第Ⅱ部門　　津波来襲時の砂浜からの群衆避難行動のシミュレーション

京都大学工学部　学生会員○森　貴之　株式会社ニュージェック　正会員　五十里　洋行
京都大学大学院工学研究科　正会員　後藤仁志　京都大学大学院工学研究科　学生会員　丸山由太
豊田工業高等専門学校　正会員　原田英治

1. 研究の概要と目的

防潮堤によって市街地と隔絶された砂浜を開かれた空間として活用するには，砂浜へのアクセスの改善が不可欠であるが，アクセス改善の結果として砂浜の利用者増加が見込まれるので，災害時に利用者が迅速に避難できるよう改善後の施設のレイアウトに配慮すべきである．津波からの避難啓発の試みは多くの自治体によって実施されているが，階段やスロープなど避難施設のレイアウトが災害時の群集避難行動に及ぼす影響の具体的な検討方法は確立できていない．現状の施設における避難時間測定には避難訓練が参考になるが，平時の訓練では実際の避難の切迫状況を再現し難いことや，避難対象者を特定し難いことなどの前提条件が付帯する．また，改修後の施設は存在しないので，改修の効果を定量的に評価することは非常に難しく，この問題の解決には，仮想現実としての群集避難行動を個々人の行動の相互作用をも考慮して追跡できるラグランジュ型モデルに基づく数値シミュレーション以外に有効な検討ツールは無いと考える．本研究では，実在海浜を対象に，津波来襲時の群集避難シミュレーションを実施し，アクセスルートの改修が避難効率に及ぼす影響を具体的に検証する．

2. シミュレーションモデルの概要

群衆避難過程の検討には，個別要素法をベースにした群集避難シミュレータ [1), 2)]を用いた．人間及び境界壁は，離散要素として取り扱われ，各要素に作用する人間-人間および人間-壁の相互作用と人間要素に作用する自律歩行力を陽的に評価し時間発展させることで，群衆避難行動が追跡される．人間粒子には視野設定を行い，人間-人間および人間-壁の作用力は図-1 の範囲において要素間作用力が発現するとした．また，自律歩行力については，観測 [3)]から得られた緊急時における人間の自律加速度 1.84m/s² を用い，人間の性別・年齢によって平衡速度の最大値を設けた．

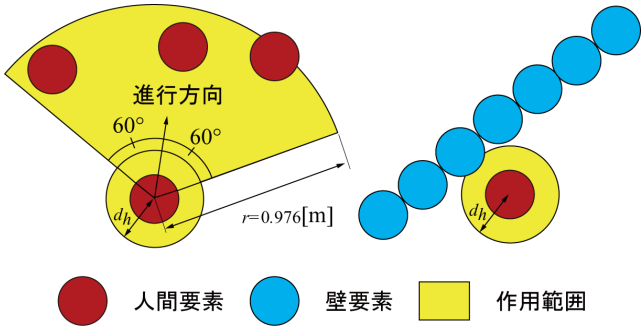

図-1　要素間作用力（左：人間−人間，右：人間−壁）

3. 研究対象

シミュレーションは兵庫県西宮市にある御前浜を対象に実施する．御前浜は背後の市街地と直立型防潮堤で隔てられ，防潮提の数箇所に浜へのアクセスを担う階段が設置されているが，この階段の一つを前面改修してスロープと緩傾斜の階段を併設するアクセス改善が検討されている．本研究では，改修前後の群集避難過程を比較し，改修案の妥当性を検討する．

図-2 に計算対象領域および避難者の初期位置（下図中の【・】）を示す．なお，現地の入り込み者数調査を参考に 800 人程度の避難者（内訳は表-1 参照）を対象とした．また，避難開始時に海中に位置する避難者には，水深の影響を考慮した避難速度を与えた．砂浜からの防潮堤裏側までの経路は，西スロープ，中央階段，

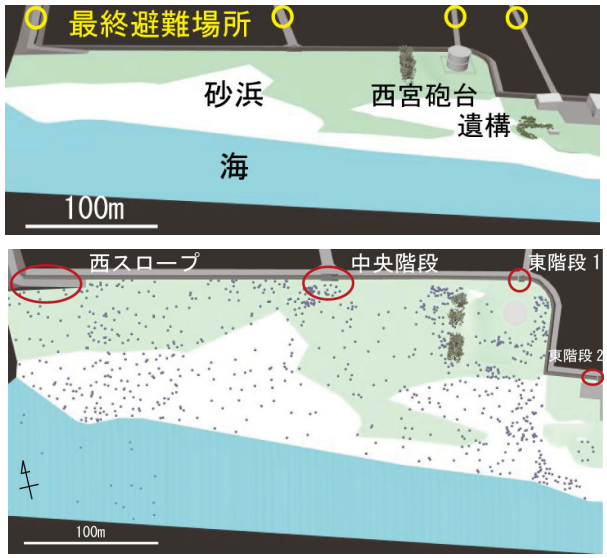

図-2　避難領域全景および避難者の初期配置

Takayuki MORI, Hitoshi GOTOH, Eiji HARADA, Hiroyuki IKARI and Yuta MARUYAMA

表-1　年齢・性別・平衡歩行速度の内訳

年齢・性別構成	人数	比率(%)	平衡速度(m/s)
10～39歳男性	279	34.7	1.45
10～39歳女性	273	33.9	1.23
40～69歳男性	60	7.5	1.19
40～69歳女性	49	6.1	1.04
70歳以上男性	21	2.6	0.99
70歳以上女性	33	4.1	0.89
小児(5～9歳)	90	11.2	1.06
計	805	100	-

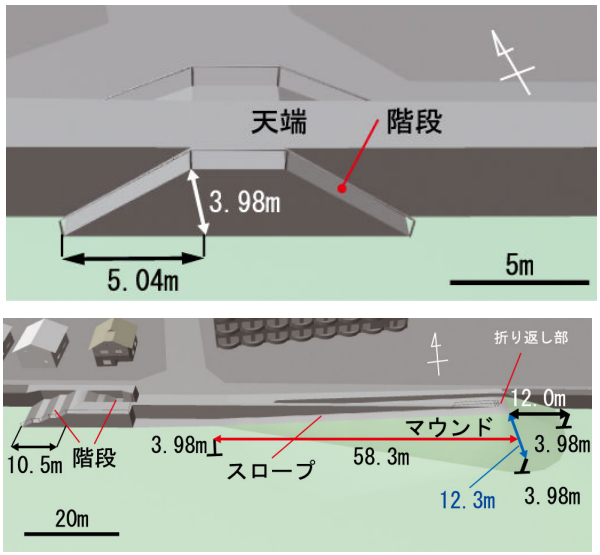

図-3　中央階段付近の配置とスケール
(上：改修前，下：改修後)

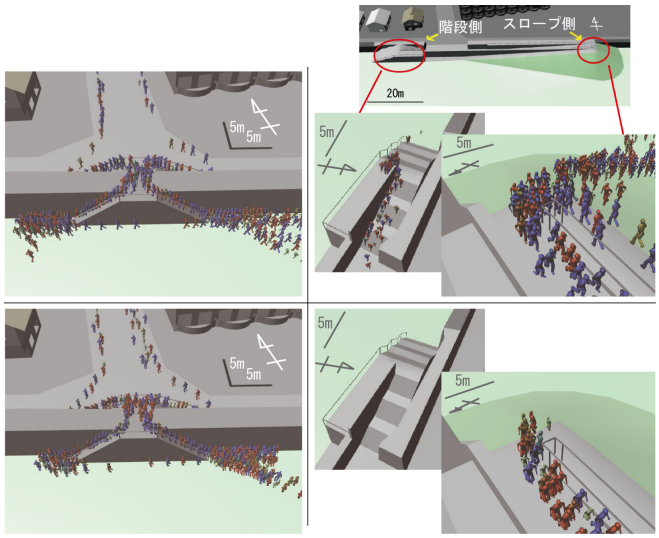

図-4　中央階段付近の改修前後の避難状況比較
(左：改修前，右：改修後)
(上段：避難開始 120 秒後，下段：避難開始 240 秒後)

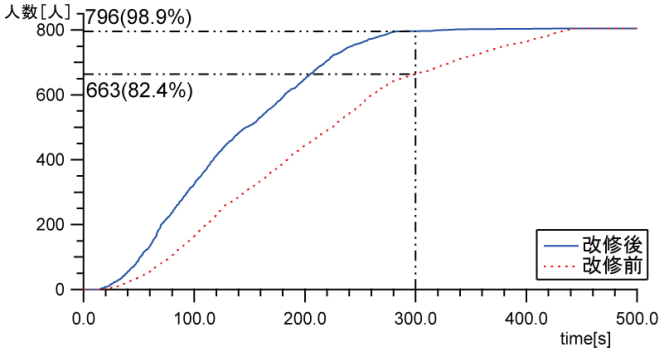

図-5　累積避難完了者数の推移

東階段 1，東階段 2 の 4 つであり，避難者は初期位置から最も近い経路を選択し，防波堤裏に避難する．ここで，東階段 2 は砂浜から眺めた場合，見落とされやすい位置に存在するため使用せず，東階段 1 も多くの避難者には砲台の死角となるため，砲台周辺の人のみが利用することとした．避難過程に影響の大きい中央階段付近の変化を改修前後を比較して図-3 に示す．

4.　解析結果

改修による変化がある中央階段付近に注目する．改修前後の 120 秒後，240 秒後のスナップショットを図-4 に示す．改修前では階段入り口付近で長い時間にわたり大きな混雑が示され，登り階段では密集状態で避難する様子がわかる．一方，改修後では階段とスロープの 2 つの避難経路に避難者が分散され，改修前と比較して混雑が緩和し，混雑する時間も短くなっていることが分かる．図-5 に累積避難完了者数の時系列を示す．改修後では 5 分後にほとんどの避難者が避難を完了しているのに対して，改修前では 17.6%の避難者が避難を完了していないことから，避難時間短縮の観点での改修計画の効果が示された．

5.　結論

群衆避難シミュレーションで再現された避難過程から，改修前後における避難過程の違いを検討した．また，改修による避難効率の上昇が確認され，改修計画の効果が明らかになった．

参考文献

1)　後藤仁志，原田英治，久保有希，酒井哲郎：個別要素法型群衆行動モデルによる津波時の避難シミュレーション，海岸工学論文集，第51巻，pp.1261-1265，2004
2)　後藤仁志，原田英治，久保有希，酒井哲郎：DEM 型群衆行動モデルによる浸水地下街からの避難シミュレーション，水工学論文集，第49巻，pp.607-612，2005
3)　清野純次，三浦房紀，滝本浩一：被災時の群集避難行動シミュレーションへの個別要素法の適用について，土木学会論文集，No.537/I-35，pp.235-244，1996