

# イベント会場設営業務における 作業チーム数配分問題の研究

沼田研究室

工学部2部経営工学科 5305064

前嶋 泰徳

# 目次

- 1 研究背景
- 2 研究目的
- 3 問題
- 4 定式化
- 5 解法
- 6 数值実験
- 7 まとめ
- 8 参考文献

# 1. 研究背景



## 1.1 はじめに

現在、様々な場所でイベントや催しが行われている  
イベント会場設営業務とは・・・[1]

ミュージシャンによるコンサート

企業が開催するような大型イベント etc.

これらの会場に必要なステージや  
屋外テントなどを設営する作業のことを言う

## 1.2 イベント会場設営業務の実態

### 実際の業務の流れ

ミーティング, チームの結成, チームに対する作業  
割当て, 設営作業開始となる

### 特徴

1. イベントによって必要な作業は異なる
2. 様々な作業系列が存在する
3. 人手のかかる仕事が多い
4. チームで作業を行う

## 2. 研究目的

2. 研究目的

### イベント設營業務の現状

短時間ミーティングにより作業配分割当て

⇒ 効率的な割当てがされていない

- ・ 投入できるチーム数には限りがある
- ・ 投入チーム数により各作業の所要時間は変動する
- ・ 複数の並行作業系列がある

よって特定作業へのみ投入チーム数を増やしても  
作業全体が早くなるとは限らない

⇒出来るだけ効率の良いチーム配分, 作業  
の割当てモデルを考える必要がある

# 3. 問題

対象とする問題を整理すると以下のようなになる

- $n$ 個の作業が存在する
- 各作業は, チーム単位によって行う
- 総投入可能チーム数を $m$ とする
- 時刻を離散時間  $0, 1, \dots, t, \dots, L$ で考える
- 複数の作業系列が存在する
- チーム投入数によって作業時間は変動する

既知

すべての作業が終了する時刻を最早にする

## 3.1 例題

- 1000人規模程度のコンサート会場設営業務について考察する
- チーフ1名(●)アルバイト4名(○)の5名で1チームとする
- 合計 $m$ チームが構成できたとして、業務終了時刻が最早となるように各作業へ配分する

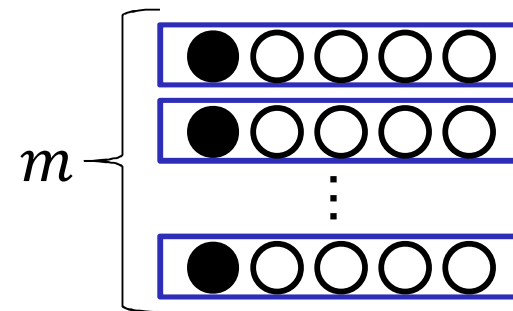


表1 作業リスト

作業名	作業内容	先行作業
A	養生シートの設置	—
B	設営に必要な備品の搬入	A
C	屋外テントの設置	B
D	看板等の設置	B
E	イベント本部の設置	B
F	楽屋の設置	B
G	客席設置	B
H	配電設置	B
I	ステージ設置	H
J	音響・照明の設置	G, I
K	販売店の設置	B
L	案内図の設置	E
M	ゴミ箱等の設置	E
N	最終確認	C, D, F, J, K, L, M
O	備品の撤去	N
P	養生シートの撤去	O



# 作業リストをフローダイアグラム化する

## 3. 問題

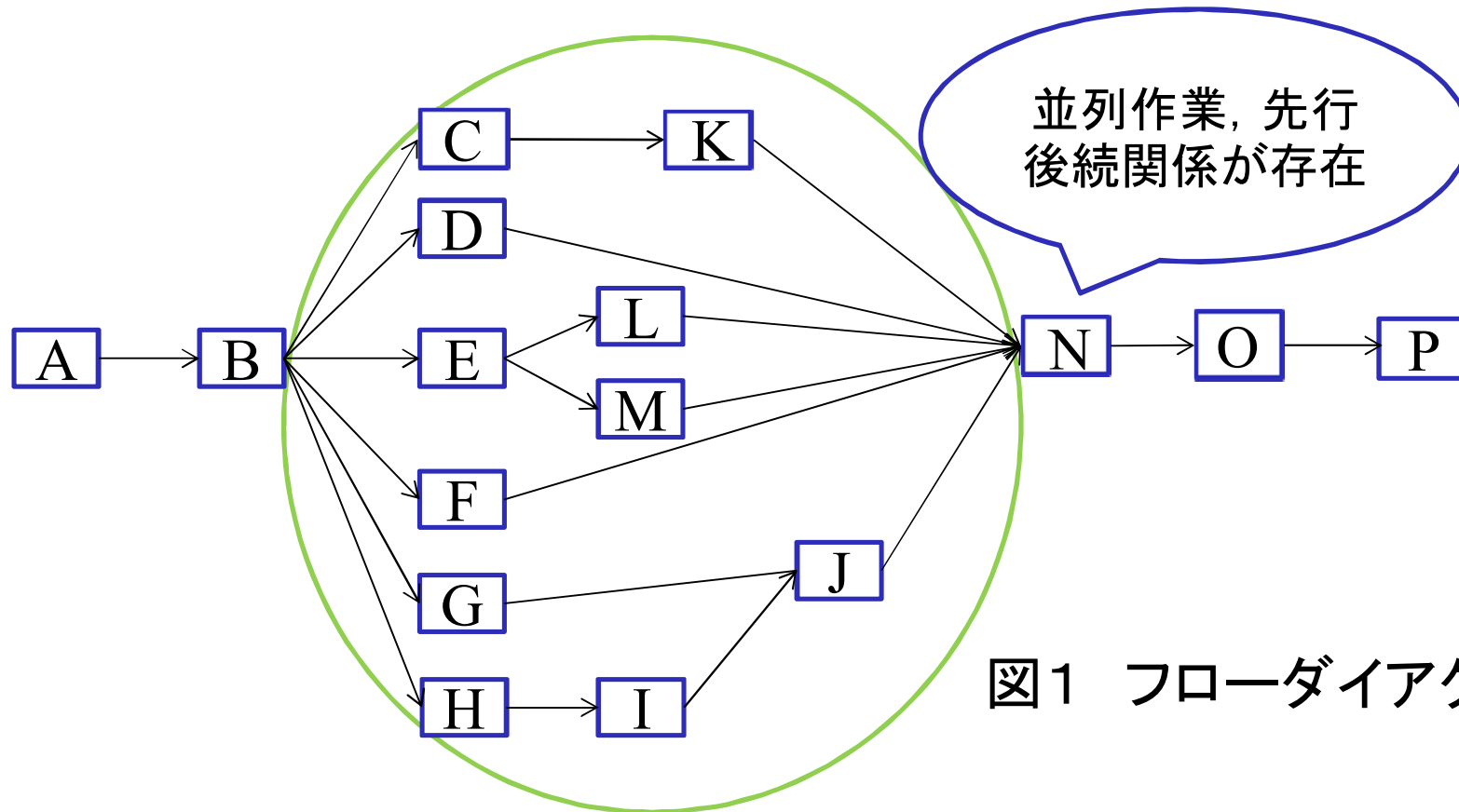


図1 フローダイアグラム

作業A, B, N, O, Pには並列作業が存在しない  
⇒作業C~Mについてのみ割当てを考えれば良い

作業C~Mを新しい番号に割当て

3. 問題

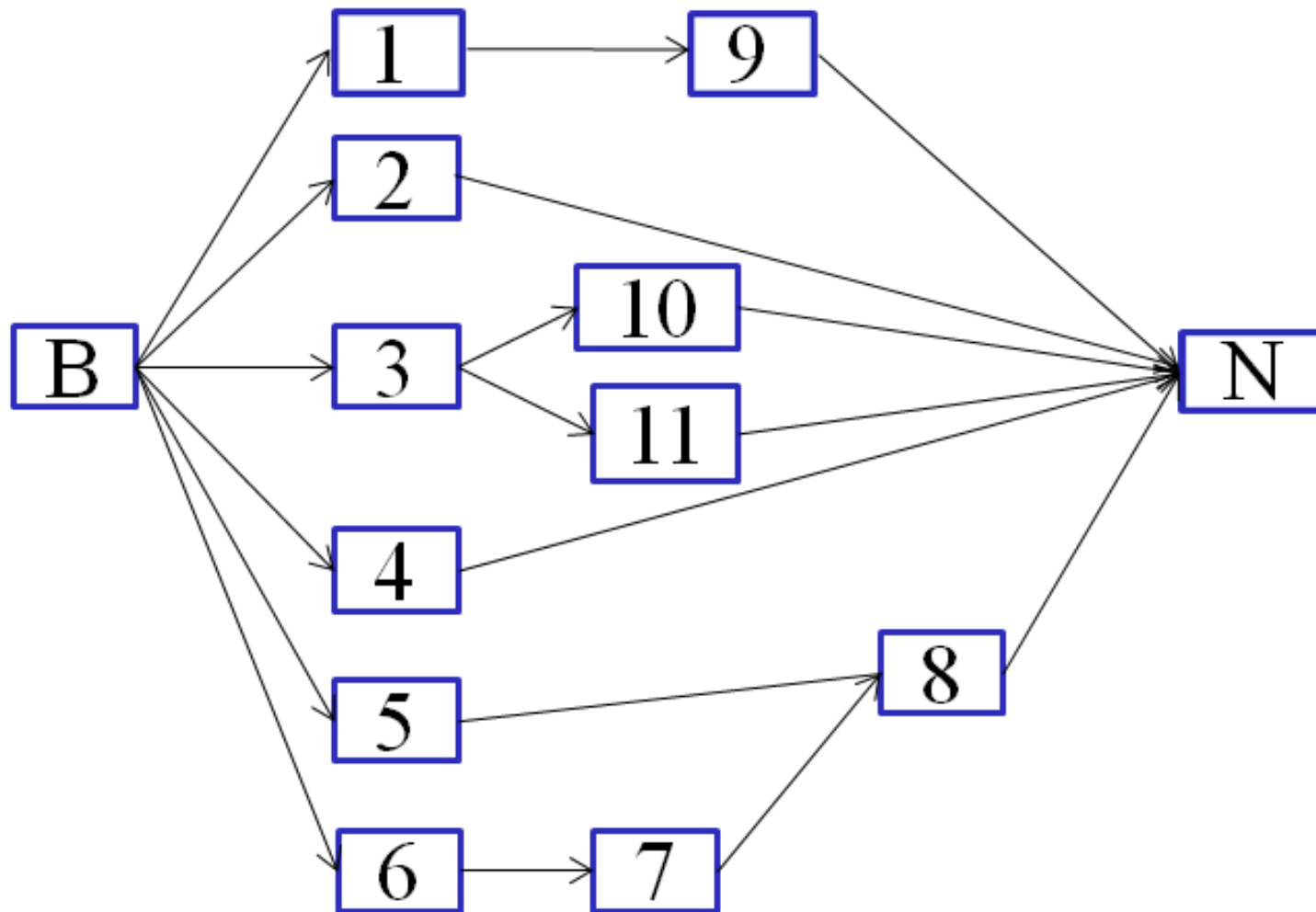


図2 作業図

## 3.2 投入チーム数による作業時間の変動

- 各作業の所要時間は投入チーム数の増加により短縮可能
- 投入チーム数による所要時間の変動は各作業により異なる
- 投入チーム数の増加につれ、作業時間の短縮効果は低下



以上を踏まえた上で、各作業の投入チーム数による作業時間変動表を与える

### 3. 問題

表2 投入チーム数変動における各作業時間の変動表(単位:10分)

作業名	作業内容	作業時間(1T)	作業時間(2T)	作業時間(3T)	作業時間(4T)	作業時間(5T)	作業時間(6T以上)
1	屋外テントの設置	48	36	32	30	29	28
2	看板等の設置	18	15	12	10	9	8
3	イベント本部の設置	30	24	20	18	16	15
4	茶屋の設置	30	24	20	18	16	15
5	客席設置	72	60	48	42	36	33
6	配電設置	24	18	15	13	12	11
7	ステージ設置	60	50	42	36	32	30
8	音響・照明の設置	36	27	24	21	18	16
9	販売店の設置	48	36	30	27	24	21
10	案内図の設置	12	9	8	7	6	6
11	ゴミ箱等の設置	9	6	5	4	3	3

6チーム以上投入しても作業時間の短縮効果は得られない

### 3.3 定式化の必要性

各作業に1チームずつ配分して作業を行う場合、PERT (Project Evaluation and Review Technique) [2] で対処できるが、本研究で扱う問題は、PERTによる対応は難しい

最適なチーム配分モデルを提案するために  
数理計画問題として定式化する！

## 4. 定式化

### 4.1 記号の定義(1)

$J = \{1, 2, \dots, i, j, \dots, n\}$  仕事の集合

$T = \{0, 1, \dots, t, \dots, L\}$  作業時刻の集合

$d_{i k}$  仕事*i*をチーム数*k*で行った時の所要時間

## 4.1 記号の定義(2)

### 決定変数(1)

$$x_{i k \bar{t}} = \begin{cases} 1: \text{仕事 } i \text{ を時刻 } t \text{ からチーム数 } k \text{ で開始する} \\ 0: \text{それ以外} \end{cases}$$

$$u_{i k \bar{t}} = \begin{cases} 1: \text{時刻 } t \text{ で仕事 } i \text{ をチーム数 } k \text{ で行っている} \\ 0: \text{それ以外} \end{cases}$$

・時刻  $t$  における実行状態と開始時刻の関係式

$$u_{i k t} = \sum_{\tau=t-d_{i k}+1}^t x_{i k \tau}$$

## 4.1 記号の定義(3)

### 決定変数(2)

- ・ 仕事*i*の開始時刻( $s_i$ )の定義式

$$s_i = \sum_{k=1}^m \sum_{t=0}^L t x_{i kt}$$

- ・ 仕事*i*の終了時刻( $e_i$ )の定義式

$$e_i = \sum_{k=1}^m \sum_{t=0}^L (t + d_{i k} - 1) x_{i kt}$$

- ・ 最終仕事の終了時刻  $y$

$$e_i \leq y \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

すべての作業の終了時刻は*y*より遅くならない



## 4.2 定式化(目的関数)

目的関数

minimize  $y$

最遅終了仕事の終了時刻  
を最早にする！

$$y \geq e_1, e_2, \dots, e_n$$

## 4.2 定式化(制約条件1)

- どの作業*i*もある時刻*t* ( $0 \leq t \leq L$ )に  
あるチーム数配分*k*で1度だけ開始される

$$\sum_{t=0}^L \sum_{k=1}^m x_{i kt} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

- どの時刻*t* ( $0 \leq t \leq L$ )においても  
作業しているチームは*m*チーム以下

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n k u_{i kt} \leq m \quad (0 \leq t \leq L)$$

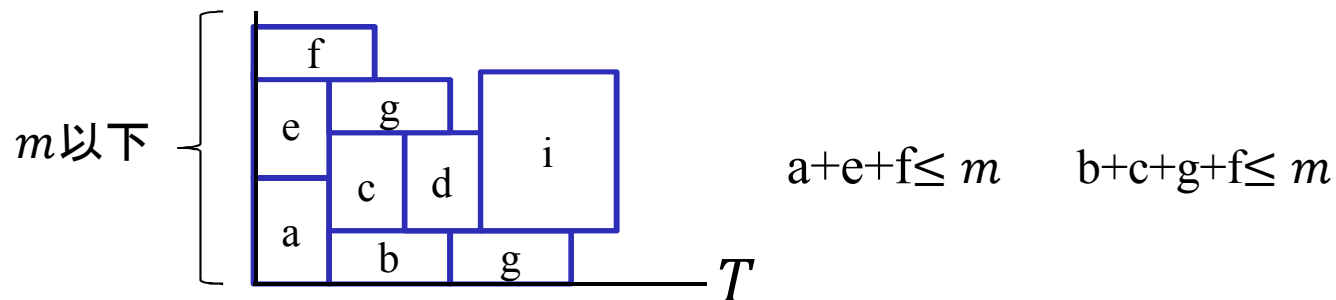
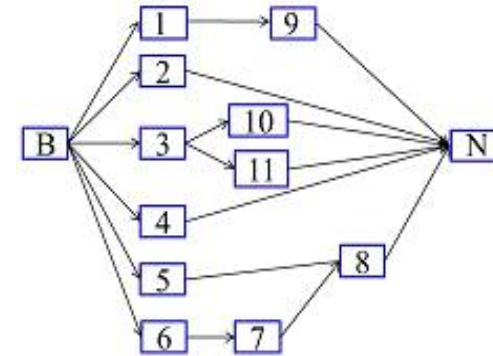


図3

## 4.2 定式化(制約条件2)

- 仕事*i*が仕事*j*に先行する場合は、  
*j*の開始時刻は*i*の終了時刻以降

$$e_i \leq s_j, \quad \forall i, j \text{ s.t. } \left[ i \rightarrow j \right]$$



例題では6つの「先行→後続」関係が存在する

$$\Rightarrow \left[ e_1 \leq s_9 \right], \left[ e_3 \leq s_{10} \right], \left[ e_3 \leq s_{11} \right],$$

$$\left[ e_5 \leq s_8 \right], \left[ e_6 \leq s_7 \right], \left[ e_7 \leq s_8 \right]$$

## 4.2 定式化(まとめ)

4. 定式化

$$\text{minimize } y \quad \dots (1)$$

$$\text{s.t. } e_i \leq y \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots (2)$$

$$\sum_{t=0}^L \sum_{k=1}^m x_{i kt} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots (3)$$

$$s_i = \sum_{k=1}^m \sum_{t=0}^L t x_{i kt} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots (4)$$

$$e_i = \sum_{k=1}^m \sum_{t=0}^L (t + d_{i k} - 1) x_{i kt} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots (5)$$

$$u_{i kt} = \sum_{\tau=t-d_{i k}+1}^t x_{i k\tau} \quad (1 \leq k \leq m, 0 \leq t \leq L, 1 \leq i \leq n) \quad \dots (6)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n k u_{i kt} \leq m \quad (0 \leq t \leq L) \quad \dots (7)$$

$$e_i \leq s_j \quad , \quad \forall i, j \text{ s.t. } \lceil i \rightarrow j \rceil \quad \dots (8)$$

$$x_{i kt} \in \{0, 1\} \quad , \quad u_{i kt} \in \{0, 1\} \quad \dots (9)$$

## 5. 解法

- 前節の定式化およびデータファイルを  
LPファイルに変換するプログラムを作成



LPファイルを汎用ソルバーGurobi4.0.1[3]  
に入力して最適解を求める

## 6.1 数値実験

総投入チーム数 $m$ の値を変化( $m = 4 \sim 20$ )させて数値実験を行う. ここでは,  $m = 10, 8$ の場合を例にあげる

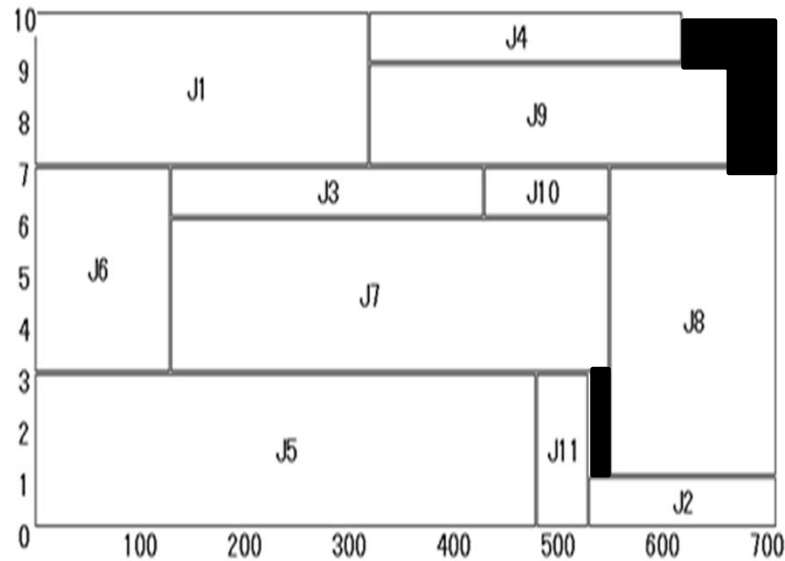
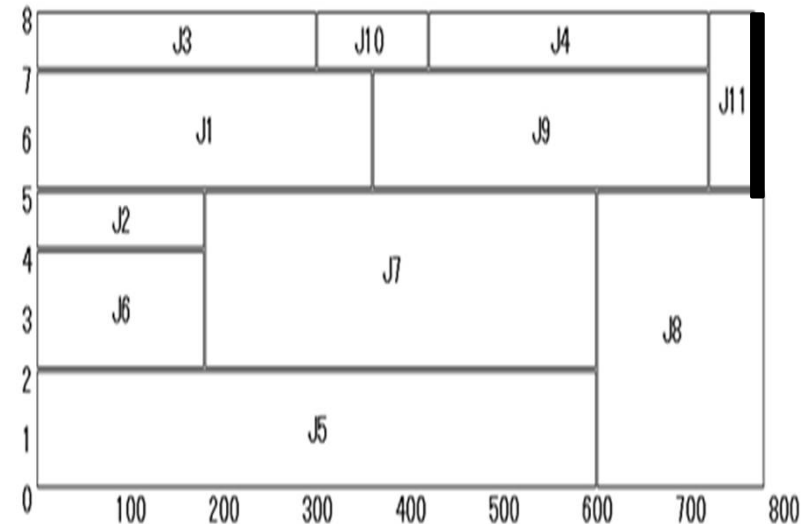
表3 作業別投入チーム数

作業 \ $m$	10	8
J1	3	2
J2	1	1
J3	1	1
J4	1	1
J5	3	2
J6	4	2
J7	3	3
J8	6	5
J9	2	2
J10	1	1
J11	3	3

表4 実験結果

作業 \ $m$	10	8
s(J1)	0	0
s(J2)	53	0
s(J3)	13	0
s(J4)	32	42
s(J5)	0	0
s(J6)	0	0
s(J7)	13	18
s(J8)	55	60
s(J9)	32	36
s(J10)	43	30
s(J11)	48	72
e(J1)	31	35
e(J2)	70	17
e(J3)	42	29
e(J4)	61	71
e(J5)	47	59
e(J6)	12	17
e(J7)	54	59
e(J8)	70	77
e(J9)	67	71
e(J10)	54	41
e(J11)	52	76

# ガントチャートで割当てを検証

図4 ガントチャート ( $m=10$ )図5 ガントチャート ( $m=8$ )

黒く塗りつぶした箇所は、作業を行っていない  
⇒図5の方がチーム稼働率が高い

## 6.2 考察(1)

- 総投入チーム数 $m$ を変化させた時の目的関数 $y$ の最適値の変動を表5,図6に示す

⇒ 総投入チーム数 $m$ を増やすと, 作業時間は短縮

※しかし $m$ を増やすにつれ短縮効果は大幅に低下する

表5(10分単位)

$m$	$y$
4	104
6	89
8	77
10	70
12	62
14	58
16	56
18	55
20	54

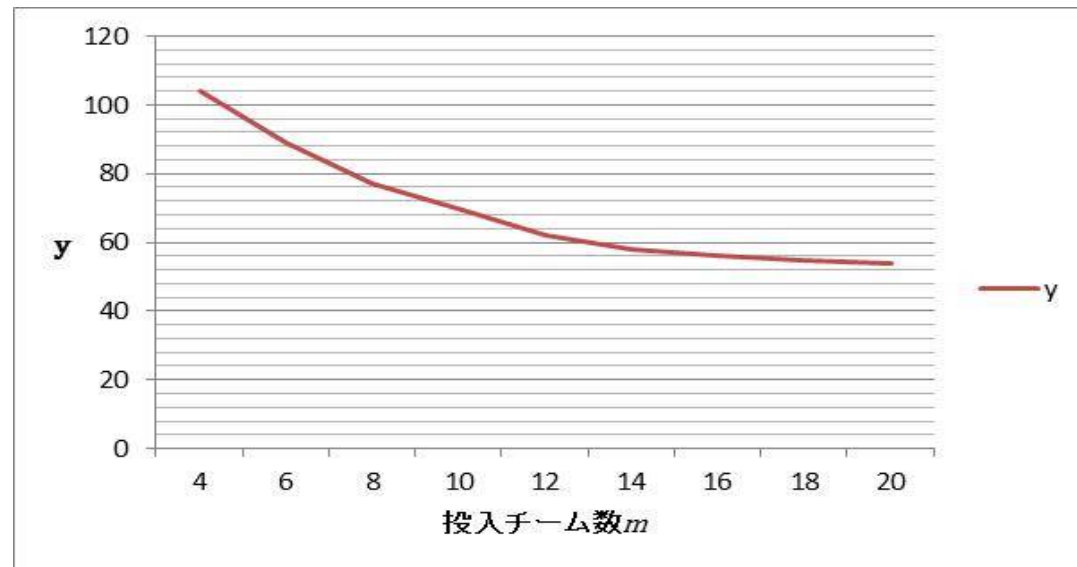


図6



## 6.2 考察(2)

求解時間は,  $m = 8, 10$ の場合 およそ300秒

$m \leq 6, 14 \leq m$  は100秒以内

$14 \leq m$ の場合, 作業時間の短縮効果が大幅に減少

⇒チーム稼働率が下がっていると考えられる

$m = 8, 10$ の場合

ガントチャートから, 十分なチーム稼働率が得られていると言える



作業員数, 作業時間の制限, 両者の変化に対応した作業計画の作成が可能!

## 7. まとめ

- 投入チーム数変動を考慮したチーム数配分を求めるモデルを提案し現実的な例題で数値実験  
⇒PERT等では困難である割当て計画が可能
- 投入チーム数を変化させて解くことにより、作業時間の変化に対応した作業者数を見積もることが可能
- 今後の課題としては・・・  
問題の規模が大きくなった場合に対処できる  
発見的解法の構築が必要！

## 8. 参考文献

- 【1】「イベントバイト.com」, <http://www.eventarbeit.com/>, (2012.1.10).
- 【2】加藤 豊 , 小沢 正典(1998)、ORの基礎—AHPから最適化まで, 実教出版株式会社, 207pp.
- 【3】gurobi , <http://www.gurobi.com/> , (2012.1.10).

ご清聴

ありがとう

ございました