オフィスのデザイン選好による知的生産性への影響構造の違い

環境要因から知的生産性への SEM モデルを用いた分析

DIFFERENCES IN THE STRUCTURE OF THE INFLUENCE OF OFFICE DESIGN PREFERENCES
ON INTELLECTUAL PRODUCTIVITY

Analysis of the relationship between environmental factors and intellectual productivity using structural equation modeling

王 紫葉^{*1}, 劉 子勛^{*2}, 助田 ひなの^{*3}, 長澤 夏子^{*4}, 佐藤 泰^{*5}, 小島 隆矢^{*6}, 田辺 新一^{*7}

Ziye WANG, Ziqing LIU, Hinano SUKEDA,

Natsuko NAGASAWA, Tai SATOH, Takaya KOJIMA and Shin-ichi TANABE

We conducted a questionnaire survey to examine differences in intellectual productivity based on office design preferences. An online survey was conducted in March 2019 and responses were received from 2,684 office workers in Japan. Using a five-point rating scale, the questions assessed participants' satisfaction with the current office environment. A model on "environment-intellectual productivity" was developed using structural equation modeling. A multi-group analysis utilizing typified design preferences (T4_1-T4_4) was also performed to compare the effects of different preferences on intellectual productivity through each quantized path coefficients. The results showed heterogeneity among the four models of design preference types.

Keywords: Office worker, Design preference, Space preference, Covariance structural analysis, Structural equation modeling, Multi-group analysis

オフィスワーカー, デザイン選好, 空間の好み, 共分散構造分析, 構造方程式モデリング, 多母集団同時分析

1. はじめに

1.1 知的生産性向上の必要性

2019年4月に「働き方改革関連法」が施行され、日本全体として働き方改革を積極的に推進する取り組みが多く実施されている。時間外労働の上限規制の導入や年次有給休暇の確実な取得が内容として含まれ、その実現のために、ワーカーの労働時間を短縮し、知的生産性を向上することが求められた。総務省平成26年版情報通信白書の日本の高齢化の推移と将来推計によれば、2010年時点で約8,000万人であった労働力人口は、2030年には約6,700万人への減少が見込まれており¹⁾、働き方改革を遂行しつつ労働力減少分を補うには、大幅な労働生産性の改善が必要となる。また、OECDの2017年データに基づく日本の時間当たり労働生産性は、米国の3分の2の水準にあたり、主要先進7カ国（日本・アメリカ・イギリス・フランス・ドイツ・イタリア・カナダ）で見ると、1970年以降最下位の状況が続いており状況の改善が求められている²⁾。このような背景を踏まえ、今後の日本でワーカーの労働時間の短縮を実現した上でGDPを維持するには、多様な人材がそれぞれの知的生産性を高められるよう、オフィス環境はそれに対応する必要がある。

1.2 「働き方改革」とオフィスの変容

情報通信技術（ICT）の発展により、ワーカーの「働き方」は大きな変化を遂げている。テレワークの普及で³⁾、場所や時間にとらわれず柔軟な働き方が可能となった。テレワークを導入する企業数も増加し、その目的は「定型的業務の効率性（生産性）の向上」「勤務者の移動時間の短縮」の割合が高い⁴⁾。このようにワーカーの働き方の変化に合わせ、オフィスの空間のあり方や、オフィス機能の構成比率が変動していくものと考えられる。特に、2020年の新型コロナウイルス感染症の拡大を発端に、「働く場所」の変容が加速する時代に突入した。このように、どこでも働ける状況になった今、オフィスにはどのような価値・必要性があるだろうか。オフィスに集まり、オフィスで働くという行為の価値が、あらためて問われ、知識創造をより加速させる環境へと転換が求められている。

こういった事態を個人の働き方から考えると、仕事をするための機能がどこでも比較的容易に整うようになった中で、どうしてそこで働きたいと思うのかという「空間性」に注目すべきであろう。個人にとっての最適な執務環境は重視すべき点が異なるため、個人が好む空間、つまり「働く環境のデザインへの選好」に着目することは、今後重

¹⁾ お茶の水女子大学 リサーチフェロー・博士（工学）²⁾ 元・お茶の水女子大学大学院 前期博士課程³⁾ 元・お茶の水女子大学人間・環境科学科⁴⁾ お茶の水女子大学 / 東北大学 准教授・博士（工学）⁵⁾ 名古屋市立大学芸術工学研究科 講師・博士（人間科学）⁶⁾ 早稲田大学人間科学部 教授・博士（工学）⁷⁾ 早稲田大学創造理工学部建築学科 教授・博士（工学）

Research Fellow, Ochanomizu University, Ph.D. in Engineering

Former Grad. Student, Ochanomizu University

Former Undergrad. Student, Dept. of Human - Environmental Sciences, Ochanomizu Univ.

Assoc. Prof., Ochanomizu University / Tohoku University, Dr.Eng.

Lect., Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City Univ., Dr. of Human Sciences

Prof., Faculty of Human Sciences, Waseda University, Dr.Eng.

Prof., Dept. of Architecture, School of Creative Science and Engineering, Waseda Univ., Dr.Eng.

要視すべき大切な観点であると考えます。

筆者らは、それぞれのワーカーが自分にとっての最適だと感じる執務環境を選び、自分で環境をコントロールすることができる環境であれば、それぞれの能力を最大限発揮でき、結果的に知的生産性の総量は高まるのではないかと考えた。ワーカー自身が状況や、空間の価値の置き方に合わせて選択できる環境を提供する必要があるが、プランニングや技術的には、そういった素地が整いつつある。これを、複数の人が集まるオフィスで実現するためには、どのようなオフィス環境が、こういったタイプのワーカーに適応するか、という関係を知ることが課題となる。そこでワーカーの空間への「デザイン選好」と生産性との関連に焦点をあてた。

2. 既往研究と目的

2.1 知的生産性への影響要因に関する既往研究

オフィス環境からワーカーへの影響について、知的生産性への影響や健康性への影響など、多数報告されており、何が知的生産性へ直接的・間接的要因となるかを調べた。宗方ら（2010）により、光環境、温熱環境、空気環境、音環境、IT環境、総合評価、環境重要度、個人属性を項目とした研究が行なわれ、オフィスの執務者によるオフィス診断ツールの位置付けとなる知的生産性評価システムSAPが開発された⁹⁾。SAPの設問はオフィスの知的生産性に影響すると考えられる主たる要因を、網羅的に含んでいると推察される。その後、小島ら（2013）は、SAPの項目に加え、職務ストレス、モチベーションに着目した知的生産性評価モデルを構築している¹⁰⁾。この研究で、環境満足は知的生産性行動のしやすさに影響し、さらにストレスやモチベーションを介して生産性に影響する、という因果モデルを示している。この結果を基に、宗方・小島ら（2015）は新SAPの開発のための研究を行い、対象空間をオフィス全体に拡張した調査を行なった。そこでは、他人の視線、窓外眺望、空調やOA機器などの騒音、外部騒音、他人の電話や会話などの騒音、自席広さ、収納などの環境の不満要因が加わった。更に、SAPシステムがオフィスの物理環境に対する満足感等と知的生産性の主観評価との対応を見るものであったのに対して、WELLNESSなどオフィスへの新しい価値が加わりワーカーの主観的な健康性の測定が目指された。宗方・小島ら（2018）は、SAPシステムに知的生産性関連行動しやすさ、運動、飲食、自身の健康や仕事、会社の印象などの項目を加え、ワーカーの健康関連の項目も含む主観評価システムの開発を行なった⁸⁾⁹⁾。これらの研究で開発された知的生産性測定システムは、ワーカーの視点からオフィスを総合的に評価させ、オフィス環境やワーカーの行動等が知的生産性にどのような影響するかを、構築された共分散構造モデルにより、明らかにしている。これによって、環境要因から知的生産性につながる影響構造が明らかにされた。他にも葛生ら（2013）は、緑の有無、自然採光などの自然環境要因が交流空間を利用するきっかけとなることや交流空間を高い頻度で利用すると建物全体の環境評価や、創造的活動などの行動のしやすさが高まり、建物全体での知的生産性が向上する可能性を示唆している¹⁰⁾¹¹⁾。また長谷川ら（2014）は、室内植物がストレスや疲労を軽減し、リラックス状態に導き人の心身に有益な役割を果たす報告があり¹²⁾、間接的に生産性へ影響することも考えられる。

2.2 研究目的

本研究は、先行研究で明らかになっている「環境から知的生産性に影響するモデル構造」を前提とした上で、オフィスデザインに対する個人の好みは、この影響のしかたに違いを生むのではないかと、という仮説を示そうとするものである。筆者らはまず、先行研究で、オフィスの写真を見せて「この写真のオフィスで働きたいですか」と質問して得た回答をもとに、オフィスに対する評価（オフィス写真に対するデザイン選好）を調べ、選好が大きく4タイプに分類できることを示した¹³⁾。オフィスでの様々な調査で、男女や年齢などの属性によって、環境から知的生産性への影響関係に違いがあることについての研究報告が散見された。そこで筆者らの示したオフィス選好の4タイプを「属性」として捉えて、「環境から知的生産性に影響するモデル構造」を比較分析することで、オフィスのデザイン選好による知的生産性への影響構造の違いを明らかにすることを目的とする。これによって「個人の空間への選好（好み）」をもとにしたオフィス設計の可能性を示し、多人数が利用するオフィスを、個人の選好に合わせて設計するための知見を得ることを目標とした。

3. 調査概要

3.1 調査方法と対象

既報¹³⁾にも記したが、日本のWeb調査会社に登録した会員を対象としたオンライン調査を行なった。調査対象者の条件を表1に示す。他者を含めたオフィス環境がワーカーに与える影響を調べるため、オフィスでの労働時間がある程度あることを条件に入れた。調査は、2019/3/16～18の3日間実施し、計2,684名から有効回答を得た。

Table1 Survey participants and subjects of analysis	
Online questionnaire survey on the office environment: From a preliminary target of about 20,000 individuals, 2,684 people were selected using the following screening conditions/ オフィスに関するオンライン調査： 一次調査（約 20,000 人）から以下のスクリーニング条件で 2,684 名を選ぶ	
Gender/性別	Equal number of males and females/男女同数
Age /年齢	25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-49, 50-54, and ≥ 55 The same number in 7 levels/7 段階でほぼ同数に割付
Residence /居住地	Living in one of three major metropolitan areas (Tokyo/Osaka/Nagoya) 3 大都市圏（東京都市圏/大阪都市圏/名古屋都市圏）在住
Work style /ワークスタイル	Working 30-60 hours per week Working in the same office building for over a year Respondents who spent substantial amounts of time working alone were excluded 週の勤務時間が 30～60 時間 1 年以上同じオフィスビルに働いている 多くの時間を一人で仕事をしている回答者は除外

3.2 調査項目

調査項目は多岐に渡るが、共分散構造分析及び多母集団同時分析に使用する設問は「I.あなたのオフィスの環境について」「II.あなたのオフィス環境における行動のしやすさについて」「III.あなたの仕事について（ストレス・モチベーション）」「IV.あなたのオフィス環境が及ぼす自身の知的生産性影響について」の4つで構成された。項目作成にあたってはSAP¹⁴⁾と既往研究¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾を参考に、オリジナルの設問を加えた。アンケート項目を注1)に示す。

3.3 デザイン選好タイプの特徴

本報告では既報¹³⁾の結果を用いて分析を行うものである。そこで得られた2つの結果を簡単に示しておく（図1と図2）。前述の通

り、この調査は実験者が用意した 20 枚のオフィス写真を、ワーカ―に示して、「この写真のオフィスに当てはまる印象を表す言葉を全て選んでください」と「この写真のオフィスで働きたいか」という質問をして分析を行った^{注2)}。

(1)写真によるオフィスグループの分類

20 枚のオフィス写真に対する印象評価語の対応分析により、オフィスの写真の印象は[G1 開放的]、[G2 お堅い]、[G3 遊び心]の 3 グループに大別された。このうち[G2 お堅い]オフィスは選好度や空間の特徴により 2 つに分かれ、[G2 お堅い・典型的]と[G2 お堅い・ブース]と名付けた。

Fig.1 Classification of photo groups 注3)

(2)デザイン選好によるワーカータイプの分類

クラスター分析などにより、ワーカーの好み方を類型化すると、4 つのデザイン選好タイプ (T4_1~T4_4 と呼ぶ) に分類できた。

Fig.2 Characteristics of design preference types

T4_1 はお堅いオフィスのみを好む傾向があり、T4_3 はお堅いと開放的なオフィスを好む一方、遊び心のあるオフィスを好まない。T4_2 と T4_4 は似た傾向を示し、開放的なオフィスを最も好み、遊び心のあるオフィスも比較的好む。この 2 タイプの違いを詳しく見ると、お堅いオフィスの中で選好する写真が異なり、T4_2 は典型的を好み、T4_4 はブースを好むことが示された。働く環境として、個室やブースで集中したい人や、オフィスとした環境が仕事のモチベーションを上げる人、オープンな環境の自由な雰囲気好みつつ集中できる環境が欲しいなど、個人によって環境に対して重視する点が異なることが推察される。以上の 4 つのデザイン選好タイプを基に、以下の分析を進める。

4. 分析方法

オフィス選好の 4 タイプを示した大人数のワーカーへの調査データを用いて、「環境から知的生産性」への SEM モデルを構築し、オフィス選好を属性とした多母集団同時分析によって違いを比較する。

4.1 共分散構造分析の方法

オフィスの環境要因が知的生産性関連行動やストレス・モチベーションを介し、知的生産性に影響するという仮説モデルが成り立つことを確認することと、影響度の定量的な把握を目的として、既往研究を参考に、{環境満足} → {知的生産性関連行動しやすさ} → {ストレス・モチベーション} → {知的生産性影響}、という因果順序でモデルを探索し、共分散構造モデルを得た。なお欠損値は設問ごと検討して扱った^{注4)}。本論では、構成概念の潜在変数について、図中

では楕円、文中では『』で示し、観測変数について図中では長方形、文中では「」で示すこととする。

(1)観測変数の検討

Web 調査の全項目からオフィスの環境や環境満足に関する項目、知的生産性関連行動のしやすさに関する項目及びストレスやモチベーションに関する項目を抽出し、プロマックス回転を用いた最尤法による探索的因子分析を行なった。因子分析は仮説をもとに環境や行動、といったカテゴリ別に行なった。

オフィスの環境や環境満足に関する分析では、共通性を参考に 24 項目の変数を決定した。その結果、『空間環境満足』『光・温熱・空気・ICT 等の環境満足』『自然環境満足』『音環境満足』の 4 因子が抽出された。『光・温熱・空気・ICT 等の環境満足』は 1 因子となったが、既往研究で光環境、温熱環境、空気環境の環境満足度はオフィス評価の主要な因子として知られており、最終的に空間設計のための知見を得たいという意図から、「光環境満足」「温熱環境満足」「空気環境満足」の 3 つの独立した変数と、『ICT 等の環境満足』1 因子として扱った。

同様に、知的生産性関連行動のしやすさやストレス・モチベーション等についての分析を行ない、17 項目の変数を決定した。その結果、『創造的活動+コミュニケーション+作業集中』『リラックス・リフレッシュ』『ストレス・モチベーション』『仕事負荷』の 4 因子が抽出された。仕事の業務内容に大きく関わる創造的活動、コミュニケーション、作業集中の項目が 1 因子として示されたが、各作業内容に環境満足がどのように影響するかを把握するため別の因子とし、『創造的活動』『コミュニケーション』の 2 因子と「作業集中」1 変数に分割した。また、『ストレス・モチベーション』は「日頃のストレス」「人間関係によるストレス」「モチベーション」の 3 つ観測変数で構成されたが、「日頃のストレス」「人間関係によるストレス」は因子負荷量が正のほうがストレスが高く、負の意味を持つのに対して、「モチベーション」は因子負荷量が正のほうが意欲が高く、正の意味をもつ。このように一つ因子内での意味づけの方向が反対となりデータ解釈がしにくいいため、「モチベーション」を独立した変数として、残りの 2 つ観測変数による因子を『ストレス』と名付けた。以上の結果得られた 9 因子について信頼性分析を行い得られた α 係数^{注5)}を表 2 に示す。各因子は 0.5 以上で信頼性は高い。

なお、このモデルの観測変数に用いた質問は、回答者が現在の自分がオフィスで働いていることについて、オフィス環境や行動、自身の生産性について答えたものである。

(2)知的生産性に関わる要因の共分散構造分析のモデル化

以上の検討を踏まえ、モデルのゴールを「知的生産性影響」^{注6)}とし、計 42 項目で共分散構造のモデル化を試みた。「環境―知的生産性モデル」モデルを図 3 に示す。

因子相関を基にパス図を用いて仮説を表現し、全データを使って、共分散構造モデリングを行なった^{注7)}。CFI、IFI、RMSEA^{注8)}に基づいてモデルの適合度を参考に決定した。採用したモデルの適合度は高い (χ^2 (755) = 3950.44, ($p < .05$), CFI=0.93、IFI=0.93、RMSEA=0.04) と判断できる。パス係数は有意水準 5%で有意性を判断した。また、観測変数に付随する誤差変数間の相関パスは、修正係数に基づいて、誤差変数間に意味の上においても共分散の設定が認められるものについて、相関パスを作成した。

Table 2 Variable labels and alpha coefficients

Latent variable /潜在変数	Observable variable/観測変数
Space environment /空間環境満足 ($\alpha=0.90$)	Q15-4 Personal space around one's seat/自席周りの個人スペース
	Q15-5 Personal storage space/収納スペース
	Q15-6 Personal space to move around/スムーズに動き回れる
	Q16-1 Office size/広さ満足
	Q16-2 Office layout/レイアウト満足
ICT and other environment /ICT 等の環境満足 ($\alpha=0.84$)	Q16-3 Office furniture/家具満足
	Q16-4 Space environment/空間環境満足
	Q16-9 OA&IT environment/OA/IT 環境満足
	Q16-10 Restroom environment/トイレ環境満足
	Q16-11 Maintenance and management/維持管理満足
Natural environment /自然環境満足 ($\alpha=0.77$)	Q16-12 Hygienic environment/衛生満足
	Q16-13 Other places in the office/ビル内他場所満足
	Q16-14 Breakroom environment/リフレッシュ場所満足
Sound environment /音環境満足 ($\alpha=0.63$)	Q15-1 Comfortable windows/気持ち良い窓
	Q19-1 Plants and green areas/植栽満足
	Q19-2 Paintings/絵画満足
	Q19-3 View from windows/眺望満足
	Q15-2 Voice/electric device sounds/話し声・OA 機器等音
Creative activity /創造的活動 ($\alpha=0.81$)	Q15-3 Outside noise/外部の騒音
	Q15-8 People and sightline of one's surroundings/周りの人々
	Q16-8 Sound environment/音環境満足
	Q16-5 Lighting environment/光環境満足
	Q16-6 Thermal environment/温熱環境満足
Communication /コミュニケーション ($\alpha=0.69$)	Q16-7 Air environment/空気環境満足
	Q18-7 Creative activity/創造的活動
	Q18-8 Convergent thinking/収束的思考
	Q18-9 Divergent thinking/拡散的思考
	Q18-3 Work communication/フォーマルコミュニケーション
Relaxing and refreshing /リラックス・リフレッシュ ($\alpha=0.81$)	Q18-4 Teamwork/チーム作業
	Q18-6 Non-work communication/インフォーマルコミュニケーション
	Q18-2 Relaxation/リラックス
	Q18-10 Change of pace/Refreshed/気分転換・リフレッシュ
	Q18-11 Exercising at work/仕事中の運動
Workload/仕事負荷 ($\alpha=0.77$)	Q18-12 Eating and drinking/自席での飲食・間食
	Q18-13 Taking a break/休憩をとる
	Q18-1 Concentration at work/作業集中
	Q20-1 Workload/仕事の負担・量
	Q20-2 Tasks beyond one's abilities/能力以上の仕事
Stress/ストレス ($\alpha=0.77$)	Q20-3 Stress in working relationships/人間関係によるストレス
	Q20-4 Easily feeling pressure/日頃のストレス
	Q20-5 Motivation at work/仕事意欲
	Q21 Intellectual productivity/知的生産性影響

4.2 オフィス選好 4 タイプ属性の多母集団同時分析

この「環境－知的生産性モデル」を基に、類型化されたワーカー

のオフィスデザイン選好タイプ (T4_1～T4_4)¹³⁾ ごとの違いを比較するため、多母集団同時分析を行い、タイプごとのパス係数を算出した。環境満足から知的生産性への影響の違いを、このモデルの矢印のパス係数を比較して論じていく。

(1) デザイン選好タイプを間の比較のために、測定モデルに等値制約を課した⁹⁾。ネストしたモデルの比較から各観測変数の因子負荷量がタイプ間で同じことを確認し ($\chi^2(81) = 91.42, p > .05$)、同じアンケートで答えたタイプ間の因子数は等しいことと、質問項目と因子の対応関係が等しいことを確認した。そこで、制約を置いた上で多母集団同時分析による選好タイプ間の比較を行なった。

(2) タイプ間のパスの有意差は、パラメータの対比較を用い有意水準 5% で判断した。更に、環境満足及び知的生産性関連行動のしやすさから知的生産性への影響効果の大きさをタイプ別に検討するために、パス間の直接効果、他のパスを介した間接効果および、各構成概念から知的生産性影響への標準化総合効果を算出し¹⁰⁾、デザイン選好タイプ間の比較を行った。

5. 分析の結果と考察

5.1 全体モデルの特徴

図 3 の変数間のパスは全て有意であった。モデルのゴールである「知的生産性影響」の決定係数は 0.42 となり、「知的生産性影響」の 42% がモデル内の潜在変数及び観測変数で説明された。パス係数¹¹⁾ が最も大きいのは『リラックス・リフレッシュ』から『ストレス』で、-0.42 と高度の影響があり、オフィス内でリラックス・リフレッシュができた人はストレスが減少する。『空間環境満足』が高くなると、『リラックス・リフレッシュ』及び『創造的活動』をそれぞれ増やす方向に 0.35、『コミュニケーション』を増やす方向に 0.30 と高度の影響を与えていた。また、『自然環境満足』は『リラックス・リフレッシュ』を増やす方向に 0.34 と高度の影響を与えていた。

Fig.3 The "environment-intellectual productivity" model of full sample

Table 3 Total effect of impact on intellectual productivity with unstandardized estimates for the full sample model

Paths to intellectual productivity		Direct effect 直接効果	Indirect effect 間接効果	Total effect 総合効果
Environment satisfaction	Space environment	0.19	0.13	0.31
	ICT and other environment	0.00	0.04	0.04
	Natural environment	0.15	0.05	0.21
	Sound environment	0.00	0.07	0.07
	Thermal environment	0.00	0.03	0.03
	Lighting environment	0.00	0.01	0.01
Behaviors related to intellectual productivity	Air environment	0.00	0.01	0.01
	Relaxing and refreshing	0.00	0.05	0.05
	Communication	0.00	0.05	0.05
	Creative activity	0.17	0.00	0.17
Stress and motivation	Concentration at work	0.15	0.01	0.17
	Workload	0.09		
	Stress	-0.07		
	Motivation at work	0.23		

モデルのゴールである「知的生産性影響」へ、環境要因からの直接効果と間接効果およびそれらの合計である総合効果の大きさを表3に示す。これによると「知的生産性影響」に直接効果があったのは、『空間環境満足』『自然環境満足』『創造的活動』『作業集中』『ストレス』『仕事負荷』『モチベーション』の7項目で、最も大きいのは「モチベーション」からのパス(0.23)であった。『ストレス』から「知的生産性影響」へのパス係数は-0.07と負であるのに対し、『仕事負荷』から「知的生産性影響」へのパス係数は0.09と正となった。低度の影響ではあるものの、仕事量が増えることでワーカーが生産性を上げて仕事をこなそうとするためと考えられる。「知的生産性影響」への総合効果について、『空間環境満足』は、「知的生産性影響」には直接効果として、中度に影響(0.19)だけでなく、知的生産性関連行動のしやすさに関する項目及びストレスやモチベーションに

関する項目を介し間接的に「知的生産性影響」を改善させる方向に中度の間接効果(0.13)があった。同様に、『自然環境満足』は、直接に中度の影響(0.15)と、間接的に低度の影響(0.05)があった。

「作業集中」も「知的生産性影響」に直接、間接の効果があったが、それぞれ0.15と0.01で、間接効果はわずかであった。全体としては環境要因が、知的生産性関連行動やストレス・モチベーションを介し、知的生産性に影響するという仮説モデルは成立したと言える。

5.2 多母集団同時分析による属性別の特徴

5.2.1 非標準化推定値によるデザイン選好タイプ間の比較

このモデルを使って対象データを、既報で明らかにしたデザイン選好タイプ(T4_1~T4_4)ごとのパス係数の違いを見るため、4.2に示した手順で多母集団同時分析を行なった。ここでは非標準化推定値を用いて、同じパスのデザイン選好タイプ間の比較を行う。

(1)パス係数の比較

選好タイプ別のパス係数と、タイプ間の有意差検定の結果を表4に示す。一対比較による差の検定から有意水準5%で有意性を判断し、網かけ(グレー)は、パス係数が有意でない(n.s.)ことを示す。有意な差があったパスは13あり、①~⑬と記した。

パス②『ICT等の環境満足』→『コミュニケーション』(T4_1>T4_4)と、⑤『音環境満足』→「作業集中」(T4_1>T4_4)の結果から、他の3タイプよりT4_1には影響が大きいことが示された。パス⑧『リラククス・リフレッシュ』→『仕事負荷』(T4_2>T4_4)、⑫『ストレス』→「知的生産性影響」(T4_1<T4_2)の結果から、他の3タイプよりT4_2に対して大きい負の影響があることが示された。パス

Table 4 Each Path Coefficient by Design Preference Type

Start of path→End of path		Significant difference between two types		T4_1 (N=592)		T4_2 (N=677)		T4_3 (N=956)		T4_4 (N=458)	
				Unstd.	Std.	Unstd.	Std.	Unstd.	Std.	Unstd.	Std.
Space environment	→ Relaxing and refreshing	①	1<3, 3>4	0.23 ***	0.30	0.31 ***	0.38	0.36 ***	0.42	0.24 ***	0.29
	→ Communication			0.25 ***	0.32	0.20 ***	0.23	0.28 ***	0.36	0.17 *	0.21
	→ Creative activity			0.21 ***	0.27	0.28 ***	0.36	0.32 ***	0.41	0.29 ***	0.34
	→ Concentration at work			0.18 **	0.17	0.23 ***	0.21	0.26 ***	0.24	0.27 **	0.25
	→ Intellectual productivity			0.19 ***	0.22	0.11 **	0.12	0.20 ***	0.22	0.15 ***	0.17
ICT and other environment	→ Communication	②	1>4	0.28 ***	0.31	0.26 ***	0.28	0.19 ***	0.21	0.05 n.s.	0.06
	→ Concentration at work			0.22 **	0.17	0.24 **	0.19	0.13 *	0.10	0.25 *	0.20
Natural environment	→ Relaxing and refreshing	③	2<4, 3<4	0.35 ***	0.32	0.32 ***	0.36	0.25 ***	0.26	0.47 ***	0.45
	→ Communication			0.15 n.s.	0.13	0.08 n.s.	0.09	0.18 ***	0.19	0.22 **	0.22
	→ Creative activity	④	2<4, 3<4	0.30 ***	0.27	0.14 **	0.17	0.17 ***	0.18	0.36 ***	0.34
	→ Stress			0.24 *	0.17	0.061 n.s.	0.06	0.11 n.s.	0.11	0.15 n.s.	0.13
Sound environment	→ Intellectual productivity			0.19 **	0.15	0.18 ***	0.20	0.11 *	0.10	0.23 ***	0.19
	→ Relaxing and refreshing			0.24 **	0.17	0.08 n.s.	0.05	0.13 *	0.09	0.33 ***	0.22
	→ Creative activity			0.27 **	0.20	0.15 n.s.	0.09	0.14 *	0.10	0.15 n.s.	0.10
	→ Concentration at work	⑤	1>4	0.74 ***	0.37	0.37 *	0.17	0.61 ***	0.31	0.34 **	0.17
Thermal environment	→ Relaxing and refreshing			0.08 **	0.12	0.07 **	0.10	0.09 ***	0.12	0.03 n.s.	0.05
	→ Creative activity			0.03 n.s.	0.05	0.05 n.s.	0.07	0.07 **	0.10	-0.01 n.s.	-0.02
	→ Workload	⑥	2>4, 3>4	0.04 n.s.	0.05	0.14 **	0.16	0.10 **	0.11	-0.03 n.s.	-0.03
	→ Stress			0.08 n.s.	0.09	0.03 n.s.	0.04	0.11 **	0.14	0.03 n.s.	0.04
	→ Motivation at work			0.02 n.s.	0.02	0.05 n.s.	0.05	0.08 *	0.08	0.12 *	0.11
Lighting environment	→ Communication	⑦	1<4, 3<4	0.03 n.s.	0.03	0.10 **	0.12	0.07 *	0.09	0.17 ***	0.23
Air environment	→ Stress			-0.15 **	-0.17	-0.05 n.s.	-0.07	-0.12 ***	-0.15	-0.08 n.s.	-0.10
	→ Workload	⑧	2>4	-0.18 n.s.	-0.13	-0.38 ***	-0.30	-0.24 **	-0.20	-0.04 n.s.	-0.03
Relaxing and refreshing	→ Stress			-0.45 ***	-0.36	-0.33 ***	-0.28	-0.51 ***	-0.49	-0.59 ***	-0.52
	→ Motivation at work	⑨	2<4	0.16 n.s.	0.10	0.07 n.s.	0.05	0.27 **	0.19	0.45 ***	0.30
Communication	→ Workload			0.06 n.s.	0.05	0.27 **	0.21	0.14 n.s.	0.11	0.06 n.s.	0.05
	→ Motivation at work	⑩	1>4, 2>4	0.47 ***	0.30	0.42 ***	0.28	0.21 *	0.14	0.01 n.s.	0.00
Creative activity	→ Intellectual productivity			0.17 **	0.15	0.19 ***	0.18	0.18 ***	0.15	0.19 **	0.17
	→ Workload			-0.17 ***	-0.18	-0.18 **	-0.18	-0.12 **	-0.13	-0.26 ***	-0.27
Concentration at work	→ Stress			-0.14 **	-0.16	-0.10 *	-0.11	-0.07 *	-0.08	-0.15 **	-0.17
	→ Motivation at work			0.09 n.s.	0.08	0.04 n.s.	0.04	0.10 *	0.09	0.10 n.s.	0.09
	→ Intellectual productivity			0.14 ***	0.18	0.11 ***	0.14	0.13 ***	0.15	0.11 **	0.13
Workload	→ Intellectual productivity	⑪	1<2, 1<3, 2>4	0.02 n.s.	0.02	0.14 ***	0.17	0.12 ***	0.13	0.01 n.s.	0.01
Stress	→ Intellectual productivity	⑫	1>2	0.00 n.s.	0.00	-0.14 **	-0.16	-0.08 n.s.	-0.08	-0.05 n.s.	-0.05
Motivation at work	→ Intellectual productivity	⑬	2<3, 2<4	0.16 ***	0.22	0.11 ***	0.15	0.18 ***	0.24	0.20 ***	0.27

※***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, n.s.(gray shading): The unstandardized estimate of the path coefficient was not significant, Significant difference between two types: p<0.05.

①『空間環境満足』→『リラックス・リフレッシュ』(T4_1<T4_3、T4_3>T4_4) から、他の3タイプよりT4_3に対して影響が大きいことが示された。パス③『自然環境満足』→『リラックス・リフレッシュ』(T4_2<T4_4、T4_3<T4_4)、④『自然環境満足』→『創造的活動』(T4_2<T4_4、T4_3<T4_4)、⑦『光環境満足』→『コミュニケーション』(T4_1<T4_4、T4_3<T4_4)、⑨『リラックス・リフレッシュ』→『モチベーション』(T4_2<T4_4)の結果から、他の3タイプよりT4_4への影響が大きいことが示された。

また、パス⑥「温熱環境満足」→『仕事負荷』(T4_2>T4_4、T4_3>T4_4)において、最も影響が大きかったのはT4_2、次いでT4_3であった。パス⑩『コミュニケーション』→『モチベーション』(T4_1>T4_4、T4_2>T4_4)において、最も影響が大きかったのはT4_1であり、次いでT4_2であった。パス⑬「モチベーション」→『知的生産性影響』(T4_2<T4_3、T4_2<T4_4)では、T4_4が最も影響が大きく、T4_3が最も影響が小さい結果となった。パス⑭『仕事負荷』→『知的生産性影響』(T4_1<T4_2、T4_1<T4_3、T4_2>T4_4)において、最も影響が大きかったのはT4_2であり、次いでT4_3、またT4_4が最も影響が小さかった。

タイプに分けるとパスが有意でなくなるものも多くあり、タイプによって、知的生産性へ影響する環境要因や知的生産性関連行動が異なることが示唆された。

(2)知的生産性影響への総合効果の比較

モデルのゴールである「知的生産性影響」への環境要因の総合効果の大きさを各タイプ比較したものを表5に示す。赤字は各項目の中で最も数字の大きいものを示す。非標準化推定値であるため、同じパスのタイプ間での総合効果の大きさの比較が可能である。

『ICT等の環境満足』『音環境満足』『作業集中』から「知的生産性影響」への総合効果はT4_1が最も大きい結果となり、T4_2は「光環境満足』『コミュニケーション』『創造的活動』から、T4_3は『空間環境満足』『温熱環境満足』から、T4_4は『自然環境満足』『リラックス・リフレッシュ』から「知的生産性影響」への総合効果が4タイプの中で最も大きい結果となった。反対に、T4_1は「温熱環境満足」から知的生産性への影響がなく、T4_1とT4_4は「光環境満足」から知的生産性への影響がなかった。特に『リラックス・リフレッシュ』から「知的生産性影響」への総合効果は他のタイプは正の影響に対し、T4_2が負の影響を示した。これらのことから、タイプごとに最適な環境を調整することが知的生産性関連行動のしやすさ等に影響し、ひとりひとりにとって働きやすく知的生産性向上につながる可能性があることが示唆された。

Table 5 Total effect of impact on intellectual productivity with unstandardized estimates for design preference models

Paths to intellectual productivity		T4_1	T4_2	T4_3	T4_4
Environment satisfaction	Space environment	0.27	0.20	0.31	0.26
	ICT and other environment	0.05	0.05	0.02	0.03
	Natural environment	0.24	0.21	0.15	0.34
	Sound environment	0.15	0.04	0.11	0.07
	Thermal environment	0.00	0.02	0.04	0.02
	Lighting environment	0.00	0.01	0.00	0.00
Behaviors related to intellectual productivity	Air environment	0.00	0.00	0.00	0.00
	Relaxing and refreshing	0.00	-0.01	0.02	0.09
	Communication	0.07	0.08	0.04	0.00
	Creative activity	0.17	0.19	0.18	0.18
Concentration at work		0.14	0.10	0.13	0.11

※The types of items with the greatest impact on intellectual productivity have been presented in red.

5.2.2 標準化推定値による各デザイン選好タイプ内の比較

標準化推定値は他のタイプとの比較ではなく、ある一つのタイプのモデルの中でどのパスの影響が大きいかを見る際に有効な値であると一般的にされる^{注12)}。各モデル内のパスを比較すると、重み付けがタイプによって異なることが読み取れる。

(1)パス係数の比較

デザイン選好タイプごとのモデル(標準化推定値)を図4に示す。図4と表4により4つのモデルを概観すると、T4_3では大半のパスが有意であったが、他の3タイプは有意でない(n.s.)パスが多くあった。T4_3は、ややデータ数が大きい統計的に有意になりやすい可能性もある^{注12)}。T4_3は様々な環境要因が満遍なく知的生産性関連行動のしやすさやストレス・モチベーションそして知的生産性に影響することがわかる。

T4_1では、環境要因から知的生産性関連行動のしやすさに高度な影響を与えたパスは4つあり、『空間環境満足』及び『ICT等の環境満足』が『コミュニケーション』を増やす方向にそれぞれ0.32、0.31と高度の影響を与え、空間環境要素満足とICT等の環境要素満足がコミュニケーション意欲を向上させることが示唆された。『自然環境満足』は『リラックス・リフレッシュ』を増やす方向に0.32、『音環境満足』は「作業集中」を増やす方向に0.37と高度の影響があり、音に対し集中力の向上を重視していることが示唆された。『リラックス・リフレッシュ』から『ストレス』を減らす方向に高度の影響(-0.36)、『コミュニケーション』から「モチベーション」向上に高度の影響(0.30)を与えていた。また、他の3タイプは『自然環境満足』から『ストレス』は影響がないが、T4_1は中度の影響(0.17)があった。一方、『自然環境満足』及び「光環境満足」から『コミュニケーション』へのパスは有意でなく、『温熱環境満足』からのパスは、ほぼ有意でなく知的生産性に影響しないことが示唆された。

T4_2で、最も影響が大きいパスは『空間環境満足』から『リラックス・リフレッシュ』の0.38、次いで『自然環境満足』から『リラックス・リフレッシュ』の0.36、『空間環境満足』から『創造的活動』の0.36であった。「空気環境満足」からのパスは有意でなく、知的生産性に影響しなかった。また、他の3タイプは『リラックス・リフレッシュ』から『ストレス』へのパスがモデル内で影響の大きなパスであったのに対し、T4_2の影響は小さく、緩和する方向へ中度の影響(-0.28)であることがわかった。このタイプの人は開放的なオフィスを最も好み、遊び心のあるオフィスも比較的好む傾向があるため、空間環境満足がリラックスと創造的活動に影響を与える効果が高いと推測できる。また、T4_2の特徴としては、他の3タイプは『コミュニケーション』から『仕事負荷』へのパスと『ストレス』から『知的生産性影響』へのパスが有意でないのに対し、T4_2はそれぞれ0.21と増やす方向、-0.16と減らす方向へ中度の影響があった。他者とコミュニケーションを取ることで、結果的に仕事量が増えたと感じるのかもしれない。

T4_3において、最も影響が大きかったパスは『リラックス・リフレッシュ』から『ストレス』(-0.49)のパスである。環境要因『空間環境満足』が『リラックス・リフレッシュ』(0.43)『創造的活動』

(0.41)『コミュニケーション』(0.36)といった知的生産性関連行動のしやすさにも高度の影響を与える。続いて、『音環境満足』も「作業集中」を増やす方向に0.31と高度の影響を与えていた。先の研究

Fig.4 The "environment-intellectual productivity" model of design preference types

Table 6 Total effect of impact on intellectual productivity for design preference with standardized estimates

	T4_1		T4_2		T4_3		T4_4	
Environment satisfaction	Space environment	0.31 ①	Space environment	0.23 ①	Space environment	0.34 ①	Natural environment	0.29 ①
	Natural environment	0.19 ②	Natural environment	0.23 ②	Natural environment	0.14 ④	Space environment	0.28 ②
	Sound environment	0.10	ICT and other environment	0.05	Sound environment	0.07	Sound environment	0.04
	ICT and other environment	0.05	Thermal environment	0.03	Thermal environment	0.05	Thermal environment	0.03
	Thermal environment	0.00	Sound environment	0.02	ICT and other environment	0.02	ICT and other environment	0.03
	Lighting environment	0.00	Lighting environment	0.01	Lighting environment	0.00	Lighting environment	0.00
	Air environment	0.00	Air environment	0.00	Air environment	0.00	Air environment	0.00
Behaviors related to intellectual productivity	Concentration at work	0.18 ③	Creative activity	0.18 ③	Concentration at work	0.16 ②	Creative activity	0.17 ③
	Creative activity	0.15 ④	Concentration at work	0.13 ④	Creative activity	0.15 ③	Concentration at work	0.13 ④
	Communication	0.07	Communication	0.08	Communication	0.03	Relaxing and refreshing	0.08
	Relaxing and refreshing	0.00	Relaxing and refreshing	-0.01	Relaxing and refreshing	0.02	Communication	0.00

※For each design preference type, items with the first to fourth highest coefficients have been marked with ①②③④.

でも T4_3 タイプの人はお堅いと開放的なオフィスを好み、遊び心のあるオフィスが好まないことが示されたが、その背景として空間環境満足がリラックス、コミュニケーションと創造的活動に影響し、また、音環境満足が集中度に影響を及ぼす効果が高いと推測できる。T3 に特徴的なのは、『温熱環境満足』が他の要素に中度の影響を及ぼすこと、『コミュニケーション』が『モチベーション』に、『仕事負荷』が『知的生産性影響』に中度の影響を及ぼすことである。

T4_4 について、最も影響が大きかったパスは、T4_3 と同じく『リラックス・リフレッシュ』から『ストレス』(-0.52)とストレスを減らす方向に非常に高度の影響を与えていた。次いで『自然環境満足』から『リラックス・リフレッシュ』へ 0.45、『創造的活動』へ 0.34 と高度な影響を与え、『自然環境満足』が特に知的生産性関連行動のしやすさに影響することが明らかとなった。また、『空間環境満足』

から『創造的活動』が 0.34 と高度な影響となっており、『創造的活動』が『空間環境満足』と『自然環境満足』から大きな影響を受けていると言える。また、『リラックス・リフレッシュ』から『モチベーション』へのパスは T4_1 と T4_2 で有意ではなく、T4_3 は中度の影響であるのに対し、T4_4 は 0.30 と高度の影響がある。先の研究から T4_3 タイプの人は開放的なオフィスを最も好み、遊び心のあるオフィスも比較的好む傾向があることが示されており、リラックスと創造的活動に影響する環境要素を重視していて、リラックスからストレス軽減とモチベーション向上に高い効果があると推測できる。

(2)知的生産性影響への総合効果の比較

表 6 に環境満足及び知的生産性関連行動のしやすさからモデルのゴールである「知的生産性影響」への環境要因の総合効果の大きさ

をタイプごとに降順で示す。各デザイン選好タイプの1位から4位までの項目を①②③④と表す。標準化推計値であるため、各タイプ内での総合効果の大きさの比較が可能である。総合効果には有意でなかったパスによる経路を含めないこととした。

T4_1～T4_4に共通して環境要因の中で『空間環境満足』が最も知的生産性に高度の影響を与え、続いて『自然環境満足』が知的生産性に与えることが明らかとなった。これは、環境要因の中で『空間環境満足』『自然環境満足』は「知的生産性影響」へ直接効果があるためだと言える。知的生産性関連行動しやすさから知的生産性の影響は、T4_1は「作業集中」からの影響が最も大きく、次に『創造的活動』が続いた一方、T4_2は『創造的活動』からの影響が最も大きく、次に「作業集中」が続いた。T4_3とT4_4においては、「作業集中」及び『創造的活動』から「知的生産性影響」への総合効果の大きさがほぼ同程度となった。特に、他の3タイプは『自然環境満足』が第二位である一方、T4_3は「作業集中」と『創造的活動』が『自然環境満足』より高く知的生産性に影響を与える。

以上より、タイプごとにモデル内における矢印の重みが変わっていることがわかり、『空間環境満足』『自然環境満足』のように共通する項目の向上に加えて、タイプごとに、知的生産性につながる知的生産性関連行動のしやすさを向上させるための環境要因が異なるのでこれに着目することで、ひとりひとりに合わせたオフィス空間の整備を実現できるのではないかと考えられる。

6. まとめ

大規模なワーカーへのWeb調査データを用いて、オフィスデザインの選好に着目し、オフィスにおける環境要因が知的生産性に与える影響に違いがあるかを検討した。

(1) 共分散構造分析で環境・知的生産性モデルを作成し、環境要因が知的生産性関連行動やストレス・モチベーションを介し、知的生産性に影響することを確認した。特に『リラックス・リフレッシュ』から『ストレス』へのパスは大きい。『リラックス・リフレッシュ』に刺さる環境要素の中で影響が大きい『空間環境満足』と『自然環境満足』はストレス軽減に有効であることが示唆される。

(2) デザイン選好別の分析で、4タイプに共通するのは、知的生産性に対して『空間環境満足』は高度の影響、『自然環境満足』は中度的の影響を与えることである。一方、パラメータの一対比較からタイプ間でモデルの異質性が認められた。つまり、オフィス空間に対するデザイン選好の違いによって、環境要因からコミュニケーションやリラックスなど知的生産性関連活動のしやすさや、ストレスへの影響が異なること、さらに知的生産性に与える影響も異なることが確認でき、各タイプで影響の仕方には特徴があったと言える。各タイプのモデル内の代表的な特徴は次の通りである。

T4_1:『空間環境満足』『ICT等の環境満足』は『コミュニケーション』に、『自然環境満足』から『リラックス・リフレッシュ』を増やす方向に中度的影響がある。また、『音環境満足』は「作業集中」に高度の影響がある。このタイプの人は[G2 お堅い]オフィスのみを好む傾向であるが、個人作業を行いやすいブースで作業集中したいようである。つまり、空間環境要素満足とICT等の環境要素満足がコミュニケーションを向上させ、音環境満足が集中力に関連することが特徴的である。

T4_2:『空間環境満足』と『自然環境満足』は『リラックス・リフレッシュ』に、『空間環境満足』は『創造的活動』に高度の影響があった。このタイプの人は開放的、遊び心のあるオフィスを好む傾向があり、空間環境満足がリラックスと創造的活動に影響を与える効果が高いことが推測できる。また、『コミュニケーション』が『仕事負荷』『モチベーション』を増やす中度的影響も特徴である。

T4_3:『空間環境満足』が『リラックス・リフレッシュ』『創造的活動』『コミュニケーション』といった知的生産性関連行動のしやすさに、『音環境満足』が「作業集中」に、高度の影響を与えた。このタイプの人はお堅いと開放的なオフィスを好み、遊び心のあるオフィスを好まない傾向があり、お堅いと開放的なオフィス空間がリラックス、コミュニケーション、創造的活動に良い影響を与えて、反対に遊び心のあるデザインは悪い音環境のイメージと結び付けているのかもしれない。また、『コミュニケーション』が『モチベーション』に、『仕事負荷』が『知的生産性影響』に中度的影響を及ぼすことが特徴である。

T4_4: 環境要因の『自然環境満足』が『リラックス・リフレッシュ』『創造的活動』といった知的生産性関連行動のしやすさに高度に影響する。『創造的活動』が『空間環境満足』と『自然環境満足』から大きな影響を受けている。『リラックス・リフレッシュ』が『ストレス』を減らす方向、「モチベーション」を上げる方向に高度の影響があった。

以上の結果からタイプの特徴と、既報13で報告された写真のデザイン選好の特徴についての分析（本論文3.3節に示すオフィス写真に対するワーカーのデザイン選好タイプの特徴）を対応してみると、表7のようなことが推察される。

Table7 Comparison with characteristics of design preferences

	[T4_1]⇔[T4_3]	[T4_2]⇔[T4_4]
写真のデザイン選好の特徴	[G2 お堅い]好き、[G3 遊び心]嫌いは共通で、[G1 開放的]の好みに違いがある。	[G1 開放的]好き、[G3 遊び心]やや好きは共通で、[G2 お堅い・典型的]と[G2 お堅い・ブース]の好みに違いがある。
本論文の結果	T4_1の方が作業集中に関わる音環境を重視し、ブースを好んでいる。T4_3の方がコミュニケーションよりはリラックスと創造的活動などの知的活動に求めている。T4_4の方が自然行動にかかわる要素に敏感であることから、開放的な環境に対する選好に違いがあると推察される。	T4_2の方が空間環境満足がリラックスと創造的活動に高い影響を与えることから、開放的空間を好む理由はコミュニケーションよりはリラックスと創造的活動に求めている。T4_4の方が自然環境満足が大きく影響し、リラックス感であることから、開放的な環境に対する選好に違いがあると推察される。

(3) 知的生産性影響への総合効果の比較により、T4_3は「作業集中」と『創造的活動』が『自然環境満足』より高く知的生産性に影響を与え、他の3タイプでは『空間環境満足』『自然環境満足』『作業集中』『創造的活動』の順に影響があり、順位に違いが見られた。

以上よりワーカー全体で、環境要因から、知的生産性関連行動、ストレス・モチベーションを介し知的生産性に影響する構造があり、さらにオフィス空間に対する「デザイン選好」によって影響構造に違いがあることが示された。これにより多くの人が集まる空間で、各々が知的生産性を高める場所を提供するための、オフィス設計の基礎的な知見が得られた。

本調査の特性から、結果の読み取りに際して、留意すべき点を挙げておく。本調査は、単に提示写真を見た印象と好みを問うたもので、オフィスそのものに対する評価ではない。写真の撮り方でも空

間の評価は変わりうるため、実際のオフィスでの評価とは異なる可能性がある。写真を用いた限界として、温熱感覚や空気質、気流やドラフト感、自然の変化といったものは反映されていないと考えられる。環境側の評価がモデルには含まれており、空間に慣れている場合は場所選択に影響を与える可能性も大いにあるが、今回のタイプ分類には反映されていない可能性がある。今回は、知的生産性やオフィス環境を測る指標として自己評価を用いたが、デザイン選好タイプごとに最適なオフィス環境を提供すると、実際の知的生産性が向上するかという実証研究は今後の課題であると考えられる。また、現状の自身の仕事やオフィス体験に基づいた、現実的な回答が得られた反面、将来の仕事のスタイルが変化したら、といった未来的な希望などはあまり含まれなかったと考えられる。コロナ禍を経た現在、ワーカーのオフィスに対する価値観や、オフィスの在り方に対する意識が変わったことで、コロナ以前に実施した本調査の結果にも影響があった可能性はあるが、今後の課題としたい。

本論文はワーカーのオフィスデザインの選好を軸に分析を行ったが、その他の属性（例えば、性別、年齢、職種、性格など）も同様の考え方で、環境整備の効果の違いなどを知ることができると考えられる。ひとりひとりに合わせられるオフィス環境の実現のために、知見を重ねたい。

本研究は JST 未来社会創造事業：JPMJMI18D7 の支援を受けたものである。

注 1) Questionnaire items

I About your workplace/ あなたのオフィスの環境について			
Q15-1	Is there any window that makes the area around your workstation comfortable? 気持ちが良いと感じる窓はありますか	Q15-7	Do you think you can easily see other people in your office space? 人の様子（いるかいないか、何をやっているか、忙しそうかなど）がすぐわかるような空間だと思いますか
Q15-2	Do you care about voices, telephone sounds, OA equipment sounds, etc.? 自席にいて、話声・電話・OA 機器などの音が気になりますか	Q15-8	Do you care about your surroundings and people's line of sight when you are at your seat? 自席にいて、周りの様子や人の目が気になりますか
Q15-3	Do you get annoyed by noise from outside the office? オフィス外部の騒音などが気になりますか	Q19-1	Are you satisfied with the plants and green areas? 植栽などと触れ合いやすいですか
Q15-4	Do you think your personal space (such as the space around your seat) is sufficiently large and useful? 自席周りなど個人スペースが広く使いやすい空間だと思いますか	Q19-2	Are you satisfied with the paintings? 絵画などを気に入っていますか
Q15-5	Do you think there is plenty of storage space to organize your belongings? 収納スペースが充分あり、資料が整理しやすいと思いますか	Q19-3	Do you enjoy the view from the office? オフィスからの眺望を楽しんでいますか
Q15-6	Do you think that you can easily move around in your office space? スムーズに動き回れる空間だと思いますか	Q16-7	Are you satisfied with the overall air environment (air cleanliness, etc.) in the office? あなたは、総合的にはオフィスの空気環境（空気の綺麗さなど）に満足していますか
Q16-1	Are you satisfied with the size of the office? あなたは、オフィスの広さに満足していますか	Q16-8	Are you satisfied with the overall sound environment (quietness, etc.) in the office? あなたは、総合的にはオフィスの音環境（静けさなど）に満足していますか
Q16-2	Are you satisfied with the office layout? あなたは、オフィスのレイアウトに満足していますか	Q16-9	Are you satisfied with the office automation and information technology environment in the office? あなたは、総合的にはオフィスの OA・IT 環境に満足していますか
Q16-3	Are you satisfied with the office furniture? あなたは、オフィスの家具に満足していますか	Q16-10	Are you satisfied with the restroom environment in the office? あなたは、オフィスのトイレ環境に満足していますか
Q16-4	Are you satisfied with the overall space environment (size, furniture layout, etc.) in the office? あなたは、総合的にはオフィスの空間環境（広さや家具の配置など）に満足していますか	Q16-11	Are you satisfied with the maintenance and management in the office? あなたは、オフィスの維持管理に満足していますか
Q16-5	Are you satisfied with the overall lighting environment (brightness, etc.) in the office? あなたは、総合的にはオフィスの光環境（明るさなど）に満足していますか	Q16-12	Are you satisfied with the hygienic environment in the office? あなたは、オフィスの衛生に満足していますか
Q16-6	Are you satisfied with the overall thermal environment (hotness, coldness, etc.) in the office? あなたは、総合的にはオフィスの温熱環境（暑さ・寒さなど）に満足していますか	Q16-13	Are you satisfied with the other places in the office building? あなたは、オフィスのビル内他場所に満足していますか
II About the behavior related to intellectual productivity in your office/ あなたのオフィス環境における行動のしやすさについて			
Q18-1	Concentrating on task 作業への集中	Q18-8	Convergent thinking 収束的思考（ある情報をもとに、答えへたどりつく、まとめる）
Q18-2	Relaxing リラックス	Q18-9	Divergent thinking 拡散的思考（新しいアイデアを掘り生み出す）
Q18-3	Work communication フォーマルコミュニケーション（会議や打ち合わせなど）	Q18-10	Changing of pace / Feeling refreshed 気分転換・リフレッシュ
Q18-4	Teamwork チーム作業	Q18-11	Exercising at work 仕事中の運動（立って仕事をしたり、体を動かしたり）
Q18-5	Web conference web 会議	Q18-12	Eating and drinking at your seat 自席での飲食・間食
Q18-6	Non-work communication インフォーマルコミュニケーション（会議以外の会話など）	Q18-13	Taking a break 休憩をとる
Q18-7	Creative activity 創造的活動	—	—
III About your current job (Stress levels and Motivation)/ あなたの仕事について（ストレス・モチベーション）			
Q20-1	Do you think the workload is too much? 仕事の負担や量が多すぎだと思いますか	Q20-3	Do you experience stress related to work relationships? 仕事上の人間関係によるストレスがありますか
Q20-2	Do you feel that you are being asked to do a job that is beyond your abilities? 自分の能力以上の仕事を頼まれると感じますか	Q20-4	Do you usually feel more stress? 日頃よりストレスを感じやすいですか
		Q20-5	Do you feel motivated in your current job? 今の仕事に対して、意欲を感じますか
IV The impact of your office environment on intellectual productivity / あなたのオフィス環境が及ぼす自身の知的生産性影響について			
Q21	How does your office environment affect your intellectual productivity? あなたのオフィス環境は、自分の知的生産性にどのような影響を与えていますか		1. Reduces it substantially, 2. Reduces it to some extent, 3. Neither decreases nor increases it, 4. Increases it to some extent, 5. Increases it substantially 1. 低下させている 2. やや低下させている 3. どちらともいえない 4. やや高めている 5. 高めている

注

注 1) アンケート項目

注 2) 文献 13) で、オフィスの好みを 20 枚のオフィスの写真に対する好み方の類似性により、タイプに分けられることを示した。本報告で用いた写真 20 枚は、文献 13) でその特徴の詳細を記している。

注 3) 心理調査における写真提示実験で用いられる刺激写真は、広く公開されることによる慣れが生じることの危険があるため、公開不可としている。本論文に掲載した写真は実際に使用した 20 枚ではなく、特性を表す類似の印象を持つ画像とした。

注 4) 統計分析ツールには SPSS Statistics 26 for Windows および Amos 26 を用いた。アンケート設問は満足度などを 5 件法で聞いたが「その設備はオフィスにない/それをしていない」といった選択肢を含めたとき、本モデルでは「欠損値」と捉えられる。Q18-5（web 会議のしやすさ）では「6. それはしない」が 30% 以上であったため、モデルの項目に採用しなかった。それ以外の Q18 の設問では「6. それはしない」の回答人数は少なく「3. どちらとも言えない」に置き換えた。また、Q19（植栽・絵画・眺望）は「6. その設備はオフィスにない/それをしていない」の回答数が多かったため、欠損値は SPSS にて EM 補完を行なった。なお設問ごとのデータの分布も確かめ、正規分布を仮定している本分析手法に適さないものはないことを確認した。

注 5) α 係数は、測定の安定性を表す信頼性の推定値であり、0～1 の値をとる。1 に近いほど信頼性が高く、0.5 以上で信頼性が高いとされる。

注 6) 本研究では知的生産性を測る指標として、文献 14) をはじめとして一般的に用いられる回答者による知的生産性に関する自己評価としている。知的生産性そのものを実験等で計測したものではない。

注 7) 共分散構造モデル作成の過程では、本文 4.1 節および注 4) で示す方法で欠損値を補完したデータを用いてモデルの構成を決めた。最終モデルを作成するには欠損値を空欄データとしてモデルを回した。モデル図や表中

のパス係数等の結果を考察・解釈には、欠損値を補完していないデータに基づいている。

注 8) CFI (Comparative Fit Index) は 0~1 の間の値をとり、1 に近いほど適合が良いと判断できる。概ね 0.9 以上で適合度が良いとされる。

IFI (Bollen's Incremental Fit Index) は 0~1 の間の値をとり、1 に近いほど適合が良いと判断できる。概ね 0.9 以上で適合度が良いとされる。

RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) は 0 以上の値をとり、0 に近いほど適合が良いと判断できる。0.05 以下で適合度が良いとされ、0.1 以上で適合度が悪いと判断される。

注 9) 文献 15) を参考に、「等値制約には、目的によって制約の課し方が異なる 2 通りの方法がある。①すべての母数が母集団間で異なるという最も弱い条件の制約から、すべての母数が母集団間で等しいという最も強い条件の制約までを順次加えて検討していく方法である。②差を比較したい部分以外の母数が等値であるという制約を加えることで、母集団間の比較を行う方法である。」本研究では後者の方法を選択し、測定モデルのウェイト制約 (measurement weights) を行った。本研究では、観測変数である「作業集中」「モチベーション」「知的生産性影響」に刺さるパス係数をタイプ別に比較するため、モデルには測定モデルのウェイト制約を置いた上で (AMOS の自動制約)、手動で観測変数の「作業集中」「モチベーション」「知的生産性影響」に刺さるパスの制約を解除した。

注 10) 総合効果とは、2 つの変数間の関係性を表す直接効果と、複数の要因を経由するパス係数の積で表される間接効果との和である。総合効果の計算には有意でなかったパス (n.s.) による経路を含めないこととする。

注 11) 本論文では共分散構造モデルにおけるパス係数 (標準化) の数値 (0~1) の判断として相対的に、0.30 以上の高度の影響があるパスを太線、0.10~0.30 の中度の影響があるパスを標準線、0.10 以下の低度の影響があるパスを細線、有意でないパス (n.s.) を破線で示した。

注 12) 分析結果が「統計的に有意」になりやすいのは、主に次の 3 つのケースと言われる。①平均値の差が大きい。②ばらつきが小さい。③データ数が大きい。

参考文献

- 1) WHITE PAPER 2014 Information and Communication by the Ministry of Internal Affairs and Communications in Japan (accessed 2020.2.25) 総務省, 平成 26 年版情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/html/nc141210.html> (参照 2020.2.25)
- 2) Japan Productivity Center International Comparison of Labor Productivity 2018 by the Public Interest Incorporated Foundation (accessed 2020.2.25) 公益財団法人, 日本生産性本部労働生産性の国際比較 2018, <https://www.jpc-net.jp/research/list/comparison.html> (参照 2020.2.25)
- 3) Survey of the Telework Population in Fiscal 2017 by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport in Japan (accessed 2020.2.25) 国土交通省, 平成 29 年度テレワーク人口実態調査, http://www.mlit.go.jp/crd/daisei/telework/docs/29telework_jinko_jittai_gaiyo.pdf (参照 2020.2.25)
- 4) Telecommunications Usage Survey 2018 by the Ministry of Internal Affairs and Communications in Japan (accessed 2020.2.25) 総務省, 平成 30 年通信利用動向調査, http://www.mlit.go.jp/crd/daisei/telework/docs/29telework_jinko_jittai_gaiyo.pdf (参照 2020.2.25)
- 5) Munakata J., Kawase T., Bogaki K.: Research Project on Workplace Productivity No.4: Development of Evaluation System of Workplace Productivity: SAP, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-I, pp. 31-32, 2010.7 (in Japanese) 宗方淳, 川瀬貴晴, 坊垣和明: 知的生産性に関する研究その 4: 知的生産性測定システム SAP の開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学-I, pp. 31-32, 2010.7
- 6) Kojima T., Itami H.: A Study on Contribution of Office Environment to Acquiring and Utilizing Human Resources: Part2 Causality model of workplace productivity containing workers' stress and motivation, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-I, pp. 125-126, 2013.7 (in Japanese) 小島隆矢, 伊丹弘美: 人材の確保・活用におけるオフィス環境の寄与に関する研究: その 2 職務ストレス・モチベーションに着目した知的生産性評価モデル, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学-I, pp.125-126, 2013.7
- 7) Munakata J., Kawase T., Kojima T., Sakuma T., Takahashi M., Hashimoto S., Harada M., Yoshii T.: Development of A Comprehensive Assessment System of Office Workers' Productivity in an Office Building, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.21, No.49, 1087-1092, 2015.10(in Japanese)

宗方淳, 川瀬貴晴, 小島隆矢, 佐久間哲哉, 高橋正樹, 橋本哲, 吉井隆, 原田昌幸: オフィスビル全体を対象とした執務者による知的生産性評価システムの開発, 日本建築学会技術報告集, 第 21 巻, 第 49 号, pp.1087-1092, 2015.10

8) Munakata J., Kojima T., Hayashi T., Sakuma T., Nishihara N., Maruyama G.: Development of Questionnaire and Trial Survey: A Study on Subjective Assessment System on Office Workers' Health Part 1, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-I, pp. 39-42, 2018.7 (in Japanese)

宗方淳, 小島隆矢, 佐久間哲哉, 西原直枝, 林立也, 丸山玄: 主観的健康評価方法の開発と試行調査—オフィス執務者の主観的健康評価方法に関する研究その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学-I, pp. 39-42, 2018.7

9) Kojima T., Munakata J., Hayashi T., Sakuma T., Nishihara N., Maruyama G.: Multilevel Modeling for Workplace Productivity and Workers' Stress: A Study on Subjective Assessment System on Office Workers' Health Part 2, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-I, pp. 35-38, 2018.7 (in Japanese)

小島隆矢, 宗方淳, 佐久間哲哉, 西原直枝, 林立也, 丸山玄: 職務ストレスと知的生産性に関するマルチレベルモデリング—オフィス執務者の主観的健康評価方法に関する研究その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学-I, pp. 35-38, 2018.7

10) Kuzuu E., Tanabe S., Taguchi H., Abe M. et al.: Planning, Operation and Evaluation of Research Facilities Aiming at both High Level Productivity and Environment Efficiency (Part 3) Indoor Environmental Quality and Productivity of Workplace and Public Space, Transactions of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 2013.8(0), pp. 17-20, 2013.9 (in Japanese)

葛生恵理子, 田辺新一, 田口博晃, 阿部光伸ほか: 高い知的創造と環境性能の両立をめざした研究施設の計画・運用・評価 (第 3 報) 執務室と交流空間の室内環境評価および知的生産性評価, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 第 8 巻, pp. 17-20, 2013.9

11) Kuzuu E., Tanabe S., Abe M., Oshikubo M. et al.: Operational Evaluation of a Laboratory Building to Enlighten Knowledge Productivity: (Part 5) Workers' Productivity Affected by Public Space for Refreshment and Communication, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-II, pp. 1175-1176, 2013.7 (in Japanese)

葛生恵理子, 田辺新一, 阿部光伸, 押久保正則ほか: 知的創造活動を促進する建築物の運用評価: (第 5 報) 交流空間に関する知的生産性の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学-II, pp. 1175-1176, 2013.7

12) Hasegawa S., Shimomura T.: Studies on the psychological and physiological benefits of indoor plants: The present condition and future tasks, Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology, 39(4), pp.552-560, 2014.1(in Japanese)

長谷川祥子, 下村孝: 室内の植物が人間の心身に及ぼす影響に関わる研究の現状と今後の課題, 日本緑化工学会誌, 39(4), pp.552-560, 2014.1

13) Wang Z., Sukeda H., Liu Z., Nagasawa N., Satoh T., Kojima T., Tanabe S.: An Evaluation of Intellectual Productivity Based on Worker Attributes: Classification of workers by office design preference, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 85, No. 771, pp. 311-319, 2020.5 (in Japanese)

王紫葉, 助田ひなの, 劉子劼, 長澤夏子, 佐藤泰, 小島隆矢, 田辺新一: ワーカー属性によるオフィスの知的生産性評価に関する研究 オフィスデザイン選好の違いによるワーカータイプの分類, 日本建築学会環境系論文集, 第 85 巻, 第 771 号, pp. 311-319, 2020.5

14) Japan Sustainable Building Consortium, SAP-Subjective Assessment of workplace Productivity (accessed 2020.2.25)

日本サステナブル建築協会, オフィスの知的生産性に関する調査, <http://www.jsbc.or.jp/sap/notes.html> (参照 2020.2.25)

15) Kudo M., Nozu Y., Kataoka C., Nakayama N., Kubo M.: Studies on the psychological and physiological benefits of indoor plants: The present condition and future tasks, Japanese journal of school health, 60(2), pp.91-101, 2018.3 (in Japanese)

工藤晶子, 野津有司, 片岡千恵, 中山直子, 久保元芳: 中学生のストレスマネジメントの自己効力感に関わる構造モデル: 変容ステージ別の多母集団同時分析-学校保健研究, 第 60 巻, 第 2 号, pp.91-101, 2018.3

DIFFERENCES IN THE STRUCTURE OF THE INFLUENCE OF OFFICE DESIGN PREFERENCES ON INTELLECTUAL PRODUCTIVITY

Analysis of the relationship between environmental factors and intellectual productivity using structural equation modeling

*Ziye WANG^{*1}, Ziqing LIU^{*2}, Hinano SUKEDA^{*3},
Natsuko NAGASAWA^{*4}, Tai SATOH^{*5}, Takaya KOJIMA^{*6} and Shin-ichi TANABE^{*7}*

^{*1} Research Fellow, Ochanomizu University, Ph.D.Eng.

^{*2} Former Grad. Student, Ochanomizu University

^{*3} Former Undergrad. Student, Dept. of Human - Environmental Sciences, Ochanomizu Univ.

^{*4} Assoc. Prof., Ochanomizu University / Tohoku University, Dr.Eng.

^{*5} Lect., Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City Univ., Dr. of Human Sciences

^{*6} Prof., Faculty of Human Sciences, Waseda University, Dr.Eng.

^{*7} Prof., Dept. of Architecture, School of Creative Science and Engineering, Waseda Univ., Dr.Eng.

In pursuit of a sustainable society, office buildings need to be designed to not only improve environmental performance, like in energy efficient buildings, but also the health and intellectual productivity of employees. Further, to make up for the shrinking labor force caused by the decline in birth rate and the aging society, and the limited working hours caused by work-style reforms, it is necessary to improve the quality of individual productivity. Designing offices considering employees' design preferences could enhance individual productivity. Therefore, the present study conducted a quantitative comparison of an environment's efficiency determinants and examined their influence on productivity across distinct design preferences. This was done to ascertain which office environmental factors and functions are most suitable according to office workers' design preference types (Fig.1 and 2).

Accordingly, 2,684 individuals completed the survey in March 2019 (Table 1). Questionnaire items evaluated their satisfaction with the current office environment a 5-point scale (Table 2 and 3). Data were used to develop the "environment-intellectual productivity" model using structural equation modeling (Fig.3 and Table 4). Furthermore, a multi-group analysis was performed to compare different preference types and quantify their effects on each path coefficient. To compare path coefficients, factor loadings were constrained to be equal across design preference types, except for paths pointing to the observable variables of "concentration," "motivation," and "intellectual productivity." Additionally, critical ratios for differences were used to compare path coefficients across groups (Table 5 and 6).

The environment-intelligent productivity model developed from the covariance structural analysis revealed that environmental factors influenced intellectual productivity through "behaviors related to intellectual productivity" and "stress and motivation" (Fig.3). Models on design preference types indicated that distinctive office design preferences led to varying degrees of influence of environmental factors on relaxation and communication. Further, significance tests of difference revealed that, in turn, this affected the level of difficulty experienced in addressing work pressures. Ultimately, these environmental determinants influenced intellectual productivity to varying degrees (Fig.4). The usual features that characterized each type of model were as follows: With reference to preference characteristics obtained from Type 1 and Type 3 office photos¹³⁾, the common characteristic was that participants preferred "G2 Conservative" and do not prefer "G3 Playful", while their preference for "G1 Open and Spacious" differed. These findings suggested that Type 1 individuals may be more sensitive to factors related to concentration, while Type 3 individuals may be more sensitive to those related to creative activities. These differences explain their differing preferences for an open environment. As for Type 2 and Type 4 participants, both commonly preferred G1 and G3, while their preferences for "G2 Conservative-typical" and "G2 Conservative-booth" differed¹³⁾. These findings suggested that Type 2 individuals tended to prefer an office space that was relaxing and inspiring, while Type 4 individuals tended to prefer an environment that reduces pressure and helps them achieve peace of mind. This explains why these two types of office workers had different preferences for booth-type offices.

Our proposed approach would enable us to design personalized office environments that incorporate individual preferences. It aims to increase employees' satisfaction with their office environment, and in turn optimize the individual strengths and maintain intellectual integration among employees.

(2020年9月10日原稿受理, 2021年2月18日採用決定)