

日本OR学会春季研究発表会 成蹊大学 2025.03.06

# 浅草観光スポットの回遊を表現するモデル

(株)ベクトル総研 田口 東, 山田武志



流動システム開発・解析  
Vector Research  
Institute, Inc.

株式会社ベクトル総研

<https://vri.co.jp/>

最終更新日時 : 2025/04/02

# 検討経緯、本稿の目次

扱う 移動手段	1 大田区 (蒲田周辺)		2 江東区 (豊洲周辺)	3 台東区 (浅草周辺)	
	a	b	a	a	b
徒歩移動 (回遊)					
鉄道					
バス					

●：当該論文での検討主対象

- 1-a 新空港線（東急多摩川線と京急空港線蒲田駅接続）の鉄道利便性に対する効果の検証、2022
- 1-b JR蒲田駅東西自由通路新設による交通利便性向上の検証（地域の大病院へのバス等でのアクセス向上効果）、2023
- 2-a 東京BRT(Bus Rapid Transit)と地下鉄8号線、臨海地域地下鉄建設による交通利便性向上の試算、2024
- 3-a 台東区交通ネットワーク 歩行、バス、鉄道を一体として扱うネットワークモデル、2024
- 3-b 浅草観光スポットの回遊を表現するモデル、2025 【本稿】

## ● 本稿の目次

- ・ 考えたいこと
- ・ 数理計画問題
- ・ スポット滞在効用関数
- ・ 回遊経路の効用
- ・ 回遊を表現する時間拡大ネットワーク
- ・ 訪問順序を試す(近傍探索法) | 定式化に関わる課題
- ・ スポットの混雑をモデルに取り入れる
- ・ 浅草地区回遊計算のケーススタディ
- ・ 新しい観光スポットへ来訪者計算

## <今後の検討用資料>

- ・ 利用者均衡配分を模擬した計算方法
- ・ 回遊スケジュールの再計算



# 考えたいこと

## ■ 社会的な課題

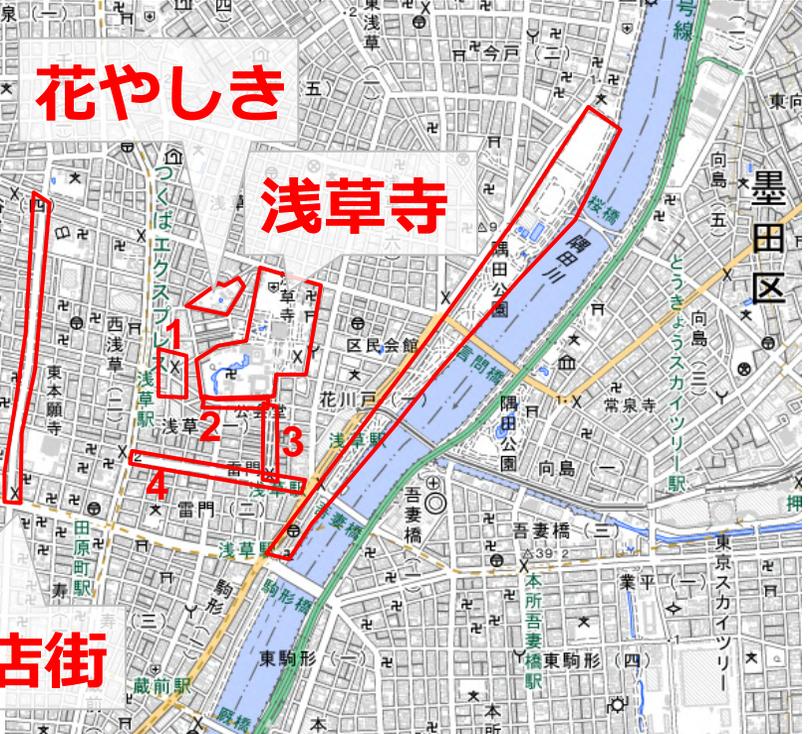
- ・ 多くの人に来訪してもらい、賑わいを作り出したい。
- ・ 来訪者が過剰な場合は、季節、時刻、場所を広げるようにして 平準化する

## ■ 回遊行動の表現方法

対象地域に観光スポットが複数ある。来訪者は地域内を移動しながら興味のあるスポットのいくつかを訪問して退去する。

このような人の動きを目的関数と制約条件を使って、数理計画問題として表現する。

施設の魅力は重要な要素であるが、ここでは訪問者数と滞在時間のみ考慮する。



地図出典：国土地理院ウェブサイト  
(<https://www.gsi.go.jp/kikakuchousei/kikakuchousei40182.html>)



## 欲望MAX! 何をしたいくて浅草へ来たの?

来訪者は**期待**を満たすために観光スポットを訪問して、時間を消費として**満足**して帰宅。

### 制約

来訪者は到着から退去するまでの時間（の上限） $T$ を定めていて、 $T$ を各スポットの滞在と地域内の移動に配分する。

### 効用（目的関数）

効用 $v$ （期待と満足）は人とスポット $s$ によって定まる、滞在時間 $t$ の非減少関数である。  
回遊による効用はそれぞれの効用の和とする。

滞在時間と獲得する効用の関係を得るのは難しそうであるが、訪問客の振る舞いから想像できる。

たとえば、

国立科学博物館 見るもの多くて滞在時間は長そう！

浅草寺 短い人は写真を撮影して終わり、普通はお清めしてお参りして退散。  
滞在時間は余り長くなさそう！

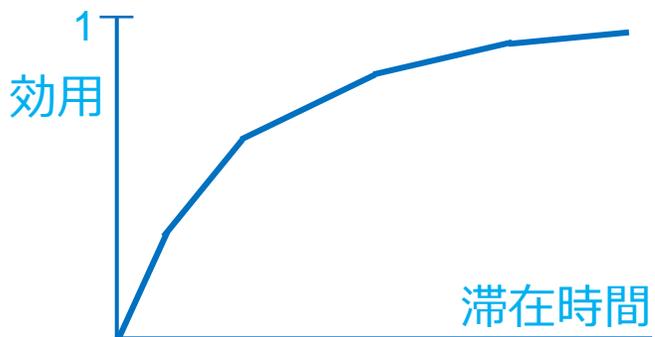
施設の特徴を表現する重要な量である。また、計画段階で使うと人の動きの制御と関連付けて考えることができる。



# スポット滞在効用関数

## 効用関数

スポット $s$ の滞在中で得られる効用を滞在時間 $t$ の非減少関数であると仮定する。最大値を1に基準化した関数 $v_s(t)$ と、



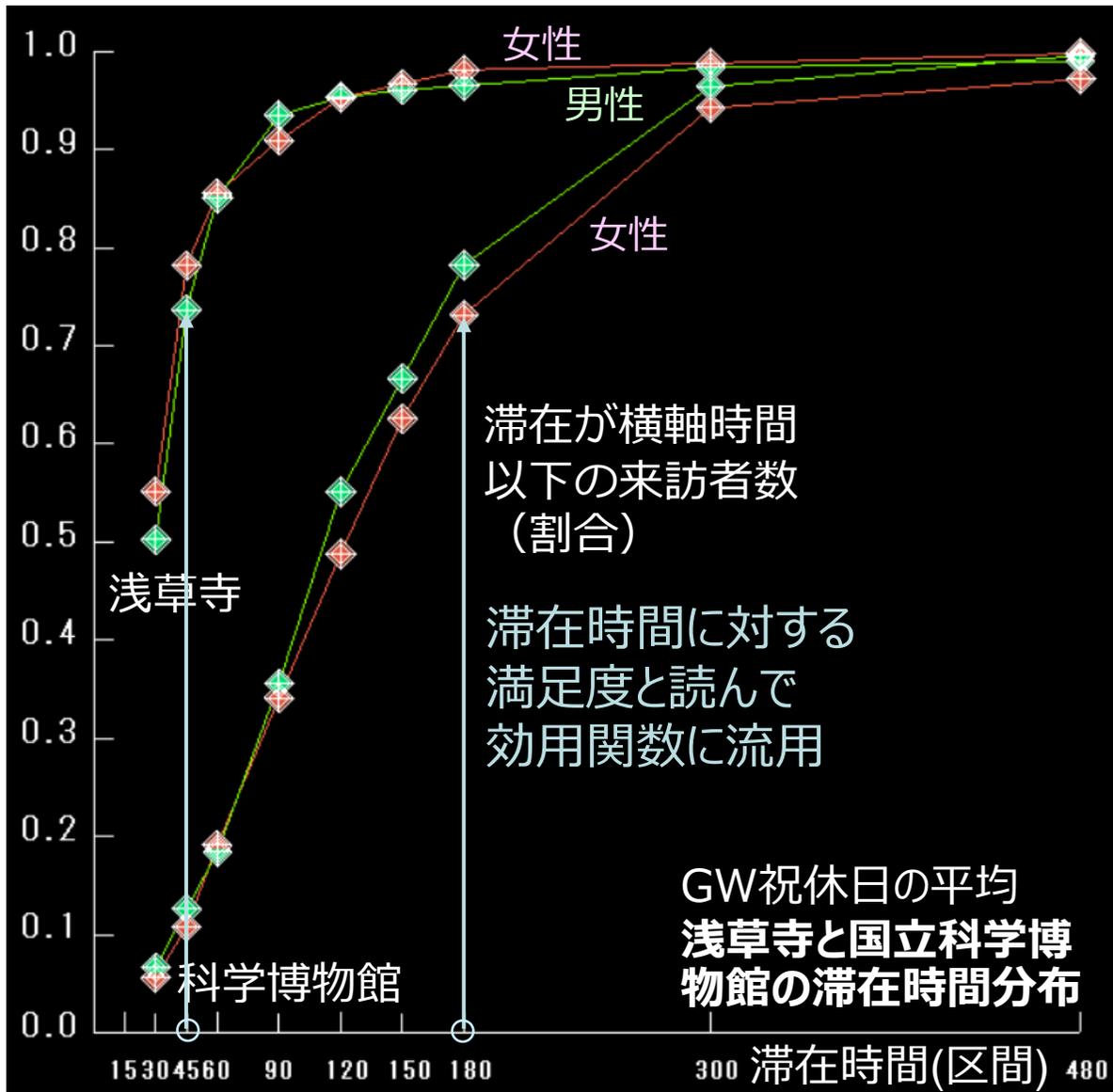
### スポット滞在中の効用関数 $v_s(t)$

来訪者のスポット $s$ の評価値 $w_s$ の積

$$w_s \times v_s(t)$$

であるとする。

評価値として来訪者数を採用する





# 回遊経路の効用

来訪者はスポット $s$ に十分長い時間滞在して得られる効用の最大値 $w_s$ を持っている。  
←計算では実際の来訪者数（属性ごと）を評価値として採用している。

## 来訪者の訪問スポット候補集合の選択

### (0) 訪問候補集合を選ぶ

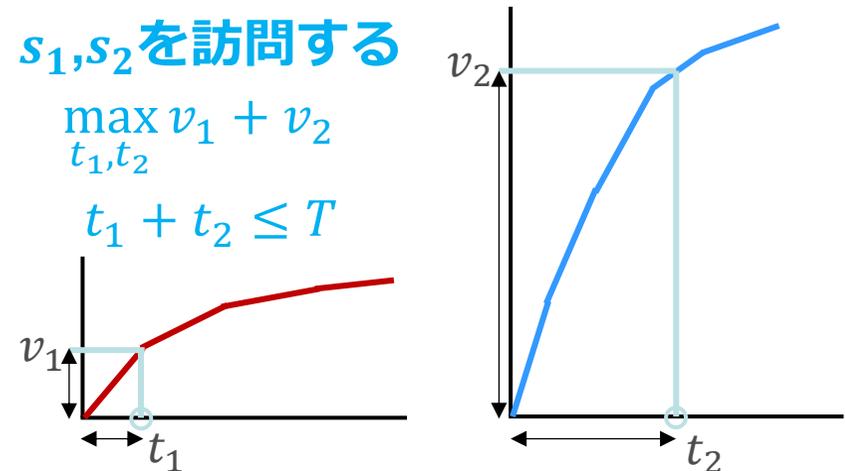
来訪者に対して、評価値の高いスポットを選んで訪問候補集合を作る。  
計算負荷に耐えられる範囲で候補は多くとる。滞在時間上限 $T$ が目安となる。

### ---来訪者のスポットごとの効用は経路に沿って足し算できるとする---

- (1) スポット間の移動負荷を小さくするように訪問順序を探す問題 ← 巡回セールスマン問題
- (2) 退去するまでの時間( $\leq T$ )を各スポットの滞在に配分する問題 ← 効用MAX!

- ・訪問順序を定めた(2)の問題を高速に解きたい。  
プログラムは平易にする。
- ・来訪者の行動を記述する高い能力を持たせる。

右図の定式化のように時間を連続変数とすると問題を何度も解くには手強い！





# 回遊を表現する時間拡大ネットワーク

時間を離散化して、来訪者のスポット間の移動を時間拡大ネットワークで表す。

スポットごとに時間軸，ノードはスポット入場時と退場時を表す  
時間軸の上限は退去上限時刻

## スポット内リンク重み

- ・滞在時間に対応する効用を書く。

## スポット間リンク重み

- ・移動の負担（所定の移動時間，負）  
退場ノードからシンクへ退去リンクを張る。

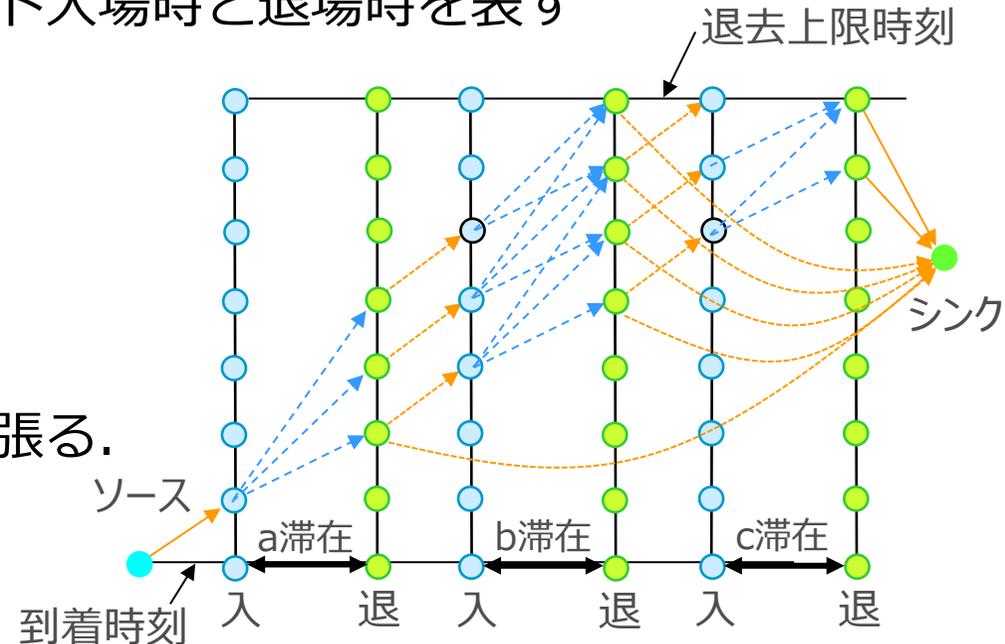
移動リンクに価値（正）を与えられる。  
→ここを通過してください！と誘導する。

滞在時刻によってリンク重みを変えられる。

→食事に適不適，時間帯によって景観が異なるスポットである。

ネットワークのリンク重みは訪問順を変えるたびに書き換えている。

効用最大の時間配分は最長経路問題（閉路なし）を解いて得られる



回遊a→b→cを表す時間拡大ネットワーク



## 一巡

1に注目して、順に後続の要素の後に置くことを試す。

2に注目して同様の操作を行う。

以下最後の要素まで繰り返す。

一巡して、もっとも成績の良い解を採用して暫定解を更新する。

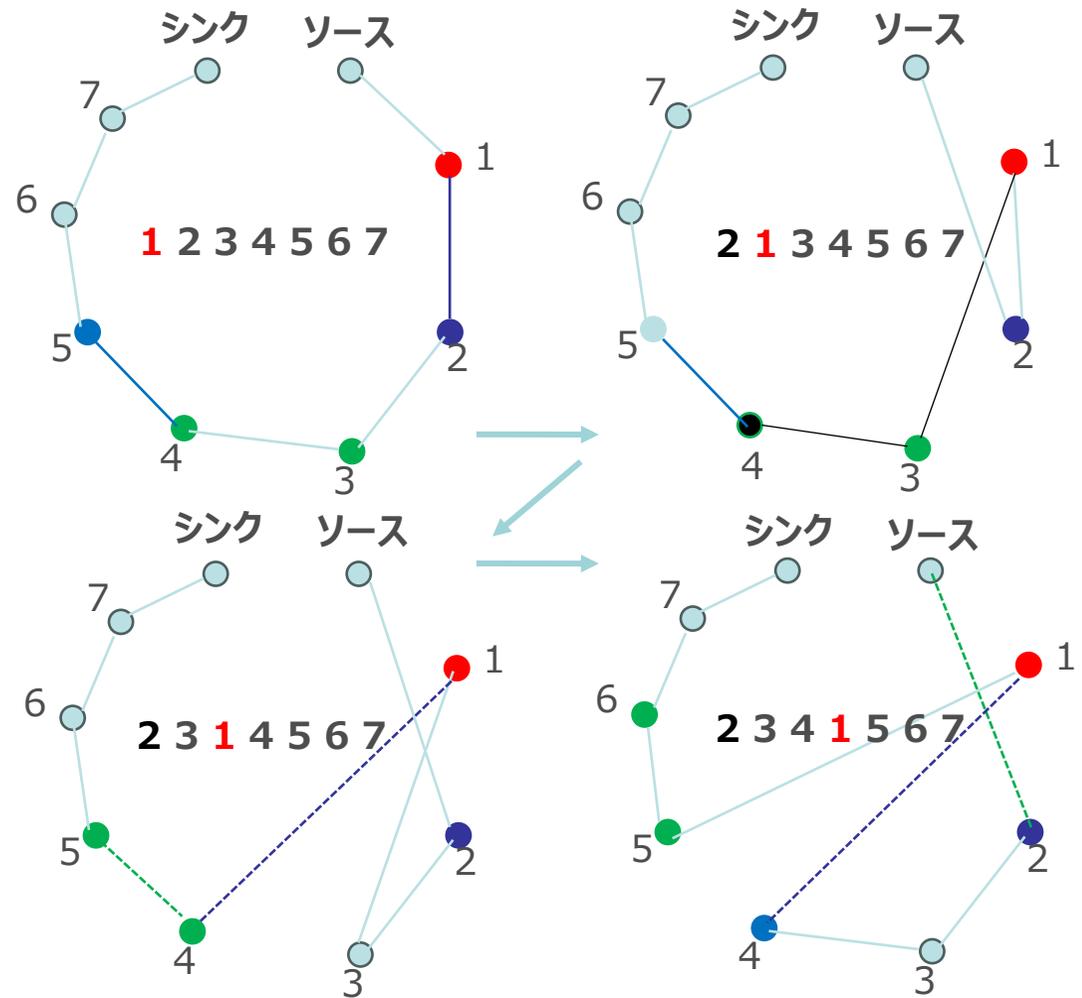
## 繰り返し終了

もし暫定解の成績が改善されなければ計算を終了する。

---

## 上記の計算方法改善以外の課題

- ・ 問題の記述(効用関数)の検証
- ・ 選択するスポットに基づいて来訪者属性を区分する。
- ・ **スポットの混雑をモデルに取り入れる(経路混雑は別計算)。**



# 浅草地区回遊計算1 20000人を交通ネットワークに貼り付ける

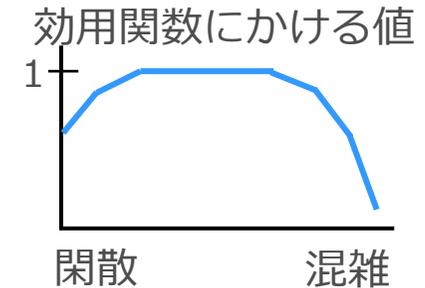




# スポットの混雑をモデルに取り入れる

## 他の来訪者の影響，複数スポットを考える意義

スポット滞在者が多い      混雑して落ち着かない  
スポット滞在者が少ない      賑わいが足りない



- ・ 閑散時と混雑時に獲得する効用を下げる。
- ・ **来訪者は全スポット滞在人数(予想)を把握して**，スケジュールを作成する。
- ・ 計算の上では，計算中の各スポット滞在人数を使って，時間拡大ネットワークのリンク重みを調整する。

→

- ・ 来訪者は訪問順序を工夫して，空いているスポット or 賑わっているスポットをねらう。
- ・ 時間軸上で各スポットの滞在人数が平準化される←運営者も嬉しい。

## 利用者均衡配分を模擬する。

全スポット滞在人数(予想)を知る（利用者均衡の模擬）

- ・ 計算済みの来訪者スケジュールを滞在人数予測として利用する。
- ・ 回遊中の来訪者のスケジュールを，各スポット訪問終了時点で再計算する。

移動経路の混雑は回遊スケジュール計算後，スポット間移動に限って考える。

# 浅草地区回遊計算2 スポットの効用が滞在者数に依存する場合

↓ スポットの効用は滞在者数によらない

↓ スポットの効用は滞在者数に依存する



10時頃までは左右は同じよう進行する。  
 ↑ 浅草寺, 仲見世, 雷門が混雑する ● → ●

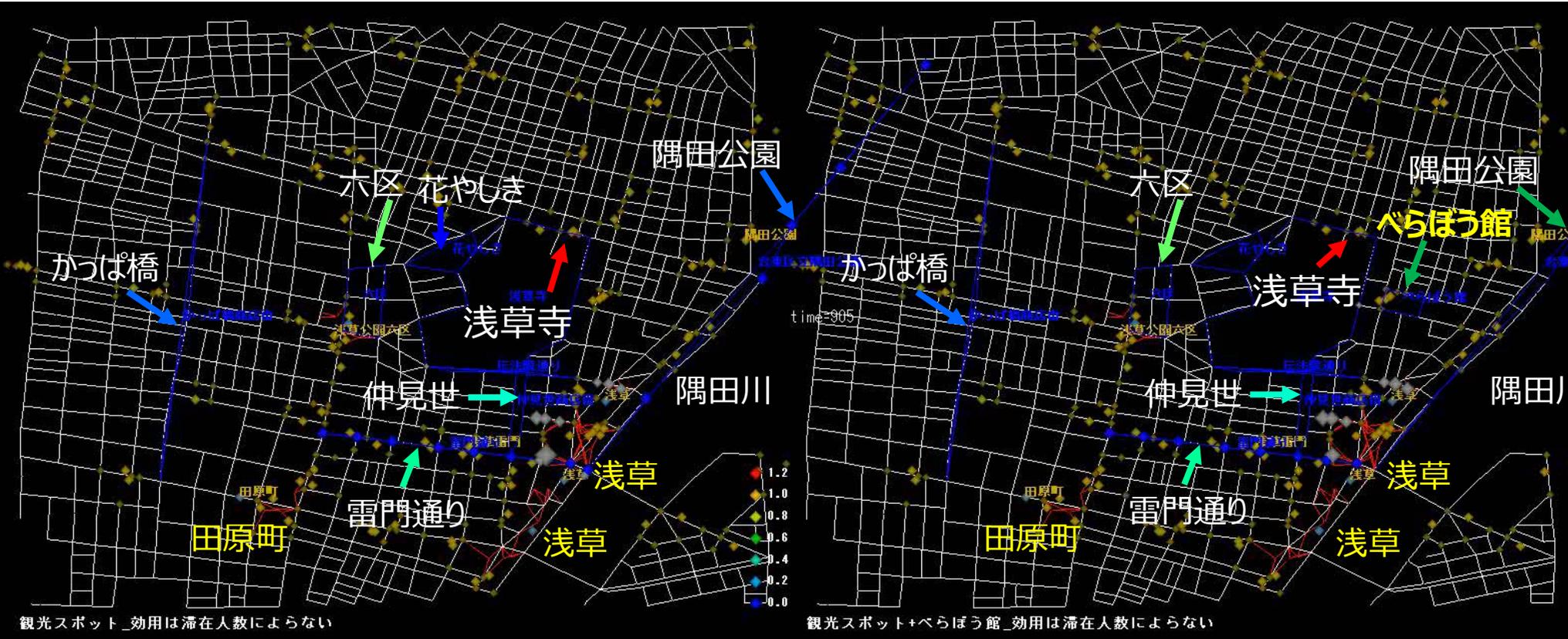
↑ 浅草寺混雑 → 効用下 → 相対的に効用高い他スポットを訪問, かつぱ橋と六区が活躍, 隅田公園も少々. **平準化実現!**  
 通路歩行が増えている.



# 浅草地区回遊計算3 新しいスポットへ来訪者を誘導する

↓スポットの効用は滞在人数によらない

↓べらぼう紹介館(浅草寺コピー)を設置



前スライドと同じ

↑大河ドラマべらぼう紹介館が既存スポットの来訪者を引き受けている.隅田公園少々.浅草寺と隅田川の間の人流れが増加

定量的な正しさは大いに?であるが, **期待する人の流れの変化は表現できている.**



# 取得したデータ

スポット	最寄り駅	駅への時間	スポット	最寄り駅	駅への時間
1 花やしき	浅草	10分	5 仲見世商店街	浅草	7分
2 六区	浅草	6分	6 雷門通り	浅草	6分
3 浅草寺	浅草	9分	7 かつぱ橋商店街	田原町	9分
4 伝法院通り	浅草	7分	8 台東区立隅田公園	浅草	6分

## 来訪者

期間 2024/4/27~5/6平日3日間と祝休日に分ける

対象 15分以上滞在する来訪者

属性 男女, 20代, 30代, 40代, 50代, 60代, 70歳以上

## スポットごと

(1) 訪問者数 男女別・年代別 ← **スポットの評価値として採用する**

(2) 滞在時間分布 男女別・年代別 ← **スポットの滞在時間と効用**

区間の区切り 15分, 30分, 45分, 60分, 90分, 120分, 150分, 180分, 300分, 480分

## 地域全体

(3) 浅草地区への**到着時刻分布**の推計 男女別・年代別

(4) 地区滞在中に訪問者が訪問したスポットの**組み合わせ** 男女別・年代別

←この計算ではまだ利用していない。

KDDI Location Analyzerを使って作成



- (1) 到着時刻順に来訪者をキューに登録する。到着駅（ソース）を“現在地”とする。
- (2.1) キューの先頭の来訪者に対して，“現在地”からシンクまでの効用最大の回遊経路を計算する。
- (2.2) 来訪者を(2.1)で計算した経路に沿って、スポットと通路の時間軸上に割り当てる。以前の経路計算時に登録したスポットと通路への割当から対応箇所を削除する。
- (2.3) (2.1)の経路上の先頭スポット退場ノードを“現在地”としてキューに登録する。
- (3) キューが空になるまで(2.1)~(2.3)を繰り返す。
  - ・ 経路計算の最初のスポットの結果は確定
  - ・ それ以降の経路は仮置きとしてキューに登録
  - ・ 移動開始時刻になったらキューから取り出して残りの経路を再計算

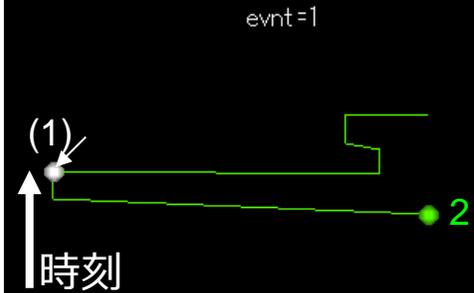
**得られたスポット代表点間の移動量(時刻付き)を交通ネットワークに展開する。**  
地域への到着時刻と各スポットの滞在時間は変更しない。

- (4) スポット間移動を、通路の混雑を知ってもっともコストの低い経路を選んで移動するようにネットワークに割り当てる。

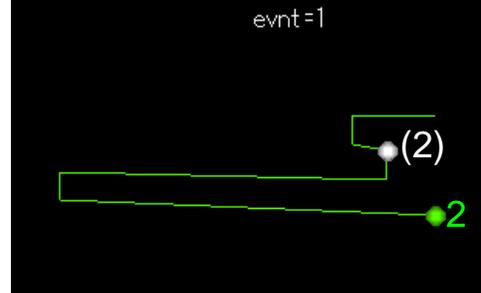


# 回遊スケジュールの再計算1 2,3,4到着, 2退去

(1) 2到着, 行程計算  
●→●まで確定



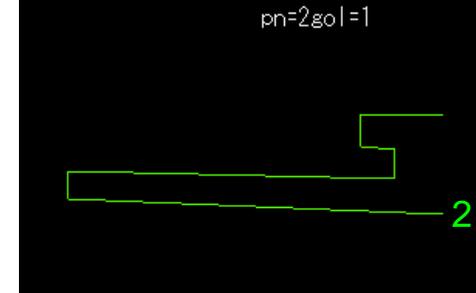
(2) (1)●から2再計算  
●→●まで確定



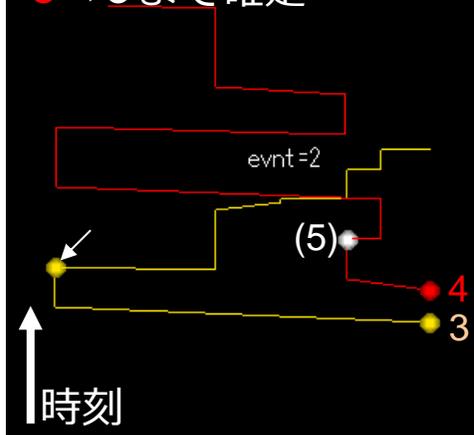
(3) 3到着, 行程計算  
●→●まで確定



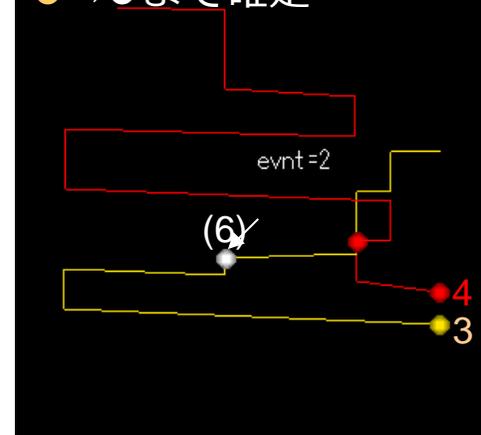
(4) (2)●から2再計算  
全行程確定



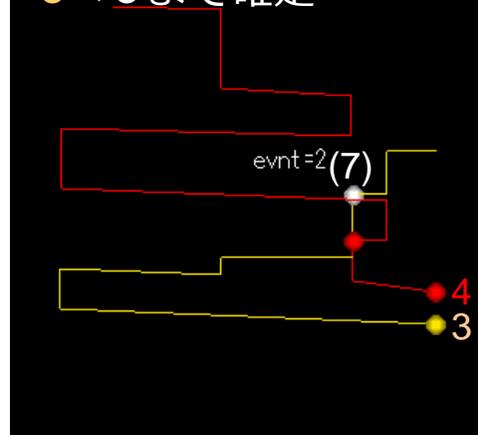
(5) 4到着, 行程計算  
●→●まで確定



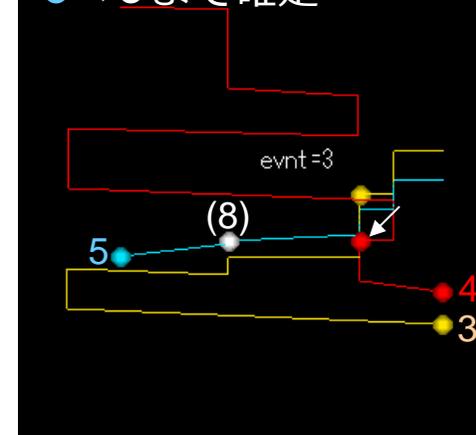
(6) (3)●から3再計算  
●→●まで確定



(7) (6)●から3再計算  
●→●まで確定



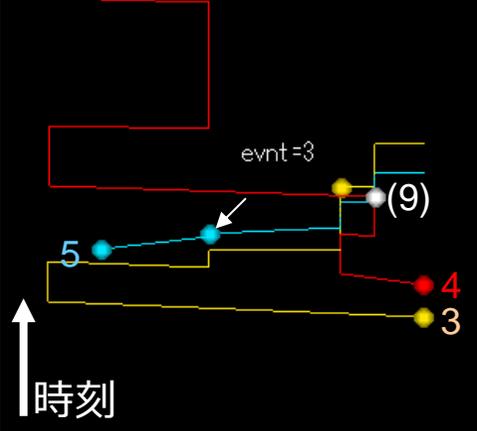
(8) 5到着, 行程計算  
●→●まで確定



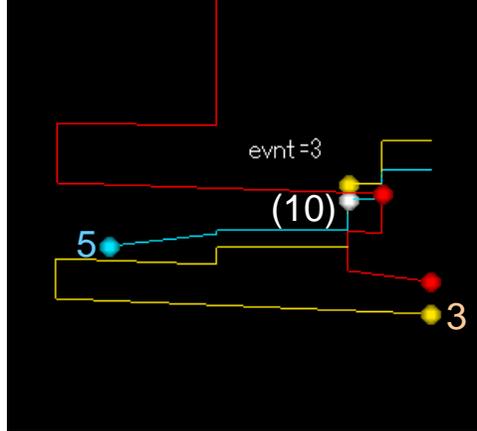


# 回遊スケジュールの再計算2 5,6,7到着, 3退去

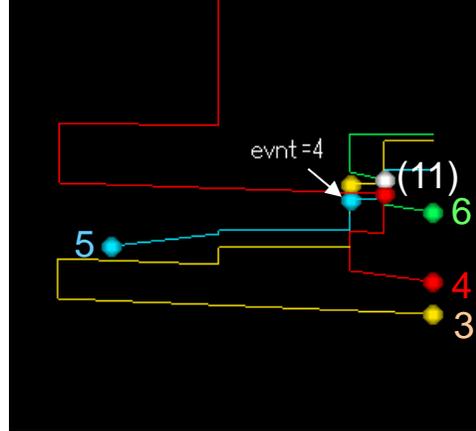
(9) (5)●から4再計算  
●→●まで確定



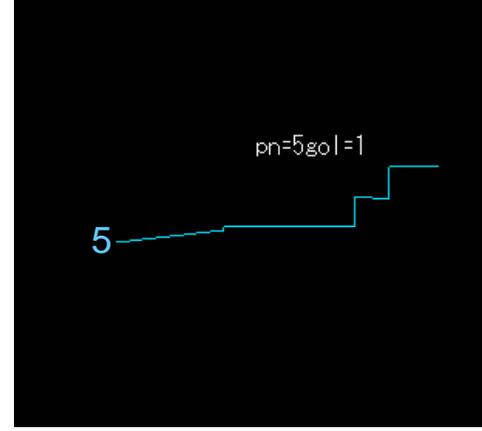
(10) (8)●から5再計算  
●→●まで確定



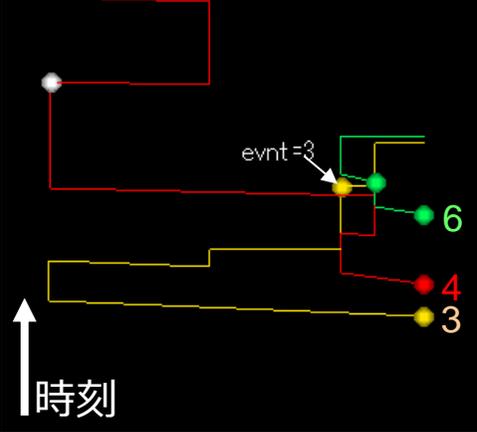
(11) 6到着, 行程計算  
●→●まで確定



(12) (10)●から5再計算  
全行程確定



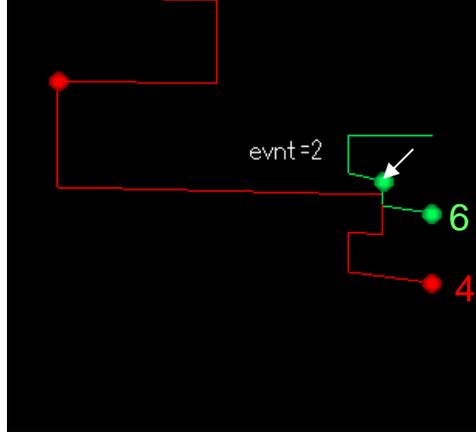
(13) (9)●から4再計算  
●→●まで確定



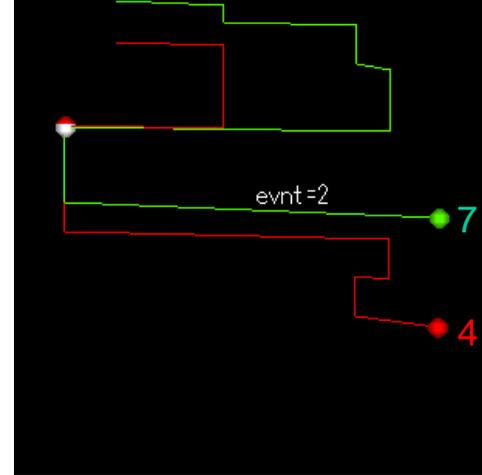
(14) (7)●から3再計算  
全行程確定



(15) (11)●から6再計算  
全行程確定



(16) 7到着, 行程計算  
全行程確定





## 回遊によって得られる効用

スポットに滞在したときに得られる効用は、それぞれから得られる効用の和であると仮定する。

## 訪問候補集合

ここでは、スポット来訪者数を評価値として独立に上位から選択している。しかし、上野を例にとると美術館、動物園、寺社を分け隔てなく訪問すると考えるのではなく、スポットの特徴に基づいた分類の中での選択がなされると考えるのが適切である。同時に訪問した組合せデータは得られているので、訪問されたスポットの特徴付けを行い、候補集合を構成する方法を考えたい。

スポットに対する評価と滞在時間に上限があるので最適化問題の解として滞在する場所が決まる。

## 移動の負荷

スポット間の移動時間は訪問によって得られる効用から引き算される(負荷とする)。スポット間の移動時間は、対象とする交通ネットワークを使って移動する標準的な時間を与える。

来訪者が移動自体を楽しんだり、混雑緩和のために推奨する移動経路に誘導するような施策を考えたりする場合には、移動負荷に対してスポットの効用と類似の扱いを採用する。

## 到着駅と退去駅

対象地域の中で主要な駅を選び、各スポットの最寄り駅を登録する。回遊経路の計算で最初の訪問スポットと最後の訪問スポットの最寄り駅を到着駅と退去駅とする。

## 検証

モデル計算による訪問人数、訪問時刻、滞在時間分布などを元データと照合する。