

人間型二足ロボット「源兵衛」の 赤ちゃん歩きから飛脚走り・忍者走りまで

埼玉工業大学 工学部
川副 嘉彦

二足ロボットとして知られているホンダの ASIMO やソニーの QRIO は従来の制御技術を極めた高度な機械であるが、遠隔操縦であって絶妙なバランス制御ゆえに、スペックをひとつ変えるだけでバランスが簡単に崩れてしまう。産学官の大プロジェクトによる HRP-2 もゴキブリやフェレットの巧みな動きに比べると知的とはどうしても言い難い。本研究では、関節に負担が軽くて省エネルギーの「ねじらない・うねらない・踏ん張らない」という身体操法を象徴的に「ナンバ」と称し、自在の速度で歩き・走り、方向を変え、安全に転倒し、あるいは俊敏に起きあがるような柔軟・ロバスタな人間型二足ロボットを包摂構造的な開発手法で発現し、そのメカニズムをヒトの巧みな安定化制御に見られる方法に学んで実現した。従来の目標軌道追従型の制御とは明らかに質の異なる歩行法であり、「倒れる前に足が出る」、「歩きたい方向に倒れ、倒れる方向に足を出す」という歩行である。人間の歩行・走行の本質に基づくので、ロボットの筐体、サーボ速度、関節の自由度数、床の状況などの違いがあっても柔軟に対応できる歩行である。

図1に示すように、二足ロボット「源兵衛」のナンバ歩きの基本は、前傾姿勢を取り、(1) 状態1：身体を右に傾けると左脚が宙に浮く。(2) 状態2：左脚を前脚の形にすると、自然に重力で左前方に倒れていき、左足が接地する。地面との間に形成されたもっともシンプルなりミットサイクル・アトラクタであり、軌道安定だから予期せぬ外乱に対して頑健であり、構造安定だから状況の変化に応じた柔軟性がある。

ナンバ歩きは、前傾角度を大きくしてピッチを速くすると自然に走りに転じる。図2の高橋尚子選手の走りは、ロボット「源兵衛」の走法に近く、大きく前方に体が倒れ込む以上に脚のピッチの繰り返しが速いので自然に姿勢が起きていると推察できる。

スモール・ソール（小さい足裏）による超高速ナンバ走りは、最速のラージ・ソール（大きい足裏）の約2倍の速さであった。バスケットボールやサッカーなどのダッシュに有効であるが、人間の場合でも、走り出しが非常に速い反面、持続的にこれを行うことは非常に難しいといわれる。図3は、突然転倒するとき、転倒を瞬時に自立的に探知して転倒衝撃を最小にして素早く立ち上がる源兵衛5号の身体操法を示す。ナンバの身体操法は、関節の負担が軽いので、障害者の歩行やリハビリ、短距離走やマラソンにおける身体操法の研究など広範囲の応用が期待できる。

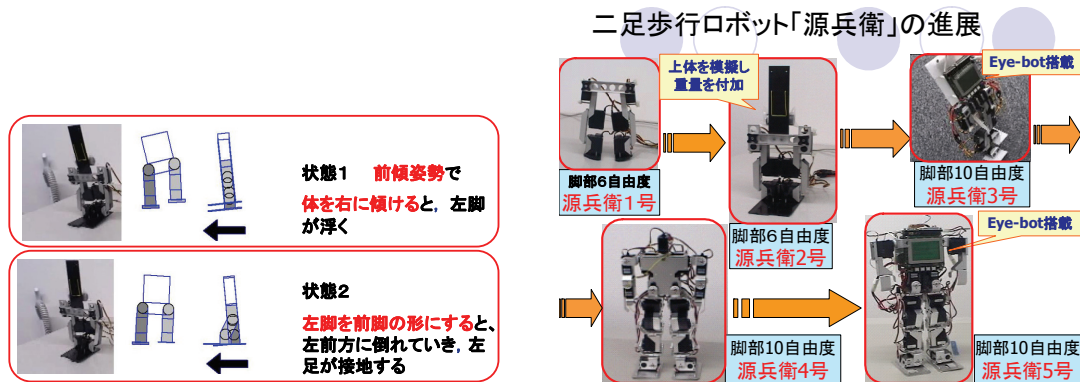


図1 足を上げたとき自然に前方へ倒れようとする力を利用して進む仕組みと源兵衛の進展

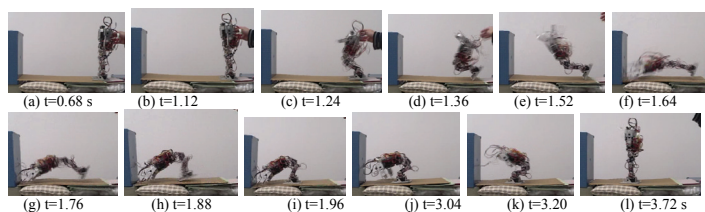
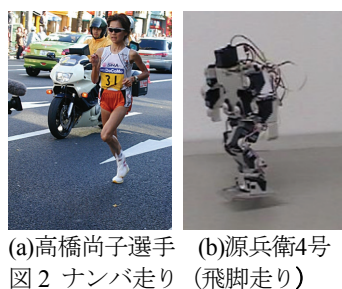


図3 突然うしろから押されたとき、転倒を瞬時に自立的に探知して転倒衝撃を最小にして素早く立ち上がる源兵衛5号の身体操法。