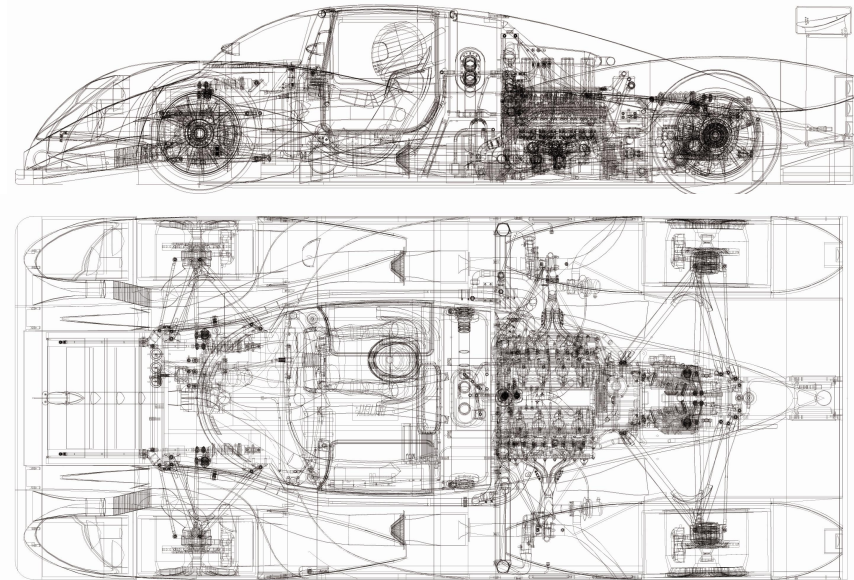


ル・マンに挑戦，オリジナルマシンを開発



東海大学 工学部 動力機械工学科
林 義正

ル・マンのアリーナ サルテサーキット

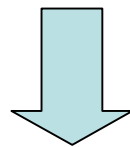
1周 13.6km



仏) サルト県 ル・マン市

ル・マン挑戦の意義

- 夢と挑戦と実現
- 最高レベルの技術開発による課題突破力の涵養
- 知的能力 (Ability) と実現能力 (Competence)
- チームワークに必要な人間性の涵養
- ル・マンは欧州のモータースポーツの原点
- 24時間、1秒の重さと感動の体験



社会に出て即戦力となる人材の育成

ル・マンプロジェクトの沿革

(1994年度より卒研テーマにGTカーの研究などを設定)

2000年10月 東海大学モータースポーツフォーラム2000

2001年度 本格的にル・マンカーLMP1(オープンボディ)を卒業研究テーマに設定

2002年度 卒研として課題要素が多いクローズドボディ(TOP03)に変更

2003年度 } 前年度の成果を引き継ぎブラッシュアップ

2004年度 }

2005年度 TOP03の基本設計をほぼ完了

先行研究実験車Study Car走行実験開始

TOP03とは？

Tokai Original Prototypeの略で

東海大学工学動力機械工学科の開発

コースの**学生が産学連携で研究・開発**

しているル・マンカー。

ル・マンカーTOP03の研究体制

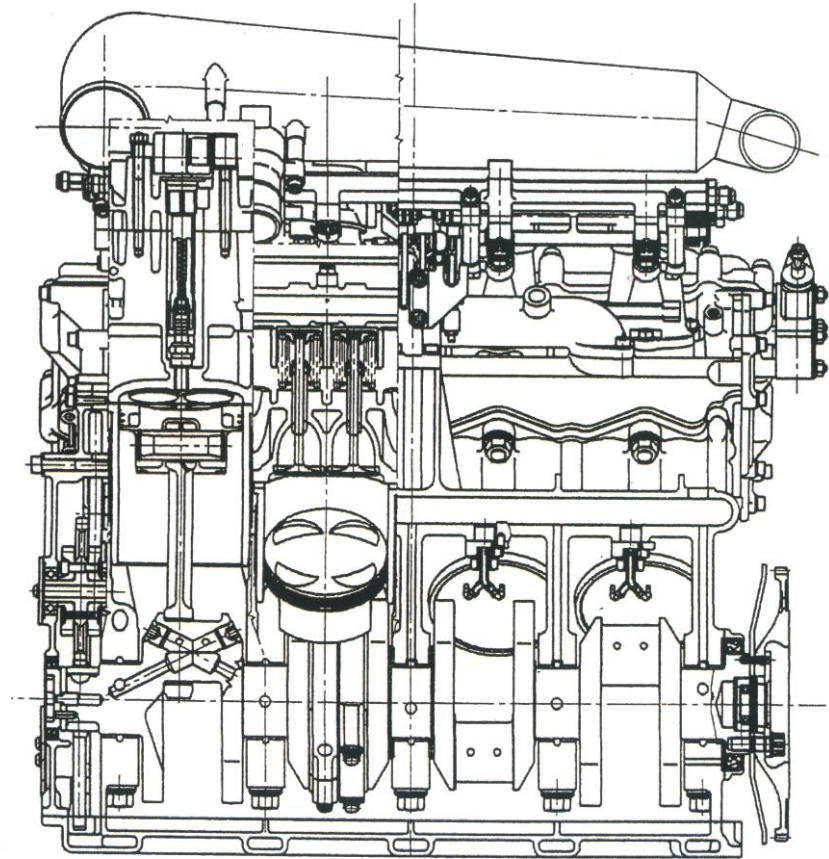
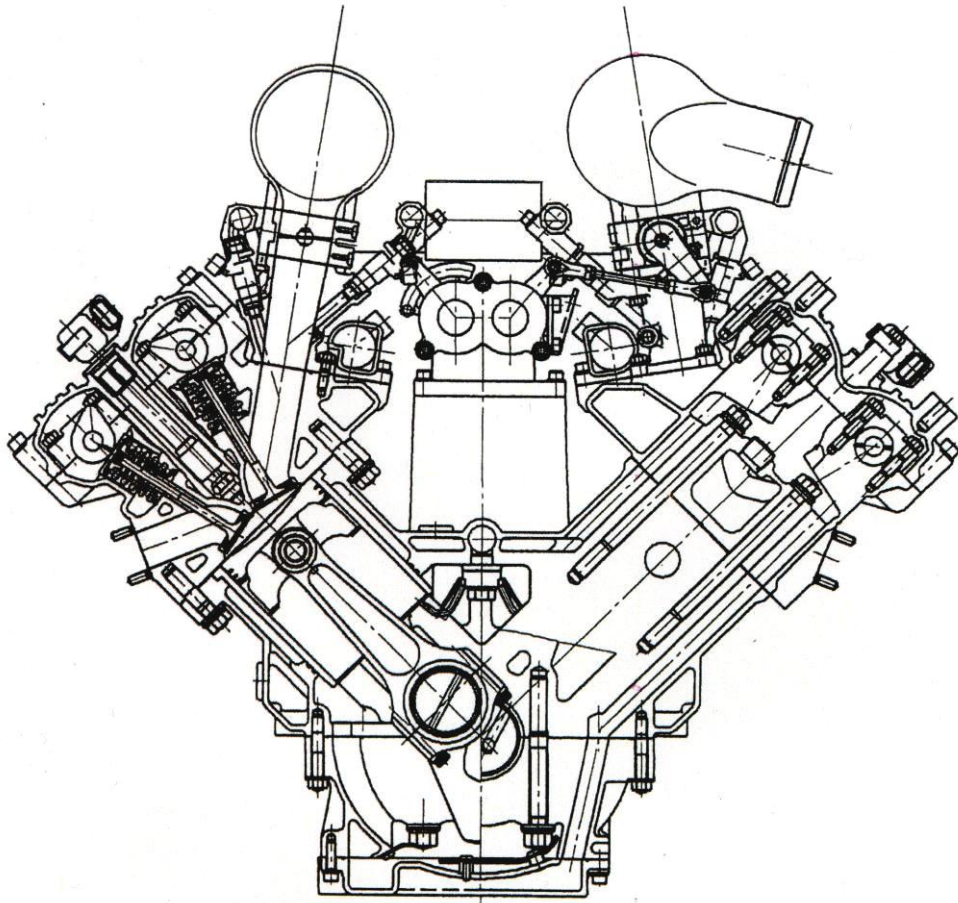
マネージャー班(全体取りまとめと三遊間のゴロ取り)

- エンジン班(吸排気・補機・伝動)
- ボディ班(空力・構造解析)
- 足回り班
- 人間工学班
- 走行性能解析班(本番車完成後)

先行研究実験車**Study Car**の試作目的

- ・ **TOP03**の開発にフィードバックする各種データの採取
- ・ 産学連携で開発したレーシングエンジン**YR40T**の実践的テスト
- ・ **学生**の訓練
- ・ **真のものづくり教育**

研究委託を受けて開発した レーシングエンジンYR40T

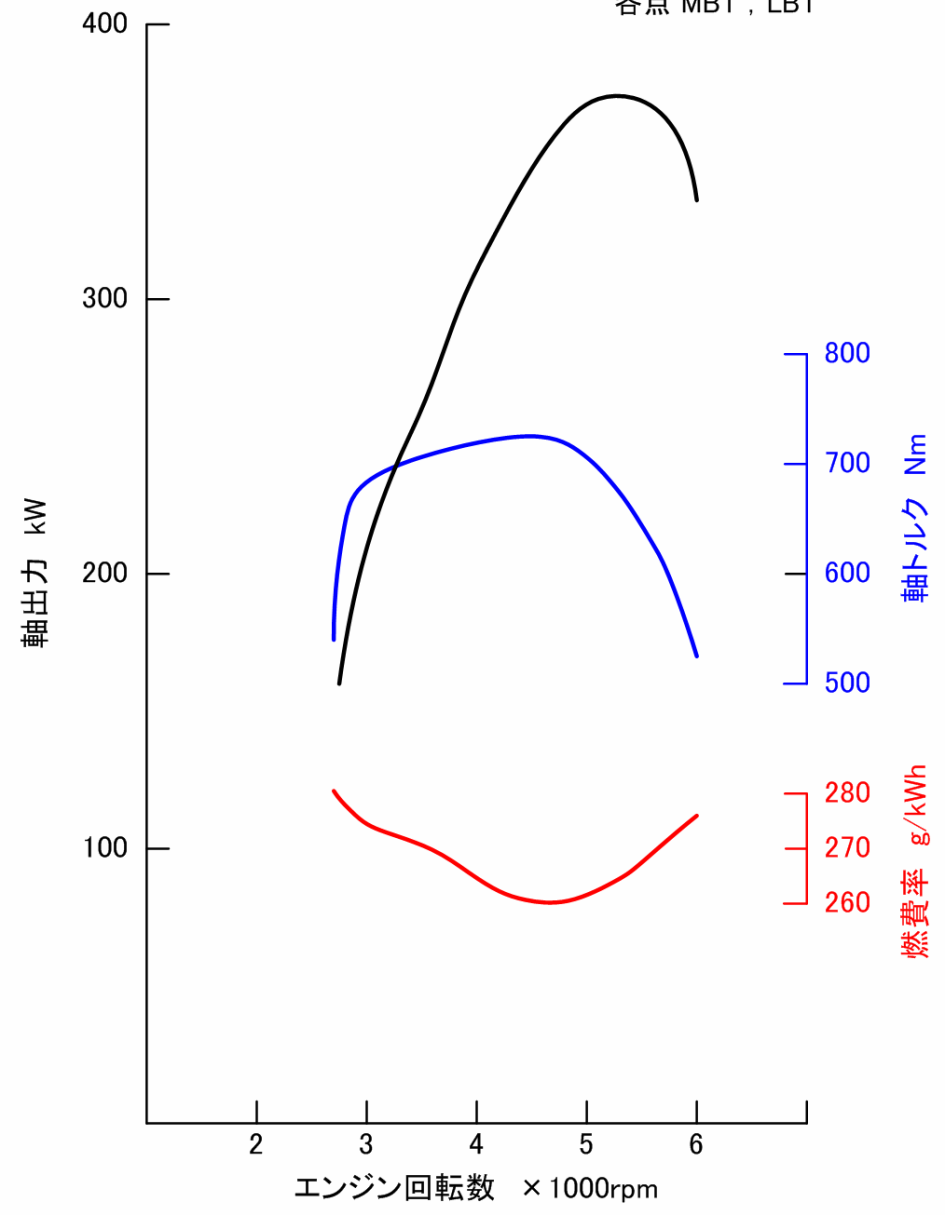


YR40T



YR40T 出力・燃費性能

エアリストリクター: $\phi 32.4 \times 2$
過給圧 : 1500mb (Abs)
各点 MBT, LBT



Study Car



Study Car 主要諸元

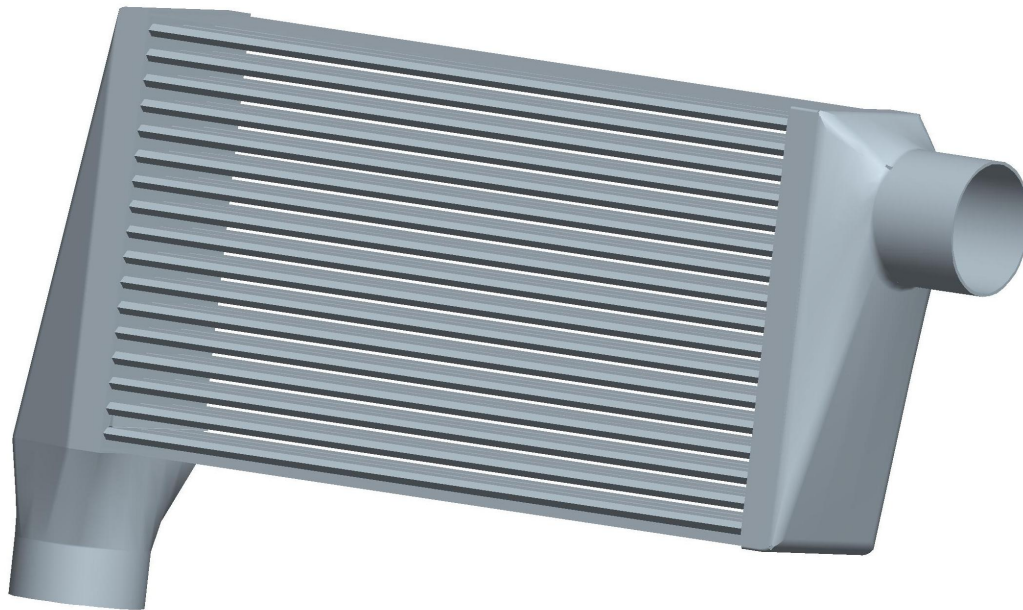
車両主要諸元

全長	4620mm	
全幅	1900mm	
全高	1165mm	
ホイールベース	2720mm	
トレッド	F	1590mm
	R	1500mm
車両重量	900kg以上	
クラッチ	トリプルメタルプレート	
トランスミッション	Hewland製手動5速	
ブレーキ	F	330 × 35t (AP製4ポッドキャリパー)
	R	330 × 35t (AP製4ポッドキャリパー)
サスペンション	F	ダブルウィッシュボーン
	R	ダブルウィッシュボーン
ステアリング	ラック & ピニオン	
ホイール	F	10J × 18
	R	13J × 18

タイヤ	F	240/35R18 Dry	(ブリヂストン製)
		240/35R18 Wet	
	R	325/35R18 Dry	(ブリヂストン製)
		310/35R18 Wet	

YR40T エンジン主要諸元

エンジン形式	90° V型8シリンダー
ボア × ストローク	93mm × 73.6mm
総排気量	3998cc
最高出力	368 kW 以上 (エアリストリクター 32.4 × 2 , 1500mbAbs)
	698 kW 以上 (エアリストリクター 無 , 2200mbAbs)
最大トルク	720 Nm 以上 (エアリストリクター 32.4 × 2 , 1500mbAbs)
	951 Nm 以上 (エアリストリクター 無 , 2200mbAbs)
燃料系・点火系	Motec製 M8改
ターボチャージャ	YGK-RX6 , 電子制御式
動弁系	ギア駆動直動式4バルブ
潤滑方式	ドライサンプ



$$G = \frac{1}{2} \times \frac{N}{60} \times V \times P_a \times \frac{273 + t_1}{273 + t_2}$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.116 \times \frac{5500}{60} \times 3.998 \times 10^{-3} \times 1.5 \times \frac{273 + 20}{273 + 40}$$

$$= 0.283 [\text{kg/s}]$$

G: 質量流量 [kg/s]
 ρ: 空気密度 [kg/m³] (20 °C)
 N: 回転数 [rpm] (最高出力時回転数 5500rpm)
 V: 排気量 [m³] (3.998 × 10⁻³ m³)
 P_a: ブースト絶対圧 [-] (大気圧に対して何倍かを表している)
 t₁: 外気温度 [°C] (20 °C)
 t₂: コレクター内温度 [°C] (40 °C)

$$Q = mc \Delta t$$

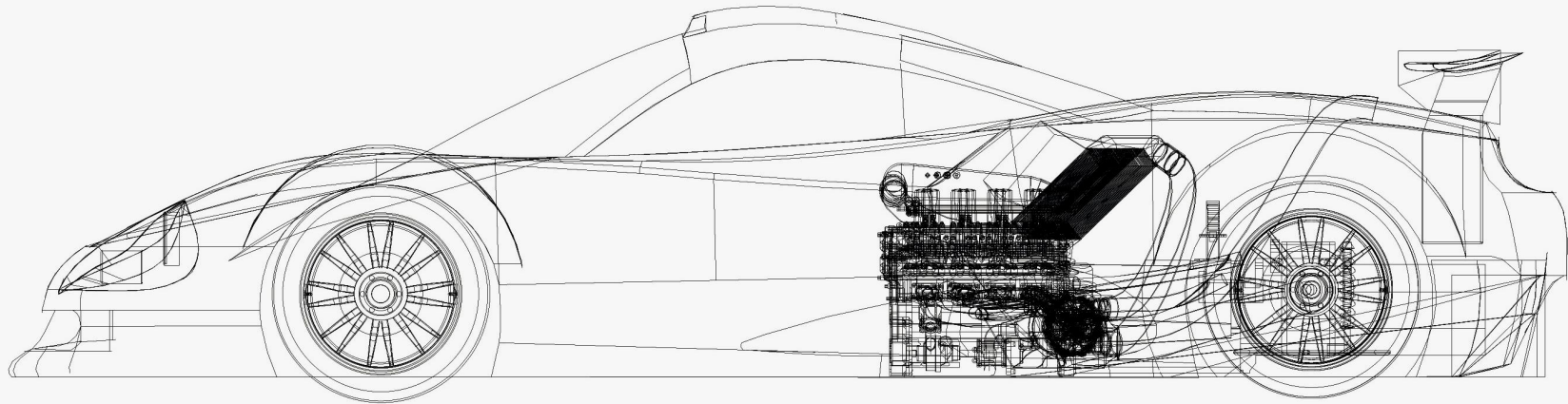
$$= 0.283 \times 1.006 \times 110$$

$$= 31.3 [\text{kW}]$$

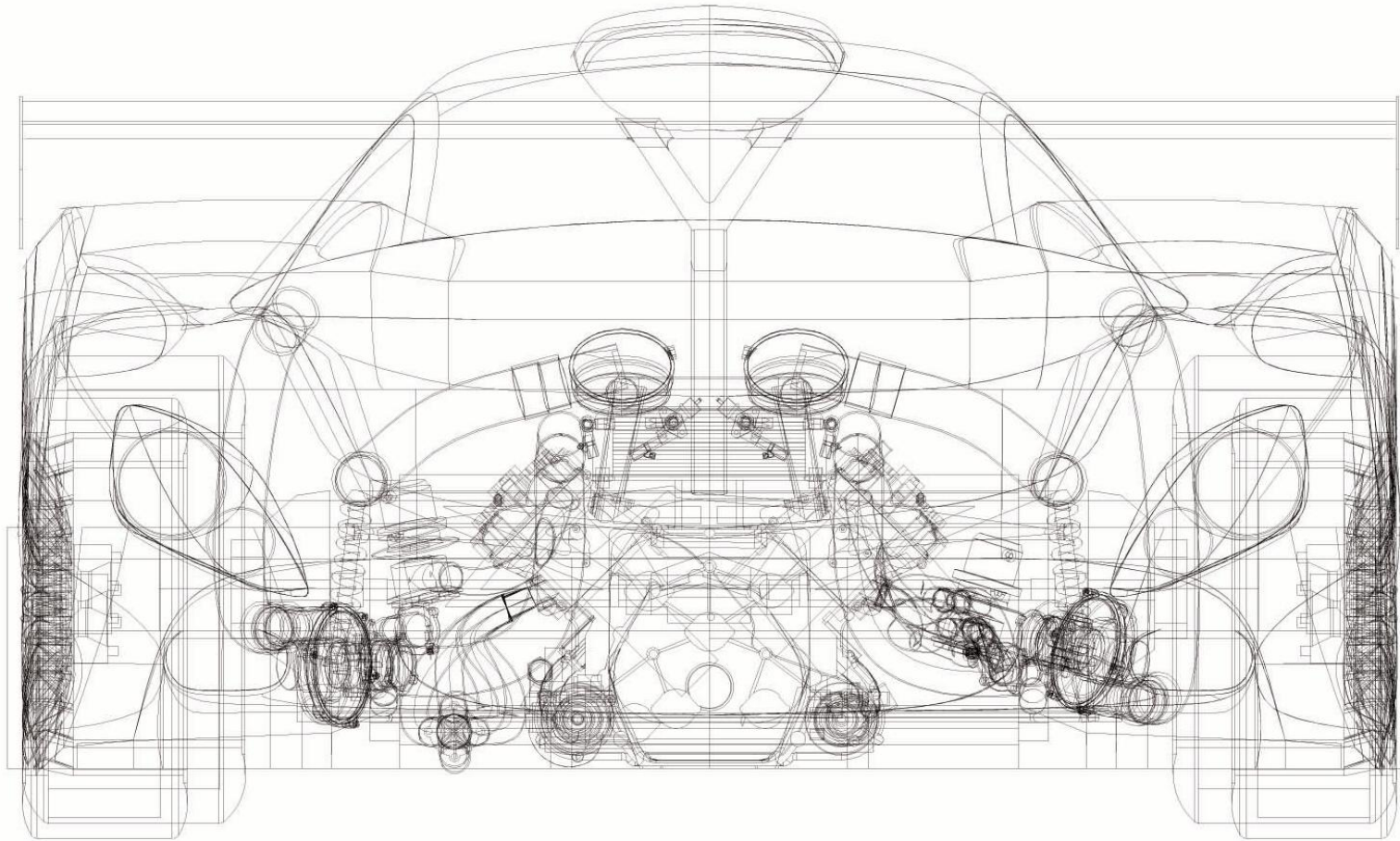
m ; 空気流量重量(G) [kg/s]
 c ; 定圧比熱(20 °C) [kJ/kg · K]
 Δt ; 最高回転数におけるインタークーラー
 入口温度とコレクター内温度の差

例) Study Car用インタークーラーの設計 13

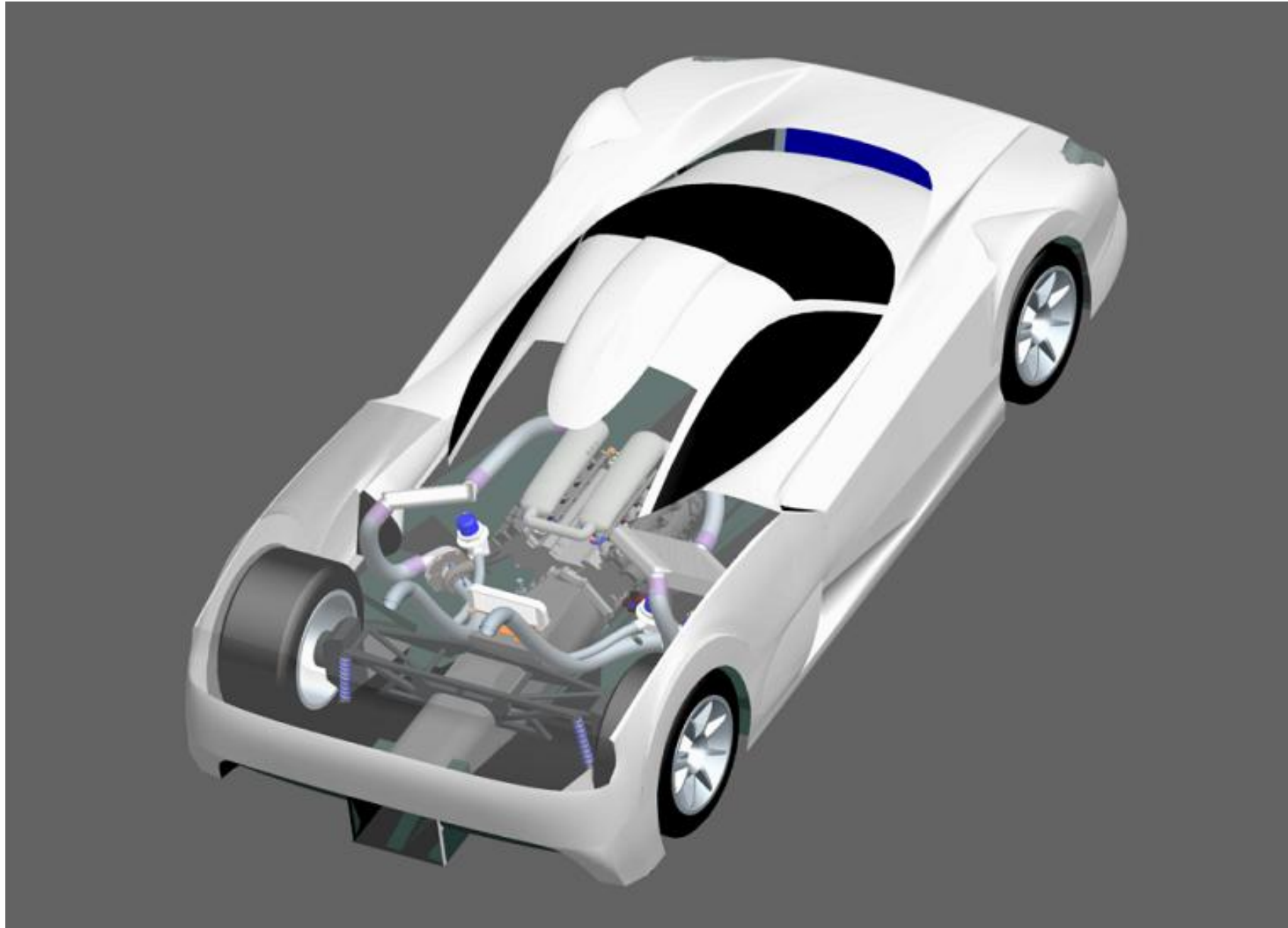
Study Carの改造レイアウト



Study Carの改造レイアウト



Study Carの改造レイアウト



Study Car走行の経緯

- 2005.5.31 スポーツランドSUGOで公開シェークダウン
エンジンマッチングが進めばシャシーが律則
- 6.13 東海大学湘南キャンパスでデモ走行と技術発表会
NHKおはよう日本などでも放映、派生技術の汎用化も公開
- 10.31 スポーツランドSUGOでテスト走行
250km/hをマーク、FISCOで高速走行仕様の検討
- 11.3 東海大学建学祭に車両展示
学内外に広くアピール
- 11.10 富士スピードウェイで公開高速走行
311km/hをマーク、SUGOテストで得た技術を実証

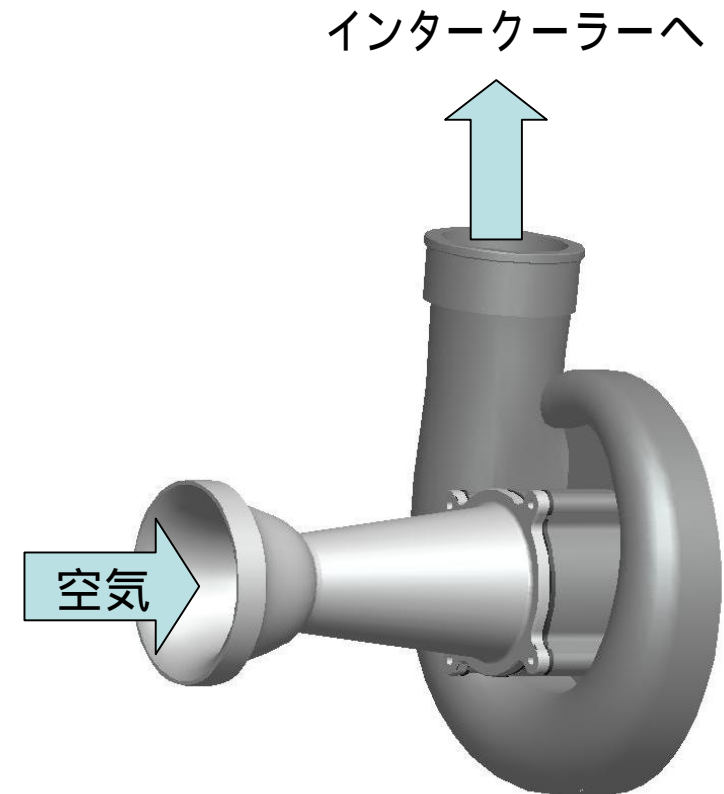
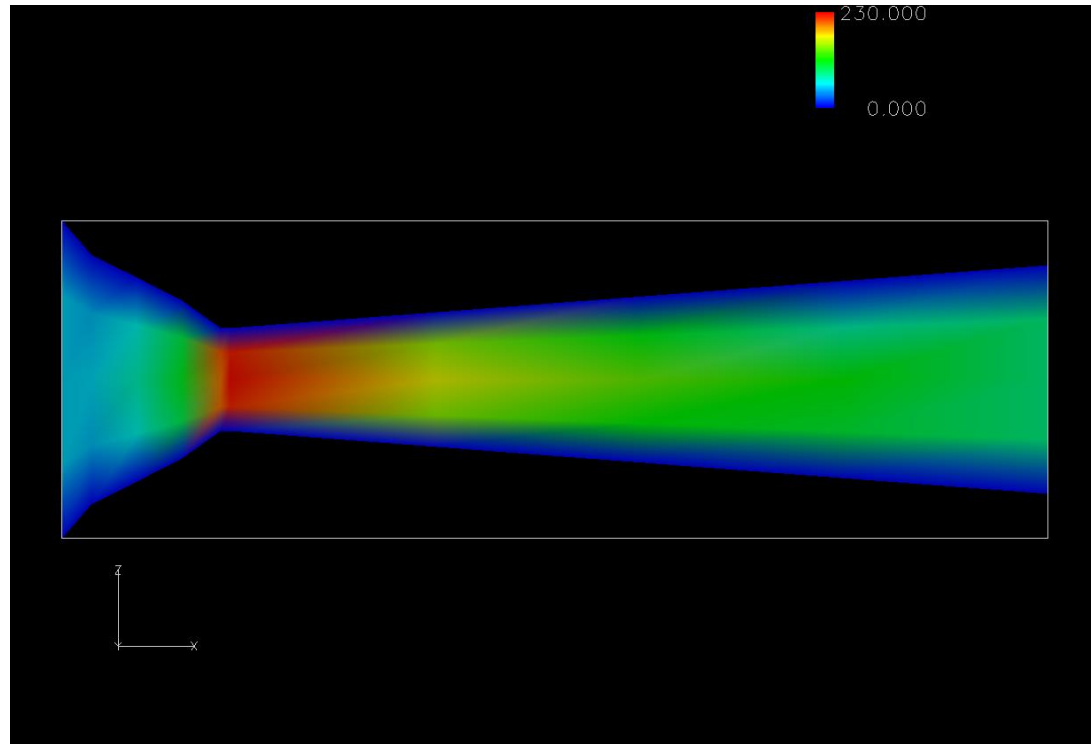
11月10日に311 km/hをマーク



TOP03の基本コンセプト

- 低重心
- 最適重量配分
- 最適ダウンフォース配分
- 整備性
- 学術研究用

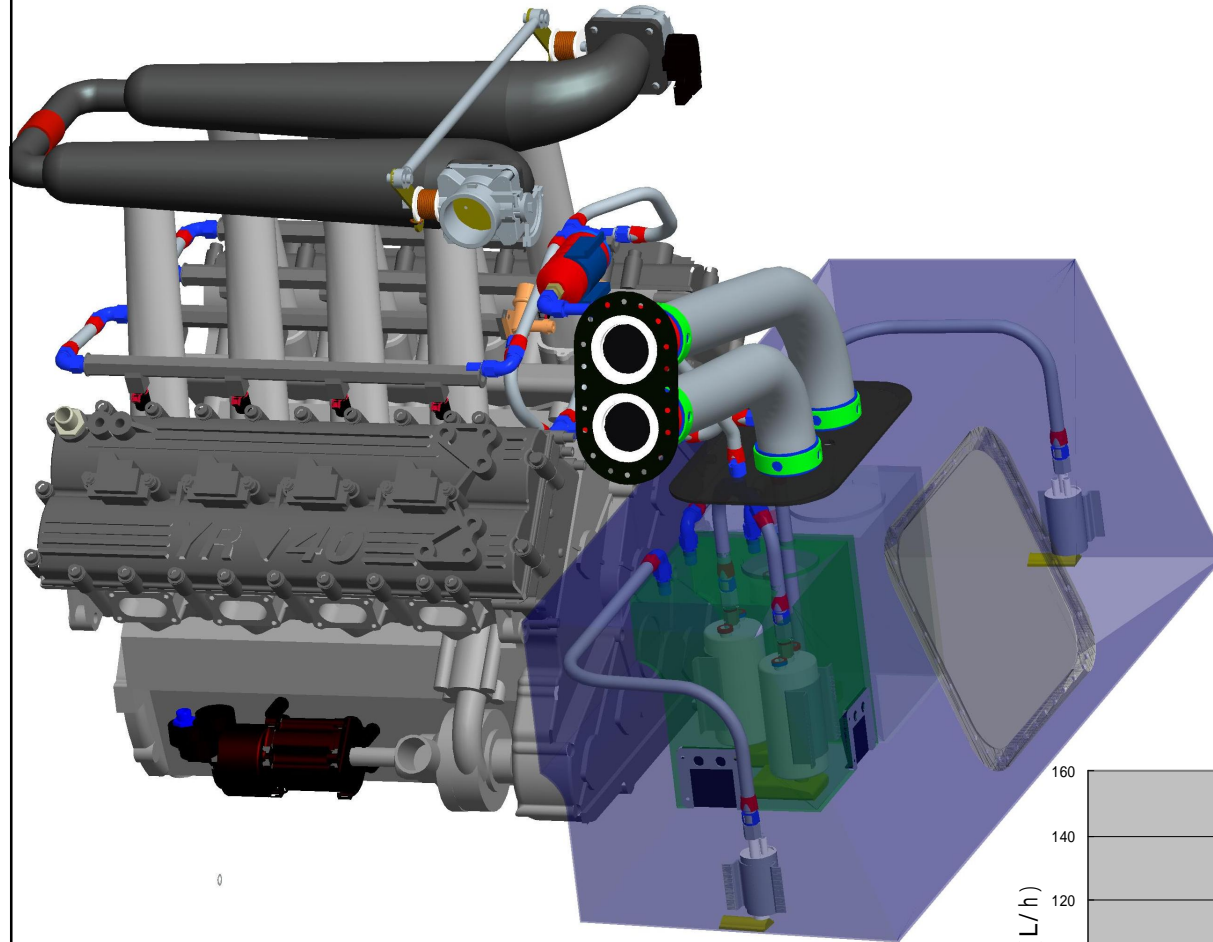
例) CFDによるエアリストリクターの最適形状の検討



$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot c_o \cdot \rho_o \sqrt{\frac{2}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa}} \right]}$$

- P : 圧力 (Pa) : 比熱比 (Cp/Cv)
 R : 気体定数 (J/k g · K) : 密度 (kg/m³)
 c : 音速 (m/s)

例) 燃料系の検討

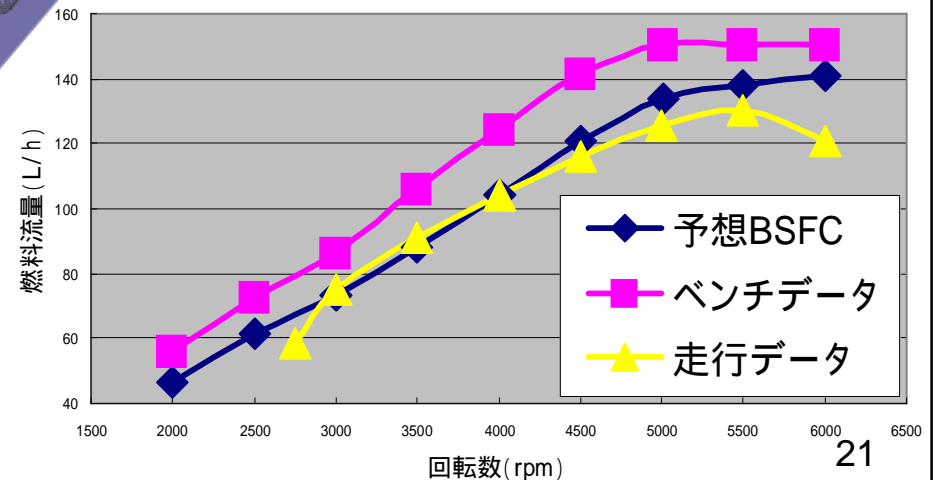


燃料ポンプの流量を求めるために、YR40Tの燃料流量をBSFC (Brake Specific Fuel Consumption) およびStudy Carの走行データから算出した。

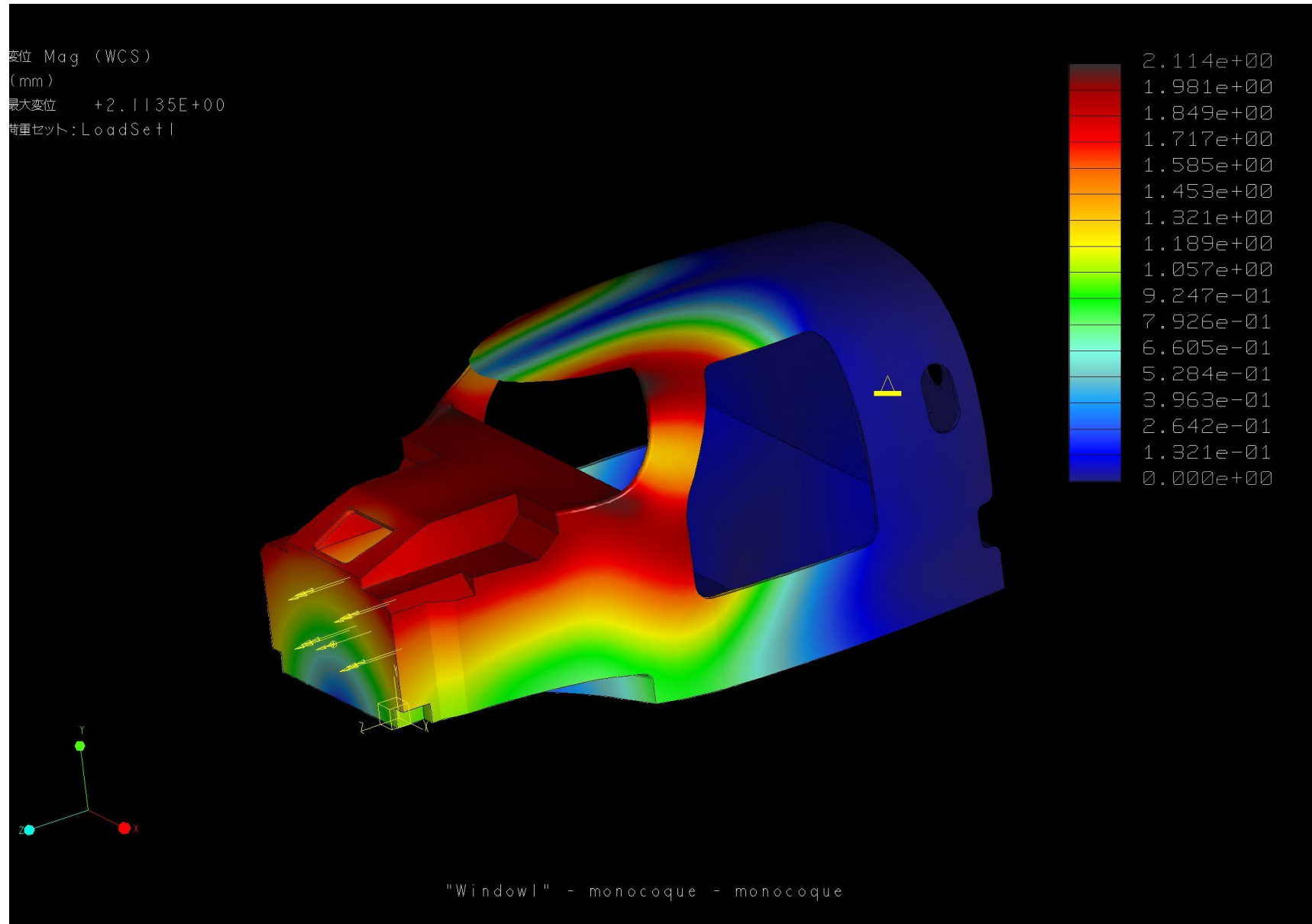
$$Q = L \cdot A \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{1}{3600}$$

- Q : 燃料流量 [/s]
- L : 出力 [kw]
- A : BSFC [g/kwh]
- : 燃料比重量 0.76 [kg/m³]

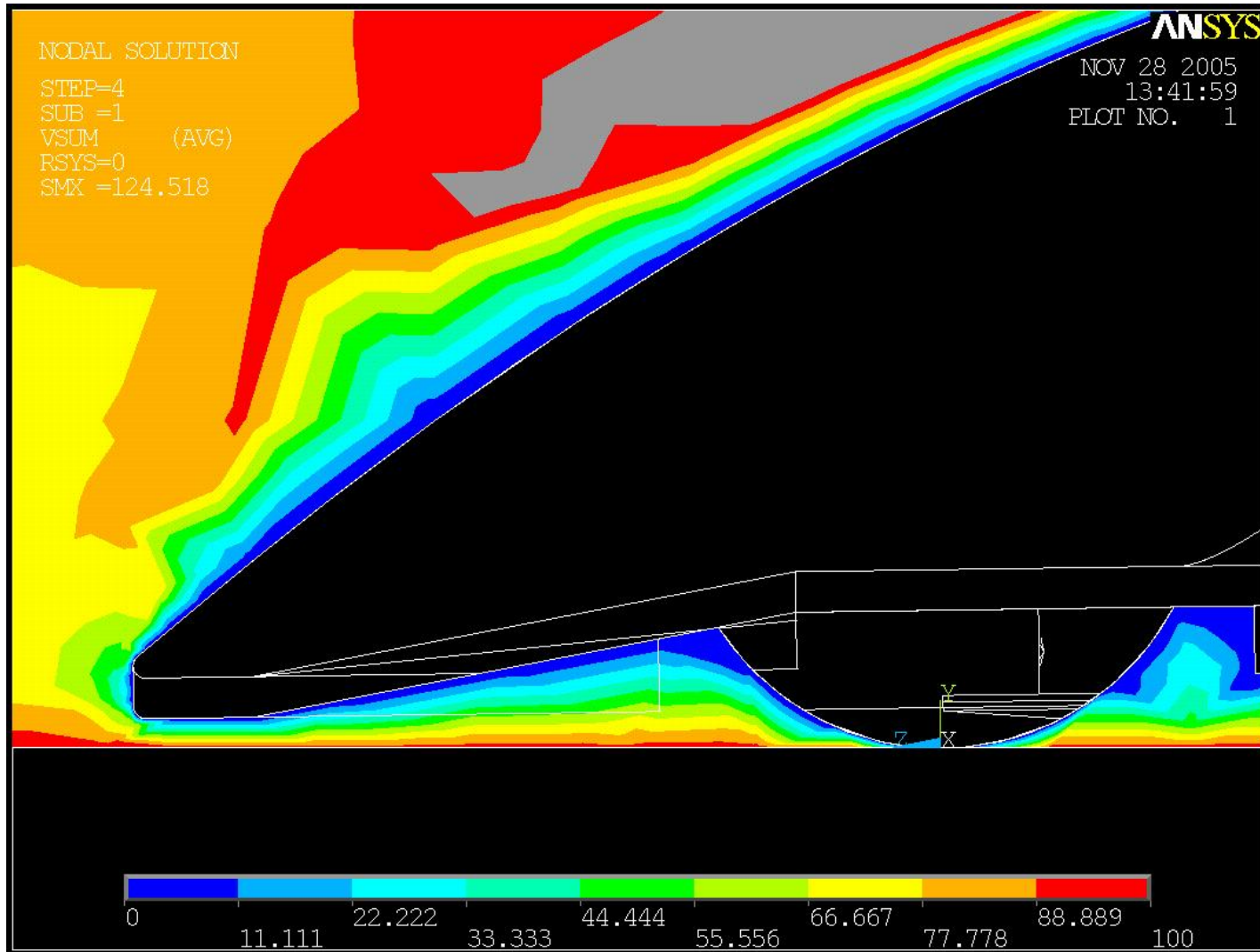
YR40T予想燃料流量



例) ボディ剛性解析



例) CFDによる空力解析



例) 各車輪に加わる荷重の解析

駆動および右方向の力を正

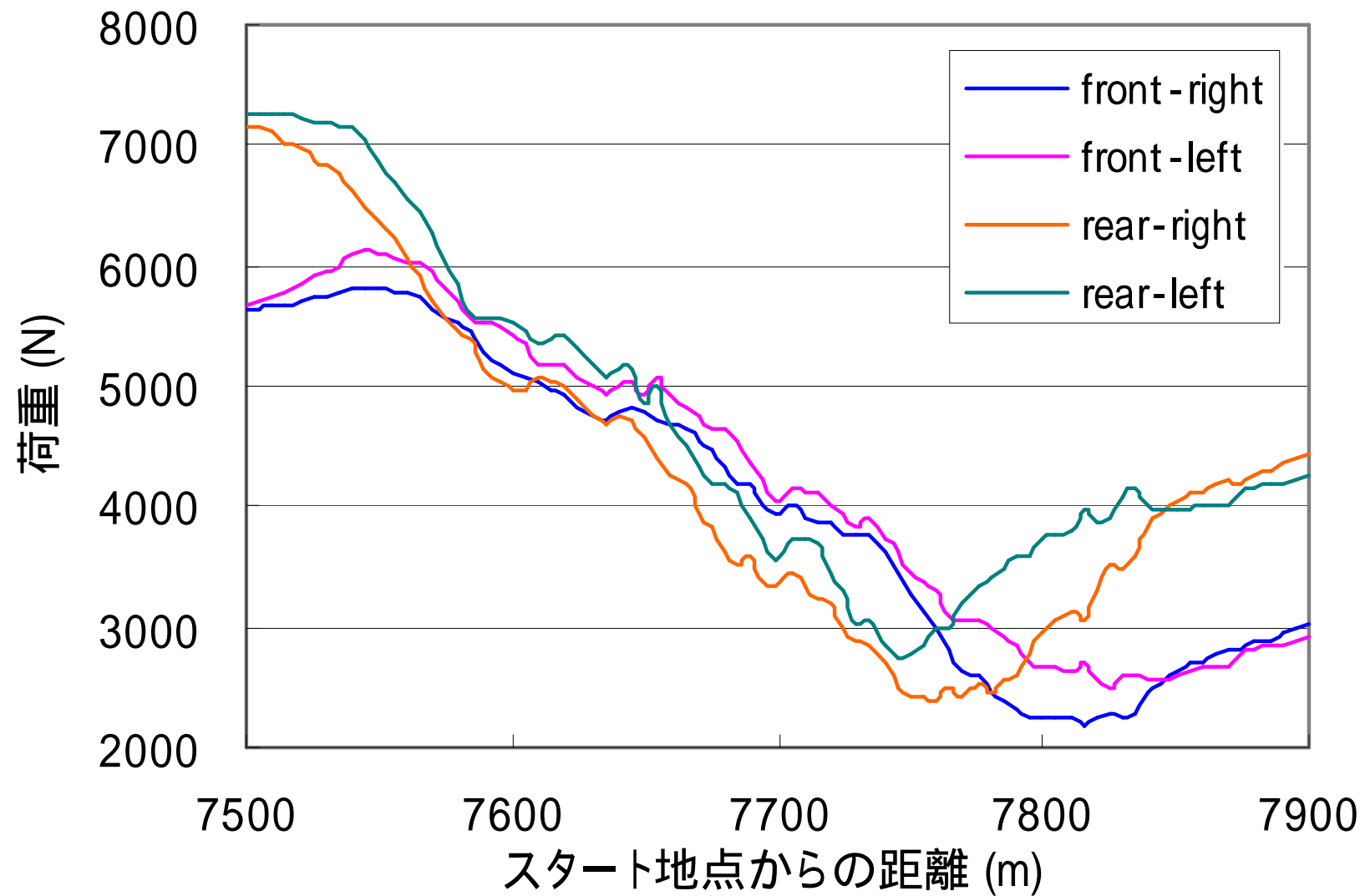
$$\begin{aligned}
 F_{fr/fl} &= W_{fr/fl} + \frac{1}{2} DF_f - \Delta M_{pfr/pfl} - \Delta M_{rfr/rfl} \\
 &= mg \left(\frac{l_r}{l} \right) \left(\frac{t_{fl/fr}}{t_f} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} C_L \rho A v^2 \gamma_f \right) \\
 &\quad - \frac{h_g}{l_f} \left\{ \left(\frac{l_r}{l} \frac{t_{fl/fr}}{t_f} \right) G_Y + \frac{\gamma_f}{2} \left(\frac{1}{2} C_D \rho A v^2 \right) \right\} \\
 &\quad + \mu \frac{h_f}{t_{fr/fl}} \left(\frac{l_r}{l} \frac{t_{fl/fr}}{t_f} \right) G_X \quad [N]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{rr/rl} &= W_{rr/rl} + \frac{1}{2} DF_r + \Delta M_{prr/prl} - \Delta M_{rrr/rrl} \\
 &= mg \left(\frac{l_f}{l} \right) \left(\frac{t_{rl/rr}}{t_r} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} C_L \rho A v^2 \gamma_r \right) \\
 &\quad + \frac{h_g}{l_r} \left\{ \left(\frac{l_f}{l} \frac{t_{rl/rr}}{t_r} \right) mg \right\} G_Y + \frac{\gamma_r}{2} \left(\frac{1}{2} C_D \rho A v^2 \right) \right\} \\
 &\quad + \mu \frac{h_r}{t_{rr/rl}} \left(\frac{l_f}{l} \frac{t_{rl/rr}}{t_r} \right) G_X \quad [N]
 \end{aligned}$$

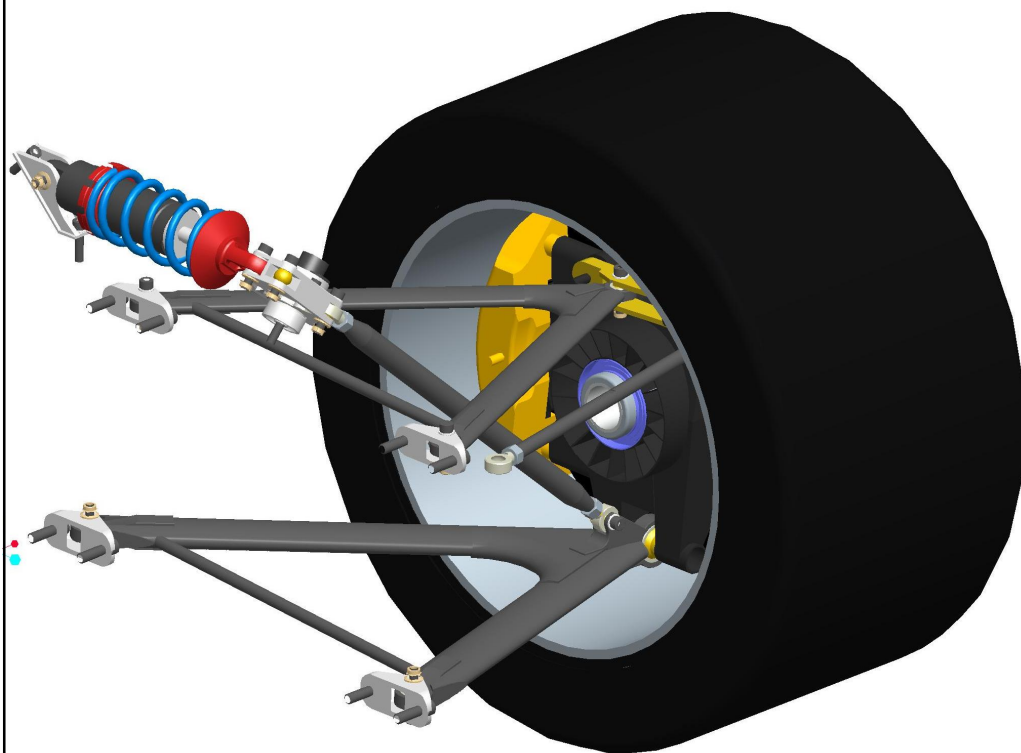
ここで、

$$\left(\begin{array}{l}
 m : \text{車両質量 [kg]}, \quad g : \text{重力加速度 [m/s}^2\text{]} \\
 l : \text{ホイールベース [m]} \\
 l_{f/r} : \text{重心点から(フロント/リア)車軸までの距離 [m]} \\
 t_{f/r} : \text{(フロント/リア)トレッド [m]} \\
 h_g : \text{接地面から重心点までの距離 [m]} \\
 h_{f/r} : \text{接地面から(フロント/リア) \\
 \quad \quad \quad \text{ロールセンターまでの距離 [m]} \\
 \text{添字 : } f : \text{前輪}, \quad r : \text{後輪} \\
 \quad \quad \quad fr : \text{右前輪}, \quad fl : \text{左前輪} \\
 \quad \quad \quad rr : \text{右後輪}, \quad rl : \text{左後輪} \\
 C_L : \text{揚力係数}, \quad C_D : \text{抗力係数} \\
 \rho : \text{空気密度 [kg/m}^3\text{]}, \quad A : \text{前面投影面積 [m}^2\text{]} \\
 v : \text{速度 [m/s]} \\
 G_Y : \text{縦方向加速度 [G]}, \quad G_X : \text{横方向加速度 [G]} \\
 \text{但し, } \gamma_f, \gamma_r \text{ は前後重量配分であり} \\
 \gamma_f = \left(\frac{DF_f}{DF_f + DF_r} \right), \quad \gamma_r = \left(\frac{DF_r}{DF_f + DF_r} \right)
 \end{array} \right)$$

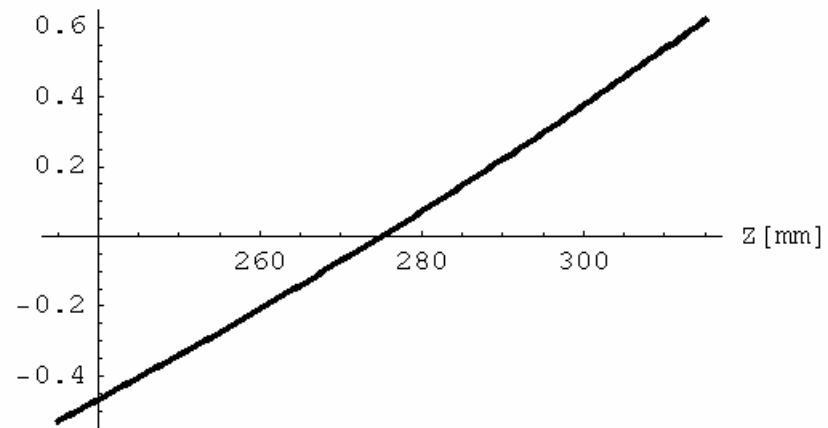
例) ミルサンヌコーナー付近における各車輪の荷重



例) サスペンション特性検討

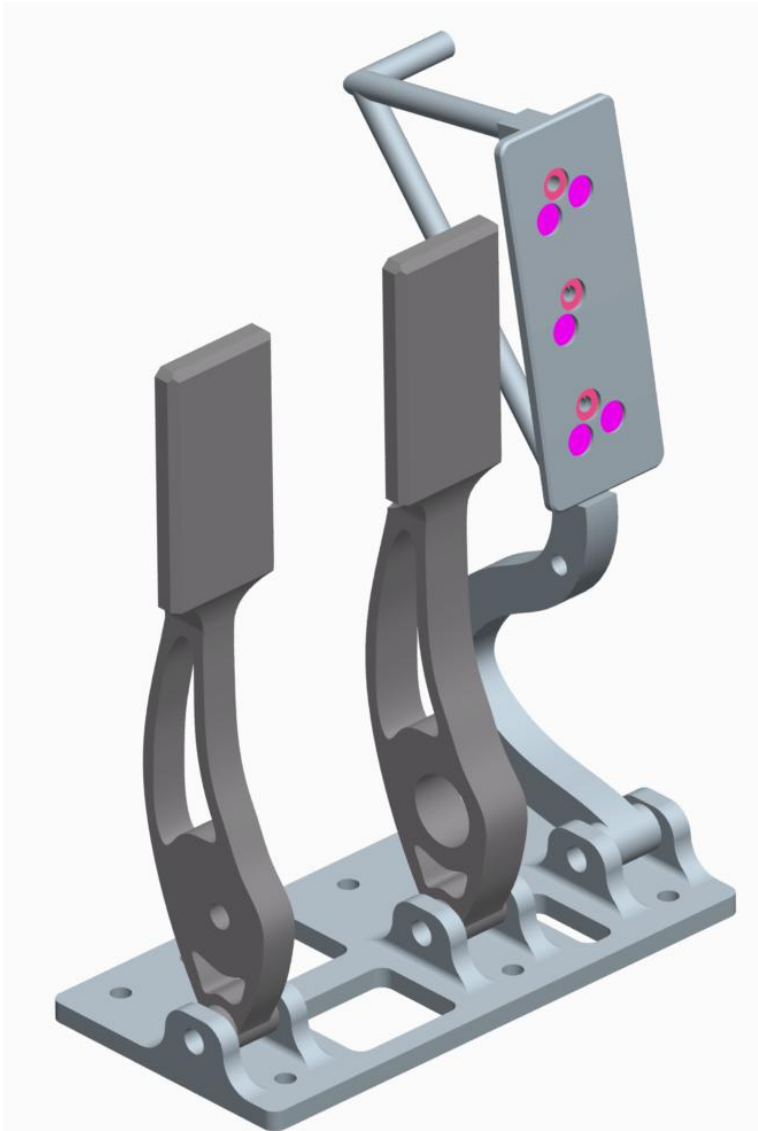


Camber Angle [deg]



キャンバー変化特性

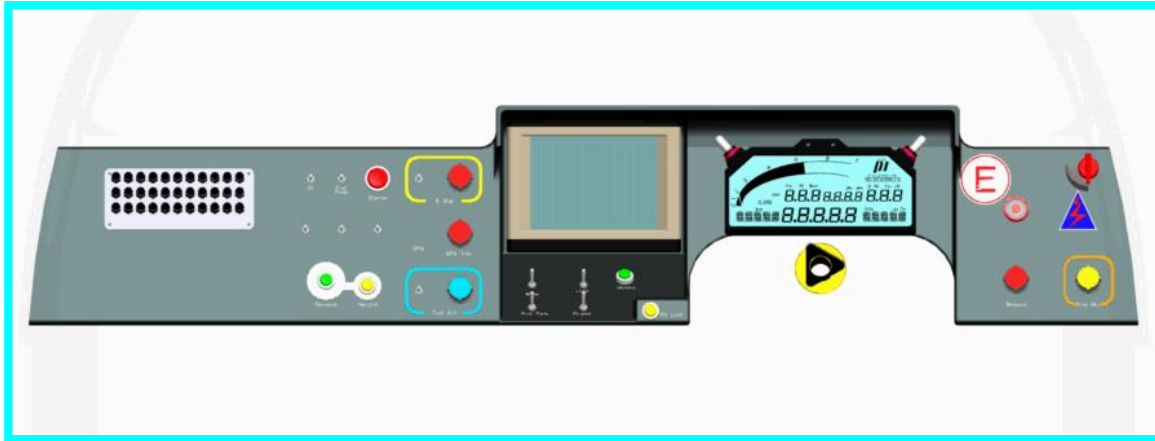
ペダルユニット



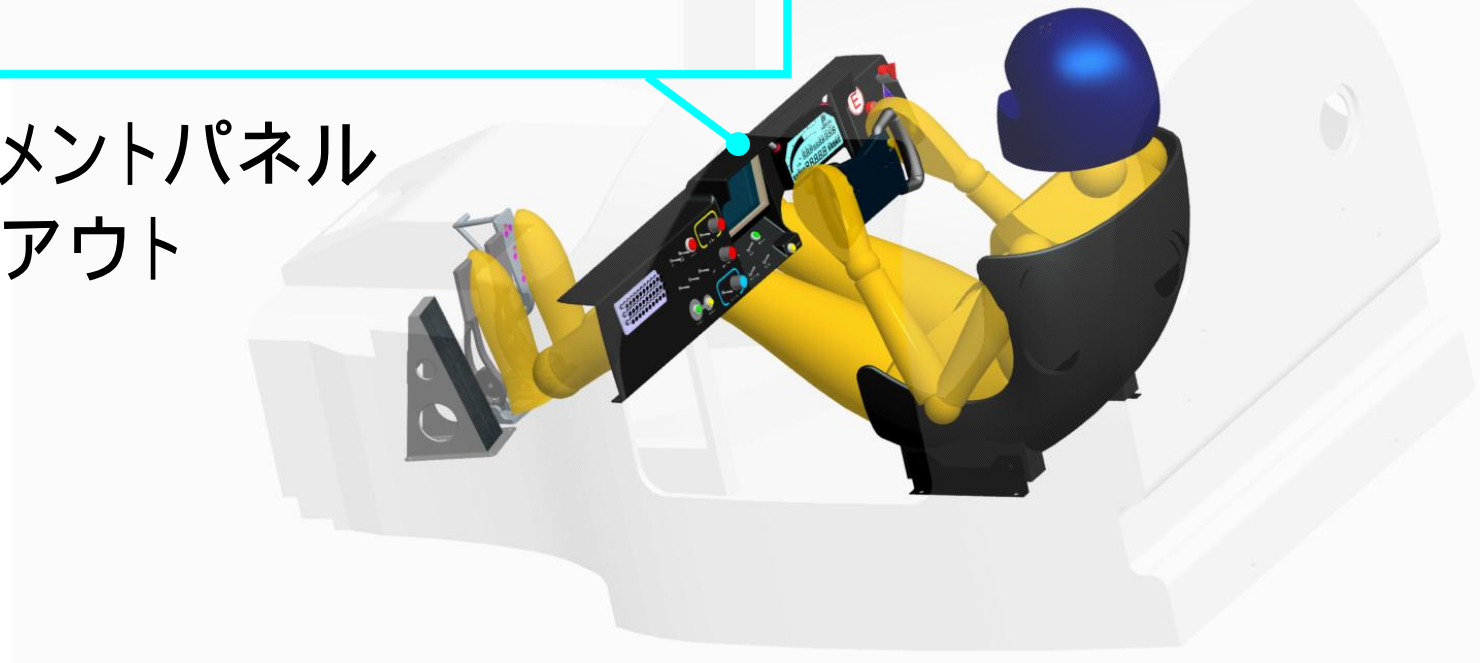
操作性

耐久性

例) 人間工学を駆使した ドライビングポジションの検討



インストルメントパネル
レイアウト



レース戦略の検討

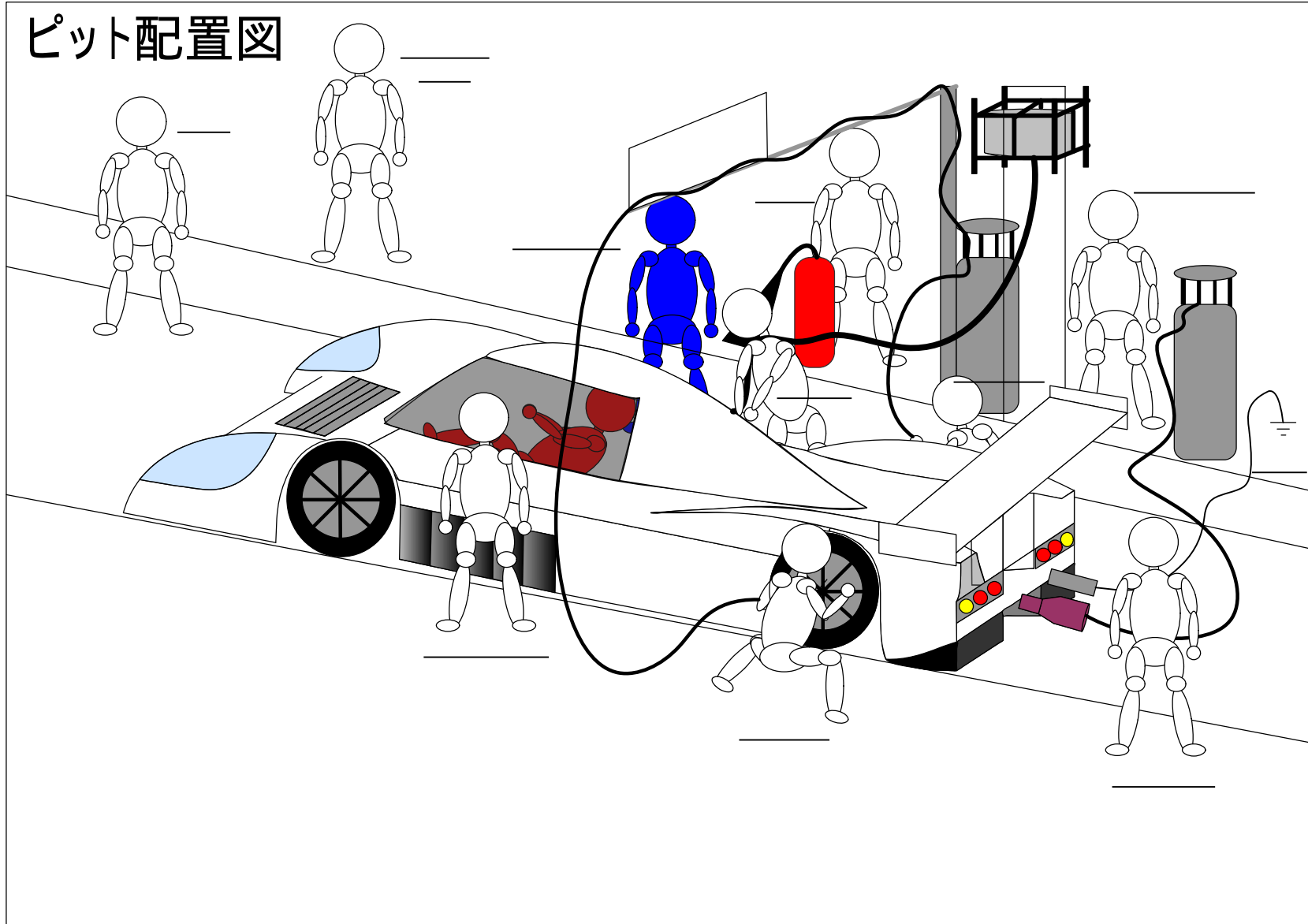
基本コンセプト: 1台だけの出場であるため完走を目指し少しでも長くル・マンを体験する

目標周回数: 359周を走行

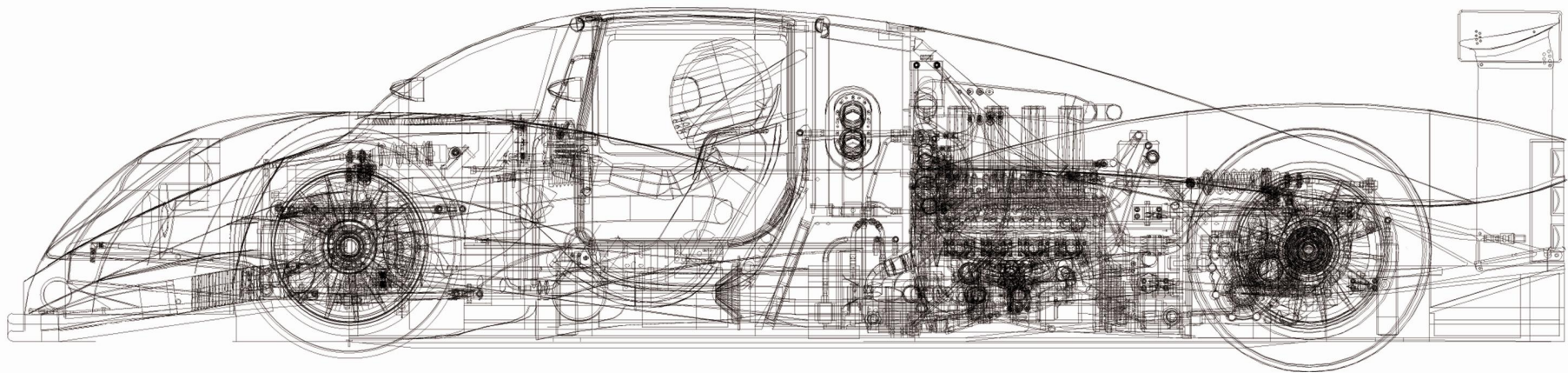
走行スケジュール: 14 lap/stint × 25stint

周回ラップ	224秒
ピットストップ	90秒
マージン	約40分

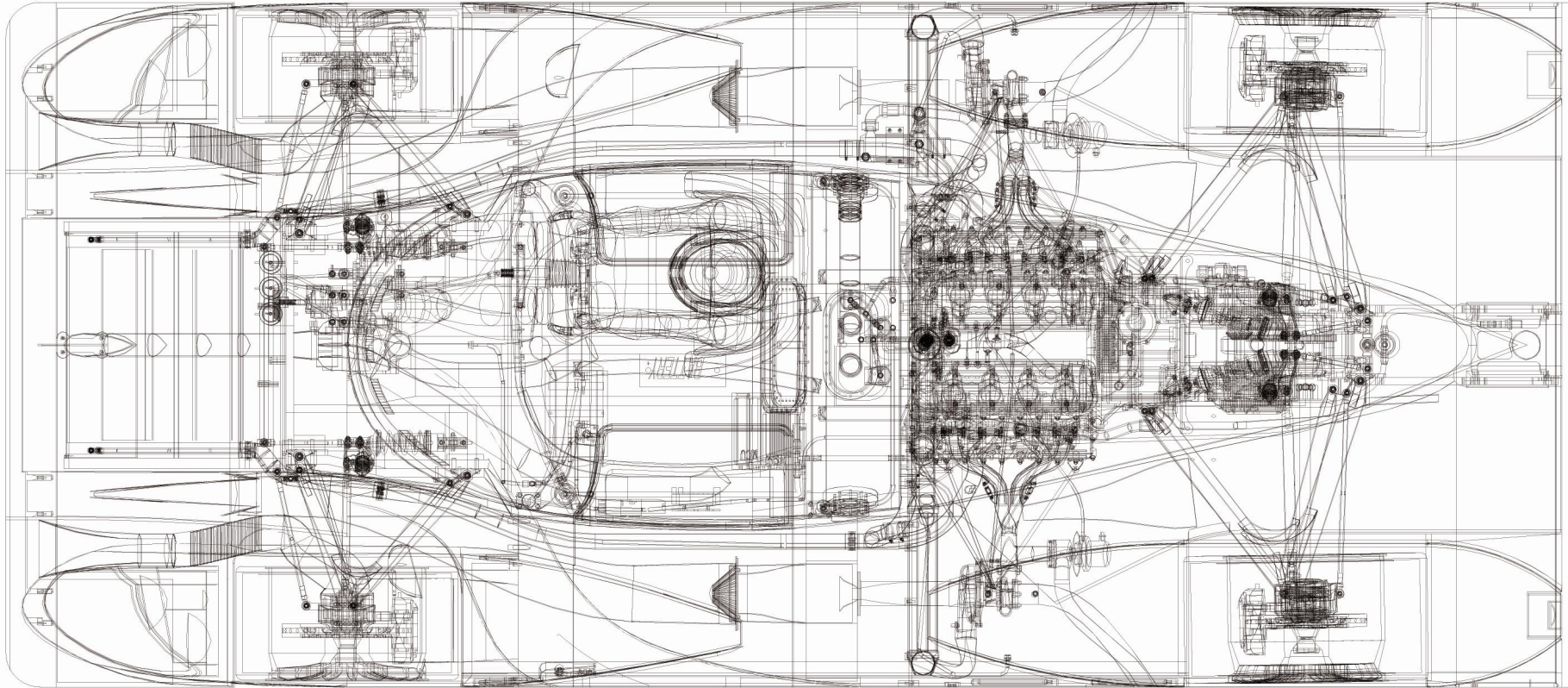
ピット戦略の検討



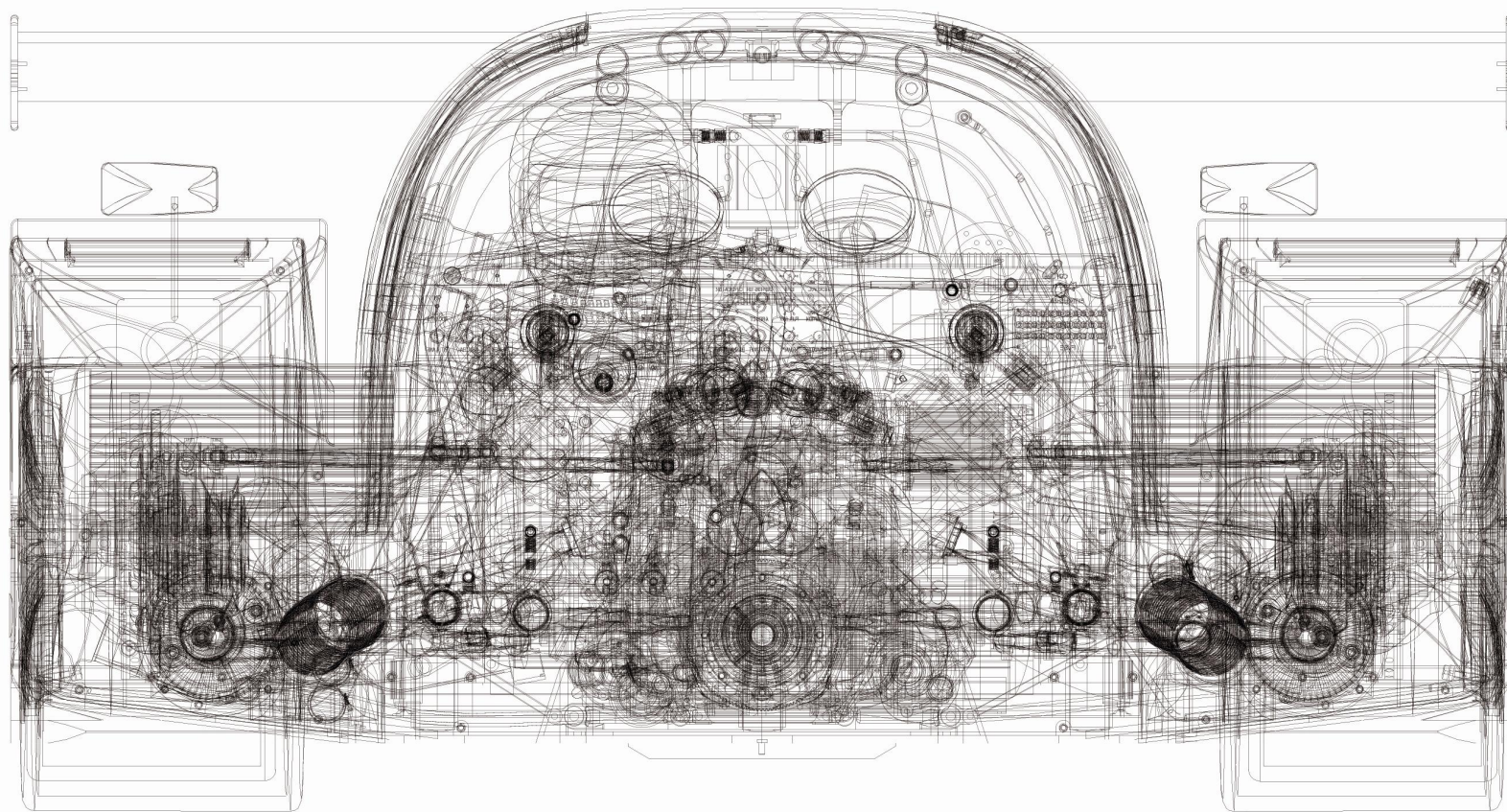
TOP03 車両レイアウト



TOP03 車両レイアウト



TOP03 車両レイアウト



ル・マンプロジェクトによる学生の成長

- 既習の学問の応用力の飛躍的な向上
- やればできるの課題突破の自信
- 生きた語学力, 文章力の体得
- 自然に出る礼儀, 規律遵守, 思いやり
- チームワークとリーダーシップ
- 体力と精神力および集中力の涵養

今後の予定

- 12月21日にスポーツランドSUGOでテスト走行
限界走行性能解析用データの本格的採取
- TOP03完成後のチューンナップ走行
- 学生のレースエンジニア, メカニック訓練
- レーシングチームでの実習
- 鈴鹿1000kmレースまたは相当のレースに出場し実戦の経験を積む
- ル・マン参戦