人と組織の指標を用いたオフィス空間の数理的評価手法の開発

オフィスに人が集うことの再考に向けて

林 祐光＊1・大佛 俊泰＊2

Keywords : Isovist, privacy, proximity, group cohesion, clan culture, job satisfaction
アイソビスト，プライバシー，近接性，集団凝集性，家族文化，職務満足度

1. はじめに

COVID-19 のパンデミックを契機として様々な国や業種においてリモートワークやオンライン会議が急速に普及したが，近年ではオフィス出勤が大幅に回復しており，オフィスワークとリモートワークを組み合わせるハイブリッドワークが定着しつつある [1]。ワーカーがオフィスに出勤する必要性を感じる理由として，チームとの協力や生産性の向上が報告されているが [1]，その効果について十分な根拠に基づいた説明はされていない。経営者の立場からは実空間としてのオフィスの存在意義について改めて議論される中で，オフィスをどのように位置付けて，どのような空間にしていくかが重要な課題となっている [2]。設計者の立場からはオフィス空間における従業員の生産性やコミュニケーション，満足度を高めたい，といった顧客要望が依然多い中で，それらの問題解決の確実性や円滑な意思決定に繋がる設計の裏付けを求められる状況にある。

これらの課題に対応するために，本研究ではオフィス空間と人および組織の関係を明らかにし，レイアウトの評価・最適化理論を構築することを目的に，主にワーカーが活動のベースとなる固定席を持つオフィス空間を対象として，以下の手順で研究を進めた。

(1) ワーカーの座席環境に関わる評価が，職場・組織に関わる評価および自席における職務の推進に関わる評価，職務満足度へどのような影響を及ぼしているのかを明らかにする。

(2) ワーカーの座席環境に関わる評価と，実際に利用している座席の物理的特性との関係を明らかにする。

(3) 職務満足度等の各指標の向上を目的としたレイアウトの評価および最適化理論の構築を行う。

上記(1)について，筆者らは質問紙調査を実施し，ワーカーの自席に対するプライバシー性および近接性の認識が，職場の集団凝集性や家族文化，自席における生産性の認識，自席に対する満足度，さらにはそれらを媒介して職務満足度に影響することを示した [3]。さらに(2)に関連して，Benedict[4]が「ユークリッド空間内の視点 x から見ることのできる領域 D 内の全ての点の集合」として定義し（図-1），Turner ら [5]がグラフ表現等に拡張し，空間認識と密接に関連することを示した空間の定量化手法である Isovist を利用することで，ワーカーが利用している座席の物理的特性と質問紙調査を用いて測定されたプライバシー性や近接性といったワーカーの座席環境に関わる評価との関係を明らかにした [6]。

本稿では(3)に関連して，上記の検証結果に基づいたオフィスレイアウトの評価手法を開発し，テストケースとして現実のオフィス空間を対象に評価手法を適用した結果を報告する。

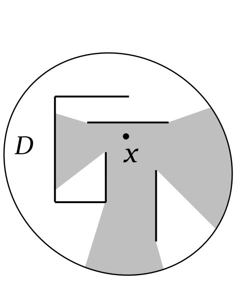


図-1 Benedict による Isovist の定義
Fig.1 Definition of Isovist by Benedict

＊1 技術センター 都市基盤技術研究部 空間研究室
＊2 東京科学大学

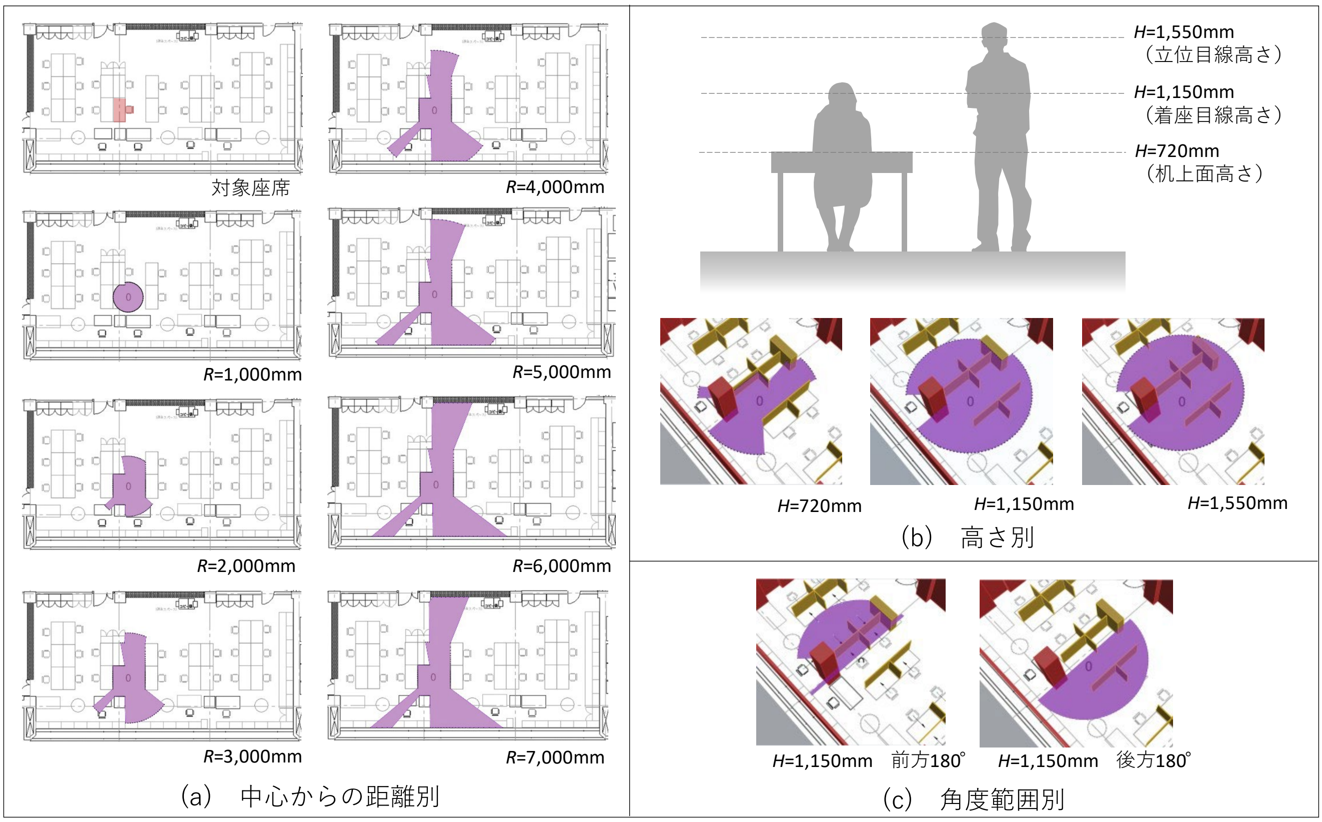
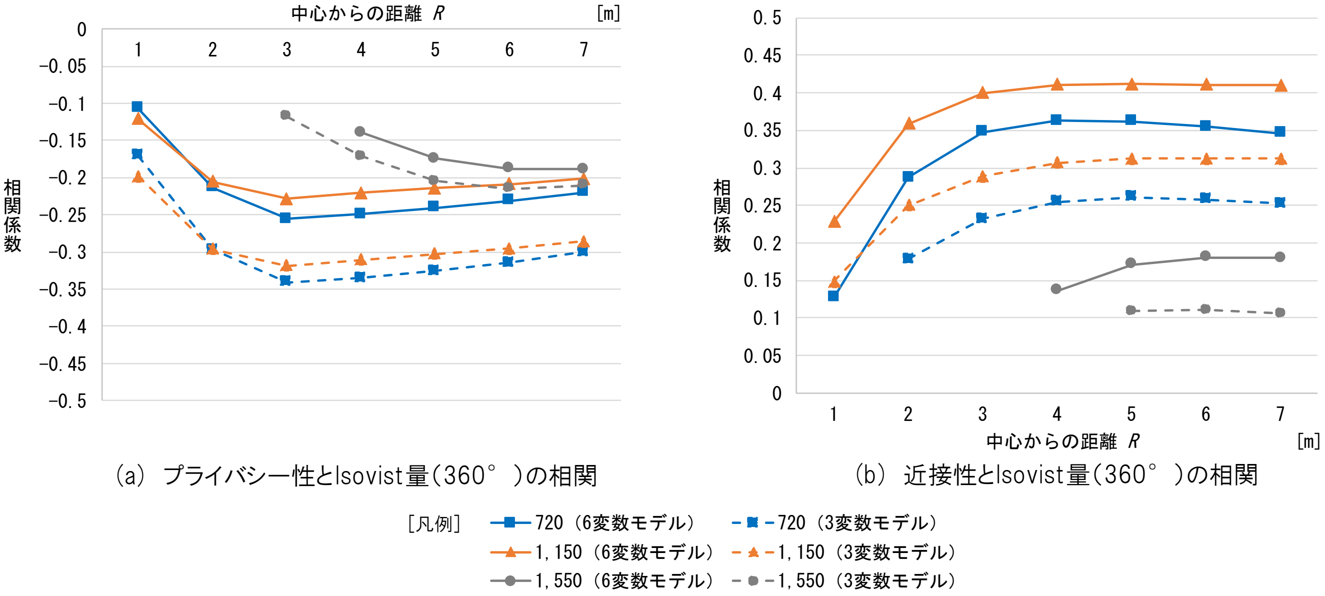


図-2 Isovist の図示例

Fig. 2 Illustrative examples of Isovist



【注】実線と点線は因子得点に利用された質問項目の数の違いを示しており，本論では3変数モデルを利用している。

図-3 プライバシー性・近接性と Isovist 量（360° ）の相関

Fig.3 Correlation between privacy/proximity and Isovist quantity (360°)

2. 評価関数の定式化

本章では前述した筆者らによる既往研究の結果を参照しながら，オフィス空間のデスクやパーティションのレイアウトに関する評価関数を定式化する。

座席数nのオフィスにおいて，デスクの形状・位置種別の集合をX，パーティション高さ種別の集合をY，座席iのデスクの形状・位置種別を$x_i \in X$，パーティション高さ種別を$y_i \in Y$とし，デスクレイアウトの状態φを以下であらわす。

$$\varphi = \{(x_i, y_i)|i = 1 \dots n\} \quad (1)$$

筆者らは当社の自席を持つワーカー430名に対する質問紙調査を行い，ワーカーが利用している座席に対して認識しているプライバシー性[注 1)]および同僚や上司に対する近接性[注 2)]の因子得点[注 3)]と，座席周辺の Isovist の面積（以下 Isovist 量とする）の関係を明らかにした [6)]。ここではIsovistを円に近似する2Dの形状とし，中心からの距離をR，計測する高さをHとしている。図-2 に示すようにRを 1,000mm 刻みで 1,000mm~7,000mm の 7 種類，高さHを 720mm・1,150mm・1,550mm の 3 種類，角度範囲を 360°・前方 180°・後方 180°の 3 種類で検証したところ，いくつかの領域で有意に相関することが示された（図-3）。特にプライバシー性は Isovist 量と負の相関，近接性はIsovist量と正の相関があり，Isovist量という観点からはプライバシー性と近接性はトレードオフの関係であることが見て取れる。ここからプライバシー性，近接性と複数の Isovist に関連する変数の間に線形の関係を仮定すると，対象オフィスにおける一席当たりのプライバシー性及び近接性の平均値をそれぞれ以下の式であらわすことができる。なお，オフィス内に存在するキャビネット等のデスク以外のオブジェクトの状態をωとする。

$$Privacy(\varphi, \omega) = \frac{1}{n}\sum_i \left(\sum_{k=1}^{u} a_k S_{ik}(\varphi, \omega) + c\right) \quad (2)$$

$$Proximity(\varphi, \omega) = \frac{1}{n}\sum_i \left(\sum_{l=1}^{v} b_l T_{il}(\varphi, \omega) + d\right) \quad (3)$$

ここで$S_{ik}(\varphi, \omega)$は座席iにおけるプライバシー性に関するk番目のIsovistに関連する変数，$T_{il}(\varphi, \omega)$は座席iにおける近接性に関するl番目の Isovist に関連する変数を示し，それぞれφおよびωによって決定する。uおよびvは組織特性に応じて設定される高さ別や角度範囲別あるいはそれらの合成変数等，Isovist に関連する複数の変数の個数を示している。座席iにおけるプライバシー性，近接性の予測式においてa_k，b_lは Isovist に関連する変数の係数，c，dは切片である。

筆者らの別の調査 [3)]では，構造方程式モデリングによりプライバシー性および近接性が人や組織に関わる変数（職務満足度，集団凝集性・家族文化[注 4)]，自席における生産性，自席に対する満足度）へ正に影響することが示された（図-4）。すなわち，それらの変数にとってはプライバシー性および近接性のそれぞれが高ければ高いほどよいが，前述したように Isovist 量の観点からはトレードオフの関係にある。そこでプライバシー性および近接性を重みづけで調整するために，式(2),

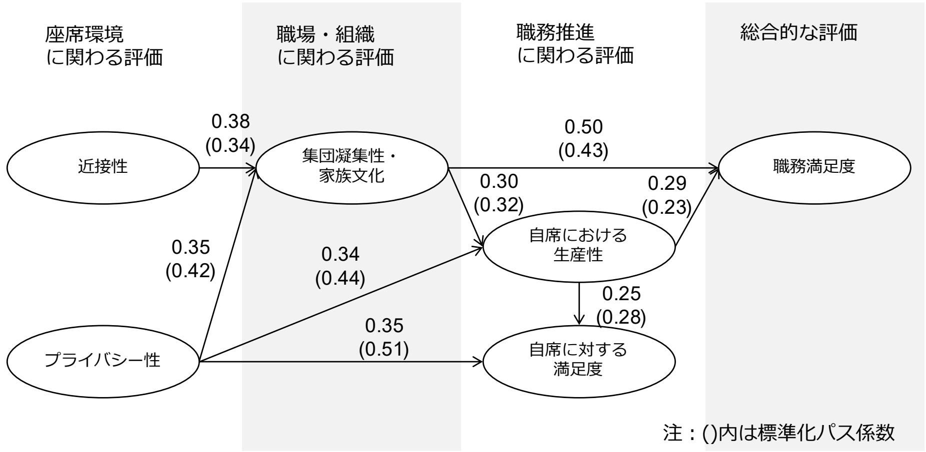


図-4 構造方程式モデリングの結果（N=410）

Fig.4 Structural Equation Modeling results (N=410)

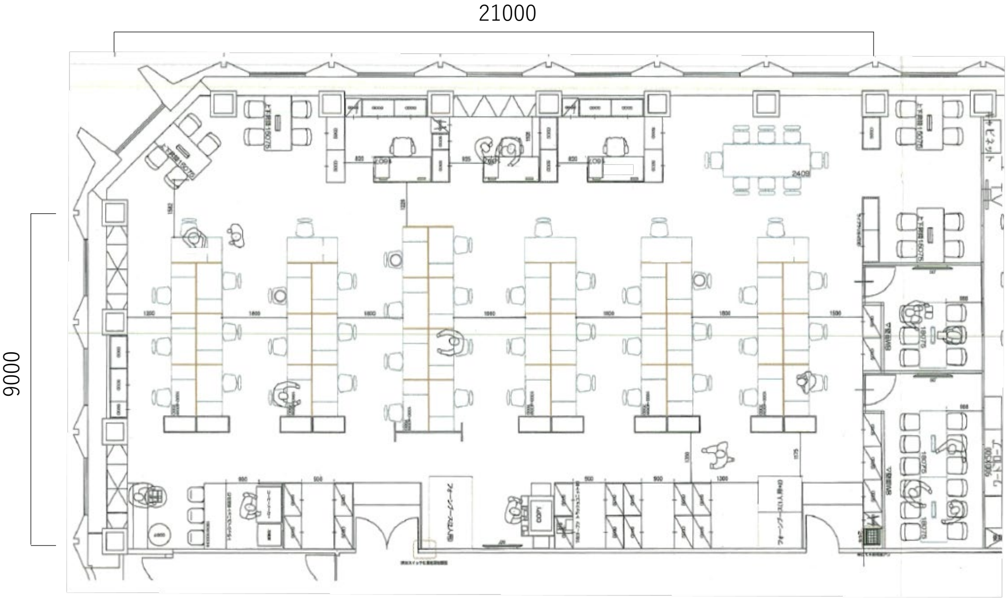
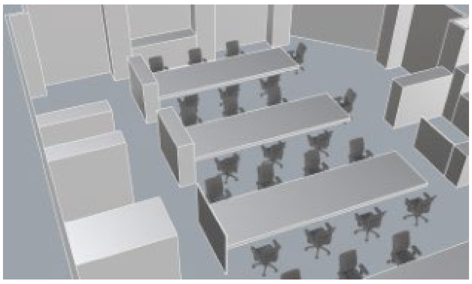
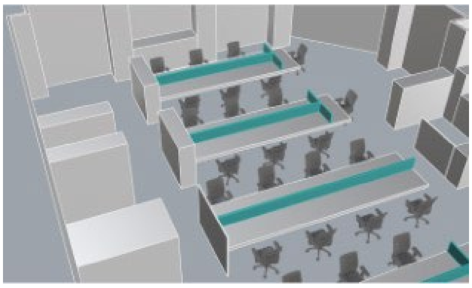


図-5　対象オフィスの平面図

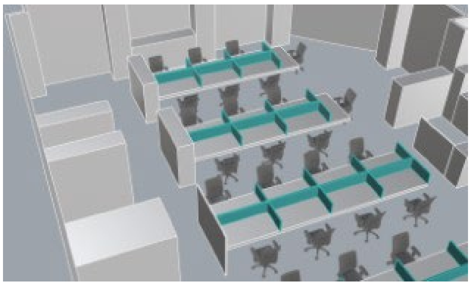
Fig.5　Floor plan of the office to be verified



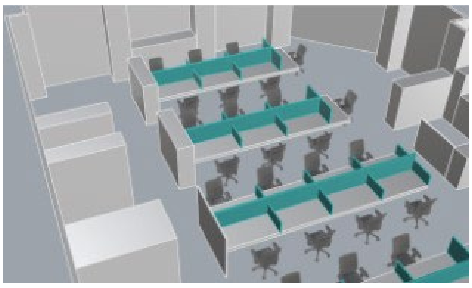
(a) パターン１　前面：なし　側面：なし



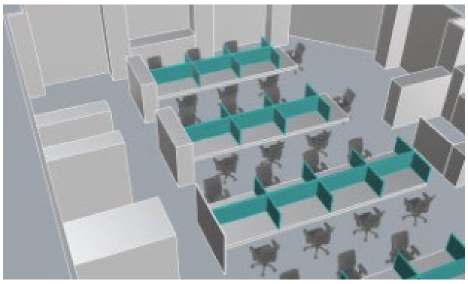
(b) パターン２　前面：1,050mm　側面：なし



(c) パターン３　前面：1,050mm　側面：1,050mm



(d) パターン４　前面：1,250mm　側面：1,050mm



(e) パターン５　前面：1,250mm　側面：1,250mm

図-6　パーティション高さのパターン

Fig.6　Partition Height Patterns

式(3)を利用してレイアウトの評価関数Fを以下のように表す。

$$F = \alpha \cdot Privacy(\varphi, \omega) + \beta \cdot Proximity(\varphi, \omega) \tag{4}$$

αおよびβは対象となる組織におけるプライバシー性および近接性の効果量を示す定数となり，評価を行いたい目的によって設定する。この評価関数によって，複数のレイアウトを人と組織に関連する指標をもとに比較検討することが可能となる。

3. テストケースによる検証

3.1 検証方法

当社が利用するオフィスを対象に検証を行う。対象となるオフィスは，ひな壇席の管理職を除く 43 名の座席で構成されており，島型対向式レイアウトでデスクが配置されている（図-5)。ここではデスクのレイアウトを固定し，パーティションの高さのみ変化させることで，各指標がどの程度変化するのかを検討する。

パーティションの高さは着座する方向を基準に前面と側面を区別することとし，3 種類の高さ（パーティションを設置しない・1,050mm（手元高さを隠す）・1,250mm（着座時目線高さを隠す））を組み合わせることで 5 パターンのレイアウトを 3D モデルで作成する（図-6)。これらのレイアウトに対して，前章で立式した Isovist を用いた評価手法を適用することで，それぞれの目的変数の予測値を算出する。

3.2 定数の設定

Isovist 量とプライバシー性の因子得点・近接性の因子得点が相関していることから，これらの関係性を利用して重回帰分析によりプライバシー性と近接性の推定式を求める。本稿では当社の調査データを用いて，各高さにおいて360° 範囲で最も相関の高い領域（中心からの距離R）の Isovist 量を利用し，ステップワイズ法で変数選択を行う。なお，分析に当たっては後述するα, βの算出方法との整合をとるために，プライバシー性と近接性の因子得点の算出に際しそれぞれ 3 つの質問項目を利用する 3 変数モデルかつ標準化されていない値を用いた。重回帰分析に先立って，相関の高い変数同士の合成変数を作成する。プライバシー性，近接性ともに相関係数が 0.7 を超える 720mm 高さと 1,150mm 高さの Isovist 面積の 2 変数について，尺度を揃えるために標準化を行った上で平均値を算出し合成変数を作成した。合成変数はそれぞれ以下であらわされる。

$$C_{\mathrm{prv}}^{i} = \frac{1}{2}\left(\frac{I_{720,3000}^{i} - 12.470}{5.721} + \frac{I_{1150,3000}^{i} - 15.502}{8.339}\right) \tag{5}$$

$$C_{\mathrm{prx}}^{i} = \frac{1}{2}\left(\frac{I_{720,5000}^{i} - 20.706}{16.322} + \frac{I_{1150,6000}^{i} - 37.674}{33.961}\right) \tag{6}$$

ここでC_{prv}^{i}は座席iにおけるプライバシー性に関連する Isovist 量の合成変数，C_{prx}^{i}は座席iにおける近接性に関連する Isovist 量の合成変数である。また座席iにおける Isovist 量について，例えば 720mm 高さ，中心からの距離 3,000mm を$I_{720,3000}^{i}$と表している。これらの合成変数と 1,550mm 高さの Isovist 量の二つの変数を利用してステップワイズ法で重回帰分析を行った結果，以下の推定式を得ることができた。

$$E_{\mathrm{prv}}^{i} = -0.323\, C_{\mathrm{prv}}^{i} + 2.735 \tag{7}$$

$$E_{\mathrm{prx}}^{i} = 0.282\, C_{\mathrm{prx}}^{i} + 2.999 \tag{8}$$

ここでE_{prv}^{i}は座席iのプライバシー性，E_{prx}^{i}は座席iの近接性を示している。ステップワイズ法による変数選択の結果，1,550mm 高さの Isovist 量は説明変数として選択されなかったため単回帰式となった。これらをそれぞれ式 (2) の $\sum_{k=1}^{u} a_k S_{ik}(\varphi, \omega) + c$ ，式 (3) の $\sum_{l=1}^{v} b_l T_{il}(\varphi, \omega) + d$の部分に代入することで目的関数の値を得る。

式(4)におけるα，βは，図-4 に示した構造方程式モデリングによって導出された各目的に対するプライバシー性・近接性の効果量を利用する。本稿ではプライバシー性および近接性を非標準化因子得点であらわすため，α，βは非標準化パス係数を利用した総合効果とする。α，βはそれぞれ評価項目によって表-1 のように定められる。

表-1 目的変数に対する座席環境の効果

Table 1 Effects of the seating environment on each objective

目的	座席環境	総合効果
職務満足度	プライバシー性	0.302（α）
	近接性	0.223（β）
集団凝集性・家族文化	プライバシー性	0.351（α）
	近接性	0.383（β）
自席における生産性	プライバシー性	0.443（α）
	近接性	0.113（β）
自席に対する満足度	プライバシー性	0.460（α）
	近接性	0.028（β）

表-2　各レイアウトパターンの指標の値

Table 2　Value of indicators for each layout pattern

レイアウト	プライバシー性	近接性	職務満足度	集団凝集性・家族文化	自席における生産性	自席に対する満足度
パターン１	2.198	3.495	1.443	2.110	1.369	1.109
パターン２	2.452 (+11.6%)	3.219 (-7.9%)	1.459 (+1.1%)	2.094 (-0.8%)	1.450 (+6.0%)	1.218 (+9.9%)
パターン３	2.495 (+13.5%)	3.200 (-8.4%)	1.467 (+1.7%)	2.101 (-0.4%)	1.467 (+7.2%)	1.237 (+11.6%)
パターン４	2.670 (+21.5%)	3.006 (-14.0%)	1.477 (+2.3%)	2.088 (-1.0%)	1.522 (+11.2%)	1.312 (+18.3%)
パターン５	2.699 (+22.8%)	2.994 (-14.3%)	1.483 (+2.8%)	2.094 (-0.7%)	1.534 (+12.1%)	1.326 (+19.5%)

【注】括弧内はレイアウトのパターン１に対する増減をあらわしている。

3.3　検証結果・考察

検証結果を表-2 に示す。パターン１からパターン５へとパーティションが高くなるにしたがって，プライバシー性は22.8%増加，自席における生産性は12.1%増加，自席に対する満足度は 19.5%増加する一方で，職務満足度は 2.8%の増加幅にとどまること，近接性は14.3%減少する一方で集団凝集性・家族文化は最大で1.0%の減少幅にとどまることが分かった。固定したデスクのレイアウトに依存する可能性があるものの，パーティションの高さによってプライバシー性や近接性，自席における生産性，自席に対する満足度は大きく変化する一方，職務満足度や集団凝集性・家族文化へは大きく影響しないことが示された。

プライバシー性や近接性といった，オフィス空間によって制御される人と人との相互作用から生じる関係性が人や組織に関わる指標に影響することは，オフィス空間の存在意義やオフィスに人が集うことの意味につながるものである。本稿の検証結果はオフィス空間をそれらの指標に基づいて設計することで，その効果を高めることができる可能性を示している。

4.　まとめ

本稿では，座席の物理的特性である Isovist の面積と座席を利用するワーカーが認識するプライバシー性や近接性，さらには職務満足度等との関係性を利用したオフィス空間の数理的評価手法を開発し，テストケースによる検証を行った。その結果，複数の異なるレイアウトを人や組織の指標に基づいて定量的に比較検討することが可能であることが分かった。

今後は様々なデスクのレイアウトにおける評価およびデスクやパーティションの配置に関わる最適化手法の構築を行う予定である。

注

注1) プライバシー性は聴覚的（能動及び受動）なプライバシーと視覚的なプライバシー，物理的な分離（仕切り）の認識に関わる質問を設定し，「自席では周囲の視線を感じることがしばしばある」「自席では周囲の音で職務に集中できないことがよくある」等の質問で構成される。

注2) 近接性は同僚や上司に対する可視性と距離の近さの認識に関わる質問を設定し，「自席から職場の同僚の様子がよく見える」「自席からすぐに職場の同僚に声をかけに行ける」等の質問で構成される。

注3) 全ての回答の選択肢を「1:全く当てはまらない」から「7:非常によく当てはまる」の７件法のリッカート尺度とし，プライバシー性に関わる質問項目は評価点を反転させたうえで因子分析を行った。

注4) 集団凝集性とは組織の一体感や結束の強さを，家族文化とは組織の親密性を表す概念である。本論では因子分析の結果，近しい概念としてまとめて扱っている。

参考文献

1) McKinsey Global Institute: Empty spaces and hybrid places, 2023. (https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/empty-spaces-and-hybrid-places) (2024 年 6 月 16 日参照)
2) McKinsey Global Institute: Reimagining the office and work life after COVID-19, 2020. (https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/reimagining-the-office-and-work-life-after-covid-19) (2024 年 6 月 1 日参照)
3) 林 祐光，大佛 俊泰：人と組織の指標を用いたオフィスの評価・最適化に関する研究（その 1）：構造方程式モデリングを用いた座席環境評価の組織・職務評価への影響分析，日本建築学会計画系論文集，88 (812)，pp. 2675-2681，2023.
4) Benedict, M. L.: To Take Hold of Space: Isovists and Isovists Fields, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.6, pp.47-65, 1979.
5) Turner, A., et al.: From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.28, pp.103-121, 2001.
6) 林 祐光，大佛 俊泰：人と組織の指標を用いたオフィスの評価・最適化に関する研究（その 2）：Isovist によるレイアウトの物理的特性と座席環境評価の関係分析，日本建築学会計画系論文集，89 (818)，pp. 638-646，2024.