

# 低密度地域の レジリエンスと最適設計

東北大学災害科学国際研究所

教授 奥村 誠

人間・社会対応研究部門被災地支援研究分野

MAKOTO.OKUMURA.B6@TOHOKU.AC.JP

# 低密度地域のレジリエンスと最適設計

と思っていたが、

## 不確実性下での最適計画・最適設計の意義

という趣旨の話をしてします。

1. 「最適化」の魅力
2. 交通ネットワークの形態最適化の試み
3. 不確実性, 想定外とレジリエンス
4. 最適解よりも大事なもの？
5. 終わりに: 俯瞰力、メタ設計

# 1. 最適化の魅力

## 1.1 私の経歴と最適化

京都大学工学部交通土木工学科(1980-1984)

大学院工学研究科 修士 (1985-86) 博士(1987で中退)

京都大学助手・講師(1987-1995年)

**土木計画学(吉川)研究室**: 地域社会経済システム数量分析  
**最適化手法を講義演習で指導→最適制御**(イベント、TDM)

広島大学助教授(1995-2006年),

都市間交通計画、需要予測→**ネットワーク最適化(GA)**

東北大学東北アジア研究センター教授(2006-2012年)

**施設配置の最適化(OR:ILP)の応用**

2012年4月東北大学災害科学国際研究所教授

自動車を利用した**津波避難**, 人道支援ロジスティックス  
災害後の地域の復興過程の研究(人口の推移など)

シベリア, ボリビアなどのインフラ計画・管理

# 1. 最適化の魅力

## 1.2 何が私を魅了したか？

「知恵を使いたい」！計画したい  
物事を、上手く、賢く決めたい

微分ができる、連続で滑らかな世界ならば……

- ・状況を常に監視し、変化に後追いで対応すればいい
- ・知恵も計画も必要ない(出たところ勝負で十分)
- ・結果を出すには、相応の努力が必要→美味しくない

誰も気づいていなかったことを、しっかり予見し、準備し、上手く対応したい。

- ・連続的变化が断続的变化につながるところへの関心
- ・座屈現象、振動モード遷移：物理現象
- ・最適解が「ジャンプする」ことへの驚き！：数理現象として

# 1. 最適化の魅力

## 1.2 何が私を魅了したか？

不連続性、離散性、非線形性が  
無理なく出てくる。

【土木計画学研究・論文集 No.8 1990年11月】

### イベント効果を考慮した地域整備投資に関する研究\*

Optimal Regional Investment Control Using Hallmark Event

$$J = \int_0^T P(t) dt \rightarrow \max \quad (11)$$

$$x_0 = J(t), \quad \frac{dx_0}{dt} = P(t) \\ = kQ \exp W(t) \exp \{\alpha C u(t)\} \quad (12)$$

$$x_1 = W(t), \quad \frac{dx_1}{dt} = \beta S(t) - \gamma P(t) \quad (13)$$

$$x_2 = S(t), \quad \frac{dx_2}{dt} = C(1 - u(t)) \quad (14)$$

$$x_3 = t, \quad \frac{dx_3}{dt} = 1 \quad (15)$$

ハミルトニアンHは、

$$H = -\phi_0 P(t) + \phi_1 (\beta S(t) - \gamma P(t)) \\ + \phi_2 P(t) + \phi_3 \quad (16)$$

奥村 誠\*\* 秀島 栄三\*\*\* 吉川 和広\*\*\*\*  
By Makoto OKUMURA, Eizo HIDEISHIMA, Kazuhiro YOSHIKAWA

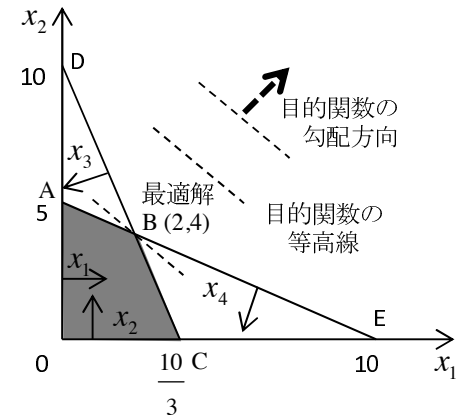


図 5.3 線形計画法の実行可能集合と最適解

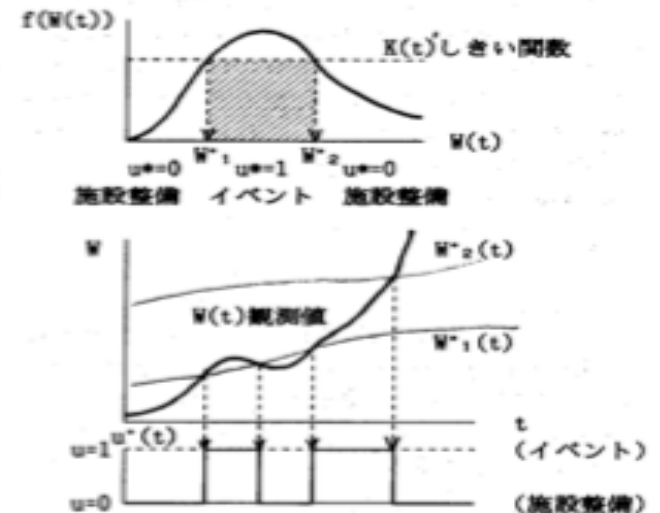
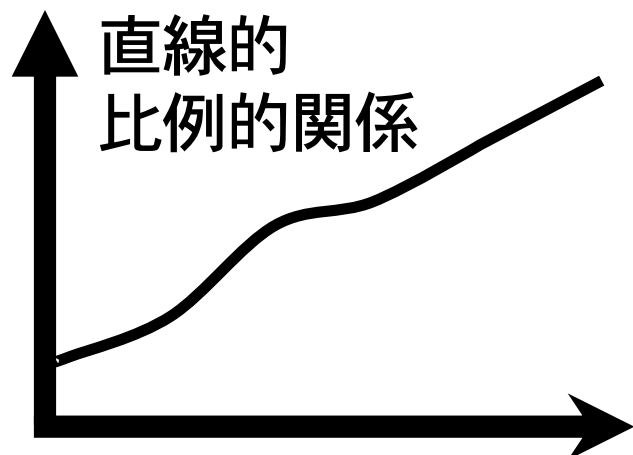


図-1 しきい関数と最適政策の切り替え

## 2. 交通ネットワークの形態最適化の試み

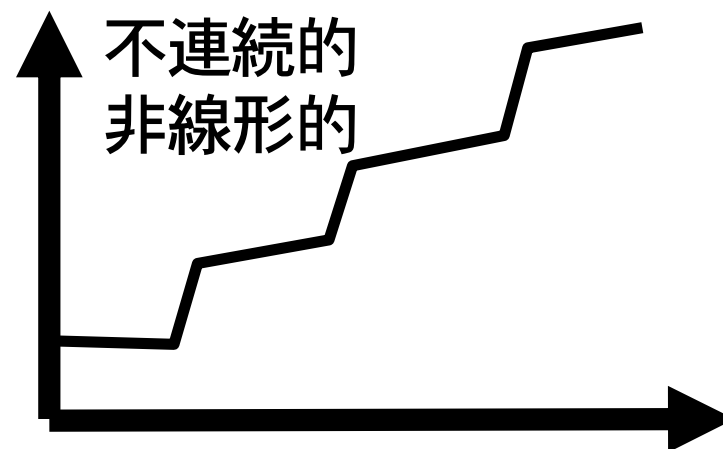
効果・アウトプット



政策、インプット

効果を生み出すには、  
それに比例する努力が  
必要

効果・アウトプット



政策、インプット

「つぼ」を抑えれば、少しの  
努力で大きな効果がでてくる  
縮小時にも、踏みとどまるべ  
き「踊り場」に注意して、ず  
るずる衰退するのを防ぐ

## 2. 交通ネットワークの形態最適化の試み

# 都市間交通でのマルチモーダルネットワーク 計画のための需要内生型最適化モデル

---

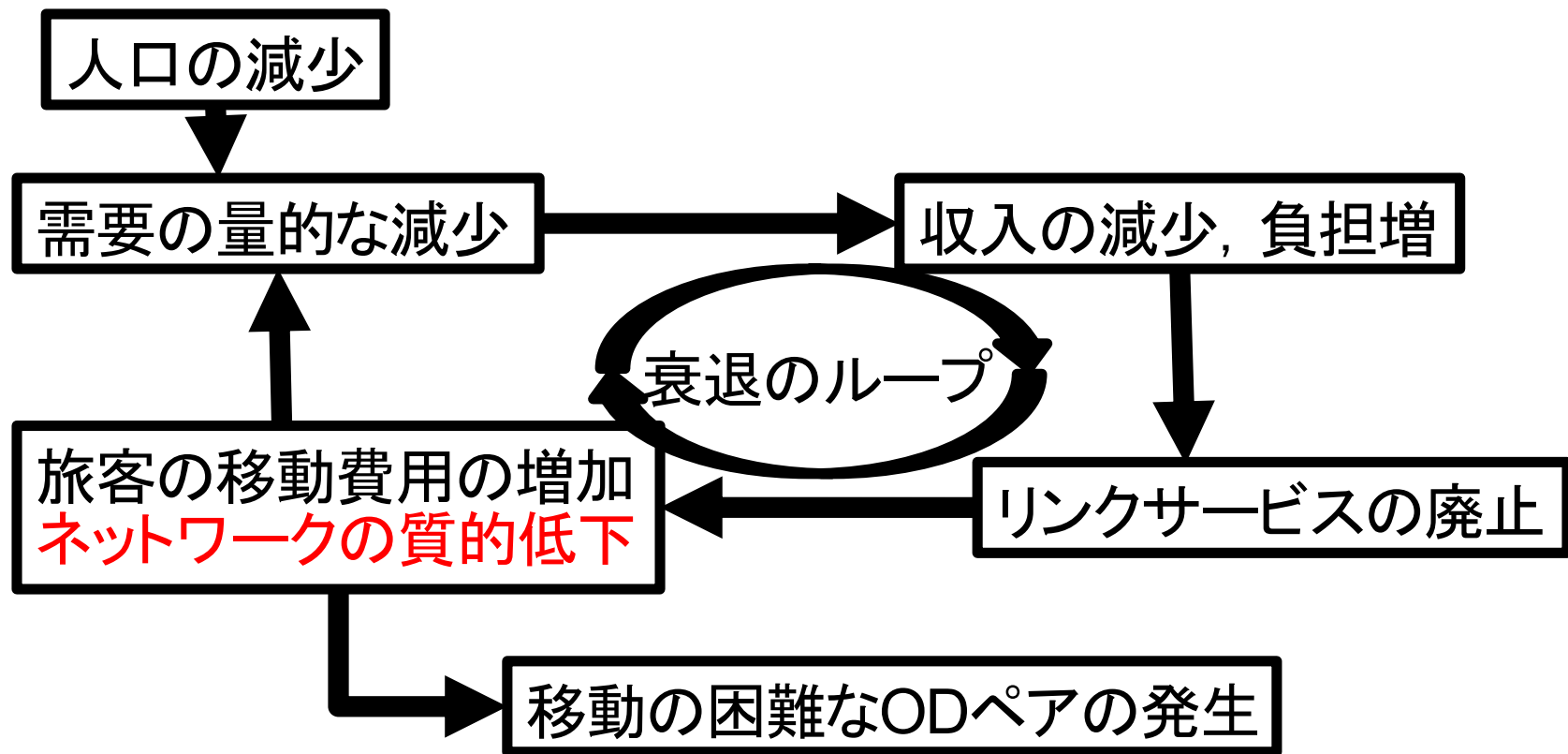
第**57**回土木計画学研究発表会@東京工業大学

**2018**年**6**月**9**日(土)

東北大学 地域計画学研究室

細 正隆 ・ 奥村 誠

# 人口の減少に伴うネットワーク衰退のループ

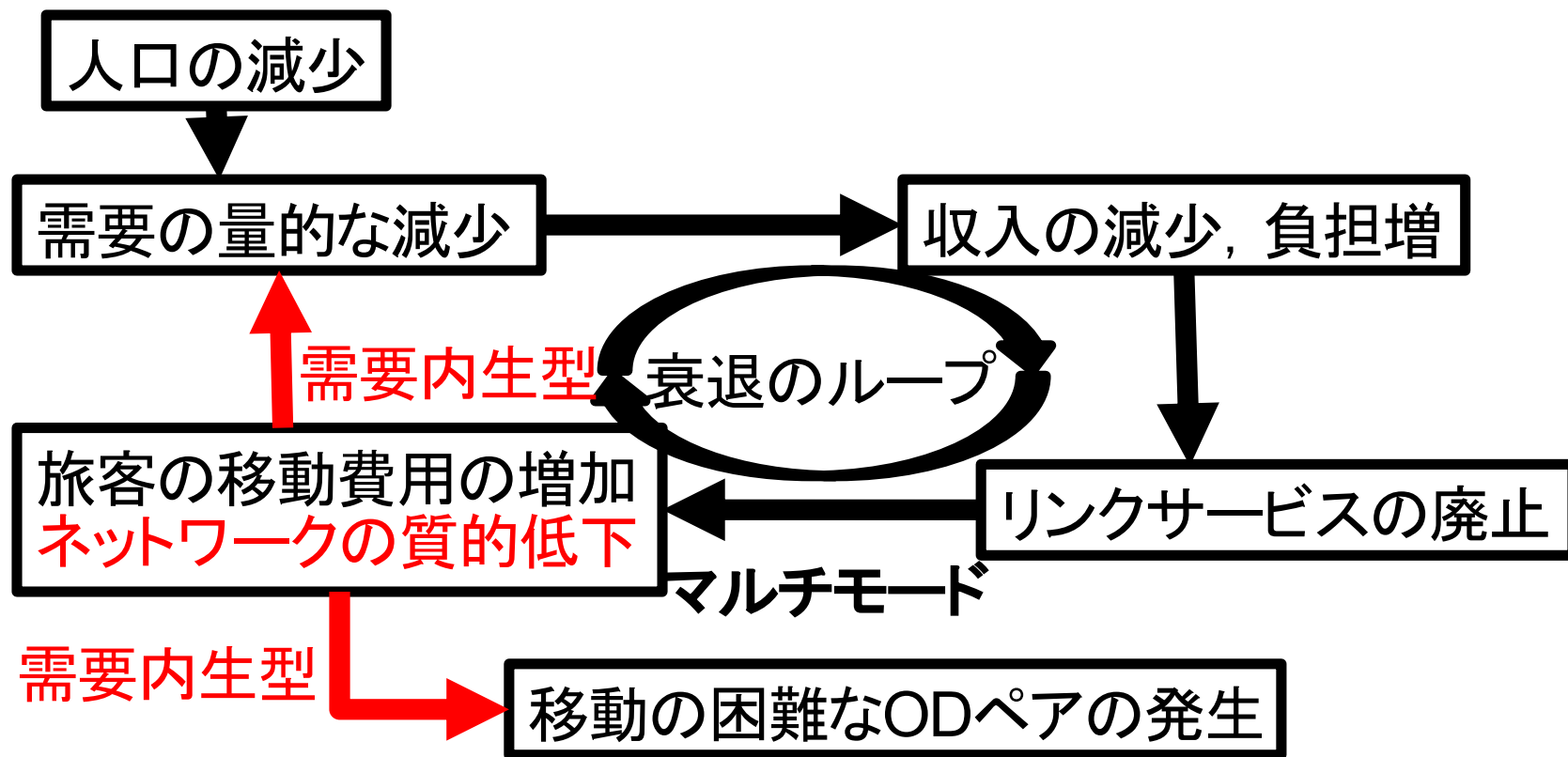


ネットワークの質的低下を最低限に抑える

社会的に最適なネットワーク形状を確認  
→ どれくらいの需要規模で質的低下が起こるのか？



# MULTI-MODAL NETWORK PLANNING MODELの拡張

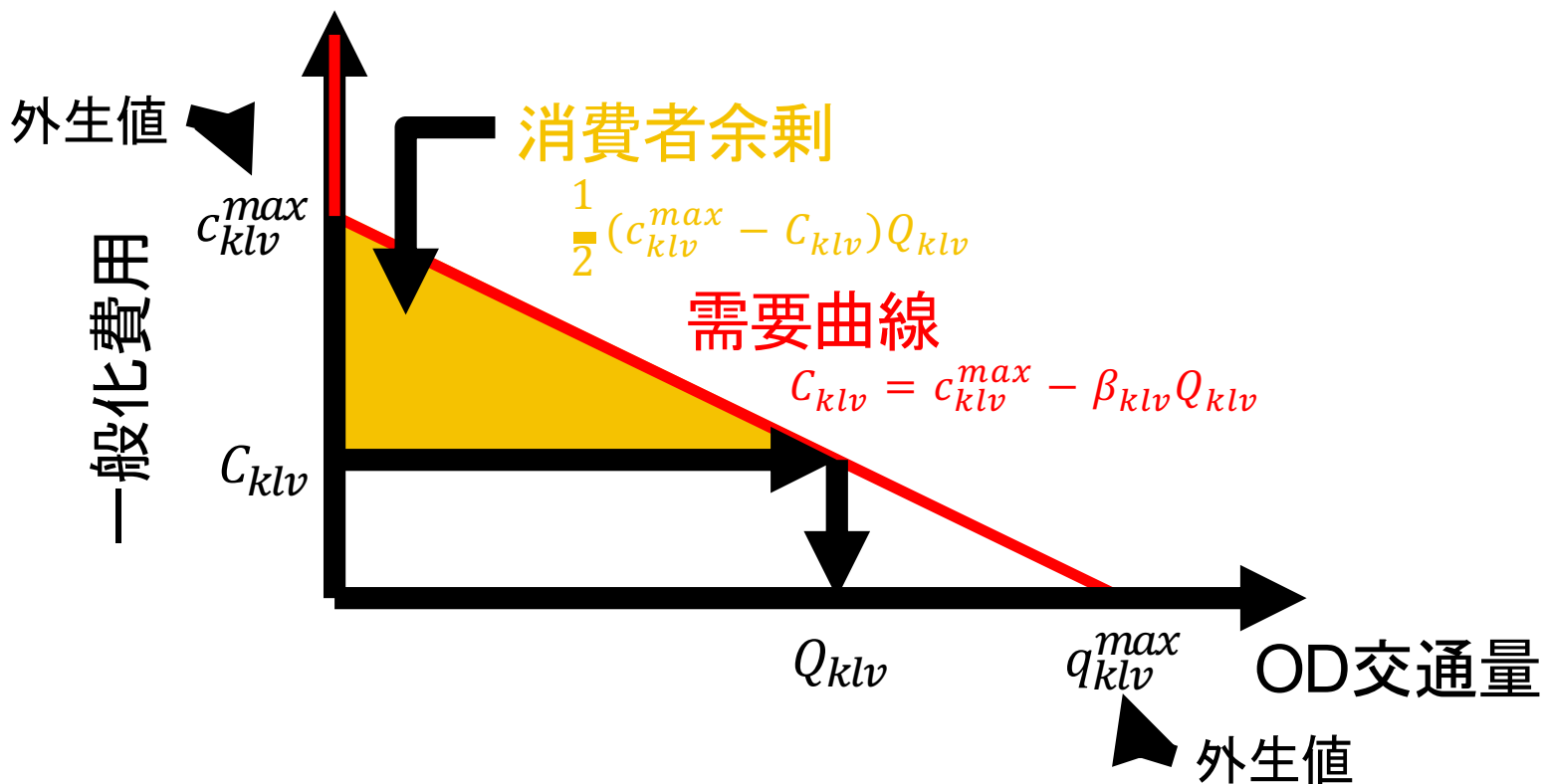


Okumura *et al.*のMulti-modal Network Planning Model

→ **需要内生型**に拡張し, 需要減少下での最適な  
ネットワーク形状を分析

# 需要内生化的ための線形需要曲線

需要曲線をOD別, 時間価値別に設定



$q_{klv}^{max}$  : 上限交通量(需要規模)

$c_{klv}^{max}$  : 支払意志額最大値

# 最適ネットワーク形状の導出問題

$$\max \text{ 社会的純便益} = \text{総消費者余剰} - \text{総固定費用} \\ (\text{時間費用, 可変費用})$$

## 操作変数

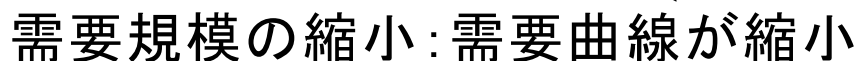
- リンクサービスの有無  $\in \{0,1\}$
- 起点別, モード別に  
リンク交通量, 乗継交通量, 発生交通量, 集中交通量
- OD交通量

## 制約条件

- 交通量保存則
- リンクサービスの存在条件

凸2次制約を含む  
0-1整数計画問題として定式化

支払意思額  
最大値



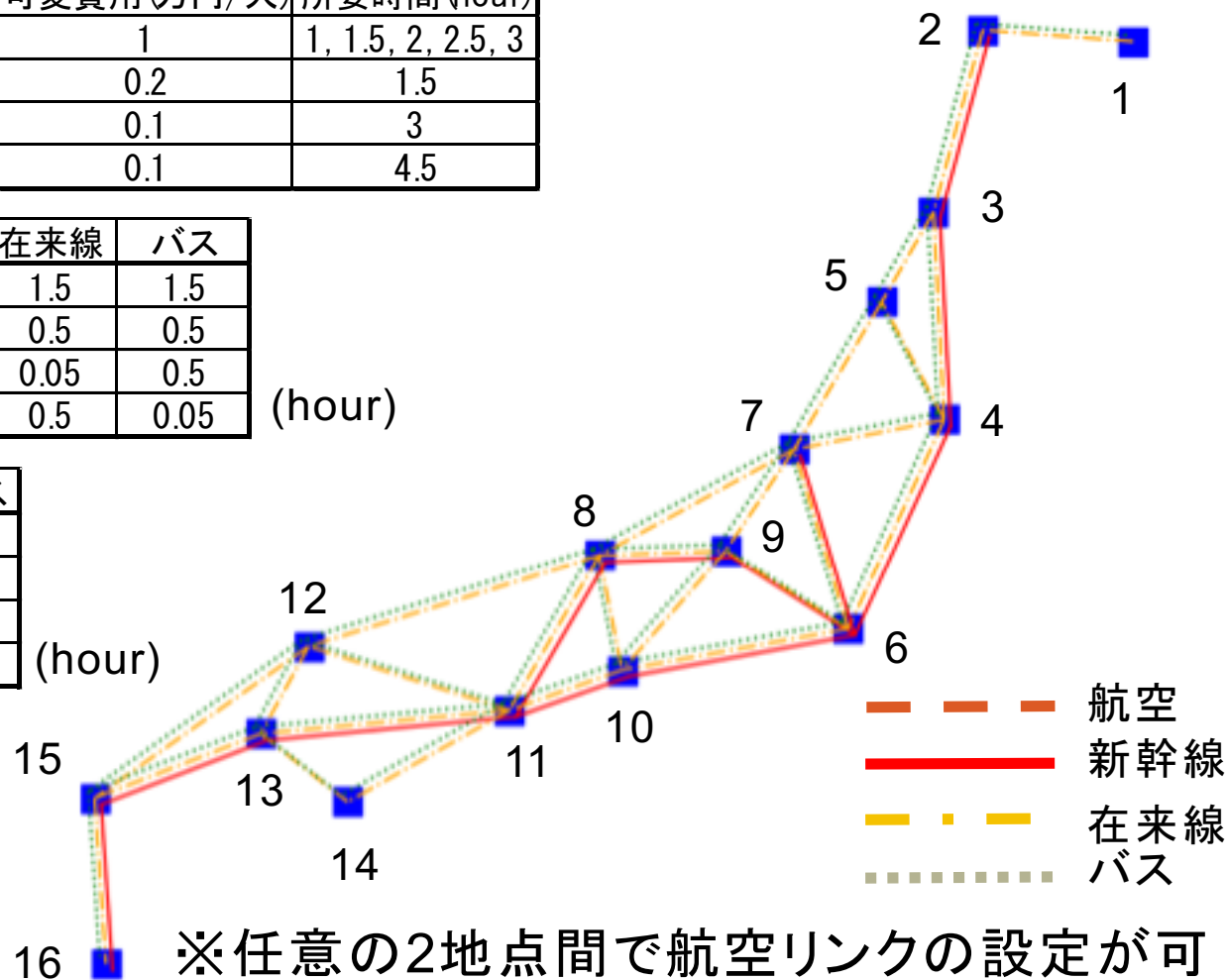
- 12

# 仮想ネットワークの設定

|     | 固定費用 (万円/day) | 可変費用 (万円/人) | 所要時間 (hour)       |
|-----|---------------|-------------|-------------------|
| 航空  | 750           | 1           | 1, 1.5, 2, 2.5, 3 |
| 新幹線 | 5000          | 0.2         | 1.5               |
| 在来線 | 2000          | 0.1         | 3                 |
| バス  | 100           | 0.1         | 4.5               |

| 乗り継ぎ | 航空  | 新幹線  | 在来線  | バス   |
|------|-----|------|------|------|
| 航空   | 0.5 | 1.5  | 1.5  | 1.5  |
| 新幹線  | 1.5 | 0.05 | 0.5  | 0.5  |
| 在来線  | 1.5 | 0.5  | 0.05 | 0.5  |
| バス   | 1.5 | 0.5  | 0.5  | 0.05 |

|     | アクセス | イグレス |
|-----|------|------|
| 航空  | 1    | 1    |
| 新幹線 | 0    | 0    |
| 在来線 | 0    | 0    |
| バス  | 0    | 0    |



※任意の2地点間で航空リンクの設定が可能  
隣接ノード間は250～300kmをイメージ

# 時間価値の異なる2種類の需要の設定

時間重視型: 0.45(万円/hour)

運賃重視型: 0.15(万円/hour)

時間重視型, 運賃重視型ともに等しい上限交通量を設定

ノード番号

(人/day)

ノード番号

| OD | 1     | 2      | 3      | 4      | 5     | 6       | 7      | 8      | 9      | 10     | 11      | 12    | 13     | 14     | 15     | 16     | 合計      |
|----|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1  | 0     | 5,739  | 135    | 76     | 31    | 1,690   | 19     | 38     | 47     | 190    | 335     | 4     | 45     | 31     | 70     | 113    | 8,563   |
| 2  | 5,739 | 0      | 1,608  | 649    | 126   | 7,205   | 60     | 105    | 103    | 985    | 1,545   | 66    | 313    | 235    | 462    | 207    | 19,408  |
| 3  | 135   | 1,608  | 0      | 2,517  | 305   | 4,520   | 28     | 56     | 69     | 278    | 385     | 18    | 108    | 82     | 145    | 90     | 10,344  |
| 4  | 76    | 649    | 2,517  | 0      | 2,625 | 23,572  | 299    | 172    | 316    | 1,143  | 2,165   | 47    | 297    | 177    | 383    | 189    | 34,627  |
| 5  | 31    | 126    | 305    | 2,625  | 0     | 5,388   | 189    | 44     | 85     | 298    | 484     | 24    | 99     | 22     | 118    | 50     | 9,888   |
| 6  | 1,690 | 7,205  | 4,520  | 23,572 | 5,388 | 0       | 9,911  | 6,612  | 18,517 | 54,451 | 59,788  | 1,965 | 14,790 | 6,092  | 14,063 | 7,723  | 236,287 |
| 7  | 19    | 60     | 28     | 299    | 189   | 9,911   | 0      | 303    | 191    | 418    | 856     | 62    | 147    | 46     | 112    | 104    | 12,745  |
| 8  | 38    | 105    | 56     | 172    | 44    | 6,612   | 303    | 0      | 77     | 2,102  | 5,346   | 31    | 256    | 139    | 288    | 106    | 15,675  |
| 9  | 47    | 103    | 69     | 316    | 85    | 18,517  | 191    | 77     | 0      | 1,687  | 1,240   | 41    | 163    | 106    | 231    | 237    | 23,110  |
| 10 | 190   | 985    | 278    | 1,143  | 298   | 54,451  | 418    | 2,102  | 1,687  | 0      | 18,830  | 266   | 2,695  | 1,146  | 2,779  | 1,340  | 88,608  |
| 11 | 335   | 1,545  | 385    | 2,165  | 484   | 59,788  | 856    | 5,346  | 1,240  | 18,830 | 0       | 1,672 | 10,444 | 5,730  | 7,335  | 4,326  | 120,481 |
| 12 | 4     | 66     | 18     | 47     | 24    | 1,965   | 62     | 31     | 41     | 266    | 1,672   | 0     | 1,310  | 118    | 229    | 90     | 5,943   |
| 13 | 45    | 313    | 108    | 297    | 99    | 14,790  | 147    | 256    | 163    | 2,695  | 10,444  | 1,310 | 0      | 5,660  | 4,631  | 930    | 41,888  |
| 14 | 31    | 235    | 82     | 177    | 22    | 6,092   | 46     | 139    | 106    | 1,146  | 5,730   | 118   | 5,660  | 0      | 759    | 644    | 20,987  |
| 15 | 70    | 462    | 145    | 383    | 118   | 14,063  | 112    | 288    | 231    | 2,779  | 7,335   | 229   | 4,631  | 759    | 0      | 11,147 | 42,752  |
| 16 | 113   | 207    | 90     | 189    | 50    | 7,723   | 104    | 106    | 237    | 1,340  | 4,326   | 90    | 930    | 644    | 11,147 | 0      | 27,296  |
| 合計 | 8,563 | 19,408 | 10,344 | 34,627 | 9,888 | 236,287 | 12,745 | 15,675 | 23,110 | 88,608 | 120,481 | 5,943 | 41,888 | 20,987 | 42,752 | 27,296 | 718,602 |

# 支払意志額最大値

時間重視型

ノード番号

(万円/day)

ノード番号

| 0D | 1    | 2    | 3    | 4   | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   |
|----|------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 1  | 0    | 3.2  | 6.5  | 8.5 | 8.2  | 9.7 | 11.2 | 12.3 | 10.7 | 11.3 | 12  | 14.1 | 13.1 | 14.3 | 14   | 16.3 |
| 2  | 3.2  | 0    | 4.2  | 6.2 | 6    | 7.5 | 9    | 10.1 | 8.5  | 9.1  | 9.8 | 11.9 | 10.9 | 12.1 | 11.7 | 14.1 |
| 3  | 6.5  | 4.2  | 0    | 2.9 | 2.1  | 4.3 | 4.5  | 6.9  | 5.3  | 5.9  | 6.6 | 8.7  | 7.7  | 8.9  | 8.5  | 10.9 |
| 4  | 8.5  | 6.2  | 2.9  | 0   | 2.5  | 2.5 | 4.1  | 5.2  | 3.5  | 4.2  | 4.9 | 7    | 6    | 7.2  | 6.9  | 9.2  |
| 5  | 8.2  | 6    | 2.1  | 2.5 | 0    | 4   | 3    | 5.4  | 4.9  | 5.6  | 6.3 | 8.4  | 7.4  | 8.6  | 8.3  | 10.6 |
| 6  | 9.7  | 7.5  | 4.3  | 2.5 | 4    | 0   | 2.8  | 4.2  | 2.2  | 2.4  | 3.3 | 5.4  | 4.4  | 5.5  | 5.3  | 7.6  |
| 7  | 11.2 | 9    | 4.5  | 4.1 | 3    | 2.8 | 0    | 3.1  | 3    | 4.5  | 5.2 | 7.3  | 6.3  | 7.5  | 7.2  | 9.5  |
| 8  | 12.3 | 10.1 | 6.9  | 5.2 | 5.4  | 4.2 | 3.1  | 0    | 2.9  | 2.5  | 2.5 | 5.1  | 4    | 5.3  | 4.9  | 7.2  |
| 9  | 10.7 | 8.5  | 5.3  | 3.5 | 4.9  | 2.2 | 3    | 2.9  | 0    | 2.6  | 3.7 | 6.1  | 4.9  | 6.2  | 5.8  | 8.1  |
| 10 | 11.3 | 9.1  | 5.9  | 4.2 | 5.6  | 2.4 | 4.5  | 2.5  | 2.6  | 0    | 1.6 | 4    | 3    | 4.2  | 3.9  | 6.2  |
| 11 | 12   | 9.8  | 6.6  | 4.9 | 6.3  | 3.3 | 5.2  | 2.5  | 3.7  | 1.6  | 0   | 3.3  | 2.3  | 3.4  | 3.3  | 5.6  |
| 12 | 14.1 | 11.9 | 8.7  | 7   | 8.4  | 5.4 | 7.3  | 5.1  | 6.1  | 4    | 3.3 | 0    | 3.1  | 4.3  | 3.5  | 6    |
| 13 | 13.1 | 10.9 | 7.7  | 6   | 7.4  | 4.4 | 6.3  | 4    | 4.9  | 3    | 2.3 | 3.1  | 0    | 3.3  | 1.9  | 4.4  |
| 14 | 14.3 | 12.1 | 8.9  | 7.2 | 8.6  | 5.5 | 7.5  | 5.3  | 6.2  | 4.2  | 3.4 | 4.3  | 3.3  | 0    | 4.4  | 6.7  |
| 15 | 14   | 11.7 | 8.5  | 6.9 | 8.3  | 5.3 | 7.2  | 4.9  | 5.8  | 3.9  | 3.3 | 3.5  | 1.9  | 4.4  | 0    | 2.9  |
| 16 | 16.3 | 14.1 | 10.9 | 9.2 | 10.6 | 7.6 | 9.5  | 7.2  | 8.1  | 6.2  | 5.6 | 6    | 4.4  | 6.7  | 2.9  | 0    |

運賃重視型

ノード番号

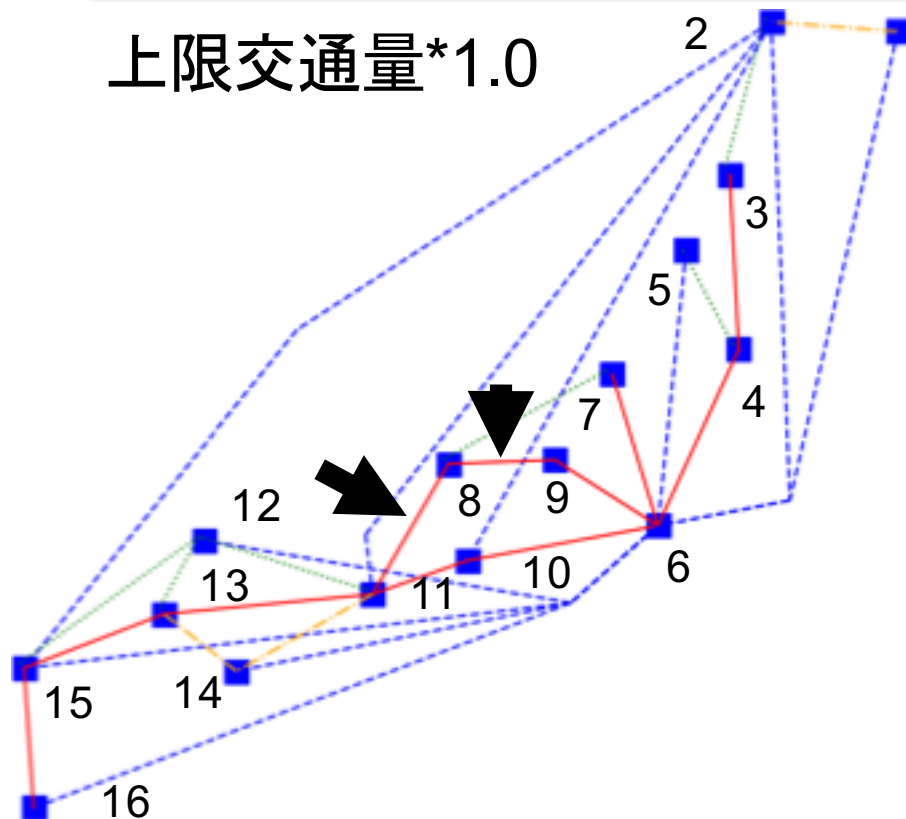
(万円/day)

ノード番号

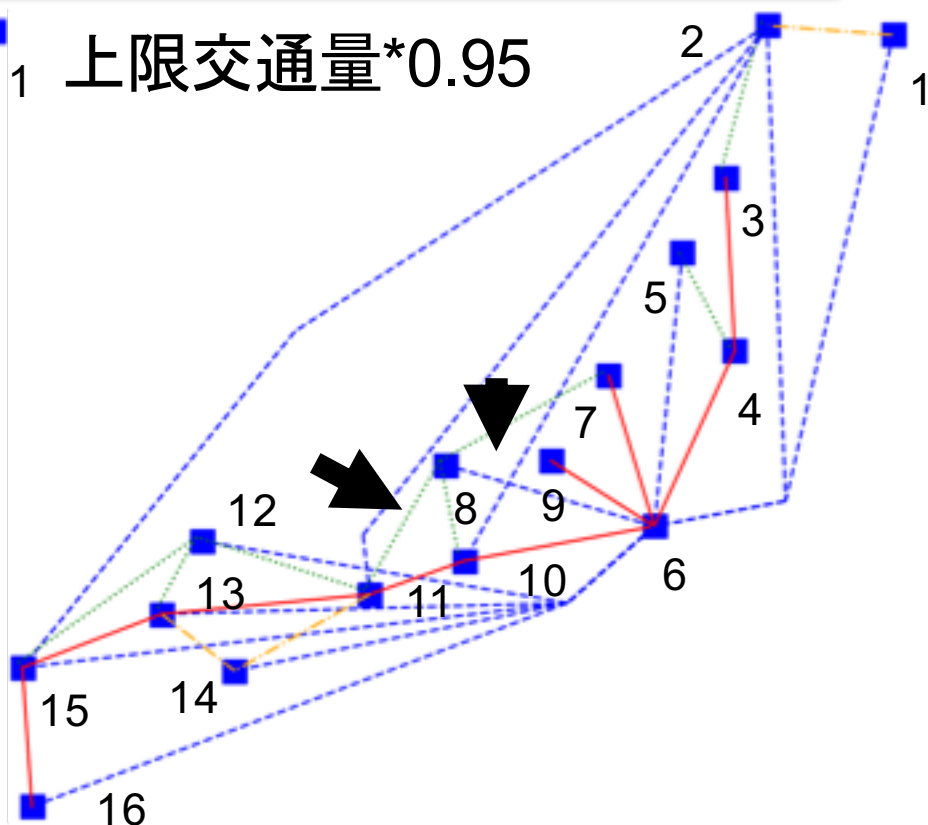
| 0D | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 0   | 1.7 | 3.5 | 4.4 | 4.2 | 5.1 | 6.1 | 6.6 | 5.7 | 6.2 | 6.6 | 7.6 | 7.2 | 7.7 | 7.7 | 8.9 |
| 2  | 1.7 | 0   | 2.4 | 3.4 | 3.1 | 4.1 | 5   | 5.5 | 4.7 | 5.1 | 5.5 | 6.5 | 6.1 | 6.6 | 6.7 | 7.9 |
| 3  | 3.5 | 2.4 | 0   | 1.8 | 1.1 | 2.6 | 2.2 | 4   | 3.2 | 3.7 | 4.1 | 5.1 | 4.7 | 5.2 | 5.2 | 6.4 |
| 4  | 4.4 | 3.4 | 1.8 | 0   | 1.6 | 1.6 | 2.7 | 3.2 | 2.3 | 2.8 | 3.2 | 4.2 | 3.8 | 4.3 | 4.3 | 5.6 |
| 5  | 4.2 | 3.1 | 1.1 | 1.6 | 0   | 2.5 | 1.5 | 2.9 | 3.1 | 3.6 | 4   | 5   | 4.6 | 5.1 | 5.1 | 6.3 |
| 6  | 5.1 | 4.1 | 2.6 | 1.6 | 2.5 | 0   | 1.7 | 2.5 | 1.3 | 1.6 | 2.1 | 3.2 | 2.8 | 3.2 | 3.3 | 4.5 |
| 7  | 6.1 | 5   | 2.2 | 2.7 | 1.5 | 1.7 | 0   | 1.7 | 1.9 | 2.9 | 3.3 | 4.3 | 3.9 | 4.4 | 4.4 | 5.7 |
| 8  | 6.6 | 5.5 | 4   | 3.2 | 2.9 | 2.5 | 1.7 | 0   | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 2.9 | 2.5 | 3   | 2.9 | 4.2 |
| 9  | 5.7 | 4.7 | 3.2 | 2.3 | 3.1 | 1.3 | 1.9 | 1.5 | 0   | 1.4 | 2.1 | 3.4 | 2.9 | 3.5 | 3.4 | 4.6 |
| 10 | 6.2 | 5.1 | 3.7 | 2.8 | 3.6 | 1.6 | 2.9 | 1.4 | 1.4 | 0   | 1.1 | 2.4 | 2   | 2.5 | 2.6 | 3.8 |
| 11 | 6.6 | 5.5 | 4.1 | 3.2 | 4   | 2.1 | 3.3 | 1.4 | 2.1 | 1.1 | 0   | 1.9 | 1.6 | 1.9 | 2.2 | 3.4 |
| 12 | 7.6 | 6.5 | 5.1 | 4.2 | 5   | 3.2 | 4.3 | 2.9 | 3.4 | 2.4 | 1.9 | 0   | 1.8 | 2.3 | 2   | 3.3 |
| 13 | 7.2 | 6.1 | 4.7 | 3.8 | 4.6 | 2.8 | 3.9 | 2.5 | 2.9 | 2   | 1.6 | 1.8 | 0   | 1.9 | 1.3 | 2.7 |
| 14 | 7.7 | 6.6 | 5.2 | 4.3 | 5.1 | 3.2 | 4.4 | 3   | 3.5 | 2.5 | 1.9 | 2.3 | 1.9 | 0   | 2.6 | 3.8 |
| 15 | 7.7 | 6.7 | 5.2 | 4.3 | 5.1 | 3.3 | 4.4 | 2.9 | 3.4 | 2.6 | 2.2 | 2   | 1.3 | 2.6 | 0   | 1.7 |
| 16 | 8.9 | 7.9 | 6.4 | 5.6 | 6.3 | 4.5 | 5.7 | 4.2 | 4.6 | 3.8 | 3.4 | 3.3 | 2.7 | 3.8 | 1.7 | 0   |

# 最適ネットワーク形状1

上限交通量\*1.0



上限交通量\*0.95



|                 | 1.0     | 0.95           |
|-----------------|---------|----------------|
| 社会的純便益 (万円/day) | 568,316 | 533,524 (0.94) |
| 総消費者余剰 (万円/day) | 706,516 | 655,124 (0.93) |
| 総固定費用 (万円/day)  | 138,200 | 121,600 (0.88) |

--- 航空  
— 新幹線  
--- 在来線  
... バス



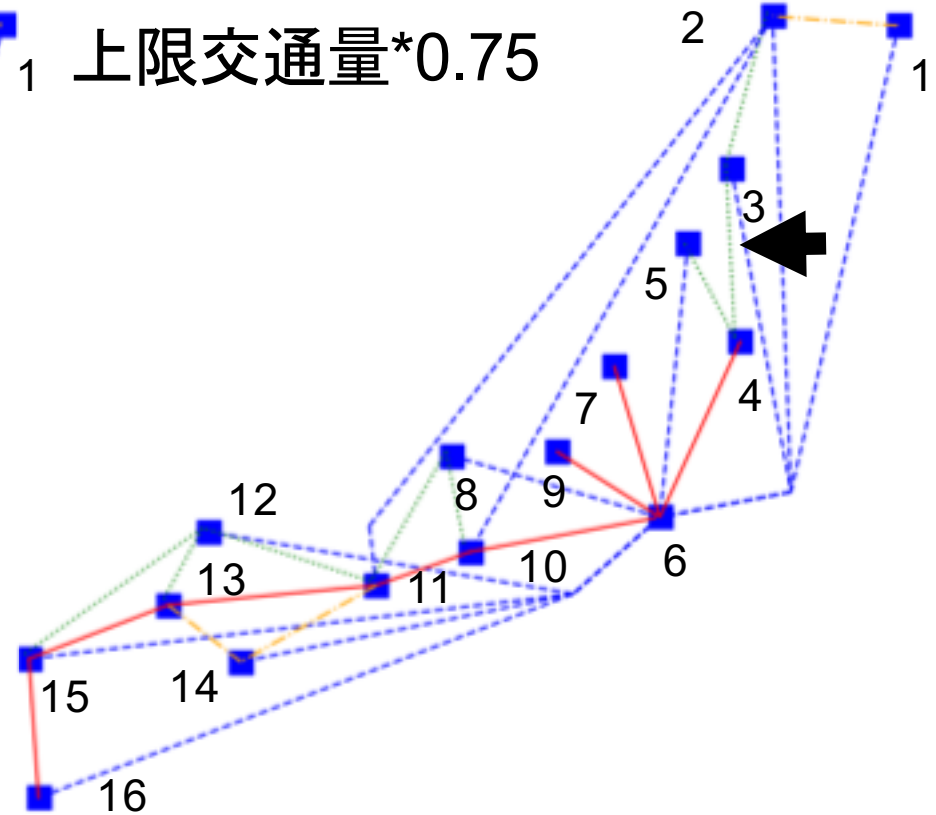
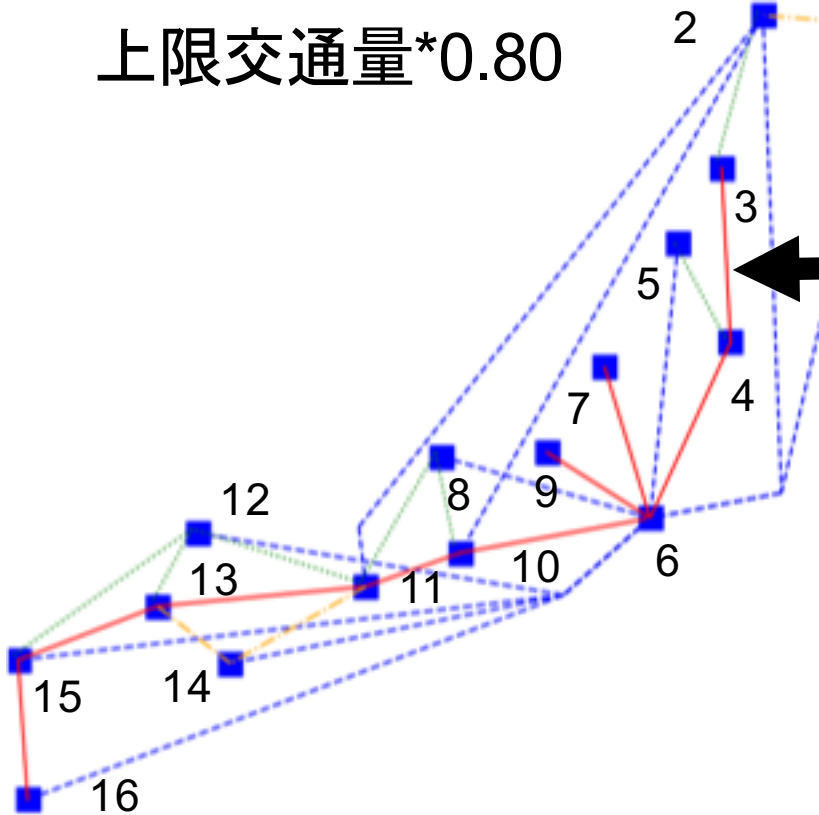
# 最適ネットワーク形状2

上限交通量\*0.80

2 1

上限交通量\*0.75

2 1

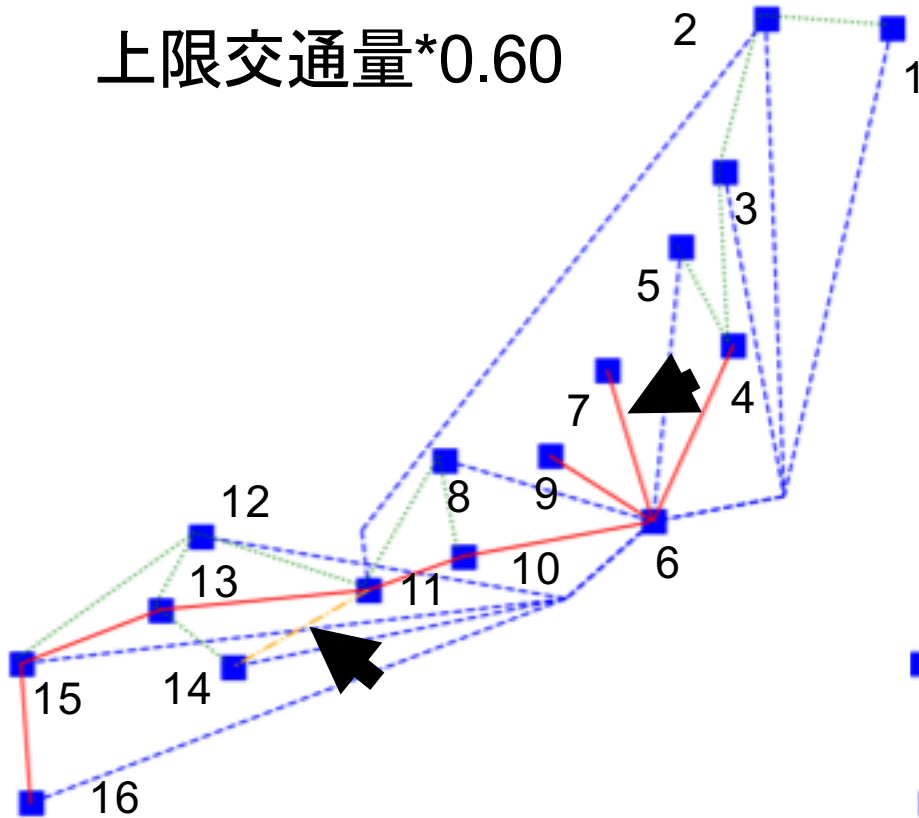


|                 | 0.80           | 0.75           |
|-----------------|----------------|----------------|
| 社会的純便益 (万円/day) | 430,720 (0.76) | 396,731 (0.70) |
| 総消費者余剰 (万円/day) | 549,120 (0.78) | 506,831 (0.72) |
| 総固定費用 (万円/day)  | 118,400 (0.86) | 121,600 (0.80) |

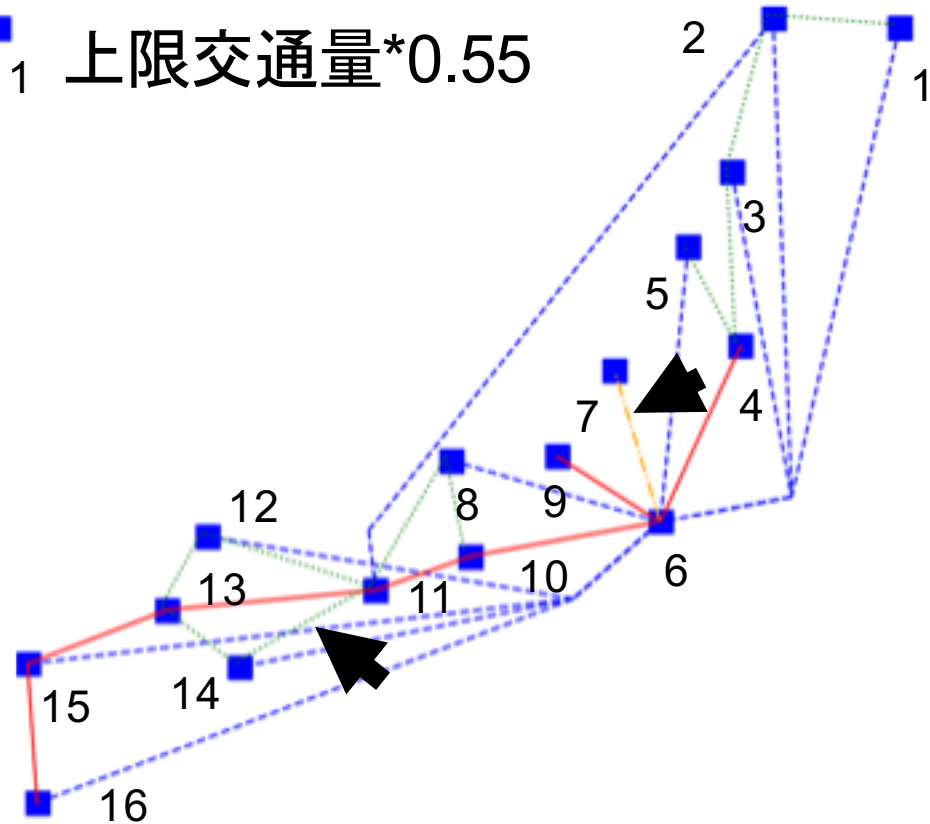
- 航空
- 新幹線
- 在来線
- バス

# 最適ネットワーク形状3

上限交通量\*0.60



上限交通量\*0.55

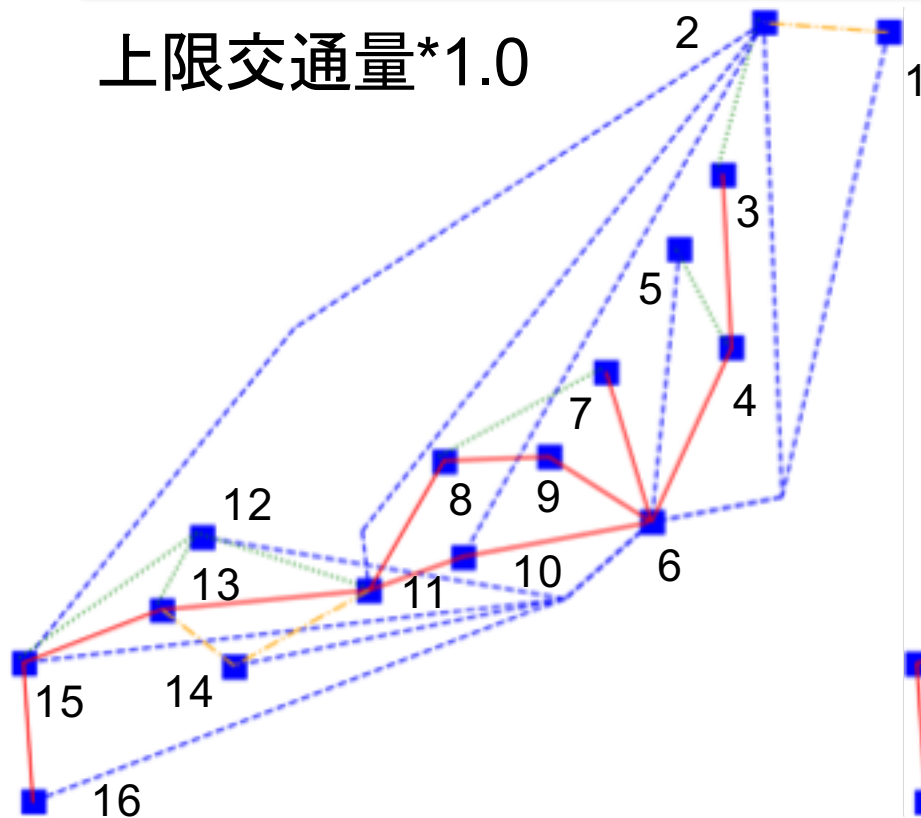


|                 | 0.60           | 0.55           |
|-----------------|----------------|----------------|
| 社会的純便益 (万円/day) | 296,343 (0.52) | 262,696 (0.46) |
| 総消費者余剰 (万円/day) | 397,343 (0.56) | 354,696 (0.50) |
| 総固定費用 (万円/day)  | 101,000 (0.73) | 91,600 (0.66)  |

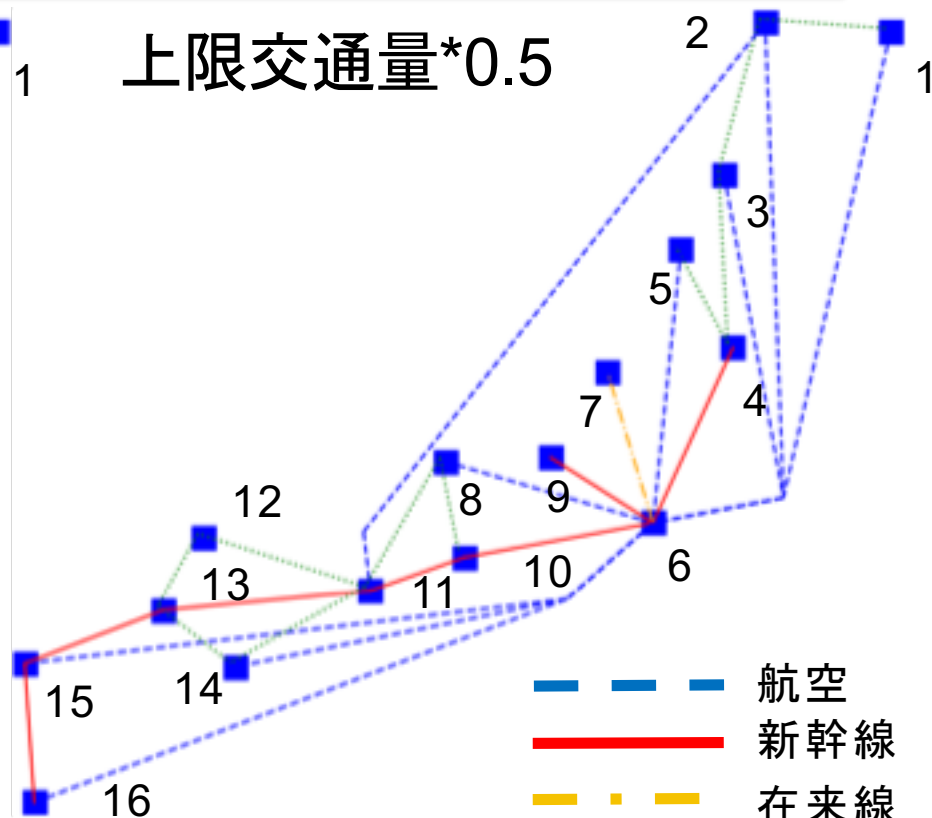
- 航空
- 新幹線
- 在来線
- バス

# 最適ネットワーク形状の比較

上限交通量\*1.0



上限交通量\*0.5

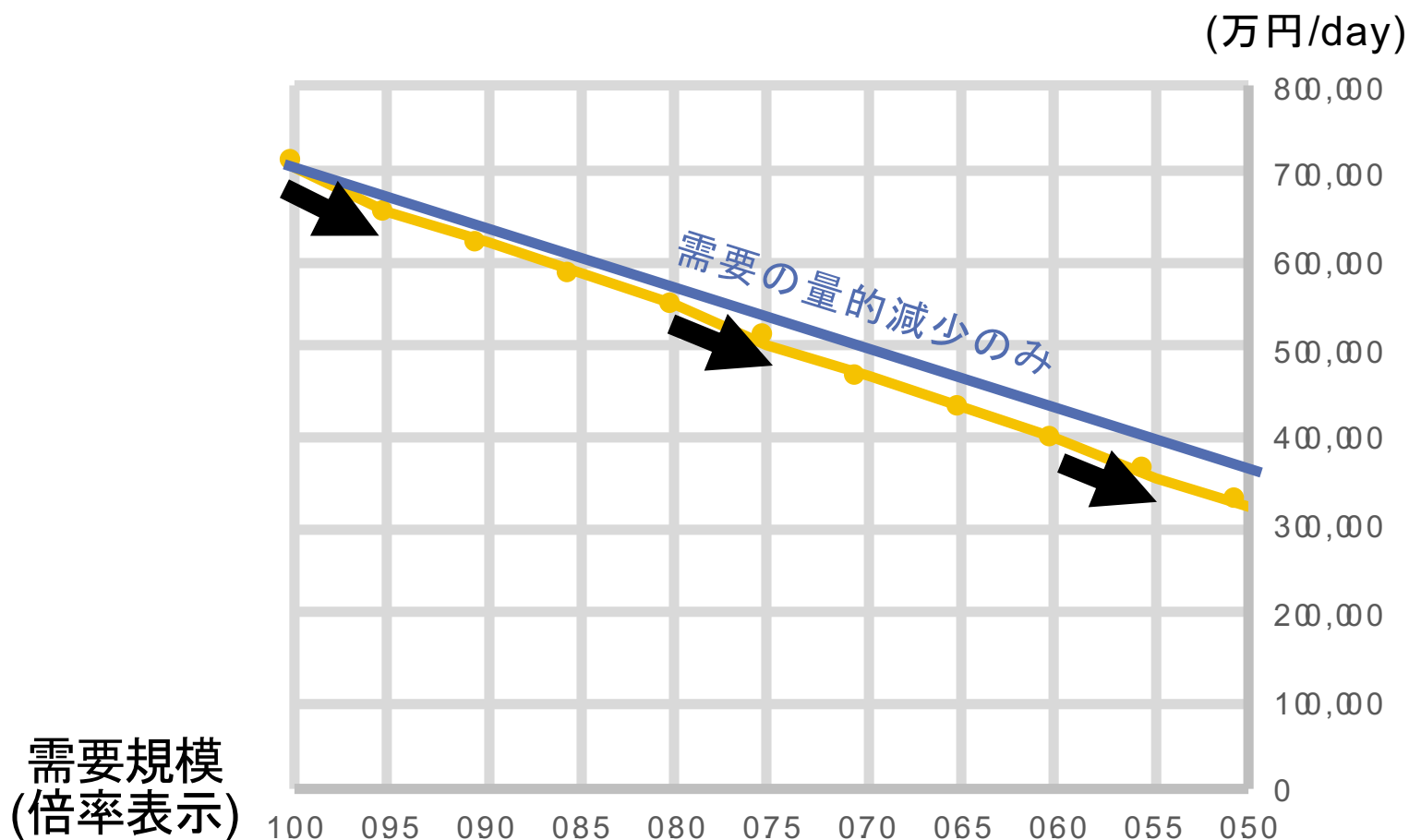


— 航空  
— 新幹線  
- - 在来線  
... バス

|                 | 1.0     | 0.5            |
|-----------------|---------|----------------|
| 社会的純便益 (万円/day) | 568,316 | 231,464 (0.41) |
| 総消費者余剰 (万円/day) | 706,516 | 320,964 (0.45) |
| 総固定費用 (万円/day)  | 138,200 | 89,500 (0.65)  |

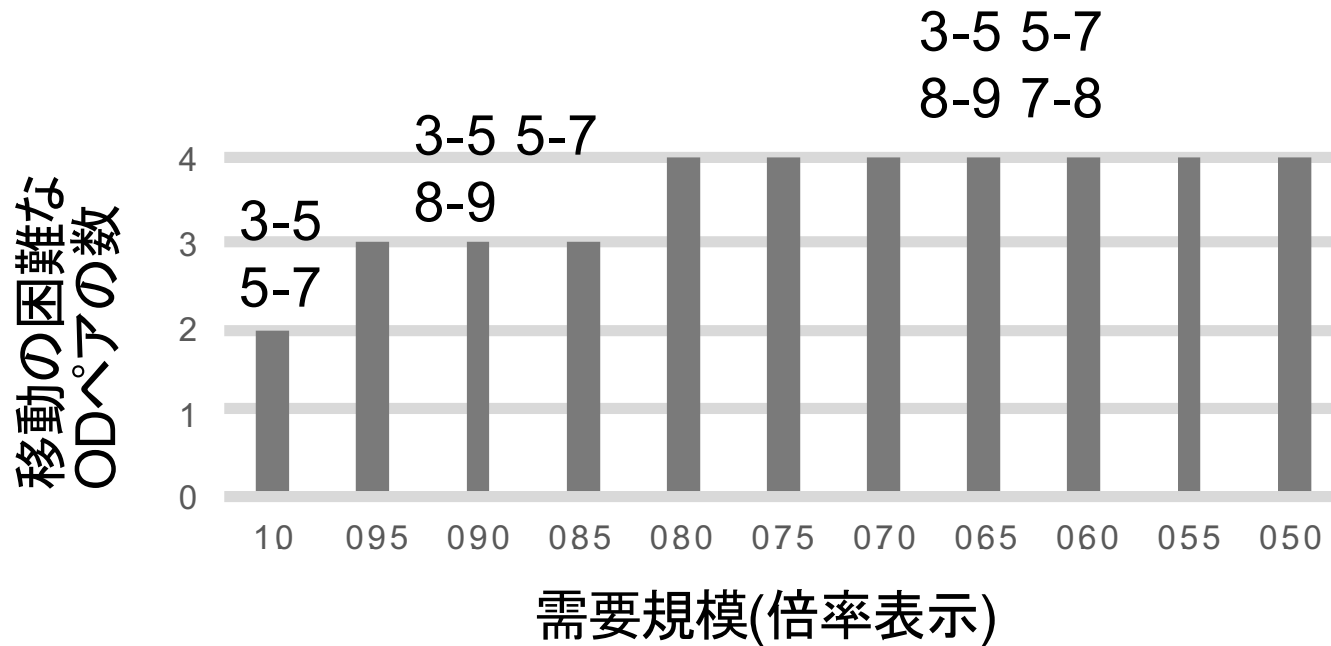
社会的純便益, 総消費者余剰が0.5倍以下になる

# 総消費者余剰の推移



総消費者余剰が需要規模の縮小率以上に減少 (特に→の部分)  
→ ネットワークの質的低下が発生

# 移動の困難なODペアの数の推移



需要規模が縮小していく中で、  
段階的に移動の困難なODペアが増加していく

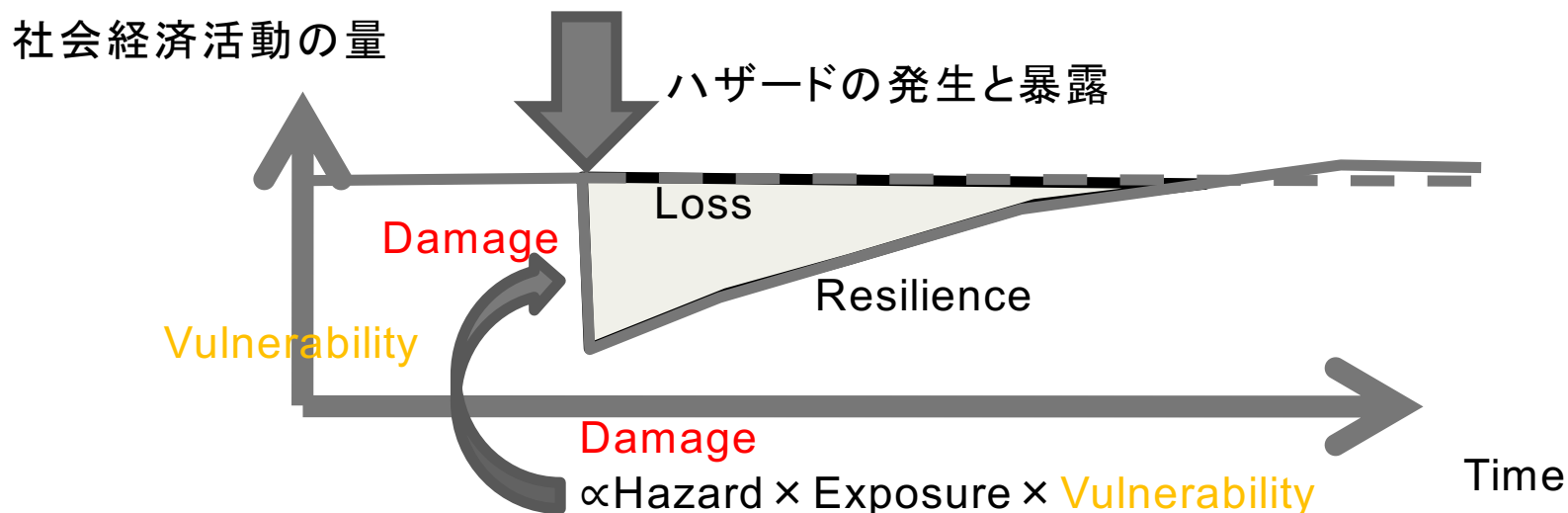
## まとめ

---

- 既存のMulti-modal Network Planning Modelを  
需要内生型に拡張したモデルを提案
  - 需要減少下におけるネットワークの衰退のループを表現可能
  - 移動の困難なODペアの発生を表現可能
- 仮想ネットワークに対して本モデルを適用し、需要減少下での最適ネットワーク形状を分析
  - ネットワークの質的低下により、総消費者余剰が
  - 需要規模の縮小率を超えて減少する段階があることを確認
  - 需要規模の縮小により、段階的に移動の困難なODペアが増加することを確認

### 3. 不確実性、想定外とレジリエンス

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| Hazard        | ハザード: 自然外力の強さ        |
| Exposure      | 暴露: 人命, 資産, 土地利用, 活動 |
| Vulnerability | 脆弱性: 社会システムの弱さ       |
| Resilience    | 回復力: 回復の速さ(うまく対応)    |



Hazard には不確実性が大きく、想定とは違う形で起こる可能性もある。  
それでも、上手く対応して回復を早める能力が resilience

## 3.1 災害への適応策のパターン

自然的なHazardは確率的に決まっており, コントロール不可能

＜可能な場合：火を使わない：予防＞

Exposure(曝露)を下げる：回避

- 土地利用規制, 高所移転, 施設配置の見直し
- 社会の在り方を変更する必要がある

Vulnerability(脆弱性)を下げる：防災

- 遮蔽, 隔離, 減勢, 強度向上 (防潮堤)
- 技術的適応策は, エネルギーや資金投入が莫大に

Resilience(回復性)を上げる：減災？

- 備蓄, 多重化, バックアップ
- 代替措置, 保険



# 3.1 災害への適応策のパターン

| 戦略            | 考え方            | シベリア<br>春洪水  | シベリア冬<br>道路事故  | 東日本大震災<br>津波    | 原発事故         |
|---------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|--------------|
| ハザード<br>リスク   |                | 流水と融水の洪水     | 薄い氷厚部の破壊・車両水没  | 大津波の来襲による破壊と浸水  | 原子炉破損と放射能の放出 |
| ハザードの<br>縮小化  | ハザードを人工的に小さくする | 上流の氷の爆撃      | 車両重量制限, 間隔制限   | (不可能)           | 原子炉を小さくする    |
| リスク回避<br>(長期) | 曝露の大きい場所を使わない  | 高台移転<br>集落移転 | 橋・トンネルを作る      | 高台移転            | 原発周辺を居住禁止    |
| リスク回避<br>(短期) | 一時的に避難する       | 事前避難         | 使用期間の制限        | 事前避難<br>避難ビルタワー | 事前避難？        |
| リスク軽減         | 脆弱性を小さく        | 河川堤防         | 氷厚増強           | 防潮堤, 強化         | 格納容器, 防護壁強化  |
| リスク分散         | 社会的影響軽減        | 春夏の2重居住      | 2台で走行<br>物資の備蓄 | 高台・海岸の2重居住      | 防護服・ヨウ素剤配布   |
| 事後対応          | 回復力を上げる        |              | 救命ボート          | ボランティア          | 放射線医療        |
| ファイナンス        | 回復財源確保         | 貯蓄(保険)       | (保険)           | 地震保険            | ？            |

# 曝露のコントロール： 危険な場所(時間)の利用を防ぐ

## 1) 自然災害に対する危険場所の限定(空間的回避)

- 蓄積によるポテンシャルの上昇と, 引き金による解放
- メカニズムに基づき危険場所がある程度限定可能→想定
- 地価の低下等の副作用を懸念し, 情報公開が進まない
  - 土地利用制限と災害保険

## 2) ぎりぎりまで危険を冒す行動の抑制(時間的回避)

- リスク的な行動の希少性と利益率(紀伊国屋文左衛門)
  - リスク的行動のメリットを打ち消す仕組み
  - 非常時前にサービスを打ち切る, 料金を上げる
- 避難の意思決定と相互作用
  - 避難行動には正の外部性がある
  - 無駄になった避難行動へのインセンティブ(褒美)も必要

# 脆弱性を下げる（防災）対策の限界

従来の防災対策は想定したハザードに対して脆弱性を下げる

ハザードの種類と規模を想定しなければ、政策が検討できない

想定以上のハザード（超過外力・計算外）の問題

- 海が見えない防潮堤の上を津波が超える
- 事前の対応が「仇」になる危険性もある
- 想定しなかったハザード（想定外）という問題
  - 思考停止になる.

# 社会システムの適応力 (レジリエンス) への期待

## 1)回復力への注目

- ソーシャルキャピタル, ボランティア, ファイナンス: 余裕
- 特定のハザード以外にも効果がある
- 想定を規模を超えても, そこまでの備えが無駄になりにくい

## 2)生業, 生活, 社会システムの変化過程と適応

- 経験的な進化により, 適応力が培われている

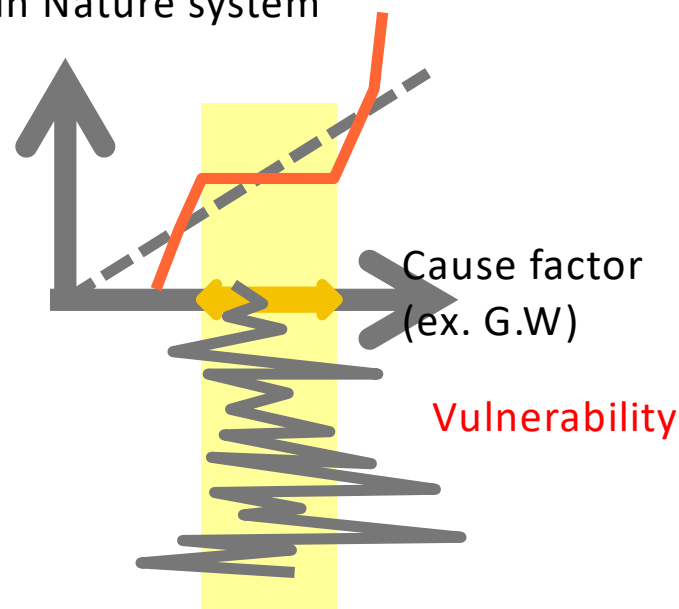
## 3)経験的適応の歴史依存(想定と同様に適用限界がある)

- 環境への過度な適応(成功体験)で, 新変化への対応はより困難に

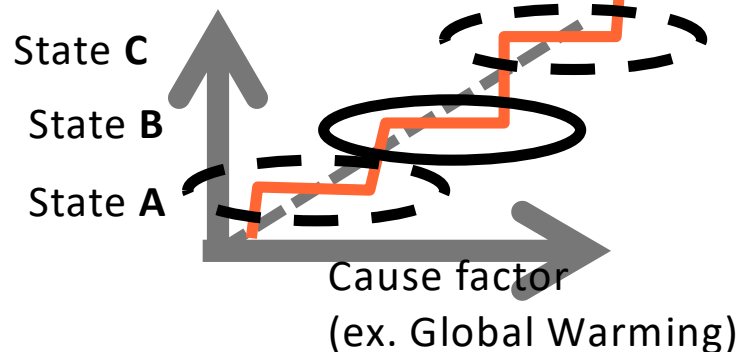
# エコシステムにおけるホメオスタシス

システム生物学によれば、生態系の中には安定化が生み出す負のフィードバックループがあり、外部からのショックや境界条件の変動を打ち消して現在の均衡状態に戻ろうとする力が働く

Physical output  
In Nature system



Physical Output  
In Nature system



There are more than  
two equilibrium states

状況は限られた状況の相(レジーム)の間を不連続に推移する。

# 経験科学・帰納科学の限界

## 人文社会科学

### 地域に蓄積されてきた

“Empirical Knowledge” を研究するため、他のレジーム（相）には適用が困難（内挿はできるが外挿できない）

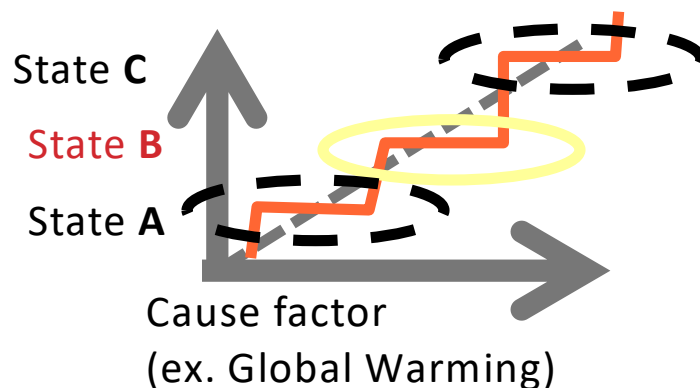
地域間比較，時代比較などレジーム間の比較を行うべき。

## 自然科学(物理科学)

より普遍的に成立する“nature rules” を研究するため、他のレジーム（相）についても外挿がやりやすい。

実証したもの観測したものだけを対象にする態度は問題

Output In Nature and social system



観察事実や、経験は、  
現在のレジームに対してしか蓄積できない

## 3.2 計算外、想定外への対応は？

初めて生じてくる問題への対応力をどのようにして高めるのか？

- 定型化ができない事案への対応なので、マニュアル化，訓練などは難しい.
- 人的，時間的な余裕が不可欠→その時に考える

## 3.2 計算外、想定外への対応は？

### 計算外・想定外対応のために

- 超過外力発生が予知できるか？前兆の認識
  - 超過外力発生が伝達できるか？
  - 行動を変化させることができるか？
- 
- 行動の単純化と対応を考える時間を作ること
  - 実行困難な最適策より実行可能な単純な方策を
    - 状況の推移を見ながら策を積み上げる

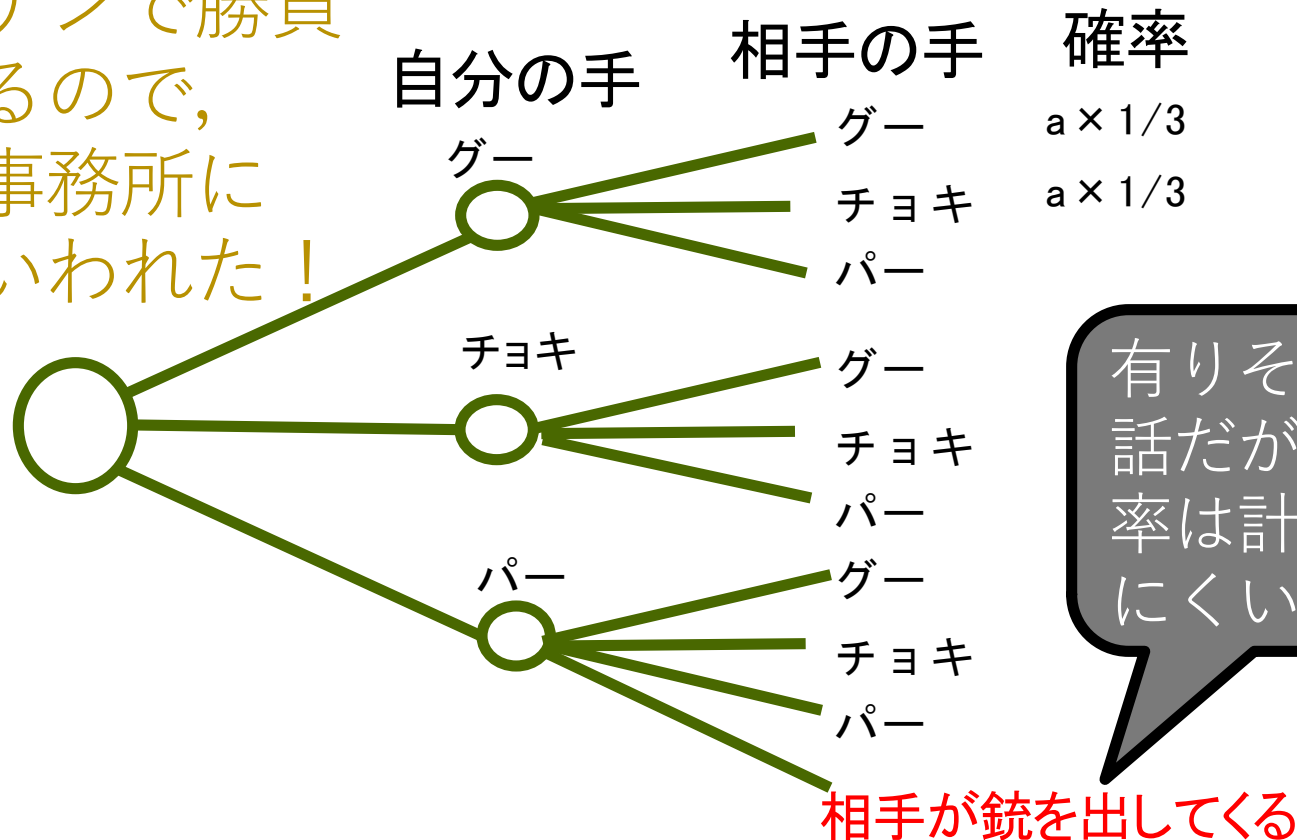


# 3.3 リスク, 不確実, 無知 (不可知)

## ETA Event Tree Analysis

事象の連鎖を木で表して, 確率を計算

ジャンケンで勝負  
をつけるので,  
暴力団事務所に  
来いといわれた!



### 3.3 リスク, 不確実, 無知 (不可知)

情報経済学の創始者 : Frank Knight

事象が列挙でき, 確率も計算できる **「リスク」**

ジャンケンでグーを出して負ける ⇒ 計算内

事象は列挙できるが, 確率は分からない **「不確実」**

ジャンケンで, 相手から銃で撃たれる ⇒ 想定内

事象も列挙できない **「不可知」**

ジャンケンの途中隕石が落ちてくる ⇒ 真の想定外

## 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

無駄になるかもしれないが、備える

ジャンケン勝負のため防弾チョッキを着る  
必要性を「量的」に説明することは困難

無駄に終わるかは、誰にも分からない

無駄になったら、何もなかったことを喜ぶべき

避難警報は、災害がなくても逃げる

「無駄な避難」をこそ、褒めてあげるべき

FTA(Fault Tree Analysis)故障木分析

最後の失敗事象(確率が分からなくても良い)  
を出発点にして発生条件を逆にたどる

前兆をつかむ:そこから必死に考える

「最善な行動」は無理でも、ベターな方法を試す！

## 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

### BESTでなくてもBETTERを試す

- ✦ 日本社会における対応能力減退の不安
  - ✦ 「専門家, 他人の登場を待つ」
  - ✦ KY: 空気が読めない
    - ✦ 「空気を読んで, 手を出さない」
- ✦ 日本社会は, 結果で判断されがち
  - ✦ 「とにかく可能性のありそうなものを試す」ということに慣れていない
  - ✦ 経験がなく, 想定が困難な出来事に対してうまく対応できなくて当たり前, 失敗を恐れない

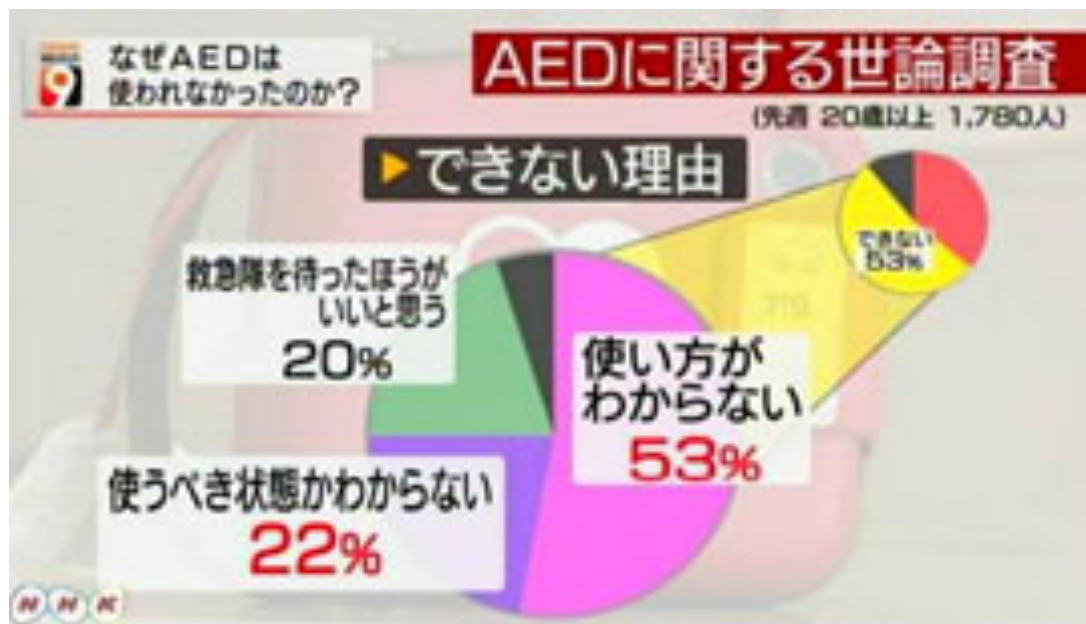
### 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

すぐに自分の手で、問題を解決できますか？



## 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

### 蔓延する【不安】と対策

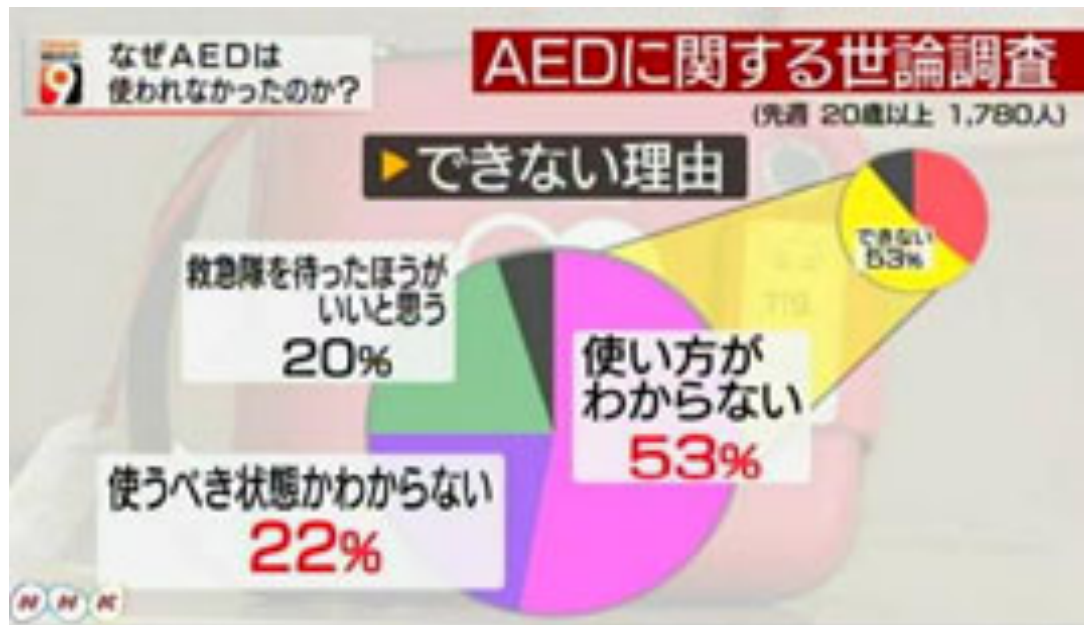


必要のない人に、  
電気ショックを与  
えて悪化させるの  
ではないかという  
不安がある。

NHKニュースウォッチ9 ホームページより  
2014年4月22日放送「AED迷わず使う」

## 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

### 蔓延する【不安】と対策



必要のない人に、電気ショックを与えて悪化させるのではないかという不安がある。

NHKニュースウォッチ9 ホームページより  
2014年4月22日放送「AED迷わず使う」

**AEDには、心電図を測定し、電気ショックを与えるべきかどうかを判断する機能が付いている。  
まずは装着して、スイッチを入れればよい**

## 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

### やったことのないことは、うまくできない

- ありうる状況をできるだけたくさん想定し、想定外をなくす
- いろいろなことを実際にやっておく(訓練・シミュレーション)
- 難しい事柄, モノに対して, 簡単な原理を理解しておく  
「消火器はバケツの水のちょっといいもの」という理解



## 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

### 「稲むらの火」の物語



安政元年(1854年)安政南海地震による津波  
和歌山県広川町では死者36名、全家屋が被害  
浜口梧陵は、水田の稲むらに松明で火をつけ避難させた  
その後私財を使い高さ5m、延長600mの堤防を築いた

## 3.4 「不確実」な事象への対応戦略

### めったに経験しないことへの対応は不可能

#### 「稲むらの火」の物語

- 江戸時代末期の和歌山県広村
- 醤油製造を営む豪士：浜口五兵衛(梧陵)
- 安政大津波時，稲むらに火をつけて避難誘導
  - 津波という低確率現象への対応を人々に教育することは困難だが，火事なら対応が明確
- 「めったに起きないこと」への対応を「よく起きること」への対応に置き換えた

## 3.5 災害における不確実性への対応戦略

対応の種類を少なくし、**迷わせない**

地震，津波，火災，水害でも同じ避難先へ  
(各状況に対しては最適ではないかも)

**早めのアラーム，体制を作る時間を稼ぐ**

人命の確保だけを図り，時間を稼ぐ

問題の発生を「見える」化し，監視する

**複雑な判断を急いで行わない**

問題を分割，段階的対応

行き止まりにしない、次の行動を可能に

**災害対応用の資材，人員，資金，空間の余裕**

余裕のある外部組織との事前協定

## 3.5 災害における不確実性への対応戦略

多くの事態への対応を共通化し、まとめる

イベントツリーを，右側でまとめる。

消防署への道路は，どんな災害でも重要！

不確実性への備えに別の意味をつける

祭りやスポーツなど，備えに別の意味を持たせて継続（災害対応の文化化）

多目的化，汎用化

災害対応用の空地や施設を別の用途で使う  
あらゆる計画での災害対応機能の想像（防災の主流化）

施設計画で災害時の機能を想像して考慮

## 4. 「最適化」よりも重要なこと

社会には不確実性が溢れており、さらに価値観(目的)の異なる多数の利害関係者(ステークホルダー)が存在する

- 「何を目的関数に取り上げるのか」で紛糾する危険性
  - 目的関数の選択が合意できても、関数に含まれるパラメータの変動で、最適解が望ましい結果をもたらさない危険性
- 感度分析(パラメータ変動の影響分析)などを実施し、問題の構造を把握・理解し、異なる目的関数間の両立可能性や、変動への解の頑健性を確認しておくことが望ましい
- 目的が異なっているにもかかわらず、「最適解」が同じ・近いかもしれない

「最適な選択・完全な合意」は非現実的  
「悪くない選択・まずまずの合意」を目指せばよいのでは？

## 4. 「最適化」よりも重要なこと

### 陥りがちな議論：目標像＋道筋

**明確な【目標像】を示すべきである**

その上で、到達する道筋を設計すべき  
着実に進捗管理をして進める

- 計画条件が明らかで、方向性もほぼ自明な場合で無ければ、土台無理な話
- 「最適な計画が可能」というのは幻想？

**「悪くない選択・まずまずの合意」を目指せばよいのでは？**

**自治を通して「学習」していく効果にも期待したい**

## 4. 「最適化」よりも重要なこと 災害の経験を生かすために

「正しい選択」「完全な正解」がないとすれば

- 間違いのない効率的な「上からの指導」は無理

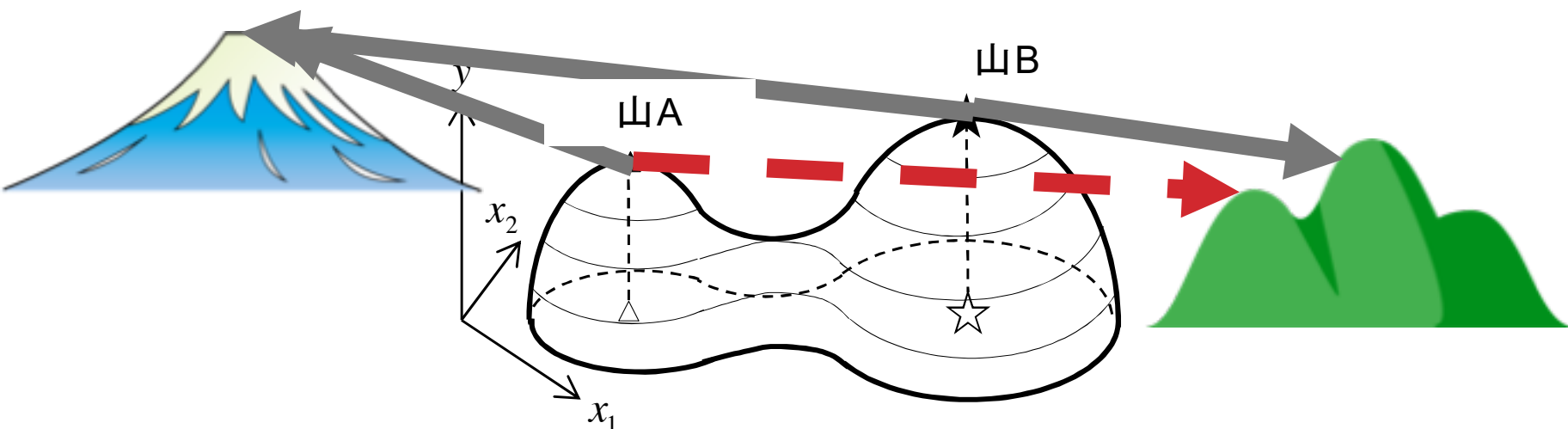
**実践の中でそれぞれの立場で学ぶ**

- 一緒に考え、失敗し、学んでいく仲間
  - 三重県の職員は岩手県の職員と一緒に考える
  - 尾鷲市の職員は、大船渡市の職員と一緒に学ぶ
- 類似する自治体のペアリング体制
  - 既存のつながりだけでは、抜け落ちが生じる

## 4.2 「地形」の理解と協力

富士山の眺めの良い山に行くか(A)

八ヶ岳の眺望の良い山に行くか(B) 葛藤中



山Aからは富士山しか見えないが、山Bからは八ヶ岳も富士山も両方眺望できる。

→今回は山Bに協力して出かける

最適解だけでなく、周囲の地形を知ると、話が広がる。



## 4.3

# 都市の空間構造をめぐる トレードオフ構造の分析

第**57**回土木計画学研究発表会

**2018/6/9**

計量計画研究所 磯野 昂士

東北大学 奥村誠

# 集約型都市構造に関する既存研究

単一の「**計画規範**(交通環境負荷, 都市運営費etc)」に関する指標の改善に対する集約型都市構造の有効性

- 堀ら(1999), 小島ら(2004), Yinら(2011), 根市ら(2004)

➤**複数の計画規範が同時に達成可能か？**

本研究で用いるモデル (磯野・奥村(2017))

**多様な計画規範を取り扱う**

**多時点の都市構造最適化モデル**

# トレードオフ分析のための計算対象

## 仮想都市のイメージ

### 計算対象：13地区から構成される仮想都市

- 地区の大きさ：地区内を徒歩で移動できる程度
- 都市の総人口：25,000人（初期）程度
- 各地区にインフラを設置可能
- ひとつの地区にのみ中心的施設を設定可能
- 各地区を結ぶ公共交通を設置可能

### 計算期間：4期

- 1期25年として100年分
- 1期に3世代が共存し計6世代が存在

第1期 世代1  
世代2  
世代3

第2期 世代2  
世代3  
世代4

第3期 世代3  
世代4  
世代5

第4期 世代4  
世代5  
世代6

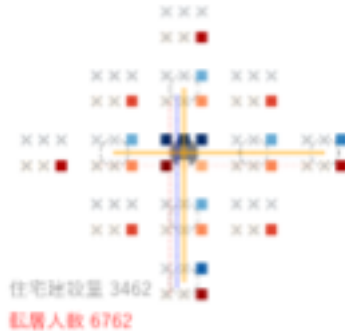
▲4期分の  
都市構造を計算

# モデルの計算結果（例）

第1期



第2期



⋮

第4期



## モデルで求まるもの

- ◆居住地分布
- ◆居住者分布
- ◆住宅分布
- ◆公共交通ネットワーク
- ◆中心的施設の立地

×4時点

人口：



居住地：○

住宅ストック：



中心地：●

# トレードオフ構造分析の手法

## 都市構造最適化モデル | 目的関数と操作変数

**目的関数：** 多世代の各計画規範を金銭価値に合わせて表現し加算

$$\sum_{g \in \text{世代}} \sum_{r \in \text{規範}} \text{費用}_{g,r}$$

世代 = {1, 2, 3, 4, 5, 6}

規範 = {インフラ維持費, 交通負荷, 転居心理的成本, 建設費}

**操作変数：**

1. 各時期の都市構造
2. 各時期の生活パターン
3. 時期間の都市構造の変化

### 最適化問題の具体的な操作変数

#### 1. 各時期の都市構造

地区別インフラ有無(0-1)  
 中心的施設の場所(0-1)  
 公共交通の有無(0-1)

#### 2. 各時期の生活パターン

生活に係るOD別交通量  
 地区別の居住者数

#### 3. 時期間の都市構造の変化

転居人数  
 住宅建設量  
 インフラ建設の有無(0-1)  
 中心地建設の有無(0-1)  
 公共交通建設の有無(0-1)

# トレードオフ構造分析の手法

## 都市構造最適化モデル | 制約条件（一部抜粋）

### 人口に関する制約

- ◆ 期をまたいだ転居により次期人口分布が決まる
- ◆ 住民には交通弱者が一定の割合で存在
- ◆ インフラの存在地区にのみ住民が存在可



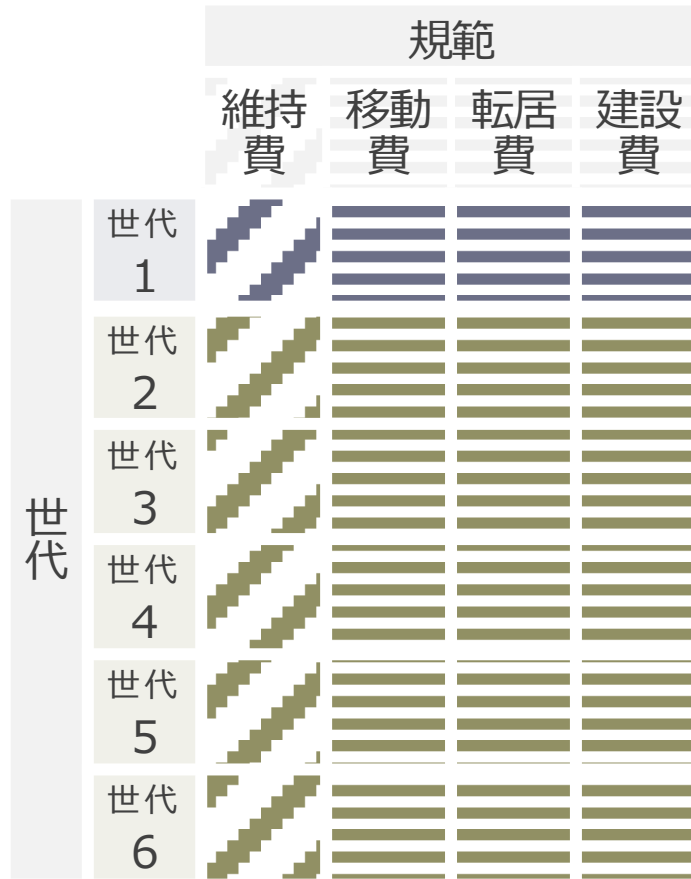
### 活動に関する制約

- ◆ 都市内の中心的施設（**中心地**）に一定の頻度で住民が通う
- ◆ 交通弱者は自動車を利用できず公共交通でのみ移動可能
- ◆ 自動運転の普及に伴い交通弱者が減る

### 住宅に関する制約

- ◆ 住宅は老朽化し、寿命を迎え、新規建設によって増加

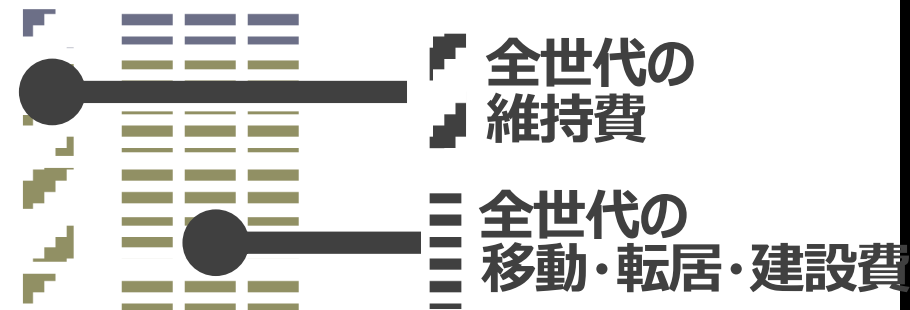
# パレート最適の計算手順



▲ 目的関数を…



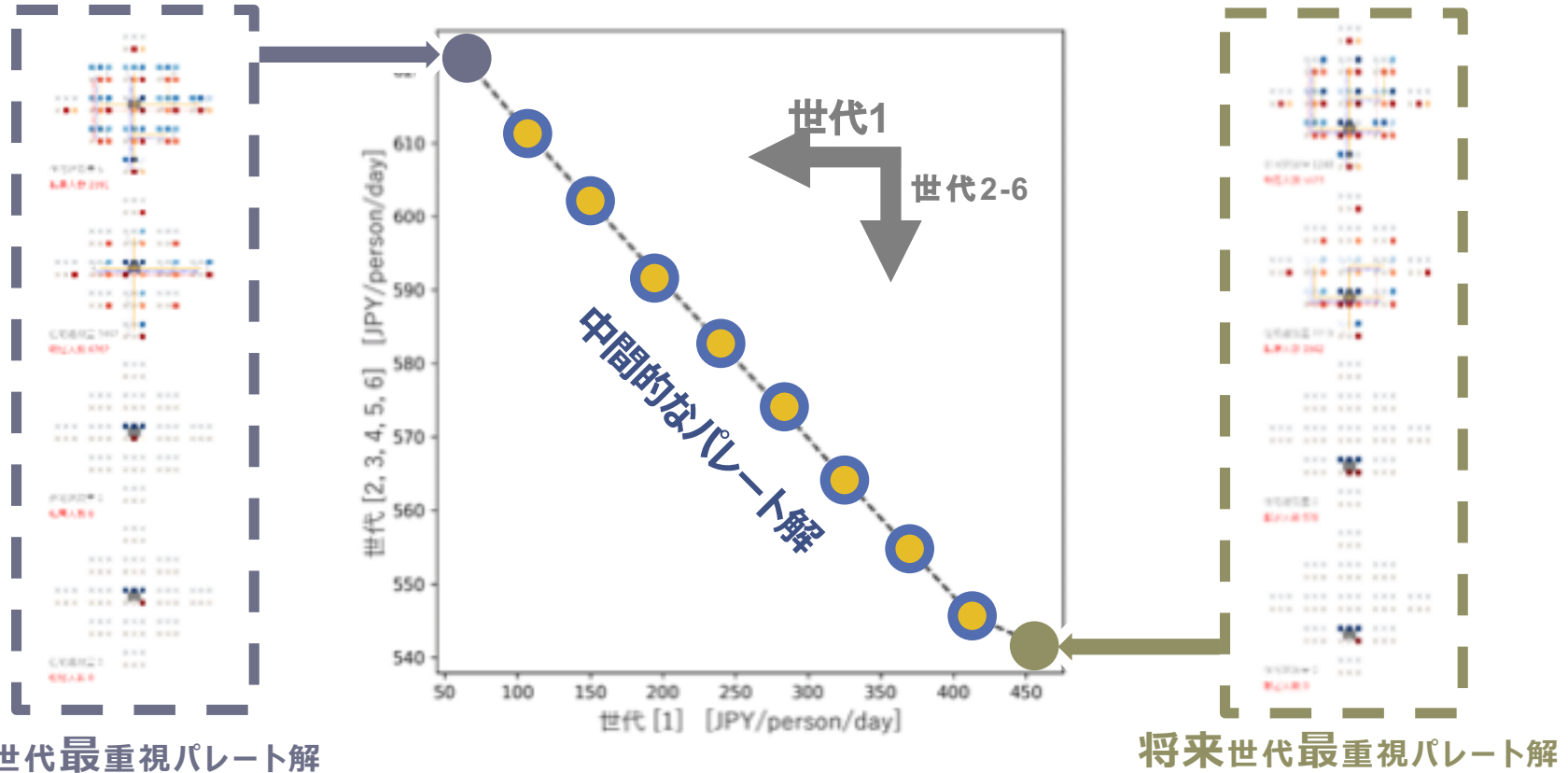
▲ 世代で分割



▲ 規範で分割

# 最適解と目的関数の達成値の図示

例) 世代1と世代2,3,4,5,6のパレート最適解



パレート最適を計算しトレードオフを確認できる



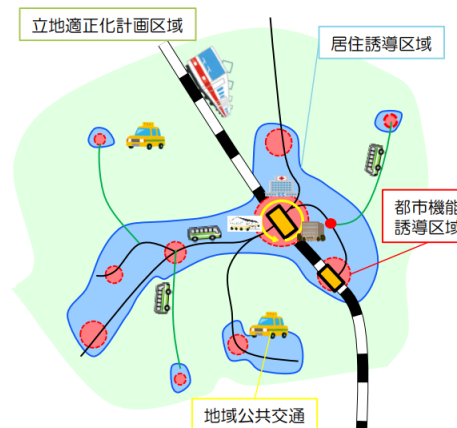
# 都市構造の決定事項に選択の余地があるか？

パレート解を  
多数計算



パレート最適解で  
**同一の値**をとる操作変数

その選択をめぐって  
**トレードオフが存在しない**



**大筋の**都市構造の計画

パレート最適解で  
**異なる値**をとる操作変数

その選択をめぐって  
**トレードオフが存在する？**



**詳細な**都市構造の計画

容易に決められる**大筋の都市構造の計画**があるのでは？

# 本研究の目的

都市構造の計画のうち

**トレードオフが存在せず容易に合意形成できる  
大筋の計画とは何を決めることなのか**

を明らかにする

## 本研究のアプローチ

多様な都市構造を計算できるモデルを用いて  
多様なステークホルダー間のパレート最適解を計算し  
いずれのパレート解でも同一の値を取る操作変数に着目  
操作変数の決定がトレードオフの関係を大きく変えるか

# 計算の全体像

|      | 世代間分割（分割番号） |      |      |      |      |
|------|-------------|------|------|------|------|
| 自動運転 | 世ア          | 世イ   | 世ウ   | 世エ   | 世オ   |
| なし   | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |
| 低    | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |
| 中    | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |
| 高    | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |
|      | 規範間分割（分割番号） |      |      |      |      |
| 自動運転 | 規カ          | 規キ   | 規ク   | 規ケ   | 規コ   |
| なし   | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |
| 低    | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |
| 中    | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |
| 高    | 解×10        | 解×10 | 解×10 | 解×10 | 解×10 |



例)世アの  
分割パターン



例)規キの  
分割パターン

世代・規範の分割×自動運転シナリオ×パレート解10個

=400のパレート解

## 本研究の分析手順

400あるパレート最適解を確認して

操作変数

ア) 各期の中心地の場所

中心地の場所×4期

イ) 最終的な居住地の場所

居住地の場所(最終期)

ウ) 居住地の集約プロセス

居住地の場所×4期

の3点について,

Step1. パレート最適になる操作変数の値に違いがあるか

Step2. 操作変数の決定がトレードオフの関係を变えるか

を確認する

## ア) 各期の中心地の場所

Step1. パレート最適になる操作変数の値に違いがあるか

400あるパレート最適解を確認して

|          | 最終期の中心地の<br>場所の違い | 時期をまたぐ<br>中心地の移転 |
|----------|-------------------|------------------|
| 世代分割 ア～オ | あり                | なし               |
| 規範分割 カ～コ | あり                | あり               |

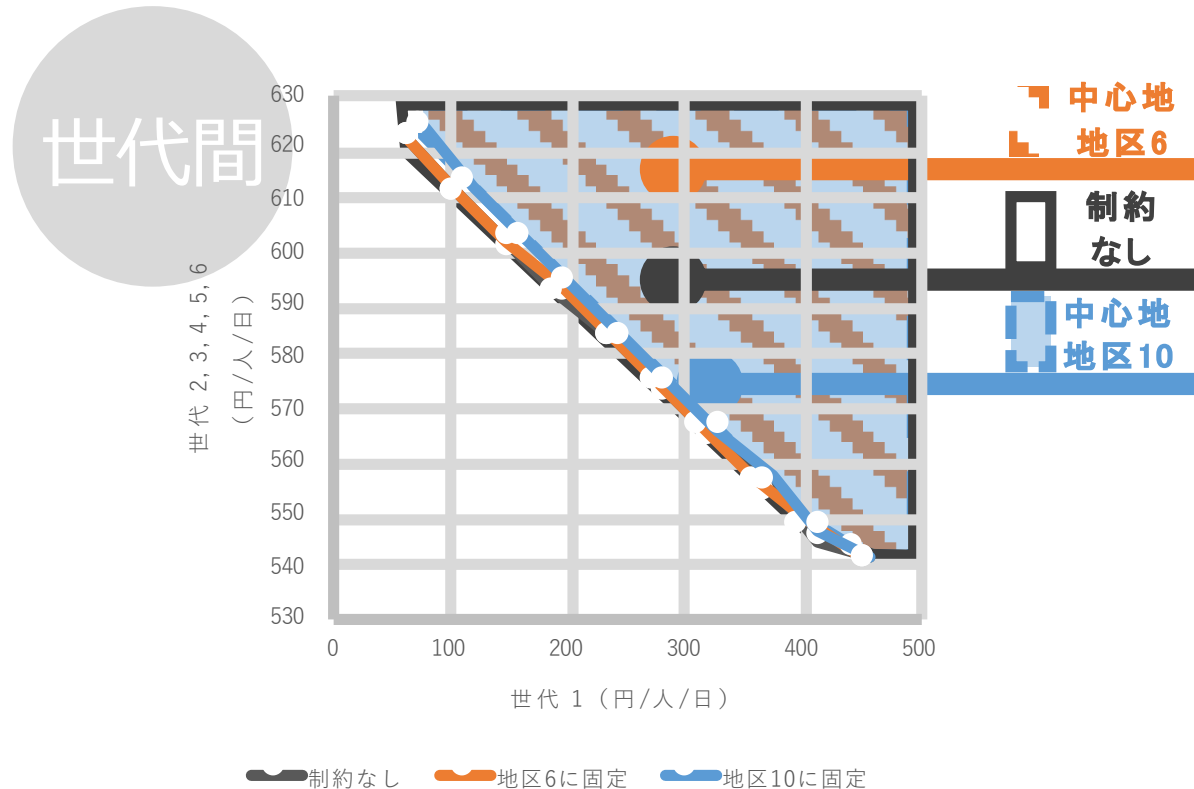
中心地の場所の変遷をめぐってトレードオフ？



Step2. 中心地の場所を固定する制約を追加して  
実行可能領域が変化するか確認

# ア) 各期の中心地の場所

Step2. 操作変数の決定がトレードオフの関係を変えるか



自動運転「なし」世代分割ア  
中心地が地区6の解と地区10の解にそれぞれ固定する  
制約を追加した場合の実行可能領域

中心地の場所  
を固定



実行可能領域  
大差なし

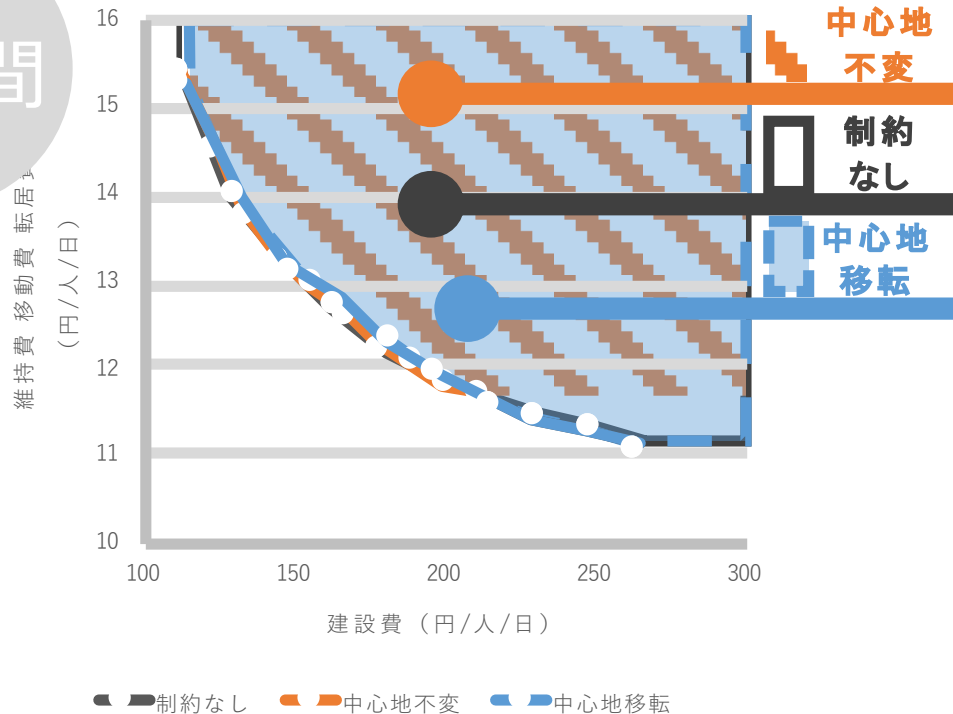


場所をめぐる  
トレードオフなし

## ア) 各期の中心地の場所

Step2. 操作変数の決定がトレードオフの関係を変えるか

規範間



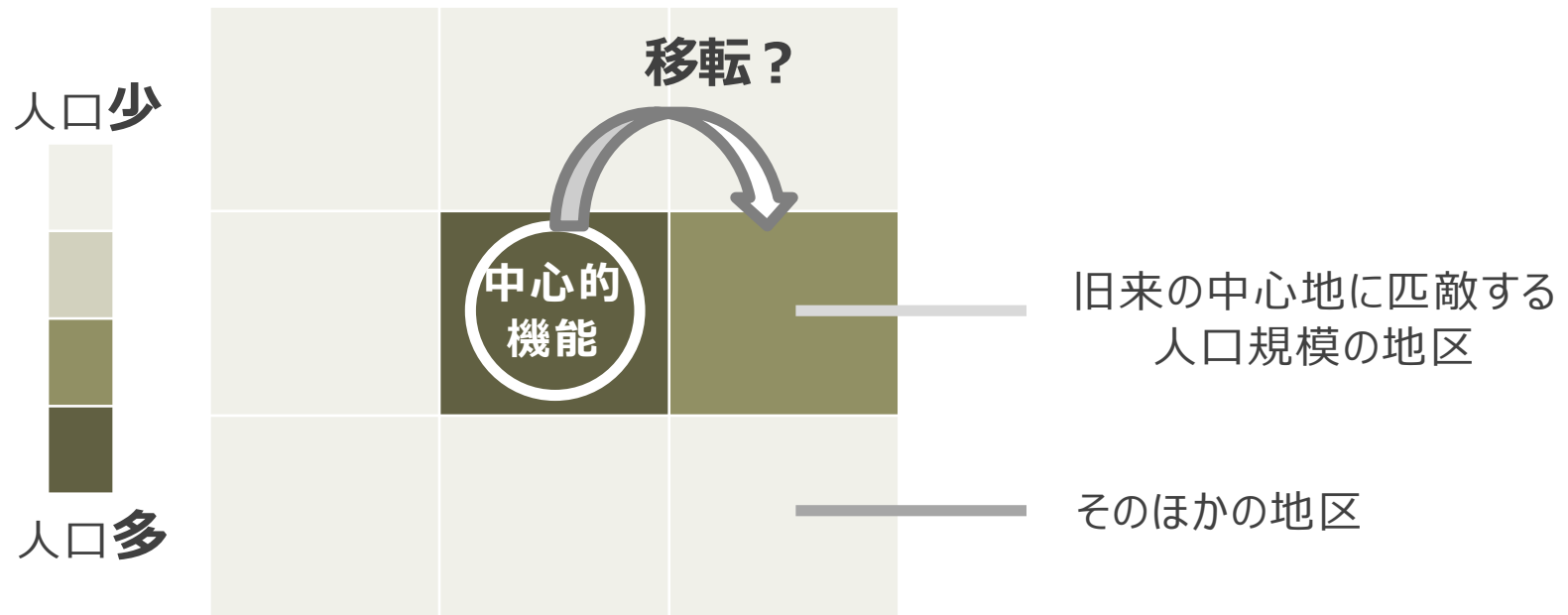
自動運転「中」規範分割ク

中心地が動かなかった解と移転した解のそれぞれに固定する  
制約を追加した場合の実行可能領域

中心地の場所  
を固定実行可能領域  
が制限移転をめぐる  
トレードオフあり

## ア) 各期の中心地の場所 | まとめ

各期の中心地の場所をめぐって**規範間**にトレードオフ



人口の多くない地区へ移転することはパレート最適でない



# イ) 最終的な居住地の場所

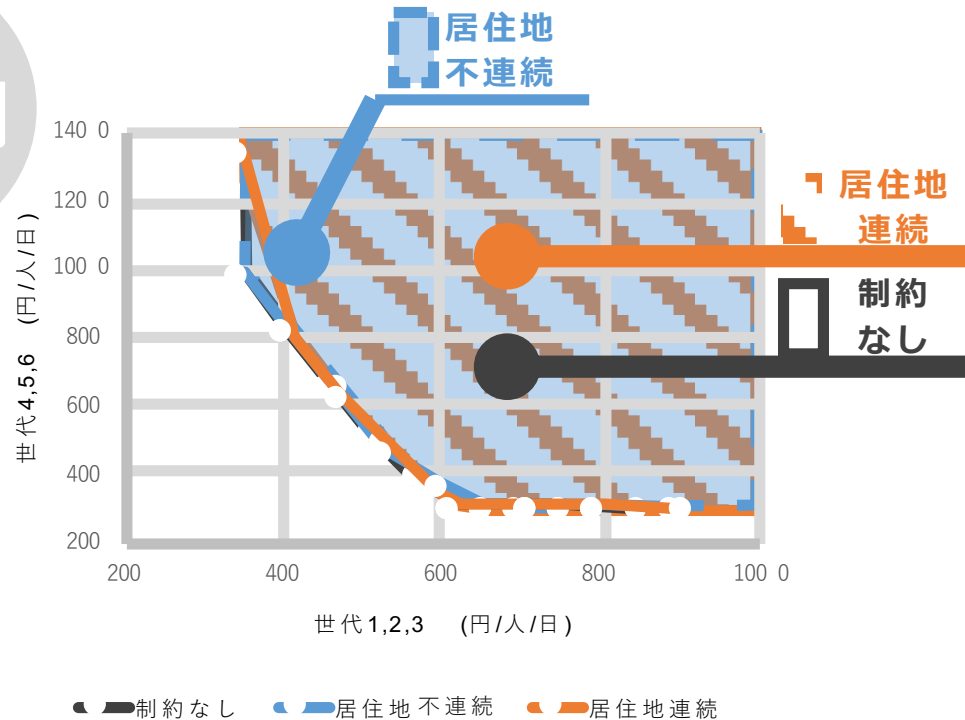
Step1. パレート最適になる操作変数の値に違いがあるか

交通費削減のためには居住地は連続するのが合理的

|      | 世代間分割（分割番号） |     |     |     |     |
|------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 自動運転 | 世 ア         | 世 イ | 世 ウ | 世 エ | 世 オ |
| なし   | 連続          | 連続  | 連続  | 連続  | 連続  |
| 低    | 連続          | 連続  | 連続  | 連続  | 連続  |
| 中    | 連続          | 連続  | 連続  | 連続  | 連続  |
| 高    | 連続          | 連続  | 不連続 | 不連続 | 連続  |
|      | 規範間分割（分割番号） |     |     |     |     |
| 自動運転 | 規 カ         | 規 キ | 規 ク | 規 ケ | 規 コ |
| なし   | 連続          | 連続  | 連続  | 連続  | 連続  |
| 低    | 連続          | 連続  | 連続  | 連続  | 不連続 |
| 中    | 連続          | 連続  | 連続  | 連続  | 不連続 |
| 高    | 連続          | 連続  | 不連続 | 連続  | 不連続 |

# イ) 最終的な居住地の場所

Step2. 操作変数の決定がトレードオフの関係を変えるか



自動運転「高」世代分割エ  
 居住地が離散的だった解と連続的だった解の  
 それぞれに固定する制約を追加した場合の実行可能領域

最終期の  
 居住地分布を固  
 定



実行可能領域

制限



最終期の居住  
 地分布をめぐる  
 トレードオフあり

## イ) 最終的な居住地の場所 | まとめ

### 居住地維持を合理的にする性質：

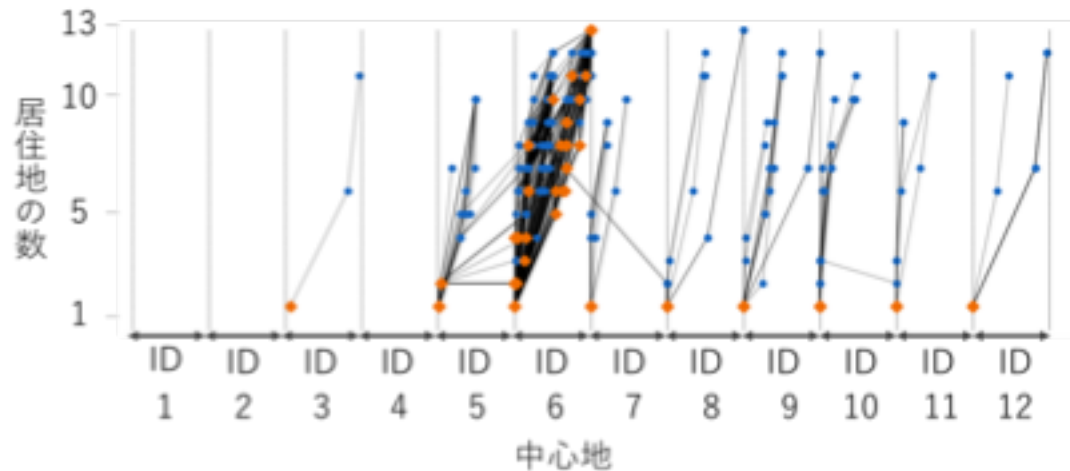
- ◆中心地に近く、移動費を削減できる
- ◆第0期に若年層が多く、転居費を削減できる
- ◆第0期において新しい住宅が多く、建設費を削減できる



これらの性質を満たさない地区を居住地として残すかどうか  
をめぐるとレードオフは存在しない

## ウ) 居住地の集約プロセス

Step1. パレート最適になる操作変数の値に違いがあるか



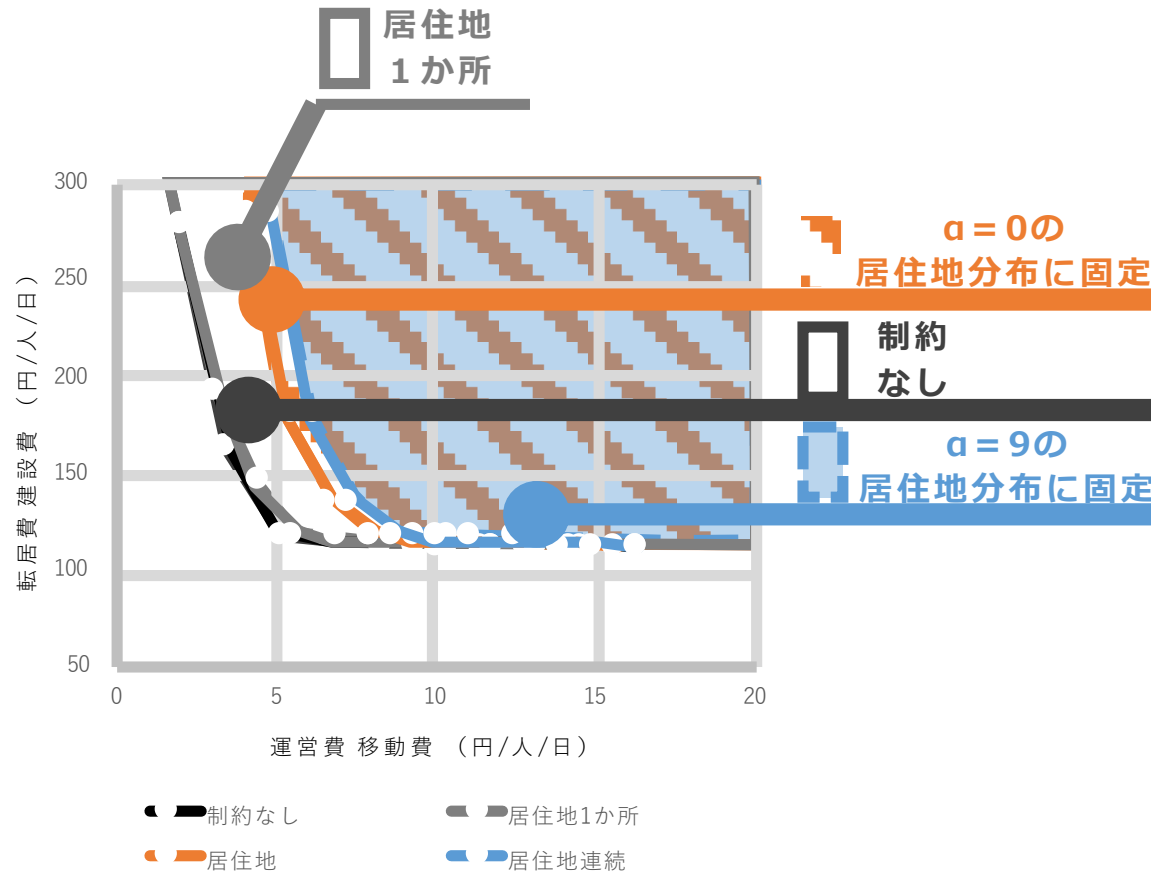
**居住地集約プロセスは多様**  
(操作変数：各期の居住地分布)



**各期の居住地分布を固定する制約**を追加して  
**実行可能領域が変化するか**確認

# ウ) 居住地の集約プロセス

Step2. 操作変数の決定がトレードオフの関係を変えるか



各期の居住地  
分布を固定



実行可能領域  
制限



各期の居住地  
分布をめぐる  
トレードオフあり

自動運転「高」規範分割コ  
最終期の居住地分布を固定する制約を  
追加した場合の実行可能領域

# 本研究のまとめ

ア) 都市の中心地の場所の変遷

イ) 最終的な居住地の場所

ウ) 居住地集約プロセス

トレードオフ 大部分 **なし**

トレードオフ

**あり**

**大筋**

**詳細**



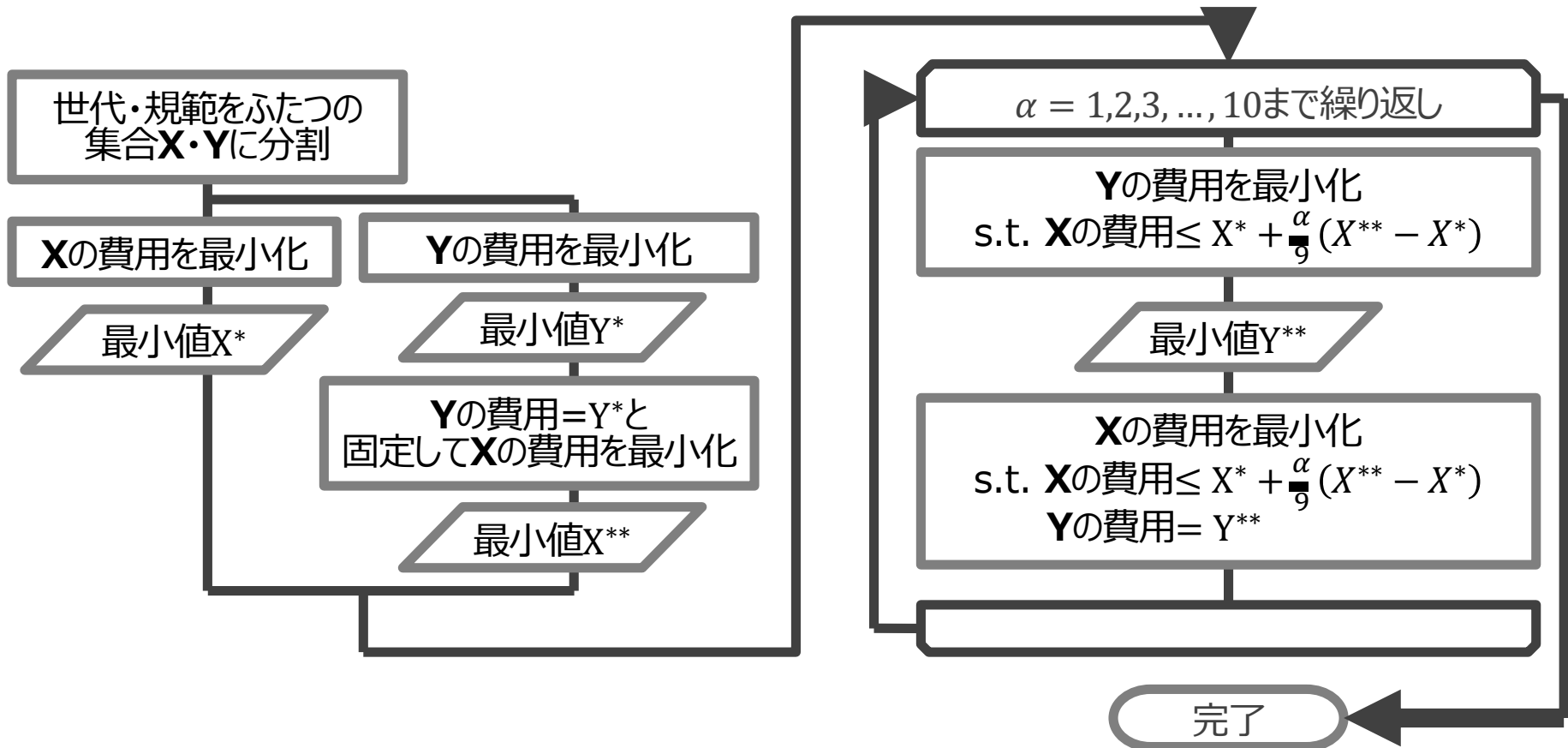
容易に決定できる

トレードオフの存在しない大筋の計画問題が存在する

# 参考文献

- 1) 国土交通省：新しい時代の都市計画は何かにあるべきか、<https://www.mlit.go.jp/singikai/infra/toushin/images/04/021.pdf>（参照2017.4.21）
- 2) 堀谷人，細見昭，黒川光：自動車エネルギー消費量から見たコンパクトシティに関する研究－宇都宮都市圏の2時点におけるPTデータを用いて，都市計画論文集，No.33，pp.73-78，1988.
- 3) 小島浩，吉田朗，森田哲夫：環境負荷を小さくするための都市構造及び交通政策に関する研究－仙台都市圏を対象として－，都市計画論文集，No.39-3，pp.541-546，2004.
- 4) 中道久美子，村尾俊道，義浦慶子，谷口守：転居前後の自動車利用変化とそれによるCO<sub>2</sub>排出量削減のための意識啓発を考慮した都市コンパクト化施策の検討，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol. 67，No. 3，pp.300-310，2011.
- 5) YIN Yanhong，溝上章志：効用水準とエネルギー消費量に影響を与える都市構造と交通特性に関する研究，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol. 67，No. 5 pp.1\_271-1\_281，2011.
- 6) 安立光陽，鈴木勉，谷口守：コンパクトシティ形成過程における都市構造リスクに関する予見，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol. 68，No. 2 pp.70-83，2012.
- 7) 菊地亮太，室町泰徳：ネットワーク型コンパクトシティにおける公共交通維持のための都市構造に関する研究，都市計画論文集，2016，51.3: 703-708.
- 8) 根市政明，土屋貴佳，室町泰徳：都市のコンパクト化による都市施設マネジメント費用の変化に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol. 24，pp. 217-222，2004.
- 9) 肥後洋平，森英高，谷口守：「拠点へ集約」から「拠点を集約」へ－安易なコンパクトシティ政策導入に対する批判的検討－，都市計画論文集，No.49-3，pp.921-926，2014.
- 10) 富田安夫，寺嶋大輔：CUE 型土地利用・交通モデルを用いた都市内人口分布の最適化手法，土木計画学研究・論文集，vol.21，pp.225-232，2004.
- 11) 青野隆仁，長尾征洋，戸川卓哉，加藤専和，佐野充：QOL指標を用いた撤退，再集結地区選定への遺伝的アルゴリズムの適用，旧上越市を対象として，土木計画学研究，講演集，Vol.43，CD-ROM(284)，2011.
- 12) 国土交通省：国土形成計画（全国計画）（参照2016-2-5）<http://www.mlit.go.jp/common/001100233.pdf>
- 13) Gurobi Optimizer Reference Manual（参照2015-12-28）<http://www.gurobi.com/documentation/6.0/refman/>
- 14) 近畿運輸局：地域公共交通の確保・維持・改善
- 15) 上田孝行，堤盛人，武藤真一，山崎清：わが国における応用都市経済モデル－特徴と発展経緯－，応用地域学会，2008.11.
- 16) 磯理昂士，奥村誠：コンパクトシティ政策における複数の計画規範のトレードオフ構造の分析，都市計画論文集，No.52-3: pp.413-420，2017

# 付録 | 分析フロー





## 5. 終わりに: 俯瞰力、メタ設計

戸惑いを生まないような、地形のあり方

困らない形に社会の地形を改変するメタ設計？

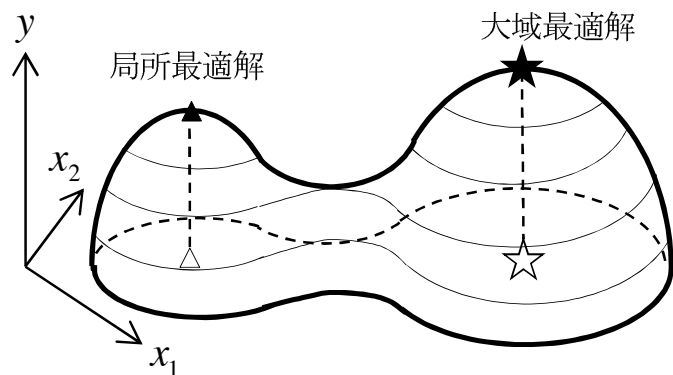


図 5.1 局所最適解が複数ある場合

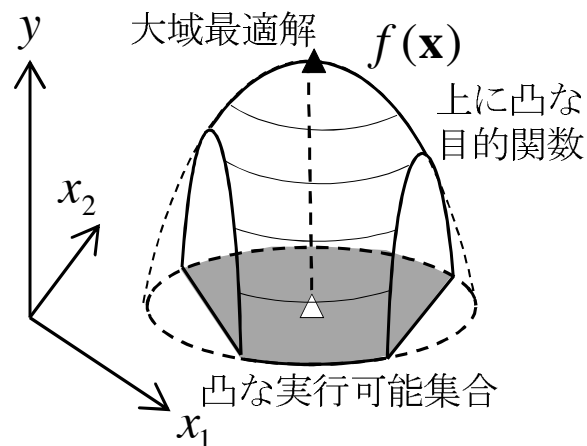


図 5.2 凸計画問題の局所最適解は唯一となる

ご静聴ありがとうございました

東北大学災害科学国際研究所  
奥村 誠

Makoto.okumura.b6@tohoku.ac.jp