

# 集積回路設計 (INTEGRATED CIRCUIT DESIGN) 第11回

2020/06/09

# 配置

7

## □ 論理セルの配置によって必要な配線幅が変わる

### □ トラック

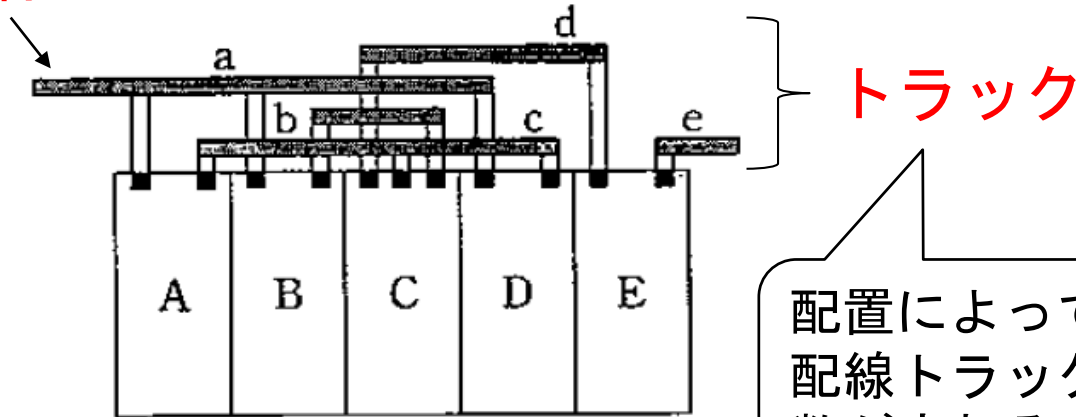
- 垂直方向の配線位置
- トラック数が配線領域の幅（面積）を決定

### □ 配線ネット

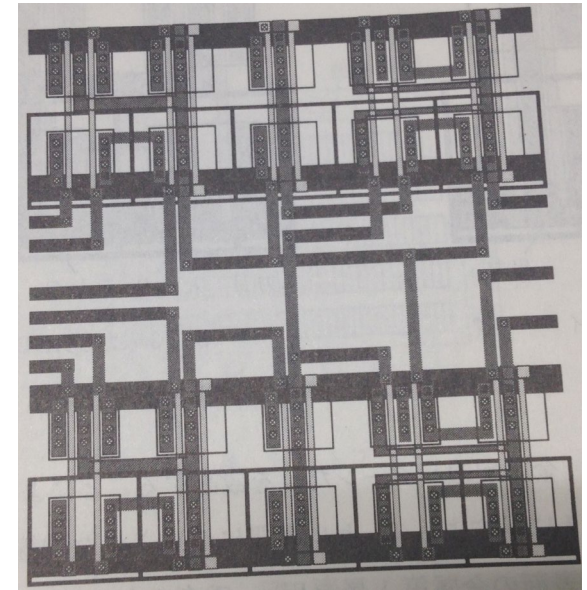
- 2つ以上の論理セルにつながった配線

どの順番に  
並べる？

### 配線ネット



配置によって  
配線トラック  
数が変わる



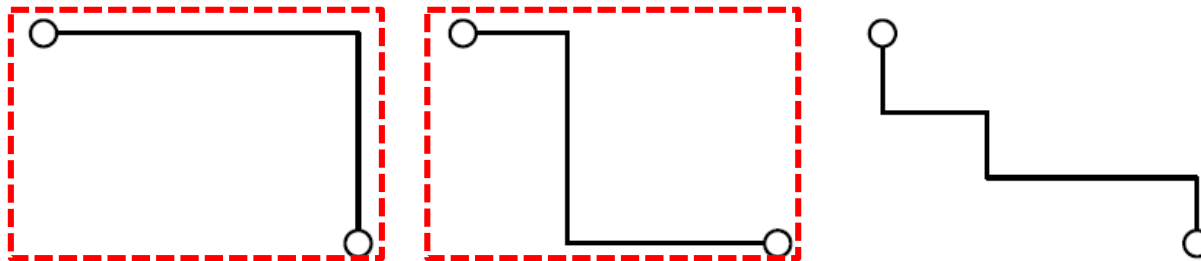
- 配置と配線の同時決定：理想的だが複雑
  - ▣ 2つの処理（「配置」と「配線」）に分けて決定
    - 配線した結果で評価すべき⇔配線前に評価
  - ▣ 配置の評価指標
    - 仮想配線長の総和
    - 論理結合度
    - カットラインを横切る配線数
    - 配線混雑度
    - 概略配線経路
    - etc...

# 仮想配線長の総和

9

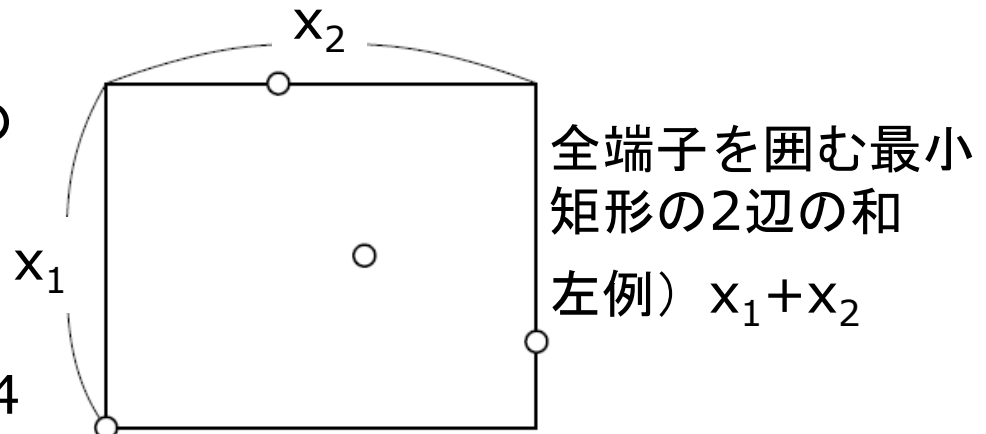
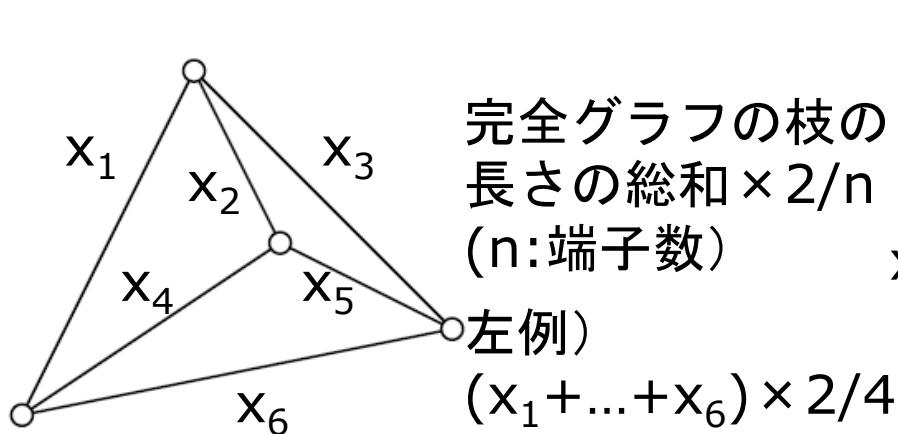
□ 始点と終点を結ぶ最短経路＝マンハッタン距離

□ 二点間配線の場合：



どっちを使うかはアルゴリズムのルール次第

□ 多点間配線の場合：



# 論理結合度

10

□ データや制御の流れ＝結合

□ 結合度  $= \frac{\alpha_i \cdot Y_{ij}}{X_i - Y_{ij}} \cdot \frac{\alpha_j \cdot Y_{ij}}{X_j - Y_{ij}}$

□  $\alpha_i$ : 重み付けパラメータ

□  $X_i$ : セルiの結線数

□  $Y_{ij}$ : セルiとセルjの共通結線数

# 配置アルゴリズム

11

処理分類	評価指標 (目的関数)	アルゴリズム	手法分類
初期配置手法	論理結合度	クラスタリング配置手法	単点探索
		Min-cut配置手法	
反復改良法	仮想配線長 総和	ペア交換法	
		重心緩和法	
		ネットバランス法	
		シミュレーテッドアニーリング (Simulated Annealing; SA)	
		遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm; GA)	多点探索

# 二次元クラスタリング配置手法

12

## □ アルゴリズム

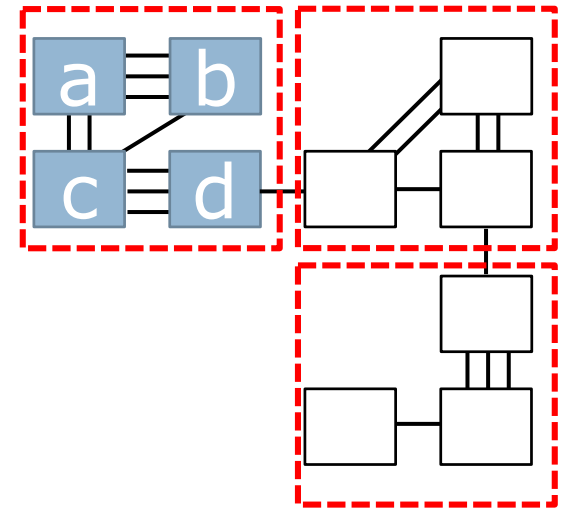
1. 基本クラスタ作成
2. 基本クラスタ配置
3. 基本クラスタ内のセル配置

## □ 評価指標：結合度

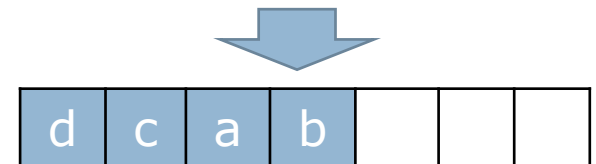
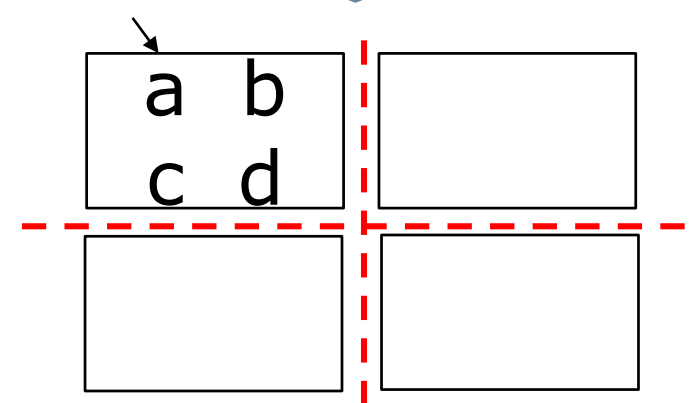
- 重み $a_i$ をうまく決定する必要がある
- 例) 遅延制約ネットの端子を持つセル同士は $a_i$ を大きくする

## □ 計算量： $O(N^{1.5})$

- 初期配置が大きく影響



基本クラスタ

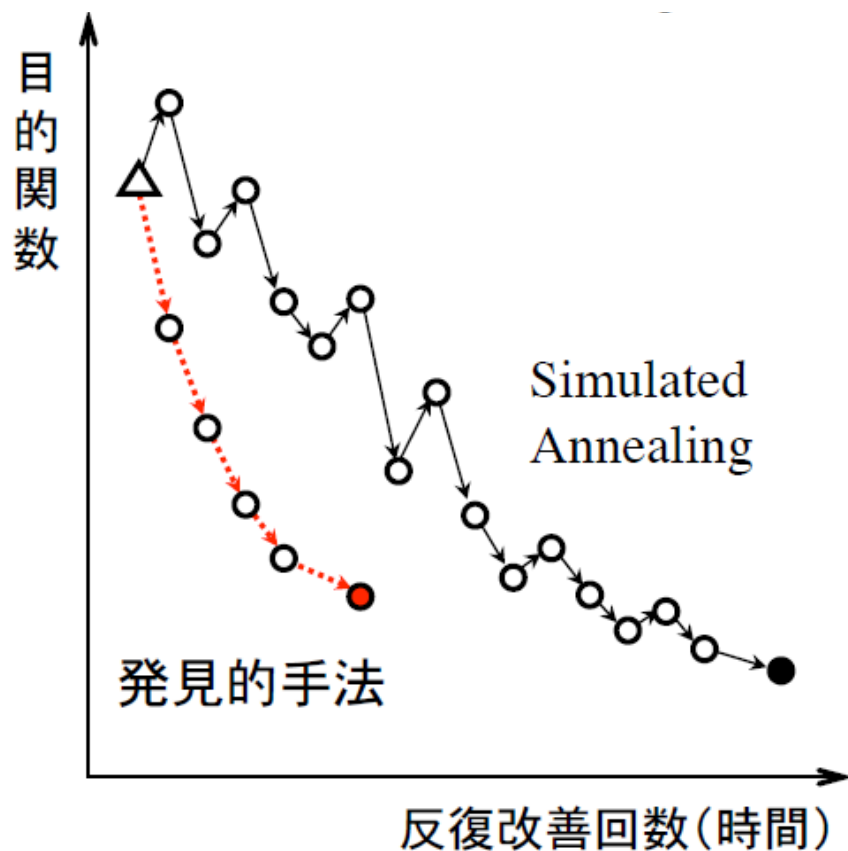


# 確率的手法

13

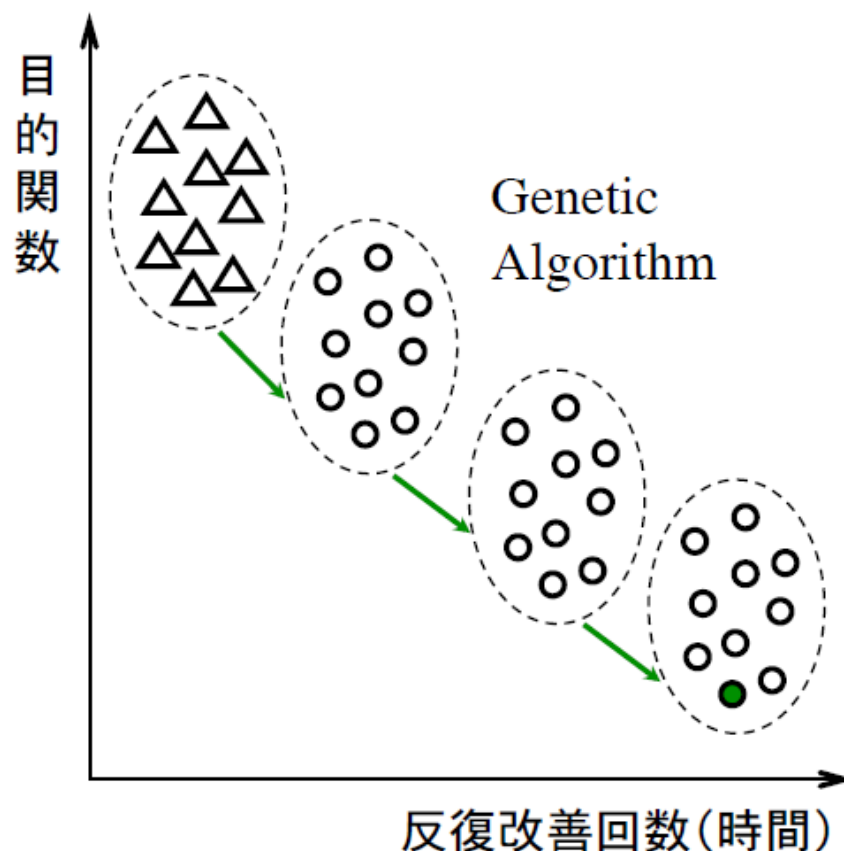
## □ 単点探索

### □ Simulated Annealing (SA)など



## □ 多点探索

### □ Genetic Algorithm (GA)など





# 一次元ペア交換法

14

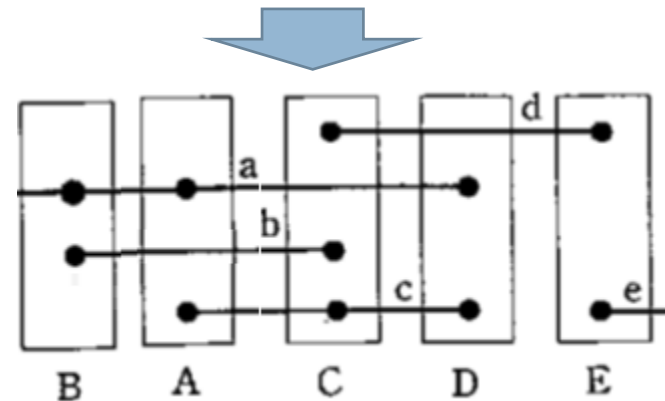
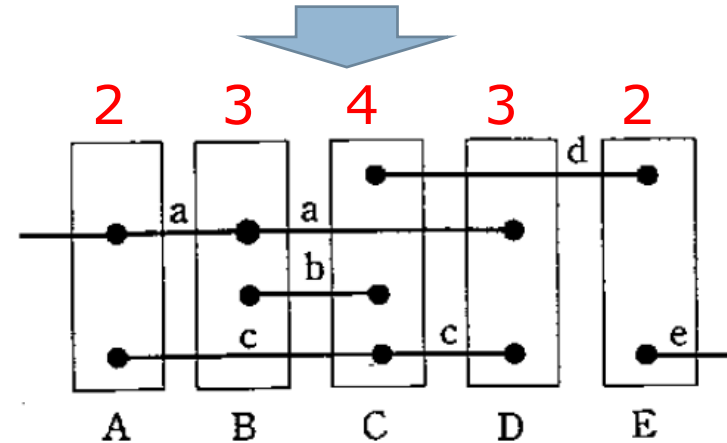
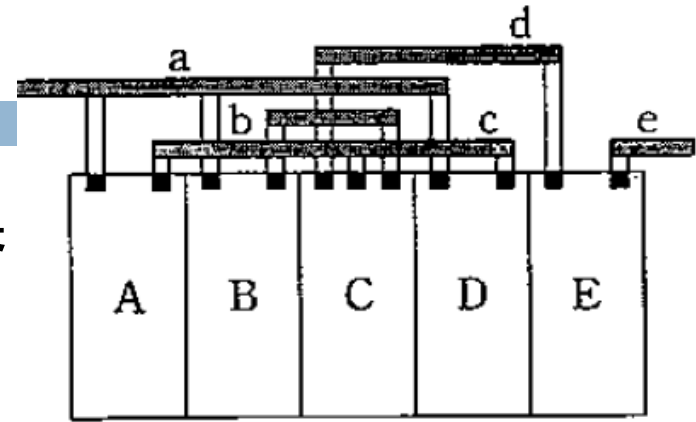
## □ 隣接するセルのペアの配置交換

### □ 評価指標：トラック数 $N_i$ の最大値

- 各セルの位置で必要なトラック数 $N_i$   
= 論理セルの端子数  
+ 貫通する配線ネット数
- 右図の最大トラック数 = 4

### □ Min: $\max_i N_i$ = 必要トラックを 最小にする配置を探索

- AとBを交換:
  - 配線ネットcは論理セルBを貫通しなくなる
  - 配線ネットbは論理セルAを貫通する



## 15

a: 論理ブロックDの  
非隣接左配線ネット

## ■ 左（右）配線ネット

- 

The diagram illustrates a transition from state  $i-1$  to state  $i$ . A callout box points to the transition line with the text "i-1の論理セルを貫通" (Pass through the logic cell of  $i-1$ ).

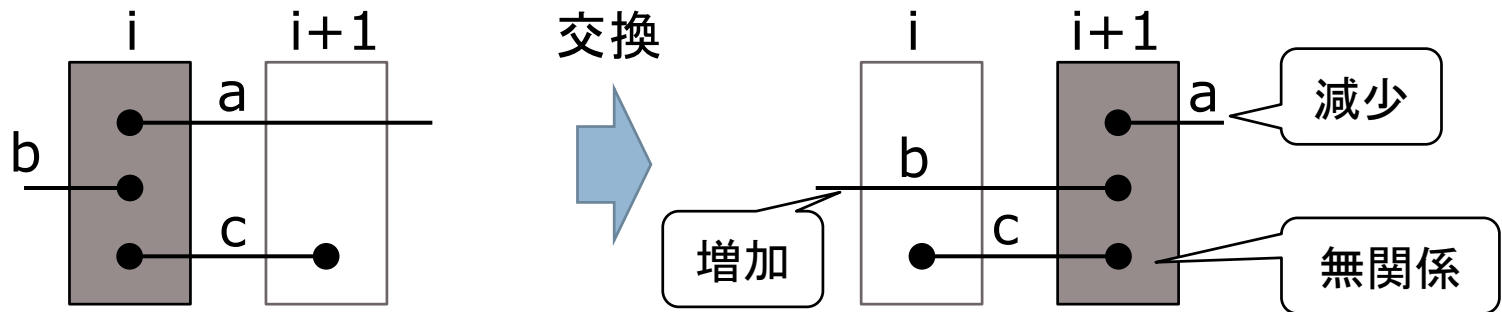
隣接左配線ネット 左配線ネット

## 右配線ネット      隣接右配線ネット

# 右交換の貫通ネット増加量

16

- 位置 $i$ の論理セルとその右側の位置 $i+1$ の論理セルの交換による、位置 $i$ の貫通ネット数の増減



- 位置 $i$ の論理セルの左配線ネット（ネット $b$ ）：  
位置 $i$ に移った論理セルを貫通 → 増加
- 位置 $i$ の論理セルの非隣接右配線ネット（ネット $a$ ）：  
位置 $i+1$ の論理セルを貫通しなくなる → 減少
- 位置 $i$ の論理セルの隣接右配線ネット（ネット $c$ ）：  
左端点になる → 増減には無関係

# 右交換の貫通ネット増加量

17

- 交換前の位置iのネット情報を用いて
  - ▣ 交換後の位置iの右交換貫通ネット増加量  
= 左配線ネット数 - 非隣接右配線ネット数
    - 例)  $1 - 1 = 0$
  - ▣ 交換後の位置iのトラック数  
= 右側論理セルのトラック数 + 右交換貫通ネット増加量
    - 例)  $2 + 0 = 2$



# 左交換の貫通ネット増加量

18

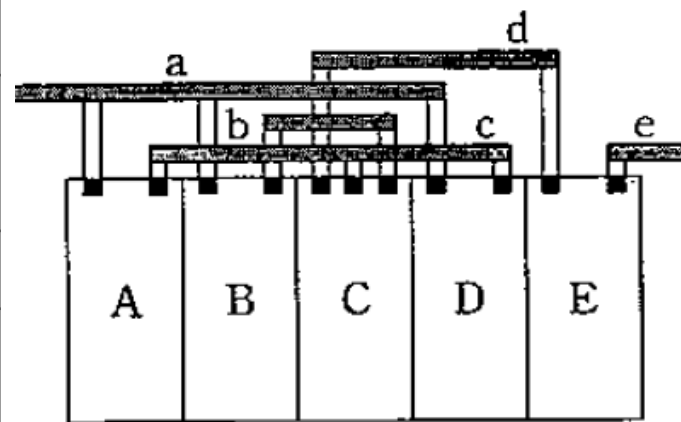
- 交換前の位置iのネット情報を用いて
  - ▣ 交換後の位置iの左交換貫通ネット増加量  
= **右配線ネット数** - **非隣接左配線ネット数**
    - 例)  $0 - 0 = 0$
  - ▣ 交換後の位置iのトラック数  
= **左側論理セルのトラック数** + **左交換貫通ネット増加量**
    - 例)  $3 + 0 = 3$



# 左・右交換の貫通ネット増加量

19

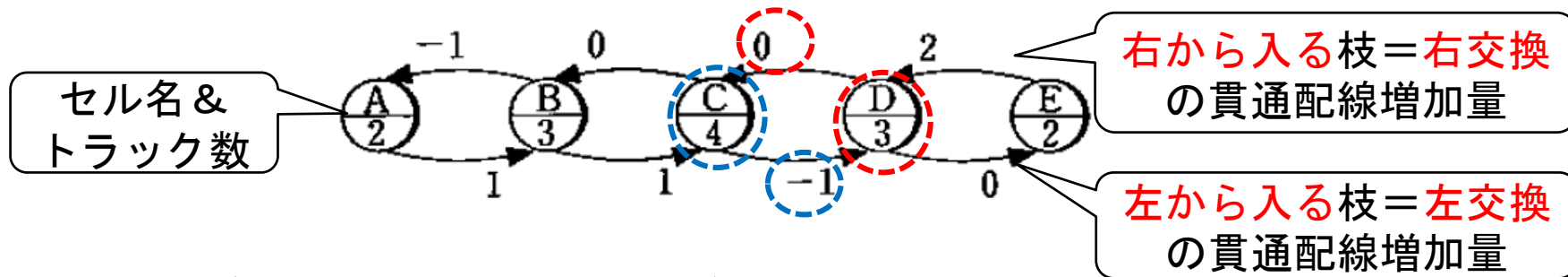
位置	1	2	3	4	5
セル名	A	B	C	D	E
端子数	2	2	3	2	2
貫通配線数	0	1	1	1	0
トラック数	2	3	4	3	2
非隣接左配線数	0	0	0	1	1
隣接左配線数	0	0	1	1	0
非隣接右配線数	1	0	1	0	1
隣接右配線数	0	1	0	0	0
右交換の貫通配線増加量	-1	0	0	2	
左配線ネット数	0	0	1	2	
左交換の貫通配線増加量		1	1	-1	0
右配線ネット数		1	1	0	1



# 交換グラフ

20

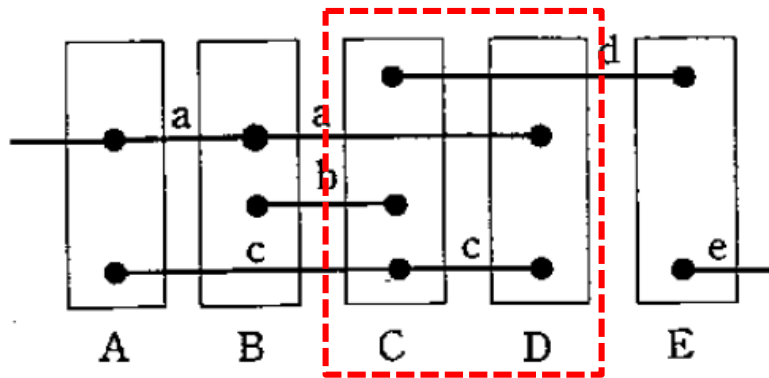
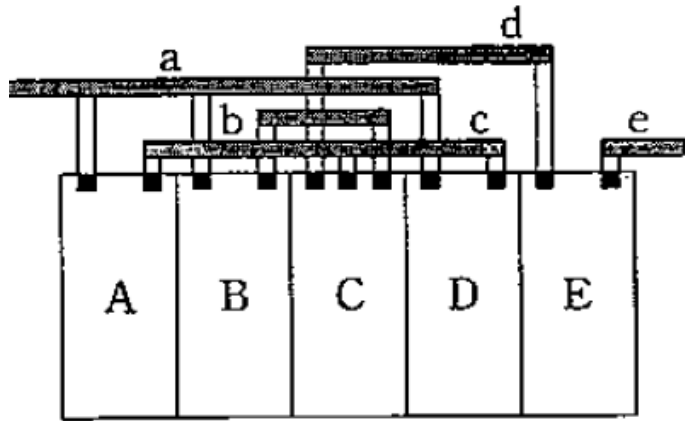
- 交換後の位置iのトラック数  
= 節点内のトラック数  
+ 交換方向の枝の貫通トラック増加数



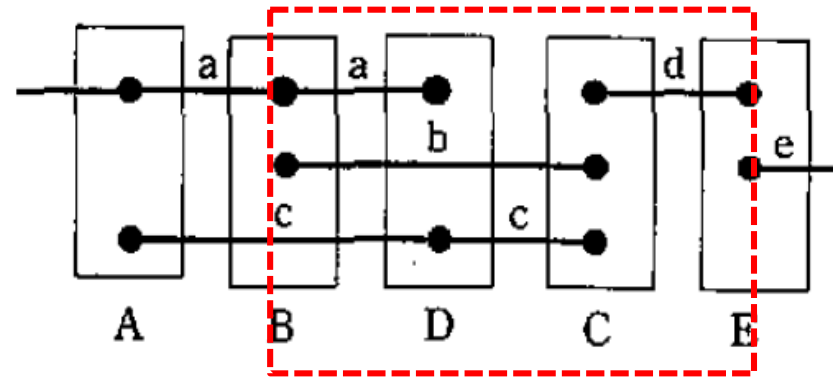
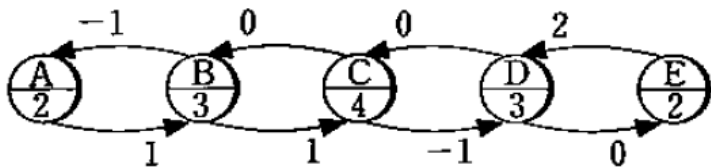
- 例) 論理セルCとDの交換
  - Cから見た右交換 = Dから見た左交換
  - 交換後の位置3のトラック数  
= 交換前の位置4のトラック数 + 位置3の右交換貫通トラック増加数  
= 3 + 0
  - 交換後の位置4のトラック数  
= 交換前の位置3のトラック数 + 位置4の左交換貫通トラック増加数  
= 4 + (-1)

# 交換グラフ

21



CとDを交換



更新箇所

