

トルクセンサを用いたフィードフォワード制御の開発

Development of feedforward control using torque sensor

明星大学 理工学部 総合理工学科 電気電子工学科系 石田研究室 五十嵐 優人
指導教員 石田 隆張

移動性の高さ、利用のしやすさから電動アシスト自転車の普及が進んでいる。従来のアシスト方法では、踏力を測定し、踏力に比例させたモータートルクを出力する踏力比例制御を行っている。先行研究において、従来法では駆動時の踏力の脈動を倍増させ、脈動の倍増による加減速の変動によって効率が低下する現象が報告されている。本報告では踏力の脈動の変動による効率を改善させるためにトルクセンサを用いた、フィードフォワード制御方法を開発し、その評価を目的とする。

キーワード：電動アシスト自転車, トルクセンサ, フィードフォワード制御, ブラシレス DC モーター

1. はじめに

近年の省エネ指向、移動性の高さとの利用のしやすさから電動アシスト自転車の需要が原動機付バイクの需要を上回る傾向が報告されている⁽¹⁾。

従来のアシスト方式はペダルに加えた踏力を測定し、踏力とアシスト力を 1 : 2 の比で出力する踏力比例制御を行っている。しかし先行研究⁽²⁾から、この制御方法は駆動時の踏力の脈動を倍増させるため、加減速の変動による効率の低下が報告されている。一方、適切なアシストするためにフィードバック制御を用いる方法がある。この方法は測定値を目標値に達するように制御するため、モータートルクとして出力するまでに時間遅れが発生してしまう。

そこで本報告では、ペダルをこぐ人の状態を推定できる、トルクセンサを用いたフィードフォワード制御方法の開発について報告する。

2. 開発工程

① 開発仕様

システムの構成を図 1 に示す。ペダルにかかる踏力を入力とする。トルクセンサとして用いるロードセルからトルクを検知、

Arduino を介して制御基板に送信し、同時にモーターの回転速度をホールセンサで検知し制御基板へ送信する。それらのデータからインバータを介して電流により、モーターを制御して、アシスト力と踏力を合成したものが出力である。

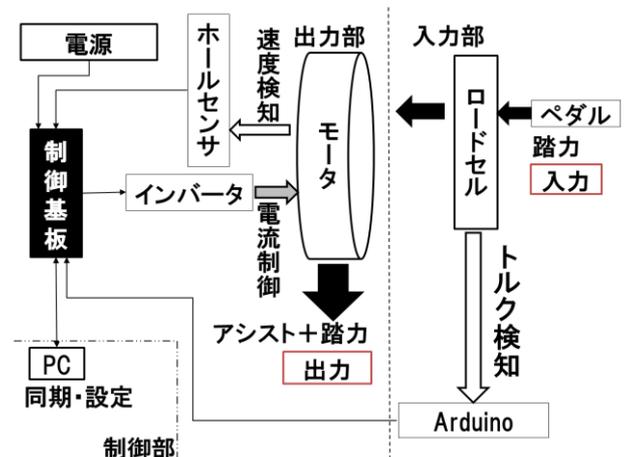


図 1 使用機材とシステム構成

Fig 1 Equipment and system configuration

② 事前評価

本実験で使用するモーターのインバータ回路に MOS 型 FET が使用されているため、動作

時に電子ノイズが発生すると考えられる。

そこでトルクセンサとして使用するロードセルに、ノイズが与える誤差の測定評価を行う必要がある。

そこで、ロードセルを無負荷状態で制御基板の付近に設置し、モータを動作させ、0.5秒ごとに変動を記録・評価した。

③ 開発

モータの制御用マイコンと、ロードセル制御用の Arduino を接続し、Arduino から送信された値を基に制御するようフィードフォワード制御手法の開発を行う。

④ 評価

人が乗っている状態を想定した負荷をモータに加え、ロードセルに踏力をかける。その際の動作を記録・評価するための開発システムの動作実験を行う。

⑤ 考察

開発システムの動作評価を行い、課題抽出を行い、新たに課題の解決方法を模索する。

3. 事前評価の結果と結論

① 結果

トルクセンサ用ロードセルのノイズ測定結果を、横軸を時間(秒)、縦軸をトルク(kgf・m)とし、図2に示す。

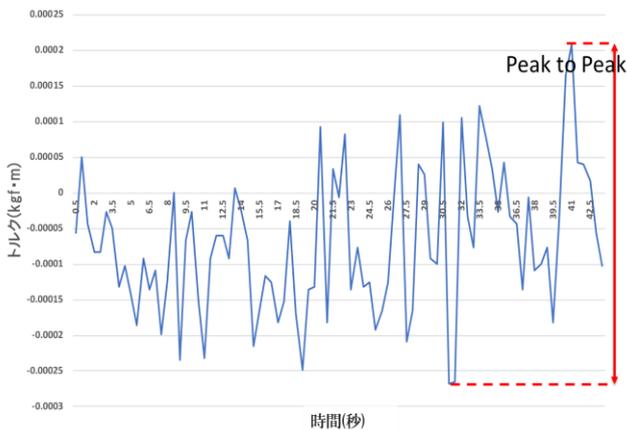


図2 ノイズ測定結果

Fig. 2 Noise measurement result

② 結論

表1・図2より、Peak to Peak 値は、ロードセルのフルスケールに対するカタログ精度±1% (0.13kgf・m)より、誤差は充分小さい。

表1 ノイズ測定結果

Table 1 Noise measurement result

トルク (kgf・m)	
Peak to Peak	偏差
3.5×10^{-4}	1.6×10^{-4}

4. おわりに

本報告では、トルクセンサから検知された踏力の変化を、フィードフォワード制御を用いて推定し、踏力の脈動による加減速の効率低下の改善する手法を提案し、その開発工程について報告した。

今後は道路交通法で定められているアシスト率の規定を考慮した条件で動作する実用的なシステムの開発を行う。

文 献

- (1) 日本国内の二輪市場から見えてくる実状”. 日本二輪事情、2015年版
- (2) 畑田和良, “アシスト方式の違いによる電動自転車のエネルギー効率改善について”. 奈良先端科学技術大学院大学 修士論文, 2010.