T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	軽量4脚歩行ロボットTITAN-XIIIの開発
Title	Development of Light Weight Quadruped Robot TITAN-XIII
著者	北野智士, 遠藤玄, 広瀬茂男
Author	Satoshi Kitano, Gen Endo, SHIGEO HIROSE
掲載誌/書名	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, , , 1A1-P12
Journal/Book name	Proceedings of the 2013 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, , , 1A1-P12
発行日 / Issue date	2013, 5
URL	http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本機械学会に帰属します。
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

軽量4足歩行ロボット TITAN-XIIIの開発

Development of Light Weight Quadruped Robot TITAN-XIII

○学　北野　智士（東工大）　正　遠藤　玄（東工大）
正　広瀬　茂男（東工大）

Satoshi Kitano, Tokyo Institute of Technology, kitano.s.ac@m.titech.ac.jp
Gen ENDO, Tokyo Institute of Technology, gendo@sms.titech.ac.jp
Sigeo HIROSE, Tokyo Institute of Technology

In this paper, we discuss about the development of quadruped robot TITAN-XIII and dynamic gait. We designed TITAN-XIII as experimental quadruped robot especially for dynamic gaits and its concepts are ”Light weight”, ”Wide range of motion” and ”Easy maintenance”. To do dynamic walking, low intertia of legs is important, so we place each motors at the base of leg by using Wire Drive Mechanism which use new material. We also proposed simple dynamic gait which uses Acceleration and Deceleration. In experiment, TITAN-XIII managed to walk at 0.7m/s using proposed gait.

Key Words: Quadruped, locomotion control, tendon

1.　緒言

不整地歩行を行うにあたって歩行ロボットが有効であることが従来から指摘されている。その中でも4足歩行ロボットは静歩行が可能な最小脚本数であり、実用性が高いと考えられている。近年ではBostonDinamics社が開発した油圧駆動4足歩行ロボットBigDog、Seminiらが開発した油圧電動ハイブリッド駆動のHyQ[1]や、Fukuokaらが開発した小型電動4足歩行ロボット鉄犬[2]などが挙げられる。これらのロボットの特徴は哺乳類型の脚配置を有していることである。しかし、自然界の動物を見ると哺乳類以外にも爬虫類や昆虫などの昆虫型脚配置が存在し、こちらのほうが重心が低く、支持脚面積が広いという利点がある。そこで当研究室では昆虫型の脚配置を有する4足歩行ロボットTITANシリーズを開発してきている。有川らによって開発されたTITAN-VIII[3]は普及用4足歩行ロボットとして静歩行を行うには十分な性能を持っていたが、その重量のために動歩行を行うことが困難であった。そこで我々は容易に動歩行実験が可能な昆虫型4足歩行ロボットTITAN-XIIIを開発した。TITAN-XIIIの概観図を図1に示し、その基本的な仕様を表1に示す。TITAN-XIIIは3自由度の脚を4脚もち合計12自由度を有する。これらの脚は軸対称に等方的に配置されており、全方向への移動を容易に行えるような設計となっている。

動歩行を行うにあたり、TITAN-XIIIは出来る限り軽量に設計された。これを実現するためにTITAN-XIIIでは新素材ワイヤーを用いたワイヤ駆動機構を採用した。また実験用ロボットとして性能だけでなく、容易に実験を行うために整備性にも配慮した設計となっている。

本論文では新たな動歩行の提案とTITAN-XIIIの脚機構とその実験結果について述べる。

Table 1　Specification of TITAN-XIII

Size	600x600x300mm
Weight(no battery)	4.85kg
Max Walking Velocity	1.0m/s
Payload	1.0kg
Battery run time	approx. 1h

Fig. 1　TITAN-XIII

2.　動歩行

動歩行の中でもトロット歩容は、対角の脚を同時に移動させるため制御が簡単である、転倒した際にも遊脚が地面に接地するので完全に転倒する可能性は低い、という特徴を持っている。これらの特徴から我々はトロット歩容を安全歩容として、歩行の基本形と考えている。当研究室ではトロット歩容の支持脚切替時に4脚支持相を加えることでより安定性を高めた間欠トロット歩容と、2脚支持相での安定性を左右揺動で生成する左右揺動歩容[4]、さらにそれをその揺動を3次元に発展させた3D揺動歩容[5]を提案している。

しかしながら、左右揺動歩容や3D揺動歩容の問題点として、移動する際に左右に胴体重心を揺動させる必要があるため、移動速度を増加させることが困難である。そこで、より単純に前後方向にのみ加減速をすることで倒立振子のように安定性を保つ前後加減速歩容を提案する。これを適応した前後加減速型間欠トロット歩容では図2に示すように、静的な4脚支持相には胴体速度一定で移動し、動的な2脚支持相にのみ前後加減速を用いて動的安定性を保つ。2脚支持相中に外乱が発生し姿勢が崩れたとしても、4脚支持相においてロボットの姿勢は修正されるので安定して歩行を継続することが可能である。

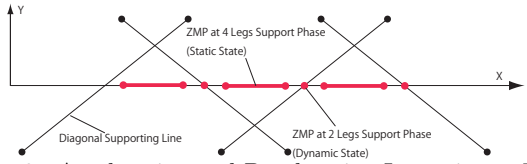

Fig. 2　Acceleration and Deceleration Intermittent Trot

3. 脚機構

脚機構の全体図を図3に示す。この脚機構はワイヤを用いた平面2自由度機構と、この平面2自由度機構を回転させるタイミングベルトを用いた機構により構成され、合計3自由度を有している。

動歩行時に高速に脚を移動させた際の動的効果を小さくするためには脚慣性を出来る限り小さくすることが必要となる。そこでTITAN-XIIIではワイヤ駆動機構を用いている。ワイヤ駆動機構を用いることでロボットの主な質量であるモータを各関節軸周辺ではなく、脚機構の根本に配置することができ、脚の慣性を大幅に低減することができる。

足首に関しては、TITAN-VIIIでは並行リンクを用いた足首機構を用いて安定な歩行に寄与していたが、動的歩行を目的とするTITAN-XIIIでは脚慣性に影響を与えやすい脚先には複雑な機構は付加せず、ウレタンゴム製の球を取り付けている。

脚機構の背面にはHibot製TitechSH2 Tiny ControllerとBLDC Power Module3枚を搭載している。各関節を駆動するモータは日邦電機(NDK)製遊星ギヤヘッド付きブラシレスモーターFX1206-011(最大出力68.5W)を3つ使用している。また、関節角はSustainable Robotics社製の16bitマグネットエンコーダ(AVAGO社製AEAT-6600-T16使用)を各関節の軸に取り付けることで読み取っている。

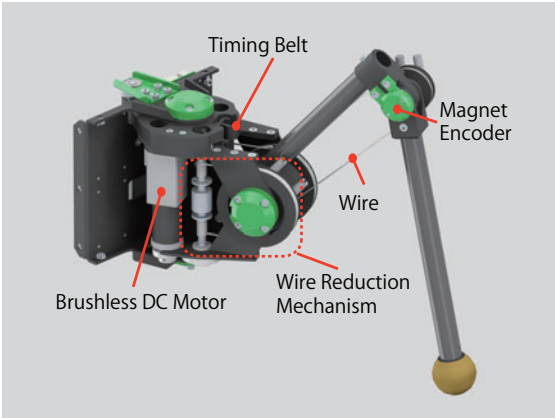

Fig. 3 Leg of TITAN-XIII

4. 動作実験

開発したTITAN-XIIIを用いて前後加減速型間欠トロット歩容実験を行った。速度は0.39m/s、デューティ比は0.59という条件で実験を行い、歩行中の胴体は常に地面に水平であり安定して歩行していることが確認された。以上から前後加減速型間欠トロット歩容の有効性が確認された。

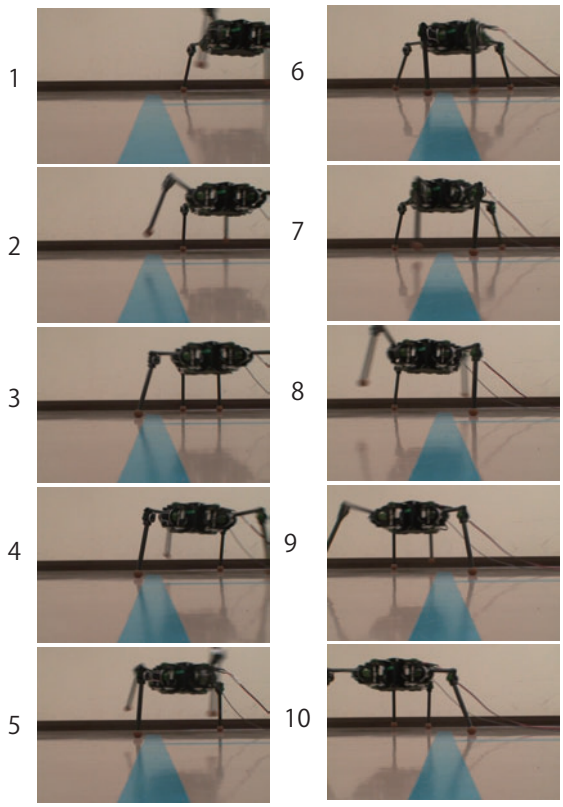

Fig. 4 Experiment of Dynamic Walking

5. 結論

本論文では前後加減速型間欠トロット歩容を提案し、開発した4足歩行ロボットTITAN-XIIIの脚機構の詳細と、歩行実験結果について述べた。歩行実験においては前後加減速型間欠トロットを適用することで安定した動歩行が確認された。今後は本体への各種センサを取り付け、前後加減速型間欠トロット歩容を発展させた対地適応的な歩容を実機を用いて実験していく。

文 献

[1] C Semini, N G Tsagarakis, E Guglielmino, M Focchi, F Cannella, and D G Caldwell. Design of hyq, a hydraulically and electrically actuated quadruped robot. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, Vol. 225, No. 6, pp. 831–849, 2011.

[2] Y. Fukuoka, H. Kimura, Y. Hada, and K. Takase. Adaptive dynamic walking of a quadruped robot 'tekken' on irregular terrain using a neural system model. In *Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA '03. IEEE International Conference on*, Vol. 2, pp. 2037 – 2042 vol.2, sept. 2003.

[3] 広瀬茂男, 有川敬輔. 研究用プラットフォームとしての普及型歩行ロボット titan-viiiの開発. 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No. 8, pp. 1191–1197, nov 1999.

[4] 米田完, 飯山浩幸, 広瀬茂男. 4足歩行機械の間欠トロット歩容 - 全方向歩行の動的制御 -. 日本ロボット学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 881–886, sep 1996.

[5] Ryo Kurazume, Kan Yoneda, and Shigeo Hirose. 3d sway compensation trajectory for quadruped walking robot. *Journal of the Robotics Society of Japan*, Vol. 19, No. 5, pp. 632–637, 2001.