

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)

遠山 壽

1. はじめに

模型スターリングエンジンは、1990年代から“ものづくり”教育の一つとして機械工学系学習教材として製作されてきた。環境にやさしく、熱源を選ばないで温度差さえあれば動くクリーンなスターリングエンジンは、自作できる。1997年8月には、世界初の自作模型スターリングエンジンカーコンテスト“第1回スターリングテクノラリー”が開催され、“ものづくり”の楽しさを広めた。第1回、第2回大会までの参加車両の概要と大会結果は前報までに報告した^{1), 2)}。

今回は、前報での課題であった出力向上を目指した多気筒の模型スターリングエンジンカーを試作した。本報では試作車と“第3回スターリングテクノラリー”の概要について述べる。

2. 試作車の概要

今回試作した3気筒の模型スターリングエンジンカー（以後 スターごっち3気筒と称する）の緒元を表1に、その外観を図1に示す。

2.1 エンジン

エンジンは、前大会に出場したスターごっち2号をモデルに単体で3台製作し連結させた。3気筒エンジンにすることで出力を向上させ、トルク変動を少なくしてエンジンの振動を減少した。

表1 試作車諸元

| | |
|------------------|---|
| エンジンの形式 | β 形 3気筒 |
| ピストン ボア ストローク | (D, P) ピストン ボア: 24.4mm ストローク : 25 mm |
| | (P, P) ピストン ボア: 25 mm ストローク : 20 mm |
| 位 相 確 度 | 90° |
| 加 熱 源 | ガスバーナー |
| 最高回転数(無負荷) | 970 r.p.m |
| 車 両 全 長 | 440 mm |
| 車 両 全 幅 | 270 mm |
| 車 両 全 高 | 125 mm |
| 車 両 重 量 | 3.2 kg |

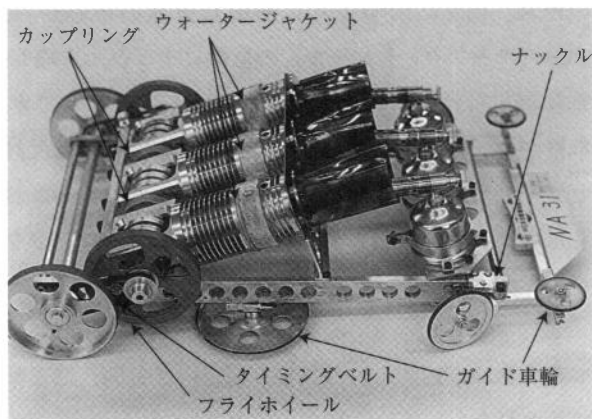


図1 スターごっち3気筒

連結部分には、フライホイールの役目を兼ねたカップリングを製作した。各エンジンのクランク角を 120° づつずらして、それぞれの出力軸をカップリングと固定した。図1に示すように、エンジンを3気筒連結した両側には、フライホイールを取り付けている。

車両は、走行安定性と加熱効率を良くするために、図示のようにエンジンの傾斜を小さくし、加熱器の上側からバーナーを向けることで熱の逃げを少なくした。しかし、加熱方向を変えたことでシリンダー全体の温度上昇が早く、内部の高温空間と低温空間の温度差が早く減少し出力が落ちてしまった。そこで、温度差を保つためにウォータージャケット（10cc入る）付きのシリンダーを製作した。

2.2 駆動方法

駆動には、幅5.5mmのタイミングベルト（歯付きベルト）を使用した。減速比は、前回1気筒エンジンで1.5、としたが出力向上を考慮して1.3（駆動側の歯数42，車輪側は55）とした。タイミングベルトは、前回使用した輪ゴムのように引っ張らなくても滑りがなく確実に動力を伝達できる。しかし、タイミングプーリーが自作できなくてコストがかかった。なお、ベルトが伝動中に外れない様にプーリーの両側面には、フランジを製作して取り付けた。

2.3 ステアリング

今大会のノーマルサイズクラスは、前回の直線20mからコーナーを取り入れた30mのコースに変更された。そのためコーナリングができる車両が必要となった。試作したスターごっち3気筒は、1気筒に比べ幅、長さとも大きく、車両が重いためガイドローラーだけでは車輪にかかる抵抗が大きくてコーナーを回ることができない。そのため、図2に示すように前輪設置面の中心から前方26mm（キャスト・トレール）の位置にナックルを取り付け、車輪が左右自在に振れるようにした。コーナーでガイド車輪がコースの壁に当たると、その反力で前輪は反対方向に向き、コーナーを回って直線になるとガイド車輪の抵抗がなくなり前輪は元に戻る。なお、今大会のコースは急な方向転換の繰り返しはないので、左右のナックルをつなぐタイロッドなどのリンク機構は不要である。

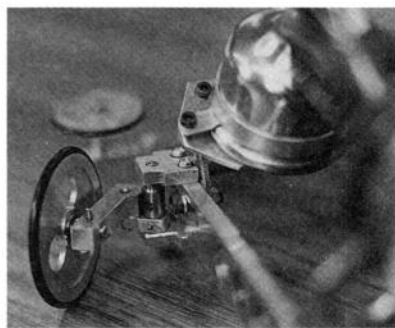


図2 ステアリング

3. 大会の概要と結果

今大会は、1999年11月13日、14日の2日間、埼玉県朝霞市泉水(株)本田技術研究所テストコースで行われた。

遠山 壽：模型スターリングエンジンカーの試作

表2 ノーマルサイズクラス

| (一般, 大学, 高専) | | 出場台数43台 | |
|--------------|------------|-----------|----------|
| 順位 | 参加団体名 | チーム名 | 公式記録 (秒) |
| 1 | 龍谷大学 | 龍谷大学 | 11.89 |
| 2 | 土浦工高T&OB | noBB-C | 12.20 |
| 3 | 早稲田大学 | Team 0034 | 12.27 |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| 7 | 中日本自動車短期大学 | スターごっち3気筒 | 16.36 |
| (高校) | | 出場台数51台 | |
| 1 | 浜松城北工業高等学校 | 城北1号 | 7.39 |
| 2 | 都立足立工業高等学校 | 足立工高原動機部 | 7.64 |
| 3 | 倉敷工業高等学校 | 神風 | 8.77 |

表3 ミニサイズクラス

| (一般, 大学, 高専) | | 出場台数12台 | |
|--------------|-------------|------------|----------|
| 順位 | 参加団体名 | チーム名 | 公式記録 (秒) |
| 1 | 土浦工高教員 & OB | Single GOA | 3.49 |
| 2 | 埼玉工業大学機械工学科 | ヤンキース | 4.72 |
| 3 | 湘南工科大学 | スターリング研究会 | 4.96 |
| (高校) | | 出場台数31台 | |
| 1 | 越谷総合技術高等学校 | マンドラゴラ | 2.42 |
| 2 | 倉敷工業高等学校 | 勝造君 | 3.54 |
| 3 | 越谷総合技術高等学校 | Leafs | 3.89 |

表4 人間乗車クラス

| (一般, 大学, 高専) | | 出場台数14台 | |
|--------------|---------------|-------------|----------|
| 順位 | 参加団体名 | チーム名 | 公式記録 (秒) |
| 1 | (株)日本製鋼所機械研究所 | 日鋼 | 20.60 |
| 2 | 土佐技術交流プラザ | 土佐技術交流プラザ | 21.52 |
| 3 | 都立杉並工業高等学校 | 都立杉並工業高等学校 | 51.40 |
| (高校) | | 出場台数6台 | |
| 1 | 栃木県立足利工業高等学校 | TEAM ASIKOU | 1.04.60 |
| 2 | 富山県立大沢野工業高等学校 | HEAT | 1.12.20 |
| 3 | 神戸市立神戸工業高等学校 | 市立神戸工業高等学校 | 4.15.10 |

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、熱源の搭載は自由）、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30m、Mクラスは10mの周回コースを一周、Lクラスは平坦な舗装路面50mの直線コースとし、3回の走行で一番速いタイムを公式記録とする。

表2～4は、N、M、Lクラスの出場台数と上位の公式記録を示す。本学チームは、表2に示すようにNクラスに出場し16秒36で7位となった。今大会は、一日目に風が強く肌寒い天候になった。熱源をガスバーナーとしているので競技に大きく影響が出た。各チームとも風の影響で加熱が巧くできず、ダンボールで風を遮るなどの対策に追われた。本学のスターごっち3気筒は、前回のスターごっち2号で改良したステンレス製の遮蔽板を今回も使用したため火炎が消えることはなかった。しかし、風による熱の逃げはかなりあり1回目の記録は20秒54と予想した記録より悪かった。2日目は風も治まりどのチームも記録を上げた。本学チーム最後のトライアルは、潤滑油の粘性抵抗を減らしタイムアップを狙った。しかし、潤滑油不足による摩擦熱でピストンとシリンダーが固着してしまった。ガラス製の注射器を使用した α 形模型エンジンは、潤滑油を全く付けないが、金属同士が摺動する本エンジンの場合は、いくらかの潤滑油が必要であり、その難しさを改めて思い知らされた。

今大会1位の平均最高速度（m/秒）は、Nクラス4.05、Mクラス4.13、Lクラス2.43で、前回と比べてそれぞれ0.69、1.52、0.65速くなった。特にN、Mクラスでは、高校が一般を初めて上回った。原因は、前回まで上位の一般チームが、Lクラスに参加部門を替えたためと思われる。今大会の注目は、参加台数では少ないがLクラスであった。図3は一般Lクラス2位の β 形2気筒エンジン搭載車両、図4は高校Lクラスで全国高等学校校長協会賞を受賞した α 形6気筒エンジン搭載車両である。いずれも数値制御工作機械を駆使したものと思われる。特徴は、今まで大



図3 β 形2気筒スターリングエンジンカー

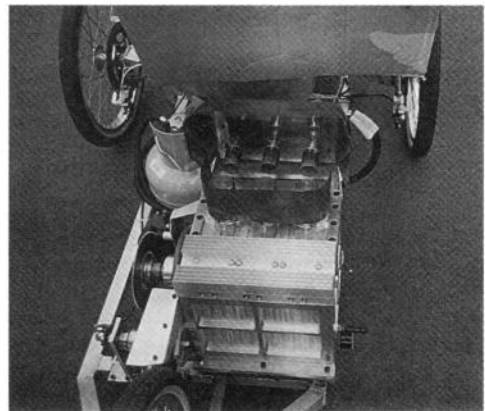


図4 α 形6気筒スターリングエンジンカー

気圧の状態から作動ガス（空気）の温度を上げていたものを、エンジン部分を覆って大気圧以上に圧力を上げた状態から加熱することで、高出力を出せる構造にしている点である。スターリングエンジンの作動ガスは、水素やヘリウムガスの方が空気より数倍良い効率を示すが、安全性と機密性を考えると製作が難しいことから、今後自作エンジンで高出力を出せる上記のエンジンが主流になるものと考えられる。

4. ま と め

今回試作した“スターごっち3気筒”は、1気筒エンジンに比べて振動が少なく滑らかな回転ができ、コース変更にもかかわらずコーナリングもスムーズに走行できた。トラブルもあり記録には不満足だったが、多気筒エンジンの仲間入りができた。今後の課題は、今回出場したスターごっち3気筒を少しでも軽量化し、減速比の変更など改良を加え記録を更新することである。また、今回の3気筒エンジンを試作した経験をもとに完成した人間乗車クラスの3気筒スターリングエンジンカーで第4回スターリングテクノラリーに臨み、上位の成績を上げることである。ところで、大会出場チームの多くは、NC旋盤やNCフライスなど数値制御工作機械を使用し、複雑で高精度の部品を短時間で加工し組み立てている。最近では設計から試作までを数日で行い、試作して失敗したら、すぐ設計を修正し試作するという。筆者の手造りとも言える汎用機械を駆使した技術で人間乗車クラスの3気筒スターリングエンジンカーがどこまで記録を出せるか、数値制御工作機械が無くて使えない寂しさもあるが、一方で楽しみと期待を持っている。

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、車両製作に協力頂いた本学1999年度生の村上孝宏君、野々村伸哉君に感謝致します。

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1報，第一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，p.79-84
- 2) 遠山 壽：模型スターリングエンジンカーの試作，（第2報，第二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，p.31-35