

火災時避難開始時間の算出方法

吉野 攝津子 山口 純一
村岡 宏

Calculation Method of Starting Time of Fire Evacuation

Setsuko Yoshino Junichi Yamaguchi
Ko Muraoka

Abstract

The present study proposes a model for calculating the time when fire evacuation procedures should be initiated. The method takes into account fire safety design and is based on the applicable range of floor plans where occupants' views are limited (e.g., blocked by partitions) and on scenarios wherein building occupants become aware of a fire. Analyzing major fire incidents, we selected the factors that influence occupants' decisions to evacuate a building. At a fundamental level, the evacuation start time is the minimum time required for the occupants to 1) recognize smoke as unsafe, 2) acquire evacuation directions from another occupant and from other fire-related cues such as smell, screaming, etc., and 3) hear an evacuation announcement via a loudspeaker. Our method is designed such that it can be applied separately to a fire-origin compartment and to a non-fire-origin compartment, because there are differences between the two compartments in terms of fire visibility and the way occupants receive information upon occurrence of a fire. For occupants who need assistance in fire recognition, we have identified effective information on the occurrence of fire for each type of handicap.

概要

避難安全検証法（平成12年建設省告示第1441号）では、室内の形状などにより視認性が阻害される場合の適用範囲や、どのような状態になると火災を覚知するのかといった避難シナリオについて触れられていない。本報では、避難安全設計の観点から既往の研究を整理し、現行の避難安全検証法の不明確な点を改善すべく、避難開始時間の算定手法を提案することを目的とした。また、同様の手法を用いて災害時要援護者の避難開始条件の検討を行った。

避難開始時間の算定モデルでは、避難開始の基本条件を火災発生から在館者がa)危険と判断できる状態の煙を目視する時間、b)複数の異なる火災情報を得る時間、c)火災放送を聴く時間、これら3つの時間のうちの最小値と設定した。その上で、火災情報の視認性や情報伝達性が異なる火災室、非火災室のそれぞれについて、火災覚知するまでの過程に基づき算定モデルを作成した。災害時要援護者については、火災覚知と状況把握に有効な火災情報のみ期待できるものとして、避難開始条件を設定した。

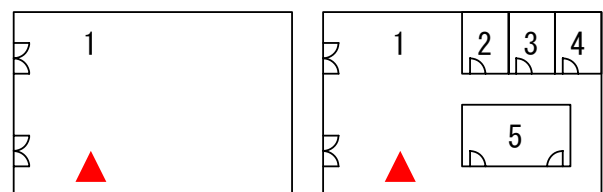
1. はじめに

一般に、建築物の新築時には設計者により、火災時に建築物内の在館者が建築物から安全に避難可能か否かの評価が行われる。避難安全検証法（平成12年建設省告示第1441号）では、火災が発生してから在館者が避難を開始するまでに要する時間は、在館者が火災を覚知すると同時に避難開始が行われるものとして、火災覚知時間として与えられ、火災が発生した建築空間の床面積 A_f [m^2]を用いて式(1)により当該建築空間の在館者の避難開始時間 t_{start} を算定することとしている。

$$t_{start} = 2\sqrt{A_f} \text{ [sec]} \quad (1)$$

事務所ビルや物販店舗においては、Fig. 1のように当初は間仕切り壁のない計画であってもテナント入居時な

どに間仕切り壁が新たに設置されるのが一般的である。避難安全検証法では、火災が発生した建築空間の床面積に基づいて火災覚知時間を算定するため、Fig. 1(a)のような区画を(b)に示すような天井までに亘る高さの間仕切り壁で仕切って複数の室に分割したとしても、(b)における何れの非火災室も(a)の避難開始時間と同様に扱え



(a)当初計画 (b)変更後

Fig. 1 間仕切り変更例 (▲は火災源)

Example; Change of Partition Walls

るとしている。したがって、間仕切り壁が設置された区画で火災が発生した場合、区画には火災室と非火災室が存在することになり、非火災室在館者は火災室在館者より火災の情報が少ないため避難開始に遅れが生じる恐れがある。このように、避難安全検証法では、室内の形状などにより視認性が阻害される場合の式(1)の適用範囲や、どのような状態になると火災を覚知するのかといった避難シナリオが明確ではない。そのため、前述のように避難開始に遅れが生じるケースについて検討が十分に行われない恐れがある一方で、安全性を向上させようという設計者の意図や新技術を建築設計に反映させることが困難になっている。

そこで本報では、視認性や情報伝達性を考慮した避難開始時間の算定手法を提案することを目的として、既往の研究の整理と避難開始シナリオを考慮した避難開始時間算定方法の検討を行った。

2. 既往の研究

2.1 避難安全設計における避難開始時間

ここでは、総合防火設計法(第3巻)¹⁾と避難安全検証法の計算法を比較することによって、それぞれの計算法の特徴を明らかにする。各避難開始時間をTable 1に示す。

2.1.1 火災室の避難開始時間 総合防火設計法では、非就寝用途と就寝用途のそれぞれについて避難開始時間を設定している。なお、非就寝用途の火災室にあっては火災室の規模や形状に関わらず式(1)(Table 1の式(1-1)と同じ)を用いて算定することを推奨している。避難安全検証法では、就寝用途であっても式(1)(Table 1の式(2-1)と同じ)をそのまま用いて避難開始時間を算出している。これは、総合防火設計法と同様に180秒後に避

難開始としては、避難安全設計の評価法として厳しすぎる(現行の建築基準法よりも過剰な対策を要求することになる)ためであると考えられる。

2.1.2 非火災室の避難開始時間 総合防火設計法では、非就寝、就寝用途を問わず非常用エレベータ設置の有無や人の知らせや煙の伝播を想定した際の避難開始時間までのシナリオに基づき避難開始時間を設定している。避難安全検証法は、Table 1の式(2-1)をベースにプラス180または300秒としている(Table 1の式(4-1), (4-2))。

2.2 避難開始に影響を与える要因

2.2.1 火災情報 火災発生を示唆する火災情報には、在館者が直接的に得る情報として、煙や臭いなど火災性状に係わるもの、間接的に得る情報として、非常ベルや火災放送など非常警報設備に係わるもの、および避難指示や人の騒ぎなど他者から得るものがある。火災事例などの既往の研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾による、避難開始のきっかけとなる代表的な火災情報とその特徴をTable 2に示す。

火災情報は組み合わせで提示される方が火災覚知要因として有効性が高まるとされる⁵⁾。特に、在館者が火源から離れている場合や、近くであっても間仕切りなどの視覚的阻害要因により火源を直接目視できない場合など、火災情報の伝播に時間を要する空間ほど情報の冗長性、すなわち、複数の感覚系(視覚、聴覚、嗅覚など)からの情報入手が重要である。

2.2.2 避難開始に至るまでの過程 火災発生後、個々の在館者は火災情報を得ると、以下の5段階の過程を経て避難を開始すると考えられる。

- ①異常感知 何らかの異常を把握する。
- ②確認行動 異常の原因や周囲の状況を確認するために何らかの行動をとる。

Table 1 火災階の各室の避難開始時間(単位: 秒)

Starting Time of Evacuation of Each Compartment of a Fire Origin Floor (Sec)

		総合防火設計法第3巻 (1989年) ¹⁾	避難安全検証法 (2000年)
火災室	非就寝用途	$t_{start} = 2\sqrt{A_f}$ (1-1) 根拠: 煙の臭い(煙先端速度0.5m/s)	※非就寝、就寝の区別なし。 $t_{start} = 2\sqrt{A_f}$ (2-1)
	就寝用途	$t_{start} = 120 + 60$ (1-2) 根拠: 非常ベルの鳴動+覚醒時間	根拠: 従来方法の式(1-1)に習うとされている。覚醒時間を考慮していない根拠は不明。
火災階 (非火災室)	非就寝用途	※非就寝、就寝の区別なし。①~③の何れか。 ①非常用EVがある場合 $t_{start} = 120 + (\sqrt{A_{floor}} + 0.4H)$ (3-1) 根拠: 火災発生から感知放送までの時間+警備員が火災現場に駆け付ける時間(歩行速度2.0m/s) ②火災室からの知らせによる伝達時間	$t_{start} = 2\sqrt{A_{floor}} + 180$ (4-1) 根拠: 式(2-1)の A_f を A_{floor} に置き換えた時間+火災室以外の部分への情報伝達時間。+180の根拠は不明であるが初期対応時間とも言われている ²⁾ 。
	就寝用途	$t_{start} = 2\sqrt{A_f} + 2\sqrt{A_{floor}}$ (3-2) 根拠: 火災室の覚知時間+情報伝達時間(歩行速度1.0m/s) ③煙の侵入などによる伝達時間 $t_{start} = 300 + 2\sqrt{A_{floor}}$ (3-3) 根拠: 火災室の外へ煙が流出する時間+煙の伝達時間(煙先端速度1.0m/s)	$t_{start} = 2\sqrt{A_{floor}} + 300$ (4-2) 根拠: 式(2)の A_f を A_{floor} に置き換えた時間+火災室以外の部分への情報伝達時間。+300は中野らの研究 ³⁾ によるが、非常ベルの鳴動開始からの時間である。

- ③火災覚知 火災が発生したことを把握する。
- ④対応行動 火災発生を受けて避難開始以外の行動(情報伝達, 初期消火, など)をとる。
- ⑤避難開始 最終的に避難を開始する。

火災性状と火災情報が、在館者の避難開始に至るまでの過程にどのように係わるかをFig. 2に整理した。

2.2.2 建物用途と避難開始 火災事例⁶⁾をみると、火災時の避難開始に影響を与える要因は建物用途により異なるが、共通して、①煙, 臭い, 異常音, 人の騒ぎで火災覚知した人の割合が高い, ②非常警報設備が機能しなかったケースでは火災覚知や避難開始が遅れる傾向にある, ③自動火災報知設備のベル鳴動だけで火災覚知した人の割合は低いことがあげられる。建物用途別の避難開始の傾向を以下に示す。

(1)事務所(非火災階の事例) 火災放送により火災発生の伝達・避難誘導が行われた例が多い。煙, 異臭の他に火災放送により火災覚知した人の割合が高いが、火災覚知後すぐに避難開始した人の割合は低い。

(2)共同住宅 住戸単位で空間が独立しているため、非常警報設備よりも、消防車のサイレン音により火災覚知した人の割合が高い。そのため、火災覚知が遅れる傾向にある。火災覚知後は住戸内やバルコニーで待機や様子を見るなどして、直ちに避難した人の割合は低い。

(3)物販店舗・飲食店舗・劇場 非常警報設備が機能しなかったケースが多く、その場合は火災覚知や避難開始が遅れている。火災覚知後は直ちに避難開始する傾向があり、従業員の指示で避難開始した例も多い。

(4)ホテル・旅館 上記の物販店舗などと同様な傾向にあるが、加えて、増改築などにより複雑な空間形状を有する場合は情報伝達に時間を要し、避難開始が遅れたケースが多い。

(5)病院・高齢者福祉施設 介助・援護が必要な在館者が多いため、従業員などの避難誘導をきっかけに避難開始したケースが多い。従業員の初期対応行動が避難開始に影響を与える傾向にある。

Table 2 火災情報とその特性
Characteristics of Fire-Related Cues

火災情報の種類		客観的な定式化	
直接情報	火災性状	火炎	可能
		煙	可能
		異常音	困難
		臭い	困難
間接情報	非常警報設備	非常ベル	可能
		感知発報放送 ^{*1)}	可能
		火災放送 ^{*2)}	可能
	他者から得る情報	避難指示 ^{*3)}	可能
人の騒ぎ・叫び声		困難	
人の動き		困難	

^{*1)} 感知発報放送：感知器が発報した場合に行う放送。火災発生の確認中である旨の情報を伝える。

^{*2)} 火災放送：火災の発生が確認された場合などに行う放送。

^{*3)} 緊急時の避難に関して責任を付与された者による指示。

2.2.3 避難開始遅延要因 2.2.2より、避難開始の遅延は、火災覚知自体の遅れと、火災覚知後の在館者個人の危険認知(避難が必要と判断するまでに要する時間)とに起因するものと考えられる。火災覚知の遅延は、非常警報設備の不備や情報伝達阻害要因(複雑な空間形状や従業員数の不足など)によるものと考えられる。危険認知に係わる要因としては、他者の影響、すなわち同調と正常化偏見が知られている⁷⁾。同調とは、1人であればすぐに避難する場合でも、集団の場合には誰も行動を起こさない傾向のことであり、正常化偏見とは、危険性を否認・無視・過小評価し、「自分の所だけは大丈夫」という根拠のない思い込みを起こす認知の歪みである。この現象は、避難開始行動の実験的研究⁸⁾における単独避難と複数避難の比較においても確認されている。また、他者の影響の他に、家族や財産への固着や、過去に避難しなかったことによる損得経験なども避難を抑止する力として働くことが知られている⁹⁾。

3. 避難開始の基本的な考え方

3.1 避難開始条件

避難安全検証法では、在館者が火災を覚知した時点で避難開始するとみなしているが、2.2.2の事務所や共同住

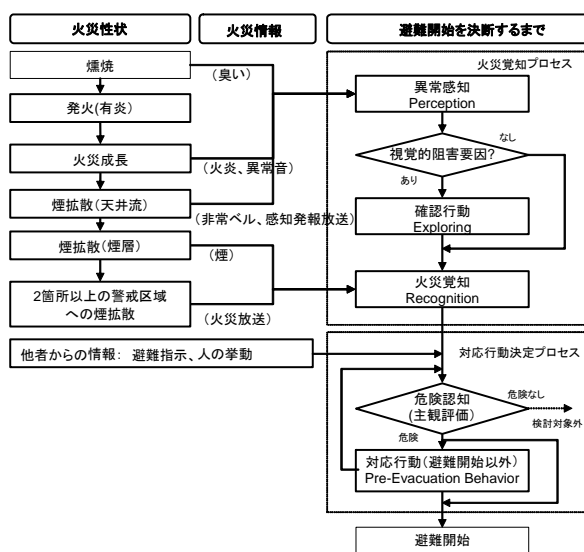


Fig. 2 火災時に避難開始に至るまでの過程
The Process of Starting of Fire Evacuation

Table 3 避難開始条件
Conditions of Starting Evacuation

		避難開始条件 (下記のいずれかに該当した場合)
火災情報入手手段	視覚	・◎煙を目視した場合 ・炎を目視した場合
	聴覚	・◎火災放送を聴いた場合
	その他	・◎複数の異なる火災情報を得た場合

◎4章の避難開始時間算定に考慮した火災情報

宅の火災事例からみられるように、火災覚知しても直ちに避難開始するとは限らない。そこで、本報では、Table 2で整理した火災情報の特性より、個人が避難が必要であると判断するまでの時間を客観的な定式化が可能な範囲で考慮した。避難開始の条件をTable 3に示す。2.2における検討より、在館者が（危険と判断できる）煙または炎を目視した場合、あるいは火災放送を聴いた場合は、その時点で避難開始すると考える。また、それ以外の場合は、在館者が複数の異なる火災情報を得た時点（例えば、非常ベルを聴いた後に避難指示を受けた時点）で避難開始すると考える。

3.2 在館者属性の分類

在館者の属性をTable 4に示す。在館者の属性は、火災の判断能力と火災情報の入手能力によって分類した。本報では火災情報の入手、火災の判断ともに可能な在館者（以下、健常者）、火災情報の入手は困難だが、援護者があれば火災の判断が可能な在館者（以下、災害時要援護者）を検討対象とした。

3.3 室の分類

火災情報は火災室（または火源）に近い在館者ほど得やすいと考えられる。そこで、火災情報の得やすさを考慮してTable 5に示すように室を分類する。火災室は人の声（叫び声）による情報伝達が瞬時に行われると考えられる床面積（例えば、火災報知設備のスピーカーの設置基準に習い半径8mの円に包含される場合：最大128㎡）以下の室と、それ以外の室とに分類する。また、非火災室は火災室と開口（扉を含む）で通じている室（以下、付属室と記す）とそれ以外の室とに分類する。

4. 避難開始時間の算定方法

避難開始時間の基本的な考え方を以下に示す。

- ① 避難開始時間は、在館者が避難開始するために必要な条件（Table 3参照）を満足した時点とする。
- ② 避難開始条件は、客観的な定式化が可能な変数で与える。
- ③ 起床状態を対象とする。
- ④ 各室の在館者は複数存在する。
- ⑤ 在館者の属性の分類と室の分類に応じて算定式を提案する。

4.1 避難安全設計の下での避難開始条件

避難安全設計の下では避難開始時間を客観的な定式化が可能な変数で与えることが必要であるため、下記の(a), (b), (c)の何れかの状態になった時点で避難開始すると考える。

- (a)危険と判断できる状態の煙を目視した時点 (t_{smoke})
- (b)避難指示があった時点 (t_{inform})
- (c)火災放送があった時点 (t_{alarm})

この場合、避難開始時間 t_{start} は下式となる。

$$t_{start} = \min\{t_{smoke}, t_{inform}, t_{alarm}\} \quad (2)$$

ここで、(b)の避難指示による場合は、避難指示の他に非常ベルや煙の目視などの火災情報が与えられることを前提とする。

4.2 健常者の避難開始時間

火災室を対象とした避難開始シナリオをFig. 3に、非火災室を対象としたものをFig. 4に、それぞれ示した。

4.2.1 火災室 ここでは、感知器発報放送（第一報）に期待しない場合の避難開始シナリオを考えた。複数の在館者が均等に配置されている場合は、視認性に関わらず

Table 4 在館者の属性

		火災の判断	
		可能	困難
火災情報の入手	可能	・起床状態であり視覚、聴覚、嗅覚に支障の無い者	・幼児 ・知的障がい者 ・泥酔者
	困難	・視覚、聴覚、嗅覚の何れかの機能に障がいのある者（支障のある状態を含む） ・外国人	・火災の判断が困難で、かつ火災情報の入手が困難である者

Table 5 室の分類

火災室		非火災室	
小規模	小規模以外	付属室	付属室以外
声による情報伝達が瞬時に伝わる規模の室	左記以外の室	火災室と開口（扉を含む）で通じている室	左記以外の室

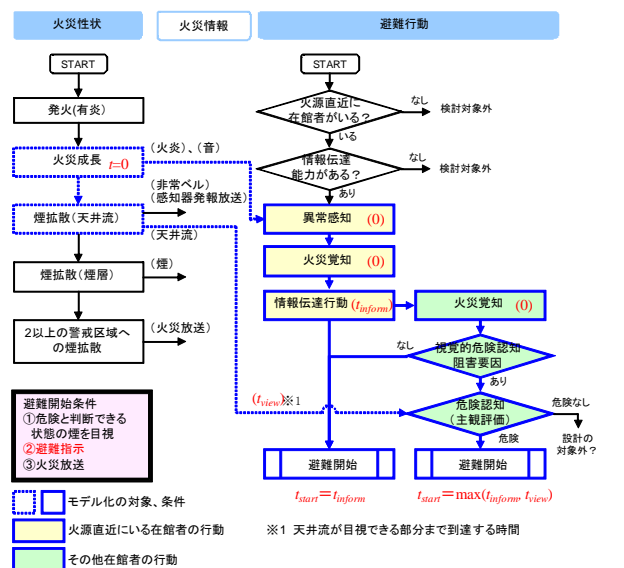


Fig. 3 火災室（小規模以外）の避難開始シナリオ Scenarios for Starting Evacuation from a Fire-Origin Compartment (Except for Small-Scale Rooms)

ず、火源近傍の在館者による火災覚知および避難指示が期待できる。よって、火源近傍の在館者は出火の直後に火災覚知し、その他の在館者への避難指示を開始する。その他の在館者は、火源近傍の在館者からの避難指示を受け、その後避難を開始する。但し、その他の在館者は避難指示があったとしても直ちに避難するとは限らないため、避難指示があった時点 t_{inform} で火災情報を得た後、さらに自らが煙を目視した時点 t_{view} で避難開始すると考えた (Fig. 3参照)。避難開始時間 t_{start} は、式(3)のように書かれる。

$$t_{start} = \min\{t_{smoke}, \max(t_{inform}, t_{view}), t_{alarm}\} \quad (3)$$

ここで、 t_{view} は煙がその他の在館者から目視できる位置まで拡散する時間、 t_{smoke} はその煙が危険と判断できる状態になる時間である。なお、火災室が小規模の場合は、1人の在館者が火災覚知するのとほぼ同時に他の在館者も火災覚知すると考えられるので、避難指示や火災放送には期待せずに避難開始時間を決定する。そのため、避難開始時間は式(4)のように書かれる。

$$t_{start} = t_{smoke} \quad (4)$$

4.2.2 非火災室 (付属室) ここでは、火災室在館者からの避難指示を期待しない場合の避難開始シナリオを考えた。Fig. 5, Fig. 6 (Fig. 4を平面的に表現した図)に示すように、付属室の在館者は、非常ベルまたは感知器発報放送によって火災情報を得ると(t_{detect})、その後当該室の代表者が火災を確認するため移動する(t_{check})。そして、危険と判断できる状態の煙 (火災や他室の避難者としてもよい) を目視した時点で火災を覚知し、その後当該室に戻り、残りの在館者へ避難指示する(t_{inform})と考える。その場合、避難開始時間は、

$$t_{start} = \min\{t_{smoke}, \max(t_{detect} + t_{check}, t_{view}) + t_{inform}, t_{alarm}\} \quad (5)$$

となる。ここで、 t_{view} は、火災室の煙が付属室代表者から目視できる位置 (例えば付属室の出入口) まで拡散する時間、 t_{smoke} は火災室から付属室に流入した煙が危険と判断できる状態になる時間である。

4.2.3 非火災室 (付属室以外) 非出火室の在館者は付属室の場合と同様、非常ベルまたは感知器発報放送によって火災情報を得るが、火災室の炎や煙を直接確認することができないため、防火管理者 (付属室の場合は付属室の代表者) からの避難指示または火災放送があった時点で火災を覚知し、その後残りの在館者へ避難指示すると考える。この場合、危険と判断できる状態の煙を目視で確認するのは、防火管理者 (火災や他室の避難者としても良い) となる。避難開始時間は、式(6)のようになる。

$$t_{start} = \min\{\max(t_{detect} + t_{check}, t_{view}) + t_{inform}, t_{alarm}\} \quad (6)$$

4.3 災害時要援護者の避難開始時間

災害時要援護者とは、自分自身に危険が迫っても、それを察知すること、危険を知らせる情報を受け取ること、またその危険に対し適切な行動をとることなどの面でハン

ディを持つ人である¹⁰⁾。災害時要援護者の避難を考える場合、火災覚知、状況把握、移手段、移動速度を考慮する必要がある。避難開始時間に限れば、火災覚知、状況

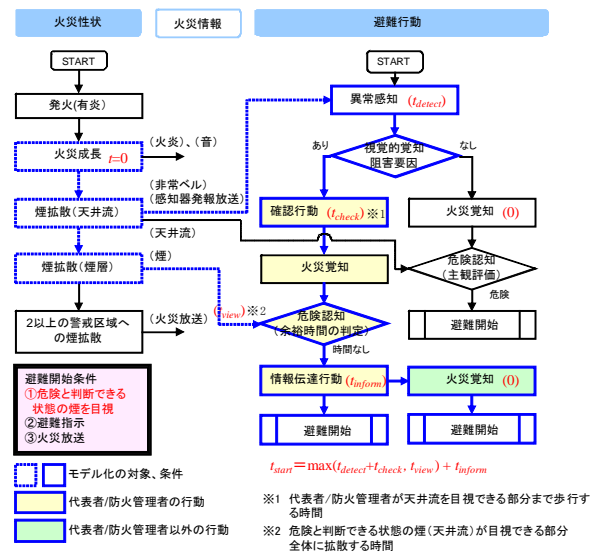
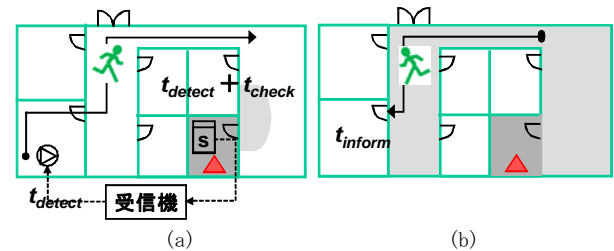
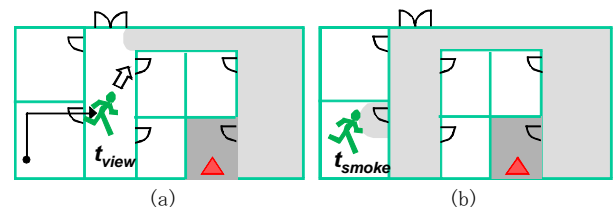


Fig. 4 非火災室の避難開始シナリオ
Scenarios for Starting Evacuation from a Non-Fire-Origin Compartment



(a) 感知器発報放送の作動後に室の代表者 (防火管理者) が火災を確認するまでの過程, (b) 危険を認知した室の代表者 (防火管理者) が残りの在館者に避難指示するまでの過程 (図灰色のハッチは煙を表す)

Fig. 5 非火災室の在館者が火災覚知するまでの過程
The Process that the Occupants of a Non-Fire-Origin Compartment Recognize Fire Occurrence



(a) 火災室の煙が非火災室の室の代表者 (防火管理者) から目視できる位置まで拡散する時間, (b) 火災室の煙が非火災室まで流入し、残りの在館者が目視できる位置まで拡散する時間 (図灰色のハッチは煙を表す)

Fig. 6 危険と判断できる状態の煙を目視で確認するまでの時間
The Time necessary for the Occupants of a Non-Fire-Origin Compartment to Recognize the Smoke Unsafe

Table 6 災害時要援護者のタイプと火災情報の有効性

Types of Handicaps and Effective Fire-Related Cues				
災害時要援護者のタイプ	煙 (視覚)	警報 (聴覚)	放送 (理解)	避難指示
高齢者	△	△	○	○
肢体不自由者	○	○	○	○
妊産婦・乳幼児連れ				
視覚障がい者	×	○	○	○
聴覚障がい者	○	×	×	△
外国人	○	○	×	△

・放送は内容を理解できるか否かで評価した
 ・避難指示は直接対面で行われるとして評価した

把握が検討課題となる。ここでは、Table 6に示す災害時要援護者の火災覚知と状況把握とに有効な火災情報のみ期待できるものとして、避難開始条件を考えた。なお、複数の障がいがある場合や火災の判断が困難な場合は援護者がいるものとした。以下では、災害時要援護者のタイプごとに避難開始条件を整理し、避難誘導の必要性や情報の冗長性について検討を行った。

4.3.1 高齢者、肢体不自由者、妊産婦・乳幼児連れ、外国人、援護者がいる場合 火災覚知に支障がないものとするれば式(2)が適用可能である。高齢者で視覚や聴覚に支障がある場合は、以下に示すそれぞれの障がいの考え方を適用する。外国人は対面の避難指示を行えば火災覚知すると考えられる。

4.3.2 視覚障がい者 煙の目視は無効であるため、避難指示または火災放送があった時点で避難開始すると考えた。避難開始時間は式(7)のようになる。

$$t_{start} = \min\{t_{inform}, t_{alarm}\} \quad (7)$$

4.3.3 聴覚障がい者 火災や、危険であると判断できる状態の煙を目視で確認、または避難指示があった時点で避難開始すると考えた。この場合、避難開始時間は式(8)となる。避難指示の有効性が期待できない場合は式(9)とする。

$$t_{start} = \min\{t_{smoke}, t_{inform}\} \quad (8)$$

$$t_{start} = t_{smoke} \quad (9)$$

以上のように、災害時要援護者は火災情報の入手手段が限られているため、他者のフォローが期待できない場合は、特に火災覚知や避難開始の遅延が懸念される。移動手段や移動速度の問題だけではなく、他者のフォローを含めて、情報の冗長性の乏しさを考慮したシナリオに基づく避難誘導計画が必要である。

5. まとめ

本報では、避難安全設計の観点から避難開始条件と避難開始シナリオを整理し、避難開始時間の算定モデルを作成した。また、同様の手法を用いて災害時要援護者の避難開始条件の検討を行った。今後は各時間の具体的な

定式化とその妥当性の検証を行う予定である。

本報では、火災覚知から避難開始までの内的プロセスにかかる時間について、他者の影響や過去の経験など、客観的に定量化することが困難な変数は考慮していない。火災覚知から避難行動の開始までに避難所要時間の2/3が消費される傾向がある⁷⁾との報告があるため、さらなる検討が必要である。加えて、今回の検討では非就寝用途と在館者が複数いる場合を想定したが、就寝用途では火災放送後の速やかな避難開始が期待できない。また、在館者が1人の時は避難指示が期待できないため、今回とは異なるシナリオを想定する必要がある。

参考文献

- 1) 日本建築センター：建築物の総合防火設計法 第3巻 避難安全設計法, pp. 142~155, (1989)
- 2) 日本火災学会・日本建築学会共催シンポジウム資料：火災時の人間行動と避難安全性能評価－火災時に人はどうレスポンスするか 火災覚知時間および避難開始時間の問題を巡って－, p. 3, (2000)
- 3) 中野美奈, 他：就寝状態における避難開始時間に関する実験的研究, 日本建築学会学術講演梗概集(A-2), pp. 239~240, (2000)
- 4) 岡田隆男, 他：火災時の避難開始要因に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, (2009)
- 5) 東京消防庁火災予防審議会:406人が避難した過載事例のアンケート調査結果, 超高層建築物などの多様化に伴う防火安全対策のあり方, pp. 213~244, (1995)
- 6) 国土交通省：避難性能検証における避難開始時間などの設定方法及び市街地の延焼に関する調査, 平成20年度建築基準整備促進補助金事業報告書, (2009)
- 7) 釘原直樹：パニック実験－危険事態の社会心理学－, ナカニシヤ出版, pp. 115~117, (1995)
- 8) 吉野攝津子, 他：警報パターン別の避難開始行動に関する実験的研究 その5避難時の行動決定プロセスに着目した分析, 日本建築学会学術講演梗概集(A-2), pp. 9~10, (2009)
- 9) 安部北夫：パニックの心理, 講談社, pp. 140~150, (1974)
- 10) 国土庁：平成3年版防災白書, p. 469, (1991)

凡例

A_f : 火災室の床面積[m²], A_{floor} : 火災階の床面積[m²], H : 建物高さ[m], t_{start} : 避難開始時間*[s], t_{smoke} : 煙が危険と判断できる状態になる時間*[s], t_{inform} : 情報伝達時間[s], t_{view} : 煙が目視できる位置に到達する時間*[s], t_{detect} : 非常ベルまたは感知器発報放送の開始時間*[s], t_{check} : 火災を確認するための歩行時間[s], t_{alarm} : 火災放送までに要する時間*[s] (※は火災発生からの経過時間を意味する)