

研究の課題名

ニューマティックトランスミッションの設計・試作と インテリジェント自転車駆動系への応用

岡山大学工学部 教授

(現 大学院自然科学研究科 教授)

報告者 鈴森 康一

報告日 2004年(平成16年)6月30日

1. 本研究の意義、特色

本研究は空気を媒介とした小動力機器用トランスミッションに関する研究である。空気圧機構は大きな出力伝達には向かないが、クリーンでシンプルな動力伝達機構が構成できる可能性がある。

報告者は、自転車の駆動系を具体的な対象として、55段の多段変速とエネルギー回生機構が簡単に実現できることを理論的に示すとともに、試作、実験により、55段変速の駆動機構ができることを実証し、人が乗って走行に成功した。

2. 実施した研究の具体的内容、結果

研究の目的と駆動原理

本研究でいうニューマティックトランスミッションの概念を自転車駆動系(図1)を例にとって具体的に説明する。この例では、自転車のペダル側と駆動輪側にそれぞれ2本づつ同サイズの空圧シリンダが配置され、ペダル側シリンダで作った圧縮空気により駆動輪側空圧シリンダが駆動される。

ペダル1回転によりペダル側シリンダはそれぞれ1往復運動するので、この時の吐出空気量はバルブの切替により $V_2 \sim 2V_1 + 2V_2$ の範囲で8段階に調整できる。また、駆動輪1回転に要する空気量は $U_2 \sim 2U_1 + 2U_2$ の範囲で8段階に調整できる。ただし、 U 、 V とは図2に示すそれぞれの空間の最大容積である。このようにペダル1回転による吐出量と、駆動輪1回転に要する空気量は調整できるので、その組み合わせにより多段の変速が実現できる。変速比 r は次式で表される。

$$r = \frac{aU_1 + bU_2}{cV_1 + dV_2}$$

ただし、 U は図1に示すそれぞれの空間の最大容積であり、 a は容積 U_1 の使用数、 b は容積 U_2 の使用数、 c は容積 V_1 の使用数、 d は容積 V_2 の使用数とする。ここで使用数とは、電磁弁の切り替えにより駆動に用いる空間の数であり、それぞれ0、1、2、の値をとる。

一方、制動(ブレーキ)時には、駆動輪側のシリンダをポンプとして用いて空圧タンクに圧縮空気を蓄積することによりエネルギー回収が行える。こ

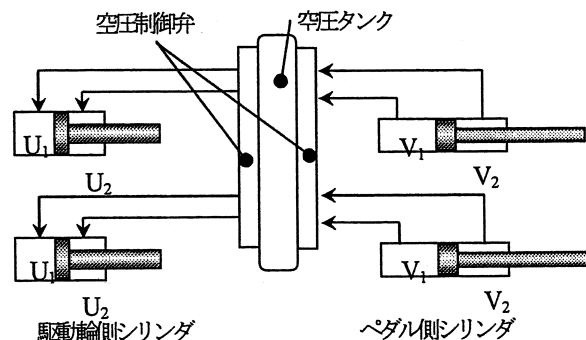
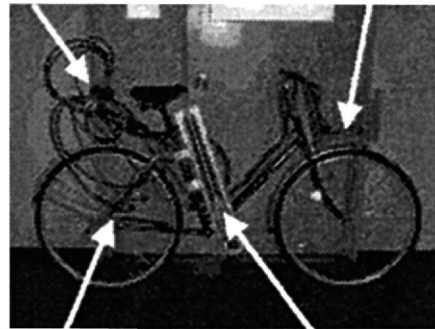


図1 自転車駆動系の空圧構成

の圧縮空気は始動時に用いることによりパワーアシストが行なえる。大きなエネルギー蓄積は困難であるが、例えば赤信号で停止した後に、パワーアシストにより軽く発進できることは計算により既に確認している。

このように、ニューマティックトランスミッションは、比較的簡単に多段の変速とエネルギー回生機能が実現できる。さらに、その切替には機械的な動作が伴わず、ソレノイド弁の切替により実施できるので、コンピュータとのマッチングがよく知的できめ細かい制御側も容易に適用できる。本研究は、ニューマティックトランスミッションの設計と解析法を確立し、自転車駆動系への適用により、その有効性の実証を目的とした。図2に試作したニューマティックトランスミッションを搭載した自転車の試作例を示す。

Solenoid valves H8 Microcomputer



Wheel cylinders Pedal cylinders

図2 試作した駆動自転車

制御系の構成

制御系の構成を図3に示す。駆動車輪側のシリンダには2つの磁気センサをとりつけ、ピストンがシリンダ端に達したことを検出する。また、変速比の設定はロータリースイッチを用いて制御プロセッサに入力する。プロセッサにはH8/3048PICを用いている。

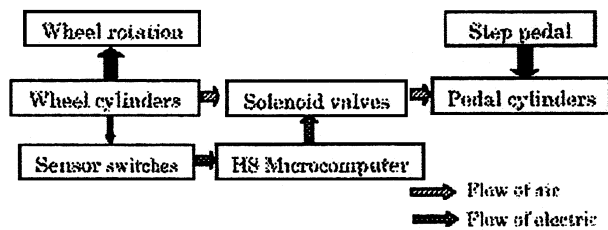


図3 制御系の概略

排圧回収機構

今回伝達効率を上げるために、排圧回収機構とよぶ空圧系を採用した。これは、駆動車輪側シリンダの駆動において排圧をそのまま大気に開放するのではなく、ペダル側シリンダの供給空気として送る方法である。排圧回収機構の採用により、従来の方法に比べて約1.2倍の効率向上が実現できた。

ステップ式ペダルの開発

通常の回転型ペダルを用いると、発生する空気圧に大きな脈動が発生し滑らかな動作の妨げとなる。これを改善するためにステップ型ペダルを開発した。ペダルの動作機構を図4に示す。2つのペダルはチェーンで連結され、片方を踏み込むともう一方のペダルが上がる。

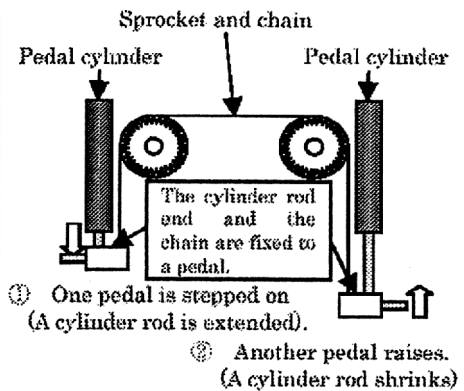


図4 ステップ式ペダル

走行実験

試作した自転車を用いた野外走行実験を行った。実験の結果、人が乗った状態でおおよそ5km/h程度の速度で連続的に走行することができた。また、変速動作も行なえることを確認した。

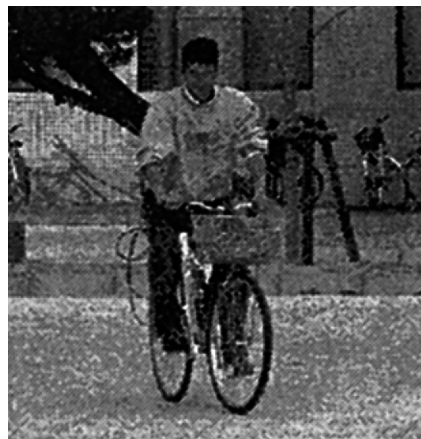


図5 野外走行実験

まとめ

ニューマティックトランスミッションというユニークな機構により、簡単に多段変速機構が実現できることを実証した。エネルギー回生機能の実証実験は現在引き続き進めている。

3. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

鈴森康一 岡山大学工学部 教授
神田岳文 岡山大学工学部 講師

4. 研究実施時期

平成13年6月1日から16年2月29日まで

5. 本研究に関連して発表した主な論文等

- (1) 竹中渉、鈴森康一、自転車用空圧トランスミッションの開発（第1報；試作と走行実験）、ロボティクス・メカトロニクス講演会'02論文集、2P2-H11、(2002-6) ※
- (2) 福本剛之、武田淳吾、鈴森康一、神田岳文、自転車用空圧トランスミッションの開発（第2報 ステップペダルの開発と走行実験）、ロボティクス・メカトロニクス講演会2004、2P1-L1-67、(2004-6) ※

6. 内外における関連研究の状況

類似研究は見当たらない。

7. 今後の発展に対する希望

エネルギー回生機能を実現するとともに、実用化の可能性を具体的に検討したい。