

走行速度対応の繰出量制御システムの開発研究

II. 走行速度センサ用接地輪の主要因子について

小松 實*・庄 森*

Developmental Studies on Feed Volume Control System of Being Equivalent to Tractor Running Speed for Fertilizer and Seeder

II. On Main Factors of the Ground Wheel of Running Speed Sensor

Minoru KOMATSU* and Sen ZHUANG*

We tested five lugless ground wheels with different diameters in order to examine the influence of the diameter, the running speed and the shaft load for the detective performance of the ground wheel of a running speed sensor.

As a result, on a soft field the ground wheel is better when it has a larger diameter and a lighter shaft load.

緒 言

前報¹⁾では、開発してきた走行速度対応の繰出量制御システム（以下S.C.S.と表示す）の繰出性能について圃場繰出実験、およびトラクタの走行速度検出センサ用接地輪のラグ有無による検出性能の優劣についての土槽実験による検討を行った。その結果、S.C.S.による場合は、比繰出量と分布変動係数ともに安定していた。また、走行速度検出用接地輪ラグの高さによって繰出性能

に差があることが判明した。さらに、室内土槽でラグ高さ30mm, 15mm, ラグ無し of 3種類の接地輪を供試した結果、ラグ無し接地輪の検出性能が常に高いことや、関連諸土性因子のうち含水比の高低が接地輪の進行比に大きく影響することを明らかにした。

本報では、室内土槽においてラグ無し接地輪での直径、軸荷重及び走行速度等の因子による検出性能を進行比の高低から検討した結果について報告する。

*鳥取大学農学部農林総合科学科生産環境工学講座

*Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Tottori University

検出性能関連因子の検討

本研究で対象とした性能関連因子を第1表に示した。このような土一機械系における多因子の相互の影響を解明するために次元解析の手法が多く利用されてきた例^{1,2)}。本研究では、次元解析手法により接地輪の進行比と他の関連因子との関係式を求めるものとし、第2表に示すバッキングラムのII定理により無次元化した各II項の間に次式が成立するものとした。

$$\Pi_1 = f(\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6)$$

第1表 関連因子とその設定値

| 変 量 | 符号 | 次元 | 設 定 値 |
|--------|----|------------------|---|
| 検出走行速度 | Vg | LT ⁻¹ | — |
| 実走行速度 | V | LT ⁻¹ | 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 1.2m/s |
| 接地輪直径 | D | L | 270, 300, 340, 380 430mm |
| 接地輪幅 | B | L | 32mm |
| 軸 荷 重 | W | F | 28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6N |
| 接 地 圧 | Pw | FL ⁻² | — |
| 円錐貫入抵抗 | Cp | FL ⁻² | 19(21), 34(32) 55(63)kPa |
| 湿潤容積重 | Uw | FL ⁻³ | 1.24(1.12), 1.25(1.17) 1.37(1.17)g/cm ³ |
| 土壌含水比 | Wc | — | 30.9-31.3(24.9-26.8)% |

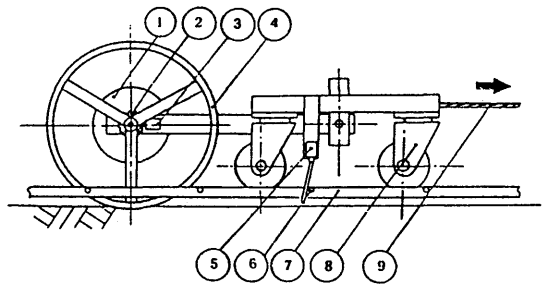
注) 設定値に示した括弧内の値は低土壌含水比の場合を示す。

第2表 II 項

| | |
|------------------|---------------------|
| $\Pi_1 = Vg/V$ | $\Pi_2 = Pw/Cp$ |
| $\Pi_3 = D/B$ | $\Pi_4 = W/(CpB^2)$ |
| $\Pi_5 = UwB/Cp$ | $\Pi_6 = Wc$ |

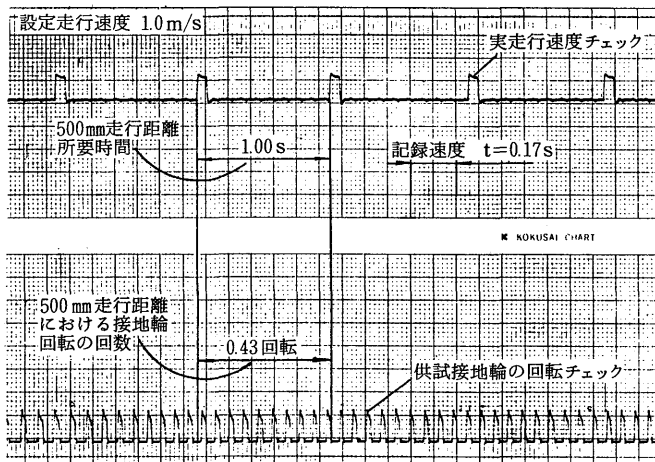
1. 実験装置および測定方法

実験装置の概要を第1図に示した。実験に用いた土槽は幅85cm, 高さ33cm, 長さ500cmで測定区間は200cmであ



1. ウエート
2. 接地輪回転数検出用スプロケット
3. 接地輪回転数検出用スイッチ
4. 供試接地輪
5. 実走行速度検出用スイッチ
6. 実走行速度検出用チェッカ
7. レール
8. 台車
9. けん引用ロープ

第1図 実験装置概要



第2図 記録例

る。この測定区間は50cmずつ4区間に分けられ、台車の前進方向から順に区間1、区間2、区間3、区間4とした。土槽のわく上にレールを設置し、そのレール上に載せた台車に供試接地輪を取り付けている。走行用キャスト4個を備えた台車は回転数を調整できる変速モータによりロープを介して牽引される。レールには200cmの測定区間内に50cmごとに実走行速度検出チェッカが取り付けられている。このチェッカは、台車の側面に取り付けた接触スイッチを作動させ、記録計で記録される。接地輪の回転は接地輪軸に取り付けたスプロケットとミニスイッチで検出し、前同様記録計で記録した。実走行速度 (V =台車速度)、検出走行速度 (V_g =接地輪円周速度) および進行比 ($Tr=V_g/V$) を算出した。第2図は記録例である。

2. 供試接地輪

供試接地輪は、質量約1.5kg、踏み面は塗装した平鉄、踏み面幅が33mmのものであり、5種類の直径 (270, 300, 340, 380, 430mm) のものである。接地輪直径は市販の350mmのものを中心にして、標準数列R20に従って計算した数値を使用したものである。なお、各接地輪の回転振れは±1mm以内に抑えられている。

3. 供試土壌

実験用土は塑性限界35.8%、液性限界45.0%のシルト質ロームである。

土壌含水比は30.9~31.3% (HIGH) と24.9~26.8%

(LOW) の2段階に調整した。

土壌の圧密調整は、耕うん後均平しただけのものと、質量約29kgと70kgを持つ重して圧した後均平したものの3段階になるように行い、それぞれ圧密状態のLOW, MEDIUM, HIGHとした。この圧密調整の直後に円錐貫入抵抗および湿潤容積重を測定した。

4. 実験手順およびデータ処理方法

各条件のランダムな組合せの下で実験するのが望ましいが、土壌含水比の調整に時間を要することから、次の手順で実施した。まず、含水比をHIGHに調整し、圧密状態のLOW, MEDIUM, HIGHの各々の状態を作り、接地輪直径、軸荷重および実走行速度を変化させる方法によった。接地輪直径を因子とする実験では、軸荷重を67.4N、実走行速度を0.8m/sに設定した。軸荷重についての実験では、実走行速度を0.8m/s、接地輪直径を300mmに設定し、実走行速度については、軸荷重を67.4N、接地輪直径を300mmに設定した。つづいて、土壌含水比LOWの場合にも同じことを繰り返した。

実験データは、分散分析と帰帰分析で処理した。

5. 実験結果及び考察

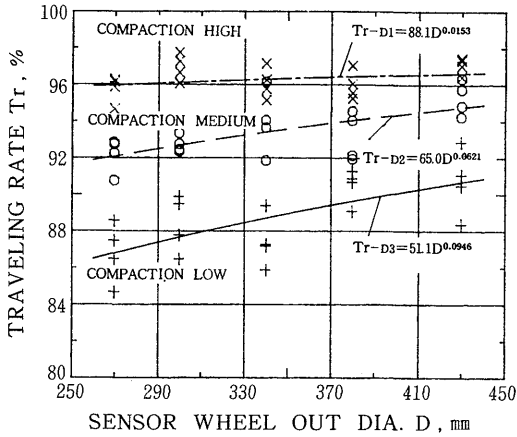
1) 接地輪直径と進行比

接地輪直径Dと進行比Trの関係を第3図に示した。実走行速度、軸荷重を因子とした場合も同様の処理をした。図のように圧密状態のHIGH, MEDIUM, LOWの順にしたがって、進行比のレベルは低くなる。これらの

第3表 接地輪直径と進行比の分散分析表 (一元配置法)

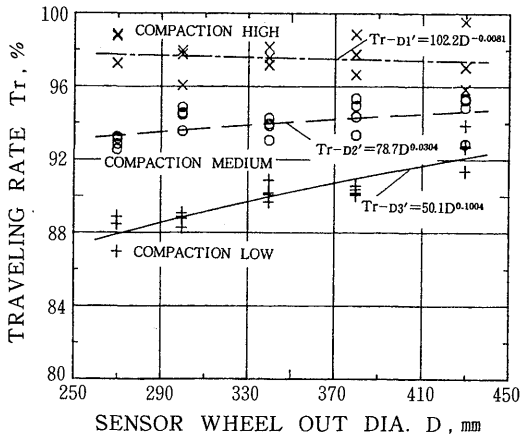
| 条 件 | 因 子 | 実測 F 値 | 因子寄与率 % | 有意グループ (高水準別順位) |
|----------------------|--|--------|---------|-------------------------|
| $W_c=30.9\sim31.3\%$ | D (270, 300, 340, 380, 430) (COMPACTION:HIGH) | 0.31 | — | — |
| $V=0.8m/s$ | D (270, 300, 340, 380, 430) (COMPACTION:MEDIUM) | 3.50* | 34.4 | 430, 380, 300, 340, 270 |
| $W=67.42N$ | D (270, 300, 340, 380, 430) (COMPACTION:LOW) | 27.9** | 85.0 | 430↔380, 340↔300, 270 |
| $W_c=24.9\sim26.8\%$ | D (270, 300, 340, 380, 430) (COMPACTION:HIGH) | 2.69 | — | — |
| $V=0.8m/s$ | D (270, 300, 340, 380, 430) (COMPACTION:MEDIUM) | 4.23* | 40.5 | 430, 340, 380, 300, 270 |
| $W=67.42N$ | D (270, 300, 340, 380, 430) (COMPACTION:LOW) | 5.23** | 47.1 | 430, 380, 300, 340, 270 |

1) **……危険率1%水準で有意, *……危険率5%水準で有意。
2) 有意グループにおける矢印は互いに水準間差のあるものを示す。



(a) 低含水比の場合

WORKING SPEED : 0.8m/s
 ADDED LOAD : 67.4N
 WATER CONTENT(d. b.): 24.9-26.8%
 CONE PENETRATION RESISTANCE :
 21, 32, 63kPa
 WET DENSITY : 1.12, 1.15, 1.17g/cm³



(b) 高含水比の場合

WORKING SPEED : 0.8m/s
 ADDED LOAD : 67.4N
 WATER CONTENT(d. b.): 30.9-31.3%
 CONE PENETRATION RESISTANCE :
 19, 34, 55kPa
 WET DENSITY : 1.24, 1.25, 1.37g/cm³

第3図 接地輪直径と進行比

曲線は $Tr = KD^t$ の形の関数で表される (ここで K は定数, t はべき指数)。直径差による進行比は圧密状態が低いときに影響され, 含水比が高い時進行比の全体的なレベルも高くなる傾向が分かる。

進行比についての接地輪直径の各水準間差の有意性を一元配置の分散分析で検討した結果を第3表に示した。それによると, 圧密状態がMEDIUMとLOWの時, 接地輪直径の各水準間の進行比に対して有意差は認められたが, 圧密状態がHIGHの時は, その有意差は認められなかった。

2) 実走行速度と進行比

実走行速度 V と進行比 Tr について回帰分析した結果

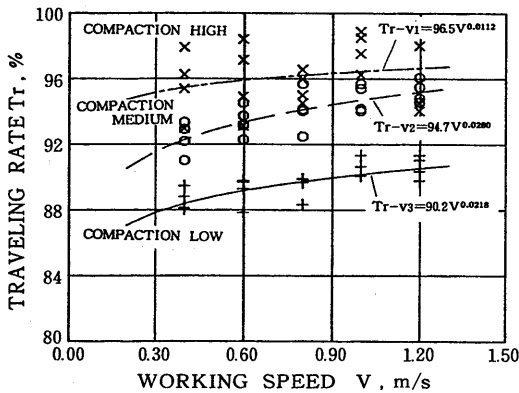
を第4図に示した。土壤圧密状態のHIGH, MEDIUM, LOWの順に, 進行比のレベルが低くなる。いずれの圧密状態でも, 進行比と実走行速度には正の相関があり, $Tr = KV^t$ の形の関数で表された (ここで K は定数, t はべき指数)。

実走行速度の各水準間差の有意性を一元配置の分散分析で検討し結果を第4表に示した。高含水比の場合, 圧密状態HIGHで各水準間に有意差があった。それに対して, 低含水比の場合には, 圧密状態MEDIUM, LOWで各水準間に有意差が認められた。

第4表 実走行速度と進行比の分散分析表 (一元配置法)

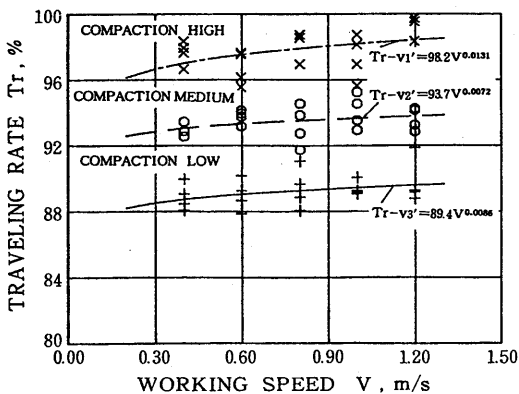
| 条 件 | 因 子 | 実測F値 | 因子寄与率 % | 有意グループ (高水準別順位) |
|---------------|---|--------|------------|-------------------------|
| Wc=30.9~31.3% | V(0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2) (COMPACTION:HIGH) | 4.17* | 40.0 | 1.2, 0.8, 0.4, 1.0, 0.6 |
| D=340mm | V(0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2) (COMPACTION:MEDIUM) | 1.22 | — | — |
| W=67.42N | V(0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2) (COMPACTION:LOW) | 0.46 | — | — |
| Wc=24.9~26.8% | V(0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2) (COMPACTION:HIGH) | 1.08 | — | — |
| D=340mm | V(0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2) (COMPACTION:MEDIUM) | 5.39** | 48.0 | 1.2, 1.0, 0.8, 0.6, 0.4 |
| W=67.42N | V(0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2) (COMPACTION:LOW) | 5.84** | 50.5 | 1.2, 1.0, 0.8, 0.6, 0.4 |

- 1) **……危険率1%水準で有意, *……危険率5%水準で有意。
 2) 有意グループにおける矢印は互いに水準間差のあるものを示す。



(a) 低含水比の場合

SENSOR WHEEL OUT DIA. : 340mm
 ADDED LOAD : 67.4N
 WATER CONTENT(d. b.) : 24.9~26.8%
 CONE PENETRATION RESISTANCE :
 21, 32, 63kPa
 WET DENSITY : 1.12, 1.15, 1.17g/cm³



(b) 高含水比の場合

SENSOR WHEEL OUT DIA. : 340mm
 ADDED LOAD : 67.4N
 WATER CONTENT(d. b.) : 30.9~31.3%
 CONE PENETRATION RESISTANCE :
 19, 34, 55kPa
 WET DENSITY : 1.24, 1.25, 1.37g/cm³

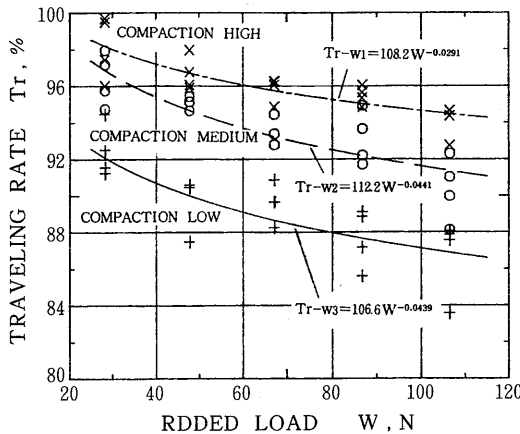
第4図 実走行速度と進行比

3) 軸荷重と進行比

進行比 Tr と軸荷重 W について回帰分析した結果を第5図に示した。圧密状態の HIGH, MEDIUM, LOW の順に、進行比のレベルが低くなる。進行比と軸荷重との関係は負の相関となり、 $Tr = KW^{-t}$ の形の関数で表された（ここで K は定数、 t はベキ指数）。接地軸荷重

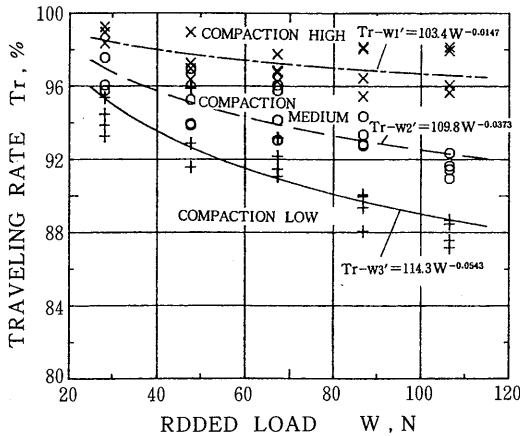
に対する変化割合は圧密状態の HIGH, MEDIUM, LOW の順に、増加する傾向が見られ、含水比が高い時進行比の全体的なレベルも高くなる。

進行比について軸荷重の各水準間差の有意性を分散分析した結果を第5表に示した。それによると、軸荷重の各水準間には、進行比に対する有意差は認められた。



(a) 低含水比の場合

WORKING SPEED : 0.8m/s
 SENSOR WHEEL OUT DIA. : 340mm
 WATER CONTENT(d.b.) : 24.9-26.8%
 CONE PENETRATION RESISTANCE :
 21, 32, 63kPa
 WET DENSITY : 1.12, 1.15, 1.17g/cm³



(b) 高含水比の場合

WORKING SPEED : 0.8m/s
 SENSOR WHEEL OUT DIA. : 340mm
 WATER CONTENT(d.b.) : 30.9-31.3%
 CONE PENETRATION RESISTANCE :
 19, 34, 55kPa
 WET DENSITY : 1.24, 1.25, 1.37g/cm³

第5図 接地軸荷重と進行比

第5表 軸荷重と進行比の分散分析表 (一元配置法)

| 条 件 | 因 子 | 実測F値 | 因子寄与率 % | 有意グループ (高水準別順位) |
|---------------|---|---------|------------|-------------------------------|
| Wc=30.9~31.3% | W(28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6) (COMPACTION:HIGH) | 2.05 | — | — |
| V=0.8m/s | W(28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6) (COMPACTION:MEDIUM) | 10.07** | 70.9 | 28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6 |
| D=340mm | W(28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6) (COMPACTION:LOW) | 12.74** | 80.0 | 28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6 |
| Wc=24.9~26.8% | W(28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6) (COMPACTION:HIGH) | 8.04** | 59.7 | 28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6 |
| V=0.8m/s | W(28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6) (COMPACTION:MEDIUM) | 12.98** | 71.6 | 28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6 |
| D=340mm | W(28.4, 47.9, 67.4, 86.9, 106.6) (COMPACTION:LOW) | 5.23** | 47.1 | 28.4, 67.4, 47.9, 86.9, 106.6 |

- 1) **……危険率1%水準で有意, *……危険率5%水準で有意。
 2) 有意グループにおける矢印は互いに水準間差のあるものを示す。

摘 要

走行速度対応の繰出量制御システムにおける繰出性能向上のための一つ的手段として、走行速度センサ用接地輪の性能因子について実験的な検討を行った。接地輪直径、実走行速度及び軸荷重について進行比との関係を実験的に検討した結果は次のとおりである。

1. 比較的軟らかい土壌において接地輪直径が大きいほど進行比は高くなる。その増加の割合は土壌膨軟さによって大きく影響される。土壌の硬さは、ある程度(円錐貫入抵抗55kPa)に達すると、進行比は接地輪直径と関係なくほぼ一定値を示すようになった。
2. 実走行速度が大になるとともに、進行比は増加する傾向がある。
3. 接地輪軸荷重の増加に伴い、進行比は低下する傾向があり、この傾向は硬い土壌に比し軟らかい土壌の場合に強く現れる。
4. 接地輪直径、実走行速度及び接地輪軸荷重のいずれ

に対しても、土壌が軟らかくなると進行比は低くなる傾向がある。

5. 一般に、土壌含水比が高いとき進行比が比較的高くなる。

以上の結果によれば、播種床のような膨軟な土壌の圃場で、高い進行比を得るためには、接地輪直径が大きく、接地輪軸荷重の少ない状態が好ましいと推考される。

なお、各II項による総合解析については、次報で取り扱う予定である。

参 考 文 献

- 1) 小松 實他：走行速度対応の繰出量制御システムの開発研究. 鳥大農研報, 46 49-55 (1993)
- 2) 増田正三, 田中 孝, 山崎 稔：土一機械の相似性に関する研究(第1報). 農業機械学会誌, 30 197-200 (1969)
- 3) ヤン・R. N. 他：オフロード車両の走行力学. 北野昌則訳, 山海堂, 東京 (1986) pp. 122-126