

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B60T 8/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01111303.0

[45] 授权公告日 2006 年 12 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1288014C

[22] 申请日 2001.3.9 [21] 申请号 01111303.0
[30] 优先权
[32] 2000. 3. 9 [33] JP [31] 064963/2000
[32] 2000. 5. 26 [33] JP [31] 155719/2000
[73] 专利权人 住友橡胶工业株式会社
地址 日本兵库县
[72] 发明人 川崎裕章 中尾幸夫
审查员 张 琪

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 王以平

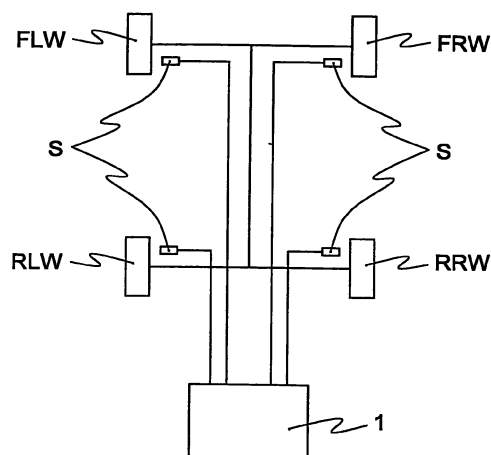
权利要求书 2 页 说明书 19 页 附图 11 页

[54] 发明名称

路面摩擦系数判定装置和方法

[57] 摘要

一种路面摩擦系数判定装置，备有定期地检测车辆的 4 轮的轮胎的转速的转速检测机构，根据前述转速检测机构的测定值来运算打滑比的第 1 运算机构，求出该打滑比与车辆的加减速度的关系式的第 2 运算机构，以及基于由该第 2 运算机构所求出的关系式的斜率来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的摩擦系数判定机构。采用此装置可以提高车辆的性能和安全性。



1. 一种路面摩擦系数判定装置，其特征在于，备有定期地检测车辆的4轮的轮胎的转速的转速检测机构，根据前述转速检测机构的测定值来运算打滑比的第1运算机构，作为一定时间内的数据的平均值，在每个采样时间中进行移动平均化而求出前述打滑比和车辆的加减速度的，根据此一移动平均了的值来求出该打滑比与该车辆的加减速度的关系式的第2运算机构，以及基于由该第2运算机构所求出的关系式的斜率来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的摩擦系数判定机构。

2. 权利要求1所述的路面摩擦系数判定方法，其特征在于，用前述移动平均了的打滑比和车辆的加减速度的数据，来求出打滑比与车辆的加减速度的彼此的一次回归系数和相关系数，在该相关系数的值为设定值以上的场合，更新并保持该回归系数，通过把该回归系数的值与预先设定的下限值进行比较来判定轮胎与路面的摩擦系数。

3. 权利要求1所述的路面摩擦系数判定装置，其特征在于，还备有在规定的时间内对前述车辆的加减速度和打滑比进行移动平均的移动平均处理机构，对由该移动平均处理机构所得到的移动平均值进一步进行移动平均处理的加权移动平均处理机构，上述第1运算机构根据该转速检测机构的测定值来运算车辆的加减速度的，上述第2运算机构求出由上述加权移动平均处理机构所得到的车辆的加减速度的与打滑比的关系式。

4. 一种路面摩擦系数判定方法，其特征在于，备有定期地检测车辆的4轮的轮胎的转速的检测过程，根据该所测定的转速来运算打滑比的过程，作为一定时间内的数据的平均值，在每个采样时间中进行移动平均化而求出前述打滑比和车辆的加减速度的，根据此一移动平均了的值来求出该打滑比与该车辆的加减速度的关系式的过程，把该关系式的斜率与预先设定的下限值进行比较的过程，以及根据该比较的结果来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的过程。

5. 权利要求4所述的路面摩擦系数判定方法，其特征在于，至少

在 0.1 秒以下来进行前述转速的检测。

6. 权利要求 4 或 5 所述的路面摩擦系数判定方法，其特征在于，根据前述 4 轮的轮胎的转速检测机构的测定值来运算前述车辆的加减速度。

7. 如权利要求 4 所述的路面摩擦系数判定方法，其特征在于，还备有根据上述测定的转速来运算车辆的加减速度的过程，在规定的时间内对前述车辆的加减速度和打滑比进行移动平均的过程，对由该移动平均所得到的移动平均值进一步进行移动平均处理的加权移动平均过程，上述求出打滑比与车辆的加减速度的关系式的过程是求出由上述加权移动平均过程所得到的加权移动平均值的车辆的加减速度与打滑比的关系式的过程。

8. 权利要求 7 所述的路面摩擦系数判定方法，其特征在于，用前述加权移动平均值的车辆的加减速度和打滑比的数据，来求出车辆的加减速度与打滑比的彼此的一次回归系数和相关系数，在该相关系数的值为设定值以上的场合，更新并保持该回归系数，通过把该回归系数的值与预先设定的下限值进行比较来判定轮胎与路面的摩擦系数。

路面摩擦系数判定装置和方法

技术领域

本发明涉及路面摩擦系数判定装置和方法。更详细地说, 涉及能够用 4 个轮胎车轮的旋转信息来判定路面与轮胎之间的摩擦系数(路面摩擦系数), 借此来提高车辆的性能和安全性的路面摩擦系数判定装置和方法。

背景技术

车辆如果在容易打滑的路面上进行急加速或急制动, 则存在着轮胎打滑而发生侧滑等的危险。此外如果进行急转弯则存在着车辆产生侧滑或旋回的危险。

因此, 现有技术中提出了在轮胎与路面之间的制动力超过最大值而成为轮胎抱死状态之前, 使作用在车轮上的制动力矩减小而防止车轮的抱死状态, 控制得到最大制动力的车轮转速的防抱死装置等(参照日本特开昭 60-99757 号公报, 特开平 1-249559 号公报等)。

例如, 在防抱死制动装置的控制中, 根据车辆的判定速度和检测的车轮速度(转速)来运算打滑率之后, 控制制动力使该运算的打滑率与预先设定的基准打滑率相一致, 借此构成为跟踪最大制动力。

在这种 ABS 装置等的控制中, 利用路面的摩擦系数 μ 。也就是说根据路面摩擦系数 μ (路面 μ), 例如在高 μ 的场合和低 μ 的场合变更控制内容而进行最佳的控制。

在前述特开昭 60-99759 号公报的装置中, 根据发生打滑时的从动轮来求出车辆加速度, 用此一加速度来判定路面 μ 。

也就是说, 根据此一公报, 在打滑时令车辆加速度为 A, 令车辆重量为 W 的场合, 车辆的加速所需的驱动力 F 可由下式求出

$$F = W \cdot A / g$$

(g 是重力加速度)。另一方面, 此一驱动力 F 取决于驱动轮与路

面之间的摩擦力，用加在驱动轮上的载荷 W_r 和路面 μ 可以表达成 $F = \mu \cdot W_r$ 。根据这两个公式可以求出路面 μ 为 $\mu = W/W_r \cdot g \times A$ 。

但是，根据此一公式求出的路面 μ 只不过是把对从动轮的转速进行微分而求出的从动轮加速度换成车辆加速度 A ，计算此一车辆加速度 A 的时刻的路面 μ ，不知道是否是实际的路面与轮胎之间的路面 μ ，概率上说不是这样的场合的可能性压倒性地高。

因而，如果基于这种路面 μ 来进行 ABS 等各种车辆运动控制，则因为不是与实际的路面 μ 相对应的控制，故存在着实行了不适当的控制的危险。此外，在向驾驶员警告是容易打滑的路面的场合，按前述判定的路面 μ ，也存在着发生误报的危险。进而，因为根据路面 μ 得到最大制动力的打滑率不同，故在进行跟踪固定的基准打滑率的控制的场合，存在着反而加长了制动距离，或轮胎抱死的危险。

虽然作为其对策，有必要判定路面状态，根据判定的路面 μ 而使基准打滑率变化，但是没有高精度地判定路面 μ 的技术。

发明内容

本发明的目的在于提供一种能够用 4 个轮胎车轮的旋转信息来判定路面与轮胎之间的摩擦系数，借此来提高车辆的性能和安全性的路面摩擦系数判定装置和方法。

本发明的路面摩擦系数判定装置，其特征在于，备有定期地检测车辆的 4 轮的轮胎的转速的转速检测机构，根据前述转速检测机构的测定值来运算打滑比的第 1 运算机构，求出该打滑比与车辆的加减速度的关系式的第 2 运算机构，以及基于由该第 2 运算机构所求出的关系式的斜率来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的摩擦系数判定机构。

此外本发明的路面摩擦系数判定方法，其特征在于，备有定期地检测车辆的 4 轮的轮胎的转速的检测过程，根据该所测定的转速来运算打滑比的过程，求出该打滑比与车辆的加减速度的关系式的过程，把该关系式的斜率与预先设定的下限值进行比较的过程，以及根据该比较的结果来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的过程。

此外本发明的路面摩擦系数判定装置，其特征在于，备有定期地

检测车辆的4轮的轮胎的转速的转速检测机构,根据该转速检测机构的测定值来运算车辆的加减速度和轮胎的打滑比的第1运算机构,在规定的时间内对前述车辆的加减速度和打滑比进行移动平均的移动平均处理机构,对由该移动平均处理机构所得到的移动平均值进一步进行移动平均处理的加权移动平均处理机构,求出由该加权移动平均处理机构所得到的加权移动平均值的车辆的加减速度与打滑比的关系式的第2运算机构,以及基于由该第2运算机构所求出的关系式的斜率来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的摩擦系数判定机构。

此外本发明的路面摩擦系数判定方法,其特征在于,备有定期地检测车辆的4轮的轮胎的转速的检测过程,根据该所测定的转速来运算车辆的加减速度和轮胎的打滑比的过程,在规定的时间内对前述车辆的加减速度和打滑比进行移动平均的过程,对由该过程所得到的移动平均值进一步进行移动平均处理的过程,求出由该过程所得到的加权移动平均值的车辆的加减速度与打滑比的关系式的过程,把该关系式的斜率与预先设定的下限值进行比较的过程,以及根据该比较的结果来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的过程。

另外,在本发明中,作为一定时间内的数据的平均值,在每个采样时间中进行移动平均化而求出前述打滑比和车辆的加减速度,根据此一移动平均了的值来求出该打滑比与该车辆的加减速度的关系式。

附图说明

图1是表示本发明的路面摩擦系数判定装置的一个实施例的方框图;

图2是表示图1中的路面摩擦系数判定装置的电结构的方框图;

图3是表示路面 μ 与打滑比的关系的示意图;

图4是根据本实施例的程序框图;

图5是表示路面状态不同的场合的回归系数的时间变化的图;

图6(a)、(b)和(c)分别是表示第2实施例中的干燥沥青、积雪和结冰沥青等各种路面的回归系数K1的频度比率的图;

图7(a)、(b)和(c)分别是表示第3实施例中的干燥沥青、积雪和结冰沥青等各种路面的回归系数K1的频度比率的图;

图8(a)、(b)和(c)分别是表示第1比较例中的干燥沥青、积雪和结冰沥青等各种路面的回归系数K1的频度比率的图;

图9(a)、(b)和(c)分别是表示第2比较例中的干燥沥青、积

雪和结冰沥青等各种路面的回归系数 $K1$ 的频度比率的图；

图 10 (a)、(b) 和 (c) 分别是表示第 3 比较例中的干燥沥青、积雪和结冰沥青等各种路面的回归系数 $K1$ 的频度比率的图；以及

图 11 是表示在第 2、3 实施例和第 1~3 比较例中，从采样开始到得到回归系数 $K1$ 的响应时间与相关系数 R 不足 0.6 时回归系数 $K1$ 的值不更新的比率的关系的图。

具体实施方式

下面基于附图来说明本发明的路面摩擦系数判定装置和方法。

如图 1 中所示，根据本发明的一个实施例的路面摩擦系数判定装置，备有分别设在 4 轮车辆的轮胎 FLW、FRW、RLW 和 RRW 上的定期检测车轮轮胎的转速的转速检测机构 S，此一转速检测机构 S 的输出传送到 ABS 等控制单元 1。此外在此一控制单元 1 上，如图 2 中所示连接着液晶显示元件，等离子体显示元件或 CRT 等构成的作为显示机构的警报显示器 2。3 是由驾驶员操作的初始化开关。

作为前述转速检测机构 S，可以使用用电磁传感器等产生旋转脉冲并根据脉冲数来测定转速的车轮速度传感器或者包括像直流发电机那样利用旋转进行发电，根据此一电压来测定转速者在内的角度传感器等。

前述控制单元 1 如图 2 中所示，由与外部装置的信号交换所需的 I/O 接口 1a，作为运算处理的中枢发挥功能的 CPU 1b，储存该 CPU 1b 的控制动作程序的 ROM 1c，以及在前述 CPU 1b 进行控制动作之际能暂时写入数据等，该写入的数据等能够读出的 RAM 1d 来构成。

在本实施例中，在前述控制单元 1 上，作为第 1 解决机构备有根据前述转速检测机构 S 的测定值来运算打滑比在平均国轮加减速度大于等于 0 时，是驱动轮的车轮速度与从动轮和驱动轮的与轮速度差的比，在平均车轮加减速度为负时，是从动轮的车轮速度与从动轮和驱动轮的车轮速度差的比的第 1 运算机构，求出该打滑比与车辆的加减速度的关系式的第 2 运算机构，以及基于由该第 2 运算机构所求出的关系式的斜率来判定路面与轮胎之间的摩擦系数 μ 的摩擦系数判定机构。在该摩擦系数判定机构上，包括把由前述该第 2 运算机构所求出的关系式的斜率与预先设定的下限值进行比较的机构。

在本实施例中，在 0.1 秒以下，最好是在 0.05 秒以下检测前述 4

轮的轮胎的转速。前述车辆的加减速速度虽然也可以靠 G 传感器来测定，但是根据 4 轮或从动轮的平均车轮速度来运算在成本上是有利的。

接着作为一定时间内的数据，例如 0.1 秒以上的数据的平均值，在每个采样时间中进行移动平均化而求出前述打滑比和车辆的加减速速度，根据此一移动平均的值（一定个数的打滑比和车辆的加减速速度）来求出该打滑比与该车辆的加减速速度的关系式。

进而用前述移动平均的打滑比和车辆的加减速速度的数据，例如至少 5 个以上的数据来求出打滑比与车辆的加减速速度的彼此的一次回归系数和相关系数。这里，也可以在移动平均而求出的打滑比为某个一定值以上的场合或者为某个一定值以下的场合（例如 0.07 以上或者 - 0.07 以下的场合）不用于回归系数的运算，而是作为打滑警报而发出警报。

接着在前述相关系数的值为设定值以上的场合，更新并保持该回归系数，把该回归系数的值与预先设定的下限值进行比较，借此来判定轮胎与路面的摩擦系数。

在本实施例中，在由前述路面摩擦系数判定机构判定成路面为低 μ 的场合，由前述警报显示器 2 发出警报。

下面沿着步骤①～⑧来说明本实施例的路面摩擦系数判定装置的动作。

① 根据车辆的 4 轮轮胎 FLW、FRW、RLW 和 RRW 的各自的转速来计算车轮速度 ($V1_n$ 、 $V2_n$ 、 $V3_n$ 、 $V4_n$)。

例如，令从 ABS 传感器等传感器所得到的车辆的各车轮轮胎 FLW、FRW、RLW、RRW 的某个时刻的车轮速度数据为车轮速度 $V1_n$ 、 $V2_n$ 、 $V3_n$ 、 $V4_n$ 。

② 接着运算从动轮和驱动轮的平均车轮速度 (Vf_n 、 Vd_n)。

在前轮驱动的场所，某个时刻的从动轮和驱动轮的平均车轮速度 Vf_n 、 Vd_n 分别由下面的式 (1)、(2) 来求出。

$$Vf_n = (V3_n + V4_n)/2 \quad (1)$$

$$Vd_n = (V1_n + V2_n)/2 \quad (2)$$

③ 接着运算前述从动轮的平均车轮加减速速度（也就是车辆的加减速速度） Af_n 。

根据比前述从动轮的平均车轮速度 Vf_n 早一个的车轮速度数据，如果令平均车轮速度为 Af_{n-1} ，则从动轮的平均车轮加减速速度 Af_n 由下面的式（3）求出。

$$Af_n = (Vf_n - Vf_{n-1})/\Delta t/g \quad (3)$$

式中， Δt 是根据车轮速度数据所计算的车轮速度 Vf_n 和 Vf_{n-1} 的时间间隔（采样时间）， g 是重力加速度。为了减小数据的分散度，并且在短时间内判别，作为前述采样时间，有必要为 0.1 秒以下，更好的是 0.05 秒以下。

④ 接着根据前述车辆的加减速速度 Af_n 的值来运算打滑比。

首先在加速状态下，车辆在驱动轮抱死的状态下打滑时（ $Vd_n = 0$ ， $Vf_n \neq 0$ ），或者在减速状态下，车辆在停止状态下驱动轮发生车轮打滑时（ $Vf_n = 0$ ， $Vd_n \neq 0$ ），作为不能成立者，根据下面的式（4）、（5）来运算打滑比 S_n 。

$$\text{在 } Af_n \geq 0 \text{ 和 } Vd_n \neq 0 \text{ 的场合, } S_n = (Vf_n - Vd_n)/Vd_n \quad (4)$$

$$\text{在 } Af_n < 0 \text{ 和 } Vf_n \neq 0 \text{ 的场合, } S_n = (Vf_n - Vd_n)/Vf_n \quad (5)$$

在前述以外的场合，取为 $S_n = 1$ 。

⑤ 接着在每个采样时间中对打滑比和车辆的加减速度的数据进行移动平均化处理。

因为实际行驶中的路面 μ 不是一定的，而是时时变化的，故有必要在短时间内推断路面 μ 。此外在进行线性回归的场合，如果不是超过一定的数据数，则所得到的回归系数的可靠性变差。因此，如果在单时间的采样时间，例如每数十 ms 中采样数据，通过对在此一采样时间中所得到的分散度大的数据进行移动平均，可以不减少数据数而减小数据的分散度。

关于打滑比，

$$MS_n = (S_1 + S_2 + \cdots + S_n) / N \quad \dots (6)$$

$$MS_{n+1} = (S_2 + S_3 + \cdots + S_{n+1}) / N \quad \dots (7)$$

$$MS_{n+2} = (S_3 + S_4 + \cdots + S_{n+2}) / N \quad \dots (8)$$

关于车辆的加减速速度,

$$MAf_n = (Af_1 + Af_2 + \cdots + Af_n) / N \quad \dots (9)$$

$$MAf_{n+1} = (Af_2 + Af_3 + \cdots + Af_{n+1}) / N \quad \dots (10)$$

$$MAf_{n+2} = (Af_3 + Af_4 + \cdots + Af_{n+2}) / N \quad \dots (11)$$

⑥ 接着根据下面的式(12)、(13)来分别求出打滑比与车辆的加减速度的彼此的一次回归系数,也就是打滑比对车辆的加减速度的回归系数 K1 和车辆的加减速速度对打滑比的回归系数 K2.

$$K1 = \frac{\sum (MAf_i \times MS_i) - N \times \overline{MAf} \times \overline{MS}}{\sum MAf_i^2 - N \times \overline{MAf} \times \overline{MAf}} \quad \dots (12)$$

$$K2 = \frac{\sum (MAf_i \times MS_i) - N \times \overline{MAf} \times \overline{MS}}{\sum MS_i^2 - N \times \overline{MS} \times \overline{MS}} \quad \dots (13)$$

式中, $\overline{MS}$ 和 $\overline{MAf}$ 分别是移动平均的打滑比和车辆的加减速度的 N 个的平均值。例如根据表 1 回归系数 K1 为 0.12, 回归系数 K2 为 7.27.

表 1

N	MAf	MS	MAf×MS	MAf ²	MS ²
1	0.0270	0.0075	0.000203	0.000729	0.00005625
2	0.0260	0.0073	0.00019	0.000676	0.00005329
3	0.0250	0.0073	0.000183	0.000625	0.00005329
4	0.0240	0.0071	0.00017	0.000576	0.00005041
5	0.0260	0.0074	0.000192	0.000676	0.00005476
合计	0.128	0.0366	0.0009376	0.003282	0.000268
平均	0.0256	0.00732	—		

此外相关系数为

$$R = K1 \times K2 \quad (14)$$

此一相关系数如果为设定值例如 0.6 以上则更新回归系数 $K1$ 的值。

这里，所谓打滑比与车辆的加减速度的关系，是与一般的轮胎与路面的 μ -s 曲线相同的，由于路面 μ （干燥沥青路 $R1$ 的高 μ 路，积雪路 $R2$ 的中 μ 路和结冰沥青路 $R3$ 的低 μ 路）不同，成为图 3 那样。而且，所谓前述回归系数 $K1$ 、 $K2$ 是求出 μ -s 曲线的斜率者。此一 μ -s 曲线虽然本来是曲线，但是在实际行驶时产生的打滑比的范围内，几乎为直线。也就是说， μ -s 曲线可以用 $y = aX + b$ 这样的方程式来表达。此时的系数 a 是回归系数（ $K1$ 、 $K2$ ），意味着直线的斜率。这里，在以 y 为打滑比或加速度时， $a = K1$ 或 $a = K2$ 。在本实施例中，以 y 为打滑比而用 $K1$ 的值来判定路面 μ 。当然也可以根据回归系数 $K2$ 来判定路面 μ 。

此外求出相关系数 R 的理由是为了判断所得到的回归系数的值是否适当。也就是说，在相关系数 R 的值大的场合，打滑比与加速度之间相关，所得到的回归系数适当，但是在相关系数 R 的值小的场合，两者之间不相关而所得到的回归系数不适当，所以不能用该值来判定路面 μ 。

⑦ 接着根据回归系数 $K1$ 的值来推断路面 μ 。

例如，

$K1 \leq 0.1$	高 μ 路（ $\mu = 0.7$ 以上）
$0.1 < K1 \leq 0.16$	中 μ 路（ $\mu = 0.3 \sim 0.7$ ）
$0.16 < K1$	低 μ 路（ $\mu = 0.3$ 以下）

此一回归系数 $K1$ 的下限值可以根据例如至今为止的实验数据来得到。

⑧ 接着向驾驶员警报路面的信息（容易打滑等）。

进而，把路面的状态用于 ABS 装置或 TRC 装置等的控制中。

下面虽然基于实施例来说明本发明，但是本发明不限于这些实

施例。

第 1 实施例

首先作为前轮驱动车辆的 4 轮轮胎使用无刺轮胎（住友橡胶工业（有限公司）制グラスビク DS-1），使车辆在干燥沥青路 R1、积雪路 R2 和结冰沥青路 R3 上行驶。此时的行驶条件是在各路面上 50 km/h 左右的行驶。关于车轮的车轮速度的采样时间为了增加数据数，并且消除分散度或测定误差，因为例如为 1 秒采样时间过长，故取为 40 ms。

而且如图 4 中所示，基于从转速检测机构输出的车轮速度脉冲读入车轮速度，计算每 40 ms 的从动轮的平均车轮加减速度（车辆的加减速度）和前后轮的打滑比（步骤 S1、S2、S3）。

接着针对从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比，对 1 秒内的 25 个数据进行平均化，在每个采样时间（40 ms）中作为移动平均值求出（步骤 S4、S5）。这里，在打滑比为 0.05 以上或者 -0.05 以下的场合，在该时刻发出打滑警报（步骤 S6）。在除此以外的场合，用移动平均了的从动轮的平均车轮加减速度和打滑比的 50 个数据求出从动轮的平均车轮加减速度对打滑比的一次回归系数 K1（步骤 7）。

进而，求出此时的相关系数 R（步骤 S8），如果此一相关系数 R 为 0.6 以上则更新回归系数 K1 的值，并保持之（步骤 S9）。此时的各自的路面上所得到的回归系数的时间变化示于图 5。在干燥沥青路 R1 的场合，回归系数 K1 不断在 0.12 以下变迁，与此相反，在积雪路 R2 上在大约 0.1~0.2 之间变迁。此外在结冰沥青路 R3 上，看出回归系数 K1 的值变动很大。这是因为路面的状态不是一定的的缘故。事实上，进行评价的路面虽然乍看上去觉得是黑色沥青，但是如果实际地从车上下来，则到处都结冰，是非常容易打滑的状态。

而且，把回归系数 K1 的值与预先设定的下限值（0.12 和 0.18）进行比较，来判定轮胎与路面的摩擦系数 μ 。前述回归系数 K1 和相关系数 R 的运算，在每个采样时间（40 ms）中进行，根据以下的下限值来判定路面 μ （步骤 S10、S11、S12）。

$$K1 \leq 0.12$$

高 μ 路（不发出警报、注意预报）

$0.12 < K1 \leq 0.18$ 中 μ 路（发出打滑注意预报）

$0.18 < K1$ 低 μ 路（发出打滑警报）

结果，在干燥沥青的场合，完全不发出打滑注意预报和打滑警报。在积雪路的场合，几乎不断发出打滑注意预报，偶尔发出打滑警报。在结冰沥青上，不仅打滑注意预报，而且频繁发出打滑警报。

再者，虽然在本实施例中，把求出回归直线的数据数取为 50 个以上，但是在本发明中不限于此。不过，因为如果数据数过少则无法得到可靠性高的结果，所以最低 5 个以上是必要的，但是相反如果数据数过多，则相应地花费采样时间，在路面的状态接连不断地变化的场合，数据分散而相关系数反到降低，成为无法判别路面 μ 的场合增加的结果，所以最好是兼顾采样时间来确定。

像以上这样，通过采用本系统，精度高而且在短时间内判别路面 μ 成为可能，可以把处于容易打滑的危险状态的情况向驾驶员传达。

而且，通过把此一所判定的路面 μ 的信息用于 ABS 装置或 TRC 装置等，可以进行与路面 μ 相对应的最佳控制。此外，在判断为低 μ 路的场合，可以促使驾驶员注意到是容易打滑的路面。

下面说明本发明的另一个实施例。在本另一个实施例中，在前述控制单元 1 中备有根据前述转速检测机构 S 的测定值，在规定时间内对车辆的加减速度和轮胎的第 1 打滑比进行移动平均的移动平均处理机构，对由该移动平均处理机构所得到的移动平均值进一步进行移动平均处理的加权移动平均处理机构，求出由该加权移动平均处理机构所得到的加权移动平均值的车辆的加减速度和第 2 打滑比的关系式的第 2 运算机构，以及基于由该第 2 运算机构所求出的关系式的斜率来判定路面与轮胎之间的摩擦系数的摩擦系数判定机构。在该摩擦系数判定机构中包括把由前述该第 2 运算机构所求出的关系式的斜率与预先设定的下限值进行比较的比较机构。

在本实施例中，每个 0.2 秒以下定期地检测前述 4 轮的轮胎的转速。前述车辆的加减速度虽然可以由 G 传感器来测定，但是根据 4 轮或者从动轮的平均车轮速度来运算者从成本上来说有利。

接着作为一定时间内的数据,例如至少 0.1 秒内的数据的平均值,在每个采样时间中进行移动平均化而求出前述车辆的加减速度和打滑比。而且针对此一移动平均化了的车辆的加减速度和打滑比,进一步在每个采样时间中作为移动平均值求出一定时间内的数据。根据这样两次或者三次以上移动平均化了的值(一定个数的打滑比和车辆的加减速度),求出该打滑比对该车辆的加减速度的一次回归系数和相关系数。这里,在进行加权移动平均所求出的打滑比为某个设定值以上的场合,也可以不用于回归系数的运算,而是作为打滑警报发出警报。

再者,作为前述采样时间,为了减小数据的分散度,而且在短时间内进行判别,有必要为 0.2 秒以下。更好的是 0.05 秒以下。此外最好是第 1 次的移动平均的平均时间为 0.2~2 秒,第 2 次以后的移动平均的平均时间为 0.1~1 秒。

接着在前述相关系数的值为设定值以上的场合,更新并保持该回归系数,通过把该回归系数的值与预先设定的下限值进行比较来判定轮胎与路面的摩擦系数。

在本实施例中,在由前述摩擦系数判定机构判断为路面是低 μ 的场合,由前述警报显示器 2 发出警报。

虽然本实施例的路面摩擦系数判定装置的动作与前述实施例中的步骤①~⑤是相同的步骤,但是这里一般来说在进行回归计算的场合,如果回归的数据的分散度大则相关系数降低,回归系数的精度变差。

因此,在相关系数低到超过某个数的场合,不更新运算结果(回归系数),而是继续取为前面的运算结果。结果如果相关系数降低而不更新计算结果的比率增多,则路面 μ 无法推断的比率相应地增多。因此,如何抑制数据的分散度(消除噪声),减小相关系数低的比率就很重要。因此,进行移动平均处理。

但是,虽然前述数据的分散度中包含着种种原因,但是主要原因是伴随着轮胎的旋转的变动。这以与轮胎的旋转周期相同的频率表现出来。例如普通轿车的一般轮胎的半径约为 300 mm 左右,轮胎的周长约为 1.9 m,在 30 km/h 的行驶中,发生约 4.4 Hz 频率的变动。也

就是说, 因为随行驶速度而变化, 故存在着靠移动平均处理无法充分地抑制变动的危险。

例如, 在进行 0.5 秒 (2 Hz) 的移动平均处理的场合, 虽然能够消除 2、4、6、8 Hz… 这样的 2 的整数倍的频率分量, 但是不能消除除此以外的频率分量。虽然如果把移动平均的时间 T 加长为 1 秒 (1 Hz)、2 秒 (0.5 Hz)、3 秒 (0.33 Hz) 则能够消除多个频率分量, 但是不仅越加长则响应性越差, 而且也有可能消除必要的频率变动 (加速的通断)。

因此, 在本实施例中, 通过进行加权移动平均, 不加长响应时间 (判断摩擦系数 μ 所需的时间), 而能抑制变动, 降低相关系数低的比率。

因此, 进一步进行移动平均化处理。

$$DA f_{n+m-1} = \frac{MA f_n + DA f_{n+1} + \dots + MA f_{n+m-1}}{M} \quad (15)$$

$$DA f_{n+m} = \frac{MA f_{n+1} + MA f_{n+2} + \dots + MA f_{n+m}}{M} \quad (16)$$

$$DA f_{n+m+1} = \frac{MA f_{n+2} + MA f_{n+3} + \dots + MA f_{n+m+1}}{M} \quad (17)$$

关于打滑比也同样进行移动平均化处理。

$$DS_{n+m-1} = \frac{MS_n + MS_{n+1} + \dots + MS_{n+m-1}}{M} \quad (18)$$

$$DS_{n+m} = \frac{MS_{n+1} + MS_{n+2} + \dots + MS_{n+m}}{M} \quad (19)$$

$$DS_{n+m+1} = \frac{MS_{n+2} + MS_{n+3} + \dots + MS_{n+m+1}}{M} \quad (20)$$

接着进行前述实施例中的步骤⑥~⑧。

虽然基于实施例来说明本发明，但是本发明不限定于这种实施例。

第2实施例

首先准备前轮驱动的车辆，作为轮胎装上无刺轮胎（住友橡胶工业（有限公司）制グラスビク DS-1）。而且使车辆在干燥沥青路 R1、积雪路 R2 和结冰沥青路 R3 上行驶。此时的行驶条件是在各路面上 20~80 km/h 左右的行驶。关于车轮的车轮速度的采样时间为了增多数据数，并且消除分散度或测定误差，因为例如为 1 秒采样时间过长，故取为 40 ms。

而且基于从转速检测机构输出的车轮速度脉冲，读入车轮速度，计算每 40 ms 的从动轮的平均车轮加减速度（车辆的加减速度）和前后轮的打滑比。仅就前述从动轮的平均车轮加减速度示于表 2。

表 2

No.	时间 (秒)	每40ms 的原始 数据	第1次 移动 平均	第2次 移动 平均	回 归 系 数	No.	时间 (秒)	每40ms 的原始 数据	第1次 移动 平均	第2次 移动 平均	回 归 系 数
1	0.04	0.04				44	1.76	0.03	0.02	0.01	
2	0.08	0.06				45	1.80	0.00	0.02	0.01	
3	0.12	-0.03				46	1.84	0.09	0.03	0.01	
4	0.16	0.12				47	1.88	-0.01	0.02	0.01	
5	0.20	-0.01				48	1.92	0.03	0.02	0.02	
6	0.24	0.07				49	1.96	0.02	0.02	0.02	
7	0.28	0.03				50	2.00	-0.03	0.02	0.02	
8	0.32	0.01				51	2.04	0.07	0.02	0.02	
9	0.36	0.05				52	2.08	0.02	0.02	0.02	
10	0.40	0.00				53	2.12	0.02	0.02	0.02	
11	0.44	0.00				54	2.16	0.06	0.03	0.02	
12	0.48	0.04				55	2.20	-0.02	0.02	0.02	
13	0.52	-0.01				56	2.24	0.08	0.02	0.02	
14	0.56	0.04				57	2.28	0.01	0.02	0.02	
15	0.60	0.05				58	2.32	0.04	0.02	0.02	
16	0.64	-0.03				59	2.36	0.09	0.03	0.02	
17	0.68	0.07				60	2.40	0.01	0.03	0.02	
18	0.72	-0.02				61	2.44	0.07	0.03	0.02	
19	0.76	-0.04				62	2.48	0.04	0.03	0.02	
20	0.80	0.01				63	2.52	0.00	0.03	0.03	
21	0.84	-0.10				64	2.56	0.09	0.04	0.03	
22	0.88	-0.05				65	2.60	0.01	0.03	0.03	
23	0.92	0.08				66	2.64	0.04	0.03	0.03	
24	0.96	0.02				67	2.68	0.04	0.03	0.03	
25	1.00	0.08	0.02			68	2.72	0.00	0.03	0.03	
26	1.04	0.02	0.02			69	2.76	0.09	0.03	0.03	
27	1.08	0.00	0.02			70	2.80	0.02	0.03	0.03	
28	1.12	0.00	0.02			71	2.84	0.03	0.03	0.03	
29	1.16	0.00	0.01			72	2.88	0.03	0.03	0.03	
30	1.20	0.08	0.02			73	2.92	0.04	0.03	0.03	
31	1.24	0.02	0.01			74	2.96	0.11	0.04	0.03	
32	1.28	0.00	0.01			75	3.00	0.03	0.04	0.03	
33	1.32	0.07	0.01			76	3.04	0.04	0.04	0.03	
34	1.36	-0.02	0.01			77	3.08	0.07	0.04	0.04	
35	1.40	0.01	0.01			78	3.12	-0.01	0.04	0.04	
36	1.44	0.01	0.01			79	3.16	0.08	0.04	0.04	
37	1.48	-0.05	0.01	0.01		80	3.20	0.02	0.04	0.04	
38	1.52	0.00	0.01	0.01		81	3.24	0.03	0.04	0.04	
39	1.56	0.05	0.01	0.01		82	3.28	0.08	0.04	0.04	
40	1.60	0.04	0.01	0.01		83	3.32	0.01	0.04	0.04	
41	1.64	0.06	0.01	0.01		84	3.36	0.07	0.04	0.04	
42	1.68	0.01	0.01	0.01		85	3.40	0.01	0.04	0.04	
43	1.72	0.08	0.01	0.01		86	3.44	0.04	0.04	0.04	0.04

接着就从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比, 把 1 秒内的 25 个数据平均化, 在每个采样时间 (40 ms) 中求出移动平均值 (参照表 2)。

进而, 就移动平均化了的从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比, 把 0.52 秒内的 (13 个) 数据平均化, 在每个采样时间 (40 ms) 中求出加权移动平均值 (参照表 2)。

接着在每个采样时间中累计 50 个进行加权移动平均所得到的从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比, 求出从动轮的平均车轮加减速度对打滑比的一次回归系数 $K1$ (参照表 2)。回归系数 $K1$ 通过在每个采样时间中加权移动平均了的从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比的新的数据代替最旧的数据, 在每个采样时间中来运算。但是, 在加权移动平均了的打滑比为 0.5 以上或者 -0.5 以下的场合, 不加入 50 个的累计, 而在该时刻发出打滑警报。

进而, 求出此时的相关系数 R , 如果此一相关系数 R 为 0.6 以上则更新并保持回归系数 $K1$ 的值。在相关系数 R 不足 0.6 的场合, 不更新回归系数 $K1$ 的值。在此一场合, 从采样开始到得到回归系数 $K1$ 的最短时间 (响应时间) 如表 2 中所示加上第 1 次移动平均 (№25) 的处理开始时间 1 秒, 第 2 次移动平均 (№37) 的处理时间 0.52 秒, 回归用的数据数累计 (№37~86) 到 50 个的处理时间 2 秒, 减去数据重叠 (№25 和 №37) 的时间 0.08 (2×0.04) 秒, 为 3.44 秒。

把此一回归系数 $K1$ 的值与预先设定的下限值 (0.12 和 0.18) 进行比较, 来判定轮胎与路面的摩擦系数 μ 。也就是说前述回归系数 $K1$ 和相关系数 R 的运算, 在每个采样时间 (40 ms) 中进行, 根据以下的下限值来判定路面 μ 。

$K1 \leq 0.12$	高 μ 路 (不发出警报、注意预报)
$0.12 < K1 \leq 0.18$	中 μ 路 (发出打滑注意预报)
$0.18 < K1$	低 μ 路 (发出打滑警报)

第 3 实施例

本第 3 实施例就与前述第 2 实施例相同的数据的运算处理, 进行

两次加权移动平均化。也就是说就从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比,对 0.76 秒内 (19 个) 的数据进行平均化,在每个采样时间 (40 ms) 中求出移动平均值。

接着就移动平均化了的从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比,对 0.36 秒内 (9 个) 的数据进行平均化,在每个采样时间 (40 ms) 中求出加权移动平均值。

进而,就加权移动平均化了的从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比,对 0.16 秒内 (4 个) 的数据进行平均化,在每个采样时间 (40 ms) 中求出加权移动平均值。

以后的步骤按与前述第 2 实施例相同的步骤来进行。再者,从采样开始到得到回归系数 $K1$ 的最短时间 (响应时间) 为 3.16 秒 (= 0.76 秒 + 0.36 秒 + 0.16 秒 + 2 秒 - 0.12 秒)。

而且,根据所求出的回归系数 $K1$ 的值与第 1 实施例同样地判别轮胎与路面的摩擦系数 μ 。

第 1 比较例

基于与第 2 实施例相同的数据,就从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比,不进行加权移动平均,而是对 0.8 秒内 (20 个) 的数据进行平均化,在每个采样时间 (40 ms) 中仅求出一次移动平均值。

以后的步骤按与前述第 2 实施例相同的步骤来进行。再者,从采样开始到得到回归系数 $K1$ 的最短时间 (响应时间) 为 2.76 秒 (0.8 秒 + 2 秒 - 0.04 秒)。

而且,根据所求出的回归系数的值与第 2 实施例同样地判别轮胎与路面的摩擦系数 μ 。

第 2 比较例

基于与第 2 实施例相同的数据,就从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比,不进行加权移动平均,而是对 1.2 秒内 (30 个) 的数据进行平均化,在每个采样时间 (40 ms) 中仅作为一次移动平均值来求出。

以后的步骤按与前述第 2 实施例相同的步骤来进行。再者,从采

样开始到得到回归系数 $K1$ 的最短时间（响应时间）为 3.16 秒（1.2 秒 + 2 秒 - 0.04 秒）。

根据所求出的回归系数的值与第 2 实施例同样地判别轮胎与路面的摩擦系数 μ 。

第 3 比较例

针对与第 2 实施例相同的数据，就从动轮的平均车轮加减速度和前后轮的打滑比，不进行加权移动平均，而是对 1.6 秒内（40 个）的数据进行平均化，在每个采样时间（40 ms）中仅作为一次移动平均值来求出。

以后的步骤按与前述第 2 实施例相同的步骤来进行。再者，从采样开始到得到回归系数 $K1$ 的最短时间（响应时间）为 3.56 秒（1.6 秒 + 2 秒 - 0.04 秒）。

根据所求出的回归系数的值与第 2 实施例同样地判别轮胎与路面的摩擦系数 μ 。

前述第 2、3 实施例和第 1~3 比较例中的在干燥沥青、积雪和结冰沥青等各路面上的回归系数 $K1$ 的频度比率分别示于图 6~10 中的（a）、（b）和（c）。在图 6~10 中，根据以下的下限值来判定路面 μ 的结果，分别用 A、B、C 来表示高 μ 路、中 μ 路和低 μ 路。

$K1 \leq 0.12$	高 μ 路 A（不发出警报、注意预报）
$0.12 < K1 \leq 0.18$	中 μ 路 B（发出打滑注意预报）
$0.18 < K1$	低 μ 路 C（发出打滑警报）

在所有第 2、3 实施例和第 1~3 比较例中，如图 6（a）~ 图 10（a）中所示，在干燥沥青路上，作为判定值的回归系数 $K1$ 的 97 % 以上为 0.12 以下，可以判定为高 μ 路 A，与此相反，如图 6（b）~ 图 10（b）中所示，在积雪路上，判断为回归系数的 50 % 左右超过 0.12 的中 μ 路 B 和低 μ 路 C，频繁地发出注意预报或者警报。

此外如图 6（c）~ 图 10（c）中所示，在结冰沥青路上，判断为回归系数 $K1$ 的 80 % 左右超过 0.12 的中 μ 路 B 和低 μ 路 C，进而成为其半数超过 0.18 的低 μ 路 C，几乎全都发出注意预报或警报。

像以上这样，仅按前述结果，即使不进行加权移动平均，充分地判定路面的摩擦系数 μ 也是可能的。

另一方面，在第 2、3 实施例和第 1~3 比较例中，从采样开始到得到回归系数 K1 的最短时间也就是响应时间与相关系数 R 不足 0.6 而不更新回归系数 K1 的值的比率的关系示于表 2 和图 11。再者，相关系数 <0.6 的比率是在所有干燥沥青、积雪、结冰沥青等路面的平均。

表 3

	第 2 实施例	第 3 实施例	第 1 比较例	第 2 比较例	第 3 比较例
响应时间 (秒)	3.44	3.16	2.76	3.16	3.56
R < 0.6 的 比率 (%)	15	21	49	32	23

因为路面的摩擦系数 μ 不是均一的，所以可以认为响应时间越短越好，此外回归系数不更新的比率越少越好。因此，可以得知，相对于第 1~3 比较例，进行了加权移动平均的第 2、3 实施例针对响应时间的回归系数 K1 的不更新的比率减少而更好些。

虽然在本实施例中求出回归直线的数据数取为 50 个，但是在本发明中不限于此。不过，因为如果数据数过少则回归系数 K1 的值分散，相关系数 R 不足 0.6 的场合增加，出现回归系数 K1 不容易更新的场合，所以最低 5 个是必要的，但是相反如果数据数过多，则不仅响应时间加长，而且在路面的状态接连不断地变化的场合，数据的分散加大而相关系数 R 低的比率反而增多，成为无法判别路面 μ 的场合增加的结果，所以最好是兼顾采样时间来确定。

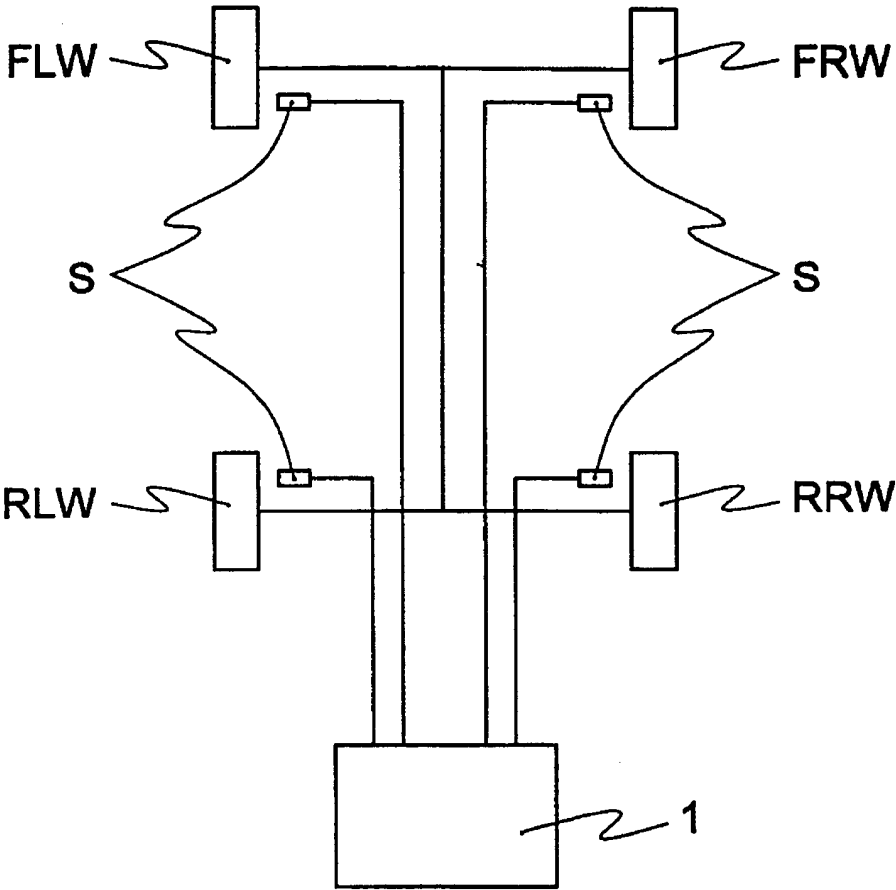
像以上这样，通过采用本系统，精度高而且在短时间内判别路面 μ 成为可能，可以把处于容易打滑的危险状态的情况向驾驶员传达。

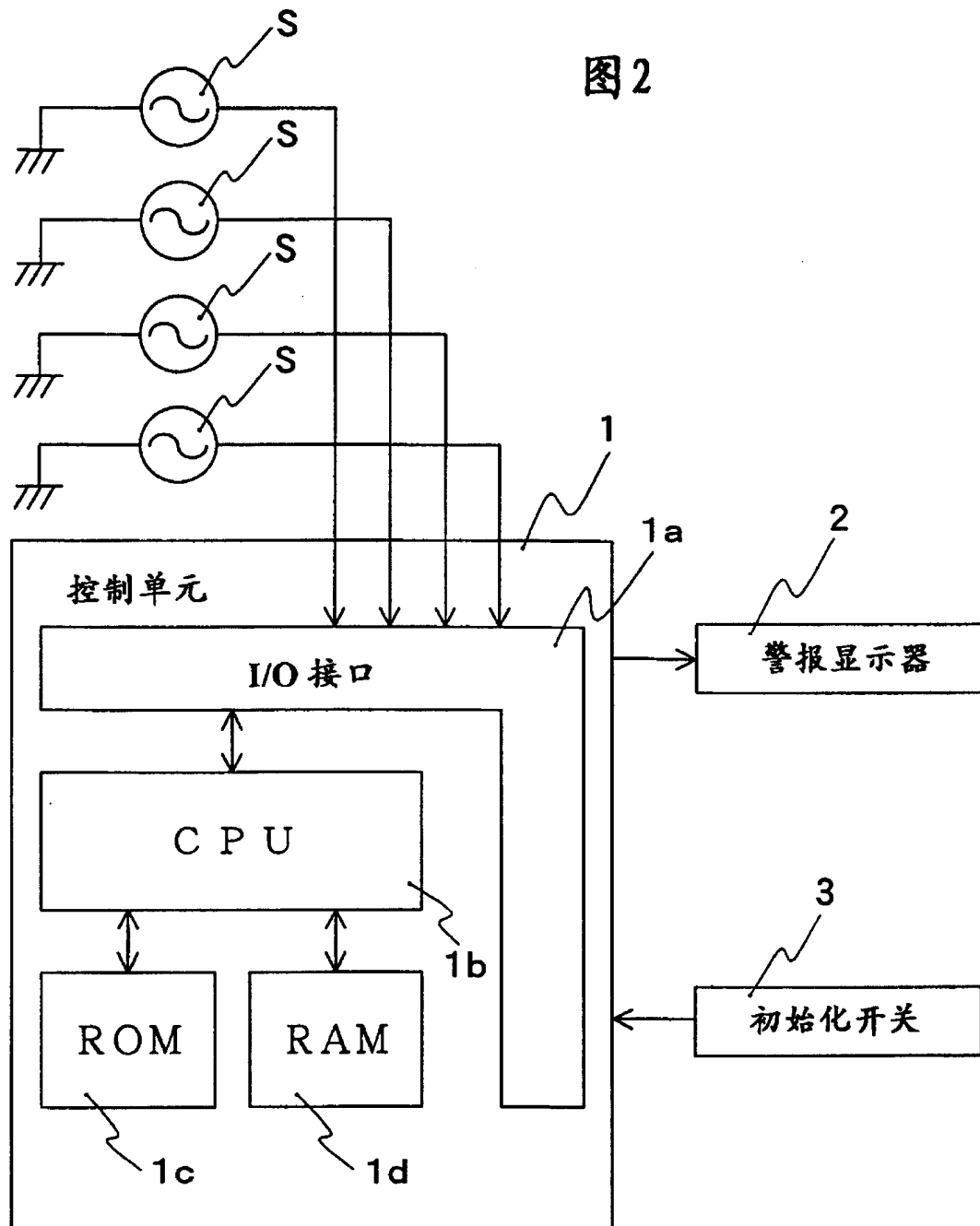
而且，通过把此一所判定的路面 μ 的信息用于 ABS 装置或 TRC 装置等，可以进行与路面 μ 相对应的最佳控制。此外，在判断为低 μ 路的场合，可以促使驾驶员注意到是容易打滑的路面。

正如以上的说明那样，如果采用本发明，则因为仅靠 4 轮的车轮转速信息也能够精度高并在短时间内判别路面 μ ，故可以提高车辆的性能和安全性。

此外，因为通过对车辆的加减速度和前后轮的打滑比进行加权移动平均，能够抑制数据的分散，故可以不加长响应时间而降低不更新判定结果的比率。结果，可以精度高并在短时间内判别路面 μ ，进而可以提高车辆的性能和安全性。

图 1





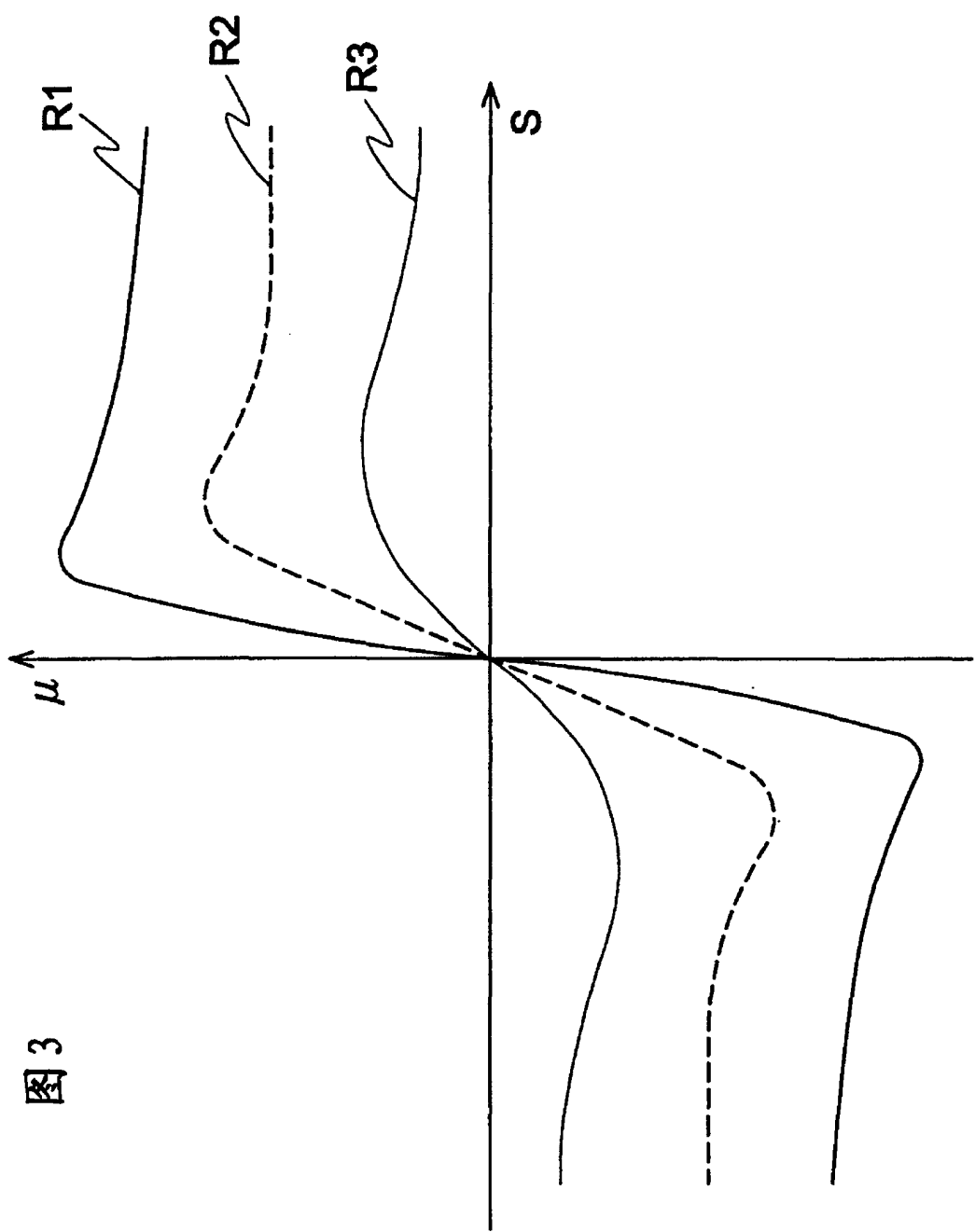


图 3

图 4

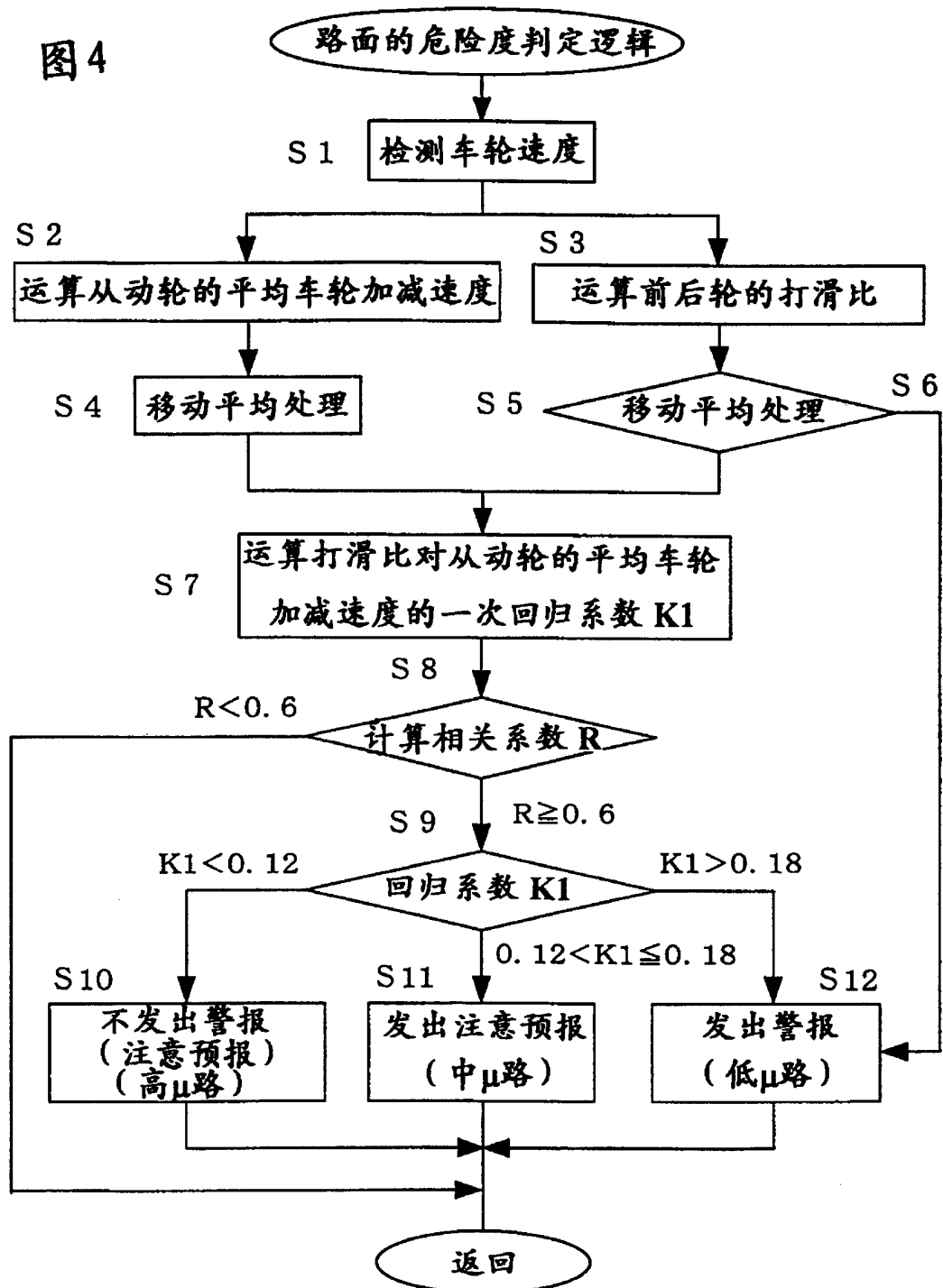


图 5

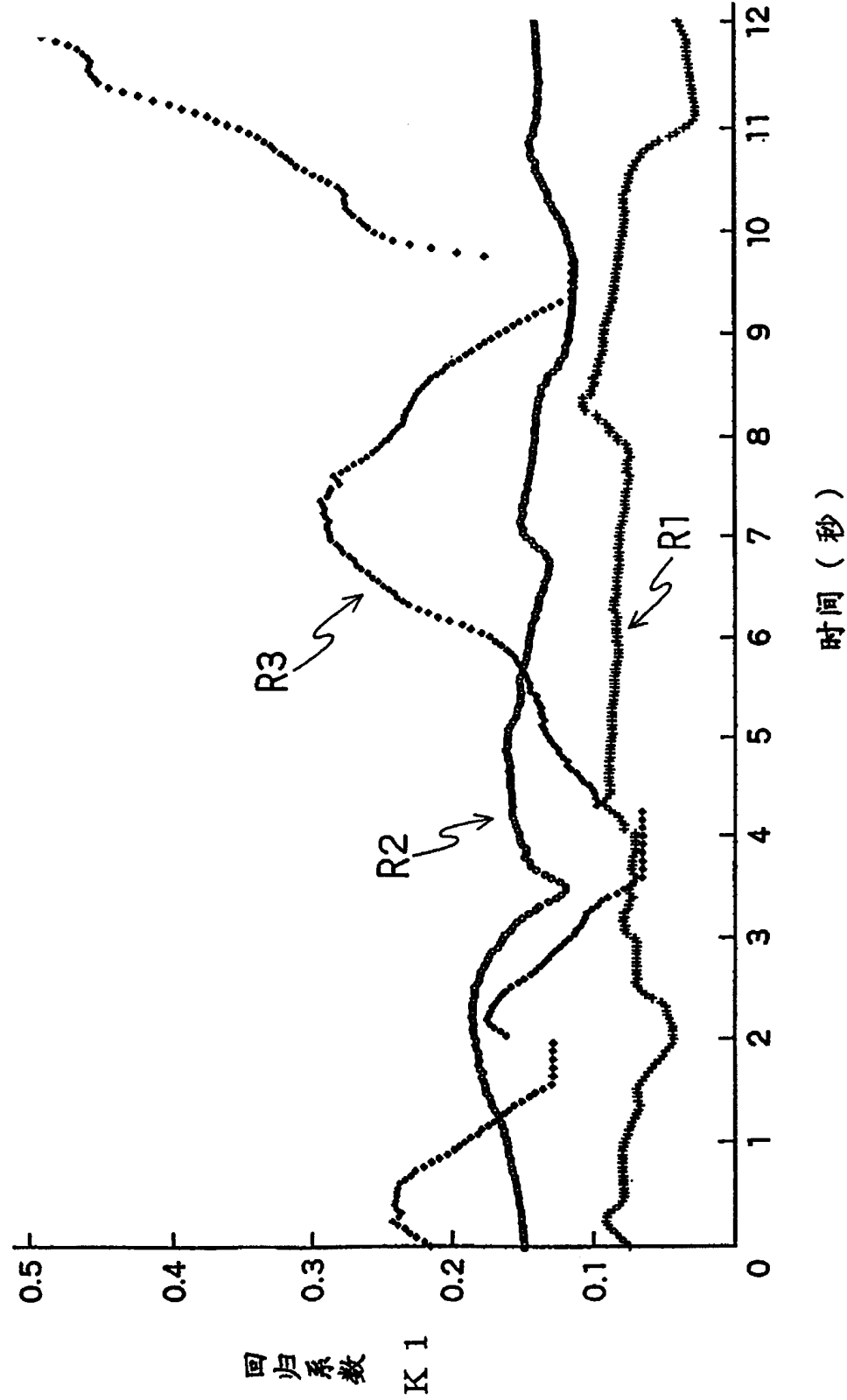


图 6(a)

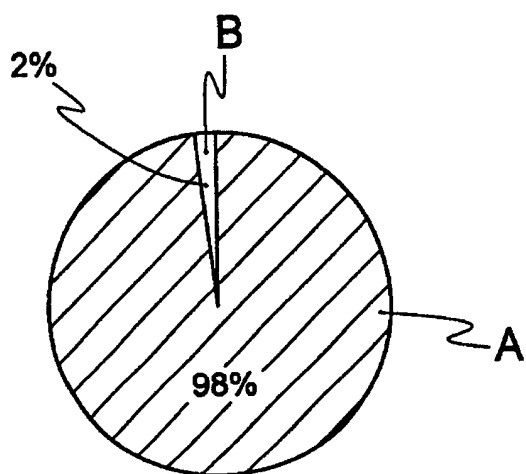


图 6(b)

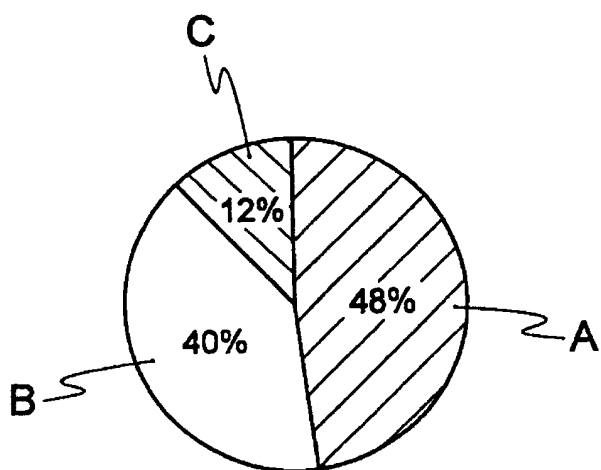


图 6(c)

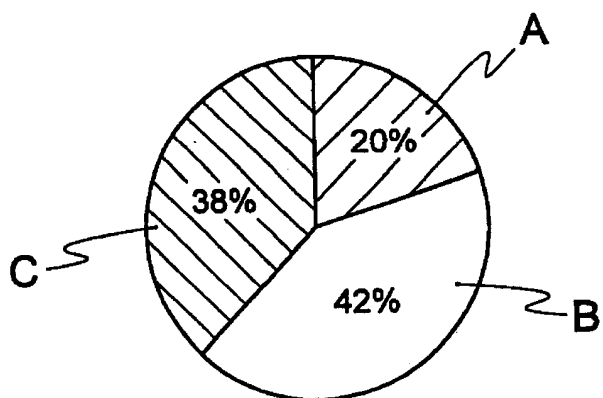


图 7(a)

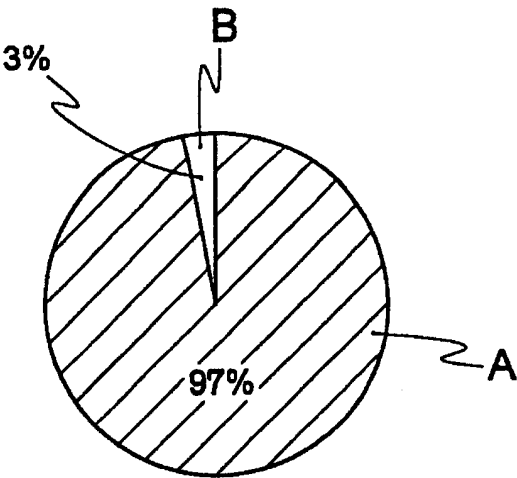


图 7(b)

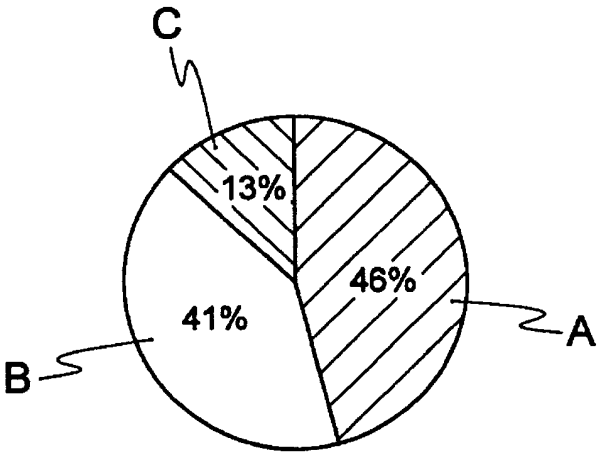


图 7(c)

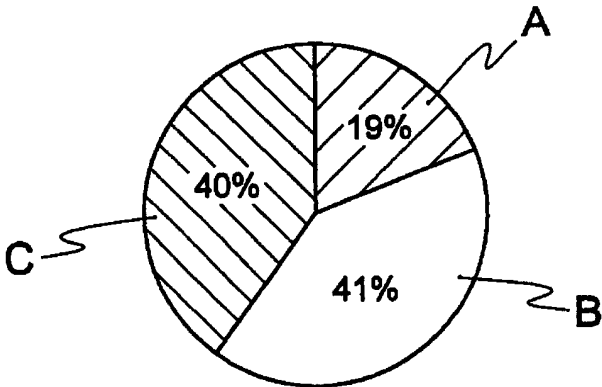


图 8(a)

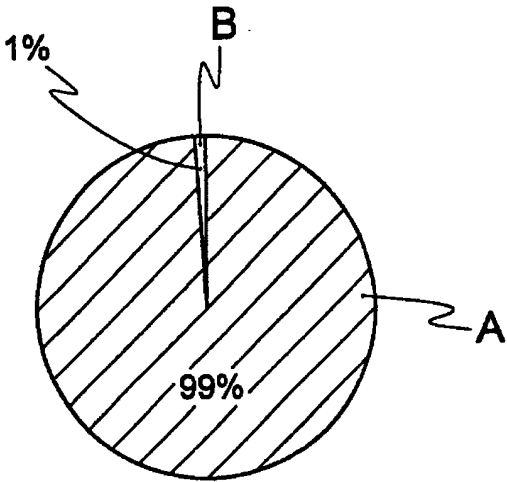


图 8(b)

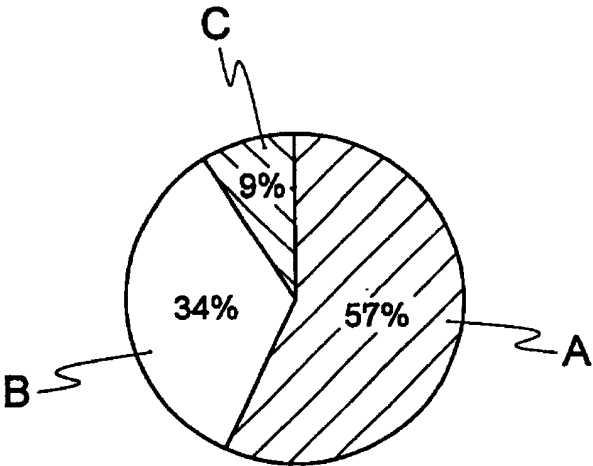


图 8(c)

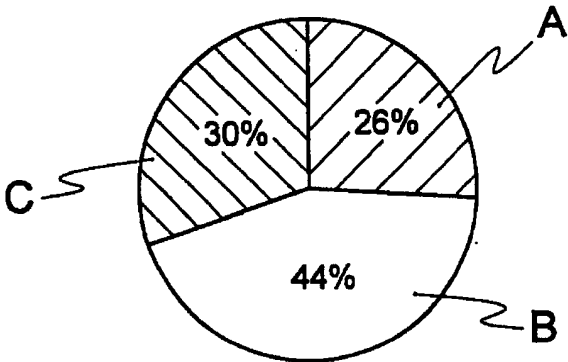


图 9(a)

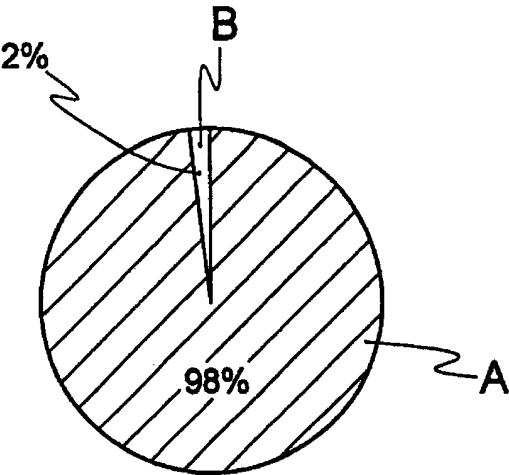


图 9(b)

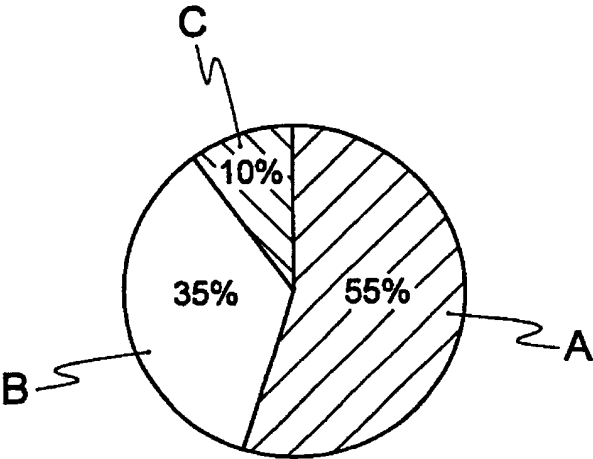


图 9(c)

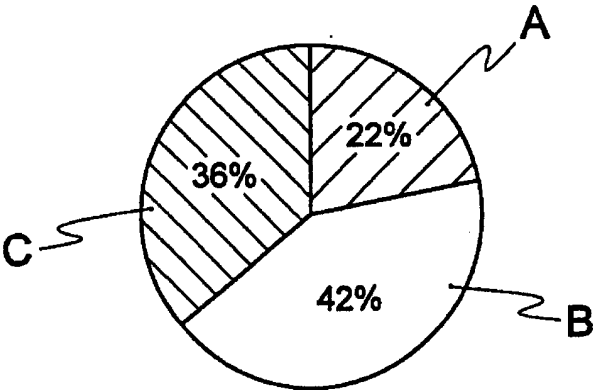


图10(a)

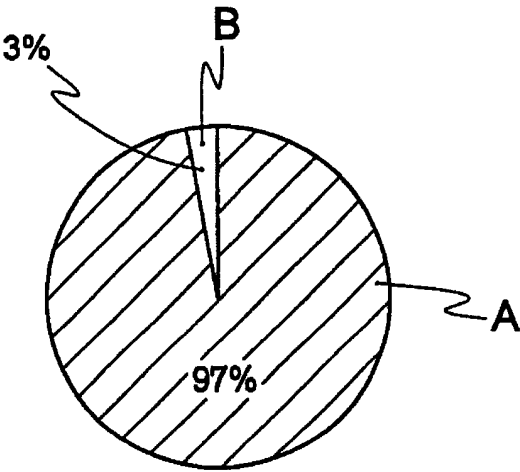


图10(b)

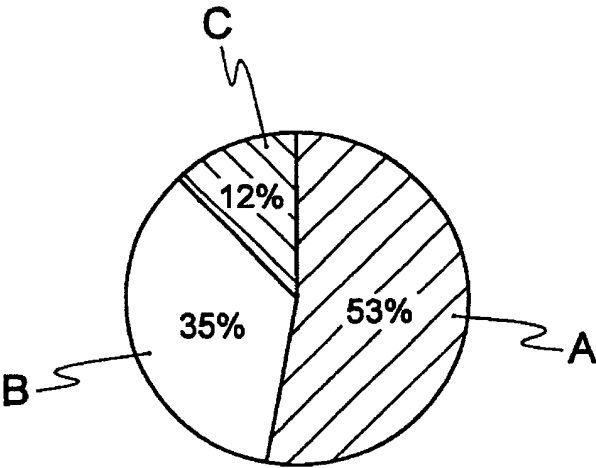


图10(c)

