

# 街コンにおける店舗間移動距離を 最小にする訪問店舗割当て問題

東京理科大学工学部第一部経営工学科

沼田研究室

4409082 松永心之介

# 目次

1. はじめに
2. 研究目的
3. 本研究で扱う問題
4. 記号の定義と定式化
5. 解法
6. 数値実験
7. まとめ

# 1. はじめに

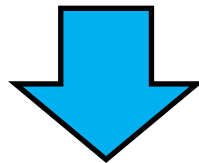
## 1.1 街コンとは

◆ 街の活性化, 飲食店の販売促進, 出会いの場の創出等の目的で行われる大規模なイベント[1]

◆ ルール

参加者は一定額の参加費を支払い, 限られた時間内(約5時間)で複数の店舗を自由に巡る

参加者の要望は...



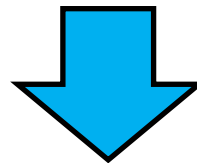
- 多くの店舗を巡りたい
- 長い時間を店舗で過ごしたい

## 1.2問題提起

- ◆ 街コンでは運営上次のような**問題点**がある.

現在行われている街コンでは、参加者が自由に店舗を巡るため...

- ・各店舗にいる男女数にばらつきがある
- ・移動先の店舗が満員の場合、参加者が好みの店舗に入れない場合がある
- ・店舗間の移動の距離(時間)が長くなる場合がある

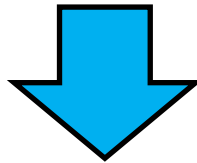


参加者の要望を満足させるために...

- ◆ 予め参加者に訪問したい店舗を聞き、それに基づいて店舗間移動距離が短くなるように参加者に数店舗を割当てる.

## 2. 研究目的

- ◆ 参加者の訪問したい店舗を考慮し、参加者の店舗間移動距離の合計を最小化するような店舗割当てを行う。
- ◆ 街コン実施計画を最適化問題としてモデル化し、解法を提案する。



街コンを効率的に実施でき、現在存在する問題を解決できる。

# 3. 本研究で扱う問題

## 3.1 問題設定

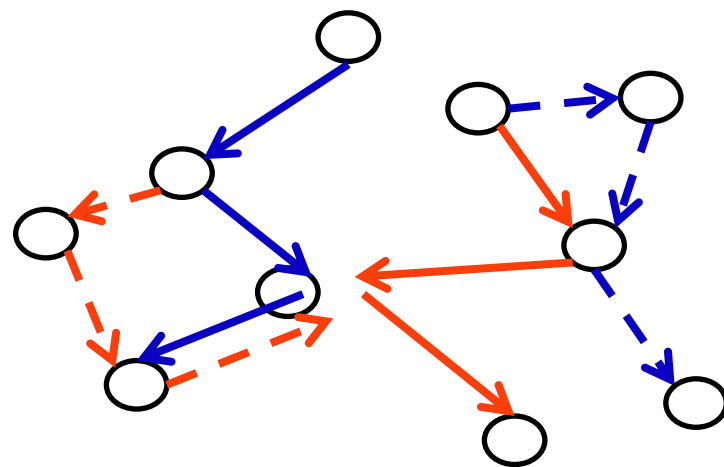
各参加者は1期目から $s$ 期目まで順次異なる $s$ 店舗を巡る



参加者全員の移動距離を足したものを最小化する問題

青色の線: 男性の経路  
赤色の線: 女性の経路

- ◆ 各期末から次期の初めにかけて店舗を個人で移動する
- ◆ 参加者の歩行速度は一定
- ◆ 各期各店舗にいる参加者数は店舗容量以下
- ◆ 各期各店舗にいる男女の人数比は1:1
- ◆ 参加者のいない店舗は存在しない
- ◆ 好み充足度が一定値以上になるように店舗を割当てる



店舗移動の様子

この問題を店舗を点, 店舗間の移動の可能性を枝で表した完全グラフ上で扱う

## 3.2好み充足度

各参加者が全 $n$ 店舗のうち訪問したい店舗を $s$ 個（巡る店舗分）  
選び、点数化する

最も訪問したい店舗	→	$s$ 点
2番目に訪問したい店舗	→	$s - 1$ 点
3番目に訪問したい店舗	→	$s - 2$ 点
⋮		
$s$ 番目に訪問したい店舗	→	1点
それ以外	→	0点

(例) 巡る店舗数4店舗, 店舗A,B,D,Eを割当てた場合

点数付けの例

店舗	A	B	C	D	E	F
点数	0	4	1	0	2	3

好み充足度は,  $0+4+0+2=6$  となる

# 4. 記号の定義と定式化

## 4.1 記号の定義

### 定数

- $V = \{1, 2, \dots, n\}$  : 店舗集合
- $M = \{1, 2, \dots, m\}$  : 男性集合
- $F = \{1, 2, \dots, m\}$  : 女性集合
- $T = \{1, 2, \dots, s\}$  : 期
- $p_{ai}$  : 男性(女性) $a$ の店舗*i*に対する点数
- $d_{ij}$  : 店舗間距離
- $c_i$  : 店舗*i*の容量



### 変数

- $x_{aij}^{(t)} = \begin{cases} 1: \text{男性(女性) } a \text{ が } t \text{ 期の終わりから } t + 1 \text{ 期の初めにかけて店舗 } i \text{ から } j \text{ に直接移動する} \\ 0: \text{ それ以外} \end{cases}$
- $z_{ai}^{(t)} = \begin{cases} 1: \text{男性(女性) } a \text{ が } t \text{ 期に店舗 } i \text{ にいる} \\ 0: \text{ それ以外} \end{cases}$



## 4.2定式化(1)

◆ 文献[2]を参考に定式化を行う

◆ 目的関数

参加者の店舗間移動距離の合計を最小化する

$$\min \sum_{t=1}^{s-1} \sum_{a=1}^{2m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{aij}^{(t)} \quad (1)$$

◆ 制約条件

同じ店舗を2回以上訪問しない

$$\sum_{t=1}^s z_{ai}^{(t)} \leq 1 \quad \forall i \in V, \forall a \in M \cup F \quad (2)$$

## 4.3 定式化(2)

- ◆ 各店舗にいる参加者の男女比が1:1

$$\sum_{a=1}^m z_{ai}^{(t)} = \sum_{b=1}^m z_{bi}^{(t)} \quad \forall i \in V, \forall t \in T \quad (3)$$

- ◆ 各店舗にいる参加者数は店舗容量以下

$$\sum_{a=1}^m z_{ai}^{(t)} + \sum_{b=1}^m z_{bi}^{(t)} \leq c_i \quad \forall i \in V, \forall t \in T \quad (4)$$

- ◆ 参加者の充足度が一定レベル以上

$$\sum_{t=1}^s \sum_{i=1}^n p_{ai} z_{ai}^{(t)} \geq l \quad \forall a \in M \cup F \quad (5)$$

## 4.4定式化(3)

### ◆ 店舗にいることと移動することの関係式

$$z_{ai}^{(t)} = \sum_{h=1}^n x_{ahi}^{(t-1)} \quad \forall t = \{2, \dots, s\}, \forall a \in M \cup F, \forall i \in V \quad (6)$$

$$z_{ai}^{(t)} = \sum_{j=1}^n x_{aij}^{(t)} \quad \forall t = \{1, \dots, s-1\}, \forall a \in M \cup F, \forall i \in V \quad (7)$$

### ◆ 各期で訪問する店舗は1つである

$$\sum_{i=1}^n z_{ai}^{(t)} = 1 \quad \forall a \in M \cup F, \forall t \in T \quad (8)$$

$$z_{ai}^{(t)} \in \{1, 0\} \quad \forall i \in V, \forall a \in M \cup F, \forall t \in T \quad (9)$$

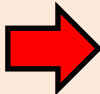
$$x_{aij}^{(t)} \in \{1, 0\} \quad \forall i, j \in V, \forall a \in M \cup F, \forall t \in T \quad (10)$$

# 5. 解法

## 5.1 厳密解法

### ◆ 厳密解法

汎用ソルバーGurobi[3]を用いて厳密解を求めた

店舗数(参加者数)増加  計算時間が急激に増加  
メモリー不足で解が求まらない場合もある



**発見的解法の提案**

厳密解法の計算時間[3]

店舗数	計算時間(秒)
5店舗/50人	2268.91
6店舗/60人	3877.58
8店舗/80人	11279.95

### ◆ 提案解法の方針

1. 初期解を構築する
2. 4つの改善法を解が改善される限り繰り返す

# 5.2 提案解法

## 5.2.1 初期解の求め方

### ◆ 男性の $t = \{1, 2, \dots, s\}$ 期目までの店舗を決定

- ・ 充足度が1番低い参加者を選択  
(複数いる場合, ランダム)
- ・ 未訪問店舗の中で点数が1番高い店舗を選択
- ・ 容量を満たす → 店舗を割当て



男性の店舗割当てが終わったら...

### ◆ 女性の $t = \{1, 2, \dots, s\}$ 期目までの店舗を決定

男女比1:1を満たすように女性に対して店舗を割当て

参加者全員にs期分の店舗を割当てたら終了

参加者 :  $a, a'$   
店舗 : A, B, C, D, E, F, ...

充足度を計算



充足度が  
一番小さい  
参加者  $a$



点数最大  
店舗A



**注意!**

店舗容量



## 5.2.2 改善法1

## ◆ 既訪問店舗を同性間で交換

## Step1

共通の2期間に同じ2店舗を逆の順番で訪問する同性のペアを見つける

男性 $a$ 

	期 $s$		期 $s'$
男性 $a$	A		B

男性 $a'$ 

	期 $s$		期 $s'$
男性 $a'$	B		A

## Step2

男性 $a$ と $a'$ が $s$ 期と $s'$ 期に訪問する店舗を交換  
経路長が短くなる → 割当て結果を更新

制約条件を満たす

交換

## Step3

経路長が改善される限り、Step1とStep2を繰り返す

この操作を女性にも同様に行う

男性 $a$ 

	期 $s$		期 $s'$
男性 $a$	B		A

男性 $a'$ 

	期 $s$		期 $s'$
男性 $a'$	A		B

## 5.2.3 改善法2

### ◆ 男性と女性の $s$ 期と $s'$ 期の既訪問店舗を交換

#### Step1

共通の2期間にそれぞれ同じ店舗を同じ順番で訪問する異性のペアを見つける

男性 $a$



女性 $b$



#### Step2

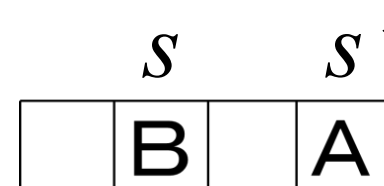
男性 $a$ と女性 $b$ の $s$ 期と $s'$ 期に訪問する店舗を交換  
経路長が短くなる → 割当て結果を更新

注意!

店舗容量

交換

男性 $a$



女性 $b$



#### Step3

経路長が改善される限り, Step1とStep2を繰り返す

## 5.2.4 改善法3

◆ 男性と女性の既訪問店舗と未訪問店舗の変更

## Step1

- ・同じ期に同じ店舗に訪問
- ・同じ未訪問店舗がある

→ 異性ペアを見つける

男性 $a$ 

	$S$			
E	A	C	F	

女性 $b$ 

C	A	D	E	
---	---	---	---	--

注意!

- ・充足度
- ・店舗(B)の容量
- ・店舗(A)にいる参加者数

交換

## Step2

男性 $a$ と女性 $b$ の $s$ 期に訪問する店舗を交換  
経路長が短くなる → 割当て結果を更新

 $S$ 

## Step3

経路長が改善される限り, Step1とStep2を繰り返す

男性 $a$ 

E	B	C	F	
---	---	---	---	--

女性 $b$ 

C	B	D	E	
---	---	---	---	--



## 5.2.5 改善法4

◆ 訪問店舗を同一期に同性間で交換

## Step1

同じ期の訪問店舗が互いの未訪問店舗である

➡ 同性ペアを見つける

男性 $a$ 

D	A	C	F
---	---	---	---

男性 $a'$ 

E	B	D	G
---	---	---	---

## Step2

男性 $a$ と $a'$ が $s$ 期に訪問する店舗(AとB)を交換  
経路長が短くなる ➡ 割当て結果を更新

注意！

充足度

交換

## Step3

経路長が改善される限り、Step1とStep2を繰り返す

この操作を女性にも同様に行う

男性 $a$ 

D	B	C	F
---	---	---	---

男性 $a'$ 

E	A	D	G
---	---	---	---

# 6. 数値実験

## ◆実験に用いたデータ

プログラムはDelphi6で実装した[3]

実験で扱った問題例

	店舗数	参加者数	巡る店舗数(期)	充足度レベル
問題例1	5	50	3	3
問題例2	6	60	3	3
問題例3	8	80	3	3
問題例4	5	50	4	5
問題例5	6	60	4	5
問題例6	8	80	4	5

提案解法の性能評価に用いた誤差率

誤差率 = (提案解法で得られた解 - 厳密解) ÷ 厳密解

# 6.1 厳密解法と提案解法の比較

経路長比較と誤差率

	経路長		誤差率(%)
	厳密解	提案解法	
問題例1	22786	22855	0.3028
問題例2	26494	27134	2.4156
問題例3	36794	37878	2.9461
問題例4	33434	33652	0.6520
問題例5	39120	40333	3.1007
問題例6	54427	57270	5.2235

一番サイズが大きい問題でも  
誤差率は5%程度

計算時間比較

	計算時間(秒)	
	厳密解	提案解法
問題例1	128.47	0.322
問題例2	198.84	0.383
問題例3	556.99	0.834
問題例4	2268.91	0.758
問題例5	3877.58	0.456
問題例6	11279.95	0.723

計算時間はどのモデルでも  
1秒以内

# 6.2 実問題での実験

以下の問題例を提案解法を用いて実験した。

店舗間距離, 店舗数, 参加者数, 店舗容量は実際に九段下で行われている街コン[1]を基に設定した

問題例A: 店舗数10店舗, 参加者数200人	} →	4期間, 充足度レベル5	
問題例B: 店舗数10店舗, 参加者数240人			
問題例C: 店舗数10店舗, 参加者数260人		} →	5期間, 充足度レベル8
問題例D: 店舗数15店舗, 参加者数300人			

## 提案解法の結果

	経路長	計算時間(秒)	充足度平均	
			男	女
問題例A	153296	5.23	6	6
問題例B	183935	3.57	6	7
問題例C	198577	4.11	6	6
問題例D	289423	12.3	9	9

1人あたり  
 766.48m/人  
 766.39m/人  
 763.76m/人  
 964.74m/人

計算時間は現実的

歩行速度を70m/分とすると店舗間移動に費やす時間は約13分  
 5時間中13分の移動は現実的に妥当！！

# 7. まとめ

- ◆ 街コンの実施計画を最適化問題としてモデル化し、その発見的解法を提案した.
- ◆ 提案解法は厳密解法に比べ計算時間が短く、誤差率も比較的小さい結果となった.
- ◆ 予め店舗を割当てる街コンも実際に存在するので、提案したモデルは実問題においても有効である.

## 課題

- ◆ 人気の店舗に高い点数が集中する場合を考慮した解法の構築

# 参考文献

- [1] パワースポット縁結び,  
<http://chiyoda.foodvillage.jp/index.php>) (2012.12.22).
- [2] 藤沢克樹, 梅谷俊治, (2009), 応用に役立つ50の最適化問題,  
朝倉書店出版, pp.12-35.
- [3] Gurobi, <http://www.gurobi.com/> (2012.12.22)

# 訂正

抄録に誤りがありましたので、訂正致します。

抄録p. 107 表3厳密解法と提案解法の経路長比較

誤 3店舗巡る, 8店舗80人, 厳密解39794

正 3店舗巡る, 8店舗80人, 厳密解36794

ご清聴ありがとうございました。



# 付録

# 初期解の求め方

## Step 1

ランダムな順番で1期目に男性が訪問する店舗を決定

点数 $p_{ai}$ が最も高い店舗(A)を割当てて

店舗(A)が容量オーバー → 次に点数 $p_{ai}$ が高い店舗(B)を割当てて

店舗:A, B, C, D, E, F, ...  
男性: $a, a'$

1期

$a$  A 

--	--	--

↓容量 ○ ↓容量 ✖

$a$  A 

--	--	--

 B 

--	--	--

充足度を計算

充足度が1番低い参加者 $a'$   
2期

$a'$  E D 

--	--

## Step 2

2からs期までの男性の訪問する店舗を決定

割当てが終了した期までの充足度を計算

充足度が小さい人から順に未訪問店舗の中で点数 $p_{ai}$ が最も高い店舗(D)を割当てて

## Step 3

男女比1:1を満たすように女性に対してStep1, Step2を実行

参加者全員にs期分の店舗を割当てたら終了

# 改善法1

□ 既訪問店舗を同性間で交換

Step1

$\left\{ \begin{array}{l} s \text{ 期に男性 } a \text{ が訪問する店舗 (A)} \\ \parallel \\ s' \text{ 期に男性 } a' \text{ が訪問する店舗 (A)} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} s' \text{ 期に男性 } a \text{ が訪問する店舗 (B)} \\ \parallel \\ s \text{ 期に男性 } a' \text{ が訪問する店舗 (B)} \end{array} \right.$

←を満たす同性のペアを見つける

Step2

男性  $a$  と  $a'$  が  $s$  期と  $s'$  期に訪問する店舗を仮交換  
経路長が短くなったら店舗を交換し割当て結果を更新

Step3

経路長が改善される限り, Step1とStep2を繰り返す  
この操作を女性にも同様に行う

	期	
	$s$	$s'$
男性 $a$	A	B

男性 $a'$	B	A
---------	---	---

交換

	期	
	$s$	$s'$
男性 $a$	B	A

男性 $a'$	A	B
---------	---	---

# 改善法2

□ 男性と女性の $s$ 期と $s'$ 期の既訪問店舗を交換

$s$ 期に男性 $a$ , 女性 $b$ が訪問する店舗 (A)  
 $s'$ 期に男性 $a$ , 女性 $b$ が訪問する店舗 (B)

Step1

男性 $a$ の $s$ 期と $s'$ 期に訪問する店舗を仮交換  
 店舗の容量を満たすならStep2へ移る

Step2

$s$ 期と $s'$ 期に男性 $a$ と同じ店舗を訪問する女性 $b$ を見つけ, Step1と同様に女性 $b$ の店舗を仮交換

{ 店舗の容量を満たす → 割当て結果を更新  
 { 経路長が短くなる

Step3

経路長が改善される限り, Step1とStep2を繰り返す

男女比1:1の制約を  
 満たしていない

期

$S$   $S'$

男性 $a$ 

	A		B
--	---	--	---

女性 $b$ 

	A		B
--	---	--	---

交換

期

$S$   $S'$

男性 $a$ 

	B		A
--	---	--	---

女性 $b$ 

	B		A
--	---	--	---

# 改善法3

□ 男性と女性の既訪問店舗と未訪問店舗の交換

$s$ 期に男性 $a$ , 女性 $b$ が訪問する店舗 (A)  
 男性 $a$ , 女性 $b$ の未訪問店舗 (B)

	期			
	$S$			
男性 $a$	E	A	C	F
女性 $b$	C	A	D	E

Step1

$s$ 期に男性 $a$ が訪問する店舗と未訪問店舗を仮交換.  
 { 男性 $a$ の充足度が $l$ 以上  
 { 未訪問店舗の容量を満たす → Step2へ移る



Step2

男女比1:1の制約を満たしていない

以下の条件を満たす女性を見つける  
 {  $s$ 期に店舗Aを訪問 → 女性 $b$ の店舗を仮交換  
 { 全ての期で店舗Bに訪問していない  
 { 女性 $b$ の充足度が $l$ 以上 → 割当て結果を更新  
 { 経路長が短くなる

	期			
	$S$			
$a$	E	B	C	F
$b$	C	B	D	E

Step3

経路長が改善される限り, Step1とStep2を繰り返す

# 改善法4

□ 訪問店舗を同性間で期毎に交換

## Step1

- ①の条件を満たすペアを見つける
- ① { 男性 $a$ が、 $s$ 期に男性 $a'$ が訪問する店舗(B)に未訪問  
男性 $a'$ が、 $s$ 期に男性 $a$ が訪問する店舗(A)に未訪問

## Step2

- 男性 $a$ と $a'$ が $s$ 期に訪問する店舗(AとB)を仮交換
- { 男性 $a$ と $a'$ の充足度が $l$ 以上  
経路長が短くなる
- ➡ 割当て結果を更新

## Step3

経路長が改善される限り、Step1とStep2を繰り返す  
この操作を女性にも同様に行う

期  
 $S$

男性 $a$ 

	A		
--	---	--	--

男性 $a'$ 

	B		
--	---	--	--

交換

期  
 $S$

男性 $a$ 

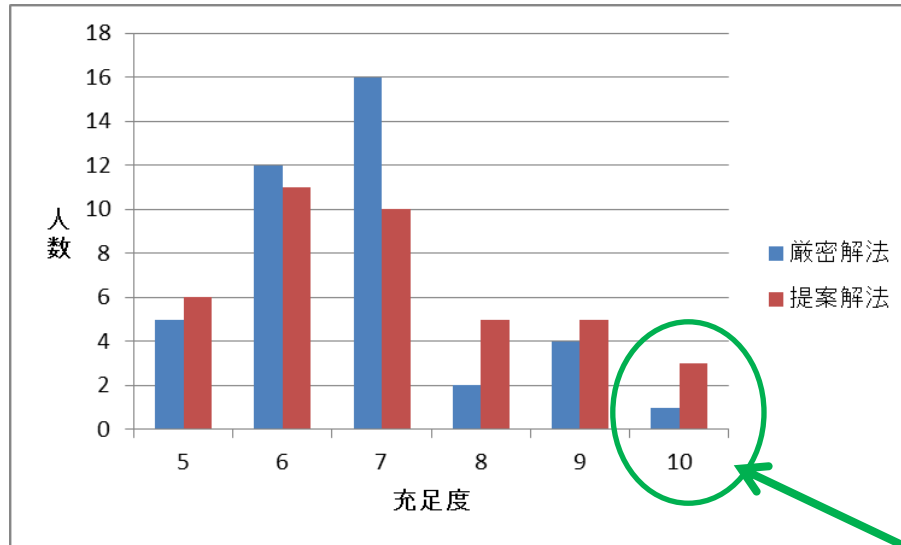
	B		
--	---	--	--

男性 $a'$ 

	A		
--	---	--	--

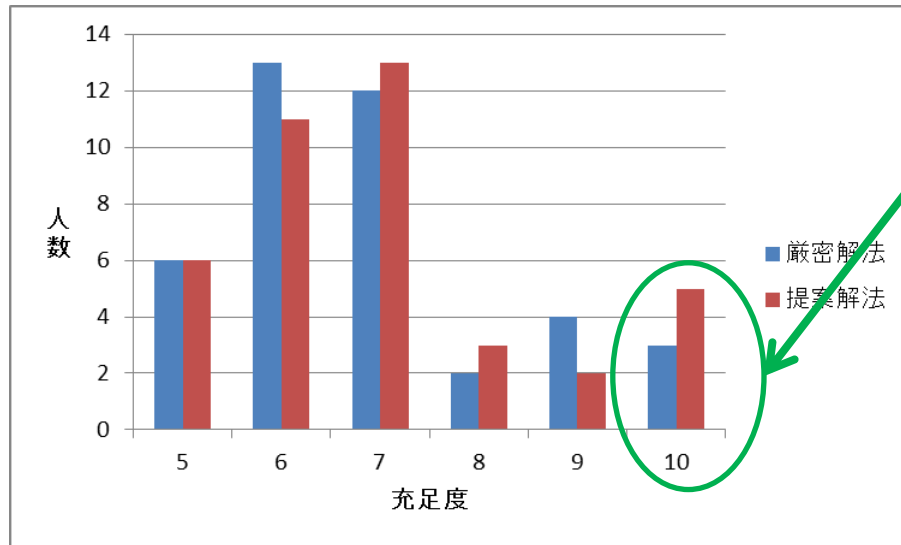
# 好み充足度比較

男性



店舗数 : 8店舗  
参加者数 : 80人  
充足度のレベル : 5  
巡る店舗数 : 4店舗  
充足度の最大値 : 10  
充足度の最小値 : 5

女性



提案解法の方が充足度10の参加者数が多い