

内燃機関の実感をともなう導入教育効果に関する検討*

— ミニエンジンを用いた体験型教育 —

近藤 克哉¹⁾ 吉田 勝哉²⁾ 北原 成倫³⁾ 鈴木 真人⁴⁾

A Study on the Effect of Introductory Education with a Real Feeling of Internal Combustion Engine - Experience-Based Education Using Mini Engine -

Katsuya Kondou¹⁾ katsuya Yoshida²⁾ Masanori Kitahara³⁾ Makoto Suzuki⁴⁾

Recently, the need of the education improvement has been attracting attention as the number of students lacking motivation to study and problem of declining academic ability has increased. Most of the students enrolled in our college have a great interest in automobiles and motorcycles, but lacks the experience in actual doing maintenance on their own. Engines are an attractive keyword for those who learn automobile maintenance. The gasoline engine overhaul training is carried out during the first term of first grade, however lecture on gasoline engine structure is given in the second term. Immediately after enrolled, students practiced overhauling a 1500cc 4-cylinder engine, the work was fun but there was a problem that they could not understand the basics of on engine system. Therefore, we examined how to improve the quality of engine system education by introducing experience-based education with a real feeling using mini engine with simple to understand students.

KEY WORDS: Common infrastructure, Engineering education, Introductory education, Internal combustion engine (F2)

1. まえがき

▲近年、学力低下の問題や学修意欲に欠ける学生が増加するなど教育改善の必要性が注目されている。⁽¹⁾⁽²⁾ 本学に入学する学生の多くは自動車やバイクに大きな関心を持っているが、実際に種々の機械類を自分の手で取り扱った経験は少ない。自動車整備技術を学ぶ彼らにとってエンジンは魅力的なキーワードである。本学において、1年次前期の実習ではガソリン・エンジンの分解組立があるものの、関連する講義では基礎自動車工学のみ開講され、本格的なガソリン・エンジンの講義は後期の開講となる。そのため、入学後まもなく1500cc 4気筒エンジンの分解組立実習を行った場合、作業は楽しいが根本的なエンジンシステムの理解が乏しい等の問題がある。

そこで、事前に構造が比較的簡単なミニエンジンを活用した実感をともなう導入教育を実施し、アンケート調査にて効果の確認を行い、エンジンシステム教育の質向上を検討した。

2. ミニエンジンの諸元

教材にHONDA GX120を用いた。図1に緒元⁽³⁾を示す。選定理由は、構造がシンプルなことに加えて、分解した状態でインレット及びエキゾースト・バルブやピストン位置が手動で容易に動かすことができるため、エンジンのしくみと4サイクルの各行程の作動が実感的に確認できることである。

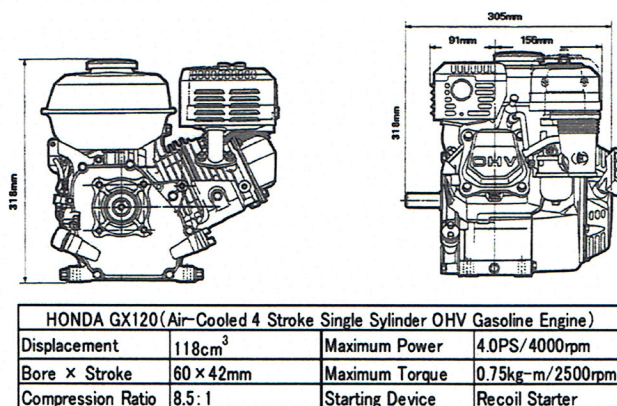


Fig.1 Specifications of HONDA GX120

3. 教育内容と学修成果

1年次前期の実習概要とスケジュールを図2に示す。基本的に水～金曜日の午後3限と4限に実施する。学生たちは6グループに分かれて、電装システムI → 燃料システムI → エンジンシステムI → 走行制動装置I → 基礎自動車 → 動力伝達装置Iの順番で各テーマを18時間(1日3時間ずつ6日間)で完結しながらローテーションするステップ教育である。今回は、燃料システムIの初日3時間を利用して、図3のようにミニエンジンをシリンダ・ヘッドまで分解した後、4サイクルの各行程の作動や混合気形成の原理など内燃機関の

*2022年1月 日受理

1)・2)・3)・4)新潟工業短期大学(950-2076 新潟市西区上新栄町5-13-7)

実感をともなう導入教育を実施し、燃料システムⅠとエンジンシステムⅠを合わせた学修成果を確認することで、エンジンシステム教育の質向上を検討した。

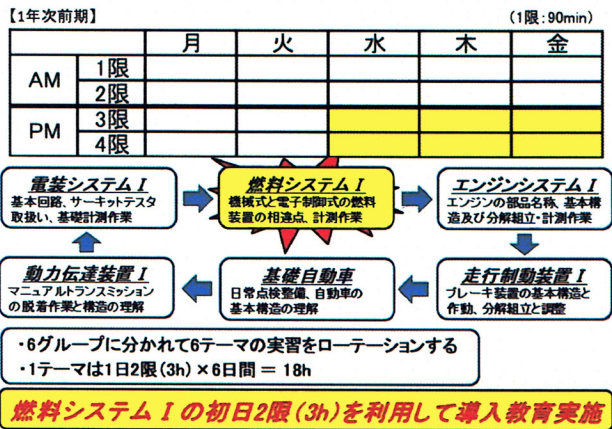


Fig.2 Training outline and schedule for the first term of first grade

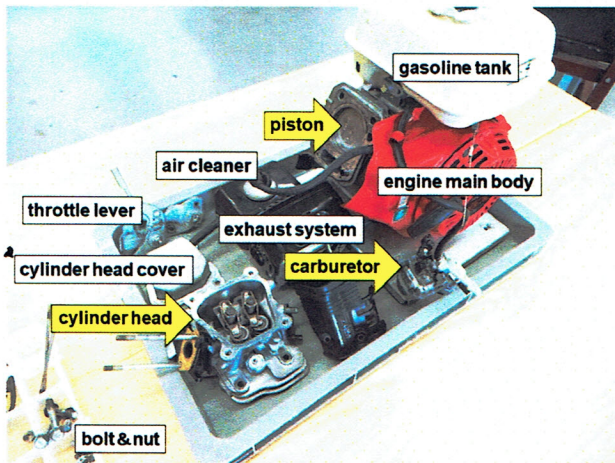


Fig.3 Mini engine disassembled to the cylinder head

3.1 4サイクルの各行程における実感的な作動確認

シリンダ・ヘッドまで分解した後、黒板に表記した『吸入』『圧縮』『燃焼』『排気』の各行程の作動を説明し、学生たちが実際に実物を手に取って実感的に作動確認を行った。図4に実際に使用した黒板を示す。

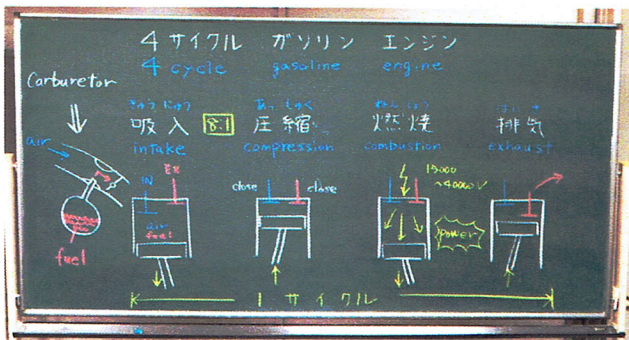


Fig.4 Explanation of 4-cycles using the blackboard

(1) 吸入行程では、学生たちはインレット・バルブを指で押し開き、リコイル・スタータを回しピストンを上死点から下死点まで移動させる。下死点時に、ポアとストロークの容積を指でなぞることで、この容積が吸入空気量(排気量)であることを主体的に実感することができた。

(2) 圧縮行程では、インレット・バルブとエキゾースト・バルブから手を離してバルブが閉じた状態にし、リコイル・スタータでピストンを下死点から上死点へ移動させ、シリンダ・ヘッド端面まで上昇させる。先ほど自分の指で触れた容積(排気量)がシリンダ・ヘッドのくぼみ(燃焼室)の大きさまで圧縮されることを理解し、圧縮比のイメージを作ることができた。

(3) 燃焼行程では、スパーク・プラグに15,000~40,000Vの電圧が印加され火炎伝播しながらシリンダ内壁へ向け混合気が燃焼し、ピストンが下死点へ移動する。実際の燃焼現象を確認することは難しいが、本学で撮影した高速度カメラを用いた定容燃焼実験⁽⁴⁾の動画データ視聴が効果的である。

図5に定容燃焼実験装置を示す。定容燃焼器はアルミニウム製で燃焼空間は内径100mm、厚さ30mm(容積235cm³)で、両端面には厚さ30mmの石英ガラスを用い、点光源発生装置からの光を通し内部全域を透視することができる。

定容燃焼器内に空気と可燃ガスの予混合気を導入した後、スパーク・プラグで点火して火炎伝播の様子について高速度カメラを用いたシュリーレン撮影法にて可視化し観察した。

図6に定容燃焼実験の高速度カメラ映像の一例を示す。点火後、スパーク・プラグ近傍に火炎核が形成され、火炎の乱れが殆ど無い状態でシリンダ内壁へ向け火炎伝播している様子が確認でき、シリンダ内の燃焼イメージを得ることができた。

(4) 排気行程では、シリンダ・ヘッドのエキゾースト・バルブを手で押し開き、リコイル・スタータでピストン位置をシリンダ・ヘッド端面まで移動し、燃焼後の排気ガスを排出する行程を理解することができた。

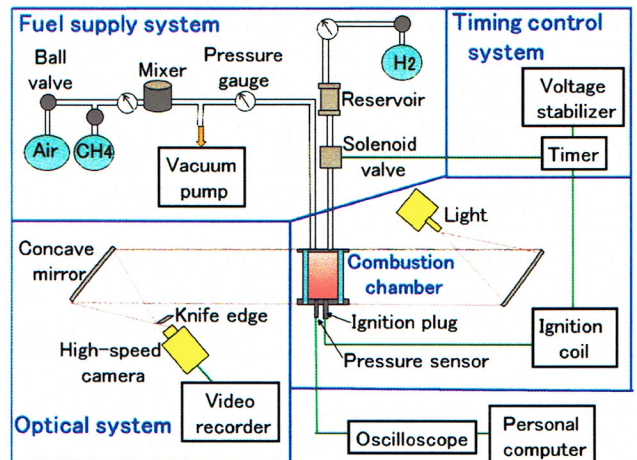


Fig.5 Constant volume combustion apparatus

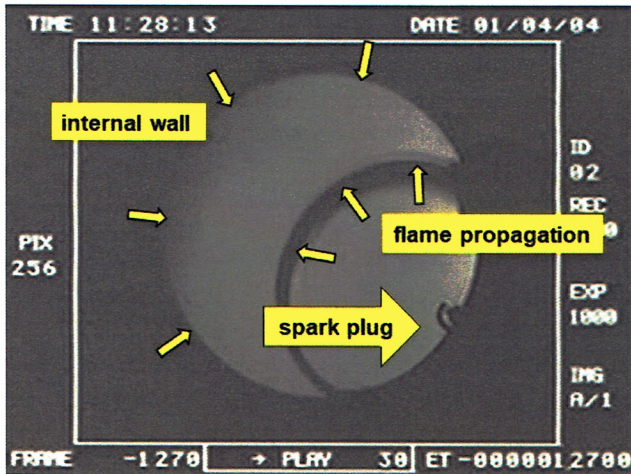


Fig.6 An example of high-speed camera image of a constant volume combustion experiment

3.2 吸入負圧の実感体験

入学直後の学生にとって、吸入行程でシリンダ内部に混合気が導入される際、混合気が吸い込まれるのか、又は、押し込まれるのか理解することは困難である。そこで、図7のように、ピストンを上死点にセットし、手のひらでボア部を覆った後、リコイル・スタータを引いてピストンを下降させると、手のひらに吸入負圧を実感することができる。この実感体験を得ることで混合気が吸入負圧によりシリンダ内に導入されることが理解できた。

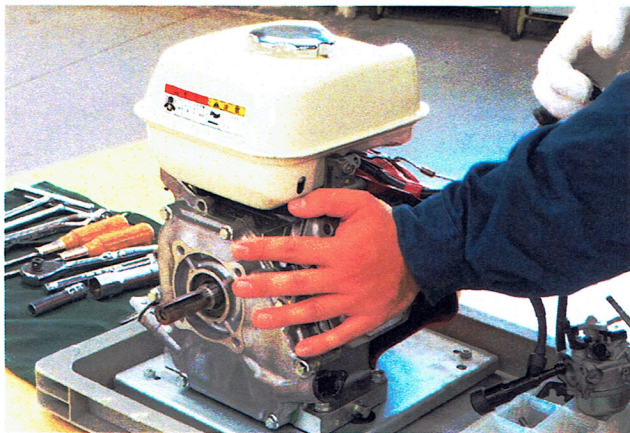


Fig.7 Experience with real feeling of intake negative pressure

3.3 混合気形成の原理（ベルヌーイの定理）の実感体験

エンジンの吸入行程では空気のみ吸入されるのではなく、混合気が形成されインレット・バルブを経由してシリンダ内部に導入される。学生たちは、キャブレター式を用いたエンジンについても、インジェクション式と同様に燃料噴射されると予想するが、実際は吸入空気によりガソリンが吸い出されている。これはベルヌーイの定理を応用した原理である。この理論を説明した後、図8のように、実際にメイン・ノズル近傍にストローで息を吹きかけ流速を上昇させることで圧

力が下がり、フロート・チャンバ内のガソリンがメイン・ノズルから吸い出され、混合気が形成されることが実感できる。

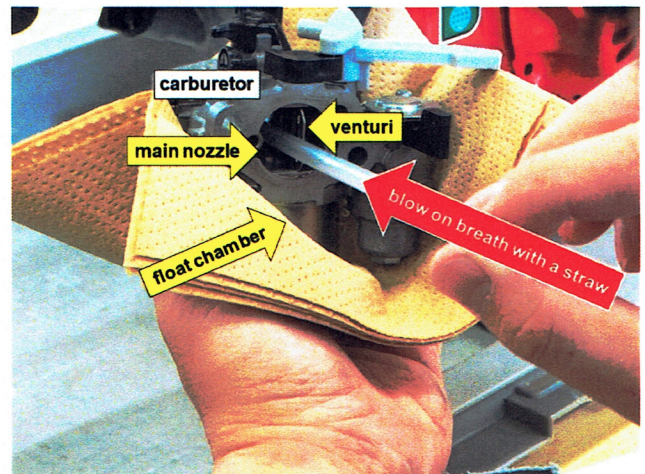


Fig.8 Experience with real feeling of the air-fuel mixture formation

3.4 クランク機構の確認とエンジン始動体験

一般的なレシプロ・エンジンはピストンの往復運動をクランク機構で回転運動に変換する。ミニエンジンのピストンとクランク・シャフトまで分解して確認できれば良いが、時間的な制約のため難しい。今回は同型エンジンのカット・モデルを作成し、往復運動を回転運動に変換するクランク機構を目視で確認できるように工夫した。図9にカット・モデルを示す。さらに、復元時において、シリンダ・ヘッド組付後（シリンダ・ヘッド・カバー未装着時）にスパーク・プラグを取り外し、ピストン・ヘッドが目視できる状態にしたうえで、リコイル・スタータを引き、ピストンの動きと各バルブの作動タイミングを確認し、総合的に理解を深めることができた。

最後に、自分で分解組立を行ったエンジンを始動確認することで、達成感や今後の実習における好奇心を醸成することができた。

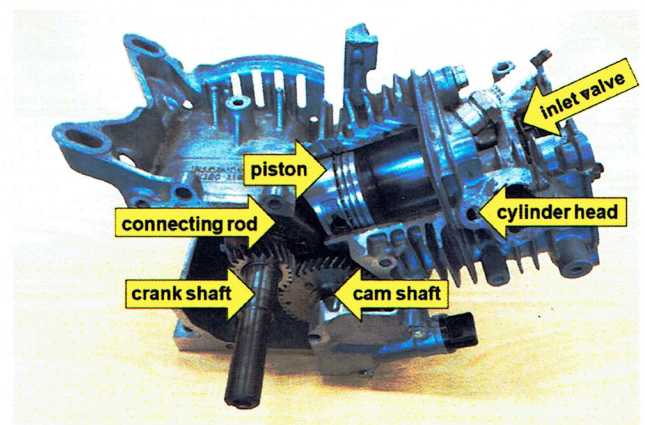


Fig.9 The cut model of mini engine

4. アンケート結果及び考察

エンジンシステム I で実施する 4 気筒エンジン分解組立実習の理解を深めるために、前段として燃料システム I では構造が比較的簡単なミニエンジンを活用した実感をともなう導入教育を実施しエンジンシステム教育の質向上を目指した。

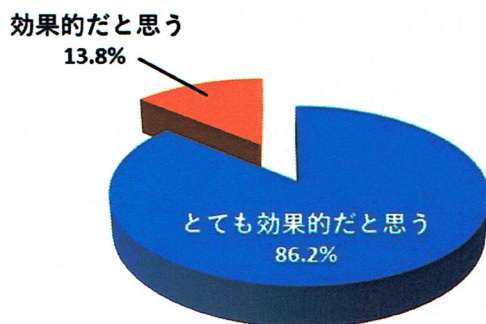
そこで、エンジンシステム I 実習終了後、導入教育について効果を確認するためアンケート調査を実施した。また、本学では、各実習テーマ終了時に授業評価アンケートを実施しているが、導入教育のアンケートは別紙にて調査し、回答は、5 が最も良い評価とした 5 段階で得た。

このアンケートによる全体評価については、「全体的にミニエンジンを利用した実習は効果的でしたか？」の項目で、図 10 に示すとおり、86.2% がとても効果的だと思う、13.8% が効果的だと思うと回答し、導入教育の効果が得られる結果となった。

また、アンケートでは次のようなコメントの回答があった。

- (1) 吸入・圧縮・燃焼・排気各行程の作動について良く理解することができた。
- (2) ピストンが下降することで、とても強い吸入負圧が得られることに驚いた。
- (3) 燃焼行程のみエンジンの出力が発生していることが理解できた。
- (4) ストローを使った実験により、空気の流れでガソリンが吸い出されることが理解できた。
- (5) 混合気がスパーク・プラグで点火され、火炎伝播していく様子を見ることができて良かった。
- (6) ピストンが往復するとクランク・シャフトが回転する様子が良く分かった。

構造が比較的簡単なミニエンジンの分解組立及び始動を通じて 4 サイクルエンジンのしくみを理解し、興味・意欲を喚起する効果があった。このような導入教育は学生の興味関心や教育の質を向上させる効果があり、実感をともなう知識の確認が可能である。



問 15 全体的にミニエンジンを利用した実習は効果的でしたか

Fig.10 Questionnaire results of overall evaluation

5. 今後の取り組み

近年、オープンエデュケーションが注目されている。オープンな教育リソースは、インターネットを通じて無償で入手可能な教育教材（講義ビデオ、電子教科書、学習コンテンツ等）、教育ソフトウェア、学習コミュニティサイトが含まれる。

オープンエデュケーションは、これらの教育リソースを知識基盤社会にふさわしい高等教育と高度な人材育成の実現を目指し、広く学外に公開・提供することにより、講義・実習教材等としての利用や自主学习ツールとしての活用を促すものである。本学においても、ホームページにオープンエデュケーションサイトを用意している。

今回のミニエンジンを活用した導入教育において、図 11 のように分解組立方法の一部を動画に収録して掲載した⁶⁾。

次年度は、燃料システム I の実習受講前に、対象学生に告知と事前閲覧を促すことで、オープンエデュケーションを効果的に導入したい。



Fig.11 The thumbnail of open education contents

参考文献

- (1) 大黒正敏ほか：機械工学導入教育としてのエンジン解剖とその教育効果,工学教育 Vol49-4,pp.19-23,2001
- (2) 石川正昭：エンジンを教材とした教育の一方,工学教育 Vol53-2,pp.43-48,2005
- (3) 本田技研工業株式会社：HONDA GX120 サービスマニュアル,2000
- (4) 近藤克哉ほか：定容燃焼器による燃焼現象の観察,全国自動車短大協会 自動車整備技術に関する研究報告誌第 30号, pp.32-37, 2001
- (5) 新潟工業短期大学：オープンエデュケーション <https://www.youtube.com/watch?v=2Wv80GApLrk> (参照 2021.12.26)