

## 回生式エアモータ搭載車両の開発 Development of Air Motor with Regenerating System

○伊藤晃<sup>1</sup>, 大原洋貴<sup>1</sup>, 長谷川将大<sup>1</sup>, 吉田幸司<sup>2</sup>

\*Akira Ito<sup>1</sup>, Hiroki Ohara<sup>1</sup>, Masahiro Hasegawa<sup>1</sup>, Koji Yoshida<sup>2</sup>

Abstract: An air motor with regenerating system designed for a bicycle was developed and the purpose of this study is to elucidate the performance of air motor. The beginning of expansion stroke was near to the adiabatic change, however it gradually approached the isothermal change. The maximum cylinder pressure increased as the supply air pressure increased and it was almost equal to the supply air pressure. The output power increased with an increase of supply air pressure, however it decreased as the revolution increased due to friction loss. The air motor can be operated as an ordinary air compressor.

### 1. まえがき

本研究は、回生機構付きエアモータ<sup>[1][2]</sup>が車輛動力源となることを実験的に検証することを目的とする。エアモータは、空気圧縮機サイクルを圧縮空気によって逆作動させ出力を得る機関である。また、減速時に圧縮機として作動させ、制動エネルギーを圧縮空気として回生する。自転車用に設計され、摩擦を低減した給排気バルブを装着したエアモータの特性を測定した。

### 2. 実験装置及び方法

本エアモータは、市販の単気筒往復動式空気圧縮機を改造して作成した。圧縮機の諸元を表 1 に示す。圧縮機の最大吐出圧力が 1.0 [MPa]のため、供給空気圧力は 0.2-1.0 [MPa]とし 0.2 [MPa]毎変化させた。600 [min.<sup>-1</sup>]以下ではピストンリングが有効に作動しないため、また安全のため回転数は 600-1000[-1]とし 100 [min.<sup>-1</sup>]毎変化させた。吸気バルブ開度は、上死点から 30, 60, 90 [deg. ATDC]とし、排気バルブ開度は、下死点から上死点までとした。最大吸排気バルブリフトは 2 または 4 [mm]とした。出力試験では、高压空気をレギュレータを介して一定圧力に制御し供給し、回転数一定の下、供給圧力を変化させた。回生試験では、回転数 700-1500 [min.<sup>-1</sup>]まで 200 [min.<sup>-1</sup>]毎に、吐出圧力を 0.2-1.0 [MPa] 0.2 [MPa]毎に変え、性能及び指圧線図を測定した。

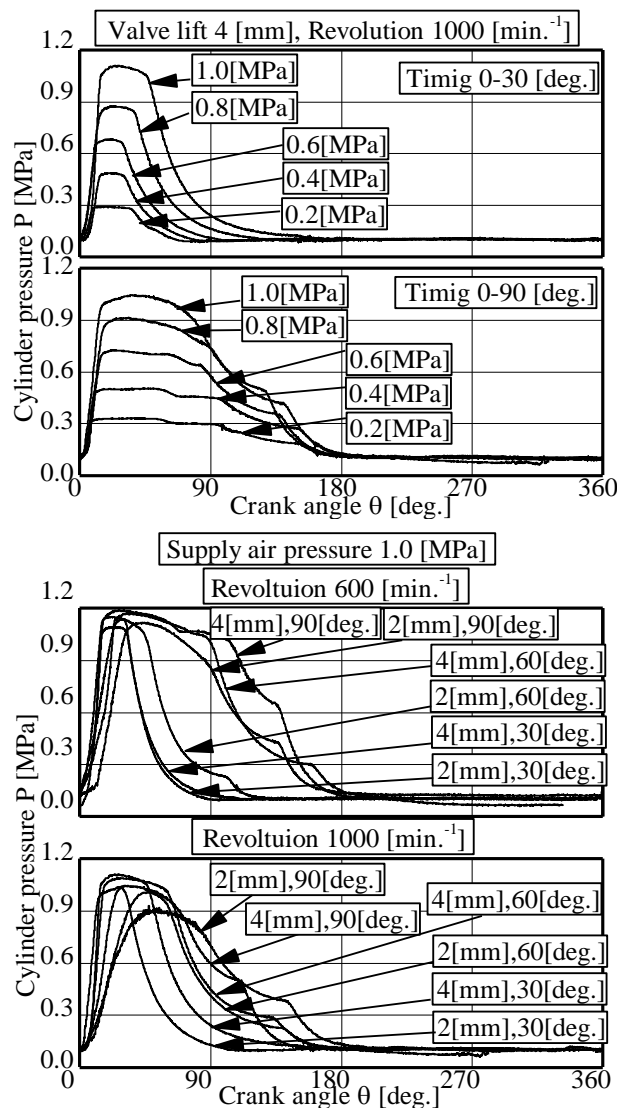
### 3. 実験結果及び考察

図 1 上図にバルブリフト量 4 [mm], 回転数 1000 [min.<sup>-1</sup>]の下で供給圧力を変えた場合、下図に供給圧力

**Table 1** Specifications of air compressor

Bore x Stroke [mm]	50x50
Displacement [cm <sup>3</sup> ]	98.1
Revolution [min. <sup>-1</sup> ]	1540
Maximum discharge pressure [MPa]	1.0
Drive power [kW]	0.75

1.0 [MPa]の下でリフト量, 吸気バルブ開度を変えた指圧線図を示す。各実験条件において、最高シリンダ内圧力が供給圧力に等しいため、供給圧力にて吸気される。また、シリンダ内圧力が急速に上昇し供給圧力に到達し、一定圧力の下で吸気される。上図において吸気バルブ開度が長い場合、供給圧力が増加すると



**Figure 1.** Indicator diagrams of air motor.

吸気期間が短くなる。これは、膨張開始時のシリンダ内圧力が高く、シリンダ内に高压空気が残留しているためである。下図において同一バルブ開度、リフト量において回転数が高い場合に吸気期間が減少する。

図 2 に吸気バルブ開度 90 [deg.], リフト量 4 [mm], 回転数 1000 [min.<sup>-1</sup>] で供給圧力を変えた p-V 線図を示す。仕事は供給圧力の増加に従って増加するが、供給圧力

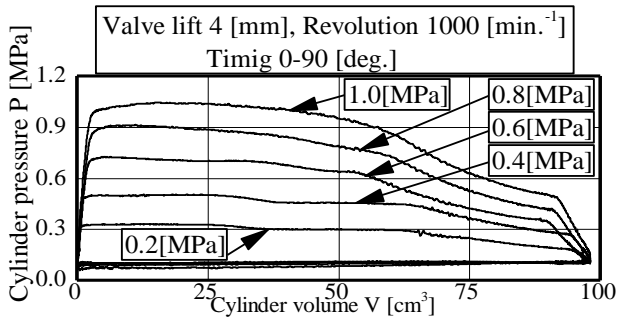


Figure2. P-V diagrams of air motor.

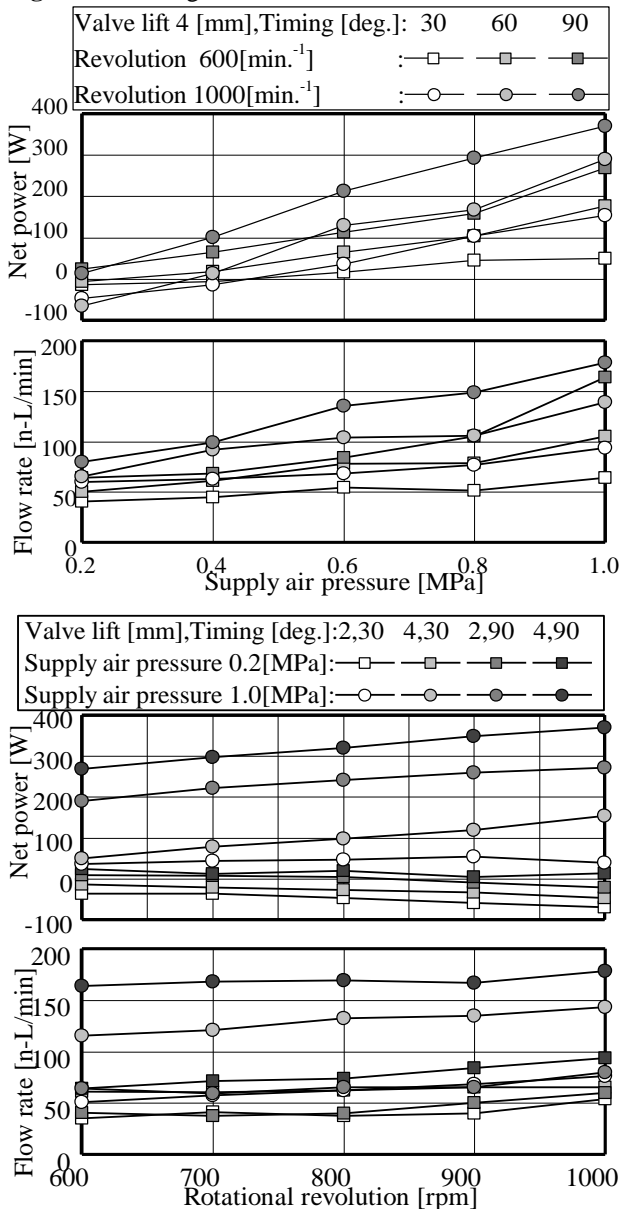


Figure3. Performance of air motor.

の増加に従い膨張終了時のシリンダ内圧力が上昇し、供給空気の損失が増加する。よって、高压空気を有効に利用するには供給圧力が低いことが望ましい。

図 3 に供給圧力と回転数に対する性能を示す。上図にて、出力及び供給空気は供給圧力及び吸気バルブ開度の増加に従い増加する。下図にて、リフト量、吸気バルブ開度が大きい場合に出力は高いが、リフト量が出力に与える影響はバルブ開度に比べ小さい。また、吸気バルブ開度が小さな場合、回転数が増加すると供給空気は増加するが、駆動摩擦の増加によって出力は低下する。よって最大軸出力 380 [W] が得られたが、よりバルブ駆動摩擦の低減が必要である。

図 4 に回生試験結果を示す。回転数と吐出圧力を変えた場合の p-v 線図及び駆動力と流量を回転数に対して示す。すきま容積は不明なため 0 とした。吐出圧力が増加すると圧縮空気の吐出期間は減少し、回転数が増加すると最大吐出圧力が増加し、駆動力が増加する。これらは、一般的な圧縮機の性能であり、本エアモータは圧縮機として作動し、運動エネルギーを回生できる。

#### 4. 結論

エアモータの出力はバルブ開度、リフト量が大きい場合に供給圧力の増加に従い増加する。新しい給排気バルブ装置は有効に作動し、最大出力約 380 [W] を得られたが、よりバルブ駆動摩擦を低減する必要がある。

#### 5. 参考文献

- [1] Tom Ma et al., SAE Paper 2010-01-0822, 2010.
- [2] Asako Sato et al., SAE Paper 2011-32-0615, 2011.

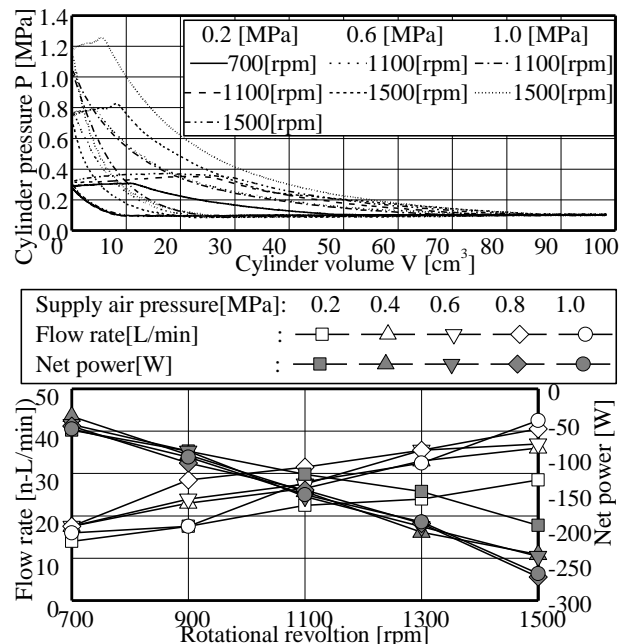


Figure4. Performance of air compressor.