

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

○ 石井太晴¹, 古山和樹^{2,4}, 谷田智一^{2,4}, 矢口春木^{3,4}, 齋田良知^{1,4}
(順天堂大学¹, 東北大学², 仙台赤十字病院³, Jones骨折研究会⁴)

背景

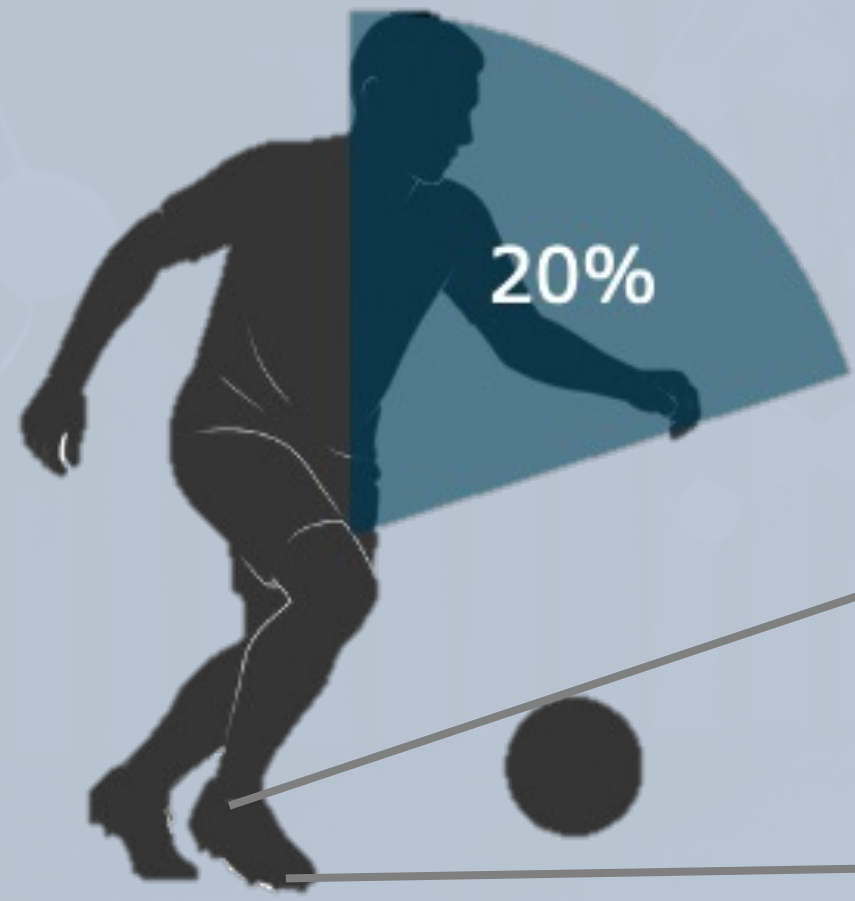


図1. サッカー選手の足関節捻挫割合
(Ekstrand et al., 1990)

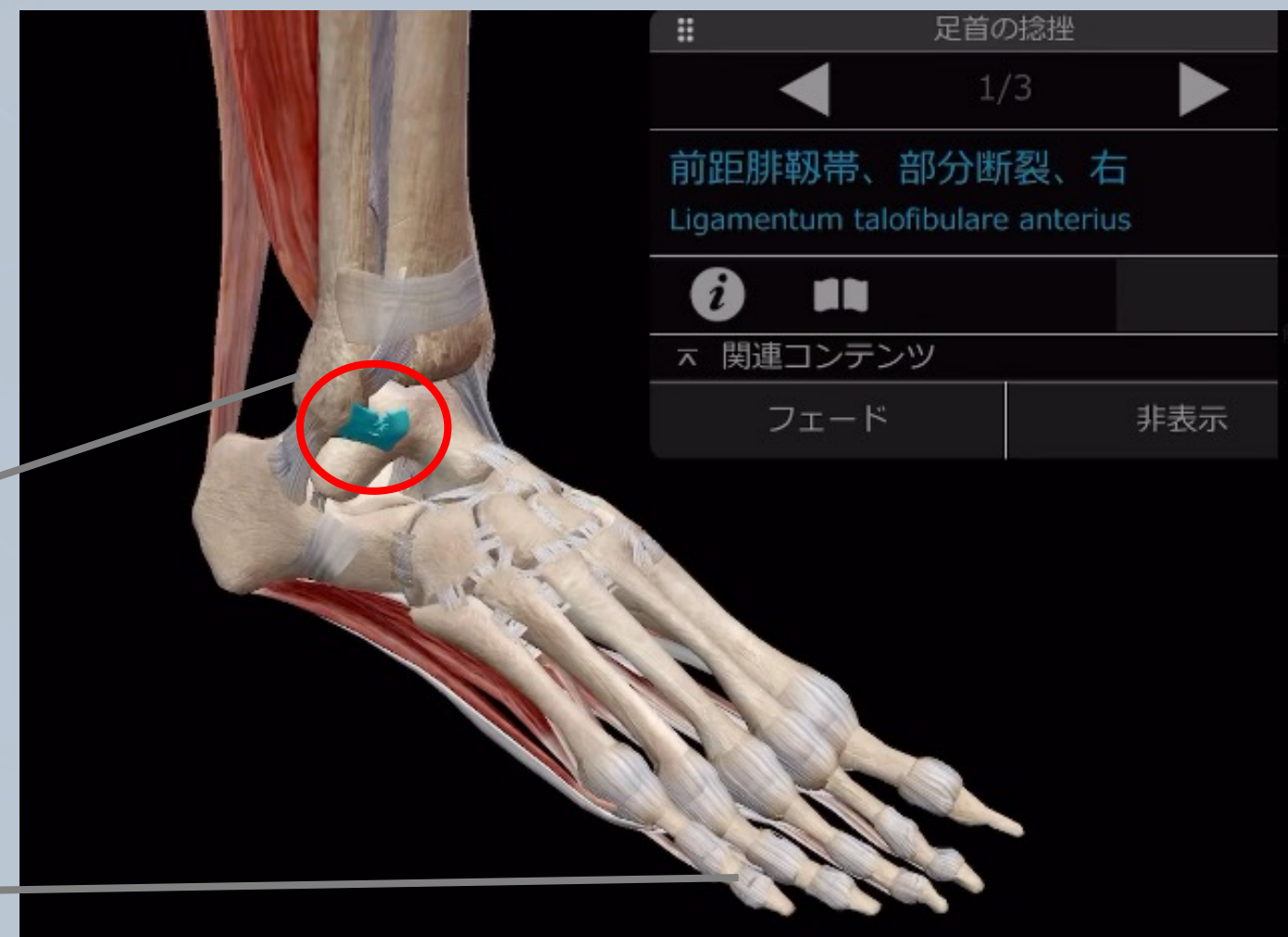


図2. 前距腓靱帯(ATFL)の3Dモデル
(Visible Bodyによる画像提供)

- 足関節捻挫は全傷害の約20%であり、早期発見・症状悪化防止がスポーツ現場の急務
- 本研究ではATFLの異常(不整)を潜在的捻挫リスク指標として、潜在的傷害リスクを定量化する

- 多様な傷害リスク要因
 - 傷害リスクは筋特性や生活環境など多要因から決定される (Bahr et al., 2003)
 - 従来のような単変量解析ではその特性を十分に表現できない
- 解釈困難な多変量モデル
 - ニューラルネットワークのような複雑なモデルは高精度
 - その反面、予測根拠の解釈可能性に大きな課題がある

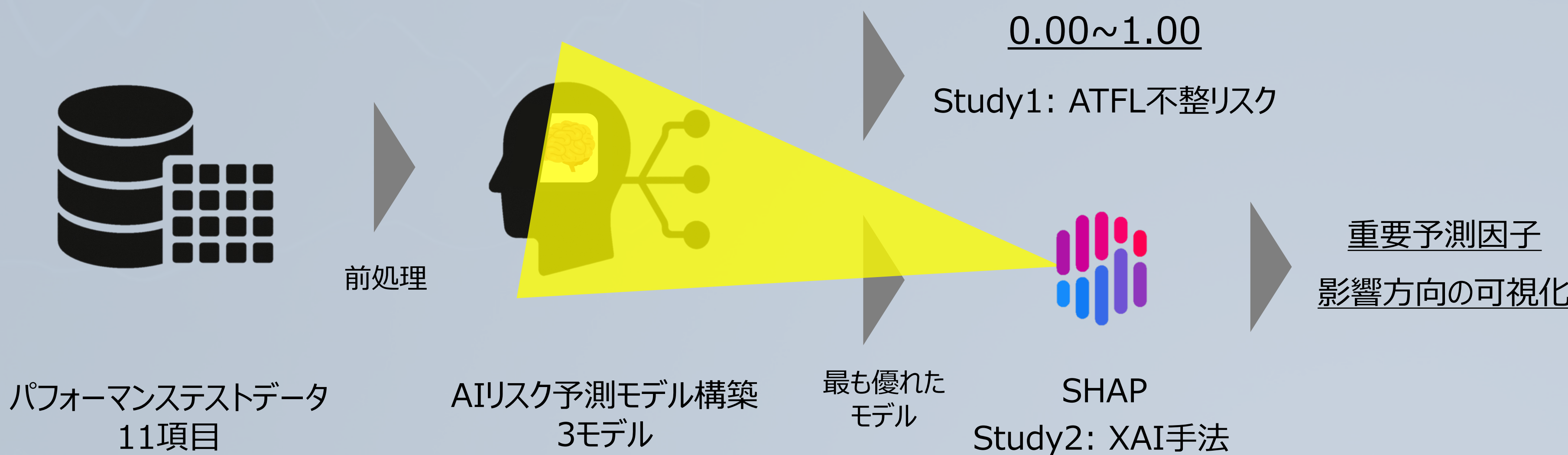
研究課題

- 多変量情報を統合しつつも解釈性の高いモデル構築に挑戦する

目的

1. パフォーマンステストデータから捻挫リスクを予測するAIモデルを構築
2. XAI手法に基づいて重要予測因子と影響方向を明らかにする

方法



- XAI (explainable artificial intelligence): 説明可能なAI
- SHAP: AIが“なぜその予測をしたのか”をゲーム理論のShapley値で説明
予測に対する各変数の寄与度を定量化する手法の1つ

- 対象:
 - 全国大会出場レベルの男子高校サッカー選手141名(282脚)
- 研究デザイン
 - サッカー検診会にて測定したデータを活用した後ろ向き研究
- ATFL不整所見
 - 医師がエコーを用いて判別 (正常: grade0, 不整: grade1-3)
- パフォーマンステスト (11項目) ※詳細は右下QRコード参照
 - アンクルランジテスト, 大腿四頭筋タイトネス(HBD), 立ち上がりテスト(STS/SMD), 下肢伸展挙上(ASLR), 股関節内旋可動域, 股関節外転筋力, カーフレイズ荷重姿勢, CMJ(Hight・Velocity・Flight time), 開眼片足立位テスト

結果及び考察

Study1: AIモデル構築によるリスク予測

- ATFL不整率: 全体の27%(77脚)に異常が認められた
- 予測モデル精度比較 (Accuracy[5-fold]): 平均±SD
 - **CatBoost: 0.72 ±0.03**, XGBoost: 0.71±0.03, LightGBM: 0.67±0.04

Study2: XAI手法(SHAP)による予測根拠の定量化

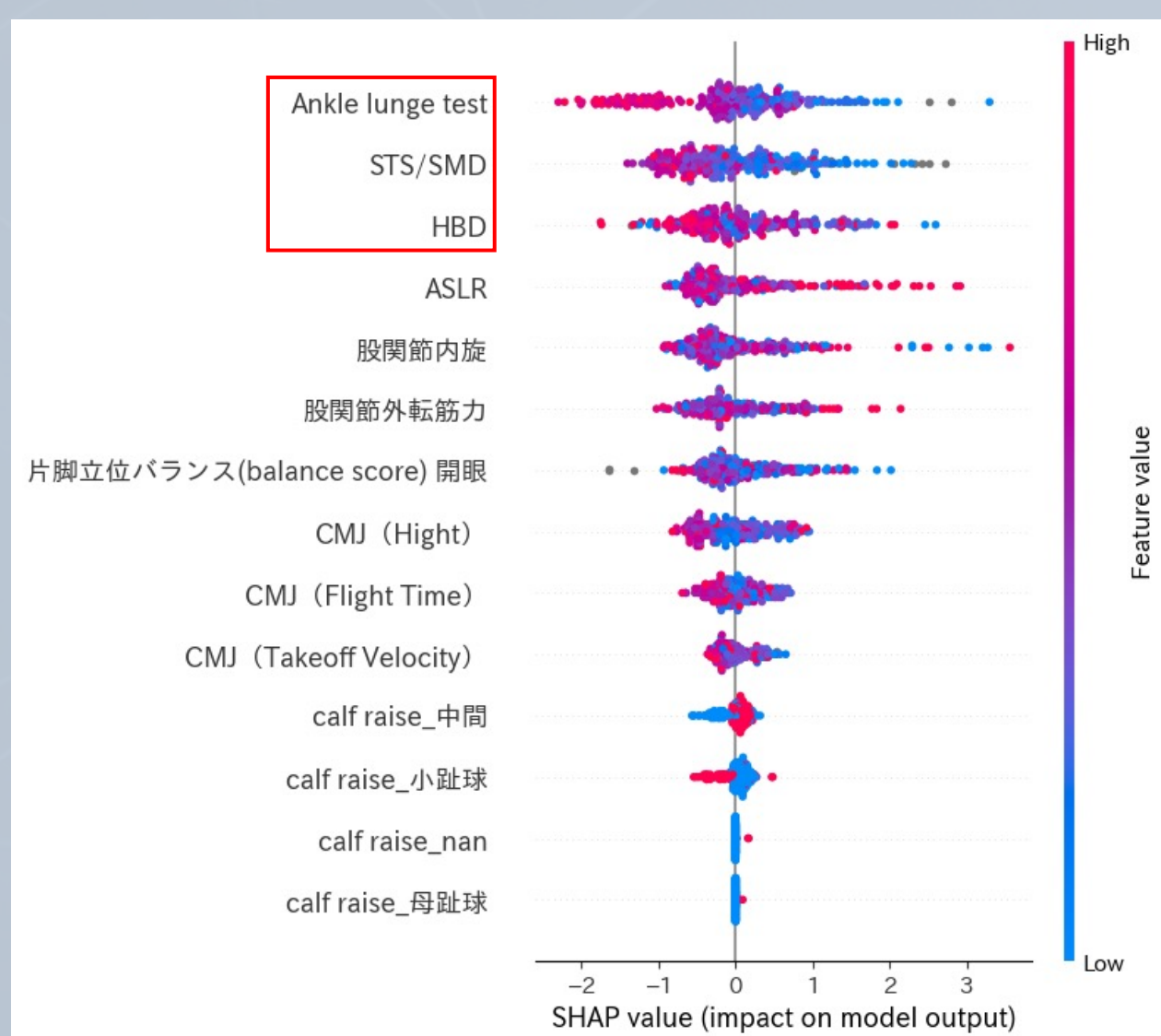


図3. CatBoostのSHAP値の蜂群図

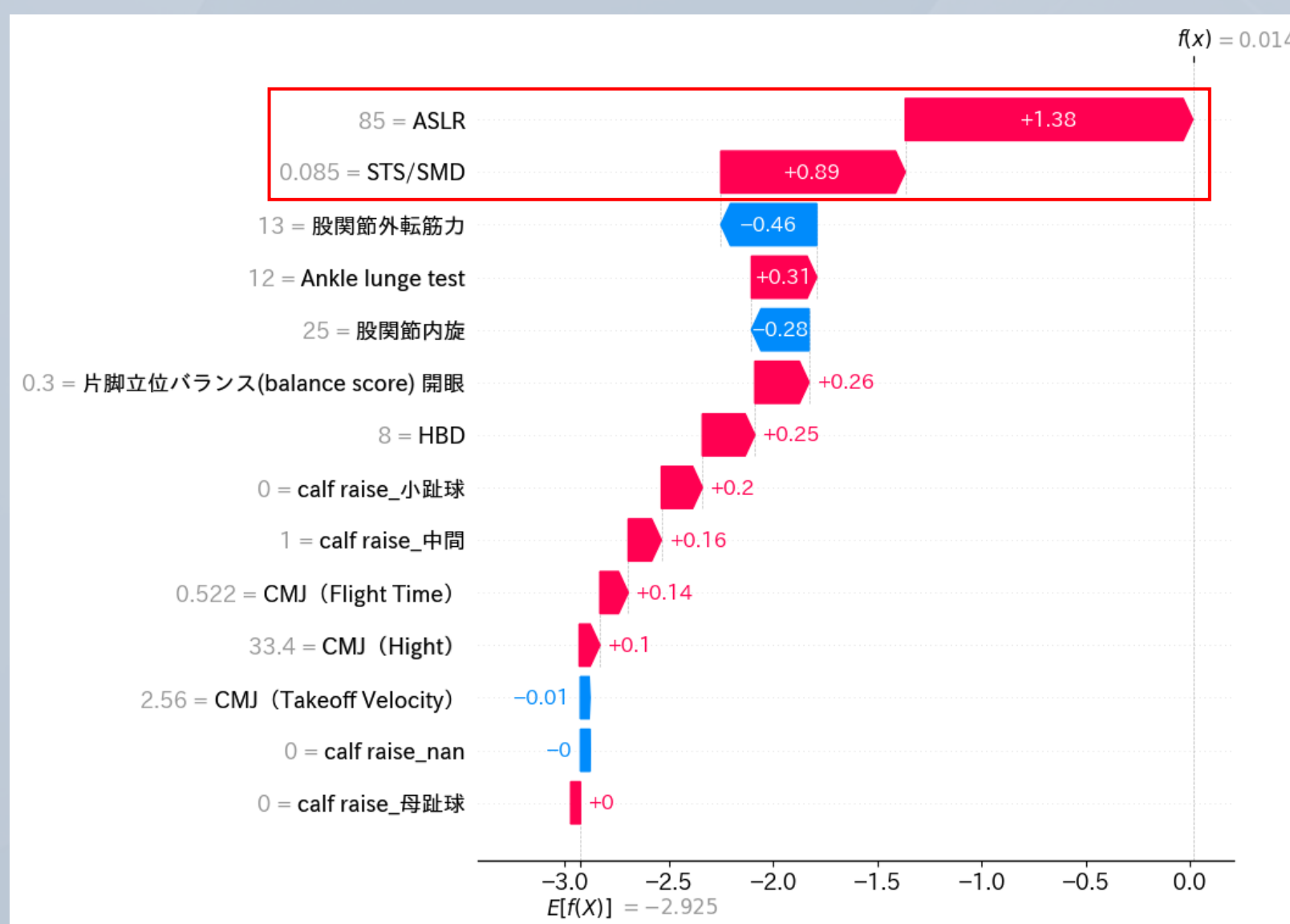
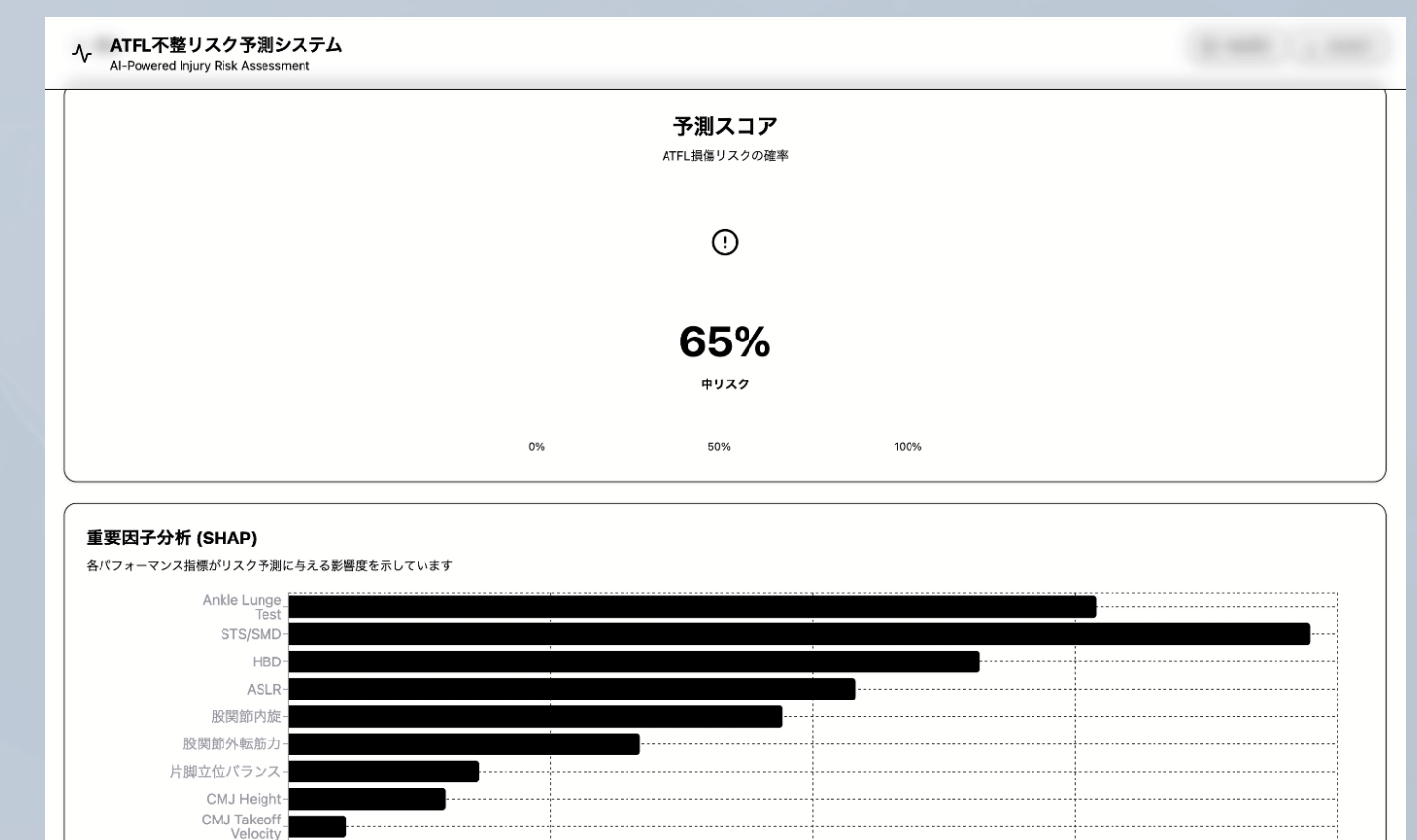


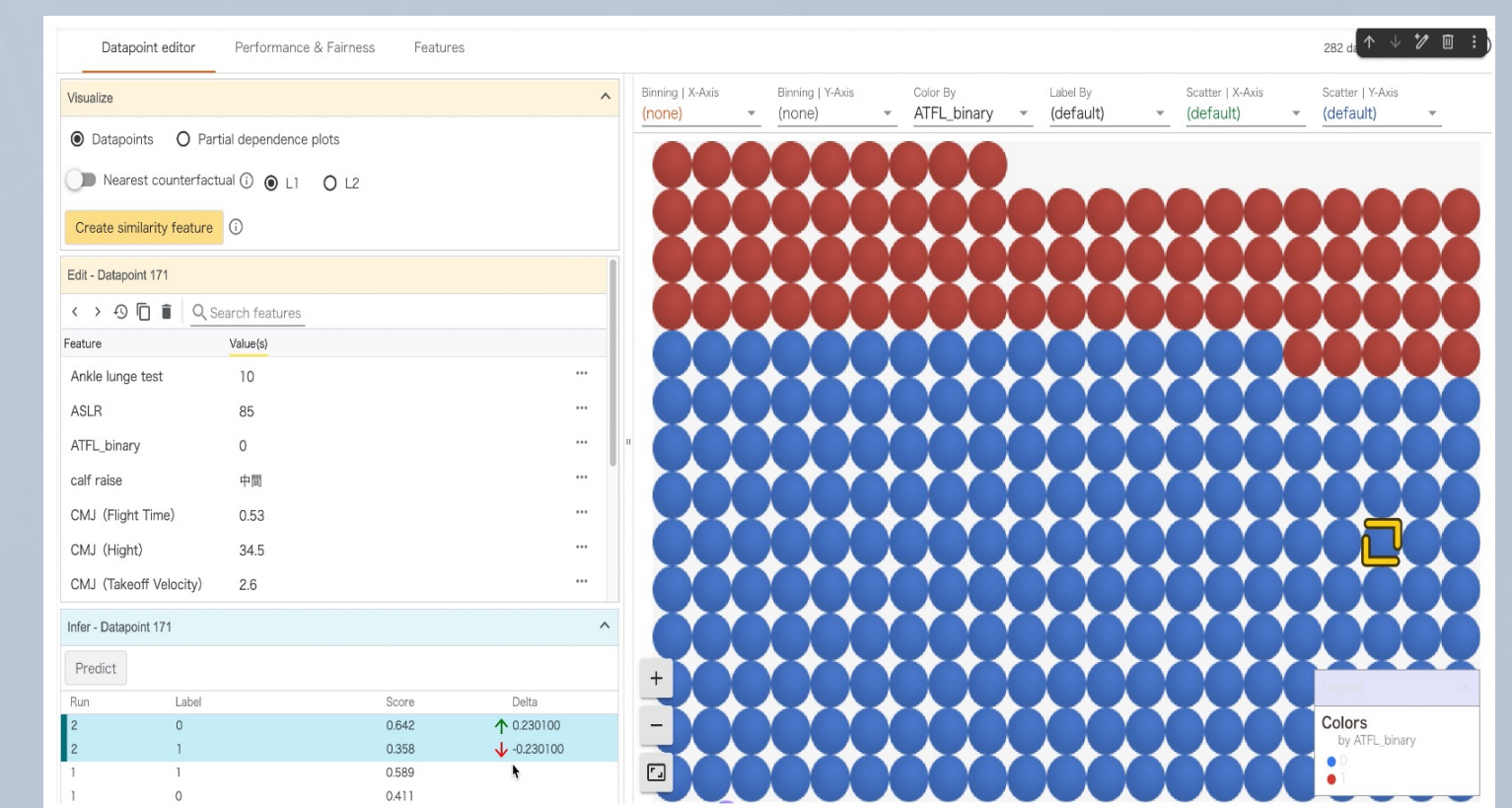
図4. CatBoostにおける個別ウォーターフォールプロット
(ID=55, ATFL=不整, 予測リスク=0.50)

- アンクルランジテスト(0.62), 立ち上がりテスト(0.62), 大腿四頭筋タイトネス(0.54)が予測寄与度上位3項目
- 足関節だけでなく全身の柔軟性指標が捻挫リスク予測に関与
- 個別の予測に対しても変数の寄与度, 影響方向を可視化できた

現場への応用可能性



- 即時フィードバックシステム
 - 測定した多変量情報を即時に評価



- What-if tool (WIT)との統合
 - ある変数の値を変化させた場合のリスク変化を仮想的にシミュレーション

まとめ

- 捻挫高リスクアスリートは足関節可動域低下の特性を示した
- XAI手法によって示された結果は、臨床知見と同様に全身の適度な柔軟性が傷害リスク低減に寄与する可能性を示唆した
- 本研究で得た技術的知見をスポーツ現場に応用することでアスリートの傷害リスク管理に寄与する
- 本研究で用いた手法は他説明変数、他目的変数に対しても容易に横展開可能なフレームワークである

詳細資料QR

