

# 植物の移動による作業パフォーマンスおよび 認知負荷への影響調査

渡辺 佑斗<sup>\*1</sup> 大津 耕陽<sup>\*2</sup> 上堀 まい<sup>\*1 \*3</sup> 伊藤 弘大<sup>\*4</sup> 池内 暁紀<sup>\*5</sup> 伊藤 雄一<sup>\*2</sup>

## Exploring the Effects of Plant Movement on Work Performance and Cognitive Load

Yuto Watanabe<sup>\*1</sup>, Kouyou Otsu<sup>\*2</sup>, Mai Kamihori<sup>\*1 \*3</sup>, Kodai Ito<sup>\*4</sup>, Akinori Ikeuchi<sup>\*5</sup> and Yuichi Itoh<sup>\*2</sup>

**Abstract** – As a measure to promote worker health and improve productivity, biophilic design, which incorporates houseplants and natural elements into office spaces, is gaining attention. In previous biophilic design, the focus has been on statically arranging natural objects within a space. However, methods for dynamically changing the state of the environment in response to the circumstances of workers staying in the environment have not been explored. This study proposes a work environment where the arrangement of houseplants within the space can be dynamically adjusted according to the circumstances of workers. In this paper, we investigated the impact of the speed at which indoor plants move within workers' fields of vision on their performance and impressions. The results showed that when indoor plants move at 26 mm/s within workers' fields of vision, cognitive load is reduced in the Digit Span Backward Task.

**Keywords** : Biophilic Design, Human-Workspace Interaction, Plant, Task Performance

### 1. はじめに

近年、オフィス空間に観葉植物や自然の要素を取り入れるバイオフィリックデザインが注目されている。これまで検討されてきたバイオフィリックデザインは、オフィスに植物を配置することで健康増進や生産性向上を期待するものであり、静的な空間に人を取り込む発想が中心であった。具体的には、植物の視覚的特徴が人に与える印象に影響を及ぼすことが示されており [1-3]、その特徴にもとづいて植物を分類し、特定の効果を期待できる空間を設計する試みもなされている。一方で、Human-Workspace Interaction に関する研究分野では、家具等の空間要素の配置を変化させることで、用途に応じて空間を動的に変更できるようにする提案もある [4,5]。しかし、これらの事例では、配置や外観を動的に変更することが人に与える影響については深く検討されていない。

そこで本研究では、空間を構成する自然要素として観葉植物に着目し、空間居住者の状態に応じて植物を移動させることによって、動的に空間の構成を変更で

きる仕組みを検討する。植物が空間内を移動する際には、空間居住者のタスクに与える影響が小さい移動方法を検討することが重要である。そこで本稿では、移動可能な植物（植物移動デバイス）の移動速度について検討し、タスク遂行中の作業パフォーマンスおよび認知負荷に与える影響を調査する。

### 2. 関連研究

#### 2.1 人と植物の関わりについて

Wilson が提唱したバイオフィリア仮説によると、人間は進化の過程を通じて自然環境や他の生物種に対して、本質的な関心と愛着を育んできたとされる [6]。この仮説では、人々が植物や動物、自然景観に対して本能的な好意的反応を示し、心身の健康増進や幸福感の向上に貢献する可能性があるとされている。バイオフィリア仮説にもとづき、植物が人に与える影響に注目した研究がなされている [1,2,7,8]。一例として村松らは、植物の葉の形状や大きさといった視覚的特徴が人の印象に与える影響にもとづき、植物を3つのグループに分類している [8]。上記の研究は、植物の静的な特徴が人に与える影響を検討したものであるが、植物の動きが人に与える影響を調査した研究もある。Xu らは、屋内環境において、揺れる植物を眺めることが、静止した植物を眺める場合と比較して、より高いストレス回復効果を示すことを報告している [9]。さらに、植物にロボティクス技術を組み合わせる研究もなされている。Kawakami らが提案している“PotPet” [10] はセンサ情報にもとづき、植物とペットのようなコミュニケーションを実現するシステムである。“PotPet”は、

\*1: 青山学院大学 大学院理工学研究科

\*2: 青山学院大学 理工学部

\*3: 日本学術振興会 特別研究員

\*4: トヨタ自動車株式会社

\*5: 豊田中央研究所

\*1: Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

\*2: College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

\*3: JSPS Research Fellow

\*4: Toyota Motor Corporation

\*5: Toyota Central R&D Labs., Inc.

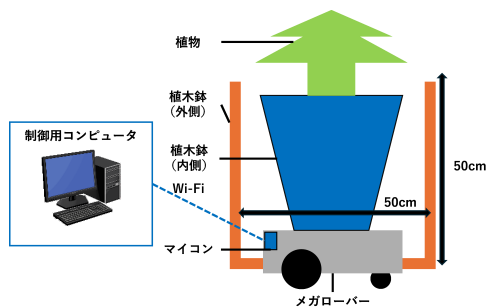


図1 システム概要図  
Fig. 1 System Overview

植物に自律的な移動を可能とする機構を付与するという点で我々の研究と一致するが、この研究は、植物に対する興味や愛着を深めることを目的としている。これに対し、本研究では空間を構成する要素としての植物に着目し、植物を移動させることが空間を利用する作業者にとって良好な環境を構築する手段となるかを検討するものである。

## 2.2 動的空間

ロボティクス技術を用いて物理的な空間を動的に変化させる仕組みが検討されている。具体的には、壁やパーティションといった、空間を区切る要素を操作する研究がある。Onishiらは、パーティションの高さ、向き、位置を操作可能なモジュール化されたロボットである“WaddleWalls”を提案している[4]。ほかにも、Rekimotoは、透明度を動的に制御可能な壁型モジュールである“Squama”を提案している[11]。さらに、家具の配置に着目した研究もなされている。Takashimaraは、自律的な移動や再配置によって個人やグループのワークスペースを動的に形成・再編することが可能なテーブルである“MovemenTables”を提案している[5]。また、Suzukiらは、機械式シザーリフトを備えたRoombaによって家具を移動可能な“RoomShift”を提案している[12]。これらの研究では、ロボットが移動することで空間を変容させているが、変容前後の空間を評価の対象としており、変容の過程自体が人へ与える影響については調査がなされていない。また、本研究のように植物を移動対象として空間を変容させている研究はなされていない。

## 3. 植物移動デバイス

### 3.1 システム概要

図1に植物移動デバイスのシステム概要を示す。植物の移動は、観葉植物の下に配置した車輪型移動ロボット（メガローバー Ver.3.0：ヴイストン社製）により実現する。車輪型移動ロボットはマイコンを搭載しており、遠隔操作が可能である。



図2 植物移動デバイス全体像  
Fig. 2 Overview of the Plant-Moving Device

## 3.2 実装

### 3.2.1 ハードウェア実装

図2に作成した植物移動デバイスの全体像を示す。植物分類システム[8]により、集中力を高める効果が期待される植物群に分類されるホウライショウを使用する。車輪型移動ロボット（以下、メガローバー）はWiFiを介して受信したHTTPリクエストによって、任意の速さで前進、後退、旋回が可能である。メガローバーの存在を不可視にするため、外装として縦50cm×横50cm×高さ50cmの植木鉢で覆った。

### 3.2.2 ソフトウェア実装

メガローバーは、制御基板としてVS-WRC058を搭載しているため、WiFiを用いた制御が可能となっている。本稿では、同一ネットワーク内の制御用PC（DELL Inspiron7000）からPythonを用いてHTTPリクエストを自動送信することで、メガローバーを遠隔操作し、絶対位置での経路制御を実現している。

## 4. 予備実験

植物移動デバイスを用いて、実験参加者が作業中に植物の動きを知覚できる最低速度（運動認知閾値）を調査する予備実験を実施した。運動認知閾値を正確に計測するため、実験参加者には植物移動デバイスが移動することは伝えず、実験の目的を、「植物空間が作業量に与える影響の調査」と説明した。本研究は、青山学院大学の倫理審査委員会の承認を受けて実施した（承認番号H22-007）。

### 4.1 実験条件

図3に実験室環境のレイアウトを示す。実験は縦315cm×横575cm×高さ280cmの部屋の一面に専用環境を構築した。机の寸法は縦60cm×横180cm×高さ70cmで、中央に作業用PC（MSI Modern 14 H D13MG）を配置した。また、参加者が普段に近い自然な姿勢で作業できるよう、高さが調整可能な椅子を使用した。加えて、運動知覚を視覚情報に限定するために、実験参加者にはノイズキャンセリング機能つきオンイヤー型ヘッドホン（Beats Solo Pro Wireless）の装着を依頼した。植物移動デバイスに積載する植物

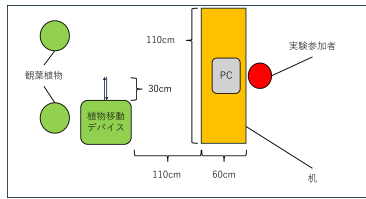


図3 実験環境  
Fig. 3 Experimental Environment

には、ホウライショウ（学名：モンテスラ・アダンソニー）を使用した。植物移動デバイスは、机の前方110 cm、机の中心（実験参加者の着座位置）から左に30 cmの位置を初期位置とする形で配置した。本実験では、後述のタスクを実験参加者が遂行している最中に植物移動デバイスを初期位置から実験参加者から見て右側30 cmに移動した後、同速度で初期位置に戻る往復運動を一度だけ実施した。

#### 4.2 実験手順

実験参加者は青山学院大学の大学生および大学院生の男女計8名（男性6名、女性2名、平均年齢21.5±1.43歳）であった。実験参加者には実験内容の説明と同意書の記入を依頼し、その後タスクで使用するPCの操作方法を説明した。1試行は、負荷タスクとしての100ます計算（10分間）とその後のアンケートで構成される。100ます計算は、PCを用いて実施し、各試行ごとに異なる問題が出題されるように設定した。タスク終了後、Google Formを用いて室内空間に関するアンケートへの回答を依頼した。アンケートには、室内環境の回復特性を測定する日本語版IRCS（Indoor Restorative Characteristics Scale）[3]と自由記述欄で構成する。IRCSの項目を表1に示す。IRCSは室内環境がもたらす回復特性を測定するために開発された評価尺度で「逃避」「魅了」「広がり」という3つの下位尺度を持つ。実験参加者には、IRCSの各項目について7段階のリッカート尺度（1:とてもそう思わない～7:とても思う）で評価を依頼した。

試行は、移動速度5 mm/sから開始した。1試行が終わるごとに5 mm/sずつ上昇させ（10,15,20,25 mm/s）参加者がアンケートの自由記述や口頭で植物の移動に言及した時点で実験を終了し、植物の移動に気づいた試行を確認し実験参加者の運動認知閾値とした。なお、最大速度である25 mm/sで移動する条件で、移動に言及がない場合は5試行で終了した。

室内空間に関するアンケートを表1に示す。

#### 4.3 実験結果と考察

表2に各参加者の運動認知閾値を示す。5試行を終えた段階で植物の移動を認知しなかった実験参加者はいなかった。実験参加者の運動認知閾値の平均値は、

表1 室内回復特性尺度

Table 1 Indoor Restorative Characteristics Scale (IRCS)

下位尺度	項目
逃避	仕事や日常から解放された気分になれる場所だ 日々の喧騒を忘れられる場所だ 気分をリフレッシュできる場所だ 頭が疲れた時に来たい場所だ
魅了	好奇心を掻き立てられる場所だ いろいろな発見がありそうな場所だ いろいろなことに興味を引かれる場所だ いろいろと興味深いことがありそうな場所だ
広がり	広々として感じられる場所だ 窮屈な感じのする場所だ 閉塞感を感じる場所だ

表2 運動認知閾値計測結果

Table 2 Results of Motion Perception Threshold Measurement

参加者	運動認知閾値 (mm/s)
1	15
2	15
3	5
4	15
5	10
6	10
7	25
8	10

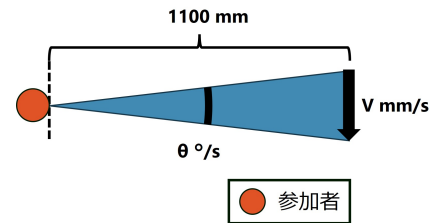


図4 参加者の視界内の角速度の求め方  
Fig. 4 Calculation Method of Angular Velocity within Participants' Field of View

13.1 ± 5.9 mm/s となった。本稿で以降に述べる実験では、この値を植物の運動認知閾値として利用する。図4に参加者と植物移動デバイスの位置関係を示す。運動認知閾値を視界内での植物移動速度の角速度として算出すると0.684 °/sとなった。本実験のように、視野内での物体移動の角速度を計算し、物体の運動認知閾値を調査した研究にSnowdenの事例がある[13]。Snowdenの研究では、画面に表示されたドットを注視した際の運動認知閾値（角速度）を算出しており、その値は0.087 °/sであった。本実験における運動認知閾値（角速度）は、Snowdenの研究の報告値の8倍以上高い数値であり、本実験における植物の移動は比較的気づかれにくい状況であったことが推察される。本実験では、対象が動くことが事前に実験参加者に対して伝えられておらず、与えられたタスクを遂行することを求められ、対象へ注意を向ける必要性がなかったことが挙げられる。

#### 5. 植物移動デバイスの速度による作業パフォーマンスおよび認知負荷に関する調査

植物が移動している環境における人への影響調査を目的として、植物移動デバイスが動作している空間で

の作業パフォーマンスおよび認知負荷計測実験を実施した。21名の大学生及び大学院生（男性10名、女性11名、平均年齢 $21.9 \pm 0.97$ 歳）を対象に実験を実施した。なお、1名のデータは機材トラブルにより取得に失敗したため、20名分のデータを分析対象とした。実験参加者には、実験前に本研究と本実験の説明をし、同意書に署名した。本研究は青山学院大学（承認番号H22-007）およびトヨタ自動車の研究倫理委員会承認のもと実施した。

### 5.1 実験条件

予備実験と同じ環境を使用した。植物移動デバイスへ積載する植物は、植物分類システム [8] で集中力の向上する印象が報告されているサンセベリアを使用した。

表3に実験で使用した植物移動デバイスの移動速度と、参加者の視野内での角速度を示す。静止条件 ( $0^\circ/s$ ) と予備実験で特定した運動認知閾値 ( $0.684^\circ/s$ ) を基準とした閾値の2倍,3倍,4倍の計5条件を選定し、実験参加者には5条件すべての状況下での作業を体験してもらった。

本実験では負荷タスクとして、作業用PC上でタイピングタスク（5分間）を課した。画面に表示される文章をキーボードで入力するもので、Back Spaceキーによる修正も可能とした。

### 5.2 実験手順

1試行はタイピングタスク（5分間）、NASA-TLX回答、Digit span Backward Test (DBT)、室内空間に関するアンケート (IRCS) という流れで構成されている。参加者は最初の試行の前にベースラインとしてDBTを実施した (Pre条件)。植物の移動は、タイピングタスク中のみに、5分間継続して行った。

タイピングタスクは、表示された例文を、ローマ字で入力するプログラムを作成し実施した。タイピングタスクでは、認知負荷を測る指標として、正確度、反応時間、WPS (Word per Second) を速度条件ごとに計測した。正確度は例文の文字列と、参加者が入力した文字列をLevenshtein距離を用いて各文章の正答率を算出し、その平均値を使用した。反応時間は、PCに各例文が表示された後、参加者がいずれかのキーを押すまでの時間とし、WPSは1秒間にキーを押下する数の平均とする。タイピングタスク終了後、参加者はPCを用いて、NASA-TLX [14] に回答した。NASA-TLXは、タイピングタスクに対する主観評価で、VAS法 (1-100) で評価した。その後、ワーキングメモリの大きさを測るために、PCでDBT [15] を実施した。DBTは、表示された数字を記憶し、逆順で再生する課題である。完答すると、数字の桁が1つ増え、2回連続で逆順の再生を失敗するまで実施する。完答でき

表3 本実験の植物移動速度の条件  
Table 3 Conditions of Plant Movement Speeds in This Experiment

条件	視野内での角速度 ( $^\circ/s$ )	植物移動速度 (mm/s)
V0	0.0	0.0
V1	0.684	13
V2	1.37	26
V3	2.05	39
V4	3.42	53

た桁数をワーキングメモリの相対的な大きさとする。その後、参加者は予備実験で使用した、IRCSに回答した。以上を1試行とし、5試行実施した。植物の移動速度の提示順序はカウンタバランスをとった。参加者はタイピングタスク、NASA-TLX、DBT、室内空間に関するアンケートをそれぞれの試行で実施した。

### 5.3 実験結果

本稿では、タイピングタスク、DBTのスコアを客観評価、NASA-TLX、IRCSを主観評価として結果を述べる。

#### 5.3.1 客観評価

タイピングタスクの各指標（正確度、反応時間、WPS）、およびDigital span Backward Test (DBT)のスコアについて、5つの速度条件間で比較する。反応時間の指標では、データの取得に失敗した5名分のデータを除く15名分のデータで解析を実施した。まず、タイピングタスクの各指標について、参加者ごとにZ-scoreで標準化し、Shapiro-Wilk検定を実施した。その後、正規性が確認された正確度、WPSについて一元配置分散分析を実施し、正規性が確認されなかった反応時間については、Friedman検定を実施した。図5の上段 (a~c) に速度条件ごとの正確度、反応時間、WPSを示す。一元配置分散分析、Friedman検定の結果では、いずれの指標についても有意な差はなかった。

図5の (d) に植物の移動速度ごとのDBTのスコアを示す。参加者ごとにZ-scoreで標準化し、Shapiro-Wilk検定を実施した。正規性が確認されたため、一元配置分散分析を実施した結果、有意な差があった ( $p = 0.018$ )。速度条件間でBonferroni法を用いて多重比較を実施したところ、V2のスコアがPre条件、V0条件に対してそれぞれ有意に高かった ( $p = 0.024, 0.046$ )。

#### 5.3.2 主観評価

室内空間に関するIRCSについて、各項目ごとにShapiro-Wilk検定を実施し、正規性を確認した。その結果、すべての項目で正規性が確認されなかったため、Friedman検定を実施したところ、「好奇心を掻き立てられる場所だ」「いろいろなことに興味を引かれる場所だ」「いろいろと興味深いことがありそうな場所だ」「窮屈な感じのする場所だ」の項目で有意な傾向があった。一例として、図5の (e) に室内回復特性尺度の「いろいろと興味深いことがありそうな場所

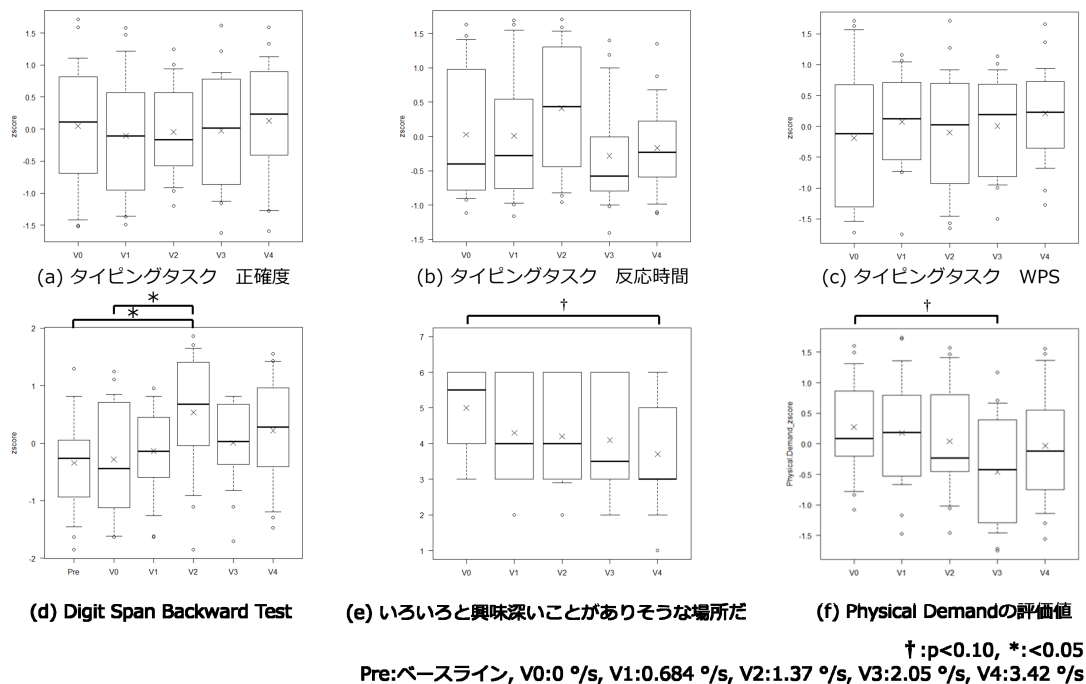


図5 実験結果  
Fig. 5 Experimental Results

だ」の評価値を示す。Bonferroni法を用いた多重比較を実施した結果V4の評価値がV0に対して低い傾向があった ( $p = 0.054$ )。

NASA-TLXについて、参加者ごとにZ-scoreを用いて標準化をし、Shapiro-Wilk検定を実施した。その結果、正規性が確認されなかったため、Friedman検定を実施したところ、「Physical Demand」の項目で有意な傾向があった ( $p = 0.094$ )。その後、Bonferroni法による多重比較の結果、有意な差があった項目について述べる。

図5の(f)にNASA-TLXの「Physical Demand」の評価値を示す。V3の評価値がV0に対して低い傾向があった ( $p=0.07$ )。

## 6. 考察

### 6.1 客観評価についての考察

タイピングタスクの結果から、正確度、反応時間、WPSの各指標について、速度条件間で有意な差はなく、植物の移動速度は作業パフォーマンスに影響を与えることは確認されなかった。しかし、図5に示すタイピングタスクの反応時間について、V2条件での反応時間が、平均値、中央値ともに他の条件より高い傾向があった。反応時間が増加することは、高い認知負荷条件、もしくは高いタスク負荷を示している [16,17]。しかし、本実験では、速度条件をランダムに提示しているため、V2条件の際のタスク難易度が高い可能性は

低いと考える。そのため、V2条件では、統計的な差はないが、他の条件に比べて認知負荷が高い結果となっている。また、タイピングタスク後に実施したDBTの結果より、V2条件後のワーキングメモリがPre条件、V0条件に比べて有意に大きいことが明らかになった。つまり、V2条件ではワーキングメモリにかかる負荷が小さく、認知負荷が小さいタスクとして認識されたと伺える [18]。本実験の結果は、Yerkesらが提唱したヤーキーズドットソン法則によって説明できる [19]。この法則は、課題の難易度によって最適な覚醒水準が変わることを示しており、本実験のタイピングタスクにおいてV2条件という適切な速度の植物の動きが参加者を適切な覚醒水準へと導き、結果として、ワーキングメモリの容量が増加した可能性が考えられる。

### 6.2 主観評価についての考察

主観評価では、客観評価と異なり、移動速度が速くなるにつれて、ネガティブな影響があった。室内回復特性尺度のアンケート結果から「いろいろと興味深いところがある場所だ」の項目において、V4条件の評価値が、V0条件の評価値より低い傾向があった。このことから、極端に速い植物の移動速度は、実験参加者にとって煩わしく、環境への関心を薄める可能性がある。タイピングタスクに対するNASA-TLXの評価値では「Physical Demand」の項目において、V3条件の評価値がV0条件に比べて低い傾向があった。この結果からは、周辺視野での植物移動デバイスの速

度が集中を妨げ、タスクへの集中を妨げたと考える。NASA-TLX,IRCSでは、植物の移動速度がV3条件の2.05 °/sを超えると、一部の項目において評価が下がることが示された。しかし、V0条件からV2条件間に有意な差はなく、空間変容をする際にV2条件以下の速度で移動させることで、空間滞在者の評価を保持できると考えられる。

## 7. まとめ

本稿では、植物を遠隔で移動可能な植物移動デバイスを用い、その移動速度が、作業パフォーマンスおよび認知負荷に与える影響を調査した。実験の結果、作業パフォーマンスには有意な差はなかった。一方で、認知負荷に関しては、特定の移動速度条件でワーキングメモリ容量が大きくなることが示された。また、主観評価においては、植物の移動速度が過度に速い場合に室内回復特性が低下する傾向があり、適切な速度範囲の存在が示された。以上の結果から、植物の動的な移動は、適切な速度条件において空間利用者の認知的負担を軽減し、より良い空間環境を提供し得る可能性が示された。今後の展望としては、異なる種類の植物や空間環境における効果の検証、また長期的な利用による心理的・生理的变化の追跡が挙げられる。さらに、個人の属性や状況に応じて植物の移動を調整する適応的な制御を導入することで、オフィスや教育空間など多様な場面において、より柔軟かつ効果的な空間設計への応用が期待される。

## 参考文献

- [1] Fukumoto, H., Shimoda, M. and Hoshino, S.: The effects of different designs of indoor biophilic greening on psychological and physiological responses and cognitive performance of office workers, *PLOS ONE*, Vol. 19, No. 7, pp. 1–18 (2024).
- [2] 源城かほり, 蒲原大季, 松本博, 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5報) ワーカーの生理心理反応の観点から見た執務室に最適な植物量の検討, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, Vol. 2020.6, pp. 25–28 (2020).
- [3] Shibata, S., Tokuhira, K., Ikeuchi, A., Ito, M., Kaji, H. and Muramatsu, M.: Visual properties and perceived restorativeness in green offices: a photographic evaluation of office environments with various degrees of greening, *Frontiers in Psychology*, Vol. 15, p. 1443540 (2024).
- [4] Onishi, Y., Takashima, K., Higashiyama, S., Fujita, K. and Kitamura, Y.: WaddleWalls: Room-scale Interactive Partitioning System using a Swarm of Robotic Partitions, in *Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '22, New York, NY, USA (2022), Association for Computing Machinery.
- [5] Takashima, K., Asari, Y., Yokoyama, H., Sharlin, E. and Kitamura, Y.: MovementTable: The Design of Moving Interactive Tabletops, in Abascal, J., Barbosa, S., Fetter, M., Gross, T., Palanque, P. and Winckler, M. eds., *Human-Computer Interaction – INTERACT 2015*, pp. 296–314, Cham (2015), Springer International Publishing.
- [6] Wilson, E. O.: *Biophilia*, Harvard university press (1986).
- [7] Jumeno, D. and Matsumoto, H.: The Effects of The Number of Indoor Foliage Plants on Productivity, Stress and Attention (2013).
- [8] 村松正善, 大音徳: 植物分類システムおよび植物選定システム (2022), 公開特許公報.
- [9] Xu, Q., Ding, Y. and Li, J.: The potential of dynamic plants for attention and stress recovery in indoor environment, *Ergonomics*, pp. 1–15 (2025).
- [10] Kawakami, A., Tsukada, K., Kambara, K. and Sio, I.: PotPet: pet-like flowerpot robot, in *Proceedings of the Fifth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '11, p. 263–264, New York, NY, USA (2010), Association for Computing Machinery.
- [11] Rekimoto, J.: Squama: modular visibility control of walls and windows for programmable physical architectures, in *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, pp. 168–171 (2012).
- [12] Suzuki, R., Hedayati, H., Zheng, C., Bohn, J. L., Szafr, D., Do, E. Y.-L., Gross, M. D. and Leithinger, D.: RoomShift: Room-scale Dynamic Haptics for VR with Furniture-moving Swarm Robots, in *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '20, p. 1–11, New York, NY, USA (2020), Association for Computing Machinery.
- [13] Snowden, R. J. and Kavanagh, E.: Motion perception in the ageing visual system: minimum motion, motion coherence, and speed discrimination thresholds, *Perception*, Vol. 35, No. 1, pp. 9–24 (2006).
- [14] Hart, S. G. and Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research, in *Advances in psychology*, Vol. 52, pp. 139–183, Elsevier (1988).
- [15] Yoshimura, T., Osaka, M., Osawa, A. and Maeshima, S.: The classical backward digit span task detects changes in working memory but is unsuitable for classifying the severity of dementia, *Applied Neuropsychology: Adult*, Vol. 30, No. 5, pp. 528–534 (2023).
- [16] Li, J., Zhou, Y. and Hao, T.: Effects of the Interaction Between Time-on-Task and Task Load on Response Lapses, *Behavioral Sciences*, Vol. 14, No. 11, p. 1086 (2024).
- [17] Turcotte, J. and Oddson, B.: Managing increased cognitive load in a guided search, *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 129, No. 3, pp. 378–398 (2022).
- [18] Barrouillet, P., Bernardin, S. and Camos, V.: Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans., *Journal of experimental psychology: General*, Vol. 133, No. 1, p. 83 (2004).
- [19] Yerkes, R. M. and Dodson, J. D.: The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation (1908), Originally published in *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459–482.

(発行日 2025年9月25日)

(C) NPO法人ヒューマンインタフェース学会