

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289202

研究課題名(和文) 観葉植物のグリーンアメニティ効果の実証と室内環境デザインへの応用

研究課題名(英文) Demonstration of Green Amenity Effect of Foliage Plants and Its Application to Indoor Environment Design

研究代表者

松本 博 (Matsumoto, Hiroshi)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90125659

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、観葉植物のもつグリーンアメニティ効果に着目し、植物の熱・湿気環境調整効果及び化学物質除去効果を定量的に評価し、模擬オフィスと実オフィスを対象とした被験者実験により、観葉植物がオフィスワーカーの心理・生理反応及びプロダクティビティに及ぼす影響を定量的に解明し、その経済性評価法及び室内環境デザイン手法の開発を行った。

その結果、室内植物の種類や量がオフィスワーカーのメンタルストレスの軽減やプロダクティビティの向上に与える影響を明らかにし、また、その経済性評価モデル及び室内環境デザイン手法の妥当性を検証した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused on the green amenity effect of the foliage plants, quantitatively evaluated the effect of controlling heat and humidity environment of plants and the effect of removing chemical substances, and demonstrated experiments in simulated offices and real offices. We quantitatively clarified the influence of plants on office workers' psychological / physiological responses and productivity, and developed an economic evaluation method and an indoor environment design method.

As a result, we clarified the influence of the type and quantity of indoor plants on reduction of mental stress of office workers and improvement of productivity, and also validated the economic evaluation model and the indoor environment design method.

研究分野：建築環境工学

キーワード：観葉植物 グリーンアメニティ 室内環境デザイン プロダクティビティ 生理・心理反応

### 1. 研究開始当初の背景

我が国における従来型オフィスは、空間的な問題、熱環境・空気質、執務者の衛生管理・健康不安、精神的・生理的ストレス、労働生産性の低下、BCP、リスクマネジメントなど、IEQ に関係する多くの問題を抱えている。これらの諸問題の解決には、これまで換気、空調、照明などの建築設備によるアクティブ制御による IEQ の改善が中心であった。しかしながら、これらのオフィス環境の改善に対しては、効率 (Efficiency)、エネルギー (Energy) および経済性 (Economy) のトリレンマによるトレードオフに加え、複合環境評価の複雑さが関わり、満足できる解決には至っていない。

実オフィスにおける観葉植物が人間の心理反応に及ぼす影響に関する研究はあるが、執務者の生理量及び知的生産性に及ぼす影響に関する研究はほとんど行われていない。また、杉浦らは、知的生産性に影響を及ぼす因子モデルを提示し、環境改善による作業効率向上のもたらす利益は、そのために費やされる建築的費用よりもはるかに大きいことを明らかにしている。筆者らは、実オフィス空間における観葉植物が執務者の心理・生理反応および知的生産性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実地での予備調査を行い、植物が精神的・生理的ストレスを緩和すること、植物配置によりオフィスの環境価値評価が向上することなど、有用な知見を得ている。

### 2. 研究の目的

近年、室内環境質 (IEQ)、特に熱・空気環境がオフィスワーカーの心理・生理反応およびプロダクティビティに及ぼす影響ならびにその経済性評価に関する研究が国内外で広く行われ、人間の健康だけでなく企業等の事業継続 (BCP) やリスクマネジメントにも関わる重要な課題となっているが、複合的な室内環境条件下における定量的評価やメカニズムの解明は十分とは言えない。

本研究は、観葉植物のもつグリーンアメニティ効果に着目し、植物の熱・湿気環境調整効果及び化学物質除去効果を定量的に評価し、模擬オフィスと実オフィスを対象にした実証実験により観葉植物がオフィスワーカーの心理・生理反応およびプロダクティビティに及ぼす影響を定量的に解明し、その経済性評価法・室内環境デザインへの応用手法の開発を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究は、大きく分けて以下に示す 3 段階の実験・調査で構成される。

(1) 第 1 段階は、デシケータを用いた観葉植物のグリーンアメニティ効果 (蒸散作用、調湿効果、VOC 除去効果) であり、平成 26 年度に実施する。

(2) 第 2 段階として 26 年度の後半から模擬オ

フィスを用いた観葉植物が執務者の心理・生理反応とプロダクティビティに及ぼす影響に関する被験者実験を開始し、平成 27 年度の前半まで実施する。

(3) 第 3 段階は、平成 27 年度後半から実オフィスの執務者を対象にした観葉植物の心理評価および生理量測定を実施し、その知見・データを基に観葉植物のグリーンアメニティ効果の経済評価モデルを開発し、実オフィスを対象にした経済性評価を実施する。さらに、観葉植物のグリーンアメニティ効果の室内環境デザインへの応用として、低炭素社会及び超高齢社会に適応するグリーンアメニティ指向型オフィスの仕様を提案する。

### 4. 研究成果

3 年間の研究期間で研究計画に従い、多くの実験や調査を行い、多くの成果が得られ、国内外の学会等で発表してきた。ここでは主に、模擬オフィスを用いた観葉植物が在室者の生理・心理及び知的生産性に与える影響、実オフィスの執務者を対象にしたグリーンアメニティ効果ならびにグリーンアメニティ効果の経済性評価法の開発に関する成果を報告する。

(1) 模擬オフィスを用いた観葉植物が在室者の生理・心理及び知的生産性に与える影響  
 模擬オフィスを用いた研究の主な成果を国内外の学会等で発表し、これまでにない関心を集めた。特に生理反応については心拍や脳波の詳細な測定により様々な条件下における興味深い知見を得た。以下に研究成果の一部を示す。

観葉植物が執務者に及ぼす影響を明らかにするために緑視率と観葉植物との距離をパラメータとした被験者実験を行った<sup>1)</sup>。実験は実際のオフィス環境に近い豊橋技術科学大学自然エネルギー棟 2 階の擬似オフィスで行った。被験者は健康な大学生 10 名 (男性: 5 名、女性: 5 名) を用いた。観葉植物には、ベンジャミン大鉢、ポトスの中鉢及び小鉢を用いた。

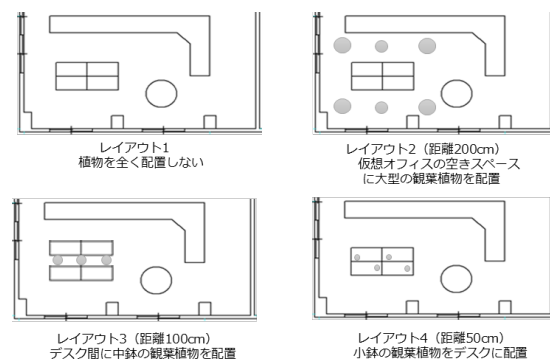


図 1 疑似オフィスのレイアウト

図 1 に各レイアウトの平面図を示す。実験条件は植物を配置しないレイアウト、植物との距離 200cm、100cm、50cm である。本実験は植物との距離感が執務者に与える影響の検討目的とするため、全てのレイアウトにお

いて緑視率は4~6%に統一した。本研究では、高橋ら2)の研究を参考に緑視率を定義し、緑視率の算定にはPhotoshopに魚眼レンズで撮影した写真を取り込み、ポトスの色を基準に1ピクセル単位で写真内の緑のピクセル数を計り、画像全体のピクセル数に対する割合として算出した。実験手順、心理量として身体感覚、植物との距離感による室内の印象評価、作業効率に関するアンケートを用いて行った。プロダクティビティ検討のために疑似タスクとしてタイピングテスト、加算テスト、校正テスト、文章校正を行った。また、生理量として心拍及び脳波の測定を行った。

図2に疑似オフィスの印象評価を示す。レイアウト2は疑似オフィス評価で高い評価を得た。また、レイアウト4においては全ての項目において高い評価を得ている。

図3は脳波(波4-8Hz, 波8-12Hz, SMR波12-15Hz, 波15-18Hz, 波18-Hz)の波と波の比/を示す。波(8~12Hz)はリラックス時に現れ、波(15~18Hz)はストレスを感じている時に現れた。

図4は各パフォーマンステストの向上率と植物との距離の関係を示す。植物との距離が近くなると文章校正以外の3種類の単純作業でパフォーマンスが高くなることが確認された。

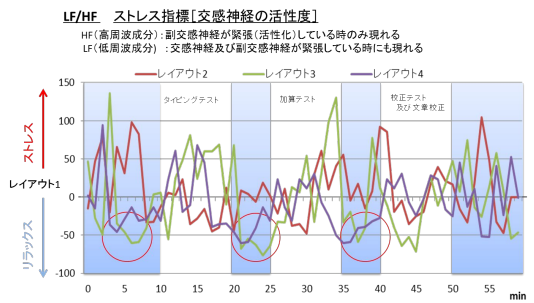


図2 LF/HF [レイアウト1との差の百分率]

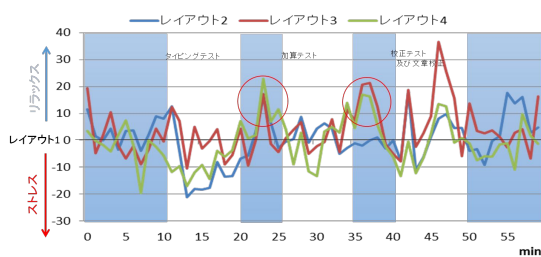


図3 波/波 [レイアウト1との差の百分率]

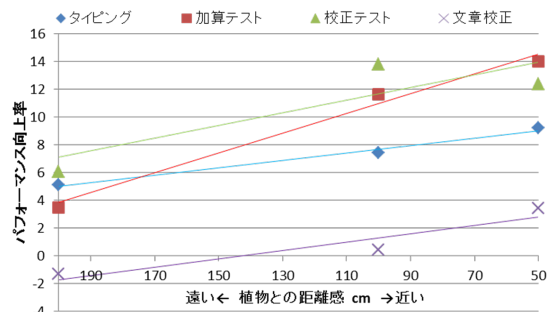


図4 各パフォーマンステストの向上率と植物との距離の関係

<引用文献>

- 1) 佐久間早里, 松本博: 観葉植物が居住者の生理・心理反応及び知的生産性に及ぼす影響に関する研究 その5 観葉植物を用いたオフィスの環境デザイン, 日本建築学会学術講演梗概集, 69-70, 2015
- 2) 高橋朋之: 緑視率及び緑被率からみた街路における緑景観の評価に関する研究 日本建築学会東海支部研究報告集 第45号 2007年2月

(2) 実オフィスの執務者を対象にしたグリーンアメニティ効果に関する実証研究

本研究はこれまで実施してきた疑似オフィスに用いた基礎研究を実際のオフィスを対象にしてグリーンアメニティ効果を実証する長期にわたる大掛かりな調査であり、国内外でも類を見ないものである。この調査で得られたデータや新しい知見は膨大であり、国内外から多くの関心が得られている。順次成果を論文にまとめ発表中であるが、ここではその成果の一部を紹介する。

本研究では、植物の効果が人に安らぎなどの癒しを与えたり、精神的にリラックスさせたりする効果「グリーンメンタルヘルスケア効果」を明らかにすることを目的として、実際のオフィス空間を対象とした実証実験(第1次実証実験)を実施した<sup>3)</sup>。この実験では、オフィス空間の植物がオフィスワーカーの生理・心理反応や知的生産性に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。

実験対象室は、京都府京都市に立地するN社8階のオフィス2室(ABオフィス, BCオフィス)である。ABオフィスはコールセンター、BCオフィスは一般事務室である。実験対象室の平面図を図5に示す。被験者は、前述のオフィス2室で働くオフィスワーカーである。ABオフィスでは、男性20名、女性2名の計22名、BCオフィスでは、男性7名、女性9名の計16名を対象としている。実験期間中は各オフィスで通常通りの業務を行ってもらう。実験期間は2016年3月下旬から9月上旬である。2週間のサイクルを1単位とし、植物の種類を変えながら9サイクルの実験を行った。

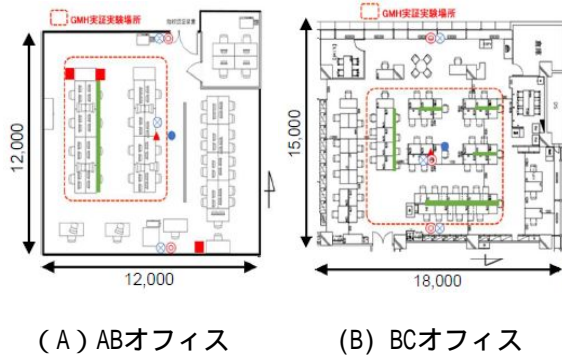


図5 調査対象オフィス平面図

生理量については本報では心拍数以外の結果を示す。まず、ストレスの指標となる唾液アミラーゼ活性値の結果を図6に示す。ストレスが「なし」(0~29KU/L)の割合が高いサイクルに着目すると、AB オフィスではCycle2で、BC オフィスではCycle3で最もストレスが少ない。図7に示すように指先脈波については、LF/HFについて検討した。LF(低周波)/HF(高周波)は交感神経と副交感神経に代表される自律神経機能のバランスを示し、この値が高いと交感神経優位でストレスが高い状態であると評価できる。ほとんどのサイクルで予備実験(植物なし)と比べ、ストレスが軽減する傾向が見られた。特にCycle5、Cycle7、Cycle9では両オフィスともに高い有意水準で有意差が認められた。自覚症状の総合訴え率を図8に示す。総合訴え率は、男性よりも女性の方が高い割合を示している。また、AB オフィスよりもBC オフィスの方が、総合訴え率が高いが、男性に着目すると、サイクルが進むにつれて両室の差が小さくなっていることがわかる。

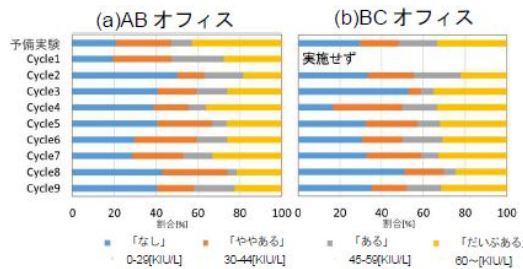


図6 唾液アミラーゼ活性値

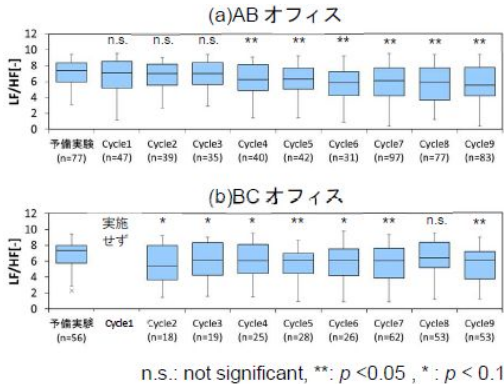


図7 指先脈波(LF/HF)

コールセンターにおける知的生産性を表す指標として時間当たりの受電数CPH(Calls per hour)がある。サイクルごとのCPHをコールセンターであるAB オフィスにおいて比較した。その結果、図9に示すように予備実験(植物なし)と各サイクルとの間のCPHに有意差は認められなかった。一方、単純作業の知的生産性を表す指標としてタイピングテスト(2分間)を実施し、その正解率を予備実験(植物なし)と各サイクルとで比較したところ、BC オフィスにて予備実験(植物なし)とCycle4、Cycle7の間において有意差が認められた。

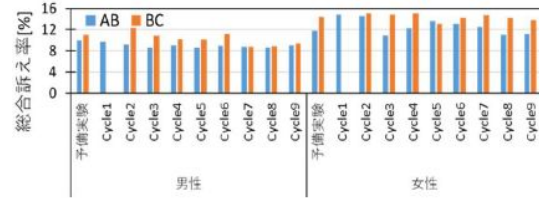


図8 自覚症状総合訴え率(男女別)

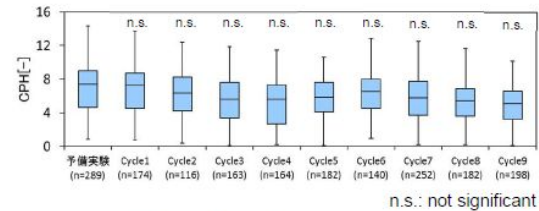


図9 CPH(AB オフィスのみ)

< 引用文献 >

3) 緒方伸昭, 源城かほり, 松本博: オフィス空間への植物配置によるグリーンメンタルヘルスケア効果に関する実証研究 その1 第1次実証実験の概要と結果, 日本建築学会九州支部研究報告, 第56号, 5-8, 2017

(3) グリーンアメニティ効果の経済性評価法の開発

オフィスに室内植物を導入することによる経済効果を調べるために経済性評価モデルを開発した。これまでこのような研究はほとんどなされておらず極めて新規性が高いと思われる。研究成果を国内外の学会等で発表もしくは発表予定であるが、以下にその成果の一部を示す。

経済効果の算出には、植物導入による経済性評価モデルを作成するにあたり、筆者らが開発したモデルをベースに、基本式として(1)、(2)式を用いる。また、(3)式により観葉植物の緑視率が経済性に及ぼす影響について評価する。経済性評価モデルは、以下に示す3つの基本的な仮定を用いて構成している。

- ・植物を導入することによる労務コストの削減額Eは、実務的作業効率Pの向上に比例する。
- ・実務作業効率の向上Pは、執務者に影響係数と実務的作業効率向上への寄与率に比例する。

・オフィスの人件費及び賃料Costは、基本的な人件費AS/ρ，労務コストの削減額E，年間平均賃料，植物管理維持に関するコストの和として表される。

$$E = \frac{AS}{\rho} P \quad (1)$$

$$P = \varepsilon \kappa OE \quad (2)$$

$$Cost = \frac{AS}{\rho} (1-P) + R + RC \quad (3)$$

E: 労務コスト削減額 [円/㎡・年] AS: 平均年間給与 [円/人・年]  
 ρ: 一人あたりの執務スペース [㎡/人] P: 実務的作業効率の向上 [%]  
 ε (0.42): 執務者の及ぼす影響係数 [ ] κ (0.2): 実務的作業効率向上への寄与率 [ ]  
 OE: 作業効率の向上 [%] Cost: 人件費及びオフィス賃料 [円/㎡・年]  
 R: 年間平均賃料 [円/㎡・年] (観葉植物への投資額を含む)  
 RC: 植物管理維持に関するコスト [円/㎡・年]

維持管理費用算出については、観葉植物を配置すると植物の維持にかかる費用が発生する。そこで、観葉植物の管理維持に必要と考えられる水道料金及び冷房期における潜熱負荷増大による増加消費電力料金について考える。観葉植物には2週間に1度の頻度で給水したと仮定し、水道料金の従量課金は東京23区水道局の従量課金(最大従量課金)を用いた。冷房期間は6/1から9/30までの120日間として、一日の冷房運転時間を12時間とする。算出式は省略。

上記の経済性評価モデルのプログラミングには、システムダイナミクス(SD)モデルを作成するために開発されたStella Architectを用いた。Stella Architectは専門的なプログラミングの知識がなくても複雑なSDモデルの作成ができるビジュアルプログラミングツールで、SDモデルのデバッグや拡張が極めて容易である。用いた計算条件は以下の通りである。

図10に緑視率の対するオフィス単位床面積あたりのコスト削減及びトータルコストの試算例を示す<sup>1)</sup>。これは、使用したデータは架空のものでリアリティーを持たないため、予測結果の妥当性を評価できる段階ではないが、システムは正常に動作することを確認しており、今後正しいデータを入力することで信頼性の高い予測計算が可能になるものと考えられる。

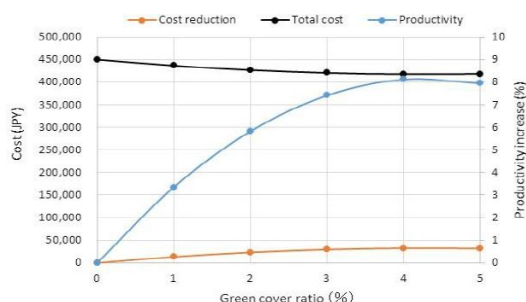


Figure 3 A calculation example of the economic evaluation model.

図 10 経済評価モデルの試算例

<引用文献>

1) Hiroshi Matsumoto, Takeshi Kubota, Kahori Genjo, Taka-oki Nakano, Kairi Himeno: Effects of indoor plants on workers' mental health in an office Part 2. Productivity and a cost-benefit analysis, Healthy Building 2017 (accepted)

## 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 3 件)

Desto Jumeno, Hiroshi Matsumoto: The effect of Indoor Foliage Plants on Perceived Air Quality, Mood, Attention and Productivity, Journal of Civil Engineering and Architecture Research, Vol.3, 1359-1370, 2016 (査読有)

Yuma Morinaka, Aya Tabuchi, Yuki Kawakami, Yukihiro Masuda, Hiroshi Matsumoto: Variation of ear temperature when walking out side in summer, Urban Climate, 13, 38-51, 2015 (査読有)

Desto Jumeno, Hiroshi Matsumoto: Effects of foliage plants on human physiological and psychological responses at different temperatures, AIP Conference Proceedings 1649, 32-40, 2015; doi: 10.1063/1.4913541 (査読有)

[学会発表](計 21 件)

久保田剛司, 松本 博, 源城かほり, 野卓立, 大林修一: 室内植物によるオフィスワーカーのメンタルヘルスケアに関する実証研究 (第 2 報) 室内植物がオフィスワーカーの生理・心理反応に及ぼす影響, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 第 18 号, 25-28, 東桜会館(名古屋市・愛知県), 2017.3.21, 2017

緒方伸昭, 源城かほり, 松本博: オフィス空間への植物配置によるグリーンメンタルヘルスケア効果に関する実証研究 その 1 第 1 次実証実験の概要と結果, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 56 号, 5-8, 2017.3.5, 長崎大学(長崎市・長崎県), 2017

久保田剛司, 松本 博: 観葉植物のグリーンアメニティ効果に関する研究 (第 2 報) 植物に対する好み心理・生理反応に及ぼす影響, 空気調和・衛生工学会大会, 2016.9.15, 鹿児島大学(鹿児島市・鹿児島県), 2016

松本博, 源城かほり, 中野卓立: 室内植物によるオフィスワーカーのメンタルヘルスケアに関する実証研究 (第 1 報) 文献調査と研究概要, 空気調和・衛生工学会大会, 2017.9.15, 鹿児島大学(鹿児島市・鹿児島県), 2016

前田和樹, 松本 博: 脳情報及び生理反応に基づく熱的快適性評価に関する研究 - 夏季における異なる PMV が居住者の心理・生理反応に及ぼす影響 -, 日本建築学会学術講演梗概集, 福岡大学(福岡市・福岡県), 2016.8.25, 133-134, 2016

Hiroshi Matsumoto, Tatsuya Masuyama:

Effects of fragrance on occupants' psychological and physiological responses and productivity in rooms, The Fifth International Conference on Human-Environment System (ICHES 2016 Nagoya), Nagoya University (Nagoya), 2016.2016

北川実穂, 松本 博: オフィスにおける観葉植物が執務者の心理・生理反応に及ぼす影響, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 第17号, 45-48, 東桜会館(名古屋市), 2016.3.215, 2016  
谷下智花, 松本 博: 在室者の脳情報及び生理反応に基づく熱的快適性評価に関する研究, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 第17号, 41-44, 東桜会館(名古屋市), 2016.3.215, 2016  
Yuma Morinaka, Yukihiro Masuda, Hiroshi Matsumoto: Variation of heart rate and work performance after walking outside in summer, Indoor Air 2016, Ghent University (Ghent, Belgium), 2016.7.7, 2016

Sari Sakuma, Hiroshi Matsumoto: Performance evaluation of humidity control and VOC removal of foliage plants by desiccator experiments, Indoor Air 2016, Ghent University (Ghent, Belgium), 2016.7.5, 2016

Tomoka Tanishita, Miho Kitagawa, Hiroshi Matsumoto: Evaluation of thermal comfort based on EEG and physiological reaction by subject experiments, Healthy Buildings Europe 2015, Paper ID522, Eindhoven University of Technology (Eindhoven, The Netherlands), 18-20 May, 2015

佐久間早里, 松本 博: 観葉植物が居住者の生理・心理反応及び知的生産性に及ぼす影響に関する研究 その5 観葉植物を用いたオフィスの環境デザイン, 日本建築学会学術講演梗概集, 69-70, 東海大学湘南キャンパス(神奈川県平塚市), 2015.9.4-6, 2015

森中悠真, 増田幸宏, 松本 博: 夏季における屋外を歩行した場合の心拍変動と歩行後の作業パフォーマンス, 日本建築学会学術講演梗概集, 71-72, 東海大学湘南キャンパス(神奈川県平塚市), 2015.9.4-6, 2015

十川諒一, 松本 博: 観葉植物を用いたオフィスの環境デザインに関する研究, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 第16号, 105-108, 東桜会館(名古屋市), 2016.3.9, 2015

田淵 彩, 森中悠馬, 増田幸宏, 松本博: 屋外を歩行した場合の心拍変動と歩行後の作業パフォーマンスに関する研究, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 第16号, 53-56, 東桜会館(名古屋市), 2016.3.9, 2015

益山達也, 松本 博: 香りがオフィスワ

ーカーの心理・生理反応に及ぼす影響に関する研究, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 第16号, 65-68, 東桜会館(名古屋市), 2016.3.9, 2015

Desto Jumeno, Hiroshi Matsumoto, Lusi Susanti: Utilization of Foliage Plants on the Design of Eco-Ergonomic Office, IndoorAir2014, HP0316, 1-6, The University of Hong Kong (Hong Kong), July 7-12, 2014, 2014

Desto Jumeno, Hiroshi Matsumoto: Centered Effects of Foliage Plants on Different Temperatures on Human Physiological Responses, Irago conference 2014, GSS-8, AIST (Tsukuba, Ibaraki), Nov. 6-7, 2014

Yuma Morinaka, Yuki Kawakami, Yukihiro Masuda, Hiroshi Matsumoto, Constructing an urban environment climate maps considering pedestrian behavior in urban areas, Proceedings of 11<sup>th</sup> International Conference of Asian Institute of Urban Environment (AIUE2014), 53-58, Global Plaza (Kyungpook National University, Daegu, KOREA), Nov. 6-7, 2014

Aya Tabuchi, Yuma Morinaka, Yukihiro Masuda, Hiroshi Matsumoto, Physiological effects associated with walking in summer urban environments, Proceedings of 11<sup>th</sup> International Conference of Asian Institute of Urban Environment (AIUE2014), 123-126, Global Plaza (Kyungpook National University, Daegu, KOREA), Nov. 6-7, 2014

② 北川実穂, 松本 博: 模擬オフィス空間における植物が在室者の心理・生理反応に与える影響, 日本建築学会学術講演梗概集, 33-34, 神戸大学(神戸市) 2014.9.12-14, 2014

〔図書〕(計 1件)

松本博他, 屋内緑化推進協議会: これからの屋内緑化・マニュアル, 2015, 199(92-101)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松本 博 (MATSUMOTO, Hiroshi)  
豊橋技術科学大学大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 90125659

### (2) 研究分担者

増田幸宏 (MASUDA, Yukihiro)  
芝浦工業大学システム工学部・準教授  
研究者番号: 10398935

源城かほり (GENJO Kahori)  
長崎大学工学研究科・准教授  
研究者番号: 90315648