

論文内容の要旨

申請者氏名 足立 旭

多種多様な微生物から構成される集合体である微生物叢は、土壌、海洋、大気といった環境中や、動植物の体内および体表面など、至るところに存在する。中でも、ヒトを宿主とする微生物叢は健康や疾患と深く関連していることが知られている。ヒトの微生物叢データに基づく健康状態の把握や疾患の診断のため、機械学習モデルによる予測が期待されている。こうした機械学習モデルを臨床応用するうえでは、予測の不確実性を定量的に評価することが重要である。

本研究では、微生物叢データに基づく予測における不確実性の定量評価を目的とした。ヒトの微生物叢が健康状態や疾患の予測に利用されることはあるものの、その予測の不確実性の推定が行われることは少ない。まず、微生物叢データの特徴である系統学的、高次元、かつ疎な性質を捉えるため、微生物叢の非類似度指数を用いたカーネル関数を設計した。そして、設計したカーネル関数によるガウス過程回帰モデルを用いて、ヒトの微生物叢から健康状態の指標や疾患の重症度を確率分布として予測する手法を開発した。

ヒトの腸内微生物叢の存在量データを用いて、開発したガウス過程回帰モデルの有効性を検証した結果、非類似度指数を用いたカーネル関数が一般的なカーネル関数よりも有効であること、また、確率的予測を行う既存の手法よりも高精度な予測が可能であることが示された。さらに、不確実性の推定性能を、確信度に基づく複数の尺度を用いて評価したところ、提案手法は既存手法に対して同等以上の性能を示すことが確認された。本研究は、微生物叢データに基づく予測モデルの信頼性を高め、臨床応用を前進させる可能性があると考えられる。

また、本博士論文では、持続可能な農業の実現に向けて重要である植物共生微生物叢の研究についても述べる。具体的には、野外圃場におけるイネの共生微生物叢を対象とした研究であり、施肥条件に依存した微生物叢の実態、および微生物叢に基づく施肥条件の分類モデルに関する内容を報告する。

論文審査結果の要旨

申請者氏名 足立 旭

多種多様な微生物から構成される集合体である微生物叢は、土壌、海洋、大気といった環境中や、動植物の体内および体表面など、至るところに存在する。中でも、ヒトを宿主とする微生物叢は健康や疾患と深く関連していることが知られている。ヒトの微生物叢データに基づく健康状態の把握や疾患の診断のため、機械学習モデルによる予測が期待されている。こうした機械学習モデルを臨床応用するうえでは、予測の不確実性を定量的に評価することが重要である。

本研究では、微生物叢データの特徴である系統学的、高次元、かつ疎な性質を捉えるため、微生物叢の非類似度指数を用いたカーネル関数を設計した。そして、設計したカーネル関数によるガウス過程回帰モデルを用いて、ヒトの微生物叢から健康状態の指標や疾患の重症度を確率分布として予測する手法を開発した。

ヒトの腸内微生物叢の存在量データを用いて、開発したガウス過程回帰モデルの有効性を検証した結果、非類似度指数を用いたカーネル関数が一般的なカーネル関数よりも有効であること、また、確率的予測を行う既存の手法よりも高精度な予測が可能であることが示された。さらに、不確実性の推定性能を、確信度に基づく複数の尺度を用いて評価したところ、提案手法は既存手法に対して同等以上の性能を示すことが確認された。本研究は、微生物叢データに基づく予測モデルの信頼性を高め、臨床応用を前進させる可能性があると考えられる。