



# 全日本 学生フォーミュラ大会

初参戦または経験の少ないチームが、  
競争力のある学生フォーミュラ車両を、  
常識的な時間と手頃な予算で設計・製作  
するためのガイド

# はじめに

学生フォーミュラ大会はモータースポーツイベントではありません！

モータースポーツをテーマにした教育イベントです。

そのため、モータースポーツでの流行を盲目的に追うのではなく、ルールにのっとった設計を行うべきです。



# チーム

たいていの学生フォーミュラチームは「レーシングカーを作ろう」と思った学生が集まり結成されます。

いつだってその複雑さやそれにかかるコストを過小評価してしまいます。

このプレゼンテーションがその困難を乗り越える助けになれば幸いです。



どうされましたか？

先生、モータースポーツ  
ウイルスに感染したみたい  
なんですよ。

大丈夫、われわれ  
が治療しま  
す！



こうしてチームは大学教育の効果を高めるであろうプロジェクトを開始しました。

これは真意を隠している大会運営の「わな」にかかった、ということの意味します。



すぐに皆が手を挙げるでしょう。  
「俺はエンジンをやる」  
「じゃあ俺はサスペンション」  
「ウイングをやりたい」  
「シャシーをやる」.....  
こんな感じでメンバー各自の  
興味の赴くままに。



どのチームにもこんな男が現れます。

「俺が運転するよ」

こいつはとんでもない厄介者かもし  
れません！

全てのメンバーがチームに貢献しな  
ければならないのです！

しかし、運転は設計者や製作者の権  
利であってはなりません。





# ルール

はじめに、「全ての」チームメンバーがルールを読んで理解することが重要です。

自分の担当に関係する部分だけでなく、「全ての」ルールを。



# 課題

君たちに与えられた課題を分解して非常に簡単に説明すると.....

- 質量(車両とドライバー)を加速させる
- ある地点から
- 別の地点まで



それを可能な限り最短の時間と最小の燃料で、タイヤの接地面で発生した力のみを用いて行うこと。

簡単に感じるでしょう？

# しかし現実には

**素人の(もしくは存在すらしない)プロジェクト・マネージャーがチームを率い、目標達成を目指します。**

**学生フォーミュラはそもそもプロジェクト・マネジメントについて経験を積むことを目指しています。**

**チームには、全体を統括するマネージャー(リーダー)が必要です。**

**プロジェクト・マネジメントに関する講座はオンラインにも多くあります。チーム内の各部門マネージャー(パートリーダー)も学べし！**

参考URL:

<https://www.linkedin.com/in/emilyanthony/detail/recent-activity/posts/>



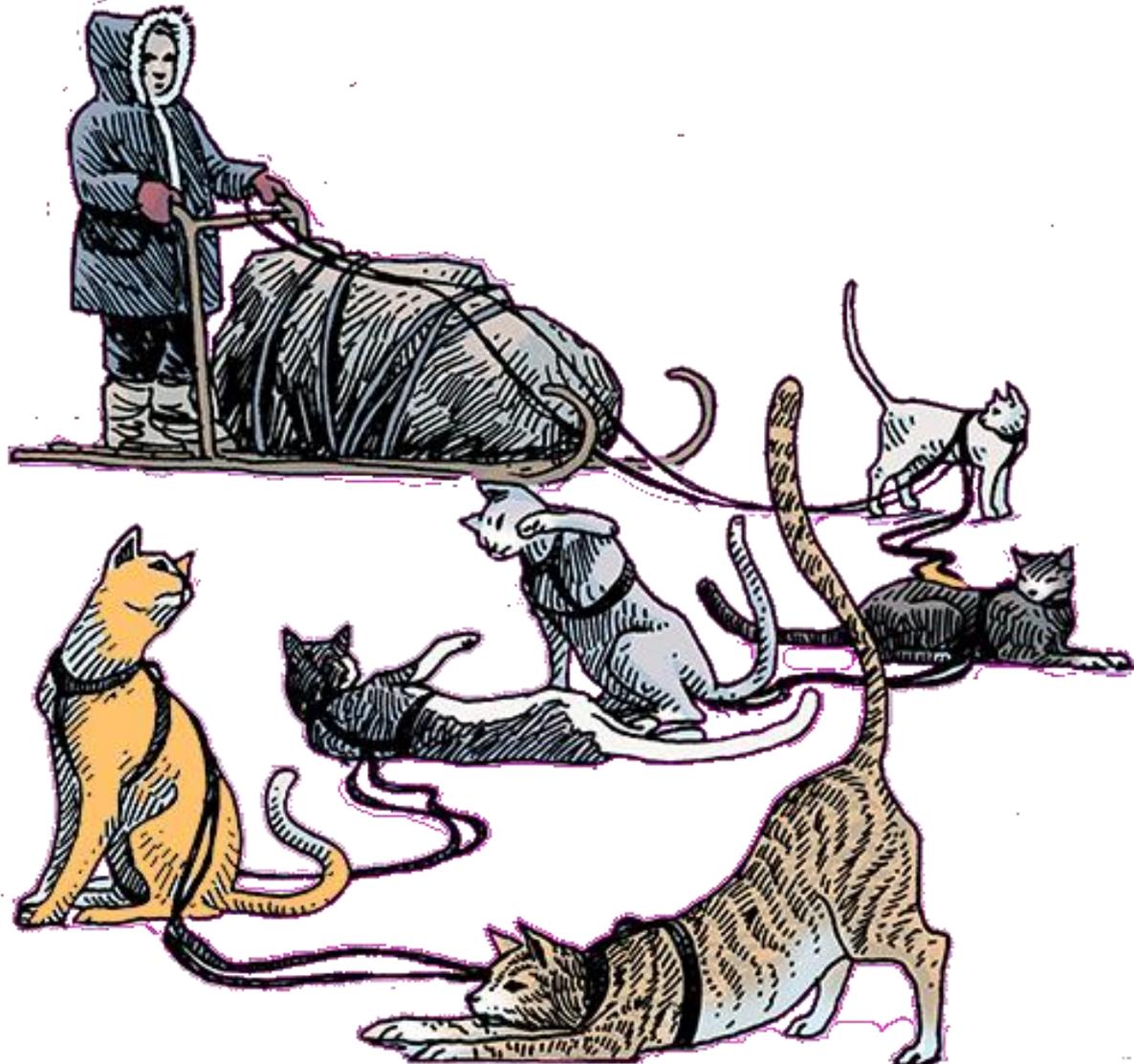
**確立された組織と公式のリーダーがどのチームにも必要です。**

**民主主義は聞こえが良いですが、学生フォーミュラチームではあまりうまくいかないでしょう。**

犬ぞりレースがあるのに、  
ネコぞりレースがないのには  
ちゃんと理由があります。



これではうまくいかないからです



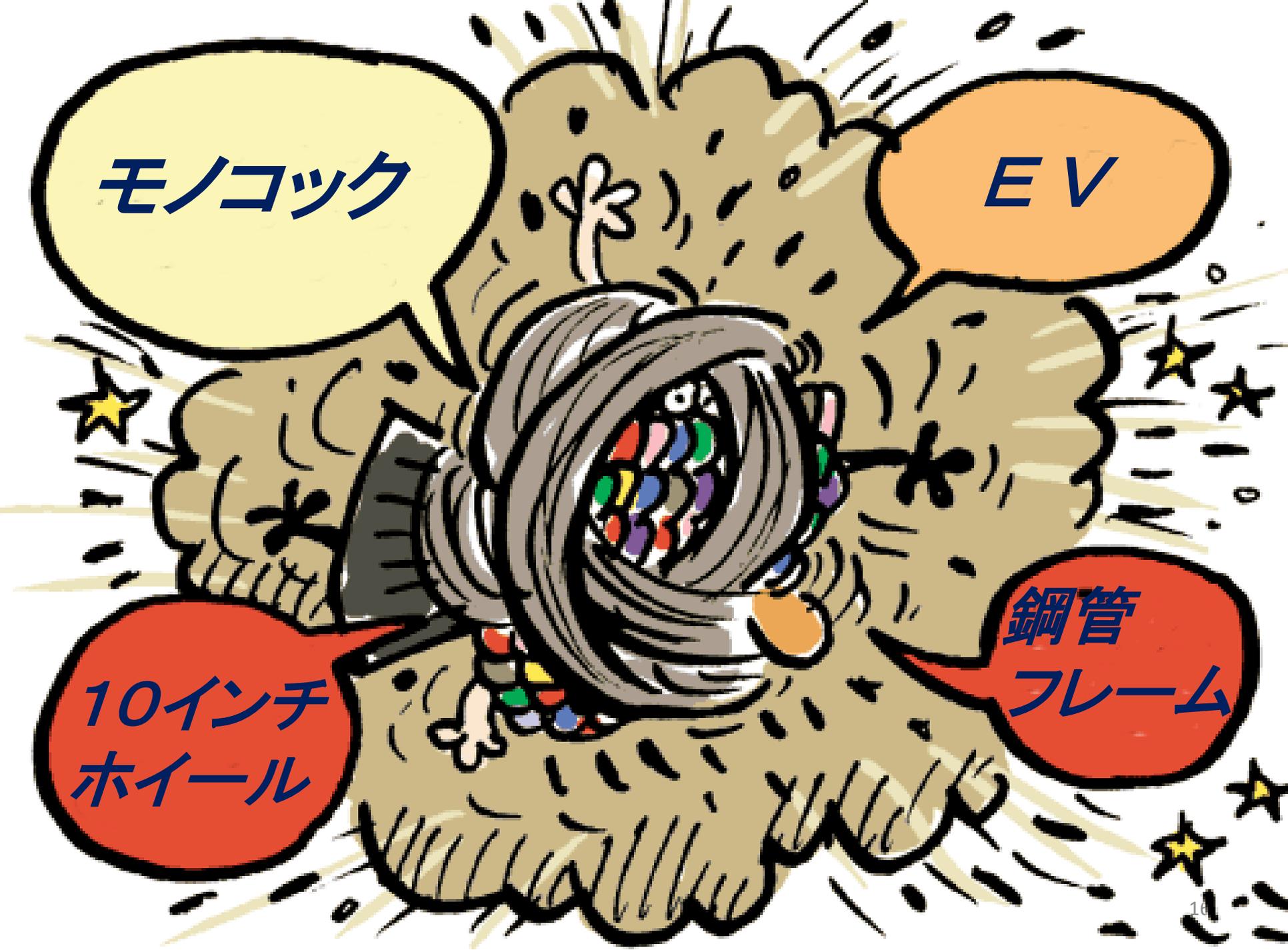
# 活動開始

安易な発言ではありませんが.....

チームの運営課題が既に定まっているとしましょう。

- 予算と資金繰りの見通しが立っている。**(重要!)**
- マシン製作のための場所と道具が揃っている。
- マシン製作、走行テスト、大会参加に向けた現実的な費用と予算を把握している。

この状況で、まずは何を確定させればよいのでしょうか。



モノコック

EV

10インチ  
ホイール

鋼管  
フレーム

# 資金繰り

お金が足りないのはどのチームも同じです。  
資金を集めてやりくりするのも、タスクの1つなのです。

スポンサーシップは以下の3つに分類されます。

- 1) 現金
- 2) 物品
- 3) サービス

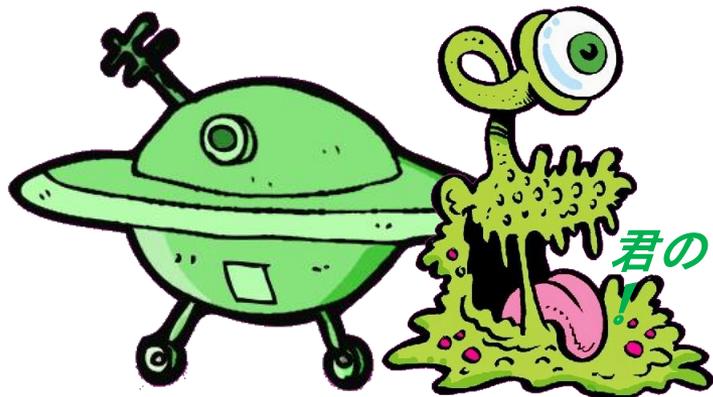
それぞれメリットがありますが、  
現金がなければ何も始まりません。  
そして、現金を管理する人は必ず必要です。



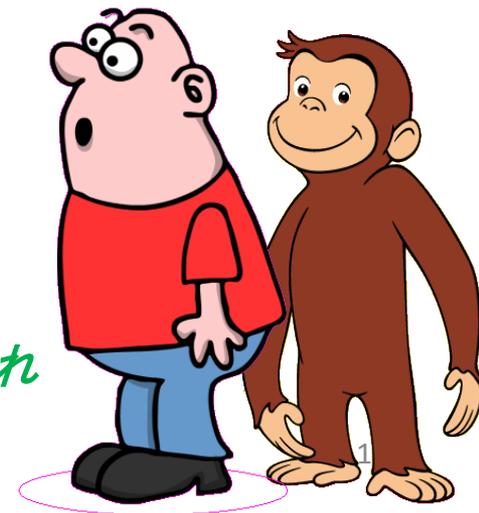
# 知識不足

まずはじめに、何も分かっていないということを認めましょう！ 認めているつもりかもしれませんが、実際には、自分が何を分かっていないのかすら分かっていないのです。

知識はどんどん増えていきますが、やたらに他人の真似をしていたのでは通用しません。



君のリーダーのところに連れて行ってくれ



学生フォーミュラに関して、あらゆる写真がインターネット上には存在し、あらゆる助言が‘Pat’s Corner’やFacebook、Redditで見つかります。

大体のことについてインターネットが「それが何であるか」を説明してくれますが、「それがなぜであるか」の答えは見つかりません。

しかし審査員は「なぜ？」と問うので、「それがなぜであるか」の理解は不可欠です。





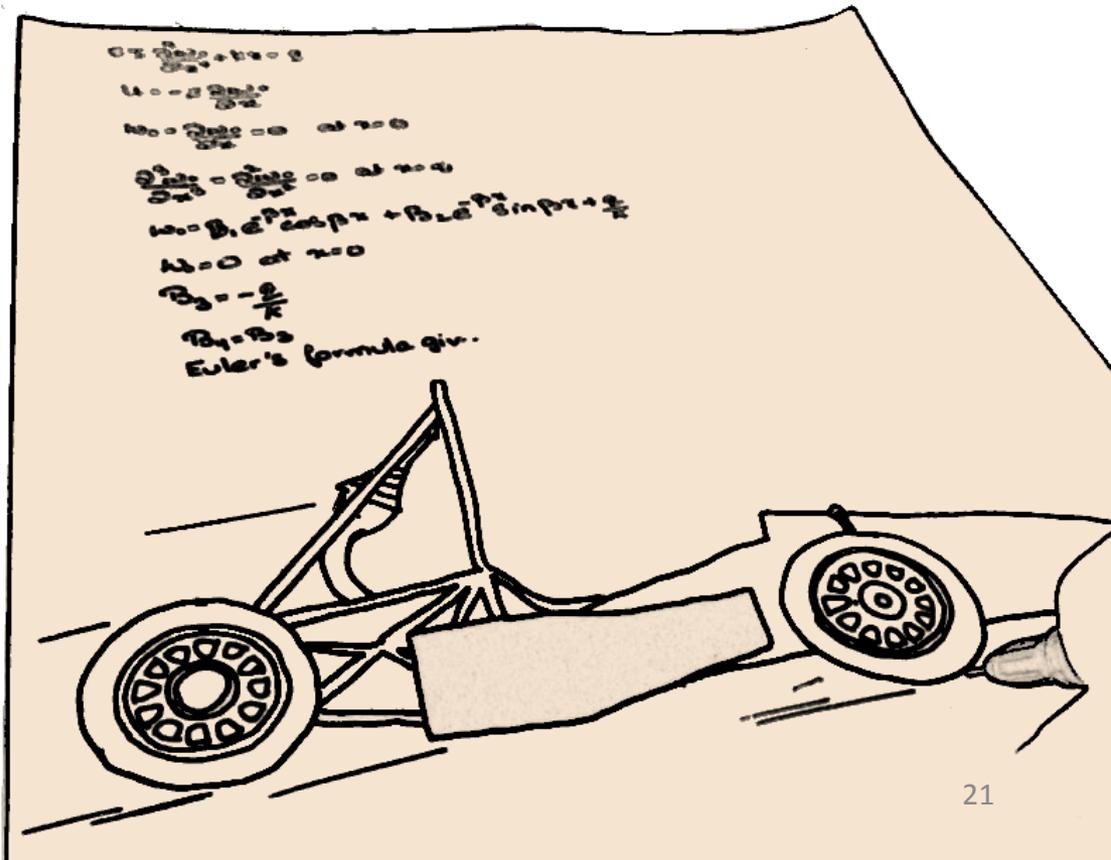
「理由」を  
説明できるのは  
「君」  
だけなのです！



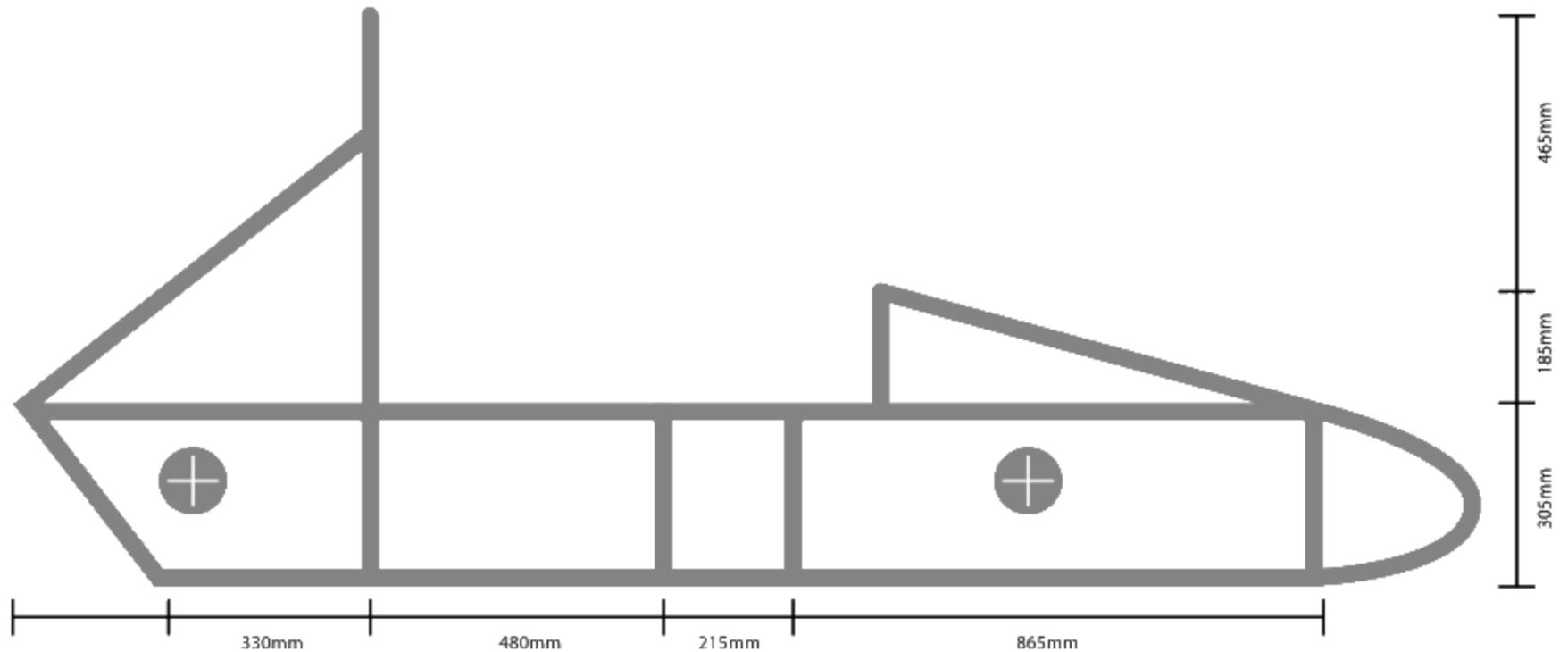
# コンセプト決定

設計を始める前に、どのような車両を作りたいかをチームは議論すべきです。

ここは、「夢」を描くフェーズです。



# 大まかな概要設計



**他の全ての条件が同じ場合.....**

- 1) 最も軽い車両が勝つ**
- 2) 最も重心が低い車両が勝つ**
- 3) 最もヨー慣性モーメントが小さい  
車両が勝つ**

# パットの掟

- 1) 軽量化
- 2) 低重心化
- 3) マスの集中

設計判断の全てにおいて、3つの掟に逆らっていないか検証が必要です！

## 必要な意思決定.....

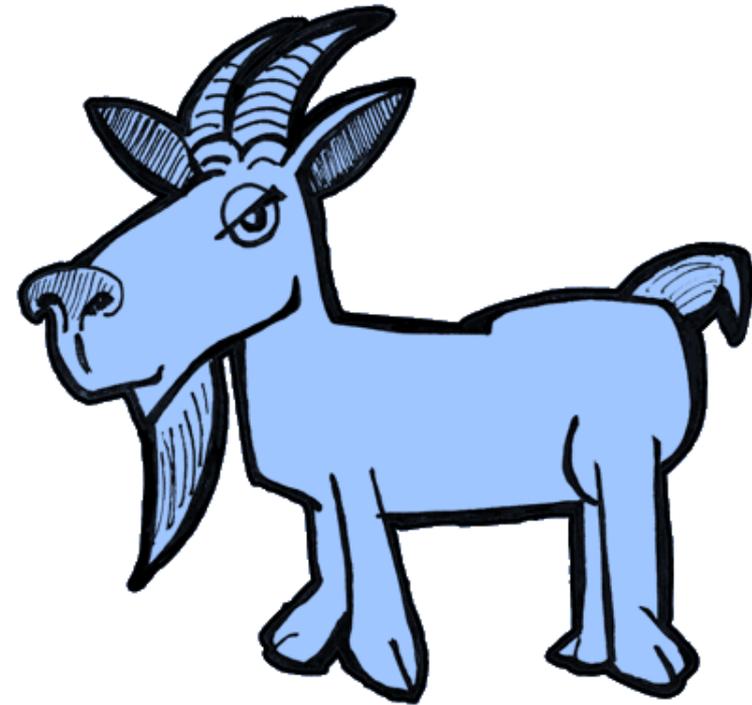
- どの大会に参加するか
- 内燃機関か電動か
- スペースフレームかモノコックか
- タイヤ
- エンジン(モーター)諸元
- ブレーキ
- ドライブトレイン
- サスペンション

他にもありますが、これらが特に重要です。  
私の提案を理由を添えて紹介します。

# The GOAT

私のアドバイスを実践すれば、  
あなたの最初の車両は  
「Goat」※1 にはならないでしょう！

しかし、あなたがどう思おうと、  
「G.O.A.T」※2 になるわけでもあり  
ません。



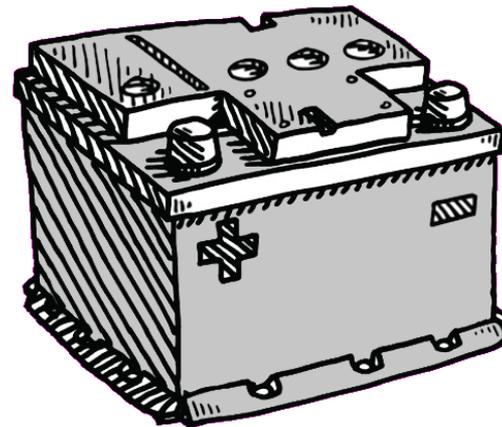
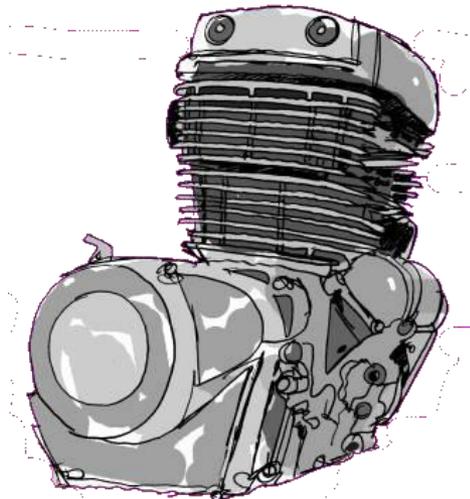
※1 Goat: ヤギ、愚かなもの

※2 G.O.A.T: Greatest Of All Time、史上最高<sup>26</sup>

# 内燃機関か電動か

初参戦のチームには内燃機関の採用を強く勧めます。

電動はシンプルで魅力的に見えるかもしれませんが、初参戦のチームにはレギュレーションが非常に複雑で、車検適合も難しいです。



# 内燃機関か電動か



# シャシー

**初参戦のチームには鋼管スペースフレームの採用を強く勧めます。**

**スペースフレームでレギュレーション適合する方が複合材料やアルミモノコックで等価構造計算書を準備するより容易です。**

**製作途中やテスト後にトラブルが起きた際の修復も容易です。**

# タイヤ

**TTCに参加してタイヤデータを元にしたタイヤ選定を行うことを勧める者が多いです。**

**私は学生フォーミュラ用の13インチタイヤのどれかを選び、選んだものを機能させることに集中することを勧めます。**

**TTCは素晴らしい情報源ですが、タイヤの知識が不足しているチームにとっては役に立ちません。**

# エンジン選定

内燃機関を推奨しましたが、ではどのエンジンを使うべきでしょうか。

- **問題**：どのエンジンが一番？
- **正解**：手に入るエンジンどれでも！

学生フォーミュラ大会で車両が全開なのは5%以下の時間なのでパワーは重要ではありません。  
(特に未熟なドライバーにとって) 重要なのはドライバビリティです。

# スロットルとリストリクター

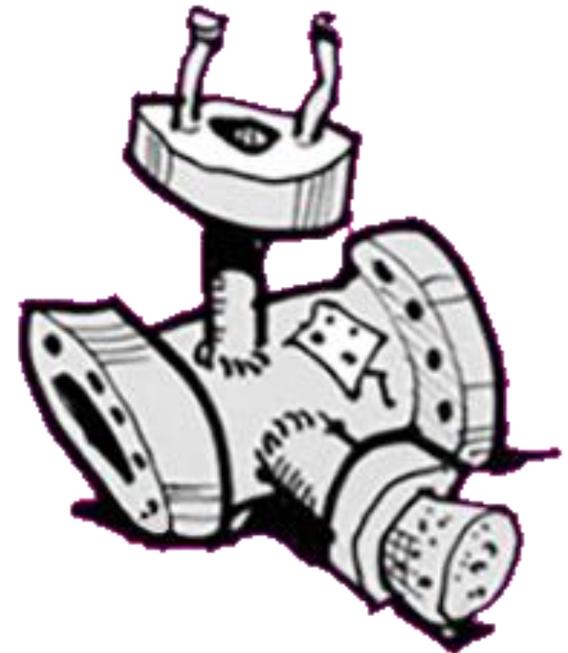
20mmのリストリクターを装着することがルールで義務付けられており、これがチューニングに問題を引き起こします。

単気筒エンジンで純正スロットルボディーを使用すると、ドライバビリティが非常に悪くなり、最悪の場合エンジンにダメージを与えます。

# スロットルボディー

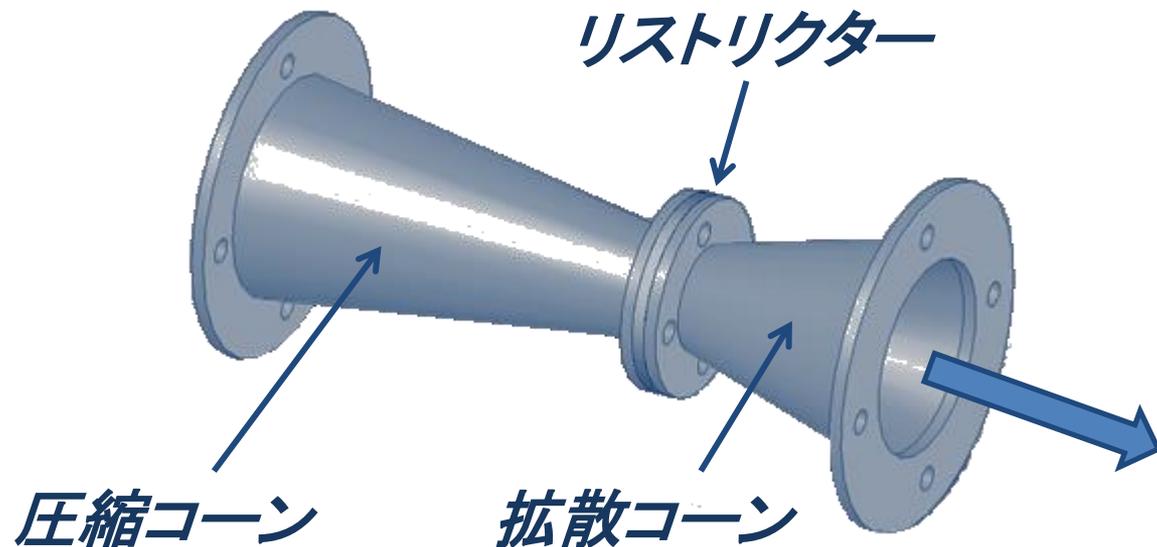
大径スロットル（40mm以上）は30%以下の開度でリストラクターの限界に達します。

ドライバーはオンかオフのコントロールしか効かず、30%以上の開度を使うと燃料過多になってしまいます。





# リストリクター



学生フォーミュラのルールでは20mmのリストリクターの装着が義務付けられています。

圧力回復のために圧縮／拡散コーンを利用できるので、リストリクターで制限されたパワーの大半を取り戻すことができます。

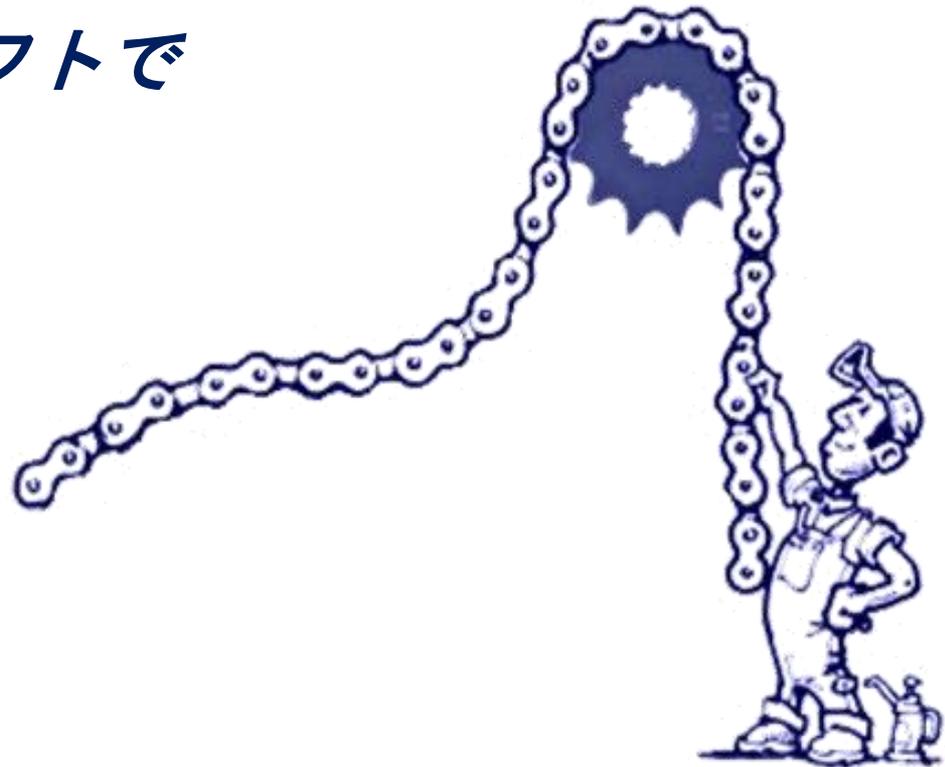
# 排気マフラー



ルールで最大排気音量が定められています。  
これを超えると動的審査に出場できません。  
それは非常に残念な大会の過ごし方です。

# ファイナルドライブ

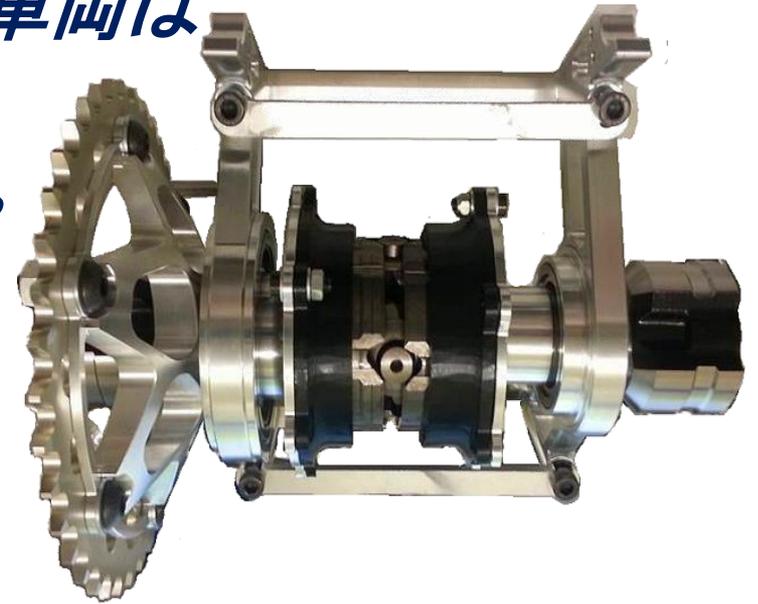
一般的な学生フォーミュラ車両のファイナルドライブは、デフをチェーンで駆動し、デフからホイールは継手を介したシャフトで繋げるものです。



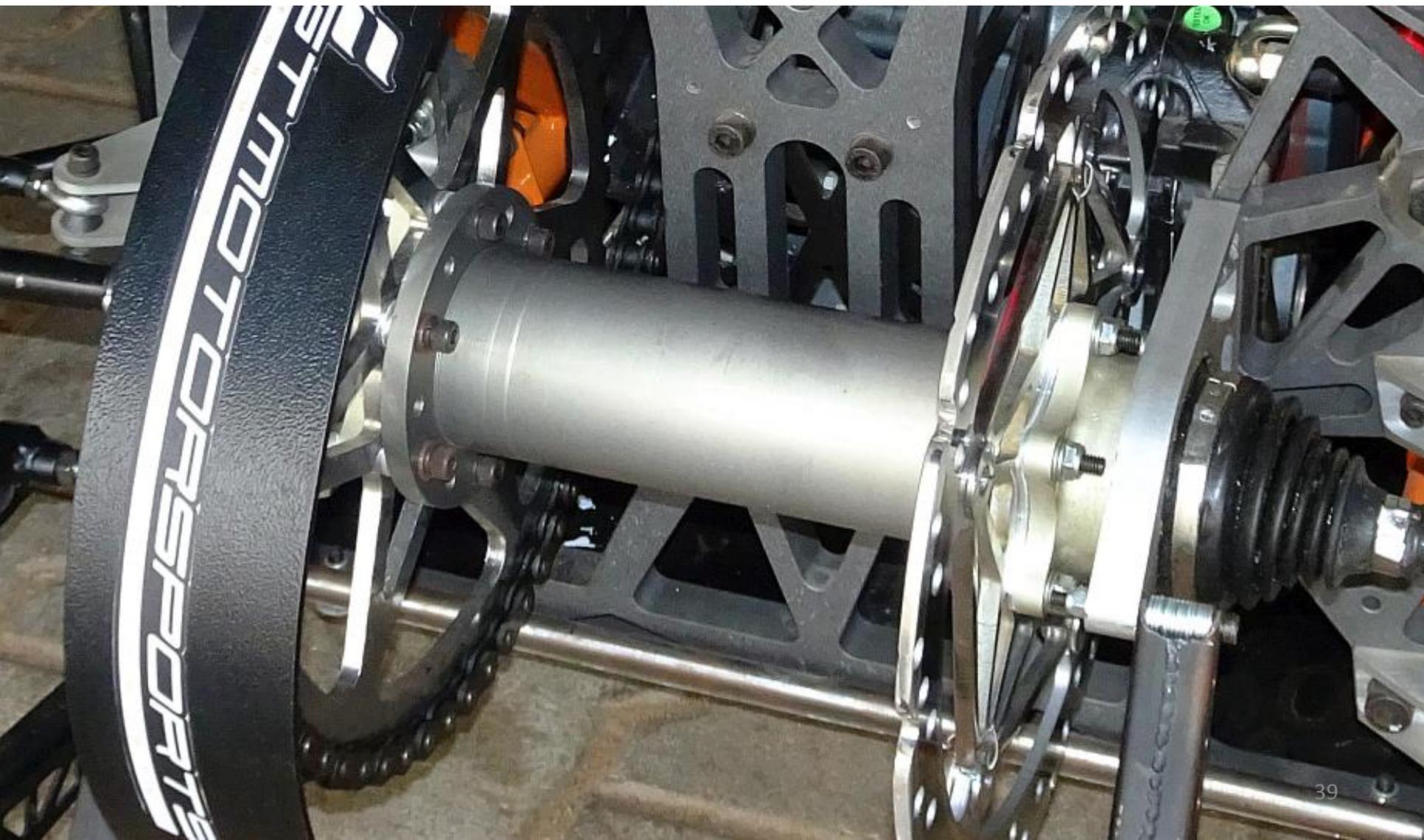
# ファイナルドライブとデフ

ほとんどの学生フォーミュラ車両は  
後輪の回転速度のバランスを  
とるためデフを備えています。

通常は何らかのLSDが  
使用されますが、選択肢は  
他にもあります。



スプール (デフなし) です!



# スプールの利用法

引っ掛かりなく、プッシュアンダーステアを起こさず曲がるためには車両にデフが必要と一般的には考えられています。

ゴーカートにデフは装着されていませんが、速いコーナリングスピードを出すことができます。

なぜそんなことが可能なのでしょうか？

この画像がその答えです



シャシーがねじれているのでしょうか

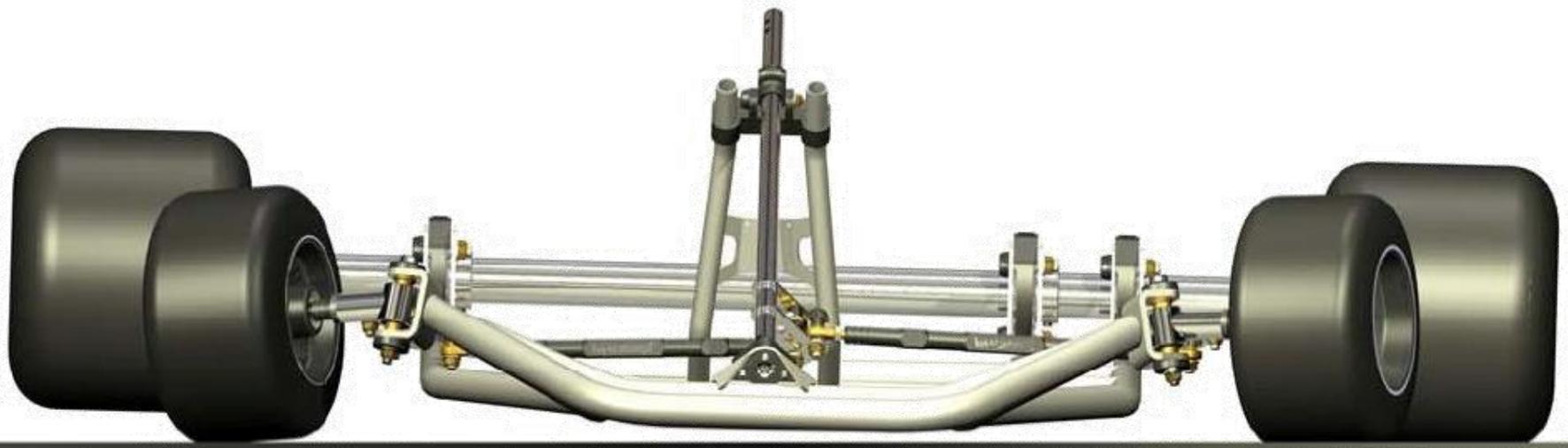


ここではねじれていません



# ジャッキアップ現象

ステアリングジオメトリーによって内後輪から荷重を抜く方法を以下の図が示します。こうすることで、カートはデフのない後輪が直進しようとすることを防ぎつつ曲がることができます。



# インボードリアブレーキ

スプールのもうひとつの利点は、デフを通してブレーキというややこしさを考えずにインボードのシングルリアブレーキが使えることです。

これは車重、コスト、回転慣性、ばね下重量を削減し、ブレーキング力をサスペンションコントロールアームで支える必要がなくなります。

これは2014年のシュトゥットガルトの車両  
です。13インチホイールで、ドライブシャフ  
トは一直線。



# サスペンション



**学生フォーミュラの他のどの設計要素よりも、  
「サスペンションジオメトリ」に無意味な検討、  
時間の無駄遣いをしています！**

ルールでは2インチのサスペンションストロークしか要求していません。

それ以上に設定しないこと！（チャップマンが言ったことを思い出しましょう！）

さて、2インチのストロークでどのくらいのキャンバー変化が起き得るでしょう？



答えは..... 微少！

ただし、過大なコンプライアンスがない限り！！！！

# コンプライアンス

**フレームに適切なねじり剛性があると想定しましょう。(1,000Nm/degで十分！)**

**設計者は、タイヤからのすべての荷重がフレームに入力されたときに、部品とアセンブリーにおけるコンプライアンスを最小にとどめることに集中すべきです。**

質問です.....

フレームが耐えるべき最大の力が何かわかる人はいますか？

答えは.....

最大減速時に前輪車軸まわりにかかるブレーキトルク！ そしてこのほとんどがフロントローアームに集中します。



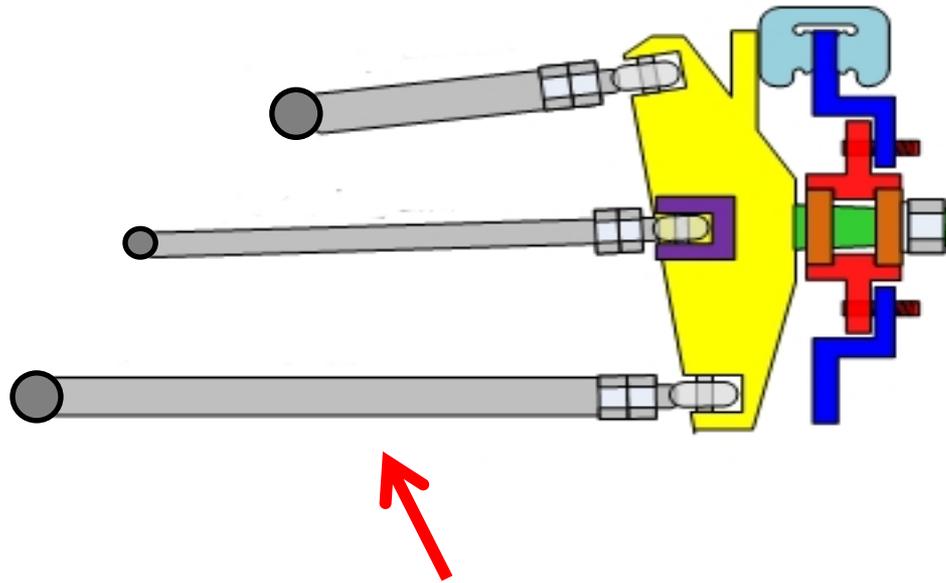


# フロントサスペンション

フロントロワーコントロールアームはフレームの適切なノードに軸を持つ大きな三角構造にするべきです。

フロントロワーアームのいかなる所にもねじ付きロッドエンドを使うことを避けるべきです。





乗車1G状態でロワーアームが地面に平行になるよう設計されているべきです。

ロワーアームの前後回転軸も地面に平行になっているべきです。

コンプライアンスがハンドリングに大きく影響を与える2つの領域は、リアのトーコンプライアンス(ドライバーが望まないときに車の後ろが転舵すること)と、ホイールの不具合や意図せぬキャンバー変化につながるホイールの変形です。



**「トー」の話のついでに、  
トーの設定は何から始めればよいでしょうか？**

**フロントは約3mmの静的トーアウト。  
リアは約3mmの静的トーイン。**

**これらは出発点で、テスト走行にてタイヤ温度を計  
測し、最適化するべきです。**

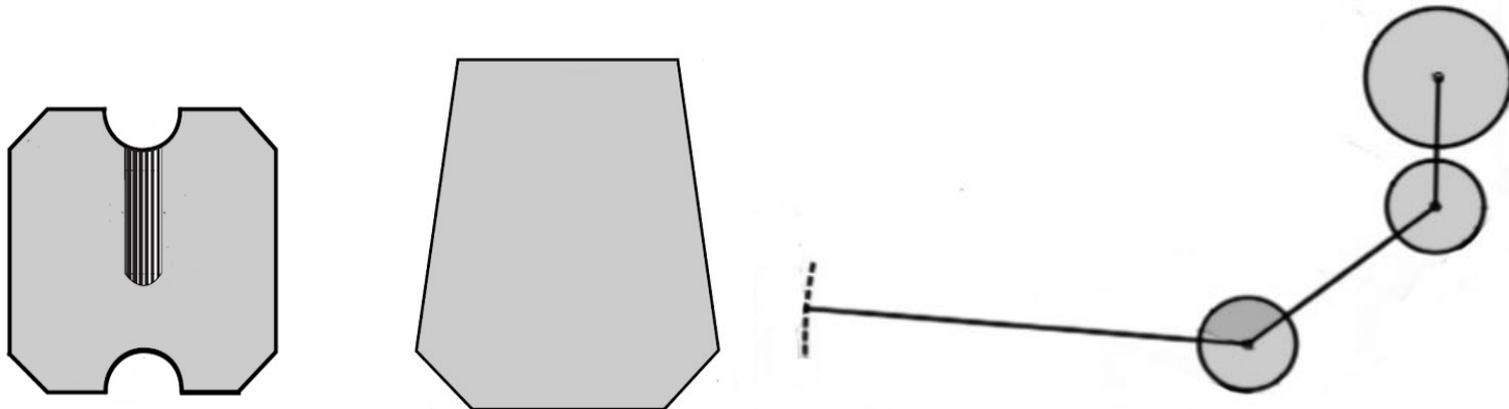
**(非接触温度計ではなく、  
適切な温度計が必須！)**



# テンプレート

フレームは3つのすべてのテンプレートと、最も背の高いドライバーも許容しなければなりません。(大会によっては、デザインファイナル進出に女性5パーセントイル規格が求められることも！)

フレームを作った後にテンプレートに合うよう修正することは非常に難しいので、さまざまな箇所での寸法設定では常に余裕を持たせるように。



# エルゴノミクス

ドライバーが座った際に、快適であり適切に支えられているべきです。眠れるくらいに！

チャイルドシートの座り心地を想像してみましよう！



# フレーム

初心者チームに非常によくある間違いは、フレームを最初に「設計」することです。

実際には、フレームは車のすべての部品を正しい位置に取り付けるための単なる複雑なブラケットにすぎません。

何を取り付けるのかわからずして、どうやってブラケットの「設計」ができるのでしょうか？



フレームの設計はプロジェクトのあとの方で行うものなのです。

# さあ、始めましょう！

- ✓ シンプルな鋼管スペースフレームの車両を作る！
- ✓ 13インチホイールを使う！
- ✓ シンプルなサスペンションシステムを設計した！
- ✓ 自分たちに合ったエンジンを選んだ！
- ✓ デフを選んだ！
- ✓ 設計を確定した！

いよいよ車両を製作しましょう！シンプルさを保って。

# 質問の時間



(まだ終わりませんよ！)

# 別解

学生フォーミュラの車は非常に似通ったコンセプトになってきました。

単気筒または4気筒、はたまたスペースフレームまたはCFRPモノコックだとしても。

EV、ときには4輪駆動のものであっても、似たようなシャシーです。

しかし、次のスライドにあるような別解もあり得ます。

# 前輪駆動



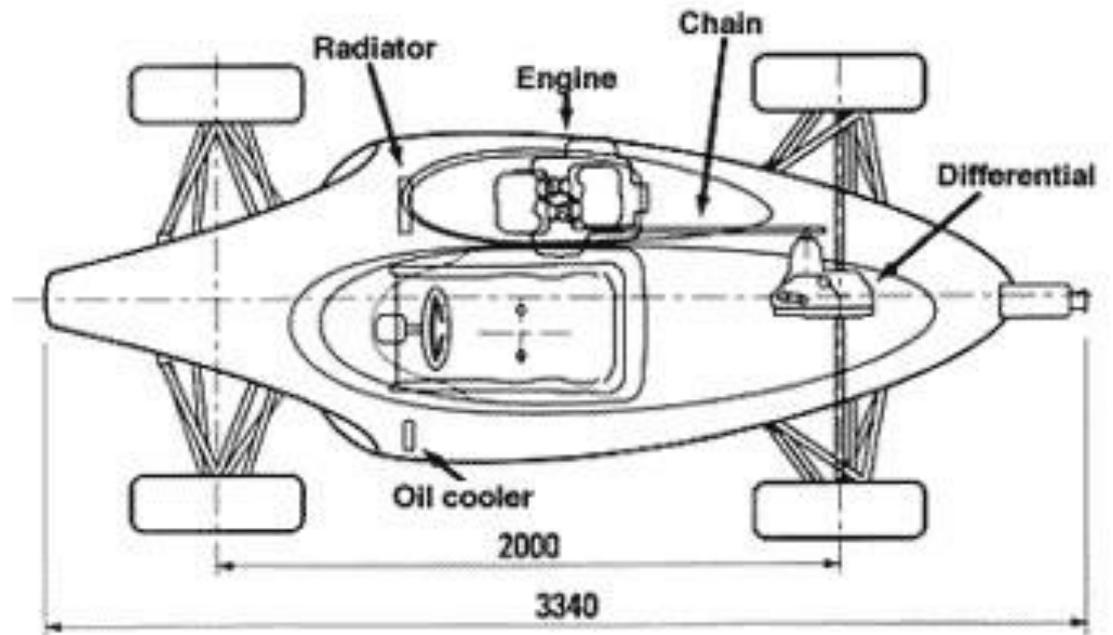
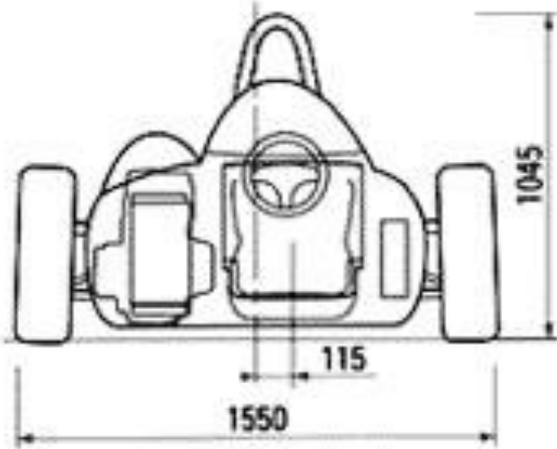
# サイドエンジン



# ホンダのサイド・バイ・サイド



# ホンダのサイド・バイ・サイド



これで本当におしまいです。

ご清聴感謝します。

あとは「パットの部屋」で話しましょう！