

「ナンバ歩き・ナンバ走り」を基本とする 人間型二足ロボット「源兵衛」の ロバスト性の実証

川副 嘉彦

埼玉工業大学工学部ヒューマンロボット学科

kawazoe@sit.ac.jp

Practice Demonstration of Robustness of Humanoid Biped Robot GENBE Based on NANBA-Walk and Run with Distributed Control of Physical Body

Yoshihiko KAWAZOE

Department of Human-Robotics, Faculty of Engineering, Saitama Institute of Technology

Abstract

In the previous paper, 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, further developing into autonomous walking, running, instantaneous turn and the simple autonomous shock avoidance during falling down and instantaneous rising up. Instability makes the natural movement. This paper demonstrated using high-speed video camera the robustness of humanoid biped robot GENBE with distributed control of physical body who walks and runs everywhere even on the ice and snow.

Key Words: Robotics, Humanoid Biped Robot, Robustness, NANBA Walk and NANBA Run, Limit Cycle.

1. 研究の背景と目的

ホンダの人間型ロボット ASIMO の歩行が滑らかであるために、前報¹⁾にも述べたが、文献²⁾にも見られるように、ZMP (Zero Moment Point) 制御に基づく歩行は安定だと誤解されやすい。ZMP を基本とする制御は、目標軌道からの微小変位の制御だから、たとえば転倒時のように周囲の状況により目標軌道が急変したり、予測外の外乱などにより目標軌道が未知の場合には、

無力である。

人間や動物の複雑精妙な運動は、非線形で自由度の多い身体や四肢を巧みに制御して実現される。一方、ロボティクスは、人間や動物の運動機能を機械的に実現しようとするものにほかない。最も基本的で本質的なロボットの定義が、生体（人間・動物）に似た運動機能を持つもの、あるいは運動機能に加えて知的機能を備えているものだとすれば、病み上がりの病人

のような動きをする二足歩行ロボットは、人形には分類できてもロボットには分類しにくくなる。

二足歩行ロボットの歩行原理として従来から広く使用されている ZMP 制御とは逆に、不安定な姿勢が動きを作るという新しい歩行原理によると、直立二足歩行ロボットの「ナンバ歩き・ナンバ走り」、瞬間的方向転換「ナンバ・ターン」、軽快な階段の昇降、転倒時の衝撃回避の身体操作などの動作へと展開することができることを著者らは前報までに示した^{3)-6), 11)-16)}。転倒力を利用して「歩きたい方向に倒れ、倒れる方向に足を出す」というのが「源兵衛」と名づけた二足ロボットのナンバ歩き・ナンバ走りであり、江戸一仙台間を1日で走ったといわれる伝説の飛脚の名前にちなんでいる。本研究における「ナンバ」という用語は、「ねじらない・うねらない・

踏ん張らない（蹴らない）」という関節に負担が少ない動きのイメージとして象徴的に使っている（定義）^{3)-6), 11)-18)}。

一般に、人間も二足歩行ロボットも、歩行・走行のピッチ速度が増すと、関節（サーボモータ）のトルク不足により脚が上がらず、関節の運動速度もサーボモータの回転角速度も飽和・低減し、歩幅も小さくなって転倒しやすい。しかし、人間型二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き・ナンバ走り」は、ピッチ速度に比例して前進速度が増す。姿勢角度データを同じにして両脚のピッチ速度を6種類変えたときの歩き・走りの挙動を高速ビデオで分析し、氷上でも転倒しないで走るロバスト性（環境や外乱に影響されにくい頑健さと柔軟自在の速度）とそのメカニズムについて、前報¹⁾で以下のことを明らかにした。

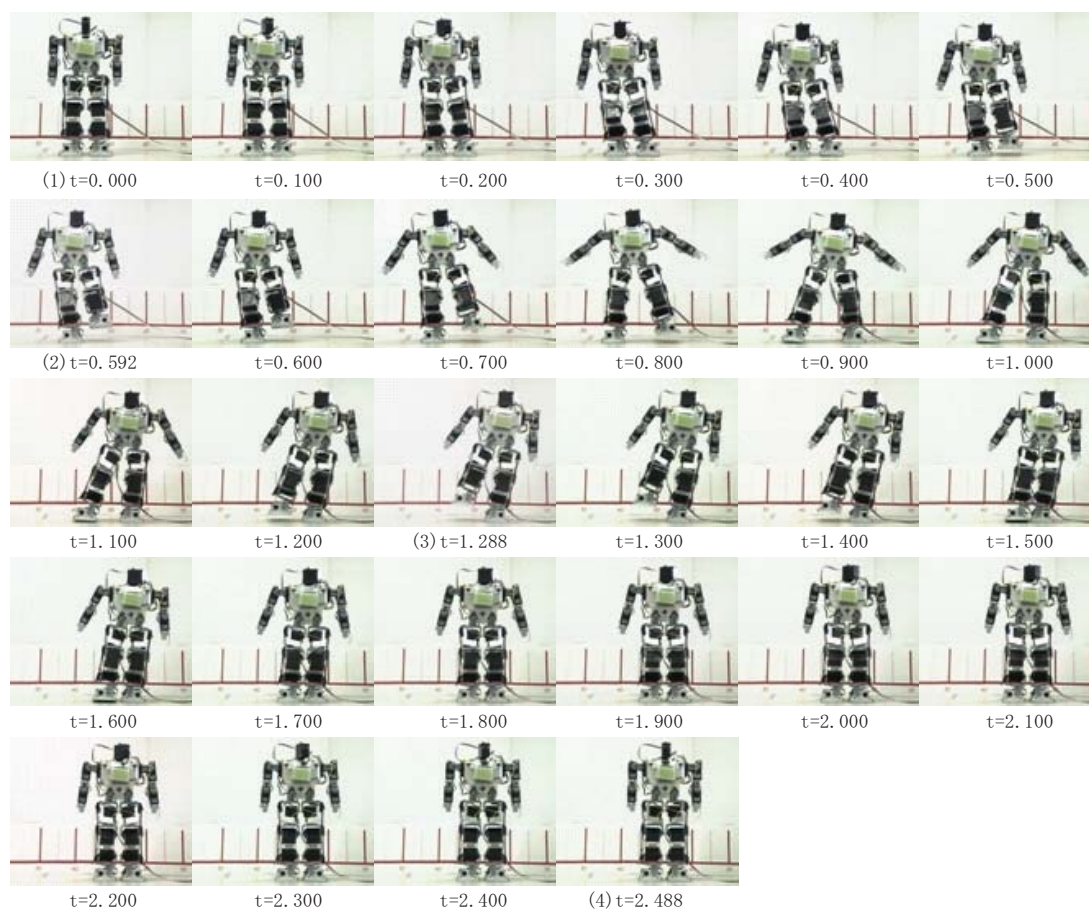


Fig.1 Ordinary side-step (left side movement) of humanoid biped robot with ZMP, which utilizes static balancing (unit:second, high-speed video analysis:250 fps)

本研究における人間型二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き・ナンバ走り」は、不安定な平衡状態から、不安定（転倒力）を利用して安定な平衡状態へ素早い遷移を繰り返すリミットサイクル・アトラクターの原理による歩行・走行であり、周期も振幅（歩幅）もほぼ周期的であるが、サーボモータへの負荷の大きさや足裏のすべりなどが足を上げる時間や歩幅に微妙に影響して微妙に変化し、複雑系・カオスの挙動を示す。これが予期せぬ外乱に対して頑健であり、状況の変化に応じた柔軟性の理由である³⁾⁻¹⁶⁾。サーボモータの設定動作時間が短くて（ピッチ速度が速くて）足が上がりきらない場合でも、前傾角度が大きくなって、常に前傾姿勢で足裏が前方に滑りながら走り、ピッチ速度が速くなっても転倒しない。

本報では、「ナンバ歩き・ナンバ走り」を基本とする二足ロボット「源兵衛」のロボスタ性を多様な実環境で実践・実証する。公開実演によるロボスタ性の実践と自己点検評価、プロジェクト型教材・授業への展開（三輪車の原理から二輪車の原理へ）について紹介する。

2. 地面を蹴らない動き

一般的な左右への移動（サイドステップ）の動きは、たとえば、左に移動する場合、図 1 のように、右側に重心を移動させて静バランスをとりながら左足を上げた後に、左側に脚を踏み出して移動する。さらに左足が着地するとともに左側に重心を移動させて再び静バランスをとりながら右足を上げた後に、重心を中央に戻しながら右足を引き寄せて立位の姿勢をとる。図 1 では、この間に所要した時間は 2.1 [s] である。この際、右足に重心を乗せて地面を蹴ることによって左に移動している。さらに、左足に重心を乗せて地面を蹴りながら制動をかけて直立の姿勢に移っている。

一方、横（左右）への移動において、ナンバ的な発想によって右あるいは左の動きたい方向へ倒れ、倒れる前に足を出せばよいという原理でロボットを動かすと以下ようになる。

図 2 は、(a) 不安定な平衡状態である状態 1 お

よび(b) 安定な平衡状態である状態 2 であり、図 3 のようなステップ(a) (b) (c) (d) で状態 1 から状態 2 へ遷移すると、図 4 のような動きになる。図 4 は、横方向の転倒力を利用して状態 1 から状態 2 まで一瞬（この場合は約 0.27 秒以内）で遷移し、約 0.2 秒で状態 1 に遷移する。これをわれわれは「ナンバ・サイドステップ」と呼ぶ。

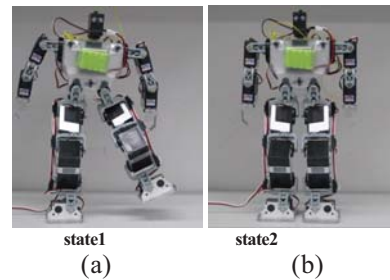


Fig.2 Fundamental two States

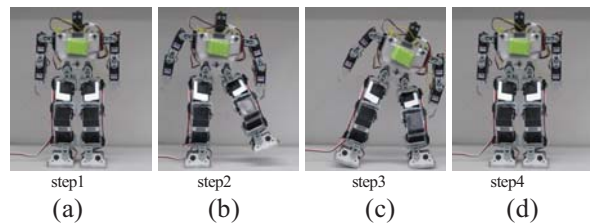


Fig.3 Theory of side step movement based on transition from State 1 to State 2 using instability.

一般に、陸上競技をはじめ、サッカーやテニスなどの球技、あるいは剣道や空手などの武道において、速く動くためには地面を強く蹴るように指導がなされている。

一方、腰を捻ることのできないロボット「源兵衛」の捻らない・うねらない・蹴らない「ナンバ走り」は、足裏を浮かせて地面を蹴らないで移動するのが特長であり、蹴らないので関節の負担が少ない。

図 5 は、(a) 地面を強く蹴って横移動する場合と、(b) 地面を蹴らないで足裏を浮かせて横移動する場合の動きを比較した結果である。図 5(a)では、体重を支点（左足）に残しながら支点（左足）で蹴って右へ移動している。一方、図 5(b)の蹴らない横移動（ナンバ・サイドステップ）では、体重を支点（左足）に残さず蹴らないで転倒力を利用して右へ移動している。すなわち、身体が移動方向に倒れこんでいる。移

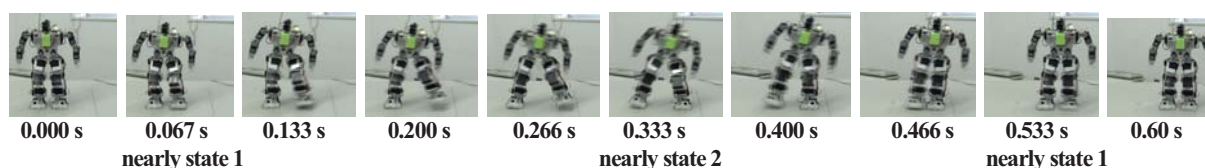
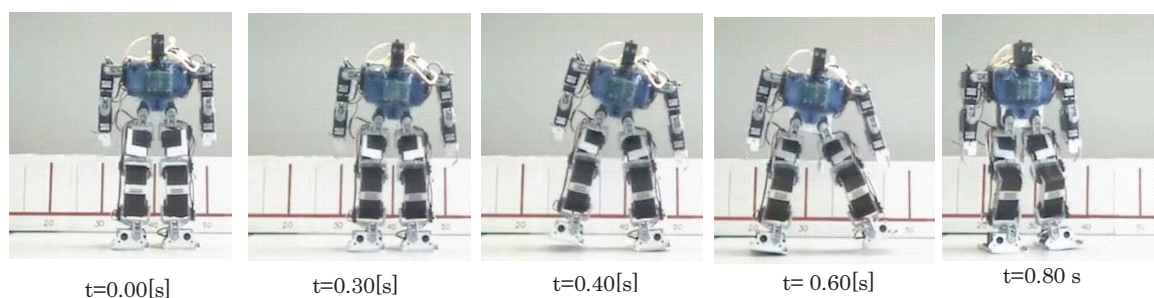
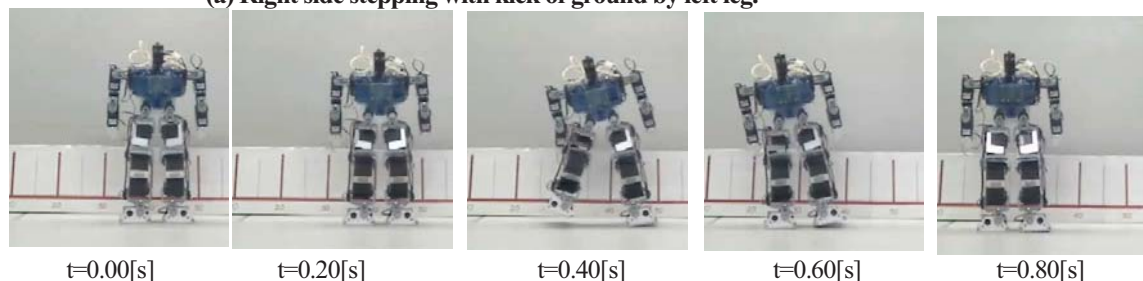


Fig.4 Simple self-sustained robust instantaneous NANBA side-step (left side movement) of humanoid biped robot GENBE No.4-2007 based on distributed control of physical body in a martial art utilizing instability with Anti-ZMP, which uses only small active power. (high-speed video analysis:250 fps)



(a) Right side stepping with kick of ground by left leg.



(b) Right side stepping using instability without kick of ground.

Fig.5 Right side stepping by biped robot (250 fps)

動が速く、支点となる足関節の負担が少ない。図 5(a) の一般的な蹴る横移動と図 5(b)の蹴らない横移動（ナンバ・サイドステップ）では、身体の傾きが反対になっていることに注目していただきたい。

図 6 は、高橋尚子選手の走りであり、蹴らない走りに近い。身体の重心（丹田）を前方に出して倒れ込みながら同時に足を前脚の形に作ることで前脚が着地することにより、（上体が垂直になり）良い姿勢になっていると推察できる。走りに習熟することにより転倒力とピッチ速度のバランスがとれる。

図 7 は、二足ロボット「源兵衛 4 号-2006」の地面を蹴らない「ナンバ歩き」（約 0.7 秒間）であり、図 7(e)において右足が着地したときにはすでに左足が浮いており、さらに(f)～(m)において転倒力を利用して自然に左足が右足の横を通過して進行方向に着地する。前傾角度、左右の傾き角度を大きくしてピッチを速くすると自

然に歩きから走りに転ずる。「ナンバ走り」では、右足が着地したときにはすでに左足が浮いており、転倒力を利用して「水鳥の足」のように自然に左足が右足の横を通過して進行方向に着地する。



Fig.6 NANBA Run of Naoko TAKAHASHI (Sakaiya Sport)

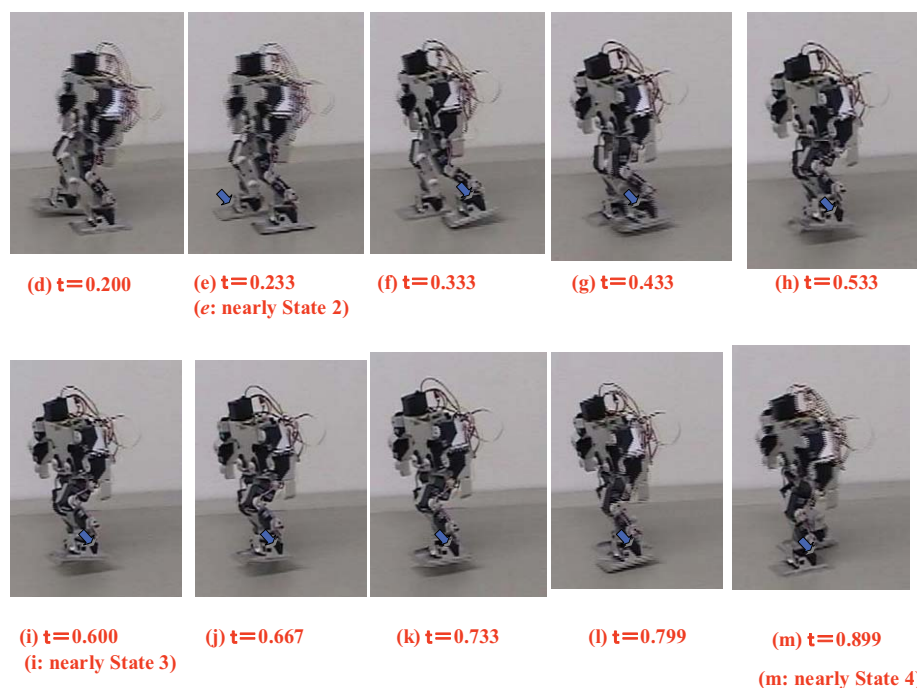


Fig.7 Self-sustained humanlike robust walking NANBA by humanoid biped robot GENBE No.4 (height: 34 cm, weight 1.2 kg). Walking speed: 7.9 cm/s.

3. 自律型「源兵衛5号」のサブサンプシオン・アーキテクチャと動的障害物に対する反射的回避

自律型「源兵衛5号」(全高: 約 350 cm) も同様の動きの原理により, 俊敏に動く. たとえ

ば, 不意に後方から押されたときに前方への転倒を検出し, 転倒時の衝撃を最小化するように受け身をし, 転倒した後に素早く立ち上がる^{14), 16)}.

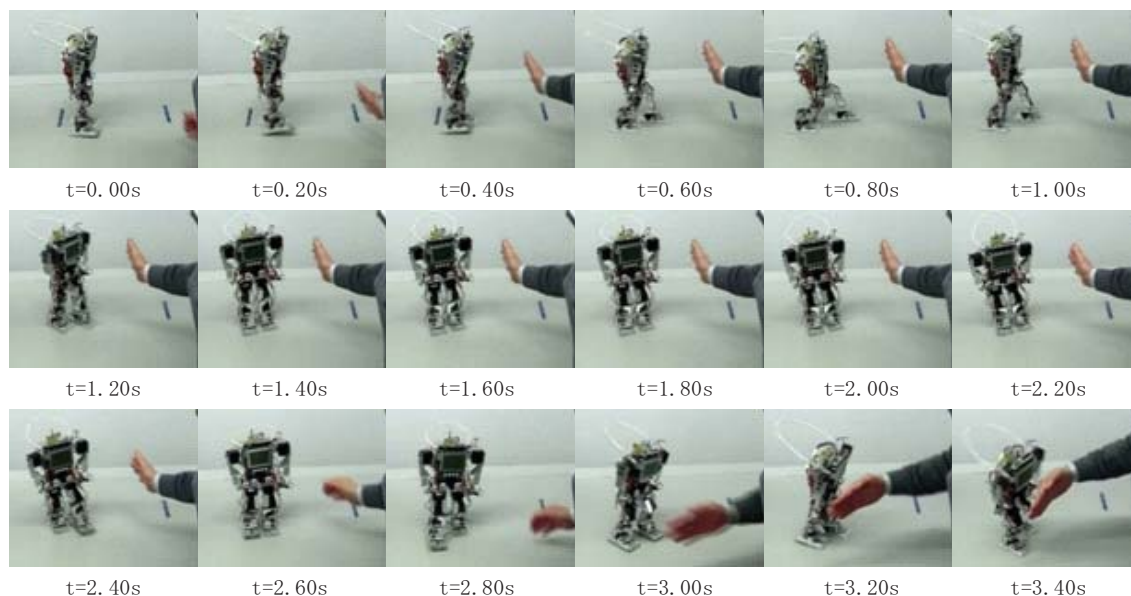


Fig.8 Emergence of simple self-sustained humanlike robust quick stops and instantaneous turns of humanoid biped robot GENBE No.5-2006 for abrupt disturbance during NANBA walking. (every 5/30 frames).

図 8 は、突然の外乱（動的障害物）に対する源兵衛 5 号の応答性の良さを示すビデオ・コマ写真である。ナンバ歩きで前進中に、突然に目の前に出現した障害物（人間が手を急に出して歩行を妨害する）に対して急停止し（ $t = 0.40$ 秒）、右へ約 90 度のナンバ・ターン(右折)をして再び歩き出す（ $t = 1.60$ 秒）。さらに 90 度の左折をしようとした瞬間に再度の突然の妨害

（動的障害物）を認識してからの応答（ $t = 3.20$ 秒）も極めてよく、動的障害物を認識してから約 0.4 秒後に停止している。停止後、即座に「構え」の状態をとることにより障害物が退いた後の歩き出しが安定する。また、この場合の 90 度や 180 度の方向転換ナンバ・ターン 2006 は上体を前に倒しながら前(左)脚に体重を移動し、後(右)脚を後方に伸ばすことにより前(左)脚の位置を変えないでターンする。障害物回避のための実距離は約 30 cm であり、サブサンクション（包摂）構造的要素行動により、反応が速い。

図 9 は、SA(Subsumption Architecture)による並列処理構造と各要素行動の処理系の例を示す。要素行動 Walk（前進）と要素行動 Avoid（障害物を検知し回避する）からなる簡単な制御構造例であり、障害物を検知すると Avoid（回避）が優先され、停止してから約 90° 右に瞬間的に方向転換し、Avoid（回避）が終了すると Walk（ナンバ歩き）に戻って前進を再開する。

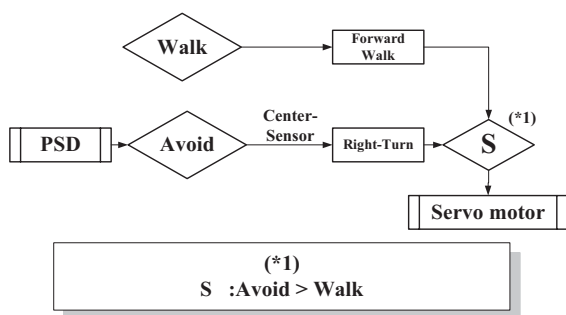


Fig.9 Subsumption Architecture of NANBA walk of GENBE No.5 -2006 for obstacle avoidance and instantaneous NANBA turn (90 degrees).

4. 多様な環境で歩く・走る

蹴らないで転倒力を利用すると、図 10(a)～(p)のように、種々の建物の床、廊下、室内、あるいは屋外での歩行・走行もロバストである。図 10(m)～(p)は、「源兵衛 4 号-2007」が榛名湖の氷雪を自在の速度で走る様子を示す。滑りやすい氷雪上の歩行・走行は、摩擦を利用しない、すなわち、床を蹴らない歩き・走りであり、したがって関節の負担も少ない^{4), 5)}。

図 11(a)は、「源兵衛 4 号-2007」が図 10(a)のフロアを歩行する様子を示す。図 11(b)および図 11(c)は図 10(b)、図 11(d)および図 11(e)は図 10(c)、図 11(f)は図 10(e)、図 11(g)は図 10(f)、図 11(h)は図 10(g)、図 11(i)は図 10(h)、図 11(j)は図 10(i)、図 11(k)は図 10(j)、図 11(l)は図 10(k)、図 11(m)は図 10(l)、図 11(n)は図 10(m)～(p)など、いろいろな建物内の床や廊下、研究室の床、玄関タイル、屋外の氷雪の上などを歩行・走行する様子を示すコマ写真であり、本研究の二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き」、「ナンバ走り」のロバスト性を実証している。

5. 公開実演によるロバスト性の実践と自己点検評価

図 12(a)～(e)は工業高校への出前授業での実演・体験、図 12(f)～(i)は高校の学校祭への出前実演・体験、図 12(j)～(o)は高校からの見学における実演・体験、図 12(p)～(u)は埼玉工業大学で開催された公開シンポジウムにおける実演・体験、図 12(v)はコミュニティカレッジの公開講座、図 12(w)～(y)は学園祭や産業祭におけるデモの様子を示す。毎回のオープンキャンパスでも実演体験を実施している^{19)- 26)}。

” 人間型二足ロボット源兵衛のナンバ歩き・ナンバ走り・ナンバターン,” ” 生き物に学ぶロボットの巧みさの発達” などのテーマで人間や動物の巧みさに学ぶロボティクスに関する出前授業の依頼が工業高校だけではなく普通高校からも多く、実演や体験学習が歓迎される。

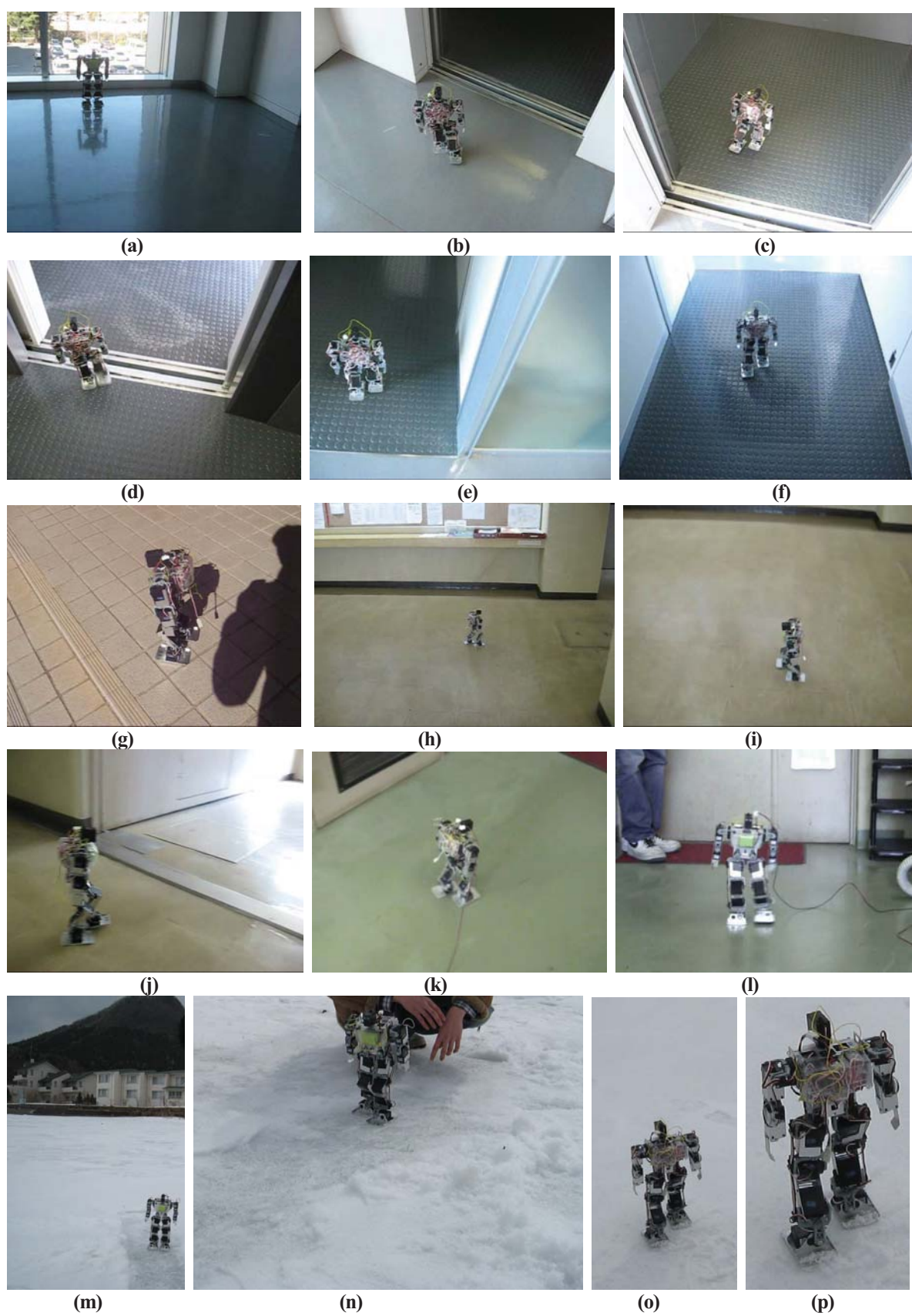
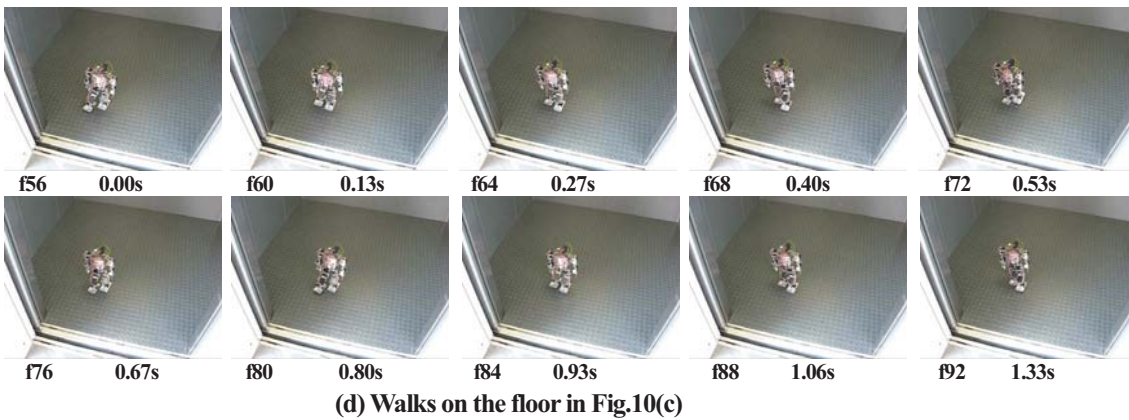
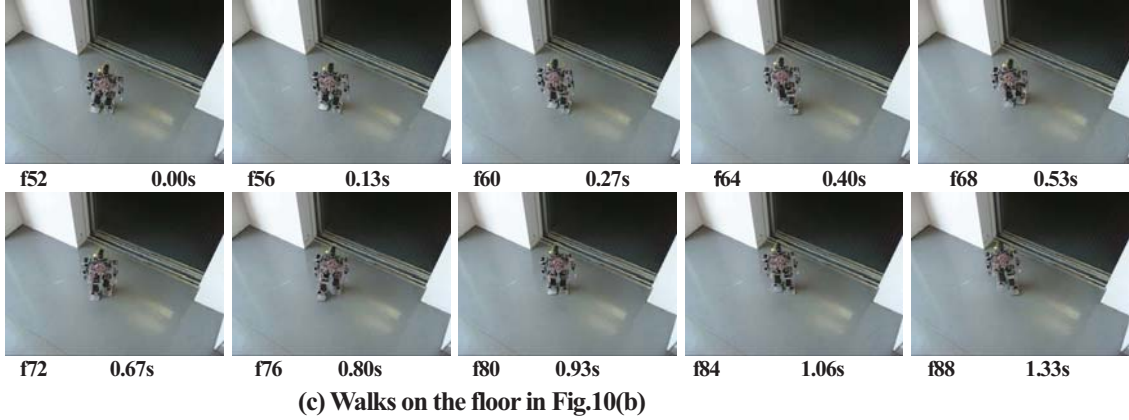
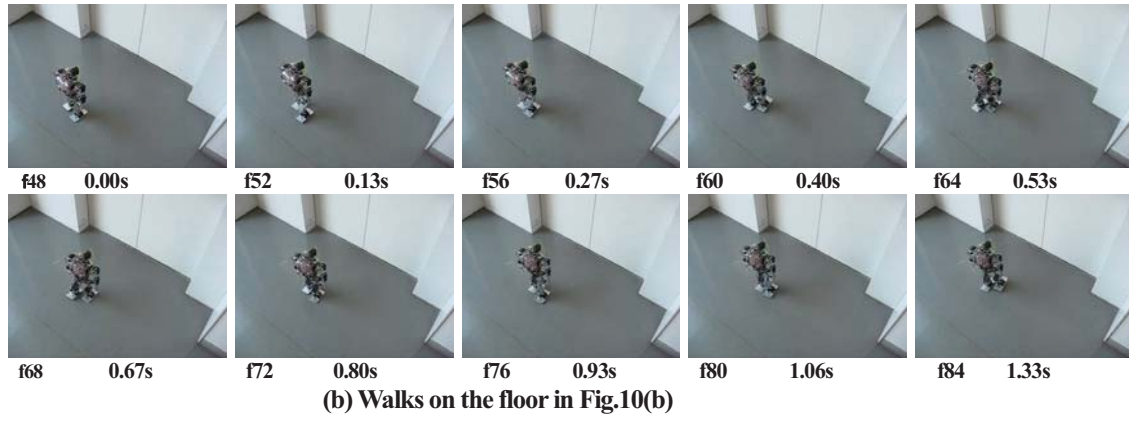
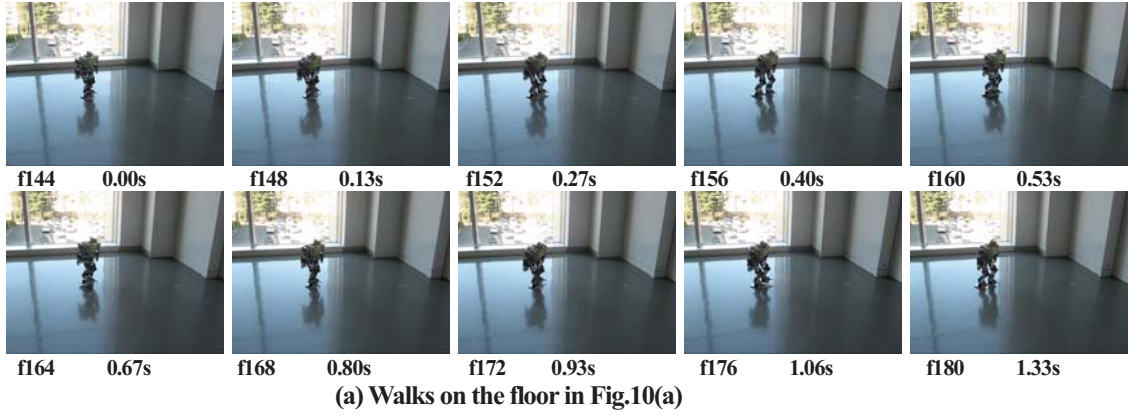
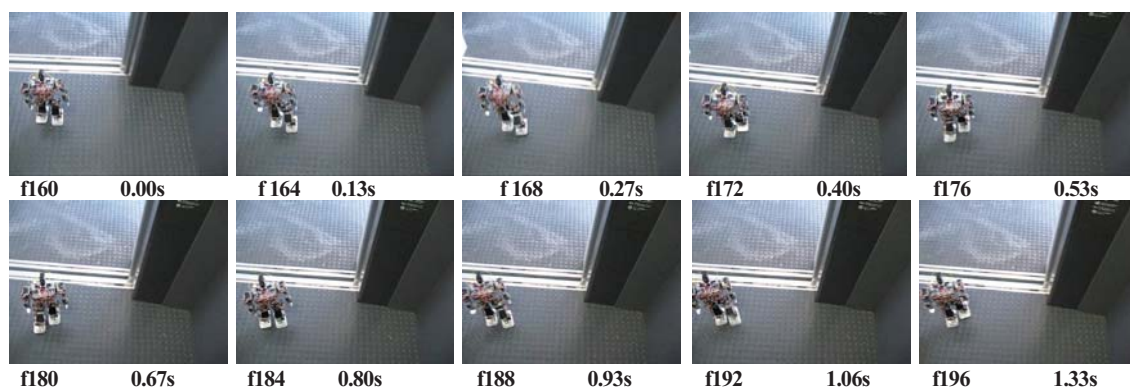
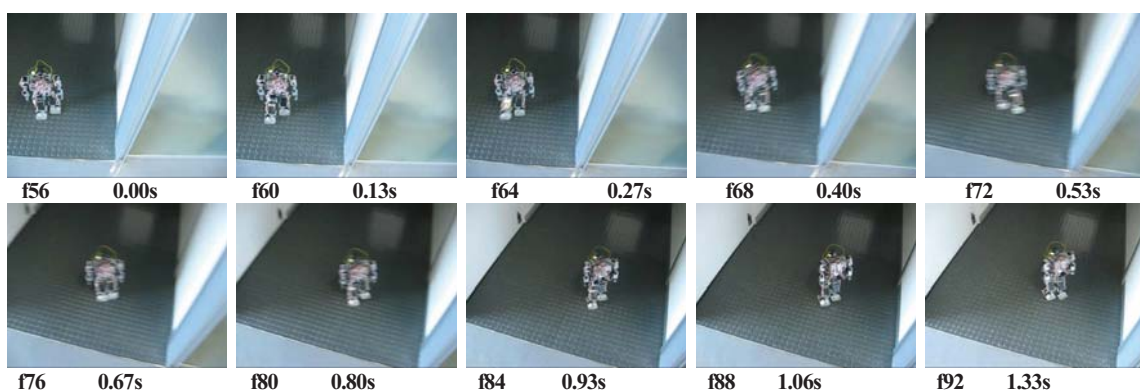


Fig.10 Humanoid biped robot GENBE who walks and runs everywhere on the ground.

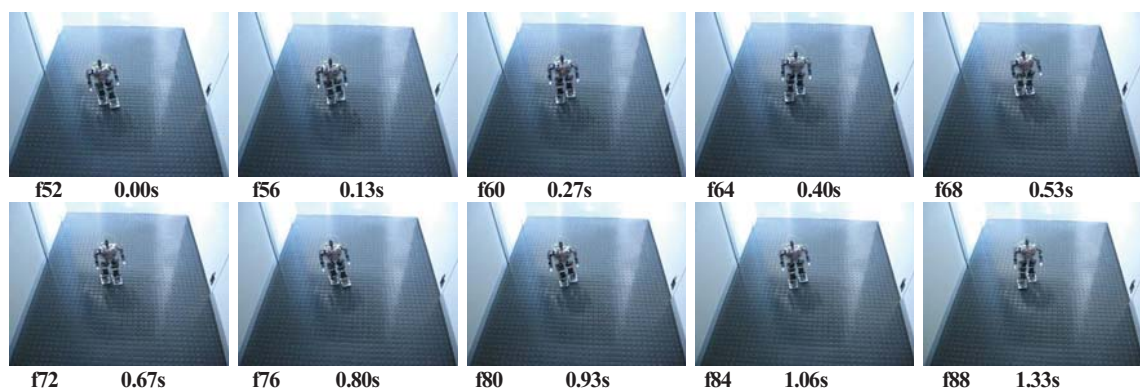




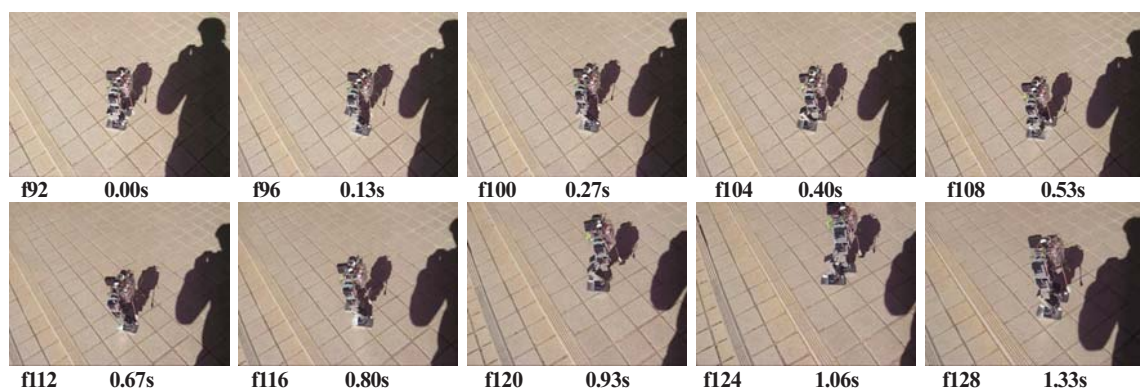
(e) Walks on the floor in Fig.10(d)



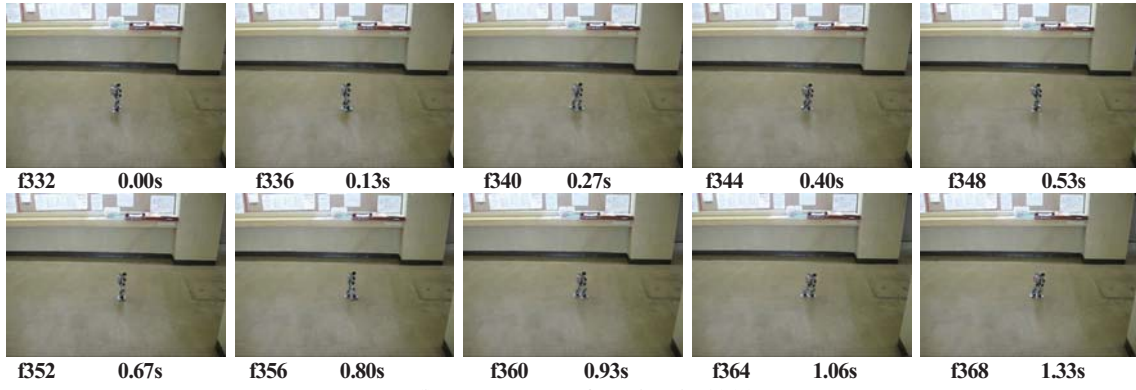
(f) Walks on the floor in Fig.10(e)



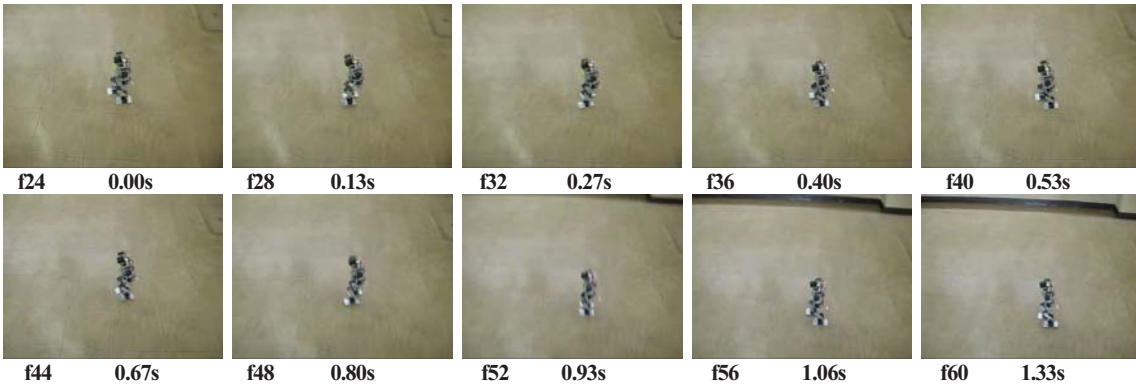
(g) Walks on the floor in Fig.10(f)



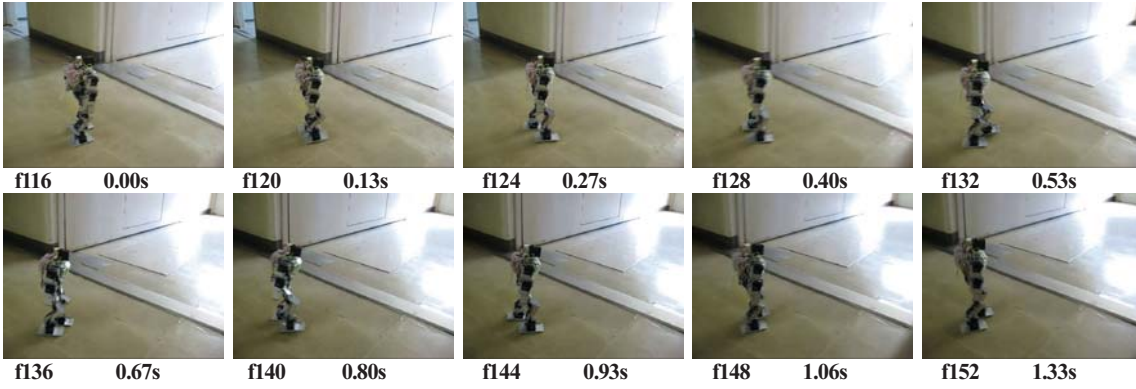
(h) Walks on the floor in Fig.10(g)



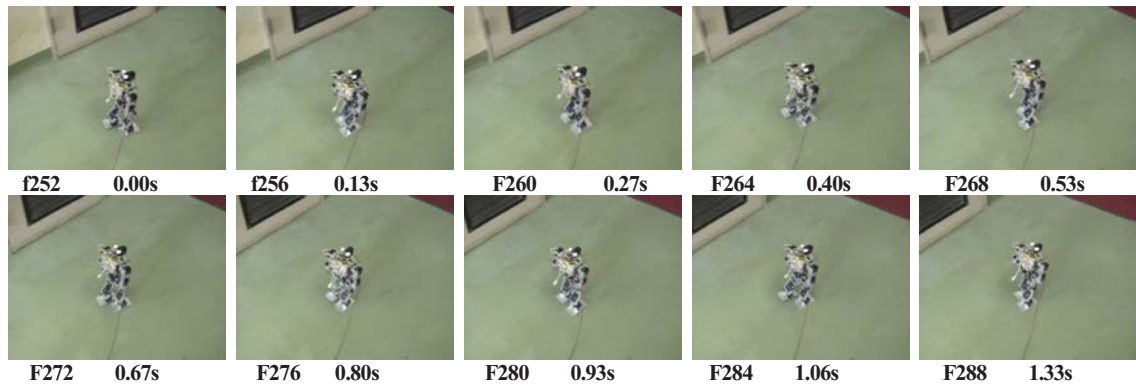
(i) Walks on the floor in Fig.10(h)



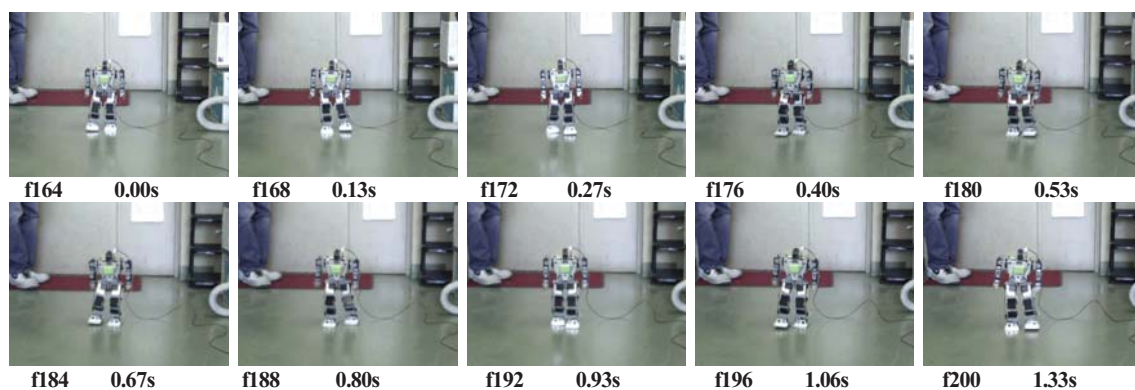
(j) Walks on the floor in Fig.10(i)



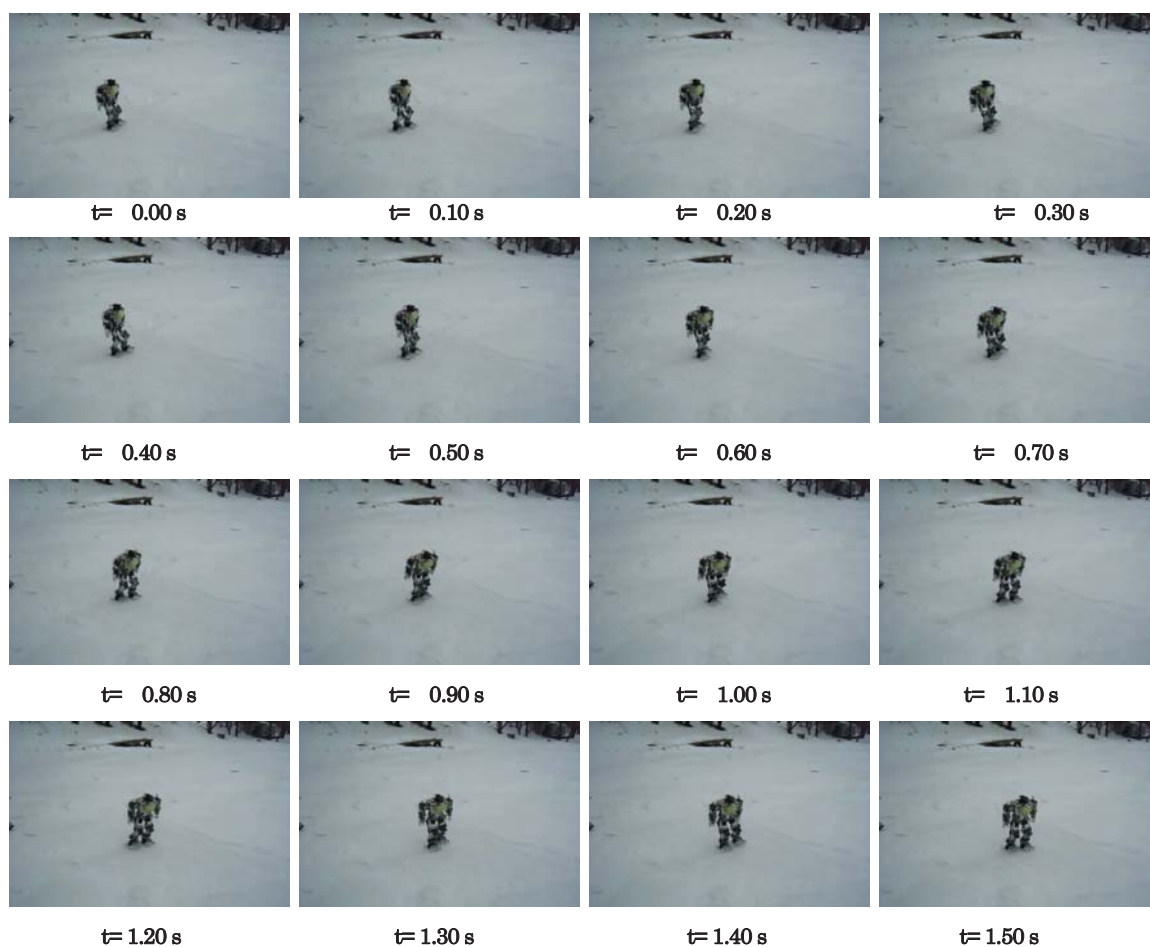
(k) Walks on the floor in Fig.10(j)



(l) Walks on the floor in Fig.10(k)



(m) Walks on the floor in Fig.10(l)



(n) Walks on the floor in Fig.10(m), (n), (o), and (p)

Fig.11 Robustness of humanoid biped robot GENBE who walks and runs everywhere, even on the ice and snow.

6. プロジェクト型教材・授業への展開（三輪車の原理から二輪車の原理へ）

二足歩行ロボットの授業は学生の関心と呼ぶが、歩行の難しさのため授業実施が難しいという指導者の声が多い。図 13 は、二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き」、「ナンバ走り」のロボ

スト性のプロジェクト型教材・授業への展開であり、いわば三輪車の原理から二輪車の原理へのダイナミクスの質の変化を目指している。

二足歩行ロボット製法 I，II，III，二足歩行ロボット製作演習 I，II，III はロボット系学科の導入科目として、また、機械工学プロジェクトはプロジェクト型の科目として展開し、成



Fig.12 Robustness of humanoid biped robot GENBE who walks, runs and performs, anytime and anywhere.

功している。

図 14～図 17 は、高大連携・サイエンス・パートナーシップ・プロジェクトなどへの展開である^{27)~33)}。最終日の発表会は多少の緊張感もあり、高校生としてはかなり高度な動きも見られ、大成功であった。発表会における評価項目は、アイデア(発想)、技術(安心して見れる頑健さ)、芸術(美しさ)、努力(の後の見える)の4項目で、参考の審査基準は7段階で3を普通とし、6、7をTAのデモ・レベルとしている。評価者の重み付けは、(SPP 講師) 4 : (SSP の場合は高校教員) 2 : (TA) 2 : (生徒) 2 の割合とし、評価とともにできるだけコメントを記入してもらっている(特に、評価 1,2 および 6,7 はコメント必須)。プレゼンテーションのときには自己PRをしてもらう。また、最優秀賞(総合

1 位) および技術賞、アイデア(発想)賞、芸術(美しさ)賞、努力賞を与える。全体的には、まだ微小変動を安定化するという三輪車型の先入観から完全に抜けきるのは難しく、スローな動きが多いが、それでも随所に工夫も見られ、2 日目の中間発表に比べると最終日の動きは格段の差がある。演技練習するテーブルと本番での床などの環境が異なるにもかかわらず、転倒や失敗はほとんど見られず、したがって、安心して鑑賞することができる。ロバスト性を意識したダイナミクスによるロボットの動きの改善は想像以上であった。受講生は3 日間の間に内容もプレゼンテーション力も格段の進展を示し、プロジェクト型の教材としては自在の展開が可能である。

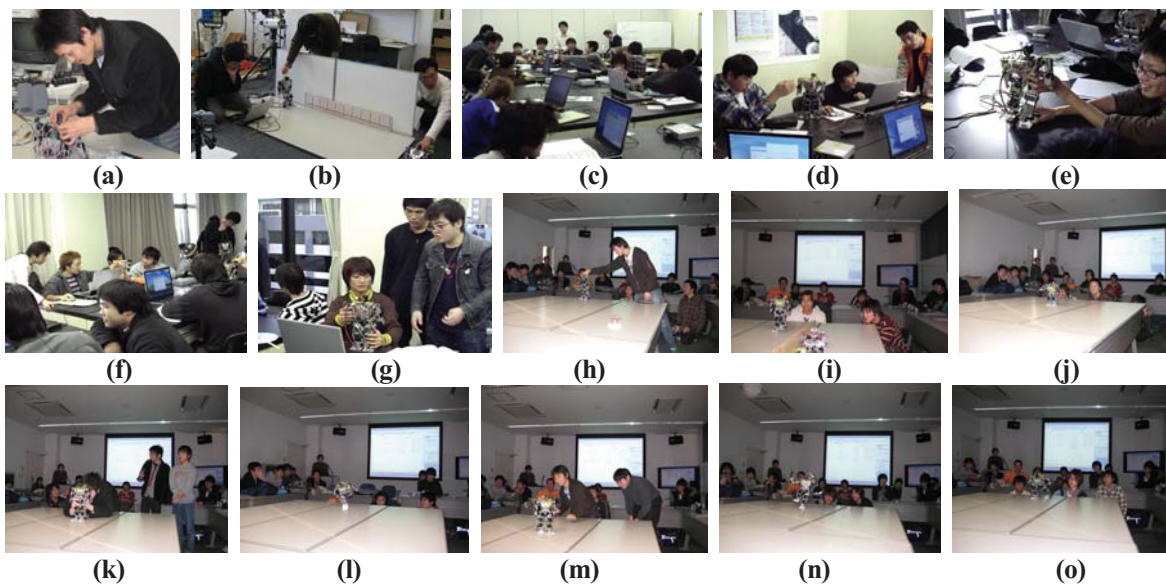


Fig.13 Robustness of humanoid biped robot GENBE employed in the project type classrooms of Robotics.

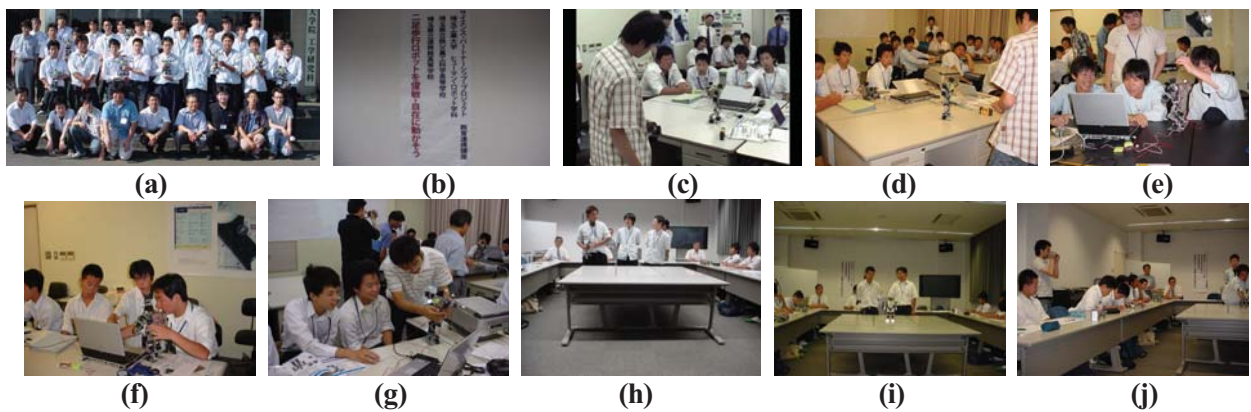


Fig.14 Robustness of humanoid biped robot GENBE employed in Science Partnership Project (SPP) with S-High school and C-High school of technology.

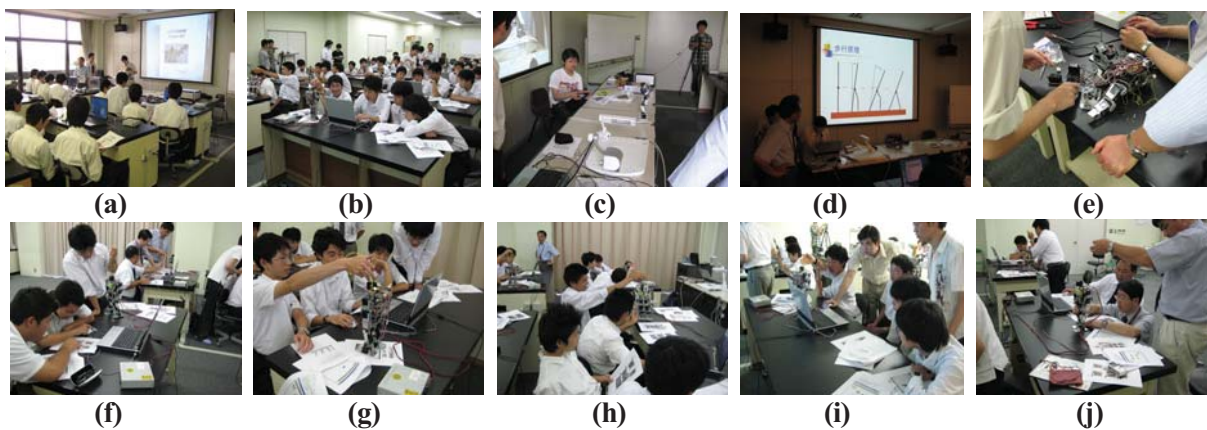


Fig.15 Robustness of humanoid biped robot GENBE employed in Science Partnership Project (SPP) with F - High School of technology

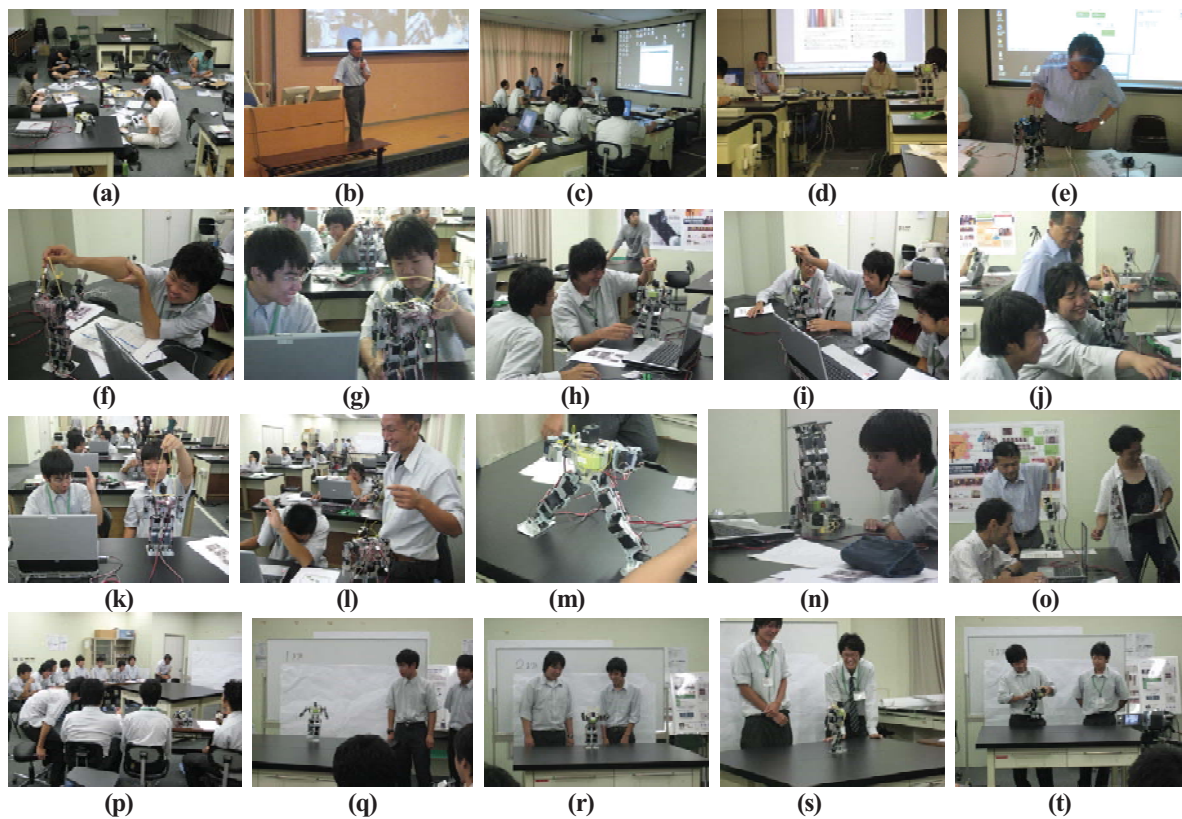


Fig.16 Robustness of humanoid biped robot GENBE employed in Science Partnership Project (SPP) with I-High School of technology

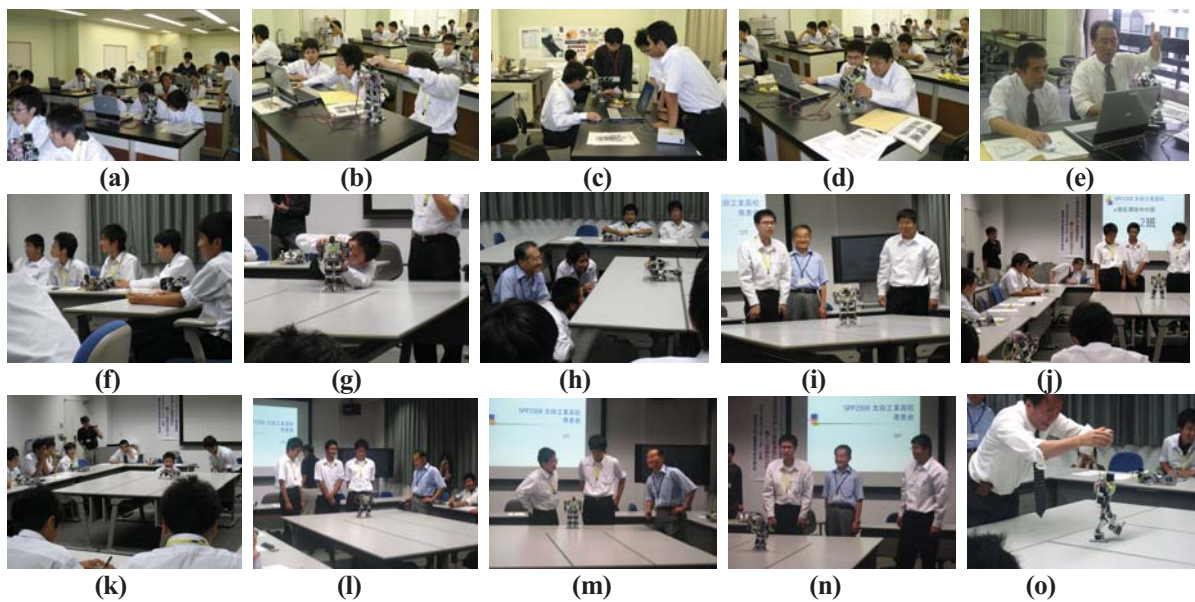


Fig.17 Robustness of humanoid biped robot GENBE employed in Science Partnership Project (SPP) with O-High School of technology.

7. 結 論

一般に、人間も二足歩行ロボットも、歩行・走行のピッチ速度が増すと、関節あるいはサーボモータのトルク不足により脚が上がらず、関節の運動速度もサーボモータの速度も飽和し、歩幅も小さくなって転倒しやすい。しかし、本研究の人間型二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き・ナンバ走り」は、ピッチ速度に比例して前進速度が増し、氷上でも転倒しないで走る。

本報では、「ナンバ歩き・ナンバ走り」を基本とする二足ロボット「源兵衛」のロバスト性（環境や外乱に影響されにくい自在の頑健さ）を多様な実環境で実践・実証した。公開実演によるロバスト性の実践と自己点検評価、プロジェクト型教材・授業への展開（三輪車の原理から二輪車の原理へ）などについて紹介した。蹴らないで転倒力を利用すると、多様な環境で歩く・走る。

おわりに、動きの解析のための撮影を長年にわたって快く許可いただいている神戸女学院客員教授・甲野善紀氏および西武池袋コミュニティ・カレッジ・若杉泰介氏、および高橋尚子選手とさかいやスポーツ・酒井孝典氏のご助力と本研究に励ましとご指導をいただいている森政弘（東工大名誉教授）、養老孟司（東大名誉教授）、五味隆志（アプライド・AI・システムズ社）、甲野善紀（松聲館）、梅谷陽二（東工大名誉教授）、佐々木正人（東大教授）の諸先生に深謝する。卒業研究として熱心な協力を頂いた平成 19 年度・伊倉良明・筋野駿介・奥水裕矢・原昌彦の諸君にも深く感謝する。

なお、本研究の一部は平成 17 年度中山隼雄科学技術文化財団助成研究費の援助によって行われたことを付記する。

文 献

- 1) 川副嘉彦, 人間型二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き・ナンバ走り」のロバスト性のメカニズム, 埼玉工業大学工学部紀要, 第 18 号, (2008), pp.-.
- 2) 小椋優・林憲玉・高西淳夫, 2 足ヒューマ

ノイドロボットの膝関節伸展型歩行パターン生成アルゴリズム, 機論, 70-700(C),(2004), pp.3509-3515.

- 3) 川副嘉彦, 人間型二足ロボット「源兵衛」を用いたナンバ歩きからナンバ走りの再現, バイオメカニクス研究, 12-1, (2008), pp.23-33.

- 4) 川副嘉彦・伊倉良明・奥水裕矢・筋野駿介・原 昌彦, 氷雪を走る人間型二足ロボット「源兵衛」のロバスト性のメカニズム, 日本機械学会 2008 年度年次大会講論集, No.08-1, Vol.5, (2008), pp.165-166.

- 5) 川副嘉彦・伊倉良明, 人間型二足ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き・ナンバ走り」のロバスト性のメカニズム, 日本機械学会主催ジョイントシンポジウム 2008 (スポーツ工学& ヒューマン・ダイナミクス)講演論文集, No.08-23, (2008), pp.165-170.

- 6) 川副嘉彦・伊倉良明, 人間型二足ロボット「源兵衛」による身体に負担の少ない歩行・走行・起き上がり, 福祉工学シンポジウム 2008 講演論文集, No.08-28, 日本機械学会, pp.166-169.

- 7) 川副嘉彦, 知能ロボットの知性の創発 (第 1 報, 複雑系としての人間の行為・運動の巧みさとサブサンプリング・アーキテクチャ), 埼玉工業大学紀要, 第 11&12 号, pp.9-19, (2002)

- 8) 川副嘉彦, 知能ロボットの知性の創発 (第 2 報, SA を用いた行動型移動ロボットの自律走行の発現), 埼玉工業大学紀要, 第 11&12 号, pp.21-31, (2002)

- 9) 川副嘉彦, 知能ロボットの知性の創発 (生き物・人間の巧みさと包摂構造からのアプローチ), 埼玉工業大学工学部紀要, 第 13 号, pp.13-23, (2003)

- 10) 川副嘉彦, 知能ロボットの知性の創発 (学習の包摂構造化と巧みさの発達) 埼玉工業大学工学部紀要, 第 14 号, pp.3-16, (2004).

- 11) 川副嘉彦, 自然・生き物・ヒトと共存するロボットのありかた (第 1 報, 古の身体操法に学ぶ人間型二足ロボット「源兵衛」のナンバ歩き・ナンバ走りの発現), 埼玉工業大学工学部紀要, 第 15 号, pp.11-23, (2005)

- 12) 川副嘉彦, 自然・生き物・ヒトと共存するロ

ボットのありかた（第2報，人間型二足ロボット「源兵衛」の俊敏・柔軟・ロバスト性のメカニズム），埼玉工業大学工学部紀要，第15号，pp.25-32. (2005)

13) 川副嘉彦，自然・生き物・ヒトと共存するロボットのありかた（不安定を利用した二足ロボット源兵衛の瞬間的方向転換「ナンバ・ターン」の発現），埼玉工業大学工学部紀要，第16号，pp.3-11, (2006)

14) 川副嘉彦，自然・生き物・ヒトと共存するロボットのありかた（不安定を利用した自律型二足ロボット源兵衛の瞬間的転倒衝撃回避と起き上がり），埼玉工業大学工学部紀要，第16号，pp.13-20, (2006)

15) 川副嘉彦，人間型二足歩行ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き」から「超高速ナンバ走り」への展開，埼玉工業大学工学部紀要，第17号，(2007), pp.9-18.

16) 川副嘉彦，人間型二足歩行ロボット「源兵衛」の「ナンバ歩き」から「超高速ナンバ走り」への展開，埼玉工業大学工学部紀要，第17号，(2007), pp.19-29.

17) 甲野善紀，日本人古来の動きを取り戻せ，中央公論，2006年11月号，pp.184-192.

18) 甲野善紀，武術とスポーツの身体操法の違い：身体運動に対する新たな視座を，科学，Vol.74, No.6, (2004), pp.772-773.

19) 日刊工業新聞，「ナンバ歩き」ロボ開発 埼玉工大 足の裏で踏ん張らない／着地位置気にしない，2005年9月1日，(2005)

20) 日刊工業新聞，ことば ナンバ歩き，2005年9月1日，(2005)

21) 日刊工業新聞，ナンバ歩きロボット 歩行原理は従来と反対 関節に負担軽く，省エネ，2005年9月8日，(2005)

22) 埼玉新聞県北版，飛脚のナンバ走り ロボットで歩行再現 埼玉大・川副教授ら 源兵衛4号，明日お披露目，2005年10月7日，(2005)

23) 朝日新聞埼玉版，新型ロボット 動きリアル，2005年10月9日，(2005)

24) テレビ埼玉，ニュース特集 ロボット研究開発，2005年10月12日，(2005)

25) 日本テレビ，埼玉工業大学（ヒューマン・ロボット学科の紹介），『ぶらり途中下車の旅 秩父路』，2006年12月2日（土）

26) 甲野善紀，川副嘉彦，（対談と実演），21世紀のヒューマン・ロボットに見る古の身体操法，西武百貨店池袋コミュニティ・カレッジ公開講座，2007年8月25日，(2007).

27) 甲野善紀，川副嘉彦，（文：大輪俊江，写真：永易量行），対談 21世紀のヒューマン・ロボットに見る古の身体操法，特集 文化スポーツ宣言，イヴォンカ ivonca, Vol.1, No.1（創刊号），pp.16-21.(2007).

28) 平成19年度サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト，「二足歩行ロボットを俊敏・自在に動かそう」（埼玉工業大学ヒューマン・ロボット学科，埼玉県立進修館高等学校，埼玉県立秩父農工科学高校）

29) 川副嘉彦，二足歩行ロボットを俊敏・自在に動かそう，平成19年度サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（SPP）発表会報告書（埼玉県立進修館高校，埼玉県立秩父農工科学高校），pp.1-7 (2007).

30) 「先端科学講座（第16回）」ヒューマン・ロボティクス ～ 自然・生き物・ヒトの巧みに学ぶ ～，平成19年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書（第1年次），群馬県立桐生高校，pp.32-33, 105. (2008)

31) 上毛新聞，ロボットに興味津々 SSHの桐生高 「製作者も知恵磨こう」，2008年3月6日，(2008)

32) 桐生新聞，最先端のロボット学ぶ SSHの桐高で先端科学講座 「生き物の巧みさ，日常の知恵も」，2008年3月6日，(2008)

33) 平成20年度サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト，「不安定を利用して俊敏自在に動く二足歩行ロボット」（埼玉工業大学ヒューマン・ロボット学科，群馬県立伊勢崎工業高等学校，群馬県立太田工業高等学校）

34) 平成20年度サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト，「人の巧みさから学ぶ二足歩行ロボット」（群馬県立藤岡工業高等学校，埼玉工業大学ヒューマン・ロボット学科，近藤科学）