

平成 28 年度厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
「労働生産性の向上に寄与する健康増進手法の開発に関する研究」
(H28-労働-一般-004)
主任：島津明人

分担研究報告書
労働生産性の生体工学指標の検討

分担研究者
荒川豊（奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授）

研究要旨：メンタルヘルスのチェックは、本人が自覚的に認識するか、定期的に産業医などに介入してもらわなければならない。その時、残業時間と比較されることが多いが、それはたまたま管理しやすい指標がタイムカードで保存されている勤務時間というだけであり、ストレスと残業時間との明確な関連性はない。また、本人の自己認識は、過去の苦い経験に基づくことが多く、ストレスで障害が出るまで気づかないことが多い。そこで、本研究では、メンタルヘルスを含む労働生産性を定量的に計測、比較できる指標を見つけることを目的とする。その目的に対する、第一歩として、今年度は、メンタルを含むさまざまなストレスに対して、どのようなセンサであれば定量的に計測できるのかについて、広く調査を行った。そして、現在市販されているデバイスで、計測が難しいストレスと計測可能性のあるストレスを明らかにした。

A. はじめに

2016 年の法改正により、50 人以上の従業員を雇用しているすべての企業において、従業員のメンタルヘルスチェックが義務化されている。しかしながら、そのチェック手法は、Web アンケートによる自己報告にとどまっている。しかしながら、メンタルヘルス不調の要因となるストレスや生活の不規則さなどを、自身で気づき、未然に防ぐことは難しい。また、メンタルヘルスだけではなく、プレゼンティーズムやワーク・エンゲージメントなど労働生産性に関する調査も質問紙調査票ベースの指標が一般的である。

こうした Web アンケートや質問紙調査票は、大きなグループの実態調査には適しているものの、データ収集のコストが高く、1年に 1 回の調査といった具合でフィードバックの頻度が少ない。また、得られる情報は、定性的な情報であり、自身の過去の状態との比較、あるいは他人との比較も難しい。

そこで本分担研究では、何らかのセンサを用いて人の状態を計測し、メンタルヘルス不調との関連性を明らかにすることを目

的とする。最終的には、そのデータを用いて、メンタルヘルス不調を予知するための定量的な指標を見いだすことを目指す。

初年度の平成 28 年度は、入手容易性の高い市販のウェアラブル機器を対象として、それらを用いて労働生産性に影響を与えるさまざまな体調不良を計測可能か否かについて調査した。

B. センサによる体調計測システムの提案

図 1 に、提案する体調計測システムの構成を示す。提案システムは、従業員がウェアラブル機器を装着して、仕事に従事することを前提とし、その機器から得られる情報を元に、体調を予測し、生活習慣やメンタルヘルスの改善を指示することを目指す。

ウェアラブル機器を使用することで、労働時以外の生体・行動データを取得するこ

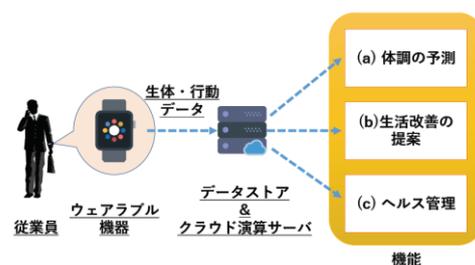


図 1 センサによる体調計測システム

とができ、日頃の生活リズムを抽出したり、リアルタイムに生体・行動データの分析を行うことができる。関連研究として、ウェアラブル機器のセンサデータとスマートフォンの操作履歴から学業生産性(GPA)、睡眠の質、ストレスレベル、メンタルヘルスの推定が行われている[1]。しかし、ウェアラブル機器で身体的な体調の不具合を推定するような取り組みはあまり行われていない。

本システムでは、(a) 体調の予測、(b) 生活改善の提案、(c) ヘルス管理の3つの機能の開発を行う。体調の変化を予測することができれば、昼休みに仮眠を取ったり、仕事の順番を入れ替えたりすることで、生産性を落とさないような工夫を取り入れることができる。そのため、(a) 体調の予測では、過去のデータに基づき、勤務時間中に体調の不具合が起こるか予測を行う。例えば、「夕方眠くなる」、「昼頃頭痛が起こる」のような予測が行われる。(b) 生活改善の提案では、体調の不具合を検知した際に、この不具合の原因を過去のデータから推測し、生活改善の提案を行う。アプローチとしては、(a) 体調の予測のデータから予測に貢献しているパラメータを抽出し、体調の不具合に影響している原因を推定する。そして、(c) ヘルス管理は、経営者側が従業員全体のヘルス情報を把握するための機能であり、社内のヘルスを改善するために使用する。このような、システムを開発するにあたり、労働生産性に影響のある体調や使用するセンサを選定する必要がある。そこで本研究では、プレゼンティーイズムの調査結果から労働生産性に影響のある体調を選定し、次に、その体調が計測・推定可能か調査する。

C. 労働生産性に影響のある体調の選定

体調の不具合にも様々な原因があり、どの原因が労働生産性にどの程度影響があるのかを知る必要がある。プレゼンティーイズムとアブセンティーイズムの既存研究では、体調と労働生産性への影響に関して、調査しているものがある。本章ではその結果を用いて、労働生産性に影響のある体調の選定を行う。

Koji WADA らは、Stanford Presenteeism

Scale (SPS)を用いて、19 企業から計 6777 人の回答を集計した[2]。この調査から、肩こり・腰痛による経済的損失が大きいことが判明した。また、症状別の一人当たりの損失は抑うつ・不安・感情の障害が最も経済的損失が大きいことを報告している。

Collins, J. J. らは、SPS を用いて、1 つの企業から計 7,797 人の回答を取得し、集計を行った[3]。この調査では、抑うつ、アレルギー、関節症、肩こり・腰痛が労働生産性に大きく影響していることが報告されている。アレルギー、肩こり・腰痛は SPS のスコア値が高かったが、状態ごとの経済的損失を試算した結果、他の症状に比べて有意な差は現れなかった。しかし、アレルギー、肩こり・腰痛を患っている従業員は多いため、1 人あたりの経済的損失は小さくても、全体としての損失が大きい。

Loeppke, R. らは、The Health and Work Performance Questionnaire を用いて、10 企業を対象に 51,648 人から回答を取得、集計を行った[4]。プレゼンティーイズムでの影響は、鬱、不安、疲労、睡眠障害、過敏性腸症候群、頭痛が大きいことが報告されており、どの症状も年間 10 営業日以上分の経済的損失が試算されている。

これらの調査結果から労働生産性への影響がある体調の不具合に、不安・抑うつ、肩こり・腰痛、アレルギーがあり、影響が大きい体調の不具合に疲労、睡眠障害、過敏性腸症候群、頭痛があることが判明した。結果を表 1 にまとめる。アレルギーは、食べ物によるものではなく、花粉から生じるアレルギー性鼻炎を指すため、鼻炎に置き換えている。過敏性腸症候群は、体調不良ではなく疾患の意味合いが強いため、広義の腹痛に置き換えている。この中でも、不安・抑うつが最も生産性を下げる症状となっている。肩こり・腰痛、鼻炎は、他の症状とあまり大きな差はないが、患っている人数がとても多いため、全体の損失から見ると労働生産性へ大きく影響しているという理由から影響度合いを「とても大きい」に分類している。

D. センサでの計測可能性について

表 1 労働生産性に影響のある体調とウェアラブル機器での計測可能性

体調不良の種類	影響度合い	ウェアラブル機器での測定	それ以外での測定
不安・抑うつ	とても大きい	○	○
肩こり・腰痛		×	△
鼻炎		△	△
疲労	大きい	○	○
睡眠障害		○	○
腹痛		△	△
頭痛		×	×

選定した体調を測定もしくは推定することができる手法の調査を行った。測定・推定可能な場合どのような手法が用いられているのかをまとめ、そうでない場合はどのような手法を用いれば推定可能か考察する。調査結果を表 1 に示す。「○」は測定・推定可能、「△」は測定・推定ができる可能性がある、「×」は測定・推定が難しい、または、既存研究がないを表す。

1. 不安・抑うつ

不安・抑うつのようなメンタルヘルスの不調が生じると、活動量の低下、精神活動の低下のような変化が現れる。活動量の低下は、ウェアラブル機器やスマートフォンの GPS や加速度計などを用いて測定することが容易であり、この手法によるメンタルヘルスの推定が行われている[5]、[6]。

メンタルヘルスの不調の原因となるストレスを定量化する代表的な手法は複数あり、(1) 心電計から心拍間隔の時系列データを測定し、自律神経の乱れである LF/HF を算出する手法、(2) 生理的なストレス量であるアミラーゼを唾液から測定する方法[7]、(3) 皮膚の電気抵抗を測定し、発汗量から緊張度を推定する手法[8] があげられる。(1) と(3) の手法によるストレス値の測定は、既にウェアラブル機器での測定が可能である。間接的な推定方法として、PC の操作ログを用いてストレス量の推定を行う手法[9] や画像を選ぶだけでストレス量が推定できる手法[10] が提案されている。

2. 肩こり・腰痛

肩こり・腰痛を測る指標としては、筋肉

の硬さを表す筋硬度が用いられているが、筋硬度は性別・運動経験の有無等の様々な要因により個人の特性を大きく反映するため、定期的に計測を行わなければ肩こり・腰痛を測定することはできない。パソコンを長時間使用すると、肩こり・腰痛が生じるリスクが高まることがわかっており[11]、症状の改善・防止として、姿勢を正すことを促すシステムが提案されている[12]、[13]。

3. 鼻炎

鼻炎状態を直接的に計測可能なセンサは存在しない。手法としては、スマートフォンのマイクを利用し、鼻をかむ音を検知することが考えられるが、マイクを常時 ON にしておくことは困難であるため、実用面で問題がある。

4. 疲労

疲労の計測は自動車の分野で研究が盛んに行なわれている。手法としては、(1) 眼電位から推定する方法[14]、(2) 外部のカメラから被験者の顔をトラッキングし、瞬きの回数、目を閉じている長さ(PERCLOS)、頭の動き、視線の方向を計測し、疲労具合の推定を行う方法[15]、(3) 心拍の変動から推定する方法[16] があげられる。運動における疲労度であれば、足に IMU センサを取り付けて活動量を測定し推定する方法が提案されている[17]。

5. 睡眠障害

睡眠状態の推定には、(1) 心拍から推定する方法、(2) 寝室の環境音から推定する方法、

(3) 体動センサから推定する方法などがあり、それぞれ既存製品として広まっている。近年では、心拍計を搭載しているウェアラブル機器が増え、睡眠のロギング機能がついている。

6. 腹痛

腸の状態をモニタリングするデバイスとして、トリプル・ダブリュー・ジャパン株式会社の DFree (<http://dfree.biz/>) が利用されている。DFree は超音波を用いることで、腸の状態をセンシングすることができ、腹部の状態や排便のタイミングを推定することができる。この技術を用いれば、腸の状態の異常を検知し、腹痛の予測や検知が可能だと考えられる。

7. 頭痛

鼻炎と同様に、頭痛に関しては、有効なセンシング技術を発見することができなかった。

E. 結論

本研究では、労働者のためのウェアラブル機器を用いた労働生産性改善のシステムを設計するため、まずは、先行調査から労働生産性に影響がある体調の種類を選定した。そして、プレゼンティーズムの調査結果から、不安・抑うつ、肩こり・腰痛、鼻炎、疲労、睡眠障害、腹痛、頭痛が労働生産性に影響があることを明らかにした。次に、選定した体調を何らかのセンサを用いて計測する手法の調査を行った。睡眠状態など計測機器が広く市販されている体調がある一方、鼻炎や頭痛など測定が困難な体調も多いことがわかった。今後は、データを収集・分析する基盤を作成し、ウェアラブル機器を実際に構築し、実生活のデータを用いて、体調の推定を行う技術の開発を行う予定である。

F. 健康危険情報

該当せず。

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表

高橋雄太, 水本旭洋, 荒川豊, 安本慶一. 労働生産性改善に向けたウェアラブル機器を用いた体調推定法の検討. 情報処理学会 MBL 研究会 WiP セッション, 2016 年 12 月 7 日, 金沢市.

音田恭宏, 水本旭洋, 荒川豊, 荒川周造, 中島千尋, 小花光広, 上西基弘, 安本慶一. 椅子に装着したモーションセンサを用いた着座姿勢推定手法. 電子情報通信学会ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会, 2017 年 3 月 2 日, 石垣市.

H. 知的財産権の出願・登録状況

着座姿勢判定装置、椅子、着座姿勢判定方法、プログラム、特願 2016-215494

I. 引用文献

- [1] Sano, A., Phillips, A. J., Amy, Z. Y., McHill, A. W., Taylor, S., Jaques, N., ... and Picard, R. W.: Recognizing academic performance, sleep quality, stress level, and mental health using personality traits, wearable sensors and mobile phones., 2015 IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN). IEEE, (2015).
- [2] Wada, K., Arakida, M., Watanabe, R., Negishi, M., Sato, J., and Tsutsumi, A.: The economic impact of loss of performance due to absenteeism and presenteeism caused by depressive symptoms and comorbid health conditions among Japanese workers., *Industrial health* 51.5, pp.482-489 (2013).
- [3] Collins, J. J., Baase, C. M., Sharda, C. E., Ozminkowski, R. J., Nicholson, S., Billotti, G. M., ... and Berger, M. L.: The assessment of chronic health conditions on work performance, absence, and total economic impact for employers., *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 47.6, pp.547-557 (2005).
- [4] Loeppke, R., Taitel, M., Haue, V., Parry, T., Kessler, R. C., and Jinnett, K.: Health and productivity as a business strategy: a multiemployer

- study., *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 51.4, pp.411-428 (2009).
- [5] Saeb, S., Zhang, M., Karr, C. J., Schueller, S. M., Corden, M. E.: Mobile phone sensor correlates of depressive symptom severity in daily-life behavior: An exploratory study., *Journal of medical Internet research* 17.7 (2015).
- [6] Canzian, L., and Musolesi, M. Trajectories of depression: unobtrusive monitoring of depressive states by means of smartphone mobility traces analysis., *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*. ACM, (2015).
- [7] 山口昌樹, 金森貴裕, 金丸正史, 水野康文, 吉田博.: 唾液アミラーゼ活性はストレス推定の指標になり得るか, *医用電子と生体工学* 39.3, pp.234-239 (2001).
- [8] Koo, H., Hebrío, I., Johnston, M., Hosein, N., and Fallon, K.: Stresssense: skin conductivity monitoring garment with a mobile app., *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*. ACM, (2016).
- [9] 鳥羽美奈子, 櫻井隆雄, 森靖英, 恵木正史: 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—, *情報処理学会デジタルプラクティス* 7.1, pp.71-79 (2016).
- [10] Haim, S., Wang, R., Lord, S. E., Loeb, L., Zhou, X., and Campbell, A. T. : The mobile photographic stress meter(MPSM): a new way to measure stress using images., *Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*. ACM, (2015).
- [11] Hakala, P. T., Rimpela, A. H., Saarni, L. A., and Salminen, J. J.: Frequent computer-related activities increase the risk of neck-shoulder and low back pain in adolescents., *The European Journal of Public Health* 16.5, pp.536-541 (2006).
- [12] Khurana, R., Marinelli, E., Saraf, T., and Li, S.: Neck-Graffe: a postural awareness system., *CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM, (2014).
- [13] Lee, H., Choi, Y. S., Lee, S., and Shim, E.: Smart pose: mobile posture-aware system for lowering physical health risk of smartphone users., *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM,
- [14] Lin, C. T., Wu, R. C., Liang, S. F., Chao, W. H., Chen, Y. J., and Jung, T. P.: EEG-based drowsiness estimation for safety driving using independent component analysis., *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers* 52.12, pp.2726-2738 (2005).
- [15] Yin, H., Su, Y., Liu, Y., and Zhao, D.: A driver fatigue detection method based on multi-sensor signals., *2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*. IEEE, (2016).
- [16] Trutschel, U., Heinze, C., Sirois, B., Golz, M., Sommer, D., and Edwards, D.: Heart rate measures reflect the interaction of low mental workload and fatigue during driving simulation., *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. ACM, (2012).
- [17] Schmidt, M., Rheinlander, C. C., Wille, S., Wehn, N., and Jaitner, T.: IMU-based determination of fatigue during long sprint., *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*. ACM, (2016).