

# マイクロマウス自律走行ロボットにおける 消費電力シミュレーション初期構造

中村 昌稀\* 久保木 猛\*\* 青柳 昌宏\*\* 大川 猛\*\*

\*熊本大学工学部情報電気工学科 \*\*熊本大学半導体・デジタル研究教育機構

## 1. はじめに

自律型移動ロボットは災害救助や自動運転などで使用されているが、バッテリー持続時間の観点から消費電力の削減が課題である。しかし、ロボット開発者は、開発中にロボットにおける消費電力の増加/減少を感覚的に認識することや、より低消費電力化を意識した開発に取り組むことは困難である[1]。もし個人が開発する自律型移動ロボットの開発段階に応じた消費電力シミュレーション方法があれば、より効率の良い低消費電力ロボットの設計に貢献できる可能性がある。そのため本研究は自律移動ロボットの一例としてマイクロマウスを取り上げ、開発の段階に応じた消費電力シミュレーションを行う方法を検討する。マイクロマウスは「電池はマイクロマウス全体の中でもかなりの重量を占めるので、その選択には十分な注意が必要である[2]。」とあるように消費電力が重要である。

本研究においてはシミュレーション方法として、部品レベルモデリングシミュレータ[4]を基にした「アクションレベルモデリングシミュレータ」を提案する。本稿では「アクションレベルモデリングシミュレータ」における消費電力シミュレーション初期構造を検討するため、マイクロマウスの入門用キットである Pi:Co Classic3[3]を題材として、LED 部品レベルモデリングシミュレータの精度の評価を行う。

## 2. 電力シミュレーション

部品レベルモデリングシミュレータとは部品毎にモデリングし、消費電力シミュレーションを行うものである[4]。これは離散型イベントシミュレータ VisualSim[5]を用いた実装方法が示されており VisualSim Tutorials にて既に実装されている。そのシミュレータを元にロボット全体の消費電力に注目した新たなシミュレーション法として「アクションレベルモデリングシミュレータ」を検討する。

Initial structure of power consumption simulation in micromouse autonomous robot  
Masaki Nakamura, Takeshi Kuboki, Masahiro Aoyagi, Takeshi Ohkawa  
Kumamoto University

本研究において「アクションレベル」というのはロボットの基本動作のことを示し、自律型移動ロボットでは加速、定速直進、減速、右折、左折、停止、等ロボット全体の連動した動きのことを指す。マイクロマウスでは一まとまりの動作を繰り返すため、動作レベルで消費電力をシミュレーションすることで、より簡潔で高速なシミュレーションの実現が期待される。

## 3. 評価

提案するシミュレーション方式を検討するため、4つの LED の PWM 点灯を題材としたシンプルなシステムで実測値と比較しシミュレーションの精度を評価する。そのため、図1のようなセンサ基板をブレッドボードと置き換えた Pi:Co Classic3 を用いた。また、電圧測定にはデジタルオシロスコープ hantek6254db を使用した。

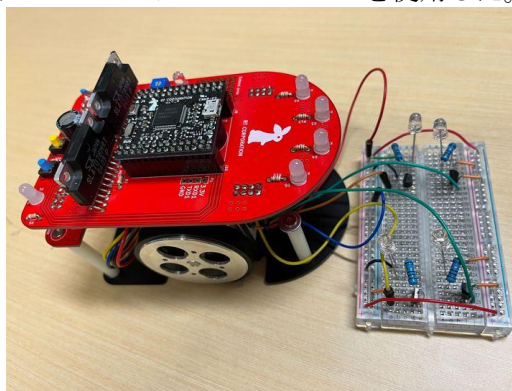


図1 センサ基板を置換した Pi:Co Classic3

VisualSim を用いて図2のブロック図を作成し、DigitalSimulatorBlock によって 3ms のシミュレーションを実施した。まず4つの TrafficBlock において、各 LED の動作シーケンスを生成する周波数 0.1kHz, デューティ比 10% の PWM 信号に相当する動作イベントを生成する。生成された動作イベントは、MapperBlock を通じ、各 LED 部品の動作状態を表現する SystemResourceBlock に伝送される。各 SystemResourceBlock の消費電力を、PowerTableBlock において予めパラメータ設定しておくことで、マイコンで消費される電力と共に重ね合わせ瞬時消費電力のシミュレーションを行った。

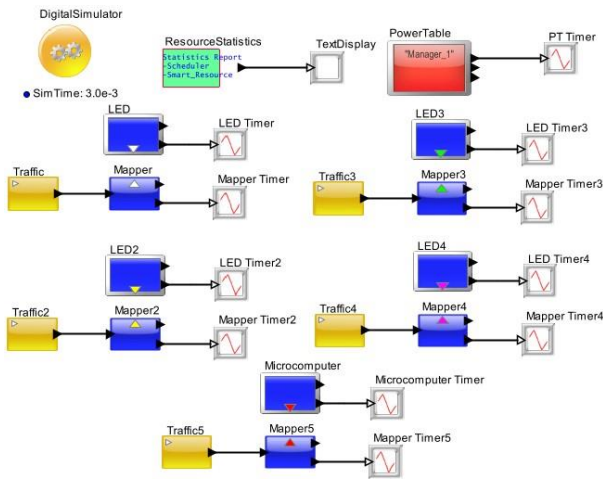


図2 VisualSimのLED消費電力ブロック図

4. 結果と考察

シミュレーションによって得られた4つ点灯時の瞬間消費電力グラフを図3に、LED点灯パターン別予測消費電力値を表3に示す。また、実測結果によるLED点灯パターン別の降下電圧値と消費電力値を表4に示す。誤差率はLED×3の場合5.81%、LED×4の場合12.90%であった。

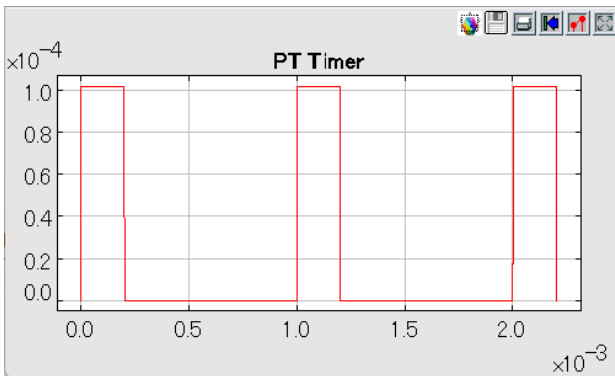


図3 LED4つ点灯時の瞬間消費電力グラフ (横軸:時間[s]、縦軸:消費電力[W])

表3 LED点灯パターン別予測消費電力値

点灯LED	消費電力[mW]
LED×1	484
LED×2	661
LED×3	838
LED×4	1015

表4 ショット抵抗10Ωによる効果電圧測定結果と消費電力計算結果

点灯LED	降下電圧[mV]	消費電力[mW]
LED×1	696	484
LED×2	813	661
LED×3	890	792
LED×4	948	899

シミュレーションと実測値の誤差はLEDを3つ点灯させた場合に46mW、4つ点灯させた場合に116mWと、点灯するLEDの数が増加するにつれて大きくなった。これは点灯LEDが増加していくにつれて並列接続によって抵抗が変化し、個々のLEDに流れる電流が低下することによって1つあたりの消費電力が低下したと考えられる。

本評価においてはLEDという少ない消費電力かつ単純な動作である電子部品を用いた部品レベルモデリングシミュレータが実現した。さらに精度を高めるにはLEDの部品レベルモデリングシミュレータにプロセッサと電源基板における消費電力のモデリングを追加したシミュレータの実装が必要である。

今後モータやセンサ、メモリ等動作が複雑かつ多様な場合はより多くの条件定義と状況想定が必要となることが考えられる。また、高速シミュレーションを目指しているため精度が保証されない。そのため実際の消費電力との誤差が無視できない大きさとなる可能性もある。

5. 結論

本研究では部品レベルモデリングシミュレータの例としてPi:Co Classic3のLED消費電力を評価した。評価した結果消費電力値で最大12.90%の誤差が生じた。アクションレベルモデリングシミュレータは各部品の消費電力とプロセッサからの命令さえわかれば消費電力推移を簡単にシミュレーションすることが可能であると考えられる。

6. 参考文献・引用

[1] A Study of Embedded System Education with Running Vehicle Body Power Consumption. Akitoshi Matsuda, Naohito Yamashita, Shuichi Asihara, Akira Fukuda, 組込みシステムシンポジウム 2011 論文集, 2011-10-12, 29-1-29-6

[2] 浅野健一. 高速マイクロマウスの作り方: 勝てるロボコン. 東京電機大学出版局, 2000, p. 2

[3] 村上和夫. マイクロマウスではじめようロボットプログラミング入門, オーム社, 2018, p7

[4] Mirabilis Design Inc. "Part3-Using System Resource to Tackle Multi-Threaded Design". VisualSimDocs. 2018, [VisualSimDocs \(mirabilisdesign.com\)](http://mirabilisdesign.com)

[5] Mirabilis Design Inc, VisualSim