



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101795908 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 16

(21) 申请号 200880105087. 1

(56) 对比文件

(22) 申请日 2008. 08. 25

US 6278930 B1, 2001. 08. 21,

(30) 优先权数据

US 6278930 B1, 2001. 08. 21,

2007-220344 2007. 08. 27 JP

US 2007112498 A1, 2007. 05. 17,

(85) PCT申请进入国家阶段日

审查员 应彭盛

2010. 03. 01

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2008/002192 2008. 08. 25

(87) PCT申请的公布数据

W02009/027790 EN 2009. 03. 05

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 横田尚大

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 柳春雷 南霆

(51) Int. Cl.

B60T 8/1755(2006. 01)

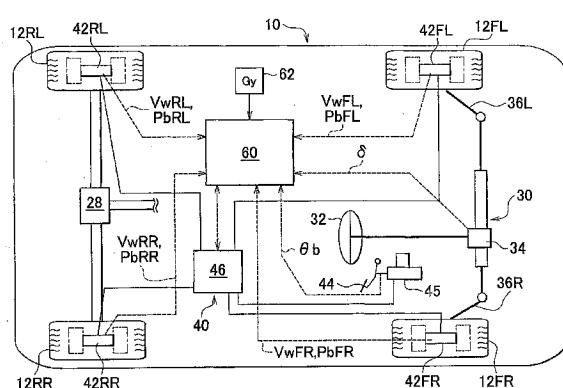
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

车辆行为控制设备

(57) 摘要

根据本发明的车辆行为控制设备包括：减速控制装置，其用于使车辆减速以减小目标转弯指标值和车辆的实际转弯指标值之间的偏差，目标转弯指标值是基于车辆的转向角确定的。当车辆的侧倾运动指标值超过阈值侧倾运动指标值时，减速控制装置使减速速度的减小梯度减小。



1. 一种车辆行为控制设备,其包括减速控制装置,所述减速控制装置用于使所述车辆减速以减小目标转弯指标值和所述车辆的实际转弯指标值之间的偏差,所述目标转弯指标值是基于所述车辆的转向角确定的,所述车辆行为控制设备的特征在于:

当所述车辆的侧倾运动指标值超过阈值侧倾运动指标值时的减速度的减小梯度小于当所述侧倾运动指标值不超过所述阈值侧倾运动指标值时的所述减小梯度;

所述减速控制装置对减速度的目标值进行校正,使每预定时间段的减速度的改变率小于预定值。

2. 根据权利要求 1 所述的车辆行为控制设备,其中:

所述目标转弯指标值是从由所述车辆的横摆率、车轮角和横向加速度组成的组中选择的至少一个值,所述横摆率是基于所述转向角和车速确定的;并且

所述实际转弯指标值是与所述车辆的目标转弯指标值对应的、实际检测得到或推定得到的转弯指标值。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备,其中,所述侧倾运动指标值是从由所述车辆中实际检测得到或推定得到的以下值组成的组中选择的至少一个值:所述车辆的横向加速度、所述车辆的左右车轮之间的竖直载荷差或竖直载荷比、所述车辆的侧倾角、侧倾率、所述车辆的所述转向角、转向角速度、所述目标转弯指标值、和所述实际转弯指标值。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备,其中:

所述侧倾运动指标值是随着从由所述车辆中实际检测得到或推定得到的以下值组成的组中选择的至少一个值的大小而变化的侧倾运动判定值:所述车辆的横向加速度、所述车辆的左右车轮之间的竖直载荷差或竖直载荷比、所述车辆的侧倾角、侧倾率、所述车辆的所述转向角、转向角速度、所述目标转弯指标值、和所述实际转弯指标值;并且

相对于从所述组中选择的值的变化率的所述侧倾运动判定值的变化率在所选择的所述值减小时比在所选择的所述值增大时更小。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备,其中,所述阈值侧倾运动指标值是基于所述车辆的静态侧翻阈值加速度确定的。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备,其中,当所述目标转弯指标值大于所述实际转弯指标值时,所述减速控制装置使所述车辆减速。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备,其中,当基于所述目标转弯指标值和所述实际转弯指标值之间的偏差判定为所述车辆正处于转向不足状态时,所述减速控制装置使所述车辆减速。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备,还包括横摆力矩控制装置,所述横摆力矩控制装置用于基于为了稳定所述车辆的横摆行为而计算得到的目标横摆力矩来控制所述车辆的横摆力矩,

其中,所述减速控制装置从为了减小所述目标转弯指标值和所述实际转弯指标值之间的偏差而产生的减速度和用于产生所述目标横摆力矩的横摆力矩产生减速度中选择具有更大量值的减速度作为要在所述车辆中产生的减速度。

9. 根据权利要求 8 所述的车辆行为控制设备,其中,所述减速控制装置从为了减小所述目标转弯指标值和所述实际转弯指标值之间的偏差而产生的减速度、用于产生所述目标横摆力矩的横摆力矩产生减速度、和由所述车辆的驾驶员所要求的驾驶员要求减速度中选

择具有最大量值的减速度作为要在所述车辆中产生的减速度。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备, 其中, 当所述侧倾运动指标值的绝对值超过所述阈值侧倾运动指标值时的所述减速度减小梯度小于当所述侧倾运动指标值的绝对值没有超过所述阈值侧倾运动指标值时的减小梯度。

11. 根据权利要求 1 或 2 所述的车辆行为控制设备, 其中 :

所述侧倾运动指标值是侧倾状态判定值; 并且

当所述侧倾运动指标值增大时, 所述侧倾判定值增大, 但是当所述侧倾运动指标值减小时, 所述侧倾判定值难以减小。

12. 一种车辆行为控制设备, 其包括减速控制装置, 所述减速控制装置用于使所述车辆减速以减小目标转弯指标值和所述车辆的实际转弯指标值之间的偏差, 所述目标转弯指标值是基于所述车辆的转向角确定的, 所述车辆行为控制设备的特征在于 :

当所述车辆的侧倾运动指标值超过阈值侧倾运动指标值时的减速度的减小梯度小于当所述侧倾运动指标值不超过所述阈值侧倾运动指标值时的所述减小梯度; 并且

所述减速度是基于所述目标转弯指标值和所述实际转弯指标值之间的偏差确定的;

所述减速控制装置对减速度的目标值进行校正, 使每预定时间段的减速度的改变率小于预定值。

13. 一种车辆行为控制设备, 其包括减速控制装置, 所述减速控制装置用于使所述车辆减速以减小目标转弯指标值和所述车辆的实际转弯指标值之间的偏差, 所述目标转弯指标值是基于所述车辆的转向角确定的, 所述车辆行为控制设备的特征在于 :

当所述车辆的侧倾运动指标值和阈值基准侧倾指标值之间存在偏差时的减速度的减小梯度小于当在所述车辆的所述侧倾运动指标值和所述阈值基准侧倾指标值之间不存在偏差时的减小梯度;

所述减速控制装置对减速度的目标值进行校正, 使每预定时间段的减速度的改变率小于预定值。

14. 根据权利要求 13 所述的车辆行为控制设备, 其中, 所述减速度是基于所述目标转弯指标值和所述实际转弯指标值之间的偏差确定的。

15. 一种车辆行为控制方法, 其中, 使所述车辆减速以减小目标转弯指标值和所述车辆的实际转弯指标值之间的偏差, 所述目标转弯指标值是基于所述车辆的转向角确定的, 所述车辆行为控制方法的特征在于 :

当所述车辆的侧倾运动指标值超过阈值侧倾运动指标值时的减速度的减小梯度小于当所述侧倾运动指标值不超过所述阈值侧倾运动指标值时的所述减小梯度;

对减速度的目标值进行校正, 使每预定时间段的减速度的改变率小于预定值。

16. 根据权利要求 15 所述的车辆行为控制方法, 其中, 所述减速度是基于所述目标转弯指标值和所述实际转弯指标值之间的偏差确定的。

## 车辆行为控制设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种车辆行为控制设备,其在诸如汽车之类的车辆处于运动时使车辆的行为稳定,更具体地,本发明涉及一种在车辆的转向过程中执行减速控制来降低车辆的速度以避免车辆过度侧倾或者防止车辆翻车 (overturn) 的设备。

### 背景技术

[0002] 如果当车辆转向时比较大的离心力作用在车辆的重心上,则车辆的横摆方向行为容易变得比通常的转弯更不稳定。在某些情况下,车辆的侧倾行为还会变得不稳定,例如在车辆重心上部朝向转弯的外侧移动的方向上产生过大侧倾的时候,这造成车辆翻车可能性的增大。因而,通过在转弯过程中降低车辆速度以降低作用在车辆上的离心力、来稳定车辆的横摆方向行为并抑制车辆侧倾的各种减速控制技术和行为控制技术已经被提出并付诸实践。

[0003] 例如,日本专利申请公报 No. 2000-52963 (JP-A-2000-52963) 描述了一种用于在车辆转弯过程中直接抑制侧倾的技术,其中,在转弯过程中由车辆的状态推定得到用于防止车辆翻车的横向加速度阈值 (侧翻阈值加速度),并且考虑翻车侧翻阈值加速度来确定目标减速度 (以及目标横摆力矩)。

[0004] 在一些情况下,在以较大的转向角快速地进行往回转弯的转向之后稳定车辆的转弯行为的控制过程中,当产生的横摆力矩在极限值的附近变化时 (换言之,产生的横摆力矩可以变化,使得在某个时间可实现目标横向力值,在其他时间不能实现目标横向力值),不能抑制车辆的横摆 / 侧倾变化,其中在所述极限值的情况下能够在当前路面的摩擦特性下实现与目标横摆率 (其基于诸如转向角和车速之类的状态量来确定) 对应的目标横向加速度所需的车轮横向力。响应于此问题,日本专利申请公报 No. 2006-193038 (JP-A-2006-193038) 描述了一种用于在转弯过程中稳定车辆的横摆 / 侧倾行为的技术,其中,根据对是否能够在当前路面的摩擦特性下实现目标横向加速度的判定,来修改产生横摆力矩的致动器 (例如,用于各车轮的制动力控制单元) 的控制变量 (转弯外侧车轮的控制力)。

[0005] 此外,日本专利申请公报 No. 2000-168524 (JP-A-2006-168524) 描述了一种在紧急转向过程中使用的车辆行为稳定控制,其中在紧急转向过程中控制每个车轮的制动力 (产生横摆力矩),使得例如车辆的横摆方向行为转换到直接前进的状态,由此防止当横摆率控制响应延迟时车辆的行为由于驾驶员进行的过度转向操作而变得不稳定。

[0006] 在转向或者转弯过程中为了稳定横摆行为并抑制过度侧倾而使车辆减速的行为控制 (或者减速控制) 中,通常将表示车辆实际转弯状态的指标值 (以下将称为“实际转弯指标值”) (即,横摆率、横向加速度等) 通常与转弯指标值的目标值 (在此情况下,基于诸如转向角和车速之类的状态量计算得到的、与驾驶员的转向操作对应的要求值;以下称为“目标转弯指标值”) 进行比较,并且当目标转弯指标值的量值大于实际转弯指标值的量值时,执行控制以增大车辆的减速度。当目标转弯指标值的量值大于实际转弯指标值的量值时,就车

辆的当前速度而言,通过由驾驶员发出的转弯要求所产生的离心力过大,因而会发生使车辆的重心的上部朝着转弯的外侧偏置的侧倾。

[0007] 因而,在以上所述的控制中,车辆根据目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差而进行减速,由此降低车速,使得作用在车辆上的离心力减小,横摆行为得到稳定,并且侧翻的可能性降低。换言之,在此减速控制中,通过控制车速使得驾驶员要求的转弯状态与实际可实现的转弯状态一致来使车辆行为稳定。

[0008] 然而,如果如上所述根据目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差对实际车辆执行减速控制,则当驾驶员的转向操作速度相对较高、转向角较大或者转向方向相对较快速地切换时(例如,在急转弯过程中、在为了避免前方障碍物而紧急转向改变车道过程中等),目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差会由于车辆的实际转向角(或者实际转弯指标值)相对于驾驶员执行的转向操作的响应延迟而暂时减小,结果,车辆会不能实现充分的减速。

[0009] 例如,当如图5A所示驾驶员通过操纵转向角来在实际车辆中执行车道改变使得目标转弯指标值如图5B中的实线所示变化并且此变化较快速时,车辆的实际转弯指标值如附图中的虚线所示相对于目标转弯指标值延迟地移位。因而,在此情况下,当在第一转向操作(附图中的a<sub>0</sub>至b<sub>0</sub>)过程中执行往回转弯(turn back)时(附图中的a<sub>1</sub>至b<sub>0</sub>)在实际转弯指标值中发生响应延迟,这减小了目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差,结果,施加到车辆的减速度基于该偏差而减小。当在用于使车辆在相反方向转弯的第二转向操作开始时(b<sub>0</sub>以后)车速尚未充分降低的情况下,车身来回摇晃,并且比通常转向操作更大的离心力作用在车辆上。结果,车辆的横摆行为很可能变得不稳定,并且很可能发生增大的车身侧倾。

## 发明内容

[0010] 本发明提供了一种车辆行为控制设备,其根据目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差执行减速控制,抑制由于在急转弯过程中或者当转向速度或者转向角相对较大时发生实际转弯指标值相对于目标转弯指标值的响应延迟引起的车辆减速度的减小,结果,提高了车辆的稳定性。

[0011] 此外,本发明构造成使得在以上所述的车辆行为控制设备中,当作用在车辆上的离心力、转弯过程中的车速或者车辆的侧倾运动过大时抑制车辆的减速度的减小,结果,提高了车辆的稳定性。

[0012] 本发明的第一方面涉及一种车辆行为控制设备,其包括减速控制装置,所述减速控制装置用于使所述车辆减速以减小目标转弯指标值和所述车辆的实际转弯指标值之间的偏差,所述目标转弯指标值是基于所述车辆的转向角确定的。在根据此方面的所述车辆行为控制设备中,当所述车辆的横摆运动指标值超过阈值侧倾运动指标值时的所述减速度的减小梯度小于当所述侧倾运动指标值不超过所述阈值侧倾运动指标值时的所述减小梯度。

[0013] 因而,根据第一方面,“转弯指标值”类似于现有技术可以是表示车辆的转弯状态的任意量,其由车辆的横摆率、车轮角和横向加速度中的一个或者其组合构成。

[0014] 本说明书中的“目标转弯指标值”是可以基于车辆的转向角、车速或者其他适合

的参数确定的值，并表示当转向角输入到车辆中时要在车辆的当前状态下产生的转弯指标值。

[0015] “实际转弯指标值”是车辆的实际检测得到或者推定得到的转弯指标值（对应于目标转弯指标值）。因而，在根据本实施例的控制设备的基本操作中，如在背景技术部分中所描述的，当在目标转弯指标值和实际转弯指标值之间存在偏差时使车辆减速，由此降低车速，使得所期望的与输入到车辆的转向相关的转弯状态与车辆的实际转弯状态一致，或者换言之，使得对车辆的输入不是不可管理的。

[0016] 然而，如上所述，在以上基于目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差的减速控制中，没有考虑到实际转弯指标值相对于目标转弯指标值的变化的响应延迟，因而，即使当车辆速度尚未充分地降低时，也可以由于实际转弯指标值的响应延迟来减小减速速度，使得过大的离心力会作用在车辆上。因而，在根据以上所述的方面的控制设备中，当车辆的侧倾运动指标值较大时，或者换言之当车辆的侧倾运动指标值超过可以设定为适合值的阈值侧倾运动指标值时，与其中侧倾运动指标值不超过阈值侧倾运动指标值的情况相比，减速速度的减小梯度的量值减小（即，使减速速度的量值不太可能减小）。结果，校正了减速控制，使得车辆的减速持续比通常的情况（即，当侧倾运动指标值不超过阈值侧倾运动指标值时）更长的时间段。

[0017] 在以上所述的方面，应理解的是，侧倾运动指标值基本上是被参照来确定作用在车辆重心上的离心力大小的值。换言之，侧倾运动指标值是被参照来判定在转弯过程中车辆侧翻危险性的任意值。因而，侧倾运动指标值可以是在车辆中实际检测到或者推定得到的车辆的横向加速度、车辆的左右车轮之间的竖直载荷差或竖直载荷比、车辆的侧倾角、侧倾率、（由驾驶员产生的）转向角、和转向角速度中的至少一者，或者侧倾运动指标值可以是从由目标转弯指标值、实际转弯指标值和两者之间的偏差组成的组中选择的值。转向角、转向角速度和目标转弯指标值具体而言是与向车辆发出的转弯要求有关的量，因而这些值可以用于基于驾驶员的转向输入来推定离心力是否将在实际产生对转向输入的离心力响应之前变得过大。

[0018] 此外，侧倾运动指标值基本上是瞬时值，并因而可以暂时地减小。在此情况下，可能忽视作用在车身上的过大离心力的可能性。因而，被参照来确定离心力大小的侧倾运动指标值可以是被确定成使得与从表示侧倾运动的值组成的前述组中选择的至少一个值的大小一起增大和减小的侧倾运动判定值，并且相对于所选择的值的变化率的、侧倾运动判定值的变化率可以取的值在从该组中选择的值减小时比在从该组中选择的值增大时更小，或者换言之，与从该组中选择的值一起增大但是难以减小。在此情况下，即使当直接或者间接表示侧倾运动的值暂时地减小时，侧倾运动判定值也不容易地减小，因而，能预期到作用在车身上的离心力过大的危险性被忽视的可能性得到降低（当从该组中选择的值暂时地增大时，侧倾运动判定值也增大，但是此后不太容易减小，因而，可以维持车辆的过大的减速速度。然而，这在车辆的行驶稳定性方面不是问题）。

[0019] 确定侧倾运动指标值或侧倾运动判定值的一个目的是判定是否抑制车辆的减速速度的减小以防止车辆翻车，因而，可以将侧倾运动指标值或侧倾运动判定值的阈值侧倾运动指标值设定成使得基于被转换成从以上所列的各种侧倾运动指标值中选择的值的单位的值、来确定车辆的静态侧翻阈值加速度。更具体地，阈值侧倾运动指标值优选地被设定为

比与静态翻车侧翻阈值加速度对应的值低的值,使得实际横向加速度不会达到静态翻车侧翻阈值加速度。

[0020] 通常当对于车辆的当前行驶状况而言离心力过大时,即,当目标转弯指标值的量值大于实际转弯指标值的量值时,或者当基于目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差判定为车辆正处于转向不足状态时,根据目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差执行车辆的减速。然而,应该理解的是,当车辆处于转向过度状况时,也可以执行车辆的减速以安全地稳定横摆行为。

[0021] 此外,根据以上所述方面的控制设备的车辆减速控制可以与用于通过产生横摆力矩来校正车辆行为的行为控制一起执行。因而,还可以设置用于基于被确定为使车辆的横摆行为稳定的目标横摆力矩来控制车辆的横摆力矩的横摆力矩控制装置。在此情况下,减速控制装置可以在以减小目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差的方式产生的减速度、与用于实现目标横摆力矩的减速度(横摆力矩产生减速度)之间选择具有最大量值的减速度作为要在车辆中产生的减速度(最终目标减速度),或者从以减小在目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差的方式产生的减速度、横摆力矩产生减速度、和车辆驾驶员要求的减速度当中选择具有最大量值的减速度作为要在车辆中产生的减速度(最终目标减速度)。应理解的是,同样在此情况下,对以减小目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差的方式产生的减速度的值进行调节,使得其在侧倾运动指标值超过阈值侧倾运动指标值的时候并且仅在这样的时候与横摆力矩产生减速度和/或者驾驶员要求减速度相比更难以减小。

[0022] 在根据以上所述方面的车辆行为控制设备中,当在根据目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差使车辆减速的过程中出现其中可能施加过大离心力的状态时,控制车辆的减速度使其变得不太可能减小。因而,尤其当快速地切换转向方向时,可以避免由于实际转弯指标值相对于目标转弯指标值的响应延迟引起的车辆减速度不足所造成的横摆行为不稳定或者过大的车身侧倾。如在背景技术中所描述的,在快速转向过程中采用的传统行为控制技术中,采取措施来确保在转弯过程中的横向加速度不会超过极限值或者通过横摆力矩对切换转向方向之后的横摆行为进行抑制。换言之,采用这些技术来控制车辆自身的行为。另一方面,根据本发明的控制的目的是当可能在车辆上存在过大离心力时充分地降低车速,由此确保与车辆的转弯状态相关的要求在横摆和侧倾行为控制过程中可管理。因而,本发明的控制思想与所描述的背景技术的思想不同。

[0023] 此外,虽然传统的车辆加速根据驾驶员要求来执行,而本发明的减速控制与来自的驾驶员的控制的加速要求无关地执行,以通过使车辆减速来在车辆中实现行驶的稳定性。因而,不必执行或者延长减速控制。关于这一点,在本发明的控制过程中,当判定为已经出现其中可能施加过大离心力的状态时优选地延迟车辆减速度的减小;但是当侧倾运动指标值没有超过阈值侧倾运动指标,或者换言之,当判定为未出现其中可能施加过大离心力的状态时,根据目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差来减小车辆的减速度。因而,可以避免其中不必要延长车辆的减速的情况。

[0024] 此外,在以上所述的方面,当侧倾运动指标值的绝对值超过阈值侧倾运动指标值时的减速度的减小梯度可以小于当侧倾运动指标值的绝对值没有超过阈值侧倾运动指标值时的减小梯度。

[0025] 侧倾运动指标值可以是侧倾运动判定值。侧倾运动判定值优选地设定为当侧倾运动指标值增大时增大但是当侧倾运动指标值减小时难以减小。

[0026] 本发明的第二方面涉及一种车辆行为控制设备，其包括减速控制装置，所述减速控制装置用于使所述车辆减速以减小目标转弯指标值和所述车辆的实际转弯指标值之间的偏差，所述目标转弯指标值是基于所述车辆的转向角确定的。在所述车辆行为控制设备中，当所述车辆的侧倾运动指标值和阈值基准侧倾指标值之间存在偏差时的所述减速度的减小梯度小于当在所述车辆的所述侧倾运动指标值和所述阈值基准侧倾指标值之间不存在偏差时的减小梯度。

[0027] 本发明的第三方面涉及一种车辆行为控制方法，其中，对所述车辆进行减速以减小目标转弯指标值和所述车辆的实际转弯指标值之间的偏差，所述目标转弯指标值是基于所述车辆的转向角确定的。在所述车辆行为控制方法中，当所述车辆的侧倾运动指标值超过阈值侧倾运动指标值时的所述减速度的减小梯度小于当所述侧倾运动指标值不超过所述阈值侧倾运动指标值时的所述减小梯度。

[0028] 简言之，本发明提供了一种车辆行为控制设备，其根据目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差执行对车辆的减速控制，并且其中基于车辆的侧倾运动指标值（表示车辆的侧倾运动的任意指标值）来校正减速控制，使得抑制由实际转弯指标值相对于目标转弯指标值的响应延迟所引起的减速度的减小。

## 附图说明

[0029] 参照附图，从以下示例实施例的描述，本发明的前述和其他特征和优点将变得清楚，其中，类似的附图标记用来表示类似的元件，其中：

[0030] 图 1A 是配备有根据本发明的行为控制设备的一个实施例的车辆的示意图；

[0031] 图 1B 是实施根据本发明的行为控制设备的电子控制单元的控制框图；

[0032] 图 2A 是用于在根据本发明的实施例的行为控制设备中使用横摆率偏差作为参数确定目标减速度 ( $\Delta \gamma$  减速度) 的对照图；

[0033] 图 2B 是描述用于使  $\Delta \gamma$  减速度的减小梯度减小的减小量安全部的内部处理的流程图；

[0034] 图 3A 是描述车辆的纵向视图的示意图，其图示了静态翻车侧翻阈值加速度的计算；

[0035] 图 3B 示出了通过减小侧倾运动指标值的减小梯度（即，使减小梯度更容易增大而更难以减小）获得的侧倾运动指标值和侧倾运动判定值随时间变化的示例；

[0036] 图 4A 示出了在根据本发明实施例的行为控制设备中在其中侧倾运动指标值没有超过基准值的常规转弯过程中施加的目标减速度随时间变化的示例；

[0037] 图 4B 示出了在根据本发明的实施例的行为控制设备中当其中侧倾运动指标值超过基准值使得会发生过大侧倾时目标减速度随时间变化的示例；

[0038] 图 5A 示出了在根据本发明实施例的行为控制设备的控制的执行过程中车辆的行驶路线；并且

[0039] 图 5B 示出了当试图通过紧急转向执行图 5A 所示的行驶时的转弯指标值的目标值（要求值）和实际值的变化的示例。

## 具体实施方式

[0040] 图 1A 是配备有根据本发明的行为控制设备的实施例的车辆 10 的构造的示意图。车辆 10 具有左右前轮 12FL、12FR 和左右后轮 12RL 和 12RR，并配备有用于根据加速踏板的下压而在各车轮中产生制动 / 驱动力的驱动系统装置（仅仅示出其一部分）、用于控制前轮的转向角的转向装置 30（也可以设置后轮装置）、以及用于在各车轮中产生制动力的制动系统装置 40。在附图中所示的示例中，车辆是后轮驱动式车辆，因而，仅在后轮中产生制动 / 驱动力。通常，驱动系统装置（仅示出其一部分）将来自发动机和 / 或发电机（未示出）的驱动转矩或者旋转力经由变速器（未示出）、差动齿轮装置 28 等传递到后轮 12RL、12RR。此外，转向装置是通过将方向盘 32 的旋转传递到拉杆 36L、36R 同时使用助力装置 34 使其旋转力增大来使前轮 12FL、12FR 转弯的动力转向装置。

[0041] 制动系统装置 40 是电控液压制动装置，其通过与响应于制动踏板 44 的下压而工作的主缸 45 连通的液压回路 46 来调节设置在各车轮中的轮缸 42i ( $i = FL, FR, RL, RR$ , 下同) 中的制动压力（换言之，各车轮的制动力） $\delta$ 。液压回路 46 设置有选择性地将各车轮的轮缸与主缸、油泵和储油器（未示出）连接的各个阀（主缸截止阀、油压保持阀和减压阀）。在常规操作过程中，响应于制动踏板 44 的下压而将主缸 45 的压力供应到各个轮缸 42i。

[0042] 然而，当为了执行根据此实施例的行为控制或者其它任意制动力分配控制而个别地或者独立地调节每个车轮的制动力时，前述各种阀基于来自电子控制单元 60 的命令而进行动作，由此基于由设置在各车轮处的压力传感器检测到的制动压力来将每个车轮的轮缸中的制动压力控制为与目标压力一致。注意，制动系统装置 40 可以将制动力作为气动力、电磁力或者本领域的技术人员知道的任何其它形式的力施加到车轮。

[0043] 通过电子控制单元 60 来控制制动系统装置 40 的工作。电子控制单元 60 包括微计算机和驱动电路，微计算机包括通过双向总线而彼此连接的中央处理单元 (CPU)、只读存储器 (ROM)、随机访问存储器 (RAM)、和输入 / 输出端口装置。在此实施例中，诸如制动踏板下压量  $\theta_b$ 、转向角  $\delta$ 、车轮速度  $V_{wi}$ 、各车轮的轮缸内的压力  $P_{bi}$  以及横向加速度  $G_x$  之类的检测值从设置在车辆的各个部分中的传感器输入到电子控制单元 60 中，但是也可以输入在要执行的各种类型的控制中所需的各种其它参数，例如，诸如前后 G 传感器值和横摆率传感器值之类的各种检测信号。

[0044] 现在将描述控制操作的概要。为了抑制在转弯过程中由作用在车辆 10 上的离心力引起的车辆的横摆行为的不稳定和过大侧倾（在用于使车辆的上部朝向转弯的外侧移位的方向上），基于表示与输入到车辆的转向输入或者转弯要求输入对应的转弯状态的指标值（转弯指标值，例如横摆率、横向加速度和车轮角）的目标值与车辆的相应的实际转弯指标值之间的偏差来使车辆减速。结果，车速降低，使得车辆 10 所要求的状态与在车辆中实际实现的状态一致（如本技术领域的技术人员能理解的是，在当施加特定转向角时转弯指标值的目标值（要求值）超过实际值的情况下，车辆 10 的速度降低，造成离心力的减小，由此可以预期转弯指标值的目标值减小为与实际值一致）。如图 1A 所示，输入到车辆 10 的转向输入对应于方向盘 32 的转向量（转向角  $\delta$ ）。然而，当车轮 10 配备有任何自动转向装置时，转向输入可以对应于由自动转向装置产生的转向命令输入。

[0045] 然而，当在以上所述的减速控制中对于车辆的转向输入快速变化时，尤其是当快

速切换输入的转向方向时,目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差的量值由于实际转弯指标值相对于目标转弯指标值的响应延迟而减小,结果,车速未得到充分降低。

[0046] 例如,当在沿着例如图 5A 所示的行驶路线行驶时在车辆 10 中执行紧急转向以回避前方障碍物时,驾驶员通常在一个方向上改变转向角(第一转向操作),然后在相反方向上改变转向角(第二转向操作)。在此情况下,与对于车辆的转向输入(转向角)对应的诸如横摆率、横向加速度或者车轮角之类的转弯指标值的目标值如图 5B 中的实线所示在时刻 a0 到时刻 a1 之间增大(在第一转向操作过程中的转向角增大),然后为了使车辆的转弯方向反向而在时刻 a1 到时刻 b0 之间减小(在第一转向操作过程中的转向角折返),然后从时刻 b0 起在与第一转向操作相反的方向上增大。同时,横摆率、横向加速度、车轮角等的实际值如附图中的点划线所示相对于目标值延迟而变化。当车辆沿着图 5A 所示的路线实际行驶时的车辆状态根据横摆率、横向加速度、车轮角等的实际值(图 5B 中的点划线)而变化,因而,严格而言,在第一转向操作过程中在时刻 a1 执行的车辆的转向输入的折返和在第二转向操作的时刻 b0 执行的增大早于图 5A 中的相应时刻执行。换言之,在紧急回避转向过程中,为了尽可能快地使车辆转弯,以比通常更大的幅度执行转向。

[0047] 在用于基于转弯指标值的目标值和实际值之间的偏差将减速力施加到车辆的行为控制设备中,在其中车辆的转向输入经历转向角增大的第一转向操作期间目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差增大,因而对车辆执行减速。然而,从转向切换到折返的时间点 a1 到第二转向操作的输入的开始,转弯指标值的目标值和实际值之间的偏差减小,使得在实际值的量值超过目标值的量值的时段,减速力大致为零(即,当实际值超过目标值时,不执行根据此控制的减速)。

[0048] 因而,当如附图所示执行紧急回避转向,并且无论车辆当前是否处于可能施加过度离心力的行驶状态,目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差的量值表现为由于实际转弯指标值的响应延迟而在第一转向操作中减小,使得仅仅基于此偏差来确定目标减速度时,会出现车辆的速度未充分降低的情况。当转向角接着在时刻 b0 切换到相反方向时,与未充分降低的车速和该转向角对应的离心力与反向摇摆(reverse jolt)(该反向摇摆与在第一转向操作过程中产生的朝向转弯的外侧的侧倾量对应)协同地作用在车辆的重心上,结果,在第二转向操作过程中会朝向转弯的外侧发生增大的侧倾。

[0049] 换言之,如果例如在紧急回避转向过程中实际转弯指标值相对于目标转弯指标值的响应延迟显著地增大,则实际和目标转弯指标值之间的偏差会不再用作用于判定车辆是否处于其中过大的离心力正施加到车辆的状况的指标。因而,由此实际转弯指标值中的响应延迟,不能抑制车辆的过大侧倾,或者换言之,行为控制的效果不大。

[0050] 因而,为了即使在实际转向指标值中存在响应延迟时也能抑制车辆的过大侧倾,本实施例的控制设备通过参照表示车辆的侧倾状态的指标值来判定是否正在施加过大的离心力。当判定为正在施加过大的离心力时,通过使目标减速度(该目标减速度减小梯度是基于目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差确定的)的减小梯度的量值减小来向减速控制施加校正,由此延长车辆的减速,使得车速得到充分地降低。

[0051] 图 1B 示出了该设备的操作和控制的构成。图 1B 图示了控制功能框图形式的此实施例。由控制设备执行的控制通过存储在如图 1A 所示的电子控制单元 60 中的程序而实现。在车辆处于运动时,定常地执行控制设备的工作。

[0052] 参照图 1B, 本实施例包括以下控制区域:(1) 用于确定与目标转弯指标值和实际转弯指标值之间的偏差对应的目标减速度 ( $\Delta \gamma$  减速度 :  $a D_{\Delta \gamma}$ ) 的区域 (60a 至 60g); (2) 用于确定与制动踏板的下压量  $\theta b$  对应的目标减速度 (驾驶员要求减速度  $a D_{\theta b}$ ) 的区域 (60i); (3) 用于确定通过在车辆中产生横摆力矩来控制车辆的横摆行为所用的目标横摆力矩  $M_t$  的区域 (60j); (4) 用于确定在目标横摆力矩的实现过程中的目标减速度 (YM 减速度 :  $a D_{YM}$ ) 的区域 (60k); (5) 用于比较前述三个目标减速度值并选择最大的目标减速度作为最终目标减速度的目标减速度选择区域 (60l); 以及 (6) 用于基于在目标减速度选择区域 60l 中确定的最终目标减速度  $a Dt$  和在目标横摆力距确定区域 60j 中确定的目标横摆力矩来确定对各车轮的制动力分配的区域 (60m)。换言之, 在附图所示的控制设备中, 基于从  $\Delta \gamma$  减速度  $a D_{\Delta \gamma}$ 、驾驶员要求减速度  $a D_{\theta b}$  以及 YM 减速度  $a D_{YM}$  中选择的最终目标减速度  $a Dt$ , 并基于目标横摆力矩  $M_t$ , 以任何适当的传统方式来确定对各车轮的制动力分配。然后根据这样确定的各车轮的制动力分配, 将控制命令传输到液压回路 46, 由此启动每个车轮的制动装置以产生制动力。尽管在附图中未示出, 但是, 制动力的一部分可以通过由车辆的驱动系统装置产生的发动机制动、再生制动等来施加。可以任意布置减小量安全部 (reduction amount guard) 60h。

[0053] 在以上描述的构造中, 可以使用本领域的技术人员知道的任何传统的方法来确定目标横摆力矩  $M_t$ 、YM 减速度  $a D_{YM}$ 、以及驾驶员要求减速度  $a D_{\theta b}$ 。例如, 可以基于例如转向角、横摆率偏差 (可以与下文所描述的相似)、横摆加速度、车辆的滑移角、横向加速度、车速、每个车轮的车轮速度、和车辆的规格, 根据在现有的 VSC (车辆稳定性控制) 系统或者 VDIM (车辆动态集成管理) 系统中采用的适合的计算, 来计算目标横摆力矩  $M_t$ 。然后使用方程式  $a D_{YM} = M_t / (Tr/2) \dots (1)$ , 根据计算得到的目标横摆力矩  $M_t$  来获得 YM 减速度  $a D_{YM}$ 。注意,  $Tr$  是轮距长度 (参见图 3A)。此外, 驾驶员要求减速度  $a D_{\theta b}$  可以是根据方程式  $a D_{\theta b} = K_b \times \theta b$  通过将可以以任何适当的传统形式设定的转换因子  $K_b$  乘以制动踏板下压量  $\theta b$  获得的值。

[0054] 接着, 将描述  $\Delta \gamma$  减速度的确定和对其减小梯度执行的限制处理。在附图所示的示例中, 横摆率在确定  $\Delta \gamma$  减速度  $a D_{\Delta \gamma}$  的过程中用作转弯指标值 (注意, 可以代替地使用车轮角或横向加速度)。更具体地, 例如, 可以使用诸如图 2A 所示的对照图根据横摆率偏差  $\Delta \gamma$  获得  $\Delta \gamma$  减速度  $a D_{\Delta \gamma}$  的值 (60d)。使用方程式  $\Delta \gamma = \text{sgn}(\gamma t) \times (\gamma t - \gamma a) \dots (2)$ , 根据目标横摆率  $\gamma t$  和实际横摆率  $\gamma a$  来获得横摆率偏差  $\Delta \gamma$ , 其中,  $\text{sgn}(\gamma t)$  是表示横摆率目标值  $\gamma t$  的符号的函数 ( $= \pm 1$ )。换言之, 当将目标横摆率值  $\gamma t$  的方向设定为正时, 横摆率偏差  $\Delta \gamma$  取通过从目标横摆率减去实际横摆率获得的值。因而, 如果  $\Delta \gamma > 0$ , 则目标横摆率的量值超过实际横摆率的量值, 因而, 控制设备判定为车辆处于转向不足的状态中。

[0055] 用于如上所述确定  $\Delta \gamma$  减速度  $a D_{\Delta \gamma}$  的目标横摆率  $\gamma t$  通常根据  $\gamma t = (Vx/1) \delta \dots (3)$  获得 (60a)。此处,  $Vx$ 、 $1$  和  $\delta$  是通过将车速、前后车轮车轴间距离和转向角分别转换成车轮角获得的值。车速  $Vx$  可以通过任何适合的方法获得, 例如, 通过可以从由车轮速度传感器检测到的每个车轮的车轮速度计算得到的全部车轮或者从动车轮的车轮速度的平均值来获得 (60b)。此处注意, 目标横摆率  $\gamma t$  表示转向角和基于车速确定的驾驶员要求的转弯量。

[0056] 同时,根据  $\gamma a = Gy/Vx \dots$  (4),来获得实际横摆率  $\gamma a(60c)$ 。此处,Gy 是由横向加速度传感器检测得到的横向加速度。注意,如果车辆设置有横摆率传感器,则可以使用检测得到的横摆率。

[0057] 根据以此方式获得的  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ ,从图 2A 所示的对照图明显可见,当横摆率偏差  $\Delta \gamma$  为正时,或者换言之,当目标横摆率的量值大于实际横摆率的量值时,车辆减速。然而,当转向方向快速改变时,如上所述,横摆率偏差  $\Delta \gamma$  会表现为减小。因而,在此实施例的控制中,设置减小量安全部 60g,并且独立于横摆率偏差  $\Delta \gamma$ ,参照车辆的侧倾状态,使得当车辆的侧倾状态较大时,校正  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  的值以使  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  的减小梯度(变化率)减小。

[0058] 图 2B 以流程图的形式图示在减小量安全部 60g 中执行的校正  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  的处理。在此处理中,首先对表示侧倾状态的指标值(侧倾运动指标值)是否已经超过阈值侧倾指标值进行判定(步骤 10)。注意,在附图中的示例中,横向加速度 Gy 被参照作为侧倾运动指标值,但是可以使用能够推定得到作用在车辆上的离心力的值所依据的任何其他量。例如,当车辆设置有侧倾传感器时,可以参照车辆的侧倾角或者侧倾率,并且当每个车轮设置有竖直载荷传感器时,可以参照左右车轮之间的竖直载荷差或者竖直载荷比。还可以参照转向角、转向角速度或者横摆率。当设置横摆率传感器时,可以从  $Gy = \gamma a \times Vx$  来获得横向加速度 Gy。

[0059] 当在步骤 10 中确定横向加速度 Gy 时,如图 1B 所示,由比较器 60f 计算横向加速度 Gy 的绝对值和阈值侧倾运动指标值 Gth 之间的差值  $\Delta Gy (= |Gy| - Gth)$ 。考虑到车辆的安全,阈值侧倾运动指标值 Gth 可以被设定成比静态侧翻阈值加速度小任意预定的宽度。如图 3A 所示,静态侧翻阈值加速度是离心力和重力的合力的方向开始向车辆的外侧偏移时的横向加速度极限,并根据  $(Tr/2)/h \times g$  获得(其中,h 和 g 分别表示重心高度和重力加速度)。对此的原因是当该合力进一步向车辆的侧方偏移时,发生侧翻的可能性增大。当将除了横向加速度以外的量用作侧倾运动指标值时,静态侧翻阈值加速度可以转换成被用作侧倾运动指标值的值,使得基于转换后的值来确定阈值侧倾运动指标值。

[0060] 当  $\Delta Gy$  为负时(步骤 10 中的“否”)时,判定为横向加速度(侧倾运动指标值)不过大,因而,判定为不太可能发生侧翻。因而,不校正  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ ,并且在  $\Delta \gamma$  减速度确定区域 60d 中计算出的值在后续的处理中用作  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ (步骤 20)。

[0061] 另一方面,当  $\Delta Gy$  为正时(步骤 10 中的“是”),判定为横向加速度过大,因而,判定为车身的侧倾运动会过度。因而,当  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  减小时,对其减小梯度施加限制,使得减小梯度设定成较小(S40)。

[0062] 更具体地,例如,首先判定  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  在每预定时间段  $\delta \tau$  的时间变化率  $\delta(\alpha D_{\Delta \gamma})/\delta \tau$  是否小于预定值  $-\Delta \alpha$ (步骤 30)。此处,  $\Delta \alpha$  是正的预定值。因而,当变化率  $\delta(\alpha D_{\Delta \gamma})/\delta \tau$  为正时或换言之当  $\Delta \gamma$  减速度增大时,或者当  $\delta(\alpha D_{\Delta \gamma})/\delta \tau < 0$ (即,当  $\Delta \gamma$  减速度正在减小)但是其变化梯度较小时,在步骤 30 作出否定的判定。在此情况下,不校正  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ ,并且在  $\Delta \gamma$  减速度确定区域 60d 中计算得到的值在后续的处理中原样用作  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ (步骤 20)。另一方面,当  $\delta(\alpha D_{\Delta \gamma})/\delta \tau < -\Delta \alpha$  成立时(S30 中的“是”),将  $\Delta \gamma$  减速度的减小梯度限制为  $\Delta \alpha$ (S40)。

[0063] 在此情况下,具有受到限制的减小梯度的  $\Delta \gamma$  减速度的值被校正为  $\alpha D_{\Delta \gamma}$

$\Delta \gamma \leftarrow \alpha D_{\Delta \gamma} - \delta(\alpha D_{\Delta \gamma}) - \Delta \alpha \times \delta \tau \dots$  (5) (S40)。注意,  $\delta(\alpha D_{\Delta \gamma})$  是通过从在  $\Delta \gamma$  减速度确定区域 60d 中计算得到的最新值减去在时间段  $\delta \tau$  之前在方程式 (5) 中获得的值而获得的值。图 2B 的控制处理通常以预定的间隔处理, 因而  $\delta \tau$  可以对应于控制时间段。随着  $\Delta \gamma$  减速度减小,  $\delta(\alpha D_{\Delta \gamma})$  变为负, 因而在方程式 (5) 中获得的值从先前的值减小了  $\Delta \alpha \times \delta \tau$ 。注意, 代替以上述方式限制减小梯度, 例如可以通过仅加上减小时间段期间的  $\Delta \gamma$  减速度确定区域 60d 的输出值的一阶延迟 (first-order lag), 或执行缓和处理等, 来使减小梯度减小。

[0064] 此外, 当根据以上所述的示例确定  $\Delta Gy$  时, 将侧倾运动指标值的瞬时值的绝对值照原样使用。然而, 横向加速度等的瞬时值可以暂时地增大或者在阈值侧倾运动指标值的附近变化。在此情况下, 在  $\Delta Gy$  的确定过程中会发生颤动 (chattering)。为了避免这种情况, 代替侧倾运动指标值的瞬时值的绝对值, 可以使用通过对侧倾运动指标值实施减小量安全处理 (60h) 获得的值, 或者换言之, 如图 3B 所示与侧倾运动指标值一起增大但是当侧倾运动指标值减小时难以减小的值 (侧倾运动判定值), 来计算  $\Delta Gy$ 。可以通过类似于减小量安全部 60g 的处理仅对减小梯度施加限制, 或者通过加上侧倾运动指标值的一阶延迟值, 执行缓和处理等, 来获得侧倾运动判定值。

[0065] 现在将描述最终目标减速度的选择。如上所述, 在本实施例的控制中, 在目标减速度选择区域 601 中选择  $\Delta \gamma$  减速度  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ 、驾驶员要求减速度  $\alpha D_{\theta b}$  和 YM 减速度  $\alpha D_{YM}$  中的最大值并将其用于确定每个车轮的制动力分配。在目标减速度选择区域 601 中, 根据  $\alpha Dt \leftarrow \text{Max}\{\alpha D_{\Delta \gamma}, \alpha D_{\theta b}, \alpha D_{YM}\} \dots$  (6), 获得最终目标减速度  $\alpha Dt$ 。此处, Max 是用于选择括号内的值中的最大值的算子。

[0066] 图 4A 和图 4B 示出了在执行车辆的行为控制的同时  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ 、 $\alpha D_{YM}$  以及根据方程式 (6) 获得的最终目标减速度随时间变化的示例。注意, 在此附图中, 细实线表示在减小量安全部 60g 的处理之前的  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  的值, 而粗实线表示在减小量安全部 60g 的处理之后的  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  的值 (在图 4A 和图 4B 中示出为  $\alpha D_{\Delta \gamma}^*$ )。此外, 附图中的细线箭头表示最终目标减速度的变化方向。附图中的点划线表示用于实现目标横摆力矩的 YM 减速度。细实线表示根据横摆率偏差确定的、其减小梯度尚未受到限制的  $\Delta \gamma$  减速度, 而粗实线表示根据横摆率偏差确定的、在其减小梯度受到限制之后的  $\Delta \gamma$  减速度。图 4A 示出了其中侧倾运动指标值没有超过阈值侧倾运动指标值的常规转弯的示例, 而图 4B 示出了其中侧倾运动指标值超过阈值侧倾运动指标值使得会过大的侧倾的状况的示例。最大减速度被选择作为最终目标减速度。参照附图, 在常规转弯过程中, 或者换言之当  $\Delta Gy < 0$  时, 如图 4A 所示, 在  $\alpha D_{YM}$  超过  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  时 ( $t_0$  至  $t_1$ ) 选择  $\alpha D_{YM}$ , 此后当  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  增大时 ( $t_1$  至  $t_2$ ), 选择  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ 。随后当  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  减小时, 最终目标减速度根据此减小而减小。

[0067] 另一方面, 当侧倾运动指标值或侧倾运动判定值超过阈值侧倾运动指标值 ( $\Delta Gy > 0$ ) 使得离心力或者侧倾运动会变得过大时, 如图 4B 所示, 当  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  增大时 ( $t_1$  至  $t_2$ ) 选择  $\alpha D_{\Delta \gamma}$ , 然后在  $\Delta \gamma$  减速度确定区域 60d 中计算出的  $\alpha D_{\Delta \gamma}$  减小时, 如粗实线所示, 通过减小量安全部减小其减小梯度, 由此防止减速度快速减小而并确保减速继续。

[0068] 因而, 如图 5B 中从  $a_1$  延伸到  $b_0$  的区间所示, 即使当横摆率偏差  $\Delta \gamma$  减小使得离心力或者侧倾运动会变得过大时, 也减小车辆的速度。结果, 可以预期, 即使从时刻  $b_0$  以后转向角切换为相反的方向, 也将抑制横摆行为的不稳定和过大的侧倾运动。当侧倾运动指

标值或侧倾运动判定值随后降低到阈值侧倾运动指标值以下时,或换言之当  $\Delta G_y > 0$  不再成立时 (t4),解除对减速度的减小梯度的限制,使得减速度快速减小(以在控制上可管理的速率)(t4 至 t5)。

[0069] 以上详细描述了本发明的实施例,但是可以对落在本发明范围内的实施例进行各种修改。

[0070] 例如,在以上所述的实施例中,当转弯指标值的目标值超过实际转弯指标值时车辆减速,但是可以只要发生偏差就执行减速。在此情况下,根据转弯指标值的目标值和实际值之间的偏差的绝对值(例如,在方程式(2)中定义  $\Delta \gamma = |\gamma_t - \gamma_a|$ )来确定减速度,并且当侧倾运动指标值超过判定阈值侧倾运动指标值时,校正减速控制,使得即使偏差的绝对值减小,减速度也不易减小。

[0071] 此外,在以上所述的实施例中,在第二转向操作过程中执行基于侧倾运动指标值的判定来校正减速控制,以有效地抑制过大的侧倾,但是可以理解的是,减速控制的校正还在第一转向操作过程中有效地抑制过大的侧倾。此外,基于侧倾运动指标值的判定来校正减速控制还可以应用于实现目标横摆力矩时的目标减速度。

[0072] 尽管已经参照其示例性实施例描述本发明,但是应理解的是,本发明不限于所描述的实施例或者构造。相反,本发明意在覆盖各种修改和等同布置。此外,尽管所公开的发明的各种元件以各种示例组合和构造示出,但是包括更多、更少或者仅单个元件的其他组合也在所附权利要求的范围内。

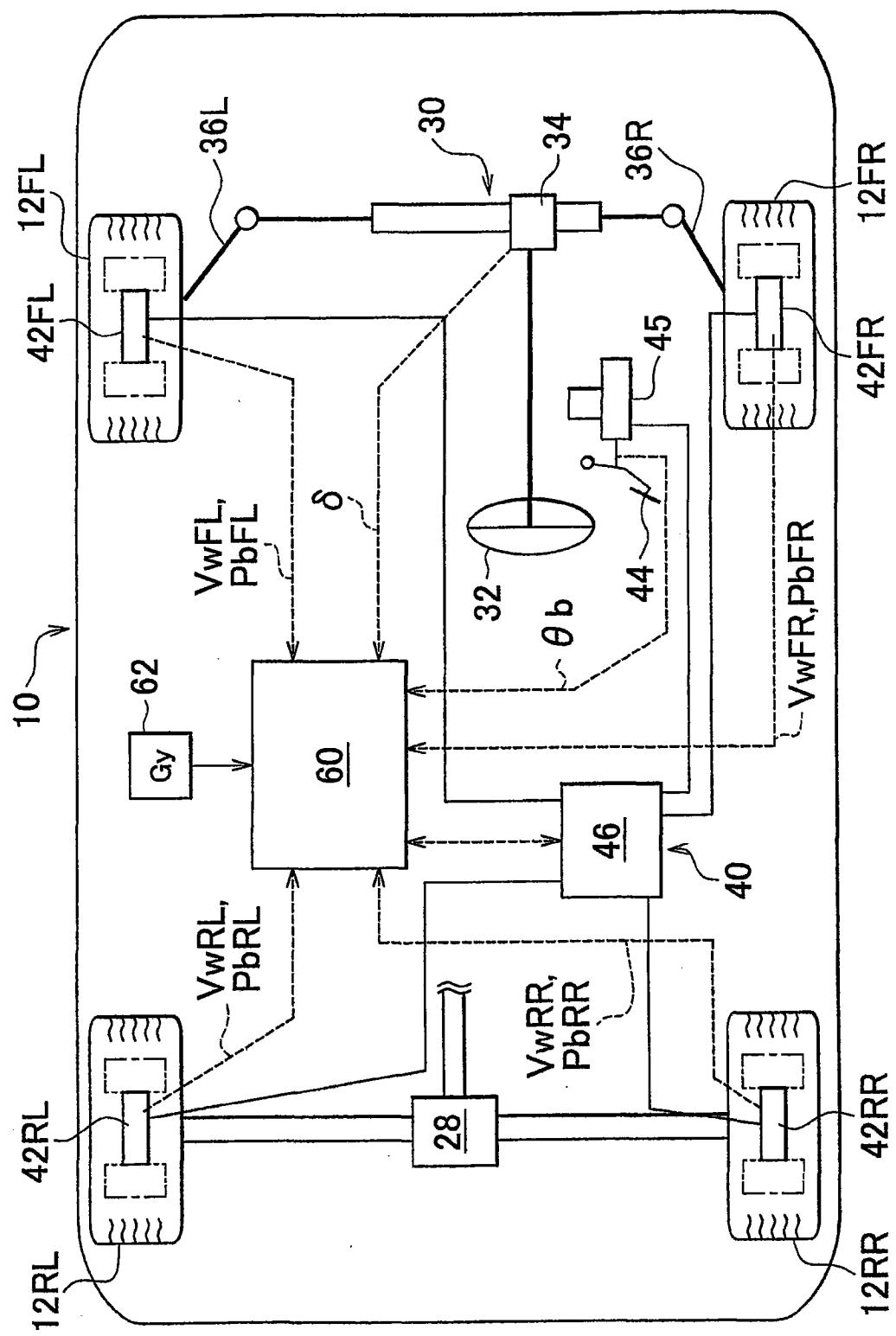


图 1A

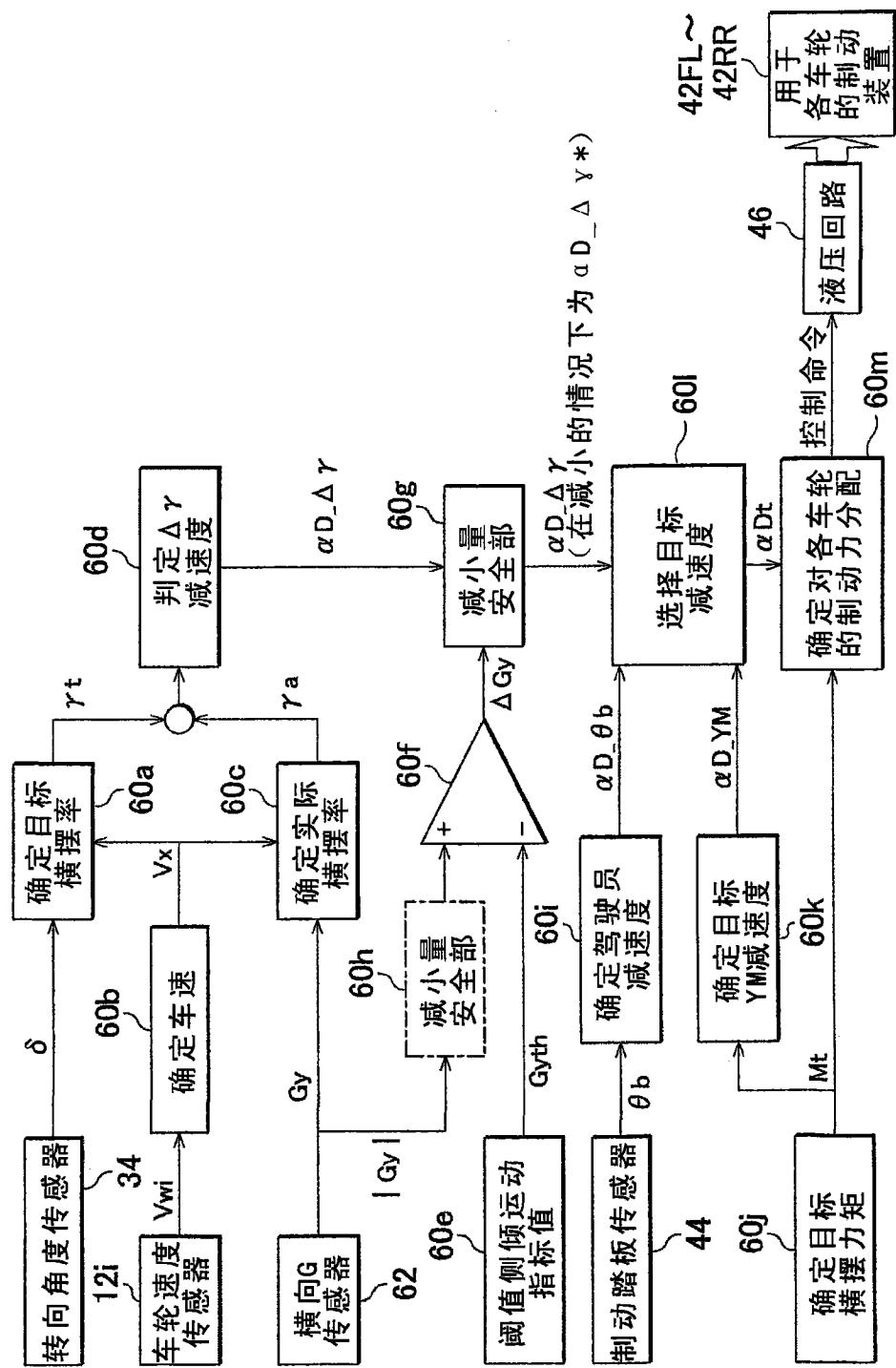


图 1B

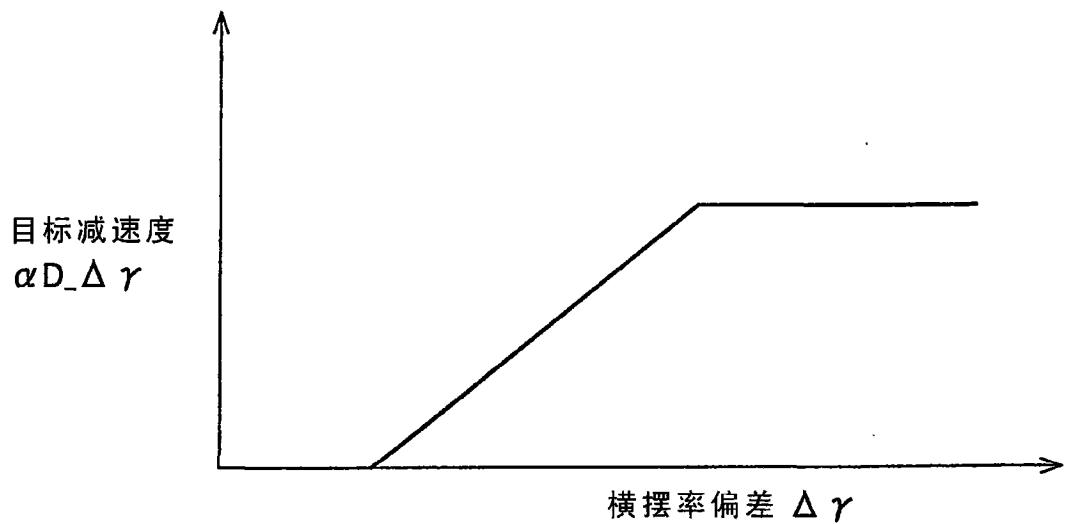


图 2A

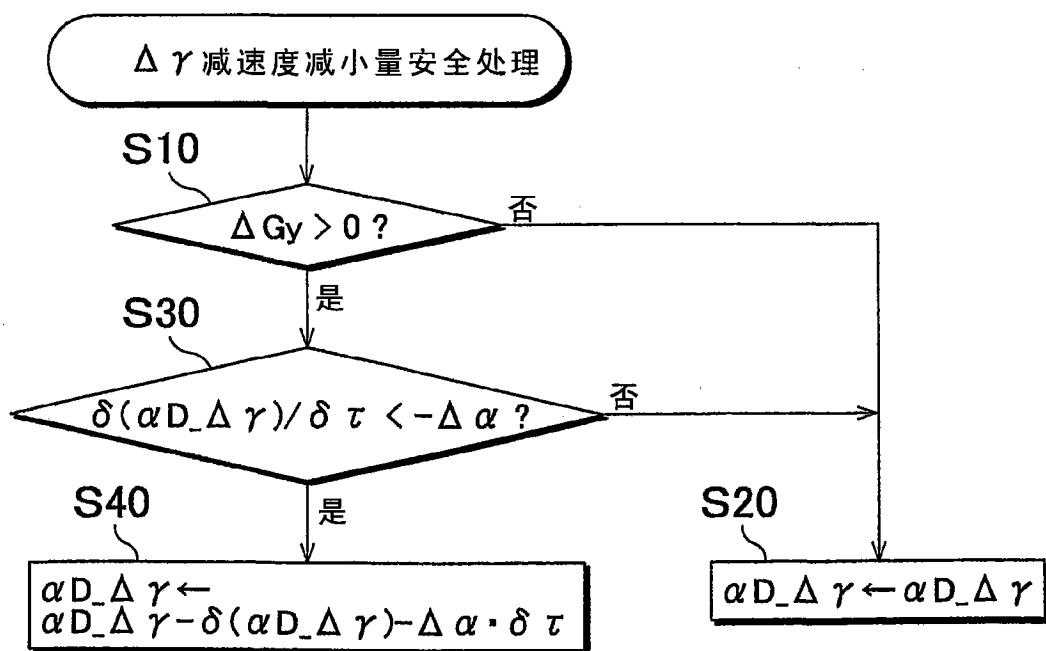


图 2B

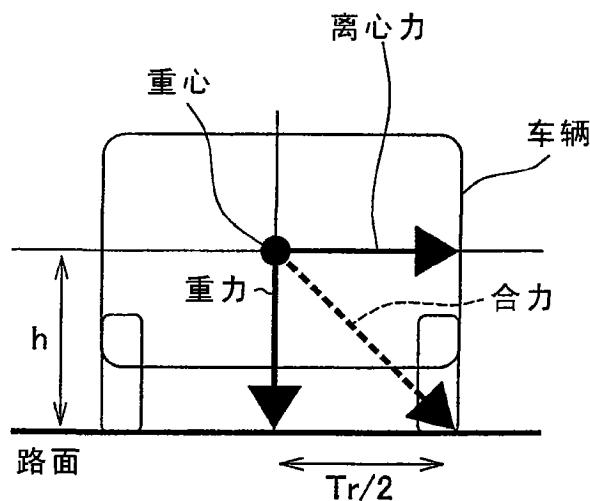


图 3A

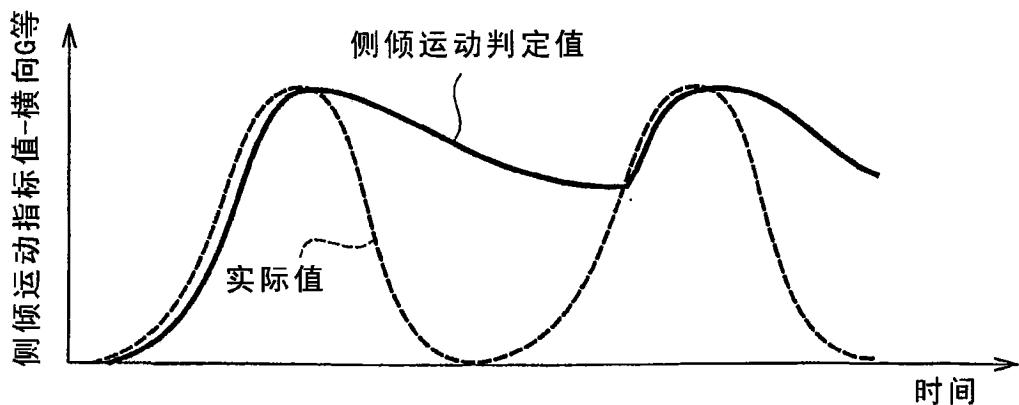


图 3B

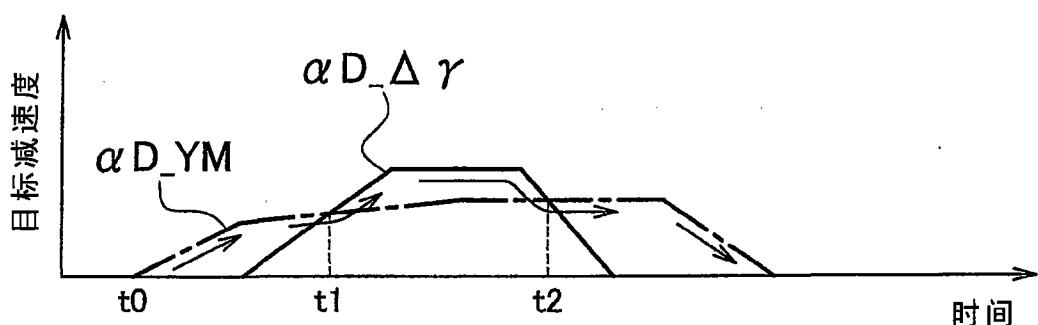


图 4A

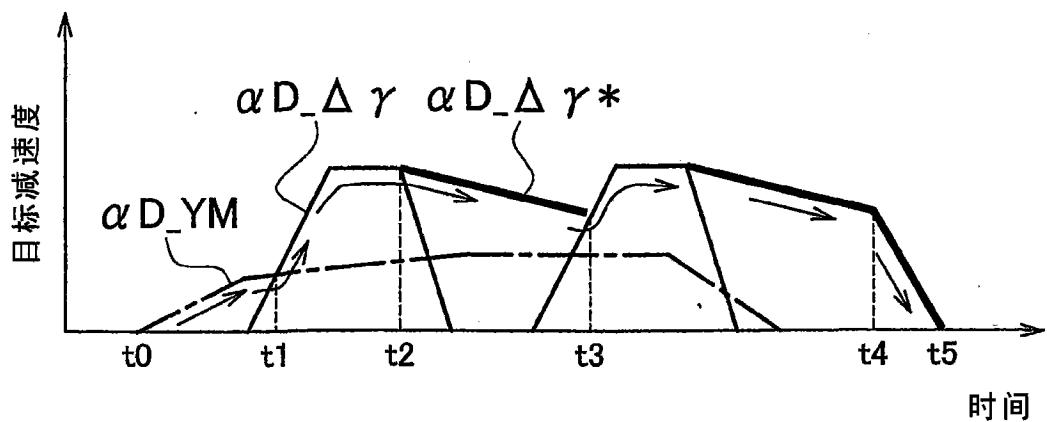


图 4B

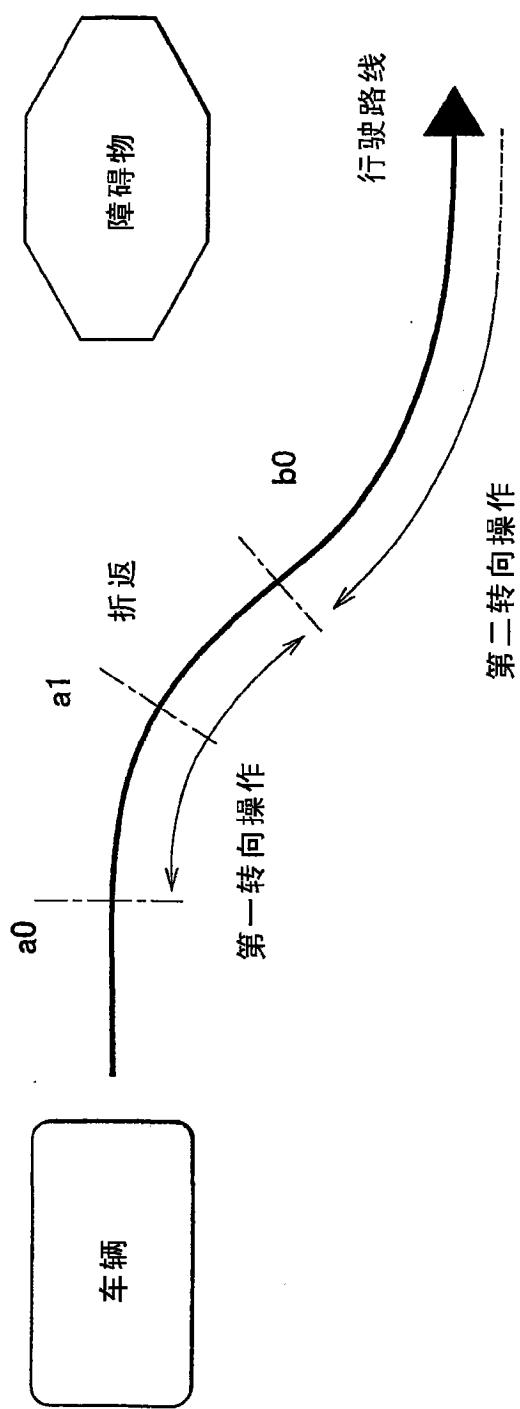


图 5A

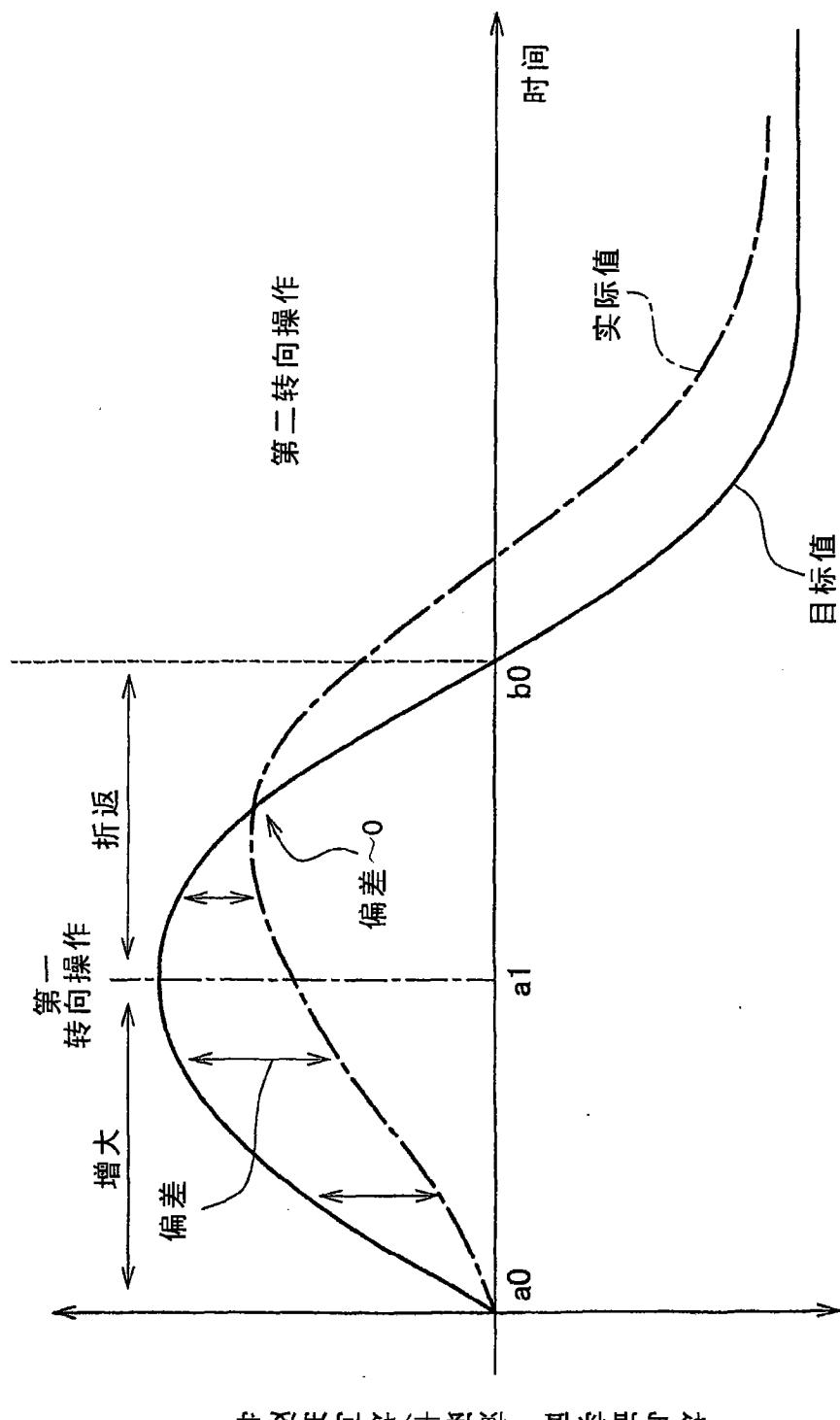


图 5B