

ロボットの失敗行動に対する行動表現の生成方法に関する研究

Research about the method of action generation against robot's failure

安松勇紀^{1*} 嶋野太一¹ 今井倫太¹
Yuuki Yasumatsu¹ Taichi Sono¹ Michita Imai¹

¹ 慶應義塾大学
¹ Keio University

Abstract: When the robot takes a failed action, we expect it to take the Failure Expression Action (FEA) that shows the failure, in order to get human help. Some previous works have provided solutions to generating FEA, but most of them are designed based on certain scenario. There are few works that generate FEA can be used in any scene. We propose a system that the robot can generate FEA in any scene. First, to detect failure in one scene, we compare the goal that the robot should take with the current state which is updated from the sensors. Second, we fetch the intention of the robot from the action before failure and generate FEA based on the intention. This system will reduce the burden for designers to consider about robot's failure.

1 はじめに

コミュニケーションロボットは、コミュニケーションの場面に応じて行動を自動的に生成することが重要である。特に人間と共同作業を行う場面では、ロボットが失敗した際に人間から助けてもらうことも必要になってくる。よって、ロボットが失敗したとき、ロボットがどのように行動し、人間から助けるという行為を引き出すかが重要である。本研究では、ロボットの失敗時における行動(失敗表現行動)の生成について考えていく(図1参照)。

ロボットの行動は、失敗表現行動も含めて場面に応じて適切に生成されなければならない。特に、場面ごとに固定された行動をたくさん用意するのではなく、場面ごとに生成することが重要である。

多くのコミュニケーションロボットは、事前に用意されたシナリオにおいて、失敗表現行動を自動的に生成している。例えば、Koberらは人間とのキャッチボール時の失敗表現行動をデザインしており[1]、Yamasakiらは人間にズボンを履かせるときの失敗表現行動についてデザインしている[2]。また、Clodicらはボトルを拾うシナリオで失敗した際にロボットが人間に助けを求める行動を生成している[3]。

しかし、これらの従来研究では、シナリオを事前に用意して行動をデザインするため、失敗表現行動もシ

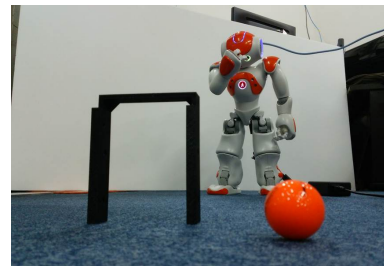


図1: ロボットの失敗表現行動の例

ナリオの一部として固定的にデザインされてしまっている。任意の場面における失敗表現行動の生成についてはまだできていない。しかし、たとえシナリオベースに動作が用意されていても、様々なシナリオに共通な形で失敗表現行動を自動生成できれば、設計者が失敗表現行動を考える負担は軽減される。

任意の場面で失敗表現行動を生成する問題に取り組むため、本研究ではロボットの目標と現在の状況を利用する。ロボットが失敗を認識したとき、予め用意した失敗時にとるべき単純な行動表現の集合(失敗表現行動群)から目標との差異、失敗時のロボットの意図とセンサ情報を用いて行動を選択し、それらの行動の組み合わせを失敗表現行動として生成する。失敗表現行動群は階層構造になっており、失敗表現行動を時系列的・同時的に生成することができる。これにより、任意の場面に対して、より幅の広い失敗表現行動が生成できる。

本稿ではまず問題設定として、任意の場面でロボッ

*連絡先: 慶應義塾大学 理工学部情報工学科
〒223-0061 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
E-mail: yasumatsu@ailab.ics.keio.ac.jp

トが失敗を認識する方法と、失敗表現行動を生成する要因について説明する。次にシステムの構成と、問題の具体的な解決方法について述べていく。

2 任意の場面における失敗表現行動の生成

2.1 失敗の認識

任意の場面でロボットが失敗時の振る舞い(失敗表現行動)を生成するために、任意の場面でのどのように失敗を認識するかについて考える。ここで失敗とは、ある単一の行動を実行する前にロボットが行動実行後に到達すると思っている状態(目標状態)と行動実行後の結果として表れた状態(現在状態)との間に差異があることと定義する。

本研究では、単一行動実行時の目標状態と現在状態の比較により、任意の場面における失敗の認識を試みる。まず、状態 S をロボットが認識することができる事柄の集合としてとらえ、 $S = \{s_i\}(i = 1, 2, \dots, k)$ と表わす。ここで s_i は、ロボットが物を持っているか、人間が物を持っているか等といった事柄の真理値とする。

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からの情報に基づき現在状態 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 失敗表現行動の生成

次に、失敗を認識した後、どのように失敗表現行動を生成していくかについて述べる。前提として、ロボットの失敗表現行動は人間から助けるという行為を引き出させるために、人間から見てロボットが失敗を認識し、失敗に反応しているように見えなければならない。よって、ロボットは失敗に反応した振る舞いを行うため、失敗の種類について認識する必要がある。

失敗の種類は、失敗要素だけでなく、失敗時にロボットが持っていた意図によっても分類される。例えば、「物を持っていないはずなのに物を持っている」という同じ失敗要素に対しても、「人に物を渡す」のか「人に物を投げる」のかで、失敗表現行動は異なったものになると考えられる。本研究では、ロボットの意図を失敗直前にロボットが取った行動と単純化して設計し、失敗要素と意図から失敗表現行動の生成を試みる。3章にて、失敗表現行動の生成方法についてより詳細な仕組みについて述べる。

3 失敗表現行動の生成システム

本研究では NAO を用いて失敗の認識および失敗表現行動の生成を実装する。図 2 にシステム構成を示した。以下図 2 に沿って説明していく。

3.1 メイン処理

メイン処理部では、設計者が行いたい処理を記述する。処理に必要な情報はセンサ部から適宜取得していく。設計者は、本処理で行う行動を元に、ロボットの意図と目標状態を決定し、更新していく。意図は失敗時に失敗表現行動を生成するために使われる。

3.2 センサ

センサ部では、外部からの情報を取得し、画像認識、把持認識、音声認識を行う。これらには Naoqi2.1.3 のモジュールを使用している。画像認識では顔認識やボール認識を行い、それらの位置情報を取得している。把持認識では NAO の指の角度を用いて物を持っているかどうかを判定している。音声認識では「あげる」、「ちょうだい」といった、設計者が設定した単語のみを認識している。

3.3 失敗認識

失敗認識部では、現在状態と目標状態との比較を行い、2.1 節で示した方法により失敗を認識する。目標状態は、行動の結果なるであろう状態を設計者が設定し、現在状態は、現在のセンサ情報に応じてリアルタイムに更新していく。これによって、設計者の予期しない失敗が任意の場面で発生したとき、目標状態は更新されないが、現在状態はセンサ情報によって更新される。これにより目標状態と現在状態に差異が発生するため、ロボットは任意の場面で失敗を認識できると考えられる。

例として、図 3 はロボットが人間から物を受け取るというシナリオを示している。このシナリオにおいて、物を受け取った後に物を落とすという、シナリオ上予期していなかった失敗が起きてしまうとする。このとき、目標状態は「物を持っている」状態のままだが、現在状態は「物を持っていない」状態に更新される。これにより、目標状態と現在状態との間に差異(物を持っているかいないか)が発生し、ロボットは物を落とした時に失敗したと認識できる。

3.4 失敗表現行動群

失敗が認識されたとき、失敗認識部は予め定義した失敗時に取るべき単純な行動表現(人を見る、落胆する等)の集合である失敗表現行動群から、行動を選択し、組み合わせることで失敗表現行動を生成する。失敗表現行動

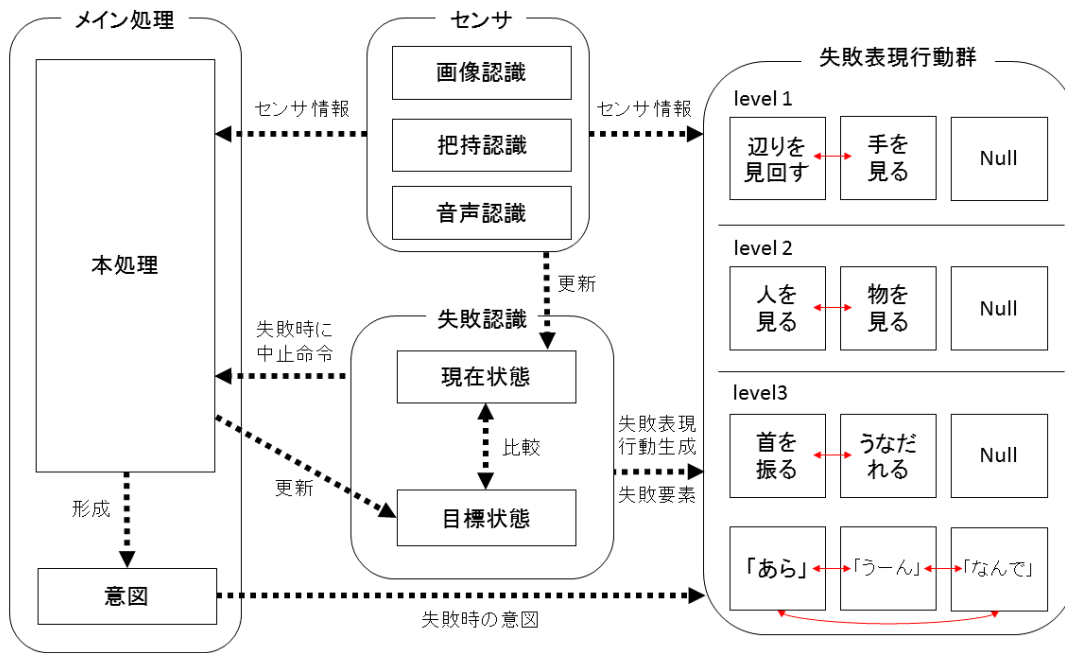


図 2: システム構成

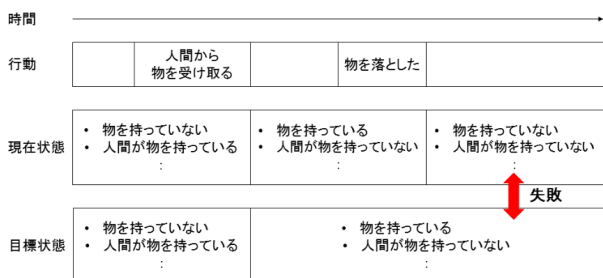


図 3: ロボットが人間から物を受け取るインタラクションでの失敗の認識

群内の各行動には、活性値と呼ぶパラメータを設け、失敗要素、意図、失敗時のセンサ情報に基づき計算される。活性値が閾値を超えた場合、その行動が選択される。

失敗表現行動群の中からある 2 つの行動をとったとき、それらを順番に行うのか、同時に行うのか、互いに競合しあいどちらか一方の行動をとるのかにより、多様な失敗表現行動をとることができる。本研究では失敗表現行動群を階層構造を用いて表し、各行動にレベルを設定することで、時系列で行う、同時に行う、競合するの 3 種類の行動生成方法を実現する。

図 2 では、辺りを見回す動作等の失敗したことを確認するような行動を低レベルに置き、うなだれる動作や発話等の失敗したことを認める行動を高レベルに置いている。これを用いて、レベルの低い方から順に実行していくことで時系列で行動を起こし、同レベルの行動どう

しは同時に実行することができる。

競合については、どの行動どうしが競合するかについてのルールを事前に定義し、それを用いて競合が起こるか判定する。図 2 における赤い矢印が競合しあう行動を示す。競合が発生した場合、活性値の高い行動を実行する。

失敗表現行動生成のアルゴリズムについて図 4 に示した。失敗表現行動は Actionlist 内の行動を組み合わせることで生成される。

```

for each レベル l
  Actionlist = {Null行動}
  for each レベル l' の行動 act
    活性値を計算
    if 活性値 > threshold then
      if 競合する行動 c_act がすでにリストに入っている then
        if act の活性値 > c_act の活性値 then
          c_act を Actionlist から除外し、act を Actionlist に追加
        else
          act を Actionlist に追加
  Actionlist の各行動を同時に実行
  
```

図 4: 失敗表現行動生成のアルゴリズム

より自然な失敗表現行動をするために、失敗表現行動群のある行動を実行した結果、ロボットの認識している情報が変化し、それにより新たな失敗表現行動が生成される必要がある。例えば、失敗表現行動として「辺りを見回す」という行動を実行した結果、人を発見したら「その人の方を見る」という行動を実行し、発見できなかったら「落胆する」という行動を実行させたいとき、「辺りを見回す」行動を実行した後人がいるかどうか

という情報を取得して、新たに行動を生成する必要がある。これを実現するために、失敗表現行動をレベルごとに行い、行動を実行するたびに次のレベルの活性値を計算するようにしている。

失敗によっては、あるレベルのどの行動の活性値も閾値に達しない場合がある。そのため、何もしない Null 行動を入れておき、各レベルで何かしらの行動は実行されるようにしている。

4 おわりに

本研究は、任意の場面で失敗を認識し、失敗表現行動を生成する手法を提案した。設計者が記述した目標状態と、センサ情報から取得した現在状態との比較により、任意の場面で失敗を認識できると考え、失敗要素と失敗時の意図、センサ情報に基づき、失敗表現行動群から行動を選択し、失敗表現行動を生成する手法を提案した。また、失敗表現行動群を階層構造にすることで時系列的・同時的に行動を生成する方法を示した。

本研究で示した手法を用いれば、設計者はメインとなる処理と、それに伴う目標状態、意図の推移を記述するだけで、自動的に失敗を認識し、失敗表現行動が生成されるため、設計者の開発の生産性は上がることが考えられる。

今後は、本研究のシステムを用いていくつかのタスクを実行することで、失敗を認識して適切な行動が振る舞えるかどうかについて取り組んでいく予定である。

参考文献

- [1] Kober, J., Glisson, M., Mistry, M.: Playing catch and juggling with a humanoid robot, *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots(Humanoids)*, pp.875-881 (2012)
- [2] Yamasaki, K., Oya, R., Nagahama, K., Okada, K.: Bottom dressing by a life-sized humanoid robot provided failure detection and recovery functions, *IEEE/SICE International Symposium on System Integration(SII)*, pp.564-570 (2014)
- [3] Clodic, A., Cao, H., Alili, S., Montreuil, V., Alami, R., Chatila, R.: Shary: a supervision system adapted to human-robot interaction, *Experimental Robotics*, pp.229-238 (2009)