

動力学的モデルに基づく洪水時における避難開始人数の時間分布に及ぼす地域特性係数の影響に関する考察

○武内 慶了(国土技術政策総合研究所)・山田 朋人(北海道大学)

研究の目的:

- 洪水時の避難開始行動の基本的機構の統一的理解を目指す
⇒避難開始行動を動力学的に解釈した武内・諸岡・山田(2022)の研究
- 地域特性係数 p に含まれる係数 p' に着目し、多くの住民がより短時間で避難可能となるための p' の増大策について考察

本研究における“避難開始行動”の定義:

「豪雨に伴い生じる河川の氾濫といった自然外力から、直接危険にさらされることを回避するため、住民自身が自宅以外のより安全な場所への移動を開始する行動」
⇒浸水状況がある程度落ち着いた後の避難や、自宅内の垂直避難は対象外

武内・諸岡・山田(2022)の研究:

○避難実態アンケートから得た特徴を踏まえ、累積避難開始人数 $x(t)$ を記述する支配方程式を導出。

- 地域住民を1つの集合体と捉える。
- $x(t)$ 分布を運動と捉える
- 応力ひずみアナロジーに基づくNewtonの運動方程式

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = I(t) - E\varepsilon(t)$$

$E = E(t) = p'v(t)$ と表し、 $\varepsilon(t)$ を変位で表し直せば、
 $I_a(t)$:避難意思決定総人数
 x_{max} を一義的に規定

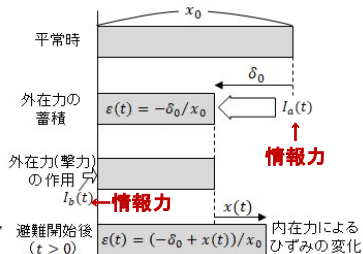
$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = p(x_{max}(t) - 2x(t))v(t) + I_b(t)$$

地域特性係数:
 $p = p'/2x_0$
本研究は
係数 p' に着目

Logistic方程式を二階微分形で表した非線形常微分方程式:

$$\frac{dx(t)}{dt} = p(x_{max} - x(t))x(t)$$

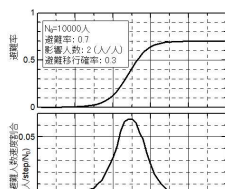
人口増加、アオコ増殖、感染症拡大 等



係数 p' の意味と効果:

p' の意味

ある住民の避難開始行動に伴い、周囲の残る住民のうち、何人が避難開始するようになるか
⇒“期待値”の意味が含まれる。



1万人の地域(⇒ x_0)
最終避難率: 0.7(⇒ x_{max}/x_0)

1人の避難開始行動が、
周囲の N_a 人に作用

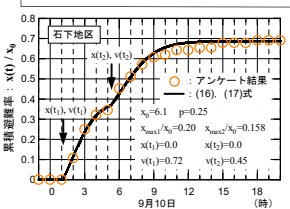
作用を受けた人



p' の効果

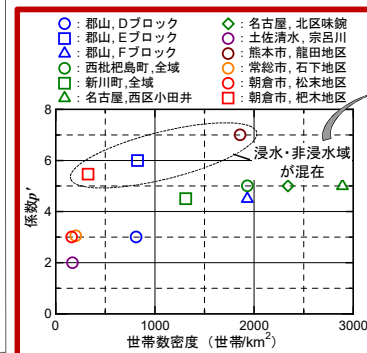
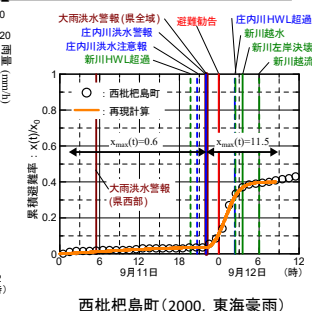
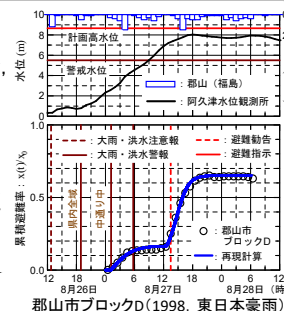
係数 p' が増大すれば、地域における避難をより短時間で実現し得る!

増大策のヒントとして、
 p' の規定要因を探る



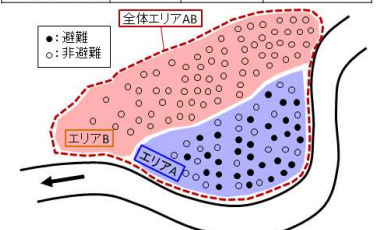
地域の内在力を規定する係数 p' の地域性と考察

地方部の中山間地域から低平地都市域まで、地形・地域条件が多様な $x(t)$ の既往調査事例(6つの豪雨イベント、12の地域)を対象に、再現計算によって p' 値を調査



なぜ大きい?

	エリアA	エリアB	エリアAB
浸水状況	全域で浸水	全域で非浸水	浸水・非浸水混在
避難者	一部が避難	避難者なし	-
世帯数規模	x_0A	x_0B	x_0AB
係数 p'	$p'A$	$p'B$	$p'AB$
避難意思決定者数	x_{maxA}	x_{maxB}	x_{maxAB}
累積避難開始人数	$x_A(t)$	$x_B(t)$	$x_{AB}(t)$



まちづくりにおける一つの視点:

世帯が一定程度密集した状況を作り出すことができれば、短時間で避難の観点で効果が期待される。

⇒安全な環境下での避難可能性

世帯数密度の増大に伴い、
 p' が増大する傾向

ある1人の避難開始行動が作用する周囲の人数 N_a が増加することが一因と考えられる

$$\text{エリアA: } \frac{d^2x_A(t)}{dt^2} = \frac{p'A}{2x_0A} (x_{maxA} - 2x_A(t))v_A(t)$$
$$\text{エリアAB: } \frac{d^2x_{AB}(t)}{dt^2} = \frac{p'AB}{2x_0AB} (x_{maxAB} - 2x_{AB}(t))v_{AB}(t)$$

想定した条件:

$$x_A(t) = x_{AB}(t), x_{maxA} = x_{maxAB}, v_A(t) = v_{AB}(t)$$

$$x_0B = \alpha \cdot x_0A \ (\alpha \geq 0) \text{ とおけば、}$$
$$p'_{AB} = (1 + \alpha)p'_A$$

異なる情報力が作用した複数エリアをひとまとまりの地区とした場合、 p' が変化