

# 先端工業材料学

機械設計学専攻  
森田辰郎

## 第1章 講義の概要

### 1.1 授業の内容および進め方

#### 内 容

各種工業材料の微視的構造を踏まえて、その主要な特性について基礎的事項を講述した後、現実的な事例に関するケーススタディを行うことにより、各種材料の特徴を明確にする。

形 態： プロジェクター＋配布プリント

プリント： <http://www.cis.kit.ac.jp/~morita/jp/index.html>より入手

#### 成績評価方法と基準

成績は、プレゼンテーションおよびスライドの得点に出席状況を勘案して判断する。

**2021年度は下記の拘束なし。**

注 意： (1) 1講義で2度注意を受けた者は退室させ、欠席扱いとする。  
(2) 理由なしに30分以上遅刻した者の入室は認めない。

## ケーススタディの例

### (1) 小型薄肉圧力容器

#### 背景

あなたは大手機械メーカーの主任設計者であり、圧力  $p$  のガスを貯蔵するための小型薄肉圧力容器を設計している。この圧力容器は球形で、内半径  $r$  は設計上一定とする。安全性を確保するためには材料内部の欠陥や経年変化を考慮する必要があるが、今回は比較的低下圧力下で使用するため、圧力容器が全面降伏により破損しないように設計することとする。その際、安全係数を  $\alpha_s$  とする。以下の問題について考えよ。

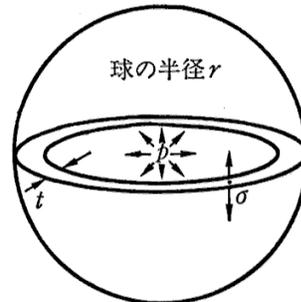


図 小型薄肉圧力容器

#### 問題

1. 設計応力  $\sigma_f$  を式で示せ。また、圧力容器の重量を最小とするために考慮すべき材料指標を示し、その値を各材料ごとに求めて材料を選定せよ。
2. 容器の重量が  $M$ 、単価が  $P$  の時、単純に材料費を  $PM$  と考えることにする。材料費を最小とするための材料指標を示し、その値を各材料ごとに求めて材料を選定せよ。

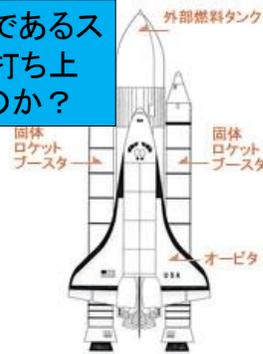
## 事件事例(チャレンジャー号事故)



アトランティス号

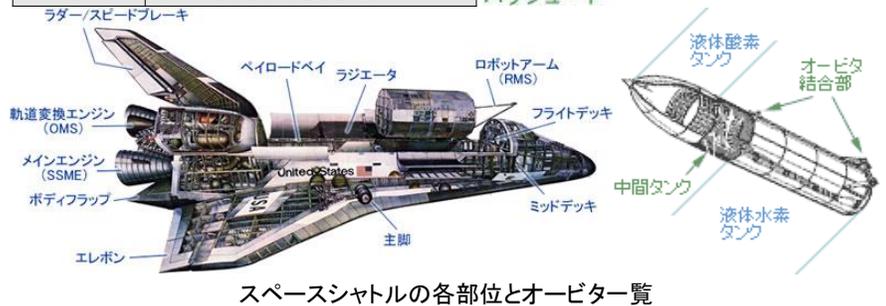
1986年1月28日11:38AM, ケネディ宇宙センターから打ち上げられたチャレンジャー号が、打ち上げ後に爆発。乗員7人全員が死亡。

なぜ人間の英知の結晶であるスペースシャトルにおいて打ち上げ時に事故が発生したのか？



シャトルの構造

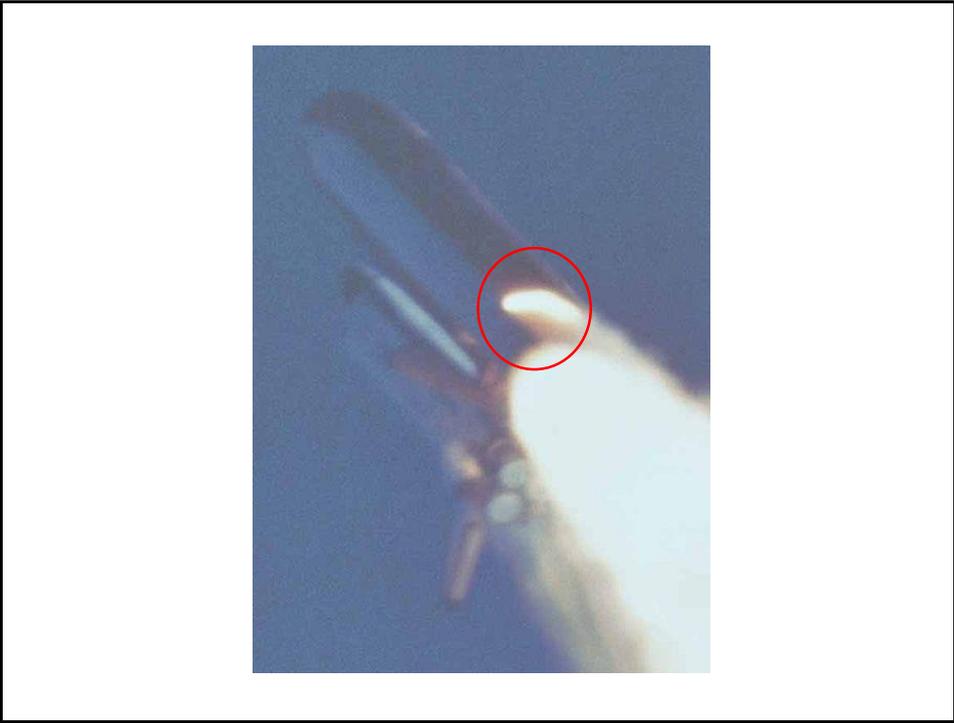
オービタ名	概要
パスファインダー	1977年に地上試験用に開発
エンタープライズ	1976年に滑空着陸試験用として開発
コロンビア	STS-1で初飛行 2003年2月1日、帰還時に空中分解で喪失
チャレンジャー	STS-6で初飛行 1986年1月28日、チャレンジャー事故にて喪失
ディスカバリー	STS-41Dで初飛行 現在使用可能
アトランティス	STS-51Jで初飛行 現在使用可能
エンデバー	STS-49で初飛行 現在使用可能



スペースシャトルの各部位とオービター一覧

## 当日の状況

- フロリダは異常な寒波に襲われており、機体の点検などのため、予定より2時間遅れで打ち上げ。
- 発射66.2秒後： 右側ロケットブースタと燃料タンクの接合部分が破損して炎が発生。
- 発射72秒後： ロケットブースタと外部燃料タンク間の結合がはずれて機体が激しく振動。
- 発射73.2秒後： ロケットブースタが外部燃料タンク前部の液体酸素タンクと衝突、大爆発。



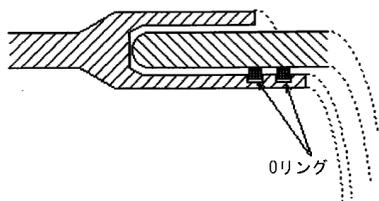


爆発直後の映像ではシャトルオービターのクルーコンパートメントは破損を免れている。実際、海中から回収することに成功した。

遺体の司法解剖の結果、死因は海面へ叩きつけられたことによる激突死と判明。このためクルーの一部はクルーコンパートメントごと海中に墜落するまで生存、意識もあったのではないかと見られている。後の改修ではクルーの緊急脱出についても考慮された。

## 設計

- 直接原因：右側ロケットブースタの継目からの燃焼ガスの漏れ
- シャトル設計当時、米国は大不況下にあり、NASAの予算は切迫していた。
- 回収して再利用することでコストを削減するため、シャトルは4つの部分を組み合わせた複雑な構造となった。



- ロケットブースタを設計・製造したサイオコル社は、コスト削減のため、ロケットブースタを4つのパーツをつなぎ合わせる構造とした。
- 衝撃などにより歪んで隙間が生じる可能性があるため、パーツ間の継目部分には合成ゴム製のOリングがはめ込まれ、常に隙間を塞ぐようにしてあった。
- 使用した合成ゴムは低温で固くなり、シール効果を失う欠点があった。
- 事故当日、継目部分の温度は $-0.6^{\circ}\text{C}$ に達していた。



### 発射許可

- NASA: チャレンジャー号打ち上げ前日, ブースタ製造元であるサイオコール社に打ち上げの可否を打診.
- サイオコール社: 技術者はOリングが低温で脆化する危険があることを指摘し, 気温が上昇するまで打ち上げ延期を主張.
- NASA: 初の民間人搭乗で全米の注目が集まっていたにもかかわらず, チャレンジャー号はすでに悪天候のため2回打ち上げを延期していた. また, 翌日に大統領の教書演説が控えていた. そのため, あえて再考を要求.
- サイオコール社: 経営上の判断によって打ち上げに同意.

## 事故の影響

- ハッブル望遠鏡の打ち上げが延期され、ハレー彗星の探査は中止された。
- 日本人宇宙飛行士の搭乗の時期が数年間延期。
- 代替機建造などの直接費だけで30億ドル以上の費用。
- 精神的側面：当時、米国は大不況下にあった。そうした中で他国の追従を許さないと米国民が自負していたのが高度な技術に支えられた宇宙開発事業であり、シャトルはその象徴であった。しかも、チャレンジャー号には初の民間人である女性高校教師のマコーリフさんが搭乗して、宇宙から子供たちへ「宇宙授業」を行う予定であったため、打ち上げの様様をマコーリフさんの知人や多くの学生が見守っていた。その目の前でシャトルが爆発した。



フランシス・ディック・スコビー、クリスタ・マコーリフ、ロナルド・マクネイア、  
マイケル・J・スミス、エリソン・オニヅカ、ジュディス・レズニック、グレゴリー・ジャービス