

学 位 論 文 要 旨

氏 名 ヌウエン ナン ヴァン

題 目 農用タイヤと地盤の静・動的な相互作用に関する研究
(Study on the Static and Dynamic Interactions between Agricultural Tires and Grounds)

走行時の農業用トラクタに関して、トラクタの走行性能に影響する力とトルクなどは走行装置と地盤の接触面において発生する。したがって、車輪型トラクタの振動特性、ハンドリング性や牽引特性などを研究するためにはタイヤと地盤の相互作用の基本的な理解が必要である。本論文では、農用タイヤと硬い地盤や軟弱地盤の相互作用を詳細に解明することを主目的とし、タイヤ特性、タイヤ接地面各応力および動的な輪荷重の3項目を測定するための実験装置を開発し、実験解析を行った。

以下に本研究の概要を示す。

(1) ケーブルで吊ったプレートをタイヤの外周方向に加圧することによって、非回転の農用タイヤの進行・左右方向のバネ特性及び減衰特性を静・動的実験で測定した。特に、タイヤ荷重と空気圧の変化によるタイヤの特性の大きさと傾向と範囲を解明した。さらに、タイヤの動的応答のモデルを作成し、シミュレーションを行った。実験結果とシミュレーション結果を比べた上でタイヤ特性の測定方法を検証することができた。

(2) トラクタの振動特性を予測するための荷重-たわみ法および自由振動法によるタイヤ上下方向のバネ特性及び減衰特性を明らかにした。

(3) 牽引力、トルク、推進力及び抵抗に影響する接地面応力の測定方法を開発し、法線応力と接線応力を決定した。タイヤ荷重、空気圧、すべり率および走行速度による接地応力分布特性を明らかにした。

(4) 輪荷重の簡単な測定方法を考案し、ひずみゲージによるトランスデューサーの設計、校正および計測を行った。トランスデューサー計測による、車輪接地面からトラクタの駆動軸へのモーメントとトルクをリアルタイムで決定し、駆動輪動荷重を算出した。車輪特性(荷重、空気圧、すべり率、不均一性、ラグ等)および地盤の変形特性を用いて駆動輪動荷重の変化を詳細に解析した。

学 位 論 文 要 旨	
氏 名	NGUYEN NANG VAN
題 目	Study on the Static and Dynamic Interactions between Agricultural Tires and Grounds (農用タイヤと地盤の静・動的な相互作用に関する研究)
<p>For a moving wheeled farm tractor, all forces and moments influencing the tractor performance are mostly applied through the contact patch of the wheel-tire assembly and the ground surface of the operating environment. Therefore, the study of ride performance, handling behavior and traction characteristics of wheeled farm tractors is absolutely based on a basic understanding of the tire-terrain interactions. This thesis describes the development of methods for investigating the dynamic interactions between the agricultural tires and the grounds. Three main contributions of the thesis are made towards accurate and reliable data of stiffness and damping of agricultural tires as well as transient responses of wheels and soft soils during passage of a farm tractor in different combinations of wheel configuration, tractor operation, and ground surface condition. The main results of the thesis can be summarized as follows:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Cable-suspended-plate method for determining and analyzing the static and dynamic properties of non-rolling agricultural tires in the longitudinal and lateral directions is presented. Especially, intensive investigations have been made in order to establish the magnitudes, trends and ranges of the tire stiffness and damping under different combinations of tire load and inflation pressure. A model for simulating the tire response has been developed by taking account into the damping effects on the free vibration of the steel plate under the constraints of front and rear tires. The simulated and experimental results of the plate accelerations are presented and compared in order to verify the measured tire properties.2. Static load-deflection method and free-vibration method are also introduced to experimentally determine reliable information concerning the suspension characteristics of agricultural tires in the vertical direction that also are inputs for tractor dynamic simulation.3. A method for investigating the soil normal and tangential stress distributions at the tire-soil contact patch of a moving farm tractor at different combinations of wheel load, wheel slip, inflation pressure, soil type, and tractor operation is described.4. A simple method for measuring the dynamic axle load using strain gage techniques is introduced. Transducers which are capable of acquiring the torque and moments acting on drive axle of a moving farm tractor are designed, calibrated and instrumented in order to experimentally analyze the effects of wheel configuration, tire non-uniformity, tire lugs, and ground surface condition on the fluctuation of dynamic axle load.	

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	Nguyen Nang Van
審査委員	主 査 佐賀大学 教授 甲本 達也
	副 査 佐賀大学 教授 松尾 隆明
	副 査 琉球大学 教授 上野 正実
	副 査 佐賀大学 教授 内田 進
	副 査 琉球大学 教授 宜保 清一
審査協力者	
題 目	<p>Study on the Static and Dynamic Interactions between Agricultural Tires and Grounds</p> <p>(農用タイヤと地盤の静・動的な相互作用に関する研究)</p>
<p>走行時の農業用トラクタに関して、トラクタの走行性能に影響する力とトルクなどは走行装置と地盤の接触面において発生する。したがって、車輪型トラクタの振動特性、ハンドリング性や牽引特性などを明らかにするには、タイヤと地盤の相互作用の基本的な理解が必要である。このため本研究は、タイヤ特性、タイヤ接地面各応力及び動的な輪荷重の3項目を実測するとともに実測値を用いてシミュレーションも行い、農用タイヤと硬い地盤や軟弱地盤の相互作用を明らかにしたものである。なお、本研究では、これらの実測値を得るための実験装置の開発も行っている。得られた成果は以下のとおりである。</p> <p>(1) ケーブルで吊ったプレートをタイヤの外周方向に加圧することによって、非回転の農用タイヤの進行・左右方向のバネ特性及び減衰特性を静・動的実験で測定した。特に、タイヤ荷重と空気圧の変化によるタイヤの特性の大きさと傾向と範囲を解明した。さらに、タイヤの動的応答のモデルを作成し、シミュレーションを行った。実験結果とシミュレーション結果を比べた上でタイヤ特性の測定方法を検証することができた。</p>	

(2) トラクタの振動特性を予測するための荷重-たわみ法および自由振動法によるタイヤ上下方向のバネ特性及び減衰特性を明らかにした。

(3) 牽引力、トルク、推進力及び抵抗に影響する接地面応力の測定方法を開発し、法線応力と接線応力を決定した。タイヤ荷重、空気圧、すべり率および走行速度による接地応力分布特性を明らかにした。

(4) 輪荷重の簡単な測定方法を考案し、ひずみゲージによるトランスデューサーの設計、較正および計測を行い、トランスデューサー計測による、車輪接地面からトラクタの駆動軸へのモーメントとトルクをリアルタイムで決定し、駆動輪動荷重を算出した。また、車輪特性（荷重、空気圧、すべり率、不均一性、ラグ等）及び地盤の変形特性を用いて走行時の駆動輪動荷重特性を明らかにした。

以上のように、本研究は農用タイヤと硬い地盤や軟弱地盤の相互作用を検討するために、車輪型トラクタの振動特性、ハンドリング性や牽引特性などを実験的に明らかにしたもので、農用タイヤや農業機械の改良開発に資する価値ある研究であると評価できる。したがって、審査員一同は、本論文が博士（学術）の学位論文として十分な価値があるものと判定した。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏名	Nguyen Nang Van
審査委員	主査 佐賀大学 教授 甲本 達也
	副査 佐賀大学 教授 松尾 隆明
	副査 琉球大学 教授 上野 正実
	副査 佐賀大学 教授 内田 進
	副査 琉球大学 教授 宜保 清一
審査協力者	
実施年月日	平成 21年 1月 14日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input checked="" type="radio"/> 口答・筆答	
<p>主査及び副査は、平成 21年 1月 14日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士(学術)の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。なお、本研究は農学と工学の分野にまたがる学際的な内容であるので博士(学術)が相応しいと判定した。</p>	

学位申請者
氏 名

Nguyen Nang Van

[質問1] タイヤと地面との接地圧の測定法について教えてください。

[回答1] 点圧センサーを、タイヤ・土接触域で剪断応力の分布をモニターするために、後部タイヤのセンターラインの近くのラグ後縁に付けました。これにより車輪1回転で剪断応力曲線1本が得られることになります。

[質問2] なぜタイヤと地面との接地面における土圧分布を積分して軸圧と牽引力を求めなかったのか。

[回答2] 前輪のタイヤと地面との接地面で測定された鉛直応力分布はほぼタイヤ幅に対して均一だったので、前輪の車軸の軸荷重の計算に用いることが可能とみなした。しかしながら、この方法は後部タイヤには適用できなかった。なぜならば、接地応力はタイヤ幅に亘って一定ではなかったのでラグ先端でのみ測定した。これによれば、接地面下やラグ中央部などでの測定値より高い値となった。今後は点圧測定センサーをもっと数多く設置して接地圧を測定する必要がある。

[質問3] タイヤと地盤の相互関係を解析するための測定システムを開発しているが今後この研究をどのように発展させるつもりか。

[回答3] 将来、異なるタイヤ構造、タイヤサイズやラグ構造を変えた実験研究を行います。さらには、国の Center of Tire Inflation System (CTIS) において土情報、耕運機の車輪・積荷重のモニタリング、土の圧縮を減少させたり、耕運機のドライブ性能や牽引能力を改善するための研究を集中的に行う予定です。

[質問4] すべり率と沈下量が大きくなったときに e 点がずれて来る。その場合は(7)式は $e=0$ として

$$W_d = \sqrt{\frac{M_x^2 + M_z^2}{L^2} - \left(\frac{T}{r_L}\right)^2}$$
 を定義している。 $e \neq 0$ のとき W_d はどうなりますか。

[回答4] 実際、e はゼロでなくて、地盤上で車輪がスリップしたり陥没したりします。したがって、車輪がスリップしたりダイナミックな挙動がモニターされたときは W_d 式では誤差が生じます。しかし、ダイナミックな挙動はまだ土質力学においては未知の要因が多いことを考慮して現段階では本式で十分と判断した。

〔質問5〕後輪のタイヤラグと剛版の接地面位置の違いによりタイヤ特性が違いかもかもしれませんが、本実験の結果はどうなっていますか。

〔回答5〕2つの表面の接触パターン（パターン1とパターン2）が後部のタイヤと堅いプレートの突起の間にあります。そして、それは同じタイヤ構成でタイヤの特性の測定値に影響を及ぼすかもしれません。農業タイヤの垂直プロパティに関するタイヤ突起の表面の接触パターンの影響についてはすでに明らかにされています。今回は、パターン1でタイヤの縦横方向の特性を実験で明らかにしました。

〔質問6〕今回の研究結果が、変形可能な水田土状況下でのタイヤのより良い設計に役立ちますか？つまり、タイヤのより良いデザインのための利点は何ですか？

〔回答6〕最新のトラクターにおいては、車両の懸垂装置が、オペレーターのドライブを改善するために使われています。バネとこれらのシステムのダンピング特性を（特に縦横方向の）最適化できることになることが利点です。

〔質問7〕研究に使用した土壌は、サンドロームであるが、母国のベトナムの土壌でも使えますか。

〔回答7〕オフロード車の性能は、車両仕様によってだけでなく常に厳しい限界を車両の機動性に要求される操作環境の条件によって定義されます。したがって、オフロード車（特に駆動装置）を設計するための条件は、基本の状態ごとに異なるかもしれません。この研究において開発された測定システムは、異なる土状況で研究に適合するように設計されています。ヴェトナムは純粋な粘土から純粋な砂までカバーするフィールドがあるので、タイヤと土の間の相互作用を研究するための実験は私の故郷で続けることができます。

〔質問8〕この研究は日本製トラクタを使用したわけであるが、母国ベトナムで活用するには、トラクタのどの点を改善すべきと思いますか。

〔回答8〕この研究ではクボタ製の2WD耕運機を用いました。研究結果は、耕運機のドライブ品質と牽引を改善することに役立ちます。どんな耕運機のタイヤの特性でも、より良い運行のために使われるサスペンション装置のダンピング特性を最適化するために、開発された測定方法で測定されることが可能です。さら

にまた、土の情報とフィールドの上のトラクターの稼働時の車軸荷重が、トラクタードライブと牽引を改善するための CTIS のための入力として使うことができます。

[質問 9] 空気タイヤをモデル化する場合のダンピング機構に関する式について、どの式を用いて今回の農業用タイヤの諸性質を決定したのか。

[回答 9] ダンピング機構には、粘性ダンピングやクーロン・ダンピングなどいくつかの式があるが、複数形式のものが良く用いられる。静的試験ではプレートの変位速度は非常に遅いのでエネルギー消散は力-変位曲線を式化した。この場合は粘性ダンピング式が適当である。

[質問 10] タイヤをデザインする上で、タイヤの接地圧、操作目的、機械や部品のトータルバランス、などの内どれが優先されるか。

[回答 10] オフロードでのタイヤが強く要求されるものは、タイヤと地面との相互関係である。それゆえ、車両走行環境を考慮してタイヤの最適設計がなされるべきである。