

# XAI 手法に基づいた 足関節捻挫リスク予測モデル構築への挑戦

SATテクノロジー・ショーケース2026

## ■ はじめに

足関節捻挫はアスリートで最も多い傷害の1つである。なかでも前距腓靭帯(ATFL)は回外捻挫の約70%に関与し<sup>1</sup>、機能的な不安定性や再発リスクの主要因となる。近年、無症状であってもMRIやエコーによりATFLの構造的不整が報告されており<sup>2</sup>、こうした潜在的リスク群の早期把握が臨床的課題となっている。一方で、スポーツ傷害は身体的特性や練習環境など多因子の相互作用によって発生し、単一指標ではリスクを十分に説明できない<sup>3</sup>。反対に、複雑なモデルでは解釈性が大きな課題となる。そこで本研究では、多変量情報の統合と高解釈性の両立を目指した。全国大会出場レベルの高校男子サッカー選手141名(282脚)を対象に、11項目のパフォーマンステストデータからATFL不整リスク予測モデルを構築した。さらに、説明可能なAI(XAI)手法を用いて、モデルがどの因子に基づいて予測を行ったかを可視化し、傷害予防に資する重要因子とその影響方向を明らかにすることを目的とした。

## ■ 活動内容

### (1) ATFL不整リスク予測モデル構築

アスリートのパフォーマンスデータ11項目を説明変数、医師が判断したATFL不整所見有無を目的変数として、不整リスク予測モデルを構築。LightGBM, CatBoost, XGBoostの3モデルの平均精度(5-fold Accuracy)を比較した。各精度はCatBoost:  $0.72 \pm 0.03$ , XGBoost:  $0.71 \pm 0.03$ , LightGBM:  $0.67 \pm 0.04$ であった。最も精度が高かったCatBoostに対してXAI(explainable artificial intelligence)手法であるSHAPを実装した。

### (2) XAI手法に基づく予測根拠の定量化

SHAPはゲーム理論に基づいたShapley値によってAIモデルの予測に対する各変数の寄与度を定量化・可視化できるPythonライブラリである。(1)で構築したCatBoostモデルにSHAPを実装したところ、アングルランジテスト(0.66)、立ち上がりテスト(0.62)、大腿四頭筋タイトネス(0.54)が予測寄与度の高い上位3項目であった(図1)。加えて、全身の適度な柔軟性がリスク低減傾向に寄与するという、臨床的知見との整合性も確認できた(図2)。

## ■ 参考文献

- (1) Bergman R. *et al.* Acute Ankle Sprain. StatPearls (2025)
- (2) Saxena A. *et al.* J Foot Ankle Surg. 50(4): 413-415 (2011)
- (3) Barhr R. *et al.* Br J Sports Med. 37(5): 384-392 (2003)

## ■ 研究意義

- 多変量情報を統合した個別フィードバックの実現  
従来の単一指標に基づく評価では見落とされがちだった複合的リスクをXAIで統合的に解析することで、選手個別の捻挫リスク要因を可視化できるようになった。本手法により、柔軟性・筋力・動作手法など多面的な情報を考慮した定量的フィードバックの補助が可能となった。

## ■ 今後の展望

- 即時フィードバック・仮想シミュレーションへの展開  
構築したモデルはGoogleが公開するWhat-if toolと連携することで、反実仮想的な介入シミュレーションが可能である。これにより、個々の選手に適した改善方針をその場で提示できる仕組みへと発展し得る。また、将来的には現場で収集されるデータを自動的に解析し、傷害予防に資するフィードバックを提供するようなインタラクティブシステムの構築を目指す。

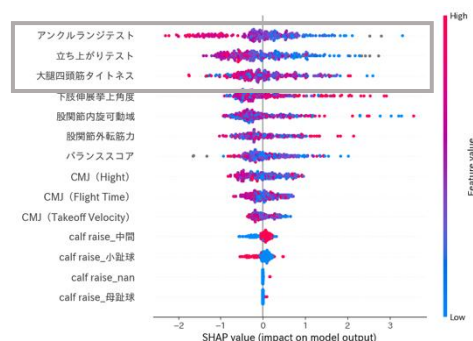


図1. CatBoostにおけるSHAPの蜂群図

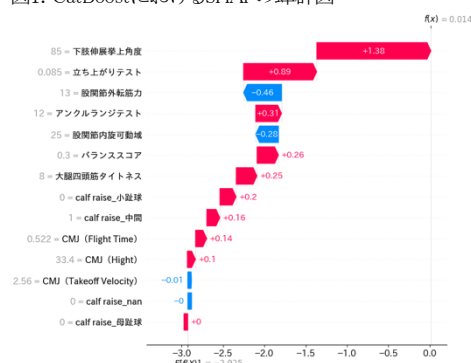


図2. CatBoostにおける個別ウォーターフォールプロット (ID=55)

代表発表者 石井 太晴 (いしい たいせい)  
所 属 順天堂大学 健康データサイエンス研究科  
順天堂大学 スポーツ医学塾  
問合せ先 〒279-0013 千葉県浦安市日の出 6-8-1  
TEL: 047-354-3311 (代表)  
Email: gds9525001@juntendo.ac.jp

## ■ キーワード:

- (1) 傷害予防
- (2) 説明可能な AI
- (3) 機械学習

## ■ 共同研究者:

- (1) 古山和樹 (東北大学 整形外科)
- (2) 谷田智一 (東北大学 整形外科)
- (3) 矢口春木 (仙台赤十字病院 リハビリテーション技術科)
- (4) 齋田良知 (順天堂大学 整形外科)