

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B60R 16/023 (2006.01)

B60T 8/58 (2006.01)

G01N 19/02 (2006.01)

B60C 23/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02825876.2

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1321838C

[22] 申请日 2002.12.20 [21] 申请号 02825876.2

[30] 优先权

[32] 2001.12.21 [33] JP [31] 390605/2001

[32] 2001.12.21 [33] JP [31] 390560/2001

[32] 2001.12.21 [33] JP [31] 390583/2001

[86] 国际申请 PCT/JP2002/013332 2002.12.20

[87] 国际公布 WO2003/053747 日 2003.7.3

[85] 进入国家阶段日期 2004.6.21

[73] 专利权人 株式会社普利司通

地址 日本东京都

[72] 发明人 横田英俊 森永启诗

[56] 参考文献

JP9-170916A 1997.6.30

US4574267A 1986.3.4

JP6-258196A 1994.9.16

US5852243A 1998.12.22

US5325300A 1994.6.28

审查员 董 胜

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

代理人 韩登营

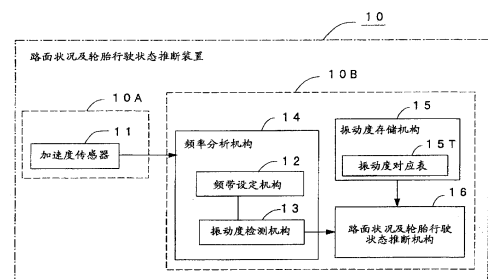
权利要求书 10 页 说明书 41 页 附图 21 页

[54] 发明名称

路面状况及轮胎行驶状态的推断方法和装置  
及利用它们的防滑刹车系统和车辆控制

[57] 摘要

一种路面状况及轮胎行驶状态的推断方法和装置及利用它们的防滑刹车系统和车辆控制，其中，通过频率分析机构(14、34)对由安装在车轮(1)的加速度传感器(11)检测出的车轮的振动信息信号、或由设在轮胎内的压力传感器(31)检测出的轮胎内的气体压力变动信息信号进行频率分析，检测出其振动频谱或压力变动频谱的带宽值，将该检测出的带宽的振动度或压力变动幅度与振动度存储机构(15)中所存储的表示路面摩擦系数  $\mu$  和 振动度之间关系对应表(15T)、或者与压力变动幅度存储机构(35)中所存储的表示路面摩擦系数  $\mu$  和 压力变动幅度之间的关系对应表(35T)相比较，由此精度良好地推断路面摩擦系数  $\mu$  的值，提高车辆行驶时的安全性。



1. 一种通过在车辆行驶时检测轮胎的振动而推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于：通过安装在轮胎或车轮上或者安装在悬架部的轮毂部的振动检测机构检测出行驶中的车辆的轮胎的振动或者轮胎传递给车轮或悬架部的轮毂部的振动；以及检测出对上述检测后的振动进行频率分析所得到的振动频谱的振动幅度，由此推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

2. 一种通过在车辆行驶时检测轮胎的振动而推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于：检测出在行驶中由轮胎的振动引起的填充在轮胎内的气体的压力变动；以及检测出对上述检测后的压力变动进行频率分析所得到的压力变动频谱的压力变动幅度，由此推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

3. 如权利要求2所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，在用设置在轮胎内的压力传感器的输出的绝对值检测出轮胎内压的同时，检测出上述输出在时间轴上的微小振动成分，将其作为上述气体的压力变动。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，检测出上述振动频谱或者压力变动频谱的、至少处于10~10000Hz的范围内的振动度或者压力变动幅度。

5. 如权利要求1~3中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，把检测上述振动度或压力变动幅度时的频带的带宽为10~500Hz的范围。

6. 如权利要求1~3中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，把检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽为检测频带的1~100%的范围。

7. 如权利要求1~3中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，在之上3个的频带分别检测出上述振动度或压力变动幅度。

8. 如权利要求 1~3 中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法, 其特征在于, 根据上述振动度或者压力变动幅度的数据, 用下述的运算式运算出路面摩擦系数的推断值,

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1/[1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此,  $a_0$  为常数,  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数;

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或压力变动幅度。

9. 如权利要求 8 所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法, 其特征在于, 求出上述权利要求 8 所述的路面摩擦系数的推断值与预先测量的路面摩擦系数之间的相关系数, 以使该相关系数成为最高值的方式设定检测用于推断路面摩擦系数的振动度或者压力变动幅度的频带。

10. 如权利要求 1~3 中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法, 其特征在于, 除使用上述振动频谱或者压力变动频谱的数据之外, 还使用车辆的速度数据来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

11. 如权利要求 1~3 中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法, 其特征在于, 检测出前轮速度和后轮速度, 使用由上述检测出的前轮速度和后轮速度所算出的打滑率来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

12. 如权利要求 10 所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法, 其特征在于, 从车辆的速度数据检测出轮胎的花纹间隔频率, 检测上述振动频谱或者压力变动频谱的包含上述花纹间隔频率的频带的振动度或者压力变动幅度, 在该检测出的振动度或者压力变动幅度超过规定的阈值的场合, 推断为轮胎处于水面打滑状态。

13. 如权利要求 10 所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法, 其特征在于, 从车辆的速度数据检测出轮胎的花纹间隔频率, 检测上述振动频谱或者压力变动频谱的包含上述花纹间隔频率的频带的振动度或压力变动幅度, 同时求出不受上述花纹间隔频率影响的频带的振动度或者压力变动幅度, 在上述花纹间隔频带中的振动度或者压力

变动幅度相对于该求出的振动度或者压力变动幅度的比值超过规定阈值的场合，推断为轮胎处于水平滑行状态。

14. 如权利要求 12 或者 13 所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，上述阈值可变。

15. 如权利要求 1~3 中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，除使用上述振动频谱或者压力变动频谱的数据之外，还用轮胎内压的数据来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

16. 如权利要求 15 所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，从上述振动频谱的数据求出轮胎的固有频率，从预先求出的轮胎固有频率和轮胎内压的关系推断出轮胎内压，将该推断出的轮胎内压作为上述轮胎内压的数据。

17. 如权利要求 1~3 中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断方法，其特征在于，检测上述压力变动频谱中的 10~100KHz 的频带内的与轮胎旋转同步的区域的压力变动幅度，将其与正常时的压力变动幅度进行比较，在压力变动比正常情况高出至少 20% 的场合，推断为在轮胎上出现了某些异常。

18. 如权利要求 1~3 中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断方法，其特征在于，除使用上述振动频谱或者压力变动频谱的数据之外，还用车辆各轮的负载数据来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

19. 如权利要求 1~3 中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断方法，其特征在于，在轮胎或者车轮部把上述振动或者压力变动的信息信号变换并压缩成数字变换信号后将其发送至车体侧，在车体侧接收上述压缩信号并将其复原，并进行频率分析。

20. 一种路面状况及轮胎行驶状态推断装置，包括用于检测行驶中的车辆的轮胎的振动的振度检测机构和根据所检测到的轮胎的振动推断路面状况及轮胎行驶状态的机构，其特征在于，所述装置包括：

检测行驶中的轮胎的振动或者由轮胎传送到车轮上的振动的安装

在轮胎或者车轮上的振动检测机构;

检测出对上述检测出的振动进行频率分析所得到的上述振动的频谱的、至少包含在 10~10000Hz 的范围的频带的振动度的机构;以及

根据上述检测出的振动度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的机构。

21. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 其特征在于, 上述振动为轮胎或者车轮的宽度方向的振动。

22. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 其特征在于, 上述振动为轮胎或者车轮的圆周方向的振动。

23. 如权利要求 20~22 中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 其特征在于, 把上述振动检测机构与监视填充在轮胎内的气体的压力的压力传感器设置在同一基板上或者同一壳体内。

24. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 其特征在于, 把上述振动检测机构或者设置上述振动检测机构的基板安装在轮胎或者车轮上。

25. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 其特征在于, 从车体侧用无线方式驱动上述振动检测机构, 省略了驱动检测部的电源。

26. 一种路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 包括用于检测行驶中的车辆的轮胎的振动的振度检测机构和根据所检测到的轮胎的振动推断路面状况及轮胎行驶状态的机构, 其特征在于, 所述装置包括:

检测由轮胎传送到悬架部的轮毂部上的振动的振动检测机构, 该振动检测机构安装在悬架部的轮毂部上;

检测对上述检测出的振动进行频率分析所得到的上述振动的频谱的、至少包含在 10~10000Hz 的范围内的频带的振动度的机构; 以及

根据上述检测的振动度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的机构。

27. 如权利要求 26 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 其特征在于, 把上述振动检测机构安装在与安装有车轮的轮毂一体化的

部位上。

28. 一种路面状况及轮胎行驶状态推断装置，包括用于检测行驶中的车辆的轮胎的振动的振度检测机构和根据所检测到的轮胎的振动推断路面状况及轮胎行驶状态的机构，其特征在于，所述装置包括：

检测出填充在行驶中的车辆的轮胎中由轮胎的振动引起的填充在轮胎内的气体的压力变动的压力变动检测机构；

检测出对上述检测出的压力变动进行频率分析所得到的压力变动频谱的、至少包含在 10 ~ 10000Hz 的范围内的频带的压力变动幅度的机构；以及

根据上述检测出的压力变动幅度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的机构。

29. 如权利要求 28 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，在用设置在轮胎内的压力传感器的输出的绝对值检测轮胎内压的同时，检测上述输出在时间轴上的微小振动成分，并将其作为上述气体的压力变动。

30. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，把检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽设定为检测频带的 1 ~ 100% 的范围，同时根据在一个或者多个频带检测的上述振动度或者压力变动幅度的数据，用下述的运算式运算出路面摩擦系数的推断值，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此  $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度。

31. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，在轮胎或者车轮部设置信号处理机构，对用上述振动检测机构检测出的振动信息信号或者用压力变动检测机构检测出的压力变动信息信号进行数字变换，同时将其压缩并发送至车体侧，在车体侧接收上述压缩信号并对其进行复原和频率分析。

32. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其

特征在于，在轮胎或者车轮部上设置信号处理机构，在轮胎或者车轮部对用上述振动检测机构检测出的振动信息信号或者用压力变动检测机构检测出的压力变动信息信号进行频率分析，由此推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态，并把表示该推断的行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的数据发送至车体侧。

33. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，使安装在车轮部上的轮胎气门嘴具有用于进行上述数据通信的天线功能。

34. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，把用于进行上述数据通信的天线设置在车轮轮缘部的圆周上。

35. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，设置用于初始化随机动车或车轮、轮胎的种类不同而不同的振动信息或者压力变动信息的复位按钮，或者设有进行初始化的系统，该进行初始化的系统对包含车轮速度、车体加速度、车体旋转角速度中的任一个或者多个的车辆工作状况数据信息与来自该推断装置的信息进行查对而自动地进行上述振动信息或者压力变动信息的初始化。

36. 如权利要求 20 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，在车辆的各轮上设有负载测量装置，基于车辆各轮的负载数据推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

37. 一种车辆控制装置，其特征在于，具有上述权利要求 30 所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置、以及基于用上述装置推断的路面状况和/或行驶中的轮胎的状态控制车辆的行驶状态的车辆控制机构。

38. 一种路面状况推断方法，检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数的路面状况，其特征在于，检测制动器开关的开、

关，在判断为制动器被踩踏了的场合下，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

39. 一种路面状况推断方法，在检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数的路面状况，其特征在于，检测驱动轮和从动轮的速度并算出打滑率，在该打滑率超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

40. 一种路面状况推断方法，检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数的路面状况，其特征在于，检测发动机转速，在发动机转速超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

41. 如权利要求 40 所述的路面状况推断方法，其特征在于，对应于行驶齿轮和离合器的连接状况变更上述发动机转速的阈值。

42. 如权利要求 38~41 中任一项所述的路面状况推断方法，其特征在于，使检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽定在检测频带的 1~100% 的范围，同时，根据在 1 个或者多个频带检测出的上述振动度或者压力变动幅度的数据，用下述的运算式推断出路摩擦系数，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数，

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度。

43. 一种路面状况推断装置，该装置检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数，其特征在于，包括检测制动器开关的开、关的机构，在判断为制动器被踩踏了的场合，中断路面摩擦系数



的推断值的更新。

44. 一种路面状况推断装置，该装置检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数，其特征在于，包括检测驱动轮和从动轮的速度的机构、及根据上述检测的驱动轮和从动轮的速度算出打滑率的机构，在上述打滑率超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

45. 一种路面状况推断装置，该装置检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数，其特征在于，包括检测发动机转速的机构，在发动机转速超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

46. 如权利要求 45 所述的路面状况推断装置，其特征在于，设置检测行驶齿轮和离合器的连接状况的机构，根据行驶齿轮和离合器的连接状况变更上述发动机转速的阈值。

47. 如权利要求 43~46 中任一项所述的路面状况推断装置，其特征在于，在轮胎或者车轮部或者悬架部把上述振动或者压力变动的信息信号变换数字信号后并压缩，将其发送至车体侧，在车体侧接收上述压缩信号后将其复原，对其进行频率分析。

48. 一种 ABS 制动控制方法，其用于根据轮胎和路面的摩擦系数的大小控制向 ABS 控制转移的制动器油压，其特征在于，检测轮胎振动、悬架部振动、车轮振轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此连续地推断路面摩擦系数，同时相应于驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，变更向 ABS 控制转移的制动器油压的阈值。

49. 一种 ABS 制动控制方法，其特征在于，检测轮胎振动、车轮

振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析，所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此连续地推断路面摩擦系数，同时相应于驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，调整 ABS 制动器油压的增减程度。

50. 如权利要求 48 或者 49 所述的 ABS 制动控制方法，其特征在于，使检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽为检测频带的 1~100% 的范围，同时根据在一个或者多个频带检测出的上述振动度或者压力变动幅度的数据，用下述的运算式连续地推断路面摩擦系数，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数，

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度。

51. 一种 ABS 制动控制装置，其特征在于，包括：

检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方的机构；

检测出对上述检测出的振动信息信号或者压力变动信号进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，用下述的运算式连续地运算路面摩擦系数的推断值的机构，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数，

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度；

检测制动器开关的开、关的机构；以及

根据驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，变更向 ABS 控制转移的制动器油压的阈值的机构。

52. 一种 ABS 制动控制装置，其特征在于，具有：

检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方的机构；

检测出对上述检测的振动信息信号或者压力变动信号进行频率

分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，用下述的运算式连续地运算路面摩擦系数的推断值的机构，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数，

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度；

检测制动器开关的开、关的机构；以及

根据驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，调整 ABS 制动器油压的增减程度的机构。

53. 一种车辆控制装置，其特征在于，具有上述权利要求 51 或者 52 所述的 ABS 制动控制装置。

## 路面状况及轮胎行驶状态的推断方法和装置 及利用它们的防滑刹车系统和车辆控制

### 技术领域

本发明涉及用于推断行驶时的轮胎的行驶状态及轮胎接地的路面的状态的方法及其装置。

### 背景技术

为了提高机动车的行驶稳定性，要求高精度地推断行驶时的轮胎的状态和轮胎接地的路面状况，反馈给车辆控制。在此，所谓轮胎的状态是轮胎内压、损耗、故障的预测等，所谓路面状况，主要指路面和轮胎之间的摩擦系数（路面摩擦系数 $\mu$ ）

如果能够预先推断轮胎的行驶状态或路面状况，则可以考虑进行以下活动，即，可以在轮胎产生故障之前停车并进行检查，或者在进行所谓制动或者转向操作的回避危险的操作之前，可以实现 ABS 制动器的更高的控制，使安全性进一步提高。另外，即使只把行驶中的路面状况的危险度传递给驾驶员，使得驾驶员可提前进行减速操作，也可以期待减少事故的发生。

以前，作为推断路面摩擦系数的方法，提出了一种通过在车辆行驶时检测轮胎的振动而推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，利用作为表示车轮的旋转速度的变动的物理量的轮胎的均匀水平随路面摩擦系数的大小而变化的原理来推断路面摩擦系数的方法（日本特开 2000—55790 号公报），或者在连结前轮和车体的下臂上安装加速度计，检测出具有前束角的轮胎的横向振动，利用其振动度随路面摩擦系数而变化的原理来推断路面摩擦系数的方法（日本特开平 6—258196 号公报）等。

但是，在根据上述轮胎的均匀水平推断路面摩擦系数的方法中，

因产生轮胎跑气 (flat spot) 而使均匀性恶化, 在其恢复的过程中, 很难进行正确的推断。

另外, 在根据带有前束角的前轮的横向振动来推断路面摩擦系数的方法中, 存在轮胎的滑移角完全为零的场合或为大滑移角的场合下测量精度低的问题。

另外, 根据作为车轮的上下方向的加速度的弹簧下加速度和作为车体的上下方向的加速度的弹簧上加速度之间的传递特性来推断路面摩擦系数的方法也被提出 (日本特开平 11-94661 号公报)。在该方法中, 由于在路面摩擦系数的推断上不使用转向操作力, 所以具有即使在几乎不进行转向操作的直线路径上也可以推断路面摩擦系数的优点, 但由于根据经由弹簧或减震器等的缓冲特性大的悬架装置的 2 点间的振动的传递特性来推断路面摩擦系数, 所以存在容易受路面的凹凸的影响的问题。例如, 在雪地上等粗糙路面上, 由于弹簧下振动变大, 所以振动被悬架吸收的弹簧上的振动和上述弹簧下的振动的振动度差变大, 导致不能正确地推断路面摩擦系数。

另外, 提出了路面状况及轮胎行驶状态推断装置, 包括用于检测行驶中的车辆的轮胎的振动的振度检测机构和根据所检测到的轮胎的振动推断路面状况及轮胎行驶状态的机构。

## 发明内容

鉴于上述现有技术的问题, 本发明的目的在于, 高精度地推断轮胎接地的路面状况和轮胎行驶状态, 从而提高车辆的行驶安全性。

本发明者们详细地研究了行驶中的轮胎的接地变动和故障时的轮胎变动, 得出以下结论, 对行驶中的轮胎的圆周方向的振动或者宽度方向的振动进行频率分析而得到上述振动的频谱 (振动频谱), 掌握上述频谱的 1 个或多个频带中的振动度随轮胎接地的路面的状态或轮胎的故障形态而发生的特征性的变化。因此, 通过把这样的振动作为轮胎自身的振动或者从车轮传来的车轮或悬架部的振动或者填充在轮胎内的气体 (通常是空气) 的压力在时间轴上发生的微小的变化进

行检测，可以高精度地推断路面状况及轮胎行驶状态。

本发明涉及如下内容

1. 一种通过在车辆行驶时检测轮胎的振动而推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于：通过安装在轮胎或车轮上或者安装在悬架部的轮毂部的振动检测机构检测出行驶中的车辆的轮胎的振动或者轮胎传送给车轮或悬架部的轮毂部的振动；以及检测出对上述检测后的振动进行频率分析所得到的振动频谱的振动幅度，由此推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

2. 一种通过在车辆行驶时检测轮胎的振动而推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于：检测出在行驶中由轮胎的振动引起的填充在轮胎内的气体的压力变动；以及检测出对上述检测后的压力变动进行频率分析所得到的压力变动频谱的压力变动幅度，由此推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

3. 根据第2项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，在用设置在轮胎内的压力传感器的输出的绝对值检测出轮胎内压的同时，检测出上述输出在时间轴上的微小振动成分，将其作为上述气体的压力变动。

4. 根据第1~3项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，检测出上述振动频谱或者压力变动频谱的、至少处于10~10000Hz的范围内的振动度或者压力变动幅度。

5. 根据第1~3项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，把检测上述振动度或压力变动幅度时的频带的带宽为10~500Hz的范围。

6. 根据第1~3项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，把检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽为检测频带的1~100%的范围。

7. 根据第1~3项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，在之上3个的频带分别检测出上述振动度或压力变动幅度。

8. 根据第 1~3 项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法,其特征在于,根据上述振动度或者压力变动幅度的数据,用下述的运算式运算出路面摩擦系数的推断值,

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1/[1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此,  $a_0$  为常数,  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数;

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或压力变动幅度。

9. 根据第 8 项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法,其特征在于,求出上述权利要求 8 所述的路面摩擦系数的推断值与预先测量的路面摩擦系数之间的相关系数,以使该相关系数成为最高值的方式设定检测用于推断路面摩擦系数的振动度或者压力变动幅度的频带。

10. 根据第 1~3 项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法,其特征在于,除使用上述振动频谱或者压力变动频谱的数据之外,还使用车辆的速度数据来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

11. 根据第 1~3 项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法,其特征在于,检测出前轮速度和后轮速度,使用由上述检测出的前轮速度和后轮速度所算出的打滑率来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

12. 根据第 10 项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法,其特征在于,从车辆的速度数据检测出轮胎的花纹间隔频率,检测上述振动频谱或者压力变动频谱的包含上述花纹间隔频率的频带的振动度或者压力变动幅度,在该检测出的振动度或者压力变动幅度超过规定的阈值的场合,推断为轮胎处于水面打滑状态。

13. 根据第 10 项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法,其特征在于,从车辆的速度数据检测出轮胎的花纹间隔频率,检测上述振动频谱或者压力变动频谱的包含上述花纹间隔频率的频带的振动度或压力变动幅度,同时求出不受上述花纹间隔频率影响的频带的振动度或者压力变动幅度,在上述花纹间隔频带中的振动度或者压力变

动幅度相对于该求出的振动度或者压力变动幅度的比值超过规定阈值的场合，推断为轮胎处于水平滑行状态。

14. 根据第 12 或者 13 项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，上述阈值可变。

15. 根据第 1~3 项中任一项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，除使用上述振动频谱或者压力变动频谱的数据之外，还用轮胎内压的数据来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

16. 根据第 15 项所述的推断路面状况及轮胎行驶状态的方法，其特征在于，从上述振动频谱的数据求出轮胎的固有频率，从预先求出的轮胎固有频率和轮胎内压的关系推断出轮胎内压，将该推断出的轮胎内压作为上述轮胎内压的数据。

17. 根据第 1~3 项中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断方法，其特征在于，检测上述压力变动频谱中的 10~100KHz 的频带内的与轮胎旋转同步的区域的压力变动幅度，将其与正常时的压力变动幅度进行比较，在压力变动比正常情况高出至少 20% 的场合，推断为在轮胎上出现了某些异常。

18. 根据第 1~3 项中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断方法，其特征在于，除使用上述振动频谱或者压力变动频谱的数据之外，还用车辆各轮的负载数据来推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

19. 根据第 1~3 项中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断方法，其特征在于，在轮胎或者车轮部把上述振动或者压力变动的信息信号变换并压缩成数字变换信号后将其发送至车体侧，在车体侧接收上述压缩信号并将其复原，并进行频率分析。

20. 一种路面状况及轮胎行驶状态推断装置，包括用于检测行驶中的车辆的轮胎的振动的振度检测机构和根据所检测到的轮胎的振动推断路面状况及轮胎行驶状态的机构，其特征在于，所述装置包括：

检测行驶中的轮胎的振动或者由轮胎传送到车轮上的振动的安装



在轮胎或者车轮上的振动检测机构;

检测出对上述检测出的振动进行频率分析所得到的上述振动的频谱的、至少包含在 10~10000Hz 的范围的频带的振动度的机构;以及

根据上述检测出的振动度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的机构。

21. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置,其特征在于,上述振动为轮胎或者车轮的宽度方向的振动。

22. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置,其特征在于,上述振动为轮胎或者车轮的圆周方向的振动。

23. 根据第 20~22 项中任一项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置,其特征在于,把上述振动检测机构与监视填充在轮胎内的气体的压力的压力传感器设置在同一基板上或者同一壳体内。

24. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置,其特征在于,把上述振动检测机构或者设置上述振动检测机构的基板安装在轮胎或者车轮上。

25. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置,其特征在于,从车体侧用无线方式驱动上述振动检测机构,省略了驱动检测部的电源。

26. 一种路面状况及轮胎行驶状态推断装置,包括用于检测行驶中的车辆的轮胎的振动的振度检测机构和根据所检测到的轮胎的振动推断路面状况及轮胎行驶状态的机构,其特征不在于,所述装置包括:

检测由轮胎传送到悬架部的轮毂部上的振动的振动检测机构,该振动检测机构安装在悬架部的轮毂部上;

检测对上述检测出的振动进行频率分析所得到的上述振动的频谱的、至少包含在 10~10000Hz 的范围内的频带的振动度的机构;以及

根据上述检测的振动度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的机构。

27. 根据第 26 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置,其特征不在于,把上述振动检测机构安装在与安装有车轮的轮毂一体化的部

位上。

28. 一种路面状况及轮胎行驶状态推断装置，包括用于检测行驶中的车辆的轮胎的振动的振度检测机构和根据所检测到的轮胎的振动推断路面状况及轮胎行驶状态的机构，其特征在于，所述装置包括：

检测出填充在行驶中的车辆的轮胎中由轮胎的振动引起的填充在轮胎内的气体的压力变动的压力变动检测机构；

检测出对上述检测出的压力变动进行频率分析所得到的压力变动频谱的、至少包含在 10~10000Hz 的范围内的频带的压力变动幅度的机构；以及

根据上述检测出的压力变动幅度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的机构。

29. 根据第 28 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，在用设置在轮胎内的压力传感器的输出的绝对值检测轮胎内压的同时，检测上述输出在时间轴上的微小振动成分，并将其作为上述气体的压力变动。

30. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，把检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽设定为检测频带的 1~100% 的范围，同时根据在一个或者多个频带检测的上述振动度或者压力变动幅度的数据，用下述的运算式运算出路面摩擦系数的推断值，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1/[1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此  $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度。

31. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，在轮胎或者车轮部设置信号处理机构，对用上述振动检测机构检测出的振动信息信号或者用压力变动检测机构检测出的压力变动信息信号进行数字变换，同时将其压缩并发送至车体侧，在车体侧接收上述压缩信号并对其进行复原和频率分析。

32. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特

征在于，在轮胎或者车轮部上设置信号处理机构，在轮胎或者车轮部对用上述振动检测机构检测出的振动信息信号或者用压力变动检测机构检测出的压力变动信息信号进行频率分析，由此推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态，并把表示该推断的行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的数据发送至车体侧。

33. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，使安装在车轮部上的轮胎气门嘴具有用于进行上述数据通信的天线功能。

34. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，把用于进行上述数据通信的天线设置在车轮轮缘部的圆周上。

35. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，设置用于初始化随机动车或车轮、轮胎的种类不同而不同的振动信息或者压力变动信息的复位按钮，或者设有进行初始化的系统，该进行初始化的系统对包含车轮速度、车体加速度、车体旋转角速度中的任一个或者多个的车辆工作状况数据信息与来自该推断装置的信息进行查对而自动地进行上述振动信息或者压力变动信息的初始化。

36. 根据第 20 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置，其特征在于，在车辆的各轮上设有负载测量装置，基于车辆各轮的负载数据推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态。

37. 一种车辆控制装置，其特征在于，具有第 30 项所述的路面状况及轮胎行驶状态推断装置、以及基于用上述装置推断的路面状况和/或行驶中的轮胎的状态控制车辆的行驶状态的车辆控制机构。

38. 一种路面状况推断方法，检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数的路面状况，其特征在于，检测制动器开关的开、关，在判断为制动器被踩踏了的场合下，中断路面摩擦系数的推断值

的更新。

39. 一种路面状况推断方法，在检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数的路面状况，其特征在于，检测驱动轮和从动轮的速度并算出打滑率，在该打滑率超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

40. 一种路面状况推断方法，检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数的路面状况，其特征在于，检测发动机转速，在发动机转速超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

41. 根据第40项所述的路面状况推断方法，其特征在于，对应于行驶齿轮和离合器的连接状况变更上述发动机转速的阈值。

42. 根据第38~41项中任一项所述的路面状况推断方法，其特征在于，使检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽定在检测频带的1~100%的范围，同时，根据在1个或者多个频带检测出的上述振动度或者压力变动幅度的数据，用下述的运算式推断出路面摩擦系数，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$ 为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$ 为系数，

$x_i$ 为频带( $f_i$ )中的振动度或者压力变动幅度。

43. 一种路面状况推断装置，该装置检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数，其特征在于，包括检测制动器开关的开、关的机构，在判断为制动器被踩踏了的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

44. 一种路面状况推断装置，该装置检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数，其特征不在于，包括检测驱动轮和从动轮的速度的机构、及根据上述检测的驱动轮和从动轮的速度算出打滑率的机构，在上述打滑率超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

45. 一种路面状况推断装置，该装置检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此来推断路面摩擦系数，其特征不在于，包括检测发动机转速的机构，在发动机转速超过预先设定的阈值的场合，中断路面摩擦系数的推断值的更新。

46. 根据第45项所述的路面状况推断装置，其特征不在于，设置检测行驶齿轮和离合器的连接状况的机构，根据行驶齿轮和离合器的连接状况变更上述发动机转速的阈值。

47. 根据第43~46项中任一项所述的路面状况推断装置，其特征不在于，在轮胎或者车轮部或者悬架部把上述振动或者压力变动的信息信号变换数字信号后并压缩，将其发送至车体侧，在车体侧接收上述压缩信号后将其复原，对其进行频率分析。

48. 一种ABS制动控制方法，其用于根据轮胎和路面的摩擦系数的大小控制向ABS控制转移的制动器油压，其特征不在于，检测轮胎振动、悬架部振动、车轮振轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此连续地推断路面摩擦系数，同时相应于驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，变更向ABS控制转移的制动器油压的阈值。

49. 一种ABS制动控制方法，其特征不在于，检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方，检测出对其

进行频率分析，所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，由此连续地推断路面摩擦系数，同时相应于驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，调整 ABS 制动器油压的增减程度。

50. 根据第 48 或者 49 项所述的 ABS 制动控制方法，其特征在于，使检测上述振动度或者压力变动幅度时的频带的带宽为检测频带的 1~100% 的范围，同时根据在一个或者多个频带检测出的上述振动度或者压力变动幅度的数据，用下述的运算式连续地推断路面摩擦系数，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1/[1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数，

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度。

51. 一种 ABS 制动控制装置，其特征在于，包括：

检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方的机构；

检测出对上述检测出的振动信息信号或者压力变动信号进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，用下述的运算式连续地运算路面摩擦系数的推断值的机构，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1/[1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数，

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度；

检测制动器开关的开、关的机构；以及

根据驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，变更向 ABS 控制转移的制动器油压的阈值的机构。

52. 一种 ABS 制动控制装置，其特征在于，具有：

检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动中的至少任何一方的机构；

检测出对上述检测的振动信息信号或者压力变动信号进行频率分析所得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度，

用下述的运算式连续地运算路面摩擦系数的推断值的机构，

$$\text{路面摩擦系数推断值} = 1/[1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}]$$

在此， $a_0$  为常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$  为系数，

$x_i$  为频带 ( $f_i$ ) 中的振动度或者压力变动幅度；

检测制动器开关的开、关的机构；以及

根据驾驶员即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小，  
调整 ABS 制动器油压的增减程度的机构。

53. 一种车辆控制装置，其特征在于，具有上述权利要求 51 或者 52 所述的 ABS 制动控制装置。

#### 附图说明

图 1 是表示本发明的优选方式 1 的路面状况及轮胎行驶状态推断装置的构成的功能框图。

图 2 是表示加速度传感器的安装位置的图。

图 3 是表示车轮的振动频谱的图。

图 4 是表示实际的路面摩擦系数  $\mu$  和本发明的  $\mu$  推断值的相关关

系的图。

图 5 是表示加速度传感器的另一个安装位置的图。

图 6 是表示检测本优选方式 2 的悬架部的振动的方法的图。

图 7 是表示悬架部的振动频谱的图。

图 8 是表示实际的路面摩擦系数  $\mu$  和检测并推断悬架部的振动的  $\mu$  推断值的相关关系的图。

图 9 是表示本优选方式 3 的车辆控制装置的构成的图。

图 10 是表示本发明的车辆控制装置的另一种构成的图。

图 11 是本优选方式 4 的路面状况及轮胎行驶状态推断装置的功能框图。

图 12 是表示压力传感器的安装位置的图。

图 13 是表示把压力变动信息信号送往车体侧的构成例的图。

图 14 是表示让安装了压力传感器的车辆在干燥沥青路和雪上行驶时的压力变动频谱的图。

图 15 是表示实际的路面摩擦  $\mu$  和由轮胎内压变动产生的  $\mu$  推断值的相关关系的图。

图 16 是表示实际的路面摩擦  $\mu$  和由车轮振动引起的  $\mu$  推断值的相关关系的图。

图 17 是表示本优选方式 5 的水面打滑状态推断机构的构成的图。

图 18 是表示水面打滑状态的压力变动频谱的图。

图 19 是表示水面打滑状态的振动频谱的图。

图 20 是表示车速和花纹间隔频率中的振动度与 100 ~ 200Hz 区域中的振动度之比的关系的图。

图 21 是表示优选方式 6 的路面状况推断装置的构成的图。

图 22 是根据制动器开关的检测进行  $\mu$  推断值的更新控制的流程图。

图 23 是表示具有本发明的打滑率判断机构的路面状况推断装置的构成的图。

图 24 是根据打滑率进行  $\mu$  推断值的更新控制的流程图。



图 25 是根据发动机转速进行  $\mu$  推断值的更新控制的流程图。

图 26 是表示让试验车辆在各种路面以一定速度行驶时的  $\mu$  推断值的运算结果的图。

图 27 是表示在干燥沥青路面上加速试验车辆的场合的  $\mu$  推断值的运算结果的图。

图 28 是表示根据打滑率及发动机转速进行  $\mu$  推断值的更新控制的场合的  $\mu$  推断值的运算结果的图。

图 29 是表示本优选方式 7 的 ABS 制动控制装置的一个构成例的图。

图 30 是表示加载在轮胎上的力的示意图。

图 31 是表示打滑率和摩擦力关系的  $S \sim \mu$  曲线图。

图 32 是使试验车辆在湿路面上行驶,表示测量车体速度和车轮速度的结果的图。

图 33 是使试验车辆在结冰路面上行驶,表示测量车体速度和车轮速度的结果的图。

图 34 是使搭载了本发明的 ABS 制动控制装置的试验车辆在结冰路面上行驶,表示测量车体速度和车轮速度的结果的图。

## 具体实施方式

下面根据附图对本发明的优选方式进行说明。

### 优选方式 1

图 1 是表示本优选方式 1 的路面状况及轮胎行驶状态推断装置 10 的构成的功能框图,本装置 10 具有振动检测部 10A 和信号处理部 10B,振动检测部 10A 具有作为检测传播到了车轮上的轮胎振动的振动检测机构的加速度传感器 11,信号处理部 10B 具有频带设定机构 12 和振动度检测机构 13,还具有频率分析机构 14、振动度存储机构 15 及路面状况及轮胎行驶状态推断机构 16,其中,频率分析机构 14 对上述加速度传感器 11 检测的车轮振动的振动信息信号进行频率分

析并检测出包含在上述振动的频谱（以下称为振动频谱）的、随路面状况或轮胎的行驶状态其振动度发生特征性的变化的频率范围、即至少检测出 10~10000Hz 的范围内的频带的振动度，振动度存储机构 15 存储表示预先求出的路面状况或者行驶中的轮胎的状态和上述振动频谱的规定的频带中的振动度的关系的振动度对应表 15T，路面状况及轮胎行驶状态推断机构 16 使由上述频率分析机构 14 检测的振动度与上述振动度对应表 15T 对应并根据上述振动度推断路面摩擦系数  $\mu$  及行驶中的轮胎的状态，根据用上述加速度传感器 11 检测出的车轮的振动信息信号，推断行驶时的路面状况及轮胎的行驶状态。

再有，如下述那样制成上述振动度对应表 15T，即，在试验车辆上安装加速度传感器 11，使上述车辆以规定的速度  $V$  行驶在路面摩擦系数  $\mu$  不同的路面上，或例如，使安装了相当于剥离了车轮胎面的一部分的故障轮胎的试验轮胎的车辆行驶，实测车轮 1 的振动。

在本实施例中，作为上述加速度传感器 11，使用压电晶片压电式的表面安装型加速度传感器，如图 2(a)、(b) 所示，把该加速度传感器 11 收容在安装于车轮 1 的轮辋 2 的轮胎侧的凹部上的传感器盒 17 内。在同图中，3 是安装在车轮 1 上的轮胎气门嘴。

在上述传感器盒 17 内收容有用于监视填充在轮胎内的气体压力的压力传感器 18，上述加速度传感器 11 安装在搭载了压力检测电路和电池且安装了上述压力传感器 18 的基板 19 上。该基板 19 是传感器共用基板，加速度传感器 11 的驱动和检测电路也搭载在上述的基板 19 上，上述电池是加速度传感器 11 及压力传感器 18 的共用电源。

再有，也可以把加速度传感器 11 或者设置加速度传感器 11 的基板设置在车轮 1 的相对于上述压力传感器 18 另成一体的位置上，也可以把搭载了加速度传感器 11 的驱动和检测电路的基板相对于加速度传感器 11 另成一体地设置，但是为了使装置小型化，最好如上述那样，把加速度传感器 11 及其基板与压力传感器 18 设置在同一壳体（传感器盒 17）内，至少，对于基板来说，最好与上述基板 19 进行共有化。

接下来，以求路面摩擦系数 $\mu$ 的推断值的场合为例，对上述构成的路面状况及轮胎行驶状态推断装置10的动作进行说明。

首先，由加速度传感器11检测行驶中的车轮1的振动，由频率分析机构14频率分析该检测出的车轮1的振动信息信号并检测规定的频带的振动度。详细地讲，频率分析机构14所检测的上述振动度是中心频率处于以下范围内的具有规定带宽的振动度的，所述范围为随路面状况或轮胎的行驶状态其振动度发生特征性的变化的频率范围、即至少10~10000Hz的范围，详细地讲，频率分析机构14所检测的上述振动度是中心频率处于至少10~10000Hz的范围内的具有检测频带（车轮1的振动信息信号的频带）的1~100%的带宽的振动度。例如，在上述检测频带是10~5000Hz的场合，作为用频率分析机构14检测的振动度，可以是具有800~3500Hz那样的、带宽是上述检测频带的大约54%那样的比较宽的带宽的1个频带的振动度，也可以是具有800~1000Hz、1600~2000Hz、3000~3500Hz等那样的、带宽是上述检测频率范围的大约4%、8%、10%那样的比较狭窄的带宽的多个频带的振动度（多个）。另外，在把检测振动度的频带设定为多个的场合下，最好把上述带宽设定在比较狭窄的范围内，例如，在10~500Hz的范围内。这样，在频率分析机构14中，用频带设定机构12设定上述1个或者多个频带，由振动度检测机构13检测出其振动度。

上述检测出的振动度被输送至路面状况及轮胎行驶状态推断机构16，在路面状况及轮胎行驶状态推断机构16中，通过使上述检测出的振动度与预先记忆在振动度存储机构15中的表示路面摩擦系数 $\mu$ 和振动度的关系的振动度对应表15T相对应，求出路面摩擦系数的推断值（ $\mu$ 推断值），从而，可以从根据由加速度传感器11检测出的车轮的轮胎圆周方向或者轮胎宽度方向的振动信息信号，精确地推断出路面摩擦系数 $\mu$ 。

图3是把具有安装了检测轮胎圆周方向的振动的加速度传感器和检测轮胎宽度方向的振动的加速度传感器的2个加速度传感器的车轮

的轮胎搭载在乘用车上，使其在通常的干燥的沥青路面上以 60km/h 的固定速度行驶，分别测量这时的车轮的轮胎的圆周方向振动和轮胎宽度方向振动并进行频率分析所得到的振动频谱。该图的横轴是频率，纵轴是把 1G 作为 0dB 时的振动度的大小，该图中的实线是车轮的轮胎圆周方向振动频谱，虚线是轮胎宽度方向振动频谱。

接下来，在路面摩擦系数  $\mu$  不同的各种路面上进行与上述相同的实验，求出车轮的轮胎圆周方向及轮胎宽度方向的振动频谱，与在上述干燥沥青路面上行驶得到的振动频谱进行比较。由此可以确认，在包含于 10~10000Hz 的范围内的多个频带中，上述振动度是如何随路面状况而变化的。

一般地，当路面摩擦系数  $\mu$  变低时，由于轮胎胎面的一部分的打滑（在此是宽度方向的打滑），多个频带的振动度上升。

图 4 是表示预先测量的路面摩擦系数  $\mu$  和用检测出的车轮的振动信息信号推断的路面摩擦系数的推断值（ $\mu$  推断值）的关系的图。如从该结果所表明的那样，上述  $\mu$  推断值和实际的路面摩擦系数  $\mu$  表示出良好的相关关系。

因此，通过由加速度传感器 11 检测车轮 1 的轮胎圆周方向或者轮胎宽度方向的振动，对照该振动信息信号和预先求出的表示上述多个频带的振动度和路面摩擦系数  $\mu$  的关系的振动度对应表 15T，可以高精度地推断路面摩擦系数  $\mu$ 。

这样，根据本优选方式 1，由于用频率分析机构 14 对由安装在轮辋 2 上的加速度传感器 11 检测出的车轮 1 的振动信息信号进行频率分析而检测其振动频谱的振动度，由路面状况及轮胎行驶状态推断机构 16 比较该检测出的振动度和表示存储在振动度存储机构 15 上的路面摩擦系数  $\mu$  和振动度的关系的振动度对应表 15T 来推断路面摩擦系数  $\mu$ ，所以可以高精度地推断路面摩擦系数  $\mu$  的值，可以提高车辆的安全性。

再有，在上述优选方式 1 中，把加速度传感器 11 安装在轮辋 2 的轮胎侧来检测传播到车轮 1 上的轮胎的振动，但也可以如图 5 (a)

所示那样，把加速度传感器 11 安装在轮辋 2 的轮盘侧。或者，也可以如图 5 (b) 所示那样，把加速度传感器 11 安装在轮胎 4 的胎面的一部分 5 的内面侧 5a 上来直接检测轮胎 4 的振动。

另外，在上述实施例中，对推断路面摩擦系数  $\mu$  的场合作了说明，但不单是路面摩擦系数  $\mu$  本身，也可以推断通常的路面状况（干燥）、需要注意的路面状况（湿路、雪路等）、危险的路面状况（水面打滑状态、压雪路、镜面路面等）等那样的路面状况。

另外，也可以根据上述路面摩擦系数  $\mu$  推断作为行驶中的轮胎的状态的易打滑程度。

另外，在上述实施例中，把检测用于算出  $\mu$  推断值的振动度时的频带作为与在不同的路面上行驶而得到的振动频谱相比较而其振动度发生特征性变化的频带，但是如果把该频带设定在与路面摩擦系数  $\mu$  的相关关系高的频带上，可以更加提高  $\mu$  推断值的精度。

具体地讲，在试验车辆上安装加速度传感器 11，使上述车辆以规定的速度  $V$  在路面状况（路面摩擦系数  $\mu$ ）不同的路面上行驶并求出轮胎的振动频谱，从该振动频谱检测至少 1 处频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ) 中的振动度的频带值（振动度） $x_i$  ( $i=1 \sim n$ )，用下述的式 (1) 算出路面摩擦系数推断值（ $\mu$  推断值）。

$$\mu \text{ 推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}] \dots \dots (1)$$

在此， $a_0$ ：常数， $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$ ：系数

然后，求出用上述式 (1) 算出的  $\mu$  推断值与预先测量的路面摩擦系数  $\mu$  之间的相关系数，设置上述多个频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ )，使该相关系数成为最高值，根据该设定的频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ) 的振动度，用上述式 (1) 算出  $\mu$  推断值。

这样，如果把检测用于算出  $\mu$  推断值的振动度时的频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ) 设定成与路面摩擦系数  $\mu$  的相关关系高的频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ )，那么与仅仅比较在不同的路面上行驶而得到的各振动频谱，设定被认为振动的频带值  $x_i$  高的多个频带  $f_i$  而计算  $\mu$  推断值的场合相比，可以可靠地提高  $\mu$  推断值的精度。

这时，用于检测在上述路面摩擦系数  $\mu$  的检测中使用的振动的频带值（振动度） $x_i$  的频带  $f_i$  的数量最好是至少 3 个，但如果存在能明确反映路面状况（路面摩擦系数  $\mu$ ）的频带  $f_i$ ，也可以把频带定为 1 个。

通过使用上述方法，在上述装置 10 中，省略了振动度存储机构 15，同时在路面状况及轮胎行驶状态推断机构 16 中，可以根据用频率分析机构 14 检测的振动的频带值（振动度） $x_i$ ，用上述式（1）直接求出  $\mu$  推断值，或用上述  $\mu$  推断值推断路面状况。

另外，用上述振动频谱也可以推断轮胎的故障状态，具体地讲，在轮胎胎面的一部分的一部分上产生了剥离等场合下，由于每当该部分与路面接触时产生特有的振动，所以通过检测上述振动频谱的 10~100Hz 的频带的振动度，与正常的轮胎的与上述相同的频带的振动度进行比较，可以推断在轮胎上产生了何种异常。

另外，根据频率分析来自加速度传感器 11 的振动信息信号所得到的振动频谱的 200Hz 或 200Hz 以下的频带内的振动度，可以检测轮胎的固有振动的频率并可以推断轮胎内压。即，由于轮胎的固有振动频率和实际的轮胎内压有高的相关关系，所以，从上述振动频谱的数据求出轮胎的固有振动频率，根据预先求出的轮胎振动频率和轮胎内压的关系推断轮胎内压，可以把该推断出的轮胎内压用作轮胎内压。由此，也可以省略设置在传感器盒 17 内的压力传感器 18。

另外，如果在车辆的各轮上设置负载测量装置来检测作用在车辆各轮上的负载，基于车辆各轮的负载数据，进行的行驶时路面状况及轮胎的行驶状态的推断，可以更加提高路面状况及轮胎的行驶状态的推断精度。

即，在像大型运输车等那样，因载货的重量而使得加在车轮上的负载发生大的变动的车辆中，由于负载引起的摩擦系数的变化大，因此由负载引起轮胎的振动状态发生变化（负载变大时摩擦系数减少，但难以打滑），所以，为了对其进行修正，对每个负载都要预先制作并存储表示路面摩擦系数  $\mu$  与振动度之间的关系的振动度对应表

15T, 例如, 如果根据使用了应变仪的负载测量装置检测出的车辆各轮的负载数据, 推断路面状况及轮胎行驶状态, 也可以更加提高推断精度。

另外, 在本装置 10 上最好设置用于使系统初始化的复位按钮, 在行驶了某种程度的距离后, 把握轮胎与路面之间的实际的摩擦状态。作为用于推断路面状况的振动频谱, 即使是预先输入的实车试验的振动频谱也没有问题, 但由于振动频谱因机动车或车轮、轮胎的种类而有微妙的差异, 如果让该车辆在干燥的、湿的、冰雪的任一种路面或多种路面上行驶, 求出当时的振动频谱, 基于该求出的振动频谱推断路面状况或者路面摩擦系数  $\mu$ , 可以更加提高推断精度。

这时, 乘员按下复位按钮, 输入干燥的、潮湿的或冰雪的行驶的路面的状态。也可以在装置 10 内, 比较预先存储的每种路面状况的振动频谱和上述初始化时得到的振动频谱, 自动地输入上述行驶的路面的状态是干燥的还是潮湿的或是冰雪。

或者, 在为了车体的变化控制而安装了检测车轮速度、车体加速度、车体旋转角速度等传感器的车辆中, 也可以通过对从这些数据概略地推断出的路面摩擦系数与由本装置 10 推断出的路面摩擦系数进行比较而适当地进行复位的系统。

## 优选方式 2

在上述优选方式 1 中, 对检测车轮 1 的振动的例子进行了说明, 也可以如图 6 所示那样, 把加速度传感器 11 安装在悬架部 6 上, 检测传播到悬架部 6 上的轮胎的振动而推断出路面状况及轮胎行驶状态。

为了缓冲振动, 在悬架部 6 上安装了多个橡胶衬套 7 等弹性构件, 所以在本实施例中, 为了高效率地检测上述传播的轮胎的振动, 不是把加速度传感器 11 安装在悬架臂 6a、6b 上, 而是将其安装在与安装了车轮 1 的轮毂部 8 一体的非旋转部上。再有, 由于在悬架部 6 上轮胎宽度方向的振动相对不衰减地传播, 所以上述加速度传感器 11 最

好按检测轮毂部 8 的轮胎宽度方向的振动的方式进行安装。

图 7 是表示把加速度传感器安装在乘用车的悬架部上，在通常的干燥的沥青路面上以在 30km/h ~ 90km/h 的范围内的一定速度行驶，测量这时的悬架部的振动并进行频率分析所得到的振动频谱的图。用该振动频谱，可以与上述优选方式 1 同样地推断路面摩擦系数  $\mu$ 。

另外，图 8 是表示预先测量的路面摩擦系数  $\mu$  和根据检测的悬架部 6 的振动推断的  $\mu$  推断值的关系的图，如该结果所表示的那样，从检测出的振动度求得的  $\mu$  推断值和实际的路面摩擦系数  $\mu$  表现出良好的相关关系，根据悬架部 6 的振动也可以高精度地推断路面摩擦系数  $\mu$ 。

### 优选方式 3

图 9 是表示使用了本发明的路面状况及轮胎行驶状态推断装置的车辆控制装置 20 的构成的图，本装置 20 按以下方式构成，即，以无线方式连接安装了加速度传感器 11 的滚动侧（轮胎或者车轮侧）A 和作为非滚动侧的车体侧 B。

在滚动侧 A 上，设置加速度传感器 11、对用该加速度传感器 11 检测出的振动信息信号进行数字变换并进行压缩的数据处理部 21、以及 RF（Radio Frequency）部 22，该 RF 部 22 把该压缩的信号用无线方式输送给车体侧 B，同时接收从车体侧 B 送来的用于驱动加速度传感器 11 及数据处理部 21 的无线信号。另外，在车体侧 B 上设置接收上述被压缩了的振动信息信号同时向滚动侧 A 发送上述无线信号的无线发送·接收部（以下叫收发部）23、对上述接收的振动信息信号进行复原和频率分析，根据得到的振动频谱推断出行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的路面状况及轮胎行驶状态运算部 24、基于用上述运算部 24 推断的路面状况及轮胎行驶状态，控制 ABS 制动器的油压的 ABS 控制部（车辆控制机构）25。

因此，不设置信号连接线就可以在车体侧 B 处理在轮胎或者车轮部上检测出的振动信息信号并推断路面状况及轮胎行驶状态。另外，



由于通过把上述推断出的路面状况及轮胎行驶状态的数据输送至 ABS 控制部 25, 可以根据路面状况及轮胎行驶状态控制 ABS 制动器的油压, 所以可以稳定并控制车辆的行驶状态。另外, 由于从车体侧 B 用无线方式驱动加速度传感器 11 及数据处理部 21, 所以可以省略在滚动侧 A 上具有的电池。

再有, 上述路面状况及轮胎行驶状态运算部 24 的构成与上述优选方式 1 的图 1 所示的路面状况及轮胎行驶状态推断装置 10 的信号处理部 10B 是相同的。

另外, 在车体侧 B 上设置极力扩大轮胎圆周上的电波服务区的天线部, 在滚动侧 A (轮胎或者车轮侧) 的 RF 部 22 上, 具有由接收从收发部 24 经上述天线部发送的微弱电波而产生的感应电动势进行工作的被动方式非接触 IC 芯片, 在启动加速度传感器 11 和数据处理部 21 的同时, 数字变换并压缩由加速度传感器 11 检测出的振动数据并发送给车体侧 B。再有, 也可以使安装在车轮 1 上的轮胎气门嘴 3 (参照图 1) 具有用于进行上述数据的发送的天线功能, 另外也可以在轮辋 2 的圆周上设置天线。

实际上已确认, 用本装置 20 检测滚动中的车轮振动, 在车体侧 B 测量其振动频谱, 与上述优选方式 1 的图 3 所示的振动频谱比较, 能得到同样的振动频谱。

这样, 根据本优选方式 3, 由于在安装了加速度传感器 11 的滚动侧 A (轮胎或者车轮侧) 设置数据处理部 21, 对用上述加速度传感器 11 检测出的振动信息信号进行数字变换和压缩并发送给车体侧 B, 在设置于车体侧 B 上的路面状况及轮胎行驶状态运算部 24 中复原上述接收振动信息信号并进行频率分析, 根据轮胎或者车轮的振动推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态, 所以滚动侧 A 和车体侧 B 之间的连续数据通信成为可能, 可以提高振动的检测精度, 可以稳定地控制车辆的行驶状态。

另外, 由于从车体侧 B 用无线方式驱动加速度传感器 11 及数据处理部 21, 所以可以省略电池, 可以使振动检测部小型轻量化。在使

用蓄电池进行数据通信的场合，使电池寿命短，而且需要更换，但在本实施例中，没有这样的问题，可以长期稳定地推断路面状况及轮胎行驶状态。

另外，也可以在轮胎或者车轮部上设置 FFT 处理部，在滚动侧 A 对振动信息信号进行频率分析并求出  $\mu$  推断值，将其发送给车体侧 B。具体地讲，如图 10 所示，在滚动侧 A（轮胎或车轮侧）设置路面状况及轮胎行驶状态运算部 24，对用加速度传感器 11 检测出的轮胎或者车轮的振动信息信号进行频率分析，推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态，把表示该推断出的行驶时的路面状况及轮胎行驶状态的数据从 RF 部 22 发送到车体侧 B。在车体侧 B，把接收的数据输送至 ABS 控制部 25 来控制 ABS 制动器的油压。

由于构成上述那样的车辆控制装置 20A，所以与上述优选方式 3 一样，可以进行滚动侧 A 和车体侧 B 之间的连续数据通信，并且，可以提高路面状况及轮胎行驶状态的推断精度，可以稳定地控制车辆的行驶状态。

实际上，在轮胎或者车轮部上，对振动信息信号进行频率分析，从得到振动频谱求出  $\mu$  推断值，把该  $\mu$  推断值发送给车体侧 B 并查出其与路面摩擦系数  $\mu$  的对应关系，可以得到与上述优选方式 1 的图 4 相同的良好相关关系。

#### 优选方式 4

在上述优选方式 1 及 2 中，对用加速度传感器 11 检测出的轮胎 4、车轮 1 或者悬架部 6 的振动信息信号进行频率分析并检测其振动频谱的振动度来推断路面状况或路面摩擦系数  $\mu$ ，也可以检测填充在行驶中的车辆的轮胎中的气体的压力变动来推断路面状况或路面摩擦系数  $\mu$ 。

图 11 是本优选方式 4 的路面状况及轮胎行驶状态推断装置 30 的功能框图，在图中，31 是设置在轮胎内的作为压力变动检测机构的压力传感器，32 是频率分析机构，其具有频带设定机构 33 和压力变动

幅度检测机构 34, 该频率分析机构 32 对作为用上上述压力传感器 31 检测出的轮胎内的气体的压力变动信号的压力传感器 31 的输出在时间轴上的微小振动成分 (AC 成分) 进行频率分析, 并检测出上述压力变化的频谱 (以下称压力变动频谱) 的随路面状况及轮胎行驶状态其振动度发生特征性的变化的频率范围, 即, 至少  $10 \sim 10000\text{Hz}$  的范围内的频带的振动度, 35 是压力变动幅度存储机构, 其存储表示预先求出的路面状况或行驶中的轮胎的状态与规定的频带内的压力变动幅度 (以下称压力变动的频带值) 之间的关系的压力变动幅度对应表 35T, 36 是把用上上述频率分析机构 32 检测的压力变动幅度与上述压力变动幅度对应表 35T 对照来推断行驶中的路面状况及轮胎行驶状态的路面状况及轮胎行驶状态推断机构。

再有, 上述压力变动幅度对应表 35T 是按以下方式作成得, 即, 通过在试验车辆上安装压力传感器 31, 使上述车辆以规定的速度  $V$  在路面状况 (路面摩擦系数  $\mu$ ) 不同的路面上行驶, 或例如, 使安装了相当于剥离胎面的一部分的故障轮胎的试验轮胎的车辆行驶, 实测轮胎内的气体的压力变动。

在本实施例中, 如图 12 (a)、(b) 所示, 把压力传感器 31 安装在搭载了检测电路等电路零件的基板 37 上并收容在安装于车轮 1 的轮辋 2 的轮胎侧的凹部的传感器盒 38 内, 同时如图 13 所示, 由无线方式连接车轮侧 (滚动侧) A 和作为非转动侧的车体侧 B。

在车轮侧 A 上, 设置压力传感器 31、对用压力传感器 31 检测出的填充在轮胎中的气体的压力变动信号进行数字变换并压缩的数据处理部 41、通过无线方式把该压缩信号发送给车体侧 B 的 RF (Radio Frequency) 部 42。在车体侧 B 上设置接收上述压缩信号的接收部 43、对上述接收的压缩信号进行复原并频率分析, 根据得到的压力变动频谱推断行驶时路面状况及轮胎行驶状态的路面状况及轮胎行驶状态运算部 44。该路面状况及轮胎行驶状态运算部 44 由上述图 11 所示的频率分析机构 32、压力变动幅度存储机构 35、路面状况及轮胎行驶状态推断机构 36 的各机构构成。因此, 可以不设置信号连接线, 在

车体侧 B 上处理在作为滚动侧的车轮部检测的压力变动信号,推断路面状况及轮胎行驶状态。

下面对上述构成的路面状况及轮胎行驶状态推断装置 30 的动作,以求出路面摩擦系数  $\mu$  的推断值的场合为例进行说明。

首先,用压力传感器 31 检测行驶中的填充在轮胎内的气体的压力变动,由频率分析机构 32 进行频率分析并检测规定的频带的压力变动幅度。详细地讲,频率分析机构 32 检测的上述压力变动幅度的范围如下,中心频率处于其振动度随路面状况或轮胎的行驶状态而发生特征性的变化的频率范围,即,至少 10~10000Hz 的范围的、具有规定的带宽的频带的压力变动幅度,例如,可以是具有像 800~3500Hz 那样的比较宽的带宽的 1 个频带的压力变动幅度,也可以是具有像 800~1000Hz、1600~2000Hz、3000~3500Hz 的压力变动幅度等那样的比较狭窄的带宽的多个频带内的压力变动幅度(多个)。在频率分析机构 32 中,用频带设定机构 33 设定上述 1 个或者多个频带,由振动度检测机构 34 检测其振动度。

上述被检测出的振动度被送往路面状况及轮胎行驶状态推断机构 36,在路面状况及轮胎行驶状态推断机构 36 中,通过将上述检测出的规定的频带的压力变动幅度(压力变动的频带值)与表示预先存储在压力变动幅度存储机构 35 内的路面摩擦系数  $\mu$  与压力变动的频带值之间的关系的压力变动幅度对应表 35T 进行对照来求出路面摩擦系数的推断值( $\mu$  推断值),可以高精度地推断路面状况(路面摩擦系数  $\mu$ )。

再有,不仅是路面摩擦系数  $\mu$  的推断值,也可以推断通常路面状况(干燥的)、需要注意的路面状况(湿路、雪路等)、危险的路面状况(水面打滑、压雪路、镜面路面等)等路面状况。

另外,也可以根据上述路面摩擦系数  $\mu$ ,推断作为行驶中的状态的易打滑程度。

另外,利用上述压力变动频谱,也可以推断轮胎的故障状态,具体地讲,在轮胎胎面的一部分产生剥离的场合等,由于每当该部分与

路面接触就产生特有的振动,所以通过检测上述压力变动频谱的 10~100Hz 的频带的压力变动幅度并与正常的轮胎的压力变动幅度进行比较,可以推断在轮胎上产生了怎样的异常。即,由于 10~100KHz 的频带中的压力变动幅度是与轮胎旋转同步的区域的压力变动幅度,所以,如果检测上述压力变动幅度并与正常时的压力变动幅度进行比较,就可以推断轮胎的异常。具体地讲,在上述检测出的压力变动幅度比正常时高出 20% 以上的场合,就能断定在轮胎产生了某些异常。

再有,由上述频带设定机构 33 进行的检测用于路面摩擦系数  $\mu$  或者路面状况的推断的压力变动幅度时的频带的设定方法,与上述优选方式 1 中所述的设定方法是相同的,在下述中再次说明的  $\mu$  推断值的计算式 (1) 中,把振动的频带值  $x_i$  作为压力变动的频带值(压力变动幅度)  $x_i$  来计算出  $\mu$  推断值,同时,求出该计算出的  $\mu$  推断值和预先测量的路面摩擦系数  $\mu$  之间的相关关系,设定用于检测压力变动幅度的频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ),使相关系数成为最高值。这时,作为上述频带  $f_i$  的个数最好为至少 3 个。

$$\mu \text{ 推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n) \}] \dots \dots (1)$$

在此,  $a_0$ : 常数,  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$ : 系数

另外,如果只进行路面状况或者路面摩擦系数  $\mu$  的推断,由于不需要存储路面状况或者行驶中的轮胎的状态和规定的频带中的压力变动幅度的关系,所以在上述装置 30 中可以省略压力变动幅度存储机构 35,同时也可以路面状况及轮胎行驶状态推断机构 36 中,根据用频率分析机构 32 检测出的压力变动的频带值  $x_i$ ,用上述式 (1) 直接求出推断值,或用上述  $\mu$  推断值推断路面状况。

这样,根据本优选方式 4,由于在车轮 1 的轮辋 2 上安装压力传感器 31,检测行驶中的填充在车辆的轮胎中的气体的压力,由频率分析机构 32 对该检测出的压力信号在时间轴上的微小振动成分(AC 成分)进行频率分析并检测其压力变动频谱的压力变动幅度,由路面状况及轮胎行驶状态推断机构 36 比较该检测的压力变动幅度和表示与存储在压力变动幅度存储机构 35 中的路面状况及轮胎的行驶状态的

关系的压力变动幅度对应表 35T, 从而推断出路面摩擦系数  $\mu$  或轮胎的故障状态, 所以可以高精度地推断路面状况及轮胎行驶状态。

再有, 由于根据压力传感器 31 的输出的绝对值 (DC 成分) 可以检测轮胎内压, 所以本装置 30 的上述压力传感器 31 可以直接使用近年来普及的轮胎内压监视系统的压力传感器, 因此, 可以避免因增加硬件而使成本上升, 可以谋求低成本化。

另外, 由于用上述压力传感器 31 检测轮胎内压, 所以对于作为轮胎的行驶状态的之一的轮胎内压异常也可以进行推断。

另外, 如果在上述路面状况及轮胎行驶状态推断装置 30 上设置检测车辆的速度的机构, 同时准备表示每种车速下路面摩擦系数  $\mu$  和压力变动的频带值的关系的压力变动幅度对应表 35T, 除了使用压力变动频谱的数据之外, 还使用车辆的速度数据推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态, 则可以更加提高路面状况及轮胎行驶状态的推断精度。

还有, 也可以在车辆的各轮上设置负载测量装置来检测作用在车辆各轮上的负载, 基于车辆各轮的负载数据进行行驶时路面状况及轮胎行驶状态的推断。

即, 像大型的运输车等那样, 在因载货的重量使加在车轮上负载进行大的变动的车辆中, 由于负载引起的摩擦系数的变化大, 所以负载引起的轮胎的振动状态发生变化 (负载大时摩擦系数减少且容易打滑), 为了修正它, 如果在每种负载下都预先制成表示路面摩擦系数  $\mu$  和振动度的关系的压力变动幅度对应表 35T, 并将其存储起来, 根据用上述负载测量装置检测出的车辆各轮的负载数据推断路面状况及轮胎行驶状态, 可以更加提高推断精度。

#### [实施例 1]

在试验车辆上安装加速度传感器 11, 使上述车辆以  $V=20\text{km/h}$  的速度在通常的沥青 (干燥沥青) 和易打滑的雪上行驶, 测量轮胎内压的压力变动并进行频率分析, 把求出的压力变动频谱的结果表示在图

14上。该图的横轴是频率，纵轴是把 $2 \times 10^{-2}$ Pa作为0dB时的压力变动幅度的大小，图中的细实线是干燥的沥青上的数据，粗实线是雪上的数据。

如图14所示，得知在易打滑的雪上，1000Hz以上的高频区域中的压力变动幅度变高。这被认为是由于在易打滑的雪上，与路面接触的轮胎胎面的一部分所受到的路面的约束变小，轮胎胎面的一部分产生打滑振动并与轮胎内部的气体共振的结果。

这样，如果事先查出压力变动幅度和路面摩擦系数 $\mu$ 的对应关系，通过随时监视轮胎内的压力变动，可以推断出路况（路面摩擦系数 $\mu$ ）。

再有，该方法也同样适用于轮胎振动、车轮振动、悬架部振动。

#### [实施例2]

用与实施例1同样的方法，测量各种路面状况中的轮胎内的压力变动、车轮振动，用上述式(1)算出 $\mu$ 推断值，把查出的与实际测量的路面摩擦系数 $\mu$ 的相关关系的结果表示在图15及图16上，这时，用于 $\mu$ 推断值的计算的振动度和压力变动幅度，使用了用上述优选方式1的方法设定的频带中的振动度和压力变动幅度。

无论在轮胎内的压力变动和车轮振动的哪一个场合， $\mu$ 推断值都显示出其与路面摩擦系数 $\mu$ 具有高的相关关系，可以高精度地求出路面摩擦系数的值，再有，对于轮胎振动、悬架部振动也能得到同样的结果。

#### 优选方式5

在上述优选方式1~4中，检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动或者轮胎内的压力变动来推断路面状况及轮胎行驶状态，但在上述方法中，作为易打滑的路面状况的冰雪路和水面打滑状态的区别不明确。

发明者们详细地研究上述振动频谱或者压力变动频谱的结果表明，在产生水面打滑状态的场合，在振动频谱或者压力变动频谱中轮

胎花纹间隔1次频率附近的振动度或者压力变动幅度呈现特征性地变大。

因此,在本实施例中,如图17所示,在上述优选方式4的装置30上附加了水面打滑检测机构50,构成路面状况及轮胎行驶状态推断装置30H,通过检测轮胎的花纹间隔1次频率附近的振动度或者压力变动幅度,同时地进行产生水面打滑状态的推断。

在图17中,51是检测车辆的速度的车速检测机构,52是根据来自上述车速检测机构51的车速的数据计算花纹间隔频率的花纹间隔频率计算机构,53是频率分析压力传感器31的输出的第2频率分析机构,由设置在该第2频率分析机构53上的第2频带设定机构54,把检测压力变动幅度的频带设定在包括上述花纹间隔频率的频带上,由水面打滑振动度检测机构55检测上述频带的压力变动幅度。

56是比较上述检测的压力变动幅度和规定的阈值而推断水面打滑状态的产生的水面打滑状态推断机构。

在上述水面打滑检测机构50中,开始,在花纹间隔频率计算机构52中,使用由车速检测机构51检测的车速数据V、轮胎周长L、胎面花纹的块数n,用下式(2)算出花纹间隔频率 $F_p$ 。

$$F_p(Hz) = V(km/h) \times 1000(m/km) \div 3600(S/h) \div L(m) \times n \dots \dots (2)$$

然后,由第2频率分析机构53的水面打滑振动度检测机构55检测压力变动来频谱中的对应于上述花纹间隔频率 $F_p$ 的频带中压力变动幅度,之后,由水面打滑状态推断机构56对上述检测的压力变动幅度和规定的阈值进行比较,在上述压力变动幅度超过上述阈值的场合,推断为产生了水面打滑状态。

由此,可以明确地区别作为易打滑路面状况的冰雪路和水面打滑状态。

再有,对于上述阈值,例如,如果能够依据作用在车辆各轮上的负载等进行适当的变更,可以进一步提高水面打滑状态的推断精度。

再有,在上述优选方式5中,对用压力传感器31检测轮胎内的气体的压力变动推断水面打滑状态的场合进行了说明,但也可用加速度



传感器 11 检测轮胎、胎面、悬架部的振动并进行频率分析，由得出的振动频谱推断水面打滑状态。

另外，在上述实施例中，在花纹间隔频带压力变动幅度超过规定的阈值的场合，推断为轮胎处于水面打滑状态，但是，如果在求出不被上述花纹间隔频率的频带影响的振动度或者压力变动幅度，在与此相对应的花纹间隔频带的振动度或者压力变动幅度的之比超过一定的阈值的场合，推断为轮胎处于水面打滑状态，可以进一步提高水面打滑状态的推断精度。

再有，也可以使上述频率分析机构 32 具有上述第二频率分析机构 53 的功能。

### [实施例 3]

在试验车辆上安装压力传感器，使上述车辆在水深 10mm 的路面上以  $V=90\text{km/h}$  的速度行驶。这时候产生水面打滑，处于使由方向盘操作或制动器操作进行的车体的控制成为不可能的危险的状态。

在上述状态下测量轮胎内的压力变动并进行频率分析，求出的压力变动的频谱时，如图 18 所示，900~1000Hz 附近的振动度出现特征性地变大。

另外，在试验车辆上安装加速传感器并进行同样的实验来求出振动频率时，如图 19 所示，在与上述图 18 相同的频带上能见到振动度的最高点。

在此，上述试验车辆上用的轮胎是 195/60R15 尺寸的乘用车轮胎，间距频率用上述式 (2)，像下面那样计算。

$$90(\text{km/h}) \times 1000(\text{m/km}) \div 3600(\text{s/h}) \div 1.885(\text{m}) \times 70 = 943\text{Hz}$$

即，在上述图 18 所示的压力变动频谱及图 19 所示的振动频谱的 900~1000Hz 附近，压力变动幅度和振动度变高，是由于轮胎胎面的一部分和路面之间的水膜冲击胎面花纹块上，花纹间隔一次频率上的压力变动和振动增大引起的。由此确认，通过检测表示上述那样的变动的轮胎的轮胎内压的变动或者轮胎、车轮、悬架部的振动，可以推断水面打滑的状态。

#### [实施例 4]

把加速度传感器安装在车轮上的试验车辆在水深 10mm 的路上和干燥的沥青路上改变速度地行驶, 求出振动频谱, 算出以下的 2 个频带中的振动度之比画成曲线的结果表示在图 20 上。

(900 ~ 1000Hz 区域中的振动度)/(100 ~ 200Hz 区域中的振动度)

在水深 10mm 的场合, 当车速超过 75km/h 时, 振动度之比急剧增加。因此, 如果把阈值设定为 0.3, 则可以可靠地推断出水面打滑状态。

#### 优选方式 6

在上述优选方式 1 ~ 5 中, 对以固定的速度直线进行行驶或者缓慢的加减速中操纵方向时的路面摩擦系数  $\mu$  的推断方法进行了说明, 但在轮胎相对于路面的打滑非常大的场合, 例如, 在加速时或者踩制动器时等作为轮胎的转速和车体速度之比的打滑率升高的场合, 上述推断的路面摩擦系数的值有比实际值低的倾向。为此, 在打滑大的状态下有误判定路面状况或危险度的可能。因此, 在本实施例中, 如图 21 所示, 构成在上述优选方式 1 的装置 10 的基础上附加  $\mu$  推断值输出机构 62 的路面状况推断装置 60, 该  $\mu$  推断值输出机构 62 基于来自制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 的控制信号, 顺序更新  $\mu$  推断值, 并输出给控制车辆的行驶状态的车辆控制机构 70, 该路面状况推断装置 60 检测进入急剧地加减速等的制动前的  $\mu$  推断值, 用该  $\mu$  推断值从制动初期进行正确的车辆控制, 防止了由上述打滑引起的系统的误动作。

在图 21 中, 11 是检测轮胎的振动的加速度传感器, 12 是频率分析机构, 其具有频带设定机构 13 和振动度检测机构 14, 该频率分析机构 12 对用上述加速度传感器 11 检测出的车轮振动的振动信息信号进行频率分析并检测上述振动的频谱(以下称为振动频谱)的包含于以下范围内的频带的振动度, 所述范围为其振动度随路面状况或轮胎的行驶状态而发生特征性的变化的频率范围、即至少 10 ~ 10000Hz

的范围,16Z是根据上述振动度的数据用上述的 $\mu$ 推断值的计算式(1)运算路面摩擦系数的推断值( $\mu$ 推断值)的路面摩擦系数推断机构,61是检测制动器开关的开、关状态的制动器开关 ON/OFF 检测机构,62是基于来自上述制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 的控制信号,顺序更新上述运算出的 $\mu$ 推断值并输出到控制车辆行驶状态的车辆控制机构 70 的 $\mu$ 推断值输出机构。

再有,在本实施例中,与上述优选方式 1 一样,把上述加速度传感器 11 安装在车轮 1 的轮辋 2 的轮胎侧的凹部上并检测从轮胎 4 传播来的车轮 1 的振动。

下面对上述构成的路面状况推断装置 60 的动作进行说明。

首先,由加速度传感器 11 检测传播至车轮 1 上的来自轮胎的振动,由频率分析机构 12 频率分析该检测出的振动信息信号并检测规定的频带的振动度。详细地讲,频率分析机构 12 检测的上述振动度是以下范围内的具有规定的带宽的频带的振动度,所述范围为中心频率处于其振动度随路面状况及轮胎行驶状态发生特征性的变化的频率范围,即至少 10~10000Hz 的范围。例如,可以是具有 800~3500Hz 那样比较宽的带宽的一个频带的振动度,也可以是具有 800~1000Hz、1600~200Hz、3000~3500Hz 中的振动度等那样比较狭窄的带宽的多个频带中的振动度。在频率分析机构 12 中,由频带设定机构 13 设定上述一个或者多个频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ),由振动度检测机构 14 检测其振动度,即振动的频带值  $x_i$  ( $i=1 \sim n$ )。

再有,由具有频带设定机构 13 及振动度检测机构 14 的频率分析机构 12 进行的上述振动的频带值  $x_i$  的检测,通常可以由使用了高速傅里叶变换 (FFT) 的作为频率分析装置的 FFT 分析器来实现。

在路面摩擦系数推断机构 16Z 中,根据上述检测的振动的频带值  $x_i$  由下面再次说明的 $\mu$ 推断值的计算式(1)运算 $\mu$ 推断值。

$$\mu \text{ 推断值} = 1 / [1 + \exp \{ - ( a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots \dots + a_n x_n ) \}] \dots \dots (1)$$

在此,  $a_0$ : 常数,  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$ : 系数

然后,求出用上述式(1)算出的 $\mu$ 推断值和预先求出的路面摩擦系

数  $\mu$  的相关系数, 设定用于运算上述  $\mu$  推断值的多个频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ), 使该相关系数成为最高值。

在上述路面摩擦系数推断机构 16Z 中, 根据用频率分析机构 12 的振动度检测机构 14 检测的用上述的方法设定的各频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ) 中的振动度  $x_i$  ( $i=1 \sim n$ ), 用上述的式 (1) 算出  $\mu$  推断值。

由上述路面摩擦系数推断机构 16Z 运算的  $\mu$  推断值被送往  $\mu$  推断值输出机构 62。在  $\mu$  推断值输出机构 62 中, 在不输入来自制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 的更新中断信号的场合, 由从上述路面摩擦系数推断机构 16Z 送来的  $\mu$  推断值顺序更新  $\mu$  推断值并输出给车辆控制机构 70。而在输入上述更新中断信号的场合, 不更新  $\mu$  推断值, 把制动器开关被踩踏前的  $\mu$  推断值输出给车辆控制机构 70。

下面参照图 22 的流程图对上述  $\mu$  推断值的更新方法进行更详细的说明。

首先, 在步骤 S10 中, 运算  $\mu$  推断值  $\mu_n$ , 在步骤 S11 中, 更新  $\mu$  推断值并把上述  $\mu_n$  作为新的  $\mu$  推断值。在步骤 S12 中, 由制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 检测制动器开关的状态, 在制动器开关为 OFF 状态的场合, 进入步骤 S13, 在  $\mu$  推断值输出机构 62 中, 把上述  $\mu_n$  作为  $\mu$  推断值输出给车辆控制机构 70。然后在步骤 S14 中, 在运算了下一个  $\mu$  推断值  $\mu_{n+1}$  之后, 把该  $\mu_{n+1}$  作为  $\mu_n$  返回上述步骤 S11, 更新  $\mu$  推断值并把上述  $\mu_n$  (在步骤 S14 中运算的  $\mu_{n+1}$ ) 作为新的  $\mu$  推断值, 进入步骤 S12, 再检测制动器开关的 ON/OFF。

另外, 在制动器开关为 ON 状态的场合, 进入步骤 S15, 把更新停止信号从制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 输出给  $\mu$  推断值输出机构 62 并中断  $\mu$  推断值的更新, 以后, 把中断上述更新前的作为  $\mu$  推断值的  $\mu_n$  作为  $\mu$  推断值输出给车辆控制机构 70。

再有, 在此后, 在检测到制动器开关 OFF 的场合, 经过规定时间后返回上述步骤 S11, 开始  $\mu$  推断值的更新。

这样, 在踩制动器而引起急剧减速的场合, 由于轮胎容易产生打滑, 所以制动器被踩踏后的控制, 由于不用被新推断的  $\mu$  推断值  $\mu_{n+1}$ ,

而是使用制动器即将被踩踏时推断的  $\mu$  推断值  $\mu_n$ ，所以可以防止系统的误动作。

这样，根据本优选方式 6，由加速度传感器 11 检测车轮 1 的振动，检测频率分析该振动得到的振动频谱的振动度来推断路面摩擦系数，同时由制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 检测制动器开关的开和关，在判断为制动器被踩了的场合，由于中断了路面摩擦系数的推断值更新，所以可以防止由轮胎的打滑引起的系统的误动作。

再有，在上述优选方式 6 中，是把加速度传感器 11 安装在轮辋 2 的轮胎侧来检测传播到车轮 1 的轮胎的振动，但如上所述，也可以把加速度传感器 11 安装在轮辋 2 的轮盘上、胎面 5 的里面侧 5a 或者悬架部 6 上来检测轮胎的振动，推断路面状况。

或者，也可以如上述优选方式 4 所示那样，在轮胎内设置压力传感器 31 来代替上述加速度传感器 11，抽出压力传感器 31 的输出的时间轴上的微小振动成分（AC 成分），检测填充在轮胎内的气体的压力变动，检测频率分析该变动得到的压力变动频谱的压力变动幅度并根据该压力变动幅度用上述  $\mu$  推断值的计算式（1）运算  $\mu$  推断值。

另外，在上述优选方式 6 中，是检测制动器开关的开和关状态并控制  $\mu$  推断值输出机构 62 中的  $\mu$  推断值的更新，但也可以如图 23 所示那样，构成设置了代替上述制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 或者在上述制动器开关 ON/OFF 检测机构 61 之外增加轮速检测机构 63a、63b 和打滑率判别机构 64 而构成路面状况推断装置 60S，根据打滑率 S 的大小来控制  $\mu$  推断值的更新。其中，轮速检测机构 63a、63b 分别检测驱动轮和从动轮的转速，打滑率判别机构 64 根据驱动轮和从动轮的转速算出打滑率 S，并将其与规定的阈值比较来判断打滑率 S 的大小。

对于由上述打滑率 S 更新  $\mu$  推断值的方法，参照图 24 的流程图进行详细的说明。

首先，在步骤 S20 中，运算  $\mu$  推断值  $\mu_n$ ，在步骤 S21 中，更新  $\mu$  推断值并把上述  $\mu_n$  作为新的  $\mu$  推断值。在步骤 S22 中，分别检测驱

动轮的转速  $F1$  和从动轮的转速  $F2$ ，在步骤 S23 中，用下式 (2) 算出打滑率  $S$ 。

$$S = | (a \cdot F1 - b \cdot F2) / (a \cdot F2) | \dots \dots (2)$$

但是， $F1$ 、 $F2$  分别是 2 轮的平均值， $a$ 、 $b$  是用于把转速转换成速度的系数。

然后，在步骤 S24 中，判断上述打滑率  $S$  是否超过预先设定的阈值  $K$  (在此， $K=0.2$ )

在  $S \leq K$  的场合，进入步骤 S25，在  $\mu$  推断值输出机构 62 中，把上述  $\mu_n$  作为  $\mu$  推断值，向车辆控制机构 70 输出。然后，在步骤 S26 中运算下一个  $\mu$  推断值  $\mu_{n+1}$  之后，把该  $\mu_{n+1}$  作为  $\mu_n$  返回上述步骤 S21，更新  $\mu$  推断值并把上述  $\mu_n$  (在步骤 S26 中运算的  $\mu_{n+1}$ ) 作为新的  $\mu$  推断值，然后进入步骤 S22。

另外，在  $S > K$  的场合，进入步骤 S27，从打滑率判别机构 64 向  $\mu$  推断值输出机构 62 输出更新停止信号并中断  $\mu$  推断值的更新。以后，把中断上述更新前的  $\mu$  推断值  $\mu_n$  作为  $\mu$  推断值向车辆控制机构 70 输出。

再有，此后在打滑率  $S$  小于等于阈值  $K$  的场合，经过规定时间后返回上述步骤 S21，再开始  $\mu$  推断值的更新。

这样，由于急剧地加减速等而使轮胎的打滑率  $S$  超过预先设定的阈值  $K$  后的控制，由于不用新推断的  $\mu$  推断值  $\mu_{n+1}$ ，而是由即将成为  $S > K$  之前推断的  $\mu$  推断值  $\mu_n$  进行，所以可以防止系统的误动作。

再有，在 4 轮驱动车的场合，由于不能使用上述那样地从驱动轮和从动轮的转速算出打滑率  $S$  的方法，所以在检测发动机转速  $R$  且发动机转速比规定的阈值  $R_z$  高时，扭矩变得非常高，判断为轮胎为容易打滑的状态，中断  $\mu$  推断值的更新。

对于由上述发动机转速更新  $\mu$  推断值的方法，参照图 25 的流程图详细地进行说明。

首先，在步骤 S30 中，运算  $\mu$  推断值  $\mu_n$ ，在步骤 S31 中，更新  $\mu$  推断值并把上述  $\mu_n$  作为新的  $\mu$  推断值。在步骤 S32 中检测发动机转

速  $R$ ，判断该检测的发动机转速  $R$  是否超过规定的阈值  $R_z$ （例如， $R_z=4500\text{rpm}$ ）。

在  $R \leq R_z$  的场合，进入步骤 S33，在  $\mu$  推断值输出机构 62 中，把上述  $\mu_n$  作为  $\mu$  推断值输出给车辆控制机构 70。然后，在步骤 S34 中运算了下一个  $\mu$  推断值  $\mu_{n+1}$  后，把该  $\mu_{n+1}$  作为  $\mu_n$  返回上述步骤 S31，更新  $\mu$  推断值并把上述  $\mu_n$ （在步骤 S34 中运算的  $\mu_{n+1}$ ）作为新的  $\mu$  推断值，进入步骤 S32，再检测发动机转速  $R$ 。

另外，在  $R > R_z$  的场合，进入步骤 S35，中断  $\mu$  推断值的更新，以后，把中断上述更新前的  $\mu$  推断值  $\mu$  作为  $\mu$  推断值输出给车辆控制机构 70。

再有，以后在发动机转速降低成为  $R \leq R_z$  的场合，经过规定时间后返回上述步骤 S31，再开始  $\mu$  推断值的更新。

因此，即使在 4 轮驱动车的场合，如果检测发动机转速  $R$ ，判断轮胎的打滑状态，控制  $\mu$  推断值的更新，也可以防止系统的误动作。

图 26 是表示使上述试验车辆以一定的速度在干燥沥青路、湿沥青路（水深约 1mm）、水面打滑试验水池（混凝土，水深约 10mm）、压过雪路、冰面路上行驶，用上述最佳的频带的振动度算出各路面上  $\mu$  推断值的结果的图。在水面打滑试验水池中，随着车辆速度上升，产生轮胎上浮现象，而使接地面积降低，为此， $\mu$  也降低，但已经确认该  $\mu$  推断值反映了这样的  $\mu$  降低，与从通常的制动距离求出的路面摩擦系数大致符合。

接着，使上述试验车辆行驶在干燥沥青路上并缓慢地加速上述试验车辆，如图 27 的点划线所示， $\mu$  推断值与上述图 26 所示的以一定速度行驶的场合的  $\mu$  推断值大致一致，已确认不会引起  $\mu$  推断值的误判断。

但是，在干燥沥青路上，在急剧加速上述试验车辆的场合，如图 27 的虚线所示，存在中途  $\mu$  推断值降低的区域。这些区域出现在发动机转速变高，即将进行齿轮转换之前。即，是发动机扭矩升高，轮胎的打滑率升高的区域。实际上，轮胎的打滑率超过了 20%。

因此,把装入了由上述图 24 所示的打滑率  $S$  引起的控制流程及由图 25 所示的发动机转速引起的控制流的逻辑的系统搭载在试验车辆上,在干燥沥青路面上全加速上述试验车辆并求出  $\mu$  推断值,如图 28 所示,在轮胎的打滑率升高期间,已经确认  $\mu$  的更新被中断,即将中断前的  $\mu$  值已被保持。

再有,作为上述试验车辆,使用 1800cc 的 FF 驱动车,把打滑率  $S$  的阈值设定为  $K=0.2$ ,把发动机转速  $R$  的阈值  $R_z$  设定为 4500rpm。  
优选方式 7

图 29 是表示具有上述优选方式 6 的路面状况推断装置 60 的各机构 11~14、16Z,用运算的  $\mu$  推断值控制 ABS 制动器的 ABS 制动控制装置 80 的一个构成例的图,在此,由无线方式连接安装了加速度传感器 11 的车轮侧(滚动侧)A 和作为非滚动侧的车体侧 B,由无线方式把用加速度传感器 11 检测出的车轮 1 的振动信息信号送往车体侧 B,在车体侧 B 接收该信号后进行频率分析并求出  $\mu$  推断值,控制 ABS 制动器。

在车轮侧 A 上,设置上述加速度传感器 11 和其驱动·检测用电路 81 及电池 82、由数字变换并压缩用上述加速度传感器 11 检测出的车轮 1 的振动信息信号的 A/B 变换器 83a、信息压缩电路 83b 及把上述压缩信号由无线方式发送给车体侧 B 的发送器 83c 构成的发送电路 83、发送用的天线 83p。

另外,在车体侧 B 上设置接收上述压缩信号的接收器 84 及天线 84p、检测复原接收的压缩信号后进行频率分析得到的振动频谱的规定频带的振动度的 FFT 分析器 85,用上述振动度运算  $\mu$  推断值的运算电路 86、检测制动器开关的开和关状态的制动器开关 ON/OFF 检测器 87、基于该制动器开关 ON/OFF 检测器 87 的输出顺序更新上述  $\mu$  推断值并输出的  $\mu$  更新电路 88、控制 ABS 制动器的 ABS 制动控制器 89。

再有,上述 FFT 分析器 85 是具有相当于具有上述优选方式 6 的频带设定机构 13 及振动度检测机构 14 的频率分析机构 12 的功能的



装置，运算电路 86 相当于路面摩擦系数推断机构 16Z，更新电路 88 相当于  $\mu$  推断值输出机构 62，制动器开关 ON/OFF 检测器 87 相当于制动器开关 ON/OFF 检测机构 61。

因此，可以不用设置信号连接线，在车体侧 B 处理在作为转动侧的车轮侧 A 检测出的振动信息信号，推断路面摩擦系数并控制 ABS 制动器。

下面对上述构成的 ABS 制动控制装置 80 的动作进行说明。

首先，由 A/D 变换器 83a 对由加速度传感器 11 检测出并从加速度传感器电路 81 输出的车轮 1 的振动信息信号进行数字变换，之后由信息压缩电路 83b 进行压缩，从发送器 83a 经天线 83p 由无线方式把上述压缩信号发送给车体侧 B。

该发送的压缩信号经天线 84p 被接收器 84 接收并送往 FFT 分析器 85。在 FFT 分析器 85 中复原上述压缩了的接收信号，之后检测频率分析得到的振动频谱的多个频带  $f_i$  ( $i=1 \sim n$ ) 中的振动的频带值  $x_i$  ( $i=1 \sim n$ )。然后，在运算电路 86 中，与上述优选方式 6 一样，根据上述振动的频带值  $x_i$  ( $i=1 \sim n$ ) 运算  $\mu$  推断值并送给  $\mu$  更新输出电路 88，在  $\mu$  更新电路 88 中，顺序更新上述  $\mu$  推断值并输出给 ABS 制动控制器 89。在 ABS 制动控制器 89 中，用上述被更新的  $\mu$  推断值控制 ABS 制动器。

再有，在本实施例中，也与上述优选方式 6 一样，由制动器开关 ON/OFF 检测器 87 控制上述更新电路 88 中的上述  $\mu$  推断值的更新，可以变更用于进行 ABS 制动器的控制的  $\mu$  推断值。

因此，在没有踩踏制动器的状态下，向 ABS 制动器控制器 89 顺序输入上述被运算的  $\mu$  推断值，在踩制动器的场合，输入即将踩制动器之前推断的  $\mu$  推断值。

一般说来，在低  $\mu$  路上，当启动制动器时，由于来自路面的摩擦力低，如下述那样，车轮速度急剧下降，打滑率上升。当打滑率过度上升时，引起制动力下降和转向操作力的大幅度下降，是很危险的。

因此，在本优选方式 7 中，如果降低 ABS 制动控制器 89 中的推

断值  $\mu$ ，就可以使进入 ABS 制动器方式的阈值下降，使 ABS 提早动作来进行控制，使打滑率不上升。这时，在踩制动器的场合，由于使用即将踩制动器之前推断的  $\mu$  推断值，所以防止了系统的误动作。

另外，在低  $\mu$  的路上，即使提早进入 ABS 模式，但当油压的加载方式很急剧的情况时，打滑率仍然过高而具有危险，所以在低  $\mu$  路上要提早进入 ABS 模式，同时在 ABS 制动控制器 89 中缓慢地增加制动器油压。相反，在减压的场合，由于在低  $\mu$  路上摩擦力低，打滑率不容易下降（轮胎的加速慢），所以可以快速减压。

图 30 是表示加在轮胎上的力的示意图，如图 30 所示，来自路面的摩擦力作用在与制动器力相反的方向上。因此，当路面的  $\mu$  低时，制动器力相对地变强，轮胎的旋转速度急剧下降，打滑率急剧上升。在极端的场合，轮胎达到被锁定，这是危险的。当轮胎被锁定时，如图 31 的表示打滑率和摩擦力的关系的 S -  $\mu$  曲线所表示的那样， $\mu$  降低，转向操作力也降低而不能转弯。

这样，一旦轮胎的旋转速度落下来，由于在低  $\mu$  路面上摩擦力也低，所以即使用 ABS 控制来减缓制动器油压，打滑率返回到适当的位置要花费时间。即，使制动距离变长而带来危险。

图 32、图 33 是分别使试验车辆在湿路面和冰路面上行驶，测量车体速度和车轮速度的图，把它们的速度差除以车体速度，得出打滑率。

与湿路面相比，在冰路面上在制动初期轮胎旋转速度容易下降，打滑率升高，因此，在低的  $\mu$  的路面上，如上所述，最好降低向 ABS 转移时的油压的阈值并进行控制，以使制动油压不过分上升。另外，对于 ABS 制动中增压和减压，最好根据路面  $\mu$  进行适当的控制。

另外，即使对于 ABS 制动中的增压、减压，最好也是根据路面  $\mu$  进行正确的控制。

即使在通常的 ABS 控制中，也是以齿轮传感器的信息为基础来增减调整 ABS 制动器油压，在像本发明那样，通过预先推断路面  $\mu$ ，基于  $\mu$  推断值调整上述油压的增减，可以减少控制失误。

另外,图 33 是表示使搭载了本发明的 ABS 制动控制装置 80 的试验车辆在冰路面上行驶,进行 ABS 制动试验,测量车体速度和车轮速度的结果的图,像与上述图 32 比较所得知的那样,在使用本发明的 ABS 制动控制装置 80 进行 ABS 制动器的制动的场合,已确认到车轮速度不相对于车体速度降低的情况下也能正确地控制打滑率。

### 工业上的实用性

如以上说明的那样,根据本发明,用振动检测机构检测出行驶中的车辆的轮胎、车轮、或者悬架部的振动,检测出对该振动进行频率分析而得到的上述振动的频谱的包含在至少 10~10000Hz 范围内的频带的振动度,并根据上述检测出的振动度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态,所以可以高精度地推断路面状况及轮胎行驶状态,可以显著地提高车辆的安全性。

另外,由于把振动检测机构与监视填充在轮胎内的气体压力的压力传感器设置在同一个基板上或者同一个壳体内,所以,基板可以共用,可以实现装置的小型化和低成本化。

再有,由于在轮胎或者车轮部上设置信号处理机构,对用上述振动检测机构检测的振动信息信号进行数字变换,同时对其压缩后发送给车体侧,对在车体侧接收的上述压缩信号进行频率分析,所以可以由无线方式连续地进行数据通信,可以提高振动的检测精度。

另外,检测填充在轮胎内的气体(通常是空气)的压力的时间轴上的微小变化,检测频率分析该微小变化后得到的频谱的振动度或者压力变动幅度,根据上述检测的振动度或者压力变动幅度推断行驶时的路面状况及轮胎行驶状态,也可以得到同样的效果。

另外,根据上述振动频谱或者压力变动频谱的数据和车辆的速度数据检测轮胎的花纹间隔频率,在该花纹间隔频带的振动度或者压力变动幅度超过一定的阈值的场合,当轮胎处于水面打滑状态时进行推断,可以可靠地推断水面打滑状态。再有,求出不受上述花纹间隔频率影响的频带的振动度或者压力变动幅度,与相对于此的花纹间隔频

带的振动度或者压力变动幅度的比值超过一定的阈值的场合，推断为轮胎处于水面打滑状态，可以更加提高推断精度。

另外，在检测轮胎振动、车轮振动、悬架部振动、轮胎内压力变动的至少一种，检测频率分析它们得到的振动频谱的振动度或者压力变动频谱的压力变动幅度来推断路面摩擦系数，同时检测制动器开关的开和关，判断为制动器被踩下的场合，因为中断了路面摩擦系数的推断值的更新，所以在踩踏制动器之后可以不进行路面摩擦系数的推断，可以防止轮胎的打滑引起的系统的误动作。

另外，在检测驱动轮和从动轮的速度并算出打滑率来代替上述制动器开关的开和关的检测，而该打滑率超出预先设定的阈值的场合，或者在检测发动机的转速，而发动机的转速超过预先设定的阈值的场合，即使中断了路面摩擦系数的推断的更新，也可以得到同样的效果。

另外，由于如上述那样连续地推断路面摩擦系数的同时，驾驶员相对于即将踩踏制动器之前的路面摩擦系数推断值的大小变更向ABS控制转移的制动器油压的阈值，所以可以使ABS提前动作，抑制打滑率的上升。

另外，因为驾驶员根据即将踩踏制动器前的路面摩擦系数推断值的大小，调整了ABS制动器油压的增减程度，所以可以可靠地抑制打滑率的上升。

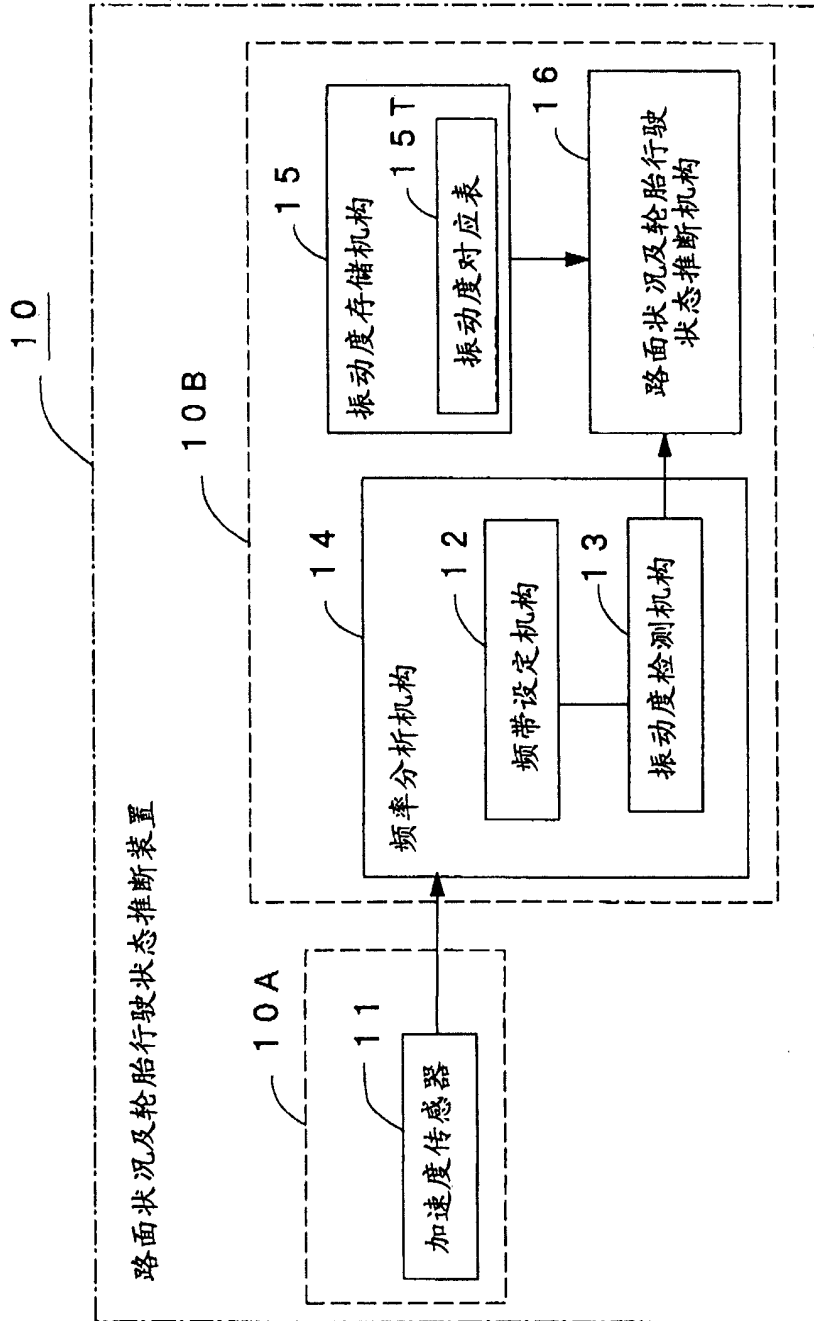


图1

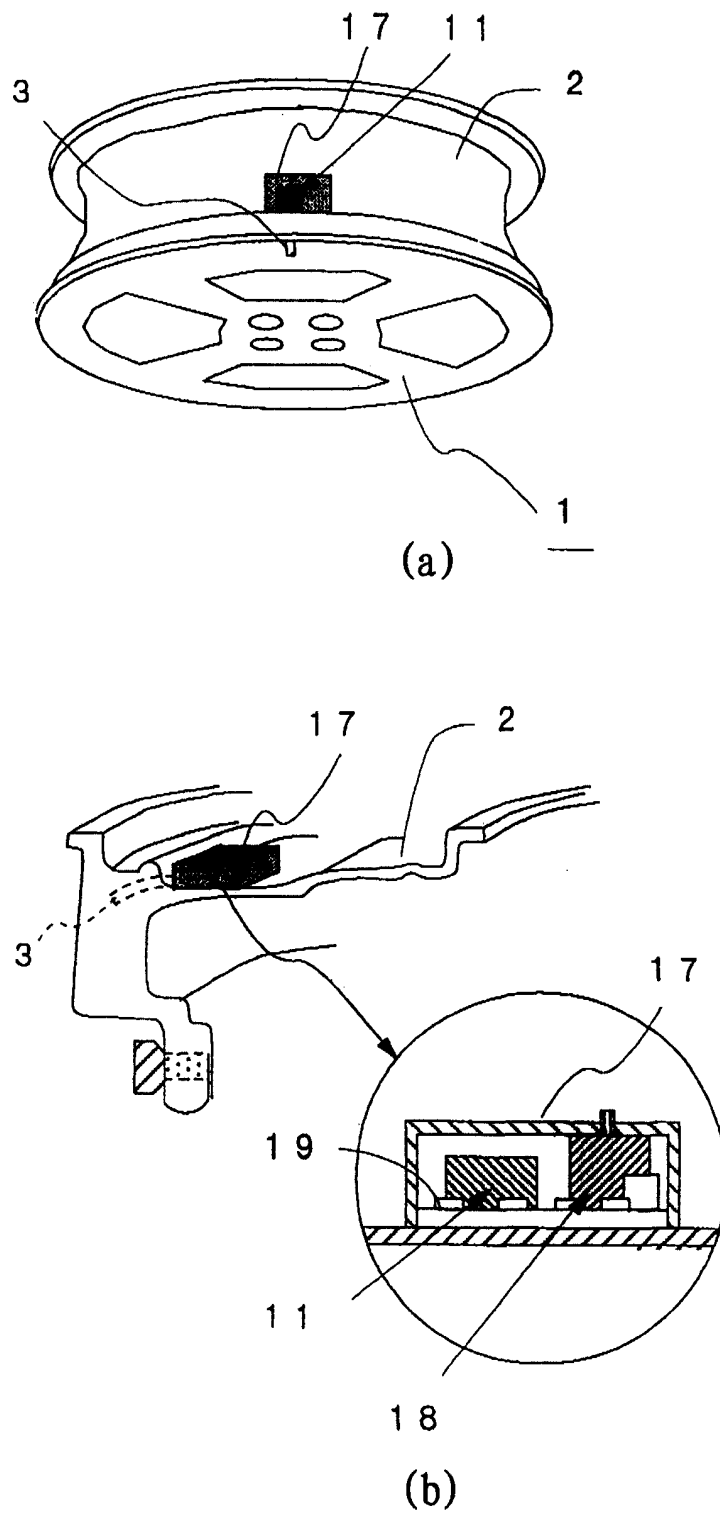


图 2

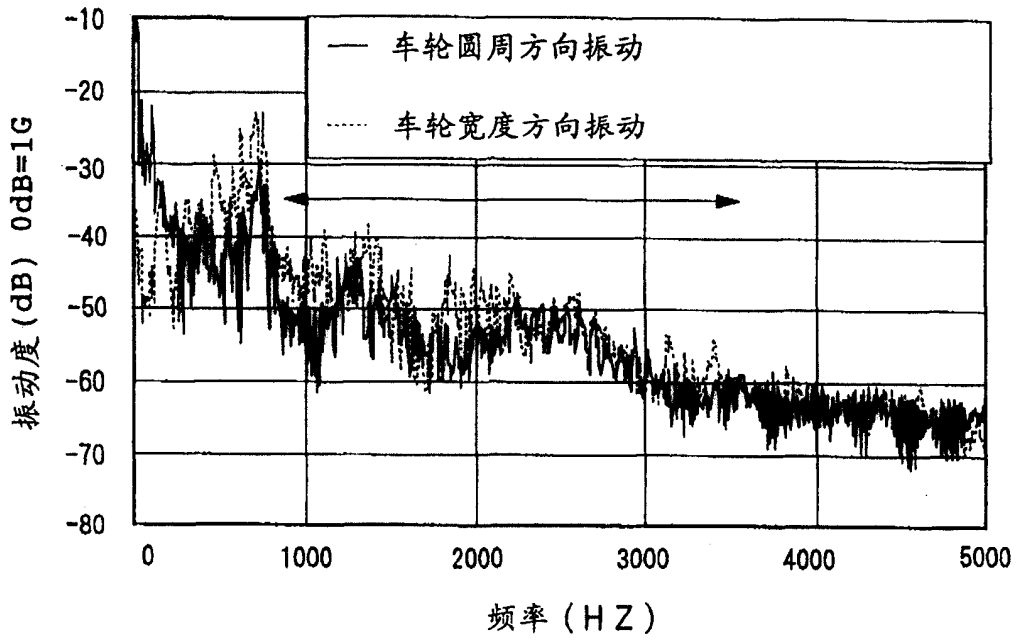


图 3

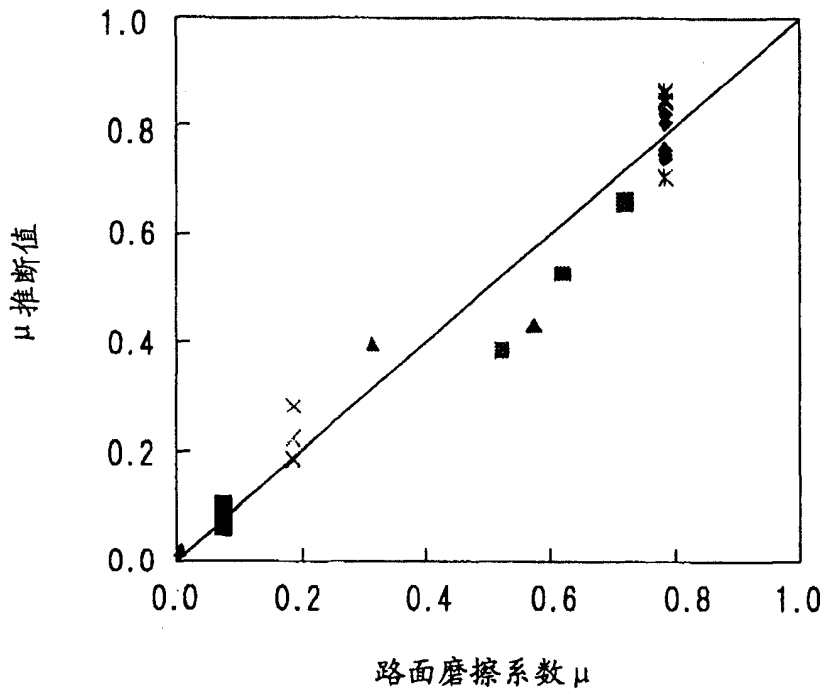


图 4

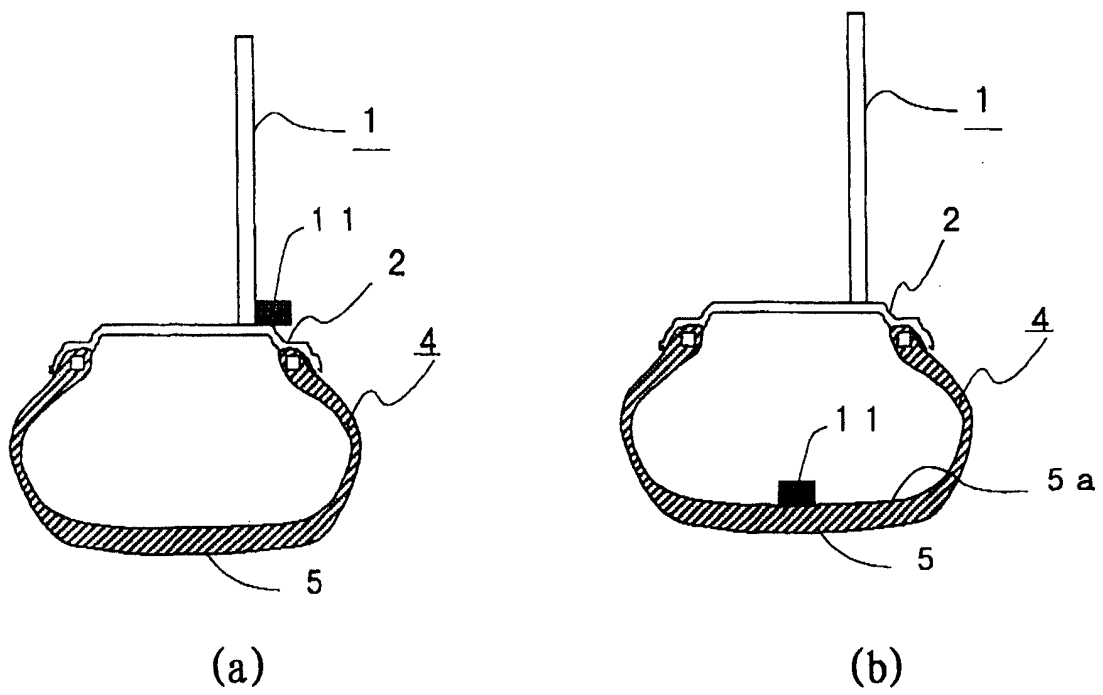


图 5

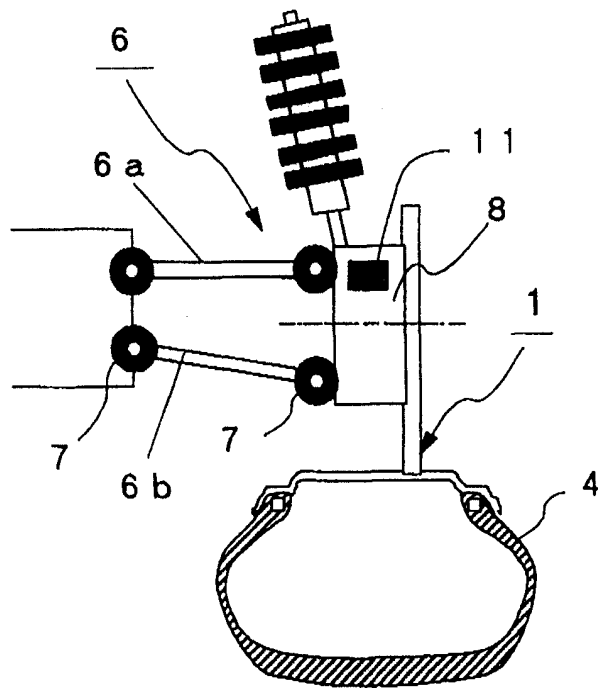


图 6



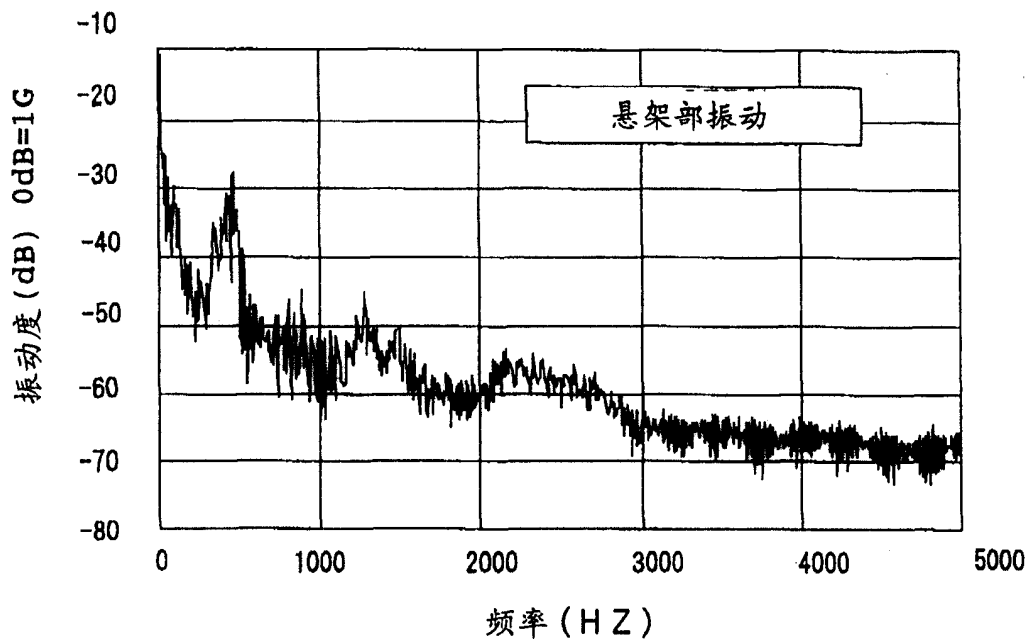


图 7

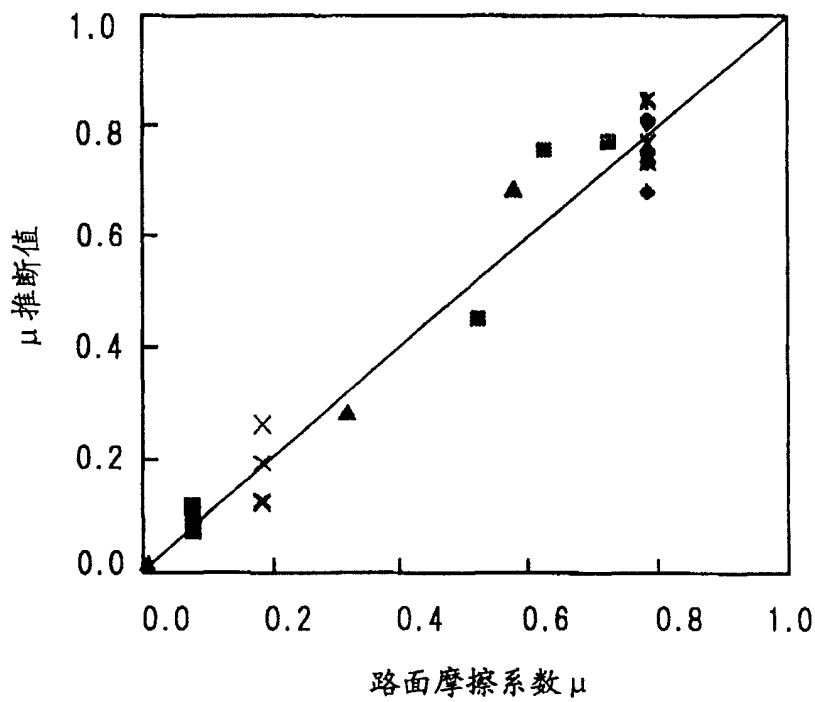


图 8

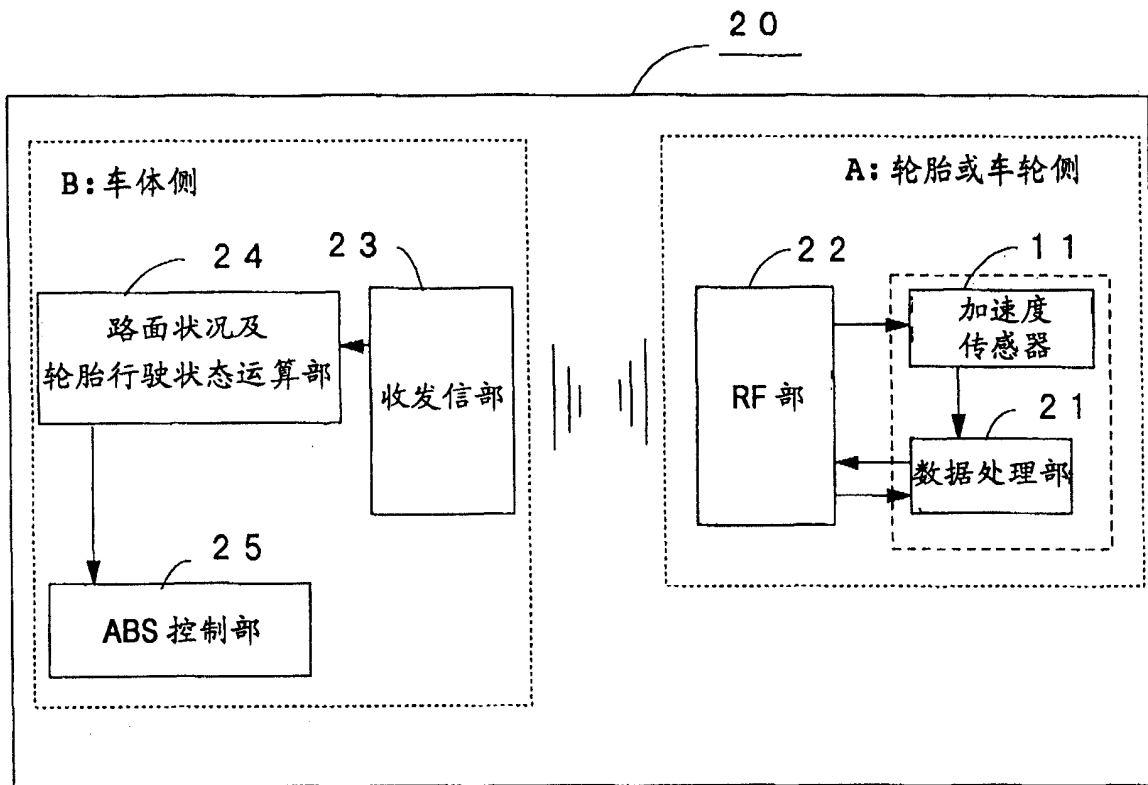


图 9

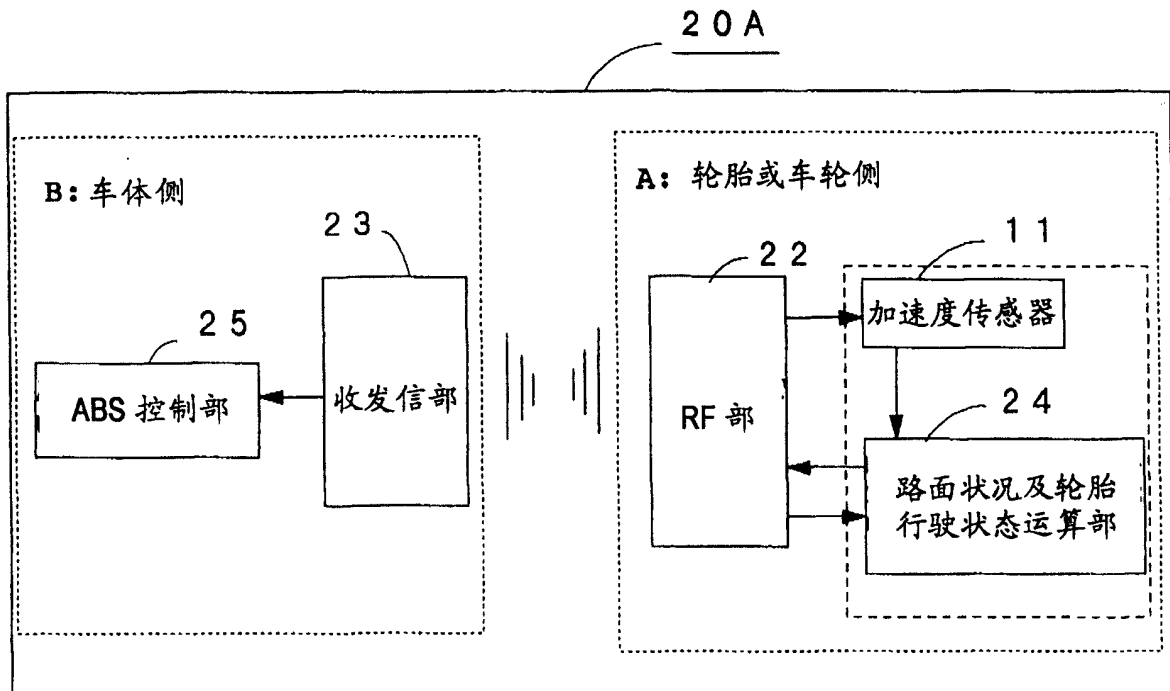


图 10

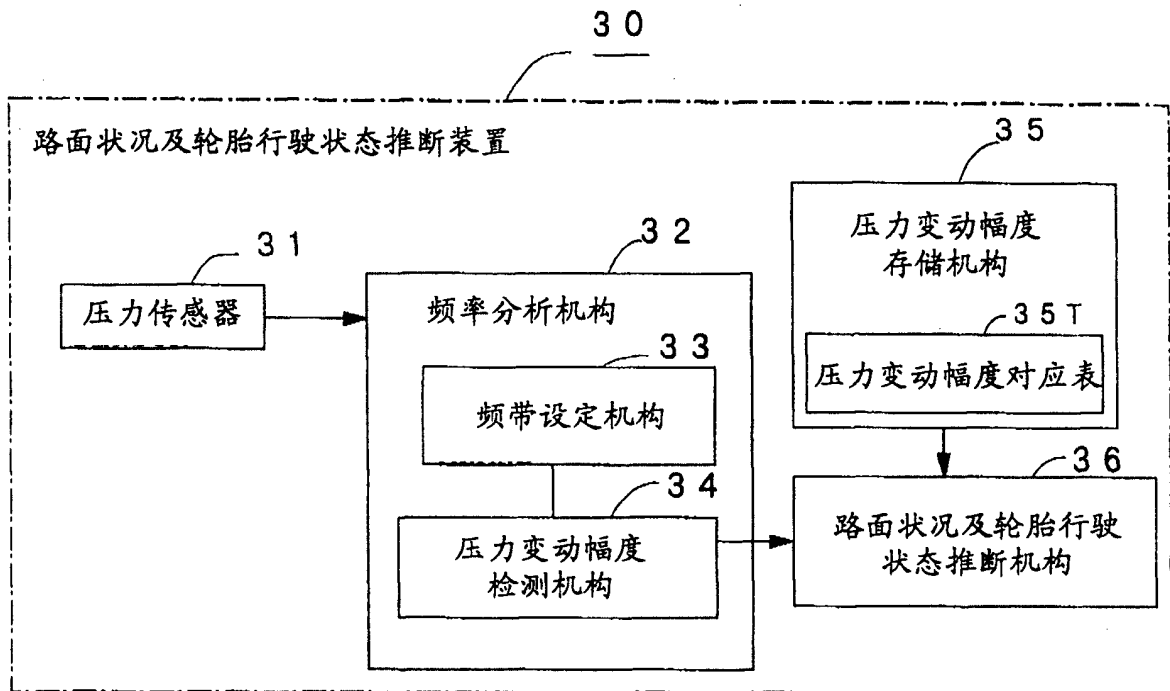


图 11

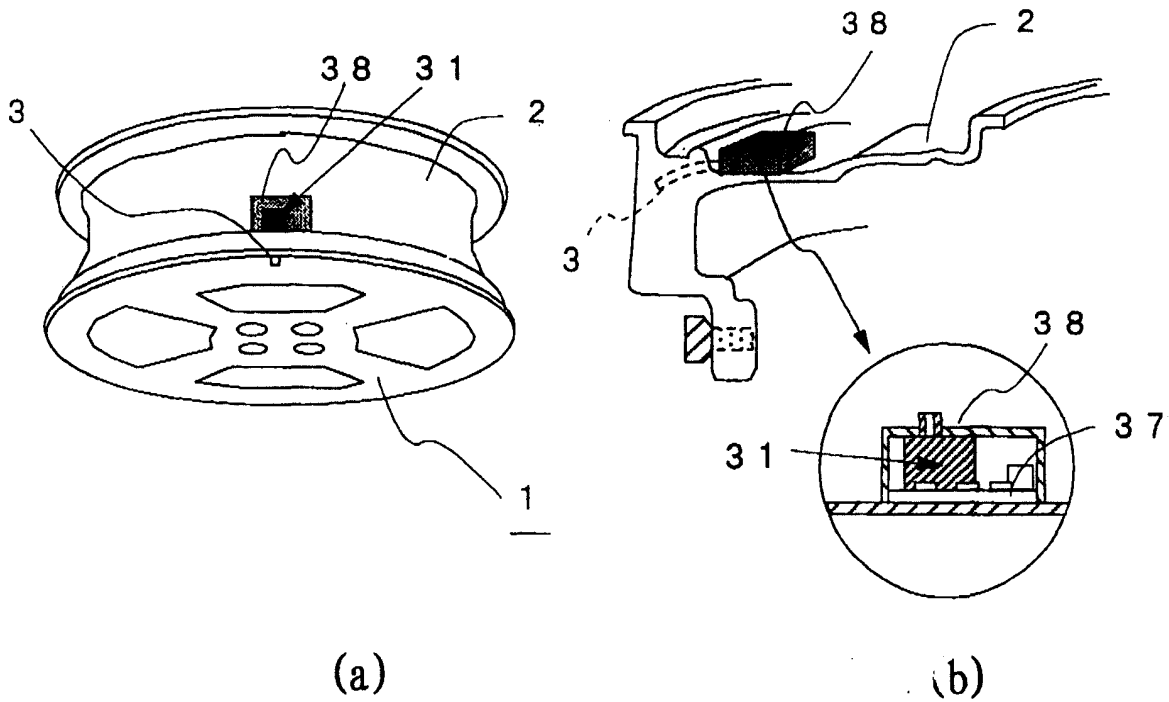


图 12

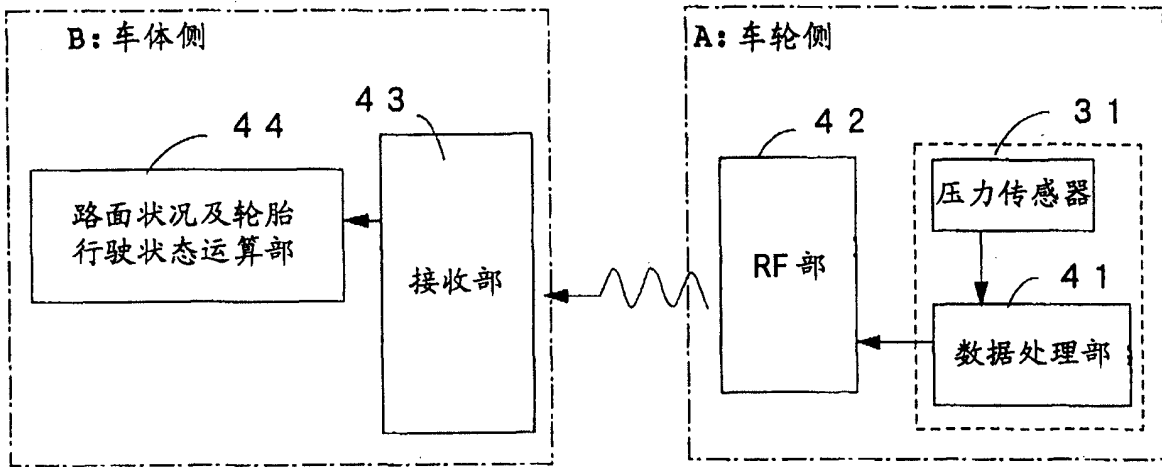


图 13

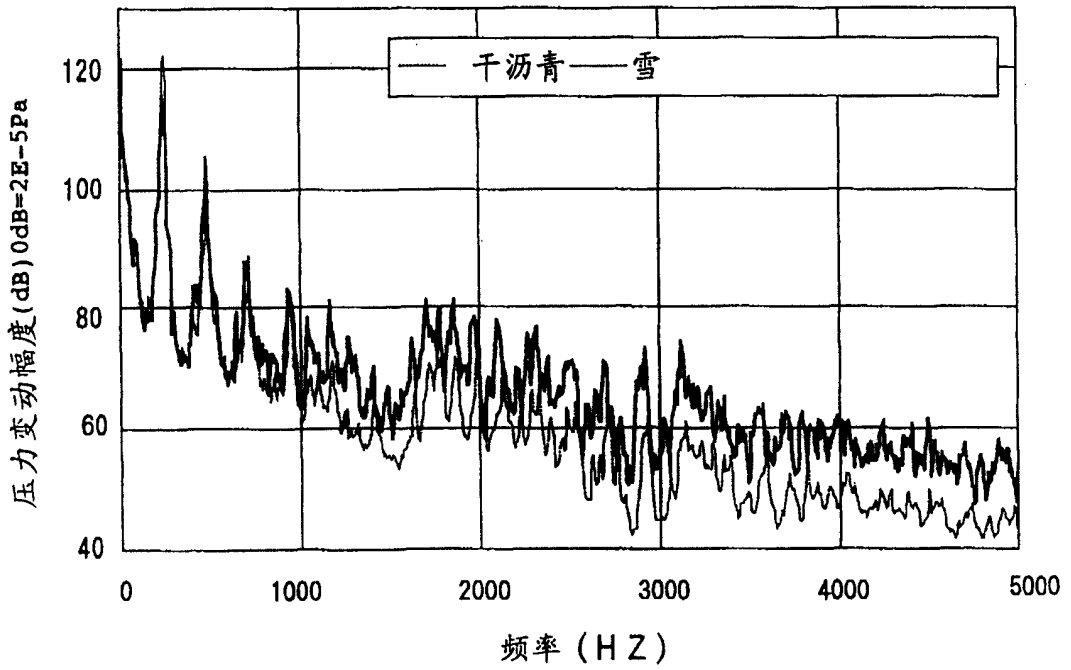


图 14

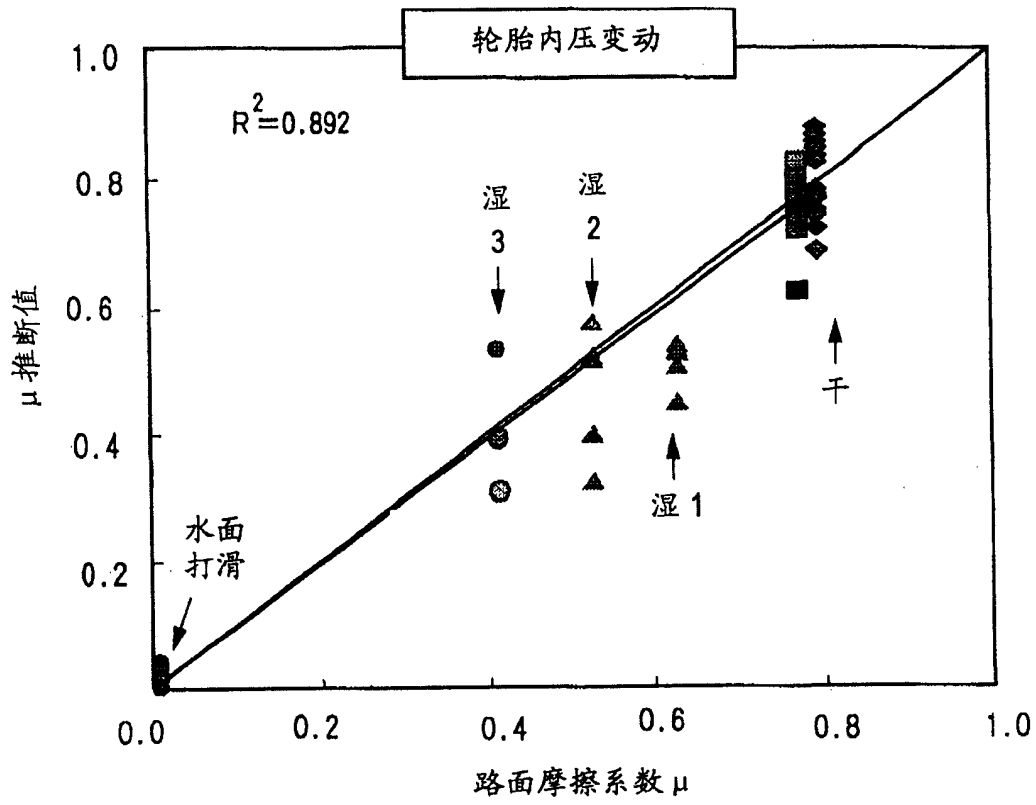


图 15

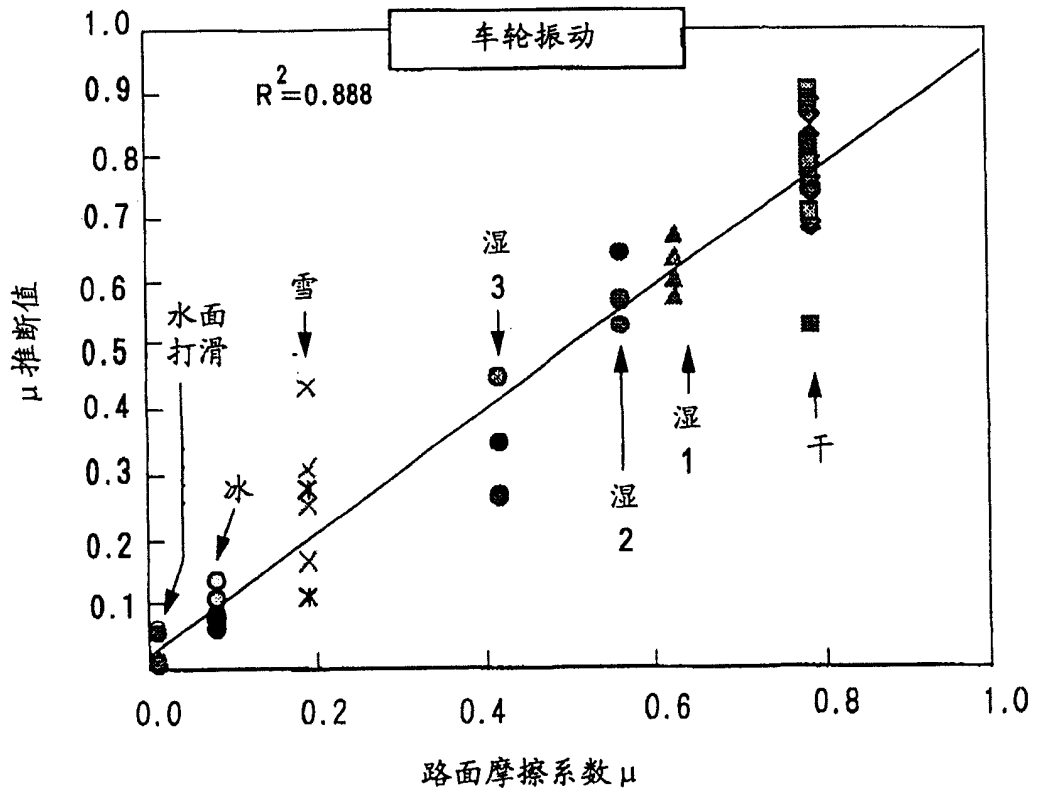


图 16

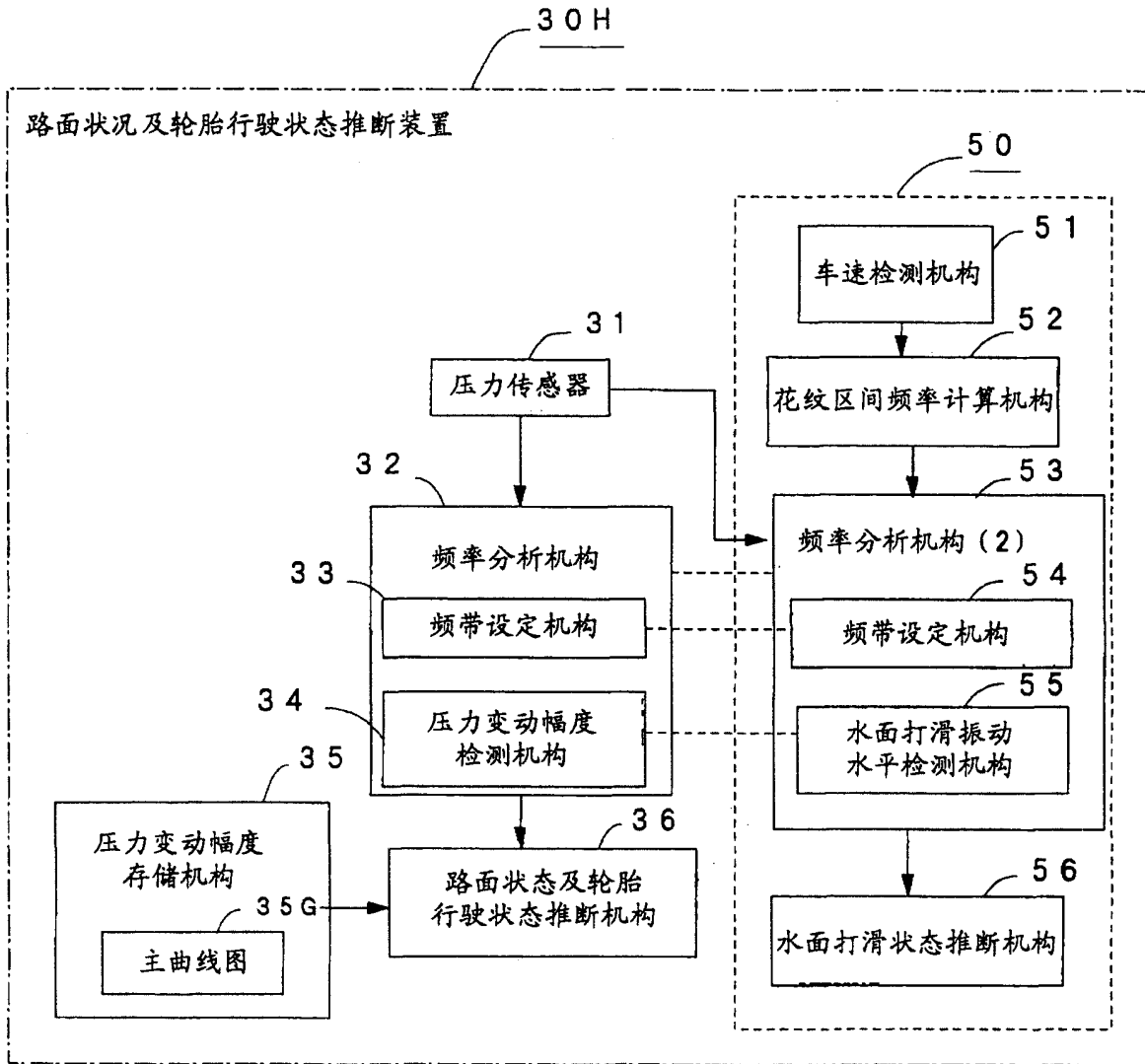


图 17

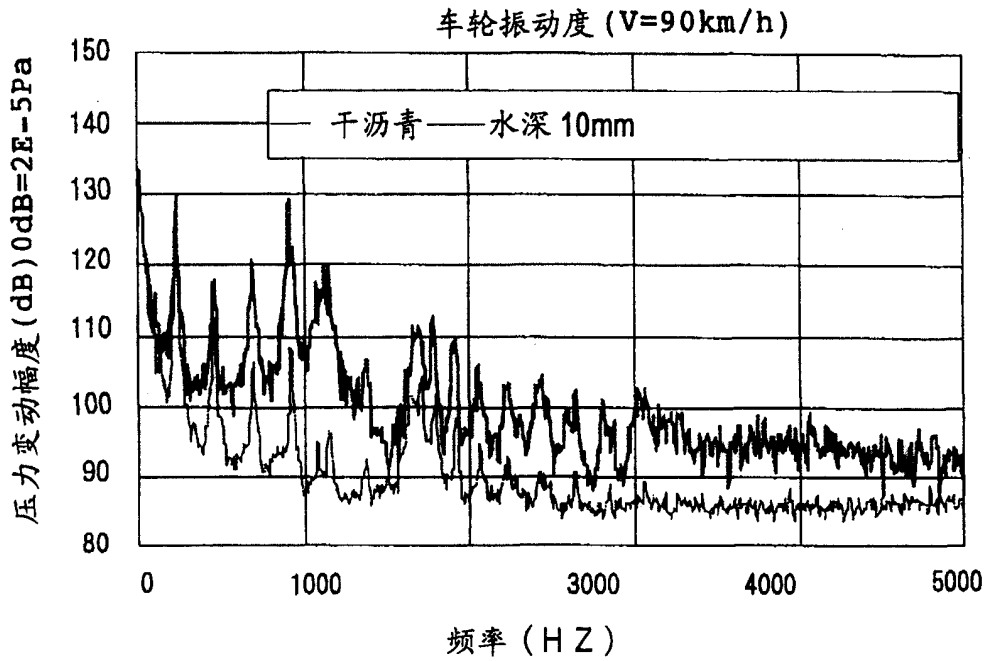


图 18

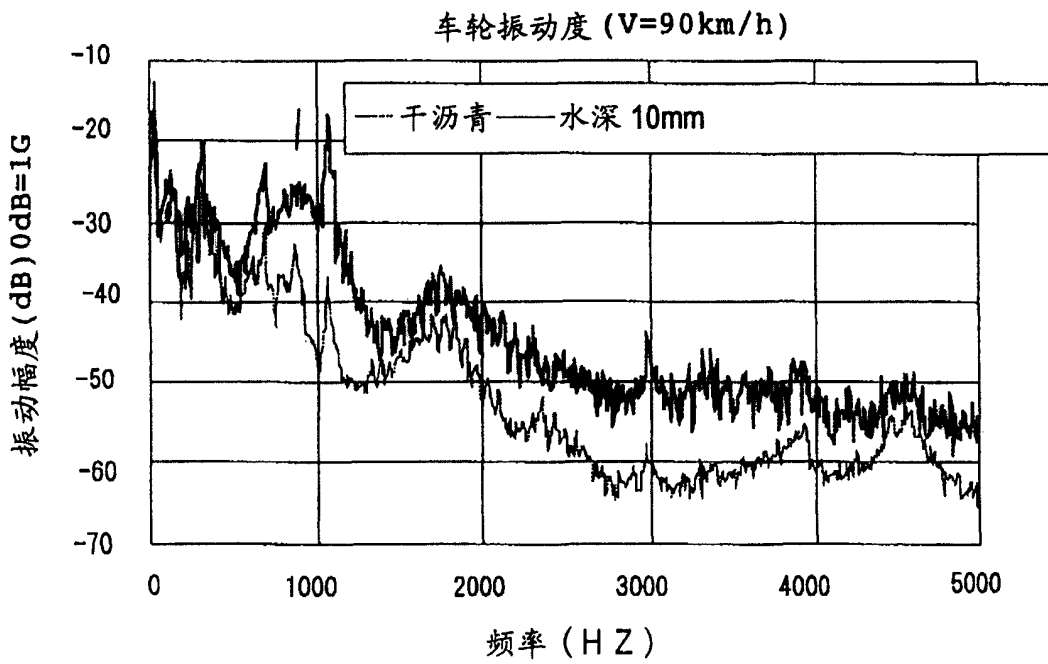


图 19

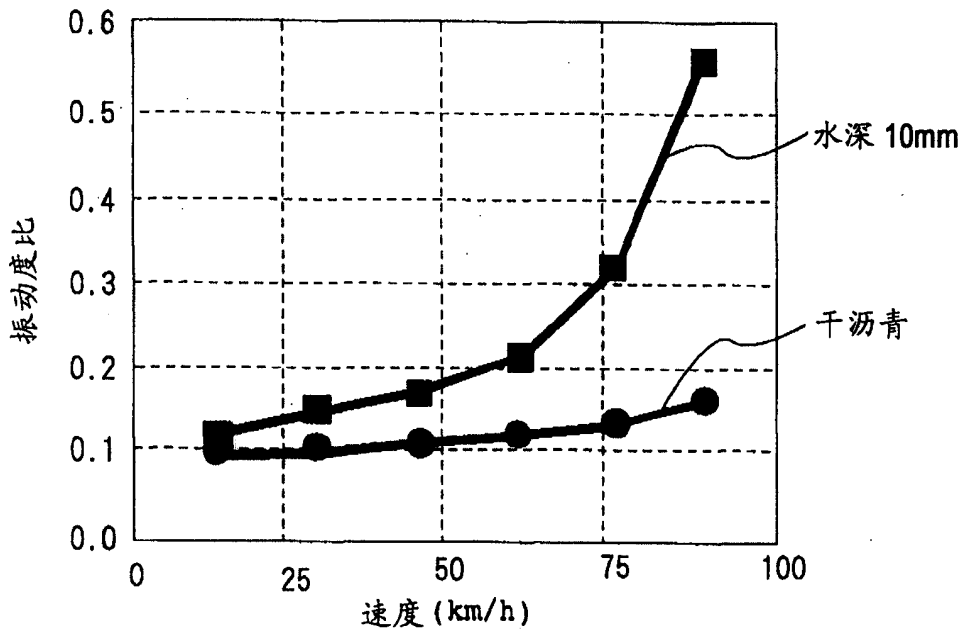


图 20

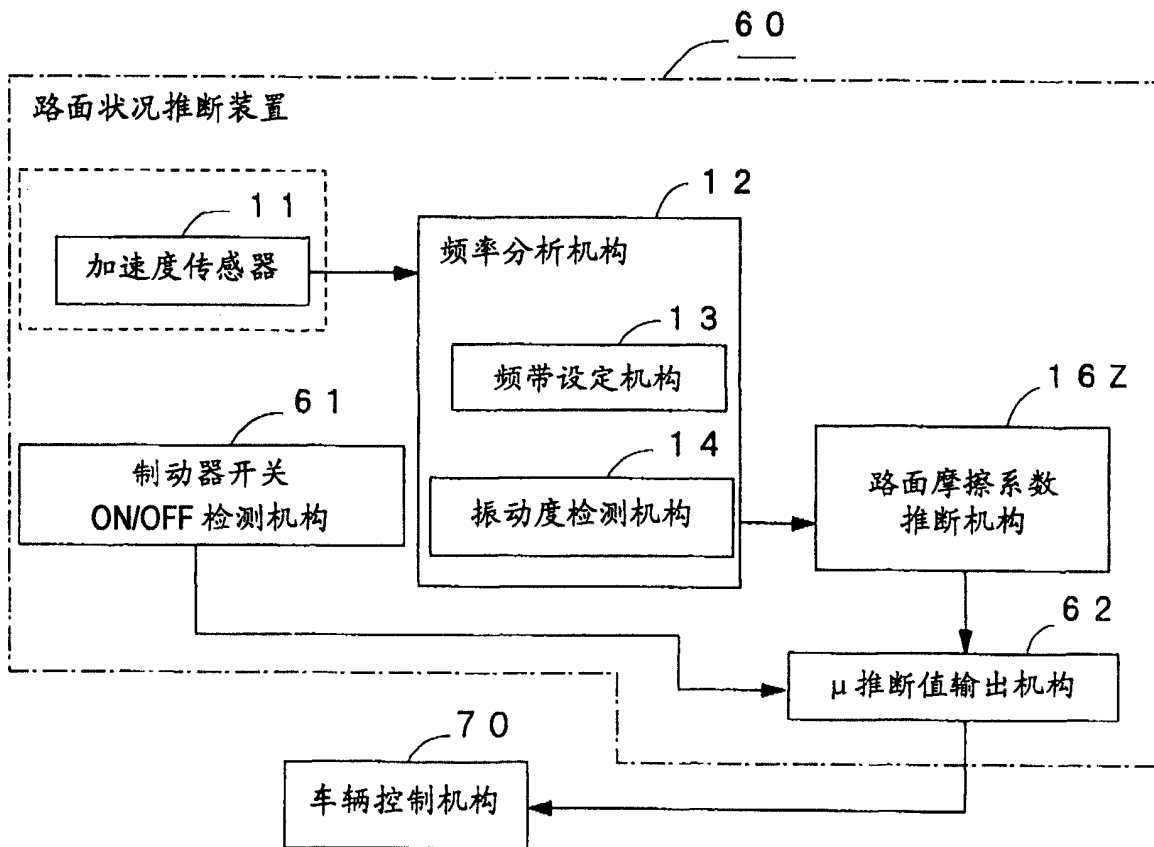


图 21



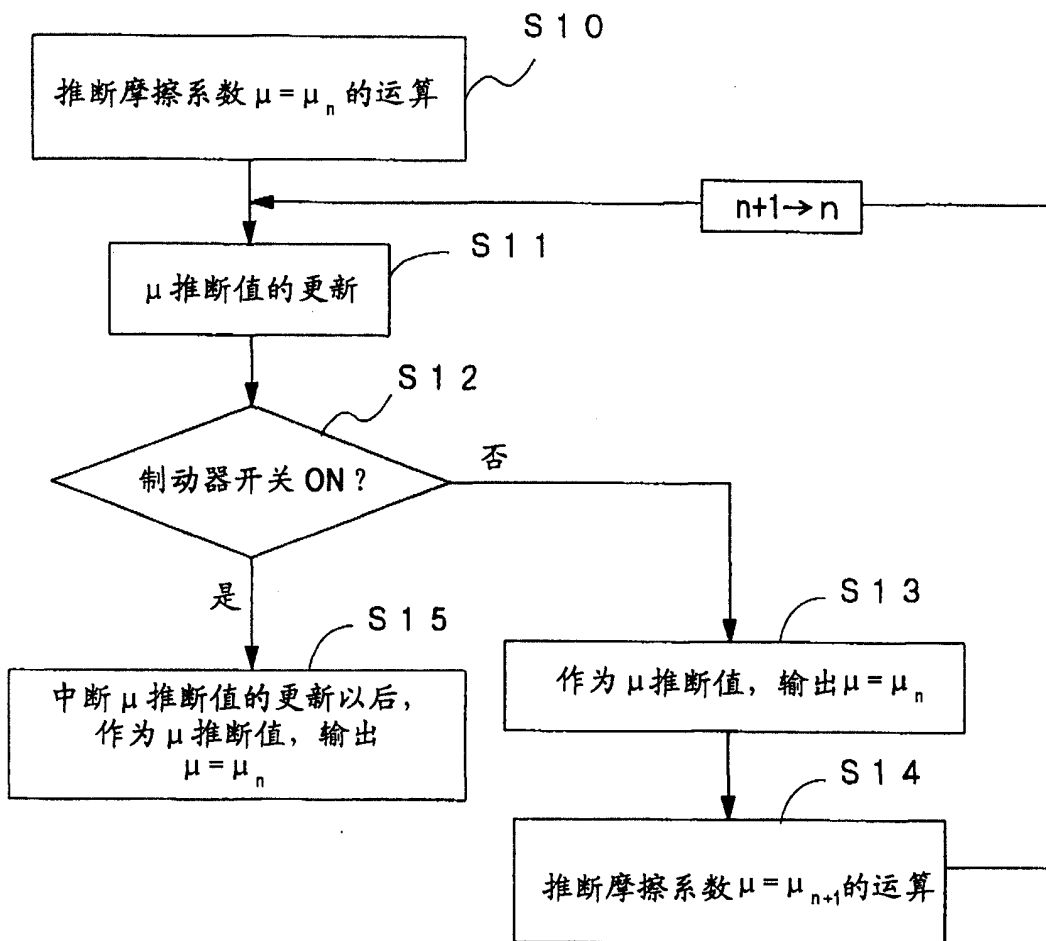


图 22

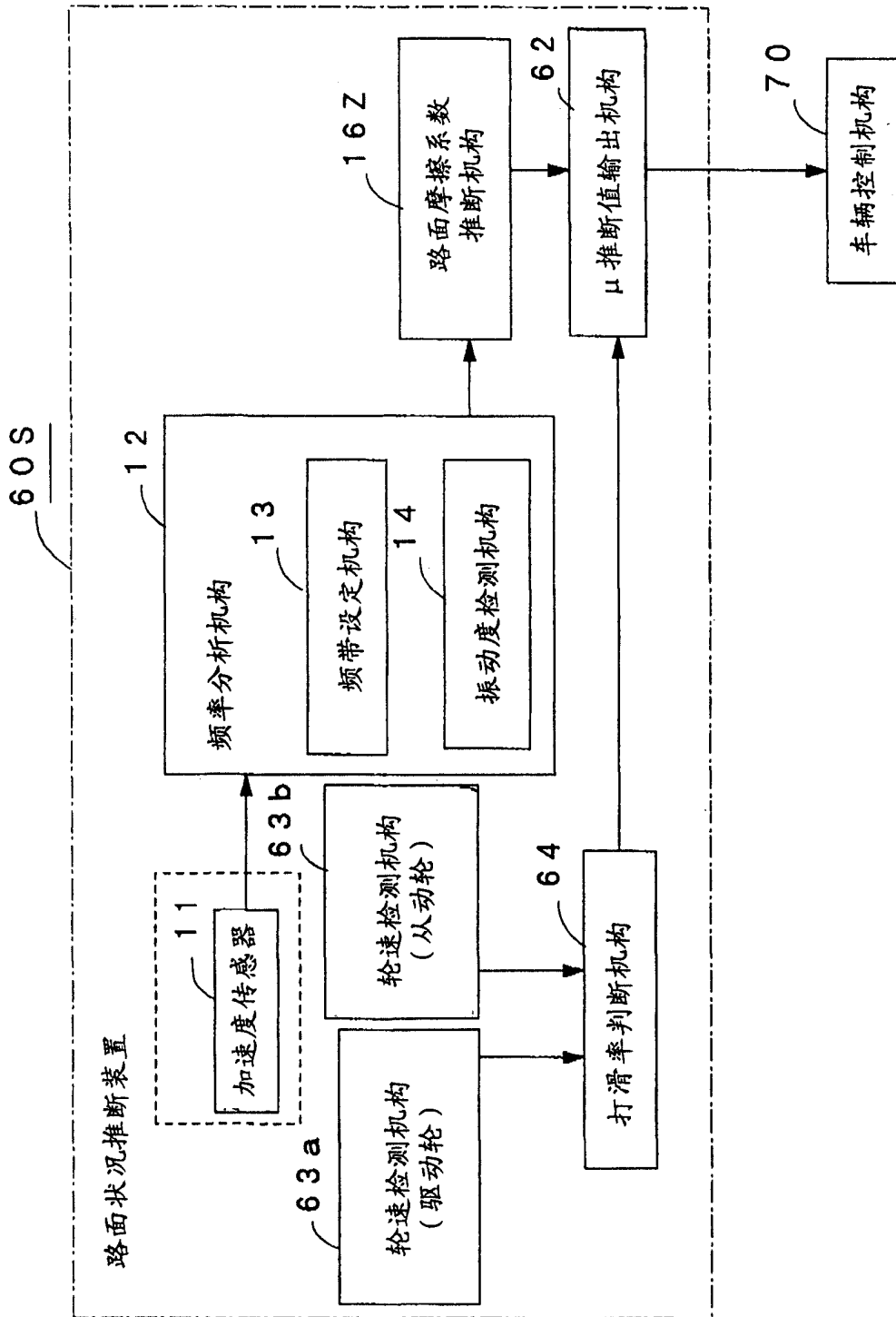


图 23

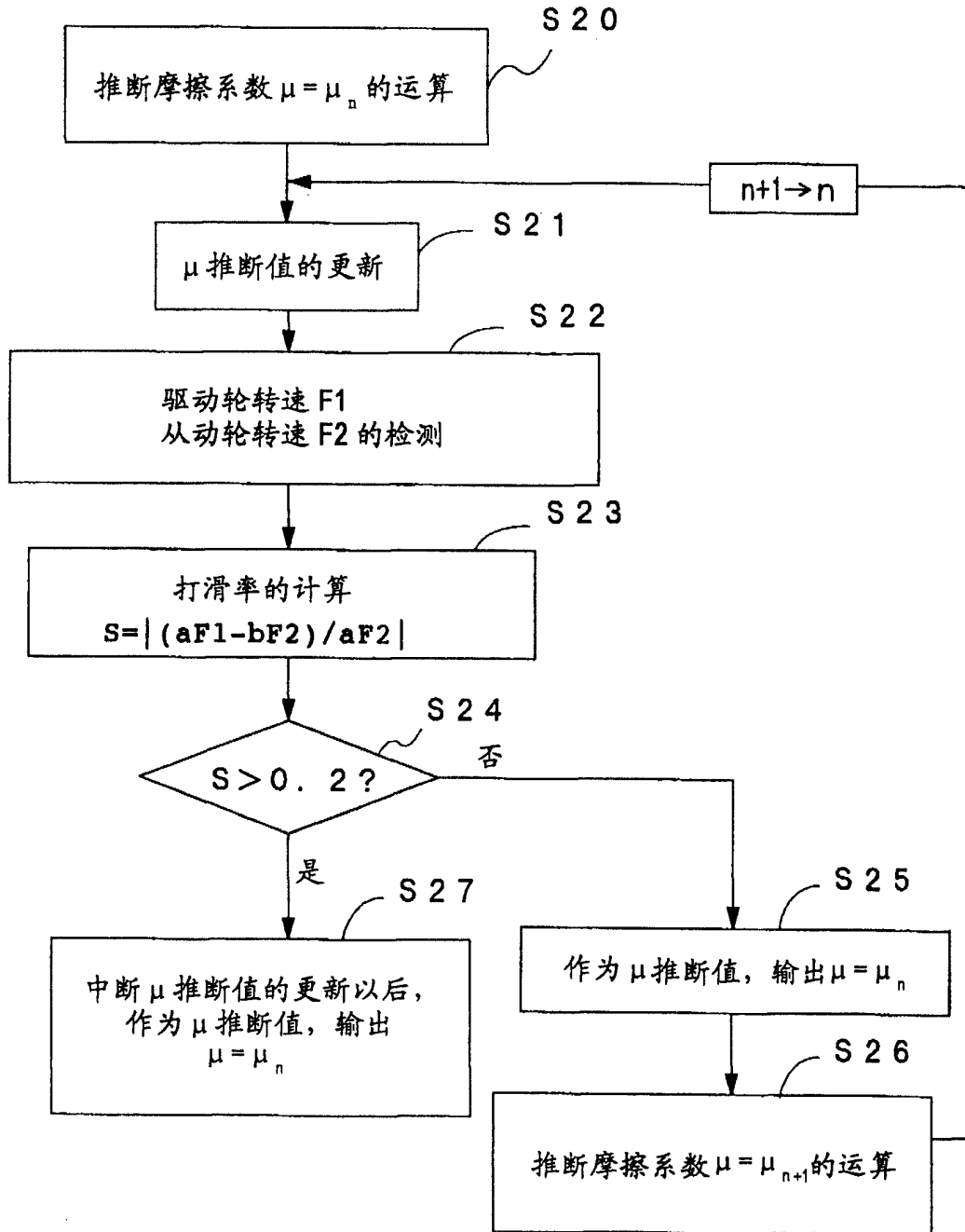


图 24

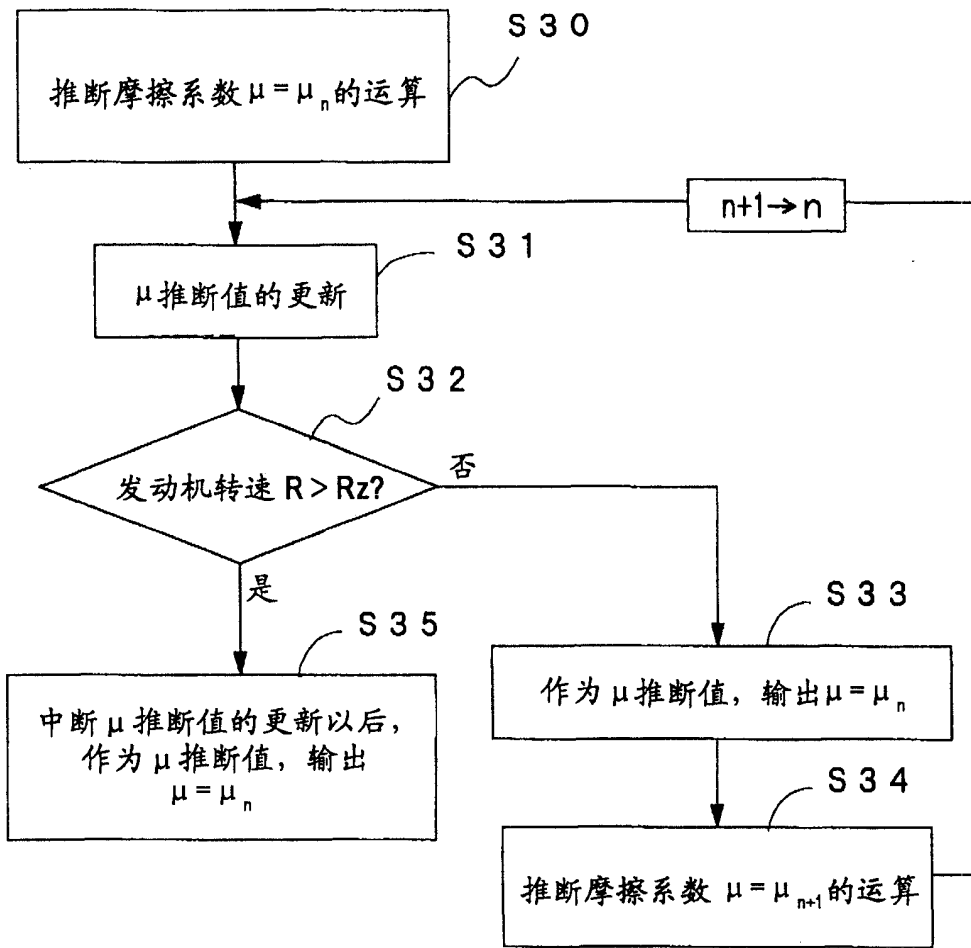


图 25

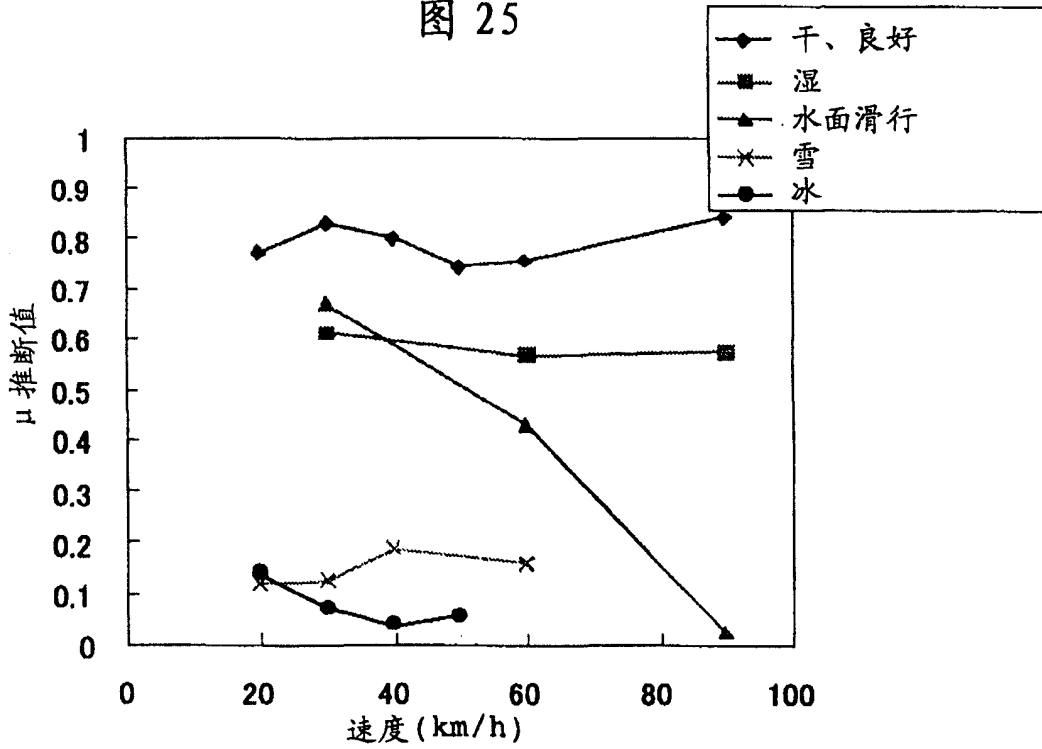


图 26

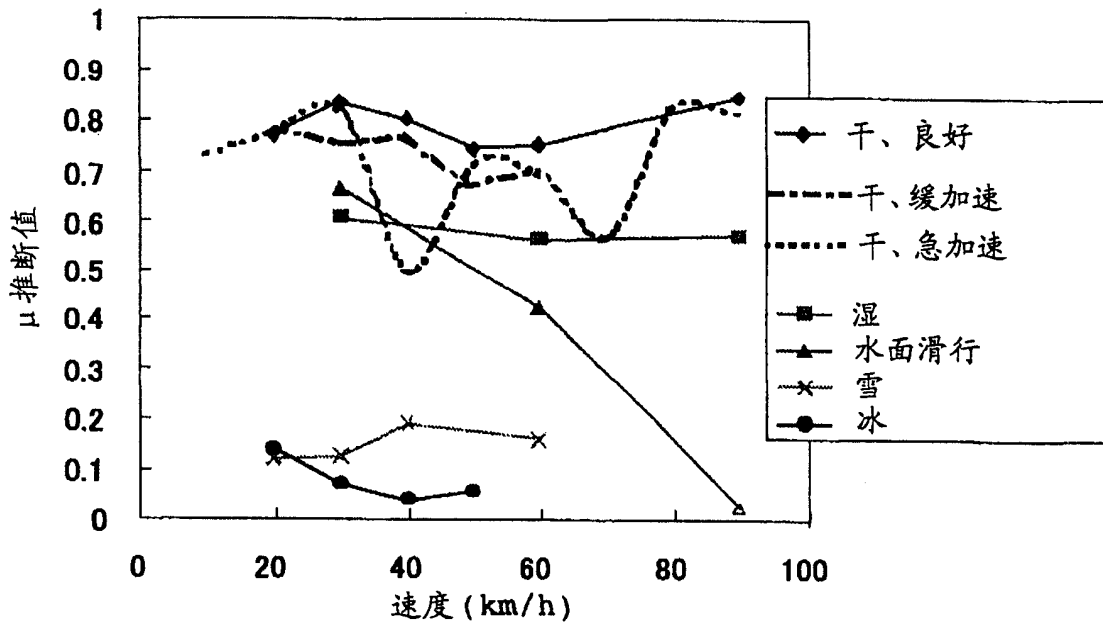


图 27

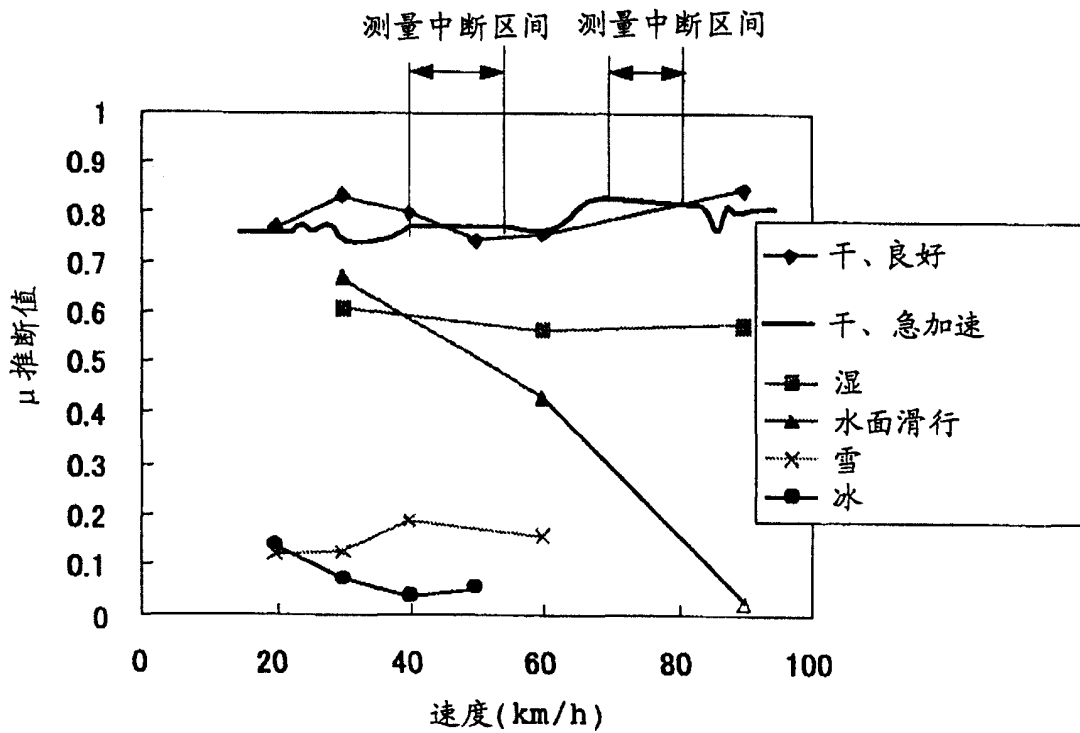


图 28

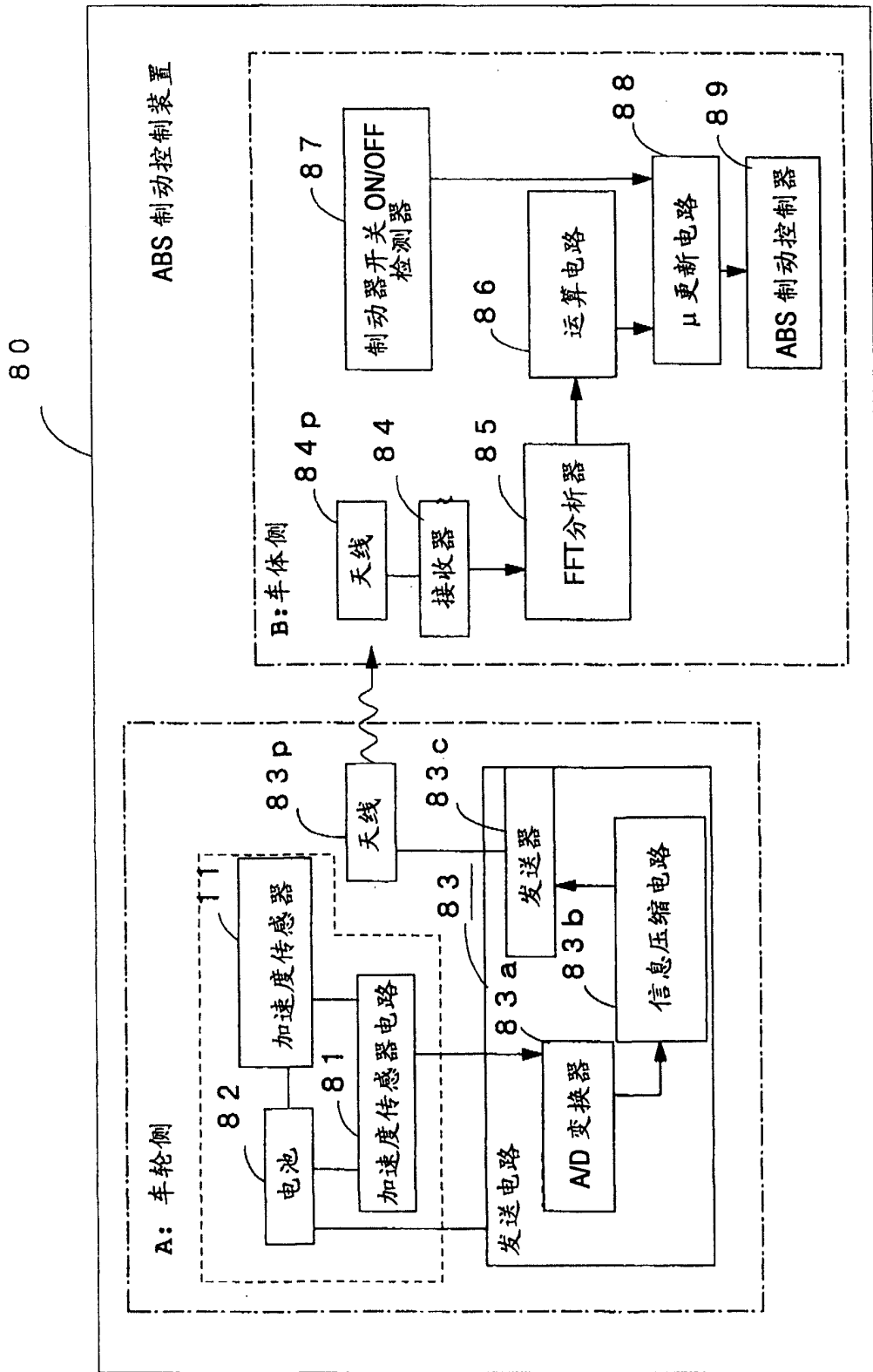


图 29

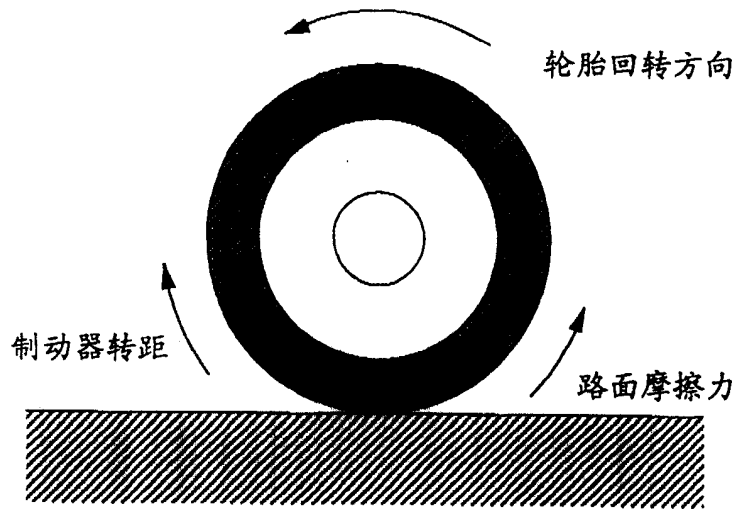


图 30

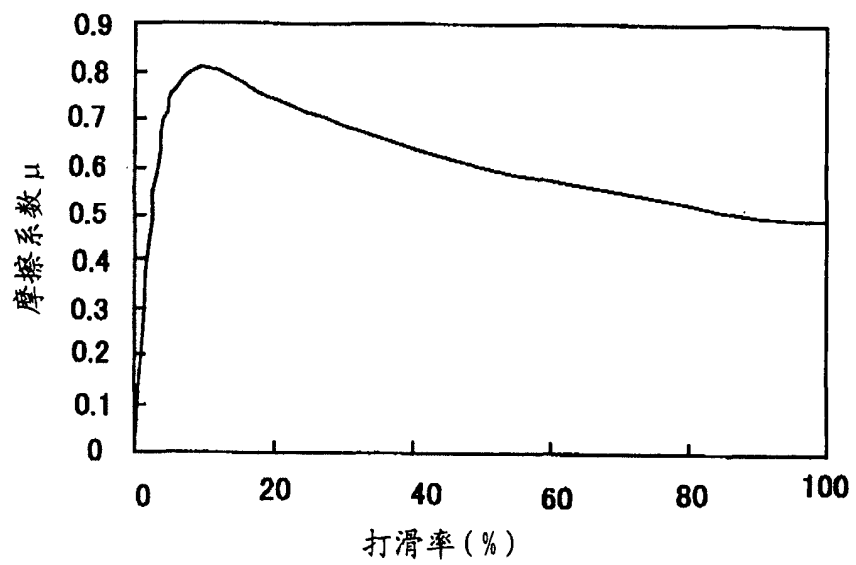


图 31

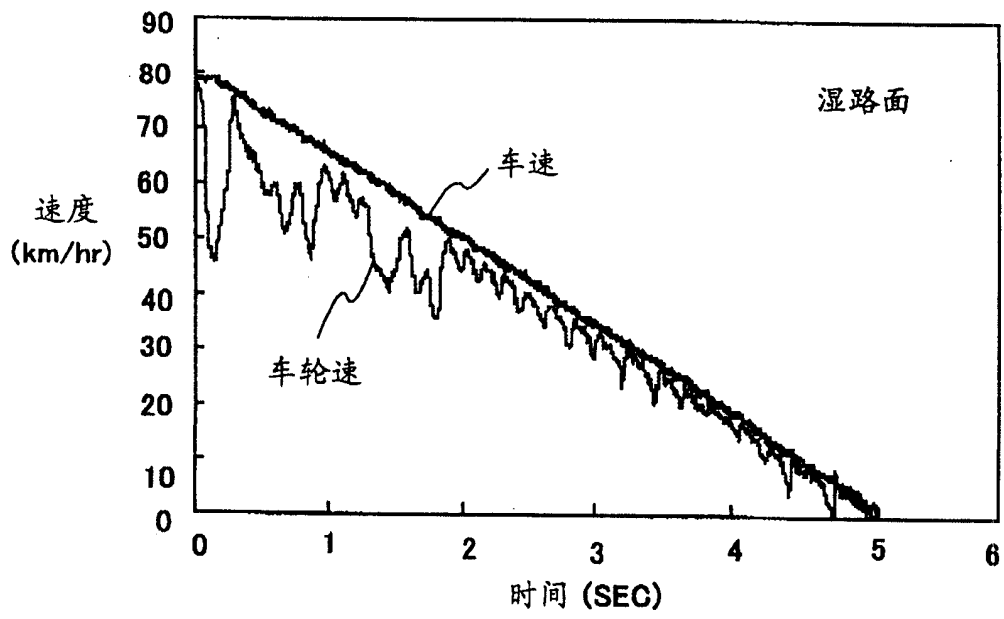


图 32

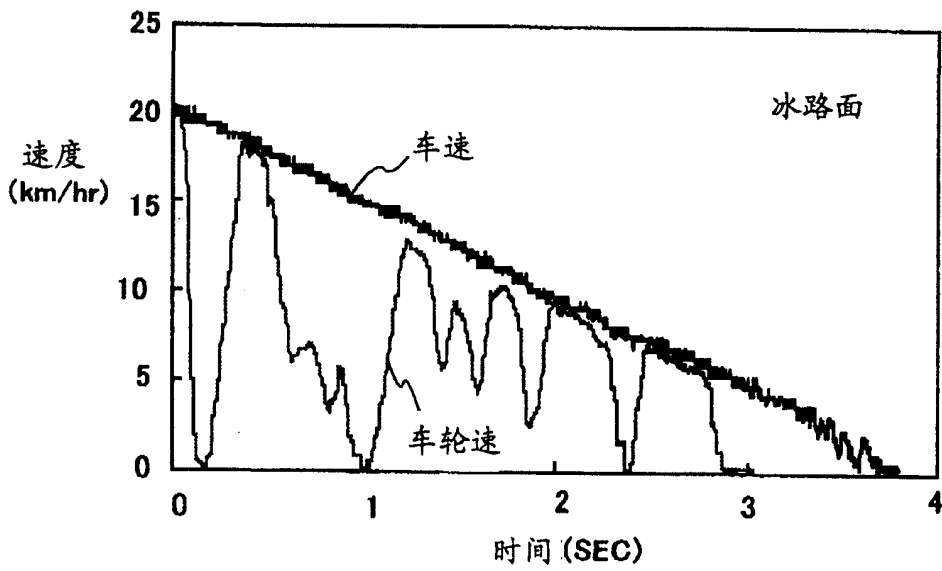


图 33



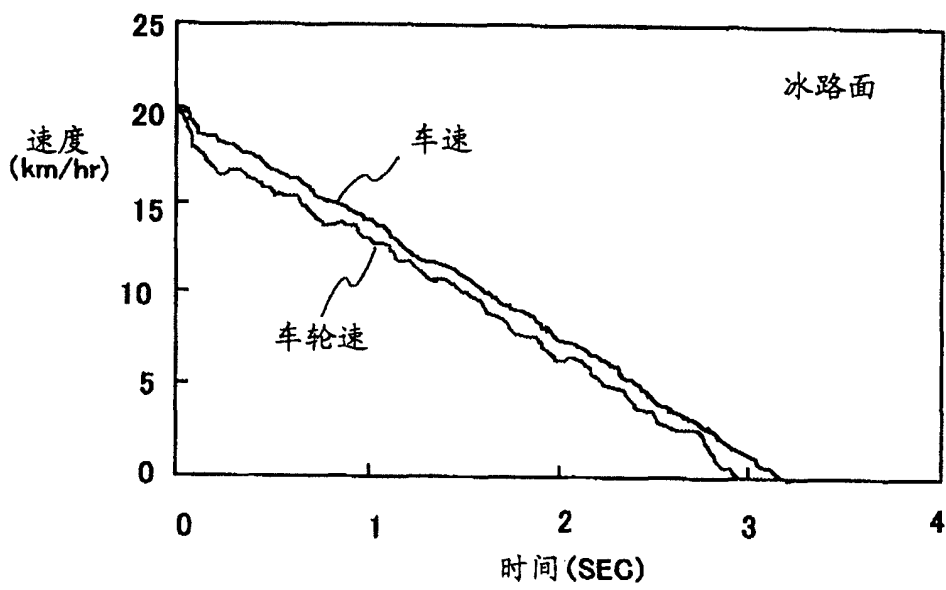


图 34