

# スターリング・エンジンを用いた2輪車の試作

可知 陽之郎<sup>1)</sup> 森 光弘<sup>2)</sup> 遠山 壽<sup>3)</sup>

## Trial Manufacture of Two-Wheeled Vehicle with Stirling Engine

Youshirou Kachi Mitsuhiko Mori Hisashi Toyama

This paper describes an outline of a two-wheeled vehicle with stirling engine. Its trial manufacture is based on the previous activities on stirling engine, but the two-wheeled vehicle is a new subject. In the paper, the contents of the trial manufacture and the participation on 15<sup>th</sup> Stirling Engine Techno-Rally held in 2011 are mentioned.

Key Words: Stirling Engine, Two-Wheeled Vehicle, Trial Manufacture

### 1. はじめに

本学の研究の一つでもあった“スターリング・エンジン”を使った搭載車両を自作し、埼玉県南埼玉郡に所在する日本工業大学で行われるスターリングテクノラリーに参加し、その成果を競ってきた。本学は1997年第1回大会以来、毎年参加してきた。スターリングテクノラリーは、アイデアを生かした“ものづくり”として魅力を失わない大会をスローガンに、今回で15回目(2011年)となる。沖縄から北海道までの工業高校、高等専門学校、職業訓練短期大学校、大学、一般と年々参加台数が増加してきた。

今回参加した種目は、6クラスのある内の人間乗車クラスで、このクラスでは3輪、4輪が一般的で2輪は少ない。2輪は、搭載するエンジンの大きさ、形によって車両のバランスが難しい。それよりもスターリング・エンジンは出力応答性も悪く、速やかに回転域を変動させることは苦手で、軽量コンパクトに作れば出力不足も否めない。故に2輪でまともに走行出来る車両が無かった。本稿ではV形4気筒β型スターリング・エンジンのバイク(以下スターリング・バイクと称す)を製作し、第14回大会、第15回大会と走行出来るまでチャレンジした概要について述べる。

### 2. 試作車の概要

今回試作したスターリング・バイクの諸元を表1に、その外観を図1に示す。

表1 試作車諸元

エンジンの形式	β形 V4気筒
ディスプレイサ	ボア×ストローク φ84×45
パワーピストン	ボア×ストローク φ84×35
位相差	75°
作動ガス	空気, ヘリウム
加熱源	ガスバーナー
最高回転数	276rpm
ホイールベース	1710mm
全長	2120mm
全高	90mm
車両重量	55kg
フレーム材質	SS400, SCM

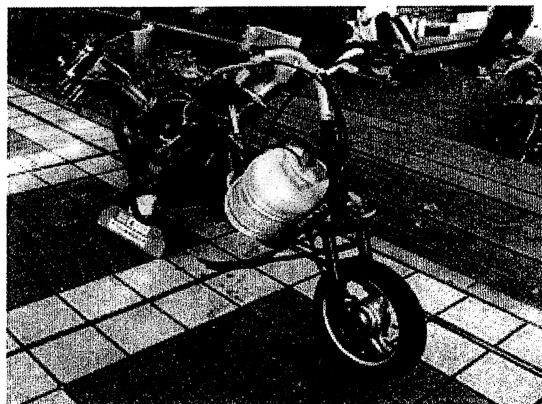


図1 V4スターリング・バイク

\*2012年8月7日受理

\*第44回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1)・2)・3)中日本自動車短期大学(505-0077 岐阜県加茂郡坂祝町深萱1301)

## 2.1 エンジンの外観

本学はこの大会の人間乗車クラスにおいて、過去7回の優勝を収めてきた。それは本学で長年スターリング・エンジンの研究に取り組んできた、故遠山先生の努力の賜物である。その前大会でも優勝した、図2に示すオールハンドメイドのV形6気筒 $\beta$ 型スターリング・エンジン搭載車のエンジンを基本ベースに、V4 $\beta$ 型スターリング・エンジンを製作した。当初は、馬力も耐久性も実績のあるこのV6エンジンに、改良を施し製作しようと考えていたが、どうしてもV6では、バイクの車体が縦では長く横では広くなってしまい、2輪としてはバランスが取りづらい物になってしまう。そこで、二気筒減らしコンパクト化を図り4気筒で低下した出力分は車体の軽量化で補えるだろうとの予測で、新型のV4 $\beta$ 型スターリング・エンジンを製作した。その外観を図3に示す。

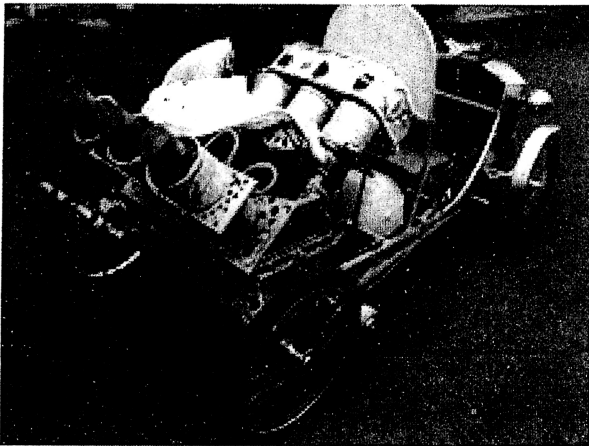


図2 V6 $\beta$ 型スターリング・エンジン搭載車

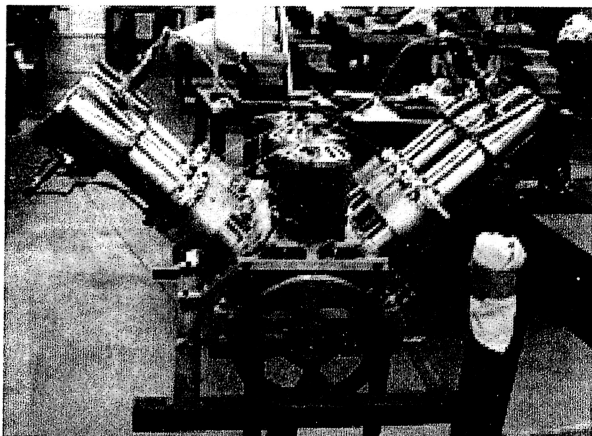


図3 新型V4 $\beta$ 型スターリング・エンジン

## 2.2 シヤシ本体の製作

シヤシ本体は、通常のバイクと異なり、エンジンがV型で加熱器があるために横に大きくなり、重くなるのでバランスがとりにくい。また作動ガスとしてヘリウムのガスボンベと冷却用ラジエターの搭載も考慮せねばならず、何処にエンジンをマウントするかで、大きく形状が変化する。そこでエンジンの特性、構造からして最適と考えたのは、座席のすぐ後ろ側に配置する形とした。V形のため運転中に横倒しになり易いため、路面に接触しないように車高を低くし、運転者の足着き性が良いように設計した。図4に示すように、原付バイクと自転車を分解して適宜使えるようなパーツを選択し、そこにSS400 スチールパイプでベースを作った。軽量化のためアルミで組み上げる方法もあるが、下手にアルミで仕上げるより、鋼材で仕立てる方が軽量でシンプルに作る事が可能と判断した。

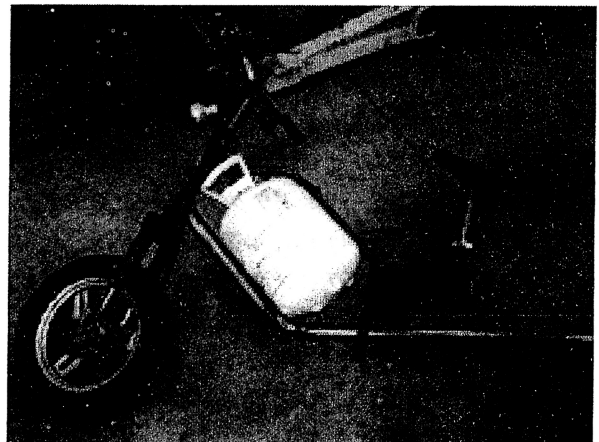


図4 各部パーツ

また、エンジン自体がフレームの役割を果たすようにエンジンをマウントし、軽量化と低重心に貢献する、このマウント・ポジションも重要で、図5に示すように取り付け面は常盤を使い、水平度合いに気を使いながら溶接していく。車両全体が2120mmと長くなったが図6のように、徐々にスターリング・バイクの形になってきた。

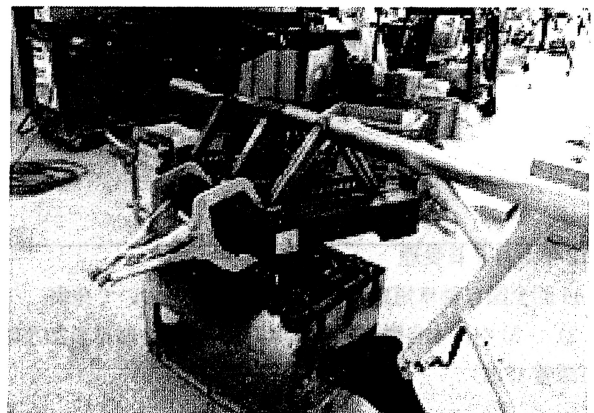


図5 常盤を使い水平度に気をつけ溶接

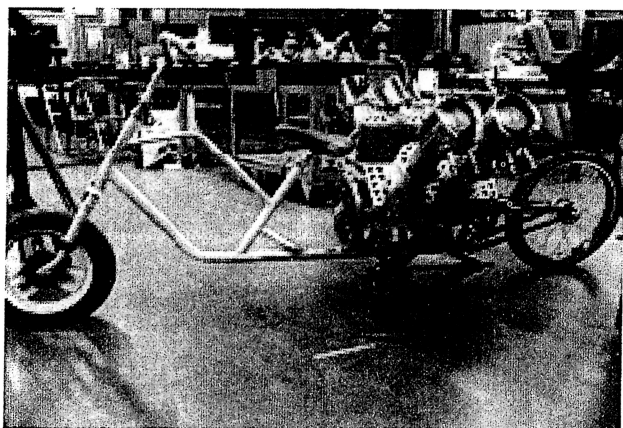


図6 エンジン自体がフレームの役割を果たすとともに低重心化

### 2.3 駆動方法

製作したエンジンのクランク・シャフトは、アルミ製でガソリン・エンジンのような強度は無く、片側のクランク軸からは出力は取り出せない。よって、図7に示す軸の両側からチェーンを介して動力駆動軸を回転させ、その先端に摩擦車を取り付けられる仕組みとした。したがって、このスターリング・バイクの駆動は、運転用ハンドルの左側をクラッチとして利用している。握り部分を離した時にワイヤーが緩み、図8に示すイドラ車がスプリングによって引き上げられる。イドラ車は、摩擦車と後輪のタイヤに同時接触し駆動が行われる。駆動後は、クラッチを離したままでスプリングの力によって駆動が維持できる。



図7 動力駆動軸

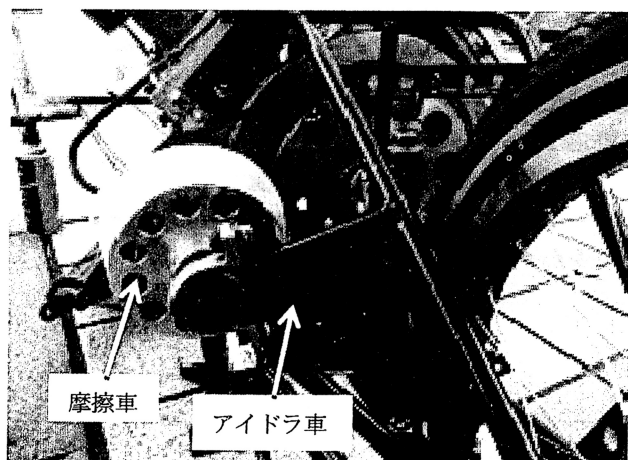


図8 駆動方法

### 2.4 冷却系統

第14回大会時の冷却装置には、図9に示す500C用バイクのラジエータにパソコン用冷却ファンを取り付け、スクータ用12Vバッテリーで駆動させ、ウォーター・ポンプには、お風呂用の残り湯汲み上げポンプを同じく12Vバッテリーで駆動させ冷却水を循環させる仕組みになっていた。

しかし第15回大会には、前回の出力不足解消のため冷却系統の見直しで、図10に示すように、ラジエータを2500C用バイクの物に変え容量をアップした。冷却ファンは出来るだけエンジンの動力源だけでまかないたい思いもあり、動力駆動軸にプーリーを取り付け、電動ファンのモーターのローター部分を改造しベルト駆動でファンを回し冷却を行えるよう変更、ウォーター・ポンプは灯油汲み上げ用の物に変更し、電源はエネルーブ乾電池、単三型1.2Vを6本、2本ずつ3組並列2.4Vで駆動させ軽量化スリム化を図る。

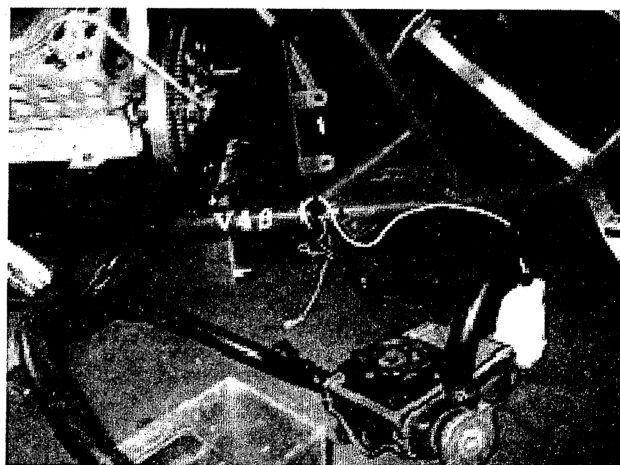


図9 ラジエータにパソコン用冷却ファン

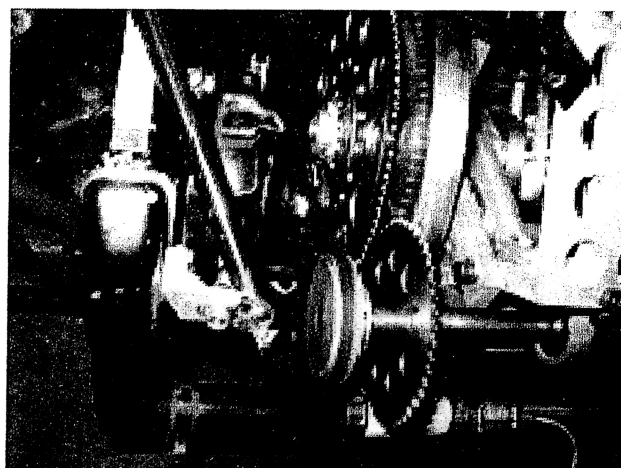


図10 ラジエータ大型化にベルト駆動ファン

### 2.5 作動ガス供給装置

図11に示すように、バイク中央部に搭載している作動ガス用のヘリウムガスボンベからチューブにより圧力レギュレータを介して、運転用ハンドルの右側にプッシュ式弁(図12に示す)により適宜シリンダ内にヘリウムガスを供給できる仕組みになっている。

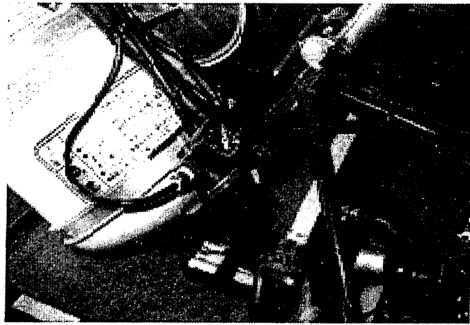


図11 圧力レギュレータ

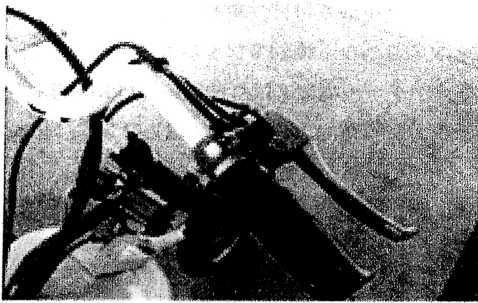


図12 プッシュ式弁

## 2.6 加熱器

第14回大会時に使った加熱器の上部は、図13に示すように、被いがなくバーナーのトーチも固定が不十分で、熱が逃げてしまったことで出力低下を招いていたと考えられた。そこで図14に示すように、ステンレス・ボールを被せるようにステーを作りトーチも同時にそれに固定出来るように作った。また加熱部と冷却部の中間層（再生器）に当たる部分にも何の配慮もしてなかったが、ここにバンテージを巻きつけ保護した。この部分は熱膨張と冷却収縮の熱交換部となるため保温加減が重要と考えられる。これらを施した事により熱交換効率が良くなったと考えられ、前述した冷却装置の改善とあいまって人が乗車しても車体を前に押し出そうとするほどにまでなった。

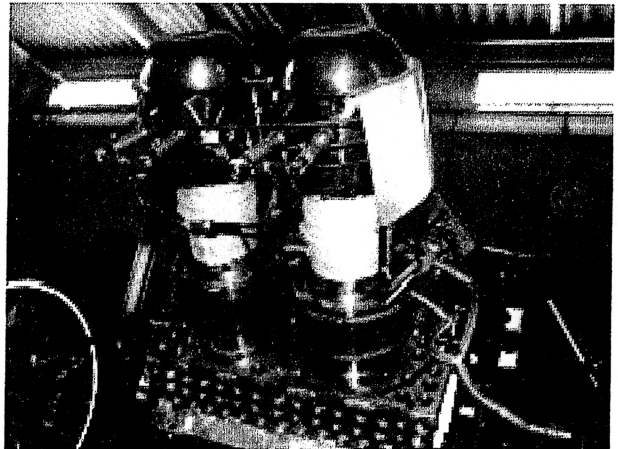


図14 改良後の加熱器

## 2.7 ギヤ比の変更

出力側のクランク軸ギヤ数は100丁で変更せず、動力駆動軸側に付くギヤ数を前回の40丁から48丁に交換し、減速比0.4から0.48と減速側にギヤ比の見直し駆動力を稼ぐ。

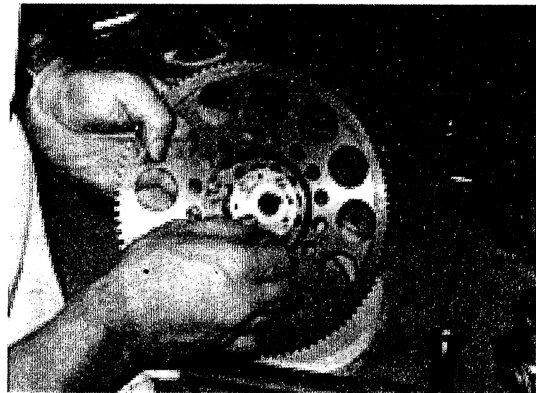


図15 ギヤ比の見直し

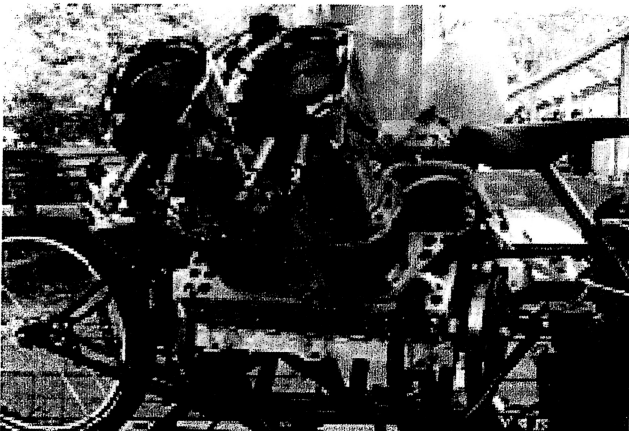


図13 第14回大会時の加熱器

## 2.8 エンジン・オーバーホール

前回は出来上がったままの状態のエンジンで競技に臨んだが、今回はオーバーホール時に各ディスプレイサとパワーピストンのストロークのバラつき調整（図16に示す）、ディスプレイサの加熱器との当たり面を#2000番のサンドペーパーを掛け調整をした。

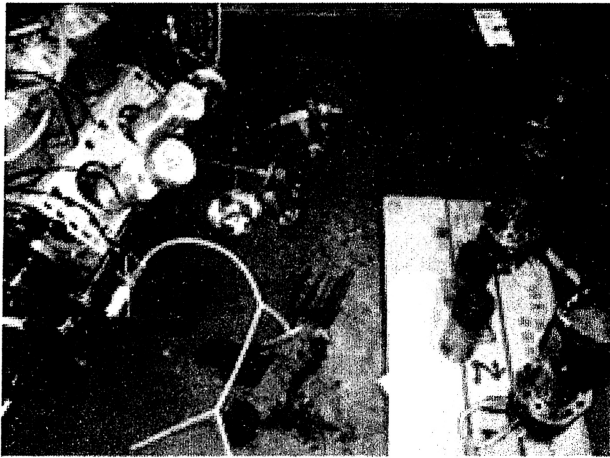


図16 ストローク調整, 当たり面調整

### 3. 今大会 (15回) の概要と結果

人間乗車クラスは、2輪、3輪、4輪可能で四角形のコース(1周63m)を60分間走行し、走行距離を競う。第14回大会のこのクラスには9台のエントリーがあったが、今大会では3台エントリーとなった。

競技結果は以下のようになった。

チーム名	走行時間	周回数
1 ジェット ソルト (4輪車) 千葉職業能力開発短期大学校	34分4秒25	54周
2 V4βスターリング・バイク 中日本自動車短期大学	8分9秒85	18周
3 MSE-1 (4輪車) ものづくり大学	46秒65	0周

結果からすると3台中2位で、前回大会のV6エンジン車の60分間走りきり203周回には遠く及ばない成績だった。しかし、前回大会も2輪車が我がチームのみで、スタート前から注目されていた。だが、大会直前まで製作を続け、各機構の調整もセッティングも出来ていない状態であったので、エンジンは稼動したが走行が出来るまでには及ばなかった。

前回の反省を踏まえ改良を加えたことにより、しっかりと走行することが出来るようになり、スピードに関しても他を圧倒する速さで走ることが出来たのが何よりの成果だった。一方、8分9秒85でエンジンが止まってしまった原因については今後、原因を究明し改良を加えていかなければならない課題となった。

### 4. あとがき

試作したスターリング・バイクは、遠山先生がエンジン部分、私がシャシ部分を担当したが、昨年10月に遠山先生が体調を崩され、そのまま帰らぬ人となってしまった。11月の大会目前の出来事である。本学で長年スターリング・エンジンの研究に取り組んでこられ、この車両製作の中心人物の遠山先生がいないという状況の中、どのようにチューニングした

らうまく機能するか手探りの状態で、正直勘だけが頼りとなってしまった。

今回の大会にはサポーターとして、専攻科車体整備専攻の学生である渡邊君と高垣君の2名に依頼し、本学教員の高橋先生と私の計4名で出場した。前回は、私がドライバーとして出場したが、今回は、私より10kg軽い渡邊君に託し臨んだ。二輪車では不利で難しいとされていた車両が、まるで普通のバイクの様に走る姿には、手前味噌ながら、感動すらおぼえると同時に、この光景を遠山先生が見ることが出来たらと思うと、もっと早くここまで辿り着けたらと思うばかりであった。

車体が完成した頃のこと、バイクの名前がまだ決まっていなかった。私の独断で、V4β型スターリング・エンジンが、鳥が翼を広げた時の形に見えるのと、先生の奇跡的の回復を願って、不死鳥を意味する、「フェニックス」と名づけ、図17に示すようにステッカーを貼ったのだが、思いは叶わず残念でならない。

遠山先生の最後の作品となった、V4β型スターリング・エンジンを載せたこのバイクは人間乗車型二輪車としては世界初の記録を作ったのではないだろうか。



図17 車名

### 5. 謝辞

製作研究にあたって多大な御協力を頂いた諸先生方並びに財団法人 東京自動車技術普及協会に、記して感謝の意を表します。

### 参考文献

- (1) 遠山 壽: V型6気筒スターリング・エンジンの改造(第11報, 第12回スターリングテクノラリー), 中日本自動車短期大学論叢, 第39号, (2009)
- (2) 遠山 壽: 自作スターリングエンジンカーにおける60分完走(第12報, 第13回第10回スターリングテクノラリー), 中日本自動車短期大学論叢, 第40号, (2010)
- (3) 遠山 壽・可知陽之郎: 第14回スターリングテクノラリー(V4スターリング・バイクの試作), 中日本自動車短期大学論叢, 第41号, (2011)