

# コンビニエンスストアにおける 業務スケジュールと必要人員

沼田研究室

5300059 鹿貫 敏明

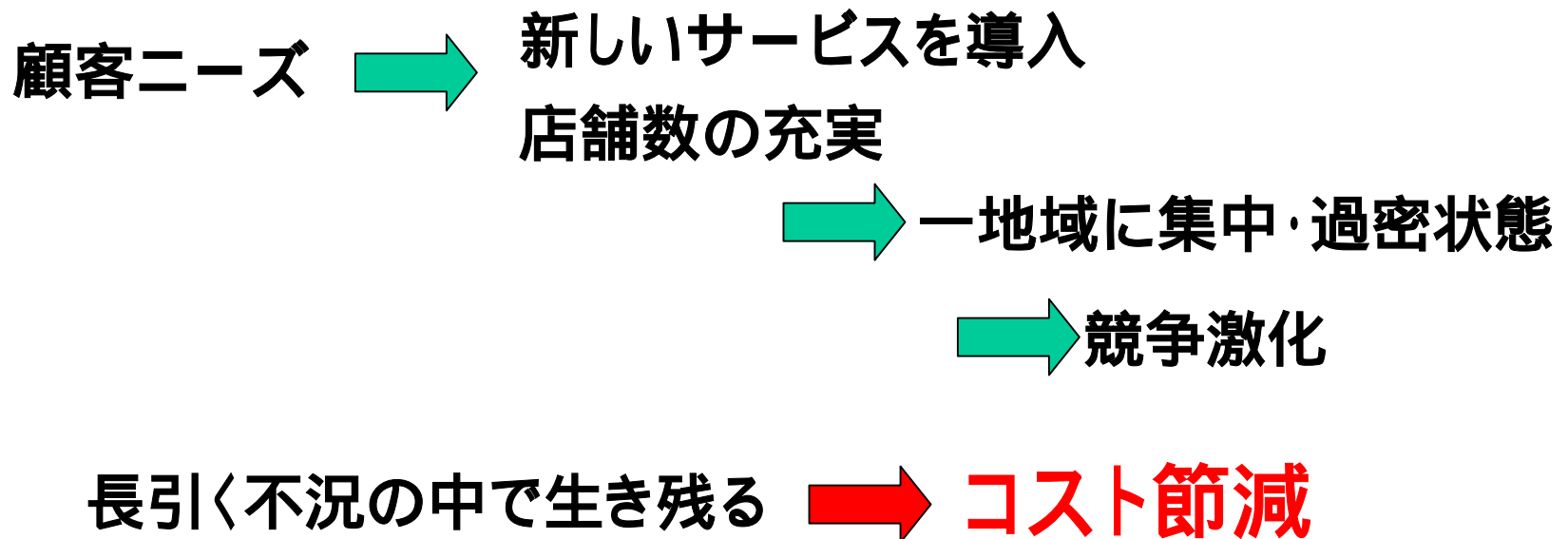
# 発表構成

1. はじめに
2. 問題
3. 定式化
4. 解法
5. 適用例
6. 考察
7. まとめ

# 1. はじめに

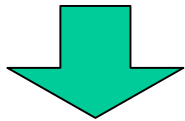
## コンビニエンスストア業界の現状

コンビニエンスストア =  $\left\{ \begin{array}{l} \text{誰でも} \\ \text{どこでも} \\ \text{いつでも} \end{array} \right\}$  利用出来るお店



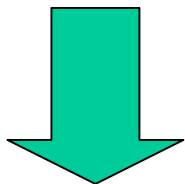
# コンビニエンスストアの人件費

人件費



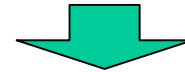
店全体のコストの

20%

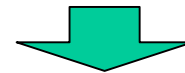


合理的に節減できないか？

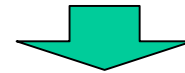
24時間営業



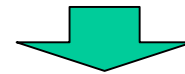
客数の偏り  
業務の偏り



遊休時間発生



人件費の無駄

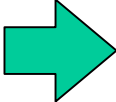


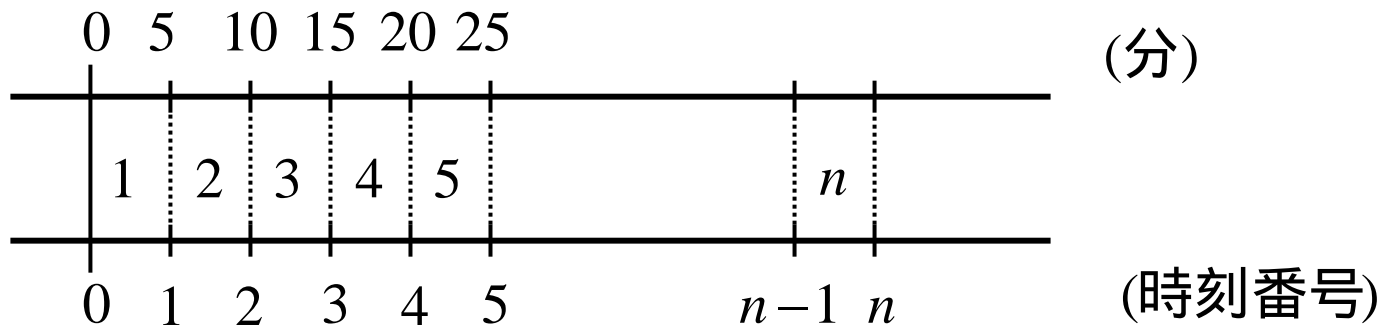
# 研究目的

**シフトごとの割り当て人数を最小にした  
最適業務スケジュールの作成**

## 2. 問題

### 時間の設定

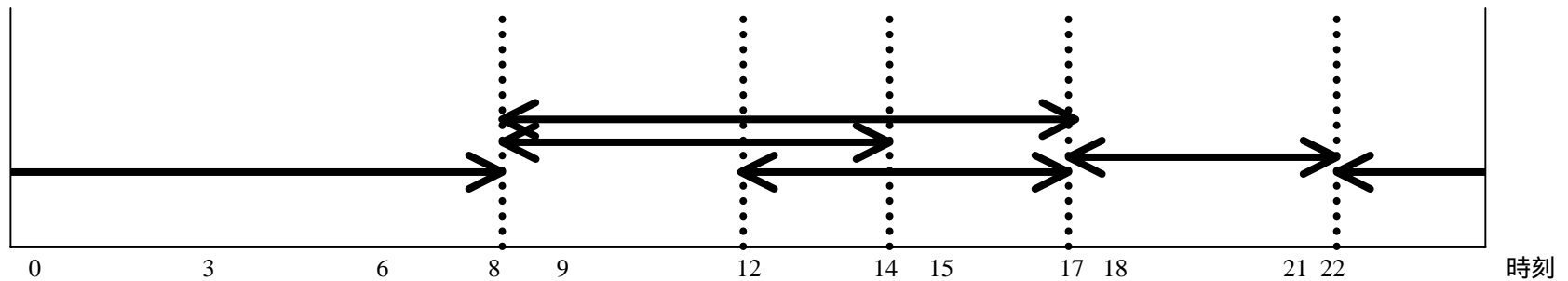
5分を単位時間  タイムスロット



タイムスロット  $n$  に作業   $(n-1 \ n]$

実際の時間  $(5(n-1) \ 5n]$

# 時間帯と割り当て人数



8時~17時

8時~14時

12時~17時

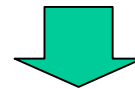
17時~22時

22時~翌日8時



人数は一定

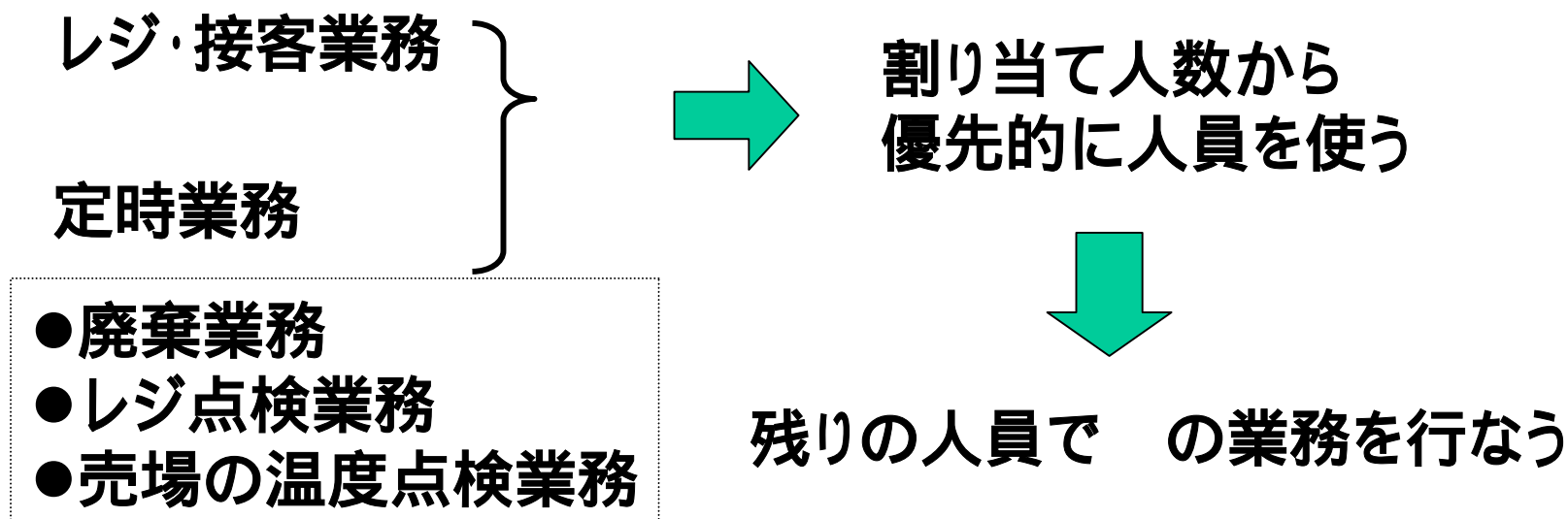
→  $K_s (s = 1, 2, \dots, 5)$



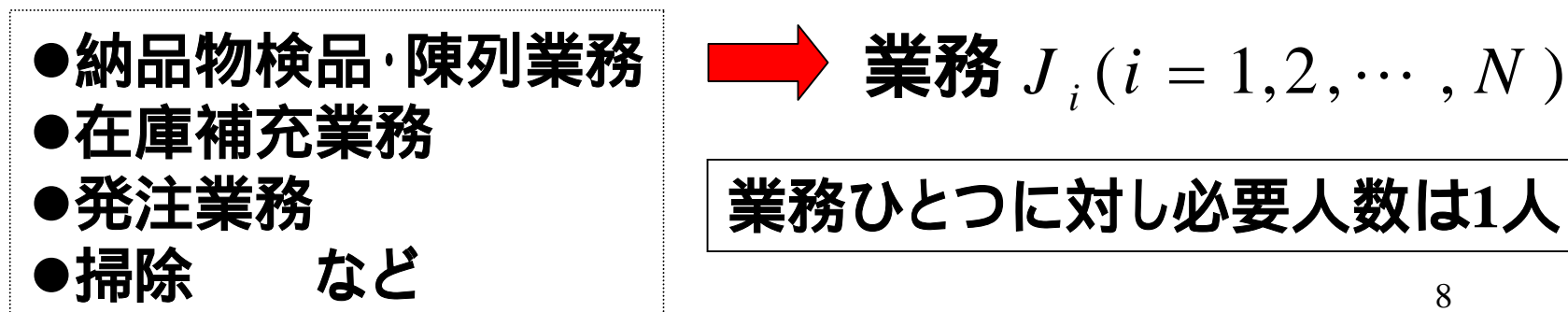
時刻  $t$  の総人員

→  $k_t (t = 1, 2, \dots, N)$

# コンビニエンスストアの業務



## 以外の実行しなくてはならない業務





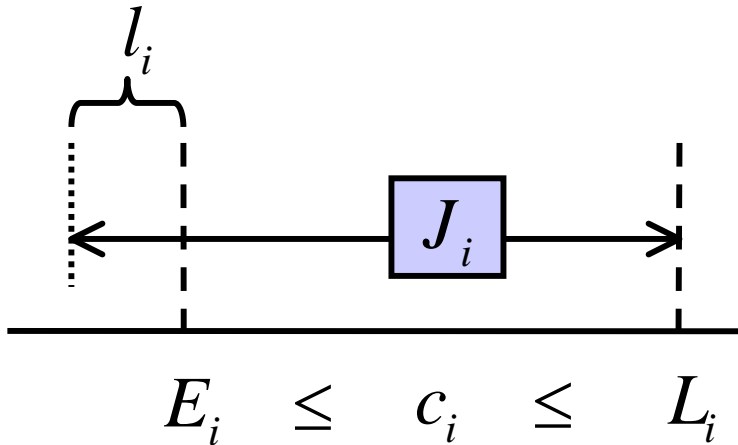
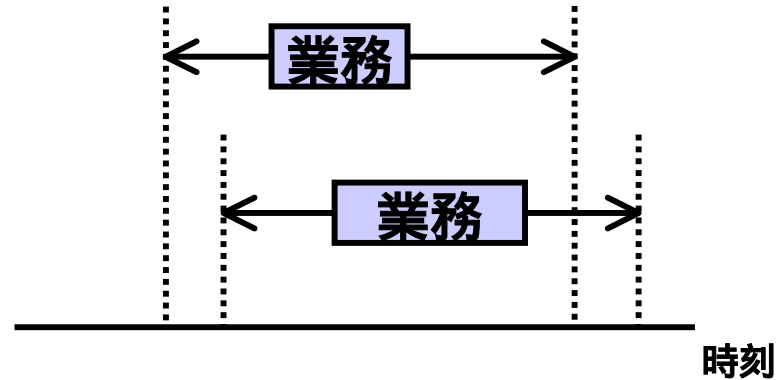
# 業務 $J_i$

- 所要時間
- 遂行時間帯

遂行時刻に自由度あり



業務の平準化 → 人員削減



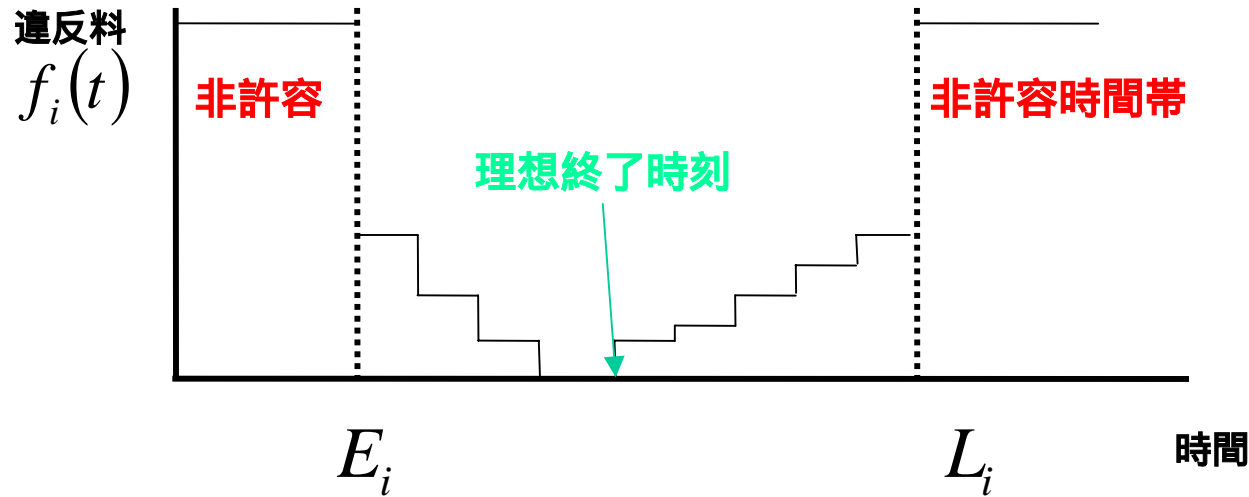
$E_i$  :  $J_i$  の最早終了時刻

$L_i$  :  $J_i$  の最遅終了時刻

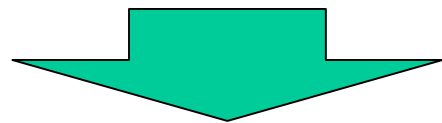
$l_i$  :  $J_i$  の所要時間

$c_i$  :  $J_i$  の終了時刻(決定変数)

# 業務 $J_i$ の終了時刻に対する違反料



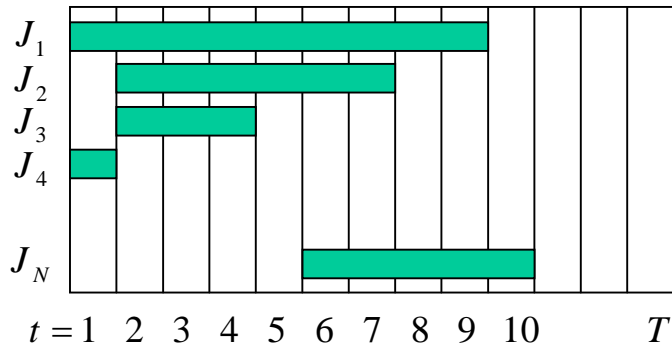
$f_i(t) :=$  業務  $J_i$  が時刻  $t$  に終了するときの納期違反料



$i$  行を業務  $J_i$

$$F := \begin{bmatrix} \ddots & & & & & & & & & & & & \ddots \\ \dots & \infty & 6 & 4 & 2 & 0 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & \infty & \dots \\ \ddots & & & & & & & & & & & & \ddots \end{bmatrix} := [F_{it}] := [f_i(t)]$$

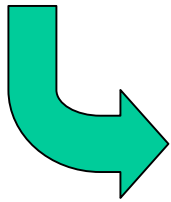
# 業務 $J_i$ の作業状況



## 変数 $x_{it}$ を導入して記述

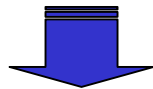
$\mathbf{c} = (c_1, c_2, \dots, c_N)$  の従属変数

$$x_{it} = \begin{cases} 1 & \text{業務 } J_i \text{ を時刻 } t \text{ に作業する} \\ 0 & \text{作業しない} \end{cases}$$



$$x(\mathbf{c}) = x[9, 7, 4, 1, \dots, 10] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & & & \vdots & & & & & & \ddots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\sum_{t=1}^T x(\mathbf{c})_{it} = l_i \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$



$$\sum_{i=1}^N x(\mathbf{c})_{it} = \text{時刻 } t \text{ に必要な人数} \quad (t = 1, 2, \dots, T)$$

## 時刻 $t$ における業務作業人数の制約

$k_t$  : 時刻  $t$  の割り当て人数

$m_t$  : 時刻  $t$  にレジ・接客業務, 定時業務に必要な人数

$r_t$  : 時刻  $t$  休憩する人数

$M_t$  : 時刻  $t$  に業務  $J_i$  に対して使用できる人数

$$M_t = k_t - m_t - r_t$$
$$(0 \leq M_t \leq k_t)$$

### 3 . 定式化

$$\textit{Minimize} \quad f(\mathbf{c}) = \sum_{i=1}^N f_i(c_i)$$

$$\textit{Subject to} \quad h_t(\mathbf{c}) = \sum_{i=1}^N x(\mathbf{c})_{it} - M_t \leq 0$$
$$(t = 1, 2, \dots, T)$$

## 4 . 解法

# ラグランジュ分解・調整法

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & f(\mathbf{c}) = \sum_{i=1}^N f_i(c_i) \\ \text{Subject to} \quad & h_t(\mathbf{c}) = \sum_{i=1}^N x(\mathbf{c})_{it} - M_t \leq 0 \end{aligned}$$

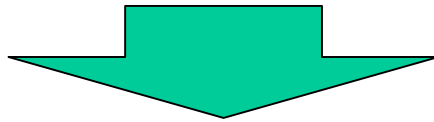


ラグランジュ乗数  
 $\mathbf{u}$

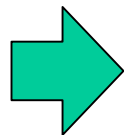
$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & l(\mathbf{c}, \mathbf{u}) = f(\mathbf{c}) + \mathbf{u}h(\mathbf{c}) \\ & = \sum_{i=1}^N f_i(c_i) + \sum_{t=1}^T u_t h_t(\mathbf{c}) \end{aligned}$$

## 分解可能性

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{c}} l(\mathbf{c}, \mathbf{u}) &= \min_{\mathbf{c}} \{f(\mathbf{c}) + \mathbf{u}h(\mathbf{c})\} = \min_{\mathbf{c}} \left\{ \sum_i f_i(c_i) + \sum_{t=1}^T u_t \left[ \sum_i G(c_i)_{it} - M_t \right] \right\} \\ &= \sum_i \min_{c_i} \left\{ f_i(c_i) + \sum_{t=b_i}^{c_i} u_t \right\} - \sum_{t=1}^T u_t M_t = \sum_i \min_{c_i} l_i(c_i, \mathbf{u}) - \sum_{t=1}^T u_t M_t \end{aligned}$$

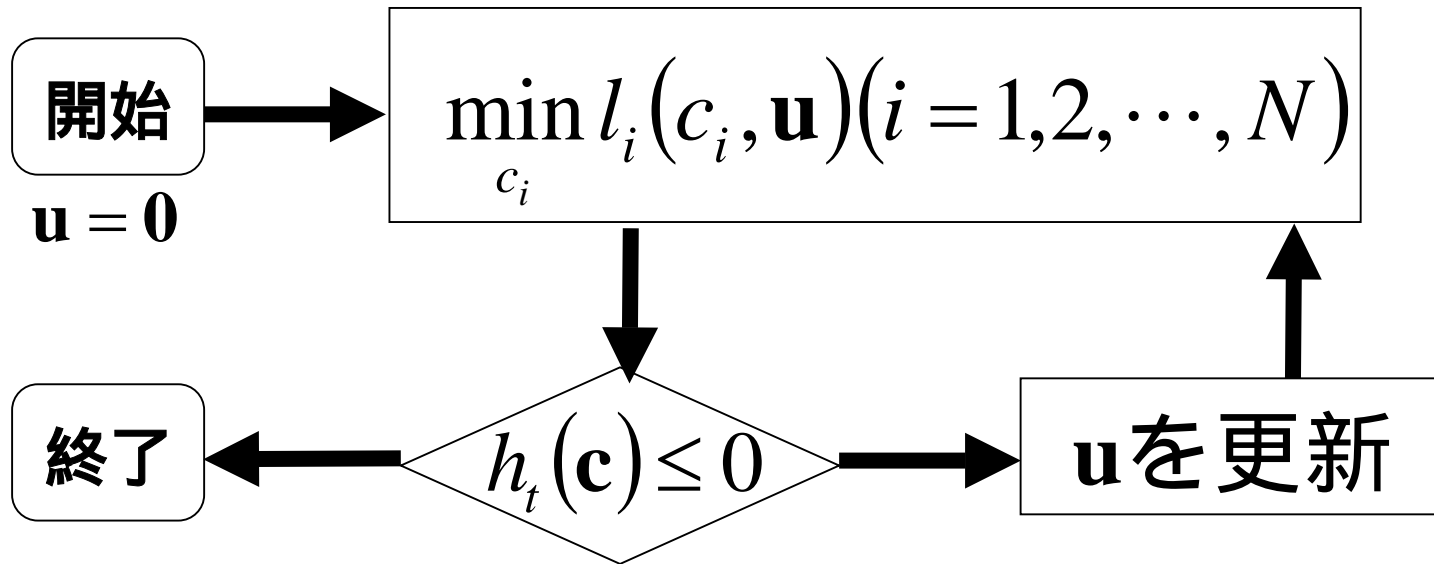


ベクトル  $\mathbf{c}$  を操作して  
関数  $l(\mathbf{c}, \mathbf{u})$  を最小化



スカラー  $c_i$  を操作して  
簡単な関数  $l_i(c_i, \mathbf{u})$  を最小化し  
その和をとる。

## アルゴリズム



## ラグランジュ乗数 $\mathbf{u}$ の更新ルール

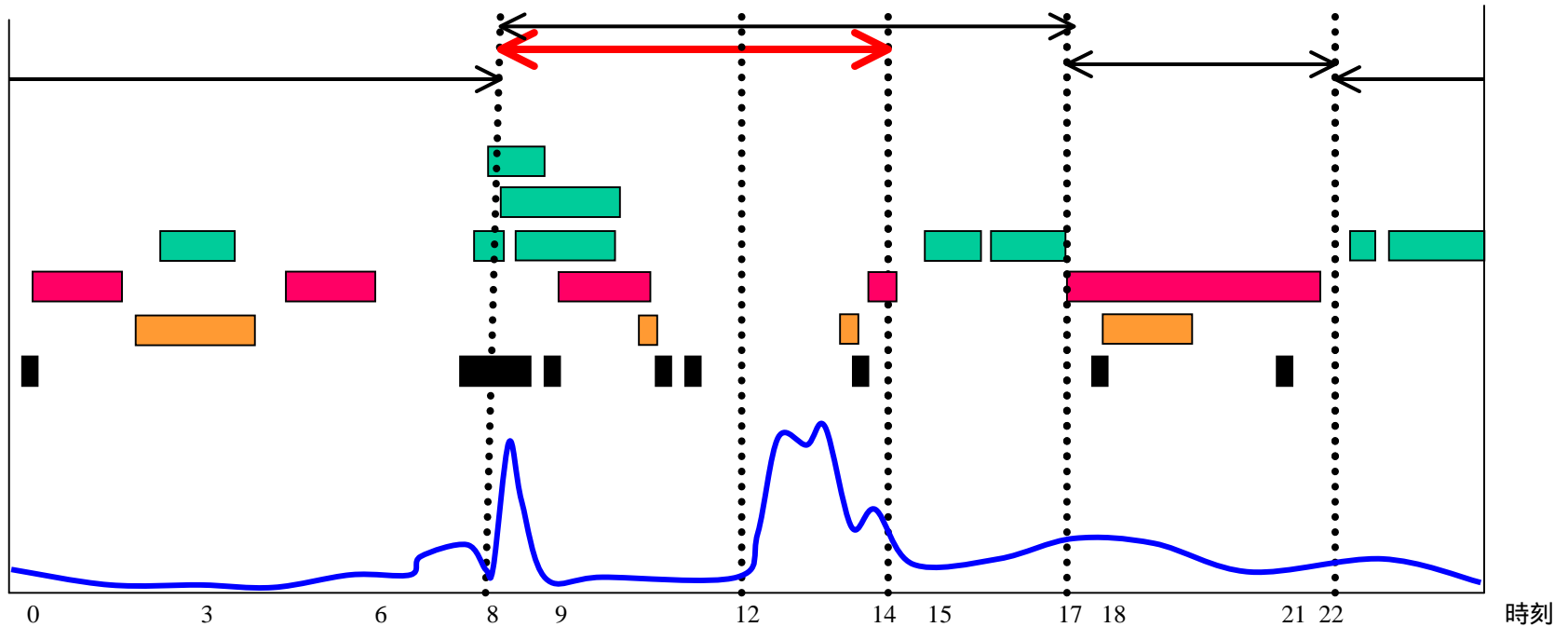
$$\mathbf{u}^n = \mathbf{u}^{n-1} + a \max\{h_t(\mathbf{c}), 0\}$$

$$0 < a < 1 \quad a: \text{ステップ長}$$



# 5. 適用例

## 一日の作業の流れ



客数(レジ・接客業務)

納品物検品・陳列・在庫補充・掃除・発注・その他

➡ 8～14時

- 業務が大きく偏っている
- 店員数が多い

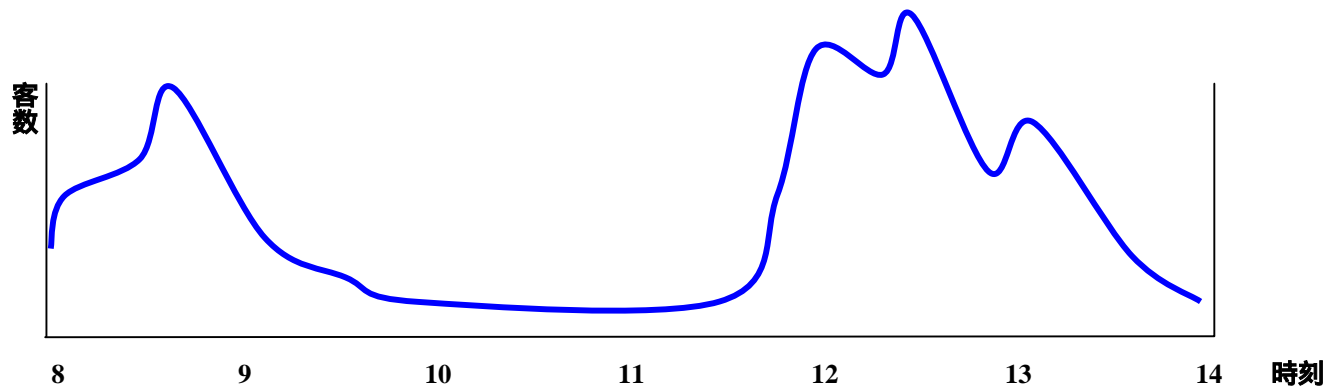
➡ 平準化できる可能性がある


8 ~ 14時

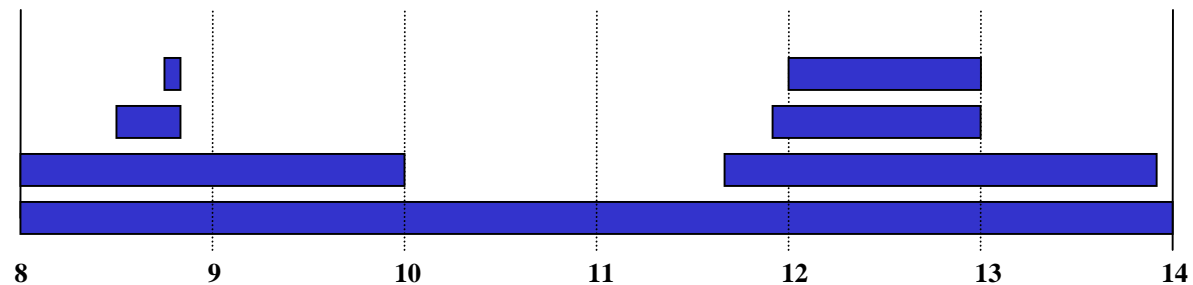
タイムスロット数  $T = 72$

業務数  $N = 27$

## 客数の推移

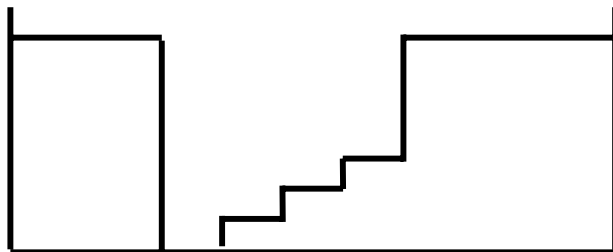


+ 定時業務   $m_t$  の決定



 時刻ごとに使える業務  $J_i$  の作業員数が決定 18

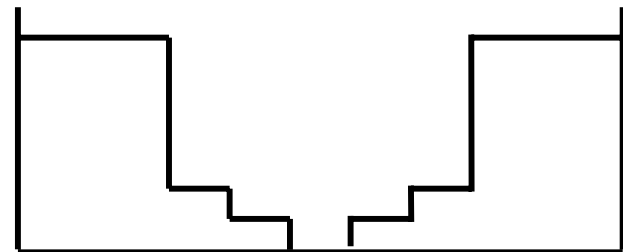
# $f_i(c_i)$ の設定



納品物検品, 陳列

納期違反料

時間



在庫補充, 掃除など

項目	タイムスロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
w1	発当・おにぎり検品	1																																
w2	弁当・おにぎり品出し	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w3	粥ド食品検品	1																																
w4	粥ド食品品出し	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w5	アイス検品(兼点検時)	1	1																															
w6	アイス品出し	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w7	雑貨検品	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w8	雑貨品出し	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w9	ホットジュース補充1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w10	ホットジュース補充2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w11	ホットジュース補充3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w12	コールドジュース補充	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w13	バックジュース補充	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w14	カップラーメン補充	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w15	カップヌードル補充	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w16	栄養ドリンク補充	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w17	お菓子補充	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w18	加工食品補充	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w19	ポット準備	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w20	レジ点検	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w21	閉館	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w22	銀行	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w23	閉店	任意	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w24	一斉	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w25	廃棄1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w26	廃棄2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w27	廃棄3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w28	掃除1(ゴミ箱)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w29	掃除2(西館)	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w30	掃除3(トイレ)	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
w31	動員退席	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

違反レベル	f(c)	値
違反なし	f(c)	0
違反レベル1		1
違反レベル2		2
違反レベル3		3
違反レベル4		4
実行不可能		500

# 実施結果

レジ・接客  
 納品物検品・陳列  
 在庫補充  
 掃除  
 発注・その他

$K_1$  8時 ~ 17時

$K_2$  8時 ~ 14時

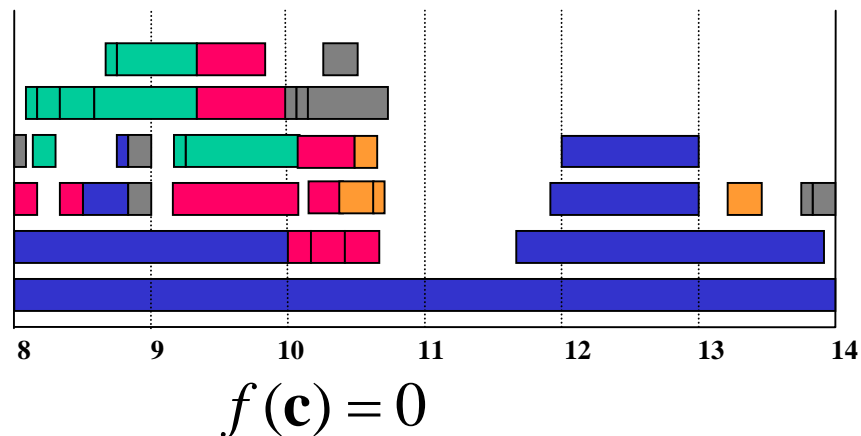
$K_3$  12時 ~

8時 ~ 12時  $K_1 + K_2$

12時 ~ 13時  $K_1 + K_2 + K_3$

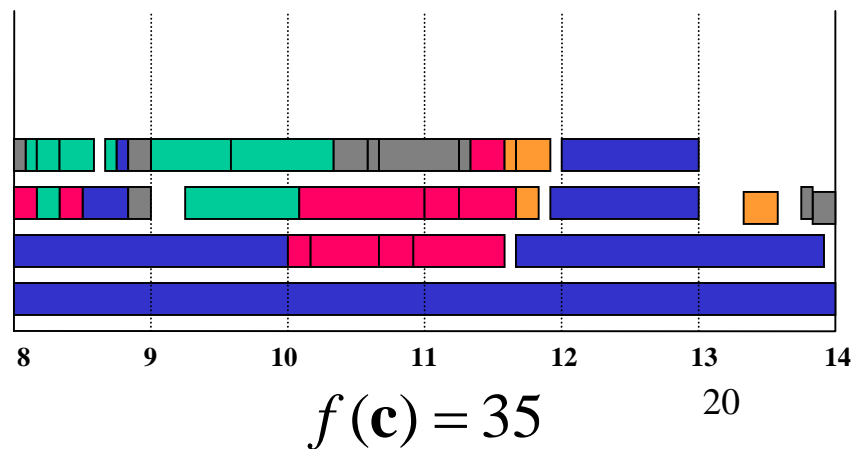
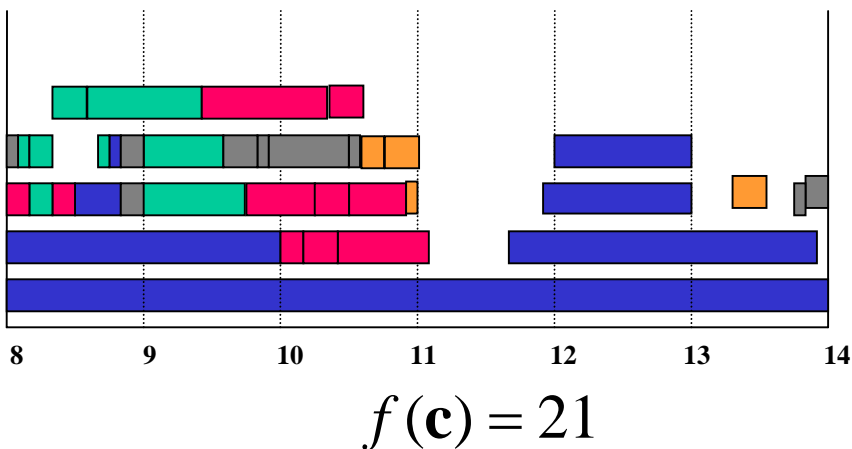
13時 ~ 14時  $K_2 + K_3$

$K_1 = 2, K_2 = 4, K_3 = 1$  42時間



$K_1 = 2, K_2 = 3, K_3 = 1$  36時間

$K_1 = 1, K_2 = 3, K_3 = 2$  30時間



## 6. 考察

レジ・接客業務

客数は予想であるから  
スケジュールからずれる

その他の業務

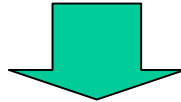
所要時間は明確  
スケジュールからずれにくい



客数の予測が大事である

## 7.まとめ

コンビニエンスストアの人員削減問題



業務スケジューリング問題



業務を合理的に平準化

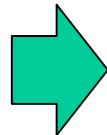


人員削減

また、スケジュールを組むことにより



時刻  $t$  における各個人の作業の明確化




作業スピードの低下防止



作業の効率化

## 今後の課題

今回

過去のデータ  客数の予想

 客数の予想を厳密化

 頑健なスケジュールを作成

## 参考文献

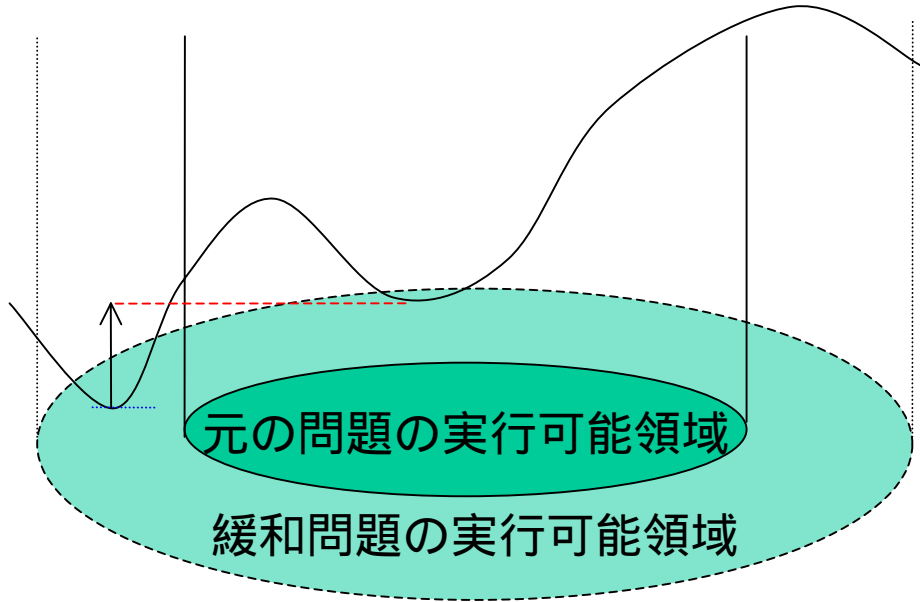
- [1]黒田 充, 村松 健児:「生産スケジューリング」, 朝倉書店, 2002.
- [2]米田 清:「競売のシミュレーションがラグランジュ緩和法」, オペレーションズ・リサーチ, 45(6), 257-262, 2000.
- [3]今野 浩, 鈴木 久敏:「整数計画法と組合せ最適化」, 日科技連, 1982.



# 付録

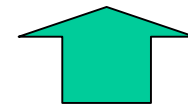
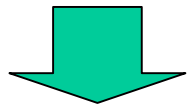
## 双対ギャップ

$l(\mathbf{c}, \mathbf{u})$ の最適値  
 $\leq f(\mathbf{c})$ の最適値

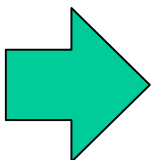


←—— 双対ギャップ ——→

下界値 ←…………… 最適値 ……………→ 上界値



$l(\mathbf{c}, \mathbf{u})$ の最適解   $f(\mathbf{c})$ の実行可能解

双対ギャップ = 0  最適値