

平成 16 年度

フロンティアプロジェクト

## 高齢者用電動車両フレームの解析

Analysis of electric vehicle frame for senior citizen

1050153 筒井 有仁

指導教員 坂本 東男

2005 年 3 月 16 日

高知工科大学 フロンティア工学コース

# 要 旨

## 高齢者用電動車両フレームの解析

筒 井 有 仁

### 要旨

近年、日本では高齢者の交通事故が多発している。これから高齢化社会を迎えることとなる日本では交通事故の増加が考えられる。この問題を解決するために高齢者が気軽にかつ安全に使用できる電動車両の設計、解析、製作を行った。

**キーワード** 高齢者、電動車両、解析、SEEV

# Abstract

## Analysis of electric vehicle frame for senior citizen

Yujin Tsutsui

### English Abstract

The rise in traffic accidents will be thought in Japan that will receive aging society in the future. The electric vehicle that the senior citizen was able to use readily and safely to solve this problem was designed, analyzed, and produced.

***Key words*** Senior citizen, Electric vehicle, Analysis, Senior Electric Ecology Vehicle

# 目次

目次	4
図目次	5
表目次	6
第一章、 序章	
<u>1-1. 緒言</u>	7
<u>1-2. 研究の目的</u>	7
第二章、 活動内容	
<u>2-1. 高齢者用電動車両の名称</u>	8
<u>2-2. 担当個所</u>	8
<u>2-3. 担当個所までの流れ</u>	8
<u>2-3-1. 法律の調査</u>	9
<u>2-3-2. 形状考察</u>	9
<u>2-3-3. 概略設計</u>	9
<u>2-3-4. CAD 図作成</u>	9
<u>2-3-5. 詳細設計</u>	9
第三章、 解析	
<u>3-1. 解析の目的</u>	10
<u>3-2. 解析の評価</u>	10
<u>3-3. 解析条件</u>	12
<u>3-4. 解析結果</u>	13
<u>3-5. 強度計算</u>	14
<u>3-6. 重量解析の目的</u>	16
<u>3-7. 重量解析</u>	16
<u>3-8. 溶接個所の強度検証</u>	17
<u>3-9. モニタリング</u>	18
第四章、 終章	
<u>4-1. 今後の課題</u>	19
<u>4-2. 結言</u>	19
謝辞	20
参考文献	20

## 図目次

図 2.1	担当個所までの説明	8
図 2.2	SEEV rear frame model	9
図 3.1	Experiment model	10
図 3.2	Test model	11
図 3.3	Test Analytical result	11
図 3.4	rear Analytical result	12
図 3.5	SEEV Analytical result	13
図 3.6	SEEV Analytical result	13
図 3.7	SEEV メインフレーム	16
図 3.8	SEEV 溶接個所 1	17
図 3.9	SEEV 溶接個所 2	17
図 3.10	健康福祉センター	18
図 4.1	SEEV 試作機完成	19

## 表目次

表 1.1	電動車いす利用中の交通事故状況	7
表 3.1	SEEV 解析拘束個所と荷重条件	12
表 3.2	A6063 アルミニウム標準的機械的性質	14
表 3.3	機械的性質の代表値	14
表 3.4	SEEV パーツ重量表	16

#### 4-2. 緒言

近年、地球環境問題や交通事故などの問題は日々増長している。地球環境問題はすでにメディアに多々取り上げられるようになり国、企業、個人レベルまで意識されている。環境問題の原因として一番大きく取り上げられているのは内燃機関を使用する自動車などである。特に交通手段の要である自動車は、人の生活と近い立場にあるので環境問題の原因として注目されるようになった。そこで近年ではクリーンなエネルギーである電気を組み合わせた移動手段が注目されている。

また、交通手段の増加とともに交通問題も大きな課題として取り上げられる。高齢者などの便利な移動手段として、電動車いすの利用が増えているが、その一方で電動車いすに関連する交通事故も増加している。電動車いすの普及状況をみると、推定稼働台数は、2003年3月末約15.8万台で、2003年11月現在の電動車いすによる交通事故の発生件数は231件、負傷者213人、死者15人、そのほとんどは高齢者となっている。高齢者は、死者の約95%、負傷者の約69%と高い率を占めており、道路横断中が死者の約69%、負傷者の約54%と最も多い。利用者のうち、70歳代以上の人の割合は約78%、免許取得経験のない人の割合は約49%だった。これから日本が高齢化社会を迎えるとなると高齢者の交通事故が増加する可能性は大きい。

表 1.1 電動車いす利用中の交通事故状況

年別	1992年	2000年	2001年	2002年	2003年 (11月末)
死者数	3	19	11	8	15
負傷者数	64	167	191	198	213
発生件数	65	187	207	209	231

これらのことから、安全運転の支援というのはこれからの高齢化社会に対応するために重要課題である。そのために高齢者が気軽に利用でき安全に運転でき車両の開発が必要だとされる。そこで高齢者用電動車両を製作することはこれらの問題を解決するのに有効ではないかと考えられる。

#### 1-2. 研究の目的

本研究室では環境機械の設計、製作に取り組んでおり過去にも電動車両など製作している。過去製作し実験を行ったデータを参考にし、高齢者用電動車両の設計を行いフレーム解析し、安全かつ快適に移動できる車両の製作を目的とする。

### 2-1. 高齢者用電動車両の名称

高齢者用電動車両ではこれから製作する製品のイメージが沸きにくかったので高齢者が使用する電動車両ということで、

SEEV (シーブ : Senior Electric Ecology Vehicle)

とした。

### 2-2 . 担当箇所

今回、SEEV を製作するにあたり、3名のチームで取り組みを行った。そのために各分野、設計、解析、制御と担当を分けて行った。今回、担当したのは設計された SEEV のフレームの解析である。しかし解析だけを担当していたのでは各担当者との意思が伝わらず、目標としている製品を仕上げにくいと感じ、各担当とコミュニケーションをとりつつ作業を行った。

### 2-3 . 担当箇所までの流れ

担当箇所までに行ったこと図 2.1 で示す。

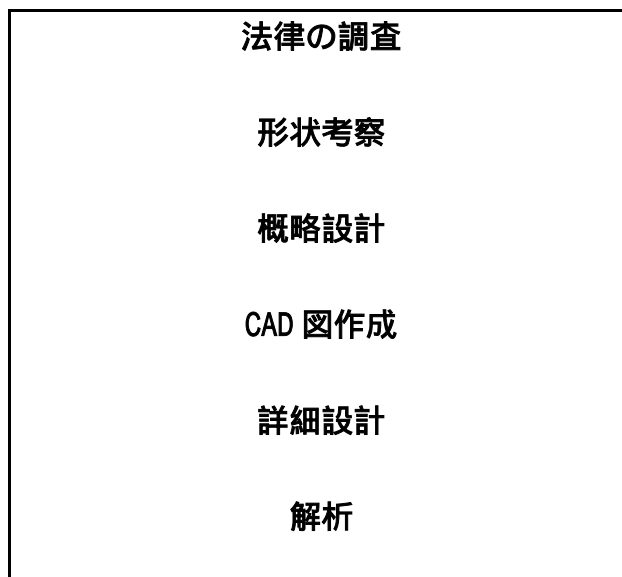


図 2.1 担当箇所までの説明

### 2-3-1.法律の調査

まず、製品を公道で使用するために道路交通法を調査した。

要点として

- ・ 原動機付自転車として登録したものは歩道を走行出来ない
- ・ 4輪の自転車は自転車道を走行出来ない

など様々な事がわかった。

### 2-3-2.形状考察

当初は高齢者が使用するという事で安定性に優れている4輪の車両を考えていたが道交法と照らし合わせた結果、自転車道を走行できないので前2輪、後1輪の3輪タイプにすることにした。

### 2-3-3.概略設計

これまでの調査で固めてきた製品のイメージ図をまずラフ図を書いた。このときにSEEVのコンセプトに「寝そべる形で、歩くように乗れる自転車」を付け加えた。

### 2-3-4.CAD図作成

ラフ図を参考にCADソフトを使用して3D図におこした。これにより道路交通法、形状考察での基本構造図、概略設計で決めたコンセプトなどがどのような形状なら可能か、より明確に判断することができた。

### 2-3-5.詳細設計

実際に製作していただく企業と検討したところ当初考えていたフレームではコストがかかり過ぎるのと強度不足している点もあったので、改良を行い設計した。最終的に各フレームを概製品のアルミ材を使用、曲げや絞りなどの機械加工を減らす、溶接部を減らしボルト止めにする、フロント部は株式会社アバンテックのトライクを流用するという事で設計した。

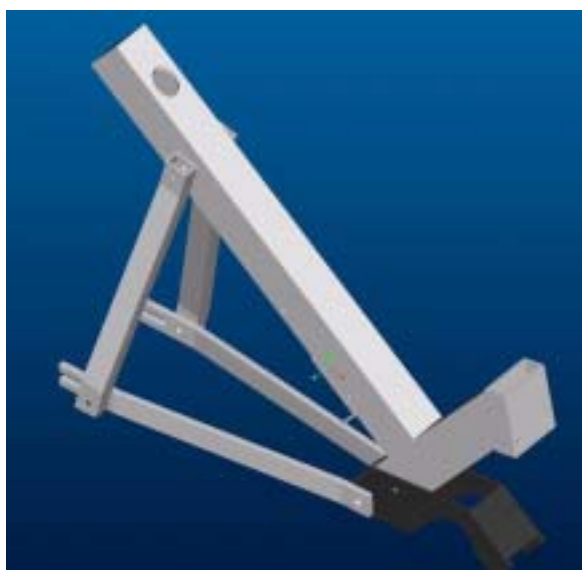


図 2.2 SEEV rear frame model

### 3-1. 解析の目的

製品を製作するときが一番重要なのは、安全に使用できるかどうかである。実際に製作して実験を行っていたのではコストも時間もかかるうえ、けがをする可能性もあり大変危険である。そこで解析ソフトを用いてシミュレーションを行うことで、短時間で安全に設計の段階でフレームの問題点を発見し改良を行うのが目的である。解析ソフトは Pro mechanicala を用いて行うことにした。

### 3-2. 解析の評価

今回使用する解析ソフトの解析結果を評価するため、図 2-7 の片もちはりの応力の値を手計算と解析で求めて比較することにした。

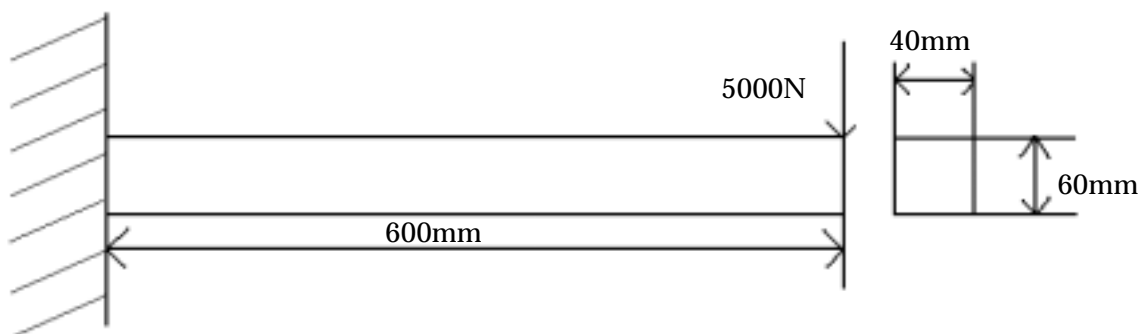


図 3.1 Experiment model

式)  $F=5000N$

$$M=F \times L=5000 \times 600=3 \times 10^6 Nm$$

$$Z=\frac{bh^2}{6}=\frac{40 \times 60^2}{6}=2.4 \times 10^4 mm^3$$

$$=\frac{M}{Z}=\frac{3 \times 10^6}{2.4 \times 10^4}=1.25 \times 10^2 N/mm^2$$

よって、手計算による応力の値は約  $1.25 \times 10^2 N/mm^2$  である。

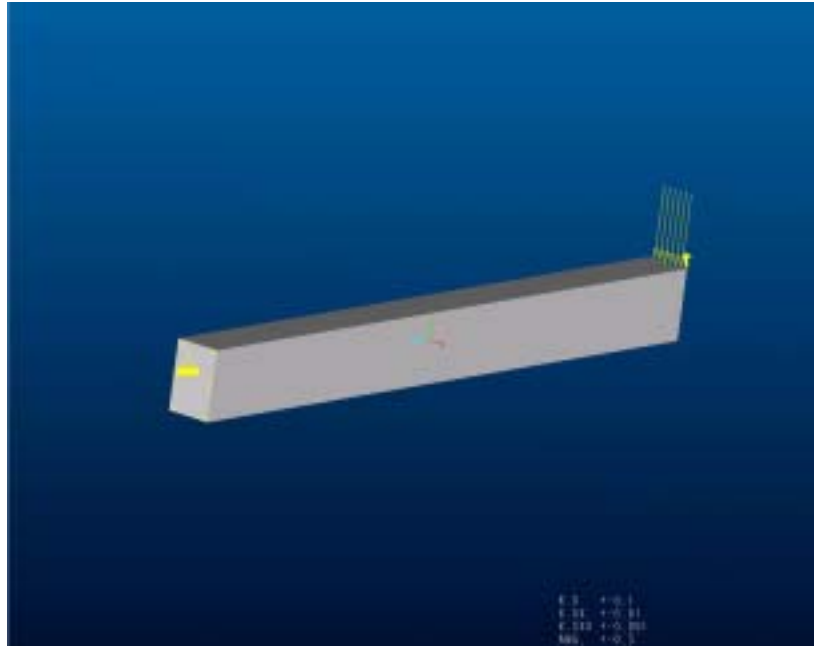


図 3.2 Test model

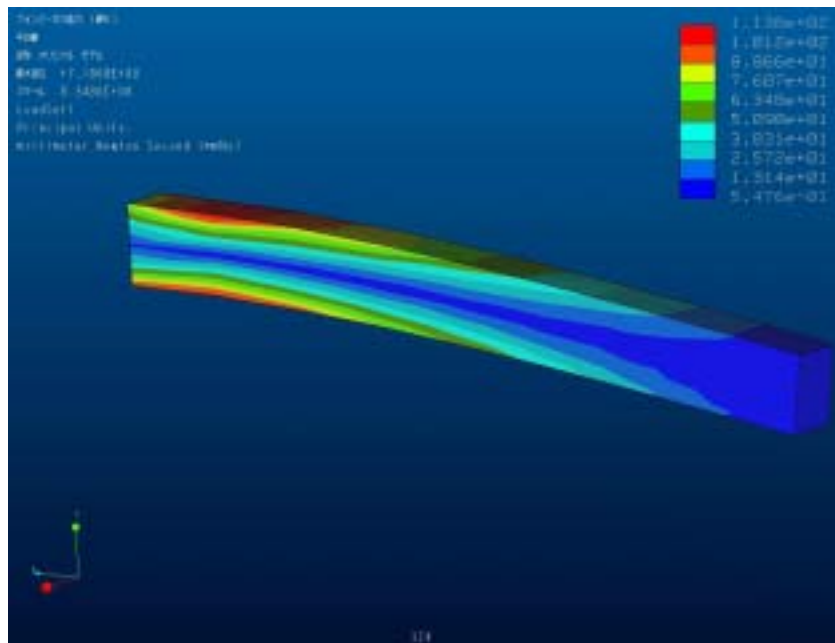


図 3.3 Test Analytical result

そして、同じ寸法のモデルを作成し荷重拘束など同じ条件を当てはめ Pro/mechanica による解析を行った。結果は図 3.3 に示すように約 $1.138 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ という値が出た。この結果から手計算と解析でほぼ同じ値が出たので、解析の結果は信頼性があると考えられる。

### 3-3.解析条件

SEEV のメインフレーム、リアアーム、モーターマウントをアセンブリしたモデルの解析を行った。解析条件はフロントの接合部分とリアのタイヤ軸固定部分の 2 点で完全拘束した。人の重量を 80kg と仮定し、バッテリーの重量 1kg、モーターの重量 6kg である。この条件から搭載部にそれぞれ 800N, 10N, 60N の荷重が作用するとした。材料は A6063 である。

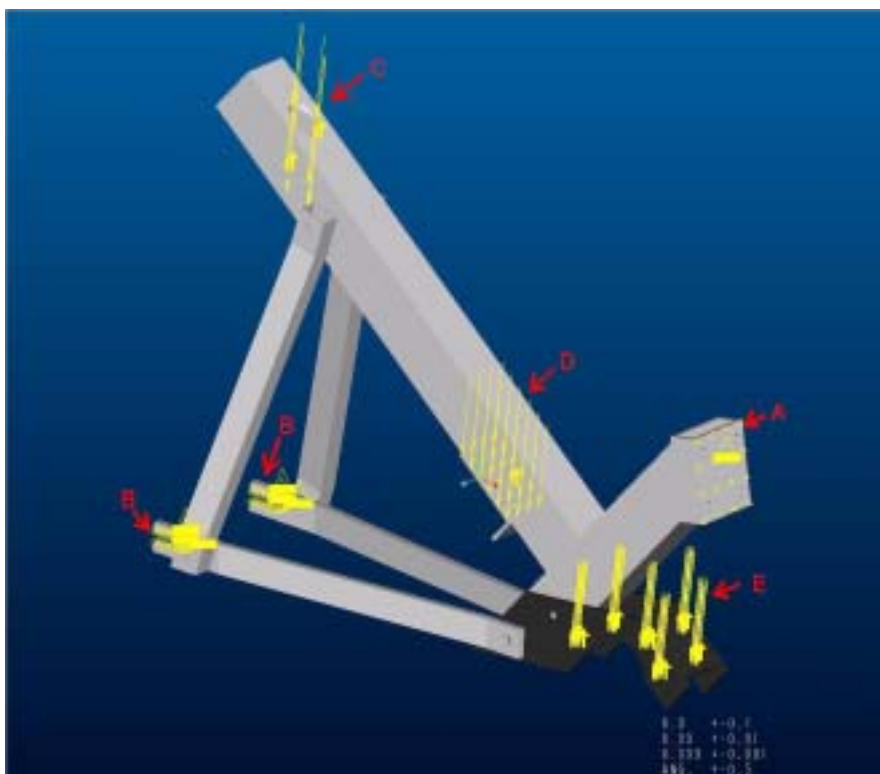


図 3.4 rear Analytical result

表 3.1 SEEV 解析拘束個所と荷重条件

拘束個所	拘束方法	図 3.4
フロント固定部	完全拘束	A
リア軸固定部	完全拘束	B
荷重個所	荷重	図 3.4
乗車部	800N	C
バッテリー	10N	D
モーター	60N	E

### 3-4. 解析結果

解析結果は図 3.4、が示すようにメインフレームに懸かる最大応力は  $3.524 \times 10^1 N/mm^2$  となった。

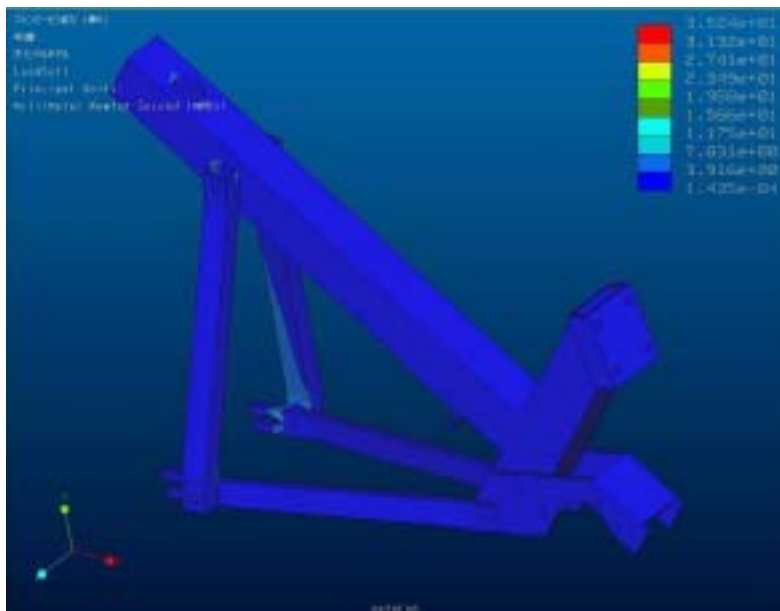


図 3.5 SEEV Analytical result

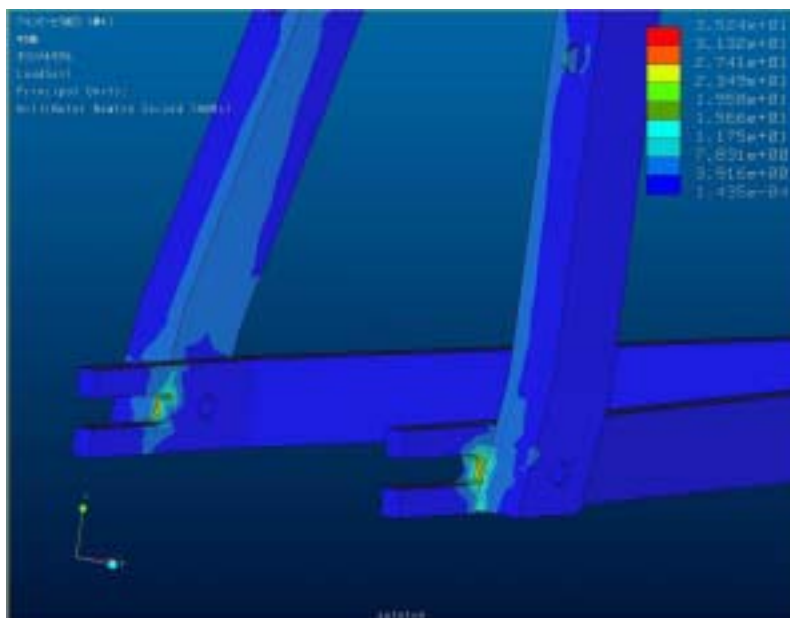


図 3.6 SEEV Analytical result

### 3-5. 強度計算

使用する A6063 の特性を調べた。

表 3.2 A6063 アルミニウム標準的機械的性質

材質	引張性質				ブリネル かたさ 10/500	せん断 強さ $kgf/mm^2$	疲れ 強さ $kgf/mm^2$
	引張強さ $kgf/mm^2$	耐力 $kgf/mm^2$	伸び%				
			板(1.6mm厚)	棒(12.7mm)			
A6063-0	9.1	5.0			25.0	7.0	5.5
A6063-T1	15.5	9.0	20.0		42.0	10.0	6.5
A6063-T4	17.5	9.0	22.0				
A6063-T5	19.0	15.0	12.0		60.0	12.0	7.0
A6063-T6	24.5	22.0	12.0		73.0	15.5	7.0
A6063-T83	26.0	24.5	9.0		82.0	15.5	
A6063-T831	21.0	19.0	10.0		70.0	12.5	
A606-T832	29.5	27.5	12.0		95.0	19.0	

表 3.3 機械的性質の代表値

	主な用途	降伏点 ( $N/mm^2$ )	引張強さ ( $N/mm^2$ )	硬さ (HB)
SS400 (一般構造用鋼)	金物全般、鉄塔	215以上	400~510	材種
S45C (機械構造用高炭素鋼)	機械部品	345以上	570以上	167~229
SCM435 (クロムモリブデン鋼)	キャップボルト	785以上	932以上	269~331
A6063 (アルミ合金)	アルミサッシ	145以上	100~195	60以下
A2017 (ジュラルミン)	航空機部品	275以上	295以上	105以下
A7075 (超々ジュラルミン)	航空機部品、 高級スポーツ用品 レーシングカー部品	505以上	295以上	150以下

解析結果により最大応力が出ているので、表3.2 表3.3を参考にそこから安全率を求める。

式)

$$\text{最大応力}_{\max} = 3.524 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \quad \text{引張強度}_B = 185 \text{ N/mm}^2$$

引張強度<sub>B</sub>に対する安全率  $f$

応力集中を 1.5 として

$$f = \frac{B}{\max \times 1.5} = \frac{185 \text{ N/mm}^2}{3.524 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \times 1.5} = 3.5$$

降伏点<sub>s</sub>に対する安全率  $f$

応力集中を 1.5 として

$$f = \frac{s}{\max \times 1.5} = \frac{145 \text{ N/mm}^2}{3.524 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \times 1.5} = 2.7$$

疲労強度<sub>w</sub>に対する安全率  $f$

変動応力<sub>A</sub>

加速度 0.3g

応力集中を 1.5 として

$$f = \frac{w}{0.3g \times \max \times 1.5} = \frac{70 \text{ N/mm}^2}{0.3 \times 3.524 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \times 1.5} = 4.4$$

となった。

つまり、A6063 の引張強度が 185 N/mm<sup>2</sup> であるので、フレームの引張強度に対する安全率は 3.5 である。また降伏点が 145 N/mm<sup>2</sup>、疲労強度は 70 N/mm<sup>2</sup> とすると降伏点に対する安全率は 2.7 であり、疲労に対する安全率は 4.4 である。ここで繰返し応力は ±0.3g の加速度が加わったと仮定した。安全率の最小率は降伏点に対するもので 2.7 であり十分に強度が確保できているという結果がでた。

### 3-6.重量解析の目的

今回、高齢者が使用することを前提として製作しているため、重くては日常の使用に支障がある。目標としては現在市販されている電動自転車に近づけるように考えている。しかし、フロント部を市販されている製品を流用するのでどうしてもフロントの部分の重量をコントロールすることができない。そこでリアを出来るだけ軽くしてリアを浮かして方向転換など出来るようにすればそれほど支障をきたさないと考え設計したので実際にどれぐらいの重量になるか解析した。

### 3-7.重量解析

次に、SEEV のフレームの重量を解析した。今回計測した部分は大旺機械に依頼したフレームの部分だけである。(図 2.2) 材質は全て A6063 材を使用しているのでリアフレームを 8 つのパーツに分けて重量解析を行った。

表 3.4 SEEV パーツ重量表

SEEV frame	材料	質量
OCENTERFRAME-1	A6063	1.48400E+06
OCENTERFRAME-2	A6063	1.04057E+06
OCENTER-FRAME-MOTER-FRAME1	A6063	3.64210E+05
OR IA-FRAME1	A6063	2.60421E+05
OR IA-FRAME2	A6063	2.60884E+05
OR IA-FRAME3	A6063	1.94080E+05
OR IA-FRAME4	A6063	1.94080E+05
BATTERYDOME	A6063	5.87479E+04

計算結果リアフレームの重量は合計 3.85kg という結果がでた。実際に製作したフレームを計測してみると 3.8kg という非常に近い結果がでた。



図 3.7 SEEV メインフレーム

### 3-8 溶接個所の強度検証

実際に完成されたフレームの溶接個所を見て、応力集中がかからないか検討してみた。



図 3.8 SEEV 溶接個所 1



図 3.9 SEEV 溶接個所 2

図 3.8 図 3.9 を見て分かるように非常にきれいに溶接されており、応力集中がかかりそうな部分は見つからなかった。このフレームならほぼ計算どおりの強度を持っていると考えられる。

### 3-9. モニタリング

高知県香北町にある健康福祉センターにモニターの依頼をした。



図 3.10 健康福祉センター

モニターの協力をさせていただくために一度説明に行ったところ、多数の質問や一度乗ってみたいという意見が見られたので興味を引く物が出来ていると感じた。実際に一番多く見られた質問として、価格はいくらぐらいになるのかというのであった。現段階ではとても高価になってしまっているので、コストを下げるというのはとても重要なことだと感じ取れた。その次に重量や容易に扱えるかどうかなどがあったが、双方ともに気を配って設計製作しているので良い結果が出ることを期待できる。

今回依頼を行いターゲットとした年層は 65 歳以上の比較的健康な高齢者で、自転車に現在乗っている方ともう乗っていない方など様々な条件でアンケートを取ってみようと考えている。このような協力のものモニター取れる機会は少ないと思うので考える限りのデータを取っておきたい。

#### 4-1. 今後の課題

フロントが既成品、歩行補助区の規格をオーバーしているなど様々な問題を抱えている問題があるのでそれらを解消したいと思う。設計にあたっては搭乗部分をさらに低くし乗り降りを容易にしたい、解析にあたっては実際にひずみ計を取り付けるなど実際に実験を行って解析の精度を測りたい、制御にあたっては電磁ブレーキ、速度制御などをさらに様々な機能を付加していきたいと思った。今回製作にあたって時間の制限などもあったため自分たちの思い通りの物を製作することができなかったため、後輩などに引き継いでもらいさらにはいい作品を作ってもらいたい。

#### 4-2. 結言

今回、高齢者用電動車両を製作してフレームの解析を担当した。2-2.担当個所でも述べたが各担当個所を別々にやっていたのではこの意思の共有ができず、逆に時間がかかってしまうことが分かった。このことからお互いのコミュニケーションを大切に、活動を行うことは何よりも重要なことが分かった。



図 4.1 SEEV 試作機完成

## 謝辞

大旺機械株式会社

ナショナル自転車工業株式会社

株式会社アバンテク

株式会社サイスポ BIGいちかわ

四国運輸局 高知運輸支局

高知県山田警察署 交通課

## 参考文献

西村尚 ポイントを学ぶ 材料力学

原文雄 機械力学

竹内勝治 アルミニウム合金の疲労強度

住友のアルミニウムハンドブック (第4版)