

タイヤ簡易性能予測ツールの開発

Development of simple prediction tool for tire performance

肥田野峻哉¹⁾

指導教員 中島幸雄¹⁾

1) 工学院大学大学院 工学研究科 複合材料力学研究室研究室

2) 工学院大学 先進工学部 機械理工学科

タイヤ力学に基づいて 1D-CAE と呼ばれる簡易性能予測ツールを開発し、概念設計段階でタイヤ性能全体を俯瞰することを可能にした。どのパラメータがどの特性にどの程度影響を与えるかを PC 上で素早く知ることができるので、概念設計時に議論する時に役に立つと思われる。ツールの予測精度を確認するために、特性ごとに予測値と実測値の比較・検証を行った結果、両者は良く一致した。ツールを用いたタイヤ設計開発を行い、新しいタイヤの提案を行った。

キーワード：タイヤ力学、簡易性能予測ツール、1D-CAE

1. はじめに

近年のタイヤ設計には有限要素法 (FEM) が用いられており、各種のタイヤ性能を定量的に予測できるため、タイヤ各社ではタイヤ設計の最も重要なツールとなっている。しかし、FEM では定量的な予測が可能になるものの、タイヤ性能改良に関するメカニズムを理解することが難しい。そこで、本研究ではタイヤ力学に基づいて 1D-CAE と呼ばれる簡易性能予測ツールを開発し、概念設計段階でタイヤ性能全体を俯瞰することを可能にした。さらに、このツールによってタイヤ性能発現メカニズムの考察が可能になり、タイヤ設計者を支援することが期待できる。

2. 開発したツールの概要

ツールは図 1 に示すように、複数のタイヤ性能予測モジュールが階層構造となっている。また、ExcelVBA を用いユーザーフレンドリーなツールに仕上げた。性能ごとに計算する機能、全性能を一括で計算する機能を持ち、どのパラメータがどの特性にどの程度影響を与えるかを PC 上で素早く知ることができる。そのため、概念設計段階でタイヤのあるべき姿を議論する時に役立つだけでなく、タイヤの構造力学をベースとしているため、設計者の教育にも活用できる。



図 1 階層構造を持つ性能予測ツールの概要

3. ツールの検証

ツールの予測精度の検証をモジュール別に実施した。

(1) 部材特性モジュール

部材特性モジュールでは、各層の剛性を単純に足していく古典積層理論と層間ゴムのせん断変形とねじり変形を考慮した修正積層理論の二つの理論をツール化した。検証のため、タイヤのベルトを模したゴムサンプル（図 3）を作製し、実測したヤング率と二つの理論で算出したヤング率を比較した。表 1 に示すように、実験を行った積層板のゴムサンプルにはねじり変形が生じることから、実測した積層板のヤング率は古典積層理論に比べ修正積層理論で算出した値に近い値となった。



(a) 単層板 (b) バイアス積層板 (c) バイアス積層板ねじれ変形

図 3 作製したゴムサンプルとねじり変形したゴムサンプルの例

表 1 実験値、古典積層理論、修正積層理論のヤング率比較（実測値を 100 とした指標表示）

コード角度 [°]	古典積層理論	修正積層理論	実験値
単層板	30	96	100
	56.3	117	100
	75	128	100
バイアス 積層板	30	130	100
	56.3	117	100
	75	126	100

(2) ばね特性モジュール

面外捩じり剛性、横剛性、前後剛性の予測値と実測値の比較を図 4 に示す。各剛性は基本剛性モジュールの結果を用いて算出される。予測と実測を比較した結果、横剛性と前後剛性は良く一致したが、面外捩じり剛性は約 30% のずれが生じた。

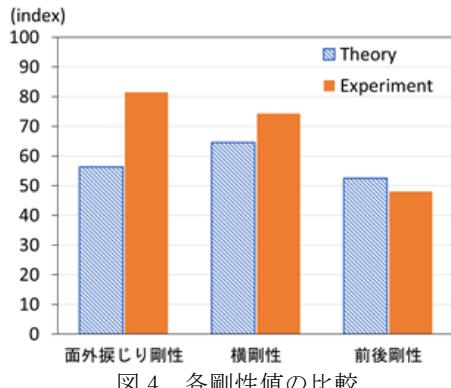


図 4 各剛性値の比較

(3) 操縦安定性モジュール

操縦安定性モジュールは 2 つのタイヤ (195/65R15, 225/45R17) でツールの検証を行った。図 5 に示すように、195/65R15 では予測と実測は良く一致したが、225/45R17 ではスリップ角が 2° ~ 6° の領域で一致しなかった。この理由は不明であるが、225/45R17 のタイヤでは接地形状が横長で接地長が短いことが原因と考えられる。今後、なぜ一致しないのかを解明することが課題である。

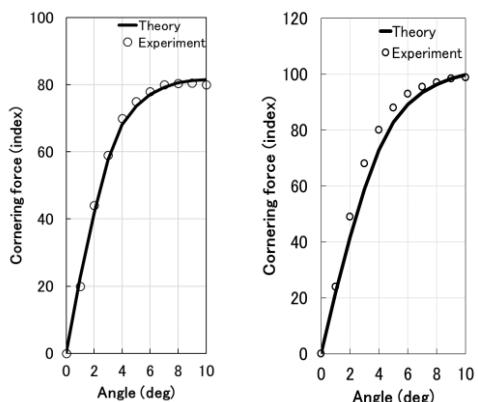


図 5 操縦安定性能の予測値と実測値の比較

(4) 振動特性モジュール

振動特性モジュールの検証のため、タイヤの固有振動数と伝達特性に着目してハンマリング試験を行った。図 6 に示すように、振動数はどちらも二次モードでピークとなった。予測値と実測値は、一次モードでは 72Hz と 75Hz、二次モードでは 98Hz と 102Hz となり、近い値を示した。

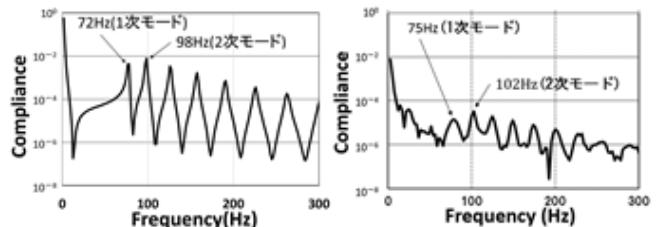


図 6 伝達関数のツールによる予測と実験の比較

4. ツールを用いた概念設計タイヤ開発の事例

開発したツールを使い、新しいタイヤ構造の開発を行った。タイヤの剛性は横方向基本剛性 (ks), 面内回転方向基本剛性 (kt), 半径方向基本剛性 (kr) の 3 つで表される。改良の目標値として kt は 5% 減少、kt, kr は 20% 増加という目標値を設定した。ツールを用いて各種パラメータを変更させ、タイヤの基本剛性を計算したところ、図 7 に示してあるように、ビードフィラーの長さとゴムの厚みを変更することによって目標値に近くなることが分かった。提案したタイヤの実車試験を行って頂いたところ、テストドライバーからは提案したタイヤのほうがコントロールしやすいが、若干固めであるというコメントを頂き、提案したタイヤは目標のタイヤに改良されていることが分かった。

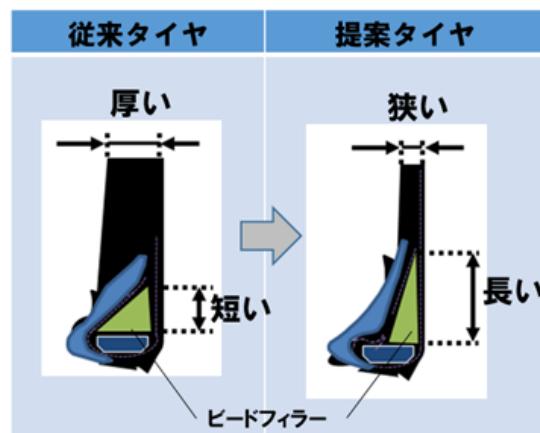


図 7 タイヤ構造の変更箇所

5. 結言

複合材料の特性、タイヤのバネ特性、操縦安定性、振動特性（固有振動数、伝達特性）が予測可能な簡易設計ツールを開発した。ツールによる予測は実測と比較的良く一致した。ツールを用いて新しいタイヤを提案した。本ツールの適用限界を研究後に、企業で活用予定である。