

タイヤ空気圧がモード走行時の燃費に及ぼす影響

The effect of tire pressure on fuel economy in mode running

中條 智哉*¹
Tomoya NAKAJO

松浦 賢*¹
Ken MATSUURA

Abstract

Tests on 3 different tires were performed to investigate the effect of tire pressure on tire rolling resistance and fuel economy in mode running. The test results revealed that the effect of tire pressure on tire rolling resistance is from -16%/50kPa to -23%/50kPa. Next, we simulated fuel economy using the test data for 3 cases for each tire: base pressure, a decrease of 50kPa, and an increase of 50kPa. Compared to the case of a standard tire at base pressure, a decrease of 50kPa resulted in up to 12% worse fuel economy. An increase of 50kPa resulted in a maximum 2% improvement.

1. はじめに

昨今の国内外におけるエネルギー消費量の増加や国際的な地球環境問題を背景に、乗用自動車の燃費に関心が高まっている。乗用自動車の燃費は、様々な要因により影響される¹⁾ことが指摘されており、最近では主要な要因の1つとしてタイヤが注目されている。

タイヤの低燃費技術としては、材料や形状の最適化などによるタイヤの転がり抵抗（以下、転がり抵抗）の低減が進められているが、一方で実走行時には、ユーザ毎にタイヤの空気圧（以下、空気圧）が異なる場合があり²⁾、この空気圧の違いが燃費に影響を及ぼしていると考えられる。

空気圧に関する過去の研究では、シヤシダイナモにて空気圧を変えて燃費を測定した報告³⁾があるものの、タイヤ種類の違いによる影響は、十分には調査されていない。

そこで本調査では、空気圧の変化がモード走行時の燃費に及ぼす影響を把握するため、転がり抵抗の異なる3種類のタイヤ（標準タイヤ、低燃費タイヤ、ハイグリップタイヤ）を用いた調査を行った。タイヤ試験機を用いて空気圧と転がり抵抗の基本特性を把握し、基準としたタイヤで実測したモード走行時の燃費に対する変化割合を転がり抵抗の増減から計算により求め、空気圧が異なることによる燃費の変化を比較、検討した。

2. タイヤ試験機による空気圧影響の調査

2.1 試験装置および供試タイヤ

試験に用いたタイヤ試験機の外観を Fig. 1 に、仕様を Table 1 に示す。本タイヤ試験機は、実車と同じようにタイヤからローラを駆動することが可能であり、タイヤ軸の駆動力、ローラ軸機械損失力およびローラ軸慣性力を測定することにより転がり抵抗を求めること⁴⁾ができる。また、タイヤチャンバ内とローラチャンバ内を空調機により温度調節することが可能であり、タイヤやローラの温度を安定させた状態にて試験を行うことができる。

供試タイヤは、215/60R16の1サイズとし、転がり抵抗が異なる以下の3種類とした。

- 1)ハイグリップタイヤ
- 2)標準タイヤ（試験車両の純正タイヤ）
- 3)低燃費タイヤ

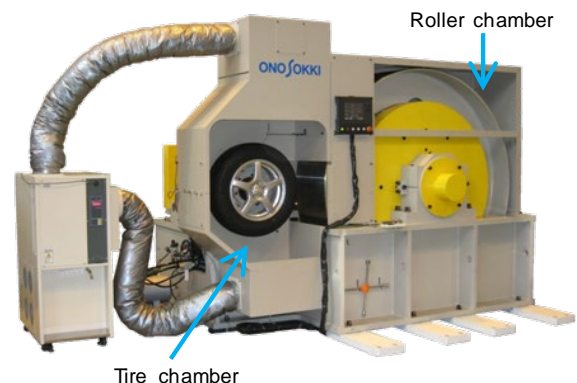


Fig. 1 Tire tester

*1 一般財団法人日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部

Table 1 Specifications of tire tester

Roller axle	Diameter	1708.2mm
	Width	400mm
	Surface	Smooth
	Mechanical inertia mass	600kg + fly wheel 300kg
	Full scale of torque measurement	1kNm
Tire axle	Maximum vertical load	9000N
	Full scale of torque measurement	1kNm
Temperature	Tire chamber	10~35°C
	Roller chamber	10~45°C

2.2 試験条件

空気圧は、基準値を 211kPa とし、基準値から ±50kPa となる 161kPa および 261kPa の計 3 水準とした。基準値の 211kPa は、標準タイヤを 25°C でソークした後に試験車両のメーカ指定値である 200kPa に調整し、その後、タイヤトレッド表面温度が安定するまで 60km/h の一定速度で暖機走行した時の走行中の空気圧である。試験時の空気圧は、暖機走行完了後の空気圧が設定値となるように調整した。

垂直荷重は、試験車両の静止状態における前輪の垂直荷重である 4300N とした。タイヤチャンバおよびローラチャンバ内の雰囲気温度は、いずれも 25°C に設定した。

各速度での測定は、60km/h の一定速度での暖機走行後、10km/h から 90km/h および 90km/h から 10km/h まで 10km/h 毎に一定速走行を行い、各条件で速度が安定した 5 秒間の平均値とした。

2.3 転がり抵抗の計算式

本調査での転がり抵抗は、測定した速度ごとにタイヤ軸の駆動力からローラ軸機械損失力およびローラ軸慣性力を差し引いて求めた。式(1)から式(3)に転がり抵抗の計算式を示す。

$$RR_{\text{tire}} = F_{\text{tire}} - F_{\text{roll}} \quad (1)$$

$$F_{\text{tire}} = \frac{(T_{\text{tire}} - T_{\text{tire,pl}} - I_{\text{tire}} \cdot \sigma_{\text{tire}})}{R_{\text{tire}}} \quad (2)$$

$$F_{\text{roll}} = \frac{(T_{\text{roll,pl}} + I_{\text{roll}} \cdot \sigma_{\text{roll}})}{R_{\text{roll}}} \quad (3)$$

ここに RR_{tire} : 転がり抵抗(N)
 F_{tire} : タイヤ駆動力(N)
 T_{tire} : タイヤトルク(N・m)
 $T_{\text{tire,pl}}$: タイヤ軸機械損失トルク(N・m)
 I_{tire} : タイヤ慣性モーメント(kg・m²)
 σ_{tire} : タイヤ角加速度(rad/s²)
 R_{tire} : タイヤ軸とローラ外面との距離(m)
 F_{roll} : ローラ吸収力(N)
 $T_{\text{roll,pl}}$: ローラ軸機械損失トルク(N・m)
 I_{roll} : ローラ慣性モーメント(kg・m²)
 σ_{roll} : ローラ角加速度(rad/m²)
 R_{roll} : ローラ半径(m)

2.4 転がり抵抗の測定結果

Fig. 2 に 20km/h 一定速走行における空気圧と転がり抵抗の関係を示す。Fig. 2 より、いずれのタイヤにおいても空気圧が高くなると転がり抵抗は減少する傾向が見られ、その減少の程度はタイヤの種類によって異なった。

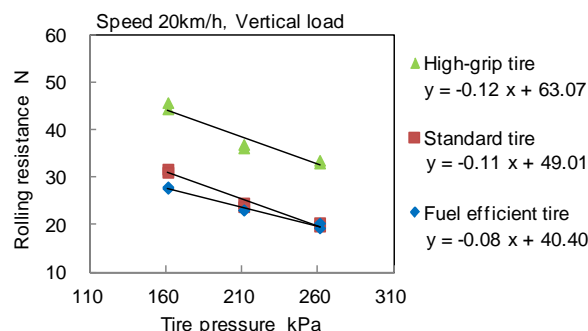


Fig. 2 Relationship between tire pressure and rolling resistance

各空気圧設定における速度と転がり抵抗の関係をタイヤ別に Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 に示す。いずれのタイヤでも速度が高くなると転がり抵抗が増加する傾向があった。今回用いたタイヤ試験機では、タイヤからローラを駆動し、ローラを速度制御して一定速度に保った状態で測定したタイヤ駆動力とローラ軸機械損失力およびローラ軸慣性力の差分から転がり抵抗を求めたため、速度と転がり抵抗の関係を把握することができた。

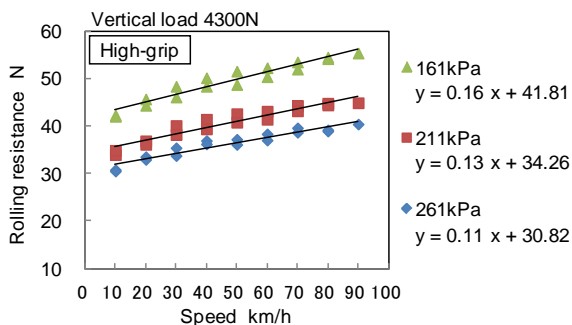


Fig. 3 Relationship between speed and rolling resistance (High-grip tire)

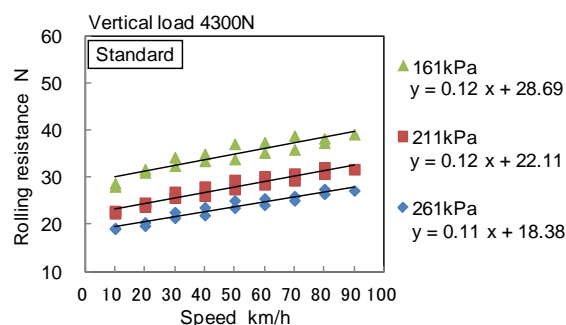


Fig. 4 Relationship between speed and rolling resistance (Standard tire)

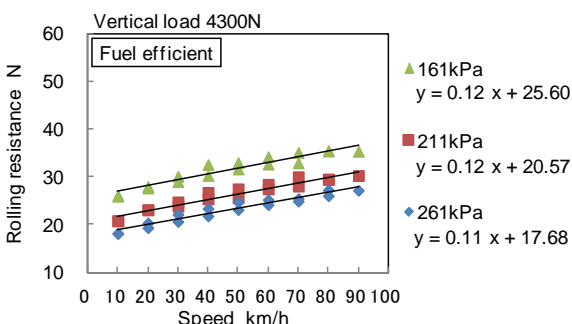


Fig. 5 Relationship between speed and rolling resistance (Fuel efficient tire)

Fig. 3 から Fig. 5 に示した結果を空気圧差 50kPa 当たりの転がり抵抗変化量で整理して Fig. 6 に示す。空気圧が 50kPa 増加した場合の転がり抵抗変化量は、ハイグリップタイヤが-16%程度、標準タイヤが-17%から-23%程度、低燃費タイヤが-16%程度であった。ハイグリップタイヤと低燃費タイヤでは、速度によらず抵抗の変化率がほぼ一定であるが、標準タイヤは、速度によって抵抗の変化量に差が見られた。タイヤの種類によっては、速度により転がり抵抗の変化量が異なると考えられる。

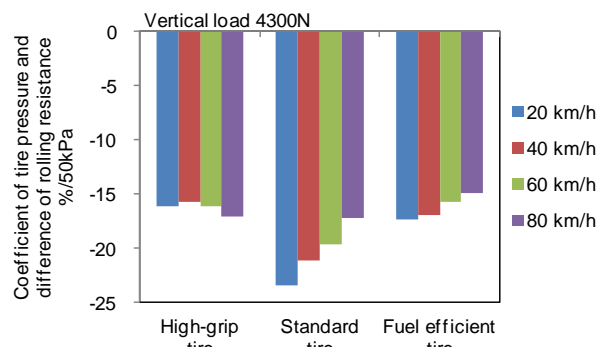


Fig. 6 Coefficients of tire pressure and difference of rolling resistance

3. 空気圧がモード走行燃費に及ぼす影響の検討

標準タイヤの基準空気圧での推定燃費に対する対象タイヤの各空気圧での推定燃費の変化割合（以下、燃費変化率）を求め、それらの比較により空気圧がモード走行燃費に及ぼす影響を検討した。推定燃費は、基準空気圧の標準タイヤを装着した実車両のモード走行燃費とタイヤ試験機で測定した各条件での転がり抵抗より求められる仕事量の差を用いて計算した。

3.1 燃費変化率の計算方法

燃費変化率の計算式を以下の式(4)から式(11)に示す。標準タイヤを装着した試験車両によるシャシダイナモ試験から走行に必要な仕事量に対する燃料消費量の割合を求めて、これを一定とした。各タイヤの空気圧におけるモード走行時の仕事量は、タイヤ試験機における転がり抵抗の測定結果から、試験車両の転がり抵抗相当分を計算して求めた。

$$dW = \frac{Q_{\text{comp}} - Q_{\text{base}}}{Q_{\text{base}}} \times 100 \quad (4)$$

$$Q_{\text{comp}} = C_{\text{qw}} \cdot \sum (L_{\text{t,comp}} + L_{\text{air}} + L_{\text{acc}}) \cdot V \quad (5)$$

$$C_{\text{qw}} = \frac{Q_{\text{base}}}{W_{\text{base}}} \quad (6)$$

$$W_{\text{base}} = \sum (L_{\text{t,base}} + L_{\text{air}} + L_{\text{acc}}) \cdot V \quad (7)$$

$$L_{\text{t,comp}} = a_{\text{t,comp}} + b_{\text{t,comp}} \cdot V \quad (8)$$

$$L_{\text{air}} = C_{\text{air}} \cdot V^2 \quad (9)$$

$$L_{\text{acc}} = (IW_v + IW_{\text{rot}}) \cdot \frac{dV}{dt} \quad (10)$$

$$L_{\text{t,base}} = a_{\text{t,base}} + b_{\text{t,base}} \cdot V \quad (11)$$

ここに

- dW : 燃費変化率(%)
- Q_{comp} : 対象条件での推定燃料発熱量(kJ)
- Q_{base} : 基準燃料発熱量(kJ)
(標準タイヤを装着した実車モード走行燃費とガソリンの低位発熱量 32.9 MJ/L より算出)
- C_{qw} : 基準車両仕事と基準燃料発熱量の比
- $L_{t,comp}$: 対象条件での転がり抵抗(N)
- $a_{t,comp}$: 対象条件での転がり抵抗の定数項(N)
- $b_{t,comp}$: 対象条件での転がり抵抗の速度一次項の係数(N)
- L_{air} : 試験車両の空気抵抗(N)
- L_{acc} : 試験車両の慣性抵抗(N)
- V : モード走行時の車両速度(km/h)
- W_{base} : 基準車両仕事(kJ)
(標準タイヤ, 空気圧 211kPa 条件での車両仕事)
- $L_{t,base}$: 基準転がり抵抗(N)
(標準タイヤ, 空気圧 211kPa 条件での転がり抵抗)
- $a_{t,base}$: 基準転がり抵抗の定数項(N)
- $b_{t,base}$: 基準転がり抵抗の速度一次項の係数(N)
- IW_v : 試験車両の試験時車両質量(kg)
- IW_{rot} : 試験車両の回転部分相当慣性質量(kg) (空車質量の 3.5%とした)

試験車両の車両質量, 走行抵抗係数および基準燃料発熱量(Q_{base})を Table 2 に示す. 基準燃料発熱量は, 実際に試験車両にてシャシダイナモ上を走行した時の燃料発熱量である.

Table 2 Mass, road load, and fuel calorific value of the simulation vehicle

Mass of vehicle kg (including driver and test equipment)	1794	
Target road load N	Rolling resistance	175.7
	Air resistance coefficient	0.055
Fuel calorific value in JC08 mode kJ	24762	

3.2 燃費変化率の比較

Fig. 7 に推定燃費より求めた JC08 モードにおける空気圧と燃費変化率の関係を示す. 標準タイヤの基準空気圧における推定燃費に対して, ハイグリップタイヤで空気圧が低い場合に約 12%燃費が悪化し, 標準タイヤおよび低燃費タイヤで空気圧が高い場合に約 2%燃費が向上した.

空気圧の高い場合に約 2%燃費が向上する結果となった. 空気圧の変化に対する燃費変化の割合は, 低燃費タイヤが最も小さかった.

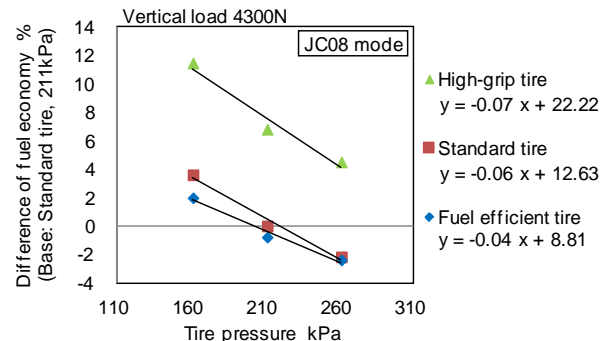


Fig. 7 Relationship between tire pressure and difference of fuel economy

4. 結論

同一サイズで転がり抵抗の異なる 3 種類のタイヤを用いて, タイヤ空気圧の変化とモード走行時の燃費変化を推定燃費で比較した結果, 以下のことがわかった.

- 1) タイヤの空気圧が 50kPa 増加した場合のタイヤ転がり抵抗の変化量は, ハイグリップタイヤが-16%程度, 標準タイヤが-17%から-23%程度, 低燃費タイヤが-16%程度であった. 標準タイヤは, 速度によってタイヤ転がり抵抗の変化量に差が見られた.
- 2) タイヤの空気圧が基準値から±50kPa 変化した場合, 標準タイヤの基準空気圧における JC08 モード推定燃費に対して, ハイグリップタイヤで空気圧が低い場合に最大約 12%燃費が悪化し, 標準タイヤおよび低燃費タイヤで空気圧が高い場合に約 2%燃費が向上した.

参考文献

- 1) 気になる乗用車の燃費, P3, (一社)日本自動車工業会 (2013)
- 2) GRRF TPMS Task Force Conclusions, GRRF TPMS Task Force, TPM-03-02_rev1 (2008)
- 3) 藤川 達夫ほか: 一般ユーザにおける乗用車の利用状態と燃費の関係, (公社)自動車技術会学術講演会前刷集, 20025591 No.100-02 (2002)
- 4) 井上 勇ほか: モード走行におけるタイヤ損失特性の評価方法について, (公社)自動車技術会論文集, 20104683 vol.41 no.6 (2010)