

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)

遠山 壽

1 はじめに

1990年代になって模型スターリングエンジンは機械工学系学習教材として普及し、模型スターリングエンジンのコンテストも行われてきた。1997年には普及の目的を兼ねた自作模型スターリングエンジンカーの走行コンテスト“第1回スターリングテクノラリー”が世界で始めて東京で開催された。第2回大会からは、ノーマルクラス、ミニクラスに分けて行われ、さらに、第3回大会から人間乗車クラスが加わった。これらのコンテストに参加した大会の概要は前報^{1)~3)}に報告した。本報では、人間乗車クラスの試作車両と第4回大会参加の概要について述べる。

2 試作車の概要

今回試作した人間乗車クラスの車両（以後スターリングエンジンカー）の外観を図1に、その緒元を表1に示す。以下にエンジンの概要、駆動システムについて述べる。

表1 試作車の緒元

エンジンの形式	β形 3気筒
ピストン ボア	(D,P) φ 80 × 50mm
ストローク	(P,P) φ 82 × 40mm
位相差	75°
加熱源	ガスバーナー
最高回転数	292rpm
トレッド：前	700mm
トレッド：後	715mm
ホイールベース	1360mm
全長	1950mm
全高	950mm
車両重量	70kg
ステアリング方式	アッカーマン
フレーム材質	アルミ合金
タイヤの種類	自転車競技用

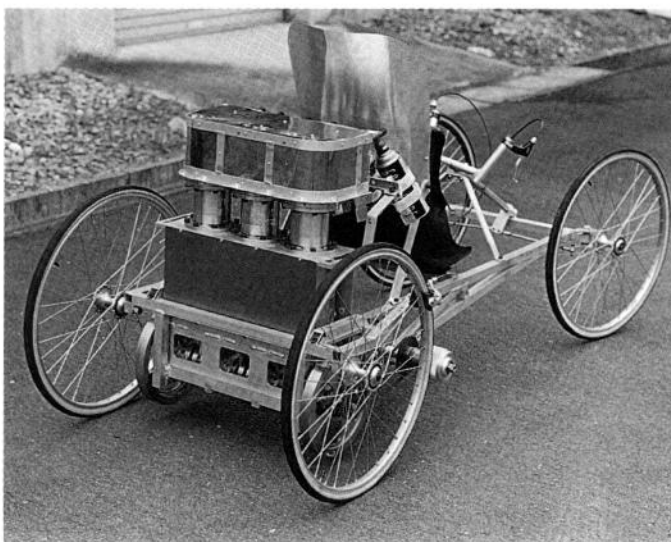


図1 スターリングエンジンカー

2.1 エンジン

図2に試作したエンジンの構造図, 図3に加工したエンジンの主要部品, 図4にシリンダーの加工, 図5~8に製作した部品を示し, それらの概要を述べる。

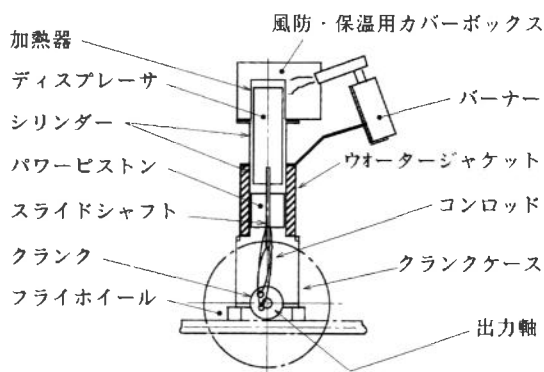


図2 試作したエンジンの構造

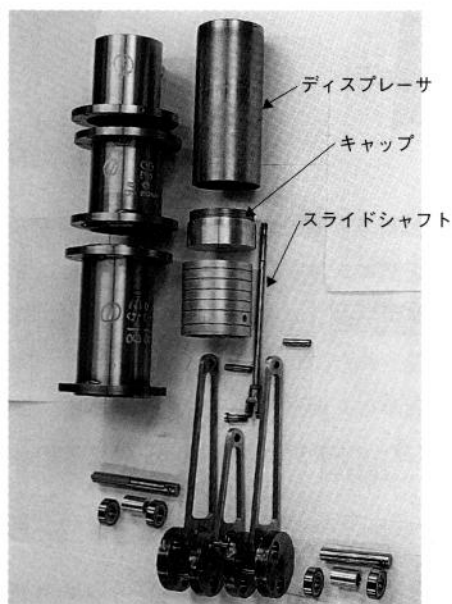


図3 加工したエンジンの主要部品

エンジンは, 図2に示すようにディスプレーサ (膨張側ピストン) とパワーピストン (圧縮側ピストン) を一つのシリンダー (今回の試作エンジンではシリンダーが長いので2つに分けた) に収めた β 形¹⁾である。3気筒を横に並べてクランク角度を120度ずつずらして連結し, 各シリンダーの圧縮側を水冷している。

加熱器は, 外径130mmの中実ステンレス材を使用し, フランジ部分を残し肉厚0.7mmに旋削した。薄くすることで内部の作動ガス(空気)が効率よく熱せられる。

ディスプレーサは, 軽量化を図るため, ステンレスパイプを使用した。一端は溶接で蓋をし, 他端は, 図3で示すスライドシャフトを固定するキャップを製作し一体化した。

シリンダーは, フランジとパイプを溶接した後, 図4に示すように内面を旋削した。溶接部分は作動ガスが漏れない気密性と溶接による変形(パイプの肉厚が薄いため変形が大きいと削り代がなくなる)を最小限にする。加工部分の内径は82mmと大き

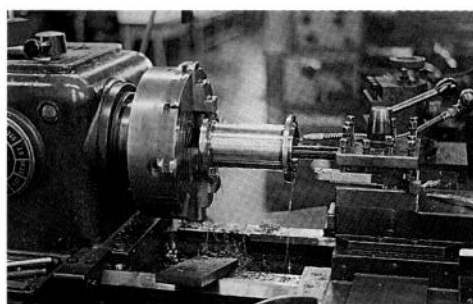


図4 旋盤によるシリンダーの加工

く、120 mmと長いいため、切削中にビブりを起こし易い。高精度を出すためバイトの選択やチャッキングなどに苦慮した。

パワーピストンは、外径を旋削後、アルマイト処理（表面硬化法）を施した。また、図5に示すようにピストンの中心部分にはドライベアリングを数個圧入し、ステンレス製のスライドシャフトとの摩擦によってピストン側が摩耗するのを防いでいる。

ウォータージャケットは、図6に示すように透明なアクリルパイプで各シリンダーを別々に冷却し、水量を見やすくした。エンジンの作動中は、膨張側と圧縮側の温度差は大きい方が良いが、ジャケット内の水量が多過ぎると膨張側まで温度を下げてしまう。

風防・保温用カバーボックスは、図7に示すように加熱器全体を覆った。内部は各加熱器間に仕切り板をつけ、火炎が効率よく加熱器に当たるようにした。ボックスの外枠はアルミ合金板を溶接し、内側は2枚の薄いステンレス板で断熱材を挟みビスで固定している。

クランクケースは、アルミ合金板を使用し、軽量化を図った。図8に示すようにベアリングホルダーとアルミ合金板を、治具となる連結棒によってクランクの中心となる高さに合わせ、ベアリングホルダーの半割れ部分と溶接後、内部の仕切り板や補強板を溶接した。組み立て時に治具を外しベアリングを組み込む。

2.2 駆動方法

本エンジンカーの駆動システムは、軽4輪自動車に使われていたサイドブレーキのレバーを利用したものである。図9に示すようにレバーを引き上げた時、ワイヤーを介してアームを引き上げる。アーム上のシャフトにはスプロケットに溶接した摩擦車が左右に取り付けられており、車輪に一定の圧力で押



図5 アルマイト処理のパワーピストン

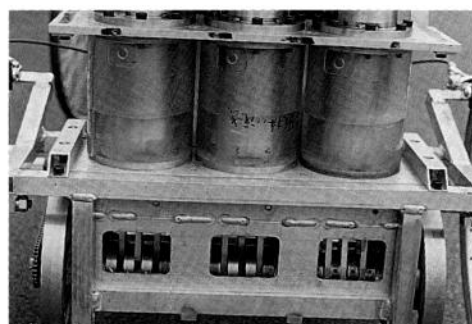


図6 ウォータージャケット

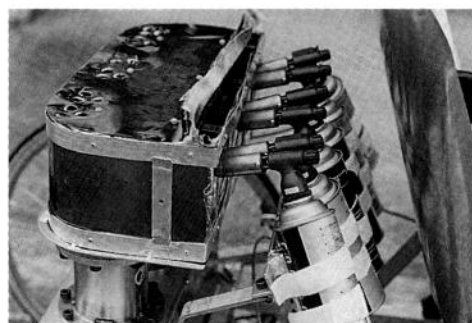


図7 風防・保温用カバーボックス

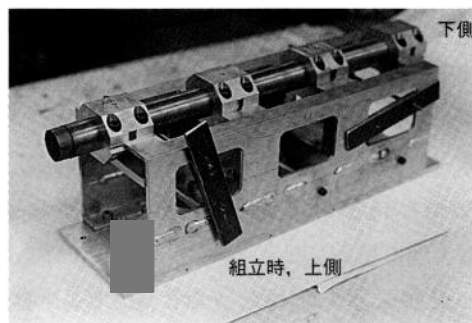


図8 クランクケース

さえ続ける。サイドブレーキのレバーを使用した利点は、ドライバーが一度レバーを引き上げた後、手を離してもラチェットギヤが働いてワイヤーを引き続けるので、一定の圧力で摩擦車を車輪に押しさえ続けられる点である。また、レバーを下げれば摩擦車はシャフトと共に自重で弓形の案内溝に沿って下がり、車輪との接触を断ち駆動を解除できる。

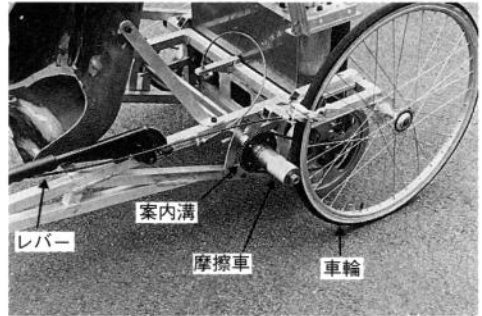


図9 駆動システム

3 大会の概要と結果

今大会は、2000年11月11日、12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。

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、熱源を搭載し加熱状態で走行する)、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)である。競技方法は、Nクラスは走行中熱源を搭載し、半径2mのコーナーを含む40m、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80m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。

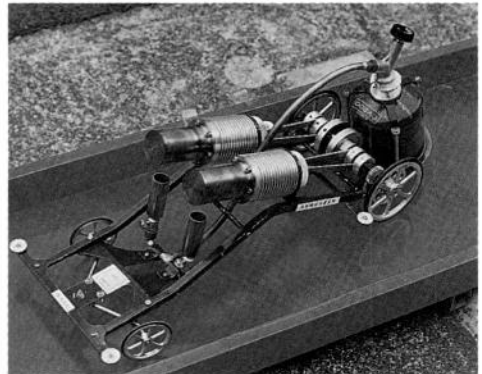


図10 ノーマルクラス参加車両

表2～4には、N、M、Lクラスの出場台数と上位の公式記録を示した。本学チームは、表2、4に示すように、Nクラスで4位、Lクラスでは1位となった。前大会Nクラス7位のスターごっち3気筒は、減速比を1.3から1に改造したことと、前回潤滑油不足でピストンとシリンダーが固着してしまった失敗を考慮した結果、タイムを12.91秒(前回は走行距離30mで16.36秒、今回の40mに換算すると21.8秒)と大幅に更新した。

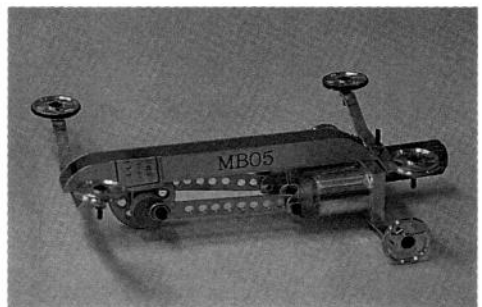


図11 ミニクラス参加車両

図10に示す車両は、 β 形2気筒で馬車を想像するようなデザインで面白い。独自の配管でバーナーの

遠山 壽：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 41 台	
順位	参加団体名	チーム名	公式記録 (秒)
1	龍谷大学機械システム学科	高田将之	10.51
2	静岡県立浜松城北工業高等学校	城北教員	11.72
3	茨城県立土浦工業高等学校	no BB ベータ	12.73
4	中日本自動車短期大学	スターごっち3気筒	12.91
(高校)		出場台数 31 台	
1	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工 課題研究班	9.44
2	静岡県立浜松城北工業高等学校	城北10号	12.42
3	静岡県立浜松城北工業高等学校	城北13号	12.67

表3 ミニサイズクラス

(一般, 大学, 高専)		出場台数 15 台	
順位	参加団体名	チーム名	公式記録 (秒)
1	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工職員X	1.61
2	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工職員	1.83
3	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工職員A	1.96
(高校)		出場台数 27 台	
1	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工 課題研究班	1.59
2	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工 機械工作部	3 1.95
3	東京都立蔵前工業高等学校	蔵工 機械工作部	4 2.56

表4 人間乗車クラス

(一般, 大学, 高専)		出場台数 8 台	
順位	参加団体名	チーム名	公式記録 (秒)
1	中日本自動車短期大学	ビートル	30.1
2	土佐技術交流プラザ	土佐技術交流プラザ	37.4
3	埼玉大学技術科	チームNao	73.9
(高校)		出場台数 5 台	
1	呉港高等学校	呉港高等学校技術研究部	39.2
2	神戸市立神戸工業高等学校	神戸市立神戸工業高等学校	91.2
3	茨城県立土浦工業高等学校	MISTY WIND	127.2

口元を大きくし、加熱器は長く効率よく熱を加えられる。図 11 に示す車両は、 α 形でガラス製注射器を使用したエンジンで軽い上、摺動面の摩擦が小さく高速回転できる。また、熱源の搭載がなく、フライホイールを車輪と兼用して軽量化している。今大会は、上記の2つと同タイプの車両が何台も上位を占めた。同一部品の製作が容易なNC機械の使用が威力を発揮したものと思われる。

Lクラス初出場のビートルは、表 4 で示すように 30.1 秒のLクラス歴代最高タイム（平均 2.7 m / 秒）で走破し、2 位に 7 秒と差をつけ 1 位となった。Lクラスの他チームは、ビートルと比べて車両が重いこと、ピストンとシリンダーに注射器を使用した車両は、注射器の大きさに限界があり、出力が上げにくいと考えられる。

4 ま と め

今回試作したLクラス・スターリングエンジンカーのビートルは、筆者の模型のスターごっち 3 気筒の試作経験、第 2 回大会Lクラス初出場の土佐技術交流プラザ 3 気筒を参考に試作した。どの程度の減速比を設定すれば走れるのか、動くのか思考錯誤であった。25, 15, 7.5 の順に減速比を換えて 30 m から 50 m の試走を行った。車両がアルミ合金製で軽量にできたことで体重 58kg の筆者が乗車しても 30 m を 49, 33, 27 秒とどんどん記録が伸びた。そして、大会では体重が 46 kg のドライバーでさらに速くなり、30 m の記録は約 12 秒で通過した。競技会では、平坦なコースで車両を押してスタートさせるので、坂道発進のような力はいらぬ。最速で走れる減速比はいくつか、大会後もスプロケットや摩擦車の大きさを替え、改造を繰り返した。ピストンの磨耗などエンジンの耐久性も未知だが、できるだけテスト走行をして次回の第 5 回大会では、さらに記録を更新しようと考えている。

おわりに、車両製作に多くのご教示を頂いた西側通雄助教授、本稿作成に際しご指導頂いた高行男教授、製作中に貴重なアドバイスを頂いた岐阜大学・若井和憲教授に謝意を表します。また、ご協力や励ましを頂いた教職員の方々に深謝します。本エンジンカーの試作に多額の研究助成金を賜った財団法人小川科学技術財団および財団法人東京自動車技術普及協会に感謝の意を表します。

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 (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 (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，第三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，p. 27 - 31 (2001)