

ソフトウェア開発時のストレス推定における特徴量の検討

名嘉 奏汰郎¹ 石田 繁巳¹ 稲村 浩¹

概要：ソフトウェアエンジニアのメンタルヘルス向上は、IT 業界における重要な課題の 1 つである。これまで、ストレスが発生したと考えられる時点でストレスの緩和に向けた行動を促すなど、事後的なアプローチが用いられてきた。しかし、このようなアプローチでは「過度なストレスを受けすぎないためにどうすべきか」などの、メンタルヘルス不調を予防するフィードバックを得ることができない。これに対し、本研究では、メンタルヘルス不調の予防に向けて、予見的なアプローチを提案する。タスクの 1 つ 1 つが一定量のストレスを与えると仮定し、タスク情報や生体情報からストレス量を予測して、過度なストレスを一気に受けすぎないようなスケジュールを立案することで、メンタルヘルス不調を予防する。提案の実現に向け、本稿では、タスク情報・心拍変動指標からのストレス量の予測に向けて有効な特徴量を分析するための評価計画を報告する。具体的には、タスク情報から抽出した特徴量と心拍変動指標を説明変数、被験者が自己評価したストレス値を目的変数として重回帰分析やランダムフォレストによる回帰モデルの作成を行う予定である。

キーワード：レコメンドシステム、ストレス推定、心拍変動、重回帰分析

1. はじめに

ソフトウェアエンジニアのメンタルヘルス向上は、IT 業界における急務である。厚生労働省が行った「令和 5 年度労働安全衛生調査」によれば、メンタルヘルスの不調によって、1 ヶ月以上の休業もしくは退職をした者がいた事業所の割合は、情報通信業では 32.4% であり、全産業平均の 13.5% の 2 倍以上であった [1]。

ソフトウェアエンジニアが行う仕事は、作業見込みの不確実性が高いうえ、顧客・上司・作業の板挟みになりやすく、メンタルヘルスの不調を招きやすい。下山らは、IT 産業で働くエンジニアがメンタルヘルス不調に至るプロセスとして、「進捗の遅れやそれによる上司からの叱責」と「長時間労働」が相互作用して負のループに陥ることを指摘した [2]。

これまでに、ソフトウェアエンジニアを含む知的労働者を対象としたメンタルヘルス向上に関する研究は行われている [3]~[5]。しかしながら、これらは事後的なアプローチを行うものであり、メンタルヘルス不調を防ぐことができない。事後的なアプローチでは労働者に過度なストレスが与えられ、パフォーマンスの低下や退職を招く。

これに対し、本研究ではメンタルヘルスの不調を防ぐ予見的なアプローチとして、ストレス量を考慮したスマート

タスクリストシステムを提案する。本システムでは、ストレスに「量」があると仮定する。タスクの情報と心拍変動指標からストレス量を予測する回帰モデルを作成し、これから実施する予定の全タスクのストレス量を予測する。そして、過度なストレスがかからないように、すなわち、1 日のストレス量が上限を超えないように 1 日ごとの実施タスクを選択する。

提案するスマートタスクリストシステムの実現に向け、本稿では、ストレス量を予測する手法及びそのための特徴量の検討計画について報告する。

本稿の構成は以下の通りである。2. では関連研究として、これまでのアプローチと問題点について述べる。3. で提案するレコメンドシステムを示し、使用する特徴量の検討を行うため現在行っている実験とその評価計画を 4. で示す。最後に 5. でまとめとする。

2. 関連研究

メンタルヘルス向上に向けた予見的なアプローチを行う研究は、筆者らの調査した範囲では存在しない。本節では、メンタルヘルスを考慮に入れたタスク管理や生産性可視化手法に関する関連研究、ストレスレベルの予測に関する関連研究について述べる。

¹ 公立はこだて未来大学 システム情報科学部

2.1 タスク管理にメンタルヘルスの概念を導入した研究

Wang らは、タスクの完了状況と感情状態を可視化するタスクリスト「TaskScape」を提案した [3]. TaskScape は、タスクの「切迫度」と「快・不快」を軸としたプロットをフィードバックする. 切迫度はタスクの締切までの時間で、快・不快は被験者が入力した内容にもとづいている.

しかし、TaskScape はストレス評価が非客観的であり、かつ予見的アプローチを提供していない. TaskScape は被験者の入力した感情が主なプロット基準であるため、定量的なストレス評価がフィードバック内に含まれない. また、TaskScape はあくまでプロットによるフィードバックを行うだけであり、次はどのようにタスク管理をすればよいかの推薦が入っていない.

2.2 自己評価と生産性を収集・可視化した研究

Fellmann らは、アンケートベースの自己評価と生産性を収集・可視化するシステム「Desktop Work-Life Tracker (DWLT)」を提案した [4]. DWLT は、起床後の回復レベル (6 段階)、使用したアプリケーション・ウィンドウのタイトル・使用時間、エネルギーレベルと感情、1 日を通した進捗感・自律感・強み使用感・社会的接触・ストレス、定期的なアンケートの提出時に被験者が残したメモ書きといった情報を収集する. 加えて、記録された内容が可視化されて閲覧可能である.

DWLT も TaskScape 同様に、ストレス評価が非客観的で、かつ予見的アプローチを提供していない. DWLT が収集するデータは、使用しているアプリケーション以外の情報が、すべて使用者が入力したものである. エネルギーレベルや感情、ストレスについても使用者が入力するため、客観的な指標が入っていない. また、次に行うべきタスクの推薦もない.

2.3 ストレスレベルの予測に関する研究

Pocker らは、生体信号を含むいくつかの特徴量からストレスレベルを推定するシステム「MindSync」を提案した [5]. MindSync は、様々なデータを収集している. 例えば、生体情報として、心拍数・酸素飽和度・心拍変動を収集している. また、睡眠時間や運動といった行動データ、水分摂取量といったデータも収集している. それに加えて、テキストでのデータ収集も行っている. テキストからは、感情状態の推定を行っている.

しかし、MindSync はタスク管理という視点が介在していない. MindSync は、使用者がストレスを感じていると自己申告した場合に、過去同じようなストレスを受けていた場合は、その際のストレス原因に合わせた改善提案を行う. ただし、これは MindSync 内に含まれた LLM とのやりとりのなかで行われる対処であり、これから起きることを予測して先に対処するものではない.

3. ストレス量を考慮したスマートタスクリストシステム

3.1 キーアイデア

ストレス量を考慮したスマートタスクリストシステムのキーアイデアは、タスクを実施ごとに決まった「量」のストレスを受けると仮定することである. すなわち、タスクとタスクから受けるストレス量の関係が、加法性を満たすと仮定する. タスクの集合を T 、タスク t とストレス量 r の関係を表す写像を $S: t \rightarrow r$ とする. タスクとタスクから受けるストレス量の関係が加法性を満たす場合、 $\forall t_1, t_2 \in T$ に対して $S(t_1) + S(t_2) = S(t_1 + t_2)$ となる.

この場合、1 日に受けるストレス量の総和はその日に行う各タスクから受けるストレス量を合計したものとなる. そこで、タスクから受けるストレス量をタスク実施する前に予測しておき、1 日に受けるストレス量の総和があらかじめ設定された上限値を超えないようにタスクスケジューリングを行う.

3.2 システム概要

本研究で提案するスマートタスクリストシステムは、ストレス量を考慮して 1 日に行うタスクを決めるシステムである. 本研究の対象は労働者であり、1 日に行うタスクを労働時間内に収める必要があるため、その日に行うタスクのリストを作成する.

図 1 に、提案するスマートタスクリストシステムの概要を示す. スマートタスクリストシステムは、データ収集ブロック、学習ブロック、推薦ブロックの 3 つのブロックから構成される. まず、データ収集ブロックでタスクに関する情報と、ストレスを収集する. 次に学習ブロックで、収集したデータをもとに、ストレス量を予測する回帰モデルを作成する. 最後に推薦ブロックで、タスクリストに残っているタスクのストレス量を予測したうえで、1 日に行うべきタスクを推薦する. これらを順に実行していくことで、スマートタスクリストを実現する.

3.3 データ収集ブロック

データ収集ブロックでは、使用者のタスク情報の取得及びストレスの計測を行う.

タスク情報としては、タスク名・タスクの説明・タスク種類・見積り作業時間・実績作業時間などが挙げられる. スマートタスクリストシステムをタスク管理ツールとして提供することで、タスク情報を使用者に入力してもらい、タスク情報を得る. 実績作業時間を得るため、タスク管理ツールにはタイマー機能を具備する.

ストレスの計測では、使用者の生体情報からストレス量を算出する. ストレスデータの収集に関しては、すでに様々な研究が報告されている. 2.1 及び 2.2 でそれぞれ示

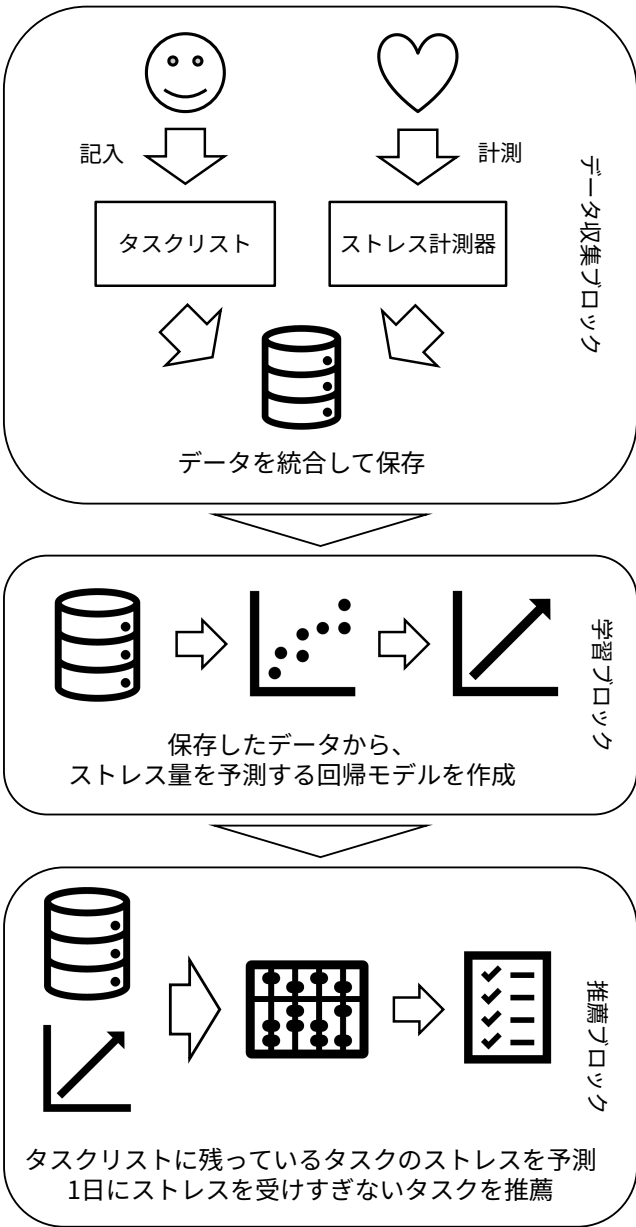


図 1 提案システムの概要

した TaskScape [3] 及び DWLT [4] は、アンケートを用いてストレス情報を収集している。2.3 で示した MindSync は、生体情報を収集しているうえに、LLM を利用して感情状態も推定している。本研究では、心拍情報・皮膚電位情報などからストレス量を算出する。

3.4 学習ブロック

学習ブロックでは、データ収集ブロックで収集したタスク情報及びストレス量を用いて、タスクごとに受けるストレスをタスクストレス予測モデルを作成する。タスクストレス予測モデルは、タスクに関する情報とストレスに関する指標を入力とし、ストレス量の予測値を出力する。予測モデルは使用者ごとに作成し、オンライン学習を行って定期的にアップデートする。

ストレス予測に関してもすでに様々な研究が報告されて

表 1 推薦ブロックのタスク選択に向けた目的関数

目的関数	説明
f_1	許容ストレス量と合計ストレス量の差の絶対値
f_2	タスクの予測所要時間合計と 8 時間の差の絶対値

いるが、回帰モデルを使用したストレス予測は少なく、タスクごとのストレス予測を行う研究は筆者らの調査した範囲では存在しない。ストレス推定はストレス有無の二値分類で行うことが多く、ストレス量を定量的に推定するものは少ない。

3.5 推薦ブロック

推薦ブロックでは、学習ブロックのタスクストレス予測モデルを用いてタスクごとのストレス量を予測し、「合計ストレス量が一定値を下回る」かつ「所要時間が一般的な労働時間以内に収まる」ように 1 日に行う最適なタスクを選択する。1 日に許容できるストレス量の総和、すなわち許容ストレス量は使用者ごとに異なるものとなる。本研究では、使用者の許容ストレス量がパフォーマンス測定などを通じてあらかじめ定められていることを前提とする。

許容ストレス量が定められている前提で、本研究では、許容ストレス量に応じたタスクの選択を多目的最適化問題としてモデル化する。多目的最適化問題は、目的関数を f_1, f_2, \dots , 変数を x_1, x_2, \dots とおくと, $\min(f_1(x_1), f_2(x_2), \dots)$ となる x_1, x_2, \dots を見つける問題である。本研究では、目的関数 f_1, f_2 を表 1 のように定義して最適化問題を解く。多目的最適化問題を解くためのアルゴリズムは複数存在するが、本研究では NSGA-II を使用する予定である。

4. 評価計画

3.4 に示した学習ブロックのタスクストレス予測モデルの構築に向け、タスク情報と心拍変動指標からのストレス量推定において有効な特徴量を検討するため、実験を行っている。本節では評価実験の概要及び評価の計画について示す。なお、本実験は公立はこだて未来大学倫理委員会の実施許可（許可書番号：2025015）を得て実施している。

4.1 評価環境

本実験を行うシステムとして、3. におけるデータ収集ブロックの一部を実装した。3. で提案した提案システムとの差分として、ストレス計測器の代わりに心拍計測器を作成した。

図 2 に、実装した実験システムの概要図を示す。実験システムはタスク情報と心拍情報のデータ収集を行う。タスク情報は、タスク名・タスクの説明・タスク種類・見積り作業時間・被験者自身によるストレス評価（5 段階）・実績作業時間である。タスク種類はコーディング・デザイン・調査・マネジメント・その他の 5 つである。心拍情報は、

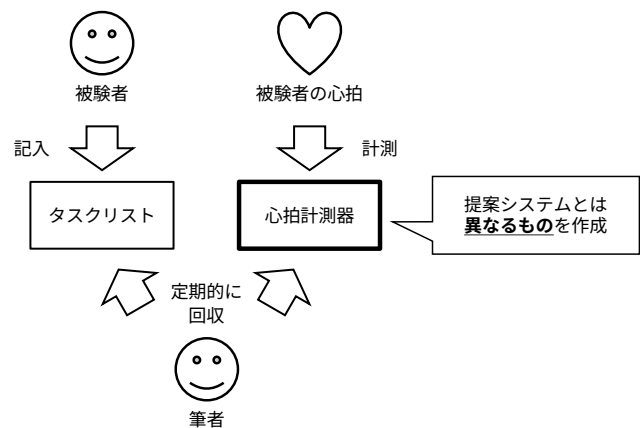


図 2 実験システムの概要図

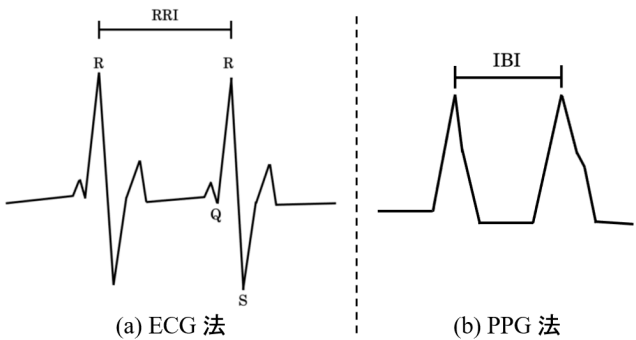


図 3 RRI と IBI の例 ([6] より引用)

心拍センサの生データのみである。

本実験では、ストレスを推定するための定量的な指標として、心拍変動指標を用いる。心拍変動とは、その名の通り心拍周期の変動を表したものである。心拍変動は主に、心電図 (ECG 法) から得られる RRI と、光電式容積脈波法 (PPG 法) から得られる IBI がある。ECG 法は、精度高く心拍変動を計測できる。しかし、心電図を計測するために胸部に電極パッドを貼り付ける必要があり、使用者の負担が大きい。逆に、PPG 法は皮膚のどこでも計測が可能だが、ECG に比べると精度が低い。本実験では、スマートウォッチ等ですでに一般にセンサが普及している点を考慮して PPG 法による計測を選択した。

心拍変動指標を使うと、自律神経活動がどのように活発であるかを計測できる。自律神経は交感神経と副交感神経の 2 つで構成されており、交感神経は緊張の度合いを、副交感神経はリラックスの度合いを表す。そのため、交感神経の影響が強く表れる指標を使うことで、ストレス推定ができる [7]。

心拍計測器は、心拍センサとマイコンから構成した。心拍計測器の心拍センサは、Seed Studio 社の Ear-clip Heart Rate Sensor を使用した。同センサは PPG 法によって心拍間隔を計測する。また、マイコンには M5Stack Core2 を使用した。心拍計測器は、心拍センサからとれる生データを 5ms 間隔 (200Hz) で収集した。

表 2 使用した心拍変動指標とその説明

指標名	説明
BPM	心拍数
SDNN	心拍変動の標準偏差
RMSSD	心拍変動の二乗平均平方根
HF	心拍変動のパワースペクトルのうち 0.15Hz~0.50Hz
LF	心拍変動のパワースペクトルのうち 0.02Hz~0.15Hz
LF/HF	LF と HF の比率

タスクリストは Electron と React で作成し、タスク情報は SQLite を用いて記録した。

データ収集は、公立はこだて未来大学公認の課外活動である、高度 ICT 演習の 1 チームで実施した。

高度 ICT 演習は 1 週間あたり 3 時間の活動時間が与えられているため、3 時間の間に以下の流れを実施してもらうよう、被験者に指示した。

- (1) タスクリストから、「タスク名」「タスクの説明」「タスク種類」「見残り作業時間」を入力する。ストレス計測器のクリップを耳につけて、電源を入れる。
- (2) タスクリストから行うタスクを選択し、「開始」ボタンを押下する。なお、タスクを一時中断する場合は、「一時中断」ボタンを押下し、再開時に「再開」ボタンを押下する。
- (3) タスクを終了する場合は、「終了」ボタンを押下する。タスクで受けたストレスを評価するための画面が表示されるので、被験者は 5 段階で評価する。
- (4) 活動終了時間まで上記を繰り返す。

被験者からデータを回収したあとは、ストレス計測器で収集した生データを IBI に変換し、タスクごとに以下のデータを 1 レコードとして、表形式にまとめた。

- タスク種類
- 見残り作業時間
- 実績作業時間
- IBI から算出した心拍変動指標
- 被験者自身によるストレス評価

表 2 に、使用した心拍変動指標とその説明を示す。

4.2 機械学習モデル作成・評価の計画

本評価では、「どの心拍変動指標が有用であるか」を確かめるために、心拍変動指標を入れ替えて回帰分析を行い、評価を行う。回帰分析アルゴリズムには、重回帰分析とランダムフォレストの 2 つを用いる。図 4 に、本評価で評価する内容を示す。回帰モデルの評価には、一般的に用いられている平均絶対誤差・平均二乗誤差・平均二乗対数誤差・決定係数を用いる。それに加えて、K-分割交差検証も行う予定である。

5. おわりに

本稿では、ソフトウェアエンジニアのメンタルヘルスの

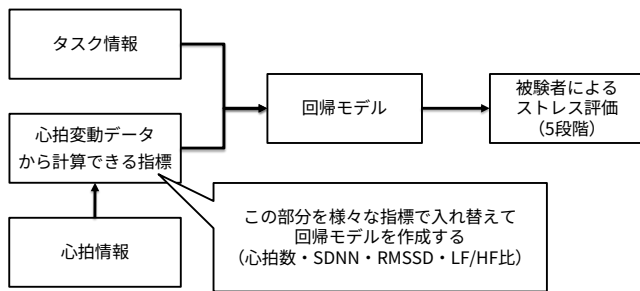


図 4 評価の概要図

向上を目指し、予見的なアプローチを行う手法としてストレス量を考慮に入れたスマートタスクリストシステムを提案した。本システムでは、タスク情報からストレス量を予測し、1日に受けるストレス量の総和が許容量を上回らないように1日のタスクを選択する。本稿では、提案システムの中核となるタスクストレス予測モデルの構築に向けた特徴量の検討実験について述べた。今後も実験を継続し、ストレス量の予測に必要な特徴量の検討を進めていく。

参考文献

- [1] 厚生労働省: 令和5年 労働安全衛生調査(実態調査) (2024).
- [2] 下山満理, 櫻井しのぶ: IT 産業で働くシステムエンジニアがメンタルヘルス不調をきっかけに休職に至るまでのプロセス, 医療看護研究, Vol. 14, No. 1, pp. 20–29 (オンライン), DOI: 10.60254/jhcn.14.1_20 (2017).
- [3] Wang, M. B. and Lee, S. W.: TaskScape: Fostering Holistic View on To-do List With Tracking Plan and Emotion, *Adjunct Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '22 Adjunct, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1–4 (online), DOI: 10.1145/3526114.3558720 (2022).
- [4] Fellmann, M., Lambusch, F. and Schmidt, A. C.: Combining Computer-Based Activity Tracking with Human Energy and Sentiment Self-assessment for Continuous Work-Life Reflection, *Human-Computer Interaction* (Kurosu, M. and Hashizume, A., eds.), Cham, Springer Nature Switzerland, pp. 164–181 (online), DOI: 10.1007/978-3-031-35599-8_11 (2023).
- [5] Pocker, F. N. I., Ansari, F., Pohren, D. H., Roque, A. D. S. and Freitas, E. P. d.: MindSync: An AI-driven system for tailored mental health assistance supported by IoT, *2025 12th international conference on future internet of things and cloud (FiCloud)*, pp. 232–239 (online), DOI: 10.1109/FiCloud66139.2025.00039 (2025).
- [6] 伊村一成, 後藤佑介, 酒井晃二, 小原 雄, 田添 潤, 三浦寛司, 廣田達哉, 内山 彰, 乃村能成: ウェアラブルセンサデバイスを用いた医師のストレス推定手法の提案, 研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS), Vol. 2021-DPS-188, No. 5, pp. 1–8 (オンライン), 入手先 <<https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/records/212759>> (2021). Publisher: 情報処理学会.
- [7] 藤原幸一: ヘルスモニタリングのための心拍変動解析, システム/制御/情報, Vol. 61, No. 9, pp. 381–386 (オンライン), DOI: 10.11509/isciesci.61.9.381 (2017).