

校舎からの児童の避難シミュレーション

On Evacuation Simulation of Pupils from Schoolhouse

田中 后郁¹⁾ 竹内 則雄²⁾
Mika Tanaka, Norio Takeuchi

¹⁾ 法政大学工学部システムデザイン学科

²⁾ 法政大学理工学部機械工学科

In this paper, we considered the influence of the route at the time of pupils taking refuge from a schoolhouse with the simulation. We assumed the elementary school whose number of juvenile teachers is 372 persons as a simulation model. The number of schoolhouses is three stories high and four classrooms are on each floor. The life chute is set as one place of the third floor. We obtained the following results with this simulation. (1) A design of arrangement of a hallway etc. can evacuate pupils successfully. (2) The effect of life chute is not expectable without suitable guidance.

Keyword : Simulation, Evacuation, Elementary school, Life chute

1. はじめに

地震や火災などの災害によって建物から避難しなければならない場合、被害を最小限にとどめるためには避難時間を極力短くする必要がある。特に、避難者が、小さな子供が多数在籍する小学生のような集団である場合には、個々の判断で避難させるとパニックを起こす恐れがあるため、適切な避難経路を想定し、避難シナリオを設定して事前に十分な訓練を重ねておく必要がある。

本来であれば、過去の経験や、実験等によって、避難経路やシナリオを想定することが望ましいが、実際の災害時におけるデータは少なく、また、事故を考えると、直接児童が参加するような実験を行うのも難しい。

そこで、本研究では、人工知能を有する群衆シミュレーションソフト (AI.implant [1] : 情報メディア

教育研究センター、ラボラトリ・ライブラリー) を用い、一般的な3階建ての小学校を想定して、避難経路と避難時間の関係をシミュレーションによって検討した。

校舎の避難経路には、通常の廊下や階段といった、構造上の問題と、救助袋などのような避難器具の活用が考えられる。本論文では、以下の3点について検討した。

- (1) 誘導路の有無に対する避難時間への影響
- (2) 階数毎の避難時間
- (3) 階段と救助袋による避難時間
- (4) 救助袋設置位置による避難時間への影響

2. シミュレーションモデル

2.1 校舎と救助袋のモデル化

(1) 校舎

千代田区立富士見小学校の校舎図面[2]を参考にしてシミュレーションモデルを作成した。Fig.1は校舎全体、Fig.2は側面図、Fig.3は平面図を表している。校舎は3階建てで、各階のフロアのサイズは

原稿受付 2009年2月26日

発行 2009年3月31日

法政大学情報メディア教育研究センター

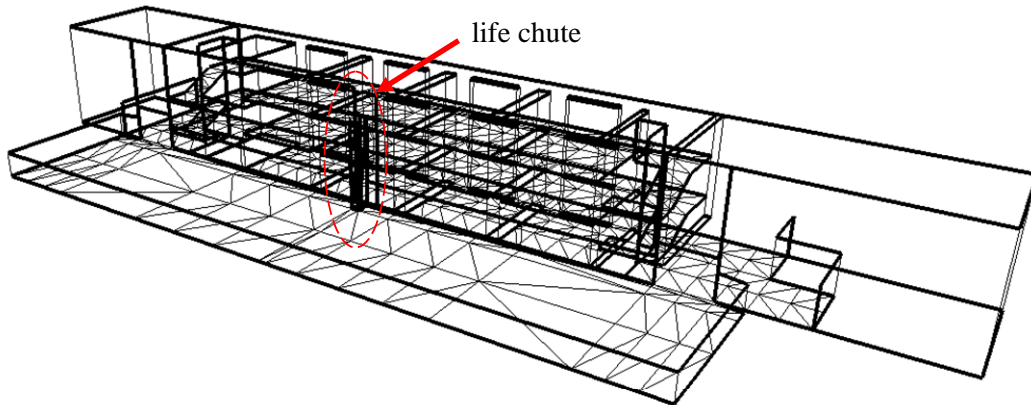


Fig.1 Panorama of a schoolhouse used simulation

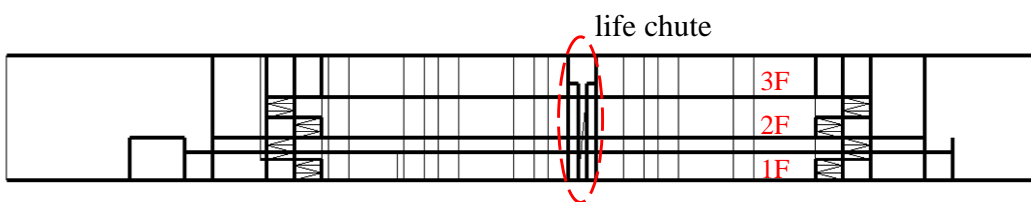


Fig.2 Side view of a schoolhouse

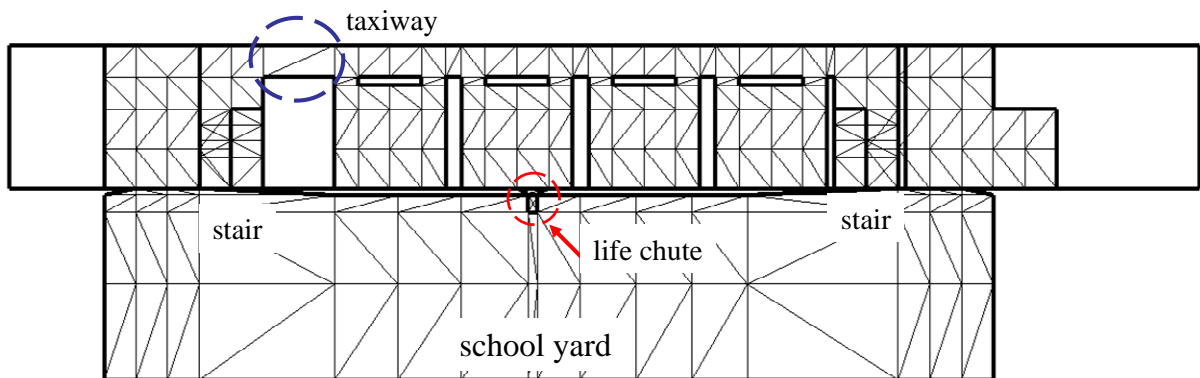


Fig.3 Top view of a schoolhouse

(75m×9m×9m), それぞれの階には4教室, 合計で12教室が配置されている。

教室のサイズは(7m×7m)で, 1.5m幅の扉が左右両方向に配置されている。教室前面には, 幅2mの通路が設けられており左側部分の階段横には教室との間に4.5mの誘導路がある(右側部分は教室の横が直ちに階段となっている)。

左右の1階の階段横には幅4mの出口が設けられている。児童は, この出口か, あるいは後述の救助袋から避難する。なお, 避難した児童は, 校庭の1カ所に集合するもとしており, そのため校舎のモデル化には校庭の一部を含めている。

(2) 救助袋

救助袋の種類は垂直降下式[3]で, 救助袋のサイズは(0.6m×0.6m×6m), 3階左から2クラス目の中央に設置されている。垂直降下式の場合, 設置時間が58秒(経験者), 準備時間9秒, 脱出時間10秒, 0.52m/sと言われており[4], 本シミュレーションでは, それぞれ, 60秒, 10秒, 10秒に設定した。

2.2 児童のモデル化と初期配置

(1) 児童・教員の配置

1クラスの構成を児童30名, 教師1名の31名とし, 12クラス(372名)を配置した。Fig.4は児童・教員の配置を示した図で, 各階とも同じ配置にした。

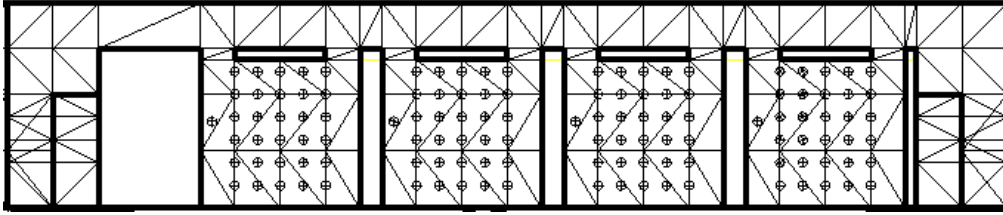


Fig.4 Arrangement of a pupils and a teacher

(2) 接触領域

人間は人間同士の距離によって、可能な行為は限定される。E.T.Hall[5]は人が相手との間にとる距離は、4種の人間関係や行動に関する距離帯からなると考え、これらは文化の違いにより異なっているということを指摘した。また建築資料集成[6]では、人間同士の各種の距離を、接触や通り抜けなどといった物理的な要因をもとに接触領域を仮定している。一方、経済産業省では、「size-JPN 2004-2006」の調査結果を公表している[7]。これによると、7歳児の平均的

な肩幅は280mm程度、1300mm程度の身長の子童で300mm程度となっている。実際の肩幅はこれより15%程度広く、また、若干のクリアランスも考え、本論文では、Fig.5に示すような、人間の中心から20cmの範囲の円を接触領域とした[8]。

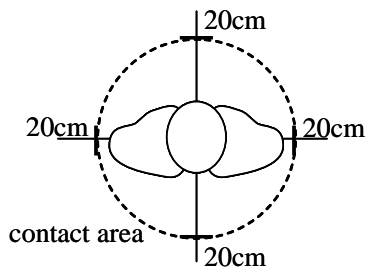


Fig.5 Contact area assumed in the simulation

(3) 歩行速度

平成12年建設省告示第1411号及び1442号により「階避難安全検証法」ならびに「全館避難安全検証法」が公布された[9]。本論文では、これらを参考にして、屋内における平坦部の歩行速度を1.0m/s、階段部0.6m/s、教室内0.6m/sとした。

3. 建物構造による避難時間の検討

3.1 誘導路の有無による避難時間への影響

Fig.6は、一定時間経過後の子童の避難状況を示した図である。左側は、誘導路があるケースで、子童は、全員教室から脱出が完了し、通路で整列状態を

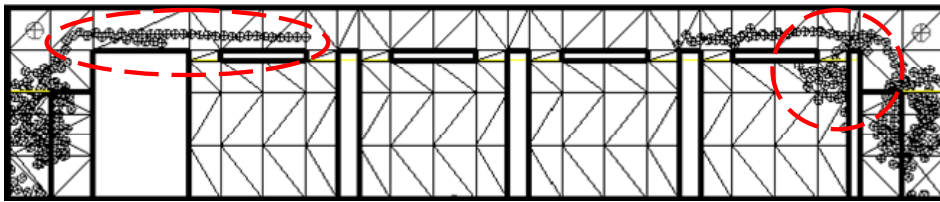


Fig.6 Congestion at the exit of the classroom near stairs

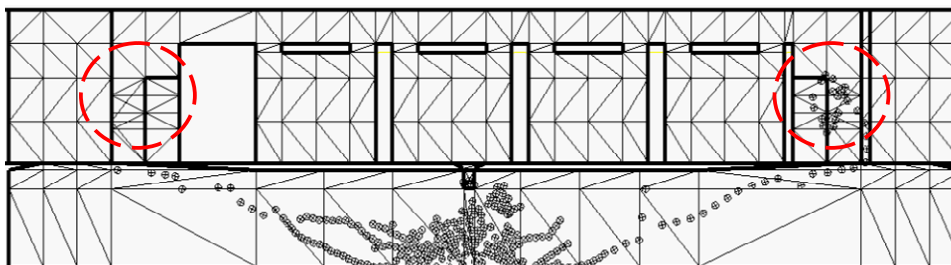


Fig.7 Refuge state of 130 seconds after

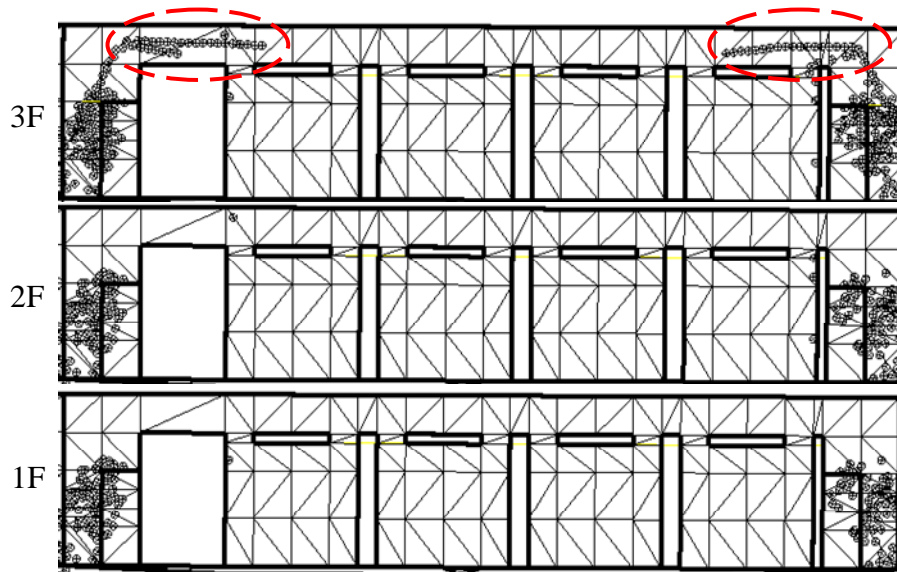


Fig.8 Refuge state in each story

維持し、階段から避難を行っている。一方、右側は、誘導路がなく、一番右端の教室出口のすぐ右側が階段となっており、出口付近で渋滞が発生している。

Fig.7はさらに時間が経過した130秒後の児童の避難状況を示した図である。左側の出口では、すでに児童の脱出が完了しているが、右側の階段では、複数の児童が残っており、避難が遅れていることが分かる。当初の出口付近における渋滞が、このような避難を遅らせる原因となったものと考えられる。

3.2 階数毎の避難時間への影響

Fig.8 はある時間経過後の各フロアにおける児童の避難状況を示した図である。1階と2階部分の児童は階段部分に移動している。しかし、3階部分では、1階の避難者が階段の前を通り過ぎ、2階の避難者が階段を下りるのを渋滞のため優先してしまい、列になり待機している状態にある。この結果、3階からの避難時間が最も遅くなる。

4. 避難器具を併用した場合の避難時間の検討

4.1 救助袋のモデル化と避難時間

本研究では避難器具として救助袋を用いるが、はじめにこの救助袋の特性をシミュレーションによって確認する。ただし、避難にかかる時間の設定は、2.1節(2)で述べた値を用いる。また、シミュレーションでは、3階の救助袋のある教室から1人だけの避難を想定する。

Table.1は、救助袋の設置時間、準備時間、脱出時間をまとめて待機時間とし、3階のある場所から避

難口までの避難行動時間を行動時間として表している。また、待機時間と行動時間をあわせた避難時間を総避難時間としている。

Table.1 Evacuation time of stairs and life chute (sec)

	待機時間	行動時間	総避難時間
階段	0	74	74
救助袋	80	8	88

このシミュレーション結果から、1人の場合は階段のみで避難する方が14秒速く避難できることが分かる。階段の行動時間と救助袋の待機時間を比較するとほとんど差がなく、救助袋のデメリットは避難までの準備に時間がかかることだということが分かる。しかし、救助袋は準備さえ出来てしまえば、8秒で脱出することができ、階段で避難する時間より66秒はやい。したがって、複数の児童が避難するような状況下においては、避難時間の短縮化が期待できる。

4.2 階段と救助袋による避難時間

複数の児童が避難する際の救助袋の効果を、救助袋の利用者数から検討する。ただし、救助袋は、1名が完全に避難し終えなければ、次の1名が避難できないものとする。避難シナリオとしては、以下の4つのパターンを想定した。

- 1) 救助袋のある教室にいる30名が救助袋にて避難し、それ以外は階段にて避難する。
- 2) 救助袋のある教室にいる10名が救助袋にて避

- 難し、それ以外は階段にて避難する。
- 3) 救助袋のある教室にいる 5 名が救助袋にて避難し、それ以外は階段にて避難する。
- 4) 救助袋を使わず、階段にて全員避難する。

ただし、救助袋にて避難する人の中には教員 1 名が必ず含まれるものとする。

Table.2 は、教室内からの脱出時間を、救助袋を利用して脱出した児童の避難時間と階段を利用した場合の避難時間に分けて整理したものである。総避難時間は、両者の避難時間のうち、多くの時間を要した方の時間とする。

Table.2 Escape time out of a classroom

Case	救助袋	階段	総避難時間
1	320	142	320
2	168	142	168
3	128	142	142
4	0	145	145

Table.2 より、ケース 3 の救助袋で 5 名避難する場合は、一番避難時間が速いことが分かる。しかし、階段のみの避難時間とほとんど差はない。垂直降下式の救助袋では、連続した避難が困難であるため、待ち時間が大きくなり、大量の児童に対する避難器具としては、あまり適切ではない結果となっている。

4.3 救助袋の位置を考慮した避難時間

4.2 節の結果によれば、垂直降下式の救助袋では、大量の児童が集中するような避難方法の場合、避難効率が悪化する可能性が高い。ただし、少人数の利用であれば、ある程度の効果が期待できる可能性がある。一方、Fig.6 に示したように、誘導路の内右端の教室では、出口において渋滞現象が生じていた。そこで、救助袋の位置を、Fig.9 に示すように、右端の教室に移動し、この教室内の 5 名の児童を救助袋から避難させるシナリオを作成し、シミュレーショ

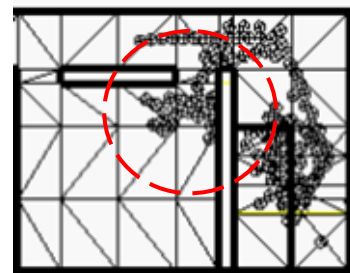
ンを行った。Table.3 は、救助袋を移動する前と後での避難時間を比較したものである。

Table.3 Evacuation time by change of installation location of life chute (sec)

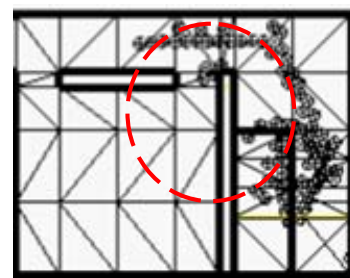
変更	救助袋	左側出口	右側出口	総避難時間
前	128	125	142	142
後	128	130	125	130

表に示すように、階段に近い教室に救助袋を設置した方が、12 秒も避難時間を短縮できることが分かる。

Fig.10 は、65 秒後における右端の教室混雑状況を示した図である。変更前には、出口付近で 20 名前後の児童が渋滞に巻き込まれていたが、5 名の救助袋からの避難によって、この渋滞が解消されていることがわかる。



(a) before change



(b) after change

Fig.10 Congestion status of 65 seconds after

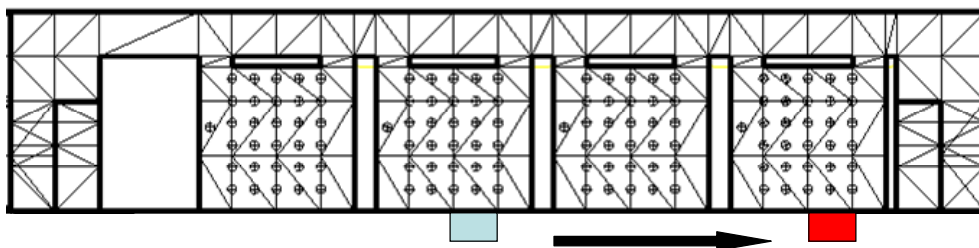


Fig.9 Change of the position of a life chute

このケースでは、渋滞に巻き込まれた児童全員ではなく、一部の児童を別ルート（救助袋）で避難させることにより、より大きな渋滞の解消につながっている。すなわち、避難経路を分散させるなどの工夫によって効果的な避難を行うことができることを示唆しているものと考えられる。

5. まとめ

本論文では、児童が校舎から避難する際の避難時間への影響として、校舎の構造と避難器具の利用法を取り上げ、シミュレーションによって検討した。以下に得られた結果からのまとめを示す。

- (1) 階段付近に適切な誘導路を設けると渋滞が発生しにくくなる。
- (2) 最上階では下の階の避難者が避難することで渋滞が起こり、最上階にいる避難者が一番脱出し遅れる。
- (3) 垂直降下式の救助袋の場合、救助袋を用いて避難する時間と階段のみで避難する時間にほとんど差がなく、救助袋による避難効率の向上あまり期待できない。
- (4) 出口付近で混雑する教室において、救助袋を用いるなどの別ルートの避難経路を加えることで、より多くの児童が避難できるようになり、避難効率の向上が期待できる。

本シミュレーションによれば、救助袋を混雑の生じている教室に配置することで、避難経路を複数確保し、その結果として全体の避難効率が向上したが、これは、救助袋の位置の問題というよりは、救助袋や他の避難経路への誘導方法の問題であろう。今後の課題として、こういった教員による児童の適切な誘導方法を考慮したシミュレーションを行い効果的な避難方法の検討を行う必要がある。

参考文献

- [1] http://realviz.jp/catalog/AI.implant_Jan.pdf
- [2] <http://www.chiyodaku-fujimi-e.ed.jp/>
- [3] <http://www.isikawasyoko.com/rescue/vertical.html>
- [4] <http://www.stex.phys.tohoku.ac.jp/jikken/anzen/node33.html>
- [5] E.T.Hall, “かくれた次元”, みすず書房, 1966.
- [6] 日本建築学会編, “第2版コンパクト建築設計資料集成”, 丸善株式会社, 1994
- [7] 経済産業省, “size-JPN 2004-2006 調査結果について”, <http://www.meti.go.jp/press/20071001007/20071001007.html>
- [8] 岡田裕作, 竹内則雄, “避難時における指差誘導法および吸着誘導法に対するシミュレーション”, 情報メディア教育研究センター研究報告, Vol.20, pp. 55-62, 2007.
- [9] 建設省告示第1441号第1～第4(居室避難計算)