

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510228

研究課題名(和文)呼吸・心拍同時モニターが可能な小型レーダーを用いた非接触ストレスモニターシステム

研究課題名(英文) Non-contact stress monitoring system with microwave radar capable of simultaneous detection of respiration and heart rates

研究代表者

松井 岳巳 (Matsui, Takemi)

首都大学東京・システムデザイン研究科・教授

研究者番号：50404934

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：「ストレスが測れる椅子」を試作しその性能を評価した。平面パッチアンテナ付き小型ドップラーレーダー(24GHz, 7mW)を椅子の背もたれの後ろに装着し、非接触で心拍に伴う体表面微小振動を捉え、心拍間隔の時間変動から自律神経活性を示す心拍数変動指数(HRV)を求めた。精神科医の協力を得て、健常者とストレス性疾患患者(うつ患者)をイスに座らせ、リラックス負荷(映像と音声)を加えたとき、健常者は副交感神経活性の有意な上昇が認められたが、ストレス性疾患患者では副交感神経活性の明確な上昇は認められなかった。椅子に座りリラックスを誘導するだけで、ストレス性疾患の一次クリーニングが可能となった。

研究成果の概要(英文)：We have developed “Stress measuring chair” and evaluated its efficiency. The micro Doppler radar (24GHz, 7mW) with planar patch antenna was attached to the back of the chair. The radar detects tiny movements on the body surface caused by heartbeat in non-contact way and from its RR intervals, we calculated HVR which indicates autonomic activities. In the test with a help of a psychiatrist, patients suffering from depression and normal subjects were instructed to relax on the chair with natural sounds and images. As the result, parasympathetic activities did not show apparent increase among the patients while it significantly increased in the normal control subjects. We were successfully able to practice primary stress monitoring by only inducing relax state.

研究分野：マイクロ波レーダーを用いた生体計測に関連する医療工学

キーワード：ストレス評価

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初から、労働衛生におけるメンタルヘルスの重要性が高まっていた。職務上のストレスに起因するうつ病は、治ったか否かの客観的判断が難しく、時にはリストラの口実とされていた。また2011年3月11日の東日本大震災以降、慢性ストレス性疾患の罹患者も急増していた。

2. 研究の目的

上記のような背景を基に、本研究ではストレスを客観的かつ非拘束、非侵襲に計測できることを目的とした。通常、ストレスに伴う交感神経の緊張は、心電図電極を用いて測定する心拍数変動指数から求められる。しかしこの方法では拘束性が高く、非測定者に与える負荷も大きいため、日常的なストレスモニターへの応用は困難であった。このため本研究では、一台の小型マイクロ波レーダーを用いてストレスに関連する生理学的指標である心拍数変動指数と呼吸数を求め、椅子に座っただけで、客観的かつ簡易にモニター可能なシステムを開発に努めた。椅子に座るといふ単純な動作は、被測定者にも理解しやすく、必要に応じてモニタリング時間を変更することも容易である。ストレスをモニターし、自らの状態を把握する事で、うつ病発症のリスク軽減に寄与することにつなげる。

3. 研究の方法

「ストレスが測れる椅子」を試作した。これは小型マイクロ波レーダーを内蔵したアンテナボックス・ハイパスフィルター・AD変換機・PCから構成されるシステムを、背もたれがメッシュ状の椅子に裏側から備えつけたものである。

非接触型バイタルサイン測定器であるマイクロ波レーダーは最大出力10mW、24GHzの安定したマイクロ波を発生させる。アンテナボックスには送・受信用の4重極の平面アンテナを収納した。このアンテナボックスを背もたれの裏側、背部左側第4肋間狭付近に設置し、被測定者の心臓の動きによって変調されたレーダーのアナログ反射信号をPCで記録する。マイクロ波を利用することにより、数センチ程度の離れた位置、且つ着衣のままという完全なる非接触状態を作り出すことができた。非接触のまま心拍に伴う微小な体表面の変則を測定し、最大エントロピー法(MemCalc)を用いて心拍数変動指標を計測する。また心肺計測と同じレーダーにて呼吸数を求め、ストレス指標である唾液中アミラーゼ濃度を推定する。

4. 研究成果

非接触にて自律神経活性を測定可能とする椅子を作成した。この椅子をもとにバイオフィードバックシステムを構築し、リラクスの誘導とリラククス状態の評価が同時に

行えるようになった。バイオフィードバックシステムは、リラックスや緊張の程度を表す心拍数変動指標のHFやLF、LF/HFを自動かつリアルタイムで計測し、システムの利用者にリラックスの程度を表す副交感神経活性指標HFの値およびその変化を提示させ、バイオフィードバックが行える仕様とした。それに加え、映像と音でリラククスを誘導する設計とした。また、このシステムを病院の精神科に設置し、うつ病患者を対象としてシステムの試験的運用を行った。本システムを用いてバイオフィードバックを実施した後、健常者ではHFが上昇し、緊張を示す交感神経指標のLFが低下したが、うつ病患者ではHF、LFが共に低下していた。このことから、うつ病患者と健常者では自律神経の働きが全く異なることが示唆された。本システムの特徴は以下の点にある。

電極等を一切使用しないため、医師等の医療従事者が立ち会う必要が無い。

ストレスやリラククスに伴う自律神経の活性をモニターするだけでなく、患者の状態をモニターしながらバイオフィードバック療法を施行した治療に用いることが可能である。

労働衛生におけるメンタルヘルスの重要性が問われる現在、職務上のストレスに起因するうつ病のなどの客観的判断を容易にする本研究は大変意味のあるものである。また他に類を見ない独自のものであり、メンタルヘルス事業に大きく寄与するものと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計12件)

- [1] 松岡歩, 孫光鎬, 宮田圭輔, 渡辺彩乃, 金石振, 箱崎幸也, 松井岳巳「PC内蔵型ローコスト感染症スクリーニングシステムの開発と臨床応用」日本集団災害医学学会誌, 査読有(In press)
- [2] G Sun, T Matsui, Y Hakozaiki, S Abe, "An infectious disease/fever screening radar system which stratifies higher-risk patients within ten seconds using a neural network and the fuzzy grouping method.", Journal of Infection, 70(3): 2015:230-6. Mar. 2015, 査読有
- [3] G Sun, S Gotoh, Z Zhao, S Kim, S Suzuki, N Imamoglu, W Yu, T Matsui, "Vital-CUBE: A non-contact vital sign monitoring system using medical radar for ubiquitous home healthcare.", Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 4(6), 863-867. Dec. 2014, 査読有
- [4] G Sun, Y Yao, R Yoshinaka, M Ikegami,

- S Kim, M Schiek, T Matsui, “ A pediatric infection screening system with a radar respiration monitor for rapid detection of seasonal influenza among outpatient children. ”, Journal of Infectious Diseases and Therapy, 2:163. Sept. 2014, 査読有
- [5] T Matsui, S Katayose, “ A novel method to estimate changes in stress-induced salivary -amylase using heart rate variability and respiratory rate, as measured in a non-contact manner using a single radar attached to the back of a chair. ”, Journal of Medical Engineering & Technology, 38(6):302-6. Aug. 2014, 査読有
- [6] NQ Vinh, S Abe, G Sun, A Matsuoka, H Nishimura, M Ishihara, T Matsui, “ Rapid screening for influenza using a multivariable logistic regression model to save labor at a clinic in Iwaki, Fukushima, Japan. ”, American Journal of Infection Control, 42(5), 551-553. May 2014, 査読有
- [7] G Sun, T Saga, T Shimizu, Y Hakozaiki, T Matsui, “ Fever screening of seasonal influenza patients using a cost-effective thermopile array with small pixels for close-range thermometry. ”, International Journal of Infectious Diseases, 25: 2014:56-8. May 2014, 査読有
- [8] G Sun, Y Hakozaiki, S Abe, O Takei, T Matsui, “ A neural network-based infection screening system that uses vital signs and percutaneous oxygen saturation for rapid screening of patients with influenza ”, Health Vol.5 No.8E(2013), Article ID:36063,6 pages, 査読有
- [9] G Sun, S Abe, VQ Nguyen, O Takei, M Sugamata, T Matsui, “ A Portable Infection Screening System Designed for Onboard Entry Screening Based on Multi-parameter Vital Signs ”, International Journal of E-Health and Medical Communications. 4(3), 20-35, 2013, 査読有
- [10] T Matsui, Y Yoshida, M Kagawa, M Kubota, A Kurita, “ Development of a practicable non-contact bedside autonomic activation monitoring system using microwave radars and its clinical application in elderly people. ”, Journal of Clinical Monitoring and Computing. 2013 Jun;27(3):351-6, 査読有
- [11] G Sun, Y Hakozaiki, S Abe, VQ Nguyen, T Matsui, “ A Novel infection screening method using a neural network and k-means clustering algorithm which can be applied for screening of unknown or unexpected infectious diseases ”, Journal of Infection.65(6):591-2. Dec. 2012, 査読有
- [12] M Kagawa, Y Yoshida, M Kubota, A Kurita, T Matsui, “ Non-contact heart rate monitoring method for elderly people in bed with random body motions using 24 GHz dual radars located beneath the mattress in clinical settings ”, Journal of Medical Engineering and Technology.36(7):344-50. Oct. 2012, 査読有
- 〔学会発表〕(計 34 件)
- [1] 木戸秀和, 橋爪絢子, 馬場哲晃, 松井岳巳, 「心拍数変動指標を用いたストレス状態の計測アプリケーションの開発」2014 年度冬季 HCD-Net 研究発表会, H26 年 12 月, 芝浦工業大学(東京都港区)
- [2] 祁曉龍, 孫光鎬, 松岡歩, 俞文偉, 松井岳巳, 「マイクロ波レーダーを用いた在宅健康モニタリングのための自律移動型ロボットの開発」日本人間工学会関東支部第 44 回大会, H26 年 12 月, 早稲田大学(東京都新宿区)
- [3] 垣坂皓太, 橋爪絢子, 松井岳巳, 「心拍数変動指標を用いた非接触バイオフィードバックシステムの開発」日本人間工学会関東支部第 44 回大会, H26 年 12 月, 早稲田大学(東京都新宿区)
- [4] 吉田雄貴, 松井岳巳, 「レーダーの振幅変化に着目した睡眠時無呼吸症候群の非接触スクリーニング装置の開発」第 34 回医療情報学連合大会, H26 年 11 月, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)
- [5] G Sun, T Matsui, S Kim, O Takei, “ KAZEKAMO: An infection screening system remote monitoring of multiple vital-signs for prevention of pandemic diseases. ”, IEEE Global Conference on Consumer Electronics, Oct. 2014, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)
- [6] 宮田圭輔, 孫光鎬, 池上眞由美, 大島譲二, 松井岳巳, 「非接触感染症スクリーニングシステムの顔表面温度計測精度向上における Opening 処理を用いた熱画像の背景除去」, 生体医工学シンポジウム 2014, H26 年 9 月, 東京農工大学(東京都小金井市)
- [7] 木戸秀和, 橋爪絢子, 馬場哲晃, 松井岳巳, 「スマートフォンを用いたストレス状態の簡易推定アプリケーションの開発とユーザ評価」, 第 15 回日本感性工学会, H26 年 9 月, 中央大学(東京都文京区)
- [8] G Sun, NQ Vinh, A Matsuoka, K Miyata, C Chen, A Ueda, S Kim, Y Hakozaiki, O

- Takei, T Matsui, “ Design an easy-to-use infection screening system for non-contact monitoring of vital-signs to prevent the spread of pandemic diseases. ”, The 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Aug. 2014, Chicago(IL, U.S.A.)
- [9] G Sun, T Matsui, T Saga, T Shimizu, “ A 48 x 47 pixel thermopile-based infrared array sensor for non-contact measurement of facial skin temperature. ”, The 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Aug. 2014, Chicago(IL, U.S.A.)
- [10] 孫光鎬, 松井岳巳, 「非接触バイタルサイン計測技術を活用した高精度・迅速感染症スクリーニングシステムの実用化開発」, 第53回日本生体医工学会大会, H26年6月, 仙台国際センター(宮城県仙台市)
- [11] 香川正幸, 松井岳巳, 「マイクロ波レーダーを用いた睡眠時無呼吸症候群簡易検査システムの開発」第53回日本生体医工学会大会, H26年6月, 仙台国際センター, 宮城県仙台市
- [12] 松岡歩, 松井岳巳, 「非接触感染症スクリーニングのための逆正接復調による呼吸数測定精度向上とその臨床応用」, 第19回日本集団災害医学学会総会・学術集会, H26年2月, 東京国際フォーラム(東京都千代田区)
- [13] 孫光鎬, 松井岳巳, 「非侵襲・迅速感染症スクリーニングシステムにおける経皮的酸素飽和度測定の有用性についての検討」第19回日本集団災害医学学会総会・学術集会, H26年2月, 東京国際フォーラム(東京都千代田区)
- [14] 松井岳巳, 孫光鎬, 「非接触バイタルサイン計測技術を用いた迅速・高信頼性感染症スクリーニングシステムの開発」第3回TOBIRA研究交流フォーラム, H26年2月, ソラシティ カンファレンスセンター(東京都千代田区)
- [15] 田中洋輔, 松井岳巳, 高瀬凡平, 「LFとHFの二峰性ピーク生成のための自己回帰モデル・次数最適化アルゴリズムの開発-ヘッドアップティルト試験への応用-」第24回体表心臓微小電位研究会, H26年2月, 日本大学医学部記念講堂(東京都板橋区)
- [16] 林寛希, 松井岳巳, 「感染症スクリーニングのための自己相関関数を用いた呼吸数測定の迅速化の検討」日本人間工学会関東支部第43回大会, H25年12月, 首都大学東京(東京都日野市)
- [17] G Sun, K Nozaki, Y Nakayama, C Chen, A Ueda, T Matsui, “ Design an infection screening system based on multiple vita-signs for prevention of pandemic diseases in developing countries ”, The 15th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME2013), Dec. 2013, Singapore (Singapore)
- [18] G Sun, S Goto, T Matsui, “ Development of a Stand-alone Physiological Monitoring System for Noncontact Heart and Respiration Rate Measurement on Real-time Linux Platform ”, The 15th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME2013), Dec. 2013, Singapore (Singapore)
- [19] 佐々木紀幸, 香川正幸, 植木克彦, 松井岳巳, 「マイクロ波レーダーを用いた睡眠段階の非接触測定の研究」第33回医療情報学連合大会, H25年11月, 神戸ファッションマート(兵庫県神戸市)
- [20] 孫光鎬, 松井岳巳, 後藤真二, 「日常生活における健康管理のため無拘束・非接触型生体情報計測システムの開発に関する研究」SSI2013計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会, H25年11月, ピアザ淡海(滋賀県大津市)
- [21] 松岡歩, 孫光鎬, 松井岳巳, 「感染症スクリーニング精度向上のための逆正接復調による非接触呼吸数測定」SSI2013計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会, H25年11月, ピアザ淡海(滋賀県大津市)
- [22] 田中洋輔, 松井岳巳, 「HRV算出のための自己回帰モデルを用いた次数選択アルゴリズムの開発-マイクロ波レーダーによる非接触計測への応用-」第29回心電情報処理ワークショップ, H25年10月, 越後湯沢ナスパニューオータニ(新潟県南魚沼郡)
- [23] M Kagawa, K Ueki, A Kurita, H Tojima, T Matsui, “ Non-contact Screening System with Two Microwave Radars for the Diagnosis of Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome ”, The 14th World Congress on Medical and Health Informatics, Aug. 2013, Copenhagen (Denmark)
- [24] “ Development of an Infection G Sun, N Abe, Y Sugiyama, VQ Nguyen, K Nozaki, Y Nakayama, O Takei, Y Hakozaki, S Abe, T Matsui, “ Screening System for Entry Inspection at Airport Quarantine Stations Using Ear Temperature, Heart and Respiration Rates ”, 35th The IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, July 2013, 大阪府立国際会議場(大阪市大阪府)
- [25] M Kagawa, K Ueki, H Tojima, T Matsui, “ Noncontact Screening System with

- Two Microwave Radars for the Diagnosis of Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome”, 35th The IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, July 2013, 大阪府立国際会議場(大阪市大阪府)
- [26] 海野智暁, 菊川裕也, 田中洋輔, 橋爪絢子, 串山久美子, 松井岳巳, 「マイクロ波レーダーを用いた非接触バイオフィードバックシステムの開発」第 41 回日本バイオフィードバック学会, H25 年 6 月, 鎌倉女子大学(神奈川県鎌倉市)
- [27] 孫光鎬, 阿部重人, 阿部信次郎, 松井岳巳, 「熱画像に呼吸循環指標を併用した迅速スクリーニングシステムによる季節性インフルエンザ検出に関する検討」第 87 回日本感染症学会学術講演会, H25 年 6 月, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)
- [28] 桒寄康平, 阿部重人, 箱崎幸也, 松井岳巳, 「有病者探知システムにおける自己回帰移動平均モデルを用いた感染症スクリーニングの迅速化の検討」第 18 回日本集団災害医学学会, H25 年 1 月, 神戸国際会議場(兵庫県神戸市)
- [29] 吉田真太郎, 松井岳巳, “A development of an infection screening system -Improvement in breathing-rate measurement accuracy using a center-of-gravity agitation meter-”, 日本人間工学会関東支部第 42 回大会, H24 年 12 月, 埼玉県立大学(埼玉県越谷市)
- [30] G Sun, M Kubota, M Kagawa, N.Q. Vinh, A Kurita, T Matsui, “A Screening Method Based on Amplitude Probability Distribution Analysis for Detecting the Disordered Breathing Using Microwave Radar Respiration Signals.”, The Asia-Pacific Microwave Conference 2012 (APMC2012), Dec. 2012, Kaohsiung, (Taiwan)
- [31] 植木克彦, 香川正幸, 久保田将之, 橋爪絢子, 栗田明, 松井岳巳, 「マイクロ波レーダーを用いた非接触呼吸心拍計測システムの開発 - 高調波および相互変調波の特性を考慮した計測精度の向上 -」第 32 回医療情報学連合大会, H24 年 11 月, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市)
- [32] 田中洋輔, 橋爪絢子, 沼直樹, 杉山涉, 浅田晴之, 山田忠幸, 松井岳巳, 「マイクロ波レーダーを用いた非接触計測による快・不快感情の判別システムに関する研究」第 28 回日本ストレス学会総会, H24 年 11 月, 会議・研修施設 ACU(北海道札幌市)
- [33] 奥ノ坊光, 橋爪絢子, 沼直樹, 杉山涉, 浅田晴之, 山田忠幸, 松井岳巳, 「マイクロ波レーダーによる非接触計測を用いた呼吸バイオフィードバックシステムの構築」第 28 回日本ストレス学会総

会, H24 年 11 月, 会議・研修施設 ACU(北海道札幌市)

- [34] M Kagawa, M Kubota, K Ueki, A Kurita, T Matsui, “Non-contact Diagnostic System for Sleep Apnea Syndrome Using Two Microwave Radars.”, The 7th Asia Pacific Association for Medical Informatics Conference (APAMI2012), Oct. 2012, Beijing(China)

〔図書〕(計 1 件)

松井岳巳他, 株式会社エヌ・ティー・エス, 「小型レーダーを用いた感染症スクリーニングシステムの開発」, 『パーソナルヘルスケア-ユビキタス, ウェラブル医療実現に向けたエレクトロニクス研究最前線-』, H25 年, p211-217

〔産業財産権〕

出願状況(計 6 件)

名称: 精神状態判定方法及び精神状態判定プログラム

発明者: 松井岳巳, 孫光鎬, 榛葉俊一

権利者: 首都大学東京

種類: 特許

番号: 特願 2015-037820

出願年月日: H27 年 2 月 27 日

国内外の別: 国内

名称: 睡眠段階判定装置, 睡眠段階判定方法, 及び睡眠段階判定プログラム, 並びにストレス度判定方法

発明者: 松井岳巳, 香川正幸, 佐々木紀幸, 鈴村和季, 前田崇斗

権利者: 首都大学東京

種類: 特許

番号: 特願 2014-246546

出願年月日: H26 年 12 月 5 日

国内外の別: 国内

名称: 自律移動ロボット及びバイタルサインモニタリング方法

発明者: 兪文偉, 松井岳巳, 孫光鎬, ネブレス・イマモル

権利者: 千葉大学・首都大学東京

種類: 特許

番号: 特願 2014-202605

出願年月日: H26 年 9 月 30 日

国内外の別: 国内

名称: 症状判別装置

発明者: 松井岳巳・孫光鎬

権利者: 首都大学東京

種類: 特許

番号: 特願 2013-2448816

出願年月日: H26 年 2 月 19 日

国内外の別: 国内

名称: 体調モニタリング装置

発明者：松井岳巳・孫光鎬・武居修
権利者：首都大学東京・株式会社ライフテック
種類：特許
番号：特願 2014-029868
出願年月日：H26 年 2 月 19 日
国内外の別：国外

名称：体調モニタリング装置
発明者：松井岳巳・孫光鎬・武居修
権利者：首都大学東京・株式会社ライフテック
種類：特許
番号：特願 2014-029868
出願年月日：H26 年 2 月 19 日
国内外の別：国外

取得状況（計 4 件）

名称：身体情報測定装置
発明者：松井岳巳・香川正幸
権利者：首都大学東京
種類：特許
番号：特開 2014-210137
取得年月日：H26 年 11 月 13 日
国内外の別：国内

名称：身体情報測定装置及び身体情報測定方法
発明者：松井岳巳・香川正幸
権利者：首都大学東京
種類：特許
番号：特開 2013-078413
取得年月日：H25 年 5 月 2 日
国内外の別：国内

名称：非接触ストレス評価システムおよび非接触ストレス評価方法並びにそのプログラム
発明者：片寄智之・松井岳巳・後藤眞二・沼直樹・山田忠幸・井澤晶一，浅田晴之，高橋卓也
権利者：首都大学東京
種類：特許
番号：特開 2012-249884
取得年月日：H24 年 12 月 20 日
国内外の別：国内

名称：身体情報測定装置及び身体情報測定プログラム
発明者：松井岳巳・香川正幸
権利者：首都大学東京
種類：特許
番号：特開 2012-165979
取得年月日：H24 年 9 月 6 日
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.sd.tmu.ac.jp/matsui-lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松井 岳巳 (MATSUI, Takemi)
首都大学東京
システムデザイン研究科・教授
研究者番号：50404934

(2) 研究分担者

橋爪 絢子 (HASHIZUME, Ayako)
首都大学東京
システムデザイン研究科・助教
研究者番号：70634327