

量子古典ハイブリッド計算による テンソルネットワークと Transformer／Diffusionモデルを用いた 多因子・欠損埋め込みの評価

2025年12月12日

株式会社JTB エリアソリューション事業部

中村 友哉

blueqat株式会社

湊 雄一郎

本研究の目的

背景

- ゴルフ場における「経営課題の解消」「業務の最適化」を支援する事業検討を進める中で、**ゴルフコース管理業務の重要性**が浮き彫りになった。

解消すべき課題

- 経営収益に影響を与える複雑な要因
(気象状況、土壌・芝生状態、コース管理の作業ログ 等)
- 現場の経験則・ノウハウが俗人的なケースが多い

実現したい事

従来モデルでは扱いづらい予測困難な条件を、高精度モデルで効率的に処理



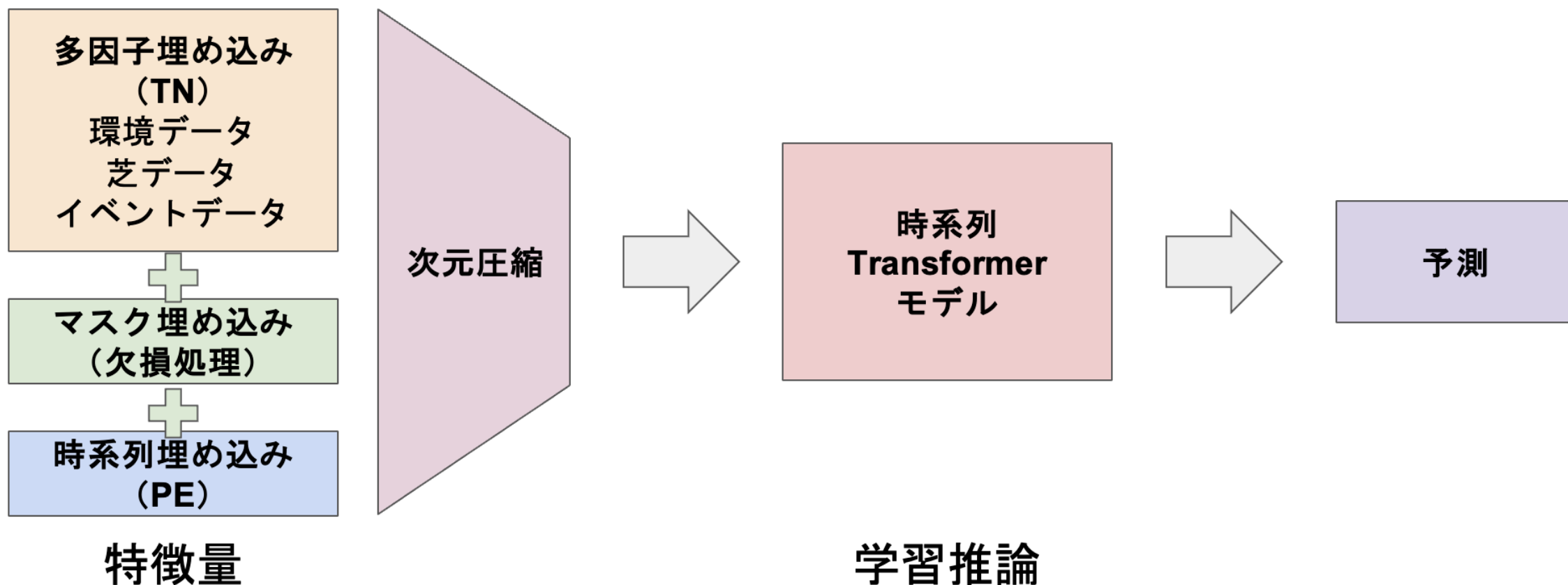
ゴルフコース管理業務の精度向上 / 最適化 / デジタル化を実現する。

量子古典ハイブリッド機械学習の時系列モデルを採用

- 時間依存を扱うため時系列モデルが不可欠であり、近年は長距離相関を捉える Transformer が MLP や U-Net を上回る精度を示し、多因子統合・欠損補完・異常検知に有効とされている。
- 一方で Transformer は特徴量次元に敏感で計算コストが高く、実運用には軽量化が課題となる。
- 本研究では、多因子埋め込みを量子技術(テンソルネットワーク／量子回路)で効率化、高精度かつ軽量のTransformer利用を実現する事で、意思決定をサポートするアプローチを提案する。

埋め込み評価

- 多因子・多モーダル・欠損の複雑相関を扱えるTransformerモデルを量子古典で評価を行い効率的な運用ができるようにモデルの評価と軽量化・高速化を量子古典で実現する。



- 実データに対して意図的に欠損を生成し、モデルがどの程度正確に元の値を復元できるかを評価する。
- 欠損率・欠損パターン(ランダム欠損／連続欠損)を変化させ、Transformer と Diffusion(DiT) の補完性能を比較する。
- さらには、多因子データを量子技術(テンソルネットワーク／量子回路)で圧縮した埋め込みを用いた場合の補完精度向上を測定し、時系列モデルへの入力表現としての有効性を検証する。

Transformer
Mask埋め込み + Self Attentionによる
データ欠損補完

Diffusion Transformer (DiT)
による自然なデータ欠損復元