

	スチミアン
氏 名	邵 明亮
本籍（国籍）	中国
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第連研 678 号
学位授与年月日	平成 28 年 9 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物環境科学
学位論文題目	農用タイヤラグに作用する法線方向および接線方向力の解析 (Analysis of normal and tangential forces on agricultural tire lug)
学位審査委員	主査 帯広畜産大学教授 岸本 正 副査 佐藤 禎稔(帯広 教授), 武田 純一(岩手 教授), 張 樹槐 (弘前 教授)

論文の内容の要旨

けん引および制動に最適な農用車輪のラグ形状を設計するため、小型農用タイヤと剛性モデル車輪を供試し、農用タイヤでは水平方向接地圧、剛性モデル車輪ではラグを構成する 3 面に作用する法線方向力と接線方向力を求め、ラグ各面がどのような力を発生しているかを明らかにし、ラグ形状の設計角度要素の影響を解析した。

農用タイヤラグの前方ラグ面、外周ラグ面、後方ラグ面の土への作用特性を解明し、各面と発生する外力との関係を明らかにするため、外周ラグ面に小型 3 方向力測定器、前方ラグ面と後方ラグ面に垂直方向圧力測定用小型圧力センサーを装着しローム土壌で実験を行った。滑り率はけん引作業を想定した 10%、20%と制動作業を想定した-10%、タイヤ空気圧は 39.2 kPa, 78.5 kPa, 118 kPa に設定した。その結果、空気圧が 118 kPa で滑り率が 10%の時、前方ラグ面と後方ラグ面では接地圧がほとんど発生しなかったが、外周ラグ面では水平方向最大接地圧が 144 kPa となった。滑り率が 20%の時、前方ラグ面で接地圧は発生せず、外周ラグ面と後方ラグ面で水平方向最大接地圧がそれぞれ 261 kPa と 158 kPa となり、滑りが小さい場合には、主として外周ラグ面で接地圧は前向きになること、滑りが増加すると外周ラグ面と後方ラグ面で接地圧が前向きとなり推進力を発生することが分かった。空気圧が 118 kPa, 滑り率が-10%の時、外周ラグ面と前方ラグ面での最大接地圧はそれぞれ-301 kPa, -81 kPa となり、滑りが負になると、外周ラグ面と前方ラグ面で水平方向接地圧は後向きとなり、制動力を発生することが分かった。なお、空気圧による影響は顕著ではなかった。

これらの結果を踏まえ、けん引性能が高いタイヤラグ形状を設計するために、5種類のラグを装着した剛性モデル車輪を供試し、ラグを構成する各面での法線方向力と接線方向力を同時に測定できるラグ3面用測定装置を装着して走行実験を行い、けん引時に最適なラグ形状を検討した。ラグ形状は、垂直投影面積が同じで後方ラグ面先端角、外周ラグ面中心角と前方ラグ面先端角の3つの設計角度要素が異なる、前方ラグ面と後方ラグ面が対称となるA型、前方ラグ面が外周ラグ面と垂直になり、外周ラグ面の長さはA型より長いB型、前方ラグ面が外周ラグ面と垂直になり外周ラグ面の長さはA型とほぼ同じC型、B型とC型ラグを逆方向に使用したD型とE型ラグである。ラグ3面用測定装置での測定結果より、滑り率が20%の時、いずれのラグでも外周ラグ面と後方ラグ面で前向きな推進力が発生したが、前方ラグ面が前に傾いたD型とE型では前方ラグ面で転がり抵抗が発生し、推進力が小さくなった。B型とC型ラグの前方ラグ面には力が発生せず、C型ラグの推進力が大きくなった。車軸型測定装置で得られた車輪全体の推進力の平均値は、C型が320Nで最大、E型が223Nと最小になり、前方ラグ面が土と接触しないC型ラグがけん引性能に優れていることが分かった。

次に制動時に最適なラグ形状を検討するため、けん引性能に関する実験と同じ5種類のラグを装着した剛性モデル車輪を供試し、滑り率を負の値として走行実験を行った。ラグ3面用測定装置での測定結果より、滑り率が-10%の時、いずれのラグでも前方ラグ面と外周ラグ面では後ろ向きな制動力が発生し、後方ラグ面では力が発生しなかった。けん引時とは逆にC型ラグでは制動力が小さくなったが、D型とE型ラグでは大きくなった。車軸型測定装置で得られた車輪全体の制動力の大きさの平均値は、C型が335Nで最小、E型が400Nと最大になり、けん引車輪と逆に前方ラグ面が前に傾いたE型ラグ車輪の制動性能が優れていることが分かった。

以上、農用車輪ラグの最適形状を設計するための基礎として、ラグを構成する各面と土との作用特性を解析した結果、推進力は外周ラグ面と後方ラグ面で、制動力は外周ラグ面と前方ラグ面で発生することを明らかになった。さらに、けん引性能向上のためにはラグ外周面に対して前方ラグ面を90度に取り付け、転がり抵抗を減少し、ラグ後方面が土と接触しやすい形状に設計することで有効であることを示した。制動性能向上のためには、ラグ外周面に対して後方ラグ面を90度に取り付け、さらに前方ラグ面を前方に傾ける形状が有効であることを示した。これより、けん引および制動性能向上のためのラグの設計角度用に関する基礎データを提供した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、けん引および制動に最適な農用車輪のラグ形状を設計するため、小型農用タイヤと剛性モデル車輪を供試し、農用タイヤでは水平方向接地圧、剛性モデル車輪ではラグを構成する3面に作用する法線方向力と接線方向力からラグ各面がどのような力を発生しているかを明らかにし、ラグ形状の設計角度要素の影響を解析したものである。

農用タイヤラグの前方ラグ面、外周ラグ面、後方ラグ面と各面で発生する外力との関係を明らかにするため、外周ラグ面に小型3方向力測定器、前方ラグ面と後方ラグ面に小型圧力センサーを装着し、タイヤ空気圧を39.2 kPa, 78.5 kPa, 118 kPaに設定してローム土壌で実験を行った。けん引作業を想定し滑り率を10%とした場合、いずれの空気圧でも前方ラグ面と後方ラグ面では接地圧がほとんど発生せず、外周ラグ面では水平方向接地圧が前向きで正の値となった。滑り率が20%の時、前方ラグ面では接地圧は発生せず、外周ラグ面と後方ラグ面で水平方向接地圧が前向きで正の値となった。正の滑りで小さい場合には、主として外周ラグ面、滑りが増加すると外周ラグ面と後方ラグ面で推進力を発生することが明らかになった。制動作業を想定して滑り率を-10%とした場合、いずれの空気圧でも後方ラグ面では接地圧は発生せず、外周ラグ面と前方ラグ面では水平方向接地圧は後ろ向きで負の値となり、これらの面で制動力を発生することが明らかになった。

次に、けん引性能が高いラグ形状設計のために、前方ラグ面、外周ラグ面、後方ラグ面の角度要素を変えた5種類のラグを装着した剛性モデル車輪を供試し、各面での法線方向力と接線方向力を同時に測定できるラグ3面用測定装置と車輪全体の水平力と垂直力を測定可能な車軸型測定装置を装着して、滑り率を20%として走行実験を行った。その結果、前方ラグ面が外周ラグ面に対して90°に取り付けてあり、前方ラグ面の垂直方向力支持機能を後方ラグ面に移したC型と呼称するラグは、前方ラグ面でころがり抵抗が発生せず推進力の平均値が5種類のラグで最大の320 N、後方ラグ面が外周ラグ面に垂直に取り付けてあり前方ラグ面が前方に傾斜したE型と呼称するラグは、前方ラグ面でころがり抵抗が発生し推進力の平均値は最小の223 Nとなり、ころがり抵抗を減少できるように前方ラグ面に設計的配慮をしたラグは推進力を約40%増加できることを明らかにした。さらに、制動性能が高いラグ形状を設計するために、けん引性能の実験と同じ装置を供試し、滑り率を-10%として走行実験を行った。その結果、C型ラグが335 Nで最小、E型ラグが400 Nで最大となり、前方ラグ面を進行方向前側に傾斜させることにより制動力を約20%増加できることを明らかにした。

以上のように、本研究は農用タイヤラグで発生する諸外力の発生機構ならびにラグを構成する各面と発生する外力との関係を解明した。さらにトラクタのけん引状態および制動状態での作業時に適したラグ形状の設計指針を提示したものであり、得られた知見は新しい農用車輪ラグの設計開発に有用である。よって、本審査委員会は「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士(農学)の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. Mingliang Shao, Tadashi Kishimoto, Tadatoshi Satow, Junichi Takeda, Thomas R. Way
Traction and braking force on three surfaces of agricultural tire lug, *Engineering in Agriculture, Environment and Food*: Vol. 10(1)