

社会シミュレーションと テーマパーク問題

知能情報システム研究室（能登研究室） 特別助教

辻 順平 tsuji@kanagawa-u.ac.jp

人同士の**相互作用**により生じる**複雑な現象**に起因する人間社会の問題を
コンピュータシミュレーションによって**理解し**, 解決する



交通渋滞



待ち行列

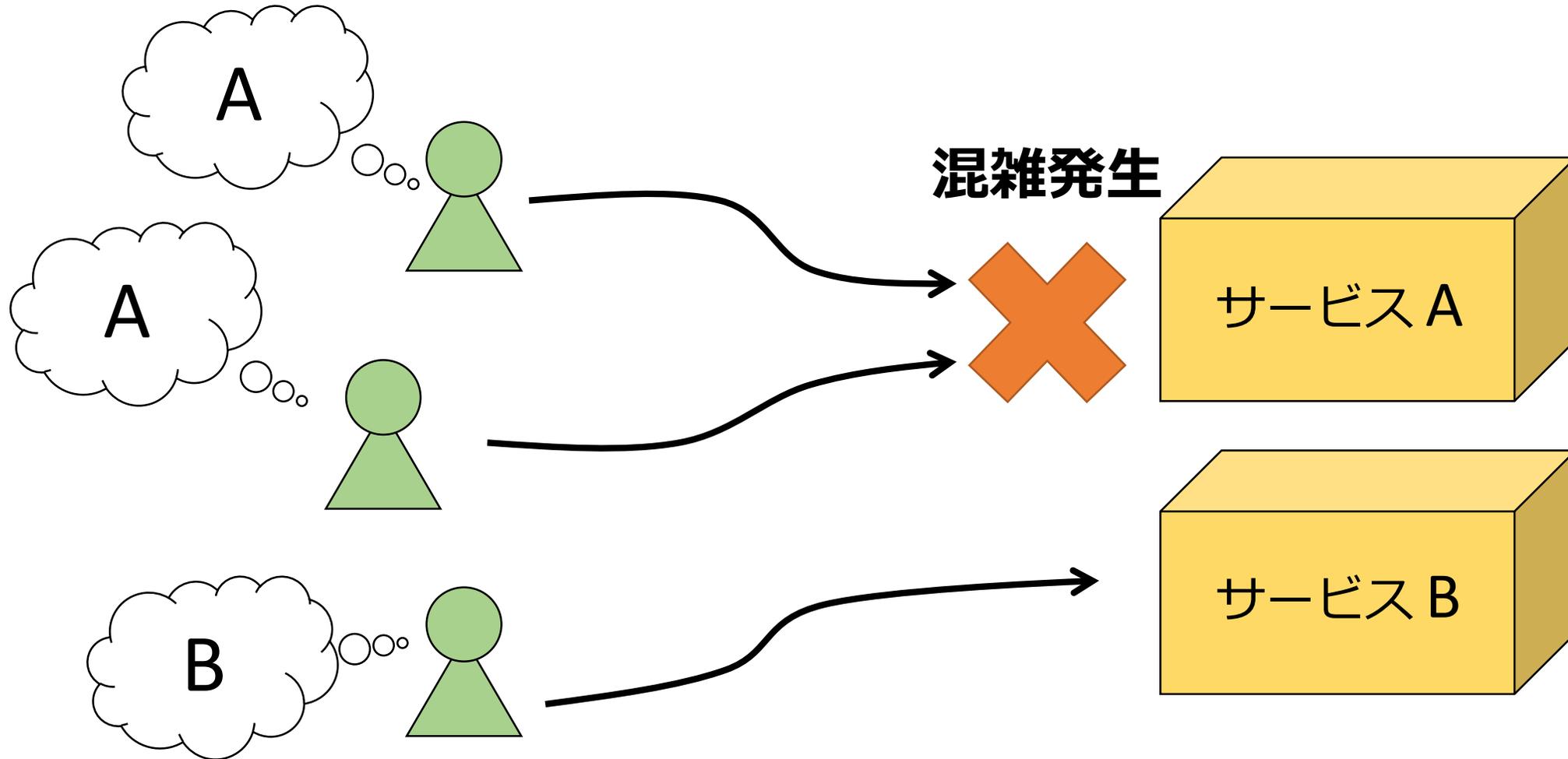
利用者側の視点

- 長い行列での待ち時間が増え、ストレスを感じる
- **本来受けられたはずのサービスが受けられない**

個人の感情にとどまらない
社会的な問題

提供者側の視点

- 安全性が損なわれる（将棋倒し）
- **サービスや施設が有効に利用されない**（空席・空室の問題）



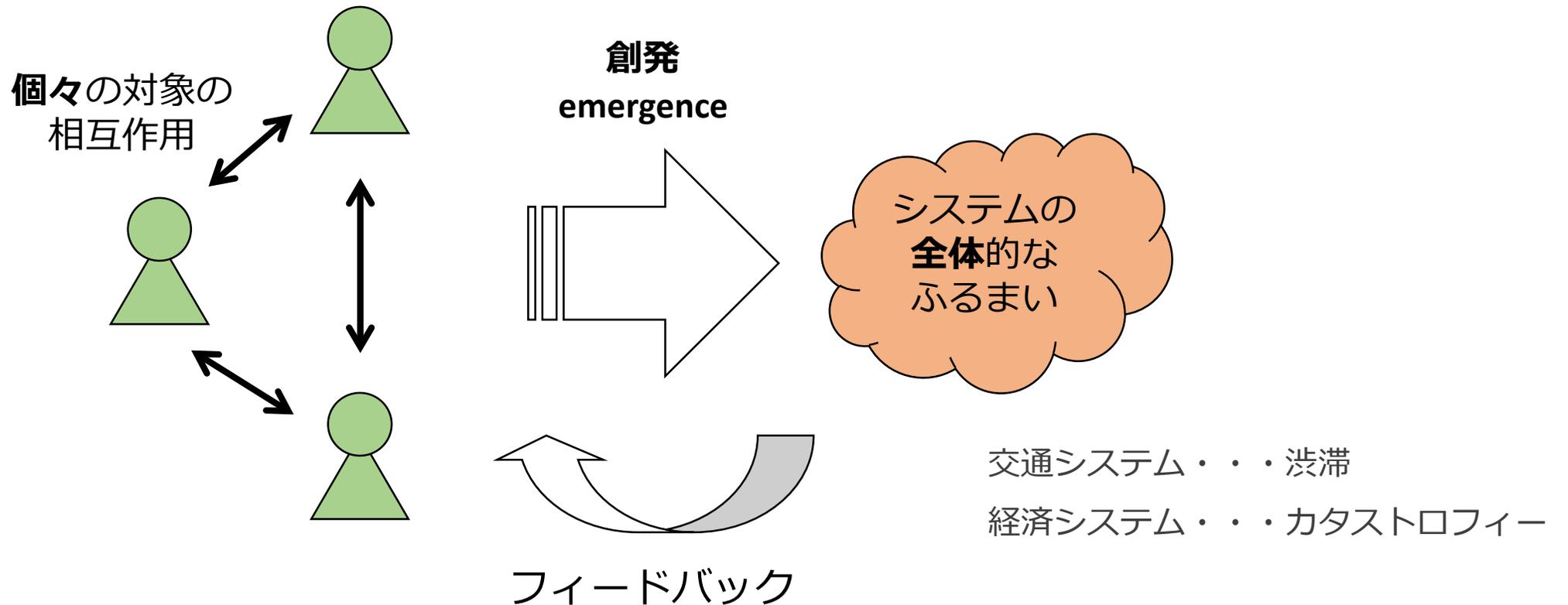
混雑：利用者個人の行動の相互作用によって発生する現象

「個々の対象」の相互作用が「**全体的なふるまい**」を決定し

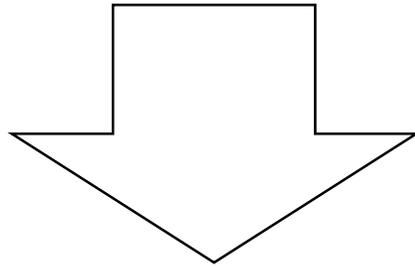
「全体的なふるまい」が「個々の対象」に影響を及ぼすフィードバックにより

個々の分析だけでは予測不可能な現象が創発されるシステム

複雑系 Complex System



- 複雑系の現象は、個々の対象に分けて理解することはできない
- 複雑な現象をシステム全体を、実際のフィールドで検証するのは困難



コンピュータシミュレーションに基づく社会科学へのアプローチ

Resnick, M.: *Turtles, Termites, and Traffic Jams*, *The MIT Press* (1994)

コンピュータ上で表現された「仮想的なテーマパーク」を構築し、
コンピュータシミュレーションによってテーマパークの混雑現象を理解する。

サービス施設・道路

=> アトラクション



利用者・車

=> ビジター





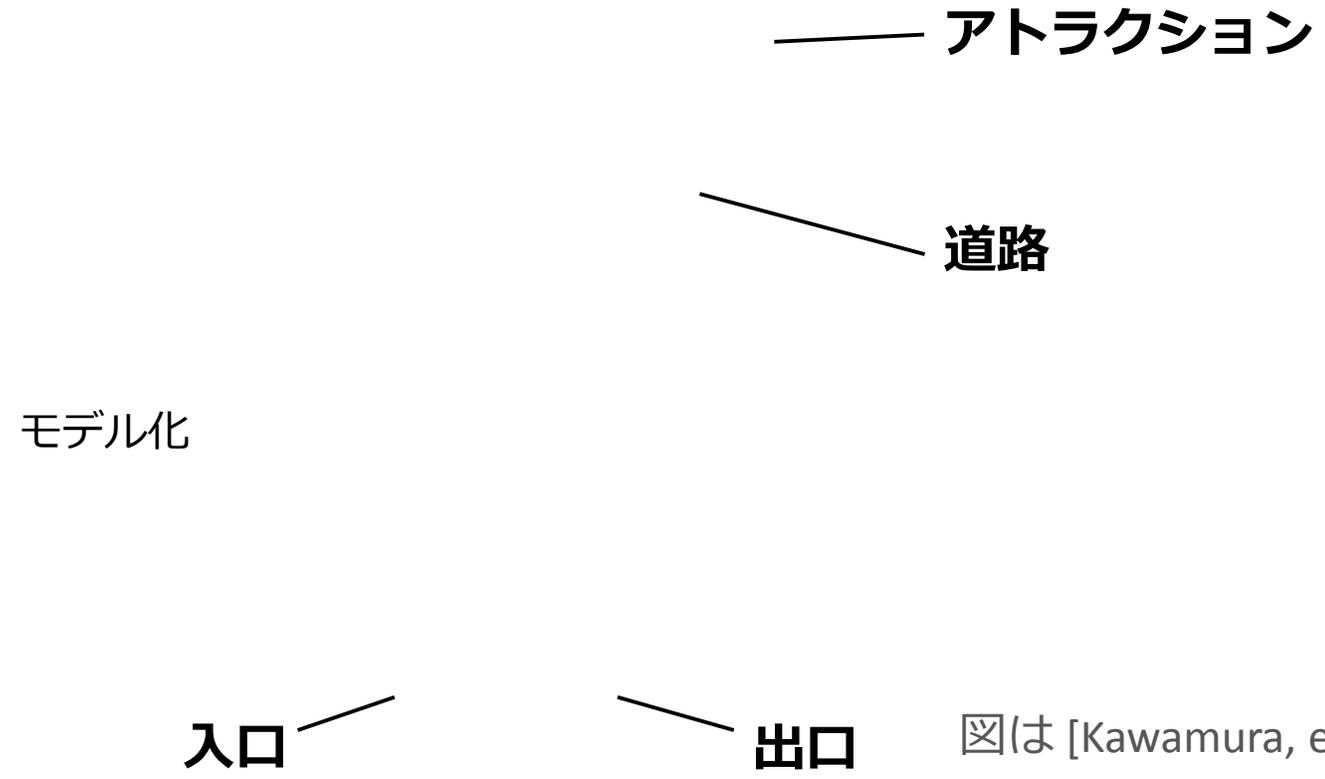
ビジター



待ち行列

- **ビジター**は選好を持ち「好みのアトラクション」をまわる
- **ビジター**は**アトラクション**の**待ち行列**に並び，順番にサービスを受ける
- 「好みのアトラクション」をすべて回り終えたら退場する
- **アトラクション**を回る順序を**プラン**と呼ぶ

問題：総訪問時間（総待ち時間＋総サービス時間）を最小化するプランは？



- テーマパークは**ネットワークグラフ**によりモデル化される
- ノードは**入口・出口・アトラクション・道路**の4種類がある
- ノードには**待ち行列（サービス時間・キャパシティ）**が設定される

アトラクション数：9

10

30

50

図は [Kawamura, et al., 2004a] より引用

サービス時間 50

10

30

30

10

50

問題 **st103050** (サービス時間がばらばら)

混雑情報 不使用

- 選好優先型 (タイプG)

選好度がもっとも高いアトラクションに向かう

混雑情報 使用

- 混雑回避優先型 (タイプCA)

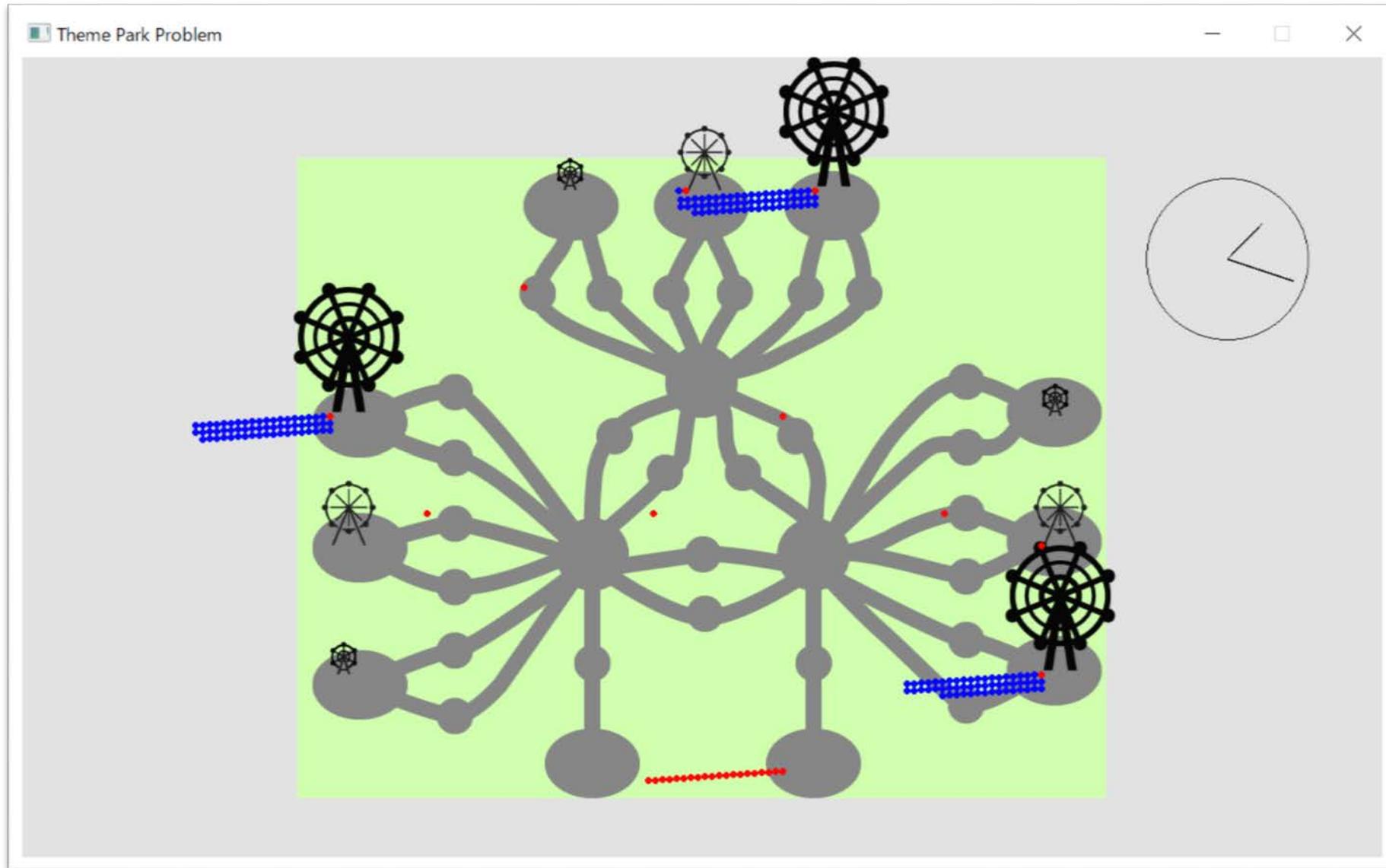
混雑情報を用いて、待ち行列長が最も短いアトラクションに向かう

- 確率的混雑回避型 (タイプSCA)

確率 γ でタイプGの行動をとり、それ以外はタイプCAの行動をとる

- 選好-混雑回避バランス型 (タイプPCC)

選好度と混雑度のバランスをとって行動決定する (詳細は論文にて)



図は [Kawamura, et al., 2004a] より引用

総待ち時間の平均

タイプG

タイプSCA

st103050

サービス時間ばらばら

st303030

サービス時間すべて同じ

総待ち時間の平均

タイプG

タイプCA

st103050

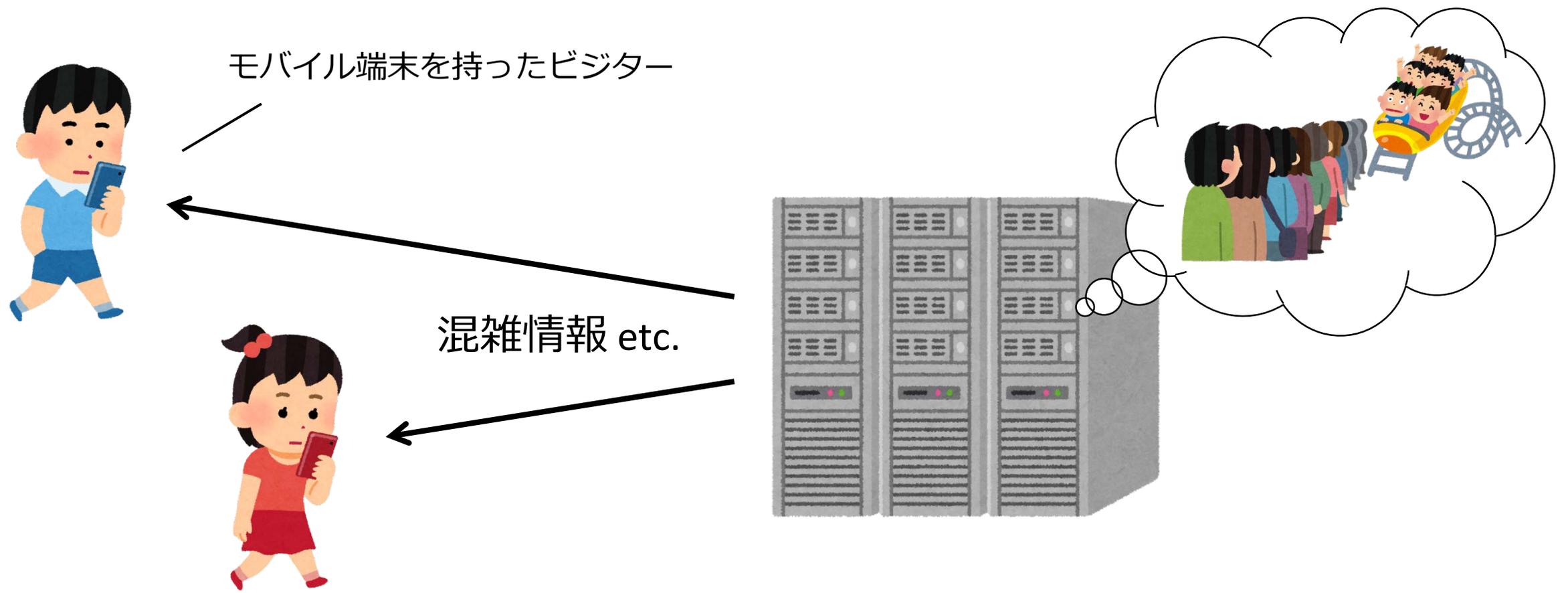
サービス時間ばらばら

st303030

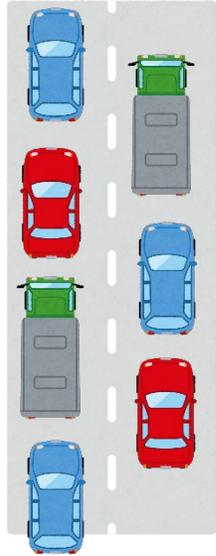
サービス時間すべて同じ

総待ち時間の平均

(左：総ビジター数200, 右：総ビジター数：600)



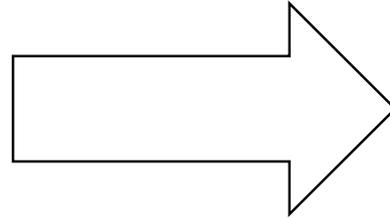
モバイル端末を通して、個々のビジターに情報を提供することで
混雑解消を実現できるか？



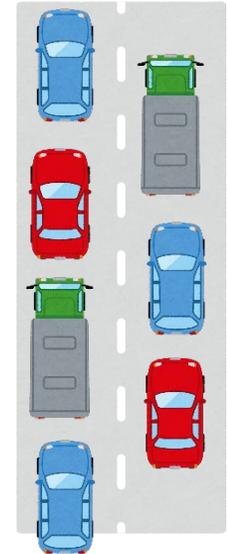
道路 A



道路 B



道路 A



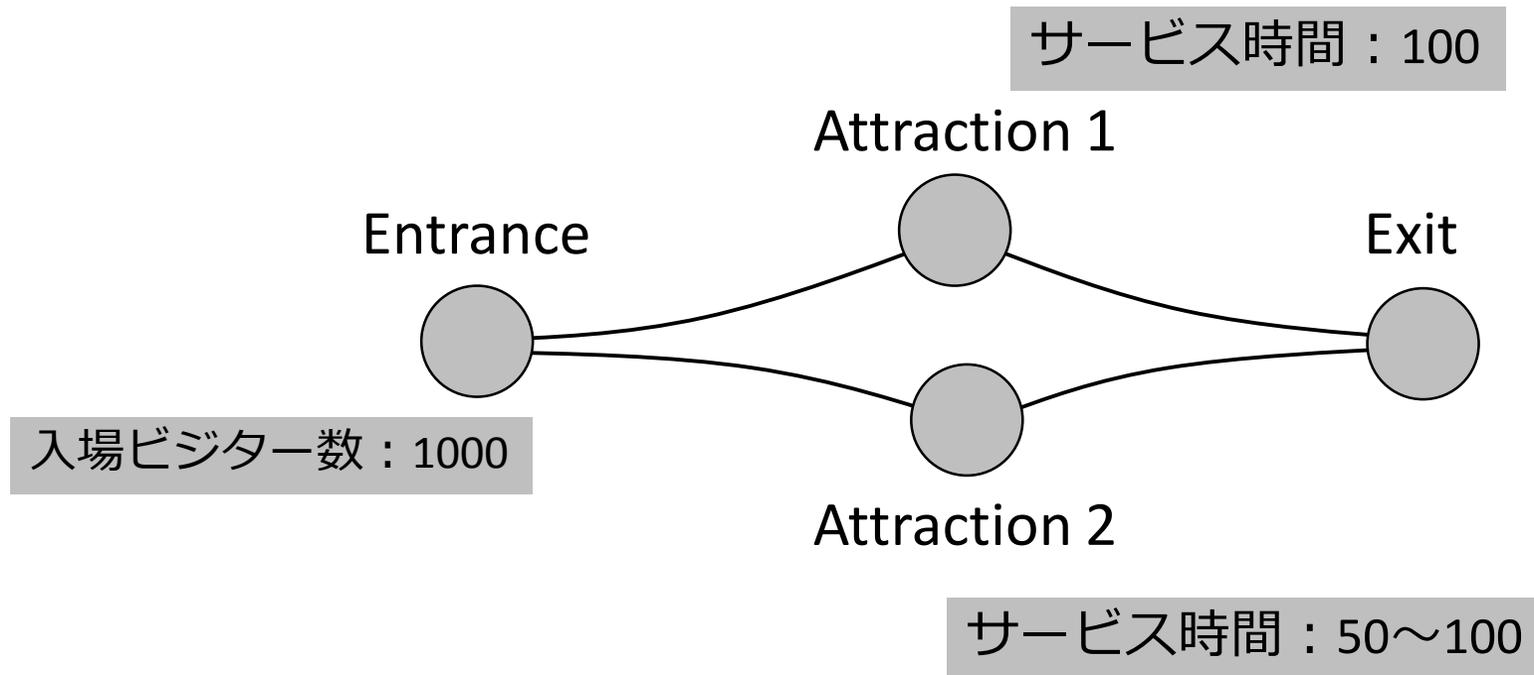
道路 B

混雑が入れ替わる



Q. テーマパーク問題でも同様の現象は起こりうるか？

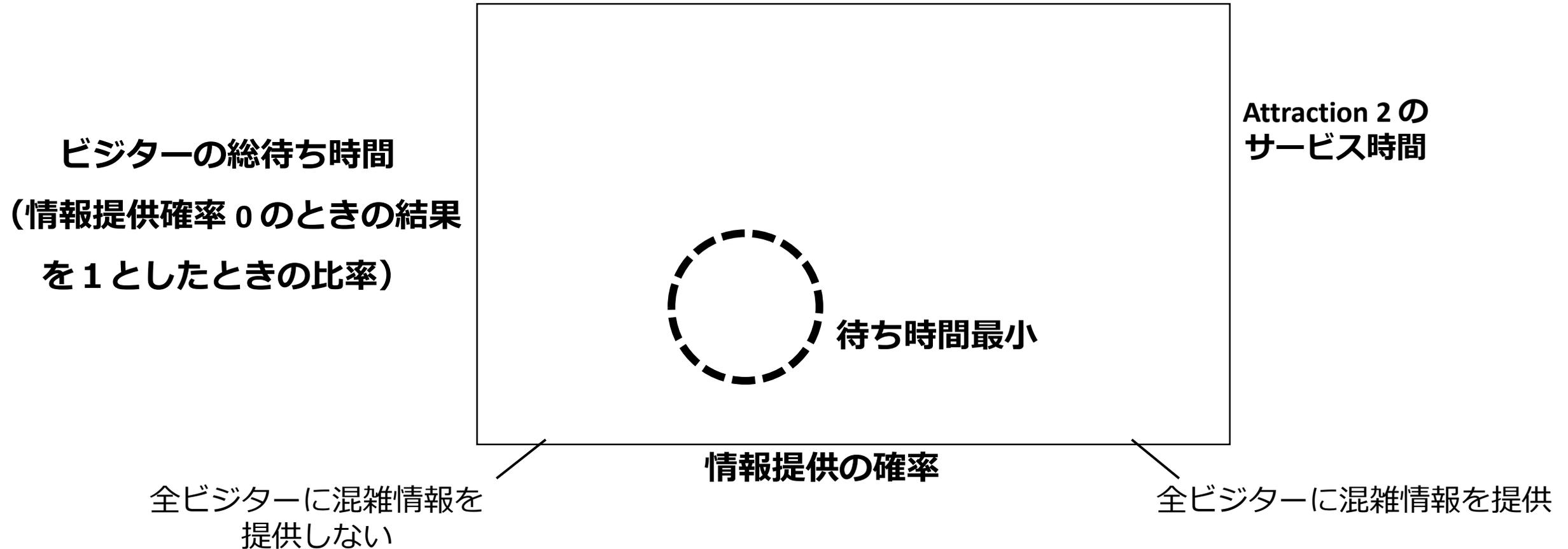
図は [Kawamura, et al., 2004b] より引用



- アトラクションは**サービス時間に差をつけた2種類**を用意
- **一定確率のビジター**には**現在の混雑情報を提供**

(混雑情報を提供されたエージェントはタイプCA, それ以外はタイプGとして振る舞う)

図は [Kawamura, et al., 2004b] より引用



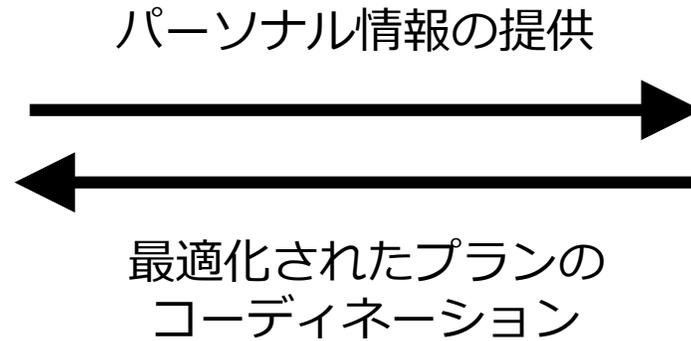
全員に混雑情報を提供するとかえって全体の待ち時間は増加してしまう

=> [Kataoka, et al., 2006] では Distributed Visitors Coordination (DVC) を提案



user agent

ユーザの行動決定を代行する
ソフトウェアエージェント

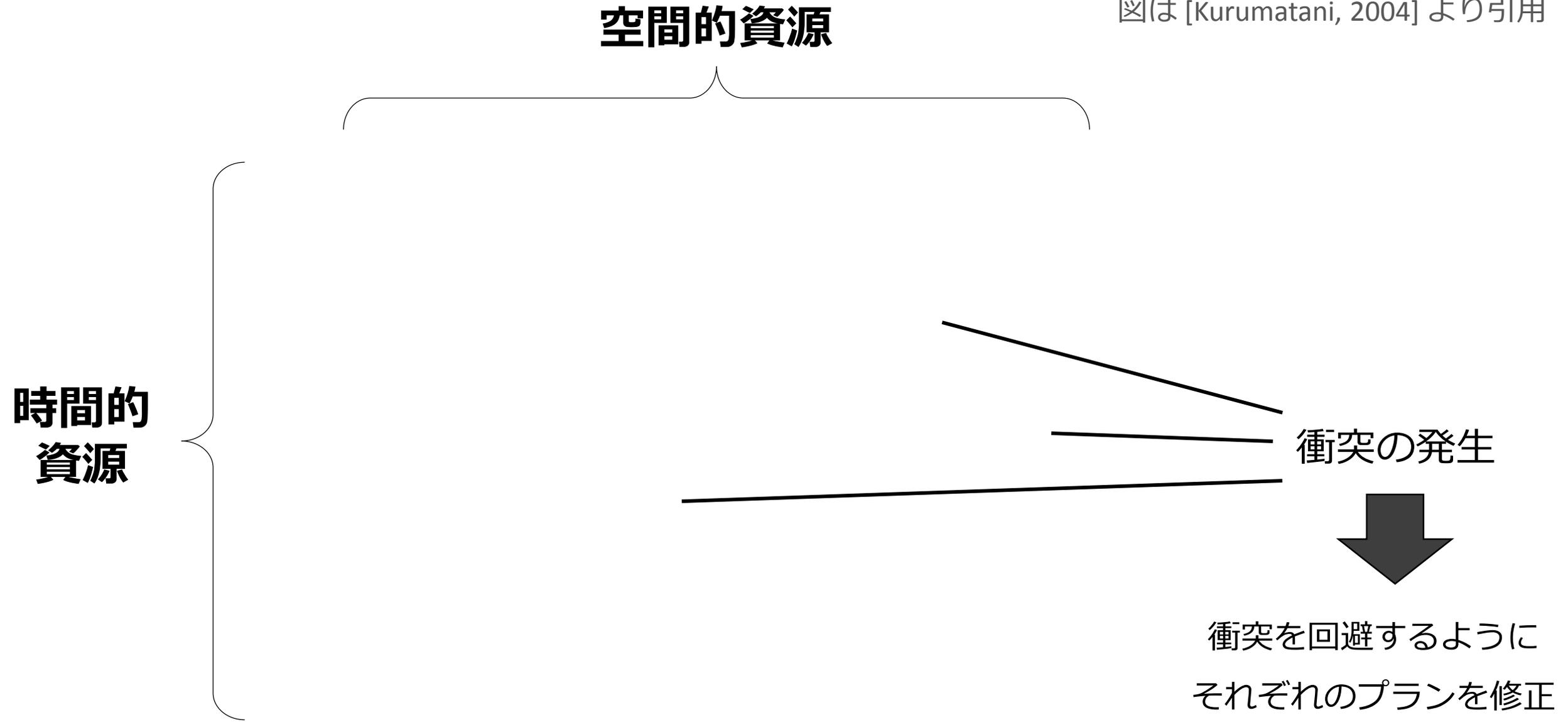


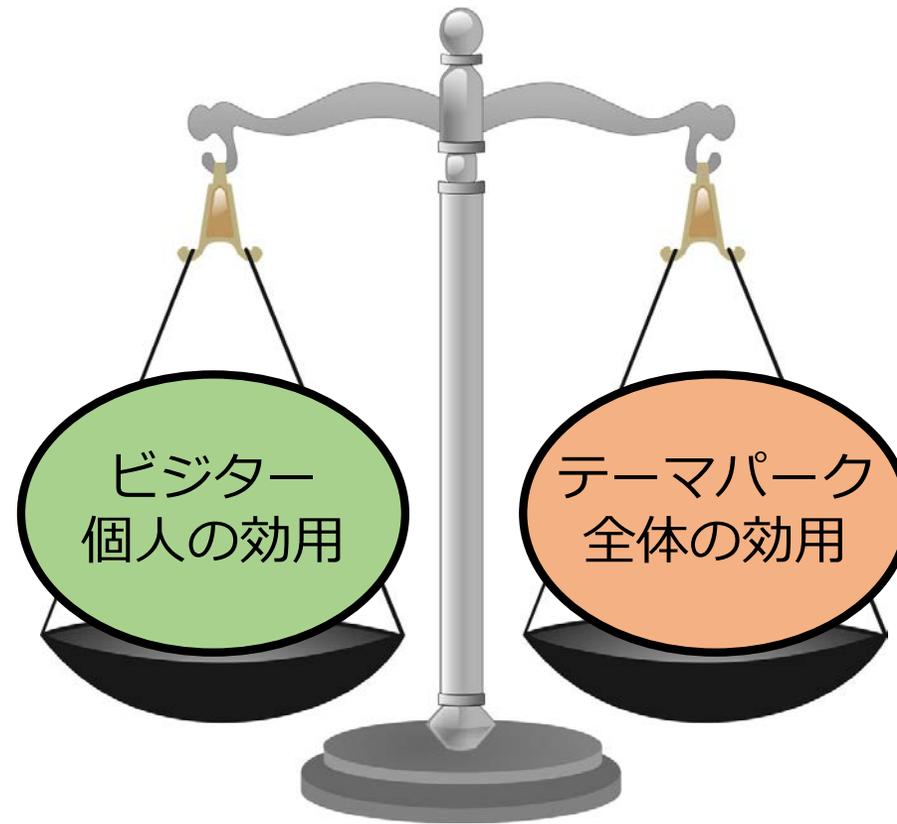
dynamic resource allocator

情報を集約して社会全体の効用 (social welfare) の
最適化を行うソフトウェアエージェント

社会全体の効用を最適化するコーディネーション方法を明らかにしたい

図は [Kurumatani, 2004] より引用





参考：ベンサム功利主義

テーマパーク全体の効用を最大化させるために、
ビジター個人にとって不都合なプランを押し付けてよいか？

ビジター個人は**自身にとって最適なプランを常に選べる**という条件のもと
テーマパーク全体の効用を改善する手法

①現在計算された将来の混雑予報情報をもとに
自身にとって最適なプランを決定し、
statement を dynamic resource allocator に送る

②**statement** を集約して、その情報をもとに
新たな混雑予報情報を作成し、
user agent に配信する



statement

何時にどこにいる予定か

User-in-the-loop forecasting

最新の混雑予報情報

何時にどこでどの程度の待ち行列が発生するか

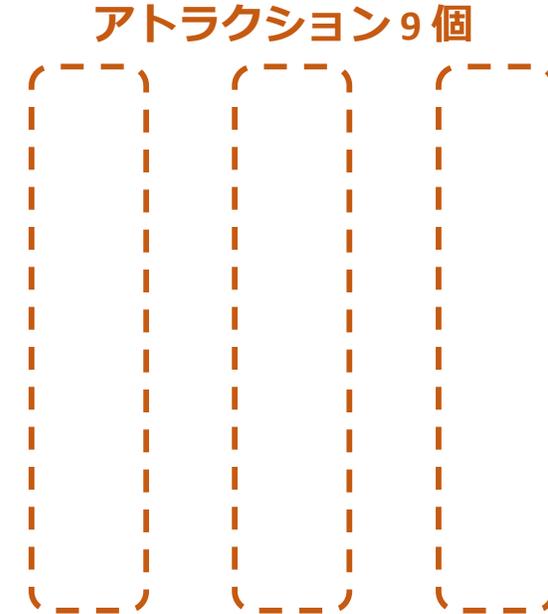
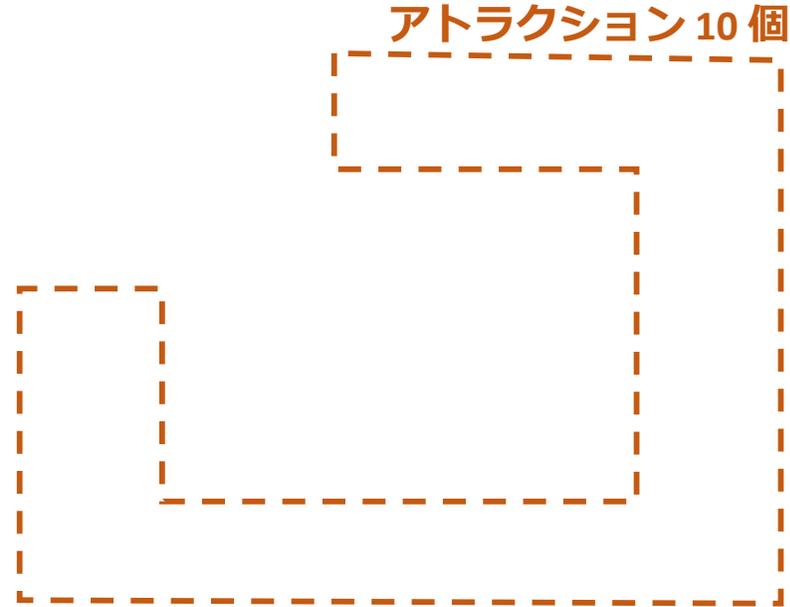


dynamic resource allocator

アイデア

①②の繰り返しによって混雑情報が精緻化され、全体の混雑が解消する

図は [Kawamura, et al., 2014] より引用



(1) テーマパークモデル

ランダムに割り当てられた4つのアトラクションを回る

(2) ハイウェイモデル

1つの入口から入場しランダムに割り当てられた出口に向かう

- ビジター数は 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 の5通り
- 300ステップごとにプラン更新を行い, その都度 statement を送信する

(1) テーマパークモデルの場合

データは [Kawamura, et al., 2014] より

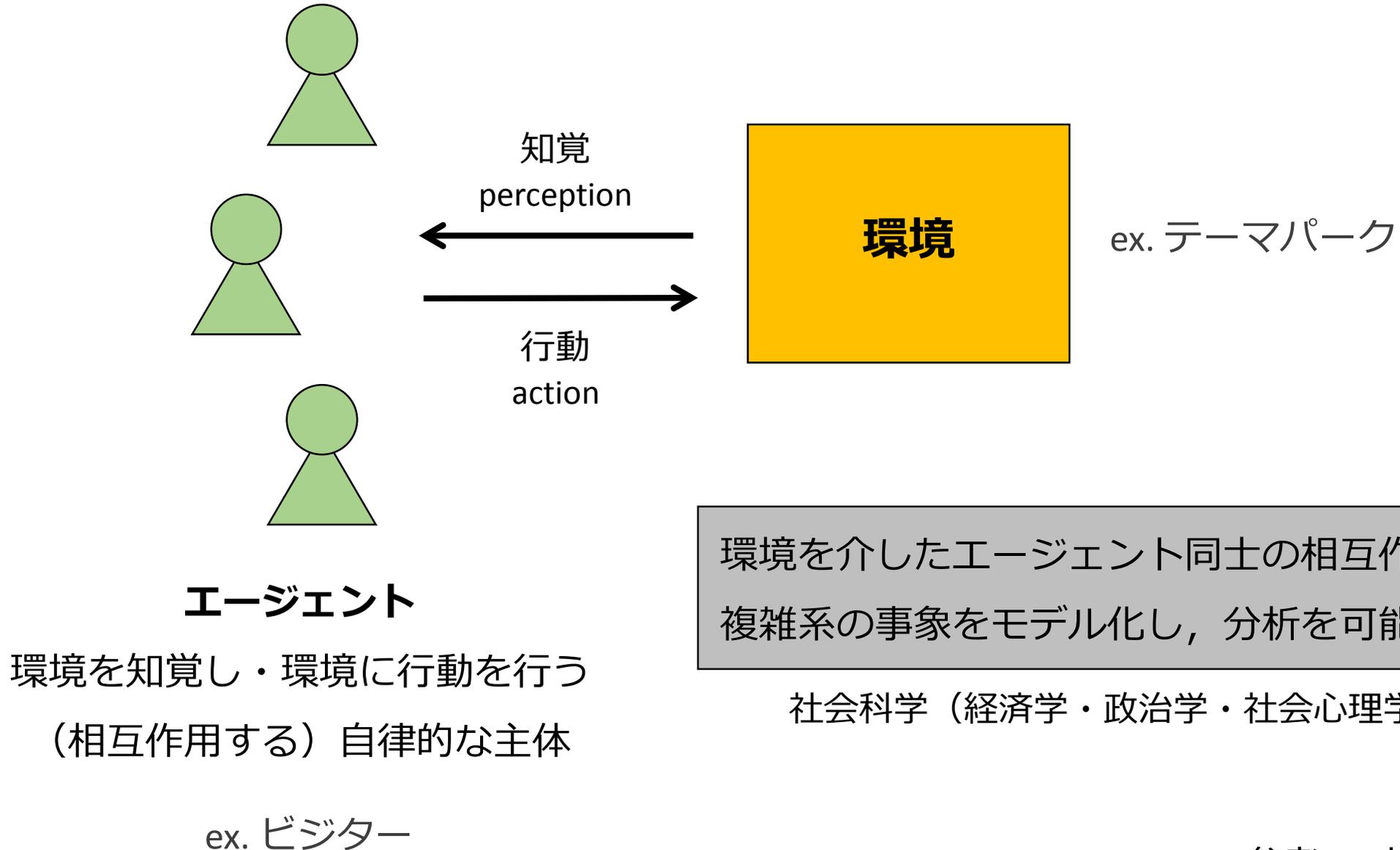
	1000	2000	3000	4000	5000
CCE 現在の混雑情報のみ	4065.8 (20.5)	8043.3 (159.3)	14001.1 (151.2)	20270.2 (160.4)	26691.2 (177.0)
SCE statementによる混雑予報	4063.2 (11.3)	7862.5 (204.0)	13308.5 (232.7)	18816.6 (263.8)	24210.2 (348.0)
SCE/CCE (改善率)	99.94%	97.75%	95.05%	92.83%	90.70%

最大 10 % の改善

(2) ハイウェイモデルの場合

	1000	2000	3000	4000	5000
CCE 現在の混雑情報のみ	2694.5 (9.3)	3542.7 (69.0)	5712.1 (147.2)	8145.5 (104.4)	10671.2 (118.8)
SCE statementによる混雑予報	2681.4 (3.4)	2848.0 (94.8)	5277.8 (99.6)	7738.6 (74.5)	10236.2 (70.8)
SCE/CCE (改善率)	99.51%	80.39%	92.40%	95.01%	95.92%

最大 20 % の改善



環境を介したエージェント同士の相互作用によって
複雑系の事象をモデル化し, 分析を可能とする技術

社会科学 (経済学・政治学・社会心理学等) に広く応用

- [Kawamura, et al., 2004a] Kawamura, H., Kurumatani, K. and Ohuchi, A.: **Modeling of Theme Park Problem with Multiagent for Mass User Support**, *Lecture Notes in Computer Science, Springer*, vol. 3012, pp. 48-69 (2004).
- [Kawamura, et al., 2004b] Kawamura, H., Kataoka, T., Kurumatani, K. and Ohuchi, A.: **Investigation of Global Performance Affected by Congestion Avoiding Behavior in Theme Park Problem**, *IEEJ Trans. EIS*, Vol. 124, No. 10, pp. 1922-1929 (2004).
- [Kurumatani 2004] Kurumatani, K.: **Mass User Support by Social Coordination among Citizens in a Real Environment**, *Lecture Notes on Artificial Intelligence, Springer*, vol. 3012, pp. 1-17 (2004).
- [Kataoka, et al., 2005] Kataoka, T., Kawamura, H., Kurumatani, K., and Ohuchi, A.: **Distributed Visitors Coordination System in Theme Park Problem**, *Lecture Notes in Computer Science, Springer*, vol. 3446, pp. 335-348, (2005).
- [Kawamura, et al., 2014] Kawamura, K., Ono, R., Suzuki, K.: **Statement-based Cost Estimate for Co-utilization of Service Facilities**, *Journal of Information Processing*, Vol. 22, No. 2, pp. 270-278 (2014).
- [Prado and Wurman, 2002] Prado, J.E. and Wurman, P.R.: **Non-cooperative Planning in Multi-Agent, Resource-Constrained Environments with Markets for Reservations**, *Working Note of the AAAI-02 Workshop on Planning with and for Multiagent Systems, Technical Report WS-02-12, AAAI Press*, pp. 60-66 (2002).
- [大内ほか, 2002] 大内東, 川村秀憲, 山本雅人: **マルチエージェントシステムの基礎と応用**, コロナ社 (2002).