

【博士学位論文要約】

近年、新型インフルエンザの大流行（パンデミック）や新興感染症に備えた、新たな検疫システムの開発が重要視されている。従来の検疫は渡航者による健康状態の自己申告とサーモグラフィによる発熱チェックが中心であり、成田空港のような大規模な空港においては、利用者数が多いため、渡航者全員を調べることは難しい。すなわち、多様な病原体の国内への流入を完全に阻止することができない状況にある。そのため、高い致死率をもつ感染症が大流行する可能性は否定できない。感染症の流行がもたらす甚大な被害を考慮すると、新興・再興感染症の流行を最小にとどめる予防医学的な新しい検疫システムの構築が急務である。

先行研究として、2010 年 Matsui らは非接触バイタルサイン計測技術を用いた新たな感染症スクリーニング法を提案した。本感染症スクリーニング法は、従来の発熱チェックの検疫に比べて、外乱要素となる環境温度の変化や解熱剤の服用などの影響を受けることがなく、高精度での感染症の検出が可能となる。本研究では先行研究で開発したシステムを改良する形で、デザイン性や機動性を重視した小型の感染症スクリーニングシステムを再構築した。また、複数のバイタルサインを用いた感染症スクリーニング法に特化した非線形かつ学習能力を有する自己組織化マップ判別関数の提案をした。

本論文は、全 6 章で構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、新興・再興感染症の流行などの社会的な背景を踏まえ、本感染症スクリーニングシステムの開発目的を設定した。検疫体制の現状、感染症とバイタルサインの関係、及び非接触バイタルサイン計測技術を応用した迅速・高信頼性の感染症スクリーニングシステムの開発の必要性や考え方を明確にした。

第 2 章では、非接触バイタルサイン計測原理を説明した。マイクロ波レーダーを用いた呼吸・心拍計測システムの開発の歴史と現在の開発状況を整理した上で、マイクロ波レーダー以外の非拘束呼吸および心拍計測手法との比較も行い、非接触計測手法の中でマイクロ波レーダー方式の優位性を確認した。

第 3 章では、感染症スクリーニングシステムのハードウェアとソフトウェアの構成について述べた。本システムの根本的な設計思想である「機動性を重視した小型化」・「二次感染防止のための完全非接触化」・「優れたデザイン性と機能性」・「快適な操作性のための GUI」という 4 本柱により支えられ、まったく新しい概念の感染症スクリーニングシステムを構築した。さらに、構築したシステムのマイクロ波レーダーによる心拍数・呼吸数とサーモパイルモジュールによる体温計測の性能評価を行った。

第 4 章では、複数のバイタルサインを用いた感染症スクリーニングシステムに特化し、統計的・機械学習的な観点から、線形判別関数・ k 最近傍法・サポートベクターマシン法判別関数・自己組織化マップ判別関数を提案した。実地評価に先立ち感染症スクリーニングにおける判別関数の「高い検出能力」かつ「多様な感染症に対応可能な学習能力」に重点を置き、これらの判別関数の性能評価を行った。「高い検出能力」に関して、線形判別関数

の検出精度が、提案した 4 つの判別関数の中で比較的精度が低い結果となった。それに
対し、 k 最近傍法・サポートベクターマシン法判別関数・自己組織化マップ判別関数は非線
形的にバイタルサインデータを分割することによって、いずれも高精度のスクリーニング
結果が得られた。また「多様な感染症に対応可能な学習能力」に関して、学習能力を有す
る自己組織化マップ判別関数はスクリーニング精度の向上のみではなく、本手法は判別関
数自体がスクリーニング条件を常に最適化するため、多様な新興感染症へ高い適応性を有
する。例えば、一時的にデング熱などの症状が明確ではない新興感染症が流行した場合、
自己組織化マップ判別関数自体が最適化できるため、感染症の流行を早期に検知でき、感
染症のインパクトを最小限に抑えることが期待されることを示した。

第 5 章では、構築した感染症スクリーニングシステムの検疫能力を検証するため、2009
年から 2013 年までの 4 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、病院や
小児科クリニック等複数の医療機関にてシステムの実地評価を行った。実際に臨床データ
を用いて評価することで、構築した複数のバイタルサインを用いた感染症スクリーニング
システム(感度が 80%~98%)が従来のサーモグラフィ(感度が 50%~70%)による発熱チェッ
クのスクリーニングより高い検出精度を示した。

第 6 章は、本論文における総括的なまとめであり、構築した感染症スクリーニングシス
テムと提案した判別関数が、4 年間にわたる医療機関での実地運用の評価結果によって実証
された知見について述べている。

本研究で開発した感染症スクリーニングシステムは迅速で信頼性の高い検疫能力をもつた
め、空港や病院などの人が多く集まる場所に導入することで、感染症の早期発見と拡大の
予防に貢献できる。また、本システムは、非接触で計測を行うため、測定の際のさらなる
二次感染の予防も期待できる。

このように、本システムはまったく新しい視点からの検疫システムとして、今後ますます
社会的に重要な意義を持ち、さらに新興・再興感染症の流行を最小化する予防医学にも寄
与し得るものである。