

# 組み込みシステムを対象とした運用プロファイル生成手法

## The method to create the operational profiles for embedded system

福武久史<sup>†</sup> 佐藤久仁哉<sup>‡</sup> 大羽正浩<sup>‡</sup>

Hisashi Fukutake<sup>†</sup> Kuniya Sato<sup>‡</sup> Masahiro Ooba<sup>‡</sup>

高木智彦<sup>†</sup> 古川善吾<sup>†</sup> 八重樫理人<sup>†</sup>

Tomohiko Takagi<sup>†</sup> Zengo Furukawa<sup>†</sup> Rihito Yaegashi<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 香川大学 工学部

<sup>‡</sup> 香川大学大学院 工学研究科

<sup>†</sup> Faculty of Engineering, Kagawa University.

<sup>‡</sup> Graduate School of Engineering, Kagawa University.

### 要旨

ソフトウェアテストにおいて、運用プロファイルベースドテストと呼ばれる手法が提案されている。定義される運用プロファイルは、ソフトウェアの使用形態を定量的に特性化したもので、一般的なソフトウェアの状態遷移を確率で表現したものである。しかしながら、組み込みシステムでは、ハードウェアの状態はシステムが動作する環境の変化による影響を受ける。そのため、確率のみで全ての状態を表現するのは困難である。本稿では、組み込みシステムの実測データを利用して運用プロファイルを生成するとともに、生成された運用プロファイルから並行状態グラフを生成する手法について述べる。

## 1. はじめに

ソフトウェアテストにおいて、運用プロファイルベースドテスト[1], [2]と呼ばれる手法が提案されている。運用プロファイルとは、ソフトウェアの使用形態を定量的に特性化したもので、一般的にソフトウェアの状態遷移を確率で表現したものである。運用ファイルベースドテストは、「運用上よく利用される機能を重点的にテストする」というテスト戦略や、「利用頻度の少ない機能にこそバグが潜んでいる」というテスト戦略など、テスト戦略の立案に有効である。しかしながら組み込みシステムでは、ハードウェアの状態はシステムが動作する環境変化の影響を受ける可能性があり、確率のみで全ての状態を表現するのは困難である。

本論文では、ET ソフトウェアデザインロボットコンテスト 2012(ET ロボコン 2012)[3]で利用される走行体(図 1)及び走行コース(図 2)を例に、組み込みシステムを対象とした運用プロファイル生成手法を提案する。更に、生成された運用プロファイルからモータとジャイロセンサに着目して、走行体の状態を 2 つのモータとジャイロセンサの状態による並列処理に関する問題と捉え、並行状態グラフ[4]を用いて表現する方法について述べる。



図 1 ET ロボコン 2012 で利用される走行体

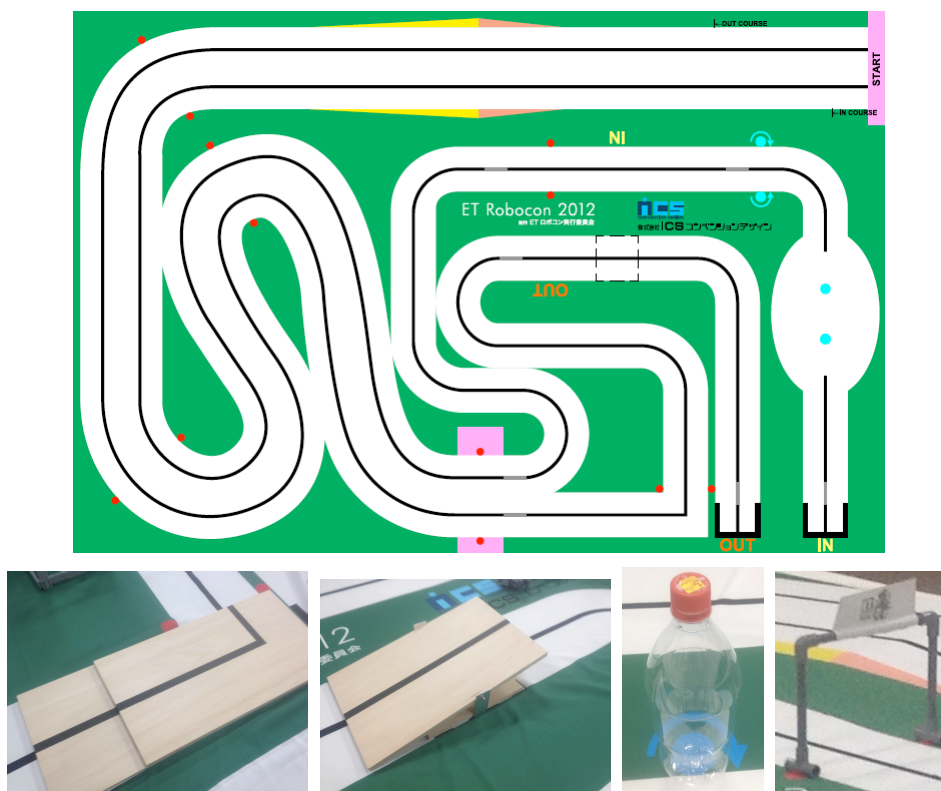


図 2 ET ロボコン 2012 のコース

## 2. 組み込みシステムを対象とした運用プロファイル

ET ロボコン 2012 で利用されるロボットは，ロボットを構成するハードウェア状態を，センサを用いて記録することができる．図 3 は，実際にロボットから検出された左右モータの回転量( $^{\circ}$ )の増分のグラフである．赤いグラフが左モータ，青いグラフが右モータの回転量を示している．12000ms～22000ms は，連続カーブ走行中の左右モータの回転量の増分を示している．12000ms～16000ms と 18000ms～22000ms では，左右のモータの回転量の増分が異なっている．これは，ロボットが左回りに走行した状態と右回りに走行した状態を表している．このように，モータの回転量からロボットの状態を定義することが可能である．本研究では，ハードウェアの実測データから運用プロファイルを生成することを提案する．

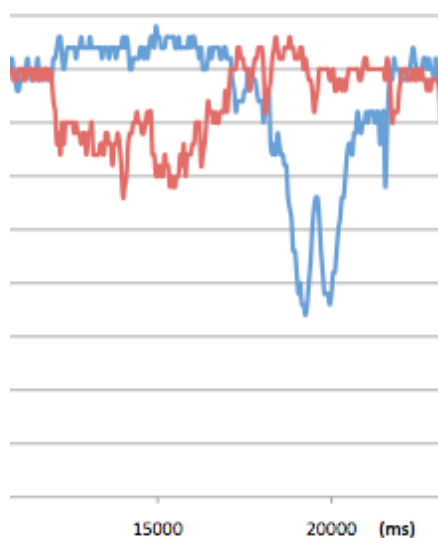


図 3 ロボットの左右モータの回転量の増分のグラフ

### 3. 並行状態グラフを用いた状態定義

本章では、運用プロファイルから並行状態グラフを生成する手法について述べる。表1は、本研究で定義したモータの状態を表している。本研究では、モータが回転している状態と回転していない状態の2つの状態と定義した。表2は、本研究で定義したジャイロセンサの状態を表している。ジャイロセンサの状態は、センサが走行体の姿勢変化を検知している状態と検知していない状態の2つの状態と定義した。姿勢変化を検知している状態とは、坂道などの何らかの理由により走行体が傾いている状態のことである。表3は、モータとジャイロセンサの状態によって定義される走行体の状態を表している。実際にモータとジャイロセンサの状態の組を考えたとき、8通りの状態が考えられる。しかしながら、走行体の状態(左モータ, 右モータ, ジャイロセンサ)が(0, 0, 1)のときは、ET ロボコン 2012 のコースにおいて静止している状態であり、走行体のジャイロセンサの状態が変化することはない。そのため、走行体の状態としては定義しない。同様に、(0, 1, 1), (1, 0, 1)の状態においても走行体の状態としては不適切であるため、走行体の状態としては定義しない。本研究では、走行体の状態を状態1<(1, 1, 0) 前進走行状態>, 状態2<(1, 1, 1) 坂道走行状態>, 状態3<(0, 1, 0) 左旋回走行状態>, 状態4<(1, 0, 0) 右旋回走行状態>の4つの状態と定義する。図4は、表3に基づいて生成された並行状態グラフを表している。

表1 本研究で定義したモータの状態

0	回転していない
1	回転している

表2 本研究で定義したジャイロセンサの状態

0	姿勢変化を検知していない
1	姿勢変化を検知している

表3 モータとジャイロセンサの状態によって定義される走行体の状態

状態No.	左モータ	右モータ	ジャイロセンサ	遷移可能な状態
開始	0	0	0	1
×	0	0	1	-
3	0	1	0	1, 4
×	0	1	1	-
4	1	0	0	1, 3
×	1	0	1	-
1	1	1	0	2, 3, 4
2	1	1	1	1

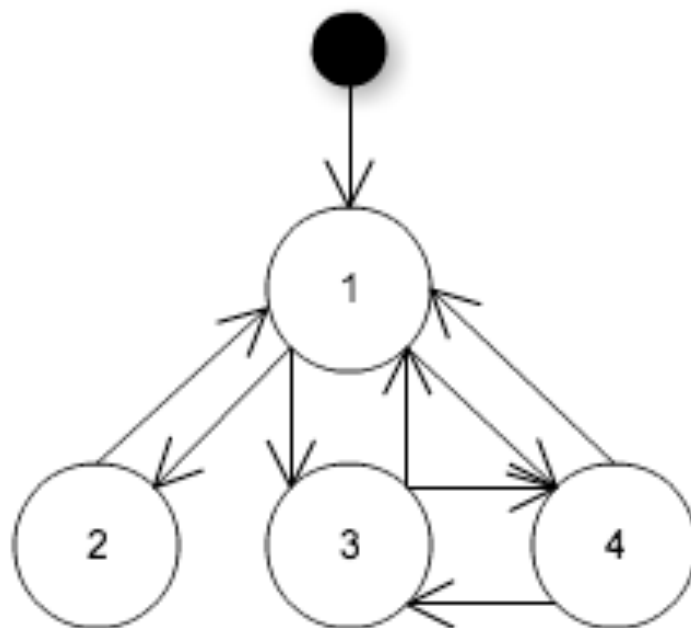


図4 生成された並行状態グラフ

## 4. おわりに

本論文では, ET ソフトウェアデザインロボットコンテスト 2012(ET ロボコン 2012)で利用される走行体を例に, 組み込みシステムを対象とした運用プロファイル生成手法を提案した. 更に, 生成された運用プロファイルからモータとジャイロセンサに着目して, 走行体の状態を 2 つのモータとジャイロセンサの状態による並列処理に関する問題と捉え, 並行状態グラフを用いて表現する方法について述べた. 本論文では, モータの状態を 2 つの状態とし, ジャイロセンサの状態も 2 つの状態として定義したが, 今後更に細かく状態を定義したり, 他のデバイスの状態も組み合わせたりすることで, 走行体の状態を細かく定義することができる並行状態グラフを生成することを目指している.

## 参考文献

- [1] 高木智彦, 橋本慎一郎, 八重樫理人, 古川善吾, “拡張運用プロファイルに基づく最適化されたテストスイートの生成手法”, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.2, 2012, pp.557-565.
- [2] Whittaker, J. A. and Thomason, M. G., “A Markov Chain Model for Statistical Software Testing,” *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol.20, No.10, 1994, pp.812-824.
- [3] ET ロボコン 2012 公式サイト <http://www.etrobo.jp/2012>
- [4] Richard N. Taylor, David L. Levine, and Cheryl D. Kelly, “Structural testing of concurrent programs,” *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol.18, No.3, 1992, pp.206-215.