

 INNOVATION

CFRTPを用いた異方性中空梁の 最軽量構造に関する研究

平成25年2月
東京大学 工学系研究科 システム創成学専攻

学生証番号 37-116321
高山耕輔
指導教員 高橋 淳 教授

 INNOVATION

目次

- 研究背景
- 中空正方形フレームの静解析
- ハットチャンネルの動解析
- 最適構造の成形と三点曲げ試験評価
- 結論

2

 INNOVATION

目次

- **研究背景**
- 中空正方形フレームの静解析
- ハットチャンネルの動解析
- 最適構造の成形と三点曲げ試験評価
- 結論

3

 INNOVATION

研究背景

世界的なエネルギー消費・地球温暖化問題

↓

運輸部門が大きな割合を占め、
その運輸部門の中でも大部分を占めるのは自動車

↓

自動車の走行段階における省エネルギー化が重要
→ボディを軽量化して燃費を良くすることが効率的

↓

ボディの軽量化には近年
CFRP(炭素繊維強化プラスチック)が使われている

4

先行研究について：ボディの軽量化

- **CFRTS(熱硬化性)**を用いた構造・部材の研究
 - 成形速度・コストの面から適用は限定的
 - 破壊挙動などにCFRTSと大きな違い
- **CFRTP(熱可塑性)**を用いた構造・部材の研究
 - 高速成形によってコストダウンが実現可能
 - 量産車生産に向いている

異方性を導入することが軽量化に効果的としながらも、**詳細な構造設計や部材開発は行っていない**

パネル

→CFRTP等方性材料のみで軽量化が容易

フレーム

→CFRTP等方性材料のみでは**軽量化困難**
⇒異方性を導入する必要性

5

パネルとフレームの軽量化比較

曲げ剛性EIの計算

パネルの軽量化

	Steel plate	CFRP plate	Ratio to Steel
Elastic Modulus (E)	$E_s = 200\text{GPa}$	$E_c = 25\text{GPa}$ ($\nu=0.3, 150$)	1/8
Thickness (t)	t	2t	2
Volume (V [m ³])	V	2V	2
Flexural stiffness (EI [Nm ²])	$E_s t^3$	$E_c (2t)^3$	1
Deformation ($\delta \propto P/EI$)	Load (P)	Load (P)	1 same flexural performance
Surface stress (σ)	$\sigma_s = P/t$	$\sigma_c = P/2t$	1/2
Buckling strength	$P_{cr} \propto E_s t^3$	$P_{cr} \propto E_c (2t)^3$	1
Density (ρ)	7.8	1.3	1/6
Weight (W)	7.8V	1.3*2V	1/3

フレームの軽量化

	Steel hollow beam	CF/PP hollow beam	Ratio to Steel
Elastic Modulus (E)	$E_s = 200\text{GPa}$	$E_c = 77\text{GPa}$ ($\nu=0.5$)	1/2.6
Thickness (t)	t	2.9t	2.9
Outside size (h)	h	h	1
Volume (V [m ³])	V	2.9V	2.9
Second moment of area (I [m ⁴])	$I_s = 1/12 * b * h^3$	$I_c = 1/12 * b * h^3 * 2.6/1$	2.6/1
Flexural stiffness (EI [Nm ²])	$E_s I_s$	$E_c I_c$	1
Deformation ($\delta \propto P/EI$)	Load (P)	Load (P)	1 same flexural performance
Density (ρ)	7.8	1.35	1/6
Weight (W)	7.8V	1.35*2.9V	1/2

25 GPaの等方性材で重量1/3 77 GPaの材料で重量1/2

CFRTP等方性材料では**達成不可**

VS

ハットチャンネル

6

目標：スチールと等剛性かつ最軽量なボディ

達成すべき目標

スチールと等剛性かつ軽量化率50%の
異方性CFRTPハットチャンネルの構造設計&実証

どう実現するか？

異方性を取り入れた最適構造をFEM解析により設計する
最適設計後、実際に成形し三点曲げ試験により性能を実証

【材料】

- ・等方性材：ランダム材
- ・一方向性材料：UD材

VS

+UD材

7

材料について

製作工程

炭素繊維 含浸 一方向テープ カット UD材 ランダム材 プレス ランダム材ハット

ランダム配向 & プレス成形

最優構造ハイブリッドハットチャンネル

8

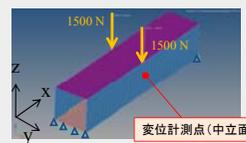
目次

- 研究背景
- **中空正方形フレームの静解析**
- ハットチャンネルの動解析
- 最適構造の成形と三点曲げ試験評価
- 結論

9

解析モデル: 中空正方形フレーム

ソルバー: RADIOSS Bulk
 サイズ: 50×50×400mm
 境界条件: 下面の両端の変位(y, z軸)を拘束
 荷重点: 上面中間の端二点



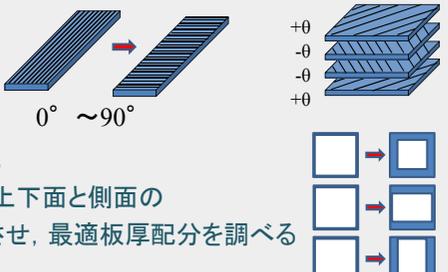
変位計測点(中立面)

■ 繊維方向変化

1. 上下面
2. 側面

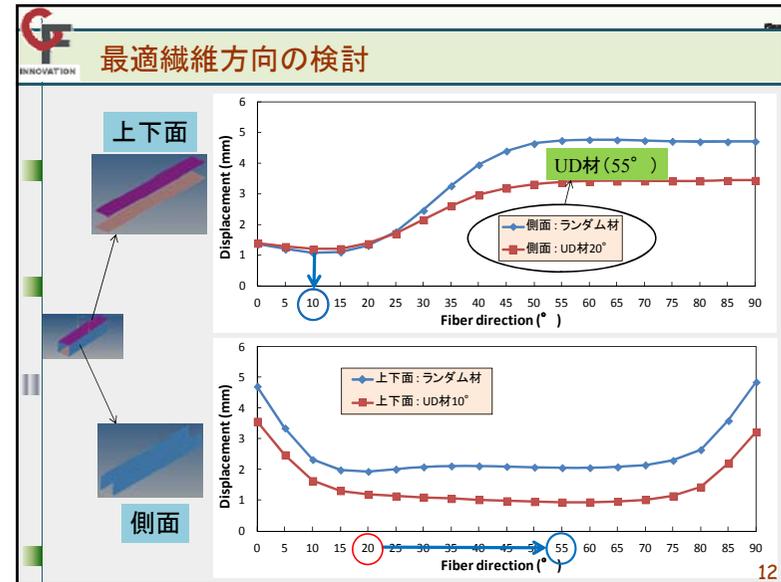
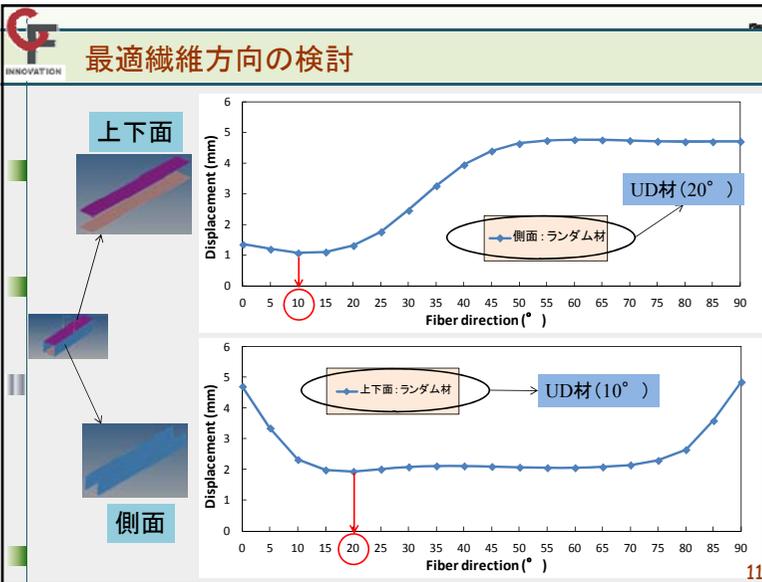
0° ~ 90°

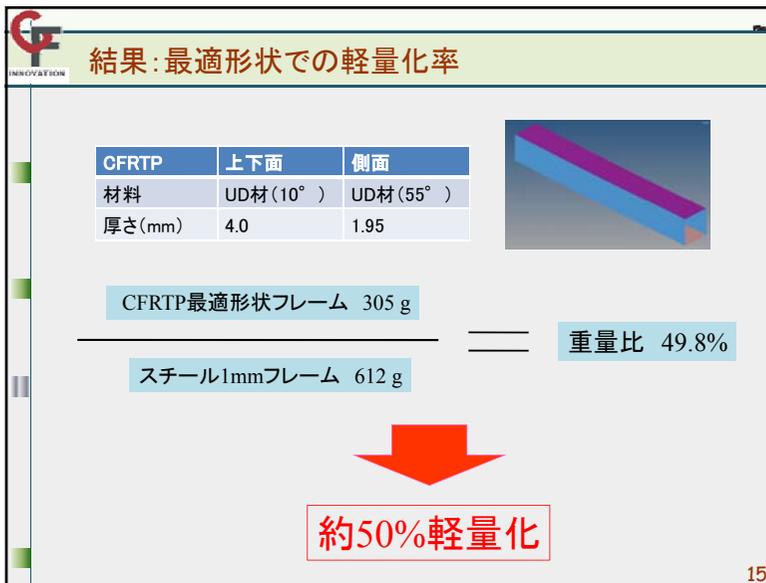
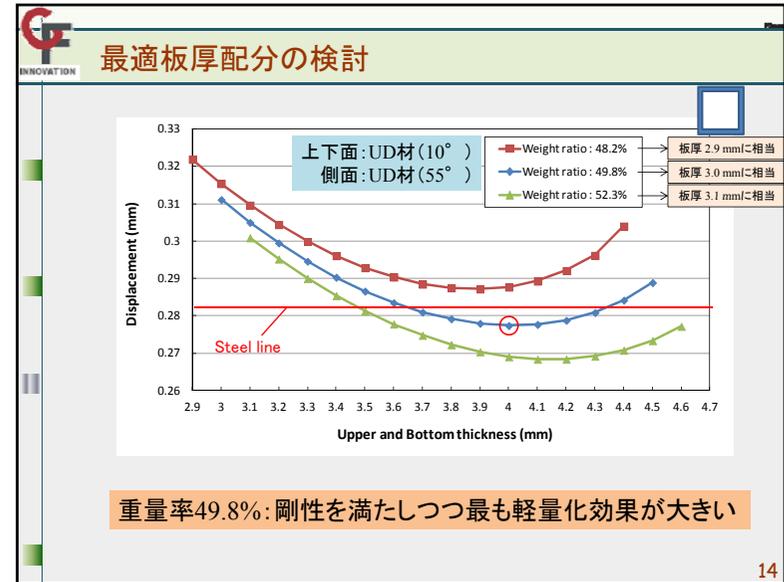
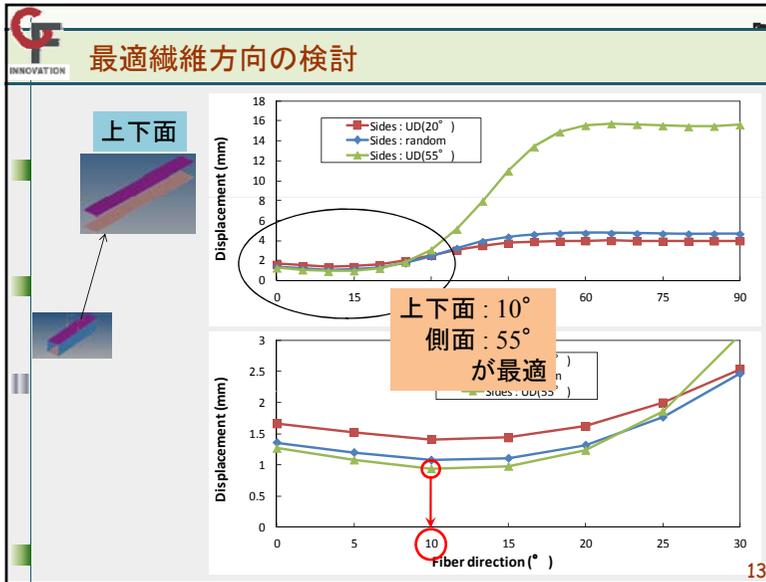
積層: [+0/-0/-0/+0]



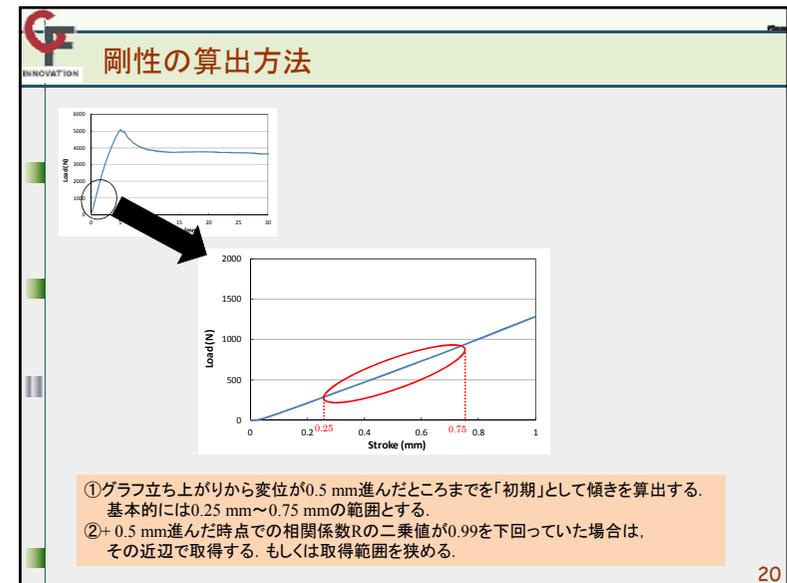
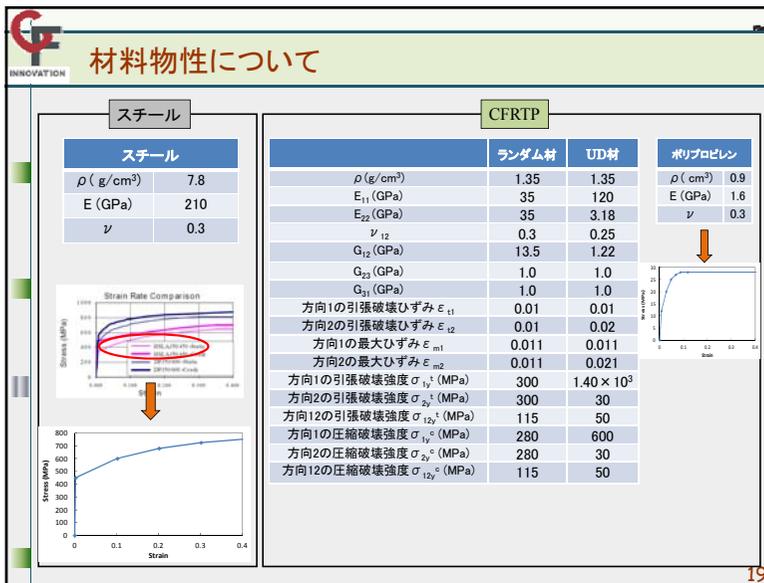
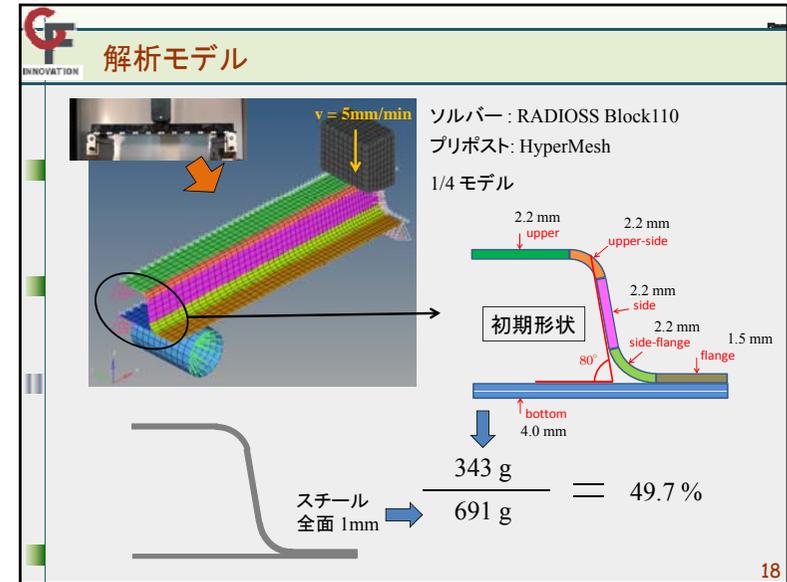
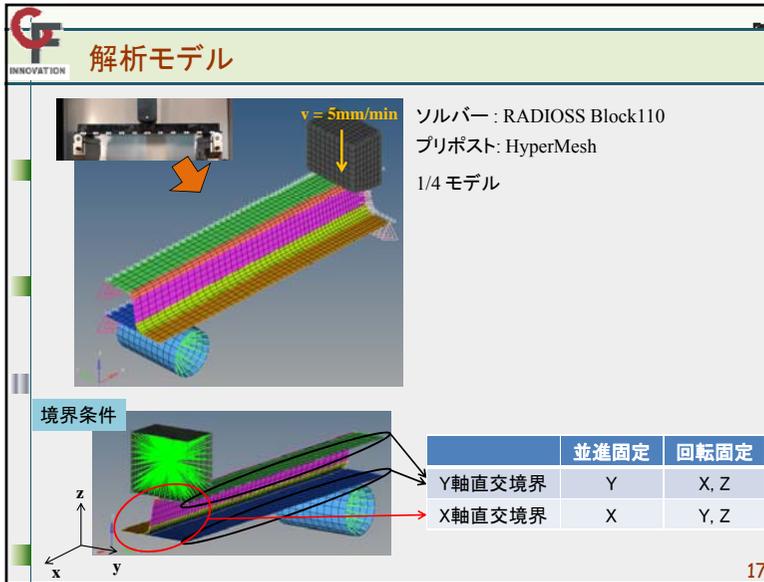
■ 板厚配分の変化

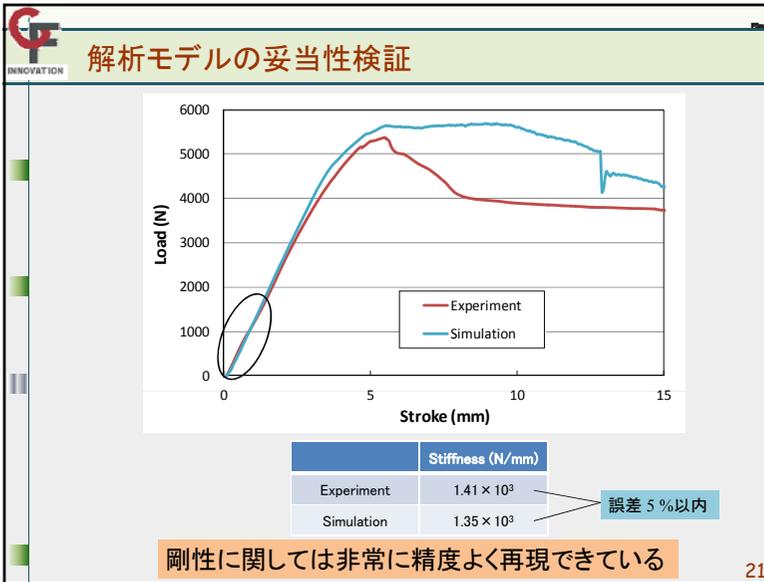
断面積を一定とし, 上下面と側面の板厚の割合を変化させ, 最適板厚配分を調べる



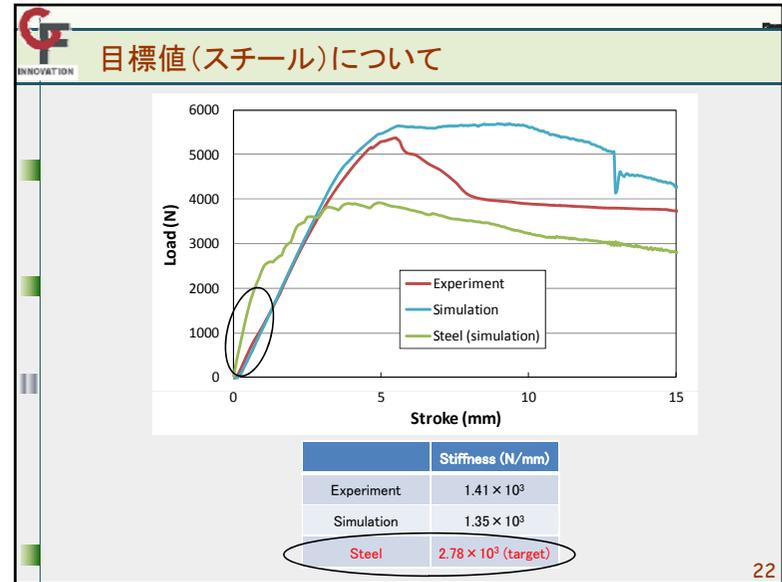


- ### 目次
- 研究背景
 - 中空正方形フレームの静解析
 - ハットチャンネルの動解析
 - 最適構造の成形と三点曲げ試験評価
 - 結論
- 16

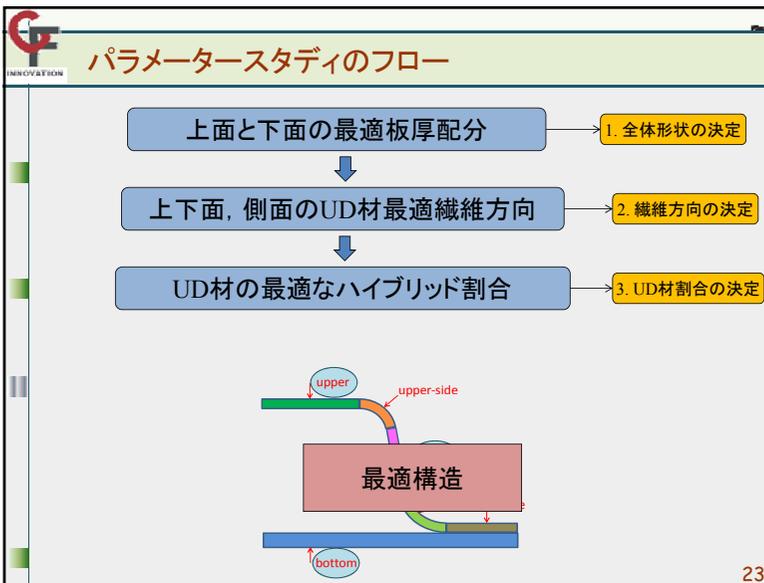




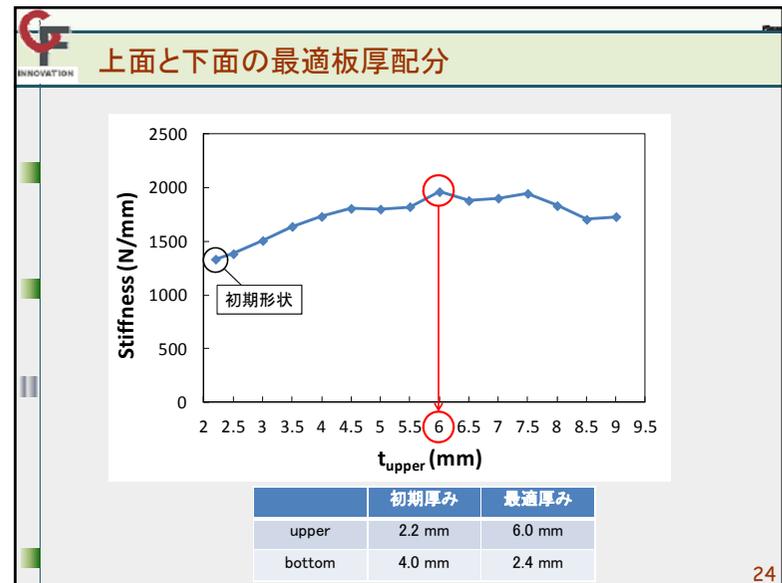
21



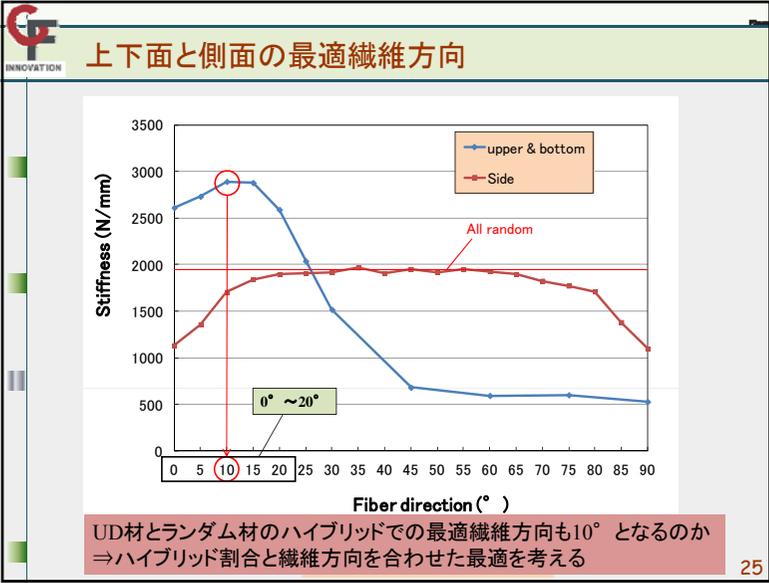
22



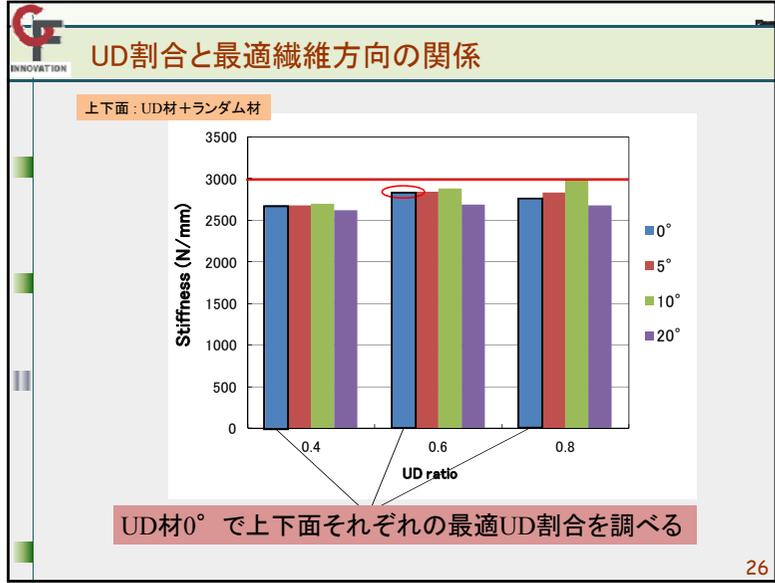
23



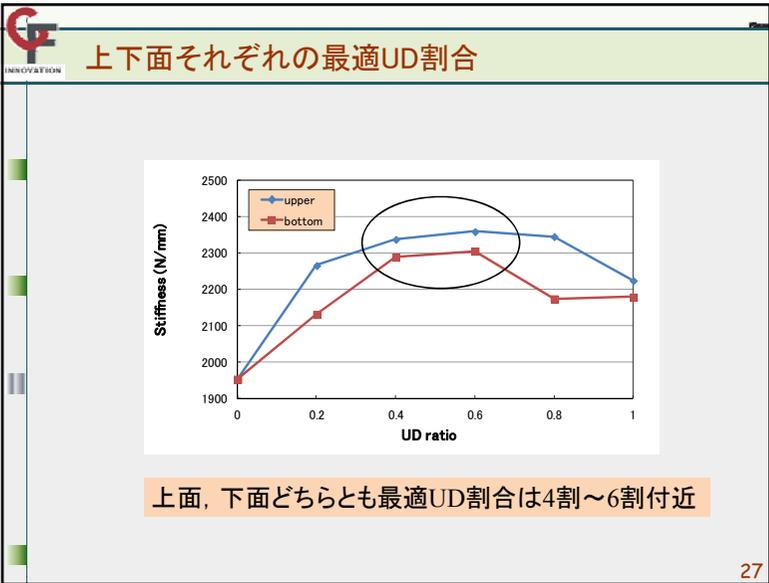
24



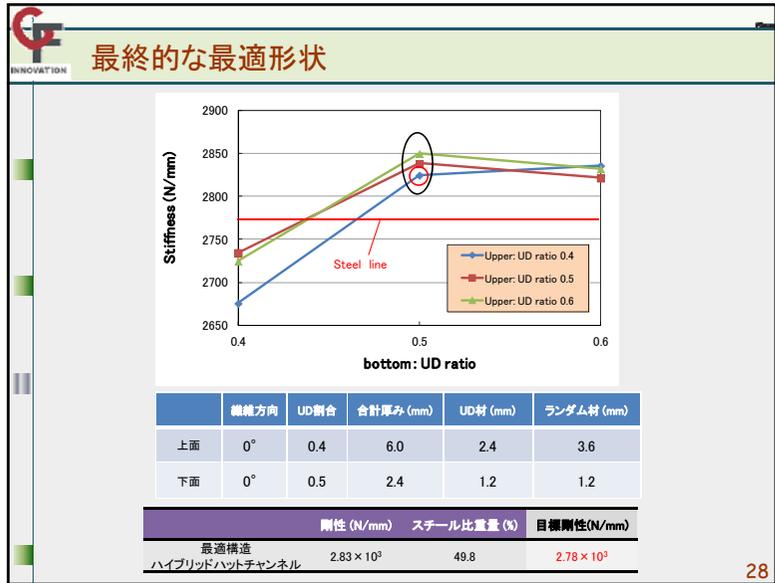
25



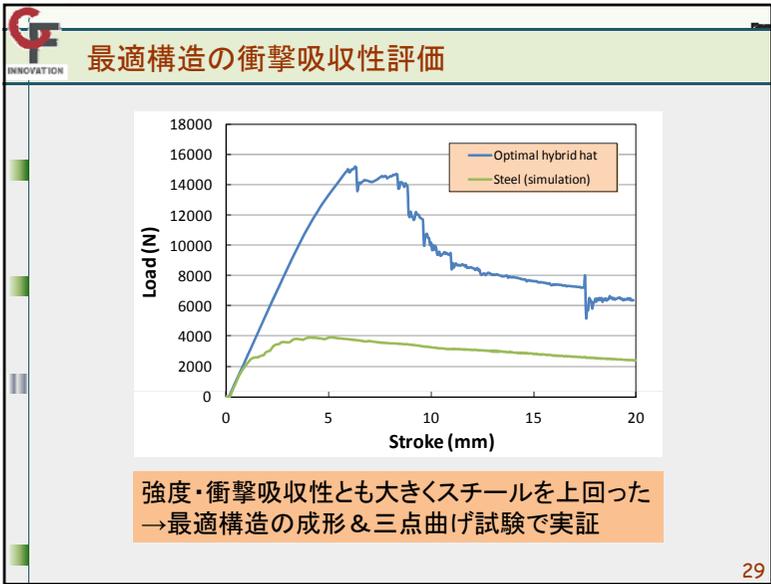
26



27



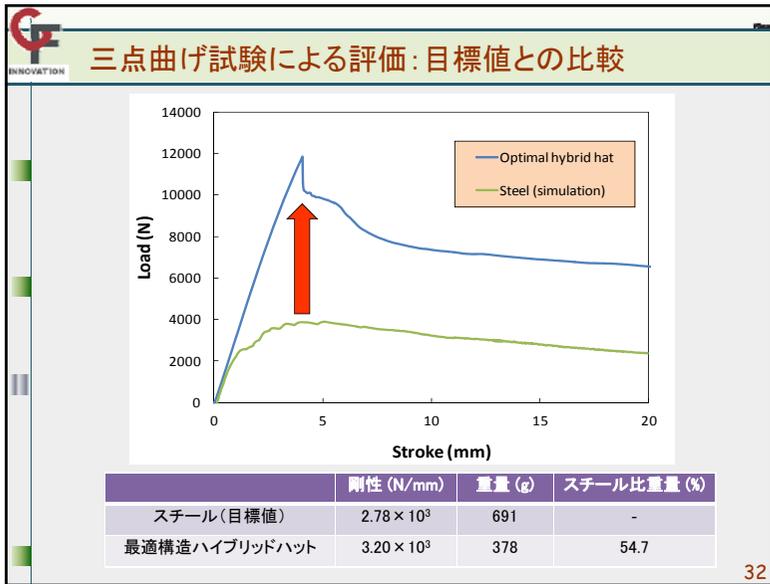
28

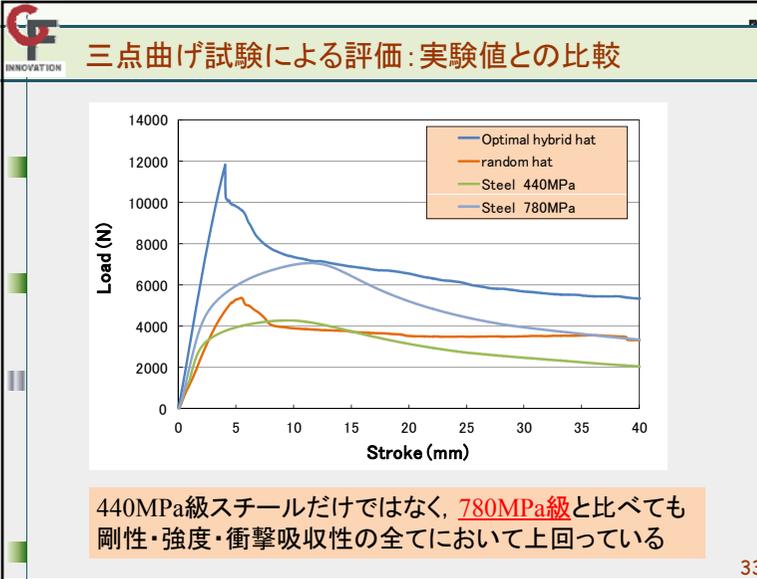


目次

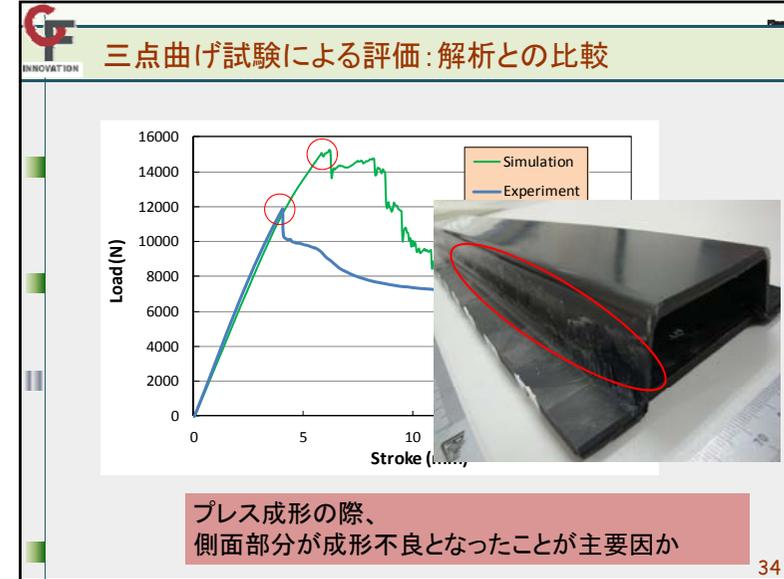
- 研究背景
- 中空正方形フレームの静解析
- ハットチャンネルの動解析
- **最適構造の成形と三点曲げ試験評価**
- 結論

30





33



34

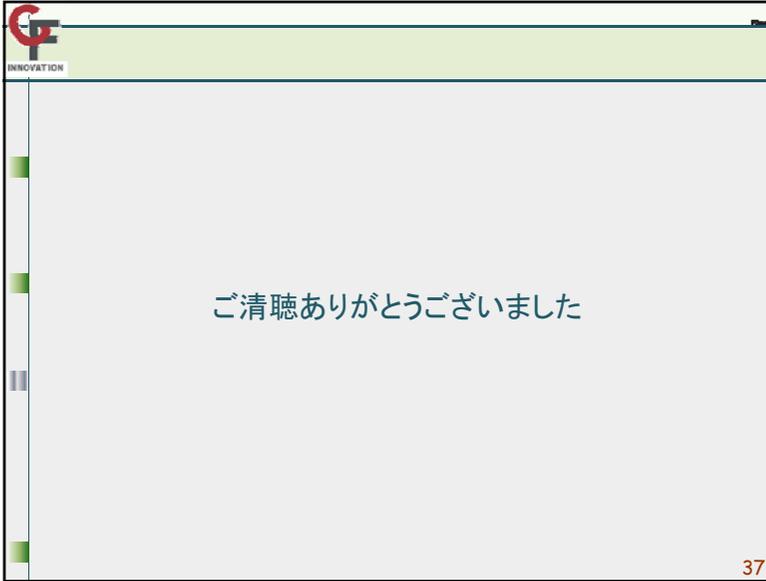
目次

- 研究背景
- 中空正方形フレームの静解析
- ハットチャンネルの動解析
- 最適構造の成形と三点曲げ試験評価
- **結論**

35

- ### 結論
- 中空正方形フレームの静解析
 - スチールと等剛性を実現し、重量比49.8%を達成した。
 - 全てUD材を用いた本結果では、上下面±10°・側面±55°が最適
 - ⇒ 上下面は軸に直交方向にも弾性率が必要、側面はせん断が支配的
 - ハットチャンネルの動解析
 - スチールと等剛性、強度・衝撃吸収性も同等以上を実現し、重量比49.8%を達成した。
 - 成形性・衝撃吸収性も考慮すると、上下面0°・側面ランダム材が最適
 - ハイブリッド割合は約5割が最適
 - 最適構造ハットチャンネルの成形&三点曲げ試験評価
 - 440MPaに加えて780MPa級に対しても剛性・強度・衝撃吸収性全てにおいて上回り、構造部材としての大きな可能性を示すことができた。
 - 解析との整合性に関しては、最大荷重に多少差が出たが概ね実験値を再現できた。
 - 解析モデルや成形方法を多少改善することで、他の部材形状においても、最適構造を適宜設計が可能
 - → 自動車の様々な部材の大幅な軽量設計が可能に

36



INNOVATION

ご清聴ありがとうございました

37

The slide features a light green header bar with a logo on the left and the word "INNOVATION" below it. The main content area is light gray and contains the text "ご清聴ありがとうございました" (Thank you for listening). On the left side, there are three green square icons and a gray double-line icon. The number "37" is located in the bottom right corner.