

予測情報の不確実性を考慮した、防災担当者の意思決定について

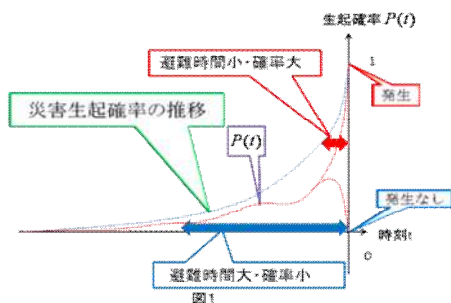
福井河川国道事務所 河川管理第一課 課長 森川 修
京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻 寺西 裕之

1. はじめに

地球温暖化が進行する近年、これまでの常識を覆すような集中豪雨、大型化した台風に見舞われる危険が高まりつつある。このような状況下、ソフト、ハードの面で、気候変動に対応した、新たな水害対策を考える必要に迫られている。本研究では、水害のソフト対策として、住民被害を最小限に抑えるために市町村が避難勧告を発令するが、その避難勧告発令を決める市町村の防災担当者の意思決定、そして、その意思決定を支援するための国土交通省の役割を考察し、特に避難勧告の新基準設定の方法論について提案することを目的とする。

2. 災害生起確率の推移と防災担当者の抱える矛盾

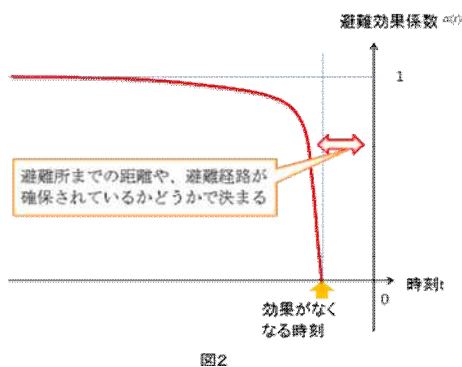
災害生起確率の推移



災害生起確率は、時刻 0 で発生すると仮定すると、(図1)のように推移すると考えられる。市町村の防災担当者は、避難時間の十分な確保を考えて、氾濫発生の不確実性の高い早期に避難勧告を出すと、避難勧告はいわゆる「空振り」となる恐れがあり、氾濫発生ほぼ確実な予測情報を待ってからでは「見逃し」となりうる矛盾を抱えている。

3. 避難効果の低減

避難効果の時間的低下



十分な避難のための時間が確保されなければ、避難中に被災する恐れがあり、避難が逆効果になる。これは、避難所までの距離や安全な避難経路が確保されているかなどで決まる。平常時から避難路確保のための情報提供(通行可能な道路情報)を行い、住民の皆さんが効率的に避難できるようにすることで改善を図ることができる。時刻とともにどう避難効果が落ちることを、避難効果係数 $\alpha(t)$ を用いて表現する。時刻 t における避難効果を $\alpha(t)$ とする。避難することにより、人的被害を防げる場合を $\alpha = 1$ とし、効果がない状態を $\alpha = 0$ とする。 (図2)のように推移するものと考えられる。

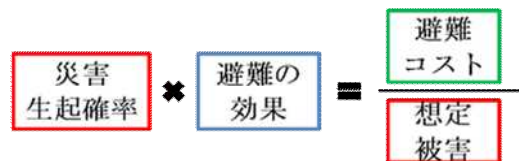
4. 避難行動を開始する決断時期の決定メカニズム

実際に被害が発生するかどうか、不確実な予測情報をもとに、住民は危険回避のための避難行動をとる。災害の生起確率、被害程度、避難の効果、避難のコスト（時間的、体力的）を勘案して、避難するかどうかを意思決定する。さらに、住民それぞれ、危険回避度は異なり、用心深い人、楽観的な人とは避難時期は異なる。住民の避難の意思決定について、避難行動の経済分析を行い考察する。（図3、図4参照）



ある時刻 t において、時刻 0 で災害が発生する確率を $P(t)$ とする。時刻 0 以外では災害は発生しないと仮定する。時刻 t における避難の効果係数を $\alpha(t)$ 、予想される被害の大きさを D 、リスクプレミアムを δ としてあらわす。住民が、避難を決断するときは、避難コストを含めた、期待被害が避難しなかったときの期待被害を少しでも下回ったときである。

$$P(t)\alpha(t) = \frac{C - \delta}{D} \quad (1)$$



式(1)の解は住民の避難判断時期を表す。 δ はリスクプレミアムを表し、 $\delta = 0$ ときの式(1)の解が「リスク中立的」、 $\delta > 0$ のときが「リスク回避的」な選好をもつひとの避難時期となる。解をもたない場合は避難する決断ができない。つまり、災害が発生

すれば、逃げ遅れることを意味する。リスク回避選好を持つ住民でも、避難効果が低下する前に、十分に災害発生確率 P が上がらなかった場合には、避難判断の方程式、式(1)は解をもたず、避難を決断するタイミングを失い、逃げ遅れる。

(図5参照)

住民の避難判断の方程式

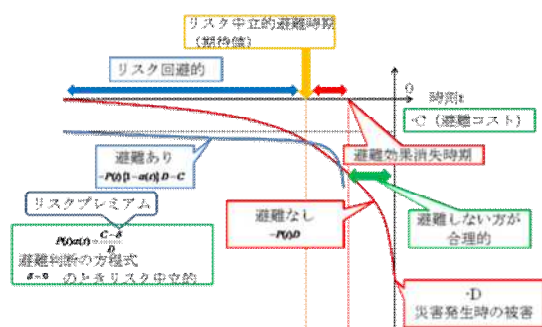


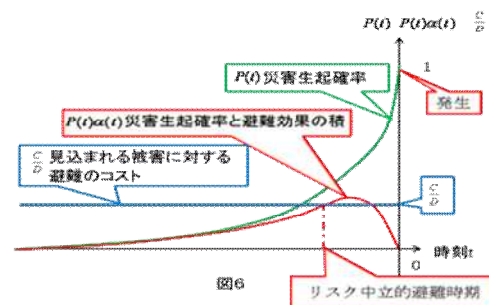
図5

5. リスク中立的評価法に基づく避難行動の分析

リスク中立的な分析にもとづき、避難効果を高める対策についてそれぞれ分析する。住民がリスク中立的であると仮定して、避難の経済分析を行う。

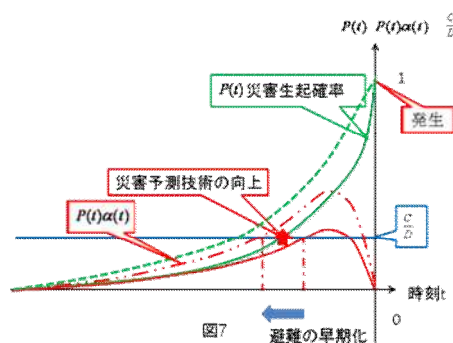
(図6 参照)

リスク中立的評価法



5.1 災害予測技術の向上の効果

災害予測技術の向上の効果



当然ながら、災害の予測技術や情報共有技術が向上すると生起確率 P が上昇し、避難できるタイミングは早まり、避難効果は向上する。リアルタイム氾濫シミュレーションを自治体に提供することで、水防活動中などその洪水による危険個所の影響を河川管理者と自治体とで共有することができるシステムの開発などが期待される。

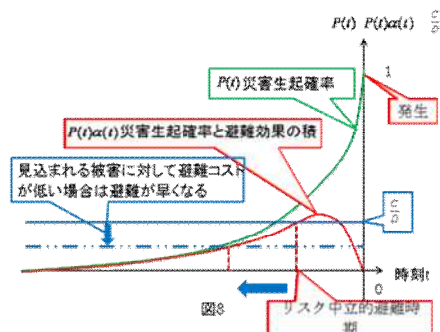
(図7 参照)

5.2 「避難コストの低減」と「段階的避難」の効果

避難のコスト C の低減が、住民の避難を促進する。避難コスト C とは、避難所へ行くまでの労力、避難所での精神的、肉体的苦痛を意味する。家の近くで、快適な避難所を設置することや、お年寄り、体が不自由な人、子供など災害弱者の避難を援助することで避難コスト C を低減することが必要である。

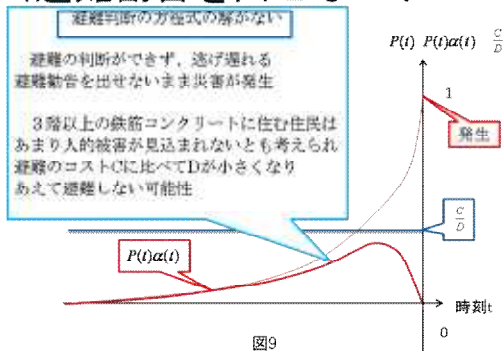
また、災害が発生したときの被害の大きさを考えると、災害弱者や、危険度の高い地点に住む住民の見込まれる被害は大きく、避難のコストに対して見込まれる被害が大きくなるため、早期に避難行動をとる。災害弱者、土地の危険度別の「段階的避難」を実施するべきである。「段階的避難」は避難の効果を高める。(図8 参照)

避難コストと予測される被害

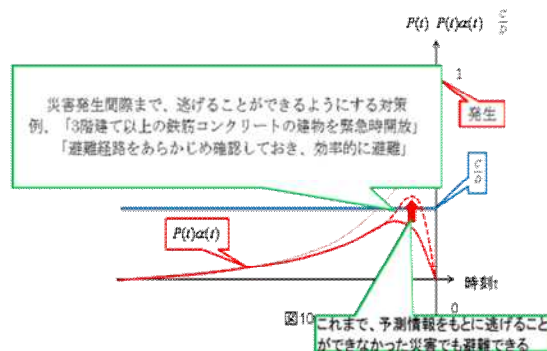


5.3 やむを得ない逃げ遅れ、避難勧告の出し遅れ

逃げ遅れが生じるケース (避難勧告を出せないケース)



逃げ遅れ防止対策



避難効果が低下する前に、十分に災害発生の確率が上がらなかった場合には、避難判断の方程式、式(1)は解をもたず 避難を決断するタイミングを失い、逃げ遅れる。災害を記録する論文に、「あのとき避難勧告を出していれば・・・。」といった結果論的な論調が散見されるが、予測情報の不確実性を考慮した場合、事前に低い確率で災害が生起することが分かっているにもかかわらず避難できない、または避難勧告を発令できずに見逃すということはやむを得ないこともあるということを示す。災害発生ギリギリまで逃げられるようにする対策、例えば、「3階建て以上の鉄筋コンクリートの建物の非常時の解放」「避難経路の事前確認」などが対策となる。(図9、図10参照)

5.4 無理に避難しない方が安全と考えられるケース

鉄筋コンクリートの建物の3階以上に住む住民は、仮に水害が発生しても人的被害Dをあまり受けないとも考えられるため、このとき避難コストCと比べ、Dが小さいため、C/Dは大きくなる。このため、式(1)より、避難するという判断をせず、とどまった方が合理的であるとも考えられる。(図9参照)

6. 行政が発令する「避難勧告」とは

仮に、すべての住民が、必要かつ十分な災害発生の予測情報をいつでも入手可能で、その情報を適切に分析して、リスクの大きさを把握し、各自の判断で必要な避難行動ができるのであれば行政として避難勧告を出す必要はない。しかし、近年の災害発生の予測情報はより専門的で高度なものであり、また、住民が災害発生前に、各自、必要にして十分な情報を入手し、適切に分析するのは困難がある。そこで、行政が必要な情報を集め、専門的な観点から情報を分析して、そのリスクの大きさを割り出し、社会的に求められるリスクプレミアム(危険回避度)を考慮して、住民に避難すべきタイミングを提示する。この「行政サービス」が避難勧告である。したがって、避難勧告は社会的に求められる(リスクプレミアム)を考慮した式(1)の解を防災担当者が見つけ出し、住民に知らせ、避難してもらうということである。

避難勧告のタイミングを考える際、その(リスクプレミアム)をどの程度にすれ

ばよいかは難しい問題である。リスクプレミアムが小さいと「逃げ遅れ」、大きいと「空振り」が多くなる。避難勧告を発令する行政は避難勧告の「空振り」「出し遅れ」のそれぞれの場合で批判を浴びる。

7. 避難勧告の新基準の必要性

避難勧告は、住民に代わって避難時期を防災担当者が判断し、住民に提示するものなので、「住民がどのタイミングで逃げたいか」を考えて発令されなければならない。本論文では、住民の避難行動について、経済分析を行い、住民がどのような避難行動をとるかを考察してきたが、予測情報の不確実性や、大きすぎず、小さすぎないリスクプレミアム、地点別の危険度 D (深い浸水が予想される地点、堤防際で避難の時間的余裕がない地点を考慮)、災害弱者の危険度 D を考慮した段階的避難を行えるような基準が望ましい。

8. 予測情報の不確実性を考慮した、意思決定

自治体の防災担当者から頂いたお話の例では、『国土交通省から、例えば「ダムが但し書き操作に入る可能性がある」といったような、不確実性のある情報では行動がとりにくい、できれば、「こうなります」というような言い方のほうが助かる』というお話をいただいた。しかし、災害の予測情報は将来の予測であるため、必ず不確実性が伴い、その不確実性を考慮した適切な判断が求められる。このため、予測情報の不確実性を考慮した避難行動の経済分析を行い、防災担当者の意思決定に反映さるべきである。

$$\boxed{\text{災害生起確率}} \times \boxed{\text{避難の効果}} = \frac{\boxed{\text{避難コスト}}}{\boxed{\text{想定被害}}}$$

上式が予測情報の不確実性を考慮した意思決定のメカニズムとなる。

9. 国土交通省の役割と課題

河川管理者（国土交通省）は、全国的な過去の被災経験、高性能な雨量レーダー、河川の水位予測、氾濫解析などの高度な水害の予測技術を保有し、災害発生の予測情報を提供することができる。

しかし、その予測情報はより専門性の高いものであり、かつ、安全側に考慮される傾向にある。その情報が示すリスクの大きさは、混乱した状況で、必ずしも自治体の担当者に正しく理解されとは限らない。普段から情報交換、相互理解を重ね、いざという時にその情報の持つ意味、災害生起確率を正確に理解してもらい、適切な判断につなげてもらえるようにする努力が必要である。

また、避難勧告の新基準を策定するためのマニュアルのようなものを自治体に提示し、自治体に、国土交通省から提供される情報などをもとに、避難勧告を出す基準を

具体的に考えてもらうような施策も効果的であると考えられる。住民がもつリスク回避選好（リスクプレミアム）は住民によって異なる。用心深い人もいれば、楽観的な住民もいる。どの程度のリスクプレミアムを考慮した、避難勧告を発令するかは、社会的な合意が必要である。合意ができていなければ、避難勧告を出しても住民が避難してくれなかったり、住民が求める時期に行政側が避難勧告を出せなかったりする。この合意を得るために、「防災教育」、「住民との対話」を通じた、住民と自治体との相互理解が重要になるため、これを支援する役割を果たすべきだ。

国土交通省が取り組むべき具体例

災害避難についての住民との合意形成のための情報提供

普段からの自治体の防災担当者との情報交換、相互理解

地区ごとに避難タイミングをはかるためのゼロ時間の提示

平常時から避難路確保のための情報提供（通行可能な道路情報）

リアルタイム氾濫シミュレーションを自治体に提供することで、水防活動中などその洪水による危険個所の影響を河川管理者と自治体とで共有することができるシステムの開発

10. まとめ

本論文では、予測情報の不確実性を考慮した、避難行動の経済分析を行い、防災担当者の意思決定、避難勧告のあり方について検討した。自治体の防災担当者の方へのインタビューを通じて、災害時の判断を後押しするために、避難勧告の新基準の必要性を提案した。

謝辞

本論文を結ぶに当たり、国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所、宇治市危機管理課の皆様には、多大なご指導、ご支援をいただきました。厚く御礼申し上げます。