

スターリングエンジンを題材にした設計教育

海上技術安全研究所 平田宏一
(明星大学・東京大学 非常勤講師)

1.はじめに

多くの教育機関において、スターリングエンジンは、機械加工あるいは熱力学（熱機関）の教材として使われている。また、設計計算の演習として使われている事例や設計から製作までを行う「もの作り教育」としての事例もある。これらのほとんどは、図 1(a)に示すような大気圧空気で作動する模型レベルのエンジンである。一方、図 1(b)のような、高圧の作動ガスを用いる高性能スターリングエンジンは、機械工学を学ぶ上で重要な多くの要素部品が使われており、それをうまく利用すれば、機械設計工学を伝えるための有効なツールとなりうる。本報では、そのような観点から、高性能スターリングエンジンを題材とした設計教育について検討する。

2.設計教育について

最近の大学の機械系学科では、機械に関連する基礎的・予備的な知識を持たない学生が増えているように見受けられる。そのような学生はこれから作り上げる

(設計する)機械をイメージしにくいいため、設計計算に主眼を置いた従来通りの設計工学の講義を行っても、十分な知識を習得することは難しいと考えられる。設計工学においては、機械を作り上げる過程に矛盾がないように工学的な観点から考える能力、要素部品の広い知識、そして与えられた演習をこなすだけでなく、自主的に「設計」を進めることが重要であると考えられる。また、機械設計は機械工学の総まとめとしての役割があり、設計工学を伝える教育者の立場から見れば、他の教科の重要性を伝えることも重要であると考えられる。

3.スターリングエンジンと設計教育

図 2 に 100 W 級実験用スターリングエンジン "Ecoboy-SCM81"を示す。このような比較的高い作動ガスを用いるスターリングエンジンでは、機械設計に重要な多くの要素部品が使われている。そして、それらが一つの機械に含まれているため、機械工学の初学者にとっても全体像をイメージしやすい題材であると考えられる。さらに、図 3 に示すように、スターリングエンジンに発電機を取り付けることで、一つの機械システムとして考えることができ、設計教育の範囲はさらに広がると考えられる。

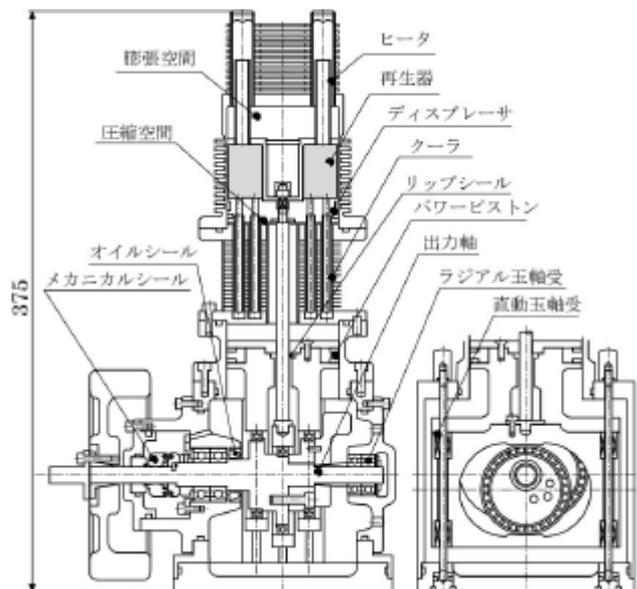
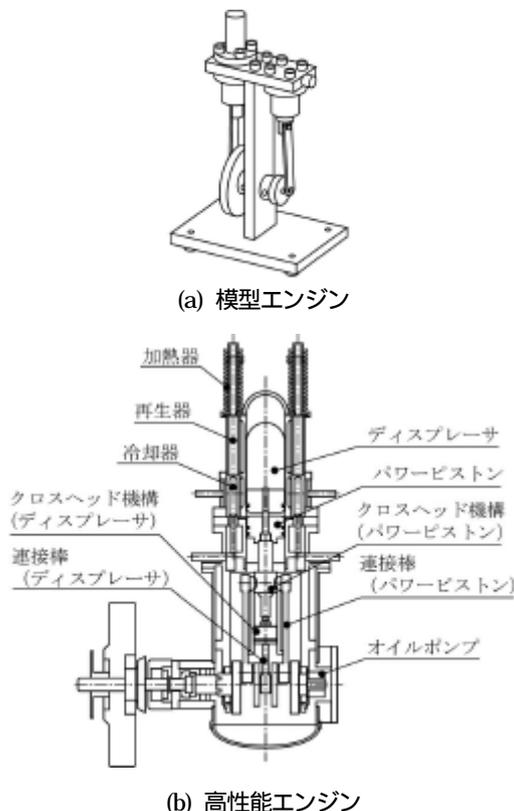


図 2 100 W 級スターリングエンジン "Ecoboy-SCM81"

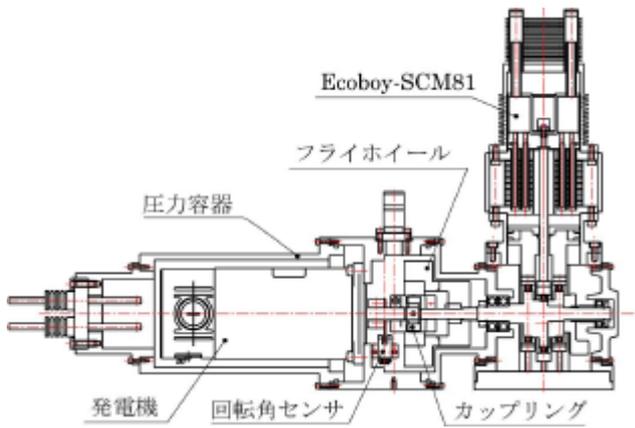


図3 スターリングエンジン発電機

3.1 スターリングエンジンで学べる設計工学の内容

以下、スターリングエンジンを設計教育の題材とすることで学ぶことができる内容をまとめる。

(1) 強度計算

スターリングエンジンはほとんどの部品が強度部材であり、強度設計を学ぶことは容易である。また、一般に、スターリングエンジンの強度計算は、作動ガスの最高圧力がベースとなり、ガス圧力を求めるための熱力学の重要性を伝えることもできる。

(2) ねじ

スターリングエンジンでは、圧力により引張荷重を受けるねじが多い。そのため、ねじの強度や選択方法についての講義がしやすい。また、止めねじや配管用ねじ等の特殊なねじを使うこともあり、設計教材に適していると考えられる。

(3) 機構設計，回転体の力学

ピストン駆動機構に代表される機構設計やあらゆる回転機械の設計に必要とされるトルクと強度の知識を習得できる。さらに、トルク変動やフライホイールによる平滑化についても学ぶことができる。

(4) 軸と軸受

軸や軸受について学ぶことができる。また、回転体を軸に固定する方法等についての知識が得られる。

(5) シール装置

スターリングエンジンには多くのシール装置が使われているのが特徴である。静的シールとしてはOリングやガスケット，動的シールとしてはピストンリング，

リップシール，オイルシール，メカニカルシール等である。また，作動空間内のシールには，原則として無潤滑シールが必要とされ，要求される性能が厳しく，スターリングエンジンのシール機構の知識は他の機械の設計に応用できる。

(6) 動力伝達機構

図2に示すような発電システムを考えることで，発電機やカップリング等の動力伝達についての知識が得られる。

(7) システム設計

エンジン単体を考えても，エネルギーバランスや効率の重要性を学ぶことができる。さらに，自動車や船舶への利用を考えれば，機械システムとしての設計教育も可能である。

(8) その他

その他の項目として，振動系の設計や伝熱（熱交換器）の設計等，より詳細な設計教育にも利用できる。さらに，圧力容器構造規格等の実践的な設計方法を伝えることもできる。

3.2 スターリングエンジンで学ぶことが難しい内容

一方，スターリングエンジンだけで機械設計の全てを伝えられるわけではない。現状のスターリングエンジンからは学ぶことが難しい内容として，ロボット工学，メカトロニクス，人間工学等があげられる。さらに，特殊な例を除いて，歯車や複合材料について学ぶことも難しい。

4.まとめ

以上のように，スターリングエンジンを題材とすることで，多くの「機械設計」を伝えることができると考えられる。すなわち，スターリングエンジンを学ぶことは，その他の機械の設計にも利用でき，教育効果は極めて大きいと考えられる。また，民生レベルでの普及に至っていないスターリングエンジンは，完成された形式を持たず，設計方法がマニュアル化されていない。そのため，設計教材として扱いにくいことは確かであるが，逆に言えば，独自のアイデアを活かす設計教育を行うことで創造性を養うことにもなると考えられる。