

土木学会研究討論会「地下空間の防災・減災と災害時避難」

大地震に伴う津波や激しい集中豪雨による浸水、あるいは大規模火災などにより、地下空間において大きな被害が発生することは十分予想されます。災害時の地下空間の安全性や危険性についてきちんと理解したうえで、地下空間の防災・減災について考えていく必要があります。

本研究討論会では、災害時の避難に焦点をあてて、地下空間での人間の行動や避難についての最近の研究成果について話題提供をいただき、それらをもとに、今後取り組むべき課題やその解決策について参加者全員で総合的な議論を展開しようとするものであります。

話題提供 1 馬場康之・京都大学防災研究所准教授：
地下浸水時の避難に関する実物大模型実験

話題提供 2 石垣泰輔・関西大学教授：
水災害時の地下空間浸水と避難

話題提供 3 土田昭司・関西大学教授：
リスク心理学からみた災害時避難

話題提供 4 工藤康博・土木学会地下空間研究委員会顧問
(三菱地所株式会社 アドバイザー)：
地下空間における災害と防災・減災に向けて

地下浸水時の避難に関する実物大模型実験

京都大学防災研究所 流域災害研究センター 馬場 康之

1. はじめに

都市域で発生した水害（福岡：1999年および2003年，名古屋：2000年）では，都市域に複雑かつ多層に発達した地下空間への浸水が生じ，その危険性を顕在化させるに至った．被害軽減策の一つとして，地下空間からの迅速な避難が重要であり，安全な避難行動を行うためには，避難行動が困難になる状況に関する定量的な評価が求められる．このような背景を基に，実物大模型（階段模型，ドア模型，自動車模型）を用いた避難体験実験が実施され，浸水時を想定した状況下における避難行動の困難さについて検討が行われている．

2. 実物大階段模型を用いた実験

実験に用いた実物大階段模型を図1に示す．模型は，高水槽と地上を想定した平坦部，高低差3mの階段部（全20段，踏み板長さ0.3m，蹴上げ高さ0.15m），および踊り場水路部から構成されており，幅は1mである．本避難体験実験には，大学生以上の105名（男性75名，女性30名）が参加して行った．なお，本階段模型では地上部での浸水深が最大50cmに相当する条件での実験が可能であるが，安全性を考慮して，地上部の浸水深40cmまでの実験とした．また，小学生11名，中学生3名にも，安全性に配慮した条件下での体験実験を実施した．



図2に示すように，地上の浸水深が増加するに従って，男女ともに階段を通じた避難に要する時間が増加する結果となった．浸水深の増加による避難の所要時間の増加は，男性よりも女性の方が大きくなり，浸水深40cmの場合において女性は男性よりも10秒以上避難に時間を要する結果となった（女性の場合，浸水のない場合と比較して2倍以上の時間を必要としている）．大学生以上の一般の被体験者と，小学生・中学生の実験結果を比較すると，小，中学生ともに一般女性よりも避難に時間を要する結果となった．本実験での小，中学生の被験者数は少ないので単純な比較は難しいところであるが，子供の避難を想定した場合，大人よりも早い段階で避難が困難になる状況が予想される．また，本体験実験では，服装や手荷物など歩行時の条件を変えた場合の実験も実施した．その中で避難時間に最も強く影響したのは着衣条件（胴長の着用）であり，下腿に加わる流体力を計測した結果を合わせて考えると，流水中での抵抗の大きい服装が避難行動に大きな影響を持つことが確認される．

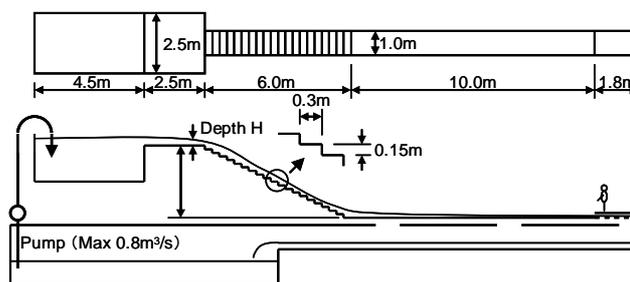


図1 実物大階段模型の概要

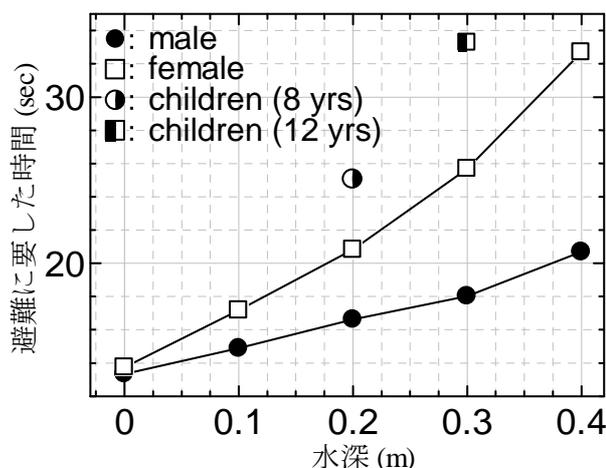


図2 避難に要する時間の比較

実験後に避難限界水深に関するアンケートを実施した結果，男女ともに地上浸水深30cm程度が避難限界となるとの回答が最も多く，浸水深40cmの場合に棄権者が出たことにも符合する結果となった．

3. 実物大ドア模型を用いた実験

図3に示す実物大ドア模型において、女性12名を含む約60名の被験者によるドア押し開け時の力の計測と避難体験実験を実施した。実験に使用したドア模型は幅80cm、高さ2mのスチール製のドア（既製品、三和シャッター社製）で、ごく一般的に使用されているものである。ドアをはさんで二つの水槽が設置されており、低水槽からポンプで水をくみ上げて水槽内に水を溜めることによりドアに水圧が作用する状況を作ることができる。なお、本実験においては、実験中はポンプを定常運転し、角落しから越流させている。これは、ドアが開いた際の水深の急激な低下を抑制し、水深条件の変化を最小限に留めるためである。

ドアを押し開けるために必要となる力を定量的に評価するために、ドア模型とロードセル、ジャッキを用いた計測を行った。実験では、ロードセルをドアノブ付近に取り付け、ジャッキを操作してほぼ一定の速度でドアを押し開けた。水深条件を変化させた条件下で計測された力およびドアに作用する全水圧の変化を示したものが図4（図中、破線は計測結果から求められた近似曲線）である。この図を用いることで、水圧の作用する本実験装置のドア（幅0.8m）を開けるために必要となる力を推測することができ、本実験ではドアを開けるには全水圧の6割程度の力が必要とわかる。

図5は、56名の被験者（男性44名、女性12名）にドア押し開け時の力の計測結果である。全体的に、ドアの押し開けに発揮できる力は、体重とともに増加する傾向が確認できる。個人差により発揮できる力にばらつきがあるものの、今回の計測結果においては、体重の8割を上限、体重の5割弱を下限とする力をもってドアを押し開けることが可能であったことがわかる。

図5は、56名の被験者（男性44名、女性12名）にドア押し開け時の力の計測結果である。全体的に、ドアの押し開けに発揮できる力は、体重とともに増加する傾向が確認できる。個人差により発揮できる力にばらつきがあるものの、今回の計測結果においては、体重の8割を上限、体重の5割弱を下限とする力をもってドアを押し開けることが可能であったことがわかる。

これらの結果を基に、被験者の体重から水圧が作用するドアを開けて避難できる水深条件の上限を推定することができる。図4の結果と同程度の力でドアを開けることができると仮定すると、体重65kgの男性が体重の5割～8割の力でドアを押し開けた場合、ドア前面での水深が35～47cm程度が避難限界と推定される。避難体験実験においては、ドアの前にたまった水の水深が0.4m台になると、多くの一般男性にとって避難が困難になる結果が得られており、上記推定値と一致している。女性についても同様の方法で避難限界水深を推定すると29～38cm程度となった。

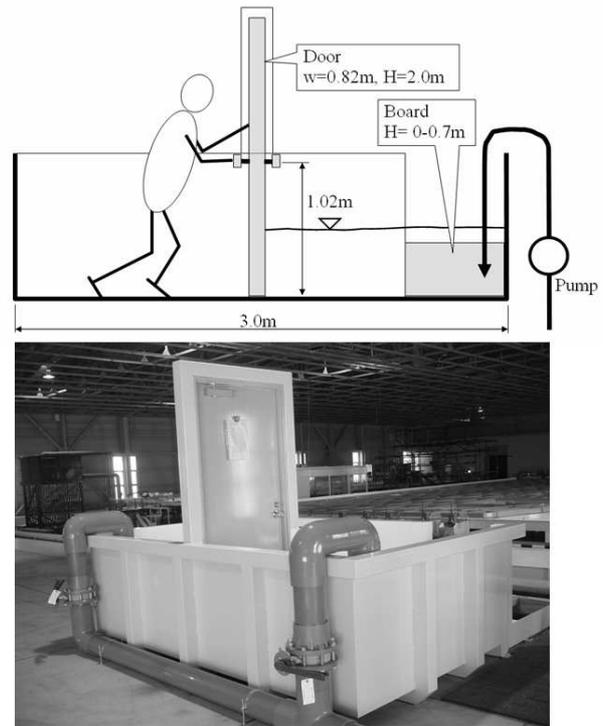


図3 ドア模型の概要

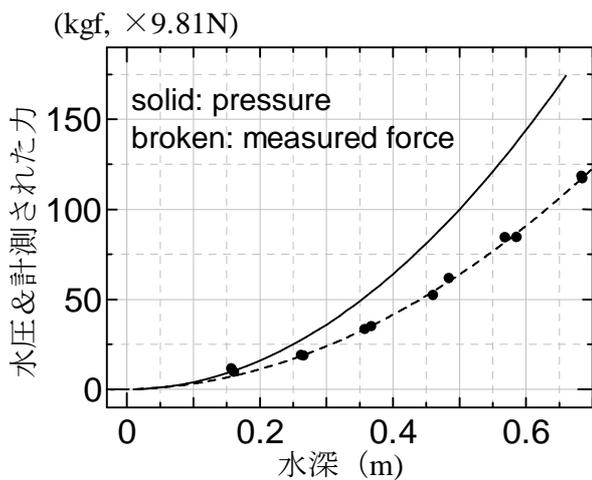


図4 ドア押し開けに必要な力と水深の関係

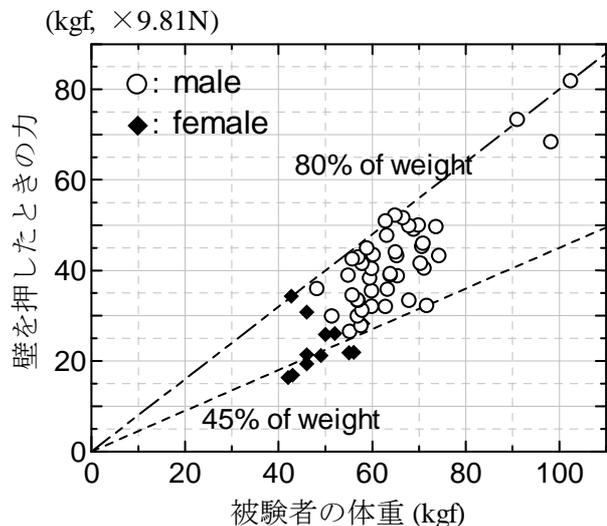


図5 被験者の体重と押し開け時の力の最大値の関係

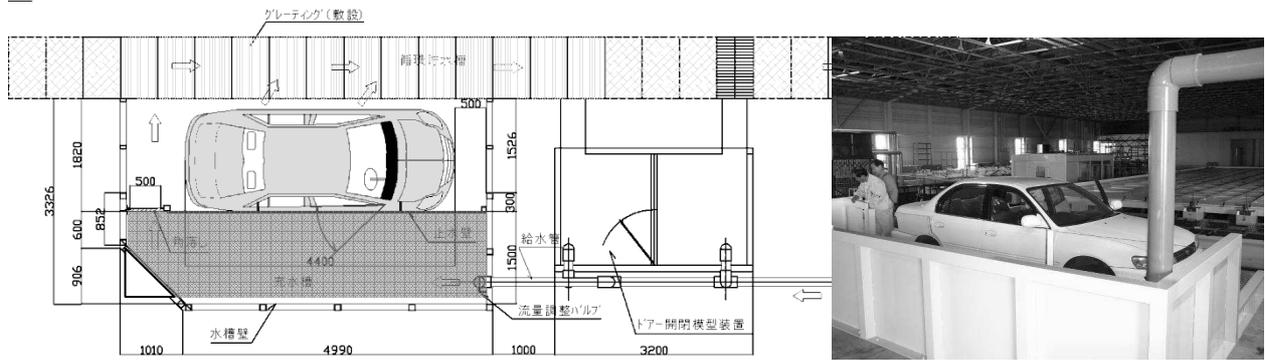


図6 自動車模型の概要

4. 実物大自動車模型を用いた実験

地下駐車場等で自動車が水没した場合にも、水圧がドアに作用するため、避難行動が難しくなる状況が発生する。自動車の水没状況と安全な避難行動の関係について調べるため、図6に示す実物大の自動車模型を用いて、ドアを開けるために必要となる力の計測と避難体験実験を実施した。実験装置はセダンタイプの自動車と浸水状況を再現するための水槽（図中灰色）および給排水設備から構成されている。設置された自動車は4ドアの普通乗用車（長さ4.4m、幅1.6m）であり、床面に固定されている。水槽（長さ6.0m、幅1.5m）は自動車の運転席側に位置しており、水深は床面から最大1mまでの間で設定できる。

水没した自動車のドアを開けるために必要となる力を、前部および後部のドアそれぞれについて計測した。計測には前出ドア模型同様、ロードセルとジャッキを使用して、機械的にドアを押し開ける場合の力を計測した。実験中はビデオでの撮影も行い、ドアが開いた時点の判定に用いた。前部ドアと後部ドアを開けるために必要となる力の計測値（図7）を比較すると、後部ドアの押し開けに必要となる力は、前部ドアの6～7割程度となる結果が得られた。この結果は、実験に使用した自動車の前部ドアと後部ドアの形状（面積）の違いによりドアに作用する水圧が異なるためである。

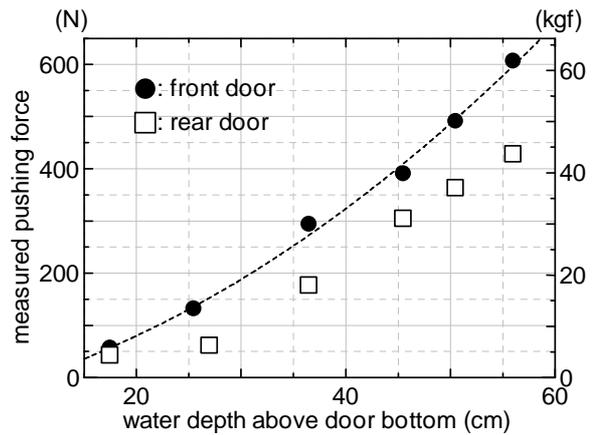


図7 ドアを開けるために必要となる力

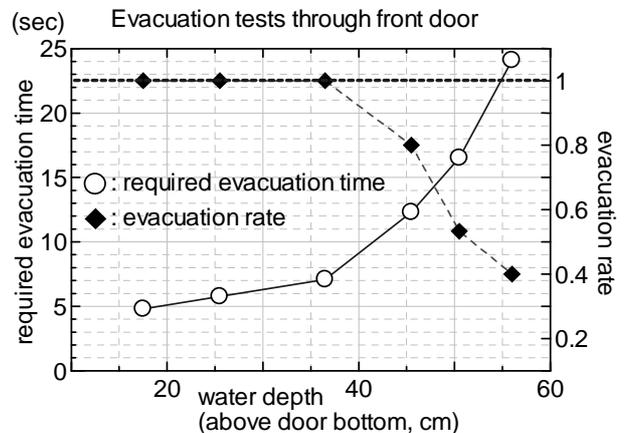


図8 避難体験実験結果(前部ドア)

図8は避難体験実験の結果であり、実験では自動車模型運転席側の水槽内の水深を変化させ、被験者がドアを開けて自動車から避難できるかどうか、および避難に要した時間の2項目について計測した。図に示すように、浸水深の増加に伴い、避難に要する時間（図中白丸）が急速に増大している様子が認められる、図中菱形で示した避難の成功率に着目すると、浸水深の小さい条件から大きい条件に変化するに従って、成功率が急激に減少する様子が確認できる。すなわち、自動車の水没状況が進行するに従って、避難の可能性が著しく狭まるとともに、仮に避難ができたとしても所要時間が増えることを考え合わせると、浸水条件下でのドアからの避難は、浸水状況の進行に伴って容易ではなくなることがわかる。本実験では、ドア下端からの水深が40～50cm程度（地上からの水深が70～80cm程度）において避難できた被験者の割合が急激に減少しており、水没した自動車からの避難行動が難しくなることがわかる。

水災害時の地下空間浸水と避難

関西大学 環境都市工学部 石垣泰輔

1. はじめに

都市域の高度利用の観点から、地下空間の利用が拡大し、640以上の地下鉄駅、85か所以上の地下街、多数の地下駐車場、地下道、地下階が建設されてきた。わが国の都市は、低平な沖積平野上に発達しており、海面より低い、いわゆるゼロメートル地帯にも多くの地下空間が存在している。このような地区は、外水氾濫、内水氾濫、高潮氾濫、津波氾濫などの水災害が発生しやすく、地下空間の浸水リスクが潜在している。

近年の地下空間の浸水は、1983年の赤坂見附駅、1999年と2003年のJR博多駅地下街、2000年の名古屋市営地下鉄で発生しており、1999年には福岡と新宿で地下室浸水による犠牲者がでていた。このような被害は、わが国だけではなく、2001年のソウル地下鉄駅、2002年プラハの地下鉄駅など、国外でも発生した。このような背景から、地下空間における浸水に関する研究が行われている。

ここでは、地下浸水と避難に関する京都大学防災研究所と関西大学との共同研究成果を用い、地下空間の防災・減災と災害時避難に関する問題点について述べる。

2. 地下空間浸水について

地下空間浸水は、地上の氾濫水が流入することにより発生するため、ここでは、関西大学と京都大学の研究グループが調査・解析の対象としてきた地区で約30年ぶりに発生した2011年8月の内水災害を取り上げ、これまでに得られた成果（森兼ら；2011、2012、井上ら；2011、尾崎ら；2012）に基づいて地下空間浸水の問題点を述べる。

大阪管区気象台の気象速報によると、8月27日、大阪府で昼過ぎから夕方にかけて非常に激しい雨が降り、大阪府中央区では16時8分までの1時間に観測史上1位タイとなる77.5ミリを記録し、10分間雨量でも最大22.5ミリの雨が観測された。総降雨量は3時間20分で88ミリに達した。また、

16時54分に記録的短時間大雨情報が発表された東大阪市付近では約100ミリの猛烈な雨が観測され、床上浸水87棟、床下浸水234件、道路冠水9ヶ所などの被害が発生した（29日11時現在：大阪府調べ）と報告されている。

都市における雨水排水は下水道施設が担い、1時間雨量で50ミリ前後の排水能力を目標に整備されてきているが、8月27日豪雨のように計画規模を超える雨では、路上浸水が交通傷害や店舗への浸水被害を発生させるとともに、地下街等へ雨水が流れ込んで地下浸水被害を引き起こす。対象とした地区は、大阪市北区の高密度商業地域で交通の要所でもあり、多数の人々や車が往来する。雨水排水能力の60ミリを超えた今回の豪雨では、地上浸水のみではなく地下街、地下駅、ビル地下室、地下駐車場などへの地下浸水に関する問題など、その実態は多くの課題を示唆している。

路上の浸水は、下水管が満杯になり、排水ポンプの能力を超えた時点からマンホール等から溢水から始まるため、降雨のピークと浸水のピークには時間差が生じる。この豪雨でも、その時差は1時間程度であったことが現地調査および再現計算結果で確認されている。他の豪雨を対象とした解析結果によると、約12時間継続した東海豪雨（最大1時間雨量97ミリ、総雨量567ミリ）よりも約3時間に集中した岡崎豪雨（最大1時間雨量146.5ミリ、総雨量242ミリ）による浸水被害が大きくなるのが分かっている。これは、短時間に集中する降雨に対する対策が重要であることを示唆している。また、浸水は多地点で分散して発生したが、これは、局所的に低いなどの微地形、道路施設や敷地境界の塀の存在に起因している。すなわち、道路が路上に溢れた雨水の排水路となり、地盤の低い箇所に湛水することで浸水被害が発生しており、本豪雨では乗用車が水没して脱出不可能になり救助される事態が発生した。

一方、地下空間への浸水については、地下街・

地下駐車場などの管理者が対応する場合には、土のうを積むなどの対策により浸水被害が軽減されているが（28日読売新聞大阪版）、民間ビルの地下階にある店舗では対応がなされていないことから浸水被害が発生した。この地区では、地下階を有するビルの9割弱は、床面積が1000平方メートル以下の小規模であり、流入開始から数分以内にドアにかかる水圧のために開けることができなくなり、最悪の場合には犠牲者がでる可能性があった。

今回の豪雨時には、地上および地下店舗の従業員が豪雨初期の漏水や排水不良による排水口やトイレからの逆流溢水への対応に追われ、豪雨が継続した場合に発生する危険性などの状況判断ができなかった。また、管理者等からの情報伝達もなされていなかった。このような状況は、避難行動に遅れが生じることとなることから、雨量情報や想定される状況など、早期の対応が可能となる詳細な情報提供が必要である。この豪雨に対する解析モデルの検証の結果、10センチオーダーの浸水深の推定が可能なが示されたことから、ローカルでパーソナルな情報提供の可能性が高まったと言える。

以上のように、ゲリラ豪雨による浸水は短時間に浸水深が増加することから、その対応には時間的余裕がなくなり、危険を回避する行動へと結びつかない可能性がある。この問題を解決するには、雨水排水施設の規模拡大が考えられるが、そのためには膨大な時間と経費が必要であることから、早期の実現が困難な状況である。したがって、対応への時間的余裕を確保するには、情報提供などの非構造物対応（ソフト的対策）と一次貯留施設の設置などの構造物対応（ハード的対策）の両面からの減災対策が必要である。

3. 地下空間浸水解析と避難困難度指標

2005年の水防法の改正により、水害発生時の地下施設における避難確保計画の作成が義務付けられた。地下空間に浸水する以前の避難が最善であるが、地下街利用者へのアンケート結果（大西ら；2007）によれば、浸水深が2cm未満で避難を開始する人は34%であり、残りの約3分の2の人は避難を開始しない。このことは、避難計画を作成には、地下空間の浸水過程の把握が必要であること

を示唆している。

地下空間の浸水解析は、これまでに行われていおり（例えば、戸田ら、2004）、水深および流速の時間変化を計算することが可能である。このように、時々刻々の水深と流速が分かれば、著者らの研究（浅井ら；2009）で得られた表1に示す単位幅比力（ $M_0=V^2h/g+h^2/2$ ）を計算することが可能となり、各位置での避難困難度および歩行速度を算定することができる。例えば、個々の避難者の行動が扱えるマルチエージェントモデルでの解析に、単位幅比力による歩行速度の変化を適用すると、より高度な避難解析が可能となり、避難誘導計画立案に有益な結果を得ることが可能である（関根、2010、川中ら、2012）。

表1 単位幅比力による避難困難度指標 (m³/m)

	安全避難限界	自力避難限界
成人男性	0.125	0.250
高齢男性	0.100	0.200
成人女性	0.100	0.200
高齢女性	0.080	0.160



図1 対象排水区（管路網）と大規模地下空間

4. 内水氾濫時の地下空間からの避難

都市域の内水氾濫を検討するためには、雨水排水施設を考慮する必要があり、図1に示す大規模地下街が含まれる処理区の雨水排水網とポンプ場を考慮し、2008年8月29日に発生した岡崎豪雨（最大1時間降水量146.5mm、総降雨量242mm）を対象に大規模地下街への流入について計算すると、図2に示す出入口から流入し、そのピークは降雨

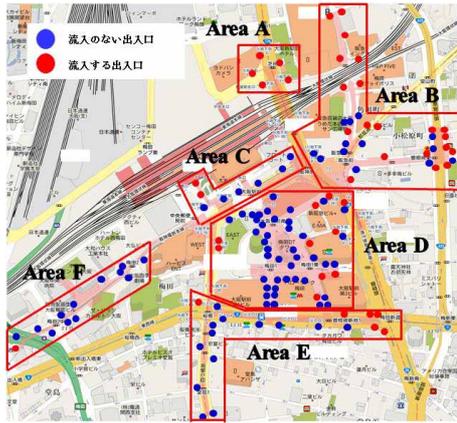


図2 地下空間エリア分けと流入出入口

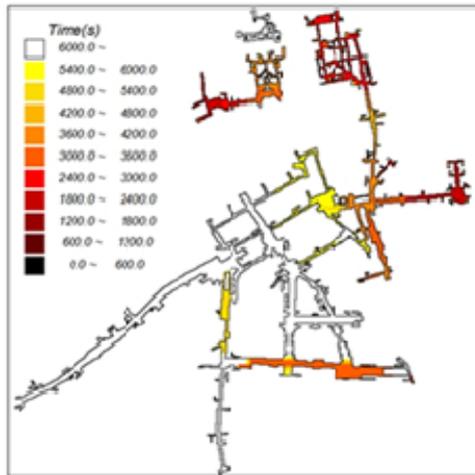


図3 高齢女性の安全避難が限界となる時間

より約1時間遅れ、エリアBでの総量は $20\text{m}^3/\text{s}$ に達する。このような流入がある場合に、安全な避難が困難になるまでの時間を計算することが可能であり、このケースでは、図3のようになる。図に示すように、同じ地下空間でも場所により結果が異なり、ブロック毎の避難誘導が必要であることを示唆している。

5. おわりに

以上、内水氾濫による大規模地下街の浸水と避難について述べたが、外水氾濫、高潮氾濫、津波氾濫による地下空間浸水についても検討する必要があることは言うまでもない。また、対象とする地下空間は地下街等の大規模地下空間のみではなく、地下駐車場、地下道、ビルの地階や地下室、地下改札を有する駅など、短時間に避難限界状態になる小規模地下空間の浸水と避難について検討することが喫緊の課題である。

以上述べたように、地下空間からの安全避難には、個々人が避難を開始する場の状況を知る必要があり、如何にしてローカルでパーソナルな情報、すなわち、「いつ、どこから、どのくらい地下浸水が発生するのか」を「どのようにして伝えるのか」が今後の課題である。

参考文献

- 森兼政行・石垣泰輔・尾崎平・戸田圭一：大規模地下空間を有する都市域における地下空間への内水氾濫浸水の流入特性とその対策，土木学会水工学論文集、Vol. 55, S967-972, 2011.
- 森兼政行・井上知美・石垣泰輔・尾崎平・戸田圭一：地下駅を考慮した大規模地下空間での浸水特性と浸水対応策の効果に関する検討，土木学会論文集 B1(水工学)、Vol. 68, No. 4, I_1003-I_1008, 2012.
- 井上知美・川中龍児・石垣泰輔・尾崎平・戸田圭一：内水氾濫による大規模地下街の浸水過程と避難の安全性に関する検討、土木学会水工学論文集、Vol. 55, S973-978, 2011.
- 尾崎平・石垣泰輔・戸田圭一：高密度商業地域における内水氾濫の脆弱要因に関する考察－2011年8月27日大阪の豪雨を対象として－、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol. 68, No. 4, I_1009-I_1014, 2012.
- 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：地下空間浸水時の避難困難度指標と利用者の水防意識について、土木学会水工学論文集、第51巻、pp. 559-564, 2007.
- 戸田圭一・井上和也・大八木亮・中井勉・竹村典久：複雑な地下空間の浸水実験、土木学会水工学論文集、第48巻、pp. 583-588, 2004.
- 浅井良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：高齢者を含めた地下空間浸水時における避難経路の安全性に関する検討、土木学会水工学論文集、Vol. 53, pp. 859-864, 2009.
- 関根正人：複雑な構造をもつ地下鉄駅構内の浸水過程と避難誘導に関する数値解析、土木学会水工学論文集、第54巻、pp. 907-912, 2010.
- 川中龍児・石垣泰輔：地下空間浸水時のアナウンスが安全避難成功率に及ぼす影響について、地下空間シンポジウム論文・報告集、第17巻、pp. 163-168, 2012.

災害遭遇時の社会心理

土田昭司
(関西大学 社会安全学部)

I. はじめに

災害に遭遇したとき人々はどのような心理状態になりまたどのような行動をとりやすくなるものなのか、災害前の準備行動（防災への備え）をも含めて社会心理学の観点からいくつかの知見を述べる。

II. 災害に遭わないようにするための準備行動の心理

災害に遭わないようにするための準備行動には、災害というリスクをどのように認識するかが問題となる。

II-1. リスク認知とは

リスクは、確率と程度（大きさ）によって表現される将来の「危険」と「利益」から構成されている。災害における危険とは、生命や健康などの身体機能が喪失してしまうこと、財産などの物理的富が喪失してしまうことと、家族や友人などの人間関係が喪失してしまうこと、そして、「救助できなかった」と後悔するなど心の負担をかかえこんでしまうことである。災害における利益とは、防災のための経済的コスト、精神的コスト、身体的コストが少なくすむことである。

II-2. 危険認知と利益認知はトレードオフ関係にもある

一般に、リスク認知においては、「危険が大きければ利益は小さい」、逆に、「利益が大きければ危険は小さい」と認識されやすい。すなわち、危険認知と利益認知の間にはトレードオフ関係がある。

防災においては、合理的・規範的判断にもとづけば、被害の程度が大きく確率が高い、つまり災害の危険が大きいと認識された場合には、防災のための諸コストを多くかけるべきであると判断される。また、防災のための諸コストを多くかけていれば危険は小さいと判断される。

しかしながら、リスク認知のトレードオフ関係に従って、私たちには合理的・規範的判断とは逆の判断をする心理もある。すなわち、災害の危険が大きいと認識せざるをえない場合には、災害が発生すること自体を否定して危険が大きいほど防災のための諸コストを多くかける必要が無いと認識することがある。逆に、防災のための諸コストを多くかけていると認識しているほど、危険を実際以上に過大評価してしまうことがある。

III. 災害遭遇時の心理（危機対応行動）

広瀬は、災害遭遇時の心理を「被害の大きさ(被害規模)」と「被害への制御可能性の認識」をもとに図のように分類している。

災害が発生して自分に被害が及んでいるあるいは及ぶかもしれないと認識できない（すなわち被害規模が閾値以下である）場合には、人は災害に対して無関心である。

被害規模がある程度小さいと判断される災害が発生した場合、その災害が制御可能であると判断するかどうかの問題となる。ここで重要なことは、被害規模も制御可能性も実際の物理的な被害規模や制御可能性ではなく、当事者の主観によってそれらがどのように認識されるかによって災害遭遇時の心理が決定される点である。

		災害の大きさ(被害規模)		
		大	小	閾値以下
制御可能性	有り	過剰反応 (パニック)	費用便益反応	無関心
	無し	諦め	我慢	

広瀬弘忠『人はなぜ逃げ遅れるのか:災害の心理学』集英社新書(2004)より

被害規模がある程度小さいと思われかつその災害を私たちが制御することができると思われる場合には、合理的・規範的に費用便益のバランスをとった対応がとられる。しかしながら、被害規模がある程度小さいけれどもその災害に対して私たちはどうすることもできないと思う場合には「我慢しよう」「我慢するべきだ」と思う心理が優勢となる。

被害規模が「自分が死ぬかもしれない」「多くの死者が出るかもしれない」など大きなものとなってしまうと認識している状況においては、その災害を制御できると思うと心理的に過剰反応をしてしまう。これがパニックである。

被害規模が大きく、かつそれを自分たちが制御できないと認識した場合には、人は諦めの心理状態になる。例えば、航空機の墜落事故に遭遇した乗客の遺品には墜落直前に書いた家族への遺書など自分の死を受け入れたことを示すものが多い。

III-1. パニック神話

多く人は、大災害が起こった場合には自動的にパニックが発生すると信じているようである。しかしながら、パニックはたやすく発生するものではない。むしろ、大災害においてパニックが発生した事例は例外的であり、ほとんどの大災害ではパニックは発生していないのである。

例えば、2003年2月18日に発生した大韓民国テグ市の地下鉄における放火による車両火災においては、火災が発生した車両[第1079列車]の隣に停車した車両[第1080列車]にも延焼して最終的に死者192名、重軽傷者148名を出す大惨事となった。死者のうち142名が第1080列車の乗客であった。これは、第1080列車の乗客が隣の車両が燃えているにもかかわらず「たいしたことにならない」と信じてパニックを起こさず第1080列車の車両内にとどまり続けたことによって生じたのである。

また、福島第一原子力発電所の事故においては、広域にわたって大規模な避難指示が出ていたけれども住民にパニックが発生したとの報告はない。逆に、首相官邸においては自分たちこそがこの事態を制御できると認識したため心理的な過剰反応すなわちパニックを起こしていたと思われる。

III-2. 正常性バイアス

テグ市の地下鉄車両火災においてもみられたように、私たちは災害に遭遇しても「自分

が遭遇している状況は災害ではない」と思い込みたい心理がある。これを正常性バイアスという。身近なところではビルの中で火災報知器のベルが鳴ったとしても本当の火災ではなく機器の故障であると思込むことが普通であろう。

III-3. エクスパート・エラーとヴァージン・エラー

災害に遭遇した経験の多寡によって危険認知にバイアスがかかることもある。

多くの災害を経験した者は慣れによって危険を過小評価してしまうことがある。これをエクスパート・エラーという。逆に、災害に遭遇した経験が無い者も経験が無いが故に危険を過小評価してしまうことがある。これをヴァージン・エラーという。

III-4. 危機状況における認知資源の減少

全く予期していなかった危険に遭遇することを危機という。日常生活においては、私たちはいつも判断しているのと同じ判断を繰り返していることがほとんどであり、判断にさほどの認知資源を投入する必要はない。しかしながら、危機においては重要な判断に多くの認知資源を投入し続けなければならない。そのため、目の前の危険についての判断以外の事柄には注意が向かなくなってしまうがちである。また、危険についての判断においても、認知資源の減少から、柔軟で視野の広い判断ができにくくなってしまいがちである。

そのため、感情による判断が優勢になったり、他者と同じ行動をとるなどの現象が生じやすくなる。さらには、判断そのものを放棄してしまう現象が生じることもある。

IV. 訓練の重要性

危機的状況においては、理性システムではなく感情システムによって行動することになる。なぜならば、理性システムの利点は柔軟で創造的な判断ができることから新たな状況にも適切に対処することである。しかしながら、理性システムには処理に時間がかかりまた処理コストも大きいという欠点がある。この欠点故に、認知資源が減少する危機的状況では理性システムが用いられにくいのである。これとは対照的に、感情システムは瞬時に処理することができかつ処理コストもほとんどかからないけれども、経験したことがある事象にしか適切に対処できないという欠点がある。

したがって、感情システムが優勢となる危機的状況においても適切に対応するためには対処方法を予め経験しておくことが有効であり、事前の訓練が重要なのである。

(以上)

地下空間における災害と防災・減災に向けて

工藤康博

1. 研究討論の前提

(1) 対象とする「地下空間」：不特定多数の人々が、日常、利用し活動している地下空間

- ①地下鉄、地下広場、地下歩道、地下街、地下駐車場、地下自動車道等
- ②上記とネットワークされる民間敷地の建築地下階

(2) 考えられる地下空間の災害（要因と災害）

- ①地震
 - ・構造躯体の損壊／火災の発生／津波による浸水／破堤洪水による浸水
- ②水害（台風・集中豪雨）
 - ・内水氾濫による浸水／河川氾濫（破堤・越流）による浸水／高潮による浸水
- ③火災
- ④テロ

2. これまでの災害事例

(1) 地震による損壊（平成 7 年 1 月 17 日の阪神大震災における損傷；震度 7 の地域）

- ・地下鉄で RC 造の中柱がせん断破壊により大きな構造被害が発生した。
特に、神戸高速鉄道「大開駅」では構造躯体全体が崩壊し、地上道路が陥没。
- ・地下街・地下駐車場では大きな損傷は無かった。周辺ビルとの接続部や通風口・換気塔との接続部損傷、地上出入口での段差や床・壁にクラックが発生した程度。

(2) 洪水による浸水

- ①東京の地下街や地下鉄への浸水
 - ・昭和 52 年 7 月、新宿サブナード（地下街、駐車場）、雷雨により浸水。
 - ・平成 5 年 8 月、地下鉄丸ノ内線赤坂見附駅、台風 11 号により冠水。
 - ・平成 11 年 8 月、渋谷地下街、集中豪雨により浸水。
 - ・平成 16 年 10 月、地下鉄南北線麻布十番駅、台風 22 号により冠水。
- ②名古屋の地下鉄への浸水
 - ・平成 12 年 9 月、名古屋市営地下鉄、集中豪雨により浸水。
- ③福岡の地下鉄や地下街への浸水
 - ・平成 11 年 6 月、博多駅周辺地下鉄駅、集中豪雨(内水氾濫と河川溢水)により浸水。
 - ・同日 天神地下街と周辺デパートの連絡通路の工事箇所から浸水。
 - ・平成 15 年 集中豪雨で地下街に浸水。

(3) 火災

- ①昭和 55 年 8 月 16 日、準地下街「静岡ゴールデン街」でガス爆発。
- ②上記以降では、火災発生は少なく、発生事例も焼損面積・損害額が極めて小さく、小火程度で、死傷者の報告はない。
- ③海外の火災事例
 - ・2003 年 2 月、韓国大邱の地下鉄火災（放火；自殺願望者）

(4) テロ

- ①1995 年 3 月 20 日、地下鉄サリン事件

3. 防災対策の基準や考え方（計画・設計・建設・改修時）

(1) 耐震（耐震設計・基準）

- ①地下鉄：阪神・淡路大震災発生以前は各地下鉄基準で設計。同震災発生以降はその地震力を踏まえた耐震補強、さらには「鉄道構造物設計標準・同解説 耐震設計」（鉄道総合技術研究所、平成 11 年 10 月）の基準により設計。
- ②地下街：建築系（建築基準法）または鉄道系（各地下鉄基準、土木学会トンネル標準仕様書）の基準に準じて設計。

(2) 浸水対策

- ①地下鉄：出入口にステップ・止水板・防水扉を設置、また換気口に浸水防止機（感知機と遠隔操作により換気口を閉鎖）を設置、さらに、トンネル内への大量の浸水に備えて要所に防水ゲートが設置されている。排水ポンプも設置。
- ②地下街：過去の洪水位より、地上出入口部の嵩上げステップと止水板を設置。さらに、排水ポンプを設置（雑排水を下水道に排水）。
- ③国土交通省「地下空間における浸水対策ガイドライン」（平成 14 年 3 月）
- ④東京都「東京都地下空間浸水対策ガイドライン」（平成 20 年 9 月）

(3) 防火

- ①地下鉄施設：鉄道関係法令、建築基準法、消防法等により、防災対策が為されている。
- ②地下街・地下駐車場：旧 4 省庁通達・5 省庁通達「地下街の取り扱い」「地下街に関する基本方針」、建築基準法、消防法、東京都建築安全条例等の基準により計画・設計され、防火区画等の構や消防設備、避難階段等が設けられている。
- ③地下自動車道等：消火や火災避難を検証（消防と協議）して防災対策が為されている。

(4) テロ対策

- ①国民保護法 ②事業者ごとの対策（関係機関と連携した対策）

4. 災害における地下空間の課題—想定外の排除に向けて

(1) 構造（地震力）

- ①地下鉄・地下自動車道：阪神・淡路大震災以降、耐震補強が順次行われている。
- ②地下街：阪神・淡路大震災で震度7を記録した地域の地下街において大きな損傷がなかったことから、既存の地下街は耐震性が高いとされている。
地下街は地下鉄との連絡や周辺地域の歩行者の交通を担うなど、都市における歩行者交通ネットワークを形成しており、不特定多数の人々が利用する空間である。また、震災発生時に、帰宅困難者の収容や救援に活用可能な防災空間でもある。現在、東海・東南海・南海三連動の巨大地震や首都直下型地震の発生が想定されていることから、改めて、その耐震性の確認（耐震診断）と、必要に応じた耐震補強の実施が望まれる。

(2) 浸水

国土交通省「地下空間における浸水対策ガイドライン」や東京都「東京都地下空間浸水対策ガイドライン」では、概ね次の事項が謳われている。

- ・浸水による地下空間の危険性の周知・啓発
- ・洪水ハザードマップの情報開示と周知
- ・地下空間浸水時避難安全検証法試行案
- ・浸水防御のハード対策
- ・洪水情報連絡体制、防災体制の確立や水防訓練の実施
- ・避難体制の確立

「経験したことない豪雨」「ゲリラ豪雨」が頻発や津波のハザードマップが見直されていることなどから、ガイドラインによる点検と浸水対策が急がれる。

(3) 火災

- ①地下空間（閉鎖空間）で発生する火災では、人々がパニックに陥り、避難が円滑にできず、多くの人命が失われる大災害となる可能性がある。（韓国大邱地下鉄火災）
- ②法令に基づく防火対策や消防設備の設置はもとより、発災時に不特定多数の利用者を如何に避難誘導するかが大きな課題である。
- ③人間の行動心理を十分に考慮した避難計画策定と検証・訓練が必要ではないか。（一定規模のビルや事業所では、法令で定期的な防災避難訓練が行われている）

5. まとめ—減災に向けて

(1) 事前防災の速やかな実施

- ①耐震対策
 - ・地下空間施設の耐震診断と必要に応じた耐震補強を早期に実施。

- ・特に民間が設けた地下街については、その公共性の観点から公民協力による耐震対策の実施が望まれる。(耐震対策への財政支援)

②浸水対策

- ・ハザードマップの再確認(地上の地形や土地利用の変化、周辺の排水条件、津波)
- ・浸水シミュレーションにより、地上出入口の点検改修、止水板・遮水扉等設備の設置手順や必要人員など水防体制の確認と、浸水時の避難体制を点検。

③防火

- ・消防設備の点検確認と避難路の確保。
- ・迷路性の解消と避難誘導サインを全体のデザインの中で検討(蓄光材の活用など)

④個々の地下空間において災害のシミュレーションを行い、その空間の特性を確認。

⑤不特定多数の人々の利用を考慮し、発災時の行動心理を想定した避難誘導の検討。

(2) 地下空間ネットワークを考慮した防災(協力)体制の確立

地域住民(企業市民を含む)による防災協力体制の確立が望まれる。

①地下空間は地下鉄と地下街・地下駐車場や地下歩行者道、さらには民間敷地のビル地下階や貫通通路と連絡されている。その関係者の把握と連絡体制の確認。

②地下空間の災害は、ネットワークにより、異なる施設間に連鎖する可能性がある。例えば、集中豪雨の際には、浸水防止のため各施設が止水を確実に行う必要がある。そのためには豪雨情報や洪水情報を関係者が共有する必要がある。さらには、止水板や土嚢の設置など人員を要する水防作業には、施設間の人員協力なども検討が必要。

③また、不特定多数の利用空間であることから、災害発生時の避難誘導が困難となる。整然とした避難を誘導するためには、施設管理者(経営主体)だけではなく、近隣のビル所有者、テナント企業(従業者)を含めた協力が望まれる。

(3) 防災訓練・避難訓練の定期的実施(都市生活者の教育訓練)

ハード面で災害に備えても、絶対に大丈夫ということはない。予め備えた防災対策やマニュアルも役立たないかもしれない。災害発生時に如何に対応するか、常に災害のケースを想定し、関係者はもとより市民を含む、防災訓練、避難訓練が望まれる。

以上

[参考文献]

- ・国土交通省 地域整備局 街路交通施設課「地下街耐震に関する調査」、平成 22 年 3 月
- ・土木学会平成 12 年度全国大会資料「地下防災を考えるー特に都市における水害対策ー」
- ・国土交通省「地下空間における浸水対策ガイドライン」、平成 14 年 3 月
- ・東京都「東京都地下空間浸水対策ガイドラインー地下空間を水害から守るために」、平成 20 年 9 月
- ・山田常圭「地下街の防火安全対策の今日的課題」2005 予防時報 222