

歩行者シミュレーションシステム「Sim-Walker」の開発と 鉄道駅改良工事の施工計画立案への適用例

鹿島建設(株) 正会員 ○中村 泰広 正会員 野呂 好幸
正会員 前田 宗宏 天野 和洋

1. 目的

近年、都市鉄道で増加している既存駅の改良工事では、供用中の駅構内の一部を施工ヤードとして占有する必要がある。こうした施工条件では、「コスト縮減」、「工期短縮」、「営業線の安全確保」といった従来の課題に加えて、旅客をはじめとする駅施設利用者に対する配慮が不可欠である。旅客の安全性・利便性のみに着目すれば広い通路やコンコースの確保が求められるが、一方で、狭い施工ヤードは作業の安全性・経済性を低下させる。そのため、旅客の安全性・利便性を損なわない歩行空間の最低限の広さや形状の把握が必要となる。

歩行空間の評価には、古くから流動係数や旅客密度を基にしたサービス水準¹⁾が多くの場合で用いられている。ただし、これは通路等のように、幅員や人の流れが一様な条件を対象とした静的な評価手法であり、列車の発着に伴う旅客数の著しい時間変動(図-1参照)や空間的な密度のばらつき、通路・柱等の形状の影響といった駅構内特有の動的な状況を正確に評価することができない。

そこで、駅構内における様々な歩行者流動を再現できる歩行者シミュレーションシステム「Sim-Walker」を開発するとともに、旅客の安全性、円滑性に関する課題、改善効果を定量的に評価する手法を構築する。

2. 歩行空間の評価フロー

「Sim-Walker」を用いた歩行空間の評価のための基本的なフローを図-2に示す。空間的な特徴や利用する歩行者の特徴によって異なる様相を見せる歩行者流動について「現状再現シミュレーション」の比較解析を行い、対象とする歩行空間の歩行者流動を正確に再現できるインプットデータを抽出する。続いて、得られたデータを基に「原計画のシミュレーション」を行って課題を把握するとともに、必要に応じて改善案を検討し、「改善案のシミュレーション」でその効果を確認する。

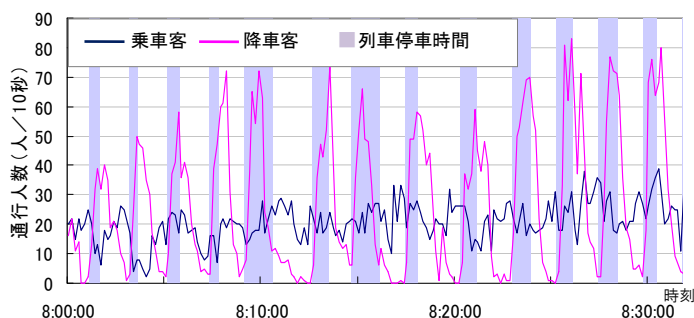


図-1 駅構内での旅客数変動実測例(10秒間集計)

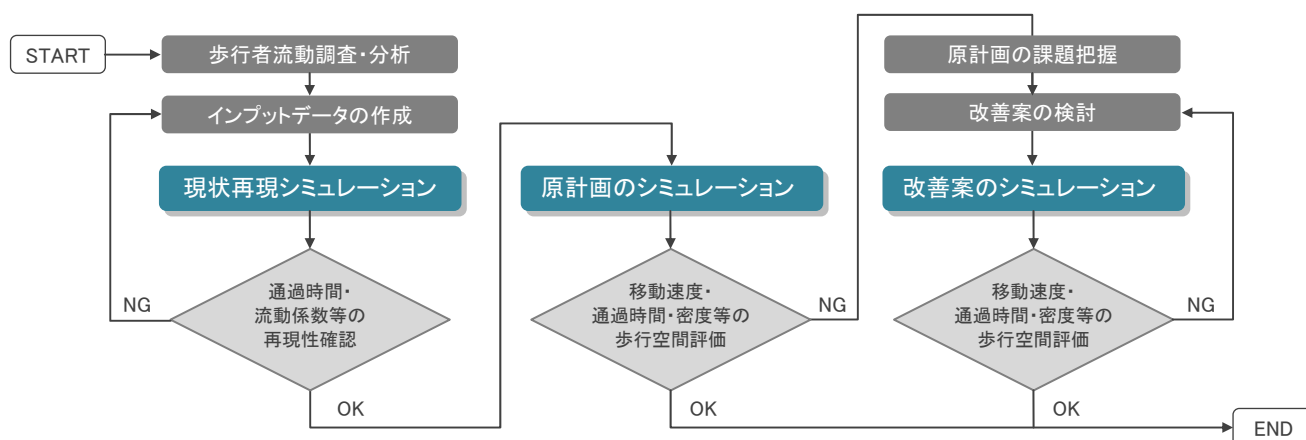


図-2 Sim-Walker を用いた歩行空間の評価フロー

キーワード 駅, 歩行者, 旅客, シミュレーション, 評価, 施工計画

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂6丁目5-30 鹿島建設株式会社 TEL 03-6229-6732

2. Sim-Walker の概要

(1) 歩行者挙動モデル

「Sim-Walker」の歩行者挙動モデルには、数あるモデルの中からロジックが明快かつ柔軟な浅野モデル^{2),3)}を基に「広域的な経路選択」と「局所的な進路決定」の2段階の意思決定行動レベルを持たせた(表-1 参照)。

また、歩行者の行動特性を決定するパラメータには、移動速度、人体円半径(他の歩行者との接近許容距離)、障害物探索範囲、直近の将来の先読み時間等があり、これらを任意に設定することで様々な属性の歩行者を同時に再現する。

(2) 歩行者流動の再現

「Sim-Walker」では、ホーム、階段、コンコース、改札といった特徴の異なる歩行空間や複雑な多層空間での歩行者流動を一体的・三次元的に再現するとともに、歩行空間の特徴把握を容易にするため、移動速度や目的地が違う歩行者の色分け表示、三次元グラフィックスソフトとの連携によるリアルな表現等、歩行者流動を分かりやすく再現する機能を持たせた。(図-3 参照)

(3) 歩行空間の評価

解析結果に基づく歩行空間の評価には、歩行空間を任意のメッシュで分割し、表-2に示す評価項目でカラーコンター表示する機能を用いる(赤:混雑~青:非混雑)。表-3に示す結果表示の例では、【1】は移動速度、交錯・回避とともに赤い混雑状態を示しており、歩行者流動のボトルネックとなっていることが明白である。一方、【2】は移動速度だけでは問題の無い空間と思われるが、交錯・回避の評価結果を見ると他と比べて歩きにくい(やや混雑を感じる)空間であることが分かる。このように、混雑の程度や特徴、歩行者流動のボトルネック等を複数の評価項目から多面的に把握することができる。

表-1 意思決定行動レベル

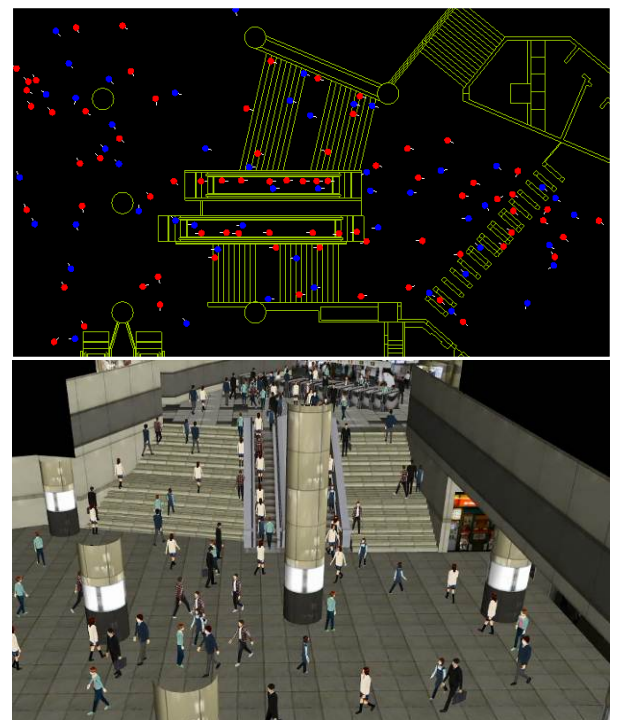
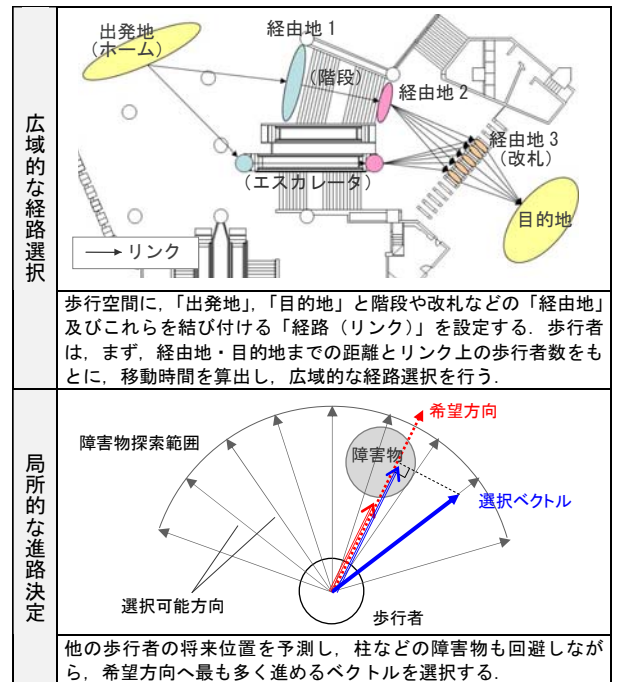
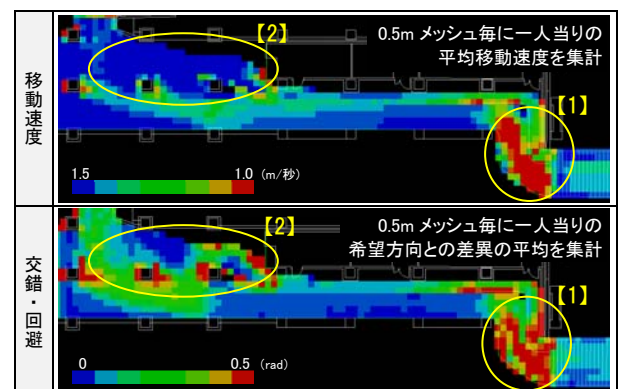


図-3 Sim-Walker による歩行挙動の再現例

表-2 評価項目

評価項目	内容
移動速度	混雑が激しいほど速度が低下する。
交錯・回避	希望方向に対して実際の選択速度ベクトルがどの程度ずれていたかを集計する。移動速度に関わらず、人などの障害物を回避する行動が多い箇所ほど歩きにくい(混雑を感じる)空間と判定される。
滞留損失時間	主に昇降部や改札での待ち時間を評価する。
旅客滞留密度	旅客の混雑度合を空間の密度分布として評価する。

表-3 結果表示の例



3. 施工計画への適用

駅改良工事における施工中の旅客の安全を確保した施工計画立案のために「Sim-Walker」を適用した例を以下に示す。

(1) ホーム～階段～通路部での適用

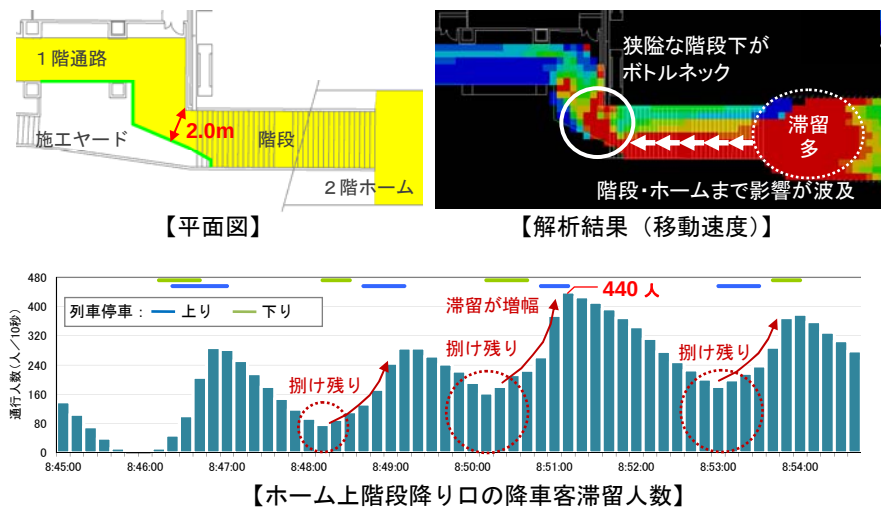
駅構内のバリアフリー工事において、階段、通路部での幅員減少の旅客流動への影響を評価した。

当初計画では、階段及び通路の幅員が施工中に 3.5m から 2.0m へと大幅に縮小されるため、ここをボトルネックとした混雑発生が懸念された（図－4 上左）。その影響をシミュレーションで確認すると、階段下のボトルネックの影響がホームまで続き（図－4 上右）、列車到着時に前列車の降車客がホームに残ってしまうことが判明した（図－4 下、ホーム上の滞留人数：最大 440 人）。

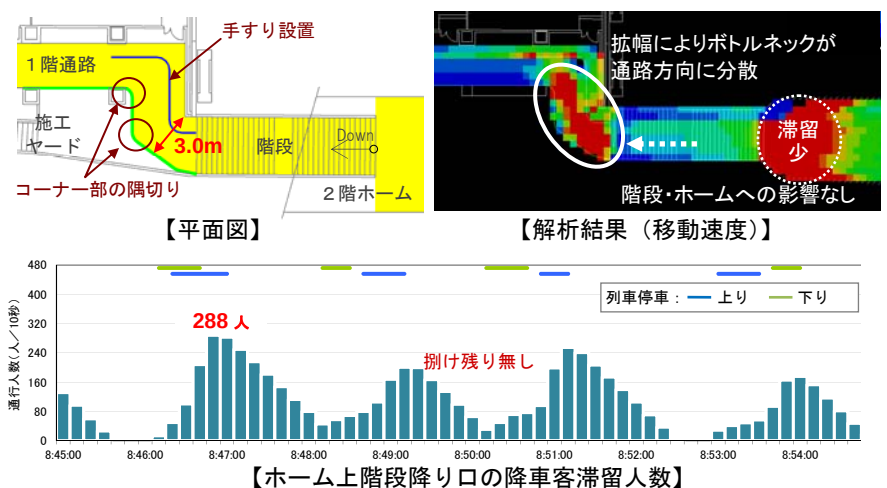
施工中にも現況の最小幅員 3.5m 以上を確保できれば旅客流動としては問題ないが、施工効率の低下に伴う大幅な工期延長が懸念された。そこで、通路の最小幅員は 3.0m とし、コーナー部の隅切りや手すりによる乗降客動線の分離の工夫を行った（図－5 上左）。

この改善案により、ボトルネックの影響が階段からホームへと波及せず、ホーム上の降車客の滞留が減少し（図－5 上右）、捌け残りも無くなることをシミュレーションで確認できた（図－5 下、ホーム上の滞留人数：最大 288 人）。

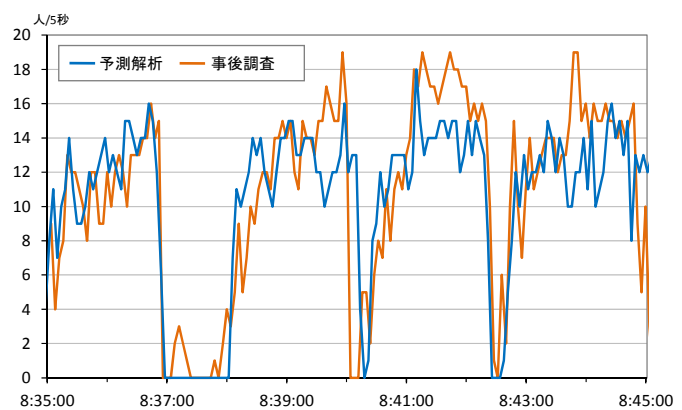
図－6 に事後調査による精度検証を行った結果を示す。グラフは 1 階通路の断面通行人数の時間変動である。局所的なずれは一部見られるが、変動の傾向はおおむね整合している。また、各集計単位での差分の総和を通行人数の総和で除したものを誤差率としてみると 19%程度に収まっている。



図－4 当初計画とシミュレーションによる評価



図－5 改善案とシミュレーションによる評価



図－6 断面通行人数の時間変動
(5秒集計)

(2) 大規模コンコースでの適用

駅ビル建設を伴う大規模な駅改良工事において、工事期間中に長期間占用する改札内のコンコースの形状や旅客動線の仮回し方法について評価した。

評価対象がコンコースという比較的広い空間であるため、空間を2mメッシュに分割し、10秒刻みの旅客密度を集計したものを「旅客滞留密度」と定義して評価指標に用いた。図-7の上段が仮回し前の現況再現の結果、中段が原案、下段が改善案の予測解析結果である。

現況は、中央コンコースから改札付近の空間が広いめ目立った混雑は見られない。これに対し原案では、工事期間中に現階段付近が狭くなることから仮階段・仮通路が計画されているが、幅員が減少した中央コンコースに旅客が集中し、改札まで激しい混雑が続いている。そこで、改善案として、仮階段から改札へ新たな動線を確保し、旅客を分散させた。これにより、現況と同等まで混雑を緩和している。

4. おわりに

以上、歩行者シミュレーションシステム「Sim-Walker」の概要と鉄道駅改良工事の施工計画立案への適用例を紹介した。本システムは、これまで困難であった駅構内特有の旅客流動の定量的な評価を可能とすることで、旅客の安全性・快適性に配慮した最適な施工計画立案支援に加え、関係者間の円滑な合意形成に寄与できるものと考えている。

今後、更なる実績の積み重ねにより精度向上を図るとともに、鉄道駅以外の様々な歩行行動データを取得・分析して幅広い歩行空間へ展開していきたいと考えている。

参考文献

- 1) John J. Fruin 著, 長島正充訳: 歩行者の空間, p. 75-91, 鹿島出版会, 1974.
- 2) 浅野美帆: 歩行者交通流動評価のためのシミュレーションモデルの開発ー予測を考慮して, 東京大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 博士論文, 2007.
- 3) 浅野美帆他: 交錯交通の容量評価のためのミクロ歩行者行動モデル, 交通工学 43 (4), pp. 80-89, 2008.

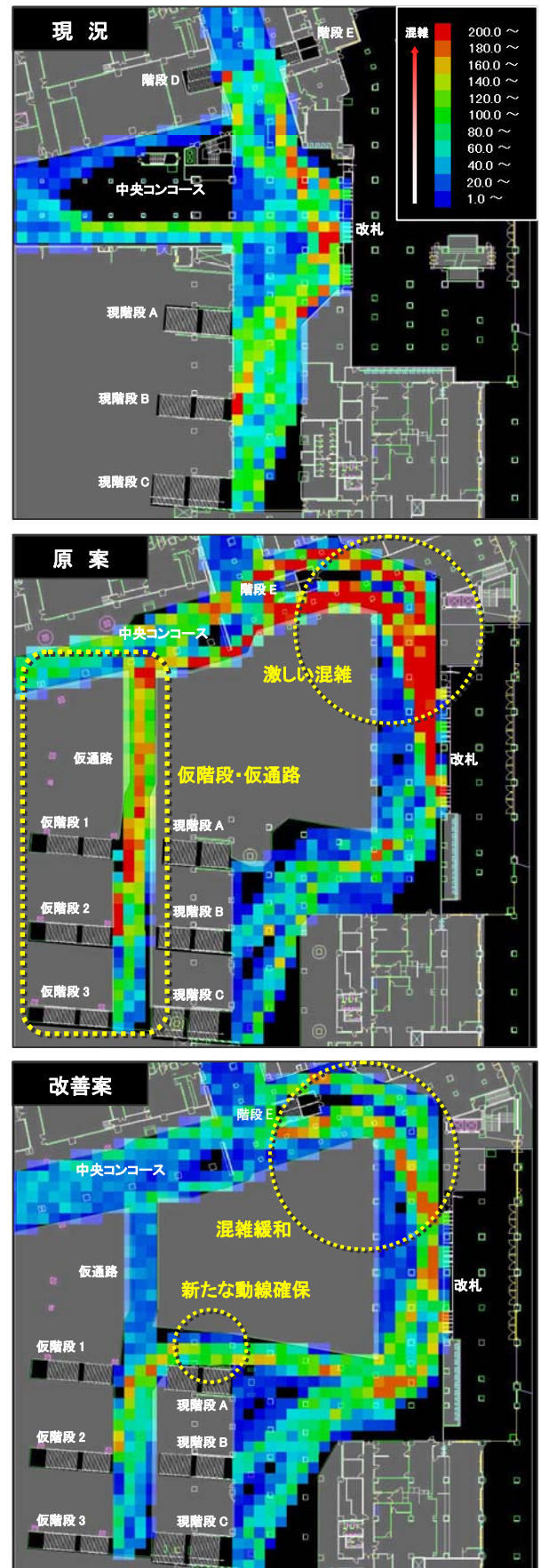


図-7 旅客通路の提案と検証結果