



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112292717 B

(45) 授权公告日 2022.10.04

(21) 申请号 201980031293.0

(72) 发明人 中村敏明 广津铁平 坂本英之

(22) 申请日 2019.06.05

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司 31300

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112292717 A

专利代理人 肖华

(43) 申请公布日 2021.01.29

(51) Int.CI.

G08G 1/16 (2006.01)

(30) 优先权数据

B60W 40/00 (2006.01)

2018-126250 2018.07.02 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.09

(56) 对比文件

WO 2017122718 A1, 2017.07.20

(86) PCT国际申请的申请数据

JP 2004351994 A, 2004.12.16

PCT/JP2019/022267 2019.06.05

JP 2011213247 A, 2011.10.27

(87) PCT国际申请的公布数据

JP 2001357498 A, 2001.12.26

W02020/008785 JA 2020.01.09

审查员 程美琦

(73) 专利权人 日立安斯泰莫株式会社

权利要求书3页 说明书8页 附图8页

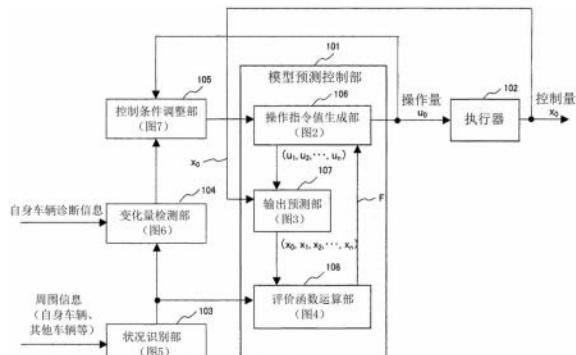
地址 日本茨城县

(54) 发明名称

预测控制装置

(57) 摘要

本发明实现一种应对自身车辆的行驶中的周围状况的变化而像由人进行驾驶那样能进行平常行驶时及紧急时的迅速的动作的预测控制装置。本发明的预测控制装置具有：检测周围及自身车辆的变化量和变化方向的单元(103、104)；以及根据检测结果来设定预测控制单元中的解探索运算的初始值和预测期间的单元(105)。设定初始值和预测期间的单元(105)具有以将解探索运算的上一次运算结果包含在初始值当中的方式来设定根据周围及自身车辆的变化量设定的初始值及预测期间的故障后可操作控制模式。



1. 一种预测控制装置,其特征在于,具有:

检测周围及自身车辆的变化量和变化方向的单元;以及

根据检测结果来设定预测控制单元中的解探索运算的初始值和预测期间的单元,

设定初始值和预测期间的单元具有以将所述解探索运算的上一次运算结果包含在初始值当中的方式来设定根据所述周围及自身车辆的变化量设定的所述初始值及所述预测期间的故障后可操作控制模式。

2. 根据权利要求1所述的预测控制装置,其特征在于,

所述周围的变化量和变化方向可根据动态障碍物及静态障碍物相对于自身车辆的相对位置及相对速度来求出。

3. 根据权利要求1所述的预测控制装置,其特征在于,

所述自身车辆的变化量包含自身车辆的行驶路径以及来自自身车辆所属的各部的执行器的故障通知的信号输入。

4. 根据权利要求1所述的预测控制装置,其特征在于,

所述预测控制装置是决定为了实现车辆的自动驾驶而给予车辆的执行器的操作量的预测控制装置,

所述预测控制装置具有:

操作指令值生成部,其生成针对所述执行器的操作量和作为预测值的操作量候选;输出预测部,其使用以数式表示车辆的动作模型的状态方程来输出作为与所述执行器输出相当的预测值的控制量候选;以及评价函数运算部,其以多个函数表示车辆的自动驾驶所需的制约条件,并获得所述制约条件相关的各函数的输出的总和;

所述检测周围及自身车辆的变化量和变化方向的单元具有:

状况识别部,其根据行驶中的自身车辆的周围状况来识别行驶道路上的物体、自身车辆的路径;以及变化量检测部,其检测识别出的物体、路径的时间变化量;

所述操作指令值生成部根据来自所述评价函数运算部的输出来生成针对所述执行器的操作量,而且,设定解探索运算的初始值和预测期间的单元根据行驶中的周围及自身车辆的状况来调整对所述操作指令值生成部设定的初始值及预测期间。

5. 根据权利要求4所述的预测控制装置,其特征在于,

所述变化量检测部根据相对于自身车辆的每单位时间的相对位置的变化量来求所述识别出的物体、自身车辆的行驶路径的时间变化量。

6. 根据权利要求4所述的预测控制装置,其特征在于,

所述变化量检测部将根据所述识别出的物体、自身车辆的行驶路径求出的时间变化量乘以系数得到的值作为权重系数而输出。

7. 根据权利要求4、5、6中任一项所述的预测控制装置,其特征在于,

所述变化量检测部根据自身车辆的诊断结果而以不同值的形式输出权重系数。

8. 根据权利要求4所述的预测控制装置,其特征在于,

控制条件调整部调整预测控制的初始值、预测期间以及预测间隔。

9. 根据权利要求8所述的预测控制装置,其特征在于,

所述控制条件调整部根据从所述变化量检测部输入的权重系数的值来调整所述初始值、预测期间以及预测间隔。

10. 根据权利要求9所述的预测控制装置,其特征在于,
控制条件生成部具有设定所述初始值的初始值设定部,

所述初始值设定部具有:上一次操作量依存个数部,其设定上一次操作量依存个数;随机数范围调整部,其调整生成的随机数范围;上一次操作量依存生成部,其生成依存于上一次操作量的初始值;平常随机数生成部,其利用随机数来生成初始值;以及初始值存储部,其存储生成的多个所述初始值。

11. 根据权利要求1所述的预测控制装置,其特征在于,

设定解探索运算的初始值和预测期间的单元进行是采用故障后可操作控制模式还是采用故障安全控制模式的切换,

所述故障后可操作控制模式中,以将所述解探索运算的上一次运算结果包含在初始值当中的方式来设定根据所述周围及自身车辆的变化量设定的所述初始值及所述预测期间,所述故障安全控制模式中,缩短设定所述预测期间。

12. 根据权利要求11所述的预测控制装置,其特征在于,

所述自身车辆的变化量包含自身车辆的行驶路径以及来自自身车辆所属的各部的执行器的故障通知的信号输入。

13. 根据权利要求11所述的预测控制装置,其特征在于,

所述预测控制装置是决定为了实现车辆的自动驾驶而给予车辆的执行器的操作量的预测控制装置,

所述预测控制装置具有:

操作指令值生成部,其生成针对所述执行器的操作量和作为预测值的操作量候选;输出预测部,其使用以数式表示车辆的动作模型的状态方程来输出作为与所述执行器输出相当的预测值的控制量候选;以及评价函数运算部,其以多个函数表示车辆的自动驾驶所需的制约条件,并获得所述制约条件相关的各函数的输出的总和;

所述检测周围及自身车辆的变化量和变化方向的单元具有:

状况识别部,其根据行驶中的自身车辆的周围状况来识别行驶道路上的物体、自身车辆的路径;以及变化量检测部,其检测识别出的物体、路径的时间变化量;

所述操作指令值生成部根据来自所述评价函数运算部的输出来生成针对所述执行器的操作量,而且,所述设定解探索运算的初始值和预测期间的单元根据行驶中的周围及自身车辆的状况来调整对所述操作指令值生成部设定的初始值及预测期间。

14. 根据权利要求4或13所述的预测控制装置,其特征在于,

所述评价函数运算部具有:

风险度运算部,其根据从所述状况识别部输出的风险度来求自身车辆的风险度相关的函数;

速度误差运算部,其根据来自所述输出预测部的所述控制量候选来求速度误差相关的函数;

加速度运算部,其根据来自所述输出预测部的所述控制量候选来求加速度相关的函数;

加加速度运算部,其根据来自所述输出预测部的所述控制量候选来求加加速度相关的函数;以及

加法运算部,其将所述风险度运算部、所述速度误差运算部、所述加速度运算部以及所述加加速度运算部求出的各个函数相加并输出至所述操作指令值生成部。

预测控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种运用于车辆的自动驾驶的预测控制装置。

背景技术

[0002] 近年来,车辆的自动驾驶在朝实用化方向迈进,在该情况下,在自动驾驶的轨道生成等当中模型预测控制的运用日益扩大。

[0003] 作为车辆的自动驾驶中的预测控制技术,公开有专利文献1记载那样的技术。

[0004] 作为能减少运算量、提高响应性的预测控制装置及推荐操作呈现装置,专利文献1展示了如下技术:观测控制对象的时间常数的变化,根据变化量来变更采样时间、预测区间以及控制区间中的至少一方的设定,根据控制对象来谋求控制的稳定化。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利特开2006-72747号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 在专利文献1中,主要是通过观测控制对象的时间常数变化和目标控制量并进行预测控制的控制参数的调整来进行处理的高速化,但在车辆的自动驾驶行驶中,周围的状态时时刻刻都在变化。

[0010] 因而,不仅要观测身为控制对象的自身车辆的状况,还要观测行驶中的周围状况的变化,从而需要应对这一情况的高速化。

[0011] 然而,专利文献1记载的技术并未考虑车辆行驶中的周围状况的变化,未进行有应对自身车辆的行驶中的周围状况的控制。

[0012] 出于以上原因,本发明的目的在于实现一种能够进行与车辆的行驶中的周围状况的变化相应的迅速的动作的预测控制装置。

[0013] 解决问题的技术手段

[0014] 为了达成上述目的,本发明以如下方式构成。

[0015] 一种预测控制装置,其具有:检测周围及自身车辆的变化量和变化方向的单元;以及根据检测结果来设定预测控制单元中的解探索运算的初始值和预测期间的单元。

[0016] 发明的效果

[0017] 根据本发明,可以实现一种应对自身车辆的行驶中的周围状况的变化而像由人进行驾驶那样能够进行平常行驶时及紧急时的迅速的动作的预测控制装置。

附图说明

[0018] 图1为表示身为本发明的实施例1的预测控制装置的车辆的自动驾驶控制系统的功能块构成例的图。

- [0019] 图2为表示模型预测控制部内的操作指令值生成部的功能块构成例的图。
- [0020] 图3为表示模型预测控制部内的输出预测部的功能块构成例的图。
- [0021] 图4为表示模型预测控制部内的评价函数运算部的功能块构成例的图。
- [0022] 图5为表示状况识别部的功能块构成例的图。
- [0023] 图6为表示变化量检测部的功能块构成例的图。
- [0024] 图7A为说明控制条件调整部的对应于权重Wa的初始值的决定方法的图。
- [0025] 图7B为说明控制条件调整部的对应于权重Wb的预测期间的决定方法的图。
- [0026] 图8为表示控制条件调整部的功能块构成例的图。
- [0027] 图9为表示控制条件调整部的另一例的功能块构成例的图。
- [0028] 图10为表示初始值设定部的功能块构成例的图。
- [0029] 图11A为表示不使用本发明的情况下预测控制的评价函数输出收敛为止的运算次数的图。
- [0030] 图11B为表示本发明的实施例1中将上一次最佳解包含在初始值候选中的情况下的预测控制的评价函数输出收敛为止的运算次数的图。
- [0031] 图11C为表示本发明的实施例1中缩短了预测期间的情况下的预测控制的评价函数输出收敛为止的运算次数的图。
- [0032] 图12为表示本发明的实施例1中的预测控制下的车辆的自动驾驶的轨道的图。

具体实施方式

- [0033] 下面,使用附图,对本发明的实施例进行说明。
- [0034] 实施例
- [0035] (实施例1)
 - [0036] 图1为表示身为本发明的实施例1的预测控制装置的车辆的自动驾驶控制系统的功能块构成例的图。
 - [0037] 图1中,模型预测控制部101(预测控制单元)进行如下处理(解探索运算):一边根据自身车辆周围的信息例如每隔几毫秒预测一次将来几秒钟的自身车辆的速度和前进方向,一边求下一几毫秒后的操作量。模型预测控制部101的输入的一部分为周围信息,其输出的一部分为方向盘操作、加速操作、制动操作等针对执行器102的操作量 u_0 。
 - [0038] 模型预测控制部101具备操作指令值生成部106、输出预测部107以及评价函数运算部108。
 - [0039] 其中,操作指令值生成部106是生成针对执行器102的例如当前的操作量 u_0 和从下一操作量 u_1 起每隔几毫秒而生成作为将来n秒钟的预测值的操作量候选($u_1 \sim u_n$)的单元。操作指令值生成部106将使用图2于后文叙述。
 - [0040] 输出预测部107例如是将操作量候选($u_1 \sim u_n$)和从执行器102输出的当前时间点的自身车辆的控制量 x_0 输入至以数式表示车辆的动作模型的状态方程、并输出与其相对应的控制量(速度、位置、方向等)作为相当于执行器102的输出的预测值形式的控制量候选($x_1 \sim x_n$)的单元。输出预测部107将使用图3于后文叙述。
 - [0041] 评价函数运算部108是以多个函数表示自动驾驶所需的制约条件、从输出预测部107输入控制量候选($x_1 \sim x_n$)并将制约条件相关的各函数输出的总和F输出至操作指令值生

成部106的单元。评价函数运算部108将使用图4于后文叙述。

[0042] 状况识别部103是根据行驶中的自身车辆的周围状况的信息来识别并输出行驶道路上的其他车辆或自行车、行人等移动物体(动态障碍物)以及护栏、停止中的车辆等静止物体(静态障碍物)、自身车辆的到目的地的路径信息、自身车辆位置的单元。状况识别部103将使用图5于后文叙述。

[0043] 变化量检测部104是针对识别出的物体和自身车辆的行驶路径而检测相对于自身车辆的每单位时间的相对位置的变化量(根据动态障碍物及静态障碍物相对于自身车辆的相对位置及相对速度求出的周围及自身车辆的变化量及变化方向)并以权重系数的形式求出并且输出至控制条件调整部105的单元。变化量检测部104将使用图6于后文叙述。

[0044] 由状况识别部103和变化量检测部104形成检测周围及自身车辆的变化量和变化方向的单元。

[0045] 控制条件调整部105是根据从变化量检测部104输入的权重系数来调整、设定用于进行模型预测控制的运算的初始值和预测期间的单元。也就是说,是设定操作指令值生成部106进行的最佳值探索运算(解探索运算)的初始值及预测期间并输出至操作指令值生成部106的单元。控制条件调整部105将使用图7于后文叙述。

[0046] 在以上构成的模型预测控制部101中,例如在几毫秒内重复多次操作指令值生成部106到输出预测部107及评价函数运算部108的循环处理,由操作指令值106选择评价函数的总和F达到最小的操作量候选($u_1 \sim u_n$)。继而,将下一时间点的操作量 u_1 输出至执行器102。执行器102将操作量u转换为控制量x而执行制动、加速及方向盘操作等。

[0047] 下面,对图1所示的预测控制装置的各部详细构成进行说明。

[0048] 图2为表示模型预测控制部101内的操作指令值生成部106的功能块构成例的图。图2中,操作指令值生成部106输入从评价函数运算部108输出的评价函数F,据此生成并输出针对执行器102的操作量 u_0 及操作量候选($u_1 \sim u_n$)。

[0049] 在操作指令值生成部106内的比较部202中,将从评价函数运算部108输出的运算结果(评价函数F的输出)与最小值保存部203中存储的值进行比较。若从评价函数运算部108输入到比较部202的值比最小值保存部203中存储的值小,则向最小值保存部203输出保存指令信号。最小值保存部203根据来自比较部202的保存指令信号来存储评价函数的运算结果。到此为止的一系列处理表示求出了评价函数运算108的输出F达到最小的值。

[0050] 操作量生成部201是生成下一时间点的操作量候选 u_1 起到将来的n时间点的操作量候选 u_n 为止的操作量候选($u_1 \sim u_n$)的单元。作为操作量候选的一例,通过随机数产生来生成操作量候选值作为初始值,其后反复进行使该值逐次少量变化的运算,由此求出收敛解。作为具体的方法,有粒子群优化、蚁群优化、人工蜂群算法等。

[0051] 操作量保存部204保存与最小值保存部203中保存的评价函数值相对应的操作指令值候选($u_1 \sim u_n$),将当前时间点的操作量 u_0 输出至制动、加速、前轮的操舵角等的执行器102。此外,将操作量候选($u_1 \sim u_n$)输出至图3所示的输出预测部107。

[0052] 再者,当前时间点的操作量 u_0 例如可以使用上一次处理周期内求出的下一时间点的操作量候选 u_1 来算出。根据图2的操作指令值生成部106,可以获得评价函数F达到最小的时间序列性的操作量即操作量候选($u_1 \sim u_n$)。这表示求出了后文叙述的图12中以实线表示的轨道。

[0053] 图3为表示模型预测控制部101内的输出预测部107的功能块构成例的图。图3中，状态方程运算部301是以数式来表示车辆的动作模型的单元。状态方程运算部301例如当得到加速度、行进方向的角度的输入时，会转换为自身车辆的位置坐标、速度、方位等物理量。保存部302是用于暂时保存状态方程运算部301的输出而用于下一时间点的预测处理的单元。例如保存当前时间点的位置坐标和速度，由此，可以通过计算来求出下一时间点的位置坐标的预测值。

[0054] 在图3的例子中，为了以数式来表示车辆的动作模型，状态方程运算部301是以来自操作指令值生成部106内的时间序列性的预测操作量($u_1 \sim u_n$)为输入。此外，算出与执行器102的输出相对应的控制量作为时间序列性的预测控制量($x_1 \sim x_n$)并输出至评价函数运算部108，用于评价函数的运算。再者，图3中为了决定基准位置而使用了保存部302，但也可像图1所示那样将执行器102表示的当前位置决定为基准。

[0055] 图4为表示模型预测控制部101内的评价函数运算部108的功能块构成例的图。图4中，评价函数运算部108使用以函数来表示自动驾驶所需的制约条件的多个制约条件函数部(风险度运算部401、速度误差运算部402、加速度运算部403、加加速度运算部404)来生成输出至操作指令值生成部106的评价函数F的值。在图4的例子中，配备有与从状况识别部103输出的风险度R和输出预测部107中求出的时间序列性的预测控制量($x_0 \sim x_n$)相关的制约条件函数部。

[0056] 评价函数运算部108由多个制约条件函数运算部(401到404)构成。在本发明中，是通过多个制约条件函数部(401到404)来决定评价函数F。

[0057] 多个制约条件函数为风险度运算部401中求出的自身车辆的风险度相关的函数f1、速度误差运算部402中求出的速度误差相关的函数f2、加速度运算部403中求出的加速度相关的函数f3、加加速度运算部404中求出的加加速度相关的函数f4。评价函数F是由这些函数进而加上输出预测部107中求出的响应性相关的函数f5这5个要素构成的函数。求由这5个要素决定的最小数值。

[0058] 下面，对多个制约条件函数运算部(401到404)各方进行说明。

[0059] 首先，风险度运算部401运算风险度相关的制约条件函数f1，即，根据周围信息和自身车辆的相对位置信息例如从状况识别部103获得下一时间点($k=1$)起到将来的n时间点($k=n$)为止的各时间点上的风险度R(k)，计算风险度R(k)与权重系数 W_1 的乘法运算结果，并求这些值的总和。

[0060] 速度误差运算部402运算速度相关的制约条件函数f2，即，对自身车辆的加速度信息进行积分来求速度，计算下一时间点($k=1$)起到将来的n时间点($k=n$)为止的各时间点上的目标速度 V_{ref} 的差的平方与权重系数 W_2 的乘法运算结果，并求这些值的总和。

[0061] 加速度运算部403运算加速度相关的制约条件函数f3，即，根据自身车辆的加速度信息来计算下一时间点($k=1$)起到将来的n时间点($k=n$)为止的各时间点上的加速度的平方与权重系数 W_3 的乘法运算结果，并求这些值的总和。

[0062] 加加速度运算部404运算加加速度相关的制约条件函数f4，即，对自身车辆的加速度信息进行微分来求加加速度，计算下一时间点($k=1$)起到将来的n时间点($k=n$)为止的各时间点上的加加速度的平方与权重系数 W_4 的乘法运算结果，并求这些值的总和。加法运算部405将上述制约条件函数运算部(401到404)求出的各制约条件函数的输出结果相加并输

出至操作指令值生成部106。

[0063] 评价函数运算部108是像上述那样构成的,而像前面也叙述过的那样,预测控制装置是根据使评价函数F的输出达到最小时的操作量u来控制车辆。然而,决定评价函数F的输出的4个制约条件函数也就是风险度的制约条件函数f1、速度误差的制约条件函数f2、加速度的制约条件函数f3、加速度的制约条件函数f4反映出了各个时候的运转状态。

[0064] 图5为表示状况识别部103的功能块构成例的图。图5中,摄像机501拍摄自身车辆的前后左右的周围状况。LiDAR 502利用激光光线来检测自身车辆周围的状况。毫米波雷达503利用电波的反射来检测周围的状况。

[0065] GPS 504检测自身车辆所处的经度、纬度。地图505输出自身车辆的出发地点起到到达预定地点为止的路径信息。物体识别部506根据从摄像机501、LiDAR 502以及毫米波雷达503输入的数据来识别其他车辆、自行车、行人等物体并输出物体信息。此外,自身车辆路径检测部507根据来自GPS 504、地图505的输入信息来检测自身车辆在地图上的当前地点并输出路径上的当前地点周围的地图信息。

[0066] 图6为表示变化量检测部104的功能块构成例的图。图6中,正常时用权重算出部601将从状况识别部103输入的物体信息和路径信息在时间轴上的变化量分别乘以系数 k_0 、 k_1 得到的值作为权重Wa输出,将乘以系数 k_2 、 k_3 得到的值作为权重Wb输出。同样地,故障时用权重算出部602将从状况识别部103输入的物体信息和路径信息在时间轴上的变化量分别乘以系数 k_4 、 k_5 得到的值作为权重Wa输出,将乘以系数 k_6 、 k_7 得到的值作为权重Wb输出。在根据从自身车辆上搭载的ECU等输入的自身车辆的诊断信息而判断为正常的情况下,选择部603选择正常时用权重算出部601的输出,在得到为故障这一信息(来自各部执行器的故障通知信号)的输入的情况下,选择部603选择并输出故障时用权重算出部602的输出。因此,自身车辆的变化量包含自身车辆的行驶路径以及来自属于自身车辆的各部执行器的故障通知的信号输入。

[0067] 图7A为说明控制条件调整部105的对应于权重Wa的初始值的决定方法的图。图7A中,权重Wa取0~1这一范围的值,例如,若Wa=0,则将上一次解探索运算中求出的值直接作为初始值的候选。此外,若Wa=1,则以通过随机数的产生来决定初始值的候选的方式随着权重Wa增大而增多随机数的比例。

[0068] 图7B为说明控制条件调整部105的对应于权重Wb的预测期间的决定方法的图。图7B中,权重Wb取0~1这一范围的值,例如,若Wb=0,则将预测期间设为10秒钟,若Wb=1,则设为1秒钟,像这样随着权重Wb增大而缩短预测期间。

[0069] 图8为表示控制条件调整部105的功能块构成例的图。图8中,初始值设定部801根据从变化量检测部104输入的权重Wa的值来决定输出至操作指令值生成部106的最佳值探索运算用的初始值的候选值。预测期间设定部802根据从变化量检测部104输入的权重Wb的值来决定(调整)输出至操作指令值生成部106的进行最佳值探索运算的预测期间。

[0070] 图9为表示控制条件调整部105的区别于图8所示的构成的另一功能块构成例的图,是除了预测控制的初始值及预测期间以外还调整预测间隔的例子。图9中,初始值设定部801及预测期间设定部802的功能与图8的功能块构成例相同。预测间隔设定部803根据输入的权重Wb的值来决定输出至操作指令值生成部106的最佳值探索运算的预测间隔。例如,若Wb=0,则在预测期间10秒钟内以0.1秒间隔求操作量候选($u_1 \sim u_n$)。此外,若Wb=1,则在

预测期间1秒钟内以0.01秒间隔求操作量候选($u_1 \sim u_n$)。结果,预测控制的运算量不论Wb的值如何都是固定的,能够缩窄各操作量候选($u_1 \sim u_n$)的预测间隔。

[0071] 控制条件调整部105是根据检测周围及自身车辆的变化量和变化方向的单元(103、104)的检测结果来设定模型预测控制部101(预测控制单元)中的解探索运算的初始值和预测期间的单元的一形态。

[0072] 图10为表示图8及图9所示的初始值设定部801的功能块构成例的图。图10中,上一次操作量依存个数部1001在准备的多个初始值当中根据权重Wa的值来决定将哪一比例作为依存于上一次操作量的初始值。例如,在将操作量候选($u_1 \sim u_n$)设为1组、准备100组作为其初始值的情况下,若Wa=1,则将100组全部作为根据上一次采用的操作量($u_1 \sim u_n$)而加入变更得到的初始值。此外,在Wa=0.5的情况下,将50组作为根据上一次采用的操作量($u_1 \sim u_n$)而加入变更得到的初始值。在Wa=0的情况下,判断周围状况的变化较大、没有上一次操作量的依存性,从而以随机数来产生全部100组初始值。随机数范围调整部1002以上一次采用的操作量为基准来决定向各值相加的随机数的范围。

[0073] Wa的值越接近1,随机数范围调整部1002判断对上一次采用的操作量的依存性越高,从而缩窄随机数的可取值的范围。

[0074] 上一次操作量依存生成部1003对上一次操作量加上随机数范围调整部1002中生成的随机数,由此生成初始值。

[0075] 平常随机数生成部1004在预先设定的范围内产生随机数而生成初始值。

[0076] 初始值存储部1005存储上一次操作量依存生成部1003及平常随机数生成部1004中生成的初始值。各自的存储数为上一次操作量依存个数部1001中决定的个数的比例。例如在存储100组初始值的情况下,在Wa=0.3时,存放30组上一次操作量依存生成部1003中生成的初始值,存放70组平常随机数生成部1004中生成的初始值。

[0077] 图11A为表示不使用本发明的情况下评价函数输出值相对于运算次数的特性的图表。图11A中,纵轴为评价函数输出,横轴表示运算次数,(1)、(2)、(3)分别表示第1次、第2次、第3次运算。各次运算中,收敛到最小值为止的运算次数不一样,能够判断3次都收敛到了最小值的运算次数为2150次。

[0078] 图11B为表示本发明的实施例1中的在初始值中包含上一次最佳解的情况下特性的图表。图11B中,与图11A一样,纵轴为评价函数输出,横轴表示运算次数。第1次运算(1)使用全部通过随机数产生的值作为初始值,因此向最小值的收敛需要3000次运算。相对于此,第2次运算(2)、第3次运算(3)在初始值中包含了上一次最佳解,因此以900次运算便达成了向最小值的收敛。

[0079] 图11C为表示本发明中的将预测期间从128时间点缩短到16时间点的情况下特性的图表。图11C中,与图11A一样,纵轴为评价函数输出,横轴表示运算次数。初始值与图11B一样全部以随机数生成,但预测期间比图11B的128时间点短,为16时间点,因此以1000次便达成了全部3次的到收敛为止的运算次数。

[0080] 图12为表示模型预测控制下的自动驾驶的一动作例的图。图12中,设想了正在高速公路的行驶车道上行驶的自动驾驶下的车辆1201在同样正在行驶车道上行驶的车辆1202后方行驶的动作。图12中,以虚线表示行驶车道。

[0081] 图12的(a)是高速公路上自身车辆1201正在其他车辆1202后方行驶的图。此时,自

身车辆1201为了进行效率较佳的驾驶,从多个控制量x的候选(以多个实线表示)当中选择以粗实线箭头表示的时间序列性的控制量 $u_0 \sim u_n$ (图12(a)的例子中为 $u_0 \sim u_{127}$),并决定 u_1 作为下一时间点的控制量。

[0082] 图12的(b)为将上一次选择的轨道包含在初始值中来进行预测控制运算的实施例。在图12的(b)所示的例子中,图12的(a)的自身车辆1201的周围状况几乎没有变化,因此,所选择的预测轨道也与图12的(a)所示的例子相同。在该情况下,速度、方向的急剧变化得到抑制,因此有成为对于乘员而言乘坐感受好的自动驾驶的效果。此外,图6中,在输入至选择部603的自身车辆诊断信息为表示“故障”的信号的情况下,通过维持与上一次相同的轨道,有助于迅速的故障后可操作控制(故障后可操作控制贡献模式)。

[0083] 图12的(c)为表示缩短预测期间求出的预测轨道的图。在图12的(c)所示的例子中,相对于图12的(b)所示的例子而言,其他车辆1202停在了路肩,由此使得时间上的变化量较多,权重Wb变为接近1的值,从而缩短预测期间来求本次的预测轨道。在该情况下,求出最佳轨道为止的时间缩短,因此能应对突然的周围状况的变化。此外,图6中,在自身车辆诊断信息输入的是“1”的情况下,可以缩短预测期间而立即生成退避至路肩的轨道,有助于迅速的故障安全控制(故障安全控制贡献模式)。

[0084] 根据以上展示的本发明的实施例1,构成为检测自身车辆的周围状况的变化量、按照检测到的变化量来变更预测控制的初始值及预测期间,因此可以实现一种像由人进行驾驶那样能兼顾平常行驶时的乘坐感受与紧急时的迅速的动作的预测控制装置。

[0085] 此外,根据实施例1,根据自身车辆和自身车辆周围状况的变化量的大小来进行是将上一次选择的轨道包含在初始值中来进行预测控制还是缩短预测期间而通过随机数生成初始值来进行预测控制的切换控制。因此,可以根据自身车辆的周围状况的变化来恰当地控制车辆动作。

[0086] (实施例2)

[0087] 接着,对本发明的实施例2进行说明。

[0088] 在实施例1中,是切换有助于故障后可操作控制的模式与有助于迅速的故障安全控制的模式的构成。

[0089] 在实施例2中,根据自身车辆的周围状况以及自身车辆的变化来变更预测控制的初始值及预测期间,这一点与实施例1相通,但不具有故障安全控制贡献模式。也就是说,在实施例2中,设定初始值和预测期间的控制条件调整部105仅具有根据自身车辆的周围状况和自身车辆的变化量将要设定的初始值及预测期间以将解探索运算的上一次运算结果(操作量)包含在初始值中的方式设定为操作量的故障后可操作控制模式。

[0090] 在实施例2中,即便在发生了车辆故障等的情况下,也能达成平常行驶时的乘坐感受。

[0091] 实施例2与实施例1的构成的差异在于,在实施例2中,图8及图9所示的控制条件调整部105的初始值设定部801、预测期间设定部802在故障后可操作控制模式时采用上一次操作量。

[0092] 实施例2的其他构成与实施例1相同,因此省略图示及详细说明。

[0093] 根据实施例2,可以实现一种平常行驶时的乘坐感受得到了提高的预测控制装置。

[0094] 此外,在实施例2中,与实施例1相比,由于不具有故障安全控制模式,因此能减轻

其运算负荷,例如在高速公路行驶中发生自身车辆的故障时也能迅速维持轨道。

[0095] 符号说明

[0096] 101…模型预测控制部、102…执行器、103…状况识别部、104…变化量检测部、105…控制条件调整部、106…操作指令值生成部、107…输出预测部、108…评价函数运算部、201…操作量生成部、202…比较部、203…最小值保存部、204…操作量保存部、301…状态方程运算部、302…保存部、401…风险度运算部、402…速度误差运算部、403…加速度运算部、404…加加速度运算部、405…加法运算部、501…摄像机、502…LiDAR、503…毫米波雷达、504…GPS、505…地图信息部、506…物体识别部、507…自身车辆路径检测部、601…正常时用权重算出部、602…故障时用权重算出部、603…选择部、801…初始值设定部、802…预测期间设定部、803…预测间隔设定部、1001…上一次操作量依存个数部、1002…随机数范围调整部、1003…上一次操作量依存生成部、1004…平常随机数生成部、1005…初始值存储部、1201…自身车辆、1202…其他车辆。

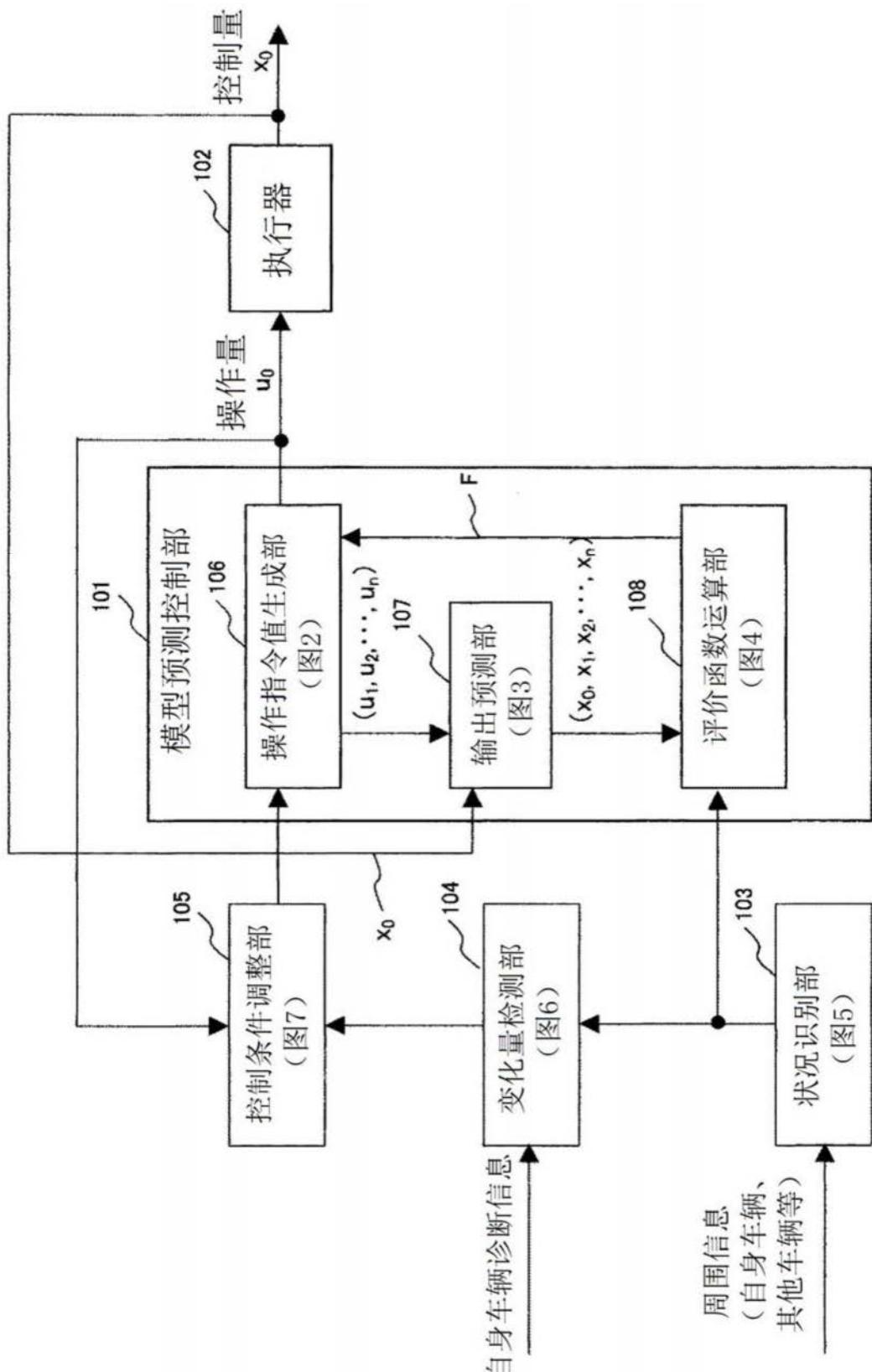


图1

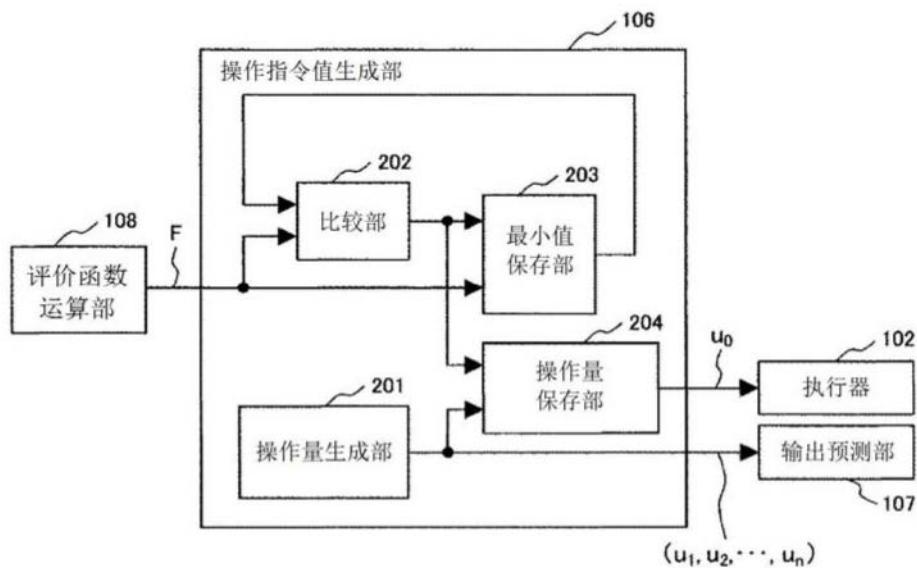


图2

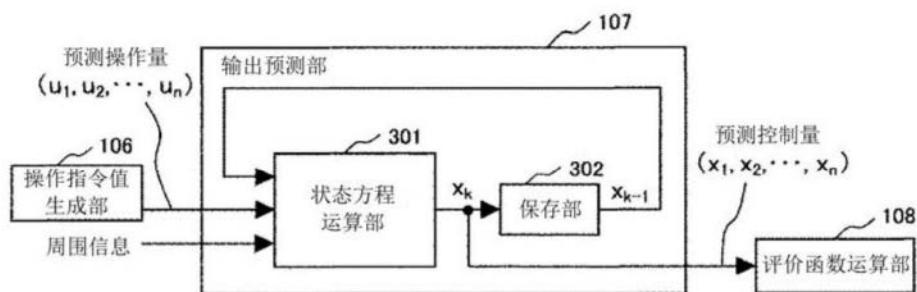


图3

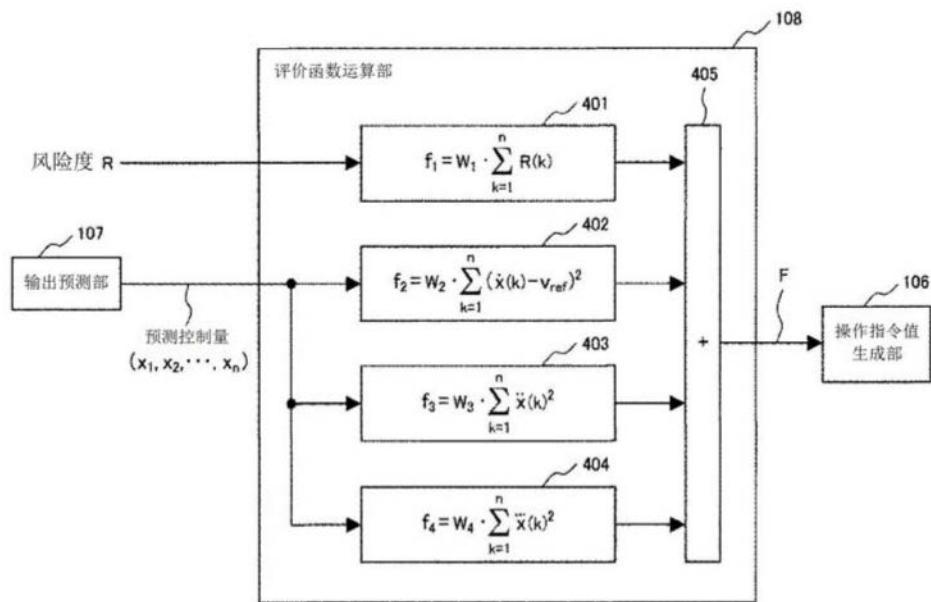


图4

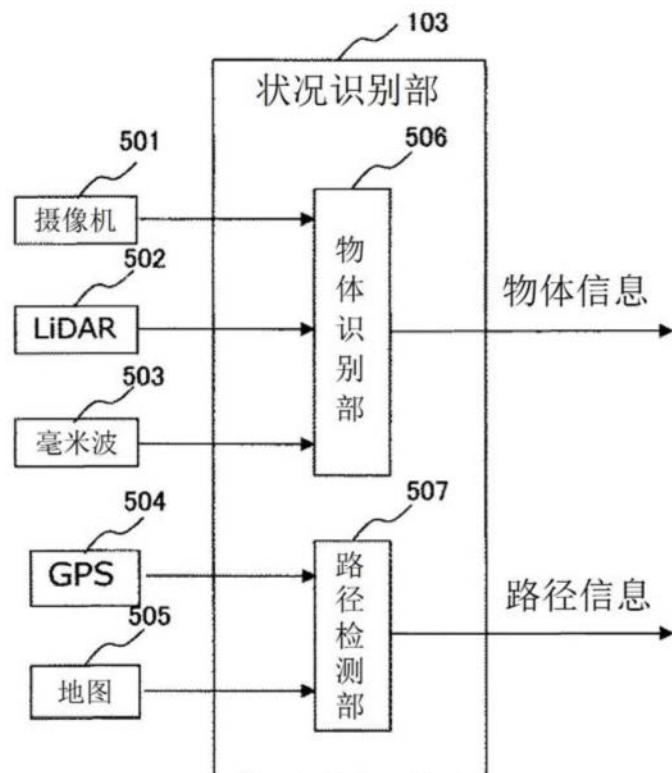


图5

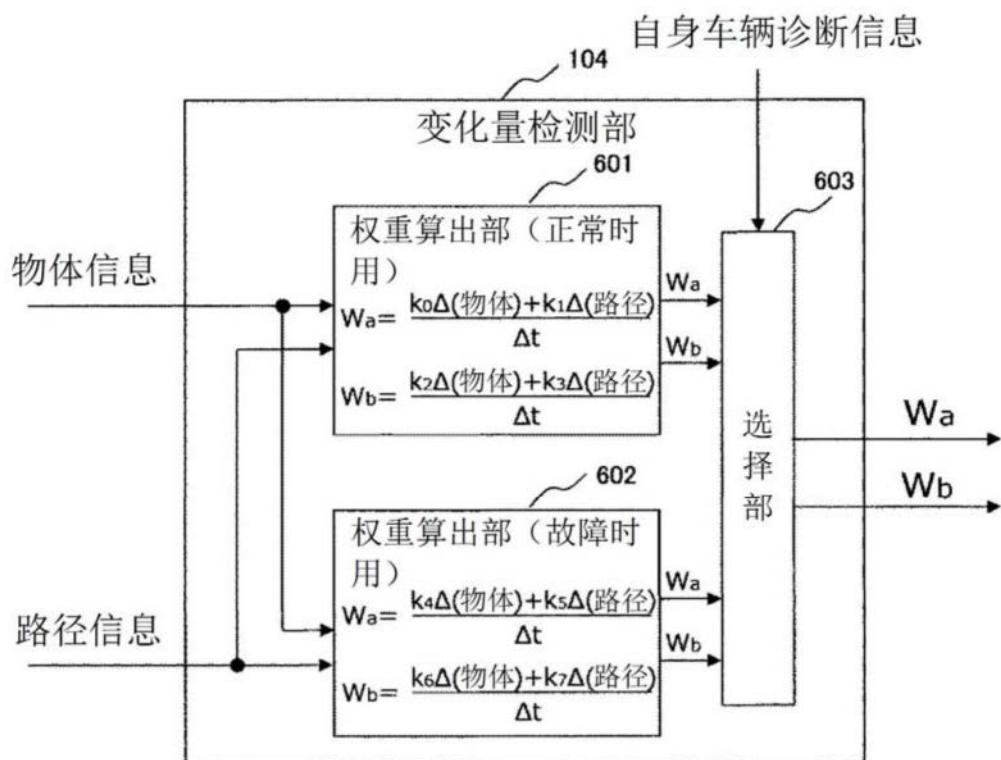


图6

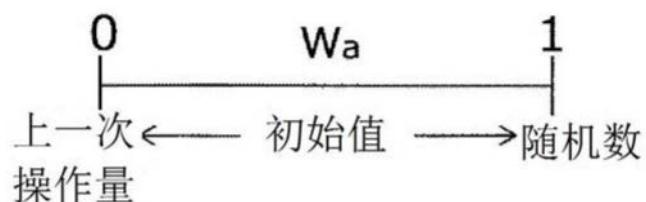


图7A

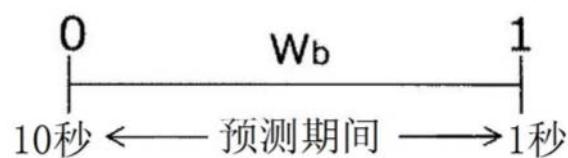


图7B

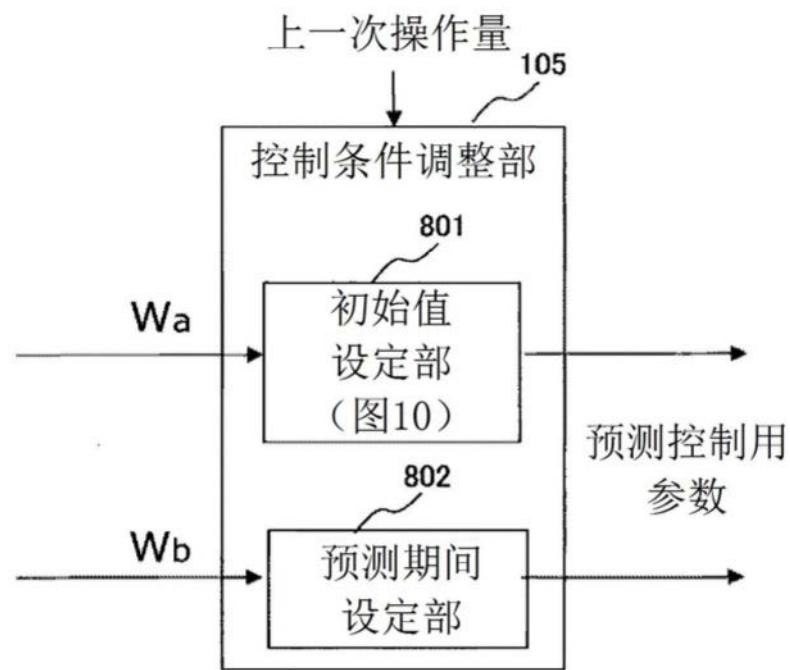


图8

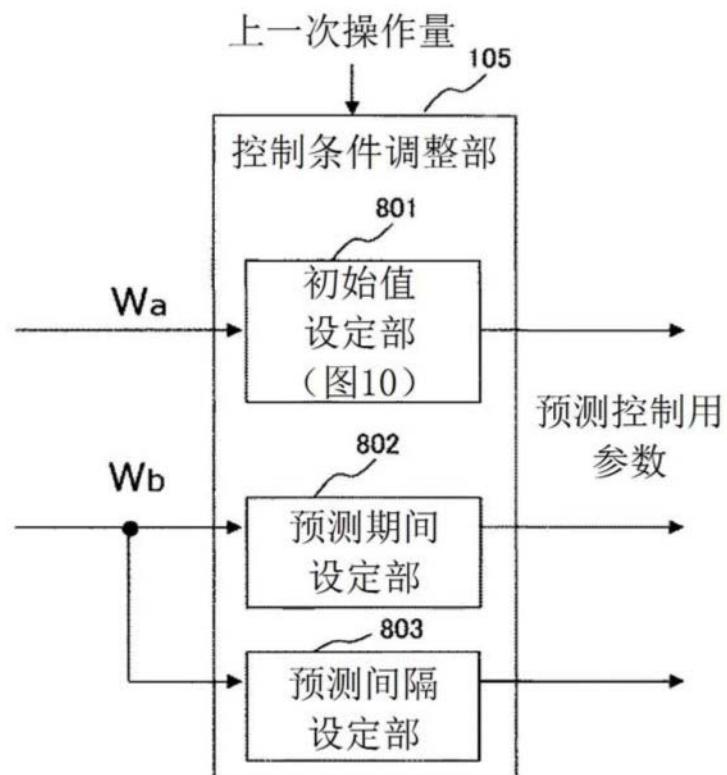


图9

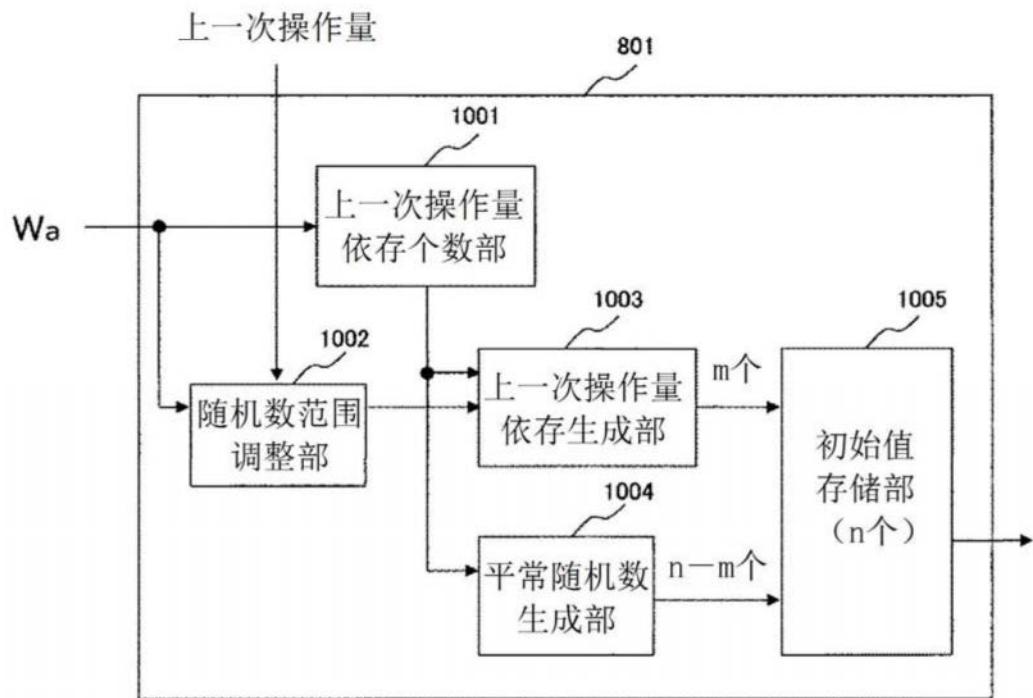


图10

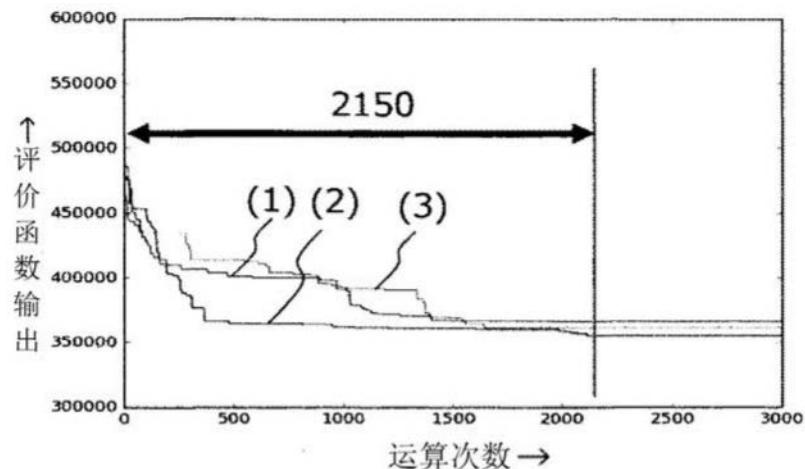


图 11A

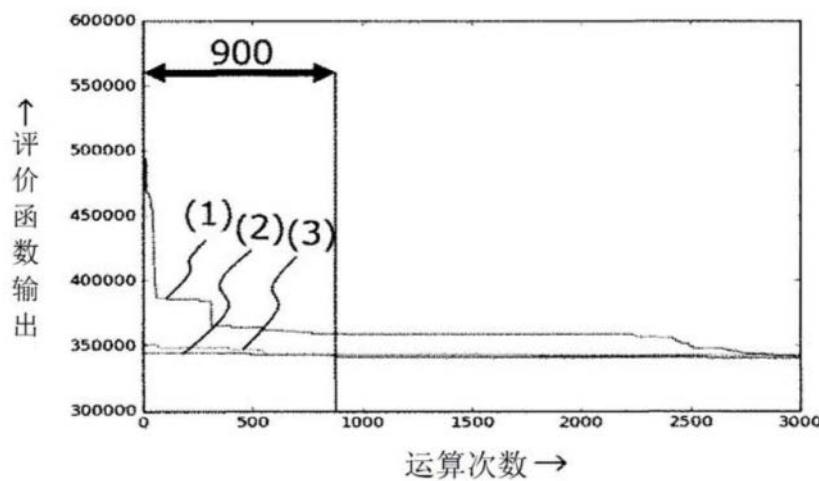


图11B

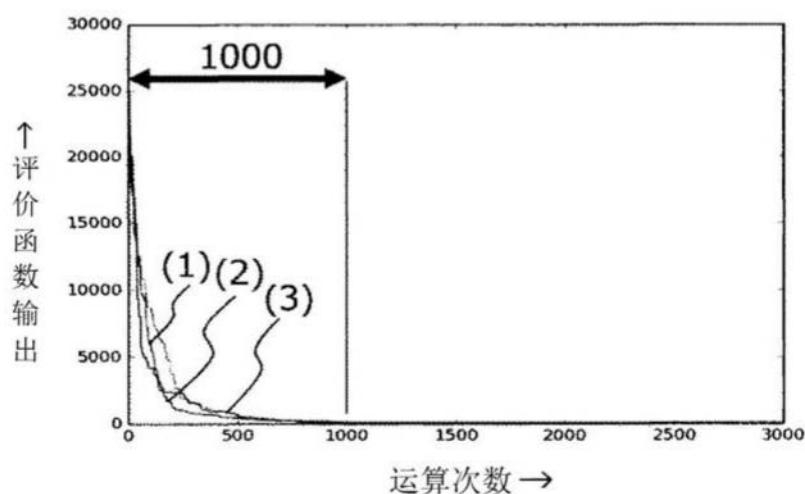


图11C

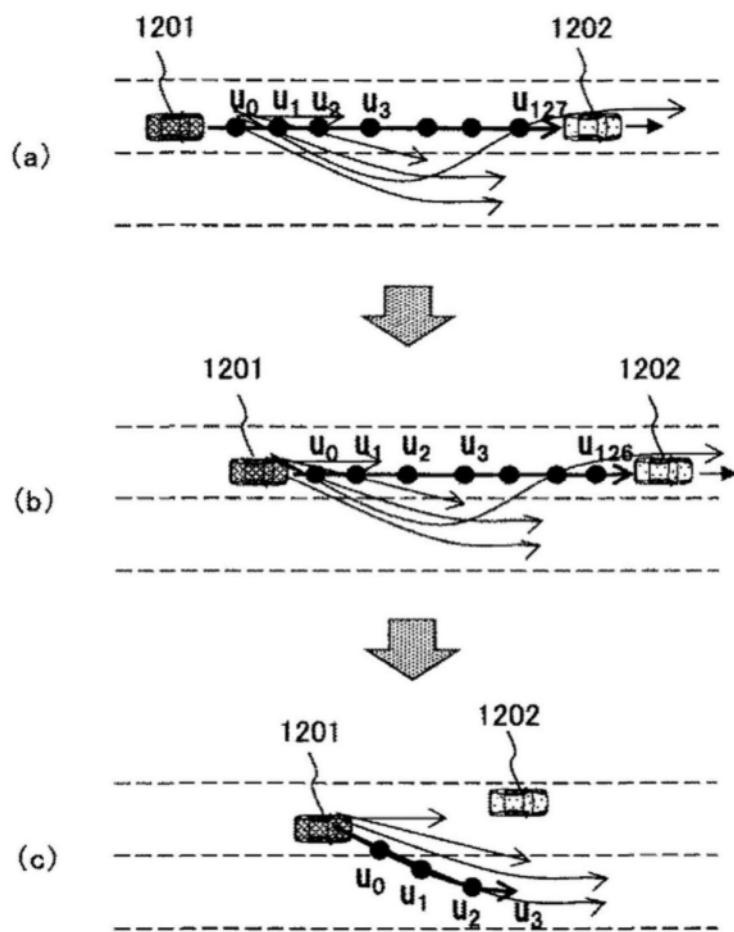


图12