

## シミュレーションによる高齢者施設における避難誘導法の検討

### On Escape Guiding Method

### in Elderly-people Institution by using Simulation

小原 麻里<sup>1)</sup> 竹内 則雄<sup>2)</sup>

Mari Kohara, Norio Takeuchi

<sup>1)</sup> 法政大学工学部システムデザイン学科

<sup>2)</sup> 法政大学理工学機械工学科

The fire drill including vulnerable groups in disaster in the elderly-people institution is difficult virtually. It is necessary to perform an evacuation simulation beforehand, to consider refuge action, and to be well-known enough to a guide. In this paper, the nursing home of the unit type in the special elderly nursing home in which the high person requiring care lives also in an elderly-people institution is made applicable to examination, and an escape guiding method was examined by simulation. Of course, evacuation time becomes short, so that care workers increase in number. However, when there are few care workers, it is effective if a care worker collects and acts.

**Keywords** : simulation, elderly-people institution, evacuation

#### 1. はじめに

高齢社会が進むにつれ、近年の我が国における高齢者の全人口に占める割合は22%を超えた。今後も増えると予想される高齢者人口にともない、高齢者施設の数も増加傾向にあり、東京都内だけでも380以上の施設がある。このような施設で生活する人々は災害弱者であり、最近でも土石流や火災などによる被害が何件も報告されている。

災害を未然に防ぐためには、様々な状況を想定して、十分な避難訓練を行っておくことが大切である。しかし、実際の状況に近い状態を想定すればするほど、パニックなどが発生しやすくなり、特に高齢者や自立歩行が難しい要介護者が多い施設では、大きな事故につながりかねない危険性をはらんでいる。

一方、シミュレーションによって、様々な状況を把握し、誘導者に対して十分な訓練を行っておけば、弱者である避難者を冷静に誘導することが可能になるものと思われる。

そこで、本研究では、高齢者施設における適切な

避難誘導法を検討することを目的に、要介護の高い人が入居している特別養護老人ホームで近年増加傾向にあるユニット型の介護施設をモデル施設として取り上げ、避難誘導に関するシミュレーションを行った。検討内容としては、車椅子避難・自立避難・介助歩行避難といった入居者の構成割合、避難の際の介助者数、避難方法による入居者の居室配置、といった施設の状況における避難時間への影響と、介助者の避難誘導方法による避難時間への影響に着目した。

なお、シミュレーションには、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) を使用した。

#### 2. シミュレーションモデルの設定

##### 2.1 施設のモデル化

東京都内にある3階建てユニット型介護福祉施設を参考に避難施設のシミュレーションモデルを作成

した。Fig.1 は施設の 3 階部分の全景であり、Fig.2 は 3 階平面図とユニットの区切りを示したものである。本研究ではこの 3 階フロアにおける避難行動を検討する。

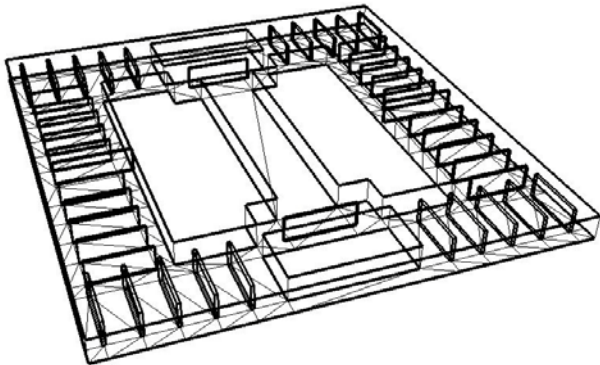


Fig.1 Bird's-eye view of the simulation model of institutions (3<sup>rd</sup> floor)

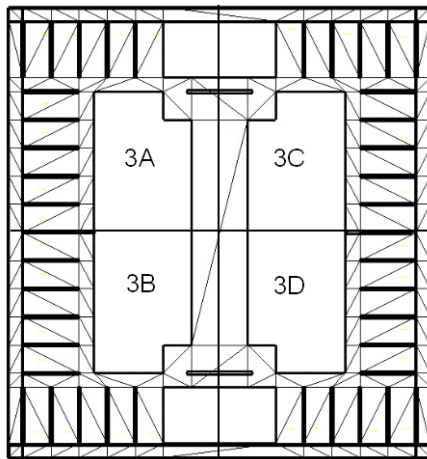


Fig.2 Plan view of institutions

Fig.2 に示すように、3 階フロアには周りを囲うようにバルコニーがあり、3A~3D ユニットの 4 つのユニットで構成されている。中央には各ユニットをつなぐ廊下が配置されており、床面積は室内とバルコニーを合わせて 2160 m<sup>2</sup> (45m×48m×2.4m) である。

各ユニットの出入り口は、中央にある廊下から直結した玄関、ユニット内の廊下と各部屋からつながるバルコニーの 2 種類がある。ユニット内の通路幅は、バルコニーにつながる通路が 1.5m、ユニット内が 1.6m である。なお、バルコニーの通路幅は 1.5m である。

各ユニットには個室 10 室、計 40 室が配置されている。各個室は 18m<sup>2</sup> (6m×3m) であり、各部屋は壁で区切られている。実際の施設には各ユニットの共有スペースやスタッフの控え室などがあるが、避難の際には通過しないため省略している。

## 2.2 入居者と介助者のモデル化

### (1) 入居者と介助者

シミュレーションにおけるキャラクターとして入居者と介助者を設定した。さらに、入居者は避難の際、①車椅子に乗って移動、②自立歩行で移動、③介助歩行で移動、の 3 パターンを想定した。なお、キャラクターのモデル化にあたっては、この移動方法の違いを考慮した。

3 階の入居者は各室 1 名の合計 40 名、介助者は場合により 2 名から 8 名まで配置した。Fig.2 における右上の 3C ユニットは認知症患者専用ユニットであり、③の介助歩行で移動する人はこのユニットの入居者で、自立歩行が可能である。

### (2) 人間のモデル化

人間は存在・行動する際に、肩幅や体の厚みなど占有する空間があり、その面積を考慮してモデルを設定する必要がある[2][3]。Fig.3 は、本シミュレーションで用いる接触領域で、影響範囲を円で設定した[4]。

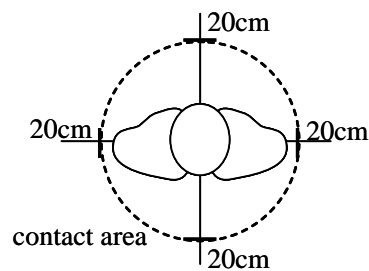


Fig.3 Contact area assumed in the simulation

なお、本研究では、自立歩行者、介助歩行者、介助者が占有する範囲については、従来通り半径 0.2m の円とし[5]、車椅子避難者は車椅子の大きさから、占有する面積を半径 0.5m の円とした[6]。

### (3) 避難速度の設定

平成 12 年建設省告示第 1411 号および 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」[7]と、東京消防庁が行った高齢者施設での避難シミュレーション[8]をもとに平坦部の歩行速度を以下のように設定した。

Table 1 Evacuation speed

行動者	避難速度(m/s)
介助者	1.0
自立歩行者	0.54
介助歩行者	0.51
車椅子	0.2

## 2.3 避難シナリオのモデル化

### (1) 施設状況と災害発生状況

本シナリオは、具体的に施設へのヒアリングを行い作成した。施設は3階建てユニット型介護福祉施設であり、2階と3階が要介護者の入居スペースとなっている。各階40名ずつ計80名が常時入居している。

災害発生の状況として、介助者の人数が極端に少なくなり、避難が困難な状況になることが予想される夜間において火災が発生したという事態を想定した。シミュレーションを行うのは3階のみで、火災発生現場はFig.2に示す3Aユニットである。

### (2) 入居者の動き

入居者は火災発生後、館内放送によって各自の部屋で待機しているよう指示されており、介助者が自分の近くまで来たら一次避難としてバルコニーへ向かって避難行動を開始する。バルコニーの位置はFig.4に示す建物の四方を囲うように設置されている太い黒線の枠内である。

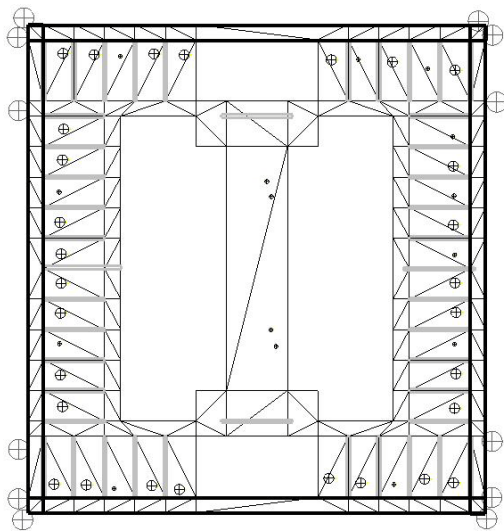


Fig.4 Distribution of tenants and care workers

2.2節で述べたように、入居者の避難時の移動方法は車椅子、自立歩行、介助歩行の3つである。車椅子で避難する人は車椅子に乗る時間を考慮し、介助者が近くにきたら25秒を経過した後避難口に向かう[8]。また、自立歩行者、介助歩行者は介助者が近くにきたらすぐに避難口に向かう。

入居者は個室からバルコニーへ出るまでは介助者と行動をともにする。なお、初期配置は、各個室に1名ずつ、Fig.4の○印の箇所とした。

### (3) 介助者の動き

介助者は2人1組で行動する。各個室を決められた順番に回り、一次避難として入居者を一人ずつバルコニーへ連れて出す。入居者をバルコニーに避難させたら次の部屋へ向かい、新たにそこの入居者をバルコニーへと避難させていく。

避難させる順番は、火元から近い人とし、なるべく火元には近づかないような動きをとり、無駄のない動きをするよう考慮している。本シミュレーションでは、火災の比較的早期に火煙が危険なレベルに達することが想定される出火区画、隣接区画である3A、3Bユニットを優先した。

介助者の初期位置は3Aと3Cユニットの間の中央廊下とした。介助者が3階入居者全員をバルコニーへ避難させ、自身もバルコニーへ避難した時点で避難完了となる。

### (4) 活動限界時間

火災の比較的早期に火煙が危険なレベルに達することが想定される出火区画、隣接区画には限界時間が設定されている。これは、自衛消防活を実施しても被害を最小限に抑えるために、火災発生後に活動できる時間を示したもので[9]、施設の消化設備や使われている建材など、施設ごとに異なる。

東京消防庁が定めている「社会福祉施設及び病院における夜間の防火管理体制指導マニュアル」[10]とこれをもとにした「予測活動限界時間を活用した自衛消防訓練実施基準」[9]によれば、この規模の施設における火災発生ユニットの自衛消防隊活動限界予測時間は475秒（約8分）で、隣接区画は715秒（約12分）となる。すなわち、火災発生ユニットである3Aユニットについては発生から8分以内に、隣接区画である3Bユニットについては12分以内に介助者を含むユニット内全員のバルコニーへの一次避難完了することが被害を最低限に抑えるために必要である。

## 3. 入居者状況の相違による避難時間

### 3.1 入居者および介助者の条件設定

はじめに、入居者の構成、介助者数、入居者の配置についてシミュレーションモデルを示す。

Table 2は入居者についてのモデルである。model Aは介護福祉施設へのヒアリングを行い、実際に運用されている人員配置をもとに設定したモデルである。model Bは車椅子者が半数の場合を想定した、架空のモデルで、mode Cは東京消防庁が行った高齢者施

設での避難シミュレーション[8]を参考に設定した。東京消防庁が行った避難シミュレーションでは部分介助（車椅子使用），全面介助（ストレッチャー使用），自力避難という分け方をしていたが，部分介助に本研究の車椅子と介助歩行を適合させて考えているため表のようになっている。

Table 2 Tenant's number of composition members

	車いす	自立歩行者	介助歩行者
model A	29	6	5
model B	20	12	8
model C	26	14	—

Table 3 Number of care workers

	介助者
case 1	1 組 2 名
case 2	2 組 4 名
case 3	3 組 6 名
case 4	4 組 8 名

次に介助者の配置を Table 3 に示す。老人福祉法の規定に基づいた特別養護老人ホームの設備及び運営に関する基準[11]によると，夜間職員は 2 ユニットごとに 1 名以上配置することが定められている。また，全夜間職員で避難誘導を行うことが一般的である。これらのことから，Table 3 のように，通常 3 階にいる夜間介助者数 1 組 2 名を case1，この施設の 2 階の夜間職員も含めた人数 2 組 4 名を case2，各階に 1 名ずつ追加配置した場合の 3 組 6 名を case3，各ユニットに 1 名ずつ配置した場合 4 組 8 名を case4 とした。なお，本論文では，model A における case1 の場合は A-1 と表記する。他の場合も同様である。

最後に入居者の配置について，海老・掛川によると，従来の大部屋に数人が入居する介護福祉施設では，入居者の避難方法の違いによって配置を考えた結果，避難時間が早まる可能性があること示している[12]。そこで，ユニット型施設においても同様の検討を試みた。車椅子で避難する人と自立歩行者の配置を，①均等に配置，②ランダムに配置，③ユニットの玄関側に車椅子避難者を集める，という 3 パターンで検討した。

なお，介助者が避難させる順番はユニット 3A・3B・3C・3D である。

### 3.2 シミュレーション結果

#### (1) 入居者構成の違い

入居者の構成を model A～C まで変化させたとき，介助者数 case1～4 においてどのような変化があるか

検討した。

Fig.5 に示すように，どの case においても自立歩行者の最も多い model B の条件での避難時間が一番短くなった。一番差の大きかった A-1 と B-1 では 240 秒の差があったが，介助者数が増えるにつれ，その差は少なくなる傾向が見られた。

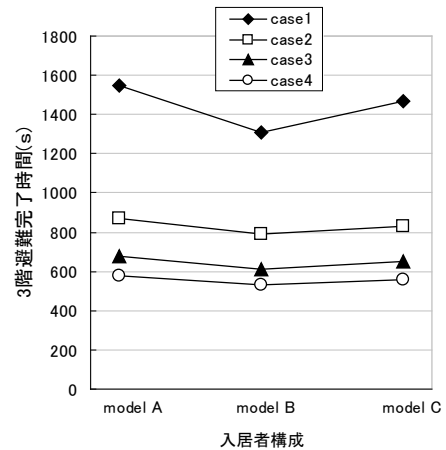


Fig.5 Evacuation time by care worker formation

#### (2) 介助者数の違い

Fig.6 に，介助者数を case1～4 まで変化させたときの，入居者構成 model A～C における変化を示す。介助者数の増加に伴い，避難完了時間は短くなった。model A, B, C を平均して case1-2 間で約 600 秒，case2-3 間で 180 秒，case3-4 間で 90 秒の差があった。

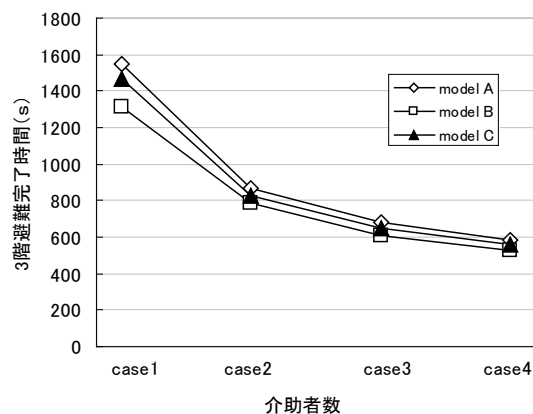


Fig.6 Evacuation time by the number of care workers

次に，活動限界時間が設定されている 3A・3B ユニットまでの避難完了時間の結果を Fig.7 と Fig.8 に示す。それぞれ限界時間は点線，一点鎖線で示されている。

Fig.7 に示す 3A ユニットについては，どの場合においても限界時間 475 秒を下回っているが，Fig.8 に

示す 3B については A-1 と C-1 の場合で限界時間 715 秒を超えている。このとき、取り残される入居者は A-1 で 2 名、C-1 で 1 名であった。

また、この限界活動時間は火災が発生してから経過時間のため、初期消火活動や 119 番通報、避難路の確保等の行動も含まれる。そのため

避難行動開始時間 = 活動限界時間 - 計測した時間

の時間以内に難誘導行動を開始する必要がある。Fig.7 と Fig.8 に示す結果から、A-2 を例にとると、約 3 分以内に 3A ユニット、約 4 分以内に 3B ユニットの避難行動を開始する必要があることになる。

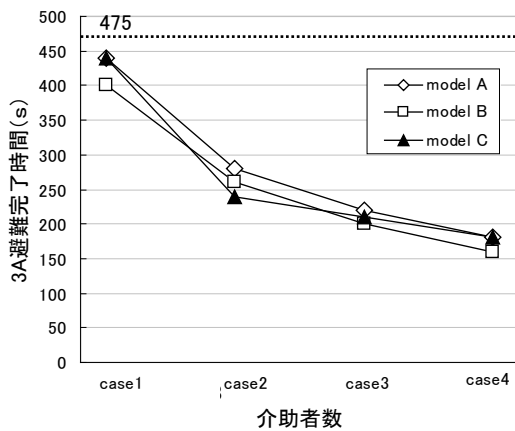


Fig.7 Evacuation time to 3A

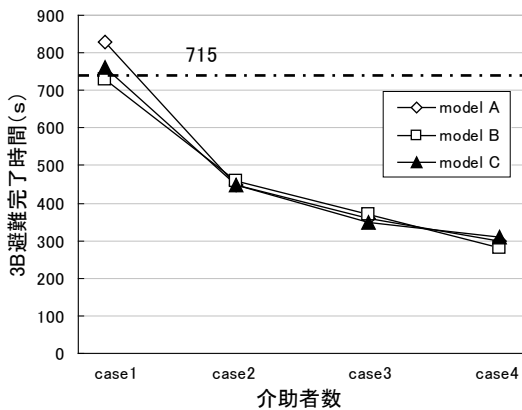


Fig.8 Evacuation time to 3B

### (3) 入居者の配置の違い

入居者数 model A-C の各場合において、入居者の配置を①均等、②ランダム、③玄関側に車椅子避難者を集めるという 3 パターンを考えた場合の避難時間を検討した。介助者数は 2 組 4 名の case2 としている。

Fig.9 はその結果で、配置による避難完了時間に大

きな差は見られなかった。これは、大部屋に何人もいるという状況ではなく、ユニット型施設で 1 つ 1 つの個室を順に回っていくというシナリオであったこと、全体の人数が少なかったことが原因であると考えられる。

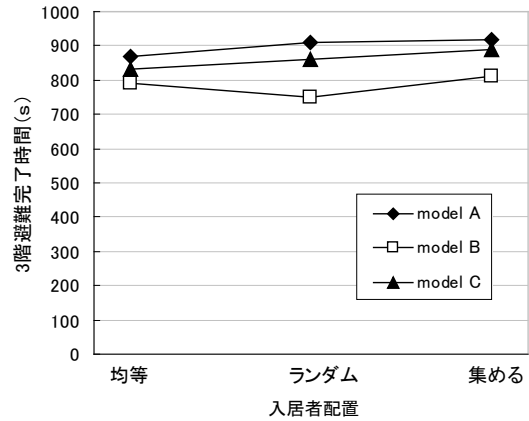


Fig.9 Evacuation time by tenant distribution

## 4. 介助者の避難誘導の順番による避難時間

入居者構成が model A のとき、介助者数 case2~4 における避難誘導パターンによる避難時間を検討する。避難方法としては前章のように、①3A から 3D ユニットまで全員で 1 ユニットずつ避難させていく方法と、②ユニットごと分担して避難させていく方法を考えた。Table 3 はその誘導パターンで、Fig.10 はその結果である。

case 番号が増えるにしたがって介助者はユニットごとに分担して避難にあたるパターンとしている。なお、結果グラフの色のついた範囲は、上端ラインがそのユニットの避難完了時間を示すものであり、そのユニットの避難にかかった時間を示すものではない。

case2 の場合では 3 階全員の避難完了時間に大きな差はなかった。case ごとの避難時間を見ると、case2-2 では 3A と 3B ユニットは同時刻に避難完了するが、3A の避難完了時間が限界時間に近く、有効な方法とはいえない。

case3 の場合では case3-2 と case3-3 の 3 階避難完了時間が case3-1 に比べ 1 分ほど短くなった。case ごとに見ると、case3-2 は 3B と 3C ユニットがほぼ同時刻に避難が完了した。このモデル施設は中央に廊下があるため、3C は隣接区画ではないが隣接区画が 2 つ想定される施設に有効と思われる。case3-3 は 3A ユニットの避難時間が他よりも長く、3C が 3B よりも早く避難が完了した。

Table 4 Care worker's escape guiding pattern

	介助者の動き方
case2-1	全員で3A→3B→3C→3Dと回る
case2-2	1組3A,1組3B→完了後1組3C,1組3Dへ
case3-1	全員で3A→3B→3C→3Dと回る
case3-2	全員で3A→3A完了後の2組3B,1組3C→全員で3Dへ
case3-3	2組3A,1組3B→3A完了後の2組が3Cへ→全員で3Dへ
case4-1	全員で3A→3B→3C→3Dと回る
case4-2	全員で3A→3A完了後の2組3B,2組3C→全員で3Dへ
case4-3	3組3A,1組3B→3A完了後の1組3B,2組3Cへ→全員で3Dへ
case4-4	2組3A,2組3B→3A,3B完了後の2組3C,2組3Dへ

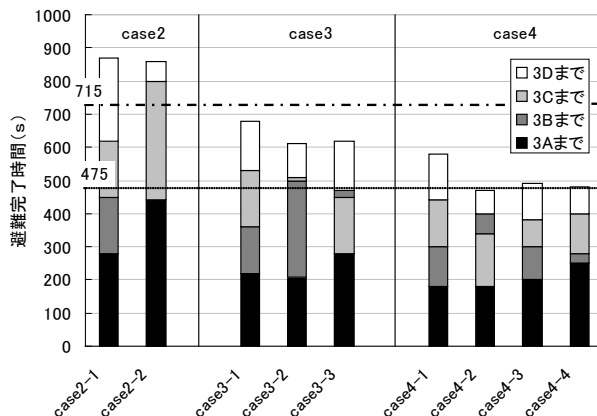


Fig.10 Evacuation time by escape guiding pattern

case4 の場合、case4-1 に比べて他 3 つの case は 1 分半ほど 3 階避難完了時間が短くなった。case4-2 は避難時間が一番短い、3C ユニットが 3B よりも早く避難が完了した。case4-3 は 3A ユニットの避難時間も早く、3C の避難時間が大幅に短縮された。case4-4 では 3A ユニットの避難時間は逆に長くなり、3B とほぼ同時であった。この結果から、case4-3 が case4 の場合は有効と考えられる。

また、要介護度の高い人、つまり車椅子で避難する人のことであるが、その人たちから避難させるという方法も検討してみたが、効果はみられなかった。そのような人をまとめて配置した場合でも、必ずしも有効な手段とは言えないようである。全体の人数の問題や個室であるということが関係しているものと考えられる。

## 5. まとめ

様々な状況のもとユニット型介護施設の避難シミュレーションを行い、以下のような考察を得た。

- (1) 自立避難者が多いほど避難時間は短くなるが、介助者が多くなるほどその差は少なくなる。
- (2) 介助者が少ない場合、避難できない入居者がで

る。介助者を多くするほど避難時間は短くなる。ただし、介助者の増加にともないその差は少なくなる。

- (3) 入居者配置についてはユニット型少人数施設ではあまり避難時間に影響はないと考えられる。
- (4) 介助者が少ない場合は介助者全員で 1 つ 1 つのユニットを回って総力で行動をした方が避難方法としては良い。介助者が増えていくにしたがって、出火区画に人を集中しつつ、分担して避難行動にあたることで全体の避難時間を短縮する傾向がある。

## 参考文献

- [1][http://realviz.jp/catalog/AI.implant\\_Jan.pdf](http://realviz.jp/catalog/AI.implant_Jan.pdf)
- [2]日本建築学会編, "第 2 版コンパクト建築設計資料集", 丸善株式会社, 1994
- [3]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>
- [4]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", 法政大学情報メディア教育研究センター研究報告, Vol.20, pp. 55-62, 2007.
- [5] 田中后郁, 竹内則雄, "校舎からの児童の避難シミュレーション", 法政大学情報メディア教育研究センター研究報告 Vol.22 2009 (<http://hdl.handle.net/10114/3049>)
- [6]<http://www.kow.co.jp/06%20gijyutushiriyou.htm>
- [7]建設省告示第 1441 号第 1 ~ 第 4 (居室避難計算)
- [8]東京消防庁火災予防審議会, "高齢者施設を中心とした災害弱者施設の防火安全対策に係る調査報告書", 1993
- [9]東京消防庁, "自衛消防隊の組織編制基準及び予測活動限界時間を活用した自衛消防訓練実施基準の策定", <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/hp-sidouka/jieishobo.html>
- [10]東京消防庁, "社会福祉施設及び病院における夜間の防火管理体制指導マニュアル", 1992
- [11]"特別養護老人ホームの設備及び運営に関する基準", 平成 11 年 2 月 31 日厚生省令第 416 号
- [12]海老原学, 掛川秀史, "避難シミュレーションに基づく高齢者施設の避難安全性の確保に関する考察", 日本建築学会計画系論文集, No.521, pp.1-8,1999.