

振り試験機の省エネ活動における制御システム開発



劉 勇
(株)エクセディ

橋本 智昭
大阪工業大学

研究報告

1. はじめに

エクセディはマニュアルクラッチ、トルクコンバータ、ハイブリッド車(HEV)用ダンパーなどの駆動系部品を生産・販売をしている。
※ダンパーはエンジンからの振動を吸収する動力伝達装置

背景 耐久試験機性能と省エネ性能の両立ニーズの増大

① HEV用製品の開発増加による耐久試験機要求性能増大
→ 高トルク, 高周波, 広角度

② SDGs対応・カーボンニュートラル
→ 耐久評価に関わる電力削減

目的 高性能かつ省エネ性に優れた電気サーボ振り試験機の開発



図1 HEV用ダンパー

2. 既存試験機 (油圧振り試験機) の調査

試験概要 振り試験はダンパーの1次側 (エンジン側)を固定、2次側 (トランスミッション側) に正負のトルクを周期的に印加し、耐久性能を確認する試験



図2 既存油圧振り試験機

油圧式試験機の改良検討結果

- 😊 高周波対応：可能 (低イナーシャ油圧バルブ)
- 😊 高トルク対応：可能 (モーター並列運転)
- 😊 制御性：良好 (高トルク&高周波数)
- 😞 消費電力：**過大** (数十kW) (油圧源の攪拌損失大)

3. 油圧部の電気サーボ化によるエネルギー再利用効果

試験では正負のトルクを印加するため、**駆動**と**回生**が行われるが、油圧システムでは回生エネルギーを排出してしまっている。

- 電気サーボ化によって**電力回生**
- **消費電力削減**

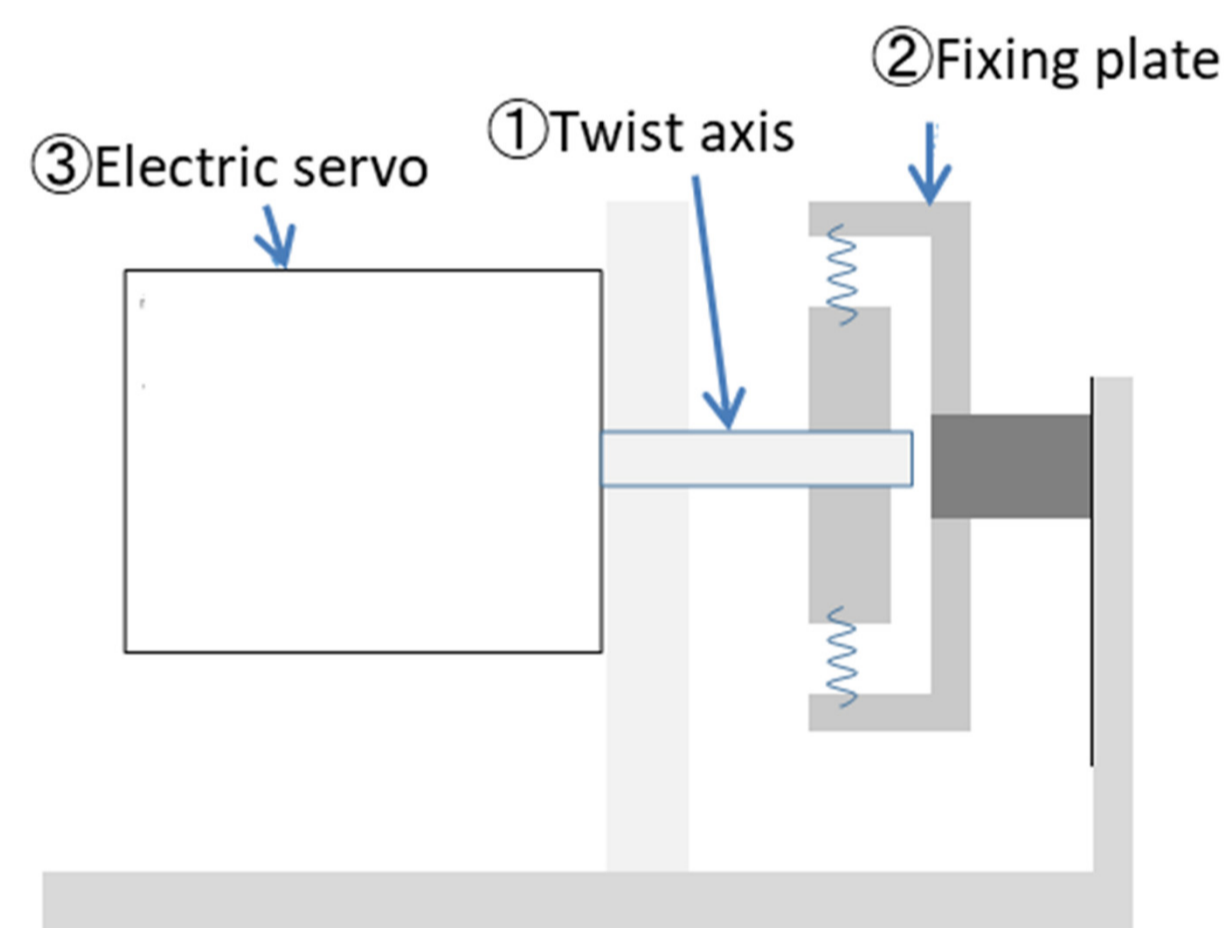


図3 電気サーボ振り試験機 概略図

4. 電気サーボ化の課題

課題 高トルクと高周波の相反性

- 高トルク対応モータ → イナーシャ(慣性モーメント)増加
- 応答性悪化
- 高周波性悪化

解決アイデア (ブランコのイメージ)

ダンパーの「**ばねの反力**」を使って**振りトルクを増幅**できないか？

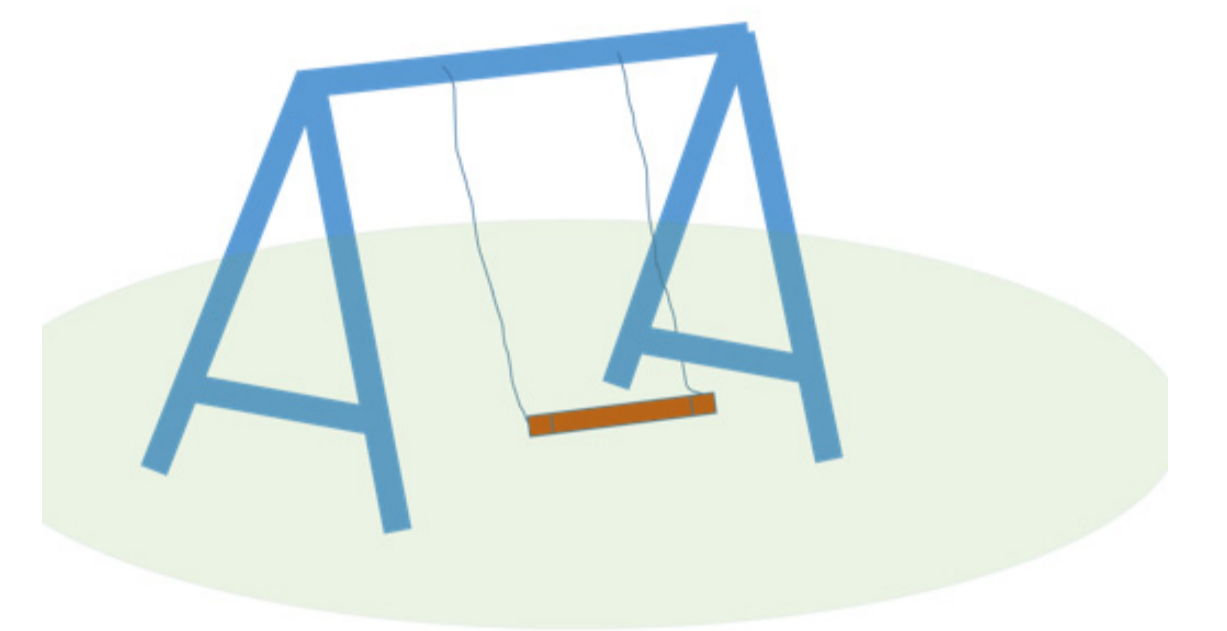


図4 ばね反力利用を啓発されたブランコ イメージ図

5. アプローチ①振りトルク増幅シミュレーション

Simulinkを用いて試験機のダイナミックモデルを構築。

- ブランコのようなエネルギーの蓄積
- 蓄積エネルギー (ばねの弾性エネルギー) で**振りトルクを増幅**

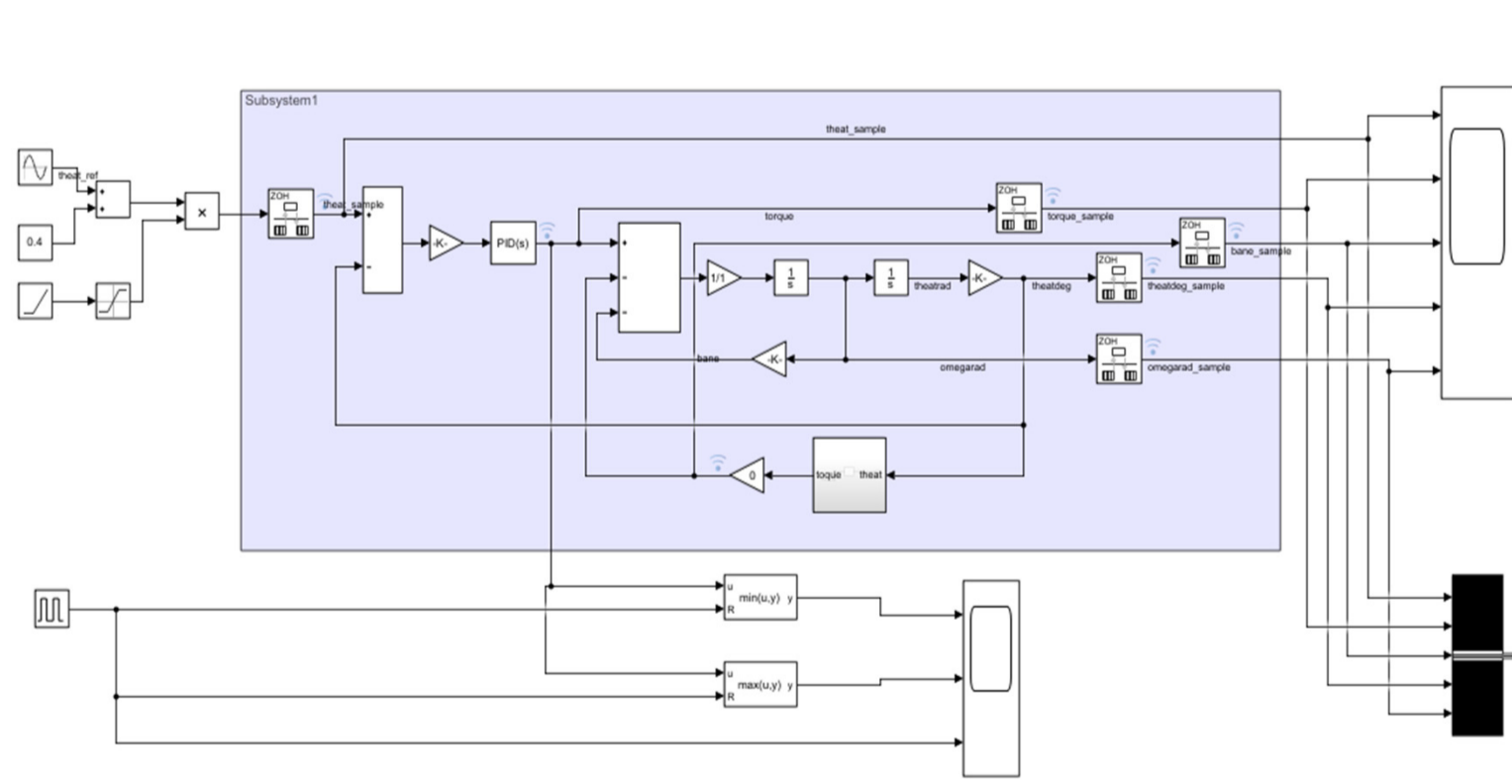


図5 試験機の制御システムモデル

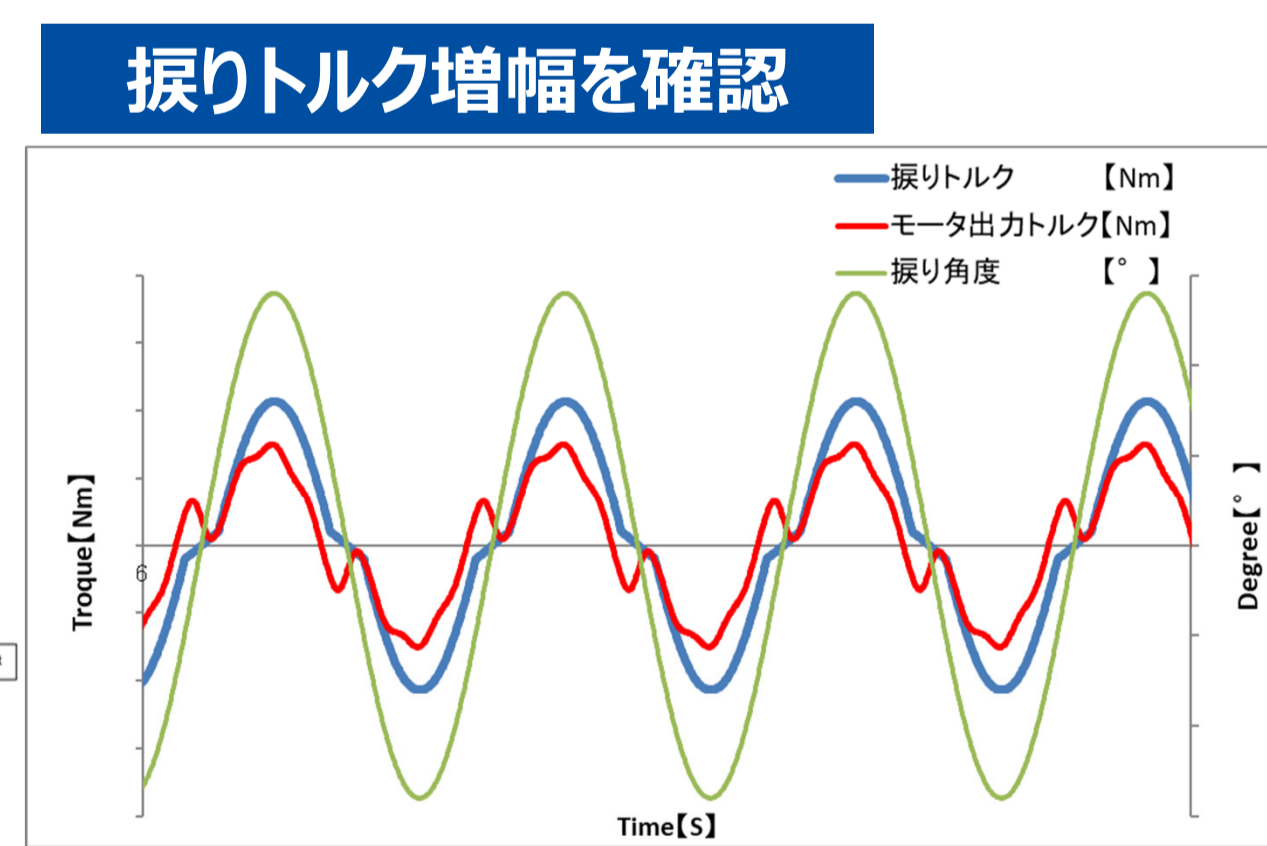


図6 シミュレーション結果

6. アプローチ②過大トルクの安定化制御

- ・問題確認： Simulinkを用いて過大トルク不安定の再現
- ・対策考案：**フィードフォワード制御 & パラメータの最適化**
MATLAB/Simulinkの連携シミュレーションでプラント & 制御パラメータをSWEEPし、最適パラメータを効率良く探索。

ダンパーの角度限界に達するとメカストップに接触することで過大トルクが発生

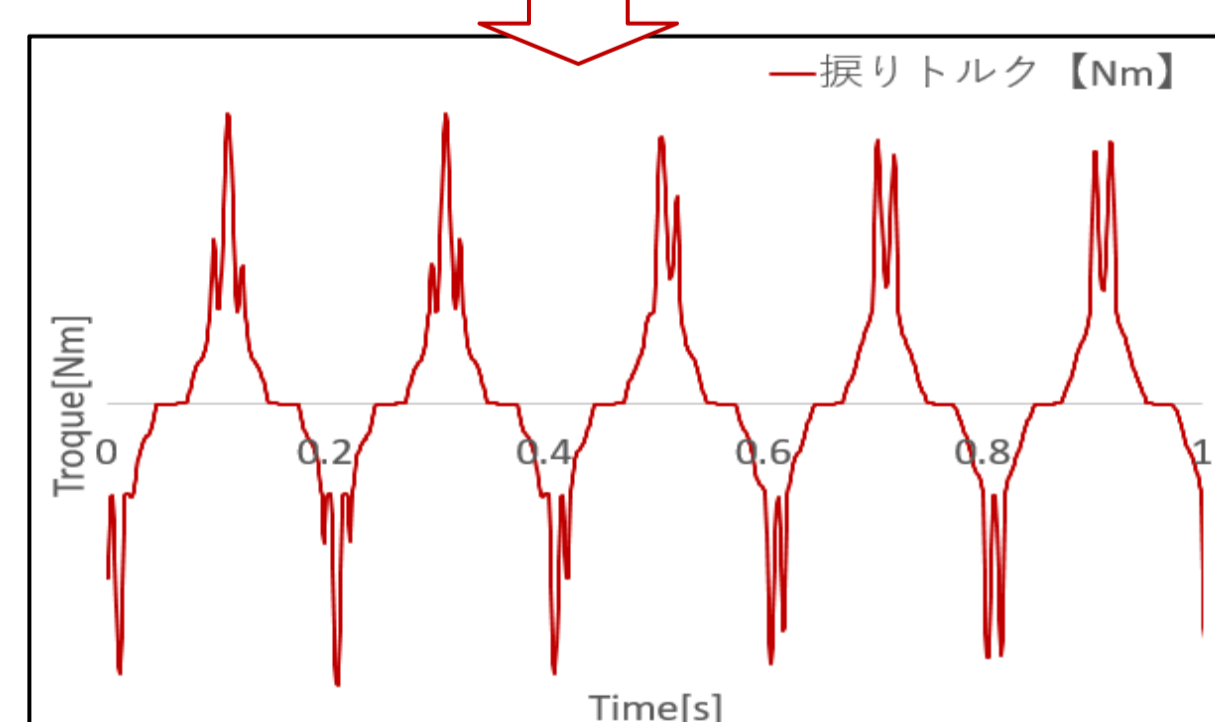


図7 最適化前の波形 (不安定)

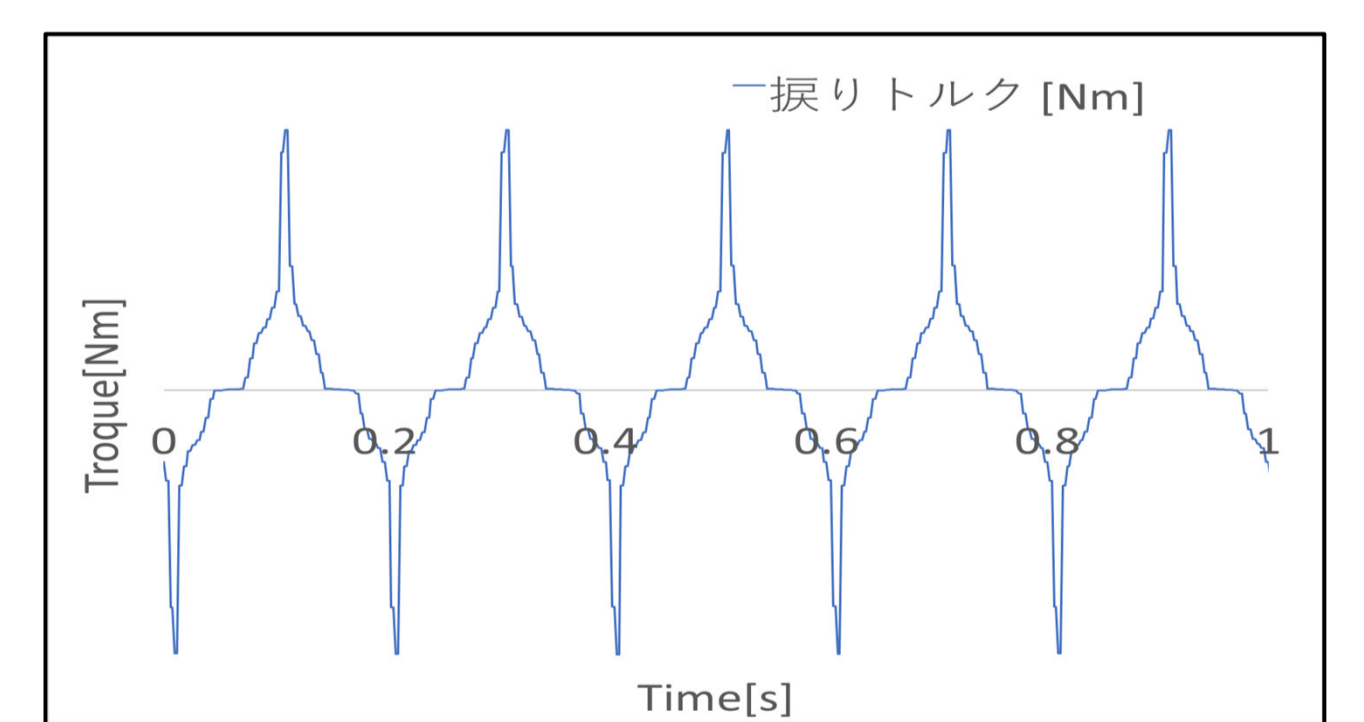


図8 最適化後の波形 (安定)

7. 実機検証

- トルク増幅 → シミュレーション結果に一致
- 過大トルク安定制御 → 従来の油圧式と同等レベル

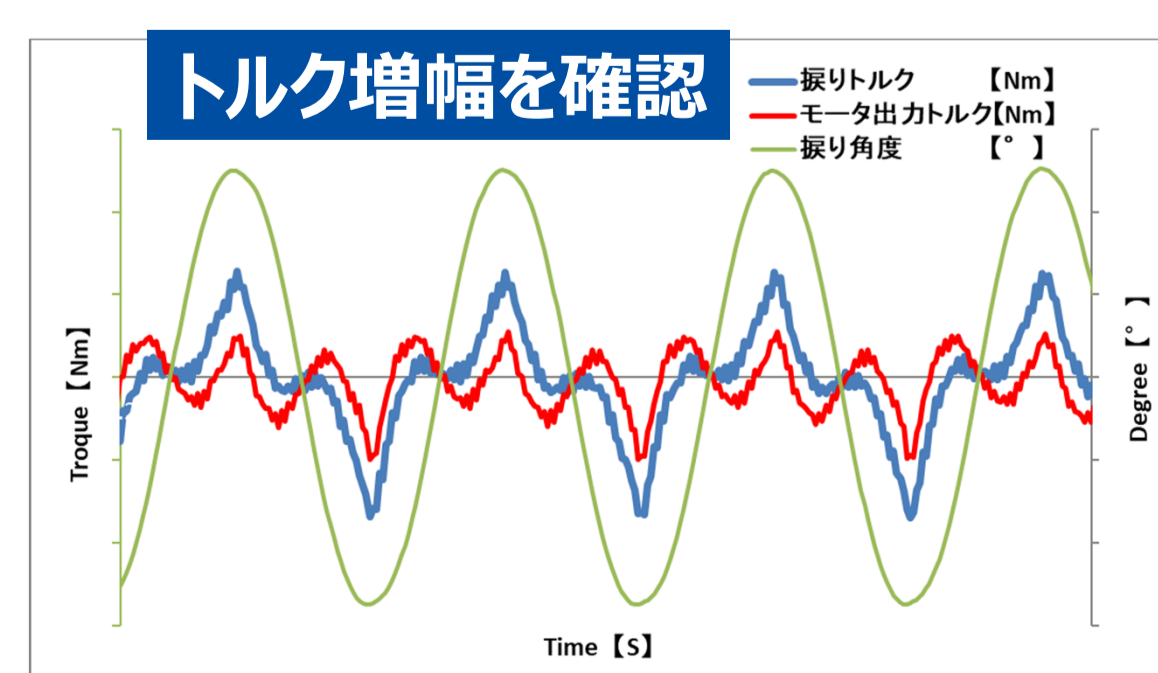


図9 実機波形

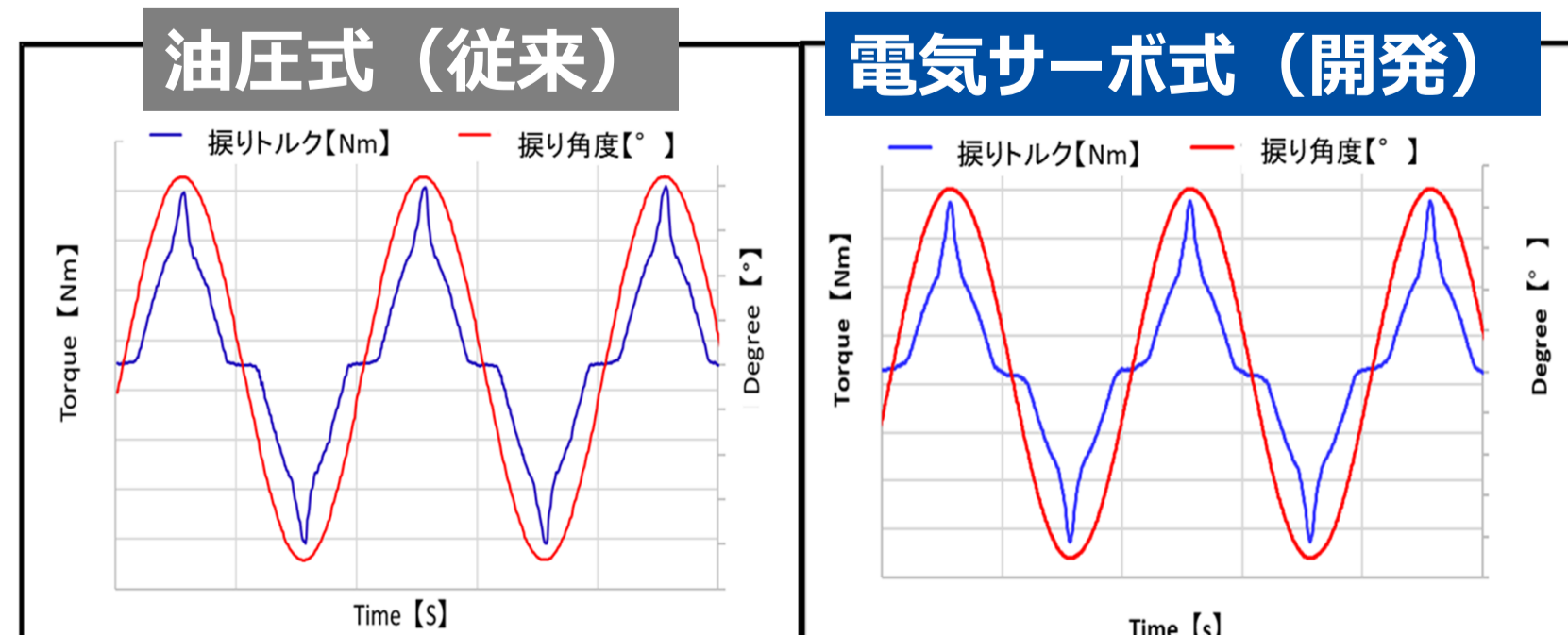


図10 制御精度

8. 省エネ効果確認

従来油圧式より電気消費量を 90% 削減。

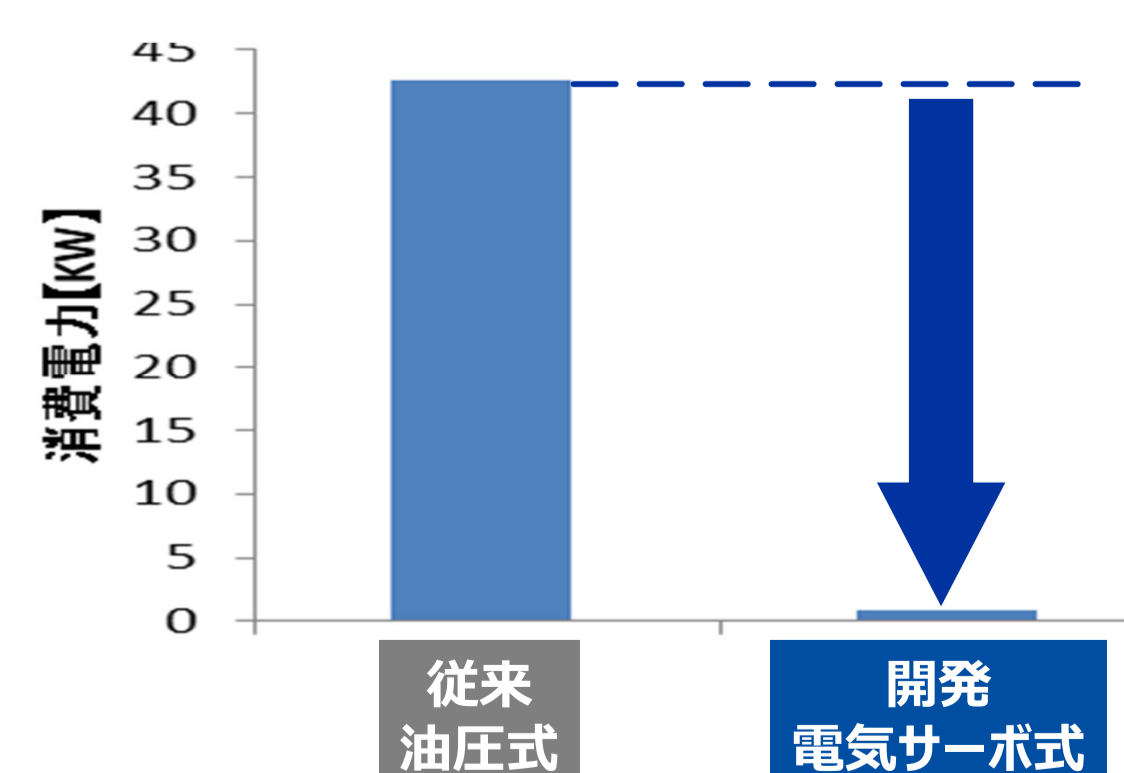


図11 消費電力比較



図12 電気サーボ振り試験機 実機