

令和元年9月11日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16363

研究課題名(和文)大規模な生体情報データ計測に基づくリアルタイム感染症サーベイランスシステムの開発

研究課題名(英文) Development of a Real Time Infection Surveillance System Based on Big Data Analysis of Physiological Data

研究代表者

孫 光鎬 (SUN, Guanghao)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教

研究者番号：80756677

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：空港や病院等では発熱した人間をすばやく検出する方法としてサーモグラフィが導入された。しかし、サーモグラフィを用いた体温計測が、正確に検出ができない可能性が指摘されている。本研究グループは、マイクロ波レーダー等のセンサーを用いて非接触かつ短時間で体温・心拍数・呼吸数を計測し、バイタルサインを併用した高精度の感染症スクリーニングシステムを開発した。本研究では、単体システムをネットワークで連結し、人工知能の手法を用いて取得した生体情報ビッグデータを処理すると共に、感染症の流行状況を可視化できるハザードマップを作成し、流行をリアルタイムで検知できるより強力な感染症サーベイランスシステムの構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、新興・再興感染症の早期診断および発生地域における流行の最小化のために、大規模な生体情報データ(心拍数・呼吸数・体温)に基づく感染症サーベイランスシステムを開発し、機能させることを目的とした。本研究の学術的及び社会的意義として、開発する感染症サーベイランスシステムは客観的な生体情報データを人工知能の手法により解析し、感染症の流行状況を可視化でき、早期に探知することが可能になり、感染症の被害拡大を防ぐことが期待される。

研究成果の概要(英文)：Fever-based screening method has been adopted to identify potentially infected individuals using thermography. However, some studies indicate that fever-based screening at early-stages of infectious diseases is limited due to many factors that can affect thermographic measurements, such as antifebrile intake. We propose an infection screening system that can rapidly and accurately perform medical inspections. Heart and respiration rates are determined using a medical radar by noncontact way, and body temperature is monitored by thermography. By using these three parameters, the detection accuracy of the system improved comparing to conventional screening method. In this study, to further improve screening performance, one of the most promising approaches is to connect multiple infection screening systems, which enables information sharing between different systems. This will allow us to apply big data analysis techniques, which can be used to predict outbreaks of infectious diseases.

研究分野：非接触生体計測

キーワード：バイタルサイン計測 感染症サーベイランス 社会システム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人類の大規模な生産活動により、地球規模の環境変化が引き起こされている。その結果、新興・再興感染症の生態学も大きく変貌を遂げ、治療用の薬剤に抵抗性を示す病原微生物の増加等が起こっている。完全な感染症の撲滅は出来ない。監視体制のネットワークを張り巡らせ、感染症の発生を早期に把握し、流行の最小化を図ることが実際的である。これを基本とした感染症対策の大きな対象地域は、アフリカであり、また東南アジアである。我が国を含む東南アジア地域において、感染症の早期診断、発生地域における流行の最小化、及び他地域・国への伝搬拡大阻止等のために、感染症に対する総合的な予防サーベイランスシステムを構築し、機能させることが急務である。

2003年のSARS発生以来、空港や病院等では発熱した人間をすばやく検出する方法として赤外線サーモグラフィが導入された。Ng E.Y.らやChiang M.F.らの調査研究で、サーモグラフィによる発熱者を検出する可能性を示した。しかし、サーモグラフィを用いた体温計測(顔表面温度)が、飲酒の有無や解熱薬等の影響で検出結果にバラツキがあり、正確に検出ができない可能性が指摘されている。このような従来システムの問題点を解決するために、本研究グループは2011年から、マイクロ波レーダ等のセンサを用いて非接触かつ短時間で体温・心拍数・呼吸数を計測し、これらの生体情報データを併用した高精度の感染症スクリーニングシステムを開発した。本システムを複数の医療機関でインフルエンザ患者を対象に臨床評価を行ってきた。その結果、抗インフルエンザ薬投与後で、約半数の患者が平熱であったが90%近い感度で診断できた。

2. 研究の目的

これまででは、感染症スクリーニングシステムの単体開発と医療機関での臨床評価を行ってきた。本研究では、医療・福祉施設などで設置する感染症スクリーニングシステムをネットワークで連結し、人工知能の手法を用いて取得した生体情報ビッグデータを処理すると共に、感染症の流行状況を可視化できるハザードマップを作成し、感染症の流行をリアルタイムで検知できるより強力な感染症サーベイランスシステムの構築を目的とする。

3. 研究の方法

本研究の感染症サーベイランスシステムの基本概念及び構成を図1に示した。第1段階は、単体の感染症スクリーニングシステムを病院に設置し、大規模な生体情報データを取得した。第2段階は、取得した大規模な生体情報データを通信網に介して定時間隔でサーバに送信し、自己組織化マップを用いて解析、感染症の流行状況を可視化・サーベイランスした。

3.1 自己組織化感染症サーベイランスマップ

学習能力を有する自己組織化マップ判別関数自体が最適化できるため、一時的に異質のクラスタを形成し、感染症サーベイランスマップとして早い段階でアラームを鳴らすことにより、感染症のインパクトを最小限に抑えることが期待できる。自己組織化マップはデータのトポロジーと分布を学習するニューラルネットワークの一種であり、特に高次元の入力データの学習から自己組織化的に2次元のマップにデータ可視化に優れている。本研究では、心拍数、呼吸数、体温を入力ベクトルとして自己組織化マップ入力層にインプットさせる。データの類似度によって2次元自己組織化マップ上でいくつかのクラスタを形成し、出力層でその結果を可視化する。本研究グループが今まで収集した季節性インフルエンザ患者のデータを用いて、その有用性を検証した。

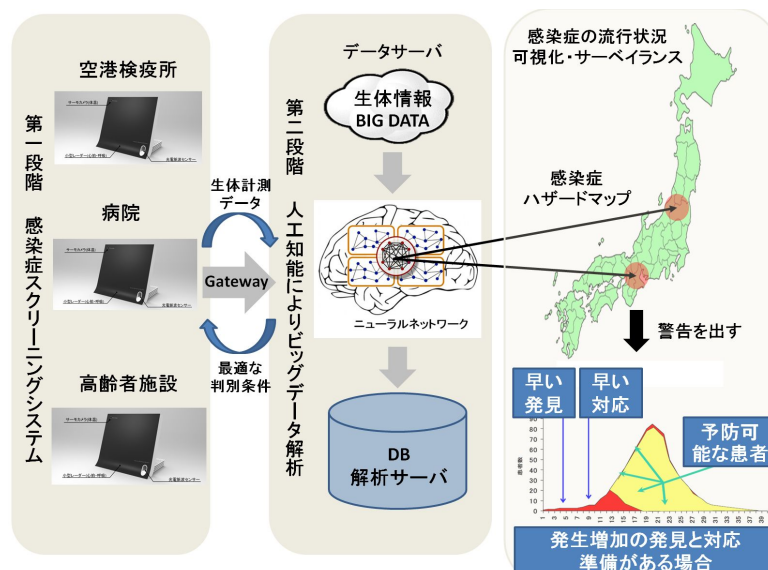


図1. 感染症サーベイランスシステム概念図

3.2 デング熱患者を対象に生体データ取得とデータ通信テスト

2017年夏、ベトナム国立熱帯病病院における感染症スクリーニングシステムの臨床評価中に1週間に1万例を超えるデング熱のアウトブレイクが生じたので、本スクリーニングシステムを用いて、有熱外来患者410例(15~77歳、男性225名、女性185名)を対象に第一次スクリーニングし、データ収集を行った。また、情報セキュリティ面を考慮し、単体システムとデータサーバ間の内部通信網を構築した。取得した生体情報データを通信網に介して定時間隔でデータサーバに送信テストを行った。なお、この調査はベトナム国立熱帯病病院及び電気通信大学の倫理委員会の承認を得て行ったものである。

4. 研究成果

4.1 季節性インフルエンザデータを用いた自己組織化感染症サーベイランスマップの検証

将来は大型空港や病院などで本感染症スクリーニングシステムを配置する場合は、莫大なデータが蓄積される。このビッグデータの解析こそが、感染症流行を予測し、感染症の蔓延と予防に役立てる。例えば、空港では、自己組織化マップ判別関数に計測されたバイタルサインデータのみではなく、性別、人種、年齢、渡航歴等の情報を説明変数として、多次元のビッグデータを判別関数に入力する。もしある特定の地域から、感染症の疑いの患者が大量に検出される場合は、一時的に異質のクラスタが形成される。より早い段階でシステムから警告を出し、対策を講じることで感染症のインパクトを最小限に抑えることができる。

感染症サーベイランスマップとして、時間の推移に伴うマップの変化分析が重要な意味を持つ。本研究では複数年間にわたり季節性インフルエンザ感染症患者を対象とし、データ収集した。図2では、年度ごとの自己組織化マップの推移を示す。2009年、2011年、2012年ともインフルエンザの患者はマップの下部に分布する傾向があり、健常者がマップの上部に分布する傾向を示している。2011年と2012年のマップ分布では、左下のインフルエンザ群の色の違いから、他のデータから遠く離れることが分かる。つまり、自己組織化マップはデータ集合の中から、このような異質のデータを抽出することで、感染症サーベイランスマップとして活用できる。

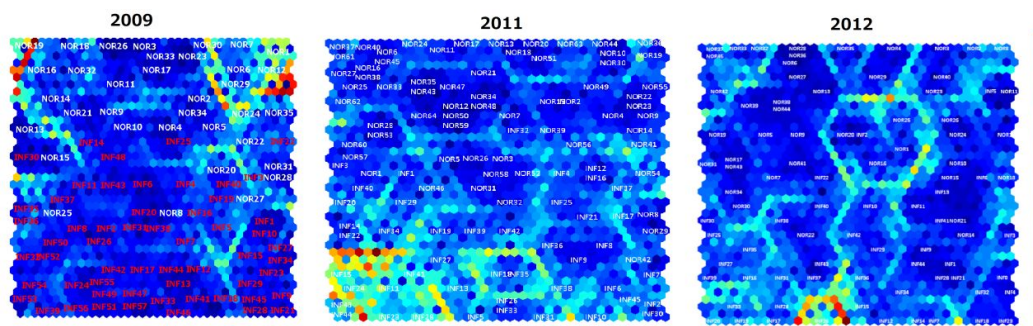


図2. 自己組織化感染症サーベイランスマップ

4.2 デング熱患者の検出精度の評価

本システムを日本国内の複数の医療機関でインフルエンザ患者を対象に臨床評価を行ってきた。しかし、これまでに日本で検証してきた感染症のデータは、被験者やターゲットとする感染症が非常に限られている。本システムを実用化するためには、感染症が多発する地域の空港や一般病院での実地運用を行い、多様な年齢層・感染症などに対する検疫能力を検証する必要がある。今回、ベトナム国立熱帯病病院で約410名のデング熱等の外来患者を対象に、感染症スクリーニングシステムの臨床評価を行った。評価の結果、レーダ等のセンサを用いたバイタルサイン計測の安定性を示し、デング熱の判別に特化したロジスティック回帰式の最適化することで判別率の向上を確認した。その成果を、雑誌論文[5]で公表された。

本研究では、このような新興・再興感染症の早期診断および発生地域における流行の最小化のために、大規模な生体情報データ(心拍数・呼吸数・体温)に基づく感染症サーベイランスシステムを開発し、機能させることを目的とした。本研究の学術的及び社会的意義として、開発する感染症サーベイランスシステムは客観的な生体情報データを人工知能の手法により解析し、感染症の流行状況を可視化でき、早期に探知することが可能になり、感染症の被害拡大を防ぐことが期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計9件:すべて査読あり)

[1] [Guanghao Sun](#), Masakazu Okada, Rin Nakamura, Taro Matsuo, Tetsuo Kirimoto, Yukiya Hakozaki, Takemi 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*, 7(1), 83-86, 2019.

[2] Sumiyakhand Dagdanpurev, Shigeto Abe, [Guanghao Sun](#), Hidekazu Nishimura, Lodoiravsal

Choimaa, Yukiya Hakozaki, Takemi Matsui. A novel machine-learning-based infection screening system via 2013-2017 seasonal influenza patients' vital signs as training datasets. *Journal of Infection*, 78(5), 409-421, 2019.

[3] Sumiyakhand Dagdanpurev, **Guanghao Sun**, Toshikazu Shinba, Mai Kobayashi, Nobutoshi Kariya, Lodoiravsal Choimaa, Suvdaa Batsuuri, Seokjin Kim, Satoshi Suzuki and Takemi 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*, 6(64), 2018

[4] **Guanghao Sun**, Takemi Matsui, Yasuyuki Watai, Seokjin Kim, Tetsuo Kirimoto, Satoshi Suzuki and Yukiya Hakozaki. Vital-SCOPE: Design and Evaluation of a Smart Vital Signs Monitor for Simultaneous Measurement of Pulse Rate, Respiratory Rate, and Body Temperature for Patient Monitoring. *Journal of Sensors*, Article ID 4371872, 2018.

[5] **Guanghao Sun**, Nguyen Vu Trung, Takemi Matsui, Koichiro Ishibashi, Tetsuo Kirimoto, Hiroki Furukawa, Le Thi Hoi, Nguyen Nguyen Huyen, Quynh Nguyen, Shigeto Abe, Yukiya Hakozaki, Nguyen Van 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), 590-593, 2017.

[6] **Guanghao Sun**, Yosuke Nakayama, Sumiyakhand Dagdanpurev, Shigeto Abe, Hidekazu Nishimura, Tetsuo Kirimoto, Takemi 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, 2017.

[7] **Guanghao Sun**, Toshikazu Shinba, Tetsuo Kirimoto, and Takemi 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), 2016.

[8] **Guanghao Sun**, Masahiko Akanuma, Takemi Matsui. Clinical Evaluation of the Newly Developed Infectious Disease/Fever Screening Radar System Using the Neural Network and Fuzzy Grouping Method for Travellers with Suspected Infectious Diseases at Narita International Airport Clinic. *Journal of Infection*, 72(1), 121-123, 2016.

[9] Yu Yao, **Guanghao Sun**, Takemi Matsui, Yukiya Hakozaki, Stefan van Waasen, Michael Schiek. Multiple Vital-sign Based Infection Screening Outperforms Thermography Independent of the Classification Algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 63(5), 1025-1033, 2016.

[学会発表](計 19 件)

[1] **Guanghao Sun**, Yu Yao, Sumiyakhand Dagdanpurev, Satoshi Suzuki, Takemi Matsui, Tetsuo Kirimoto. A Comparative Study between Piezoelectric Pressure Sensor and Doppler Radar for Noncontact Monitoring of Respiration Rate. *The 16th International Conference on Biomedical Engineering*, 2016, Singapore.

[2] Takemi Matsui, **Guanghao Sun**, Bazarragchaa Ts., Sumiyakhand D., Yukiya Hakozaki, 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*, 2016, Ulaanbaatar, Mongolia.

[3] Toshiaki Negishi, **Guanghao Sun**, Tetsuo Kirimoto. An optical and thermal image fusion approach using estimated homography matrix for noncontact vital-sign measurements and its application to infectious disease screening system. *The 4th Annual Meeting of the Society for Bioacoustics*, 2017, Tokyo

[4] Takuya Hashimoto, Keita Tsuji, Yoichi Yamazaki and **Guanghao Sun**. Estimation of Autonomic Nervous Activity toward Affective Human-Robot Interaction. *The 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence*, 2017, Hawaii, USA

[5] Xiaofeng Yang, Koichiro Ishibashi, Toshiaki Negishi, Tetsuo Kirimoto, **Guanghao Sun**. Short Time and Contactless Virus Infection Screening System with Discriminate Function Using Doppler Radar. *12th International Conference on Bio-Inspired Computing: Theories and Application*, 2017, Harbin, China

[6] Yu Yao, **Guanghao Sun**, Tetsuo Kirimoto, Takemi Matsui, Michael Schiek. Online State Space Filtering of Biosignals using Neural Network-Augmented Kalman Filter. *The 10th Biomedical Engineering International Conference*, 2017, Hokkaido, Japan.

[7] Xiaofeng Yang, **Guanghao Sun**, Koichiro Ishibashi. Non-Contact Acquisition of Respiration and Heart Rates Using Doppler Radar with Time Domain Peak-Detection Algorithm. *The 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2017, Jeju Island, Korea.

[8] Mai Kobayashi, **Guanghao Sun**, Toshikazu Shinba, Takemi Matsui, Tetsuo Kirimoto. Simple and Objective Screening of Major Depressive Disorder by Heart Rate Variability Analysis During Paced Respiration and Mental Task Conditions. *The 39th Annual International Conference of the IEEE*

Engineering in Medicine and Biology Society, 2017, Jeju Island, Korea.

[9] Xiaofeng Yang, Koichiro Ishibashia, Le Hoi, Trung Nguyen Vu, Kinh Nguyen Van, **Guanghao Sun**. Dengue Fever Detecting System Using Peak-Detection of Data from Contactless Doppler Radar. The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2018, Hawaii, USA

[10] Toshiaki Negishi, **Guanghao Sun**, He Liu, Shohei Sato, Takemi Matsui, Tetsuo Kirimoto. Stable Contactless Sensing of Vital Signs Using RGB-Thermal Image Fusion System with Facial Tracking for Infection Screening. The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2018, Hawaii, USA

[11] Sumiyakhand Dagdanpurev, **Guanghao Sun**, Lodoiravsal Choimaa, Shigeto Abe, Takemi 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. The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2018, Hawaii, USA

[12] **Guanghao Sun**, Nguyen Vu Trung, Le Thi Hoi, Vu Thi Thu Huong, Nguyen Nguyen Huyen, Takemi Matsui, Hiroki Furukawa, Koichiro Ishibashi, Tetsuo Kirimoto, and Nguyen Van Kinh. Development and clinical evaluation of a multiple vital-sign based infection screening system for rapid detection of dengue fever at the National Hospital of Tropical Diseases, Vietnam. The 8th ASEAN Conference of Tropical Medicine and Parasitology, 2018, Nha Trang, Vietnam.

[13] **Guanghao Sun**. Non-contact Vital Sign Measurement with Medical Radar and its Clinical Applications. The 3rd International Conference on Recent Advances in Signal Processing, Telecommunications & Computing (SigTelCom2019), 2019, Hanoi, Vietnam.

[14] Xiaofeng Yang, Koki Kumagai, **Guanghao Sun**, Koichiro Ishibashi, Le Thi Hoi, Nguyen Vu Trung and Nguyen Van Kinh. Dengue Fever Screening Using Vital Signs by Contactless Microwave Radar and Machine Learning. 2019 IEEE Sensors Applications Symposium, 2019, Sophia Antipolis, France.

[15] Mai Kobayashi, **Guanghao Sun**, Tetsuo Kirimoto, Toshikazu Shinba, Takemi 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, 2019, Sophia Antipolis, France.

[16] **孫光鎔**, 中山陽介, 松井岳巳, 阿部重人, 桐本哲郎. 赤外線・可視画像処理技術を応用した非接触バイタルサイン計測による高精度感染症有症者検出. 電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016.

[17] 楊小鳳, **孫光鎔**, 石橋孝一郎. ドップラーレーダを用いた時間領域ピーク検出アルゴリズムによる呼吸と心拍の非接触測定. 第56回日本生体医工学会大会 2017

[18] **孫光鎔**, 松井岳巳, 桐本哲郎. 非接触バイタルサインセンシング技術とその医療応用. 電子情報通信学会大会 2018

[19] **孫光鎔**, 桐本哲郎. 非接触バイタルサイン計測技術による健康モニタリング. 第9回横幹連合コンファレンス 2018

〔図書〕(計2件)

[1] **Guanghao Sun**, Takemi Matsui, Tetsuo Kirimoto, Yu Yao, Shigeto Abe Applications of Infrared Thermography for Noncontact and Noninvasive Mass Screening of Febrile International Travelers at Airport Quarantine Stations. Chapter: Application of Infrared to Biomedical Sciences, 347-358, Springer, 2017.

[2] **Guanghao Sun**, Toshiaki Negishi, Tetsuo Kirimoto, Takemi Matsui and Shigeto 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, 2018.

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: 心拍・呼吸計測システム及び心拍・呼吸計測方法

発明者: **孫光鎔**, 石橋孝一郎, 楊小鳳

権利者: 電気通信大学

種類: 特許

番号: 特願 2017-133367

出願年: 2017

国内外の別: 国内

取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等
<https://sun-melab.com>

6．研究組織

(1)研究代表者

孫 光鎬 (SUN Guanghao)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教
研究者番号：80756677

(2)研究協力者

松井 岳巳(MATSUI Takemi)
桐本 哲郎(KIRIMOTO Tetsuo)
石橋 孝一郎(ISHIBASHI Koichiro)
YAO Yu
Sumiyakhand Dagdanpurev