

ひろせ まさと

## 広瀬真人

(株式会社本田技術研究所 基礎技術研究センター 上席研究員)

### 「ASIMO」の生みの親



[写真:本田技研工業(株)提供]

文学青年がなぜか工作機械の魅力に取り付かれて大手精密機械メーカーに就職したが、心機一転して憧れのホンダに転職を決意した。不思議な縁でホンダでは人型自律2足歩行ロボットの研究開発に巡り合わせた。グループリーダーとしてロボット開発を牽引し、ついに2000年にあの2足歩行ロボット「ASIMO(アシモ)」を完成させた。

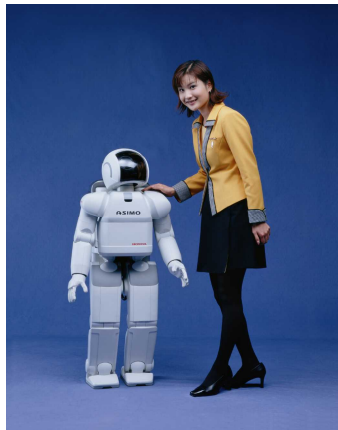
### 「ASIMO(アシモ)」登場

人型2足歩行ロボット「ASIMO(アシモ)」<sup>1</sup>が東京青山の本田技研工業(以下、ホンダ)本社で2000年11月20日に発表された。一世代前の「P3」ロボットがテレビの中で「Do you have a HONDA?」とCMに颯爽と登場したこともあって、ホンダが人型2足歩行ロボットを開発していることは既に周知の事実であったが、「P3」ロボットの身長は160cmで体重130kgと、いかにもロボット・ロボットした感じのロボットであった。しかし、今回発表された「ASIMO」は重量52kgで身長は120cmと可愛い感じで、まるでランドセルを背負った小学生のようである。

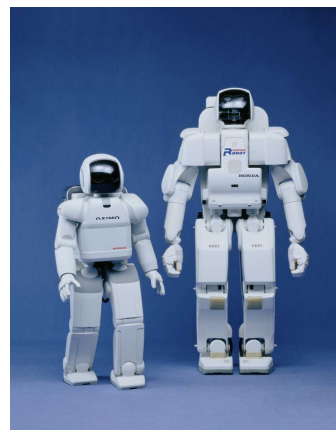
広瀬真人(ひろせ まさと)は一大決心の末に30歳で大手精密機械メーカーからホンダに転職。その転職した1986年から2足で歩くロボットの研究開発に没頭してきて14年後に見た「ASIMO」の晴れ姿である。人間と同じ生活空間で行動でき、親しみやすい寸法を考えて小学1年生くらいの大きさを想定して作った。

---

<sup>1</sup> 「ASIMO」: Advanced Step in Innovative Mobility の頭文字をとっている



「ASIMO」



「ASIMO」と兄貴の「P3」

〔写真：本田技研工業(株)提供〕

ホンダが「ASIMO」を発表した2000年11月20日の翌日、今度はソニーが僅か一日遅れであのパラパラを踊る人型2足歩行ロボット「SDR-3X」<sup>2</sup>を発表した。ホンダの「ASIMO」はあくまで自社技術にこだわって広瀬を中心に14年かけて一から作り上げたロボットであるが、ソニーのロボットは早稲大学高西淳夫教授の支援を受けて短期間に開発した。

どちらにしても、2000年10月までは「鉄腕アトム」のような自律的に動き回れる人型2足歩行ロボットはSF世界での話であった。それが2000年11月を境にしてロボットを取り巻く状況が一変した。

この時期にホンダとソニーという日本を代表する2社から人型自律2足歩行ロボットが相次いで発表されたのは、日本で初めて開催されるロボット博覧会「ROBODEX(ロボデックス)2000」に先立っての記者発表の意味合いがあった。この博覧会では「ASIMO」と「SDR-3X」を始めとして多くのロボットが一般公開されたこともあって、子供だけではなく大人も巻き込んだ大盛況であった。

しかし、2社の目指すところは少し違っていてホンダは生活者の役に立つロボットの開発を目指しているが、ソニーはエンターテインメント・ロボットの開発を目指していた。

このように人型自律2足歩行ロボットの研究開発で競い合ってきた2社であるが、ソニーは業績不振でロボット事業から撤退すると2006年1月に発表した。犬型ロボット「AIBO(アイボ)」、人型2足歩行ロボット「SDR-3X」やその後継機種「QRIO(キュリオ)」の研究開発を担ってきた「ソニー・インテリジェンス・ダイナミクス研究所」も2006年7月に閉鎖され、ソニーはロボット事業からの撤退だけでなく研究開発も中止してしまった。

## 文学青年の大変身

現在、広瀬は故郷に近い栃木県宇都宮郊外に居を構えており、勤務地の埼玉県和光市ま

<sup>2</sup> 「SDR-3X」: SDRはSony Dream Robotの頭文字で、3Xは試作3号機を意味する。2002年3月には「SDR-4X」が完成し、2003年9月には「QRIO(キュリオ)」と改称された。

で約1時間40分かけての新幹線通勤をしている。その理由を尋ねると、安心して戻れるところに一家を構えたかったという。広瀬の心の奥深いところで故郷とのつながりを感じているのであろう。

広瀬の生まれは宇都宮市北部の郊外である。東京と青森の間を結ぶ日本で一番長い国道4号線は宇都宮で日光方面に向かう旧日光街道とさらに北に向かう旧奥州街道に分岐するが、この分岐点の少し北に位置する交通の要衝でもある。野原や川のあるのどかな風景が広がっており、この豊かな自然が広瀬を育て再びこの地に戻らせた。

小学生の頃の広瀬は魚釣りがとにかく好きで、何かあると友達と一緒に近くの川に出かけていっては釣りに興じていた。しかし、勢い余って三度も川に落ちて溺れかけたという。糸を垂れて静かに魚釣りだけをしていたのかと思うと、川を挟んで石を投げ合うような喧嘩もやっている。そうかと思うと、野積みされている土管の中を駆け回るような遊びもやっている。ドラえもんテレビ漫画の中でのび太君、ジャイアン、静香ちゃんなどが集まってくる土管の積んである空き地の風景と何やらオーバーラップしてくるが、今や土管が野積みされている風景を見ることもなくなってしまった。また広瀬は走ることも得意でマラソンや駅伝も好きであった。

小学生のときは剣道をやり、中学校ではテニスに打ち込み中学3年生のときはテニス部のキャプテンを務めている。高校生になると今度は一転して純文学に熱中する文学青年となり、高校3年までは本ばかり読んでいたという。本人は当然のことながら大学は文学部へ行くものと無意識のうちに決めていた。

広瀬の父親は中央大学の経済学部を卒業して中学の教師をしており、後に中学校の校長まで務め上げた人である。母親は小学校の先生であった。両親が共に先生という家庭に育ったので、サラリーマンの家庭というものを全く知らなかった。

高校3年生になって受験する大学を決める段階になったとき、なぜか父親は広瀬に「工学部へ行け」と言った。それまで理科系には全く興味の無かった広瀬は「工学部って何?」と心でつぶやいた。しかし、父親の薦めに従って近くの宇都宮大学の工学部精密工学科(現、機械システム工学科)に入学した。

元々が工学分野には全然興味の無かった広瀬である。工学部に入学したものの心は勉強に向かわず、ジャズバンドのクラブに入り浸りでジャズピアノを弾いたりパチンコに夢中になっていた。ピアノは小学1年生から高校1年生の時まで習っていたので腕は確かであった。

後から思えば、父親の一言で大学の工学部へ入ったのも大きな転機であるが、さらに大きなターニングポイントが待っていた。広瀬が大学3年生になって専門の勉強をするようになったとき、生まれて初めて工作機械を見たのである。そこでは鉄の塊が千分の1ミリメートル(1ミクロン)単位の精度で、まるでかんな屑の様にいと簡単に削れていく様子を見て広瀬は「こんなことがあるのか」と心の底から驚いた。言い古された言葉ではあるが、まさに「目からウロコ」であった。この驚きとの出会いが広瀬を変えた。それからというもの真面目に工作機械に取り組むようになった。切削工具から始まって、高精度・高精細の機械へと興味が行き、ますます工作機械にのめり込んでいったのである。

## 技術者としての第一歩

大学で工作機械の面白さに目覚めた広瀬は大学院の修士課程まで進み、修士課程修了後に大学の推薦で大手精密機械メーカーに就職した。

好きになった工作機械である。広瀬はこの大手精密機械メーカーで超精密機械や真空軸受旋盤などの研究開発に従事し、急速に頭角を現していった。その中でも圧巻は世界初の20数万色のカラーインクジェットプリンタを開発したことである。開発目的はスーパーコンピュータ用のプリンタを目指していた。広瀬がちょうど結婚したばかりの頃で、広瀬はこのカラーインクジェットプリンタの開発発表の検舞台に立った。

しかし、その少し前の1982年6月にあのIBM産業スパイ事件<sup>3</sup>が起きた。1985年には米国国立大気研究センターに日本製スーパーコンピュータの導入が決まったが、米国議会の圧力で日本製スーパーコンピュータよりも性能の劣る米クレイ社の「Cray-2」が採用された。これを皮切りに、いわゆる「日米スーパーコンピュータ貿易摩擦」が起きることになる。その結果、日本のスーパーコンピュータ開発も大きなダメージを受けることになった。あれやこれやで広瀬の開発したスーパーコンピュータ用のカラーインクジェットプリンタもまるで「風が吹けば桶屋が儲かる」式の長い連鎖反応の結果、ついに商品化されることはなかった。

広瀬が開発したカラーインクジェットプリンタは4色(黒、マゼンタ、シアン、イエロー)のインクを使い、ルビーを加工して作ったノズルからインクを飛び出させて1ドットを124μm(ミクロン)間隔で印字してゆき、A1サイズの紙に45分で印字できた。インクにマイナス電荷を帯電させて130kHzの超音波を使ってマイクロドットにした液滴を使用する優れものであった。この時に広瀬はモータ制御の勉強をしたが、これが後のロボット開発に役立つことになる。

余談ながら開発したカラーインクジェットプリンタでA1サイズに大きく印字したフィアンセの顔写真を研究室の壁に貼っていたところ、結婚式の仲人を依頼していた上司が部屋に入ってきて、公私混同を諷められたという。このカラーインクジェットプリンタの開発の後は、ボールペンを使ったペンプロッタの開発に移っていった。

## ホンダへの憧れ断ちがたく

1985年になると精密加工機器業界全体の業績が下降傾向を示してきた。広瀬の勤めている大手精密機械メーカーも例外ではなく社内は何となくざわついてきていたが、広瀬の仕事は順調で何の不満も無かった。

そんな中、広瀬は全く偶然に新聞求人広告欄に「ホンダ」の三文字を見つけた。広瀬は学生時代から確たる理由もなくホンダに惹かれるものがあったが、この瞬間に潜在意識に埋もれていたホンダへの憧れが頭をもたげた。居ても立ってもおられずに応募した。広瀬が29歳の時である。

<sup>3</sup> IBM 産業スパイ事件: IBM スーパーコンピュータの機密情報に対する産業スパイ行為を行ったとして、1982年6月に6名の日本人がFBIのおとり捜査によって逮捕された事件。

喜び勇んで家族にホンダへの転職の話をする、まず肝心の奥さんが大反対、さらに奥さんのご両親も「こんな良い会社に就職して、いまさら転職も無いものだ」と大剣幕。広瀬のご両親も反対ということで、文字通りの孤立無援、四面楚歌。学生時代から憧れていたホンダへの転職の夢は潰れ去った。新田次郎の小説「八甲田山死の彷徨」<sup>4</sup>風に言えば、「天はわれ等を見放した」と叫んだ神田大尉と同じ心境であったかもしれない。

しかし天は広瀬を見捨てなかった。それどころか粋な計らいを見せるのである。天は人をして言わしむ。ホンダへの転職が適わなかった広瀬の後ろ姿を見ていた奥さんの目には、広瀬が何となく意欲の無くなった抜け殻のように映っていた。今度は、それが気になり始めた奥さんが新聞の求人広告欄に「ホンダ」の三文字を見つけるのである。「もう一度チャレンジしてみたら」と、その新聞を差し出す奥さんの言葉が広瀬には天からの言葉に聞こえたことであろう。

あれから1年後の1986年春のことであった。本田技術研究所<sup>5</sup>の基礎技術研究センター<sup>6</sup>がこの年の4月に開設したのに合わせての人材募集であった。「これだ！」。

詳しいことは何も知らずに飛び込んだ本田技術研究所への応募である。本田技術研究所とはホンダ本体ではなく、その研究開発を担当するホンダの子会社である。しかし、広瀬にとってそんなことはどうでも良かった。ホンダであれば良かったのだ。その本田技術研究所の基礎技術研究センターでは「ガスタービン」、「ホンダジェット」、「ロボット」を研究開発の三本柱にすることが既に決まっていた。勿論、このようなことを広瀬は知る由も無い。

広瀬の後日談であるが、思い起こすと面接ではいろいろな質問の中に何故か「ロボットは出来ませんか？」という質問が出たという。基礎技術研究センターでロボットを開発するという話など全く知らない広瀬は、それまでの大手精密機械メーカーではポンプロットを制御するのに数100 $\mu$ m(ミクロン)単位の制御を行っていたので、数mm程度のロボット制御は非常に簡単だと深く考えもしないで「えー、簡単です」と答えたという。

これで決まりである。精密工学専攻の修士課程を修了し、大手精密機械メーカーで実践を積んできたまさに願ってもない人材が応募してきたと会社としては大喜びしたことであろう。

人生に「もし」は無いが、もし誰の反対もなく広瀬が1年前にすんなりとホンダに転職が叶っていたら、今ごろロボットとは縁(えん)も縁(ゆかり)も無い自動車の製造工場で働いていたかもしれない。この人と見込めば、天は粋な計らいを見せる。

## アンドロイドのイラストから始まった

<sup>4</sup> 「八甲田山死の彷徨」：日露戦争目前の明治35年(1902)1月、陸軍は冬の八甲田山を踏破する青森から三本木(現十和田市)に向けた十三里(約52km)の雪中行軍訓練を実施した。しかし、不運にも記録的な寒波の襲来に見舞われ、210名中199名が凍死した八甲田雪中行軍遭難事件を題材にした新田次郎の山岳小説(新潮文庫)。

<sup>5</sup> 本田技術研究所：1960年、藤沢武夫(当時専務)の提案でホンダの研究開発部門を分離して設立。本田宗一郎を除くホンダの社長は本研究所の社長から選ばれている。

<sup>6</sup> 基礎技術研究センター：本田技術研究所の中に基礎技術研究部門として1986年4月に作られた。

前置きが長くなったが、こうして広瀬は1986年7月に本田技術研究所の基礎技術研究センターへ正式に入社することになった。配属された部門には室長、年配の工学博士、車のエンジン設計者がいて、広瀬を含めて総勢4名である。

広瀬に対する会社の熱い期待は直ぐに形をとって現れた。入社2日目に研究センター所長の田上勝俊常務に呼ばれて「鉄腕アトムを作れ」と言われて唖然としてしまった。さらに続けて田上常務は入社したばかりの広瀬に向かって、社長にロボットのコンセプト図を明日見せるので至急作れという。今日の明日である。広瀬は「そんな無茶な!」と思ったが、昨日入社したばかりなのでぐっと言葉を飲み込んだ。何分にも転職してきてまだ2日目であり、気疲れもあって早く家に帰りたかった。そこでアンドロイドの絵をサッと描いてその日は帰ったという。

翌日、入社してからまだ3日目である。本田技術研究所の川本信彦社長<sup>7</sup>が広瀬の描いたロボットのコンセプト図を本当に見るという。こうして広瀬は入社3日目にして社長に会うことになったが、前日に描いたアンドロイドの絵を見せるとこっぴどく叱られたという。しかし、周りに居た人たちがなぜか笑っていたのが不思議で広瀬の印象に残っているという。社長から叱られていても周りの様子が見えているところをみると広瀬もなかなかの豪の者である。

それから1週間ほど経った頃、今度は川本社長が一人でフラッと広瀬の居る部屋に来て「悩んでいるか?」と言う。仕方が無いので「ハイ」と答える。すると川本は「頭で考えないで、体で考える」と言う。「ホンダでは体で考えるのだ。論文ばかり読んでいたのでは、それを越えられない」とも言った。このようなやり取りをしながら広瀬はここに来て本当に良かったと心の底から思った。経営陣が明快な目標設定をしてくれる。瞬間的に、この人のために頑張ろうと心に決めた。

## 足腰だけのロボットが歩いた

ようやく入社早々の大混乱から抜け出すと、広瀬は大車輪でロボット作りにのめり込んでいった。川本社長自らの激励もあって直ぐに2足歩行の原理を究明するために実験機の製作を始めた。とはいってもこれまではロボットなど考えたこともない身、いろいろな文献を探すことも考えたが川本社長の言葉が頭をよぎる。そこでまず自分の足の骨格寸法に合わせて足と腰だけからなる第1号ロボット「E0」を作った。入社したその年(1986年)の11月か12月頃には実際に動くものが完成していたというから凄い馬力である。しかし、広瀬とは違って出来上がったこの「E0」ロボットにそれほどの馬力は無かった。このときの歩行速度は時速0.5kmにも満たない。

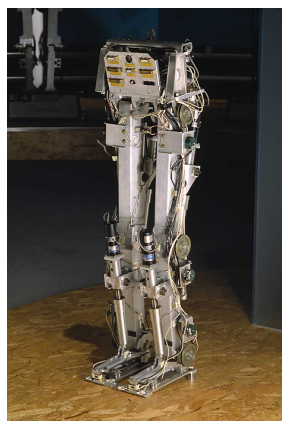
当時はまだハイブリッドカーが騒がれる前であり、ホンダでもロボットに使うような電気モータなどは全くお呼びでなかった。しかし、広瀬は大手精密機械メーカーでペンプロッタを手がけ

---

<sup>7</sup> 川本信彦(かわもと のぶひこ):1936年、東京生れ。1963年、東北大学大学院精密工学科卒業後、本田技研工業入社。後に3代目社長となる久米是志とエンジン開発を行う。1986年、本田技術研究所社長。1990年、親会社のホンダ第4代目社長に就任。1998年、社長を退任。

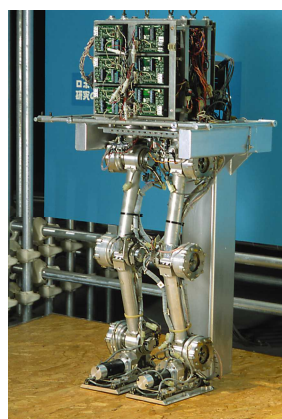
ていた関係でモータ屋さんとも馴染みがあり、頼み込んでロボットに使うモータを作ってもらった。

この「E0」ロボットが一步を踏み出すのに 5 秒もかかったが、それでも足を交互に出して真っ直ぐ歩く「静歩行」に成功した。一步に 5 秒もかけて静かに歩くので「静歩行」と呼ぶのかと思うとそうではないらしい。「E0」ロボットが移動するには歩くたびに片方の足の裏に重心が移るようにして移動しており、これを「静歩行」と呼ぶのだそうだ。後のことになるが、足の裏に重心が無くても歩けるようになり、これを「動歩行」と呼んで区別している。「E0」ロボットに使ったコンピュータは当時一世を風靡していた NEC「PC98」であったが、当時のパソコンの処理能力がロボット動作に追いつかないため、一步を踏み出すのに 5 秒もかかっていた。



広瀬の足寸法を参考に作った第 1 号ロボット「E0」(写真:本田技研工業(株)提供)

広瀬がロボット開発に取り組み始めたときから、ロボットの大きさとしては人間に役立つことを基本に人間の環境にピッタリ合ったサイズで親和性を持った寸法として 120cm の大きさを考えていたという。広瀬は兎にも角にも 2 足で歩くロボットを目指して必死になって作った「E0」ロボットでは制御なしにメカニカルな機械の組合せだけで歩かせることに成功した。急ごしらえで作った「E0」ロボットでまず歩くことを確認した広瀬は、翌 1987 年にはもう少し格好を整えて「E1」ロボットを作った。

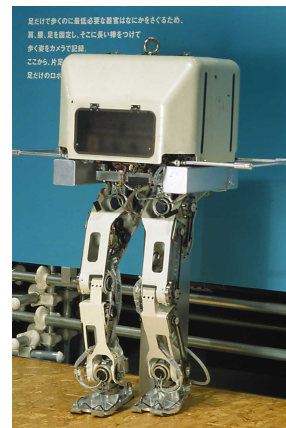
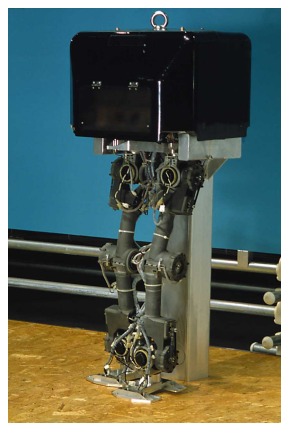


「E1」ロボット(写真:本田技研工業(株)提供)



人間の歩き方を見てはそれを真似てロボットの動きに入れ込んでは何度も実験を繰り返した。ひたすら「動歩行」を目指して。その結果、1988年に「E2」ロボットで時速1.2kmの「動歩行」に成功した。さらに1989年には「E3」ロボットで最大時速3kmでの「動歩行」を達成する。この時、広瀬は2足歩行ロボット開発における一つの大きな突破口を開いた。つまり、制御技術を全く使用せずにメカニカルな構造だけでプログラムに従って「動歩行」を行うロボットの開発に成功したのである。この時点で、このレベルにまで到達したロボット研究者は世界中を探しても広瀬以外にはいなかった。

人間の歩き方を真似ることを研究開発の方針としていた広瀬は、人間の歩き方をそのままプログラミングしてメカニズムの中に移植して歩かせてみる。転んだらその様子を観察して再度プログラムを書き直す試行錯誤を繰り返した。



「E2」ロボット(左)と「E3」ロボット(右) (写真: 本田技研工業(株)提供)

## 竹中透との出会い

入社してから実質的にロボット開発を引っ張ってきた広瀬の肩書きは、「E3」ロボット開発時には大規模プロジェクト・リーダー(LPL: Large Project Leader)と呼ぶロボット開発プロジェクトのリーダーとなった。

「E3」ロボットでは、制御技術を全く使用せずにメカニカルな構造だけでプログラムに従って「動歩行」を行うロボットの開発に成功しており、ここに広瀬が成し遂げた最大のブレークスルーがある。

がむしゃらに此处まで来たが、ここに来てこの点が最終点でないことも分かった。床が平坦な場所であれば最大時速3kmで歩けるが、床に少しでも凹凸があったりゴミがあるとロボットは倒れた。これに対する対応が今後の最大の課題であった。

この絶妙のタイミングで天はまた人知を超えた粋な配慮を示すのである。メカニカル機構だけで動作可能なロボットが完成した時点で、竹中透<sup>8</sup>という人物が不思議な巡り合わせで広瀬

<sup>8</sup> 竹中透: 1958年生まれ。東京工業大学大学院修士課程終了後、ロボット関連のメカトロニクスメーカーに就職。1989年、本田技術研究所に途中入社し、1991年に完成する「E4」ロボット



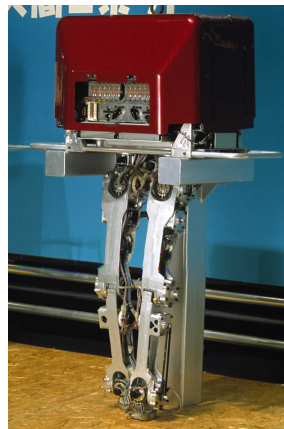
の開発チームに加わった。

竹中は中学、高校とロボットに対する憧れを持ち続けて東京工業大学に入った。そこにはロボット博士として有名な森政弘教授がいた。森教授の下で制御工学を学び、修士課程を修了後、ロボット関連のメカトロニクスメーカーに勤めていたが、その竹中がヘッドハンティングされて広瀬のグループに参加することになった。竹中はホンダが極秘で 2 足歩行ロボットの開発をやっているとは全く知らず、広瀬のグループに入って驚いた。

竹中も大学の研究室で 2 足歩行ロボットと称するロボットを見てきたが、歩行ロボットとは名ばかりでほとんど歩くことが出来ずに 2 本足でようやく立っているだけの状態であった。その竹中が本当に 2 本足で歩いているロボットを目の当たりにして、自分の目を疑ったという。

1989 年、竹中はちょうど絶妙のタイミングで基礎技術研究センターに入り、2 足歩行ロボットの第二のブレークスルーとなる「床反力制御」、「目標 ZMP<sup>9</sup>制御」、「着地位置制御」と呼ぶ三つの制御法を考案することになる。

これらの制御法を取り入れた「E4」ロボットを 1991 年に完成させた。その結果、「E4」ロボットは床に凹凸があっても倒れなくなり、最大時速 4.7km で歩くことができた。



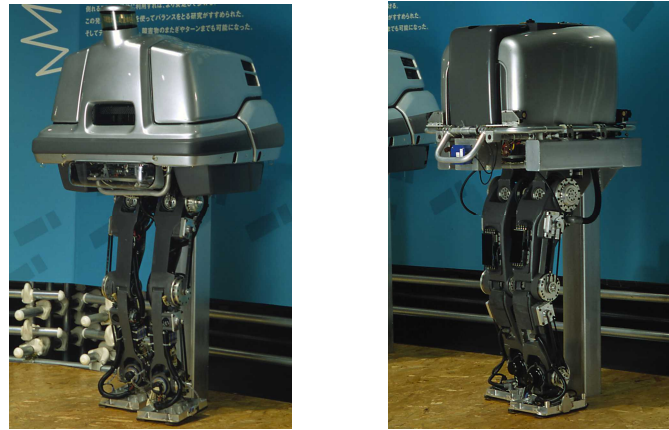
「E4」ロボット(写真:本田技研工業(株)提供)

その後、1992 年には「E5」ロボット、翌 1993 年には「E6」ロボットを続け様に完成させた。竹中の制御技術を導入した結果、「E5」ロボットは階段や斜面でも歩けるようになり、さらに床に障害物があってもそれを認識して跨ぐ能力も身に付けた。

---

の開発から参加。「床反力制御」、「目標 ZMP 制御」、「着地位置制御」の三つの制御法を考案。現在は、本田技術研究所 和光基礎技術研究センター 第 2 研究室チーフエンジニア。

<sup>9</sup> ZMP (Zero Moment Point): 総慣性力モーメントがゼロになる点



「E5」ロボット(左)と「E6」ロボット(右) (写真:本田技研工業(株)提供)

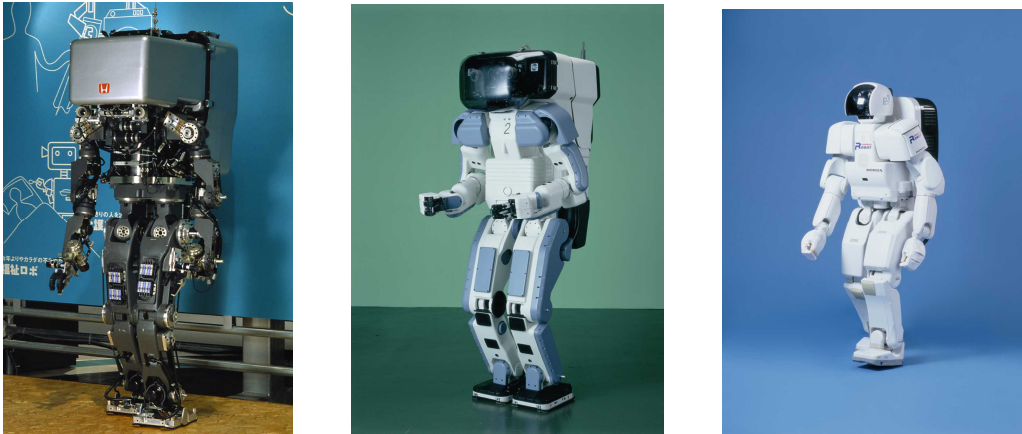
「床反力制御」、「目標 ZMP 制御」、「着地位置制御」の制御法をここで簡単に紹介する。「床反力制御」は床に凹凸があってもその凹凸を吸収し、倒れそうになったときには足の裏でふんばる制御法である。「目標 ZMP 制御」はロボットが倒れそうになって「床反力制御」でふんばりきれないとき、上体をさらに倒れそうな向きに加速させて姿勢を保とうとする制御法で、「着地位置制御」は「目標 ZMP 制御」が働いて上体を前方向に押出したときに次の足の歩幅を普通よりも広めにして少し前に着地するようにする。

「E6」ロボットで床に少々の凹凸があっても倒れない技術を 1993 年に完成させた時、広瀬はホンダにおける自分のロボット研究は終わったと思った。

しかし、川本社長が求めているのは足だけでチョコチョコ歩くそんなロボットではなかった。文字通りの「鉄腕アトム」を求めているのだ。「人間型と言ったじゃないか。せっかく 2 足歩行が実現したのだから手をつけて作業できるようにしろ」と。ロボットを人の役に立たせるには人間との関わりを抜いてはあり得ない。研究テーマは直ぐに足だけの 2 足歩行ロボットから人型のロボットへ移った。ここまでの「E0」ロボットから「E6」ロボットまでは人間の歩き方を研究して 2 足で歩行するための研究開発であったわけで、ロボットの名前に付いている「E」の文字も実験機を意味するものであった。これから研究することになる人型のロボットは名前も「P」型ロボットとなる。「P」型ロボットの「P」は試作機(プロトタイプ)を意味する。

### 「鉄腕アトム」への挑戦が始まる

人型ロボットを作るということで足と腰だけの「E6」ロボットに先ず両手を付けることから始まり、1993 年中に最初の人型ロボット「P1」を完成させた。身長は 191cm で体重 175kg であった。壁にあるスイッチのオン/オフや扉の取っ手を握ったり、ものを掴んで運搬するなどの動作ができた。ただしロボットを動かすための電源と制御用コンピュータはロボット内に搭載できず外部に置いてある。



3体の「P」型ロボット: (左)「P1」、(中央)「P2」、(右)「P3」

(写真: 本田技研工業(株)提供)

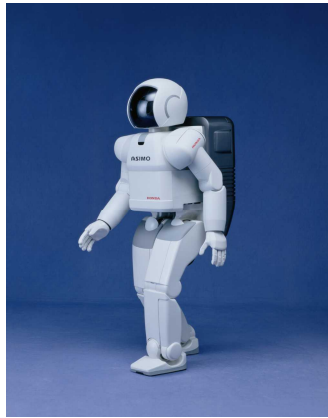
次の人型ロボット「P2」は1996年12月に発表された。「P1」ロボットと「P2」ロボットの外見を比較すると「P1」ロボットはいかにも社内の研究用という感じであるが、「P2」ロボットになるとロボットらしい雰囲気をもっている。しかも胴体部にコンピュータ、モータ駆動用バッテリー、無線機器等の必要な機器を全て搭載し、外部から無線で操縦できる。身長は182cmで体重は210kg。無線操作で自在な歩行、階段の昇り降り、台車を押すなどの動作ができた。こうして世界初の人型自立2足歩行ロボットが姿を現した。

1997年9月に完成した人型「P3」ロボットはさらに洗練された外形を持っている。翌1998年10月にホンダの創立50周年記念事業「創50」キックオフ式典が「ツインリンクもてぎ」で開催されたが、この式典の目玉として「P3」ロボットが登場した。ホンダのロボットとしての一つの完成形である。身長は160cmで体重は130kg。分散型の制御を取り入れて小型化と軽量化を実現している。人間の生活の場に溶け込めるサイズに近づいてきた。歩行速度は最大時速2km、動作時間は約40分間である。

### そして遂に「ASIMO」となった

2000年11月20日、ホンダの東京青山本社で人型2足歩行ロボット「ASIMO」が登場した。身長120cm、体重52kgで歩行速度は最大時速1.5km。「ASIMO」は単に「P3」ロボットを小型・軽量化しただけではなかった。ロボットらしからぬ動きをする凄い技術「予測運動制御」が隠されていた。これをホンダでは「i-WALK (Intelligent Realtime Flexible Walking)」技術と名づけた。「ASIMO」が真っ直ぐに歩いてきて急に曲がろうとするとこれまでの歩行制御技術ではうまくいかなかったが、そこでこの「予測運動制御」技術の登場である。次に起こる動きを予測して事前に体の重心を曲がろうとする内側に少し移動させることで遠心力に負けずにうまく曲がるようになってくるようになっている。

つまり、直進中に急に曲がる指示が出て一旦止まることなしにスムーズに旋回運動が出来るようになる。この結果、「ASIMO」の動きも非常に自然な感じになった。



「ASIMO」(写真: 本田技研工業(株)提供)

電源はニッケル亜鉛電池で胴の部分に入っており、背中に背負っている下半分は電源の分配を行う電源制御装置が入っている。モータ系電源電圧は 60V 系でパソコン等の電子回路の電源電圧は 5V 系とそれぞれ別々の電源電圧が必要なことから、電源制御装置では電池からの出力をモータ系と電子回路系へと分配している。全体の電力消費は 600W ~ 900W で、階段を上り下りする時などは 1,000W もの電力を消費するという。「ASIMO」を制御する CPU と呼ばれるコンピュータ・チップは 30 個程載っていて、これらが何と約 400W の電力を消費しているという。

「ASIMO」が発表された 2000 年 11 月 20 日の翌 21 日、ソニーがパラパラを踊る人型 2 足歩行ロボット「SDR-3X」を発表したことは冒頭でも述べた。どちらにしても「鉄腕アトム」のような自律的に動き回れる人型 2 足歩行ロボットの実現は 20 世紀中には無理だといわれていたが、日本を代表するホンダとソニーの 2 社が 20 世紀末のぎりぎりを実現させた。しかし、ソニーは 2006 年 1 月にロボット研究から撤退すると発表している。

「ASIMO」が発表されると広瀬もその後は大忙しである。発表後すぐに日本で初めてのロボット博覧会「ROBODEX(ロボデックス)2000」が横浜で開催された。前の記者発表とは違って、この博覧会は一般に公開されたので子供も大人も大勢が押しかけた。当然、押すな押すなの大盛況である。このロボット博覧会を境にして、新しいロボット時代が到来したことが誰の目にも明らかになった。

「ASIMO」はあちらからもこちらからも声が掛かり、引っ張りだこの売れっ子となった。その第一弾は同じ年(2000年)の「NHK 紅白歌合戦」への出場依頼であり、もちろん快諾して颯爽と出演した。先のロボット博覧会は横浜で開催されたこともあり実際に「ASIMO」を見ることができた人は限られていたが、この「NHK 紅白歌合戦」は恒例の年末行事番組でもあり日本全国の人が家庭に居ながらにして「ASIMO」の雄姿を見ることができた。

広瀬はここまでも実質的に「ASIMO」の開発を引っ張ってきたのであるが、「NHK 紅白歌合戦」への出場が効果を発揮したのかどうかは分からないが、「NHK 紅白歌合戦」に出場した翌 2001 年に肩書も正式に「ASIMO」開発の統括責任者の立場についた。

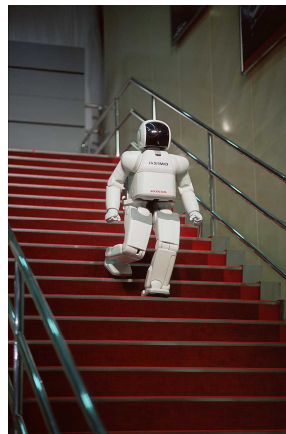
## 「ASIMO」と一緒に東奔西走

「ASIMO」が2000年11月に公の場に登場してからは否応なしに「ASIMO」の出番が急激に増えて、それと共に広瀬の出張も多くならざるを得なくなった。

1年後の2001年11月にはさらにバージョンアップされて歩行自在性の向上と簡単な会話ができるようになり、更に圧巻は階段の昇り降りまで見せてくれた。ノートパソコンで操作ができるようになり操作そのものも簡単になった。

ところで「ASIMO」を操縦する方法であるが、一つは自己位置確認方式といって「ASIMO」自身が持っている地図上にマークを付けておくと自分が実際に居る位置と地図上のマークの場所を確認しながら自動的に行動することができる。もう一つの方法は操縦者が背後からラジコンで操縦するラジコン方式である。

「ASIMO」の操作が簡単になったこともあって「ASIMO」が親離れをする日が遂にやってきた。レンタルに出されることになったのである。レンタル料金は一日200万円、1年間継続の場合には2千万円である。とはいえ「ASIMO」一人では無理なので、補助要員として最低3名が付き添っていく。展示会や会社の受付などで来客の案内ができるという。事実、ホンダの青山本社では2002年2月から受付に新入社員として採用された。レンタル用の「ASIMO」は25台待機している。



階段を降りる「ASIMO」(写真: 本田技研工業(株)提供)

2002年2月、ホンダが米ニューヨーク証券取引所に上場してから25周年を記念して「ASIMO」がニューヨーク証券取引所の取引開始ベルを鳴らす大役を仰せつかった。人間以外で取引開始のベルを鳴らしたのは同証券取引所の開設以来これが初めてであった。





米ニューヨーク証券取引所の取引開始ベルを鳴らす(写真:本田技研工業(株)提供)

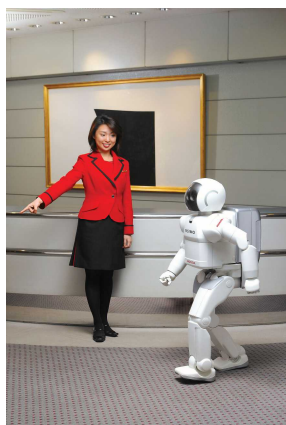
その年(2002年)の7月、「ASIMO」に初の海外駐在が命じられた。本格的な海外展開の先駆けとして、最初の赴任先はタイにある「エイシャン・ホンダ・モーター(ASH)」社で1年間駐在することになった。赴任して1週間後に初仕事としてタイのプミポン国王に謁見することになった。その時に広瀬も福井威夫<sup>10</sup>社長と同席することになったが、冷や汗ものであったという。

プミポン国王との謁見に先立ってタイ側から厳重に注意されたことがあった。「ASIMO」が国王に近づきすぎて国王が後ずさりするようなことは絶対にあってはならないし、前過ぎて国王が前に動かなければならないような事態も避けて欲しいと。しかし、実際にはタイ側の希望通りにはいかず、結局は「ASIMO」は国王の少し前に止まったので、国王が前に歩み出て「ASIMO」から贈呈品を受け取るようになってしまった。その後、タイに赴任した「ASIMO」は各地へ出張してタイの人たちから大歓迎をうけている。

その後、「ASIMO」の能力もドンドン進歩して2002年12月には複数の移動体(人など)を検出し、その移動体までの距離や方向を認識できるようになった。登録された10名ほどの顔を認識して名前を呼んだり用件を伝えたりもできる。画像情報から手の位置と動きを検出し、人が手で指した場所を認識(ポスチャ認識)してその場所に移動することもできる。人が手を差し出すと握手もするし、人が手を振るとそのジャスチャの意味を認識してバイバイと手を振り返す。

<sup>10</sup> 福井威夫:1969年早稲田大学工学部卒業後、本田技研工業に入社。1987年ホンダレーシング社長兼本田技術研究所常務。1998年本田技術研究所社長、本田技研工業専務。2003年本田技研工業社長。





人が指示した場所を認識して移動(写真:本田技研工業(株)提供)

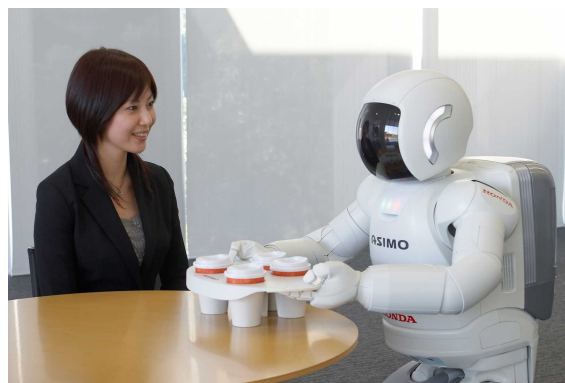
2003年2月からは2ヶ月間の全米ツアーに出かけ、ワシントンやロサンゼルスなど約20都市を巡回。2005年末にはまた一段と進化した。直進であれば時速6kmで走ることができて、旋回走行や8字走行までできる。歩行速度は最大時速2.5kmである。また、歩行と腕の動きを組み合わせた全身協調運動も可能で、全身のバランスを取りながら柔軟な動きが実現できてダンスパフォーマンスも見せることができる。手をつないで人を案内することもでき、お茶などをテーブルまで運んできてテーブルの高さに合わせて膝を曲げながら出すこともできる。



華麗なコーナリング



手をつないで案内もできる



膝を曲げてコーヒーも出せます

[写真:本田技研工業(株)提供]

## 新しい価値を求めて

世界的にみてもロボットの運動機能に関する研究は少なく、ホンダのロボット技術は突出している。素人目から見ると、現在の「ASIMO」はロボットとしての機能を全て実現し尽くしたように思えるが、広瀬はまだまだ満足していない。広瀬の目線は、あくまで人の役に立ち社会の中で利用されることを目指した自律歩行が可能な人型ロボットの開発である。具体的には、もっと速く、もっと軽く、もっと軽快に動作し、音声や視覚をはじめとする認識力を向上させ、腕や手を使った作業能力の向上を図り、一般家庭に入って人間の手伝いをしたり、一緒に遊んだり、勉強したり、社会に溶け込んで人間社会の役に立つロボットの開発を目指している。

その第一歩が、当初から広瀬がこだわっていたロボットの高さ120cmの意味である。これが、生活空間の中で作業しやすい最適の寸法であった。照明スイッチやドアノブに手が届き、テーブルで作業が行える、まさに家庭向きのサイズである。階段の昇り降りもこなせる。さらに人間にとっても親しみを持てる大きさなのである。その意味でも人間と共存し易い大きさといえる。

ホンダがなぜロボットを開発するのかという質問に対するホンダの公式見解は、「人間と共存・協調し、人間の役に立つことで、新しい価値をもたらすモビリティの創造を目指す」ということになっている。つまり、ホンダは自動車やバイクを作るだけの企業ではなく、『新しい価値をもたらすモビリティの創造』というキーワードで括ることで、本田技術研究所基礎技術研究センターの開設と同時に研究開発を始めた「ガスタービン」、「ホンダジェット」、「ロボット」の三本柱もしっかり収まることになる。

最後に、基礎技術研究センター開設と同時に始まったロボット以外の「ガスタービン」と「ホンダジェット」の研究開発の様子を簡単に紹介しておく。

まず「ガスタービン」であるが、推力 1,600 ポンドクラスの小型ターボファンエンジン「HF118」を完成させて、2003年12月からは「ホンダジェット」に搭載して飛行実験を行っている。世界最大のジェットエンジン・メーカーのゼネラル・エレクトリック・カンパニー (GE) とターボファンエンジン事業化のための合弁会社 (GE ホンダ エアロ エンジン社) を 2004 年 10 月に設立している。



「ホンダ」の小型ターボファンエンジン「HF118」 [写真:本田技研工業(株)提供]

次は「ホンダジェット」であるが、小型ターボファンエンジン「HF118」を搭載した「ホンダジェット」が 2003 年 12 月に初飛行に成功。航空機の機体の開発、製造、販売を行う全額出資子会社(ホンダ エアクラフト カンパニー)を米国に 2006 年 8 月に設立。2006 年秋に「ホンダジェット」の受注活動を開始し、2010 年頃に量産発売の開始を目指している。そのワンステップとして米国飛行機メーカーのパイパー・エアクラフト社と業務提携をして、販売網とサービス網を構築すると発表している。

「ホンダジェット」は 2 個のエンジンを主翼の上面に配置した斬新なレイアウトになっており、小型ビジネスジェット機としてはこのクラス最大の胴体内容積と小型軽量、低燃費を実現している。



試験飛行中の「ホンダジェット」(写真:本田技研工業(株)提供)

(略 歴)

- 1956 年 栃木県生まれ。
- 1980 年 宇都宮大学大学院精密工学専攻 修士課程修了。大手精密機械メーカーに入社。
- 1986 年 (株)本田技術研究所 和光基礎技術研究センターへ途中入社。
- 1986 年 「E0」ロボットを開発(静歩行。時速 0.5km、高さ:101cm)。
- 1997 年 「E1」ロボットを開発(静歩行。高さ:128cm)。
- 1989 年 「E3」ロボットを開発(動歩行。時速 3km)。
- 1991 年 「E4」ロボットを開発(動歩行。時速 4.7km、三つの制御法を採用。 )。
- 1993 年 人型「P1」ロボットを開発。高さ 191.5cm、体重 175kg。
- 1997 年 「P3」ロボットを開発。高さ 160cm、体重 130kg。
- 2000 年 「ASIMO」発表。ロボット博覧会「ロボデックス 2000」で一般公開。NHK 紅白歌合戦に出場。
- 2001 年 広瀬が統括責任者(上席研究員)となる。「ASIMO」のレンタル開始。「日経 BP 賞<部門賞>電子部門(民生用を想定した 2 足歩行ロボットの開発)」受賞。11 月に改良型「ASIMO」(歩行自在性の向上、簡単な会話、階段の昇り降り、ノートパソコンの操縦)の発表。
- 2002 年 米ニューヨーク証券取引所の取引開始ベルを「ASIMO」が人間以外で初めて鳴らした(2月)。
- 2003 年 改良型「ASIMO」(ポスチャ認識、複数の移動体検出、登録した 10 名ほどの顔認識等)の発表(12月)。