

# スマートオフィスの要求分析と着座姿勢センシングシステムのデザイン

## Smart Office Requirements Analysis and Design of Seated Posture Sensing System

○諸橋利奈（慶應義塾大学）\*1      江藤翔太（慶應義塾大学）\*2      内田隼人（慶應義塾大学）\*3  
湯俊傑（慶應義塾大学）\*4      加藤健郎（慶應義塾大学）\*5      西村秀和（慶應義塾大学）\*6  
鳥谷真佐子（慶應義塾大学）\*7

\*1 Rina Morohashi, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi Kohoku-ku Yokohama, 223-0061, rina2123akari@keio.jp

\*2 Shota Eto, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi Kohoku-ku Yokohama, 223-0061, shouta.etou1110@keio.jp

\*3 Hayato Uchida, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi Kohoku-ku Yokohama, 223-0061, u.hayato1512@keio.jp

\*4 Syunketsu Tou, SDM, Keio University, 4-1-1 Hiyoshi Kohoku-ku Yokohama, 223-8526, tousyunnketu@keio.jp

\*5 Takeo Kato, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi Kohoku-ku Yokohama, 223-0061, kato@mech.keio.ac.jp

\*6 Hidekazu Nishimura, SDM, Keio University, 4-1-1 Hiyoshi Kohoku-ku Yokohama, 223-8526, h.nishimura@sdm.keio.ac.jp

\*7 Masako Toriya, KGRI, Keio University, 2-15-45 Mita Minato-ku, 108-8345, toriyamasako1214@gmail.com

キーワード: コミュニケーション活性化, 座位姿勢, 行動変容

### 1. 緒 言

日本では少子高齢化が進行しており、2040年には65歳以上の人口が全体の約35%まで増加する見込みである<sup>(1)</sup>。これに加え、合計特殊出生率は2021年時点で1.30と低く<sup>(1)</sup>、2040年頃には人口が約11,284万人にまで減少すると予測されている<sup>(2)</sup>。このような深刻な少子高齢化や人口減少に伴い、企業では必要な仕事量に対して十分な労働力が確保できなくなることが懸念されている。2021年度の調査では、30人以上の規模の事業所では年間平均約140時間の時間外労働が行われており<sup>(3)</sup>、仕事量や時間外労働の増加による社員一人あたりの負担の増大は、今後も深刻化していくと予想されている<sup>(4)</sup>。

このような社会課題に対し、近年、社員への労働負担の軽減を目的として、スマートオフィスのデザインが注目されている<sup>(5)(6)(7)</sup>。既往の研究では、人の行動や状態に関するセンシング技術を活用して人に行動変容を促し、ウェルビーイングを向上させることを図るものが多く、ユーザ個人とのインタラクションを中心にシステムがデザインされてきた。しかし、オフィス環境では多様な人が共存し相互に関わりあっていることから、複数の人同士のインタラクションも考慮する必要があると考えられる。

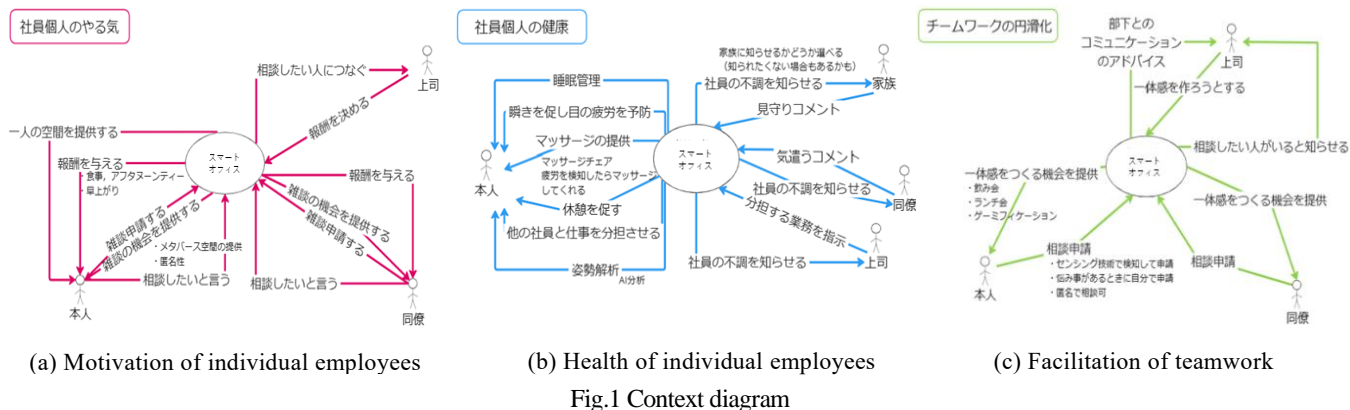
以上を踏まえ、本研究では、社員が働きやすいオフィスの要求分析およびそれを構成するシステムの構築を目的とする。その方法として、まず、システムズエンジニアリングの手法を用いて、利害関係者を把握するために対象システムに関連する外部システムを列挙し、それらの構造的な繋がりを把握するためにコンテキスト図の作成を行う。次に、コンテキスト図を基に要求を整理し、これを満足する

ようなシステムの振る舞いを検討する。最後に提案システムのプロトタイプを作成し、有効性検証のための実験を行う。なお、本研究は、慶應義塾大学大学院科目「デザインプロジェクト/デザインサイエンスプロジェクト」のなかで行われたものである。

### 2. 提案システム

システムズエンジニアリングの手法によりコンテキスト図(図1)を用いて、ウェルビーイングを向上させるようなスマートオフィスの要求分析を行った結果、「社員個人のやる気の上昇」「社員個人の健康維持」「チームワークの円滑化」という3つの要素を抽出した。さらに、各要求を整理し、それに対するスマートオフィスの振る舞いを検討した結果、スマートオフィスにおける要求の多くが社員間のコミュニケーションと密接に関わっていることを見出した。以上の要求分析により、社員間のコミュニケーションを活発化させることがオフィスでのウェルビーイング向上に貢献できる可能性が示された。ここで、図2に示す通り、社員同士のコミュニケーションを活発化させる上で、話し手と聞き手の双方に課題があると考えられる。話し手は聞き手の疲労状態や集中状態などを知ることができないために、聞き手に不快感を与える可能性があり、聞き手は心身の状態が悪い時に話しかけられることで、話し手に対して不快感を持ってしまう可能性がある。

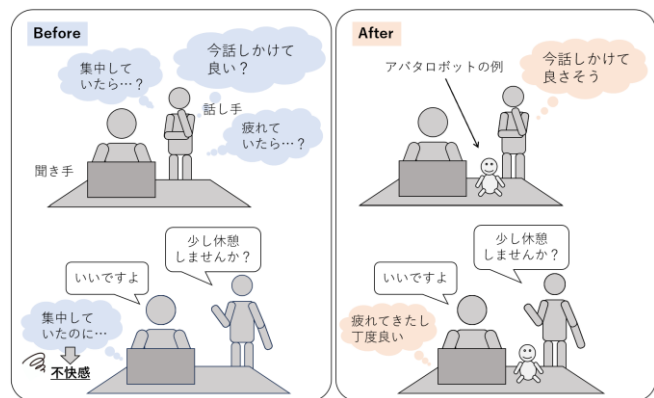
そこで本研究では、話し手側の問題に着目して、話し手に対し聞き手の疲労や集中状態を、アバタロボットを用いて提示するシステムを提案する。ロボットを用いた人同士のコミュニケーションや人とロボットのインタラクションを促進する試みは既に行われており<sup>(8)</sup>、ロボットの動作



(9)(10)や外見(11), 対話から読み取れる性格(12)など様々な要素が人に与える影響や, 人がロボットを受容するためのいくつかの条件などが報告されている(12)(13). 特に, 外見が無機質なロボットよりも有機的で動物らしいロボットの方が人に受容されやすく, 人とロボットのインタラクションの促進に繋がりやすいといわれている(13). このことから, 本研究では, 動物を模したロボットを用いて作業者の状態を可視化することにより, 話し手に特定の意図を伝えることを試みた. これは, 話し手が作業者の状態を知覚する上で参考にする情報の一つになると考えられる. このため, 話しかけるかか意思決定をより容易にすることが期待される.

人が複数の情報を統合し, 知覚や意思決定を行うとき, それぞれの信頼性に対応した重み付け平均が最終的な判断に影響することが先行研究で明らかにされている(14)(15). これをモデル化したものをcue integrationという. 提案システムにおける人に話しかけるか否かの判断材料は, 人とアバタロボットの姿勢である. 疲労状態の判断が難しい姿勢を信頼性の低い視覚情報, 判断が容易な姿勢を信頼性の高い視覚情報として重み付けされる. ただし, アバタロボットについては疲労推定の正確さの認識によって信頼性が変動すると考えられる.

以上を踏まえ, 本研究では, 動物を模したアバタロボットを用いて作業者の状態を可視化し, 話し手へ提示する情報の曖昧性を変化させることで, 話し手が作業者へ話しかける判断を容易にするシステムの提案を行った. 具体的に



は, 深度カメラを用いて座位作業者の姿勢情報を取得し, 取得した姿勢情報に基づいて多関節ロボットアームを動作させるものである. 本研究で検討したシステムのプロトタイプでは, 多関節ロボットアームにチンアナゴのパペットを装着したものをアバタロボットとして使用した.

### 3. 実験方法

提案システムの効果を検証するため, 同システムにより作業者に対して声をかける契機を与えることになるかどうかの調査を被験者 22 名に対して行った.

実験の準備として, アバタロボットを横に置いて PC 作業をする人の写真を撮影した. 実験は, これが被験者の部下や上司を含む同僚であることを想定して行った. 被験者に対して, システムは作業者の姿勢情報をもとに疲労状態を推定し, その結果をロボットが反映できるものと伝えた. 22 名の被験者に表 1 のような 15 通りの状況を見せ, その際に, 心配して声をかけたり休憩に誘ったりしようと思うかどうかをアンケートにより調査した. この 15 通りの状況について, 人やロボットが元気な状態と疲労した状態は, 多くの人が同じ印象を受けるような明確なものにするよう留意した. 一方, 中間状態では, 人によって異なる

Table 1 Situation as seen by the subject

		Human			
		Fine	Middle	Tired	None
Robot	Fine	Picture1	Picture2	Picture3	Picture4
	Middle	Picture5	Picture6	Picture7	Picture8
	Tired	Picture9	Picture10	Picture11	Picture12
	None	Picture13	Picture14	Picture15	



る印象を抱かせるような曖昧なものにするよう留意した。アンケートは、各状況において同僚役の作業者に声をかけようと思うかどうかを「5：そう思う」「4：ややそう思う」「3：どちらともいえない」「2：あまりそう思わない」「1：そう思わない」の5段階で評価させた。これに加え、回答者が評価を行うときに考えたことやその理由について、自由記述により回答させた。声をかけるかどうかは被験者の性格にも依存するため、参考としてパーソナリティの自己評価を行わせた。

#### 4. 実験結果

アンケートの結果を図4に、評価値の回答者間の平均値と標準偏差を表2に示す。疲労状態を表すアバタロボットが提示されているときの評価値は、提示されていないときのそれよりも、有意に大きくなった(人が元気な状態： $t = 2.27, p = 0.02$ , 人が中間状態： $t = 5.33, p = 0.001$ , 人が疲労状態： $t = 3.21, p = 0.005$ )。特に、人の状態が中間状態のとき、アバタロボットが提示されていないときよりも声掛けの評価値が有意に大きくなった( $t = 5.33, p = 0.001$ )。人が中間状態のときは回答者によってそれをどのような状態と捉えるかが異なった。捉え方のばらつきが大きい作業員からの視覚情報に対し、疲労と捉えられやすいアバタロボットからの視覚情報は相対的に信頼性が高くなり、それに寄った知覚が起こりやすかったと考えられる。

また、人が元気な状態であるのに対してアバタロボットが疲労状態を提示しているような状態、すなわち、2つの

Table 2 Average of responses

		Human				Average
		Fine	Middle	Tired	None	
Robot	Fine	2.05(1.25)	1.91(1.27)	2.73(1.42)	1.73(1.24)	2.10
	Middle	2.05(1.13)	2.09(0.97)	3.00(1.35)	2.09(0.81)	2.31
	Tired	2.77(1.38)	3.14(1.39)	4.27(0.94)	3.77(1.31)	3.49
	None	1.82(1.05)	1.86(0.99)	3.32(1.46)		
Average		2.17	2.25	3.33		

\*average(standard deviation)

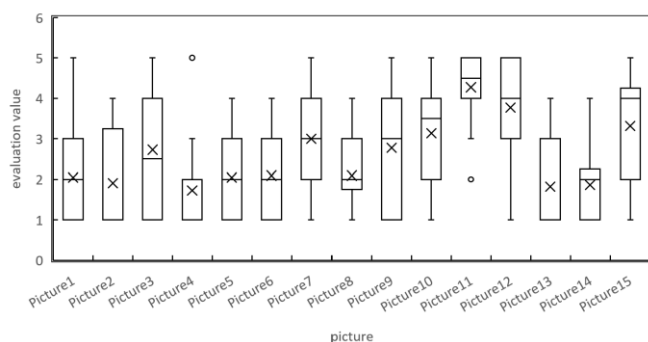


Fig.4 Questionnaire results

視覚情報が全く異なる状態を示しているときは、「人の見かけ上は問題ないが実際は疲れている可能性もあるため声をかけようと思う」「人が元気なのでロボットの提示は参考にしない」など、どちらを信用するかは被験者によって異なる結果であり回答のばらつきが大きかった。2章で述べた通り、アバタロボットの信頼性は、ロボットが示す視覚情報の明確さに加え、背景にあるシステムの疲労推定の正確さが考慮されると考えられる。したがって、ロボットが示

す視覚情報が明確であっても、その背景にある疲労推定システムが十分に信用されていないければ、アバタロボットの全体としての信頼性は向上しないと考えられる。

#### 5. 結 言

本実験から、作業員の疲労状態をアバタロボットを通して可視化することにより、声掛けの意思決定をサポートする効果が確認された。特に作業員の状態が曖昧なときに、アバタロボットが提供する情報が有意に意思決定に寄与していることが示された。これは、追加された視覚情報が、作業員とのコミュニケーションの判断基準として有効であることを意味している。また、人が外見上元気に見える場合でも、アバタロボットが示す疲労情報を基に声をかけるかどうかの判断が変わることが確認され、このシステムが人同士のコミュニケーションの促進に有効である可能性が示唆された。

実験では、アバタロボットが示す情報が意思決定に有意に影響を与えることが示された。しかし、アバタロボットよりも人の見かけを信用すべきだと考え評価を変えなかった被験者もいた。アバタロボットの効果をさらに向上させるために、アバタロボットから得られる情報の信頼度を高める必要がある。これを実現するためには、心拍数や筋電位など作業員の生体情報をリアルタイムで収集・分析し、より正確な疲労度の推定を行う技術の導入を検討することや、疲労推定の手法やアバタロボットが示す具体的な疲労度を被験者に説明しておくことなどが考えられる。

実験では特定の状況下での効果を検証したが、多様な職場環境やタスク、文化的背景を持つ被験者を対象とした実験を行うことで、システムの普遍性や適用範囲を拡大する方向性を模索する必要がある。加えて、実際に本システムを使用するときは一度のみではなく長期間の使用を考えなければならない。よって、長期間の使用においても効果を発揮させるための工夫を検討し検証することも考えるべきである。

#### 文 献

- (1) 総務省統計局.: Statistical Handbook of Japan 2022. In: Statistics Bureau of Japan [Internet]. 2022 (cited 2 September 2023). <https://www.stat.go.jp/english/data/handbook/pdf/2022all.pdf>
- (2) 厚生労働省, 我が国の人口について (cited 2 September 2023). [https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_21481.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_21481.html)
- (3) 厚生労働省, 第 177 回労働政策審議会労働条件分科会 (資料) No.2-2 労働時間制度の現状などについて, 2022-08-30 (cited 2 September 2023). [https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_27659.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_27659.html)
- (4) 清家 篤.: 2040 年問題に備える, 公益財団法人 医療科学研究所, 医療と社会, Vol.29, No.4, 2020, pp.446-456
- (5) Tuzcuoglu, D., de Vries, B., Yang, D. and Sungur, A.: What is a smart office environment? An exploratory study from a user perspective, Journal of Corporate Real Estate, Vol. 25 No. 2, 2023, pp. 118-138.
- (6) Xiangying Zhang, Pai Zheng, Tao Peng, Dai Li, Xujun Zhang,

- Renzhong Tang.: Privacy-preserving activity recognition using multimodal sensors in smart office, *Future Generation Computer Systems*, Vol.148, 2023, pp. 27-38
- (7) Xiangying Zhang, Pai Zheng, Tao Peng, Qiqi He, C.K.M. Lee, Renzhong Tang.: Promoting employee health in smart office: A survey, *Advanced Engineering Informatics*, Vol.51, 2022, 101518
- (8) Siméon Capy, Pablo Osorio, Shohei Hagane, Corentin Aznar, Dora Garcin, Enrique Coronado, Dominique Deuff, Ioana Ocnareescu, Isabelle Milleville and Gentiane Venture.: Yōkobo: A Robot to Strengthen Links Amongst Users with Non-Verbal Behaviours, *Machines* 2022, Vol.10, No.8, 708
- (9) Sridatta Chatterjee, Oren Shriki, Idit Shalev and Tal Oron Gilad.: Postures of a Robot Arm- window to robot intentions?, 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), August 26-31, 2016. Columbia University, NY, USA
- (10) Akihiro Ogasawara, Manabu Gouko.: Determining the Most Effective Way of Ensuring a Tidying-Up Behavior: Comparison of Effects of Reminders Using Oral Instruction, Posters, and Robots, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol.24 No.4, 2020, pp.543
- (11) Zuzanna Janeczko, Mary Ellen Foster.: A Study on Human Interactions with Robots Based on Their Appearance and Behavior, *CUI 2022*, July 26–28, 2022, Glasgow, United Kingdom
- (12) Sara Kiesler, Jennifer Goetz.: Mental Models and Cooperation with Robotic Assistants, Extended abstracts of the 2002 Conference on Human Factors in Computing Systems, *CHI 2002*, Minneapolis, Minnesota, USA, April 20-25, 2002
- (13) Koki Saito, Yuki Furuya, and Kazunori Takashio.: An Analysis of Acceptance Factors of Partner Robot – What is "Animal-Like" –, THE INSTITUTE OF ELECTRONICS, INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS, IEICE Technical Report CNR2021-9(2021-11)
- (14) Yusuke Tani, Taishi Fujiwara, Atsushi Takemoto, Kensuke Tobitani, Masataka Imura, and Noriko Nagata.: Investigation of the Integration Form for the Visuo-Tactile Information in the Impression of the Texture, *TVRSJ* Vol.23 No.3 pp.115-118, 2018
- (15) Kazuhisa Shibata.: Review—Dr. Yukiyasu Kamitani Lecture in ASCONE 2006 The Bayesian Perception, *日本神経回路学会誌* Vol. 14, No. 4, 2007, pp. 313-318