

IV-3 タイヤの力学的挙動に関する解析的研究

北大工学部	学生員	葛西 聡
同		吉江 宗生
同	正 員	小野寺雄輝
同	正 員	中辻 隆
同	正 員	加来 照俊

1. まえがき

自動車の操縦性・安定性・乗り心地に対してタイヤは重要な役割をもち、その力学的挙動を説明することは自動車の操安性の評価に不可欠なものであるが、構造の複雑さや、非線形及び接触問題を抱えていることから、その難しさが指摘されている。

本報告では、そのタイヤの力学的挙動を説明するための初期段階として静的接地圧分布を求め、今後の動的解析さらにはわだち路における解析に発展させることを目的とし、次に示すような項目について解析をおこなった結果である。

- (1) バネ付きリングモデルを用いた円周方向の接地圧分布の解析
- (2) 有限要素法 (HITACの総合構造解析システム I S A S 2 と独自のプログラム) を用いた円周方向の接地圧分布の解析
- (3) 有限要素法 (HITACの総合構造解析システム I S A S 2 と独自のプログラム) を用いた横方向の接地圧分布の解析

2. 解析手法とその結果

〔1〕バネ付きリングモデルによる円周方向の解析

図1に示すように、タイヤのサイドウォールの部分とトレッドの部分それぞれ異なった定数を持つバネと仮定し、その間のベルトの部分リングと仮定したもっとも単純なモデルを用いて、静的接地圧分布をもとめる。解析に用いるタイヤのサイズはトラック・バス用の10.00-20とする。

この場合には、タイヤが変形する前の形から荷重を受けて変形した後の形へと強制的に変位を与えることにより接地圧分布がもとめられる。このときの結果は図2に示すとおりである。またこの時の接地圧の合力がかかっている荷重と等しくなる。

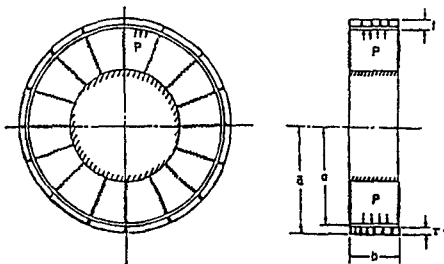


図 1 バネ付きリングモデル

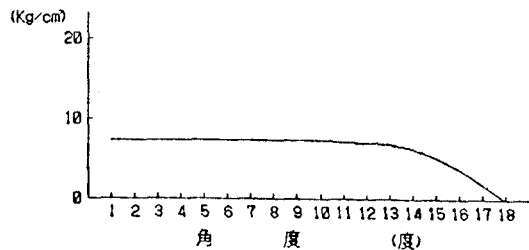


図 2 接地圧分布

〔2〕有限要素法による円周方向の解析

（1）I S A S 2による解析

図3に示すように荷重を受けて変形した後のタイヤを三角形要素と四角形要素に分割した2次元モデルを用いて総合構造解析システムI S A S 2により接地圧分布を求める。このモデルにおいて路面に接触している部分はY方向の移動を拘束する。タイヤのサイズはバネ付きリングモデルの場合と同じとし、材質はホイールの部分はスチール、他の部分ではゴムとし均質であるとする。荷重はバネ付きリングモデルでの解析で得られた値を使用する。

この場合はタイヤの中心に荷重をかけることによって接地圧分布がもとまり、その結果は図4に示すとおりである。この図において接触部分の端で大きな値が出ている。実際にはこの部分では接地圧が0であるはずだが、I S A S 2で解析を行う際に接触部分の接点の拘束ができないことから変形後のタイヤに荷重をかけるという方法を用いたためにこのような結果になったものと考えられる。

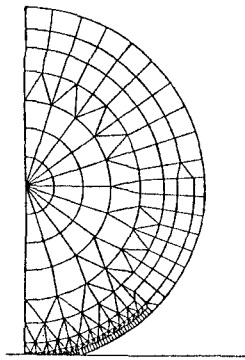


図 3 有限要素法モデル

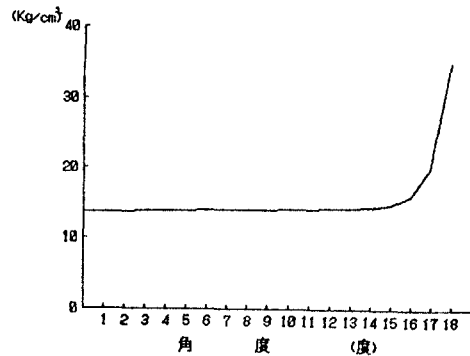


図 4 接地圧分布

（2）独自の有限要素法プログラムによる解析

図5に示すように変形前のタイヤを三角形要素に分割した2次元モデルを用いて独自のプログラムにより接地圧分布を求める。タイヤのサイズや材質はI S A S 2の場合と同じものとする。このモデルではタイヤの中心となる部分を固定し、バネ付きリングモデルの場合と同様に変形後の形へと強制的に変位を与えることによって図6に示すような接地圧分布がもとまる。またこの時にかかっている荷重はバネ付きリングモデルの場合同様に接地圧の合力からとまる。このモデルでは考え方がバネ付きリングモデルの場合と同じであるため得られる結果も似たようなものになっている。

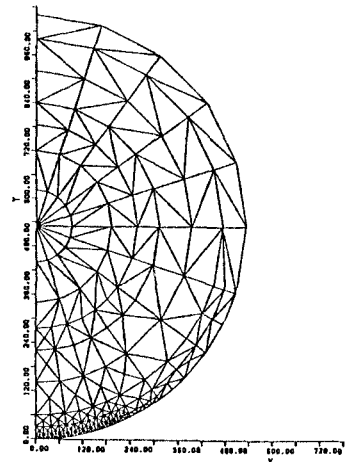
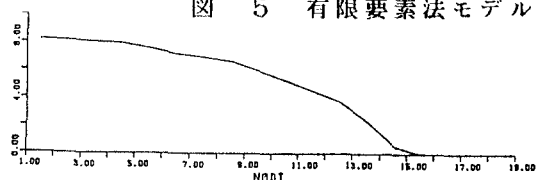


図 5 有限要素法モデル

図 6
接地圧分布



〔3〕有限要素法による横方向の解析

（1）I S A S 2 による解析

図7に示すようにタイヤの横断面を三角形要素と四角形要素に分割した2次元モデルを用いて総合構造解析システム I S A S 2 により接地圧分布を求める。このモデルにおいて、路面に接触している部分の節点は上下方向の移動を拘束する。タイヤのサイズ、材質は上記の物と同じとし、荷重はタイヤの中心にあたる部分には輪荷重としてバネ付きリングモデルで得られた荷重を使用し、タイヤの内側には空気圧がかかっているとする。

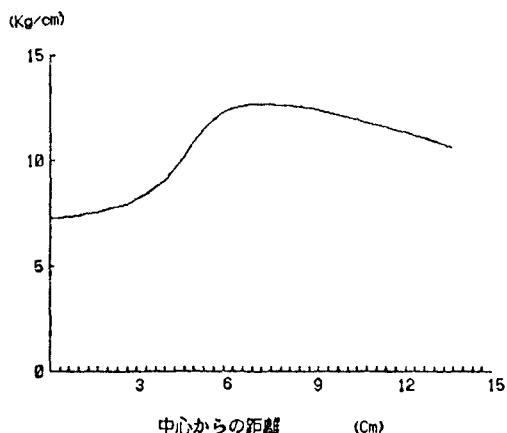
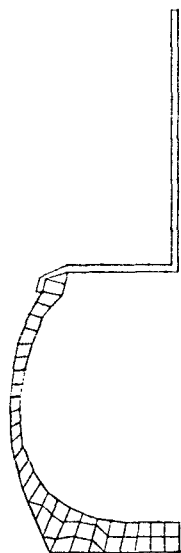


図 8 接地圧分布

この場合の接地圧分布は図8に示すとおりである。

図 7 有限要素法モデル

（2）独自のプログラムによる解析

図9に示すようにタイヤの横断面を三角形要素に分割した2次元モデルを用いて独自のプログラムにより接地圧分布を求める。このモデルではタイヤがホイールと接触する部分の節点の移動を拘束し、下方から強制的に変位を与えることによって図10に示すような接地圧分布がもとまる。この場合のタイヤのサイズ、材質及び空気圧は I S A S 2 による解析の場合と同じとする。

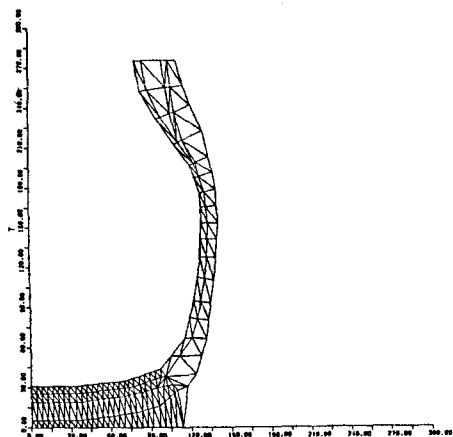


図 9 有限要素法モデル

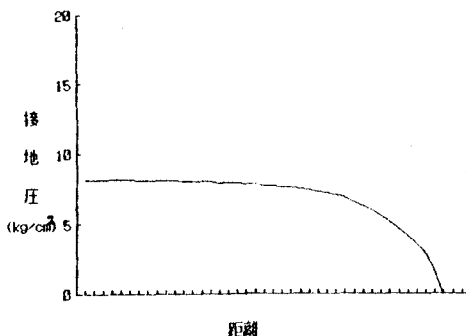


図 10 接地圧分布

3. 実測値と解析値の比較

(1) 円周方向について

実際の接地圧分布は実験からほぼ図11のようになると言われている⁽²⁾。上述のそれぞれの図と比較すると、バネ付きリングモデルと独自のプログラムによる解析では小さい値となり、I S A S 2による解析では大きい値となっている。バネ付きリングモデルでは、リングの変形にともなう応力を考慮することによりもう少し大きくなることが予想され、実測値に近くなる。有限要素法の場合は、I S A S 2の中がどの様になっているか分からないため正確なことは言えないが解析手法の違いによって二者の結果が異なったのではないかとと思われる。またタイヤの構造の異方性、非線形性を考慮することにより、双方とも実測値に近づくのではないかと考えられる。

(2) 横方向について

実際の接地圧分布はほぼ図12のようになると言われている⁽¹⁾。上述の図と比較するとI S A S 2による解析ではグラフの形は異なっているが値としてはある程度の一致がみられるがその理由として空気圧を考慮していることがあげられる。独自のプログラムによる解析では値としてはやや小さいがグラフの形はほぼ同じである。この場合、タイヤの異方性、非線形性を考慮することによってさらによい結果が得られると予想される。

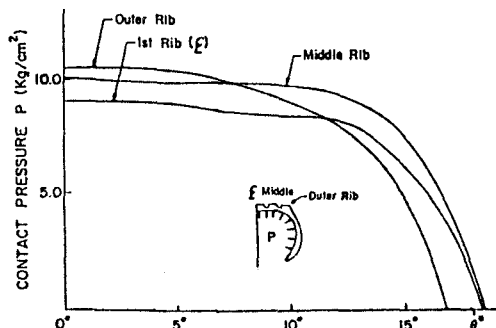


図 1 1 接地圧分布

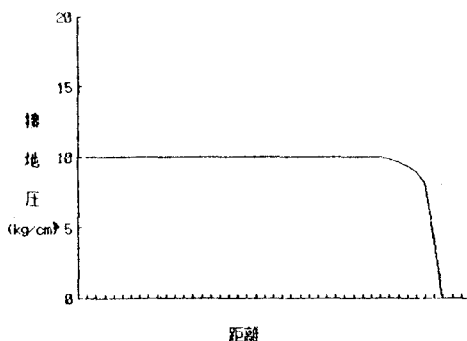


図 1 2 接地圧分布

4. あとがき

以上のようにバネ付きリングモデルと有限要素法により解析を行ったが、バネ付きリングモデルに関しては、そのバネの定数を適当な値に決めることによってある程度一致させることができる。有限要素法に関しては本報告ではもっとも単純な方法を使って解析したが、動的解析を行うには有限要素法が最も有効な方法であることからタイヤの材料非線形、幾何学的非線形を考慮しなければならないであろう。

参考文献

- 1) 自動車工学全書12巻 タイヤ・ブレーキ, 山海堂
- 2) K. Yagishi, J. T. Jenkins: The Circumferential Contact Problem For The Belted Radial Tire, Journal Of Applied Mechanics 47, 1980
- 3) J. S. シェムニスキー: マトリックス構造解析の基礎理論, 培風館
- 4) 赤坂: タイヤの構造力学的研究の動向