

平成22年5月31日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19360275
 研究課題名（和文） 遠隔地間協調設計において身体性豊かな対話行為を実現する空間インターフェイスの構築
 研究課題名（英文） Development of Spacial Interface for Remote Design Collaboration to Support Interaction with Rich Physical Senses
 研究代表者
 仲 隆介 (NAKA RYUSUKE)
 京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授
 研究者番号：10198020

研究成果の概要（和文）： 本研究では、遠隔地間協調設計において、身体性豊かな対話行為を実現するための包括的な支援環境（スタイル、スペース、ツールの総合化）について研究した。1)空間インターフェイス（＝情報空間と建築空間の融合体）の開発、2)人の振る舞いのモニタリング研究、3)創造性のメカニズム研究の3テーマを通して、次世代の設計環境及び集団による創造スタイルの具体例を示した。

研究成果の概要（英文）： In this research, comprehensive augmented environment for remote design collaboration was studied in terms of interaction with physical senses. The research were carried out according to three directions: 1) Development of spatial interface; integration of informational space and architectural space, 2) The human behavior in the workplace; by means of the continuous monitoring in the actual workplace, 3) The mechanism of creative process in designing. From those results, it was shown that the actual examples of the next-generation design environment and process.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
2008年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2009年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
年度			
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：建築計画学

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：(1) 遠隔地間協同設計 (2) ルームウェア (3) 実世界指向
 (4) コラボレーション (5) モニタリング

1. 研究開始当初の背景

社会の成熟化に伴い、建築設計が取り扱う問題が複雑化・高度化し、一人の天才の知ではなく、複数の人々（専門家）の知を集める“対話としてのデザイン”の重要性が高まっている。しかし、プロジェクトに合わせた理想的な人材（建築分野以外の専門家を含む）

を集めてチームを組織し、インタラクティブに設計を進めようとする際には、地理的な分散が大きな阻害要因となることが多い。Eメール等、既存・汎用のコミュニケーションツールを駆使したとしても、その連携の範囲は限られているのが現状である。また今日、設計作業のデジタル化が進み、多くの個人の活

動がコンピュータ（ソフトウェア）の中に閉じ込められ、同室の場合においてさえ、身体性豊かな対話の希薄化が進んでいる。さらに、社会的には「ユビキタス時代の到来」とされる中、機器の小型化、各種センシング、ワイヤレスネットワークなどの要素技術の成熟がみられる。しかし、グループデザインワークに関しては、ユビキタス化はもとより、情報化ですらあまり進んでいない。例えば会議室には、一台のプロジェクターが用意されている程度が殆どであり、CAD はまだまだ個人の道具でしかない現状がある。

2. 研究の目的

＜『紙図面に描き込みながら議論』、『壁面にスケッチを並べて検討』、『机上の状態から状況を察してそれとなく助言』、『作業をしながら隣席間で会話』といった、同室での協調設計では古くからみられる“身体性豊かな対話による創造行為”を、遠隔地間においても、ソフトウェアベースの代替手段としてではなく、もっと自然な形（空間インターフェイス＝建築空間と情報空間の融合体）として実現できないか＞というのが本研究の着想であり、目的である。すなわち、IT オリエンテッドに進められてきた設計作業（創造行為）のデジタル化を人間中心の視点から再考し、新世代の設計環境の新たな建築空間像を描き出す試みである。

3. 研究の方法

身体性豊かな対話行為を実現する包括的な支援環境を構築するにあたり、以下3つのアプローチから研究を進め、成果を相互にフィードバックしながら総合化する方法をとった。また、(1)(2)においては、開発後に評価実験を実施してシステムの有効性と課題を明らかにした。

- (1) 空間インターフェイスの開発
＜成果4 - (1)～(6)＞
- (2) 人々の振る舞いのモニタリング研究
＜成果4 - (7)(8)＞
- (3) 創造のメカニズムに関する研究
＜成果4 - (9)～(12)＞

4. 研究成果

(1) Table Top Scope の開発

従来の遠隔地間デザイン会議では共有しがたかった、机上の遠隔地間共有を支援する装置である。まず、机上にCAD 図面を映し出して、紙図面のように用いながら議論するためのテーブルトップディスプレイを開発した（既開発装置の改良）。

次に機能拡張として、2台のカメラ（親子）と画像センシング技術を用いて、カメラの撮

影範囲を移動・拡大できる机上撮影機能（Table Top Scope）を付加した（図1）。これにより机上の状態（物理的なモノ、表示された映像、その上にマーカで書き込まれたメモ等）を高解像度でキャプチャしてコミュニケーションに活用することを可能とした。

評価実験から、簡単なハンドリング操作によるテーブルトップ共有によって突発的な考えの表現手段が増え、より質の高いコミュニケーションが行われる可能性を示した。



図1 Table Top Scope の使用シーン

(2) 多チャンネル音声通信環境（MUCC）の開発

従来のTV 会議システムでは音声通信は1チャンネル（1つのマイクとスピーカー）で行われるため、一つの話題でチャンネルを占有すると、他の話題を展開できない。そこで、複数のマイクとスピーカー、制御装置、制御ソフトからなる「多チャンネル音声通信環境（MUCC：：Multi Conversation-Chanel system）」の開発を行い、常時接続型遠隔コラボレーションにおけるクロストークを実現した（図2）。具体的には、TV 会議スクリーン付近に設置されたマイク・スピーカーに加え、各メンバーの個人席上にもパーソナルなマイクとスピーカーを用意し、さらに遠隔側の各パーソナルマイクからの複数の音声を手元で自由に選択・混合できる小型ミキサーも設置した。これにより各メンバーがON/OFFの切り替え可能な複数会話チャンネルを得られる。

同室環境、遠隔環境通常、遠隔多チャンネル使用環境による比較実験から、会話量、会話時間、会話相手の分析し、このシステムを用いることで、インフォーマルコミュニケーションを中心とした、より活発なやり取りができるようになることを示した（図3）。



図2 MUCC のハードウェア

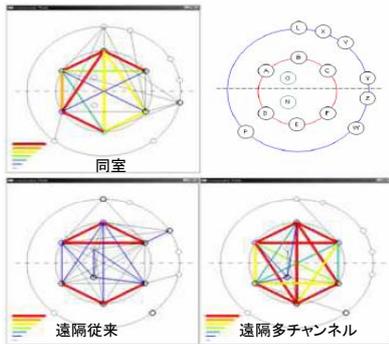


図3 MUCC 評価結果分析:会話相手(回数)の分析図

(3) 作業状況判断に基づくマルチモーダルコミュニケーション支援

上記(2)では、常時接続環境における音声によるクロストークを実現した。このシステムでは、音声に加えてメールとインスタントメッセージツールを用いる場合に、相手の作業状況に応じて自動的にツールを選択する(図4)。自動選択には、マウスの動きによる忙しさ判定と、コミュニケーション内容(個人作業・プロジェクト内容)を用いた。

常時接続型の遠隔協調設計の評価実験より、送信側は「遠隔側の相手の作業状況を気にせず話しかける」ことができ、また受信側も自分の状況と受け取る情報に応じて応答するタイミングを選択でき、作業の妨げとならないコミュニケーションを支援できることを示した。

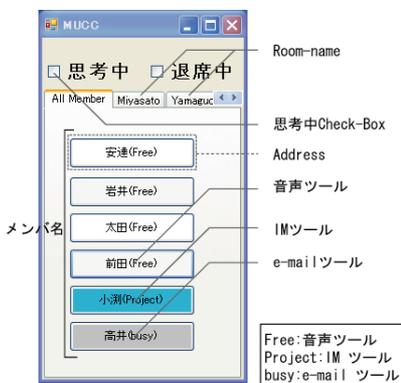


図4 マルチモーダルコミュニケーション支援システム

(4) メモを外化するトピックビジュアライザー (TV) の開発

トピックビジュアライザー (TV) は、会議参加者の頭上にディスプレイ (計6面) と、手元にカメラ (計6台) を配置し、個人のメモを共有するルームウェアである。まず、プロジェクターとビデオカメラを用いて予備開発・実験を実施して、基礎的な効果と改良に向けた課題を明らかにした(図5)。そして、改良を加えて空間に実装し評価実験を行った(図6)。

評価実験で得られたデータから、主観評価分析、メモ分析、発話頻度分析、発話状況分析、発話共起ネットワーク分析(図7~9)を行い、①議論のつながりや発想の広がりへの支援、②相互理解の向上、③個人の気づきやアイデアを拾い出す、という3つの効果を確認した。



図5 TVの予備開発・実験



図6 TVの実装及び評価実験

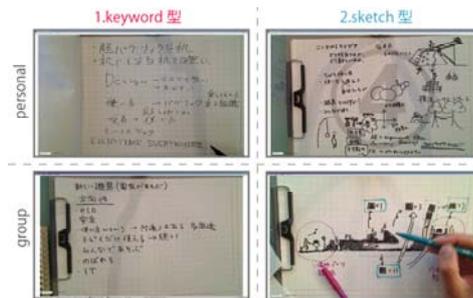


図7 手元メモの類型化分析

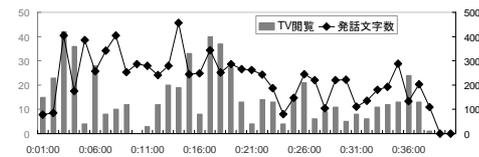


図8 発話頻度とメモ閲覧の分析

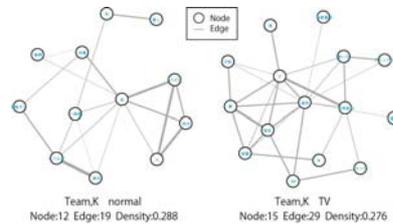


図9 発話内容の共起ネットワーク分析

(5) 指差し感覚を伝達する Connected Boardの予備的開発

このシステムは、遠隔地間において紙資料を用いる場合に、直感的に指示する箇所 (= 話題の中心) を共有することを

目的として予備的に開発した。紙資料上（2サイト同一）の任意の箇所を指で押すことで遠隔地のボードの同位置が突起する仕組みを実現した。合わせて、カメラ撮影とプロジェクター投影により、相手が指示する様子（手の映像）とペン等での描画情報を共有できる機能を実装し、その効果を高めた（図10）。（評価実験には至らなかった。）

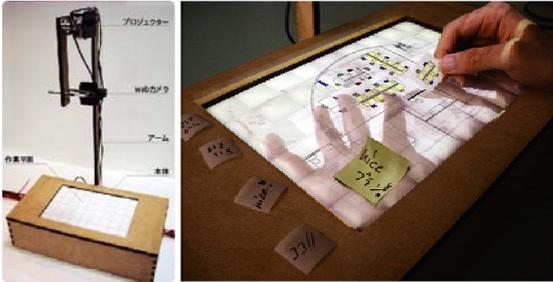


図10 Connected Boardの概観と使用シーン

(6) 「非自覚情報」へのアクセスを促す会議支援システムの開発

通常、デジタル資料を用いた会議の場合、予め発表者が共有サーバ等に資料を登録して用いる場合が多い。このシステムは、会議資料（＝自覚情報）の準備状況から関連する非自覚情報を自動的に収集して、会議において非自覚情報へのアクセスを支援するものである（図11）。

これにより、事前に発表者の判断により捨てられた情報の中から受け手にとっては重要である可能性のある情報を拾い上げ、意外性・突発性のある情報共有を促すことができる。評価実験をととしてその有効性を示した。



図11 非自覚情報提示バーの外観

(7) ステレオビジョンカメラによる人物位置検知支援システムの開発

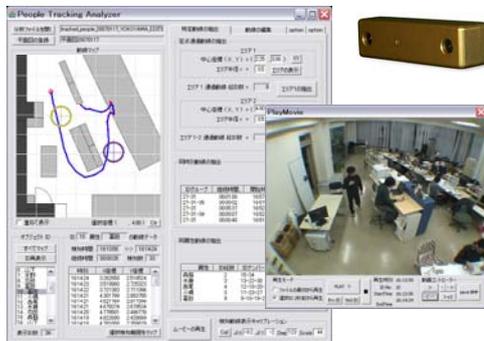


図12 ステレオビジョンによる人物位置検知

空間内での人々の振る舞いをモニタリングする研究として、ステレオビジョンカメラ

を用いた人物位置検知システムを開発した。検知精度補正アルゴリズム及び手動による訂正支援機能を実装した（図12）。得られた動線データからコミュニケーション行動を8割以上の精度で検知できることを確認した。

(8) 個人作業領域解析システムの開発

グループで共有して使用する大テーブルの上部にカメラを設置してインターバル撮影した画像から、個人の作業領域の特性を分析するシステムを開発し、空間と人との関係の一端を把握した（図13）。

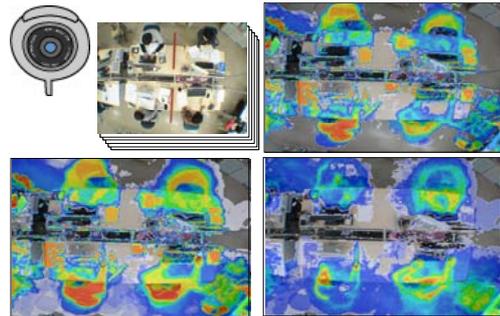


図13 個人作業領域解析システム

(9) 嗜好・知識・経験が創造的思考に及ぼす影響研究

個人の嗜好・知識・経験が創造的思考に及ぼす影響を見るための実験を実施し、発話レポートのプロトコル分析から思考の拡張度を測定し、創造メカニズムに関する基礎的な知見を得た。具体的には、「好きでも嫌いでもないものから発想する場合に思考が広がる」という結果から、意識したことのないものや興味のないものに思考を向けて創造的活動を行うことの重要性が示唆された。

(10) 教示が創造性に与える影響研究

デザイン初期段階における集団による発想プロセスにおいて、「教示（口頭により指示を与えること）」が創造性に与える影響を明らかにした。グループによるデザインの着想段階（アイデア生成場面）において「生産性目標を教示することで集団のパフォーマンスは向上する」という知見が得られた。

(11) 初対面TV会議の円滑化支援

初対面の参加者によるTV会議の円滑化を目的として、会議の最初に声と身体動作の同調を伴う短時間のゲームを催すことにより、共感性が高まり、会話の活性化が高まることを確認した。

(12) オフィスにおける行動観察調査

実際のコラボレーションの現場であるオフィスにおける人の振る舞いと物理空間との関係を探るために、実オフィスでの行動観察調査を複数回行った。その中から、先述の(1)～(8)の開発に資する成果を得た。代表的には以下である。

- ① コミュニケーション内容による対話状況やその場の空間特性の違いに関する示唆を得た。
- ② 知識創造行動と空間やツールの使われ方の関係に関する示唆を得た。
- ③ 人の繋がり(対話行動)をネットワーク分析により読み解き、空間の使い方の違いが組織の状態に与える影響の一旦を示した。
- ④ 空間を機能ごとではなく、メッシュにより緻密に記述して移動・滞留行動を分析する手法を確立した(モニタリング研究に資する)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 23 件)

- ① Jin-Kyung KIM, Hirotsugu GENKAI, Yuji MATSUMOTO, Ryusuke NAKA: A Study of Office Environment and Communication Using Network Analysis - Through Comparison of Conversational Interaction in Different Environment, Proc. of 14th International Conference on Telework ITA2009, 147-158, 2009, (査読有)
- ② 野谷香織、岡田佑介、坂口和敏、松本裕司、地主廣明、仲隆介: 会議環境における新しいコミュニケーションメディアに関する研究 - メモを外化する Topic Visualizer の開発 -, 日本建築学会第 32 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 49-54, 2009, (査読有)
- ③ 坂口和敏、岡田佑介、松本裕司、本江正茂、地主廣明、仲隆介: トピックビジュアルライザーを組み込んだ会議環境に関する研究 (その 2) - メモを外化するトピックビジュアルライザーの開発 -, 日本建築学会 2009 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 533-534, 2009, (査読無)
- ④ 岡田佑介、谷口美虎人、松本裕司、茅原拓朗、地主廣明、仲隆介: トピックビジュアルライザーを組み込んだ会議環境に関する研究 (その 3) - 発話分析・共起ネットワーク分析による評価 -, 日本建築学会 2009 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 535-536, 2009, (査読無)
- ⑤ 松本直人、上岡里美、本多宏明、馬郡恵子、近藤克彦、八塚裕太郎、城戸崎和佐、仲隆介: オフィスにおける会議支援と会議成果の関係の考察-会議アジェンダに着目した会議支援ツールの導入による調査-, 日本建築学会 2009 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 505-506, 2009, (査読無)
- ⑥ 坂下義明、松本裕司、城戸崎和佐、仲隆介: グループによるデザインの着想段階における創造性に教示が与える影響 - 創造性目標と生産性目標の比較実験 -, 日本建築学会 2009 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 917-918, 2009, (査読無)
- ⑦ 松本裕司、水野里美、仲隆介、山口重之: オフィスにおいて対面でやり取りされる情報の内容とその状況に着目した空間特性の考察、日本オフィス学会誌 第 1 巻 第 1 号, 30-36, 2009, (査読有)
- ⑧ 小橋真哉、岸田祥子、松本裕司、仲隆介: ワーカーの知識創造活動とオフィス環境に関する研究 - SECI モデルに基づいた知識創造行動と空間・ツールの関係性 -, 日本建築学会 第 31 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 97-102, 2008, (査読有)
- ⑨ 岡田佑介、村上通子、松本裕司、仲隆介: 嗜好・知識・経験が創造的思考に与える影響 - EDR 電子化辞書を用いたプロトコル分析 -, 日本建築学会第 31 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 103-108, 2008, (査読有)
- ⑩ 花田陽一、現海紘次、松本裕司、仲隆介: ネットワーク分析手法を用いたオフィス環境とコミュニケーションに関する研究 - 異なる環境での会話行動の比較を通して -, 日本建築学会第 31 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 115-120, 2008, (査読有)
- ⑪ Kensuke Banno, Mitsuru Mimura, Tsutomu Miyasato: Communication Support System for Tele-collaboration Based on Situational Judgement of User Workload, IPSJ The Fourth Annual Conference on Collaboration Technologies 2008, 33-36, 2008, (査読有)
- ⑫ Aino Nishihama, Yuji Matsumoto, Ryusuke Naka: A study of communication in the workplace, Proc. of The 13th International Workshop on Telework in USB storage, 10 頁, 2008, (査読有)
- ⑬ Yuji Matsumoto, Yoichi Hanada, Ryusuke Naka: Contents and Conditions of Face-to-Face Communication in the Workplace, Proc. of UbiWork @ Ubicomp 2008 in USB storage, 227-230, 2008, (査読無・依頼論文)

- ⑭ Yoichi Hanada, Yuji Matsumoto, Ryusuke Naka: Enhanced and Continuously Connected Environment for Collaborative Design, Proc. of UbiWork @ Ubicomp 2008 in USB storage, 220-223, 2008, (査読無・依頼論文)
- ⑮ 竹村妹子, 松本裕司, 仲隆介: オフィスの会議室における設計指標抽出のための感性評価, 日本建築学会 2008 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 277-278, 2008, (査読無)
- ⑯ 坂口和敏, 小橋真哉, 松本裕司, 茅原拓郎, 本江正茂, 地主廣明, 仲隆介: トピックビジュアルライザーを組み込んだ会議環境に関する研究, 日本建築学会 2008 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 291-292, 2008, (査読無)
- ⑰ 五十嵐貴子, 小橋真哉, 松本裕司, 仲隆介: 遠隔地間グループワークを支援するための常時接続型プロジェクトルームに関する研究 (その 3) Table Top Scope の開発, 日本建築学会 2008 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 293-292, 2008, (査読無)
- ⑱ 西浜愛乃, 小橋真哉, 松本裕司, 仲隆介, 山口重之: 遠隔地間協同設計教育におけるプロセスガイダンスに関する研究 その 3 ; チーム間の触発を支援する「PDS Tree システム」の導入, 日本建築学会第 30 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 55-60, 2007, (査読有)
- ⑲ 現海紘次, 水野里美, 松本裕司, 仲隆介, 山口重之: 情報化社会のオフィス空間におけるコミュニケーションに関する研究-対面でやり取りされる情報内容とその状況に着目して-, 日本建築学会第 30 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 67-72, 2007, (査読有)
- ⑳ 今野秀太郎, 佐治正宏, 松本裕司, 仲隆介, 山口重之: オフィス環境における行動調査支援ツールに関する研究, 日本建築学会第 30 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 73-78, 2007, (査読有)
- ㉑ 花田陽一, 松本裕司, 仲隆介, 山口重之: オフィスにおける個人作業領域の決定要因と物理的環境が与える影響-個人作業領域解析システムの開発と適用-, 日本建築学会第 30 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 79-84, 2007, (査読有)
- ㉒ 小橋真哉, 松本裕司, 仲隆介, 山口重之: ワークプレイスにおける個人業務に関するウェアネス支援システム-Application Light の開発-, 日本建築学会第 30 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 85-90, 2007, (査読有)

- ㉓ 土屋裕一, 松本裕司, 仲隆介, 山口重之: 遠隔地間グループワークを支援するためにも常時接続型プロジェクトルームに関する研究 (その 2) -仮想近接レイアウトパターンの検証-, 日本建築学会 2007 年度大会学術講演梗概集 E-1 分冊, 549-550, 2007, (査読無)

[学会発表] (計 2 件)

- ① Yuji Matsumoto: Evaluation and Development of Creative Workplace, CU-KIT Design & Color Symposium 2009, Bangkok Thailand, Chulalongkorn University, 2009 年 11 月 21 日
- ② 坂野賢亮, 三村充, 宮里勉: 遠隔地間プロジェクトにおけるメンバの作業状況に応じてコミュニケーションを支援するシステム, インタラクシオン 2008 ポスター発表 (108), 学術総合センター-橋記念講堂, 2008 年 3 月 3 日

[図書] (計 1 件)

- ① 仲隆介, 他 28 名 (日本建築学会編): 都市・建築の感性デザイン工学, 18. オフィスと感性, 朝倉書店, 208 頁 担当 122-126, 2008

6. 研究組織

(1) 研究代表者

仲 隆 介 (NAKA RYUSUKE)
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授
研究者番号: 10198020

(2) 研究分担者

宮里 勉 (MIYASATO TSUTOMU)
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授
研究者番号: 40346119

三村 充 (MIMURA MITSURU)
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・助教
研究者番号: 70379072

松本 裕司 (MATSUMOTO YUJI)
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・助教
研究者番号: 60379071

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: