

受動歩行ベース乗用二足歩行機 BiTreker の提案

産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 宮腰 清一

Towards the realization of BiTreker, a powered passive bipedal walking machine for the saddle

Seiichi MIYAKOSHI Digital Human Research Center, AIST

Abstract: In this paper, a bipedal vehicle based on passive dynamic walking (PDW) principles is proposed. PDW is known as a mechanical system, which is designed to walk down on a shallow slope without active control. To date, some bipedal walking robots have been developed to carry a person on uneven terrains. However, these robots are fully controlled and actuated, requiring considerable power for walking. Neither, they don't utilize a PDW mechanism; nor do they don't use the balancing capacity of a human as like a bicycle or motorbike. This paper describes the basic structure of the PDW based human balancing bipedal vehicle and the process of its developments.

1. 始めに

二足歩行ロボットは、その対地投影面積の狭さによる狭隘部での移動や高度のバランス能力による不整地の歩行等を期待されている。これまでに、ヒトを乗せて動歩行が可能な二足歩行ロボットの開発 [1][2][3] や研究 [4][5][6] が行われている。これは、自動車の拡張版と言える。

一方、自転車やオートバイはヒトをシステム内に取り込む形で構成されており、より操縦の自由度も高く、機体も比較的小型にまとめやすい。

受動歩行 (passive dynamic walking)[7] と呼ばれる、制御器や駆動器が不要な機構が、緩い坂を下るだけで済む省エネルギー性と系の簡潔な構造で注目されている。

本論文では、BiTreker (bi + trek + er) と名付ける乗用二足歩行ロボットの開発試案を示す。受動歩行と同様、機械系の構造自体を歩行に適するように設計し、また、自転車やバイクと同様、ヒトに積極的にバランス維持を分担させ、システムの簡素化とより直感的な操縦性を持たせる。

2. 工程

操縦性・乗り心地と言ったものは、モデル化や定量化が難しく、開発者自身が使用感を試作・改造に直接フィードバックする必要がある。少人数で、サイクルを早く回す開発体制をとる必要が考えられる。

また、自転車からオートバイが開発されたように、受動的機械を能動化・動力化するという過程をとる。また、将来的に、制御器によるバランス維持を行う方向で、当初は人間のバランス維持能力に全面的に依存するという過程をとる。

2.1 サドル・ハンドル付き竹馬

これまでに、下腿部に弾性要素を付加する事により、跳躍力を増大させ、歩行 (走行) 速度を向上させる道具が提案され、商品としても販売されている [8][9][10][11]。同様の

エネルギー蓄積足部と呼ばれる下肢装具・義足が、障害者スポーツに用いられている。また、遊具としてはホッピング (Pogo Stick) がある。一方、バランスをとる遊具として竹馬があるが、西洋の竹馬は Stilt と呼ばれ、足部に装着して用いられる。また、ハンドル付きの一輪車もある [12]。

しかし、以上の組み合わせ (Fig. 1) は存在しない。これは、2本の Pogo Stick を脚とし、上部を回転関節でつないで股関節とし、その上部にサドルとハンドルを取り付けた概形となる。上体部が回転してひっくり返らないよう、立位に保持する姿勢維持機構としては、例えば、股関節二分機構 (Bisecting hip mechanism) がある [13][14]。

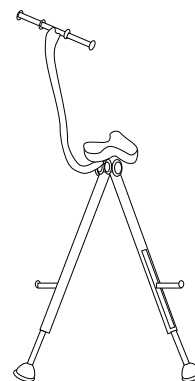


Fig.1 Schematic picture of the stilt with a saddle

2.2 受動歩行ベース搭乗型二足歩行機

乗用二足歩行機に受動歩行を取り入れる事で、緩い下り坂や水平面であっても、駆動し続ける事無く (少ないエネルギーで)、歩行を継続できる可能性がある。実際に、自転車は漕がずに惰性で走行している時間比率も高く、同様の効果を期待している。

Fig. 2 に模式図を示す。搭乗した人間が、左右の揺動運動 (または前後を含めた 8 の字運動) を行う事で、遊脚振り

出しの foot clearance を確保し、遊脚の接地タイミングを調節し、歩行継続のためのエネルギーを系に注入する。

受動歩行と同様、周期的定常状態になるまでの動き始めの過渡期は、駆動と制御を行う必要がある。そのため、前節と同様に脚と独立した形でペダルを取り付け、ブレーキとブレーキ・シューまたはクラッチにより脚と固定・解放を行える機構とし、脚を搭乗者が直接動かす。

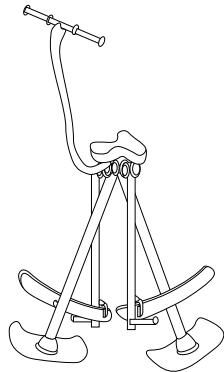


Fig.2 Schematic picture of the passive bipedal walker with the saddle

2.3 部分能動化搭乗型二足歩行機

現実には、接地時の衝撃や関節や地面との摩擦により系から失われる力学的エネルギーを補給する必要がある。また、こうした歩行機において、坂道と階段の昇降が求められる。能動化を行う必要がある。自転車を動力化した motor bike(automobile) が、最も普及したものであろうが、近年、「Segway」[15] という乗り物が販売されている。一方、ヒトのバランス維持能力や運足をそのまま利用する Exoskeleton と呼ばれる動力装具がある [16][17][18][19]。体重を軽減し、移動を助けるという意味では、類似の機能・目的を持つが、乗り物の範疇から外れる。

Fig. 3 に模式図を示す。ここでは、受動歩行を補助する形で、能動化を行う [20]。脚の振りと脚伸縮を能動化し、より高速の歩行を行わせる。この時、ヒト類似の歩行動作を行わせると、より直感的な操縦性が得られると考えられる。

3. 終わりに

受動歩行をベースとした乗用二足歩行機を研究・開発する際の基本構想を示した。ヒトのバランス維持能力をシステムの中に積極的に組み込む事で、制御・駆動系の負担を減らし、しかも、より直感的な操縦性を得る事を目指す。

実際の研究開発に当たっては、搭乗するヒトのモデル化が行えないため、あるいは、ヒトのモデル化を開発と並行して行う必要があるため、試作・改造とテストのサイクル

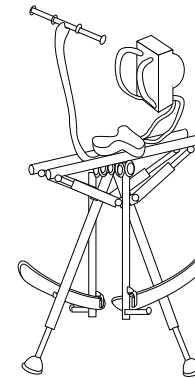


Fig.3 Schematic picture of the powered passive bipedal walker with the saddle

を早く回す必要がある。

新しい乗り物の開発と共に、ヒトの歩行メカニズムの解明、ヒトと強く結びついた機械システムの設計についても一助となる事を目指している。

参考文献

- [1] 菅原 雄介, et al.: 日本ロボット学会誌, Vol. 25, No. 6, pp. 842-850, (2007).
- [2] TOYOTA GROUP: News Release, http://www.toyota.co.jp/jp/news/04/Dec/nt04_1201c.html,(2004).
- [3] J. Kim, J. Lee, and J. Oh: Advanced Robotics, Vol. 21, No. 3-4, pp. 461-484, (2007).
- [4] 鎌田 徹: ロボット学会予稿集, pp. 915-916, (1997).
- [5] H. Minakata, and Y. Hori: Proc. of 4th Int'l Workshop on Advanced Motion Control, Vol. 1, pp. 241-246, (1996).
- [6] 小沼 洋介, 広瀬 茂男: ロボット学会予稿集, pp. 851-852, (2001).
- [7] T. McGeer: IJRR, Vol. 9, Issue 2, pp. 62-82, (1990).
- [8] BBC News, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/820398.stm>, (2000).
- [9] 中松 義郎: <http://dr.nakamats.com/shop/FS/FS.html>, (2007).
- [10] <http://www.powerskip.de/mainpage.html>, (2007).
- [11] <http://poweriser.co.kr/eng/product/poweriser.html>, (2007).
- [12] http://www.gizmodo.jp/2006/10/max_challenger_1.html, (2007).
- [13] M. Wisse, D. G. E. Hobbelen, and A. L. Schwab: TRO, Vol. 23, No. 1, pp. 112-123, (2007).
- [14] 浅野 文彦, 羅 志偉: ロボット学会予稿集, 1G31, (2007).
- [15] D. L. Kamen, et al., US Patent, 6367817, (2002).
- [16] Kazerooni, et al.: IJRR, Vol. 25, pp. 561-573, (2006).
- [17] C. Walsh, K. Pasch, H. Herr: IROS, pp. 1410-1415, (2006).
- [18] K. Kasaoka, and Y. Sankai: IROS, Vol. 3, pp.1578-1583, (2001).
- [19] J. E. Pratt, B. T. Krupp, C. J. Morse, and S. H. Collins: ICRA, pp. 2430-2435, (2004).
- [20] 宮腰 清一, 日本ロボット学会誌, Vol. 24, No. 5, pp. 623-631, (2006).