

知能機械システム工学科卒業論文

3D-CAD ソフトの比較と
小型電気自動車用フレーム設計

高知工科大学

知能機械システム工学科

竹村 雄介

目次

第1章 序章	2
1.1 緒言	
1.2 研究目的	
1.3 前回製作した電気自動車の課題	
第2章 3D-CAD ソフトの比較	4
2.1 ソフト比較の目的	
2.2 比較内容	
2.3 比較結果	
第3章 小型電気自動車の設計までの流れ	6
3.1 設計の流れ	
3.2 車体サイズの設定	
3.3 サスペンション形式の決定	
3.4 モータや駆動方式の決定	
3.5 フレーム形状の決定	
第4章 小型電気自動車の設計の実施	11
4.1 メインフレームの設計	
4.2 アームの設計	
第5章 終章	13
5.1 今後の課題	
5.2 結言	
謝辞	14
参考文献	15
付録1 (前回・今回の小型電気自動車性能比較表)	16
付録2 (図面)	17

第1章 序論

1.1 緒言

近年地球上では様々な環境問題が起こっており、自然環境は我々の生活が便利になると同時に悪化するというような悪循環が起こっている。我々が日常よく使っている自動車は化石燃料を燃焼しエネルギーにすることで走行しているため、地球の温暖化の要因となる二酸化炭素を大量に発生し地球の温暖化を促進している。その結果、異常気象や海水面が上昇するというような問題が発生する。そのため、クリーンエネルギー自動車の開発が様々なところで行われており、その代表的なものに電気自動車がある。

しかしながら、平成12年3月末の時点での電気自動車の普及台数は約2600台。現在ではさらに普及しているものと思われるが、内燃機関自動車と比較するとその台数は微々たるものである。その主な原因としては、電気自動車は内燃機関自動車と比較して価格やランニングコストが高く走行距離が短いことである。価格については、従来の電気自動車の半分以下の電気自動車も出てきているが、既存車と比較するとまだまだ高価格である。そのため、価格の低減が普及の第一であると考えられる。そして、ランニングコストが高いのは電池交換費用が高いためである。また、航続距離が短いのはバッテリーの性能によるものである。このためバッテリー開発の主なテーマはエネルギー密度と寿命の向上、価格の低減となっている。

このような中、一昨年我々の研究室では近距離移動を目的とした1人乗りの小型電気自動車を製作した。図1にその外観を示す。しかし、重量が重いなどの課題のため十分な性能が確保できなかった。そのため今回は、前回の電気自動車の問題点を改善し新しい小型電気自動車を製作することにした。また、小型電気自動車を作るだけでなく、高齢化社会となってきた近年の日本の問題を考え、山間部に住む高齢者でも安全かつ快適に運転できるような小型電気自動車の製作を目指し、3D-CADソフトを用いた小型電気自動車用フレーム設計に取り組んだ。



図1 一昨年製作された小型電気自動車

1.2 研究目的

我々の坂本研究室では、設計のできる技術者というスローガンの下 3D-CAD の勉強に取り組んでいる。本研究では実際にもものづくりを行う上で自分たちが考え設計することに重点を置いて、前回製作した小型電気自動車の課題を改善し、高齢者の方でも安全かつ快適に乗れるような新しい小型電気自動車を製作する為に必要なフレームを設計することを目的とした。

1.3 前回製作した小型電気自動車の課題

- 必要以上に丈夫であるため重量が重い。
- フレームの構造上乗り降りしにくい。
- モータの出力が弱くスピードが出ない。
- バッテリーが重い上にエネルギー密度が少ない。
- ブレーキの改善。

など以上の課題があげられる。

フレームを設計する上で改善する課題としては、 の個所があげられる。このことよりフレームの設計は常に、 の課題を頭におき、行っていくこととした。

第2章 3D-CAD ソフトの比較

2.1 ソフト比較の目的

まず初めに小型電気自動車用フレーム設計を行っていく上で、報告者が使用できるそれぞれの3D-CADソフトの性能を調べた。そして、フレーム設計に適している3D-CADソフトを使用してスムーズな設計を実施するために3D-CADソフトの比較を行った。

2.2 比較内容

図 2.1 と図 2.2 の 2 つの異なる図形を用いて共同実験者(中山陽介君)と分担し、Unigraphicsバージョン16, SolidWorks2000, SolidEdgeバージョン02, SolidDesigner2000+それぞれの3D-CADソフトで図形を描いた。分担の内容はSolidEdgeバージョン02, SolidDesigner2000+は各々が、Unigraphicsバージョン16, SolidWorks2000は分担して描いた。報告者はSolidWorks2000, SolidEdgeバージョン02, SolidDesigner2000+の3つのソフトで図形を描いた。



図 2.1 図形例 1



図 2.2 図形例 2

2.3 比較結果

それぞれのソフトの特徴を調べ表 2 の結果を得た。その結果をもとに小型電気自動車用フレームをスムーズに設計できる3D-CADソフトとしてSolidDesigner2000+を使用することにした。表 2 の結果を見てみるとUnigraphicsバージョン16が優れている。しかしながら、小型電気自動車用フレームの設計をするにはUnigraphicsバージョン16ほどの高度な機能は必要ないと考えSolidDesigner2000+を使用することとした。SolidDesigner2000+を使用する主な理由としては2次元で描いた図形を押し出す場合、同じ距離なら容易に複数の図形を押し出すことができる。また、基準面に下書き線を描き下書き線上に2次元の図形を作成していくため、他のソフトより図形を書くのに便利であるためである。

表 2 3D-CAD ソフトの主な比較結果

項目 \ ソフト種類	Unigraphics バージョン 16	Solid Works 2000	Solid Edge バージョン 02	Solid Designer 2000+
線の長さを指定して直線を描く	○		○	○
直線のオフセット	○	○	×	○
円の中心・半径を指定して描く	○		○	○
円弧の3点指示	○	○	○	○
交点の選択	○	○	○	
開始点を指定しての押し出し	○	×	×	×
軸での回転押し出し	○	○	○	○
2つ以上のパーツの同時押し出し	○	×	×	○

表 2 に使われているそれぞれの記号の意味

……できる。

……できるが手間がかかる。

×……できない。

第3章 小型電気自動車の設計までの流れ

3.1 設計の流れ

小型電気自動車の設計の流れは図 3.1 に示すとおりである。

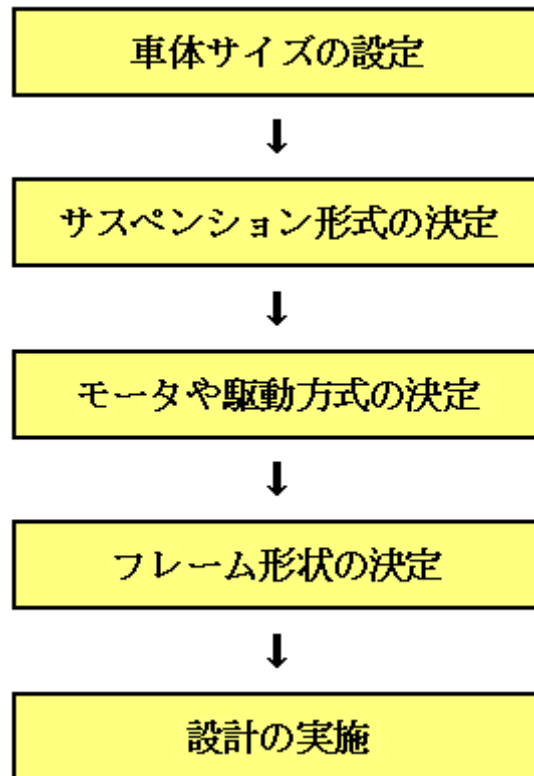


図 3.1 設計の流れ

3.2 車体サイズの設定

車体サイズは前回製作した図 1 に示す小型電気自動車をもとに設定を行った。前回の小型電気自動車は原動機付四輪車として登録しナンバーを取得した。小型電気自動車を原動機付四輪車として登録しナンバーを取得するための車体サイズは全長 2500mm, 全幅 1200mm, 全高 1600mm を超えてはならない。このことより前回設定した車体サイズは全長 1600mm, 全 1000mm, 全高 1600mm である。このサイズに設定した理由としては、小型電気自動車などが故障した場合でも軽トラックなどの荷台に余裕を持って積載することができるようにと考えたためである。今回の小型電気自動車も前回の小型電気自動車と同様に車体サイズを設定した。

3.2 サスペンション形式の決定

サスペンションは車体重量を支持するとともに、路面不整などによる車輪の上下振動を

緩和、吸収して、振動が車体に直接伝達されることを防止する。これにより乗員の乗心地向上、車体各部の動的応力の低減を図っている。さらに車輪の振動を抑制して走行安定性を向上させるため必要不可欠である。

今回製作する小型電気自動車のサスペンション形式はフロント・リアともにダブルウィッシュボーン式を採用することにした。ダブルウィッシュボーン式とは図 3.2 に示すよう上下 2 本の横アームで車輪を案内する形状のサスペンションである。長所としてはジョイント部分が 4 箇所あることで、ジオメトリ変化・コンプライアンスチューニングなどの設計自由度が高いことが第一に上げられる。そして、ショックアブソーバに曲げモーメントが加わらないためフリクションが小さい。また、サブフレーム上にリンクをレイアウトするためサスペンションの合成と振動絶縁を両立させやすい点である。短所としては、部品点数が多く、位置決め精度も要求され、スペースを取り、コストおよび重量の面で多少不利になるという点である。ダブルウィッシュボーン式を採用した理由としては、構造が単純で製作しやすいという点である。



図 3.2 ダブルウィッシュボーン式

3.3 モータや駆動方式の決定

まずモータであるが、小型電気自動車を原付登録するためには定格 600W 以下でなければならない。リッセル社（三菱自動車の出資会社）のリチウムイオン 2 次電池を 8 個提供してもらい、定格 600W 以下でこのバッテリーに合うモータとしてツシマ製ソーラーカー用直流モータの BF9-160H を使用する。モータの特長としては高性能マグネット方式により、小型軽量・高トルク・高効率という点がある。また、DC スピードコントローラはモータの持っている高い性能を引き出すため同じツシマ製の ICFW-96-050 を使用することを決定した。表 3.1・表 3.2・表 3.3 はそれぞれの仕様を示したもので図 3.3・図 3.4・図 3.5 はそれぞれの写真である。駆動方式については、モータの出力を HOMCO シリーズの MC-1 デフ内臓ドライブユニットを用いて車輪に駆動力を伝える方式を検討した。特長としては減速比が広範囲のためモータの特性を十分に引き出せるという点がある。減速比の設定であ

るが電気自動車の走行性能を調べ走行性能曲線で表した図 3.6 結果を参考に 1/12.7 と決定した。表 3.4 は MC-1 デフ内臓ドライブユニットの仕様である。また、タイヤやブレーキはアラコ製の小型電気自動車のをそのまま流用するよう検討した。

表 3.1 リッセル製リチウムイオンバッテリーの仕様

形式	公称電圧 (V)	重量 (kg)	公称容量 (Ah)	実容量 (Ah)	実エネルギー密度 (Wh/kg)	実出力密度 (W/kg)
BP35	14.8	6.48	33	33	75.4	946

表 3.2 モータの仕様

形式	出力 (W)	電圧 (V)	電流 (A)	回転数 (r/min)	トルク (N/m)	効率 (%)	巻線抵抗 ()	重量 (kg)
BF9-160H	600	96	18	5100	3.1	93	0.12	10.8

表 3.3 DC スピードコントローラの仕様

形式	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	瞬間最大 電流(A)	重量 (kg)	速度指令方式	冷却方式
ICFW-96-050	96	50	100	約 2.4	可変抵抗 指令方式	自然冷却方式

表 3.4 MC-1 デフ内臓ドライブユニットの仕様

重量(kg)	潤滑方式	減速比	許容出力トルク(kg・f・m)
7	オイルパス潤滑方式	1/6 ~ 1/34	18



図 3.3 バッテリー



図 3.4 モータ



図 3.5 スピードコントローラ

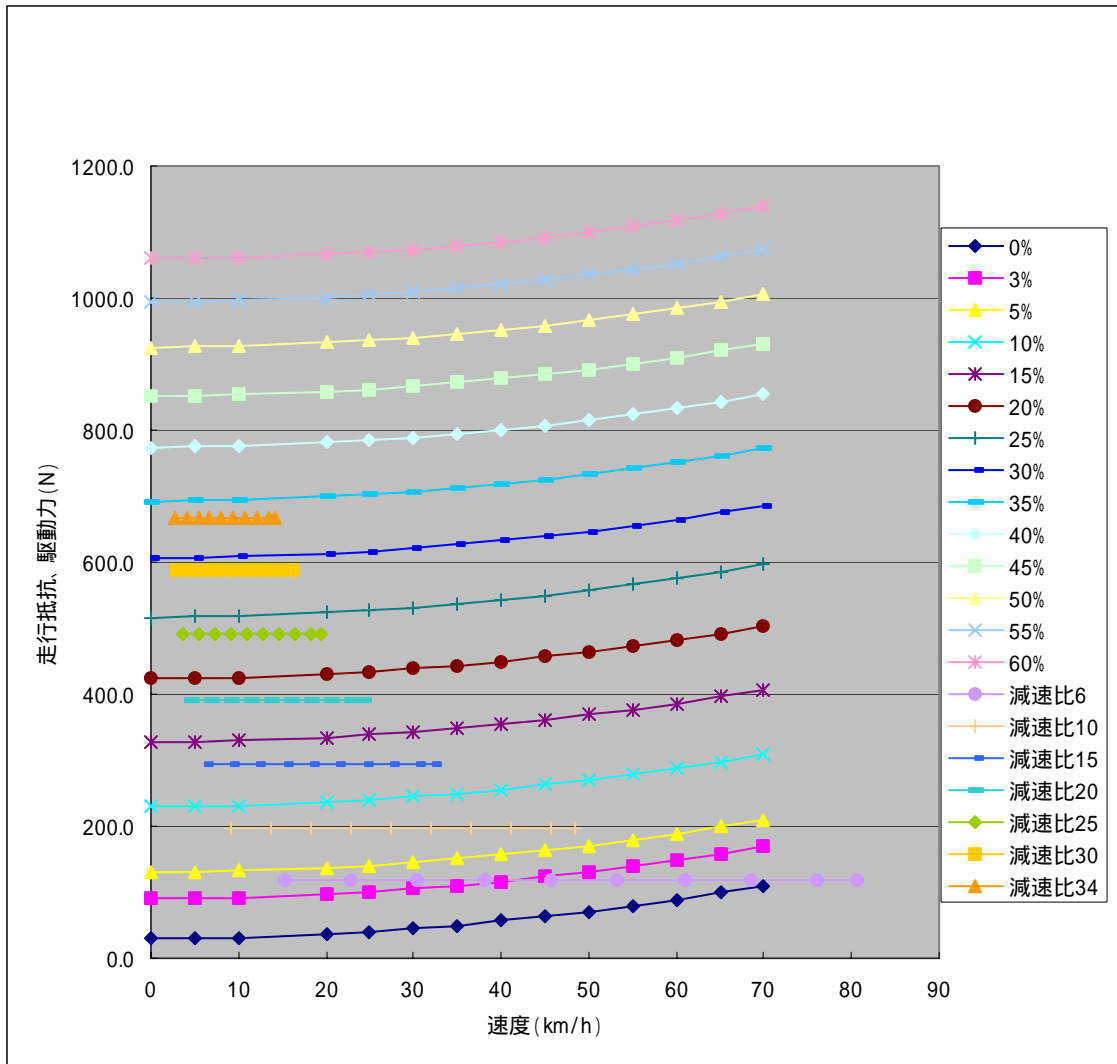


図 3.6 走行性能曲線

3.4 フレーム形状の決定

フレーム形状は、図 3.5 に示す前回のメインフレームが 2 重フレームとしたため乗り降りが不自由になったことを考慮し、今回は乗り降りがしやすいよう足を乗せる部分はサイドの上フレーム（矢印に示す部分）をなくすよう考えた。

フレームのサイズは、足回りの寸法や小型電気自動車に搭載するモータやドライブユニットなどの大きさを考えると同時に、構想している車体サイズに収まるよう全長 1500mm, 全幅 300mm, 全高 300mm と決定した。

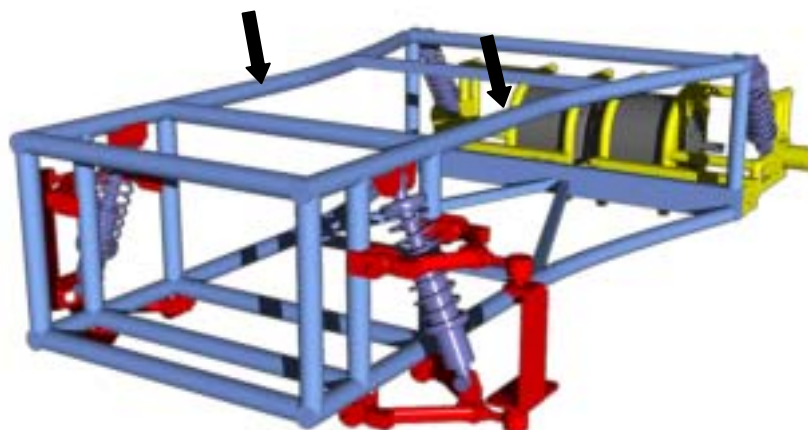


図 3.5 前回製作した小型電気自動車のフレーム

第4章 小型電気自動車の設計の実施

4.1 メインフレームの設計

今回のメインフレームの設計においては、基本は前回のフレームと同じような考えで、前回のフレームの余分な個所を取り除くというシンプルな設計を目指した。前回のフレームと同様に中空の丸パイプを使いフレームを組むことにし、今回はパイプ径を前回の27.2mmから25.4mmに変更することにした。また、サスペンションのアームを取付けるステは前回のように板状のステ2つでアームのそれぞれのもとをはさむようにして取付ける方法でなく、コの字型(図4.2)のステ1つでアームのもとをそれぞれ取付けるという方法にした。そして、サスペンションを取付けるためのフレーム側のステもアームの取付けステを流用し同じステを使うこととした。



図 4.1 メインフレーム



図 4.2 アーム取付け用ステ

4.2 アームの設計

アームの設計においても軽量化を意識し必要以上に丈夫にならないよう設計を行った。創意工夫点として1枚の板を切り抜き、曲げて図4.3のような部品を作る。それに角パイプを切断した図4.4に示す部品を溶接する。また、穴の位置は精度がほしいため溶接に伴うわずみで穴の位置がずれないように溶接後に図4.5に示すよう穴あけを行うことを考えた。アームとフレームの取付けにはロッドエンドベアリングを使用しロッドエンドベアリングをアームに開けた穴に固定しフレーム側のステに取付ける。サスペンションの取付けは、前のロアアームは図4.6のようにアームの中心にステを溶接するようにした。後ろのロアアームは、アームの中心にステを溶接しサスペンションを取付けると出力軸と干渉してしまうため、左右のロアアームとも後方へ少しずらし出力軸との干渉を防ぐよう考えた。図4.7と図4.8は左右の後輪ロアアームである。

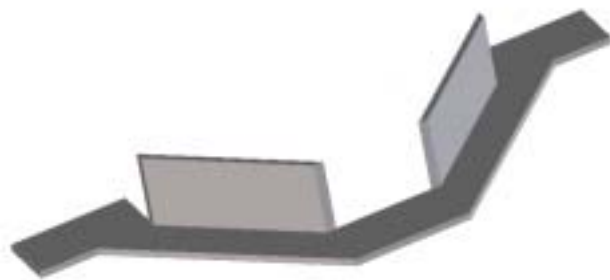


図 4.3 アームの基本部品



図 4.4 切断した角パイプ



図 4.5 溶接し穴あけしたアーム

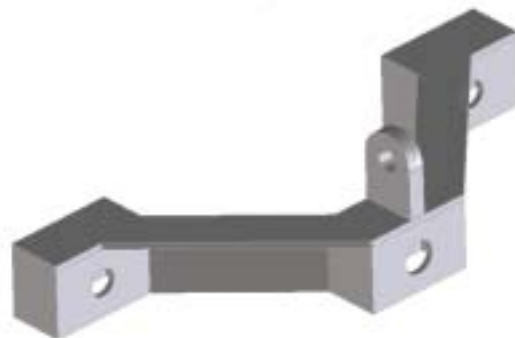


図 4.6 サス用ステー溶接後のアーム



図 4.7 右後ろロアアーム

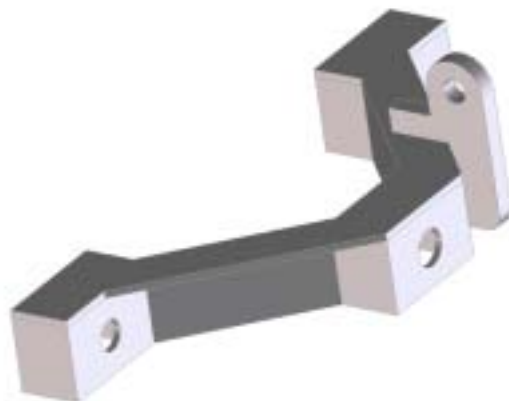


図 4.8 左後ろロアアーム

第5章 終章

5.1 結果

設計した部品のアセンブリ図を図 5.1 に示す。



図 5.1 アセンブリ図

5.2 結言

今回自分自身で最初から設計したことで設計することの難しさがわかった。工場に製作を依頼するため図面を最初に持って行った際、図面の寸法の入れ方がわかりにくくどの寸法が大切なのかと言う部分で注意を受け、指導していただき寸法などを入れなおすなどの作業をした。このことで図面を描く際にどの寸法が大切なのかということ、現場の作業される方が図面を見るだけで全て理解できるように描かなくてはならないということがわかり、良い勉強になるとともに役立つ経験となった。

5.3 今後の課題

今回は設計を行いその設計図を元に部品の製作を依頼した。今後本研究室では2月末までに小型電気自動車の製作を終えその後走行実験を行う予定であり、それに際し不具合が生じた場合はそれに応じて対処し、実際に使えるものにしていかなくてはならない。

謝辞

本研究において 3D-CAD ソフトの比較の際ご指導頂いた高知県工業技術センターの保科殿、図面の製作において相談にのって頂いた MMS の前田社長殿に深く御礼申し上げます。また、バッテリーを提供していただいたリッセル社につきましても、厚く御礼申し上げます。さらに高齢者にやさしい小型電気自動車の設計・製作には(財)高知県産業技術振興センターのシーズ技術開発支援基金、日本機械学会 RC179 研究会からの補助金を頂いた。

参考文献

車両運動性能とシャーシメカニズム

著者 宇野 高明

サスペンションの仕組みと走行性能

著者 熊野 学

自動車のサスペンション

著者 カバヤ工業株式会社編

ものづくりのための機械製図

著者 実践教育訓練研究協会編

付録 1

フレーム表 前回と今回の小型電気自動車の比較表

		前回の小型 EV	今回の小型 EV
寸法・重量	全長	1650mm	1600mm
	全幅	1200mm	1000mm
	全高	1600mm	1600mm
	ホイールベース	1250mm	1220mm
	車両重量	約 350kg	約 150kg
モータ	形式	DC ブラシ	BF9-160H
	定格出力	0.3kw × 2	0.6kw
	最高出力	0.6kw × 2	1.6kw
	定格トルク	7.5N・m	3.1N・m
	定格回転数	800rpm	5100rpm
	使用個数	2 基	1 基
	重量	11kg	10.8kg
バッテリー	形式	SB-D26R	BP35
	重量	18kg	6.48kg
	使用個数	4 個直列	8 個直列
	ステアリング形式	ラックアンドピニオン	ラックアンドピニオン
	ブレーキ形式・前	ドラム	ドラム
	ブレーキ形式・後	回生ブレーキ	ドラム
	サスペンション形式・前	ダブルウィッシュボーン	ダブルウィッシュボーン
	サスペンション形式・後	フルトレーリングアーム	ダブルウィッシュボーン
	タイヤ・前	3.5-10	90-12
	タイヤ・後	3.0-10	90-12

付録 2 (図面)

- ・ ステータ
- ・ ステータ取付け図 (正面)
- ・ ステータ取付け図 (左側面)
- ・ サス用ステータ取付け図 (正面)
- ・ サス用ステータ取付け図 (右側面)
- ・ アーム (部品 1)
- ・ 角パイプ取付け図 (アーム)
- ・ アーム穴あけ図
- ・ 前口アーム用ステータ
- ・ ステータ取付け図 (前口アーム)
- ・ 右後口アーム用ステータ
- ・ 右後口アームステータ取付け図
- ・ 左後口アーム用ステータ
- ・ 左後口アームステータ取付け図
- ・ 前アーム用部品 1
- ・ 前アーム用部品 2
- ・ 右前アーム用部品 1,2 (アセンブリ図)
- ・ 左前アーム用部品 1,2 (アセンブリ図)
- ・ 後アーム用部品 1
- ・ 後アーム用部品 2
- ・ ステータ (後アーム用部品)
- ・ モータマウント
- ・ モータマウント用ステータ 1
- ・ モータマウント用ステータ 2
- ・ モータマウント用ステータ取付け位置 (左側面)
- ・ モータマウント用ステータ取付け位置 (正面)
- ・ モータマウント取付け図 (側面)
- ・ モータマウント取付け図 (正面)
- ・ ラックアンドピニオン用ステータ (部品 1)
- ・ ラックアンドピニオン用ステータ (部品 2)
- ・ ラックアンドピニオン用ステータ (部品 1,2 アセンブリ図)
- ・ ラックアンドピニオン用ステータ取付け位置

