

令和元年6月10日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01365

研究課題名(和文)ニューラルネットワークを用いた完全非接触-感染症・熱中症スクリーニングシステム

研究課題名(英文)Development of a non-contact infection and heatstroke screening system adopting neural network

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) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：東京オリンピック・パラリンピックで使用可能な感染症スクリーニングシステムの開発、性能評価を目的とした研究を行った。

呼吸、体温、心拍を測定するポータブル型と卓上型のシステムを試作した。光電脈波を用い、計測部を首に当て心拍数を、内蔵した放射温度計で表面体温、内蔵の小型ドップラーレーダーで呼吸を計測するシステムである。これを用い、一般診療及び高齢者介護型病院での臨床試験を行い、内科外来で計測される項目を10秒程度で捉え機械学習を用いてスクリーニングを行った。インフルエンザ患者と小児肺炎患者を対象とした感染症スクリーニングを日本とモンゴルの病院で実施し、自動スクリーニングが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本感染症スクリーニングシステムでは、インフルエンザ患者の呼吸数、心拍数、体温を用いて機械学習を行い、ランダムツリーアルゴリズムを採用した。季節性インフルエンザ患者を対象とする試験臨床を行い約96%の感度と特異度を達成し、(Journal of Infection 2019, Impact Factor=4.6)インフルエンザの簡易検査キットよりも高い感度、特異度で感染症のスクリーニングが可能となった。

本システムは、感染症の流行の発生をいち早く把握できるほか、検温時に入院患者をモニタリングすることで、重症化へ至る前兆を把握する事が可能である。

研究成果の概要(英文)：We conducted a research aiming to develop non-contact infection screening system and executed its performance evaluation.

We developed a portable and a desktop type systems which measure respiration rate, body temperature and heart rate. By pressing photoplethysmographic sensor of the portable system to patient's carotid artery, it measures heart rate, its integrated infrared thermometer measures body surface temperature, and 24GHz Doppler radar measures respiration rate. We evaluated the performances at general clinic and elderly care type hospital. Our system could measure the vital signs within 10 seconds and discriminated infected and non-infected using machine learning algorithm. Moreover, we enabled automatic screening after we conducted clinical trials with influenza patients and pediatric pneumonia patients in Mongolia and Japan.

研究分野：生体医工学

キーワード：生体医工学 感染症 熱中症 マイクロ波レーダ

1. 研究開始当初の背景

近年の急速なグローバル化の進展に伴い、新興・再興感染症の国内流入および流行拡大防止を目的として、空港等の検疫でサーモグラフィが導入されている。しかしながら、サーモグラフィ単独の感染症スクリーニングの感度、特異度は必ずしも高くはなく、また飲酒や解熱剤の影響を完全に排除することはできない。デング熱などを海外で罹患し、日本国内に帰国してしまふ患者が増えつつある現在、それら病原体の流入防止は急務である。

2. 研究の目的

上記背景に対し、本研究者らは本来瓦礫下の生存者探索に考案されたマイクロ波レーダの技術を応用し、呼吸や心臓の鼓動に伴うバイタルサイン（呼吸数、心拍数）の変化から、感染症罹患の有無を判定するシステムの研究を行ってきた。

本研究では、これまでの研究を踏まえ、**2020**年に開催される東京オリンピック・パラリンピック選手村などの多くの人が集まる場所で使用を想定し、立位でも座位でも測定可能とする完全非接触感染症スクリーニングするシステムを開発する。またサーモグラフィのみでは早期診断が困難である熱中症については、体温だけではなく、呼吸数・心拍数の上昇を伴う独特のパターンがあるため、熱中症に特化するアルゴリズムを構築することで、スクリーニングするシステムを開発する。

3. 研究の方法

28年度、29年度を通してハードウェアの開発は主としてポータブル型を中心に行ったが、卓上型はソフトウェアを中心にニューラルネットワークなどの導入による高精度化を試みた。

ポータブル型システム

放射温度計、呼吸レーダー、光電脈波センサー（頸動脈）を使用してマイコンで制御。病院で看護師などが使用することを想定し、小型化とするため、測定されたバイタルサインの信号処理には **Arduino Nano** を用いた。およそ **10** 秒での測定を可能とし、結果は液晶画面で表示。Random Tree algorism などの演算量が少ない機械学習結果を使用。モンゴルのウランバートルで小児の肺炎スクリーニングに応用

卓上型システム

サーモパイル、呼吸レーダー、指尖脈波センサー、CCD カメラ等を使用して PC で制御ニューラルネットワークなどのスクリーニング法を使用
高坂クリニック等で臨床応用

4. 研究成果

本研究の初年度では、計測部を頸動脈に当てて呼吸、体温、心拍を測定するポータブル化したシステムを試作し、2年目となる平成29年度からは病院において臨床試験を行った。システムの計測部には呼吸測定用の24GHzの小型ドップラーレーダー、体温測定用の放射温度計、心拍測定のための光電脈波センサーを埋め込み、看護師が片手で患者の頸動脈に聴診器状の計測部を当てることにより操作可能とし、本体は肩掛けが可能のように調整した。

最終年度には本システムを用いて、超高齢者を対象とした介護型の病院で臨床試験を行った。(Journal of Sensor 2018,4371872) 現状では光電脈波を用いているために、計測部を聴診器のように首に当て心拍数を計測するが、内蔵した放射温度計で表面体温、内蔵の24GHzの小型ドップラーレーダーで呼吸をモニターすることができ、内科外来で医師が行う診察と同様な項目を10秒程度で確認できるようになった。

本システムが本格的に稼働すれば、感染症の流行の発生をいち早く把握できるほか、検温時に入院患者をモニタリングすることで、重症化へ至る前兆などを把握する事が可能となると期待される。さらに、同様のシステムを用いて高坂クリニックで取得したインフルエンザ患者の呼吸数、心拍数、体温を用いて機械学習を行い、ランダムツリーアルゴリズムを採用した感染症スクリーニングシステムを完成させ、季節性インフルエンザ患者を対象とする試験臨床を行い約96%の感度と特異度を達成し、(Journal of Infection 2019, Impact Factor=4.6) 熟練した医師に肉薄する感染症のスクリーニングが可能となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件)

- (1) S Dagdanpurev, **G Sun**, S Abe, Nishimura, **T Matsui**, "A novel machine-learning-based infection screening system via 2013-2017 seasonal influenza patients' vital signs as training datasets", Journal of Infection, Letter to Editor, DOI: 10.1016/j.jinf.2019.02.008., 78: 409-421, Feb. 22, 2019
- (2) **G Sun**, **T Matsui**, Y Watai, S Kim, T Kirimoto, S Suzuki, Y Hakozaiki, "Vital-SCOPE: Design and Evaluation of a Smart Vital Sign Monitor for Simultaneous Measurement of Pulse Rate, Respiratory Rate, and Body Temperature for Patient Monitoring",

Journal of Sensors, Volume 2018 (2018), Article ID 4371872, 2018:1-7, DOI: 10.1155/2018/4371872, Feb. 2018

- (3) S Gotoh, **T Matsui**, Y Naka, O Kurita. "The Development of a Dual-Radar System with Automatic Hypopnea Threshold Optimization for Contact-Free Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome Screening", Journal of Sensors, Article number 8210502, 10.1155/2018/8210502, Feb. 2018
- (4) **T Matsui**, T Shinba, **G Sun**, "The Development of a Novel High-Precision Major Depressive Disorder Screening System using Transient Autonomic Responses induced by Dual Mental Tasks", Journal of Medical Engineering & Technology, 42(2): 121-127, DOI: 10.1080/03091902.2018.1435744, 23 March, 2018
- (5) S Dagdanpurev, **G Sun**, T Shinba, M Kobayashi, N Kariya, L Choimaa, S Batsuuri, S Kim, S Suzuki, **T Matsui**, "Development and clinical application of a novel autonomic transient response-based screening system for major depressive disorder using a fingertip photoplethysmographic sensor", Frontiers in Bioengineering and Biotechnology-Bioinformatics and Computational Biology, 6, DOI:10.3389/fbioe.2018.00064, May 22, 2018
- (6) **T Matsui**, S Suzuki, **G Sun**, E YK Ng Kwee, "Sensors and data processing techniques for future medicine", Journal of Sensors, 2018:1-2, DOI:10.1155/2018/1210609, Sept. 2018
- (7) B Takase, K Hashimoto, **G Sun**, **T Matsui**, "Non-contact electrical assessment on cardiac autonomic activity in neurally mediated syncope", Journal of Electrocardiology, 51(6):1174-1175, DOI:10.1016/j.jelectrodard.2018.10.049, Nov. 2018
- (8) **G Sun**, M Okada, R Nakamura, T Matsuo, T Kirimoto, Y Hakozaiki, **T Matsui**, "Twenty-Four-Hour Continuous and Remote Monitoring of Respiratory Rate Using a Medical Radar System for the Early Detection of Pneumonia in Symptomatic Elderly Bedridden Hospitalized Patients", Clinical Case Reports, DOI:10.1002/ccr3.1922, 7: 83-86, Nov. 2018
- (9) S Dagdanpurev, **G Sun**, S Abe, Nishimura, **T Matsui**, "A novel machine-learning-based infection screening system via 2013-2017 seasonal influenza patients' vital signs as training datasets", Journal of Infection, Letter to Editor, doi: 10.1016/j.jinf.2019.02.008., 78: 409-421, Feb. 22, 2019
- (10) **G Sun**, NV Trung, **T Matsui**, K Ishibashi, T Kirimoto, H Furukawa, LT Hoi, NN Huyen, Q Nguyen, S Abe, Y Hakozaiki, NV Kinh, "Field evaluation of an infectious disease/fever screening radar system during the 2017 dengue fever outbreak in Hanoi, Vietnam: a preliminary report", Journal of Infection, 75(6):593-595, Dec. 2017
- (11) **G Sun**, Y Nakayama, Sumiyakhand D, S Abe, H Nishimura, T Kirimoto, **T Matsui**, "Remote sensing of multiple vital signs using a CMOS camera-equipped infrared thermography system and its clinical application in rapidly screening patients with suspected infectious diseases", International Journal of Infectious Diseases, 55, 113-117, Feb. 2017
- (12) **G Sun**, T Shinba, T Kirimoto, **T Matsui**, "An Objective Screening Method for Major Depressive Disorder Using Logistic Regression Analysis of Heart Rate Variability Data Obtained in a Mental Task Paradigm", Frontiers in Psychiatry. 7:180. doi: 10.3389/fpsy.2016.00180 Nov. 2016

【学会発表】(計 23 件)

- (1) M Kobayashi, **G Sun**, T Kirimoto, T Shinba, **T Matsui**, "Development of a Mental Disorder Screening System Using Support Vector Machine for Classification of Heart Rate Variability Measured from Single-lead Electrocardiography.", 2019 IEEE Sensors Applications Symposium, Mar. 11-13, 2019, Sophia Antipolis, France
- (2) S Dagdanpurev, **G Sun**, L Choimaa, S Abe, **T Matsui**, "Clinical Application of Multiple Vital Signs-Based Infection Screening System in a Mongolian Hospital: Optimization of Facial Temperature Measurement by Thermography at Various Ambient Temperature Conditions Using Linear Regression Analysis", 40th International Engineering in Medicine and Biology Conference, July 17-21, 2018
- (3) T Negishi, **G Sun**, H Liu, S Sato, **T Matsui**, T Kirimoto, "Stable Contactless Sensing of Vital Signs Using RGB-Thermal Image Fusion System with Facial Tracking for Infection Screening", 40th International Engineering in Medicine and Biology Conference, July 17-21, 2018
- (4) Y Yao, **G Sun**, T Kirimoto, **T Matsui**, M Schiek, "Online state space filtering of biosignals using neural network-augmented Kalman filter", 10th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), Aug 31-Sep 2, 2017

- (5) M Kobayashi, **G Sun**, T Shinba, **T Matsui**, T Kirimoto, “ Simple and objective screening of major depressive disorder by heart rate variability analysis during paced respiration and mental task conditions ”, 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, July 11-15, 2017 :1316-1319
- (6) S Dagdanpurev, **G Sun**, S Abe, **T Matsui**, “ Remote sensing of multiple vital signs using a CMOS camera-equipped infrared thermography system and its clinical application in rapidly screening patients with suspected infectious diseases ”, 56th Annual Conference of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, May 3-5, 2017.
- (7) **G Sun**, Y Yao, Sumiyakhand D, S Suzuki, **T Matsui**, T Kirimoto, “ A comparative study between piezoelectric pressure sensor and Doppler radar for noncontact monitoring of respiration rate ”, The 16th International Conference on Biomedical Engineering, Dec. 7-10, 2016, Singapore
- (8) **T Matsui**, **G Sun**, Barragchaa Ts., Sumiyakhand D., Y Hakozaiki, Lodoiravsal Ch., Buyanjargal Ya., Odmaa E., Myagmarjav Z., Suvdmaa N., Batsukh B., “ The rapid screening of patients with suspected infection in Mongolia using infection screening system with a compact radar, a thermopile array and a pulse photo-sensor. ”, International Scientific Conference on Tackling Infectious Diseases: Information for Action, Oct. 20-21, 2016, Ulaanbaatar, Mongolia

〔図書〕(計 2 件)

- (1) **G Sun**, T Negishi, T Kirimoto, **T Matsui**, S Abe, “ Non-contact monitoring of vital signs with RGB and infrared camera and its application to screening of potential infection ”, Chapter: Non-Invasive Diagnostic Methods Image Processing, IntechOpen, DOI:10.5772/intechopen.80652, Nov. 15. 2018, ISBN: 9781789848441, eISBN: 978-1-78984-845-8
- (2) **G Sun**, **T Matsui**, T Kirimoto, Y Yao, S Abe, “ Applications of Infrared Thermography for Noncontact and Noninvasive Mass Screening of Febrile International Travelers at Airport Quarantine Stations ”, Book Chapter, Application of Infrared to Biomedical Sciences, Part of the Series in BioEngineering pp 347-358 (1-545), Springer, Mar. 25, 2017

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ : <http://www.sd.tmu.ac.jp/matsui-lab/>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名 : 孫 光鎬

ローマ字氏名 : **Guanghao Sun**

所属研究機関名 : 国立大学法人電気通信大学

部局名 : 情報理工学研究科

職名 : 助教

研究者番号 (8桁) : 8 0 7 5 6 6 7 7

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。