

第10回スターリングテクノラリー (スターリングエンジンカー 3号車の試作)

遠山 壽

1. はじめに

自作模型スターリングエンジンは、小学校向けの“ものづくり”から大学の機械設計の授業教育内容まで普及している。その中でスターリングテクノラリーは、1997年第1回大会以来、毎年行われ今回10回目（2006年）となり、沖縄から北海道までの工業高校を中心として年々参加台数が増加してきた。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目指し、レギュレーションの改定が何度も行われている¹⁻⁶⁾。その結果、加熱燃料としてガスバーナ、ロウソク、ゼリー状のアルコール、太陽熱などが使用され、出力方法でもスターリングサイクルのもつ面白いアイデアが生まれ、ユニークなものは市販されている。今回の第10回大会は、実用性も加味されたクラスが追加され、6種目の競技で行われた。

本稿では、スターリングエンジンカー3号車の試作と第10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 β 形エンジンの連結6気筒スターリングエンジンカー（以後、3号車・NEW BEETLE 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	β 形 連結6気筒
ディスプレイサ	ボア×ストローク $\phi 84 \times 45$
パワーピストン	ボア×ストローク $\phi 84 \times 35$
位相差	75°
加熱源	ガスバーナ
最高回転数	200rpm
トレッド：前	700mm
：後	740mm
ホイールベース	1320mm
全長	1818mm
全高	880mm
車両重量	85kg
フレーム材質	アルミ合金



図1 3号車・NEW BEETLE

今回試作した3号車は、2号車⁷⁾よりエンジンの組み立て角度を小さくコンパクト化し、回転数の増加により出力を上げることを目標とした。

図2に示したように2号車は、単体エンジンを特殊なコンロッド⁶⁾によってV形(90度)に配置した出力軸1本の6気筒エンジンである。

図2の3号車は、単体エンジンを3気筒連結したものを2台90度より狭い20度で固定し、2台の出力軸をチェーンで繋いだ6気筒エンジンである。2号車に比べV形の組み立て角度が狭くなりエンジンの長さが短くなった。出力軸の連結は、チェーンを繋ぐ位置を変えることで自由に2台の位相角度が選定できる。

図3に示すように2号車では、シリンダ下部のクランクケースとフランジ、上部のフランジと取付け板1枚で3気筒が上下共固定されている。そのため上下の連結された精度(直角度)が悪いとシリンダ内部を移動するディスプレイサが傾き、加熱器の内部壁面と接触する⁷⁾。そこで3号車では、解決策として各単体のエンジンは、シリンダ上部の固定はしないで下側のクランクケースに取り付けるだけにした。

エンジン回転数を上げるため、パワーピストンとディスプレイサは共にストロークを5mm短くし、出力が落ちないように、シリンダボアを82mmから84mmと大きくした。

加熱方法は、組み立て角度が狭くなったことで既製のガスバーナが使えなくなったので、図1に示すようにプロパンを使用し、ポンペから銅管で各火口へガスを供給した。

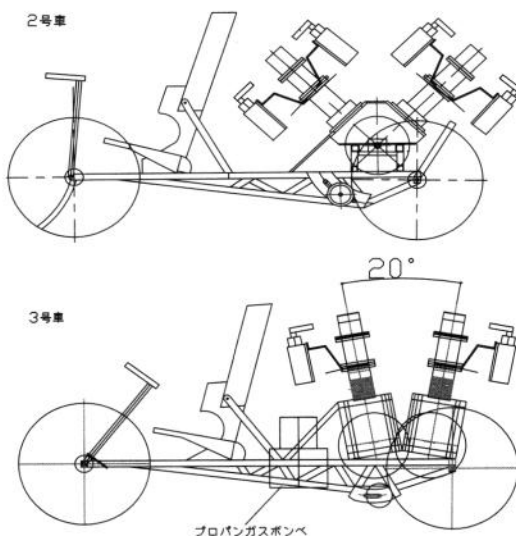


図2 2号車, 3号車

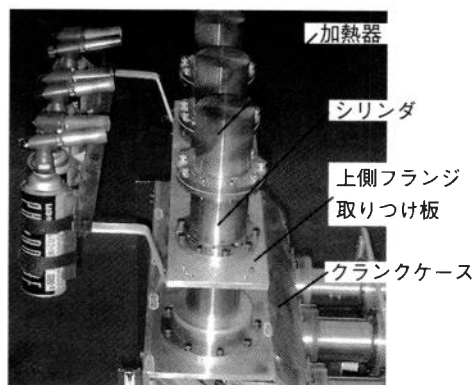


図3 2号車フランジの固定

3. 今大会(10回)の概要と結果

3.1 概要

今大会は、2006年11月18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(N)、宙返り耐久(M)、人間乗車クラス(L)、RCクラス(RC)、3Vクーラ(SC3)、100Vクーラ(SC100)の6クラスで行われた。ノーマルクラスは、100m 走行、宙返り耐久は宙返りループを含む全長約12mの長円形コースでループを何回通過できるかのルー

ブ通過回数を競う。人間乗車クラスは、2輪、3輪、4輪可能で四角形コースを10分間走行し、走行距離を競う。その他3つのクラスの概要は以下の通りである。

RC クラス

競技者が車両を無線操縦するもので、図4のような走路でコーン1に向かってラインを通過してから、コーン2を順に周回し、再び同じ向きにラインを通過するまでの走行時間を競う。搭載電池は操縦用であり、動力として使用できない⁸⁾。

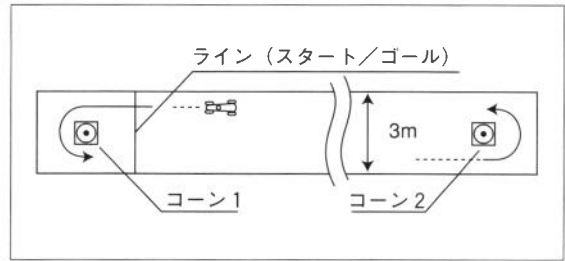


図4 RCクラス走路

クーラークラス

このクラスは以下の2クラスで行われ、スターリングサイクル独特の逆サイクルを利用して、非加熱でエンジンを正方向にモータリング（空転）させ、ヘッドがどれだけ冷却できるかを競う。

3Vクーラは市販の単3乾電池2本・3V（マンガン、アルカリのみ）を電源として小型モーターで最長5分間動作させ低温部を測定する。動作気体は空気とし、平均圧力は大気圧程度とする。

100Vクーラは、主催者が用意した積算電力計を使用し、単相交流100V（15A）を電源とする。5分間以内に冷却対象物の温度を室温から10K温度降下させた時点で測定を終了する。順位は、冷却効率 $COP = 160 \text{ [J]} \div (\text{電源の積算消費電力} \text{ [W} \cdot \text{S]})$ の値によって決める。

3.2 結果

表1～7にエントリー台数、上位の公式記録及び特別表彰チームなどを示す。本学チームの車両は、表3に示すように117.2mで4位、昨年1189.3m / (8分)と快走したV6ベータと比べ残念な結果となった。周回途中の勾配で出力が低下して上れなかったためである。今大会の車両の中で、加熱源としてユニークはものがあったのでその概要を紹介する。図5に示す車両は、Nクラスで特別表彰（熱源賞）された木質ペレット燃焼模型スターリングエンジンカーである。従来加熱源に使用していたガストーチやバーナに変わりバイオマス燃料である木質ペレットの燃焼により駆動するはじめてのエンジンである。燃料は、製材工場が発生した端材や森林の間伐材などを粉碎そして高温圧縮した、図6に示す木質ペ

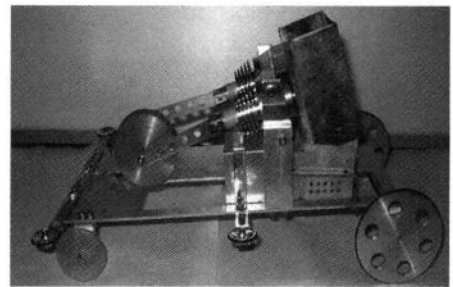


図5 木質ペレットエンジンカー



図6 木質ペレット

表1 ノーマルサイズクラス エントリー 70台

順位	(一般, 高校, 大学, 高専)	チーム名	公式記録
1	湘南 EcoDrive	Ta Prohm	23.84秒
2	岡山県立倉敷工業高等学校	五右衛門	26.96
3	大森学園高等学校 (小, 中学 ヤングクラス)	大森学園高等学校	27.25
		2台	
1	個人	YURI-6	4.16秒
2	個人	SYU-4	4.55

表2 Mクラス 宙返り耐久 109台

1	都立蔵前工業高校	蔵工 M 1	12.5回
2	都立蔵前工業高校	蔵工 M 3	11.5
3	茨城県立取手第一高等学校	取手一校課題研究1号	10.5

表3 人間乗車クラス 13台

1	宇都宮大教育学部	Super Fuji 王 SC	893.5m
2	摂南大学	チーム頭文字 P	596.3
3	ポリテクカレッジ滋賀	SPC-S	118
4	中日本自動車短期大学	NEW BEETLE	117.2

表4 RCクラス 無線 9台

1	土浦工業高等学校	WR-RC	35.43秒
2	湘南工科大学	湘南工科大学 S-E-L RC-1	69.43
3	湘南工科大学	湘南工科大学 S-E-L RC-2	115.40

表5 SC3 3Vクーラ 13台

1	都立杉並工業高等学校	1411工房-C	-25.0 K
2	都立杉並工業高等学校	MOSA-C	-15.7 K
3	摂南大学	CSC	-12.3 K

表6 SC100 100Vクーラ 3台

1	土浦工業高等学校	チーム EHI	-10.0K / 4046 J
2	沼津工業高校	沼津工業高校 B チーム	-2.1K / 4046 J

表7 特別表彰チーム 219台

アイデア賞	沖繩県立八重山商工高校 めーやるバーガー	土浦工業高等学校	BM-W
	摂南大学 気持ちマッスルドッキ		
奨励賞	鹿児島大学 北辰斜め		

レットを使用している。その形状は直径6.5mm、最大長さ22mmと小さく、粒もそろっている。その熱発生量は18400kJ/kgであり、その燃焼は安定し煙をほとんど発生せず、灰分も0.5%と少ない。燃料は火格子の上に置かれ、走行中には火格子の下から空気が自然に供給され、安定した燃焼が行われる。

図7に示す車両は惜しくも賞を逃したがユニークな車両である。このエンジンは、廃てんぷら油を燃料とし、空気予熱式燃焼室を備え、外に逃げる熱を吸気に戻す熱交換器をもうけ、熱効率の向上と揮発しにくいテンブラ油を燃えやすくしている。その結果、1ミリリットルのテンブラ油で1km走る。燃費換算で1000km/リッターである。



図7 木質ベレットエンジンカー

4. あ と が き

今回試作した3号車は、2号車のエンジンに比べてコンパクト化でき、加熱方法もプロパンガスによる試行ができた。また、各単体のエンジンを独立させてクランクケースに取り付けたことで、組み立て時の取付け精度が改善され、内部を移動するディスプレイサの傾きが少なくなり、加熱器内部壁面との接触が殆ど無く摩擦音がなくなって静かになった。しかし、一番の目標だった競技では、出力不足で前大会の2号車のようなスムーズな走行ができなかった。

要因として2、3号車のエンジンを比較すると以下のことが考えられる。

2号車：単体エンジンを位相90度V形に2気筒セットで連結し、クランク角度120度ずつずらして同軸上に3セットが連結されている。つまり、 $\{(90度 \times 2) + 120度\} + \{(90度 \times 2) + 120度\} + \{(90度 \times 2) + 120度\} = 6$ 気筒である⁶⁾。

3号車：単体エンジン3気筒をクランク角度で120度ずつずらして連結した2本の出力軸をチェーンで繋いでいる。つまり、 $\{(120度 + 120度 + 120度) \times 2台 = 6$ 気筒である。

前者2号車のV6エンジンは、V形90度にセットにした2気筒が交互に効率よく同軸上に3セット分の出力として取り出せた。一方、今回試作した3号車のエンジンは、チェーンで繋いだ3気筒連結のエンジンで、2号車に匹敵する出力となると考えたが出力不足であった。原因は、ピストン・ストロークを小さくしたこと、軽量化も考慮してピストンの長さを短くしたことで、ラビリンス（圧縮空気の漏れを迷路によって少なくするため、ピストンに施された溝）の数が少なくなったために、ラビリンス効果が十分発揮されず圧縮空気の洩れが大きかったことが考えられる。また、チェーンで繋いだ3気筒連結のエンジンの出力軸を位相90度にずらせば、2号車のエンジンと同様に出力が取り出せると考えたが、連結エンジン同士の位相効果がなく、逆にチェーン

による機械的ロスが大きく出力不足となったと考えられる。

今大会のLクラスは、周回コースをどれだけ走行できるかであったが、スムーズに規定の10分間を走行したチームは無く、改めてこのクラスの難しさを知らされた。逆に前回(9回大会)の本学チームが悠々と走行した時の感激は忘れられない。

今年10月に世界大会(早稲田大学)、11月は11回目の大会(日本工業大学)と2大会が予定されている。まだまだ課題は多いが、1, 2, 3号車の試作エンジンカーを参考に、世界大会には9回大会出場のV6ベータの改良を行い、是非10分間の走行を成功させたい。改造の課題としてピストンリングの使用を考えている。また、圧縮空気やヘリウム補助的利用も検討していきたい。

今大会は、筆者が体調を思い試験走行も出来ず、病院からの大会参加となった。その際、車両運搬に協力頂いた滋賀職業訓練短期大学の諸頭眞和教授及び同校の学生には深謝する。

終わりに、本稿作成に際しご指導頂いた本学の高行男教授に感謝を表します。また、試作に際し協力頂いた本学の國井伯昭先生に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 遠山 壽：スターリングエンジンカーの試作(第1報, 第1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28号, 79-84 (1998)
- 2) 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 (2000)
- 3) 遠山 壽：模型スターリングエンジンカーの試作(第3報, 第3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31号, 27-31 (2001)
- 4) 遠山 壽：スターリングエンジンカーの試作(第4報, 第4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32号, 27-32 (2002)
- 5) 遠山 壽：V形スターリングエンジンカーの試作(第5報, 第6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33号43-48 (2003)
- 6) 遠山 壽： β 形エンジンの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), 中日本自動車短期大学論叢, 第34号47-52 (2004)
- 7) 遠山 壽：V形スターリングエンジンカーの試作(第7報, 第8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35号23-28 (2005)
- 8) スターリングテクノラリー公式サイト：<http://members.jcom.home.ne.jp/stirling/>
- 9) 大林、細川、加藤設計製作した木質ベレットを燃料としたスターリングエンジンカー
<http://www.hino.meisei-u.ac.jp/me/hamaguti/indexhtm>