

東京大学-JAXA社会連携講座シンポジウム
「産官学の連携による宇宙開発分野でのブレークスルー」

有人安全研究グループ成果報告 「乗員安全に着目した有人宇宙船シートの開発」

2018年1月22日(月)
@東京大学 武田先端知ビル 武田ホール

ティ・エス テック株式会社
開発・技術本部
商品開発部 沼尻浩行

Agenda



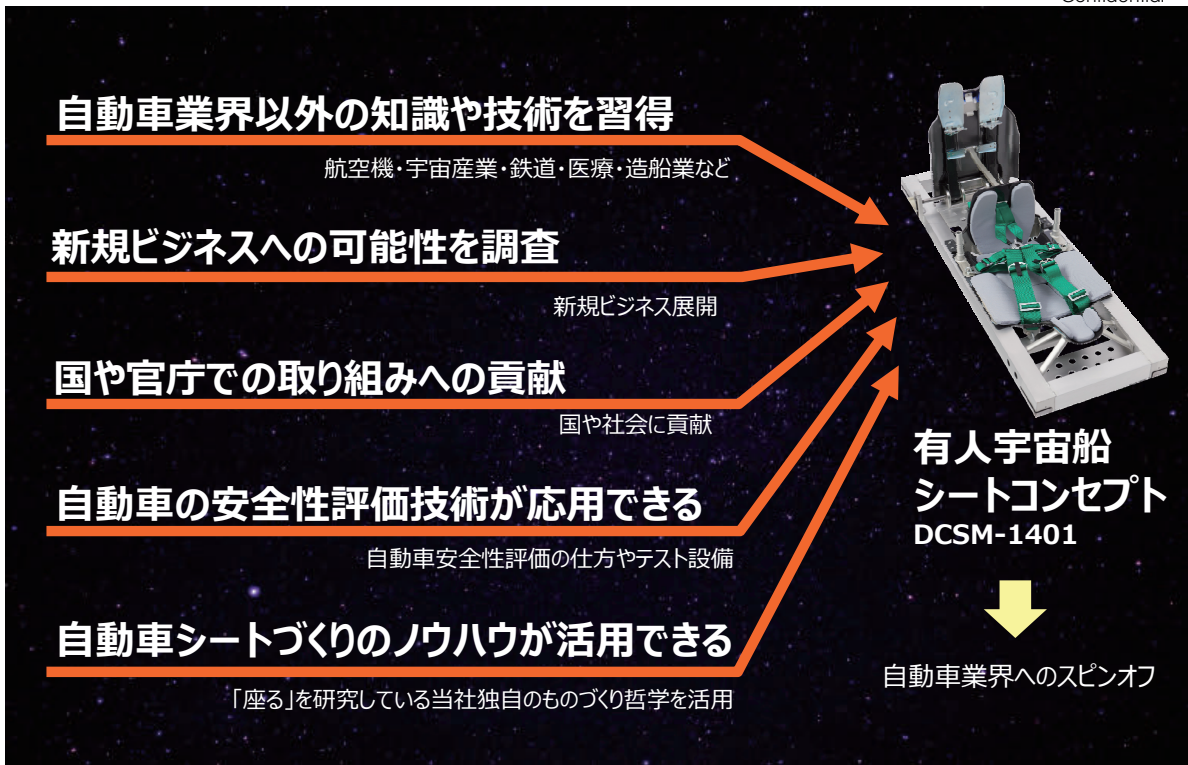
Confidential —

1. 研究の背景
2. シートコンセプト
3. 目標要件
4. 共同研究概要
5. 人体安全性の取り組み
6. 結論

研究の背景



Confidential



All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

3

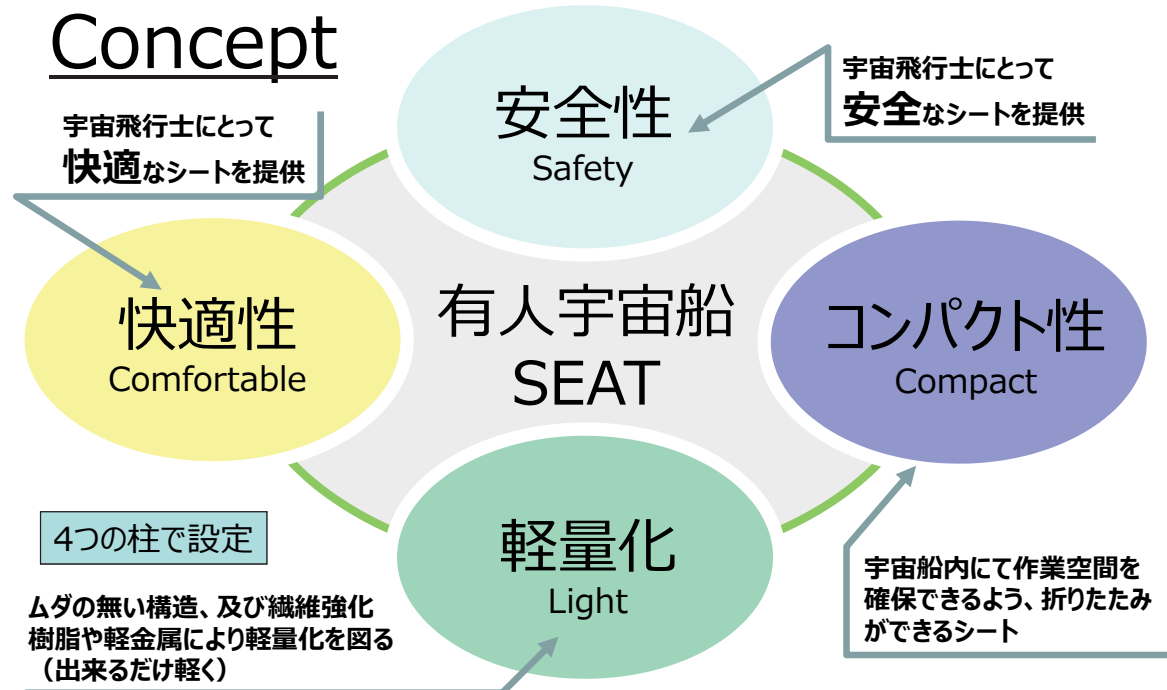
Seat Concept



Confidential

有人宇宙船シートコンセプト

※シートを考える上で必要なコンセプト



All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

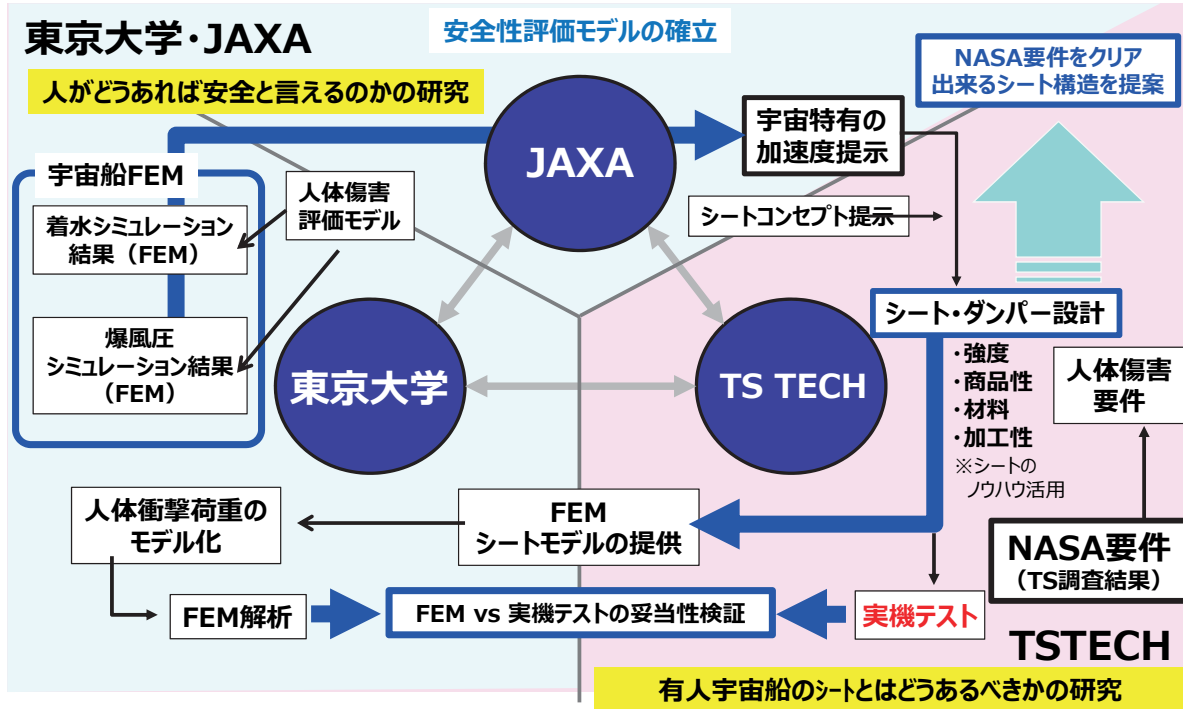
4

共同研究概要



Confidential

<研究内容&役割分担>



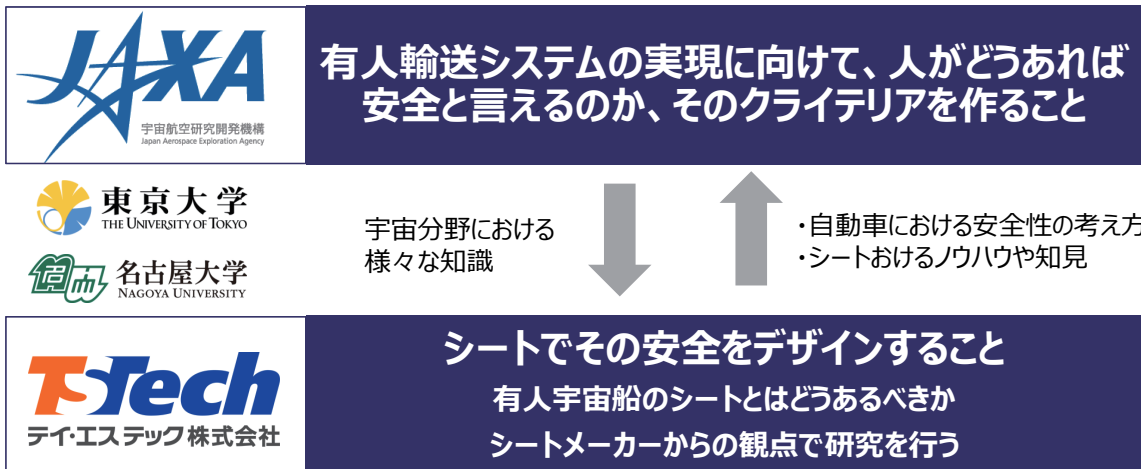
All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

共同研究概要



Confidential

■ JAXA × TS TECH 共同研究概要



お互いに情報を共有しながら進めている

All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

共同研究概要



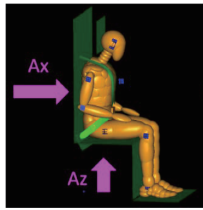
Confidential

JAXA社会連携講座 成果

JARI 実機データ

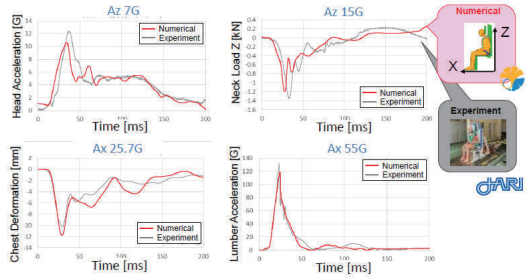


FEMモデル



Human Response by Multi-body analysis – Validation study

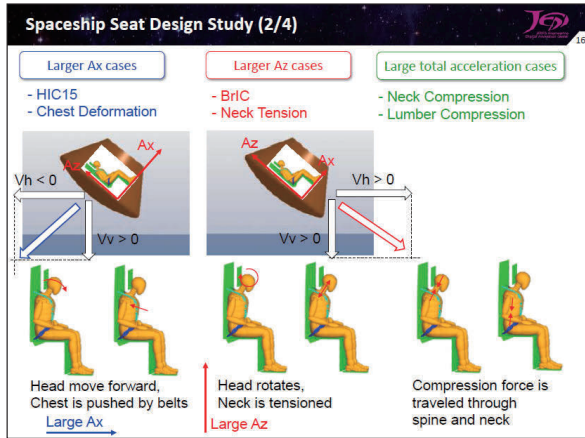
- ▷ Dominant uncertainty factors are 1) bounce, 2) friction and 3) initial position of harness, and gap.
- ▷ Computed results are in good agreement under the wide range of cond.



▷ Model validation of THOR and its use with Hybrid III has been studied.

実験データとFEMでコリレーションがとれて、FEMでの検証が出来るようになってきました

アポロの着水シミュレーション結果 (東京大学)



X方向、Z方向の加速度の度合いによってそれぞれどんな傷害が発生するのか分かってようになってきました



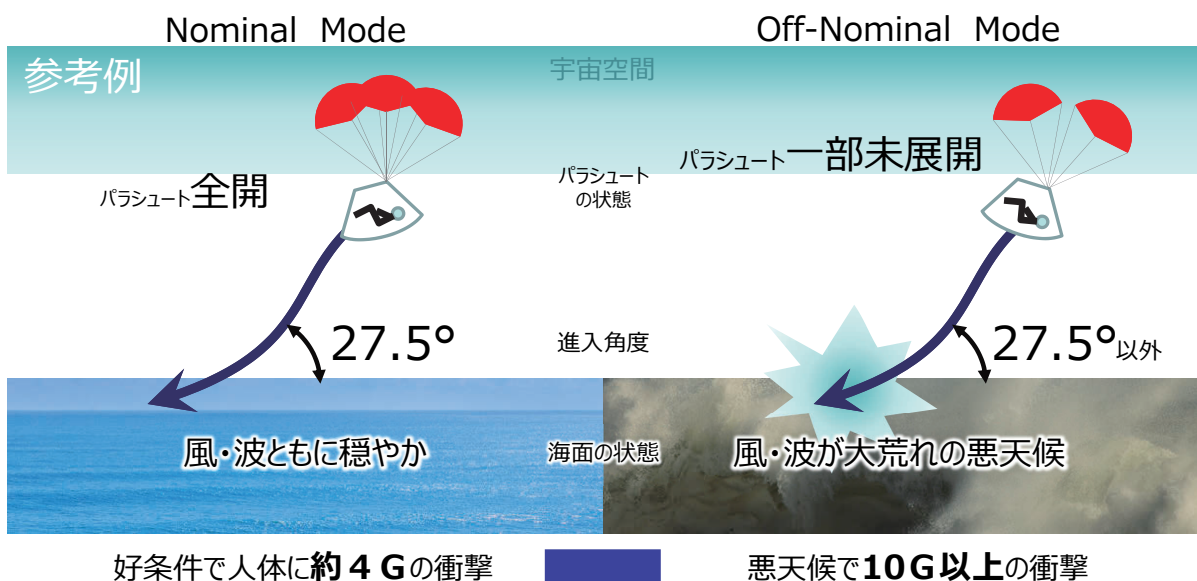
安全を担保するにはどういったシート設計にしなければならぬのかをティ・エス テックで研究しました

安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

着水衝撃 (Reference Data) に絞って研究開始



上記条件に合わせて人体安全性評価を行う

安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

評価の仕方：ティ・エス テックの自動車用衝突試験設備を使って検証

◇ダミー



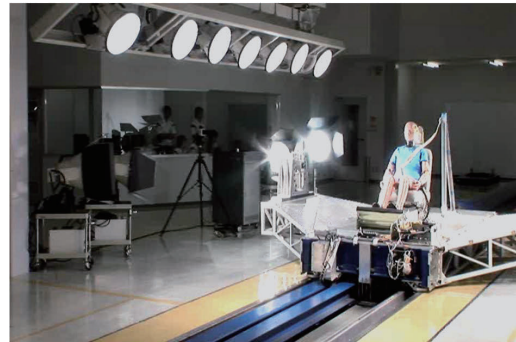
HYBRID III
AM50%、AM95%、AF5%
米国の連邦規則集（パート572 サブパートE）や欧州のECE基準で法的に定められた試験用デバイス

主に前方衝撃テスト用

◇設備

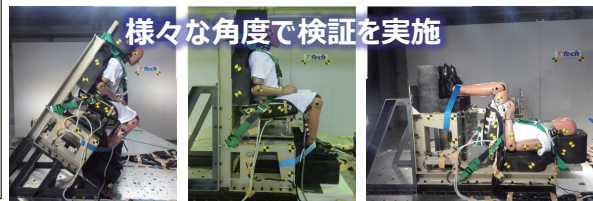
会社名：SEATTLE SAFETY社

設備名：Servo Sled




BIORID II
AM50%
後面衝突頸部保護性能試験用ダミー（自動車アセスメント評価）

主に後方衝撃テスト用



NASA文献上で乗員安全評価を行っているダミーを使用

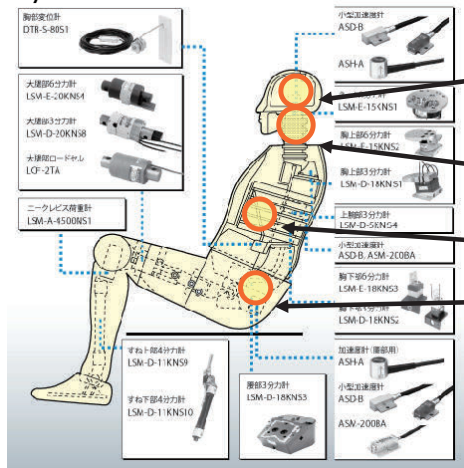
安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

Hybrid III

どういところを計測するか？



http://www.kyowaei.com/jpn/product/sector/automobile/application_111.html

傷害リスク





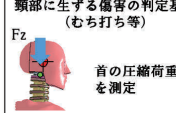

外傷の種類と解剖学的重症度を表すコード体系

AIS1 + 19%

軽症レベル 発生する確率

各部位にセンサーが内蔵されており、今回のNASAの傷害値基準に対し計測が可能

Off-Nominal 傷害部位	NASA基準	傷害リスク
HIC 15	470	AIS1 + 19%
BrIC	(0.7)	AIS1 + 19%
Neck axial tension force(N)	860	AIS1 + 19%
Neck axial compression force(N)	950	AIS1 + 19%
Max chest deflection(mm)	32	AIS1 + 19%
Thoracic spine axial compression force(N)	5600	AIS1 + 19%

<p>HIC Head Injury Criterion 頭部に生ずる傷害の判定基準（頭部骨折等）</p>  <p>HEAD G 頭部加速度を基に算出</p>	<p>BrIC Brain Injury Criterion 脳に生ずる傷害の判定基準（脳震盪等）</p>  <p>HEAD ω 頭部回転速度を基に算出</p>	<p>CHEST Deflection 胸部に生ずる傷害の判定基準（胸骨骨折等）</p>  <p>胸部のたわみ量を測定</p>
<p>Neck+Fz Tension 頸部に生ずる傷害の判定基準（むち打ち等）</p>  <p>Fz 首の引張り荷重を測定</p>	<p>Neck-Fz Compression 頸部に生ずる傷害の判定基準（むち打ち等）</p>  <p>Fz 首の圧縮荷重を測定</p>	<p>Spine Compression 腰部に生ずる傷害の判定基準（腰椎損傷等）</p>  <p>Fz 腰部の圧縮荷重を測定</p>

安全性：人体安全性への取り組み



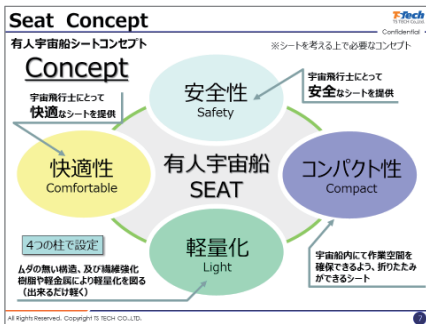
Confidential

TSの取り組み内容について

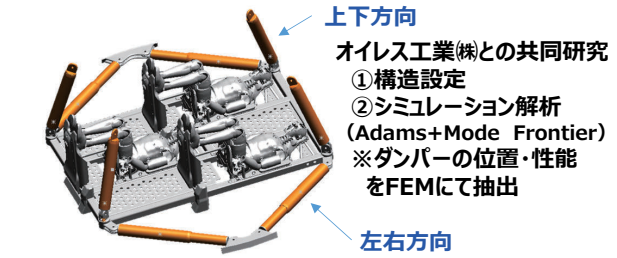
宇宙からの帰還時
 海面着水の衝撃を安全レベルまで緩和



有人宇宙船シート要件



ダンパーで衝撃を安全レベルまで低減



自動車シート開発のノウハウを使って有人宇宙船のシートとはどうあるべきかを研究



All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

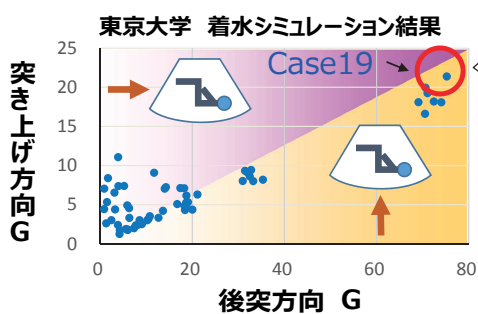
11

安全性：人体安全性への取り組み

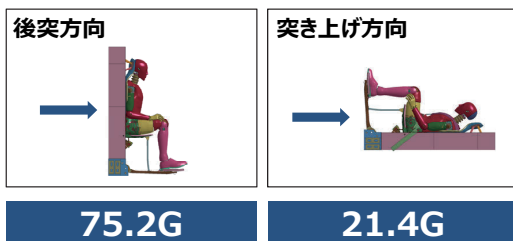


Confidential

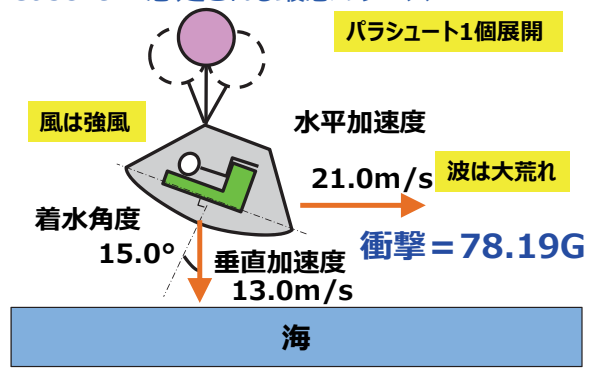
ダンパーの条件設定



各方向からの想定G (力の分力計算結果)

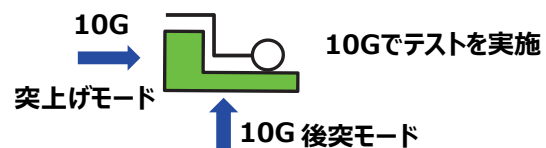


Case19 = 想定される最悪のケース



<NASA：現状の考え方>

風・波共にある程度のバラツキを考慮しモードを設定



最大衝撃75.2Gを10G以下に減衰するダンパーが必要

All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

12

安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

ダンパーの条件設定

与圧服重量 $78 \times 3 + 48 \times 3 + 16 \times 3 + 100 = 526\text{kg}$
 パレット重量(仮)
 ↑
 人間重量 シート重量

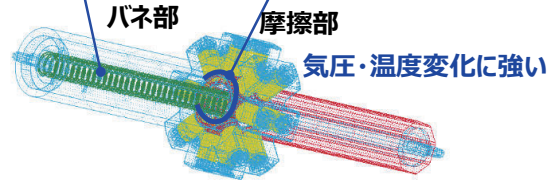
総重量：**526kg**
 ダンパ^o本数：**8本**
 = 1本あたりの重量は**65.75kg**
 入力：75G(後突方向)
 = 1本あたりの荷重は**48kN**
 (65.7kg×75G×9.80665 = 48,000N)

目標減衰荷重 = 48 kN (75G) → **6.4 kN (10G)** 以下

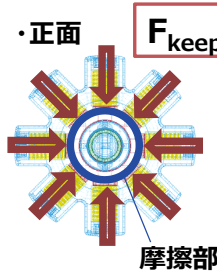
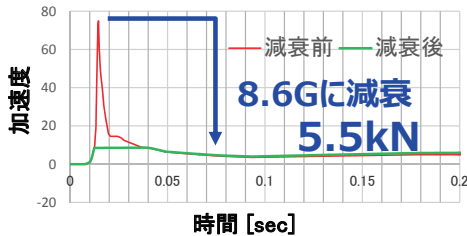
■ 摩擦ダンパー構造(オレス工業(株)共同研究)

バネによりストロークを抑制・摩擦部で荷重を減衰する構造

$$ma + kx + \text{sgn}(v) \cdot \mu \cdot F_{\text{keep}} = F$$



■ 計算結果



$$\mu \cdot F_{\text{keep}} = 5.5\text{kN}$$

摩擦係数 保持荷重

⇒ $\mu = 0.1, F_{\text{keep}} = 55\text{kN}$ で設定

※ 摩擦係数 μ に保持荷重 F_{keep} を掛けて減衰荷重となる

摩擦ダンパー設定のポイント
 摩擦する表面の粗さ、ストローク量、摩擦面積、保持荷重、バネの本数を設定してあげる事で構造の設定が可能

机上計算上、8.6G (5.5kN) まで減衰達成

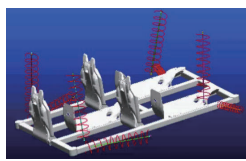
安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

ダンパーの性能・位置設定

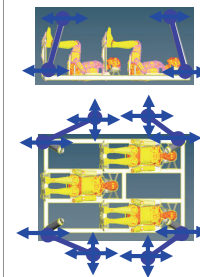
機構解析ソフト



東京大学
 着水シミュレーション解析
 結果のCase19の動きを設定
 ※ 想定最大衝撃

+

最適化計算ソフト

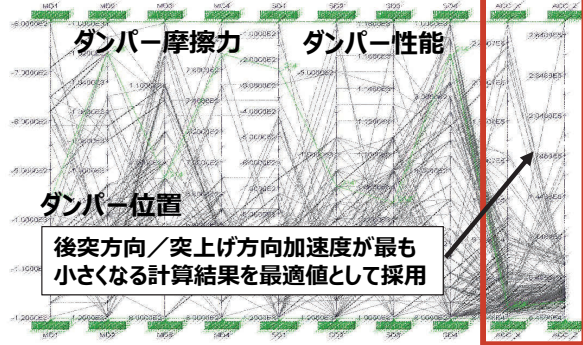


・ダンパー取付け位置の初期値は他宇宙船(アポロ・オリオン)を参考

- ・ダンパーの取付け位置(20箇所)
- ・ダンパーのバネ力(8本)
- ・ダンパーの摩擦力(8本)

計36項目の最適化を繰り返し600回実施

最適化計算結果



最適化後 波形

波形	後突方向		突上げ方向		
	机上	Ada ms	机上	Ada ms	
<p>減衰前 机上波形 解析結果</p> <p>10G</p> <p>時間[sec]</p>	8.6G (5,713N)	6.9G (4,584N)	<p>減衰前 机上波形 解析結果</p> <p>10G</p> <p>時間[sec]</p>	5.0G (3,322N)	4.9G (3,255N)

目標10G (6.4 kN) 以下に対し、6.9G (4.58 kN) まで減衰

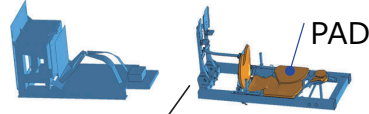
安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

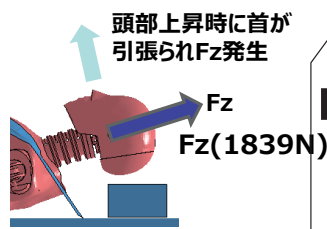
10G入力時 FEM傷害値 解析結果

ダンパーで7Gまで減衰可能だが、安全率を含め10Gで解析

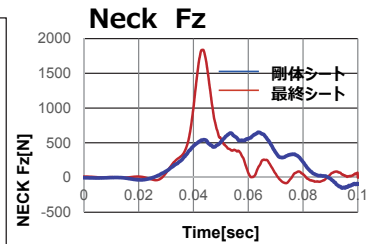
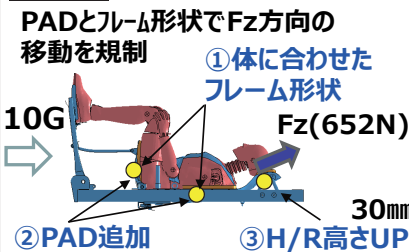


	NASA 基準値	突き上げ方向			後突方向		
		剛体シート	フレームのみ	最終シート	剛体シート	フレームのみ	最終シート
HIC	470	68.3	36.9	12.89	6.3	47.0	7.7
BRIC	0.7	0.032	0.028	0.29	0.042	0.220	0.091
NECK COMP [N]	960	132.0	465.3	465.3	112.6	673.8	460.7
NECK TEN [N]	860	1839.0	1035.2	652.1	263.0	442.5	393.2
CHEST DEF	32.0	4.7	4.0	5.83	5.2	4.6	4.3
LUMBER Fz [N]	5600.0	6823.8	3984.3	2391.2	2694.3	1500.5	1377.75

Neck Fz NG解析



対策案



2/末 実機にて確認予定

安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

Vhdw hvljq

JAXA デザイン要件 (仮)

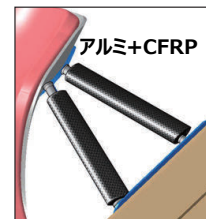
- 空間の有効活用
シートを使用しない時の空間の有効活用
- 危害性の少ない構造
宇宙飛行士へのひっかかりを防ぐ
- 日本ならではのデザイン
世界へ発信できる技術力をアピール

◆必要最小限の構造

居住空間を出来るだけ活用できる最小構造

◆危害性

ひっかかりをしないシームレスな形状とカバー追加



◆日本をイメージできるデザイン

日本の「書道」をイメージ



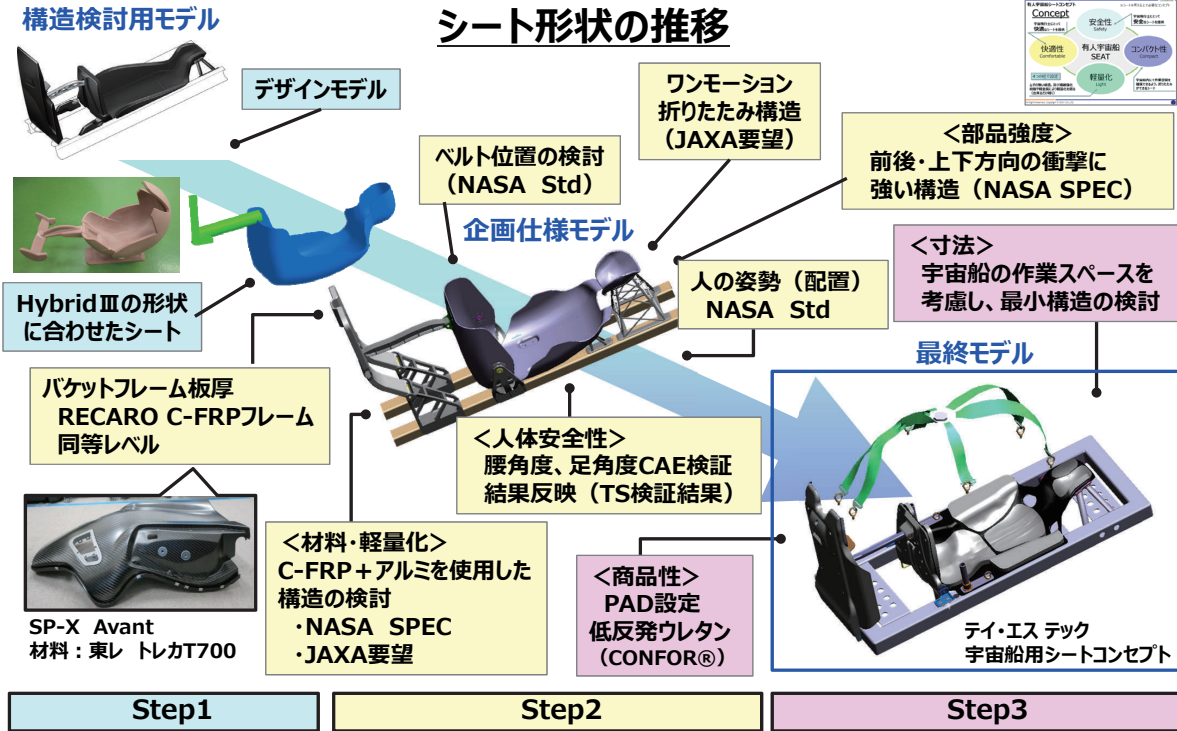
筆の持つ独特の力強さ、柔らかさを表現



安全性：人体安全性への取り組み



Confidential



安全性：人体安全性への取り組み



Confidential

SEAT構造のPOINT

自動車における傷害発生メカニズム (頸部)

シートと人体のスキマ = 傷害値に不利な方向

Zero-GAP構造

衝撃を分散させるフレーム構造

可能な限りスキマを無くす

露：Soyuz

クルー毎に石膏で型取りをしている

PAD設定 低反発PAD (CONFOR® Foams)

Density 93kg/m3(lb/ft3) Hardness 547N/q200

スキマあり

「CONFOR®」材を使用し 体圧を分散

力を分散

衝撃を体全体に分散させる構造

最大応力 36% 向上

Tekscan,inc製 I-Scan system

<星出宇宙飛行士コメント>

Soyuzのシートは腿が痛い

→PADで集中応力を回避する構造

有人宇宙船 シートコンセプト DCSM-1401

Spacecraft Seat Concept Design

自動車用シートと有人宇宙船シートの違い



Confidential

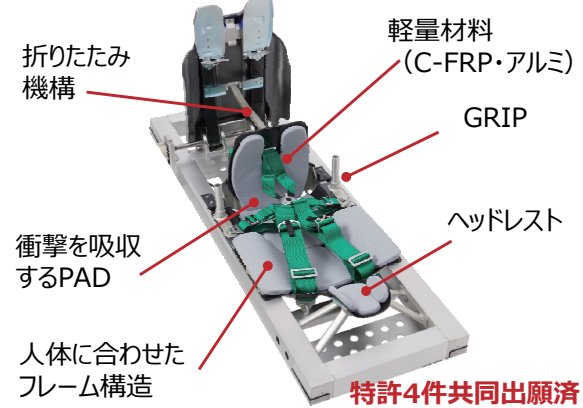
<自動車用シート>



<特徴>

- 乗員の**運転姿勢**を違和感なく保持しつつ、衝突等があった場合でも**乗員を安全に拘束**する構造
- 長時間使っていてもその車の走行性能に合わせて**乗り心地が良く、デザインを損なわず、かつ壊れない**こと
- 自分の好きな**姿勢やポジション**が**設定**できる機能が備わっている

<有人宇宙船シート>



特許4件共同出願済

<特徴>

- 宇宙航行中の**着座状態**を保持し、想定された衝撃に対して**人体に最も安全で壊れない**構造
- 軽量化**を最重視した必要最小限で、かつ**与圧服等を破損しない**部品で設定
- シートを使わない時には、**居住空間を有効活用**できるよう、簡単なワンモーションで**折りたためる**ような構造
- 既存製品に対し、**快適性を追求**した構造

主に着座姿勢・乗員安全・軽量化・使い勝手に特化した構造となっている

All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

19

結論



Confidential

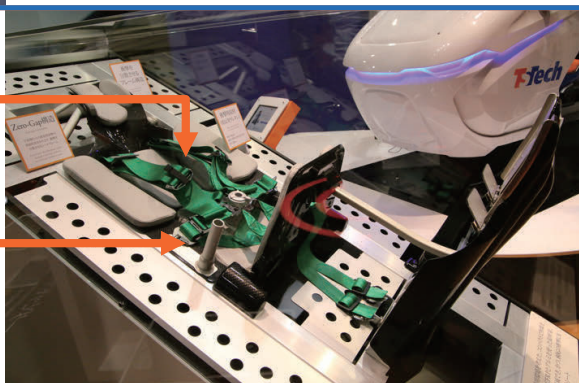


<今後の課題>

- 宇宙服・ヘルメット
 装備品を装着した場合の人体への影響（人体傷害）
- GRIP
 構造による、人体に入力される加速度を軽減させる為の設計検討

<今回の研究を通して分かったこと>

- 宇宙航行での特有の加速度における乗員安全性の定義
- 想定される加速度と人体への影響
- その安全性評価の仕方
- 評価を行う設備とツール（FEM含む）
- シート、及びダンパーの設計の考え方



All Rights Reserved. Copyright TS TECH CO.,LTD.

20

END