

# 圧縮空気を貯蓄し利用する機能を備えたパワーアシスト自転車の製作

## Development of Assisting Bicycle equipped with Regenerative Energy with Compressed Air

伊藤 奈桃\*, 笹倉 一樹\*, 仙頭 文梨\*, 宮澤 貴大\*, 辰巳 育男\*\*

### 1 背景・目的

現在、日本国内では電動アシスト自転車の利用が増えつつある。実際に経済産業省の調査によると、2014年から2018年にかけて出荷台数が約45万台から約62万台へと増えている<sup>(1)</sup>。普及が拡大する一方で、電動アシスト自転車はいくつかの問題を抱えていると私たちは考えた。バッテリーの劣化や充電の必要性、電気を利用することによる環境への影響といった問題である。そこで私たちは、これらの問題を解決できるような再生可能エネルギーを用いたアシスト自転車の製作を目的とした。

### 2 概要

#### 2.1 圧縮空気

今回の研究では、再生可能エネルギーとして圧縮空気を選択した。圧縮空気はタンクにエネルギーを貯蓄するものでありバッテリーの劣化を解決できるのではないかと考えた。また空気エンジンを用いて動力を得るが、エンジンはコンプレッサとしても使用でき、後述する回生エネルギーシステムと組み合わせることで走行中に圧縮空気を得ることができるのではないかと考えた。

#### 2.2 回生エネルギーシステム

回生エネルギーシステムとは、減速時にエネルギーを回収する技術である。摩擦ブレーキでは減速時にエネルギーが熱や音として消費されてしまう。そこで減速時に本体の動力をモータ、コンプレッサに伝えることで電気や圧縮空気といった有用なエネルギーに変換し、それによりエネルギーを有効活用することができる。実用例としては電車やレーシングカーといったものがある。これによって走行中に圧縮空気を貯蓄でき、充電といった問題の解決につながると考えた。

### 3 各部の製作過程

今回の研究は、主に圧縮空気を利用したアシストシステムの製作と回生エネルギーシステムを利用した圧縮システムの製作に分割される。また空気エンジンをコンプレッサとしても使用するための空気制御システムも必要となる。

#### 3.1 アシストシステム

空気エンジンの軸に直接摩擦車を接続し、摩擦車と後輪の接触により動力の伝達を行うことにした。摩擦車は後輪の曲面に合わせた設計を行い、接触面積が大きくなるようにした。そして設計に合わせた曲面を持つ総形バイトを自作し、旋盤を用いて削りだした。こうして製作した摩擦車を軸に取り付け後輪に接触させ、圧縮空気を送ることでアシストを得ることにした。

#### 3.2 回生エネルギーシステム

まず初めに今回使用した空気エンジンについて説明を行う。今回使用したものをコンプレッサとして使用すると空気の圧縮はできるものの、貯蓄できずに大気の流れってしまった。

そのためコンプレッサとして使用できるように圧縮空気が排出される容器を密閉し管を伸ばす必要があった。そこで私たちは空気エンジンを密閉できる蓋を製作し、隙間にゴムやシール剤を詰めクランプすることでコンプレッサとしての機能を持たせることにした。(図1) 製作したコンプレッサまたクランプ部に使用しているねじには運転中に圧縮空気によって引っ張り荷重が加わる。ねじ部の強度計算は(1)式によって行った<sup>(2)</sup>。



図1

製作したコンプレッサ

$$\sigma = W/A \quad (1)$$

#### 3.3 空気制御システム

今回の研究で用いるコンプレッサはベーンタイプという回転式のものであるが、先ほど述べたように、空気エンジンとコンプレッサの両方で使用しようとする空気の流れを制御する必要がある。図2は機能の両立を可能にした制御システムのものである。

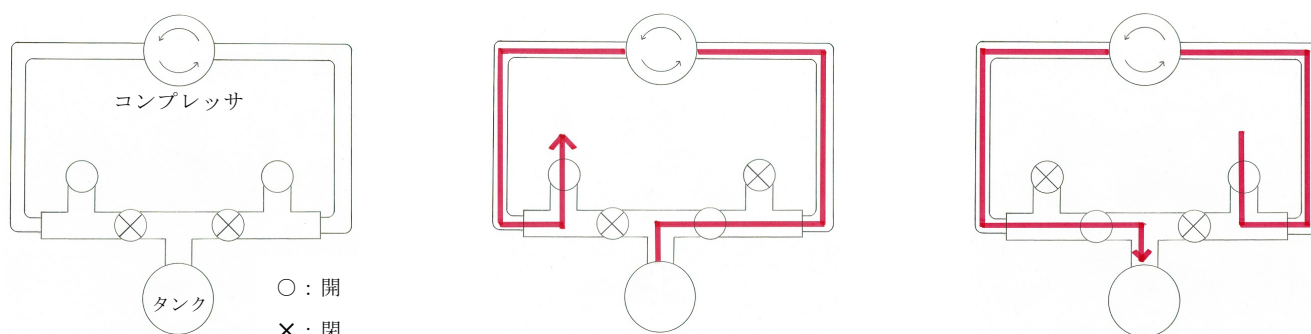


図2 空気制御システム

左から、ニュートラル・アシスト・回生エネルギーシステムとなっている。4つのボール弁によって各機能に合わせた空気の流の実現を可能にした。

#### 4 結果

図3は実際に製作したものである。



図3 製作したアシスト自転車

##### 4.1 アシストシステム

研究メンバーが実際に搭乗したところ、メンバー全員がアシストを得られたと体感した。自転車に負荷をかけずにアシストシステムのみを動かしたところ最大27 km/hという値をスピードメータが示した。また、アシストを実感できたのは平均30秒であった。

##### 4.2 回生エネルギーシステム

実際に走行し貯蓄を行ったところ、コンプレッサに回転を伝えることはできた。しかしエアコンのコンプレッサを流用したため、コンプレッサそのものに気密性の問題があり、タンクまでの管路中に圧縮空気が漏れてしまい十分に貯蓄できなかった。

##### 4.3 空気制御システム

ハンドルに設置した4つのボール弁の操作により3つの状態の制御を行うことができた。

#### 5 考察と展望

実用化に向けて以下の考察を行った。

##### 5.1 アシストシステム

より強いアシストを得るために、トルクを高める必要があると考えた。またアシスト時間の増加も不可欠となる。さらに管路内でのエネルギーの損失の軽減も求められる。そのため、これからの展望としては、貯蓄する圧縮空気の圧力を大きくすることによるトルクの増加、タンクの容量拡大によるアシスト時間の増加、また空気エンジンに送る流量調節により効率的なエネルギーの使用を目指していきたい。

##### 5.2 回生エネルギーシステム

回生エネルギーシステムの向上のためにコンプレッサの気密性を高め、また空気制御用の管路を短くする必要があると考えた。今後は空気エンジンとコンプレッサの2つの機能を満たす専用のコンプレッサの開発や回生エネルギーシステムにおける回生ブレーキの制動力および効率化を行っていきたい。

##### 5.3 空気制御システム

今回、空気制御を行えたためシステムは成功したといえる。改善する点としては制御動作の簡略化といったことがあげられる。一方で、管路が長いことでアシスト・回生エネルギーシステムの両方に問題が発生した。そのため空気制御システムをコンプレッサおよびタンク周辺に集中させることが効率の向上につながるだろう。

#### 参考文献

- (1)経済産業省大臣官房調査統計グループ.  
“経済産業省生産動態統計年報 機械統計編”.  
経済産業省. 2018/5/22 公表. p.348  
[http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/gaiyo/resourceData/03\\_kikai/nenpo/h2dcd2017k.pdf](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/gaiyo/resourceData/03_kikai/nenpo/h2dcd2017k.pdf)  
(accessed 2018/9/16)
- (2)林洋次ほか. “機械設計 1”. 実教出版株式会社.  
2017/1/25 発行. p.82