ツーウェイクラッチを用いた負荷感応型二段変速機の開発 Development of a Load-Sensitive Dual States Transmission with a Twoway Clutch

○ 寺西 雄一（東工大） 正 広瀬 茂男（東工大）

Yuichi TERANISHI, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama Megro-ku Tokyo
Shigeo HIROSE, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama Megro-ku Tokyo

Generally, the transmission system has a supporting actuator for changing the reduction ratio. Therefore, the transmission system becomes complex, large, and heavy. In this research, we propose a load-sensitive dual states transmission with a Two-Way clutch. This transmission changes the reduction ratio responding to load torque without a supporting actuator. If the load torque is low, the reduction ratio sets low and this transmission outputs high speed - low torque rotation. If the load torque is high, the reduction ratio changes higher one and this transmission outputs low speed - high torque rotation. We developed the crawler actuating unit with proposed transmission and confirmed basic performance.

Key Words: Transmission , Load-sensitive

1. 序論

機械システムにおいてアクチュエータを減速して使用する場合、その減速比は要求速度や想定負荷に応じて決定される。しかし、移動機械等では要求速度や負荷状態が大きく変動するため、最適な減速比は変動し一定とはならない。そのため、アクチュエータと負荷との間に減速比を変えるための変速機が導入されるのが一般的である。しかしながらこれまで実用化されてきた変速機は補助アクチュエータや制御機器を要し、複雑で大型な機構であるため小型の移動機械システムへの導入は困難である。

上記の問題に対して、筆者らは補助アクチュエータを用いずに負荷に応じて無段変速を行う小型軽量な変速機を開発している[1]。しかし、効率が最高で約 20%程度であり、対応できる負荷トルクも限られたものであった。一方、補助アクチュエータを用いず、磁気を用いて非接触で負荷トルクに応じた変速を行う多段変速機も報告されている[2-4]。しかし、この変速機は出力トルクの領域が移動機械に使用するには小さいため、追加の減速機を必要とする。

そこで、本稿では変速に補助アクチュエータを用いることなく、負荷に応じて二段階の自動変速を機械的に行う、小型・軽量で高トルク容量である変速機を提案する。そして、実際に試作機を開発し、基本特性を実験により確認したので、報告する。

2. 負荷感応型二段変速機の動作原理

提案する負荷感応型二段変速機はツーウェイクラッチを用いるが、その基本的な機能はワンウェイクラッチと同じである。そこで、提案する変速機の動作原理説明のため、まずワンウェイクラッチを用いた負荷感応型二段変速機について説明する。ワンウェイクラッチを用いた負荷感応型二段変速機を概念を図1に示す。この変速機は原理的には減速機、ワンウェイクラッチ、摩擦クラッチで構成される。

まず、アクチュエータからの入力である高速回転を減速機で減速、分流し、高速低トルク回転と低速高トルク回転の二つの出力を生成する。負荷トルクが小さい場合、高速低トルク回転は摩擦クラッチを介して直接出力軸であるワンウェイクラッチの外側に接続される。このとき、低速高トルク回転はワンウェイクラッチの内側に入力しているが、ワンウェイクラッチの外側がより回転が速いため、空転するのみで干渉しない(図2(a))一方、負荷トルクが大きい場合、出力軸に加わった負荷トルクが摩擦クラッチまで伝達され、負荷トル

クが一定値以上になると摩擦クラッチが滑るようにした。この構成であれば摩擦クラッチが滑ることによって高速低トルクの回転は出力軸と切り離され、出力軸の回転速度は低下する。外側の出力軸の回転速度が内側の低速高トルクの回転速度まで低下した時点でワンウェイクラッチが噛み合うこととなり、以降は低速高トルクで駆動されることとなる(図2(b))。

しかし、この概念では正回転しかできず、また、低速高トルク回転で動作する際に常に摩擦クラッチの滑りによる損失が生じる。そこでこの問題を解決するため、まず、ワンウェイクラッチの動作を正回転と逆回転で切替えられる機構であるツーウェイクラッチを導入した。次いで、摩擦クラッチに図3(a)に示すようなカムを取り付け、負荷トルクが加わるとクラッチを切り離すようにして負荷感応クラッチを構成した(図3(b))。これらの機械要素により本稿で提案する負荷感応型二段変速機を構成する。この変速機は減速機にベルトを用いると図4に示すようなモデルになる。

Fig.1 Concept of load-sensitive dual state transmission with One-Way clutch

Fig.2 Motion of One-Way clutch

Fig.3 Load-sensitive Mechanism

Fig.4 Load-sensitive dual state transmission with Two-Way clutch

Fig.5 HELIOSVII

Fig.6 Overview of unit

3. クローラ駆動ユニット

筆者らは、レスキューロボット HELIOSVII を開発し、その運動制御を検討してきた[5]。本稿では、負荷感応型二段変速機を導入する対象として、HELIOS のようなクローラロボットのクローラ駆動機構を想定し、提案する変速機を用いたクローラ駆動ユニットの開発を行った。このユニットはクローラプリーの中にモータ、減速機、負荷感応型二段変速機を組み込んだもので、外周にクローラベルトを巻きつけることで、クローラ駆動を行うこととした。図5に HELIOSVII を、図6に開発したクローラ駆動ユニットの概観を、表1にユニットの諸元をそれぞれ示す。

4. クローラ駆動ユニット変速実験

開発したクローラ駆動ユニットと電磁パウダーブレーキを用いて動作確認実験を行った。実験装置を図7に示す。

モータ電圧を制御することによりモータの回転数を3000rpmに固定し、負荷トルクを変化させて出力軸の回転数とモータ電流、変速機単体での効率を計測した。

実験結果を図8、図9、図10に示す。まず、図8により、負荷トルクが7[Nm]付近で自動的に高速から低速に変速することが確認できる。また、図9からモータ電流が変速点において減少していることが確認できる。低トルク域では高速で動作し、高トルク域では減速比を大きくして電流増加を抑えることが実現できていると考えられる。

最後に図10より、変速機単体での効率は、変速点以前はほぼ70%以上と高いが、変速点の直後が34%と低くなっていることが確認できる。この理由として、変速直後には摩擦クラッチが切り離されずに滑りが生じ損失が発生すること、また、この効率には減速機の効率も含まれるため、変速後の減速比が85.06と高く損失が大きいことが影響していると考えられる。

Fig.7 Experimental device

Fig.8 Rotation-Torque

Fig.9 Current-Torque

Table.1 Specification of Crawler actuating unit

Diameter	150[mm]
Pulley Length	130[mm]
Mass	3.2[kg]
Motor power	200[W]
Reduction ratio	Mode1 : 22.64 Mode2 : 85.06

Fig.10 Efficiency-Torque

なお、負荷感応クラッチ（図3）のカム角度及びばねの押し付け力を変化させることにより、変速ポイントを変化させる実験を行った。この実験では0[Nm]から7[Nm]の負荷トルク範囲で変速点を変化させることに成功した。

5. 結論

本稿ではツーウェイクラッチを用いた負荷感応型二段変速機を提案した。さらに提案した負荷感応型二段変速機を用いたクローラ駆動ユニットを開発し、高トルク域での動作を確認した。今後は効率の向上を目的とした変速機とクローラ駆動ユニットの設計の最適化を行い、実際にクローラロボットに搭載して走行実験を行う予定である。

文 献

- [1] 萩原, 広瀬, “回転型負荷感応無段変速機の開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, IA1-M2, 2001.
- [2] 前川, 後藤, 佐藤, 榎園, “非接触型負荷感応自動変速機の開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2A1-2F-E8, 2003.
- [3] 前川, 後藤, 佐藤, “非接触型負荷感応自動変速機の特性評価”, 日本ロボット学会学術講演会, 3D25, 2003.
- [4] 前川, 小森谷, “多段非接触型負荷感応自動変速機の開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2P1-L1-64, 2004.
- [5] Michele Guarnieri, Paulo Debenest, Takao Inoh and Shigeo Hirose, “HELIOS VII: a New Hand Crawler Hybrid Vehicle”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'03 講演論文集, 2P2-2F-A3, 2003.