

令和 元年度 卒業論文

**OpenModelica のシミュレーション結果を  
用いたモータ特性表自動生成ツールの試作**

指導教員 片山 徹郎 教授

宮崎大学 工学部 情報システム工学科

原田 海人

2020 年 1 月

# 目次

|       |                                  |    |
|-------|----------------------------------|----|
| 1     | はじめに                             | 1  |
| 2     | 研究の準備                            | 2  |
| 2.1   | モータ特性表                           | 2  |
| 2.2   | OpenModelica                     | 2  |
| 2.2.1 | modelica                         | 2  |
| 2.2.2 | 出力                               | 3  |
| 3     | 機能                               | 4  |
| 3.1   | 対応するモデル                          | 4  |
| 3.1.1 | モータ単体の Modelica モデル              | 4  |
| 3.1.2 | モータ単体の Modelica モデルをサブシステムとするモデル | 5  |
| 3.2   | モータ特性表生成                         | 8  |
| 4     | 実装                               | 10 |
| 4.1   | csv ファイルの読み込み                    | 10 |
| 4.2   | 特性表の各要素を算出するために必要なデータを取得         | 10 |
| 4.3   | 特性表の各要素を算出                       | 11 |
| 4.3.1 | 電圧                               | 11 |
| 4.3.2 | 始動電流                             | 11 |
| 4.3.3 | 停動トルク                            | 11 |
| 4.3.4 | 最大効率                             | 11 |
| 4.3.5 | 定格トルク                            | 12 |
| 4.3.6 | 定格回転数                            | 12 |
| 4.3.7 | 定格電流                             | 12 |
| 4.3.8 | 定格出力                             | 12 |
| 4.4   | 特性表を生成                           | 13 |

|       |                                  |    |
|-------|----------------------------------|----|
| 5     | 適用例                              | 14 |
| 5.1   | モータ単体のモデル                        | 14 |
| 5.2   | モータ単体の Modelica モデルをサブシステムとするモデル | 14 |
| 6     | 考察                               | 15 |
| 6.1   | 評価                               | 15 |
| 6.1.1 | 評価方法                             | 15 |
| 6.1.2 | 結果                               | 15 |
| 6.2   | 関連研究                             | 15 |
| 6.3   | ツールの問題点                          | 15 |
| 7     | おわりに                             | 16 |
|       | 謝辞                               | 17 |
|       | 参考文献                             | 18 |

# 第 1 章

## はじめに

近年、モータはエアコン・洗濯機・掃除機などの家電製品をはじめ、自動車関係、医療関係など様々な分野に用いられており [1]、社会に必要不可欠な存在となっている。

～はじめに 流れ 案 1～

シミュレーションを行った場合、期待通りか確認する。

確認する際は、シミュレーション結果から目的のグラフや値を計算等して作成しなければならない。

今回試作したツールで、グラフや値を作成する手間を省くことで、モータ開発の効率化を図る。

本論文の構成は、以下の通りである。

第 2 章では、試作したモータ特性表自動生成ツールを開発するために必要となる前提知識について説明する。

第 3 章では、試作したモータ特性表自動生成ツールの機能について説明する。

第 4 章では、モータ特性表自動生成ツールの実装について説明する。

第 5 章では、試作したモータ特性表自動生成ツールの機能が正しく動作することを検証する。

第 6 章では、試作したモータ特性表自動生成ツールについて考察する。

第 7 章では、本論文のまとめと今後の課題を述べる。

## 第 2 章

# 研究の準備

本章では、本研究で必要となる前提知識を説明する。

### 2.1 モータ特性表

モータを選ぶ際に、参考にする資料である。

今回作成する特性表の各要素の必要性はここで書く？

### 2.2 OpenModelica

Modelica 言語に対応した OSS

#### 2.2.1 modelica

微分代数方程式を用いた複合領域の物理システムモデリングのために開発されたオブジェクト指向言語である。

#### Modelica 標準ライブラリ (MSL)

Modelica 言語による様々な物理領域のモデルライブラリを開発しており、数学、機械、電気、熱、流体、制御系、状態遷移機械などを含んだフリーのライブラリがリリースされている。

### 2.2.2 出力

OpenModelica では、シミュレーション結果を以下の 3 つの形式から選択することができる。

- mat ファイル
- plt ファイル
- csv ファイル

また、OpenModelica では、シミュレーション結果をグラフで確認することが可能である。

## 第 3 章

## 機能

本章では、本研究で試作したモータ特性表自動生成ツールの機能について説明する。

Modelica 言語で作成したモータのモデルを、OpenModelica でシミュレーションした時に csv ファイルが出力される。

今回試作したモータ特性表自動生成ツールは、出力された csv ファイルを読み込み、実行することによって、モータ特性表を生成する。

### 3.1 対応するモデル

試作したモータ特性表自動生成ツールでは、以下の Modelica モデルのシミュレーション結果に対応する。

- モータ単体の Modelica モデル
- モータ単体の Modelica モデルをサブシステムとするモデル

なお、今回はモータの中でもブラシ付き DC モータに対応する。

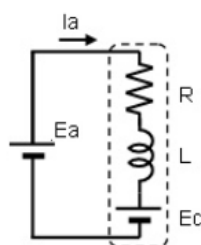
以降、上記のモデルについて具体的に説明する。

#### 3.1.1 モータ単体の Modelica モデル

モータ単体の Modelica モデルとは、電源部品、抵抗部品、インダクター部品、起電力部品、慣性部品、接地部品を持つモデルのことである。

表 3.1: MSL 対応表

| 部品名      | 使用する MSL                                 |
|----------|--|
| 電源部品     | Modelica.Electrical.Analog.Sources       |
| 抵抗部品     | Modelica.Electrical.Analog.Basic         |
| インダクター部品 | Modelica.Electrical.Analog.Basic         |
| 起電力部品    | Modelica.Electrical.Analog.Basic         |
| 慣性部品     | Modelica.Mechanics.Rotational.Components |
| 接地部品     | Modelica.Electrical.Analog.Basic         |



$E_a$  : 電源電圧、 $I_a$  : モータの電流、 $R$  : 電機子抵抗  
 $L$  : コイルのインダクタンス、 $E_c$  : モータの発電電圧

図 3.1: ブラシ付き DC モータの等価回路

上記 6 つの部品が必要な理由は、ブラシ付き DC モータの等価回路 [3] を Modelica 言語で表す際に、使用する部品 [4] だからである。

各部品で使用する MSL を表 3.1 に、ブラシ付き DC モータの等価回路を図 3.1 に、モータ単体の Modelica モデルの例を図 3.2 に、図 3.2 の Modelica コードを図 3.3 に示す。

### 3.1.2 モータ単体の Modelica モデルをサブシステムとするモデル

モータ単体の Modelica モデルをサブシステム [4] とするモデルとは、3.1.1 節で説明したモータ単体の Modelica モデルを一つのサブシステムとして扱い、他の部品と合わせたモデルのことである。

例として、DC モータのサブシステムを用いた DC モータサーボのモデルを図 3.4 に、図 3.4 の Modelica コードを図 3.5 に示す。



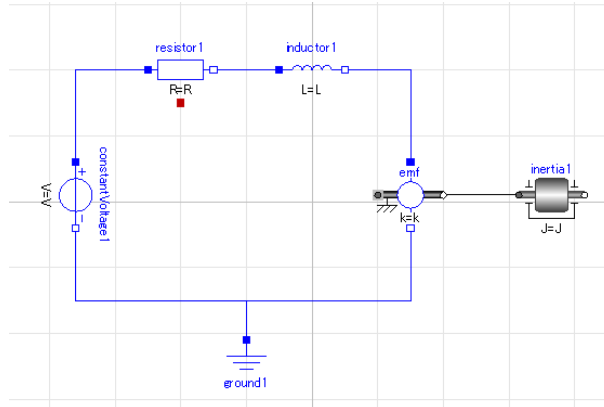


図 3.2: モータ単体の Modelica モデルの例

```

1 model DCmotor
2   Modelica.Electrical.Analog.Basic.Resistor resistor1(T = 283.15) annotation(
3     Placement(visible = true, transformation(origin = {-40, 54}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = 0)));
4   Modelica.Electrical.Analog.Basic.Inductor inductor1 annotation(
5     Placement(visible = true, transformation(origin = {-12, 54}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = 0)));
6   Modelica.Electrical.Analog.Basic.Ground ground1 annotation(
7     Placement(visible = true, transformation(origin = {-34, -54}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = 0)));
8   Modelica.Mechanics.Rotational.Components.Inertia inertia1(a(start = 0), phi(start = 0), w(start = 0)) annotation(
9     Placement(visible = true, transformation(origin = {25, 18}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = 0)));
10  Modelica.Electrical.Analog.Basic.EMF emf(useSupport = false) annotation(
11    Placement(visible = true, transformation(origin = {-2, 18}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = 0)));
12  Modelica.Electrical.Analog.Sources.ConstantVoltage constantVoltage1 annotation(
13    Placement(visible = true, transformation(origin = {-64, 8}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = -90)));
14  equation
15    connect(constantVoltage1.n, ground1.p) annotation(
16      Line(points = {{-64, -2}, {-64, -2}, {-64, -30}, {-34, -30}, {-34, -44}, {-34, -44}, {-34, -44}}, color = {0, 0, 255}));
17    connect(constantVoltage1.n, emf.n) annotation(
18      Line(points = {{-64, -2}, {-64, -2}, {-64, -30}, {-2, -30}, {-2, 8}, {-2, 8}}, color = {0, 0, 255}));
19    connect(constantVoltage1.p, resistor1.p) annotation(
20      Line(points = {{-64, 18}, {-64, 18}, {-64, 54}, {-50, 54}, {-50, 54}}, color = {0, 0, 255}));
21    connect(resistor1.n, inductor1.p) annotation(
22      Line(points = {{-30, 54}, {-22, 54}}, color = {0, 0, 255}));
23    connect(inductor1.n, emf.p) annotation(
24      Line(points = {{-2, 54}, {-2, 28}}, color = {0, 0, 255}));
25    connect(emf.flange, inertia1.flange_a) annotation(
26      Line(points = {{8, 18}, {15, 18}}));
27  annotation(
28    uses(Modelica(version = "3.2.3"));end DCmotor;

```

図 3.3: 図 3.2 の Modelica コード

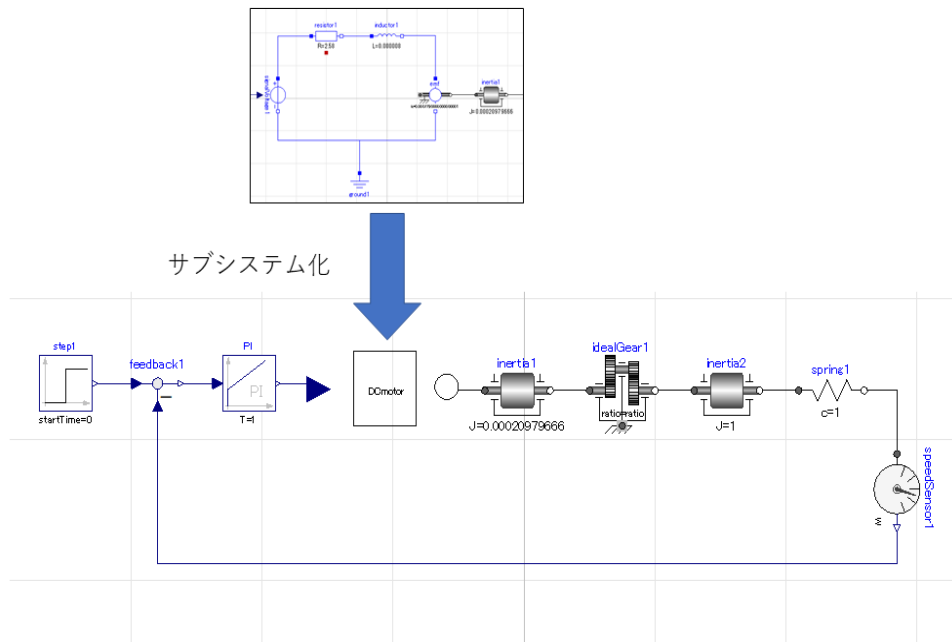


図 3.4: DC モーターサーボのモデル

```

1 model submodel
2   Modelica.Blocks.Sources.Step step1(height = 1.5) annotation(
3     Placement(visible = true, transformation(origin = {-70, 48}, extent = {{-4, -4}, {4, 4}}, rotation = 0)));
4   Modelica.Blocks.Math.Feedback feedback1 annotation(
5     Placement(visible = true, transformation(origin = {-56, 48}, extent = {{-4, -4}, {4, 4}}, rotation = 0)));
6   Modelica.Blocks.Continuous.PI PI(T = 1) annotation(
7     Placement(visible = true, transformation(origin = {-42, 48}, extent = {{-4, -4}, {4, 4}}, rotation = 0)));
8   Modelica.Mechanics.Rotational.Components.IdealGear idealGear1 annotation(
9     Placement(visible = true, transformation(origin = {13, 49}, extent = {{-5, -5}, {5, 5}}, rotation = 0)));
10  Modelica.Mechanics.Rotational.Components.Inertia inertia2(J = 1) annotation(
11    Placement(visible = true, transformation(origin = {31, 49}, extent = {{-5, -5}, {5, 5}}, rotation = 0)));
12  Modelica.Mechanics.Rotational.Components.Spring spring1(c = 1) annotation(
13    Placement(visible = true, transformation(origin = {47, 49}, extent = {{-5, -5}, {5, 5}}, rotation = 0)));
14  Modelica.Mechanics.Rotational.Components.Inertia inertia3(J = 0.00020979666) annotation(
15    Placement(visible = true, transformation(origin = {194, 14}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = 0)));
16  Modelica.Mechanics.Rotational.Sensors.SpeedSensor speedSensor1 annotation(
17    Placement(visible = true, transformation(origin = {57, 33}, extent = {{-5, -5}, {5, 5}}, rotation = -90)));
18  pack_iner pack_iner1 annotation(
19    Placement(visible = true, transformation(origin = {-16, 48}, extent = {{-10, -10}, {10, 10}}, rotation = 0)));
20  equation
21    connect(idealGear1.flange_a, pack_iner1.flange_b) annotation(
22      Line(points = {{8, 49}, {8, 49.5}, {-6, 49.5}, {-6, 48}}));
23    connect(idealGear1.flange_b, inertia2.flange_a) annotation(
24      Line(points = {{18, 49}, {26, 49}}));
25    connect(spring1.flange_b, speedSensor1.flange) annotation(
26      Line(points = {{52, 49}, {57, 49}, {57, 38}}));
27    connect(inertia2.flange_b, spring1.flange_a) annotation(
28      Line(points = {{36, 49}, {42, 49}}));
29    connect(PI.y, pack_iner1.u) annotation(
30      Line(points = {{-38, 48}, {-28, 48}}, color = {0, 0, 127}));
31    connect(speedSensor1.w, feedback1.u2) annotation(
32      Line(points = {{57, 27}, {57, 22.5}, {-56, 22.5}, {-56, 45}}, color = {0, 0, 127}));
33    connect(feedback1.y, PI.u) annotation(
34      Line(points = {{-52.4, 48}, {-46.8, 48}}, color = {0, 0, 127}));
35    connect(step1.y, feedback1.u1) annotation(
36      Line(points = {{-65.6, 48}, {-59.2, 48}}, color = {0, 0, 127}));
37  annotation(
38    uses(Modelica(version = "3.2.3"));end submodel;

```

図 3.5: 図 3.4 の Modelica コード

## 3.2 モータ特性表生成

今回試作したモータ特性表自動生成ツールは次の 9 個の要素を持つモータ特性表を生成する。

- 始動電流 mA
- 停動トルク mNm
- 最大効率 %
- 定格トルク mNm
- 定格回転数 rpm
- 定格電流 mA
- 定格出力 W
- 定格電圧 V
- 最大回転数 rpm

図 3.2 のモデルをシミュレーションした時に、OpenModelica から出力される csv ファイルの一部を図 3.6 に、図 3.6 から作成できる特性表を図 3.7 に示す。

|    | A    | B           | C           | D           | E         | F           | G           | H         | I        | J        | K        | L        | M         | N         | O           | P           | Q           | R           | S           | T           |
|----|------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1  | time | inductor1.i | inertial1.p | inertial1.w | der(induc | der(inertia | der(inertia | der(emf.p | emf.phi  | emf.tau  | emf.v    | emf.w    | ground1.p | ground1.p | inductor1.i | inductor1.i | inertial1.a | inertial1.f | resistor1.L | resistor1.F |
| 2  | 0    | 0           | 0           | 0           | 187500    | 0           | 0           | 0         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 1.5         | 1.5         | 0           | 0           | 0           | 2.58        |
| 3  | 1    | 0.580744    | 1.078986    | 2.157574    | -0.00065  | 2.157574    | 2.156371    | 2.157574  | 1.078986 | -0.00045 | 0.001681 | 2.157574 | 0         | 0         | 0.001681    | -5.21E-09   | 2.156371    | 0           | 0.87014     | 2.58        |
| 4  | 2    | 0.580093    | 4.314343    | 4.312737    | -0.00065  | 4.312737    | 2.153955    | 4.312737  | 4.314343 | -0.00045 | 0.00336  | 4.312737 | 0         | 0         | 0.00336     | -5.20E-09   | 2.153955    | 0           | 0.868191    | 2.58        |
| 5  | 3    | 0.579443    | 9.703655    | 6.465485    | -0.00065  | 6.465485    | 2.151542    | 6.465485  | 9.703655 | -0.00045 | 0.005037 | 6.465485 | 0         | 0         | 0.005037    | -5.20E-09   | 2.151542    | 0           | 0.866246    | 2.58        |
| 6  | 4    | 0.578794    | 17.24451    | 8.615821    | -0.00065  | 8.615821    | 2.149131    | 8.615821  | 17.24451 | -0.00045 | 0.006712 | 8.615821 | 0         | 0         | 0.006712    | -5.19E-09   | 2.149131    | 0           | 0.864306    | 2.58        |
| 7  | 5    | 0.578145    | 26.9345     | 10.76375    | -0.00065  | 10.76375    | 2.146723    | 10.76375  | 26.9345  | -0.00045 | 0.008385 | 10.76375 | 0         | 0         | 0.008385    | -5.19E-09   | 2.146723    | 0           | 0.86237     | 2.58        |
| 8  | 6    | 0.577498    | 38.7712     | 12.90927    | -0.00065  | 12.90927    | 2.144317    | 12.90927  | 38.7712  | -0.00045 | 0.010056 | 12.90927 | 0         | 0         | 0.010056    | -5.18E-09   | 2.144317    | 0           | 0.860439    | 2.58        |
| 9  | 7    | 0.57685     | 52.75223    | 15.05238    | -0.00065  | 15.05238    | 2.141915    | 15.05238  | 52.75223 | -0.00045 | 0.011726 | 15.05238 | 0         | 0         | 0.011726    | -5.17E-09   | 2.141915    | 0           | 0.858512    | 2.58        |
| 10 | 8    | 0.576204    | 68.87517    | 17.1931     | -0.00065  | 17.1931     | 2.139514    | 17.1931   | 68.87517 | -0.00045 | 0.013393 | 17.1931  | 0         | 0         | 0.013393    | -5.17E-09   | 2.139514    | 0           | 0.856589    | 2.58        |
| 11 | 9    | 0.575558    | 87.13763    | 19.33141    | -0.00065  | 19.33141    | 2.137117    | 19.33141  | 87.13763 | -0.00045 | 0.015059 | 19.33141 | 0         | 0         | 0.015059    | -5.16E-09   | 2.137117    | 0           | 0.85467     | 2.58        |
| 12 | 10   | 0.574914    | 107.5372    | 21.46733    | -0.00064  | 21.46733    | 2.134723    | 21.46733  | 107.5372 | -0.00045 | 0.016723 | 21.46733 | 0         | 0         | 0.016723    | -5.16E-09   | 2.134723    | 0           | 0.852756    | 2.58        |
| 13 | 11   | 0.574269    | 130.0715    | 23.60086    | -0.00064  | 23.60086    | 2.132331    | 23.60086  | 130.0715 | -0.00045 | 0.018385 | 23.60086 | 0         | 0         | 0.018385    | -5.15E-09   | 2.132331    | 0           | 0.850846    | 2.58        |
| 14 | 12   | 0.573626    | 154.7382    | 25.73199    | -0.00064  | 25.73199    | 2.129941    | 25.73199  | 154.7382 | -0.00045 | 0.020045 | 25.73199 | 0         | 0         | 0.020045    | -5.14E-09   | 2.129941    | 0           | 0.84894     | 2.58        |
| 15 | 13   | 0.572983    | 181.5347    | 27.86074    | -0.00064  | 27.86074    | 2.127555    | 27.86074  | 181.5347 | -0.00045 | 0.021704 | 27.86074 | 0         | 0         | 0.021704    | -5.14E-09   | 2.127555    | 0           | 0.847039    | 2.58        |
| 16 | 14   | 0.572341    | 210.4589    | 29.9871     | -0.00064  | 29.9871     | 2.125171    | 29.9871   | 210.4589 | -0.00045 | 0.02336  | 29.9871  | 0         | 0         | 0.02336     | -5.13E-09   | 2.125171    | 0           | 0.845142    | 2.58        |
| 17 | 15   | 0.5717      | 241.5082    | 32.11108    | -0.00064  | 32.11108    | 2.122789    | 32.11108  | 241.5082 | -0.00045 | 0.025015 | 32.11108 | 0         | 0         | 0.025015    | -5.13E-09   | 2.122789    | 0           | 0.843249    | 2.58        |
| 18 | 16   | 0.571059    | 274.6803    | 34.23268    | -0.00064  | 34.23268    | 2.120411    | 34.23268  | 274.6803 | -0.00044 | 0.026667 | 34.23268 | 0         | 0         | 0.026667    | -5.12E-09   | 2.120411    | 0           | 0.84136     | 2.58        |
| 19 | 17   | 0.570419    | 309.9728    | 36.35191    | -0.00064  | 36.35191    | 2.118035    | 36.35191  | 309.9728 | -0.00044 | 0.028318 | 36.35191 | 0         | 0         | 0.028318    | -5.12E-09   | 2.118035    | 0           | 0.839476    | 2.58        |
| 20 | 18   | 0.56978     | 347.3833    | 38.46875    | -0.00064  | 38.46875    | 2.115662    | 38.46875  | 347.3833 | -0.00044 | 0.029967 | 38.46875 | 0         | 0         | 0.029967    | -5.11E-09   | 2.115662    | 0           | 0.837596    | 2.58        |
| 21 | 19   | 0.569142    | 386.9095    | 40.58323    | -0.00064  | 40.58323    | 2.113291    | 40.58323  | 386.9095 | -0.00044 | 0.031614 | 40.58323 | 0         | 0         | 0.031614    | -5.10E-09   | 2.113291    | 0           | 0.83572     | 2.58        |
| 22 | 20   | 0.568504    | 428.549     | 42.69534    | -0.00064  | 42.69534    | 2.110923    | 42.69534  | 428.549  | -0.00044 | 0.03326  | 42.69534 | 0         | 0         | 0.03326     | -5.10E-09   | 2.110923    | 0           | 0.833848    | 2.58        |
| 23 | 21   | 0.567867    | 472.2995    | 44.80508    | -0.00064  | 44.80508    | 2.108558    | 44.80508  | 472.2995 | -0.00044 | 0.034903 | 44.80508 | 0         | 0         | 0.034903    | -5.09E-09   | 2.108558    | 0           | 0.83198     | 2.58        |
| 24 | 22   | 0.567231    | 518.1584    | 46.91245    | -0.00064  | 46.91245    | 2.106195    | 46.91245  | 518.1584 | -0.00044 | 0.036545 | 46.91245 | 0         | 0         | 0.036545    | -5.09E-09   | 2.106195    | 0           | 0.830117    | 2.58        |
| 25 | 23   | 0.566595    | 566.1236    | 49.01747    | -0.00064  | 49.01747    | 2.103835    | 49.01747  | 566.1236 | -0.00044 | 0.038185 | 49.01747 | 0         | 0         | 0.038185    | -5.08E-09   | 2.103835    | 0           | 0.828257    | 2.58        |
| 26 | 24   | 0.56596     | 616.1926    | 51.12013    | -0.00063  | 51.12013    | 2.101478    | 51.12013  | 616.1926 | -0.00044 | 0.039823 | 51.12013 | 0         | 0         | 0.039823    | -5.08E-09   | 2.101478    | 0           | 0.826402    | 2.58        |
| 27 | 25   | 0.565326    | 668.3631    | 53.22043    | -0.00063  | 53.22043    | 2.099123    | 53.22043  | 668.3631 | -0.00044 | 0.041459 | 53.22043 | 0         | 0         | 0.041459    | -5.07E-09   | 2.099123    | 0           | 0.824551    | 2.58        |
| 28 | 26   | 0.564693    | 722.6327    | 55.31837    | -0.00063  | 55.31837    | 2.096771    | 55.31837  | 722.6327 | -0.00044 | 0.043093 | 55.31837 | 0         | 0         | 0.043093    | -5.06E-09   | 2.096771    | 0           | 0.822705    | 2.58        |
| 29 | 27   | 0.56406     | 778.9991    | 57.41397    | -0.00063  | 57.41397    | 2.094422    | 57.41397  | 778.9991 | -0.00044 | 0.044725 | 57.41397 | 0         | 0         | 0.044725    | -5.06E-09   | 2.094422    | 0           | 0.820862    | 2.58        |

図 3.6: 図 3.2 のシミュレーション結果の csv ファイルの一部

|           |          |
|-----------|----------|
| 電圧 V      | 1.5      |
| 始動電流 mA   | 580.7439 |
| 停動トルク mNm | 0.452399 |
| 最大効率 %    | 99.96091 |
| 定格トルク mNm | 0.000177 |
| 定格回転数 rpm | 18380.42 |
| 定格電流 mA   | 0.227271 |
| 定格出力 W    | 0.000341 |
| 最大回転数 rpm | 18380.42 |

図 3.7: 図 3.6 の csv ファイルから作成した特性表

## 第 4 章

## 実装

本章では、本研究で試作したモータ特性表自動生成ツールの実装について説明する。  
特性表生成機能の処理の流れを以下に示す。

1. OpenModelica から出力された csv ファイルを読み込む
2. 特性表の各要素を算出するために必要なデータを、csv ファイルから取得する
3. 特性表の各要素を算出する
4. 特性表を生成する

以下、各処理について具体的に説明する。

### 4.1 csv ファイルの読み込み

Python で実装するため、Python の標準ライブラリの csv モジュールをインポートし、csv ファイルを読み込む。

### 4.2 特性表の各要素を算出するために必要なデータを取得

4.1 章で読み込んだ csv ファイルから、以下のデータを取得する。

- 時間

- 電流
- 電圧
- トルク
- 角速度

図 3.6 にあるように、OpenModelica から出力された csv ファイルの 1 行目には、各部品の変数名が記載されている。取得したいデータを持つ変数名を探し、その変数名がある場所の添字を取得する。そして、各データごとに用意した配列に、同じ添字の位置にある値を繰り返し処理で格納する方法でそれぞれの値を取得する。

### 4.3 特性表の各要素を算出

4.2 章で取得したデータを用いて、3.2 章で挙げた各要素を求める。

#### 4.3.1 電圧

シミュレーション時に印加した値を取る。

#### 4.3.2 始動電流

始動電流とは、モータの起動時に流れる大きな電流のことである。モータが起動した後はモータ自体が発電機にもなり、逆起電力を発生するため、モータ・コイル部分にかかる電圧が下がり、電流値も下がる。したがって、電流値の配列の中で一番大きい値を始動電流とする。

#### 4.3.3 停動トルク

停動トルクとは、モータが出しうる最大トルクで、このトルク以上の負荷がかかれば、モータは停止する値となる。したがって、トルク値の配列の中で一番大きい値を停動トルクとする。

#### 4.3.4 最大効率

効率は以下の式で算出することができる。

$$\text{効率} = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} * 100$$

$$\text{出力} = \text{角速度} * \text{トルク}$$

$$\text{入力} = \text{電圧} * \text{電力}$$

各配列を上記の式に当てはめ、繰り返し処理で効率値の配列を作成する。最大効率は効率値の配列の中で一番大きい値とする。

#### 4.3.5 定格トルク

最大効率時のトルクを定格トルクという。したがって、トルク値の配列の中で、最大効率のある効率値の配列の添字と同じ位置にある値が定格トルクとなる。

#### 4.3.6 定格回転数

最大効率時の回転数を定格回転数という。回転数は以下の式で算出することができる。

$$\text{回転数} = \frac{30 * \text{角速度}}{\pi}$$

したがって、一度繰り返し処理で角速度を回転数に変換し、回転数値の配列の中で、最大効率のある効率値の配列の添字と同じ位置にある値が定格回転数となる。

#### 4.3.7 定格電流

定格電流とは、モータに定格トルクがかかっているときの電流値である。したがって、電流値の配列の中で、定格トルクのあるトルク値の配列の添字と同じ位置にある値が定格電流となる。

#### 4.3.8 定格出力

定格出力とは、定格動作点における出力の値である。定格出力は以下の式で算出することができる。

$$\text{定格出力} = \text{定格回転数} * \text{定格トルク} * \frac{2\pi}{60}$$

4.3.6 章で求めた定格回転数と 4.3.3 章で求めた定格トルクを

## 4.4 特性表を生成

4.3 章で求めた各値と、3.2 章で挙げた各要素を、電圧から順に”,”で区切りつつ特性表生成配列に格納する。そして特性表生成配列を用いて csv ファイルを作成する。



## 第 5 章

## 適用例

本章では、本研究で作成した

### 5.1 モータ単体のモデル

### 5.2 モータ単体の **Modelica** モデルをサブシステムとするモデル

## 第 6 章

## 考察

本論文では、モータ特性表自動生成ツールを試作した。

### 6.1 評価

#### 6.1.1 評価方法

#### 6.1.2 結果

本論文で試作したモータ特性表自動生成ツールは、

### 6.2 関連研究

関連研究について述べる。

### 6.3 ツールの問題点

以下に、今回作成したモータ特性表自動生成ツールの問題点を示す。

- 対応するモータのモデルは 1 種類しかない  
モータは～種類に分けることができ、今回は 1 つにしか対応していない。対応できる数を増やす必要がある。

## 第 7 章

## おわりに

以下に、今後の課題を示す。

## 謝辞

## 参考文献

- [1] 日本電産株式会社, ”身の回りのモータ” : <https://www.nidec.com/jp/technology/scenes/>, アクセス日:2020/01/22.
- [2] 英論情報書く！ {Object Recognition System using Template Matching based on Signature and Principal Component Analysis} ,The Society of Digital Information and Wireless Communication, pp.156-163, 2012
- [3] Device Plus - デバプラ , ”モータに最大の電流が流れる状態について” : [https://deviceplus.jp/glossary/qa\\_006/](https://deviceplus.jp/glossary/qa_006/), アクセス日:2020/01/17.
- [4] Peter Fritzson 著 (監訳:大畠 明, 訳:広野 友英): ”Modelica によるシステムシミュレーション入門”, TechShare 社 (2015).