

一般
投稿論文

オフィスワーカーのストレス量とPC操作ログ特徴量の重回帰分析 —PC操作ログ分析サービスの応用に向けて—

鳥羽 美奈子^{†1} 櫻井 隆雄^{†1} 森 靖英^{†1} 恵木 正史^{†1}

^{†1} (株) 日立製作所

知的作業に従事するオフィスワーカーの生産性向上が注目を集める昨今、オフィスワーカーを対象としたライフログ研究が盛んである。一方、オフィスワーカーの業務状況とストレスの関係もまた、社会的に注目を集めている。ストレスは生産性に高い影響を与えると考えられるにもかかわらず、業務を中断させずにストレスを評価することはこれまで困難だった。本研究では、ストレス量を示す既知指標である被験者の生理量（唾液アミラーゼ分泌量）を目的変数、PC操作ログの特徴量を説明変数として重回帰分析を実施し、ストレス量とPC操作の関係を明らかにする手法を提案する。被験者10人延べ300時間の実業務を対象に実験を行った結果、重相関係数が0.6を上回る被験者が67%となり、ストレス量とPC操作ログ特徴量に関係があることが明らかになった。また被験者ごとに、ストレス量に深いPC操作や、PC操作がストレス量に反映されやすい時間範囲があることが分かった。これより、オフィスワーカーに負担をかけることなくPC操作ログからストレス量を推測するサービスを実現する見通しを得た。

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

知的作業に従事するオフィスワーカーの生産性向上が大きな注目を集める昨今、オフィスワーカーを対象としたライフログと位置づけられる研究が盛んであり、生産性向上や業務環境向上への貢献を目的とするオフィス向けシステムが多く提案されている。筆者らも従来より、オフィスワーカーを対象にPCの操作ログを分析することで業務状況をモニタリングする技術研究に取り組んでいる[1],[2],[3],[4]。またこの一部は「PC業務効率分析システムBM1」としてサービス化済みである[5]。

一方、業務現場においては、業務状況と、オフィスワーカーが受けるストレスの関係が注目を集めている。たとえば80時間以上の時間外労働をしていると過労死の危険性が高くなるといわれ、メンタルヘルス障害の原因ともされている[6]。また、過重労働のほか、職場の上司や同僚との人間関係、仕事や人事の変化が原因となることも多いといわれる[7]。メンタルヘルス障害が生じることで、オフィスワーカー個々の側にとっての健康や社会生活上での負担は大きく、現在深刻な社会問題となっている。また雇用者側にとっても、オフィスワーカーのメンタル状況悪化による企業の生産効率低下は、経営上の大きな問題となる。これより、オフィスワーカー本人にとっ

ても雇用者やまた、マネージャ層にとっても、オフィスワーカーのメンタル状況の変化に対する早めの「気付き」が求められる。このように、オフィスワーカーがいかにメンタル上の健康を保ちつつ、生産効率をキープするかが大きな課題となっている。

そこで筆者らは、PCの操作ログを用いてオフィスワーカーのストレスを自動的に推測するサービスに向けた研究に着手することとした。

オフィスワーカーを始めとした労働者に職業上生じるストレスと、その結果として発現し得る反応の関係は、「NIOSHによる職業性ストレスモデル」がよく知られる[8]。このモデルと本研究の位置づけを図1に示す。なお

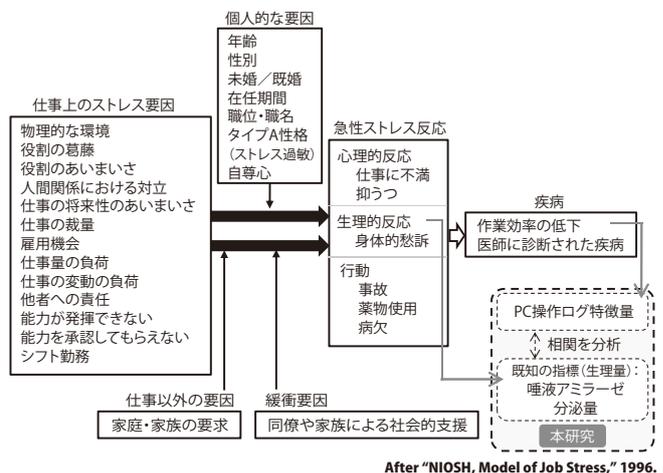


図1 NIOSHによる職業性ストレスモデルと、本研究の位置づけ

本図は筆者による日本語訳であり、右下の破線部が本研究を示す。このモデルによれば、ある時点で携わっている仕事上の負荷などといった仕事上のストレス要因や、そのほかさまざまな要因の複合的な結果としてストレスが生じ、急性ストレス反応として生理的反応が発生する。本研究では、これらの複合的な要因の結果としてオフィスワークに生じるストレスを対象とする。生理的反応としては、第3章に詳述する唾液アミラーゼ量を用いる。

1.2 PC 業務効率分析システム BM1

図2にPC業務効率分析システムBM1[5]の概要を示す。本システムでは、ユーザのPCにインストールされた記録エージェントが、キーボードやマウスの操作状況、OSやアプリケーションの動作状況を詳細にログに取得する。アップローダがこれをサーバに自動収集して分析を行うことで、業務生産性向上やオフィスワーク教育へ向けたコンサルテーションのツールとして提案している。

図3に、本システムを用いて取得したPC操作ログの例を示す。ログはcsv形式で、各PCで1日1ファイル生

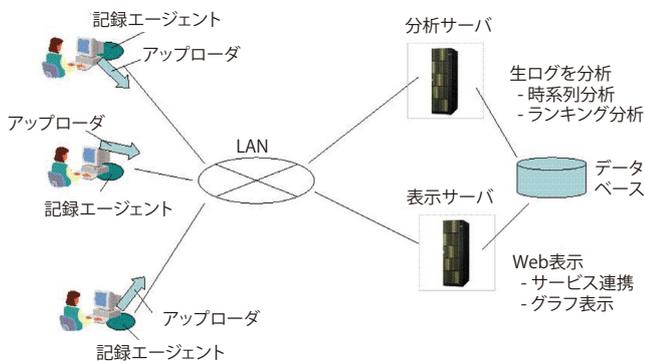


図2 PC 業務効率分析システム BM1 の概要

時刻	操作	アプリケーション	アクティブ ウィンドウタイトル	...
...
13時30分07秒	マウス_左ボタンアップ	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分07秒	マウス_左ボタンダウン	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分07秒	マウス_左ボタンアップ	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分08秒	マウス_左ボタンダウン	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分08秒	マウス_左ボタンアップ	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分09秒	テキストキーダウン	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分09秒	テキストキーアップ	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分09秒	テキストキーダウン	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分09秒	テキストキーアップ	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分10秒	マウス_移動	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分10秒	マウス_ホイール移動	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
13時30分10秒	マウス_ホイール移動	Office ワープロソフト	本文_1.3.xxx	
...	

図3 PC 操作ログ

成する。ログはなんらかの操作の発生した時刻と、操作、操作されたアプリケーション、アクティブウィンドウのタイトルなどを有する。時刻は実際にはミリ秒単位まで取得している。

2. 従来研究の問題と本研究の課題

2.1 オフィスにおけるライフログの従来研究

生産性向上や業務環境向上への貢献を目的とするオフィス向けシステムは、以下の2種類に大別できる。

- 加速度センサ等を用いて、オフィスワークの物理的行動ログを取得・分析するシステム
- PCや情報機器の利用状況を取得するソフトウェア等を用いて、業務ログを取得・分析するシステム

前者の物理的行動ログを取得・分析するシステムとしては、名札型デバイスに加速度センサ等のセンサを組み込むことで、組織構造の分析を目的とし、業務におけるコミュニケーション等の活動プロセスをモニタリングするシステム[9]や、自動車ハンドルに組み込んだセンサで運転業務を解析する手法[10]などが提案されている。後者の業務ログを取得・分析するシステムとしては、メーリングリストのログからオフィスワーク間の関係性を抽出したり[11]、長期大規模運用のログに基づいて、企業内コミュニティを分析するシステム[12]等がある。また、オフィスワークの業務プロセスの分析を目的としたシステムも多く提案されている[13],[14],[15],[16],[17]。

2.2 従来のストレス評価とその問題点

オフィスワークのストレス量評価に類する従来研究を述べる。オフィスワークにおいてはストレス量が業務の生産効率を低下させるためストレス量は生産効率と対で示されることが多い。オフィス業務の生産効率を図る指標としては、定型業務では行った業務の成果物の物理量が用いられてきた。たとえば、コールセンターのオペレータ業務では、受電件数が多いほど生産効率が高いとされる[18]。一方、事務業務、研究業務等の非定形的な非定型業務や知的業務では、受電件数のような物理量だけでは単純に評価できないため、生産効率の計測が困難だった。そのため、非定型な作業の効率を評価する際でも、非定型業務を中断させて、仮に定型的な作業を行わせ、効率を評価する方法が用いられてきた。たとえば、計算問題や英文の書き写しを行い、正答問題数で評価する方法[19],[20]や、脳内酸素代謝量などの生理量を測定することで、脳の活性度を推定する方法[21]、

Csikszentmihalyi (チクセントミハイ) のフロー理論等により「作業への没頭度」をアンケートで評価する主観評価 [18],[19],[20]、高頻度に点減する光の認識頻度から集中度を評価するフリッカテスト [21] といった方法が用いられた。しかし、これらの方法ではいずれも、本来の業務を中断させてテストを受けさせたり、テスト用の環境を構築する必要があったため、実際の業務環境においては、業務を中断することなく容易にストレス量を評価することはできなかった。

また既知のストレス量指標として、心的・身体的なストレスを評価する生理量である唾液アミラーゼ分泌量がある。唾液中の酵素であるアミラーゼ分泌量が高いほど、ストレスが大きい状態であると知られている [22],[23],[24]。

筆者らは、オフィスワーカーが通常業務を中断することなく取得可能な PC 操作ログを分析することでオフィスワーカーの受けるストレス量を推測するサービスの実現を目的として研究を進めている [1],[2],[3],[4]。この研究ではストレス量を示す既知指標として知られる唾液アミラーゼ分泌量と、PC 操作ログの特徴量の相関を算出する重回帰分析に着手しているが [4]、その関係性はいまだ十分に明らかではなかった。

2.3 本研究の課題

そこで本稿では、PC 業務効率分析システム BM1 を用いて PC 操作ログを分析することでオフィスワーカーの受けるストレス量を推測するサービスの実現を目的として、「ストレス量と PC 操作の関係を明らかにする」ことを課題とする。特に、非定型業務である知的作業に従事するオフィスワーカーを対象とし、各々が従事する業務を中断させることなく実現可能な手法を検討する。本稿では、複数の説明変数を持つ重回帰分析を用いてストレス量と PC 操作ログの関係を明らかにする方法を提案する。

なお PC 操作ログを含めたライフログ活用において、被データ取得者のプライバシー保護は常に課題となっている。筆者らが開発した業務実態把握システムにおいては、技術的には入力したキーの一つひとつまで特定可能であるが、プライバシー保護のため、キー種別までの取得とし、テキスト内容の文字列までは取得しない仕様としている。テキスト情報としては、業務の概要把握のため、アクティブウィンドウのタイトルは取得している。一方、業務における PC の利用はすべて業務利用であり私用利用を含まない前提であるため、管理者が PC 利用

者の操作ログを取得するにあたっては被データ取得者のプライバシーへの配慮は不要であるという考え方もある。しかし社会的にコンセンサスが得られている考え方とは言いがたい。本研究における実験は、研究利用への承諾を得られた被験者・期間の範囲にて、被験者の個人情報特定しない分析結果までの公開として行っている。

3. ストレス量と PC 操作ログの重相関分析

本研究では、ストレス量を示す既知の指標を目的変数、後述する PC 操作ログの特徴量を説明変数とした重回帰分析を実施することで、オフィスワーカーのストレス量と PC 操作の関係を明らかにする手法を提案する。本手法では、オフィスワークに従事するオフィスワーカーのストレス量を示す既知指標のデータを一定時間おきに取得する。また、継続して PC 操作ログを取得しておき、ストレス量同様に単位時間ごとにその特徴量に変換する。いずれもオフィス実業務を妨げない手段にて取得をする。

既知の指標としては、心的・身体的なストレスを評価する生理量を用いる。田辺ら [18],[20] は、生理量として、脳内酸素代謝における総ヘモグロビン量が、知的業務時におけるストレスを示すとしているが、装置の構造から、実業務従事中に頻繁に計測することは困難である。そこで筆者らは、心的・身体的ストレスを示す指標として広く用いられている、唾液中の酵素分泌量に着目した。唾液中の酵素であるアミラーゼ分泌量が高いほど、ストレスが大きい状態であると知られている [22],[23],[24]。被験者は単位時間に 1 度、舌下に唾液採取チップをあて唾液を採取し、唾液アミラーゼ分泌量測定装置にて唾液アミラーゼ分泌量を測定する。被験者が唾液採取にあたって要する時間は唾液採取チップを舐める数秒である。この唾液チップを測定者（被験者外）が受け取って、測定装置にかけ唾液アミラーゼ量を測定することで、被験者の実業務を妨げないようにしている。図 4 に本実験で用いた唾液採取チップと唾液アミラーゼ分泌量測定装置「ニプロ株式会社製 乾式臨床化学分析装置 唾液アミラーゼモニター」を示す。



図 4 唾液採取チップと唾液アミラーゼ分泌量測定装置

PC操作ログは、第1章に述べたPC操作ログ取得エージェントBMI[5]によって取得する。さらに、図2に例示した、取得したPC操作ログからPC操作ログ特徴量を抽出して重回帰分析の説明変数とする。図5にPC操作の分類を示す。本図にツリー構造に示された9個のPC操作の単位時間あたりの操作数をPC操作ログ特徴量と定義した。ユーザのPC操作におけるなんらかの操作は、キー操作とマウス操作に分類される。キー操作は、技術的には入力した各テキストキーまで特定することが可能だが、ユーザのプライバシーの観点から筆者らのシステムではテキストキーの文字列の特定まではしておらず、キー種別までを取得している。既存のストレス評価方法として、被験者に計算問題や書き写しといった単純作業を行わせ、その正答率で評価する方法が示されている[18],[20]。すなわち、ストレスが増加するほど間違いが増えるということを示す。そこで本研究では、キー操作はテキスト等（BackSpaceやDelete以外）と、BackSpaceやDeleteに分類した。マウス操作は左クリック、中クリック、右クリック、またWindowsOSによって特に区別されて取得される左ダブルクリックに分類した。なお本システムでは、キーを押下したままにし続けると、PC操作ログに取得される打鍵数（キーダウン数）は、1回ではなく、OSが認識する数だけ加算し続ける。加算される数は、CPU等の条件によって異なるが、おおよそ数十回/秒である。したがって、大量の文章を入力したあとに誤りに気付いてその文章を削除するというケースなど、「1文字ずつ削除するのではなく、押し続けて一括で削除する」等の場合でも操作に対応した打鍵数（キーダウン数）をPC操作ログに取得する。なお本稿ではキーボード押下、マウスクリックといったユーザの「積極的な入力操作」を分析対象としている。PC操作ログとしては“マウスの移動”や“ホイールの移動（＝スクロール）”まで取得は可能だが、これは入力操作というよりは閲覧にかかる操作と考えられるため、本稿では対象としていない。

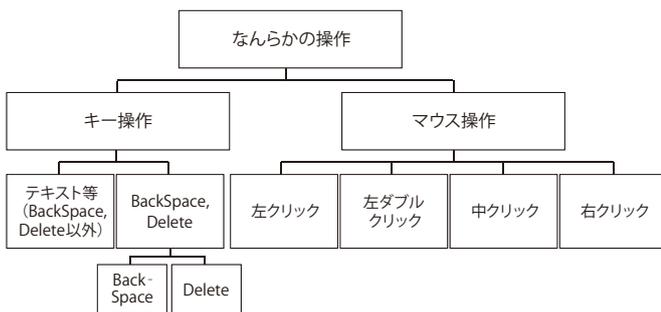


図5 PC操作の分類

重回帰分析とは、目的変数と複数の説明変数の間に式を当てはめ、目的変数を説明変数によってどれくらい説明できるのかを定量的に分析する手法である。回帰分析では説明変数が1つであるのに対し、重回帰分析では説明変数は複数である。式1に重回帰分析によって得られる重回帰式の例を示す。Yが目的変数、X1、X2、X3・・・が説明変数、a、b、c・・・が係数、zが切片である。

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + \dots + z \quad \text{・・・(式1)}$$

回帰分析では、目的変数を説明変数によって説明できる度合いを相関係数で評価するが、重回帰分析では重相関係数で評価する。重相関係数は0～1の値をとり、0に近いほど説明できる度合いが小さい、すなわち相関が小さい、1に近いほど相関が大きいことを示す。数値がいくつ以上ならば相関があるといった明確な閾値が定義されているわけではないが、本研究では多くの重回帰分析の研究[25],[26],[27]から目安となり得る0.6を評価時の基準として用いることとする。本提案では、ストレス量（唾液アミラーゼ分泌量）を目的変数Y、PC操作ログ特徴量を説明変数Xiとする、ストレス量とPC操作ログ特徴量の重回帰式を生成し、重相関係数を算出することで、PC操作ログでストレス量を説明できる度合いを評価する。説明変数XiとPC操作ログ特徴量の対応を表1に示す。説明変数Xiは、まず図4に示したPC操作ログ特徴量11個で検討したが、重回帰分析の特質上、このツリー構造の末端の葉となる説明変数を用いればよい。そこで、図4のツリー構造の末端の葉となるPC操作ログ特徴量7個を説明変数にした。表1に説明変数XiとPC操作ログ特徴量の対応を示す。

図6にストレス量の取得タイミングを示す。

被験者は、通常利用する居室においていつもどおりの実業務を行いながら、提案指標であるPC操作ログ特徴量およびストレス量を示す既知指標である唾液アミラー

表1 説明変数XiとPC操作ログ特徴量の対応

説明変数Xi	PC操作ログ特徴量
X1	テキスト等数
X2	BackSpace数
X3	Delete数
X4	右クリック数
X5	左クリック数
X6	中クリック数
X7	左ダブルクリック数

ゼ分泌量を計測する。唾液アミラーゼ量すなわちストレス量の取得は、単位時間を60分として、60分に1度取得する。通常通りの実業務を行いながらの実験を主旨としているため、単位時間をこれ以上頻繁とすると被験者に負担となり実業務を妨げる可能性があるためと判断したためである。

重回帰分析を行うにあたっては、以下の3種の条件で重相関係数を算出し評価を行うとする。

- (1) 全員のデータをマージした重相関係数
- (2) 被験者ごとの重相関係数
- (3) 個人ごとに有効時間を設定した重相関係数

「(1) 全員のデータをマージした重相関係数」は、被験者全員のデータをマージして、ストレス量とPC操作ログ特徴量の重回帰分析を行って算出するシンプルなものである。目的変数はストレス量、説明変数はそのストレス量を測定した直前60分間のPC操作ログ特徴量である。一方、ストレスの表出には個人差があることが知られている。そこで、それを検証するため、被験者ごとにストレスに影響のあるPC操作ログ特徴量も違う可能性があるという仮説を持ち、「(2) 被験者ごとの重相関係数」も算出する。ここでは被験者のデータはマージせず、被験者ごとに重回帰分析を実施する。さらに、「(3) 個人ごとに有効時間を設定した重相関係数」を算出する。これは、ストレスが唾液アミラーゼに反映されるまでの時間は有効な範囲があることを示唆する実験結果があるためである。たとえば児玉ら[24]は、歯科における実験にて、ストレス要因である抜歯実施後の唾液アミラーゼ分泌量を測定したところ、抜歯直後は唾液アミラーゼ分泌量が有意に向上するが、個人差はあるもの

の抜歯後15～20分以降で分泌量は平常値に近づいてくることが多いという結果を示している[24]。そこで、生理量測定前60分間すべてのPC操作ログ特徴量を用いるのではなく、有効時間を変化させて分析を行うとした。図7に、データ取得タイミングと有効時間の概念を示す。(1)(2)では説明変数をそのストレス量を測定した直前60分間のPC操作ログ特徴量としたが、ここでは有効時間を設定し、その時間内に取得したPC操作ログ特徴量を対象とする。有効時間は、10分から(1)(2)と同じ60分まで、5種類に変化させる。

本研究では実業務に従事しながらの実験を主旨としているため、実験期間すべてで単位時間おきのデータサンプルを取得することは困難である。たとえば、被験者が打合せ等で席を外して唾液アミラーゼを取得できなかったり、PC操作をまったくせず書類作成にあたっていたためPC操作ログが記録されないという場合もあるためである。これは実業務においては当然起こり得ることであり、ある程度の抜けは許容すべきである。ただし、あまりにサンプル数が少ないということも信頼性に問題があるといえる。そこで本研究においては、実験期間のうち、半分以上のデータ計測点でデータが取得できている被験者を、分析対象の被験者とした。また、サンプル数は有効時間に依存し、有効時間が短いほど少なくなる。たとえば、生理量取得時刻から有効時間以内にPC操作がまったくなかった場合、その時刻のPC操作特徴量はデータなしとなる。そこで、既存研究ではストレスが唾液アミラーゼ分泌量に影響する時間が15分程度[24]としていることから、有効時間15分時点でのサンプル数を基準に対象の被験者を決定した。

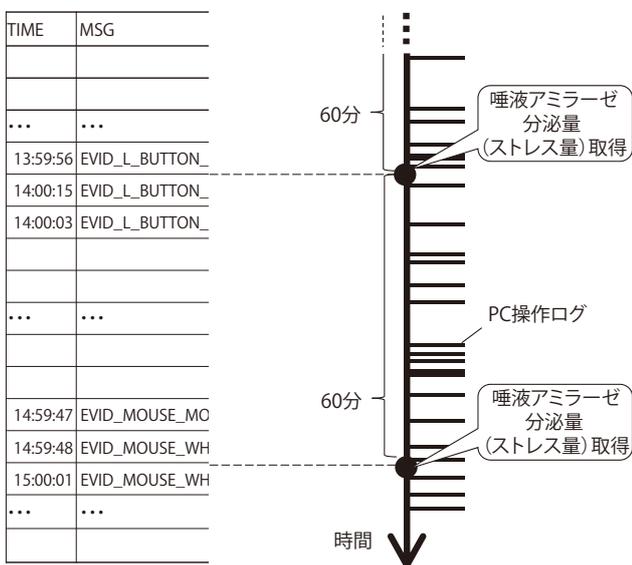


図6 ストレス量の取得タイミング

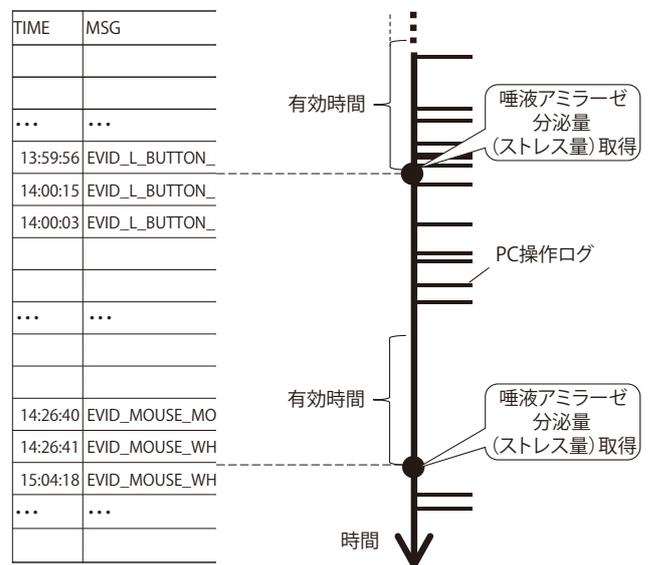


図7 ストレス量の取得タイミングと有効時間

4. 実験

4.1 実験環境

提案方法の有効性を検証するため、実験を行った。表2に実験環境を示す。

被験者は、電機メーカーの研究所に勤務するオフィスワーカー10名であり、通常どおり勤務し実業務に従事する3日間にわたり実験を行った。被験者らはいずれも情報分野を専門としておりPCユーザとしてのスキルは熟練者であるため、PC作業そのものが負荷の高い業務としてストレス要因になることはない。被験者はオフィスワークにおける主要なコミュニケーション手段の1つであるメールはほぼ毎日利用する。被験者は研究業務として、インターネットブラウザを用いた文献や資料の調査や、被験者によっては開発環境を用いたソフトウェア開発、表計算等を用いた分析作業等を行う。また業務計画や業務成果をまとめた文書作成のためのワープロや、プレゼンテーション作成などを行う。研究業務に付随する業務として、予算やスケジュールに関する事務作業を行うこともある。なお被験者は研究個別のテーマに従事しており、全員が同時に同じ上司からなんらかの指示を受けたり、同じ業務の締切直前であるなどの状況はなかった。

4.2 結果

(1) 全員のデータをマージした重相関係数

表3にデータ計測したサンプル数を示す。本節(1)で使用するのは単位時間60分すなわち有効時間60分のデータであるが、参考までに有効時間10分～60分のサンプル数も示す。サンプル数は、生理量とPC操作ログのいずれもを計測できた回数である。実験期間は3日間×10時間なので、被験者1人あたりの最大計測数は30個、

表2 実験環境

被験者	被験者A～Jの10名(20～40歳代, 男女)
実験期間	3日間(朝9時から19時の10時間, 延べ300時間)
被験者の業務	研究業務(専門分野: 情報)
主なアプリ	メールクライアント, インターネットブラウザ, ワープロ, 表計算, プレゼンテーション作成, 開発環境等

表3 サンプル数

被験者		有効時間									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
サンプル数(個)	10分	23	19	21	15	17	17	13	15	12	8
	15分	23	22	21	19	18	18	14	15	12	9
	20分	23	23	22	20	18	18	14	15	12	10
	30分	23	23	22	20	19	18	14	15	13	12
	60分	23	23	22	20	19	18	16	15	13	13

被験者10名の合計で300個である。通常の実業務を行いながらの実験を本研究の主旨としているので、在席していない時間や1時間まったくPC操作をしなかった時間はデータ計測の対象外とし、計測範囲での実験を行うとしている。

第3章に定義した提案手法により、有効時間15分時点でサンプル数が半分より多い被験者を分析対象の被験者とする。被験者A～Fは16個以上であり条件を満たすが、被験者G～Iは条件を満たさない。そこで、以降分析対象の被験者は被験者A～Fの6名とする。本実験(1)では、対象の被験者全員のデータをマージした重回帰分析を実施するので、サンプル数すなわち対象被験者6名の有効時間60分時点でのサンプル数合計は125個となった。

本データから導出した重回帰式の重相関係数を表4に示す。

これは相関の目安とした0.6を大幅に下回り、ストレス量とPC操作ログ特徴量に関係があるとはいえない結果となった。

補足として、式2に重回帰式を示す。目的変数Yがストレス量(唾液アマラーゼ分泌量)、説明変数XがPC操作ログ特徴量である。

$$Y = 0.00X_1 + 0.04X_2 - 0.06X_3 - 0.21X_4 + 0.00X_5 + 2.36X_6 + 0.15X_7 + 25.43 \dots (式2)$$

この結果より、全体のデータをマージしたストレス量とPC操作ログ特徴量には関係があるとはいえないことが分かった。

(2) 被験者ごとの重相関係数

被験者ごとにストレスに影響のあるPC操作ログ特徴量も違う可能性があるという仮説を基に、被験者ごとの重相関分析を行った。サンプル数は、表3の有効時間60分に等しい。

本データから導出した重回帰式の重相関係数を表5に示す。

重相関係数が0.6を上回るのは、被験者6人中3名、す

表4 全員分のデータをマージした重相関係数

重相関係数	0.23
-------	------

表5 被験者ごとの重相関係数

被験者	A	B	C	D	E	F
重相関係数	0.39	0.39	0.71	0.42	0.64	0.63

なわち 50% という結果となった。

(3) 個人ごとに有効時間を設定した重相関係数

(2) の結果を踏まえ、ストレスが表出する時間には個人差のある有効時間があるという仮説から、個人ごとに有効時間を設定した重相関分析を行った。サンプル数は、表 3 に等しい。

表 6 に、有効時間ごとの重相関係数を示す。なお被験者 I, J は有効時間によって一部サンプル数が重回帰分析必要数に満たなかったため結果を算出していない。各被験者の重相関係数は、6 名中 4 名、つまり 67% が 0.6 を上回った。また、上回らなかった 2 名もいずれも (2) の結果より向上した。これより、有効時刻を考慮すればストレス量と PC 操作ログ特徴量に相関が見られるといえるということが明らかになった。

補足として、重相関係数が最も高かった被験者 F の有効時間 30 分の重回帰式を、式 3 に示す。

$$Y = 0.02X_1 - 0.04X_2 - 0.39X_3 - 1.55X_4 + 0.00X_5 + 14.42X_6 + 1.39X_7 + 20.43 \dots (式 3)$$

また、図 8 に、式 3 に示した重回帰式による実測値と理論値のグラフを示す。理論値がおおむね実測値と沿っていることが確認できる。

5. 考察

本実験の結果 (3) により、被験者の 67% において重相関係数が 0.6 を上回った。これより、有効時刻を考慮すればストレス量と PC 操作ログ特徴量に相関が見られた。

結果 (1) 全員のデータをマージした重相関分析の結果では相関があるとはいえなかったが、結果 (3) からは相関があるといえた。この結果からは、ストレス量を示す PC 操作ログ特徴量には個人差があるためすべての人に共通する重回帰式の生成は困難だが、個人ごとに適

合させた重回帰式が生成できることが分かったといえる。また結果 (2) では被験者の 50% が重相関係数 0.6 を超えたが結果 (3) では 67% に向上し、さらに超えなかった被験者も (2) に対して結果が向上していることから、分析対象とする PC 操作ログの有効時間にも個人差を設定すべきといえる。

これらの結果により、個人ごとに、PC 操作の状況からストレス量を推定する PC 特徴量の式を生成できる見込みを得た。たとえば、あらかじめ一定期間生理量を計測しながら PC 作業の実業務を行わせ、生理量を目的変数とした PC 操作ログ特徴量の重回帰式を生成する。その後は通常通り実業務を継続していても、この重回帰式を適用することで PC 操作からストレス量を推測でき、日々のストレス管理の指標とすることが可能となる。

筆者らによる関連研究である文献 [4] と本稿の位置づけおよびそれに対する考察を示す。文献 [4] と本稿の背景としては、最初は唾液アミラーゼ分泌量 (ストレス量) と PC 操作ログの単純な相関をとる分析を行っていたが、それでは相関係数の絶対値がいずれも 0.1 以下となるなど、良い結果が得られなかった。そこでその応用として行ったのが、文献 [4] と本稿の両研究である。文献 [4] では、唾液アミラーゼ分泌量に閾値を設定し、2 群 (ストレス量が小さい群と、大きい群) に分けて相関をとる分析を行った。この結果、唾液アミラーゼ分泌量と PC 操作ログ特徴量 (キーストローク数における backSpace・delete 数割合) に関係があり、ある一定 (閾値) のストレス量までは、ストレス量に伴い backSpace・delete 割合は増加していくが (相関が正)、それを超えると逆に減少していく (相関が負) 傾向があるという結論を得た。この結果を得たことは有効であったが、2 群に分けているため、ある PC 操作ログ特徴量に対してストレス量がいずれの群に属するのかを特定できないという課題も抱えることになっていた。そこで本稿では、2 群に分けることはせず、

表 6 有効時間ごとの重相関係数

被験者		有効時間					
		A	B	C	D	E	F
重相関係数	10 分	0.42	0.71	0.56	0.46	0.59	0.62
	15 分	0.49	0.68	0.52	0.33	0.55	0.63
	20 分	0.45	0.76	0.51	0.35	0.50	0.82
	30 分	0.56	0.61	0.47	0.54	0.57	0.87
	60 分	0.39	0.39	0.71	0.42	0.64	0.63
	最大	0.56	0.76	0.71	0.54	0.64	0.87

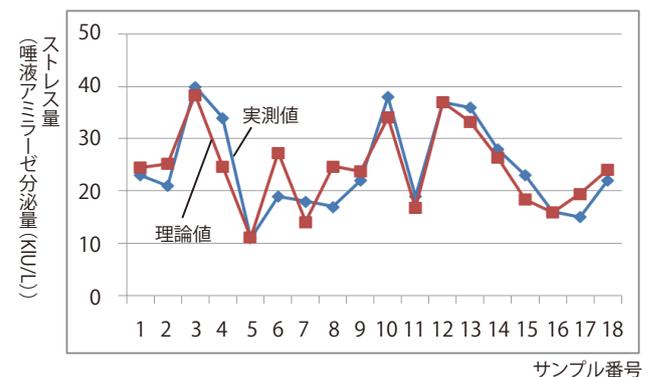


図 8 実測値と理論値の比較グラフ (被験者 F, 有効時間 30 分)

単純な相関でなく重相関をとり、前章に示す結果を得た。この結果に関しては、「本稿が文献[4]をサポートするものであるならば、式(3)のbackSpace数、delete数の係数が大きくなっているはずではないか」という疑問が読者からあることが考えられるが、式(3)のbackSpace数、delete数の係数が特に大きくないことは妥当な結果であり、文献[4]を否定するものではない。文献[4]では2群に分けたそれぞれの群で、相関は正、負、と逆になるという結果を得ているが、本稿では群を分けずに分析しているので、相関は相殺されて大きくはならないためである。このように、文献[4]は「群に分けて相関」、本稿は「(群は分けず)重相関」という異なるアプローチからの分析である。一般によりシンプルなモデルで分析できることが望ましいという観点からいえば説明変数が1つでよい文献[4]がシンプルだが、筆者らが目的とするサービスとしての実用性の観点からは、説明変数の数が多くとも群に分けずに有効な結果が得られた本稿が優勢であり、発展したという位置づけにあると考えている。

また、たとえば使用アプリケーションや職種、業務内容、PCスキルなど、オフィスワーカーの状況の違いによってPC操作の特徴量の出現が異なることも考えられる。表7にオフィスワーカーの状況の違いの例を示す。しかし実際の業務では、職種を除けばいずれかの状況に限定されることはなく、各種状況が混在した状態が多いと思われるため、本稿ではあえて状況を限定せずに大量のログを取得して非定型の「実時間」「実業務」のログに表れる特徴量を統計的に分析することを目的とし、相関の結果を得た。

6. おわりに

6.1 結論

本研究では、ストレス量を示す既知指標である被験者の生理量(唾液アミラーゼ分泌量)を目的変数、PC操作ログの特徴量を説明変数として重回帰分析を実施し、ストレス量とPC操作の関係を明らかにする手法を提案

表7 オフィスワーカーの状況による違いの例

オフィスワーカーの状況の違い	例
アプリケーション	• ワープロとプレゼンスライド作成
業務内容	• 新規コーディングとデバッグ
職種	• プログラマとコールセンタスタッフ
PCスキル	• タッチタイピング熟練者と初心者 • デジタルネイティブと非デジタルネイティブ

した。被験者10人延べ300時間の実業務を対象に実験を行った結果、重相関係数が0.6を上回る被験者が67%となり、ストレスの量とPC操作ログ特徴量に関係があることが明らかになった。また被験者ごとに、ストレス量に関係の深いPC操作や、PC操作がストレス量に反映されやすい時間範囲があることが分かった。これより、オフィスワーカーに負担をかけることなくPC操作ログからストレス量を推測するサービスを実現する見通しを得た。

6.2 今後の課題

今後は、信頼性向上を検討した上で、本結果を応用した、オフィスワーカーのメンタルケアに貢献するストレス推定システムの実現が課題となる。

たとえば、測定期間の短縮は導入への敷居を下げるための課題となる。本稿では、「そのサンプルが取得された際の特異な状況」(例:上司に叱責された直後で急激にストレス上昇時など)が重回帰式に反映されてしまうことを防ぐため3日間延べ30時間を測定の実験対象期間としたが、もっと少ない測定期間や歯抜けの測定でも同様の結果を示すことができるようになれば、導入への敷居も大幅に下がると考えられる。

また応用として、オフィス向け省エネシステムにおいて、ストレスを検知して照明・空調・OA機器等を制御・フィードバックするシステムの開発およびサービス化も検討している。さらに、ストレス推測機能を、ASPサービスとしてミドルウェア提供することで、教育・コンサルティング等各種サービスに展開することも検討する。

参考文献

- 1) Toba, M., Mori, Y., Egi, M., Sakurai, T. and Naono, K.: A Method for Analyzing Work Tasks and Status by Video-and-PC-monitoring System, Proceedings of the 2009 ACM Workshop on Ambient Media Computing Table of Contents, pp.37-46 (2009).
- 2) 恵木正史, 直野 健, 櫻井隆雄, 高山恒一, 新谷隆彦: イベントログからPC操作への翻訳規則の自動生成方法, 電子情報通信学会「データ工学研究会」研究会発表 (2006).
- 3) 直野 健, 吉澤政洋, 菊地克朗, 森 靖英, 鳥羽美奈子, 櫻井隆雄, 恵木正史: 業務実態把握システムによる残業縮減コンサルティング方法の提案, 情報処理学会「グループウェアとネットワークサービス」研究発表会, Vol.2009-GN-73, No.16, pp.1-8 (2009).
- 4) 鳥羽美奈子, 櫻井隆雄, 森 靖英: PC操作ログ特徴量とオフィスワーカーのストレス量の相関分析, 電子情報通信学会論文誌D, Vol.J95-D, No.4, pp.747-757 (2012).
- 5) (株)日立システムアンドサービス: PC業務効率分析システムBM1, <http://www.hitachi-system.co.jp/bm1/> (2015年5月現在).
- 6) 厚生労働省: 脳血管疾患及び虚血性心疾患等(負傷に起因するものを除く)の認定基準について, 平成13年12月12日付け基発

- 第 1063 号厚生労働省労働基準局長通達, <http://www.mhlw.go.jp/houdou/0112/h1212-1.html> (2001 年 12 月現在).
- 7) 黒川淳一, 井上真人, 井奈波良一, 岩田弘敏: メンタルヘルス不調者への対応事例を通して職場での問題点を考える, 日本職業・災害医学会誌, Vol.56, No.2, pp.53-61 (2008).
 - 8) Murphy, L. R.: Managing Job Stress, An Employee Assistance/Human Resource Management Partnership, Personnel Review, Vol.24, pp.41-50 (1995).
 - 9) Otsuka, R., Yano, L. and Sato, N.: An Organization Topographic Map for Visualizing Business Hierarchical Relationships, Proceedings of the 2009 IEEE Pacific Visualization Symposium Table of Contents, pp.25-32 (2009).
 - 10) 多田昌裕, 納谷 太, 大村 廉, 岡田昌也, 野間春生, 鳥山朋二, 小暮 潔: 無線加速度センサを用いた運転歩行車の計測・解析手法, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.91-D, pp.1115-1128 (2008).
 - 11) 高橋正道, 北山 聡: コンピュータコミュニケーションにおける関係性の抽出とフィードバックおよびその影響の実証実験, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.57, No.4, pp.65-66 (1998).
 - 12) 坪井創吾, 石井 岳, 梅木秀雄: 企業内コミュニティの長期運用分析, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-GN-71, No.16, pp.7-12 (2009).
 - 13) TechCrunch, oDesk Provides On-demand Skills, <http://techcrunch.com/2006/09/08/odesk-provides-on-demand-skills> (2006 年 9 月現在).
 - 14) Microsoft Office Online, 企業内個人向け生産性アセスメントサービス, <http://www.microsoft.com/japan/office/previous/2003/business/ipa/default.mspx> (2011 年 9 月 15 日現在).
 - 15) 宗森 純, 森 直人, 吉野 孝: 状況の半自動自己申告機能を備える疎な連帯支援システムの開発と適用, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.188-201 (2004).
 - 16) 大平雅雄, 横森励士, 阪井 誠, 岩村 聡, 小野英治, 新海 平, 横川智教: ソフトウェア開発プロジェクトのリアルタイム管理を目的とした支援システム, 電子情報通信学会論文誌 D-1, Vol. J88-D-1, No.2, pp.228-239 (2005).
 - 17) NTT データ, Web サイト, 就労管理システム JobCubicTime, http://www.ndis.jp/jobcubic/jc_time/index.html (2010 年 7 月現在).
 - 18) 小林弘造, 北村規昭, 清田 修, 西原直枝, 岡 卓史, 田辺新一: 執務空間の温熱環境が知的生産性に与える影響コールセンターの長期間実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.451-456 (2006).
 - 19) 松田有加, 伊藤一秀, 村上周三, 金子隆昌: 室内環境満足度による知的生産性評価に関する研究 (その 1), Web を利用した室内環境満足度・生産性評価ツールの開発とケース・スタディ, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.1135-1136 (2004).
 - 20) 西原直枝, 田辺新一: 中程度の高湿環境下における知的生産性に関する被験者実験, 日本建築学会環境系論文集 (568), pp.33-39 (2003).
 - 21) 小林正之, 小久保敦史, 降旗建治: 感覚特性による疲労・回復チェックシステムの開発, 電子情報通信学会技術報告, EA, 104(379), pp.13-18 (2004).
 - 22) 山口昌樹, 花輪尚子, 吉田 博: 唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能生体医学, Vol.45, No.2, pp.161-168 (2007).
 - 23) 村上 満, 田原祐助, 竹田一則, 山口昌樹: 唾液アミラーゼ活性は中学生の心身ストレスの指標になり得るか, 生体医学, Vol.47, No.2, pp.166-171 (2009).
 - 24) 児玉高有, 阿部貴恵, 兼平 孝, 森田 学, 船橋 誠: 唾液中ストレスマーカーの動態分析, 北海道歯学雑誌, Vol.31, No.2, pp.52-61 (2010).
 - 25) 白木三秀: 国際人的資源管理の比較分析—「多国籍内部労働市場」の視点から, 有斐閣 (2006).
 - 26) 中西康博, 高平兼司, 下地邦輝: 地下水窒素汚染における起源別窒素負荷率の重回帰法による推定, 日本土壤肥科学雑誌 Vol.72, No.3, pp.365-371 (2001).
 - 27) 江渡 文, 村田 伸, 大田尾浩, 堀江 淳, 村田 潤, 宮崎純弥, 山崎先也, 溝田勝彦: 地域在住女性高齢者の開眼片足立ち保持時間と身体機能との関連, 理学療法科学, Vol.21, No.4, pp.437-440 (2006).

鳥羽 美奈子 (正会員) minako.toba.cy@hitachi.com
 (株) 日立製作所研究開発グループシステムイノベーションセンター. 2006 年東京大学大学院学際情報学府博士課程単位取得退学. 同年同社入社. 以来, 社会インフラ・映像情報メディア・人間行動等の実世界ログデータ分析およびその応用システムの研究開発に従事.

櫻井 隆雄 (正会員) takao.sakurai.ju@hitachi.com
 (株) 日立製作所研究開発グループ 情報通信イノベーションセンター. 2005 年東京大学大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻修士課程修了. 同年同社入社. 以来, 並列計算機向け行列ライブラリ, 業務モニタリングシステムの研究開発に従事.

森 靖英 (正会員) yasuhide.mori.yb@hitachi.com
 (株) 日立製作所研究開発グループ東京社会イノベーション協創センター. 1989 年京都大学理学部卒業. 1991 年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了. 同年同社入社. パターン認識, データマイニングの各種応用研究に従事.

恵木 正史 (非会員) masashi.egi.zj@hitachi.com
 (株) 日立製作所研究開発グループ情報通信イノベーションセンター. 2000 年名古屋大学大学院理学研究科素粒子宇宙物理学専攻博士後期課程単位取得退学. 同年同社入社. 以来, 金融・気象・医療・人間行動などさまざまな領域のデータ分析の研究に従事.

投稿受付: 2015 年 6 月 18 日
 採録決定: 2015 年 10 月 21 日
 編集担当: 大島浩太 (埼玉工業大学)