

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760481

研究課題名(和文)物理・心理・生理指標を用いた“空気の質のよさ”意識構造の解明

研究課題名(英文)Study on cognition of indoor air quality from physical, psychological and biological data

研究代表者

花里 真道 (Hanazato, Masamichi)

千葉大学・予防医学センター・准教授

研究者番号：00608656

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：室内化学物質濃度と建築材料や室内環境要因の間には密接な関連が認められた。築後月数、床材、壁・天井材、構造などの要因の影響が大きい。材料の種類と大きさの違いは、材料の印象に影響を与える可能性が示唆された。また、化学物質への感受性によって、材料の印象の強弱が異なる可能性が示された。生理反応としての脈拍数および脈拍比は、空間の差異により影響を受けている可能性が示唆された。総括すると、“空気の質のよさ”意識構造は、環境物理量のみではなく、空間構成要素と組み合わせ、印象の度合い、個人の感受性などによって、複合的に構成されている可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Building materials and indoor environment has a significant impact on the indoor concentrations of chemicals. The age of the building, flooring materials, walls/ceiling materials and structure had the largest effects on TVOCs. The impressions of the materials can be effected by difference in the types and sizes of material. Further, this differences were observed in the strength of impressions of materials between individual sensitivity. The differences in spaces such as the size of the space, extent of the field of vision, density of surrounding people, and other extenuating factors act upon the pulse as a physiological response. In conclusion, it was suggested that the cognition of indoor air quality consist not only physical factor but also space, indoor environment, level of impressions and individual sensitivity.

研究分野：都市計画・建築計画

キーワード：建築設計 建築計画 空間認知 意識構造 健康アセスメント

## 1. 研究開始当初の背景

1990年代に顕在化した、室内空気質悪化に起因する目や鼻の症状、頭痛やめまい、吐き気、呼吸器系の疾患などによる健康被害は、シックハウス症候群と呼ばれ社会問題となった。1997年に厚生労働省が規制化学物質の指針値を設定し2003年に改正建築基準法が発動された。しかし、規制化学物質以外の代替物質による健康被害の報告は後を絶たない。また、近年、化学物質以外の空気質汚染要因として、ダンプネスによるカビやダニなど生物的因子による健康リスクが報告されている。このように、健康な室内環境の実現が求められている。

建築環境・設備分野では環境物理量（汚染要因の濃度や量、温湿度や換気量など）を測定し、発生源の探索、発生メカニズムの解明、濃度低減手法（建材や換気設備の改良）などが研究されてきた。医学分野では、汚染要因の濃度や量による健康影響、発症機序が研究されてきた。これらの研究は、個々の材料の物性（化学物質放散量や抗菌性能など）をふまえた材料選定手法や、毒性・リスク評価に基づく化学物質規制や換気設備規準などの法整備や指針策定に活かされている。

研究代表者は、2007年より本学柏の葉キャンパスにて開始された「実証実験棟を用いたシックハウス症候群予防方策と室内化学物質濃度低減手法に関する一連の研究：ケミレスタウン・プロジェクト」に参加し、実住宅内の化学物質濃度の継続調査を実施した。そして、適切な建築材料・換気手法の選定により、化学物質濃度を抑えた空間や住宅を実現することができるという成果を得た。

このような過程で、環境物理量のみではなく、空間構成要素とそれらの組み合わせによっても、“空気の質のよさ”は多様に受け取られるのではないかと着想するに至った。そこで、どのような空間構成要素とそれらの組み合わせが、人に“空気の質のよさ”を感じさせるか、人の意識構造と汚染要因の測定値との関連にせまる、空間認知・評価アプローチによる研究を計画した。

## 2. 研究の目的

上記の背景およびこれまでの研究成果をもとに、本研究では“空気の質のよさ”がどのように評価されているか、という点に着目する。学内の実住宅での環境物理量を測定し、被験者実験より体感・心理量と生理データを得る。これら相互の統計解析を通じ“空気の質のよさ”意識構造を明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究は主に以下の3つの実験・研究からなる。

- (1) 室内化学物質濃度と建築材料の関係に関する研究
- (2) 建築材料の種類と大きさの違いが材料の印象評価に与える影響に関する基礎的研究
- (3) 脈拍数の測定と脈拍比による分析：空間の差異と生理反応・心理評価の研究

## 4. 研究成果

### (1) 室内化学物質濃度と建築材料の関係に関する研究

本研究は、住空間の化学物質の低減を目的とし、室空間を構成する様々な要因と室内TVOCの関係を明らかにすること、及びその結果よりTVOCを低減した室空間の計画・設計支援ツールを開発し、その有効性を検証することを目的とする。

大学構内に8戸の実住宅を建設し、124サンプルにおいて最大116物質の室内化学物質濃度を測定した。また、その室内濃度結果と環境条件、室空間を構成する材料などを総合的に捉え、数量化I類による分析を実施した。

結果、対象全期間では、築後月数、壁・天井材、構造の順にTVOCへの影響が大きく、築後半年間では、床材、平均湿度、構造、壁・天井材、築後月数の順にTVOCへの影響が大きかったことがわかった。また、スギ等の針葉樹材のTVOCへの影響が大きかった。上記の知見を踏まえて、TVOC低減を目指した住空間のための計画・設計支援ツールを開発し、支援ツールを用いて設計・計画した実住宅の濃度を測定したところ予測結果と概ね一致し、ツールの有効性を確認した。ツールは、<http://hanazato.com/project/tvoc/> にアップロードしている。(図1)

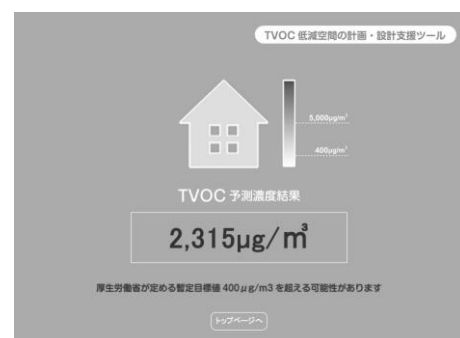


図1 TVOC低減を目指した住空間のための計画・設計支援ツール

## (2)建築材料の種類と大きさの違いが材料の印象評価に与える影響に関する基礎的研究

<背景・目的>

建築材料の種類や大きさの違いが、どのような心理的影響を与えるか、特に化学物質への感受性を考慮した研究は少ない。

例えば、建築材料の種類や大きさが印象に与える影響に関する研究には、視覚および触覚による建築仕上げ材の質感評価に関する研究、木材、木質フローリング、畳、コンクリートなどの材料から発生するにおいの主観的な評価に関する研究、木材表面の触り心地に関する心理的な評価や心電図、指尖脈波などによる生理反応を調べた研究などがある。しかし、いずれも被験者の化学物質への感受性を考慮した評価ではない。

以上の背景を踏まえ、本研究では、化学物質への感受性を考慮しつつ、建築材料の種類と大きさの違いが材料の印象評価に与える影響について基礎的知見を得ることを目的とする。

<方法>

実験は材料の印象を評価する実験1と化学物質への感受性を評価する実験2で構成される。実験1はマグニチュード推定法(magnitude estimation method)で実施した。マグニチュード推定法とは、ひとつの基準刺激を定め、これと比較させてその感覚的大きさを数によって推定させる方法である。

実験材料は、塗装仕上げ、クロス仕上げ、漆喰仕上げ、左官仕上げ、木質系材料仕上げの5種(表1・図2)とした。大きさは、0.25㎡(50cm角)、0.5㎡(70cm角)、1㎡(100cm角)、2㎡(140cm角)、3㎡(160cm角)の5種の正方形(表2・図3)とした。材料と大きさを組み合わせた計25種を実験試料とした。比較のための基準となる試料である基準試料は、材料についてはクロス仕上げ、大きさについては1㎡(100cm角)とした。

実験は、被験者全員が入室できる室を暗転し、プロジェクターによりスクリーンに試料を投影して行った。なお、スクリーンに投影された大きさが、設定した大きさとなるよう調整した。

はじめに、口頭にて実験の流れ、試料の評価方法を説明した。スクリーンに基準試料を投影した後、ランダムな順序にて残り24試料を投影した。試料ごとに、チェックシートに材料の印象に関するマグニチュード推定法評定値を5つの尺度について回答させた。印象の評価に用いた5つの尺度は、健康に良い感じ、いやされる感じ、空間がよい感じ、居たい感じ、快適な感じとした。基準試料の印象を100とした場合の比較材料の印象を数値で回答した。

表1 実験試料の仕上げ種類

	仕上げ	色	基準試料
1	塗装仕上げ	白	
2	クロス仕上げ	薄茶	○
3	漆喰仕上げ	白	
4	左官仕上げ	茶	
5	木質系材料仕上げ	濃茶	

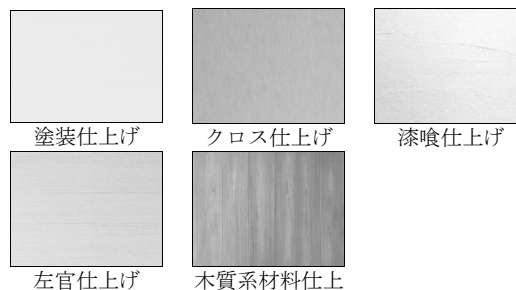


図2 実験試料の仕上げ種類

表2 実験試料の大きさ

	大きさ	短辺×長辺	基準試料
1	0.25㎡	50cm×50cm	
2	0.5㎡	70cm×70cm	
3	1㎡	100cm×100cm	○
4	2㎡	140cm×140cm	
5	3㎡	160cm×160cm	

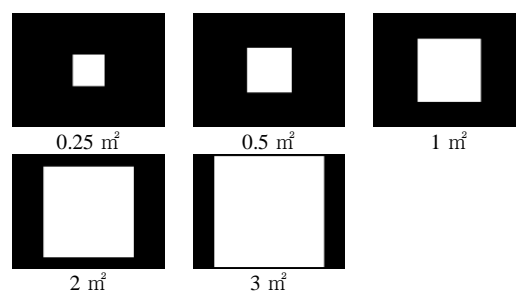


図3 実験試料の大きさ

なお、5試料ごとに基準試料を投影し標準となる印象を確認させた。同一の実験を3回実施し、その中央値をマグニチュード推定法評定値とした。被験者は、21~27歳の成人6名(男性5名、女性1名)とした。

実験2は、米国のMillerとPrihodaによって、化学物質過敏症(Multiple Chemical Sensitivity: MCS)患者の研究、診断の補助、スクリーニングに役立つ問診票として開発されたQuick Environment Exposure Sensitivity Inventory(QEESI®)を用いた。

なお、質問項目とカットオフ値は、北条らによる研究によって設定された、3下位尺度とそのカットオフ値を用いた。カットオフ値は、Q1化学物質不耐性で40点、Q3症状で20点、Q5日常生活障害で10点である。被験者は、実験1と同様の成人6名とし、実験1の直後に実施した。

<結果>

実験1の各試料について被験者のマグニチュード推定法評定値の平均を図4に示す。概ねどの材料も、大きさが大きくなるにしたがい、印象の度合いが強くなった。クロス仕上げと塗装仕上げに比べ、左官仕上げ、漆喰仕上げ、木材仕上げのほうが大きさによる印象の変化が大きい。5つの印象評価尺度については、クロス仕上げ、左官仕上げ、漆喰仕上げは5つとも同様の印象である。

各材料の平均値を図5に示す。塗装仕上げでは「空気の質がよい感じ」の印象が強く、他の尺度に比べ「いやされる感じ」の印象が弱い傾向がみられた。木材仕上げでは総ての尺度において、強い印象であったが、特に「健康によい感じ」の印象が強い。

実験2の結果を表3に示す。被験者AはQ1とQ2の2尺度でカットオフ値を越え、被験者Cは総ての尺度でカットオフ値を越え、MCSの疑いがあるとされた。この結果をもとに、被験者をMCSの疑いのある群、MCSの疑いのない群の2群に分けた。

次に、MCSの疑いのない群の実験1の結果を図6に、MCSの疑いのある群の結果を図7に示した。比較すると、MCSの疑いのない群では、漆喰仕上げの3m<sup>2</sup>、および塗装仕上げにおいて、「空気の質がよい感じ」の印象が基準試料に比べて、約1.5~2倍程度強い。一方、MCSの疑いのある群では、塗装仕上げの印象は他の仕上げと同程度であり、木材仕上げの2m<sup>2</sup>、3m<sup>2</sup>の印象が強い。MCSの疑いのある群と、疑いのない群で、材料の印象が異なることが示唆された。

<考察>

本研究では、化学物質への感受性を考慮しつつ、建築材料の種類と大きさの違いが材料の印象評価に与える影響について基礎的知見を得ることを目的とし、マグニチュード推定法による印象評価試験、QEESIによる化学物質への感受性試験を実施した。結果、材料の種類と大きさの違いは、材料の印象に影響を与える可能性があることが分かった。

また、MCSの疑いのある群と、疑いのない群で、材料の印象の強弱が異なることが示唆された。特に、表面のテクスチャのない塗装仕上げについて、MCSの疑いのない群では、「空気の質がよい感じ」と評価された一方、MCSの疑いのある群では、「空気の質がよい感じ」とは評価されず、他の材料と同様の評価であった点が興味深い。後者において白色の塗装仕上げは、塗料から揮発するVOCの印象を誘発したのかもしれない。

化学物質への感受性の違いによって、建築材料に対する印象評価が異なる可能性が示唆された。今後は、被験者数を増やすとともに、より詳細な調査が望まれる。

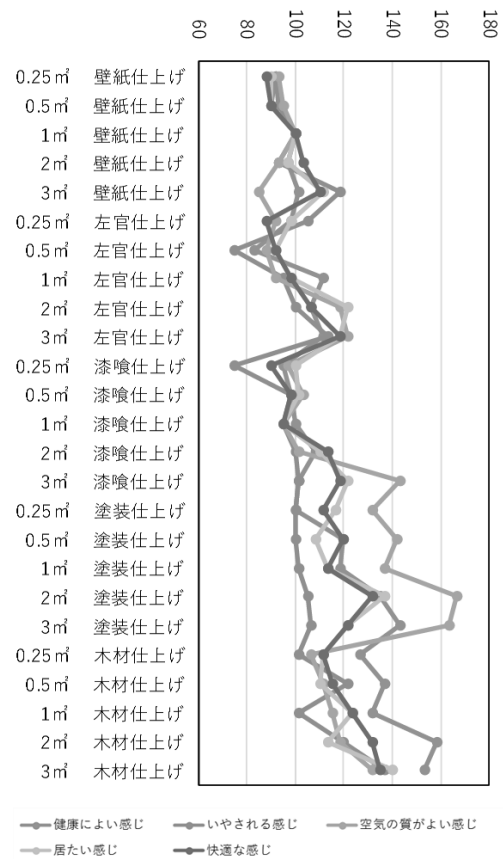


図4 マグニチュード推定法評定値の平均値 (n=6)

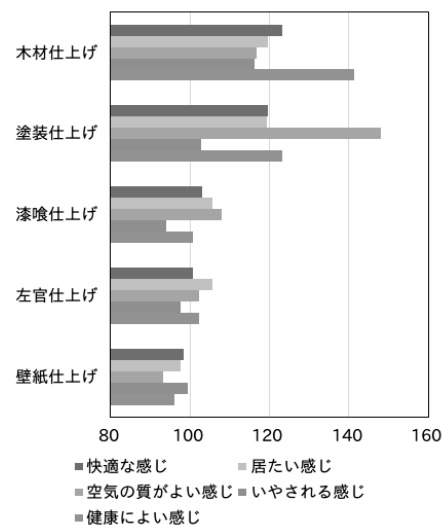


図5 マグニチュード推定法評定値の材料ごとの平均値 (n=6)

表3 QEESI©による結果と2群分け

被験者ID	Q1 化学物質不耐性	Q3 症状	Q5 日常生活障害	グループ分け <sup>d</sup>
A	56 <sup>a</sup>	28 <sup>b</sup>	8	MCS
B	10	6	0	Non-MCS
C	42 <sup>a</sup>	71 <sup>b</sup>	49 <sup>c</sup>	MCS
D	17	13	0	Non-MCS
E	18	1	0	Non-MCS
F	3	12	0	Non-MCS

<sup>a</sup>カットオフ値40点を越えた項目

<sup>b</sup>カットオフ値20点を越えた項目

<sup>c</sup>カットオフ値10点を越えた項目

<sup>d</sup>カットオフ値によりMCSの疑いの有無によって群分け

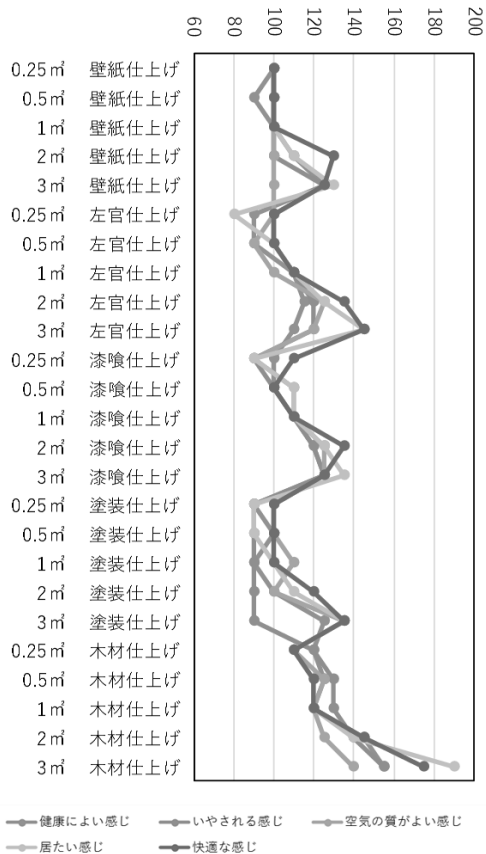


図6 MCSの疑いのない群の  
マグニチュード推定法評定値の平均値 (n=4)

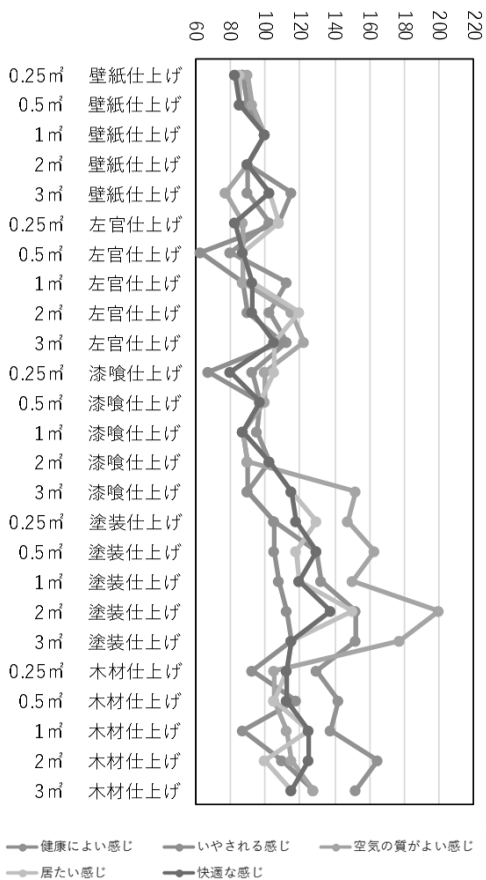


図7 MCSの疑いのある群の  
マグニチュード推定法評定値の平均値 (n=2)

### (3) 脈拍数の測定と脈拍比による分析：空間の差異と生理反応・心理評価の研究

本研究は、人が日常的に過ごす複数の空間を対象とし、人の生理反応に、空間の差異がどのように影響するのか、その一端を明らかにすることを目的とする。

対象空間は、大学内の6室および1箇所の外部空間とした。対象空間において生理反応の評価と、SD法による質問紙調査を実施した。生理反応の評価は、加速度脈波測定機器による脈拍数とした。計測値について、分散分析をおこない、脈拍数における対象空間の影響を分析した。また、得られたSD法得点に対象空間の差異が影響を及ぼすか、分散分析により調べた。

対象空間7箇所において被験者の脈拍数を調べたところ、脈拍数における対象空間の影響はなかった。一方、PR比（各対象空間の脈拍数/全対象空間の脈拍の平均値）は有意であった。したがって、対象空間の差異はPR比に影響を及ぼすといえる。

脈拍数に対象空間が影響しない理由は、被験者ごとに脈拍数の平均値や範囲が異なる“個人差”が関係したと考える。被験者ごとの脈拍数の多少と、空間の差異に起因する脈拍数の多少とが、相互に影響したと推察した。そこで、被験者ごとの脈拍数の大きさを調整するために、標準化したPR比を用いると、対象空間の影響があった。すなわち、脈拍数は、PR比として標準化することで、個人の変動を調整でき、空間の差異を示す指標になりうると考える。また、SD法による心理評価についての分散分析の結果、SD法得点の大きさに、対象空間が影響を及ぼしていることが明らかとなった。

これまでみてきた結果による本研究の骨子を以下にまとめる。

室内化学物質濃度と建築材料や室内環境要因の間には密接な関連が認められた。築後月数、床材、壁・天井材、構造などの要因の影響が大きい。また、スギ等の針葉樹材のTVOCへの影響が大きいことがわかった。

材料の種類と大きさの違いは、材料の印象に影響を与える可能性があることが分かった。また、MCSの疑いのある群と、疑いのない群で、材料の印象の強弱が異なることが示唆された。

生理反応としての脈拍数及び脈拍比は、空間の差異と心理評価に影響を受けている可能性が示唆された。

以上より、“空気の質のよさ”意識構造は、環境物理量のみではなく、空間構成要素とそれらの組み合わせ、印象の度合い、個人の感受性などによって、複合的に構成されている可能性が示唆された。

## 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1件)

- ① 花里 真道, 鈴木 弘樹, 栗生 明, 森 千里 (2013) 住空間における総揮発性有機化合物濃度の予測と計画支援ツールの開発, 日本建築学会環境系論文集, 78(683), p81-88

[学会発表] (計4件)

- ① 花里 真道, 鈴木 弘樹, 鈴木 規道, 古賀 千絵, 瀬戸 博, 森 千里: 室内化学物質を低減した商業施設の計画・工事監理と濃度評価, 平成26年室内環境学会学術大会, 工学院大学新宿キャンパス (東京都・新宿区), 2014年12月5日, 6日
- ② 鈴木 規道, 花里 真道, 瀬戸 博, 山田 智美, 古賀 千絵, 森 千里: 低VOC塗料の放散物質および放散速度に関する研究, 平成26年室内環境学会学術大会, 工学院大学新宿キャンパス (東京都・新宿区), 2014年12月5日, 6日
- ③ 花里 真道, 次世代社会基盤の構築: 予防医学と建築・都市デザインの連携, 第12回日本予防医学会学術総会, 日本科学未来館 (東京都・江東区), 2014年6月28日
- ④ Masamichi Hanazato, Emiko Todaka, Hiroko Nakaoka, Hiroshi Seto and Chisato Mori (2013) Lowering TVOC is necessary to prevent sick building syndrome., Environment and Health – Bridging South, North, East and West Conference of ISEE, ISES and ISIAQ, Basel, Switzerland 19 – 23 August 2013

[その他]

- ① 室内空气中化学物質を低減した室内空間の計画・設計支援ツール  
<http://hanazato.com/project/tvoc/>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

花里 真道 (MASAMICHI HANAZATO)

千葉大学・予防医学センター・准教授

研究者番号: 00608656