

# 日程計画における作業履歴を活用した ファジィ・ランダム多目的最適化の 並列分散解法

平成 31 年 2 月 19 日

富山県立大学 電子・情報工学科 情報基盤工学講座  
奥原研究室 杉山桃香

## 目次

- 1 : はじめに
- 2 : 研究目的
- 3 : 建築業界と日程計画
- 4 : 実問題への対応
- 5 : 提案手法
- 6 : まとめと今後の課題

# 1: はじめに

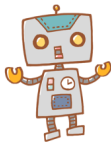
## 社会的課題

少子高齢化による労働人口の減少 → 人手不足

### 問題の対策



出生率増加



ロボットの導入



最適な資源の追加

- ・特に人手不足が深刻 →

**建築・土木工事の現場**

- ・建築・土木工事の作業は長期にわたる

→事前にプロジェクト全体の流れを掴むことが重要

しかし



による工程の変更や作業の中止

→現場におけるスケジューリング管理は非常に困難

## 2: 研究目的

### 問題点

- 現場作業における不確定で不確実な要素の見積もり問題
- 職人さんの工事スケジュールの把握と割り振り問題



### 研究目的

- 作業履歴を活用 → 不確定で不確実な要素の見積もり
- 最適な作業員の割り振りを補助する日程計画問題の提案

### 3: 建築業界と日程計画

#### 建築業界における日程計画の現状

- 事前に開かれる工程会議にて日程計画を立てる  
→活用されておらず、翌日には紙切れに…

その結果 

事前に立てた計画からズレが積み重なり  
→「工期遅れ」に陥ることが多々ある

# 何故活用できていないのか？

## （建築現場における原因）

- 天候や事故などによる  
作業の中止・延期
- 人手不足による「着工遅れ」

## （従来の日程計画問題）

- 動的かつ不確定な値を前提としていない
- 不規則かつ不確実な値を前提としていない

## （建築現場に必要な仕組み）

- 不確定で不確実な要素を考慮した日数・費用の見積もり
- 職人さんの工事スケジュールの把握

# 作業履歴の活用

IT技術を用いた作業員の負担を減らす工夫もされている



現場コミュニケーションアプリ

## 機能

- 現場作業の進捗報告
- 各工程の開始終了時刻の管理
- 作業員ごとのスケジュール管理

リアルタイムなデータを用いた進捗状況の管理

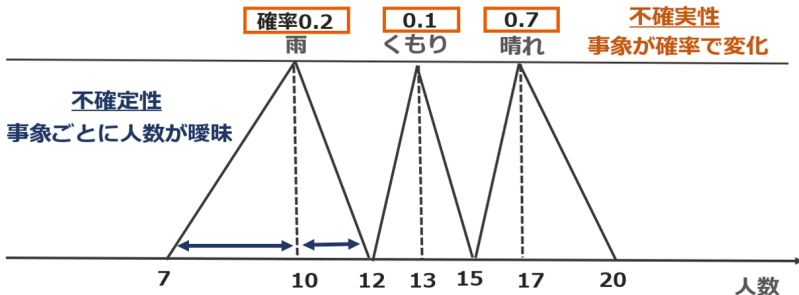


過去の作業履歴を活用したスケジュール管理

## 4: 実問題への対応

### ファジィ・ランダム変数

不確定性と不確実性の両方を表現することができる変数





# データの活用例



作業履歴活用

属性(天気)

作業数(作業ID)

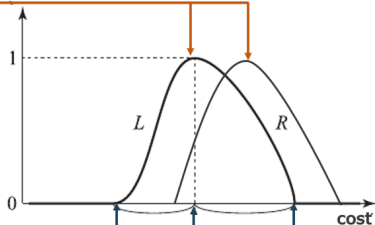
従事者グループ

最小必要費用

平均必要費用

最高必要費用

パラメータ設定



# 並列分散GAと高速化

## 実用するための課題

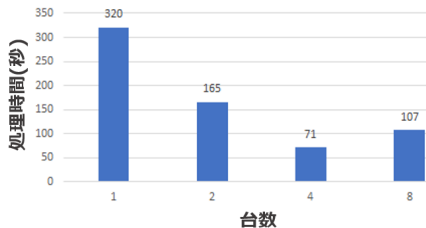
複雑な問題やビックデータの  
処理に伴う膨大な計算時間

## 並列分散環境の構築

Raspberry Pi 3とMPIを用いた  
処理時間の高速化を検討

遺伝的アルゴリズムを用いた

TSP問題の処理時間



台数を増やした処理時間の高速化

## 5: 提案手法

【従来モデルの課題】



考慮



【提案モデルの目的】



### ファジィ・ランダム多目的日程計画問題

不確定・不確実な要素を考慮し

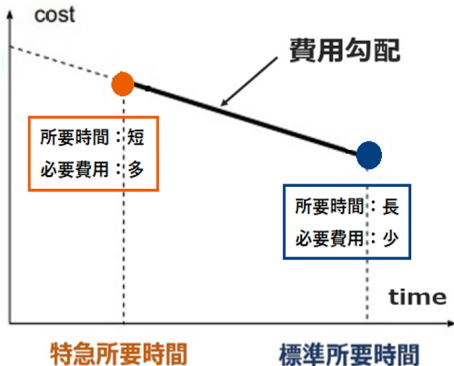
最適な日程や費用を考えることを目的とした日程計画問題

# 時間費用関数

クリティカルパスの最小化(最大所要時間の最小化)



費用の追加が伴う



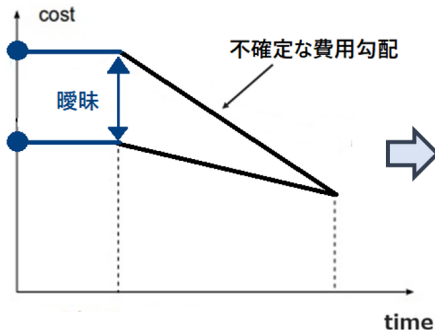
目的1：最大所要時間の最小化

目的2：必要費用の最小化

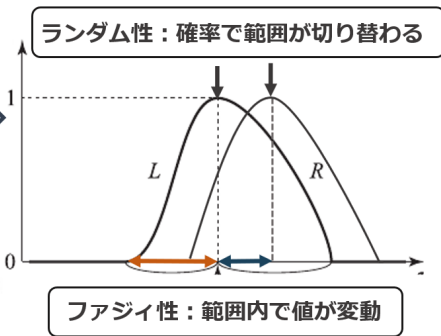


多目的日程計画最適化問題

# ファジィ・ランダム変数の導入



実問題における時間費用関数



# 提案モデルの定式化

$$\text{minimize } \max \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N_i} \sum_{k=1}^w t_{ijk} x_{ij} y_{ik} \right\}$$

目的1: 最大所要時間の最小化

$$\text{minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N_i} \sum_{k=1}^w \tilde{c}_{ik} x_{ij} y_{ik}$$

目的2: 必要費用の最小化

ファジィ・ランダム変数

subject to

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j \in N_i} x_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N_i} x_{ji} = \begin{cases} 1, (i = s), \\ 0, (i \neq s, t), \\ -1, (i = t). \end{cases}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n;$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, w;$$

$i$  先行作業

$j$  後続作業

$k$  従事者

$t_{ijk}$  作業の所要時間

$\tilde{c}_{ik}$  費用

$x_{ij}$  作業工程を選択する変数

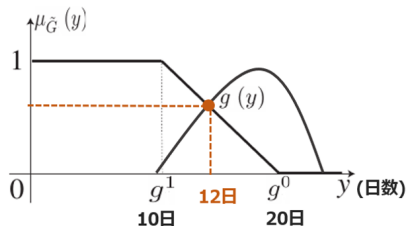
$y_{ik}$  従事者を選択する変数

# 等価確定変換

【ファジィ目標の設定】

$$\mu_{\tilde{G}} = \begin{cases} 1, & \text{if } y < g^1, \\ g(y), & \text{if } g^1 \leq y \leq g^0, \\ 0, & \text{if } y > g^0. \end{cases}$$

$g^1$  最良値     $g^0$  最悪値

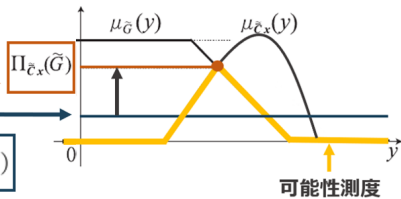


ファジィ目標が満たされる可能性の度合い

最大化 ↓

$$\text{maximize } \Pi_{\tilde{c}_{ij}x_{ij}}(\tilde{G})$$

$h$  (満足基準値)



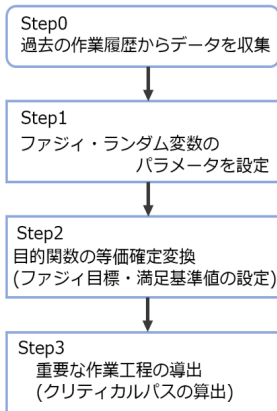
## 等価確定変換により得られる数理モデル

$$\begin{aligned}
 & \text{minimize} \quad \max \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N_i} t_{ijk} x_{ij} y_{ik} \right\} \\
 & \text{maximize} \quad F \left( \frac{-\{d^1 - L^*(h)\beta^1\} x_{ij} y_{ik} + \mu_{\tilde{G}}^*(h)}{\{d^2 - L^*(h)\beta^2\} x_{ij} y_{ik}} \right) \\
 & \text{subject to} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N_i} x_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N_i} x_{ji} = \begin{cases} 1, (i = s), \\ 0, (i \neq s, t), \\ -1, (i = t). \end{cases} \\
 & \quad x_{ij} \in \{0, 1\}, \in X \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n; \\
 & \quad y_{ik} \in \{0, 1\}, \in Y \quad i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, w;
 \end{aligned}$$

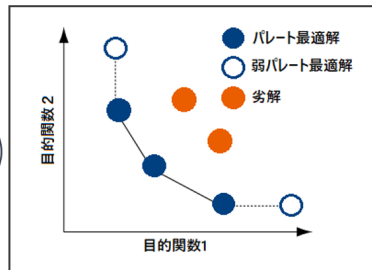
$d$  費用の平均値     $\beta$  最小費用     $F$  確率変数の分布関数     $L^*(h)$   $\mu_{\tilde{G}}^*(h)$  擬逆関数



# 提案手法のアルゴリズム



【目的関数を設定】  
所要時間の最小化  
必要費用の最小化



結果

オススメの作業と従事者の組合せ  
その条件における所要時間と費用

# まとめと今後の課題

## まとめ

- 建築現場における不確実で不確定な要素を考慮する  
ファジィ・ランダム多目的日程計画問題のモデル化
- モデルに対して等価確定変換を行いGAによる並列分散処理によりモデルを解くアルゴリズムを提案

## 今後の課題

- 従来の日程計画問題と比較し提案手法の有効性を示す