

≡ ≡ ≡ 報 告 ≡ ≡ ≡

ブレーキホース取廻しシミュレーション精度の改良

小野実具^{*1}，青野幸夫^{*2}，岩田貴吉^{*3}

Accuracy Improvement of Brake Hose Routing Simulation

Mitsugu Ono^{*1}, Yukio Aono^{*2}, Takayoshi Iwata^{*3}

要 旨

ブレーキホースは，路面でのタイヤの上下運動やハンドル操作により複雑な相対運動をするフレキシブルなホースである．

このブレーキホースの取廻しシミュレーションについては，従来より，CAEを用いた計算により実施されてきたが，ホースが3次元的な挙動をとるために，挙動状態によっては，計算精度に問題があった．

今回，ホース軌跡を計算する際に入力する物性に非線形性を与えることにより，従来問題のあった挙動状態における精度の良い計算が可能となった．

Abstract

Brake hose has flexibility for complicated relative motions by bounding of tire and steering.

Although the brake hose routing simulation has been conducted by CAE, it is sometimes not accurate enough to cover three dimensional behavior.

This report shows that it is now possible to have more accurate simulation of the routing by giving the nonlinear characteristics to physical properties of hose.

*1 Mitsugu Ono 機能部品事業部 技術部 ホース技術室

*2 Yukio Aono 技術企画部 技術電算室

*3 Takayoshi Iwata 機能部品事業部 技術部 実験グループ

1. はじめに

ブレーキホースは、マスタシリンダで発生した油圧をシリンダ（ホイールシリンダ、ディスクキャリパ）に確実に伝達するためのホースであり、路面でのタイヤの上下運動、およびハンドル操作によるタイヤの動きによって、複雑な相対運動をする。

近年、ブレーキホースの取廻しに与えられるスペースは、足廻り部品の増加により、狭く複雑になってきており、また、車両開発期間の最適化により、検討段階での取廻し設計の完成度向上およびスピード化が求められてきている。

このようなニーズのために、ブレーキホースの取廻し設計におけるシミュレーション技術がますます必要となってきた。

ブレーキホースのシミュレーション技術については、1999年の技報¹⁾にて紹介した。この時には、細棒の大変形解析システムによる計算の事例を紹介しているが、この解析での欠点として、上述したホースの複雑な相対運動のために、ホースにねじれ方向の応力が多く加わるような挙動状態では、計算結果に大きな誤差が生ずる場合があった。

今回、シミュレーションには有限要素法を用い、ホース軌跡を計算する際に入力する物性に非線形性を与えることにより、計算結果に生じていた誤差を低減することが可能となった。

2. ブレーキホースの概要

図 - 1 にブレーキホースのホース部の構成を示す。ブレーキホースは、3層のゴム層と2層の編込み状態となった糸層から構成されており、フレキシブルな動きに対応できる構造となっている。

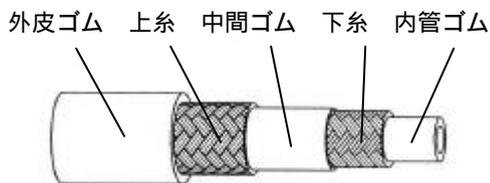


図 - 1 ホース構成

図 - 2 に一般的なブレーキホースの形状を示す。口金は、ボデー側およびタイヤ側（アブソーバー

やブレーキキャリパ）に取り付けられる。ホース部は、タイヤの動きに合わせて3次元的な挙動を示す。

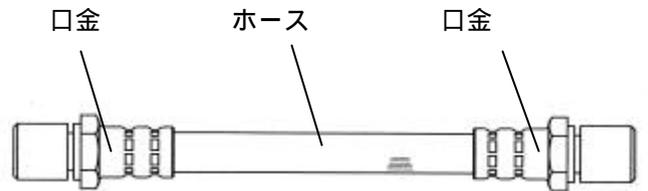


図 - 2 ブレーキホース

3. 実施内容

3 - 1. シミュレーション法

今回、取廻しシミュレーションには、梁要素を使用した有限要素法を用いた。解析での入力パラメータとしては、挙動状態を示すための両端口金取付け位置の座標値、ホース長、口金長、両端口金の相対位相角度の寸法諸元値、およびホース部の物性値としてホースの曲げ剛性とねじり剛性を用いた。

3 - 2. ホースの物理的物性

ブレーキホースは、図 - 1 に示す様に、ゴムと糸の複合体であり、2層の糸層はそれぞれ図 - 3 に示す様な編込み構造をとっている。さらに、糸1本は図 - 4 のように約300本程度のフィラメントから構成されている。²⁾

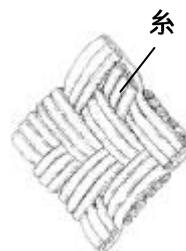


図 - 3 編込み状態



図 - 4 単糸断面

このような複雑な構成のために、ホースの物性は非線形性を有している。図 - 5 にホース剛性の測定チャート例を示す。

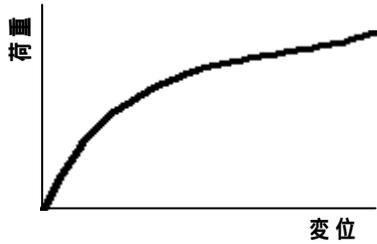


図 - 5 ホース剛性測定チャート

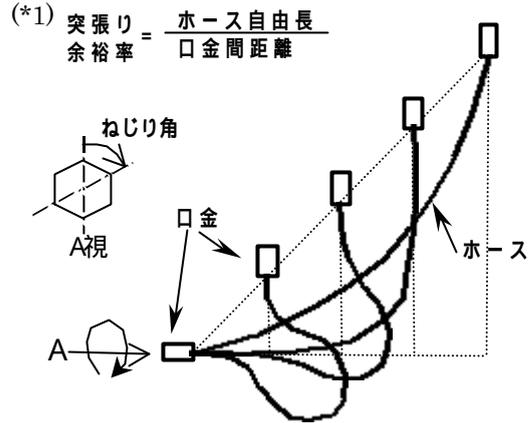


図 - 7 ホース取廻しモデル

3 - 3 . 解析における非線形性の定義

3 - 2 に述べた理由により, 今回解析において は, 入力パラメータとしての曲げ剛性およびねじり剛性に図 - 6 のような非線形性を定義した .

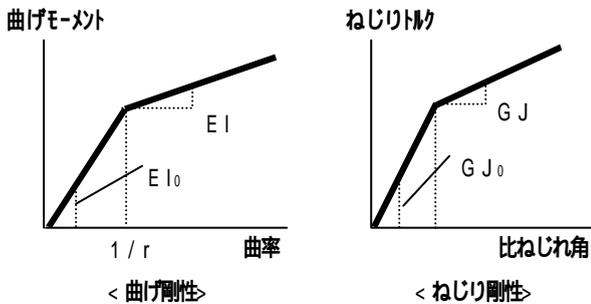


図 - 6 ホース剛性非線形特性モデル

ここで, $1/r$ は曲率, $E I_0$, $E I$ は曲げ剛性, $G J_0$, $G J$ はねじり剛性を表す .

3 - 4 . パラメータ値の設定方法

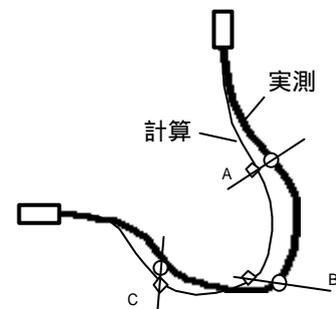
3 - 3 で定義した非線形特性モデルの各パラメータの値は, 図 - 7 に示す取廻しのモデルにて, 実測経路と計算経路の誤差が最少となる値を設定した .

ここで, 取廻し ~ は, ホースの突張り余裕率(*1)を変化させたものであり, また, それぞれの取廻しにて両端口金の相対的なねじり角にも水準を与えた . これらの条件を表 1 に示す .

誤差の基準となる実測経路は, 実際のホースの取廻し経路を 3 次元測定により 3 D データ化したものを用い, 計算経路との誤差は, 図 - 8 に示すホースの部位における距離の最大値をとった .

表 - 1 取廻し条件

取廻し	突張り 余裕率	ねじり角		
		0°	45°	90°
	4.8			
	3.6			
	2.4			
	1.2			



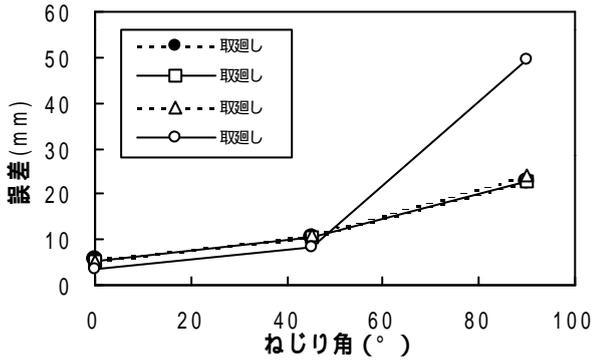
誤差 : A, B, C の最大値

図 - 8 実測と計算の誤差

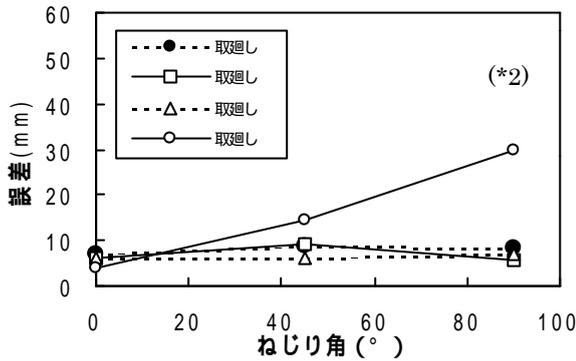
表 - 1 の取廻し条件の各ケースでの誤差の総和が最少となる条件を, 応答曲面法により求め, パラメータ値を設定した .

3 - 5 . 結果

3 - 4 の方法により設定した条件での実測経路と計算経路の誤差測定結果を図 - 9 に示す .



(a) ホース剛性が線形の場合



(b) ホース剛性が非線形の場合

図 - 9 実測と計算の誤差測定結果

ここで、図 - 9 (a)は、従来のホース剛性を定数（線形）とした場合であり、図 - 9 (b)が、非線形性を与えた場合を示す。

ホース剛性に非線形性を与えることにより、実測経路と計算経路の誤差は、図 - 7の取廻しの総和で37%低減された。特に、これまでのシミュレーションにおいて精度に問題のあったねじれ角の大きい状態での効果が大きく、最大で76%の誤差低減があった。

4. 実車取廻しでの検証

3項で求められた解析条件を用いて実車取廻しでのシミュレーションを実施した。

その解析結果事例を図 - 10に示す。図 - 10 (a)は、ホース剛性を線形で与えた場合の結果である。この場合では、取廻しにおけるホースのねじりの影響により、誤差が非常に大きいことが判る。図 - 10 (b)はホース剛性を非線形で与えた場合である。剛性を非線形で与えることにより、誤差が66%低減され、実測経路により近似した経路が得られている。

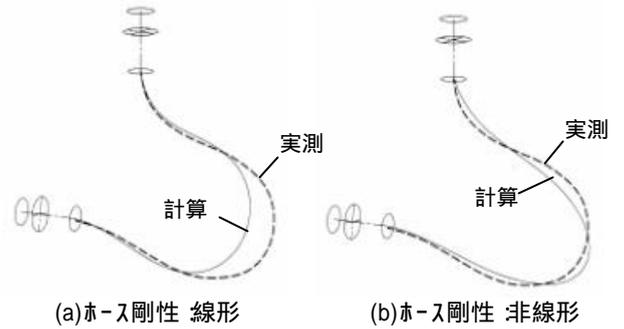


図 - 10 実車取廻しでのシミュレーション結果

5. まとめ

今回、ブレーキホース取廻しシミュレーションにおいて、入力物性値に非線形性を与えることによって、従来法より解析精度が向上することが解った。このシミュレーションの活用により、車両開発の初期段階におけるホース取廻し設計に大きな貢献が期待できる。

しかしながら、図 - 9 (b)の(*)2で示したようなホースに極端な突張りとなじれがある場合では、依然として大きな誤差が見られるため、今後の更なる精度向上の検討が必要である。

謝辞

最後に、本解析を実施するにあたり、幾多のご指導を賜りましたトヨタ自動車株式会社第1シャシー設計部および第1, 2, 3実験部の関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 熊崎雅規, 北岡克司, 岩田貴吉: ブレーキホース取廻しシミュレーション技術の構築, 豊田合成技報 Vol.41 No.1 (1999)
- 2) 北岡克司: 粒子シミュレーション法によるホース補強系層の応力解析, 豊田合成技報 Vol.43 No.1 (2001)