

# $\beta$ 形エンジンのV形スターリングエンジンカーの試作 (第6報, 第7回スターリングテクノラリー)

遠山 壽

## 1. はじめに

模型スターリングエンジンは、構造が比較的簡単でアイデアを活かしたさまざまなエンジンが自作できる。そのため、今日“ものづくり”の教材として高等学校、高専及び大学の課題研究、加工実習等に使われている。一方、製作した模型エンジンの性能を試す場として、1997年から模型エンジンを搭載したコンテスト“スターリングテクノラリー”が行われている。第2回大会から人間乗車クラスも加えられ<sup>1)</sup>、今回7回目となった。筆者は、第4回大会の3気筒エンジンカー<sup>2)</sup>で優勝して以来、今回は2台目となる6気筒エンジンカーを完成させ大会に臨んだ。

本報では、取り付け面積が少なく出力向上を目指したV形エンジンの試作概要と第7回大会参加の概要について述べる。

## 2. 試作車の概要

今回試作した $\beta$ 形エンジン<sup>3)</sup>のV形6気筒スターリングエンジンカー（以後、V6ベータと称する）の諸言を表1に、その外観を図1に示す。

表1 試作車緒言

エンジンの形式	$\beta$ 形 V6気筒
ディスプレイサ	ボア×ストローク $\phi 80 \times 50$
パワーピストン	ボア×ストローク $\phi 82 \times 40$
位相差	75°
加熱源	ガスバーナー
最高回転数	300rpm
トレッド：前	840mm
：後	870mm
ホイールベース	1295mm
全長	2010mm
全高	1050mm
車両重量	128kg
フレーム材質	アルミ合金

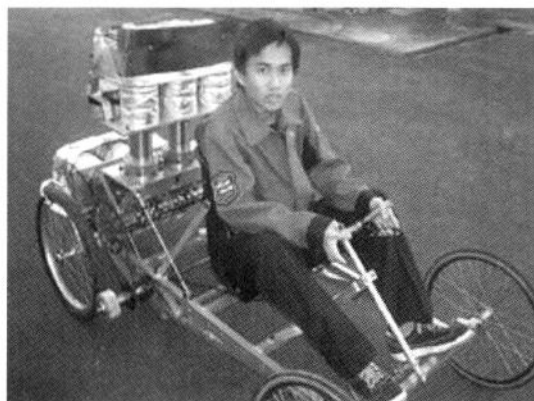


図1 V形6気筒スターリングエンジンカー

V6 ベータの主要構成部品の概要を以下に述べる。

エンジンは、図2に示すように、単体エンジンを左右にずらして、V形(90度)に配置する。各単体のエンジンは、ディスプレイサとパワーピストン用コンロッドを同軸上のクランクピンに通している。各コンロッドはV形に分かれたエンジンに90度の位相差をもってピストンに取り付けられ、エンジンの出力を共有の出力軸に取り出す。熱源にはガスバーナーを使用し、加熱器を外部より熱する。図3に試運転台に取り付けたエンジンの外観を示す。図4はクランクケース内部である。

コンロッドは、図5に示すように矩形にした。単体のエンジンでは、パワーピストンを動かす左右2本のコンロッドと、ディスプレイサ用のコンロッド合せて3本を使用する。一方V形では、シリンダがオフセットした隙間に、さらに、3本のコンロッドが入り、共有のクランクピンが通る構造になっている。各コンロッドが作動するとき、コンロッド同士が接触しないように矩形の形状にした。また、コンロッドの大端部と小端部は、アルミ合金板2枚をひずみが出ない様に治具を使用して溶接した後、切削及び穴加工を施し、最後にベアリングを圧入してある。

クランクケースは、図4に示すように10mm厚のアルミ合金板を溶接して製作した。出力軸のベアリング受け部に中実丸棒を通した状態で溶接を行い、各ベアリング受けの補強には、アングルのリブを溶接している。ケース内部の溶接は狭くて難しく、ケース自体にひねりが生じ易い。ひねりの度合いに

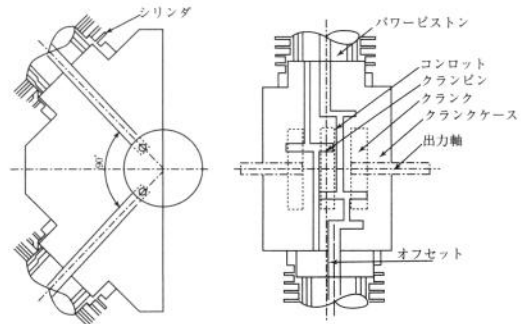


図2 クランク部の構造

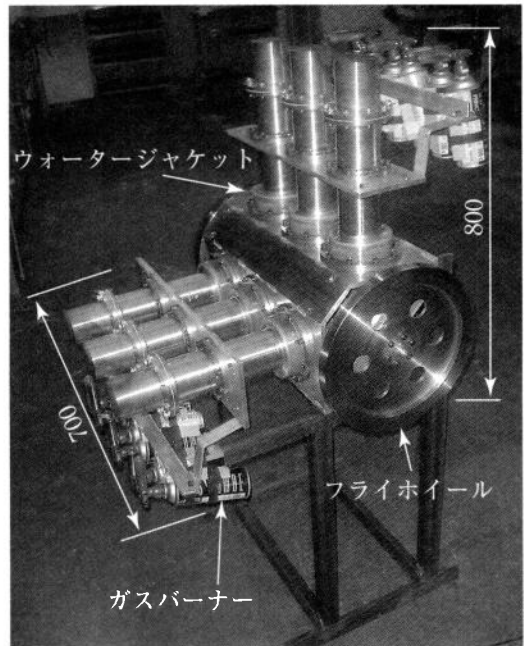


図3 完成したエンジン

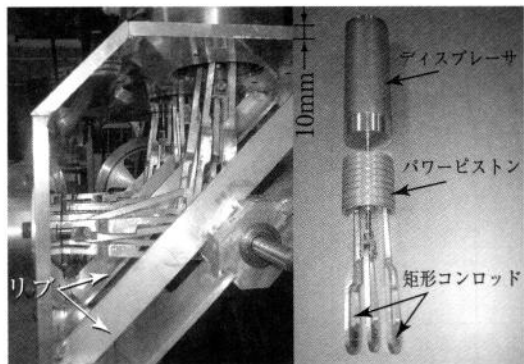


図4 クランクケース内部

図5 矩形コンロッド

よって、出力軸、コンロッド及び、クランクピンを連結する精度が大きく影響される。

### 3. 大会の概要と結果

今大会は、2003年11月8日、埼玉県南埼玉郡に所在する日本工業大学で行われた。

競技種目は、ノーマルサイズクラス（長さ600mm×幅280mm以内、高さ制限無し、加熱方法は、搭載した加熱源のみで行うものとし他の方法による加熱は認められない）、ミニサイズクラス（長さ180mm×幅105mm×高さ90mm以内）、人間乗車クラス（ドライバーが安全に走行できるサイズで2輪、3輪、4輪可能）の3部門（以後N、M、Lクラスと称する）に分けられた。競技方法は、Nクラスは2コーナーを含む50m、Mクラスは9mの周回コースを一周、Lクラスは平坦な舗装路面100mの直線コースとし、2回の走行で一番速いタイムを公式記録とする。

表2～4に、N、M、Lクラスの出場台数と上位の公式記録及び、アイデア賞を示す。本学チームは、表2、4に示すように、Lクラスは5位、Nクラスに出場したV4ベータが17秒で3位であった。

今大会に出場したV6ベータは、気筒数の増加を考慮して大きなフライホイールを両サイドにつけた。1回目の走行では、フライホイールの慣性力を利用して一気に突っ走ろうとしたが、記録は予想に反して悪かった。2回目は、片側のフライホイールを外して走行を試みた結果、2秒ほど速くなったが、予想した記録にはおよばなかった。

参考に総合Lクラス1位の車両を図6に示す。この車両は、表4に示すように、前大会までの記録（30.58秒）を大幅に更新する20秒台を出した。本学チームの $\beta$ 形エンジンと異なる $\alpha$ 形エンジンである。その特徴は、シリンダが模型の $\alpha$ 形エンジンに多い並列配置ではなく、90度の配置になっていることである。そのことで、容易に位相差を設けることができ、高温側と低温側の両シリンダの距離が大きくなり、温度差がつけやすく低温側の温度上昇が少ない利点がある。しかし、連結する通路の無効容積が

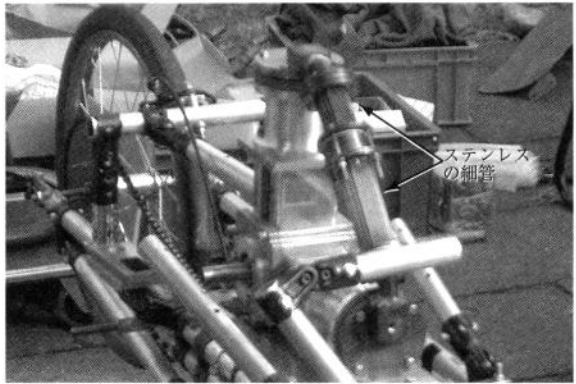


図6 総合Lクラス1位の車両

増大するため、出力が低下する弱点がある。そのため、このチームは、出力を高める工夫として、薄い筒を加熱して赤熱させるいわゆる「ヒートキャップ」方式を採用しないで、図6に示したように連結部分に数本の細いステンレス管を使用し、加熱器の代用をさせている。「ヒートキャップ」方式は、加熱器全体をバーナーで加熱しても熱が逃げやすく、キャップ内部の作動ガスの温度が上がりにくいことが分かっている<sup>4)</sup>。そこで、無効容積が少なく熱が逃げにくく、熱交換の良い細管を多用し、加熱後に高温空間に取り入れ熱効率を良くしている。

一方、加熱されない側は細管により冷却されやすく、取り入れた熱を失いやすいことから、再生

表2 ノーマルサイズクラス

(一般, 大学, 高専)		出場台数 27台	
順位	参加団体名	チーム名	公式記録 (秒)
1	湘南 EcoDrive	BYON	10.94
2	新宿・大久保	新宿・大久保?!	12.37
3	中日本自動車短期大学	NAC V4 ベータ	17.00
(高校)		出場台数 19台	
1	岡山県立岡山工業高等学校	岡工・大谷・斉藤・清水	11.53
2	岡山県立水島工業高等学校	水工・HYM	12.05
3	岡山県立岡山工業高等学校	岡工・近藤・前田・山本	12.31

表3 ミニサイズクラス

(一般, 大学, 高専)		出場台数 21台	
1	土浦工業高校	土工 T 1	1.06
2	土浦工業高校	土工 T 2	2.01
3	洪川工業		3.56
(高校)		出場台数 19台	
1	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工機械科	1.84
2	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工機甲部	1.88
3	岡山県立倉敷工業高等学校	ray	2.01

表4 人間乗車クラス

(総合)		出場台数 12台	
1	摂南大学	摂南太郎	23.40
2	呉港高等学校	呉港高等学校エコテック部 1	25.20
3	呉港高等学校	呉港高等学校エコテック部 2	26.70
5	中日本自動車短期大学	V 6 ベータ	46.20

表5 特別表彰チーム

アイデア賞	宇都宮大工学部, 個人・池戸勇二, 浜松城北工高 (ノーマル), 土浦工高 (人間乗車)
奨励賞	大阪産大 (人間乗車), 向島工高 (定) (ミニクラス), 福島県立会津工高校 (ノーマル)

器<sup>3)</sup>を高温空間と低温空間の途中に入れ、急激な熱の消失を少なくし、熱の蓄えをしている。また、ピストンリングにテフロンを使用して気密性を高め、回転数を $1500\text{ min}^{-1}$ にも高めている。

また、図7には、アイデア賞（銀賞）を獲得した車両を示した。この車両は、加熱器兼シリンダの下側にペローズ（蛇腹）がついたエンジンを搭載している。最初に加熱器の上部を加熱し、次に加熱器を叩いて



図7 アイデア賞の車両

ペローズに振動を与えるとエンジン全体がジャンピングする。シリンダ内のフリーピストン（支持棒の無い）が慣性によって上下し、内部の高温空間と低温空間を連続的に変化させる。ペローズの伸縮とピストンとの相対的な動きによってエンジン全体がジャンピングを繰り返す。その振動を車輪に伝えて少しずつ前進する。9分以上も掛かってゴールしたが、筆者をはじめ参加者の注目を集めた。

#### 4. ま と め

今回試作したV6ベータは、人間乗車クラスでは大会史上初めての車両である。完走できたことは成功したと考えている。しかし、前回までに出場した3気筒エンジンカーより遅い記録になってしまった。検討課題は、まず図1の車両で示したように、試作したV形エンジンの片側3気筒は水平方向に搭載されていることである。車両全体の安定性は良かったが、エンジンの作動中にディスプレイサ先端部分が、加熱器内部壁面に当たって擦る状態で摺動し、摩擦抵抗を大きくしてしまった。原因は、コンロッドとディスプレイサ取付けの連結棒の剛性、連結棒が摺動する穴の精度、及びクランクケースの剛性が不十分で、パワーピストンと比較して長いディスプレイサを支えきれなかった。今後、不十分だった部分の改良と共に、V字形状態のまま車両に搭載するか、加熱器内部の壁面に直接ディスプレイサが当たるのを避けるピストンリングを考案し、金属同士が直接擦るのを避ける必要がある。次に、車両全体の軽量化である。今回、バランスを考慮してフライホイールを両サイドに取り付けたが、本文で述べたように片側だけの方が良い結果であった。フライホイールの大きさについても検討する必要がある。さらに、タイヤの問題である。気筒数が増したことで3気筒のときよりもエンジンが重くなったので、タイヤがパンクする危険性を考慮して太いタイヤを取り付けた。タイヤの接地面積も増し、ころがり抵抗が増大、減速比も小さくなり6気筒分のトルクが十分出せなかったと考えられる。

今後、今大会の結果を参考に減速比を変えた試験走行、以前試作した3気筒エンジンカーに取り付けた細いタイヤの採用の可否、エンジン全体の軽量化を再度検討し、さらに改造して行きた

いと考えている。

おわりに、本稿作成に際しご指導頂いた高行男教授、車両製作にアドバイスを頂いた西側通雄助教授に謝意を表します。また、車両製作、走行試験などに協力頂いた2002年度生の謝家文君をはじめとする学生諸君に感謝致します。

## 5. 参 考 文 献

- 1) 遠山 壽：模型スターリングエンジンカーの試作（第2報，第2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30号，31 - 35
- 2) 遠山 壽：スターリングエンジンカーの試作，全国自動車短期大学・自動車整備技術に関する研究報告誌，第32号（2003）
- 3) 浜口和洋・平田宏一・松尾政弘・戸田富士夫：模型スターリングエンジン，山海堂，（1997）
- 4) 福井隆史・白石俊夫・村上 存・中島尚正：高出力マイクロスターリングエンジンに関する研究，日本機械学会論文集（B編）No. 65 - 629（1999），403 - 409