

4WDシャシダイナモメータにおける 車両駆動力特性に及ぼす影響要因の検討^{*1}

Factors Affecting Driving Force Characteristics on a 4WD Chassis Dynamometer

中條 智哉^{*2}
Tomoya NAKAJO

土屋 賢次^{*2}
Kenji TSUCHIYA

Abstract

Tests were performed to investigate the factors affecting driving force characteristics on 4WD chassis dynamometers using two types of cars and three laboratories. As a result, the authors found that the cooling fan conditions affected tire temperature, which in turn affected the resultant work at the wheel.

1. はじめに

4WD車の排出ガス・燃費試験においては、近年の4WD機構の多様化に伴う2WDへの変更の困難さなどから4WD用シャシダイナモメータ（4WD-CHDY）の適用の要望が国内外にて大きくなっている。

一方、4WD-CHDYの性能は、従来の研究¹⁾では、前後ローラ等速性や負荷の実路再現性が不十分とされていたが、最近の研究では4WD-CHDYの性能向上が報告されている^{2), 3)}。しかし、これらはCHDY本体の性能評価が中心であり、車両駆動力への影響要因の特定には至っていない。また、車両拘束方法や冷却風装置等の設備仕様による車両駆動力への影響も研究例が少なく明らかとなっていない。そこで本研究は、異なる仕様の4WD-CHDYおよび付帯設備を有する実験室（以下、「ラボ」という）間での比較により、車両駆動力特性に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的とする。

2. 試験及び評価方法

2.1 試験装置

供試車両は、代表的な4WD機構であるビスカスカップリング方式（VC）およびビスカスカップリング付センターデフ方式（CDV）を持つ2車種を用いた。設定した等価慣性質量をTable 1に示す。

供試ラボは、最新式4WD-CHDYを備えた3カ所である。主要諸元をTable 2に示す。

評価指標には、車両総駆動力特性は前後合計ホイール仕事、駆動力分配特性はホイール仕事前後割合を用いた。ホイール仕事は、ホイール六分力計で計測されるホイールトルクと回転速度から算出した。トルク計測の温度ドリフト影響は10・15モードのホイール仕事で0.6%以下である。

Table 1 Specification of vehicles

Symbol	VC	CDV
Curb mass (kg)	1330	1390
Tested vehicle mass (kg)	1682	1794

Table 2 Specification of 4WD-CHDY systems

		Lab.A	Lab.B	Lab.C
Roller	Surface	Anti-slip processing	Smooth	←
	Type	Single×2	←	←
	Diameter×Width (mm)	1219.2×635	1219.2×700	1591.5×800
Mechanical inertia mass (kg)		1597	2867	1900
Electric inertia range (kg)		-917~+2903	-2117~+1133	-1100~+1600
Cooling fan	Type	Axial flow fan	Turbo fan	←
	Velocity (km/h)	50 (Stop in idle)	Equivalent vehicle speed	←
	Outlet size (mm)	Φ600	800×1200	800×1800
	Distance to the radiator grille (mm)	600~700	300~500	1000
Tire cooling fan	Outlet size (mm)	420×100	Φ320	600×100
	Velocity (km/h)	100	-	100
	Flow rate (m ³ /s)	1.67	0.87	1.67

2.2 試験方法

走行パターンは、10・15モードを用いた。

走行抵抗の設定は、設定時のホイール仕事のばらつきを考慮し、一部の試験条件では走行抵抗の再設定を行わずに最初の走行抵抗値を使用した。

車両拘束は、チェーンによる牽引方式とした。

*1 原稿受理 2008年11月25日

*2 (財)日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部

車両拘束条件（標準拘束）を以下に示す。

拘束点：前後左右の4点

引張方向：車両停止状態で水平方向

車体に作用する力：前後左右で均等

チェーン固定用のポール位置：左右平行

2.3 評価方法

10・15モード中の評価区間は、駆動走行の加速区間および定速区間とした。

タイヤロス仕事は、ホイール仕事とローラ表面仕事の差より算出した。なお、タイヤ慣性力相当の仕事はタイヤロス仕事に含まれる。

ラボ間の有意差（3章）は、危険率5%の有意差検定（t検定）で判断した。また、影響要因評価（4章、5章）では、試験数が少ないため標準拘束で各ラボの冷却風装置を通常どおり使用した条件（標準条件）の95%信頼区間で判断した。

3. ホイール仕事へ影響を及ぼす要因

3.1 ラボ間のホイール仕事の再現性

各ラボでの前後合計ホイール仕事とその内訳をFig. 1に示す。なお、値は各ラボでの平均値である。前後合計ホイール仕事は、VC、CDVとも主にタイヤロス仕事の違いによりラボAがラボBおよびラボCに比べて小さい。また、Fig. 2に示すホイール仕事前後割合は、VC、CDVとも各ラボで異なっている。以下、タイヤロスに着目し、ホイール仕事への影響要因を調べる。

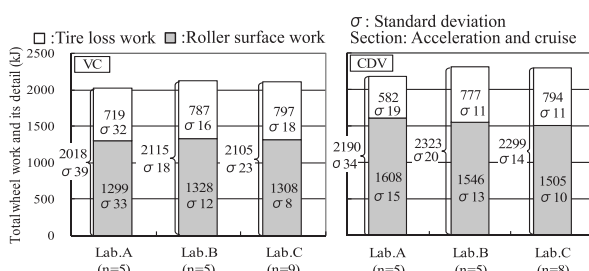


Fig. 1 Total wheel work and its details in each laboratory

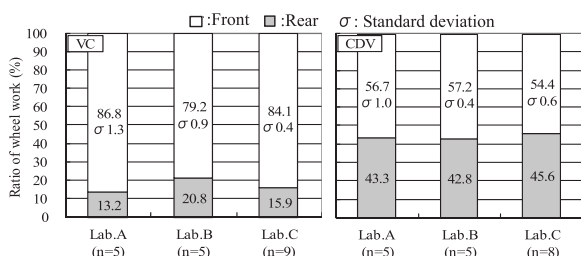


Fig. 2 Ratio of front and rear wheel work in each laboratory

3.2 タイヤロス仕事への影響要因の整理

タイヤロス仕事を発生させるタイヤ転がり抵抗のうち、ヒステリシスロスと呼ばれるゴムの繰り返し変形による損失が90%程度を占め、これはタイヤ温度および垂直荷重の影響を受ける⁴⁾。タイヤの温度に影響するのは冷却風条件であり、垂直荷重に影響するのは車両拘束方法と考えられることから、次章以降ではこれらの因子の影響を調べる。

4. 冷却風条件の影響

4.1 タイヤ温度とタイヤロスの関係

ラボBにてエンジン出力を一定にした状態（以下、「エンジン定常試験」という）でのタイヤ温度とタイヤロスの関係を調べた。試験は、CHDYを定速度制御モードとし、車両では吸入空気負圧を一定とした。タイヤ温度はタイヤトレッド温度で代表した。VCのエンジン定常試験におけるタイヤ温度とタイヤロスの関係をFig. 3に示す。タイヤ温度の上昇に伴いタイヤロスが減少している。

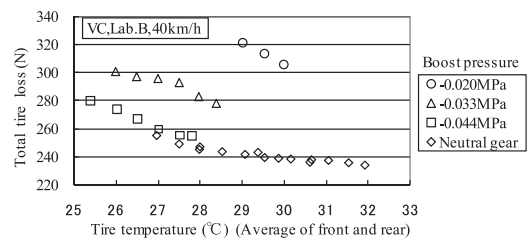


Fig. 3 Relation between tire temperature and total tire loss

4.2 冷却風条件がホイール仕事に及ぼす影響

次にラボCにて冷却風条件のホイール仕事への影響を確認した。冷却風条件はタイヤ温度を変えるため、Table 3に示す作動状態により、低温、標準、やや高温、高温の4条件を設定した。

前後平均タイヤ温度と前後合計ホイール仕事の関係をFig. 4に示す。VCの高温条件およびCDVの低温条件以外では、タイヤ温度の上昇に伴い、前後合計ホイール仕事が減少する傾向が見られる。また、前後合計タイヤロス仕事も前後合計ホイール仕事と同様の傾向が得られている。

Table 3 Condition of cooling fan

Tire temperature condition	Cooling fan condition
Low	Standard cooling fan + Tire cooling fan for four tires
Standard	Standard cooling fan
Slightly high	Standard cooling fan (narrowed width to 1000mm)
High	Axial flow fan × 2

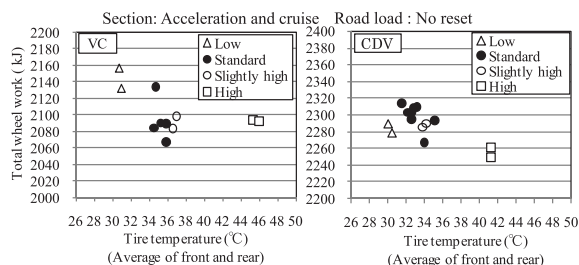


Fig. 4 Relation between tire temperature and total wheel work

4.3 冷却風条件の影響が他と異なる場合の解析

Fig. 4でVCの高温条件およびCDVの低温条件が他の条件と異なる傾向にある原因を考察する。VCの加速区間における前後のホイール仕事割合とタイヤロス仕事の関係をFig. 5に示す。前輪はホイール仕事割合の増加に伴い、タイヤロス仕事が増加する傾向があり、一般的な駆動力とタイヤロスの関係である、駆動力の2乗とタイヤロスが比例⁵⁾と一致する。一方、後輪はホイール仕事割合が増加しても前輪と比べタイヤロス仕事の変化が小さい。このため、前後ホイール仕事割合が変化すると前後合計タイヤロス仕事が増加することとなる。これより、Fig. 4のVCの高温条件では、前ホイール仕事割合の増加に伴う前後合計タイヤロス仕事の増加と、Fig. 3に見られる温度上昇に伴う前後合計タイヤロス仕事の減少が相殺して標準条件と同等になったと考えられる。Fig. 4のCDVの低温条件も同様に、前後ホイール仕事割合の違いが生じており、影響を及ぼすと考えられる。

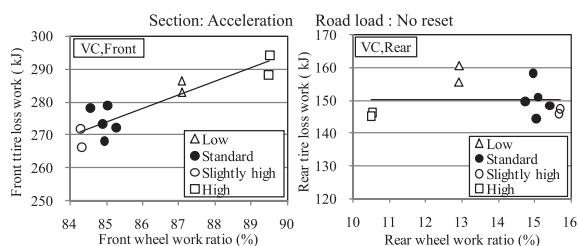


Fig. 5 Relation between ratio of wheel work and tire loss work

以下、冷却風条件とホイール仕事割合の関係を調べる。VCの各冷却風条件における前後タイヤ温度平均値をFig. 6に示す。今回設定した冷却風条件では、前後タイヤ温度差が冷却風条件ごとに異なっており、これにより前後タイヤロス仕事の差に違いが、そして前後ホイール仕事割合も異なることが考えられる。

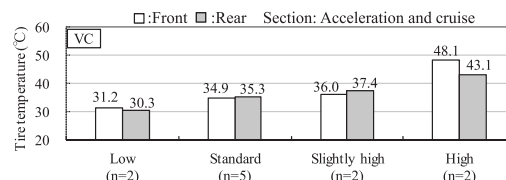


Fig. 6 Average tire temperature in each cooling condition

そこで、加速区間における前後タイヤロス仕事の差と前ホイール仕事割合との関係をFig. 7に示す。前後タイヤロス仕事差が増加すると前ホイール仕事割合が増加する傾向があり、ホイール仕事前後割合に影響を及ぼしている。

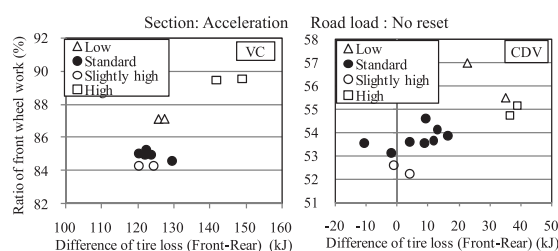


Fig. 7 Relation between difference of tire loss of front and rear and ratio of wheel work

4.4 タイヤ温度変化時の走行抵抗設定の影響

走行抵抗設定時にはタイヤロス仕事は温度影響を受け、CHDYが駆動吸収する負荷が異なる。そこで標準条件と高温条件にて、それぞれ走行抵抗設定を行った場合を比較した。CDVの結果をFig. 8に示す。各冷却風条件にて走行抵抗の設定を行っても前後合計ホイール仕事は異なっており、タイヤ温度の影響を除去できない。

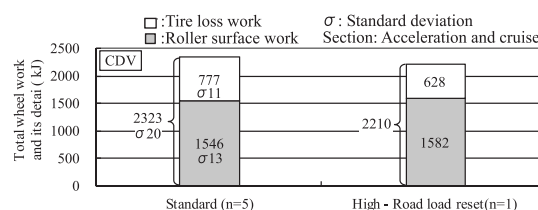


Fig. 8 Total wheel work and its detail with road load reset

以下、原因を記す。Fig. 3のエンジン定常試験では、エンジン出力が異なるとタイヤ温度とタイヤロスの一次回帰式の回帰係数（以下、「タイヤロス温度係数」という）が異なっている。Fig. 9に示すように、駆動力が大きいほど、タイヤロス温度係数は大きい。これは、モード走行時は走行抵抗設定時に比べて、駆動力が大きいためタイヤロスの温度影響が大きくなることを意味している。走行抵抗設定は、走行抵抗設定時のタイヤロスの違いのみを補正して

おり、モード走行時の違いまでは補正できないため、前後合計ホイール仕事は異なることとなる。

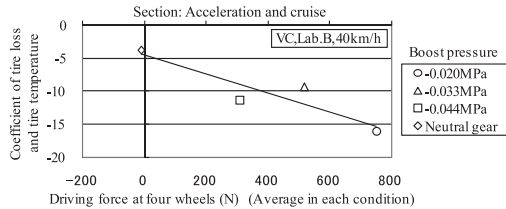


Fig. 9 Relation between driving force and coefficient of tire loss and tire temperature

5. 車両拘束方法の影響

5.1 追加拘束の影響

標準拘束に加え、追加拘束により垂直荷重を増加させた場合のタイヤロス仕事への影響を調べた。追加拘束は、追加チェーンを車両の向きに対して90°方向に固定し、四輪の垂直荷重を均等に増加させた。

VCの標準拘束と追加拘束条件の前後合計ホイール仕事とその内訳をFig. 10に示す。走行抵抗を再設定しない場合、追加拘束により前後合計タイヤロス仕事が増加するが、走行抵抗を再設定すると、前後合計ホイール仕事は標準拘束と追加拘束条件で同等となる。これは、走行抵抗設定時の追加拘束によるタイヤロス仕事の増加によりローラ表面仕事が増加し、モード走行時のタイヤロス仕事の増加分と相殺されるためである。

ホイール仕事前後割合は、VC、CDV共に、追加拘束を行った場合、標準拘束とほぼ同等である結果が得られている。

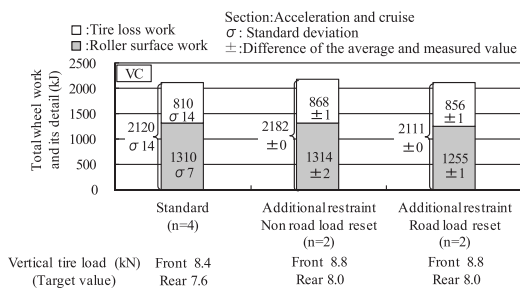


Fig. 10... Total wheel work and its detail with additional restraint

5.2 拘束張力の大きさの影響

前後変位および垂直荷重がタイヤロス仕事に影響を及ぼすため、拘束張力の大きさを変えた場合の影響を調べた。拘束張力の大きさは、標準拘束において水平方向の張力を増加・減少させた。

VCの各張力条件での前後合計ホイール仕事とそ

の内訳をFig. 11に示す。なお、Fig. 11の拘束張力は、車両停止状態での1点あたりの調整目標値である。前後合計ホイール仕事は、張力を変えても標準拘束に対して同等である。ホイール仕事前後割合は、VC、CDV共に、拘束張力の大きさを変えても標準拘束とほぼ同等である結果が得られている。

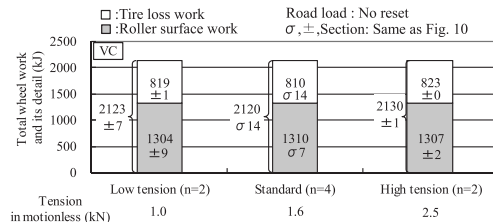


Fig. 11 Total wheel work and its detail in each tension condition

6. 結論

- 1) 前後合計ホイール仕事およびホイール仕事前後割合で示される車両駆動力特性に及ぼす影響要因は、冷却風条件に起因するタイヤ温度の影響が主な要因である。また、タイヤ温度の影響は走行抵抗の再設定を行っても取り除くことはできない。
- 2) 追加拘束による増加垂直荷重を前後同程度とし、その状態で走行抵抗の再設定を行う場合、追加拘束による前後合計ホイール仕事やホイール仕事前後割合への影響は見られない。
- 3) 水平4点の拘束方法で拘束張力を変化させた場合、タイヤロス仕事、前後合計ホイール仕事およびホイール仕事前後割合への影響は見られない。
- 4) ラボ間では、冷却風装置の違いに起因するタイヤ温度・タイヤロス仕事の違いにより、前後合計ホイール仕事およびホイール仕事前後割合は異なる場合がある。

参考文献

- 1) 里中隆夫ほか：燃費、排出ガス試験用4WD・CHDYの基礎的研究、(社)自動車技術会学術講演会前刷集, 924141 (1992)
- 2) 野田 明ほか：4輪駆動車の排出ガス・燃費試験に適用可能な4WDシャシダイナモメータの性能要件の検討、(社)自動車技術会学術講演会前刷集, No.29-06 (2006)
- 3) 鈴木雅彦ほか：4WD車における実路走行と台上走行での車両駆動力特性の実験解析、(社)自動車技術会学術講演会前刷集, No.29-06 (2006)
- 4) 景山克三ほか：自動車工学全書 タイヤ、ブレーキ、山海堂, p.119 (1980)
- 5) 酒井秀男：タイヤ工学、(株)グランプリ出版, p.143-144, p.154-157 (1987)