件を意識した「開放系」の構造を持つが、そのため、空調の用い方や生活時間帯といった住まい方の違いによって住宅の熱環境評価が異なることが分かっている。そこで、住環境に関する体験学習ワークショップや室内空気質のモニタリングを冬季に実施したところ、地域気象条件や住宅の熱・空気特性など、住まい方に対する一般生活者

の意識は弱く、「開放系」の住空間特性を活かした生活が必ずしもなされていないことが指摘された。これらの経緯から、研究代表者は住環境や住まい方に対する意識を確実に定着させるような効果的な学習プログラム開発が必要と考えるに至った。

研究代表者らの調査によれば、住環境教育研究は従来、学校教育の家庭科分野において取り上げられてきたが、環境そのものを目で見ることができないため内容の把握が難し

く、そのために教材や学習プログラム作りは衣・食領域に比べて立ち遅れていた。しかし近年のエネルギーや地球環境問題への関心が高まる中、住環境のあり方が改めて取り沙汰されており、一般生活者を対象とした効果の高い住環境学習プログラムの開発研究が急がれる現状にある。

研究代表者らは居住者の環境調整行動（窓開閉、暖冷房運転、換気扇運転）を自動計測する方法を考案し、さらにその計測データを用いてモニタリングを導入した住環境ワークショップを試行してきた。従来のワークショップは特定の場所に集まり短期間（数時間～数日）で集中的に行われるため、学習効果は一時的な場合もあり、実生活への定着には疑問が残っていた。しかし、新たにモニタリングを導入したワークショップは居住状態において日常的に行われるため、学習効果を直接確認できる利点があり、またこれまでの試行結果では実施期間が冬季の数ヶ月のみと短かったにも関わらず、居住者において熱・空気環境に対する意識の変化がみられた。

なお、本研究のようにモニタリングを導入した日常生活をしながらの住環境学習プログラムの実施例は、国内外ともに申請者以外には見受けられない。

## 2. 研究の目的

これまでの成果をさらに発展させるために、ワークショップの手順や計測方法を改良し、また実施対象を多様な家族構成の世帯に拡げ、長期間継続することによって、次のことを明らかにする。

- (1)住宅内の室内熱・空気環境に関する環境調整行動のモニタリングを導入した学習プログラムの最適な実施方法
- (2)地域気象条件（気温、湿度、風速、日射量、降水量）や住宅の熱・空気特性（およびその結果生じた室内温湿度、CO<sub>2</sub>濃度、粉塵量）が環境調整行動に与える影響

## 3. 研究の方法

### (1)環境調整行動の長期計測と特性分析

本研究に先行して、2003年7月～2004年9月の間に、北海道から四国までのさまざまな気候特性の地域にある戸建住宅11戸において、夏季・冬季・中間季を含む長期に渡る計測を行ってきた。主な計測項目は、環境調整行動の一部である窓開閉行為、および室内環境である。これに基づいて、多様な家族構成の世帯についての環境調整行動特性を明らかにする。

### (2)滞在行為の推定法開発

人の在・不在とCO<sub>2</sub>濃度・相対湿度変化から住宅における室内の滞在人数を推定する方法を提案し、推定精度を実験により検証する。また、実住宅における計測データを用いて推定を試み、滞在行為のパターンや特徴を明らかにする。

### (3)住環境学習プログラムの改良

これまでに提案した住環境ワークショップに基づいて、新たな学習プログラムを提案、試行する。学習効果を高めるためには、住環境のモニタリングを長期的に行うことと、ワークショップ参加者が長期間継続できるよう定期的に基礎学習会を催すなどの工夫を、学習プログラムに盛り込む必要がある。その基礎資料として既存の住環境教育事例を調査しデータベース化する。

## 4. 研究成果

### (1)環境調整行動の長期計測と特性分析

#### ①窓開放時間の日変化

各時間帯について月別に1時間あたりの平均窓開放時間(min/h)を得たところ、その日変化はおおまかに次の3種類のパターンに分類できた。

ひとつ山型：ある決まった時間に開放時間が長くなるもの。北海道や東北の住宅では一年中、それ以外の地域では冬季に見られた。

ふたつ山型：朝方と夕方に開放時間が長く、日中には開放時間の短い谷間ができるもの。宮城県仙台市以南の住宅で見られた。これは、日中不在もしくは冷房使用のために窓が閉鎖されているか、朝夕に調理や掃除などの生活習慣上の理由で窓開放をしているためと考えられる。

平坦型：ほとんど日変化が見られないもの。寝室や子供室のほか、応接室や納戸といったような日中の滞在が少ない室に多く現れ、開放時間が最も長くなる夏季には40～60min/hに達することもある。日常的に居住者の滞りが無い室の窓は、夏季以外にも平坦型が現れており、開閉行為の頻度が極端に少なかった。

#### ②窓開閉行為の特性

室温と窓開放時間の関係から正規分布の累積分布関数の回帰式を得た。この式のパラメータは、正規分布における平均(窓開放と閉鎖の時間割合が半々(30min/h)のときに対応する室温[°C])と標準偏差(窓開放と閉鎖の時間割合が半々のときからおよそ±20min/h変化するまでの室温変化量[°C])によって特徴づけられる。

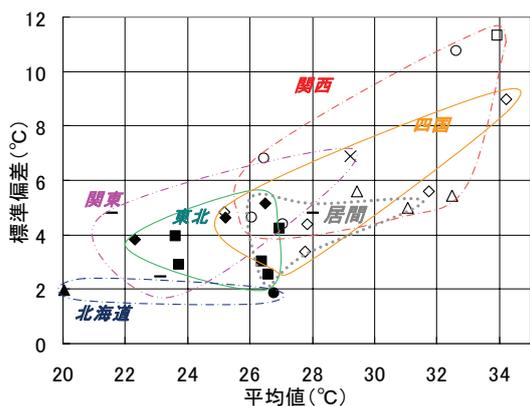


図1 平均と標準偏差の散布図

調査対象室の散布図(図1)について、点線の中はすべて居間であるが、1戸を除き、平均が26~28°C、標準偏差が2.5~5.2°Cといった狭い範囲に分布していた。このことから、居間のように居住者の滞在時間が長い室は、窓開閉行為の特性が似かよっており、地域や住宅、居住者の属性などの影響が現れにくいと考えられる。

一方、それ以外の室については、地域差が現れ、北海道・東北・関東では平均が小さく、関西・四国では平均、標準偏差ともに大きくなっていった。このことから、関東よりも北の地域では、居間より室温が低めであっても窓開放がなされ、また室温変化に沿って窓開閉行為が行われたことが分かる。関西・四国では、室温が高めのときに冷房を使用するため、窓開放から閉鎖に切り替えるものと見られる。それが原因で室温と窓開放時間との関係が明確でなくなり、結果的に平均と標準偏差が大きくなったと予想される。

### ③窓開閉行為時の内外気象条件

窓開閉行為事例を、開閉別および開閉別(閉⇔半開未満、半開未満⇔半開以上、閉⇔半開以上)に6分類し、それぞれについて時刻および内外気象の各要素に関する事例数の度数分布を得た。各室における窓開閉行為事例6分類ごとに、内外気象要素のいずれが影響要因であるかを検討したところ、寝室では時刻(朝の起床後や夕方~夜の就寝前)、居間(LDK)では室温(20°C前後~30°C前後)であった。また、一部の室で窓閉め時(半開以上→半開未満)に外気温が影響要因となることがあった。

### (2)滞在行為の推定法開発

#### ①住宅内における滞在人数推定法の提案

室内ガス濃度の非定常変化式や人体からのCO<sub>2</sub>・水蒸気発生量を求める式などを用いて、

計測データの事前処理 → 換気量の推定

#### →室内の総代謝量および放湿量の特定

#### →滞在人数の推定

という手順による方法を確立した。

宮城教育大学内の一般的な研究室(空室、幅3.3m×奥行4.4m×天井高2.5m)において、滞在人数1~3人×活動強度レベルI~IIIの組合せによる実験をそれぞれ10回ずつ行い、推定値の正答数を得た。なお、活動強度別の作業内容は、レベルIが1.5metに相当する座位の状態での書き物作業、レベルIIが2.5metに相当するストレッチ運動、レベルIIIが4.0metに相当する6kgの荷物を持ち続ける運動(歩行や会話などを含む)である。また、推定値を求める際に、呼吸を除く人体からの水蒸気放出量は、衣服内換気量や吸放湿の影響を受けることから、次のcase1~4の方法を比較することとした。

【case1】裸の人体からの水蒸気発生量のすべてが空気中に放出されるとした場合

【case2】呼吸による水蒸気のみが放出される(呼吸を除く人体から発生した水蒸気が衣服に吸収されるなどして空気中に放出されない)とした場合

【case3】呼吸を除く人体からの水蒸気放出量が一人あたりの代謝量に比例するとした場合

【case4】呼吸を除く人体からの水蒸気放出量が(裸の人体からの水蒸気発生量-呼吸による水蒸気放出量)に比例するとした場合、その比例定数を活動強度レベルごとに求めた場合

推定精度を比較した結果(図2)によれば、在室1人の場合の正答数は全体的に多かった。これは、在室であることが分かっている場合、室内の総代謝量や水蒸気発生量の推定値がどれほど小さく求められたとしても、推定人数を「1人」と判断しているからである。在室2~3人の場合では、どのcaseにおいても正答数が少なかった。しかし、case4では正答数が2~5個であり、充分とは言えないまでも、どの活動強度においても他のcaseより格段に多かった。

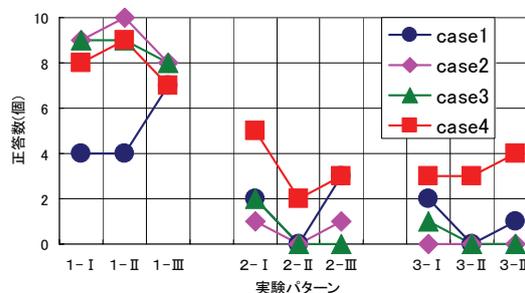


図2 人数推定の正答率

#### ②実住宅における滞在人数の日変化

夫婦と子(大学生)一人が居住する戸建住

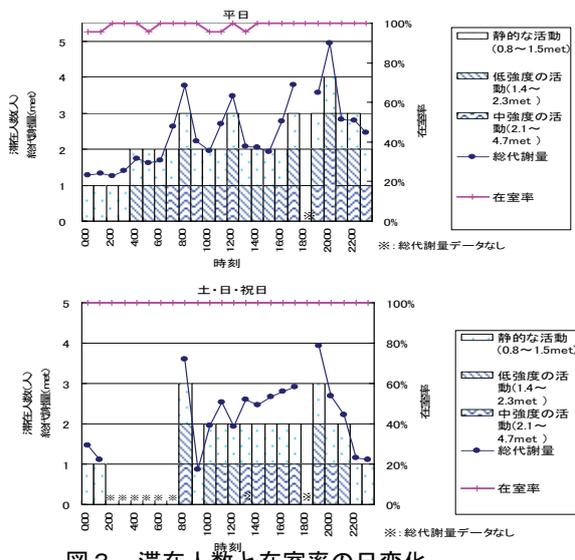


図3 滞在人数と在室率の日変化  
(居間 3月(平日23日、休日8日))

宅(仙台市)を対象に、各時間帯について月別に1時間あたりの平均活動強度および在室率(図3)を求めたところ、居間では、食事時(8:00、12:00、19:00~22:00)に家族がそろい傾向が見られた。平日の食事時の前(7:00、11:00、16:00~17:00)はその支度のためか、やや高くなっている。また、朝食後(9:00)は、1人で掃除や洗濯という活動強度の高い作業をしていた可能性がある。

また、寝室では夜間の就寝や午睡使用される様子、子ども室は頻繁には使用されていない様子が見られ、各室の特徴が分かった。

### (3)住環境学習プログラムの改良

#### ①明るく強い建物デザインを考える教育プログラムの提案

新たな住環境学習プログラムとして、建物の構造上の制約を意識しつつ光環境を維持する方法を、建物模型の実験により検討するものを考案した。この目的は次の通りである。

- (i) 建物強度保持のためには壁(壁率)が、自然採光確保のためには開口部(開口率、照度、昼光率など)が、それぞれ充分に必要なことを理解する。
- (ii) 採光量と建物強度がトレードオフの関係にあり、両立が難しいことを理解する。
- (iii) 採光量と建物強度を確保する方法が多様に考えられることを知り、可能性に挑戦する。

建物模型として用いられる紙箱については、矩形開口部の位置や分割数と底面中央における昼光率の関係を実験と計算により明らかにした。また、紙箱の素材の力学的物性値を求めて数値シミュレーションにより応力解析を行い、学習プログラムで利用できる基礎資料を得た。

この学習プログラムの最適な実施方法については、大学の講義の中で検討しているが、学生の反応は良好で、上記の目的は達成され

ている。

#### ②住環境教育事例のデータベース化

学校現場における住環境教育の事例は、1つには日本建築学会地球環境時代における住環境教育特別研究委員会のアンケートを通して得られた授業および課外活動における住環境教育の実践例、もう1つには1991年~2004年の月刊誌『家庭科教育』において、地球環境に関連した住教育の事例をとりまとめた。38件が収集された。

学校現場以外における住環境教育に関する事例は、上記の特別研究委員会によって収集された事例データベースを基に、内容や入手(または閲覧)が可能かを確認して加筆修正した。刊行物以外にもビデオや講師派遣、インターネットといった様々な供給手段のものが57件収集された。

これらを表1の項目に沿って分類し、データベース作成ソフト Access を用いて、分類項目の選択や文字列により複数条件での一括検索ができるデータベースを作成した。

表1 事例の分類項目

対象者	未就学児童、小学生(1,2年生)、小学生(3,4年生)、小学生(5,6年生)、中学生、高校生、専門家、非専門家、家族、その他
対象となる環境要素	熱、光、空気、音、水、エネルギー、その他
対象となる空間	室内環境、建築外部環境、都市・地域環境、地球環境、その他
対象となる事柄	建物性能、住宅設備・家電、省エネルギー、自然エネルギー利用、廃棄物リサイクル、自然環境に配慮した住み方、住み手の健康、住み手の快適性

対象者ごとの実践状況について、刊行物では中学生向けの事例がないのに対し、高校生が8件・専門家が8件・非専門家が9件で事例数が多かった。他に、専門家や一般の非専門家向けの講演会も多く、仕事で住環境(教育)に携わっていたり、自宅購入などの予定があつて日頃から住環境(教育)に関心を持つなどして、常に新しい情報を必要とする人への普及・啓発を目的として開催されていると考えられる。授業では小学生(5,6年生)に該当する事例が19件と突出し、中学・高校生の事例は合わせても7件と少なかった。

環境要素ごとの実践状況について、刊行物で6件と、最も多かった空気の事例の中には、シックハウス症候群の説明や有害化学物質の人体に及ぼす影響について取り上げているものが多かった。授業では、光の事例が多く特に採光とそれに伴う開口部の換気に関するものが多かった。その他事業では、大学を拠点とした研究会の事例が多く、その研究会の多くはエネルギーを中心に行っているものが多かった。

対象となる空間ごとの実践状況について、刊行物の事例では室内環境が7件、地球環境が6件であるのに対して、都市・地域環境は2件と若干の差がみられた。これに対して授業の事例は、室内環境の20件に次いで都市・地域環境が15件であった。これは、実験などを行った授業の場合に、室内環境に関することは取り組みやすく、また、地域の清掃活

動など既存の行事を利用して都市・地域環境の学習へと発展させることができたからと考える。

対象となる事物ごとの実践状況について、全供給手段で事例数が多かったものを挙げると、環境に配慮した住み方 40 件、住み手の健康 34 件、住み手の快適性 47 件であったが、その内訳のほとんどは授業の事例で、主に教科書の内容に沿ったものであった。省エネルギーや自然エネルギー利用について授業の事例はあまり多くなかったが、優れたものとして、秋田県西仙北町立双葉小学校の授業『省エネ学習』があった。これは、省エネについて自分たちが調べたいことを課題として設定し、省エネがなぜ必要なのかなどについて調べ、自分たちでできる具体的な手立てまで考える内容になっている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ①菅原正則、平子真紀、サーモカメラを用いた放射型暖房器具の放熱特性計測、日本建築学会東北支部研究報告集、第 72 号、計画系、査読無、2009、pp. 113-116
- ②菅原正則、上野美佳、CO<sub>2</sub>濃度および相対湿度変化に基づいた住宅内滞在人数の推定、日本建築学会東北支部研究報告集、第 72 号、計画系、査読無、2009、pp. 63-66
- ③菅原正則、林基哉、戸建住宅における窓開閉行為発生と時刻・室温・外気温度との関係、日本建築学会大会(中国)学術講演梗概集、D-2 環境工学Ⅱ、査読無、2008、pp. 603-604
- ④菅原正則、遠藤千和、林基哉、CO<sub>2</sub>濃度変化に基づいた住宅内滞在人数の推定、日本建築学会東北支部研究報告集、第 71 号、計画系、査読無、2008、pp. 103-106
- ⑤菅原正則、林基哉、戸建住宅における窓開閉行為特性の室温に関する分析、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、査読無、2007、pp. 245-248
- ⑥Fujikawa, M., Yoshino, H., Takaki, R., Okuyama, H., Hayashi, M., and Sugawara, M., Development of Ventilation Measurement Method Using Human Expiration - Experimental Study for Estimation Accuracy -, Proceedings III, The 6th International Conference on IAQVEC (Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings), 2007, peer-reviewed, pp. 177-184
- ⑦菅原正則、明るく強い建物デザインを考える教育プログラムの提案、日本エネルギー環境教育学会第 2 回全国大会論文集、査読

無、2007、pp. 113-114

- ⑧菅原正則、西川竜二、地球環境時代における住環境教育に関するデータベースの作成と実態分析、日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集、D-1 環境工学Ⅰ、査読無、2006、pp. 987-988

[学会発表] (計 7 件)

- ①菅原正則、CO<sub>2</sub>濃度および相対湿度変化に基づいた住宅滞在人数の推定、日本建築学会東北支部研究報告会、2009 年 6 月 21 日、コラッセふくしま
- ②菅原正則、サーモカメラを用いた放射型暖房器具の放熱特性計測、日本建築学会東北支部研究報告会、2009 年 6 月 21 日、コラッセふくしま
- ③菅原正則、戸建住宅における窓開閉行為発生と時刻・室温・外気温度との関係、日本建築学会大会(中国)、2008 年 9 月 20 日、広島大学
- ④菅原正則、CO<sub>2</sub>濃度変化に基づいた住宅内滞在人数の推定、日本建築学会東北支部研究報告会、2008 年 6 月 8 日、弘前文化会館
- ⑤菅原正則、戸建住宅における窓開閉行為特性の室温に関する分析、空気調和・衛生工学会大会、2007 年 9 月 12 日、東北工業大学
- ⑥菅原正則、明るく強い建物デザインを考える教育プログラムの提案、日本エネルギー環境教育学会第 2 回全国大会、2007 年 8 月 8 日、高知工科大学
- ⑦菅原正則、地球環境時代における住環境教育に関するデータベースの作成と実態分析、日本建築学会大会(関東)、2006 年 9 月 6 日、神奈川大学

[図書] (計 1 件)

- ①日本建築学会・編(共著 16 名)、技報堂出版、環境教育用教材 学校のなかの地球、2007、174 ページ(担当部分: pp. 80-87 および 94-98)

[その他]

- ①菅原正則、住宅における窓開閉行為の意味、住まいと環境 東北フォーラム、H&E Letter, vol. 7、2008

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

菅原 正則 (SUGAWARA MASANORI)  
宮城教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 60300513

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし