

VI-1

登坂走行する後輪駆動車の最適着力点，重心位置制御

愛媛大学工学部 正会員 ○ 室 達 朗

愛媛大学工学部 正会員 深川 良一

愛媛大学工学部 河野 幸一

1. まえがき 後輪駆動を行う自重 5.88 kN の 4 輪式車両がゆるく堆積したまき土の傾斜地盤において牽引作業を行う場合について、駆動状態における登坂時の牽引作業を常に最適化させることを目的として、最適着力点高さおよび最適な重心位置を自動的に算定し、制御するシステムについて検討する。

2. 後輪駆動車の走行シミュレーション解析 図1は、傾斜角 β の斜面を登坂走行している後輪駆動車に作用する諸力と車両諸元を示したものである。車輪軸中心 O_f , O_r においては、前輪部の軸荷重 W_f 、後輪部の軸荷重 W_r がそれぞれ斜面と垂直方向に作用し、前輪部の傾斜抵抗 $W_f \tan \beta$ 、後輪部の傾斜抵抗 $W_r \tan \beta$ がそれぞれ斜面方向に作用する。 Q_d は後輪軸中心 O_r に作用する駆動トルクである。前輪軸中心 O_f には、斜面方向に有効制動力 T_b が作用し、後輪軸中心 O_r には、斜面方向に有効駆動力 T_d が作用する。さて、斜面方向および斜面に垂直方向の力の釣り合いより、次式が成立する¹⁾。

$$T_d = \frac{Q_d}{R_r} \cos \theta_{od} - L_{cd} - W_r \tan \beta \quad (1)$$

$$T_b = -L_{cb} - W_f \tan \beta \quad (2)$$

$$T = T_d + T_b \quad (3)$$

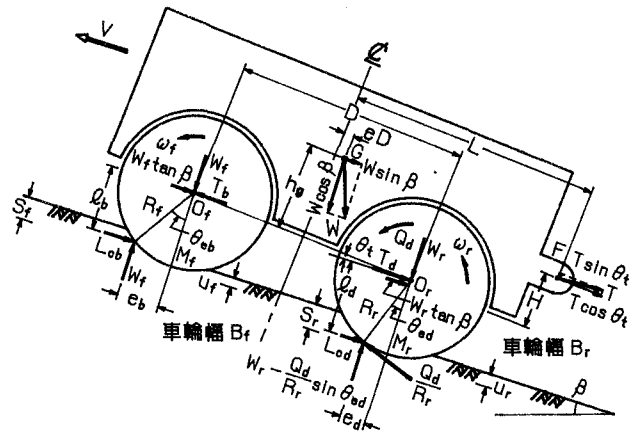


図1 登坂走行時後輪駆動車に作用する諸力

表1 2軸4輪式車両の車両諸元

車 両 重 量	W	5.88 kN
前 後 輪 軸 距	D	50 cm
前輪（誘導輪）半径	R_f	16 cm
後輪（駆動輪）半径	R_r	16 cm
前 輪 車 輪 幅	B_f	10 cm
後 輪 車 輪 幅	B_r	10 cm
前輪の平均線圧	$W/4B_f$	14.7 kN/m
後輪の平均線圧	$W/4B_r$	14.7 kN/m
車両重心偏心率	e	-0.05~0.05
車両重心 G の高さ	h_g	50 cm
車両中心軸から有効牽引力作用点 F までの距離	L	30 cm
有効牽引力作用点高さ	H	-10~50 cm
後 輪 周 速 度	$R_r \omega_r$	7.07 cm/s

表2 地盤-車輪系定数

前 輪	後 輪
$k_{e1} = 84.6 \text{ N/cm}^{n1+1}$	$k_{e1} = 84.3 \text{ N/cm}^{n1+1}$
$k_{s1} = 10.8 \text{ N/cm}^{n1+2}$	$k_{s1} = 10.8 \text{ N/cm}^{n1+2}$
$n_1 = 0.556$	$n_1 = 0.557$
$k_{e2} = 171 \text{ N/cm}^{n2+1}$	$k_{e2} = 171 \text{ N/cm}^{n2+1}$
$k_{s2} = 49.0 \text{ N/cm}^{n2+2}$	$k_{s2} = 48.9 \text{ N/cm}^{n2+2}$
$n_2 = 0.174$	$n_2 = 0.174$
$\lambda = 0.35$	$\lambda = 0.40$
$\kappa = 1.55$	$\kappa = 1.60$
$V_0 = 0.035 \text{ cm/s}$	$V_0 = 0.035 \text{ cm/s}$
$m_e = 0 \text{ kPa}$	$m_e = 0 \text{ kPa}$
$m_t = 0.434$	$m_t = 0.434$
$a = 2.638 \text{ 1/cm}$	$a = 2.634 \text{ 1/cm}$
$c_0 = 4.22 \times 10^{-3}$	$c_0 = 4.22 \times 10^{-3}$
$c_1 = 0.762$	$c_1 = 0.762$
$c_2 = 0.774$	$c_2 = 0.773$

$$W \cos \beta = W_t + W_r \quad (4)$$

表1に自重 5.88 kN の2軸4輪車の車両諸元を、表2に前後輪位置における地盤-車輪系定数を示す。前後輪の平均線圧は 14.7 kN/m であり、同じ線圧で締固めた乾燥密度 1.60 g/cm³ 程度のまき土地盤について転圧ローラの通過前後の地盤-車輪系定数として、それぞれ平板載荷・除荷試験と平板牽引・沈下量試験を実施して計測したものである。

図2は、傾斜角 $\beta = \pi/36$ rad, 車両重心偏心率 $e = 0.00$ に対するシミュレーション解析の結果として、車両の有効牽引力 T と後輪の有効駆動力 T_d と後輪のスリップ率 i_d の関係を示したものである。 T_d と T との差は、前輪部に作用するころがり抵抗 L_{e0} と傾斜抵抗 $W_t \tan \beta$ の和で与えられる。この場合、車両の有効牽引力 T は常に負値をとり走行不能ではあるが、後輪の有効駆動力 T_d は $i_d = 2\%$ において負値より正值に転じ、 $i_d = 30\%$ において最大値 0.404 kN に達した後急激に減少していく傾向にある。

3. 車両重心位置制御 図3は、車両重心偏心率 e が $-0.10 \sim 0.35$ と変化した場合について、特に $\beta = \pi/36$ rad, $H = 34$ cm における車両の最大有効牽引力 T_{max} , 後輪の有効駆動力 T_d と車両重心偏心率 e の関係を示したものである。同図より明らかに、車両の最大有効牽引力 T_{max} は、 $e = 0.25$ において最も大きな値を算出している。すなわち、最大有効牽引力を最大ならしめる最適な車両重心偏心率は、 $e_{opt} = 0.25$ であることは明白である。

4. 着点高さ制御 当該2軸4輪車両が、ゆるく堆積した当該地盤-車輪系定数を有するまき土の傾斜地を、前輪誘導・後輪駆動状態で牽引作業をしているとき、牽引力の着点高さ H が最大有効牽引力 T_{max} に及ぼす影響についてシミュレーション解析を行った結果について述べる。図4は、傾斜角 $\beta = \pi/36$ rad, 車両重心偏心率 $e = 0.05$ において、有効牽引力の着点高さ H が $-6, 4, 14, 24, 34$ および 44 cm と変化した場合について、車両の最大有効牽引力 T_{max} , 後輪の有効駆動力 T_d と着点高さ H との関係を示したものである。その結果、 T_{max} は、 $H = 24$ cm において最大値 $T_{max} = 0.055$ kN を呈することが判明した。

5. 結論 (1) 斜面の傾斜角 $\beta = \pi/36$ rad で、着点高さ $H = 34$ cm の場合、車両の最大有効牽引力を最大ならしめる最適重心偏心率 e_{opt} は 0.25 である。

(2) 斜面の傾斜角 $\beta = \pi/36$ rad で、車両重心偏心率 $e = 0.05$ の場合、車両の最大有効牽引力を最大ならしめる最適着点高さ H_{opt} は 24 cm であり、地面からの高さは車輪直径の1.25倍である。この場合の最大有効牽引力は 0.055 kN である。

(3) 車両に傾斜センサを搭載することにより、各傾斜角に対する最適な着点高さ最適車両重心位置への自動化制御システムの確立の可能性は明白である。

参考文献 1) 室・深川：登坂下降走行する後輪駆動式建設車両の最適着点、重心位置制御，第4回建設ロボットシンポジウム論文集，土木学会他，1994年7月。

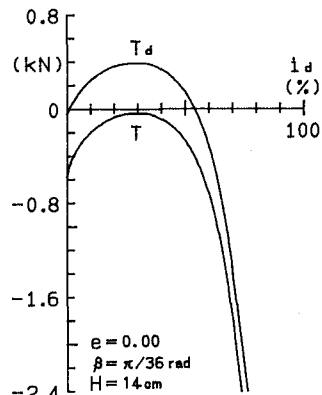


図2 T , T_d と i_d との関係

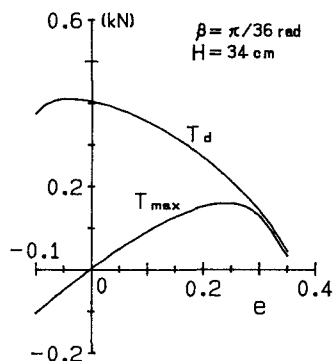


図3 T_{max} , T_d と e との関係

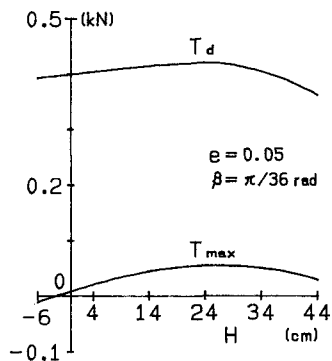


図4 T_{max} , T_d と H との関係