

模型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)

遠山 壽

1. はじめに

スターリングエンジンは、第1次オイルショック以後の1970年代より教育機関のみならず民間会社や研究機関に注目された。化石燃料の枯渇問題や自然環境問題がクローズアップされた時期である。スターリングエンジンの特徴は(1)燃料の多様性、(2)低公害性、(3)熱効率の優位性である。また、それ以外にガソリンエンジンやディーゼルエンジンに比べて機構が簡単な点が挙げられる。

模型スターリングエンジンは1990年代になって機械工学系学習教材として普及してきた。¹⁾特にピストンとシリンダにガラス製の注射筒を利用した画期的な2シリンダ形エンジンは、ピストンとシリンダの切削加工が省略でき比較的簡単に製作できる。そのため多様な模型エンジンの試作が行われる契機となった。今日、模型スターリングエンジンを動力源とした自動車、およびボートの模型が作られてきている。

筆者は1996年に模型スターリングエンジンを2個試作した。²⁾注射筒を利用した2シリンダ形エンジンは、ピストンリングおよび潤滑油が不用で、構造が簡単な特徴がある。他方1シリンダ形エンジンは、ディスプレイサピストン(シリンダ内の作動流体を移動させる働き)とパワーピストンを1つのシリンダに収めた形式で、小型化できる。それらの点を考慮し、3台のスターリングエンジンカーを試作した。1台は2シリンダ形エンジンをそのまま利用し、2台は1シリンダ形を新たに製作した。2台の主な改良点は、クランク部分の加工・組み立て方法の改善によって出力軸の偏心を減少したこと、軸受部やリンク部にミニチュアベアリングを使い摩擦損失を少なくしたことである。その内、1台は出力向上を目指し内部容積を大きくした点である。

今回、本エンジンカーの試作・研究の成果を試す機会として世界初の「スターリングテクノラリー」(自作模型スターリングエンジンカーコンテスト)に出場した。本稿では、「第1回スターリングテクノラリー」に出場した試作車3台と、本大会の概要を報告する。

2. 試作車の概要

表1に、今大会出場車両の主な規定をまとめて示した。この規定は、一般の部(A)と高校の部(B)は共通である。スターリングエンジンカーが自作であること、走行中の加熱燃料は積載しな

くても構わないこと、駆動方法は任意であることが示されている。

今回出場の試作車3台の車名は、試作車1号がスターごっち1号、試作車2号がスターごっち2号及び試作車3号がヘールホップスターである。前車の2台はスターリングエンジンが生まれ変わって復活する意味と、最近人気の“たまごっち”から、後車はヘールホップ水星の星(スター)と夢のスターリングエンジンのスターを掛け合わせ名付けた。

表1 車両規定

エンジン	構造	スターリング・サイクルを繰り返す構造
	作動流体	空気のみ(平均圧力:1.5気圧以下)
	冷却	空気か水(競技前の予備冷却も同様)
	加熱源(燃料)	ガスバーナー、固形燃料等何でも良いが いかなる状態でも流出してはならない
車両寸法	全長60cm×全幅28cm以内 全高 制限なし	
その他	車両はスターリングエンジンのみで走行すること	
	加熱部付近は不燃材料とし、火災の発生なき構造	
	走行中、コースを破損したり、汚したり、ぬらしたり、車体の一部分を残さない構造	

表2に、試作車3台の主要緒元、図1, 2, 3に外観を示す。スターごっち1号, 2号は β 形エンジン(1シリンダ内に、ディスプレイサとパワーピストンがある)で、シリンダとピストンにはアルミ合金を使い、機械加工後に擦り合わせをして気密性を高めている。クランク部分の加工・組み立ては、前回の試作ではVブロックを使用して組み立てたが、今回は作業行程を変え出力軸の偏心を減少した。駆動の伝達にはベルトの代わりにゴム製のOリングを使用した。スターごっち2号は、1号に比べてピストン径とストロークを5mm大きくして出力向上を目指した。ヘールホップスターは α 形エンジン(2シリンダ, 2ピストンで軸シールを持たない)で、シリンダとピストンにガラス製の注射筒を利用している。駆動の伝達はフラ

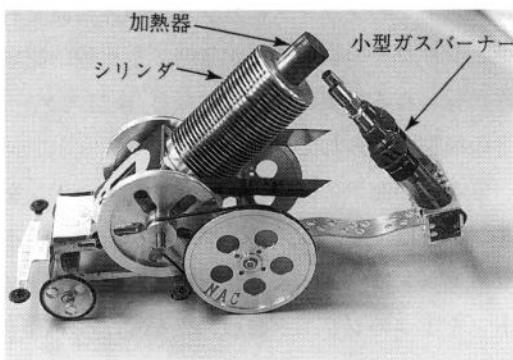


図1 試作車1号

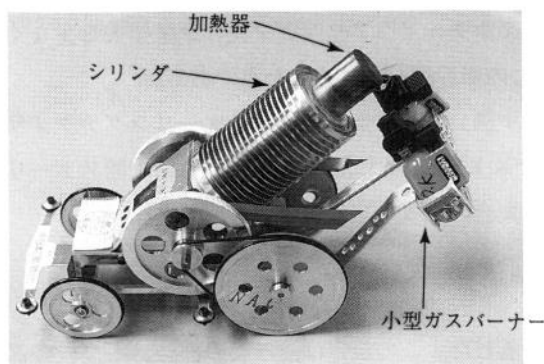


図2 試作車2号

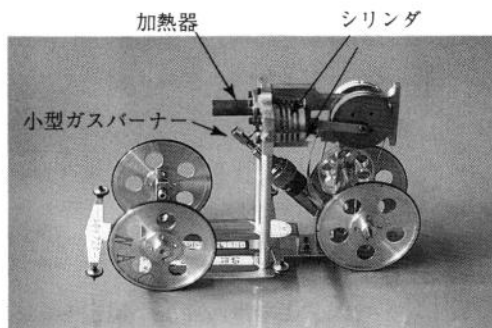


図3 試作車3号

イホイールと同程度の大きさのプーリーを介し、摩擦を利用した。加熱方法は最初に市販の大型ガスバーナーを使い、走行中は小型ガスバーナーをスターごっこ1号と2号には2個ずつ、ヘルホップスターには1個をそれぞれ車体に固定し、加熱できる構造とした。3台ともエンジン、車体、車輪にはアルミ合金を用いて軽量化を計った。加熱燃料も加えた全車体重量が1kg以下である。

表2 試作車諸元

仕様	スターごっこ1号	スターごっこ2号	ヘルホップスター
エンジンの形式	β 形	β 形	α 形
ピストン ボア ストローク	(D.P)ピストン ボア:19.2mm ストローク: 20mm (P.P)ピストン ボア:19.9mm ストローク: 15mm	(D.P)ピストン ボア:24.4mm ストローク: 25mm (P.P)ピストン ボア: 25mm ストローク: 20mm	高温側ピストン ボア:10mm ストローク: 8mm 低温側ピストン ボア:10mm ストローク: 8mm
位相角度	90°	90°	90°
加熱源	ガスバーナー	ガスバーナー	ガスバーナー
回転速度(無負荷)	1570 rpm	1400 rpm	2890 rpm
車両全長	303 mm	290 mm	270 mm
車両全幅	120 mm	114 mm	135 mm
車両全高	180 mm	185 mm	160 mm
車両重量	0.81 kg	0.89 kg	0.69 kg

3. 大会の概要

“第1回スターリングテクノロジー”は、1997年7月31日と8月1日の2日間、東京工業大学工学部附属工業高校(東京都港区芝浦)で開催された。今大会は参加予想台数が越えたため、当初の予備記録会を止めて2日間に分けて記録会が行われた。



出場台数は一般グループ(A)62台、高校生グループ(B)41台の合計103台であった。

図4に競技コースを示す。設営された5コースは幅30cm、長さ13m上に塩ビシートが敷かれ、両側は高さ4.8cmのアルミ製のフェンスが張ってあ

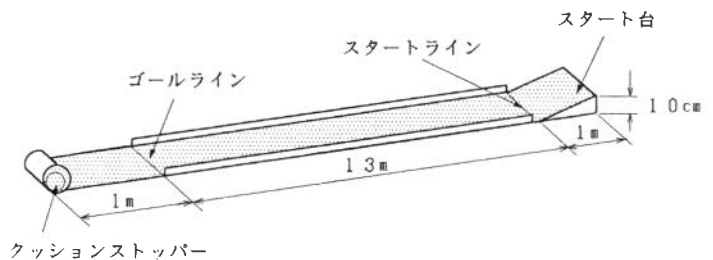


図4 競技コース

る。スタート地点は下り勾配1/10のスタートエリア,ゴール地点は耐火性のクッションストップパーが設けられている。大会は前日が雨でグラウンドの準備ができなくて2日間とも体育館内での大会となり,体育館内は夏の暑さとエンジンを加熱するバーナーの熱とで熱い戦いとなった。

競技は13時30分より出場コース別にタイムトライアルが開始された。各マシンの加熱器をガスパーマーで加熱し,マシンの回転数が最高になるのを見計らってスタートさせる。スタートとゴールの各センサー間13mを3分以内にゴールすれば公式記録となる。また,何らかの原因でスターリングエンジンが停止したときは,競技者は途中加熱し再スタートさせることができる。ゴールしたマシンはチームの者がすみやかに火を消し,センサー間で計測された記録を係員に書いてもらい,マシンとともに審査員に報告する。なお車両はスピード以外の賞についても審査された。

大会初日は各マシンが2回ずつ走行し,記録の速い方が1日目の記録となった。本学チームは,それぞれ2回とも無事ゴールし,スターごっち1号が11秒11,2号が16秒77,ヘルホップスターが18秒09で中間報告では20位,27位,29位となった。

大会2日目は前日の記録更新をめざして1回だけのタイムトライアルである。本学チーム3台はそれぞれ更新したが,10秒台の壁は破れなかった。公式記録の最高タイムは4秒25で足利工業大足利月光1号である。なお,記録上位5台によるマッチレースが最後に行われたが,同時スタートがうまくできず賞には加えられなかった。しかし,レースとしての興味は会場で大変大きく今後の課題となった。

表3 ラリー審査結果 A部門(一般,大学,高専) スピード賞

参加団体名・車名	公式記録(秒)
1 足利工業大学 足利月光1号	4.25
2 中部日本整備専門学校 Choさんイケイケ号	4.67
3 東京大学工学部 Excalibur	5.48
4 中部日本整備専門学校 Grown on the Bear号	5.68
5 土佐技術交流プラザ 土佐プラSE2	5.98
5 (株) 本田技術研究所 YK-DREAM	5.98

アイデア賞

1 本田技研工業(株) BAMBOO	13.37
2 和歌山高専 Easy Run	12.75
3 都立工業高校 二人があけるとびら	62.85

奨励賞

1 中日本自動車短期大学 スターごっち1号	10.84
2 摂南大学工学部 電光掬力一	6.10
3 大分工業高等専門学校 Triple Arrows	48.38

表4 ラリー審査結果 B部門(工業高校)

スピード賞

参加団体名・車名	公式記録(秒)
1 足立工業高校 ATH-01	4.63
2 大沢野工業高校 沢エスター	4.75
3 倉敷工業高校 安全第一号	6.14
4 東京工業高校 スウェールドリーム	6.40
5 倉敷工業高校 フジコ1号	6.78

アイデア賞

1 足利工業高校 SECT	8.77
2 福山工業高校 ハッピーマウンテン号	17.45
3 大垣工業高校 DIA-R97	7.43

奨励賞

1 豊橋工業高校 星影	9.28
2 羽田工業高校 GBV	17.29
3 東京工業高校 スウェールドリーム	6.40

大会の表彰式は東京国際フォーラムで行われ、参加したマシンが展示され各賞が発表された。各賞の結果を表3、4に示す。図5、6にはスピード賞の一般の部(A)1位と高校の部(B)1位、及び図7には奨励賞で1位になった本学のスターごっこ1号の外観を示す。また、図8に示した車両は賞から洩れたが、大きな車輪が回転して走行する車両に個人的にも興味深く、会場においても人気があった。

4. 今後の課題

今大会のスピード賞上位は、殆どが注射筒を利用した2シリンダ形エンジンの車両であった。特に、バーナーを積載しない軽量の車両が多かった。最初の加熱だけで一定時間エンジンを高速回転でき、スピードを落とさず完走できる。また、加熱器を断熱材で包んだエンジンは、加熱を止めた後も冷却部との温度差を保ち易くより高性能であった。

今後の大会規定が、ピストンとシリンダに注射筒を利用する部門と金属を利用する部門とに分かれることが考えられる。今後も両部門において試作・改良を行いたいと考えている。

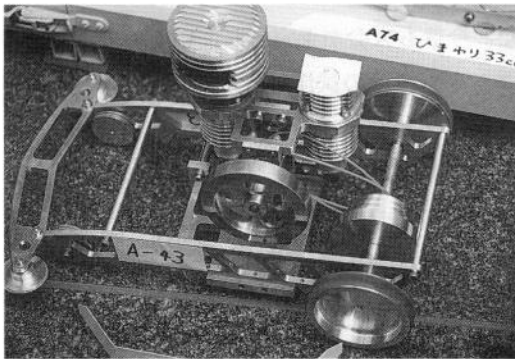


図5 一般(A) 足利月光1号

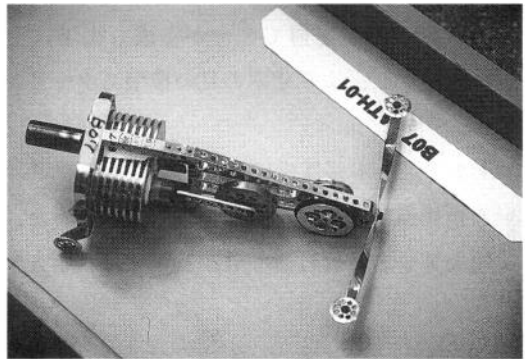


図6 高校(B) ATH-01

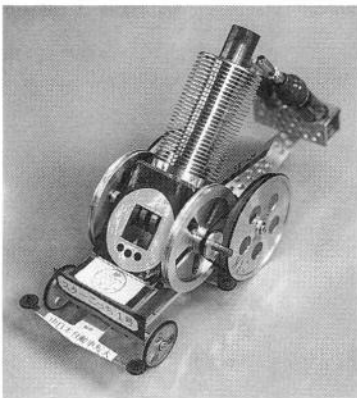


図7 一般(A) スターごっこ1号

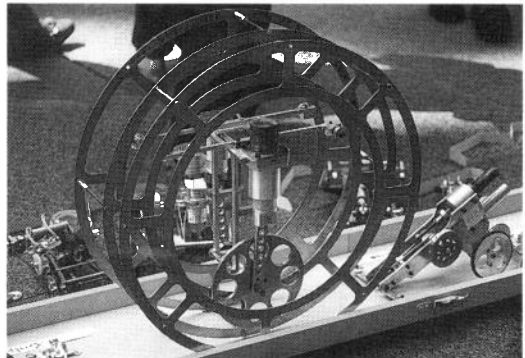


図8 一般(A) ひまわり

今回駆動の伝達に使用したゴム製Oリングは、本来伝達用ではないのでゴム質が硬く、張力の調整が困難でスリップロスが大きかったと思われる。輪ゴムや軟らいゴム製のタイミングベルトの使用を考えている。

軽量化の点では、バーナーを積載しなくても最初の加熱だけで一定時間走行できる車両に改良すること、加熱器を断熱材で包む等の保温方法も検討していく。

注射筒を利用するエンジンにおいては、製作上で困難な点も多いが2基以上連結させた車両に挑戦しようと考えている。しかし、大型になれば注射筒を利用したエンジンでは出力において限界があると思われる。

今大会スターごっち2号において、加熱中にコンロッド連結棒とディスプレイサの接着部が高温のため外れてしまう結果となった。幸い走行はできたが、出力向上のためピストン径とストロークを大きくしたことが活かされなかったので、この点の改良も必要と考えている。

5. おわりに

1997年“第1回スターリングテクノラリー”参加にあたり、試行錯誤の連続であったが、多くの方々のご協力を得て3台が完成し出場に至った。今後も大会が予定されているので、今回の経験を活かし、より効率の良い模型スターリングエンジンカーの試作を続けていきたいと考えている。

おわりに、本稿作成にあたってご指導を頂いた高行男教授、本エンジンカー試作にご助言を頂いた西側通雄助教授に謝意を表します。また、大会出場に際してご協力戴いた本学1997年度生の上嶋美智子君、野村依子君、及び岐阜大学大学院生の吉木大司氏に感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) 浜口和洋・平田宏一・松尾政正弘・戸田富士夫：模型スターリングエンジン，山海堂，(1997)
- 2) 遠山 壽：模型スターリングエンジンの試作，中日本自動車短期大学論叢，第27号，(1997) p.23-29