

リアルタイムシミュレーション技術の開発

(造船・エネルギープラント配管技術の高度化を目指したグリーン産業への貢献)

工業材料・環境科 科 長 入 江 直 樹
機械システム科 主任研究員 西 村 学

汎用計算力学ソフトウェアを用いたシミュレーション技術は製品開発において懸念される課題をコンピュータを用いて事前に仮想実験できることから、生産工程や市場での不具合を未然に防ぐための一手段として活用されており地場企業において普及は進んでいる。しかし、シミュレーション条件の変更とともに境界条件の設定、メッシュ作成、計算の工程を再度実行して結果を得ることになること、また、シミュレーション対象モデルによっては計算に数日間かかる場合があることから時間を要しており、迅速にシミュレーション結果を得たいとのニーズを地場企業から受けている。当該課題を受けて、近年におけるAI（人工知能）技術をシミュレーション技術に組み合わせて活用することによりリアルタイムでシミュレーション結果をアウトプットする技術を開発する。本研究においては機械学習を利用するにあたり学習データを得るための実験装置を試作した、その結果を報告する。

1. 緒言

近年のIoT(Internet of Things)の進展に伴い機械システムには様々なセンサが実装され、そのセンサ情報に基づき、当該機械システムの健全性を評価する取り組みが行われている。更にシミュレーション技術を活用して、例えばパーソナルコンピュータ上で動作するソフトウェアを用いて作製した仮想空間において、現実の機械システムの動作を再現するデジタルツインといった技術が発展してきており、その応用事例の一つにバーチャルセンサが挙げられる^[1]。

当該バーチャルセンサは対象とする機械システムの動作を再現するデジタルモデルを作製することで、センサを設置できない箇所におけるデータを推定するものである。

そのデジタルモデルを作製する方法としてAI（人工知能）技術の一つである機械学習を用いて近似モデルを作製する方法がある。当該近似モデルは入力値を変更した際に実施していたシミュレーション工程（形状変更、境界条件設定、メッシュ作製、計算など）を省略してリアルタイムでシミュレーション結果を出力することができる。

図1は当該デジタルモデルの概要が示されており、本研究の目的は入力データからリアルタイムで所望のデータを出力する当該デジタルモデルを構築することにある。

長崎県は造船、エネルギープラントなどのグリーン産業を成長分野と位置付けている。当該分野において

多用されている配管技術を高度化する効果は大きく、その配管内部において輸送される流体の流動状況をより詳細に把握できることは配管振動^[2] ^[3]や配管の減肉現象の予測精度を高め^[4]、余寿命の延長化やメンテナンス頻度の減少など、配管管理技術の省力化を図ることができる。

これを受けて、本研究においては配管振動の原因の一つとなる脈動現象を対象として、その伝達状況を予測するデジタルモデルを機械学習を用いて構築する。当該デジタルモデルを構築するための学習データを得るため、実験装置を試作して脈動の圧力変化と流量変化を計測した、その結果について報告する。

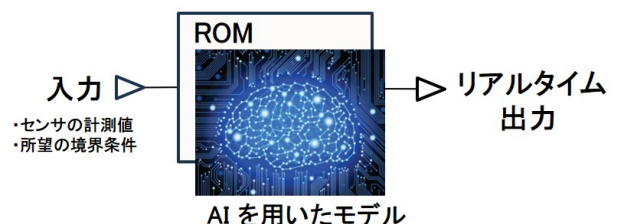


図1 リアルタイムシミュレーションモデルの概要

2. 実験方法及び結果

試作した実験装置の配管系統図を図2に、外観を図3に示す。脈動ポンプ（アサダ(株)製 MP30）に接続した配管には圧力・温度センサ（(株)キーエンス製 GP-M025T）、デジタル流量センサ（(株)キーエンス製 FD-Q20C）が取り付けられており、それらの各センサは

イーサネットケーブルを用いてパーソナルコンピュータに接続されている。

実験方法はボールバルブ1を開き、ボールバルブ2を閉じた状態で脈動ポンプを作動させ、配管に流す水道水の最大圧力を設定する。その後、ボールバルブ2を開き、脈動ポンプを用いて配管内部を流れる水道水を脈動させた際の圧力変化と流量変化を計測した。圧力・温度センサのデータは所定のサンプリングレートによりパーソナルコンピュータに収集される。その圧力変化の計測結果を図4に、流量変化の計測結果を図5に示す。

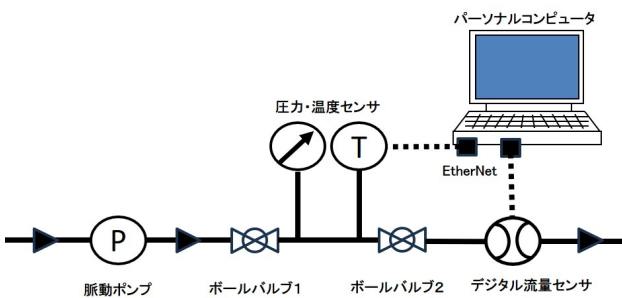


図2 実験装置の配管系統図



図3 実験装置の外観

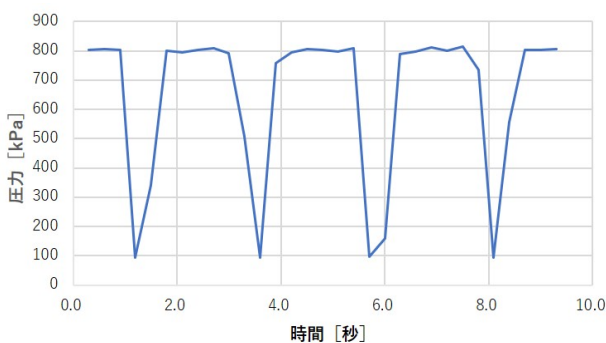


図4 圧力変化の計測結果

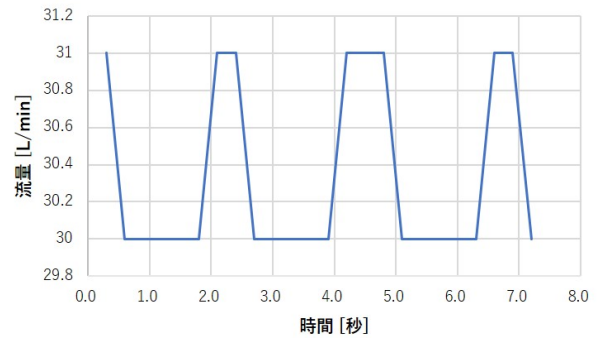


図5 流量変化の計測結果

4. 考察

試作した実験装置において、水道水の脈動現象を圧力・温度センサ、流量センサを用いて計測した結果、矩形波の周期信号として取得できた。その圧力の振幅は設定した最大圧力値とほぼ同等であり、周期と立ち上がり時間についてはバラツキが見受けられた。また、流量については振幅と立ち上がり時間についての再現性は良いが周期についてはバラツキが見受けられた。現状の構成ではサンプリングレートをより速くできないため、使用するセンサを変更するなどにより計測精度を向上する予定にある。

5. 結言

本研究の成果について以下に要約する。

- 1) 水道水の脈動現象を圧力・温度センサと流量センサを用いて計測する実験装置を試作した。
- 2) その脈動現象は圧力変化、流量変化ともに矩形波の周期信号として取得することができた。

参考文献

- [1] 高野ほか：工具刃先温度のリアルタイム推定のための Model Order Reduction を利用したバーチャルセンサ、日本機械学会論文集, Vol. 89, No. 928, pp. 1-17, 2023.
- [2] 日刊工業新聞社、トラブルから学ぶ配管技術、p. 99, 2015. 3.
- [3] 日刊工業新聞社、プラント配管の原理としくみ、p. 82, 2020. 10.
- [4] 渡辺ほか：実機発電プラントにおける T 字管合流部の減肉傾向の推定方法、日本機械学会論文集, Vol. 89, No. 919, pp. 1-15, 2023.