

## ガンダム GLOBAL CHALLENGE 企画提案書

### 1. 応募者概要

応募代表者：永井 拓史（ナガイタクジ）

組織・グループ名：A-ZT（アージット）

会社名：tn-works

職業：自営（tn-works 代表）

職種／専門分野：技術／センサ、制御システム

応募代表者プロフィール：

2002年 千歳科学技術大学光科学科光応用システム学科卒業

2004年 北海道大学大学院工学研究科博士前期課程修了

2004年から2014年：大学発ベンチャー企業で各種センサの研究開発  
（各種ソフトウェア・回路設計）に携わる

2014年4月：tn-worksとして独立（現任）

2015年4月：株式会社 WILL-E 取締役（現任）、A-ZT（アージット）メンバー（現任）

現在は、tn-works は札幌を拠点として、センサを通じて、異分野とのコラボレーションをして新しいモノを生み出す傍ら各種システム受託や研究開発試作を行っている。

A-ZT（アージット）は北海道のものづくりを盛り上げるために様々な異業種が集まる団体として昨年立ち上げた。株式会社 WILL-E（機械設計・加工・制御全般）はその立ち上げ中核企業である。

機械設計・機械加工・ソフトウェア・回路設計・生物学・データマイニングなど、様々な技術を保有するメンバーが集まり、広い視野での検討や製作を行うことができる。

### 2. 題目

題目は、「電源ゼロを目指した稼働システムの開発」とする。

### 3. はじめに

機動戦士ガンダムが生まれて、今年で37年目となる。37年の間、様々な技術が生み出され、日々の営みに活用されているが、今日の技術を以てしても、「動く」ガンダムを開発する水準には至っていない。一方で、シリーズ劇中に登場する架空の兵器が研究開発される取り組みも成されている[1]。本来の目的による運用に至る事態にならないことを祈っているが、ここで生み出された技術もまた、一種のブレイクスルーとなりえるものと考えられる。

ところで、全世界の人口は今日まで70億人を超え、2050年には90億人を

突破する予測が成されている[2]。90億人は、機動戦士ガンダムにおいて設定された歴史では、人類が宇宙に進出するきっかけとなる数字であり、あと35年足らずで、ガンダムの舞台となる時代に到達することとなる。それまでに数多くの技術が生み出されることが期待されるが、その第一歩として、本プロジェクトによってブレイクスルーとなる新技術やノウハウを獲得することが重要であると考えられる。

我々A-ZTは、実物大ガンダムを実際に開発することによる課題の一つとして、動力源の確保ということがあると考えている。これは、単純に電力や化石燃料による動力（エンジンなど）を用いることで達成できると考えるが、ここでは電源を極力用いずに動かすことで、維持費の削減を検討し、さらにエンターテインメント性を考慮して、ヒトが何かしらのエネルギーを与えることにより、ガンダムが動く、という仕組みを構築することを提案したいと考えている。ガンダムの世界では、動力源は熱核反応炉などで稼働する設定となっているが、2011年の東日本大震災をきっかけとした原子力発電の運用の強い疑問や日本が技術的にリードしている省エネ技術を世界に発信するためにも、こうした取り組みは有効であると考えている。

本提案で、前述のような仕組みを達成するために、「水素吸蔵合金」を用いることを検討している。この素材は、合金に熱を加えることで、水素を放出し、冷えることで、水素を吸蔵する性質を持つ（図1）。この性質を可動部のアクチュエータに用いる。与えるべき熱は、ヒトの体温、太陽光などを検討している。それによって与えられた合金は水素を放出し、内部の圧力を高め、アクチュエータを動かすということで、ガンダムの可動部を動かす。



図1 水素吸蔵合金の仕組み[3]

この合金は、本グループの一員である株式会社 Will-E において、2015年に太陽光を自動追尾する動力源ゼロの太陽光パネル雲台の設計・開発を行っており、水素吸蔵合金の特性を十分に活かした実績を有する。

本提案では、こうした合金を活用して、ヒトと環境に配慮したガンダムの提案を行いたいと考えている。以下に本提案のイメージを示す（図2）。

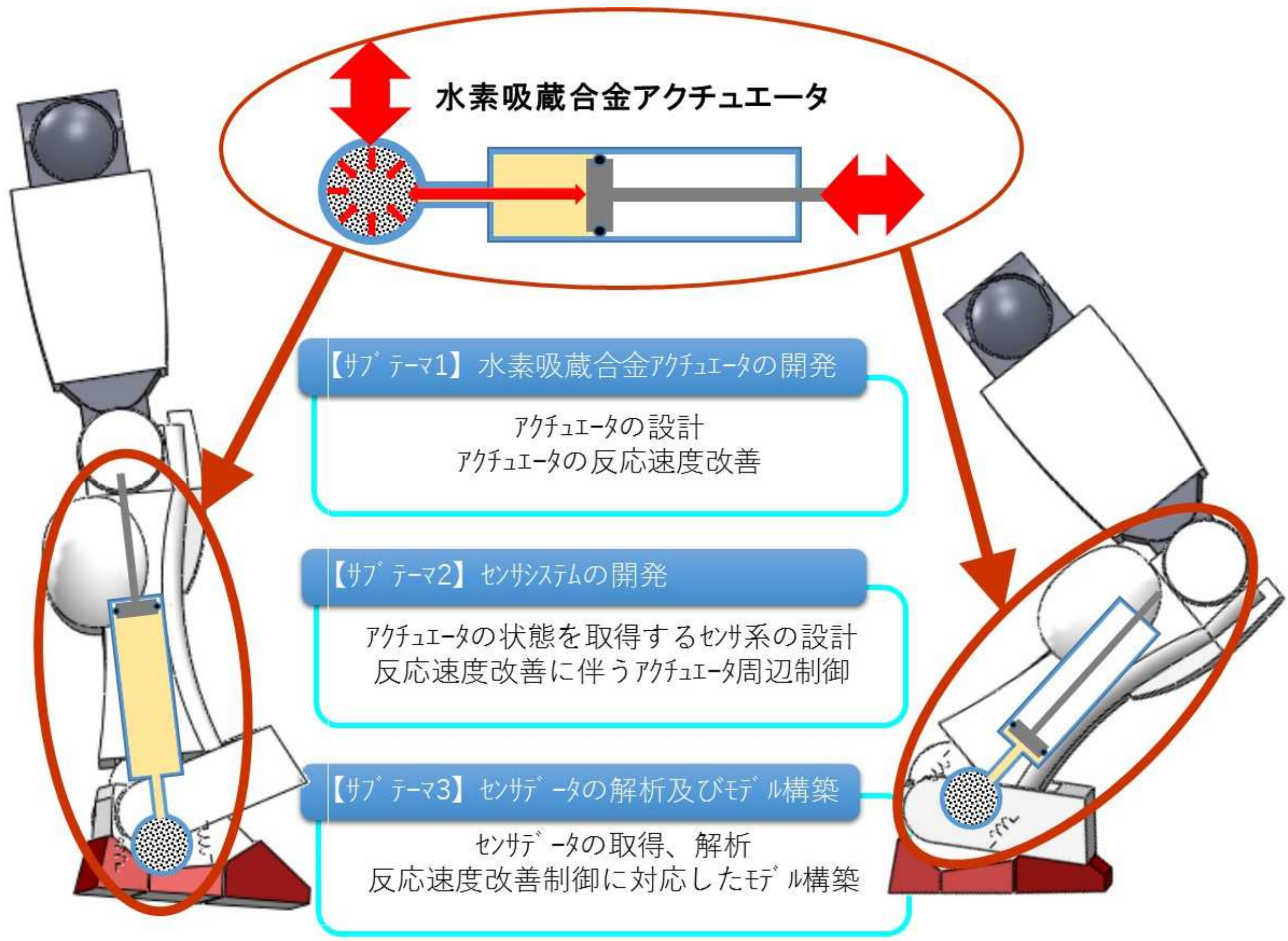


図2 本提案イメージ



4. 開発内容

本提案において、以下の3つのサブテーマを設定する。

[サブテーマ1]

水素吸蔵合金アクチュエータの設計・開発

水素吸蔵合金の性質を利用したアクチュエータの開発を行う。水素吸蔵合金を利用したアクチュエータの仕組みを以下の図3に示す。

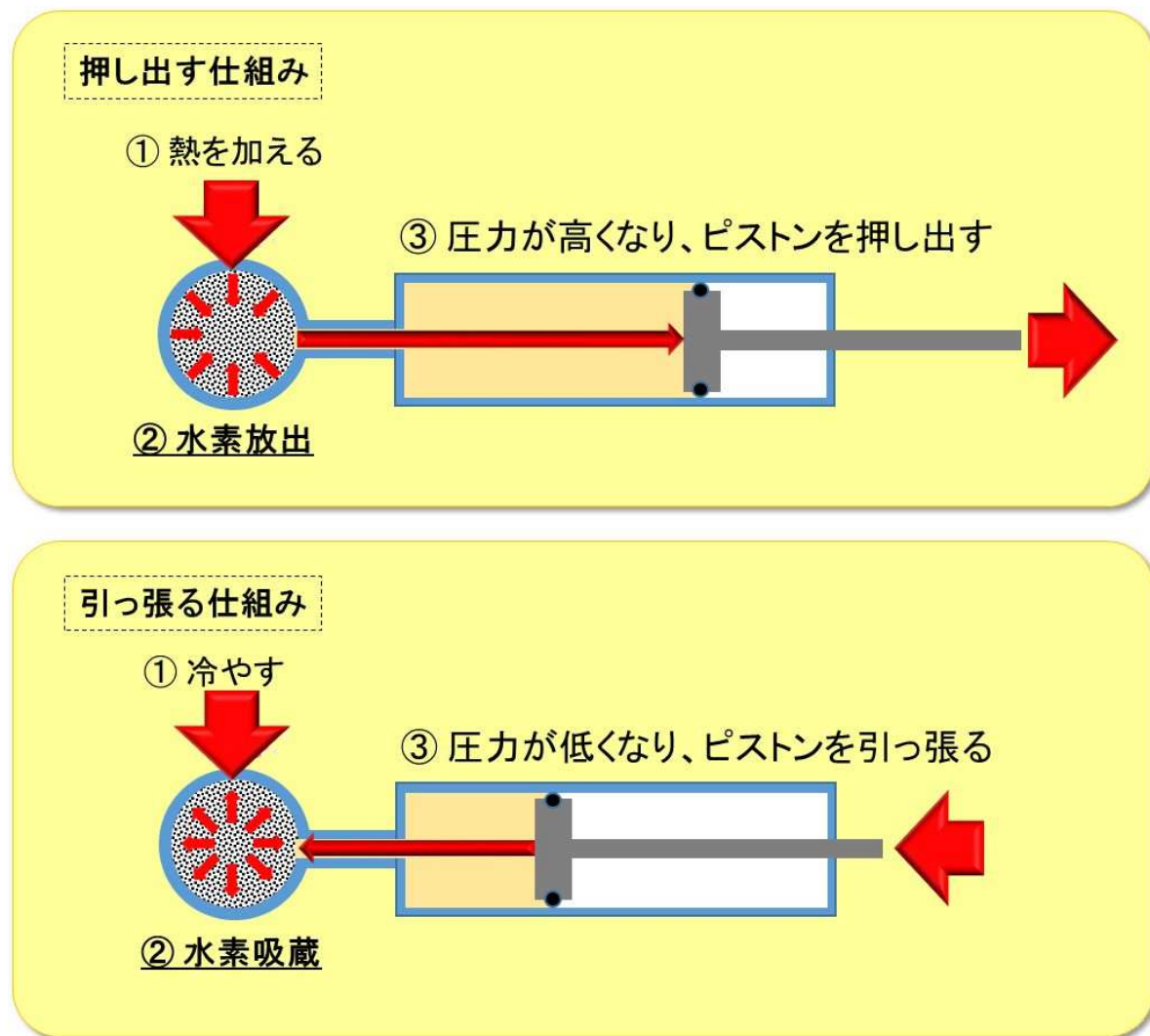


図3 水素吸蔵合金アクチュエータの仕組み

図3の左側にある水素吸蔵合金部に、熱を加える、もしくは冷やすことにより、水素が増減し、ピストンが動作する。それにより、動力として用いることができるものとする。ここで課題は、加熱・冷却の方法と応答性である。加熱・冷却は、本合金

の種類を検討することが肝要である。加熱・冷却は、金属によっては、手で温めたりすることにより、平衡水素圧が変化するものもある(図4)ので、その性質を利用して、動かすようにすると、エンターテインメント性も向上するものとする。

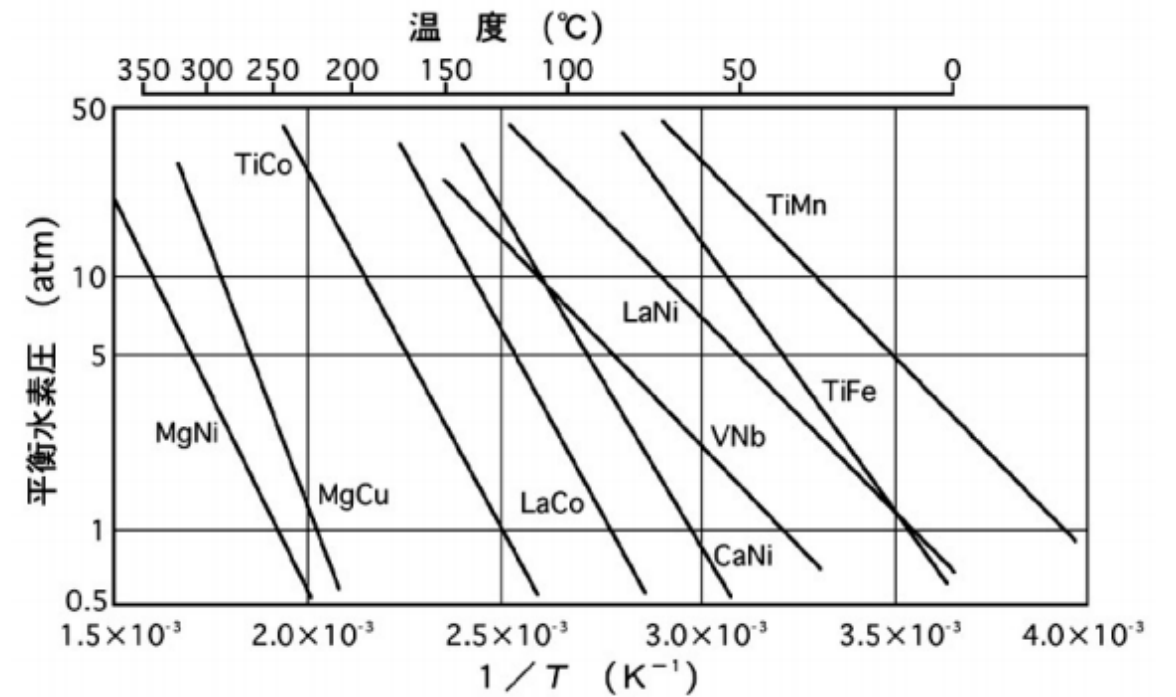


図4 水素吸蔵合金の種類と温度と平衡水素圧(解離圧)(ln P)の関係[4]

[サブテーマ2]

センサシステムの開発

水素吸蔵合金アクチュエータを制御する際に、作動させるための熱量の変化量が少ない場合、それに応じて熱を加える、もしくは放熱させる必要がある。熱量の変化量が少ない場合、図4のグラフからも確認できるように、平衡水素圧の範囲も制限される。そうしたことから、まずは熱量の制御システムを構築する必要があると考える。また、可動域の制限を持たせるための、リミットを設ける仕組みの構築もまた必要であるとする。また、合金の性質として、温度と圧力は図4よりある関係があることから、その関係にさらに「アクチュエータ内部の形状」というパラメータを加えることにより、3つのパラメータから最適なものが得られる可能性を検討している(サブテーマ3)。そうしたことから、アクチュエータ内部の圧力そのものも測定することにより、サブテーマ3の考慮を実現できるものとする。

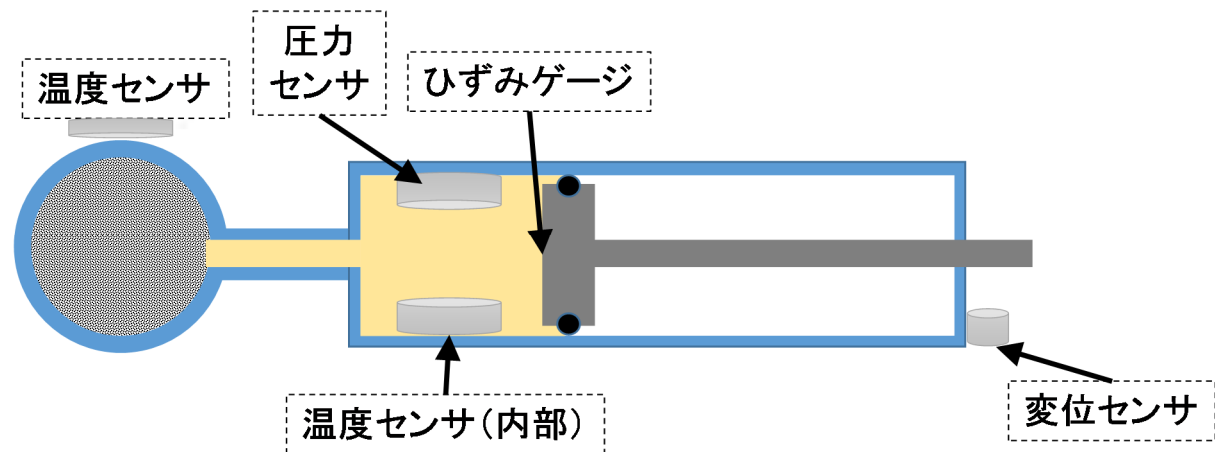


図5 サブテーマ2 概要

現在まで検討している内容としては、図5をベースとして考えている。温度センサは、温度制御部とアクチュエータ内部に実装し、圧力センサは、内部に実装することを検討している。またひずみゲージをピストンと気体が接触する面に実装し、変形の有無を調査する。ピストンの変位を得るために、変位センサを実装することを検討している。

### [サブテーマ3]

#### センサデータの解析・モデル構築

サブテーマ1では、水素吸蔵合金のアクチュエータの形状が、サブテーマ2では、センサより圧力・温度・位置などの物理量を得られるが、本サブテーマでは、その形状と物理量から、少ない熱量差でもある程度の動作速度が得られるような形状、材料、構造を検討するための解析を行い、理論モデルを構築する。

本サブテーマは2つのアプローチを考えている。1つは、最初にある形状のアクチュエータ（ミニチュア）を作成したうえで、実際にデータを取り、形状を検討する方法であり、もう1つは、理想的なデータにするための形状にするために何度もシミュレーションを繰り返しながら近づけていく方法である。初期状態を変化させることにより、導き出される解が異なる可能性（必ずしも最適解ではない）があるので、このようなアプローチを試みることは、有効であると考え（図6）。

しかしながら、一般的にシミュレーションを繰り返すことでのアプローチで行うほうが、作成などで生じる様々なリスクの可能性が少ないということがあがるが、そもそも本事業のアクチュエータで取得できるデータや、他の不確定要素の洗い出しなどができないままにシミュレーションを行うこともまた、様々なリスクがあると

考えており、まずはたたき台としてのアクチュエータを作成したうえで、シミュレーションなども加えながら行うことがよりよいと考える。

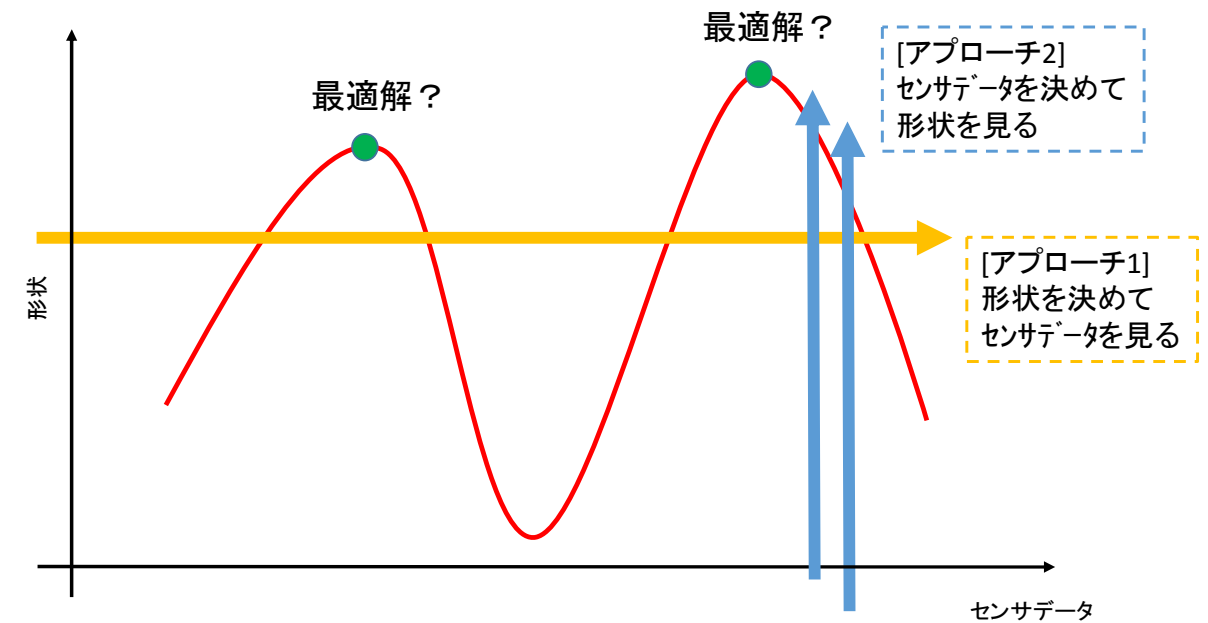


図6 サブテーマ3 形状の決定方法

## 5. 開発体制

以下に開発体制を示す。

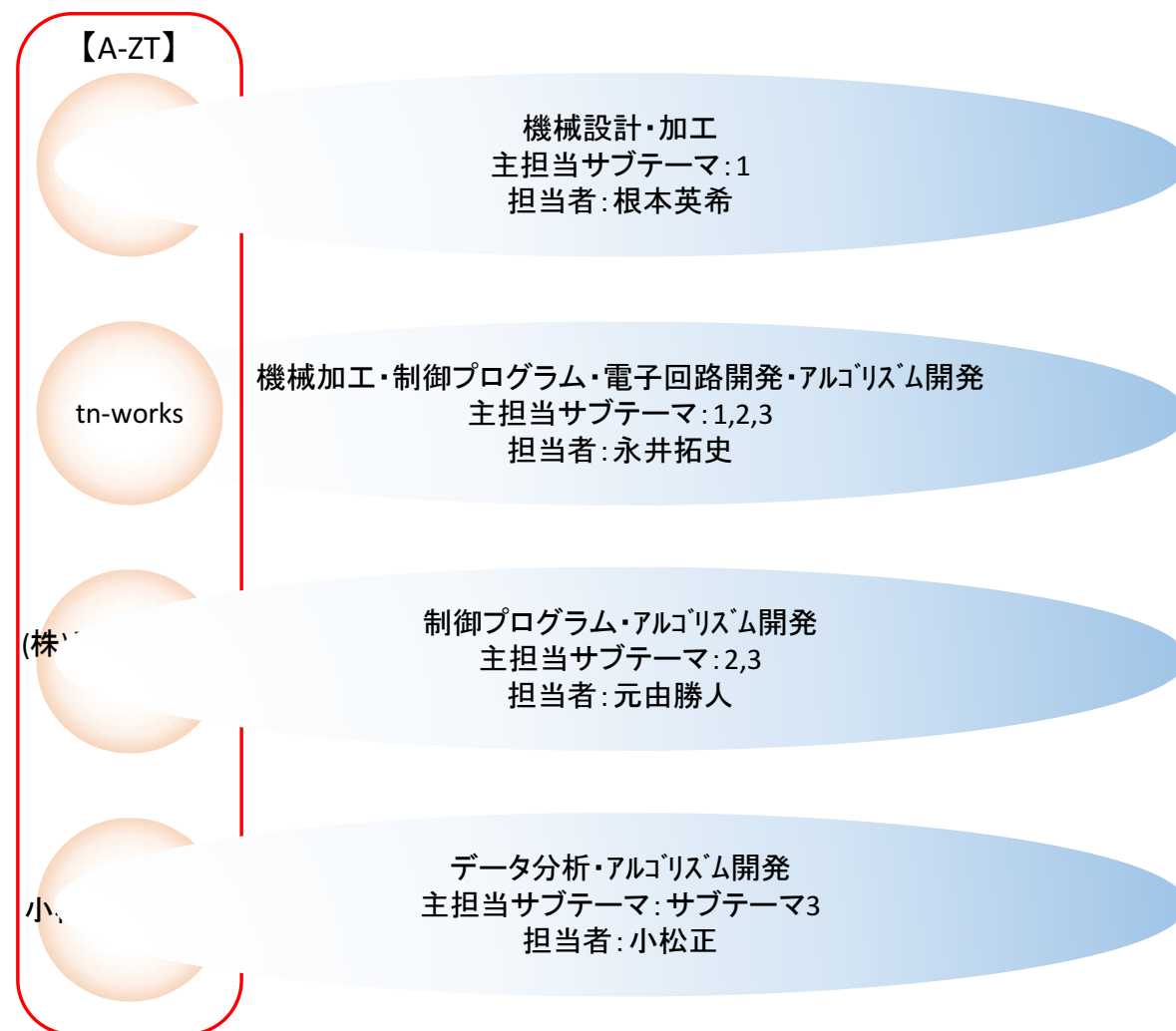


図7 開発体制

株式会社 Will-E は主に機械設計・加工を担当する。Will-E の 根本は、自動車メーカーにて自動車用内燃機関（ディーゼルエンジン）の開発設計経験を有しており、製品の開発プロセスの在り方に精通しており、エンジンで扱う水、油、空気等の流体、歯車、カム、ベアリング等を含む運動系の挙動、潤滑、構造体における耐久信頼性に係る基礎技術を有している。Will-E の代表者としては、土木建築業に関連するロボットの開発や小型モビリティの総合プロデュースと製品設計、試作開発の経験を有しており、現在は地域における新時代の中小企業ものづくりプラットフォーム（A-ZT）の構築・進化に取り組んでいる。また、本事業の核となる、水素吸蔵合金アクチュエータの

製作・使用実績を有する。電源などを使用しない、太陽光による熱を利用したアクチュエータを開発し、産業機械（試作機）に導入した。本事業では、特に本実績を有することから、水素吸蔵合金アクチュエータの開発を担当する。

tn-works は、主にセンサ開発、電子回路設計・基板加工・製作、各種ソフトウェア開発、サーバ運営・開発を主とした個人経営の事業所である。tn-works の代表の永井はこれまでに、生物とセンサの関わりを工学の側面から取り組んできた実績がある。例えば、ヒトの行動を各種センサ（赤外線センサ）で取得し、後述の小松研究事務所と共同で、データマイニングによりモデルを構築し、それに基づいたセンサ系（センサを制御する制御基板・ソフトウェア開発）を構築して、製品レベルへと昇華した。また、理論上水深数千 m までの水圧に対応する水深・水温センサ（データロガー）の原理試作を開発し、実際に魚類に装着し、データを取得・検証したなどの実績を有する。本事業では、これまでに得た実績を活用して、センサ技術や電子回路設計・開発、それを制御するソフトウェアの開発を担当する。

株式会社元由アテンダントサービスは、ソフトウェア開発、ハードウェア設計開発、3D モデリングおよびスキャニングを主な業務とする。

ソフトウェアでは先端テクノロジーを応用したアーティスティックでクリエイティブな創造を目標に掲げ、各種映像表示に趣向を凝らしたアミューズメント性の高いアクティビティを企画・立案し、先端技術ならではの革新的な表現手法により、子供から大人まで親しみをもって楽しめるソリューションの実現を目指す。

実績としては、各種 RGB-D カメラからの 3 次元データを元にインタラクティブなサンドボックスの作成と、各自治体および教育機関などのイベントのアトラクションとしての提案や、プロジェクターの映像を人の動きと連動させダイナミックに変化するプロジェクション関連ソフトの開発などを行ってきた。

また、変位、速度変化などセンサを用いて取得し、制御理論に基づいた安全で快適な、かつ生活弱者にも優しい移動手段としての電動倒立自動車を開発し、さらに同様の技術を応用した、技術者をめざす若者向けの学習素材になるようなキットの開発販売を目指して活動している。

本事業では、今までの実績を生かし、特に日本の未来を担う若者に対して、新たな可能性と技術的展望を感じられるマシンを目指して、センサシステムの開発・データの収集などを担当する。

小松研究事務所は、代表である小松が個人事業主として、研究開発に関する業務（研究統括、実験計画、データ解析、論文執筆など）を請け負うことを主として活動している。小松の専門は生物学であり、ヒトを含む動物の行動学・生態学の知見を基盤として、データ解析・データマイニング技術を活用したプロジェクトに取り組んできた実績がある。前述の tn-works との共同事業はその一部である。本事業では、アクチュエータに関連するデータ取得の実験計画および影響モデル作成のためのデータ解析を担当する。



また、マスタースケジュール案を以下に示す。

No.	大項目	小項目	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q	7Q	8Q
1	【サブテーマ1】 水素吸蔵合金アクチュエータの設計・開発	材料の選定	■							
2		アクチュエータ(ミニチュア)の設計		■						
3		アクチュエータ(ミニチュア)の組立			■					
4		アクチュエータ(ミニチュア)の検証				■				
5		課題抽出					■			
6		形状探索					■			
7		アクチュエータの設計						■		
8		アクチュエータの組立							■	
9		アクチュエータの検証								■
10	【サブテーマ2】 センサシステムの開発	センサの選定	■							
11		センサシステム設計		■						
12		センサシステム開発			■					
13		センサシステム検証				■				
14		制御システムの開発							■	
15		制御システムの検証								■
16	【サブテーマ3】 センサデータの解析・モデル構築	センサデータの取得(ミニチュアモデル)			■	■	■			
17		データ解析				■	■			
18		課題洗い出し					■	■		
19		モデル構築						■	■	■
20		モデル検証							■	■

図8 マスタースケジュール案(1Q=3 カ月単位)

2019年の公開に向けた計画として、ある程度のリスクマネジメントも考慮したスケジュールとした。各々、個人事業主もしくは小規模の企業ではあるが、ものづくりを行うべくして、幅広い分野の技術を網羅した集団としてA-ZTという団体を立ち上げ、協力を行うことで、本事業の目的を達成したい。

## 6. 技術的発展性及び社会への波及効果

本事業は、今後のロボット産業の開発に一石投じるものと考えており、様々な分野での活用が見込めるものとする。本提案の中心となる、水素吸蔵合金アクチュエータの技術は、ロボットやそれに準ずる産業機械のエネルギー消費量の増大の課題をある程度軽減できる可能性がある。図9は国内ロボット市場規模予測であるが、2035年には9.7兆円規模になることが予想されている。こうしたことから、今後のロボットの動作に本提案のようなアクチュエータを使用することにより、市場の広がりの可能性が期待できる。



図9 国内ロボット市場規模予測[5]

また、本提案では、大小のアクチュエータを開発して、それぞれのデータを取るところから、ヒトの補助具としての用途もあると考えている。例えば、電動車椅子などに使われている背もたれや位置を調整するアクチュエータ[6]などに使用することで、無駄なバッテリー消費を防ぐことが可能であるとする。これは、ヒトの熱で温めることで、アクチュエータを動かすことで、車椅子の座面などの位置の制御ができることによる。こうしたことにより、主に福祉用具への展開なども検討できるものとする。本市場は2015年7月現在の調査では図10のような規模になっている。

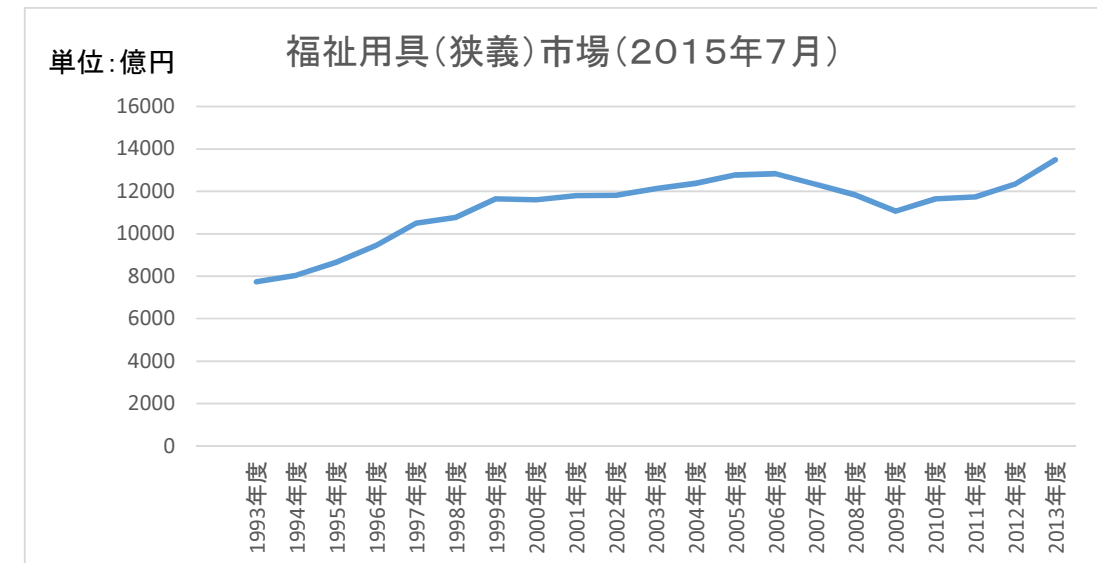


図10 福祉用具(狭義)市場(2015年7月現在)[7]

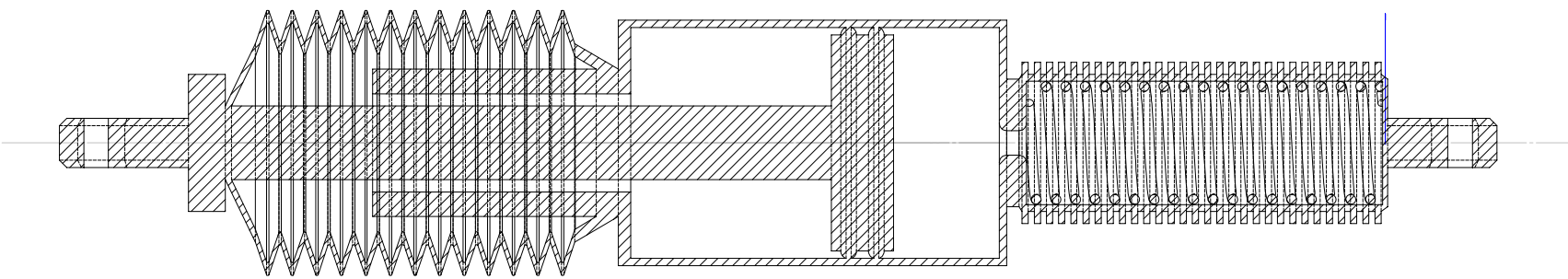
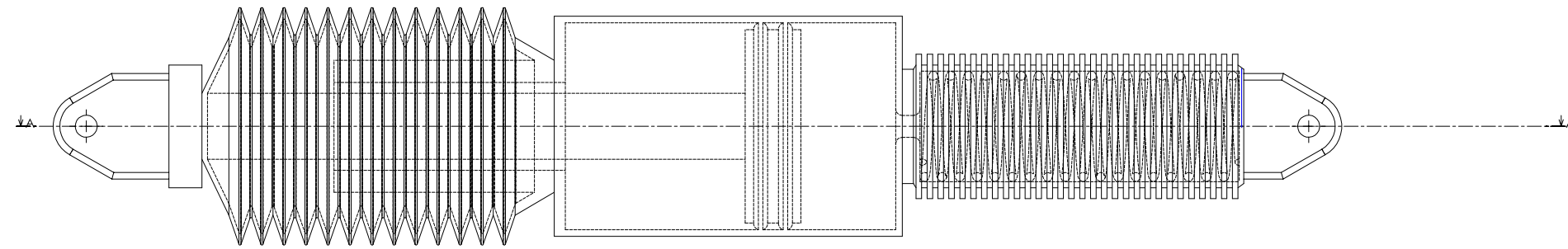
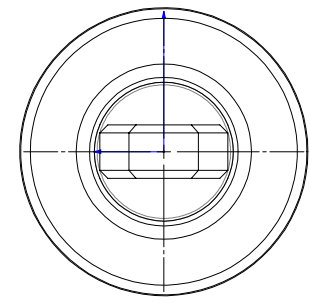
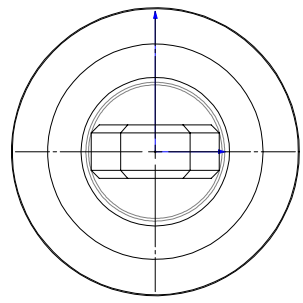
ここで、狭義の福祉用具には、移動機器や義肢・装具などが含まれる。2009年以降、市場は増加傾向にある。本事業で生み出されたアクチュエータは電源などを持たないため、福祉用具へ活用することにより、メンテナンスフリーで使いやすい付加価値を持ったものを世の中に提供できるものとする。

本事業では、最終的な目標はガンダムに実装するアクチュエータを開発することであるが、それに至るまでの技術をこれまで述べた分野に投入することにより、国内はもちろんのこと、世界で活用できる技術になると考えている。

## 7. 参考文献

- [1] 防衛省, "キネティック弾頭要素の性能確認試験の結果について", <http://www.mod.go.jp/trdi/news/0612.html>
- [2] 国際連合, "World Population Prospects, the 2015 Revision", <http://esa.un.org/unpd/wpp/>
- [3] 東北大学工学部材料科学総合学科, "高校生のための入門講座", [http://www.material.tohoku.ac.jp/dept/lecture/lecture\\_11.html](http://www.material.tohoku.ac.jp/dept/lecture/lecture_11.html)
- [4] 佐藤, 井野, "水素吸蔵合金アクチュエータの基礎と応用", JVRSJ, Vol.13, No.2, June. 2008.
- [5] 経済産業書・NEDO, 平成22年ロボット産業将来市場調査
- [6] LINAK, "車椅子 アクチュエータの活用", <http://www.linak.jp/medline-careline/?id3=2983>
- [7] 日本福祉用具・生活支援用具協会, "2013年度 福祉用具産業の市場規模調査結果報告【概況版】", <http://www.jaspa.gr.jp>

SYM	DATE	REVISION RECORD	NOTICE No.

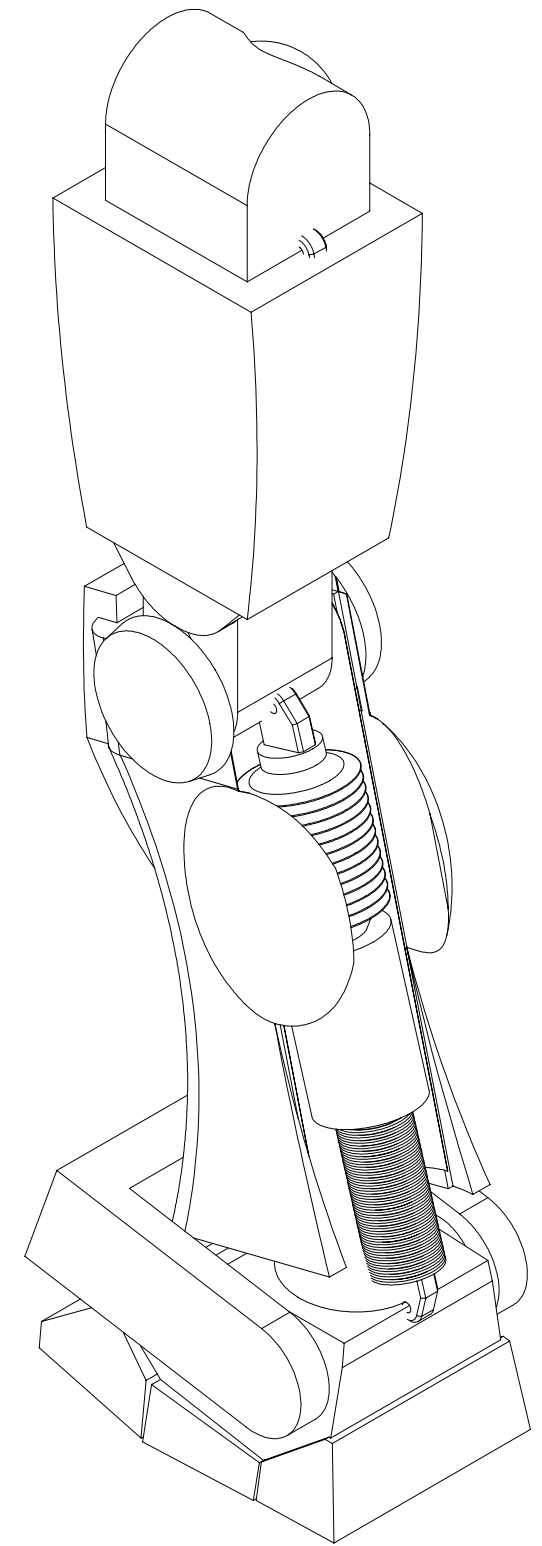
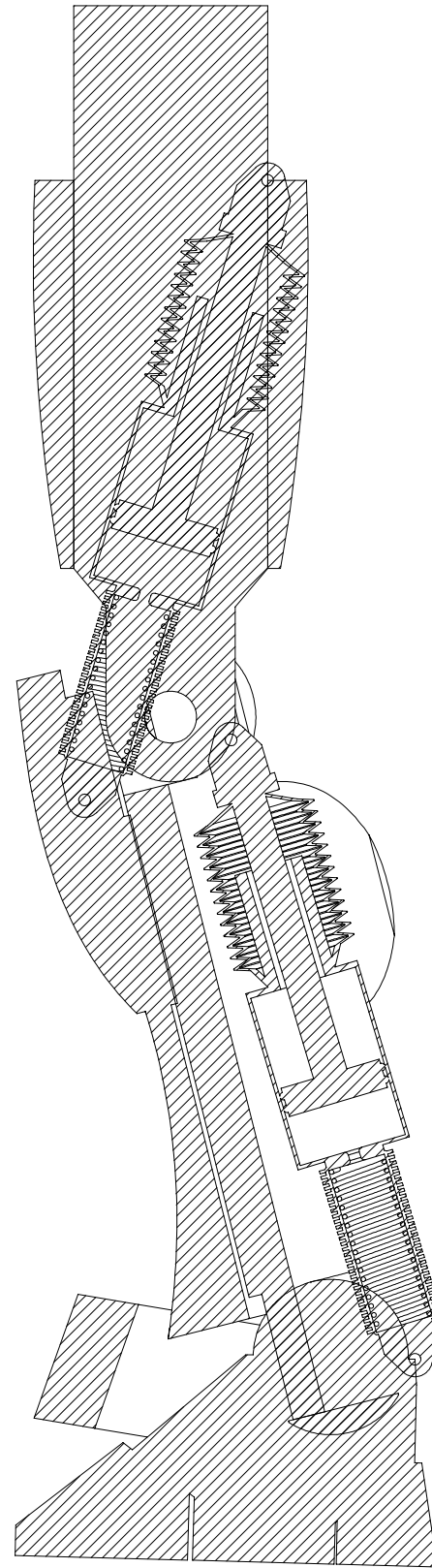
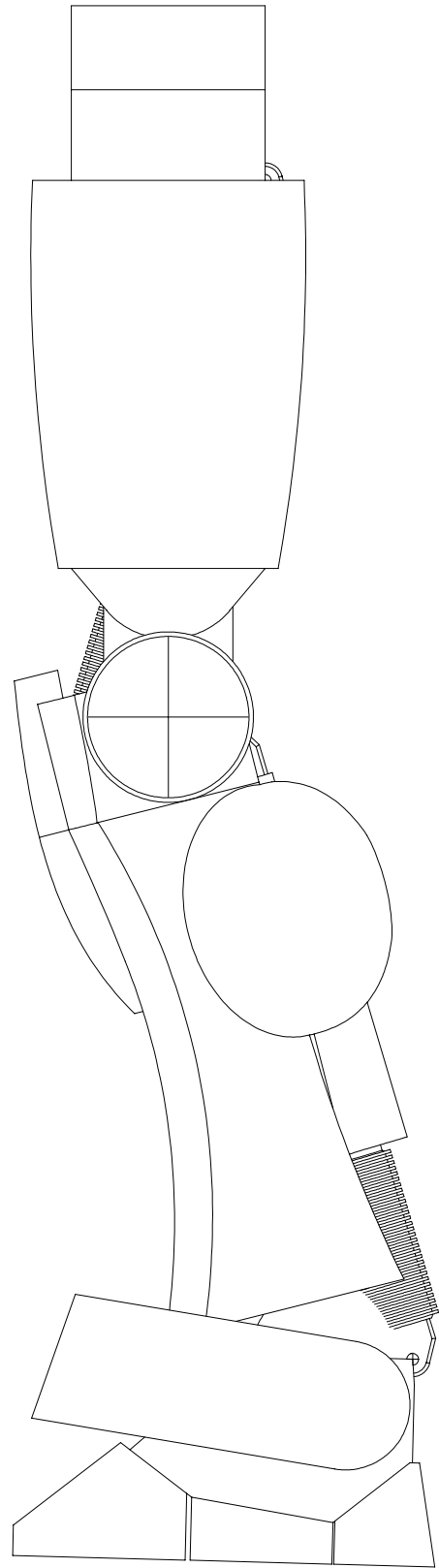
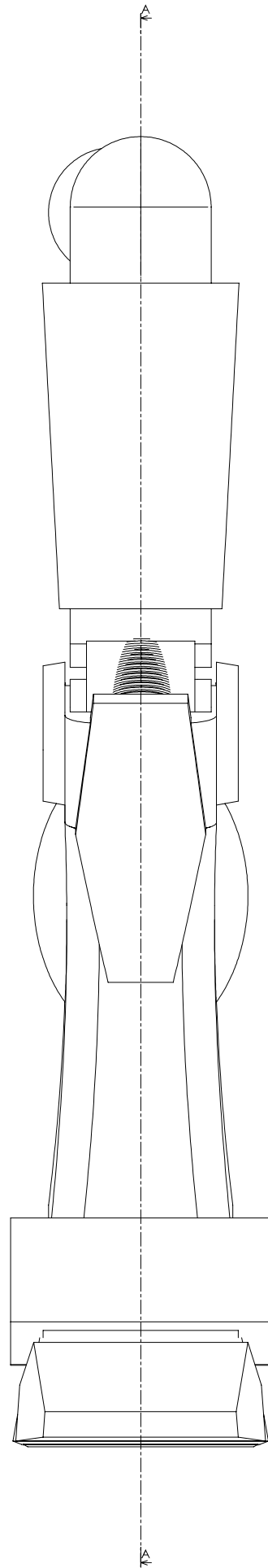


断面図 A-A  
スケール 1:1

PART No.	SUBJECT	QTY/UNIT	ALL QTY	MATERIAL	REMARKS
	SECRET PROJECT				
	SECRET				GGC
SECRET	SECRET				HM-AQTUATOR
					W-002
					CUSTOMER
				A-ZT	A 0



SYM	DATE	REVISION RECORD	NOTICE No.



断面図 A-A  
スケール 1:20

PART No.	SUBJECT	QTY/UNIT	ALL QTY	MATERIAL	REMARKS
①	FIN PROJECT				
SCALE	MATERIAL MASS			TITLE	
APPD	CKD DESIGN			DWG. No.	
<b>WII-E 株式会社 WII-E</b>					CUSTOMER