

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

A41H 43/00 (2006.01)

G06T 15/70 (2006.01)

G06F 17/50 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580006201.1

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100542445C

[22] 申请日 2005.2.23

[21] 申请号 200580006201.1

[30] 优先权

[32] 2004.2.26 [33] JP [31] 050896/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/002863 2005.2.23

[87] 国际公布 WO2005/082185 日 2005.9.9

[85] 进入国家阶段日期 2006.8.28

[73] 专利权人 株式会社岛精机制作所

地址 日本和歌山县

[72] 发明人 山本真司 西川忠典 寺井公一

福田哲也

[56] 参考文献

JP2002-117414A 2002.4.19

EP1281136B1 2003.8.20

JP2000-331058A 2000.11.30

JP2000-3383A 2000.1.7

EP0722586B1 2001.12.5

US6233496B1 2001.5.15

审查员 薛松

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 田军锋 王爱华

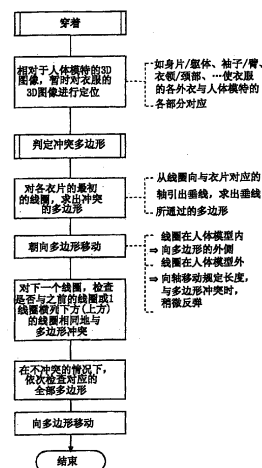
权利要求书 2 页 说明书 21 页 附图 13 页

[54] 发明名称

针织外衣向人体模型的穿着模拟方法及其装置

[57] 摘要

使设计出的假想无缝制针织外衣的身片和袖子膨胀成椭圆柱状，相对于人体模型临时进行定位，并朝向人体模型的躯体、双臂的各轴，移动无缝制外衣的各部分而临时穿着。对穿着的外衣上的线圈的配置，在横向和纵向进行平滑化，从而对线圈的位置进行粗校正。接着对外衣各部分的线圈的位置反复进行平滑化，从而得到穿着后的假想外衣。通过粗校正和平滑化除去使假想外衣向躯体轴、臂轴等各个轴移动时引起的变形，从而得到自然的模拟图像。



1. 一种向人体模型穿着针织外衣的穿着模拟方法，相对于由多个多边形构成的三维人体模型，穿着具有多个衣片的假想针织外衣，其特征在于，

在所述人体模型上设置多个轴，

使所述针织外衣的各衣片与所述多个轴中相应的轴对应，并使所述假想针织外衣相对于人体模型临时定位，

使临时定位的所述针织外衣朝向与每个衣片对应的轴收缩/膨胀，从而以使各衣片显现于人体模型外侧的方式将所述针织外衣穿着于人体模型。

2. 根据权利要求1所述的穿着模拟方法，其特征在于，

所述人体模型至少具有躯体和双臂，并且具有躯体的轴和右臂的轴以及左臂的轴；

所述假想针织外衣具有至少由身片和两个袖子构成的多个衣片，且使各衣片与人体模型的相应的轴对应，并且在所述临时定位中使对应的轴通过各衣片的内部；

进而，使假想的外衣的两个袖子收缩/膨胀，以使两个袖子的上部与人体模型的臂上部接触，两个袖子的下部相对于人体模型的臂下部具有间隙。

3. 根据权利要求2所述的穿着模拟方法，其特征在于，将所述假想针织外衣穿着于人体模型后，通过沿着其线圈横列方向和纵行方向，重新配置假想针织外衣的各线圈，消除对应的轴不同的衣片之间的假想针织外衣的变形。

4. 根据权利要求1所述的向人体模型穿着针织外衣的穿着模拟方法，其特征在于，穿着所述针织外衣后，通过使所述针织外衣的各线圈以接近其周围线圈的平均位置的方式移动，对针织外衣的线圈位置

进行平滑化，并且反复进行该平滑化。

5. 一种穿着模拟装置，相对于由多个多边形构成的三维人体模型，穿着具有多个衣片的假想针织外衣，其特征在于，设有：

存储装置，存储设于人体模型上的多个轴的位置；

对应装置，使所述针织外衣的各衣片与所述多个轴中相应的轴对应；

临时配置装置，使各衣片相对对应的轴临时配置在 3D 空间内；
和

穿着装置，使各衣片向对应的轴收缩/膨胀，以使衣片显现于人体模型的外侧，

通过使相对所述轴临时定位后的针织衣片向与每一个衣片对应的轴收缩/膨胀，而将其穿着于人体模型。

6. 根据权利要求 5 所述的穿着模拟装置，其特征在于，假想针织外衣具有身片和两个袖子，人体模型具有躯体和双臂以及它们的轴；

在所述穿着装置中，使假想外衣的两个袖子收缩/膨胀，以使两个袖子的上部与人体模型的臂上部接触，两个袖子的下部相对于人体模型的臂下部具有间隙。

7. 根据权利要求 6 所述的穿着模拟装置，其特征在于，设有校正装置，将所述假想针织外衣穿着于人体模型后，通过沿着假想针织外衣的线圈横列方向和纵行方向重新配置各线圈，消除对应的轴不同的衣片之间的假想针织外衣的变形。

8. 根据权利要求 5 所述的穿着模拟装置，其特征在于，设有：

平滑化装置，将所述针织外衣穿着于人体模型后，通过使所述针织外衣的各线圈以接近其周围线圈的平均位置的方式移动，对针织外衣的线圈位置进行平滑化；和

反复装置，使所述平滑化装置反复进行线圈位置的平滑化。

针织外衣向人体模型的穿着模拟方法及其装置

技术领域

本发明涉及使无缝制的筒状针织外衣等针织外衣假想地穿着于人体模型上的情况。

背景技术

非专利文献 1 公开了以三维方式对针织外衣的形状进行模拟的方法。将针织外衣的各线圈看作质点，各线圈看作用弹簧连接，对线圈的运动方程式进行求解，以三维方式对外衣的形态进行模拟。但是，没有公开怎样向人体模型穿着针织外衣。

专利文献 1 公开了对游泳衣等具有伸缩性的衣服的模拟，适合于人体地使衣服膨胀而穿着的方案。

专利文献 2 公开了将衣服分割为多个布块，使各布块与人体冲突而对衣服的穿着状态进行模拟的方案。

发明人发现使用比较简单的模型，将假想针织外衣穿着于人体模型时，会使针织外衣的线圈配置变乱。认为如非专利文献 1，用假想的弹簧连接各线圈，求出线圈的稳定位置时，会减少穿着过程中的线圈位置的混乱。但是，在非专利文献 1 中没有公开怎样使三维的人体模型穿着针织外衣。认为沿着三维人体模型的表面，使通过弹簧连接的多个线圈移动的同时求出各线圈的稳定位置，模型需要很复杂，需要很大的计算量。并且专利文献 2 涉及布帛，不必考虑伴随穿着的线圈配置的散乱。

专利文献 1 的游泳衣在躯体的筒状衣片上具有肩带，没有如一般

外衣那样的身片和袖子等衣片。具有身片和袖子的针织外衣、短裤、女式西装裤等针织外衣，不是穿着于由躯体构成的一个圆筒上，而是将针织外衣穿着于躯体和臂或躯体和双腿部等复杂的人体模型上。因此，穿着针织外衣的方法也复杂，容易使线圈的配置变得不自然。

非专利文献 1: The Art of Knitted Fabrics, Realistic & Physically Based Modelling of Knitted Patterns, EUROGRAPHICS'98, Vol.17,(1998),Number3

专利文献 1: 特开平 9-273017

专利文献 2: 特开平 8-44785

发明内容

本发明的基本目的在于，用比较少的计算量，将由多个线圈构成的假想针织外衣，通过具有可靠性的模型穿着于具有多个轴的人体模型上。

本发明中的另一目的在于能够简单且真实地模拟出袖子对臂的穿着状态。

本发明中的另一目的在于消除假想针织外衣穿着时的移动方向根据人体模型的轴不同而产生的间隙。

该另一目的在于将穿着后的线圈的配置重新排列成自然的配置。

本发明的向人体模型穿着针织外衣的穿着模拟方法，相对于由多个多边形构成的三维人体模型，穿着具有多个衣片的假想针织外衣，其特征在于，

在所述人体模型上设置多个轴，

使所述针织外衣的各衣片与上述多个轴中相应的轴对应，并使上

述假想针织外衣相对于人体模型临时定位，

使所述临时定位的所述针织外衣朝向与每个衣片对应的轴收缩/膨胀，从而以使各衣片显现于人体模型外侧的方式将所述针织外衣穿着于人体模型。

本发明的穿着模拟装置，相对于由多个多边形构成的三维人体模型，穿着具有多个衣片的假想针织外衣，其特征在于，设有：

存储装置，存储设于人体模型上的多个轴的位置；

对应装置，使上述针织外衣的各衣片与上述多个轴中相应的轴对应；

临时配置装置，使各衣片相对对应的轴临时配置在 3D 空间内；
和

穿着装置，使各衣片向对应的轴收缩/膨胀，以使衣片显现于人体模型的外侧，

通过使相对上述轴临时定位后的针织衣片向与每一个衣片对应的轴收缩/膨胀，而将其穿着于人体模型。

本发明的穿着模拟程序，相对于由多个多边形构成的三维人体模型，穿着具有多个衣片的假想针织外衣，其特征在于，设有：

存储命令，存储设于人体模型上的多个轴的位置；

对应命令，使上述针织外衣的各衣片与上述多个轴中相应的轴对应；

临时配置命令，使各衣片相对对应的轴临时配置在 3D 空间内；
和

穿着命令，使各衣片向对应的轴收缩/膨胀，以使衣片显现于人体模型的外侧，

通过使相对上述轴临时定位后的针织衣片向与每一个衣片对应的轴收缩/膨胀，而将其穿着于人体模型。

优选的是，在本发明的穿着模拟方法、穿着模拟装置、穿着程序

中，上述人体模型至少具有躯体和双臂，并且具有躯体的轴和右臂的轴以及左臂的轴；

上述假想针织外衣具有至少由身片和两个袖子构成的多个衣片，且使各衣片与人体模型的相应的轴对应，并且在上述临时定位中使对应的轴通过各衣片的内部；

进而，使假想的外衣的两个袖子收缩/膨胀，以使两个袖子的上部与人体模型的臂上部接触，两个袖子的下部相对于人体模型的臂下部具有间隙。

并且优选的是，在本发明的穿着模拟方法、穿着模拟装置、穿着程序中，将上述假想针织外衣穿着于人体模型后，通过沿着其线圈横列方向和纵行方向，重新配置假想针织外衣的各线圈，消除对应的轴不同的衣片之间的假想针织外衣的变形。该处理有时被称为粗校正。

并且优选的是，在本发明的穿着模拟方法、穿着模拟装置、穿着程序中，穿着上述针织外衣后，通过使上述针织外衣的各线圈以接近其周围线圈的平均位置的方式移动，对针织外衣的线圈位置进行平滑化，并且反复进行该平滑化。

由于在本说明书中仅将针织外衣作为对象，因而有时省略“针织”而简单地称为“外衣”，并且由于仅将假想外衣作为对象，因而有时省略“假想”而简单地称为“穿着外衣”、“使外衣膨胀”等。

在实施例1中，表示在进行针织外衣的临时定位之前，使针织外衣膨胀，并使膨胀的针织外衣向人体模型收缩的例子。这是对使外衣扩展同时穿着于人身上的情况进行模拟的模型。但是与此相反，也可以在人体模型穿着针织外衣后，使外衣向人体模型的外侧移动，对该移动施加直到圆长满足规定条件等的约束。

发明效果

在本发明中，通过使衣片向人体模型的轴收缩/膨胀，对使针织外衣的各衣片适合于臂、躯体等人体的情况进行模拟。因此，用比较少的计算量，就能够进行基于具体模型的模拟。

通常，袖子的上部由臂的上部支撑，其下部离臂具有间隙。很难从作用在袖子上的重力求出袖子下垂的状况。在袖子的收缩/膨胀的过程中，例如通过使袖子收缩/膨胀，袖子的上部与人体模型的臂上部接触，两个袖子的下部相对于人体模型的臂下部具有间隙。由此，不计算重力引起的袖子的变形，就能够真实地对袖子进行模拟。

将针织外衣分割为多个衣片，并使这些衣片向多个轴收缩/膨胀。即使是接近的线圈，在收缩/膨胀中的轴不同时，移动方向也不同，有时在线圈之间产生较大的间隙。因此，将假想针织外衣穿着于人体模型后，沿着其线圈横列方向和纵行方向，对假想针织外衣的各线圈进行重新配置（粗校正）。由此，能够除去对应的轴不同的衣片之间的假想针织外衣的变形。

在该处理中，例如使邻接的线圈之间的线圈（粗校正对象的线圈），向线圈横列方向、纵行方向的连接的线圈之间的平均位置移动。在这种情况下，不必使粗校正对象的线圈如文字所述地移动至连接线圈之间的平均位置，只要接近平均位置即可。并且在线圈横列方向、纵行方向的粗校正中，也可以使处理对象的线圈横列上、纵行上的线圈的集团，例如线圈横列上的全部线圈、纵行上的全部线圈进行移动，以使线圈之间的间隔接近恒定。例如可以使1线圈横列的、1纵行的全部线圈移动，以均等地配置在线圈横列的两端之间、纵行的两端之间。

优选的是，粗校正例如进行1次~10次左右，仅在相同线圈横列内的线圈之间、相同纵行内的线圈之间进行校正，不考虑上下的线圈横列的线圈位置、左右的纵行中的线圈位置，以在1次粗校正中使线圈较大地移动。并且为了消除身片和袖子之间连接部的变形，优选的

是，在线圈横列方向的粗校正中，对直线或曲线的线圈横列的形状本身不进行校正，仅对线圈横列上的线圈的位置进行校正。另一方面，在纵行方向粗校正中，优选的是，还对被袖子牵拉而从直线偏离较大的纵行的形状本身进行校正。该校正通过如下过程进行：使纵行的曲线形状变得平滑而接近直线；与纵行的长度方向成直角的方向上的线圈的位置接近前后的线圈的中间等。

并且在穿着时，因人体模型的凹凸，线圈被拉伸或被压缩而塞入。因而通过对线圈位置，以周围的线圈为基准进行平滑化，线圈配置接近自然的配置。在此反复进行平滑化，从而使线圈的配置接近稳定值时，认为线圈配置接近稳定值，并且成为不受到模拟方法影响的自然配置。

附图说明

图 1 是实施例的穿着模拟装置的框图。

图 2 是表示实施例的穿着模拟方法的概要的流程图。

图 3 是实施例的穿着模拟程序的框图。

图 4 是表示实施例中的预变形算法的流程图。

图 5 是示意性地表示实施例中的衣领的变形的图。

图 6 是表示实施例中的衣领的变形算法的流程图。

图 7 是表示实施例中的穿着算法的流程图。

图 8 是示意性地表示在实施例中使用的人体模型的、躯体和双臂的轴的图。

图 9 是以俯视图示意性地表示实施例中通过身片向躯体的圆周方向收缩而进行的穿着的图。

图 10 是以垂直视角示意性地表示实施例中通过袖子向臂的圆周方向收缩而进行的穿着的图。

图 11 是以俯视图示意性地表示实施例中通过衣领向颈部的圆周方向收缩而进行的穿着的图。

图 12 是以垂直视角示意性地表示实施例中的穿着后的针织外衣的

图。

图 13 是示意性地表示实施例中的线圈朝向多边形的移动的图。

图 14 是示意性地表示实施例中的冲突的多边形的判定的图。

图 15 是示意性地表示实施例中的横向粗校正后的外衣的图。

图 16 是示意性地表示实施例中的纵向粗校正后的外衣的图。

图 17 是示意性地表示实施例中的平滑化的图。

图 18 是以主视图表示实施例中进行平滑化后的外衣的图。

图 19 是以侧视图表示实施例中进行平滑化后的外衣的图。

标号说明

- 2 穿着模拟装置
- 4 外衣设计部
- 6 手输入部
- 8 显示部
- 10 彩色打印机
- 12 3D 图像存储部
- 14 数据转换部
- 16 LAN 接口
- 18 磁盘驱动器
- 20 通用存储器
- 22 预变形部
- 24 立体变形部
- 26 穿着部
- 28 粗校正部
- 30 平滑化部
- 32 再现部
- 40 穿着程序
- 42 预变形部
- 43 边界检测部
- 44 部位属性付与部

- 45 平滑化部
- 46 衣领变形部
- 50 立体变形部
- 52 穿着部
- 53 轴存储部
- 54 多边形目录
- 55 顶点目录
- 56 临时定位部
- 57 冲突多边形判定部
- 58 线圈移动部
- 60 线圈数据存储部
- 62 线圈数据
- 70 粗校正部
- 71 横向校正部
- 72 纵向校正部
- 80 平滑化部
- 81 4个附近线圈校正部
- 82 收缩膨胀部
- 90 再现部
- 91 多边形法线方向校正部
- 92 纱线模型处理部
- 100 颈部
- 102 肩
- 104 躯体表面
- 106 身片
- 110 臂表面
- 112 袖子
- 114 袖子的中心轴
- 116 收缩后的袖子
- 120 颈部的表面

122 衣领

130 膨胀的筒状外衣

132 穿着后的身片

134、135 穿着后的袖子

136、137 分裂线

140 轴

141~144 多边形

146 移动前的线圈

147 与多边形冲突的线圈

152 在横向进行粗校正后的身片

154、155 在横向进行粗校正后的袖子

156 线

158a~c 多边形

159 判定对象的线圈

160a 相同线圈横列中之前的线圈

160b 上一个线圈横列的相同纵行的线圈

160c 上一个线圈横列的下一个纵行的线圈

160d 上一个线圈横列的下下一个纵行的线圈

161 未判定的线圈

162 在纵向进行粗校正后的身片

164、165 在纵向进行粗校正后的袖子

168 1 纵行的纵向粗校正

170 本线圈

171 母线圈

172 子线圈

173 右边的线圈

174 左边的线圈

176 4个附近线圈平滑化后的位置

B、C、D 衣领上的位置

B'、C' 移动后的位置

b 躯体的轴

ra 右臂的轴

la 左臂的轴

具体实施方式

以下示出用于实施本发明的最佳方式。

实施例

在图 1 至图 19 中示出实施例。图 1 表示实施例的穿着模拟装置 2，针织设计装置、3D 图像处理装置等中省略标准配备的部件。4 是外衣设计部，通过来自手输入部 6、LAN 接口 16、磁盘驱动器 18 等的输入，对针织外衣进行设计。设计对象的针织外衣例如为无缝制的筒状外衣，也可以是有缝制的外衣，在这种情况下，在外衣设计部 4 包含怎样对各衣片进行缝制的信息而进行设计。显示部 8 用于显示各种图像，且为图形用户界面，显示外衣设计部 4 中的设计过程的图像、人体模型穿着后的图像。彩色打印机 10 用于打印这些图像。

在 3D 图像存储部 12 存储人体模型的图像、和设计出的针织外衣的 3D 图像。人体模型例如使用服装模型（mannequin）、对实际人体进行模型化的模型等，作为数万个多边形的集合体构成，包括相对于躯体和双臂的至少三个轴。并且优选的是，多边形分为 10~20 左右的组。数据转换部 14 将在外衣设计部 4 中生成的外衣的设计数据转换成编织数据，穿着模拟的对象数据可以是数据转换后的编织数据，也可以是其之前的设计数据。LAN 接口 16 使穿着模拟装置 2 与 LAN 相连，磁盘驱动器 18 对适合的磁盘进行驱动，通用存储器 20 用于存储各种数据。

在预变形部 22，使设计出的外衣的数据变形为自然的状态。在此，自然的状态是指例如将外衣静置在平面上的状态、在肩线处支承外衣的重力并静置在垂直面内的状态。

另外，在本说明书中涉及的不是现实的外衣，而是其设计数据。因此将表示设计数据的图像、由此模拟出的假想的外衣等仅仅称为外衣。

并且在本说明书中，模拟装置、模拟方法以及模拟程序成为一体。因此，与模拟装置 2 有关的记载也适用于模拟方法、模拟程序，相反地，与模拟方法、模拟程序有关的记载也适用于模拟装置 2。

例如在预变形部 22 中，进行外衣的衣领的变形，对此，以图 3 的穿着程序 40、图 4 的预变形进行说明。所述说明还适用于图 1 的预变形部 22，预变形部 22 还具有在图 3、图 4 等中必要的功能。这点对于穿着模拟装置 2 的其他部分也相同。

立体变形部 24 例如使由身片的两个袖子这三个筒构成的外衣分别膨胀为椭圆柱形。此外在考虑重力导致外衣的上下方向伸展的情况下，据此使外衣向上下拉长。穿着部 26 将外衣临时定位在人体模型上，相对于躯体以及双臂的例如三个轴，使外衣的身片以及两个袖子的三个衣片等例如向轴方向收缩/膨胀，由此使外衣临时穿着于人体模型上。

因穿着而在外衣产生变形。由于例如在袖子和身片的连接部，身片向躯体的轴移动，袖子向臂的轴移动，因而在接近的线圈之间产生较大的距离。在粗校正部 28 中，对横向（线圈横列方向）以及纵向（纵行方向）这两个方向，粗校正线圈的配置。例如在横向校正中，进行校正而使线圈均等地配置在线圈横列方向上，或者进行校正而使各线圈配置在线圈横列方向两侧的线圈的中点。由于因人体表面的凹凸、身片和袖子之间的连接等，纵行的方向已经不是直线形，因而在纵向的粗校正中，对来自垂直的纵行方向的偏差也追加校正。例如使各线圈的位置为相同纵行上前后纵行的平均位置。在纵横的粗校正中，在移动范围内施加约束以防止线圈与多边形冲突。

在平滑化部 30 中对粗校正后的外衣，使线圈的配置变得平滑，例如相对于各线圈考虑其上下左右 4 边邻接的线圈，使各线圈移动至周围的例如 4 线圈横列的平均位置等。在上下左右邻接的线圈个数通常为 4，但有时重叠下侧 2 线圈的重叠线圈上的线圈，在上下左右邻接 5 线圈，并且有时针织物的端部线圈，邻接上下左、上下右等 3 线圈。优选的是反复进行平滑化，反复进行直到线圈的配置稳定而不会变化。为了表现出外衣贴紧人体模型，或者外衣形成相对于人体模型具有余量的较大形状等，例如进行平滑化的同时对外衣的尺寸进行校正。在再现部 32 中，相对于平滑化后的外衣，对各线圈分配纱线的模型，并且根据正面线圈、反面线圈等线圈种类等，使线圈向与多边形垂直的方向稍微滑动，增加模拟图像的精度。

在图 2 表示穿着模拟方法的概要，在外衣设计部 4 对无缝制外衣等进行设计，在预变形部使外衣变形，从而得到平面且自然的外衣图像。在立体变形中，通过立体变形部 24 使外衣的各衣片膨胀为椭圆柱形。此时，外衣膨胀，以使沿着其圆周方向（线圈横列方向）长度（周长）增加。适当地确定椭圆形状等，以使其容易适合于人体模型，在极端的情况下，也可以是正圆形。并且外衣的衣片至少为身片和两个袖子这三个，所述各衣片也可以进一步进行分割，例如添加下摆罗纹、衣领、肩、衣袋、门襟等，从而分成更多的衣片。

在穿着处理中，将通过立体变形膨胀为椭圆柱形的外衣临时穿着于人体模型上，通过粗校正除去在穿着时产生的线圈配置的变形，通过平滑化处理使线圈配置变得进一步平滑。然后通过再现（rendering），赋予图像视觉性美感，从而形成适合于在显示部 8、打印机 10 输出的图像。其中，也可以同时进行平滑化和再现。

在图 3 表示穿着程序 40 的概要，省略外衣设计中必要的程序、通常 3D 图像处理中必要的程序而表示。42 是预变形部，使用边界检测

部 43, 检测出外衣各部分的边界, 由此外衣被分割为身片、右袖、左袖、后领、前领、下摆罗纹等各衣片, 通过部位属性付与部 44 作为属性对外衣的各线圈付与其部位(衣片名)。其结果, 各线圈和部位(衣片)对应。

在平滑化部 45, 将外衣的设计数据向自然的形状进行平滑化。由此, 各线圈被付与自然的尺寸, 并且通过使两个袖子相对身片倾斜等, 使各衣片的形状形成自然的形状。在衣领变形部 46 中, 使前领放平(放倒), 随之以后领向前领侧绕回的方式使衣领进行变形。通过图 5、图 6 对衣领变形的内容进行说明。

在立体变形部 50 中, 使外衣假想地膨胀为椭圆柱形。在穿着部 52 中, 在轴存储部 53 中存储人体模型的各轴的位置。并且在多边形目录 54 中存储人体模型表面的多边形的目录。多边形的个数例如为数万个左右, 各多边形例如为三角形、四边形, 多边形的数据为多边形编号、各顶点的 3D 坐标以及法线向量等。多边形例如按躯体、右臂、左臂、颈部等分类为人体模型的各衣片, 例如在针织套衫等的模拟中, 优选的是, 使多边形形成 10~20 种类左右的组。并且在想要明确掌握多边形之间的邻接关系的情况下, 也可以设置顶点目录 55, 相对于多边形的顶点, 存储共有该顶点的多边形编号的目录等。

在临时定位部 56 中, 在使外衣穿着于人体模型之前, 将外衣各部分相对于人体模型临时进行定位。此时, 外衣在立体变形部 50 成为膨胀的状态。在冲突多边形判定部 57 中, 使多边形与各线圈对应。在线圈位于人体模型的外侧的情况下, 从各线圈相对与其线圈所属的衣片相对的轴, 降下垂线的垂足, 并判定与该垂线冲突的多边形。并且在线圈位于人体模型的内侧的情况下, 使从线圈向轴降下的垂线反向延长, 并判定冲突的多边形。由于即使是针织套衫, 线圈的个数也大多在 10 万以上, 因而通过使多边形形成组, 可能冲突的多边形的个数集中为 $1/10 \sim 1/20$ 左右, 并且与哪个多边形冲突的判定中尽量不使用循

环，从而使冲突多边形的判定的效率提高。

在线圈移动部 58 中，使各线圈向在冲突多边形判定部 57 求出的多边形移动，各线圈与多边形冲突，从而在稍微向原来方向等反弹的位置、在多边形的外侧等，得到使人体模型假想穿着外衣的状态。外衣具有根据每个线圈横列的线圈数、各线圈的尺寸等确定的自然的大小，拉伸圆长而膨胀了的外衣应该收缩，直到圆长变成自然的尺寸。监控单位长度内的线圈数等的同时使线圈移动，线圈与多边形冲突时停止收缩，即使在不与多边形冲突的情况下，在线圈横列方向的单位长度内等的线圈数达到规定值时停止收缩。

穿着之前的处理为：通过预变形使外衣形成比较自然的形状，通过立体变形使外衣隆起，通过穿着收缩成自然尺寸而使其穿在人体模型上。这是对人穿着外衣的情况下，通过躯体和臂等，在其间外衣从稍微膨胀的状态收缩至适合于人体的状态的过程进行模拟的。

通过线圈数据存储部 60 对通过这些处理对线圈数据怎样处理进行说明。对线圈付与例如与线圈编号对应的衣片名等的属性，在线圈中存储有母、子以及两边等附近的线圈的编号。其中，母线圈例如为保持自身的沉降弧的线圈（1 线圈横列后的线圈），子线圈例如为 1 线圈横列下方的线圈。

并且相对于各线圈存储有无正面线圈/反面线圈、转移线圈等线圈的种类。通过使线圈移动至多边形的表面附近，付与三维坐标（3D 位置），包含线圈的弧的表面与多边形的表面平行，与线圈成直角的方向以多边形的法线向量进行规定。并且由于线圈与多边形对应，因而存储各线圈所属的多边形编号，例如平均 1~10 个左右的线圈对应于 1 个多边形。对应每个线圈，或者对应每个线圈的集团，存储作为原材的纱线的数据，通过纱线模型付与纱线数据的详情。

在粗校正部 70 具有横向校正部 71 和纵向校正部 72，相对于横向和纵向分别进行 1 次～数次左右的粗校正。在平滑化部 80 上例如设有 4 个附近线圈校正部 81，相对于各线圈，使用其母子（上下）以及左右这 4 个附近的线圈，使其位置平滑化。使线圈朝向轴移动时，在外衣的各线圈横列的圆长与自然的圆长相比更长的状态下结束移动，也可以在其后对外衣进行进一步收缩。在这种情况下，设置收缩膨胀部 82 而可使外衣收缩或膨胀，以使进行粗校正后使各线圈的尺寸成为现实尺寸。

在再现部 90 中，相对于进行平滑化之后的外衣，或者进行平滑化的同时施行再现。首先在多边形法线方向校正部 91 中，根据各线圈的正面线圈、反面线圈等线圈的种类（线圈种类），对朝向多边形的法线方向的位置进行校正。对于多边形的法线方向的位置，将多边形表面设为 0，将人体模型的外侧设为 +。例如为罗纹针织物等的情况下，正面线圈与反面线圈相比处于离多边形高的位置上。如此根据编织组织对外衣的 3D 形状进行校正。并且通过纱线模型处理部 92，相对于各线圈付与纱线的模型，例如设各纱线由芯和毛羽这两个部分形成时，各线圈的 3D 图像由芯和毛羽构成，并且具有具体的色调、厚度。然后，可以施行适当的调整色光，进行具有立体感和阴影的外衣的模拟。

在图 4 表示预变形的算法，检测外衣的袖子、身片等各衣片之间的边界，根据该检测结果施行相对于身片弯曲袖子等的自然的变形。并且由于检测出了衣片的边界，能够相对于各线圈付与部位作为属性。进一步如图 5、图 6 所示地使衣领变形。图 5 的 94 是前领，96 是后领，使前领 94 的两端的点 B、C 向与前领的衣领下降线垂直的方向，从衣领的基点开始旋转。如上所述地使点 B、C 向 B'、C' 移动。并且，弄倒前领 94 时，后领 96 也随之发生变形。

衣领的变形算法为：起初放倒前领 94 后，在过度放倒的情况下立起而形成自然的衣领形状。使 B 点移动至 B' 点，C 点移动至 C' 点后，

对前领 94 的下侧至上侧的各线圈横列，对如图 5 所示放倒状态下的线圈横列长度 α 和由各线圈横列的线圈个数以及纱线直径预测的线圈横列长度 β 进行比较。在线圈横列长度 α 小于线圈横列长度 β 的情况下，衣领过度放倒，例如以在垂直方向上与上一个线圈横列重叠的方式立起下一个线圈横列，从而竖起衣领。在线圈横列长度 α 在线圈横列长度 β 以上的情况下，认为衣领如图 5 所示放倒是自然的，对该线圈横列不施加校正。对衣领的全部线圈横列进行该处理时，能够如图 5 所示放倒前领 94，随之使后领 96 转绕。然后，对线圈的配置进行平滑化，例如使中间的线圈到达其上下左右的相邻线圈的平均位置。

通过图 7 至图 12，对以人体模型临时穿着外衣的过程进行说明。如图 8 所示，至少具有躯体 b、右臂 ra、左臂 la 等三个轴，轴可以是直线，也可以是曲线。并且，三个轴的交叉部相当于颈部 100，其下部分相当于肩 102。图 9 的 104 表示俯视图中的躯体表面，实际上由多个多边形构成表面。通过立体变形膨胀了的身片 106 为椭圆柱状，包入躯体表面 104 地配置，通过临时定位部 56，身片 106 相对于躯体临时配置在大致妥当的位置上。身片 106 的各线圈向躯体的轴 b 收缩，与多边形冲突或者单位长度的线圈个数达到规定值时停止收缩。因躯体表面的凹凸，假如身片的线圈的一部分位于多边形的内侧的情况下，向远离轴的方向移动而向多边形的外侧突出，单位长度的线圈个数达到规定值时停止膨胀。

图 10 的 110 为臂表面，112 为袖子，袖子的中心轴 114 例如位于右臂的轴 ra 等臂轴的稍微下侧，由此如图 10 的箭头所示使袖子 112 收缩时，收缩后的袖子 116 形成如下形状：袖子的上部与臂的上部大致相适，袖子下部与臂之间残留间隙。通过将袖子的中心轴 114 配置在臂轴的稍微下侧并使其收缩，形成袖子的上部与臂接触，袖子的下部下垂的自然形状。除此之外，也可以在袖子的上下改变垂直方向的收缩速度，从而使从袖子的下侧朝上的收缩速度变小。在这种情况下，也可以将轴 114 配置在与轴 ra 等相同的位置上。图 11 的 120 为颈部表

面，例如使其中心贯通躯体的轴 b，与身片的情况相同地，使衣领 122 向图 11 的箭头方向收缩。

临时穿着的外衣如图 12 所示，130 为膨胀了的未穿着的筒状外衣。由此如图 7 至图 11 所示地进行穿着时，得到穿着后的身片 132 和穿着后的袖子 134、135。在分裂线 136、137 部分，穿着前的身片的线圈与袖子的线圈相邻。但是，由于身片的线圈向图 12 的横向收缩，袖子的线圈向图 12 的斜上方向收缩，因而在分裂线 136、137 部分，在相邻的线圈之间产生较大的间隙。如上所述，由于使外衣的各衣片向各自的轴收缩/膨胀，因而在衣片之间的边界部等产生变形。

在图 13 表示对各线圈产生冲突的多边形的判定。140 为与衣片对应的轴，141~144 为多边形，用黑圈表示多边形之间边界的边缘。移动前的线圈 146 沿着下降至轴 140 上的垂线的方向移动，该垂线所通过的多边形 142 为冲突的多边形。在线圈 146 的移动中，具有不会收缩得比线圈横列的自然的圆长小的限制，在该限制内与多边形 142 冲突时，例如向移动前的线圈的方向等稍微弹回，并向与多边形冲突的线圈 147 的位置移动。即使将数万个多边形分割为 10~20 的组，每个衣片上的多边形的个数为 1000 个以上级别，循环检测与哪个多边形冲突是没有效率的。因而在图 7 的算法中，对各衣片的起初的多边形，例如通过循环或者通过适当的探索规则判定冲突的多边形。对以后的线圈，将与之前的线圈或 1 线圈横列下方或 1 线圈横列上方的线圈冲突的多边形，作为冲突的多边形的候补最初进行研究。在与这些候补不冲突的情况下还将搜索范围扩大至其他多边形。由此使冲突多边形的判定变得高效。

在图 14 表示多边形判定的例子，158a~d 为多边形，编织的线圈横列方向为从附图的右侧至左侧，是环绕的筒状编织，因而线圈横列方向保持不变。黑圈的线圈表示已经判定与哪个多边形冲突，白圈的线圈未进行判定，在此将与线圈 159 冲突的多边形作为搜索目标。起

初，将与相同线圈横列之前线圈 160a 冲突的多边形作为候补，判定是否与该多边形冲突。在不冲突的情况下，将在前一个线圈横列与相同纵行的线圈 160b 冲突的多边形作为候补，同样地，判定是否与该多边形冲突。在与线圈 160a、160b 所冲突的多边形之外的多边形冲突的情况下，例如可以对剩余的多边形以适当的顺序通过循环进行研究，或者也可以将在前一个线圈横列中与下一个纵行的线圈 160c、下下一个纵行的线圈 160d 冲突的多边形等作为候补继续搜索。在冲突的多边形的判定中，将与附近的线圈冲突的多边形作为候补。

在图 15 中，152 为在横向进行粗校正后的身片，154、155 为在横向进行校正后的袖子。在横向的粗校正中，将线圈沿着袖子、身片的各线圈横列方向进行重新配置，根据在各线圈横列中等间隔地配置线圈，或使左右两相邻线圈之间的间隔相等地重新配置各线圈等规则，使其向线圈横列方向移动。其结果，例如，使线圈向线圈横列方向移动，并填补在袖子和身片之间产生的间隙，从而由身片的线圈填补图 12 的分裂线 136、137 的部分。

图 15 的袖子和身片之间的边界的纵行配置不自然。并且除此之外，由于人体模型具有各种凹凸，因而沿着纵行方向（纵向）进行粗校正。图 16 的 162 为在纵向进行粗校正后的身片，164、165 为在纵向进行粗校正后的袖子。对各衣片的各纵行，使用如下所述的模型：在垂直方向以及与其垂直的水平面内的方向上，线圈接近在上下两个线圈的中间，在纵向施加粗校正。此时，在校正过程中线圈与多边形冲突时，附加将移动目标变更为不与线圈冲突的位置上或不能移动线圈等规则。该规则对于横向的粗校正也相同。图 16 的 168 表示 1 纵行在纵向的粗校正，其表示与袖子的连接部附近的身片的 1 纵行。这样在纵向也施加粗校正。在实施例中各进行 1 次横向和纵向的粗校正，根据需要可以反复进行多次，以消除因穿着产生的变形。

在图 17 表示进行粗校正后的线圈的平滑化。170 为本线圈，171

为母线圈（在相同纵行中下方（上方）一个线圈横列的线圈），172 为子线圈（在相同纵行中 1 线圈横列下方的线圈），173 为右边的线圈，174 为左边的线圈。例如用针编弧的位置表示各线圈的位置，例如用母线圈的位置确定沉降弧的位置，只要知道本线圈的位置和左右线圈的位置，就能够清楚相同线圈横列内的左右线圈之间的过渡纱的配置。

使本线圈 170 向周围的 4 个附近的线圈 171~174 的平均位置移动，176 为相对于上下左右的 4 个附近线圈的平滑化后的位置。对平滑化而言，以例如从外衣的各线圈横列的一端向另一端的顺序，并且例如以从外衣的上侧的线圈横列向下侧的线圈横列的顺序进行。并且在如最下端的线圈横列、最上端的线圈横列等不存在 4 个附近线圈的线圈横列中，不进行平滑化，或使其向左右两侧的线圈平均位置移动。在此，进行了上下左右的 4 个附近线圈的平滑化，但也可以向倾斜方向追加上下左右之外的 4 线圈，从而使用周围的 8 个附近线圈进行平滑化。平滑化例如反复进行 100~10000 次左右，在其间是否进行线圈位置的收敛判定是任意的。由于使假想外衣例如在袖子和身片向各自的轴移动的情况、进行用于消除此时的变形的粗校正的情况、人体模型存在凹凸的情况等，在线圈的配置中产生不自然的点。对线圈位置，反复进行相对于上下左右 4 个附近线圈的平滑化，从而使其平滑化。

线圈的横向尺寸（线圈横列方向的尺寸）通过使身片、袖子等膨胀而变大，并通过使人体模型假想地穿着外衣，根据纱线直径等和线圈个数使圆长向预测的长度收缩，横向尺寸成为大致自然的尺寸。该尺寸为下述尺寸：例如在外衣与人体模型冲突而不能充分收缩的情况下，由 4 根纱线的厚度等纱线直径预测到的尺寸相比更大，在能够充分收缩的情况下为从 4 根纱线厚度等的纱线直径预测到的尺寸。也可以在平滑化的同时，使线圈的横向尺寸接近从纱线直径等预测到的自然的尺寸。各线圈的纵向尺寸，在预变形中成为大致自然的尺寸，在躯体、臂等朝向轴的移动、粗校正中，各线圈的纵向的尺寸稍微发生变化。在粗校正中，可以固定袖口、身片的下摆等位置（臂、躯体

等沿着轴的位置)，也可以不固定。例如在袖口、下摆的位置等不固定的情况下，可以在进行平滑化的同时使线圈的纵向尺寸接近从纱线直径、编织条件等确定的自然的尺寸。

接着，完成平滑化之后，或者在进行平滑化的同时，对各线圈相对的多边形的高度进行校正。用以多边形表面为基准的、多边形的法线方向的位置表示线圈相对于多边形的高度。在母线圈、子线圈正面连续的情况下或反面连续的情况下，即在沿着纵行方向正面/正面的情况、反面/反面的情况下，使本线圈的多边形法线方向位置接近母线圈的多边形法线方向位置。在母线圈为正面，本线圈为反面的情况下，使本线圈的多边形法线方向位置相比母线圈高出纱线厚度的量。相反地，在母线圈为反面，本线圈为正面的情况下，使本线圈的多边形法线方向位置相比母线圈低纱线厚度的量。由此，使各线圈相对于人体模型的表面成为自然的高度，表现出根据正面线圈/反面线圈的种类的高度变化。

对线圈的配置进行平滑化时，例如使用由纱线主体和毛羽构成的纱线模型来表示各线圈。纱线主体和毛羽例如为半透明，厚度、色彩、反射率、织物组织等由纱线模型确定，沿着通过平滑化确定的各线圈的针编弧、沉降弧、左右的邻接线圈的位置，配置纱线主体和毛羽。

在图 18、图 19 表示平滑化后的针织外衣的模拟图像。在实施例中，不进行重力计算、作用于纱线上的应力引起的线圈的移动等的计算。并且所使用的模型为使外衣变形、膨胀为自然的状态，朝向人体模型的轴收缩而进行穿着的简单模型。以后的处理为：通过粗校正粗略地对线圈位置进行校正，通过平滑化重新配置，以使线圈之间的间隔均等。在这些处理中没有人为的假定，通过简单的模型就能够没有人为假定地模拟出穿着外衣时会出现的情况。

在实施例中，可得到以下效果。

(1) 根据比较简单的计算顺序和简单的模型, 就能够使外衣穿着于人体模型。

(2) 通过对各线圈付与衣片名(部位)作为属性, 能够对朝向哪个轴收缩的情况进行处理。

(3) 使用衣片之间的边界信息, 能够使袖子相对于身片自然地弯曲。

(4) 可以不通过循环(best-subset selection)而有效地进行使线圈与多边形对应的作业。

(5) 通过使外衣从膨胀的状态开始收缩, 能够以自然的尺寸穿着于人体模型上。

(6) 通过比较简单的顺序, 能够表现出上下不均等地被臂支承的袖子。

(7) 通过横向、纵向的粗校正能够消除因线圈朝向躯体、双臂这三个轴等移动而产生的变形。

(8) 通过反复进行线圈配置的平滑化, 能够将线圈重新配置于自然的稳定位置上。

(9) 通过根据正面/反面线圈的种类, 使线圈向多边形的法线方向移动, 使用纱线模型详细地表现出各线圈, 能够提高模拟图像的质量。

在实施例中以针织套衫的穿着作为例子, 也可以是短裤、女式西装裤或连衣裙等。例如为短裤、女式西装裤的情况下, 只要使用躯体的轴和双腿的三个轴就行。并且, 如高圆套领等具有折边的衣片, 例如可以在预变形的阶段进行折回。

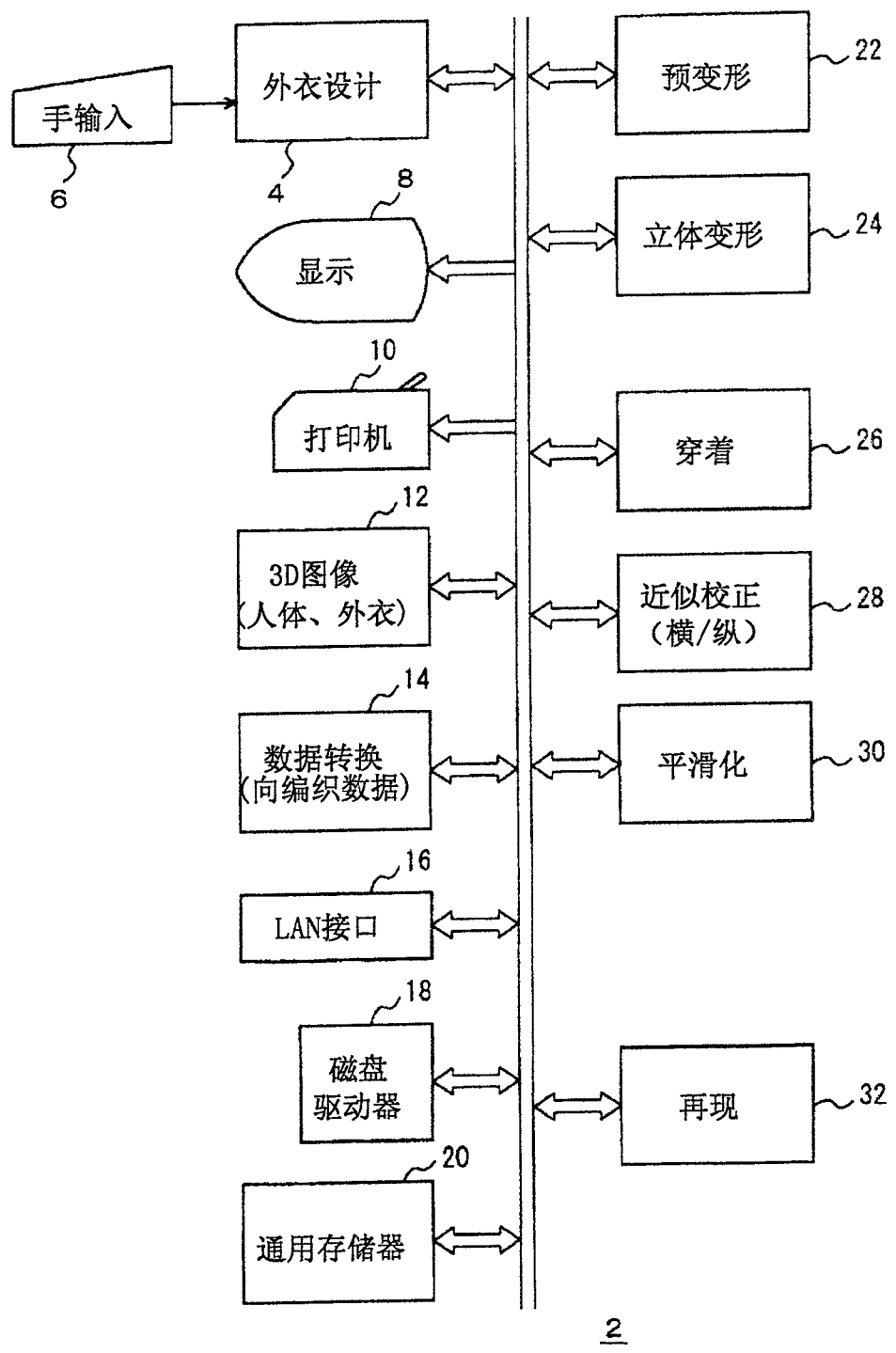


图1

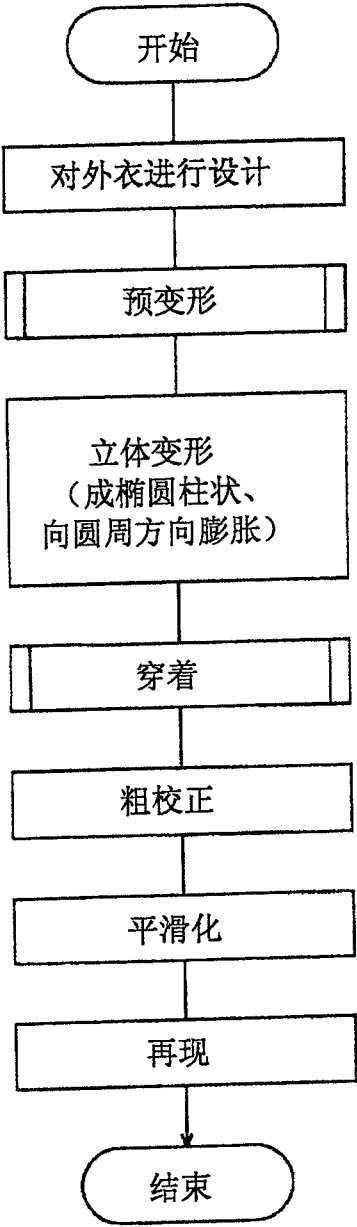


图2

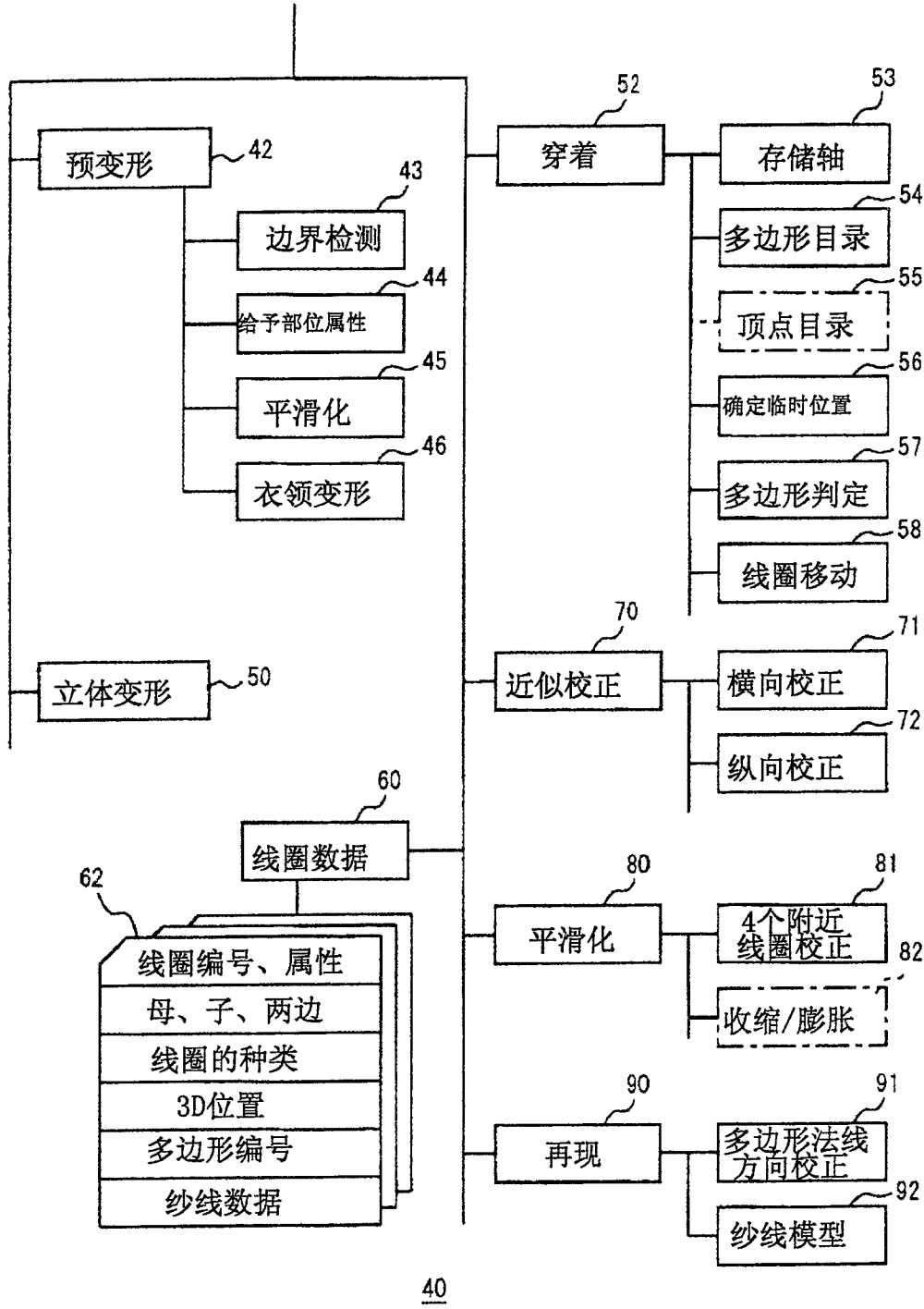


图3

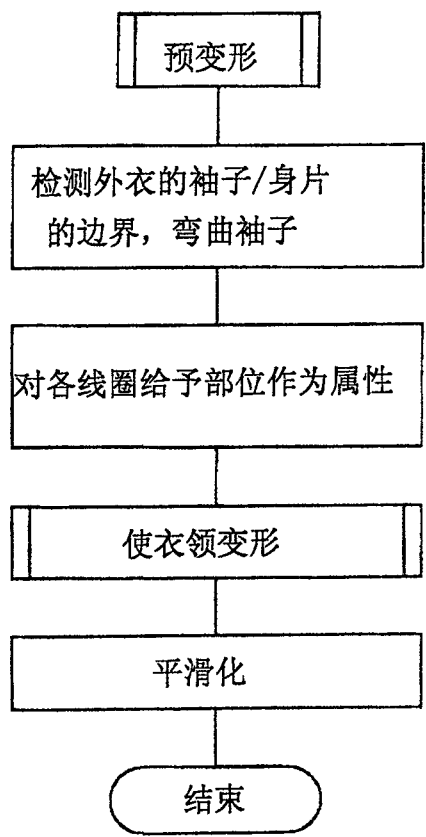


图4

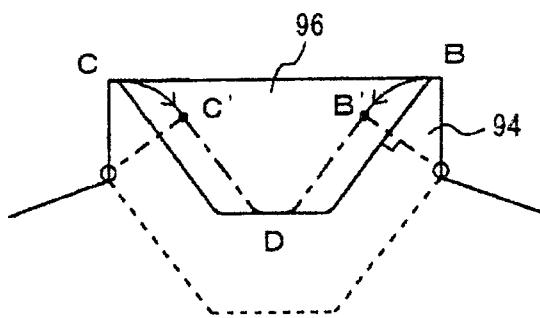


图5

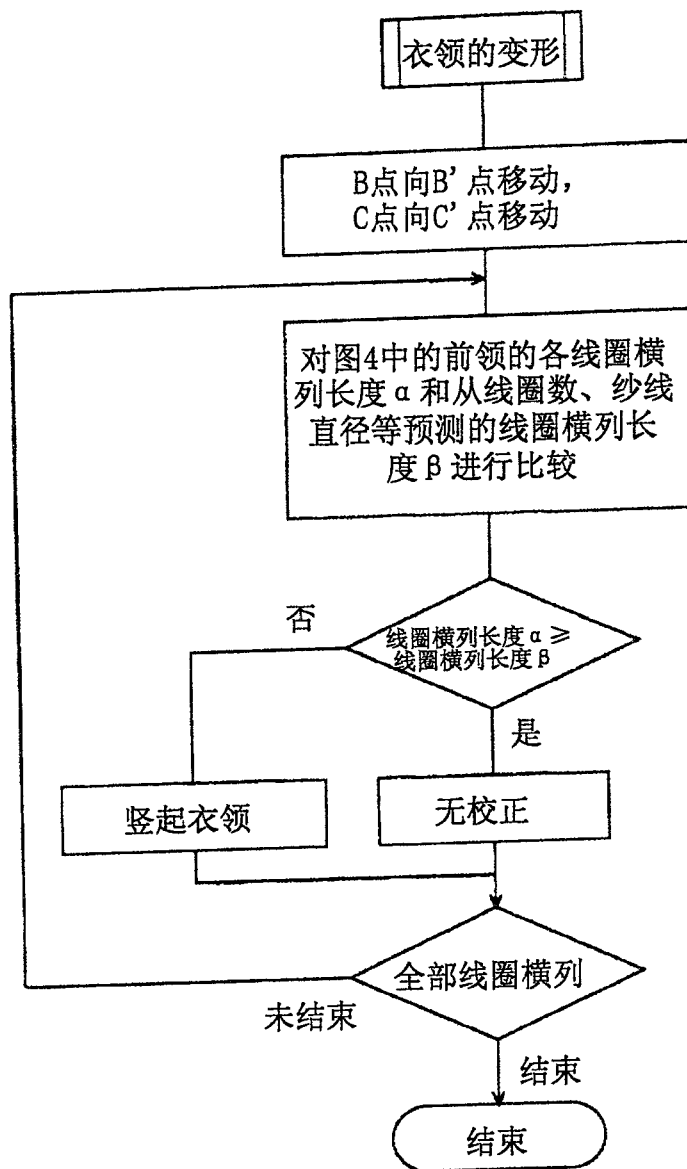


图6

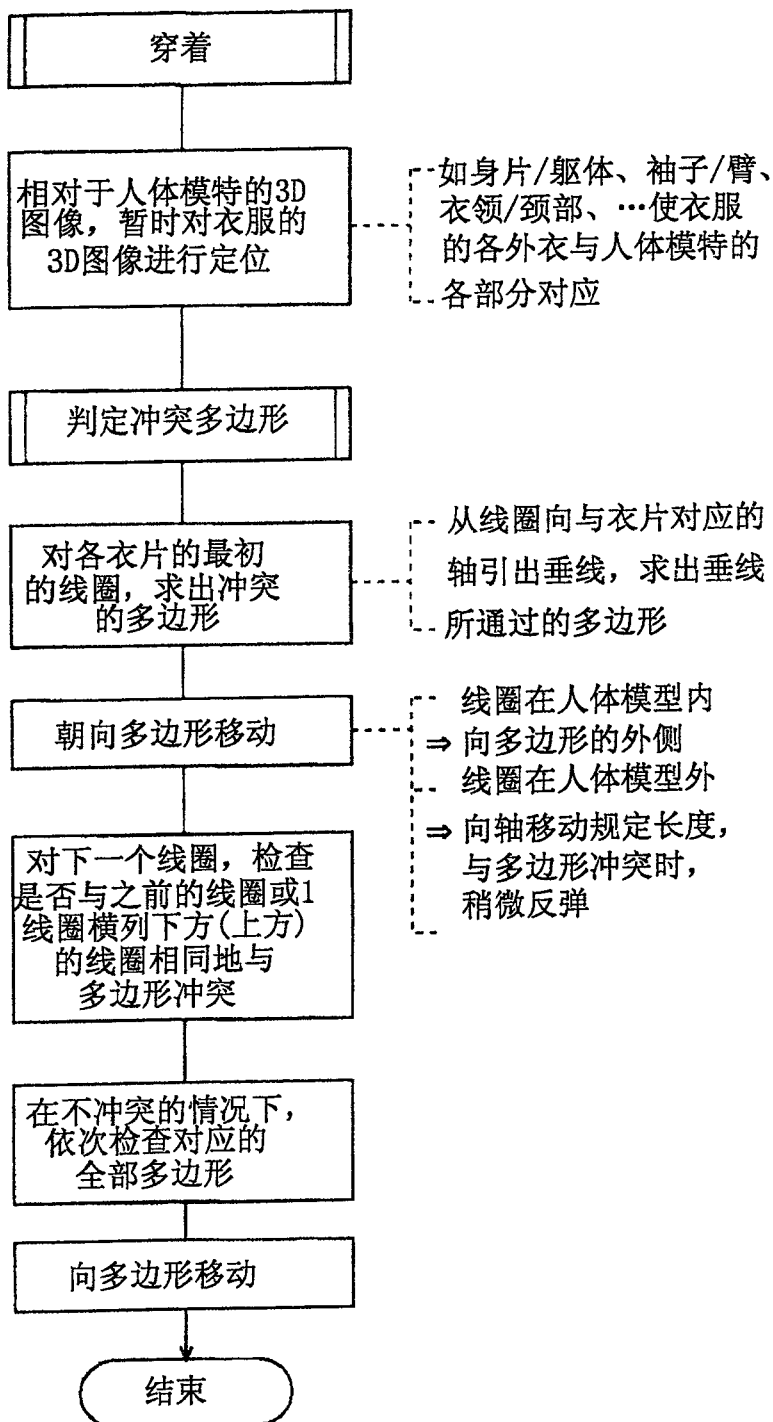


图7

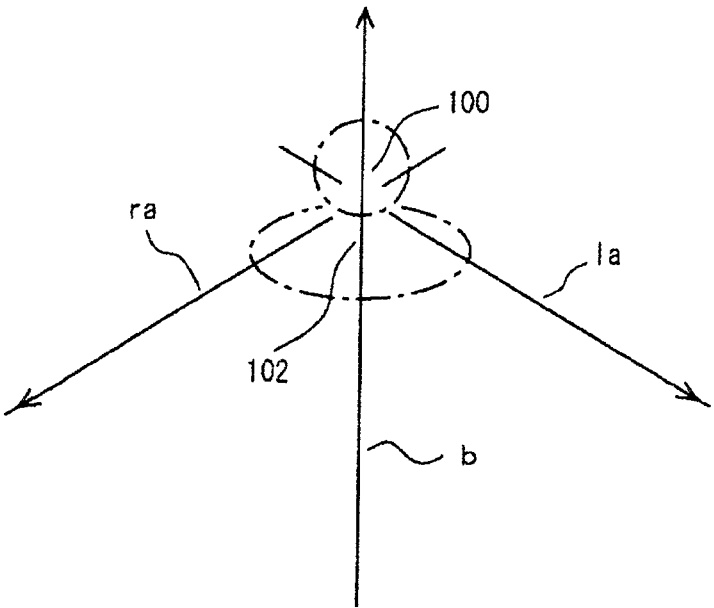


图8

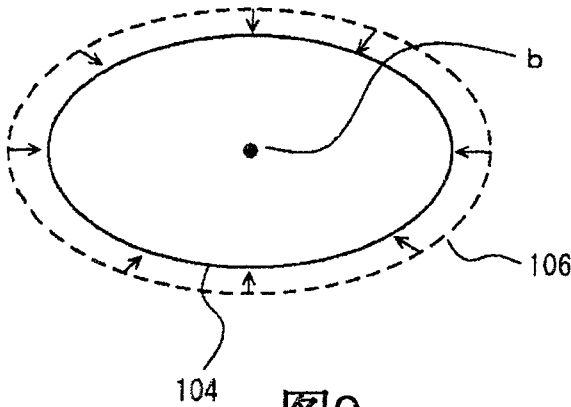


图9

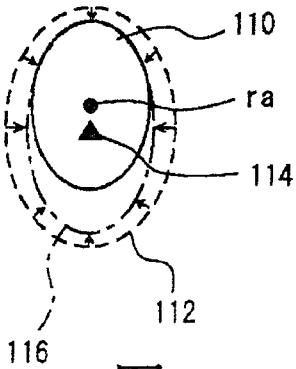


图10

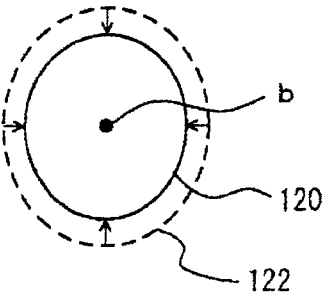


图11

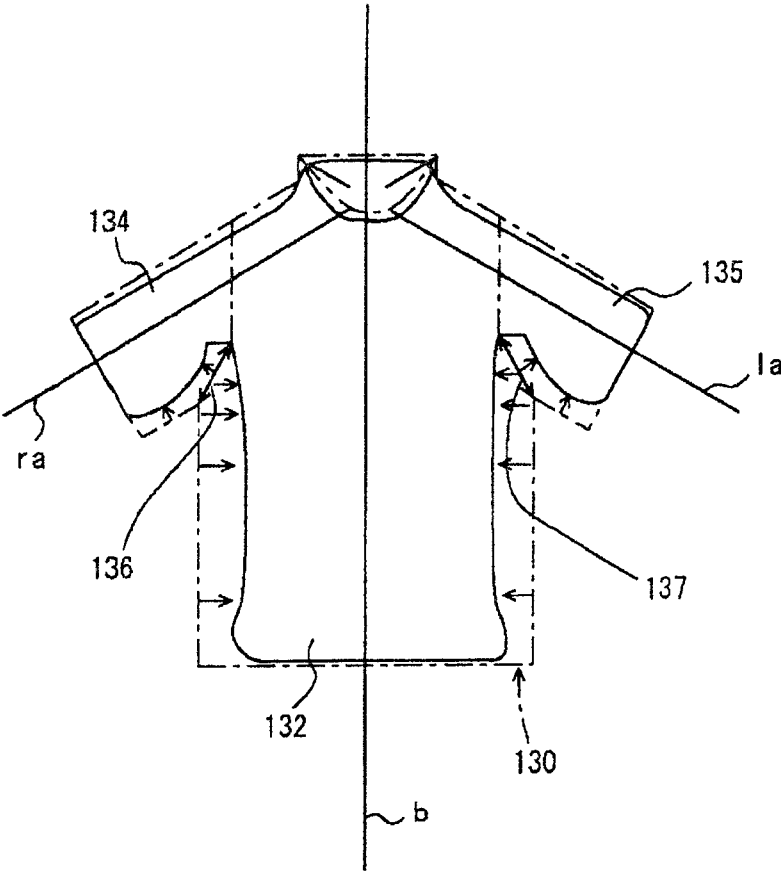


图12

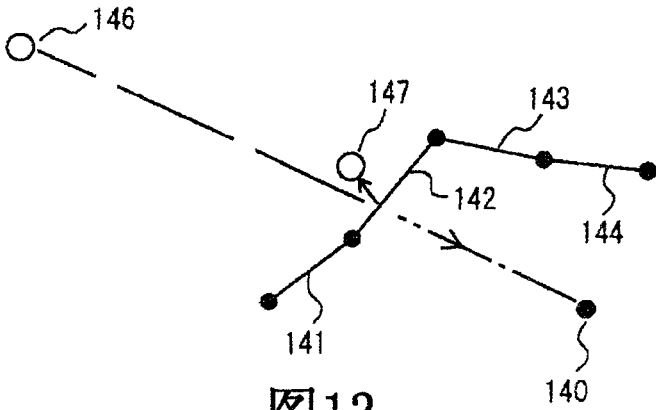


图13

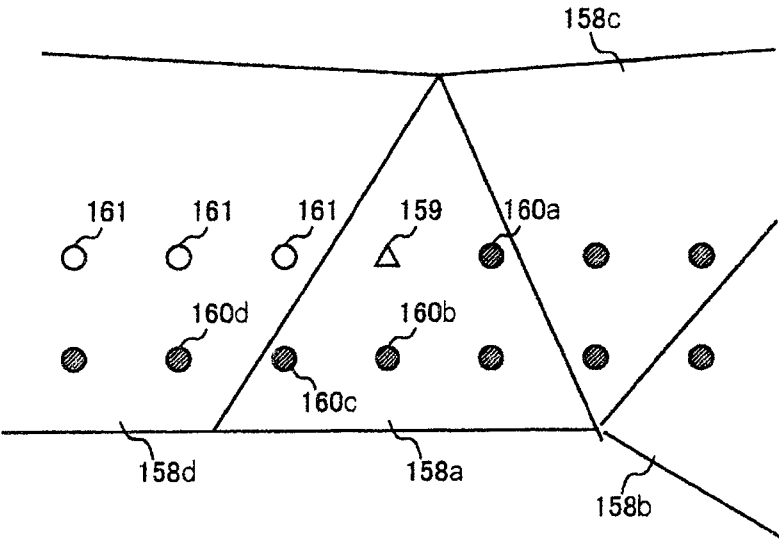


图14

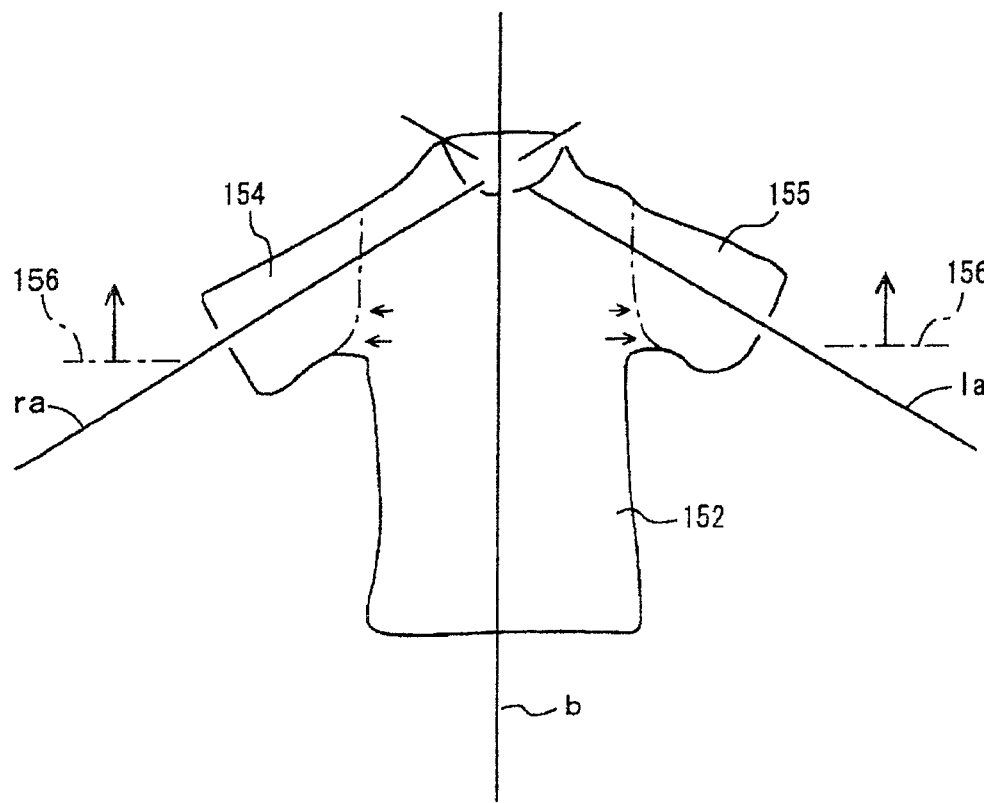


图15

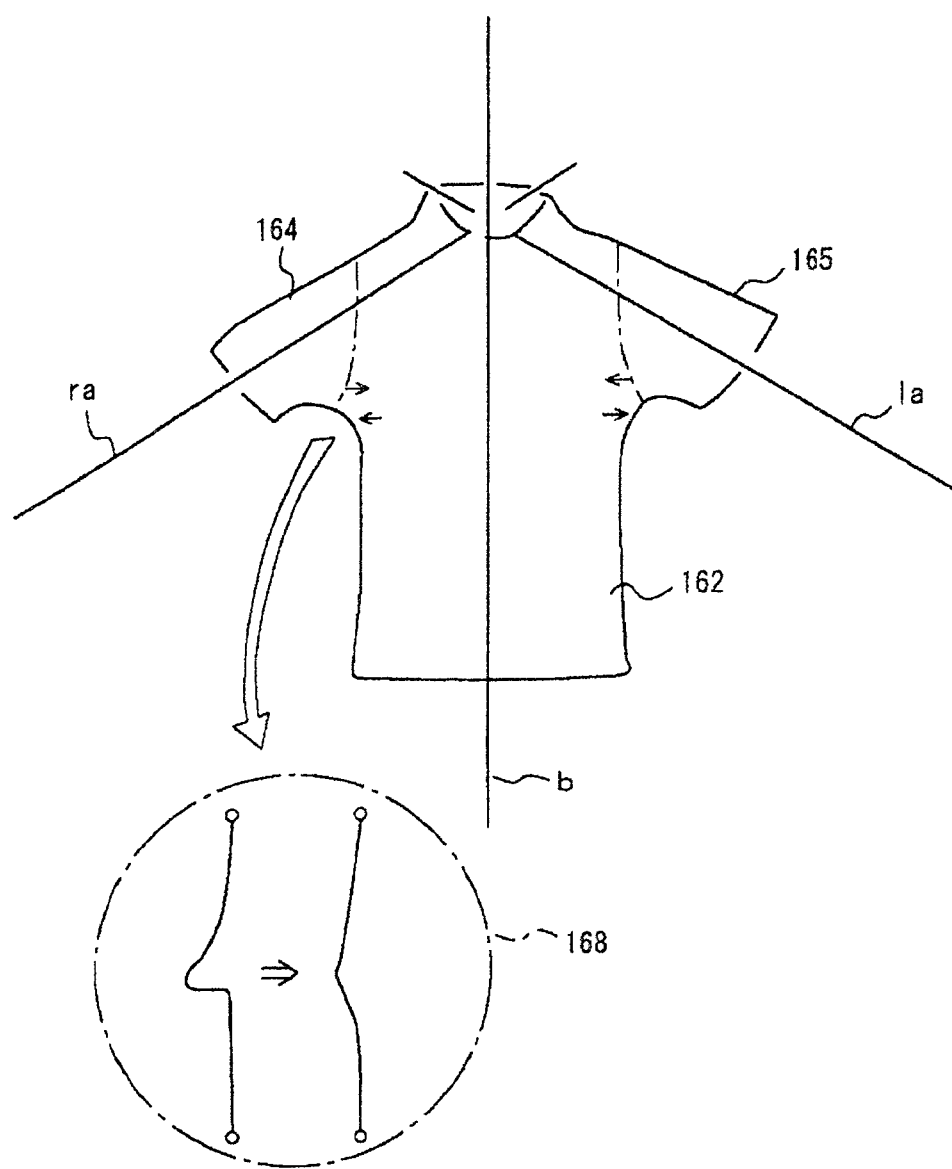


图16

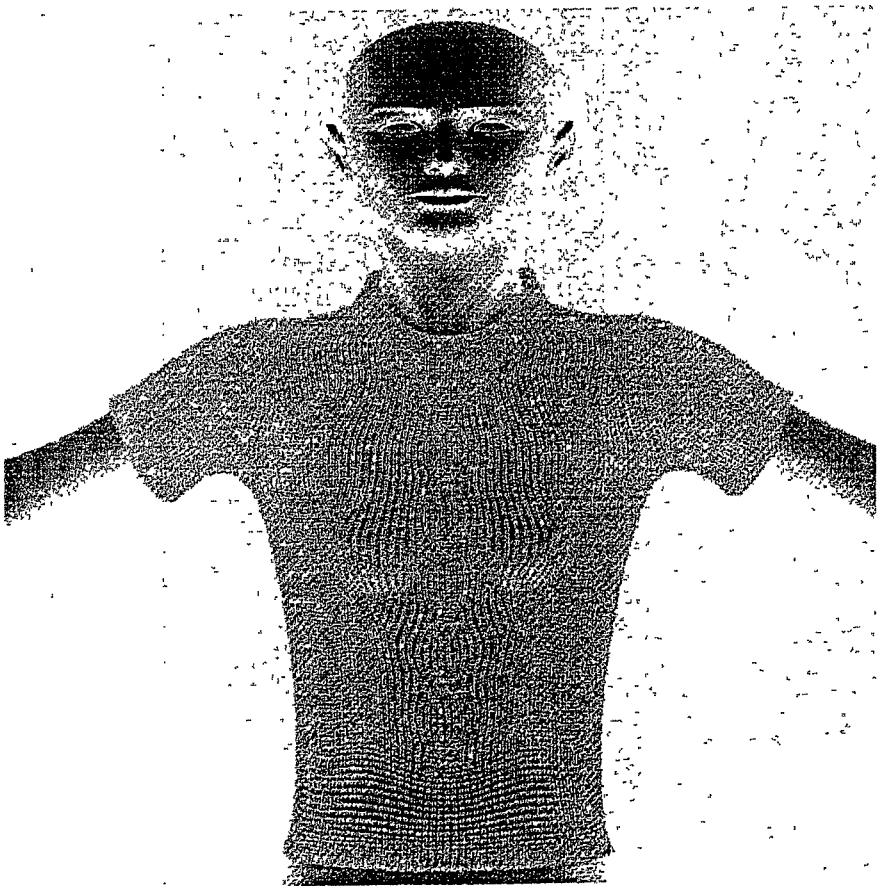
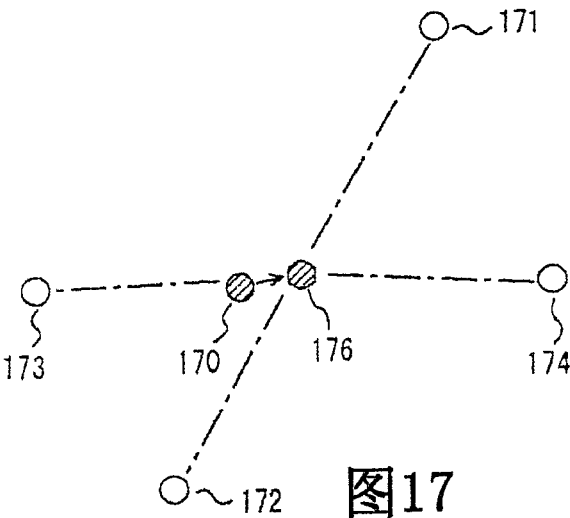


图18

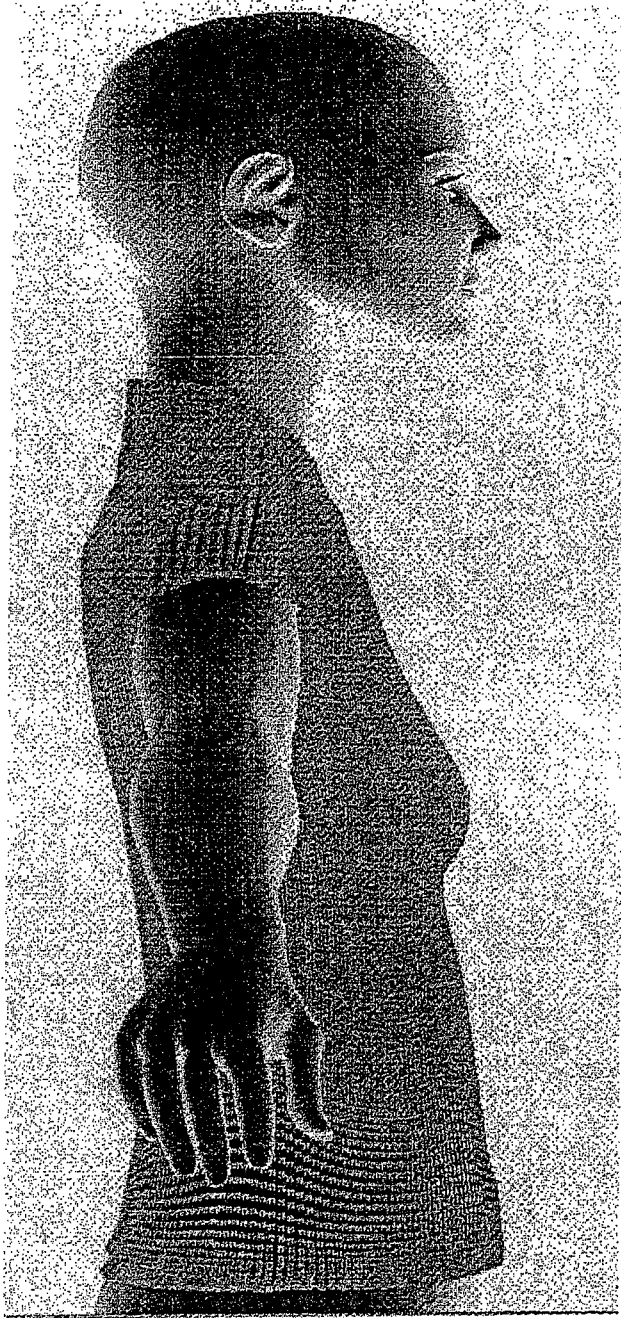


图19