

自動車レースにおけるシミュレーションの活用

糸井 豊*・立石 源治*

1. はじめに

構造解析・機構解析における要素技術の成熟により、部品単体だけではなくシステム全体のシミュレーションが可能になってきた。これにより自動車メーカーだけでなくレーシングチームにおいても車両製作には欠かせない技術となっている。BTCC(英国ツーリングカー選手権)に参戦する VX Racing は GM Opel 社の英国ブランドである Vauxhall 社の Astra Coupe を駆りチーム・メーカー・ドライバーの各タイトルを4年連続で獲得した。競技車両の設計と製造を行う Triple Eight Race Engineering 社の設計エンジニアは、構造解析と機構解析の活用の幅を広げたことにより、独自の新サスペンションを開発し、さらなる競争力強化を図っている。本稿では Triple Eight 社チーフデザイナーである John Morton 氏の話を変え紹介させていただく。

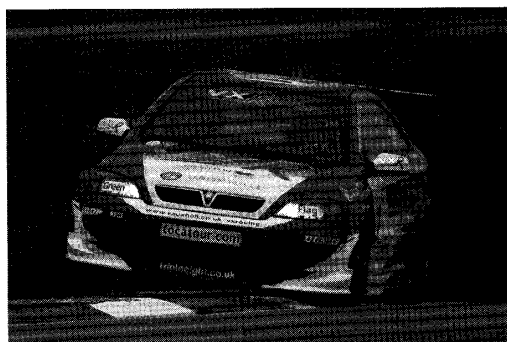


図1 VX Racing Astra レース車両

2. リアサスペンションの制約

Vauxhall 社のリアサスペンションは、乗用車のトーションビーム方式をレースカー用に構築する試みから始まった。開発の主な目的は、重量の削減、独立懸架となるような柔軟性の導入であった。最初の設計課題は、リアサスペンションにはオリジナルと同じ素材を使用

しなければならず、新たなリンクやジョイントの追加は不可、という規定に準拠することであった。

乗用車とレースカーのリアサスペンションは全く異なると思われるかもしれないが、規定はそうではない。鋳鉄製のトレーリングリンクをつなぐトーションビームは、乗用車では鉄製チューブをプレス加工したU字型断面ビームが使用される。レースカーでは、このビームを四角形断面チューブの一面に長手方向に溝を入れたC字型断面にしている。

レースカーのトレーリングリンクは三角形のフレームで構成されており、アップライトをビームに固定する。三角形のフレームの終端は、変形パーツを介してC字型断面ビームの中心点に結合される。トレーリングリンク構造の一部を変形体構造にすると、その柔軟性からトレーリングリンクに大幅な独立懸架性を与えることができる。

Morton氏は次のように述べている。「トーションビームは、基本的にはアンチロール・バーの役割を果たしている。全体構造は、独立懸架性を保つようねじれに弱く、タイヤから横力を受けるので曲げには非常に強くなければならない。曲げ強度は三角形のフレームと四角形断面によって確保される。ねじれ剛性は長手方向の溝で低減される。規定によりジョイントを追加することはできない、変形パーツはジョイントではなく若干剛性が低いチューブである。このリアサスペンションは極めて複雑な構造だが、その欠点や改良の余地は把握できている。」

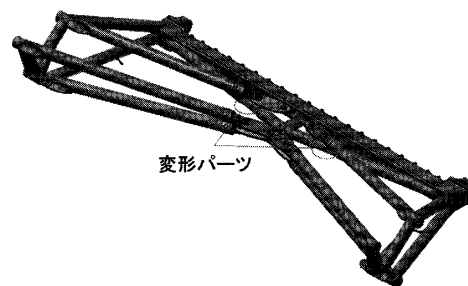


図2 レース車両のリアサスペンション

Simulation Application for Auto Racing. By Yutaka Itoi and Motoharu Tateishi (MSC Software Ltd.).

* エムエスシーソフトウェア(株) [本会賛助会員]

3. シミュレーションの恩恵

当時, Triple Eight社には限られた解析リソースしかなかったため, サスペンション全体はビームとして解析されていた。構造モデルは近似モデルだが台上試験と良い相関を得ていた。「元々は変形パーツもビームとしてモデル化していたが, このパーツは曲げだけでなくねじりも検討する必要がある。新しい構造解析ソフトではソリッドとしてモデル化することが可能になった。」と Morton 氏は述べている。

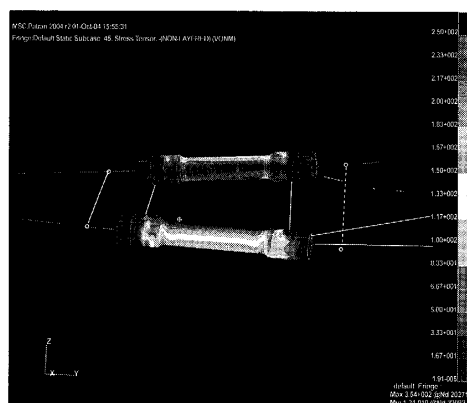


図3 変形パーツのソリッドモデル解析結果(応力)

Triple Eight社は, 現行車を元に新型車のサスペンションの開発を始めたが, 完全な設計見直しが必要であった。Morton氏は次のように述べている。「新しいサスペンションは昨年承認された。これは過去に行った作業から実現できたのだと思う。構造の高度化およびモデル化と解析の実行能力が大幅に向上した。MSC Softwareのシミュレーションツールのおかげで, 現在ではこのような構造を設計初期段階からシミュレーション可能になった。」

以前のサスペンションでは, 変形パーツのほぼ中心にロールセンターがあり, 車がコーナーにさしかかった時, 予想外の変化をする。この現象はMSC ADAMSのフルビークルモデルでないと解析することが難しい。Morton氏は「このような構造の挙動特性について知識が深まるにつれ, ドライバーからの詳細なフィードバックが理解できるようになってきた。乗用車のサスペンションから開発を始めると, 達成すべき構造特性や挙動特性から構造の基本特性が明確になる。初期段階で明確だったのは, 乗用車のトーションビーム式サスペンションは横剛性が弱いことであった。つまり, リジッドビームであるため独立性に対して制御できなくなる。これに対するアプローチは, 乗用車の基本特性から横剛性を高め, 独立懸架特性を向上させることだっ

た。試行錯誤の結果, 最適な基本特性が得られた。リアサスペンションの主要設計ツールに構造解析ではなくCADを使用して設計していたら, その結果は非常に質の悪いものになり, 車もこれほど速くはならなかっただろう。」と述べている。

4. 将来を見据えた総合的な解析

Triple Eight社は, 過去にテストしたボディシエルと同じ構造性能を持つ近似ボディシエルモデルをビームにより作成した。これは大変合理的な解析であり, 実ボディシエルに対しても良い相関がある。車両全体の解析は, 解析1回あたりの時間が大きいため, 多くのチームはこのプロセスを1回しか行う余裕がない。Morton氏は次のように述べている。「ビームモデル解析ではボディ詳細情報は明確にならないが, 構造負荷がどこにあるか明示してくれる。構造の最適化に複数回の計算が可能で, ボディシエルにフィードバックする前に可能な限り重量を低減することができる。Opel社の協力でボディシエルの完全な構造解析モデルを入手できたら, 車両全体で構造解析を行い, ボディシエルの挙動を知ることができる。解析を1回実行するだけで, 得られた情報を他の繰り返し計算で使用できる。複雑なモデルであっても, 解析時間の増加はわずかであるということが大きな利点である。」

リアサスペンションの構造解析モデルを弾性体モデルとしてADAMS/Flexに取り込むこともできる。これにより車全体の動的モデルが生成され, 弾性変形するリアサスペンション挙動の正確な評価が可能となる。Morton氏は次のように語る。「目標までもう少し。サスペンションの構造解析モデルもあり, 必要なタイヤデータも間もなく揃う。この挙動解析が上手く稼働すれば, 計算時間が構造解析とほぼ同じであるため, これを設計ツールとして使用することができる。」

5. さいごに

Triple Eight社は, 構造解析・機構解析といったシミュレーション技術を駆使してシステム全体の強度・挙動を明確にし, 実際の開発・設計に反映させてチームの4連覇に大きく貢献した。また現在も, 非常に高度なシミュレーションソフトウェアと高速で信頼性のあるハードウェアも導入し, 将来がますます期待される。

参考文献

- 1) Dr. Charles Clarke : VX Racing Finds the Winning Edge, Alpha (MSC Software), 4, 4/7 (2005)