D31 動物の意識メカニズムを模倣したロボットの行動設計 (内部状態を反映させたモチベーションモデルによる行動設計) Design of robotic behavior that imitates animal's conscious mechanism (Design of behavior by the motivation model reflected inside state)

正 林英治(九州工業大学)   〇学 山崎貴広(九州工業大学)
Eiji Hayashi, Kyushu Institute of Technology, Kawatsu680-4, Iizuka City, Fukuoka
Takahiro Yamasaki, Kyushu Institute of Technology

Keyword : Robotics, Consciousness, Motivation, Inside situation

1. 緒言

現在、産業用ロボットだけでなく、非産業用ロボットの開発が盛んに行われている。非産業用ロボットはサービスロボットとも呼ばれ、その種類としては、介護・福祉系、エンタテインメント系、清掃・点検系など様々であるが、本研究室ではエンタテインメント系ロボットに注目して研究を行った。エンタテインメント系ロボットの研究目標の1つとして、ロボットの外見を限りなく本物に近づけることによる癒し効果や、ロボットに対する親しみやすさといった、ユーザ親和性の開発が挙げられる。このユーザ親和性を実現させるためにロボットに求められている機能として、ユーザを飽きさせない、ユーザが親近感を抱く、ユーザに癒しを与えるといったものがあり、この機能を満たすために、実空間においてこのような事柄を満たす存在である犬や猫などの動物に着目した。そしてこのような動物の意識をロボットに与えることでユーザ親和性を実現するのではないかと考えた。

そこで本研究では、動物の意識をロボットアームに与えることで、ロボットの外見にこだわらないユーザ親和性の実現を目指し、研究の目的とした。また、サービスロボットの定義として、「自ら外部情報を取得して、自己の行動を決定することができ、人の代替、人の支援、人との協調を目的に作られた機械」とあるので、小型の CCD カメラを用いることで外部状況を取得している。

前年度までの研究としては、動物のドーパミン発生メカニズムを模倣し、それをロボットのモチベーションモデルとして捉え、モチベーションモデルに応じて行動を選択させた。本年度は、CCD カメラによる外部状況だけでなく、モータの回転角や温度といった内部状態に応じてモチベーションが変化するシステムを構築し、そのシステムに応じて行動選択を行わせた。また、内部状態によって「疲労」という行動選択を付加させた。

2. システム構成

ロボットアームの外観を Fig.1 に、アームの自由度を Fig.2 に示す。本研究室で使用しているロボットアームは全長 450[mm]で 7 自由度{肩(Joint1,Joint2)・肘(Joint3,Joint4)・手首(Joint5,Joint6)・指(Joint7)}を有している。また、ハンド部は 3 指 1 自由度であり、本体の重量は約 0.8[kg]である。ロボットアームの先端には小型の CCD カメラが搭載されており、これによって外部の状況を確認する。これらの CCD カメラやロボットアームのアクチュエータは USB 通信によって制御される。

Fig.1 robot arm

Fig2. degree of robot arm

3. システムのフローチャート

本システムのフローチャートを Fig.3 に示し、各項目の詳細を次に述べる。

Fig.3 flowchart of the system

3-1. Web カメラによる外部状況の認識

本研究では Web カメラから取得した画像を緑色・青色・肌色・その他の色といった 4 種類に単純化し、さらにラベリング処理を行うことで、緑色・青色・肌色の 3 色を色物体と認識する。また、青いものは嫌い、緑物は好き、緑のボールは大好きといったように、ロボットアームに好みを設定させることで、ラベリング結果の色物体の大きさ・形状から好きな物・嫌いな物を認識する。

3-2.アクチュエータによる内部状況の算出

本研究室で使用しているロボットアームのアクチュエータ (ROBOTIS 社製 Dynamixel DX-117) を Fig.4 に示す。

Fig.4 actuator

このアクチュエータは、稼働中でも位置や速度・温度などをフィードバックすることができる。これによって、リアルタイムでの温度・回転角度を求めることができ、温度上昇や角度の総移動量からロボットアームの行動に反映させることができる。これらの値を関連させることで、ロボットに「疲労」という表現を付加させることができる。

3-3.状況に応じたドーパミンとモチベーションの計算

人間や動物などが何かしら行動を起こす際は、脳内物質であるドーパミンが発生する。このドーパミン発生の特徴をロボットのモチベーションモデルとして捉え、制御モデルを用いて発生軌跡を模倣した。制御モデルを下に示し、例として ζ と T を変化させたときのグラフを下図に示す。

$$\text{立ち上がり } y'' + 2\omega_n \zeta y' + \omega_n^2 y - \omega_n^2 u_0 = 0 \cdot \cdot (1)$$

$$\text{立ち下がり } y = e^{-t/T} \cdot \cdot (2)$$

ω_n : 固有角周波数: 立ち上がりの早さ
 ζ : 制動比: 立ち上がりピークの高さ
 T : 時定数: 減衰性

Fig.5 motivation model (change ζ)

Fig.6 motivation model (change T)

このように制御モデルを作成し、好きな物・嫌いな物に対してドーパミンを発生させる。前年度までは、色物体の大きさ・形状から ω や ζ を決定していたが、本年度は内部状態にも対応しているので、温度や総移動量からも ω や ζ が変化するようにになっている。また、発生したドーパミンの総和を求めて、その総和を入力とした二次遅れ応答を求め、それをロボットのモチベーションと定義した。

3-4.モチベーションに応じた行動選択

今回作成したロボットのモチベーションを一定の値で区切り、行動レベルとして設定した。そして、行動レベルに応じて選択できる行動を限定した。例えば、行動レベルが3で正の値ならばアームは接近行動を選択し、行動レベルが2で負の値ならば、警戒行動を選択するようになっている。

Fig.7 Choice of the action that accepted motivation

3-5.選択した行動に応じてモータの駆動

本研究室のロボットアームは、2自由度の肩、肘、手首というように分割しており、それぞれに指に対する役割を与えている。例えば接近行動が選択された場合は、手首2自由度で目標位置の捕捉を行い、肩と肘の4自由度で目標位置への接近を行う。

4.検証実験

今回の検証実験として、ロボットに緑のボールを見せたときの外部状況にのみ関係しているモチベーショングラフと、外部状況だけでなく内部状況にも対応したモチベーショングラフとの比較を行う。実験環境として、ロボットから約50cm離れた場所から緑のボールを約10秒見せ、モチベーションの変化を観察した。その結果は下図のようになった。

Fig.8 (left) motivation graph (outside situation)
(right) motivation graph(outside & inside situation)

5.結言

今回の実験では、前年度までの外部状況のみに対応したモチベーションの変化と今年度の内部状況と外部状況の両方を用いた場合のモチベーションの変化を比較した。実験結果より、内部の温度や総移動量などに関連させた ω や ζ を用いることで、同じ物体をロボットに見せても、モチベーションの変化が著しく見てとれた。また、今回は緑色の大好きなものの実験であったが、同様に嫌いな青いものでも同じような変化が見てとれた。これにより、内部状況に応じたモチベーションの変化を可能にすることができた。

今後の課題としては、内部状況に応じてモチベーションを変化させたが、それに対応してロボットが動作していなかったため、モータの速度や硬さを変化させることで、ロボットがあたかも疲労しているかのような表現付けの付加を行うことを目指し、それによるユーザ親和性の向上を目指す。

参考文献

- [1] 下野元喜: 動物の意識メカニズムを模倣したロボットの行動設計, 平成19年度博士前期課程修士論文
- [2] 堀哲郎: 脳と情動—感情のメカニズム—, 共立出版