

ロボットの失敗表現行動の生成に関する研究

安松 勇紀† 岨野 太一‡ 今井 倫太†

慶應義塾大学理工学部† 慶應義塾大学大学院理工学研究科‡

1 はじめに

人間と協調してタスクを行うロボットは、人間とのインタラクション中に失敗をしてしまう場合がある。特にロボットが自力で修復できないような失敗をしてしまったとき、ロボットがタスクを続行するためには、人間がロボットを助けてあげることが必要になってくる。

人間がロボットを助けるために、ロボットの失敗を人間に伝える必要がある。ロボットが人間に失敗したことを伝える手段の一つとして、本稿ではロボットが失敗に対して反応しているような振る舞い(失敗表現行動)について考える(図 1)。

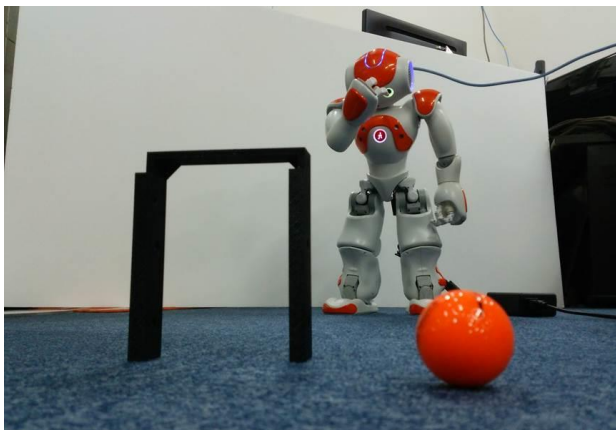


図 1: 失敗表現行動の例

失敗表現行動も含めたロボットの行動は、場面に応じて適切に生成されなければならない。ここで重要なのは、場面ごとに固定された行動をいくつか用意するのではなく、場面に応じて動的に行動を生成しなければいけない点である。

失敗時における振る舞いとして、ロボットがタスクを続行できる状態まで回復する行動を生成する方法についてこれまで研究されてきた[2, 3]。これらの研究では失敗に応じて行動は自動的

に生成されているが、失敗表現行動は生成されていない。

また、失敗表現行動をとるロボットとして、Kober のジャグリングロボット[1]が挙げられる。しかし、失敗表現行動はインタラクションの一部として固定的にデザインされてしまっているため、場面ごとの行動生成はできていない。

よって、本稿では失敗表現行動を、場面に応じて自動生成する方法について提案する。

2 失敗表現行動の課題

2.1 失敗認識

失敗表現行動の生成にあたって、ロボットが失敗を認識することは非常に重要である。ここで、本稿では失敗を「ロボットがある単一行動を実行した後に到達すると思っている状態(目標状態)と、実際に行動を実行した後の結果として表れた状態(現実状態)との間に差異があること」と定義する。

本稿では単一行動実行後の目標状態と現実状態を比較することにより、失敗の認識を行う。まず、状態 $S = \{s_i\} (i = 1, 2, \dots, k)$ をロボットが認識できる事柄 s の集合とする。ここで、 s は全て真値であるものとする。

ある行動を実行する前に、ロボットはその行動に対する目標状態 S^g を持つ。そして、行動実行後にロボットは外部情報に基づき現実状態 S^r を形成する。行動実行後、 S^g と S^r の各要素を比較し、 $s_i^g \neq s_i^r$ のとき、ロボットが失敗したと判定する。以降、この要素を失敗要素と呼ぶ。

2.2 失敗表現行動

1 章で述べた通り、失敗表現行動は人間から見てロボットが失敗してしまった様子が伝わるようであればならない。よって、頭を抱える、肩をすくめるといったような典型的な失敗表現が必要である。この失敗表現の集合を失敗表現行動群と定義する。

また、ロボットがどのような失敗をしてしまったかを人間に伝えるために、ロボットは自分の失敗に反応するような振る舞いをとることが必要である。よって、典型的な失敗表現に加え、

Research about generating robot's failure expression action

† Yuuki YASUMATSU, Michita IMAI

Faculty of Science and Technology, Keio University

‡ Taichi SONO

Graduate School of Science and Technology, Keio University

失敗に反応するような今性のある振る舞いが失敗表現行動に求められる。

本稿では今性のある振る舞いとして、センサ依存の行動である反射行動を用いる。センサ依存であるため失敗とは無関係に発生するが、すばやい反応が可能であるため、失敗に反応しているように見える動作をとることが期待される。

また、ロボットにとって注意という概念は重要である。本稿ではロボットの注意の対象を人間に伝えることで、人間から助けるという行為を引き出せるのではと考えた。よって本稿では、注視を行うことでロボットに注意の概念を加え、失敗表現行動の効果を高めることを試みる。

3 失敗表現行動の自動生成

図2に本稿のシステム構成を示す。ロボットの単一行動および目標状態は行動意図に基づき決定されるものとし、通常行動生成モジュールは現在の行動意図に対応する単一行動を実行する。センサモジュールはカメラ画像などの外部情報やロボットのモータの角度をもとに、現実状態を形成する。単一行動実行後、失敗認識モジュールは目標状態と現実状態を比較する。目標状態と現実状態に差異があった場合、ロボットは自分が失敗したと判定する。

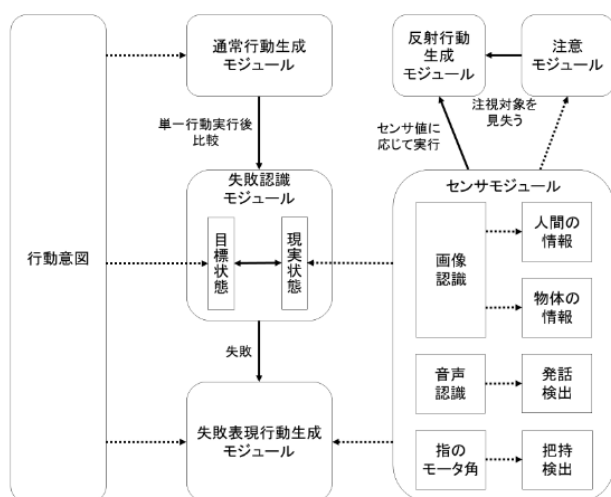


図2: システム構成

ロボットが失敗したと判定されたとき、失敗表現行動生成モジュールは失敗表現行動を生成、実行する。失敗表現行動は失敗要素、行動意図、センサ情報をもとに、失敗表現行動群内の行動表現を選択、組み合わせることで生成される。

また、失敗表現行動とは別に、反射行動生成モジュールから反射行動が生成される。反射行動生成モジュールにはあらかじめイベントがい

くつか用意されており、センサ情報に応じてイベントが発火し、反射行動が実行される。反射行動の生成方法は失敗表現行動と同様で、あらかじめ用意した行動表現からセンサ情報に基づき選択した行動を実行する。反射行動生成モジュールはセンサモジュールに依存しているため、失敗とは無関係に反射行動が実行される。しかし、目標状態と現実状態の比較を介さないため、失敗表現行動よりも早く実行することが可能である。

インタラクション中のロボットの視線は、注意モジュールによって決定される。注意モジュールはセンサ情報に基づき注視対象を決定し、注視を行う。注視対象を見失ったとき、反射行動が実行される。注意モジュールもセンサに依存しているため、ロボットは周囲の環境に応じて注視対象を選択することが可能になる。

4 まとめ

本稿ではロボットが失敗に対して反応しているように見える振る舞いである失敗表現行動を、場面に応じて自動生成する方法について提案した。失敗表現行動を自動生成することにより、失敗の状況に応じた失敗表現行動をとることができ、また反射行動や注視を行うことで、より幅広い失敗表現が可能になる。

これにより、人間と協調作業を行うロボットが時に人間に助けを求めることで、作業全体の効率化につながると考えられる。

参考文献

- [1] J. Kober, M. Glisson, M. Mistry: Playing catch and juggling with a humanoid robot, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots(Humanoids), pp.875-881 (2012)
- [2] K. Yamasaki, R. Oya, K. Nagashima, K. Okada: Bottom dressing by a life-sized humanoid robot provided failure detection and recovery functions, IEEE/SICE International Symposium on System Integration(S II), pp.564-881 (2014)
- [3] K. Yamazaki, R. Ueda, S. Nozawa, Y. Mori, T. Maki, N. Hatao, K. Okada, M. Inaba: System integration of a daily assistive robot and its application to tidying and cleaning rooms, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.1365-1371 (2010)