複数台ロボットの個体差を考慮した最適化による消費電力量の削減手法の改善

三宮夏帆†，菅谷みどり†

近年、複数台のロボットが実際のサービスに利用される中で，省電力は重要な課題の一つとなっている．既存研究では、複数のロボットで同じ動作を行った場合のロボットに生じる消費電力の差を個体差として考慮して動作を割り振り、サービスに用いられるロボット単体の消費電力の累計を削減することを提案した。実験により、0．22%の削減を実現したが、同一機種、単一構成による検証のため、汎用性に課題があった。そこで、本件研究では、本提案の汎用性を向上させることを目的として，他の機種を用いてでの消費電力の予測を提案し，予備実験により検証する。

1. はじめに

近年，ロボットは様々な場面に応用され，より身近なものとなっている．応用場面の拡大に伴い，作業効率の上昇のために，複数台のロボットを用いたサービスの増加が予想される．その時の課題の 1 つとして，サービス実施に用いるロボットの増加に伴う消費電力の上昇と省電力化によるサービスの持続的提供性がある[1].

寒竹らは，複数のロボットで同じ動作を行った場合のロボットに生じる消費電力の差を個体差とし，その個体差を考慮して動作を割り振ることによって，サービスに用いられるロボット単体の消費電力の累計を削減することを提案し，実験により，0.22%の削減を実現した[2]. しかし，先行研究では同型の特定のロボットシステム(iRobot create1，2)のみを利用していたこと，また，実証台数が少なく(8 台)，汎用性が低いことにより(同一機種，単一構成)，削減効果の有用性に課題があった．そこで，本件研究では，本提案の汎用性を向上させ有用性を実現することを目的とする.

2. 提案

2.1. 提案概要

課題に述べたように，先行研究には，同一機種，単一構成，という課題がある．まず，同一機種の問題について取り組み，次に単一構成について取り組む.

同一機種の問題については，先行研究では掃除機ロボットのみであったが，今回は無線付き無限軌道ロボット(Zumo)を用い省電力の対象となる要素を増やすことで，総消費電力の削減効果を得られるか調査する.

単一構成の問題では，既存の計測において，移動距離と停止状態から移動状態への移行回数の 2 種類の特徴量を重回帰分析によって予測式を構築することで精度を高くできたが，10％近くの誤差が生じているという問題があった．そこでロボット同士による無線通信を行いその通信量を特徴量として予測式に追加することで，単一構成の問題を解決し，実際の現場に近い状況下で既存よりも高精度な予測式を求めていく.

Zumo は移動距離を計測するセンサーが搭載されていない．そのため，移動距離による消費電力の予測の要素を実現させるために，何らかの方法で移動距離を計測する必要がある．今回は Zumo のバッテリ電圧を計測し，一定時間ごとにその電圧で移動距離を推定することを評価する.

3. 予備実験

3.1. 実験概要

本実験では既存の予測式が Zumo でも満たせるかを確認するための予備実験である.

既存の予測式では d (移動距離)，r (停止状態から走行状態への移行回数) CPDx(個体 x のある速度における移動距離単位の消費電力量)，CPSx(個体 x の停止状態から移動状態への移行回数当たりの消費電力量)を元に，

個体 x の消費電力:W=d×CPDx+r×CPSx (式 1)

の式により消費電力を求めていた[2].

3.2. 実験

先行研究では，移動距離の誤差に課題があったこ

†芝浦工業大学工学部情報工学科
Department of Information Science and Engineering, College of Engineering, Shibaura Institute of Technology

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

とから，それらの誤差を最小限にすることを考慮した移動距離の予測式を立てた．

調査によって，モータードライバによってバッテリから流れる電圧を約1.02倍に昇圧してモーターに供給していることが分かった．これを定数とし，バッテリ電圧：V(v)，車輪の直径：R(cm)，左右のモーターにかかるデューティ比の平均：D，モーターの最大回転数とその時の電圧との比例定数：X，動作時間：T(s)を掛けることで個体xの移動距離：Lx(cm)を算出する（式2）．

$$L_x = \sum_{i=0}^{T}(\mathrm{V} \times 1.02 \times \mathrm{X} \times \mathrm{R} \times \pi \times \mathrm{D}) \qquad (式2)$$

3.3. 実験結果

8 台の Zumo で上記の式 2 を元に 100cm 計測するまで走らせた時の移動距離の真値との誤差が以下である(図 1)

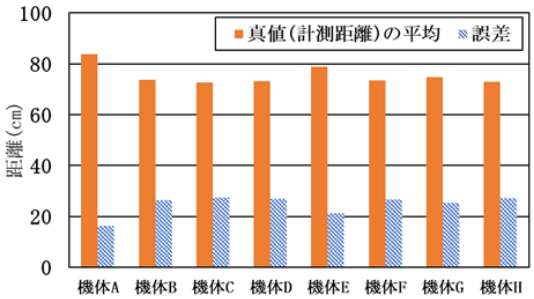

図 1:理論値と真値の誤差

実走行時においては路面との転がり抵抗や自重によるモーター軸への負担が影響するため，理論値(推定距離)が真値(実際の走行距離)よりも大きくなることが調査結果から確認できた．この結果を重回帰分析により，理論値 Lx と計測中の電圧の変化量 VLx，計測中の最大電圧 VmLx から以下の移動距離の誤差を補正する値を算出した．

補正距離=-38.084+0.643×Lx-20.487×VLx+10.003×VmLx　　(式3)

式 3 で求めた移動距離を，消費電力の予測式にあてはめ，ジュールの法則より，累計の消費電力を移動距離による累計の電圧変化量として，並べた結果以下のようになった．(図 2)

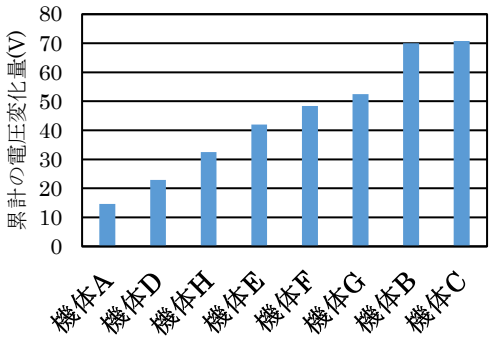

図 2: 累計の電圧変化量

8 つの機体の中で，機体 A の累計の電圧変化量が他の機体と比べて少なく，電力消費量の効率が良いといえる．

ただし，前の実験で誤差率の同じ機体が必ずしも同じような累計の電圧変化量を示すとは限らず，例として、機体 H と機体 C では累計の電圧変化量に 2 倍近い差が出るという結果になった．

4. まとめと今後の予定

ここまでの過程で，移動距離の予測から Zumo でも既存の研究と同じように消費電力の予測ができるようになった．今回得られたデータと既存のデータを合わせて既存の割り振り手法で仕事を適切に割り振れるかを確認する．また，CPU の省電力方式である DVFS をモデルとした，モーターと消費電力の関係の最適化に適用できるかを検討する[3].

参考文献

[1] 中川幸子“クラウドロボティクスにおけるロボットの消費電力を考慮したタスク分散処理” DICOMO2013.2013，3-10p

[2] 寒竹俊之“複数台ロボットの総電力削減に向けた手法の検証” 組込みシステムシンポジウム 2018 論文集.2018， 108-109p

[3] 柳橋宏行，中田尚，中村宏“マルチコア周期実行システムにおける省電力タスクスケジューリングの検討” 情報処理学会研究報告. [システムソフトウェアとオペレーティング・システム] . 2014，1-7p

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan