

バッテリー残量に応じた行動選択を行う 学習システムの提案

室蘭工業大学 情報工学科 4年 認知ロボティクス研究室 三浦 丈典

1. はじめに

近年では、周りの環境に対して自律的に行動を学習するロボットの研究が進み、実用化もされている。このようなロボットは、移動、計算、センシングなどに電力を必要とする。そのため実環境で使用する場合には、電力がなければ活動できず、機能停止に陥ってしまう。従って、学習ロボットは自身のバッテリー残量を考慮する必要がある。

2. 従来研究

ロボットにおいて搭載されたバッテリーの状態を考慮した従来研究^[1]では、ロボットのバッテリー残量が一定の基準を下回った場合に充電を行うことで機能停止に陥ることを回避している。

3. 従来研究の問題点

従来研究では、ロボットが機能停止を回避するバッテリー残量の基準を、人間が事前に設定している。人間が事前に設定可能なのは、ロボットが使用される環境を事前に想定できるからである。学習ロボットは周りの環境に対して自律的に行動を学習可能なので未知環境で用いられることが多い。しかし、未知環境ではロボットが取る行動に対するバッテリー消費量が変化する可能性がある。従って、人間が事前にすべての行動を考慮し機能停止を回避するバッテリー残量の基準を設定するのは難しいという問題がある。

4. 本研究の目的

本研究では、ロボットの行動におけるバッテリー消費量に基づき、バッテリー残量に応じた行動選択を行う学習システムを提案する。これにより、バッテリー残量に対する行動を自律的に決定するロボットを実現する。

5. アプローチ

ロボットがバッテリー残量に応じた行動選択を行うためには、人間に与えられたタスクに必要なバッテリー残量が獲得できない場合に、ロボットが取るべき行動を設定する必要があると

考える。そこで、本研究では2種類のタスクを定義する。定義した2種類のタスクを以下に示す。

外部タスク：

ロボットが人間から与えられるタスク

内部タスク：

ロボットが機能停止を回避するために
行うタスク

ロボットが外部タスクを遂行するためにはバッテリーを消費しなければならない。また、内部タスクを遂行するためには、外部タスクの遂行は行えない。従って、外部タスクと内部タスクはトレード・オフの関係にある。そこで本研究では、バッテリー残量に応じて外部タスクと内部タスクの優先度をバランス調整することを考える。ロボットのバッテリー残量が多い場合には内部タスクより外部タスクを優先し、バッテリー残量が少ない場合には、外部タスクよりも内部タスクを優先する。このバランス調整をロボットが自律的に行うために、バランス調整には強化学習を適用する。また、バランス調整はロボットが取った行動のバッテリー消費量に基づいて行う。

6. 提案システム

図1に提案システムの概念図を示す。

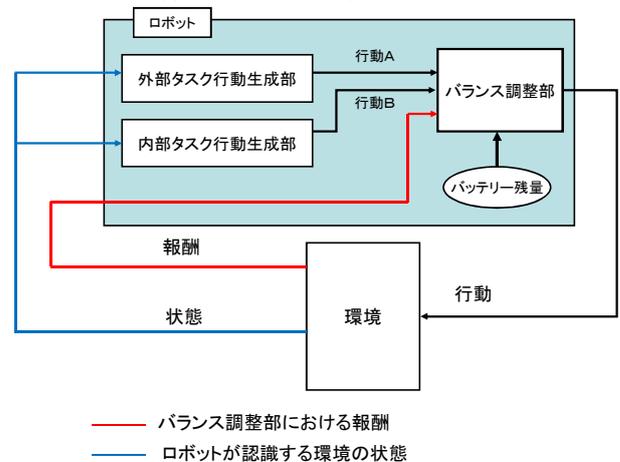


図1 提案システムの概念図

ロボットは、外部タスク行動生成部、内部タスク行動生成部において各タスクの遂行に必要

となる行動を生成する。外部タスク行動生成部と内部タスク行動生成部から得られる行動A, 行動Bのうちバッテリー残量に応じた行動をバランス調整部で学習し、実際にロボットが取る行動を選択する。バランス調整部での学習方法としては強化学習を適用する。以下にバランス調整部における学習の方法について述べる。

ロボットに搭載されたバッテリー残量を状態 s とする。バッテリー残量は 0~100%まで 1%刻みで設定する。ロボットが状態 s において選択可能な行動 a は外部タスク行動生成部から入力される行動A, または内部タスク行動生成部から入力される行動Bのどちらからとなる。状態 s において行動 a を取った場合にロボットに与える報酬は、バッテリー残量が多い場合には外部タスク遂行時に高い報酬となる。また、バッテリー残量が少ない場合には内部タスク遂行時に高い報酬となる。本研究では、バッテリー残量に対する各タスクの重要度を考慮し報酬を設定する。外部タスクの重要度 w_e , 内部タスクの重要度 w_i を式(1), (2)に示す。

$$w_e = \frac{1}{1 + e^{\beta(d-v_b)}} \quad (1)$$

$$w_i = \frac{1}{1 + e^{\beta(-d+v_b)}} \quad (2)$$

β, d は定数, v_b はバッテリー残量である。

報酬 r は、上記の重要度を用い式(3), (4)で設定する。

$$r = w_e r_e \times w_i r_i \quad (3)$$

$$r_i = e^{\frac{-v_c}{v_b}} \quad (4)$$

r_e は外部タスク遂行時に人間がロボットに対して与える報酬であり、外部タスクを遂行した場合に高い報酬となり、内部タスクを遂行した場合には低い報酬となる。 r_i はバッテリー残量が少ない場合にバッテリー消費量が少ない行動を取った場合に高い報酬となる。 v_c はバッテリー消費量である。

7. 実験

実験はシミュレーションで行う。実験によってロボットが行動におけるバッテリー消費量に基づき、バッテリー残量に応じた行動を自律的に決定可能かどうか検証する。ロボットの外部タスクと内部タスクの行動をそれぞれ表1, 2のように設定し外部タスクの行動毎に実験を行う。初期行動価値は 0 とし、学習回数はそれぞれ 30000 回行う。

表1 外部タスクの行動

| 外部タスク行動 | バッテリー消費量 |
|---------|----------|
| 行動A | 20% |
| 行動B | 10% |
| 行動C | 6% |

表2 内部タスクの行動

| 内部タスクの行動 | バッテリー消費量 |
|-----------|----------|
| 行動D(静止状態) | 2% |

8. 実験結果と考察

バッテリー消費量の異なる各行動に対する実験結果を図2, 3, 4に示す。

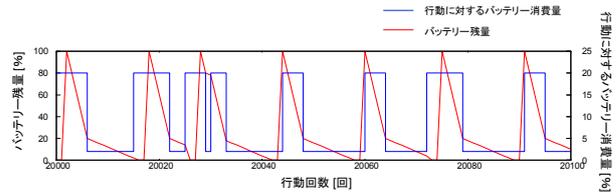


図2 行動Aと行動Dの実験結果

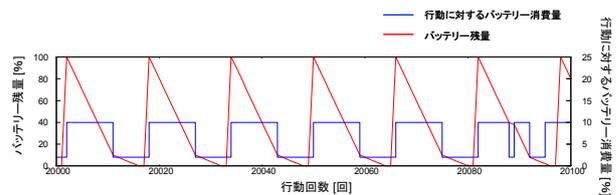


図3 行動Bと行動Dの実験結果

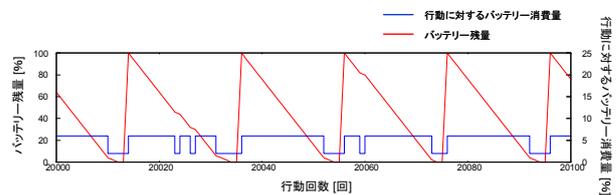


図4 行動Cと行動Dの実験結果

実験結果より、ロボットの行動はバッテリー残量が少なくなった場合には外部タスクの行動から内部タスクの行動へ切り替わっていることがわかる。また、行動に対するバッテリー消費量に応じて切り替わるバッテリー残量の基準が変化していることがわかる。

9. まとめ

シミュレーション実験より、提案システムを適用したロボットは行動におけるバッテリー消費量に基づき、バッテリー残量に応じた行動を自律的に決定できることを示した。

参考文献

[1] 山田 朋史, 永谷 圭司, 田中 豊: 自律移動ロボットの自己保存-自律移動, 6 軸力覚センサを用いたコンセント挿入動作の実現-” 第5回システムインテグレーション部門学術講演会, 2004