K6-23

リンク機構を用いた４足歩行ロボットに向けた脚部の開発

Development of Leg Part for Quadruped Robot Using Link Mechanism

○日高智浩 [1]　田中大介 [2]　高藤美泉 [3]　内木場文男 [3]　齊藤健 [3]
*Tomohiro Hidaka[1], Daisuke Tanaka[2], Minami Takato[3], Fumio Uchikoba[3], Ken Saito[3]

Abstract: This paper developed a leg part for quadruped robot by using a link mechanism. The quadruped robot was vertical 130mm, horizontal 135mm and height 121mm in size. The quadruped robot consisted by legs, actuator, a microcontroller, and neural networks. Leg part were consisted by two link mechanisms. Therefore, developed quadruped robot could locomote by using single actuator for single leg. The microcontroller operates the actuator by locomotion rhythms generated by the neural networks. As a result, our constructed quadruped robot could locomote by using only four actuators.

１．はじめに

日本のロボット技術は世界的に見ても高水準であり，今後ますますの発展が見込まれている．先に起きた原子力発電所の事故では，放射能汚染により人間が内部へ入ることが困難なため，様々なロボットが開発された．現在，調査ロボットによる原子力発電所内部の調査や，遠隔操作で発電所内部の放射能汚染を除去するロボット[1]が実際に活躍している．しかし，事故後の原子力発電所等の内部の様子が予想できない極限状況下でロボットが自由に活動するには，がれきが散乱し地割れなどによって変形した床を移動可能な移動機構や，遠隔操作中に通信が遮断した場合にも帰還しうる高度な自律性を持つ制御機構等の多くの課題が明らかになった．

開発された多くのロボットの移動機構はクローラ型や車輪型を採用している．これは走破性能や安定性が高いためである．しかし，がれきが散乱し地割れなどによって変形した床の移動に対応出来ていないのが現状である．そこで近年，生物が持つ優れた機能を模倣する biomimetics をロボットに応用する研究が行われている．特に移動機構について，生物と同様に足を用いた多足型のロボットが提案され，不整地の移動に対して有利であることが報告されている[2]．

多脚型のロボットの開発にあたり，足の数が増えるに連れて関節を駆動するアクチュエータの数も増え，重量も増加する．従って歩行ロボットを考える際には，安定性を十分に保ちつつ，出来る限り少ない脚数となるように考える必要がある．このようなことから，静力学的な安定性を保ちつつ歩行できる最低限の脚数である 4 脚が，歩行ロボットの世界では広く取り扱われている．

今回，ロボットの安定性を保ちつつ歩行動作が可能なロボットの脚部について，リンク機構を用いて開発したので報告する．

２．4 足歩行ロボット

我々が開発した 4 足歩行ロボットを Figure 1 に示す．大きさは 135×130×121 [mm]である．筐体，サーボモ

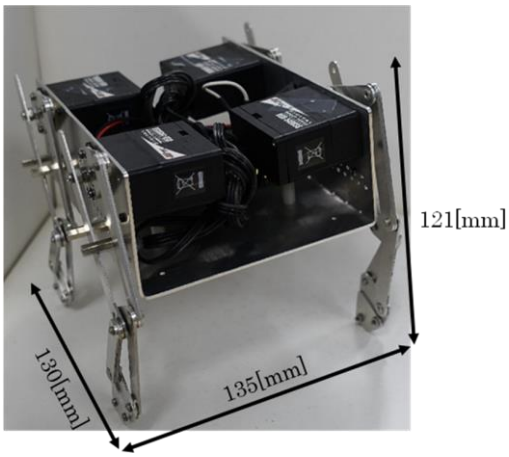

Figure 1.　Developed quadruped robot

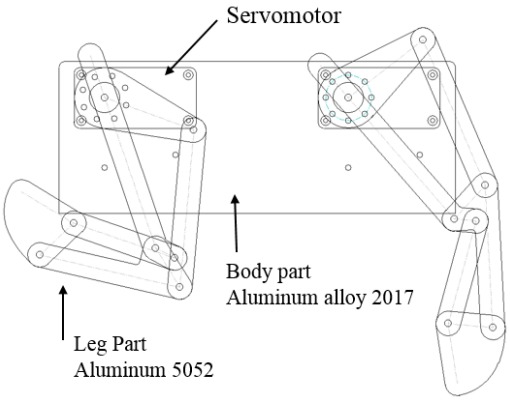

Figure 2.　Side view of the quadruped robot

１：日大理工・院（前）・精機　２：日大理工・学部・精機　３：日大理工・教員・精機

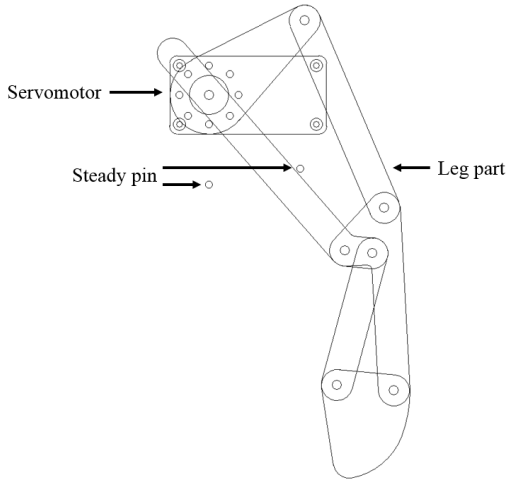

Figure 3.　Constructed leg part

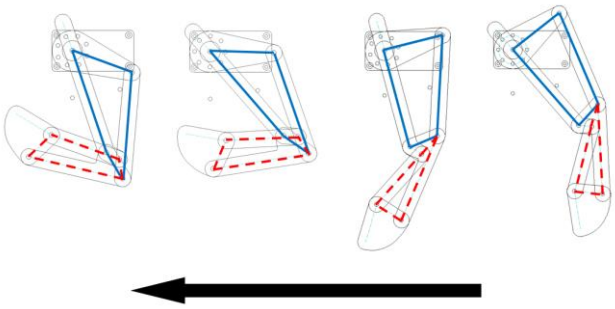

Figure 4.　Movements of link mechanism

ータ，リンク機構，脚部で構成した．Figure2 にロボットの側面図を示す．ロボットの部品にはアルミニウム合金5052及び2017を使用した.アルミニウム合金5052は曲げ加工が必要な筐体部品に使用し，アルミニウム合金 2017 は曲げ加工の必要がなく，強度が必要な脚部やリンクのパーツに使用した．ロボットの構成要素はアルミニウム合金を CNC(Computerized Numerical Control)機械加工システムを用いて加工した．このロボットは，サーボモータを駆動させるためにコントロールボードを使用し，人工ニューラルネットワークからの信号をコントロールボードに入力してサーボモータが駆動する．

３．リンク機構

従来のロボットは各関節にアクチュエータを使用し，関節を駆動している．我々はロボットの脚部にリンク機構を採用し，一つのアクチュエータで脚部を駆動することを可能とした．ロボットのアクチュエータには重量に対して発生力が十分である，ハイテック社製サーボモータ(HSR-5498SG)を使用した．

Figure3 に作製した脚部を示す．脚部は 6 つのパーツによって構成され，4 つの脚部は全て同一の部品で構成した．2 つの固定ピンは，左側の固定ピンが脚部の動作を制限し，右側の固定ピンは下部のリンク機構の制御を行う．左側の固定ピンは右に移動するほど脚部の動作を制限できる．右側の固定ピンは上部のリンクが接触する場所を変更でき，右に移動するほど脚部の駆動が早くなり，左に移動するほど脚部の駆動が遅くなる．

Figure4 に作製した 4 足ロボットのリンク機構の動作を示す．2 つの 4 節リンク機構を採用したことで，サーボモータが駆動軸を時計回りに回転させた場合に足が地面を蹴るように後方に移動し，反時計周りに回転させた場合に足が前方へ移動する．反対側の足についてはサーボモータの動作を逆転させて動作を行う．今回，サーボモータの駆動範囲を 60°とし，水平方向を基準として上方向に 40°，下方向に 20°とした．上方向を 40°にした理由は，角度が大きい場合は機構の限界を超え，角度が小さい場合には脚部が地面を蹴る力が弱くなるためである．また，下方向を 20°とした理由は，角度が大きい場合に下部のリンク機構が地面を蹴ることが出来ず，後ろ足に緩衝してしまうためこれ以上角度を大きくすることが出来ないためである．

脚部の動作試験はコントロールボードからの信号によってサーボモータを駆動し，脚部の動作が可能であることを確認した．また，開発した脚部によって 4 足歩行ロボットの歩行動作を確認したため，一つのアクチュエータで一本の脚部を動作可能であることを明らかにした．

４．まとめ

本論文では，135×130×121 [mm]の 4 足歩行ロボットの脚部にリンク機構を用いて脚部を構成した．その結果，一つのアクチュエータで一つの脚の動作を実現した．

今後，人工ニューラルネットワークの実装を行い，ロボットの歩行制御にいて検討を行う予定である．

参考文献

[1]　藤田恒昭，堀江直之，吉村英夫，山本純雄，尾崎功一：「原子力発電所における壁面除染ロボットシステムの開発」，日本機械学会論文集(C 編)，No.69，Vol.685，pp.107-111(2013)

[2] Raibert，M., Blankespoor, K, Nelson, G., Playter, R., and the BigDog Team : ”BigDog，the Rough Terrain Quadruped Robot”，Proc. of the 17th world congress The International Federation of Automatic Control, pp.10822-10825（2011）