

コールセンタにおける職場の活発度が 生産性に与える影響の定量評価

渡邊 純一郎^{1,a)} 藤田 真理奈¹ 矢野 和男¹ 金坂 秀雄^{2,b)} 長谷川 智之²

受付日 2012年6月15日, 採録日 2013年1月11日

概要: 組織の生産性をいかにして向上させるかということは、リーダーやマネージャにとって大きな関心事である。しかしながら、生産性向上に向けたこれまでの施策は、マネージャの経験や勘など定性的な評価に基づくものが主であった。我々は、ウェアラブルセンサを用いて物理的な人間行動を長期的に計測し、身体的な動きの度合いである活発度や対面コミュニケーションと生産性との関係を定量的に評価した。アウトバウンド型コールセンタにおいて受注率に影響を与える要因を調べた結果、休憩中の職場の活発度と受注率が相関することが分かった。両者の因果関係を明らかにするために少人数のチームごとに休憩時間を合わせる施策を行った結果、休憩中の対面コミュニケーションに起因するチームの活発度が生産性に影響することが分かった。本研究の結果は、センサにより職場の活発度を定量的に計測しマネジメントすることにより、生産性を向上させられる可能性を示唆する。

キーワード: 活発度, コールセンタ, 対面コミュニケーション, ウェアラブルセンサ, チームの生産性

Quantitative Evaluation of Effects of Workplace Liveliness on Performance in Call Centers

JUN-ICHIRO WATANABE^{1,a)} MARINA FUJITA¹ KAZUO YANO¹
HIDEO KANESAKA^{2,b)} TOMOYUKI HASEGAWA²

Received: June 15, 2012, Accepted: January 11, 2013

Abstract: Improving team performance has been a great concern of leaders and managers. They try to understand the factors affecting performance and reorganize their team on the basis of their experience and intuition. Recent progress in wearable sensor technologies has opened up new ways of measuring our physical behaviors. Particularly attractive is the ability of such sensors to capture data quantifying body movement and face-to-face communication. In this study, we explored possible factors affecting performance in call centers by using a wearable sensor, a “sociometric badge.” We found that the activity level, i.e., liveliness, while working does not correlate with team performance whereas that while resting does. We also found that improving face-to-face communication leads to increased activity levels and to better team performance. Our results demonstrate that team performance can be improved by managing workplace activity levels.

Keywords: activity level, call center, face-to-face communication, sociometric badge, team performance

1. はじめに

組織の生産性、あるいはチームのパフォーマンスには、大きく2つの要因が関係すると考えられている。1つはチームメンバ個人の能力であり、どのような能力を持った人々でチームを編成するか、ということがそのチームの成果に影響する [1], [2]。このため、たとえば企業においては新人

¹ 株式会社日立製作所中央研究所
Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory, Kokubunji,
Tokyo 185-8601, Japan

² 株式会社もしもしホットライン
MOSHI MOSHI HOTLINE, INC., Shibuya, Tokyo 151-
8583, Japan

a) junichiro.watanabe.ws@hitachi.com

b) kanesaka_h@moshimoshi.co.jp

のリクルートや社員教育に膨大なコストがかけられ、組織の再編成もしばしば行われる。

パフォーマンスに影響するもう1つの要因として、チームメンバー同士のコミュニケーションが指摘されてきた [3], [4]. 近年, IT (Information Technology) 技術の発展によりコミュニケーション手段が多様化し, E-mail だけではなく, インスタントメッセージ (IM) やソーシャルネットワークサービス (SNS) が職場において重要なコミュニケーションツールになってきている. これらの IT ツールを用いたサイバー空間におけるコミュニケーションの有効性が議論され, たとえば, 物理的に離れた場所にいるメンバーで構成されるバーチャルチームのパフォーマンスに影響することが報告されている [5], [6], [7]. 一方, 物理的な対面コミュニケーションが組織の生産性に対して重要な役割を果たすことも指摘されており, バーチャルチームに対してさえ有効であることが報告されている [4], [8]. さらに近年の小型センサ技術の発達により, 対面コミュニケーションが組織の生産性に与える影響を定量的に評価することが可能になり, 生産性と強く相関する要因が明らかになりつつある [9], [10].

センシングデバイスの小型, 軽量化が進んだことにより, 名札型や腕時計型のセンサを人が大きな負担なく常時装着することが可能になった. このようなセンサを用いれば, 加速度センサから得られる身体的な動きや, 赤外線センサから得られる対面コミュニケーションに関する定量的なデータを長期にわたり収集することができる. 近年, 携帯電話の位置情報や E-mail の送受信記録, インターネット閲覧履歴, Twitter などマイクロブログサービスを利用したコミュニケーション履歴などの分析から, 自由な意思を持った人間の一目ランダムな行動が何らかの普遍的な法則に従うことが明らかになっている [11], [12], [13], [14]. ウェアラブルセンサを用いて得られる実世界における個人の行動パターンや人と人との相互作用を反映する膨大なデータを分析することにより, 人間行動のより深い理解が進み, さまざまな社会現象が解明される可能性がある.

本研究では, 名札型のウェアラブルセンサを用いてアウトバウンド型コールセンタにおける人間行動を計測し, コールセンタの生産性指標の1つである受注率に影響を与える要因を調べた. その結果, 業務中ではなく休憩中の職場の活発度が受注率と相関することを見出した. さらに, 少人数のチームごとに休憩時間を合わせるという施策を実施した結果, 休憩中の対面コミュニケーションがチームの活発度に影響し, 活発度の変化が受注率に影響することが分かった.

2. 関連研究

物理空間における対面コミュニケーションやサイバー空間における IT ツールを用いたコミュニケーションがチームパフォーマンスに与える影響に関していくつかの研究が

なされている. Teasley らは, チームメンバーを一室に集めて作業させた場合の生産性への影響を調べて, 問題解決やチームメンバー間の調整が必要とされるさまざまな場面において大幅な効率改善が見られるとしている [8]. Fussell らは, E-mail によるコミュニケーションはチーム内の調整を必要とするタスクに寄与し, 対面コミュニケーションはメンバーが感じる負荷の低減に寄与する, と述べている [3]. Hancock らは, 生産性への有意な影響は認められないとしながら, 対面コミュニケーションに比べて電子的なコミュニケーションでは, 他人の行動に敏感に反応するが詳細には他人の行動や心理を把握しえないと述べ, 両コミュニケーションに本質的な差があることを指摘している [15].

ウェアラブルセンサを用いて, 実世界における人間行動が従う法則性や, 人と人とのインタラクションが社会に与えるマクロな影響を探る研究がさかんに行われるようになってきた [9], [10], [16], [17], [18], [19]. たとえば, Nakamura らは, 人の身体的な動きの活動的な時間と非活動的な時間の継続時間を調べ, 非活動的な時間の継続時間が冪分布に従うことを示した [16]. 興味深い点は, うつ病患者とそうでない人で冪分布のスケール指数が有意に異なることが示されたことである. ウェアラブルセンサを用いて得られる定量的な人間行動データを組織のマネジメントに応用する研究も行われている. 特に, 生産性に寄与する典型的な人間行動パターンやコミュニケーション特性に関する研究は, 業務ログなどのビッグデータを効率的に処理することで経営に寄与するアプローチとは異なり, 人間行動の理解に基づいた組織最適化を目指すアプローチであり注目されている [9], [10], [17]. たとえば Wu らは, 名札型センサを用いて社員間の対面コミュニケーションと組織の生産性との関係を分析している [9]. 人をノードとし, 一定時間以上対面した場合にノード間にリンクを張ることにより構築されるネットワークの構造と, 与えられたタスクの処理時間 (生産性) との関係を調べた結果, ノードとリンクで構成される三角形構造が多いほど生産性が有意に高い, という結果が報告されている.

本研究では, 名札型のウェアラブルセンサを用いた実験により, コールセンタにおける生産性と人間行動の関係を定量的に評価した. 後述するように, 我々の結果は, 名札型センサを用いた Pentland の最近の研究結果 [10] と本質的に一致している. インバウンド型のコールセンタを対象とした彼の研究では, 2 者間の会話の活発さを「エネルギー」と定義すると, インフォーマルな場におけるチームの平均エネルギーやチーム内でのエネルギーバランスが, 業務効率を表す指標である AHT (Average Handling Time) の低減に寄与するという結果が報告されている.

3. 名札型センサ

本研究では, 名札型センサ [20] (図 1 (a)) を用いてコー

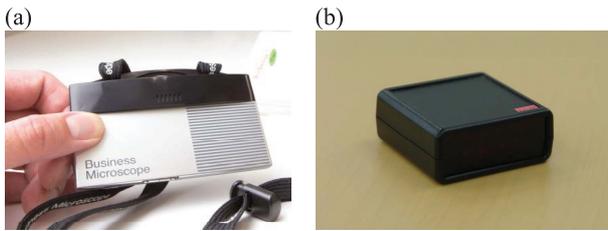


図 1 名札型センサ (a) と赤外線ビーコン (b)
 Fig. 1 Sociometric badge (a) and IR beacon (b).

ルセンタ社員の対面コミュニケーションや身体的な動きを計測した。名札型センサには 3 軸加速度センサと赤外線センサが搭載されており、装着者の動きと他人との対面を検出する。取得したデータは名札型センサ内のメモリにいったん蓄積され、名札型センサを充電器に置いたときに有線でサーバへ送信される。赤外線センサ、および加速度センサから得られるデータを処理して得られる主な情報は、

- (1) 対面情報：誰と誰が、いつ、何分間対面したか
- (2) 動き：加速度および加速度のゼロクロス回数から得られる周波数

である。赤外線センサは距離 3m、水平方向角度 60 度、垂直方向角度 60 度（上方 15 度、下方 45 度）以内で 2 つの名札型センサが対面した場合に対面イベントを検出する。名札型センサに紐づけられているユーザ ID から誰と誰がいつ対面したかを特定することができる。また、赤外線ビーコン（図 1 (b)）を特定の場所に設置することにより、誰がいつ、どこにいたかという情報も得ることができる。加速度のゼロクロス値から人の動きをある程度識別することが可能であり、たとえば静止状態は 0 Hz、静聴や Web ブラウジングなどは 0–1 Hz、発話やキーボード操作は 1–2 Hz、歩行や身振りのある会話などは 2–3 Hz の周波数として判定される。名札型センサは、サイズ 86 × 54 × 7 mm、重さ 34 g、バッテリー持続時間は 24 時間である。したがって、勤務時間中に継続して装着し、帰宅時に充電器に置くことにより、長期間の計測が可能である。赤外線ビーコンのサイズは 65 × 65 × 28 mm である。

4. 実験

4.1 目的

本研究では、コールセンタの生産性に影響する要因の解明を目指す。1 章で述べたように 2 つの可能性が考えられる。1 つは、コールセンタの生産性は個人のスキルに依存する、というものである。すなわち、電話対応する社員の話し方、声色、業務内容に関する専門性、業務システムの習熟度、などにより個人の生産性が左右され、ひいてはコールセンタ全体の生産性に影響する。もう 1 つの可能性は、社員同士のインタラクションが生産性に影響するということである。最初の可能性に関しては、AHT や受注率などコールセンタで管理している生産性指標を個人ごとに比較

すればよいが、2 つ目の可能性に関してはこれまで定量的な評価が難しかった。そこで本研究では、コールセンタの社員に名札型センサを装着してもらい、社員の動きや対面コミュニケーションと生産性との関係を調べた。

4.2 対象コールセンタ

コールセンタの業務にはインバウンド型とアウトバウンド型の 2 種類がある。前者は、クレーム対応や問合せ対応などを行う業務であり、顧客からかかってきた電話に対応する。この場合、電話対応や後処理の効率を表す Average Handling Time (AHT) が生産性の指標になる。後者は、インターネット接続サービスなどの商材を電話営業により販売する業務であり、コールセンタの社員が顧客に電話をかける。この場合、単位時間あたり何件受注が取れたか、という受注率が生産性の指標になる。本研究では、アウトバウンド型の業務を行う 2 つのコールセンタ [21]（以下、コールセンタ A および B と呼ぶ）を対象にした。両コールセンタはまったく同じ業務（同じ会社が提供するインターネット接続サービスの受注業務）を行う。

電話をかける人はテレマーケッタ (telemarketer, 以下、TM) と呼ばれる。TM は業務システムを操作し、顧客リストの呼び出し、電話発信、入力処理、その他後処理、などを行う。アウトバウンド型の業務では TM ごとに、業務システムにログインしている時間、受注数、発信数、などの業務データがコールセンタのシステムに蓄積される。業務データは、TM のスキルレベルの評価、日ごとの業績管理、チーム編成などの判断に活用される。

4.3 方法

実験期間は、コールセンタ A では 2011 年 11 月 18 日から 12 月 16 日 (29 日間)、コールセンタ B では 2012 年 2 月 7 日から 3 月 9 日まで (同じく 29 日間、3 日間の休業日を含むため) である。コールセンタ A には 51 名 (女性 31 名、男性 20 名)、コールセンタ B には 79 名 (女性 49 名、男性 30 名) の TM がそれぞれ勤務するが、すべての TM が毎日出勤するのではなく、日によりその人数は変動する。

TM が受注業務を行っているか、あるいは、休憩室などで休憩をとっているかを区別するために、赤外線ビーコン (図 1 (b)) を TM のデスクに設置した。赤外線ビーコンと TM が装着している名札型センサが対面していれば業務中であり、対面していなければデスク以外の場所で休憩中であることを意味する。

1 日の業務が終了すると、その日に出勤していた TM ごとに受注数、業務システムへのログイン時間、電話発信数、などの業務データがコールセンタのシステムに記録される。我々は生産性を表す指標として「業務システムを使用する単位時間あたりの受注数」を受注率と定義し、名札型センサで得られる行動データと受注率の関係を調べた。

5. 分析

5.1 個人の経験やスキルと生産性

まず、TM 個人の経験やスキルレベルと個人の受注率との関係を調べた。ここでは、TM 個人の受注率を式 (1) で定義する。

$$\text{個人の受注率} \equiv \frac{\sum_d P_d^i}{\sum_d H_d^i} \quad (1)$$

ここで i は TM の ID 番号、 P_d^i は TM_i が日 d に獲得した受注数、 H_d^i はその日に TM_i が業務システムを使って受注業務を行った時間 (hour) である。個人の経験レベルは、 TM_i がコールセンタに入社してからの日数で評価した。コールセンタでは、過去の個人業績に基づいて上司が TM のスキルレベルを評価している。今回の実験対象であるコールセンタ A では 1~4 までの 4 段階、コールセンタ B では 1~3 までの 3 段階で TM のスキルレベルを評価 (値が大きいほどスキルレベルが高い) しており、本研究ではこの評価値を個人のスキルレベルとして用いた。

図 2 に今回の実験期間における個人の受注率 (式 (1)) と個人の経験レベルおよびスキルレベルとの相関関係を示す。コールセンタ A の経験レベルと受注率との関係 (図 2(a)) を除き、個人の経験やスキルレベルと個人の受注率は相関する ($R = 0.58$ (図 2(b)), $R = 0.64$ (図 2(c)), $R = 0.62$ (図 2(d)), いずれも $p < 0.00001$)。この結果は、個人の能力と個人の成果は関係がある、という自然な仮定を支持する。

5.2 チームの経験やスキルと生産性

では、コールセンタ全体の生産性を高めるためには、経

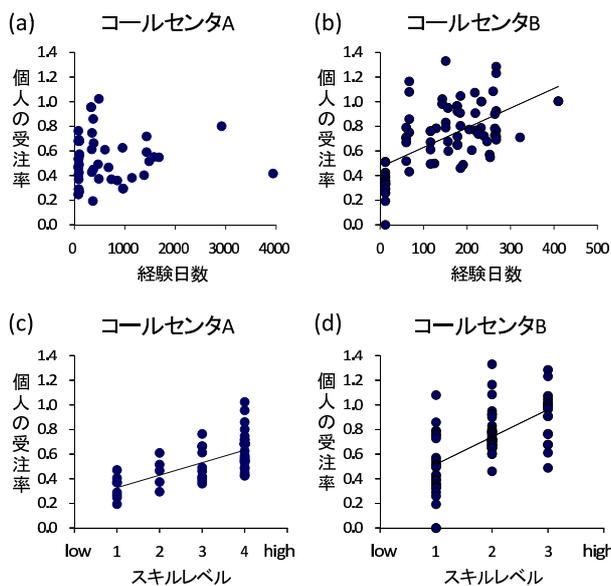


図 2 個人の経験やスキルと生産性

Fig. 2 Individual experience and skill vs. performance.

験豊富な TM や高いスキルを持った TM を多数揃えればよいのだろうか。実際のコールセンタでは日によって業務を行う TM は異なり、人数も変動する。したがって、コールセンタ全体としての平均の経験レベルやスキルレベルは日ごとに異なる。本研究では、コールセンタの日ごとの平均経験レベル (その日業務を行っている全 TM の経験日数の平均) あるいは平均スキルレベル (その日業務を行っている全 TM のスキルレベルの平均) と、式 (2) で定義されるコールセンタの日ごとの受注率との相関を調べた。

$$\text{コールセンタの受注率} \equiv \frac{\sum_i P_d^i}{\sum_i H_d^i} \quad (2)$$

図 3 に示すように、個人ごとに見た場合とは異なり、コールセンタの日ごとの受注率と、日ごとの平均経験レベルや平均スキルレベルとは相関しない。この結果は、個人の能力の単なる和がチームの能力になるのではないことを意味する。では、チームの能力を決定する要因は何だろうか。

5.3 職場の活発度

我々は、2つのコールセンタの日ごとの受注率 (式 (2)) に大きな差があることに着目した。図 4 に示すように、2つのコールセンタはまったく同じ業務をしているにもかかわらず、日ごとの受注率はコールセンタ B の方が有意に大きい (コールセンタ A : 0.508 ± 0.120 , コールセンタ B : 0.710 ± 0.129 , $p < 0.0001$, Kolmogorov-Smirnov test)。

我々は、同じ業務を同じ形態で行っているにもかかわらず2つのコールセンタで受注率に有意な差が生じる原因は、

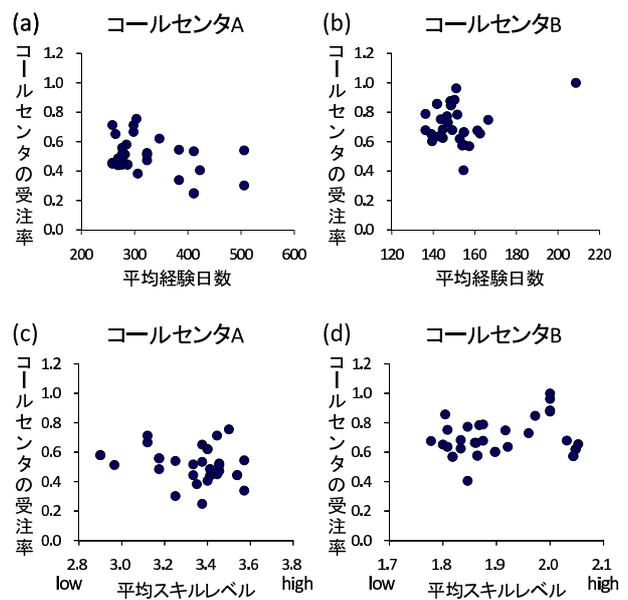


図 3 チームの経験やスキルと生産性

Fig. 3 Team experience and skill vs. performance.

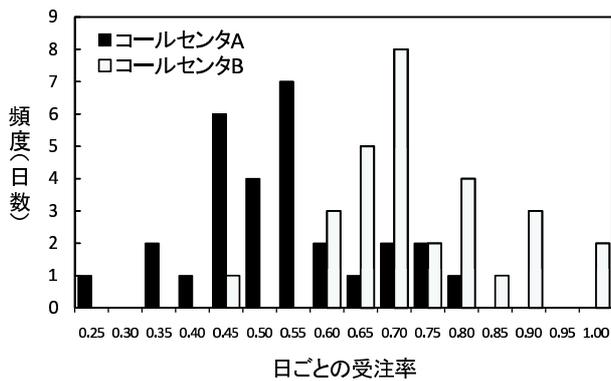


図 4 受注率の差

Fig. 4 Difference of daily performance.

TMの「やる気」やそれを生み出す職場の雰囲気が異なるからではないかと考えた。そして、TMの業務意欲は身体的な動きに現れると仮定した。そこで、TMの身体的な動きの度合いである「活発度」を加速度センサから得られるデータを用いて評価した。まず、1分ごとに個人の状態が active 状態か non-active 状態かの判定を行った。1分間の平均の加速度のゼロクロス周波数が 2Hz 以上の場合には active 状態、2Hz より小さい場合には non-active 状態と判定する。2Hz という閾値は、身振りのある会話のような活発な動作とキーボード操作のような静的な動作を分ける値である。個人ごとに状態の判定を行ったうえで、コールセンタの職場の活発度を次のように定義した。

$$\text{職場の活発度} \equiv \frac{\sum_i M_{Active}^i}{\sum_i M_{All}^i} \quad (3)$$

ここで、 M_{All}^i は対象とする時間内 (たとえばある日の業務中、あるいは休憩中) における TM_i の総勤務時間 (minute)、 M_{Active}^i はそのうち active 状態であると判定された時間である。職場の活発度は 0 から 1 の値をとり、値が大きいほど活気があることを意味する。

受注率に影響するのは受注業務を行っているときの TM の行動である、と仮定するのは自然である。そこで、業務中の職場の活発度を 2 つのコールセンタで比較した。業務中か否かは、TM が装着している名札型センサと、TM のデスクに置いた赤外線ビーコンの間に対面イベントが検出されたか否かで判定した。すなわち、TM が業務中であれば名札型センサと赤外線ビーコンは対面するが、休憩中でデスク周辺にいない場合には対面イベントは検出されない。

図 5 (a) に 2 つのコールセンタの業務中の日ごとの活発度の計算結果を示す (実際の計測日は異なるが重ねて示してある)。コールセンタ間の受注率の差 (図 4) が業務中の TM の行動の差に起因するという前述の仮定に反し、2 つのコールセンタ間で業務中の活発度に関して有意な差は認められなかった ($p > 0.2$)。

これに対し、図 5 (b) に示すように 2 つのコールセンタ

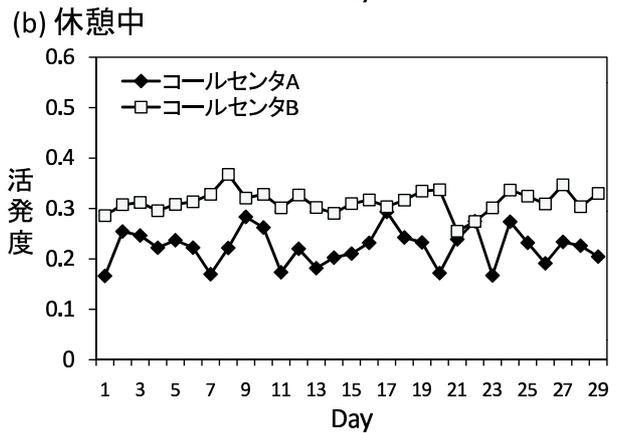
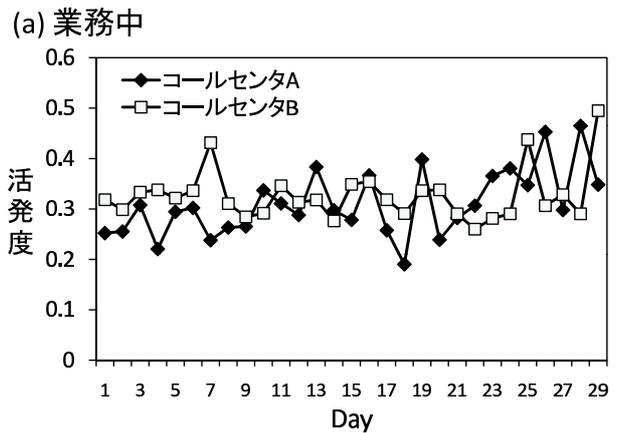


図 5 業務中 (a) と休憩中 (b) の活発度

Fig. 5 Daily activity levels while working (a) and resting (b).

の休憩中の活発度の間には大きなギャップがあり、有意に差がある ($p < 10^{-9}$)。受注率が有意に高いコールセンタ B の休憩中の活発度は、コールセンタ A の活発度よりも有意に大きい。これは、休憩中の職場の活発度が高ければ生産性が高くなる、という相関関係を示唆する。しかしながら、今回調べたのは 2 つのコールセンタであるため、この結果だけでは休憩中の活発度と生産性の相関が偶然である可能性を否定できない。

そこで、コールセンタごとに日ごとの受注率と休憩中の活発度との相関を調べた。その結果、両者には有意な相関が認められた (図 6, コールセンタ A : $R = 0.379$, コールセンタ B : $R = 0.368$, いずれも $p < 0.05$)。これに対し、業務中の活発度と受注率には相関がなかった (コールセンタ A : $R = -0.113$, $p > 0.5$, コールセンタ B : $R = 0.281$, $p > 0.1$)。

この結果は 2 通りの解釈が可能である。1 つは、休憩中の活発度が受注率に影響するという可能性である。もしそうならば、休憩中の職場の活発度をマネジメントすることでコールセンタ全体の受注率を向上させられる可能性がある。しかしながら、多くの受注を獲得した日は職場の活気が上がる、という逆の解釈も可能である。したがって、相関関係だけではなく因果関係を明らかにするには、より注意深い分析が必要である。

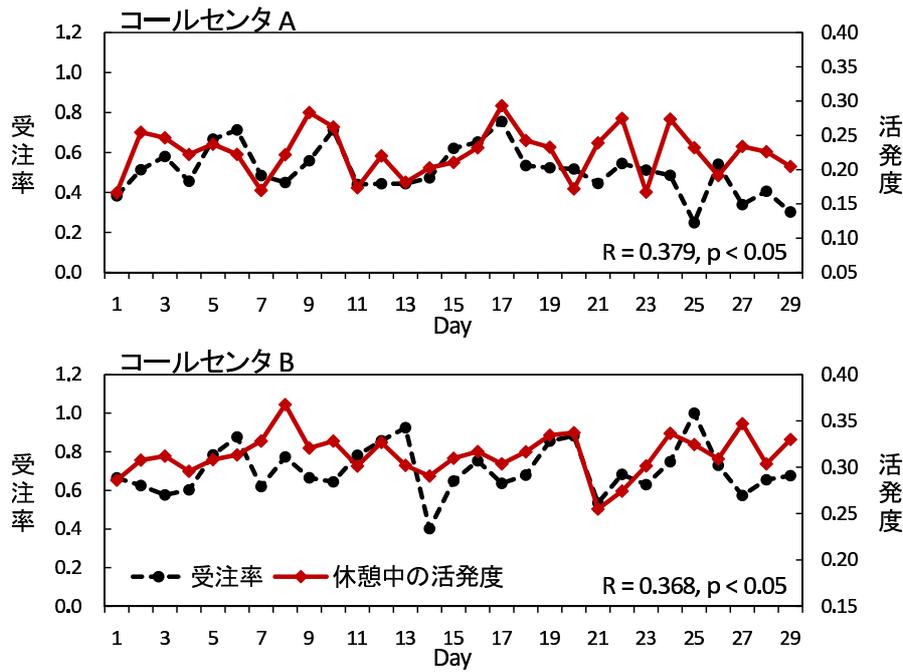


図 6 休憩中の活発度と受注率の相関

Fig. 6 Correlation between daily activity level while resting and performance.

我々は、日ごとの個人の受注率 P_d^i/H_d^i と、日ごとの個人の休憩中の活発度 M_{Active}^i/M_{All}^i とは相関しないことを確認した。すなわち、多数の受注を獲得したからといってその TM がより活発になるわけではない。したがって、コールセンタ全体として受注数が増えると職場の活発度が上がる、という因果関係は成り立たない可能性がある。実は、次節で述べるように、活発度に影響する要因の 1 つの候補は、TM 同士の対面コミュニケーションである。

5.4 対面コミュニケーションと活発度

人をノードとし、一定時間以上対面した場合にノード間にリンクを張ることにすれば、人間関係を反映したネットワーク (図 7, 以下、「対面ネットワーク」と呼ぶ) を構築することができる。本研究では、名札型センサーで計測した TM 同士の対面情報を用い、1 日 3 分以上対面している TM 間にリンクを張ることにより 1 日ごとの対面ネットワークを作成した。ただし、休憩中の活発度に注目しているため、休憩中における対面イベントのみを対象とした。

日ごとの対面ネットワークと日ごとの活発度の関係を調べた結果、対面ネットワークを特徴付ける 2 つの指標が活発度と相関することが分かった。1 つは、ノードあたりのリンク数を表す次数、もう 1 つはクラスタリング係数である。日ごとの対面ネットワークの平均次数と日ごとの休憩中の活発度は 2 つのコールセンタとも有意に相関する (表 1)。ノード i のクラスタリング係数は $C_i = 2y_i/z_i(z_i - 1)$ で定義され、ノードとリンクで構成される三角形構造の密度を表す。ここで z_i はノード i につながっている全ノード数、 y_i はこれらのノード間の全リンク数である。ネットワーク

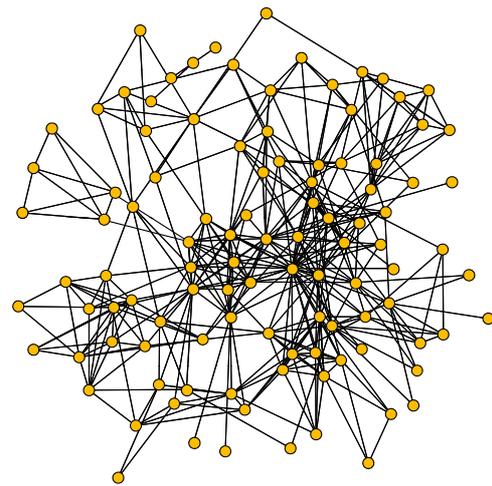


図 7 対面ネットワーク

Fig. 7 Face-to-face network.

表 1 対面ネットワークの指標と休憩中の活発度の相関

Table 1 Correlation between face-to-face network structural indices and activity level while resting.

	休憩中の活発度	
	コールセンタ A	コールセンタ B
平均次数	0.374 ($p < 0.05$)	0.404 ($p < 0.03$)
クラスタリング係数	0.363 ($p < 0.06$)	0.361 ($p < 0.06$)

全体のクラスタリング係数はノードのクラスタリング係数の平均値として計算され、TM 同士がどの程度密接に対面コミュニケーションを行っているかを反映する。表 1 に示すように、有意性はやや下がるものの、クラスタリング係数と日ごとの休憩中の活発度は相関傾向にある。

この結果は、次数やクラスタリング係数で特徴づけられる対面ネットワークの構造が休憩中の活発度に関係することを示す。しかしながら、因果関係に関してはやはり2つの解釈が可能である。1つは、対面人数やコミュニケーションの密度の増加が職場の活発度に影響する、という解釈である。逆に、何らかの理由により休憩中の職場の活発度が高ければTM同士の対面コミュニケーションが促され、次数やクラスタリング係数が増加するという解釈も可能である。

5.5 因果関係

これまで述べたように、2つのコールセンタにおける実験を進める中で、受注率と休憩中の活発度の相関関係(5.3節)、および休憩中の活発度と対面コミュニケーションの相関関係(5.4節)が両コールセンタに共通の普遍的な関係であることが分かってきた。そこで相関関係だけでなく因果関係を明らかにするために、まだ実験期間中であったコールセンタBにおいて「少人数のTMでチームを編成しチームごとに休憩する」という施策を行った。従来、コールセンタBではTMは各々が自由に休憩していた。この施策は、少人数のTMが同時に休憩することによりTM同士の対面コミュニケーションがどのように変化し、その変化が休憩中の活発度と受注率にどう影響するかを調べることが目的である。実験期間の最後の1週間に施策を適用し、施策前の3週間と比較して、対面コミュニケーション、休憩中の活発度、受注率の変化を調べた。

コールセンタ全体をチーム分けの対象とすることは実際

運営上困難であったため、本研究では、1チーム4人のTMで構成されるチームを2チーム(チーム1, 2と呼ぶ)作った。チームのコミュニケーション特性が活発度や受注率にどのように影響するかを調べるため次のようなチーム編成を行った。チーム1は、全TMから無作為にメンバを選定し、年齢、性別の異なるTMで編成した(50代の男性1名, 20代の女性2名, 30代の女性1名)。これに対しチーム2は、同年代の男性4名(20代2名, 30代2名)で編成した。これは、趣味や話題に共通点が多い可能性が高い同年代でチームを編成することにより、チーム1に比べて休憩中のコミュニケーションが促進されるのではないかとという仮説に基づくものである。

1日あたりの休憩中の平均対面時間を比較したところ、チーム1は施策後に大幅に対面時間が減少した(92.5から18.8min., $p < 0.04$)。これに対してチーム2では、対面時間は有意には変化しなかった。より詳細な分析により、施策によりチーム1の対面コミュニケーションは阻害され、チーム2の対面コミュニケーションは促進されたことが分かった。休憩中の1日の平均対面時間が3分以上のTM間にリンクを張ることにより施策前と施策後に対する対面ネットワークを作成し、チームの平均次数(メンバ1人あたりの対面人数)と平均クラスタリング係数を計算した。図8(a)に示すように、チーム1では次数、クラスタリング係数ともに施策後に減少している(次数:7.5から2.75, $p < 0.04$, クラスタリング係数:0.25から0.2)のに対してチーム2では、次数、クラスタリング係数ともに増加している(次数:6.25から7.5, クラスタリング係数:0.14か

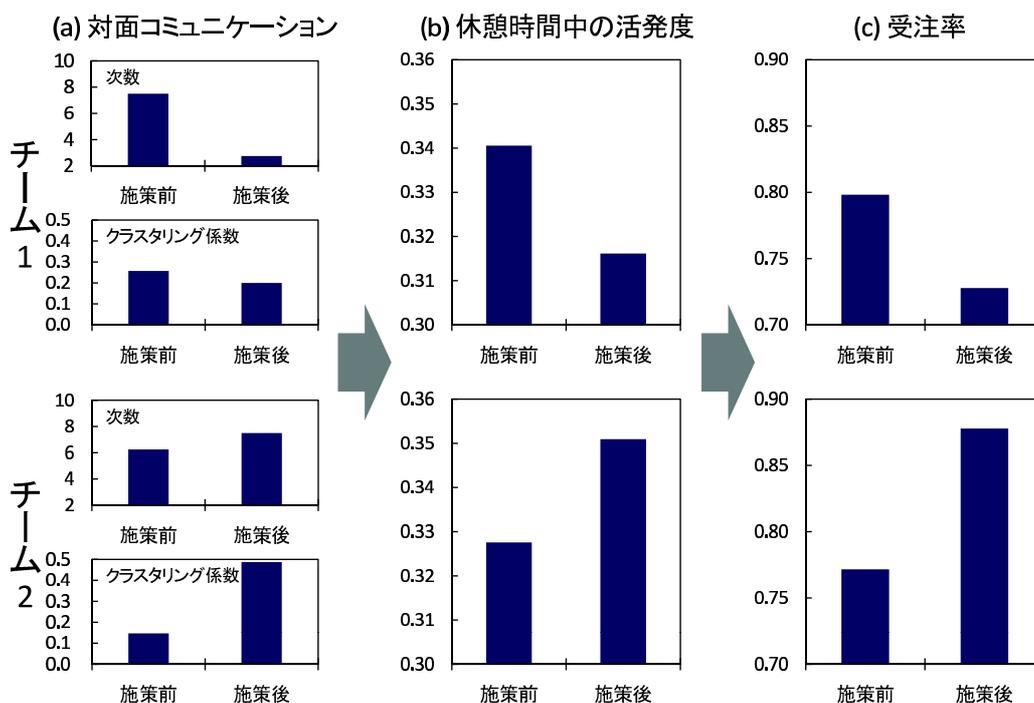


図8 施策効果と因果関係

Fig. 8 Results of introducing break rule.

ら 0.48, $p < 0.03$). この原因は、チーム 1 ではもともと自然に形成されていた仲の良い同僚とのコミュニケーションが無作為に選ばれた年齢や性別の異なる TM 同士で休憩することにより阻害されたのに対して、同年代のメンバーで構成されたチーム 2 では会話機会の増加などによりコミュニケーションが促進されたためであると考えられる。

休憩中のチームの活発度（メンバーの活発度の平均）の変化を見ると、チーム 1 は施策実施前の 3 週間の平均が 0.34 であったのが施策後の 1 週間の平均が 0.31 に減少した。これに対してチーム 2 は 0.32 から 0.35 に増加している（図 8(b)）。

チームの受注率（メンバーの受注率の平均）の変化を見ると、チーム 1 は減少（0.79 から 0.72）したのに対し、チーム 2 は増加（0.77 から 0.87）している（図 8(c)）。

施策に対するこれらの結果は、因果関係について次のような解釈を支持する。まず、対面コミュニケーションの変化は少人数のチームごとに休憩するという施策に起因するものであり、活発度の変化により引き起こされたのではない。次に、対面ネットワークの次数やクラスタリング係数と活発度は相関する（表 1 参照）から、受注率ではなく対面コミュニケーションの変化が活発度に影響する（図 8(a) から (b)）。さらに、活発度と受注率は相関する（図 6 参照）から、対面コミュニケーションの変化に起因する活発度の変化が受注率に影響する（図 8(b) から (c)）。

5.6 受注率の予測

我々の実験により、対面コミュニケーションが活発度に影響し、活発度が受注率に影響することが分かった。対面コミュニケーションの状態や活発度は名札型センサで計測できる。したがって、これらのデータに基づいて受注率を予測したり、TM 同士のコミュニケーションや職場の活発度をマネジメントすることにより受注率を向上させたりすることができる可能性がある。そこで、目的変数を受注率、説明変数を休憩中の活発度、対面ネットワークの次数、TM のスキルレベルとし、回帰分析により受注率の予測可能性を調べた。

コールセンタ B に対する実験期間の前半 14 日のデータを用いて係数と切片を学習し、後半 15 日の受注率を予測した。図 9 に結果を示す。まず、説明変数として休憩中の活発度のみを用いた場合（図 9, 予測 1）、予測値と実際の受注率との一致はあまり良くないが、増減の変化傾向はある程度の相関傾向を示した（ $R = 0.47, p < 0.08$ ）。次に、説明変数として休憩中の活発度と対面ネットワークの次数を用いた場合（図 9, 予測 2）、予測値と実際の値の一致度は改善された。さらに、これら 2 変数に加えてコールセンタの平均スキルレベルを説明変数に用いた場合（図 9, 予測 3）、実際の受注率と予測値とは比較的の良い一致を示した。この結果は、5.2 節でみたようにコールセンタの平

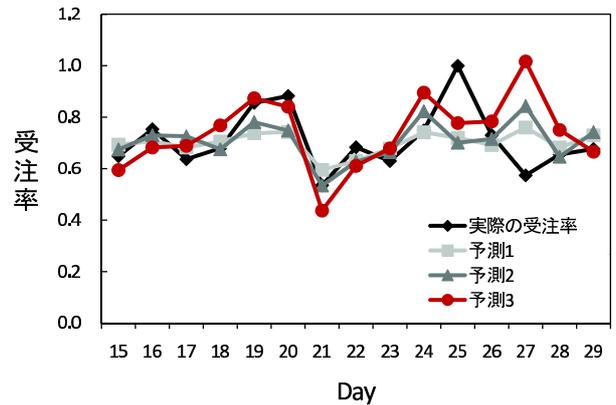


図 9 受注率の予測

Fig. 9 Performance prediction by regression analysis.

均スキルレベルだけでは受注率と相関しない（図 3 参照）が、TM 同士の相互作用である対面コミュニケーションや、その結果決まる職場の活気との相乗効果により受注率が決まる可能性を示唆する。

予測値と実際の値の一致度合いが悪い「25 日」については、その原因として以下のように考えられる。コールセンタ B では、この日の翌日から 3 日間、休業日であった。このため、「25 日」には TM はふだんよりモチベーション高く受注業務を行った可能性がある。「27 日」も予測精度が悪いが、これは、予測不可能な要因（たとえば景況感、気温、流行などの変化による顧客の購買意欲の変化）が職場の活発度や対面コミュニケーションよりも強く実際の受注率に影響したためと考えられる。

6. 議論

アウトバウンド型コールセンタを対象に名札型センサを用いて社員の行動を計測し受注率との関係を調べた結果、休憩中の活発度が受注率に影響を与えることが分かった。業務中の活発度と受注率とは相関せず、2 つのコールセンタ間でも差が認められなかった。TM の業務はある程度決まっており、デスクに座って業務システムを操作し、電話発信、顧客との会話、入力処理などを行う。このため、業務中の TM の身体的な動きはコールセンタによらずほぼ同じであり、センサから得られるデータにも差が現れないと考えられる。

これに対して、休憩中の動きはより多様である。仲の良い同僚と会話をする人もいれば、1 人で静かに休憩をとる人もいる。このため、加速度センサから得られる身体的な動きを表すデータにも差が出る。休憩時間の過ごし方は休憩室のデザインにも影響される可能性がある。たとえば、明るく快適な休憩室にいる場合と暗くて居心地の良くない休憩室にいる場合では、過ごし方に差が出る可能性がある。また、休憩室のサイズも他人との関係に大きな影響を与える。今回調べたコールセンタ A（受注率が低い）の休憩室

は、コールセンタ B (受注率が高い) の休憩室に比べて広い。休憩室が広ければ 1 人になる機会が増え、他人とのコミュニケーションが少なくなる可能性がある。これに対してコールセンタ B のような狭い休憩室では、自然に TM 同士の会話が発生する状況になりやすいと考えられる。

少人数のチームごとに休憩時間を合わせるという施策は、2 チームのうち 1 チームに対してはコミュニケーションを促進する方向に、もう 1 チームに対しては阻害する方向に作用した。次数やクラスタリング係数などのネットワーク指標の変化が示すように、休憩中の対面コミュニケーションのスタイル (対面ネットワークの構造) がチームの活発度に影響する。すなわち、休憩中の同僚同士の会話の内容 (業務に関するノウハウなど) ではなく、対面人数やチームメンバー同士の対面コミュニケーションの密接さが休憩中の活発度に影響する。チーム 1 に関してはメンバーの年齢や性別が異なったため休憩中の会話があまり発生しなかったと考えられる。これに対してチーム 2 は、同年代メンバー同士での雑談機会が増えて休憩中の活気が増加し、受注率の向上につながったと考えられる。この結果は、実際の組織をマネジメントする場合には、年齢、性別、性格などを考慮したチーム編成やワークスケジューリングが必要であることを示唆する。

本研究の結果から、なぜ休憩中の活発度が生産性に影響するのかという根本的な疑問が提起される。1 つは心理的な観点から、休憩時間に複数人の同僚と雑談などを活発に行った場合とそうではない場合とでは、業務に戻った後の仕事への積極性に差が生じるのではないかと考えられる。もう 1 つの可能性は、業務中の脳の活動が休憩時間の過ごし方に影響されるのではないかと、ということである。この点に関しては、fMRI (functional magnetic resonance imaging) や NIRS (near-infrared spectroscopy) を用いた研究により明らかにされる可能性がある。

我々の結果は、コールセンタを対象とした Pentland の最近の研究結果 [10] と本質的に一致する。彼はインバウンド型コールセンタを対象とし、我々が用いたものと同様の名札型センサを用いて社員の行動と生産性の関係を調べた。インバウンド型コールセンタの場合には業務処理の効率を表す AHT が生産性の指標となる。米国の銀行のコールセンタを対象とした実験の結果、オフィシャルミーティング以外での会話の活発さ (これをエネルギーと呼ぶ) やチーム内のエネルギーバランスが AHT に影響する、と報告している。彼と我々の結果は、インバウンドとアウトバウンドの違いや国による文化の違いがあるにもかかわらず、社員同士の対面コミュニケーションに起因するインフォーマルな場の活発度が生産性に影響するという点で本質的に同じである。コールセンタに比べて業務中により多様なコミュニケーションが必要とされるような業種、あるいは、より明示的にチームワークが要求されるような業種におい

ては、休憩中だけでなく業務中における活発度も生産性に影響する可能性がある。

7. おわりに

本研究では、名札型センサを用いた人間行動計測に基づき、組織の生産性に影響を与える要因を物理的な人間行動や人と人との相互作用の観点から調べた。コールセンタにおける実験の結果、業務中ではなく、休憩中の職場の活発度が生産性に影響することが分かった。今後、より大規模な検証実験を行い、コスト低減効果の定量評価や具体的な生産性向上施策の設計を行う予定である。ウェアラブルセンサを用いて継続的に蓄積される実世界における人間行動を反映する膨大なデータと、今後の活用が期待されているビッグデータを統合的に分析する方法論を確立し、人間行動の深い理解に基づいた情報処理技術や応用技術の開発を目指していく。

謝辞 名札型センサを用いた実験に参加協力いただいた方々に感謝する。

参考文献

- [1] Guzzo, R.A. and Shea, G.P.: Group performance and intergroup relations in organizations, *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, Dunnette, M.D. and Hough, L.M. (Eds.), Vol.3, pp.269-313 (1992).
- [2] Stewart, G.L.: A meta-analytic review of relationships between team design features and team performance, *Journal of Management*, Vol.32, No.1, pp.29-55 (2006).
- [3] Fussell, S.R., Kraut, R.E., Lerch, F.J., et al.: Coordination, overload and team performance: Effects of team communication strategies, *Proc. CSCW '98*, pp.275-284 (1998).
- [4] Kirkman, B.L., Rosen, B., Tesluk, P.E. and Gibson, C.B.: The impact of team empowerment on virtual team performance: The moderating role of face-to-face interaction, *The Academy of Management Journal*, Vol.47, No.2, pp.175-192 (2004).
- [5] Diamant, E.I., Fussell, S.R. and Lo, F.: Where did we turn wrong? Unpacking the effect of culture and technology on attributions of team performance, *Proc. CSCW '08*, pp.383-391 (2008).
- [6] Skeels, M.M. and Grudin, J.: When social networks cross boundaries: A case study of workplace use of Facebook and LinkedIn, *Proc. GROUP '09*, pp.95-103 (2009).
- [7] Lovejoy, T. and Grudin, J.: Messaging and formality: Will IM follow in the footsteps of Email?, *Proc. INTERACT '03*, pp.817-820 (2003).
- [8] Teasley, S., Covi, L., Krishnan, M.S. and Olson, J.S.: How does radical collocation help a team succeed?, *Proc. CSCW '00*, pp.339-346 (2000).
- [9] Wu, L., Waber, B.N., Aral, S., et al.: Mining face-to-face interaction networks using sociometric badges: Predicting productivity in an IT configuration task, *Proc. ICIS '08*, available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1130251>.
- [10] Pentland, A.S.: The new science of building great teams, *Harvard Business Review*, Vol.90, No.4, pp.60-69 (2012).
- [11] Barabási, A.-L.: The origin of bursts and heavy tails in

- human dynamics, *Nature*, 435, pp.207-211 (2005).
- [12] Vazquez, A., Oliveira, J.G., Dezsó, Z., Goh, K.-I., Kondor, I. and Barabási, A.-L.: Modeling bursts and heavy tails in human dynamics, *Phys. Rev.*, E73, 036127 (2006).
- [13] Golder, S.A. and Macy, M.W.: Diurnal and seasonal mood vary with work, sleep, and daylength across diverse cultures, *Science*, 333, pp.1878-1881 (2011).
- [14] González, M.C., Hidalgo, C.A. and Barabási, A.-L.: Understanding individual human mobility patterns, *Nature*, 453, pp.779-782 (2008).
- [15] Hancock, J.T. and Dunham, P.J.: Impression formation in computer-mediated communication revisited: An analysis of the breadth and intensity of impressions, *Communication Research*, Vol.28, pp.325-347 (2001).
- [16] Nakamura, T., Kiyono, K., Yoshiuchi, K., et al.: Universal scaling law in human behavioral organization, *Phys. Rev. Lett.*, 99, 138103 (2007).
- [17] Olguin, D.O., Waber, B.N., Kim, T., et al.: Sensible organizations: Technology and methodology for automatically measuring organizational behavior, *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, Vol.39, pp.43-55 (2009).
- [18] Eagle, N. and Pentland, A.: Reality mining: Sensing complex social systems, *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.10, No.4, pp.255-268 (2006).
- [19] Cattuto, C., Broeck, W.V., Barrat, A., et al.: Dynamics of person-to-person interactions from distributed RFID sensor networks, *PLoS ONE*, Vol.5, No.7, e11591 (2010).
- [20] 株式会社日立ハイテクノロジーズ, Business Microscope, 入手先 (<http://www.hitachi-hitec.com/jyouhou/business-microscope/solution/microscope.html>).
- [21] 株式会社もしもしホットライン, 入手先 (<http://www.moshimoshi.co.jp/index.html>).



渡邊 純一郎 (正会員)

1973年生。1998年東北大学大学院物理学専攻修士課程修了。1999年日立製作所中央研究所に入社し音声認識技術の研究に従事。2003年より同社基礎研究所にてコンピュータヒューマンインタラクションの研究に従事。2009

年より同社中央研究所にてウェアラブルセンサを用いた人間行動分析に関する研究に従事。博士(工学)。



藤田 真理奈

1987年生。2009年東京大学工学部システム創成学科卒業。2011年同大学大学院修士課程修了。同年日立製作所中央研究所に入社。ライフログによる人間行動の分析・モデル化の研究に従事。



矢野 和男

1984年早稲田大学大学院修士課程修了。同年日立製作所中央研究所に入社。1993年早稲田大学より博士(工学)授与。現在、人間行動ビッグデータと人工知能の研究に従事。IEEE Fellow, 電子情報通信学会, 応用物理学

会各会員。



金坂 秀雄

1974年生。1999年慶應義塾大学商学部商学科卒業。2010年株式会社もしもしホットライン入社。組織ネットワーク分析の研究に従事。組織学会, 経営行動科学学会各会員。



長谷川 智之

1969年生。1992年滋賀大学卒業。2011年中央大学大学院戦略経営研究科修了。株式会社もしもしホットライン執行役員。CRM事業を通じて業務プロセス改善, 営業革新に関する組織マネジメントに従事。事業再生実務家

協会正会員。