



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118369192 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 19

(21) 申请号 202180104846.8

(22) 申请日 2021.12.27

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.06.07(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/048572 2021.12.27(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/127021 JA 2023.07.06(71) 申请人 株式会社尼康
地址 日本东京港区港南二丁目15番3号(72) 发明人 细见幸司 繁野日雅留
移付手加留足俱 宫野牧人
长谷川智志 三村晃平 小柳大辅
森野友介 佐野英之 清水飒(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

专利代理师 胡林岭

(51) Int.Cl.
B25J 13/08 (2006.01)

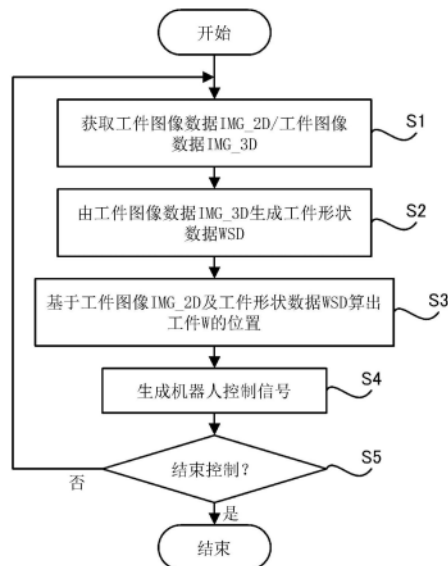
权利要求书9页 说明书69页 附图17页

(54) 发明名称

控制装置、控制系统、机器人系统、控制方法
及计算机程序

(57) 摘要

控制装置是：基于在第一摄像装置及第二摄像装置与物体的相对移动过程中通过第一摄像装置对物体进行拍摄而获取的第一图像数据来算出第一位置，所述第一位置包含由第一轴至第三轴规定的第一坐标系内的、分别与第一轴至第三轴平行的第一方向至第三方向中的至少一个方向上的物体的位置、以及物体绕第一轴至第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者；基于由在相对移动过程中通过第二摄像装置对物体进行拍摄而获取的第二图像数据所生成且表示物体的三维形状的形状数据来算出第二位置，所述第二位置包含由第四轴至第六轴规定的第二坐标系内的、分别与第四轴至第六轴平行的第四方向至第六方向中的至少一个方向上的物体的位置、以及物体绕第四轴至第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者；基于第一位置及第二位置来生成控制信号；并以第一周期输出控制信号。



1. 一种控制装置,生成用于控制机器人手臂的控制信号,所述机器人手臂上设置有对物体进行处理的处理装置、输出第一图像数据的第一摄像装置以及输出第二图像数据的第二摄像装置,且使所述处理装置与所述第一摄像装置及所述第二摄像装置移动,

所述控制装置包括:

运算部,生成所述控制信号;以及

输出部,输出由所述运算部生成的所述控制信号,

所述运算部基于在所述第一摄像装置及所述第二摄像装置与所述物体的相对移动过程中通过所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第一图像数据来算出第一位置,所述第一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,

所述运算部基于由在所述相对移动过程中通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系不同的第二坐标系内的、与所述第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,

所述运算部基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号,

所述输出部以第一周期输出由所述运算部基于所述第一位置及所述第二位置而生成的所述控制信号。

2. 根据权利要求1所述的控制装置,其中,

为了获取所述第一图像数据而由所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄的时刻与为了获取所述第二图像数据而由所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄的时刻相同。

3. 根据权利要求1或2所述的控制装置,其中,

所述运算部基于在所述相对移动过程中且相互不同的时刻通过所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第一图像数据来算出第一变化量,所述第一变化量是所述第一坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,

所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量及所述第二位置来生成所述控制信号,

所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量及所述第二位置而生成的所述控制信号。

4. 根据权利要求3所述的控制装置,其中,

所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置、及由在所述相对移动过程中通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的形状数据来生成所述控制信号,

所述输出部以所述第二周期输出基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述形状数据而生成的所述控制信号。

5. 根据权利要求1或2所述的控制装置, 其中,

所述运算部基于在所述相对移动过程中且相互不同的时刻通过所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第一图像数据、以及由在所述相对移动过程中通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的形状数据, 算出所述相互不同的时刻间的、所述物体的位置以及所述物体的姿势中的至少一者的变化量,

所述运算部基于所述第一位置、所述第二位置及所述变化量来生成所述控制信号,

所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第二位置及所述变化量而生成的所述控制信号。

6. 根据权利要求4或5所述的控制装置, 其中,

所述形状数据包含: 在所述相互不同的时刻中的靠后的时刻通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的数据。

7. 根据权利要求1或2所述的控制装置, 其中,

所述运算部基于由在所述相对移动过程中且相互不同的时刻通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第二图像数据分别所生成且表示所述物体的三维形状的两个形状数据来算出第二变化量, 所述第二变化量是所述第二坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,

所述运算部基于所述第一位置、所述第二位置及所述第二变化量来生成所述控制信号,

所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第二位置及所述第二变化量而生成的所述控制信号。

8. 根据权利要求1或2所述的控制装置, 其中,

所述运算部基于在所述相对移动过程中且相互不同的时刻通过所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第一图像数据来算出第一变化量, 所述第一变化量是所述第一坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,

所述运算部基于由在所述相对移动过程中且相互不同的时刻通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第二图像数据分别所生成且表示所述物体的三维形状的两个形状数据来算出第二变化量, 所述第二变化量是所述第二坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,

所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量来生成所述控制信号,

所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量而生成的所述控制信号。

9. 根据权利要求8所述的控制装置, 其中,

为了获取所述两个第一图像数据而由所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄的所述相互不同的时刻与为了获取所述两个第二图像数据而由所述第二摄像装置对所述物体进

行拍摄的所述相互不同的时刻相同。

10. 根据权利要求8或9所述的控制装置, 其中,

从由所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄至基于所述第一图像数据而算出所述第一位置为止的时间、与从由所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄至基于所述第二图像数据而算出所述第二位置为止的时间中较短的时间比从由所述第一摄像装置在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第一图像数据而算出所述第一变化量为止的时间、与从由所述第二摄像装置在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第二图像数据而算出所述第二变化量为止的时间中较长的时间长。

11. 根据权利要求10所述的控制装置, 其中,

从由所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄至基于所述第一图像数据算出所述第一位置为止的时间与从由所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄至基于所述第二图像数据算出所述第二位置为止的时间相同。

12. 根据权利要求10或11所述的控制装置, 其中,

从由所述第一摄像装置在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第一图像数据而算出所述第一变化量为止的时间与从由所述第二摄像装置在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第二图像数据而算出所述第二变化量为止的时间相同。

13. 根据权利要求8至12中任一项所述的控制装置, 其中,

所述运算部在所述相对移动过程中, 以第三周期算出所述第一位置,

在所述相对移动过程中, 以比所述第三周期短的第四周期算出所述第一变化量,

在所述相对移动过程中, 以第五周期算出所述第二位置,

在所述相对移动过程中, 以比所述第五周期短的第六周期算出所述第二变化量。

14. 根据权利要求13所述的控制装置, 其中,

所述第四周期与所述第六周期为相同周期。

15. 根据权利要求13或14所述的控制装置, 其中,

所述第四周期与所述第六周期重叠。

16. 根据权利要求13至15中任一项所述的控制装置, 其中,

所述第二周期与所述第四周期或所述第六周期相同。

17. 根据权利要求13至16中任一项所述的控制装置, 其中,

所述第三周期与所述第五周期为相同周期。

18. 根据权利要求13至16中任一项所述的控制装置, 其中,

所述第三周期与所述第五周期重叠。

19. 根据权利要求8至18中任一项所述的控制装置, 其中,

所述运算部基于所述第一位置及所述第一变化量来算出第三位置, 所述第三位置包含由相互正交的第七轴、第八轴及第九轴规定的共同坐标系内的、与所述第七轴平行的第七方向、与所述第八轴平行的第八方向、及与所述第九轴平行的第九方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第七轴、所述第八轴及所述第九轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,

所述运算部基于所述第二位置及所述第二变化量来算出第四位置, 所述第四位置包含

所述共同坐标系内的与所述至少一个方向不同的剩余至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕与所述至少一个轴不同的剩余至少一个轴的姿势中的至少一者，

所述运算部基于所述第三位置及所述第四位置来生成所述控制信号，

所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第三位置及所述第四位置而生成的所述控制信号。

20. 根据权利要求19所述的控制装置，其中，

所述运算部

在所述相对移动过程中，以第三周期算出所述第一位置，

在所述相对移动过程中，以比所述第三周期短的第四周期算出所述第一变化量，

在所述相对移动过程中，以第五周期算出所述第二位置，

在所述相对移动过程中，以比所述第五周期短的第六周期算出所述第二变化量，

在作为所述第三周期的一个周期的从新算出所述第一位置至下一次算出所述第一位置之前的期间，每次以所述第四周期新算出所述第一变化量时，基于所述新算出而得的第一变化量与所述新算出而得的第一位置来算出所述第三位置，

在作为所述第五周期的一个周期的从新算出所述第二位置至下一次算出所述第二位置之前的期间，每次以所述第六周期新算出所述第二变化量时，基于所述新算出而得的第二变化量与所述新算出而得的第二位置来算出所述第四位置。

21. 根据权利要求19或20所述的控制装置，其中，

所述第七轴为所述第一轴，

所述第八轴为所述第二轴，

所述第九轴为所述第三轴，

所述运算部通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正，算出所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第三位置，

所述运算部基于通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正而算出的所述第二坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者，算出所述共同坐标系中的所述第四位置。

22. 根据权利要求19或20所述的控制装置，其中，

所述第七轴为所述第四轴，

所述第八轴为所述第五轴，

所述第九轴为所述第六轴，

基于通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正而算出的所述第一坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者，算出所述共同坐标系中的所述第三位置，并

通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正，算出所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第四位置。

23. 根据权利要求19或20所述的控制装置，其中，

所述第七轴为所述第一轴，

所述第八轴为所述第二轴,

所述第九轴为所述第三轴,

所述运算部通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第三位置,

所述运算部以基于所述第二变化量而算出的、所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,对基于所述第二位置而算出的、所述共同坐标系中的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者进行校正,由此算出所述第四位置。

24. 根据权利要求19或20所述的控制装置,其中,

所述第七轴为所述第四轴,

所述第八轴为所述第五轴,

所述第九轴为所述第六轴,

所述运算部以基于所述第一变化量而算出的、所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,对基于所述第一位置而算出的、所述共同坐标系中的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者进行校正,由此算出所述第三位置,

所述运算部通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第四位置。

25. 根据权利要求19、20、21或23所述的控制装置,其中,

所述第三位置包含所述第八方向上的所述物体的位置、所述第九方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第七轴的姿势,

所述第四位置包含所述第七方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第八轴的姿势及所述物体绕所述第九轴的姿势,

所述第七轴为所述第一轴,

所述第八轴为所述第二轴,

所述第九轴为所述第三轴,

所述第一轴为沿着所述第一摄像装置的光学系统的光轴的轴。

26. 根据权利要求19、20、22或24所述的控制装置,其中,

所述第三位置包含所述第八方向上的所述物体的位置、所述第九方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第七轴的姿势,

所述第四位置包含所述第七方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第八轴的姿势及所述物体绕所述第九轴的姿势,

所述第七轴为所述第四轴,

所述第八轴为所述第五轴,

所述第九轴为所述第六轴,

所述第四轴为沿着所述第二摄像装置的光学系统的光轴的轴。

27. 根据权利要求1至26中任一项所述的控制装置, 其中,
所述第一轴为沿着所述第一摄像装置的光学系统的光轴的轴,
所述第四轴为沿着所述第二摄像装置的光学系统的光轴的轴,
所述第一位置包含所述第二方向上的所述物体的位置、所述第三方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第一轴的姿势,

所述第二位置包含所述第四方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第五轴的姿势及所述物体绕所述第六轴的姿势。

28. 根据权利要求8至26中任一项所述的控制装置, 其中,
所述第一轴为沿着所述第一摄像装置的光学系统的光轴的轴,
所述第四轴为沿着所述第二摄像装置的光学系统的光轴的轴,
所述第一位置包含所述第二方向上的所述物体的位置、所述第三方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第一轴的姿势,

所述第一变化量包含所述第二方向上的所述物体的位置的变化量、所述第三方向上的所述物体的位置的变化量及所述物体绕所述第一轴的姿势的变化量,

所述第二位置包含所述第四方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第五轴的姿势及所述物体绕所述第六轴的姿势,

所述第二变化量包含所述第四方向上的所述物体的位置的变化量、所述物体绕所述第五轴的姿势的变化量及所述物体绕所述第六轴的姿势的变化量。

29. 根据权利要求1至28中任一项所述的控制装置, 其中,
所述运算部使用所述第一图像数据与表示为所述物体的基准的二维图像的基准图像数据进行匹配处理, 由此算出所述第一位置,

所述运算部使用所述形状数据与表示为所述物体的基准的三维形状的基准形状数据进行匹配处理, 由此算出所述第二位置。

30. 根据权利要求8至26及28中任一项所述的控制装置, 其中,
所述运算部进行使用了所述第一图像数据与表示为所述物体的基准的二维图像的基准图像数据的匹配处理, 由此算出所述第一位置,

所述运算部进行使用了所述形状数据与表示为所述物体的基准的三维形状的基准形状数据的匹配处理, 由此算出所述第二位置,

所述运算部进行使用了所述两个第一图像数据中的一个所述第一图像数据中的所述物体的第一特征部位、与另一个所述第一图像数据中的所述物体的所述第一特征部位的跟踪处理, 由此算出所述第一变化量,

所述运算部进行使用了所述两个形状数据中的一个所述形状数据中的所述物体的第二特征部位、与另一个所述形状数据中的所述物体的所述第二特征部位的跟踪处理, 由此算出所述第二变化量。

31. 根据权利要求29或30所述的控制装置, 其中,
所述运算部基于所述第一位置, 选择所述形状数据中的表示所述物体的至少一部分的形状的数据部分, 进行使用了所述所选择的数据部分与所述基准形状数据的匹配处理, 由此算出所述第二位置。

32. 根据权利要求29至31中任一项所述的控制装置, 其中,

所述运算部对所述形状数据实施数据删除处理,所述数据删除处理用于删除表示与所述物体不同的其他物体的形状的数据部分,

所述运算部进行使用了实施所述数据删除处理后的所述形状数据与所述基准形状数据的匹配处理,由此算出所述第二位置。

33. 根据权利要求32所述的控制装置,其中,
所述其他物体包含载置所述物体的载置装置。

34. 根据权利要求1至33中任一项所述的控制装置,其中,
所述控制信号包含用于控制所述处理装置的信号。

35. 根据权利要求1至34中任一项所述的控制装置,其中,
所述第一摄像装置及所述第二摄像装置中的至少一者能够基于所述第一摄像装置及所述第二摄像装置的至少一者对所述物体的摄像结果而自动调整曝光。

36. 根据权利要求1至35中任一项所述的控制装置,其中,
所述运算部
对所述第一图像数据及所述第二图像数据中的至少一个实施预处理,且
能够基于实施所述预处理后的所述第一图像数据来算出所述第一位置,且
能够基于由实施所述预处理后的所述第二图像数据生成的所述形状数据来算出所述第二位置。

37. 根据权利要求8至26、28及30中任一项所述的控制装置,其中,
所述运算部
对所述两个第一图像数据及所述两个第二图像数据中的至少一个实施预处理,且
能够基于实施所述预处理后的所述两个第一图像数据来算出所述第一变化量,且
能够基于由实施所述预处理后的所述两个第二图像数据生成的所述两个形状数据来算出所述第二变化量。

38. 根据权利要求36或37所述的控制装置,其中,
所述预处理包含伽马校正处理、高动态范围合成处理及噪声去除处理中的至少一个。

39. 根据权利要求1至38中任一项所述的控制装置,其中,
所述第二摄像装置对从所述机器人手臂上所设置的光投影装置投影了图案光的所述物体进行拍摄,由此生成所述第二图像数据。

40. 根据权利要求1至39中任一项所述的控制装置,其中,
所述第一摄像装置对由来自所述机器人手臂上所设置的照明装置的照明光照明的所述物体进行拍摄,由此生成所述第一图像数据。

41. 根据权利要求40所述的控制装置,其中,
所述照明光的波长与所述图案光的波长不同。

42. 根据权利要求1至41中任一项所述的控制装置,其中,
所述第二摄像装置包含立体照相机,
从所述第二摄像装置输出的所述第二图像数据包含两个图像数据。

43. 根据权利要求1至42中任一项所述的控制装置,其中,
所述第一摄像装置包含单眼照相机。

44. 一种控制系统,包括:

如权利要求1至43中任一项所述的控制装置、
所述第一摄像装置、以及
所述第二摄像装置。

45. 根据权利要求44所述的控制系统,还包括:

第一滤波器,使来自所述物体的光中的第一波长带的光成分衰减;以及
第二滤波器,使来自所述物体的光中的与所述第一波长带不同的第二波长带的光成分
衰减,

所述第一摄像装置经由所述第一滤波器而接受来自所述物体的光,由此对所述物体进行
拍摄,

所述第二摄像装置经由所述第二滤波器而接受来自所述物体的光,由此对所述物体进行
拍摄。

46. 根据权利要求45所述的控制系统,还包括:

照明装置,利用包含所述第一波长带的光成分的照明光对所述物体进行照明;以及
光投影装置,向所述物体投影包含所述第二波长带的光成分的图案光。

47. 根据权利要求44至46中任一项所述的控制系统,其中,

所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄的时刻与所述第二摄像装置对所述物体进行
拍摄的时刻相同。

48. 根据权利要求44至47中任一项所述的控制系统,其中,

所述第二摄像装置包含立体照相机

49. 根据权利要求44至48中任一项所述的控制系统,其中,

所述第一摄像装置包含单眼照相机。

50. 一种机器人系统,包括:

如权利要求1至43中任一项所述的控制装置;

所述第一摄像装置;

所述第二摄像装置;以及

所述机器人手臂。

51. 根据权利要求50所述的机器人系统,

还包括对所述物体进行处理的处理装置。

52. 一种控制方法,生成用于控制机器人手臂的控制信号,所述机器人手臂上设置有对
物体进行处理的处理装置、输出第一图像数据的第一摄像装置以及输出第二图像数据的第
二摄像装置,且使所述处理装置与所述第一摄像装置及所述第二摄像装置移动,

所述控制方法包括:

基于在所述第一摄像装置及所述第二摄像装置与所述物体的相对移动过程中通过所
述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第一图像数据来算出第一位置,所述第
一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴
平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至
少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴
中的至少一个轴的姿势中的至少一者;

基于由在所述相对移动过程中通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的

所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系不同的第二坐标系内的、与所述第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;

基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号;以及

以第一周期输出基于所述第一位置及所述第二位置而生成的所述控制信号。

53. 根据权利要求52所述的控制方法,包括:

基于在所述相对移动过程中且相互不同的时刻通过所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第一图像数据来算出第一变化量,所述第一变化量是所述第一坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量;以及

基于由在所述相对移动过程中且相互不同的时刻通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第二图像数据分别所生成且表示所述物体的三维形状的两个形状数据来算出第二变化量,所述第二变化量是所述第二坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,

生成所述控制信号包括基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量来生成所述控制信号,

输出所述控制信号包括以第二周期输出基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量而生成的所述控制信号。

54. 一种计算机程序,使计算机执行如权利要求52或53所述的控制方法。

控制装置、控制系统、机器人系统、控制方法及计算机程序

技术领域

[0001] 本发明涉及例如能够生成用于控制机器人的控制信号的控制装置、控制系统、机器人系统、控制方法及计算机程序的技术领域。

背景技术

[0002] 在专利文献1中记载了控制装置的一例,所述控制装置算出成为机器人所进行处理的对象的物体的位置,并基于所算出的位置对机器人进行控制。在此种控制装置中,要求精度良好地算出物体的位置。

[0003] [现有技术文献]

[0004] [专利文献]

[0005] 专利文献1:美国专利申请公开第2013/0230235号说明书

发明内容

[0006] 根据第一形态,提供一种控制装置,其生成用于控制机器人手臂的控制信号,所述机器人手臂上设置有对物体进行处理的处理装置、输出第一图像数据的第一摄像装置以及输出第二图像数据的第二摄像装置,且使所述处理装置与所述第一摄像装置及所述第二摄像装置移动,所述控制装置包括:运算部,生成所述控制信号;以及输出部,输出由所述运算部生成的所述控制信号,所述运算部是:基于在所述第一摄像装置及所述第二摄像装置与所述物体的相对移动过程中通过所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第一图像数据来算出第一位置,所述第一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;基于由在所述相对移动过程中通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系不同的第二坐标系内的、与所述第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;并基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号,所述输出部以第一既定周期输出由所述运算部基于所述第一位置及所述第二位置而生成的所述控制信号。

[0007] 根据第二形态,提供一种控制系统,其包括由第一形态提供的控制装置、所述第一摄像装置以及所述第二摄像装置。

[0008] 根据第三形态,提供一种机器人系统,所述机器人系统包括由第一形态提供的控制装置、所述第一摄像装置、所述第二摄像装置以及所述机器人手臂。

[0009] 根据第四形态,提供一种控制方法,其生成用于控制机器人手臂的控制信号,所述

机器人手臂上设置有对物体进行处理的处理装置、输出第一图像数据的第一摄像装置以及输出第二图像数据的第二摄像装置,且使所述处理装置与所述第一摄像装置及所述第二摄像装置移动,所述控制方法包括:基于在所述第一摄像装置及所述第二摄像装置与所述物体的相对移动过程中通过所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第一图像数据来算出第一位置,所述第一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;基于由在所述相对移动过程中通过所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄而获取的所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系不同的第二坐标系内的、与所述第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号;以及以既定周期输出基于所述第一位置及所述第二位置而生成的所述控制信号。

[0010] 根据第五形态,提供一种计算机程序,其使计算机执行由第四形态提供的控制方法。

[0011] 本发明的作用及其他优点将根据接下来说明的具体实施方式而明确。

附图说明

[0012] 图1是表示本实施形态的机器人系统的结构的框图。

[0013] 图2是表示本实施形态的机器人的外观的侧视图。

[0014] 图3是表示本实施形态的控制装置的结构框图。

[0015] 图4是表示机器人控制处理的流程的流程图。

[0016] 图5(a)至图5(d)分别是表示进行抓取处理的期间中的某个时间点下的机器人与工件的位置关系的侧视图,所述抓取处理用于抓取在支撑面上移动的载置装置所载置的工件。

[0017] 图6(a)至图6(d)分别是表示进行配置处理的期间中的某个时间点下的机器人与工件的位置关系的侧视图,所述配置处理用于将工件配置于在支撑面上移动的载置装置上。

[0018] 图7是表示逻辑处理块的框图,所述逻辑处理块用于通过进行匹配处理及跟踪处理来算出工件W的位置。

[0019] 图8示意性地表示2D匹配处理。

[0020] 图9是表示摄像装置生成工件图像的时机与2D匹配部进行2D匹配处理的时机的关系的时序图。

[0021] 图10示意性地表示3D匹配处理。

[0022] 图11是表示摄像装置生成工件图像的时机与3D匹配部进行3D匹配处理的时机的关系的时序图。

[0023] 图12示意性地表示作为工件形状数据的一部分的3D匹配对象数据。

[0024] 图13示意性地表示2D跟踪处理。

[0025] 图14是表示摄像装置生成工件图像的时机与2D跟踪部进行2D跟踪处理的时机的关系的时序图。

[0026] 图15示意性地表示3D跟踪处理。

[0027] 图16是表示摄像装置生成工件图像的时机与3D跟踪部进行3D跟踪处理的时机的关系的时序图。

[0028] 图17是表示2D匹配部进行2D匹配处理的时机与2D跟踪部进行2D跟踪处理的时机的关系的时序图。

[0029] 图18是表示第一变形例中的控制装置的结构框图。

[0030] 图19示意性地表示平面去除处理。

[0031] 图20是表示摄像单元的结构框图。

[0032] 图21示意性地表示高动态范围合成处理。

[0033] 图22示意性地表示噪声去除处理。

[0034] 图23是表示第二变形例中的机器人系统的结构框图。

[0035] 图24是表示第三变形例中的机器人系统的外观框图。

具体实施方式

[0036] 以下,参照附图对控制装置、控制系统、机器人系统、控制方法及计算机程序的实施形态进行说明。以下,使用机器人系统SYS,对控制装置、控制系统、机器人系统、控制方法及计算机程序的实施形态的实施形态进行说明。

[0037] (1) 机器人系统SYS的结构

[0038] 首先,对机器人系统SYS的结构进行说明。

[0039] (1-1) 机器人系统SYS的整体结构

[0040] 首先,参照图1对机器人系统SYS的整体结构进行说明。图1是表示机器人系统SYS的整体结构的框图。

[0041] 如图1所示,机器人系统SYS包括机器人1、摄像单元2以及控制装置3。

[0042] 机器人1是能够对作为物体的一例的工件W进行既定的处理的装置。图2中示出了机器人1的一例。图2是表示机器人1的外观的侧视图。如图2所示,机器人1例如包括基台11、机器人手臂12、末端执行器(end effector)13以及机器人控制装置14。

[0043] 基台11是成为机器人1的底座的构件。基台11配置于地面等支撑面S。基台11也可固定于支撑面S。或者,基台11也可能够相对于支撑面S移动。作为一例,基台11可为能够在支撑面S上自走。此情况下,基台11可设置于自动搬运车(自动导引车(AGV:Automatic Guided Vehicle))。此外,图2示出了基台11被固定于支撑面S的例子。

[0044] 机器人手臂12安装于基台11。机器人手臂12是多个连杆121经由接头122连结而成的装置。在接头122中内置有致动器。连杆121能够利用内置于接头122中的致动器而绕接头122所规定的轴旋转。此外,至少一个连杆121也可能够沿着连杆121延伸的方向伸缩。此外,也可将包含多个连杆121经由接头122连结而成的装置以及基台11的装置称为机器人手臂12。

[0045] 末端执行器13安装于机器人手臂12。在图2所示的例子中,末端执行器13安装于机

器手臂12的前端。末端执行器13能够通过器手臂12的运动而移动。即,器手臂12使末端执行器13移动。

[0046] 末端执行器13是对工件W进行既定的处理的装置。例如,末端执行器13可进行用于抓取工件W的抓取处理。例如,末端执行器13也可进行用于将末端执行器13所抓取的工件W配置于所期望位置的配置处理。例如,末端执行器13还可进行用于将末端执行器13所抓取的工件W嵌入至与工件W不同的其他物体中的嵌入处理。作为进行抓取处理、配置处理及嵌入处理中的至少一个的末端执行器13的一例,可列举通过物理地夹入工件W而能够抓取工件W的手动夹持器(hand gripper)、及通过真空吸附工件W而能够抓取工件W的真空夹持器(vacuum gripper)中的至少一个。图2示出了末端执行器13为手动夹持器的例子。

[0047] 此外,图2示出了机器人1是包括器手臂12的机器人(即,垂直多关节型机器人)的例子。然而,机器人1也可与垂直多关节型机器人不同的机器人。例如,机器人1也可作为选择性顺应性装配器手臂(Selective Compliance Assembly Robot Arm, SCARA)机器人(即,水平多关节型机器人)。例如,机器人1还可为并联连杆机器人(parallel link robot)。例如,机器人1还可为包括两个器手臂12的双臂型机器人。例如,机器人1还可为正交坐标型机器人。

[0048] 由末端执行器13进行既定的处理的工件W可载置于载置装置4。载置装置4可配置于支撑面S上。载置装置4也可固定于支撑面S。或者,载置装置4也可作为能够相对于支撑面S移动。作为一例,载置装置4可作为能够在支撑面S上自走。此外,图2示出了载置装置4能够在支撑面S上自走的例子。此情况下,载置装置4可被称为自动搬运车(自动导引车(AGV: Automatic Guided Vehicle))。此外,载置装置4也可被称为带式输送机(belt conveyor)。

[0049] 机器人控制装置14对机器人1的动作进行控制。作为一例,机器人控制装置14可对器手臂12的动作进行控制。例如,机器人控制装置14可以使所期望的连杆121绕所期望的接头122所规定的轴旋转的方式对器手臂12的动作进行控制。机器人控制装置14也可以使安装于器手臂12的末端执行器13位于所期望位置(换句话说,进行移动)的方式对器手臂12的动作进行控制。作为另一例,机器人控制装置14还可对末端执行器13的动作进行控制。例如,机器人控制装置14可以使末端执行器13在所期望的时机抓取工件W的方式对末端执行器13的动作进行控制。例如,机器人控制装置14也可以使末端执行器13在所期望的时机将工件W配置于所期望位置(即,将所抓取的工件W释放)的方式对末端执行器13的动作进行控制。在末端执行器13为手动夹持器的情况下,机器人控制装置14可对手动夹持器的开闭时机进行控制。在末端执行器13为真空夹持器的情况下,机器人控制装置14可对真空夹持器的真空导通/截止的时机进行控制。

[0050] 再次在图1中,摄像单元2对对象物体(例如,工件W)进行拍摄。为了对工件W进行拍摄,摄像单元2包括摄像装置21、摄像装置22以及投影装置23。

[0051] 摄像装置21是能够对对象物体(例如,工件W)进行拍摄的照相机。摄像装置21通过对工件W进行拍摄而生成工件图像数据IMG_2D。摄像装置21所生成的工件图像数据IMG_2D从摄像装置21输出至控制装置3。在本实施形态中,摄像装置21为单眼照相机。具体而言,摄像装置21能够使用单眼照相机(换句话说,摄像元件)对工件W进行拍摄。此外,摄像装置21并不限于单眼照相机。摄像装置21也可作为能够使用两个单眼照相机对工件W进行拍摄的立体照相机,还可包含三个以上的单眼照相机。此外,摄像装置21还可为光场照相机(light

field camera)、全光照相机(plenoptic camera)及多光谱照相机(multispectral camera)中的至少一个。

[0052] 与摄像装置21同样地,摄像装置22是能够对对象物体(例如,工件W)进行拍摄的照相机。在本实施形态中,摄像装置22为立体照相机。具体而言,摄像装置22是能够使用两个单眼照相机(换句话说,两个摄像元件)对工件W进行拍摄的立体照相机。摄像装置22通过对工件W进行拍摄而生成工件图像数据IMG_3D。具体而言,由于摄像装置22为立体照相机,因此摄像装置22生成包含两个单眼照相机分别所生成的两个图像数据的工件图像数据IMG_3D。摄像装置22所生成的工件图像数据IMG_3D从摄像装置22输出至控制装置3。此外,摄像装置22并不限于立体照相机。摄像装置22也可单眼照相机,还可包含三个以上的单眼照相机。此外,摄像装置22还可为光场照相机、全光照相机及多光谱照相机中的至少一个。

[0053] 投影装置23是能够向对象物体(例如,工件W)照射投影光的装置。尤其投影装置23是通过向工件W照射投影光而能够向工件W投影所期望的投影图案的装置。所期望的投影图案例如可包含随机图案(random pattern)。随机图案可为在每个单位照射区域中具有不同图案的投影图案。随机图案可包含随机点图案。所期望的投影图案并不限于随机图案,例如也可包含一维或二维的格子图案,还可包含与格子图案不同的图案。摄像装置22对投影有投影图案的工件W进行拍摄。此情况下,在工件图像数据IMG_3D所示的图像中拍入了投影有投影图案的工件W。另一方面,摄像装置21也可不对投影有投影图案的工件W进行拍摄。摄像装置21可对未投影有投影图案的工件W进行拍摄。此情况下,在工件图像数据IMG_2D所示的图像中,也可不拍入投影有投影图案的工件W。在工件图像数据IMG_2D所示的图像中可拍入未投影有投影图案的工件W。

[0054] 此外,投影装置23也可视为通过向工件W照射投影光而对工件W利用投影光进行了照明。此情况下,投影装置23也可作为对工件W进行照明的照明装置发挥功能。在投影装置23作为照明装置发挥功能的情况下,投影光也可被称为照明光。在投影装置23作为照明装置发挥功能的情况下,投影光也可不为能够将所期望的投影图案投影至工件W的光。

[0055] 摄像单元2与末端执行器13同样地设置于机器人手臂12。即,摄像装置21及摄像装置22以及投影装置23安装于机器人手臂12。例如,如图2所示,摄像装置21及摄像装置22以及投影装置23也可与末端执行器13同样地安装于机器人手臂12的前端。此情况下,摄像装置21及摄像装置22以及投影装置23能够通过机器人手臂12的运动而移动。即,机器人手臂12使摄像装置21及摄像装置22以及投影装置23移动。此外,摄像单元2也可不设置于机器人手臂12。摄像单元2可设置于能够向工件W照射投影光且能够对工件W进行拍摄的任意的位位置。此外,摄像单元2中的摄像装置21、摄像装置22及投影装置23中的至少一个可设置于机器人手臂12,摄像单元2中的摄像装置21、摄像装置22及投影装置23中的其他至少一个可设置于与机器人手臂12不同的场所。

[0056] 摄像装置21及摄像装置22可相互同步地对工件W进行拍摄。例如,摄像装置21及摄像装置22可同时对工件W进行拍摄。即,摄像装置21及摄像装置22可以摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻与摄像装置22对工件W进行拍摄的时刻相同的方式,对工件W进行拍摄。但是,摄像装置21及摄像装置22也可不同时对工件W进行拍摄。即,摄像装置21及摄像装置22也可以摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻与摄像装置22对工件W进行拍摄的时刻不同的方式,对工件W进行拍摄。

[0057] 控制装置3进行机器人控制处理。机器人控制处理是生成用于对机器人1进行控制的机器人控制信号的处理。具体而言,控制装置3基于从摄像单元2输出的工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D来生成机器人控制信号。在本实施形态中,控制装置3基于工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D来算出机器人系统SYS的总体坐标系内的工件W的位置,并基于所算出的工件W的位置来生成机器人控制信号。例如,总体坐标系也可以说是以机器人1为基准的坐标系。此外,控制装置3也可基于工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D来算出与机器人系统SYS的总体坐标系不同的坐标系内(例如,后述的二维(2dimensional,2D)摄像坐标系内、三维(3dimensional,3D)摄像坐标系内或共同坐标系内)的工件W的位置,并基于所算出的工件W的位置来生成机器人控制信号。

[0058] 如此,控制装置3及摄像单元2用于控制机器人1。因此,包含控制装置3及摄像单元2的系统也可被称为机器人控制系统或控制系统。

[0059] 控制装置3所生成的机器人控制信号被输出至机器人1的机器人控制装置14。机器人控制装置14基于控制装置3所生成的机器人控制信号,对机器人1的动作进行控制(例如,对内置于机器人手臂12的接头122中的致动器的驱动进行控制)。因此,机器人控制信号可包含用于控制机器人1的动作的信号。

[0060] 机器人控制信号也可包含机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而能够直接利用的信号。机器人控制信号还可包含能够直接用作机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而使用的机器人驱动信号的信号。此情况下,机器人控制装置14可直接使用机器人控制信号来控制机器人1的动作。具体而言,例如可为:控制装置3生成内置于机器人手臂12的接头122中的致动器的驱动信号作为机器人控制信号,机器人控制装置14直接使用控制装置3所生成的机器人控制信号(即,内置于机器人手臂12的接头122中的致动器的驱动信号),对内置于机器人手臂12的接头122中的致动器进行控制。其结果,机器人控制装置14可使机器人手臂12运动。例如也可为:控制装置3生成使安装于机器人手臂12的末端执行器13运动的致动器的驱动信号作为机器人控制信号,机器人控制装置14直接使用控制装置3所生成的机器人控制信号(即,使末端执行器13运动的致动器的驱动信号),对使末端执行器13运动的致动器进行控制。其结果,机器人控制装置14可使末端执行器13运动。

[0061] 或者,机器人控制信号也可包含能够用于生成机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而利用的机器人驱动信号的信号。此外,能够用于生成机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而利用的机器人驱动信号的信号也可以说是成为机器人控制装置14对机器人1的动作进行控制的基础的信号。此情况下,机器人控制装置14可基于机器人控制信号来生成用于控制机器人1的动作的信号,并基于所生成的信号来控制机器人1的动作。例如,机器人控制装置14可基于机器人控制信号来生成内置于机器人手臂12的接头122中的致动器的驱动信号,并基于所生成的信号来控制内置于机器人手臂12的接头122中的致动器。其结果,机器人控制装置14可使机器人手臂12运动。例如,机器人控制装置14也可基于机器人控制信号来生成使末端执行器13运动的致动器的驱动信号,并基于所生成的信号来控制使末端执行器13运动的致动器。其结果,机器人控制装置14可使末端执行器13运动。

[0062] 此外,能够用于生成机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而利用的信号的信号也可表示总体坐标系中的工件W的位置的信号。此情况下,例如,机器人控制

装置14可基于机器人控制信号,以使末端执行器13接近由机器人控制信号表示的总体坐标系中的工件W的方式(即,以使机器人1与工件W的位置关系成为所期望的位置关系的方式)生成内置于机器人手臂12的机器人接头122中的致动器的驱动信号,并基于所生成的信号来控制机器人1的动作。此外,能够用于生成机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而利用的信号的信号也可表示总体坐标系中的机器人1与工件W的所期望的位置关系的信号。此情况下,例如,机器人控制装置14可基于机器人控制信号,以成为由机器人控制信号表示的、总体坐标系中的机器人1与工件W的所期望的位置关系的方式生成内置于机器人手臂12的机器人接头122中的致动器的驱动信号,并基于所生成的信号来控制机器人1的动作。此外,能够用于生成机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而利用的信号的信号还可包含表示总体坐标系中的末端执行器13的所期望的位置的信号。此情况下,例如,机器人控制装置14可基于机器人控制信号,以成为由机器人控制信号表示的、总体坐标系中的末端执行器13的所期望的位置的方式(即,机器人1与工件W的位置关系成为所期望的位置关系的方式)生成内置于机器人手臂12的机器人接头122中的致动器的驱动信号,并基于所生成的信号来控制机器人1的动作。作为一例,机器人控制装置14可基于机器人控制信号,以使末端执行器13移动至末端执行器13能够抓取位于由机器人控制信号表示的位置的工件W的位置的方式,生成内置于机器人手臂12的机器人接头122中的致动器的驱动信号,并基于所生成的信号来控制机器人1的动作。作为另一例,机器人控制装置14也可基于机器人控制信号,以使抓取了位于由机器人控制信号表示的位置的工件W的末端执行器13离开载置有工件W的载置装置4的方式,生成内置于机器人手臂12的机器人接头122中的致动器的驱动信号,并基于所生成的信号来控制机器人1的动作。此外,能够用于生成机器人控制装置14为了对机器人1的动作进行控制而利用的信号的信号例如也可表示总体坐标系中的所期望的机器人手臂12的所期望的前端部的位置的信号,还可为表示总体坐标系中的摄像单元2的所期望的位置的信号。此外,机器人控制信号中作为基准的坐标系也可为总体坐标系以外的坐标系(例如,后述的2D摄像坐标系内、3D摄像坐标系内或共同坐标系内)。

[0063] (1-2) 控制装置3的结构

[0064] 继而,参照图3对控制装置3的结构进行说明。图3是表示控制装置3的结构的框图。

[0065] 如图3所示,控制装置3包括运算装置31、存储装置32以及通信装置33。进而,控制装置3也可包括输入装置34以及输出装置35。但是,控制装置3也可不包括输入装置34及输出装置35中的至少一个。运算装置31、存储装置32、通信装置33、输入装置34与输出装置35可经由数据总线36而连接。

[0066] 运算装置31例如包含中央处理器(Central Processing Unit,CPU)、图形处理器(Graphics Proecssing Unit,GPU)及现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)中的至少一个。运算装置31读入计算机程序。例如,运算装置31可读入存储装置32所存储的计算机程序。例如,运算装置31也可使用控制装置3所包括的未图示的记录介质读取装置来读入计算机可读取且并非暂时的记录介质所存储的计算机程序。运算装置31可经由通信装置33(或其他通信装置)而从配置于控制装置3外部的未图示的装置获取(即,可下载或读入)计算机程序。运算装置31执行所读入的计算机程序。其结果,在运算装置31内,实现用于执行控制装置3应进行的处理(例如,所述机器人控制处理)的逻辑功能块。即,运算装置31能够作为用于实现用于执行控制装置3应进行的处理的逻辑功能块的控制装置发

挥功能。

[0067] 在运算装置31内,也可通过运算装置执行计算机程序而安装能够通过机器学习来构建的运算模型。作为能够通过机器学习来构建的运算模型的一例,例如可列举包含神经网络的运算模型(所谓的人工智能(AI:Artificial Intelligence))。此情况下,运算模型的学习也可包含神经网络的参数(例如,权重及偏置(bias)中的至少一个)的学习。运算装置31也可使用运算模型来执行机器人控制处理。即,执行机器人控制处理的动作也可包含使用运算模型执行机器人控制处理的动作。此外,在运算装置31中,也可安装通过使用了教学数据的离线的机器学习已构建完毕的运算模型。另外,安装于运算装置31的运算模型也可在运算装置31上通过在线的机器学习来更新。或者,运算装置31也可在安装于运算装置31的运算模型的基础上或者代替其,而使用安装于运算装置31外部的装置(即,设置于控制装置3外部的装置)中的运算模型来执行机器人控制处理。

[0068] 此外,作为记录运算装置31所执行的计算机程序的记录介质,可使用只读存储光盘(Compact Disc Read Only Memory,CD-ROM)、可录光盘(Compact Disc-Recordable,CD-R)、可重写光盘(Compact Disc Rewritable,CD-RW)或软盘、磁光盘(Magneto-Optical disc,MO)、只读存储数字多功能光盘(Digital Versatile Disc Read Only Memory,DVD-ROM)、随机存取数字多功能光盘(Digital Versatile Disc Random Access Memory,DVD-RAM)、可录数字多功能光盘(Digital Versatile Disc-Recordable,DVD-R)、DVD+R、可重写数字多功能光盘(Digital Versatile Disc-Rewritable,DVD-RW)、DVD+RW及蓝光(Blu-ray(注册商标))等的光盘、磁带等磁介质、光磁盘、USB存储器等半导体存储器、以及其他能够保存程序的任意介质中的至少一种。记录介质也可包含能够记录计算机程序的机器(例如,以能够以软件及固件等的至少一种形态来执行的状态安装有计算机程序的通用机器或专用机器)。进而,计算机程序中所含的各处理或功能既可由通过运算装置31(即,计算机)执行计算机程序而在运算装置31内实现的逻辑处理块来实现,也可由运算装置31所包括的既定的门阵列(现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC))等硬件来实现,还可利用逻辑处理块与实现硬件的一部分要素的局部硬件模块混合存在的形式来实现。

[0069] 图3示出了为了执行机器人控制处理而在运算装置31内实现的逻辑功能块的一例。如图3所示,在运算装置31内可实现形状数据生成部311、位置算出部312以及信号生成部313。此外,关于形状数据生成部311、位置算出部312及信号生成部313各自所进行的处理,之后参照图4等进行详述,因此省略此处的说明。

[0070] 存储装置32能够存储所期望的数据。例如,存储装置32可暂时存储运算装置31所执行的计算机程序。存储装置32也可在运算装置31正在执行计算机程序的情况下暂时存储运算装置31暂时使用的数据。存储装置32也可存储控制装置3长期保存的数据。此外,存储装置32可包含随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、只读存储器(Read Only Memory,ROM)、硬盘装置、光磁盘装置、固态硬盘(Solid State Drive,SSD)及盘阵列装置中的至少一个。即,存储装置32可包含并非暂时的记录介质。

[0071] 通信装置33可经由未图示的通信网络来与机器人1及摄像单元2分别进行通信。或者,也可在机器人1及摄像单元2中的至少一者的基础上或代替其,通信装置33能够经由未图示的通信网络而与跟机器人1及摄像单元2不同的其他装置进行通信。在本实施形态中,

通信装置33可从摄像单元2接收(即,获取)工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D。进而,通信装置33可向机器人1发送(即,输出)机器人控制信号。

[0072] 输入装置34是受理从控制装置3的外部对控制装置3的信息输入的装置。例如,输入装置34可包含控制装置3的用户能够操作的操作装置(例如,键盘、鼠标及触摸屏中的至少一个)。例如,输入装置34也可包含能够对作为数据而记录于可外置于控制装置3的记录介质中的信息进行读取的记录介质读取装置。

[0073] 此外,能够从控制装置3的外部装置经由通信装置33将信息作为数据而输入至控制装置3。此情况下,通信装置33也可作为受理从控制装置3的外部对控制装置3的信息输入的输入装置发挥功能。

[0074] 输出装置35是对控制装置3的外部输出信息的装置。例如,输出装置35可将信息以图像的形式输出。即,输出装置35可包含能够显示图像的显示装置(所谓的显示器)。例如,输出装置35也可将信息以声音的形式输出。即,输出装置35也可包含能够输出声音的声音装置(所谓的扬声器)。例如,输出装置35也可在纸面上输出信息。即,输出装置35也可包含能够在纸面上印刷所期望的信息的印刷装置(所谓的打印机)。例如,输出装置35还可将信息以数据的形式输出至可外置于控制装置3的记录介质。

[0075] 此外,能够从控制装置3将信息以数据的形式经由通信装置33而输出至控制装置3的外部装置。此情况下,通信装置33也可作为对控制装置3的外部输出信息的输出装置发挥功能。

[0076] (2) 机器人控制处理

[0077] 继而,对控制装置3所进行的机器人控制处理进行说明。

[0078] (2-1) 机器人控制处理的流程

[0079] 首先,参照图4对机器人控制处理的流程进行说明。图4是表示机器人控制处理的流程的流程图。

[0080] 如图4所示,控制装置3使用通信装置33从摄像装置21获取工件图像数据IMG_2D(步骤S1)。具体而言,摄像装置21以既定的2D摄像速率对工件W进行拍摄。例如,摄像装置21可以一秒钟内对工件W进行数十次至数百次(作为一例,500次)拍摄的2D摄像速率对工件W进行拍摄。其结果,摄像装置21以与既定的2D摄像速率对应的周期生成工件图像数据IMG_2D。例如,摄像装置21可在一秒钟内生成数十个至数百个(作为一例,500个)工件图像数据IMG_2D。每当摄像装置21生成工件图像数据IMG_2D时,控制装置3获取工件图像数据IMG_2D。即,控制装置3可在一秒钟内获取数十个至数百个(作为一例,500个)工件图像数据IMG_2D。

[0081] 控制装置3进而使用通信装置33从摄像装置22获取工件图像数据IMG_3D(步骤S1)。具体而言,摄像装置22以既定的3D摄像速率对工件W进行拍摄。3D摄像速率与2D摄像速率相同。但是,3D摄像速率也可与2D摄像速率不同。例如,摄像装置22可以一秒钟内对工件W进行数十次至数百次(作为一例,500次)拍摄的3D摄像速率对工件W进行拍摄。其结果,摄像装置22以与既定的3D摄像速率对应的周期生成工件图像数据IMG_3D。例如,摄像装置22可在一秒钟内生成数十个至数百个(作为一例,500个)工件图像数据IMG_3D。每当摄像装置22生成工件图像数据IMG_3D时,控制装置3获取工件图像数据IMG_3D。即,控制装置3可在一秒钟内获取数十个至数百个(作为一例,500个)工件图像数据IMG_3D。

[0082] 每当控制装置3获取工件图像数据IMG_3D时,形状数据生成部311基于所获取的工件图像数据IMG_3D,生成表示工件W的三维形状的工件形状数据WSD(步骤S2)。如上所述,在工件图像数据IMG_3D所示的图像中,拍入了投影有投影图案的工件W。此情况下,在工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的投影图案中,反映出投影有投影图案的工件W的三维形状。在工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的投影图案的形状中,反映出投影有投影图案的工件W的三维形状。因此,形状数据生成部311基于工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的投影图案,生成工件形状数据WSD。例如,形状数据生成部311通过对工件图像数据IMG_3D中所含的两个图像数据分别所表示的图像彼此的各部(例如各像素)进行对应而算出视差。具体而言,在此对应中,形状数据生成部311通过对两个图像数据各自所表示的图像中所拍入的投影图案的各部(即,各自的图像中所拍入的投影图案彼此的各部)进行对应而算出视差。形状数据生成部311通过使用所算出的视差且基于三角测量原理的公知方法而生成工件形状数据WSD(即,算出工件W的三维形状)。与对未拍入投影图案的图像彼此的各部进行对应的情况相比,对拍入了投影图案的图像彼此的各部(即,所拍入的投影图案彼此的各部)进行对应的情况下,视差的算出精度变得更高。因此,所生成的工件形状数据WSD的精度(即,工件W的三维形状的算出精度)变得更高。

[0083] 工件形状数据WSD只要可表示工件W的三维形状,则可为任何数据。作为工件形状数据WSD的一例,可列举深度图像数据。深度图像数据是使深度图像数据所表示的深度图像的各像素与亮度信息、除此之外也与深度信息建立关联而成的图像。深度信息是表示各像素中所拍入的物体的各部分与摄像装置22之间的距离(即,纵深)的信息。此外,深度图像数据也可作为各像素的亮度信息表示物体的各部分的深度(物体的各部分与摄像装置22之间的距离)的图像。形状数据生成部311可基于工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的投影图案,算出工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的物体的各部分与摄像装置22之间的距离,并将算出的距离作为深度信息而与工件图像数据IMG_3D的各像素建立关联,由此生成深度图像。作为工件形状数据WSD的另一例,可列举点云数据。点云数据是表示与工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的物体的各部分对应的点在三维空间内的集合的数据。形状数据生成部311可基于深度图像数据以及摄像装置22的照相机参数来生成点云数据。

[0084] 然后,位置算出部312基于在步骤S1中获取的工件图像数据IMG_2D以及在步骤S2中生成的工件形状数据WSD,算出工件W的位置(步骤S3)。例如,位置算出部312可算出工件W的特征点的位置。作为工件W的特征点的一例,可列举工件W的中心、工件W的重心、工件W的顶点、工件W的表面的中心及工件W的表面的重心中的至少一个。

[0085] 在步骤S3中,位置算出部312算出总体坐标系中的工件W的位置。总体坐标系是机器人系统SYS的基准坐标系。具体而言,总体坐标系是用于对机器人1进行控制的坐标系。例如,机器人控制装置14可以使末端执行器13位于总体坐标系内的所期望位置的方式对机器人手臂12进行控制。总体坐标系是由相互正交的X轴(GL)、Y轴(GL)及Z轴(GL)规定的坐标系。X轴(GL)可为沿着水平面的轴。Y轴(GL)可为沿着水平面的轴。Z轴(GL)可为与水平面正交的轴。Z轴(GL)可为沿着重力方向延伸的轴。此外,图2所示的X轴、Y轴及Z轴可分别为X轴(GL)、Y轴(GL)及Z轴(GL)。此外,总体坐标系的原点也可不为图2所示的X轴(GL)、Y轴(GL)及Z轴(GL)的原点。例如,总体坐标系的原点可为图2的基台11的任意位置,也可为支撑面S的任意位置,还可为基台11与支撑面S接触的接触面的任意位置(例如,接触面的中心或重

心)。

[0086] 位置算出部312可算出与X轴(GL)平行的X轴方向(GL)上的工件W的位置 T_x 、与Y轴(GL)平行的Y轴方向(GL)上的工件W的位置 T_y 及与Z轴(GL)平行的Z轴方向(GL)上的工件W的位置 T_z 中的至少一个作为总体坐标系中的工件W的位置。位置算出部312也可在位置 T_x 、位置 T_y 及位置 T_z 中的至少一个的基础上或代替其,算出工件W绕X轴(GL)的旋转量 R_x 、工件W绕Y轴(GL)的旋转量 R_y 及工件W绕Z轴(GL)的旋转量 R_z 中的至少一个作为总体坐标系中的工件W的位置。工件W绕X轴(GL)的旋转量 R_x 、工件W绕Y轴(GL)的旋转量 R_y 及工件W绕Z轴(GL)的旋转量 R_z 可视为分别与表示工件W绕X轴(GL)的姿势的参数、表示工件W绕Y轴(GL)的姿势的参数及表示工件W绕Z轴(GL)的姿势的参数等价。此情况下,可视为位置算出部312算出了工件W绕X轴(GL)的姿势、工件W绕Y轴(GL)的姿势及工件W绕Z轴(GL)的姿势作为工件W的位置。

[0087] 此外,可视为工件W绕X轴(GL)的旋转量 R_x 、工件W绕Y轴(GL)的旋转量 R_y 及工件W绕Z轴(GL)的旋转量 R_z 分别表示绕X轴(GL)的旋转方向上的工件W的位置、绕Y轴(GL)的旋转方向上的工件W的位置及绕Z轴(GL)的旋转方向上的工件W的位置。即,可视为工件W绕X轴(GL)的旋转量 R_x 、工件W绕Y轴(GL)的旋转量 R_y 及工件W绕Z轴(GL)的旋转量 R_z 均为表示工件W的位置的参数。在以下的说明中,为了实现用语的统一,将工件W绕X轴(GL)的旋转量 R_x 、工件W绕Y轴(GL)的旋转量 R_y 及工件W绕Z轴(GL)的旋转量 R_z 分别称为绕X轴(GL)的旋转方向上的工件W的位置 R_x 、绕Y轴(GL)的旋转方向上的工件W的位置 R_y 及绕Z轴(GL)的旋转方向上的工件W的位置 R_z 。

[0088] 此外,关于图4的步骤S3的算出总体坐标系中的工件W的位置的处理,之后将参照图7等进行详述,因此省略此处的说明。

[0089] 然后,信号生成部313基于在步骤S3中算出的工件W的位置来生成机器人控制信号(步骤S4)。例如,信号生成部313可以使机器人1对工件W进行既定的处理的方式生成机器人控制信号。例如,信号生成部313也可以使机器人1与工件W的位置关系成为所期望的位置关系的方式生成机器人控制信号。例如,信号生成部313也可以使机器人1与工件W的位置关系成为所期望的位置关系的方式生成用于控制机器人手臂12的动作用的机器人控制信号。例如,信号生成部313也可以在机器人1与工件W的位置关系成为所期望的位置关系的时间点下使末端执行器13对工件W进行既定的处理的方式生成机器人控制信号。例如,信号生成部313还可以在机器人1与工件W的位置关系成为所期望的位置关系的时间点下对工件W进行既定的处理的方式,生成用于控制末端执行器13的动作用的机器人控制信号。此外,用于控制末端执行器13的动作用的机器人控制信号也可称为末端执行器控制信号。

[0090] 作为一例,图5(a)至图5(d)分别是表示进行抓取处理的期间中的某个时间点下的机器人1与工件W的位置关系的侧视图,所述抓取处理用于抓取在支撑面S上移动的AGV(自动导引车(Automatic Guided Vehicle))等载置装置4所载置的工件W。此情况下,如图5(a)所示,信号生成部313可以使末端执行器13朝向移动的工件W的正上方空间移动的方式,生成用于控制机器人手臂12的动作用的机器人控制信号。如图5(b)所示,信号生成部313也可以使位于移动的工件W正上方的末端执行器13在持续位于工件W正上方的状态下接近工件W直至可抓取工件W的方式,生成用于控制机器人手臂12的动作用的机器人控制信号。如图5(c)所示,信号生成部313也可以使位于可抓取移动的工件W的位置的末端执行器13一边追随移动的工件W一边抓取工件W的方式,生成用于控制机器人手臂12及末端执行器13的动作用的机器

人控制信号。如图5(d)所示,信号生成部313还可以使抓取了工件W的末端执行器13在抓取了工件W的状态下离开移动的工件W的方式,生成用于控制机器人手臂12及末端执行器13的运动的机器人控制信号。

[0091] 此外,在机器人1使用末端执行器13抓取了工件W的情况下,机器人1也可将所抓取的工件W载置于载置装置4上。即,机器人1也可进行用于将工件W配置于载置装置4上的配置处理。此情况下,控制装置3可通过进行与算出工件W的位置的情况相同的动作而算出载置装置4的位置(例如,载置装置4中的应载置工件W的部分的位置),并基于所算出的载置装置4的位置来生成机器人控制信号。具体而言,摄像装置21可通过对载置装置4进行拍摄而生成拍入了载置装置4的工件图像数据IMG_2D。此外,在摄像装置21对与工件W不同的物体进行拍摄的情况下,摄像装置21所生成的工件图像数据IMG_2D可为表示拍入了与工件W不同的物体的或未拍入工件W的图像的图像数据。另外,摄像装置22可通过对载置装置4进行拍摄而生成拍入了载置装置4的工件图像数据IMG_3D。此外,在摄像装置22对与工件W不同的物体进行拍摄的情况下,工件图像数据IMG_3D可为表示拍入了与工件W不同的物体的或未拍入工件W的图像的图像数据。控制装置3可基于通过对载置装置4进行拍摄而生成的工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D来算出载置装置4的位置,并基于所算出的载置装置4的位置来生成机器人控制信号,以使机器人1进行配置处理。例如,图6(a)至图6(d)分别是表示进行配置处理的期间中的某个时间点下的机器人1与工件W的位置关系的侧视图,所述配置处理用于将工件W配置于在支撑面S上移动的载置装置4上。此情况下,如图6(a)所示,信号生成部313可基于所算出的载置装置4的位置,以使抓取了工件W的末端执行器13在抓取了工件W的状态下移动至移动的载置装置4的正上方空间的方式,生成用于控制机器人手臂12的运动的机器人控制信号。如图6(b)所示,信号生成部313也可基于所算出的载置装置4的位置,以使位于移动的载置装置4正上方且抓取了工件W的末端执行器13在持续位于载置装置4正上方且抓取了工件W的状态下接近载置装置4直至可将工件W配置于载置装置4的方式,生成用于控制机器人手臂12的运动的机器人控制信号。如图6(c)所示,信号生成部313也可基于所算出的载置装置4的位置,以使位于可将工件W配置于载置装置4的位置的末端执行器13一边追随移动的载置装置4一边将工件W载置于载置装置4(即,将所抓取的工件W释放)的方式,生成用于控制机器人手臂12及末端执行器13的运动的机器人控制信号。如图6(d)所示,信号生成部313还可基于所算出的载置装置4的位置,以使已结束将工件W配置于载置装置4的末端执行器13离开载置装置4的方式,生成用于控制机器人手臂12的运动的机器人控制信号。

[0092] 根据图6(a)至图6(d)的说明可知,在本实施形态中,由控制装置3算出位置的对象物体并不限于工件W,也可包含与工件W不同的任意物体(在图6(a)至图6(d)所示的例子中为载置装置4)。此情况下,摄像装置21可对对象物体进行拍摄,并生成表示拍入了对象物体的图像的工件图像数据IMG_2D。此外,表示拍入了对象物体的图像的工件图像数据IMG_2D也可简称为图像数据IMG_2D。另外,摄像装置22可对对象物体进行拍摄,并生成表示拍入了对象物体的图像的工件图像数据IMG_3D。此外,表示拍入了对象物体的图像的工件图像数据IMG_3D也可简称为图像数据IMG_3D。另外,控制装置3的形状数据生成部311可基于工件图像数据IMG_3D来生成表示对象物体的三维形状的工件形状数据WSD。此外,表示对象物体的三维形状的工件形状数据WSD也可简称为形状数据WSD。控制装置3的位置算出部312可基

于工件图像数据IMG_2D及工件形状数据WSD来算出对象物体的位置。控制装置3的信号生成部313可基于对象物体的位置来生成机器人控制信号。例如,信号生成部313可以使末端执行器13接近对象物体的方式生成机器人控制信号。例如,信号生成部313也可以使末端执行器13追随移动的对象物体的方式生成机器人控制信号。例如,信号生成部313也可以使末端执行器13离开对象物体的方式生成机器人控制信号。此外,由控制装置3算出位置的对象物体也可以说是利用末端执行器13进行处理的对象物体。

[0093] 信号生成部313使用通信装置33,将在步骤S4中生成的机器人控制信号输出至机器人1(特别是机器人控制装置14)。其结果,机器人控制装置14基于机器人控制信号,对机器人1的动作(例如,机器人手臂12及末端执行器13中的至少一个的动作)进行控制。

[0094] 此后,控制装置3重复进行从步骤S1至步骤S4的一系列处理,直至判定为结束机器人控制处理为止(步骤S5)。即,控制装置3在基于机器人控制信号对机器人1的动作进行控制的期间中,也持续从摄像装置21及摄像装置22分别获取工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D。此情况下,由于如上所述的那样正在基于机器人控制信号对机器人1的动作进行控制,因此摄像装置21及摄像装置22分别可在对象物体(例如,工件W)与摄像装置21及摄像装置22之间的相对移动过程中对对象物体(例如,工件W)进行拍摄。例如,摄像装置21及摄像装置22分别可在对象物体(例如,工件W)静止、同时摄像装置21及摄像装置22移动的期间对对象物体(例如,工件W)进行拍摄。例如,摄像装置21及摄像装置22分别也可在对象物体(例如,工件W)移动、同时摄像装置21及摄像装置22静止的期间对对象物体(例如,工件W)进行拍摄。例如,摄像装置21及摄像装置22分别还可在对象物体(例如,工件W)移动且摄像装置21及摄像装置22移动的期间对对象物体(例如,工件W)进行拍摄。即,控制装置3可在对象物体(例如,工件W)与摄像装置21及摄像装置22的相对移动过程中(即,在摄像装置21及摄像装置22以及对象物体(例如,工件W)中的至少一个移动的期间),持续进行图4所示的机器人控制处理。其结果,控制装置3在基于机器人控制信号对机器人1的动作进行控制的期间中,也可基于新获取的工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D来新算出(即,更新)对象物体(例如,工件W)的位置。但是,摄像装置21及摄像装置22分别可在对象物体(例如,工件W)静止且摄像装置21及摄像装置22静止的期间对对象物体(例如,工件W)进行拍摄。控制装置3也可在摄像装置21及摄像装置22以及对象物体(例如,工件W)静止的期间,进行图4所示的机器人控制处理。

[0095] 此外,位置算出部312也可为:在步骤S3中不算出总体坐标系中的对象物体(例如,工件W)的位置。例如,位置算出部312可在步骤S3中算出与总体坐标系不同的坐标系内(例如,后述的2D摄像坐标系内、3D摄像坐标系内或共同坐标系内)的对象物体(例如,工件W)的位置。此情况下,信号生成部313可在步骤S4中,基于与在步骤S3中算出的与总体坐标系不同的坐标系中的对象物体(例如,工件W)的位置来生成机器人控制信号。

[0096] (2-2) 用于算出对象物体的位置的处理的详细情况

[0097] 继而,对在图4的步骤S3中用于算出对象物体的位置的处理的详细情况进行说明。此外,在以下的说明中,为了便于说明,对用于算出作为对象物体一例的工件W的位置的处理的详细情况进行说明。但是,位置算出部312可通过进行与用于算出工件W的位置的处理相同的动作,来算出任意对象物体的位置。即,以下的用于算出工件W的位置的处理的说明能够通过将“工件W”这一语句置换为“对象物体”这一语句而用于算出对象物体的位置

的处理的说明。

[0098] 在本实施形态中,位置算出部312通过进行使用了工件图像数据IMG_2D及工件形状数据WSD的匹配处理、以及使用工件图像数据IMG_2D及工件形状数据WSD的跟踪处理来算出工件W的位置。此后,参照图7对通过进行匹配处理及跟踪处理来算出工件W的位置的处理进行说明。图7是表示逻辑处理块的框图,所述逻辑处理块用于通过进行匹配处理及跟踪处理来算出工件W的位置。

[0099] 如图7所示,位置算出部312包含2D匹配部3121、3D匹配部3122、2D跟踪部3123、3D跟踪部3124以及坐标转换部3125。2D匹配部3121进行作为匹配处理的一例的2D匹配处理。3D匹配部3122进行作为匹配处理的一例的3D匹配处理。2D跟踪部3123进行作为跟踪处理的一例的2D跟踪处理。3D跟踪部3124进行作为跟踪处理的一例的3D跟踪处理。坐标转换部3125进行基于匹配处理及跟踪处理的结果来算出总体坐标系中的工件W的位置的位置算出处理。因此,以下依次对2D匹配处理、3D匹配处理、2D跟踪处理、3D跟踪处理及位置算出处理进行说明。

[0100] (2-2-1) 2D匹配部3121所进行的2D匹配处理

[0101] 2D匹配部3121进行使用了工件图像数据IMG_2D的匹配处理作为2D匹配处理。使用了工件图像数据IMG_2D的匹配处理是使用了工件图像数据IMG_2D以及基准图像数据IMG_2M的匹配处理。

[0102] 基准图像数据IMG_2M是表示工件W的基准二维图像的图像数据。基准图像数据IMG_2M例如可为表示多个二维图像的图像数据,所述多个二维图像分别是通过从多个不同的摄影方向虚拟地对工件W的三维模型(例如,通过计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD)而制作的CAD模型)进行拍摄而生成。此外,基准图像数据IMG_2M也可表示预先对实际的工件W进行拍摄而成的二维图像的图像数据。此情况下,基准图像数据IMG_2M可为表示多个二维图像的图像数据,所述多个二维图像的图像数据分别是通过从多个不同的摄影方向对实际的工件W进行拍摄而生成。此外,预先拍摄的实际的工件W可为作为基准或良品的工件W。

[0103] 如图8所示,2D匹配部3121可对工件图像数据IMG_2D进行将基准图像数据IMG_2M所示的二维图像中所拍入的工件W用作模板的匹配处理。此外,匹配处理本身可与现有的匹配处理相同。因此,省略匹配处理的详细说明,但以下对其概要进行说明。例如,2D匹配部3121可使基准图像数据IMG_2M所示的二维图像中所拍入的工件W平行移动、放大、缩小和/或旋转,以使基准图像数据IMG_2M所示的二维图像中所拍入的工件W整体中的特征部位(例如,特征点及边缘中的至少一个)与工件图像数据IMG_2D所示的图像中所拍入的工件W整体中的特征部位接近(典型而言为一致)。即,2D匹配部3121可变更基准图像数据IMG_2M的坐标系(例如,CAD模型的坐标系)与以对工件W进行拍摄的摄像装置21为基准的2D摄像坐标系的位置关系,以使基准图像数据IMG_2M所示的二维图像中所拍入的工件W整体中的特征部位与工件图像数据IMG_2D所示的图像中所拍入的工件W整体中的特征部位接近(典型而言为一致)。其结果,2D匹配部3121可确定基准图像数据IMG_2M的坐标系与2D摄像坐标系的位置关系。然后,2D匹配部3121可基于基准图像数据IMG_2M的坐标系与2D摄像坐标系的位置关系,根据基准图像数据IMG_2M的坐标系中的工件W的位置来算出2D摄像坐标系中的工件W的位置。此外,2D匹配部3121也可变更基准图像数据IMG_2M的坐标系(例如,CAD模型的坐标

系)与以对工件W进行拍摄的摄像装置21为基准的2D摄像坐标系的位置关系,以使基准图像数据IMG_2M所示的二维图像中所拍入的工件W一部分中的特征部位与工件图像数据IMG_2D所示的图像中所拍入的工件W一部分中的特征部位接近(典型而言为一致)。此外,作为使用了工件图像数据IMG_2D的匹配处理,例如可使用尺度不变特征转换(Scale-Invariant Feature Transform, SIFT)及加速鲁棒特征(Speed-Upped Robust Feature, SURF)中的至少一个公知方法。

[0104] 此外,算出工件W的位置的方法并不限于使用了所述工件图像数据IMG_2D的匹配处理,也可为使用工件图像数据IMG_2D算出工件W的位置的其他公知方法。算出工件W的位置的方法也可为在不使用基准图像数据IMG_2M的情况下基于工件图像数据IMG_2D算出工件W的位置的公知方法,还可为使用与基准图像数据IMG_2M不同的数据以及工件图像数据IMG_2D算出工件W的位置的公知方法。例如,算出工件W的位置的方法也可为通过机器学习或深度学习并基于工件图像数据IMG_2D来算出工件W的位置的方法。此情况下,可为:通过机器学习或深度学习来构建若输入工件图像数据IMG_2D则输出工件W的位置那样的预测模型,并通过向所述预测模型中输入工件图像数据IMG_2D来算出工件W的位置。所述预测模型可存储于2D匹配部3121中。此外,2D匹配部3121也可读出存储装置32中所存储的所述预测模型

[0105] 2D摄像坐标系是由相互正交的X轴(2D)、Y轴(2D)及Z轴(2D)规定的坐标系。X轴(2D)、Y轴(2D)及Z轴(2D)中的至少一个可为沿着摄像装置21所包括的光学系统(特别是物镜等终端光学元件)的光轴AX21(参照图2)的轴。此外,光轴AX21也可以说是摄像装置21的光轴。在以下的说明中,对Z轴(2D)为沿着摄像装置21所包括的光学系统的光轴的轴的例子进行说明。2D匹配部3121可算出与X轴(2D)平行的X轴方向(2D)上的工件W的位置 $T_x(2D)$ 、与Y轴(2D)平行的Y轴方向(2D)上的工件W的位置 $T_y(2D)$ 及与Z轴(2D)平行的Z轴方向(2D)上的工件W的位置 $T_z(2D)$ 中的至少一个作为2D摄像坐标系中的工件W的位置。2D匹配部3121也可在位置 $T_x(2D)$ 、位置 $T_y(2D)$ 及位置 $T_z(2D)$ 中的至少一个的基础上或代替其,算出工件W绕X轴(2D)的旋转量 $R_x(2D)$ 、工件W绕Y轴(2D)的旋转量 $R_y(2D)$ 及工件W绕Z轴(2D)的旋转量 $R_z(2D)$ 中的至少一个作为2D摄像坐标系中的工件W的位置。工件W绕X轴(2D)的旋转量 $R_x(2D)$ 、工件W绕Y轴(2D)的旋转量 $R_y(2D)$ 及工件W绕Z轴(2D)的旋转量 $R_z(2D)$ 可视为分别与表示工件W绕X轴(2D)的姿势的参数、表示工件W绕Y轴(2D)的姿势的参数及表示工件W绕Z轴(2D)的姿势的参数等价。此情况下,可视为2D匹配部3121算出了工件W绕X轴(2D)的姿势、工件W绕Y轴(2D)的姿势及工件W绕Z轴(2D)的姿势作为工件W的位置。

[0106] 此外,与所述旋转量 R_x 、旋转量 R_y 及旋转量 R_z 同样地,在以下的说明中,为了实现用语的统一,将工件W绕X轴(2D)的旋转量 $R_x(2D)$ 、工件W绕Y轴(2D)的旋转量 $R_y(2D)$ 及工件W绕Z轴(2D)的旋转量 $R_z(2D)$ 分别称为绕X轴(2D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_x(2D)$ 、绕Y轴(2D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_y(2D)$ 及绕Z轴(2D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_z(2D)$ 。

[0107] 2D匹配部3121也可算出位置 $T_x(2D)$ 、位置 $T_y(2D)$ 、位置 $T_z(2D)$ 、位置 $R_x(2D)$ 、位置 $R_y(2D)$ 及位置 $R_z(2D)$ 中的与3D匹配部3122所算出的工件W的位置相比精度相对高的至少一个位置。另一方面,2D匹配部3121也可不算出位置 $T_x(2D)$ 、位置 $T_y(2D)$ 、位置 $T_z(2D)$ 、位置 $R_x(2D)$ 、位置 $R_y(2D)$ 及位置 $R_z(2D)$ 中的与3D匹配部3122所算出的工件W的位置相比精度相对

低的至少另外一个位置。例如,2D匹配部3121使用了不具有Z轴方向(2D)上的位置的信息的工件图像数据IMG_2D及基准图像数据IMG_2M进行匹配处理。此情况下,能够在不使用Z轴方向(2D)上的位置的信息的情况下以相对高的精度算出位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)。此情况下,2D匹配部3121所算出的位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)的精度有可能分别高于3D匹配部3122所算出的后述的位置Tx(3D)、位置Ty(3D)及位置Rz(3D)的精度。另一方面,在不使用Z轴方向(2D)上的位置的信息的情况下,有时不容易以高精度算出位置Tz(2D)、位置Rx(2D)及位置Ry(2D)。此情况下,2D匹配部3121所算出的位置Tz(2D)、位置Rx(2D)及位置Ry(2D)的精度有可能分别低于3D匹配部3122所算出的后述的位置Tz(3D)、位置Rx(3D)及位置Ry(3D)的精度。因此,2D匹配部3121可算出位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)。另一方面,2D匹配部3121也可算出位置Tz(2D)、位置Rx(2D)及位置Ry(2D),也可不算出这些位置。在以下的说明中,对2D匹配部3121至少算出位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)的例子进行说明。

[0108] 如之后所详述的那样,控制装置3使用2D匹配部3121所算出的精度相对高的位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)来算出总体坐标系内的工件W的位置。此情况下,与使用2D匹配部3121所算出的精度相对低的位置来算出总体坐标系内的工件W的位置的情况相比,控制装置3可以相对高的精度算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0109] 2D匹配部3121每当算出工件W的位置时,将与算出的工件W的位置相关的信息输出至坐标转换部3125。作为一例,2D匹配部3121可算出6自由度(Degree Of Freedom,DOF)的全部位置(即,位置Tx(2D)、位置Ty(2D)、位置Tz(2D)、位置Rx(2D)、位置Ry(2D)及位置Rz(2D)),并将与算出的6DOF的位置中的一部分相关的信息(例如,将所述精度相对高的位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D))输出至坐标转换部3125。作为另一例,2D匹配部3121也可算出6DOF的位置的一部分,并将与算出的6DOF的位置的一部分相关的信息输出至坐标转换部3125。例如,2D匹配部3121可算出所述精度相对高的位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D),并将与位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)相关的信息输出至坐标转换部3125。作为另一例,2D匹配部3121也可算出6DOF的全部位置,并将与算出的6DOF的全部位置相关的信息输出至坐标转换部3125。此情况下,坐标转换部3125可使用2D匹配部3121所输出的6DOF的全部位置来算出工件W的6DOF的位置。或者,坐标转换部3125也可选择2D匹配部3121所输出的6DOF的位置的一部分(例如,所述精度相对高的位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)),并使用所选择的6DOF的位置的一部分来算出工件W的6DOF的位置。

[0110] 此处,2D匹配部3121可以既定的2D匹配周期算出工件W的位置。即,2D匹配部3121可每当经过相当于2D匹配周期的时间时,算出工件W的位置。反过来说,可视为2D匹配部3121从开始进行2D匹配处理至完成2D匹配处理为止需要相当于2D匹配周期的时间。此情况下,2D匹配部3121可以既定的2D匹配周期向坐标转换部3125输出与工件W的位置相关的信息。

[0111] 如图9所示,2D匹配周期可比摄像装置21对工件W进行拍摄的2D摄像速率所对应的2D摄像周期长。例如,2D匹配周期可为2D匹配部3121能够在一秒钟内进行十数次至数十次(作为一例,15次至30次)2D匹配处理的周期。此情况下,在2D匹配部3121开始进行2D匹配处理至完成2D匹配处理为止的期间,摄像装置21生成新的工件图像数据IMG_2D。此情况下,2D匹配部3121可为:在已开始的2D匹配处理完成之前,即便在摄像装置21生成了新的工件图

像数据IMG_2D的情况下,也不新开始进行使用了摄像装置21新生成的工件图像数据IMG_2D的2D匹配处理。2D匹配部3121可在已开始的2D匹配处理完成之后,在此时间点下新开始进行使用了最新的工件图像数据IMG_2D的2D匹配处理。此外,图9所示的生成工件图像数据IMG_2D的时机可为摄像装置21为了生成工件图像数据IMG_2D而对工件W进行拍摄的时机。

[0112] 但是,2D匹配周期也可不比2D摄像周期长。例如,2D匹配周期可比2D摄像周期短。例如,2D匹配周期也可与2D摄像周期相同。

[0113] (2-2-2) 3D匹配部3122所进行的3D匹配处理

[0114] 3D匹配部3122进行使用了工件形状数据WSD的匹配处理作为3D匹配处理。使用了工件形状数据WSD的匹配处理是使用了工件形状数据WSD与基准形状数据WMD的匹配处理。基准形状数据WMD是表示工件W的基准三维形状的数据。

[0115] 基准形状数据WMD例如可为表示工件W的三维模型(例如,CAD模型)的数据。此外,表示工件W的基准三维形状的数据可为深度图像数据,也可为点云数据,还可为其他的表示基准三维形状的数据。此外,基准形状数据WMD也可为通过预先测定实际的工件W的形状而获得的表示工件W的三维形状的数据。此情况下,基准形状数据WMD可基于通过摄像装置22对投影有来自投影装置23的投影图案的工件W进行拍摄所生成的工件图像数据IMG_3D并利用形状数据生成部311而预先生成,也可使用与机器人系统SYS不同的公知的形状测定装置而预先生成。此外,为了生成基准形状数据WSD而预先进行拍摄或测定的实际的工件W可作为基准或良品的工件W。

[0116] 如图10所示,3D匹配部3122可对工件形状数据WSD进行将基准形状数据WMD所示的工件W用作模板的匹配处理。此外,匹配处理本身可与现有的匹配处理相同。因此,省略匹配处理的详细说明,但以下对其概要进行说明。例如,3D匹配部3122可使基准形状数据WMD所示的工件W平行移动、放大、缩小和/或旋转,以使工件形状数据WSD所示的工件W整体中的特征部位与基准形状数据WMD所示的工件W整体中的特征部位接近(典型而言为一致)。即,3D匹配部3122可变更基准形状数据WMD的坐标系(例如,CAD模型的坐标系)与以对工件W进行拍摄的摄像装置22为基准的3D摄像坐标系的位置关系,以使工件形状数据WSD所示的工件W整体中的特征部位与基准形状数据WMD所示的工件W整体中的特征部位接近(典型而言为一致)。其结果,3D匹配部3122可确定基准形状数据WMD的坐标系与3D摄像坐标系的位置关系。然后,3D匹配部3122可基于基准形状数据WMD的坐标系与3D摄像坐标系的位置关系,根据基准形状数据WMD的坐标系中的工件W的位置来算出3D摄像坐标系中的工件W的位置。此外,3D匹配部3122也可变更基准形状数据WMD的坐标系(例如,CAD模型的坐标系)与以对工件W进行拍摄的摄像装置22为基准的3D摄像坐标系的位置关系,以使工件形状数据WSD所示的工件W的一部分中的特征部位与基准形状数据WMD所示的工件W的一部分中的特征部位接近(典型而言为一致)。此外,作为使用了工件形状数据WSD的匹配处理,例如可使用随机抽样一致(Random Sample Consensus,RANSAC)、尺度不变特征转换(Scale-Invariant Feature Transform,SIFT)、迭代最近点(Iterative Closest Point,ICP)及直接稀疏测距(Direct Sparse Odometry,DSO)中的至少一个公知方法。

[0117] 此外,算出工件W的位置的方法并不限于使用了所述工件形状数据WSD的匹配处理,也可为使用工件形状数据WSD算出工件W的位置的其他公知方法。算出工件W的位置的方法也可为在不使用基准形状数据WMD的情况下基于工件形状数据WSD算出工件W的位置的公

知方法,还可为使用与基准形状数据WMD不同的数据以及工件形状数据WSD算出工件W的位置的公知方法。例如,算出工件W的位置的方法也可为通过机器学习或深度学习并基于工件形状数据WSD来算出工件W的位置的方法。此情况下,可为:通过机器学习或深度学习,预先构建若输入工件形状数据WSD则输出工件W的位置那样的预测模型,并通过向所述预测模型中输入工件形状数据WSD来算出工件W的位置。所述预测模型可存储于3D匹配部3122中。。此外,3D匹配部3122也可读出存储装置32中所存储的所述预测模型

[0118] 3D匹配部3122使用所述点云数据作为工件形状数据WSD来进行3D匹配处理。其结果,与使用深度图像数据作为工件形状数据WSD的情况相比,工件W的位置的算出精度变高。此情况下,3D匹配部3122使用表示工件W的基准三维形状的点云数据(例如,表示CAD模型的点云数据)作为基准形状数据WMD。但是,3D匹配部3122也可使用所述深度图像数据作为工件形状数据WSD来进行3D匹配处理。此情况下,3D匹配部3122可使用表示工件W的基准三维形状的深度图像数据(例如,表示CAD模型深度图像数据)作为基准形状数据WMD。

[0119] 3D摄像坐标系是由相互正交的X轴(3D)、Y轴(3D)及Z轴(3D)规定的坐标系。X轴(3D)、Y轴(3D)及Z轴(3D)中的至少一个可为沿着摄像装置22所包括的光学系统(特别是物镜等终端光学元件)的光轴AX22(参照图2)的轴。此外,光轴AX22也可以说是摄像装置22的光轴。此处,在如上所述的那样摄像装置22为包含两个单眼照相机的立体照相机的情况下,光轴AX22可为两个单眼照相机中的任意一者所包括的光学系统的光轴。即,光轴AX22可为两个单眼照相机中的任意一者的光轴。在以下的说明中,对Z轴(3D)为沿着摄像装置22所包括的光学系统的光轴的轴的例子进行说明。3D匹配部3122可算出与X轴(3D)平行的X轴方向(3D)上的工件W的位置 $T_x(3D)$ 、与Y轴(3D)平行的Y轴方向(3D)上的工件W的位置 $T_y(3D)$ 及与Z轴(3D)平行的Z轴方向(3D)上的工件W的位置 $T_z(3D)$ 中的至少一个作为3D摄像坐标系中的工件W的位置。3D匹配部3122也可在位置 $T_x(3D)$ 、位置 $T_y(3D)$ 及位置 $T_z(3D)$ 中的至少一个的基础上或代替其,算出工件W绕X轴(3D)的旋转量 $R_x(3D)$ 、工件W绕Y轴(3D)的旋转量 $R_y(3D)$ 及工件W绕Z轴(3D)的旋转量 $R_z(3D)$ 中的至少一个作为3D摄像坐标系中的工件W的位置。工件W绕X轴(3D)的旋转量 $R_x(3D)$ 、工件W绕Y轴(3D)的旋转量 $R_y(3D)$ 及工件W绕Z轴(3D)的旋转量 $R_z(3D)$ 可视为分别与表示工件W绕X轴(3D)的姿势的参数、表示工件W绕Y轴(3D)的姿势的参数及表示工件W绕Z轴(3D)的姿势的参数等价。此情况下,可视为3D匹配部3122算出了工件W绕X轴(3D)的姿势、工件W绕Y轴(3D)的姿势及工件W绕Z轴(3D)的姿势作为工件W的位置。

[0120] 此外,与所述旋转量 R_x 、旋转量 R_y 及旋转量 R_z 同样地,在以下的说明中,为了实现用语的统一,将工件W绕X轴(3D)的旋转量 $R_x(3D)$ 、工件W绕Y轴(3D)的旋转量 $R_y(3D)$ 及工件W绕Z轴(3D)的旋转量 $R_z(3D)$ 分别称为绕X轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_x(3D)$ 、绕Y轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_y(3D)$ 及绕Z轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_z(3D)$ 。

[0121] 3D匹配部3122也可算出位置 $T_x(3D)$ 、位置 $T_y(3D)$ 、位置 $T_z(3D)$ 、位置 $R_x(3D)$ 、位置 $R_y(3D)$ 及位置 $R_z(3D)$ 中的与2D匹配部3121所算出的工件W的位置相比精度相对高的至少一个位置。另一方面,3D匹配部3122也可不算出位置 $T_x(3D)$ 、位置 $T_y(3D)$ 、位置 $T_z(3D)$ 、位置 $R_x(3D)$ 、位置 $R_y(3D)$ 及位置 $R_z(3D)$ 中的与2D匹配部3121所算出的工件W的位置相比精度相对低的至少另外一个位置。例如,3D匹配部3122使用了具有Z轴方向(3D)上的位置的信息的工件形状数据WSD及基准形状数据WMD进行匹配处理。此情况下,能够通过使用Z轴方向(3D)上

的位置的信息而以相对高的精度算出位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D)。此情况下, 3D匹配部3122所算出的位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 的精度有可能分别高于2D匹配部3121所算出的位置 T_z (2D)、位置 R_x (2D) 及位置 R_y (2D) 的精度。因此, 3D匹配部3122可算出位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D)。另一方面, 3D匹配部3122也可算出位置 T_x (3D)、位置 T_y (3D) 及位置 R_z (3D), 也可不算出这些位置。在以下的说明中, 对3D匹配部3122至少算出位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 的例子进行说明。

[0122] 如之后所详述的那样, 控制装置3使用3D匹配部3122所算出的精度相对高的位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 来算出总体坐标系内的工件W的位置。此情况下, 与使用3D匹配部3122所算出的精度相对低的位置来算出总体坐标系内的工件W的位置的情况相比, 控制装置3可以相对高的精度算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0123] 3D匹配部3122每当算出工件W的位置时, 将与算出的工件W的位置) 相关的信息输出至坐标转换部3125。作为一例, 3D匹配部3121可算出6DOF的全部位置(即, 位置 T_x (3D)、位置 T_y (3D)、位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D)、位置 R_y (3D) 及位置 R_z (3D)), 并将与算出的6DOF的位置中的一部分相关的信息(例如, 将所述精度相对高的位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D)) 输出至坐标转换部3125。作为另一例, 3D匹配部3122也可算出6DOF的位置的一部分, 并将与算出的6DOF的位置的一部分相关的信息输出至坐标转换部3125。例如, 3D匹配部3122可算出所述精度相对高的位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D), 并将与位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 相关的信息输出至坐标转换部3125。作为另一例, 3D匹配部3122也可算出6DOF的全部位置, 并将与算出的6DOF的全部位置相关的信息输出至坐标转换部3125。此情况下, 坐标转换部3125可使用3D匹配部3122所输出的6DOF的全部位置来算出工件W的6DOF的位置。或者, 坐标转换部3125也可选择3D匹配部3122所输出的6DOF的位置的一部分, 并使用所选择的6DOF的位置的一部分(例如, 所述精度相对高的位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D)) 来算出工件W的6DOF的位置。

[0124] 此处, 3D匹配部3122可以既定的3D匹配周期算出工件W的位置。即, 3D匹配部3122可每当经过相当于3D匹配周期的时间时, 算出工件W的位置。反过来说, 可视为3D匹配部3122从开始进行3D跟踪处理至完成3D跟踪处理为止需要相当于3D匹配周期的时间。此情况下, 3D匹配部3122可以既定的3D匹配周期向坐标转换部3125输出与工件W的位置相关的信息。

[0125] 如图11所示, 3D匹配周期可比摄像装置22对工件W进行拍摄的3D摄像速率所对应的3D摄像周期长。例如, 3D匹配周期可为3D匹配部3122能够在一秒钟内进行数次至数十次(作为一例, 1次至30次) 3D匹配处理的周期。此情况下, 在3D匹配部3122开始进行3D匹配处理至完成3D匹配处理为止的期间, 摄像装置22生成新的工件图像数据IMG_3D。此情况下, 3D匹配部3122可为: 在已开始的3D匹配处理完成之前, 即便在摄像装置22生成了新的工件图像数据IMG_3D的情况下, 也不新开始进行使用了摄像装置22新生成的工件图像数据IMG_3D的3D匹配处理。3D匹配部3122可在已开始的3D匹配处理完成之后, 在此时间点下新开始进行使用了最新的工件图像数据IMG_3D的3D匹配处理。此外, 图11所示的生成工件图像数据IMG_3D的时机也可以说是摄像装置22为了生成工件图像数据IMG_3D而对工件W进行拍摄的时机。

[0126] 但是, 3D匹配周期也可不比3D摄像周期长。例如, 3D匹配周期可比3D摄像周期短。

例如,3D匹配周期也可与3D摄像周期相同。

[0127] 3D匹配周期可与2D匹配周期相同。具体而言,3D匹配周期的长度可与2D匹配周期的长度相同。即,3D匹配部3122从开始进行3D匹配处理至完成3D匹配处理为止的时间可与2D匹配部3121从开始进行2D匹配处理至完成2D匹配处理为止的时间相同。由于在摄像装置21对工件W进行拍摄之后2D匹配部3121开始进行2D匹配处理、且在摄像装置22对工件W进行拍摄之后3D匹配部3122开始进行3D匹配处理,因此,从摄像装置21对工件W进行拍摄至2D匹配部3121完成2D匹配处理(即,算出工件W的位置)为止的时间也可与从摄像装置22对工件W进行拍摄至3D匹配部3122完成3D匹配处理(即,算出工件W的位置)为止的时间相同。但是,3D匹配周期也可不与2D匹配周期相同。例如,3D匹配周期的长度可比2D匹配周期的长度长。例如,3D匹配周期的长度也可比2D匹配周期的长度短。

[0128] 在3D匹配周期与2D匹配周期相同的情况下,如图11的上起第二段及第三段的时序图所示,3D匹配周期与2D匹配周期可在时间上重叠。即,可为:3D匹配周期的开始时刻与2D匹配周期的开始时刻相同,且3D匹配周期的结束时刻与2D匹配周期的结束时刻相同。换句话说,可为:3D匹配部3122开始进行3D匹配处理的时刻与2D匹配部3121开始进行2D匹配处理的时刻相同,且3D匹配部3122完成3D匹配处理的时刻与2D匹配部3121完成2D匹配处理的时刻相同。但是,3D匹配周期与2D匹配周期也可不在时间上重叠。3D匹配周期的开始时刻与2D匹配周期的开始时刻也可错开既定时间。3D匹配周期的结束时刻与2D匹配周期的结束时刻也可错开既定时间。3D匹配部3122开始进行3D匹配处理的时刻与2D匹配部3121开始进行2D匹配处理的时刻也可错开既定时间。3D匹配部3122完成3D匹配处理的时刻与2D匹配部3121完成2D匹配处理的时刻也可错开既定时间。

[0129] 此处,通常在3D匹配处理中使用的工件形状数据WSD及基准形状数据WMD的数据量(data size)比在2D匹配处理中使用的工件图像数据IMG_2D及基准图像数据IMG_2M的数据量多。因此,3D匹配部3122完成3D匹配处理所需的时间即3D匹配周期有可能比2D匹配部3121完成2D匹配处理所需的时间即2D匹配周期长。因此,3D匹配部3122也可进行用于缩短3D匹配周期的处理,以使3D匹配周期与2D匹配周期相同或者使3D匹配周期比2D匹配周期短。

[0130] 作为一例,3D匹配部3122可基于2D匹配处理的结果(例如,所述位置Tx(2D)、位置Ty(2D)、位置Tz(2D)、位置Rx(2D)、位置Ry(2D)及位置Rz(2D)中的至少一个),选择工件形状数据WSD中的一部分数据部分作为要进行3D匹配处理的3D匹配对象数据。具体而言,2D摄像坐标系与3D摄像坐标系的位置关系依存于摄像装置21与摄像装置22的位置关系。因此,控制装置3可将基于摄像装置21与摄像装置22的位置关系而生成的、表示2D摄像坐标系与3D摄像坐标系的位置关系的坐标系信息保存于存储装置32中。坐标系信息可包含用于将2D摄像坐标系及3D摄像坐标系中的任意一个坐标系内的位置转换为2D摄像坐标系及3D摄像坐标系中的任意另一个坐标系内的位置的转换矩阵。转换矩阵能够根据摄像装置21与摄像装置22的位置关系来算出。此情况下,控制装置3可基于坐标系信息(特别是转换矩阵),将2D摄像坐标系及3D摄像坐标系中的任意一个坐标系内的位置转换为2D摄像坐标系及3D摄像坐标系中的任意另一个坐标系内的位置。因此,3D匹配部3122可将位置Tx(2D)、位置Ty(2D)、位置Tz(2D)、位置Rx(2D)、位置Ry(2D)及位置Rz(2D)转换为位置Tx(3D)、位置Ty(3D)、位置Tz(3D)、位置Rx(3D)、位置Ry(3D)及位置Rz(3D)。即,如图12所示,3D匹配部3122可基于

2D匹配处理的结果,在3D摄像坐标系内推定出被推定为存在工件W的区域。然后,3D匹配部3122可选择工件形状数据WSD中的与被推定为存在工件W的区域对应的一部分数据部分作为3D匹配对象数据。然后,3D匹配部3122可对作为工件形状数据WSD的一部分的3D匹配对象数据进行3D匹配处理。

[0131] 此处,工件形状数据WSD不仅包含表示工件W的形状的数据部分,也有可能包含表示与工件W不同的物体的形状的数据部分。其原因在于:在生成工件图像数据IMG_3D以用于生成工件形状数据WSD的摄像装置22的摄像视场内,不仅包含工件W,也有可能包含与工件W不同的物体。例如,由于工件形状数据WSD是由通过摄像装置22对载置于载置装置4的工件W进行拍摄而生成的工件图像数据IMG_3D生成,因此工件形状数据WSD不仅包含表示工件W的形状的数据部分,也有可能包含表示载置装置4的形状的数据部分。此情况下,3D匹配对象数据典型而言可视为与通过从工件形状数据WSD中将表示与工件W不同的物体(即,与对象物体不同的物体)的形状的数据部分去除而得的数据等价。换句话说,3D匹配对象数据典型而言可视为与通过从工件形状数据WSD中选择性地提取表示工件W的形状的数据部分而得的数据等价。其结果,完成对3D匹配对象数据(即,工件形状数据WSD的一部分)进行的3D匹配处理所需的时间变得比完成对工件形状数据WSD全体进行的3D匹配处理所需的时间短。其原因在于:完成3D匹配处理所需的时间依存于要进行3D匹配处理的数据的量。其结果,与对工件形状数据WSD全体进行3D匹配处理的情况相比,3D匹配周期变短。

[0132] 此外,选择作为工件形状数据WSD的一部分的3D匹配对象数据的动作可视为与不选择(或删除)工件形状数据WSD中的3D匹配对象数据以外的数据部分的动作等价。因此,3D匹配部3122也可基于2D匹配处理的结果,将工件形状数据WSD中的与被推定为不存在工件W的区域对应的一部分数据部分(例如,如上所述的那样表示与工件W不同的物体的形状的数据部分)删除,由此生成作为工件形状数据WSD中的一部分的3D匹配对象数据。

[0133] 作为另一例,3D匹配部3122也可基于用户的指定工件形状数据WSD中的一部分数据部分的指示来选择3D匹配对象数据。具体而言,控制装置3可使用包含显示装置的输出装置35来显示能够供用户操作的图形用户界面(Graphical User Interface,GUI),以将工件形状数据WSD中的一部分数据部分指定为3D匹配对象数据。例如,控制装置3可使用包含显示装置的输出装置35来显示作为工件形状数据WSD的一例的点云数据所表示的多个点,并显示能够供用户操作的GUI,以指定多个点中的与工件W对应的点。例如,控制装置3可使用包含显示装置的输出装置35来显示作为工件形状数据WSD的一例的深度图像数据所表示的深度图像,并显示能够供用户操作的GUI,以指定深度图像中的与工件W对应的像素。此情况下,3D匹配部3122也可对工件形状数据WSD中的作为用户所指定的一部分数据部分的3D匹配对象数据进行3D匹配处理。其结果,与对工件形状数据WSD全体进行3D匹配处理的情况相比,3D匹配周期变短。

[0134] (2-2-3) 2D跟踪部3123所进行的2D跟踪处理

[0135] 2D跟踪部3123进行如下的跟踪处理作为2D跟踪处理:所述跟踪处理使用了在相互不同的时刻 t_1 及时刻 t_2 通过摄像装置21对工件W进行拍摄而生成的两个工件图像数据IMG_2D# t_1 及IMG_2D# t_2 。如图13所示,使用了两个工件图像数据IMG_2D# t_1 及IMG_2D# t_2 的跟踪处理是在工件图像数据IMG_2D# t_2 内追踪与工件图像数据IMG_2D# t_1 中所拍入的工件W的至少一个特征部位(例如,特征点及边缘中的至少一个)相同的至少一个特征部位的跟踪处

理。此外,跟踪处理本身可与现有的跟踪处理相同。因此,省略跟踪处理的详细说明。2D跟踪部3123可通过进行跟踪处理来算出2D摄像坐标系内的至少一个特征部位的位置在时刻 t_1 及时刻 t_2 之间的变化量。然后,2D跟踪部3123可基于2D摄像坐标系内的至少一个特征部位的位置的变化量,算出2D摄像坐标系内的工件W的位置在时刻 t_1 及时刻 t_2 之间的变化量。

[0136] 此外,算出工件W的位置的变化量的方法并不限于使用两个工件图像数据IMG_2D# t_1 及IMG_2D# t_2 的跟踪处理,也可为使用两个工件图像数据IMG_2D# t_1 及IMG_2D# t_2 算出工件W的位置的变化量的其他公知方法。例如,算出工件W的位置的变化量的方法可为通过机器学习或深度学习并基于两个工件图像数据IMG_2D# t_1 及IMG_2D# t_2 来算出工件W的位置的变化量的方法。此情况下,可为:通过机器学习或深度学习来构建若输入两个工件图像数据IMG_2D# t_1 及IMG_2D# t_2 则输出工件W的位置的变化量那样的预测模型,并通过向所述预测模型中输入两个工件图像数据IMG_2D# t_1 及IMG_2D# t_2 来算出工件W的位置的变化量。2D跟踪部3123可包含所述预测模型。

[0137] 2D跟踪部3123可算出与X轴(2D)平行的X轴方向(2D)上的工件W的位置 $T_x(2D)$ 的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、与Y轴(2D)平行的Y轴方向(2D)上的工件W的位置 $T_y(2D)$ 的变化量 $\Delta T_y(2D)$ 、及与Z轴(2D)平行的Z轴方向(2D)上的工件W的位置 $T_z(2D)$ 的变化量 $\Delta T_z(2D)$ 中的至少一个作为2D摄像坐标系中的工件W的位置的变化量。2D跟踪部3123也可在变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 及变化量 $\Delta T_z(2D)$ 中的至少一个的基础上或代替其,算出绕X轴(2D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_x(2D)$ 的变化量 $\Delta R_x(2D)$ 、绕Y轴(2D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_y(2D)$ 的变化量 $\Delta R_y(2D)$ 、及绕Z轴(2D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_z(2D)$ 的变化量 $\Delta R_z(2D)$ 中的至少一个作为2D摄像坐标系中的工件W的位置。即,2D跟踪部3123也可算出工件W绕X轴(2D)的姿势的变化量、工件W绕Y轴(2D)的姿势的变化量及工件W绕Z轴(2D)的姿势的变化量作为工件W的位置的变化量。

[0138] 2D跟踪部3123可算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 、变化量 $\Delta T_z(2D)$ 、变化量 $\Delta R_x(2D)$ 、变化量 $\Delta R_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 中的与3D跟踪部3124所算出的工件W的位置的变化量相比精度相对高的至少一个变化量。另一方面,2D跟踪部3123也可不算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 、变化量 $\Delta T_z(2D)$ 、变化量 $\Delta R_x(2D)$ 、变化量 $\Delta R_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 中的与3D跟踪部3124所算出的工件W的位置的变化量相比精度相对低的至少另一个变化量。例如,2D跟踪部3123使用了不具有Z轴方向(2D)上的位置的信息的工件图像数据IMG_2D进行跟踪处理。此情况下,能够在不使用Z轴方向(2D)上的位置的信息的情况下以相对高的精度算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 。此情况下,2D跟踪部3123所算出的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 的精度有可能分别高于3D跟踪部3124所算出的后述的变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D)$ 的精度。另一方面,在不使用Z轴方向(2D)上的位置的信息的情况下,有时不容易以高精度算出变化量 $\Delta T_z(2D)$ 、变化量 $\Delta R_x(2D)$ 及变化量 $\Delta R_y(2D)$ 。此情况下,2D跟踪部3123所算出的变化量 $\Delta T_z(2D)$ 、变化量 $\Delta R_x(2D)$ 及变化量 $\Delta R_y(2D)$ 的精度有可能分别高于3D跟踪部3124所算出的后述的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 的精度。因此,2D跟踪部3123可算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 。另一方面,2D跟踪部3123可算出变化量 $\Delta T_z(2D)$ 、变化量 $\Delta R_x(2D)$ 及变化量 $\Delta R_y(2D)$,也可不算出这些变化量。在以下的说明中,对2D跟踪部3123至少算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 及变化量 ΔR_z

(2D)的例子进行说明。

[0139] 如之后所详述的那样,控制装置3使用2D跟踪部3123所算出的精度相对高的变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 来算出总体坐标系内的工件W的位置。此情况下,与使用2D跟踪部3123所算出的精度相对低的变化量来算出总体坐标系内的工件W的位置的情况相比,控制装置3可以相对高的精度算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0140] 2D跟踪部3123每当算出工件W的位置的变化量时,将与算出的工件W的位置的变化量相关的信息输出至坐标转换部3125。作为一例,2D跟踪部3123算出6DOF的位置的全部变化量(即,变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (2D)、变化量 ΔR_x (2D)、变化量 ΔR_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D)),并将与算出的6DOF的位置的变化量中的一部分相关的信息输出至坐标转换部3125。作为另一例,2D跟踪部3123也可算出6DOF的位置的变化量的一部分,并将与算出的6DOF的位置的变化量的一部分相关的信息输出至坐标转换部3125。例如,2D跟踪部3123可算出所述精度相对高的变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D),并将与变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 相关的信息输出至坐标转换部3125。作为另一例,2D跟踪部3123也可算出6DOF的位置的全部变化量,并将与算出的6DOF的位置的全部变化量相关的信息输出至坐标转换部3125。此情况下,坐标转换部3125可使用2D跟踪部3123所输出的6DOF的位置的全部变化量来算出工件W的6DOF的位置的变化量。或者,坐标转换部3125也可选择2D跟踪部3123所输出的6DOF的位置的变化量的一部分,并使用所选择的6DOF的变化量的一部分来算出工件W的6DOF的位置的变化量。

[0141] 此处,2D跟踪部3123可以既定的2D跟踪周期算出工件W的位置的变化量。即,2D跟踪部3123可每当经过相当于2D跟踪周期的时间时,算出工件W的位置的变化量。反过来说,可视为2D跟踪部3123从开始进行2D跟踪处理至完成2D跟踪处理为止需要相当于2D跟踪周期的时间。此情况下,2D跟踪部3123可以既定的2D跟踪周期将与工件W的位置的变化量相关的信息输出至坐标转换部3125。

[0142] 如图14所示,2D跟踪周期可与摄像装置21对工件W进行拍摄的2D摄像速率所对应的2D摄像周期相同。例如,2D跟踪周期可为2D跟踪部3123能够在1秒钟内进行数十次至数百次(作为一例,500次)2D跟踪处理的周期。此情况下,例如,如图14所示,在时刻t+1下生成工件图像数据IMG_2D#t+1的同时或之后,2D跟踪部3123可使用在时刻t及时刻t+1下生成的工件图像数据IMG_2D#t及工件图像数据IMG_2D#t+1进行2D跟踪处理。其结果,可算出工件W的位置在时刻t及时刻t+1之间的变化量。同样地,例如,如图14所示,在时刻t+2下生成工件图像数据IMG_2D#t+2的同时或之后,2D跟踪部3123可使用在时刻t+1及时刻t+2下生成的工件图像数据IMG_2D#t+1及工件图像数据IMG_2D#t+2进行2D跟踪处理。其结果,可算出工件W的位置在时刻t+1及时刻t+2之间的变化量。

[0143] 但是,2D跟踪周期也可不与2D摄像周期相同。例如,2D跟踪周期可比2D摄像周期短。例如,2D跟踪周期也可比2D摄像周期长。

[0144] 此外,2D跟踪部3123也可不算出2D摄像坐标系内的工件W的位置在时刻t1及时刻t2之间的变化量。例如,2D跟踪部3123可通过对两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2分别进行所述匹配处理,来算出时刻t1及时刻t2各自的2D摄像坐标系内的工件W的位置。此外,由于算出了每个不同时刻(例如,时刻t1及时刻t2)下的工件W的位置,因此,此处2D跟踪部3123所进行的处理也可以说是跟踪处理。此处,2D跟踪部3123可使用比所述2D匹配部

3121所进行的匹配处理中使用的、工件图像数据IMG_2D所示的图像中所拍入的工件W的特征部位少的特征部位,对两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2分别进行匹配处理。此情况下,2D跟踪部3123可缩短匹配处理所需要的运算时间,因此可以与2D匹配部3121所进行的匹配处理相比更短的周期进行跟踪处理。

[0145] 进而,如图14所示,2D跟踪周期比所述2D匹配部3121进行2D匹配处理的2D匹配周期短。具体而言,在跟踪处理中,运算装置31只要进行着眼于工件图像数据IMG_2D及工件形状数据WSD中的与工件W的特征部位相关联的数据部分的运算即可,另一方面,在匹配处理中,运算装置31需要进行从工件图像数据IMG_2D及工件形状数据WSD全体中搜索工件W的运算。其结果,进行跟踪处理所需的运算量比进行匹配处理所需的运算量少。因此,通常2D跟踪周期比2D匹配周期短。因此,在一个2D匹配周期开始至结束为止的期间,2D跟踪部3123可进行多次2D跟踪处理。即,在2D匹配部3121开始进行2D匹配处理至完成2D匹配处理为止的期间,2D跟踪部3123可进行多次2D跟踪处理。但是,2D跟踪周期也可不比2D匹配周期短。例如,2D跟踪周期可与2D匹配周期相同。例如,2D跟踪周期也可比2D匹配周期长。此外,图14所示的生成工件图像数据IMG_2D的时机也可以说是摄像装置21为了生成工件图像数据IMG_2D而对工件W进行拍摄的时机。

[0146] (2-2-4) 3D跟踪部3124所进行的3D跟踪处理

[0147] 3D跟踪部3124进行使用了两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2的跟踪处理作为3D跟踪处理。两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2分别是由在相互不同的时刻s1及时刻s2通过摄像装置22对工件W进行拍摄而生成的两个工件图像数据IMG_3D#s1及IMG_3D#s2生成。如图15所示,使用了两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2的跟踪处理是在工件形状数据WSD#s2内追踪与工件形状数据WSD#s1所示的工件W的至少一个特征部位(例如,特征点及边缘中的至少一个)相同的至少一个特征部位的跟踪处理。此外,跟踪处理本身可与现有的跟踪处理相同。因此,省略跟踪处理的详细说明。3D跟踪部3124可通过进行跟踪处理来算出3D摄像坐标系内的至少一个特征部位的位置在时刻s1及时刻s2之间的变化量。然后,3D跟踪部3124可基于3D摄像坐标系内的至少一个特征部位的位置的变化量,算出3D摄像坐标系内的工件W的位置在时刻s1及时刻s2之间的变化量。此外,作为使用了两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2的跟踪处理,例如可使用随机抽样一致(Random Sample Consensus,RANSAC)、尺度不变特征转换(Scale-Invariant Feature Transform,SIFT)、迭代最近点(Iterative Closest Point,ICP)及直接稀疏测距(Direct Sparse Odometry,DSO)中的至少一个公知方法。

[0148] 此外,算出工件W的位置的变化量的方法并不限于使用两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2的跟踪处理,也可为使用两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2算出工件W的位置的变化量的其他公知方法。例如,算出工件W的位置的变化量的方法可为通过机器学习或深度学习并基于两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2来算出工件W的位置的变化量的方法。此情况下,可为:通过机器学习或深度学习来预先构建若输入两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2则输出工件W的位置的变化量那样的预测模型,并通过向所述预测模型中输入两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2工件来算出工件W的位置的变化量。所述预测模型可存储于3D跟踪部3124中。此外,3D跟踪部3124也可读出存储装置32中所存储的所述预测模型。

[0149] 3D跟踪部3124可算出与X轴(3D)平行的X轴方向(3D)上的工件W的位置Tx(3D)的变

化量 $\Delta T_x(3D)$ 、与Y轴(3D)平行的Y轴方向(3D)上的工件W的位置 $T_y(3D)$ 的变化量 $\Delta T_y(3D)$ 、及与Z轴(3D)平行的Z轴方向(3D)上的工件W的位置 $T_z(3D)$ 的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 中的至少一个作为3D摄像坐标系中的工件W的位置的变化量。3D跟踪部3124也可在变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 及变化量 $\Delta T_z(3D)$ 中的至少一个的基础上或代替其,算出绕X轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_x(3D)$ 的变化量 $\Delta R_x(3D)$ 、绕Y轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_y(3D)$ 的变化量 $\Delta R_y(3D)$ 、及绕Z轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置 $R_z(3D)$ 的变化量 $\Delta R_z(3D)$ 中的至少一个作为3D摄像坐标系中的工件W的位置。即,3D跟踪部3124也可算出工件W绕X轴(3D)的姿势的变化量、工件W绕Y轴(3D)的姿势的变化量及工件W绕Z轴(3D)的姿势的变化量作为工件W的位置的变化量。

[0150] 3D跟踪部3124可算出变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 、变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 、变化量 $\Delta R_y(3D)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D)$ 中的与2D跟踪部3123所算出的工件W的位置的变化量相比精度相对高的至少一个变化量。另一方面,3D跟踪部3124也可不算出变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 、变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 、变化量 $\Delta R_y(3D)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D)$ 中的与2D跟踪部3123所算出的工件W的位置的变化量相比精度相对低的至少另一个变化量。例如,3D跟踪部3124使用了具有Z轴方向(3D)上的位置的信息的工件形状数据WSD进行跟踪处理。此情况下,能够通过使用Z轴方向(3D)上的位置的信息而以相对高的精度算出变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 。此情况下,3D跟踪部3124所算出的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 的精度有可能分别高于2D跟踪部3123所算出的后述的变化量 $\Delta T_z(2D)$ 、变化量 $\Delta R_x(2D)$ 及变化量 $\Delta R_y(2D)$ 的精度。因此,3D跟踪部3124可算出变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 。另一方面,3D跟踪部3124可算出变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D)$,也可不算出这些变化量。在以下的说明中,对3D跟踪部3124至少算出变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 的例子进行说明。

[0151] 如之后所详述的那样,控制装置3使用3D跟踪部3124所算出的精度相对高的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 来算出总体坐标系内的工件W的位置。此情况下,与使用3D跟踪部3124所算出的精度相对低的变化量来算出总体坐标系内的工件W的位置的情况相比,控制装置3可以相对高的精度算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0152] 3D跟踪部3124每当算出工件W的位置的变化量时,将与算出的工件W的位置的变化量相关的信息输出至坐标转换部3125。作为一例,3D跟踪部3124算出6DOF的全部变化量(即,变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 、变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 、变化量 $\Delta R_y(3D)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D)$),并将与算出的6DOF的变化量中的一部分相关的信息输出至坐标转换部3125。作为另一例,3D跟踪部3124也可算出6DOF的变化量的一部分,并将与算出的6DOF的变化量的一部分相关的信息输出至坐标转换部3125。例如,3D跟踪部3124可算出所述精度相对高的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$,并将与变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 相关的信息输出至坐标转换部3125。作为另一例,3D跟踪部3124也可算出6DOF的全部变化量,并将与算出的6DOF的全部变化量相关的信息输出至坐标转换部3125。此情况下,坐标转换部3125可使用3D跟踪部3124所输出的6DOF的全部变化量来算出工件W的6DOF的变化量。或者,坐标转换部3125也可选择3D跟踪部3124所输出的6DOF的变化量的一部分,并使用所选择的6DOF的变化量的一部分来算出工件W的6DOF

的变化量。

[0153] 此处,3D跟踪部3124可以既定的3D跟踪周期算出工件W的位置的变化量。即,3D跟踪部3124可每当经过相当于3D跟踪周期的时间时,算出工件W的位置的变化量。反过来说,可视为3D跟踪部3124从开始进行3D跟踪处理至完成3D跟踪处理为止需要相当于3D跟踪周期的时间。此情况下,3D跟踪部3124可以既定的3D跟踪周期将与工件W的位置的变化量相关的信息输出至坐标转换部3125。

[0154] 如图16所示,3D跟踪周期可与摄像装置22对工件W进行拍摄的3D摄像速率所对应的3D摄像周期相同。例如,3D跟踪周期可为3D跟踪部3124能够在一秒钟内进行数十次至数百次(作为一例,500次)3D跟踪处理的周期。此情况下,例如,如图16所示,在时刻s+1下生成工件图像数据IMG_3D#s+1的同时或之后,3D跟踪部3124可使用由在时刻s及时刻s+1下生成的工件图像数据IMG_3D#s及工件图像数据IMG_3D#s+1分别生成的工件形状数据WSD#s及工件形状数据WSD#s+1进行3D跟踪处理。其结果,可算出工件W的位置在时刻s及时刻s+1之间的变化量。同样地,例如,如图16所示,在时刻s+2下生成工件图像数据IMG_3D#s+2的同时或之后,3D跟踪部3124可使用由在时刻s+1及时刻s+2下生成的工件图像数据IMG_3D#s+1及工件图像数据IMG_3D#s+2分别生成的工件形状数据WSD#s+1及工件形状数据WSD#s+2进行3D跟踪处理。其结果,可算出工件W的位置在时刻s+1及时刻s+2之间的变化量。此外,图16所示的生成工件图像数据IMG_3D的时机也可以说是摄像装置22为了生成工件图像数据IMG_3D而对工件W进行拍摄的时机。

[0155] 但是,3D跟踪周期也可不与3D摄像周期相同。例如,3D跟踪周期可比3D摄像周期短。例如,3D跟踪周期也可比3D摄像周期长。

[0156] 此外,3D跟踪部3124也可不算出3D摄像坐标系内的工件W的位置在时刻s1及时刻s2之间的变化量。例如,3D跟踪部3124可通过对两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2分别进行所述3D匹配处理,来算出时刻s1及时刻s2各自的3D摄像坐标系内的工件W的位置。此外,由于算出了每个不同时刻(例如,时刻s1及时刻s2)下的工件W的位置,因此,此处3D跟踪部3124所进行的处理也可以说是跟踪处理。此处,3D跟踪部3124可使用比所述3D匹配部3122所进行的匹配处理中使用的、工件形状数据WSD所示的工件W的特征部位少的特征部位,对两个工件形状数据WSD#s1及WSD#s2分别进行3D匹配处理。此情况下,3D跟踪部3124可缩短匹配处理所需要的运算时间,因此可以与3D匹配部3122所进行的匹配处理相比更短的周期进行跟踪处理。

[0157] 进而,如图16所示,3D跟踪周期比所述3D匹配部3122进行3D匹配处理的3D匹配周期短。其原因在于:如上所述,进行跟踪处理所需的运算量比进行匹配处理所需的运算量少。因此,在一个3D匹配周期开始至结束为止的期间,3D跟踪部3124可进行多次3D跟踪处理。在3D匹配部3122开始进行3D匹配处理至完成3D匹配处理为止的期间,3D跟踪部3124可进行多次3D跟踪处理。但是,3D跟踪周期也可不比3D匹配周期短。例如,3D跟踪周期也可与3D匹配周期相同。例如,3D跟踪周期也可比3D匹配周期长。

[0158] 进而,如图16所示,3D跟踪周期可与2D跟踪周期相同。具体而言,3D跟踪周期的长度可与2D跟踪周期的长度相同。即,3D跟踪部3124从开始进行3D跟踪处理至完成3D跟踪处理为止的时间可与2D跟踪部3123从开始进行2D跟踪处理至完成2D跟踪处理为止的时间相同。由于在摄像装置21对工件W进行拍摄之后2D跟踪部3123开始进行2D跟踪处理、且在摄像

装置22对工件W进行拍摄之后3D跟踪部3124开始进行3D跟踪处理,因此,从摄像装置21对工件W进行拍摄至2D跟踪部3123完成2D跟踪处理(即,算出工件W的位置的变化量)为止的时间也可与从摄像装置22对工件W进行拍摄至3D跟踪部3124完成3D跟踪处理(即,算出工件W的位置的变化量)为止的时间相同。但是,3D跟踪周期也可不与2D跟踪周期相同。例如,3D跟踪周期的长度可比2D跟踪周期的长度长。例如,3D跟踪周期的长度也可比2D跟踪周期的长度短。

[0159] 在3D跟踪周期与2D跟踪周期相同的情况下,如图16的上起第二段及第四段的时序图所示,3D跟踪周期与2D跟踪周期可在时间上重叠。即,可为:3D跟踪周期的开始时刻与2D跟踪周期的开始时刻相同,且3D跟踪周期的完成时刻与2D跟踪周期的结束时刻相同。换句话说,可为:3D跟踪部3124开始进行3D跟踪处理的时刻与2D跟踪部3123开始进行2D跟踪处理的时刻相同,且3D跟踪部3124完成3D跟踪处理的时刻与2D跟踪部3123完成2D跟踪处理的时刻相同。在此情况下,为了生成2D跟踪处理中使用的两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2而由摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻t1及时刻t2可分别与为了生成3D跟踪处理中使用的两个工件图像数据IMG_3D#s1及IMG_3D#s2而由摄像装置22对工件W进行拍摄的时刻s1及时刻s2相同。但是,3D跟踪周期与2D跟踪周期也可不在时间上重叠。3D跟踪周期的开始时刻与2D跟踪周期的开始时刻也可错开既定时间。3D跟踪周期的结束时刻与2D跟踪周期的结束时刻也可错开既定时间。3D跟踪部3124开始进行3D跟踪处理的时刻与2D跟踪部3123开始进行2D跟踪处理的时刻也可错开既定时间。3D跟踪部3124完成3D跟踪处理的时刻与2D跟踪部3123完成2D跟踪处理的时刻也可错开既定时间。为了生成2D跟踪处理中使用的两个工件图像数据IMG_2D#t1而由摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻t1也可与为了生成3D跟踪处理中使用的工件图像数据IMG_3D#s1而由摄像装置22对工件W进行拍摄的时刻s1不同。为了生成2D跟踪处理中使用的两个工件图像数据IMG_2D#t2而由摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻t2也可与为了生成3D跟踪处理中使用的工件图像数据IMG_3D#s2而由摄像装置22对工件W进行拍摄的时刻s2不同。

[0160] 此处,对至此所说明的2D匹配周期、3D匹配周期、2D跟踪周期及3D跟踪周期进行总结。如上所述,2D匹配周期可与3D匹配周期相同,且可比2D跟踪周期长。3D匹配周期可与2D匹配周期相同,且可比3D跟踪周期长。2D跟踪周期可与3D跟踪周期相同,且可比2D匹配周期短。3D跟踪周期可与2D跟踪周期相同,且可比3D匹配周期短。此情况下,在2D匹配周期、3D匹配周期、2D跟踪周期及3D跟踪周期之间,如下关系可成立:2D匹配周期及3D匹配周期中的较短的一个周期比2D跟踪周期及3D跟踪周期中的较长的一个周期长。其原因在于:如上所述,进行跟踪处理所需的运算量比进行匹配处理所需的运算量少。

[0161] 此处,如上所述,通常在3D跟踪处理中使用的工件形状数据WSD的数据量比在2D跟踪处理中使用的工件图像数据IMG_2D的数据量多。特别是在工件形状数据WSD为点云数据的情况下,工件形状数据WSD的数据量比工件图像数据IMG_2D的数据量多的可能性高。因此,3D跟踪部3124完成3D跟踪处理所需的时间即3D跟踪周期有可能比2D跟踪部3123完成2D跟踪处理所需的时间即2D跟踪周期长。因此,3D跟踪部3124也可以使3D跟踪周期与2D跟踪周期相同、或者使3D跟踪周期比2D跟踪周期短的方式进行3D跟踪处理。

[0162] 作为一例,3D跟踪部3124可使用所述深度图像数据作为工件形状数据WSD来进行3D跟踪处理。此情况下,与使用所述点云数据作为工件形状数据WSD来进行3D跟踪处理的情

况相比,进行跟踪处理所需的运算量变少。典型而言,3D跟踪周期与2D跟踪周期越相同,则进行跟踪处理所需的运算量越少。其原因在于:使二维图像的各像素与深度信息建立关联而成的深度图像数据的数据量与作为二维图像的工件图像数据IMG_2D的数据量相比并无太大变化。但是,3D跟踪部3124也可使用所述点云数据作为工件形状数据WSD来进行3D跟踪处理。

[0163] (2-2-5) 坐标转换部3125所进行的位置算出处理

[0164] 坐标转换部3125基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果、2D跟踪处理的结果及3D跟踪处理的结果,算出总体坐标系中的工件W的位置。即,坐标转换部3125算出位置Tx、位置Ty、位置Tz、位置Rx、位置Ry及位置Rz作为总体坐标系中的工件W的位置。

[0165] 为了算出总体坐标系中的工件W的位置,坐标转换部3125基于2D跟踪处理的结果对2D匹配处理的结果进行校正,且基于3D跟踪处理的结果对3D匹配处理的结果进行校正。具体而言,如图7所示,坐标转换部3125获取与变化量 ΔTx (2D)、变化量 ΔTy (2D)及变化量 ΔRz (2D)相关的信息作为2D跟踪处理的结果。坐标转换部3125获取与变化量 ΔTz (3D)、变化量 ΔRx (3D)及变化量 ΔRy (3D)相关的信息作为3D跟踪处理的结果。坐标转换部3125获取与位置Tx (2D)、位置Ty (2D)及位置Rz (2D)相关的信息作为2D匹配处理的结果。坐标转换部3125获取与位置Tz (3D)、位置Rx (3D)及位置Ry (3D)相关的信息作为3D匹配处理的结果。此情况下,坐标转换部3125可基于变化量 ΔTx (2D)对位置Tx (2D)进行校正,由此算出2D摄像坐标系的X轴方向(2D)上的工件W的位置Tx' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔTy (2D)对位置Ty (2D)进行校正,由此算出2D摄像坐标系的Y轴方向(2D)上的工件W的位置Ty' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔTz (3D)对位置Tz (3D)进行校正,由此算出3D摄像坐标系的Z轴方向(3D)上的工件W的位置Tz' (3D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔRx (3D)对位置Rx (3D)进行校正,由此算出3D摄像坐标系的绕X轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置Rx' (3D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔRy (3D)对位置Ry (3D)进行校正,由此算出3D摄像坐标系的绕Y轴(3D)的旋转方向上的工件W的位置Ry' (3D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔRz (2D)对位置Rz (2D)进行校正,由此算出2D摄像坐标系的绕Z轴(2D)的旋转方向上的工件W的位置Rz' (2D)。

[0166] 基于2D跟踪处理的结果对2D匹配处理的结果进行校正的处理可包含将2D跟踪处理的结果与2D匹配处理的结果相加的处理。基于3D跟踪处理的结果对3D匹配处理的结果进行校正的处理可包含将3D跟踪处理的结果与3D匹配处理的结果相加的处理。例如,坐标转换部3125可通过将变化量 ΔTx (2D)与位置Tx (2D)相加来算出位置Tx' (2D)。坐标转换部3125可通过将变化量 ΔTy (2D)与位置Ty (2D)相加来算出位置Ty' (2D)。坐标转换部3125可通过将变化量 ΔTz (3D)与位置Tz (3D)相加来算出位置Tz' (3D)。坐标转换部3125可通过将变化量 ΔRx (3D)与位置Rx (3D)相加来算出位置Rx' (3D)。坐标转换部3125可通过将变化量 ΔRy (3D)与位置Ry (3D)相加来算出位置Ry' (3D)。坐标转换部3125可通过将变化量 ΔRz (2D)与位置Rz (2D)相加来算出位置Rz' (2D)。

[0167] 如上所述,作为生成变化量 ΔTx (2D)的周期的2D跟踪周期比作为生成位置Tx (2D)的周期的2D匹配周期短。此情况下,在从新生成位置Tx (2D)至下一次生成位置Tx (2D)之前的期间,2D跟踪部3123多次算出变化量 ΔTx (2D)。此情况下,在每次新算出变化量 ΔTx (2D)时,坐标转换部3125可基于新算出的位置Tx (2D)以及新算出的变化量 ΔTx (2D)来算出位置

$T_x'(2D)$ 。具体而言,在每次新算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 时,坐标转换部3125可通过将位置 $T_x(2D)$ 与在算出位置 $T_x(2D)$ 之后算出的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 的总和相加来算出位置 $T_x'(2D)$ 。或者,在每次新算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 时,坐标转换部3125可通过将此时间点下的位置 $T_x'(2D)$ (即,与已算出的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 已相加的位置 $T_x(2D)$) 和新算出的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 相加来算出新的位置 $T_x'(2D)$ 。因此,每当算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 时,与位置 $T_x(2D)$ 相加的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 的总和增加。

[0168] 此情况下,与将位置 $T_x(2D)$ 直接用作位置 $T_x'(2D)$ 的比较例相比,位置 $T_x'(2D)$ 的更新频率变高。具体而言,在将位置 $T_x(2D)$ 直接用作位置 $T_x'(2D)$ 的情况下,位置 $T_x'(2D)$ 的更新频率依存于作为算出位置 $T_x(2D)$ 的周期的2D匹配周期。另一方面,在通过基于变化量 $\Delta T_x(2D)$ 对位置 $T_x(2D)$ 进行校正来算出位置 $T_x'(2D)$ 的情况下,位置 $T_x'(2D)$ 的更新频率依存于作为算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 的周期的2D跟踪周期。其结果,由于2D跟踪周期比2D匹配周期短,因此位置 $T_x'(2D)$ 的更新频率变高。如后所述,基于2D摄像坐标系内的工件W的位置 $T_x'(2D)$ 来算出总体坐标系内的工件W的位置,因此坐标转换部3125可以与2D跟踪周期相同的周期算出总体坐标系内的工件W的位置。因此,位置算出部312可以更短的周期算出总体坐标系内的工件W的位置。即,位置算出部312可更高频率地(换句话说,高速地)算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0169] 然而,通过2D跟踪处理而算出的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 中有可能包含与相对于工件W的实际位置而言的偏移量相当的误差。其结果,每次算出变化量 $\Delta T_x(2D)$ 时持续增加的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 的总和中包含的误差也有可能变大。其结果,每当与变化量 $\Delta T_x(2D)$ 相加时,控制装置3所算出的工件W的位置 $T_x'(2D)$ 与工件W的实际位置的偏离有可能变大。另一方面,通过匹配处理而算出的位置的精度比通过跟踪处理而算出的位置的精度高。因此,坐标转换部3125在新算出了位置 $T_x(2D)$ 的情况下,可将为了算出位置 $T_x'(2D)$ 而与位置 $T_x(2D)$ 相加的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 的总和复位。在此情况下,坐标转换部3125可通过将新算出的位置 $T_x(2D)$ 与在新算出位置 $T_x(2D)$ 之后新算出的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 的总和相加来算出位置 $T_x'(2D)$ 。其结果,位置算出部312可精度良好地算出位置 $T_x'(2D)$ 。此外,坐标转换部3125也可以说是在新算出了位置 $T_x(2D)$ 的情况下,对在所述新算出的位置 $T_x(2D)$ 中加上变化量 $T_x(2D)$ 的总和而得的位置 $T_x'(2D)$ 进行校正。

[0170] 图17中示出了算出位置 $T_x'(2D)$ 的流程的一例。图17示出了如下例子:在时刻 t_{10} 新算出位置 $T_x(2D)$ #1,然后在从时刻 t_{10} 经过2D匹配周期后的时刻 t_{20} 新算出位置 $T_x(2D)$ #2。此情况下,在时刻 t_{10} ,由于新算出了位置 $T_x(2D)$ #1,因此尚未算出要与位置 $T_x(2D)$ #1相加的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 。因此,从时刻 t_{10} 至时刻 t_{11} ,位置 $T_x(2D)$ #1被用作位置 $T_x'(2D)$ 。然后,在时刻 t_{11} ,在算出了变化量 $\Delta T_x(2D)$ #11的情况下,坐标转换部3125将位置 $T_x(2D)$ #1与变化量 $\Delta T_x(2D)$ #11相加。其结果,从时刻 t_{11} 至时刻 t_{12} ,位置 $T_x(2D)$ #1+变化量 $\Delta T_x(2D)$ #11被用作位置 $T_x'(2D)$ 。然后,在时刻 t_{12} ,在算出了变化量 $\Delta T_x(2D)$ #12的情况下,坐标转换部3125将位置 $T_x(2D)$ #1与变化量 $\Delta T_x(2D)$ #11~变化量 $\Delta T_x(2D)$ #12相加。或者,坐标转换部3125将已与变化量 $\Delta T_x(2D)$ #11相加的位置 $T_x(2D)$ #1和新算出的 $\Delta T_x(2D)$ #12相加。其结果,从时刻 t_{12} 至时刻 t_{13} ,位置 $T_x(2D)$ #1+变化量 $\Delta T_x(2D)$ #11+变化量 $\Delta T_x(2D)$ #12被用作位置 $T_x'(2D)$ 。然后,在时刻 t_{13} ,在算出了变化量 $\Delta T_x(2D)$ #13的情况下,坐标转换部3125将位置 $T_x(2D)$ #1与变化量 $\Delta T_x(2D)$ #11~变化量 $\Delta T_x(2D)$ #13相加。或者,坐标转换部3125将

已与变化量 $\Delta T_x(2D)\#11 \sim$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#12$ 相加的位置 $T_x(2D)\#1$ 和新算出的 $\Delta T_x(2D)\#13$ 相加。其结果,从时刻 t_{13} 至时刻 t_{14} ,位置 $T_x(2D)\#1 +$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#11 +$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#12 +$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#13$ 被用作位置 $T_x'(2D)$ 。然后,在时刻 t_{20} ,在新算出了位置 $T_x(2D)\#2$ 的情况下,将为了算出位置 $T_x'(2D)$ 而与位置 $T_x(2D)$ 相加的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 的总和复位为零。因此,从时刻 t_{20} 至时刻 t_{21} ,位置 $T_x(2D)\#2$ 被用作位置 $T_x'(2D)$ 。然后,在时刻 t_{21} ,在算出了变化量 $\Delta T_x(2D)\#21$ 的情况下,坐标转换部3125将位置 $T_x(2D)\#2$ 与变化量 $\Delta T_x(2D)\#21$ 相加。其结果,从时刻 t_{21} 至时刻 t_{22} ,位置 $T_x(2D)\#2 +$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#21$ 被用作位置 $T_x'(2D)$ 。然后,在时刻 t_{22} ,在算出了变化量 $\Delta T_x(2D)\#22$ 的情况下,坐标转换部3125将位置 $T_x(2D)\#2$ 与变化量 $\Delta T_x(2D)\#21 \sim$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#22$ 相加。或者,坐标转换部3125将已与变化量 $\Delta T_x(2D)\#21$ 相加的位置 $T_x(2D)\#2$ 和新算出的 $\Delta T_x(2D)\#22$ 相加。其结果,从时刻 t_{22} 至时刻 t_{23} ,位置 $T_x(2D)\#2 +$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#21 +$ 变化量 $\Delta T_x(2D)\#22$ 被用作位置 $T_x'(2D)$ 。

[0171] 此外,虽然为了省略重复的说明而未进行图示,但坐标转换部3125是与算出位置 $T_x'(2D)$ 的情况同样地算出位置 $T_y'(2D)$ 、位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 、位置 $R_y'(3D)$ 以及位置 $R_z'(2D)$ 。即,在每次新算出变化量 $\Delta T_y(2D)$ 时,坐标转换部3125可通过将位置 $T_y(2D)$ 与在算出位置 $T_y(2D)$ 之后算出的变化量 $\Delta T_y(2D)$ 的总和相加来算出位置 $T_y'(2D)$ 。或者,在每次新算出变化量 $\Delta T_y(2D)$ 时,坐标转换部3125可通过将此时间点下的位置 $T_y'(2D)$ (即,与已算出的变化量 $\Delta T_y(2D)$ 已相加的位置 $T_y(2D)$) 和新算出的变化量 $\Delta T_y(2D)$ 相加来算出新的位置 $T_y'(2D)$ 。然后,在新算出了位置 $T_y(2D)$ 的情况下,坐标转换部3125可将为了算出位置 $T_y'(2D)$ 而与位置 $T_y(2D)$ 相加的 Δ 变化量 $T_y(2D)$ 的总和复位,并将新算出的位置 $T_y(2D)$ 与在新算出位置 $T_y(2D)$ 之后新算出的变化量 $\Delta T_y(2D)$ 逐次相加,由此算出位置 $T_y'(2D)$ 。在每次新算出变化量 $\Delta T_z(3D)$ 时,坐标转换部3125可通过将位置 $T_z(3D)$ 与在算出位置 $T_z(3D)$ 之后算出的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 的总和相加来算出位置 $T_z'(3D)$ 。或者,在每次新算出变化量 $\Delta T_z(3D)$ 时,坐标转换部3125可通过将此时间点下的位置 $T_z'(3D)$ (即,与已算出的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 已相加的位置 $T_z(3D)$) 和新算出的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 相加来算出新的位置 $T_z'(3D)$ 。然后,在新算出了位置 $T_z(3D)$ 的情况下,坐标转换部3125可将为了算出位置 $T_z'(3D)$ 而与位置 $T_z(3D)$ 相加的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 的总和复位,并将新算出的位置 $T_z(3D)$ 与在新算出位置 $T_z(3D)$ 之后新算出的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 逐次相加,由此算出位置 $T_z'(3D)$ 。在每次新算出变化量 $\Delta R_x(3D)$ 时,坐标转换部3125可通过将位置 $R_x(3D)$ 与在算出位置 $R_x(3D)$ 之后算出的变化量 $\Delta R_x(3D)$ 的总和相加来算出位置 $R_x'(3D)$ 。或者,在每次新算出变化量 $\Delta R_x(3D)$ 时,坐标转换部3125可通过将此时间点下的位置 $R_x'(3D)$ (即,与已算出的变化量 $\Delta R_x(3D)$ 已相加的位置 $R_x(3D)$) 和新算出的变化量 $\Delta R_x(3D)$ 相加来算出新的位置 $R_x'(3D)$ 。然后,在新算出了位置 $R_x(3D)$ 的情况下,坐标转换部3125可将为了算出位置 $R_x'(3D)$ 而与位置 $R_x(3D)$ 相加的变化量 $\Delta R_x(3D)$ 的总和复位,并将新算出的位置 $R_x(3D)$ 与在新算出位置 $R_x(3D)$ 之后新算出的变化量 $\Delta R_x(3D)$ 逐次相加,由此算出位置 $R_x'(3D)$ 。在每次新算出变化量 $\Delta R_y(3D)$ 时,坐标转换部3125可通过将位置 $R_y(3D)$ 与在算出位置 $R_y(3D)$ 之后算出的变化量 $\Delta R_y(3D)$ 的总和相加来算出位置 $R_y'(3D)$ 。或者,在每次新算出变化量 $\Delta R_y(3D)$ 时,坐标转换部3125可通过将此时间点下的位置 $R_y'(3D)$ (即,与已算出的变化量 $\Delta R_y(3D)$ 已相加的位置 $R_y(3D)$) 和新算出的变化量 $\Delta R_y(3D)$ 相加来算出新的位置 $R_y'(3D)$ 。然后,在新算出了位置 $R_y(3D)$ 的情况

下,坐标转换部3125可将为了算出位置 R_y' (3D)而与位置 R_y (3D)相加的变化量 ΔR_y (3D)的总和复位,并将新算出的位置 R_y (3D)与在新算出位置 R_y (3D)之后新算出的变化量 ΔR_y (3D)逐次相加,由此算出位置 R_y' (3D)。在每次新算出变化量 ΔR_z (2D)时,坐标转换部3125可通过将位置 R_z (2D)与在算出位置 R_z (2D)之后算出的变化量 ΔR_z (2D)的总和相加来算出位置 R_z' (2D)。或者,在每次新算出变化量 ΔR_z (2D)时,坐标转换部3125可通过将此时间点下的位置 R_z' (2D) (即,与已算出的变化量 ΔR_z (2D)已相加的位置 R_z (2D))和新算出的变化量 ΔR_z (2D)相加来算出新的位置 R_z' (2D)。然后,在新算出了位置 R_z (2D)的情况下,坐标转换部3125可将为了算出位置 R_z' (2D)而与位置 R_z (2D)相加的变化量 ΔR_z (2D)的总和复位,并将新算出的位置 R_z (2D)与在新算出位置 R_z (2D)之后新算出的变化量 ΔR_z (2D)逐次相加,由此算出位置 R_z' (2D)。

[0172] 然后,坐标转换部3125基于位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)、位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)、位置 R_y' (3D)及位置 R_z' (2D),算出总体坐标系中的工件W的位置 T_x 、位置 T_y 、位置 T_z 、位置 R_x 、位置 R_y 及位置 R_z 。具体而言,首先,坐标转换部3125将位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)、位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)、位置 R_y' (3D)及位置 R_z' (2D)转换为作为2D摄像坐标系及3D摄像坐标系中的任意一者的共同坐标系内的位置。但是,也可使用与2D摄像坐标系及3D摄像坐标系不同的任意坐标系作为共同坐标系。

[0173] 作为一例,在2D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)及位置 R_z' (2D)已经示出了2D摄像坐标系内的位置。因此,坐标转换部3125可不对位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)及位置 R_z' (2D)进行转换。另一方面,坐标转换部3125将位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)及位置 R_y' (3D)转换为2D摄像坐标系的Z轴方向(2D)上的位置 T_z' (2D)、2D摄像坐标系的绕X轴(2D)的旋转方向上的位置 R_x' (2D)及2D摄像坐标系的绕Y轴(2D)的旋转方向上的位置 R_y' (2D)。例如,坐标转换部3125可使用用于将3D摄像坐标系内的位置转换为2D摄像坐标系内的位置的转换矩阵M32,将位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)及位置 R_y' (3D)转换为位置 T_z' (2D)、位置 R_x' (2D)及位置 R_y' (2D)。具体而言,坐标转换部3125可使用位置 T_z' (2D) = M32 $\times$ 位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (2D) = M32 $\times$ 位置 R_x' (3D)及位置 R_y' (2D) = M32 $\times$ 位置 R_y' (3D)的数式来算出位置 T_z' (2D)、位置 R_x' (2D)及位置 R_y' (2D)。此外,如上所述,转换矩阵M32能够根据摄像装置21与摄像装置22的位置关系来算出。

[0174] 此情况下,如已在上文叙述的那样,位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)及位置 R_z' (2D)的精度相对高。进而,如已在上文叙述的那样,位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)及位置 R_y' (3D)的精度相对高。其结果,从位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)及位置 R_y' (3D)转换的位置 T_z' (2D)、位置 R_x' (2D)及位置 R_y' (2D)的精度也相对高。因此,坐标转换部3125为了算出总体坐标系内的工件W的位置而使用的、2D摄像坐标系内(共同坐标系内)的工件W的6自由度(Degree of Freedom, DOF)的位置的精度相对高。具体而言,与不使用位置 T_x (2D)及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D)及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D)及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D)及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D)及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D)及变化量 ΔR_z (2D)中的至少一个而算出的2D摄像坐标系内(共同坐标系内)的工件W的6DOF的位置的精度相比,基于位置 T_x (2D)及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D)及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D)及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D)及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D)及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D)及变化量 ΔR_z (2D)而算出的2D摄像坐标系内(共同坐标系内)的工件W的6DOF的位置的精度高。因此,如

上所述,控制装置3可使用精度高的2D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置而以高精度算出总体坐标系内的工件W的位置。具体而言,控制装置3通过基于位置 T_x (2D) 及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D) 及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D) 及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D) 及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 来算出总体坐标系内的工件W的位置,与不使用位置 T_x (2D) 及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D) 及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D) 及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D) 及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 中的至少一个而算出的总体坐标系内的工件W的位置的精度相比,可以更高的精度算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0175] 作为另一例,在3D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D) 及位置 R_y' (3D) 已经示出了3D摄像坐标系内的位置。因此,坐标转换部3125可不对位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D) 及位置 R_y' (3D) 进行转换。另一方面,坐标转换部3125将位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 转换为3D摄像坐标系的X轴方向 (3D) 上的位置 T_x' (3D)、3D摄像坐标系的Y轴方向 (3D) 上的位置 T_y' (3D) 及3D摄像坐标系的绕Z轴 (3D) 的旋转方向上的位置 R_z' (3D)。例如,坐标转换部3125可使用用于将2D摄像坐标系内的位置转换为3D摄像坐标系内的位置的转换矩阵 M_{23} ,将位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 转换为位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D) 及位置 R_z' (3D)。具体而言,坐标转换部3125可使用位置 T_x' (3D) = $M_{23} \times$ 位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (3D) = $M_{23} \times$ 位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (3D) = $M_{23} \times$ 位置 R_z' (2D) 的数式来算出位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D) 及位置 R_z' (3D)。此外,如上所述,转换矩阵 M_{23} 能够根据摄像装置21与摄像装置22的位置关系来算出。转换矩阵 M_{23} 可为所述转换矩阵 M_{32} 的逆矩阵。

[0176] 此情况下,如已在上文叙述的那样,位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D) 及位置 R_y' (3D) 的精度相对高。进而,如已在上文叙述的那样,位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 的精度相对高。其结果,从位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 转换的位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D) 及位置 R_z' (3D) 的精度也相对高。因此,坐标转换部3125为了算出总体坐标系内的工件W的位置而使用的、3D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置的精度相对高。具体而言,与不使用位置 T_x (2D) 及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D) 及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D) 及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D) 及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 中的至少一个而算出的3D摄像坐标系内(共同坐标系内)的工件W的6DOF的位置的精度相比,基于位置 T_x (2D) 及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D) 及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D) 及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D) 及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 而算出的3D摄像坐标系内(共同坐标系内)的工件W的6DOF的位置的精度高。因此,如上所述,控制装置3可使用精度高的3D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置而以高精度算出总体坐标系内的工件W的位置。具体而言,控制装置3通过基于位置 T_x (2D) 及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D) 及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D) 及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D) 及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 来算出总体坐标系内的工件W的位置,与不使用位置 T_x (2D) 及变化量 ΔT_x (2D)、位置 T_y (2D) 及变化量 ΔT_y (2D)、位置 T_z (3D) 及变化量 ΔT_z (3D)、位置 R_x (3D) 及变化量 ΔR_x (3D)、位置 R_y (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、以及位置 R_z (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 中的至少一个而算出的总体坐标系内的工件W的位置的精度相比,可以更高的精度算出总体坐

标系内的工件W的位置。

[0177] 摄像装置21及摄像装置22可以2D摄像坐标系的原点尽可能接近3D摄像坐标系的原点的方式配置。摄像装置21及摄像装置22也可以2D摄像坐标系的X轴(2D)尽可能接近3D摄像坐标系的X轴(3D)的方式配置。摄像装置21及摄像装置22还可以2D摄像坐标系的Y轴(2D)尽可能接近3D摄像坐标系的Y轴(3D)的方式配置。摄像装置21及摄像装置22还可以2D摄像坐标系的Z轴(2D)尽可能接近3D摄像坐标系的Z轴(3D)的方式配置。此情况下,在2D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,从位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)及位置 R_y' (3D)转换的位置 T_z' (2D)、位置 R_x' (2D)及位置 R_y' (2D)的精度维持于相对高的状态的可能性变高。同样地,在3D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,从位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)及位置 R_z' (2D)转换的位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D)及位置 R_z' (3D)的精度维持于相对高的状态的可能性变高。

[0178] 此外,在上文所述的说明中,坐标转换部3125在算出位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)、位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)、位置 R_y' (3D)及位置 R_z' (2D)之后,将位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)、位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D)、位置 R_y' (3D)及位置 R_z' (2D)转换为共同坐标系内的位置。然而,坐标转换部3125也可将位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)、位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D)、位置 R_y (3D)及位置 R_z (2D)转换为共同坐标系内的位置。同样地,坐标转换部3125也可将变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D)、变化量 ΔR_y (3D)及变化量 ΔR_z (2D)转换为共同坐标系内的变化量。

[0179] 作为一例,在2D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)及位置 R_z (2D)已经示出了2D摄像坐标系内的位置。同样地,变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)及变化量 ΔR_z (2D)已经示出了2D摄像坐标系内的变化量。因此,坐标转换部3125可不对位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)及位置 R_z (2D)、以及变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)及变化量 ΔR_z (2D)进行转换。另一方面,坐标转换部3125可将位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D)及位置 R_y (3D)转换为作为共同坐标系的2D摄像坐标系内的位置 T_z (2D_conv)、位置 R_x (2D_conv)及位置 R_y (2D_conv)。同样地,坐标转换部3125可将变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D)及变化量 ΔR_y (3D)转换为作为共同坐标系的2D摄像坐标系内的变化量 ΔT_z (2D_conv)、变化量 ΔR_x (2D_conv)及变化量 ΔR_y (2D_conv)。例如,坐标转换部3125可使用用于将3D摄像坐标系内的位置转换为2D摄像坐标系内的位置的转换矩阵M32来进行所述转换。然后,坐标转换部3125可基于位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)、位置 T_z (2D_conv)、位置 R_x (2D_conv)、位置 R_y (2D_conv)及位置 R_z (2D)、以及变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (2D_conv)、变化量 ΔR_x (2D_conv)、变化量 ΔR_y (2D_conv)及变化量 ΔR_z (2D)来算出位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D)、位置 T_z' (2D)、位置 R_x' (2D)、位置 R_y' (2D)及位置 R_z' (2D)。具体而言,坐标转换部3125可基于变化量 ΔT_x (2D)对位置 T_x (2D)进行校正,由此算出位置 T_x' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔT_y (2D)对位置 T_y (2D)进行校正,由此算出位置 T_y' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔT_z (2D_conv)对位置 T_z (2D_conv)进行校正,由此算出位置 T_z' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔR_x (2D_conv)对位置 R_x (2D_conv)进行校正,由此算出位置 R_x' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔR_y (2D_conv)对位置 R_y (2D_conv)进行校正,由此算出位置 R_y' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔR_z (2D)对位置 R_z (2D)进行校正,由此算出位置 R_z' (2D)。

[0180] 作为另一例,在3D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,位置 T_z (3D)、位置 R_x

(3D) 及位置 $R_y(3D)$ 已经示出了3D摄像坐标系内的位置。同样地,变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 已经示出了3D摄像坐标系内的变化量。因此,坐标转换部3125可不对位置 $T_z(3D)$ 、位置 $R_x(3D)$ 及位置 $R_y(3D)$ 、以及变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$ 进行转换。另一方面,坐标转换部3125可将位置 $T_x(2D)$ 、位置 $T_y(2D)$ 及位置 $R_z(2D)$ 转换为作为共同坐标系的3D摄像坐标系内的位置 $T_x(3D_conv)$ 、位置 $T_y(3D_conv)$ 及位置 $R_z(3D_conv)$ 。同样地,坐标转换部3125可将变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 转换为作为共同坐标系的3D摄像坐标系内的变化量 $\Delta T_x(3D_conv)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D_conv)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D_conv)$ 。例如,坐标转换部3125可使用用于将2D摄像坐标系内的位置转换为3D摄像坐标系内的位置的转换矩阵 M_{32} 来进行所述转换。然后,坐标转换部3125可基于位置 $T_x(3D_conv)$ 、位置 $T_y(3D_conv)$ 、位置 $T_z(3D)$ 、位置 $R_x(3D)$ 、位置 $R_y(3D)$ 及位置 $R_z(3D_conv)$ 、以及变化量 $\Delta T_x(3D_conv)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D_conv)$ 、变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 、变化量 $\Delta R_y(3D)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D_conv)$ 来算出位置 $T_x'(3D)$ 、位置 $T_y'(3D)$ 、位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 、位置 $R_y'(3D)$ 及位置 $R_z'(3D)$ 。具体而言,坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta T_x(3D_conv)$ 对位置 $T_x(3D_conv)$ 进行校正,由此算出位置 $T_x'(3D)$ 。坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta T_y(3D_conv)$ 对位置 $T_y(3D_conv)$ 进行校正,由此算出位置 $T_y'(3D)$ 。坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta T_z(3D)$ 对位置 $T_z(3D)$ 进行校正,由此算出位置 $T_z'(3D)$ 。坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta R_x(3D)$ 对位置 $R_x(3D)$ 进行校正,由此算出位置 $R_x'(3D)$ 。坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta R_y(3D)$ 对位置 $R_y(3D)$ 进行校正,由此算出位置 $R_y'(3D)$ 。坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta R_z(3D_conv)$ 对位置 $R_z(3D_conv)$ 进行校正,由此算出位置 $R_z'(3D)$ 。

[0181] 然后,坐标转换部3125基于2D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置或3D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置,算出总体坐标系内的工件W的6DOF的位置。即,坐标转换部3125基于2D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置或3D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置,算出总体坐标系中的工件W的位置 T_x 、位置 T_y 、位置 T_z 、位置 R_x 、位置 R_y 及位置 R_z 。

[0182] 例如,坐标转换部3125也可使用用于将2D摄像坐标系或3D摄像坐标系内的位置转换为总体坐标系内的位置的转换矩阵 M ,将2D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置或3D摄像坐标系内的工件W的6DOF的位置转换为总体坐标系内的工件W的6DOF的位置。转换矩阵 M 例如可包含如下转换矩阵的乘积:所述转换矩阵反映因连杆121绕机器人手臂12的各接头122所规定的轴的旋转而引起的摄像装置21或摄像装置22的位置坐标的变化。所述转换矩阵可为所谓的旋转矩阵,也可为在旋转矩阵中包含平移成分的矩阵,还可为基于欧拉角的矩阵。此外,关于使用了转换矩阵的机器人手臂的坐标转换本身,可使用现有的转换方法,因此省略其详细说明。

[0183] (3) 机器人系统SYS的技术效果

[0184] 如以上所说明的那样,控制装置3使用2D匹配部3121所算出的6DOF的位置中的精度相对高的位置 $T_x(2D)$ 、位置 $T_y(2D)$ 及位置 $R_z(2D)$ 、2D跟踪部3123所算出的6DOF的变化量中的精度相对高的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 、3D匹配部3122所算出的6DOF的位置中的精度相对高的位置 $T_z(3D)$ 、位置 $R_x(3D)$ 及位置 $R_y(3D)$ 、以及3D跟踪部3124所算出的6DOF的变化量中的精度相对高的变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 及变化量 $\Delta R_y(3D)$,算出了总体坐标系中的工件W的位置。因此,与不考虑2D匹配部3121与3D匹配

部3122各自所算出的6DOF的位置的精度差异且不考虑2D跟踪部3123及3D跟踪部3124各自所算出的6DOF的变化量的精度的差异而算出总体坐标系中的工件W的位置的情况相比,控制装置3可以高精度算出总体坐标系中的工件W的位置。

[0185] 另外,控制装置3基于2D跟踪处理的结果对2D匹配处理的结果进行校正,且基于3D跟踪处理的结果对3D匹配处理的结果进行校正,由此算出了总体坐标系中的工件W的位置。因此,如上所述,与不使用2D跟踪处理及3D跟踪处理的结果而基于2D匹配处理及3D匹配处理的结果来算出总体坐标系中的工件W的位置的情况相比,控制装置3可以更短的周期(即,以更高的频率)算出总体坐标系中的工件W的位置。即,位置算出部312可更高速地算出总体坐标系中的工件W的位置。其结果,控制装置3可以更高的频率生成(即,更新)控制信号且输出至机器人1。此外,也可以说控制装置3可更高速地生成(更新)控制信号且输出至机器人1。

[0186] 例如,控制装置3可每当算出工件W的位置时生成控制信号。此情况下,控制装置3可以与算出工件W的位置的周期(例如,所述2D跟踪周期或3D跟踪周期)相同的周期生成控制信号。其结果,控制装置3可以与算出工件W的位置的周期(例如,所述2D跟踪周期或3D跟踪周期)相同的周期向机器人1输出控制信号。在假设不使用2D跟踪处理及3D跟踪处理的结果而基于2D匹配处理及3D匹配处理的结果来算出总体坐标系中的工件W的位置的情况下,控制装置3会以与作为算出工件W的位置的周期的2D匹配周期或3D匹配周期相同的周期(典型而言为比2D跟踪周期或3D跟踪周期短的周期)生成且输出控制信号。因此,在本实施形态中,与所述情况相比,控制装置3可以更高的频率(更高速地)生成(即,更新)控制信号且输出至机器人1。此外,控制装置3也可以与算出工件W的位置的周期不同的周期(例如,与所述2D跟踪周期或3D跟踪周期不同的周期)生成且输出控制信号。

[0187] 此种效果特别是在机器人1及工件W中的至少一者移动的情况下有益。其原因在于:在机器人1及工件W中的至少一者移动的状况下算出工件W的位置的频率越低,则控制装置3所算出的工件W的位置与工件W的实际位置的偏离度大的期间越长。在本实施形态中,控制装置3以更高的频率(更高速地)算出总体坐标系中的工件W的位置,因此,控制装置3所算出的工件W的位置与工件W的实际位置的偏离度相对变小。因此,控制装置3通过以高频率算出工件W的位置,实质上可以高精度算出工件W的位置。其结果,控制装置3可恰当地生成(即,更新)用于控制机器人1的控制信号且输出至机器人1,以便对可以高精度且高频率地算出位置的工件W进行所期望的处理。其结果,机器人1的运动成为与所预期的运动不同的运动的可能性变低。

[0188] 例如,在如图5所示的那样机器人1抓取移动的工件W的情况下,控制装置3可与工件W的位置的算出周期对应地,对追随移动的工件W的机器人1的运动进行控制(即,生成并输出机器人控制信号)。因此,即便机器人1的运动从用于追随移动的工件的所期望的运动偏移,机器人1的运动也可与工件W的位置的算出周期对应地高频率(高速)地得到修正。作为一例,即便设为移动的工件W的运动不规则,机器人1的运动也可与不规则的工件W的运动对应地高频率(高速)地得到修正。作为另一例,即便设为工件W高速移动的情况,机器人1的运动也可与高速的工件的运动对应地高频率(高速)地得到修正。因此,机器人1可在减少无用的运动的同时追随移动的工件W。其结果,机器人1可在减少无用的运动的同时抓取移动的工件W。并不限于图5所示的例子,机器人1可在减少无用的运动的同时,相对于工件W等对

象物体而运动。进而,由于高频率地算出工件W等对象物体的位置,因此工件W等对象物体脱离摄像单元2的摄像视场的可能性变低。因此,机器人1不会丢失工件W等对象物体,可相对于工件W等对象物体而准确且高速地运动(例如,准确且高速地追随工件W等对象物体),并利用末端执行器13对工件W等对象物体进行所期望的处理。此外,机器人1在工件W等对象物体静止的情况下,可准确且高速地接近工件W等对象物体,并利用末端执行器13对工件W等对象物体进行所期望的处理。

[0189] 如此,控制装置3为了享有可以高精度算出工件W的位置的效果,采用了如下的第一方法以及第二方法:第一方法是考虑在算出总体坐标系内的工件W的位置的过程中在中间算出的工件W的6DOF的位置及变化量各自的精度的差异;第二方法是基于2D跟踪处理及3D跟踪处理的结果而分别对2D匹配处理及3D匹配处理的结果进行校正。因此,与仅采用第一方法及第二方法中的任意一者的情况相比,控制装置3可以进而更高的精度算出工件W的位置。但是,控制装置3也可仅采用第一方法及第二方法中的任意一者。即便在此种情况下,与不采用第一方法及第二方法两者的情况相比,控制装置3也可以高精度算出工件W的位置。

[0190] 另外,如上所述,控制装置3考虑到通过2D跟踪处理而算出的变化量 $\Delta T_x(2D)$ 中包含误差,在新算出了位置 $T_x(2D)$ 的情况下,可将为了算出位置 $T_x'(2D)$ 而与位置 $T_x(2D)$ 相加的变化量 $T_x(2D)$ 的总和复位。其结果,相比于与位置 $T_x(2D)$ 相加的变化量 $T_x(2D)$ 的总和不被复位的情况,控制装置3可以更高的精度算出位置 $T_x'(2D)$ 。根据同样的理由,控制装置3可以更高的精度算出位置 $T_y'(2D)$ 、位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 、位置 $R_y'(3D)$ 及位置 $R_z'(2D)$ 。其结果,控制装置3可以进而更高的精度算出工件W的位置。

[0191] 另外,在本实施形态中,如在图11及图16中所说明的那样,2D匹配周期与3D匹配周期可在时间上重叠,2D跟踪周期与3D跟踪周期可在时间上重叠。此情况下,为了进行2D匹配处理而摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻可与为了进行3D匹配处理而摄像装置22对工件W进行拍摄的时刻相同,为了进行2D跟踪处理而摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻 t_1 及时刻 t_2 可分别与为了进行3D跟踪处理而摄像装置22对工件W进行拍摄的时刻 s_1 及时刻 s_2 相同。此情况下,根据2D匹配处理及2D跟踪处理的结果而算出的位置 $T_x'(2D)$ 、位置 $T_y'(2D)$ 及位置 $R_z'(2D)$ 与根据3D匹配处理及3D跟踪处理的结果而算出的位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 及位置 $R_y'(3D)$ 示出了相同时间下的工件W的位置。即,在根据2D匹配处理及2D跟踪处理的结果算出一个时间下的工件W的位置 $T_x'(2D)$ 、位置 $T_y'(2D)$ 及位置 $R_z'(2D)$ 的情况下,根据3D匹配处理及3D跟踪处理的结果,算出同一时间下的工件W的位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 及位置 $R_y'(3D)$ 。其结果,控制装置3可基于一个时间下的工件W的位置 $T_x'(2D)$ 、位置 $T_y'(2D)$ 及位置 $R_z'(2D)$ 、以及一个时间下的工件W的位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 及位置 $R_y'(3D)$,以进而更高的精度算出总体坐标系中的一个时间下的工件W的位置。

[0192] 在假设2D匹配周期与3D匹配周期不在时间上重叠且2D跟踪周期与3D跟踪周期不在时间上重叠的情况下,视情况不同,控制装置3有可能基于一个时间下的工件W的位置 $T_x'(2D)$ 、位置 $T_y'(2D)$ 及位置 $R_z'(2D)$ 、以及与一个时间不同的另一时间下的工件W的位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 及位置 $R_y'(3D)$ 来算出一个时间或另一时间下的工件W的位置。此处,特别是在摄像装置21及摄像装置22与工件W进行相对移动的情况下,一个时间下的工件W的位置有可能与另一时间下的工件W的位置不同。因此产生如下的技术问题:基于一个时间下的

位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 以及另一时间下的位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D) 及位置 R_y' (3D) 而算出的工件W的位置的精度有可能劣化。然而,在2D匹配周期与3D匹配周期在时间上重叠、且2D跟踪周期与3D跟踪周期在时间上重叠的情况下,不会产生此种技术问题。但是,如上所述,2D匹配周期与3D匹配周期也可不在时间上重叠,2D跟踪周期与3D跟踪周期也可不在时间上重叠。

[0193] 另外,由于分开准备了用于生成工件图像数据IMG_2D的摄像装置21以及用于生成工件图像数据IMG_3D的摄像装置22,因此控制装置3可在从摄像装置21获取工件图像数据IMG_2D的同时,从摄像装置22获取工件图像数据IMG_3D。因此,与未分开准备用于生成工件图像数据IMG_2D的摄像装置21以及用于生成工件图像数据IMG_3D的摄像装置22(例如,准备了用于生成工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D的单一摄像装置)的情况相比,工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D的获取频率变高。其结果,工件W的位置的算出频率也变高。因此,如上所述,控制装置3可恰当地生成(即,更新)用于控制机器人1的控制信号且输出至机器人1,以便对可高频率地算出位置的工件W进行所期望的处理。

[0194] (4) 变形例

[0195] 继而,对机器人系统SYS的变形例进行说明。此外,在以下的变形例中,对由位置算出部312算出位置的对象物体为工件W的例子进行说明。但是,即便在对象物体是与工件W不同的物体的情况下,也可应用以下的变形例。

[0196] (4-1) 第一变形例

[0197] 首先,对机器人系统SYS的第一变形例进行说明。此外,在以下的说明中,通过将机器人系统SYS的第一变形例称为“机器人系统SYSa”而与所述机器人系统SYS进行区分。第一变形例中的机器人系统SYSa与所述机器人系统SYS相比,可在包括控制装置3a来代替控制装置3的方面不同。机器人系统SYSa的其他特征可与机器人系统SYS的其他特征相同。因此,以下参照图18对第一变形例中的控制装置3a进行说明。图18是表示第一变形例中的控制装置3a的结构的框图。

[0198] 如图18所示,第一变形例中的控制装置3a与所述控制装置3相比,在运算装置31包括预处理部314a作为逻辑处理块的方面不同。在进行匹配处理及跟踪处理之前,预处理部314a进行预处理。控制装置3a的其他特征可与控制装置3的其他特征相同。

[0199] 预处理部314a可对形状数据生成部311所生成的工件形状数据WSD进行预处理。此情况下,3D匹配部3122可使用进行了预处理后的工件形状数据WSD来进行3D匹配处理。3D跟踪部3124可使用分别进行了预处理后的两个工件形状数据WSD来进行3D跟踪处理。

[0200] 对工件形状数据WSD进行的预处理可包含将工件形状数据WSD中的一部分数据部分删除的数据删除处理。具体而言,工件形状数据WSD不仅包含表示工件W的形状的数据部分,也有可能包含表示与工件W不同的物体(即,与对象物体不同的物体)的形状的数据部分。例如,由于工件形状数据WSD是由通过摄像装置22对载置于载置装置4的工件W进行拍摄而生成的工件图像数据IMG_3D所生成,因此工件形状数据WSD有可能包含表示载置装置4的形状的数据部分。因此,如图19所示,预处理部314a可从工件形状数据WSD中将表示载置装置4的形状的数据部分删除。

[0201] 对工件W进行载置的载置装置4的载置面可为平面。此情况下,预处理部314a可对工件形状数据WSD进行作为数据删除处理的一例的平面去除处理。作为平面去除处理的一

例,可列举使用了随机抽样一致(Random Sample Consensus,RANSAC)的平面去除处理及使用了最小二乘法的平面去除处理中的至少一个。

[0202] 通过此种数据删除处理,工件形状数据WSD的数据量变小。其结果,使用了工件形状数据WSD的3D匹配处理所需的运算量及使用了工件形状数据WSD的3D跟踪处理所需的运算量减少。因此,能够缩短3D匹配部3122完成3D匹配处理所需的时间即3D匹配周期及3D跟踪部3124完成3D跟踪处理所需的时间即3D跟踪周期。

[0203] 另外,通过此种数据删除处理,位置算出部312将表示与工件W不同的物体(即,与对象物体不同的物体)的形狀的数据部分误识别为表示工件W的形狀的数据部分的可能性变低。其原因在于:对于所述跟踪处理及匹配处理而言可成为噪声的、表示与工件W不同的物体的形狀的数据部分被删除。因此,位置算出部312可恰当地识别出表示工件W的形狀的数据部分。例如,在工件形状数据WSD为点云数据的情况下,位置算出部312可恰当地识别出与工件W相关的点云。例如,在工件形状数据WSD为深度图像数据的情况下,位置算出部312可恰当地识别出与工件W相关的深度信息。其结果,与不进行数据删除处理的情况相比,位置检测部312可精度良好地算出工件W的位置。

[0204] 此外,预处理部314a也可基于用户的指定工件形状数据WSD中的表示与工件W不同的物体的形狀的数据部分的指示,从工件形状数据WSD中,将表示与工件W不同的物体的形狀的数据部分删除。具体而言,控制装置3可使用包含显示装置的输出装置35来显示能够供用户操作的图形用户界面(Graphical User Interface,GUI),以用于将工件形状数据WSD中的一部分数据部分指定为表示与工件W不同的物体的形狀的数据部分。例如,控制装置3可使用包含显示装置的输出装置35来显示作为工件形状数据WSD的一例的点云数据所表示的多个点,并显示能够供用户操作的GUI,以用于指定多个点中的表示与工件W不同的物体的形狀的点。例如,控制装置3可使用包含显示装置的输出装置35来显示作为工件形状数据WSD的一例的深度图像数据所表示的深度图像,并显示能够供用户操作的GUI,以指定深度图像中的表示与工件W不同的物体的形狀的像素。

[0205] 预处理部314a也可对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者进行预处理。此情况下,2D匹配部3121可使用进行了预处理后的工件图像数据IMG_2D来进行2D匹配处理。2D跟踪部3123可使用分别进行了预处理后的两个工件图像数据IMG_2D来进行2D跟踪处理。形状数据生成部311可使用进行了预处理后的工件图像数据IMG_3D来生成工件形状数据WSD。3D匹配部3122可使用由进行了预处理后的工件图像数据IMG_3D生成的工件形状数据WSD来进行3D匹配处理。3D跟踪部3124可使用由分别进行了预处理后的两个工件图像数据IMG_3D分别生成的两个工件形状数据WSD来进行3D跟踪处理。

[0206] 对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者进行的预处理可包含伽马校正处理。伽马校正处理可包含通过调整工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)的对比度来强调工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)中所拍入的工件W的边缘的校正处理。

[0207] 此外,在进行伽马校正处理的情况下,摄像装置21及摄像装置22中的至少一者可作为能够自动调整曝光。具体而言,在进行伽马校正处理的情况下,如图20所示,摄像单元2可包括能够测定工件W的明度(即,亮度)的测光装置24a。摄像装置21及摄像装置22中的至少一者可基于测光装置24a的测定结果而自动调节曝光。或者,摄像装置21及摄像装置22中的

至少一者也可在测光装置24a的测定结果的基础上或者代替其,而基于实际生成的工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)的亮度值(例如,多个像素的亮度值的平均值)而自动调节曝光。作为一例,摄像装置21及摄像装置22中的至少一者可以工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)的亮度值收敛于所期望的范围内的方式自动调节曝光。此情况下,通过伽马校正处理,能够将工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)的对比度调整得更恰当,以强调工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)中所拍入的工件W的边缘。

[0208] 对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者进行的预处理也可包含高动态范围合成处理。如图21所示,高动态范围处理可包含如下处理:将通过在曝光不同的多个摄像环境下对工件W进行拍摄而生成的多个工件图像数据IMG_2D(或多个工件图像数据IMG_3D)合成,由此生成具有曝光过度或曝光不足少的广动态范围的工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)。

[0209] 对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者进行的预处理也可包含噪声去除处理。如图22所示,噪声去除处理可为通过将工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)中所含的噪声去除而生成噪声少的工件图像数据IMG_2D(或工件图像数据IMG_3D)的处理。预处理部314a可对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者执行已知的滤波处理来作为噪声去除处理。例如,预处理部314a可对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者执行平均滤波、中值滤波及膨胀滤波中的至少一个滤波处理。

[0210] 此外,预处理部314a除了执行噪声去除处理以外,也可对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者执行已知的滤波处理。例如,预处理部314a可对工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D中的至少一者执行平滑化滤波及边缘增强滤波中的至少一个滤波处理。

[0211] (4-2) 第二变形例

[0212] 继而,参照图23对机器人系统SYS的第二变形例进行说明。图23是表示第二变形例中的机器人系统SYS的结构框图。此外,在以下的说明中,通过将机器人系统SYS的第二变形例称为“机器人系统SYSb”而与所述机器人系统SYS进行区分。

[0213] 如图23所示,第二变形例中的机器人系统SYSb与所述机器人系统SYS相比,可在包括摄像单元2b来代替摄像单元2的方面不同。机器人系统SYSb的其他特征可与机器人系统SYS的其他特征相同。

[0214] 第二变形例中的摄像单元2b与所述摄像单元2相比,在包括照明装置24b、滤波器25b以及滤波器26b的方面不同。摄像单元2b的其他特征可与摄像单元2的其他特征相同。

[0215] 照明装置24b是能够向工件W照射照明光的装置。特别是照明装置24b为通过向工件W照射照明光而能够利用照明光对工件W进行照明的装置。照明装置24b可利用包含第二波长带(例如,红色光的波长带)的光成分的照明光对工件W进行照明。另一方面,关于投影装置23向工件W照射的投影光,也可将包含与第二波长带不同的第一波长带(例如,蓝色光的波长带)的光成分的投影光照射至工件W。此外,投影装置23是通过向工件W照射投影光而向工件W投影所期望的投影图案的装置。此情况下,投影装置23可视为利用投影光对工件W进行了照明。即,投影装置23可视为利用投影光对工件W进行照明的照明装置。此外,如上所

述,在投影装置23被视为是照明装置的情况下,投影光也可不为能够向对象物体投影所期望的投影图案的光。

[0216] 滤波器25b能够使第一波长带的光成分衰减。摄像装置21经由滤波器25b并利用摄像元件接受来自工件W的光,由此对工件W进行拍摄。此处,如上所述,由于来自投影装置23的投影光包含第一波长带的光成分,因此滤波器25b使投影光衰减。因此,来自照射了投影光(即,投影有投影图案)的工件W的返回光(例如,投影光的反射光及散射光中的至少一个)因滤波器25b而衰减。其结果,即便在为了使摄像装置22对工件W进行拍摄而投影装置23向工件W照射投影光的情况下,摄像装置21也可不受从投影装置23射出的投影光的影响地、对从照明装置24b射出的照明光所照明的工件W恰当地进行拍摄。

[0217] 滤波器26b能够使第二波长带的光成分衰减。摄像装置22经由滤波器26b并利用摄像元件接受来自工件W的光,由此对工件W(换句话说,投影至工件W的投影图案)进行拍摄。此处,如上所述,由于照明光包含第二波长带的光成分,因此滤波器26b使照明光衰减。因此,来自照射了源自照明装置24b的照明光的工件W的返回光(例如,照明光的反射光及散射光中的至少一个)因滤波器26b而衰减。其结果,即便在为了使摄像装置21对工件W进行拍摄而照明装置24b向工件W照射照明光的情况下,摄像装置22也可不受从照明装置24b射出的照明光的影响地、对从投影装置23射出的投影光所照明的工件W(换句话说,投影至工件W的投影图案)恰当地进行拍摄。

[0218] 如此,在第二变形例中,摄像装置21可不受摄像装置22对工件W(投影至工件W的投影图案)进行的拍摄的影响地对工件W进行拍摄。同样地,摄像装置22可不受摄像装置21对工件W进行的拍摄的影响地对工件W(投影至工件W的投影图案)进行拍摄。因此,摄像装置21及摄像装置22可同时对工件W进行拍摄。即,即便摄像装置21对工件W进行拍摄的时刻与摄像装置22对工件W(投影至工件W的投影图案)进行拍摄的时刻相同,摄像装置21及摄像装置22的各者也可恰当地对工件W进行拍摄。

[0219] (4-3) 第三变形例

[0220] 继而,参照图24对机器人系统SYS的第三变形例进行说明。图24是表示第三变形例中的机器人系统SYS的外观的侧视图。此外,在以下的说明中,通过将机器人系统SYS的第三变形例称为“机器人系统SYS_c”而与所述机器人系统SYS进行区分。

[0221] 如图24所示,第三变形例中的机器人系统SYS_c与所述机器人系统SYS相比,可在机器人手臂12与摄像装置21及摄像装置22的各者的位置关系发生了变化的方面不同。机器人系统SYS_c的其他特征可与机器人系统SYS的其他特征相同。

[0222] 具体而言,如图24所示,在第三变形例中,摄像装置22可安装于比摄像装置21的安装位置更远离机器人手臂12的位置。摄像装置21及摄像装置22可以从摄像装置22至机器人手臂12的距离比从摄像装置21至机器人手臂12的距离长的方式安装于机器人手臂12。摄像装置22也可安装于比摄像装置21的安装位置更远离末端执行器13的位置。摄像装置21及摄像装置22可以从摄像装置22至末端执行器13的距离比从摄像装置21至末端执行器13的距离长的方式安装于机器人手臂12。

[0223] 摄像装置21及摄像装置22可经由支撑构件15c而安装于机器人手臂12。此情况下,摄像装置21可安装于支撑构件15c的第一部分。摄像装置22可安装于支撑构件15c的与第一部分相比距机器人手臂12更远的第二部分。摄像装置22也可安装于支撑构件15c的与第一

部分相比距末端执行器13更远的第二部分。

[0224] 在此种第三变形例中,与摄像装置22相比,摄像装置21可从工件W正上方的空间或所述空间的附近对工件W进行拍摄的可能性变高。其原因在于:在末端执行器13对工件W进行既定的处理的情况下,末端执行器13位于工件W正上方的可能性高,因此,配置于与末端执行器13相对接近的位置的摄像装置21可从工件W正上方的空间或所述空间的附近对工件W进行拍摄的可能性也变高。在摄像装置21从工件W正上方的空间或所述空间的附近对工件W进行拍摄的情况下,摄像装置21可在2D摄像坐标系的Z轴(2D)与工件W的上表面交叉的角度接近90度的状态下对工件W进行拍摄的可能性变高。其结果,控制装置3可根据工件图像数据IMG_2D而以更高的精度算出所述位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)、以及变化量 $\Delta Tx(2D)$ 、变化量 $\Delta Ty(2D)$ 及变化量 $\Delta Rz(2D)$ 。进而,摄像装置21可生成表示所拍入的工件W的上表面的变形少的图像的工件图像数据IMG_2D。因此,与使用表示所拍入的工件W的上表面的变形多的图像的工件图像数据IMG_2D的情况相比,在工件W的上表面形成有标记的状况下,控制装置3可从工件图像数据IMG_2D中恰当地识别出工件W的上表面上所形成的标记。此情况下,控制装置3可精度良好地进行使用了标记的处理。例如,在控制装置3进行基于标记的位置而算出工件W的位置的处理作为使用了标记的处理的情况下,控制装置3可以更良好的精度算出工件W的位置。

[0225] 另一方面,与摄像装置21相比,摄像装置22可从工件W斜上方的空间对工件W进行拍摄的可能性变高。其结果,摄像装置22不仅可对工件W的上表面进行拍摄而且可对工件W的侧面(或上表面以外的任意面)进行拍摄的可能性变高。此情况下,由工件图像数据IMG_3D生成的工件形状数据WSD不仅表示工件W的上表面的三维形状而且也表示工件W的侧面(或上表面以外的任意面)的三维形状的可能性变高。因此,能够生成更恰当地反映了工件W的三维形状的工件形状数据WSD。进而,在工件形状数据WSD不仅表示工件W的上表面的三维形状而且表示工件W的侧面(或上表面以外的任意面)的三维形状的情况下,3D匹配部3122及3D跟踪部3124容易确定作为工件W的特征部位(例如,特征点及边缘中的至少一个)的工件W的边或顶点。其结果,控制装置3可更恰当地进行3D匹配处理及3D跟踪处理的各者。

[0226] 此外,所述投影装置23可设置于支撑构件15c或机器人手臂12。另外,所述投影装置23也可设置于与支撑构件15c或机器人手臂12不同的场所。此外,所述照明装置24b可设置于支撑构件15c或机器人手臂12。所述照明装置24b也可设置于与支撑构件15c或机器人手臂12不同的场所。

[0227] (4-4) 其他变形例

[0228] (4-4-1) 机器人1的变形例

[0229] 在上述说明中,在机器人手臂12安装有进行抓取处理、配置处理及嵌入处理中的至少一个的末端执行器13(例如,手动夹持器)。然而,末端执行器13并不限于进行抓取处理、配置处理及嵌入处理中的至少一个的装置,也可对工件W等对象物体进行其他处理的装置。

[0230] 作为一例,可在机器人手臂12安装作为末端执行器13的一例的、用于对工件W进行加工的加工装置。加工装置可进行对工件W附加新的造形物的附加加工、将工件W的一部分去除的去除加工、将两个工件W接合的熔接加工及将工件W切断的切断加工中的至少一个。加工装置也可使用工具对工件W进行加工。此情况下,包含工具的加工装置可安装于机器人

手臂12。或者,加工装置可通过向工件W照射能量束(例如,光、电磁波及带电粒子束)而对工件W进行加工。此情况下,包含向工件W照射能量束的照射装置的加工装置可安装于机器人手臂12。

[0231] 作为末端执行器13的一例的加工装置也可进行将零件焊接于工件W的焊接加工。加工装置可使用焊铁将零件焊接于工件W。此情况下,包含焊铁的加工装置可安装于机器人手臂12。或者,加工装置也可通过向焊料照射能量束(例如,光、电磁波及带电粒子束)而将零件焊接于工件W。此情况下,包含向工件W照射能量束的照射装置的加工装置可安装于机器人手臂12。

[0232] 作为另一例,也可在机器人手臂12安装作为末端执行器13的一例的、用于对工件W进行计量的计量装置。计量装置可为能够对工件W的特性进行计量。作为工件W的特性的一例,可列举工件W的形状、工件W的尺寸及工件W的温度中的至少一个。计量装置可使用接触式探针(touch probe)对工件W进行计量。此情况下,包含接触式探针的计量装置可安装于机器人手臂12。或者,计量装置也可通过向工件W照射能量束(例如,光、电磁波及带电粒子束)而对工件W进行计量。此情况下,包含向工件W照射能量束的照射装置的计量装置可安装于机器人手臂12。

[0233] 在机器人手臂12安装有作为末端执行器13的一例的加工装置及计量装置中的至少一者的情况下,控制装置3可生成用于控制加工装置及计量装置中的至少一者的动作的控制信号。例如,控制装置3可生成用于控制加工装置所包括的工具的旋转的控制信号。例如,控制装置3也可生成用于控制加工装置及计量装置中的至少一者所包括的照射装置所产生的能量束的导通/截止的控制信号。

[0234] (4-4-2) 摄像单元2的变形例

[0235] 在上述说明中,为了生成工件图像数据IMG_3D,摄像单元2包括摄像装置22以及投影装置23。然而,摄像单元2也可不包括用以生成工件图像数据IMG_3D的投影装置23。其原因在于:如上所述,摄像装置22为立体照相机,因此能够由立体照相机的两个摄像元件分别所生成的两个工件图像数据IMG_3D生成表示工件W等对象物体的形状的工件形状数据WSD。此情况下,形状数据生成部311可通过对工件图像数据IMG_3D中所含的两个图像数据各自所表示的图像彼此的各部(例如各像素)利用公知的处理进行对应来算出视差,并通过使用了所算出的视差且基于三角测量原理的公知方法而生成工件形状数据WSD。

[0236] 摄像装置22也可不为立体照相机。例如,摄像装置22也可使用单一的摄像元件对工件W等对象物体进行拍摄的单眼照相机。即便在此情况下,在工件图像数据IMG_3D所示的图像中,也拍入了投影有投影图案的工件W。此情况下,在工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的投影图案的形状中,反映出了投影有投影图案的工件W的三维形状。因此,即便在摄像装置22不为立体照相机的情况下,形状数据生成部311也可基于工件图像数据IMG_3D所示的图像中所拍入的投影图案,利用公知的处理而生成工件形状数据WSD。

[0237] 摄像单元2也可包括摄像装置21及摄像装置22中的任意一者(即,单一的摄像装置)以及投影装置23。此情况下,在投影装置23未将所期望的投影图案投影至工件W的期间中通过单一的摄像装置对工件W进行拍摄而生成的图像数据可被用作工件图像数据IMG_2D。另一方面,在投影装置23将所期望的投影图案投影至工件W的期间中通过单一的摄像装置对工件W进行拍摄而生成的图像数据可被用作工件图像数据IMG_3D。在此情况下,位置算

出部312在图4的步骤S3中,也基于工件图像数据IMG_2D以及由工件图像数据IMG_3D生成的工件形状数据WSD来算出工件W的位置。具体而言,2D匹配部3121可通过进行2D匹配处理来算出位置Tx(2D)、位置Ty(2D)、位置Tz(2D)、位置Rx(2D)、位置Ry(2D)及位置Rz(2D)中的至少一个作为2D摄像坐标系中的工件W的位置。3D匹配部3122可通过进行3D匹配处理来算出位置Tx(3D)、位置Ty(3D)、位置Tz(3D)、位置Rx(3D)、位置Ry(3D)及位置Rz(3D)中的至少一个作为3D摄像坐标系中的工件W的位置。2D跟踪部3123可通过进行2D跟踪处理来算出变化量 $\Delta Tx(2D)$ 、变化量 $\Delta Ty(2D)$ 、变化量 $\Delta Tz(2D)$ 、变化量 $\Delta Rx(2D)$ 、变化量 $\Delta Ry(2D)$ 及变化量 $\Delta Rz(2D)$ 中的至少一个。3D跟踪部3124可通过进行3D跟踪处理来算出变化量 $\Delta Tx(3D)$ 、变化量 $\Delta Ty(3D)$ 、变化量 $\Delta Tz(3D)$ 、变化量 $\Delta Rx(3D)$ 、变化量 $\Delta Ry(3D)$ 及变化量 $\Delta Rz(3D)$ 中的至少一个。但是,在摄像单元2包括摄像装置21及摄像装置22中的任意一者(即,单一的摄像装置)的情况下,2D摄像坐标系与3D摄像坐标系成为同一坐标系。因此,可以说2D匹配部3121及3D匹配部3122算出了同一坐标系中的工件W的6DOF的位置。同样地,可以说2D跟踪部3123及3D跟踪部3124算出了同一坐标系中的工件W的6DOF的位置的变化量。然后,坐标转换部3125可通过使用2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果、2D跟踪处理的结果及3D跟踪处理来算出总体坐标系中的工件W的位置。此外,在2D摄像坐标系与3D摄像坐标系成为同一坐标系的情况下,坐标转换部3125也可不进行使用了所述转换矩阵M32或转换矩阵M23的坐标转换。其原因在于:2D匹配处理的结果及3D匹配处理的结果可视为已经示出了可用作共同坐标系的同一坐标系中的工件W的6DOF的位置,2D跟踪处理的结果及3D跟踪处理的结果可视为已经示出了可用作共同坐标系的同一坐标系中的工件W的6DOF的位置的变化量。然后,信号生成部313可基于所算出的工件W的位置来生成机器人控制信号。

[0238] 摄像单元2也可为包括作为立体照相机的摄像装置22且另一方面不包括摄像装置21。此情况下,通过摄像装置22所包括的两个单眼照相机中的任意一者对工件W进行拍摄而生成的图像数据可被用作工件图像数据IMG_2D。另一方面,表示通过摄像装置22所包括的两个单眼照相机两者对工件W进行拍摄而分别生成的两个图像的图像数据可被用作工件图像数据IMG_3D。在此情况下,位置算出部312在图4的步骤S3中,也基于工件图像数据IMG_2D以及由工件图像数据IMG_3D生成的工件形状数据WSD来算出工件W的位置。具体而言,2D匹配部3121可通过进行2D匹配处理来算出位置Tx(2D)、位置Ty(2D)、位置Tz(2D)、位置Rx(2D)、位置Ry(2D)及位置Rz(2D)中的至少一个作为2D摄像坐标系中的工件W的位置。3D匹配部3122可通过进行3D匹配处理来算出位置Tx(3D)、位置Ty(3D)、位置Tz(3D)、位置Rx(3D)、位置Ry(3D)及位置Rz(3D)中的至少一个作为3D摄像坐标系中的工件W的位置。2D跟踪部3123可通过进行2D跟踪处理来算出变化量 $\Delta Tx(2D)$ 、变化量 $\Delta Ty(2D)$ 、变化量 $\Delta Tz(2D)$ 、变化量 $\Delta Rx(2D)$ 、变化量 $\Delta Ry(2D)$ 及变化量 $\Delta Rz(2D)$ 中的至少一个。3D跟踪部3124可通过进行3D跟踪处理来算出变化量 $\Delta Tx(3D)$ 、变化量 $\Delta Ty(3D)$ 、变化量 $\Delta Tz(3D)$ 、变化量 $\Delta Rx(3D)$ 、变化量 $\Delta Ry(3D)$ 及变化量 $\Delta Rz(3D)$ 中的至少一个。此外,在作为立体照相机的摄像装置22生成工件图像数据IMG_2D及工件图像数据IMG_3D的情况下,2D摄像坐标系与3D摄像坐标系可成为同一坐标系,2D摄像坐标系与3D摄像坐标系也可成为相互不同的坐标系。例如,沿着两个单眼照相机中的一个单眼照相机的光轴而延伸的轴成为Z轴的坐标系可被用作2D摄像坐标系及3D摄像坐标系的各者。此情况下,2D摄像坐标系与3D摄像坐标系可成为同一坐标系。或者,也可为:沿着两个单眼照相机中的一个单眼照相机的光轴延伸的轴成为Z轴

的坐标系被用作2D摄像坐标系,沿着两个单眼照相机中的另一个单眼照相机的光轴延伸的轴成为Z轴的坐标系被用作3D摄像坐标系的各者。此情况下,2D摄像坐标系与3D摄像坐标系可成为相互不同的坐标系。在2D摄像坐标系与3D摄像坐标系成为同一坐标系的情况下,可以说2D匹配部3121及3D匹配部3122算出了同一坐标系中的工件W的6DOF的位置。同样地,可以说2D跟踪部3123及3D跟踪部3124算出了同一坐标系中的工件W的6DOF的位置的变化量。然后,坐标转换部3125可通过使用2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果、2D跟踪处理的结果及3D跟踪处理来算出总体坐标系中的工件W的位置。此外,在2D摄像坐标系与3D摄像坐标系成为同一坐标系的情况下,坐标转换部3125也可不进行使用了所述转换矩阵M32或转换矩阵M23的坐标转换。其原因在于:2D匹配处理的结果及3D匹配处理的结果可视为已经示出了可用作共同坐标系的同一坐标系中的工件W的6DOF的位置,2D跟踪处理的结果及3D跟踪处理的结果可视为已经示出了可用作共同坐标系的同一坐标系中的工件W的6DOF的位置的变化量。然后,信号生成部313可基于所算出的工件W的位置来生成机器人控制信号。

[0239] (4-4-3) 控制装置3的变形例

[0240] 在上述说明中,控制装置3(特别是形状数据生成部311)从工件图像数据IMG_3D生成了工件形状数据WSD。然而,也可为与控制装置3不同的装置从工件图像数据IMG_3D生成工件形状数据WSD。例如,也可为生成工件图像数据IMG_3D的摄像单元2从工件图像数据IMG_3D生成工件形状数据WSD。此情况下,控制装置3可从与控制装置3不同的装置获取工件形状数据WSD。控制装置3可使用从与控制装置3不同的装置获取的工件形状数据WSD来进行所述3D匹配处理及3D跟踪处理中的至少一个。例如,在摄像单元2从工件图像数据IMG_3D生成工件形状数据WSD的情况下,控制装置3可从摄像单元2获取工件形状数据WSD,并进行所述3D匹配处理及3D跟踪处理中的至少一个。

[0241] 在上述说明中,在2D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,坐标转换部3215使用转换矩阵M32,将位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 及位置 $R_y'(3D)$ 转换为位置 $T_z'(2D)$ 、位置 $R_x'(2D)$ 及位置 $R_y'(2D)$ 。然而,坐标转换部3215也可通过以下方法算出位置 $T_z'(2D)$ 、位置 $R_x'(2D)$ 及位置 $R_y'(2D)$ 。具体而言,坐标转换部3215除了算出位置 $T_z'(3D)$ 、位置 $R_x'(3D)$ 及位置 $R_y'(3D)$ 之外,也可通过将变化量 $\Delta T_x(3D)$ 与位置 $T_x(3D)$ 相加来算出位置 $T_x'(3D)$,通过将变化量 $\Delta T_y(3D)$ 与位置 $T_y(3D)$ 相加来算出位置 $T_y'(3D)$,并通过将变化量 $\Delta R_z(3D)$ 与位置 $R_z(3D)$ 相加来算出位置 $R_z'(3D)$ 。此外,通过将变化量 $\Delta T_x(3D)$ 与位置 $T_x(3D)$ 相加来算出位置 $T_x'(3D)$ 的方法、通过将变化量 $\Delta T_y(3D)$ 与位置 $T_y(3D)$ 相加来算出位置 $T_y'(3D)$ 的方法、及通过将变化量 $\Delta R_z(3D)$ 与位置 $R_z(3D)$ 相加来算出位置 $R_z'(3D)$ 的方法可与已经说明完毕的通过将变化量 $\Delta T_z(3D)$ 与位置 $T_z(3D)$ 相加来算出位置 $T_z'(3D)$ 的方法相同,因此省略其详细说明。即,坐标转换部3215可基于3D匹配处理的结果及3D跟踪处理的结果来算出3D摄像坐标系中的6DOF的位置。然后,坐标转换部3215可使用用于算出刚体转换矩阵的公知方法并根据3D摄像坐标系中的6DOF的位置来算出刚体转换矩阵RTM30。然后,坐标转换部3215可通过算出刚体转换矩阵RTM30与转换矩阵M32的乘积来算出表示2D摄像坐标系中的6DOF的位置的转换矩阵TM30。然后,坐标转换部3215可使用公知方法,根据所算出的转换矩阵TM30,算出2D摄像坐标系中的6DOF的位置。然后,坐标转换部3215可从所算出的2D摄像坐标系中的6DOF的位置中,提取2D摄像坐标系的Z轴方向(2D)上的位置、2D摄像坐标系的绕X轴(2D)的旋转方向上的位置及2D摄像坐标系的绕Y轴(2D)的旋转方向上的位置分别作为位

置 T_z' (2D)、位置 R_x' (2D) 及位置 R_y' (2D)。

[0242] 在使用刚体转换矩阵算出位置 T_z' (2D) 的情况下, 所算出的位置 T_z' (2D) 是基于3D匹配处理的结果及3D跟踪处理的结果而算出的3D摄像坐标系中的6DOF的位置的各成分参与了其算出的位置。即, 所算出的位置 T_z' (2D) 为如下位置: 不仅位置 T_z' (3D) 的成分参与了其算出, 而且位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D)、位置 R_x' (3D)、位置 R_y' (3D) 及位置 R_z' (3D) 的各成分也参与了其算出。此情况下, 2D摄像坐标系越接近3D摄像坐标系, 则位置 T_z' (3D) 在位置 T_z' (2D) 的算出中的参与程度越高。位置 T_z' (3D) 在位置 T_z' (2D) 的算出中的参与程度越高, 则所算出的位置 T_z' (2D) 的精度越高。在使用刚体转换矩阵算出位置 R_x' (2D) 及位置 R_y' (2D) 的情况下, 根据同样的理由, 2D摄像坐标系越接近3D摄像坐标系, 则所算出的位置 R_x' (2D) 及位置 R_y' (2D) 的精度也越高。因此, 摄像装置21及摄像装置22可以2D摄像坐标系尽可能接近3D摄像坐标系的方式配置。例如, 摄像装置21及摄像装置22可以2D摄像坐标系的X轴(2D) 尽可能接近3D摄像坐标系的X轴(3D) 的方式配置。摄像装置21及摄像装置22也可以2D摄像坐标系的Y轴(2D) 尽可能接近3D摄像坐标系的Y轴(3D) 的方式配置。摄像装置21及摄像装置22还可以2D摄像坐标系的Z轴(2D) 尽可能接近3D摄像坐标系的Z轴(3D) 的方式配置。

[0243] 另一方面, 在上述说明中, 在3D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下, 坐标转换部3215使用转换矩阵 M_{23} , 将位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 转换为位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D) 及位置 R_z' (3D)。然而, 坐标转换部3215也可通过以下方法算出位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D) 及位置 R_z' (3D)。具体而言, 坐标转换部3215除了算出位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 之外, 也可通过将变化量 ΔT_z (2D) 与位置 T_z (2D) 相加来算出位置 T_z' (2D), 通过将变化量 ΔR_x (2D) 与位置 R_x (2D) 相加来算出位置 R_x' (2D), 并通过将变化量 ΔR_y (2D) 与位置 R_y (2D) 相加来算出位置 R_y' (2D)。此外, 通过将变化量 ΔT_z (2D) 与位置 T_z (2D) 相加来算出位置 T_z' (2D) 的方法、通过将变化量 ΔR_x (2D) 与位置 R_x (2D) 相加来算出位置 R_x' (2D) 的方法、及通过将变化量 ΔR_y (2D) 与位置 R_y (2D) 相加来算出位置 R_y' (2D) 的方法可与已经说明完毕的通过将变化量 ΔT_x (2D) 与位置 T_x (2D) 相加来算出位置 T_x' (2D) 的方法相同, 因此省略其详细说明。即, 坐标转换部3215可基于2D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果来算出2D摄像坐标系中的6DOF的位置。然后, 坐标转换部3215可使用用于算出刚体转换矩阵的公知方法并根据2D摄像坐标系中的6DOF的位置来算出刚体转换矩阵 RTM_{20} 。然后, 坐标转换部3215可通过算出刚体转换矩阵 RTM_{20} 与转换矩阵 M_{21} 的乘积来算出表示3D摄像坐标系中的6DOF的位置的转换矩阵 TM_{20} 。然后, 坐标转换部3215可根据所算出的转换矩阵 TM_{20} 来算出3D摄像坐标系中的6DOF的位置。然后, 坐标转换部3215可使用公知方法, 从所算出的3D摄像坐标系中的6DOF的位置中, 提取3D摄像坐标系的X轴方向(3D) 上的位置、3D摄像坐标系的Y轴方向(3D) 上的位置及3D摄像坐标系的绕Z轴(3D) 的旋转方向上的位置分别作为位置 T_x' (3D)、位置 T_y' (3D) 及位置 R_z' (3D)。

[0244] 在使用刚体转换矩阵算出位置 T_x' (3D) 的情况下, 所算出的位置 T_x' (3D) 是基于2D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果而算出的2D摄像坐标系中的6DOF的位置的各成分参与了其算出的位置。即, 所算出的位置 T_x' (3D) 为如下位置: 不仅位置 T_x' (2D) 的成分参与了其算出, 而且位置 T_y' (2D)、位置 T_z' (2D)、位置 R_x' (2D)、位置 R_y' (2D) 及位置 R_z' (2D) 的各成分也参与了其算出。此情况下, 2D摄像坐标系越接近3D摄像坐标系, 则位置 T_x' (2D) 在位置 T_x' (3D) 的算出中的参与程度越高。位置 T_x' (2D) 在位置 T_x' (3D) 的算出中的参与程度越高,

则所算出的位置 T_x' (3D) 的精度越高。在使用刚体转换矩阵算出位置 T_y' (3D) 及位置 T_z' (3D) 的情况下, 根据同样的理由, 2D摄像坐标系越接近3D摄像坐标系, 则所算出的位置 T_y' (3D) 及位置 T_z' (3D) 的精度也越高。因此, 摄像装置21及摄像装置22可以2D摄像坐标系尽可能接近3D摄像坐标系的方式配置。例如, 摄像装置21及摄像装置22可以2D摄像坐标系的X轴 (2D) 尽可能接近3D摄像坐标系的X轴 (3D) 的方式配置。摄像装置21及摄像装置22也可以2D摄像坐标系的Y轴 (2D) 尽可能接近3D摄像坐标系的Y轴 (3D) 的方式配置。摄像装置21及摄像装置22还可以2D摄像坐标系的Z轴 (2D) 尽可能接近3D摄像坐标系的Z轴 (3D) 的方式配置。

[0245] 此外, 坐标转换部3125在将位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)、位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D)、位置 R_y (3D) 及位置 R_z (2D) 转换为共同坐标系内的位置时, 也可使用所述刚体转换矩阵。坐标转换部3125在将变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D)、变化量 ΔR_y (3D) 及变化量 ΔR_z (2D) 转换为共同坐标系内的变化量时, 也可使用所述刚体转换矩阵。

[0246] 作为一例, 在上述说明中, 在2D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下, 坐标转换部3215使用转换矩阵 M_{32} , 将位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 转换为作为共同坐标系的2D摄像坐标系内的位置 T_z (2D_conv)、位置 R_x (2D_conv) 及位置 R_y (2D_conv)。同样地, 坐标转换部3125使用转换矩阵 M_{32} , 将变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D) 及变化量 ΔR_y (3D) 转换为作为共同坐标系的2D摄像坐标系内的变化量 ΔT_z (2D_conv)、变化量 ΔR_x (2D_conv) 及变化量 ΔR_y (2D_conv)。另一方面, 在使用刚体转换矩阵的情况下, 坐标转换部3215可使用用于算出刚体转换矩阵的公知方法, 根据通过3D匹配处理而算出的3D摄像坐标系中的6DOF的位置 (即, 位置 T_z (3D)、位置 T_y (3D)、位置 T_x (3D)、位置 R_x (3D)、位置 R_y (3D) 及位置 R_z (3D)) 来算出刚体转换矩阵 RTM_{31} 。然后, 坐标转换部3215可算出刚体转换矩阵 RTM_{31} 与转换矩阵 M_{32} 的乘积, 由此算出表示2D摄像坐标系中的6DOF的位置的转换矩阵 TM_{31} 。然后, 坐标转换部3215可使用公知方法, 根据所算出的转换矩阵 TM_{31} 来算出2D摄像坐标系中的6DOF的位置。然后, 坐标转换部3215可从所算出的2D摄像坐标系中的6DOF的位置中, 提取2D摄像坐标系的Z轴方向 (2D) 上的位置、2D摄像坐标系的绕X轴 (2D) 的旋转方向上的位置及2D摄像坐标系的绕Y轴 (2D) 的旋转方向上的位置分别作为位置 T_z (2D_conv)、位置 R_x (2D_conv) 及位置 R_y (2D_conv)。同样地, 坐标转换部3215可使用用于算出刚体转换矩阵的公知技术, 根据通过3D跟踪处理而算出的3D摄像坐标系中的6DOF的位置的变化量 (即, 变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔT_y (3D)、变化量 ΔT_x (3D)、变化量 ΔR_x (3D)、变化量 ΔR_y (3D) 及变化量 ΔR_z (3D)) 来算出刚体转换矩阵 RTM_{32} 。然后, 坐标转换部3215可算出刚体转换矩阵 RTM_{32} 与转换矩阵 M_{32} 的乘积, 由此算出转换矩阵 TM_{32} 。然后, 坐标转换部3215可根据所算出的转换矩阵 TM_{32} 来算出2D摄像坐标系中的6DOF的位置的变化量。然后, 坐标转换部3215可从所算出的2D摄像坐标系中的6DOF的位置的变化量中, 提取2D摄像坐标系的Z轴方向 (2D) 上的位置的变化量、2D摄像坐标系的绕X轴 (2D) 的旋转方向上的位置的变化量及2D摄像坐标系的绕Y轴 (2D) 的旋转方向上的位置的变化量分别作为变化量 ΔT_z (2D_conv)、变化量 ΔR_x (2D_conv) 及变化量 ΔR_y (2D_conv)。此外, 在此情况下, 根据已经说明完毕的理由, 2D摄像坐标系越接近3D摄像坐标系, 则所算出的位置 T_z (2D_conv)、位置 R_x (2D_conv) 及位置 R_y (2D_conv)、以及变化量 ΔT_z (2D_conv)、变化量 ΔR_x (2D_conv) 及变化量 ΔR_y (2D_conv) 的精度也越高。因此, 摄像装置21及摄像装置22可以2D摄像坐标系尽可能接近3D摄像坐标系的方式配置。

[0247] 作为另一例,在上述说明中,在3D摄像坐标系被用作共同坐标系的情况下,坐标转换部3215使用转换矩阵M23,将位置Tx(2D)、位置Ty(2D)及位置Rz(2D)转换为作为共同坐标系的3D摄像坐标系内的位置Tx(3D_conv)、位置Ty(3D_conv)及位置Rz(3D_conv)。同样地,坐标转换部3125使用转换矩阵M23,将变化量 $\Delta Tx(2D)$ 、变化量 $\Delta Ty(2D)$ 及变化量 $\Delta Rz(2D)$ 转换为作为共同坐标系的3D摄像坐标系内的变化量 $\Delta Tx(3D_conv)$ 、变化量 $\Delta Ty(3D_conv)$ 及变化量 $\Delta Rz(3D_conv)$ 。另一方面,在使用刚体转换矩阵的情况下,坐标转换部3215可使用用于算出刚体转换矩阵的公知方法,根据通过2D匹配处理而算出的2D摄像坐标系中的6DOF的位置(即,位置Tz(2D)、位置Ty(2D)、位置Tx(2D)、位置Rx(2D)、位置Ry(2D)及位置Rz(2D))来算出刚体转换矩阵RTM21。然后,坐标转换部3215可算出刚体转换矩阵RTM21与转换矩阵M23的乘积,由此算出表示3D摄像坐标系中的6DOF的位置的转换矩阵TM21。然后,坐标转换部3215可使用公知方法,根据所算出的转换矩阵TM21来算出3D摄像坐标系中的6DOF的位置。然后,坐标转换部3215可从所算出的3D摄像坐标系中的6DOF的位置中,提取3D摄像坐标系的X轴方向(3D)上的位置、3D摄像坐标系的Y轴方向(3D)上的位置及3D摄像坐标系的绕Z轴(3D)的旋转方向上的位置分别作为位置Tx(3D_conv)、位置Ty(3D_conv)及位置Rz(3D_conv)。同样地,坐标转换部3215可使用用于算出刚体转换矩阵的公知技术,根据通过2D跟踪处理而算出的2D摄像坐标系中的6DOF的位置的变化量(即,变化量 $\Delta Tz(2D)$ 、变化量 $\Delta Ty(2D)$ 、变化量 $\Delta Tx(2D)$ 、变化量 $\Delta Rx(2D)$ 、变化量 $\Delta Ry(2D)$ 及变化量 $\Delta Rz(2D)$)来算出刚体转换矩阵RTM22。然后,坐标转换部3215可算出刚体转换矩阵RTM22与转换矩阵M23的乘积,由此算出转换矩阵TM22。然后,坐标转换部3215可根据所算出的转换矩阵TM22,算出3D摄像坐标系中的6DOF的位置的变化量。然后,坐标转换部3215可从所算出的3D摄像坐标系中的6DOF的位置的变化量中,提取3D摄像坐标系的X轴方向(3D)上的位置的变化量、3D摄像坐标系的Y轴方向(3D)上的位置的变化量及3D摄像坐标系的绕Z轴(3D)的旋转方向上的位置的变化量分别作为变化量 $\Delta Tx(3D_conv)$ 、变化量 $\Delta Ty(3D_conv)$ 及变化量 $\Delta Rz(3D_conv)$ 。另外,在此情况下,根据已经说明完毕的理由,2D摄像坐标系越接近3D摄像坐标系,则所算出的位置Tx(3D_conv)、位置Ty(3D_conv)及位置Rz(3D_conv)、以及变化量 $\Delta Tx(3D_conv)$ 、变化量 $\Delta Ty(3D_conv)$ 及变化量 $\Delta Rz(3D_conv)$ 的精度也越高。因此,摄像装置21及摄像装置22可以2D摄像坐标系尽可能接近3D摄像坐标系的方式配置。

[0248] 在上述说明中,控制装置3基于位置Tx'(2D)、位置Ty'(2D)、位置Tz'(3D)、位置Rx'(3D)、位置Ry'(3D)及位置Rz'(2D)算出了总体坐标系内的工件W的位置。然而,控制装置3也可不使用位置Tx'(2D)、位置Ty'(2D)、位置Tz'(3D)、位置Rx'(3D)、位置Ry'(3D)及位置Rz'(2D)中的至少一个而算出总体坐标系内的工件W的位置。例如,控制装置3可基于位置Tx(3D)以及变化量 $\Delta Tx(3D)$ 来算出位置Tx'(3D),并基于所算出的位置Tx'(3D)来算出总体坐标系内的工件W的位置。控制装置3可基于位置Ty(3D)以及变化量 $\Delta Ty(3D)$ 来算出位置Ty'(3D),并基于所算出的位置Ty'(3D)来算出总体坐标系内的工件W的位置。控制装置3可基于位置Tz(2D)以及变化量 $\Delta Tz(2D)$ 来算出位置Tz'(2D),并基于所算出的位置Tz'(2D)来算出总体坐标系内的工件W的位置。控制装置3可基于位置Rx(2D)以及变化量 $\Delta Rx(2D)$ 来算出位置Rx'(2D),并基于所算出的位置Rx'(2D)来算出总体坐标系内的工件W的位置。控制装置3可基于位置Ry(2D)以及变化量 $\Delta Ry(2D)$ 来算出位置Ry'(2D),并基于所算出的位置Ry'(2D)来算出总体坐标系内的工件W的位置。控制装置3可基于位置Rz(3D)以及变化量 $\Delta Rz(3D)$ 来

算出位置 R_z' (3D), 并基于所算出的位置 R_z' (3D) 来算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0249] 在上述说明中, 控制装置3基于变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D)、变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D) 及位置 R_z (2D)、以及位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 算出了总体坐标系内的工件W的位置。然而, 控制装置3也可不使用变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D)、变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D) 及变化量 ΔR_y (3D)、位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D) 及位置 R_z (2D)、以及位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 中的至少一个而算出总体坐标系内的工件W的位置。例如, 控制装置3可基于2D匹配处理部3121所算出的6DOF的位置、3D匹配处理部3122所算出的6DOF的位置、2D跟踪处理部3123所算出的6DOF的位置的变化量、及3D跟踪处理部3124所算出的6DOF的位置的变化量中的至少一个来算出总体坐标系内的工件W的位置。

[0250] 在上述说明中, 控制装置3基于2D跟踪处理的结果对2D匹配处理的结果进行校正, 且基于3D跟踪处理的结果对3D匹配处理的结果进行校正, 由此算出了总体坐标系中的工件W的位置。然而, 控制装置3也可不使用2D跟踪处理及3D跟踪处理的结果, 而基于2D匹配处理及3D匹配处理的结果来算出总体坐标系中的工件W的位置。例如, 坐标转换部3125可将通过2D匹配处理而算出的位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D) 及位置 R_z (2D) 用作位置 T_x' (2D)、位置 T_y' (2D) 及位置 R_z' (2D), 且将通过3D匹配处理而算出的位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D) 及位置 R_y (3D) 用作位置 T_z' (3D)、位置 R_x' (3D) 及位置 R_y' (3D)。即便在此情况下, 控制装置3为了享有可以高精度算出工件W的位置的效果而考虑了在算出总体坐标系内的工件W的位置的过程中在中间算出的工件W的6DOF的位置精度的差异这一方面也没有变化。因此, 与不考虑在中间算出的工件W的6DOF的位置精度的差异的情况相比, 控制装置3可相应地以高精度算出工件W的位置。因此, 机器人1不会丢失工件W (即, 对象物体), 可相对于工件W而准确且高速地运动 (例如, 准确且高速地追随 (接近) 工件W), 并利用末端执行器13对工件W进行所期望的处理。此外, 机器人1在工件W静止的情况下, 可准确且高速地接近工件W, 并利用末端执行器13对工件W进行所期望的处理。此外, 在此情况下, 控制装置3也可以与2D匹配周期或3D匹配周期对应的周期, 算出 (即, 更新) 总体坐标系内的工件W的位置。其结果, 控制装置3也可以与2D匹配周期或3D匹配周期对应的周期, 向机器人1输出控制信号。

[0251] 如上所述, 2D匹配部3121可算出位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)、位置 T_z (2D)、位置 R_x (2D)、位置 R_y (2D) 及位置 R_z (2D)。3D匹配部3122可利用位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)、位置 T_z (2D)、位置 R_x (2D)、位置 R_y (2D) 及位置 R_z (2D) 来算出位置 T_x (3D)、位置 T_y (3D)、位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D)、位置 R_y (3D) 及位置 R_z (3D)。例如, 3D匹配部3122可利用位置 T_x (2D)、位置 T_y (2D)、位置 T_z (2D)、位置 R_x (2D)、位置 R_y (2D) 及位置 R_z (2D), 选择工件形状数据WSD中的一部分数据部分作为要进行3D匹配处理的3D匹配对象数据, 并进行使用了所选择的3D匹配对象数据的3D匹配处理, 由此算出位置 T_x (3D)、位置 T_y (3D)、位置 T_z (3D)、位置 R_x (3D)、位置 R_y (3D) 及位置 R_z (3D)。

[0252] 如上所述, 2D跟踪部3123可算出变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (2D)、变化量 ΔR_x (2D)、变化量 ΔR_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D)。此情况下, 3D跟踪部3124可不算出变化量 ΔT_x (3D)、变化量 ΔT_y (3D)、变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D)、变化量 ΔR_y (3D) 及变化量 ΔR_z (3D)。或者, 3D跟踪部3124即便算出了变化量 ΔT_x (3D)、变化量 ΔT_y (3D)、变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D)、变化量 ΔR_y (3D) 及变化量 ΔR_z (3D) 中的至少一

个,也可不将此算出的工件W的位置的变化量输出至坐标转换部3125。在3D跟踪部3124不算出变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 、变化量 $\Delta T_z(3D)$ 、变化量 $\Delta R_x(3D)$ 、变化量 $\Delta R_y(3D)$ 及变化量 $\Delta R_z(3D)$ 的情况下,位置算出部312也可不包括3D跟踪部3124。此情况下,坐标转换部3125可使用2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果且另一方面不使用3D跟踪处理的结果而算出总体坐标系中的工件W的位置。具体而言,坐标转换部3125可基于2D跟踪处理的结果对2D匹配处理的结果进行校正,且基于2D跟踪处理的结果对3D匹配处理的结果进行校正。例如,坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta T_x(2D)$ 对位置 $T_x(2D)$ 进行校正,由此算出位置 $T_x'(2D)$ 。坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta T_y(2D)$ 对位置 $T_y(2D)$ 进行校正,由此算出 $T_y'(2D)$ 。坐标转换部3125可将2D摄像坐标系中的变化量 $\Delta T_z(2D)$ 转换为3D摄像坐标系中的变化量 $\Delta T_z(3D_conv)$,并基于转换后的变化量 $\Delta T_z(3D_conv)$ 对位置 $T_z(3D)$ 进行校正,由此算出位置 $T_z'(3D)$ 。坐标转换部3125可将2D摄像坐标系中的变化量 $\Delta R_x(2D)$ 转换为3D摄像坐标系中的变化量 $\Delta R_x(3D_conv)$,并基于转换后的变化量 $\Delta R_x(3D_conv)$ 对位置 $R_x(3D)$ 进行校正,由此算出位置 $R_x'(3D)$ 。坐标转换部3125可将2D摄像坐标系中的变化量 $\Delta R_y(2D)$ 转换为3D摄像坐标系中的变化量 $\Delta R_y(3D_conv)$,并基于转换后的变化量 $\Delta R_y(3D_conv)$ 对位置 $R_y(3D)$ 进行校正,由此算出位置 $R_y'(3D)$ 。坐标转换部3125可基于变化量 $\Delta R_z(2D)$ 对位置 $R_z(2D)$ 进行校正,由此算出位置 $R_z'(2D)$ 。之后的处理可与上述处理相同。

[0253] 坐标转换部3125可除了基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果之外,还基于工件形状数据WSD来算出总体坐标系中的工件W的位置。特别是坐标转换部3125可除了基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果之外,还基于由在相互不同的时刻s1及时刻s2中的靠后的时刻s2通过摄像装置22对工件W进行拍摄而生成的工件图像数据IMG_3D#s2所生成的工件形状数据WSD,算出总体坐标系中的工件W的位置。由于信号生成部313基于总体坐标系中的工件W的位置来生成机器人控制信号,因此,在此情况下,信号生成部313可视为除了基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果之外还基于工件形状数据WSD来生成机器人控制信号。

[0254] 所述2D跟踪部3123可基于在相互不同的时刻t1及时刻t2通过摄像装置21对工件W进行拍摄而生成的两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2以及工件形状数据WSD,算出2D摄像坐标系内的工件W的位置在时刻t1及时刻t2之间的变化量。例如,2D跟踪部3123可基于两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2以及工件形状数据WSD,算出所述变化量 $\Delta T_x(2D)$ 、变化量 $\Delta T_y(2D)$ 、变化量 $\Delta T_z(2D)$ 、变化量 $\Delta R_x(2D)$ 、变化量 $\Delta R_y(2D)$ 及变化量 $\Delta R_z(2D)$ 中的至少一个。特别是2D跟踪部3123可基于两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2、以及由在相互不同的时刻s1及时刻s2中的靠后的时刻s2通过摄像装置22对工件W进行拍摄而生成的工件图像数据IMG_3D#s2所生成的工件形状数据WSD,算出工件W的位置的变化量。此情况下,坐标转换部3125可基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果(即,基于两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2以及工件形状数据WSD而算出的变化量),算出总体坐标系中的工件W的位置。由于信号生成部313基于总体坐标系中的工件W的位置来生成机器人控制信号,因此,在此情况下,信号生成部313可视为是基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及2D跟踪处理的结果(即,基于两个工件图像数据IMG_2D#t1及IMG_2D#t2以及工件形状数据WSD而算出的变化量)来生成机器人控制信号。

[0255] 如上所述,3D跟踪部3124可算出变化量 $\Delta T_x(3D)$ 、变化量 $\Delta T_y(3D)$ 、变化量 ΔT_z

(3D)、变化量 ΔR_x (3D)、变化量 ΔR_y (3D) 及变化量 ΔR_z (3D)。此情况下,2D跟踪部3123也可不算出变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (2D)、变化量 ΔR_x (2D)、变化量 ΔR_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D)。或者,2D跟踪部3123即便算出变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (2D)、变化量 ΔR_x (2D)、变化量 ΔR_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 中的至少一个,也可不将此算出的工件W的位置的变化量输出至坐标转换部3125。在2D跟踪部3123不算出变化量 ΔT_x (2D)、变化量 ΔT_y (2D)、变化量 ΔT_z (2D)、变化量 ΔR_x (2D)、变化量 ΔR_y (2D) 及变化量 ΔR_z (2D) 的情况下,位置算出部312也可不包括2D跟踪部3123。此情况下,坐标转换部3125可使用2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及3D跟踪处理的结果且另一方面不使用2D跟踪处理的结果而算出总体坐标系中的工件W的位置。具体而言,坐标转换部3125基于3D跟踪处理的结果对2D匹配处理的结果进行校正,且基于3D跟踪处理的结果对3D匹配处理的结果进行校正。例如,坐标转换部3125可将3D摄像坐标系中的变化量 ΔT_x (3D) 转换为2D摄像坐标系中的变化量 ΔT_x (2D_conv),并基于转换后的变化量 ΔT_x (2D_conv) 对位置 T_x (2D) 进行校正,由此算出位置 T_x' (2D)。坐标转换部3125可将3D摄像坐标系中的变化量 ΔT_y (3D) 转换为2D摄像坐标系中的变化量 ΔT_y (2D_conv),并基于转换后的变化量 ΔT_y (2D_conv) 对位置 T_y (2D) 进行校正,由此算出 T_y' (2D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔT_z (3D) 对位置 T_z (3D) 进行校正,由此算出位置 T_z' (3D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔR_x (3D) 对位置 R_x (3D) 进行校正,由此算出位置 R_x' (3D)。坐标转换部3125可基于变化量 ΔR_y (3D) 对位置 R_y (3D) 进行校正,由此算出位置 R_y' (3D)。坐标转换部3125可将3D摄像坐标系中的变化量 ΔR_z (3D) 转换为2D摄像坐标系中的变化量 ΔR_z (2D_conv),并基于转换后的变化量 ΔR_z (2D_conv) 对位置 R_z (2D) 进行校正,由此算出位置 R_z' (2D)。之后的处理可与上述处理相同。此外,与上述同样地,坐标转换部3125也可使用刚体转换矩阵来算出变化量 ΔT_x (2D_conv)、变化量 ΔT_y (2D_conv) 及变化量 ΔR_z (2D_conv)。

[0256] 所述3D跟踪部3124可基于在相互不同的时刻 t_1 及时刻 t_2 通过摄像装置21对工件W进行拍摄而生成的两个工件图像数据 $IMG_2D\#t_1$ 及 $IMG_2D\#t_2$ 以及工件形状数据WSD,算出3D摄像坐标系内的工件W的位置在时刻 t_1 及时刻 t_2 之间的变化量。例如,3D跟踪部3124可基于两个工件图像数据 $IMG_2D\#t_1$ 及 $IMG_2D\#t_2$ 以及工件形状数据WSD,算出所述变化量 ΔT_x (3D)、变化量 ΔT_y (3D)、变化量 ΔT_z (3D)、变化量 ΔR_x (3D)、变化量 ΔR_y (3D) 及变化量 ΔR_z (3D) 中的至少一个。特别是3D跟踪部3124可基于两个工件图像数据 $IMG_2D\#t_1$ 及 $IMG_2D\#t_2$ 、以及由在相互不同的时刻 s_1 及时刻 s_2 中的靠后的时刻 s_2 通过摄像装置22对工件W进行拍摄而生成的工件图像数据 $IMG_3D\#s_2$ 所生成的工件形状数据WSD,算出工件W的位置的变化量。此情况下,坐标转换部3125可基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及3D跟踪处理的结果(即,基于两个工件图像数据 $IMG_2D\#t_1$ 及 $IMG_2D\#t_2$ 以及工件形状数据WSD而算出的变化量),算出总体坐标系中的工件W的位置。由于信号生成部313基于总体坐标系中的工件W的位置来生成机器人控制信号,因此,在此情况下,信号生成部313可视为是基于2D匹配处理的结果、3D匹配处理的结果及3D跟踪处理的结果(即,基于两个工件图像数据 $IMG_2D\#t_1$ 及 $IMG_2D\#t_2$ 以及工件形状数据WSD而算出的变化量)来生成机器人控制信号。

[0257] 控制装置3也可包括机器人控制装置14。控制装置3也可作为机器人控制装置14发挥功能。也可在控制装置3的运算装置31内实现能够作为机器人控制装置14发挥功能的逻辑功能块。控制装置3可基于控制装置3所生成的机器人控制信号,对机器人1的动作进行控

制(例如,对内置于机器人手臂12的接头122中的致动器的驱动进行控制)。此情况下,机器人1也可不包括机器人控制装置14。

[0258] 在上述说明中,控制装置3的形状数据生成部311由一个工件图像数据IMG_3D(例如,在摄像装置22为立体照相机的情况下为包含两个图像数据的一个工件图像数据IMG_3D)生成了工件形状数据WSD。然而,形状数据生成部311也可由多个工件图像数据IMG_3D生成工件形状数据WSD。例如,形状数据生成部311也可由从不同方向对工件W进行拍摄而得的多个工件图像数据IMG_3D生成工件形状数据WSD。通过使用从不同方向对工件W进行拍摄而得的多个工件图像数据IMG_3D,可减轻因遮挡(occlusion)等而导致工件形状数据WSD的一部分缺失的情况。信号生成部313可基于通过位置算出部312进行的所述匹配处理及跟踪处理中的至少一个处理而算出的工件W的位置,使摄像单元2(即,机器人手臂11)以所述工件W的位置为起点进行移动,以便能够从不同方向对工件W进行拍摄。即,信号生成部313可生成用于使机器人手臂11以工件W的位置为起点并以能够从不同方向对工件W进行拍摄的方式运行的机器人控制信号,并输出至机器人控制装置14。摄像装置22可随着摄像单元2的以工件W的位置为起点的移动而进行多次拍摄,由此生成从不同方向对工件W进行拍摄而得的多个工件图像数据IMG_3D。形状数据生成部311可针对多个工件图像数据IMG_3D分别通过所述处理而生成形状数据。此外,所述形状数据也可以说是为工件形状数据WSD。形状数据生成部311也可通过利用现有的处理将所生成的多个形状数据合成来生成工件形状数据WSD。例如,在所生成的多个形状数据为多个点云数据的情况下,形状数据生成部311可通过进行基于迭代最近点(Iterative Closest Point,ICP)的处理而将多个点云数据合成。例如,在所生成的多个形状数据为多个深度图像数据的情况下,形状数据生成部311可通过进行使各个深度图像数据所示的深度图像上的特征部位彼此的位置对齐的处理来将多个深度图像数据合成。位置算出部312可使用由形状数据生成部311进行的合成处理而生成的工件形状数据WSD,通过执行所述匹配处理及跟踪处理中的至少一者来算出工件W的位置,信号生成部313为了进行利用末端执行器13对工件W的处理,基于由位置算出部312算出的工件W的位置来生成机器人控制信号,并输出至机器人控制装置14。

[0259] (5) 附记

[0260] 关于以上所说明的实施形态,进一步公开以下附记。

[0261] [附记1]

[0262] 一种控制装置,生成用于控制机器人的控制信号,所述机器人使摄像部移动,

[0263] 所述控制装置包括:

[0264] 运算部,生成所述控制信号;以及

[0265] 输出部,输出由所述运算部生成的所述控制信号,

[0266] 所述运算部

[0267] 基于通过所述摄像部对物体进行拍摄而获取的第一图像数据来算出第一位置,所述第一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,

[0268] 基于由通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而获取的第二图像数据所生成且表

示所述物体的三维形状的形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系相同或不同的第二坐标系内的、与所述第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,并

[0269] 基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号。

[0270] [附记2]

[0271] 根据附记1所述的控制装置,其中,

[0272] 所述第一图像数据是在所述摄像部与所述物体的相对移动过程中通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而生成,

[0273] 所述第二图像数据是在所述相对移动过程中通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而生成。

[0274] [附记3]

[0275] 根据附记1或2所述的控制装置,其中,

[0276] 所述输出部以第一周期输出由所述运算部基于所述第一位置及所述第二位置而生成的所述控制信号。

[0277] [附记4]

[0278] 根据附记1至3中任一项所述的控制装置,其中,

[0279] 为了获取所述第一图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的时刻与为了获取所述第二图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的时刻相同。

[0280] [附记5]

[0281] 根据附记1至4中任一项所述的控制装置,其中,

[0282] 所述运算部

[0283] 基于在相互不同的时刻通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第一图像数据来算出第一变化量,所述第一变化量是所述第一坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,

[0284] 基于由在相互不同的时刻通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第二图像数据分别所生成且表示所述物体的三维形状的两个形状数据来算出第二变化量,所述第二变化量是所述第二坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,并

[0285] 基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量来生成所述控制信号。

[0286] [附记6]

[0287] 根据附记5所述的控制装置,其中,

[0288] 所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量而生成的所述控制信号。

[0289] [附记7]

[0290] 根据附记5或6所述的控制装置,其中,

[0291] 为了获取所述两个第一图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的所述相互不同的时刻与为了获取所述两个第二图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的所述相互不同的时刻相同。

[0292] [附记8]

[0293] 根据附记5至7中任一项所述的控制装置,其中,

[0294] 从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第一图像数据而算出所述第一位置为止的时间、与从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第二图像数据而算出所述第二位置为止的时间中较短的时间比从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第一图像数据而算出所述第一变化量为止的时间、与从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第二图像数据而算出所述第二变化量为止的时间中较长的时间长。

[0295] [附记9]

[0296] 根据附记8所述的控制装置,其中,

[0297] 从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第一图像数据算出所述第一位置为止的时间与从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第二图像数据算出所述第二位置为止的时间相同。

[0298] [附记10]

[0299] 根据附记8或9所述的控制装置,其中,

[0300] 从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第一图像数据而算出所述第一变化量为止的时间与从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第二图像数据而算出所述第二变化量为止的时间相同。

[0301] [附记11]

[0302] 根据附记5至10中任一项所述的控制装置,其中,

[0303] 所述运算部

[0304] 以第三周期算出所述第一位置,

[0305] 以比所述第三周期短的第四周期算出所述第一变化量,

[0306] 以第五周期算出所述第二位置,

[0307] 以比所述第五周期短的第六周期算出所述第二变化量。

[0308] [附记12]

[0309] 根据附记11所述的控制装置,其中,

[0310] 所述第四周期与所述第六周期为相同周期。

[0311] [附记13]

[0312] 根据附记11或12所述的控制装置,其中,

[0313] 所述第四周期与所述第六周期重叠。

[0314] [附记14]

[0315] 根据附记11至13中任一项所述的控制装置,其中,

[0316] 所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量而生成的所述控制信号,

[0317] 所述既定周期与所述第四周期或所述第六周期相同。

- [0318] [附记15]
- [0319] 根据附记11至14中任一项所述的控制装置,其中,
- [0320] 所述第三周期与所述第五周期为相同周期。
- [0321] [附记16]
- [0322] 根据附记11至15中任一项所述的控制装置,其中,
- [0323] 所述第三周期与所述第五周期重叠。
- [0324] [附记17]
- [0325] 根据附记5至16中任一项所述的控制装置,其中,
- [0326] 所述运算部
- [0327] 基于所述第一位置及所述第一变化量来算出第三位置,所述第三位置包含由相互正交的第七轴、第八轴及第九轴规定的共同坐标系内的、与所述第七轴平行的第七方向、与所述第八轴平行的第八方向、及与所述第九轴平行的第九方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第七轴、所述第八轴及所述第九轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,
- [0328] 基于所述第二位置及所述第二变化量来算出第四位置,所述第四位置包含所述共同坐标系内的与所述至少一个方向不同的剩余至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕与所述至少一个轴不同的剩余至少一个轴的姿势中的至少一者,并
- [0329] 基于所述第三位置及所述第四位置来生成所述控制信号。
- [0330] [附记18]
- [0331] 根据附记17所述的控制装置,其中,
- [0332] 所述输出部以第七周期输出由所述运算部基于所述第三位置及所述第四位置而生成的所述控制信号。
- [0333] [附记19]
- [0334] 根据附记17或18所述的控制装置,其中,
- [0335] 所述运算部
- [0336] 以第三周期算出所述第一位置,
- [0337] 以比所述第三周期短的第四周期算出所述第一变化量,
- [0338] 以第五周期算出所述第二位置,
- [0339] 以比所述第五周期短的第六周期算出所述第二变化量,
- [0340] 在作为所述第三周期的一个周期的从新算出所述第一位置至下一次算出所述第一位置之前的期间,每次以所述第四周期新算出所述第一变化量时,基于所述新算出而得的第一变化量与所述新算出而得的第一位置来算出所述第三位置,
- [0341] 在作为所述第五周期的一个周期的从新算出所述第二位置至下一次算出所述第二位置之前的期间,每次以所述第六周期新算出所述第二变化量时,基于所述新算出而得的第二变化量与所述新算出而得的第二位置来算出所述第四位置。
- [0342] [附记20]
- [0343] 根据附记17至19中任一项所述的控制装置,其中,
- [0344] 所述第七轴为所述第一轴,
- [0345] 所述第八轴为所述第二轴,

[0346] 所述第九轴为所述第三轴,

[0347] 所述运算部

[0348] 通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第三位置,并

[0349] 基于通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正而算出的所述第二坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者,算出所述共同坐标系中的所述第四位置。

[0350] [附记21]

[0351] 根据附记17至19中任一项所述的控制装置,其中,

[0352] 所述第七轴为所述第四轴,

[0353] 所述第八轴为所述第五轴,

[0354] 所述第九轴为所述第六轴,

[0355] 基于通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正而算出的所述第一坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者,算出所述共同坐标系中的所述第三位置,并

[0356] 通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第四位置。

[0357] [附记22]

[0358] 根据附记17至19中任一项所述的控制装置,其中,

[0359] 所述第七轴为所述第一轴,

[0360] 所述第八轴为所述第二轴,

[0361] 所述第九轴为所述第三轴,

[0362] 所述运算部

[0363] 通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第三位置,并

[0364] 以基于所述第二变化量而算出的、所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,对基于所述第二位置而算出的、所述共同坐标系中的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者进行校正,由此算出所述第四位置。

[0365] [附记23]

[0366] 根据附记17至19中任一项所述的控制装置,其中,

[0367] 所述第七轴为所述第四轴,

[0368] 所述第八轴为所述第五轴,

[0369] 所述第九轴为所述第六轴,

[0370] 所述运算部

[0371] 以基于所述第一变化量而算出的、所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,对基于所述第一位置而算出的、所述共同坐标系中的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者进行校正,由此算出所述第三位置,并

[0372] 通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第四位置。

[0373] [附记24]

[0374] 根据附记17至20及22中任一项所述的控制装置,其中,

[0375] 所述第三位置包含所述第八方向上的所述物体的位置、所述第九方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第七轴的姿势,

[0376] 所述第四位置包含所述第七方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第八轴的姿势及所述物体绕所述第九轴的姿势,

[0377] 所述第七轴为所述第一轴,

[0378] 所述第八轴为所述第二轴,

[0379] 所述第九轴为所述第三轴,

[0380] 所述第一轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴。

[0381] [附记25]

[0382] 根据附记17至19、21及23中任一项所述的控制装置,其中,

[0383] 所述第三位置包含所述第八方向上的所述物体的位置、所述第九方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第七轴的姿势,

[0384] 所述第四位置包含所述第七方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第八轴的姿势及所述物体绕所述第九轴的姿势,

[0385] 所述第七轴为所述第四轴,

[0386] 所述第八轴为所述第五轴,

[0387] 所述第九轴为所述第六轴,

[0388] 所述第四轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴。

[0389] [附记26]

[0390] 根据附记1至25中任一项所述的控制装置,其中,

[0391] 所述第一轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴,

[0392] 所述第四轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴,

[0393] 所述第一位置包含所述第二方向上的所述物体的位置、所述第三方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第一轴的姿势,

[0394] 所述第二位置包含所述第四方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第五轴的姿势及所述物体绕所述第六轴的姿势。

[0395] [附记27]

[0396] 根据附记5至25中任一项所述的控制装置,其中,

[0397] 所述第一轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴,

[0398] 所述第四轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴,

[0399] 所述第一位置包含所述第二方向上的所述物体的位置、所述第三方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第一轴的姿势，

[0400] 所述第一变化量包含所述第二方向上的所述物体的位置的变化量、所述第三方向上的所述物体的位置的变化量及所述物体绕所述第一轴的姿势的变化量，

[0401] 所述第二位置包含所述第四方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第五轴的姿势及所述物体绕所述第六轴的姿势，

[0402] 所述第二变化量包含所述第四方向上的所述物体的位置的变化量、所述物体绕所述第五轴的姿势的变化量及所述物体绕所述第六轴的姿势的变化量。

[0403] [附记28]

[0404] 根据附记1至27中任一项所述的控制装置,其中,

[0405] 所述运算部

[0406] 使用所述第一图像数据与表示所述物体的基准二维图像的基准图像数据进行匹配处理,由此算出所述第一位置,并

[0407] 使用所述形状数据与表示所述物体的基准三维形状的基准形状数据进行匹配处理,由此算出所述第二位置。

[0408] [附记29]

[0409] 根据附记5至25及27中任一项所述的控制装置,其中,

[0410] 所述运算部

[0411] 进行使用了所述第一图像数据与表示所述物体的基准二维图像的基准图像数据的匹配处理,由此算出所述第一位置,

[0412] 进行使用了所述形状数据与表示所述物体的基准三维形状的基准形状数据的匹配处理,由此算出所述第二位置,

[0413] 进行使用了所述两个第一图像数据中的一个所述第一图像数据中的表示所述物体的第一特征部位的数据部分、与另一个所述第一图像数据中的表示所述物体的所述第一特征部位的数据部分的跟踪处理,由此算出所述第一变化量,并

[0414] 进行使用了所述两个形状数据中的一个所述形状数据中的表示所述物体的第二特征部位的数据部分、与另一个所述形状数据中的表示所述物体的所述第二特征部位的数据部分的跟踪处理,由此算出所述第二变化量。

[0415] [附记30]

[0416] 根据附记28或29所述的控制装置,其中,

[0417] 所述运算部

[0418] 基于所述第一位置,选择所述形状数据中的表示所述物体的至少一部分的形状的数据部分,进行使用了所述选择而得的数据部分与所述基准形状数据的匹配处理,由此算出所述第二位置。

[0419] [附记31]

[0420] 根据附记28至30中任一项所述的控制装置,其中,

[0421] 所述运算部

[0422] 对所述形状数据实施数据删除处理,所述数据删除处理用于删除表示与所述物体不同的其他物体的形状的数据部分,

[0423] 进行使用了实施所述数据删除处理后的所述形状数据与所述基准形状数据的匹配处理,由此算出所述第二位置。

[0424] [附记32]

[0425] 根据附记31所述的控制装置,其中,

[0426] 所述其他物体包含载置所述物体的载置装置。

[0427] [附记33]

[0428] 根据附记1至32中任一项所述的控制装置,其中,

[0429] 在所述机器人上设置有对所述物体进行处理的处理装置,

[0430] 所述机器人使所述处理装置移动。

[0431] [附记34]

[0432] 根据附记33所述的控制装置,其中,

[0433] 所述控制信号是用于控制所述处理装置的信号。

[0434] [附记35]

[0435] 根据附记1至34中任一项所述的控制装置,其中,

[0436] 所述摄像部能够基于所述摄像部对所述物体的摄像结果而自动调整曝光。

[0437] [附记36]

[0438] 根据附记1至35中任一项所述的控制装置,其中,

[0439] 所述运算部

[0440] 对所述第一图像数据及所述第二图像数据中的至少一个实施图像处理,且

[0441] 能够基于实施所述图像处理后的所述第一图像数据来算出所述第一位置,

[0442] 能够基于由所述第二图像数据生成的所述形状数据来算出所述第二位置。

[0443] [附记37]

[0444] 根据权利要求5至25、27及29中任一项所述的控制装置,其中,

[0445] 所述运算部

[0446] 对所述两个第一图像数据及所述两个第二图像数据中的至少一个实施图像处理,且

[0447] 能够基于实施所述图像处理后的所述两个第一图像数据来算出所述第一变化量,

[0448] 能够基于由实施所述图像处理后的所述两个第二图像数据生成的所述第二个形状数据来算出所述第二变化量。

[0449] [附记38]

[0450] 根据附记36或37所述的控制装置,其中,

[0451] 所述图像处理包含伽马校正处理、高动态范围(High Dynamic Range,HDR)处理及噪声去除处理中的至少一个。

[0452] [附记39]

[0453] 根据附记1至38中任一项所述的控制装置,其中,

[0454] 所述摄像部对从所述机器人手臂上所设置的光投影装置投影了图案光的所述物体进行拍摄,由此生成所述第二图像数据及所述两个第二图像数据中的至少一者。

[0455] [附记40]

[0456] 一种控制系统,包括:

- [0457] 根据权利要求1至39中任一项所述的控制装置、以及
- [0458] 所述摄像部。
- [0459] [附记41]
- [0460] 根据附记40所述的控制系统,其中,
- [0461] 所述摄像部包括第一摄像装置以及第二摄像装置,
- [0462] 还包括:
- [0463] 第一滤波器,使来自所述物体的光中的第一波长带的光成分衰减;以及
- [0464] 第二滤波器,使来自所述物体的光中的与所述第一波长带不同的第二波长带的光成分衰减,
- [0465] 所述第一摄像装置经由所述第一滤波器而接受来自所述物体的光,由此对所述物体进行拍摄,
- [0466] 所述第二摄像装置经由所述第二滤波器而接受来自所述物体的光,由此对所述物体进行拍摄。
- [0467] [附记42]
- [0468] 根据附记41所述的控制系统,还包括:
- [0469] 第一照明装置,利用包含所述第一波长带的光成分的第一照明光对所述物体进行照明;以及
- [0470] 第二照明装置,利用包含所述第二波长带的光成分的第二照明光对所述物体进行照明。
- [0471] [附记43]
- [0472] 根据附记41或42所述的控制系统,其中,
- [0473] 所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄的时刻与所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄的时刻相同。
- [0474] [附记44]
- [0475] 一种机器人系统,包括:
- [0476] 根据权利要求1至39中任一项所述的控制装置、
- [0477] 所述摄像部、以及
- [0478] 所述机器人。
- [0479] [附记45]
- [0480] 一种控制方法,生成用于控制机器人的控制信号,所述机器人使摄像部移动,
- [0481] 所述控制方法包括:
- [0482] 基于通过所述摄像部对物体进行拍摄而获取的第一图像数据来算出第一位置,所述第一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;
- [0483] 基于由通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而获取的所述第二图像数据所生成且表示所述物体的三维形状的形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系相同或不同的第二坐标系内的、与所述

第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者；以及

[0484] 基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号。

[0485] [附记46]

[0486] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记45所述的控制方法。

[0487] [附记47]

[0488] 一种控制装置,生成用于控制机器人的控制信号,所述机器人使摄像部移动,

[0489] 所述控制装置包括:

[0490] 运算部,生成所述控制信号;以及

[0491] 输出部,输出由所述运算部生成的所述控制信号,

[0492] 所述运算部

[0493] 基于通过所述摄像部对物体进行拍摄而获取的第一图像数据来算出第一位置,所述第一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,

[0494] 从所述摄像部获取形状数据,所述形状数据是利用所述摄像部而由通过所述摄像部对所述物体进行拍摄所获取的所述第二图像数据生成,且表示所述物体的三维形状,

[0495] 基于所述形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系相同或不同的第二坐标系内的、与所述第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,并

[0496] 基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号。

[0497] [附记48]

[0498] 根据附记47所述的控制装置,其中,

[0499] 所述第一图像数据是在所述摄像部与所述物体的相对移动过程中通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而生成,

[0500] 所述第二图像数据是在所述相对移动过程中通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而生成。

[0501] [附记49]

[0502] 根据附记47或48所述的控制装置,其中,

[0503] 所述输出部以第一周期输出由所述运算部基于所述第一位置及所述第二位置而生成的所述控制信号。

[0504] [附记50]

[0505] 根据附记47至49中任一项所述的控制装置,其中,

[0506] 为了获取所述第一图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的时刻与为了获取所述第二图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的时刻相同。

[0507] [附记51]

[0508] 根据附记47至50中任一项所述的控制装置,其中,

[0509] 所述运算部

[0510] 基于在相互不同的时刻通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第一图像数据来算出第一变化量,所述第一变化量是所述第一坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,

[0511] 基于由在相互不同的时刻通过所述摄像部对所述物体进行拍摄而获取的两个所述第二图像数据分别所生成且表示所述物体的三维形状的两个形状数据来算出第二变化量,所述第二变化量是所述第二坐标系内的、所述相互不同的时刻间的、所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,并

[0512] 基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量来生成所述控制信号。

[0513] [附记52]

[0514] 根据附记51所述的控制装置,其中,

[0515] 所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量而生成的所述控制信号。

[0516] [附记53]

[0517] 根据附记51或52所述的控制装置,其中,

[0518] 为了获取所述两个第一图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的所述相互不同的时刻与为了获取所述两个第二图像数据而由所述摄像部对所述物体进行拍摄的所述相互不同的时刻相同。

[0519] [附记54]

[0520] 根据附记51至5中任一项所述的控制装置,其中,

[0521] 从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第一图像数据而算出所述第一位置为止的时间、与从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第二图像数据而算出所述第二位置为止的时间中较短的时间比从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第一图像数据而算出所述第一变化量为止的时间、与从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第二图像数据而算出所述第二变化量为止的时间中较长的时间长。

[0522] [附记55]

[0523] 根据附记54所述的控制装置,其中,

[0524] 从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第一图像数据算出所述第一位置为止的时间与从由所述摄像部对所述物体进行拍摄至基于所述第二图像数据算出所述第二位置为止的时间相同。

[0525] [附记56]

[0526] 根据附记54或55所述的控制装置,其中,

[0527] 从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物体进行拍摄至基于所述两个第一图像数据而算出所述第一变化量为止的时间与从由所述摄像部在相互不同的时刻对所述物

体进行拍摄至基于所述两个第二图像数据而算出所述第二变化量为止的时间相同。

[0528] [附记57]

[0529] 根据附记51至56中任一项所述的控制装置,其中,

[0530] 所述运算部

[0531] 以第三周期算出所述第一位置,

[0532] 以比所述第三周期短的第四周期算出所述第一变化量,

[0533] 以第五周期算出所述第二位置,

[0534] 以比所述第五周期短的第六周期算出所述第二变化量。

[0535] [附记58]

[0536] 根据附记57所述的控制装置,其中,

[0537] 所述第四周期与所述第六周期为相同周期。

[0538] [附记59]

[0539] 根据附记57或58所述的控制装置,其中,

[0540] 所述第四周期与所述第六周期重叠。

[0541] [附记60]

[0542] 根据附记57至59中任一项所述的控制装置,其中,

[0543] 所述输出部以第二周期输出由所述运算部基于所述第一位置、所述第一变化量、所述第二位置及所述第二变化量而生成的所述控制信号,

[0544] 所述既定周期与所述第四周期或所述第六周期相同。

[0545] [附记61]

[0546] 根据附记57至60中任一项所述的控制装置,其中,

[0547] 所述第三周期与所述第五周期为相同周期。

[0548] [附记62]

[0549] 根据附记57至61中任一项所述的控制装置,其中,

[0550] 所述第三周期与所述第五周期重叠。

[0551] [附记63]

[0552] 根据附记51至62中任一项所述的控制装置,其中,

[0553] 所述运算部

[0554] 基于所述第一位置及所述第一变化量来算出第三位置,所述第三位置包含由相互正交的第七轴、第八轴及第九轴规定的共同坐标系内的、与所述第七轴平行的第七方向、与所述第八轴平行的第八方向、及与所述第九轴平行的第九方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第七轴、所述第八轴及所述第九轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者,

[0555] 基于所述第二位置及所述第二变化量来算出第四位置,所述第四位置包含所述共同坐标系内的与所述至少一个方向不同的剩余至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕与所述至少一个轴不同的剩余至少一个轴的姿势中的至少一者,并

[0556] 基于所述第三位置及所述第四位置来生成所述控制信号。

[0557] [附记64]

[0558] 根据附记63所述的控制装置,其中,

[0559] 所述输出部以第七周期输出由所述运算部基于所述第三位置及所述第四位置而生成的所述控制信号。

[0560] [附记65]

[0561] 根据附记63或64所述的控制装置,其中,

[0562] 所述运算部

[0563] 以第三周期算出所述第一位置,

[0564] 以比所述第三周期短的第四周期算出所述第一变化量,

[0565] 以第五周期算出所述第二位置,

[0566] 以比所述第五周期短的第六周期算出所述第二变化量,

[0567] 在作为所述第三周期的一个周期的从新算出所述第一位置至下一次算出所述第一位置之前的期间,每次以所述第四周期新算出所述第一变化量时,基于所述新算出而得的第一变化量与所述新算出而得的第一位置来算出所述第三位置,

[0568] 在作为所述第五周期的一个周期的从新算出所述第二位置至下一次算出所述第二位置之前的期间,每次以所述第六周期新算出所述第二变化量时,基于所述新算出而得的第二变化量与所述新算出而得的第二位置来算出所述第四位置。

[0569] [附记66]

[0570] 根据附记63至65中任一项所述的控制装置,其中,

[0571] 所述第七轴为所述第一轴,

[0572] 所述第八轴为所述第二轴,

[0573] 所述第九轴为所述第三轴,

[0574] 所述运算部

[0575] 通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第三位置,并

[0576] 基于通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正而算出的所述第二坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者,算出所述共同坐标系中的所述第四位置。

[0577] [附记67]

[0578] 根据附记63至65中任一项所述的控制装置,其中,

[0579] 所述第七轴为所述第四轴,

[0580] 所述第八轴为所述第五轴,

[0581] 所述第九轴为所述第六轴,

[0582] 基于通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正而算出的所述第一坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者,算出所述共同坐标系中的所述第三位置,并

[0583] 通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第四位置。

[0584] [附记68]

- [0585] 根据附记63至65中任一项所述的控制装置,其中,
- [0586] 所述第七轴为所述第一轴,
- [0587] 所述第八轴为所述第二轴,
- [0588] 所述第九轴为所述第三轴,
- [0589] 所述运算部
- [0590] 通过以所述第一变化量对所述第一位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第三位置,并
- [0591] 以基于所述第二变化量而算出的、所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,对基于所述第二位置而算出的、所述共同坐标系中的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者进行校正,由此算出所述第四位置。
- [0592] [附记69]
- [0593] 根据附记63至65中任一项所述的控制装置,其中,
- [0594] 所述第七轴为所述第四轴,
- [0595] 所述第八轴为所述第五轴,
- [0596] 所述第九轴为所述第六轴,
- [0597] 所述运算部
- [0598] 以基于所述第一变化量而算出的、所述共同坐标系内的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者的变化量,对基于所述第一位置而算出的、所述共同坐标系中的所述至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述至少一个轴的姿势中的至少一者进行校正,由此算出所述第三位置,并
- [0599] 通过以所述第二变化量对所述第二位置进行校正,算出所述共同坐标系内的所述剩余至少一个方向上的所述物体的位置以及所述物体绕所述剩余至少一个轴的姿势中的至少一者作为所述第四位置。
- [0600] [附记70]
- [0601] 根据附记63至66及68中任一项所述的控制装置,其中,
- [0602] 所述第三位置包含所述第八方向上的所述物体的位置、所述第九方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第七轴的姿势,
- [0603] 所述第四位置包含所述第七方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第八轴的姿势及所述物体绕所述第九轴的姿势,
- [0604] 所述第七轴为所述第一轴,
- [0605] 所述第八轴为所述第二轴,
- [0606] 所述第九轴为所述第三轴,
- [0607] 所述第一轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴。
- [0608] [附记71]
- [0609] 根据附记63至65、67及69中任一项所述的控制装置,其中,
- [0610] 所述第三位置包含所述第八方向上的所述物体的位置、所述第九方向上的所述物

体的位置及所述物体绕所述第七轴的姿势，

[0611] 所述第四位置包含所述第七方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第八轴的姿势及所述物体绕所述第九轴的姿势，

[0612] 所述第七轴为所述第四轴，

[0613] 所述第八轴为所述第五轴，

[0614] 所述第九轴为所述第六轴，

[0615] 所述第四轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴。

[0616] [附记72]

[0617] 根据附记47至71中任一项所述的控制装置，其中，

[0618] 所述第一轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴，

[0619] 所述第四轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴，

[0620] 所述第一位置包含所述第二方向上的所述物体的位置、所述第三方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第一轴的姿势，

[0621] 所述第二位置包含所述第四方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第五轴的姿势及所述物体绕所述第六轴的姿势。

[0622] [附记73]

[0623] 根据附记51至71中任一项所述的控制装置，其中，

[0624] 所述第一轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴，

[0625] 所述第四轴为沿着所述摄像部的光学系统的光轴的轴，

[0626] 所述第一位置包含所述第二方向上的所述物体的位置、所述第三方向上的所述物体的位置及所述物体绕所述第一轴的姿势，

[0627] 所述第一变化量包含所述第二方向上的所述物体的位置的变化量、所述第三方向上的所述物体的位置的变化量及所述物体绕所述第一轴的姿势的变化量，

[0628] 所述第二位置包含所述第四方向上的所述物体的位置、所述物体绕所述第五轴的姿势及所述物体绕所述第六轴的姿势，

[0629] 所述第二变化量包含所述第四方向上的所述物体的位置的变化量、所述物体绕所述第五轴的姿势的变化量及所述物体绕所述第六轴的姿势的变化量。

[0630] [附记74]

[0631] 根据附记47至73中任一项所述的控制装置，其中，

[0632] 所述运算部

[0633] 使用所述第一图像数据与表示所述物体的基准二维图像的基准图像数据进行匹配处理，由此算出所述第一位置，并

[0634] 使用所述形状数据与表示所述物体的基准三维形状的基准形状数据进行匹配处理，由此算出所述第二位置。

[0635] [附记75]

[0636] 根据附记51至71及73中任一项所述的控制装置，其中，

[0637] 所述运算部

[0638] 进行使用了所述第一图像数据与表示所述物体的基准二维图像的基准图像数据的匹配处理，由此算出所述第一位置，

[0639] 进行使用了所述形状数据与表示所述物体的基准三维形状的基准形状数据的匹配处理,由此算出所述第二位置,

[0640] 进行使用了所述两个第一图像数据中的一个所述第一图像数据中的表示所述物体的第一特征部位的数据部分、与另一个所述第一图像数据中的表示所述物体的所述第一特征部位的数据部分的跟踪处理,由此算出所述第一变化量,并

[0641] 进行使用了所述两个形状数据中的一个所述形状数据中的表示所述物体的第二特征部位的数据部分、与另一个所述形状数据中的表示所述物体的所述第二特征部位的数据部分的跟踪处理,由此算出所述第二变化量。

[0642] [附记76]

[0643] 根据附记74或75所述的控制装置,其中,

[0644] 所述运算部

[0645] 基于所述第一位置,选择所述形状数据中的表示所述物体的至少一部分的的形状的数据部分,进行使用了所述选择而得的数据部分与所述基准形状数据的匹配处理,由此算出所述第二位置。

[0646] [附记77]

[0647] 根据附记74至76中任一项所述的控制装置,其中,

[0648] 所述运算部

[0649] 对所述形状数据实施数据删除处理,所述数据删除处理用于删除表示与所述物体不同的其他物体的形状的数据部分,

[0650] 进行使用了实施所述数据删除处理后的所述形状数据与所述基准形状数据的匹配处理,由此算出所述第二位置。

[0651] [附记78]

[0652] 根据附记77所述的控制装置,其中,

[0653] 所述其他物体包含载置所述物体的载置装置。

[0654] [附记79]

[0655] 根据附记47至78中任一项所述的控制装置,其中,

[0656] 在所述机器人上设置有对所述物体进行处理的处理装置,

[0657] 所述机器人使所述处理装置移动。

[0658] [附记80]

[0659] 根据附记79所述的控制装置,其中,

[0660] 所述控制信号是用于控制所述处理装置的信号。

[0661] [附记81]

[0662] 根据附记47至80中任一项所述的控制装置,其中,

[0663] 所述第一及摄像部中的至少一者能够基于所述第一及摄像部中的至少一者对所述物体的摄像结果而自动调整曝光。

[0664] [附记82]

[0665] 根据附记47至81中任一项所述的控制装置,其中,

[0666] 所述运算部

[0667] 对所述第一图像数据及所述第二图像数据中的至少一个实施图像处理,且

- [0668] 能够基于实施所述图像处理后的所述第一图像数据来算出所述第一位置，
- [0669] 能够基于由实施所述图像处理后的所述第二图像数据生成的所述形状数据来算出所述第二位置。
- [0670] [附记83]
- [0671] 根据权利要求51至71、73及75中任一项所述的控制装置，其中，
- [0672] 所述运算部
- [0673] 对所述两个第一图像数据及所述两个第二图像数据中的至少一个实施图像处理，且
- [0674] 能够基于实施所述图像处理后的所述两个第一图像数据来算出所述第一变化量，
- [0675] 能够基于由实施所述图像处理后的所述两个第二图像数据生成的所述第二个形状数据来算出所述第二变化量。
- [0676] [附记84]
- [0677] 根据附记82或83所述的控制装置，其中，
- [0678] 所述图像处理包含伽马校正处理、高动态范围 (High Dynamic Range, HDR) 处理及噪声去除处理中的至少一个。
- [0679] [附记85]
- [0680] 根据附记47至84中任一项所述的控制装置，其中，
- [0681] 所述摄像部对从所述机器人手臂上所设置的光投影装置投影了图案光的所述物体进行拍摄，由此生成所述第二图像数据及所述两个第二图像数据中的至少一者。
- [0682] [附记86]
- [0683] 一种控制系统，包括：
- [0684] 根据权利要求47至85中任一项所述的控制装置、以及
- [0685] 所述摄像部。
- [0686] [附记87]
- [0687] 根据附记86所述的控制系统，其中，
- [0688] 所述摄像部包括第一摄像装置以及第二摄像装置，
- [0689] 还包括：
- [0690] 第一滤波器，使来自所述物体的光中的第一波长带的光成分衰减；以及
- [0691] 第二滤波器，使来自所述物体的光中的与所述第一波长带不同的第二波长带的光成分衰减，
- [0692] 所述第一摄像装置经由所述第一滤波器而接受来自所述物体的光，由此对所述物体进行拍摄，
- [0693] 所述第二摄像装置经由所述第二滤波器而接受来自所述物体的光，由此对所述物体进行拍摄。
- [0694] [附记88]
- [0695] 根据附记87所述的控制系统，还包括：
- [0696] 第一照明装置，利用包含所述第一波长带的光成分的第一照明光对所述物体进行照明；以及
- [0697] 第二照明装置，利用包含所述第二波长带的光成分的第二照明光对所述物体进行

照明。

[0698] [附记89]

[0699] 根据附记87或88所述的控制系统,其中,

[0700] 所述第一摄像装置对所述物体进行拍摄的时刻与所述第二摄像装置对所述物体进行拍摄的时刻相同。

[0701] [附记90]

[0702] 一种机器人系统,包括:

[0703] 根据权利要求47至85中任一项所述的控制装置、

[0704] 所述摄像部、以及

[0705] 所述机器人。

[0706] [附记91]

[0707] 一种控制方法,生成用于控制机器人的控制信号,所述机器人使摄像部移动,

[0708] 所述控制方法包括:

[0709] 基于通过所述摄像部对物体进行拍摄而获取的第一图像数据来算出第一位置,所述第一位置包含由相互正交的第一轴、第二轴及第三轴规定的第一坐标系内的、与所述第一轴平行的第一方向、与所述第二轴平行的第二方向、及与所述第三轴平行的第三方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第一轴、所述第二轴及所述第三轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;

[0710] 从所述摄像部获取形状数据,所述形状数据是利用所述摄像部而由通过所述摄像部对所述物体进行拍摄所获取的所述第二图像数据生成,且表示所述物体的三维形状,

[0711] 基于所述形状数据来算出第二位置,所述第二位置包含由相互正交的第四轴、第五轴及第六轴规定且与所述第一坐标系相同或不同的第二坐标系内的、与所述第四轴平行的第四方向、与所述第五轴平行的第五方向、及与所述第六轴平行的第六方向中的至少一个方向上的所述物体的位置、以及所述物体绕所述第四轴、所述第五轴及所述第六轴中的至少一个轴的姿势中的至少一者;以及

[0712] 基于所述第一位置及所述第二位置来生成所述控制信号。

[0713] [附记92]

[0714] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记91所述的控制方法。

[0715] 上述各实施形态的构成要件的至少一部分可与上述各实施形态的构成要件的至少另一部分适当组合。也可不使用上述各实施形态的构成要件中的一部分。另外,在法律允许的范围内,援引在上述各实施形态中引用的所有公开公报及美国专利的公开作为本文记载的一部分。

[0716] 本发明并不限于上述实施例,可在不违背能够从权利要求书及说明书整体读取的发明的主旨或思想的范围内适当变更,伴随此种变更的控制装置、控制系统、机器人系统、控制方法及计算机程序也包含于本发明的技术范围内。

[0717] [符号的说明]

[0718] SYS:机器人系统

[0719] 1:机器人

[0720] 12:机器人手臂

- [0721] 13:末端执行器
- [0722] 14:控制装置
- [0723] 2:摄像单元
- [0724] 21、22:摄像装置
- [0725] 23:投影装置
- [0726] 24b:照明装置
- [0727] 25b、26b:滤波器
- [0728] 3:机器人控制装置
- [0729] 31:运算装置
- [0730] 311:图像转换部
- [0731] 312:位置算出部
- [0732] 3121:2D匹配部
- [0733] 3122:3D匹配部
- [0734] 3123:2D跟踪部
- [0735] 3124:3D跟踪部
- [0736] 3125:坐标转换部
- [0737] 313:信号生成部
- [0738] 314a:预处理部
- [0739] 33:通信装置
- [0740] 4:载置装置
- [0741] W:工件
- [0742] IMG_2D、IMG_3D:工件图像数据
- [0743] IMG_2M:基准图像数据
- [0744] WSD:工件形状数据
- [0745] WMD:基准形状数据

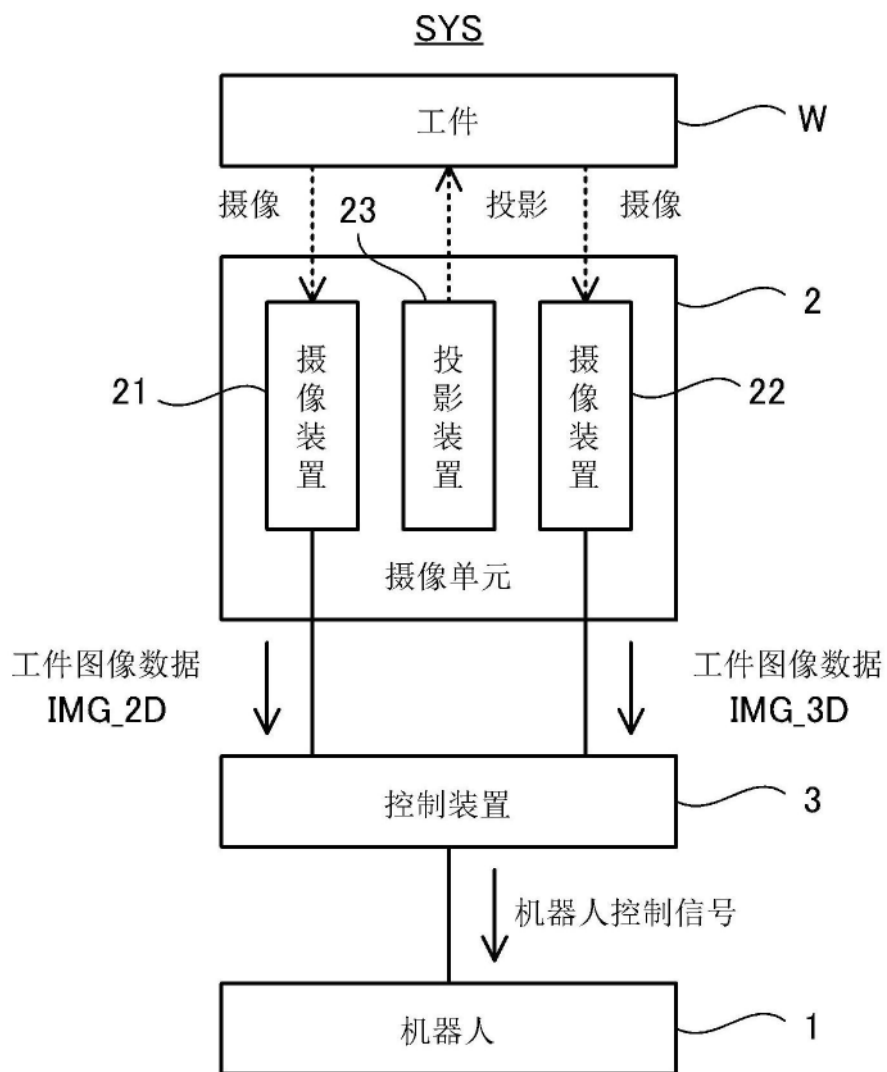


图1

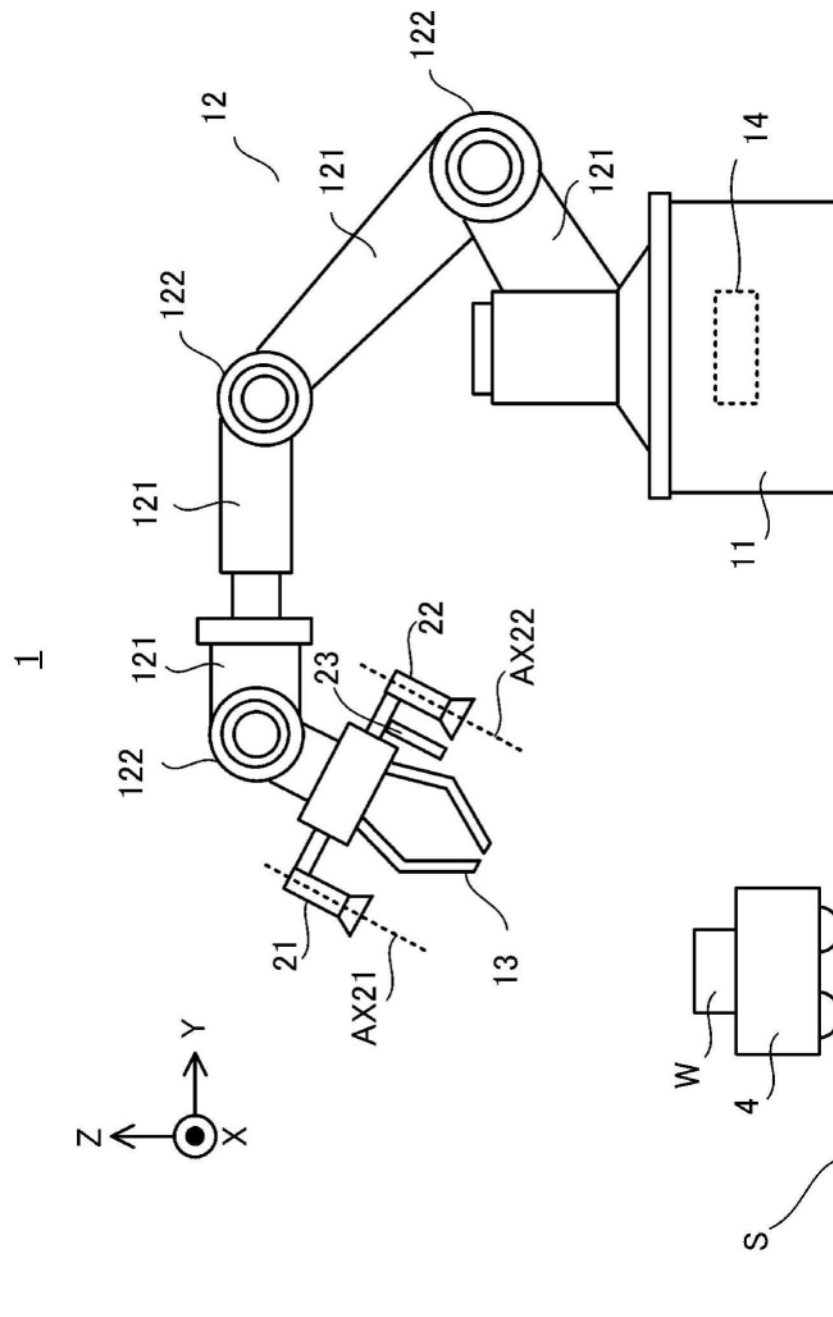


图2

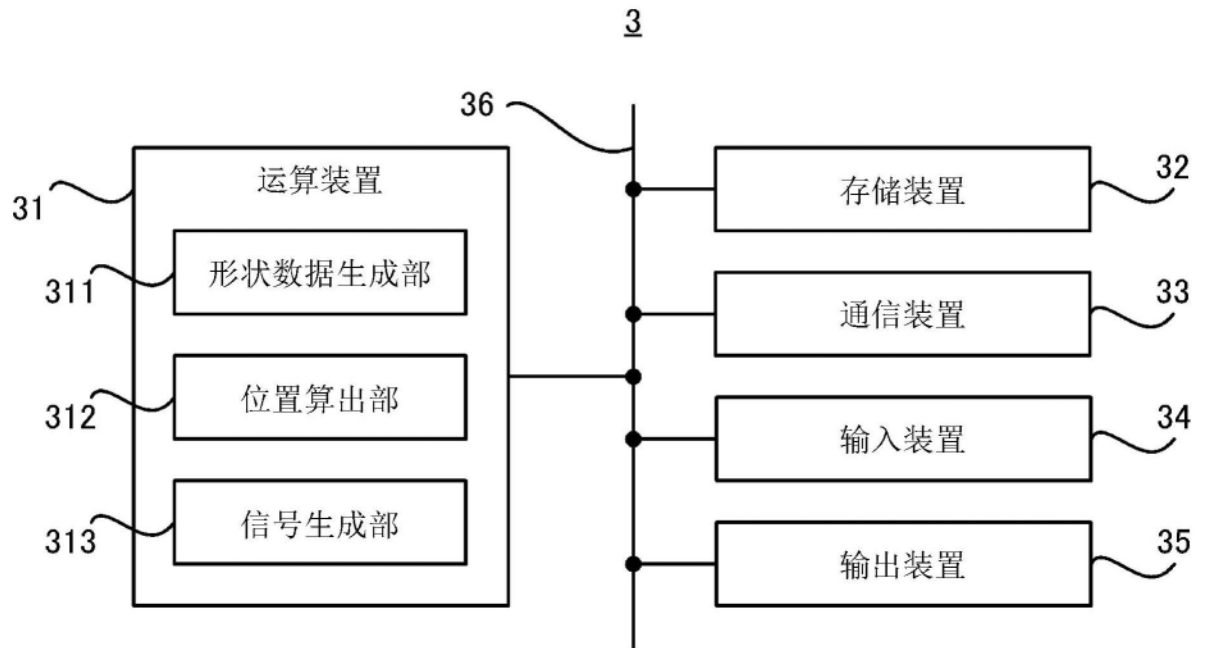


图3

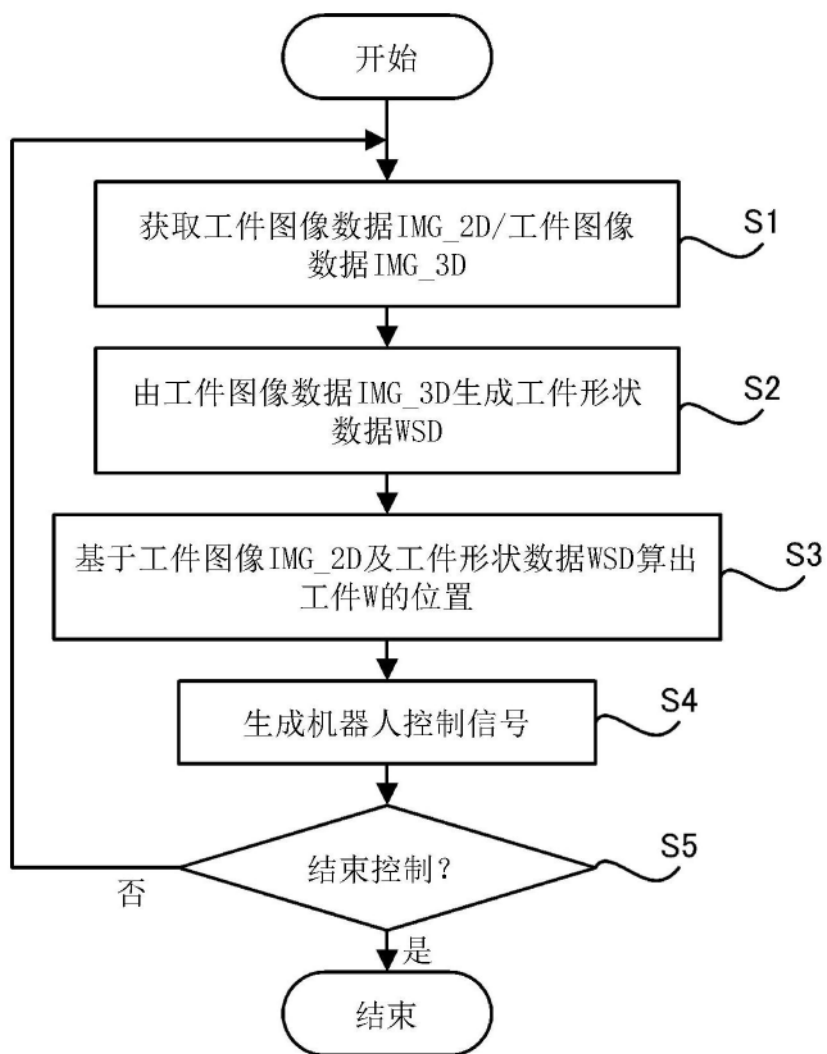


图4

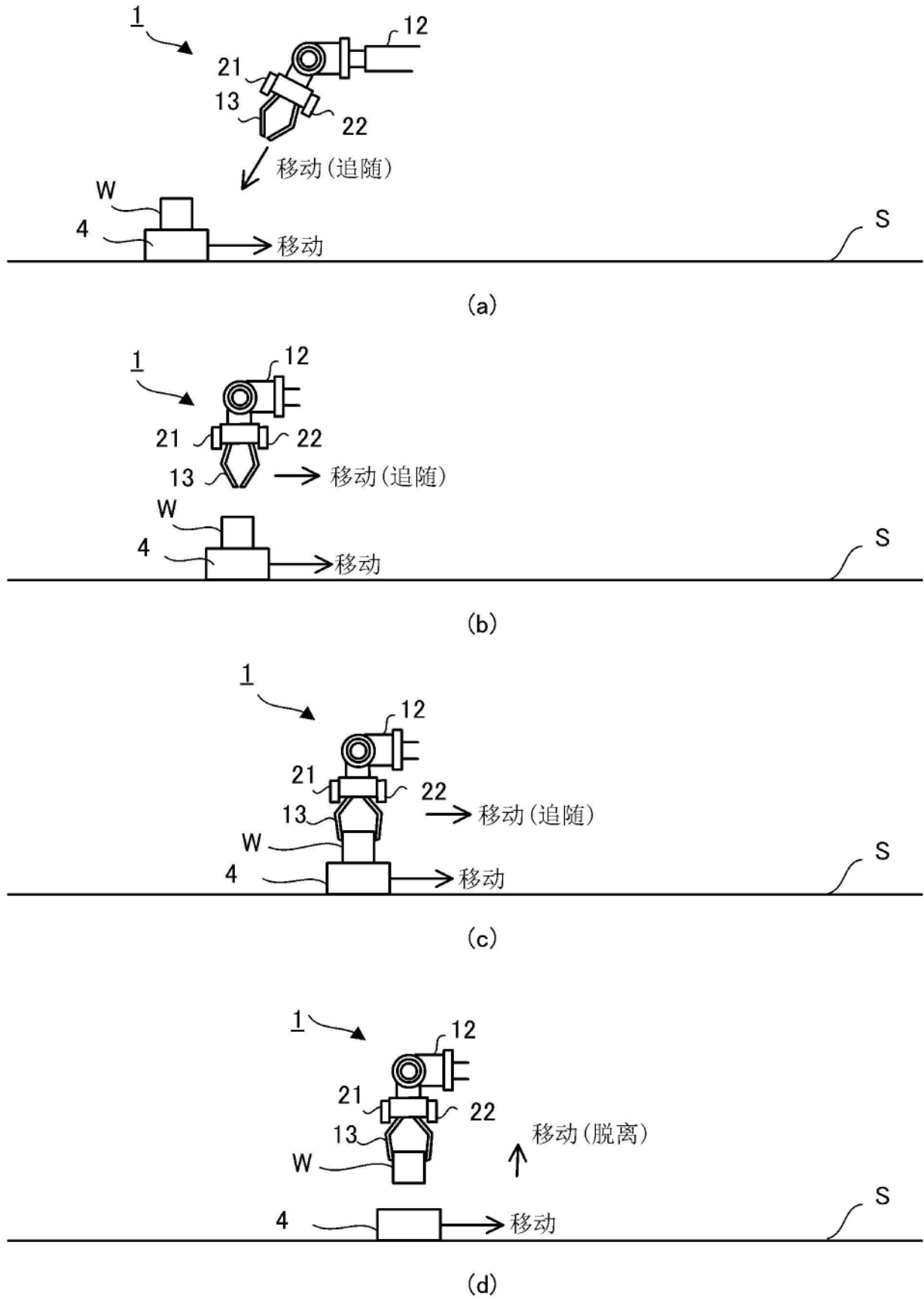


图5

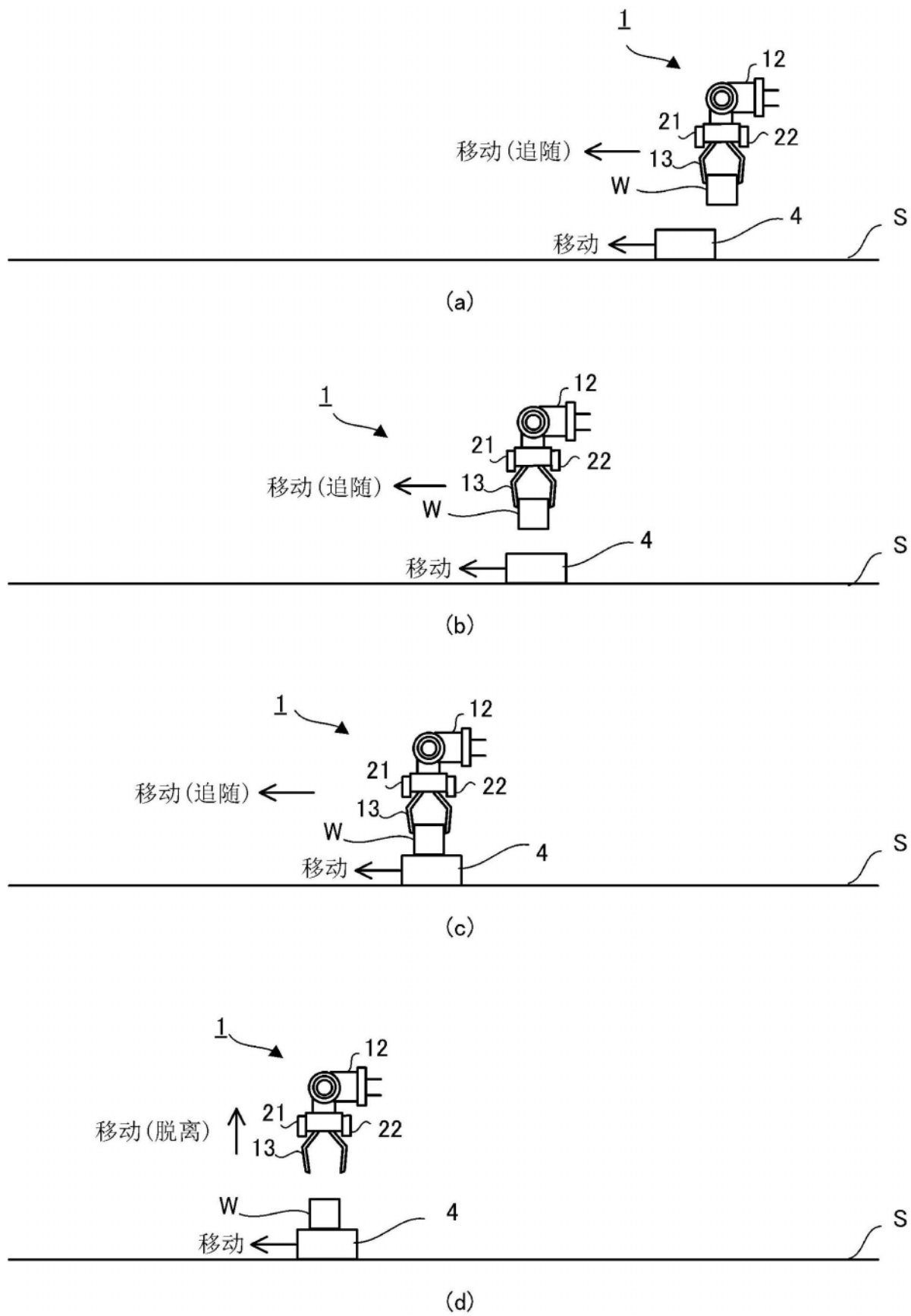


图6

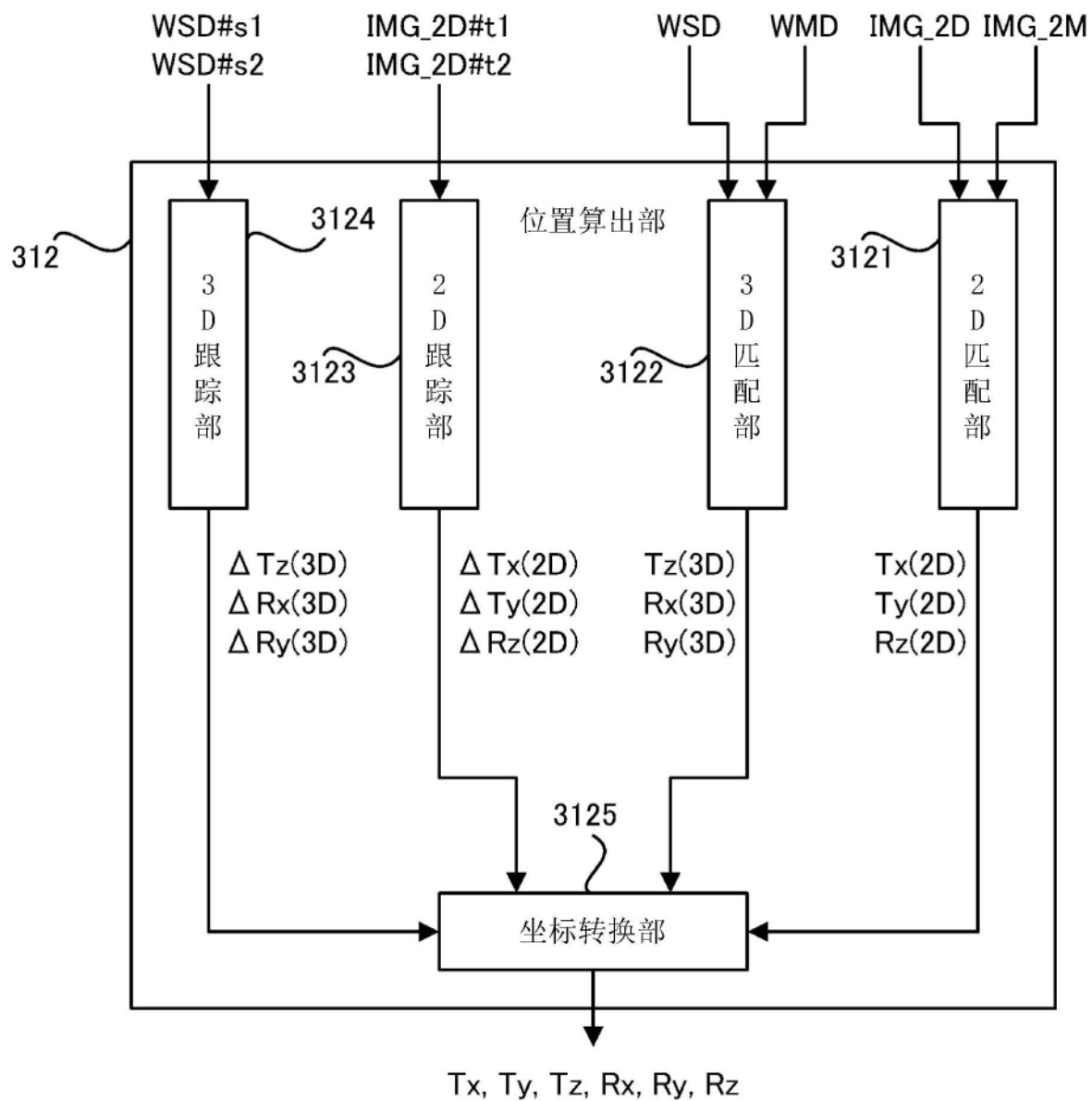


图7

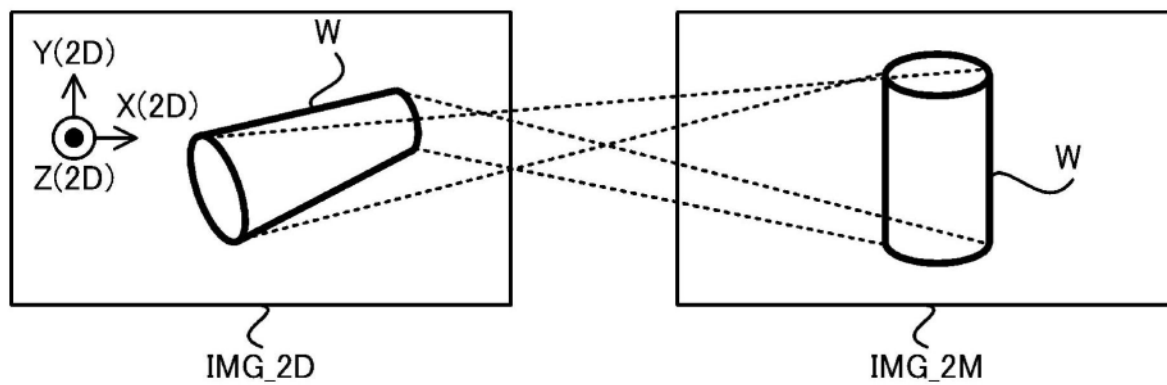


图8

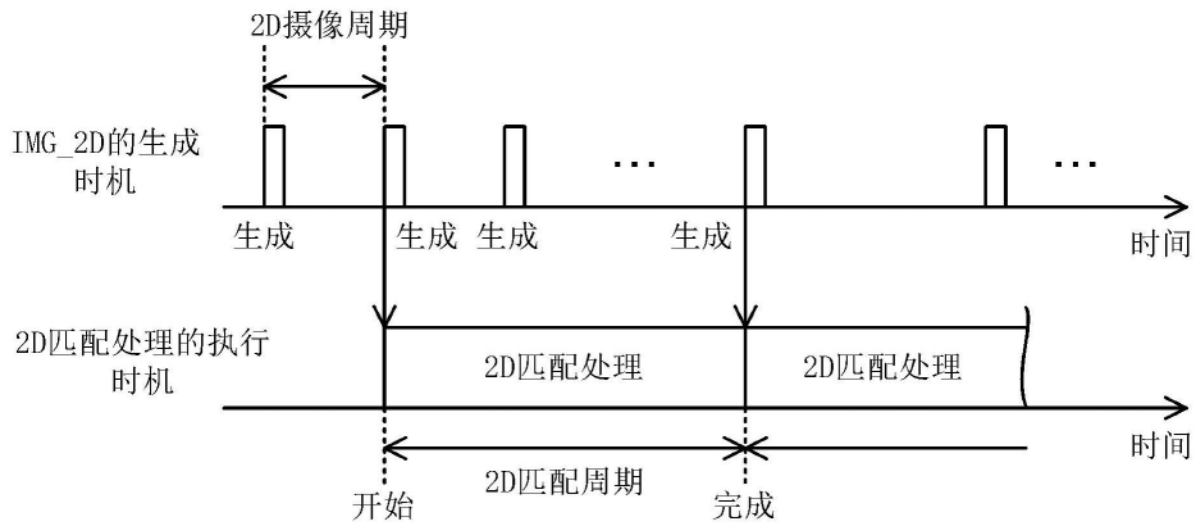


图9

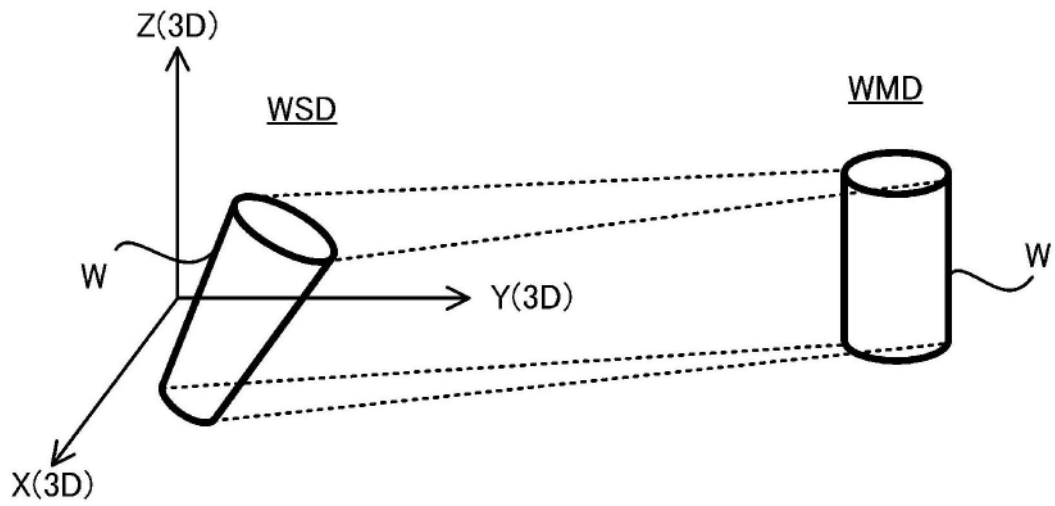


图10

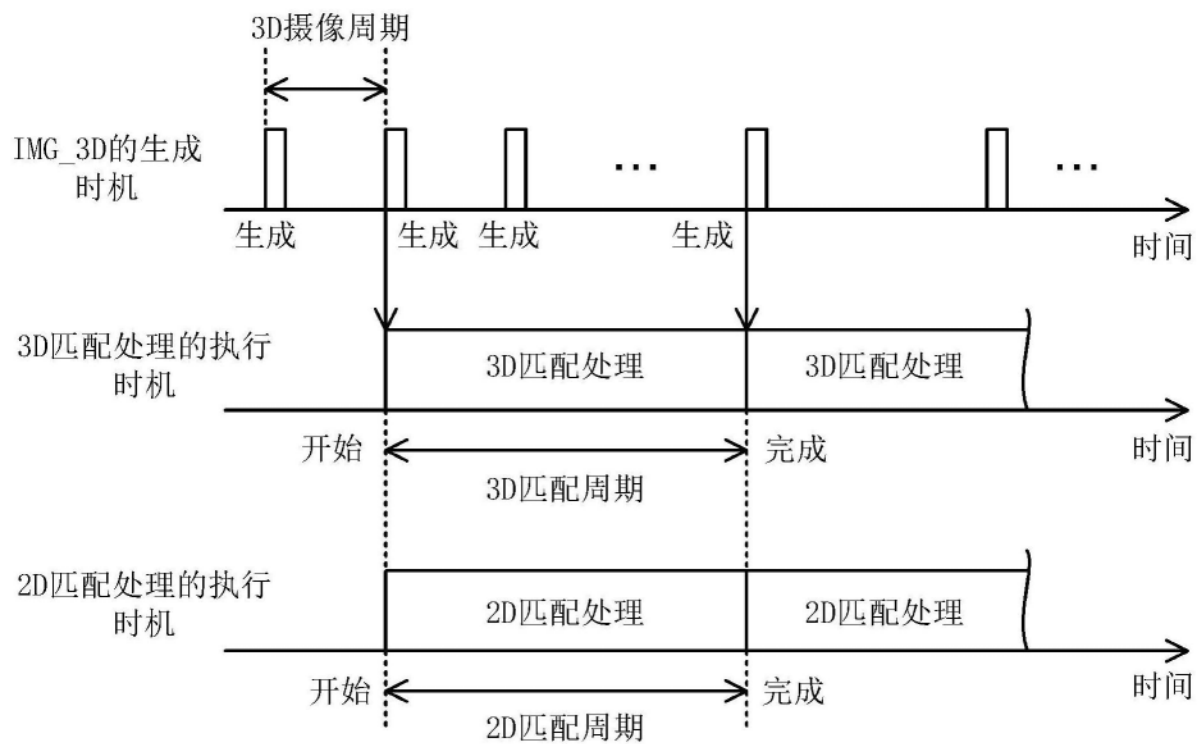


图11

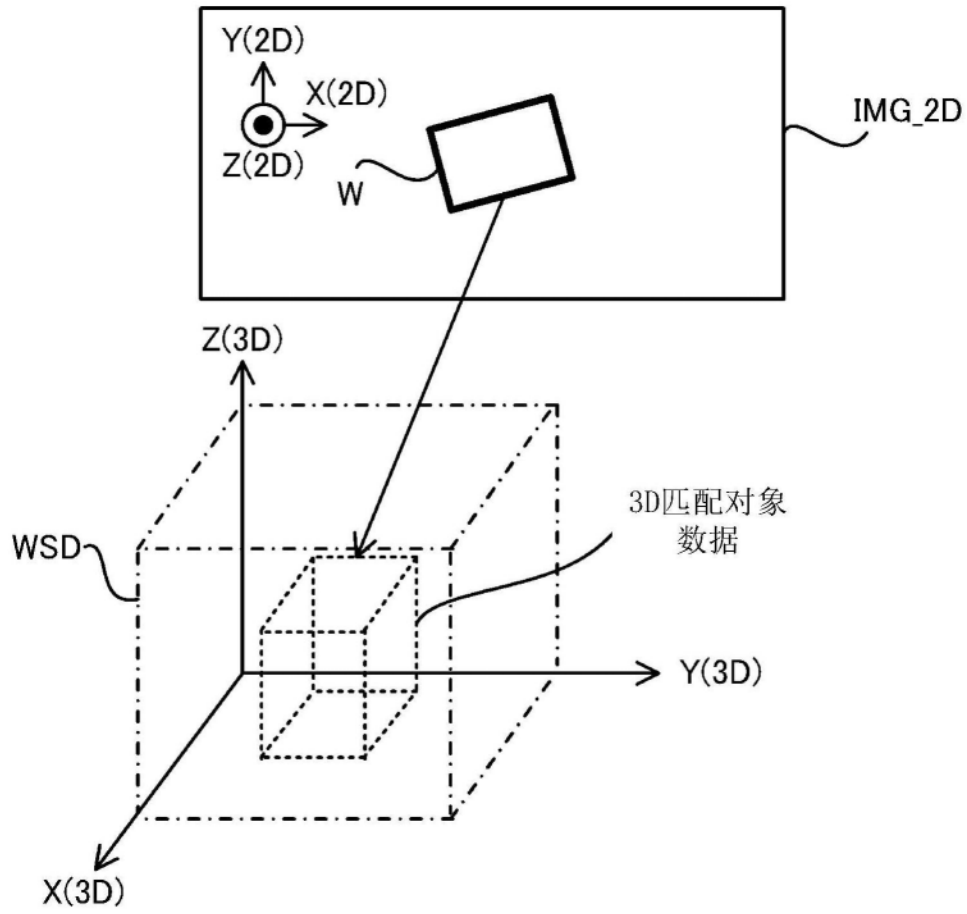


图12

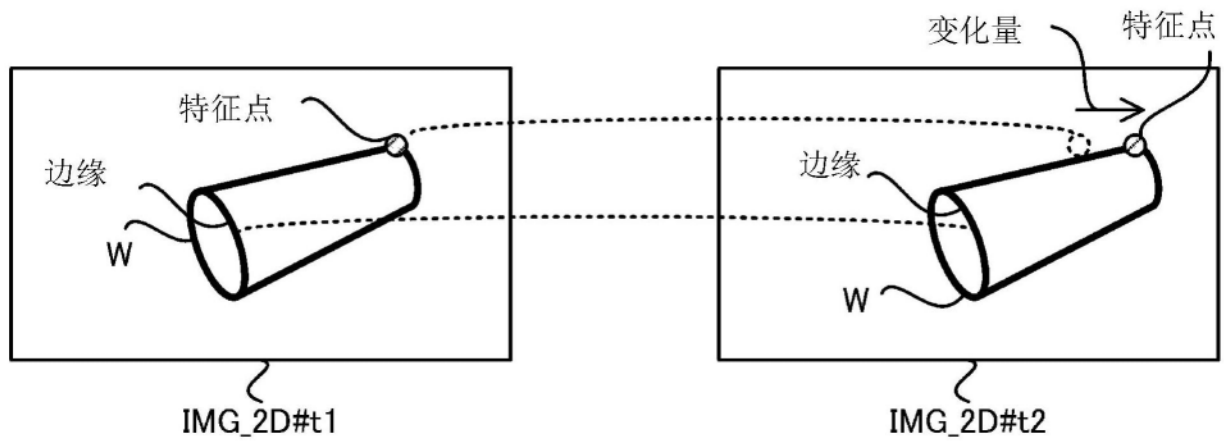


图13

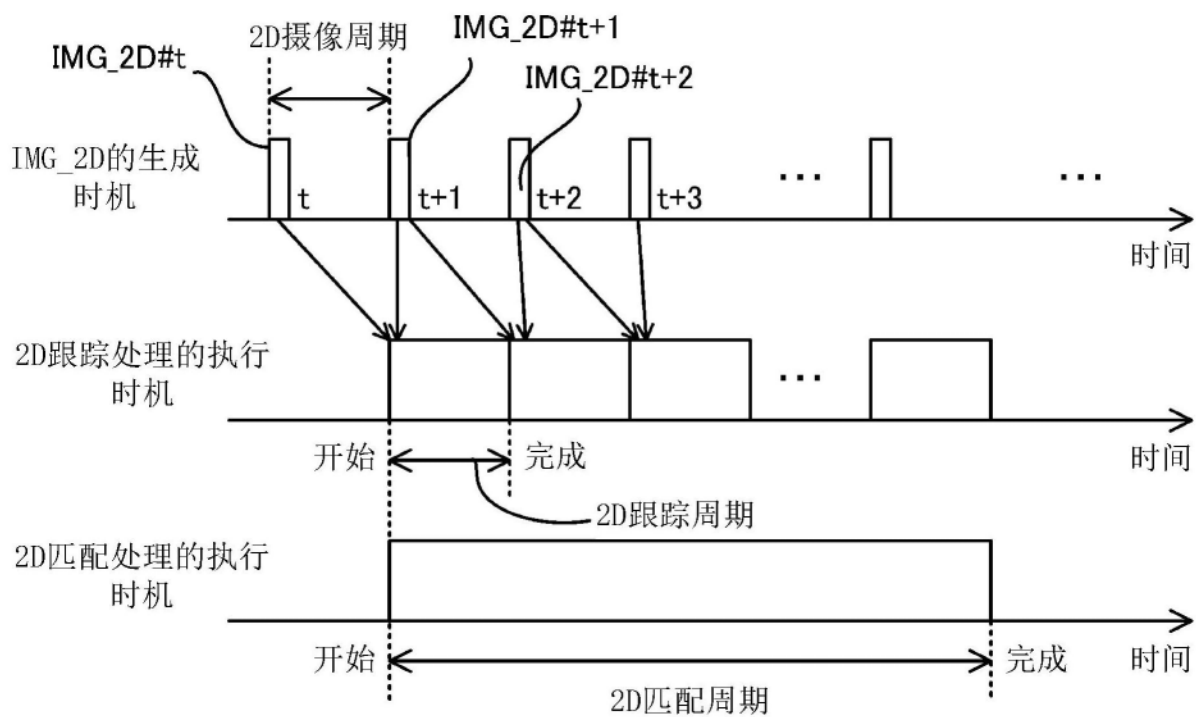


图14

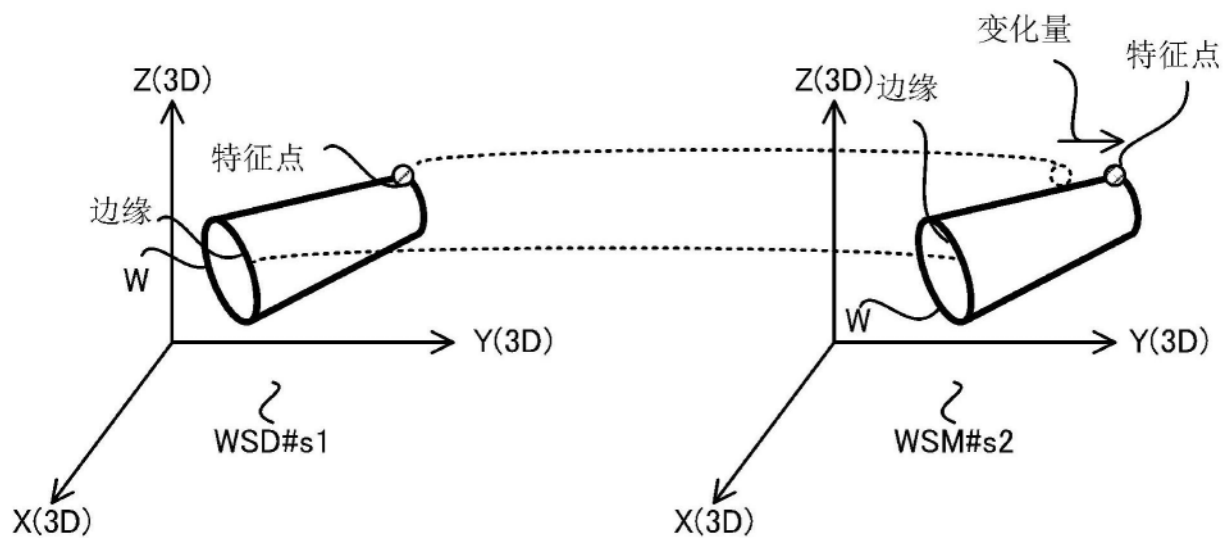


图15

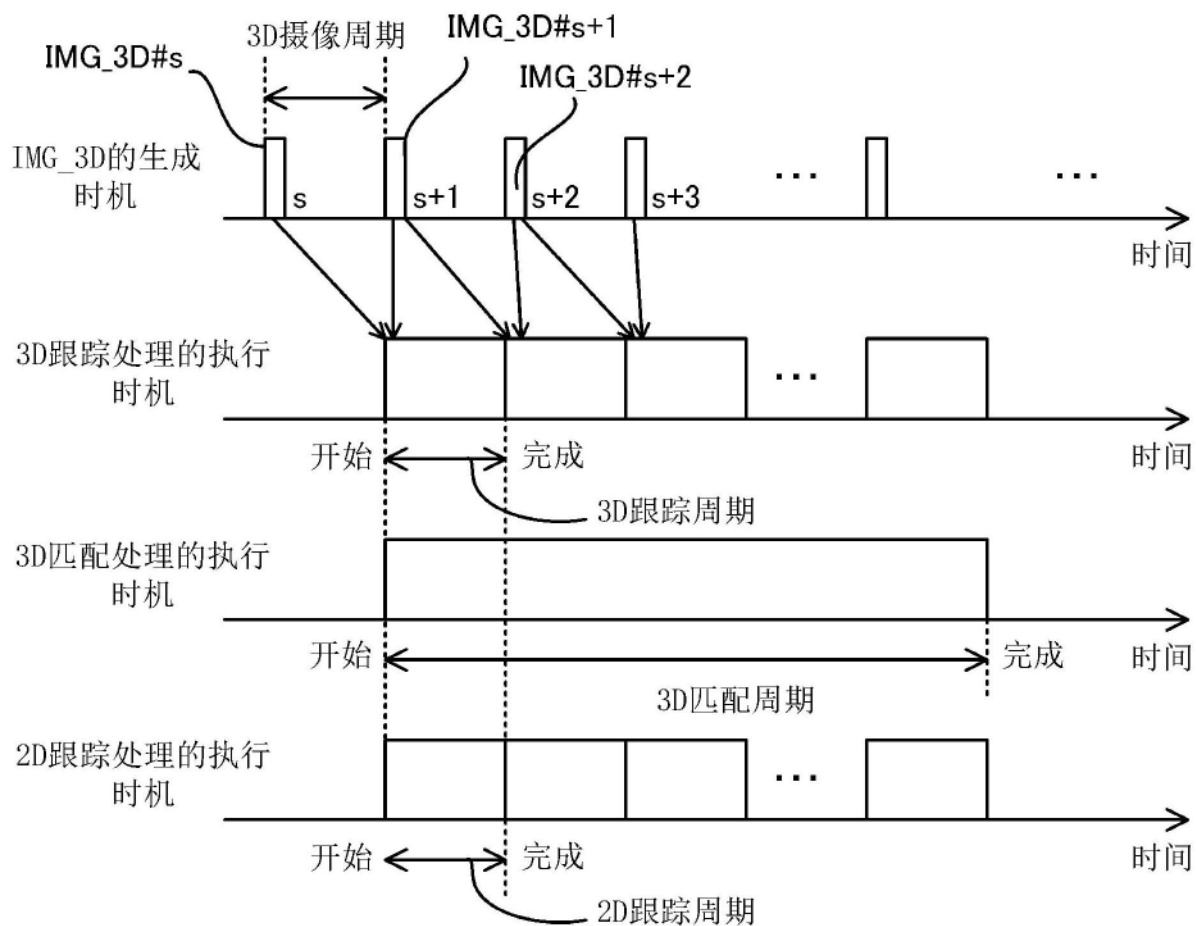


图16

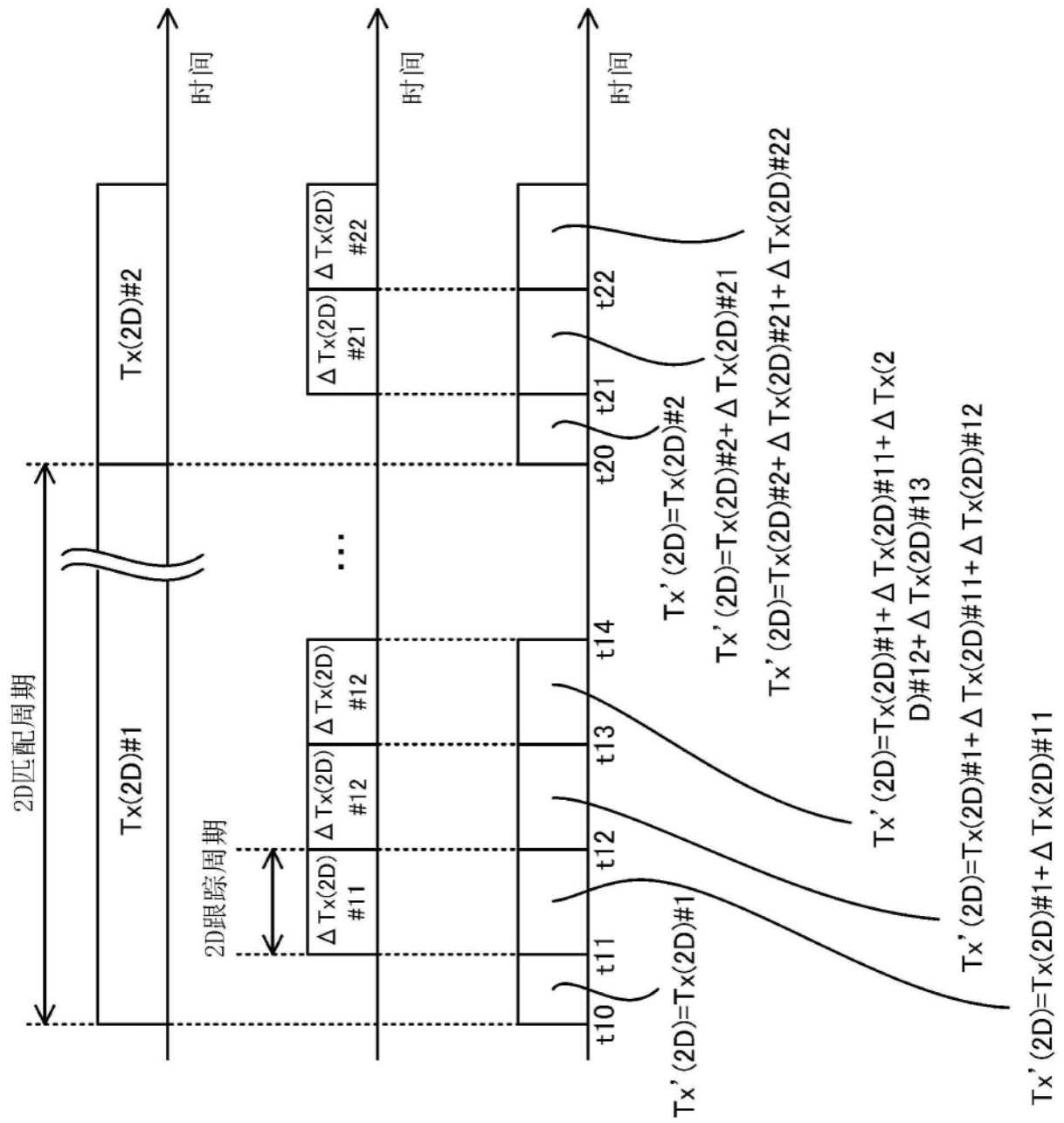


图17

3a
(SYSa)

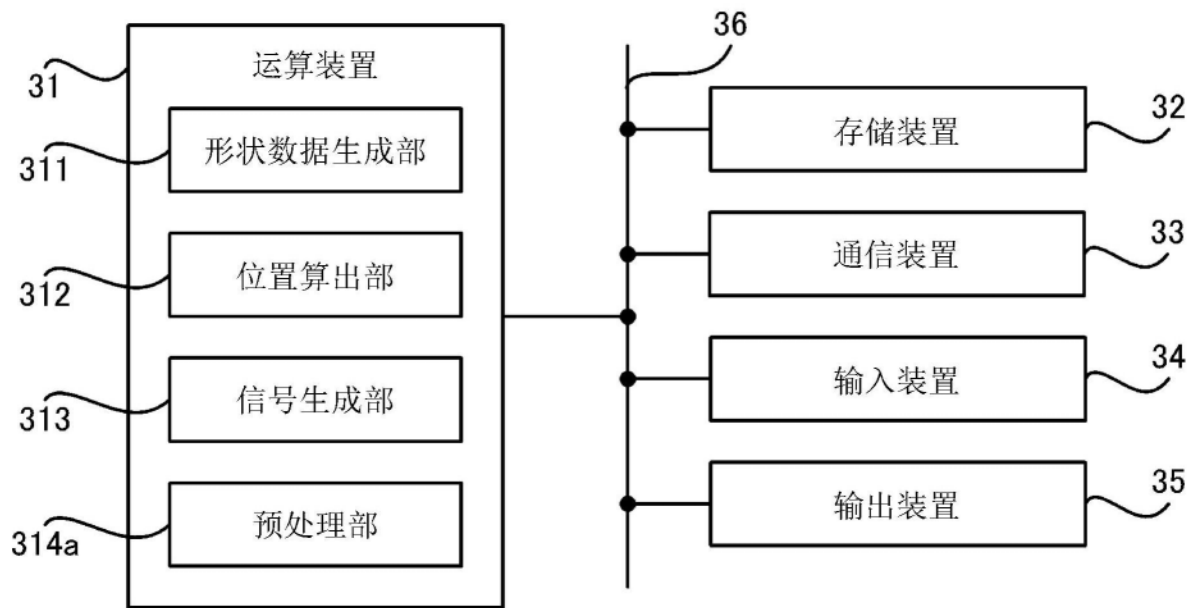


图18

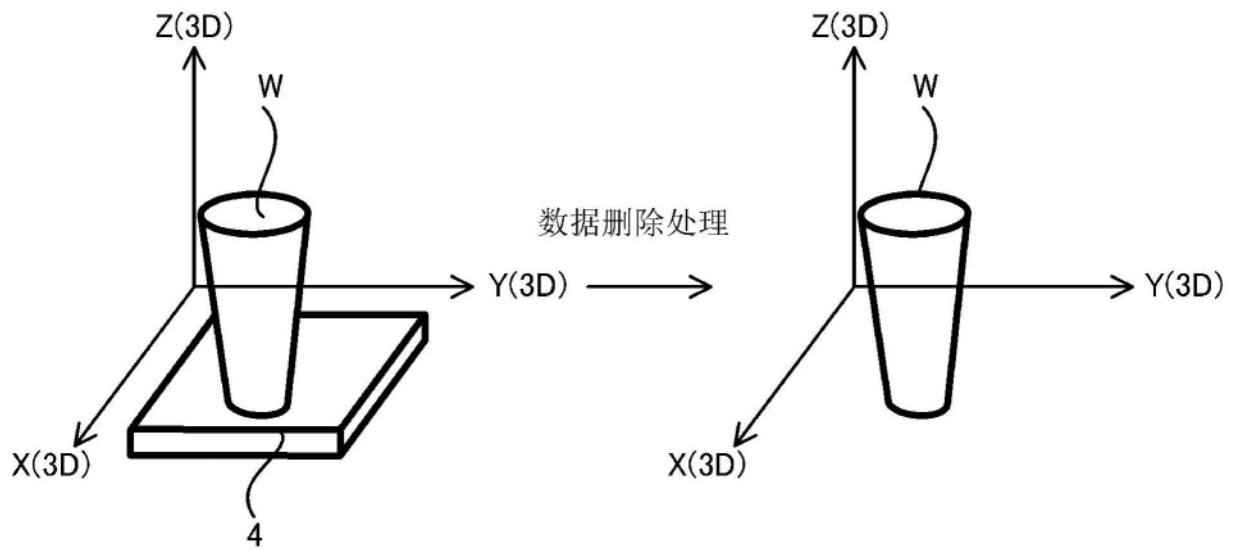


图19

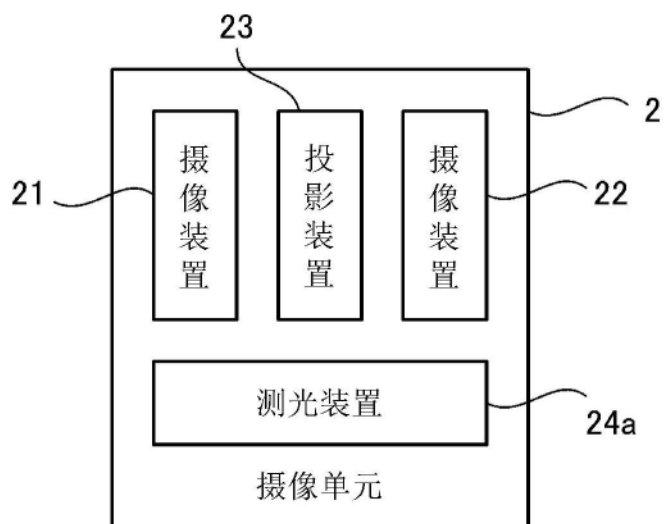


图20

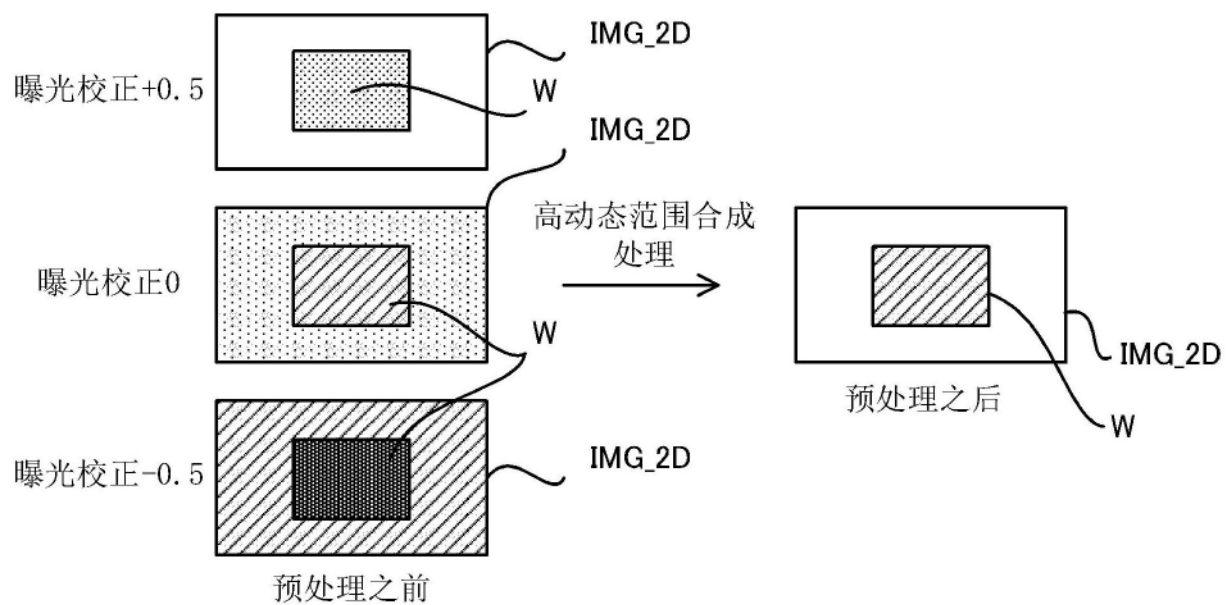


图21

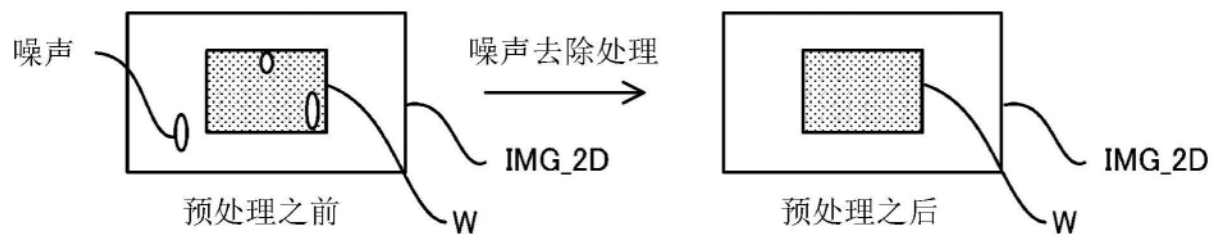


图22

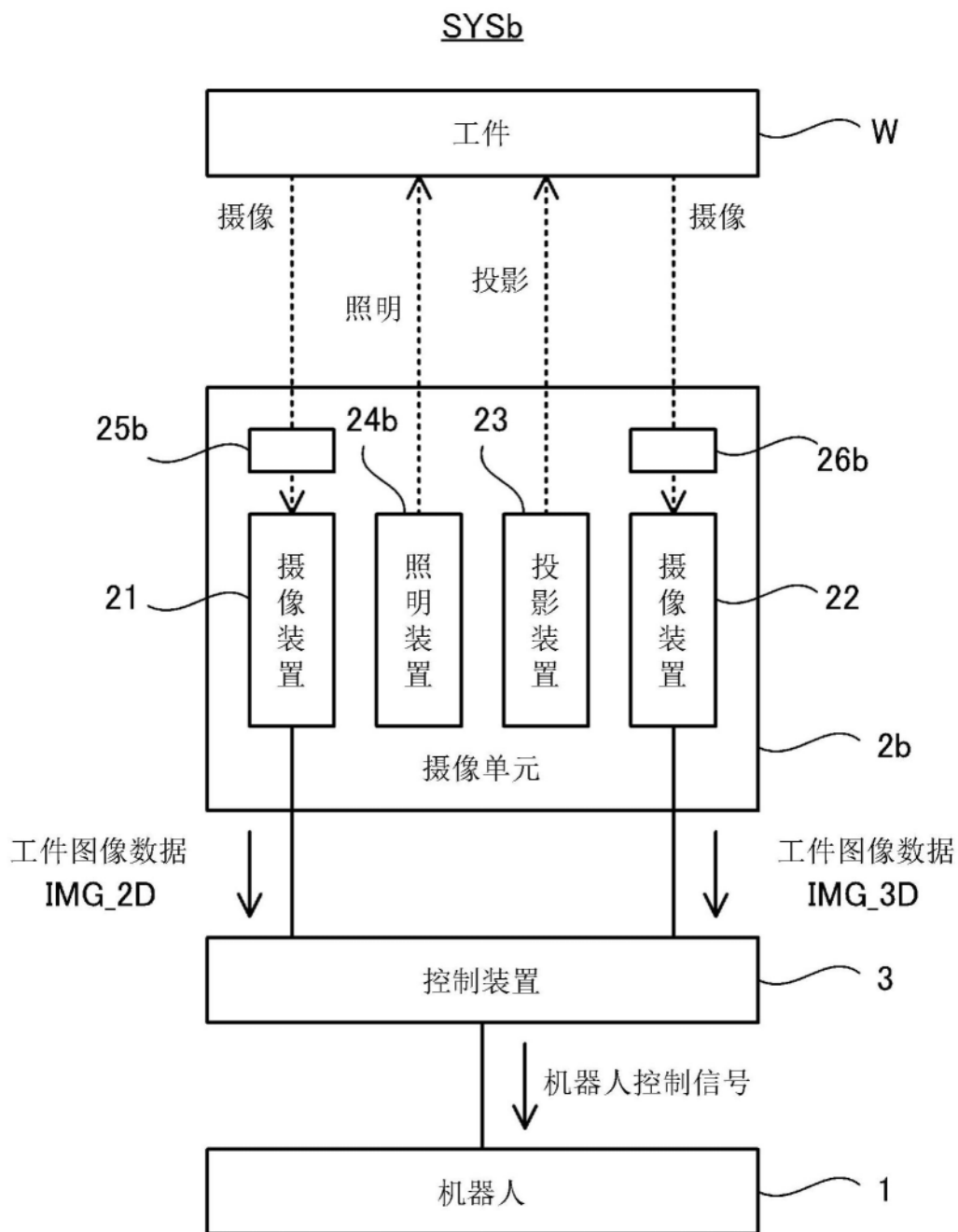


图23

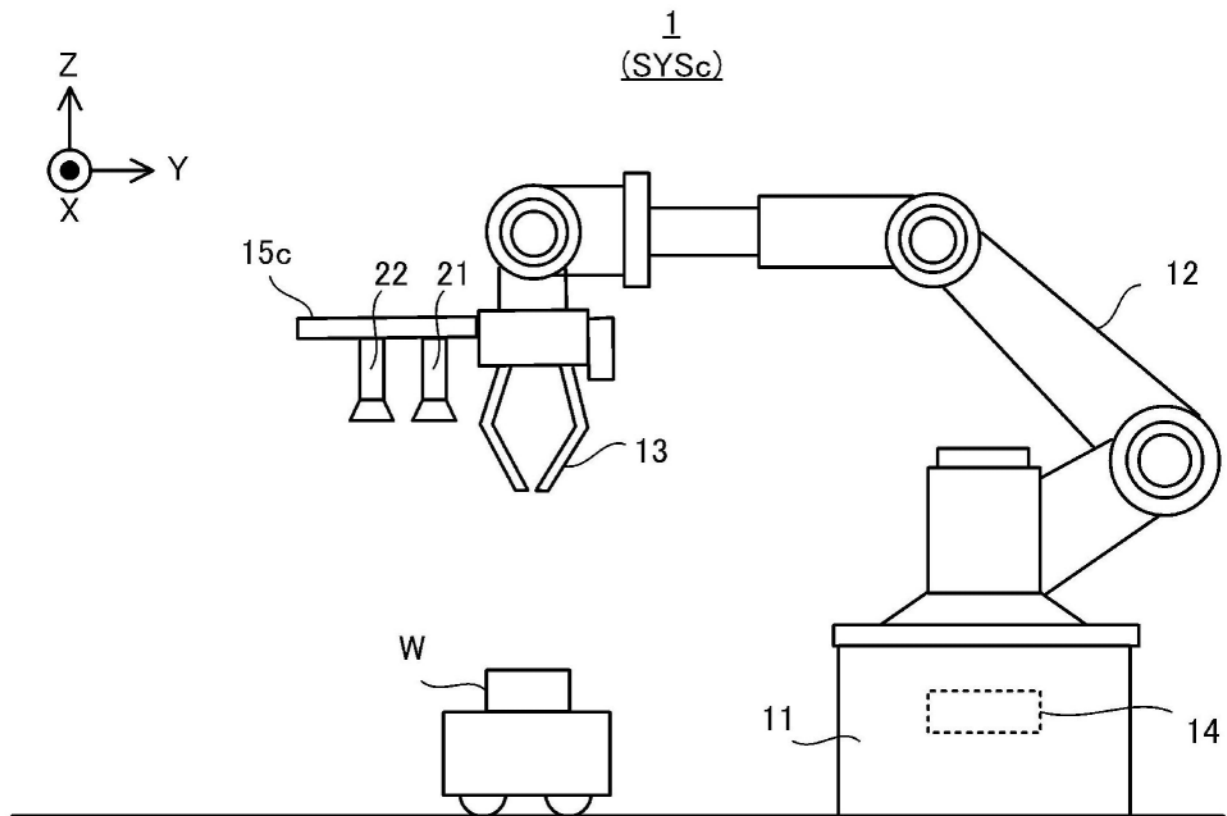


图24