

令和4年度 重要技術管理体制強化事業成果報告書

「事業名：我が国におけるX線CTを用いた
CPE体制構築可能性調査」

サイバー・フィジカル・エンジニアリング技術研究組合

本調査事業概要（実施計画書より）

技術進化の著しい最新の中国製電気自動車を例にして、部品の3D計測（車体の中での三次元的な配置とそれぞれの形状の計測）と材料分析によるリバースエンジニアリングを行い、そのデータを元にした、各種CAEシミュレーションモデルの作製と、得られたシミュレーションの検証など一連の基盤技術の試験研究を行い、また海外先行技術との比較など技術動向を把握する。これらにより、CPE技術の現時点での課題や今後の方向性などを明確にし、我が国製造業の設計生産情報の新しい展開に貢献するとともに、安全保障上で懸念されるリバースエンジニアリングによる技術情報流出対策に資することを本事業の目標とする。

R4年度実施計画

- (1) 製品の計測、材料・回路・半導体分析、データ化
 - (1)－① X線CT及び光学系スキャナーなどによる製品の構造・電気配線等非構造部品の配置の計測
 - (1)－② 製品の分解による個別部品の材料分析(機械特性、物性計測)・半導体の分析、非分解での回路の特性計測
 - (1)－③ CAE(Computer-Aided Engineering)のためのデータベース管理手法の検討
- (2) CAEモデル化、シミュレーション
 - (2)－① 衝突、EMC等についてCAEモデル計算
 - (2)－② CAEモデル化に必要なデータ構造検討、主要コンポーネントのBOM(Bills of Materials)分析
- (3) 本調査の目的を達成するための我が国体制の在り方の検討
 - (3)－① 我が国におけるCAEサービス提供の仕組みの検討
 - (3)－② 我が国におけるX線CTを用いたCPE体制構築可能性の検討
 - (3)－③ CPE技術の将来展開

NIO-ES8/EC6の分解・リバースによるベンチマーキングについて

NIO-ES8

メーカー: 上海蔚来汽車(別名NIO) 中国EVメーカー
米NYSEにも上場 2021年ノルウェーで販売開始

ES8: 2019年販売開始

最新の運転支援技術を搭載

イスラエル・モビルアイ社の最新画像処理チップ

EyeQ4により実現

当初、バッテリー発火事故が発生したが、解決済と発表
満充電時の航続距離は650km

NIO-ES8



NIO-EC6



<ベンチマーキングの考え方>

- ◎ テスラキラーと言われ、欧米市場への展開を予定: 最高の技術(欧州支援)を搭載
- ◎ 信頼性設計の考え方: 日本車と比較したビジネスモデルの違い
- ◎ 自動車全体像を把握し、ハード・ソフト両面から調査
- ◎ 今後継続的に技術革新・イノベーション動向を把握するための基盤情報を獲得し、ノウハウを検証確立することが不可欠

<NIO-EC6>

- ◎ バッテリー充電およびバッテリー交換設備用の広範なネットワークを備えたモバイルインターネットベースの電力ソリューションにも対応
充電式、交換可能、アップグレード可能なバッテリーを備えた電源。全固体電池への転換も視野に入れ、最新技術を導入。

当初同種2台予定→EC6:分解 ES8:非分解(X線CT)
世代の違いのベンチマークも可能

(1) 製品の計測、材料・回路・半導体分析、 データ化

(1)－① X線CT及び光学系スキャナーなどによる製品の構造・電気配線等非構造部品の配置 の計測

令和3年度に購入した中国製電気自動車に対して、車両分解による部品の3D計測とCADに類するデータ化を行いながら、その簡便化・自動化への検討を行い、分解された部品等に対してのX線CT計測・データ化を行う。さらに、車両分解による重要な部品についてのサプライヤー調査を行う。また、フラウンホーファ超大型X線CT等による非破壊計測を実施する。

(1)－① 車両分解と3D計測、CADデータ化

今年度実施内容

・車両分解と3D計測

昨年度に引き続き、足回り部品等各種部品のバラシを実施。

バラシた部品のASSY(組立)状態での計測

ホワイトボディに対し他社X線CT撮影のための切断等の対応

配線・配管状態

・データ化

部品データのBOM(Bill of Materials 部品表)作成

車両全体のデジタルモデル作成

衝突解析、EMC(Electromagnetic Compatibility

電磁両立性)等CAE(Computer Aided

Engineering)用リバーズモデル作成

・サプライヤー調査

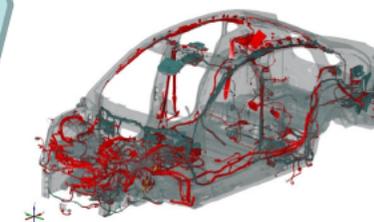
バッテリー、ブレーキキャリパー等に対して実施



フィジカル



サイバー



今年度成果

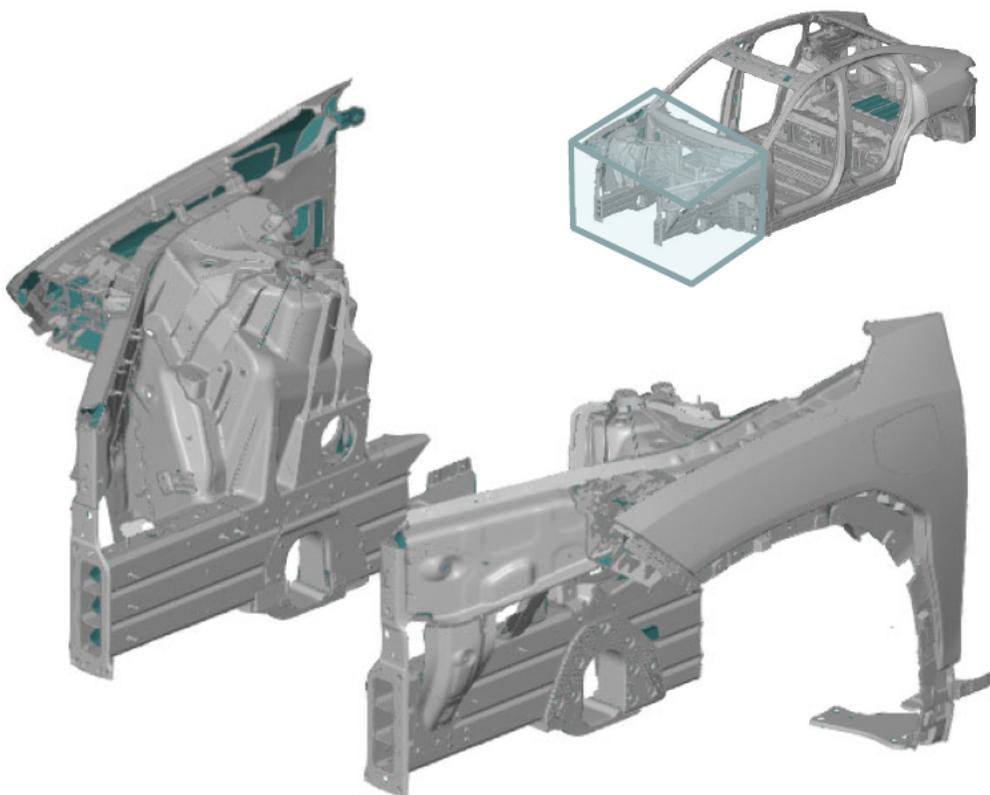
・接着接合を多用する車両に対して、バラシによる光学測定では、部品境界面の特定が難しいなどの問題点が明らかとなった。

・X線CT計測との組み合わせにより、計測装置にこだわることなく、それぞれの長所を活かした計測・モデル化により、より早く、より正確に可能となることが明らかとなった。

NIO EC6撮像(分割)部品データ化(一例)

部番	部品名
10211	FR FENDER ASSY RH
10261	FR FENDER ASSY LH
10611	FR W/H UPR MBR OUTER RH
10621	FR DMPR HSG RH
10622	FR W/H UPR MBR INNER RH
10623	FR W/H UPR MBR GUSSET RH
10626	FR W/H UPR MBR GUSEET BRKT RH
10627	FR DMPR HSG BRKT RH
10631	FR W/H UPR MBR PATCH A RH
10632	FR W/H UPR MBR PATCH B RH
10633	FR W/H UPR MBR PATCH C RH
10711	FR W/H UPR MBR OUTER LH T20
10721	FR DMPR HSG LH
10722	FR W/H UPR MBR INNER LH
10723	FR W/H UPR MBR GUSSET FR LH
10724	FR W/H UPR MBR GUSEET RR OUTER LH
10725	FR W/H UPR MBR GUSEET RR INNER LH
10727	FR DMPR HSG BRKT LH
10733	FR W/H UPR MBR PATCH C LH
10811	FR LWR FLAME ASSY
10812	FR SIDE FLAME STIFF OUTER RH
10813	FR SIDE FLAME STIFF INNERRH
10814	PATCH FR SIDE FLAME BRKT RH B
10815	FR BMPR BEAM EXTN FLANGE RH
10816	FR BMPR BEAM EXTN BRKT RH
10830	FR JACK UP POINT BRKT FR RH
10831	FR JACK UP PINT RR RH

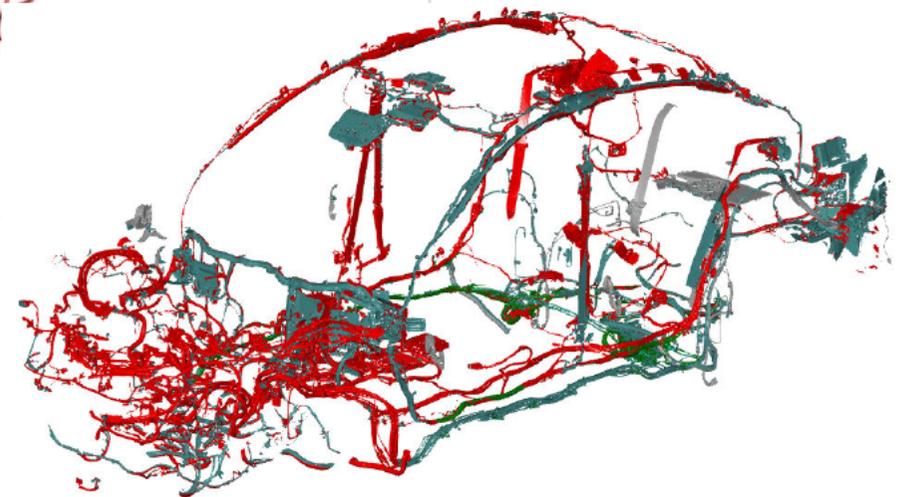
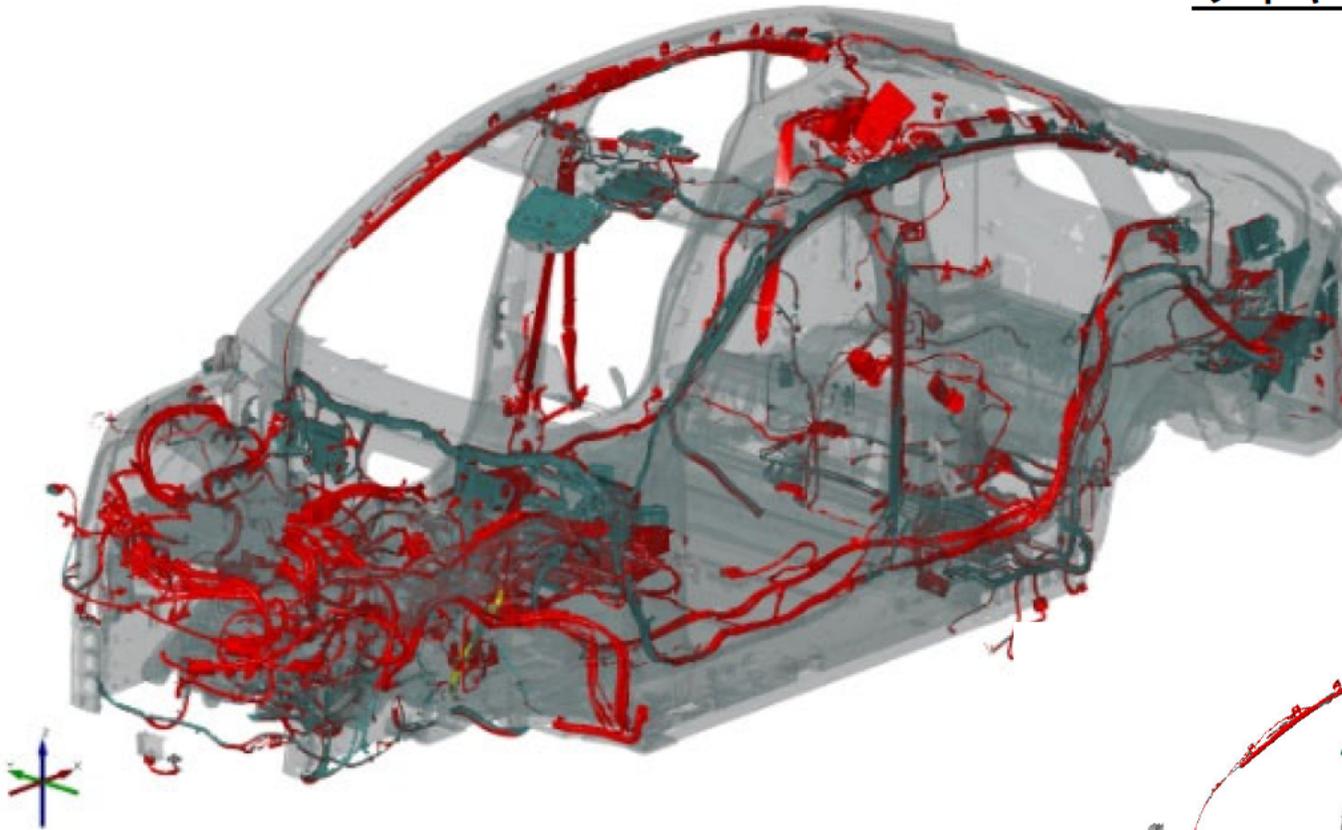
①10211~10915 FR SIDE FRAME周り



部番	部品名
10900	FR JACK UP POINT BRKT FR LH
10901	FR JACK UP PINT RR LH
10901	FR JACK UP PINT RR LH
10912	FR SIDE FLAME STIFF OUTER LH
10913	FR SIDE FLAME STIFF INNER LH
10914	PATCH FR SIDE FLAME BRKT LH
10915	FR BMPR BEAM EXTN FLANGE LH

NIO EC6撮像(分割)部品データ化(電装系)

ワイヤーハーネス、配管周り

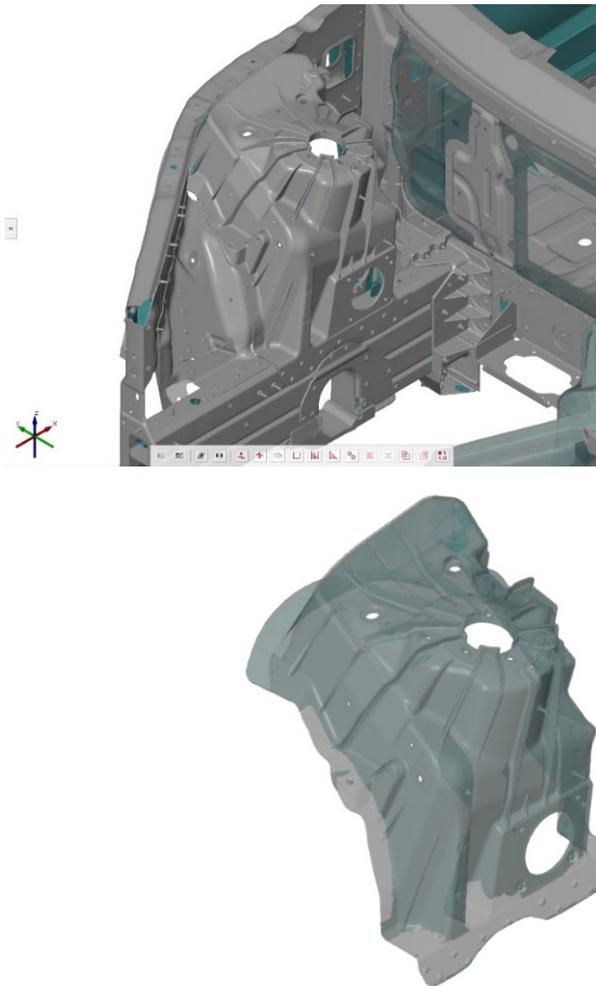


※ホワイトボディは参考

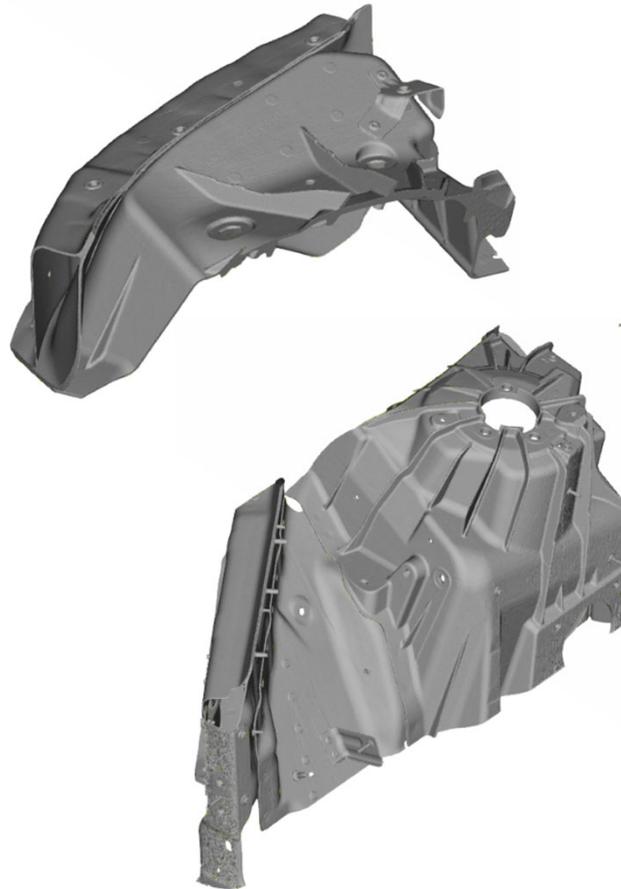
光学スキャンとX線CT計測の組み合わせによるデータ作成

光学スキャンとX線CTからのSTL (Stereolithography 三次元形状) データを組み合わせ
てCAD (CAE可能な三次元モデル) データを作成した。

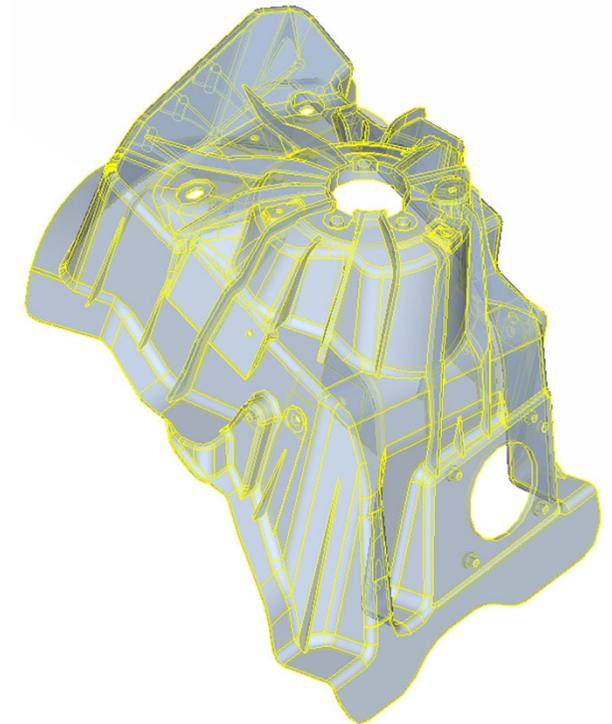
光学スキャナ



X線CT



CAD



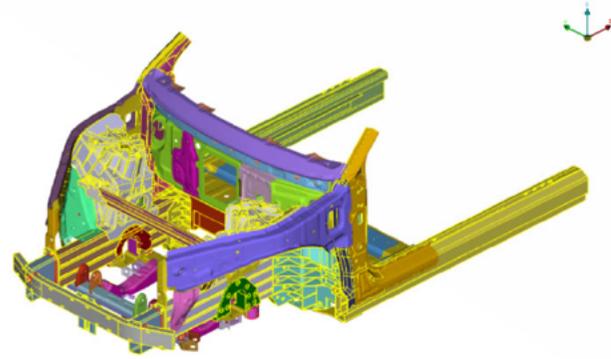
計測装置にこだわることなく、それぞれの長所を活かした計測、撮像を実施し、
より早く、より正確なデータ化ができた。

衝突解析CAE用リバースモデル

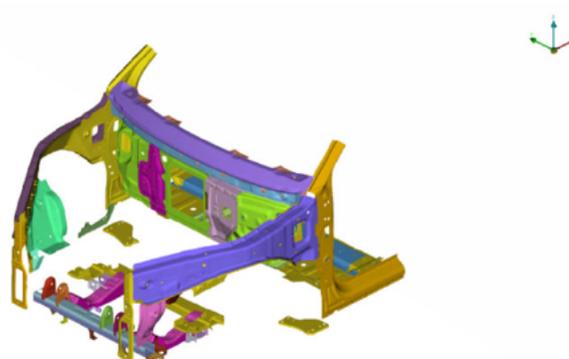
様々な要因(工数等)により、前面衝突に特化したダッシュボード(DA/BD)パネル後方までのモデルを作成。

- ⇒ 光学スキャナのデータが使用できるパーツはSTLからFE(Finite Element 有限要素)モデルを作成
- ⇒ 光学スキャナのデータが使用できないパーツはCAD化しFEモデルを作成

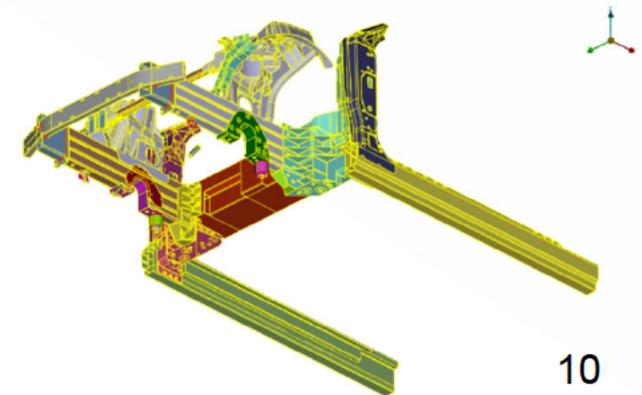
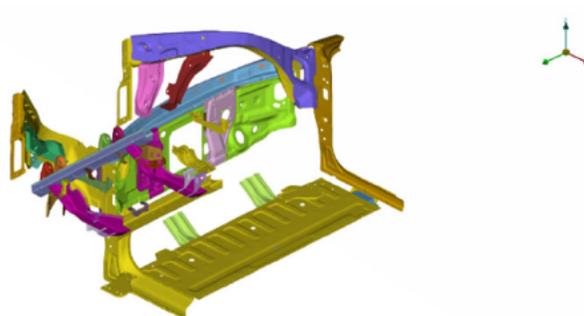
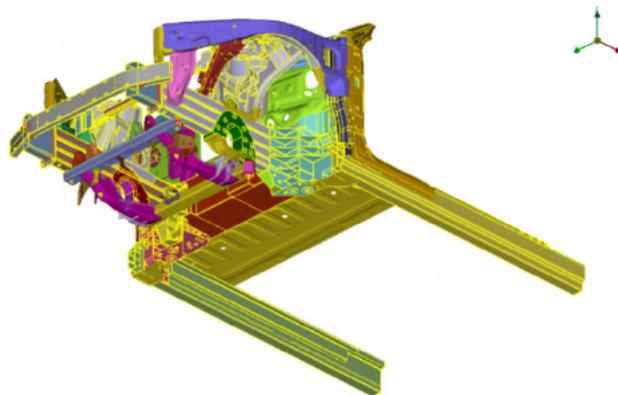
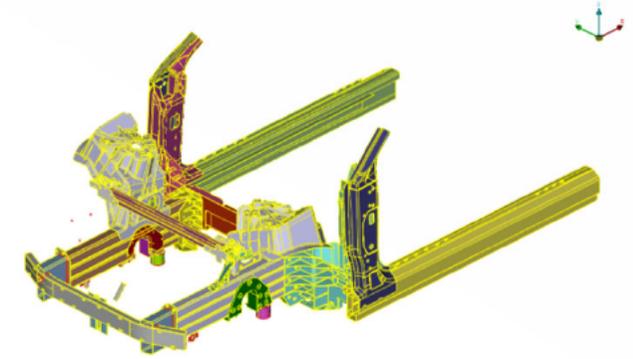
フルデータ



STL



CAD



サプライヤー調査(一例)

①バッテリー

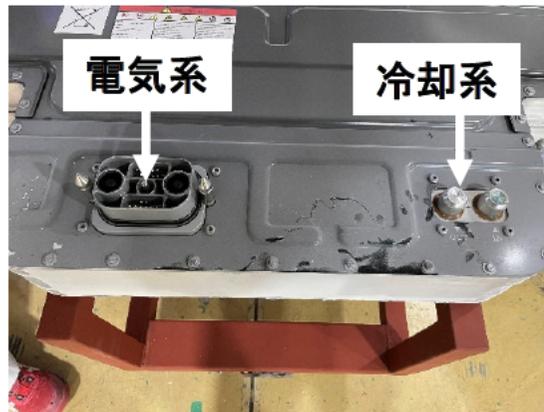
メーカー: CATL(寧徳時代新能源科技)

⇒ 電気自動車(EV)の基幹部品である車載電池でトップを独走

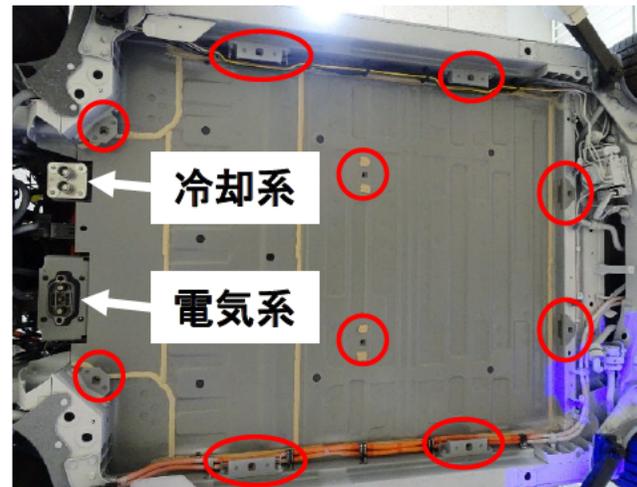


スワップ方式の脱着システム

バッテリー



車体フロア



脱着時画像

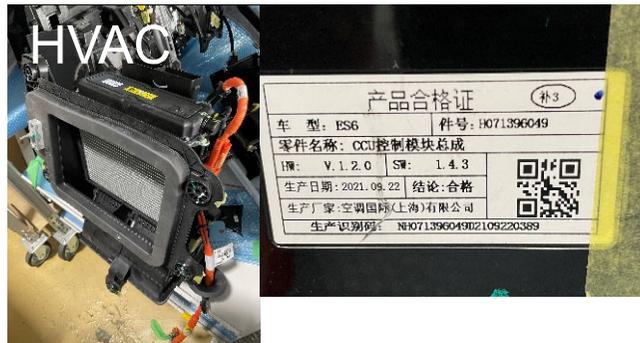


○:車体とバッテリーの締結箇所10点(すべて下からアクセス)
電気系と冷却系の接続はそれぞれ一か所ずつ(いずれも下からアクセス)

サプライヤー調査まとめ

メーカー名が記載されている部品は欧州メーカーが非常に多く見られる。
但し、製造は中国国内である。(Made in China)
また、中国国内のサプライヤー名が記載された部品も散見される。
基幹となる車両制御や通信関係のユニット類は自社(NIO)製としている。

中国国内サプライヤー製



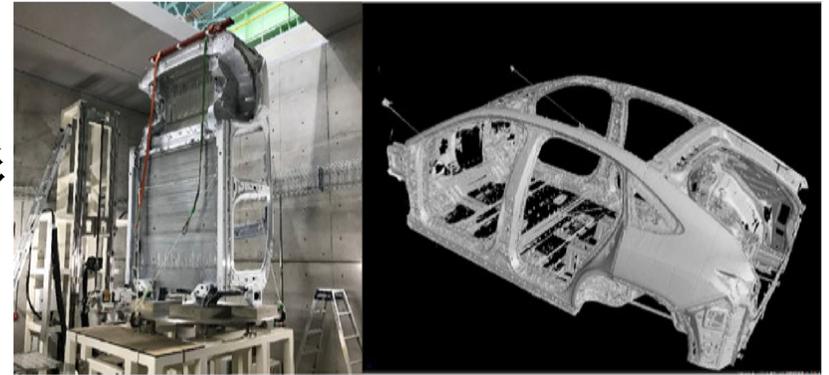
自社製



(1)－① 分解された部品等に対してのX線CT計測・データ化

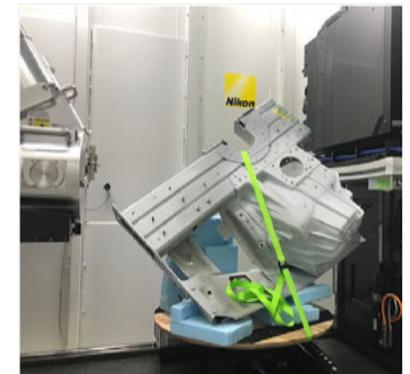
今年度実施内容

- ・ホワイトボディ(WiB)のX線CTによる3D計測
居室部と前輪部に切断し、それぞれをX線CT撮影
居室部:ナカシマプロペラX線CT装置
前輪部:ニコンソリューションズX線CT装置
- ・居室部X線CTデータのSTL化
3D可視化は可能だが、STL化は不可能
手動での処理には膨大な時間が掛かることが判明。
内部構造が必要な重要部(Aピラー)について、寸法形状を推測し、なんとかCAD化。
- ・前輪部X線CTデータのSTL化
フラットパネルとラインセンサの検出器の違いによるデータの比較
ラインセンサによるX線CT撮像を被検体の姿勢を変えることで取得
撮像できる領域を最大限にする様に実施



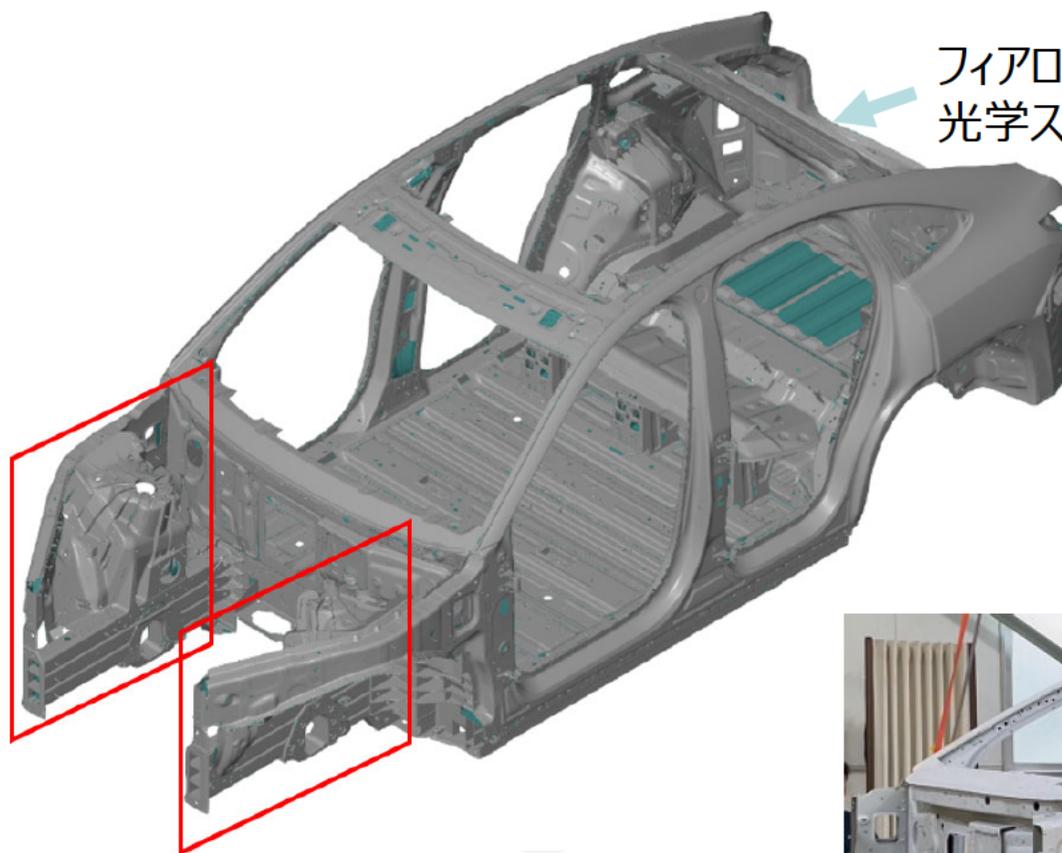
今年度成果

- ・今回利用したX線CT装置の性能比較と課題をまとめた(p.22)。
- ・450keVの線源ではホワイトボディ全体を取得するには出力不足。
- ・小型部品でもフラットパネルでの撮像データはノイズが多くSTL化はできないこと、
ラインセンサからのSTL化は取得範囲の制限があるため、姿勢を変えて複数回撮像・データを合成することで可能であることを確認した。
- ・同一素材(アルミ鋳造/板など)の接合部などセグメンテーションが次の課題となる。 13



Nio_EC6_ホワイトボディ前輪部と居室部に切断

前輪部



ファイロコーポレーション
光学スキャナ撮像によるSTLデータ

居室部



ナカシマプロペラでのホワイトボディ居室部計測立ち合い作業概要

- ・ ホワイトボディのX線CT装置による計測のためのセッティング、試し撮り:8/1
- ・ 居室前部 計測条件だし:8/18-19 前部データ取得(13スライス):8/20-21 前部データ確認:8/22
- ・ 居室後部 計測・前部データ取得(8スライス):8/22-23、8/24:後輪部データ確認、搬出

X-ray CT Inspection / 大型X線CT装置<ナカシマプロペラ>

ホワイトボディ設置風景

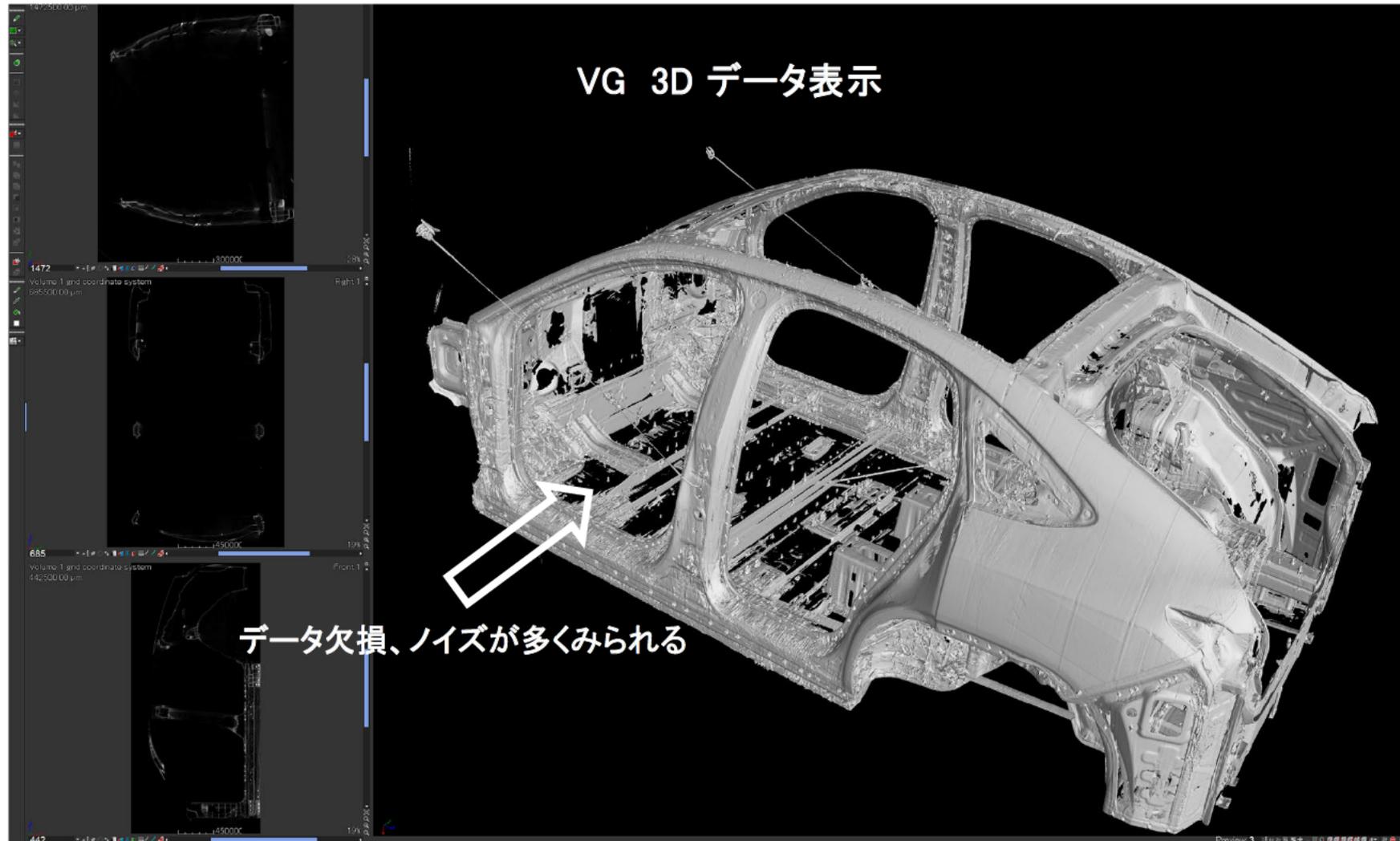
フラットパネル検出器



居室部 ナカシマプロペラでのCT計測
VG:Voleme graghic社CT再構成ソフト 画像



居室部 ナカシマプロペラでのCT計測



前輪部 ニコンソリューションズLESでのCT計測



LES
ニコン社 X線CT装置



前輪部 ニコンソリューションズLESでのCT計測

フラットパネルパネルシフト取得CT領域
1スキャンCT取得時間: 12分
Voxel Size: 141.5um
範囲: $\phi 530 \times H 280 \text{mm}$



CLDAラインセンサー取得CT領域
1スキャンCT取得時間: 46時間
Voxel Size: 226.5um
範囲: $\phi 418 \times H 880 \text{mm}$



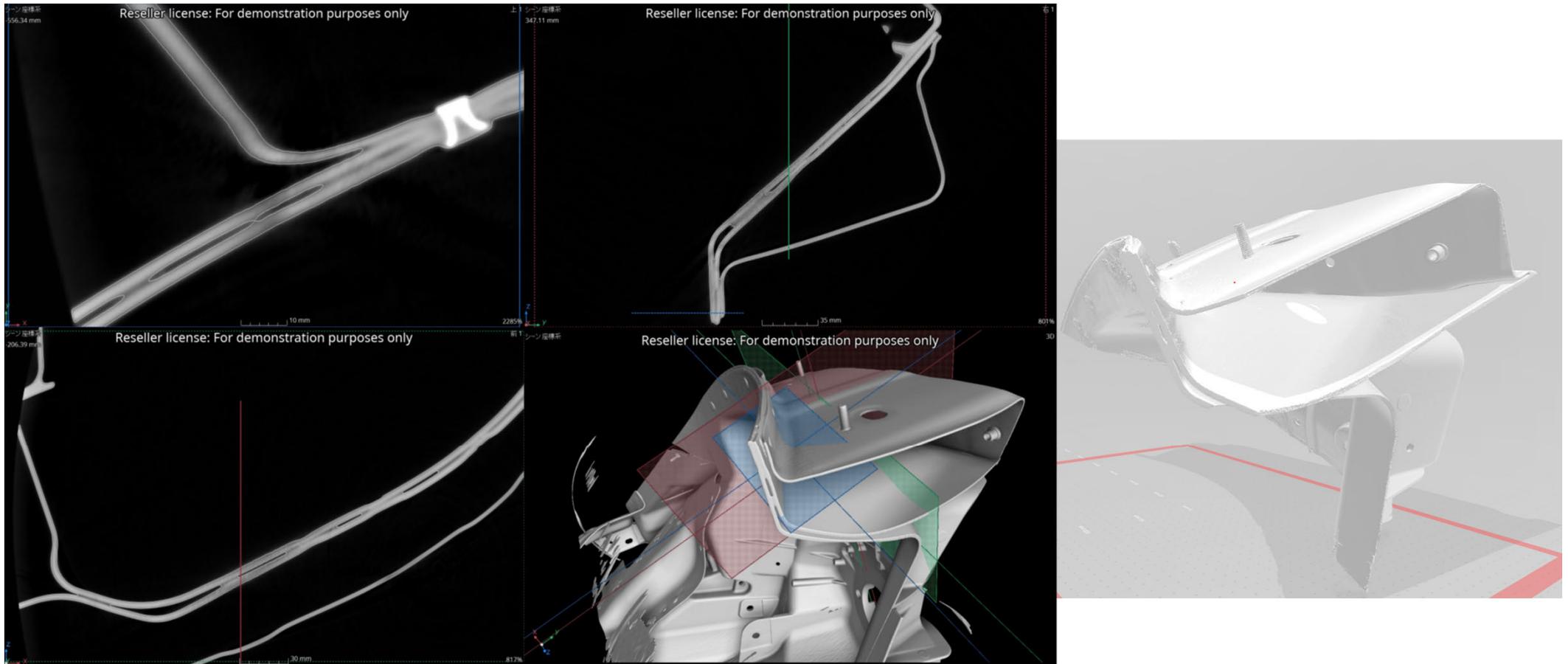
センサー別STLデータ比較

右のラインセンサーに比べ左フラットパネルのSTLデータ画像の平面部にノイズが多くみられる



前輪部 ニコンソリューションズLESでのCT計測

VG 3D及びXYZ 3方向カット断面



新たな課題: 同一素材の隣接部のセグメンテーション

装置別X線CT計測の性能比較と課題

ホワイトボディの各種CAE解析を行うための課題

- ① CTデータからSTLデータへの変換ができるか(自由曲面を取り込む、内部欠陥のSTL、内部構造のSTL)
- ② アルミのパネルの溶接部分を分離判断できるか

	カシマフラット	カシマライン	NSLフラット	NSLライン	超大型(参考)
線源 ディテクタ	450keV ミリフォーカス フラットパルセセンサー	450keV ミリフォーカス ラインセンサー	450keV マイクロフォーカス フラットパルセセンサー	450keV マイクロフォーカス CLDAラインセンサー	9 MeV LINAC ミリ フォーカス ラインセンサー
透過力	○	○	△	△	◎
解像度	△	○	◎	◎	○
ノイズ量	大	低	大	低	低
取得 範囲	φ2500 x H173mm (1Scan)	最大φ1100mm 最大H2700mm	φ530 x H280mm (1Scan)	最大φ550mm 最大H950mm	φ3300 x H5000mm
課題	①NG ②NG	①OK ②NG	①△(VGでノイズ除 去作業が必要) ②NG	①OK ②NG	
対応 方法	人手でCAD化 低ノイズ化/セグメンテーション ソフト導入検討 (Retomo/Simple ware)	低ノイズ化/セグメンテーション ソフト導入検討 (Retomo/Simple ware)	人手でCAD化 低ノイズ化/セグメンテーション ソフト導入検討 (Retomo/Simple ware)	セグメンテーションソフト 導入検討 (Retomo/Simple ware)	

(1)－① フラウンホーファ超大型X線CT等による非破壊計測

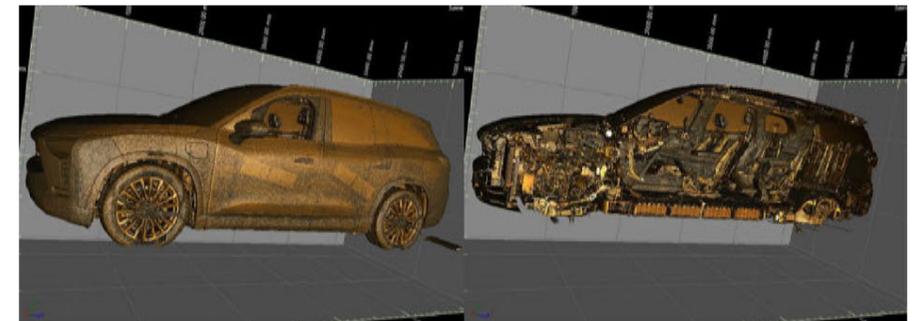
今年度実施内容

- ・NIO ES8をドイツに輸送し、世界最大であるフラウンホーファEZRTの高エネルギーX線CT装置を用いて、車両撮像を実施。
- ・撮像の様子や結果、現地でのヒアリング等から、X線CT技術のデジタル化を行う上での課題などを明らかにする。
- ・現地撮像・画像処理 2022年10月24日～12月19日
最終納品 2023年1月26日



今年度成果

- ・車両の寸法上の問題から一回で車両全体の撮像ができず、前半分、後半分を分けて撮像を行なった。
- ・撮像により、以下のことが明らかになった。
車両一台分の計測データが大きい事(約250GB)
レンダリング画像としては非常にクリアであり、レイアウト確認には十分
金属だけではなく、ゴム、樹脂部品なども形状確認可能



(1) 製品の計測、材料・回路・半導体分析、 データ化

(1)－② 製品の分解による個別部品の材料分析(機械特性、物性計測)・半導体の分析、非分解での回路の特性計測

車両分解から得られた主要な個別部品の計測・同定、回路入出力特性、半導体の分析、サプライヤー調査を行う。

(1)－② 車両分解から得られた個別部品の材料分析

今年度実施内容

- ・主要な部品の簡易硬度計による測定とそれによる材料推定
ビッカース硬さ及び引張強さ(近似値)の2項目から確認した。

今年度成果

- ・BOMへの記載
EXCELでまとめたBOMに上記2項目を記載。



使用計測器: エルンスト社
コンピューテストSCX



計測風景

アルミ硬さ確認用 物性一覧

ビッカース硬さと引張強さのそれぞれの計測をn=7で実施。
⇒最大と最初を除いた5つの値から材料を推測。

BOMに材料欄を追加し、すべての計測値と予測材料を記載。
ほぼすべての部品でビッカースと引張強さで予測材料が一致し、
より簡便なビッカース硬さで推測が可能である知見が得られた。

例) ホワイトボディ(WiB) ルーフパネル(一部)

部No.	NAME	PHYSICAL	STL文件	STL样品	材料モデル化の可否	CADデータ	MATERIAL	ビッカース(HV)	引張強さ (N/mm ²)(近似値)	標準																								
12120	FR_ROOF_RAIL_COMP																																	
12121	FR_ROOF_RAIL				×	要 X線	ALUMINIUM	<table border="1"> <tr><td>88</td><td>74</td><td>266</td><td>307</td></tr> <tr><td>80</td><td>81.4</td><td>369</td><td>295.4</td></tr> <tr><td>84</td><td>A6063</td><td>335</td><td>A5052</td></tr> <tr><td>79</td><td></td><td>272</td><td>A6063</td></tr> <tr><td>84</td><td></td><td>260</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td>297</td><td></td></tr> </table>	88	74	266	307	80	81.4	369	295.4	84	A6063	335	A5052	79		272	A6063	84		260		80		297		1.5	
88	74	266	307																															
80	81.4	369	295.4																															
84	A6063	335	A5052																															
79		272	A6063																															
84		260																																
80		297																																
91100	スポット 010 3ヶ所																																	
91501	クリンキングスタッフ M 3ヶ所						STEEL																											
12122	FR_ROOF_RAIL_BRKT_R H				×	要 X線	ALUMINIUM	<table border="1"> <tr><td>77</td><td>104</td><td>339</td><td>287</td></tr> <tr><td>94</td><td>91.8</td><td>326</td><td>322.4</td></tr> <tr><td>99</td><td>A6063</td><td>355</td><td>A6101</td></tr> <tr><td>95</td><td>A6101</td><td>336</td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td><td>324</td><td></td></tr> <tr><td>74</td><td></td><td>286</td><td></td></tr> </table>	77	104	339	287	94	91.8	326	322.4	99	A6063	355	A6101	95	A6101	336		94		324		74		286		2	
77	104	339	287																															
94	91.8	326	322.4																															
99	A6063	355	A6101																															
95	A6101	336																																
94		324																																
74		286																																
91100	スポット 010 3ヶ所																																	

ビッカース(HV)		引張強さ (N/mm ²)(近似値)	
88	74	266	307
80	81.4	369	295.4
84	A6063	335	A5052
79		272	A6063
84		260	
80		297	

77	104	339	287
94	91.8	326	322.4
99	A6063	355	A6101
95	A6101	336	
94		324	
74		286	

(1) 製品の計測、材料・回路・半導体分析、 データ化

(1)－③ CAE (Computer-Aided Engineering) の ためのデータベース管理手法の検討

令和3年度に構築したCAD/CAEデータ管理環境にCAEモデルの格納を進め、データ利用の利便性とセキュリティのバランスを検討する。

(1)－③ CAE (Computer-Aided Engineering) のためのデータベース管理手法の検討

今年度実施内容

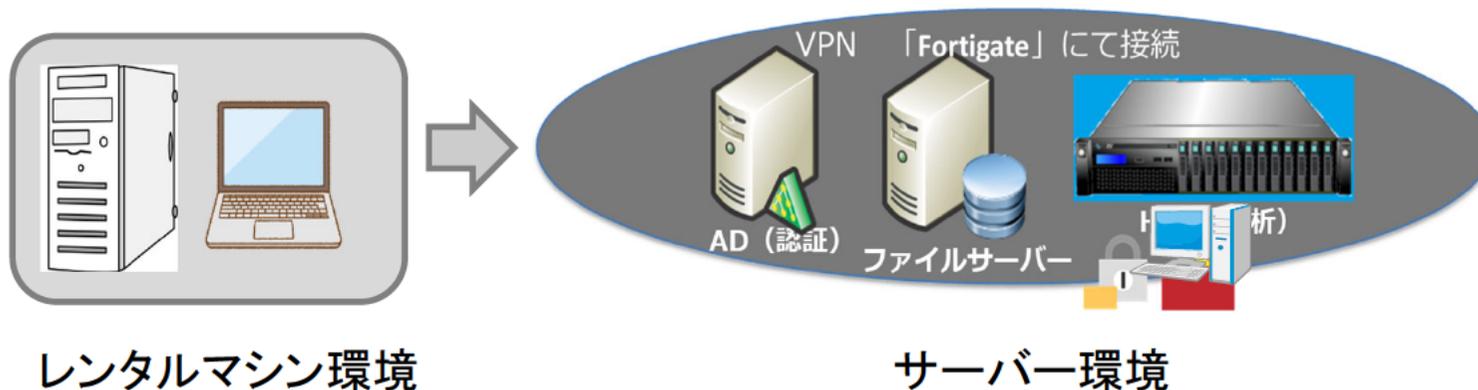
- ・データセンターに衝突計算用データを格納、リモートデスクトップ接続により計算を開始。
- ・昨年度は2022年3月にサーバーが設置されたため、データセンターサーバーは稼働テストのみの実施となり大規模計算はレンタルマシンで実施していた。
- ・大容量のCAEモデルを複数の作業員により容易に扱える環境が整備されたことを確認。

今年度成果

- ・新しく構築したサーバ環境では高度なセキュリティが担保され、計算速度も50%程度向上し30時間掛かった計算が20時間で可能となった(24時間以内の計算が可能だと作業効率は大幅に向上)。

前面オフセット衝突結果		
PC 種類	レンタルマシン	サーバー環境
CPU数	32	62
所要時間(Hour)	30.6	20.2
CPU種類	Intel(R) Xeon(R) Gold 6240	Intel Xeon-Platinum 8358

Golf7 Model	
節点数	2786773
要素数	3558997
Parts	1110
Groups	1501
Materials	230



(2) CAEモデル化、シミュレーション

(2)－① 3Dデータ化、CAEモデル化による衝突、EMC (Electromagnetic Compatibility)、エネルギーマネージメント等各シミュレーションの実施と検証

海外のモデルのデータ出力フォーマットの分析を参考にするとともに、衝突、EMC等についてCAEモデル計算を行う。

(2)－① NIO EC6 の CAE モデル化

今年度実施内容

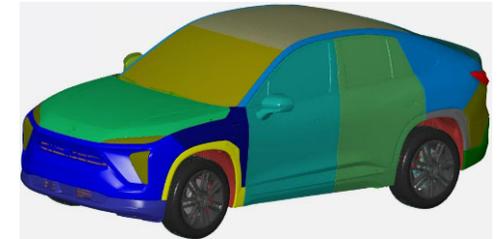
- ・CAEシミュレーションに用いる、解析用メッシュデータ(表面形状)を測定データ(STLデータ)から作成した。
- ・作成負荷が高かった結果を踏まえて、課題点をまとめた。

今年度成果

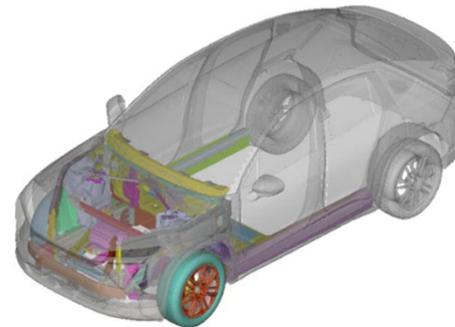
- 1) 解析用メッシュデータによる形状再現に成功。
形状情報は CAD ではなく STL データのため、利用に関する課題が判明した。
- 2) 部品単位でメッシュを集合化し、板厚を定義
複数の板厚を持つ部品をモデル化する場合、
板厚毎に集合化した。
- 3) 部品締結のモデル化
形状データや部品情報を使って、締結点毎に
手動で実施した。



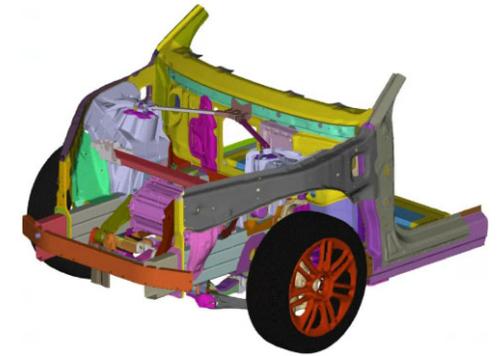
NIO EC6 実車写真
(NIO HP より抜粋)



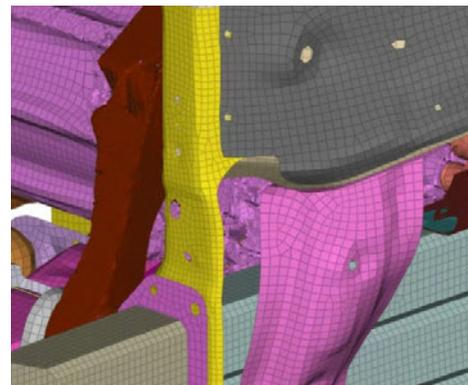
NIO EC6 STLデータ



メッシュデータ(車両)



メッシュデータ(車両前部)



メッシュデータ拡大図
(基準サイズ8mm)

モデリング上の課題

1. 解析用メッシュデータ作成

以下の課題が発生し、作業に多くの工数を要した。

①メッシュオフセットによる板厚中心モデル作成

通常は板厚中心の形状データを使うが、外観形状から作成するしかなく、板厚の外側か内側形状でメッシュを作成して、板厚の半分だけオフセットする手作業が必要となった。

②不要形状を手動で削除

CAD 形状データはメッシュ化しない部品を削除できる。測定データは部品締結された状態にて測定されており、締結部品等の不要となる形状を省く手作業を要した。

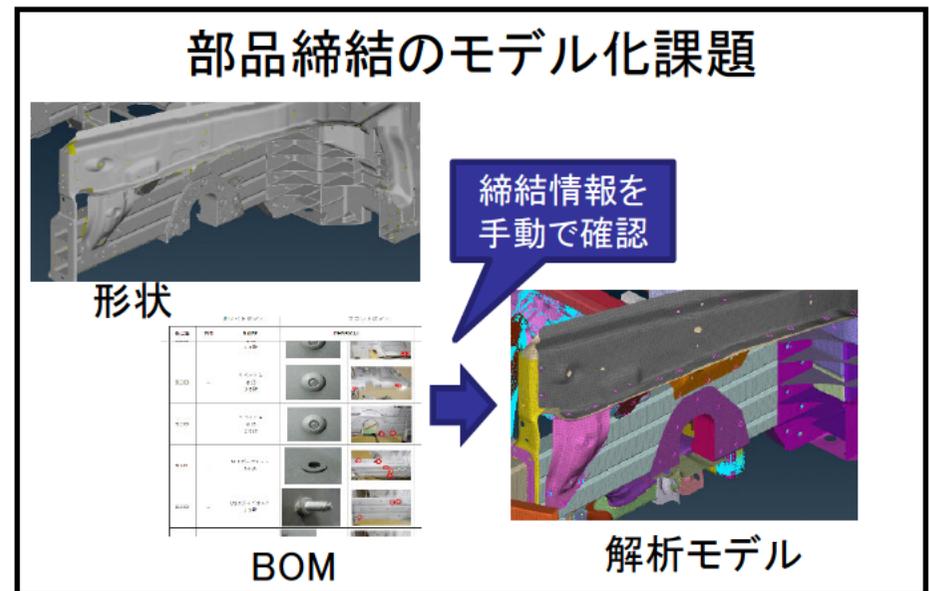
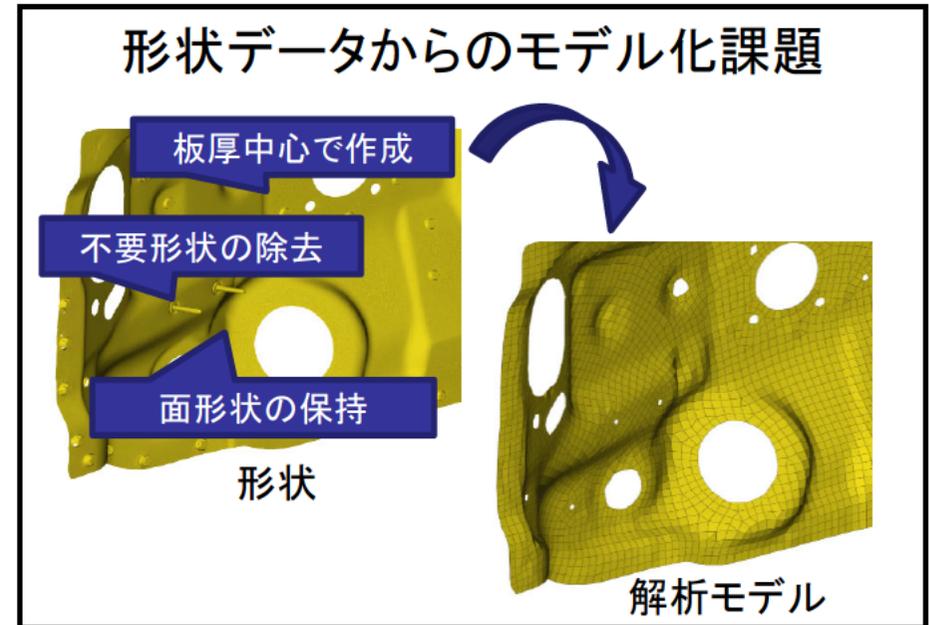
③形状の保持

CAD データでは無く STL データからモデル化するため稜線が存在せず、メッシュ作成時に稜線と一致しない時手動でメッシュ形状を調整する手作業が必要となった。

2. 部品締結のモデル化

設計のCADデータがある場合は、CADデータから締結情報を取得してモデル作成ツールを介して半自動的にモデルを作成する。今回は、そうしたCADデータが存在しないため、形状あるいは BOM データから締結方法や位置を確認して、部品の締結モデルを手動で作成した。

(例: 点溶接やリベット約500点、線溶接とボルト約1000点)



(2)－① NIO EC6 の衝突解析計算

今年度実施内容

・衝突解析結果の評価

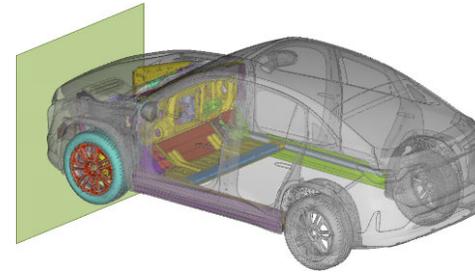
動的解析ソフト「PAM-CRASH」によるシミュレーションを行い、NIO EC6 前面衝突性能を評価。加えて、昨年度実施した VW Golf との比較も行った。

解析結果については、衝突前後のエネルギー量、変形モード、部品荷重等の観点から検討し、解析モデルおよび解析計算で物理的な整合性がとれているかの確認をした。

今年度成果

シミュレーションにおいて下記の結果を得られ、適切な解析モデルであることが確認できた。

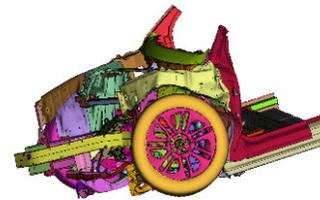
- ・ 衝突前後のエネルギーバランスのチェックを行い、運動量保存則より求められる想定値と本シミュレーションにより求められる結果が等しく、かつ全体エネルギー量が安定していることを確認した。これにより、解析計算が問題無く実施されたものと考えられる。
- ・ 主に衝突側の構造部材が大きく変形した。
- ・ EC6 は衝突開始直後に荷重がピークを迎えた。部品剛性が非常に高い NIO の特徴と判明した。
- ・ Golfでは構造部材が潰れきった時点で部品荷重がピークとなり、衝突による部品荷重のピーク値(衝撃)をEC6の約半分に迎えられていることがわかった。NIOと比べて衝撃吸収に優れていると言える。



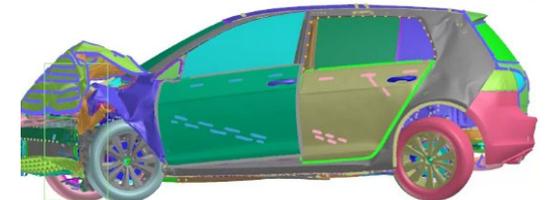
EC6 衝突解析モデル



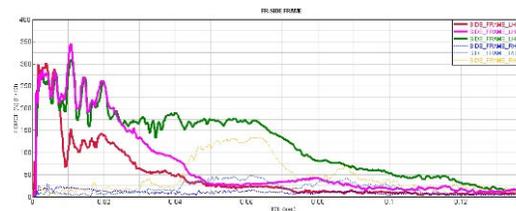
Golf 衝突解析モデル



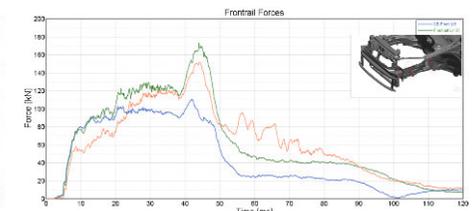
EC6 衝突解析結果
(変形モード)



Golf 衝突解析結果
(変形モード)



EC6 衝突解析結果
(部品荷重)
ピーク値: 約 350kN



Golf 衝突解析結果
(部品荷重)
ピーク値: 約170kN 33

(2) - ① NIO-EC6 EMC解析

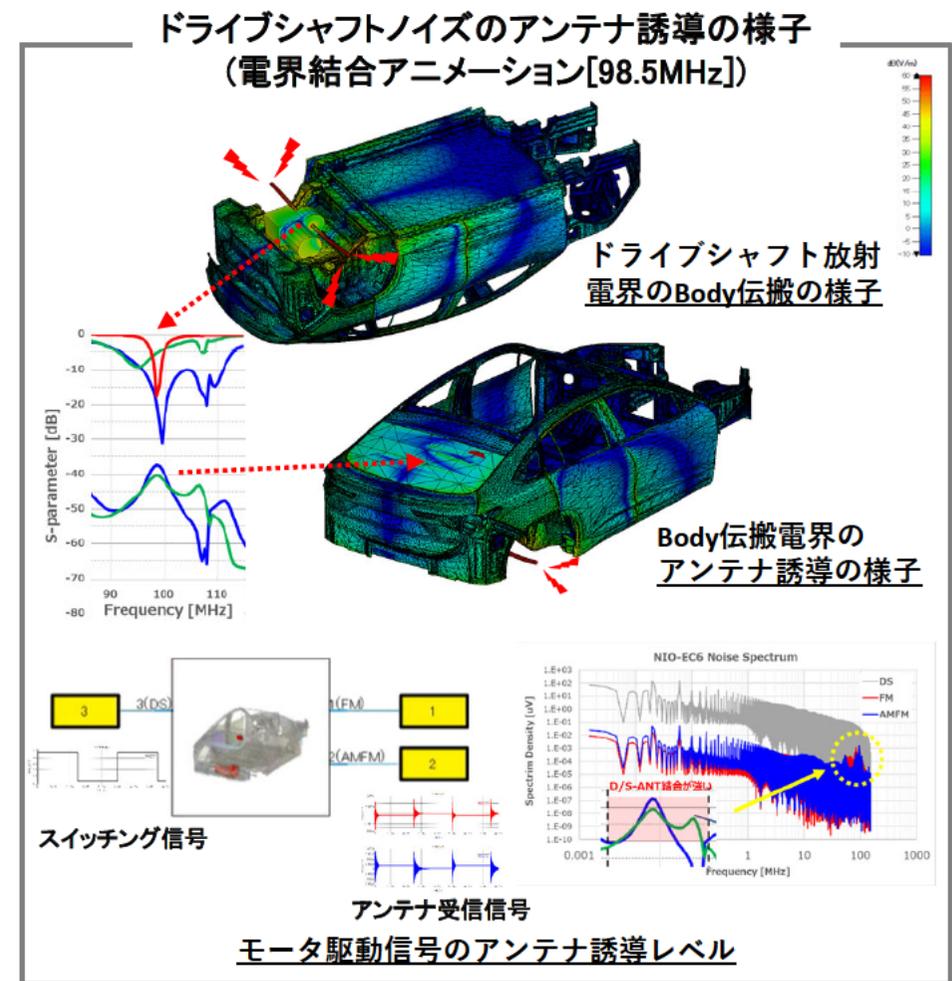
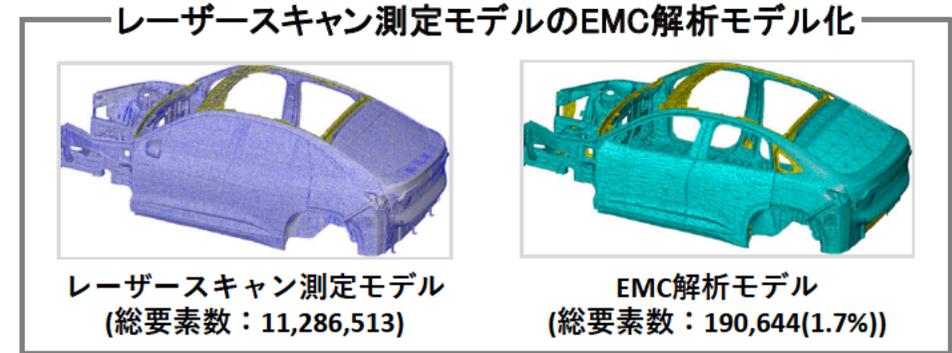
今年度実施内容

車体幾何形状維持しつつポリゴン数を極力簡素化したモデルを作成

- NIO EC6のEMC解析対象として、リアモータのドライブシャフトをノイズ放射源とし、リアガラスに搭載されたFMアンテナにノイズが伝搬する状態を解析・可視化
- レーザースキャン測定モデルから車両EMC解析モデルを構築・電磁界解析し、その過程での課題を整理し、次年度に向けたアクションアイテムを抽出

今年度成果

- EMC解析においては、リアモータドライブシャフトがノイズ源となる可能性を示し、本解析モデルにおけるリアドライブシャフトとリアガラスアンテナの電磁結合の様子を電界伝搬アニメーションで示した。
- この電磁結合によって、ドライブシャフトに誘起されたノイズ信号の数%がアンテナに励起されることを示した(アンテナの受信感度は非常に高いため、十分EMC課題となる危険なレベル)。
- モータ駆動スイッチング波形を500V/20KHzと仮定したときのノイズスペクトルのアンテナ伝搬特性を示した。実際のドライブシャフト誘起ノイズレベルは、リアモータドライブ Assy(構成部品)におけるEMC解析・または実測によって求める必要がある。



(2) - ① エネマネ・熱マネモデル化と冷暖房時電費予測

今年度実施内容

・エネルギーマネージメント評価

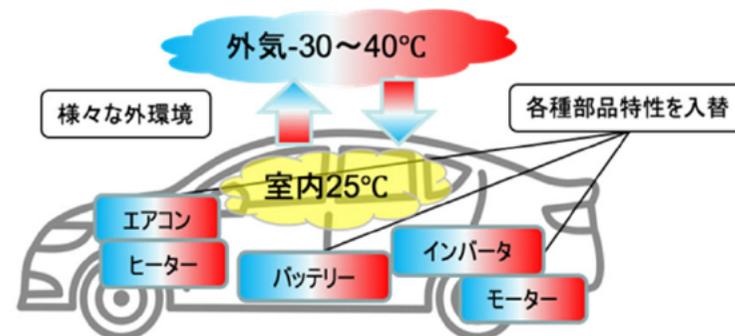
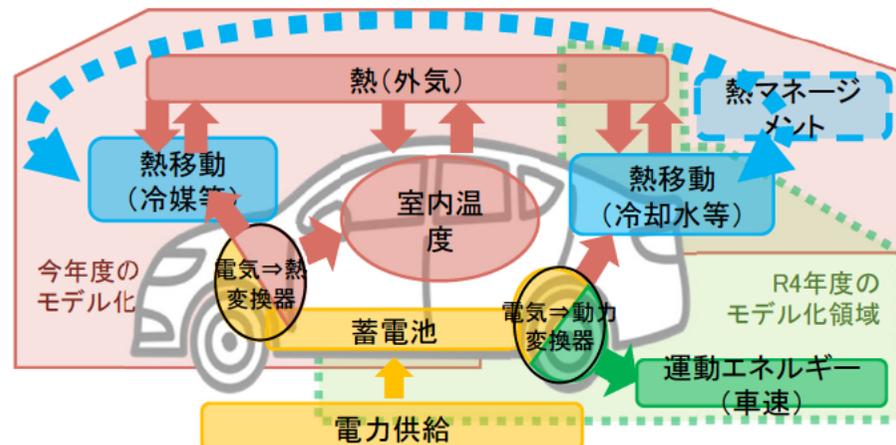
クルマが利用される中で、電気・熱・運動といったエネルギーがどのように変換・利用・消費(損失)されているのかを、中国製EV車(ES-8)のシャーシダイナモ実験により計測・解析

・エネルギー消費予測

常温環境下で構築できるエネルギーモデルから、特殊(高低外気)環境のエネルギー消費を予測

今年度成果

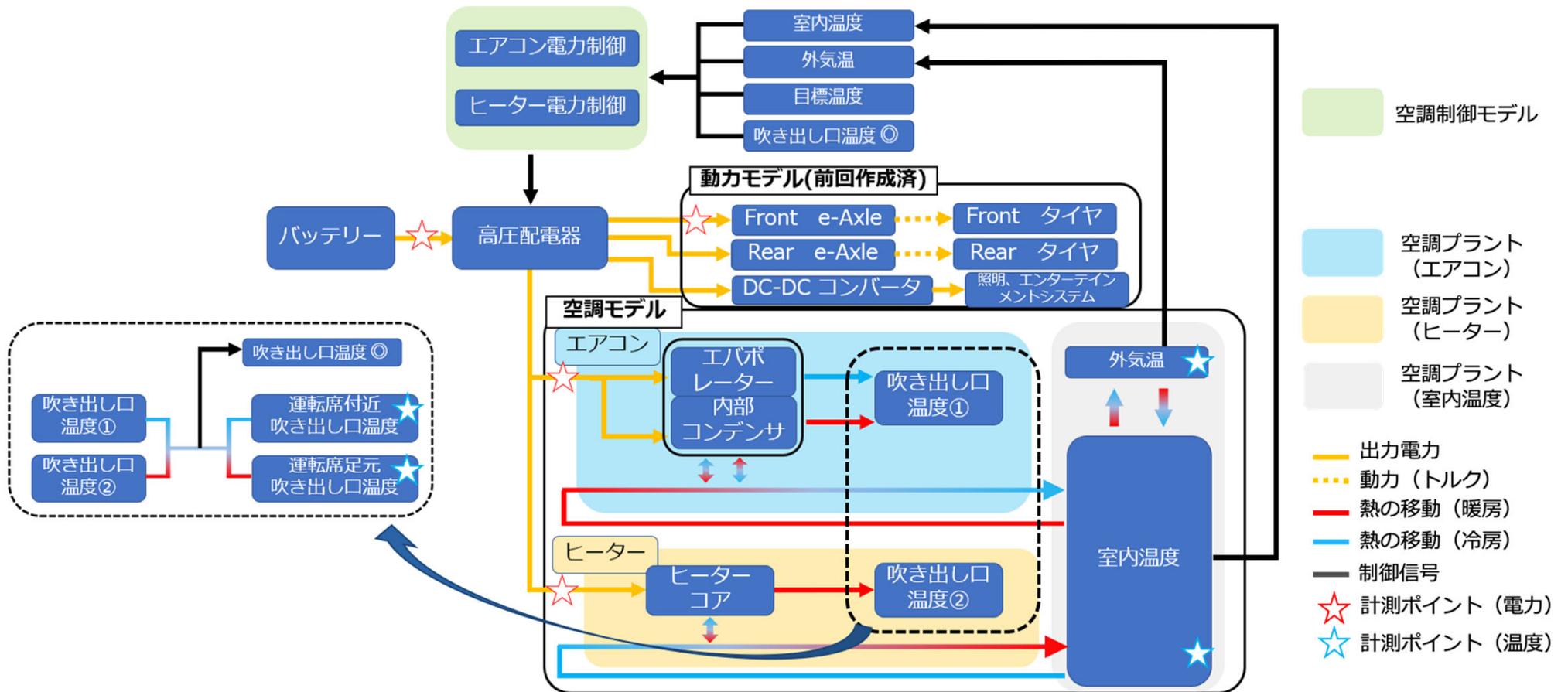
・中国製EV車のエネマネ・熱マネモデルを構築し、モデル活用による高低外気における冷暖房時の電費悪化予測を可能にした。本モデルを応用し、環境・部品等異なる条件のエネルギー消費予測も可能となる。



様々な環境・部品特性でエネルギー消費を予測

熱マネージメントモデル

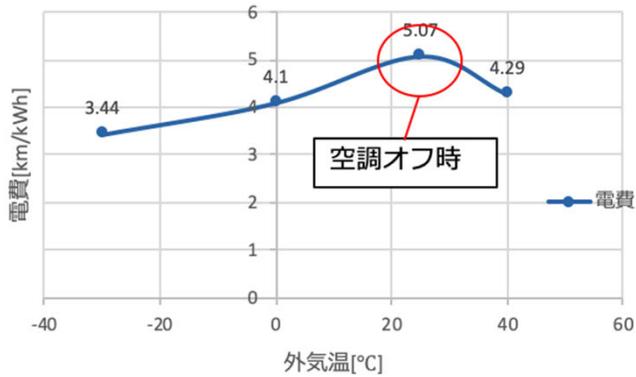
モデルのシステム構成図



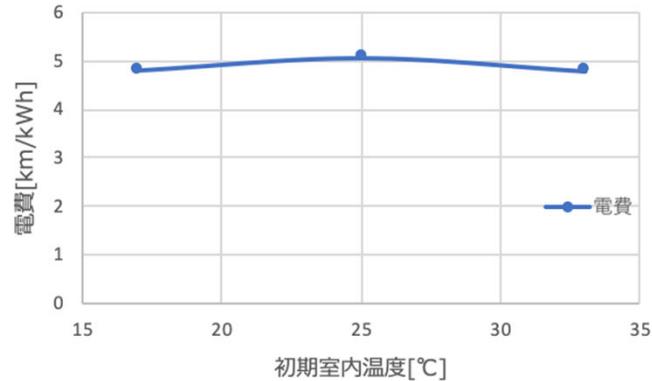
熱マネージメントモデル

モデルによる電費予測結果

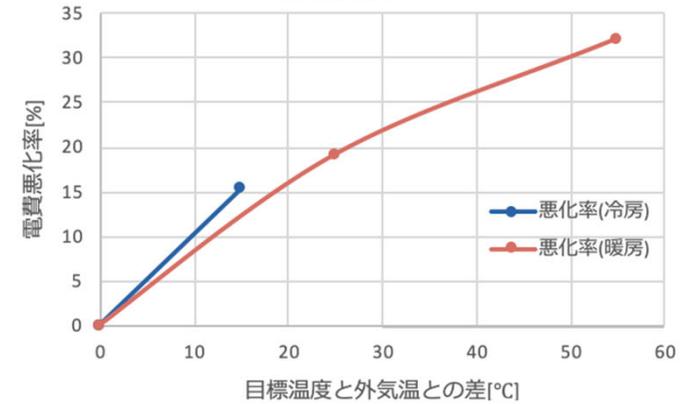
外気温ごとの目標温度25℃制御した際の電費



外気温25℃時の冷房および暖房時の電費

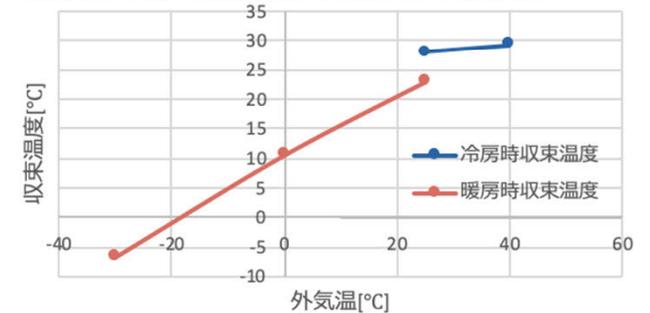


電費悪化率



1. 外気温と目標温度の差が大きいほど、電費の悪化率も高くなる (冷房時の悪化率の方が高い)
2. ユーザー目標温度に対し、制御目標温度は変化させている可能性がある

外気温ごとの目標温度25℃制御時の収束温度



(2) CAEモデル化、シミュレーション

(2)－② CAEモデル化に必要なデータ構造検討、主要コンポーネンツのBOM(Bills of Materials)分析

(1)-①で得られた主要部品に対して、リバーズBOMの構築を行い、データ構造の利用上の課題を抽出する。得られた結果については、委員会での検討資料とする。

(2)－② CAEモデル化に必要なデータ構造検討、 主要コンポーネンツのBOM(Bills of Materials)分析

今年度実施内容

- ・単品部品及びASSY(組立)部品への部品番号(以下部番)振り分け完了
 (1)－①に掲載の計測部品に割り振っている部番の他、計測非対象の部品にも可能な限り部番を割り振った。
- ・袋形状内部の部品など更なるバラシを実施しないと見つけられない部品は未記載
- ・サプライヤー情報を調査し、追記した。

今年度成果

- ・BOMをエクセル表として作成し、(3)-①での事例づくりに活用することができた。

BOMフォーマットと記載内容

EXCELを利用し、全部品を一通り網羅

⇒ 今期計測していない部品についても部番付け含め一覧を作成

BOMの項目一覧

項目	内容
部番	部位や機能ごとに振り分け
NAME	適当な部品名を付与
PHYSICAL	現物画像データ
STL全体	ASSY部位のわかるSTL画像
STL単品	単品STL画像
解析モデル化の可否	無加工での解析モデル化可否
CAE用データ	CAE用に加工したSTL画像
CADデータ	CAD化した部品の画像(対応部品のみ)
MATERIAL	材料情報(鋼板、アルミなど)
ビッカース	ビッカース硬さの測定結果と予測材料
引張強さ	硬度から予測される引張強さと予測材料
板厚	ダイキャスト部品は代表的な板厚のみ記載
WEIGHT	対象部品の質量(ASSY、パーツ単品それぞれ)
サプライヤー	わかる範囲で記載
プロセス	ASSYされている部品の組み合わせを記載
製法	締結に使用されている工法を記載
表面処理	塗装されているため、未記載

BOMフォーマットと記載内容

例) ホワイトボディ ルーフパネル(一部)

ホワイトボディ		ルーフ		ルーフパネル										目次							
Part No.	NAME	PHYSICAL		STL全体	STL部品	解析モデル化の可否	CADデータ	MATERIAL	ヒックス(HK)		引張強度 (N/mm ² (引張強))		板厚	WEIGHT(Kg)	サプライヤー	プロセス	製法	製法	表面処理	PARTS No.	
12120	FR_ROOF_RAIL_COMP																				
12121	FR_ROOF_RAIL					✗	要 X線	アルミニウム	88	74	205	207	15								P0009430
								ALUMINIUM	86	81.8	209	205.2									
									84	A6063	235	A5052									
									78		272	A6063									
									84		250										
91100	スポット 010 34ヶ所																				
91501	クリンチングスタッド M6 3ヶ所							鉄							FEM		プレス				
12122	FR_ROOF_RAIL_BRK1, R H					✗	要 X線	アルミニウム	77	104	239	287	2								P0009452
								ALUMINIUM	84	91.8	220	222.2									
									88	A6063	255	A6101									
									88	A6101	235										
									84		224										
91100	スポット 010 3ヶ所																				
91501	クリンチングスタッド M6 3ヶ所							鉄							FEM		プレス				
12123	FR_ROOF_RAIL_BRK1, L H					✗	要 X線	アルミニウム	74	98	280	320	2								P0009451
								ALUMINIUM	83	96.8	218	214.2									
									86	A6101	235	A6101									
									88	A5052	235										
									88		209										
12124	ROOF_CNSL_BRKT					✗		アルミニウム					15								
								ALUMINIUM													
91300	SPR リベット 3ヶ所							鉄													
12125	SUN_VISOR_BRK1, A					✗		アルミニウム	81	90	238	287	2								
								ALUMINIUM	81	96.8	230	207.2									
									84	A6063	255	A6101									
									88		284										
									84		211										

ボディでは、板金部品の組み合わせが多い日本車の組立工程とは違い、接着多用な部品構成であり、組立工程も違うことが推察された。

- ・組立BOMとしての見直しが必要 ⇒ OVMモデラによるBOMに期待

BOMフォーマットと記載内容

※モデル化非対象のため、STLやCADの画像は未掲載

例) 締結部品

標準部品_ネジ類		標準部品															目次
品番	NAME	PHYSICAL	STL#	STL部品	機械モデル化可否	CADデータ	MATERIAL	標準	WEIGHT(g)	サプライヤー	プロセス	製法	製法	製法	製法	在庫数量	PARTS No.
91400	特殊ボルトナット M10ボルト、M6						鉄 STEEL			PEM		オートリベット (冷間)					
91401	M6ボルトナット						鉄 STEEL			PEM		オートリベット (冷間)					
91402	F120-200のPラインタイプ ナット						鉄 STEEL			PEM		プレス					
91403	M6フランジナット						鉄 STEEL			PEM		プレス					
91404	M6フランジナット						鉄 STEEL			PEM		プレス					
91405	M12フランジナット						鉄 STEEL			PEM		プレス					
91406	M12フランジナット						鉄 STEEL			PEM		プレス					
91407	M8ボルトナット						鉄 STEEL			PEM		オートリベット (冷間)			プレス		
91408	M6ボルトナット						鉄 STEEL			PEM		オートリベット (冷間)					
91409	M6フランジボルトナット						鉄 STEEL			PEM		オートリベット (冷間)			プレス		
91410	M10ボルトナット						鉄 STEEL			PEM		オートリベット (冷間)					

部品のみならず、部品間の機械締結材料も網羅。
供給メーカーも一部判明したものは記載している。

(3) 本調査の目的を達成するための我が国体制の在り方の検討

(3)－① 我が国におけるCAEサービス提供の仕組みの検討

CPEデータプラットフォーム検討委員会等において、計測からのデータ化・シミュレーション適用の効率化についての検討を行う。検討の結果は、(2)－②等におけるデータ構築等へ提言する。

(3)－① 我が国におけるCAEサービス提供の仕組みの検討

今年度実施内容

・デジタルツイン化を推進する基盤として、すべての情報を持っている現物をベースにしたデータ基盤とその利用先での価値の最大化を図るため“利用先の目的”と“現物データ”との紐づけにオントロジー技術を活用した新しいデータ基盤を構築することを目標とした。この目標のため、委員会を12回開催するとともに、データ構造化試験研究(第1分科会)とデータ管理試験研究(第2分科会)をつくり、実データを元にした議論を行った。

今年度成果

・第1分科会

データ作成側(EC6車両バラシ)およびデータ利用側(衝突解析)の進捗状況を確認し、課題などを抽出。衝突解析を対象として車両バラシデータの価値を最大化するための自主事業をCPE組合に提案・実施した。構造化モデラとして選定したOVMモデラにより、BOM(エクセル)の一部を対象に組立BOM、衝突BOMを作成し、構造適切性検証、言語化、課題抽出などをその中で実施した。

・第2分科会

データセンタ準備の進捗状況を確認し、巨大な車両バラシデータの組合内閲覧が喫緊の課題であるなど必要な要件を提言。ビジョン、ミッション、制度設計、セキュリティなど組合として用意すべきデータ管理上の要件を、組合内のデータ管理ガイドライン(案)として提言・作成した。

データプラットフォーム検討委員会 令和4年度活動概要①

回	日時	会議体	場所	サマリ
1	4/25	コアメンバによる検討会	理研和光	<ul style="list-style-type: none"> ✓ EC6車両バラシデータをどう構造化するかについてブレスト ⇒安全性、エネルギーの流れの観点から、衝突、バッテリーを中心に議論 ✓ 理研スーパーコンピュータ HOKUSAI見学等
2	6/1	コアメンバによる検討会	理研和光	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 構造化モデラ(OVMモデラ)紹介⇒モノ/手続き/承認を記述、要件として機械可読性と人間可読性の必要性を確認 ✓ EC6車両バラシ進捗報告⇒BOMをエクセルで作成中
3	6/16	コアメンバによる検討会	理研和光	<ul style="list-style-type: none"> ✓ OVMモデラによる組合せ問題の解決についての説明 ✓ EC6車両バラシ進捗報告⇒測れない部分はCADでデータ作成 ✓ CAE解析進捗状況報告⇒車両バラシデータを用いて衝突解析のトライアルに着手、実物がないので検証をどうするか？
4	7/1	第4回委員会	フィアロ栃木	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 現物見学会実施⇒ガソリン車と構造、組み立て手順が大きく異なることが分かる。 ✓ 構造モデル化⇒EC6フロント回りのOVMによるモデル化提案と質疑
5	7/21	第5回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ EC6車両バラシ進捗報告⇒BOMの改訂、ホワイトボディを切断、CT計測待ち ✓ データセンタ整備状況報告⇒計算サーバとデータサーバの設置について、車両バラシデータの組合内流通が喫緊の課題であることを共有
6	8/8	第6回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ データ管理に関する質疑⇒ビジョン、ミッション、制度設計、セキュリティなどの必要性、R5年～9年の活動計画案 ✓ 衝突解析は現行車両バラシデータBOMで進め、OVMの活用は別途進める
7	8/30	第7回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ データ管理に関する質疑⇒ミッション、ビジョン、データ利活用(再利用・流動性)等、情報管理ガイドラインの事例紹介 ✓ EC6車両バラシ進捗報告⇒結合部のCT計測状況等
8	9/29	第8回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ データ管理に関する質疑⇒DB運用、データ再販等CPE本部との整合必要 ✓ EC6車両バラシ進捗報告⇒CTデータ等活用による内部データ取得進行中、苦戦 ✓ CAE解析進捗報告⇒予備解析の段階 ✓ 他団体の状況報告⇒名古屋大学山本先生(ES8車両バラシ)、JEITA(電子デバイスモデル流通アーキ構築)

* 委員会回数は令和3年度からの通算

confidential

データプラットフォーム検討委員会 令和4年度活動概要②

1回	日時	会議体	場所	サマリ
9	11/11	第9回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ データ整理と構造化の試験研究開始について ✓ EC6車両バラシ進捗報告⇒計測ほぼ終了、内側はナカシマプロペラデータを元にCAD化 ✓ 組合内データ管理について議論⇒理事会への要望、組織構造 ✓ 他団体の状況報告⇒JAMA(情報・データ流通検討)
10	12/9	第10回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CPEからの依頼に基づき、データ管理ガイドライン作成着手 ⇒CPEよりまずは組合内の流通を対象(理化学研究所のガイドラインをベースに議論) ✓ EC6車両バラシ進捗報告⇒計測は終了、BOMはほぼ終了、納入準備中 ✓ CAE解析進捗状況報告⇒前面衝突の主要部品をモデル化(詳細はCAEセッションで) ✓ データセンタ整備状況報告 ⇒プリ・ポストPCを5台導入、組合内リバースデータの流通が喫緊の課題
11	1/12	第11回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ データ整理と構造化の進捗報告 ⇒OVMモデラインストール、EC6BOMデータフロントボディ対象にモデル化開始 ✓ CAE解析進捗報告⇒バッテリー、フロントピラーを追加 ✓ データセンタ整備進捗報告⇒センター・クライアントPC間のVPNセットアップについて ✓ 他団体の状況報告 ⇒JAMAデジタルエンジニアリング分科会にて属性付3Dデータ流通の標準化進行中 ✓ EC6車両バラシ進捗報告 ⇒インバータのカラースキュン実施(EMC解析用)、バッテリー分解(エスペック) ✓ 新CAD(STLベース)の提案、議論 ✓ データ管理ガイドライン討議⇒ドラフト案完成、委員承認後組合理事会に提案
12	2/6	第12回委員会	ASTOM 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ✓ データ整理と構造化の進捗報告 ⇒EC6BOMデータフロントボディを用い組立関係の記述開始、意味化は次ステップから ✓ データセンタ整備進捗報告 ⇒R5年以降の新システム(クラウド)、VPNセットアップについて ✓ CAE解析進捗報告⇒前方衝突時の変形状況について(最終報告) ✓ 自主事業についての報告⇒小型モビリティによるデジタルツイン化 ✓ データ管理ガイドライン⇒委員全員の承認確認、組合理事会へ正式提案
13	3/9	第13回委員会 (開催予定)	ASTOM 会議室	<p>下記議題を予定</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ データ整理と構造化の進捗報告 ✓ データセンタ整備進捗報告⇒フラウンホーファEZRTで撮像した巨大X線CTデータ(ES8)の閲覧 他

(3) 本調査の目的を達成するための我が 国体制の在り方の検討

(3)－② 我が国におけるX線CTを用いたCPE 体制構築可能性の検討

国際教育研究拠点検討委員会等によるX線CT拠点での体制
の検討等を行う。

(3)－② 国際教育研究拠点検討委員会等による X線CT拠点での体制の検討等

今年度実施内容

・CPEは、X線CTを使って対象物のデジタルモデルを作成し、設計モデルと実物モデルの比較対象をすすめものづくりのDXを進めてゆく。委員会では、CPEの基幹技術であるCTデータからのデジタルモデル作成に付き、技術調査やデータの用途検討を行いCPE組合に答申を行ってゆくことを目的とする。昨年度の調査、検討でデジタルモデルの作成を行うX線CT画像処理に課題があることが分かったので、本年度は、課題に対するアプローチを調査し、対応方法を決めることとした。

今年度成果

・デジタルモデルの作成を行うX線CT画像処理の課題は、CAEに使えるフォーマットに変換するのには人手がかかり、負荷及び属人性が多いことである。今期はこれに鑑み、CTデータ取得後のリバース用のソフトウェアの調査を行った。調査の結果、STLデータの作成にはボリュームグラフィックス社VGStudio (VG)が一般的であり、またシミュレーション用途の場合は、シミュレーションソフトとの連携がよいとされているSimpleware社のScanIP、BETA社のRETOMOなどが対応可能である、などが明らかになってきた。

X線CT/デジタル化拠点および超大型X線CTシステム技術に関する課題調査 実施講演リスト

X線装置全体の調査

- R4年4月26日 参加者:12名
「リーバスエンジニアリングなどの計測に向けたニコンX線装置等の製品紹介」
ニコンソリューションズ 種村氏

X線CTデータのデジタル化の調査

- R4年5月20日 参加者:7名
「サイバー・フィジカル・エンジニアリング研究組合向けSimpleの紹介」
JSOL社
- R4年7月8日 参加者:13名
「サイバー・フィジカル・エンジニアリング研究組合向けVG-Studioの紹介」
ボリュウムグラフィックス社 木下氏
- R4年11月30日 参加者:12名
「CPE社向け BETA社 CT画像解析ソフトRETOMO及びモデル編集ソフトANSAの紹介」
BETA Systems岡村氏、住吉氏

(3) 本調査の目的を達成するための我が 国体制の在り方の検討

(3)－③ CPE技術の将来展開

海外先行事例などの調査・分析を引き続き行い、本調査事業で得られた成果を踏まえたCPE技術の将来展開等について検討する。

(3)－③ CPE技術の将来展開

今年度実施内容

・モノのビジネスは技術飽和・価値飽和状態にあると考えられ、CPE技術を活用した新しい価値創出による将来のビジネス展開を目的とした委員会を設立、7回の委員会を開催し、下記の2つの方式を併用して議論を進めた。

トップダウン式: ミッション・ビジョン・グランドデザインなどあるべき姿の検討

ボトムアップ式: アイデアを探索・持ち寄りし、ブラッシュアップしていく

今年度成果

- ・海外の先行するビジネスモデル検討により、CPE技術を活用したビジネスのあるべき姿が明確になってきた。
- ・独フ라운ホーファEZRT等の交流により最新情報が共有できるようになった。
- ・具体的な複数のビジネス案の検討を行い、その中の一つを技術研究組合自主事業として進めることとなった。将来展開の具体例として、組合員からの様々なアイデアが出てくることを期待している。

開催実績

開催回	開催日時	議題	開催場所
1	2022.4.25 10:00	<ol style="list-style-type: none"> 1. 経産省委託事業の活用について 2. JAMBEの活用について(MBD推進センター) 3. 将来像の検討(デジタル認証、実車両・実都市モデル応用) 	ITC 東京事務所 (蛸殻町)
2	2022.6.21 13:00	<ol style="list-style-type: none"> 1. 経産省委託事業活用の課題(リエンジニアリング・ノウハウビジネス) 2. JAMBEの概要、活動の説明(モデルベース技術の普及) 3. 将来像の検討: <ol style="list-style-type: none"> i. キラーコンテンツ例の議論 ii. ドメイン境界面(渚領域ビジネスの価値)の活用議論 iii. データプラットフォームのビジネス展開について 	ITC 東京事務所 (蛸殻町)
3	2022.7.21 10:00	<ol style="list-style-type: none"> 1. 委員会の検討方向について...基調提案議論 <ul style="list-style-type: none"> ・ ミッション・ビジョン・グランドデザイン等 2. ビジネス案検討 <ol style="list-style-type: none"> i. 渚プロジェクト(境界領域ビジネスの例) ii. デジタルプラットフォームビジネスの検討 	ITC 東京事務所 (蛸殻町)
4	2022.7.28 14:00	経産省グリーンイノベーション事業について	ITC東京事務所 (蛸殻町)
5	2022.8.25 15:00	<ol style="list-style-type: none"> 1. モデル販売ビジネスについて 2. デジタル認証ビジネスについて 3. ドライビングシミュレータビジネスの検討 4. X線CTで他分野への応用検討 	ITC 東京事務所 (蛸殻町)
6	2022.9.27 10:00	<ol style="list-style-type: none"> 1. ビジネス構想提案のグランドデザイン議論 2. データシステム構築について 	ITC東京事務所 (蛸殻町)
7	2022.11.17 13:00	<ol style="list-style-type: none"> 1. ロボカル紹介(ロボット導入～アフターまでの支援) 2. 超高齢化と地方過疎化に対応する新モビリティ案 <ol style="list-style-type: none"> i. リーンモビリティ社紹介 ii. 3輪ベースの新モビリティ提案検討 	ITC 東京事務所 (蛸殻町)

今年度成果まとめ

令和3年度後半から始まった2年目として、下記の成果が得られた。

- 中国EVのバラシからのCAEに使えるデータ化を行う過程で生じた様々な課題をクリアしながら一連の作業が行うことができた。
- リバー스를効率的に行うため、バラシとX線CTを必要に応じて使い分け・データを統合することが効率的であることなどが明らかになった。
- バラシとX線CTのそれぞれの計測結果を整理し、衝突解析、EMC解析等のCAE展開の可能性が実証できた。

X線CTによる海外への技術流出 対策について

- 組合内でも問題提起を行い、意見交換を行った。
- 形状としての特徴などはどのように秘匿しようとしてもX線CTで見ようと思った場合、隠すことは現実的には不可能（見えないようにすることは技術的には可能だがコストをかける意味が無い場合がほとんど）
- X線CTでは、形状はわかるが、材料分析やその機械的性質は分からず、ばらすことと併用する必要がある。また、その形状をどのようなプロセスで作ったか、どのようなコンセプトでつくったかなどは分からない。
- 流出しては困る技術が何か、改めて整理する必要がある