

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 1 月 31 日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300270

研究課題名（和文） 住宅における視覚要因と聴覚要因の積極的活用による省エネルギー対策

研究課題名（英文） Energy conservation measures by the utilization of visual and auditory factors in houses

研究代表者

松原 斎樹（MATSUBARA NAOKI）

京都府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号 80165860

研究成果の概要（和文）：ライフスタイルの変更による省エネルギー策の一つとして、視覚・聴覚要因を活用することに注目して、アンケート調査、被験者実験、熱負荷シミュレーション等を行った。視覚・聴覚要因による省エネルギーの可能性は実験室実験だけでなく、実態調査・アンケート調査でも可能性が示唆され、行動が変容できれば、暖冷房エネルギーは約 7～8% 削減され、また設定温度の変更を想定するとより大きな削減が予想できた。

研究成果の概要（英文）：A questionnaire survey, psychological experiments, and simulation of energy consumption for heating and cooling were conducted to know the effect of the measures to lessen the energy conservation by utilizing the visual and auditory factors as a change of daily behavior. The possibility of energy conservation was showed by 7-8% by the change of daily life. Much more conservation was predicted by the change of setting temperature of cooling.

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2010 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2011 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	9,000,000	2,700,000	11,700,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学一般

キーワード：温暖化，住宅，視覚，聴覚，ライフスタイル，省エネルギー

## 1. 研究開始当初の背景

温暖化による被害が深刻になりつつあることは言うまでもなく、早急の対策が求められている。生活科学的視点からの温暖化対策としては、増大を続ける民生用エネルギー消費量の削減が重要であり、一般市民が日常生活の中で取り組める対策も少なくない。家庭

用エネルギー消費量の 30%以上を占める「暖冷房」のエネルギー消費量増大を防ぐことは、重要である。政府の温暖化対策要綱でもライフスタイルの変更による対策への期待が大きい。一方でその効果に関しては疑問も強く、科学的な効果予測に関する研究活動が求められている。

古来より、涼をよぶ景色や音などという表現があることにヒントを得て、申請者らは視覚刺激や聴覚刺激を活用することにより、寒暑の不快感を緩和することを実証した（松原ほか 2004）。居住者にとっては温熱など単一要因の快適ではなく、多要因の総合的な快適が重要であるので、省エネルギー的に快適を得るためには、視覚要因や聴覚要因を効果的に利用して、暖冷房の温度を緩和することが可能なのである。このように視覚や聴覚要因を活かした暮らしにより、暑さや寒さの不快感をしのぐ暮らし方を評価して、生活水準をあまり下げないで、省エネルギー対策と位置づけることは、今日の情勢において有益である。

## 2. 研究の目的

本研究では、視覚・聴覚要因による寒暑の感覚の緩和による省エネルギー効果に注目して、以下の3つの課題を設定して取り組むことを目的としている。

(1) 涼しさや暖かさを感じる視覚・聴覚要因の活用と温熱環境の実態調査

(2) 被験者実験による視覚・聴覚要因の心理的効果による快適感の変化の把握

(3) 体感温度の推定精度を向上させる研究

(4) (1), (2)を活用したシミュレーションによる年間暖冷房エネルギーの低減効果の推定

## 3. 研究の方法

### (1) 実態調査

#### ヒアリング調査・室温実測調査

事前のアンケート調査により、実測調査の承諾の得られた11戸住戸にて実施した。調査邸はすべて庭を有する戸建住宅である。

調査期間は、2010年8月4日～8月22日の間で各邸1～2週間である。室内の温湿度の測定には小型温湿度ロガー（エスペック、RS-12, 13L）を使用した。各データは10分間隔で記録した。測定場所は、各住戸内の居間（家族でテレビを見るなどしてくつろぐ場所）で、室内の冷房機器や日射等の影響がない場所とし、生活上支障のない範囲で床から1～1.2mの高さで測定した。併せて全住戸に対して、冷房機器等の使用状況、暑熱環境に対する住まい方等についての面談ヒアリングを行なった。

### (2) アンケート調査

夏期における居住者のエアコンや扇風機の使用とともに、涼を得るための行為の実施状況とそ

の理由についてアンケート調査を実施した。調査場所は京都市上京区二条城北地区で、古い京町家と比較的新しい住宅が混在する市中心部の住宅密集地（準工業地域および近隣商業地域）である。アンケートはこの地区内の戸建住宅（600戸）にポスティング配布し、郵送により回収し、245戸から回答を得た（回収率40.8%）。アンケート配布を2010年9月下旬、回収を2010年10月上旬に実施した。アンケートの概要を表1に示す。アンケートでは、居間におけるエアコンと扇風機の使用状況とともに、それ以外の涼しさを得るための行為の実施状況について調査した。住まいの中で涼しさを得る行為は、松原らの調査に加え、視覚や聴覚など、五感によって涼しさが得られると考えられる行為を10種類例示して調査した。広島県呉市でも同時期に、また、愛知県名古屋市では、冬期調査はほぼ同時期に、また夏期調査は1年後の2010年8月に行った。アンケートでは、居間におけるエアコンと扇風機の使用状況とともに、それ以外の涼しさを得るための行為の実施状況について調査した。

### (3) 視覚・聴覚刺激による実験

①実験1は2010年9月および2011年9月に、京都府立大学人間環境シミュレータを使用して行われた。実験実施時間帯は、10時～12時、13時～15時、16時～18時の3パターンを設定した。

被験者：被験者は18～22歳の男女大学生21名とした。各被験者は実験の全ての室温条件に参加し、各室温条件下で全ての視覚・聴覚刺激を評価した。

実験刺激：被験者に呈示する視覚・聴覚刺激は6つの景観（視覚要因と聴覚要因を合わせたもの）を対象とし、それぞれについて視覚刺激のみ「V」、聴覚刺激のみ「A」、視覚＋聴覚刺激「V+A」の各条件を設定した。さらに基準状態「BG」として視覚・聴覚刺激を呈示していない状態についても評定してもらった。視覚刺激はプロジェクターを用いて実験室内のスクリーン（850mm×1250mm）に呈示した。聴覚刺激は実験室前方に左右におかれた2台のスピーカーから呈示した室温条件は27・30・34℃の3条件とし、前室の温度は27℃に設定した。

評価尺度：被験者の感覚についての評価尺度として10対の両極尺度を用いた。また各刺激の注意回復に関する評価については、尾崎・藤田(2008)、芝田ら(2006)を参考に7項目（逃避、魅了、まとまり、視野、適合、好み、熟知度）について7段階尺度（完全に当てはまらない～完全に当てはまる）で評価させた。

②実験 2 は2011年9月13日～9月30日の期間に行った。被験者は日本人大学生男女19名、中国人大学生男女16名とした。実験は京都府立大学人間環境シミュレーターを使用し、実験室内は前室と実験室の2種で構成された。室温は、前室を27℃、刺激呈示室を27℃、30℃、34℃の3段階に設定し、湿度は両室共に、50%に設定した。刺激呈示室の照度は読書のできる限界と思われる5lxに設定した。視覚刺激 4 種類、基準状態 (BG) の計 5 種類の刺激を呈示した。室温 27℃、30℃、34℃の環境下において、スクリーンに映し出されるスライドを見て、複合環境下での空間印象の感覚評価、ART に基づく視覚要因から想像される空間の注意回復評価と景観評価を行った。

③体感温度指標 E<sub>TFe</sub> の検証実験を進展させ、夏季の屋外空間における温熱環境刺激が人体影響に及ぼす影響を明らかにする被験者実験をおこなった。

#### (4) 体感温度の研究

屋外空間における日射の影響を組み込んだ Enhanced conduction-corrected modified effective temperature E<sub>TFe</sub> を定義した。そして、温熱環境評価指標における日射量の取り扱い手法を明らかにし平均放射温度への換算方法を示した。この体感指標 E<sub>TFe</sub> は、姿勢の違いと風速、屋外空間における長波長放射温度、日射量、接触部材表面温度、湿度の各影響を個別気象要素に温度換算できる。

#### (5) シミュレーションによる推定

冬期・夏期のアンケート調査結果に基づいて、視覚要因と聴覚要因を活用した暮らし方を積極的に行っている居住者とそうでない居住者の間で、暖冷房エネルギーの差異がどのように見られるかを検討するために集計分析を行った。その結果、寒色系のインテリアとすだれを使用していることが重要であった。そこで、この2つを使用している居住者と2つとも使用していない居住者の冷房期間、暖房期間をもとにして、暖冷房値ルギー消費量のシミュレーションを行った。住宅モデルは日本建築学会標準住宅モデルとし、断熱性能は、次世代省エネルギー基準準拠のもの、および無断熱を仮定した。冷房設定温度を住まい方変更による暖冷房の省エネルギー効果を定量的に推定するため、生活実態を反映した暖冷房スケジュール等を用いシミュレーションソフトによる計算を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 実態調査の成果

①居住者の環境に対する認知・評価と対処の過程を用いて、夏期の暑熱環境に対する住戸ごとに異なる許容温熱環境と涼しさを得るための環境適応行動の多様性についての解釈を試みた。

②単に暑熱環境に対する評価のみでなく、一般的な住環境に対するポジティブな認知や、視覚や聴覚要因等などを活用した環境への能動的な適応による総合的な満足が、ある程度の暑熱環境を許容していると考えられる。

③冷房の使用実態や涼を得るための生活行為の実施状況から、冷房行為の生起について、温熱環境や生活行為、居住者の意識とともに、住宅の立地や構造（通風状況や窓の開放の可否、日射遮蔽機能の有無等）の変化によることも一因と考えられる。

以上より、視覚・聴覚要因により温熱的不快さが緩和されることを実験研究によって実証していたが(松原ら, 2000; 松原ら 2011), 実際の居住環境においても同様のことが起こっていることが確認された。このことは、視覚・聴覚要因の活用による省エネルギーに繋がる可能性を示したといえる。

### (2) アンケート調査の成果

①日常生活の中で、敷物や打ち水、すだれ、寒色のインテリアなど、エアコンの使用以外にも涼しさを得るために、多くの居住者で実施されている実態を明らかにした。また、これらの行為の多くは冷房使用時間と負の相関があり、それぞれの涼しさを得る行為は冷房期間を短くしている傾向がある。

②涼しさを得る行為について、“涼感を得る”、“季節を感じる”などの実施理由では、より多くの行為を行うクラスターほど認知している。居住者は、日常生活の中で複数の環境要因からの刺激に注意を分配することによって、涼感を得たり季節感を感じながら暑熱環境を許容して過ごしていると考えられる。

③涼しさを得る行為を能動的に行う中から、暑熱な環境は変わらずとも、その状況に対して視覚や聴覚などの五感を通じて涼感や季節感を感じるというポジティブな認知により、環境を許容していると考えられる。

### (3) 視覚・聴覚刺激による心理的效果

①室温 27℃・30℃・34℃で教示により被験

者の注意を操作しない条件のもと視覚要因・聴覚要因・視覚と聴覚要因，基準状態の計 13 種類を実験的に呈示した実験を行い，感覚評価について分析・考察を行った結果，以下の知見が得られた。

・視覚要因・聴覚要因に注意をするように教示した実験では見られなかった三要因の交互作用が有意な評価尺度は「涼暖の印象」「居心地」「不快感」「温熱的快適感」であった。

・呈示刺激に注意を向けさせる教示がある場合も，ない場合もいずれも感覚評価で同様の傾向が見られ，「涼暖の印象」などの非特異的評価尺度では，高温側で視覚・聴覚要因を呈示することで空間の印象が向上した。交差点の景観は，中立温度付近では暑い側に評価を変化させるが，34℃では，暑い側ではないという結果が見られた。

②室温 27℃・30℃・34℃で，基準状態 (BG) を含む 5 種類の視覚刺激の呈示実験を行い，以下の知見を得た。(1) 庭園景観は暑さの感覚や暑さに伴う不快感を有意に緩和する効果が見られた。今回呈示した庭園景観はいずれも BG より好ましいと評価された。(2) 本研究の範囲内では室温が高いほど中国人の「涼暖」「居心地」「好ましさ」「緑種類」「緑量」「自然性」および日本人の「好ましさ」「温冷感」「緑量」「緑種類」などの尺度では，不快感の緩和効果が大きい。(3) 呈示される視覚刺激によって「感覚評価」「注意回復評価」「景観評価」は異なる。注意回復評価は，日本の庭園よりも中華風庭園の効果が大きかった。

③体感温度指標  $ETFe$  の検証実験の発展として，夏季の屋外空間における温熱環境刺激が人体影響に及ぼす影響を明らかにする被験者実験をおこなった。夏季の室内空間における温熱環境刺激よりも屋外空間における温熱環境刺激に対する人体の許容限界は高くなる。樹木などの緑で構成する自然景観による視覚刺激は，建物やアスファルト舗装で構成する人工景観による視覚刺激と比較して，温冷感の中立温度が 3.5℃程度低くなり，暑熱感覚を緩和させる効果を示した。

#### (4) 体感温度推定精度の向上

人体の温熱感覚と人体の熱収支の裏付けがある温熱環境評価指標との関係を明らかにする必要がある。この点に着目し，屋外空間における日射の影響と熱伝導の影響を組み込んだ Enhanced conduction-corrected modified effective temperature  $ETFe$  を開発し，その有効性を確認した。

(5) 視覚・聴覚要因を活用した暮らしによるエネルギーの低減効果のシミュレーションによる推定

シミュレーションの結果，次世代基準の住宅の場合，寒色のインテリアとすだれのない住宅に対して，2つともある住宅は，次世代基準準拠の場合 91.6%，無断熱住宅の場合 92.1%であった。さらに後者において，冷房の設定温度をさらに 0.5℃高い設定条件とした場合，次世代基準準拠の住宅では 78%，無断熱住宅の場合，77.5%であった。前者から後者への行動変容の可能性は，今後の検討課題である。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 13 件)

① 福坂誠，松原斎樹，澤島智明，大和義昭，松原小夜子，藏澄美仁，飛田国人，合掌頭：京都市の戸建住宅における夏期の涼しさを得るための行為の実態調査 —住宅における視覚・聴覚要因等の活用の実態に関する研究—，日本生気象学会雑誌，査読有，50(1)，印刷中

② 小東敬典，松原斎樹：複合環境に用いる評価語の妥当性の考察 複合環境評価における快適・不快感の形成に関する基礎的研究 (1)，日本生気象学会雑誌，査読有，48(1)，23-34，2011，査読有

③ 松原斎樹，島田理良，藏澄美仁，合掌頭，飛田国人：温熱・視覚・聴覚要因の複合環境評価実験における特異的・非特異的評価尺度の違い，日本建築学会環境系論文集，76(668)，877-885，2011，査読有

④ 松原斎樹，柴田祥江，福坂誠：京都の木造住宅における居住者の意識・住まい方と温熱環境の実態，龍谷大学社会科学研究所年報，42号，53-61，2011，査読無

⑤ 藏澄美仁，松原斎樹，土川忠浩，近藤恵美，石井仁，深川健太，安藤由佳，大和義昭，飛田国人，堀越哲美：屋外空間における環境刺激が人体の温熱感覚に与える影響，日本生気象学会雑誌，48(4)，129-144，2011，査読有

⑥ Yoshihito Kurazumi，Tadahiro Tsuchikawa，Emi Kondo，Tetsumi Horikoshi，Naoki Matsubara：Conduction-corrected modified effective temperature as the indices of combined and separate effect of environmental factors on sensational temperature, Energy and Buildings ,

42(4), pp.441-448, 2010, 査読有,

⑦ Yoshihito Kurazumi, Kenta Fukagawa, Yoshiaki Yamato, Kunihito Tobita, Emi Kondo, Tadahiro Tsuchikawa, Tetsumi Horikoshi, Naoki Matsubara: Enhanced conduction-corrected modified effective temperature as the outdoor thermal environment evaluation index upon the human body, *Buildings and Environment*, 46(1), 12-21, 2010, 査読有

[学会発表] (計 17 件)

- ① 高見初音, 福坂誠, 松原齋樹, 大和義昭, 松原小夜子, 飛田国人, 澤島智明, 藏澄美仁, 合掌颯, 柴田祥江: 夏期に「涼しさ」を得るための行為に関するアンケート調査結果住宅における視覚・聴覚刺激等の活用と温熱環境の関連性についての研究 その3, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 107 - 108, 2012
- ② 合掌颯, 松原齋樹, 柴田祥江: 教示の異なる実験における注意回復尺度評定の結果 異なる温熱環境下における視覚要因と聴覚要因の複合環境評価 その4, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 67-68, 2012
- ③ 大塚弘樹, 松原齋樹, 合掌颯, 柴田祥江: 異なる温熱環境下における視覚要因と聴覚要因の複合環境評価 その5, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 68-69, 2012
- ④ 馬豫, 松原齋樹, 合掌颯, 柴田祥江: 日本人と中国人留学生による庭園景観と温熱要因の複合環境評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 71-72, 2012
- ⑤ 福坂誠, 松原齋樹: 夏期および冬期の戸建住宅の温熱環境測定結果 住宅における視覚・聴覚刺激等の活用と温熱環境の関連性についての研究 その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 11-12, 2011

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松原 齋樹 (MATSUBARA NAOKI)  
京都府立大学・生命環境科学研究科・教授  
研究者番号: 80165860

### (2) 研究分担者

藏澄 美仁 (KURAZUMI YOSHIHITO)  
椋山女学園大学・生活科学部・教授  
研究者番号: 70244291  
澤島 智明 (SAWASHIMA TOMOAKI)  
佐賀大学・文化教育学部・准教授  
研究者番号: 40404115  
合掌 颯 (GASSHO AKIRA)  
岐阜大学・地域科学部・准教授  
研究者番号: 40303490  
大和 義昭 (YAMATO YOSHIAKI)  
呉高専・建築学科・准教授  
研究者番号: 20450140  
飛田 国人 (TOBITA KUNIHITO)  
有明高専・建築学科・助教  
研究者番号: 40465919

### (3) 連携研究者

松原 小夜子 (MATSUBARA SAYOKO)  
椋山女学園大学・生活科学部・教授  
研究者番号: 50199840

### (4) 研究協力者

柴田祥江 (SHIBATA YOSHIE)  
京都府立大学 特任講師  
福坂誠 (FUKUSAKA MAKOTO)  
当時京都府立大学・院生  
吉岡むつみ (YOSHIOKA MUTUMI)  
当時京都府立大学・院生  
宮川鮎子 (MIYAKAWA AYUKO)  
当時京都府立大学・院生  
叢 志超 (CONG ZHICHAO)  
当時京都府立大学・院生  
馬 豫 (MA YU)  
京都府立大学・院生  
岩垣裕紀 (IWAGAKI YUUKI)  
当時京都府立大学・学生  
桑野朝子 (KUWANO ASAKO)  
当時京都府立大学・学生  
山崎彩乃 (YAMAZAKI AYANO)  
当時京都府立大学・学生  
高見初音 (TAKAMI HATSUNE)  
京都府立大学・学生  
大塚弘樹 (OTSUKA HIROKI)  
京都府立大学・学生