

ビジネス顕微鏡を用いた個人作業時における 集中状態判定特微量の開発

Development of Concentration Index at the Desk Work Using Business Microscope

佐藤 信夫†
Nobuo Sato

辻 聡美†
Satomi Tsuji

矢野 和男†
Kazuo Yano

1. まえがき

近年、厳しい経済状況の中、ワーカー 1 人あたりの業務時間が増加[1][2]しており、より業務の効率化が求められている。業務の効率化対策の 1 つとして、集中力を高めることが有効な手段であり、集中力の向上によって、生産性や学力が向上すると多くの人が考えている。集中力を高めるための施策は非常に多く、ライフハック[3]的な簡易行動改善施策からアロマテラピー[4]等の民間療法的なものまで多種多様である。しかし、集中力は感覚的なものであり、どのようにしたら改善できるかがわかりにくいいため、これといった施策がないのが課題である。

集中力の評価には潜在的なニーズがある。これを自動的に計測できたならば、オフィスや教育現場に対してビジネスチャンスがある。改善策を行なった時の効果を定量的に評価できるようになるからである。さらに、企業情報システムの目的の 1 つは業務の効率性の追求であるが、集中力というワーカーの基本的な能力の向上もサポートすることで、アプリを使えば使うほど能力が向上するシステムを実現できるため、他のシステムにはない特色を打ち出すことが可能となる。

我々はワーカーの身体に装着したビジネス顕微鏡[5][6][7]の加速度センサを用いて、デスクワーク時の身体の動きから集中状態を自動的に判定する手法を提案する。ある時間における集中状態が多いほど、集中力が高いとする。センサデータから得られる体の周期的な振動(行動リズム)を特微量とし、時間幅の平均化と時間的な連続性の 2 つを考慮した処理を施すことにより精度向上を試みた。評価として、デスクワーク時のビデオ撮影データを被験者自身と第三者が目視で判定し、その目視結果と判定データとの比較を行なった。

2 章ではデスクワーク時の集中状態抽出技術の課題と従来技術について検討し、3 章にて提案する集中状態抽出手法について述べる。

2. デスクワーク時の集中状態抽出技術

2.1 デスクワーク時の集中状態抽出技術

本研究では、業務としてオフィス内のデスクワーク中心の個人作業を対象とした。想定する作業は、パソコンによる書類作成、及び、紙書類の読み書きである。

集中状態時の振る舞いは個人差があり汎用性のある指標を求めることが難しいと想像されるが、それは業種により振る舞いのダイナミックレンジが大きいからだ我々は考えた。対象となる業種を定め、より人間に密着したデータ(人間に装着した機器からのセンサデータ)を用いることにより、汎用性のある集中状態指標を抽出することを目標とする。

2.2 従来の集中状態抽出手法

従来、集中状態の計測を行なうにあたっては、アンケート、

ビデオ観察[8]が主に用いられていたが、センシング技術が進化するに従って、椅子等の什器にセンサを埋め込みそのセンサデータによって集中状態の計測を行なう方法が報告されている[9]。近年、計器だけでなく、人間に機器を装着しそのセンサデータから集中力に関する報告が多く提案されるようになってきた。以下、これらに関しての集中状態抽出技術について述べる。

心拍により講義中における学生の集中力を求める報告がある[10]。講義中の心拍間隔(RRI)値が集中学生は講義が進んでも値が変化しないが、集中弛緩学生は講義が進むにつれて値が変化することが確認されている。また、ポータブル NIRS を用いて、脳計測によって学習時における集中力の計測が報告されており、具体的には問題の難易度によって、酸素モル濃度の変化が確認されている[11]。これらの報告では、集中状態時と通常(集中弛緩)時では値に変化があったと記載されているが、集中状態の抽出までには至っていない。また、加速度センサを被験者の頭部に装着し、頭の動きによる集中状態の検出について報告されており、個人別に集中状態時の特徴的な動きがあることが確認されている[12][13]。

2.3 ビジネス顕微鏡による活動センシングと業務応用事例

集中状態を抽出するためにビジネス顕微鏡による行動データを用いる。ビジネス顕微鏡は、センサ技術を用いて企業内のコミュニケーションや活動状況を測定・解析するための計測システムである。ワーカーは Hi バッジ(名札型センサ端末)(図 1)を装着した状態で通常の業務(図 2)を行なう。



図 1 ビジネス顕微鏡 Hi バッジ



図 2 業務風景

Hi バッジにて取得されるセンサデータは加速度、赤外線、温度であり、データ取得周期は 10 秒間である。加速度セン

† (株) 日立製作所 中央研究所, Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

サではワーカーの体の動きを 3 軸加速度で計測し、また、赤外線センサではワーカー同士が一定の距離内に近づくと、お互いの Hi バッジが通信して対面したことを検知する。さらに、これらのセンサは 100msec 以内で時刻同期しているため、複数センサデータの組み合わせによる分析が可能であり、対面中の体の動き等も計測することができる。

Hi バッジから集められたワーカーのコミュニケーションや活動状況の記録を元に、社員同士の連携構造の全体像を示す「組織対面ネットワーク図」(図 3)が作られ、

- ・ 会話量が多く実質的に組織をつなぐ中心メンバー
- ・ コミュニケーション密度が低いチーム
- ・ チーム間の壁の存在

が明らかになった。このように、組織内の連携の課題が明らかになることで、どこに対して、どのような施策を行えば良いのかがわかる。また、施策を行なった後の効果を定量的に確認できるため、確実な組織変革の実現に寄与することが可能となる。これらの行動データを用いた組織コミュニケーション分析から、心理学における人の没頭(フロー状態)と行動の関係[14]、コミュニケーションと知識創造の関係[15]やコミュニケーションと生産性の関係[16][17]などが明らかになってきた。

以上に述べたように、我々は従来、コミュニケーションの分析に注力してきた。しかし、個人業務の質を評価することが業務の効率化に必要であると考えたため、本報告では、デスクワーク時の集中状態の定量化を試みる。

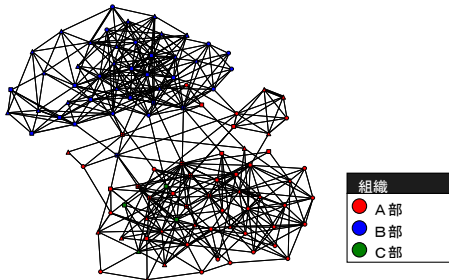


図 3 組織対面ネットワーク図

3. 集中状態抽出の提案手法と評価

3.1 方針

本報告では、ビジネス顕微鏡の加速度センサを用いて集中状態を抽出する手法を提案する。提案手法の評価のために、ビデオ撮影によって評価用動画を作成し、被験者自身と第三者に動画を見せて集中状態か否かを判定させ、両者の評価が一致しているデータの評価データとした。単位時間毎に集中状態か停滞状態かを判定したものである。目標精度としては、加速度センサから集中状態を抽出手法は初めての試みであり、集中状態の検出精度の目標値として 8 割に設定した。

3.2 目視評価による評価データの作成

デスクワークを集中、停滞、その他の 3 種類の状態に分類する。集中とは、パソコンに向かってタイピングをしたり、ノートに向かって思考したりして、業務に取り組んでいる状態の中から、他の外部刺激に意識が分散しないで、1 つの物事に意識が向かっている状態と定義した。集中と対比する状態を停滞とし、作業に気持ちが集中せず仕事にまとものなく散漫している状態や休憩したり放心している状態を停滞と定義した。

評価データを作成するため、被験者に対してデスクワーク

を行なってもらい、その状況をビデオで撮影した。同時に、被験者にビジネス顕微鏡を装着し動きをセンシングした。被験者は 3 名(男性 3 名)であり、トータルで 210 分間の動画を作成した。

次に、評価用動画を用いて、時刻別行動判定(タイムスタディ)を行なった(表 1)。判定者は、映像に映っている被験者自身と、第三者の計 2 名とした。タイムスタディに用いた用紙を表 2 に示す。10 秒毎に、その期間の行動状態を判定し、該当の項目に○を付ける。状態として、集中、停滞、その他の 3 つである。さらに、動画の内容からでは判定が難しい時には、判定難にも○を付けるよう依頼した。

被験者自身と第三者の判定がどの程度一致しているかを調査するために、それぞれの判定結果を集計したものを表 2 に示す。このデータの個数は、210 分間のビデオデータを 10 秒間毎に切り分けた 1260 個となる。なお、判定者が難と回答した 104 個を除く。この結果、被験者と評価者の判定と一致したのは表 3 の斜線部の合計 1033 個であり、一致率 $1033/1156=0.893$, 89.3%となった。本人と他者による評価にはあまり差が生じないことを確認した。

表 1 タイムスタディ用紙

時刻		状態			判定	
時	分	秒	集中	停滞	その他	難
10	43	00-09				
		10-19				
		20-29				
		30-39				
		40-49				
		50-59				

表 2 被験者と評価者の判定

		評価者の判定		
		集中	停滞	その他
被験者の判定	集中	919	42	18
	停滞	21	67	26
	その他	12	4	47

3.3 行動リズムに注目した集中状態抽出処理

本処理では、加速度センサデータから得られた体の周期的な振動(行動リズム)を集中状態判定の特徴量として用いることを提案する。そして、時間幅平均化処理と時間的連続性処理の 2 つの後処理を施すことによって精度向上を目指す。

3.3.1 行動リズム

行動リズムとは体から発せられる一定のリズムである。単位は Hz である。求め方の処理フローを図 4 に示す。以下、それぞれの処理方法について述べる。

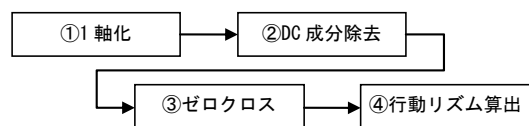


図 4 行動リズムの処理フロー

① 軸化処理

3 軸の加速度値から 1 軸の値に変換する。その式を以下に示す。 i は 1 回の処理における加速度データの標本点である。

$$1 \text{ 軸値} = \sum_{i=1}^N \sqrt{X \text{ 軸値}^2 + Y \text{ 軸値}^2 + Z \text{ 軸値}^2}$$

②DC(直流)成分除去処理

1 軸化処理の結果、全部正の値になっている。そこで、直流成分を除去して、基準値を 0 にするために DC 成分除去処理を行なう。通常、DC 成分を除去するためにはハイパスフィルタを用いるが、本処理ではバンドパスフィルタを使用した。その理由は、人の行動リズムは決まった範囲の値しかとらないからであり、通過帯域上限周波数を 5Hz とした。本アルゴリズムで使用したパラメータを表 3 に示した。

表 3 フィルタパラメータ

フィルタ	無限インパルス応答(IIR)
フィルタタイプ	バンドパスフィルタ
周波数特性	パワースペクトル特性
通過帯域下限周波数	0.01Hz
通過帯域上限周波数	5.00Hz

③ゼロクロス処理

DC 成分除去処理によって基準値が 0 に移動した。本処理では、その基準値 0 を中心に、正と負に交差した点をカウントすることでゼロクロス数を求める。

④行動リズム算出処理

ゼロクロス数から行動リズムを求める式を以下に示す。この式によって 1 秒間での周波数を求める。

$$\text{行動リズム} [Hz] = \frac{\text{ゼロクロス数} - 1}{2} \times \text{サンプリング周期}$$

3.3.2 時間幅平均化処理と判定基準の設定

10 秒毎の行動リズムのヒストグラムを図 5 (I) に示す。この結果、行動リズムのばらつきが大きく、集中/停滞状態を区別することは難しいと判断した。時間幅をコントロールすることによって、それぞれのばらつきを小さくし、2 つを区別できるのではと考えた。そこで、時間幅による平均化処理を行なった。今回、時間幅を 1 分間とし、その中に含まれている 10 秒間毎の行動リズム 6 個分の平均値を求めた。この結果のヒストグラムを図 5 (II) に示す。この結果、停滞状態のばらつきを小さくし、0.25Hz を境界として集中/停滞状態とを切り分けることを確認した。

また、実際の業務は個人作業だけではないため、軽作業等の他作業と区別する必要があるため、上限を 1.00Hz とし、全体の 9 割以上含む低周波数成分(0.00-1.00Hz)をデスクワークの範囲とした。

3.3.3 時間的連続性処理と精度評価

時間幅平均化処理で 1 分間毎のヒストグラムから集中/停滞状態の切り分けられることがわかった。しかし依然、図 5 (II) の 0.00-0.24Hz では集中と停滞が混在している。この理由として、作業の手で止めてじっと考えているような動きの小さな時間も、人間の判定では集中状態に含まれているからだと考える。それを分離させるために、前後の時間的な連続性に着目し、集中と集中との間に挟まれた 0.25Hz 未満の値を集中と判定する処理を行なうことにより、精度向上を試みる。

時間的連続性処理の具体的な処理方法は、図 6 で示すように、デスクワーク 0.00-1.00Hz のうち、集中と集中とに囲まれている 0.25Hz 未満の値を集中と判定することにした。補間の最大時間を 0 ~ 3 [分]として、それぞれ処理した結果を表 4 に示す。補間数とは、集中と集中の間のデータの個数であり、1 補間は 1 つ、2 補間は 2 つを意味する。このようなスムージング処理を施したところ、抽出結果が向上し、補間無時には、評価データとの一致率が 111/160=0.693, 69.3%であったが、3 補間時には 146/160=0.912, 91.2%になった。よって、集中状態判定の継続時間を延ばすことで、精度が向上できることが確認できた。今回の開発の目標精度は 8 割であったが、実際には 9 割を超え、目標を達成することができた。

4. おわりに

本報告では身体に装着した加速度センサを用いて、デスクワークにおける集中状態を自動的に抽出する手法を開発した。本手法は、身体に装着した加速度センサから取得できる行動リズムの低周波値の継続時間を特徴量として利用することを特徴とする。提案手法による集中状態判定データを人間の目視判定による評価データと比較した結果、本手法では 91.2%の精度で一致し、業務効率化の有効な評価指標としての手ごたえを得た。

謝辞

本研究を進めるにあたり、森脇氏、荒氏には、指標化の検討の際に種々の御助言を頂き、また、大久保氏、早川氏、脇坂氏には、ビジネス顕微鏡の機器を開発して頂き深く感謝いたします。(株)日立ハイテクノロジーズには、種々のサポートをして頂き深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 厚生労働省, “児童環境調査,” (2001)
- [2] 内閣府, “国民生活選好度調査,” (2007)
- [3] Lifehack(ライフハック), <http://ja.wikipedia.org/wiki/Lifehack>
- [4] アロマセラピー, <http://ja.wikipedia.org/wiki/アロマセラピー>
- [5] Kazuo Yano, “Life Thermoscope: Integrated Microelectronics for Visualizing Hidden Life Rhythm,” In Proceedings of IEEE International Solid State Circuit Conference (ISSCC), (2008. 2).
- [6] Shunzo Yamashita, Takanori Shimura, Kiyoshi Aiki, et al., “A 15 -- 15 mm, 1 μ A, reliable sensor-net module: enabling application-specific nodes,” In Proceedings of the 5th international Conference on information Processing in Sensor Networks, pp 383 --390, Nashville, Tennessee, USA, (2006. 4).
- [7] Yoshihiro Wakisaka, Koji Ara, Miki Hayakawa, et al., “Beam-Scan Sensor Node: Reliable Sensing of Human Interactions in Organization,” Proceedings of Sixth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS2009), pp 58-61, Pittsburgh, USA, (2009. 6).
- [8] 鷺見 和彦, 田中 宏一, 松山 隆司, “三次元姿勢計測を用いた人の動作特徴の記述,” 画像の認識理解シンポジウム MIRU2004, vol. 1, pp. 660-665, (2004. 7).

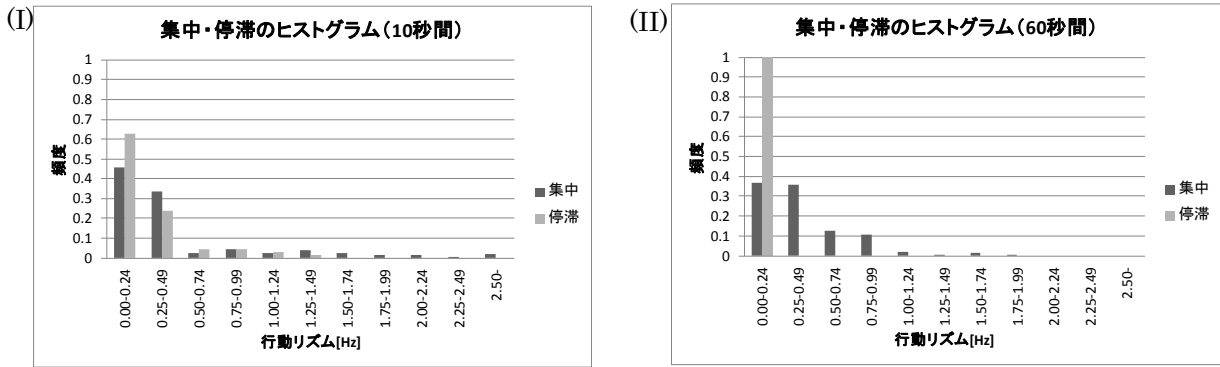


図5 集中・停滞の行動リズムのヒストグラム (I)時間幅平均化処理前 (II)時間幅平均化処理後

時	10																	
分	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
行動リズム	0.93	0.21	0.09	0.2	0.44	0	0.33	0.08	0.12	0.37	0.41	0.11	0.69	0.08	0.17	1.07	0.12	
目視判定	集中	集中	集中	集中	集中	集中	集中	集中	集中	集中	集中	集中	停滞	停滞	停滞	集中	集中	
正解	補間無	○	×	×	×	○	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○	×
	1補間	○	×	×	×	○	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○	×
	2補間	○	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	×
	3補間	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	×

図6 時間的連続性処理の例 (○:集中, ×:停滞の判定結果)

表4 時間的連続性処理前後における抽出結果

(A) 補間なし	一致率 69.3%		
	集中	停滞	
集中	93	59	
停滞	0	8	
(B) 1補間	一致率 72.5%		
	集中	停滞	
集中	109	43	
停滞	1	7	
(C) 2補間	一致率 81.9%		
	集中	停滞	
集中	124	28	
停滞	1	7	
(D) 3補間	一致率 91.2%		
	集中	停滞	
集中	139	13	
停滞	1	7	

[9] 大久 保雅史, 藤村 安耶, “加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案,” 第16回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS), (2008. 11).

[10] 高津 浩彰, 小関 修, “心拍変動を用いた講義の集中度の評価の試み,” 豊田工業高等専門学校研究紀要 39, 149-152, (2006. 11).

[11] 出口 雄也, 藤中 遼, 岸野 文郎, “学習時の集中度測定に関する一検討,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2011年_基礎・境界, 221, (2011. 2).

[12] 林 利毅, 脇田 昂祐, 原田 史子, 他, “スケジュール管理のための加速度センサを用いた集中度測定,” 情報科学技術フォーラム(FIT)講演論文集 8(1), 397-398, (2009. 8).

[13] 林 利毅, 原田 史子, 島川 博光, “進捗管理のための頭部の動きに着目した集中度判定,” 情報科学技術フォーラム(FIT)講演論文集 9(1), 47-50, (2010. 8).

[14] Koji Ara, Nobuo Sato, Satomi Tsuji, et al., “Predicting Flow State in Daily Work through Continuous Sensing of Motion Rhythm,” Proceedings of Sixth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS2

009), pp 145-150, Pittsburgh, USA, (2009. 6).

[15] Satomi Tsuji, Nobuo Sato, Kazuo Yano, et al., “Visualization of Knowledge-Creation Process Using Face-to-Face Communication Data,” Proceedings of Sixth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS2009), pp 200-203, Pittsburgh, USA, (2009. 6).

[16] Nobuo Sato, Satomi Tsuji, Kazuo Yano, et al., “Knowledge-Creating Behavior Index for Improving Knowledge Workers’ Productivity,” Proceedings of Sixth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS2009), pp 204-207, Pittsburgh, USA, (2009. 6).

[17] Lynn Wu, Ben Waber, Sinan Aral, et al., “Mining Face-to-Face Interaction Networks Using Sociometric Badges: Predicting Productivity in an IT Configuration Task,” In Proceedings of International Conference on Information Systems. Paris, France, (2008. 12).