

# ねじらない・うねらない・ためない「ナンバ・テニス」の研究 — 人間型二足ロボット「源兵衛」に学ぶ「ナンバ・ダッシュ」と「ナンバ・ボレー」—

副嘉彦（埼玉工業大学）

## 1. 研究の背景と目的

現代日本人の心身にある問題を武術研究者・甲野善紀が鋭く指摘している。かつての日本人の体の使い方は現代のスポーツ選手よりはるかに優れていたと確信できると言う。すべての分野で機械化が進んでいる現代とは異なり、昔は何をやるにしても体を使ってこなさなければならなかったのが、必然的に疲れにくく精度の高い体の運用が求められたのである（著者要約）。「体を上手に使うことで体全体に滞りがなくなり、ある状態から別の状態に一気に変化することができるようになれば、大変な速さを生み、同時に威力も出る」、「筋肉は体を無駄なく上手に動かせるようになるためにあるのであって、そうした動きが自然と育つために、必要な形に筋肉がついていくようなトレーニングをすべきだ」と指摘している。テニスに眼を転じると、世界のトップ選手と日本の選手が対等に戦える日が現在の延長線上にあるかと考えると、何か動きの質のようなものが変わらない限り難しいだろうというのが著者の印象である。

本研究では、現代的な動きと区別するために「ねじらない・うねらない・ためない」（関節に負担が軽く、省エネルギーの）動きのイメージとして象徴的に「ナンバ」という言葉を使い（定義）、「歩きたい方向に倒れ、倒れる方向に足を出す」という二足ロボット「源兵衛」の歩行・走行原理を、踏み出した足が地面に着いたときには後足が前足の横を風のように通り過ぎていく「ナンバ・ダッシュ」と「打ちたい方向に倒れ、倒れる方向に足を出す」という「ナンバ・ボレー」などに展開する。「源兵衛」は、江戸—仙台間 300 km を 1 日で走ったといわれる飛脚の名前にちなんだものである。

## 2. 人間型二足ロボット「源兵衛」の超高速ナンバ・ダッシュ

二足歩行ロボット「源兵衛」のナンバ歩きの基本は、最もシンプルな源兵衛 2 号（脚部 6 自由度、身長 30 cm）の場合、前傾姿勢で、(1) 状態 1：身体を右に傾けると左脚が浮く。(2) 状態 2：このとき左足を前に出す姿勢をとると体が自然に左前方へ倒れ、左足が接地する。状態 3 と状態 4 は体を左へ傾けた反対の動きであり、こうした動きを左右交互に繰り返す。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、歩きたい方向に倒れ、倒れる方向に足がでる。脚部 10 自由度の場合、足首関節を使って上体（頭）が左右に傾かないように歩くことができる。

図 1 は、二足ロボット「源兵衛 5 号」が不意に後から押されたときに前方への転倒を判断し、転倒時の衝撃が小さくなるように受け身的な動きをして手をつき、さらに、転倒した後に素早く立ち上がる動きの自律的発現である。前方への転倒中に尻餅をつきながら後へ引っ張り返るといった大胆な身体操作がロボットの内部では展開されており、結果としてロボットは前方にゆっくり転倒しながら手を前に出して身体を支えることができる。結果として顔面や膝を打撲しないですむことになる。

図 2 は、サーボモータ（関節）トルク特性を考慮してピッチ速度をやや遅くして膝ができるだけ上がるように設定したナンバ走り（ダッシュ）の結果であり、両脚のピッチ速度は 6.6 歩/秒、前進速度は 36.5 cm/秒であった。この走りは、転倒しにくく、最速のピッチ速度 8 歩/秒の場合と同じ前進速度である。氷や雪の上でも転倒せずに走ることができる。

## 3. 二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ・テニス」への展開

図 3 は、「ナンバ・ボレー（フォア）」である。状態 1(f08)から状態 2(f20)まで一瞬（この場合は約 0.4 秒以内）で遷移する。ボールとのタイミングをとって f18(左足は浮いている)と f20(左足が接地)の間（0.066 秒間）にボールを呼び込めば、この間のラケット面の動きはほとんどないので、転倒力が活かされた身体に負担の少ないロバスト（頑健）で確実なインパクトになる。状態 1 は相手プレーヤーのボールの軌道や球質により決まる。状態 2 はどこに打ちたいかによって決まり、ボールを呼び込むタイミングだけを意識すればよい。図 4 は、「ナンバ・バックボレー」である。状態 1(f03)から状態 2(f15)まで一瞬（この場合は約 0.4 秒以内）で遷移する。右足が接地する直前のフレーム f11 の前後がインパクトになる。グランド・ストロークについては別の機会に報告するが、「ナンバ・テニス」は

極めてシンプルな動作原理であり，テニスの経験を重ねることにより誰でも自然に習熟し，身体の転倒中にインパクトがあるので手のでしゃばる余地がなく，プレッシャーの掛かりようがない。

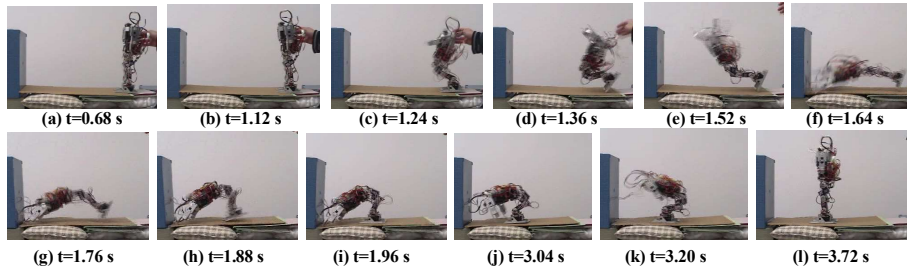


図 1 不意に後から押されて転倒するとき不安定を利用して転倒衝撃回避と俊敏な立ち上がりをする自律型二足ロボット「源兵衛 5 号」. 転倒して起き上がるまでの所要時間は 2.5 秒.

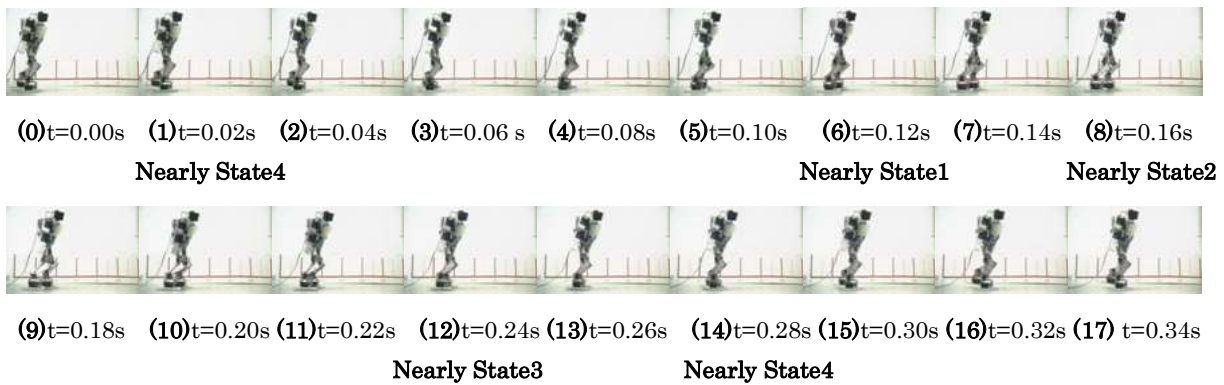


図 2 二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ走り(36.5cm/s, 6.58steps/s)」の時系列表示(ほぼ左右各1歩)

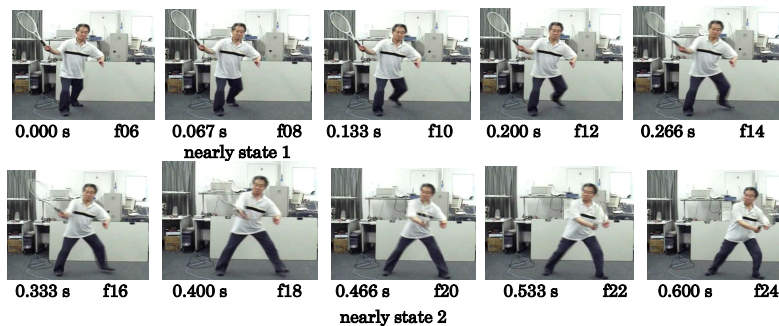


図 3 転倒力を利用する省エネのナンバ・フォアボレー

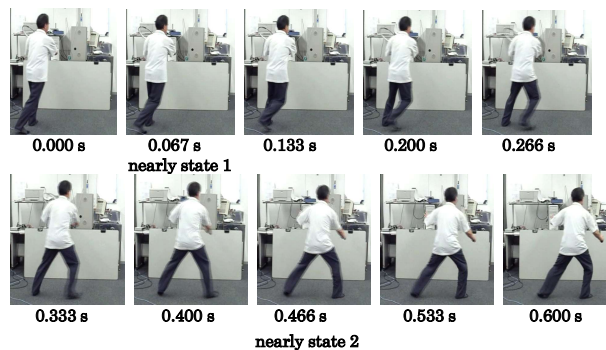


図 4 転倒力を利用する省エネのナンバ・バックボレー

#### 4. 結 論

関節に負担が少なく省エネのねじらない・うねらない・踏ん張らない「ナンバ・テニス」は原理的に俊敏・ロバストであり，プレッシャー・メンタルの入る余地のないスイングである。(文献省略)