

基礎情報処理

Information Processing Basics
プログラム基礎1

2004年11月4日

高等教育研究開発推進センター
小山田耕二

Outline

1. コンピュータとはなにか
2. デジタル情報の世界
3. 論理回路からコンピュータまで1
4. 論理回路からコンピュータまで2
5. プログラム基礎1
6. プログラム基礎2
7. データ構造とアルゴリズム1
8. データ構造とアルゴリズム2
9. コンピュータネットワーク
10. 情報倫理
11. さまざまな情報処理
12. コンピュータ科学の諸問題

5 . プログラム基礎 1

5.1 ソフトウェアとハードウェア

5.1.1 ソフトウェアとハードウェアとは

5.1.2 コンピュータというハードウェア

5.1.3 周辺装置

5.1.4 命令セットとマシン語プログラム

5.2 プログラム言語

5.3 プログラミング

5.3.1 応力解析プログラミング

5.1 ソフトウェアとハードウェア

5.1.1 ソフトウェアとハードウェアとは

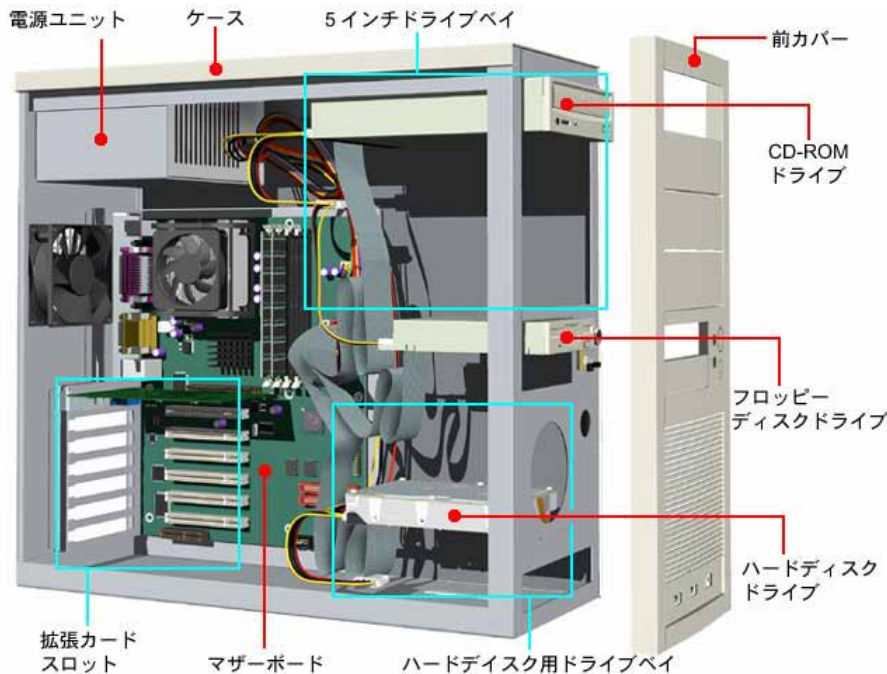
5.1.2 コンピュータというハードウェア

5.1.3 周辺装置

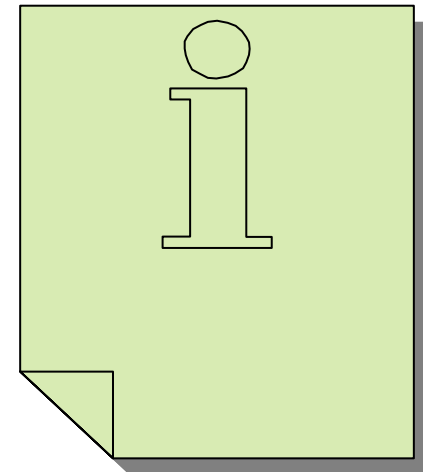
5.1.4 命令セットとマシン語プログラム

5.1.1 ソフトウェアとハードウェアとは

Hardware

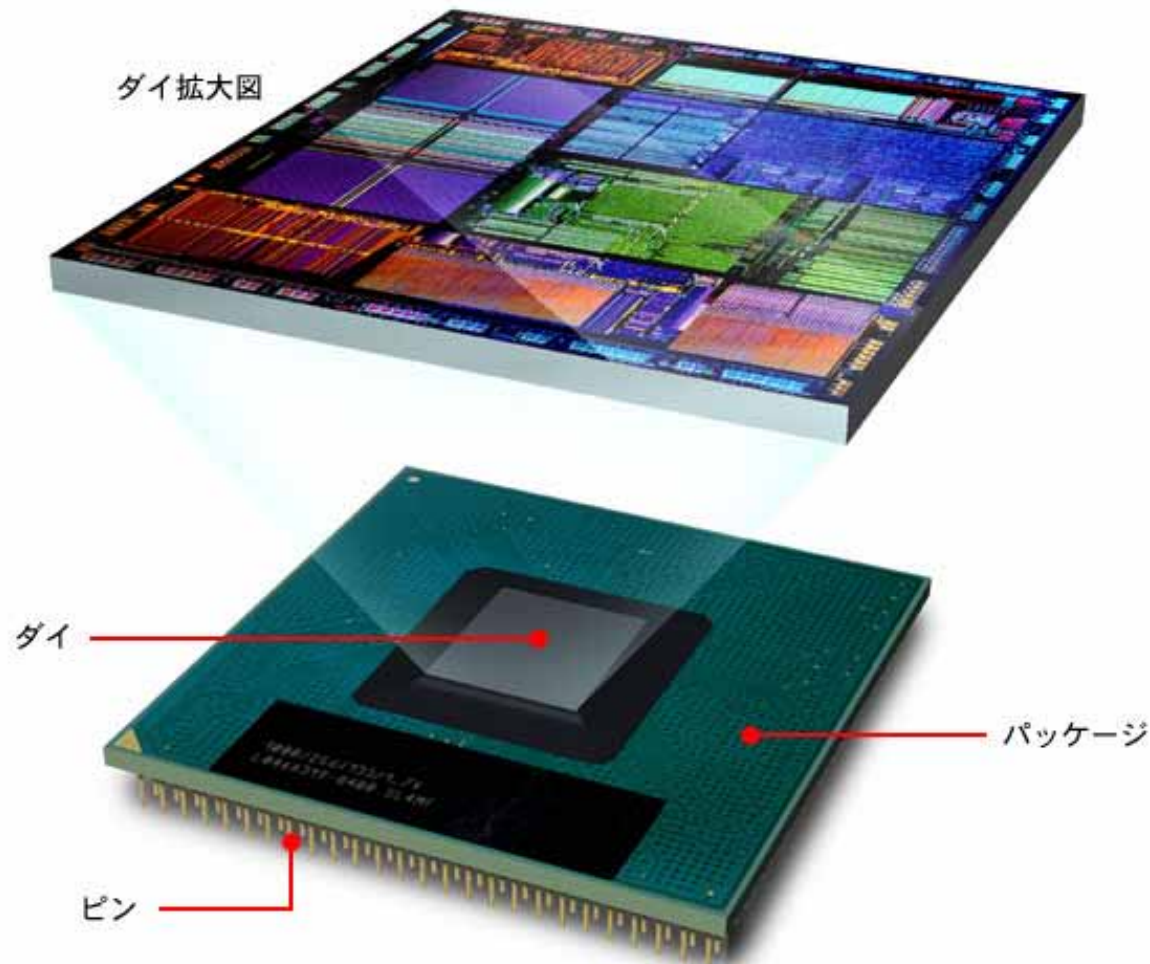


Software



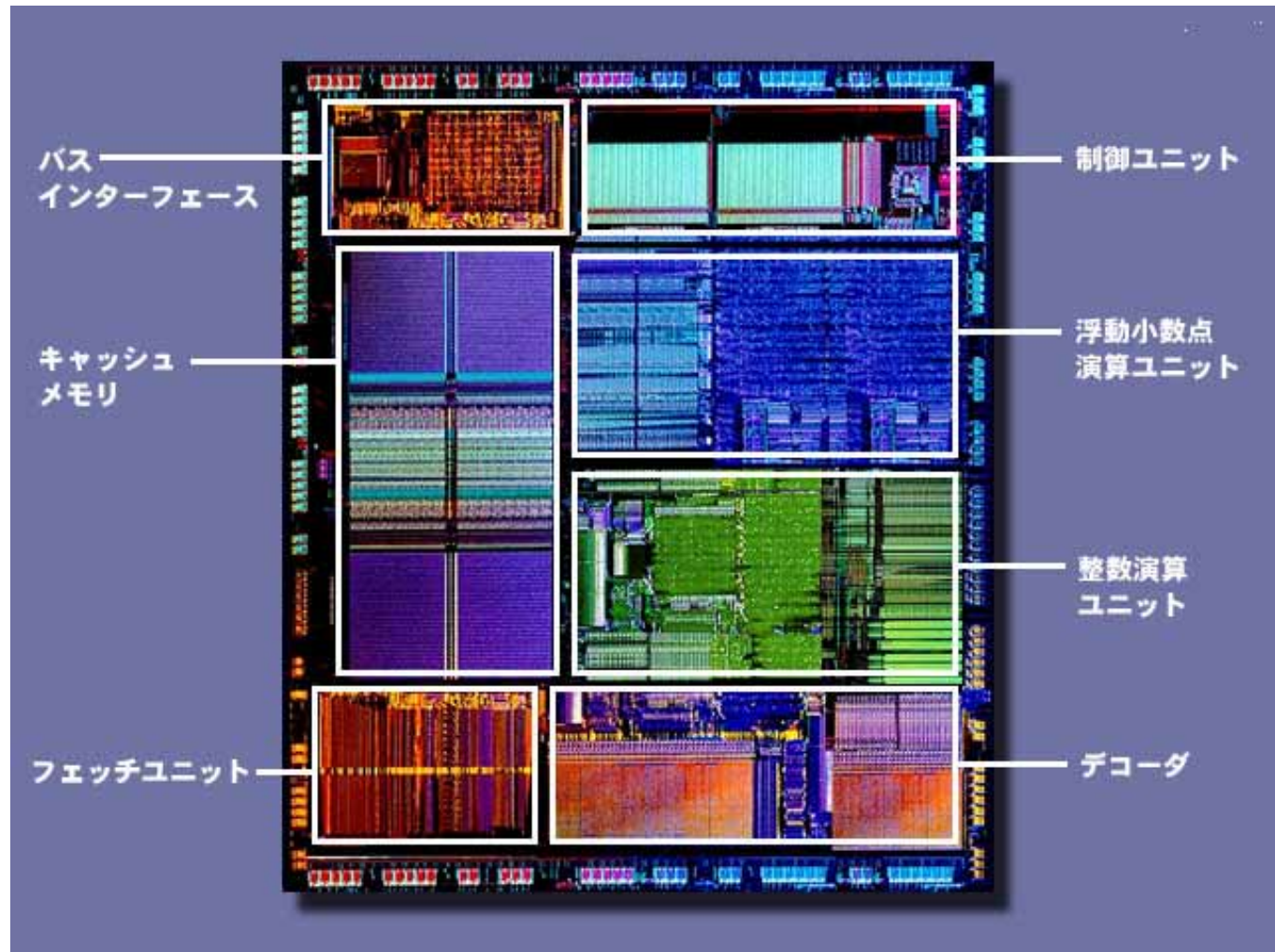
Program
Program+data
Etc.

5.1.2 コンピュータというハードウェア



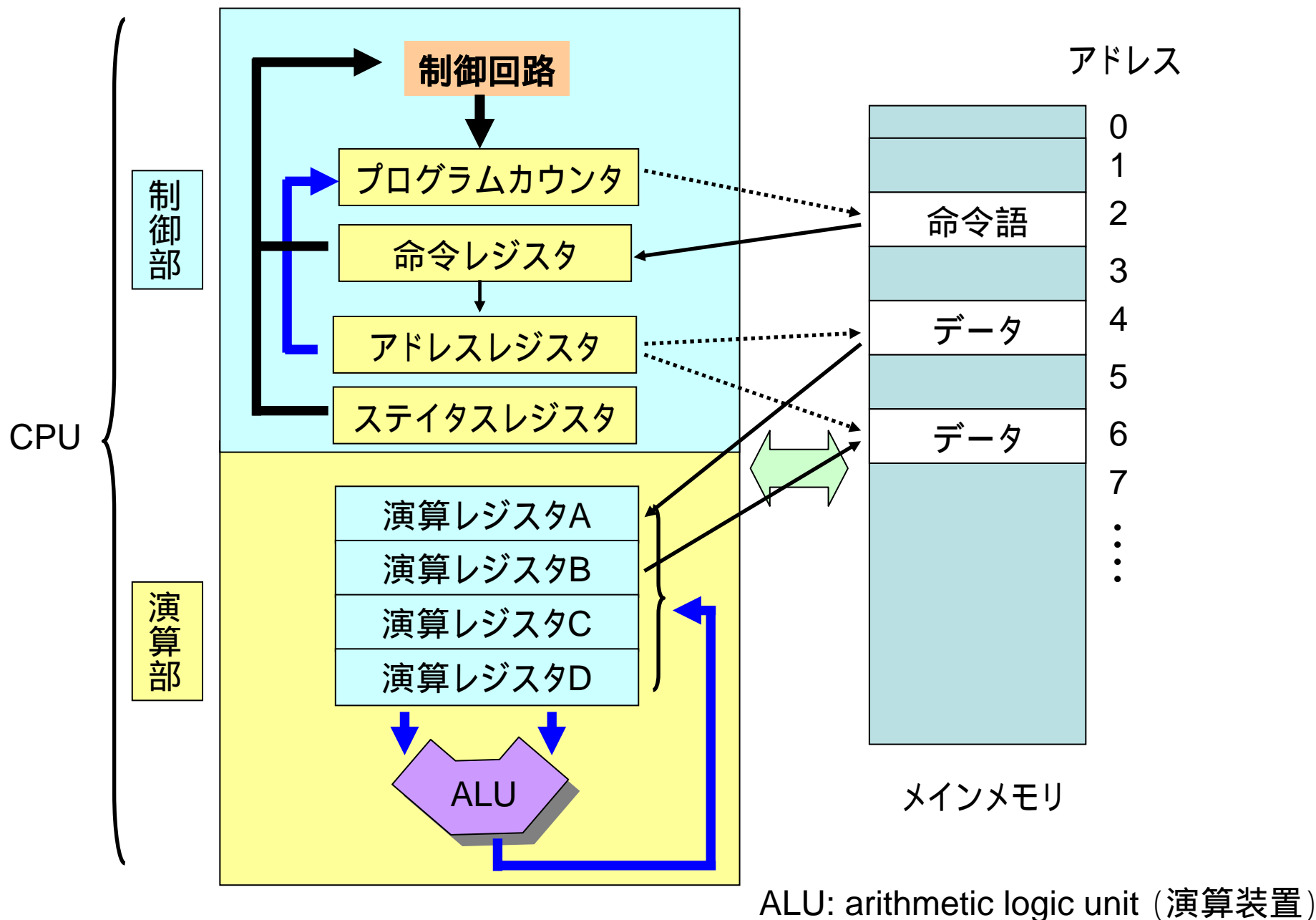
CPUの構造

5.1.2 コンピュータというハードウェア



CPUの構造

5.1.2 コンピュータというハードウェア



5.1.3 周辺装置

入力装置

keyboard



mouse



scanner



出力装置

monitor



printer



TV



記憶装置

memory



HD



CD・DVD



通信装置

modem



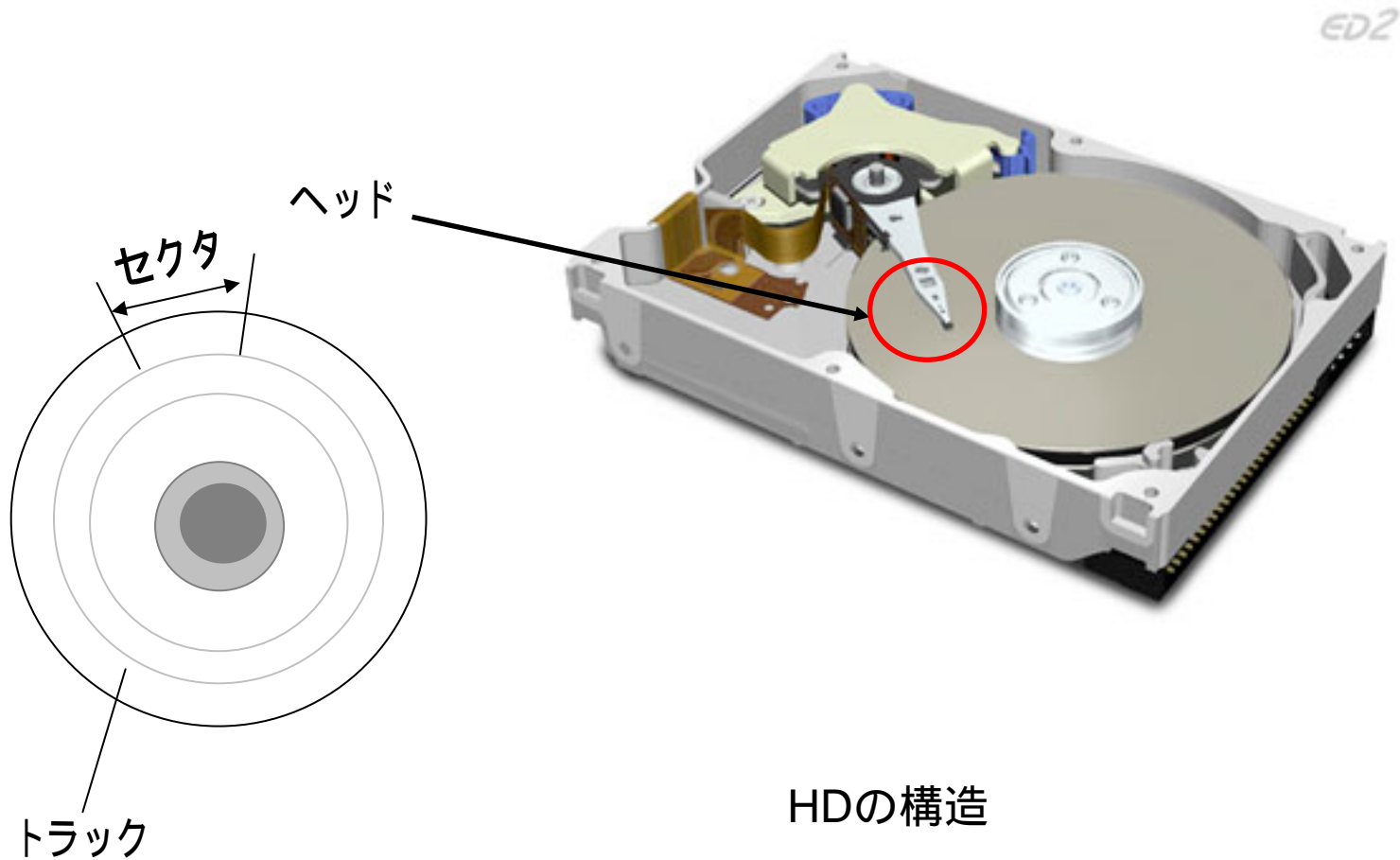
電力装置

UPS



周辺装置

5.1.3 周辺装置



5.2 プログラム言語

プログラム言語とは

プログラム言語とは、「コンピュータが実行すべき処理の手順」を記述するための言語



5.2 プログラム言語

プログラム言語とは

プログラム言語とは、「コンピュータが実行すべき処理の手順」を記述するための言語

ソフトウェアをつくるための言語

5.2 プログラム言語



5.2 プログラム言語



5.2 プログラム言語



5.2 プログラム言語

プログラム言語とは

コンピュータは、機械語しか理解できない
だから、ソフトウェア（プログラム）から
コンピュータへの命令は機械語



5.2 プログラム言語



5.2 プログラム言語

プログラム言語とは

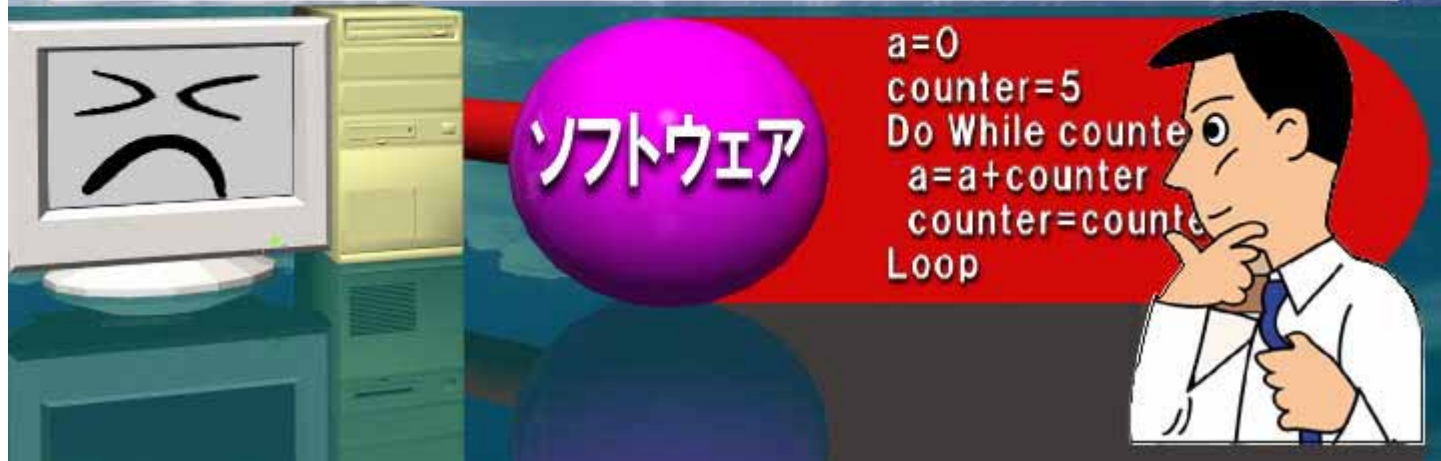
人間にとって、機械語はむずかしいので
人間が理解しやすい「プログラム言語」を
使ってプログラムを記述する



5.2 プログラム言語

プログラム言語とは

人間にとって、機械語はむずかしいので
人間が理解しやすい「プログラム言語」を
使ってプログラムを記述する



5.2 プログラム言語

The diagram illustrates the relationship between Program Language and Software. At the top, the title "プログラム言語とは" (What is Program Language) is displayed in large yellow characters. Below it, a blue circle labeled "プログラム言語" (Program Language) is connected by a red arrow to a purple circle labeled "ソフトウェア" (Software). To the left of the blue circle, text states "ソフトウェアは、プログラム言語を使って記述する" (Software is described using program language). To the right of the blue circle, a red oval contains a sample program in BASIC-like syntax. At the bottom left, there is an illustration of a computer system (monitor and tower). At the bottom right, a cartoon man in a white shirt and blue tie is shown in a thinking pose. The background features a blue sky with clouds and a green landscape.


プログラム言語とは

ソフトウェアは、プログラム言語を使って記述する

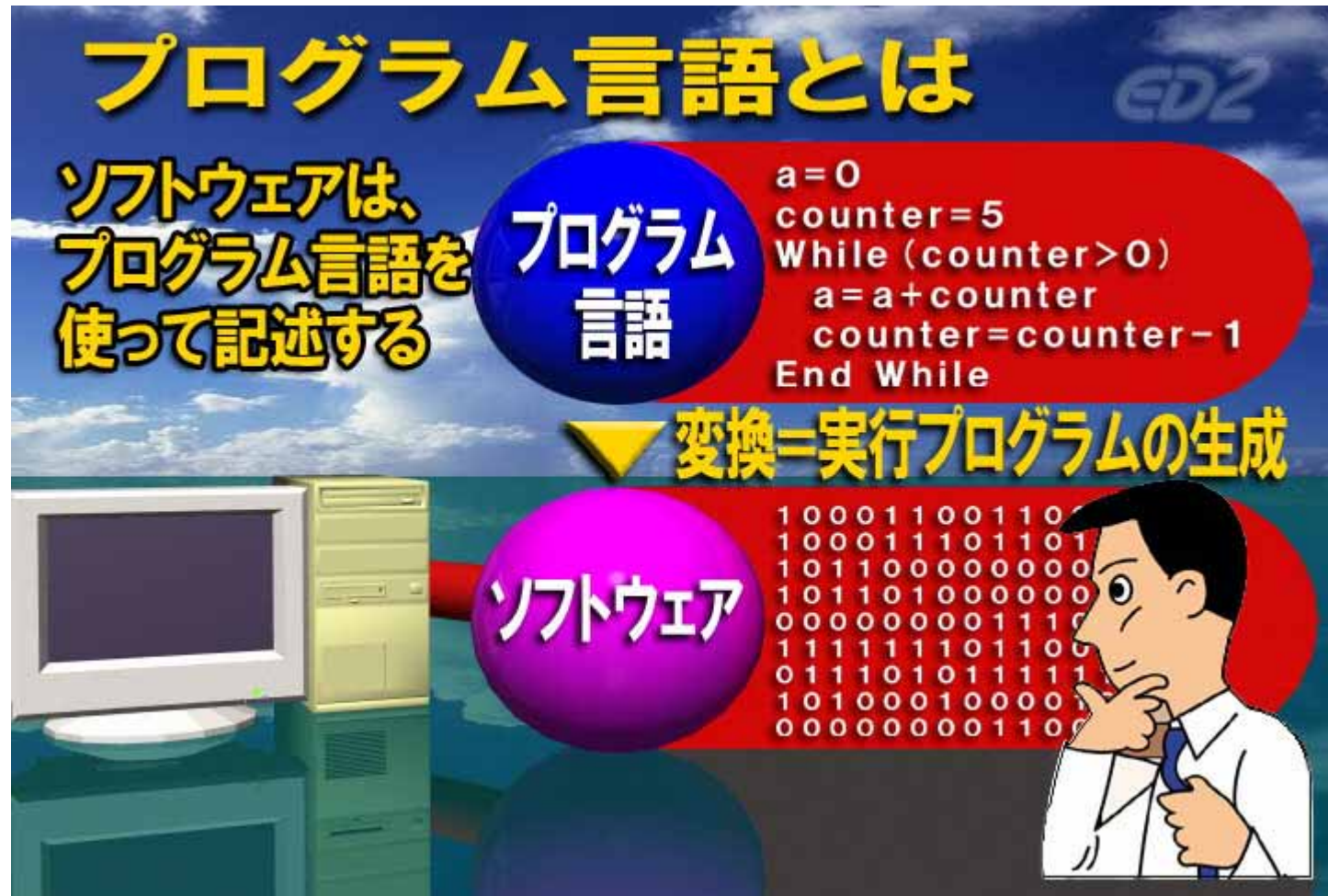
プログラム言語

```
a = 0  
counter = 5  
While (counter > 0)  
  a = a + counter  
  counter = counter - 1  
End While
```

ソフトウェア



5.2 プログラム言語



5.2 プログラム言語

プログラム言語とは

ED2

プログラム
言語

人間の言葉に近い高級言語

```
a = 0
counter = 5
While (counter > 0)
  a = a + counter
  counter = counter - 1
End While
```

機械語に近い低級言語

```
START:  mov  AX, CS
        mov  DS, AX
        mov  AL, 0
        mov  AH, 5
ADDLOOP: add AL, AH
        dec  AH
        jne  ADDLOOP
        mov  ANSWER, AL
        iret
```


5.2 プログラム言語



プログラム言語とは

プログラム言語

プログラム言語の種類

C/C++
FORTRAN
COBOL
Pascal
BASIC など

5.3 プログラミング

5.3.1 ものづくりと諸問題

5.3.2 応力解析プログラミング

5.3.1 ものづくりと諸問題

- ・モノ作りにまつわる悩み
- ・スピード開発にまつわる悩み
- ・スピード開発への対応例
- ・スピード開発の強力な武器：FEM
- ・FEMって何？
- ・工学モデルの近似解への手順

モノ作りにまつわる悩み

(新技術)

匠の技だけでは乗り切れない

(コラボレーション)

多くの部門・企業と協調する必要

(短納期)

市場に出すまでの時間が短い

スピード開発にまつわる悩み

マーケットは移り気。
今日は飛ぶように売れ
ていた製品が、明日は
在庫の山を築くかもしれ
ない……



市場ニーズに対応した製品
をいかに早く開発できるか
が企業の明暗を分ける。

**スピードを重視しながらも
より高品質を実現しなければならない**

スピード開発にまつわる悩み

2001年10月

東京モーターショーにコンセプトカー
「シークレットハイドアウト」を出展

2002年春

商品化を断念

2004年に発売する
新車がない

2002年5月

「ベリーサ」の
開発を始める

12ヶ月

2003年5月

ベリーサの
デザインフィックス

12ヶ月

2004年5月

ベリーサの
量産開始

2004年6月28日

ベリーサ発売

例) マツダ「ベリーサ」発売までの流れ

スピード開発への対応例

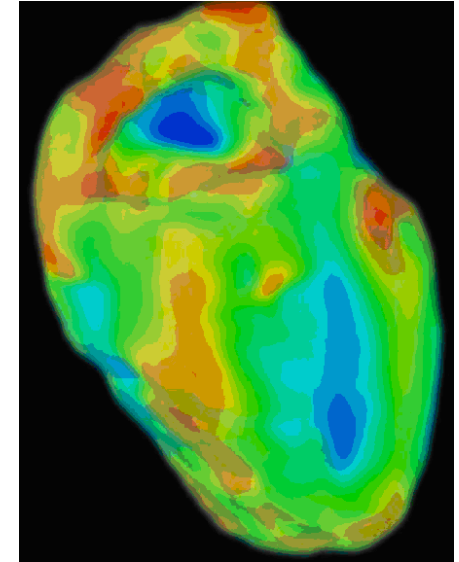


例) マツダのエンジン自動設計システム

スピード開発の強力な武器：**FEM**

仮想実験ツール

構想段階の製品についてどの部分に
どれだけの応力が強くかかっているか
をビジュアルに示す試行錯誤のための
道具



心臓モデルのFEM解析例

しかし、専門家のものであり、
高度な知識が必要で難しい。

FEMって何？

有限要素解析

(Finite Element Analysis : 略称 FEA)

数値解析手法 (Finite Element Analysis : 略称 FEM)

を用いた工学解析

FEMによる数値解析

数値解析 (広辞苑より)

「いろいろな分野に現れる数学的な問題を数値計算により解く方法。シミュレーションなどに用いられる

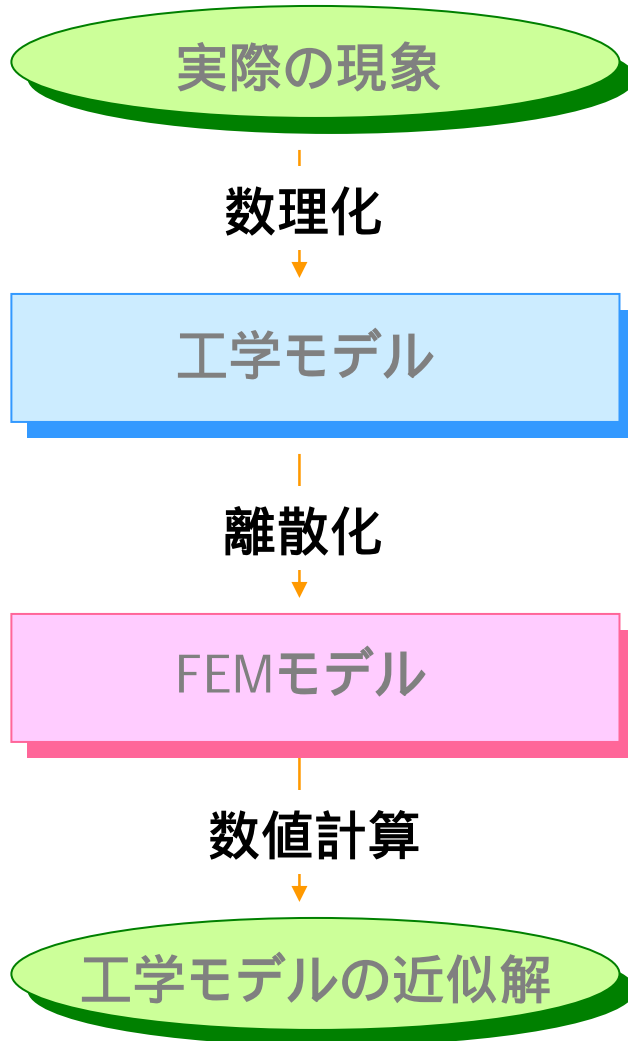
工学モデル

各工学理論に基づいた数学的な
問題定義

FEMモデル

有限要素法によって置き換えられた
形式

工学モデルの近似解への手順



例えば、物体が外力を受けて
変形するという物理現象

基礎工学における方程式問題

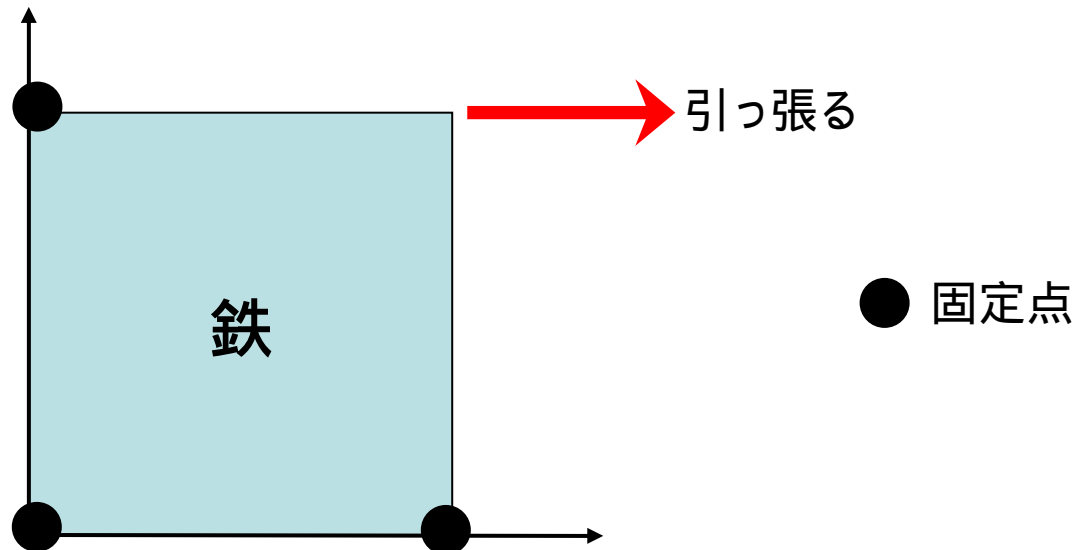
有限要素法により
置き換えられた問題

実際の現象のシミュレーション結果

5.3.2 応力解析プログラミング

例題

一辺の長さが1である鉄製の正方形(厚さ1)の3つの頂点を完全拘束し、残りの頂点を1Nで辺に平行な方向に引っ張ったとき、頂点の変形量を計算しなさい。



平面応力状態

- 上下面に外力が作用せず、側面には xy 平面内の力しか作用しない薄板など

ひずみ～変位式:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= du/dx \\ \epsilon_y &= dv/dy \\ \gamma_{xy} &= du/dy + dv/dx \end{aligned} \quad \underline{\quad} = \begin{pmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{pmatrix}$$

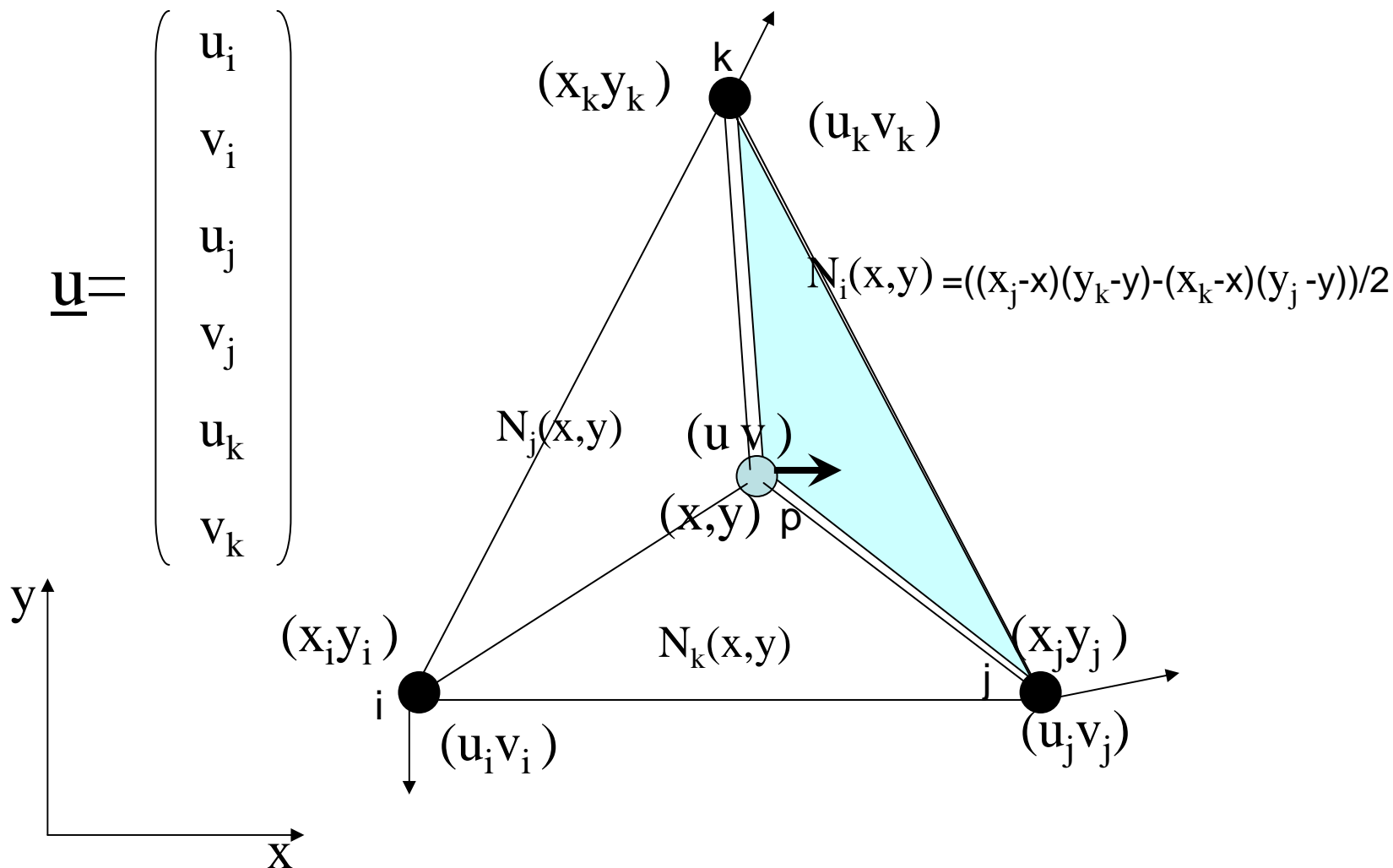
応力～ひずみ式:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= E \times (\epsilon_x + \nu \epsilon_y) / (1 - \nu^2) \\ \sigma_y &= E \times (\nu \epsilon_x + \epsilon_y) / (1 - \nu^2) \\ \tau_{xy} &= 0.5E \times (1 - \nu) \gamma_{xy} / (1 - \nu^2) \end{aligned} \quad \underline{\quad} = \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{pmatrix}$$

$$D = (E / (1 - \nu^2)) \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \nu & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ (1 - \nu)/2 \end{bmatrix}$$

$$\underline{\quad} = D \underline{\quad}$$

三角形要素



変位関数

- 要素内部の変位を節点変位の関数として記述する。

$$u = N_i(x,y) \times u_i + N_j(x,y) \times u_j + N_k(x,y) \times u_k$$

$$v = N_i(x,y) \times v_i + N_j(x,y) \times v_j + N_k(x,y) \times v_k$$

$$\begin{aligned} N_i(x,y) &= \{ (x_j \times y_k - x_k \times y_j) + (y_j - y_k) \times x + (x_k - x_j) \times y \} / 2 \\ &= a_i + b_i x + c_i y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_j(x,y) &= \{ (x_k \times y_i - x_i \times y_k) + (y_k - y_i) \times x + (x_i - x_k) \times y \} / 2 \\ &= a_j + b_j x + c_j y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_k(x,y) &= \{ (x_i \times y_j - x_j \times y_i) + (y_i - y_j) \times x + (x_j - x_i) \times y \} / 2 \\ &= a_k + b_k x + c_k y \end{aligned}$$

Bマトリクス

- ひずみと節点変位を表現する

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= du/dx \\ &= \{b_i \times u_i + b_j \times u_j + b_k \times u_k\}/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= dv/dy \\ &= \{c_i \times v_i + c_j \times v_j + c_k \times v_k\}/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{xy} &= du/dy + dv/dx \\ &= \{c_i \times u_i + c_j \times u_j + c_k \times u_k \\ &\quad + b_i \times v_i + b_j \times v_j + b_k \times v_k\}/2 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_k & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_k \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_k & b_k \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_k \\ v_k \end{bmatrix}$$

$$\underline{\epsilon} = B \underline{u}$$

$$\underline{\sigma} = DB \underline{u}$$

仮想仕事の原理

- 応力のなす仕事 = 外力のなす仕事

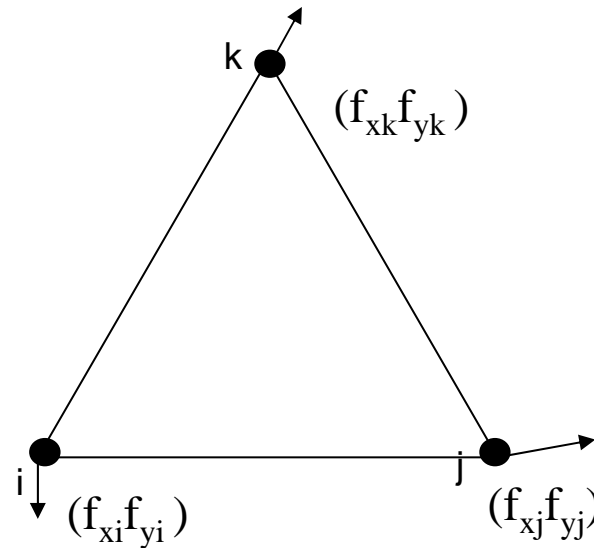
$$\int \underline{\underline{p}}^T \underline{\underline{u}} dV = \int \underline{\underline{p}}_s^T \underline{\underline{u}} dS$$

$$(DB\underline{\underline{u}})^T \underline{\underline{V}} = \underline{\underline{f}}^T \underline{\underline{u}}$$

$$(DB\underline{\underline{u}})^T (B^T \underline{\underline{u}}) V = \underline{\underline{f}}^T \underline{\underline{u}}$$

$$\underline{\underline{u}}^T (B^T D^T B) V \underline{\underline{u}} = \underline{\underline{f}}^T \underline{\underline{u}}$$

$$\underline{\underline{u}}^T (B^T D B) V \underline{\underline{u}} = \underline{\underline{f}}^T \underline{\underline{u}}$$



$$\underline{\underline{f}} = \begin{pmatrix} f_{xi} \\ f_{yi} \\ f_{xj} \\ f_{yj} \\ f_{xk} \\ f_{yk} \end{pmatrix}$$

$$[(B^T D B) V] \underline{\underline{u}} = \underline{\underline{f}}$$

要素剛性マトリクス

- 節点変位と節点外力との関係を表現する

$$(B^T D B)V =$$

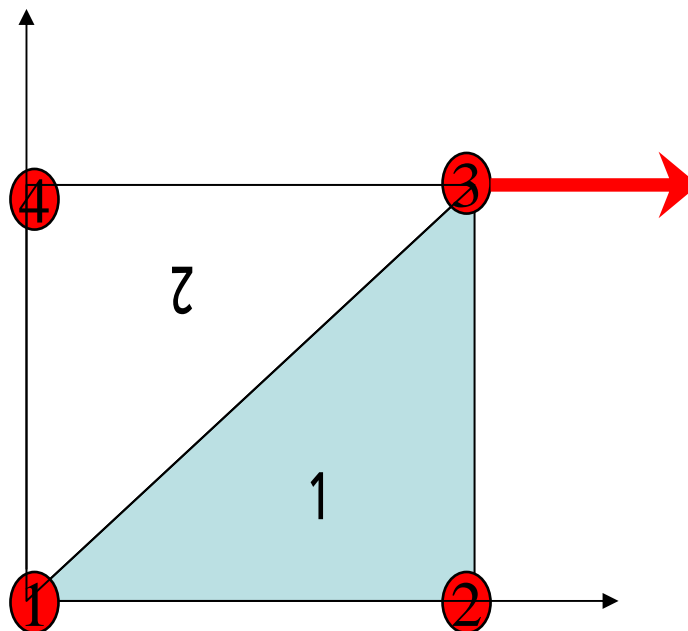
$$(EV/(1-\nu^2)) \times \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_k & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_k \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_k & b_k \end{bmatrix}^T \times \begin{bmatrix} 1 & & 0 \\ & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\nu)/2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_i & 0 & b_j & 0 & b_k & 0 \\ 0 & c_i & 0 & c_j & 0 & c_k \\ c_i & b_i & c_j & b_j & c_k & b_k \end{bmatrix}$$

要素剛性マトリクス

- 剛性マトリクス(6 × 6)の中身,,,

頂点1	0	0		b1	-1		c1	0	
頂点2	1	0		b2	1		c2	-1	
頂点3	1	1		b3	0		c3	1	
ヤング率	21000								
ポアソン比	0.333			0					
板厚	1								
面積	0.5			Bマトリクス					
体積	0.5			-1	0	1	0	0	0
				0	0	0	-1	0	1
				0	-1	-1	1	1	0
Dマトリクス									
23619	7865	0		-23619	0	23619	-7865	0	7865
7865	23619	0		-7865	0	7865	-23619	0	23619
0	0	7877		0	-7877	-7877	7877	7877	0
B転置マトリクス			× 体積						
-1	0	0		11810	0	-11810	3933	0	-3933
0	0	-1		0	3938	3938	-3938	-3938	0
1	0	-1		-11810	3938	15748	-7871	-3938	3933
0	-1	1		3933	-3938	-7871	15748	3938	-11810
0	0	1		0	-3938	-3938	3938	3938	0
0	1	0		-3933	0	3933	-11810	0	11810

全体剛性マトリクス



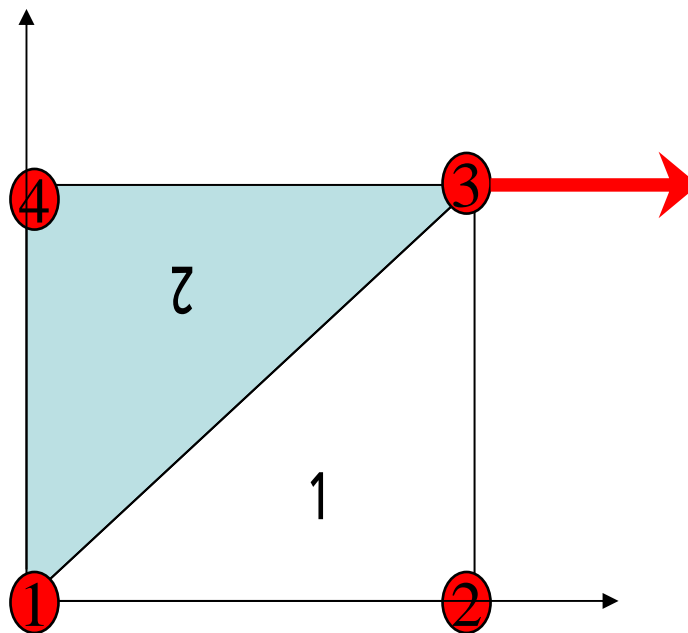
要素	1	1	2	2	3	3	4	4
1	11810	0	-11810	3933	0	-3933	0	0
1	0	3938	3938	-3938	-3938	0	0	0
2	-11810	3938	15748	-7871	-3938	3933	0	0
2	3933	-3938	-7871	15748	3938	-11810	0	0
3	0	-3938	-3938	3938	3938	0	0	0
3	-3933	0	3933	-11810	0	11810	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0

×

変位	外力
U1	FX1(1)
V1	FY1(1)
U2	FX2(1)
V2	FY2(1)
U3	FX3(1)
V3	FY3(1)
U4	FX4(1)
V4	FY4(1)

=

全体剛性マトリクス

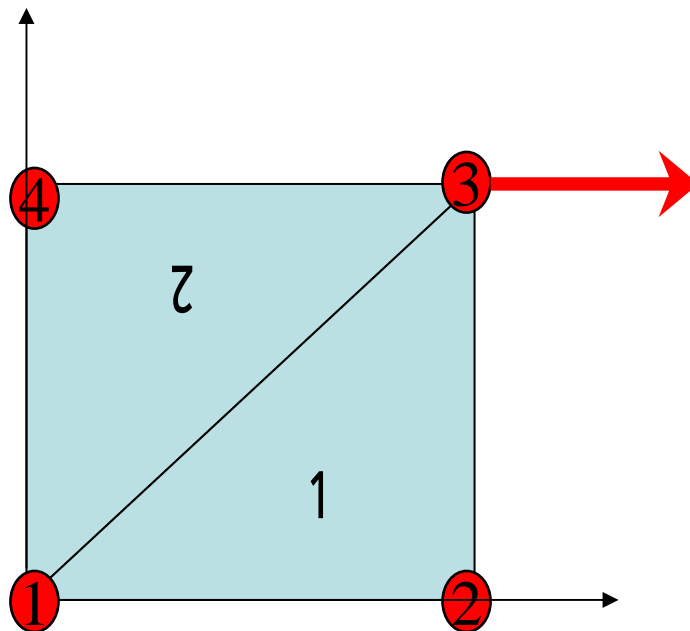


要素2	1	1	2	2	3	3	4	4
1	3938	0	0	0	0	-3938	-3938	3938
1	0	11810	0	0	-3933	0	3933	-11810
2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	-3933	0	0	11810	0	-11810	3933
3	-3938	0	0	0	0	3938	3938	-3938
4	-3938	3933	0	0	-11810	3938	15748	-7871
4	3938	-11810	0	0	3933	-3938	-7871	15748

x

U1	FX1(2)
V1	FY1(2)
U2	FX2(2)
V2	FY2(2)
U3	FX3(2)
V3	FY3(2)
U4	FX4(2)
V4	FY4(2)

全体剛性マトリクス



全体	1	1	2	2	3	3	4	4
1	15748	0	-11810	3933	0	-7871	-3938	3938
1	0	15748	3938	-3938	-7871	0	3933	-11810
2	-11810	3938	15748	-7871	-3938	3933	0	0
2	3933	-3938	-7871	15748	3938	-11810	0	0
3	0	-7871	-3938	3938	15748	0	-11810	3933
3	-7871	0	3933	-11810	0	15748	3938	-3938
4	-3938	3933	0	0	-11810	3938	15748	-7871
4	3938	-11810	0	0	3933	-3938	-7871	15748

×

U1		FX1(1)+FX1(2)		FX1
V1		FY1(1)+FY1(2)		FY1
U2		FX2(1)+FX2(2)		FX2
V2	=	FY2(1)+FY2(2)	=	FY2
U3		FX3(1)+FX3(2)		FX3
V3		FY3(1)+FY3(2)		FY3
U4		FX4(1)+FX4(2)		FX4
V4		FY4(1)+FY4(2)		FY4

拘束条件・荷重条件の処理

全体	1	1	2	2	3	3	4	4	変位	外力
1	15748	0	-11810	3938	0	-7871	-3938	-3938	U1	FX1
1	0	15748	3938	-3938	-7871	0	3938	-11810	V1	FY1
2	-11810	3938	15750	-7871	3938	3938	0	0	U2	FX2
2	3938	-3938	-7871	15750	3938	-11810	0	0	V2	FY2
3	0	-7871	3938	3938	15748	0	-11810	3938	U3	FX3
3	-7871	0	3938	-11810	0	15748	3938	-3938	V3	FY3
4	-3938	3938	0	0	-11810	3938	15750	-7871	U4	FX4
4	3938	-11810	0	0	3938	-3938	-7871	15750	V4	FY4

全体	1	1	2	2	3	3	4	4	変位	外力
1	1	0	0	0	0	0	0	0	U1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	V1	0
2	0	0	15750	-7871	3938	3938	0	0	U2	FX2
2	0	0	-7871	15750	3938	-11810	0	0	V2	FY2
3	0	0	3938	3938	15748	0	-11810	3938	U3	FX3
3	0	0	3938	-11810	0	15748	3938	-3938	V3	FY3
4	0	0	0	0	-11810	3938	15750	-7871	U4	FX4
4	0	0	0	0	3938	-3938	-7871	15750	V4	FY4

全体	1	1	2	2	3	3	4	4	変位	外力
1	1	0	0	0	0	0	0	0	U1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	V1	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	U2	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	V2	0
3	0	0	0	0	15748	0	-11810	3938	U3	FX3
3	0	0	0	0	0	15748	3938	-3938	V3	FY3
4	0	0	0	0	-11810	3938	15750	-7871	U4	FX4
4	0	0	0	0	3938	-3938	-7871	15750	V4	FY4

全体	1	1	2	2	3	3	4	4	変位	外力
1	1	0	0	0	0	0	0	0	U1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	V1	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	U2	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	V2	0
3	0	0	0	0	15748	0	0	0	U3	1
3	0	0	0	0	0	15748	0	0	V3	0
4	0	0	0	0	0	0	1	0	U4	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	V4	0

節点1を固定 $U1=V1=0$

節点2を固定 $U2=V2=0$

節点3に荷重 $FX3=1$ $FY3=0$

節点4を固定 $U4=V4=0$

小テスト(氏名:)

(1) 例題において頂点の変形量を計算せよ。引っ張る力を2倍にしたとき変形量はどうなるか答えよ。

(2) 講義に関する感想等を述べよ。