

AIBOによる室内確認システムの検討

Consideration of the Indoor Monitoring System by AIBO

関谷 宏† 五百蔵 重典† 野木 兼六†

Hiroshi Sekiya Shigenori Ioroi Kenroku Nogi

1. 研究の背景

昔から、室内にいる人や室内の常態を知りたいという状況がある。たとえば、乳児が寝ている間に、他の仕事をしたい。そして、その間に乳児が起きたことを知りたいということが考えられる。同様に、家にいなくてはならない老人が外に出かけたりしていないか知りたいという場合や留守番をしている子供の様子を知りたいという場合が考えられる。また、一人暮らしをしていて、急に倒れた場合、誰かに気が付いてもらいたいといった場合がある。また、火の元なども同様に気になる事項である。

このように、室内には確認をしたい場所、監視しておきたいことが多く存在している。他の場所から室内確認が行えれば、室内にいる人や室内の状態を気にしている不安や常時その場所にいなくてはならない場所の束縛、時間の束縛を削減できると考えられる。

そこで今回の研究では、AIBO[1]を利用した室内確認システムを提案する。AIBOは、元々はエンターテインメント型ロボットであり、必要時にのみシステムを切り替えることにより、室内確認システムとして機能させることが可能である。

2. 関連知識と求められる機能

2.1 AIBOに関する関連知識

2.1.1 AIBOの特徴

AIBOは四足歩行型のロボットで、人間や動物の「触覚」「聴覚」「視覚」「平衡感覚」を表すために、各種センサーを搭載している。

以下にAIBOで可能な代表的な機能を挙げる。

- ・ 歩数による歩行機能。
- ・ ネットワーク接続。
- ・ 静止画、動画の撮影。
- ・ プログラムでの動作。

2.1.2 OPEN-R

OPEN-R(Open Architecture for Entertainment Robot)とは、1998年6月にソニーが発表したエンターテインメント・ロボットシステムの標準インタフェースである。

OPEN-Rの特徴は、エンターテインメントロボットを構成するハードウェアやソフトウェアを共通のインタフェースで部品化し、それらを組み合わせることで、さまざまな形状のロボットやアプリケーションソフトウェアを開発できることである。AIBOを動作させるソフトウェアは、様々な機能を持つ複数のOPEN-Rオブジェクトを並行動作させ、オブジェクトが相互に通信を行いながら処理を進めること

で動作を実現させている。

OPEN-R SDK[2][3]はgcc(C++)で作成できるクロス開発環境で、AIBOをプラットフォームとした実験や研究目的での使用を念頭においている。OPEN-Rシステム層に直接アクセスすることができ、独自のプログラムを作成することができる。

利点としては以下の特徴が挙げられる。

- ・ ロボット内部の機能を直接使える。
- ・ AIBOのCPUに最適化されたバイナリを生成できる。
- ・ ハードウェアの限界まで使える。

注意点として以下の点が挙げられる。

- ・ AIBOは組み込みシステムであり、PCに比べ、CPUの処理能力、メモリー容量が限られている。
- ・ システム保護のためのランタイムエラーチェックが強固でない。
- ・ UNIXやWindowsのOSカーネルで提供されているような機能がすべて備わっているわけではない。
- ・ 姿勢維持制御やセンサー値入力のためのシステムオブジェクトが常に動作してCPUを使用しているため、計算処理のためだけにCPUを使用することはできない。

2.2 家庭用室内確認システムに必要な機能

現在の家庭環境や防犯設備より、家庭用室内確認システムに求められる機能を分析した。分析結果を以下に示す。

- (a) 目的とした箇所の確認ができる。
- (b) 複数箇所の確認、監視ができる。
- (c) 外からの指示で動かすことができる。
- (d) 確認箇所の変更ができる。
- (e) 指示が簡単にできる。

(a)の要件は、確認したい箇所はユーザによって異なるが、その確認箇所を簡単に確認できなくてはいけないということである。

(b)の要件は、火の元の確認、室内には目標の監視など確認したい箇所が複数存在するので、そのすべての箇所を確認、監視ができなくてはいけないということである。

(c)の要件は、ユーザは外出先から家の状況を確認したいという要求があるので、外部から何らかの手段で確認箇所の指示を送り、家の内部の確認を行えなくてはいけないということである。

(d)の要件は、室内確認をする箇所は季節など状況によって変更されることがあるので、確認箇所の設定を簡単に変更できなくてはいけないということである。

(e)の要件は、監視システムへの指示が困難では、確認に手間がかかったり、誤った操作で目標地点を確認できない場合が生じるため、ユーザが行う指示は、操作が簡単でなくてはいけないということである。

† 神奈川工科大学, Kanagawa Institute of Technology

3. 室内確認と戸締り確認システムの概要

3.1 システムの概要

本研究では、AIBO を用いて室内の確認と目標の監視を行うシステムを作成した。システムはユーザの指示により動作する。これにより自宅の外にいてネットワークに接続された PC (Personal Computer) を使い、室内の確認と目標の監視を行うことを可能としている。

本システムにおける重要な要件は以下の表 3.1 に示す。

表 3.1 システムにおける要件

番号	要件
(1)	撮影地点までの移動
(2)	確認箇所の識別
(3)	遠隔操作可能
(4)	確認箇所の変更容易性
(5)	指定目標の監視
(6)	確認箇所の写真撮影、および送信

(1), (2), (3) および(6) の要件は、AIBO の機能である移動、ネットワーク接続、写真撮影を使うことにより、ある程度実現可能である。

しかし、AIBO の歩行は歩数指定であり、1歩1歩の距離と方向の精度が悪いため、たとえば 5m の距離を進ませようとすると、右に平均 62.5cm ずれ、最低でも 30cm、最大で 100cm のずれが出て、目標地点まで着かないという問題点があることが分かった。そのため遠隔地において、実際の様子がわからないユーザにとって、歩数によって適切に移動の指示を送るのは困難という問題点がある。同様に距離による指示も、歩数で何メートル進むかを算出するため、ずれが生じてしまう。

この問題の解決策として、本研究では、AIBO の持つ色の検出機能に着目した。色の検出機能は、AIBO の今見ている画像の中に何色が多く含まれているかをハードウェアで高速に判断する機能である。これを使い、色の目印を設定し、それを移動目標とした。これにより、ユーザは、歩数指定や距離を細かく指示せず、簡単な指示で目標地点まで、簡単に移動させることができるようになった。

また、色の目印を用いることにより、(5) の要件である目標の監視も目標全体ではなく、一部分を監視することによって、簡単に実現できるようになる。(4) の要件である確認箇所の変更も同様に簡単にできるようになる。

3.2 システムの特徴と構成

本システムの特徴は、ユーザがその場所にいなくとも、状況を把握するために、AIBO を遠隔操作し、複数箇所を撮影、その画像の取得、指定目標の監視が行える点である。これらの機能があれば、室内確認が行えると考えられる。

今回作成したシステムは、監視動作を行う AIBO と AIBO に指示を送り、結果を受け取る PC で構成される。AIBO と PC の通信には無線 LAN を用いる。今回のシステムの使用方法は PC から指示となるコマンドを入力し、AIBO ではそのコマンドに応じた動作を行い、結果を返す、という形式である。AIBO に動作をさせるためのコマンドの送信には、

Cygwin を使い、ファイルの取得には、コマンドプロンプトの ftp コマンドを用いる。図 3.1 にシステムの構成を示す。

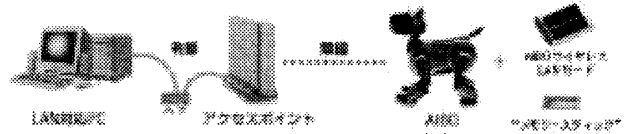


図 3.1 システムの構成図

4. 実現方式

本システムは、歩数指定や距離指定での移動方法を使わない。理由は 3 章で述べたとおり、歩数指定や距離指定では移動誤差が起きるためである。そして新たな移動方法として、AIBO の色検出機能を用いた、色目印指定を提案し、実装した。

4.1 色の検出と設定方法

今回作成したプログラムでは、AIBO の色検出機能を使って、移動方法の改善をした。指定した目印まで移動する歩行動作に変えたことで、移動誤差がなくなった。

OPEN-R には、イメージセンサーが写した画像を送るだけではなく、ハードウェアで高速に色検出 (CDT:Color DeTection) を行う機能がある。この色検出エンジンを用いれば画像を詳しく分析しなくても、AIBO がどんな色を見ているのかを判断できるのである。

最大で 8 チャンネルまで登録でき、同時に 8 色まで検出できる。各チャンネルには 32 個の要素からなるテーブルを指定することができ、テーブルの各要素は輝度 (Y) を 3 2 段階に分けたもので、各段階に対して赤の色差 (Cr) の範囲と青の色差 (Cb) の範囲を設定できる。

色頻度情報は、色検出エンジンによって検出された画素数を 16 で割った値である。

この機能を用いて、3 つの色を設定し 2 色を目印に、残り 1 色を監視用の色として設定する。以下の表 4.1 は今回用いた色の設定を示す

表 4.1 色の設定

色	頻度の範囲	赤の色差	青の色差
ピンク	0~32	150~230	90~120
赤	0~10	140~180	100~130
青	0~10	85~130	150~200

4.2 基本動作

ユーザが AIBO の操作をするには、PC から AIBO に登録されているコマンドを入力することで行う。以下の表 4.2 は今回の研究で作成したシステムで使用できるコマンドとその機能についてまとめたものである。

表 4.2 コマンドとその機能

コマンド	機能
「S」	ImageObserver に指定されている色を見つけるまで探し、発見後、カメラで撮影する
「E」	動作を終了させ、AIBO の電源を落とす
「N」	次に探す色を変更し、方向を変える

「K」	監視用の目印を探し、見つけ次第、監視を始め、目標を見失ったらカメラで撮影をする
-----	---

また、撮影した bmp 画像の解像度は「幅 176×高さ 144」である。

AIBO の TinyFTPD を使い、簡易の FTP サーバの機能を備えることができるので、この機能を使用して AIBO の撮影した画像ファイルを取得することが可能である。

5. システムの動作実験

5.1 実験の構成

今回の実験を行った構成は、ユーザが LAN 対応の PC を用いて Cygwin 上で、定義したコマンドを実行する。確認時の場合には、設定している色目印を探索し、発見時に画像を保存する。監視時の場合には、監視目標を探索し、発見後監視を始める。監視目標を見失った際に画像を保存する。保存した画像ファイルは、ftp クライアントプログラムを利用して取得する。

5.2 動作検証

5.2.1 基本動作の確認

本節では、提案システムを AIBO 上に実装し、本システムが実現可能であることを示す。実験 1 で室内の確認を行う、実験 2 で指定目標の監視を行う。

実験 1 では、目印を二つ使い、目標地点まで移動して、その場所を撮影し画像を保存する動作である。これは室内の各箇所を確認を想定としている。

図 5.1、図 5.2 は、目標地点まで移動し、その場所を撮影し、画像を保存する動作の際に保存した画像である。図 5.1 の手前側にある丸いピンクと、図 5.2 の筒状の青が目印となっている。先にピンクの目印の地点まで移動し、図 5.1 を撮影した。次に目印の変更をして、青の目印の地点まで移動し、図 5.2 を撮影した。



図 5.1 玄関撮影

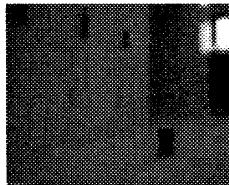


図 5.2 場所その 1

実験 2 は、監視目印を探索し、監視をする動作である。図 5.3 および図 5.4 の画像は、人物を監視した際の画像である。この状況は対象人物が寝ている場合を想定している。図 5.3 が監視目印 (赤のテープ) を身につけた人物を発見した際の画像で、図 5.4 は監視目印が監視範囲から移動をしてみ、見失った際の画像である。



図 5.3 寝ている画像



図 5.4 起きて移動

また、図 5.5、図 5.6 はドアの開閉を監視した際の画像である。図 5.5 はドアが開けられる前の画像で、監視目印 (赤のテープ) を見失ったことによりドアが開いたと感知して、撮影した画像が図 5.6 である。

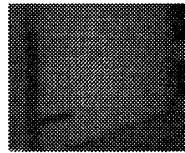


図 5.5 ドア開閉前

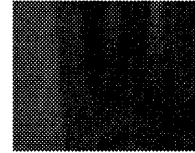


図 5.6 ドア開閉後

5.2.2 画像の取得

AIBO には、AIBO を簡易 ftp サーバにする TinyFTPD プログラムがある。そのため、AIBO からの画像の取得は、「ftp クライアントプログラム」を用いる。通常の ftp と同様に、AIBO にログインし、DATA/P ディレクトリから画像をダウンロードする。

5.3 実行結果

今回課題とした表 3.1 の六つの重要な機能が実現可能であるか確認する実験を行った。

表 3.1 の機能は動作実験より、実験 1 で(1)、(2)、(3)の機能を実行でき、実験 2 では(5)の機能を実行できた。(6)の機能は各実験で行えた。(4)の機能は、目印の地点を変更してもシステムが機能することを確認した。

実験結果より、初期位置より 3m 先の一箇所目まで平均 1 分であったが、一箇所目から 6m 先の二箇所目は距離以上に時間がかかり 3 分であった。これは AIBO の方向転換は、予想以上に時間がかかるためである。

目印を発見する箇所もわずかではあるが、誤差があった。AIBO の色検出機能は照明と床、本体の影による影響を受けやすいことが分かった。

目印とする色はユーザが自由に設定できるが、青よりも、赤やピンクのように青色の弱い色のほうが発見しやすいことが分かった。

6. 関連研究と考察、問題点

6.1 関連研究

AIBO を用いた研究、商品として 2004 年秋に AIBO に留守番機能を付加する「AIBO マインド 2」が発売された[4]。この AIBO は、動体や音声を検知すると、自動的にその物体の写真や音声を記録する機能がある。

6.2 考察

実験結果と AIBO マインド 2、既存の室内確認システムとして防犯カメラと比べたものを表 6.1 に示す。

表 6.1 各機能の特徴

	本システム	AIBO マインド 2	防犯カメラ
使用距離	○	半径 5m で、左右 90°	障害物無しで直線 50m
カメラ撮影	○	○	○
動体の認識	○	○	○
遠隔操作	○	○	○
移動	○	×	×
取り付け工事	なし	なし	あり
画像取得方法	PC	PC か 携帯電話	PC か 携帯電話
撮影箇所	8 箇所	正面のみ	360°
撮影箇所の変更	○	○	×
アラーム機能	×	○	○

音声の録音

×

○

○

移動ができるので使用距離の制限は無く、動体認識による指定目標の監視ができ、遠隔操作によりその場になくてもよく、カメラ撮影により場所の確認ができるので室内確認システムとして機能していると考えられる。

実験結果より、以下のことがわかった。

目印を移動目標としたので、移動の際に歩数指定がなく目標地点までは自動で移動し、目的とする地点の撮影を可能とした。また、目標地点を複数箇所おくことができ、指定目標の監視を行えるようになっていたので、より実用的にできた。目印として8色まで登録ができ、確認箇所の変更も、目印がその場固有のものではないので、簡単に行うことができる。

また、AIBOを用いることにより、既存のシステム等の持つ圧迫感がなく、同様の機能を持つシステムを構築できた。

本システムでは、AIBO マインド2に搭載されているメールでの異常通知やアラーム機能、音声録音機能などは設備されていない。しかし、アラーム機能と音声録音機能は、AIBO 本体の機能としてあるので、機能の追加は可能であると考えられる。

ただし、アラームについてはセンサーの誤報で音が鳴ってしまい、止める事が出来ずに子供や老人といった、監視している対象に対して不安をあおる場合や近所迷惑になってしまう場合が考えられるため、必要であるとも言い切れないと考える。

6.3 今後の課題

今後の課題として、以下のことが挙げられる。

- (1) 様々な照明下での探索。
- (2) 移動中の障害物回避機能
- (3) 撮影範囲の拡大
- (4) 携帯電話での操作および画像の取得
- (5) 監視機能の向上

今回作成したシステムでは目印に色の識別を使い、色ごとで場所を表した。しかし、照明次第では反応しない場合があった。赤やピンクでは起きなかったが、青では頻繁に起きた。この結果、通常の照明の状態であればシステムは機能するが、照明を消した状態では著しく機能が低下した。これは、色の輝度の範囲に、黒など、暗い色があるため、本体の影や照明を消した際の部屋の暗さなどに反応するからである。通常、子供や老人が寝ている際の監視を行う際、照明は消しているため、これは問題である。この問題を解決するには、目印の色の範囲をさらに限定して、色の誤差をなくすことが考えられる。

歩行も前進と止まった状態からの方向転換しかなく、障害物などがあるとそこで止まってしまう。障害物を回避するには、まず障害物の全体像を捉えて、どのくらい動けば避けられるか、または避けなくても平気かの判断をできるようにすればよいと考えられる。

撮影の範囲も、モーションネットワークの機能のため、首の制御を行えず、決まった高さまでしか撮影できなかった。この欠点を補うには、首を動かす動作を新たに作成すればよいと考えられる。

今回のシステムでは、PCによる画像の取得であったが、移動中でのシステムの操作、画像の取得が望ましい。そのため、携帯電話等による操作および画像取得機能を付加することが考えられる。

今回の監視機能は目印を発見後、監視を初め、目印を見失ったら、通知を行った。この機能に加え、監視目印が移動しない時間が多すぎる場合、病気が何かで倒れている場合がある。時間を計り、一定以上動かなかった場合には通知を行う機能が必要だと考えられる。

また、今回作成したシステムを防犯カメラとしてみた場合には以下の欠点がある。

- ・ 監視カメラとしては、カメラ撮影する高さが低い。
- ・ 監視カメラと違い隠すことができない。

だが、これらのことは、室内確認を目的とした際には、確認を行う対象が他人ではなく身内なので、カメラを隠す必要が無い。また、撮影する高さは火の元など高い位置にあるものに対しては欠点となるが、乳児等の状態確認の際には撮影地点は低くなるので、無視できると考えられる。

7. おわりに

本研究では、AIBO を用いて室内を確認する機能を構築した。当初課題にした移動と確認地点の写真撮影が実現可能であることを示した。色の検出機能を用いて、移動の精度を上げることができた。子供や老人など寝ている人の監視が行え、常時その場にいる必要なくなった。これらのことから、室内確認システムとして機能したと考えられる。本システムでは扉の開閉の検知も行えるが、防犯カメラの機能としては6.3で述べた通り、効果が望めなかったことが検証結果で分かった。

また、本研究と同時期に同じ着眼点の研究がSONY[5]によってなされており、AIBO マインド2という名前で実際に商品として発売されている。この商品の機能と比べた際、音声録音機能の面では、見劣りするものの、移動が行える面で、システムとして優れていると考えられる。

参考文献

- [1] AIBO オフィシャルサイト, <http://www.jp.aibo.com>
- [2] OPEN-R, <http://openr.aibo.com>
- [3] OPEN-R プログラミング SIG 著: C++でAIBOを自在に動かす OPEN-R プログラミング入門, インプレスコミュニケーションズ (2002) .
- [4] AIBO マインド2, <http://www.jp.aibo.com/products/ers7m2/about.html>
- [5] SONY, <http://www.sony.jp>