

# ヒューマノイドロボット「ながら-3」の展示・実演

小川 行宏      田中 泰斗      稲葉 昭夫      光井 輝彰

今井 智彦      千原 健司      西嶋 隆

## Exhibition and Demonstration of Humanoid Robot “Nagara-3”

Yukihiro OGAWA    Taito TANAKA    Akio INABA    Teruaki MITSUI  
Tomohiko IMAI    Kenji CHIHARA    Takashi NISHIJIMA

あらまし 岐阜県ではロボット関連技術の県内企業への蓄積を目指しヒューマノイドロボット「ながら-3」を県内企業と協力して開発した。本報では、開発した「ながら-3」の展示システムや実演の内容、ステージ上での実演や展示を通して得られた知見等について、「愛・地球博」での中部9県による共同出展パビリオン「中部千年共生村」への常設展示を中心に報告する。

キーワード ヒューマノイドロボット、展示、デモンストレーション

### 1. はじめに

岐阜県では、ロボット技術をキーテクノロジーとした産業振興施策「ギフ・ロボット・プロジェクト21( GRP21 )」を推進している。この中で産学官連携により平成13年度より実施しているプロジェクトが「2足歩行ロボット試作プロジェクト」である。このプロジェクトでは、地域企業が持つ「ものづくり」に関する優れた技術やノウハウを活用し、2足歩行ロボットの試作を通じてロボット関連技術の蓄積を図り、「新たな産業・雇用の創出」「既存産業の高度化・活性化」を目指している。この一環として、2005年日本国際博覧会(以下、愛称の「愛・地球博」と記述)での展示を目指したヒューマノイドロボット「ながら-3」を社団法人岐阜県工業会と共同で開発した<sup>[1,2,3]</sup>。本報では、開発した「ながら-3」の展示システムや実演の内容、ステージ上での実演や展示を通して得られた知見等について、「愛・地球博」での中部9県による共同出展パビリオン「中部千年共生村」への常設展示を中心に報告する。

### 2. 展示・実演の概要

2005年3月に「ながら-3」を開発して以降、愛・地球博を中心に各所で展示や実演を行った。「ながら-3」の展示や実演の形態は以下の5つに分類することができる。

- ・ ブース内展示  
愛・地球博の中部千年共生村における常設展示
- ・ ステージにおけるデモンストレーション  
各種ステージにおける歩行動作や上半身動作、音

声、画像処理等によるデモンストレーション

- ・ 歩行を伴わない動体展示(動展示)  
上半身動作や音声、画像処理等のデモンストレーション
- ・ 静展示  
動作等を行わない静的なロボット展示
- ・ パネル・ビデオ展示

パネルやビデオを使用した「ながら-3」の紹介実演の種類は、場所や時間、対応するスタッフなどに応じて変更した。表1に2005年3月25日から2006年3月24日までの1年間の展示・実演日数の集計を示す。パネル・ビデオ展示以外の総日数は156日と、1年の半分程度はロボット本体を展示・実演した。その中で、ロボットが動いている展示は8割以上を占める130日と1年の約3分の1である。これら展示・実演は、産業振興の面だけでなく、ロボット技術を通じた科学技術の振興、教育など公共的な面においても大きな効果があったと考えられる。

各章では、これらの展示形態のうち、愛・地球博におけるブース内常設展示とステージにおけるデモンストレーションについて述べる。

表1 展示・実演日数集計

展示種類	日数	ステージ数
ブース内展示	102日(注1)	-
ステージデモ	22日	57回
動展示	6日	-
静展示	26日	-
パネル・ビデオ	91日	-
合計	247日	57回

(注1)愛・地球博は185日間だが、ステージデモのための調整や、メンテナンスにより展示日数は102日(ながら-2の静展示を含めると、常設展示が185日となり、合計330日)

### 3. 愛・地球博における常設展示

2005年3月25日から9月25日までの185日間、愛知県において愛・地球博が開催され、岐阜県は中部9県による共同出展パビリオン「中部千年共生村」に出展した。岐阜県のロボット産業振興に対する取組をアピールすることを目的とし「千年の共生、人・自然環境とロボット」をテーマに「ながら-3」の常設展示を行った。

常設展示の場所は中部千年共生村の観覧コース上にあり、観客とのインタラクティブ性を持たせることを主眼に開発した。また、長期間の稼働となるため、ロボット専門の担当者が常に駐在せず、ロボットの知識の無いスタッフでも操作が可能で、保守作業を軽減できるシステムとした。さらに、この展示は試作機として開発したロボットの連続動作に対するハードウェア耐久試験を兼ねるものとした。

#### 3.1 常設展示システム概要

図1に展示ブースの外観を示す。ガラスで囲まれたブース内にロボットを設置する。ロボットの後部に固定用治具を設置し、腰の部分でロボットを固定する。ロボットの動作は、腰を含めた上半身と音声による動作のみとし、下肢の動作は行わないものとする。

図2にシステムの構成を示す。システムは、ロボット本体、制御用パソコン、映像用パソコン、電源ボックス、コントロールボックス、ブース上部の超音波センサで構成される。コントロールボックスには、非常停止用のボタンと複数のトグルスイッチが配置されている。

システム全体の制御は制御用パソコンで行う。常設展示システムの開始は、制御用パソコン上のアプリケーション



(a) 全体 (b) 「ながら-3」

図1 岐阜県ブース外観

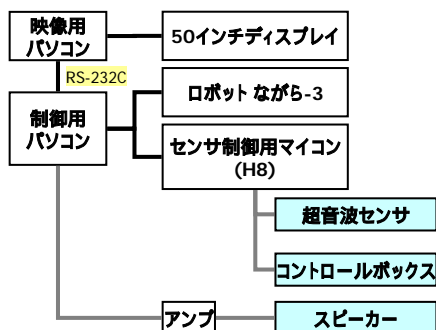


図2 システム構成

ョンの起動後に、コントロールボックスのトグルスイッチを順番に操作することにより行う。これにより作業の単純化を図り、一般的に複雑なロボットシステムの調整作業を容易にする。システムの開始後は、プロモーションビデオの状況や観客の状態を制御用パソコンが判断し、ロボットは自動的に動作する。システムの終了時はアプリケーションを終了して電源を切るだけである。

#### 3.2 基本的な動作

システムの基本的な動作は、ブース上部の超音波センサにより観客の有無を検知し、観客を検知した場合にシステムに設定されている上半身を使用したジェスチャや発話を行う。観客を検知した場合は観客の方向を向くように制御する。

中部千年共生村で規定された観覧コースでは、観客はロボットの右手から左手方向に移動するため、超音波センサはロボットの右手と前方向の2箇所を設置した。図3にシステムの基本動作の一例を示す。

<p><b>お客さんがブースの前に来ると</b> 「いらっしゃいませ。どうぞ、ゆっくりしてってください。」 「こんにちは、ようこそ、岐阜県ブースにいらっしゃいました。」と出迎える</p> <p><b>お客さんが目の前で立ち止まっていると</b> ジェスチャを交えて自己紹介や岐阜県の紹介する 「こんにちは、私はながら-3です。私は、岐阜県で生まれました。」 「いろいろなジェスチャをしたり、人のように、2本の足で歩いたりすることができます。」 「岐阜県では、地域の産業を振興するため、伝統の技から最先端技術までを、積極的に取り入れてロボットの開発を行っています。」</p> <p><b>お客さんがいなくなると</b> 「さようなら、また、会いましょう」と挨拶する</p> <p><b>お客さんが右側に来ると</b> 右側を向いて動作する</p> <p><b>お客さんが正面にくると</b> 正面を向いて動作する</p> <p>図3 常設展示システムの動作例</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

常時ブース中央に設置した50インチディスプレイに映像用パソコンから岐阜県のロボット産業振興の取組を紹介する動画を同時に放映している。そのため、一定間隔で映像用パソコンから同期信号を受け取り、内部で、動画のタイミングと動作のタイミングの調整を行っている。

通常動作に関して、ロボットが常に動作を行う状況が続くとモータの発熱など故障原因となるため、同期信号を利用して、ロボットの動作時間に下記の制限を設けた。

- ・ 20分毎の同期信号に合わせて17分稼働、3分休憩
- ・ 観客が不在の場合、ロボットは休憩

また、保守管理のため下記のログを保存することとした。

- ・ ロボットの状態(ロボットの異常状態、モータなどの温度上昇等のモニタ)
- ・ 各種通信データ(ロボット動作コマンド、映像同期信号等)
- ・ 超音波センサの状態変化
- ・ コントロールボックスの状態

ロボットに何らかの異常が発生した場合は、ログを確認することによって異常の原因を特定することが可能となる。

### 3.3 緊急時の対応について

常設展示システムは自己復旧が不可能な異常を検知すると、ロボットの音声によりスタッフに通知する。コントロールボックスの非常停止ボタンを押すことによりシステムを安全に停止することが可能である。また、ロボットの胸部に設置した電飾の点灯で外部からロボットの状態を把握可能である。

ロボットの保守に関して、単純な修復作業はロボットの知識を持たない現地のスタッフで行い、特殊な状況が起きた場合に限り当研究所のロボット専門のスタッフが保守作業を行う体制とした。

なお、連続動作に伴う軽度のモータ発熱を検出した場合は、警告を発することなく自動的に動作を中断し、モータが冷却されたことを確認した後、動作を自動的に再開する構成とした。

### 3.4 実証結果

表2に愛・地球博開催期間のブース内展示日数の集計結果を示す。開催期間185日のうち、ステージでのデモンストレーションの準備のため、一部期間は「ながら-2」の静展示を行った。そのため、転換日を除いた総展示日数は102日である。

ブース内展示の動作状況を分類した結果を表3に示す。ロボットの初期化処理完了時間からロボットの停止処理が実行されるまでの動作時間により分類する。閉館時間は9時から21時(4/25までは9時半から20時半)の12時間

表2 ブース内展示日数

展示状態	日数
ながら-3の動態展示	102
ながら-2の静展示(注2)	77
ながら-3からながら-2への転換日(注2)	3
ながら-2からながら-3への転換日(注2)	3
合計	185

(注2)ステージデモンストレーションのため「ながら-3」をメンテナンスする必要があり、その間「ながら-2」の静展示を行った。

表3 ブース内展示の動作状況

動作状況	日数	総動作時間 [hour:min:sec]	一日平均 動作時間
正常動作	68	836:40:27	12:18:15
正常動作8時間以上(注3)	11	114:06:59	10:22:27
正常動作が少	10	41:36:13	4:09:37
動かさなかった日(注4)	13	--:--:--	--:--:--
合計	102	992:23:39	9:43:96

(注3)ロボットが異常を検出した場合に現場スタッフによる修復で復旧したものや、閉館直前にエラーで停止したものを、閉館後のメンテナンスにより復旧したものが含まれる。

(注4)エラー発生のため「ながら-3」の電源を入れずに動作させなかった日

表4 ロボットの保守作業一覧

保守日	異常発生日	エラーの原因	対応日数
3/29	3/28	通信線の接合不良	1日
4/27	4/26	通信線の接合不良	1日
5/9	5/8	通信線の接合不良	1日
6/24	6/21	左掌スイッチ断線	3日
8/16	8/10	左掌温度センサー配線断線 右肘モータドライバ不良	6日(注5)
8/26	8/20	右肘モータドライバ不良	6日(注6)
9/6	9/5	同期信号停止	1日
9/14	9/13	左肘スイッチ断線	1日

(注5)ステージデモンストレーションを行っていたためスタッフ不在により対応の遅れが生じた

(注6)現場担当者とロボット担当者の連絡ミスにより対応の遅れが生じた

(4/25までは11時間)である。

一日中正常に動作したのは、全体の3分の2であった。また、1日に8時間以上の正常動作は全体の約8割であり概ね正常に動作していた。正常動作が8時間以上に含まれるものは、ロボットが異常を検出した場合に現場スタッフによる修復で復旧したものや、閉館前にエラーで停止したものを、閉館前から保守作業を行い閉館まで作業が長引いたものなどが含まれる。

主に行った保守作業を表4に示す。故障原因の大半は配線に関連している。ロボットの原点検出用スイッチの断線によるロボットの初期化失敗や、温度センサの配線の断線により正常なモータ温度の測定ができなくなったもの、コネクタ部での接触不良など、システムを動作させるために不可欠な部分の故障が認められた。しかし、何れの場合においてもロボットは暴走することなく、事前に故障を検知することに成功した。より長期間安定して動作させるためには、配線の固定や配線量の削減などが重要であると思われる。

また、発熱によるモータの焼損、システムソフトウェア等によるシステム異常は無かった。常設展示における耐久試験全般において、試作機として製作したロボットとしては、十分な耐久試験結果が得られたと考えられる。

## 4. ステージデモンストレーション

各種ステージにおいてロボットのデモンストレーションを行った。本章ではデモンストレーション専用のアプリケーションとデモンストレーションの内容について述べる。

ステージにおけるデモンストレーションは、司会者とロボットの動作(歩行、ジェスチャ、音声等)によって進行する。一般的にはロボットに動作コマンドを送付することでロボットが動作するため、単純にコマンドを打ち込むようなインターフェースでは、複雑なロボットの連続した動作を行うのは難しい。また、司会者とロボットとのタイミングを合わせるのが難しい。

そこで、ボタンを押すだけで自動的に指定された複数動作を連続して行うソフトウェアを開発した。図4に開発したソフトウェアの外観を示す。ボタンに対して、連続した動作が割り当てられており、1つのボタンで複数の動作や複雑な動作を指定することができる。50msec単位で



図4 デモンストレーション用のソフトウェア

の制御が可能であり、ステージデモンストレーションではロボットの歌唱に合わせて上半身の動作を振付けることが可能になった。また、歩行動作の誤差を修正するため、ロボットの位置を微調整する動作を指定可能である。

ステージは1回15分程度とし以下の内容を行った(場所によって内容は異なる)。

- ・ 歩行動作の実演
- ・ ジェスチャと音声による自己紹介
- ・ 身振りを伴う歌唱
- ・ ボールのキック動作
- ・ ロボットのカメラ映像の提示
- ・ 人の顔探索・動作模倣
- ・ 写真撮影会

図5に愛・地球博の中部千年共生村で行われた岐阜県ワークショップにおけるデモンストレーションの様子を示す。また、図6に画像処理によるデモンストレーションの様子を示す。

ステージではロボットとのふれあいを重視した。ロボットのカメラに映る観客の映像を提示や、ステージ上で観客の一人の顔を探索し観客の顔を追尾するようにロボットの頭部を制御するなどのデモンストレーションを行った。ステージ環境によって画像処理の精度が対応できないこともあり、手動での動作に切り替えて行うこともあった。

観客の反応は概ね良好であり、岐阜県のロボット開発への取組や、技術のアピールができたと考えられる。



(a) 2体での実演の様子



(b) ボールを蹴る様子



(c) カメラ映像紹介



(d) 顔の探索・動作模倣

図5 ステージデモンストレーションの様子

方、動作の速度が遅い、他のヒューマノイドとの違いがわからないなど厳しい意見もあり、今後どのように、ヒューマノイドロボットで培った技術を活用してゆくのかを明確にする必要があると認識した。

## 5. まとめ

ヒューマノイドロボット「ながら-3」の展示システムや実演の内容について述べた。愛・地球博の常設展示においてはロボットの耐久試験を兼ねており、十分な実証結果が得られた。各展示・実演を通してロボットに対する様々な反応や意見を得ることができ、産業振興の面だけでなく、広く一般にロボット技術を通じた科学技術の振興、教育など公共的な面においても意義ある役割を果たしたと考えられる。

## 謝辞

「ながら-3」は、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の「次世代ロボット実用化プロジェクト(プロトタイプ開発支援事業)」の採択を受け、社団法人岐阜県工業会と共同で開発した。

## 文献

- [1] 稲葉昭夫, 光井輝彰, 久富茂樹, 小川行宏, 今井智彦, 千原健司, “ヒューマノイドロボット「ながら-3」の開発”, 第6回システムインテグレーション部門学術講演会(SI2005), pp.409-410, 2005
- [2] 小川行宏, 稲葉昭夫, “移動物体の位置検出手法の検討”, 岐阜県生産情報技術研究所報告No6, pp.27-28, 2005
- [3] 小川行宏, 田中泰斗, 山本和彦, 張勤, 稲葉昭夫, “人の動作模倣手法の検討-インタラクションに基づく親和性向上に関する研究-”, 岐阜県生産情報技術研究所報告No6, pp.29-34, 2005



(a) 顔を探索し、顔を向ける動作



(b) 人の動作の検出, 動作模倣

図6 画像処理を用いたデモンストレーションの様子