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(和文)	新型クランク車輪機構Eccentric Crank Rover の開発
Title(English)	Development of Novel Crank Wheel Mechanism "Eccentric Crank Rover"
著者(和文)	古村博隆, 遠藤玄, 鈴森康一
Authors(English)	Hirotaka Komura, Gen Endo, Koichi Suzumori
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2016講演概要集, Vol. , No. , 2A2-08a1
Citation(English)	Proceedings of the 2016 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , 2A2-08a1
発行日 / Pub. date	2016, 6

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

新型クランク車輪機構 Eccentric Crank Rover の開発

Development of Novel Crank Wheel Mechanism "Eccentric Crank Rover"

○正　古村博隆 (東工大)　正　遠藤玄（東工大）
正　鈴森康一（東工大）

Hirotaka KOMURA, Tokyo Institute of Technology
Gen ENDO, Tokyo Institute of Technology
Koichi SUZUMORI, Tokyo Institute of Technology

Crank wheel mechanism is a mechanism which has high mobility and efficiency since it has both wheels and legs in its simple structure. In this research, we will propose a novel crank wheel mechanism, "Eccentric Crank Rover"(ECR), which is a combination of crank wheel mechanism and eccentric wheel. This mechanism has quite simple structure and high traversability on rough terrain since the body of ECR has a function as a "second" crank leg. Furthermore, ECR have high energy efficiency on flat ground, since the weight oscillation of crank legs are canceled by eccentric wheel and body mass. As a result of experiment, we confirmed that this mechanism can climb almost 94% height step of its height.

***Key Words*:** Wheel, Rough Terrain, Step climbing

1　緒言

車輪機構は，一般に高い走行効率を持つ一方で，凹凸地や脆弱地といった不整地走行にはあまり適していない．これらの用途ではクローラ型がしばしば用いられ，高い移動能力を発揮している [1]．しかし，クローラ型はスプロケットやアイドラ，ベルトといいた多数の機械要素から構成されるために車輪型に比べて複雑かつ重量のある構造になりがちである．また，ベルトとスプロケットとの間など小さな物を巻き込みやすい部分が露出しやすいことも欠点の一つである．

歩行機構やヘビ型ロボットなどのような多自由度機構 [2, 3] も不整地踏破に有効であるが，冗長な自由度によって機構の堅牢性やエネルギー効率などは低下しがちである．

一方で，クランク車輪機構 [4, 5] は車輪機構にクランク脚と呼ばれる平行リンク機構を付け足すのみの非常にシンプルな機構ながら不整地踏破性能が高く，また平地走行時には車輪によって走行するためエネルギー効率も非常に高いと考えられる．本研究では，この特性に着目し，クランク車輪機構と偏心車輪を組合せた新型クランク車輪機構 Eccentric Crank Rover(以下 ECR，図 1) を開発し，その性能実証実験によって従来モデルの欠点を克服し，機構が単純ながらより高い不整地踏破能力とエネルギー効率を実現することを目標とする．

2　従来型クランク車輪機構の欠点

2.1　Crank-Wheel

図 2 に，クランク車輪機構として最初に開発された Crank-Wheel[4] の模式図を示す．二対のクランク脚を持ち，図 3 に示すようにそれぞれがトロコイド曲線を描くことで歩行時の脚のような軌跡をたどる．これによって，平地では車輪で走行し，凹凸地や脆弱地ではクランク脚によって推進面が増加することで高い不整地踏破性能を発揮することが可能であり，階段や砂地，瓦礫を模擬した不整地などあらゆる地形でクランク車輪機構が高い移動能力を持つことを示した．

一方で，クランク脚を内側と外側の二対にし，また胴体下のクリアランスを大きく取るために胴体形状がコの字型となっており，ここの構造的な複雑さや脆弱性が問題点としてあげられる．

2.2　R-Crank

一方で図 4 に示す R-Crank[5] は，クランク脚を一対に減らすことで非常に単純かつ堅牢な構造を持ち，また車軸の摺動部が前述した Crank-Wheel よりも少ないことからより確実な防水性を持つ．そのため段差踏破や川の横断など非常に汎用的に使用可能であることを示した．

しかし胴体下のクリアランスが小さく，切り株のような突起形状の障害物に胴体が乗り上げ行動不能に陥りやすいことが欠点としてあげられる．また片側にクランク脚が一つしかないため，走行時にはクランク脚の重量分の重心移動が発生し，そのために移動に寄与しない消費エネルギーが存在する．

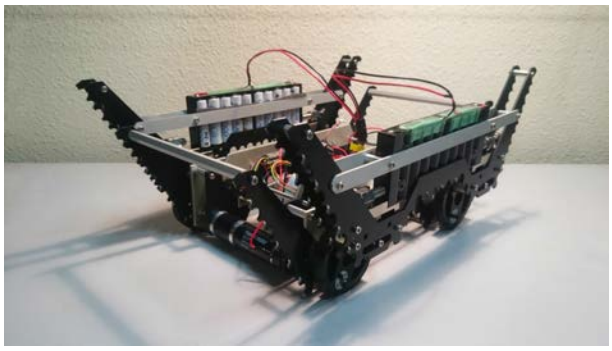

Fig.1 Eccentric Crank Rover.

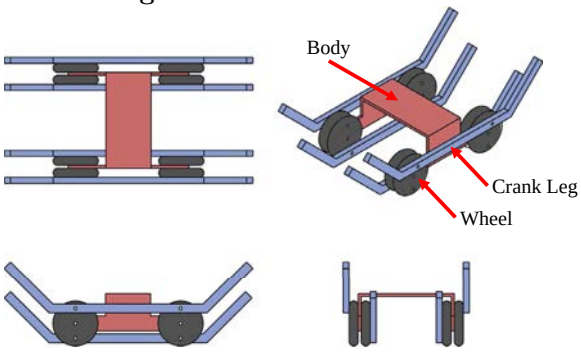

Fig.2 Schematic Image of Crank-Wheel.

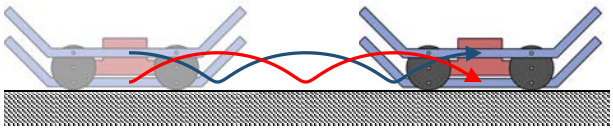

Fig.3 Trajectory of crank legs.

3　コンセプト

3.1　偏心車輪

これらの問題点に対し，ECR では車輪を偏心させ，胴体部分にクランク脚と同等の機能をもたせることでの解決を図った．図 5 に，ECR の概略図を示す．胴体，車輪，及び一対のクランク脚から構成され，要素の数は R-Crank と同様で非常に単純である．一方で，車輪中心に対する胴体車軸及びクランク脚回転軸の取り付け位置の偏心量が等しく，かつ逆位相で取り付けるため，それぞれ図 6 に示すように形状が等しく逆位相のトロコイド曲線を描く．更に胴体形状をクランク脚と同様の形状とすることで，胴体が第二のクランク脚として機能し，不整地踏破能力の向上に寄与する．

また，偏心車輪によって胴体が上下することから胴体下面の最大到達高さが偏心のない状態に比較して大きくなる．これにより，車輪径の割に胴体下のスタックの生じにくい機構となる．

3.2　走行時の静的釣合の維持

ECR の前後車輪はクランク脚及び胴体による平行リンクによって接続されているため，それぞれへの負荷トルクは伝搬する．これを用いて，図 7 から ECR の平地走行時の車輪への自重による負荷トルクを計算すると，次式のようになる．

$$\begin{aligned}&(-m_c\alpha + m_b\beta)gr\cos\theta \\ &+(-m_c(1-\alpha) + m_b(1-\beta))gr\cos\theta \\ &= (-m_c + m_b)gr\cos\theta\end{aligned} \tag{1}$$

なお，m_b は胴体質量，m_c は両側のクランク脚の合計質量である．即ち，胴体質量と両クランク脚の合計質量が等しければ，自重による車輪への負荷トルクはゼロとなるため，平地での高効率な走行が可能である．開発した ECR では，バッテリをクランク脚上に設置し，更に錘による調整を行うことでこれらをほぼ同等の質量とした．

4　段差踏破実験

図 8 に ECR による段差踏破実験を示す．全高 160mm に対して約 94%にあたる 150mm の段差踏破に成功した．

5　結論と今後の課題

偏心車輪によって高不整地踏破能力，機構の単純さ，走行効率を高い水準で実現する Eccentric Crank Rover を試作し，実験により高い段差踏破能力を確認した．今後の課題として，エネルギー効率に関する検証実験やその他の布施市での走行性能の確認があげられる．

6　謝辞

本研究は東京工業大学リーディング大学院「環境エネルギー協創教育院」における「独創的協育研究費」による支援を受け，「自主設定論文」として実施いたしました．

References

[1] Brian Yamauchi. Packbot: A versatile platform for military robotics. In *Proceedings of SPIE 5422*, pp. 228–237, 2004.

[2] Marc Raibert. BigDog, the Rough-Terrain Quadruped Robot. In Myung J. Chung, editor, *Proceedings of the 17th IFAC World Congress, 2008*, Vol. 17.

[3] Hirotaka Komura, Hiroya Yamada, and Shigeo Hirose. Development of snake-like robot acm-r8 with large and mono-tread wheel. *Advanced Robotics*, 2014.

[4] Hisami Nakano and Shigeo Hirose. Crank-wheel: A brand new mobile base for field robots. In *IROS*, pp. 4608–4613. IEEE, 2012.

[5] 山田晋太郎, 佃武典, 堀米篤史, 福島 E. 文彦, 鈴森康一, 広瀬茂男. クランク車輪型移動機構を用い不整地用汎用移動プラットフォーム”r-crank”の開発. 日本ロボット学会学術講演会, pp. 3D2–02, 2014.

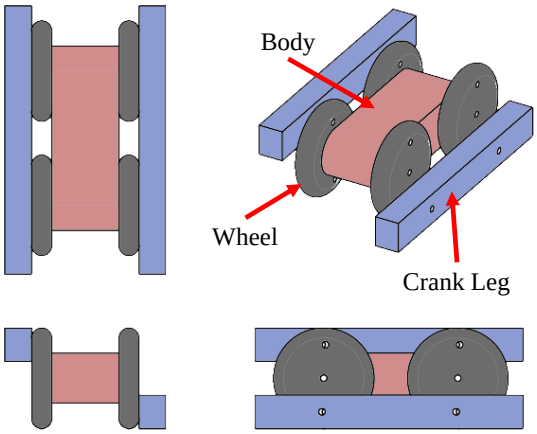

Fig.4 Schematic Image of R-Crank.

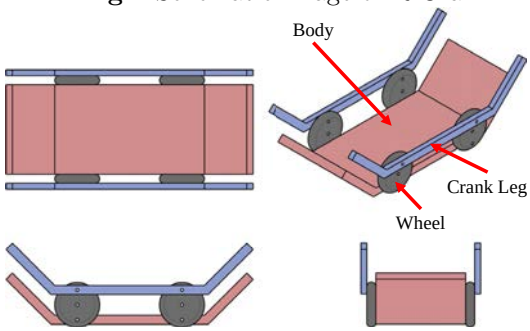

Fig.5 Schematic Image of ECR.

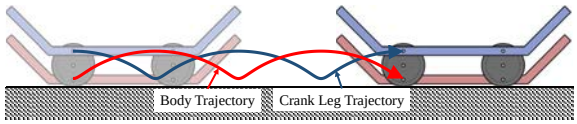

Fig.6 Trajectory of crank legs and body of ECR.

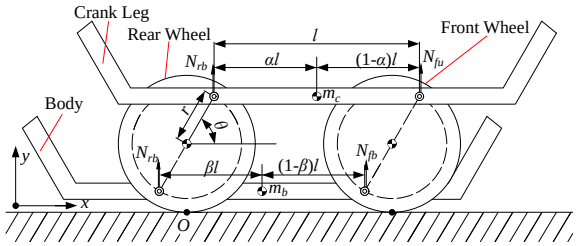

Fig.7 Schematic image of ECR in side view.

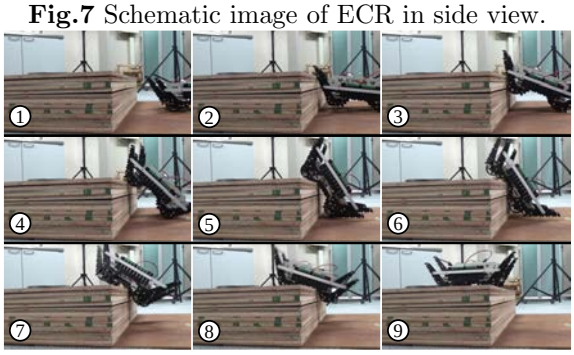

Fig.8 Step climbing experiment.