



# 日程計画 I

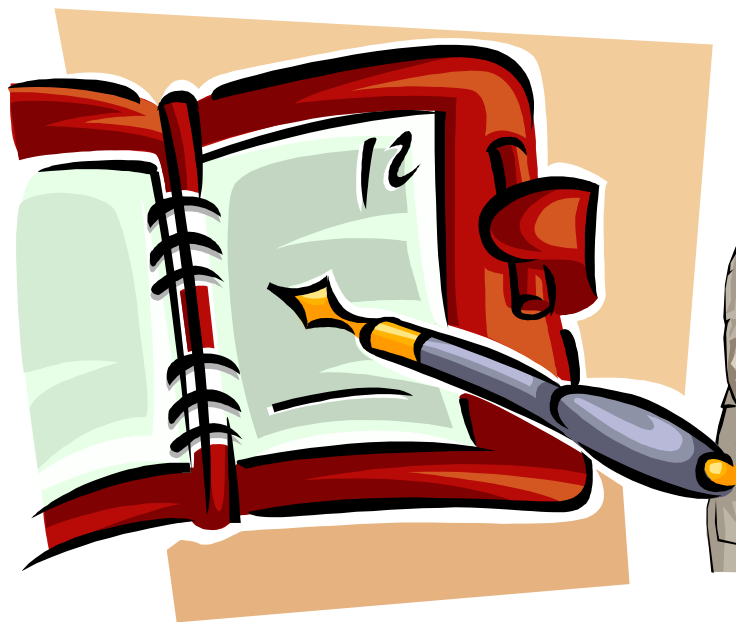
仕事の段取りと進捗状況の把握

PERT

# 日程計画とは

ある程度大きな仕事

- 効率良い作業計画を決めよう
- 作業の進捗状況を管理しよう

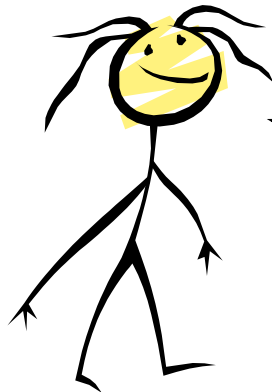


多くの成功例

広く利用されている  
ORの基本的な手法

# 日程計画のメリット

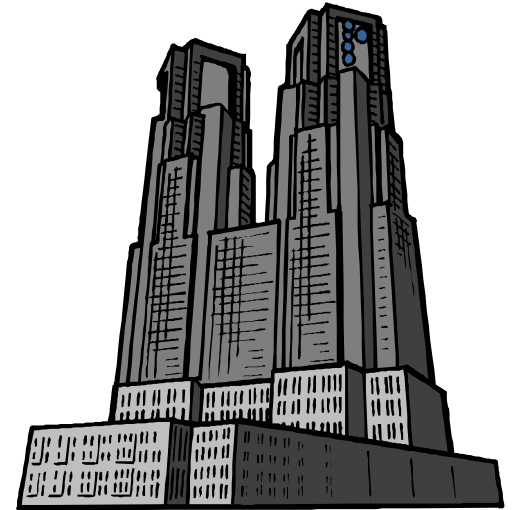
- 期間の短縮 コスト減少
- 状況の容易な把握 変化に機敏な対応可
  - (例)余裕の把握
    - 余裕の無い作業 コスト増加
    - 余裕のある作業 リスク減少



デメリットは特に無い。  
的確な計画 = コスト・リスク削減  
無計画 = コスト・リスク増加

# 日程計画での用語

- プロジェクト
  - 比較的大きな仕事
- 作業
  - プロジェクトの遂行に必要な構成要素
  - 先行作業
    - 作業を行うには、事前に終了してなくてはならない作業群
  - 作業リスト
    - 全作業の所要日数・先行作業を記載した表



# 最適化問題としての日程計画

- 決めるもの(決定変数)
  - 各作業の日程(開始日, 終了日, 休み)
- 守るもの(制約)
  - 各作業の先行関係
- 良い・悪いを判断する尺度(目的)
  - (例)プロジェクトの完了時刻



人・機材の有効利用など  
様々な尺度も考えられるね

# 例題1 1 文教君の結婚準備

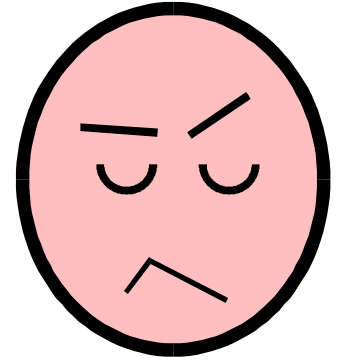


文教君が湘子さんと結婚することになりました

表1: 文教君の結婚準備に関する作業リスト

作業名	作業内容	予定作業日数	先行作業
A	湘子さんの結納準備	10	なし
B	文教君の結納準備	5	なし
C	結納	1	A,B
D	新居の確保	21	C
E	新居用家具の選定	4	C
F	新居用家具の購入	14	E
G	新居用家具の搬入・整理	7	D,F

# 文教君からの質問



- 結婚準備の作業は最短で何日必要？  
(プロジェクト完成日数の計算)
- 作業日数が予定日数より多くかかると準備終了が遅れしまうことになる作業はどれ？  
(クリティカルパスの管理)
- 各作業の開始日はいつにする？ 余裕はある？  
(各作業の日程決定)

日程計画・管理の3つの基本問題

# クリティカルパス (critical path)

- 1 危機の;重大な,決定的な
- 2 (理)(量・状態などが)臨界の

- 1 道,小道;歩道,散歩道
- 2 通り道,道筋,軌道

- プロジェクトを最短時間で完了させるために、日程が遅れてはならない作業群



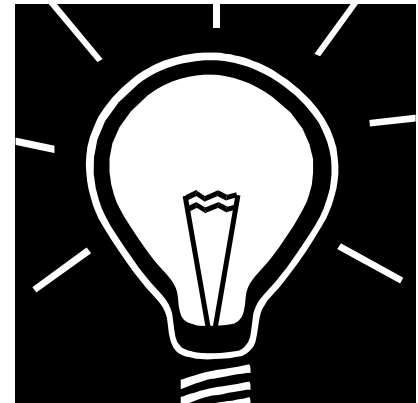
日程管理の際に最重要

日程遅れ直結 コスト増  
人・資材投入のポイント



# 日程計画に対する手法

- PERT  
(Program Evaluation and Review Technique)  
1958年 アメリカ海軍が開発
- CPM (Critical Path Method)  
1958年 デュポン社が開発 コスト概念も扱う



# PERTとは

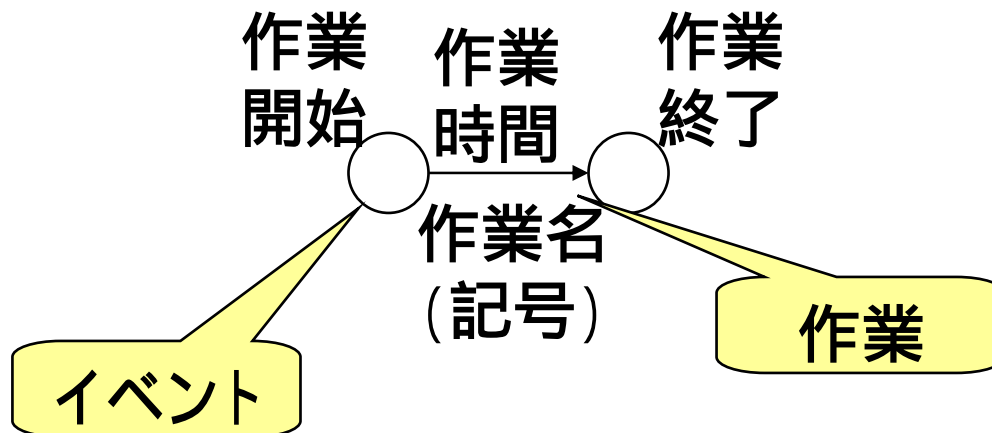
- プロジェクトを  
ネットワーク図(アロー・ダイアグラム)  
で表現.
- アロー・ダイアグラムを利用して
  - 効率的なプロジェクト完成日数を求める
  - 効率的な各作業の日程(開始・終了日, 余裕日数)を決める
  - プロジェクト全体を管理する



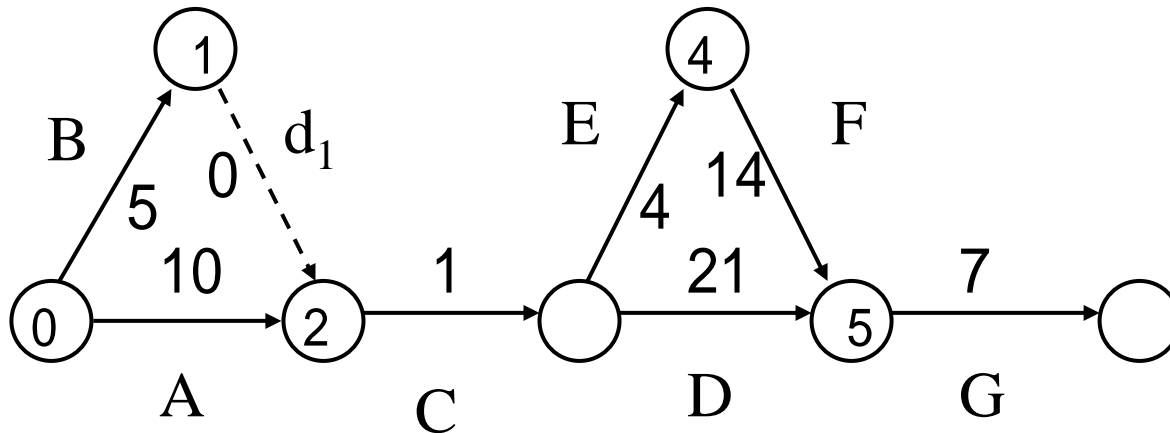
# アロー・ダイアグラム

- 作業を示す矢線 ( )
- イベント(作業開始・終了)を示す点 ( )  
を用いてプロジェクトを表現したネットワーク

結合点ともよぶ



# アロー・ダイアグラムの例



例題1-1のプロジェクトを表現したアロー・ダイアグラム

# アロー・ダイアグラムの約束

- プロジェクト

- 1つのイベントから開始・完了.

- 作業

- 作業の先行関係を守る
- 平行な矢線は禁止

- 必要であれば**ダミー作業**(作業時間0)を利用

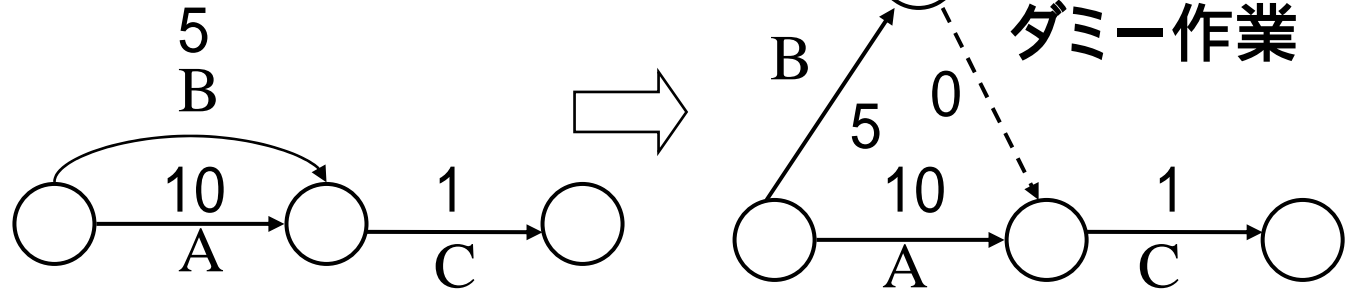
- イベント

- トポロジカル順で番号付け



# ダミー作業が必要な場合

- 平行な矢線が存在する時



- 右のような場合  
ダミー作業なしで表現できるか?

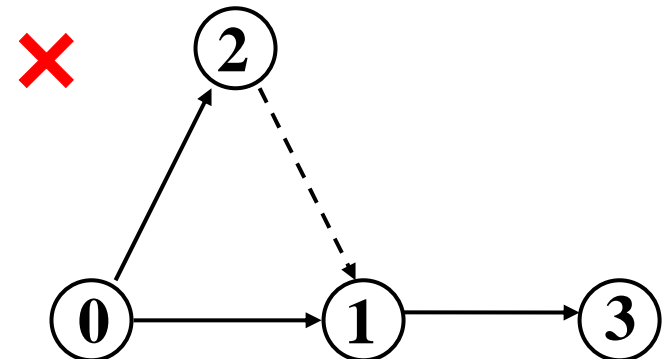
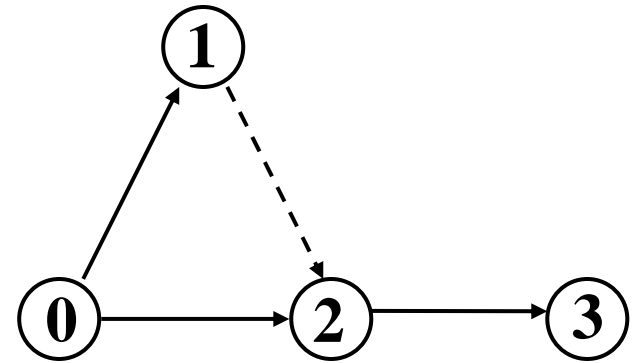
作業名	先行作業
A	なし
B	なし
C	A,B
D	B

# トポロジカル順

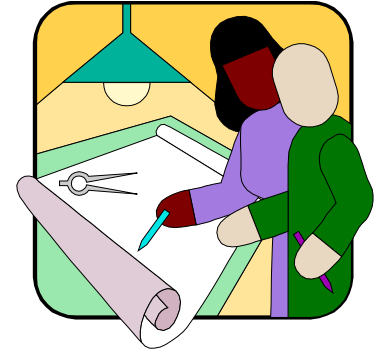
性質「始点より終点の番号が大きい」を満たす順序

## 順序を付けるひとつの方法

1.  $i=0$ と定める.
2. 入ってくる矢線無い, またはその全始点に番号付の点を1つ見つける. 無ければ終了.
3. その点に番号 $i$ を付ける.
4.  $i$ を1つ増やす. 手順2に戻る.



# 演習1-1



- アロー・ダイアグラムを作ってみよう。

(1)

作業名	作業日数	先行作業
A	3	なし
B	5	A
C	2	A
D	1	B
E	5	B,C
F	2	D,E
G	4	D,E

(2)

作業名	作業日数	先行作業
A	2	なし
B	3	A
C	2	A
D	3	B,C
E	3	A
F	3	B,C
G	1	D,E
H	1	F,G
I	3	D,E
J	1	H,I



# 演習1-2 文教君の結婚準備II

文教君は湘子さんと結婚を決意し以下のプロジェクトを実行しようとしています。

作業 記号	作業	必要 日数	先行 作業	作業 記号	作業	必要 日数	先行 作業
A	プロポーズ	1	なし	I	猶予期間	55	H
B	湘子さんのOKをとる	15	A	J	新婚旅行計画	30	F,G
C	身辺整理	30	なし	K	旅行申込(回答待ち)	30	J
D	湘子さんの両親説得	20	B,C	L	案内状準備	10	H
E	自分の両親説得	10	B,C	M	出欠確認	25	L
F	仲人の依頼・受託	15	D,E	N	披露宴打ち合わせ	1	M
G	結婚資金調達	10	E	O	祝辞依頼	7	N
H	式場選定	15	F,G	P	結婚式	1	I,K,O

このプロジェクトのアーロ・ダイアグラムを描け

# 効率の良い作業日程を導く

## 作業日程を導く手順

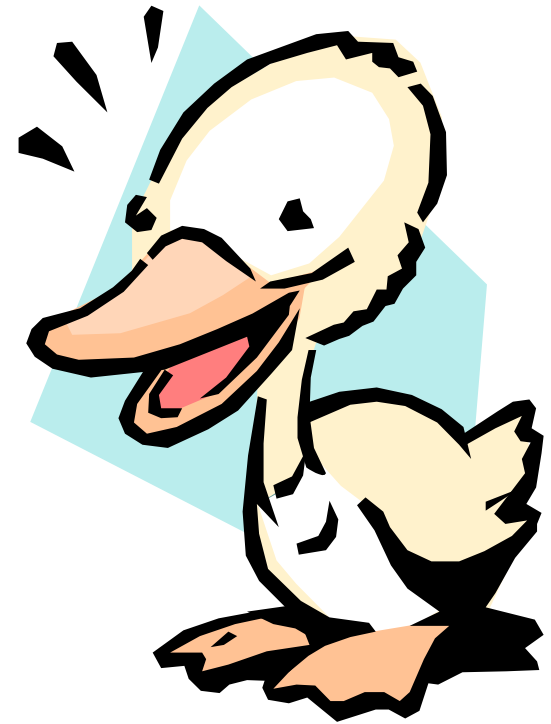
1. 各イベントの開始可能日や、イベントの余裕などを調べる
  - プロジェクト完了時刻が決まる
2. 各作業の日程を決める
  - プロジェクト全体に影響を及ぼす可能性のある作業群がわかる。



いきなり作業日程は導かない。まずはイベントの日程を導く

# まずは...

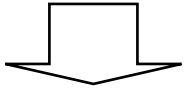
- イベントに関する時刻を決定する
  - プロジェクトのイベント日程を効率よく定める方法を学習.
  - 各作業の日程計画作りの基礎データになる



# 知りたいイベントに関する時刻

- **最早イベント開始時刻**

- 各イベントを開始できる最も早い時刻



- **プロジェクト完了時刻**

- プロジェクトが最も早く終了する時刻  
= プロジェクト完了イベントでの最早イベント開始時刻

- **最遅イベント開始時刻**

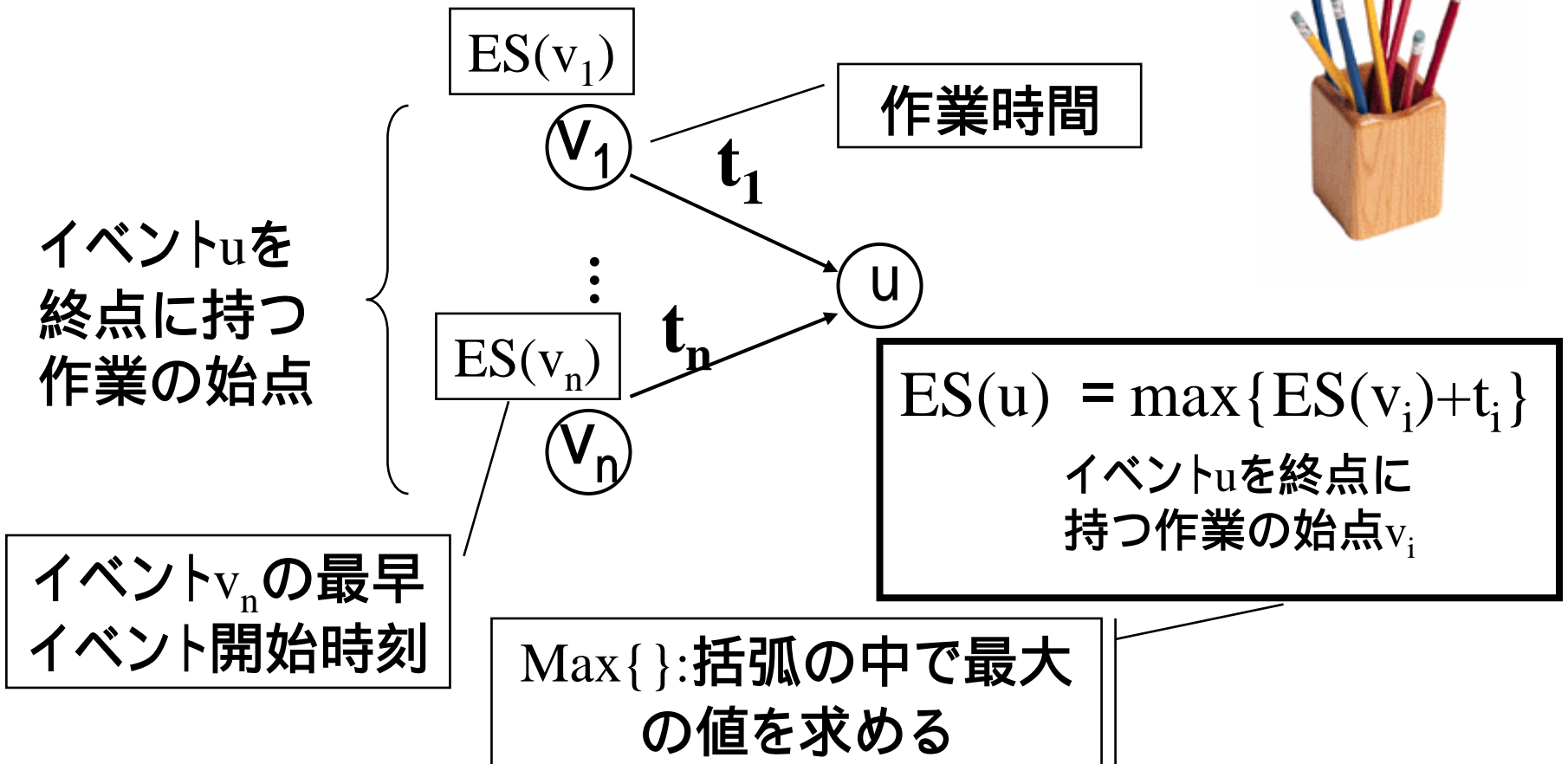
- プロジェクト開始時刻を遅らせない範囲で  
各イベントを最も遅く開始できる時刻



(仮定: プロジェクト開始時間は0)

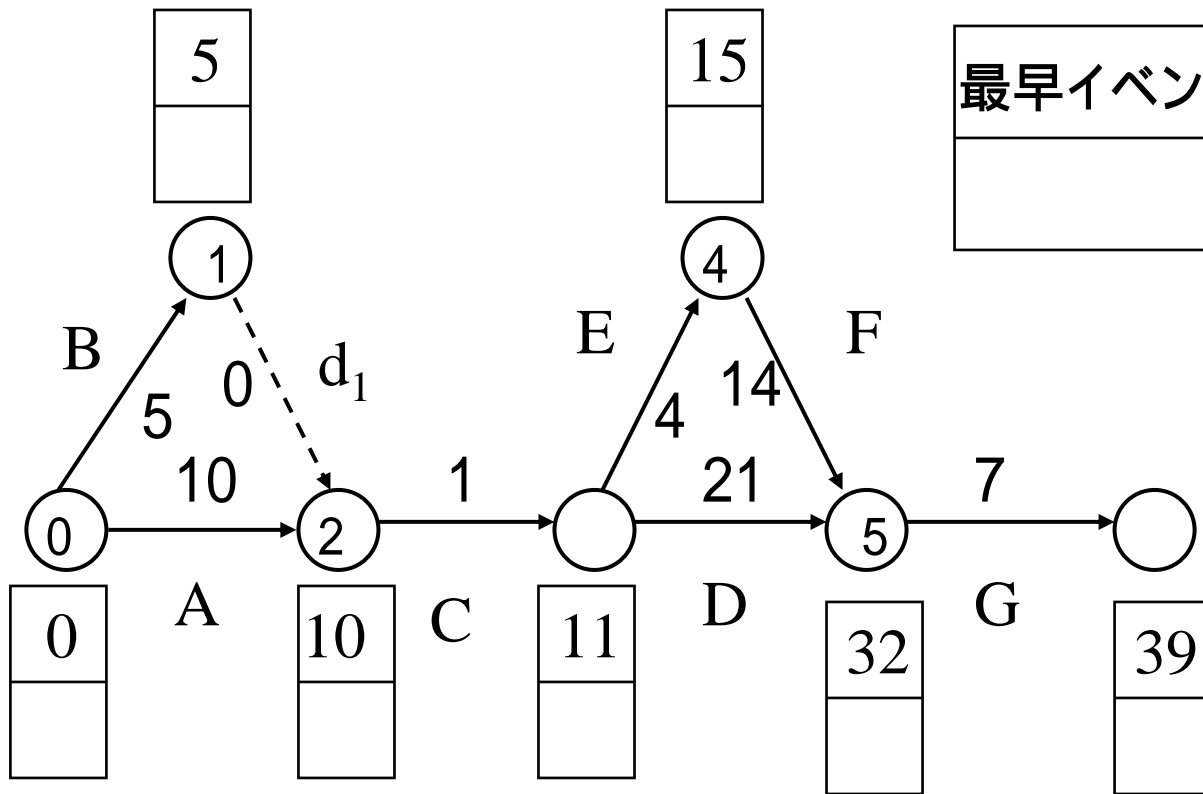
# 最早イベント開始時刻の求め方

- プロジェクト開始イベントの最早イベント開始時間 = 0
- イベント番号順に次の計算をしていく





# 例題1-1 (続き) 最早イベント開始時刻

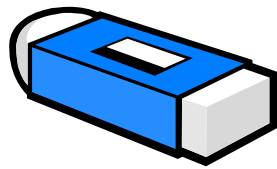


最早イベント開始時刻

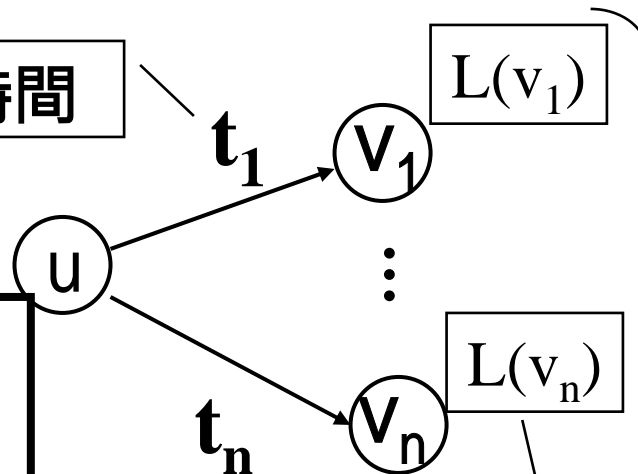
プロジェクト  
完了時刻

# 最遅イベント開始時刻の求め方

- プロジェクト完了イベントでの最遅イベント完了時刻 = プロジェクト完了時刻
- イベント番号の大きな順に次の計算をする



作業時間



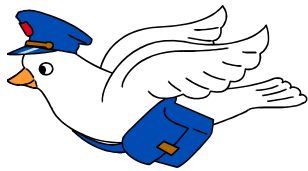
イベントuを  
始点に持つ  
作業の終点

$$L(u) = \min\{L(v_i) - t_i\}$$

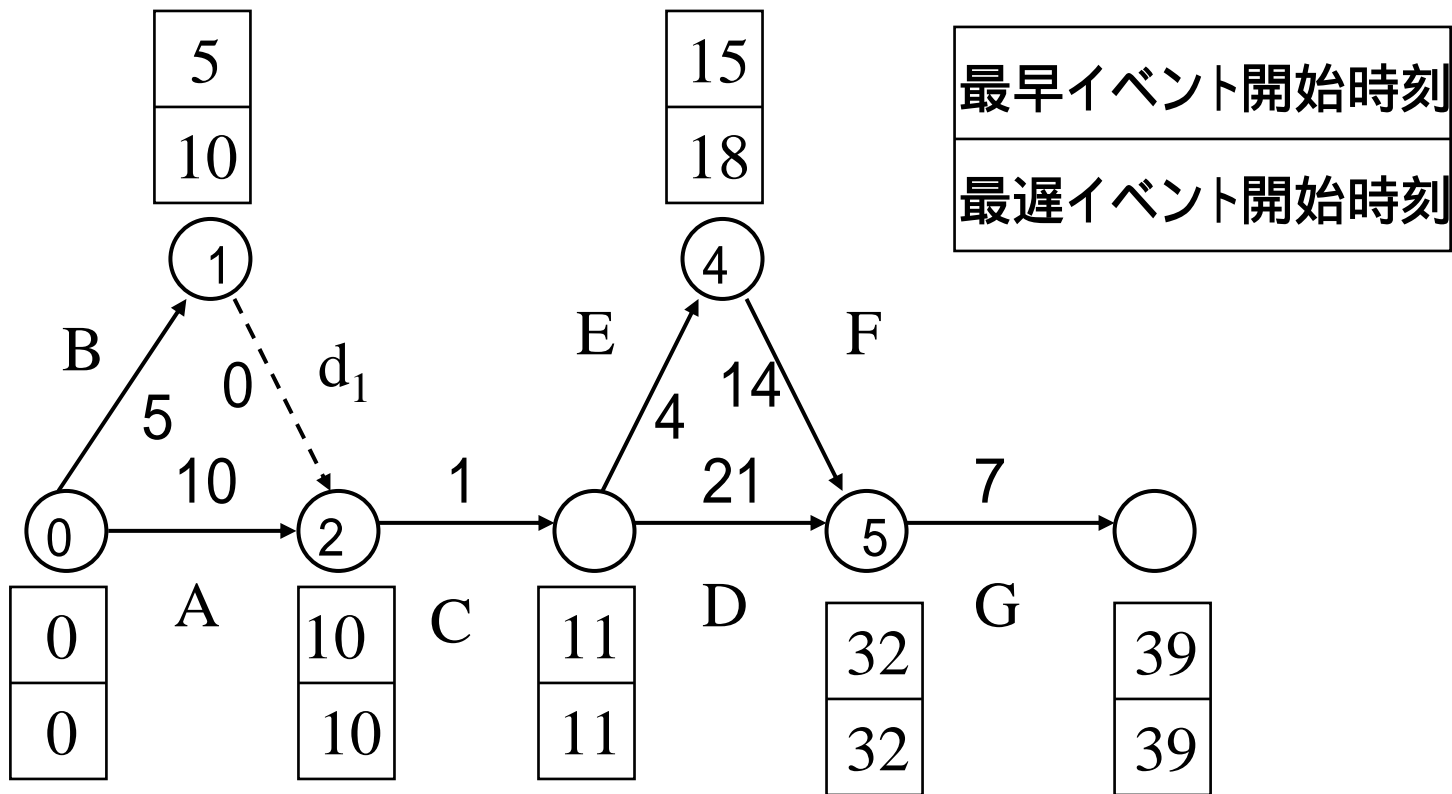
イベントuを始点に  
持つ作業の終点 $v_i$

イベント $v_n$ の最遅  
イベント開始時刻

$\min\{ \}$ : 括弧の中で最小  
の値を求める



# 例題1 1(続き) 最遅イベント開始時刻

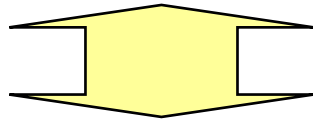




# イベントの余裕時間

- イベントの余裕時間  
= 最遅イベント開始時刻 - 最早イベント開始時刻

- (イベントの余裕時間) = 0



クリティカルパス  
発見のヒント

そのイベントから開始する作業群に、  
すぐに開始しないとプロジェクト完了  
時刻を遅らせてしまう作業が存在

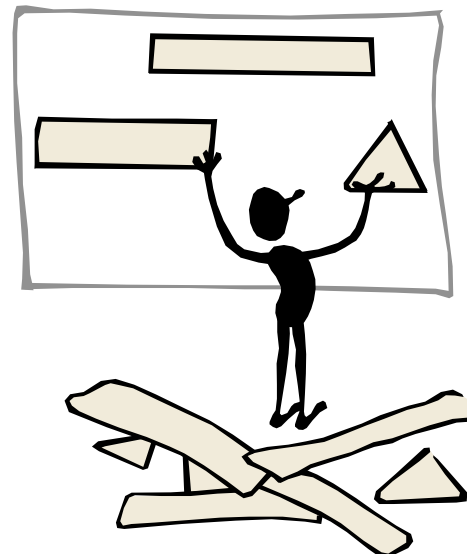


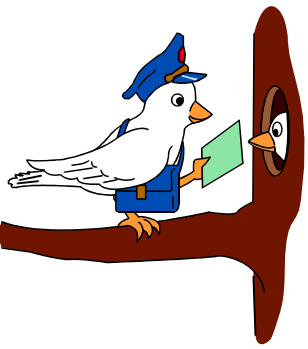
# クリティカルパスの(仮の)求め方

余裕時間が0のイベントを結んだ(余裕の無い)作業の経路.

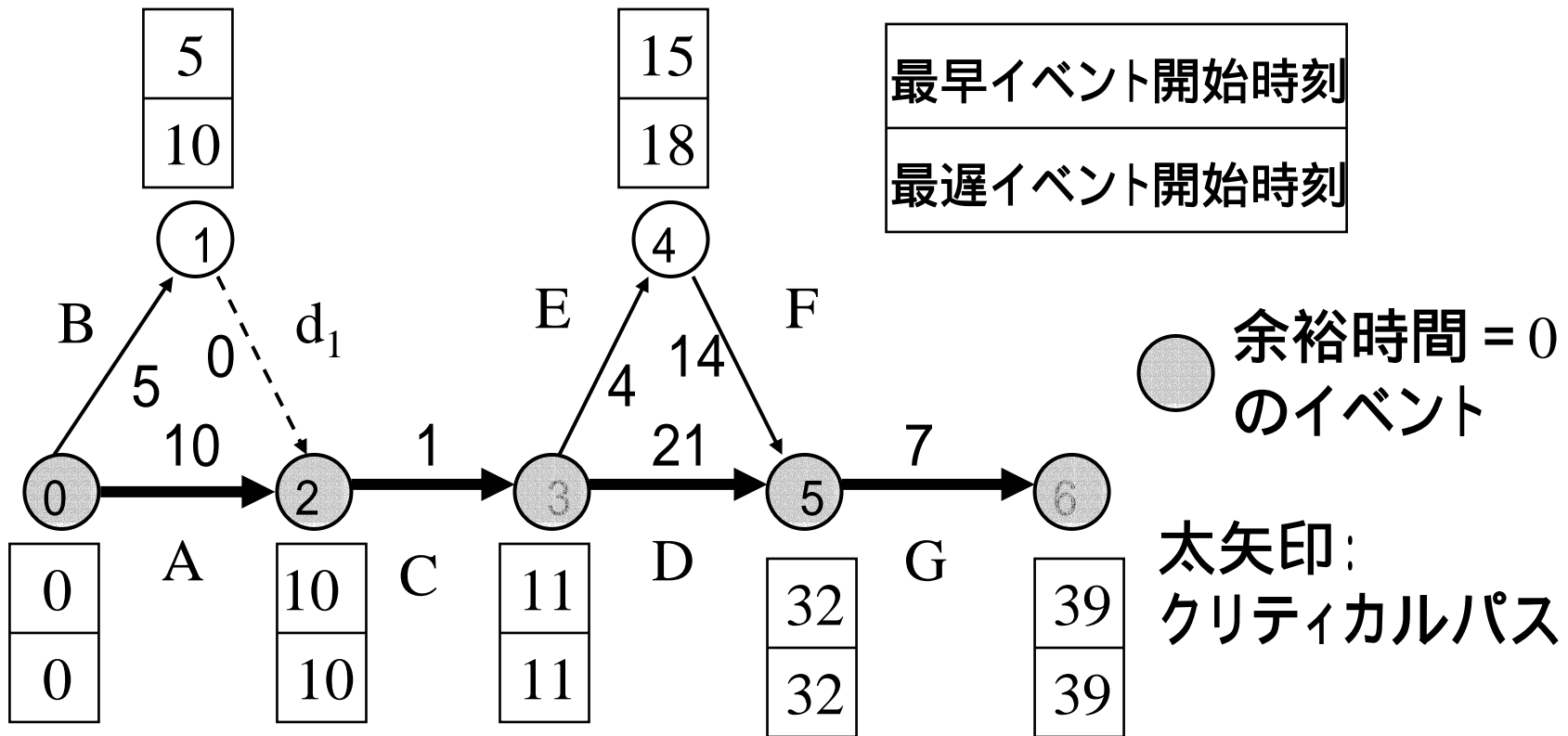
プロジェクト進行を管理するために重要な作業群の集まりになっている.

余裕の無い作業の正しい理解は後ほど...





# 例題1 1(続き) クリティカルパス



# 演習1 3

演習1 1(1), (2)と演習1 2で作成したアロー・ダイアグラムを利用し,

- 最早イベント開始時刻
- プロジェクト完了時刻
- 最遅イベント開始時刻
- 各イベントの余裕時間
- クリティカルパス



をそれぞれ求めよ.

# 演習1 4

あるプロジェクトが次の作業リストで与えられている。各作業は「短縮費用」を払うことにより一日だけ短縮できる。  
以下の問いに答えよ。



作業名	作業日数	先行作業	短縮費用 (万円)
A	3	なし	6
B	2	なし	3
C	3	A	2
D	4	A	4
E	3	B	3
F	5	B	1
G	5	C	3
H	5	E,D	3
I	2	G,H	6
J	2	F,I	5

## 演習1 4(続き)



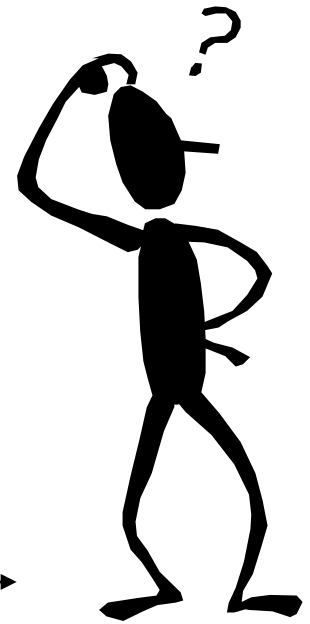
- (1) アローダイアグラムを描け.
- (2) 各イベントの最早イベント開始時刻, 最遅イベント開始時刻, 余裕時間を求めよ.
- (3) プロジェクトの完成に要する最短日数を求めよ.
- (4) クリティカルパスを示せ.
- (5) プロジェクトの完成を一日短縮したい. どの作業を短縮すれば最も経済的か?

# さて次は...

- 作業時刻を決定する
  - プロジェクトの作業日程を効率よく定める方法を学習します。
  - ここまででは、各イベントでの情報しか得られていないことに注意!!

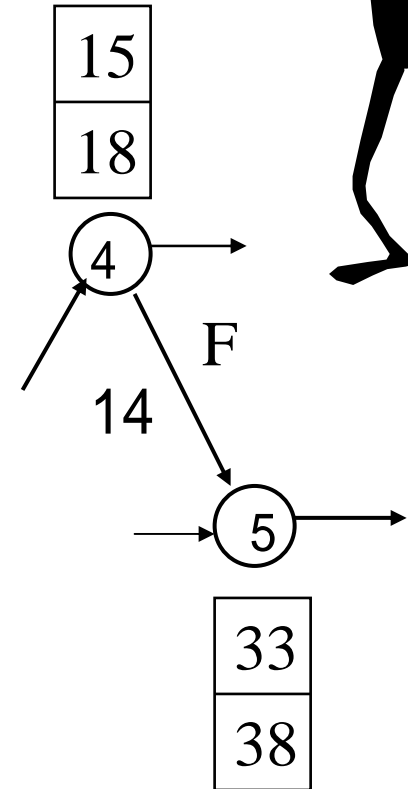


# 例題1-2 いつ始める?



右の図で作業Fは

- いつから作業を始められますか?
- 最も早く終わるのはいつですか?
- プロジェクト完了時刻に影響を与えないためには、いつから作業を始めれば十分ですか?
- プロジェクト完了時刻に影響を与えないためには、いつまでに作業を終わらせれば十分ですか?

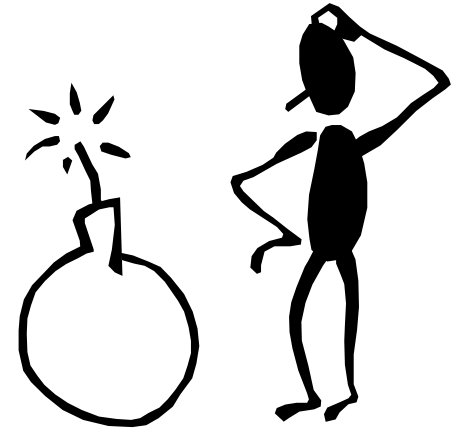


各作業の日程には自由度がある



# 作業に関して知りたい時刻

- **最早作業開始時刻**
  - 作業を始められる最も早い時刻
- **最早作業終了時刻**
  - 作業が終了する最も早い時刻
- **最遅作業開始時刻**
  - プロジェクト完了時刻を遅らせない範囲で最も遅く作業を始められる時刻
- **最遅作業終了時刻**
  - プロジェクト完了時刻を遅らせない範囲で作業を終了する最も遅い時刻



# 作業に関する時刻情報の出し方

## ★ 最早作業開始時刻

= 作業出発イベントの最早イベント開始時刻

## • 最早作業終了時刻

= 最早作業開始時刻 + 作業時間

## • 最遅作業開始時刻

= 最遅作業終了時刻 - 作業時間

## ★ 最遅作業終了時刻

= 作業終了イベントの最遅イベント開始時刻

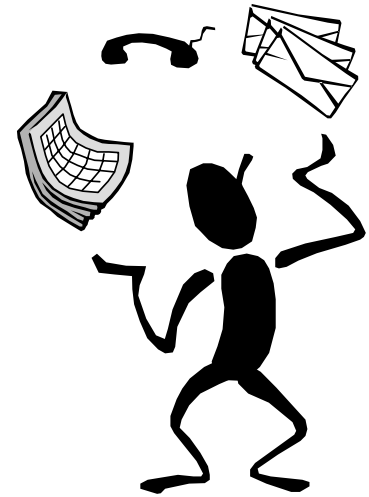


# 例題1-1(続き)

例題1-1の各作業の最早作業開始(終了)時刻, 最遅作業開始(終了)時刻を求めなさい

作業名	作業内容	予定作業日数	最早作業開始時刻	最早作業終了時刻	最遅作業開始時刻	最遅作業終了時刻
A	湘子さんの結納準備	10				
B	文教君の結納準備	5				
d1	ダミー作業1	0				
C	結納	1				
D	新居の確保	21				
E	新居用家具の選定	4				
F	新居用家具の購入	14				
G	新居用家具の搬入・整理	7				

# 作業の余裕を把握する



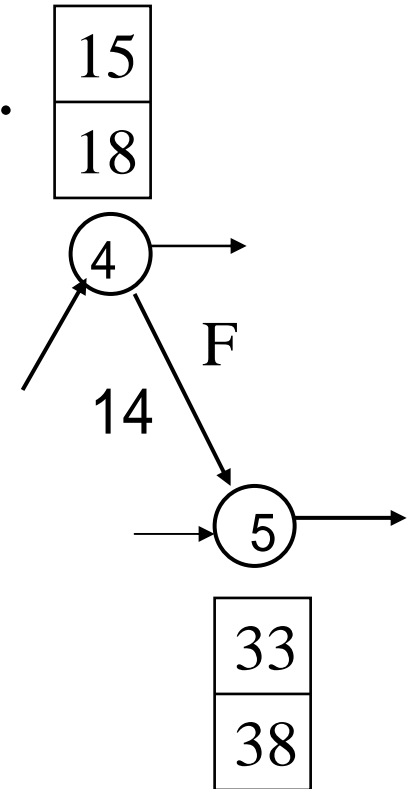
## 作業の余裕

- プロジェクト完了時刻を遅らせない範囲で休める最大の時間。
  - 作業が最早イベント開始時刻に始めらると仮定
- 後続作業に影響を与えない範囲での余裕  
= 自由余裕(Free Float)
- 後続作業の開始時刻を遅らせてもよい余裕  
= 全余裕(Total Float)

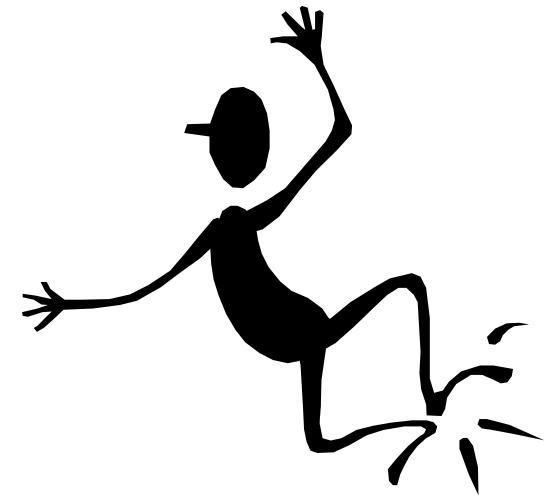
# 例題1-2(続き) 全余裕と自由余裕

作業Fの全余裕と自由余裕を求めよ.

- 全余裕 = 9
- 自由余裕 = 4      なぜ?



# 余裕の出し方



- **全余裕**

= (作業終了イベントの最遅イベント開始時刻  
- 作業開始イベントの最早イベント開始時刻)  
- 作業時間

- **自由余裕**

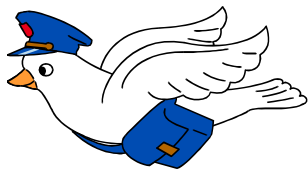
= (作業終了イベントの最早イベント開始時刻  
- 作業開始イベントの最早イベント開始時刻)  
- 作業時間

# 全余裕 = 0 の作業

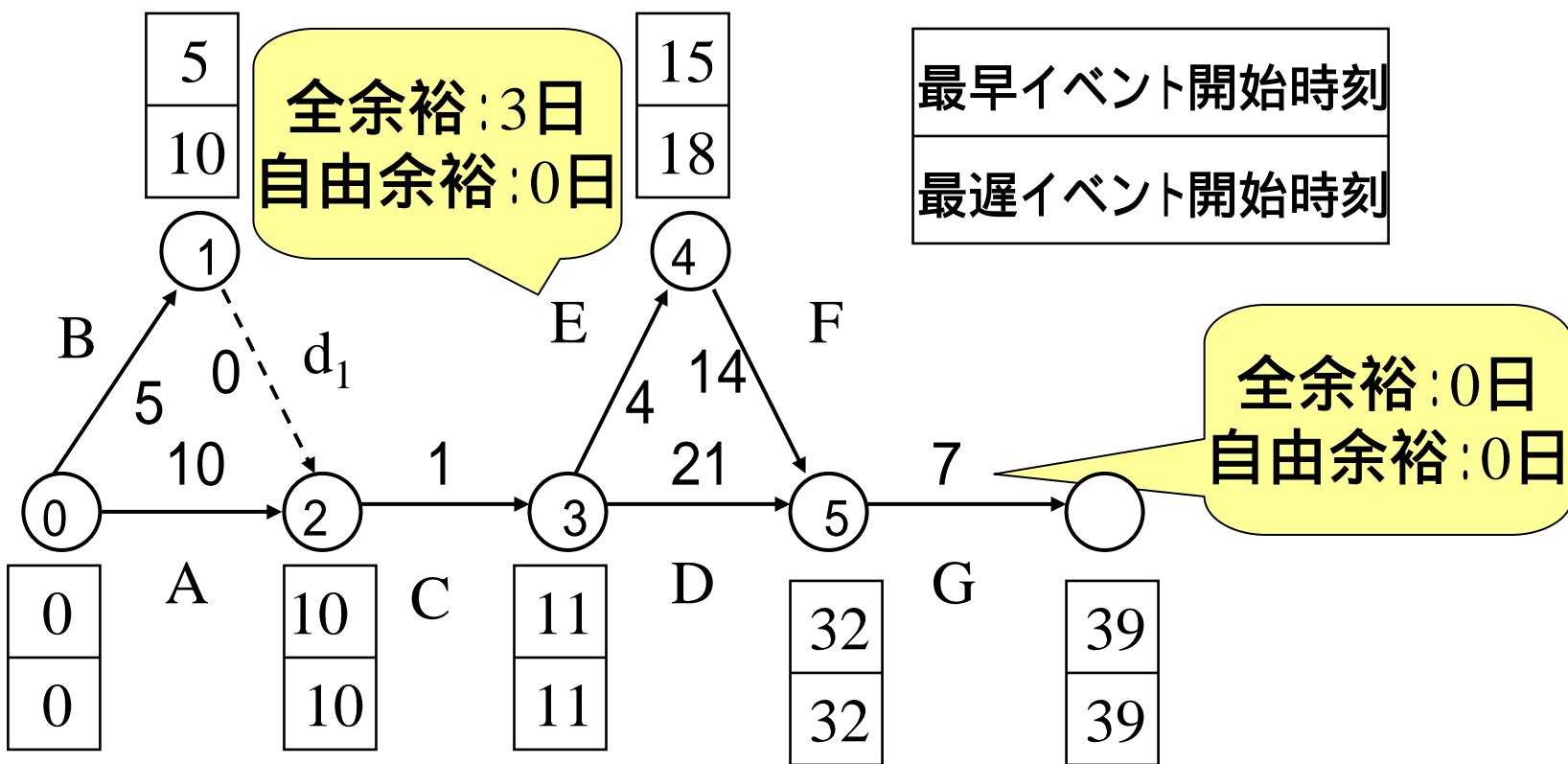


- 全余裕=0  
 余裕がまったく無い  
 作業が遅れるとプロジェクト完了時刻に  
 影響する  
 クリティカル・パス上の作業

全余裕=0の作業の集まりが「クリティカルパス」！



## 例題1 1(続き) 全余裕・自由余裕



表にまとめた方が見易そう PERT計算表



# 例題1-1 ( 続 き )

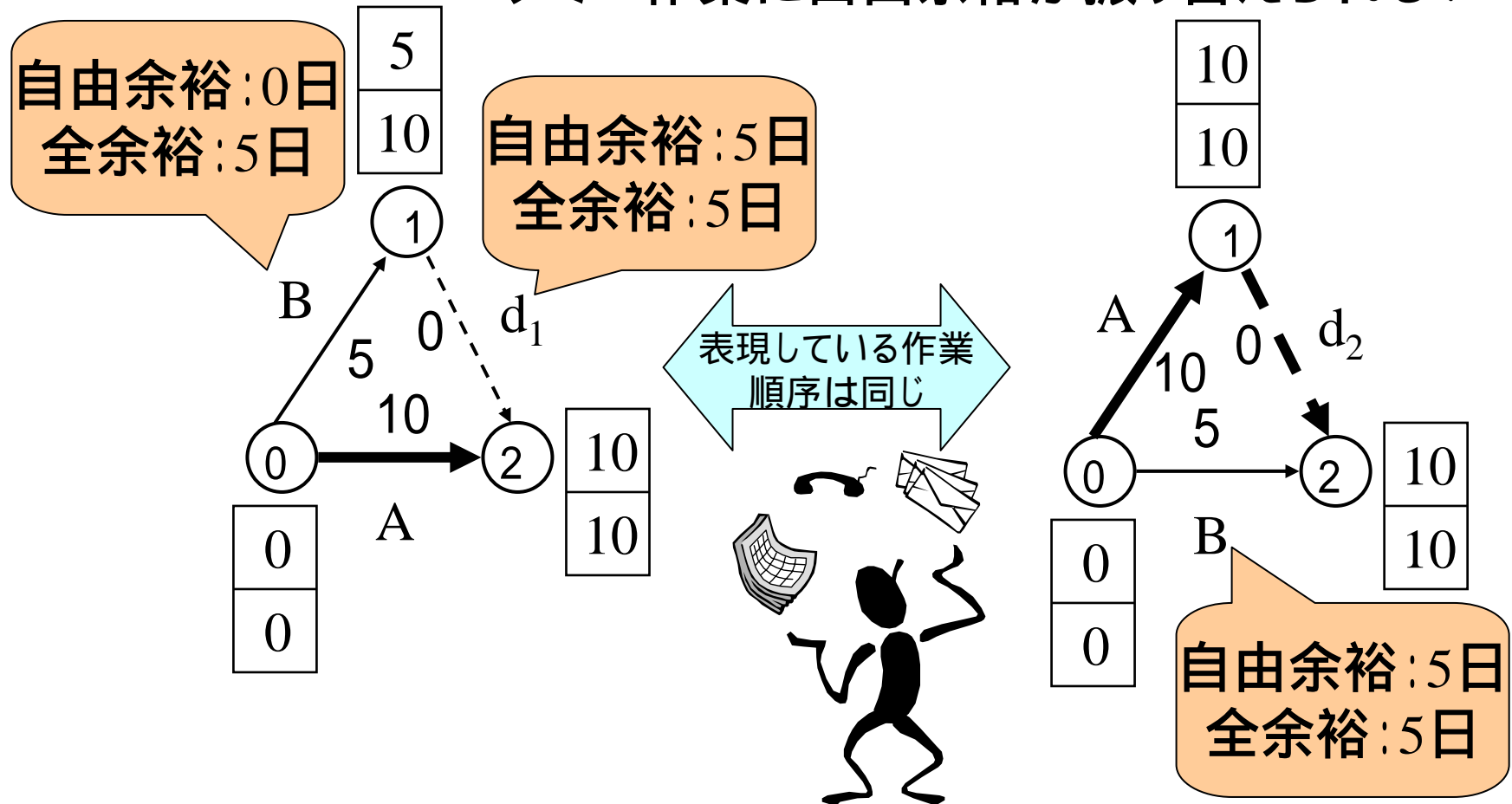
例題1-1の各作業の全余裕・自由余裕を求めなさい。さらにクリティカルパス上の作業に 印を付けなさい。

作業名	予定作業日数	最早作業開始時刻	最早作業終了時刻	最遅作業開始時刻	最遅作業終了時刻	全余裕	自由余裕	クリティカルパス
A	10	0	10	0	10			
B	5	0	5	5	10			
d1	0	5	5	10	10			
C	1	10	11	10	11			
D	21	11	32	11	32			
E	4	11	15	14	18			
F	14	15	29	18	32			
G	7	32	39	32	39			

上記のような表をPERT計算表と呼ぶ。

# 自由余裕に関する注意

作業順序の表現方法で変化する可能性がある。  
ダミー作業に自由余裕が振り替えられる。



# 演習1-6

- 演習1-1, 演習1-2の各作業の
  - 最早作業開始時刻
  - 最早作業終了時刻
  - 最遅作業開始時刻
  - 最遅作業終了時刻
  - 全余裕
  - 自由余裕

を算出し,



クリティカルパス上の作業も明示したPERT計算表を作成せよ

# 演習1 - 7

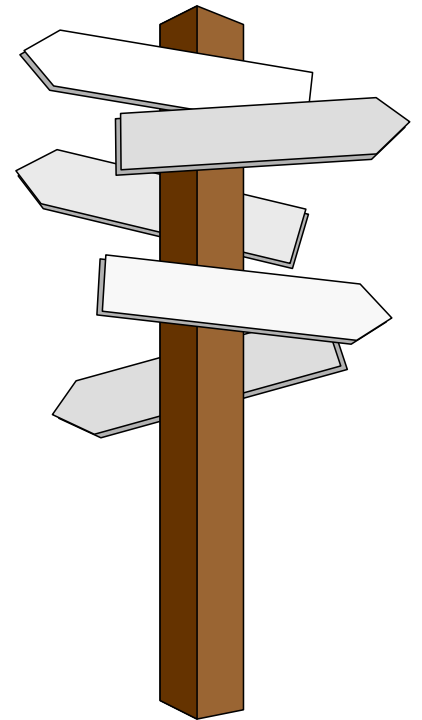
アローダイアグラム上で  
プロジェクト開始イベントから  
プロジェクト完了イベントまでの  
つながっている作業列を「パス」  
と呼ぶ。



- 例題1-1のアローダイアグラムにはパスは何本？
- クリティカルパスは、数多く存在するパスの中でどんな性質を持ったパスか？

# 演習1-8

- 自由余裕は全余裕より必ず短い. なぜか?
- 全余裕が0ではないのに, 自由余裕が0になる場合がある. どういう場合か. 自分なりに解釈せよ.



# 作業日程を決定する



- PERT作業表において
  - クリティカルパス上の作業の日程は一意に決まる
  - それ以外の作業は、作業日程の決定にある程度自由度がある。
    - その自由度の中でどのような日程を具体的に組むかは、同時並行で行われる作業の状況や前後の状況を見て決めればよい。(例えば、労働力の均一化を考えて休みを入れるなど)

# 演習1-9

演習1-5「片瀬製作所のレイアウト変更」において、あなたなら、各作業を具体的にいつ始めていつ終了するように指示しますか。

自分なりの根拠を示して、具体的な作業日程を指示してください。

