



用を少なくする省エネルギー対策の両対策を具体化すること。

B-1 車両総重量の軽量化……………モノコック・フレーム、各種軽量対策

B-2 走行抵抗低減対策

- 1) 空気抵抗低減……………タイヤ部を除くフル・カウリング化、  
前面投影面積の極少化、空力的デザインの工夫
- 2) ころがり抵抗低減……………自転車競技用タイヤおよびハブ等の自転車部品の採用
- 3) 加速抵抗低減……………回転や移動部品の軽量化、走行方法の工夫
- 4) 駆動伝達損失の低減……………エンジン・クランクシャフトからのダイレクト・ドライブ化、クラッチの小型で堅実な作動化、自転車用変速機や部品の採用

C. エンジンの最適使用

C-1 エンジン排気量の最適化…最適排気量エンジンの追求と製作、ただし、時間的余裕がなく、市販の50cc 4 cycleエンジンを採用し、目的用に改良する。

C-2 エンジン改良対策

- 1) 燃焼室の改良……………圧縮比の適正化等
- 2) 燃料系統の適正化……………混合比等
- 3) 吸・排気系統の適性化……………バルブ・タイミングの改善により吸・排気効率の向上
- 4) 点火系統の改良……………点火エネルギーの強化と点火時期の適正化
- 5) 機械損失の低減……………各種摩擦損失の低減、補機駆動損失の低減、  
回転や移動部分の消費エネルギーの低減等

D. 完成車両と走行コースとに応じた最適走行方法の追求

……………動力伝達方法の適正化すなわち総減速比の適正化等、走行練習の積み重ね

E. その他

一方、このような一極限追求車のため、全く考慮されなかった事項として、次の項目がある。

① 乗心地 ② 居住性 ③ 空気調和 ④ 走行用電気関係装置 ⑤ 娯楽性 ⑥ その他

### 3. 車両製作結果

#### 3.1 モノコック・フレームの製作

車両の製作目標に、軽量であり、適度の強度と剛性とのバランスのとれた車両がある。パイプ・スペース・フレームにカウリングを装着する方法<sup>1)</sup>もあるが、この方法では、軽量化に限度がある。そのため、フレームとカウリングを一体化し、さらに、軽量化と十分な強度と剛性を確保するため、不飽和ポリエステル樹脂とガラス繊維を主材料とした複合材料のFRP (Fiber Glass Reinforced Plastics) および一部補強のための硬質ポリウレタン・フォームを使用したハンド・レイ・アップ法によるモノコック・フレームの製作<sup>5)</sup>を試みた。

その結果、成形に比較的自由度のある材料のため、設計意図に応じたデザインが可能となり、さらに、部分的にウレタン・フォームを心材としたスチフナ構造<sup>5)</sup>にすることにより、強度に対し比剛性の小さいFRPであっても十分な剛性を確保できた。また、重量については、以前

に採用したアルミパイプ・スペース・フレームにカウリングを装着した方法に比べ約20%強の軽量化が可能となった。

製作したモノコック・フレームの3面図を図1に示す。

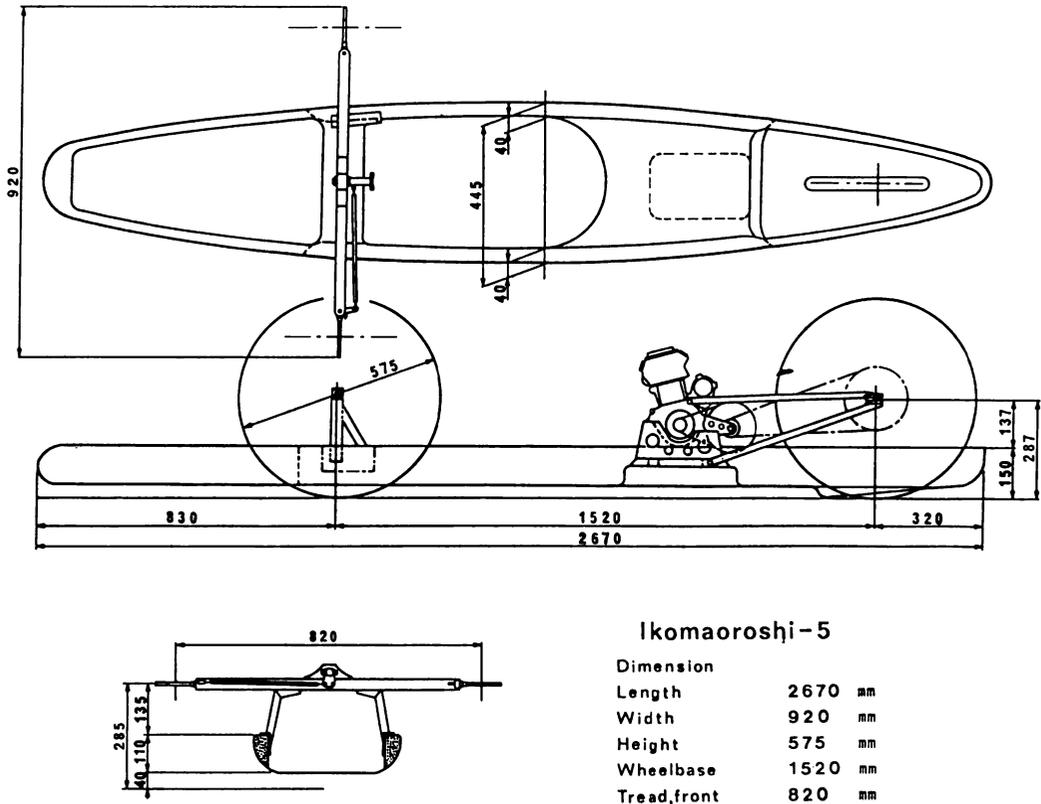


図1 モノコック・フレーム3面図

### 3. 2 エンジンの改良

今回用いたC50E型エンジン<sup>6)</sup>は一般に3500rpm以上の広い回転域での使用を目的として製作されているが、超省エネカーでは1000~4500rpmの狭い回転域での使用であることと使用時間が短いことにより、使用域の最適状態のみに限定して改良を行った。一例として、圧縮比を12.5以上に高めての使用は、連続運転が長ければ異常燃焼等の恐れがあるが、使用運転時間を考慮して限界まで追求したこと等である。さらに、発生した出力を効率よく取り出すために、フリクション・ロスの軽減そして回転や移動の運動部重量の軽量化、および、車両重量の30%程度の重量となる、エンジン本体の軽量化も行った。

改良効果の具体的測定は今回行わなかったが、走行テストより、かなりの効果が確認できた。

### 3. 3 動力伝達系 (クラッチ、ミッション、ファイナル・ドライブ) の改良

エンジン・クランクシャフトから効率よく駆動輪へ動力を伝達するため、できる限りダイレクト・ドライブ化し、確実に効率よく、軽量のチェーン駆動を採用した。さらに、低回転域から駆動力を取り出すためのクラッチ・イン回転数の設定や、惰行時に駆動伝達機構に発生する回転や移動の運動部のエネルギー損失を防ぐためのフリー・ホイールの採用も行った。その具体例として、クランク・シャフトから駆動輪までを軽量チェーンによる2段減速伝達、エンジン

発生トルクに対応したクラッチ容量および接続回転数の設定、伝達効率の良いチェーンおよび軽量スプロケットの採用、駆動輪へのワンウェイ・クラッチの採用等を行った。

これも、改良効果の具体的測定は行わなかったが、走行テストより、かなりの効果が確認できた。

### 3. 4 走行装置対策

ころがり抵抗および空気抵抗低減の目的から、使用車輪の数、大きさ、タイヤ材質、使用圧力および車輪軸受の改良、車体への取り付け方法を考慮した。その具体例として、前輪2輪、後輪1輪とし、各車輪へは同一の荷重配分とすること、ころがり抵抗や空気抵抗および重量を考慮し24インチ径の車輪の採用、タイヤ空気圧の高圧化が可能なチューブラ・タイヤの採用、負荷作用時の回転抵抗軽減のためのシールド・ベアリング・ハブの採用、車輪回転時の空気のかき混ぜ損失防止のためタイヤ・スポーク・カバーの採用等を行った。

### 3. 5 操装置対策

超省エネカーの場合、ステアリング系は、操作が確実に走行時にアライメント変化の発生しないタイプが必要であると同時に簡素で軽量であることが要求される。さらに、サスペンションを持たないため、振動や衝撃をステアリング系およびボディで吸収する必要がある。具体例として、直進走行時および施回時にアライメント変化やころがり抵抗を少なくするため、アルミ合金リジット・アクスルやアッカーマン・ステアリングの採用等を行った。

### 3. 6 ボディ（カウリング等）の製作

空気抵抗低減のため、モノコック・フレームと合わせてタイヤ部を除くフル・カウリング化を採用してきたが、さらに、投影面積の減少と抗力係数低減のための空力的デザインの採用およびボディ全体の軽量化等を行った。車体表面の摩擦抵抗を減少させるため、表面のフラッシュ・サーフェイス化、車両と路面間に発生する抵抗を減少させるためのボディ裏面のフラット化、ボディ自体の軽量化のための複合材料の使用等を行った。

カウリングを含めたボディ全体の形状比較のため、「生駒おろし5号」と「3 WHEELER」との比較を図2に示す。基本形状の「3 WHEELER」に対し、無駄となる部分を徹底的に除去することを試みたのが「生駒おろし5号」で、空力対策<sup>7)</sup>も意図した。

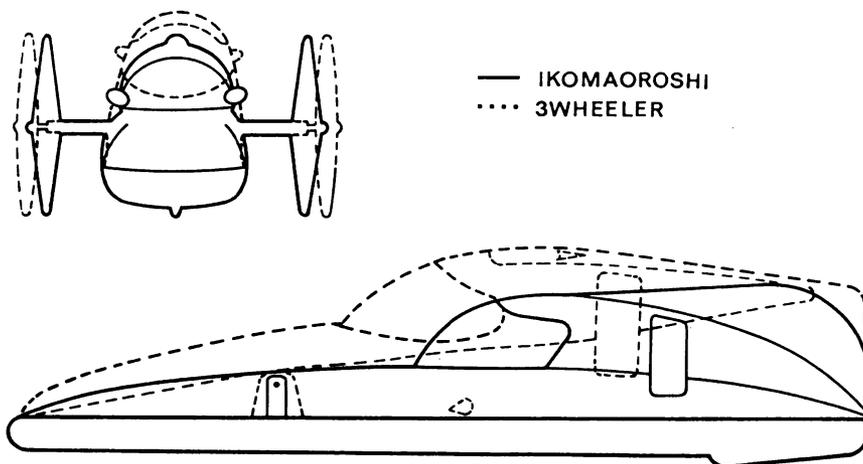


図2 ボディの比較

### 3.7 製作車両諸元

前述の諸対策を具体化して車両を製作した結果、「生駒おろし5号」の場合の確認した諸元を表1に示す。実用車の一例として“Honda アコード2.0 Si”<sup>8)</sup>をとりあげ、比較の参考に示した。

表1 車両諸元

諸元項目		車種	A) 超省エネカー (生駒おろし5号)	B) HONDA Accord 2.0 Si
寸法	長さ (m)		2.72	4.335
	幅 (m)		0.92	1.695
	高さ (m)		0.58	1.335
	軸距(ホイール・ベース) (m)		1.52	2.600
	輪距(トレッド) (m)		0.82	1.480, 1.475
	最低地上高さ (m)		0.04	0.160
	重心高さ(積車) (m)		0.22	
重量	車両重量 (kg)		37.7	1080
	車両総重量 (kg)		86.2	1355
	積車時軸重(前) (kg)		58.2(67.5%)	770(56.8%)
	〃 (後) (kg)		28.0(32.5%)	585(43.2%)
性能	最高速度 (km/h)		66.7	180
	最小回転半径 (m)		4.04	5.2
	燃費率 全負荷時 定地走行 (g/PSh)		205(4500 rpm)	215(4000 rpm)
	定地走行 (km/ℓ)		230~250*	20.0
	走行 (ℓ/100km)		.435~.400*	5.0
	走行 (km/ℓ)		980	12.0(10モード)
原動機	機関型式		C50E	B20A
	種類		ガソリン4C. 空冷	ガソリン4C. 水冷
	シリンダ数		1	4
	配置		前傾15°横置	直列横置
	燃焼室形式		半球形	ルーフ形
	弁機構		OHCチェーン駆動	DOHCベルト駆動
	内径×行程 (mm×mm)		39.4×41.4	81.0×95.0
	総排気量 (cc)		49.4	1958
	圧縮比		13.21	9.4
	最高出力 (PS/rpm)		(4.5/7000)	160/6300
	最大トルク (kgm/rpm)		(0.52/4500)	19.0/5000
	機関重量 (kg)		10.5	123
	始動方式		セルフ式	セルフ式
	アイドル回転数 (rpm)		1000	700
	潤滑方式		圧送と飛沫	圧送式
	冷却方式		空冷式	水冷電動式
使用燃料		ガソリン	ガソリン	

諸元項目		車種	
		A) 超省エネカー (生駒おろし5号)	B) HONDA Accord 2.0 Si
燃料・点火装置	燃料供給方式	キャブレターP B78	↑ 電子式
	ガス弁径 (mm)	13	
	メイン・ジェット (#)	52	
	スロー・ジェット (#)	38	↓
	点火形式	光学式フルトラ	フルトランジスタ式
	点火時期	27°BTDC/1000	20°BTDC/700
	バッテリー容量	12V-10AH	12V-47AH
動力伝達装置	クラッチ形式	乾式多板	乾式単板
	クラッチ操作方法	自動遠心式	機械式
	減速比(機関-変速機)	4.36	1.00
	変速機形式	プラネタリギヤ	常時噛合式
	操作方法	手動ワイヤ式	フロア・チェンジ式
	変速比 1 st.	1.11	3.166
	2 nd.	1.00	1.857
	3 rd.	0.79	1.259
	4 th.	—	0.967
	5 th.	—	0.794
	減速機形式	チェーン	ギヤ式
	終減速比	2.78	4.066
	総減速比 1 st.	13.45	12.9
2 nd.	12.12	7.55	
3 rd.	9.58	5.12	
4 th.	—	3.93	
5 th.	—	3.12	
シャーシ・タイヤ・その他	フレーム形式	FRP-モノコック	フレームレス
	車輪配置	(前)2(後)1	(前)2(後)2
	駆動輪	後輪	前2輪
	タイヤ・サイズ	18mm×24in.	165SR13
	タイヤ形式	チューブラー	チューブレス
	リムサイズ	18mm×24in.	5-J×13
	タイヤ空気圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	9.5	2.0
	舵取形式	アッカーマン・ジャント	ラック・ピニオン
	制動装置	ワイヤ式	油圧式
	緩衝装置	無し	ウィッシュボーン
	前面投影面積 (m <sup>2</sup> )	0.255	1.93
	側面投影面積 (m <sup>2</sup> )	1.076	—

(注. \*印は計算データ, Accordのデータは参考)

#### 4. 走行結果の一例

##### 4-1 走行コースと距離

製作車両の実走行による走行燃料消費率の測定のため、当然、テスト・コースにおける測定結果もあるが、ここでは公式記録として公表されている一例の、“ホンダ・エコノパワー燃費

競技”の関西大会<sup>3)</sup>の場合を取り上げた。その走行コースの詳細を図3に示す。

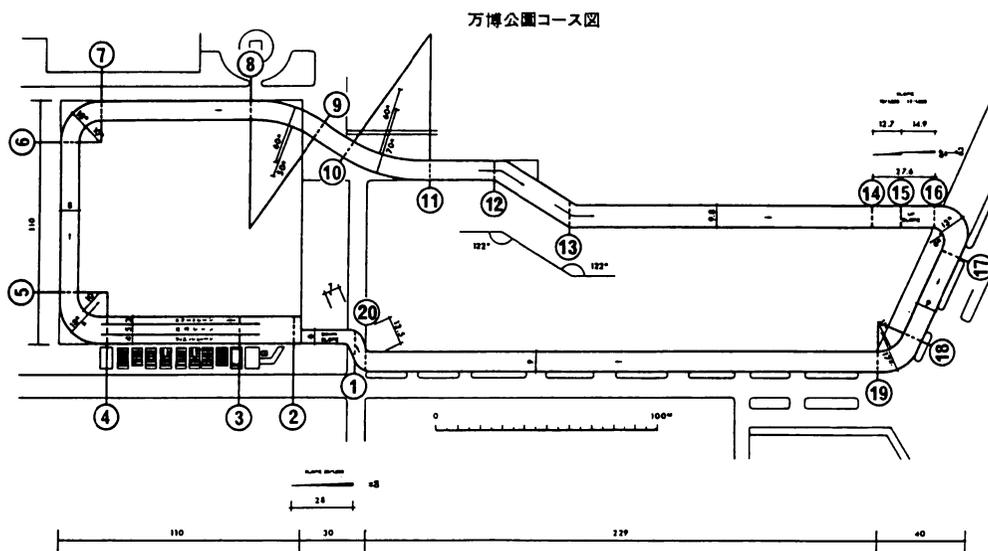


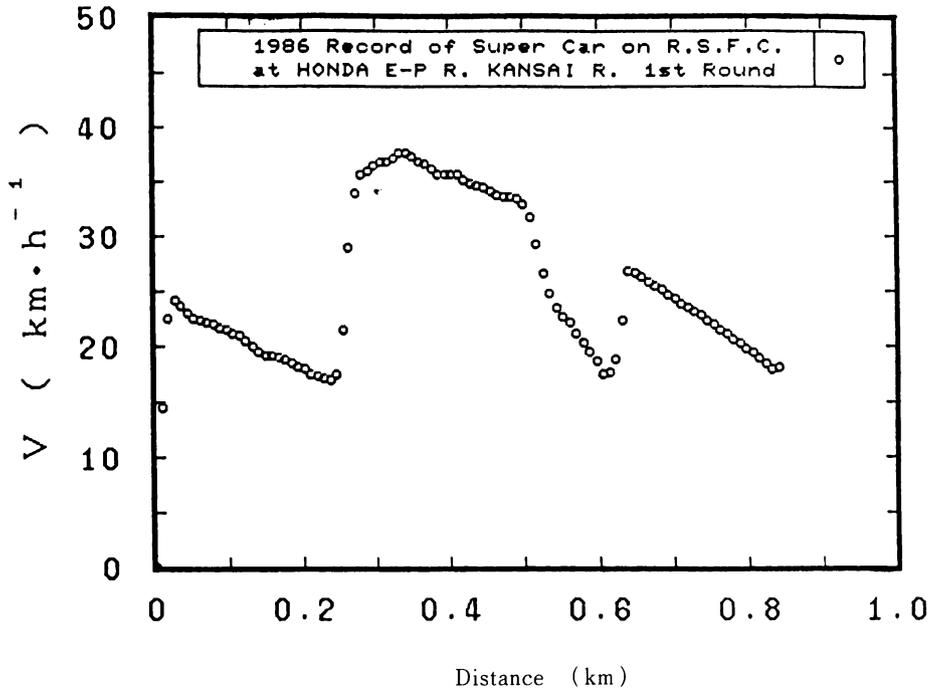
図3 競技コース図

表2 コース距離の比較

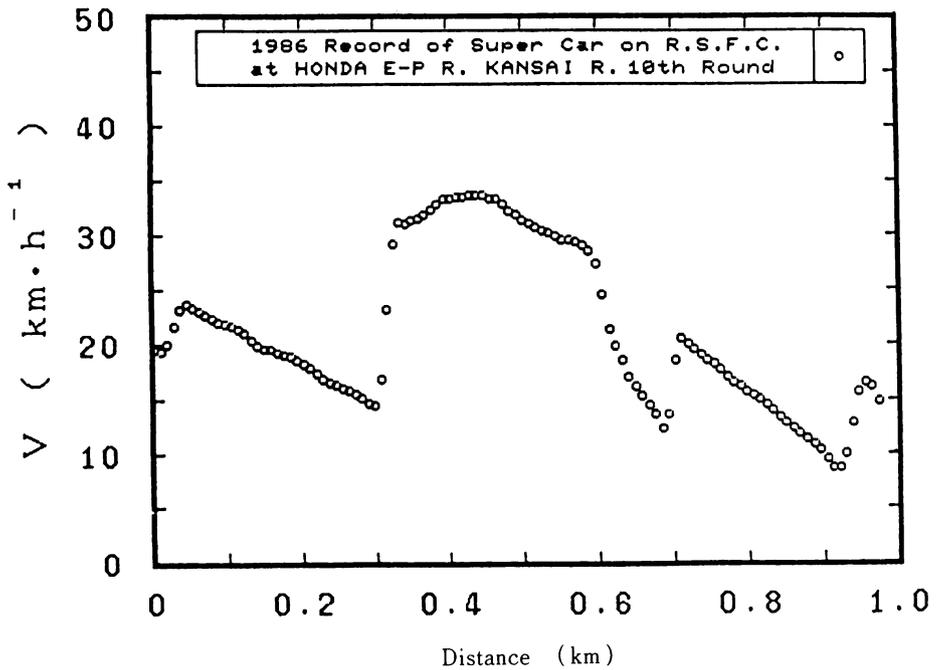
方 法	距 離 (m)	比
1. 図3の平面図面より算出	927.0	1.000
2. 走行計測より分析	925.3	0.998
3. 公式発表 (1985)	950	1.025
4.     〃 (1986)	850	0.917

走行距離の確認のため、この図よりコース一周の距離を算出した。同時に、実走行による走行分析結果からも一周の距離を求め、それらの結果を、公式発表距離も合わせ表2に示す。図3よりの算出結果は、平面図からの算出であり、倍率の精度等検討要因も多い。一方、走行分析結果よりの走行距離はタイヤ1回転の長さ（タイヤ周長）とタイヤ回転数とから求めている。タイヤ周長は競技直前にドライバーが乗車した走行状態にて、競技コースの平面上をタイヤ1回転分ゆるやかに移動させ、その場合の、タイヤ1回転分の移動距離として求めた。また、走行時のタイヤの回転数と時間はタイヤに回転数取り出しピック・アップを取り付け、その取り出しピックアップからの信号をハンディタイプのカセット・テープレコーダに記録した。それより、走行距離および時間を算出した。その際、駆動輪の後輪ではスリップ等の影響が大きく、図1に示す前輪（右）にそのピック・アップを取り付けた。その場合も、公式距離として定められたコース上を走行しているとは限らないことやスリップ等による誤差要因検討事項がある。そのため、別に、正確に測定したコースでの走行分析を行い、十分精度よく一致することの確認も行った。

公式距離は、年度による相違もあり、信頼できない。一方、走行分析結果が最も信頼性が高いが、走行状態は一定とはいえない。その結果、主催者による公式発表を除き、走行距離には



(1) 1周目(図3のスタート③~⑩~⑱~①)



(2) ゴール前の10周目(図3の①~⑩~⑱~ゴール③)

図4 走行速度線図

図3より算出した値を基準とし、走行分析の値をそのまま用いた。

#### 4-2 走行分析<sup>9)</sup>

前述の走行分析方法より、走行速度を算出し、「生駒おろし5号」の競技における走行速度線図の一例を図4の(1)、(2)に示す。

図4の(1)は図3のスタート③より約一周後の①までの1周目の走行速度線図を示す。この図より次の分析等が行えた。始めの20mほどはスタート後の加速を示し、その後、エンジンを停止しての惰行により約250mまで走行し、その後、エンジンを駆動して加速している。さらに、その後、エンジンを停止して惰行に入るが、少し下り坂があり、自重による加速そしてゆるやかなカーブや上り坂による少し複雑な減速変化をした後、急な上り坂による急減速およびカーブ後のゆるやかな上り坂による少しゆるい減速後、約17km/hの速度にて再び加速し、約27km/hにて直ちにエンジンを停止し惰行に入ることが明確に得られた。

図4の(2)は、ゴールに入る前の一周を示しているが、図4の(1)の続きの下り坂によるエンジンを停止しての自重による加速後、前述の図4(1)の説明に一致し、最後に、下り坂による自重による加速後ゴールに入りブレーキングによる減速をしていることが示されている。

このように、コース一周におけるエンジン駆動走行距離は、ゴール直前の一周では、2箇所の区間の合計約60mに過ぎなく、このような実際の走行では出来ない走行をすることも走行燃料消費率が827km/lになった大きな要因である。

尚、この図はこのような超省エネカーのコースにおける走行状態の確認と極限追求のための走行分析の検討資料を提供している。

#### 4-3 考察

一例として、本学よりの出場チームの成績を表3<sup>10)</sup>に示す。公式記録はすべて一周の距離を850mとして算出されているのに対し、実際は927mと判断され、927/850の比を重じた値が実走行燃費率となる。また、燃料消費量の計測は、重量法であった。

表3 昭と61年度ホンダ・エコノパワー燃費競技(関西大会:10/5)成績

チーム名	大阪産業大学 内燃・熱 卒研チ ーム(卒業研究)	大阪産業大学 内燃機関研究部 Aチーム(クラブ)	大阪産業大学 内燃機関研究部 Bチーム(クラブ)	3 Wheeler Tec- hical Section (学内共同研究)	
ドライバー	松尾 成 司	中 川 英 美	大久保 和 重	住 本 淳	
メンバー	原 田 伸一郎 波多野 耕 二	中 岡、橋 本 阿 尾、丹 羽 平 田、富 田	岸 本、福 沢 西 田、米 倉	田 中 久 和	
成 績	記 録 (km/l)	グループⅢ 827.9	グループⅢ 403.4	グループⅢ 278.3	グループⅡ 758.9
	順 位	大学 1/11	大学 2/11	大学 3/11	一般 1/31

注：グループⅢは学生、生徒の部；グループⅡは一般の部；順位の分母の数字は出場台数  
ただし、卒業研究チームの記録は全出場台数56台中の第1位で新記録と認定される。

「生駒おろし5号」と「3 WHEELER」との各チームの成績の相違は、走行コースのとり方(競技のための他車との関係有り) およびそれによるブレーキング回数の相違が大きく影響している。このように一回のブレーキングを行うことにより、(500km/l 以上の) 好記録になるほど影響は大きく、競技としての厳しさがある。

また、全く平面でなく、高度差が存在することは、上り勾配時に消費するエネルギー使用は大きく、結果として、走行燃料消費率の低下につながっている。また、風の影響も大きく、風がない場合は理想的であるが、風があってもその影響を小さくする車両の極小化と形状の空力最適化が要求される事を示している。

## 5. 結 言

自動車の燃料消費量の極少限界を追求する超省エネカーを取り上げ、その製作と走行結果の一例を示し、一つ一つの技術的方法や手段の積み重ねにより、一つの目標の1000km/lが可能である見通しを得た。それらの技術的方法や手段はこのような超省エネカーのみに効果のあるものもあれば、今後の未来車に還元される項目もあり、何らかの今後の交通機関の発展に寄与することができることを希望する。特に、次の結論を得た。

1. FRP (ガラス繊維複合材料) を用いてのモノコック・フレームやボディの製作はすでに実用段階に入っていることも含め、今後、大きな発展が期待される。

2. 車 (交通機関) の抵抗低減には、空気抗力対策は非常に効果的であり、実用への還元は大いに期待される。

3. 車両関係の諸検討事項の具体化の総合結果として、一周927mのコースをエンジン駆動しての加速距離がたった約60mにすぎない走行方法が可能となった。すなわち、車の燃料消費の極小化の一つの目標の走行燃料消費率が1000km/lの可能性を見いだした。

4. 今後、より細かな対策を具体化することにより、もう少し高い目標も可能である見通しを得た。

終わりに、近藤政市東工大名誉教授にご指導賜り厚くお礼申し上げます。また卒業研究として、車両の製作や卒業研究の発表のためのレースに参加した松尾成司、原田伸一郎、波多野耕二の3君および計測とその分析および何かと協力した昭和61年度卒業研究生全員にその労をねぎらい謝意を表す。さらに、学内外を問わず、ご尽力頂きました各位に心より感謝いたします。

なお、この研究に大阪産業大学産業研究所の昭和61年度特別研究費の助成を受けましたことを記し、ここに、謝意を表します。

## 参考文献

- (1) 永田 勝 「超省エネカーとその燃料消費率について (第1報 平坦コースの走行について)」 大阪産業大学論集 (自然科学編) No.71, '85, P.19
- (2) 永田 勝、他 「超省エネカーとその燃料消費率について (第2報 平坦コース走行に及ぼす影響因子について)」 大阪産業大学論集・開学20周年記念自然科学編 '85, P.287
- (3) 「'86ホンダ・エコノパワー燃費競技・関西大会」大会規則'86
- (4) 「'85マイレージマラソン」走行分析結果, 未発表
- (5) 滝山栄一郎 「ポリエステル樹脂」(プラスチック材料講座 [10]) 昭和高分子(株)'80
- (6) 藪本 俊雄 「ホンダ新形スーパーカブ用エコノパワーエンジン」 内燃機関 vol.20, No.251, '81-7, p.41
- (7) Buchheim, R. et al "Necessity and Premises for Reducing the Aerodynamic Drag of Future Passenger Cars" SAE TPS 810185 '81
- (8) 「サーブिस・マニュアル」 本田技研工業(株)'85
- (9) 永田 勝 「超省エネカーの走行解析とシミュレーションによる考察」(1. 平坦路の直進走行について) (社)自動車技術会・学術講演会前刷集 862106 P.559 '86
- (10) 「'86ホンダ・エコノパワー燃費競技・関西大会」公式記録 '86