

行動センシングデータを用いたクリエイティブオフィス最適化方法の提案 Knowledge Workplace Optimization using Human Behavior Indicators

辻 聡美[†]
Satomi Tsuji

佐藤 信夫[†]
Nobuo Sato

1. はじめに

働く環境としてのオフィスは、ワーカーの行動さらに組織の知識創造に影響を及ぼすことが知られている[1]。例えば、個人席のレイアウトや個人席と共有ゾーンとの関係が、作業への集中度やコミュニケーションの仕方、さらに情報共有度に大きく影響を与えていることが調査によって確認されている[1]。

グローバルに技術開発競争が熾烈化している現代において、企業は創造性と適応性を高めるためのマネジメントを必要としており、そこでその経営戦略の1つとして人の創造性を引き出すクリエイティブオフィスの設計が注目を集めているのである。従来のオフィスが分業の徹底による効率化を目的として設計されていることに対して、クリエイティブオフィスは、ナレッジワーカー同士のネットワークによる新しい価値創造の実現を目的として、ワーカーが業務中に滞在・通過する場所全体を総合的にデザインされている[1][2]。この潮流は、クリエイティブオフィスを表彰する日経オフィス賞に、毎年100件前後の応募があることからわかる[3]。

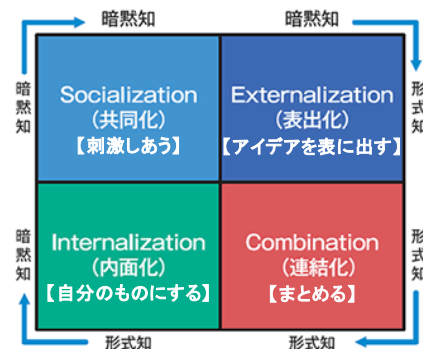
場の設計に加えて、組織の創造性を最大限に引き出すためには、ワーカーの働き方に合わせてオフィスを常に最適化することが望ましい。例えばある企業では、経営戦略上重要度の高いプロジェクトが開始されると、各部署から集まったメンバーはプロジェクトエリアに集められ、チーム毎に机の「島」が作られる、プロジェクトの進捗に応じて月ごとに机の配置を変えるという[2]。これによって、その時期に必要なプロジェクト内外の交流を促すことを狙いとしている。

しかし継続的な最適化のためには、オフィス変更が期待する行動を促したかを評価し再調整することが必要である。オフィスの評価方法としてはアンケートを用いることが主流であるが、定期的なアンケートの実施は手間が多く、かつ定量的な比較が困難である。そこで本研究では、行動センシングデータを用いたオフィス評価による最適化の実現を提案する。行動センシングデータの取得のためには日立製作所が開発した名札型センサ端末を含むビジネス顕微鏡システム[4]を用い、ワーカーの個人作業やコミュニケーションを測定する。本論文は、行動センシングデータによるオフィス最適化の実現可能性の検討を目的とする。方法としては実組織のオフィス移転前後のデータを用いて最適化の一連の手順を行い、①アンケートと一致する結果が得られるか、②移転後のレイアウトによる効果及び新たな課題を明確化できるか、の2点について確認する。そして最後に考察において、本研究の今後の発展に向けて得られた知見を整理する。

2. 関連研究

2.1 クリエイティブオフィス

クリエイティブオフィスは、組織の生産性を高めるために、オフィス環境によってワーカーの知識創造行動を引き出すことを意図して設計されているオフィスである[1]。これは、野中ら[5]によって提案された知識創造(SECI)プロセスに基づいて検討されている。知識創造プロセスとは、知識とは人々の関わりと個人の思考を通して、組織内で暗黙知と形式知の変換が繰り返されることで知識が生まれることを示した理論である(図1(a))。その知識創造プロセスの各段階(共同化・表出化・連結化・内面化)に対応づけて有用な振る舞いを定義したものが知識創造行動である(図1(b))。知識創造行動と生産性の関係に着目した調査では、知識創造行動が多く行われている企業の方が営業利益水準が高いこと、また研究開発力や商品企画力を競争優位の基盤としていることが確認されている[1]。



(a) 知識創造 (SECI) プロセス



(b) 知識創造行動

図1 知識創造プロセスと知識創造行動の対応
(文献[1]より)

[†] 日立製作所中央研究所 Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory

表1 知識創造行動評価アンケートとビジネス顕微鏡による行動指標案との対応

知識創造行動 評価アンケート		本研究のターゲット		
行動分類	設問	ビジネス顕微鏡による 知識創造行動指標の候補	(分析1) アンケートとの 検証実施	(分析2) 総合指標に 採用
S(共同化)行動	01.他部門の社員が執務空間に気軽に入ってくる。	部署混合会話率		④他部署連携
	02.休憩時間以外にも、コーヒーなどを飲みながら雑談をする。	アドホックな会話回数		
	03.まわりの人の働く様子を見て状況を察する。	(ビデオ観察の利用など、 別手段での評価が有効)		
E(表出化)行動	04.決められた会合の時間以外にも突発的に気軽な打合せが始まる。	小テーブルの利用回数		
	05.役職や上下関係など関係無しに、自由闊達にアイデアをたくさん出し合う。	会話時双方向率		
	06.ホワイトボードや紙などを使って絵を描いたり、コンセプトをたとえて表現する。	アクティブ会話時間	②活発さ	②活発さ
C(連結化)行動	07.電話や話し声などに邪魔されない状態で集中して個人作業をする。	集中継続時間	①個人作業	①個人作業
	08.会議を開催し、様々な立場から討議を行い、組織としての意思決定を行う。	上下間の情報伝達		③情報伝達
	09.公式的なプレゼンテーションを行い、意見をもらったり、組織全体としての合意形成を諮る。	会議の生産性評価指標 (具体的には今後の研究要)		
I(内面化)行動	10.考えを具体化するために、試作品を作ったり予行演習をしたりする。	実験室の滞在時間		
	11.顧客を招いて実演したり、実物を見せて説明したりする。	(来客対応・出張記録の利用など、 別手段での評価が有効)		
	12.専門的な講師を招いて講習などを行う。	(講習の実施記録の利用など、 別手段での評価が有効)		

2.2 知識創造行動に着目したオフィス評価方法

オフィスを評価する方法としては、入居しているワーカー（以下「入居者」と表記）にアンケートを取ることが一般的である。特に従来から用いられてきたものは、文献[6]のように設備、広さ、環境（室温・音・照明など）に対する満足度を尋ねるものである。入居者にとって満足できる執務環境であることはオフィスが満たすべき必要要件ではあるが、クリエイティブオフィスを評価するには不十分である。なぜなら満足度調査では、経営者が期待するような生産性向上に結びつく働き方がなされたかを評価できないからである。そこで、新しいアンケート[1]では、入居者の行動に着目し、定義した12種類の知識創造行動を行っているかを尋ねることで、クリエイティブオフィスの効果を評価している。このアンケート設問は、図1(b)の知識創造行動をより具体的な12種類の行動として記述し、回答者が日頃の行動と紐づけやすいように工夫されている(表1)。回答者は、各項目に対して「行っている」から「行っていない」の4段階で評価し、それを集計しクリエイティブオフィスの評価とする。

2.3 ビジネス顕微鏡システム

「ビジネス顕微鏡」は日立製作所で開発しているセンサネットシステムである[4]。名札型ノードに搭載された赤外線送受信機によって装着者同士の対面コミュニケーションを検知し、加速度センサによって身体の揺れや動きを、温度センサによって周囲の温度を測定する(図2(a))。またオフィス内の各所に設置したビーコンが赤外線を発信し、装着者の滞り場所を検知する(図2(b))。会議室のような閉鎖された空間での滞在を識別することが可能になる。ビジネス顕微鏡によって、組織内の連携構造やワー

カーの時間の使い方、行動パターンの傾向を定量的に把握できる[7]。



(a) 名札型ノード (b) ビーコン

図2 ビジネス顕微鏡システム

3. 行動指標を活用したオフィス最適化の実現

本研究では、知識創造行動をビジネス顕微鏡のデータによって測定し、これを活用することでワーカーの知識創造行動を引き出すためのオフィス最適化の実現を目指す。そのコンセプトと実現のための必要要件を示す。

3.1 継続的なオフィス最適化のコンセプト

変化の激しい市場における競争力を保つためには、組織内のプロジェクトの結成・解消、戦略の方針もダイナミックに変動し、フレキシブルな組織構成が必要になる。それをサポートするためにオフィスもフレキシブルであるべきである[8]。将来的には、フリーアドレス制の導入、可動性の高い仕具の普及によって、オフィスの柔軟性が向上すると考えられる。それを活かし継続的にオフィスを最適化するためのモデルを図3に示す。レイアウト変更後に入居者の行動を測定し、知識創造行動の変化を確認する。その結果から、新しいオフィス（レイアウト）がもたらした効果と新たな課題を明らかにし、また次のレイアウト変更の具体策を決定する。このサイクルを組織の状況変化（開発フェーズや組織改変、方針の変化）に

合わせて、例えば半年ごと、小さな規模では1ヶ月ごとに回すことを想定する。

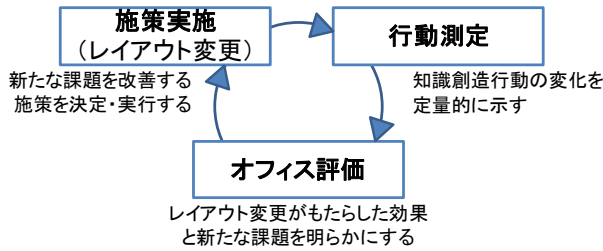


図3 継続的なオフィス最適化モデル

3.2 必要要件

図3のモデルにおける適切な施策実施のためには、行動測定とオフィス評価がそれぞれ以下の要件が必要要件となる。

要件1: 行動測定

ビジネス顕微鏡の行動指標が、知識創造行動評価アンケートを代替できること。

要件2: オフィス評価

行動指標によって、オフィスレイアウトがもたらした総合的な効果、新たに生じた課題を明らかにできること。

4. 実験

オフィスの移転前後の176名のビジネス顕微鏡データとアンケートデータを用い、初期検討として図3の一連のサイクルを回すことで、3.2節の2つの要件を満たせるかを確認する。具体的には、オフィス評価のための行動指標の提案とその一部に関する妥当性の確認、さらに複数の指標を用いた総合的評価による新しいオフィスの効果と課題抽出への有用性の確認を行う。

4.1 実験概要

実験概要は以下の通りである。業務フェーズによる影響を抑えるため、移転前後の同時期（2月）を対象とし、

また移転前・移転後共に対象部署に所属していた人のみを指標算出の対象ユーザとした。対象とした2部署は異なる製品を開発しており、移転前の別々の建屋から、移転後は同じ建屋の別フロアに入居した。

対象組織 : 精密機器設計開発部門
分析データ期間 :
(移転前) 2011年2月, (移転後) 2012年2月
対象ユーザの人数 : 2部署計176名

対象組織における移転の目的は、複数拠点に分散していた設計開発部門を集約し、知識の融合を目指すためであった。また、移転に合わせてレイアウトを大きく変更した。移転前は島型対向レイアウト(図4)であり、各部署ごとにフロアが分かれていた。移転後は1フロアを大部屋化し、さらに斜めに動線を取った新しいレイアウトを採用した。図5に移転後のレイアウトの工夫点と、それが期待する知識創造行動とを示した。

4.2 分析の方針

図3のコンセプトの実現可能性を、3.2節の2つの必要要件の評価によって確認する。分析1では要件1を、分析2では要件2についてを確認する。

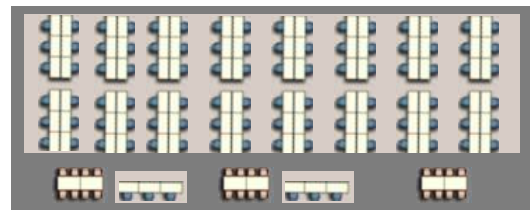


図4 移転前：島型対向レイアウト

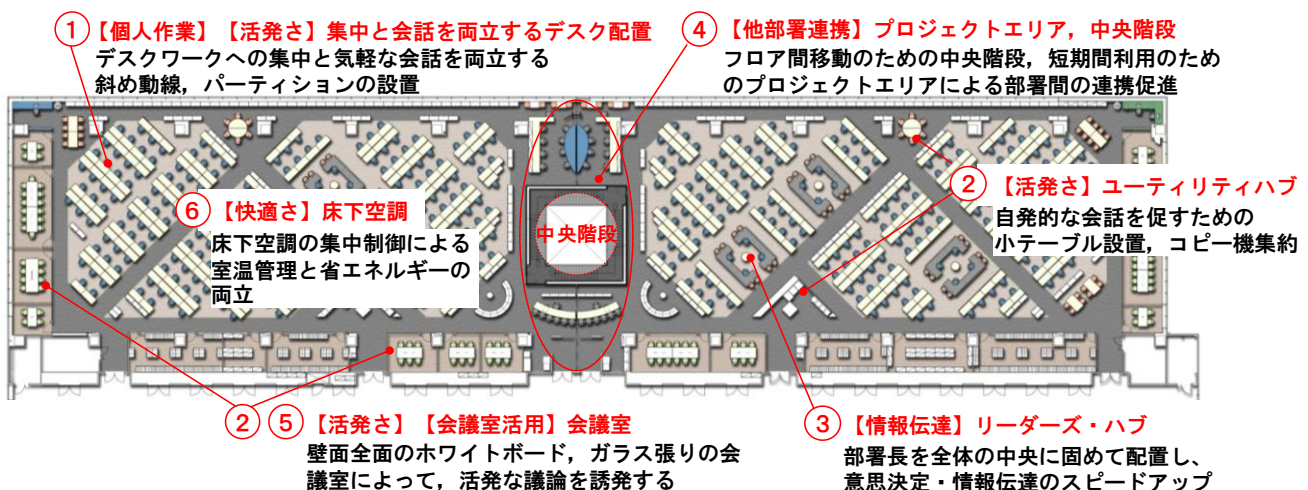


図5 移転後：大部屋斜め動線レイアウトと設計の狙い

4.3（分析1）行動指標の評価

本節では、行動指標によってアンケートと同等のオフィス評価結果が得られるかを確認する。表1の右側に、知識創造行動アンケートに対応する行動指標の候補を示す。本論文では、①個人作業指標と②活発さ指標を評価の対象とした。

アンケートによってオフィスの効果を評価するためには、移転前後の変化に着目して回答させることで、個人差による影響を減らし、オフィスによる影響をより適切に評価できる。よって移転前後の増減に着目し、ビジネス顕微鏡による行動指標とアンケートの結果を比較する。

①個人作業指標（集中継続時間）

指標の着眼点

思考することはオフィスワーカーの業務の要である。しかし、集中状態が一度途切れると元に戻るまでに約21秒かかるため[9]、デスクワークの集中状態が長時間継続することが、知的労働の生産性向上に繋がる。実験対象のオフィスでは、集中と会話を両立するために、適度な高さ（着席時に向かいの人と視線が合わないが、立つと顔が見える程度）のパーティションの導入がなされた。

指標の定義

集中状態が継続した時間を「集中継続時間」とする。加速度データから行動リズム（周期的な体の揺れ）を取得し、一定の小さなリズムである状態を集中状態と判定する。この判定精度は90%以上である[10]。人と対面する、立ち歩く、または動きが完全に停止した場合に、集中状態でなくなったと判定する。

移転前後の値

移転前後のビジネス顕微鏡による行動指標を比較すると、A部・B部共に増加したとの結果が得られた(表2)。

表2 個人作業指標（集中継続時間）の変化

部	集中継続時間 [分]		変化	
	移転前	移転後	変化量	増減
A部	31.6	36.4	115%	増
B部	38.9	43.1	111%	増

評価：移転前後の変化におけるアンケートとの一致

オフィス移転前後の増減について、アンケートで得られた結果と行動指標によって得られた結果を合わせて図6に示す。この結果、行動指標はアンケートと同様の比率で増加したとの結果が得られた。これにより、行動指標はアンケートを代替して利用可能であると言える。

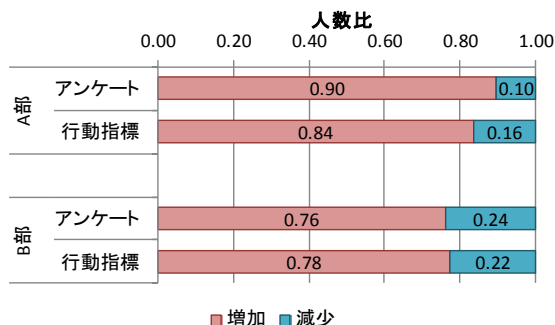


図6 オフィス移転前後の変化

②活発さ指標（アクティブ会話時間）

指標の着眼点

コミュニケーションにおいて相手に伝えようとする意思が強い場合、ジェスチャーの増加やホワイトボードの活用が、身体の揺れ（加速度）に表れることが知られている[11]。対象オフィスでは、入居者の積極的なコミュニケーションを促すために、相談や議論にいつでも使える小テーブルを設置し、壁面全面ホワイトボードの会議室を導入した。

指標の定義

対面状態が検出され、加速度データから算出する行動リズムが2[Hz]以上である時間を「アクティブ会話時間」とする[11]。

移転前後の値

移転前後の行動指標を比較すると、A部・B部共に減少したとの結果が得られた(表3)。

表3 活発さ指標（アクティブ会話時間）の変化

部	アクティブ会話時間[分]		変化	
	移転前	移転後	変化量	増減
A部	105.8	74.6	71%	減
B部	69.7	65.7	94%	減

評価：移転前後の変化におけるアンケートとの一致

オフィス移転前後の増減について、アンケートで得られた結果と行動指標によって得られた結果を合わせて図7に示す。この結果、行動指標はアンケートと同様に「減少した」傾向が得られた。

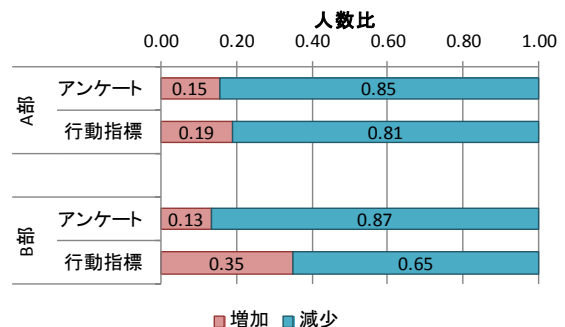


図7 オフィス移転前後の変化

4.4（分析2）施策提案のためのオフィス評価手順

本節では、図3の「オフィス評価」において、ビジネス顕微鏡行動指標の利用が有用かを確認するために、一通りの評価プロセスを実施する。総合的な視点から評価するために、分析1で未検証の行動指標も採用し、継続的なオフィス最適化の実現可能性を確認する。

3.2節で述べたように、オフィス評価における要件は、「行動指標によって、オフィスレイアウトがもたらした総合的な効果、新たに生じた課題を明らかにできること」である。図3の「オフィス評価」を以下の手順で実施する。

(1) 行動指標の選択

対象オフィスの設計指針に沿って、優先度の高い複数の行動指標を選択する

(2) 効果・課題確認

選択した総合的な評価指標の値を確認し、オフィス移転によって達成された効果と、新たに生じた課題を、各指標の増減から明確化する

(3) 課題のブレークダウン

新たに生じた課題について、より詳細に原因を追及する

(4) 施策提案

次の施策（レイアウト変更）の具体策を決定する

以下に、対象オフィスでのビジネス顕微鏡データを用いて(1)～(4)の手順が実現できるか確認する。

(1) 行動指標の選択

図5で示したように、対象オフィスは、特に6つの観点において知識創造の促進を狙いとして設計された。これを踏まえ、表1の①～④の知識創造行動の項目に、対象組織のニーズにより環境要因評価として⑤会議室活用と⑥快適性の2項目を追加し、計6項目を採用した(表4)。

表4 対象組織で採用した評価指標

分類	評価項目	用いる指標	指標概要
個人	①個人作業	集中継続時間	体の揺れによって判定する「集中状態」が継続する時間単位
	②活発さ	アクティブ会話時間	積極的に(体の揺れによって判断)会話している合計時間
組織	③情報伝達	上下間の情報伝達	対面での伝達において、部長から部下全員までに介在する平均人数
	④他部署連携	部署混合会話率	全会話時間に対する、他部署の人が混在している会話時間の比率
環境	⑤会議室活用	会議室利用率	会議室を対象とし、定時に人が滞在している時間比率
	⑥快適性	1日の体感温度差	ワーカーのセンサーで検知された温度の最大値と最小値の差

(2) 効果・課題確認

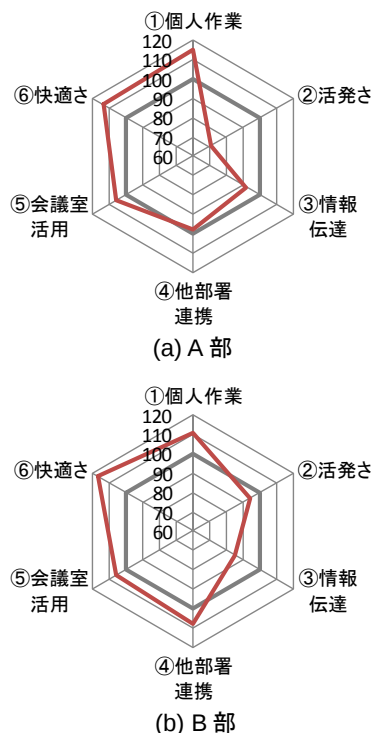


図8 オフィス移転前後の変化量による総合的評価結果

選択した6項目の指標の移転前後の変化量をレーダーチャートで示したものが図8である。なお、値が少ないほど望ましい指標（③情報伝達、⑥快適性）は、逆数に変化量として表示している。これにより、100より大きい項目は改善した、小さい項目は悪化したということが言える。

この結果から、部署A・部署B共に得られた効果は①個人作業と⑥快適さであり、新たな課題は②活発さが下

がったことであるとわかった。さらに2部署の差異に着目すると、②活発さにおいて部署Aが特に減少していた。この課題を次の(3)にてブレークダウンする。

(3) 課題のブレークダウン

A部のみ活発さ指標が大きく下がった理由について、アクティブなコミュニケーションが行われた場所別に調べることで原因を探る。ビーコンを用いて会議室内とその他の場所でのコミュニケーションを区分し、1人・1日あたりのアクティブ時間を示した結果が図9である。この結果、A部の活発さ指標が低下した理由は、会議室においてではなく、その他の場所での活発な時間が減少したからであるとわかる。その理由を追及するためには他の指標を加えたより細かい調査が必要であるが、理由の1つには、必要な時にいつでも会話できる場所（小テーブルや空き机）の数が不十分であるということが考えられた。

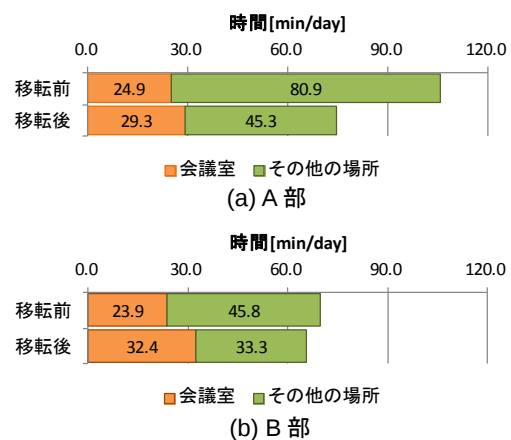


図9 活発さ指標（アクティブ時間）の場所別内訳

(4) 施策提案

(3)の結果より、A部のフロアに対して、入居者数を減らし、小テーブルの数を増やすことを提案した。

以上の(1)～(4)の一連のプロセスの実施により、行動指標を用いてオフィスレイアウトがもたらした総合的な効果、新たに生じた課題を明らかにできた。

5. 考察

前章では、実データを用いて、センサによる行動指標とアンケート結果との比較、レイアウト変更のための施策検討のためのオフィス評価の一連の手順を実施した。本章では、実験の手順と結果を考察し、本研究の今後の発展に向けて得られた知見を整理する。

5.1（分析1）行動指標の評価

①移転前後の変化に着目した評価方法の妥当性

4.3節では、移転前後の変化において行動指標が増加した人の割合とアンケートで増加したと回答した人の比率を比較する方法によって妥当性を検証した。アンケートは無記名、かつ連続値ではなく少ない段階（今回用いたアンケートでは4段階）での回答区分である。これによってオフィスを評価する場合には、無記名の全回答をYesかNoかに2分してその人数比によって判断することが一般的である。そのため、行動指標においても移転前後の増減した人の比率に着目して、アンケート結果との一致を評価した方法は妥当であったと考える。

②行動指標とアンケート結果の一致判定基準

4.3 節では行動指標によってアンケート結果と似た傾向が得られたことを示したが、アンケートを代替するために十分かを判定する基準がない。特に図 7 の B 部の結果は、一致したと判定して良いかを統計的に検証することが必要であり、その方法は今後の課題である。

③主観評価と客観評価との性質の違い

活発さ指標(図 7)の B 部において、他の項目よりもアンケートと行動指標の間に差が生じた。この点に関しては、アンケートで尋ねた「ホワイトボードなどに表現しながら説明する」とワーカーが捉えた点と、行動指標として採用したアクティブ会話時間で検知される点にギャップがある可能性を示唆している。また、本論文ではアンケートを代替できる行動指標を見つけることが目的であるが、客観と主観、その識別の細かさ、他の要因から受ける影響などの点において、アンケートとセンシングデータとは異なる性質を持っているため、完全には一致しないと考えられる。例えばアンケートでは、本人が重要だと考えている行動は敏感に、そうでない行動は鈍感に評価されている可能性もある。より厳密に検証するためには、個人別に各時刻のアンケート・観察・センシングデータを照合することが必要であると考えられる。

5.2 (分析 2) 施策提案のためのオフィス評価手順

4.4 節では、実際の事例を対象として行動指標を利用した一通りのオフィス評価プロセスを行った。これによって、行動指標の選択から効果・課題確認、課題のブレークダウン、施策提案までの一連の流れを実現でき、3.2 節の要件 2 を満たせる手ごたえを得た。

しかし、図 8 の総合的評価においては、2 部署間で活発さ、情報伝達、他部署連携の点で違いが表れている。これは、オフィスの変数(机の配置、机の密度、通路の幅、天井の高さ、小テーブルの数など)の違いや、働き方の変数(1 チームの人数、PC 作業時間の比率、会議・電話の頻度など)の違いが影響を与えていると考えられる。つまり、今回の分析では行動に影響するオフィスの変数を正確に掘り出せたとはいえない。よって、今回の課題のブレークダウンはまだ不十分であり、小テーブルの不足以外の可能性も検討し、原因を特定することが望ましい。さらに厳密にブレークダウンして行動に影響を与えた変数を明らかにするためには、統計分析を用いることが有用であろう。候補となるオフィスの変数や働き方の変数を説明変数としてリストアップし、目的変数である行動指標に影響を与える要因を解きほぐすことで、変更すべきオフィスの変数をより具体的に決定することが可能になると考えられる。

ただ、図 3 に示したオフィスの最適化モデルのコンセプトにおいては、あらゆる可能性の検証の後にレイアウト変更を実施するのではなく、ブレークダウンの結果を 1 つの仮説として容易に実行できる施策(今回の場合は小テーブルの追加)を早急に行うことの方が有意義であると考えられる。ビジネス顕微鏡の利用により行動指標の測定が早くできるため、簡単なレイアウト変更と行動変化の測定を短い期間で繰り返すことで、図 3 に示した継続的なオフィス最適化モデルを実現し、ワーカーの働き方に適応した環境を段階的に構築できるようになるだろう。

5.3 今後の研究

今後進めるべき研究は以下の通りである。

行動測定

- ・今回検証した以外の知識創造行動の項目について、行動指標を検討
- ・行動指標とアンケート結果との一致の判定方法を検討
- ・主観評価と客観評価との性質の違いを踏まえ、より適切な行動指標を検討

オフィス評価

- ・行動指標とそれに影響するオフィスの変数や働き方の変数との関連を明らかにする、統計分析手法の検討

施策実施

- ・提案した施策を実施しその後の変化を評価
- ・継続的なオフィスレイアウト最適化のための、行動指標の可視化・分析アプリケーションの検討と開発

6. おわりに

本論文は、行動指標を用いた継続的なオフィス最適化の実現可能性を検討した。その方法として実組織のオフィス移転前後のデータを用いて最適化の一連の手順を行ったところ、①個人作業・会話の活発さ指標においてアンケートと一致する結果が得られたこと、②移転後のレイアウトによって個人作業が質的に向上したが一方で活発な会話機会が減少したことを確認した。ここから、行動センシングデータを利用してオフィス最適化を実現できる見込みを得た。今後はより厳密な検証と施策実践の積み重ねによって、オフィス最適化方法の確立を目指す。

謝辞

本研究を進めるにあたり、実験にご協力いただいた皆様、ご助言頂きました皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- [1]経済産業省, “クリエイティブ・オフィス推進運動実行委員会調査報告書”, (2008).
- [2]紺野 登, 華 穎, “知識創造のワークプレイス・デザイン——「ネットワークが職場」時代のイノベーションの場”, 日本労働研究雑誌, No. 627, pp. 44-57, (2012).
- [3]一般社団法人 ニューオフィス推進協会, “日経ニューオフィス賞”, <http://www.nopa.or.jp/prize/index.html>, 2013 年 4 月時点
- [4]Yoshihiro Wakisaka, et al., “Beam-Scan Sensor Node: Reliable Sensing of Human Interactions in Organization”, International Conference on Networked Sensing System, (2009).
- [5]野中 郁次郎, 竹内弘高, “知識創造企業”, 東洋経済新報社, (1996).
- [6]JFMA 品質評価手法研究部会, “JFMA 満足度評価手法 2002”, (2002).
- [7]辻 聡美, 佐藤 信夫, 大塚 理恵子, 紅山 史子, 矢野 和男, “ビジネス顕微鏡ディスプレイ: オフィスでのコミュニケーションを促進する行動ログ表示アプリケーションの開発”, FIT2012 第 11 回情報科学技術フォーラム, (2012).
- [8]トーマス J. アレン, グンター W. ヘン, “知的創造の現場”, ダイアモンド社, (2008).
- [9]松波 晴人, “ビジネスマンのための「行動観察」入門”, 講談社, (2011).
- [10]佐藤 信夫, 辻 聡美, 矢野 和男, “ビジネス顕微鏡を用いた個人作業時における集中状態判定特徴量の開発”, FIT2012 第 11 回情報科学技術フォーラム, (2012).
- [11]佐藤 信夫, 辻 聡美, 矢野 和男, “ビジネス顕微鏡を用いたコミュニケーション・ロールの指標化の検討”, FIT2011 第 10 回情報科学技術フォーラム, (2011).