

# ウォーカブルな空間実現のために 駅の混雑を評価する



石突 光隆  
Mitsutaka Ishizuki  
構造物技術研究部  
建築研究室  
主任研究員



柴田 宗典  
Munenori Shibata  
構造物技術研究部  
建築研究室  
主任研究員



対馬 銀河  
Ginga Tsushima  
構造物技術研究部  
建築研究室  
研究員

## はじめに

都市空間における鉄道の魅力として、定時性や速達性があげられます。一方で、多くの旅客が集中する駅では、人の流れが滞り、乗降や乗り換えに時間を要する場面も少なくありません。この駅での人の流れを、よりスムーズにすることができれば、移動モードとしての鉄道の魅力をさらに高めることができると考えます。

駅の大規模化や複合化、バリアフリー化などが進む中で、駅構内で過度な混雑を発生させず、移動しやすいウォーカブルな空間を実現していくために、ここでは、駅利用者の混雑に対する不快感を用いた、駅の混雑評価手法について紹介したいと思います。

## 駅の混雑評価

駅の混雑評価手法の一例として、利用者数と駅構内の各施設（通路や階段、改札口など）の能力を比較する手法があります。各施設の能力には**流動係数**<sup>1)</sup>が用いられることが多く、利用者数が各施設の能力を上回ると滞留が発生し、解消するまでに時間がかかります。駅の場合、滞留が発生するまでの時間（滞留時間）内に、次の列車などが到着する場合があります、滞留が徐々に大きくなってしまふ可能性があることから、滞留時間をコントロールする設計が重要

になってきます。

一方で、流動係数等による算定式での簡易な検討では、列車の発着に合わせて多くの利用者が複雑に移動する駅構内の、さまざまな方向から来る利用者のタイミングを考慮した計算に限界があります。そこで、近年では数値シミュレーションを用いた高度な検討がしばしば行われています。

図1に各数値シミュレーションモデルの概要を示します。数値シミュレーションでは、計算機の性能の制限から、古くはネットワークモデルやセルオートマトンモデルに代表される、離散的な空間の人数移動を計算する、群集の移動を合理的に模擬したモデルが多く使われていました。その後の計算機の性能の向上と共に、個人の動きを計算・再現できるマルチエージェントモデルが開発され、より詳細な旅客の流れを把握することが可能になっています。

しかしながら、混雑の評価については、数値シミュレーションを用いた高度な検討の場合に

### 1) 流動係数

単位時間あたりに、単位幅員あたり何人の人が利用できるかを表す数値になります。例えば、通路の流動係数としては3000[人/m/時]<sup>1)</sup>などがあげられます。

においても、算定式での検討と同様に、滞留時間を使用して「滞留時間が2分以内」や「滞留時間が列車間隔以内」といったような使われ方がなされています。

一方で、滞留時間は、各施設の能力や利用状況（乗車人数が多いか降車人数が多いかなど）、ダイヤ（運転間隔）などに左右される部分があることから、これらの条件が異なる各駅や各混雑箇所の評価を、滞留時間のみで単純に比較することができないといった課題もあります。

そこで、数値シミュレーションを単なる混雑の可視化ツールではなく、「混雑の質」を評価するためのツールとして、駅の利用者自身が混雑箇所を通過する際の混雑を評価する新たな手法を開発しました。

数値シミュレーション上の駅利用者（エージェント）が行う混雑の評価イメージを図2に示します。エージェントの混雑評価モデルは、エージェント自身が許容できる混雑状況として、密度とその密度に耐えられる時間を保持してお

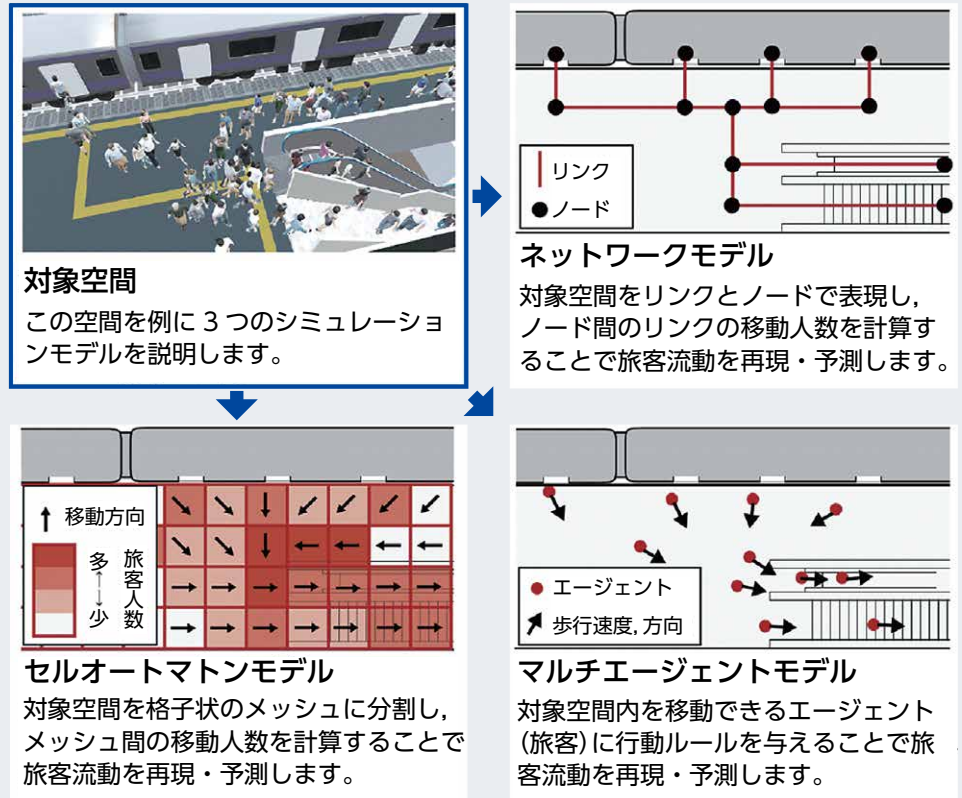
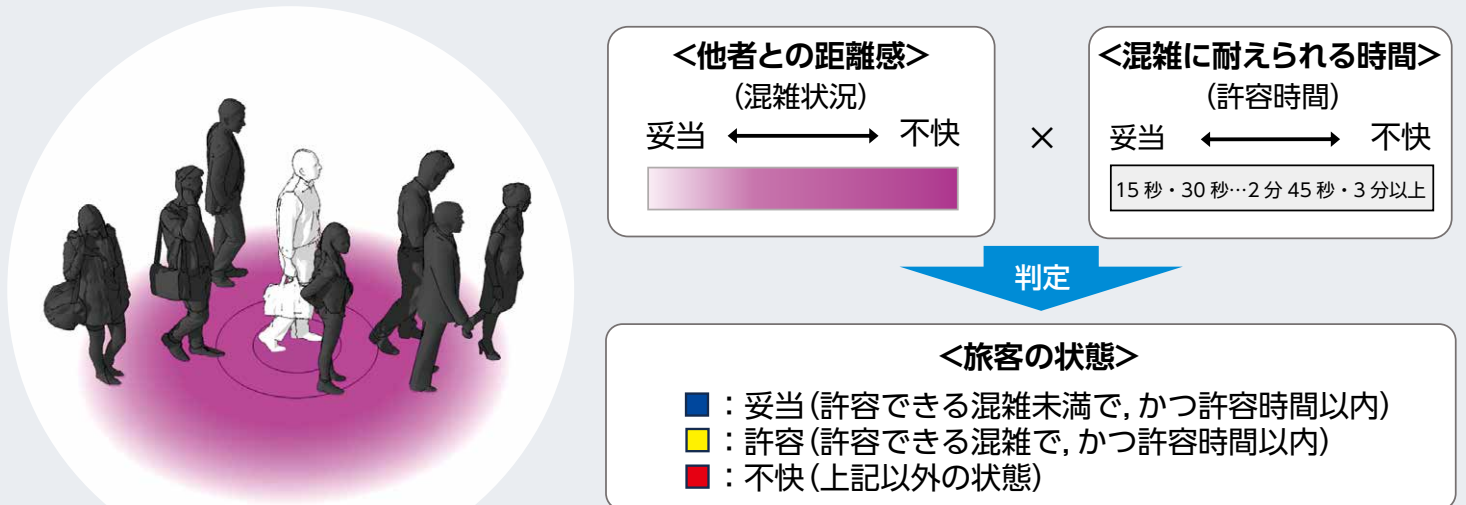


図1 人流に関する数値シミュレーションモデル

図2 混雑評価モデルのイメージ



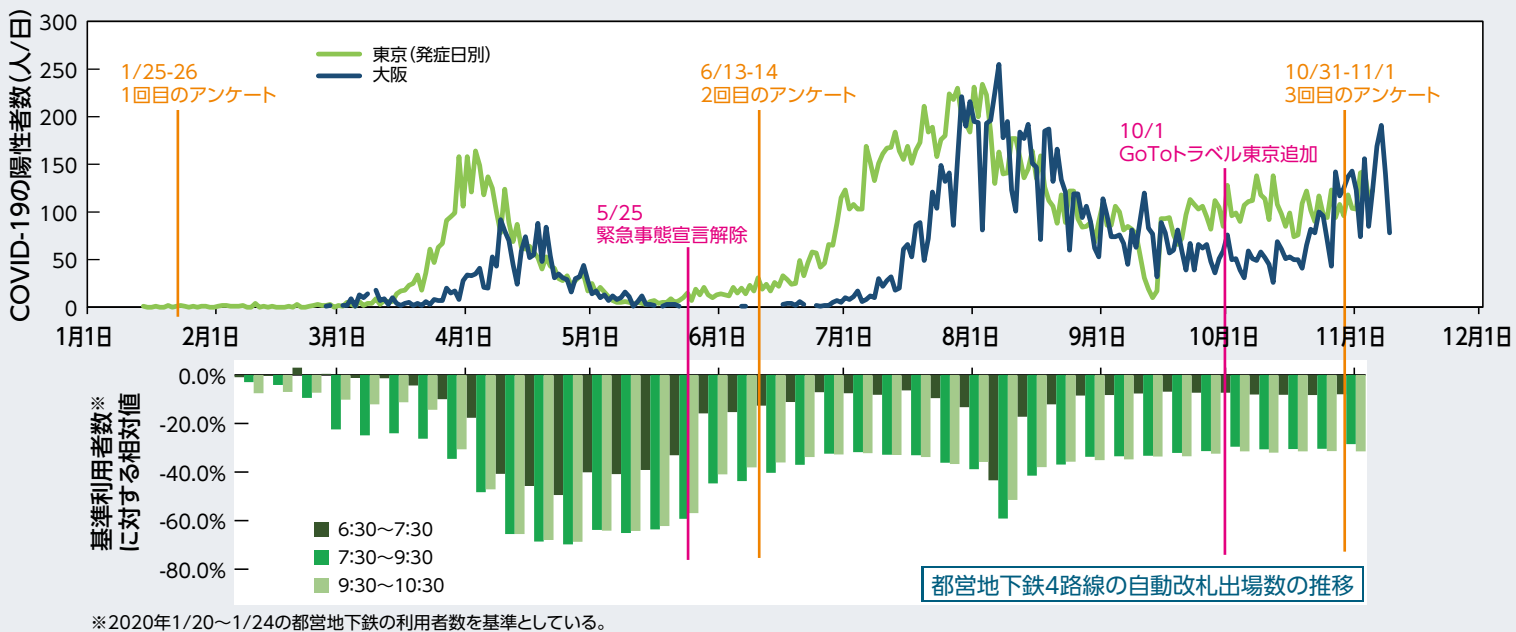


図3 アンケートの実施時期とCOVID-19感染者数および鉄道の利用状況<sup>2)3)</sup>

(注)東京都および大阪府のHP資料を基に筆者が作成

り、混雑箇所を通過する際に自身が許容できる混雑を超過しているか否かを、個人がもつパーソナルスペース<sup>④</sup>の考えに基づいて判断する手法になっています。

### 混雑に関するWEBアンケート調査

本研究では、混雑評価モデルをWEBアンケートの回答を基に作成しました。アンケートの対象者は、自宅もしくは勤務先が東京都大阪府のいずれかである男女20歳～79歳を対象として実施しました。図3に示すとおり、最初のアンケートの実施時期が新型コロナウイルスCOVID-19の感染拡大前であったため、以降も継続して同様のアンケートを計4回実施し、混雑に関する駅利用者の考え方の変化について

#### ④ パーソナルスペース

人には、目には見えない自分の感覚として他者に侵入されると不快に感じる空間が存在します。その空間をパーソナルスペースとよびます。パーソナルスペースの感じ方は個人によって異なりますが、目安として「密接距離(0～45cm)、個体距離(45cm～1.2m)、社会距離(1.2m～3.5m)、公衆距離(3.5m以上)」の4分類が提唱されています。2020年の新型コロナウイルスCOVID-19の感染拡大の際に取り上げられた「ソーシャルディスタンス」の考え方は、4分類の「社会距離」から来ています。

もあわせて調査を行いました。なお、4回目のアンケートは2021年2月に実施していますが、実施手前で新型コロナウイルス感染症の第3波のピークが発生しており、1月の最大陽性者数が約2500人/日となっており、2020年の感染規模とは大きく異なるため、図3では2020年の状況を示しています。

アンケートでは、対象駅(設問に回答した自宅最寄駅もしくは通勤利用駅のいずれか混雑している駅)で発生する混雑の場所として、「駅降車時のホーム上階段手前部分」「降車時の改札手前部分」「乗車時のホーム上移動時」の3場面について、図4に示す混雑水準(混雑A～混雑L)から「交通サービスとして許容できる限界の混雑状況(許容水準)」と「許容水準の混雑に自身が晒された際に、移動時間として我慢できる時間(許容時間)」を回答してもらっています。1回目のアンケートの回答者数は3708人で、2回目以降については、1度回答したことがある人の回答が2000件以上得られるようにアンケートの規模を設定しました。

図5、図6にアンケート結果の一例を示します。図5には、4回のアンケートすべてに回答した男性・通勤属性(「ほとんど毎日鉄道を利用」

と1回目のアンケートで回答した男性) 約250人の許容水準に関する回答割合を示しています。新型コロナウイルスの感染が拡大するにつれて、許容できる密度として中高密度許容型以上(混雑G~混雑L)の割合が大きく減少していることがわかります。

1回目のアンケートの許容時間の結果を図6に示します。高密度を許容できるほど許容時間も長くなる傾向が見られ、ビフォアコロナの状況では、いずれの許容型においても45秒程度であれば約半数の人が許容水準を我慢できるということがわかりました。

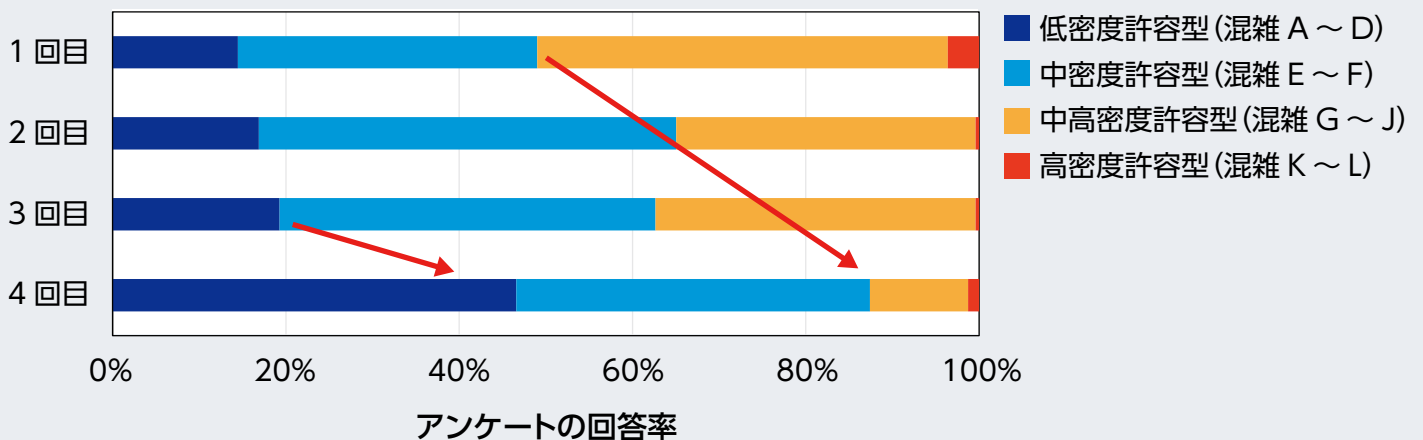
### 数値シミュレーションによる混雑評価の例

数値シミュレーションでは、WEBアンケートで得られた回答割合をそのまま各混雑評価モデルのエージェントの発生割合として与えて解析を



図4 WEBアンケートで提示した混雑水準

図5 男性・通勤属性の許容水準に関する各アンケートの回答(階段手前)



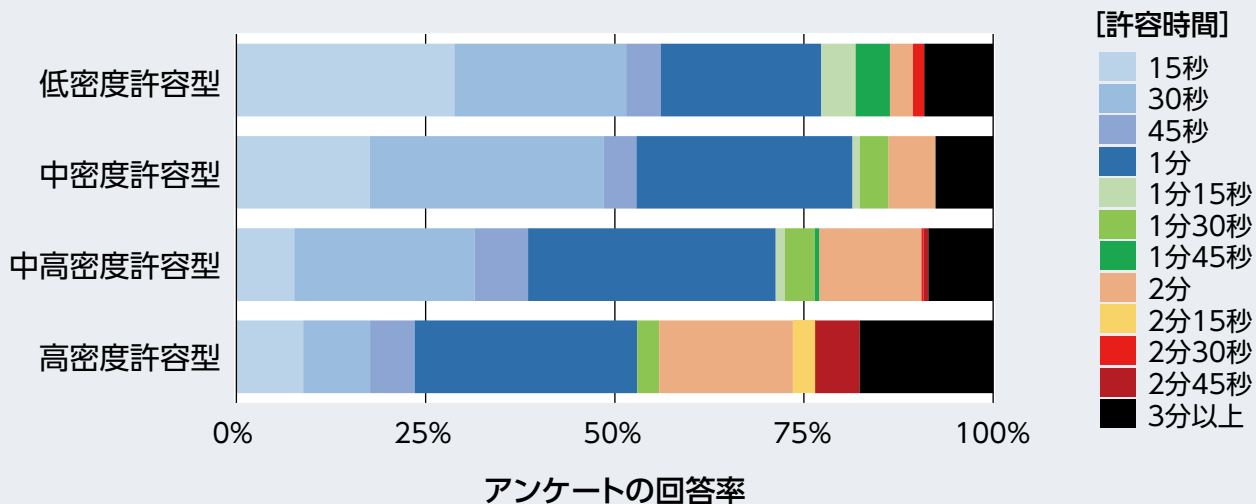


図6 男性・通勤属性の許容時間1回目のアンケート（階段手前）

行っています。実際のシミュレーション（旅客流動シミュレーション<sup>4)</sup>）による混雑評価の例を図7に示します。

図7では、ホーム上階段手前部分での降車流動を再現しており、左側に、階段手前部分の混雑箇所における密度の高低およびその箇所の滞留時間で評価する従来の手法を、右側に、混雑箇所通過時の各エージェントの不快感で評価する本開発手法を、時系列順に示しています（t=0～80秒）。

従来の手法では、混雑が継続している間は課題がある箇所として評価され、その時間的な長さ、つまり滞留時間が主な評価基準となっていました。一方で、エージェントが許容できる混雑とその許容時間内であれば、混雑箇所であっても不快ではない（不快ではあるが、交通サービスとしての鉄道の混雑レベルとして妥協している）と判断できることから、本提案手法では、アンケートの結果より割り振られた各許容型のエージェントが、自身の保有する混雑に対する許容範囲（許容水準と許容時間）に基づいて混雑状況の評価をしています。各混雑箇所の評価値は、通過した旅客の総数に対する「妥当：許容範囲以下（図7青色エージェント）」、「許容：許容範囲内（図7黄色エージェント）」「不快：許

容範囲を超える（図7赤色エージェント）」の割合であらわされます。

## おわりに

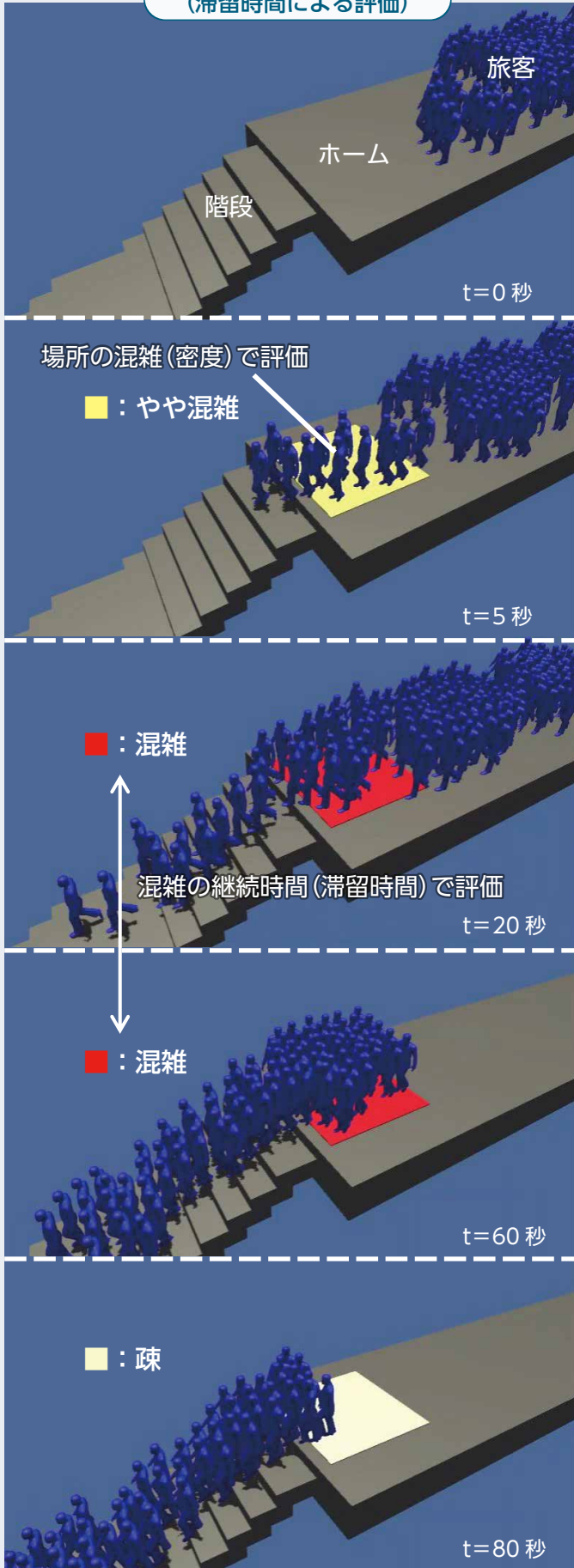
ここでは、利用者中心のウォークラブルな駅の実現を目指し、駅の混雑箇所を適切に評価するための手法として、利用者の混雑に対する不快感を用いた新たな混雑評価手法を紹介しました。本手法により、滞留時間だけでは比較ができなかった各混雑箇所を相対的に評価することが可能になり、駅の設計・計画時に優先的に改善しなくてはいけない箇所を明確にすることができました。一方で、WEBアンケートベースの混雑評価値と体感による混雑の評価には差があると考えられることから、絶対値として混雑の評価が可能な指標をめざして研究を進めています。

## RRR

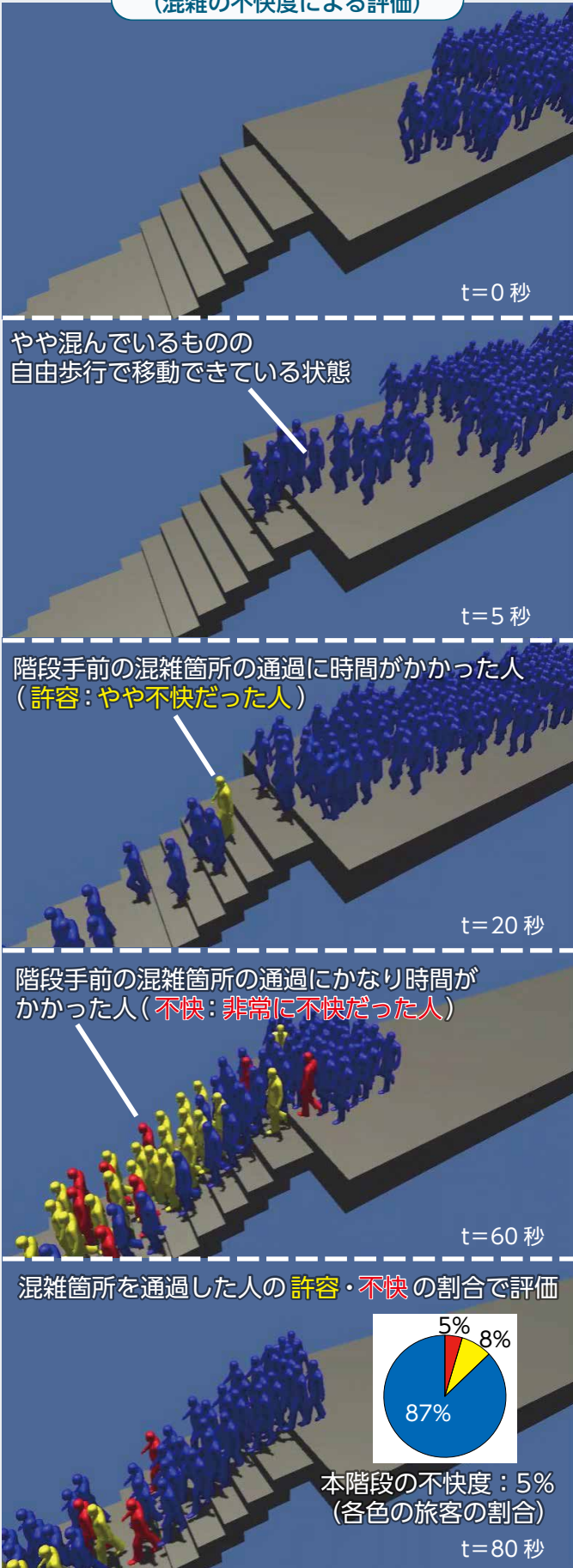
## 文献

- 1) 旅客設備研究会：国鉄旅客設備ハンドブック，交通日本社，1985
- 2) 東京都：新型コロナウイルス感染症対策サイト，<https://stopcovid19.metro.tokyo.lg.jp/>（入手日：2020.9.15）
- 3) 大阪府：新型コロナウイルス感染症対策サイト，<https://covid19-osaka.info/>（入手日：2020.9.15）
- 4) 石突光隆：駅設備の配置検討のための旅客流動シミュレーション，運輸協会誌，Vol.61，No.9，pp.1-4，2019

**従来手法**  
(滞留時間による評価)



**本提案手法**  
(混雑の不快感による評価)



※乱数により旅客の位置が決定されるため、同設定の数値シミュレーションでも、左右で見た目が異なります。

図7 旅客流動シミュレーションによる混雑評価の例