

人の流れの計測とシミュレーションによる 避難誘導方法の伝承

— 新国立劇場における避難体験オペラコンサートを例に —

大西 正輝¹ 山下 倫央¹ 星川 哲也² 佐藤 和人²

¹ 産業技術総合研究所 人間情報研究部門

² 新国立劇場運営財団

消防訓練の義務化

- 消火訓練・避難訓練・通報訓練の義務化(年2回)
- 法令で決まっているので実施
- 日常業務の忙しさから言わば『やりっぱなし』
- 大規模施設では人集めが困難

大規模避難訓練の知見を
抽出・伝承するAI技術が必要



総務省消防庁のページより

<http://www.fdma.go.jp/html/data/tuchi1603/160305an31.html>

避難体験オペラコンサート(募集)

- 日程：2014年8月31日(日)11:30開演
- 会場：新国立劇場オペラパレス
- 料金：無料
- 往復はがきやインターネットで応募・抽選
- プログラム
 - 新国立劇場オペラ研修所修了生によるオペラアリア、重唱など
 - コンサート中に震度5の地震によって火災が発生する想定
 - 避難完了に再びコンサートの続きを鑑賞
- 出演
 - 鈴木愛美(Sp)、後藤春馬(Bs-Br)、西村圭市(Br)、山田大智(Br)、伊藤達人(Tn)、今野沙知恵(Sp)、林よう子(Sp)、日浦真矩(Tn)、村松恒矢(Br)
 - ピアノ：石野真穂、高田絢子



避難体験オペラコンサート(準備)

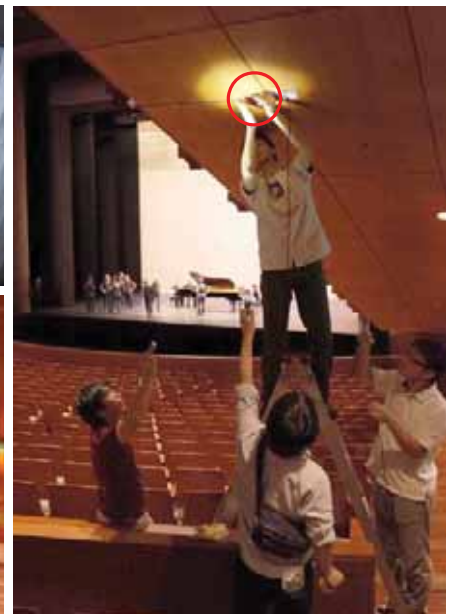
- 大規模避難訓練を計測するため41台のXtionを設置
- 準備2日+本番1日で延べ44名で作業



Xtion



小型PC

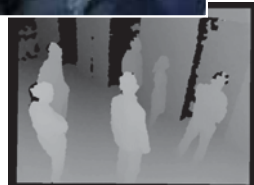


避難体験オペラコンサート(当日)



大規模避難訓練の知見を抽出・伝承する技術

■ 人の流れを計測する技術



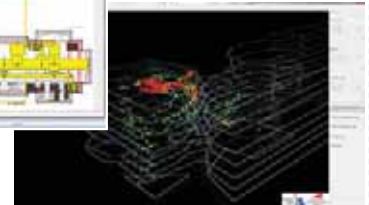
Xtion (Kinect 相当)

- 画像認識
- 二段階ファジークラスタリングを用いた頭部のトラッキング
- 混雑環境においても三次元の人の流れを正確に計測

■ 人の流れを予測する技術

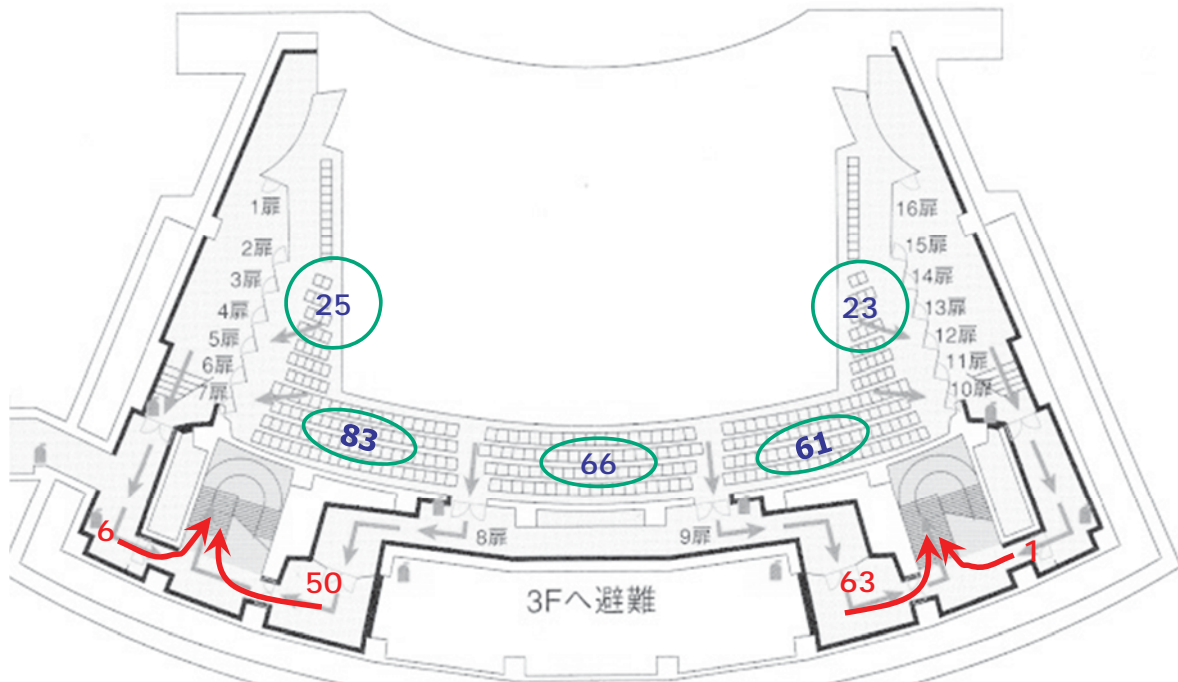


ビューワ

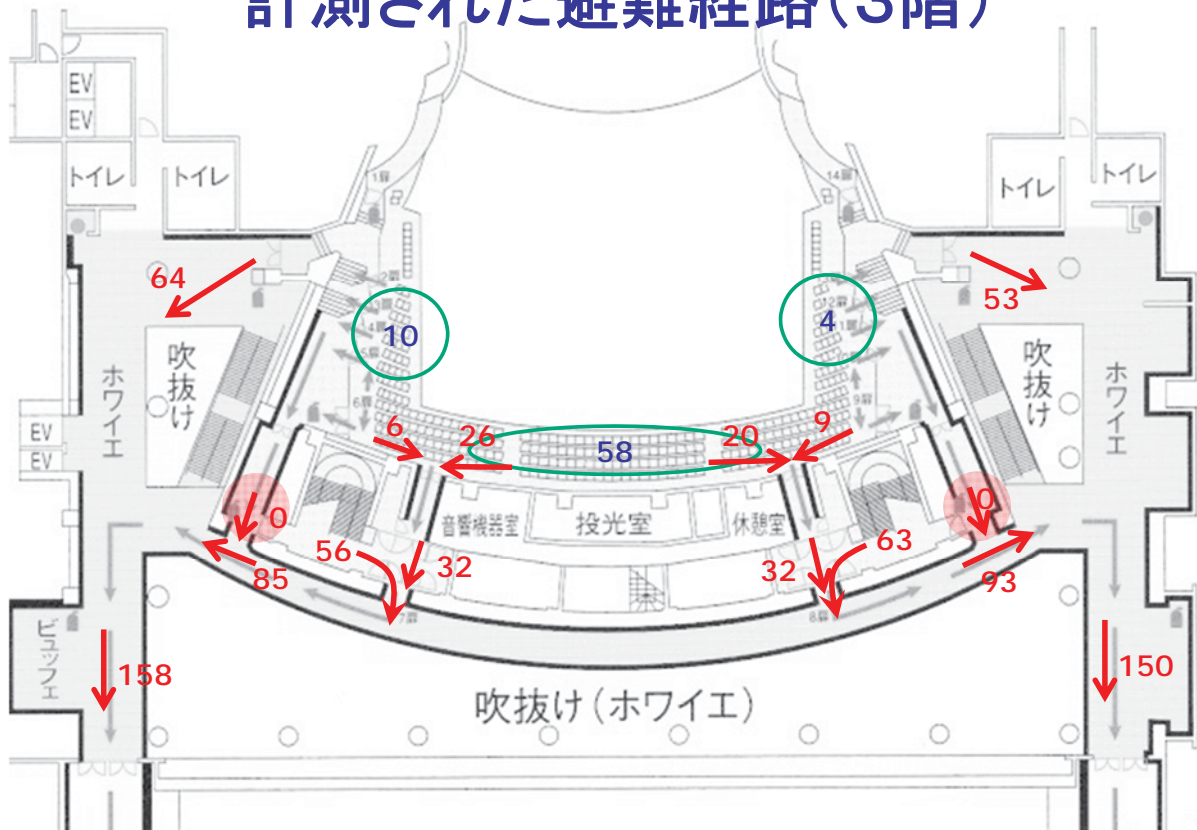


- 歩行者シミュレーション
- 一次元歩行者モデルで高速群集流動計算
- 複合施設や街区において数千から数十万規模の人の流れを予測

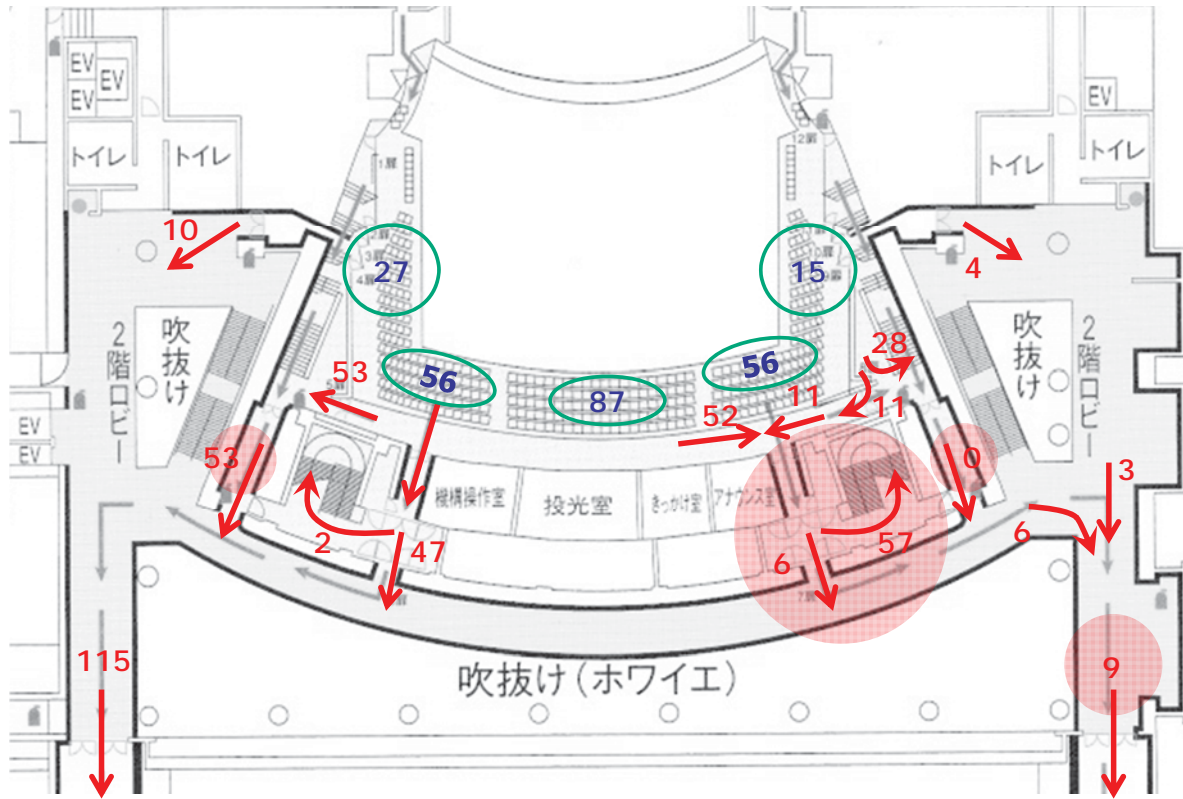
計測された避難経路(4階)



計測された避難経路(3階)

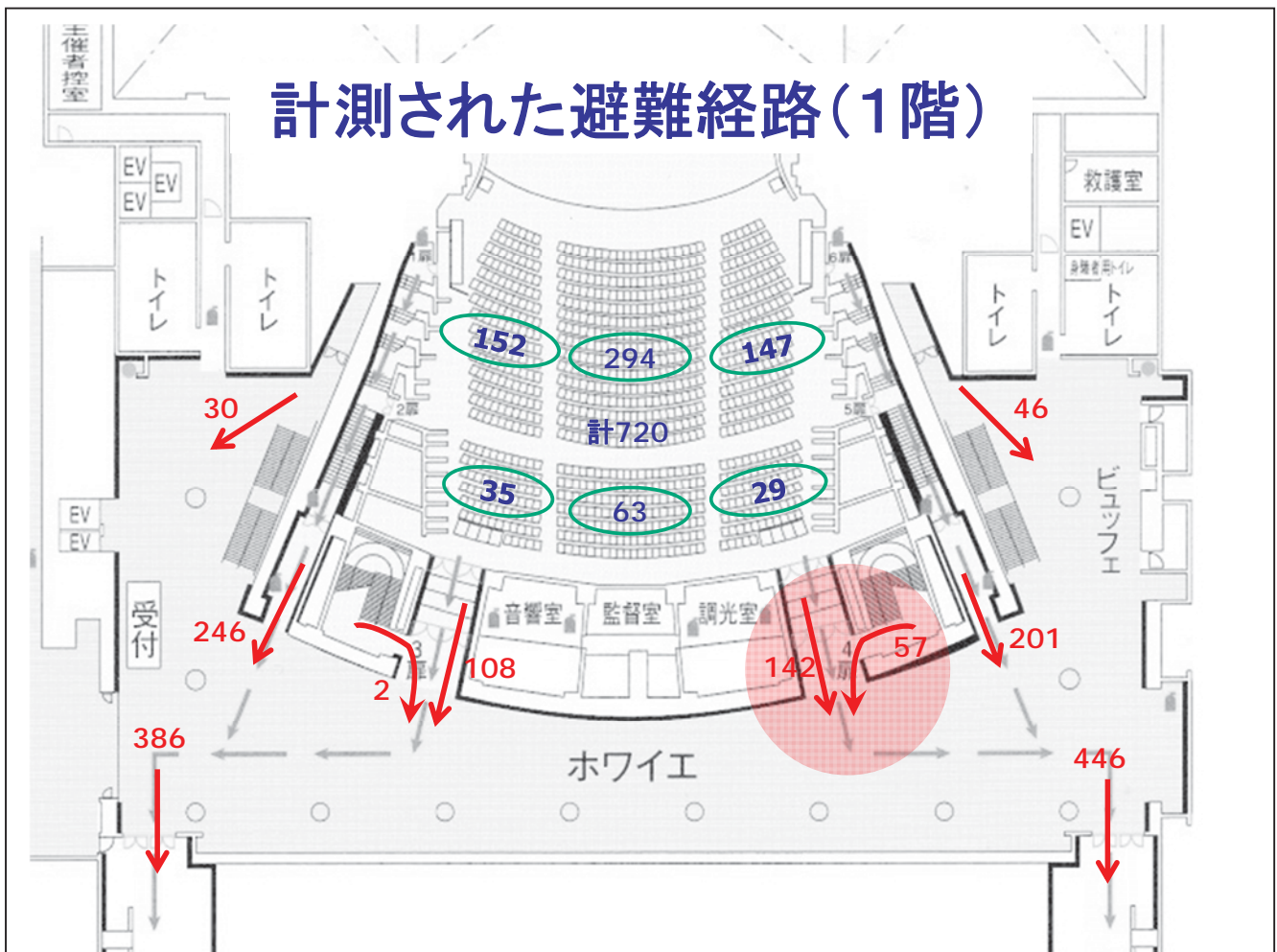


計測された避難経路(2階)



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

計測された避難経路(1階)



計測誤差評価 ①

- 最も混雑した2か所を除いて100人以上が通った8経路を評価

計測階	3F	3F	2F	2F	1F	1F	1F	1F	平均
計測値	152	150	113	241	199	248	139	201	
目視	158	150	115	246	201	246	142	201	
誤差(%)	3.8	0	1.7	2.0	0.1	0.8	2.1	0	1.436



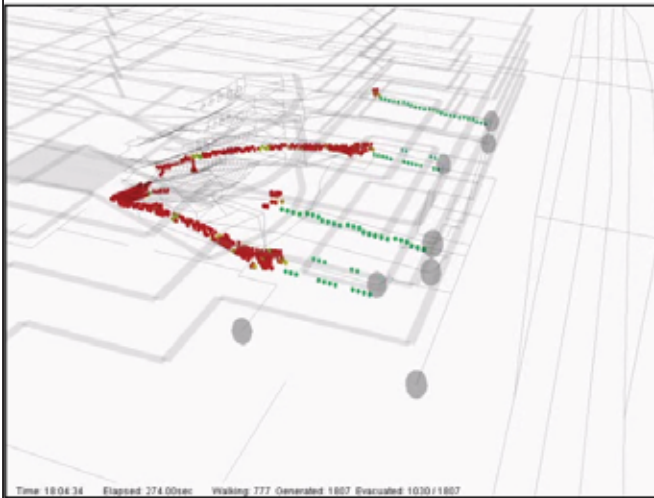
計測誤差評価 ②

- 最も混雑した2か所は目視でも数えるのは難しい・・・

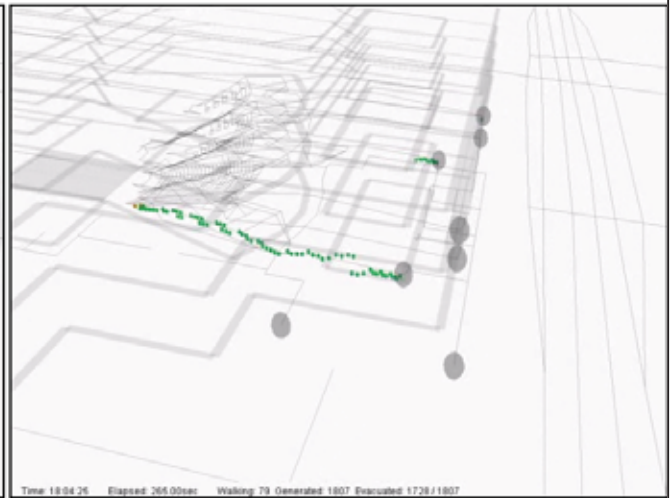


	出口1	出口2	合計
計測人数	331	384	715
概算人数	384	446	832
補正係数	1.166	1.161	1.164
取りこぼし率	14.249	13.901	14.063

人の流れのシミュレーション結果



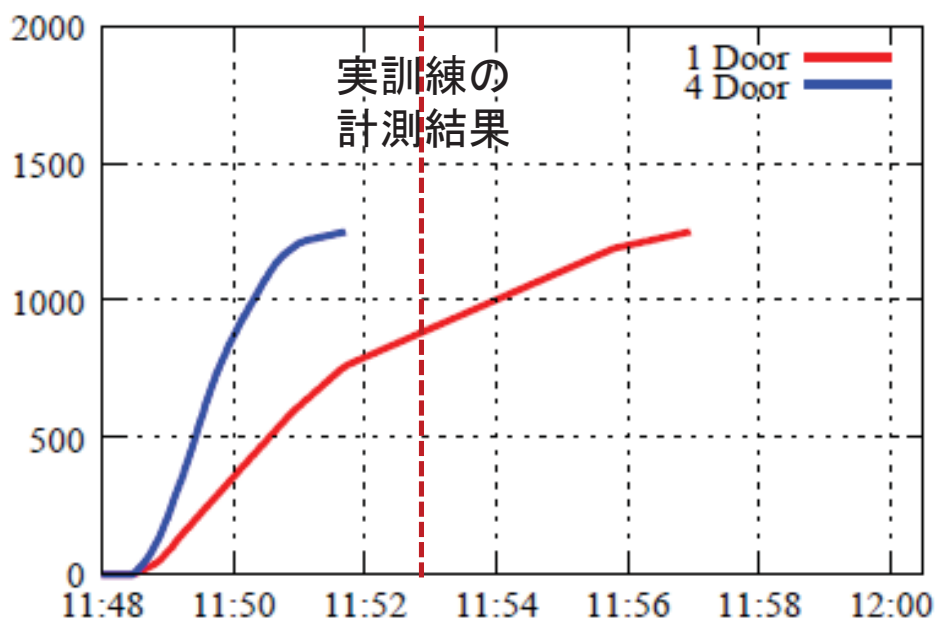
扉1枚開放



扉4枚開放

人の流れのシミュレーション結果・評価

- 扉の開閉状況を現実と全く同じ状態にするのは困難



大規模避難訓練を実施して知りたくなかったこと

- ① 避難経路選択の誤りの影響
- ② 扉の開放状態の影響

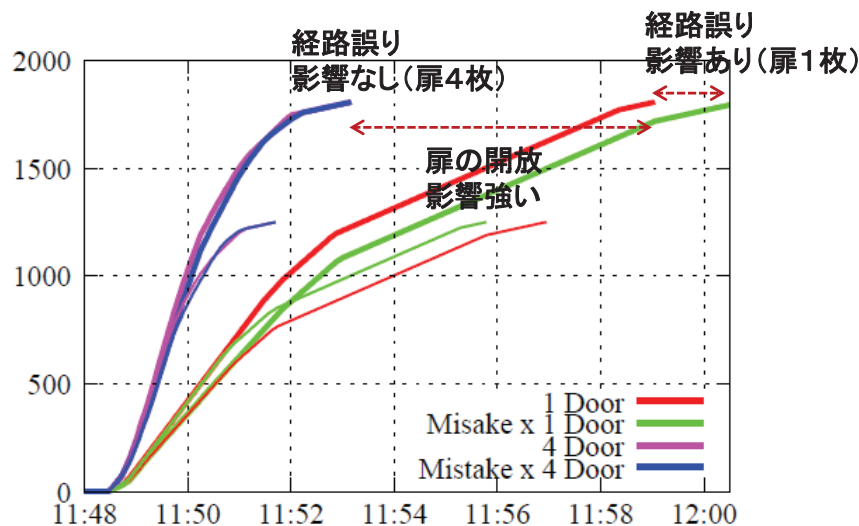


実験の次の日の
TBSニュース23より

① 避難経路選択の誤りの影響

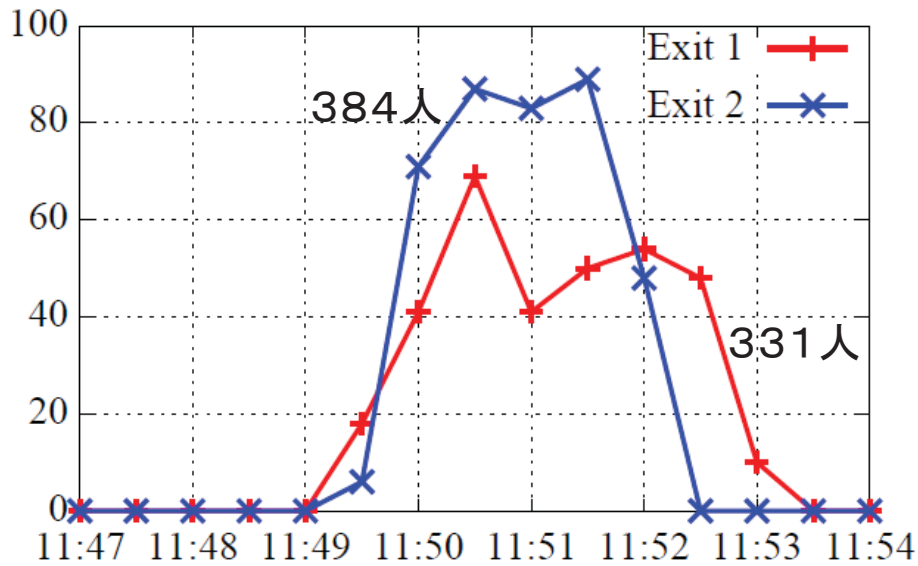
- 経路(正解/誤り) × 扉(1枚/4枚) × 人数(実験/満員)
- 合計8通りのシミュレーション

1300 / 1800



失敗の組み合わせ方によって避難時間が大きく変化

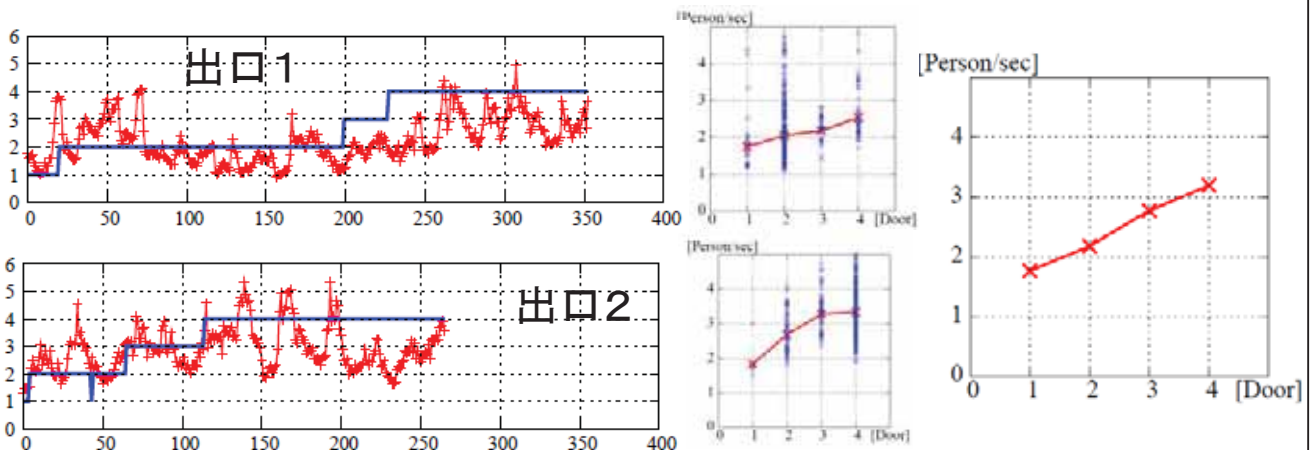
② 扉の開放状態の影響 # 1



扉の開放状態は避難時間に大きく影響

② 扉の開放状態の影響 # 2

- 消防法の観点からは扉を開けたままにはできない
- 火事であれば空気を送り込んでしまう
- 扉の重さで逃げるのが遅くなるのも問題



扉の開放状態で被害の差の最大は550人

アンケート評価

- 設問1: 舞台上のアナウンスは聞き取れたか?
- 設問2: 避難開始宣言までの間をどう感じたか?
- 設問3: 案内係員の指示する声は聞き取れたか?
- 設問4: 案内係員の誘導方法(手振り)はわかったか?
- 設問5: 何を手掛かりに避難する方向を判断したか?
- 設問6: 避難到達までの道のりは分かりやすかったか?

設問5の結果

- 設問5: 何を手掛かりに避難する方向を判断したか

(複数回答)

	2階 下手	2階 上手	4階 下手	4階 上手	1階 中央上
係員の声	73%	25%	55.6%	50%	20%
係員の手ぶり	12%	7.5%	16.7%	15%	6.3%
誘導表示	12.5%	0%	0%	2.5%	9.2%
お客様の流れ	39%	85%	55.6%	65%	80%
その他	0%	12.5%	0%	2.5%	4.4%

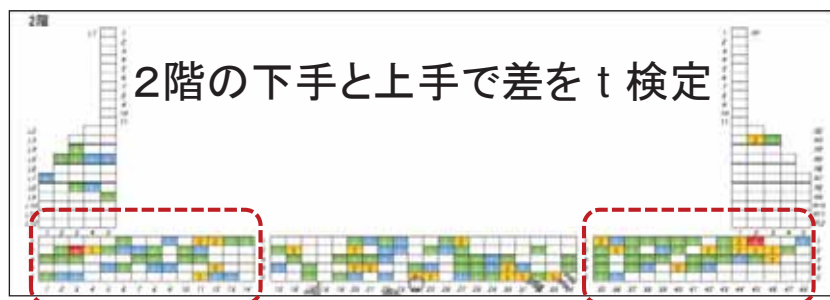


声が聞こえていないところは
周囲の客の流れについて行く

今回は誤った人の流れに付いて行った

設問6の結果

- 設問6: 避難到達までの道のりは分かりやすかったか



平均値(左下)	平均値(右下)	t値	P(T<=t) 両側検定	t境界値	P>0.1
1.88	2.10	-0.30668	0.769454	2.446912	有意差なし

両者に差はなく誤った経路で避難したことに気付いていない
初期の誘導が大事

まとめ

- AI技術による避難訓練の知見の抽出・伝承手法
- 人の流れの抽出と人の流れの予測の技術
- 大規模実証実験によって得られた知見
 - 扉の開放状況の影響
 - 避難経路の選択誤りの影響
 - アンケート結果の分析
- 今後の課題
 - 避難完了まで扉を固定できないか？
 - 網羅的なシミュレーションによる問題点の抽出
(現在7000000通りを計算中)
 - 避難開始までの意思決定の支援