自動車タイヤの有効周の測定装置*

坂 本 和 平** 仙 田 修**

A Measuring Instrument for the Effective Circumference of Vehicle Wheel Tires

Katsuhira SAKAMOTO and Osamu SENDA

For simple and accurate measurement of the effective circumference of vehicle wheel tires, a vehicle-mount type instrument, which consists of a wheel revolution counter with high discrimination and a photo-electric detector for position marks on the ground, has been developed. The wheel revolution is counted also by photo-electric detection of a mark on the flank of a tire, which causes one pulse per revolution, and by electronic sub-division, to within thousandth of a revolution. Two position marks to define the travelling distance of the vehicle are provided by infrared light beams across the run-way, which cause, when the vehicle crosses the marks, a start pulse or an end pulse for the revolution counting. The effective circumference

of a tire, i.e. the travelling distance per revolution, is calculated from the known distance between the position marks and the number of wheel revolutions counted between start, and end pulses. The advantage of this instrument is that a short run-way for measurement, e.g. 20 m or so, suffices to obtain a reasonable accuracy for practical purpose such as calibration of taximeters, which usually requires a straight and flat run-way of more than a kilo-meter. The total error due to this instrument is estimated to be about 0.07% under a measuring condition that the vehicle speed is constant at 40 km/h and the travelling distance for measurement is 20 m. Including other sources of error the effective circumference of a tire of about 2 m can be determined with an accuracy of 0.2% under the above condition.

Key words: revolution counting, pulse technique, travelling distance, photo-electric detector.

1. は じ め に

現在、自動車の走行距離は、あらかじめ定められたタイヤを装着していることを前提として、自動車のトランスミッションの駆動輪側（以下、トランスミッションという）の回転の数を計数することによって測定している。このことは、トランスミッションの回転に対応するタイヤの回転の数とその有効周から走行距離が得られるからである。従来は一定の走行状態におけるタイヤの有効周を高い精度***（0.1% 程度）で測定するためには、1 km 以上の長い距離を走行してトランスミッションの回転の数を計数し、その値から逆算して求めていた。しかし、この方法では1 km 以上の直線の平坦路を必要とするため、現在の国内の交通事情では、このような走行路を得ることは極めて困難な状況である。

そこで、筆者らはタイヤの有効周とその回転の数を10 m 程度の短い距離でも高い精度（0.1%）で測定できる装置を試作したのでこれについて述

べる。

2. 原理と動作

2.1 測定装置

当測定装置の原理は図1に示すように、自動車の駆動輪側（主に後輪）のタイヤマークを検出するタイヤマーク検出器 D_1 （以下、検出器 D_1 とする）及び走行距離を検出する地点マーク検出器 D_2 （以下、検出器 D_2 とする）をそれぞれ自動車に取り付け、開始地点 S から終了地点 E までの一定区間を走行する。このときの自動車の速さはほぼ一定とする。検出器 D_1 はタイヤの回転に対応するパルス（以下、タイヤパルスとする）を常に検出するようにしている。いま、自動車が開始地点 S を通過すると、検出器 D_2 からパルス P_S （以下、地点パルスとする）がタイヤパルスの間に割り込む。このとき周期

Fig. 1 Principle of measurement

* 原稿受付 昭和56年7月7日. 昭和55年度精機学会秋季大会学術講演会（昭和55年9月29日）にて発表.

** 正会員 計量研究所（茨城県新治郡 桜村 梅園 1-1-4）

*** 計量法におけるタキシメーターの検査装置の校正のために必要な精度である.

Fig. 2 Block diagram of instrument

一定のクロックパルスによって、開始地点Sから次のタイヤパルスまでのクロックパルス数 n' を数える。また、この1回転中の全クロックパルス数を n とすれば、 n'/n はタイヤの1回転以内（このとき、回転速度は一定とみなす）を更に分割して、開始地点Sの通過点をマークすることになる。その後、終了地点Eにおいても同様の動作を行い、 $(m-m')/m$ 分割する。ここに m は終了地点Eの通過時におけるタイヤマーク間の全クロックパルス数、 m' は終了地点Eの通過点から後の最初のタイヤマークまでのクロックパルス数である。この両者の中間の全タイヤパルス数を N とし、開始地点Sと終了地点Eの間の長さを走行距離 L とすれば、タイヤの有効周 l は

$$l = K \cdot L \left[(N-1) + \frac{1}{\{n'/n + (m-m')/m\}} \right] \quad (1)$$

となる。ここに、 K はタイヤ1回転における検出信号の数を表す定数で、今回の装置では1である。

2.2 動作

2.1節で述べたもののブロック線図を図2に、検出器 D_1 及び検出器 D_2 の自動車への取付状況を示したものを図3に、実際の測定の配置図を図4に示し、これらの動作を説明する。

検出器 D_1 は乱反射形の赤外線光電検出器である。これを図3に示したように自動車の後輪付近の車体に取り付ける。そして幅が約10 mmの反射テープをタイヤの側面（タイヤの外周付近）に貼り回転を検出する。今回試作した測定装置では、タイヤが1回転すると1パルスが得られる。

Load line for calculator and indicator

Fig. 3 Set of detector and tire mark

Fig. 4 Method of measurement

検出器 D_2 による走行距離 L （開始地点Sから終了地点Eまで）の検出は図4に示す方法で行った。走行距離 L の両端にはそれぞれ赤外線（波長約 $0.94 \mu\text{m}$ ）投受光器、反射鏡及びストロボランプを配置する。赤外線ビームを自動車が遮断した時にストロボランプが発光し、その光を検出器 D_2 で受光する。

Fig. 5 View of calculator and indicator

Fig. 6 Block diagram of simulator for checking of the instrument

タイヤパルス及び地点パルスは、図2のゲート回路に導かれ、地点パルスがなければ、カウンタ群(C1~C5)で各タイヤパルス間におけるクロックパルス数の計数・消去を繰り返す。ところが、タイヤパルス間に地点パルス(開始地点Sで検出)が割り込むと、カウンタC1及びC2で式(1)の n'/n を計数し、カウンタC5ではタイヤパルスを地点パルスの終了地点Eまで計数する。そして、終了地点Eで地点パルスが割り込むと、 $(m-m')/m$ をカウンタC3及びC4で計数し演算部に送り込む。

次にクロックパルスはパルス幅が約 $0.5\mu\text{s}$ 、周期は $2\mu\text{s}$ である。タイヤパルスと開始地点Sあるいは終了地点Eからの地点パルスが同時に入った場合、誤動作を避けるために両者のパルスは $2\mu\text{s}$ 以内に常にタイミングをずらすように構成してある。その後、各パルスはマイクロコンピュータによって、式(1)のような演算処理が行われ、タイヤの有効周、タイヤの回転の数及び通過速度が表示される。図5は演算・表示を行う本体部の外観である。

Fig. 7 Relation of tire pulse and position pulse

3. 装置の動作確認と評価

3.1 装置の動作確認

タイヤマーク及び地点マークを検出器 D_1 及び D_2 で検出し、電気信号に変換された後の動作を確認する目的で、シミュレータを製作した。このシミュレータのブロック図を示したのが図6である。これは水晶振動子9個から分周された特定周期のパルスを選択し、それをタイヤパルスとみなし、その整数倍を地点パルスとする。タイヤパルスと地点パルスの相互関係は図7に示すように、開始地点S及び終了地点Eの位置がそれぞれ 10° を単位として位相が任意($0\sim 990^\circ$)に設定できる。このよ

Fig. 8 Position relation of measurement

うな2種類のパルス装置本体の各検出入力端子に入れて動作の確認を行った。この結果、約10回転で速さ30～70 km/hの条件のもとで開始地点S及び終了地点Eの位相を変化させても回転の分割は0.001回転まで一致し、装置の正常な動作が確認された。

3.2 装置の評価

1) 地点パルス検出部

投受光器の光源である赤外線は、0.2 ms (5 kHz)の周期で間欠的に発光する。これによる通過点検出の遅れは自動車の速さを40 km/hとして約2.2 mmとなる。また、ストロボランプが発光し、その光を受けて地点パルスが発生するまでの時間はシンクロスコープで観測した結果、0.03 ms以内であった。この0.03 msは最大遅れ時間を示しているが、ここで問題となるのは検出パルスのばらつきであり、その量は更に小さくなることが考えられるので、ここでは無視することとした。

測定の配置図は図4に示したとおりであるが、測定の位置関係を図8に示す。図において投受光器と反射鏡*で構成される光路の幅から生ずる誤差の最大は、反射面の長さが約80 mmなのでこの長さとなる。しかし、実際に光が自動車に遮られた場合、検出信号が得られるのは、少なくとも図の中心線を通過してからであり、自動車が赤外線ビームを遮る位置によって、開始地点S及び終了地点Eの検出時期が異なり、ばらつきの原因となる。したがって、図に示したように自動車が投受光器の前約1 mの地点を通過することとし、これより光路幅としては最大5 mmと推定できるが、自動車の走行状態や赤外線ビームを遮る状態によって、地点パルスの検出のばらつく値は5 mmの1/2の2.5 mmと推定した。

2) タイヤマーク検出部

タイヤマークの検出精度は次のような方法で検討し

* 反射鏡は反射光が入射光の方向に帰るような再帰性反射鏡を使用している。

Table 1 Estimate for total error of the instrument

Factor of error		Time ms	Length mm
Detection of passing point	(1) Modulated period for infrared ray	0.28	3
	(2) Time lag of detecting pulse	0.03	—
	(3) Width of optical path	—	2.5
Detection of tire mark	(4) Fluctuation of revolution of vehicle wheel	—	6
	(5) Fluctuation of detecting point by vehicle vibration	—	2
(6) Length measurement error for travelling distance		—	4
Systematic errors [(1), (2), (6)]		—	7
Probable sum of each errors [(3), (4), (5)]		—	6.8
Total error		—	13.8

た。サーボ機構によって任意の回転数に設定できる標準回転数発生機の回転板に反射テープを貼り、その回転を検出器D₁で検出して行った。一方、地点パルスに相当する時間のパルスを前述のシミュレータで設定し、この時に同じ回転の数を測定した。その結果、それぞれ一定の回転数(100～500 rpm)に対応して一定時間内に測定される回転の数のばらつきは、10回転に対し標準偏差で0.003回転であった。この回転は距離に換算すると、円周長が約2 mのタイヤの場合6 mmとなる。

また、検出器D₁は前述したように自動車の車体に取り付けるが、一般に自動車の車体と車軸は“ばね”を介しているため自動車が走行した場合、振動その他で必ずしも一体の動きとはならない。この場合、上下動の振動はタイヤマークが検出される範囲であれば大きな問題とはならない。しかし、前後の“ぶれ”があると検出器D₁の位置が正規の位置からはずれるためにタイヤマークを検出する時間が異なる。このぶれ量は今回の実験では測定していないが、他の実験結果**を引用すると、車体の床面上の水平・前後方向の振幅は約2 mmであったのでこの値を採用した。

3) その他

走行距離Lの長さを設定するための赤外線投受光器及び反射鏡の設定誤差がある。これは巻尺による測長誤差も含めて4 mmと推定した。

以上をまとめて示したものが表1である。表から走行距離を長くすることによって誤差率が小さくなる。20 mの場合には誤差率は約0.07%である。

** 昭和43年8～9月に、当時、工業技術院機械技術研究所東村山分室の自動車試走路において、タキシメーターの型式承認試験基準作成のための実験を行った時の結果である。

Fig. 9 Result of road test

4. 実走行試験とその結果

本装置を自動車に搭載して実走行試験を行った。実験用のコースはアスファルト舗装のほぼ直線道路である。設定した走行距離は20 mであるが、助走距離も必要なので全体の走行距離は約200 mであった。走行距離の20 mは鋼製巻尺で1 mmまで測定し、赤外線投受光器及び反射鏡は前述の図4に示したように配置した。使用した自動車は中型車で、タイヤは普通タイヤ6.40-14-6 PR及びラジアルタイヤ175 SR 14で、ともに新品のものである。タイヤの空気圧は0.18、0.20及び0.22 MPaであり、自動車の速さは15~60 km/h、乗車人員は運転手(体重約60 kg)のみである。この結果をタイヤの有効周と自動車の速さとの関係で示したものが図9である。図はタイヤの空気圧を0.20 MPaに設定したときの測定結果をプロットしたもので、○印は普通タイヤ、●印はラジアルタイヤを示している。また、曲線は測定結果から最小自乗法によって求めたものである。他の空気圧についても普通タイヤ及びラジアルタイヤの両者とも類似の

傾向が認められ、0.18から0.22 MPaの間では空気圧の変化に対する有効周の変化率は普通タイヤで約3 mm/0.01 MPa、ラジアルタイヤで約2 mm/0.01 MPaである。図から、普通タイヤでは速さが増すと有効周も増大の傾向が認められるが、ラジアルタイヤでは速さが増してもほぼ一定である。また、それらの標準偏差を求めると、普通タイヤでは4 mm、ラジアルタイヤでは2 mmであった。これらの値から誤差率を求めると、円周長が約2 mである普通タイヤは約0.2%、ラジアルタイヤでは約0.1%となる。この結果の相違はタイヤの構造に起因するものと考えられ、この傾向は他の実験結果¹⁾とも一致している。

5. ま と め

これまで述べたように、当装置はシミュレータによって装置自体の動作における誤差は、装置による系統誤差と測定における偶然誤差の和から15 mm程度と推定された。したがって、走行距離(実測距離)を20 m以上に設定すれば所期の目標である0.1%の精度で測定することができる。

以上の事項から、当装置によって自動車タイヤの有効周を必要な精度で測定できることが確認された。

謝 辞

おわりに、当装置の試作にあたっては、矢崎計器株式会社島田製作所技術部の方々に多くのご協力を得たことを記し、ここに深く感謝する。

文 献

- 1) 坂本和平, 角田和一郎, 富樫 宏: 自動車の走行時におけるタイヤの有効ころがり長さの測定, 計量研究所報告, 29, 1 (1980) 17.