

技術講座

# 人流解析技術を用いたビル内移動の最適化シミュレーション

村井 浩二 (Koji Murai)

株式会社 日立ビルシステム  
グローバル昇降機本部 東京昇降機本部

近藤 靖郎 (Yasuro Kondo)

株式会社 日立ビルシステム  
グローバル経営戦略統括本部 経営戦略本部

## 1. はじめに

ビル内における最も重要な交通手段であるエレベーターの設置計画においては、エレベーター設置に必要な占有面積を抑えつつ輸送能力を確保することが要求されており、特に高層ビルでは、同一の占有面積で輸送効率の向上が期待できる大容量シャトルエレベーターや、ダブルデッキエレベーター、行き先階予約システムを備えたエレベーターの導入が進んでいます。

従来の計画で用いられてきたエレベーター交通計算やシミュレーションでは、走行時間や停止回数、乗降時間などを考慮してエレベーターの輸送力を評価しています。また、ビル全体の人の移動のシミュレーションとして、歩行者シミュレーションとエレベーターシミュレーションの連携を検討した先行研究も報告されていますが、いずれもエレベーターに乗る前のホールでの移動や整列、ボタン操作などの行動については十分考慮されていません。

そこで、多種多様なエレベーターの設置計画を支援するため、鉄道駅での混雑予測などで活用してきた技術を応用し、従来のエレベーターシステムにおけるボタン操作や整列行動、行き先階予約システムにおける行き先階登録操作に対応させた、ホールでの行動を詳細にシミュレーションできる「人流解析技術を用いたビル内移動の最適化シミュレーション」を紹介します。

## 2. 人流解析技術の特長

### 2.1 システム構成

ビル内移動の人流解析を実現するシステム構成を図1

に示します。

本技術は、利用者とエレベーターや列車の輸送手段との相互の影響を考慮して、人の流れを解析できることが最大の特長となっています。入力データは、エレベーターの運行データ、ビルの構造を示す建築レイアウトデータ、エレベーターやエスカレーター、セキュリティゲートなどのビル設備データ及びどこからどこまで何人の利用者が移動するかを表す人の移動データが必要です。また、列車と連動させてシミュレーションを行う場合には、さらに列車運行データが必要となります。

シミュレーションモデルは、エレベーターの運行モデル、利用者行動モデル、及び列車運行モデルを備え、入力データに基づいてエレベーター及び列車の動きと、それに応じた利用者の乗り降りの状況を再現できる構成です。そして出力データとしては、乗り場の利用者の混雑度と滞留人数、待ち時間と待ち人数、通過時間と通過人数を出力することが可能です。

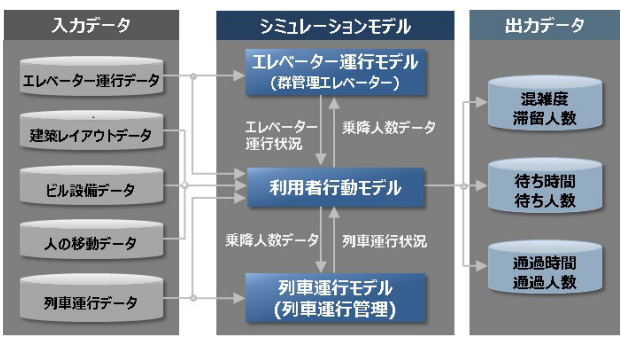


図1 ビル内移動に関する人流解析技術を実現するシステム構成  
利用者と輸送手段の相互の影響を考慮して人の流れを解析可能。

技術講座

こうしたシステム構成により、人の移動をモデル化することが可能になり、街のさまざまなシーン、具体的にはエレベーターの乗り降りや乗り場の混雑、駅での列車の乗り降りやホーム、階段の混雑、イベント会場における荷物検査場の通過など、街のさまざまなシーンにおける人の流れの解析に活用することができます（図2参照）。

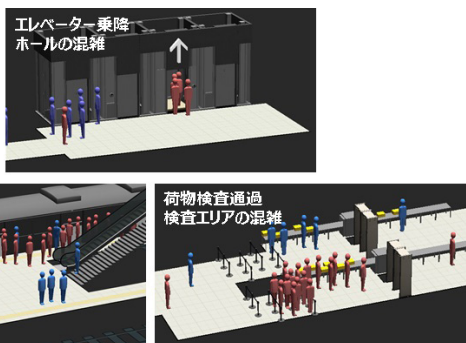


図2 人流解析技術のさまざまな活用シーンの一例  
人の移動をモデル化し、さまざまなシーンにおける人の流れを解析することが可能。

2.2 ビル内の人の移動のモデル化

ビル内の人の移動のモデル化に必要な条件の設定手順は、大きく分けて3つのステップから構成されます。

まず始めに、建築図面などを参考に、各階のレイアウト及びフロア寸法や高さを設定します（建築レイアウトの設定）。次にエレベーター、エスカレーター、セキュリティゲート、自動ドアなどの各種ビル内設備を配置し、それぞれの仕様を設定します（ビル設備の設定）。そしてエントランスや居室の出入口を設定し、どこからどこへ何人が移動するかの人数を設定します（人の移動の設定）。これらの手順で入力された情報によって、人の移動モデルと、エレベーター運行モデルが融合したシミュレーションモデルにより、エレベーター利用を含めた、ビル内移動に関するシミュレーション技術を構築します（図3参照）。

具体的には、ビルのエントランスから入場して、エスカレーターで上がり、セキュリティゲートを通過した後、乗り場ボタンを押してエレベーターを呼び寄せ、エレベーターに乗り、目的階にてエレベーターから降車してオフィスまで移動する、「エントランスからオフィスまでの移動」を再現できます。その結果、ビル内の人の移動、混雑、エレベーターの移動を可視化すると共

に、ビル内の動線計画の解析、評価を実現します。

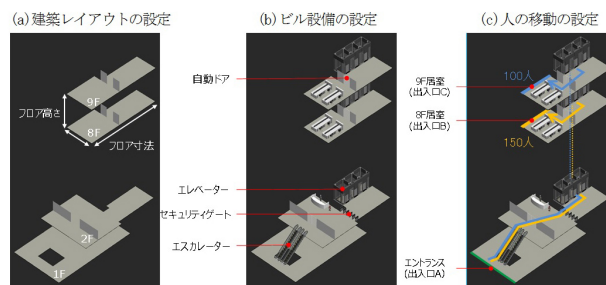


図3 シミュレーションに必要な設定手順  
大きく分けて3つのステップでビル内動線のモデル化が可能。

2.3 影響度合いの可視化

シミュレーション画面は、人の移動の表示画面とエレベーター運行状況表示画面、各種評価指標を表示する画面から構成されます（図4参照）。人の移動の表示画面は、エレベーターの動きと連動した人の流れを、3次元で俯瞰して表示することができます。さらに、各エレベーターの運行状況及び乗車人数や、いつ到着するかをお知らせする到着予報灯、どの乗り場でエレベーターを呼ぶボタンが押されたか、目的階がどこかを表示することができます。また、評価指標として、例えば乗り場でエレベーター待ちのために並んでいる人の合計人数や、エレベーター待ち時間の割合を表示することができます。

このように、人の移動から評価指標までの情報を一度に同じ画面に表示することができ、また時間の進み具合とともに各画面が連携して動作します。それにより、エレベーターの運行状況と人の移動、評価指標との関係を直感的に把握することができる画面構成となっています。

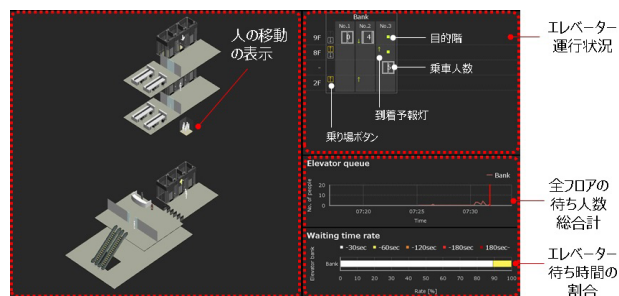


図4 シミュレーション画面の構成  
エレベーターと各種ビル内設備との連携をわかりやすく3Dアニメーションを確認しながら評価・検討可能。

技術講座

3. 人流解析技術の活用例

これまで、エレベーターシミュレーションにより、エレベーターに乗る直前から降りた直後の移動だけを評価の対象としてきましたが、近年、ビル内設備との連動の評価を求められるケースが増加しています。例えば、行き先階予約システムと連動するセキュリティゲートは、通常、エレベーターの乗り場から離れた位置に設置されることが多く、乗り遅れが発生しないように反応時間や歩行時間など、より多くの検討時間が必要でした。しかし、人流解析技術を用いることで、さまざまな条件について、より多くの検証がしやすくなります。次に具体的な活用例を説明します。

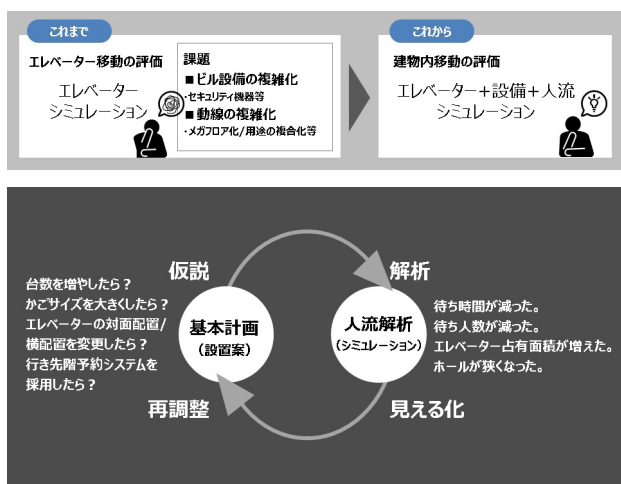


図5 今後の人流解析技術を活用したビル設置計画の提案サイクル  
人流解析技術の活用により、仮説・解析・見える化・再調整をすばやく回すことで、迅速な設置計画の立案が可能。

建物全体の移動を評価し、改善するためには、設置計画についてさまざまな条件の仮説を立てます。例えばエレベーターの台数増加、エレベーターのかご面積拡大、エレベーターの配置変更、行き先階予約システムの採用、があります。特に、新規の設置計画時に、こうした仮説を人流解析によって影響度合いの可視化により、再調整するというサイクルを繰り返す必要があります。人流解析技術を活用することにより、こうしたサイクルをすばやく回すことが可能になり、迅速な設置計画の立案に貢献することができます（図5参照）。

具体的な一例として、乗り場前に設置されたセキュリティゲートとエレベーターとの連動の有無について評価した結果について紹介します。左側に通常のセキュリティ

ゲート、右側にセキュリティゲートを通過する際に行き先階を登録して行き先別に振り分ける設定（行き先階予約システム導入後）を示します（図6参照）。従来の方式ではゲート付近での混雑が激しいのに対して、行き先階予約システム導入後は、混雑が緩和されていることが分かります。さらに、グラフ（エレベーター待ち時間の割合）より、行き先階予約システムでは、待ち時間も少なくなっていることが確認でき、平均待ち時間が約30%改善されており、エレベーターの設置スペースを増やすことなく、待ち時間低減効果を容易に確認できます。



図6 行き先階予約システムとセキュリティゲート連動の効果  
実際には事前に確認することが困難なビル内設備変更や運用変更による人の移動への影響度合いを3Dアニメーションでわかりやすく見える化。ただし、効果は使用状況により変動するおそれがある。

また、ここまでは設置計画での活用について述べてきましたが、運用時サービスでも活用可能です。例えば、最初のステップは、ビルの現地情報としてエレベーターの運行データを計測し、計測されたデータと人流解析技術を合わせて、現状の課題の可視化を図ります。さらに次のステップとして、課題を解決するために、ビル運用の変更の有効性を人流解析技術により評価することで、その効果を関係者で共有することができます。

4. 人流解析技術の今後の展開

メンテナンス契約を結んだ昇降機は遠隔で常に稼働状態を監視しており、エレベーターの運行データが収集可能となります。昇降機や空調などのビル内の各種設備と連携する人流解析プラットフォームの活用により、エレベーターの運行データと、自動ドアや監視カメラ、入退出管理システムなどのセンシングデータとともに、人流解析技術を用いることで、ビルの計画段階から運用段階まで、より快適な空間の提供とサービス向上に貢献でき

技術講座

ます（図7参照）。

また今後、人流解析プラットフォームをロボットと連携させたり、ビルに関わる多種多様なデジタルデータを人工知能やIoT技術に連携させることで、エレベーター制御の進化に留まらず、新しい試みを実施でき、その効果を見える化することができます。

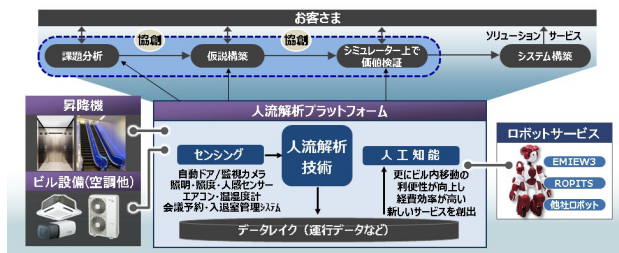


図7 人流解析プラットフォーム活用による新たなソリューション  
ビルに関わる多種多様なデジタルデータを収集し、人工知能などの最新デジタル技術により、「お客さまのお客さま」など全ての顧客層に対するサービス向上に貢献。

5. おわりに

ここでは、エレベーターを利用した「人流解析技術

を用いたビル内移動の最適化シミュレーションと活用例」について紹介しました。本シミュレーションはビル内の人のモデル化、影響度合いの可視化を特長とし、複雑なビル内の動線や、複合化したビル用途を解析、評価し、ビル内の円滑な人の移動に貢献することが可能となります（図8参照）。

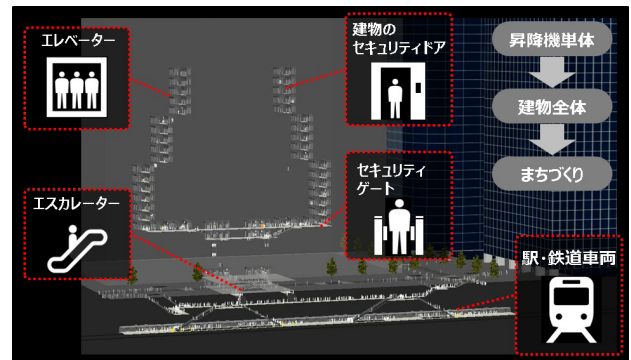


図8 大規模なオフィスビルを想定したシミュレーション  
日立では駅での人流解析も実施のため、将来的にはそれらをつなげることにより、さらに円滑な移動を提供し、魅力ある「まちづくり」に貢献、新たな付加価値の提供が可能。