

駅空間における群集流動の解析 ～景観操作による行動制御シミュレーション～

中野隆史¹・田中一成²・吉川 眞³

¹学生会員 大阪工業大学大学院博士前期過程 都市デザイン工学専攻
(〒630-8141 奈良市南京終町4-199-8, E-mail:nakano@civil.oit.ac.jp)

²正会員 博士(デザイン学) 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科
(〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮5-16-1, E-mail:issey@civil.oit.ac.jp)

³正会員 工博 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科
(〒532-8585 大阪府大阪市旭区大宮5-16-1, E-mail:nakano@civil.oit.ac.jp)

駅の利用形態を改善することは駅空間利用の多様性ひいては都市空間のイメージ向上に繋がる。人の流れを改善することが利用形態の改善に繋がると考え、人の流れをスムーズなものとする設計を行う。本研究は現場に近い方法を用いて人の流れを解析する。調査結果のデータを基にセルオートマトンを用い行動モデルを作成する。既往研究における行動モデルには詳細な人間行動を再現したモデルは少ない。本研究では詳細な人間行動を考慮し、かつ容易に利用できる行動モデルの作成を目指す。また、作成したモデルを3次元CADで再現し、3次元空間シミュレーションによって結果を示す、様々な角度からの検証を可能とした現実行動に近い再現性を目指す。

キーワード: 駅空間, 人の流れ, シミュレーション, セルオートマトン。

1. はじめに

駅空間は交通行動の基点であり、日常的に非常に多くの人が利用している。また、交通だけではなく買い物や食事など様々な特色のある利用形態を持つ公共空間となっている。このような特性によって都市空間において重要な役割を担っているといえる、しかし、朝夕のラッシュ時や来街者に対して現在の駅空間は交通行動の場として十分に機能していないことが多く、毎日大多数の人が利用するという他の空間にはない特性を有効に利用できていない。駅の利用形態を改善することができれば、ノードとしての駅空間の機能やその景観的な重要性から、都市のイメージ向上に繋がるはずである。

そこで、本研究に先立ち駅のイメージについて、アンケート調査を実施した(実施日:2005年9月14日 サンプル数:20 方法:選択用紙記入式、その後口頭質問)。そこで駅のマイナスイメージとして、人にぶつかると、ごちゃごちゃしているといった、混雑・雑多なイメージが多く指摘された。この人の流れに起因したマイナスイメージを改善することが駅イメージの向上に直接繋がると考えた。そこで、人の流れを分析するための調査とモデルの作成を行い、さらに動線計画・群集流動計画にもとづいた景観の操作による駅における最適な行動モ

デルを作成、シミュレーションを行い駅イメージ改善の提案を行う。

既往研究における駅空間を対象とした行動モデルには、旅客流動シミュレーションなど定型化された方法論がすでに存在し、流動予測などの分析において既に利用されている¹⁾。しかし、詳細に人間行動を観察し、それに基づいてモデルを構築した例はない。また、従来のモデルの多くは“単一目標達成のための合理的選択”という概念を前提としている。そのため、人間行動の動機付けや個人差、周囲の環境による影響を現実に近いかたちで表現できないと考える。そこで本研究では、案内サイン・誘導サインによる行動の誘導性や行動目的の変化という概念に着目する。また、現地調査における観測・計測データから人間行動を詳細に解析し、解析結果を基に新しい行動モデルを提案することを目的とする。

2. 基本指標による対象地区の選定

前述のアンケート調査の結果から、駅のマイナスイメージとして大きく関わってくる“人の流動”と“サイン”の二つの項目を改善することは、駅空間の利用促進に繋がると考えられる。

そこで、この“人の流動”“サイン”の二項目が強く関わる駅を対象とする必要がある。選定条件として、多くの人が集まる駅であること。複数の交通行動として機能していること、つまり乗換駅が一つ以上あり他の交通機関（バス、タクシー等）とも連携していること。また、内部もしくは周辺に商業施設がある複合空間であることも条件とする。

以上の条件から、また操作対象となる流動の現況やサイン等に対する計画性を考慮して、大阪市内から条件に合う駅を「駅別乗降者数総覧」等のデータを基本指標としてGISを用いて抽出する。

対象として梅田・天王寺・難波・京橋・鶴橋等の中心地区を設定し、駅の利用者数や乗換人数、駅周辺の土地利用や人口、電車の発車本数等のデータから選定条件に最も合う駅を検索する。その結果、²⁾交通結節点整備に関する既往研究を参考としながら、建物用途と最終降車客数・乗換率や初乗り乗客数・通過客数等から、人の流動に関する本研究の主旨に最も合う駅として難波地区(図-1)が抽出された。さらに対象地区の範囲として、この地区で最も乗換率の多い南海難波と地下鉄・私鉄・JR間のルートを選択した。

3. 現地調査による流動データの抽出

研究方法として、まず対象地で現地調査を行い、そこから得られたデータを基に解析を行う。さらに駅空間における人間行動の詳細を観察・計測し、問題点を整理する。得られたデータをもとに群集流動のモデル化を図る。次に、駅空間における人の流れに関する問題点を整理する、以上にもとづいて群集流動を制御するための景観操作を検討し、シミュレーションを行う。また、これをアニメーションにより視覚的に表現し効果を考察する。

現地調査では、調査範囲として4層から構成される南海難波駅において駅コンコースがある3F、地上出口と



図-1 対象地の選定。

繋がる1F、地下鉄・私鉄・JRと連絡するB1Fの3層を主要対象範囲とした。2F部分はほぼ連絡通路的な役割でしかなく、対象とする範囲内における流動に影響を及ぼさないため、今回の調査において除いた(図-2)。

次に調査方法として、各層毎に全出口の流動人数を手動カウンターを用いて計測し、対象範囲全体の流動数を把握するカウント調査、対象範囲全域を網羅するビデオ撮影によって歩行者軌跡を抽出するビデオ調査を行う。また、カウント調査・ビデオ調査以外に、流動における問題点を探る現況調査を行う。

調査は平日の朝・昼・夕方の三つの時間帯でそれぞれ複数回行う。また、B1Fが吹き抜けになっており雨の日は流動に大きな影響を及ぼすため、晴れまたは曇りの日を選ぶ。

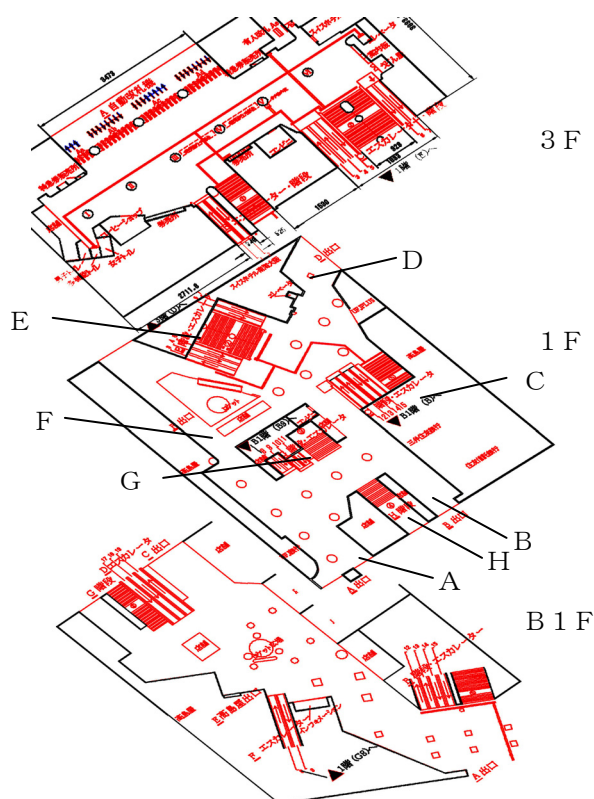


図-2 対象範囲。

表-1 クロス集計表。

	A	B	H	計
A	1	3%	8%	5
B	0	0%	1%	13%
C	5	18%	0%	0%
D	2	7%	0%	0%
E	6	21%	0%	0%
F	1	4%	12%	7
G	3	0%	1%	26%
H	5	18%	9	43%
計	28	100%	21	1

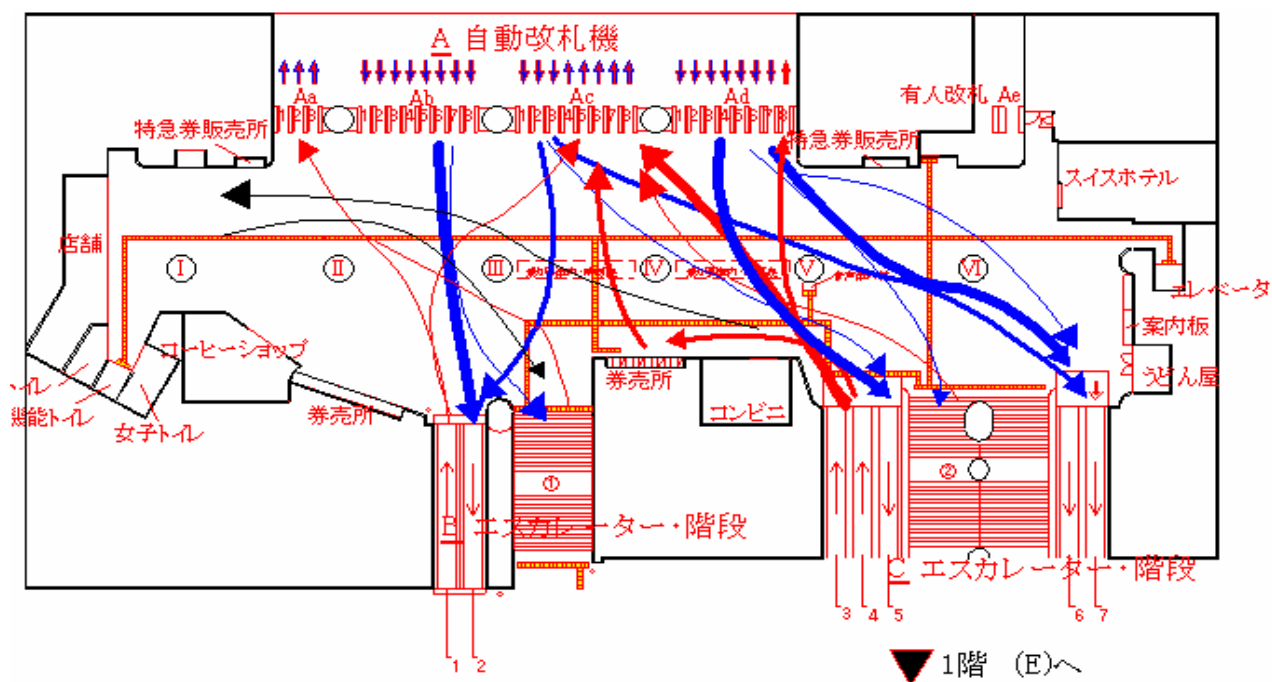


図-3 南海難波駅3階における朝の流動

カウント調査によって得られた流動数はクロス集計によって表にまとめ、対象範囲の平面図と記号で連動させ、各出口における流動状態を出場系動線、入場系動線に分け、利用率・相関関係などから明らかにする(表-1)。ビデオ調査から得た大きな流れとしての歩行者軌跡は平面図上に動線として抽出する(図-3)。また、大きな流れとしての動線だけではなく、詳細な人間行動のデータを得るために、詳細に人間行動の観察を行う。具体的には(図-4)のような画像から任意の歩行者を一人選び、その歩行者の歩行軌跡を約5秒毎に追い、図面上に動線として抽出し、これを画面上で確認出来る歩行者全てに行い、詳細な動線として捉えた(図-5)。



図-4 ビデオ画像による計測。

4. 群集流動の解析と課題点の抽出

(1) 調査方法

対象範囲内の課題点を抽出する方法として、対象地の調査時における観察・計測とそれらにもとづいて解析による方法だけでなく、現況調査を行うことで直接問題と思える事象を観察する方法を加え2つのパターンをとった。これらの調査によって、以下に示す各層毎の具体的な問題点を見つけることが出来た。

(2) 3階における課題点

改札と出口エスカレータを結ぶ最も流動数が多い通路において、柱の配置位置によって通路幅員が狭くなっており、歩行密度が高くなっている。流動が重なる場所の

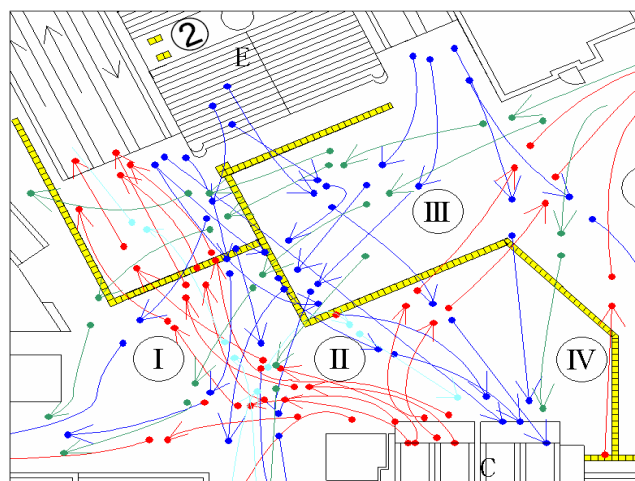


図-5 詳細な動線図面。

天井部に時刻表があり、その時刻表を見上げる人が歩行者の邪魔になり、接触などの問題が考えられる。

(3) 1 階における課題点

複数の出口が重なる通路において、多く配置されている柱が視界を妨げている。死角が出来ることで、不意の接触が発生することがある。

(4) B1 階における課題点

流動数が多い上、狭い通路であるため歩行密度が相当に高い。また、通路床面積に対し 1 割の面積を超える柱が複数配置されており、密度をさらに高くしていると同時に、視界を大きく妨げている。

(5) 結果

以上の問題点から、既往研究で周知のように流動において歩行者速度や歩行者密度が大きく関わること、さらに柱や時刻表などの視認・認識に関わる事柄が流動において重要であることが、解析結果から明らかとなった。

5. 景観操作の為の行動モデル作成

(1) 行動モデルの作成手順

これまでの計測データ・データ解析結果を基に、駅空間における歩行者の流動シミュレーションモデルを作成していく。しかし、計測したデータや観測した行動を織り込んだシミュレーションモデルをいきなり作成することは困難である。そこで単純な歩行者モデルを作成し、そのモデルのシミュレーション精度を検討し、徐々に精度のある行動モデルを作成していく。

(2) 一様乱数を用いた行動モデル

歩行者が行動を決定するには色々な要素に最短経路を選択、混雑を避けるといったものがある。そこで最短経路を選択・混雑を避けるプログラミングをする必要がある。

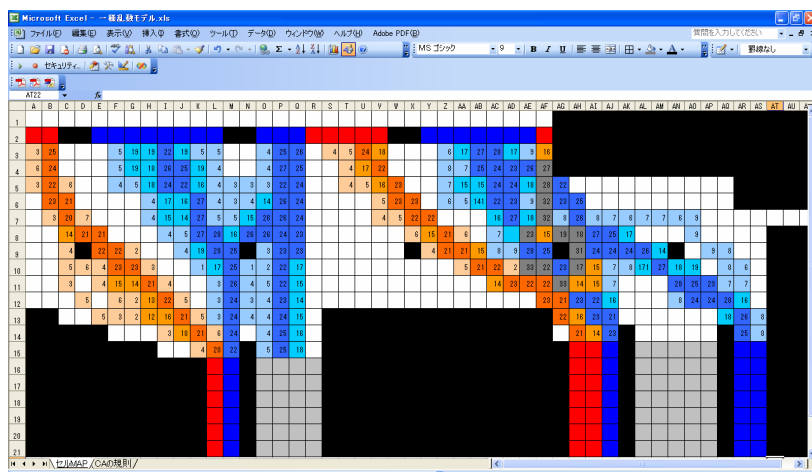


図-6 一様乱数を用いた行動モデル。

る。しかし、最短経路を選ぶにしても経路が一つとは限らず複数ある場合や同方向にしても多少のズレが起こることは容易に予測出来る。こういった歩行者の意思決定を人口知能 (AI) などの高度な技術なしに表現する必要がある。そこで意思決定手段として乱数発生関数を歩行者行動のルート意思決定として用いる。

一様乱数のみを用いたモデルとして、図-7 に示すアルゴリズムを用いて図-8 のようなモデルを作成した。しかし、このモデルは入ロ-出口間をランダムに進むモデルであり歩行経路を意思によって決定するとは言えないこと。一様乱数で用いた関数は擬似乱数であることを考慮する必要がある。

(3) セルオートマトンによる行動モデル

作成した南海難波駅の平面図をメッシュに分割し、歩行者がこのメッシュ間を移動するモデルを作成する。具体的には Excel の VBA を用い、既往研究で用いられているセルオートマトン (CA) のアルゴリズムを参考にして⁴⁾、駅空間を移動する人間行動のモデル化を図る。この CA に、柱などの障害物や歩行者密度、案内サインなどの情報媒体の影響を考慮する規則を作る。また、このとき交差や重なりが発生する箇所を混雑値によって表し、視覚的に混雑箇所を示す。

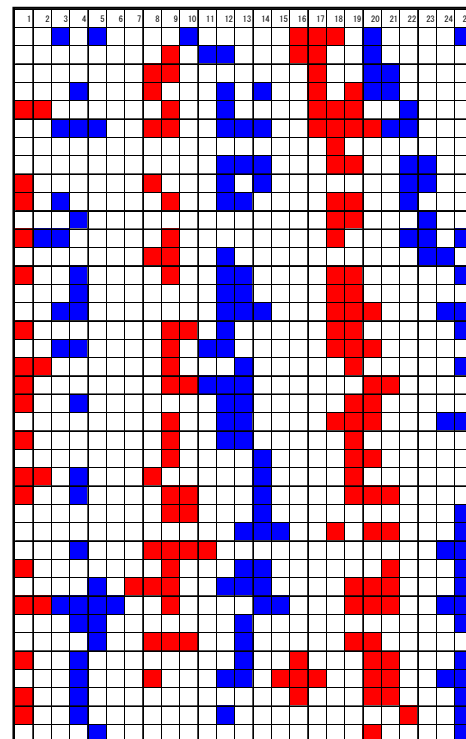


図-7 簡易なセルオートマトン。

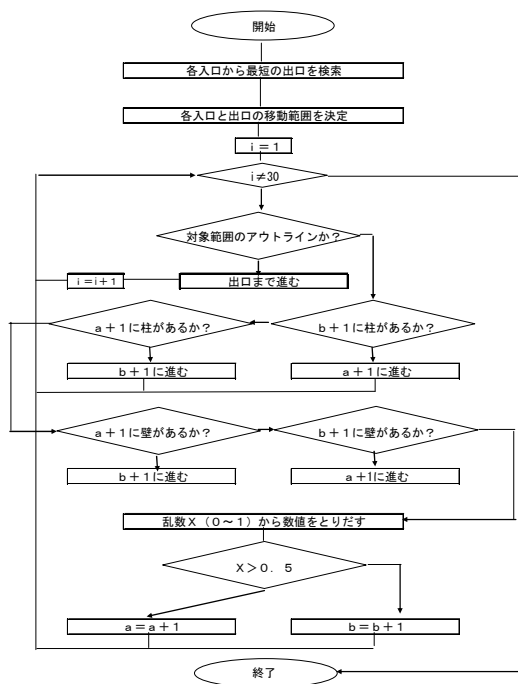


図-8 一様乱数を用いた行動モデルのアルゴリズム.

6. 群集流動の制御とシミュレーション

(1) 流動シミュレーション

セルオートマトンを用いた行動モデルを作成し、シミュレーション結果を3D シミュレーションソフトで再現する。また、これらに先立ち対象範囲図面から駅空間の三次元モデルをつくり、その中で現況における流動状態を再現する。

(2) 景観操作による群集流動の制御

対象範囲内における様々な問題点において、改善案を提案する。ただし、これらの提案は駅空間における人の流れを第一に考慮したデザインであり、駅設計における荷重などの構造的な要素は十分に考慮していない。

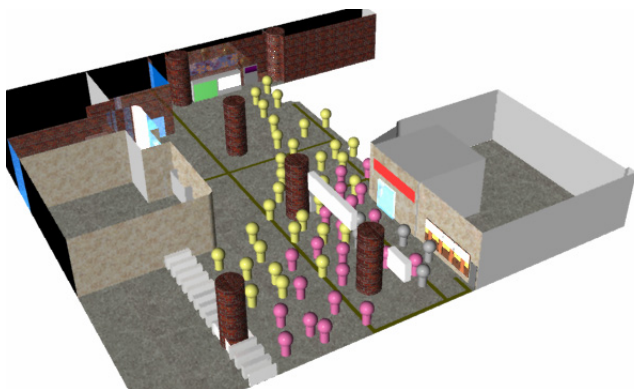


図-9 流動シミュレーション 3F.

現在対象範囲にある柱は直径が約1 mあり、柱の側を通過する際、大きく視界が遮られ死角となる場所の人の流れの把握が困難となり、接触の可能性ができる。柱をなくすことで視界が保てるが、構造を無視した設計となってしまう、現実的なデザインではない。また、柱が人の流れを分割するという役割を果たすこともあり、一概に柱がなければよい流動がデザインできるとは限らない。流動が集中する箇所に太い柱を配置することは前述の視界の問題があり避けるべきであるが、流動を分けるという観点から見通しが利く細い柱を設置することが考えられる。

柱による視界の制限を抑え、荷重強度を変えず、配置におけるデザイン性を考慮することができる柱のデザインが必要となる。そこで楕円状の柱を一つの提案として挙げる(図-11)。楕円状にすることで楕円の短軸の短径が従来の柱の直径に比べ縮小でき、短軸部からの視界はかなり改善される。長軸の長径は逆に拡大するが、人の流れは一方向もしくは対向的なものが強い流れとなるため、流れの方向と平行に配置することで拡大された長さも問題にならないと考えられる。また、対向する流れを分けるパターションの役割も担うかたちになりえる。問題としては、楕円という形状が配置する際、デザイン上の制約により配置が容易でない問題。一方向・対向する流れの通路には適用可能であるが、人の流れが交差する広場等には適用が難しいという問題がある。一方方向のみの通路など、限定された条件でしか有効となりえない。

また、この他にも柱位置の変更、時刻表やサインの配置の変更、エスカレータの位置や電車が到着する位置の変更などが考えられる。これらの景観操作は時刻や天候など他の様々な条件の検討が必要となるが、ここではこれらの可能性を示すことができた。

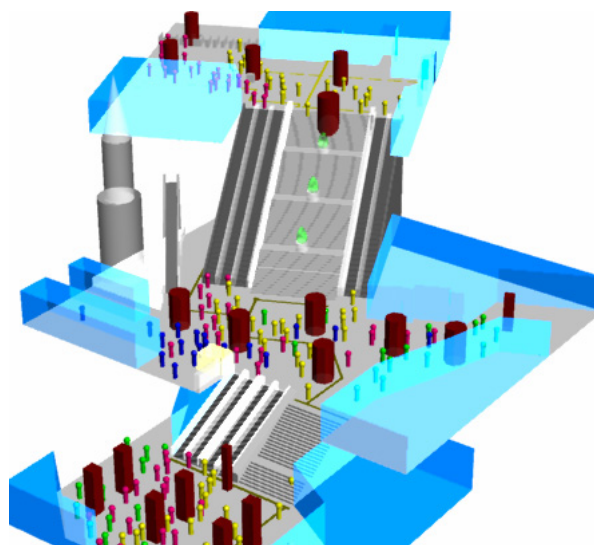


図-10 シミュレーション全範囲.

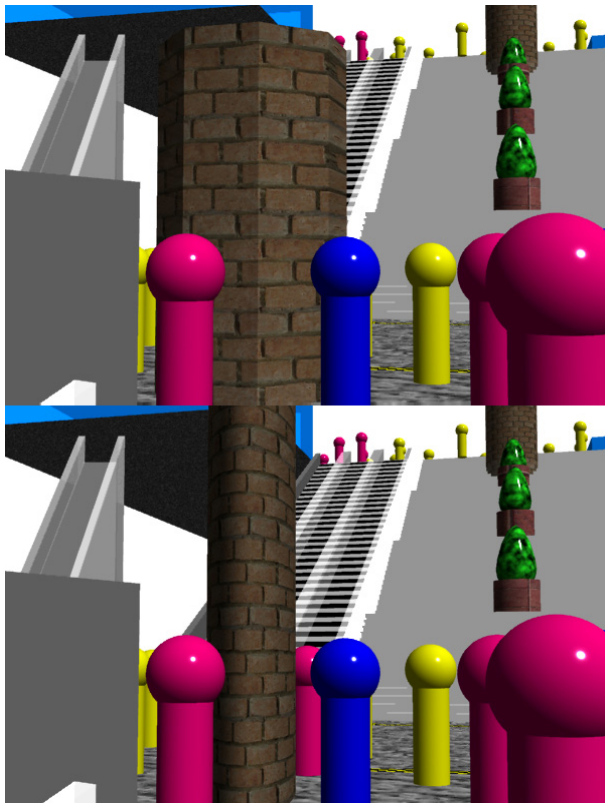


図-11 現在の柱と楕円型の柱における視界幅の違い

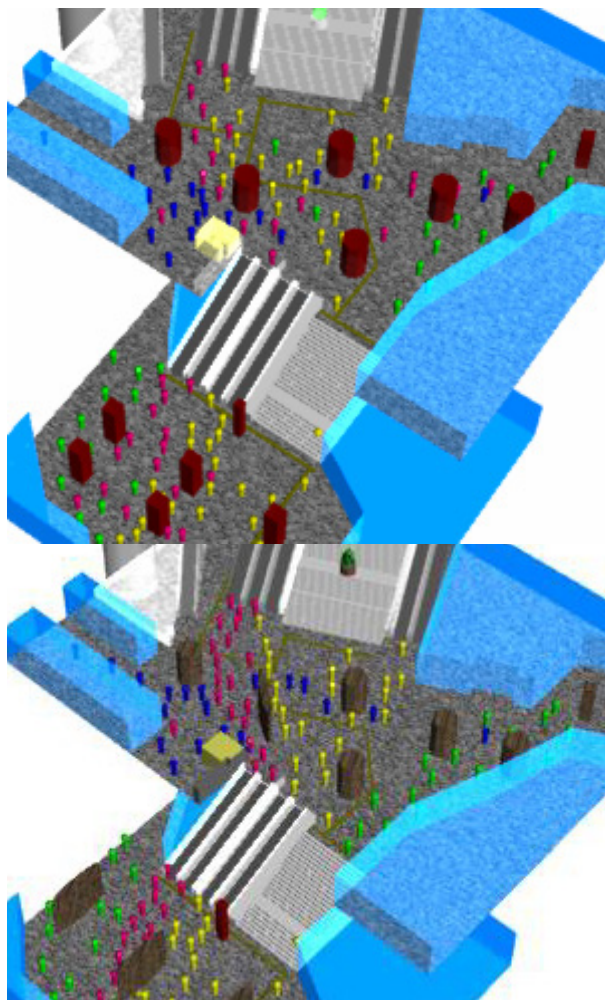


図-12 改善前と改善後のシミュレーション

7. おわりに

限られた空間を歩行する際、これまでは密度や歩行速度などが流動において主に影響を与える因子として捉えられ、その特性が明らかにされてきた。しかし現場状況を詳細に分析することで、それ以外にも歩行者の視認・認識に関わる事柄が流動において重要な因子であることが明らかになった。具体的には駅空間に配置されている柱の形状が視界を狭め、死角が出来るという問題や、案内サイン等の配置状況によっては人の流れを混雑する要因となりえることが挙げられる。

理想的な人の流れをシミュレーションする行動モデルの作成が最終的な研究の目的といえるが、今回の研究では行動モデルの作成において流動に関する重要な因子である密度・速度、それらの視認・認識の全てを使うことができなかった。よって今後の課題として、観察・計測の精度を上げること、改善案としての行動デザインにおいて物理的な根拠を明らかにすることがまず挙げられる。行動モデル作成における課題としては、従来から用いられてきた因子、歩行者密度・歩行者速度に加え、視認・認識などの因子を全て含めたより精度の高い行動モデルを作成すること等が挙げられる。またイレギュラーな動き、上がりエスカレーターで昇りきった後すぐに下りエスカレーターで下っていく、急に方向転換をする、といった歩行者の動きは観測を行っているとき多く確認でき、こういった歩行行動の再現が必要であると考えられる。このような行動を再現するため、モデルには遺伝子アルゴリズムなどを取り入れていくことが考えられる。そしてこのモデルを使うことで、駅の設計に際しスムーズな流動が実現するか簡単に調べることを可能とすることが最終的な目標である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、南海電気鉄道会社、LOCATION SERVICE 阿草孝幸氏には、駅の調査において便宜を図って頂き、また、貴重な資料を提供していただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会（2003）建築設計資料集成―人間、126-131、丸善株式会社
- 2) 西田行紘司・花田賢洋（2000）交通結節点整備に関する一提案、大阪工業大学卒業研究
- 3) エンタテインメントビジネス総合研究所（2006）駅別乗降者数総覧：東京大都市圏・京阪神圏 '06、エンタテインメントビジネス総合研究所。
- 4) 加藤恭義・光成友孝・築山 洋（1998）セルオートマトン法―複雑系の自己組織化と超並列処理―、森北出版株式会社。