



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년06월03일
(11) 등록번호 10-0960552
(24) 등록일자 2010년05월24일

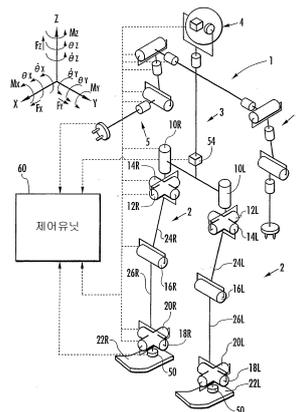
- | | |
|---|---|
| <p>(51) Int. Cl.
B25J 13/00 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2004-7017060</p> <p>(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년04월28일
심사청구일자 2008년01월30일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2004년10월22일</p> <p>(65) 공개번호 10-2005-0003386</p> <p>(43) 공개일자 2005년01월10일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2003/005450</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2003/090982
국제공개일자 2003년11월06일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2002-00127682 2002년04월26일 일본(JP)</p> <p>(56) 선행기술조사문헌
EP1120203 A
EP1083120 A2</p> <p>전체 청구항 수 : 총 41 항</p> | <p>(73) 특허권자
혼다 기켄 교교 가부시카가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 미나미아야야마 2쵸메 1반 1코</p> <p>(72) 발명자
다케나카도루
일본 351-0193 사이타마켄 와코시 추오 1쵸메 4반 1코 가부시카가이샤 혼다 기쥬즈 켄큐쇼 내
마츠모토다카시
일본 351-0193 사이타마켄 와코시 추오 1쵸메 4반 1코 가부시카가이샤 혼다 기쥬즈 켄큐쇼 내</p> <p>(74) 대리인
김정욱, 박종혁, 송봉식, 정삼영</p> |
|---|---|
- 심사관 : 이현동

(54) 다리식 이동 로봇의 제어장치 및 추적결정 장치

(57) 요약

2족이동 로봇 등의 로봇(1)의 착지 동작으로 착지하는 족평(22)의 착지위치·방향을 추정하는 동시에, 로봇(1)의 목표 추적경로를 설정한다. 추정된 착지위치·방향과 목표 추적경로에 기초하여, 로봇(1)의 실제의 추적(족평(22)의 착지위치·방향을 열)을 목표 추적에 근접시키도록, 장래의 목표 착지위치·방향을 결정한다. 결정한 목표 착지위치·방향을 적어도 사용하여 로봇(1)의 목표 보용을 결정하고, 그 목표 보용에 따라 로봇(1)의 동작 제어를 행한다. 목표 착지위치·방향을 결정할 때에는, 다리체끼리의 간섭 등의 로봇(1) 자신의 기구적 제약조건이나, 목표 ZMP의 존재 허용범위의 제약조건 등을 고려한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇에 있어서,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과,

상기 로봇의 목표 족적경로를 설정하는 목표 경로설정 수단과,

적어도 상기 추정된 족평의 착지위치 및 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여, 로봇의 실제의 족적을 이 목표 족적경로에 근접시키도록 로봇의 다음회 이후의 착지 동작중 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향을 결정하는 족평 목표 착지방향 결정 수단과,

적어도 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 목표 착지방향을 사용하여 로봇의 목표 보용을 결정하는 목표 보용 결정 수단과,

그 결정된 목표 보용에 따라 상기 로봇의 동작을 제어하는 동작 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이며, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 다리식 이동 로봇은 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇이며, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단이 결정하는 목표 착지방향은, 적어도 로봇의 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향과 다음다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향을 포함하고, 상기 목표 보용 결정 수단은, 상기 다음회 및 다음다음회의 착지 동작에 각각 대응하여 적어도 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 상기 목표 착지방향을 사용하여 로봇의 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 적어도 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단에 의해 추정된 족평의 착지위치 및 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여, 상기 목표 착지방향을 결정하는 족평의 목표 착지위치를 이 목표 착지방향과 함께 결정하고, 상기 목표 보용 결정 수단은, 이 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 상기 목표 보용을 결정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 적어도 다음회의 착지 동작을 포함하는 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 연직축 주위의 목표 착지방향 및 목표 착지위치를 적어도 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단에 의해 추정된 상기 착지위치 및 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여 결정하는 수단이며, 상기 목표 보용 결정 수단은, 적어도 이 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 상기 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 이 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결정하는 수단이며, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 적어도 다음회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 이 다음회의 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위 내에 이 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을의 세트를 결정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 자기의존 착지 허용범위는, 상기 착지 동작에 의해 착지한 족평에 대한, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 상기 목표 보용 결정 수단은, 적어도 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단이 결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 상기 다음회의 착지 동작을 규정하는 상기 목표 보용에서의 목표 ZMP를 가결정하는 수단을 구비하고, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 그 가결정된 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키지 않을 때, 상기 소정수회 앞까지의 착지 동작중 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상기 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 8

제 4 항에 있어서, 상기 다리식 이동 로봇은 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇으로, 상기 족평의 목표 착지 위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 대표점이며, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정해진 대표점의 목표 위치이며, 상기 목표 족적경로는, 상기 대표점이 접근해야 할 경로인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 대표점은 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 10

복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇의 목표 보용을 결정하고, 이 목표 보용에 따라 상기 로봇의 동작을 제어하는 동시에, 적어도 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 로봇의 다리체의 족평이 착지할 때마다 새로운 목표 보용을 결정할 때, 이 목표 보용에 계속되는 가상적인 주기적 보용을 결정하고, 그 주기적 보용에 근접시키도록 이 목표 보용을 결정하는 다리식 이동 로봇의 제어장치에 있어서,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과,

상기 로봇의 목표 족적경로를 설정하는 목표 경로 설정 수단과,

상기 로봇의 다음회 이후의 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을, 최신의 목표 보용 및 이 목표 보용에 대응하는 상기 주기적 보용의 적어도 어느 하나와, 상기 추정된 족평의 착지위치 및 착지방향에 기초하여 가결정하는 족평 목표 착지위치·방향 가결정 수단과,

그 가결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여, 로봇의 실제의 족적을 이 목표 족적경로에 근접시키도록 상기 가결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 족평 목표 착지위치·방향 수정 수단과,

적어도 그 수정된 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 로봇의 새로운 상기 목표 보용을 결정하는 목표 보용 결정 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이며, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 목표 보용 결정 수단은, 적어도 상기 족평 목표 착지위치·방향 수정 수단에 의한 수정후의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 상기 새로운 목표 보용에서의 목표 ZMP를 가결정하는 수단을 구비하고, 상기 족평 목표 착지위치·방향 수정 수단은, 그 가결정된 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키지 못할 때, 상기 족평 목표 착지위치·방향 가결정 수단에 의해 가결정된, 적어도 어느 한 회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 더 수정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 13

제 10 항에 있어서, 상기 다리식 이동 로봇은, 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇으로, 상기 족평의 목표 착지위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 대표점이며, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정해진 대표점의 목표 위치이고, 상기 목표 족적경로는, 상기 대표점이 근접해야 할 경로인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 대표점은 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 15

복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착상 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇에 있어서,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향을 세트의 허용범위이고, 이 로봇이 이동하는 환경조건에 의해 정해지는 환경의존 착지 허용범위중, 적어도 다음회 및 다음다음회를 포함하는 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 각각 대응하는 복수의 환경의존 착지 허용범위를 설정하는 족평 착지 허용범위 설정 수단과,

적어도 상기 추정된 족평의 착지방향과 상기 족평 착지 허용범위 설정 수단에 의해 설정된 복수의 환경의존 착지위치 허용범위에 기초하여, 각 환경의존 착지위치 허용범위를 충족시키도록, 상기 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 세트결정하는 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단과,

적어도 그 결정된 상기 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 로봇의 가상적인 주기적 보용을 결정하고, 그 결정한 가상적인 주기적 보용에 근접시키도록, 적어도 다음회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 새로운 목표 보용을 결정하는 목표 보용 결정 수단과,

그 결정된 새로운 목표 보용에 따라 상기 로봇의 동작을 제어하는 동작 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이고, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 상기 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단은, 적어도 다음회의 착지 동작에서의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 세트결정할 때, 당해 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위와, 상기 다음회의 착지 동작에 대응하는

상기 환경의존 착지 허용범위와의 양 허용범위의 공통 범위내에 이 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하고, 상기 목표 보용 결정 수단은, 상기 가상적인 주기적 보용을 결정하기 위해서 적어도 당해 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 자기의존 착지 허용범위는, 상기 착지동작에 의해 착지한 족평에 대한, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇 제어장치.

청구항 19

제 15 항에 있어서, 상기 목표 보용 결정 수단은, 적어도 상기 다음회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 목표 보용에서의 목표 ZMP를 가결정하는 수단을 구비하고, 상기 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단은, 그 가결정된 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키지 못할 때, 상기 소정수회 앞까지의 착지동작 중 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상기 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 20

제 15 항 또는 제 17 항에 있어서, 상기 다리식 이동 로봇은, 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇으로, 상기 족평의 목표 착지위치는, 상기 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 대표점이며, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 설정된 대표점의 목표 위치인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 21

제 20 항에 있어서, 상기 대표점은 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 22

복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착상 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇에 있어서,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향의 세트의 허용범위이고, 이 로봇이 이동하는 환경조건에 의해 정해지는 환경의존 착지 허용범위중, 적어도 다음회 및 다음다음회를 포함하는 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 각각 대응하는 복수의 환경의존 착지 허용범위를 설정하는 제 1 착지 허용범위 설정 수단과,

상기 족평 착지위치·방향 추정 수단에 의해 추정된 각 회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과, 다음회의 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건에 기초하여, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향의 세트에 대한 자기의존 착지 허용범위를 설정하는 제 2 착지 허용범위 설정 수단과,

적어도 상기 다음회의 착지 동작에 대응하여 상기 제 1 착지 허용범위 설정 수단 및 제 2 착지 허용범위 설정 수단에 의해 각각 설정된 환경의존 착지 허용범위와 자기의존 착지 허용범위에 기초하여, 그들 양 허용범위의 공통 범위내에 당해 다음회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하는 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단과,

적어도 그 결정된 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결정하는 목표 보용 결정 수단과,

그 결정된 목표 보용에 따라 로봇의 동작을 제어하는 동작 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 다리식 이동

로봇의 제어장치.

청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이며, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 24

제 22 항에 있어서, 상기 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단은, 다음회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정한 후, 그 결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 로봇의 기구적 제약조건에 기초하여 다음다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 착지위치에 대한 자기의존 착지 허용범위를 가결정하는 수단과, 적어도 그 가결정한 다음다음회의 착지 동작에 대응하는 자기의존 착지 허용범위와 당해 다음다음회의 착지 동작에 대응하여 상기 제 1 착지 허용범위 설정 수단이 설정한 다음다음회 환경의존 허용범위가 공통범위를 가지지 않을 때, 이 공통 범위를 갖도록 상기 다음회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 25

제 22 항에 있어서, 상기 제 2 착지 허용범위 설정 수단은, 상기 착지 동작에 의해 착지한 족평에 대한, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 상기 자기의존 착지 허용범위를 설정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 26

제 22 항에 있어서, 상기 다리식 이동 로봇은, 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇으로, 상기 족평의 목표 착지위치는, 상기 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 점이고, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 설정된 대표점의 위치인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 27

제 26 항에 있어서, 상기 대표점은 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 제어장치.

청구항 28

복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 다리체의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정하는 족적결정 장치로서,

상기 로봇의 목표 족적경로를 설정하는 목표 경로설정 수단을 구비하고,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을, 적어도 하나 전회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과, 상기 목표 족적경로에 기초하여 결정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 30

제 28 항에 있어서, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 당해 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위내에 당해 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 31

제 30 항에 있어서, 상기 로봇의 임의의 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지 방향을 결정할 때에 사용하는 상기 자기의존 착지 허용범위는, 제 N-1회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평에 대한, 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 32

제 28 항에 있어서, 상기 로봇의 임의의 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지 방향을 결정할 때, 이 제 N회의 착지 동작을 포함하여 소정수회 앞의 착지 동작까지의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을, 제 N-1회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여 가결정하는 목표 착지위치·방향 가결정 수단과,

그 가결정한 소정수회 앞의 착지 동작까지의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 적어도 상기 제 N회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 가목표 보용을 결정하는 가목표 보용 결정 수단과,

그 결정한 가목표 보용에 대응하는 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키는지 아닌지를 판단하고, 만족시키지 못하는 경우에는, 상기 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하고, 이 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정하는 목표 착지위치·방향 수정 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 33

제 28 항에 있어서, 상기 다리식 이동 로봇은, 2개의 다리체를 갖는 2족이동 로봇으로, 상기 족평의 목표 착지 위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 점이고, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정한 대표 점의 목표 위치이며, 상기 목표 족적경로는, 상기 대표점이 근접해야 할 경로인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 34

제 33 항에 있어서, 상기 대표점은, 양 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 35

복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 다리체의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정하는 족적결정 장치로서,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향의 세트의 허용범위이며, 이 로봇이 이동하는 환경조건에 의해 정해지는 환경의존 착지 허용범위를 설정하는 족평 착지 허용범위 설정 수단과,

상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를, 적어도 하나 전회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과, 상기 환경의존 착지 허용범위에 기초하여 결정하는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 36

제 35 항에 있어서, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치.

청구항 37

제 35 항에 있어서, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 당해 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위와, 당해 착지 동작으로 착지하는 족평에 대응하는 상기 환경의존 착지 허용범위에 기초하여, 양 허용범위의 공통 범위내에 이 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지 방향의 세트를 결정하는 것을

특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 목적결정 장치.

청구항 38

제 37 항에 있어서, 상기 로봇의 임의의 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지 방향을 결정할 때에 사용하는 상기 자기의존 착지 허용범위는, 제 N-1회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평에 대한, 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 목적결정 장치.

청구항 39

제 37 항에 있어서, 상기 로봇의 임의인 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지 방향을 결정할 때, 이 제 N회의 착지 동작을 포함하여 소정수회 앞의 착지 동작까지의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을, 제 N-1회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 상기 환경의존 착지 허용범위와, 이 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 상기 자기의존 착지 허용범위에 기초하여 가결정하는 목표 착지위치·방향 가결정 수단과,

그 가결정한 소정수회 앞의 착지 동작까지의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 적어도 상기 제 N회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 가목표 보용을 결정하는 가목표 보용 결정 수단과,

그 결정한 가목표 보용에 대응하는 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키는지 아닌지를 판단하고, 충족시키지 못하는 경우에는, 상기 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하고, 이 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 세트결정하는 목표 착지위치·방향 수정 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 목적결정 장치.

청구항 40

제 35 항에 있어서, 상기 다리식 이동 로봇은, 2개의 다리체를 갖는 2족이동 로봇으로, 상기 족평의 목표 착지 위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 점이고, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정한 대표 점의 목표 위치인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 목적결정 장치.

청구항 41

제 40 항에 있어서, 상기 대표점은, 양 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것을 특징으로 하는 다리식 이동 로봇의 목적결정 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 2족이동 로봇 등의 다리식 이동 로봇에 관한 것으로, 보다 상세하게는 이 로봇의 경로 유도(궤도 유도)를 위한 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 복수의 다리체의 각각의 이상(離床) 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇에서는, 특히 이동 속도가 높아지면, 다리체를 흔들림으로 인한 반력에 의해, 다리체 선단부인 족평(足平)과 바닥 사이의 마찰력이 한계가 되어, 족평과 바닥 사이에서 회전 미끄러짐이 생기거나 하여, 로봇 전체가 연직축 둘레로 자세 회전해서, 목표 보용의 방향으로부터 벗어나거나, 목표 경로로부터 벗어난다는 문제가 있었다.

[0003] 보충하면, 상체가 항상 연직자세(직립 자세)를 유지하고, 직선보행하는 목표 보용만이 생성된다고는 할 수 없다. 목표 보용에서도, 로봇 전체 또는 상체는 선회하거나, 전후 좌우로 기울거나 한다. 즉, 목표 보용에서도, 로봇의 전체의 자세회전(또는 상체 등의 대표 부위의 자세회전)이 존재한다. 그래서, 본 명세서에서, 목표 보용에서의 자세회전을 목표 자세회전이라 부른다.

[0004] 상술한 바와 같이, 로봇이 목표 보용의 방향으로부터 벗어나거나, 목표 경로로부터 벗어나는 것은, 기본적으로

는, 실제 로봇의 전체의 자세회전(또는 상체 등의 대표 부위의 자세회전)이, 상기 목표 자세회전으로부터 벗어난다는 현상에 기인한다. 이 현상을, 엄밀에 표현하면, 「목표 자세회전으로부터의 섭동」 또는 「자세회전 섭동」이라고 불러야만 하는데, 목표 자세회전과 혼동할 우려가 없는 경우에는, 이후, 이것을 「자세회전」으로 생략한다. 또한, 이후, 특히, 로봇 전체가 연직축 둘레로 자세회전하여, 목표 보용의 방향으로부터 벗어나는 현상을 스핀이라 부른다.

- [0005] 상기의 문제를 해결하기 위해서는, 로봇의 위치와 이동 방향을 인식하면서, 목표 경로로부터 벗어나지 않도록 궤도 유도 제어를 행할 필요가 있다.
- [0006] 경로 유도 제어로서는, 로켓, 항공기 등의 비행체 및 무인반송차의 궤도 유도 제어가 알려져 있다. 그러나, 이들 제어방식을, 다리식 이동 로봇에 그대로 도입하는 것은 곤란했다. 이 이유로서는, 예를 들면 이하의 3가지를 들 수 있다.
- [0007] 제 1로, 로봇의 상체 등의 대부분의 부위는, 1보의 사이에서도, 가감속이 심하여, 그 부위의 실제의 위치나 자세(방향)를 정밀도 좋게 인식하는 것이 곤란했다.
- [0008] 제 2로, 로봇은, 예를 들면 단지 직진하는 것만으로도, 동력학적인 밸런스를 잡기 위해서, 로봇의 대표적부위인 상체의 위치 또는 자세를 항상 좌우로 흔들지 않으면 안되기 때문에, 상체의 속도와 진행 방향(이동 방향)이 일치하지 않는다. 또, 로봇은, 상체의 방향과 관계 없이 자유로운 방향으로 이동할 수 있으므로 상체의 방향과 진행 방향도 일치한다고는 할 수 없다. 즉, 상체속도, 방향 등, 로봇의 순간의 운동 상태를 본 것만으로는, 로봇이 목표 경로로부터 벗어나려고 하고 있는지 아닌지를 판정할 수 없었다.
- [0009] 제 3으로, 자세 밸런스를 유지하지 않으면 안되고, 그리고 액추에이터의 능력한계를 넘어서는 안되므로, 급격하게 보용을 변경할 수가 없었다. 예를 들면, 착지 직전에 착지위치를 급격하게 변경하려고 해도, 액추에이터의 속도 또는 힘이 능력을 초과할 것 같아져서 변경할 수 없거나, 또는, 변경할 수 있었다고 해도, 착지후에 밸런스를 무너뜨릴 우려가 있었다.
- [0010] 이상과 같이, 단순하게, 종래의 경로 유도 기술을 로봇에 도입하는 것은 곤란했었다.
- [0011] 본 발명은 이러한 배경을 감안하여 이루어진 것으로, 로봇을 필요한 목표 경로에 추종시키는 경로 유도(궤도 유도)를 적절하게 행할 수 있는 다리식 이동 로봇의 제어장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0012] 또, 징검돌 위나 계단 등을 로봇이 이동하는 경우와 같이, 1보마다의 다리체의 착지위치가 한정된 상황에서도, 그 한정 범위를 넘거나 하지 않고, 로봇을 원활하게 이동시킬 수 있는 다리식 이동 로봇의 제어장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0013] 또, 로봇의 이동전에 있어서, 또는 컴퓨터에 의한 시뮬레이션에 있어서, 부여된 목표 경로나, 징검돌 등에 대응하는 착지위치의 한정 범위를 기초로 일련의 다리체의 착지위치·방향의 열로서의 로봇의 목표 족적을 적절하게 결정할 수 있는 족적결정 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 상세한 설명

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 다리식 이동 로봇의 제어장치에 관계되는 제 1 발명은, 복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇에 있어서, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과, 상기 로봇의 목표 족적 경로를 설정하는 목표 경로 설정 수단과, 적어도 상기 추정된 족평의 착지위치 및 착지방향과 상기 목표 족적 경로에 기초하여, 로봇의 실제의 족적을 이 목표 족적 경로에 근접시키도록 로봇의 다음회 이후의 착지 동작중 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향을 결정하는 족평 목표 착지방향 결정 수단과, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 목표 착지방향을 적어도 사용하여 로봇의 목표 보용을 결정하는 목표 보용 결정 수단과, 그 결정된 목표 보용에 따라 상기 로봇의 동작을 제어하는 동작 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 것이다.
- [0015] 이 제 1 발명은, 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향(이하, 간단히 착지위치·방향 이라고 하는 경우가 있음)에 착안하여, 그 족평의 착지위치·방향을 로봇의 위치 및 이동방향을 대표하는 것으로서 사용한다. 그 족평의 실제의 착지위치·방향이 추정되는 동시에, 그 착지위치·방향을 열이 나타내는 로봇의 족적의 목표인 목표 족적 경로가 설정된다. 그리고, 상기 추정된 착지위치·방향과 목표 족적 경로에 기초하여 로봇의 실제의 족적(상기 추정되는 착지위치·방향을 열)을 목표 족적 경로에 근접시키도록,

다음회 이후의 착지 동작중의 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향이 결정된다. 즉, 장래의 어느 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향이 결정된다. 또한, 그 결정된 목표 착지 방향을 적어도 사용하여 로봇의 목표 보용이 결정되고, 그 목표 보용에 따라 로봇의 동작 제어가 행해진다.

[0016] 여기에서, 로봇의 족평의 착지위치·방향은 로봇의 상체 등, 다른 부위에 비해 빈번한 변동을 생기게하기 어렵다. 또, 족평의 착지 장소에서 집지면과의 사이에서의 회전 미끄러짐(스핀)이 생겼다고 해도, 그 회전 미끄러짐에 의한 족평의 착지위치의 변화는 미소하고 또한, 착지방향의 변화의 안정성도 높다. 따라서, 족평의 착지위치·방향은, 로봇의 다른 부위에 비해, 로봇의 위치, 이동 방향을 대표하는 것으로서의 안정성이 높다. 이 때문에, 족평의 착지위치·방향을 추정했을 때, 그 착지위치·방향은, 로봇의 실제의 위치 및 이동 방향을 나타냄으로써 적합한 것이 된다. 그 결과, 제 1 발명에 의하면, 로봇을 적정하게 경로 유도할 수 있다.

[0017] 또한, 이러한 제 1 발명에서는, 로봇의 이동 경로를 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이며, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는 것이 바람직하다(제 2 발명). 이것은, 로봇의 실제의 이동 경로는, 주로, 착지한 족평의 연직축 주위의 방향에 의해 정해지기 때문이다.

[0018] 상기 제 1 발명 또는 제 2 발명에서는, 상기 다리식 이동 로봇은 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇일 때에는, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단이 결정하는 목표 착지방향은, 적어도 로봇의 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향과 다음다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지방향을 포함하고, 상기 목표 보용 결정 수단은, 상기 다음회 및 다음다음회의 착지 동작에 각각 대응하여 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 상기 목표 착지방향을 적어도 사용하여 로봇의 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결정하는 것이 바람직하다(제 3 발명).

[0019] 2족이동 로봇에서는, 다음회 및 다음다음회의 목표 착지위치·방향을 상기와 같이 결정하고, 그것들의 목표 착지방향을 적어도 사용하여 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결정함으로써 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결정할 때에, 다음다음회의 목표 착지방향을 고려한 목표 보용을 결정할 수 있게 된다. 그 결과, 로봇의 실제의 족적경로를 목표 족적경로에 근접시키면서, 안정성이 높은 로봇의 이동을 행하는 것이 가능하게 된다.

[0020] 또, 상기 제 1~제 3 발명에서는, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 적어도 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단에 의해 추정된 족평의 착지위치 및 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여, 상기 목표 착지방향을 결정하는 족평의 목표 착지위치를 이 목표 착지방향과 함께 결정하고, 상기 목표 보용 결정 수단은, 이 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 상기 목표 보용을 결정하는 것이 바람직하다(제 4 발명).

[0021] 이것에 의하면, 목표 착지방향뿐만아니라, 목표 착지위치도 결정하고, 그것을 목표 보용의 결정에 사용함으로써, 로봇의 족적경로를 보다 원활하게 목표 족적경로에 근접시키는 것을 가능하게 하는 목표 보용을 결정할 수 있다.

[0022] 이 제 4 발명에서는, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 적어도 다음회의 착지 동작을 포함하는 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 연직축 주위의 목표 착지방향 및 목표 착지위치를 적어도 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단에 의해 추정된 상기 착지위치 및 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여 결정하는 수단이며, 상기 목표 보용 결정 수단은, 이 족평 목표 착지방향 결정 수단에 의해 결정된 상기 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 적어도 사용하여 당해 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결정하는 수단이며, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 적어도 다음회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 당해 다음회의 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적·제약조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위내에 이 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하는 것이 더 바람직하다(제 5 발명). 또한, 상기 소정수회 앞은, 1회 앞이라도 좋다.

[0023] 이 제 5 발명에 의하면, 다음회의 목표 착지위치·방향을 결정할 때, 그 목표 착지위치·방향의 세트를 상기 자기의존 착지 허용범위내에서 결정하므로, 목표 족적경로에의 추종성뿐만아니라, 다음회의 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등의 로봇 자신의 기구적 제약조건이 고려된다. 따라서, 목표 족적경로에 추종시키면서, 로봇의 다리체끼리의 간섭 등이 생기지 않는 목표 보용을 결정하여, 로봇의 원활한 이동을 행할 수 있다.

- [0024] 또한, 상기 자기의존 착지 허용범위는, 상기 착지 동작에 의해 착지한 족평에 대한, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것이 바람직하다(제 6 발명). 즉, 자기의존 착지 허용범위는, 착지한 족평과, 다음에 착지시키고자 하고 있는 족평과의 상대적인 위치, 자세관계에 따른 것이 되므로, 그 관계를 맵 또는 연산식에 의해 설정해 둬으로써, 자기의존 착지 허용범위를 결정할 때의 연산 부하를 줄일 수 있다. 또, 상기 제 5 또는 제 6 발명에서는, 상기 목표 보용 결정 수단은, 적어도 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단이 결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 상기 다음회의 착지 동작을 규정하는 상기 목표 보용에서의 목표 ZMP를 가결정하는 수단을 구비하고, 상기 족평 목표 착지방향 결정 수단은, 그 가결정된 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키지 못할 때, 상기 소정수회 앞까지의 착지 동작중 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상기 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 것이 바람직하다(제 7 발명).
- [0025] 즉, 동력학적인 평형 조건을 만족하는 목표 보용의 목표 ZMP는, 목표 착지위치 또는 목표 착지방향의 영향을 받는 한편, 로봇의 접지면내(보다 정확하게는 소위 지지 다각형내)에 존재할 필요가 있다. 따라서 상기와 같은 목표 ZMP가, 소정의 제한 조건(구체적으로는 이 목표 ZMP가 존재가능한 범위의 조건)을 충족시키지 못하는 경우에, 상기 소정수회 앞까지의 착지 동작중 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상기 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정함으로써 동력학적인 안정성을 유지하면서 목표 족적경로에 추종시킬 수 있는 목표 보용을 결정할 수 있다.
- [0026] 또, 상기 제 4~제 7 발명에서, 다리식 이동 로봇이 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇일 때에는, 상기 족평의 목표 착지위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 대표점이고, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세로 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정해진 대표점의 목표 위치이며, 상기 목표 족적경로는, 상기 대표점이 근접해야 할 경로인 것이 바람직하다(제 8 발명). 이것에 의하면, 목표 족적경로를, 로봇의 좌우의 다리체의 각 족평에 대해 공통으로 할 수 있다.
- [0027] 또한, 이 제 8 발명에서는, 상기 대표점은, 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것이 바람직하다(제 9 발명). 이것에 의하면, 양 족평을 근접시켜서 착지시킬 때 등에 양 족평끼리가 간섭하는 것을 회피하는 것이 가능하게 된다.
- [0028] 다음에, 본 발명의 다리식 이동 로봇의 제어장치에 관계되는 제 10 발명은, 복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇의 목표 보용을 결정하고, 이 목표 보용에 따라 상기 로봇의 동작을 제어하는 동시에, 적어도 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 로봇의 다리체의 족평이 착지할 때마다 새로운 목표 보용을 결정할 때, 이 목표 보용에 계속되는 가상적인 주기적 보용을 결정하고, 그 주기적 보용에 근접시키도록 이 목표 보용을 결정하는 다리식 이동 로봇의 제어장치에 있어서, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과, 상기 로봇의 목표 족적경로를 설정하는 목표 경로 설정 수단과, 상기 로봇의 다음회 이후의 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 연직축 주위의 목표 착지방향을, 최신의 목표 보용 및 이 목표 보용에 대응하는 상기 주기적 보용중 적어도 어느 하나와 상기 추정된 족평의 착지위치 및 착지방향에 기초하여 가결정하는 족평 목표 착지위치·방향 가결정 수단과, 그 가결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여, 로봇의 실제의 족적을 이 목표 족적 경로에 근접시키도록 상기 가결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 족평 목표 착지위치·방향 수정 수단과, 그 수정된 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 적어도 사용하여 로봇의 새로운 상기 목표 보용을 결정하는 목표 보용 결정 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 것이다.
- [0029] 이러한 제 10 발명에서는, 상기 제 1 발명과 동일하게, 로봇의 족평의 착지위치·방향에 착안하여, 그 족평의 착지위치·방향이 로봇의 위치 및 이동방향을 대표하는 것으로서 사용할 수 있다. 그리고 제 10 발명에서는 상기 로봇의 다음회 이후의 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을, 최신의 목표 보용(이미 결정한 목표 보용중 최신의 목표 보용) 및 이 목표 보용에 대응하는 상기 주기적 보용중 적어도 어느 하나와 상기 추정된 족평의 착지위치 및 착지방향에 기초하여 가결정한 뒤에, 그 가결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여, 로봇의 실제의 족적을 이 목표 족적 경로에 근접시키도록 상기 가결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나가 수정된다. 또한, 그 수정된 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 적어도 사용하여 로봇의 새로운 상기 목표 보용이 결정되고, 그 목표 보용에 따라 로봇의 동작 제어가 행해진다. 따라서, 제 10 발명에 의하면, 로봇의 계속적인 안정성을 유지하면서, 로

봇의 경로 유도를 적정하게 행할 수 있다.

- [0030] 이 제 10 발명에서는, 상기 제 2 발명과 동일하게, 로봇의 이동 경로를 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이며, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는 것이 바람직하다(제 11 발명).
- [0031] 또, 제 10 또는 제 11 발명에서는, 상기 목표 보용 결정 수단은, 적어도 상기 족평 목표 착지위치·방향 수정 수단에 의한 수정후의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 상기 새로운 목표 보용에서의 목표 ZMP를 가 결정하는 수단을 구비하고, 상기 족평 목표 착지위치·방향 수정 수단은, 그 가결정된 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키지 못할 때, 상기 족평 목표 착지위치·방향 가결정 수단에 의해 가결정된, 적어도 어느 한 회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 더욱 수정하는 것이 바람직하다(제 12 발명).
- [0032] 이것에 의하면, 상기 제 7 발명과 마찬가지로, 동력학적인 안정성을 유지하면서 목표 족적경로에 추종시킬 수 있는 목표 보용을 결정할 수 있다.
- [0033] 또한, 제 10~제 12 발명에서, 상기 다리식 이동 로봇이, 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇일 때에는, 상기 족평의 목표 착지위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 대표점이며, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정해진 대표점의 목표 위치이며, 상기 목표 족적경로는, 상기 대표점이 가까이 가야 할 경로인 것이 바람직하다(제 13 발명). 또한 이 제 13 발명에서는, 상기 대표점은, 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것이 바람직하다(제 14 발명). 이들 제 13 발명, 제 14 발명에 의하면, 각각 상기 제 8 발명, 제 9 발명과 동일한 작용 효과를 이룰 수 있다.
- [0034] 다음에 본 발명의 다리식 이동 로봇의 제어장치에 관계되는 제 15 발명은, 복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착상 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇에 있어서, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향의 세트의 허용범위로서, 이 로봇이 이동하는 환경조건에 의해 정해지는 환경의존 착지 허용범위중, 적어도 다음회 및 다음다음회를 포함하는 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 각각 대응하는 복수의 환경의존 착지 허용범위를 설정하는 족평 착지 허용범위 설정 수단과, 적어도 상기 추정된 족평의 착지방향과 상기 족평 착지 허용범위 설정 수단에 의해 설정된 복수의 환경의존 착지위치 허용범위에 기초하여, 각 환경의존 착지위치 허용범위를 충족시키도록, 상기 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하는 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단과, 그 결정된 상기 소정의 회수 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 적어도 사용하여 로봇의 가상적인 주기적 보용을 결정하고, 그 결정된 가상적인 주기적 보용에 근접시키도록, 적어도 다음회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 새로운 목표 보용을 결정하는 목표 보용 결정 수단과, 그 결정된 새로운 목표 보용에 따라 상기 로봇의 동작을 제어하는 동작 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 것이다.
- [0035] 이러한 제 15 발명에서는, 상기 제 1 발명과 동일하게, 로봇의 족평의 착지위치·방향에 착안하여, 그 족평의 착지위치·방향이 로봇의 위치 및 이동방향을 대표하는 것으로서 사용된다. 그리고 제 15 발명에서는, 목표 족적경로 대신에, 환경의존 착지 허용범위가 설정되고, 상기 추정된 족평의 착지방향과 상기 환경의존 착지위치 허용범위에 기초하여 각 환경의존 착지위치 허용범위를 충족시키도록, 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트가 결정된다. 그리고 이 결정한 목표 착지위치·방향을 적어도 사용하여 로봇의 가상적인 주기적 보용을 결정한 뒤에, 그 가상적인 주기적 보용에 근접시키도록, 적어도 다음회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 새로운 목표 보용을 결정하고, 그 결정된 새로운 목표 보용에 따라 로봇의 동작 제어가 행해진다.
- [0036] 이것에 의해, 제 15 발명에 의하면, 로봇의 계속적인 안정성을 유지하면서, 각 회의 착지 마다의 환경의존 착지위치 허용범위를 충족시키는(이 범위를 일탈하지 않는) 목표 보용을 결정하고, 로봇의 이동을 행할 수 있다. 따라서, 징검돌 등을 로봇이 이동하는 경우에, 족평을 징검돌 등의 착지 허용 영역으로부터 헛디디거나 하지 않고, 계속적인 안정성을 유지하면서, 로봇을 이동시킬 수 있다.
- [0037] 이 제 15 발명에서는, 상기 제 2 발명과 동일하게, 로봇의 이동 경로를 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이며, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는

것이 바람직하다(제 16 발명).

- [0038] 또, 제 15 또는 제 16 발명에서는, 상기 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단은, 적어도 다음회의 착지 동작에서의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정할 때, 당해 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위와, 상기 다음회의 착지 동작에 대응하는 상기 환경의존 착지 허용범위와의 양 허용범위의 공통 범위내에 이 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하고, 상기 목표 보용 결정 수단은, 상기 가상적인 주기적 보용을 결정하기 위해서 적어도 당해 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하는 것이 바람직하다(제 17 발명).
- [0039] 이것에 의하면, 적어도 다음회의 목표 착지위치·방향을 결정할 때, 그 목표 착지위치·방향을 세트를 상기 환경의존 착지 허용범위와, 자기의존 착지 허용범위와의 공통 범위내에서 결정하므로, 환경의존 착지 허용범위에 의한 착지위치·방향을 제한 조건뿐만아니라, 다음회의 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등의 로봇 자신의 기구적 제약조건이 고려된다. 따라서, 환경의존 착지 허용범위에 의한 착지위치·방향을 조건을 충족시키면서, 로봇의 다리체끼리의 간섭 등이 생기지 않는 목표 보용을 결정하여, 로봇의 원활한 이동을 행할 수 있다.
- [0040] 또한, 제 17 발명에서는, 상기 자기의존 착지 허용범위는, 상기 착지 동작에 의해 착지한 족평에 대한, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것이 바람직하다(제 18 발명). 이것에 의하면, 상기 제 6 발명과 동일하게, 자기의존 착지 허용범위를 결정할 때의 연산 부하를 줄일 수 있다.
- [0041] 또한, 제 15~제 18 발명에서는, 상기 목표 보용 결정 수단은, 적어도 상기 다음회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 목표 보용에서의 목표 ZMP를 가결정하는 수단을 구비하고, 상기 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단은, 그 가결정된 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 만족시키지 못할 때, 상기 소정수회 앞까지의 착지 동작중 적어도 어느 한 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상기 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 것이 바람직하다(제 19 발명).
- [0042] 이 제 19 발명에 의하면, 상기 제 7 발명과 동일하게, 동력학적인 안정성을 유지하면서 목표 족적경로에 추종시킬 수 있는 목표 보용을 결정할 수 있다.
- [0043] 또, 제 15~제 19 발명에서, 상기 다리식 이동 로봇이, 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇일 때에는, 상기 족평의 목표 착지위치는, 상기 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 대표점이며, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 설정된 대표점의 목표 위치인 것이 바람직하다(제 20 발명). 이것에 의하면, 상기 환경의존 착지 허용범위나 자기의존 착지 허용범위는 각각, 상기 대표점의 위치와 족평의 목표 착지방향과의 세트의 허용범위로서 설정되게 되므로, 그것들의 허용범위의 설정이 용이하게 된다.
- [0044] 또한, 이 제 20 발명에서는, 상기 대표점은, 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것이 바람직하다(제 21 발명). 이것에 의하면, 상기 제 9 발명과 동일한 작용 효과를 이룰 수 있다.
- [0045] 다음에 본 발명의 다리식 이동 로봇의 제어장치에 관계되는 제 22 발명은, 복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착상 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇에서, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지한 다리체의 족평의 착지위치 및 착지방향을 추정하는 족평 착지위치·방향 추정 수단과, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향의 세트의 허용범위로서, 이 로봇이 이동하는 환경조건에 의해 정해지는 환경의존 착지 허용범위중, 적어도 다음회 및 다음다음회를 포함하는 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 각각 대응하는 복수의 환경의존 착지 허용범위를 설정하는 제 1 착지 허용범위 설정 수단과, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단에 의해 추정된 각 회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과, 다음회의 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건과에 기초하여, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향의 세트에 대한 자기의존 착지 허용범위를 설정하는 제 2 착지 허용범위 설정 수단과, 적어도 상기 다음회의 착지 동작에 대응하여 상기 제 1 착지 허용범위 설정 수단 및 제 2 착지 허용범위 설정 수단에 의해 각각 설정된 환경의존 착지 허용범위와 자기의존 착지 허용범위에 기초하여, 그들 양 허용범위의 공통 범위내에 당해 다음회의 착지 동작에 대응하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하는 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단과, 그 결정된 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 적어도 사용하여 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용을 결

정하는 목표 보용 결정 수단과, 그 결정된 목표 보용에 따라 로봇의 동작을 제어하는 동작 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 것이다.

[0046] 이러한 제 22 발명에서는, 상기 제 1 발명과 동일하게, 로봇의 족평의 착지위치·방향에 착안하여, 그 족평의 착지위치·방향이 로봇의 위치 및 이동방향을 대표하는 것으로서 사용된다. 그리고 제 22 발명에서는, 환경의 존 착지 허용범위와 자기의존 착지 허용범위가 설정되고, 이들 허용범위에 기초하여, 이들 허용범위의 공통 범위에 다음회의 목표 착지위치·방향의 세트가 결정된다. 그리고 이 결정된 목표 착지위치·방향을 적어도 사용하여 다음회의 착지 동작을 규정하는 목표 보용이 결정되고, 그 목표 보용에 따라 로봇의 동작 제어가 행해진다.

[0047] 이것에 의해, 제 22 발명에 의하면, 각 회의 착지 마다의 환경의존 착지위치 허용범위 및 자기의존 착지 허용범위의 양자를 충족시키는(양 허용범위의 공통 범위를 이탈하지 않는) 목표 보용을 결정하여, 로봇의 이동을 행할 수 있다. 따라서 징검돌 등을 로봇이 이동하는 경우에, 족평을 징검돌 등의 착지 허용 영역으로부터 헛디디거나, 다리체끼리가 간섭하거나 하지 않고, 로봇을 이동시킬 수 있다.

[0048] 이 제 22 발명에서는, 상기 제 2 발명과 동일하게, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향이며, 상기 족평 착지위치·방향 추정 수단이 추정하는 착지방향은, 적어도 연직축 주위의 방향을 포함하는 것이 바람직하다(제 23 발명).

[0049] 또, 제 22 또는 제 23 발명에서는, 상기 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단은, 보다 구체적으로는, 다음회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정한 후, 그 결정한 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 로봇의 기구적 제약조건에 기초하여 다음다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 착지위치에 대한 자기의존 착지 허용범위를 가결정하는 수단과, 적어도 그 가결정한 다음다음회의 착지 동작에 대응하는 자기의존 착지 허용범위와 당해 다음다음회의 착지 동작에 대응하여 상기 제 1 착지 허용범위 설정 수단이 설정한 다음다음회 환경의존 허용범위가 공통 범위를 가지지 않을 때, 이 공통 범위를 가지도록 상기 다음회의 착지 동작에 대응하는 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하는 수단을 갖추는 것이 바람직하다(제 24 발명).

[0050] 이것에 의하면, 다음다음회 환경의존 허용범위와, 다음회의 목표 착지위치·방향에 대응하여 가결정된 다음다음회의 착지 동작에 대응하는 자기의존 착지 허용범위가 공통 범위를 가지지 않을 때에는, 이 공통 범위를 가지도록, 먼저 결정한 다음회의 목표 착지위치·방향이 수정된다. 즉, 다음다음회의 환경의존 허용범위와, 다음다음회의 자기의존 착지 허용범위가 공통 범위를 갖도록, 다음회의 목표 착지위치·방향이 적당하게, 수정되면서 결정된다. 바꾸어 말하면, 환경의존 허용범위와 자기의존 허용범위와의 양자의 허용범위를 충족시키는 목표 착지위치·방향을 장래적으로 계속적으로 결정할 수 있도록, 각 회의 목표 착지위치·방향이 결정된다. 그 결과, 징검돌 등을 로봇이 이동할 때, 그 이동 도중에 로봇이 앞으로 진행할 수 없게 되는 사태를 생기게 하지 않아, 로봇의 계속적인 이동을 행할 수 있다.

[0051] 또한, 상기 제 22~제 24 발명에서는, 상기 제 2 착지 허용범위 설정 수단은, 상기 착지 동작에 의해 착지한 족평에 대한, 다음회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 상기 자기의존 착지 허용범위를 설정하는 것이 바람직하다(제 25 발명). 이것에 의하면, 상기 제 6 발명과 마찬가지로, 자기의존 착지 허용범위를 결정할 때의 연산 부하를 줄일 수 있다.

[0052] 또한, 제 22~제 25 발명에서, 상기 다리식 이동 로봇이, 2개의 다리체를 구비한 2족이동 로봇일 때에는, 상기 족평의 목표 착지위치는, 상기 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 점이며, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 설정된 대표점의 위치인 것이 바람직하다(제 26 발명). 이것에 의하면, 상기 환경의존 착지 허용범위 및 자기의존 착지 허용범위는 각각, 상기 대표점의 목표 위치와 족평의 목표 착지방향과의 세트의 허용범위로서 설정되게 되므로, 그것들의 허용범위의 설정이 용이하게 된다.

[0053] 또한 이 제 26 발명에서는, 상기 대표점은, 각 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것이 바람직하다(제 27 발명). 이것에 의하면, 상기 제 9 발명과 동일한 작용 효과를 얻을 수 있다.

[0054] 다음에, 본 발명의 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치에 관계되는 제 28 발명은, 복수의 다리체의 각각의 이상 동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 다리체의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정하는 족적결정 장치로서, 상기 로봇의 목표 족적경로를 설정하는 목표 경로설정 수단을 구비하고, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표

착지위치 및 목표 착지방향을, 적어도 하나 전회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과, 상기 목표 족적경로에 기초하여 결정하는 것을 특징으로 하는 것이다.

- [0055] 이러한 제 28 발명에서는, 상기 제 1 발명과 동일하게, 로봇의 족평의 착지위치·방향에 착안하여, 그 족평의 착지위치·방향이 로봇의 위치 및 이동방향을 대표하는 것으로서 사용된다. 그리고 제 28 발명에서는, 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치·방향을, 적어도 하나 전회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치·방향과, 상기 목표 족적경로에 기초하여 결정한다. 따라서, 로봇의 이동개시전 등에, 목표 족적경로에 추종하는 목표 착지위치·방향을, 즉 목표 족적을 적정하게 결정할 수 있다.
- [0056] 이러한 제 28 발명에서는, 상기 제 2 발명과 마찬가지로, 상기 목표 착지방향은, 연직축 주위의 방향인 것이 바람직하다(제 29 발명).
- [0057] 또, 제 28 또는 제 29 발명에서는, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 당해 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약 조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위내에 당해 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향의 세트를 결정하는 것이 바람직하다(제 30 발명).
- [0058] 이 제 30 발명에 의하면, 각 회의 목표 착지위치·방향을 결정할 때, 그 목표 착지위치·방향의 세트를 상기 자기의존 착지 허용범위내에서 결정하므로, 목표 족적경로에의 추종성뿐만아니라, 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등의 로봇 자신의 기구적 제약조건이 고려된다. 따라서, 목표 족적경로에 추종시키면서, 로봇의 다리체끼리의 간섭 등이 생기지 않는 목표 착지위치·방향을 열(목표 족적)을 결정할 수 있다.
- [0059] 또한, 제 30 발명에서는, 상기 로봇의 임의의 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때에 사용하는 상기 자기의존 착지 허용범위는, 제 N-1회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평에 대한, 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것이 바람직하다(제 31 발명). 이것에 의하면, 상기 제 6 발명과 마찬가지로, 자기의존 착지 허용범위를 결정할 때의 연산 부하를 줄일 수 있다.
- [0060] 또, 제 28~제 31 발명에서는, 상기 로봇의 임의인 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 이 제 N회의 착지 동작을 포함할 소정수회 앞의 착지 동작까지의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을, 제 N-1회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 목표 족적경로에 기초하여 가결정하는 목표 착지위치·방향 가결정 수단과, 그 가결정한 소정수회 앞의 착지 동작까지의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 적어도 상기 제 N회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 가목표 보용을 결정하는 가목표 보용 결정 수단과, 그 결정한 가목표 보용에 대응하는 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키는지 아닌지를 판단하고, 충족시키지 않는 경우에는, 상기 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하고, 이 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정하는 목표 착지위치·방향 수정 수단을 구비하는 것이 바람직하다(제 32 발명).
- [0061] 이 제 32 발명에 의하면, 상기 제 N회의 목표 착지위치·방향을 포함하여 소정수회 앞까지의 목표 착지위치·방향(제 N회의 목표 착지위치·방향만이라도 좋음)을 가결정해 두고, 그 가결정한 목표 착지위치·방향을 사용하여 적어도 제 N회의 착지 동작을 규정하는 가목표 보용이 결정된다. 그리고, 그 가목표 보용의 목표 ZMP가 소정의 제한 조건(구체적으로는 이 목표 ZMP가 존재 가능범위의 조건)을 충족시키지 못하는 경우에는, 가결정한 제 N회의 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하여, 이 제 N회의 목표 착지위치·방향이 결정된다. 이 때문에, 상기 제 7 발명과 동일한 사고방식에 의해, 동력학적인 안정성을 확보하여 목표 족적에 추종시킬 수 있는 목표 착지위치·방향을 열(목표 족적)을 결정할 수 있다.
- [0062] 또, 제 28~제 32 발명에서는, 상기 다리식 이동 로봇이, 2개의 다리체를 갖는 2족이동 로봇일 때에는, 상기 족평의 목표 착지위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 점으로서, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭의 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정한 대표점의 목표 위치이며, 상기 목표 족적경로는, 상기 대표점이 근접해야할 경로인 것이 바람직하다(제 33 발명). 또한, 이 제 33 발명에서는, 상기 대표점은, 양 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것이 바람직하다(제 34 발명). 이들 제 33 발명, 제 34 발명에 의하면, 각각 상기 제 8 발명, 제 9 발명과 동일한 작용 효과를 이룰 수 있다.
- [0063] 다음에, 본 발명의 다리식 이동 로봇의 족적결정 장치에 관계되는 제 35 발명은 복수의 다리체의 각각의 이상

동작 및 이것에 계속되는 착지 동작을 반복함으로써 이동하는 다리식 이동 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 다리체의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정하는 족적결정 장치로서, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평의 착지위치 및 착지방향을 세트의 허용범위이며, 이 로봇이 이동하는 환경조건에 의해 정해지는 환경의존 착지 허용범위를 설정하는 족평 착지 허용범위 설정 수단과, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 세트들, 적어도 하나 전회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과, 상기 환경의존 착지 허용범위에 기초하여 결정하는 것을 특징으로 하는 것이다.

[0064] 이 제 35 발명에서는, 상기 제 1 발명과 동일하게, 로봇의 족평의 착지위치·방향에 착안하고, 그 족평의 착지위치·방향이 로봇의 위치 및 이동방향을 대표하는 것으로서 사용된다. 그리고 제 35 발명에서는, 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치·방향을 세트들 적어도 하나 전회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치·방향과, 상기 환경의존 착지 허용범위에 기초하여 결정한다. 따라서, 로봇의 이동개시전 등에, 로봇의 족평이 징검돌 등의 착지 허용 영역으로부터 헛디디거나 하는 일이 없는 목표 착지위치·방향을 열, 즉 목표 족적을 적절하게 결정할 수 있다.

[0065] 이 제 35 발명에서는, 상기 제 2 발명과 동일하게, 상기 목표 착지방향을, 연직축 주위의 방향인 것이 바람직하다(제 36 발명).

[0066] 또, 제 35 또는 제 36 발명에서는, 상기 로봇의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 당해 착지 동작을 행하는 다리체와 다른 다리체와의 간섭 등, 로봇 자신의 기구적 제약조건에 의해 정한 자기의존 착지 허용범위와, 당해 착지 동작으로 착지하는 족평에 대응하는 상기 환경의존 착지 허용범위에 기초하여, 양 허용범위의 공통 범위내에 이 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 세트들 결정하는 것이 바람직하다(제 37 발명).

[0067] 이것에 의하면, 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 세트가, 상기 환경의존 착지 허용범위와, 자기의존 착지 허용 범위와의 공통 범위내에서 결정되므로, 환경의존 착지 허용범위에 의한 착지위치·방향을 제한 조건뿐만 아니라, 다리체끼리의 간섭 등의 로봇 자신의 기구적 제약조건이 고려된다. 따라서, 환경의존 착지 허용범위에 의한 착지위치·방향을 조건을 충족시키면서, 로봇의 다리체끼리의 간섭 등이 생기지 않는 목표 착지위치·방향을 열(목표 족적)을 결정할 수 있다.

[0068] 또한, 제 37 발명에서는, 상기 로봇의 임의의 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때에 사용하는 상기 자기의존 착지 허용범위는, 제 N-1회의 착지 동작에 의해 착지하는 족평에 대한, 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 상대적인 착지 허용범위를 규정하는 것으로서 미리 정해진 맵 또는 연산식에 기초하여 설정되는 것이 바람직하다(제 38 발명). 이것에 의하면, 상기 제 6 발명과 마찬가지로, 자기의존 착지 허용범위를 결정할 때의 연산 부하를 줄일 수 있다.

[0069] 또, 제 37 또는 제 38 발명에서는, 상기 로봇의 임의의 제 N회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 결정할 때, 이 제 N회의 착지 동작을 포함하여 소정수회 앞의 착지 동작까지의 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을, 제 N-1회의 착지 동작으로 착지하는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향과 상기 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 상기 환경의존 착지 허용범위와, 이 소정수회 앞까지의 각 회의 착지 동작에 대응하는 상기 자기의존 착지 허용범위에 기초하여 가결정하는 목표 착지위치·방향 가결정 수단과, 그 가결정한 소정수회 앞의 착지 동작까지의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 사용하여 적어도 상기 제 N회의 착지 동작을 규정하는 로봇의 가목표 보용을 결정하는 가목표 보용 결정 수단과, 그 결정된 가목표 보용에 대응하는 목표 ZMP가 소정의 제한 조건을 충족시키는지 아닌지를 판단하고, 충족시키지 못하는 경우에는, 상기 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하고, 이 제 N회의 착지 동작에 관계되는 족평의 목표 착지위치 및 목표 착지방향을 세트들 결정하는 목표 착지위치·방향 수정 수단을 구비하는 것이 바람직하다(제 39 발명).

[0070] 이 제 39 발명에 의하면, 상기 제 N회의 목표 착지위치·방향을 포함하여 소정수회 앞까지의 목표 착지위치·방향(제 N회의 목표 착지위치·방향만이라도 좋음)을 각각의 회의 착지 동작에 대응하는 환경의존 착지 허용범위와 자기의존 착지 허용범위에 기초하여 가결정해 두고, 그 가결정한 목표 착지위치·방향을 사용하여 적어도 제 N회의 착지 동작을 규정하는 가목표 보용이 결정된다. 그리고 그 가목표 보용의 목표 ZMP가 소정의 제한 조건(구체적으로는 이 목표 ZMP가 존재 가능한 범위의 조건)을 충족시키지 않을 경우에는, 가결정한 제 N회의 목표 착지위치 및 목표 착지방향중 적어도 어느 하나를 수정하여, 이 제 N회의 목표 착지위치·방향이 결정된다. 이 때문에, 상기 제 7 발명과 동일한 사고방식에 의해, 동력학적인 안정성을 확보하면서, 상기 환경의존 착지 허용

범위 및 자기의존 착지 허용범위의 제약조건을 충족시키는 목표 착지위치·방향의 열(목표 축적)을 결정할 수 있다.

[0071] 또, 상기 제 35~제 39 발명에서, 상기 다리식 이동 로봇이, 2개의 다리체를 갖는 2족이동 로봇일 때에는, 상기 족평의 목표 착지위치는, 각 족평에 대해 소정의 위치 관계를 갖는 점으로서, 또한 상기 로봇을 좌우 대칭인 소정의 기준자세에서 기립시켰을 때에 각 족평에 대한 당해 점이 양 족평에 대해 동일한 점이 되도록 각 족평에 대해 미리 정한 대표점의 목표 위치인 것이 바람직하다(제 40 발명). 이것에 의하면, 환경의존 착지 허용범위나 자기의존 착지 허용범위는 각각, 상기 대표점의 목표 위치와 족평의 목표 착지방향과의 허용범위로서 설정되게 되므로, 그것들의 허용범위의 설정이 용이하게 된다.

[0072] 또한 이 제 40 발명에서는, 상기 대표점은, 양 족평의 발뒤꿈치 근처 또는 발끝 근처에 설정된 점인 것이 바람직하다(제 41 발명). 이것에 의하면, 상기 제 9 발명과 동일한 작용 효과를 얻을 수 있다.

실시예

[0074] (발명을 실시하기 위한 최량의 형태)

[0075] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 관계되는 다리식 이동 로봇의 제어장치를 설명한다. 또한, 다리식 이동 로봇로서는 2족이동 로봇을 예로 든다.

[0076] 도 1은, 이 실시형태에 관계되는 다리식 이동 로봇으로서의 2족이동 로봇을 전체적으로 도시하는 개략도이다.

[0077] 도시한 바와 같이, 2족이동 로봇(이하, 로봇이라고 함)(1)은 상체(로봇(1)의 기체)(3)로부터 하방으로 뻗어 설치된 좌우 한쌍의 다리체(다리부 링크)(2, 2)를 구비한다. 양 다리체(2, 2)는 동일 구조이며, 각각 6개의 관절을 구비한다. 그 6개의 관절은 상체 3측으로부터 순차적으로, 다리 가랑이(허리부)의 회전(회전)용(상체(3)에 대한 요잉 방향의 회전용)의 관절 10R, 10L(부호 R, L은 각각 우측다리체, 좌측다리체에 대응하는 것을 의미하는 부호이다. 이하 동일함)과, 다리 가랑이(허리부)의 롤링 방향(X축 둘레)의 회전용의 관절 12R, 12L과, 다리 가랑이(허리부)의 피칭 방향(Y축 둘레)의 회전용의 관절 14R, 14L, 무릎부의 피칭 방향의 회전용의 관절 16R, 16L과, 발목의 피칭 방향의 회전용의 관절 18R, 18L과, 발목의 롤링 방향의 회전용의 관절 20R, 20L로 구성된다.

[0078] 각 다리체(2)의 발목의 2개의 관절 18R(L), 20R(L)의 하부에는, 각 다리체(2)의 선단부를 구성하는 족평(족부)(22R(L))가 부착되는 동시에, 양 다리체(2, 2)의 최상위에는, 각 다리체(2)의 다리 가랑이의 3개의 관절 10R(L), 12R(L), 14R(L)을 통하여 상기 상체(3)가 부착되어 있다. 상체(3)의 내부에는, 상체를 후술하는 제어 유닛(60) 등이 격납된다. 또한, 도 1에서는 도시의 편의상, 제어 유닛(60)을 상체(3)의 외부에 기재하고 있다.

[0079] 상기 구성의 각 다리체(2)에서는, 고관절(또는 허리관절)은 관절 10R(L), 12R(L), 14R(L)로 구성되고, 무릎관절은 관절 16R(L)로 구성되고, 발목관절은 관절 18R(L), 20R(L)로 구성된다. 또 고관절과 무릎관절과는 대퇴 링크(24R(L))로 연결되고, 무릎관절과 발목관절과는 하퇴 링크(26R(L))로 연결된다.

[0080] 또한, 상체(3)의 상부의 양 측부에는 좌우 한쌍의 팔체(5, 5)가 부착되는 동시에, 상체(3)의 상단부에는 머리부(4)가 배치된다. 이들 팔체(5, 5) 및 머리부(4)는, 본 발명의 요지와 직접적인 관련을 갖지 않기 때문에 상세한 설명을 생략한다.

[0081] 상기의 구성에 의해, 각 다리체(2)의 족평(22R(L))은, 상체(3)에 대해 6개의 자유도가 주어진다. 그리고 로봇(1)의 보행 등의 이동중에, 양 다리체(2, 2)를 합하여 6*2=12개(이 명세서에서 「*」은 스칼라에 대한 연산으로서 승산을, 벡터에 대한 연산으로서 외적을 나타냄)의 관절을 적당한 각도로 구동함으로써 양 족평(22R, 22L)의 원하는 운동을 행할 수 있다. 이것에 의해, 로봇(1)은 임의로 3차원 공간을 이동할 수 있다.

[0082] 도 1에 도시하는 바와 같이, 각 다리체(2)의 발목관절 18R(L), 20R(L)의 하방에는 족평(22R(L))과의 사이에 공지의 6축력 센서(50)가 개장되어 있다. 이 6축력 센서(50)는, 각 다리체(2)의 족평(22R(L))의 착지의 유무, 및 각 다리체(2)에 작용하는 상반력(접지 하중) 등을 검출하기 위한 것이고, 이 상반력의 병진력의 3방향 성분 Fx, Fy, Fz 및 모멘트의 3방향 성분 Mx, My, Mz의 검출 신호를 제어 유닛(60)에 출력한다. 또, 상체(3)에는, Z축(연직방향(중력방향))에 대한 상체(3)의 경사(자세각) 및 그 각속도 등을 검출하기 위한 경사 센서(54)가 구비되고, 그 검출 신호가 이 경사 센서(54)로부터 제어 유닛(60)에 출력된다. 이 경사 센서(54)는, 도시를 생략하

는 3축 방향의 가속도 센서 및 3축방향의 자이로제 센서를 구비하고, 이들 센서의 검출 신호가 상체(3)의 경사 및 그 각속도를 검출하기 위해서 사용되는 동시에, 로봇(1)의 자기 위치 자세를 추정하기 위해서 사용된다. 또, 상세구조의 도시는 생략하지만, 로봇(1)의 각 관절에는, 그것을 구동하기 위한 전동 모터(64)(도 5 참조)와, 그 전동 모터(64)의 회전량(각 관절의 회전각)을 검출하기 위한 엔코더(로터리엔코더)(65)(도 5 참조)가 설치되고, 이 엔코더(65)의 검출 신호가 이 엔코더(65)로부터 제어 유닛(60)에 출력된다.

[0083] 또한, 도 1에서는 도시를 생략하지만, 로봇(1)의 적당한 위치에는 조이스틱(조작기)(73)(도 5 참조)이 설치되고, 그 조이스틱(73)을 조작함으로써, 직진 이동하고 있는 로봇(1)을 선회시키는 등, 로봇(1)의 보용에 대한 요구를 필요에 따라서 제어 유닛(60)에 입력할 수 있게 구성되어 있다.

[0084] 도 2는 본 실시형태에서의 각 다리체(2)의 선단부(각 족평(22R(L))을 포함함)의 기본 구성을 개략적으로 도시하는 도면이다. 동 도면에 도시하는 바와 같이, 각 족평(22R(L))의 상방에는, 상기 6축력 센서(50) 사이에 스프링 기구(70)가 장착되는 동시에, 발바닥(각 족평(22R(L))의 바닥면)에는 고무 등으로 이루어지는 발바닥 탄성체(71)가 붙여져 있다. 이들 스프링 기구(70) 및 발바닥 탄성체(71)에 의해 컴플라이언스 기구(72)가 구성되어 있다. 스프링 기구(70)는 상세한 것은 후술하지만, 족평(22R(L))의 상면부에 부착된 방형 형상의 가이드 부재(도 2에서는 도시 생략)와, 발목관절(18R(L))(도 2에서는 발목관절(20R(L))을 생략하고 있음) 및 6축력 센서(50)측에 부착되고, 상기 가이드 부재에 탄성재(고무나 스프링)를 통하여 미동하도록 수납되는 피스톤 형상 부재(도 2에서는 도시생략)로 구성되어 있다.

[0085] 도 2에 실선으로 표시된 족평(22R(L))은, 상반력을 받고 있지 않을 때의 상태를 나타내고 있다. 각 다리체(2)이 상반력을 받으면, 컴플라이언스 기구(72)의 스프링 기구(70)와 발바닥 탄성체(71)가 휘고, 족평(22R(L))은 도면중에 점선으로 예시한 위치 자세로 이동한다. 이 컴플라이언스 기구(72)의 구조는, 예를 들면 본 출원인이 앞서 제안한 일본 특개평 5-305584호 공보에 상세하게 설명되어 있는 바와 같이, 착지 충격을 완화하기 위해서 뿐만아니라, 제어성을 높이기 위해서도 중요한 것이다.

[0086] 상기 컴플라이언스 기구(72)를 포함한 족평(22R(L))(이하, 족평기구(22R(L))라 부르는 일이 있다.)의 보다 상세한 구성을 도 3 및 도 4를 참조하여 더욱 설명한다. 도 3은 족평기구(22R(L))의 측면에서 본 단면도, 도 4는 이 족평기구(22R(L))의 바닥면측에서 본 평면도이다.

[0087] 족평기구(22R(L))는, 대략 평판 형상의 족평 플레이트 부재(102)를 골격부재로서 구비하고 있다. 이 족평 플레이트 부재(102)는, 그 선단부(발끝부)와 후단부(발뒤꿈치부)가 약간 상방으로 만곡되어 있는데, 다른 부분은 평탄한 평판 형상으로 되어 있다. 또, 족평 플레이트 부재(102)의 상면부에는, 횡단면 방형 형상의 가이드 부재(103)가 그 축심을 상하 방향을 향하여 고정 설치되어 있다. 이 가이드 부재(103)의 내부에는, 이 가이드 부재(103)의 내주면을 따르도록 하여 대략 상하방향으로 이동할 수 있게 설치된 가동판(피스톤 형상 부재)(104)이 설치되고, 이 가동판(104)이 발목관절(18R(L), 20R(L))에 6축력 센서(50)를 통하여 연결되어 있다.

[0088] 또, 가동판(104)은, 그 하면의 둘레 가장자리부가 스프링, 고무 등의 탄성체로 이루어지는 복수의 탄성부재(106)(도면에서는 스프링으로 기재되어 있음)를 통하여 족평 플레이트 부재(102)의 상면부에 연결되어 있다. 따라서, 족평 플레이트 부재(102)는, 탄성부재(106), 가동판(104) 및 6축력 센서(50)를 통하여 발목관절(18R(L))에 연결되어 있다. 또한, 가이드 부재(103)의 내부(가동판(104)의 하측의 공간)은, 도시 생략하는 구멍이나 간극을 통하여 대기측으로 개방되어 있고, 대기중의 공기가 가이드 부재(103)의 내부에 입출 자유롭게 되어 있다. 또, 상기 가이드 부재(103), 가동판(104), 및 탄성부재(106)는 상기 도 2에 도시한 스프링 기구(70)를 구성하는 것이다.

[0089] 족평 플레이트 부재(102)의 바닥면(하면)에는, 상기 도 2에 도시한 발바닥 탄성체(71)로서의 접지 부재(71)가 부착되어 있다. 이 접지 부재(71)는, 족평기구(22R(L))의 접지 상태에서, 이 족평 플레이트 부재(102)와 바닥면 사이에 개재시키는 탄성부재(바닥면에 직접적으로 접촉하는 탄성부재)이며, 본 실시형태에서는 족평 플레이트 부재(102)의 접지면의 네모퉁이(족평 플레이트 부재(102)의 발끝부의 양 측부 및 발뒤꿈치부의 양 측부)에 고정되어 있다.

[0090] 또, 접지 부재(71)는, 본 실시형태에서는 비교적 연질의 고무재로 이루어지는 연질층(107a)과, 비교적 경질인 고무재로 이루어지는 경질층(107b)을 상하로 중첩하여 이루어지는 2층구조로 형성되고, 경질층(107b)이, 다리체(2)의 착상시에 직접적으로 바닥면에 접촉하는 접지면부로서 최하면측에 설치되어 있다.

[0091] 족평기구(22R(L))에는, 상기의 구성의 것 이외에, 착지 충격 완충장치(108)가 구비되어 있다. 이 착지 충격 완충장치(108)는, 족평 플레이트 부재(102)의 바닥면에 부착된 백 형상 부재(109)와, 이 백 형상 부재(109)의 내

부에 대해 압축성 유체로서의 공기(대기중의 공기)을 출입시키기 위한 유통로(110)를 구비하고 있다.

- [0092] 백 형상 부재(109)는, 그 주위에 상기 접지 부재(71)가 존재하도록 하고, 족평 플레이트 부재(102)의 바닥면의 대략 중앙부에 설치되어 있다. 이 백 형상 부재(109)는, 고무 등의 탄성체에 의해 변형 자유롭게 구성되어 있어, 외력에 의한 탄성변형이 생기지 않은 자연상태에서는, 도 3에 실선으로 나타내는 바와 같이, 상방으로 개구한 원통 용기형상을 보인다. 그리고 이 백 형상 부재(109)는, 그 개구단부가 전체 주위에 걸쳐 족평 플레이트 부재(102)의 바닥면에 고정되고, 이 족평 플레이트 부재(102)에 의해 덮개씌워져 있다. 또, 백 형상 부재(109)는, 원통 용기형상을 보이는 자연상태에서는, 이 백 형상 부재(109)의 바닥이 상기 접지 부재(71)보다도 하방으로 돌출하도록 설치되어 있다. 즉, 이 백 형상 부재(109)의 높이(족평 플레이트 부재(102)의 하면으로부터 백 형상 부재(109)의 바닥부까지의 거리)는, 접지 부재(71)의 두께보다도 큰 것으로 되어 있다. 따라서 족평 플레이트 부재(102)가 접지 부재(71)를 통하여 접지한 상태(다리부(2)의 착상 상태)에서는, 백 형상 부재(109)는, 도 3에 가상선으로 도시하는 바와 같이, 상반력에 의해 백 형상 부재(109)의 높이 방향으로 압축된다.
- [0093] 또한, 본 실시형태에서는 백 형상 부재(109)가 원통 용기형상을 보이는 자연상태는 이 백 형상 부재(109)의 팽창 상태이다. 그리고, 백 형상 부재(109)는, 탄성체에 의해 구성되어 있기 때문에, 압축되었을 때, 자연상태의 형상(원통 용기형상)으로의 형상복원력을 갖는다.
- [0094] 상기 유통로(110)는, 백 형상 부재(109)에 대한 공기의 유입·유출을 행하는 유입·유출 수단을 구성하는 것이며, 본 실시형태에서는 백 형상 부재(109)의 내부와 상기 가이드 부재(103)의 내부를 연통시키도록 족평 플레이트 부재(102)에 뚫어 설치된 유통 구멍이다. 이 경우, 상기한 바와 같이, 가이드 부재(103)의 내부는 대기측으로 개방되어 있으므로, 이 유통로(110)는, 백 형상 부재(109)의 내부를 대기측으로 연통시키고 있는 것이 된다. 따라서, 백 형상 부재(109)의 내부에는, 대기중의 공기가 유통로(110)를 통하여 출입 자유롭게 되어 있고, 이 백 형상 부재(109)의 팽창 상태(자연상태)에서는, 이 백 형상 부재(109)내에는 공기가 충전되고, 그 내부의 압력은 대기압 1과 동등하게 된다. 또, 유통로(110)는 좁혀진 통로로 되어 있어, 백 형상 부재(109)의 내부에 공기가 출입할 때는 유체저항을 발생시키게 되어 있다.
- [0095] 도 5는 제어 유닛(60)의 구성을 도시하는 블록도이다. 이 제어 유닛(60)는 마이크로컴퓨터에 의해 구성되어 있고, CPU로 이루어지는 제 1 연산장치(90) 및 제 2 연산장치(92), A/D 변환기(80), 카운터(86), D/A변환기(96), RAM(84), ROM(94), 및 이들간의 데이터 수수를 행하는 버스 라인(82)을 구비하고 있다. 이 제어 유닛(60)에서는, 각 다리체(2)의 6축력 센서(50), 경사 센서(54)(가속도 센서 및 레이트 자이로 센서), 조이스틱(73) 등의 출력 신호는 A/D 변환기(80)에서 디지털 값으로 변환된 후, 버스라인(82)을 통하여 RAM(84)에 보내진다. 또 로봇(1)의 각 관절의 엔코더(65)(로터리 엔코더)의 출력은, 카운터(86)을 통하여 RAM(84)에 입력된다.
- [0096] 상기 제 1 연산장치(90)는 후술하는 바와 같이 목표 보용을 생성하는 동시에, 관절각 변위지령(각 관절의 변위각 혹은 각 전동 모터(64)의 회전각의 지령값)을 산출하고, RAM(84)에 송출한다. 또 제 2 연산장치(92)는 RAM(84)으로부터 관절각 변위지령과, 상기 엔코더(65)의 출력신호에 기초하여 검출된 관절각의 실측값을 읽어내고, 각 관절의 구동에 필요한 조작량을 산출하여 D/A 변환기(96)와 서보 앰프(64a)를 통하여 각 관절을 구동하는 전동 모터(64)에 출력한다.
- [0097] 도 6은, 이 실시형태에 관계되는 다리식 이동 로봇의 제어장치의 기능적 구성을 전체적으로 도시하는 블록도이다. 이 도 6중의 「실체 로봇」의 부분 이외의 부분이 제어 유닛(60)이 실행하는 처리 기능(주로 제 1 연산장치(90) 및 제 2의 연산장치(92)의 기능)에 의해 구성되는 것이다. 또한, 이하의 설명에서는, 다리체(2)의 좌우를 특별히 구별할 필요가 없을 때는, 상기 부호 R, L을 생략한다.
- [0098] 이하 설명하면, 제어 유닛(60)는, 로봇(1)의 목표 보용을 자유롭게 또한 리얼타임으로 생성하여 출력하는 보용 생성 장치(200)를 구비하고 있다. 이 보용 생성 장치(200)가 출력하는 목표 보용은, 목표 상체위치 자세 궤도(상체(3)의 목표 위치 및 목표 자세의 궤도), 목표 족평위치 자세 궤도(각 족평(22)의 목표 위치 및 목표 자세의 궤도), 목표 팔자세 궤도(각 팔체(5)의 목표 자세의 궤도), 목표 전체 상반력 중심점(목표 ZMP) 궤도, 목표 전체 상반력 궤도로 구성된다. 또, 다리체(2)나 팔체(5) 이외에 상체(3)에 대하여 가동의 부위를 구비하는 경우에는, 그 가동 부위의 목표 위치 자세 궤도가 목표 보용에 가해진다.
- [0099] 여기에서, 본 발명의 실시형태에서의 용어의 의미 또는 정의에 대해 보충해 둔다. 상기 보용에서의 「궤도」는 시간적 변화의 패턴(시계열 패턴)을 의미하고, 이하의 설명에서는, 「궤도」 대신에 「패턴」이라고 부르는 경우도 있다. 또, 각 부위의 「자세」는, 이 부위의 경사와 방향을 총칭한 것이다. 여기에서, 「경사」는 이 부위의 연직방향과 이루는 각도이며, 「방향」은 이 부위의 전방 방향을 나타내는 벡터를 수평면에 투영한 벡터의

방향이다. 예를 들면 상체자세중의 경사는, Z축(연직축)에 대한 롤링 방향(X축 둘레)의 상체(3)의 경사각(자세각)과, Z축에 대한 피칭 방향(Y축 둘레)의 상체(3)의 경사각(자세각)으로 이루어진다. 또, 상체(3)의 방향은, 상체(3)의 전방 방향을 나타내는 벡터를 수평면에 투영한 벡터의 요잉 방향(Z축 둘레)의 회전각으로 나타내어진다. 또한, 족평자세는 각 족평(22)에 고정적으로 설정된 2축의 공간적인 방위각으로 나타내어진다. 또, 특히, 족평(22)의 착지 자세에 관해서는, 그 착지 자세는, 기본적으로는 착지한 족평(22)의 방향을 나타내고, 구체적으로는 착지한 족평(22)의 발뒤꿈치로부터 발끝을 향하는 벡터를 수평면에 투영한 벡터의 방향을 나타낸다. 또, 목표 팔자세는, 팔체(5, 5)의 모든 부위에 관한 상체(3)에 대한 상대적인 자세로 나타내어진다.

- [0100] 상체 위치는, 상체(3)의 소정 위치, 구체적으로는 상체(3)의 미리 정한 대표점의 위치를 의미한다. 마찬가지로, 족평위치는, 각 족평(22R, 22L)의 미리 정한 대표점의 위치를 의미한다. 또한, 상체 속도는, 상체(3)의 상기 대표점의 이동 속도를 의미하고, 족평 속도는, 각 족평(22R, 22L)의 상기 대표점의 이동 속도를 의미한다.
- [0101] 목표 상체위치 자세 등의 목표 보용에 관하여, 이하의 설명에서는, 오해를 일으킬 우려가 없는 경우에는, 종종 「목표」를 생략한다. 또, 보용중의, 상반력에 관계되는 구성 요소 이외의 구성 요소, 즉 족평위치 자세, 상체위치 자세 등, 로봇(1)의 운동에 관계되는 보용을 총칭적으로 「운동」이라고 한다.
- [0102] 각 족평(22R, L)의 상반력(병진력 및 모멘트로 이루어지는 상반력)을 「각 족평 상반력」이라 부르고, 로봇(1)의 모든(2개의) 족평(22R, 22L)의 상반력의 합력을 「전체 상반력」이라고 부른다. 단, 이하의 설명에서는, 각 족평 상반력에 관해서는 거의 언급하지 않으므로, 예고하지 않는 한, 「상반력」은 「전체 상반력」과 동일한 의미로서 취급한다.
- [0103] 목표 상반력은, 일반적으로는, 작용점과 그 점에 작용하는 힘(병진력)과 힘의 모멘트에 의해 표현된다. 작용점은 어디에 잡아도 좋으므로, 동일한 목표 상반력에서도 무수한 표현을 생각할 수 있지만, 특별히 전술의 목표 상반력 중심점을 작용점으로 하여 목표 상반력을 표현하면, 힘의 모멘트는 연직축 성분을 제외하면 0이 된다.
- [0104] 또한, 동력학적 평형 조건을 만족하는 보용에서는, 목표 운동 궤도로부터 산출되는 ZMP(목표 운동 궤도로부터 산출되는 로봇(1)의 관성력과 중력과의 합력이 그 점 주위에 작용하는 모멘트가, 연직축 성분을 제외하고 0이 되는 점)와 목표 전체 상반력 중심점은 일치하므로, 목표 전체 상반력 중심점 궤도 대신에 목표 ZMP 궤도를 부여한다고 해도 동일하다(상세한 것은, 예를 들면 본 출원인에 의한 PCT 공개 공보 WO/02/40224를 참조).
- [0105] 이러한 배경으로부터, PCT 공개 공보 WO/02/40224의 명세서에서는 목표 보용을 다음과 같이 정의하고 있었다.
- [0106] a) 광의의 목표 보용이란, 1보 내지는 복수보의 기간의 목표 운동 궤도와 그 목표 상반력 궤도와 세트이다.
- [0107] b) 협의의 목표 보용이란, 1보의 기간의 목표 운동 궤도와 그 ZMP 궤도와 세트이다.
- [0108] c) 일련의 보용은, 몇개의 보용이 이어진 것으로 한다.
- [0109] 로봇(1)의 보행을 행하는 경우에 있어서는, 본 출원인이 앞서 일본 특개평 10-86080호 공보에서 제안한 상체 높이 결정 수법에 의해 상체 연직위치(상체 높이)가 결정되면, 상반력의 병진력 성분은 종속적으로 결정되므로, 목표 보용의 상반력에 관하여 명시적으로 설정해야 할 물리량으로서는, ZMP만으로 충분했다. 따라서, PCT 공개 공보 WO/02/40224의 명세서에서는, 협의의 목표 보용으로서는, 상기의 b)로 충분했다. 그것에 반해, 로봇(1)이 주행을 행하는 경우에는, 상반력 연직성분도 제어상 중요하므로, 이 상반력 연직성분을 명시적으로 설정하는 것이 바람직하다. 그래서, 본원 출원인이 앞서 제안한 PCT 출원(PCT/JP02/13596) 등에서는, 협의의 목표 보용으로서, 다음 b')를 채용했다.
- [0110] b') 협의의 목표 보용이란, 1보의 기간의 목표 운동 궤도와 그 ZMP 궤도와 상반력 연직성분 궤도의 세트이다.
- [0111] 이 명세서에서는 이후, 특별히 예고하지 않는 한, 목표 보용은 협의의 목표 보용의 의미로 사용한다. 또, 목표 보용의 「1보」는, 로봇(1)의 한쪽의 다리체(2)가 착지하고나서 또 한쪽의 다리체(2)가 착지할 때까지의 의미로 사용한다.
- [0112] 보용에서의 양다리 지지기란 말할 필요도 없이, 로봇(1)이 그 자체 중량을 양 다리체(2, 2)로 지지하는 기간,

한쪽 다리 지지기란 어느 한쪽만의 다리체(2)로 로봇(1)의 자체 중량을 지지하는 기간, 공중기란 양 다리체(2, 2)가 바닥으로부터 떨어져 있는(공중에 떠 있는) 기간을 말한다.

- [0113] 한쪽 다리 지지기에서 로봇(1)의 자체 중량을 지지하지 않는 측의 다리체(2)를 「미착지 다리」라고 부르고, 자체 중량을 지지하는 측의 다리체(2)를 「지지 다리」라고 부른다. 로봇(1)의 보행에서는, 양다리 지지기와 한쪽 다리 지지기가 번갈아 반복되고, 로봇(1)의 주행에서는 한쪽 다리 지지기와 공중기가 번갈아 반복된다. 이 경우, 주행의 공중기에서는, 양다리체(2, 2) 모두, 로봇(1)의 자체 중량을 지지하지 않는 것이 되지만, 이 공중기의 직전의 한쪽 다리 지지기에서 미착지 다리였던 다리체(2), 지지 다리였던 다리체(2)를 각각 이 공중기에서도 미착지 다리, 지지 다리라고 부른다.
- [0114] 또, 목표 상체자세, 목표 상체위치, 목표 족평위치자세, 목표 팔자세 등, 목표 보용에서의 로봇(1)의 각 부의 위치 자세는 지지 다리 좌표계로 기술된다. 지지 다리 좌표계란, 지지 다리의 족평(22)의 접지면 근처에 원점을 갖는 바닥면에 고정된 좌표계이다. 보다 상세하게는, 지지 다리 좌표계는, 본 출원인의 특허 3273443호에 기재되어 있는 바와 같이, 지지 다리의 족평(22)을 접지면과의 사이에서 미끄러뜨리지 않고, 수평자세가 될 때까지 회전시켰을 때의, 이 지지 다리의 발목관절의 중심으로부터 접지면에의 수직 투영점을 원점으로 하고, 이 지지 다리 족평(22)의 발끝을 향하는 수평축(족평(22)의 전후방향의 축)을 X축으로 하고, 연직축을 Z축, 이들 X축, Z축에 직교하는 좌표축(족평(22)의 좌우 방향의 축)을 Y축으로 하는 좌표계이다.
- [0115] 본 발명의 실시형태에 관계되는 보용 생성 장치(200)는, 2보 앞까지의 미착지 다리의 족평(22)의 착지위치자세, 착지 시간의 요구값(목표값)을 입력으로 하여, 목표 상체위치자세 궤도, 목표 족평위치자세 궤도, 목표 ZMP 궤도, 목표 상반력 연직성분 궤도, 및 목표 팔자세 궤도로 구성되는 목표 보용을 생성한다. 이때, 이것들의 궤도를 규정하는 패러미터(이것을 보용 패러미터라 부름)의 일부는, 보용의 계속성을 만족하도록 수정된다.
- [0116] 또한, 2보 앞까지의 미착지 다리의 족평(22)의 착지위치 자세의 요구값은, 도 6에 도시하는 궤도 유도부(220)에 의해 후술하는 바와 같이 결정되어서, 보용 생성 장치(200)에 입력된다. 또, 도 6에 도시하는 바와 같이 궤도 유도부(220)에는, 이동 계획부(222)로부터 로봇(1)의 목표 경로(후술하는 목표 족적경로), 또는 징검돌이나 계단 등의 착지 허용범위(후술하는 환경의존 착지위치방향 허용범위)가 주어지는 동시에, 자기 위치자세추정부(224)로부터, 실제로 상체자세의 추정값인 추정 상체자세와, 착지한 미착지 다리(착지한 후, 지지 다리가된 미착지 다리)의 실제의 착지위치·방향의 추정값(보다 상세하게는 후술하는 추정 지지 다리 좌표계의 위치·방향)이 주어진다. 또한, 환경의존 착지위치자세 허용범위는, 후술하는 제 5 실시형태에 관계되는 것이며, 제 1~제 4 실시형태, 제 6 실시예에서는 궤도 유도부(220)에는, 이동 계획부(222)로부터 목표 경로가 주어진다.
- [0117] 또, 보용 생성 장치(200)는, 로봇(1)의 한쪽의 다리체(2)가 착지하고나서 다른쪽의 다리체(2)가 착지할 때까지의 1보분의 목표 보용(상기 협의의 의미에서의 목표 보용)을 단위로 하여, 그 1보분의 목표 보용을 순서로 생성한다. 여기에서, 현재 혹은 이제부터 생성하고자 하는 보용을 「금회 보용」, 그 다음 보용을 「다음회 보용」, 또한 그 다음 보용을 「다음다음회 보용」이라고 부른다. 또, 「금회 보용」의 하나 전에 생성한 목표 보용을 「전회 보용」이라고 부른다.
- [0118] 보용 생성 장치(200)가 생성하는 목표 보용의 일부를 예시적으로 개략적으로 설명하면, 예를 들면 목표 족평위치자세 궤도는, 본 출원인에 의한 특허 3233450호에 개시한 유한시간 정정 필터를 사용하여 생성된다. 이 유한시간 정정 필터에 의한 족평위치자세 궤도의 생성 처리에서는, 예를 들면 족평위치 궤도는, 목표 착지위치(착지위치의 요구값)를 향하여 족평(22)을 서서히 가속하면서 이동을 개시하고, 목표 착지 시간(착지 시간의 요구값)까지 서서히 속도를 0 또는 거의 0에까지 감속하고, 이 목표 착지 시간에 목표 착지위치에 도달하여 정지하도록 생성된다. 족평자세 궤도에 대해서도 동일하다. 이것에 의해 생성되는 목표 족평위치자세 궤도는, 착지순간에 있어서의 대지속도가 0 또는 거의 0이 되기 때문에, 특별히 로봇(1)이 주행을 행하는 경우에, 상기 공중기로부터의 착지시에 있어서의 착지 충격을 작게 할 수 있다.
- [0119] 또, 도 7에 도시하는 바와 같이 인간이 주행을 행하는 경우와 동일한 형태로 로봇(1)이 주행을 행하는 경우에는, 예를 들면 목표 상반력 연직성분 궤도 및 목표 ZMP 궤도(상세하게는 지지 다리 좌표계의 X축방향(지지 다리 족평(22)의 전후방향)에서의 목표 ZMP 궤도)는, 각각 도 8(a), 도 8(b)에 실선으로 도시하는 바와 같은 패턴으로 설정된다. 여기에서, 도 7의 제 1 번째~제 3 번째의 도면은, 각각 한쪽 다리 지지기의 개시시, 중간시점, 종료시에 있어서의 로봇(1)의 양 다리체(2, 2)의 운동 상태를 모식적으로 도시하고, 제 4 번째 및 제 5 번째의 도면은, 각각 공중기의 중간 시점, 공중기의 종료시(다음의 한쪽 다리 지지기의 개시시)에 있어서의 로봇(1)의 양 다리체(2, 2)의 운동 상태를 모식적으로 도시하고 있다.

- [0120] 로봇(1)의 주행을 행하는 경우에는, 목표 상반력 연직성분 궤도는, 기본적으로는, 한쪽 다리 지지기에서는 위로 볼록한 패턴이 되고, 공기중에서는 0에 유지된다. 또, 로봇(1)의 보행을 행하는 경우에는, 목표 상반력 연직성분 궤도는, 예를 들면 도 8(a)에 2점 쇄선으로 도시하는 바와 같이 설정된다. 이 경우, 2점 쇄선중 위에 볼록한 부분이 양다리 지지기에 대응하고, 아래로 볼록한 부분이 한쪽 다리 지지기에 대응한다. 또, 목표 ZMP는 주행, 보행 어느쪽에 있어도, 기본적으로는, 로봇(1)의 다리체(2)의 접지면내(보다 상세하게는 소위, 지지 다각형내)의 중앙부근에 설정된다.
- [0121] 도 9는, 보용 생성 장치(200)의 보용 생성 처리, 도 6에 도시하는 자기 위치 자세추정부(224)의 자기 위치 자세추정 처리, 및 도 6에 도시하는 궤도 유도부(220)의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트(구조화 플로차트)이다.
- [0122] 이하에 이 플로차트를 설명한다.
- [0123] 우선 S010에서 시간 t를 0으로 초기화 하는 등 여러 초기화 작업이 행해진다.
- [0124] 이어서 S012를 거쳐서 S014로 진행하고, 제어 주기(제어 유닛(60)의 연산 처리 주기)마다의 타이머 인터럽션을 기다린다. 제어 주기는 Δt 다.
- [0125] 이어서 S016으로 진행하고, 상기 자기 위치 자세추정부(224)의 자기 위치 자세추정 처리가 행해진다. 이 자기 위치 자세추정 처리는, 로봇(1)이 이동하는 바닥(지면)에 고정된 좌표계(글로벌 좌표계)에서의 로봇(1)의 실제의 위치 및 방향을 추정하는 처리이며, 예를 들면 도 10의 플로차트에 나타내는 바와 같이 행해진다. 또한, 여기에서 설명하는 자기 위치 자세추정 처리는, 본원과 같은 일자의 출원(일본 특원 2002-127066호를 우선권 주장의 기초로 하는 PCT 출원, 발명의 명칭 「다리식 이동 로봇의 자기 위치 추정 장치」)에서 제안하고 있는 수법중의 제 3 실시형태를 사용하는 것이며, 동 PCT출원에서 상세하게 설명되어 있다. 그래서, 이하의 자기 위치 자세추정 처리의 설명은, 간략적인 설명에 그친다.
- [0126] 이 자기 위치 자세추정 처리는, 로봇(1)의 지지 다리 족평(22)의 위치 자세에 대응하는 지지 다리 좌표계의 위치 자세(더 정확하게는, 글로벌 좌표계에서의 지지 다리 좌표계의 위치와 연직축 주위의 방향)를, 이 지지 다리 족평(22)의 실제의 위치 및 방향(연직축 주위의 방향)을 대표하는 것으로서 추정하는 처리이다. 보다 상세하게는, 자기 위치 자세추정 처리는, 로봇(1)의 1보 마다의 착지 동작으로 착지하여 새롭게 지지 다리 족평이 되는 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세를 대표하는 지지 다리 좌표계의 실제의 위치 및 방향(연직축 주위의 방향)을 추정하는 처리, 바꾸어 말하면, 글로벌 좌표계에서의 로봇(1)의 족적의 위치 및 방향을 추정하는 처리이다. 또한, 지지 다리 좌표계의 방향은, 보다 자세하게는, 지지 다리 좌표계의 X축(지지 다리 족평(22)의 전후 방향의 수평축)의 연직축 주위의 방향으로서 나타내어진다.
- [0127] 이하에 상기 자기 위치 자세추정 처리를 도 10을 참조하여 설명하면, 우선, S2200에서, 상체(3)의 경사 센서(54)에 구비한 자이로제 센서의 검출값, 즉 상체(3)의 각속도(3축 방향의 각속도)의 검출값을 적분(누적 가산)함으로써, 실제의 상체자세의 추정값인 추정 상체자세가 구해진다. 이 추정 상체자세는 글로벌 좌표계로 기술된다. 또한, 추정 상체자세중의 경사 성분, 즉, 연직축에 대한 경사각에 관해서는, 자이로 센서의 검출값의 적분 오차의 축적(드리프트)을 억제하기 위해서, 경사 센서(54)에 구비한 가속도 센서에 의해 검출되는 중력방향을 사용하여 드리프트 보정이 행해진다.
- [0128] 이어서 S2202로 진행하고, 제어 주기의 사이에서의 글로벌 좌표계로부터 본 추정 상체자세의 변화량(전회의 제어 주기(시간 $t-\Delta t$)에서의 추정 상체자세와 금회의 제어 주기(시간 t)에서의 추정 상체자세와의 차이)과, 제어 주기의 사이에서의 글로벌 좌표계로부터 본 목표 보용의 상체자세의 변화량(전회의 제어 주기에서의 목표 상체자세와 금회의 제어 주기에서의 목표 상체자세와의 차이)과의 차이(이하, 상체자세 변화량 차이라고 함)를 산출한다. 또한, 글로벌 좌표계로부터 본 목표 보용의 상체자세란, 현재의 추정 지지 다리 좌표계상에서, 1보의 사이, 로봇(1)의 자세경사나 스핀이 발생하지 않고, 로봇(1)이 목표 보용대로에 운동했다고 가정한 경우의 글로벌 좌표계로부터 본 상체자세이다. 단, 추정 지지 다리 좌표계란, 실제의 로봇(1)의 지지 다리 족평(22)의 위치 자세에 대응한 지지 다리 좌표계이다. 보다 상세하게는, 추정 지지 다리 좌표계는, 실제의 로봇(1)의 지지 다리 족평(22)을, 그 위치 자세로부터 접지면과의 사이에서 미끄러뜨리지 않고 수평까지 회전시켰을 때의, 이 지지 다리의 발목관절의 중심으로부터 접지면과의 수직 투영점을 원점으로 하고, 이 지지 다리 족평(22)의 발끝을 향하는 수평축을 X축으로 하고, 연직축을 Z축, 이것들에 직교하는 좌표축을 Y축에 잡은 좌표계이다. 결국, 본 실시예에서는 로봇(1)의 자기 위치의 추정값으로서 추정 지지 다리 좌표계의 위치 자세(위치 및 연직축 주위의 방향)가 추정된다. 또한, 추정 지지 다리 좌표계의 원점의 위치 및 좌표축의 방향은, 글로벌 좌표계에 의해 나

타내어진다.

- [0129] 또, S010의 초기화 처리에서, 추정 지지 다리 좌표계의 초기값(초기 위치 자세)이 세팅되어 있는 것으로 한다.
- [0130] 이어서 S2204로 진행하고, 자세 회전중심을 결정한다. 구체적으로는, 그 순간의 목표 ZMP(현재의 목표 ZMP)가 자세 회전중심으로서 결정된다. 여기에서, 본 실시형태에서는 미착지 다리의 출발점 등에 의해 지지 다리 족평(22)이 접지면에서 스핀을 생기게 하는 경우가 있는 것을 고려하고, 제어 주기의 사이의 추정 상체자세의 변화량과 목표 상체자세의 변화량과의 차이인 상기 상체자세 변화량 차이가 지지 다리 족평(22)의 스핀에 의해 생긴 것이라고 간주한다. 그리고 상기 자세 회전중심은, 지지 다리 족평(22)의 스핀의 회전중심을 의미한다.
- [0131] 이어서 S2206으로 진행하고, 현재의 추정 지지 다리 좌표계(도 11에 도시하는 시간 $t-\Delta t$ 에서의 추정 지지 다리 좌표계)를, 상기 S2202에서 구한 상체자세 변화량 차이만, 상기 자세 회전중심 둘레로 회전시킨 것을 고쳐서 현재의 추정 지지 다리 좌표계(도 11에 도시하는 시간 t 에서의 추정 지지 다리 좌표계)로 결정한다. 즉, 금회의 제어 주기(현재시간 t)에서의 추정 지지 다리 좌표계의 위치 자세를 결정한다. 또한, S2202에서 구해지는 상체 자세 변화량 차이는, 일반적으로는, 연직축 둘레의 성분뿐만 아니라, 수평축 둘레의 성분도 포함되기 때문에, 상기과 같이 새롭게 결정되는 추정 지지 다리 좌표계의 Z축의 방향은 연직방향이 된다고는 할 수 없다. 그래서, 본 실시형태에서는 상기 상체자세 변화량 차이의 분만 현재의(시간 $t-\Delta t$ 의) 추정 지지 다리 좌표계를 상기 자세 회전중심 둘레로 회전시킨 후, 추정 지지 다리 좌표계의 Z축을 연직방향을 향하도록 이 추정 지지 다리 좌표계를 그 원점 둘레로 회전시키고, 그것에 의해 새로운(시간 t 의) 추정 지지 다리 좌표계를 결정한다. 또는, 상기 상체자세 변화량 차이중의, 연직축 둘레의 성분만, 현재의(시간 $t-\Delta t$ 의) 추정 지지 다리 좌표계를 상기 자세 회전중심 둘레로 회전시킴으로써 새로운 추정 지지 다리 좌표계를 결정하도록 해도 좋다.
- [0132] 이어서 S2208로 진행하고, 현재 시간 t 가 미착지 다리 족평(22)의 착지 시간(1보분의 금회 보용의 생성이 완료하는 시각)인지 아닌지, 즉 보용의 전환 차례인지 아닌지가 판정된다.
- [0133] S2208의 판정 결과가 YES일 경우에는, 이하의 처리가 행해진다. 즉, 우선 S2210으로 진행하고, 현재의 추정 지지 다리 좌표계(S2206에서 결정한 것)에 대한 다음회 보용의 추정 지지 다리 좌표계(다음회에 착지할 미착지 다리의 족평(22)의 착지위치 자세에 대응하는 추정 지지 다리 좌표계)의 상대 위치 자세 관계가, 목표 보용(보다 상세하게는, 시간 $t-\Delta t$ (보용의 전환 차례의 하나 전의 제어 주기)까지 생성한 금회 보용)에서의 지지 다리 좌표계에 대한 다음회 보용의 지지 다리 좌표계의 상대 위치 자세관계와 동일관계가 되도록, 다음회 보용 추정 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향을 결정한다. 여기에서, 상기 목표 보용에서의 지지 다리 좌표계에 대한 다음회 보용의 지지 다리 좌표계는, 1보째의 착지위치 자세의 요구값에 대응하는 지지 다리 좌표계이다.
- [0134] 이어서 S2212로 진행하고, 다음회 보용 추정 지지 다리 좌표계의 위치 자세를 현재의 추정 지지 다리 좌표계의 위치 자세에 대입한다. 이것에 의해, 미착지 다리 족평(22)의 착지 마다(S2208의 판정 결과가 YES가 될 때마다), 그 미착지 다리 족평(22)의 실제의 착지위치 자세를 대표하는 것으로서의 추정 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향이 구해진다. 그리고 추정 지지 다리 좌표계는, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)이 착지할 때까지는, 로봇(1)의 스핀을 고려하여, 제어 주기마다 갱신된다.
- [0135] 이상에 의해 S016의 자기 위치 추정 처리가 종료한다. 또한, 본 실시형태에서는 상기한 바와 같이, 로봇(1)의 착지 동작마다의 족평(22)의 실제의 착지위치 자세를 대표하는 추정 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향을 구하도록 했는데, 자기 위치 추정 처리의 수법은 상기에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면 로봇(1)의 상체(3) 등의 소정의 부위의 위치 자세(글로벌 좌표계에서의 위치 자세)를 공지된 관성항법적인 수법에 의해 차례로 추정해 두고, 그것과, 로봇(1)의 목표 보용 또는 로봇(1)의 각 관절의 변위 검출값을 사용하여 추정 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향을 구하도록 해도 좋다. 어쨌든, 자기 위치 추정 처리는, 로봇(1)의 각 회의 착지 동작으로 착지하는 족평(22)의 실제의 착지위치 자세(자세에 관해서는 특히(특별하게) 연직축 둘레의 방향)을 가능한 한 정밀도 좋게 추정할 수 있는 수법이든 어떤 수법을 사용해도 좋다.
- [0136] 도 9의 설명으로 되돌아가서, 상기과 같이 자기 위치 추정 처리를 실행한 후, S018로 진행하고, 보용의 전환 차례(전회 보용의 생성이 종료하고, 새로운 금회 보용의 생성을 개시해야 할 시각)인지 아닌지가 판단된다. 그리고 그 판단 결과가 YES일 때는 S020으로 진행하고, NO일 때는 S038로 진행한다.
- [0137] S020으로 진행할 때는 시간 t 를 0으로 초기화한다.
- [0138] 이어서 S022로 진행하고, 상기 궤도 유도부(220)에 의한 궤도 유도 처리가 실행되고, 다음회 보용 지지 다리 좌표계 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계가 결정된다. 다음회 보용 지지 다리 좌표계는, 금회 보용에서의 미

착지 다리의 족평(22)의 착지위치 자세(1보제의 착지위치 자세)의 요구값에 대응하는 지지 다리 좌표계이며, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계는, 다음회 보용에서 미착지 다리가 되는 다리체(2)의 족평(22)의 착지위치 자세(2보제의 착지위치 자세)의 요구값에 대응하는 지지 다리 좌표계이다. S022에서의 궤도 유도 처리가 본원 발명의 특징부분을 이루는 부분이지만, 이 설명은 후술하는 것으로 한다. 또, S022에서는, 금회 보용주기 및 다음회 보용주기도 결정된다. 이들 보용주기는, 상기 조이스틱(73)의 조작이나, 미리 정해진 이동 계획 등에 의해 설정되는 로봇(1)의 요구 이동 속도(또는 요구 착지 시간)에 기초하여 결정된다.

[0139] 이어서 S024로 진행한다. 또, 이 S024 이후, S030 까지의 처리는, 본원 출원인이 앞서 제안한 PCT 공개 공보 WO/02/40224나 PCT/JP02/13596호 등에 상세하게 설명되어 있으므로, 이하에서는 간략한 설명에 그친다.

[0140] S024에서는, 금회 보용이 이어져야 할 정상 선회 보용의 보용 패러미터가, S022에서 결정된 다음회 보용 지지 다리 좌표계, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계, 금회 보용주기 및 다음회 보용주기 등에 기초하여 결정된다. 주로, 목표 족평위치자세 궤도를 규정하는 족평궤도 패러미터, 목표 상체자세의 기준 궤도를 규정하는 기준 상체자세 궤도 패러미터, 목표 팔자세 궤도를 규정하는 팔자세 궤도 패러미터, 목표 ZMP 궤도를 규정하는 ZMP 궤도 패러미터, 목표 상반력 연직성분 궤도를 규정하는 상반력 연직성분 궤도 패러미터가 결정된다. 예를 들면 상반력 연직성분 궤도 패러미터에 관하여 예시하면, 상기 도 8(a)에 도시한 패턴의 꺾임점의 시각이나 값이 상반력 연직성분 궤도 패러미터로서 결정된다.

[0141] 여기에서, 상기 정상 선회 보용은, 그 보용을 반복했을 때에 보용의 경계에서 로봇(1)의 운동 상태에 불연속이 생기지 않는 주기적 보용을 의미한다(이후, 「정상 선회 보용」을 「정상 보용」으로 생략하는 경우도 있음).

[0142] 정상 선회 보용의 1주기분의 보용은, 도 12에 도시하는 바와 같이, 금회 보용의 지지 다리 좌표계(도면의 XY 좌표)에 대응하는 지지 다리의 족평(22)(도시된 예에서는, 로봇(1)의 우측의 족평(22R))을 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계(도면의 X'' Y'' 좌표)에 대응하는 위치 자세까지 움직일 때의 보용에 대응하는 제 1 선회 보용과, 다음회 보용 지지 다리 좌표계(도면의 X'Y' 좌표)에 대응하는 지지 다리의 족평(22)(도시된 예에서는, 로봇(1)의 좌측의 족평(22L))을 다음다음다음회 지지 다리 좌표계(도면의 X'''Y'''좌표)에 대응하는 위치 자세까지 움직일 때의 보용에 대응하는 제 2 선회 보용으로 이루어진다. 이 경우, 다음다음다음회 보용 지지 다리 좌표계는, 제 2 선회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 목표 착지위치 자세에 대응하는 것이다. 그리고 당해 다음다음다음회 보용 지지 다리 좌표계는, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계(제 2 선회 보용의 지지 다리 좌표계)로부터 본 당해 다음다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 자세(위치 및 방향)가, 금회 보용 지지 다리 좌표계로부터 본 다음회 보용 지지 다리 좌표계(금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세)의 위치 자세(위치 및 방향)에 일치하도록 설정된다. 또한, 여기에서 정상 선회 보용에 관해서 「선회」라는 용어를 사용한 것은, 선회율을 0으로 할 때는 직진을 의미하므로, 직진도 광의의 의미에서 선회에 포함시킬 수 있기 때문이다.

[0143] 정상 선회 보용은, 보용 생성 장치(200)에서 금회 보용의 중단에서의 발산 성분이나 상체 연직위치 속도를 결정하기 위해서 잠정적으로 작성되는 가상적인 주기적 보용이며, 로봇(1)을 실제로 제어하기 위해서 보용 생성 장치(200)로부터 그대로 출력되는 것은 아니다.

[0144] 또한, 「발산」이란, 상체(3)의 위치가 양 족평(22, 22)의 위치로부터 멀리 떨어진 위치로 벗어나버리는 것을 의미한다. 발산 성분의 값이란, 2족이동 로봇의 상체의 위치가 양 족평의 위치(엄밀하게는, 지지 다리 접지면에 설정된 지지 다리 좌표계의 원점)로부터 멀리 떨어져 가는 상태를 나타내는 수치이며, 상체(3)의 수평방향의 위치 및 그 속도의 함수로 나타내어진다.

[0145] 본 실시형태에서는 지금부터 생성하는 금회 보용의 후에 이어지는 정상 보용을 이동 요구(상기 2보 앞 까지의 미착지 다리의 족평(22)의 착지위치 자세, 착지 시간 등의 요구값)에 따라 설정하고, 정상보용의 초기 발산 성분을 구하고나서, 금회 보용의 중단 발산 성분을 정상보용의 초기 발산 성분에 일치시키도록, 금회 보용을 생성하도록 했다. 그 상세한 것은, 본 출원인이 제안한 상기 PCT 공개 공보 WO/02/40224, 또는 PCT/JP02/13596호 등에 설명되어 있으므로, 여기에서는 더 이상의 설명을 생략한다.

[0146] S024의 처리를 행하여 정상보용의 보용 패러미터를 결정한 후, S026으로 진행하고, 정상 선회 보용의 초기 상태(초기 상체 수평위치 속도, 초기 상체 연직위치 속도, 초기 발산 성분, 초기 상체자세가 및 각속도)를 결정한다.

[0147] 이어서, S028로 진행하고, 금회 보용의 보용 패러미터를 결정(일부 가결정)한다. 이 경우, 결정되는 금회 보용의 보용 패러미터는, 정상 선회 보용의 보용 패러미터와 동일하고, 주로, 족평궤도 패러미터, 기준 상체자세 궤

도 패러미터, 팔자세 궤도 패러미터, 목표 ZMP 궤도 패러미터, 목표 상반력 연직성분 궤도 패러미터이며, 각각의 패러미터에 의해 규정되는 궤도가, 정상 선회 보용의 궤도에 연속하도록 결정된다. 단, 이들 패러미터중, 목표 ZMP 궤도 패러미터는 잠정적인 것이다. 이 S028의 처리의 상세한 것은, 상기 PCT 공개 공보 WO/02/40224, 또는 PCT/JP02/13596호 등에 설명되어 있으므로, 여기에서는 더 이상의 설명을 생략한다.

- [0148] 이어서 S030으로 진행하고, 금회 보용의 중단 발산 성분이 정상보용의 초기 발산 성분에 일치하도록, 금회 보용의 보용 패러미터가 수정된다. 여기에서 수정되는 보용 패러미터는, 목표 ZMP 궤도 패러미터이다.
- [0149] 또한, S026로부터 S030의 처리에서는, 로봇(1)의 운동과 상반력과의 관계를 나타내는 동력학 모델이 사용된다. 그 동력학 모델로서는, 상기 PCT 공개 공보 WO/02/40224에 기재된 단순화 모델 또는, 본 출원인이 제안한 일본 특개 2002-326173호 공보에 기재의 다질점 모델(폴 모델) 등을 사용하면 좋다.
- [0150] 이어서 S032로 진행하고, 목표 ZMP가 소정의 허용범위에 존재하고 있는지 아닌지가 판단된다.
- [0151] 또한, 목표 ZMP의 상기 허용범위는, 목표 ZMP의 존재 가능범위(접지면을 포함하는 최소 볼록 다각형이고, 소위 지지 다각형)내에 설정된다.
- [0152] 수정된 금회 보용의 보용 패러미터가 그 밖의 보용의 제약조건을 만족하고 있는지 아닌지를 판단해도 좋다. 또한, 보용의 제약조건에 관해서는, 상기 PCT 공개 공보 WO/02/40224에 상세한 것이 기술되어 있다.
- [0153] S032의 판단 결과가 NO일 경우에는, S034로 진행하고, 후술하는 궤도 유도 보정 서브루틴을 궤도 유도부(220)에 의해 실행함으로써, S022의 궤도 유도 서브루틴에서 결정한 다음회 보용 지지 다리좌표계 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계를 수정한다. S034에서의 처리도 S022와 동일하게, 이 출원에 관계되는 발명의 중핵을 이루는 부분이지만, 이 설명은 후술하는 것으로 한다.
- [0154] 이어서 S036을 거쳐, S024로 되돌아가고, 이 S024로부터의 처리가 다시 실행된다.
- [0155] S032의 판단 결과가 YES인 경우, 또는 S018의 판단 결과가 NO일 경우에는, S038로 진행하고, S030에서 최종적으로 결정한 금회 보용 패러미터에 기초하여 상기 동력학 모델을 사용하여 금회 보용 순시값을 결정한다. 이 처리의 상세한 것은, 상기 PCT 공개 공보 WO/02/40224 또는, PCT/JP02/13596호에서 설명되어 있으므로, 여기에서는 더 이상의 설명을 생략한다.
- [0156] 이어서 S040으로 진행하고, 스핀력을 캔슬하는 팔 흔들기 동작이 결정된다.
- [0157] 이어서 S042로 진행하고, 보용 생성용 시간 t 를 Δt 만큼 늘린 후, S014로 되돌아가고, 이상과 같이 보용 생성을 계속한다.
- [0158] 이상이, 보용 생성 장치(200)의 보용 생성 처리, 자기 위치 자세추정부(224)의 자기 위치 자세추정 처리, 및 궤도 유도부(220)의 궤도 유도 처리의 개요이다.
- [0159] 도 6을 참조하여 이 실시형태에 관계되는 제어 유닛(60)의 제어 처리를 더 설명하면 보용 생성 장치(200)에서, 상기한 바와 같이 목표 보용이 생성된다. 생성된 목표 보용중, 목표 상체위치 자세(궤도) 및 목표 팔자세(궤도)는, 로봇 기하학 모델(역키네마틱스 연산부)(202)에 직접 보내진다.
- [0160] 또, 목표 족평위치 자세(궤도), 목표 ZMP 궤도(목표 전체 상반력 중심점 궤도), 및 목표 전체 상반력(궤도)(목표 상반력 수평성분과 목표 상반력 연직성분)은, 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)에 직접 보내지는 한편, 목표 상반력 분배기(206)에도 보내진다. 목표 상반력 분배기(206)에서는, 목표 전체 상반력은 각 족평(22R, 22L)에 분배되어, 목표 각 족평 상반력 중심점 및 목표 각 족평 상반력이 결정된다. 그 결정된 목표 각 족평 상반력 중심점 및 목표 각 족평 상반력이 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)에 보내진다.
- [0161] 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)에서는, 기구변형 보상식 수정 목표 족평위치자세 궤도가 생성되고, 그것이 로봇 기하학 모델(202)에 보내진다. 로봇 기하학 모델(202)은, 목표 상체위치자세(궤도)와 기구변형 보상식 수정 목표 족평위치 자세(궤도)가 입력되면, 그것들을 만족하는 다리체(2, 2)의 12개의 관절(10R(L) 등)의 관절변위 지령(값)을 산출하여 변위 컨트롤러(208)에 보낸다. 변위 컨트롤러(208)는, 로봇 기하학 모델(202)에서 산출된 관절변위 지령(값)을 목표값으로 하여 로봇(1)의 12개의 관절의 변위를 추종 제어한다.
- [0162] 로봇(1)에 생긴 상반력(상세하게는 실제 각 족평 상반력)은 6축력 센서(50)에 의해 검출된다. 그 검출값은 상기 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)에 보내진다. 또, 상기 도 10의 S220에서 구해진 추정 상체자세와 보용 생성 장치(200)가 생성한 목표 상체자세와의 차이중의 경사 성분, 즉 자세 경사 편차(Θ_{errx} , Θ_{erry})가 자

세안정화 제어 연산부(212)에 보내진다. 또한, Θ_{errx} 는 롤링 방향(X축 둘레)의 경사 성분이며, Θ_{erry} 는 피칭 방향(Y축 둘레)의 경사 성분이다. 이 자세안정화 제어 연산부(212)에서, 로봇(1)의 상체자세의 경사를 목표 보용의 상체자세의 경사로 복원하기 위한 목표 전체 상반력 중심점(목표 ZMP) 주위의 보상 전체 상반력 모멘트(Mdmd)가 산출되어서 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)에 보내진다. 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)는, 입력값에 기초하여 목표 상반력을 수정한다. 구체적으로는, 목표 전체 상반력 중심점(목표 ZMP) 주위에 보상 전체 상반력 모멘트(Mdmd)가 작용하도록 목표 상반력을 수정한다.

[0163] 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)는, 수정된 목표 상반력에, 센서 검출값 등으로부터 산출되는 실제 로봇의 상태 및 상반력을 일치시키고자 상기 기구변형 보상식 수정 목표 족평위치 자세(궤도)를 결정한다. 단 모든 상태를 목표에 일치시키는 것은 사실상 불가능이므로, 이것들 사이에 트레이드 오프 관계를 주어서 타협적으로 되도록이면 일치시킨다. 즉, 각 목표에 대한 제어 편차에 가중값을 부여하여, 제어 편차(또는 제어 편차의 2승)의 가중평균이 최소가 되도록 제어한다. 이것에 의해 로봇(1)의 실제의 족평위치 자세와 전체 상반력이 보용 생성 장치(200)에서 생성된 목표 족평위치 자세와 목표 전체 상반력에 대강 추종하도록 제어된다.

[0164] 보충하면, 기구변형 보상식 수정 목표 족평위치 자세(궤도)는, 복합 컴플라이언스 동작 결정부(204)에 의해 수정된 상반력의 목표값을 발생시키기 위해서 필요한 족평의 변형 기구(상기 도 3의 족평기구의 탄성부재(106), 발바닥 탄성체(71) 및 백 형상 부재(109))의 변형량을 변형 기구의 역학모델(스프링 댐퍼 모델 등)을 사용하여 구하고, 그 변형량이 발생하도록 수정한 목표 족평위치 자세(궤도)이다.

[0165] 이하에 본 발명의 제 1 실시형태에서의 S022의 궤도 유도 처리를 상세하게 설명한다.

[0166] 도 13에, 이 궤도 유도 처리의 플로차트를 나타낸다.

[0167] 우선, S3000에서, 도 16에 도시하는 바와 같이 현재의 추정 지지 다리 좌표계(전회의 제어 주기에서 결정한 추정 지지 다리 좌표계)의 대표점 P(0)의 위치와 목표 경로를 기초로, 금회 단기 목표점 Q(0)을 결정한다.

[0168] 목표 경로는, 상기 추정 지지 다리 좌표계의 시계열이 나타내는 로봇(1)의 실제의 족적(미착지 다리의 족평(22)의 착지위치 및 방향의 열)을 따르게 해야 할 경로이며, 이하의 설명에서는 목표 경로를 목표 족적경로라고 하는 경우가 있다. 이 목표 족적경로는, 미리 설정해 두어도 좋지만, 로봇(1)의 이동중에, 지도정보와 로봇(1)의 추정 자기 위치 자세(글로벌 좌표계에서의 추정 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향)를 기초로, 장애물 등을 피하면서 목표점에 도달하는 목표 족적경로를 수시 생성하도록 해도 좋다. 본 실시형태에서는, 상기 제어 유닛(60)에 구비한 상기 이동 계획부(222)가 목표 족적경로를 출력하는데, S3000에서 생성해도 좋다.

[0169] 또한, 지지 다리 좌표계의 대표점 P(0)이란, 이 지지 다리 좌표계상의 어떤 소정의 점이다. 이 대표점 P(0)는, 도 14 및 도 15에 도시하는 바와 같이, 상기한 지지 다리 족평(22)의 위치 자세와 지지 다리 좌표계의 위치 자세와의 대응 관계를 만족하도록 지지 다리 좌표계에 대응시켜서 정해지는 수평자세의 지지 다리 족평(22R 또는 22L)에 타방의 족평(22L 또는 22R)을 병렬시켜(양 족평(22R, 22L)을 일치시킴), 로봇(1)을 보통적인 직립 자세에서 기립시킨 상태(로봇(1)의 좌우 대칭의 상태)에서, 이 대표점 P(0)의 Y축방향(좌우측 방향)의 위치가 양 족평(22R, 22L) 사이의 위치가 되도록 설정된다. 즉, 지지 다리 족평(22)이 좌측의 족평(22L)일 경우에는, 도 15에 도시하는 바와 같이, 이 지지 다리 족평(22L)에 대응하는 지지 다리 좌표계의 대표점 P(0)는, 그 Y축 방향의 위치가 지지 다리 족평(22L)으로부터 우측으로 소정의 거리만큼 떨어진 위치로 되도록 설정된다. 또, 지지 다리 족평(22)이 우측의 족평(22R)일 경우에는, 도 14에 도시하는 바와 같이, 지지 다리 족평(22R)에 대응하는 지지 다리 좌표계의 대표점 P(0)는, 그 Y축 방향의 위치가 지지 다리 족평(22R)으로부터 좌측으로 소정의 거리만큼 떨어진 위치가 되도록 설정된다.

[0170] 또, 지지 다리 좌표계의 대표점의 X축방향의 위치는, 이 지지 다리 좌표계에 대응하는 지지 다리 족평(22)의 발뒤꿈치의 부근, 또는 발끝의 가까이에 설정하는 것이 바람직하다. 지지 다리 좌표계의 대표점을 지지 다리 족평(22)의 발뒤꿈치 가까이에 설정한 경우에는, 좌우의 족평(22R, 22L)에 대응하는 지지 다리 좌표계의 대표점을 어떤 바닥에 고정된 점에 일치시킨 채, 양 족평(22R, 22L)의 발끝을 벌리거나 오므리거나 하고, 그 자리에서 선회시켜도, 족평(22R, 22L) 상호간이 간섭하지 않는다. 또, 지지 다리 좌표계의 대표점은, 족평(22)의 발끝 가까이에 설정한 경우에는, 좌우의 족평(22R, 22L)에 대응하는 지지 다리 좌표계의 대표점을 어떤 바닥에 고정된 점에 일치시킨 채, 양 족평의 발뒤꿈치를 벌리거나 오므리거나 하고 그 자리에서 선회시켜도, 족평(22R, 22L) 상호간이 간섭하지 않는다.

[0171] 이에 대해, 지지 다리 좌표계의 대표점의 X축방향(지지 다리 족평(22)의 전후방향)의 위치를 지지 다리 족평(22)의 발끝과 발뒤꿈치와의 정중앙 부근에 설정하면, 일방의 족평(22R 또는 22L)에 대해 타방의 족평(22L 또는

22R)의 방향을 약간 다른 방향으로 한 것 만으로, 발뒤꿈치 또는 발끝이 서로 간섭하게 된다.

- [0172] 이러한 것으로부터, 본 실시형태에서는 도 14 및 도 15에 도시하는 바와같이, 양 족평(22R, 22L)을 일치시킨 통상의 직립 자세(좌우 대칭의 자세)에서, 양 족평(22R, 22L)의 좌우 중앙에서, 또한, 발뒤꿈치 근처의 점이고, 또한 좌우의 족평(22R, 22L)에 각각 대응하는 지지 다리 좌표계의 대표점을 일치시키도록 이 지지 다리 좌표계의 대표점을 설정한다. 도 14는, 우측 다리체(2R)가 지지 다리인 경우의 지지 다리 좌표계의 대표점을 도시한다. 도 15는, 좌측 다리체(2L)가 지지 다리인 경우의 지지 다리 좌표계의 대표점을 도시한다.
- [0173] 또한, 지지 다리 좌표계의 대표점 P(0)는, 접지시의 족평(22)과의 상대 관계에 의해 결정되는 점이므로, 이후, 족평 대표점이라고 부르는 경우가 있다.
- [0174] 상기 금회 단기 목표점 Q(0)는, 더 구체적으로는, 선분 P(0)Q(0)가 어떤 소정의 길이 Lq0가 되도록, 목표 경로(목표 족적경로)상에 설정한다. 바꿔 말하면, P(0)를 중심으로 하는 반경이 상기 소정의 길이 Lq0의 원의 원주와 목표 경로와의 교점을 Q(0)를 설정한다. 단, 대표점 P(0)와 로봇(1)의 최종적인 이동 목적지의 거리가 상기 소정의 길이 Lq0 이하의 경우에는, 그 목적지에 Q(0)를 설정한다.
- [0175] 또한, 상기 소정의 길이 Lq0는, 로봇(1)의 요구되는 이동 속도가 빠를 수록, 길어지도록 이 이동 속도에 따라 설정하는 것이 바람직하다. 길이 Lq0를 짧게 하면, 로봇(1)의 족평 착지위치가 목표 경로에 접근하는 속도가 빨라지는 대신에, 족평 착지방향의 변화율(또는 로봇(1)의 상체(3)의 요잉 레이트)이 커진다.
- [0176] 이어서 S3002로 진행하고, 선분 P(0)Q(0)상에 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표 후보점 R(0)를 결정한다. 구체적으로는, 선분 P(0)R(0)이 있는 소정의 길이 Lr0가 되도록, 선분 P(0)Q(0)상에 R(0)를 설정한다. 단, P(0)와 로봇(1)의 최종적인 이동 목적지의 거리가 상기 소정의 길이 Lr0 이하인 경우에는, 이 목적지에 R(0)를 설정한다. 소정의 길이 Lr0는, 예를 들면 로봇(1)이 요구되는 이동 속도로 직진한 경우의 통상적인 보폭 상당의 길이인 된다.
- [0177] 다음에 S3004로 진행하고, 도 16에 도시하는 바와 같이, 착지 허용 영역의 점이고, 또한 대표 후보점 R(0)에 가장 가까운 점을 P(1)로 결정한다.
- [0178] 상기 착지 허용 영역은, 현재의 로봇(1)의 상태(금회 보용의 개시시의 상태)로부터 미착지 다리를 흔들어서 미착지 다리 족평(22)을 착지시킨 경우에, 다리체(2) 상호간의 간섭이 생기는, 다리체(2)의 동작 허용범위를 넘는, 다리체(2)의 관절 액추에이터(전동 모터(64))에 무리한 속도나 힘이 발생하는, 등의 지장이 발생하지 않는 미착지 다리 족평(22)의 착지시의 미착지 다리 족평 대표점의 위치와 그 미착지 다리 족평의 방향과의 허용 영역(다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치 및 방향의 허용 영역)이다. 즉, 착지 허용 영역은, 로봇(1) 자신의 기구적인(또는 운동적인) 제약에 기초하는 허용 영역이다(이하, 착지 허용 영역을 자기의존 착지 허용 영역이라고 하는 경우가 있음).
- [0179] 따라서, 상기 자기의존 착지 허용 영역은, 미착지 다리 족평이 착지한 상태에서 미착지 다리와 지지 다리가 간섭하지 않는 범위에 포함된다.
- [0180] 예를 들면 로봇(1)의 보행에 있어서, 미착지 다리 족평(22)의 착지시에서의 미착지 다리와 지지 다리의 간섭을 고려한 경우, 미착지 다리 족평(22)의 착지방향이 지지 다리 족평(22)에 대해 0도인 경우, 즉, 미착지 다리 족평(22)을 지지 다리 족평(22)의 방향(지지 다리 좌표계의 X축방향의 방향)과 동일한 방향에서 착지시키는 경우에는, 지지 다리 족평(22)에 대해, 도 18에 도시하는 굵은 곡선의 안쪽이, 이 미착지 다리 족평(22)에 대한 착지 허용 영역(보다 상세하게는 이 미착지 다리 족평 대표점의 허용 영역)이 된다. 미착지 다리 족평(22)의 착지방향이 지지 다리 족평(22)에 대해 -30도인 경우, 즉, 미착지 다리 족평(22)을 지지 다리 족평(22)의 방향(지지 다리 좌표계의 X축방향의 방향)에 대해 시계방향으로 30° 회전시킨 방향에서 착지시키는 경우에는, 도 19에 도시하는 굵은 곡선의 안쪽이 착지 허용 영역(보다 상세하게는 이 미착지 다리 족평 대표점의 허용 영역)이 된다.
- [0181] 엄밀하게는, 착지 허용 영역은, 미착지 다리 족평(22)의 대표점의 X좌표, Y좌표와 족평 착지방향 θ_z 의 세트의 집합, 즉 3차원의 집합이며, 도 18은 이 집합중, 족평 착지방향 θ_z 가 0도의 부분집합이며, 도 19는 족평 착지방향 θ_z 가 -30도의 부분집합이다. 도 18 및 도 19는, 3차원의 영역인 착지 허용 영역을 족평 착지방향 θ_z 가 어떤 일정한 값인 평면에서 잘랐을 때의 단면의 영역이다. 이 단면의 영역을 X좌표, Y좌표의 세트의 집합으로 나타낸 것을 자기의존 착지위치 허용 영역이라 부른다.
- [0182] 도 18 및 도 19에서는, 미착지 다리 착지 상태에서 미착지 다리와 지지 다리가 간섭하지 않는 범위에 자기의존

착지 허용 영역을 일치시킨 예를 게시했지만, 미착지 다리 족평(22)의 현재 위치 자세(금회 보용의 게시시의 미착지 다리 족평(22)의 위치 자세)에 따라서는, 미착지 다리의 현재 위치 자세로부터 착지위치 자세까지 이동하는 동안에, 미착지 다리가 지지 다리에 간섭하는 경우도 있다. 그리고, 이 미착지 다리의 운동중의 간섭을 고려하면, 자기의존 착지 허용 영역은, 미착지 다리의 현재 위치 자세에 의존하고, 미착지 다리 착지 상태에서 미착지 다리와 지지 다리가 간섭하지 않는 범위(도 17 및 도 18에 예시한 착지 허용 영역) 보다도 좁아지는 경우도 있다.

[0183] 또한, 자기의존 착지 허용 영역은, 로봇(1)의 이동중에 리얼타임으로 구해도 좋지만, 본 실시형태에서는 제어 유닛(60)의 컴퓨터의 연산 부하를 저감하기 위해서, 미리 정한 맵에 의해 자기의존 착지 허용 영역이 설정된다. 이 경우, 자기의존 착지 허용 영역은, 지지 다리 좌표계에 대한 상대적인 허용 영역으로서 맵핑되어 있고, 현재의 추정 지지 다리 좌표계의 위치 자세(위치 및 방향)와, 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 대한 현재의 미착지 다리 족평(22)의 위치 자세와, 상기 선분 P(0)Q(0)의 방향에 의해 정해지는 미착지 다리 족평(22)의 착지방향으로부터 상기 맵에 의해 자기의존 착지위치 허용 영역이 설정된다. 또한, 자기의존 착지 허용 영역의, 지지 다리 좌표계에 대한 상대적인 영역(영역의 경계)을 연산식에 의해 미리 정해 두고, 그 연산식을 사용하여 자기의존 착지위치 허용 영역을 설정하도록 해도 좋다.

[0184] 또, 미착지 다리 착지까지의 시간의 여유가 적을 때에도, 미착지 다리 족평(22)의 자기의존 착지 허용범위는 좁게 한정되는 경우가 있다. 이 경우, 자기의존 착지 허용 영역은, 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세를 변경하기 전의 착지위치 자세(전회로도 유도 처리에서, 결정 혹은 수정한 다음회 보용 지지 다리 좌표계)에 의존한다.

[0185] S3004에 있어서는, 구체적으로는, 대표 후보점 R(0)가 상기 착지위치 허용 영역내에 존재하는 경우(환언하면, 대표 후보점 R(0)와 상기 미착지 다리 착지방향과의 세트가 상기 착지 허용 영역내에 존재하는 경우)에는, 이 대표 후보점 R(0)이 그대로 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지시의 대표점P(1)으로서 결정된다. 또, 도 16에 도시하는 바와 같이, 대표 후보점 R(0)가 착지위치 허용 영역으로부터 이탈해 있는 경우에는, 착지위치 허용 영역의 경계(굵은선)상의 점에서, 또는 대표 후보점 R(0)에 가장 가까운 점이 P(1)으로서 결정된다.

[0186] 또한, 족평 대표점의 X좌표, Y좌표와 족평방향 θ_z 를 요소로 하는 3차원 공간에서, 임의의 2점 $M=(X_M, Y_M, \theta_{zM})$, $N=(X_N, Y_N, \theta_{zN})$ 의 사이의 거리 노르름 a_{MN} 을, 예를 들면,

[0187]
$$a_{MN} = \sqrt{W_X(X_M - X_N)^2 + W_Y(Y_M - Y_N)^2 + W_Z(\theta_{zM} - \theta_{zN})^2}$$

[0188] (단, W_X, W_Y, W_Z 는 가중계수)

[0189] 로 정의하고, X좌표, Y좌표가 R(0)인 좌표에서, 족평방향이 θ_z 인 3차원 공간상의 점으로부터, 상기 거리 노르름이 최소가 되는 자기의존 착지 허용 영역내의 점의 위치와 방향을 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향으로서 결정해도 좋다.

[0190] 이어서 S3006으로 진행하고, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치를 나타내는 대표점 P(1)의 위치와 선분 P(0)Q(0)의 방향을 기초로, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향이 결정된다. 보다 구체적으로는, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치가 P(1)이고, 또한 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 X축방향이 선분 P(0)Q(0)의 방향이 되도록, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향이 결정된다.

[0191] 또한, 상기의 설명에서는, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 방향을 선분P(0)Q(0)의 방향에 결정했지만, 이 방향은, 금회 보용 지지 다리 좌표계에 대한 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 방향의 선회 허용범위(로봇(1)의 기구적인 제약에 의해 규정되는 범위이고, 상기 착지 허용 영역이 존재할 수 있는 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 방향의 범위)를 이탈하는 경우도 있다. 그리고, 이러한 경우에는, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 방향은, 강제적으로 상기 선회 허용범위의 상한 혹은 하한의 방향에 결정되고, 그 결정한 방향에 따라 상기 S3002~S3006의 처리와 동일하게, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치가 결정된다. 이것은, 이하에 설명하는 다음다음회 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향의 결정 처리(구체적으로는 S3010~S3014의 처리)에서도 동일하다.

[0192] 이어서 S3008로 진행하고, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점 P(1)과 목표 경로를 기초로, 도 17과 같당해 다음회 단기 목표점 Q(1)을 결정한다. 보다 구체적으로는, 다음회 단기 목표점 Q(1)은, 선분 P(1)Q(1)이, 어떤 소정의 길이 L_{q1} 이 되도록, 목표 족적경로상에 설정된다. 단, P(1)과 로봇(1)의 최종적인 이동 목적지와의 거리가 상기 소정의 길이 L_{q1} 이하의 경우에는, 이 목적지에 Q(1)을 설정한다. L_{q1} 은 상기 L_{q0} 와 동일 길이로 되

지만, 다른 값으로 설정해도 좋다.

- [0193] 이어서 S3010으로 진행하고, 선분 P(1)Q(1)상에 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표 후보점 R(1)을 결정한다. 구체적으로는, 선분 P(1)R(1)이 어떤 소정의 길이 Lr1이 되도록, 선분 P(1)Q(1)상에 R(1)을 설정한다. 단, P(1)과 로봇(1)의 최종적인 이동 목적지와와의 거리가 상기 소정의 길이 Lr1 이하의 경우에는, 이 목적지에 R(1)을 설정한다. Lr1은 상기 Lr0와 동일 길이로 좋지만, 다른 값으로 설정해도 좋다.
- [0194] 이어서 S3012로 진행하고, 도 17에 도시하는 바와 같이, 다음회 보용 지지 다리 좌표계에 대해 설정한 착지위치 허용 영역(미착지 다리 착지방향을 선분 P(1)Q(1)의 방향으로 한 경우의 착지위치 허용 영역)내의 점이고, 또한 대표 후보점 R(1)에 가장 가까운 점을 P(2)로 결정한다. 구체적으로는, 대표 후보점 R(1)당해 다음회 보용 지지 다리 좌표계에 대응하는 착지위치 허용 영역내에 없는 경우에는, 이 착지위치 허용 영역의 경계(굵은선)상의 점이고, 또한 대표 후보점 R(1)에 가장 가까운 점이 P(2)로서 결정된다. 또, 도 17에 도시하는 바와 같이, 대표 후보점 R(1)이 착지위치 허용 영역내에 있을 경우에는, 대표 후보점R(1)이 그대로 대표점 P(2)로서 결정된다.
- [0195] 이어서 S3014로 진행하고, S3004과 마찬가지로, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점 P(2)의 위치와 선분 P(1)Q(1)의 방향을 기초로, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향이 결정된다. 더 구체적으로는, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치가 P(2)이고, 또한 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 X축방향이 선분 P(1)Q(1)의 방향이 되도록, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향이 결정된다.
- [0196] 이상이 제 1 실시형태에서의 S022의 궤도 유도 처리이다.
- [0197] 다음에 상기와 같이, 도 9의 S024로부터 S032까지 실행하고, S032에서 목표 ZMP가 허용범위에 존재하지 않다고 판단되면, S034로 진행하고, 궤도 유도 보정 서브루틴이 실행된다.
- [0198] 이하에 S034의 궤도 유도 보정 서브루틴의 처리를 도 20의 플로차트를 참조하여 설명한다.
- [0199] 우선, S3100에서, 목표 ZMP가 허용범위를 넘는 분량을 구한다. 이후, 이것을 e라고 한다. e는, 금회 보용의 지지 다리 좌표계의 X축성분과 Y축성분으로 이루어지는 벡터이다. 또한, 허용범위를 넘지 않은 성분은 0으로 한다.
- [0200] 이어서 S3102로 진행하고, 다음 식1을 사용하여, 상기 궤도 유도 서브루틴에서 구한 R(0)(우변의 R(0))를 기초로, 새로운 R(0)(좌변의 R(0))를 구한다. 단, Ka는 소정의 계수이다.
- [0201] $R(0)=Ka*e+R(0)$ …식1
- [0202] 이렇게 하는 이유를 기술하면, 궤도 유도 보정 서브루틴에서 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치를 수정하면, 그 후 S030에서 금회 보용의 종단 발산 성분이 정상 선회 보행의 초기 발산 성분에 일치하도록, 목표 ZMP 궤도 패러미터를 수정했을 때에, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치의 수정량과 목표 ZMP 궤도 패러미터의 수정량이 비례하기 때문이다. 그러므로, 식1에 의해, R(0)를 변경함으로써, 목표 ZMP가 허용범위를 넘지 않게 되거나, 또는 적어도 목표 ZMP가 허용범위를 넘는 분량이 감소한다.
- [0203] 이어서 S3104로부터 S3114까지를, 도 13의 S3004부터 S3014까지와 마찬가지로 실행한다. 또한, R(1)도, R(0)와 동일하게, ZMP 초과분에 따라 변경해도 좋지만 반드시 변경할 필요는 없다. 이것은, R(1)이, 로봇(1)의 실제의 제어에는 사용하지 않는 가상적인 주기적 보용인 정상 선회 보용을 결정하기 위해서 사용되는 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점이기 때문이다.
- [0204] 상기와 같이, 궤도 유도 보정 서브루틴에서는, 목표 ZMP가 허용범위를 넘었으면, 목표 ZMP가 허용범위를 넘지 않도록, 또는 적어도 목표 ZMP가 허용범위를 넘은 분량이 감소하도록, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치(목표 착지위치), 즉 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치가 수정된다.
- [0205] 궤도 유도 보정 서브루틴이 완료된 후, 도 9의 S036을 거쳐, S024로 되돌아가고, 상기의 처리를 다시 실행한다. 이후, S032에서 목표 ZMP가 허용범위에 존재한다고 판단되면, S038로 진행한다. 따라서, S038로 진행한 때에는, 상기 착지 허용 영역(자기의존 착지 허용 영역)의 제약과 목표 ZMP 허용범위 모두 만족한, 다음회 보용 지지 다리 좌표계(다음회 착지위치 자세), 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계(다음다음회 착지위치 자세)가 결정되어 있다.
- [0206] 또한, 궤도 유도 보정 서브루틴에서는, 다음회 보용 지지 다리 좌표계 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의

위치 이외의 그 밖의 보용 패러미터(예를 들면 보용주기 등)를 수정함으로써, 목표 ZMP가 허용범위에 들어가도록 급회 보용 패러미터를 결정하도록 하는 것도 가능하다.

[0207] 또한, 이상에서 설명한 제 1 실시형태는, 본 발명의 제 1~제 9 발명의 1실시형태이며, 상기 보용 생성 처리, 자기 위치 자세추정 처리가 각각, 목표 보용 결정 수단, 족평 착지위치·방향 추정 수단에 대응하고 있다. 또, 상기 궤도 유도 처리 및 궤도 유도 보정처리가 족평 목표 착지방향 결정 수단에 대응하고 있다.

[0208] 다음에 본 발명의 제 2 실시형태를 도 21~도 24를 참조하여 설명한다. 제 2 실시형태에서는, 상기 도 9의 S022의 궤도 유도 처리 및 S034의 궤도 유도 보정처리 이외는, 제 1 실시형태와 동일하다. 따라서, 이하에서는, 제 2 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리와 S034의 궤도 유도 보정처리만을 설명한다.

[0209] 도 21은, 제 2 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트이다.

[0210] 제 2 실시형태에서의 S022의 궤도 유도 처리를 도 21을 참조하여 상세하게 설명하면, 우선, S3200에서, 현재의 추정 지지 다리 좌표계(현재 시각 t의 제어 주기에서의 도 9의 S016에서 구한 추정 지지 다리 좌표계)의 대표점 P(0)와 목표 경로(목표 족적경로)를 기초로, 도 22에 도시하는 바와 같이, 대표점 P(0)로부터 목표 족적경로에 접근하는 곡선 C를 결정한다. 구체적으로는, 궤도 유도 제어되는 무인 반송차나 자동운전차가 목표 경로에 접근하는 경우의 궤적이 되도록 곡선 C를 결정한다.

[0211] 보다 구체적으로는, 상기 곡선 C상의 임의의 점 A로부터 목표 경로에 내린 수선과 목표 경로와의 교점을 점 B로 했을 때, 상기 곡선 C의 점 A에서의 곡률을 다음 식2에 의해 결정한다.

[0212] 곡선의 점 A에서의 곡률

[0213] $=K_a \cdot (\text{선분 AB의 길이})$

[0214] $+K_b \cdot (\text{점 A에서의 곡선의 접선방향} - \text{점 B에서의 목표 경로의 접선방향})$

[0215] 단, K_a , K_b 는 소정의 계수이다.

[0216] 이어서 S3202로 진행하고, 상기 곡선 C상에 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표 후보점 R(0)를 결정한다. 구체적으로는, 선분 P(0)R(0)이 있는 소정의 길이 L_{r0} 가 되도록, 상기 곡선상에 R(0)를 설정한다. 단, P(0)와 로봇(1)의 최종적인 이동 목적지의 거리가 상기 소정의 길이 L_{r0} 이하인 경우에는, 이 목적지에 R(0)를 설정한다.

[0217] 이어서 S3204로 진행하고, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 도 13의 S3004의 처리와 동일하게, 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 대한 자기의존 착지위치 위치 허용 영역(착지방향이 대표 후보점 R(0)에서의 상기 곡선 C의 접선 방향인 자기의존 착지위치 허용 영역)내의 점이고, 또한 대표 후보점 R(0)에 가장 가까운 점을 P(1)으로 결정한다.

[0218] 이어서 S3206으로 진행하고, 도 22에 도시하는 바와 같이, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치가 P(1)이고 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 X축 방향이 대표점 P(1)에서의 상기 곡선 C의 접선방향(보다 정확하게는, 대표점 P(1)으로부터 곡선 C에 내린 수선과 이 곡선 C의 교점에서의 곡선 C의 접선방향)이 되도록, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향과를 결정한다.

[0219] 보충하면, P(1)에서의 상기 곡선 C의 접선방향과 R(0)에서의 상기 곡선 C의 접선방향은, 거의 동일하다고 생각되므로, 상기와 같이 결정되는 다음회 보용 지지 다리 좌표계에 위치와 방향의 세트는, 거의 자기의존 착지 허용 영역을 만족한다.

[0220] 이어서 S3208로 진행하고, 상기 곡선 C상에 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표 후보점 R(1)을 결정한다. 구체적으로는, 선분 P(1)R(1)이, 어떤 소정의 길이 L_{q1} 이 되도록, 상기 곡선 C상에 R(1)을 설정한다. 단, P(1)과 로봇(1)의 최종적인 이동 목적지와와의 거리가 상기 소정의 길이 L_{q1} 이하인 경우에는, 이 목적지에 R(1)을 설정한다. L_{q1} 은 L_{q0} 와 동일해도 좋지만, 다른 값으로 설정해도 좋다.

[0221] 이어서 S3210으로 진행하고, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 도 13의 S3012와 마찬가지로, 다음회 보용 지지 다리 좌표계에 대한 자기의존 착지 허용 영역(착지방향이 대표 후보점 R(1)에서의 상기 곡선 C의 접선방향인 자기의존 착지위치 허용 영역)의 점이고, 또한 대표 후보점 R(1)에 가장 가까운 점을 P(2)로 결정한다(도 23 참조).

- [0222] 이어서 S3212로 진행하고, 도 23에 도시하는 바와 같이, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치가 P(2)이고 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 X축방향이 대표점 P(2)에서의 상기 곡선의 접선방향(보다 정확하게는, 대표점 P(2)로부터 곡선 C에 내린 수선과 이 곡선 C의 교점에서의 곡선 C의 접선방향)이 되도록, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향을 결정한다.
- [0223] 이상이 제 2 실시형태에서의 S022의 궤도 유도 처리이다.
- [0224] 이어서, 제 2 실시형태에서의 도 9의 S034의 궤도 유도 보정 서브루틴의 처리를 그 처리의 플로차트인 도 24를 사용하여 설명한다.
- [0225] 우선, S3300에서, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 도 20의 S3100과 동일하게, 목표 ZMP가 허용범위를 넘은 분량 (e)을 구한다.
- [0226] 이어서 S3302로 진행하고, 제 1 실시형태의 도 20의 S3102와 동일하게, 상기 식1에 의해, R(0)를 구한다.
- [0227] 이어서 S3304부터 S3312까지, 도 21의 S3204부터 S3212까지의 처리와 동일한 처리를 실행한다.
- [0228] 또한, 이상에서 설명한 제 2 실시형태는, 상기 제 1 실시형태와 동일하게 본 발명의 제 1~제 9 발명의 실시형태이다.
- [0229] 다음에 본 발명의 제 3 실시형태를 도 25~도 27을 참조하여 설명한다. 제 3 실시형태에서는, 상기 도 9의 S022의 궤도 유도 처리 및 S034의 궤도 유도 보정처리 이외는, 제 1 실시형태와 동일하다. 따라서, 이하에서는, 제 3 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리와 S034의 궤도 유도 보정처리만을 설명한다.
- [0230] 도 25는, 제 3 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트이다.
- [0231] 제 3 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리를 상세하게 설명하면, 우선, S3400에서, 도 26에 도시하는 바와 같이, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 도 13의 S3000과 동일하게, 현재의 추정 지지 다리 좌표계의 대표점 P(0)와 목표 경로(목표 축적경로)를 기초로, 금회 단기 목표점 Q(0)를 결정한다.
- [0232] 이어서 S3402로 진행하고, 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 대한 자기의존 착지위치 허용 영역(착지방향이 선분 P(0)Q(0)의 방향인 자기의존 착지위치 허용 영역)을 넘지 않도록, 선분 P(0)Q(0)상에 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점 P(1)을 결정한다. 구체적으로는, 도 26에 도시하는 바와 같이, 자기의존 착지위치 허용 영역의 경계선과 선분 P(0)Q(0)의 교점에 P(1)을 설정한다. 자기의존 착지위치 허용 영역은 제 1 실시형태와 동일하게 설정된다.
- [0233] 이어서 S3404로 진행하고, 도 26에 도시하는 바와 같이, 상기 제 1 실시형태의 도 13의 S3006과 동일하게, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치가 P(1)이고, 또한 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 X축방향이 선분 P(0)Q(0)의 방향이 되도록, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향을 결정한다.
- [0234] 이어서 S3406으로 진행하고, 도 26에 도시하는 바와 같이, 상기 제 1 실시형태의 도 13의 S3008과 동일하게, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점 P(1)과 목표 경로(목표 축적경로)를 기초로, 다음회 단기 목표점Q(1)을 설정한다.
- [0235] 이어서 S3408로 진행하고, 다음회 보용 지지 다리 좌표계에 대한 자기의존 착지위치 허용 영역(착지방향이 선분 P(1)Q(1)의 방향인 자기의존 착지위치 허용 영역)을 넘지 않도록, 선분 P(1)Q(1)상에 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점 P(2)를 결정한다. 구체적으로는, 다음회 보용 지지 다리 좌표계에 대한 자기의존 착지위치 허용 영역의 경계선과 선분 P(1)Q(1)의 교점에 P(2)를 설정한다(도 26 참조). 또한, 도 26에서는 다음회 보용 지지 다리 좌표계에 대한 자기의존 착지위치 허용 영역은 도시를 생략하였다.
- [0236] 이어서 S3410으로 진행하고, 도 26에 도시하는 바와 같이, 상기 제 1 실시형태의 도 13의 S3014와 동일하게, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치가 P(2)이고, 또한 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 X축방향이 선분 P(1)Q(1)의 방향이 되도록, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향을 결정한다.
- [0237] 이상이 제 3 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리이다.
- [0238] 이어서, 제 3 실시형태에서의 도 9의 S034의 궤도 유도 보정 서브루틴의 처리를, 이 처리의 플로차트인 도 27을 사용하여 설명한다.

- [0239] 우선, S3500에서, 상기 제 1 실시형태의 도 20의 S3100과 동일하게, 목표 ZMP가 허용범위를 넘은 분량(e)을 구한다.
- [0240] 이어서 S3502로 진행하고, 상기 궤도 유도 서브루틴에서 구한 P(1)을 기초로, 다음 식3을 사용하여, 새로운 P(1)을 구한다.
- [0241]
$$P(1) = Ka * e + P(1) \quad \dots \text{식3}$$
- [0242] 이어서 S3504로부터 S3510까지를, 도 25의 S3404부터 S3410까지와 동일하게 실행한다.
- [0243] 상기과 같이, 제 3 실시형태의 궤도 유도 보정 서브루틴에서는, 목표 ZMP가 허용범위를 넘었으면, 넘지 않도록, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치(다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치)를 수정한다.
- [0244] 또한, 이상에서 설명한 제 3 실시형태는, 상기 제 1 실시형태와 동일하게, 본 발명의 제 1~제 9 발명의 실시형태이다.
- [0245] 다음에 본 발명의 제 4 실시형태를 도 28~도 30을 참조하여 설명한다. 제 4 실시형태에서는, 상기 도 9의 S022의 궤도 유도 처리 및 S034의 궤도 유도 보정처리 이외는, 제 1 실시형태와 동일하다. 따라서, 이하에서는, 제 4 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리와 S034의 궤도 유도 보정처리만을 설명한다.
- [0246] 도 28은, 제 4 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트이다.
- [0247] 이하에 제 4 실시예에서의 S022의 궤도 유도 처리를 도 28을 참조하여 상세하게 설명하면, 우선, S3600에서, 전회 제어 주기(보용의 전환차례인 제어 주기의 하나전의 제어 주기)에 결정되어 있는 제 1 선회 보용을 금회 보용에, 전회 제어 주기에 결정되어 있는 제 2 선회 보용을 다음회 보용이라고 한다. 바꾸어 말하면, 전회 보용의 생성 개시시에 결정한 정상 선회 보용(상기 도 12를 참조)의 제 1 선회 보용 및 제 2 선회 보용을 각각 금회 보용, 다음회 보용이라고 한다.
- [0248] 이어서, S3602로 진행하고, 현재의 추정 지지 다리 좌표계(보용의 전환차례의 제어 주기에서의 도 9의 S016에서 최종적으로 결정된 추정 지지 다리 좌표계)와, 상기 S3600에서 정한 금회 보용 및 다음회 보용을 기초로, 예상 다음회 착지위치 자세와 예상 다음다음회 착지위치 자세를 산출한다. 예상 다음회 착지위치 자세는, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세의 임시 값이고, 예상 다음다음회 착지위치 자세는, 다음회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세의 임시 값이다.
- [0249] 보다 구체적으로는, 금회 보용의 지지 다리 좌표계가, 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 일치하고 있다고 상정하고, 상기 도 12에 도시한 각 좌표계(상세하게는, 도 12의 다음회 보용 지지 다리 좌표계, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계, 및 다음다음다음회 보용 지지 다리 좌표계)의 관계를 만족하도록, 예상 다음회 착지위치 자세(금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 예상 착지위치·방향)과 예상 다음다음회 착지위치 자세(다음회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 예상 착지위치·방향)를 구한다. 도 29와 상기 도 12를 참조하여 더욱 상세하게 설명하면, 전회 보용에 대응하여 결정한 정상 선회 보용의 제 1 선회 보용의 지지 다리 좌표계(도 12중의 다음회 보용 지지 다리 좌표계)가 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 합치하고 있다고 상정한다. 그리고 현재의 추정 지지 다리 좌표계로부터 본, 예상 다음회 착지위치 자세에 대응하는 예상 다음회 지지 다리 좌표계(도 29 참조)의 위치 및 방향이, 전회 보용에 대응하는 정상 선회 보용에서의 제 1 선회 보용의 지지 다리 좌표계로부터 본 제 2 선회 보용의 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향(도 12중의 다음회 보용 지지 다리 좌표계로부터 본 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향)에 일치하도록 예상 다음회 착지위치 자세를 결정한다. 따라서, 도 29에 도시하는 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 대한 예상 다음회 지지 다리 좌표계의 상대적 위치 자세는, 도 12의 다음회 보용 지지 다리 좌표계(제 1 선회 보용의 지지 다리 좌표계)에 대한 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계(제 2 선회 보용의 지지 다리 좌표계)의 상대적 위치 자세와 동일하게 된다.
- [0250] 또한, 현재의 추정 지지 다리 좌표계로부터 본, 예상 다음다음회 착지위치 자세에 대응하는 예상 다음다음회 지지 다리 좌표계(도 29 참조)의 위치 및 방향이, 전회 보용에 대응하는 정상 선회 보용에서의 제 1 선회 보용의 지지 다리 좌표계로부터 본 다음 제 1 선회 보용의 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향(도 12중의 다음회 보용 지지 다리 좌표계로부터 본 다음다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향)에 일치하도록 예상 다음다음회 착지위치 자세를 결정한다. 따라서 도 29에 도시하는 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 대한 예상 다음다음회 지지 다리 좌표계의 상대적 위치 자세는, 도 12의 다음회 보용 지지 다리 좌표계(제 1 번째의 제 1 선회 보용의 지지 다리 좌표계)에 대한 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계(제 2 번째의 제 1 선회 보용의 지지 다리 좌

표계)의 상대적 위치 자세와 동일하게 된다.

- [0251] 이어서 S3604로 진행하고, 도 29에 도시하는, 예상 다음회 착지위치 자세의 목표 경로로부터의 위치 벗어남과 방향 벗어남이다, 예상 다음회 착지위치 벗어남과 예상 다음회 착지방향 벗어남을 산출한다. 예상 다음회 착지위치 벗어남은, 예상 다음회 착지위치 자세에 대응하는 족평 대표점으로부터 목표 경로까지 내린 수선의 길이(족평 대표점의 이 목표 경로와의 거리)이며, 예상 다음회 착지방향 벗어남은, 상기 수선과 목표 경로와의 교점에서의 목표 경로의 접선방향과, 예상 다음회 착지위치 자세에 대응하는 족평(22)(도면에서는 22R)의 방향(전후 방향의 방향)과 이루는 각도로 나타내어진다.
- [0252] 이어서 S3606으로 진행하고, 도 29에 도시하는, 예상 다음다음회 착지위치 자세의 경로로부터의 위치 벗어남과 방향 벗어남인, 예상 다음다음회 착지위치 벗어남과 예상 다음다음회 착지방향 벗어남을 산출한다. 이 산출은, 상기에 설명한 S3604와 동일하게 행해진다.
- [0253] 이어서 S3608로 진행하고, 상기 벗어남에 기초하여, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향을 결정한다.
- [0254] 예를 들면 식4, 식5, 식6 및 식7에 의해 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향의 수정량과 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향의 수정량을 결정하고, 그 수정량을, 각각 S3602에서 구한 예상 다음회 착지위치 자세에 대응하는 예상 다음회 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향, 예상 다음다음회 착지위치 자세에 대응하는 예상 다음다음회 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향에 가함으로써, 다음회 보용 지지 다리 좌표계, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계를 결정한다.
- [0255] 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치의 수정량
- [0256] = $K11 * \text{예상 다음회 착지위치 벗어남} + K12 * \text{예상 다음회 착지방향 벗어남}$
- [0257] + $K13 * \text{예상 다음다음회 착지위치 벗어남} + K14 * \text{예상 다음다음회 착지방향 벗어남}$
- [0258] ...식4
- [0259] 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 방향의 수정량
- [0260] = $K21F * \text{예상 다음회 착지위치 벗어남} + K22 * \text{예상 다음회 착지방향 벗어남}$
- [0261] + $K23 * \text{예상 다음다음회 착지위치 벗어남} + K24 * \text{예상 다음다음회 착지방향 벗어남}$
- [0262] ...식5
- [0263] 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치의 수정량
- [0264] = $K31 * \text{예상 다음회 착지위치 벗어남} + K32 * \text{예상 다음회 착지방향 벗어남}$
- [0265] + $K33 * \text{예상 다음다음회 착지위치 벗어남} + K34 * \text{예상 다음다음회 착지방향 벗어남}$
- [0266] ...식6
- [0267] 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 방향의 수정량
- [0268] = $K41F * \text{예상 다음회 착지위치 벗어남} + K42 * \text{예상 다음회 착지방향 벗어남}$
- [0269] + $K43 * \text{예상 다음다음회 착지위치 벗어남} + K44 * \text{예상 다음다음회 착지방향 벗어남}$
- [0270] ...식7
- [0271] S3608에서는, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향 중 적어도 어느 하나를 수정하는 것만으로도 좋다.
- [0272] 이상이 제 4 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리이다.
- [0273] 이어서, 제 4 실시형태에서의 도 9의 S034의 궤도 유도 보정 서브루틴의 처리를, 이 처리의 플로차트인 도 30을 사용하여 설명한다.
- [0274] 우선, S3700에서, 상기 제 1 실시형태의 도 20의 S3100과 같이 목표 ZMP가 허용범위를 넘은 분량(e)을 구한다.

- [0275] 이어서 S3702로 진행하고, 어떤 소정의 계수 Ka 에 e 를 곱한 양만큼, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치를 수정한다.
- [0276] 또한, 이상에서 설명한 제 4 실시형태는, 본 발명의 제 10 발명~제 14 발명의 1실시형태이며, 상기 보용 생성 처리, 자기 위치 자세추정 처리가 각각 목표 보용 결정 수단, 족평 착지위치·방향 추정 수단에 대응하고 있다. 또, 상기 궤도 유도 처리 및 궤도 유도 보정처리가 그것들을 합하여, 족평 목표 착지위치·방향 가결정 수단 및 족평 목표 착지위치·방향 수정 수단에 대응하고 있다.
- [0277] 다음에 본 발명의 제 5 실시형태를 도 31~도 35를 참조하여 설명한다. 제 5 실시형태에서는, 상기 도 9의 S022의 궤도 유도 처리 및 S034의 궤도 유도 보정처리 이외는, 제 1 실시형태와 동일하다. 따라서 이하에서는 제 5 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리와 S034의 궤도 유도 보정처리만을 설명한다.
- [0278] 제 5 실시형태는, 징검돌의 위를 걷는 등, 미착지 다리 족평(22)의 착지위치의 허용범위가 한정되어 있는 경우에 대응하는 실시형태이다.
- [0279] 제 4 실시형태까지는, 로봇(1)의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치의 위치 벗어남으로서는, 기본적으로는, 목표 경로의 법선방향만을 고려하면 좋았지만, 징검돌의 위를 보행하는 경우 등과 같이, 미착지 다리 족평(22)의 착지위치가 지정되는 경우에는, 그 착지위치의 위치 벗어남으로서는, 전후좌우 양방향의 벗어남을 고려할 필요가 있다.
- [0280] 도 31은, 제 5 실시형태에서의 S022의 궤도 유도 처리이다.
- [0281] 이하에 제 5 실시형태에서의 S022의 궤도 유도 처리를 도 31을 참조하여 상세하게 설명하면, 우선, S3800에서, 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위와 환경의존 다음다음회 착지위치 방향 허용범위를 결정한다. 또한, 이 처리는, 본 실시형태에서는 도 6의 이동 계획부(222)에 의해 행해지고, 그 결정된 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위와 환경의존 다음다음회 착지방향 허용범위가 상기 궤도 유도부(220)에 주어지고, 이 궤도 유도부(220)에 의해 후술하는 S3802의 처리가 실행된다.
- [0282] 상기 S3800에서 결정하는 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위는, 도 32에 도시하는 바와 같이, 환경의존 다음회 착지시 족평 대표점위치 허용범위(도 32의 굵은선 범위내)와 환경의존 다음회 착지방향 허용범위로 이루어진다. 또한, 환경의존 다음회 착지시 족평 대표점위치 허용범위와 환경의존 다음회 착지방향 허용범위를 독립적으로 설정할 수 없는 상황의 경우에는, 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위는, 환경의존 다음회 착지시 족평 대표점위치와 환경의존 다음회 착지방향의 조합의 허용범위로 하면 좋다. 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위는, 미리 맵핑하여 기억해 두어도 좋지만, 징검돌 등의 환경 정보로부터 그때마다 결정해도 좋다. 환경의존 다음다음회 착지위치방향 허용범위도, 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위와 동일하게 설정된다.
- [0283] 이어서, S3802로 진행하고, 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위, 환경의존 다음다음회 착지위치 방향 허용범위, 및 로봇(1)자신의 기구적 제약조건인 상기 자기의존 착지 허용 영역(상기 제 1 실시형태에서 도 18, 도 19 등을 참조하여 설명한 착지 허용 영역)을 모두 만족하도록, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향, 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향을 결정한다.
- [0284] 이 S3802의 처리를 도 33의 플로차트를 참조하여 더욱 설명한다. 우선, S3850에서, 다음회 착지위치 방향(다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치와 이 좌표계의 방향)을 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위내에서 또한 현재의 추정 지지 다리 좌표계에 대응하는 자기의존 착지 허용 영역(다음회 착지위치방향의 자기의존 착지 허용 영역)내에서 가결정한다. 구체적으로는, 그것들의 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위와 자기의존 착지 허용 영역과의 공통 영역(위치와 방향의 세트의 공통 영역)내에서, 이 공통 영역의 중앙에 다음회 착지위치 방향을 가결정한다.
- [0285] 이어서, S3852에 진행하고, 상기와 같이 가결정한 다음회 착지위치 방향(다음다음회 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치 및 족평 착지방향)을 기초로, 다음다음회 착지위치 방향의 자기의존 착지 허용 영역을 구한다.
- [0286] 이어서 S3854로 진행하고, 다음다음회 착지위치 방향의 자기의존 착지 허용 영역과 환경의존 다음다음회 착지위치 방향 허용범위와의 공통 영역이 있을 지 아닌지를 판단한다.
- [0287] 이 판단 결과가 YES인 경우에는, S3856으로 진행하고, 다음다음회 착지위치 방향의 자기의존 착지 허용 영역과 환경의존 다음다음회 착지위치 방향 허용범위와의 공통 영역내에 다음다음회 착지위치 방향(다음다음회 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치 및 이 좌표계의 방향)을 결정한다. 이 경우, 다음다음회 착지위치 방향은, 공통 영

역내의 거의 중앙의 위치 및 방향에 결정된다. 이에 따라 다음회 보용 지지 다리 좌표계, 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향이 결정되어, 도 31의 S3802의 처리가 종료한다.

- [0288] 한편, S3854의 판단 결과가 NO일 경우에는, S3858로 진행하고, 다음다음회 착지위치 방향의 자기의존 착지 허용 영역이 환경의존 다음다음회 착지위치 방향 허용범위에 근접하도록(그것들이 공통 영역을 갖도록), 현재 결정되어 있는 다음회 착지위치 방향중의 위치 및 방향중 적어도 어느 하나(다음회 보용 지지 다리 좌표계의 대표점의 위치 및 이 좌표계의 방향중 적어도 어느 하나)를 수정한다. 예를 들면, 도 34의 좌측 도면에 도시하는 바와 같이 다음다음회 착지위치 방향의 자기의존 착지 허용 영역과 환경의존 다음다음회 착지위치 방향 허용범위가 공통 영역이 존재하지 않았을 경우에는, 동도면의 우측 도면에 도시하는 바와 같이, 다음회 착지위치 방향을 수정한다. 또한, 당해 다음회 착지위치 방향의 수정은, 다음회 착지위치 방향의 자기의존 착지 허용 영역과 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위의 공통 영역내에서 행해진다.
- [0289] 이어서, S3860을 거쳐서 S3852로부터의 처리가 다시 실행된다. 이것에 의해, 최종적으로 S3856을 거쳐, 다음회 보용 지지 다리 좌표계, 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치 및 방향이 결정되고, 도 31의 S3802의 처리가 종료된다.
- [0290] 이상이 제 5 실시형태에서의 도 9의 S022의 궤도 유도 처리이다.
- [0291] 이어서, 제 5 실시형태에서의 도 9의 S034의 궤도 유도 보정 서브루틴의 처리를, 이 처리의 플로차트인 도 35를 사용하여 설명한다.
- [0292] 우선, S3900에서, 상기 제 1 실시형태의 도 20의 S3100과 동일하게, 목표 ZMP가 허용범위를 넘은 분량(e)을 구한다.
- [0293] 이어서 S3902로 진행하고, 어떤 소정의 계수 Ka에 e를 곱한 양 만큼, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치를 수정한다.
- [0294] 이어서 S3904로 진행하고, 수정한 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치가 환경의존 다음회 착지위치 방향 허용범위, 환경의존 다음다음회 착지위치 방향 허용범위 및 자기의존 착지 허용 영역중 어느 하나를 만족하지 못하는 경우에는, 최소의 수정량으로, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 향하고, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향중 어느 하나를 수정한다.
- [0295] 즉, S3902에서 결정한 값으로부터 가능하면 멀어지지 않도록, 다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향중 어느 하나를 수정한다.
- [0296] 또한, 이상에서 설명한 제 5 실시형태는, 본 발명의 제 15 발명~제 27 발명의 1실시형태이다. 상기 보용 생성 처리, 자기 위치 자세추정 처리가 각각 목표 보용 결정 수단, 족평 착지위치·방향 결정 수단에 대응하고, 궤도 유도 처리 및 궤도 유도 보정처리가 그것들을 합하여, 착지 허용범위 설정 수단, 족평 목표 착지위치·방향 결정 수단에 대응하고 있다.
- [0297] 다음에 본 발명의 제 6 실시형태를 도 36을 참조하여 설명한다. 도 36은 제 6 실시형태에서의 궤도계획 처리(로봇의 족적결정 처리)이다. 이 처리는, 상기 도 6에 도시하는 상기 이동 계획부(222)에서 실행된다.
- [0298] 제 6 실시형태에서는, 이동 계획부(222)의 처리 이외는, 제 1 실시형태와 동일하다.
- [0299] 도 36을 사용하여 제 6 실시형태에서의 궤도계획 처리를 설명하면 우선, S4000에서 초기화를 행한다. 구체적으로는, 현재 지지 다리 좌표계를 제 0보 지지 다리 좌표계에 대입하고, 보수 카운터 nn을 0으로 한다. 또, 목표 보용을 초기화한다. 목표 보용의 초기 상태는, 통상, 로봇(1)의 직립 상태의 보용으로 한다.
- [0300] 이어서 S4002에 진행하고, 미리 정해진 목적지와 지도정보로부터 목표 경로(목표 족적경로)를 결정한다.
- [0301] 이어서 S4004를 거쳐서 S4006으로 진행하고, 도 13의 궤도 유도 서브루틴(제 1 실시형태에서의 궤도 유도 서브루틴)을 실행한다. 단, 궤도 유도 서브루틴에서는, 동일 서브루틴 처리에서의 추정 지지 다리 좌표계를 제 nn 지지 다리 좌표계로, 다음회 보용 지지 다리 좌표계를 제 nn+1 지지 다리 좌표계로, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계를 제 nn+2 지지 다리 좌표계로 바꿔 놓고, 이 서브루틴 처리를 실행한다.
- [0302] 이어서 S4008부터 S4020까지, 도 9의 S024부터 S036과 동일하게 실행된다.
- [0303] S4016의 판단 결과(목표 ZMP가 허용범위에 존재하는지 아닌지의 판단 결과)가 NO일 경우에는, S4018로 진행하고, 상기 도 20에 도시한 궤도 유도 보정 서브루틴을 실행하고, 이어서 S4020을 거쳐서 S4008로

돌아간다. 단, 궤도 유도 보정 서브루틴에서는, S4006의 궤도 유도 서브루틴의 경우와 같이, 궤도 유도 보정 서브루틴 처리에서의 추정 지지 다리 좌표계를 제 mn 지지 다리 좌표계로, 다음회 보용 지지 다리 좌표계를 제 $mn+1$ 지지 다리 좌표계로, 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계를 제 $mn+2$ 지지 다리 좌표계로 바꿔 놓고, 이 서브루틴 처리를 실행한다.

- [0304] S4016의 판단 결과가 YES인 경우에는, S4022로 진행하고, 로봇(1)의 최종적인 이동 목적지에 도달할 때까지의 목표궤도가 생성되었는지 아닌지를 판정한다.
- [0305] S4022의 판정 결과가 YES일 경우에는, 이것으로써 궤도계획 처리를 종료한다.
- [0306] S4022의 판단 결과가 NO일 경우에는, 보수 카운터 mn 을 1만큼 증가시키고, S4006으로 돌아간다.
- [0307] 이상어, 제 6 실시형태에서의 궤도계획 처리이다. 이 처리가 로봇(1)의 이동전에 실행되고, 이 처리 결과가, 보용 생성 장치(200)에 넘겨진다.
- [0308] 또한, 이상 설명한 제 6 실시형태는, 제 28 발명~제 34 발명의 1실시형태이다. 도 36의 플로차트의 처리에 의해 제 28 발명~제 34 발명의 각 수단이 구성된다.
- [0309] 상기 제 6 실시예에서는, 로봇(1)의 이동전에, 궤도계획 처리에 의해, 목표 ZMP의 허용범위 및 자기의존 착지 허용 영역이 만족되므로, 보용 생성 장치(200)에서는, 도 9의 S022의 처리를 생략하고, 상기 이동 계획부(222)에서 결정한 지지 다리 좌표계의 열을 차례 차례로 다음회 지지 다리 좌표계 및 다음다음회 지지 다리 좌표계에 대입하는 것 만으로도 좋다. 또한, 도 36의 S4006의 궤도 유도 서브루틴 및 S4018의 궤도 유도 보정 서브루틴의 처리에서는, 상기 제 1 실시형태에서 설명한 것 이외에, 제 2~제 4 실시형태에서 설명한 처리를 실행하도록 해도 좋다. 또, 징검돌 환경하에서의 로봇(1)의 이동을 행하게 하는 경우에 대응하는 로봇(1)의 족적을 결정하는 경우에는, S4006의 궤도 유도 서브루틴 및 S4018의 궤도 유도 보정 서브루틴의 처리에서, 상기 제 5 실시형태에서 설명한 처리를 실행하도록 해도 좋다. 이에 따라 본 발명의 제 35~제 41 발명의 1실시형태가 구성되게 된다. 이 경우에는, 로봇(1)의 이동전에, 궤도계획 처리에 의해, 목표 ZMP의 허용범위 및 자기의존 착지 허용 영역뿐만 아니라, 환경의존 착지위치방향 허용범위가 만족되므로, 로봇(1)의 실제의 이동시에는, 상기 제 5 실시형태에서의 도 9의 S022의 처리를 생략해도 좋다.
- [0310] 상기로부터, 제 6 실시형태에서는, 이동전에 궤도 유도 처리의 일부가 실행되고 있다고 해석할 수도 있다.
- [0311] 또, 상기 각 실시형태에서, 이동중에 새롭게 발견된 장애물 등을 피하면서 목적위치까지 이동하는 경우에는, 현재의 추정 지지 다리 좌표계의 위치 자세에 따라, 현재 추정 지지 다리 좌표계의 위치 자세로부터 장애물 등을 피하여 목적지로 이동하는 목표 경로를 만들어내도 좋다.
- [0312] 또, 상기와 같이 족평 대표점(지지 다리 좌표계의 대표점)을 지지 다리 족평(22)으로부터 타방의 족평(22) 쪽으로 벗어난 위치에 설정하는 대신에, 각 족평(22)의 족평 대표점을 족평(22)중의 좌우의 중앙에 설정하고, 상기한 각 실시형태의 목표 경로로부터 조금 떨어진 위치에 좌측 다리용 목표 경로(좌측 족평의 목표 족적경로)와 우측 다리용 목표 경로(우측 족평의 목표 족적경로)를 설정하고, 각 족평 대표점이 각각 대응하는 목표 족적경로에 접근하도록, 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세를 결정해도 좋다. 도 37에, 상기 제 2 실시형태에 대해, 좌우의 각 족평(22)마다 상기와 같이 목표 경로를 설정한 경우의 예(제 7 실시형태)를 도시한다. 다른 실시예에 대해서도, 동일하게 변경해도 좋다.
- [0313] 비행체의 궤도 유도나 무인 반송차의 궤도 유도와 같이, 추정 상체위치 자세가 목표 상체위치 자세에 추종하도록, 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세를 변경하는 방식도 고려된다. 단, 직선이동하는 경우라도, 동력학적 평형 조건을 만족하기 위해서, 목표 상체위치는, 전후 좌우로 흔들리므로, 목표 상체위치의 순간적인 이동 방향이 장기적인 이동 방향과는 일치하지 않는다. 또, 목표 보용을 수정하면 목표 상체위치 자세도 변화되기 때문에, 즉, 목표 상체위치 자세는 현재의 보행 상태에도 의존하기 때문에, 이 목표 상체위치 자세의 궤도는, 글로벌 좌표계상에 절대적으로 설정할 수 있는 목표궤도로는 되지 않는다. 따라서, 이 방식에서는, 그것들의 문제를 해소하기 위해서, 상체(3)가 전후 좌우로 흔들리는 분량을 캔슬하여 장기적인 상체(3)의 이동 방향을 도출하는 등의 극히 복잡한 처리가 필요하게 된다.
- [0314] 목표 경로로서는, 기억하고 있는 지도정보에 기초하여 설정한 경로이외에, 바닥 등에 설치된 마커, 바닥에 그려진 백선, 통전선, 안테나, 벽으로부터 소정의 거리 떨어진 점의 집합으로 이루어지는 경로(벽을 따른 이동을 포함)여도 좋다.
- [0315] 추정 자기 위치의 표기로서는, 글로벌 좌표계상의 위치가 아니어도, 바닥에 그려진 백선이나 벽으로부터의 거리

등과 같이, 환경과의 상대 위치 관계여도 좋다.

- [0316] 보용의 전화차레 이외라도 궤도 유도 처리를 실행하여, 착지위치 자세 등의 보용 패러미터를 수정해도 좋다. 단, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치는, 착지 직적이 되면 거의 변경할 수 없게 되므로, 이 경우에는, 주로 다음회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치를 변경하도록 한다. 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세의 변경이 시간에 맞지 않을 경우에는, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세는 수정하지 않고, 다음회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세만 수정하는 것이 바람직하다.
- [0317] 또한, 금회 보용의 미착지 다리 족평(22)의 착지위치 자세의 수정이 시간에 맞지 않을 경우란, 프로그램상, 목표 ZMP 궤도 또는 미착지 다리 족평궤도를 변경할 수 없는 경우, 또는, 목표 착지위치를 변경하면, 족평의 가속도 패턴, 관절속도, 힘(토크) 또는 목표 ZMP 궤도가 한계를 넘는 등, 로봇의 물리적 한계를 넘어서 수정되는 경우를 가리킨다.
- [0318] 상기 궤도 유도 서브루틴에서 구한 다음회 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향을 궤도 유도 보정 서브루틴에서 변경하는 경우, 상기 각 실시형태의 궤도 유도 보정 서브루틴을 사용하는 대신에, 상기 궤도 유도 서브루틴을 사용하여, 상기 소정의 길이 $Lr0$, $Lr1$, $Lq0$ 및 $Lq1$ 중 적어도 어느 하나를 다시 설정하여(통상, $Lq0$, $Lq1$ 은 길게 하고, $Lr0$, $Lr1$ 은 짧게 하여), 다음회 및 다음다음회 보용 지지 다리 좌표계의 위치와 방향을 재결정시켜도 좋다.
- [0319] 이상과 같이, 본 발명의 각 실시형태는, 기본적으로는, 상체(3)의 흔들림의 영향을 거의 받지 않는 족평(22)의 착지위치 자세(방향)를 기초로 목표 보용을 결정하므로, 목표 경로에 대한 추종 정밀도와 추종 응답성이 높은 궤도 유도를 할 수 있다.
- [0320] 또, 제 1~제 5 실시형태 또는 제 7 실시예에서는
- [0321] 1) 목표 경로에 대한 추종 정밀도와 추종 응답성이 높은 궤도유도(경로 유도)를 할 수 있다.
- [0322] 2) 다리체(2)끼리의 간섭 등 로봇 자신의 구조에 기인하는 운동의 제약조건을 만족한 궤도 유도(경로 유도)를 할 수 있다.
- [0323] 3) 안정 여유를 높게 유지한 궤도 유도(경로 유도)를 할 수 있다. 또한, 제 6 실시예에서는,
- [0324] 4) 다리체(2)끼리의 간섭 등 로봇 자신의 구조에 기인하는 운동의 제약조건을 만족한 이동 계획을 세울 수 있다.
- [0325] 5) 안정 여유를 높게 유지한 이동 계획을 세울 수 있다.

산업상 이용 가능성

- [0326] 이상과 같이 본 발명은, 2족이동 로봇 등의 다리식 이동 로봇을 소요의 목표 경로에 따르게 하도록 이동시키거나, 또는, 징검돌 등, 족평의 착지위치 등이 제한되는 환경하에서 로봇을 이동시키거나 하는 경우에, 그 이동을 원활하게 행하게 할 수 것으로서 유용하다.

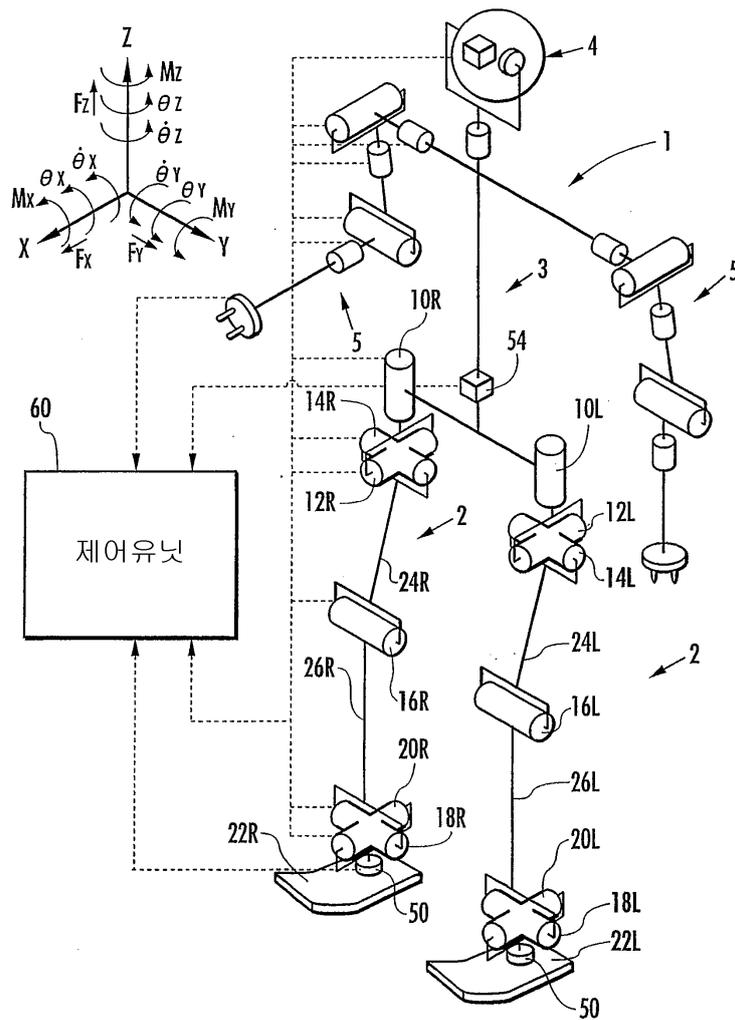
도면의 간단한 설명

- [0073] 도 1은, 본 발명의 실시형태에서의 다리식 이동 로봇로서의 2족이동 로봇의 전체적 구성의 개략을 도시하는 개략도, 도 2는 도 1의 각 다리체의 족평부의 구성을 개략적으로 도시하는 개략도, 도 3 및 도 4는 각각 각 다리체의 족평부의 상세 구성을 도시하는 측면에서 본 단면도 및 저면도, 도 5는 도 1의 로봇에 구비한 제어 유닛의 구성을 도시하는 블록도, 도 6은 도 5의 제어 유닛의 기능적 구성을 도시하는 블록도이다. 도 7은 로봇의 주행 보용을 도시하는 설명도, 도 8(a), (b)는 각각 목표 보용의 상반력 연직성분, 목표 ZMP의 설정 예를 도시하는 그래프, 도 9는 제 1 실시형태에서의 제어 유닛의 주요부의 처리를 도시하는 플로차트, 도 10은 도 9의 플로차트의 자기 위치 자세추정 처리를 도시하는 플로차트, 도 11은 도 9의 플로차트의 자기 위치 자세추정 처리를 설명하기 위한 도면, 도 12는 도 9의 플로차트의 처리에서 결정하는 정상 선회 보용에 관한 설명도, 도 13은 도 9의 플로차트의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트, 도 14~도 19는 궤도 유도 처리를 설명하기 위한 도면, 도 20은 도 9의 플로차트의 궤도 유도 보정처리를 도시하는 플로차트이다. 도 21은 제 2 실시형태에서의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트, 도 22 및 도 23은 제 2 실시형태의 궤도 유도 처리를 설명하기 위한 도면, 도 24는 제 2 실시형태의 궤도 유도 보정처리를 도시하는 플로차트이다. 도 25는 제 3 실시형태에서의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트, 도 26은 제 3 실시형태의 궤도 유도 처리를 설명하기 위한 도면, 도 27은 제 3 실시형태

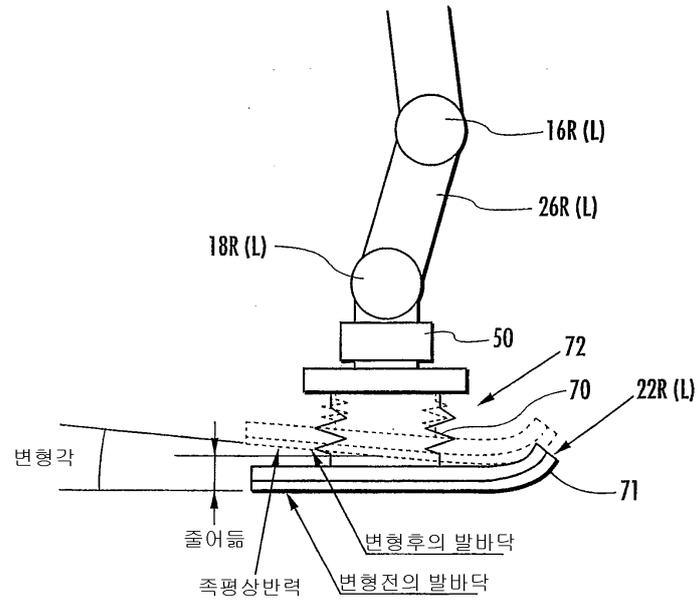
의 궤도 유도 보정처리를 도시하는 플로차트이다. 도 28은 제 4 실시형태의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트, 도 29는 제 4 실시형태의 궤도 유도 처리를 설명하기 위한 도면, 도 30은 제 4 실시형태의 궤도 유도 보정 처리를 도시하는 플로차트이다. 도 31은 제 5 실시형태의 궤도 유도 처리를 도시하는 플로차트, 도 32는 제 5 실시형태의 궤도 유도 처리를 설명하기 위한 도면, 도 33 및 도 34는 각각 도 31의 플로차트의 주요부 처리를 상세하게 도시하는 플로차트 및 그 주요부 처리의 설명도, 도 35는 제 5 실시형태의 궤도 유도 보정처리를 도시하는 플로차트이다. 도 36은 제 7 실시형태에 관계되는 축적결정 처리를 도시하는 플로차트이다. 도 37은 목표 경로의 다른 예를 설명하기 위한 도면이다.

도면

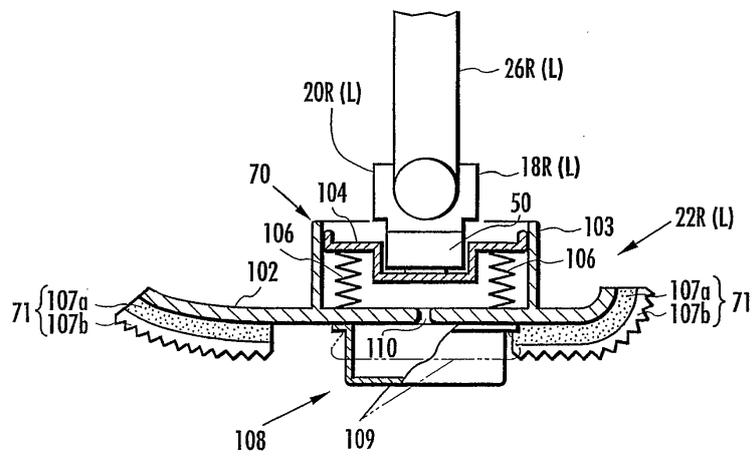
도면1



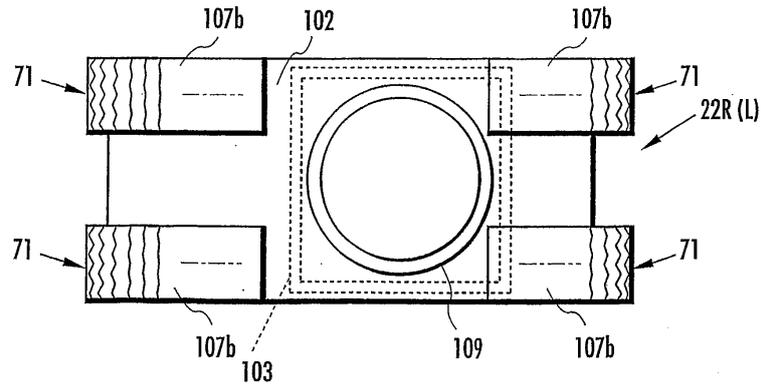
도면2



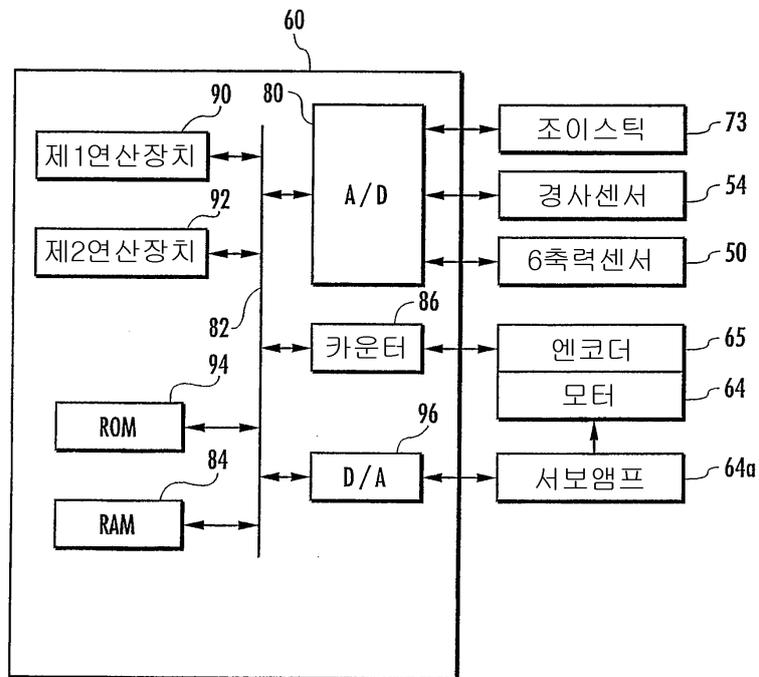
도면3



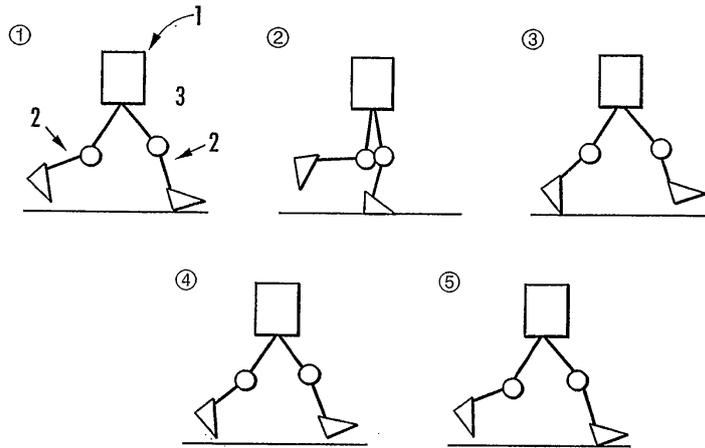
도면4



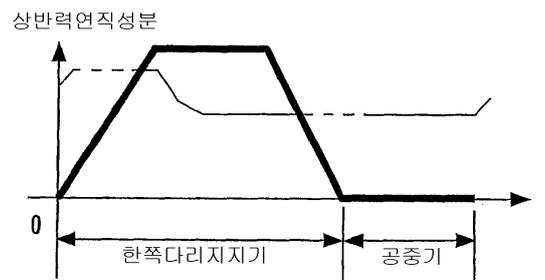
도면5



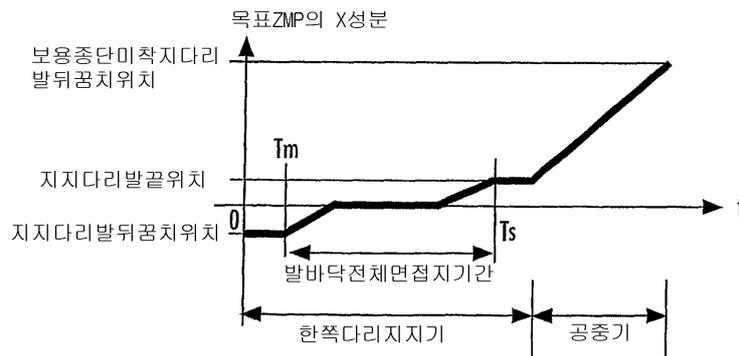
도면7



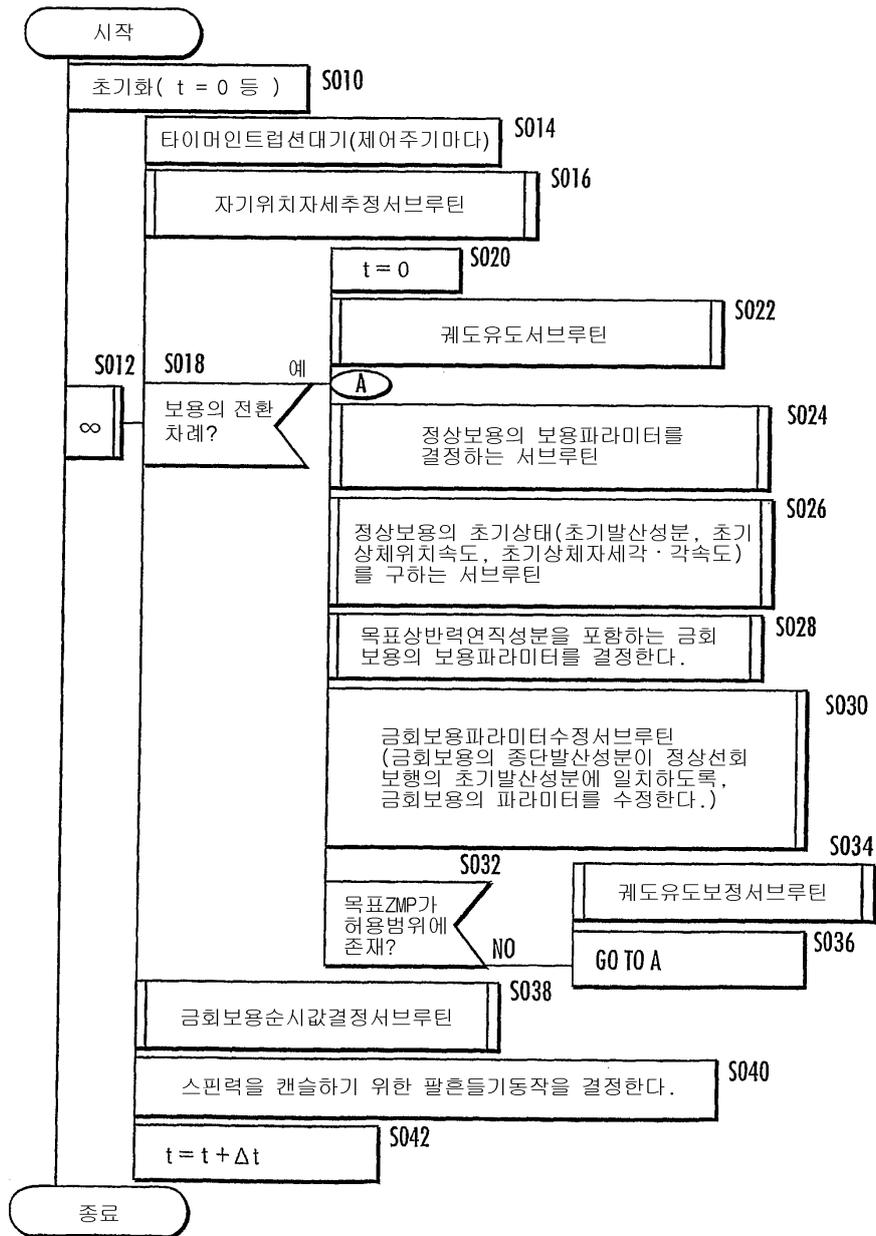
도면8a



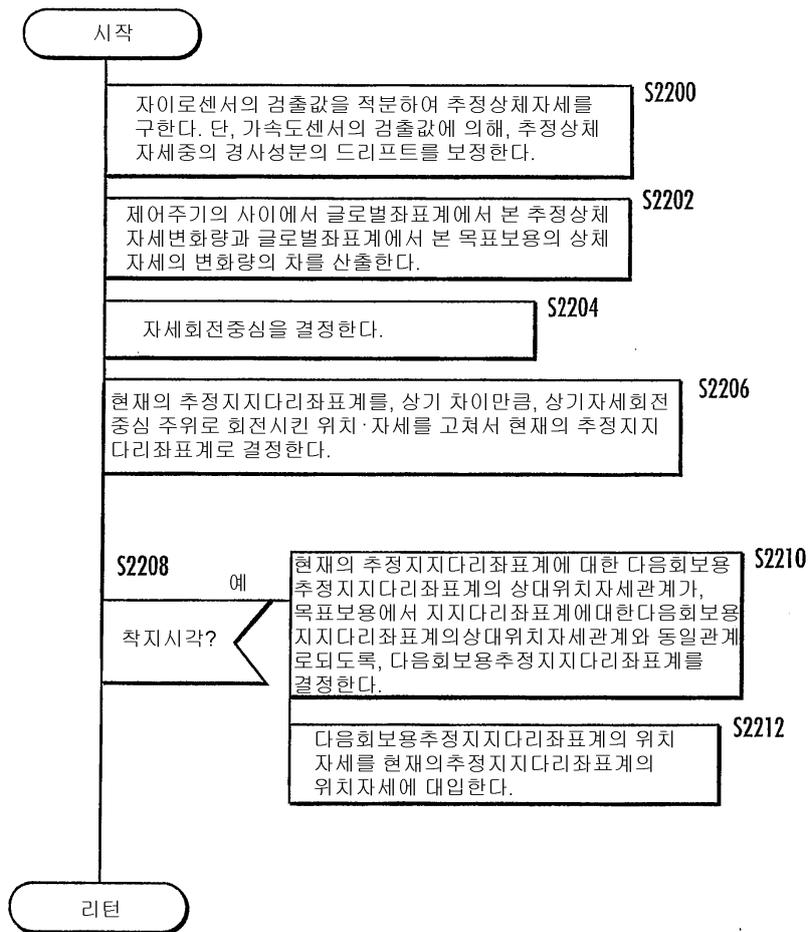
도면8b



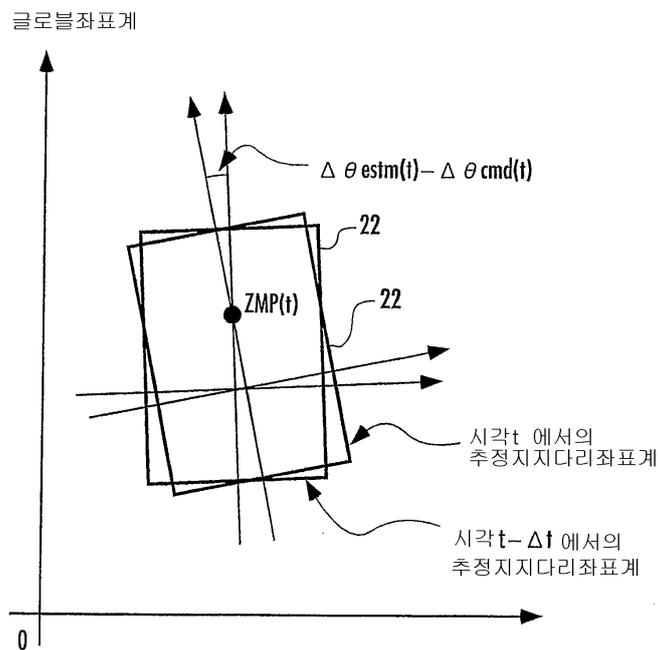
도면9



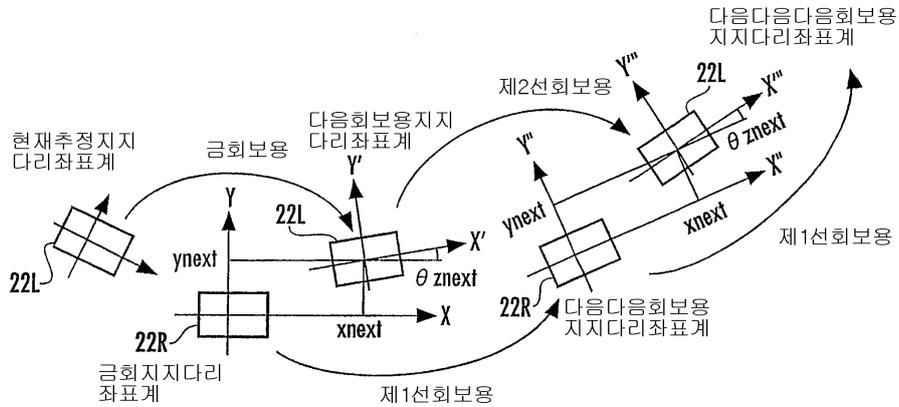
도면10



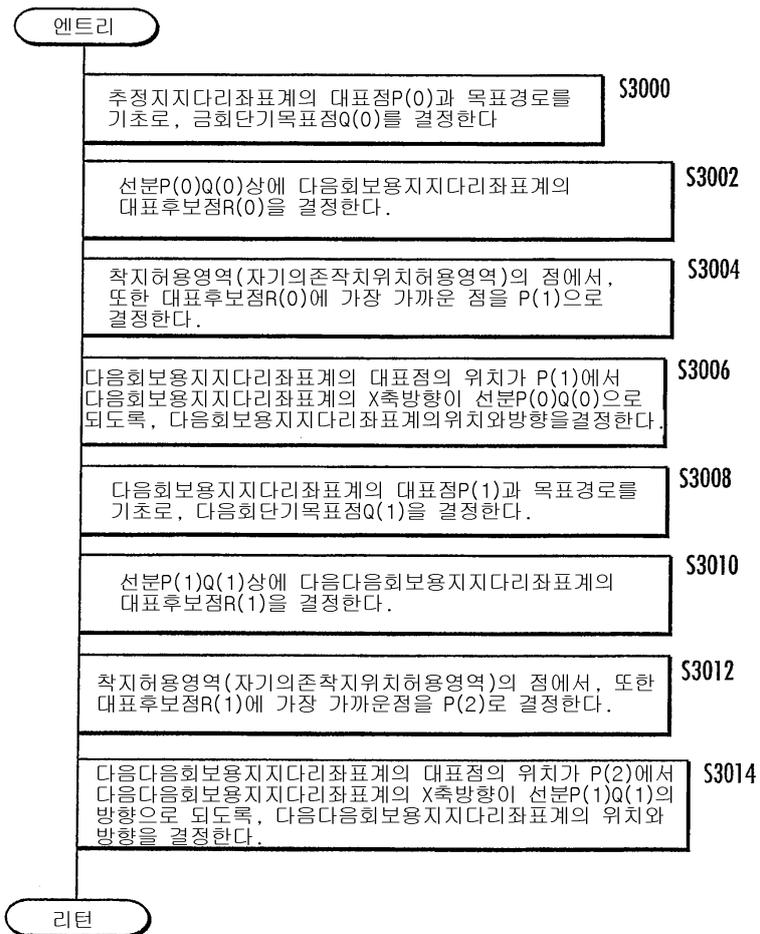
도면11



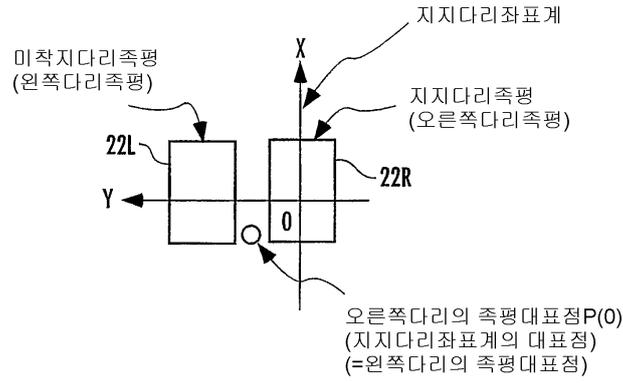
도면12



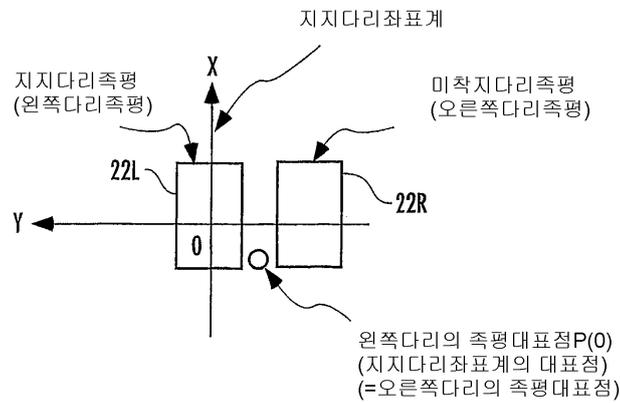
도면13



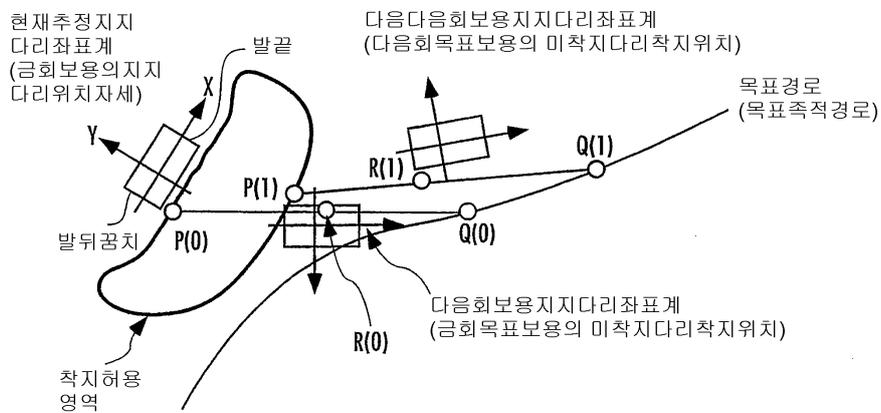
도면14



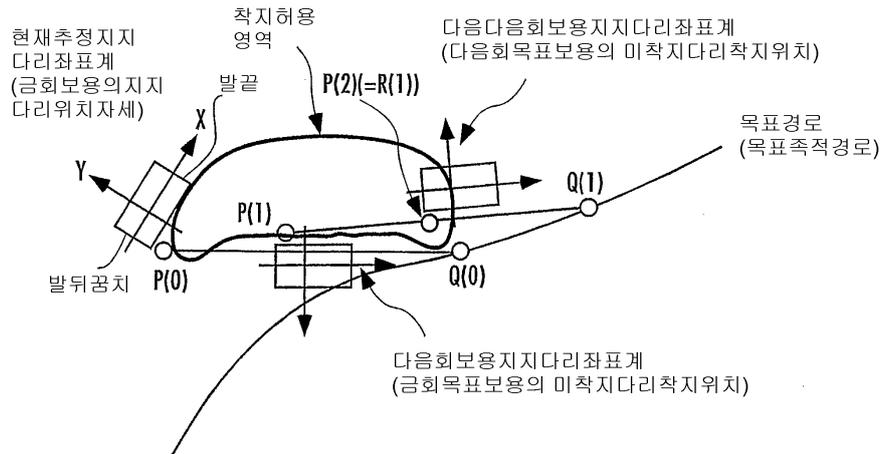
도면15



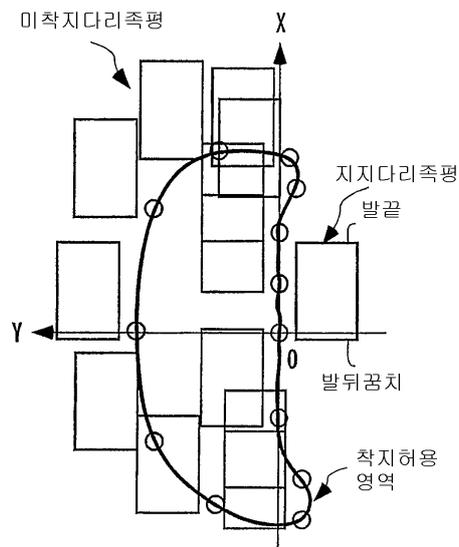
도면16



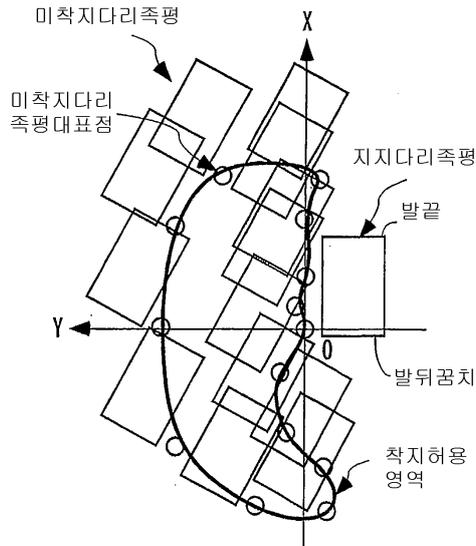
도면17



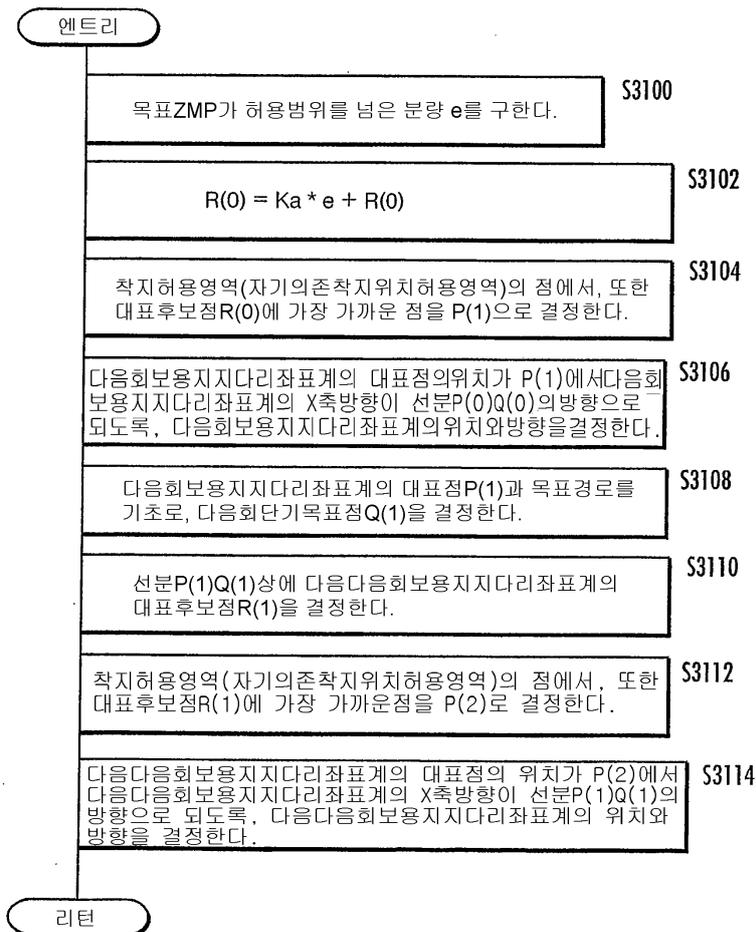
도면18



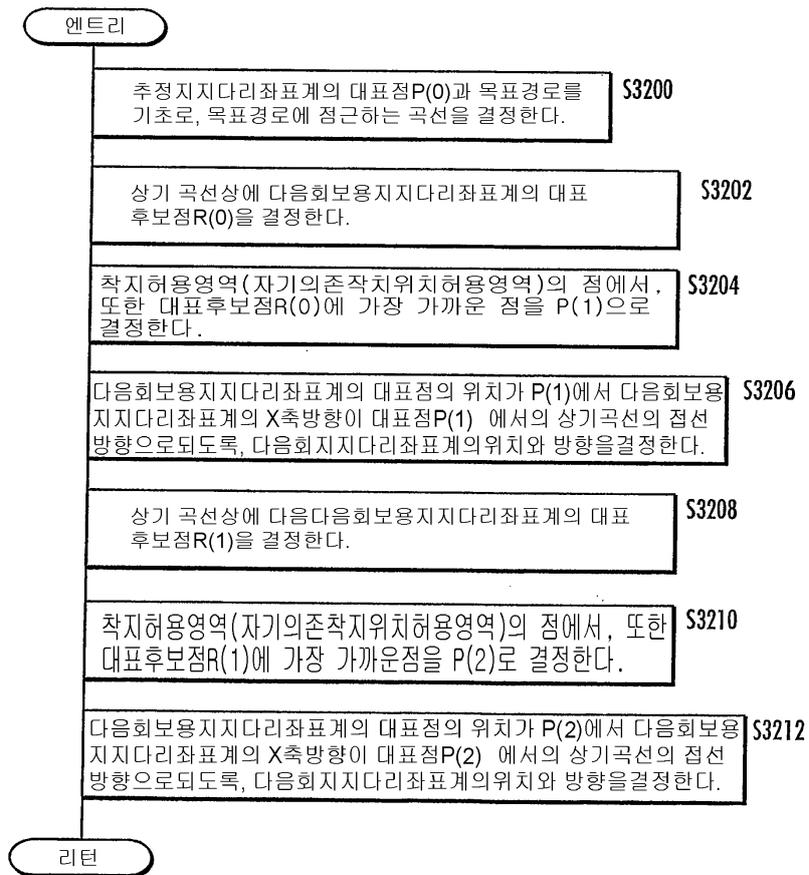
도면19



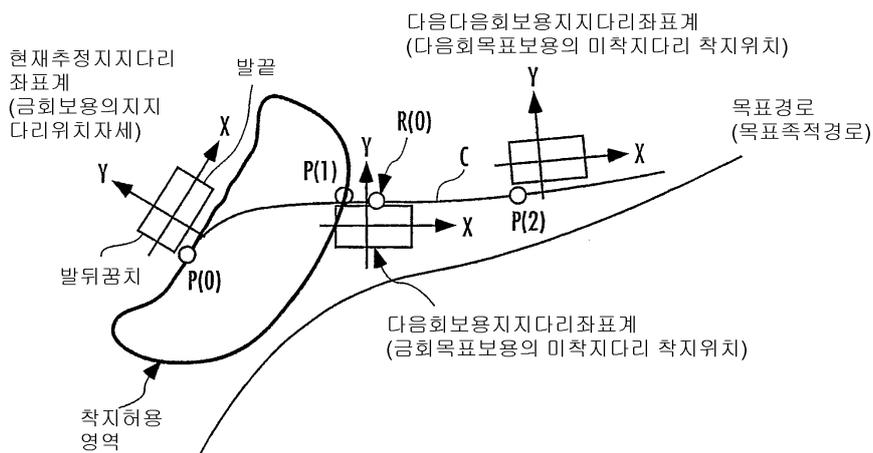
도면20



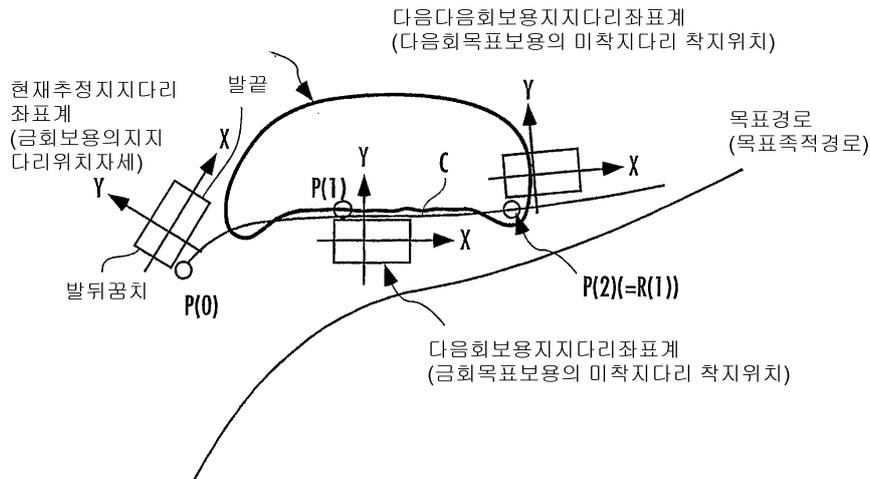
도면21



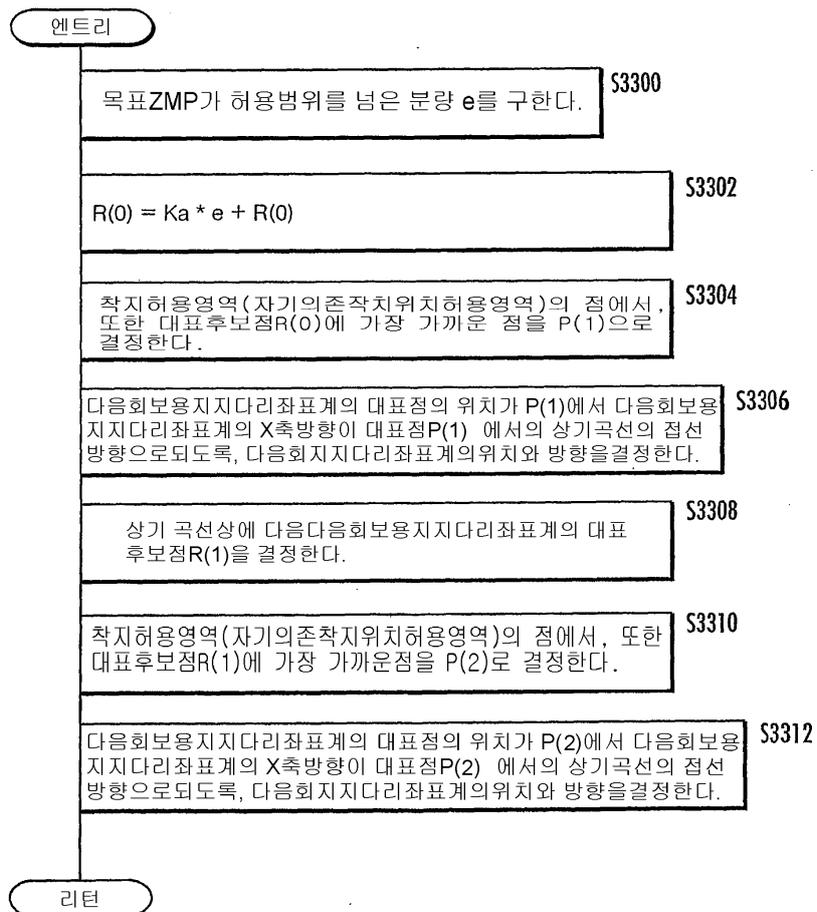
도면22



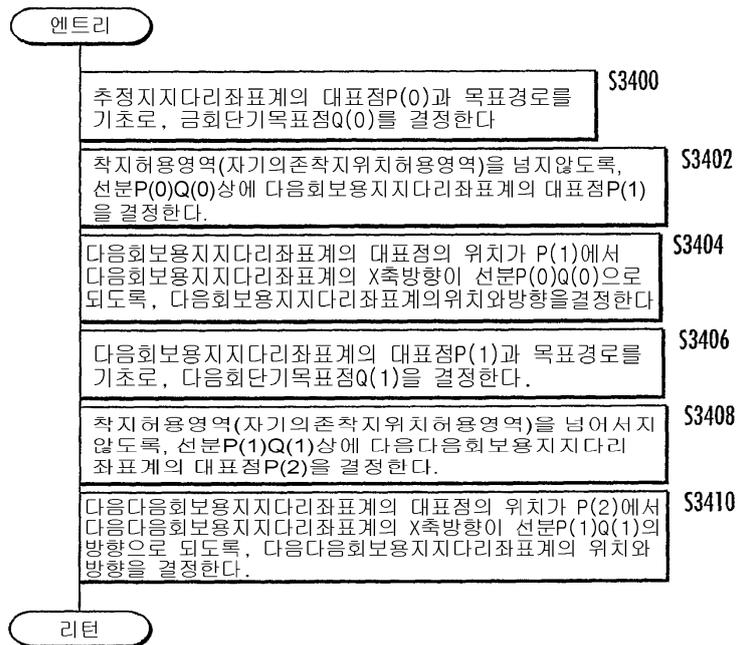
도면23



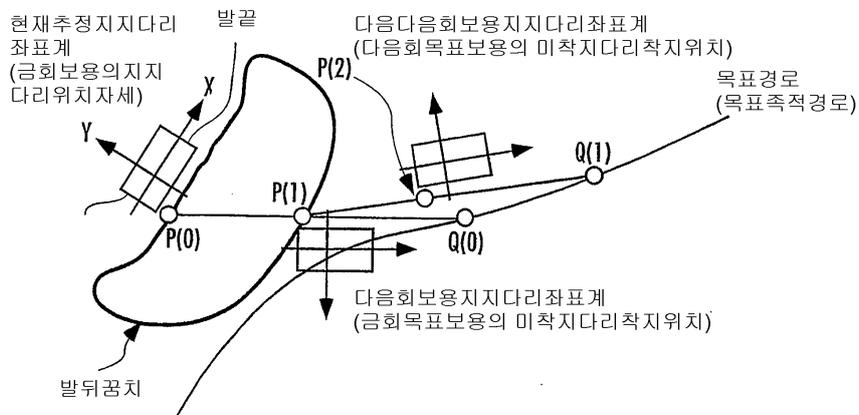
도면24



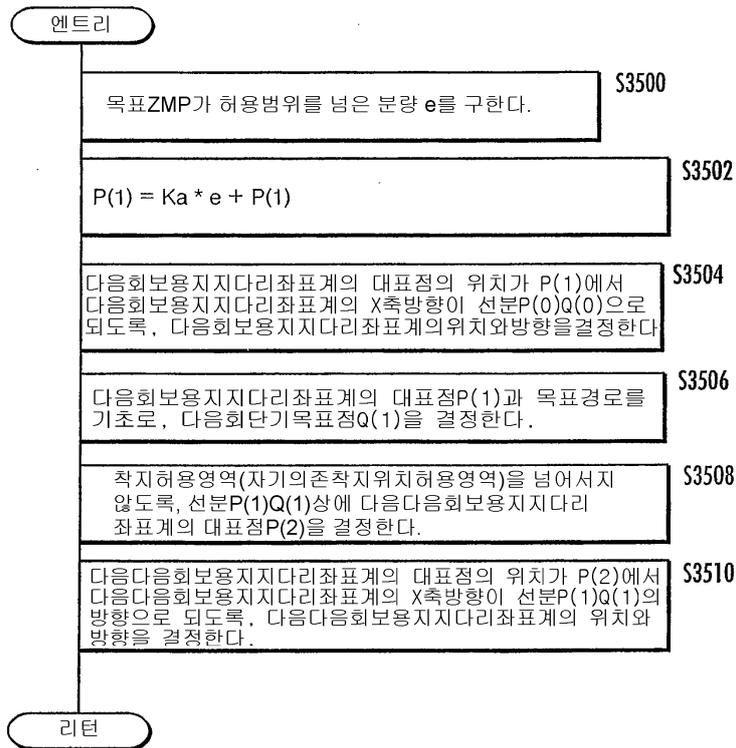
도면25



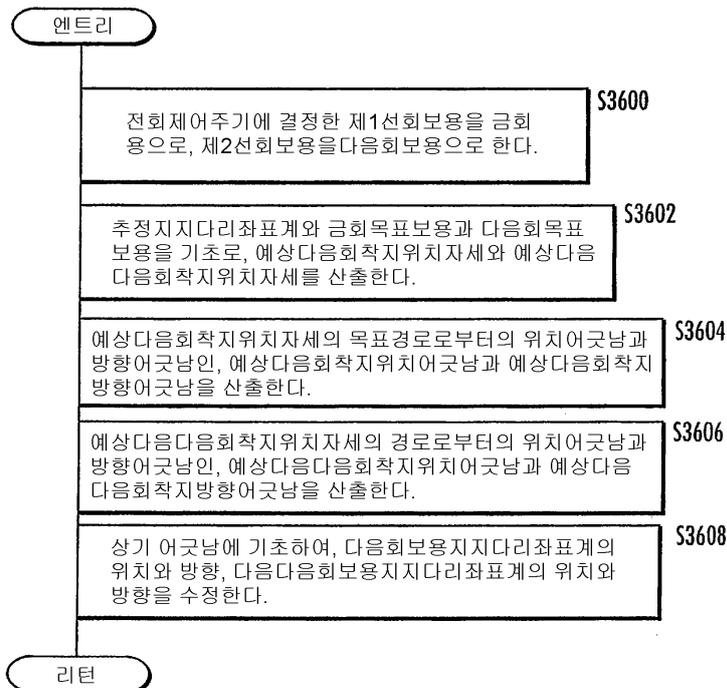
도면26



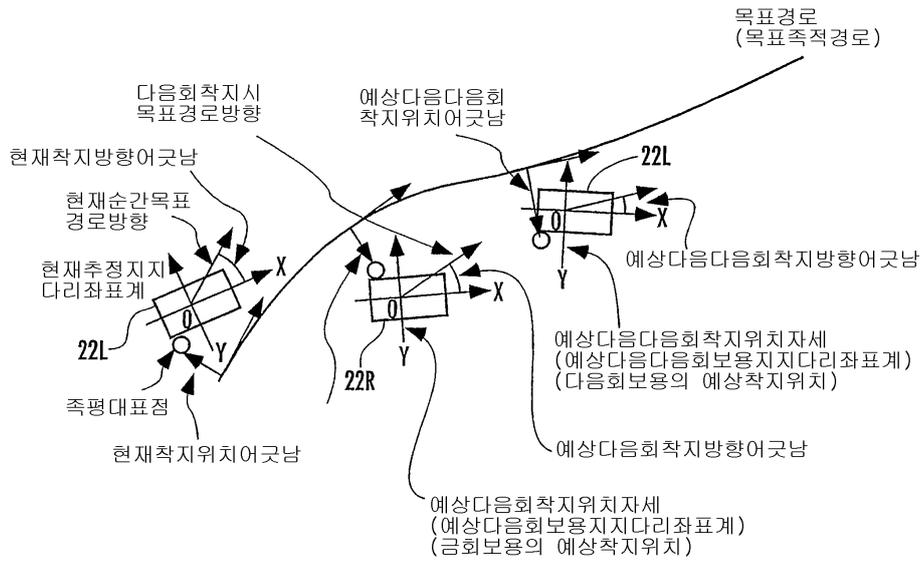
도면27



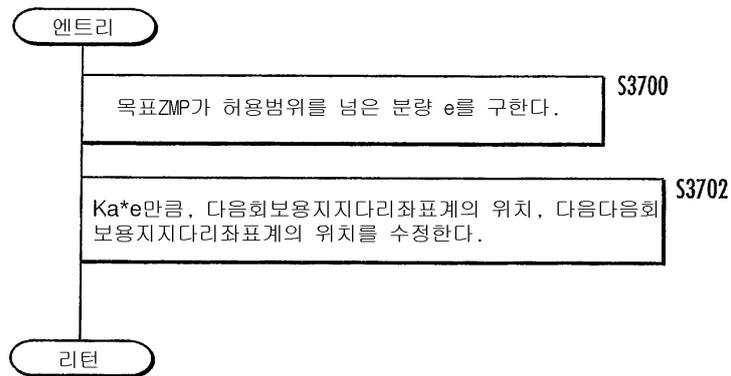
도면28



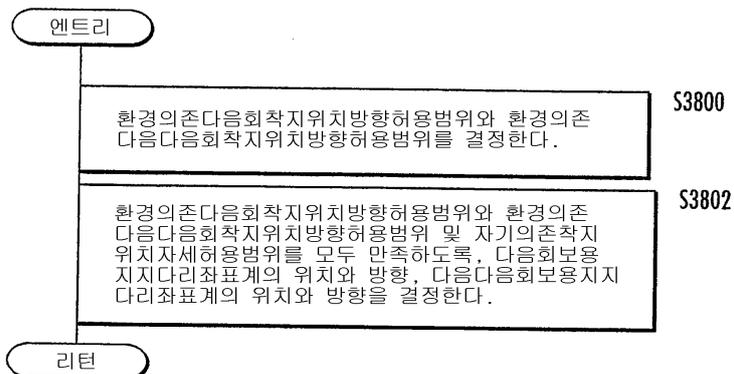
도면29



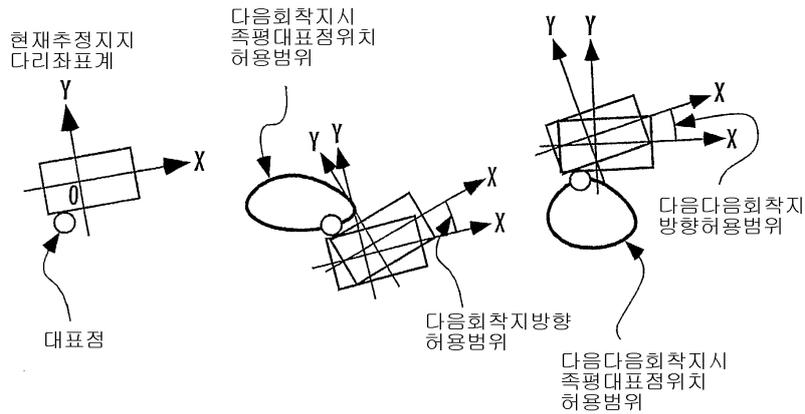
도면30



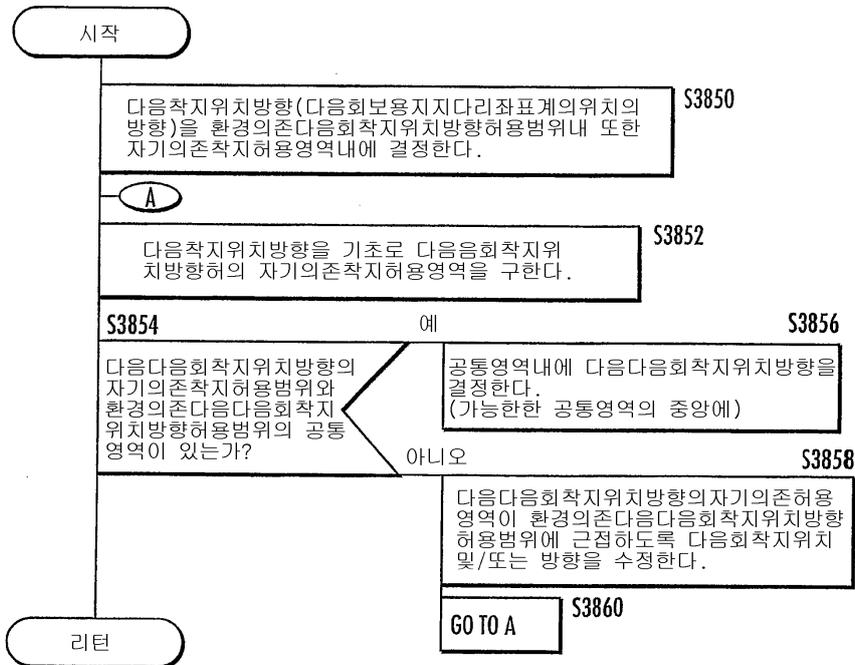
도면31



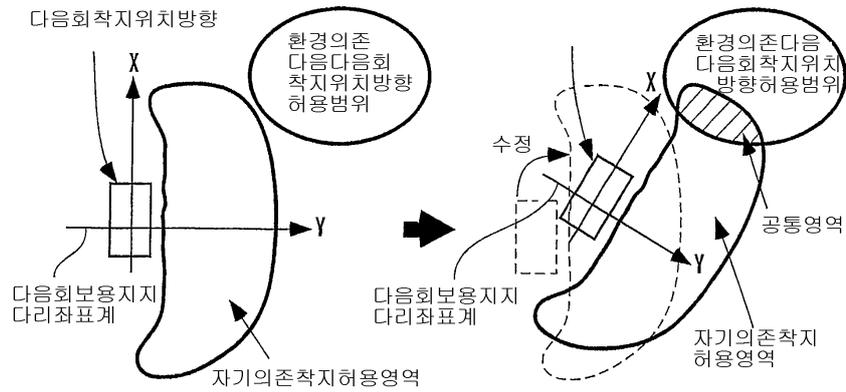
도면32



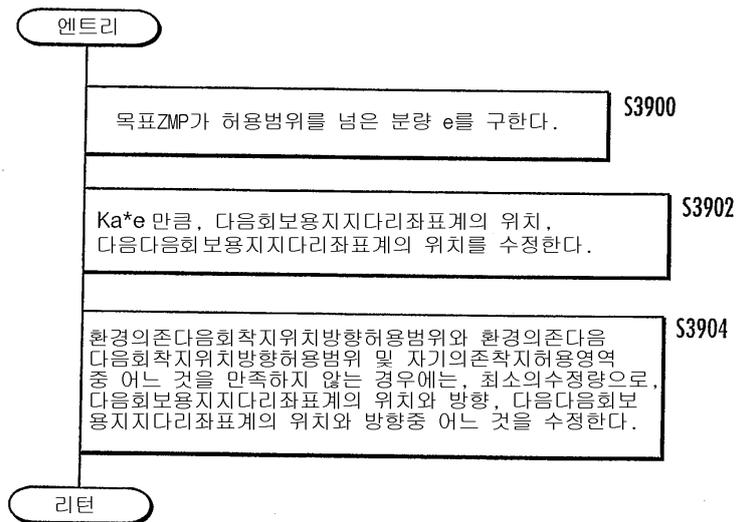
도면33



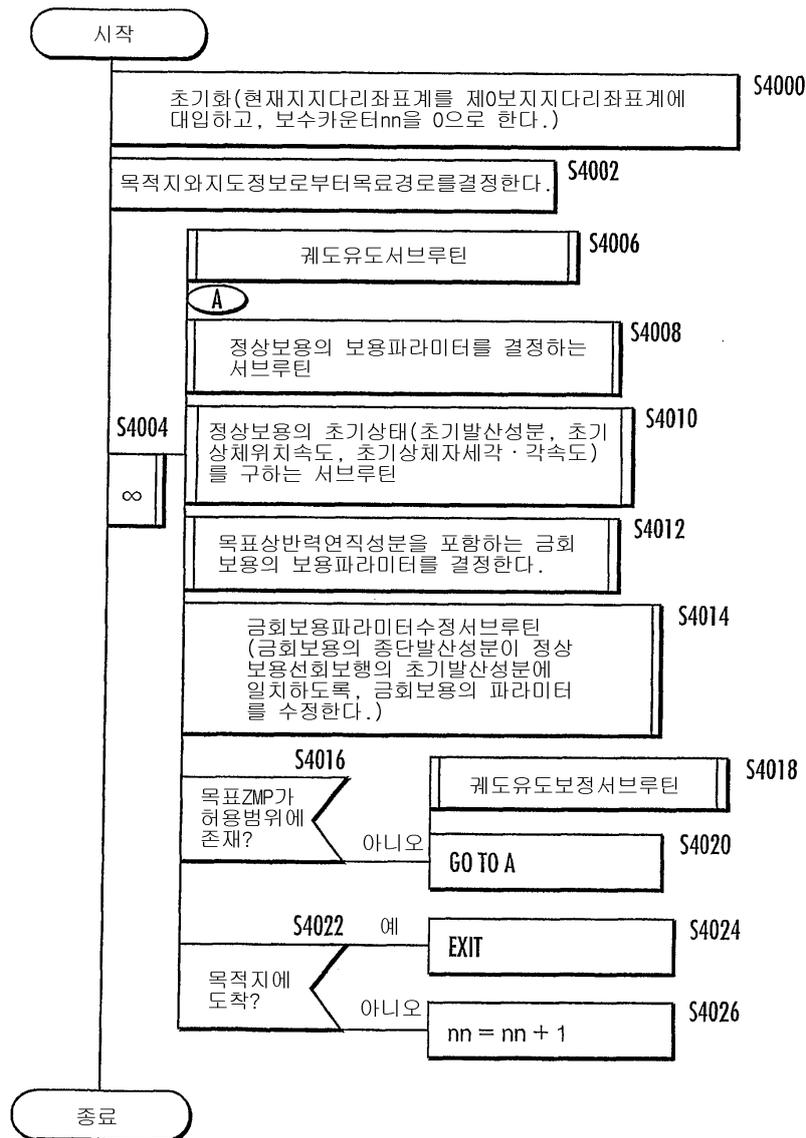
도면34



도면35



도면36



도면37

