



記憶・認識の不確かさによって マイクロスリップを起こすキャラクタ動作生成手法

Method for generating character actions
with microsrips added by memory and recognition uncertainties

谷口莉帆¹⁾, 三武裕玄²⁾, 長谷川晶一¹⁾

1) 東京工業大学 工学院情報通信系 (〒 226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 R2 棟 624 室 R2-20, order@haselab.net)

2) 明治大学 先端メディアサイエンス学科 (〒 164-8525 東京都中野区中野 4-21-1 明治大学中野キャンパス 高層棟 1010 室), mitake@meiji.ac.jp

概要: VR ゲームの普及により、キャラクタに状況に応じて様々な人間らしい行動を自動生成できることが求められる。本研究では、こうした行動の例として、マイクロスリップに着目する。そのため、位置記憶の信頼度や予期せぬ衝突から注意量を増減させ、確認を適度に怠ることで目的の動作を自動生成する手法を提案する。確認動作は今回生成したいマイクロスリップに必要な視覚と触覚を対象とする。

キーワード: 行動・認知, 記憶のモデル, 感覚・知覚, マイクロスリップ

1. はじめに

1.1 背景

近年 VR ゲームが普及してきたことにより、キャラクタがより身近になってきた。これにより、キャラクタに当たった時に無反応だったり、常に同じ方向を見ていると、自分がキャラクタと同じ空間にいない、つまり、自分かキャラクタのどちらかが VR ゲームにいないと考えられる。これにより、VR ゲームへの没入感を損ねたり、キャラクタの存在感がおざなりになってしまう。

また、店舗や公共施設等で活用されている Pepper 等をはじめ、人型ロボットも身近な存在となりつつある。人間らしい会話や動作をすることで、より親しまれながら多くの役割を果たせるようになるとの期待から、人型ロボットの動作を人間らしくするための研究がされてきた [1]。

ここでは、人間らしい動きのなかでも、無駄な動きを含む動作に焦点を当てた。人の動作にはわずかな失敗と修正が多数生じる。このような日常的活動において観察される行為の淀みの現象のことを「マイクロスリップ」という [2]。

インタラクティブな状況で動作するキャラクタやロボット等に、マイクロスリップを行わせるには、状況に応じたマイクロスリップ動作を自動生成する仕組みが必要になる。なぜなら、掴みたいコップの位置記憶が少しズレただけでもその動作をその場で修正することが求められる。また、こちらからの呼びかけによって視線の動きを変える必要が出た時にも、元の動作とは違う動作が必要になる。このような動作修正を自動でする必要があるのである。

Reed らはマイクロスリップの分類について以下の四つがあると述べている [3]。

軌道の変化: 記憶と違う場所にあり、間違った位置へ手を伸ばそうとしてから正しい方へと修正する

手の形の変化: 余計に手指を動かす (意外と重かったり位置が少しずれていた)

接触: 物を見ずに手に取るとき、触ってからじゃないと違う物、位置が違っていると気づかない

躊躇: ある動作を行うとき、それを躊躇うこと

ここから、多くのマイクロスリップが記憶との関わりによって生じることがわかる。例えば行動対象物体の位置に関する不確実な記憶に基づいて動作して失敗し、感覚により記憶を修正して再行動する、という仕組みでマイクロスリップを自動生成できると考えた。

ゆえに、感覚と記憶に基づく行動生成のモデルにより、マイクロスリップを自動生成できる仕組みの実現を研究目的とする。

1.2 関連研究

ロボットにマイクロスリップを組み込んだ研究としては、[4] が挙げられる。マイクロスリップの重要性を指摘し、ロボットに行わせることで自然さを得ようとしていた。ただ、これも、上に挙げた研究 [1] も、マイクロスリップの自動生成はできていない。

今回マイクロスリップを生成するための記憶モデルについて、Marvin Minsky は、期待している感覚と実際の感覚が行動に影響していると言っている [5]。ここでは、期待している感覚として記憶上の位置から予想される感覚を使い、これを実際の感覚と比較する。この二つの感覚情報にズレがあった場合にマイクロスリップを起こすべきだと仮定する。

2. 提案手法

提案手法の概要を図 1 にまとめた。実際の感覚を捉える「感覚器」と、記憶からシミュレートされた感覚を捉える「感覚入力推定器」を用意し、この二つからの情報を比較する。

「動作生成」は「記憶」に従って行い、「キャラクタの身体」が行動することによって「環境」が更新される。

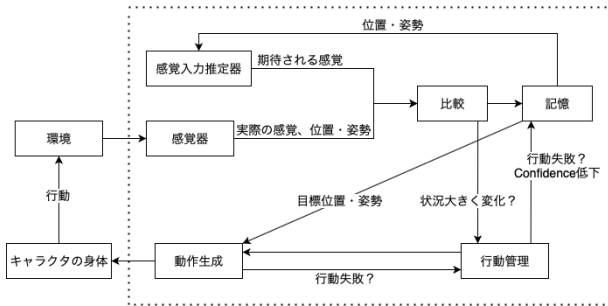


図 1: 提案手法の全体像

記憶に従ってキャラクタの動作を生成することで、間違っただけなら動作を失敗する。こうして失敗した時や、感覚情報の比較によって記憶の間違いに気づいた時には、必要に応じて記憶を正すための感覚行動を行い、動作を自動でやり直す。

2.1 記憶のモデル

人間が物を操作するとき、目視等をすることなく記憶や記憶を元にした推定を頼りに行動する事は多い。感覚による更新が途絶えてから時間が経つほど記憶と現実が異なる可能性は高まり、記憶に従った行動は失敗しやすくなる。

本提案において記憶には2つの役割がある。一つはセンサーからの情報を元に物体の位置・姿勢を保持すること、もう一つはその情報がどの程度信頼できるかを表す信頼度を保持することである。

まず、記憶された位置・姿勢情報を用いて動作を行うことで、記憶が不正確な時に動作を失敗させることができる。

また、信頼度は記憶の正確さがどの程度保たれているかの度合いを表し、感覚入力があると上昇し、時間経過と共に低下する。その他、動作の成功・失敗によっても変化する。こうした信頼度付きの位置情報モデルは、ロボティクスの分野における確率付き空間記憶モデル [6] でも類似の手法が提案されている。

具体的には、時間経過によって毎フレーム信頼度を一定の割合で下げてから、信頼度が低い時は位置情報にランダムノイズを付加した。こうすることで、信頼度が低いと不確かさが増すようになる。

信頼度が一定の閾値を下回る物体を対象に動作しようとするときは、自動的に目視を挟む。この閾値が高いとよく確認を行う慎重な性格を表し、逆に閾値が低いとあまり確認を行わない大雑把な性格を表せると考えられる。

図 2 に提案モデルの一例を示す。図中の白い物体は実際の位置、赤い物体が記憶された位置を表す。

2.2 感覚による記憶の更新

本稿では視覚の関わるマイクロスリップを対象としたので、視覚による記憶の更新を考える。

どちらの感覚も、センサーと感覚入力推定器からの情報を比較して、差が出た時には記憶が間違っていることとなる。

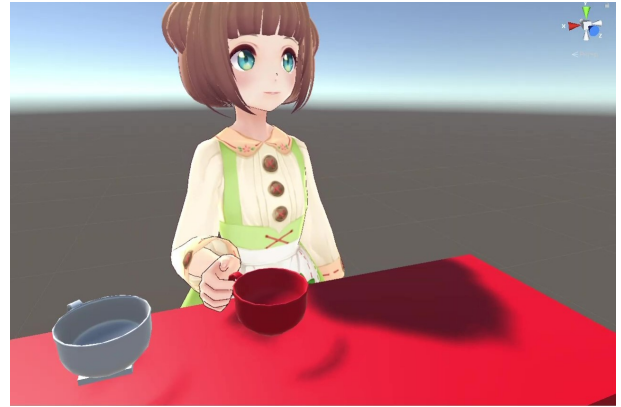


図 2: 記憶された状況の例

この場合に位置姿勢と信頼度を更新する。この更新は感覚の種類と状況に応じて次のように行うこととした。

まず、視覚からは正確な位置が得られるため、対象が視界に入れば、記憶の位置姿勢を更新し信頼度を上昇させる。ただし、記憶上では見えるはずなのに見えなかった場合には信頼度が下がることになる。

次に触覚は、視覚ほど正確な位置が分かるわけではないが、記憶上と実際に触覚の有無と触れた位置が一致しない場合、どう異なっていたかに応じて信頼度が低下する。

以上から、感覚と時間経過による信頼度を含めた記憶の更新の処理を下にまとめる。

視覚

- 視界に入れば位置と向きは正しく更新でき、信頼度も上がる
- 記憶では見えるはずなのに見えない場合は、位置のズレが大きい場合のみ信頼度を下げる

触覚

- 体のどの部分で触れたかに違いが出ている場合は位置と向きを更新する
- 記憶では触れるはずなのに触れない場合は、視覚と同様、ズレが大きい場合のみ信頼度を下げる
- 記憶では触れないはずなのに触れた場合は信頼度が下がる

時間経過

- 毎フレーム信頼度を一定の割合で下げる
- 信頼度に応じて位置記憶に少し誤差を乗せる

2.3 動作による記憶の更新

本研究では動作の失敗に気づく必要がある。実際の人間であれば触覚によって気づくことができるが、本提案では後で述べる Controller が気づく。

掴めれば視認できているときと同様に記憶の位置情報を更新できる。一方、掴み損なったら信頼度が下がると考えられる。このような動作失敗は他にも、手を伸ばしても期待した位置に届かないということが挙げられる。この時、何かの信頼度を下げるより、体をそちらへ動かすという行動

が考えられる。今回は、体の位置が固定してあるので手が届かなければ失敗ということとして以降のことは考えない。

以上から、行動の成功/失敗による信頼度を含めた記憶の更新の処理について下にまとめる。

掴む

- 掴まれている場合は、位置と向きは正しく更新でき、信頼度も上がる
- 掴むのに失敗したら、掴む対象の信頼度が下がる

手のある方向へ伸ばす

- 目標位置へ到達すれば次の動作へ移れる
- 目標位置へ到達しなければ、失敗となり、修正動作に入る

行動を実行する時には、動作に失敗していないか、依拠する記憶は信頼度が低くないか、を監視し続け、失敗や記憶の変化があった時に感覚行動や行動の再実行を行う。この仕組みを以降では行動管理と呼ぶ。

2.4 動作の再開地点の設定

動作の失敗や信頼度の低下によって修正動作に入る際、動作を最初からやり直すのは不自然である。どの段階から再開すべきかは動作の中断地点によって異なると考えられる。

本研究では動作を躍度最小軌道による小さな到達運動の重ね合わせで実現する VGent[7] を用いる。その上で、動作の構成要素である到達運動のうちどの到達運動から再開するかを動作ごとにあらかじめ決めておくこととする。

2.5 行動管理

行動管理は信頼度や予想外の接触などから次の行動を決定する。そのため、到達運動列も行動管理に入れておく。例として、ティーカップ手に取る動作を構成する到達運動列を以下に示す。

1. テーブルの上まで手を上げる
2. カップに手を近づける
3. カップを掴む
4. カップを持ち上げる

行動管理は到達運動の実行を Controller に指示する。Controller は指示された到達運動を行い、終了したら行動管理に伝える。

しかし、上の 1 や、3 の動作は、予期せぬ衝突以外で失敗する可能性がある。そのため、それぞれ別の Controller を用意する。3 に使う Controller は、掴む動作後、取っ手から近い、かつ、物体の掴みやすさに応じてランダムに、掴むのに成功したかを判断し、結果を返す。

2.6 動作生成

提案手法では、記憶された位置に応じて動作を連続的に変化させたり、動作の失敗時等に動作を任意の時点で中断して異なる動作を挟んだりする必要がある。このことから、躍度最小軌道の重ね合わせと IK を用いて滑らかな手先到達運動を生成できる VGent[7] を用いた。

また、把持については指の動作制御による実現は容易ではないため、簡易的に手と物体をバネで結合して代替した。

3. 評価

3.1 目的

提案手法によって生成された視線を含む動作が作成者の意図通りであり、それが他人にも伝わるかを評価する。

3.2 方法

3.2.1 作成した動作

今回は、目的に合わせて以下の 7 つの動作を作成した。

1. ティーカップの位置を確認してから手を伸ばして取る
記憶への自信が無い場合、最初から目視する。
2. ティーカップと間違えて隣のマグカップに手を伸ばす
記憶への自信があるため目視せず手を伸ばすが、失敗して自信が無くなったため目視して手を伸ばす。1 と 2 から、信頼度による動作の違いを意図通りに表現できるか確認する。また、2 では、マイクロスリップの「接触」を表せる。
3. 上方の柵に手を伸ばすが、途中で机にぶつかる
途中で手が机にぶつかり手を引いて机を目視してから手を伸ばす動作に戻る
4. カード状の物を取ろうとするが、何度も掴み損ねる
掴みやすさの値を低くすることで何度も掴み直す。これでマイクロスリップの「手の形の変化」を表せた。
5. カード状の物を取る際、前方に注意しながら間違えた方に手を伸ばす
2 と同様間違えた方へ手を伸ばしてから目視する。今回は薄い物を取る時によくやるように、机の端まで引きずってから掴んでカードを取る。
6. 動作は 5 と同じ。カメラの方に注視しながら
5 で注意している方にカメラを置いた。今回の動作で初めてカメラ目線になるが、視線を含めた動作の見方に変化があるのか確かめる。
7. 動作は 5 と同じ。どこにも注視しない
5 で注意している物を無くす。これによって、確認後もカードの方を見続ける。これに対して違和感を感じるかどうか確かめる。

3.2.2 被験者による評価実験

上で作成した動作を、手と目線が常に見える位置にカメラを固定して撮影する。こうして得た動画を被験者と一緒に見ながら、その場で「キャラクターが何をしたいか」、「キャラクターが何を知っているか」、「キャラクターが何に気づいたか」を中心に説明してもらう。

3.3 実験結果

成人の男女 9 名が実験に参加した。全ての動作において、やりたいことは伝わった。他の得られた意見は以下のようなものだった。

1. ティーカップの位置を確認してから手を伸ばして取る
知っていることはカップの位置という意見と特になくという意見で割れた。また、前方を向きすぎて違和感があるという人もいた。

2. ティーカップと間違えて隣のマグカップに手を伸ばす
1よりわかりやすいという意見もあり、マグカップが目的の物でないと気づいたという意見も多く得られた。一方、マグカップが熱そうという意見もあった。
3. 上方の棚に手を伸ばすが、途中で机にぶつかる
途中で手が止まり視線が下方へ行ったことから、下が気になったことは全員が気づいた。しかし、手が机に当たったからだと思う人は初見ではおらず、複数回見ても、数人しかそう思わなかった他の理由を挙げる人もいたが、それと同数程度が何も推測できなかった。
4. カード状の物を取ろうとするが、何度も掴み損ねる
手でまさぐっているようなので取ろうとした物が何か知らない、カードの位置が少しだけ想定と違っていたと考えた人もいたが、半数以上からカードが取りづらいという意見が得られた。また、目線がずっと前方にある、答えるのが難しいという意見も得られた。
5. カード状の物を取る際、前方に注意しながら間違えた方に手を伸ばす
机の上に取りたい物があることを知っている、4よりわかりやすい、よくやるという意見が得られた。失敗した時にすぐに手元を見たことから4より手元を注意しているという意見も得られた。一方、掴む時に対象を見ていないため違和感が強いという意見もあった。
6. 動作は上と同じ。カメラの方に注視しながら
初見では5と6のどちらの方がカードを見ているかで意見が割れた。掴み損なう動作を見落とす人や、6の方が早くカードを取れたという人もいた。複数回見た後には5、6ともカードを見ていることに全員が気づいた。また、注目する方向については、カメラ目線か、方向が変わったかで意見が割れた。
7. 動作は上と同じ。どこにも注視しない
目で見て位置を確認しているという意見をほとんどの人が言っていた。その上で、カードを持ち上げた後もずっとカードを見ているので、得体の知れない何かを手を取った、あるいはカードの裏面を見たいという意見が半数以上から得られた。

全体を通しては、ストーリーを語る人も半数近くいた。一方、持ち上げ方や、ずっと無表情でいるところに違和感を持ったという意見が複数人から得られた。質問の意図が分かりづらい、疲れるという意見が多く、さらに、動画が短くて情報を集めきれないという意見も複数あった。

3.4 考察

マイクロスリップが何を意味しているのか分からなかった人には、奇妙な動作として映ることもあった。

動作2で手を引く動作が速すぎたため、熱さによる条件反射だと感じる人がいたと考えられる。これは、手を引く動作を遅めれば、より期待通りの意味を伝えられたと思う。

動作5、6はカメラの位置以外は同じ動作だが、動作6では掴み損なう動作が見落とされた。また、どちらの方がカードへ目が向いていたかでも意見が割れた。これらは、動作6でカメラ目線になって、手よりも目に注意が行ったことと、動作5での記憶が曖昧だったことが要因だと考えられる。

また、前を注意しすぎていて不自然という意見がしばしば見られた。その中の多くは、前方に人がいたり、テレビがあるのではないかと想像していた。また、掴むときは目線が対象へ向いているのが自然だが、そうになっていなかったという意見もあった。これについては、動作を行える基準となる信頼度の値を到達運動ごとに分けるなどの改善策が考えられる。

4. 結論

本稿では、キャラクターが指定された動作の中に自然にマイクロスリップを入れるため、記憶上の位置と向き、そして、記憶の信頼度を用いた。これにより、確認作業を行うかどうか決め、確認作業を怠るか、認識不足によって動作の失敗を起こす。この動作の失敗を判定するには、キャラクターの視覚と触覚の記憶上のズレを用いた。

これによって、記憶上の位置のズレに応じたマイクロスリップは動作作成者の意図通りに表現でき、他の人にも伝わった。一方、手を上げるときに手が机に当たったという意図の動作では、机にぶつかったことがあまり伝わらなかった。これは、予想外の衝突に対し、一律に同じ場所に手を引くとしたことが原因だと考えられる。この場合、当たった位置、物によって軌道を修正する必要がある。また、掴みにくい物を何度も掴み直す動作もあまり自然とは感じられなかった。これについては、連続の失敗に対して上限を設けることで解決できる。

参考文献

- [1] 高橋 智隆：ロボットデザイン概念と実施例，日本ロボット学会誌，Vol.22，No.8，pp.966-969，2004
- [2] 黄瀬 直哉：マイクロスリップに関する研究の動向，Journal of Ecological Psychology，Vol.8，No.1，49-61，2015
- [3] Edward S. Reed, Carolyn F. Palmer, Denise Schoenherr: On the Nature and Significance of Microslips in Everyday Activities, Journal of Ecological Psychology, Vol.4, No. 1, 51-66, 2009
- [4] 石黒 浩, 平田 オリザ：ロボット演劇，日本ロボット学会誌，Vol.29，No.1，pp.35-38，2011
- [5] Marvin Minsky：心の社会，産業図書出版，1990，(邦訳：安西 祐一郎)
- [6] 稲邑 哲也, 園田 朋之, 川路 友博, 稲葉 雅幸：確率的空間記憶モデルに基づく人間ロボット間の協調的タスク遂行システム，The 20th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2006
- [7] 佐藤裕仁, 三武裕玄, 杉森健, 長谷川晶一：操作部位と空間目標点を動作表現として用いたインタラクティブキャラクターの動作生成，第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，2019