

スモール・ソールによる二足ロボット「源兵衛」の不安定を利用するナンバ走りの進展

Development of NANBA Run of Humanoid Biped Robot GENBE with Small-Soles Based on the Distributed Control of Physical Body in a Martial Art

正 川副嘉彦(埼玉工大) 田口 準(埼玉工大) 癸生川純一(埼玉工大)

Yoshihiko KAWAZOE, Saitama Institute of Technology, Fusaiji 1690, Fukaya-si, Saitama
Jun TAGUCHI, Saitama Institute of Technology
Junichi KEBUKAWA, Saitama Institute of Technology

It seems that the emergence of intellectuality in an autonomous robot exists in the dexterity of human or creatures as complex systems. The previous paper proposed the research style and the development procedure along this approach for realization of a real intellectual robot. We call this Human-Robotics, where robots and engineers should learn and develop in collaboration with each other in the real world on the basis of the dexterity of nature, life and human. We realized the simple self-sustained humanlike robust walking & running NANBA of humanoid biped robot GENBE based on distributed control of physical body in a martial art utilizing instability without ZMP (Zero Moment Point) control, which uses only small active power with simple chaotic limit cycle utilizing instability, further developing into autonomous walking & running. Instability makes the natural movement. We also investigated the approach to the emergence of the intellectuality of an autonomous robot for breaking through the problems of the conventional intelligent robot with SMPA (Sense- Model- Plan- Act) framework in the real world. It is based on the development of human's dexterity or proficient skills with Subsumption Architecture (SA) by learning in the real world. This paper showed the development of NANBA Run of Humanoid Biped Robot GENBE with small-sole in order to make full use of instability as a source of driving force based on the distributed control of physical body in a martial art.

Key Words: Robotics, Humanoid Biped Robot, Limit Cycle, Instability, NANBA Run, Dexterity, Martial Art, Human-Robotics, Subsumption Architecture, Real World, Emergence

1. 研究の背景と目的

重心と ZMP の制御を基本とする従来の二足歩行ロボットは、足裏が大きいほど歩行が容易である。しかし、硬くて大きい足裏は ZMP 制御の計算は容易になっても、速い走りや階段を駆け上る場合においては、衝突しやすくて動きの邪魔になる。本研究では、できるだけ小さい足裏(スモール・ソール)を用いて二足ロボット「源兵衛」⁽¹⁾⁽²⁾の不安定を利用した超高速走りを試みる。

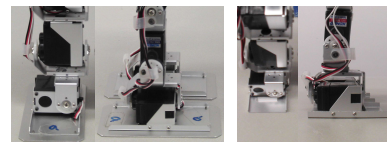
2. ナンバ走りの進展(超高速ナンバ走り)

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。Fig.1 の高橋尚子選手の走りは、大きく前方に上体が倒れ込む以上に繰り返す足のピッチが速いので自然に姿勢が起きているが、源兵衛の走行法に近い。Table 1 は、各時間設定における実際の動作時間、最大動作角度を高速ビデオにより調べた結果である⁽³⁾。遅めの時間設定 5~7 では、設定した時間で 180 度まで回転させることができるが、速めの設定 1~4 では 180 deg まで回転させることができない。したがって、速いナンバ走り(ダッシュ)の状態図はピッチを上げて目標の関節角度まで至らないまま次の動作に移る。与えた状態図に近く足が上げられ、さらに高速走行が可能なのである。Fig.2 はスモール・ソール、Fig.3 は、スモール・ソールによる二足ロボットの超高速ナンバ走りの状態図、Fig.4 は実行結果、Fig.5 は空中での実行結果、Fig.6 は前進速度と両脚のピッチ速度

の関係である。ピッチ速度が増すとサーボのトルク不足により前脚の角度が十分形成されず歩幅が小さくなり前進しない。多少の時間をかけて前脚の角度をある程度形成するほうが、結果としては不安定を利用して速く走る。スモール・ソールによる超高速ナンバ走り(記号▲)は、最速のラージ・ソール⁽¹⁾⁽²⁾の約 2 倍の速さになっている。この走

Table 1 Measured operating time and max operating angle vs. time setting (speed) of GENBE No.4.

Time Setting (speed)	Operating Time	Max Operating Angle of Servomotor	Max Operating Angle velocity of Servomotor
1	0.047sec	15deg	319deg/sec
2	0.094sec	30deg	319deg/sec
3	0.188sec	60deg	319deg/sec
4	0.376sec	120deg	319deg/sec
5	0.752sec	180deg	239deg/sec
6	1.504sec	180deg	120deg/sec
7	3.008sec	180deg	60deg/sec



(a) Large sole(59×113 mm)(b) Small sole(46×66 mm)
Fig.2 Soles of biped robot GENBEs

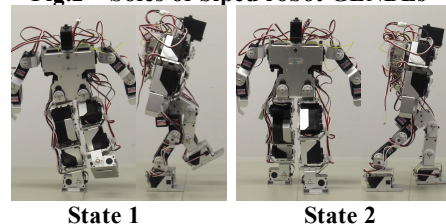


図 3 Twostates of GENBE No.4 with small soles for 37cm/s, 8 steps/s NANBA dash.



(a)Naoko TAKAHASHI (b)GENBE No.4.
Fig.1 NANBA Runs

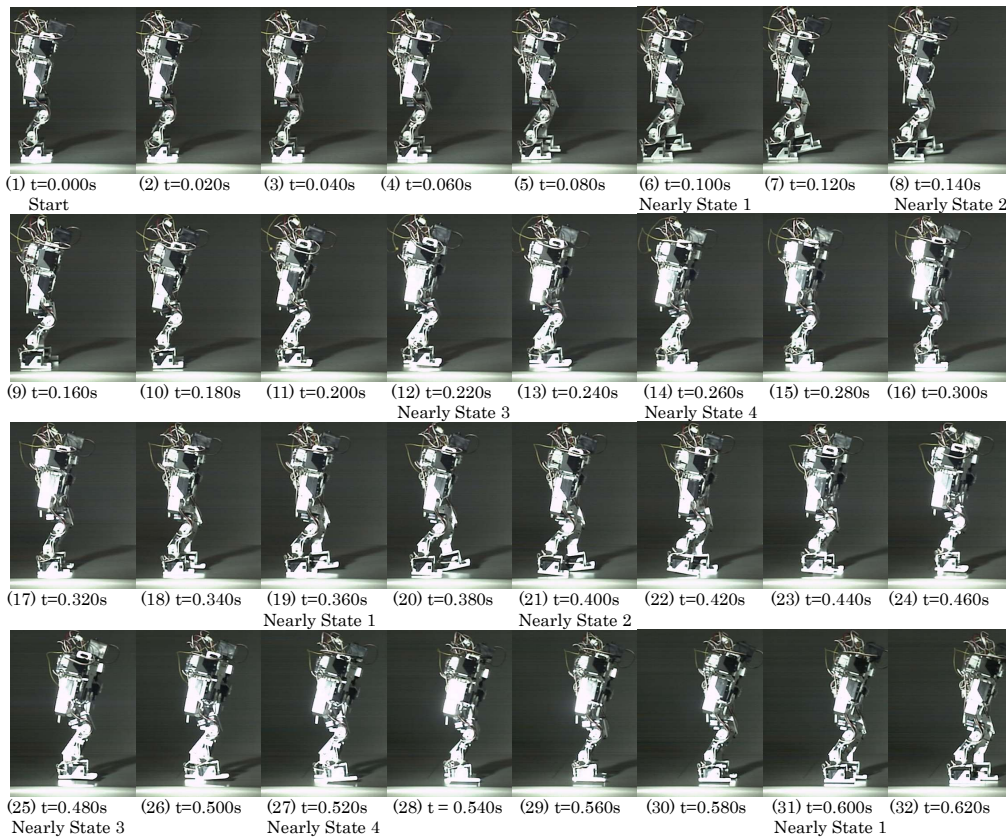


Fig.4 Emergence of NANBA dash 37cm/s, 8 steps/s of GENBE No.4 with small soles. It takes only 0.6s from standstill to 2 step runs.

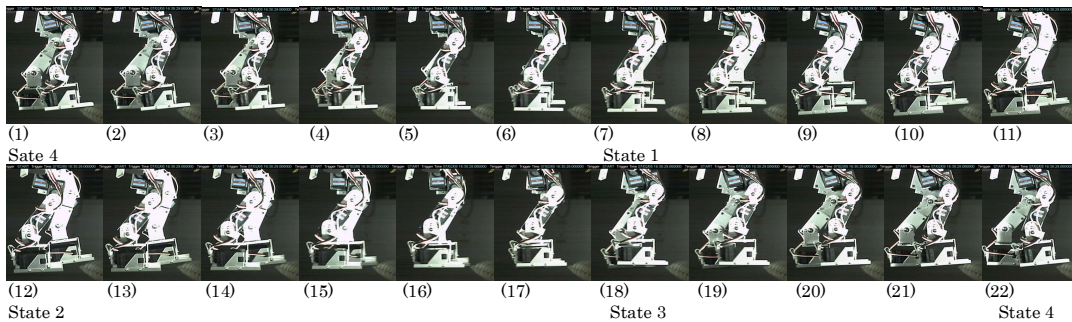


Fig.5 Moves of legs in the air for NANBA dash 37cm/s, 8 steps/s of GENBE No.4 with small soles (Every 0.02 s)

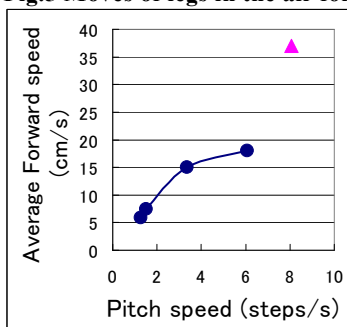


Fig.6 Forward speed vs pitch speed of NANBA dash of biped robot GENBE No.4 with small soles (▲ : with small-soles).

法は、バスケットボールやサッカーなどの瞬間的な加速や極短距離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、身体が操作が従来の走りに比べてあまりに複雑で、最初の二、三步は何とかなっても持続的にこれを行うことは非常に難しいといわれる⁽⁴⁾。Fig.7は前方への転倒を検出して転倒時の衝撃を最小にするような受け身の動きと転倒から素早く立ち上がる動きの自律的

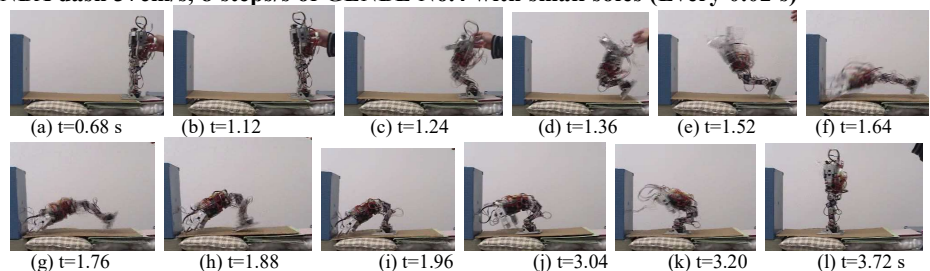


Fig.7 Simple autonomous shock avoidance during falling down and instantaneous rising of biped robot GENBE No.5 with Anti-ZMP based on distributed control of physical body in a martial art utilizing instability. It takes only 2.5 seconds.

発現である⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

3. 結論

ピッチ速度が増すとサーボのトルク不足により前脚の角度が十分形成されず歩幅が小さくなり前進しない。時間をかけても前脚の角度をある程度形成するほうが、不安定を利用して速く走る。写真提供をいただいた高橋尚子選手とさかいやスポーツ・酒井孝典氏に深謝する。(文献省略)