

傾斜地におけるトラクタの形態に関する研究 (第5報)

— 二種のタイヤラグによる横滑り理論の実証 —

田辺 一*・梶原 正勝*

On the Dimension of the Tractor on the Slope Field (5)
Verification of the side slip theory
by two kind of lug pattern of tire.
Hajime TANABE and Masakatsu KAJIWARA

The theory of side slip angle of tractor was already established by means of a Model Tractor, and the running characteristics pulling the load could be predicted for any tractor on the slope, testing only the adhesion and maximum resistance force of side slip.

But as it was not made sure with the real wheel tractor, a ordinary used two wheel tractor was tested for the poupose of verification of the theory. And the same time, the characters of side slip with the two kind of lug patterns were compared.

緒 言

トラクタの模型を使用しての、側方から外力が作用する車輪型自走車両のけん引走行性については、これまで^{1)~4)}、^{5)~6)}本研究報告や、科学研究費の研究報告書その他で、たびたび報告してきた。そして、実験は模型であっても、実物の車両に適應できるように、すべて係数化して、考察を進めてきた。

しかしながら、その総括をするにあたって、その横滑り特性は、いかなる土地においても、一つの理論式で表せることを見出した。そして、横滑り角度は、タイヤに固有の値で、おのおののタイヤの、土地に於ける最大粘着係数と、最大横滑り抵抗係数のみの調査が必要であるとした。その2項目の調査によって、いかなる土地といえども、軟弱でない限り、その車両のけん引走行性能が^{4),6)}予測できるとした。

この結果に基づき、実物の2輪トラクタを用いて、上記の結果の検証と、ラグの種類による横滑り特性の違いを考察した。

実験の方法

実験は、市販の2輪トラクタを用い、タイヤを斜めラグ(普通のトラクタ用タイヤ)と、たてラグの2種とし

表-1 供試二輪トラクタの諸元

全長	1,825mm
全幅	680mm
全高	975mm
全重	斜めラグタイヤ 154kgf たてラグタイヤ 150kgf
輪距	540mm
重心位置	
車軸より後方	70mm
高さ	460mm
けん引点の位置	
車軸より後方	285mm
高さ	320mm
空気タイヤ	
斜めラグタイヤ	
直径	490mm
幅	120mm
ラグ角度	53度
ラグ幅	60mm
たてラグタイヤ	
直径	450mm
幅	115mm
ラグ幅	20mm
総排気量	287cc
最大出力	6ps

* 農業機械工学研究室

表-2 走行路面と供試タイヤの関係

斜めラグタイヤ				
走行路面	粘着係数	最大サイドフォース係数	K	土壌水分(%)
硬い土面	0.58	0.86	0.67	21.9
アスファルト	0.90	0.90	1.00	
草生地	0.58	0.88	0.67	25.8
コンクリート	0.74	0.89	0.96	

たてラグタイヤ				
走行路面	粘着係数	最大サイドフォース係数	K	土壌水分(%)
硬い土面	0.53	0.79	0.67	21.9
アスファルト	0.85	0.84	1.01	
草生地	0.48	0.71	0.67	25.8
コンクリート	0.73	0.81	0.91	

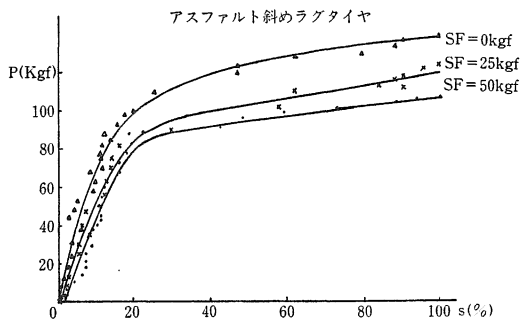


図-1 (a) サイドフォース SF が作用する場合のけん引力 P

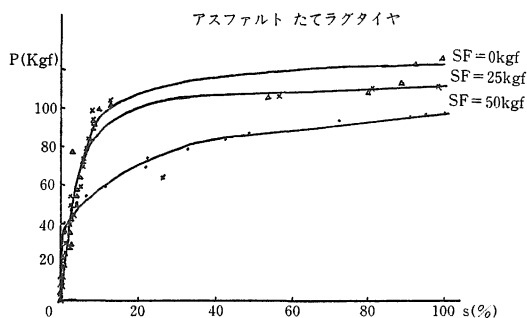


図-1 (b) サイドフォース SF が作用する場合のけん引力 P

た. 供試機およびラグの諸元を表1に示す.

このトラクタの側方から、一定のサイドフォースが加わるように、分銅装置を工夫し、しかも、トラクタの進行にかかわらず、ほぼ直角側方に、けん引できるように、けん引ロープの長さを 20m にして、けん引角度の変化が少なくなるよう配慮した.

供試路面は表2のとおりで、すべて固乾路面である.

そして最後に、緩い傾斜アスファルト道路で、トラクタを、等高線方向に走行させて、ラグの形態による横滑り角度を比較検討した.

実験結果および考察

1) ラグの種類による横滑り角度

一般に、ラグの形状は、車輪のけん引力、横滑り程度に影響するといわれている.

1 図は、車輪のラグの形態によるけん引力-滑り率曲線で、予想通り、斜めラグ車輪は、たてラグ車輪に比べて、滑り率の大きいときは、大きいけん引力を発揮して

いる. しかしながら、小さい滑り率では、かえって、たてラグ車輪が、大きいけん引力を発揮している. これは、斜めラグ車輪は、大きいけん引力のところでは、ラグの変形により、接地状態が良くなる反面、小さいけん引力のところでは、ラグの接地が間けつとなり、振動の原因ともなって、けん引力の発揮が減少する.

たてラグ車輪は、斜めラグ車輪に比べて、接地面積が小さく、大きいけん引力は発揮できないが、小さいけん引力のところでも、つねに均一な接地が見込まれ、斜めラグ車輪よりも、けん引力が大きくなるのであろう.

このことは、車輪の横滑りにも現われている. すなわち、サイドフォースの存在によって、トラクタは横滑りするが、その横滑りは、常に斜めラグ車輪が大きい (図2).

また、サイドフォースの存在によって、たて方向のけん引力は減少する. その減少程度は、不確かながら、 K を、摩擦楕円の短軸と長軸の軸長比とすれば、けん引力 P と、サイドフォース SF との関係は、ほぼ式(1)で表

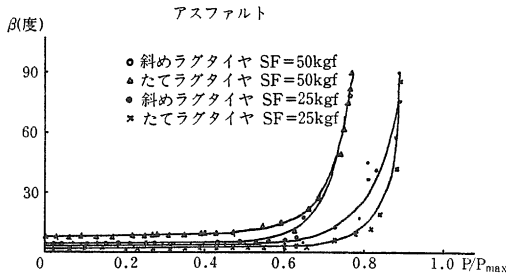


図-2 駆動タイヤのけん引負荷 P/P_{max} 、サイドフォース SF 横滑り角度 β の関係

わされている。

$$PQ = \sqrt{P^2 + (K \cdot SF)^2} \quad (1)$$

したがって、 $PQ-S$ 曲線を示すと、図3のようになる。 PQ はけん引合力で、 $P-S$ 、 $PQ-S$ 曲線から、測定誤差を考慮して、式(1)が、ほぼ正しいといえる。

このことから、同一のサイドフォースでは、けん引力は、 $P-S$ 曲線の、大きい滑り率のところに移行する。そして、それだけ、けん引力が減少することになる。

図2は、減少したけん引力 P と、平地の最大けん引力 P_{max} との比と、横滑り角度の関係で、斜めラグは常に横滑り角度が大きい、最大の横滑り角度のところでは、二つのラグの間の P/P_{max} の差は現われない。

以上のことから、この論文の考察には、車輪の滑り率の発生には、けん引合力が関係していることから、けん引合力 PQ を用いることにする。

2) 修正サイドフォース

横滑り角度は、けん引力とサイドフォースの両者によって影響される。したがって、横滑り角度を一つの式で表わすために、修正サイドフォース係数を導入した²⁾。

図4は、横滑り角度と修正サイドフォース係数の関係を示す。図の中で、アスファルト面での、斜めラグ車輪は、けん引力とサイドフォースの両方の影響で、ラグの

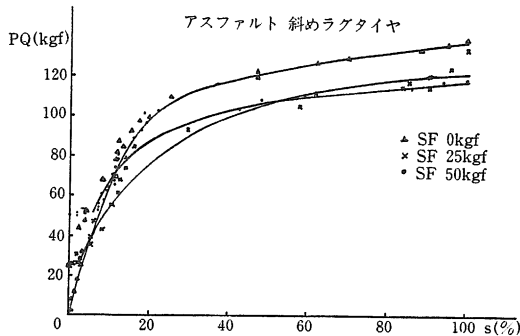


図-3 (a) けん引合力 PQ と滑り率 s

側面が接地し、また、草生地におけるたてラグ車輪は、横滑り時に、ラグが叢の株に引っかかって、横滑り角度が小さくなり、同一のデータ集団に属しないと認められるが、他の路面では、予想通り、一つの集団に属し、ほぼ直線で表わすことができる。ただし、横滑り角度が異常に大きい場合は、使用域をはずれるので、図および計算には、横滑り角度が10度以上は省略した。

表3は、修正サイドフォース係数と、横滑り角度の関係を表わす直線式の、傾度を示す。前記除外例を除けば、それぞれ、相関係数も高く、理論の正しいことを示す。

また、トラクタの横滑り角度の予測には、この見掛け上横滑り角度を用いて十分であるが、さらに、車輪の滑り率を取り除いた基本横滑り角度を用いることを提唱している、基本横滑り角度と修正サイドフォース係数の関係を示すと、図5のとおりである。

図によると、前記の除外路面を考慮すれば、より一本の線に近づく傾向がある。表3に、基本横滑り角度と、修正サイドフォース係数の線形関係を示す傾度の値を合わせて示しているが、表から、それぞれ相関係数の改善はわずかで、横滑り角度の予測には、見掛け上の横滑り角度との関係で、十分である。

3) サイドフォース比

横滑り角度は、サイドフォース比の導入によって、測定値はさらに改善され、また、横滑り角度は走行路面に関係のない関数となつた⁴⁾。

しかしながら、前記除外路面を除いても、このことは、今回の実験では、修正サイドフォース係数よりも、改善を確認することができなかった。これは、現物のトラクタでは、条件を齊一にすることが困難で、データのばらつきも大きかったことによるだろう。

4) 二輪トラクタの斜面を直進するために必要な機体偏角

トラクタが、斜面を等高線方向に走行するためには、

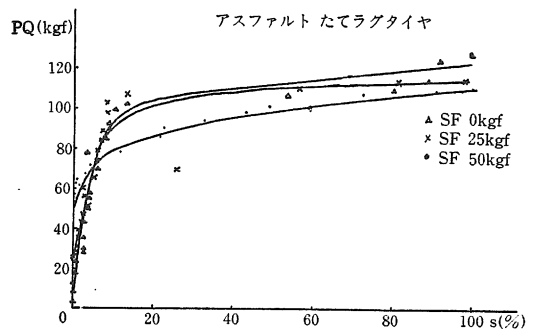


図-3 (b) けん引合力 PQ と滑り率 s

表-3 修正サイドフォース係数 $\frac{SF}{W} \cdot \frac{\mu}{\mu_s}$, サイドフォース比 $\frac{SF}{W} \cdot \frac{K}{\mu_s} = \frac{SF}{SF_M}$ と
横滑り角度 β , 基本横滑り角度 β_0 の関係を示す傾度の値

斜め タイヤ	走行路面	修正サイドフォース係数		サイドフォース比	
		見掛け上の横滑り 角度 β	基本横滑り角度 β_0	見掛け上の横滑り 角度 β	基本横滑り角度 β_0
斜 め ラ ガ イ ヤ	裸 土	26.2 (0.77)	23.9 (0.87)	22.9 (0.77)	20.9 (0.87)
	草 生 地	20.2 (0.74)	16.7 (0.64)	17.7 (0.74)	14.6 (0.64)
	アスファルト	6.7 (0.38)	5.6 (0.55)	6.1 (0.38)	5.0 (0.55)
	コンクリート	25.7 (0.96)	23.4 (0.96)	22.8 (0.96)	20.8 (0.96)
た た て ラ ガ イ ヤ	裸 木	14.8 (0.77)	11.6 (0.79)	11.7 (0.77)	9.2 (0.79)
	草 生 地	4.2 (0.22)	1.9 (0.11)	3.0 (0.22)	1.4 (0.11)
	アスファルト	32.0 (0.94)	31.3 (0.95)	27.0 (0.94)	26.3 (0.95)
	コンクリート	22.6 (0.96)	20.1 (0.94)	18.3 (0.96)	16.2 (0.94)

注 ()内数値は、相関係数を示す。

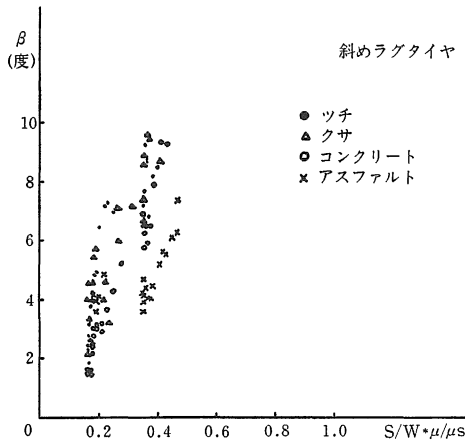


図-4 (a) 修正サイドフォース係数 $\frac{SF}{W} \cdot \frac{\mu}{\mu_s}$ と横滑り角度 β

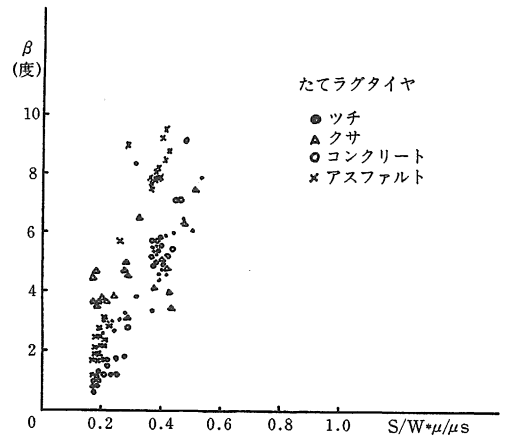


図-4 (b) 修正サイドフォース係数 $\frac{SF}{W} \cdot \frac{\mu}{\mu_s}$ と横滑り角度 β

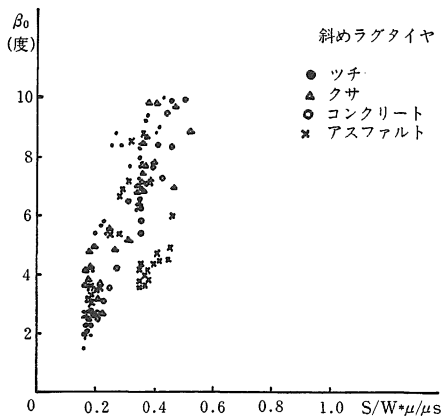


図-5 (a) 修正サイドフォース係数 $\frac{SF}{W} \cdot \frac{\mu}{\mu_s}$ と基本横滑り角度 β_0

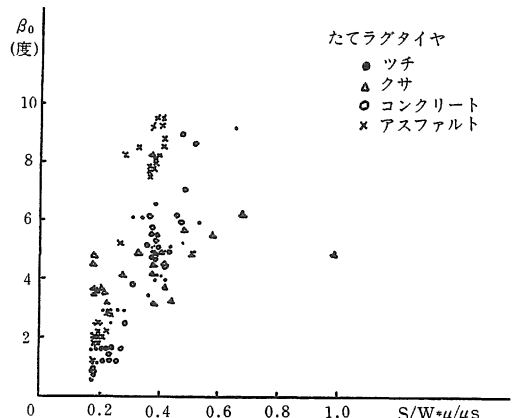


図-5 (b) 修正サイドフォース係数 $\frac{SF}{W} \cdot \frac{\mu}{\mu_s}$ と基本横滑り角度 β_0

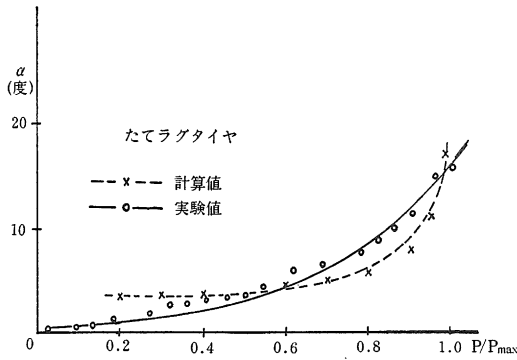


図-6 二輪トラクタの斜面を直進するために必要な偏角 α

機体偏角が必要である。機体偏角は、通常、傾斜上方側に向けられる。

いま、表3の機体重量の傾斜下方側分力と、修正サイドフォース係数の関係を示す傾度を、アスファルト路面上の値32.0を用い、たてラグ車輪の、斜面を等高線方向に走行するのに必要な偏角を求めると、図6破線のようなになる。ただし、斜めラグ車輪は、傾度の値が、前記2)で述べた通り、正確な値が得られなかったので省略した。

同図実線は、実際のトラクタの走行結果の偏角で、両者は大体一致するので、前記の修正サイドフォースの考え方は正しいといえる。

結 語

実物のトラクタのたてラグ車輪、および斜めラグ車輪を用いて、これまで模型トラクタで研究してきた理論の検証を行ない、横滑り角度は、模型トラクタより、大きい値であったが、見掛け上の横滑り角度、および基本横滑り角度と、修正サイドフォースの関係が、直線で表わされることが確認され、また、修正サイドフォースから求めた必要偏角の値が、実物のトラクタによって得られた偏角の値と等しいことから、修正サイドフォース、ならびに摩擦円の考え方等、これまで報告してきた理論の正しさが証明された。

また、車輪のラグの横滑り特性についても、これまでいわれていた概念に加えて、車輪の低い滑り率のところでの特性を明らかにすることができた。

引用文献

1. 田辺他：島根大農研報 16：130-136, 1982.
2. 田辺他：島根大農研報 17：123-128, 1983.
3. 田辺他：島根大農研報 18：159-163, 1984.
4. 田辺：島根大農研報 20：146-156, 1986.
5. 田辺：1981年科研（総合A，田中孝）報告：1-20, 1982.
6. 田辺：1985年科研報告：1986.