

第1回建築と画像電子の共通領域(AIM)研究懇談会(2016/9/16)

建築におけるマルチエージェント システムの応用

谷 明勲(神戸大学)

建築構造物の有する特徴 1

- 1)大規模で複雑→部品数が非常に多く、解体や解体時の分別も困難。
- 2)施工に要する時間が長く、携わる人の数も多い
- 3)多目的性・多機能性→建物用途や機能が途中で変更されることがある。用途や機能が変更される場合、改修や改築、建て替えが行われる。
- 4)耐用年数が長い→他の工業製品に比べて耐用年数が長く、構造躯体、設備、内装等で耐用年数が異なる。
- 5)価格が高い

→他の工業製品と同様の意識は共有されにくい

建築構造物の有する特徴 2

- 6)不確実な外乱
- 7)空間の評価は, 人間の主観や感性等を基に行われる
→主観的評価, 感性評価, 経験的評価等を客観的に記述することが必要
- 8)空間を使用する人間の行動を考慮する必要がある



建築・都市モデルの創生には, これらの特徴を考慮する必要があり, 情報科学や計算科学の手法を導入

建築構造物の有する特徴 3

- 1)膨大な解空間における解探索
→遺伝的アルゴリズム(GA)やABCアルゴリズム等の導入
- 2)人間の主観的判断の考慮
→ファジ理論や帰属度関数の評価関数への導入
- 3)多目的性の考慮
→多目的最適化手法の導入
- 4)人間行動の考慮
→マルチエージェントシステムの導入

人間行動の考慮

建築計画を行う場合，対象空間の各種性能を予め予測しておくことは基本的に重要



不特定多数が利用する施設・空間の場合

群集としての振る舞いを予測することは困難



ボトムアップ的アプローチ

人間行動シミュレーションの利用

5

これまでの研究事例1

- 1)織田瑞夫, 瀧澤重志, 河村廣, 谷明勲: エージェントモデルによる連続的空間における人間行動シミュレータの構築及び建築計画への応用, 日本建築学会計画系論文集, 第558号, pp.315-322, 2002.8.
- 2)勝山道夫, 瀧澤重志, 河村廣, 谷明勲: エージェントによる美術館における人間行動モデル ~絵画鑑賞中の行動パターンの追加~, 日本建築学会, 第25回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.157-162, 2002.12.
- 3)Tani, A., Yamamura, T., Waridashi, Y., Kawamura, H. and Takizawa, A.: Simulation on Rescue in Case of Earthquake Disaster by Multi-Agent System, Proceeding of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, DVD-ROM, Paper No.636, pp.1-12, 2004.8.
- 4)Shimada, Y., Kawamura, H., Tani A. and Takizawa, A.: Pedestrian Walking Agent Model Trained by Multilayered Neural Network and Parameter-free Genetic Algorithms, Proceeding of Joint 2nd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 5th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2004), CD-ROM, THE-8-4, pp.1-6, 2004.9.
- 5)島田陽子, 河村廣, 瀧澤重志, 谷明勲: ニューラルネットワークとパラメーターフリー遺伝的アルゴリズムを併用した人間歩行モデル—識別センサを有する複数対向・可変速度型エージェントの場合—, 日本建築学会, 第27回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.1-6, 2004.12.

6

これまでの研究事例2

6)中野裕介, 山邊友一郎, 谷明勲:マルチエージェントシステムを用いた津波避難シミュレーション—避難意識・避難行動と人的被害との関係—, 日本計算工学会, 計算工学講演会論文集第17巻, 論文番号F-8-2, pp.1-4, 2012.5.

7)楠本達平, 山邊友一郎, 谷明勲:MASとGAを用いたテナント配置の最適化, 日本計算工学会, 計算工学講演会論文集第20巻, 論文番号 D-9-5, pp.1-4, 2015.6.

8)谷明勲, 兼原一, 山邊友一郎:マルチエージェントによる避難シミュレーションを用いた経路形状毎の避難性能評価に関する研究, 日本計算工学会, 計算工学講演会論文集第21巻, 論文番号E-7-3, pp.1-4, 2016.6.

9)末石朋熙, 山邊友一郎, 谷明勲:マルチエージェントを用いた歩行時ストレスの研究—群衆密度と経路形状との関係性—, 日本計算工学会, 計算工学講演会論文集第21巻, 論文番号 E-7-4, pp.1-4, 2016.6.

10)Kanehara, H. Tani, A. and Yamabe, Y.: Study on the Variation in Evacuation Pace Depending on Route Shape: Effect of Route Elements on Evacuation Performance, Proceedings of the 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, USB-ROM, pp.333-339, 2016.7.

7

研究事例紹介

ここでは, 6月の画像電子学会年次大会の論文

谷明勲, 山邊友一郎:情報科学技術を用いた建築・都市モデルの創生, 2016年度第44回画像電子学会年次大会予稿集, 講演番号T5-8, pp.1-6, 2016.6.

で紹介した以下のマルチエージェントシステムの応用事例について再度紹介する。

7)楠本達平, 山邊友一郎, 谷明勲:MASとGAを用いたテナント配置の最適化, 日本計算工学会, 計算工学講演会論文集第20巻, 論文番号D-9-5, pp.1-4, 2015.6.

8

MASとGAを用いた テナント配置の最適化

研究背景

商業施設のテナント配置

- デザインや動線計画等が影響
→ 無数の選択肢が存在



- 遺伝的アルゴリズム(GA)
→ 無数の選択肢が存在する問題の最適化
- マルチエージェントシステム(MAS)
→ 現実に近い状況をシミュレート

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

研究目的

研究目的1

購買活動 { 計画購買……事前に購買を計画
非計画購買……店内販売促進などで誘発

- 計画購買に加えて非計画購買も考慮したエージェントの行動ルールの構築
- テナントを自由に配置すると得られたテナント配置に無駄なスペースが現れることがあるため、貸店舗スペースを固定しテナント配置を入れ換えるシステムの構築

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

研究目的2

- テナント配置最適化を図るシステムの構築
- 結果が評価指標に依拠しているかを検討
- システムの有効性を検討

研究背景

研究目的

システム概要

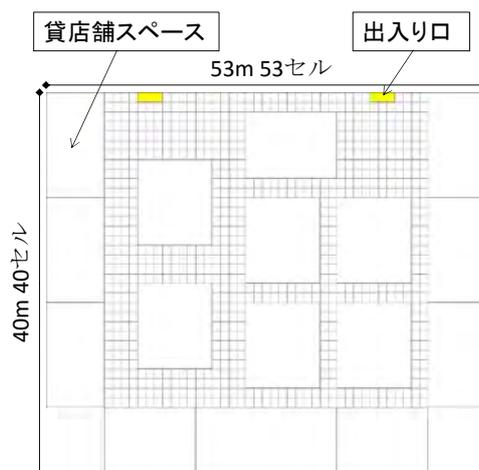
シミュレーション結果

まとめ

システム概要

対象空間のフロア構成

- フロア
 - 縦40 × 横53のセル
 - 1セル: 1 × 1(m)
- 貸店舗
 - 合計16店舗
 - 9m × 9mのテナント 6店舗
 - 11m × 7mのテナント6店舗
 - 7m × 11mのテナント3店舗
 - 7m × 17mのテナント1店舗
- 出入り口
 - 上部に2ヶ所



テナントの集客力

•集客力

- テナント毎に設定した立ち寄り範囲にエージェントが立ち入ると、確率に応じてそのテナントに立ち寄り非計画購買を行う



- この確率を集客力と定める
- 16個のテナントを100%～25%までの5%間隔の集客力で種類分け

研究背景

研究目的

システム概要

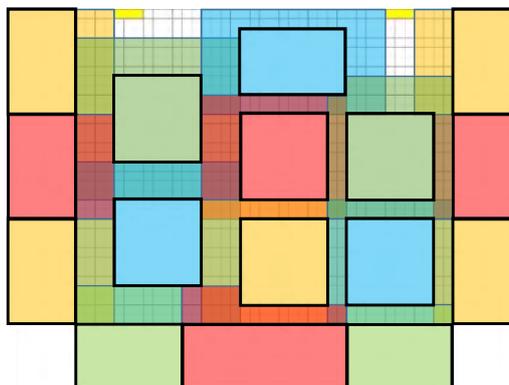
シミュレーション結果

まとめ

テナントの立ち寄り範囲

•立ち寄り範囲

- 左側と上側テナントの立ち寄り範囲は4セルに設定
- 右下のテナントの立ち寄り範囲は2セルに設定



研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

エージェントの購買テナント設定

- 計画購買テナント
 - 入店するとまず目指すテナントを各エージェントに1つずつ, 集客力を確率としてランダムに設定
- 非計画購買テナント
 - 特に目指しはしないがテナントの立ち寄り範囲に入ると, 一時的に立ち寄り購買を行うテナントを集客力に応じて各エージェントにランダムに設定
 - 一人あたりの非計画購買テナントの数は制限なし

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

エージェント構成

- 人数
 - 400人
- 種類
 - 通常エージェント
 - 歩行速度1/2エージェント
- ステップ
 - 通常エージェントが1セル移動する時間
 - 歩行速度1/2エージェントは2ステップに1セル移動可能

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

エージェント構成

- 入店間隔
 - 2ステップに1人の間隔で入店
 - 5人に1人の間隔で歩行速度1/2エージェントが入店
 - 10人に1人の間隔で2人1組の歩行速度1/2エージェントが入店
- 購買活動
 - テナント中央のセル近傍8セルに到達すると行う
 - 10ステップ間静止する事で表現する

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

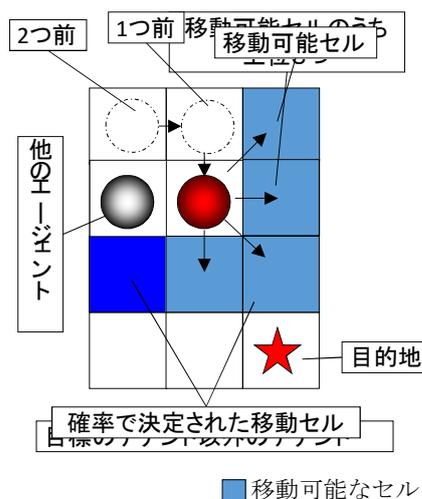
まとめ

エージェントの行動ルール

- 移動できないセル
 - ① 他のエージェントのいるセル
 - ② 1つ前に自分がいたセル
 - ③ 2つ前に自分がいたセル
 - ④ 目標のテナント以外のテナントセル
- 移動可能セルの中で
以下の確率に応じて移動方向を決定

移動可能方向が3つ以上	1位	2位	3位
3つとも距離が違う	85%	10%	5%
1位と2位が同距離	45%	45%	10%
2位と3位が同距離	90%	5%	5%

移動可能方向が2つ	1位	2位
距離が違う	95%	5%
距離が同じ	50%	50%



研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

テナント表示

- 表に倣い表示色を設定
- 貸店舗に1つずつ配置

Rank	集客力(%)	表示
1	100	■
2	95	■
3	90	■
4	85	■
5	80	■
6	75	■
7	70	■
8	65	■

Rank	集客力(%)	表示
9	60	■
10	55	■
11	50	■
12	45	■
13	40	■
14	35	■
15	30	■
16	25	■

研究背景

研究目的

システム概要

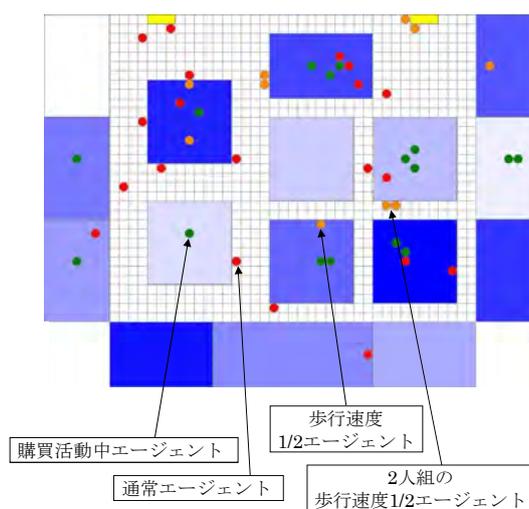
シミュレーション結果

まとめ

エージェント表示

- 1人のエージェントを1つのセルで表す

- :通常エージェント
- :歩行速度1/2エージェント
- :購買活動中エージェント



研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

評価指標

- EV1 (Case1,2) : 移動負担 → 移動距離
- EV2 (Case3,4) : 売り上げ → 購入回数
- EV3 (Case5,6) : 混雑具合 → 接近回数
- EV (Case7,8) : EV1～EV3 → 総和で評価

Case1,3,5,7は乱数系列1, Case2,4,6,8は乱数系列2

Case1～Case8は最大化問題として最適化

研究背景

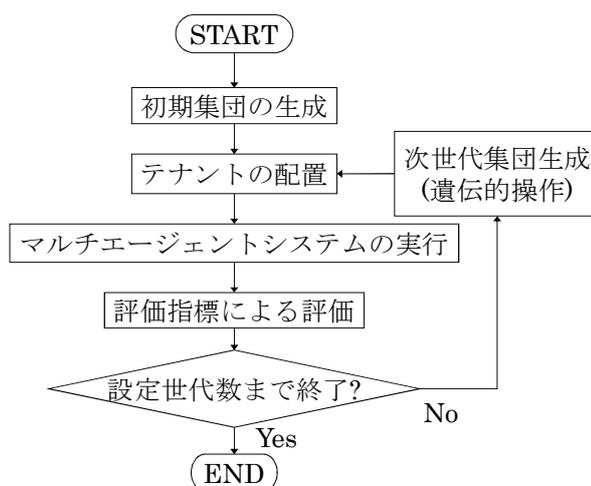
研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

システム全体のフローチャート



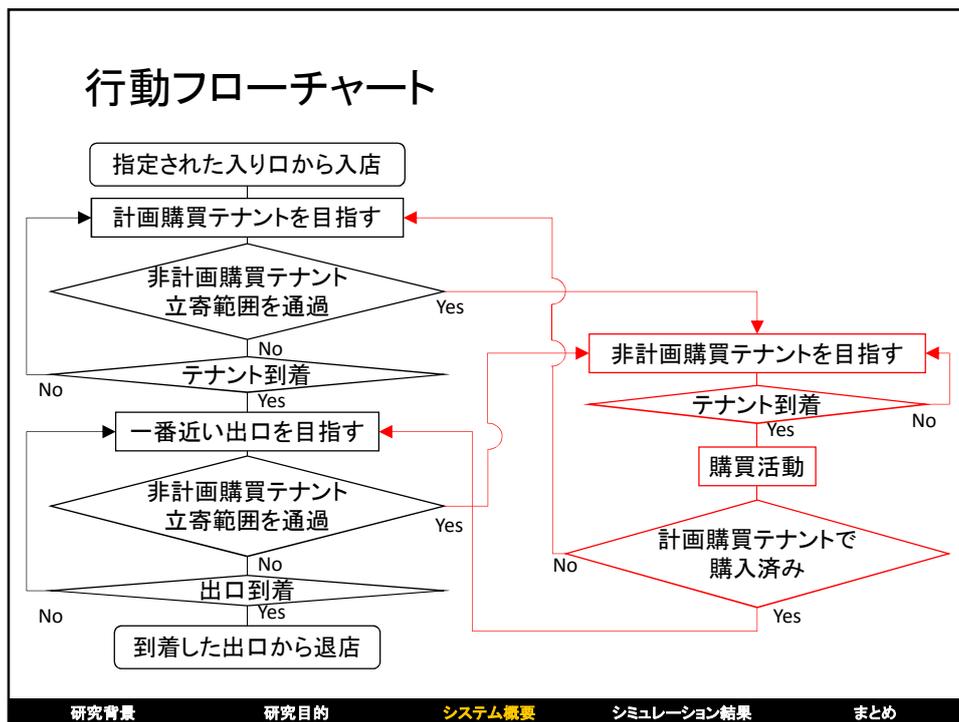
研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ



シミュレーション結果

EV1(Case1, 2):移動負担

- 消費者の購買時の移動負担軽減を評価
- 全てのエージェントが入店してから退店するまでに要した移動マス数の総和を A_1 とし、 A_1 の1人あたりの平均値の逆数に10000を乗じた値をEV1とする

$$EV1 = \frac{N}{A_1} \times 10000$$

(N : エージェントの人数)

研究背景

研究目的

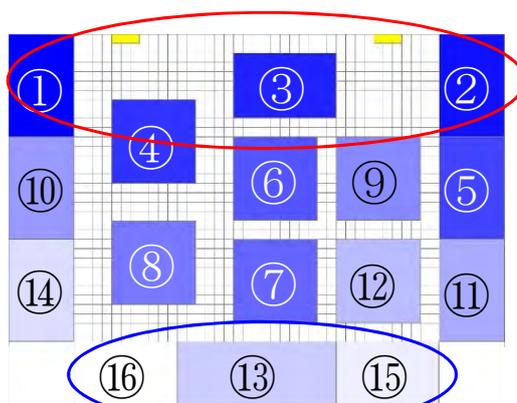
システム概要

シミュレーション結果

まとめ

結果【Case1 (EV1):移動負担】

EV1(目的関数)
193.424(K_1)
EV2
290.750
EV3
762.048



①～⑯は集客Rankを示す【①:100%②:95%・・・⑯:25%】

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

EV2(Case3, 4): 売り上げ

- フロア全体の売り上げ増加を評価
- 全てのエージェントが入店してから退店するまでに購買活動したテナントの数の総和を A_2 とし、 A_2 の1人あたりの平均値に100を乗じた値をEV2とする

$$EV\ 2 = \frac{A_2}{N} \times 100$$

(N : エージェントの人数)

研究背景

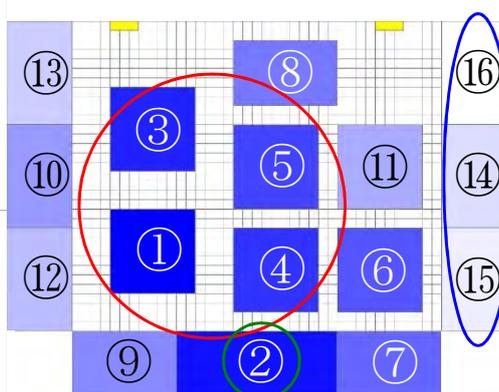
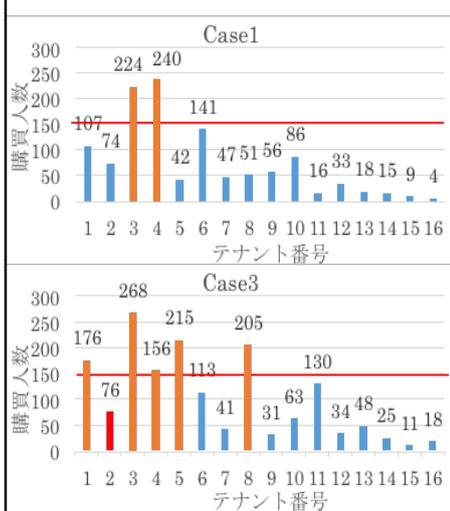
研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

結果【 Case3 (EV2): 売り上げ】



①～⑯は集客Rankを示す
【①:100%②:95%・・・⑯:25%】

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

EV3(Case5, 6): 接近回数

- フロア内の混雑軽減を評価
- 1ステップ毎にエージェント近傍8セルにいる他のエージェントを接近回数としてカウント
- 全てのエージェントが入店してから退店するまでの接近回数の総和を A_3 とし、 A_3 の1人あたりの平均値の逆数に10000を乗じた値をEV3とする

$$EV3 = \frac{N}{A_3} \times 10000$$

(N: エージェントの人数)

研究背景

研究目的

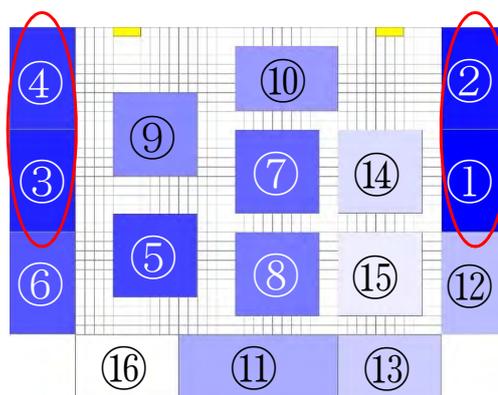
システム概要

シミュレーション結果

まとめ

結果【 Case5 (EV3): 接近回数】

EV1
176.842
EV2(目的関数)
300.250
EV3(目的関数)
863.931(K_3)



①～⑯は集客Rankを示す【①:100%②:95%……⑯:25%】

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ

EV(Case7, 8): 総合評価

- EV1～EV3を総和で総合的に評価
- 式中の係数 $K_1 \sim K_3$ は、EV1～EV3を単独で評価指標とした最適化結果の評価値を乱数系列1と乱数系列2でそれぞれ用いる

$$EV = \frac{EV1 \times 100}{K_1} + \frac{EV2 \times 100}{K_2} + \frac{EV3 \times 100}{K_3}$$

研究背景

研究目的

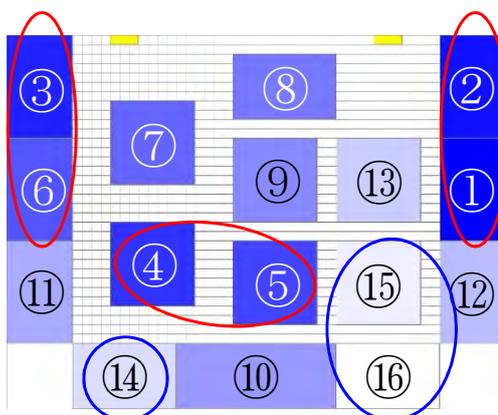
システム概要

シミュレーション結果

まとめ

結果【Case7 (EV): 総合評価】

EV1
185.943
EV2
301.750
EV3
840.160
EV(目的関数)
267.642



①～⑯は集客Rankを示す【①:100%②:95%……⑯:25%】

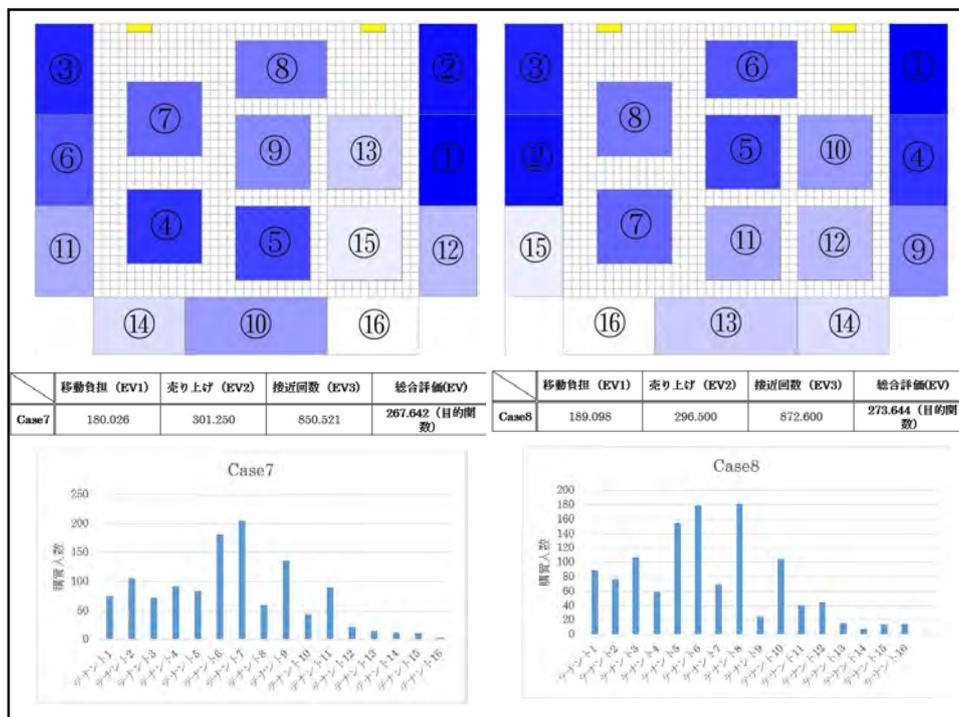
研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果

まとめ



まとめ

まとめ

- 移動負担, 売り上げ, 接近回数を単独で評価したCaseでは, それぞれの評価指標に最適化されたテナント配置が得られた。
- 総合評価では, 移動負担, 売り上げ, 接近回数の, 単独評価時のテナント配置の特徴が見られ, 各評価指標が総合的に評価された。

評価関数に応じた最適化が行われた。

システムの有効性が確認できた。

研究背景

研究目的

システム概要

シミュレーション結果



ご静聴ありがとうございました