



# 宇都宮大学フォーミュラ SAE 車両

## UF-01 Design Review

### デザイン審査 第3位

向井秀明 (宇都宮大学大学院 : UUFD プロジェクトリーダー)

#### 1. はじめに

宇都宮大学 F-SAE チーム (Utsunomiya University Formula Designers : UUFD)の車両 UF-01 は、全日本学生フォーミュラ大会において表1に示す成績を収めた。車重 280kg と参加車両中「最も重い車両」の部類に属する UF-01 が、このような結果を残せたのは「Athlete」というコンセプトが正しかったからではないか、と考えている。多くの車両が軽量化を前面に押し出しているのに対し、UUFD は以下に示す考え方で設計製作を行った。

F-SAE の競技において、優れた車両とはいったいどのようなものか？ UUFD では、この答えを「Athlete」から見出した。アスリートは、太く強い体や細くしなやか

な体など、様々な体型をもっている。これらの選手に共通するのは、各競技特性に応じ鍛えぬかれた、無駄の無い体格をもっていることである。当然、筋肉が必要なところには強靱な筋肉がある。その上で、競技において最も扱いやすいよう、バランスがとれていることが最も重要である。

UUFD では設計・製作において、常にバランスの取れた強靱な肉体を持つアスリートを思い描き、車両に体现した。ここでは、UF-01 において最も力を入れ設計したフレームとサスペンションのデザインレビューを紹介する。

#### 2. フレーム

F-SAE において優れた骨格を持つことは圧倒的なアドバンテージ

となる。精度が高く、強靱で最適なレイアウトをもつフレームは、サスペンションやエンジンのすべての能力を引き出すこととなる。フレームの設計にあたり、重点をおいたものが二つある。

1. 旋回性能を高めるための低重心化
2. サスペンションの性能を最大限発揮することが出来るフレーム

##### 2-1. 慣性モーメントの低減

UF-01 では、車両重量の約 20% を占め、車両で最も重い構成部品であるエンジン搭載位置を、フレーム最下部からオイルパンが突き出さない範囲内で低く設定した。さらに、比較的レイアウトの自由度がある、ドライバーやガソリタンクといった重量物を車両の中心に集める

審査種目	ポイント	順位
コスト	57 / 100	8
プレゼンテーション	71 / 75	4
<b>デザイン</b>	<b>98 / 150</b>	<b>3</b>
アクセラレーション	36 / 75	5
<b>スキッドパッド</b>	<b>50 / 50</b>	<b>1</b>
<b>オートクロス</b>	<b>111 / 150</b>	<b>3</b>
エンデュランス	135 / 400	9
合計	556 / 1000	5

Table.1 大会リザルト

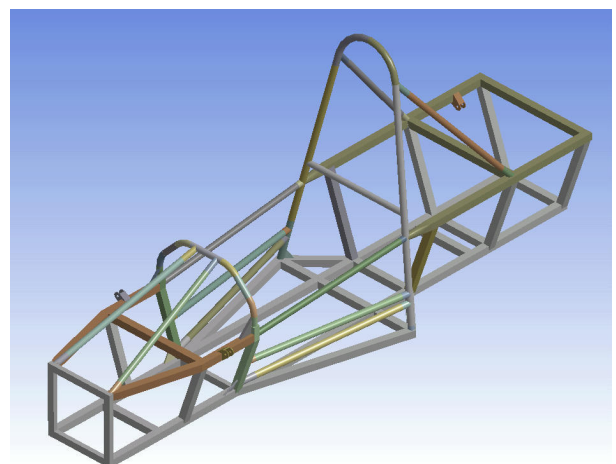


Fig.1 フレーム全体図

ことで、慣性モーメントの低減を目指し、運動性能の向上をはかっている。

## 2-2. シンプルかつ高剛性に

図1にフレーム全体図を示す。UF-01のフレームは、極力部材点数を抑え、角パイプを多用したシンプルなフレームとした。このような構造とすることでフレーム加工精度を高め、サスペンション性能を最大限に生かすフレームの製作が可能となる。

その上で、サスペンション取り付け部の剛性を確保するためコンピューターによる構造解析を用いた。解析の一例として、フレーム側ショック取り付け部に力を入力する条件で行った解析結果を示す。図2は補強無しでの結果、図3は力の入力方向に補強を入れた時の結果である。図2では、大きな変形がおきていることを表す紫色の部分が多く見られるが、図3では無くなっている。解析結果より、この補強は有効であることが確認できた。このように、基本のフレームはシンプルなものとし、これに解析結果を考慮した

効果的な補強を入れることで目標通りのフレームを設計することが出来た。

## 2-3. 加工

溶接構造をもつフレームでは、必ず熱ひずみが発生するが、定盤と治具を±6/100mmの精度で組み付け、また、溶接部近傍をジグで保持すると共に、溶接順序を工夫したことでひずみを極力抑えることが出来た。UF-01ではサスペンション取り付け部の精度は、設計値に対し1mm以内の精度での製作を実現した。設計だけでなく、製作においても目標を達成している。

## 3. サスペンション

アスリートにとって最も重要な部分の一つが、地面と唯一コンタクトしている足である。強靱なアスリートの足には、体をしっかり支え力強く踏ん張る能力が要求されている。当然贅肉が有ってはならず、フットワークは軽やかでなければならない。

そこでサスペンションシステムに必要な性能として

- ・ 各部品が、最適な強度を持ち軽量である事
- ・ タイヤの能力を使い切るためのジオメトリー

が挙げられる。

## 3-1. 軽量化

UF-01では、ナックルをアルミ化すると同時に、サスペンションアームのコンピューターによる強度解析を行い、パイプ径及び肉厚を最適化することで軽量化を果たした。解析方法は以下のとおりである。

解析では、アーム構成部品全体のバランスを取ることを目標とし、その基準をロッドエンドに置いた。ロッドエンドは諸元が公表されているため、他のアーム構成部品に対し選定が容易である。解析時の考え方として「ロッドエンドを含めたアーム全体の安全率を均一化する事」であり、これに適合する部材を選定した。解析結果をもとにアームを製作したところ、前車両ではアッパー0.95kg、ロア1.45kgであったアーム重量が、アッパー0.43kg、ロア0.83kgと全体で49%の軽量化に成功した。

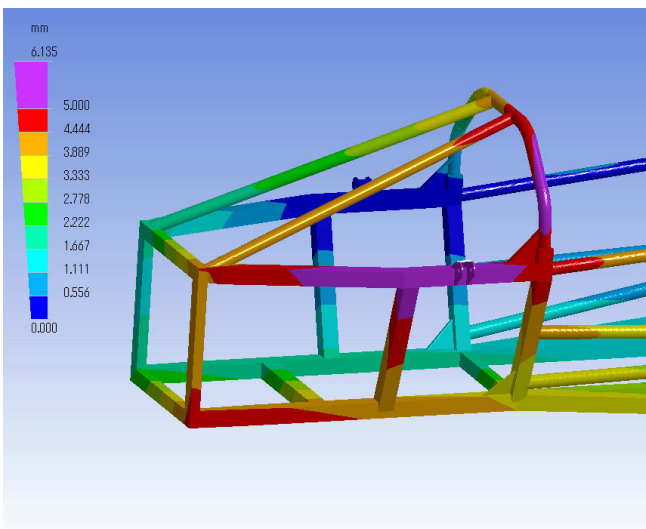


Fig.2 フレーム解析 (補強無し)

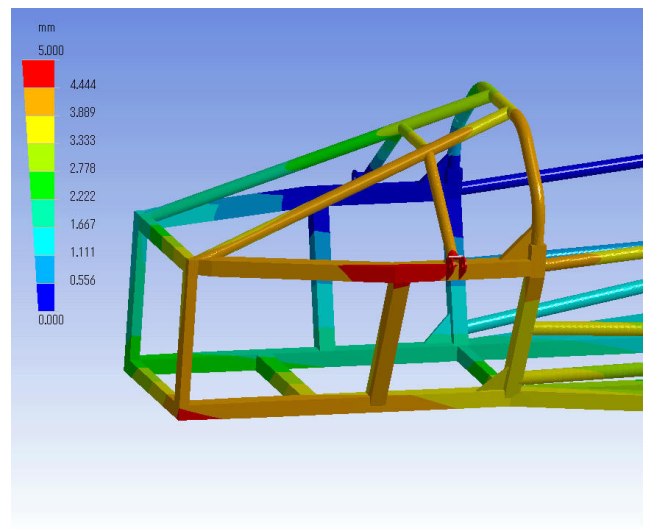


Fig.3 フレーム解析 (補強有り)

### 3-2. ジオメトリー

ジオメトリー設計における方針は「コーナリング中のロール時に、外輪でポジティブキャンバーを生じさせないこと」である。

#### 3-2-1. キングピン・キャスト角

キングピン角度は  $2^\circ$  と小さく、キングピンオフセットは  $60.54\text{mm}$  に設定した。この設定では「キングピンオフセットが大きく、ハンドルを取られやすい」と言う傾向があるが、F-**SAE** ではハンドルを大きく取られるような悪路走行は無く、影響は無視できると考えた。

また、キャスト角度は  $8^\circ$  と大きくとった。キャスト角度が大きいと、トレールも大きくなりセルフアライニングトルクが増加する。これは、ドライバーからの要望で大きくし、実際にドライバビリティが格段に向上した。このような小キングピン角度、大キャスト角度のジオメトリーでは

- ・ ステアリング操舵時にコーナー外輪のキャンバーが、ネガティブ方向へ変化する
- と言った利点を持つ。この点は、ジ

オメトリーの設計方針を実現させるために、非常に重要な要素である。

#### 3-2-2. 初期キャンバー角度設定

コーナリング中は、ロールによるキャンバー変化が生じる。またフロントでは、ステアリング操舵時にもキャンバー変化が起こる。これらの変化を総合した際に、コーナー外輪において常にネガティブキャンバーとなるような  $1\text{G}$  静止状態でのキャンバー角度を決定する。フロントでは、フルロール時のキャンバー変化： $2.15^\circ$ 、最大転舵角である  $180^\circ$  転舵時のキャンバー変化： $-1.72^\circ$  よりコーナー外輪におけるキャンバー角度を計算すると  $+0.43^\circ$  となる。すなわち  $0.43^\circ$  のポジティブキャンバーであり、これをネガティブキャンバー状態に抑えるため、 $1\text{G}$  静止状態での初期キャンバー角度を  $-0.5^\circ$  とした。リアも同様の考え方から  $-0.7^\circ$  とした。

以上の設計を元に、UF-01 のステアリング切れ角を考慮したロールに対するコーナー外輪キャンバー変化のグラフを、図4に示す。フロントは、最も実用的なステアリン

グ切れ角である  $90^\circ$  転舵時のグラフである。これより UF-01 は実用最大ロール角である  $3^\circ$  まで常にネガティブ状態を保つ。本ジオメトリー設定で、コーナリング中のロール時に外輪でポジティブキャンバーを生じさせない、という設計方針を達成することができた。

### 4. まとめ

デザインファイナルにて行なわれた、車両に乗り込み評価を行なう審査において、UF-01 は1位を獲得した。これは、ドライビングポジションの良さに加え、作りこみの丁寧さからくる安心感を評価して頂けたからだと考えている。

自動車設計において全ての要求を満足させる事は、不可能に近い。実際、一方をとると、もう一方が損なわれてしまう事が多々あった。UF-01 がデザイン審査において高い評価を頂けたのは、二律背反の事象に対し明確な妥協点を示し、理由をもった設計を行なう事ができたからではないかと思う。

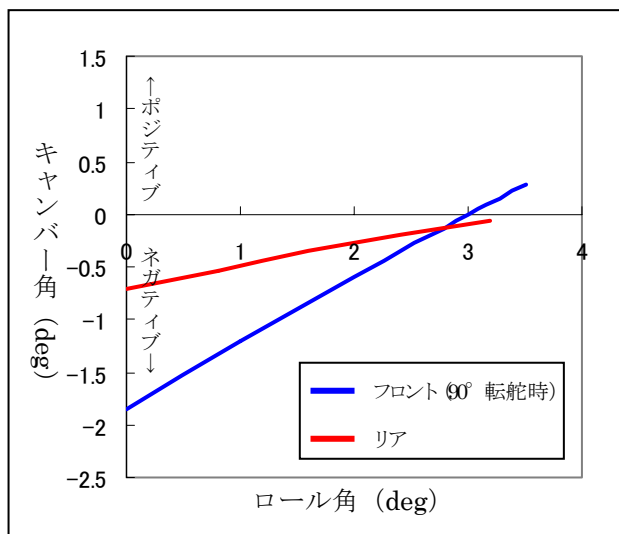


Fig.4 ロール時の外輪キャンバー変化



Fig.5 UF-01