

# ラジコンヘリコプター操作における定性モデルの生成

## Qualitative model of a radio control helicopter operation

平石 広典\*<sup>1</sup>      溝口 文雄\*<sup>1</sup>  
 Hironori Hiraishi      Fumio Mizoguchi

\*<sup>1</sup>東京理科大学情報メディアセンター  
 Information Media Center, Tokyo Univ. of Science

We propose the behavioral cloning framework for the radio control helicopter operation. The qualitative model of an expert operation is generated and used for the supporting for beginners. In general, the operation of helicopter is too hard, so much time and cost are spent for us to achieve the free operation. This causes the barrier of the increase in population of the radio control helicopter. In our framework, an expert operation is measured as the angle of sticks of the controller of a radio control helicopter. And the state of a helicopter is measured using external cameras or gyroscope sensors. A qualitative simulator generates the qualitative model from the obtained data. When a beginner operates a helicopter, a system rectifies a beginner's operation by using the model. This enables the helicopter operation, even if an operator is a beginner. We describe our framework, system architecture, and some experiment results.

### 1. はじめに

一般に、ヘリコプターのオペレーションは難しく、我々が自由に操縦できるようになるには、多くの時間およびコストが、私たちが自由なオペレーションを達成するために費やされる。これは、ラジコンヘリコプターの人口増加の妨げになっている。ラジコンヘリコプターは、ラジコン飛行機とは異なり、狭い範囲でも飛ばすことができ、空中で停止するなど細かな操作が可能である。そのためホビーのみならず、農薬散布や災害時の環境のモニタリングなどの様々な産業的な応用も存在し、ラジコンヘリコプターの操作を簡単にすることは、重要な課題の一つである。

そこで本稿では、ラジコンヘリコプターの操作に対して、行動クローニングの枠組みを提案する。熟練者の操作の定性的なモデルが生成され、初心者への操作支援のために利用される。我々のフレームワークでは、熟練者の操作はラジコンヘリコプターのプロポのスティックの角度として計測され、また、ヘリコプターの状態は外部カメラやジャイロセンサを利用して計測する。得られたデータは定性シミュレータによってモデルを生成し、初心者が操作した場合に、熟練者のモデルを利用して、操作を補正するものである。これによって、初心者でも簡単にヘリコプターを操縦できるようにするものである。

以下では、我々のフレームワークと実際のシステム構成、および、いくつかの実験結果について記述する。

### 2. 全体フレームワーク

図1は全体のアーキテクチャを示しており、中心には熟練者の行動を記憶した行動ベースが存する。これは、行動モニタリング、及び行動クローニングといったクローニングプロセスによって熟練者の行動が格納される。そして、予めいくつかのレベルの熟練者の操作を格納しておき、ユーザは、教示レベル選択によって自分のレベルに応じて補正レベルを調整することが可能である。一般のユーザが操作する場合には、ユーザの操作を行動モニタリングで取得し、行動レベルチェックでは現在

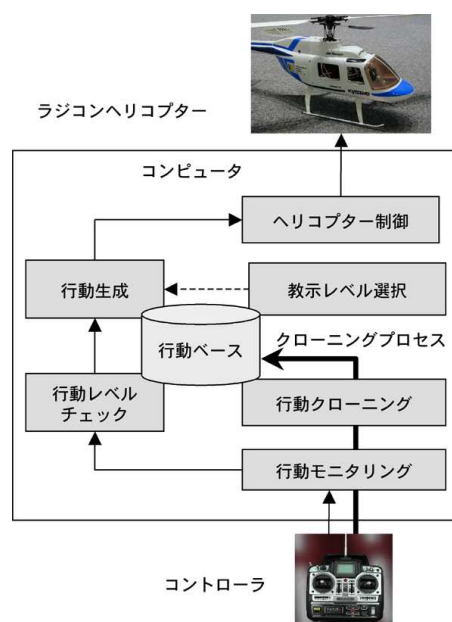


図1: 全体フレームワーク

の行動レベルが判定される。これは、ユーザが現在のどの行動レベルにあるのかを把握することを可能にする。そして、行動生成によってユーザの行動が修正され、ヘリコプター制御に送られ、実際のヘリコプターが操作される。

### 3. ハードウェア構成

図1のフレームワークを実現するハードウェアを図2に示した。操作対象となるラジコンヘリコプター、図1の各機能を実現するためのPC、ユーザが実際に操作するプロポ（コントローラ）と、PCからの制御信号を送信するためのプロポで構成される\*<sup>1</sup>。プロポの信号は14.0 23.0 msec.周期で送信されるため、PCにはRT-Linux(version 2.2)を利用して、操作用のプロポからの信号をデータとして取得し、また、PC

\*<sup>1</sup> プロポは双葉電子工業株式会社製のものです、トレーナーケーブルでPCと接続している。

連絡先: 平石広典, 東京理科大学情報メディアセンター, 千葉県野田市山崎 2641, 電話 04-7124-1501, FAX04-7121-4225, hiraishi@imc.tus.ac.jp

からの制御信号を送信機用のプロポに送信する。



図 2: ハードウェア構成

#### 4. 行動クローニング

本研究では行動クローニングのために定性推論 [淵監修,89, 西田,93] の手法を用いる。定性推論を用いることで、ヘリコプターの動的挙動に対して連続的な変化量に関する正確な数式を使わずに推論することを可能にする。これは、ラジコンヘリコプターでは非常に細かな粒度を必要とするため、コンピュータでの解析を行うことによって実際の観測の粒度が十分に小さくすることができないような場合でも、ヘリコプターの挙動を明らかにすることができるという期待がある。

ラジコンヘリコプターにおいて、実際に取得するデータは、次の4つの変数である。

- スロットル (TH) : ヘリコプターの上下の移動
- エルロン (AIL) : ヘリコプターの左右の傾き
- エレベータ (ELE) : ヘリコプターの前後の傾き
- ラダー (RUD) : ヘリコプターの左右の方向

このような操作者のデータに対して、ヘリコプターの状態 (高さ  $h$ , 前後傾き  $fb$ , 左右の傾き  $lr$ , 左右の向き  $dir$ ) を照らし合わせることで、操作者がどのようにヘリコプターを操縦しているかをモデル化することができる。ここでŠucらによって開発された QUIN (Qualitative Induction) [Dorian,01, Šuc,03] によってモデル化すると例えば次のようになる。

```

lr <= 0 (右)
| dir <= 0 (右) : RUD=M+, +(lr,dir)
| dir > 0 (左) : RUD=M+, -(lr,dir)
lr > 0 (左)
| dir <= 0 (右) : RUD=M-, +(lr,dir)
| dir > 0 (左) : RUD=M-, -(lr,dir)

```

上述のモデルは、ヘリコプターの傾き ( $lr$ ) と方向 ( $dir$ ) に対して、方向の制御 (RUD) をどのように行っているかを表している。以下はその意味である：傾きが右 ( $lr_i=0$ ) で、方向が右 ( $dir_i=0$ ) の場合、傾きが減少する (右に傾く) と共に、また、方向が減少 (右に移動) すると共に、ヘリコプターの方向を減少させる (右に移動する) ように制御している。傾きが右 ( $lr_i=0$ ) で、方向が左 ( $dir_i<0$ ) の場合、傾きが減少する (右に傾く) と共に、ヘリコプターの方向も減少させ (右に制御し)、

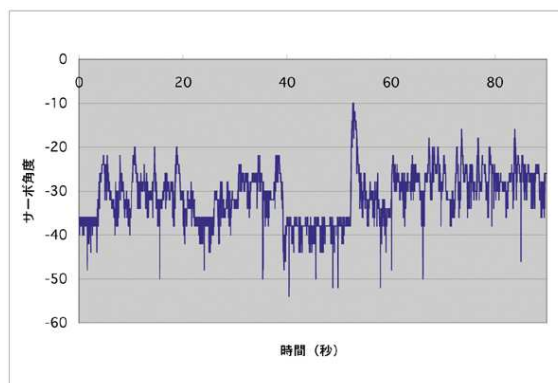


図 3: ラダーのサーボ角度の変化

方向が増加 (左に移動) すると反対 (-) に、方向を減少 (右に移動) するように制御している。

図 3 は、90 秒間のホバーリング (空中での停止状態を保つ) に対しての操作データの取得実験を行い、掃射者のラダーの操作の様子を示している。グラフより、ヘリコプターの姿勢を一定に保つために、およそ -30 度を中心に左右にヘリコプター回転を制御していることが分かる。また、-30 度が中心となっているのは、ヘリコプター事態のセッティング時のズレのためである。このような操作者のデータとヘリコプターの姿勢データから上述のような操作者の行動モデルを生成することが可能である。

#### 5. おわりに

本研究では、ラジコンヘリコプターの操縦に対して、熟練者の行動 (テクニク) を抽出し、それをクローニング (複製) するといった方式を提案した。コントローラに予め熟練者のテクニクを入れておけば、初心者でも簡単に操作が可能となり、各レベルの操縦者のテクニクを抽出しておけば、単純な方向のみの指示でヘリコプターを操縦できるレベルから、細かな姿勢制御を必要とする熟練レベルへと段階的に難しさのレベルを変化させることが可能で、初心者のための教示として利用することもできる。

現在、ラジコンヘリコプターのコンピュータからの制御と、操作者のデータをコンピュータで取得することが可能となっており、ヘリコプターの姿勢 (高さ, 左右の傾き, 前後の傾き, 位置) を取得できるようなセンサー、および、3D シミュレータを開発中である。今後、シミュレーションによる実験、および、実器での実験を実施する。

#### 参考文献

- [Dorian,01] Dorian Šuc, Ivan Bratko: Qualitative induction. Fifteenth International Workshop on Qualitative Reasoning, 2001: 13-20
- [Šuc,03] Dorian Šuc, Ivan Bratko: Improving numerical prediction with qualitative constraints. Lecture notes in computer science, Lecture notes in artificial intelligence, vol.2837, 2003: 385-396
- [淵監修,89] 淵一博監修, 溝口文雄, 古川康一, 安西勇一郎編: 定性推論, 共立出版, (1989)
- [西田,93] 西田豊明: 定性推論の諸相, 朝倉書店, (1993)