

超臨場感テレワークシステムの実証評価

深澤 伸一
山口 徳郎

山根 大明
立澤 茂

複数チャンネルの映像・音・センサー情報を常時共有させることで離れていてもあたかも同じオフィスにいるような感覚で働ける環境を実現させる「超臨場感テレワークシステム」（以下、超臨場感TWS；システムの詳細は文献1）2）参照）を、我々は研究開発してきた。超臨場感TWSは複数の技術・機能要素から構成されており¹⁾、各要素単独での評価実験を統制環境ベースで進めてきた（たとえば文献3）4）5）。他方で、それら複数の機能を統合したシステムとしての全体的な効果測定も必要であり、その評価は実証的な環境における長期利用状況の下で行われることが望ましい。そこで我々は、実証環境として実際のオフィスに超臨場感TWSを導入し、システムの使用ログデータに基づくコミュニケーション量の変化、および定量指標に基づくソーシャルキャピタル（Social Capital；以下SC）の醸成効果の検証という2種類の実証評価を行った。実証評価1は情報通信研究機構、実証評価2は東京工業大学との産官学連携による取り組みであり、本稿ではその概要を紹介する。

実証評価1：コミュニケーション行動の変化

テレワークの課題として実施者が孤独感や疎外感におそれやすい点²⁾があげられる²⁾が、これは離れた相手や職場の日常的な状況や雰囲気がわからないこと、それに伴い遠隔地の相手に気軽に話しかけられないことが主な要因⁶⁾と考えられる。当該課題に対し、テレワークのような分散環境でも超臨場感TWSを利用して遠隔オフィスの同僚の日常的な様子をうかがえることにより話しかけやすさが向上し、同システムを利用できない場合と比較して、テレワーク実施者間のコミュニケーション行動の量が増加するという仮説を実証的に検証した⁷⁾。

実証評価の環境として、関東にあるセンターオフィスに16名、関西にあるサテライトオフィスに4名、在宅に2名の計3拠点22名のオフィスワーカーで構成される実際のテレワークオフィス環境（図1）を構築した。オフィスワーカーには超臨場感TWSのコミュニケーション端末¹⁾（図2）が1人1台配布され、端末は画面が業務作業中のオフィスワーカーの視野の端に入るように机上の業務用PCの脇に設置された。

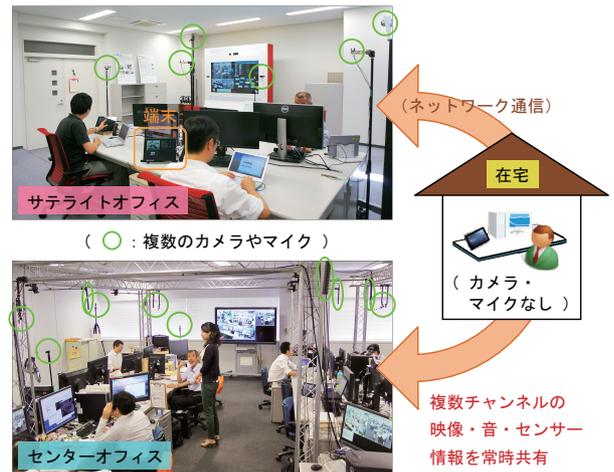


図1 構築した実証テレワークオフィス環境



図2 超臨場感TWSのコミュニケーション端末

センサーとしてセンターオフィスにはカメラ7台とマイク6台、サテライトオフィスにはカメラ2台とマイク2台を設置し、コミュニケーション端末上で映像視点や收音領域を切り替え操作できるようにすることで、端末利用者が遠隔オフィス内の多様な仮想的な位置から様子見をできるようにした。このような実証環境下で、前述22名の日常業務中の超臨場感TWS使用ログデータを約3か月間にわたって記録し、遠隔でのコミュニケーション量を解析した。具体的には下記3条件（図3）に設定した超臨場感TWSの通話回数を指標として条件間比較した。



図3 実証評価1で比較した3条件の端末状態例

(1) 離在席のみ条件: 従来のプレゼンス機能付き通話アプリケーションを想定し、超臨場感TWSの映像と音情報をオフにして各同僚の離在席情報のみを提示する条件

(2) 映像あり条件: 超臨場感TWSの音情報をオフにし離在席情報に加えオフィスの俯瞰映像を提示する条件

(3) 映像・音あり条件: 超臨場感TWSによる俯瞰映像、環境音、離在席のすべてのメディア情報を提示する条件

上記3条件(1)～(3)を2015年にそれぞれ等しく1ヵ月間ずつ実施した。また、前述22名の実験参加者は研究開発部門に勤務し、同じ部に所属する同僚であった。

図4に、3条件(1)～(3)における個人1時間あたりの平均通話回数の結果を示す。多重比較(Ryan法)の結果、

(1) - (2) 間には有意傾向 ($p < .10$)、(1) - (3) 間には有意 ($p < .05$) に、(1) 離在席のみ条件よりも (2) 映像あり条件や (3) 映像・音あり条件の方が平均通話回数が多かった(図4(a))。また、俯瞰映像の視点切換操作の回数を算出すると、条件(2)と(3)では平均して通話1回あたり約3～5回程度の視点切換操作が行われており、通話の前に複数の視点から様子見が行われたことが示唆された。さらに詳細に時間帯別の平均通話回数(図4(b))を見ると、平均通話回数の差は全時間帯で一律に生じているわけではなく、特に18:00頃の夕方の時間帯で顕著であり、単純な全体的増減ではなく要素的な変化(すなわち質的变化)が生じたと考えられる。参加者に実験後インタビューを行った結果、「午前には個人的な集中作業を行い、同僚への相談や頼みごとは午後に行うことが多い」「オフィスの映像があると話しかけやすい」等の意見が得られた。以上の結果により、複数視点の遠隔オフィス映像が提供され様子見ができることで、実際のオフィス環境におけるコミュニケーションの量(通話回数)が有意に増加することが実証的に示された。また、その増加はあらゆる通話ではなく、特に相談等のインフォーマルな内容の通話が夕方に増えることに起因し、超臨場感TWSの導入によって同僚間のコミュニケーションの量だけでなく質までもが変化することが示唆された。

図4に、3条件(1)～(3)における個人1時間あたりの平均通話回数の結果を示す。多重比較(Ryan法)の結果、(1) - (2) 間には有意傾向 ($p < .10$)、(1) - (3) 間には有意 ($p < .05$) に、(1) 離在席のみ条件よりも (2) 映像あり条件や (3) 映像・音あり条件の方が平均通話回数が多かった(図4(a))。また、俯瞰映像の視点切換操作の回数を算出すると、条件(2)と(3)では平均して通話1回あたり約3～5回程度の視点切換操作が行われており、通話の前に複数の視点から様子見が行われたことが示唆された。さらに詳細に時間帯別の平均通話回数(図4(b))を見ると、平均通話回数の差は全時間帯で一律に生じているわけではなく、特に18:00頃の夕方の時間帯で顕著であり、単純な全体的増減ではなく要素的な変化(すなわち質的变化)が生じたと考えられる。参加者に実験後インタビューを行った結果、「午前には個人的な集中作業を行い、同僚への相談や頼みごとは午後に行うことが多い」

「オフィスの映像があると話しかけやすい」等の意見が得られた。以上の結果により、複数視点の遠隔オフィス映像が提供され様子見ができることで、実際のオフィス環境におけるコミュニケーションの量(通話回数)が有意に増加することが実証的に示された。また、その増加はあらゆる通話ではなく、特に相談等のインフォーマルな内容の通話が夕方に増えることに起因し、超臨場感TWSの導入によって同僚間のコミュニケーションの量だけでなく質までもが変化することが示唆された。

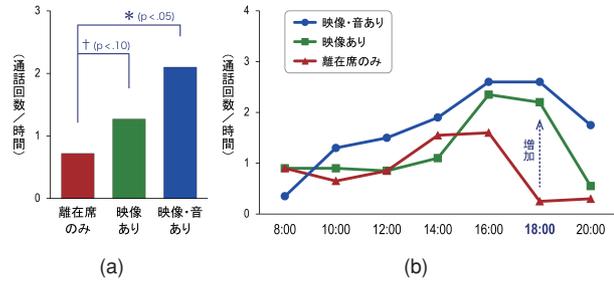


図4 超臨場感TWSの時間あたり平均通話回数

実証評価2：ソーシャルキャピタルの醸成

超臨場感TWSのようにこれまで市場にない新しいシステムは、普及に至る前にその経営的效果を直接的に評価することが難しい。そこで、既存研究⁹⁾により経営的效果との関連性が認められているSCを評価指標に採用し、超臨場感TWSがSCの醸成効果をもつことを示すことによって、図5のように超臨場感TWS導入の経営的效果を間接的に実証する。



図5 実証評価2の位置づけ

SC(ソーシャルキャピタル)は社会関係資本とも呼ばれ、社会学、政治学、経済学、経営学など多岐にわたる分野で研究の対象となっていることから幅広く様々な定義が存在する。本研究では既存の定義群を広く包含するように、SCを「人と人との関係性の中で構築される、利益を生む活動を行う元となるもの」と定義した⁹⁾。人と人との関係性の中で構築されるものであるから、その醸成には日常的なコミュニケーション関係の良否が大きな要因として影響する。そして、テレワークのような分散環境は同室環境と比べ相手の様子がわからずコミュニケーションを行い難くなることから、分散環境ではSCが棄損されることが既存研究¹⁰⁾で指摘されている。超臨場感TWSを利用することで分散環境下でもSCが棄損されず醸成されることを示せば、超臨場感TWSの導入と利用がもたらす経営的效果を間接的に証明できる。

上述の定義によるSCを定量的な指標として計測できるようにするために、新たな調査質問紙を作成した。既存のネットワーク分析手法¹¹⁾や市民活動を対象とする調査¹²⁾等を参考に、企業内のSCの計測に適すると考えられる評

価値項目を設計した(表1;各項目詳細は文献9)13))。構造軸SCの大きさがオフィスワーカー間のコミュニケーションのつながりの広さと強さを、価値軸SCの大きさがそのつながりにより生じる信頼感等の心理的な効果を評価する。

表1 ソーシャルキャピタル指標の計測項目

S C	構造軸	コミュニケーションをとった相手数および頻度に基づく点数	ボンディング型(チーム内)*
			ブリッジング型(チーム外)*
	価値軸	相互信頼と共通規範の醸成度合いの主観評価値	

(※ コミュニケーションの内容がプロジェクトや技術全般や事務であった場合はフォーマル種、個人的相談や雑談であった場合はインフォーマル種にさらなる下位分類が可能)

作成したSC指標を用いて、実証環境として実際のオフィスで超臨場感TWS利用有無の影響を評価する2つの実験s1、s2を行った。なお各実験に用いた超臨場感TWSは、s1では文献2)記載のシステム、s2では実証評価1と同じ文献1)記載のシステムで、実施時期の違いによりシステム機能が一部異なったが、映像で遠隔オフィスの様子を常時うかがえるという点は両者共通であった。

実験s1では、超臨場感TWSを利用できるオフィスワーカーのグループと利用できないグループ間でシステムの効果を比較した。実験参加者として、超臨場感TWSを利用できるか否か、また、チームのメンバーが普段同室環境か分散環境かを二要因とする後述の4条件のいずれかに該当するオフィスワーカーに対し、2010年9月の実験開始時と同年12月の実験終了時に質問紙でSC指標を計測し、その3ヵ月間前後の変化を分析した。実験参加者は研究開発部門に勤務する8チーム計32名のオフィスワーカーで、それぞれ同室TWS有条件11名、分散TWS有条件6名、分散TWS無条件10名、同室TWS無条件5名の4条件でグループ分けされ、上記実験期間中も通常通り日常業務を行った。

図6(a)に、構造軸ボンディング型SCの指標計測結果を示す。SC指標の計測値は、各条件グループの構成人数や参加者の個人特性が異なるため、計測値の絶対的な量を見るのではなく開始時と終了時の間の相対的な変化の傾向を比較する。実験開始時(9月)と終了時(12月)間の変化は、従来のテレワーク(超臨場感TWSのないテレワーク)と同等の分散TWS無条件では値が減少傾向となり、従来のテレワークがSCを棄損するという既存研究¹⁰⁾を裏づける結果となった。一方で、分散TWS有条件では増加傾向となっており、分散環境でも超臨場感TWSが利用できることでボンディング型SCの棄損が防止され、逆に醸成される効果があることが示唆された。なお、参考比較データである同室TWS有条件と同室TWS無条件では共に変化の傾向は横ばいであり、同室環境では超臨場

感TWSの有無にかかわらずボンディング型SCは棄損も醸成もされなかった。次に図6(b)に、構造軸ブリッジング型SCの計測結果を示す。こちらは同室環境と分散環境の違いによる傾向の差は小さく、超臨場感TWSが利用できたか否かによって変化の傾向が分かれた。超臨場感TWSのない分散TWS無条件と同室TWS無条件では共に変化の傾向はほぼ横ばいであったが、超臨場感TWSが利用できる分散TWS有条件と同室TWS有条件は共に値が大きく増加し、超臨場感TWSの利用によってブリッジング型SCが醸成される効果が示唆された。また、価値軸SCについては条件間で傾向の差は見られなかった。価値軸SCは人間関係構築後に徐々に改善されていくものであり、システムによる価値軸への効果を確認するには3ヵ月という計測期間は短かった可能性がある。

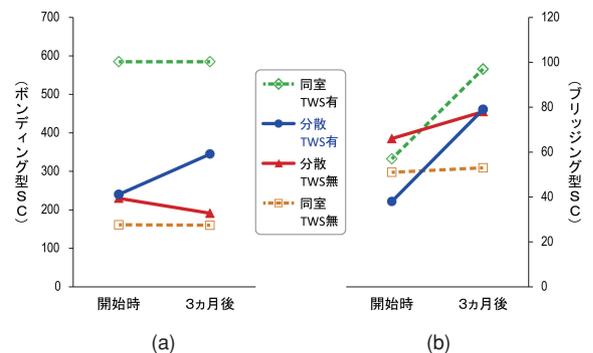


図6 実験s1(超臨場感TWS利用可否間比較)のSC指標の変化

実験s2では、分散環境のチームに超臨場感TWSを新たに導入し、システム導入直前と長期利用後のSC指標値の変化を評価することで、超臨場感TWSを新規導入した際の効果の現れ方を検証した。実験s2は2015年10月~2016年2月に実施された。実験参加者は研究開発部門に勤務する1チーム8名のオフィスワーカーで、同チームは上記期間以前は分散TWS無条件の環境であった。システム新規導入直前の10月(分散TWS無条件)と長期利用後の2月(分散TWS有条件)における計測値の変化を分析した。その他の条件は実験s1と同様とした。

その結果、構造軸ボンディング型SCはシステム導入直前と比較して長期利用後では1割近く値が増加する傾向を見せたが、さらに詳細に分析した結果、コミュニケーションの内容種別がフォーマル種かインフォーマル種か(表1)によってSC指標の変化の傾向に差が見られた。図7(a)にフォーマル種のボンディング型SC、図7(b)にインフォーマル種のボンディング型SCの計測結果を示す。フォーマル種のボンディング型SCは変化の傾向がほぼ横ばいである一方、インフォーマル種のボンディング型SCは値が大きく

増加する傾向を示した。本結果により、超臨場感TWSは導入直後の3ヵ月間でも効果を発揮し、特に相談等のインフォーマルなコミュニケーションに対応するSCの醸成に有効であることが示唆された。なお、実験s2の構造軸ブリッジング型と価値軸のSC計測値は共に横ばいであったが、これらも実験期間の長さ起因し、期間を6ヵ月間や1年間等に延ばすことによりSCの醸成を確認できると考えられる。

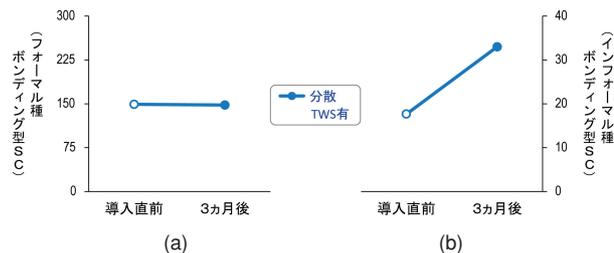


図7 実験s2(超臨場感TWS導入前後間比較)のSC指標の変化

まとめ

超臨場感テレワークシステムを実際のオフィスで長期利用し、その有効性を検証した。実証環境として3拠点22名からなるテレワーク環境のオフィスを構築し、システムの使用ログデータに基づくコミュニケーション量の変化、および定量指標に基づくソーシャルキャピタル醸成効果の2種類を実証評価した。その結果、超臨場感TWSを使用することにより、分散環境でのコミュニケーション量が増加しさらにその質が変化すること、分散環境でもソーシャルキャピタルが醸成され経営的効果につながる可能性があることが確認された。今後の展望として、評価対象の人数、期間、職種等を拡大し、より高い信頼性で実証効果を示していきたい。

謝辞

実証評価1は国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究、実証評価2は東京工業大学比嘉邦彦教授との共同研究で実施したものである。ここに謝意を表します。◆◆

参考文献

- 1) 徳満昌之、野中雅人：超臨場感テレワークシステムの開発、OKIテクニカルレビュー-229号、84(1)、2017
- 2) 野中雅人：超臨場感テレワークシステム、電子情報通信学会誌、93(5)、pp.415-419、2010
- 3) 片桐一浩、矢頭隆、野中雅人：信号混合エリア收音方式

の開発と評価、日本バーチャルリアリティ学会第21回大会論文集、14B-03、2016

4) 深澤伸一、立澤茂、山口徳郎、赤津裕子、野中雅人：複数視点の映像切替支援インタフェースHalo-UIの提案と遠隔オフィスの状況把握効果の評価、HIシンポジウム2016論文集、1A3-1、pp.41-46、2016

5) 深澤伸一、金丸利文、野中雅人：知的作業者の気づきやすさと作業集中を並存させる視聴覚通知方法に関する基礎的検討、HIシンポジウム2012論文集、3335S、pp.1007-1010、2012

6) 岡田謙一、松下温：協調の次元階層モデルとグループウェアへの適用、情報処理学会研究報告、GN(004)、pp.87-94、1993

7) 山根大明、山口徳郎、立澤茂、野中雅人：臨場感テレワークにおけるコミュニケーションの評価、電子情報通信学会2016年総合大会講演論文集、p.260、2016

8) Cohen, D. and Prusak, L.: In Good Company-How Social Capital Makes Organizations Work-, Harvard Business School Press, 2001

9) 大塚絵理、吉井亜沙、比嘉邦彦、金丸利文、渡邊尚洋：分散環境下でのコミュニケーション・ツールによるソーシャル・キャピタル醸成効果の計測、日本テレワーク学会2010年度研究発表大会予稿集、pp.89-94、2010

10) Arling, P.A.: The Impact of Telework on Performance-A Social Network Approach-, 10th Americas Conference on Information Systems, 2004

11) 安田雪：実践ネットワーク分析-関係を解く理論と技法一、新曜社、2011

12) 内閣府国民生活局：ソーシャル・キャピタル-豊かな人間関係と市民活動の好循環を求めて一、国立印刷局、2003

13) 比嘉邦彦、王リンキ、金丸利文、渡邊尚洋：ICTによるワーカーのソーシャルキャピタル構築への影響に関する実証研究、日本テレワーク学会2011年度研究発表大会予稿集、pp.43-46、2011

筆者紹介

深澤伸一：Shinichi Fukasawa. 情報・技術本部 研究開発センター コミュニケーション技術研究開発部

山根大明：Hiroaki Yamane. 情報・技術本部 研究開発センター コミュニケーション技術研究開発部

山口徳郎：Tokuo Yamaguchi. 情報・技術本部 研究開発センター イノベーション推進室

立澤茂：Shigeru Tatsuzawa. 情報・技術本部 研究開発センター コミュニケーション技術研究開発部