



CAE 特集

二輪車の振動

Motorcycle Vibration

田中 十四夫 Toshio Tanaka

● MC 事業本部 技術開発室 システム技術グループ

The plot of any story depends on characters in conflict. The common pattern is for one character to be positive and conservative while the other is more negative and radical. In the field of mechanical structure such as for motorcycles, this opposition takes the form of rigidity vs. inertia. When external force is applied, rigidity stubbornly attempts to maintain his shape while inertia attempts to maintain his motion in spite of the force. This is the cause of vibration. If the story of vibration measures in motorcycle development were expressed in terms of the development of a novel plot, the introduction would come first followed by the emergence of vibration then solutions proposed and finally work precedes toward a happy ending. The purpose of CAE is to read the development of vibration, create solution proposals and provide plans for the happy end at the conclusion. Here, we will introduce the highlights of such development stories using three examples (scooter vibration, motorcycle vibration and countermeasures for brake noise.)

1 はじめに

物語は互いに対峙する配役があって初めて成り立つ。一方が肯定的保守志向であれば、他方は否定的革新志向、というパターンが多い。二輪車など機械構造系でいうと、剛性と慣性が、これらの対峙する配役に相当する。同じ外力に対して、剛性は頑なに自身のカタチを保持しようとするが、慣性は自身のモーションを押し通そうとする。これが共振の原因となる。振動開発の物語を起承転結とみれば、「起」で始まり、「承」で共振が浮上し、「転」で対策を考え、「結」でハッピーエンドを目指す。CAEは、まさに「承」を読み、「転」を描いて、最終的な対策手段の「結」につなげるためにある。ここでは、その物語のさわりを3つの事例（スクータの振動、モーターサイクルの振動、ブレーキの鳴き対策）で紹介する。

2 スクータの振動

初めてローマの休日を観たとき、ヘップバーンにばかり目がいていた。今ならきっと乗っているスクータの方が気になるだろう。

二輪車におけるエンジン懸架方法（マウント）はさまざまであるが、スクータというカテゴリーではほぼリンク式の防振マウントのみである。これは、図1に示した瞬間回転中心の考え方を基本にしており¹⁾、エンジンが発生する加振力Fの方向とスイングするリンクの長手方向との関係が双方向で一義的に決まる。

リンクはゴムのねじりばねを利用しているため、車体とエンジンの相対的な姿勢変化は重要な検討項目である。基礎データとしてのディメンションや剛体特性をもとに、乗車時の変位量や各部の荷重分布などコンピュータによる計算上でのさまざまな検討が加えられる。図2は、その出力例である。先に述べた振動源となる力Fの方向や最適なリンク角度の設定値も瞬時に確認することができる。不快な振動を抑え、快適な乗り心地のヤマハ製スクータがローマの街を駆け抜ける。つい、そんなシーンを思い浮かべてしまう。

3 モーターサイクルの振動

片岡義男の世界なら、振動をバイブレーションと呼ぶだけで、体感レベルが5VGL（Vibration Greatness Level：振動の大きさのレベル）くらい²⁾下がってしまう気がする。

スクータと異なり、スーパースポーツに代表されるモーターサイクルの多くはエンジンを車体に直接ボルトオンする懸架方法（以下、リジッドマウントと呼ぶ）を採用するものが多い。リジッドマウントの場合、コンピュータによる振動予測は、前項のような防振設計可能なラバーマウントにくらべ甚だむずかしいのが実情だ。しかし、相対的な比較と割り切れれば、十分実用的なレベルとすることは可能である。そこで、FEM（Finite Element Method）動解析モデルに対しマウント配置のパラメータスタディを行い、リジッドマウントにおける低振動化技術を構築した事例を紹介する。

図3は計算に用いたFEモデルの全体図である。マウント配置の全組合せにより、振動予測計算を行い、その結果を図4に示した。縦軸となるVGL_{ave}が低いほど体感振動は少ない、とされる。横軸は配置を表すパラメータで、2点マウントから

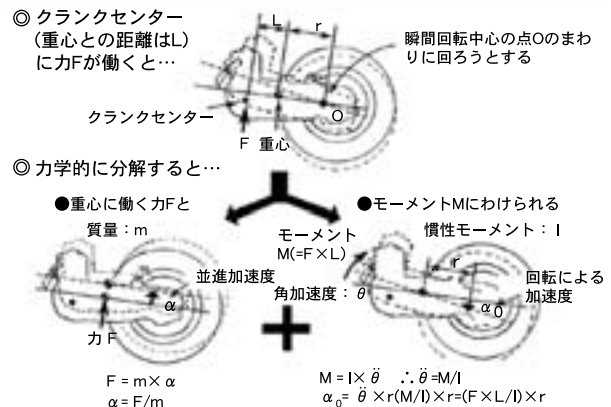


図1 瞬間回転中心

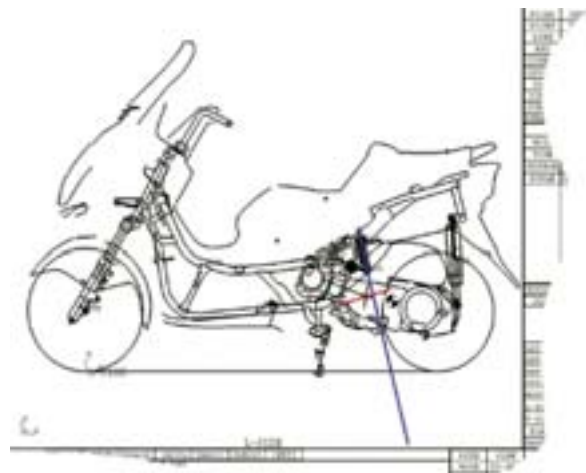


図2 スクータ CAE 画面

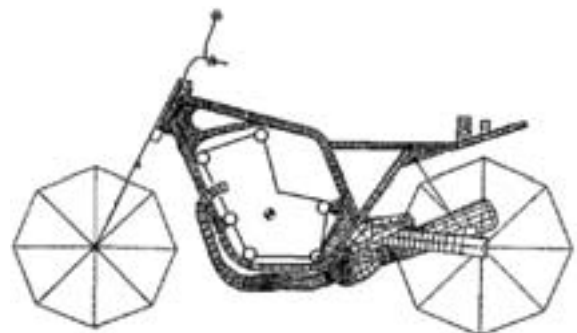


図3 モーターサイクルのFEモデル

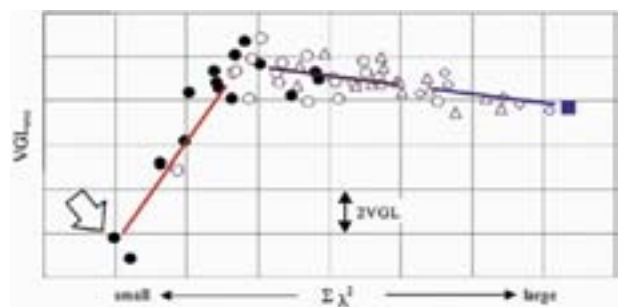


図4 FEモデルによる振動予測結果

6点マウントまでの組合せを示す。この結果の意味するところは興味深いが、それは別途資料³⁾を参照されたい。もっともVGL_{ave}が低くなる矢印で示した仕様はフレームの後側2点を懸架するものであり、この結果を基に開発されたマウント例を図5に示す。前側に配置した△型リンクマウントは振動する方向のみに柔となり、それ以外の方向は剛にできる構造となっている。これは振動以外の機能とも両立するために重要なファクタである。CAEにより低振動化が実現された好例である。やはり、振動はバイブレーションと呼ぶだけでは下らない。

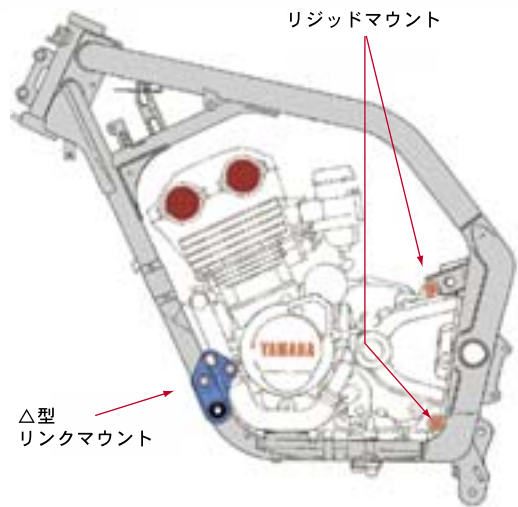


図5 △型リンクマウント

4 ブレーキの鳴き対策

“雨上がりのあさあ～っ…” 口ずさみながらブレーキをかけると、へボな唄はやめてくれと言わんばかりにキィキィキィと鳴いてくる。ブレーキ鳴きは不愉快、いや不快である。

鳴きの現象は自励振動によるもので、加振源はパッドとディスクとの摩擦特性によるものであるが、最終的に鳴くかどうかは構成部品の共振倍率で決まる⁴⁾。CAEでは共振倍率は予測できないが、どの周波数で共振しやすいかの計算はできる。図6に示したFEモデルは、ホイールのねじり共振周波数を予測するために作成されたものである。鳴き現象が実際に起きるかどうかは、テスト評価をするまでわからない。しかし、事前に予測した周波数を基に対策の方向性を絞ることは開発効率の面からも価値がある。たとえば、共振対策として一般化されている技術である動吸振器(ダイナミックダンパ)の設計要件を事前に検討することによって、テスト評価で鳴きが生じたときの対応が短期間でできるようになる。動吸振器とは共振周波数と同じ周波数で振動するようにチューニングされた副振動系であり、これを付加することによって図7に示したように共振のしやすさが鈍ってくる。制動性能と鳴きの関係の多くはトレードオフの関係にあり、効きのい

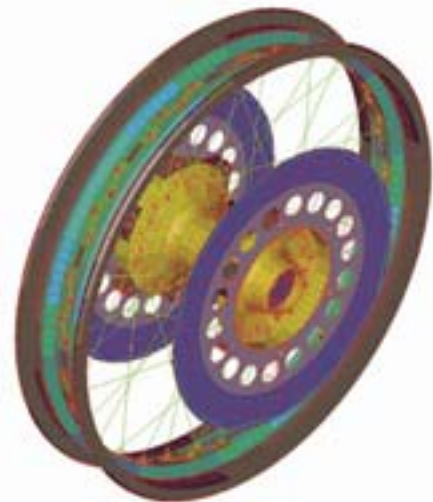


図6 ホイールのFEモデル

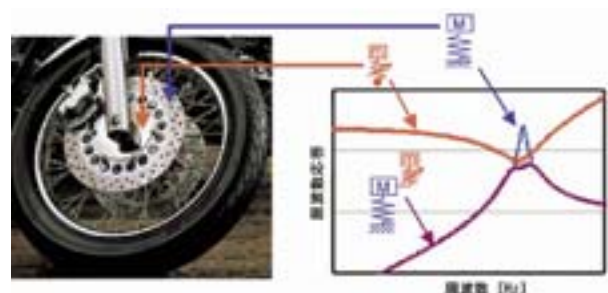


図7 動吸振器と適用例

いブレーキほど鳴きやすい傾向を持つ。図 7 に示したホイールは、動吸振器によってその関係が克服され、快適な商品に進化した事例といえる。もう、唄いながらブレーキをかけても不愉快な思いをすることはない。

5 おわりに

実際の物語で数多くのキャラクターが登場するように、現実の振動開発という舞台で配役がふたりだけ、という場面はむしろ少ない。剛性、慣性という主役級の他に、粘性、摩擦、ガタなど、シブい脇役が周りを固める場合がほとんどである。脇役によって筋書きどおりに進まないドラマは多く、残念ながら現在の CAE では彼らの立ち回り方まで演出しきれていない。CAE でできること、できないことを把握することは、開発の現場で非常に重要である。現場という舞台で展開されるものづくりドラマの脇役たちへの観照を忘れてはならないと思う。

■参考文献

- (1) 富田「二輪車の振動・騒音・乗り心地と CAE」自動車技術 Vol.35 No.12 1981
- (2) 田中, 古沢「二輪車における体感振動計測システムとその適用」902197 自動車技術会秋季大会前刷集 1990.10
- (3) 田中, 西津「シミュレーションによるモーターサイクルの振動開発」20015410 自動車技術会秋季大会前刷集 2001.10
- (4) 田中, 鈴木「低周波ディスクブレーキ鳴きと動吸振器の応用」9637933 自動車技術会秋季大会前刷集 1996.10

●著者



田中 十四夫