



# 計算機援用設計 CAEの概要

## 第2回

M科 川野

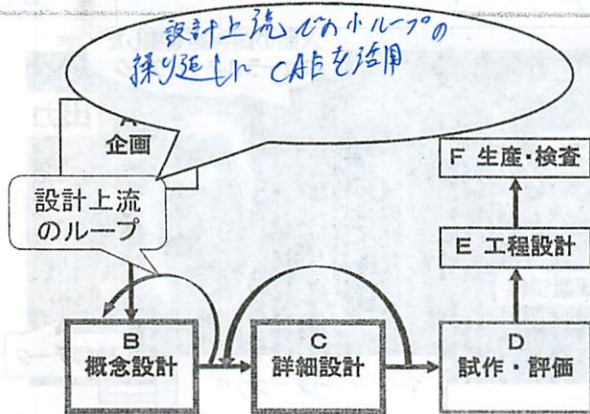
## CAD/CAE

### CAEとは

- Computer Aided Engineeringの略  
コンピュータ援用解析, 応用  
コンピュータ援用工学と訳される。
- CAEは設計初期段階の形状モデルに対し,  
コンピュータを用いて応力, 変形, 伝熱, 振動  
などの性能評価を行うためのシステム。

SETSUNAN UNIVERSITY

## CAEにおける仕事の流れ



SETSUNAN UNIVERSITY

## F1レギュレーションの変遷

- 1966年
    - エンジン: 排気量3,000cc NAまたは1,500cc ターボエンジン
  - 1987年
    - エンジン: 排気量3,500cc NA
  - 1989年
    - ターボエンジン(過給器付きエンジン) = エンジンの排気ガスを利用して燃焼室の空気を余計に送り込むとする
  - 1995年
    - エンジン排気量を3,500ccから3,000ccに制限
  - 2000年
    - エンジン形式をV10に統一
- NA: ナチュラル・アスピレーション = 自然吸気エンジン
- V10 = V字に配置されたV型10気筒

SETSUNAN UNIVERSITY

## CAD/CAE

### CADとは

- Computer Aided Designの略  
コンピュータ援用設計と訳される。
- 製品や建築物などの設計において,  
コンピュータ上での製図を行うためのシステム
- 2次元CADと3次元CADがある。

SETSUNAN UNIVERSITY

## CAMとは

- Computer Aided Manufacturing  
コンピュータ援用製造と訳される  
CADで作成した形状データを元に加工機  
加工用のNCプログラム作成などの生産準備全般を  
コンピュータで行うためのシステム

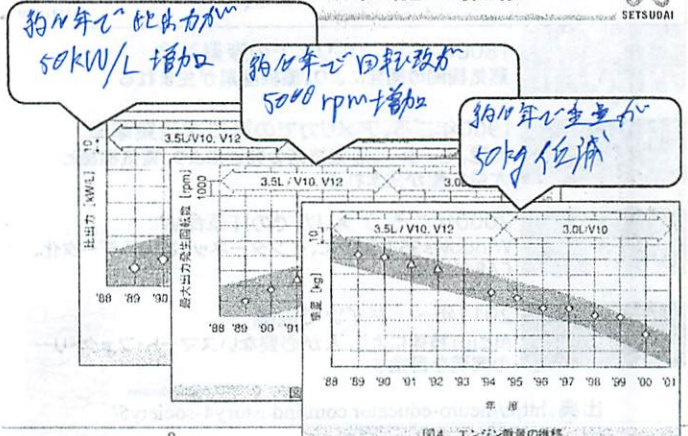
SETSUNAN UNIVERSITY

## CAEのねらい

- 試作段階での試行錯誤の繰り返し低減 →  
開発コストの削減と期間の短縮
- 情報の一元化, 集中管理化 →  
作業効率の向上
- 解析技術の高度化 →  
さらなる製品性能の追求

SETSUNAN UNIVERSITY

## F1用エンジン性能の推移

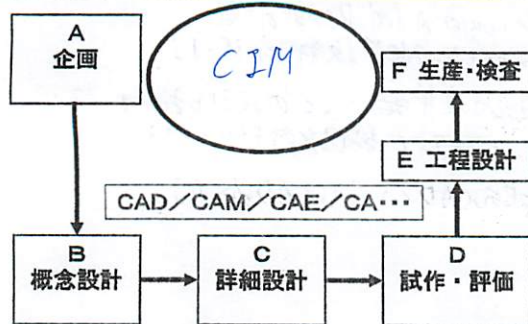


SETSUNAN UNIVERSITY



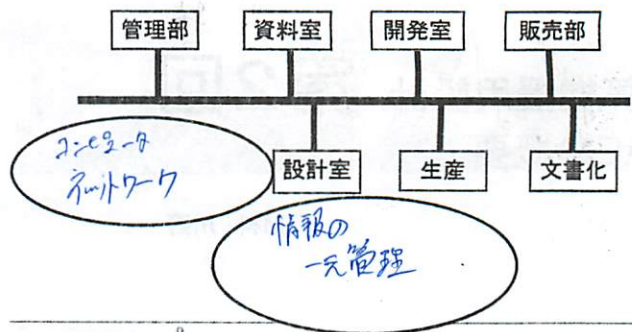
## コンピュータによる統合

Computer Integrated Manufacturing



## 統合生産システム (CIM)

Computer Integrated Manufacturing



## コンピュータによる統合

### CIM

Computer Integrated Manufacturing

コンピュータ統合生産のことで、製品の生産にかかわる各部門のコンピュータをネットワーク

(LAN: Local Area Network) で結び、様々な情報をサーバーで一元管理 (統括) して生産性を向上させるシステムのことである。

現在のトレンドは「IoT」と「AI (人工知能)」を利用した Industry4.0やIndustrial Internet

Internet of Things

「第4次産業革命」

IoTの発達により、設備や工作機械はもちろんのこと、工具、計測器、搬送機、自動倉庫、現場の要員が保持するモバイルデバイスなどがインターネットにつながり、クラウド上でデータのリアルタイム総合管理

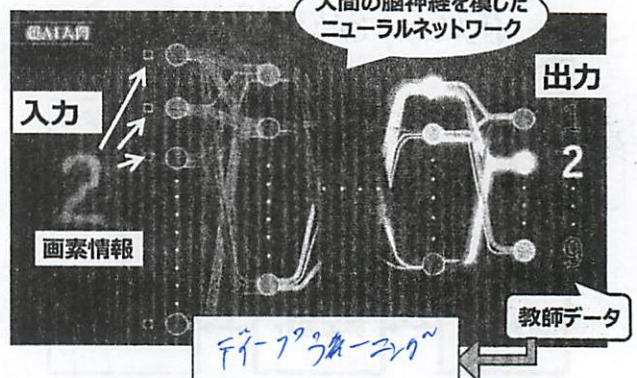
IoTにより、現場から収集されるデータ量は膨大

データサイエンティスト

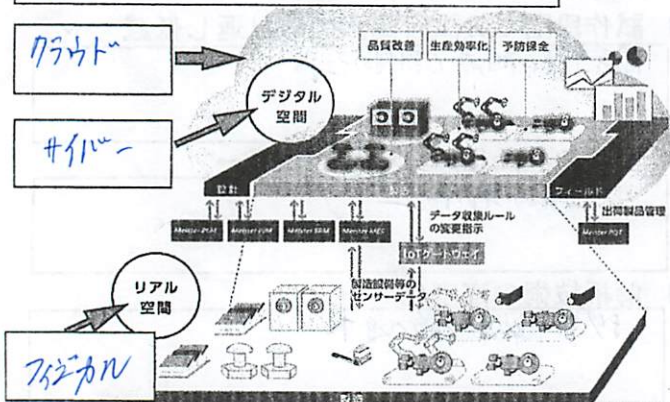
AI (人工知能)

AI (人工知能)

人間の脳神経を模したニューラルネットワーク



IoTを活用した生産工場



東芝デジタルソリューションズ (株)

インダストリー 4.0

AIとIoTの活用

インダストリー 1.0	1800年ごろ、イギリスでの産業革命 蒸気機関の開発により、機械産業が生まれる
2.0	1900年ごろ、アメリカでの第二次産業革命 発電、モーター、送電技術の発達により、電気機械と大量生産が生まれる
3.0	2000年ごろ、アメリカでのIT革命W Windows95を契機に、インターネットと電子データ化、CAEが誕生
4.0	2011年〜 ドイツで提唱 AIとIoT技術により、人が必要ないスマート・ファクトリーの実現を目指す

出典: <http://neuro-educator.com/industry4-society5/>

インダストリー 5.0

NHK 人間ってなんだ? 超AI入門

インダストリー 1.0	狩猟社会 縄文時代
2.0	農耕社会 弥生時代〜江戸時代: 農業が発達し、村社会、武家社会が誕生
3.0	工業社会 明治時代〜昭和: 文明開化に伴い、機械産業が発達
4.0	情報社会 = インダストリー 3.0 平成: IT革命にともない、インターネットや携帯電話が普及
5.0	超スマート社会 これから? : AIとIoT技術によるスマートシステムにより生活を支援する

出典: <http://neuro-educator.com/industry4-society5/>



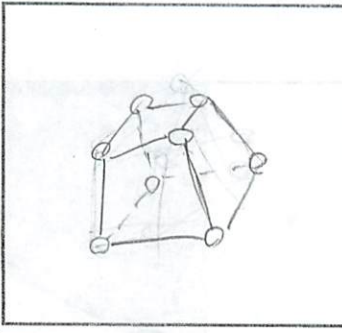
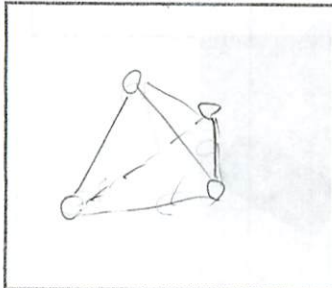
## 計算機援用設計 CAEの手順

### 有限要素の例

#### 3次元

面が四角形の場合

面が三角形の場合



SETSUNAN UNIVERSITY

### 形状モデリング

#### 高精度汎用解析プログラム

有限要素法・境界要素法・差分法



解析対象の形状

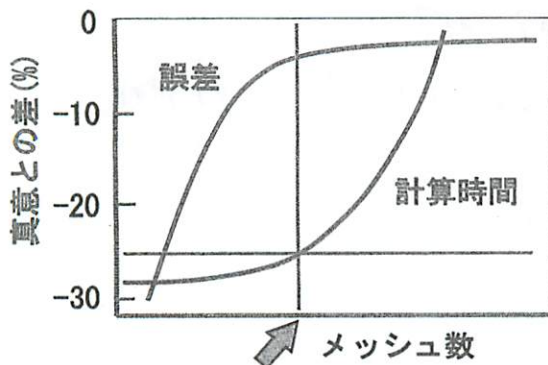
メッシュ(要素)に分割

課題: メッシュデータをたやすく作成できるツールの開発

CADデータ → メッシュデータ

SETSUNAN UNIVERSITY

### 最適メッシュ数



最適メッシュ数

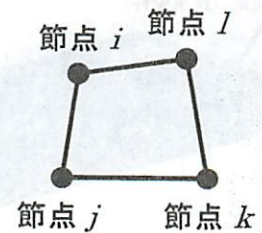
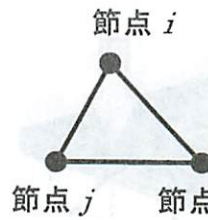
SETSUNAN UNIVERSITY

CADJapan.com

メッシュ数が増加すれば、...  
 { 誤差は増加(速減)  
 { 計算時間は増加(速増)

### 有限要素の例

#### 2次元



SETSUNAN UNIVERSITY

### CAEの手順

#### ① 形状モデリング

解析用モデルを作る (プリプロセッサ)

Preprocessor

#### ② 解析

解析計算を行う (ソルバー)

Solver

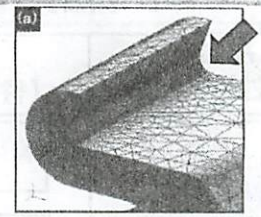
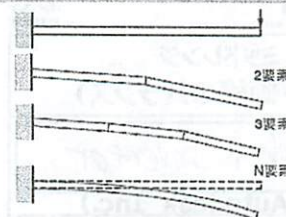
#### ③ 結果表示

解析結果を可視化する (ポストプロセッサ)

Postprocessor

SETSUNAN UNIVERSITY

### メッシュと精度



フィレット部や曲率半径の小さな湾曲部など、

応力が集中する箇所

には局所的に

細かいメッシュ

を設けるのが望ましい  
日経テクノロジー

### 解析用プリプロセッサの機能

#### ■ 形状モデルの作成

専用の形状モデラーで形を作る

CAD形状データを取り込む

#### ■ 解析領域の分割

2次元 三角形要素, 四角形要素

3次元 四面体要素, 六面体要素

#### ■ 境界条件の設定

境界の物理量 (応力, 圧力, 速度など) を指定

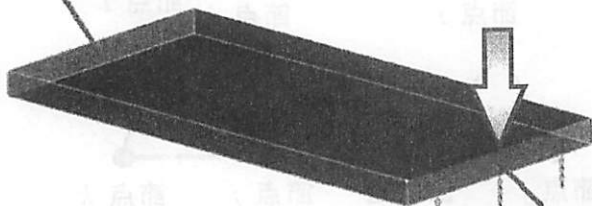
拘束条件 (固定, 滑り, 回転など) を指定

SETSUNAN UNIVERSITY

## 境界条件



完全固定（拘束条件）



下方に1000N  
(荷重条件)

CAE技術者のための情報サイト

SETSUNAN UNIVERSITY

9

## 解析用プリプロセッサの機能



### ■ 初期条件の設定

計算開始時の物理量を指定  
(非定常現象の解析の場合)

### ■ 物性パラメタの設定

解析対象の材料物性値（ヤング率，ポアソン比，密度，  
比熱，熱伝導率など）を指定

### ■ 解析パラメタの設定

数値解析固有のパラメタ（収束条件，サブモデル，  
解析時間など）を指定

SETSUNAN UNIVERSITY

10

## ソルバーの役割



有限要素法で，解を求める。

	離散化（分割）	特徴
差分法		・離散化が容易 ・適用性が高い
有限要素法		・任意形状の扱いが容易 ・適用性が高い

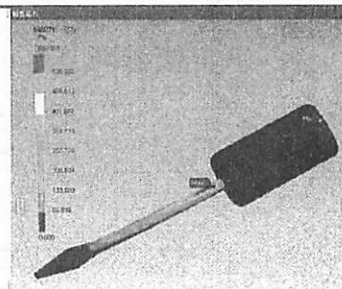
SETSUNAN UNIVERSITY

11

## ポストプロセッサの役割



解析結果を可視化する。



SETSUNAN UNIVERSITY

12

## 3D-CAD市販ソフト名



ハイエンド (高性能・高精細)	ミッドレンジ (性能・価格のバランス)
① PTC Creo Parametric (PTC Inc.)	① Autodesk Inventor (Autodesk Inc.)
② CATIA (Dassault Systèmes)	② Solid Works (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation)
	③ Solid Edge (Siemens PLM Software Inc.)

SETSUNAN UNIVERSITY

13

## PTC Creo Parametricによる演習



### ■ PTC Creo Parametric :

市販の3次元CADソフトウェア

開発・販売 PTC社

Parametric Technology Corporation

### ■ 3次元CAD + Creo Simulate



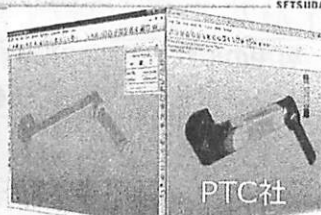
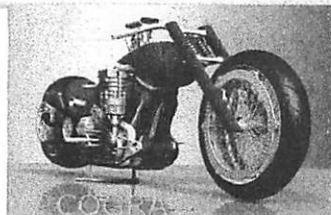
(簡易有限要素法解析ツール)

構造解析，伝熱解析など

SETSUNAN UNIVERSITY

14

## PTC Creo Parametricの例



NICON METROLOGY社



NASTRAN.JP

SETSUNAN UNIVERSITY

15

デジタルソリューション社

スワ，カワノ  
↳ Autodesk Inventor

外資系企業で使われているのか？

CATIA