

レーシングカートのタイヤトレッド内部温度の簡易計算法

Simple Calculation on the Inside Tire Tread Temperature of Racing Kart

水谷 充†
Mitsuru MIZUTANI

Abstract The management of the racing tire temperature is extremely important for the performance on the limit. The author clarifies the relation between the behavior of the vehicle in cornering and the tire surface temperature experimentally. However, it is difficult to measure the inner temperature of the tread under running. This research proposes the simple calculation method on the temperature inside tread and the validity of the method was examined with the experimental results.

1. はじめに

カートレースにおいて、タイヤの温度の変動を把握することは、その最適な性能を発揮する上で重要である。筆者は、レース走行中のタイヤ表面温度の計測を行い、タイヤ表面温度とカートのコーナリング中の挙動の関係について明らかにした¹⁾。

しかし、タイヤトレッドの表面温度だけではなく、トレッド内部のゴムの温度もまた極めて重要である。タイヤトレッド内部のゴムはいわばタイヤトレッド表面を支える土台のようなものであり、このゴムの力学的特性の温度による変化は、タイヤの性能に大きな影響を与える。しかし、走行中のタイヤトレッド内部の温度を計測することは困難である。

本研究は、レース中のタイヤトレッド内部の温度の簡易計算法を提案し、計算結果の妥当性を検討したものである。

2. 計算モデル

トレッドの半径方向の厚みは周方向長さに比べて充分小さいから、計算には一次元モデルを用いた。図1に計算モデルを示す。レーシングコースはそのコースレイアウトが多様であり、コースごとに条件が異なる。ここでは簡略化のために以下のような計算モデルを提案する。実験結果によれば、タイヤトレッドはコーナー通過時に急速に加熱され、それに続く直線走行時には急速に冷却されることが分かっている。したがって一周のラップタイムをコーナー数で割った時

間を加熱冷却の1周期と考える。次に、各コースでの直線走行時間とコーナー走行時間を計測し、その割合で加熱時間と冷却時間の割合を決定すればよい。鈴鹿南コースで行った実験結果によれば、この割合は約3:7であった。したがって、本計算例では、1周期の30%を加熱時間、70%を冷却時間とした。

加熱量は、トレッド表面の単位加熱時間当たりの温度上昇量で与える。冷却時は、強制対流熱伝達により冷却するものとする。また、カーカス側では自然対流熱伝達により、熱が充填空気に伝わるものとする。また、ホイールを通しての冷却も考慮した。タイヤ側壁からの冷却は無視している。

加熱時における温度上昇率は実験結果より、前輪の場合毎秒15℃、後輪の場合は毎秒20℃とする。また後輪の場合は、コーナリング内側になった場合の温度上昇は毎秒5℃とした。

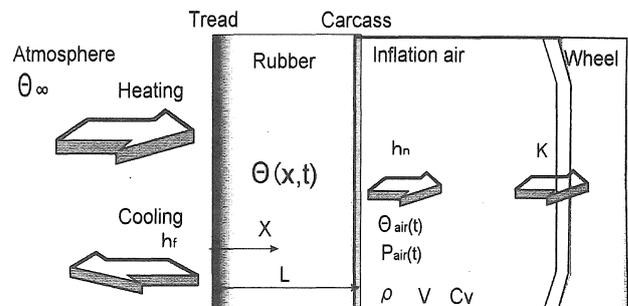


Fig. 1 Calculation Model for Tire temperature

† 愛知工業大学 工学部 機械工学科 (豊田市)

3. 基礎方程式および境界条件

計算は、差分法によりおこなった。計算に用いた基礎方程式、境界条件、および諸量を以下に示す。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$$

- 1) トレッド表面における境界条件
加熱時

$$\theta_{tr} = \theta_{tr}(t)$$

冷却時

$$-k \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{tr} = h_f (\theta_{\infty} - \theta_{tr}(t))$$

- 2) カーカス表面における境界条件

$$-k \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{ca} = h_n (\theta_{ca}(t) - \theta_{air})$$

- 3) 充填空気の温度

$$Q = \int_0^a \left(-k \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{ca} A_{ca} - K (\theta_{air} - \theta_{\infty}) A_{wheel} \right) dt$$

$$\theta_{air}(t) = \theta_{air}(0) + \frac{Q}{\rho V C_v}$$

Table 1 Value of coefficients

a	83x10 ⁻⁹ m ² /s	hn	6 W/m ² k
hf	70 W/m ² k	K	3.5 W/m ² k
Θ _∞	9°C		

4. 計算結果

本計算モデルの妥当性を確認するため、トレッド表面の温度境界条件に実測値を使用して、トレッド内部の温度変化を計算した。トレッドの厚みは7mmとした。図1には、タイヤトレッド表面からカーカスに至るまで1mm間隔での温度を示している。トレッド表面から3mm程度までは、表面の激しい温度変化を受けて温度が周期的に変動している。しかし、それ以上深い部分においては、周期的な変化はほとんど見られず単調に増加しているのがわかる。およそ16周した段階で、トレッド内部の温度は、ほぼ一様に50°C近くまで上昇しているのがわかる。図2に、計算モデルに基づいて計算した結果を示す。トレッド表面の温度は、実測値と計算モデルの違いから異なっているが、トレッド内部の温度変化はよく一致している。

また、タイヤに充填された空気は、加熱により圧力が上昇する。図中に示す計算による圧力は、走行終了直後に計測された圧力とほぼ一致している。

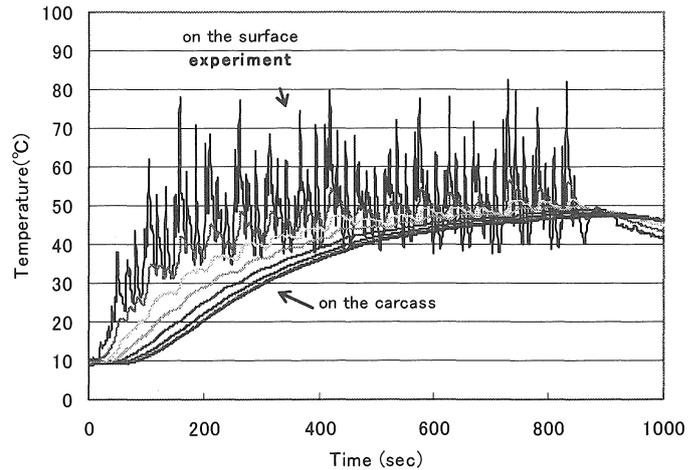


Fig. 1 Temperature vs. Time (experiment)

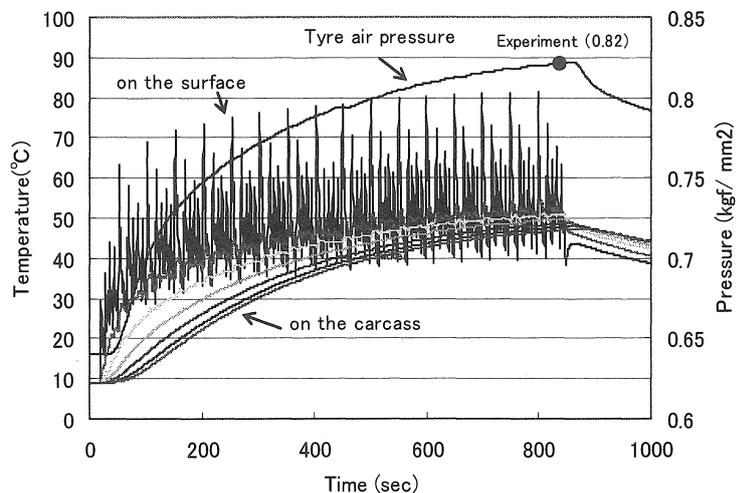


Fig. 2 Temperature and pressure vs. Time

5. まとめ

レーシング走行時におけるレーシングカートのタイヤトレッドの温度変化を計算するモデルを提案した。トレッドの表面における実測データを用いた計算と、本モデルによる計算結果ではタイヤトレッド内部の温度変化は、よく一致している。また、タイヤ充填空気の圧力変化について計算を行い、実験結果とよく一致する結果を得た。本計算モデルが、レーシングカートのタイヤトレッドの温度変化を計算するために、有効なものであること示した。

6. 参考文献

- 1) 水谷 充, レーシングカートのレース走行におけるタイヤトレッド表面温度, 愛知工業大学研究報告, Vol.38-B, Mar, 2003.

(受理 平成15年 3月19日)