

Sim2Real に向けた機械学習を用いた受動歩行の調子評価

○品川拓己（名工大），鈴木涼平（名工大），池俣吉人（帝京大），佐野明人（名工大）

Evaluation of Condition of Passive Walking Using Machine Learning for Sim2Real

○ Takumi SHINAGAWA (NITech) , Ryohei SUZUKI (NITech) ,
Yoshito IKEMATA (Teikyo Univ.) , and Akihito SANO (NITech)

Abstract : In this study, we actively promote the fusion of passive dynamics and deep learning. The laboratory has a real environment for passive walking that enables long-term continuous walking, and a virtual environment for Sim2Real has been constructed. The evaluation of walking condition using machine learning in the real environment is also performed in the virtual environment.

1. はじめに

本研究室の受動歩行機は，2018 年に 54 時間の連続歩行を達成している．また，数時間レベルの連続歩行を月単位で行う経験を積んでいる．ロバスト性の高さは実証済みであるが，受動歩行は実機の有するダイナミクスと環境（スロープ）が織りなす自然現象であるが故に，調子の良し悪しがある．また，転倒後に再スタートした場合，再び長く歩く場合や全く歩かない場合など事後の調子もまちまちである．

これまで，「連続歩行記録」にチャレンジしてきたが，最近「連続無転倒記録」の重要性を認識し始めている．すなわち，調子を適切かつ定量的に評価し，転倒前に歩行を停止してメンテなどの処置を施し，再び歩行させることを想定している．

本稿では，Sim2Real を念頭に，調子評価モデルの汎化を目的とし，仮想環境で機械学習を用いた歩行の調子評価を行ったので報告する．

2. 機械学習を用いた調子評価

2.1 VAE を用いた調子評価モデル

機械学習による異常検知に用いられる Variational AutoEncoder (VAE) により受動歩行の調子評価を行う [1]．VAE は教師なし学習による生成モデルであり，正常データの特徴を潜在変数として低次元化し，正常データが入力されたときに復元器として入力値に似た出力値を返す．

受動歩行機の主要剛体（5 要素）における矢状面座標および回転角（3 要素）の 15 要素を 100 [fps] で観測したデータに対して，歩行周期に近い値である 130 フレームを Window サイズ，10 フレームを Shift サイズとして処理を施したものを入力とする．なお，調子が良い定常歩行データ（正常データ）として，歩行開始後および転倒前の 1000 フレームは学習データから除外する．

生成モデルとして VAE を用いており，エンコーダへの入力に対して 1 次元畳み込み，デコーダからの出力に対して逆 1 次元畳み込みを行う．なお，入力と出力のカラバック・ライブラリー情報を損失関数および調子評価値（loss 値）として用いている．Fig. 1 にネットワーク構造図を示す．

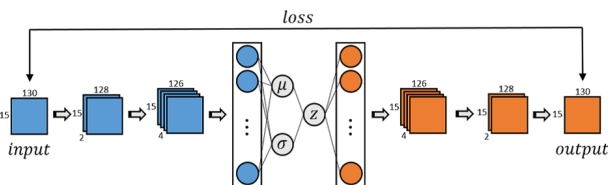


Fig. 1: Schematic illustration of network

2.2 仮想環境での調子評価

Fig. 2 に仮想環境での受動歩行の調子評価を示す．なお，本研究では，Unity3D 上に仮想環境を構築しており，詳しくは文献 [2] を参照されたい．

Shift サイズで移動させた各 Window を時系列に並べており，0.1 秒毎に loss 値を算出している．なお，図の右端が受動歩行機の腰が床面に接触した転倒タイミングである．図からわかるように，転倒の 1.0 秒前に loss 値が大きくなり，転倒の予兆を捉えられている．また，それ以前にやや loss 値が高まっている時期があり，受動歩行の調子进行评估し得るものだと考えられる．

3. まとめ

本研究では，仮想環境で機械学習を用いた歩行の調子評価を行い，その妥当性を検証した．今後，Sim2Real を念頭に，多様性を有する受動歩行の調子評価モデルの汎化をさらに進めて行く．なお，実機との差として，股関節カム・パネ機構を介して脚との相互作用で揺動する腰（骨盤）の挙動などに注目している．また，他のシミュレータ（物理エンジン）や機械学習も比較検討する．

最後に，本研究は JSPS 科研費 JP19H02109 の助成を受けており，ここに謝意を表す．

参考文献

- [1] 富田真穂，木田宏平，鈴木涼平，池俣吉人，佐野明人：“受動歩行に対するデータ駆動型アプローチ機械学習を用いた歩行の調子評価”，第 19 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集，1A1-02，2018．
- [2] 品川拓己，鈴木涼平，池俣吉人，佐野明人：“Sim2Real に向けた受動歩行の仮想環境の構築”，第 37 回日本ロボット学会学術講演会予稿集，1A3-04，2019．

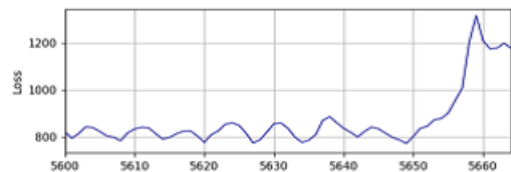


Fig. 2: Evaluation of walking condition