[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G06T 17/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96103890.X

[43] 授权公告日 2003 年 2 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1101970C

[22] 申请日 1996.5.10 [21] 申请号 96103890.X

[30] 优先权

[32] 1995.5.12 [33] JP [31] 138648/1995

[71] 专利权人 索尼计算机娱乐公司

地址 日本东京都

[72] 发明人 三原丹美 冈正昭

[56] 参考文献

US4797836 1989.01.10 G06F15/66

审查员 韩 岳

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

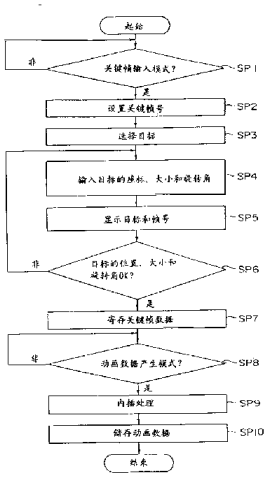
代理人 杨 悟 张玉红

权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称 用于产生动画数据的方法和装置

[57] 摘要

动画数据产生装置包括：关键帧管理单元，其对关键帧数据进行管理以便形成关键帧图像；以及数据内插单元，其通过利用从关键帧管理单元得到的关键帧数据，内插每一组成单元，用于形成在两关键帧之间所需的帧的图像数据；数据内插单元包括旋转角计算装置，其在将该组成单元认作绕在相关帧之前和之后的关键帧之间的一任意轴旋转时计算在被内插的帧中的旋转角，该数据内插单元还包括根据所获得的旋转角计算旋转矩阵的装置。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1. 一种产生动画数据的方法，包括以下步骤：

通过沿选定的时间轴排列动画的组成单元来设定多个关键帧；

获得一根相应于所述的组成单元在两个所述关键帧之间运动的旋转轴，以及

在将该运动处理为绕所述旋转轴的旋转时通过内插所述组成单元的运动来形成内插帧。

2. 如权利要求 1 的方法，其中，还包括显示设定关键帧的步骤。

3. 如权利要求 1 的方法，其中，所述设定关键帧的步骤包括选择多个组成单元中所需的一个组成单元的步骤。

4. 如权利要求 1 的方法，其中，所述设定关键帧的步骤包括设定组成单元的坐标的步骤。

5. 如权利要求 1 的方法，其中，所述设定关键帧的步骤包括设定组成单元的大小的步骤。

6. 如权利要求 1 的方法，其中，所述设定关键帧的步骤包括设定组成单元的旋转角的步骤。

7. 如权利要求 1 的方法，其中，所述获得一根旋转轴的步骤包括以下步骤：

获得相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的绕原点的一旋转；以及

将绕该原点的该旋转变换为绕使得所述组成单元产生的旋转角最小的轴的旋转。

8. 如权利要求 7 的方法，其中，所述获得一根旋转轴的步骤包括以下步骤：

获得相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的绕原点的旋转矩阵 R；以及

从所述旋转矩阵 R 获得满足以下条件的正交矩阵 T:

$$T^{-1}RT = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

9. 如权利要求 1 的方法，其中，所述形成内插帧的步骤包括以下步骤:

获得绕所述一根相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的旋转轴的旋转角；以及

获得在与沿时间轴的位置一致的内插帧上的所述组成单元的旋转角。

10. 如权利要求 9 的方法，其中，所述形成内插帧的步骤包括以下步骤:

获得绕所述一根相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的旋转轴的旋转角 θ；以及

在所述旋转角 θ 的范围内根据内插帧的数目 S 利用以下公式进行计算来获得在每一内插帧中的旋转角θd:

θd=θd+θ/s。

11. 一种产生动画数据的装置，包括:

用于通过沿选定的时间轴排列动画的组成单元来设定多个关键帧的装置;

获得一根相应于所述组成单元在所述两个关键帧之间运动的旋转轴的装置；以及

在将该运动处理为绕所述旋转轴的旋转时，通过内插所述组成单元的运动形成内插帧的装置。

12. 如权利要求 11 的装置，其中，还包括显示该设定关键帧的装置。

13. 如权利要求 11 的装置，其中，所述设定该关键帧的装置包括选择多个组成单元中所需的一个组成单元的装置。

14. 如权利要求 11 的装置，其中，所述设定该关键帧的装置包括设定组成单元的坐标的装置。

15. 如权利要求 11 的装置，其中，所述设定该关键帧的装置包括设定组成单元的大小的装置。

16. 如权利要求 11 的装置，其中，所述设定该关键帧的装置包括设定组成单元该旋转角的装置。

17. 如权利要求 11 的装置，其中，用于获得一根旋转轴的所述装置包括:

用于获得相应于组成单元在所述两个关键帧之间的该运动的绕原点旋转的装置；以及

用于将绕原点的旋转变换为绕任意轴的旋转的装置。

18. 如权利要求 17 的装置，其中，所述用于获得一根旋转轴的装置包括:

用于获得相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的绕原点的旋转矩阵 R 的装置；以及

用于从所述旋转矩阵 R 获得满足以下条件的正交矩阵 T 的装置:

$$T^{-1}RT = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{matrix}$$

19. 如权利要求 11 的装置，其中，所述形成内插帧的装置包括:

用于获得绕所述一根相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的旋转轴的一旋转角的装置；以及

用于获得在与沿时间轴的位置一致的内插帧上的所述组成单元的旋转角的装置。

20. 如权利要求 19 的装置，其中，所述形成内插帧的装置包括:

用于获得绕所述一根相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的旋转轴的旋转角 θ 的装置；以及

用于获得每一内插帧中的旋转角θd 的装置，其在所述旋转角 θ 的范围内根据内插帧的数目 S 利用以下公式进行计算获得:

$$\theta d=\theta d+\theta /s。$$

21. 一种产生动画数据的装置，包括:

用于存储多个关键帧的数据的装置，在这些关键帧中，动画的组成单元被沿选定的时间轴排列;

用于获得一根相应于组成单元在所述两个关键帧之间运动的旋转轴的装置;

通过绕所述一根旋转轴旋转组成单元来获得在所述两个关键帧之间的内插帧的装置；以及

用于输出如此获得的内插帧的装置。

用于产生动画数据的方法和装置

技术领域

本发明涉及用于产生动画数据的方法和装置，尤其涉及旋转动画数据的产生。

背景技术

在利用所谓手工操作(manual works)制作动画片时，通常要执行以下步骤：首先确定从动画片的开头到结束用于平滑想要动画运动(animation motion)的所需帧数，然后产生该全部所需帧的各个图像。但是，为了产生经确定数目的全部帧的图像需要大量的时间和劳动。

与此同时，目前已普及了通过采用计算机制图学技术制作动画片的方法。这一方法对于三维动画片的制作尤其效果显著。

作为采用这种计算机制图学产生动画数据的方法之一，已有一种关键帧内插的方法。根据这一方法，如图5实线四边形所示，用户将主要变化点的图像看作所需动画片中的关键帧，并只产生这种关键帧的图像。

一般来说，关键帧是由操作者利用在动画片中的各组成单元(此后称为目标)图像的三维布局来产生的。这种目标的图像数据被作为在存储器等中的模型数据来制备，并可由操作者从存储器等中读出以便使用。模型数据可按照二维或三维的方式来表示。

在图5中，关键帧之间的虚线四边形帧(内插帧)是利用在内插帧之前和之后的关键帧中目标间的相关性通过内插处理自动地产生的。具体来说，一旦被包括在内插帧之前或之后的前面和后面关键帧中的目标已被移动或已被旋转，就通过对来自被包括在这些前面和后面关键帧中的目标的数据进行内插处理来计算两个关键帧之间的内插帧中目标的移动位置或旋转变化。对于每一个目标执行这种内插处理。

因此有可能产生在三维空间中连续运动的动画数据。于是在基于上述计算机制图学技术的动画数据产生装置中，通过只对关键帧的图像数据进

行管理就能够相当容易地产生一系列动画数据。

在一种制作动画片的方法中，其使在两个关键帧之间目标的任何变化成为两维或三维的目标绕三维空间中的一轴旋转，关于在内插帧中对目标的内插处理有以下公知的相关技术。

通常通过将三维空间中目标的旋转分解成为绕 X 轴、Y 轴和 Z 轴的旋转角分量来对其进行描述，X 轴、Y 轴、和 Z 轴是表示三维空间的三个坐标轴。即通过将旋转分解成为绕 X 轴的角分量、绕 Y 轴的角分量和绕 Z 轴的角分量来对其进行描述。尽管根据某些应用的目的会利用极坐标来描述旋转，但在相关技术中这种情况非常少。

在此以前，已知相关技术的动画数据产生装置，其通过首先彼此独立地内插绕 X 轴、Y 轴和 Z 轴的旋转角分量，然后将这些分量组合来获得内插帧中每一目标的内插数据。

但是，根据相关技术的动画片制作装置，其产生旋转动画数据的方法，是绕 X 轴、Y 轴和 Z 轴彼此独立地内插旋转旋转角分量的，所以虽然获得了简化计算的优点，但所提供的旋转是与动画片绘制者想得到的旋转不相同的，因此变得不自然。

上述缺点的产生是因为例如目标在绕 X 轴、Y 和 Z 轴旋转的分量被作为独立和线性旋转分量进行处理时对该目标的旋转进行了内插的缘故。

具体来说，根据内插帧和在该内插帧之前和之后的两个关键帧的位置，确定在该内插帧中的旋转角(在两个关键帧之间的中间位置的旋转角)。如果绕 X 轴、Y 和 Z 轴的旋转角彼此独立地被确定，则每一内插帧中旋转的变化将使在各个内插帧中目标的旋转轴彼此不相同。因为在 X、Y 和 Z 轴之间无相关性，所以即使在绕每一根轴的线性旋转的情形下，在通过组合绕三根轴的彼此独立的旋转分量时其获得的每一内插帧中的旋转在各个帧中也是独立的。

现在假定目标 OB 是如图 6A 至 6C 所示的球形图像，第一关键帧 F1 中的球形图像 OB 从图 6A 的状态被旋转成为在第二关键帧 F2 中的图 6B 的图像。在这一情形下，如以上述方式进行旋转时旋转轴被改变，所以第一关键帧 F1 和第二关键帧 F2 之间的内插帧若利用相关技术的动画数据产生方法来形成时，将得出如图 6C 中的实线箭头 ARC 所示旋转轨迹的动画。

这一旋转是与图 6C 中虚线箭头 ARO 所示的在第一关键帧 F1 和第二关

键帧 F2 之间绕一根轴的自然的旋转运动不相同的，因此是非自然的。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的是提供一种能够实现自然旋转动画的方法和装置，即使在执行旋转内插的情形下，其在关键帧之间利用内插产生动画数据。

根据本发明的一个方面，提供了用于产生由多个帧组成的动画数据的方法。该方法包括以下步骤：通过沿选定的时间轴排列动画的组成单元来设定多个关键帧；获得相应于组成单元在两个关键帧之间的运动的一根旋转轴；以及在将该运动处理为绕该旋转轴的旋转时通过内插组成单元的该运动来形成内插帧。

根据本发明的另一个方面，提供了用于产生由多个帧组成的动画数据的装置。该装置包括：通过沿选定的时间轴排列动画的组成单元用于设定多个关键帧的装置；获得相应于组成单元在该两个关键帧之间的运动的一根旋转轴的装置；以及在将该运动处理为绕该旋转轴的旋转时通过内插组成单元的运动来形成内插帧的装置。

根据本发明的再一个方面，提供了一种动画数据产生装置，该装置包括：存储多个关键帧的数据的装置，在这些关键帧中，动画的组成单元被沿选定的时间轴排列；获得一根相应于组成单元在两个关键帧之间的运动的旋转轴的装置；通过绕一根旋转轴旋转组成单元来获得在两关键帧之间的内插帧的装置；以及输出如此获得的内插帧的装置。

在上述的本发明的图像数据产生方法和设备中，当在组成单元的旋转期间执行内插时，首先计算组成单元绕任意轴在两关键帧之间旋转时的旋转角。然后根据该旋转角计算在要被内插的帧中的旋转角。该内插帧的该旋转角然后被分解成为绕三维空间的 X、Y 和 Z 轴的角分量，并相对于三根轴中的每一根轴执行内插处理。

由于在内插帧中的旋转角是关于一根任意轴的角，所以能够以自然旋转产生令人满意的动画数据。

附图说明

本发明的上述及其它特征和优点根据以下参看附图对其进行的描述将

更加清楚。

图 1 是说明本发明动动画数据产生装置一实施例的方框图;

图 2 是图 1 所示动画数据产生装置实施例中的主要装置的功能方框图;

图 3 是表示图 1 所示动画数据产生装置实施例中的主要装置的处理操作的流程图;

图 4 是表示相对于数据内插单元中的旋转执行的内插的示范性例行程序的流程图;

图 5 是说明如何用关键帧通过内插产生动画数据的示意图;

图 6A 至 6C 是各说明用关键帧通过内插获得的旋转动画的运动的示意图。

具体实施方式

以下将参看附图所示的本发明的最佳实施例描述本发明的用于产生动画数据的方法和装置。图 1 是说明本发明动画数据产生装置的一实施例的方框图。

如图 1 所示，该动画数据产生装置包括: 输入单元 1; 目标管理单元 2; 关键帧管理单元 3; 布局(layout)管理单元 4、图像显示单元 5、数据内插单元 6、以及数据存储器单元 7。

输入单元 1 设有键盘、鼠标器等，其接收来自操作者的各种输入。输入单元 1 将事件信息、例如将相应于来自操作者输入的字符信息或命令信息提供给目标管理单元 2、关键帧管理单元 3 和布局管理单元 4。例如，有选择地改变处理模式的命令、产生关键帧数据的信息、或产生一系列动画数据的命令被从输入单元 1 提供给有关单元。

目标管理单元 2、关键帧管理单元 3 和布局管理单元 4 中的每一个都具有用于存储数据的存储器，并管理为产生一系列动画数据所需的数据。

目标管理单元 2 在其存储器中存储并管理目标，该目标是产生所需动画的组成单元，例如形成象飞机、直升飞机或汽车的模型数据。

在所需的动画产生之前，通过输入单元 1 和未示出的扫描器(图像阅读器)将模型数据提供给目标管理单元 2，在目标管理单元 2 中给模型数据附加用于识别各个目标的目标 ID 并对目标 ID 进行管理。

关键帧管理单元 3 管理关键帧数据，关键帧数据构成关键帧图像，关

键帧数如上所述是由响应操作者命令通过布局三维空间的模型数据形成的。

在这一实施例中，关键帧数据由各种信息组成，这些信息包括由操作者通过输入单元1有选择地指定的目标所相关的目标ID、目标排列在帧上的坐标位置、目标的(被缩小或被放大)尺寸、以及目标的旋转角等信息。

关键帧管理单元3给每一关键帧附加帧号，以便表明从动画序列的开头计数据的该动画序列的序数，并管理各个关键帧的数据。换句话说，关键帧管理单元3对全部帧的位置进行管理，它从动画序列位置起始通过利用相关的时间进行管理，该全部帧由包含关键帧的动画序列组成。

布局管理单元4在产生关键帧数据的时刻形成图像显示信号用于显示正在被产生的关键帧的图像，然后将这一信号提供给图像显示单元5。此外，如以后将描述的那样，布局管理单元4形成图像显示信号用于显示包括根据关键帧产生的内插帧在内的动画序列，并将这一信号提供给图像显示单元5。

图像显示单元5由阴极射线管或液晶显示器件构成，其根据从布置管理单元4中得到的图像显示信号显示一系列关键帧的图像。

在产生关键帧数据的时刻，例如目标管理单元2、关键帧管理单元3和图像显示单元5按照图3所示运行。

一旦操作者通过输入单元1选定了关键帧输入模式来产生关键帧数据(SP1)，各单元就响应这种选择做好准备以等待输入用于关键帧的产生的信息。一旦操作者通过输入单元1设定了所需关键帧的编号(SP2)，该帧号就被提供给关键帧管理单元3。

操作者随后选择要在相关关键帧上显示的目标(SP3)，并向输入单元1提供所需数据，例如目标在帧上排列的坐标位置、目标的尺寸、目标的旋转角等(SP4)。

如此输入的数据被依次提供给布局管理单元4。布局管理单元4然后根据所提供的数据从目标管理单元2中获取被选目标的模型数据，并形成用于显示图像的图像显示信号。该图像是排列在帧上的目标。

与此同时，布局管理单元4通过输入单元1接收表示相关帧的编号的数据，然后形成图像信号以便显示与该帧的图像一起的该帧号。

于是形成的图像显示信号被提供给图像显示单元5，关键帧的图像在图

像显示单元5的屏幕上被显示(SP5)。然后当操作者在观看显示单元5屏幕上被显示的图像时对目标的位置、尺寸和旋转角进行调整。

一旦完成了对在相应的关键帧上显示全部目标的输入设定，操作者认为在图像显示单元5上显示了令人满意的图像时，然后在输入单元1的键盘上按下确认键或轻按鼠标器以确定所产生的关键帧数据(SP6)，由此在关键帧管理单元3中记录关键帧数据(SP7)。

这样一来，操作者边观看被显示在图像显示单元5上的图像，边产生全部关键帧数据，这些数据是产生该想要的动画所必需的。

在为所需动画数据序列产生所需要的全部关键帧数据的操作结束并完成了在关键帧管理单元3中全部登记这样的关键帧数据之后，操作者选择动画数据产生模式(SP8)来产生所需的动画数据序列。动画数据的产生是在数据内插单元6中完成的。

响应来自目标管理单元2和关键帧管理单元3的信息，数据内插单元6根据关键帧的图像数据产生内插帧的图像数据，由此产生所需的动画数据序列。

具体来说，一旦选定了动画数据产生模式，关键帧管理单元3就响应从输入单元1得到的模式选择信息将关键帧数据提供给数据内插单元6，然后通知目标管理单元2，其具有与关键帧数据指定的目标相关联的目标ID。目标管理单元2随后读出相应的模型数据并将它们提供给数据内插单元6，关键帧管理单元3还向数据内插单元6提供作为关键帧位置信息的内插帧号。

数据内插单元6然后根据该内插帧号检测在该内插帧之前和之后的两个关键帧，并根据这两个关键帧的数据和被关键帧数据指定的目标的模型数据在这两关键帧之间形成内插帧的图像数据。这样一来，数据内插单元6就根据在每一前面的和后面的关键帧与相关内插帧之间的空间距离利用内插处理产生了在关键帧之间所需要的内插帧的图像数据。数据内插单元6根据各帧的位置信息、即帧号来控制从每一前面的和后面的关键帧至第一内插帧的空间距离。

如上所述，数据内插单元6通过在关键帧之间产生的内插帧的图像数据来产生所需动画数据序列(SP9)。数据内插单元6随后将如此产生的动画数据传送给数据存储器单元7。

数据存储器单元7具有例如磁盘或光盘类的存储介质，由关键帧数据和内插帧数据组成的动画数据序列被存储在磁盘等类似介质中(SP10)。

如上所述，在将动画数据序列存储在数据存储器单元7中之前，在数据内插单元6中产生的动画数据通过关键帧管理单元3以动画图像监视器模式的方式提供给布局管理单元4，然后在图像显示单元5上被显示，因此可对动画进行监视。

一旦需要利用监视来修正如此产生的动画数据序列，就可以通过修正其中的某些关键帧或增加恰当的关键帧来进一步平滑动画的运动。

布局管理单元4能够根据来自操作者的命令以预定的速度显示动画序列，还能够一个接着一个地显示各帧的图像，如同翻页一样，因此确保了对图像的有效的修正或确认。

在数据存储器单元7中，动画数据可按照图(image)的数据形式进行存储，或者也可以存储用于显示的目标ID、该目标的坐标位置和旋转角的数据。在后一情形下，当需要按照与在目标管理单元2中的模型数据相同的模型数据来再现动画时，这种模型数据可以存储在数据存储器单元7中，或者可以在动画重放设备中装备具有与在目标管理单元2的内部存储器中相同的存储内容的存储器。

当数据内插单元6中的目标内插处理涉及到绕一根轴的旋转时，就在数据内插单元6中以这样的方式执行该处理，即相关目标被认为是根据在内插帧之前和之后的两关键帧的数据绕任意轴被旋转，而不以这样的方式执行该处理，即对于围绕三维坐标系统中的X、Y和Z轴中的每根轴的旋转执行内持。

因此，在对于旋转执行内插时，数据内插单元6利用如图2中的功能方框图所示的绕一根轴的旋转角计算装置61和内插旋转矩阵计算装置62执行处理。

绕一根轴的旋转角计算装置61根据在两关键帧中目标旋转角的X、Y和Z轴分量计算旋转角θ，这代表了目标绕两关键帧之间的任意轴旋转的角度。以后将详细说明如何计算该旋转角θ。

内插旋转矩阵计算装置62首先在[0，θ]的角度范围内旋转目标的状态下计算在每一内插帧中的旋转角θd，然后通过利用如此获得的旋转角θd计算内插旋转矩阵Rd。该装置62此后将内插旋转矩阵Rd分解成为绕三维坐

标系统的X、Y和Z轴的角度数据，并计算内插数据。

以下说明如何获得目标绕两关键帧之间的任意轴的旋转角度θ。

绕三维坐标系统中的原点的旋转用3×3旋转矩阵来表示。现在假定坐标系统B将坐标系统A按照绕X轴、绕Y轴和绕Z轴这样的顺序分别旋转了rx度、ry度和rz度，则旋转矩阵被表达式1表示如下。

[表达式1]

$$\begin{bmatrix}\cos(rz) & -\sin(rz) & 0\\ \sin(rz) & \cos(rz) & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(ry) & 0 & \sin(ry)\\ 0 & 1 & 0\\ -\sin(ry) & 0 & \cos(ry)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos(rx) & -\sin(rx)\\ 0 & \sin(rx) & \cos(rx)\end{bmatrix}$$

假定旋转矩阵R用表达式2来表示，其转置矩阵R^T用表达式3来表示。

[表达式2]

$$R=\begin{bmatrix}R_{11} & R_{12} & R_{13}\\ R_{21} & R_{22} & R_{23}\\ R_{31} & R_{32} & R_{33}\end{bmatrix}$$

[表达式3]

$$R^T=\begin{bmatrix}R_{11} & R_{12} & R_{13}\\ R_{21} & R_{22} & R_{23}\\ R_{31} & R_{32} & R_{33}\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos(rx) & \sin(rx)\\ 0 & -\sin(rx) & \cos(rx)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(ry) & 0 & -\sin(ry)\\ 0 & 1 & 0\\ \sin(ry) & 0 & \cos(ry)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(rz) & \sin(rz) & 0\\ -\sin(rz) & \cos(rz) & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

由于在表达式3中公式的条件

$$R^TR=1 \qquad \cdots\cdots(1)$$

被满足，所以R是正交矩阵。相反地，|R|=1的正交矩阵用表达式3来表示，该矩阵是一旋转矩阵。可以利用另一正交矩阵T来将一正交矩阵归一化为表达式4是众所周知的。

[表达式4]

$$T^{-1}RT=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta\\ 0 & \sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}$$

当有两个任意的旋转矩阵A和B时，R被设定为

$$R=A^{-1}B \qquad \cdots\cdots(2)$$

上述正交矩阵T可被确定并用表达式5来表示。于是以上可用表达式6来

表示。

[表达式 5]

$$T^{-1}RT=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta\\ 0 & \sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}$$

[表达式 6]

$$T^{-1}A^{-1}BT=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta\\ 0 & \sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}$$

$$B=AT\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta\\ 0 & \sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}T^{-1}$$

由于在[0, θ]范围内角度的变化，上述坐标系统 A 被绕一根轴旋转成为坐标系统 B 的状态。

因此，通过求出正交矩阵 T，就能够通过绕一根轴的旋转来进行内插两任意坐标系统之间的状态。

正交矩阵 T 可按照以下方式来求出。现在假定求出了用公式(3)表示的、绝对值为 1 的特征向量 R。

$$Rt = t \quad .....(3)$$

由于上式可表示为

$$(R-E)t=0 \quad .....(4)$$

(此处的 E 为单式矩阵)

t 与矩阵(R-E)的分量矢量垂直。

根据矩阵(R-E)求出两独立的主要集合，将它们的外积(exterior product)归一化来产生 t_1。然后通过从获得了 t_1 的矩阵(R-E)中取出其任一矢量来确定与 t_1 垂直的矢量。也将这一矢量归一化来产生 t_2。然后求 t_1 和 t_2 的外积来产生 t_3。t_1、t_2 和 t_3 每个的绝对值都是 1 并彼此正交，所以矩阵(t_1、t_2、t_3)是一正交矩阵。

现在假定矩阵(t_1、t_2、t_3)为 T，则表达式 5 的左侧可用表达式 7 来表示。

[表达式 7]

$$T^{-1}RT=(t_1\ t_2\ t_3)\text{-}1R(t_1\ t_2\ t_3)$$

$$=\begin{bmatrix}t_1^T\\t_2^T\\t_3^T\end{bmatrix}R(t_1\ t_2\ t_3)$$

$$=\begin{bmatrix}t_1^TRt_1 & t_1^TRt_2 & t_1^TRt_3\\t_2^TRt_1 & t_2^TRt_2 & t_2^TRt_3\\t_3^TRt_1 & t_3^TRt_2 & t_3^TRt_3\end{bmatrix}$$

由公式(3)显然有 $Rt_1=t_1$，于是就得到表达式 8，所以表达式 7 可被改写为表达式 9。

[表达式 8]

$$t_1^TRt_1 = t_1^Tt_1$$
$$t_2^TRt_1 = t_2^Tt_1$$
$$t_3^TRt_1 = t_3^Tt_1$$

[表达式 9]

$$T^{-1}RT=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\0 & t_2^TRt_2 & t_2^TRt_3\\0 & t_3^TRt_2 & t_3^TRt_3\end{bmatrix}$$

表达式 9 的各元素在表达式 10 中被设定。

[表达式 10]

$$T^{-1}RT=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\0 & A & B\\0 & C & D\end{bmatrix}$$

由于 T 和 R 都是正交矩阵，所以 $T^{-1}RT$ 也是正交矩阵，有以下关系。

$$A^2 + C^2 = 1 \quad \cdots \quad (5)$$
$$B^2 + D^2 = 1 \quad \cdots \quad (6)$$
$$A^2 + B^2 = 1 \quad \cdots \quad (7)$$
$$C^2 + D^2 = 1 \quad \cdots \quad (8)$$
$$AB + CD = 0 \quad \cdots \quad (9)$$
$$AC + BD = 0 \quad \cdots \quad (10)$$
$$AD - BC = 1 \quad \cdots \quad (11)$$

通过将公式(5)减去公式(8)，

$$A^2 - D^2 = 0$$

$$A = \pm D$$

当 A = -D 时，将其代入公式(9)，于是

$$D(B-C) = 0$$

因此

D = 0 或 B = C，将 D = 0 代入公式 11

$$-BC = 1$$

通过将公式(5)减去公式(7)，

$$B = \pm C$$

因此

$$B = -C = \pm 1$$

与此同时，将 A = -D，B = C 代入公式(11)，

$$-D^2-C^2 = 1$$

这是矛盾的。因此

$$A = D = 0$$

$$B = -C = \pm 1$$

当 A = D 时，将其代入公式(9)，于是

$$D(B + C) = 0$$

因此，

D = 0 或 B = -C

如果 D = 0，就按照如上所述相同的方式得到 B = -C = ± 1。如果 D≠0，由于 B = -C，所以在任何情况下，就有

$$A = D$$

$$B = -C$$

$$C^2 + D^2 = 1$$

于是能够得到表达式 11。因此，如上所述，能够确定满足表达式 5 的正交矩阵 T。

[表达式 11]

$$T^{-1}RT = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

在上述理论的基础上，在数据内插单元 6 中对于目标的旋转执行内插处理。图 4 的流程图表示在数据内插单元 6 中对于旋转执行这种内插的示范性例行程序。以下将参看图 4 描述这一例行程序。

首先在步骤 S1 中为在内插帧之前的关键帧 K1 中内插获取绕目标的 X 轴、Y 轴、Z 轴的角度数据 rx1、ry1、rz1，以及为在内插帧之后的关键帧 K2 中内插获取绕目标 X 轴、Y 轴、Z 轴的角数据 rx2、ry2、rz2，还有表示在两关键帧 K1 和 K2 之间的内插帧的数目的内插步骤数 S。

然后操作到达步骤 S2，利用角数据 rx1、ry1、rz1 和角数据 rx2、ry2、rz2 计算旋转矩阵 $R = R1^{-1}R2$，R1、$R1^{-1}$ 和 R2 由表达式 12 来表示。

[表达式 12]

$$R1 = \begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos(rx1) & -\sin(rx1)\\ 0 & \sin(rx1) & \cos(rx1)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(ry1) & 0 & \sin(ry1)\\ 0 & 1 & 0\\ -\sin(ry1) & 0 & \cos(ry1)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(rz1) & -\sin(rz1) & 0\\ \sin(rz1) & \cos(rz1) & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$R1^{-1} = \begin{bmatrix}\cos(-rz1) & -\sin(-rz1) & 0\\ \sin(-rz1) & \cos(-rz1) & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(-ry1) & 0 & \sin(-ry1)\\ 0 & 1 & 0\\ -\sin(-ry1) & 0 & \cos(-ry1)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos(-rx1) & -\sin(-rx1)\\ 0 & \sin(-rx1) & \cos(-rx1)\end{bmatrix}$$

$$R2 = \begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos(rx2) & -\sin(rx2)\\ 0 & \sin(rx2) & \cos(rx2)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(ry2) & 0 & \sin(ry2)\\ 0 & 1 & 0\\ -\sin(ry2) & 0 & \cos(ry2)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos(rz2) & -\sin(rz2) & 0\\ \sin(rz2) & \cos(rz2) & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

操作然后进行到步骤 S3，计算正交矩阵 T，正交矩阵 T 可按以上方式来获得。然后在步骤 S4，根据这样获得的正交矩阵 T 按照表达式 11 计算在从关键帧 K1 至关键帧 K2 的时间期间内绕一根轴旋转的目标的旋转角θ。在这一情形下，旋转轴是使目标在两关键帧 K1 和 K2 之间绕其旋转实现最小旋转角的旋转轴。

这样执行内插处理，以使目标在所计算的旋转角θ的范围[0，θ]内每次按照内插帧的数目 S 用非常小的角度顺序地旋转。为此，在每一内插帧中的角度θd 在步骤 S5 中被重置为零(θd = 0)。然后在步骤 S6 中判断是否完成了对在两关键帧 K1 和 K2 之间的多个内插帧中的最后一个的处理。当判断

的结果表示已完成时，这一例行程序就被终止。

在上述判断结果为否定的情况下，表示处理尚未结束，操作进行到步骤 S7，通过执行以下计算来求出在相关内插帧中的角度θd;

$$\theta d = \theta d + \theta / S$$

然后在下一步骤 S8 处根据以下给出的表达式 13 计算在相关内插帧中的内插旋转矩阵 Rd。

[表达式 13]

$$R_d = T \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta d & -\sin\theta d \\ 0 & \sin\theta d & \cos\theta d \end{bmatrix} T^{-1}$$

此后操作进行到步骤 S9，将在步骤 S8 中获得的内插旋转矩阵 Rd 在该步骤中被分解为绕 X 轴、Y 轴和 Z 轴的角数据 rxd、ryd、rzd。一旦完成了以此方式产生的内插数据；操作就返回到步骤 S6，对于下一个内插帧重复进行上述处理。

于是，能够产生所需的内插数据来获得自然的旋转动画，如图 6C 中的虚线箭头 ARO 所示，每一目标绕任意轴如此旋转以至于在两关键帧之间使其旋转角为最小。如上所述，在这种情况下，要被旋转的目标可以由两维或三维数据组成。

如上所述，根据本发明，当旋转被认为是绕任意轴的旋转时计算在两关键帧之间的三维空间内的该旋转的角度，然后利用内插计算在两关键帧之间的每一内插帧中的旋转角，通过将所计算的旋转角变换为绕在三维空间坐标系统中的 X、Y 和 Z 轴的角数据来执行内插处理，由此实现了产生具有操作者所希望的自然的旋转运动所需的动画。

虽然已结合本发明的最佳实施例对本发明进行了描述，但应当认识到本发明不只限于上述最佳的实施例，在不违背本发明的构思的情况下，各种其它改进和变化对本领域技术人员而言是显而易见的。

因此，本发明的范围由所附的权利要求来确定。

图1

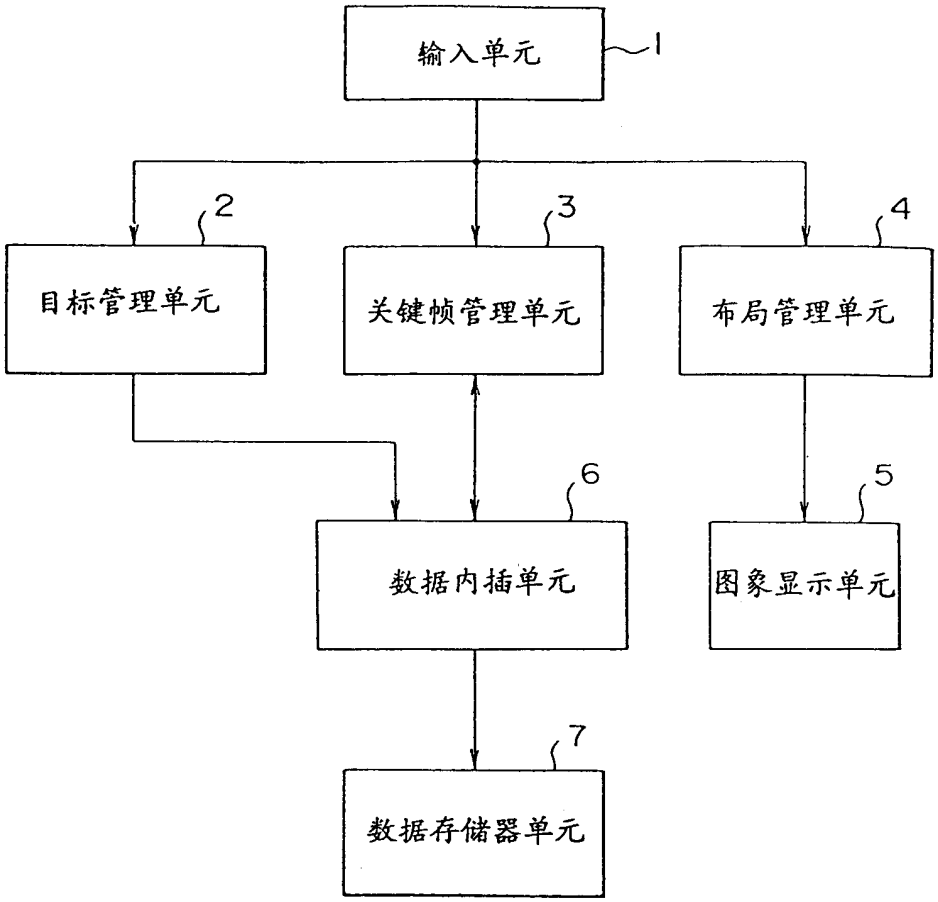

输入单元
1
2
3
4
目标管理单元
关键帧管理单元
布局管理单元
6
5
数据内插单元
图象显示单元
7
数据存储器单元

图2

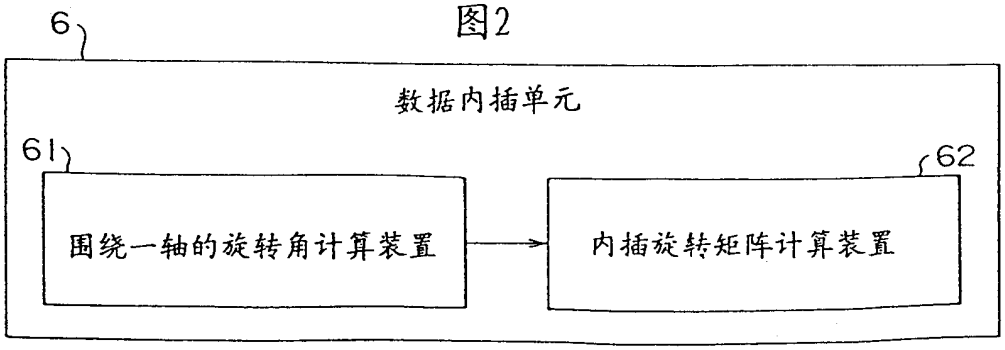

6
数据内插单元
61
62
围绕一轴的旋转角计算装置
内插旋转矩阵计算装置

图3

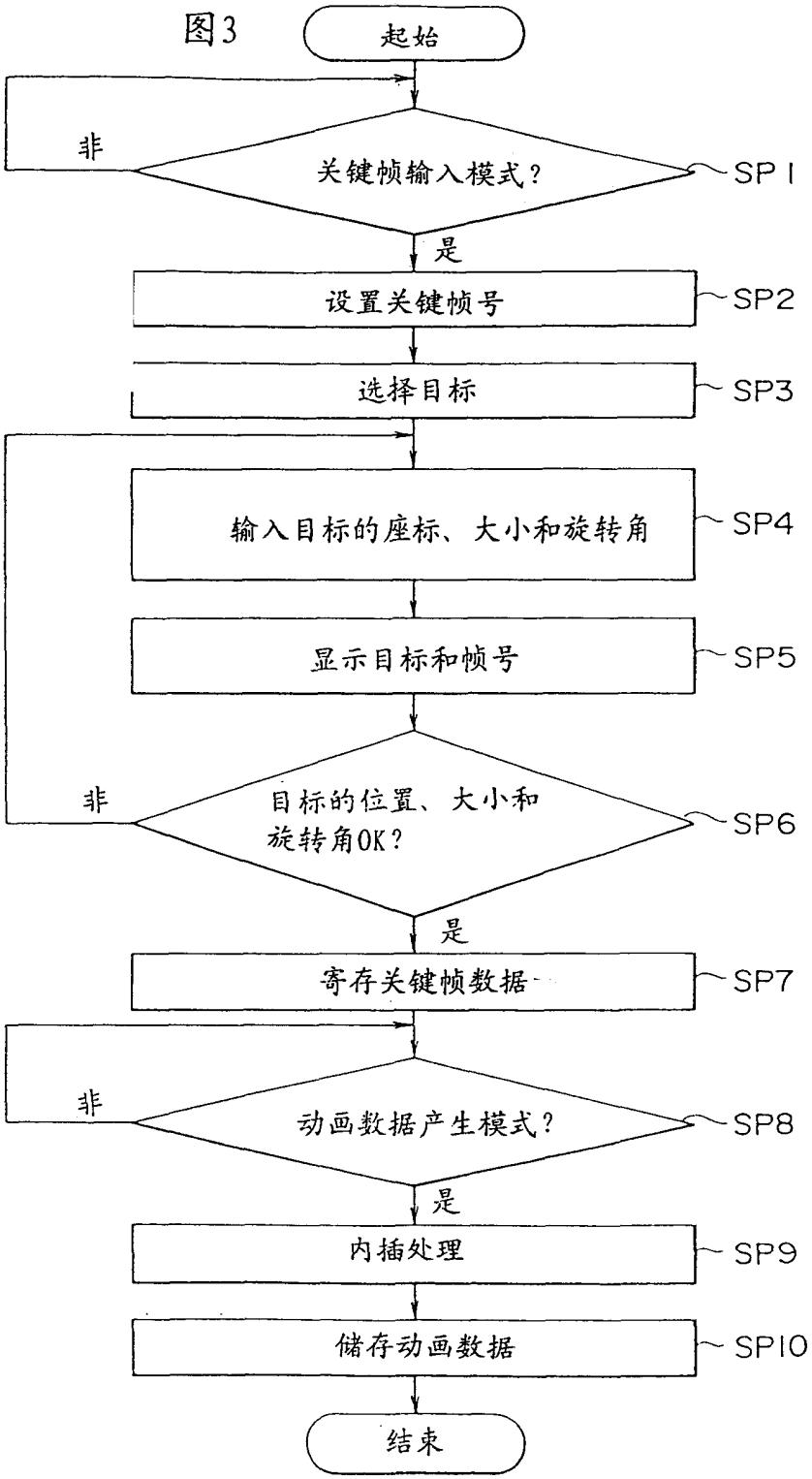

起始
非
关键帧输入模式？
SP1
是
设置关键帧号
SP2
选择目标
SP3
输入目标的座标、大小和旋转角
SP4
显示目标和帧号
SP5
非
目标的位置、大小和
旋转角OK？
SP6
是
寄存关键帧数据
SP7
非
动画数据产生模式？
SP8
是
内插处理
SP9
储存动画数据
SP10
结束

图 4

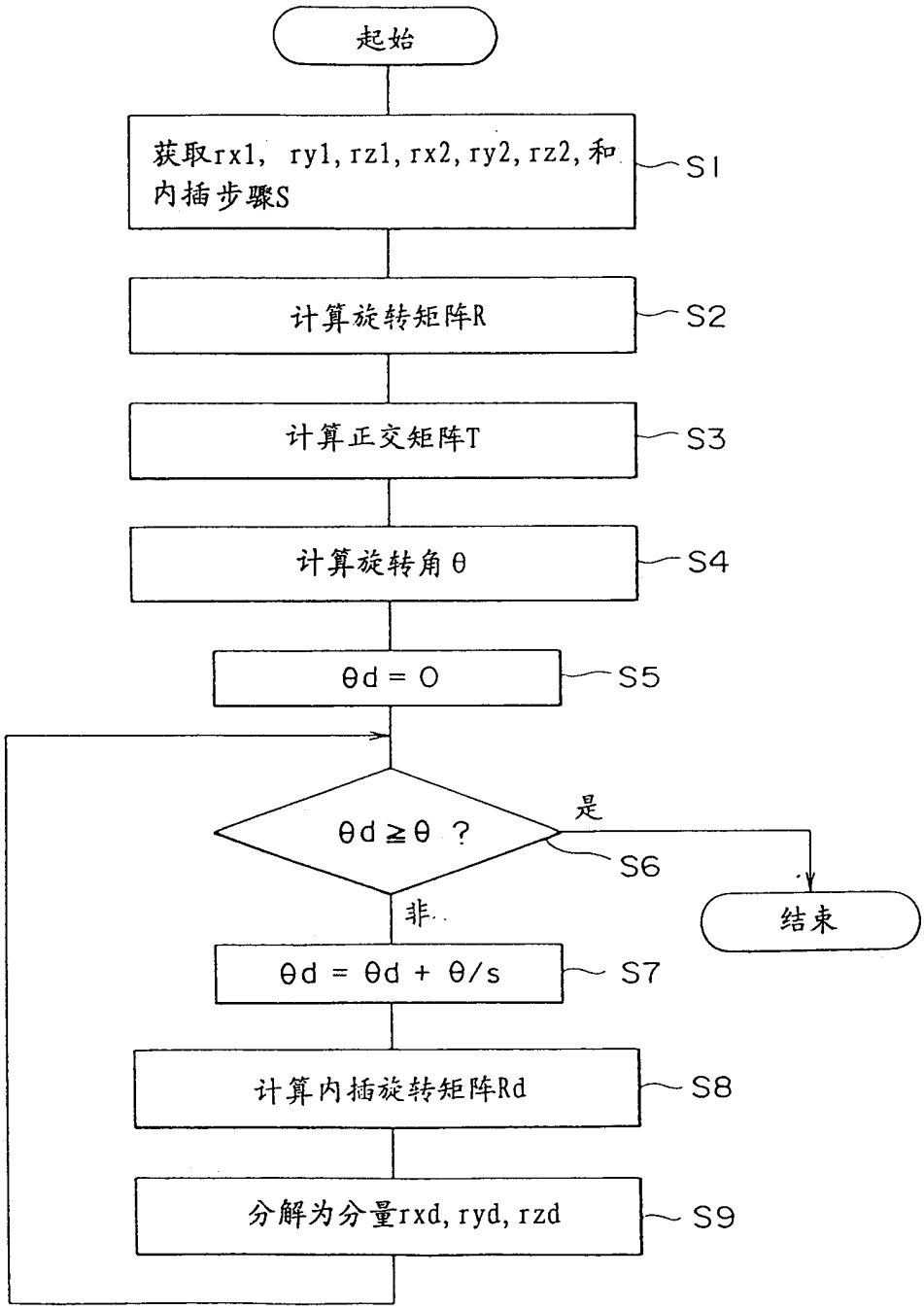

起始
获取rx1, ry1, rz1, rx2, ry2, rz2, 和内插步骤S
S1
计算旋转矩阵R
S2
计算正交矩阵T
S3
计算旋转角θ
S4
θd = 0
S5
θd ≧ θ ？
是
S6
非
结束
θd = θd + θ/s
S7
计算内插旋转矩阵Rd
S8
分解为分量rxd, ryd, rzd
S9

图 5

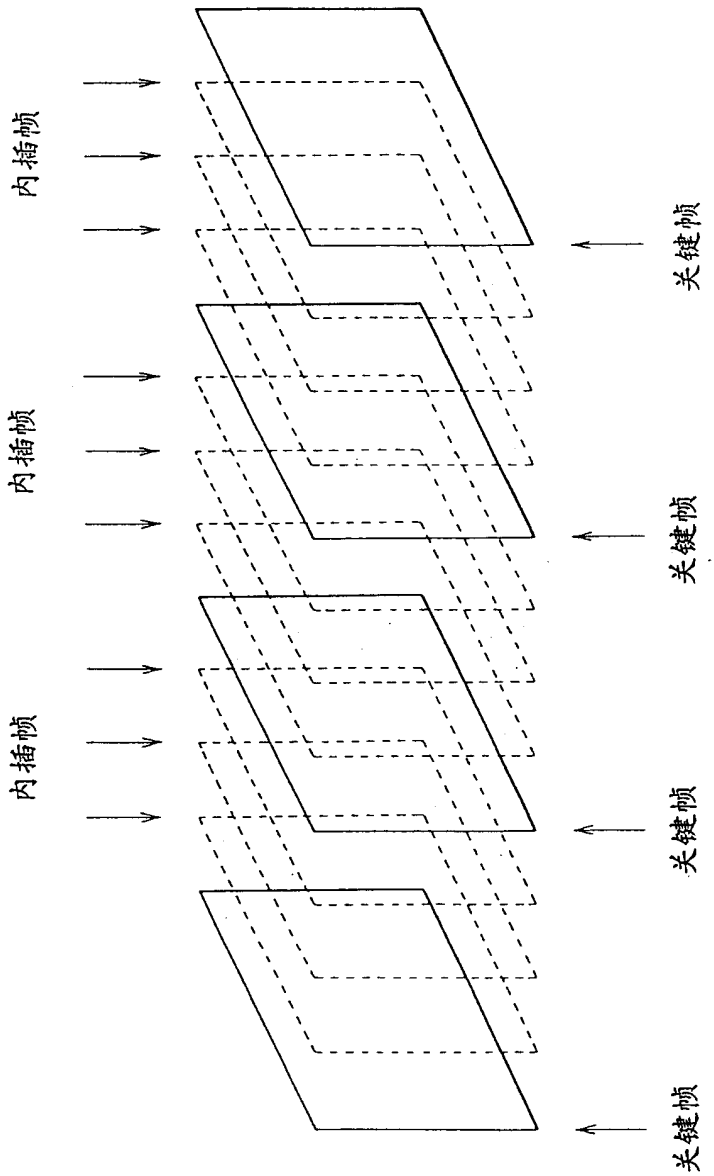
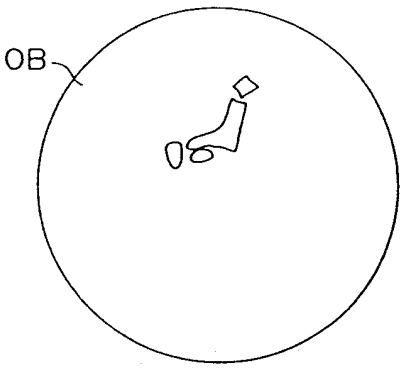
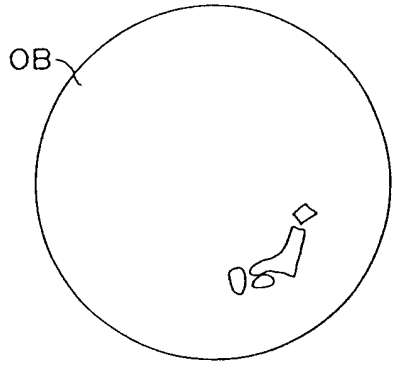


图 6A



关键帧F1

图 6B



关键帧F2

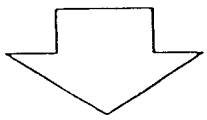


图 6C

