

## 金沢大学都市・河川防災寄附講座



2017.4 (一社)北陸地域づくり協会→金沢大学

大学院自然科学研究所に寄附講座設置  
「都市・河川防災講座」(特任教員3名)

近年頻発・激甚化する豪雨・洪水災害の北陸地域の備えを支える  
国際化が進む文化圏としての金沢都市圏・過疎化が進むその周辺域における  
対災害脆弱性の洗い出しと克服のための学(官学民連携)の拠点形成



水工学・地盤工学・地震防災工学・都市計画・交通工学・水環境工学など  
土木分野にみに限らず、保健学・地理学などを含む研究者の融合・総合研究の場

年度末に研究報告書刊行 Vol.1, Vol.2, Vol.3

2017.8 キックオフシンポジウム 金沢しいのき迎賓館

2018.6 1年次研究報告シンポジウム(国・県・市とのパネル討論) 金沢しいのき迎賓館

2019.1 北陸地方防災エキスパート外主催「北陸防災講演会」新潟東映ホテル

2019.6 2年次研究報告シンポジウム 金沢市文化ホール

2020.3 寄附講座最終報告シンポジウム 金沢しいのき迎賓館 →中止

その他の活動:

河川調査, 災害調査, 水防演習での解説, 大規模氾濫減災協議会への協力など

# 「河川災害等に対する北陸地域の防災力・即応力強化」

## ■ 災害発生時の経時的(時系列的)な予測を考慮した危険度予測の高度化

**災害素過程の一連の理解** 気象→降雨→流出→洪水→河川水位→氾濫・浸水

破堤(治水の破綻)

## ■ 経時的な予測に基づいた防災計画の精緻化・高度化

災害素過程時系列←観測・予測

↓ **素過程・災害の発展過程の理解**

ハード＝治水 ←計画・設計・工事・維持管理のプロセスの一貫性

ソフト＝避難／緊急対応・救急救命／復旧→復興 ←計画性・実効性

## ■ 非居住者・移動弱者を含めた防災・減災(対象／リスク)の総合的な「見える化」と 広域避難計画策定支援システムの提案

防災・減災対象 ⇔ Hazardへの**曝露・脆弱さ**(handicap)

人・営業所～システム・ネットワーク BCP

広域避難 ←支援システム(連携)

## ■ 各防災関係者の連携方策の提案と、研究成果の社会実装計画の立案

防災組織:ハード管理者(河川, 下水道)～地先防災(自治体)

↑

**相互連携**

**能力集団**

→「行政協議会形式」 ←**学術・技術的支援** **プロトタイプ**の呈示

大規模氾濫減災協議会(国, 県)

# 金沢大学都市・河川防災講座構成員

治水～水防災 ← 脆弱性評価 → 避難～被災者施設

## コア講座(寄附講座)

辻本哲郎 河川工学  
大沼克弘 河川工学  
塩崎由人\* 都市計画

治水の破綻→水防災  
ハザードマップ・想定外  
脆弱性評価

## 協力教員(理工・医薬保健・人間社会研究域)

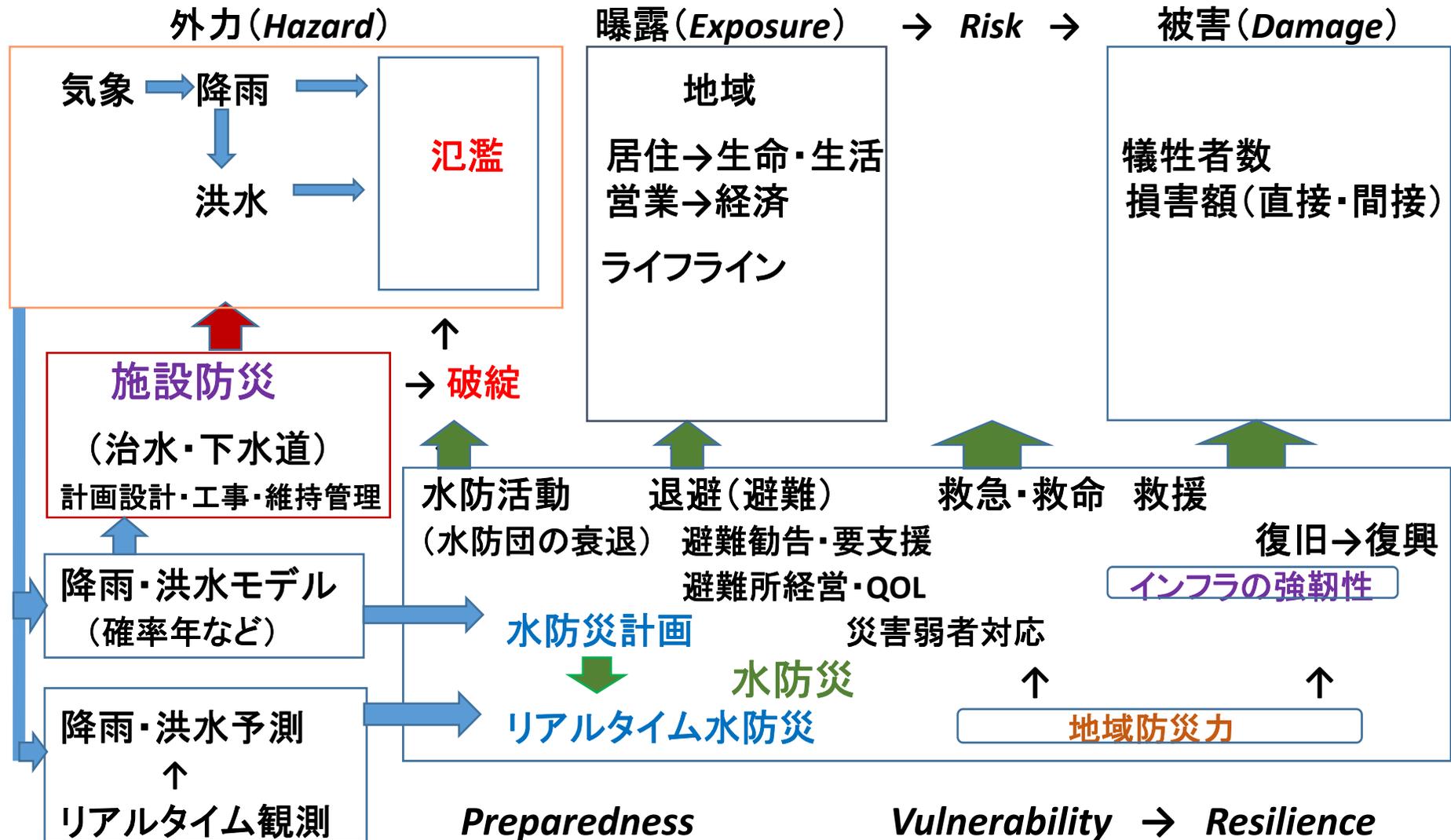
高山純一 土木計画学  
宮島昌克 地震防災工学  
池本良子 衛生工学  
中山晶一郎 交通工学  
榎田真也 水工学  
谷口健司 気象・水文学  
柳原清子 保健・衛生学  
青木賢人 地理学  
池本敏和 防災工学  
高原利幸\* 地盤工学  
村田 晶 地震防災工学  
藤生 慎 土木計画学  
山口裕通 交通工学

観光施設の防災情報提供  
災害時のライフライン・上水道  
下水道 被災地トイレ  
防災拠点間道路接続性  
破堤過程  
降雨・流出・氾濫←温暖化  
要支援者, 避難所QOL  
防災教育  
避難行動への情報提供  
堤防強度  
建物強度～氾濫外力  
要支援者・共助ポテンシャル  
災害時の行動←携帯情報

\* 2019.2から, \*\*2019.3まで

# 水災害への備え

## 水災害



# 北陸地域の水害脆弱性・耐性にかかる特徴

## ◎ 都市域・歴史的町並

文化都市・観光地  
←観光客・外国人

↑

洪水災害に鈍感  
(←都市型生活)

~

## 中間山地・過疎地

少子高齢化⇔地域防災力  
洪水に敏感←営農生活  
土砂災害←急斜面

## ◎ 隣り合う流域 氾濫域が隣接

### 扇状地

(手取川, 庄川, 神通川・常願寺川)  
降雨→洪水流出→河川氾濫

~

### 低平地

(梯川, 小矢部川, 信濃川・阿賀野川)  
降雨→内水氾濫

↑

大規模氾濫減災協議会 ← 大規模降雨(想定最大L2)時の災害リスク

## ◎ 地方 ← たまたま災害から遠ざかっている・中央での危機意識からかけ離れている 官学民連携が弱い~防災拠点力が脆弱 ~技術者数少

←市民の防災意識が薄弱

→いざという時の危機管理ができない恐れ

↓ (「想定外」に備える! ←最近の豪雨・洪水災害事例)

新しい連携の「核」の形成が必要 ~危機管理の「核」

谷口健司

降雨 ← 気候変動・アンサンブル



氾濫解析 → 水害危険性 ← 避難・氾濫流制御

楳田慎也

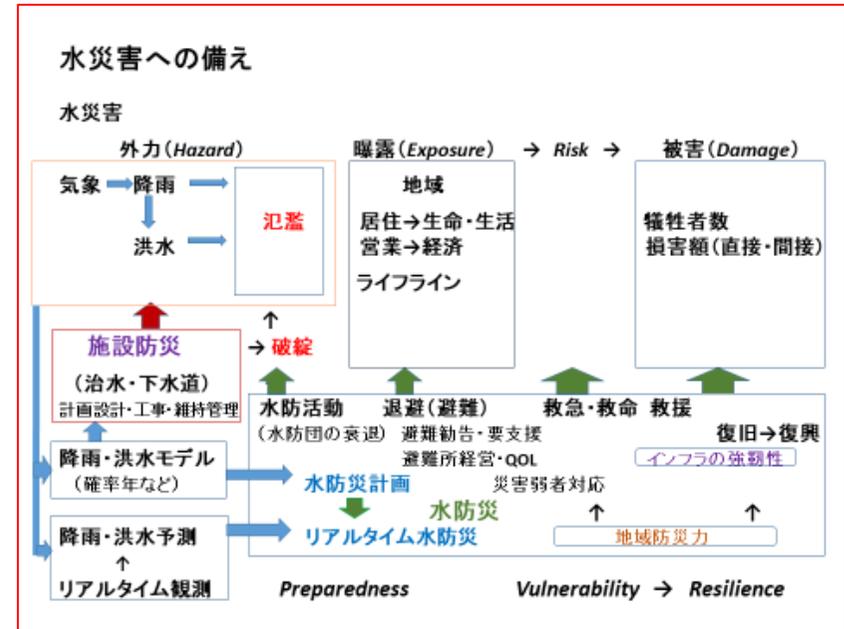
破堤過程(河道～堤防～氾濫原)の解析

氾濫後の地形変化 → 建物被害危険性

村田 晶

家屋の倒壊基準 → 家屋倒壊危険域呈示

家屋の氾濫流抵抗性 < 氾濫流外力



大沼克弘

想定外の危険 ← 2018, 2019の豪雨・洪水災害分析

ダブルハザード 外水・内水, 他流域との重畳

辻本哲郎

激甚な水害 ⇔ 治水(ハード)の破綻 ← 計画・設計～工事～維持管理の連携不足



水防災(ソフト対応)との連携(水防災計画・リアルタイム水防災)

塩崎由人

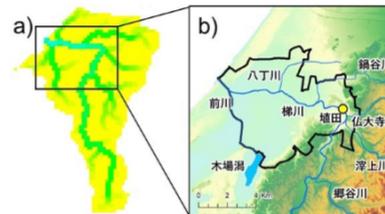
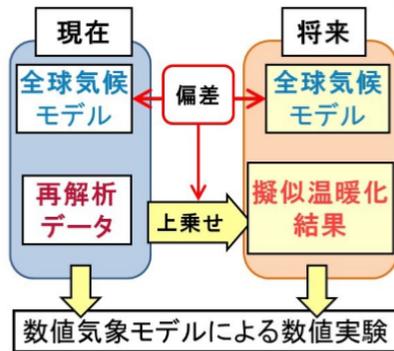
水災害に対する脆弱性の増大化

氾濫域への居住

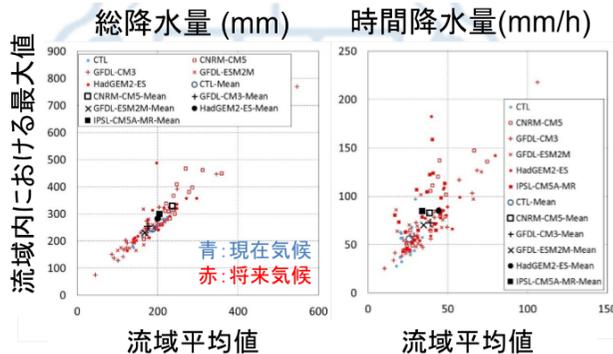
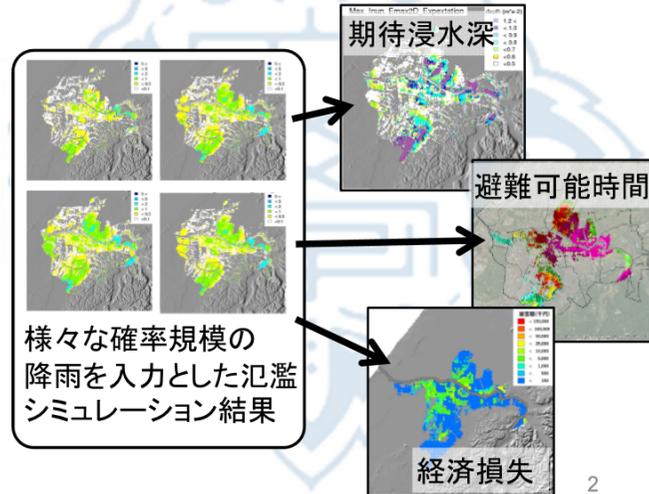
# 氾濫シミュレーションによる水災害研究 (谷口健司)

- ・流出解析及び氾濫シミュレーションによる浸水深, 氾濫流速の算出
- ・浸水深及び氾濫流速に基づく各種水災害リスクの推定

既往大雨イベントを対象とした  
擬似温暖化手法+アンサンブル  
シミュレーションの実施



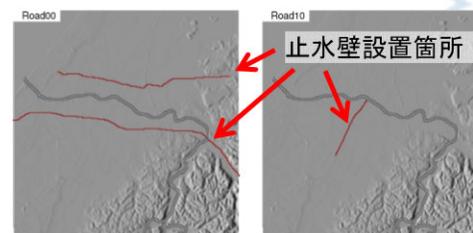
梯川流域を対象とした a) 分布型流出モデルによる対象流域と河道網, b) 氾濫モデルの対象領域.



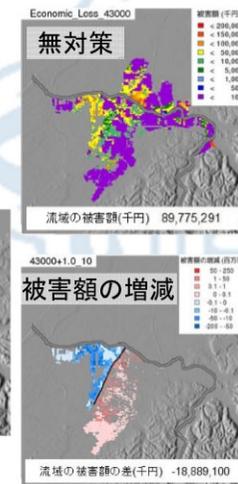
総降水量は現在気候と将来気候での重複も多いが, 時間降水量は将来気候が大きい傾向



仮設止水壁の設置例 (日本仮設株式会社HPより)



様々な仮設止水壁の設置パターンを想定した氾濫シミュレーション実施

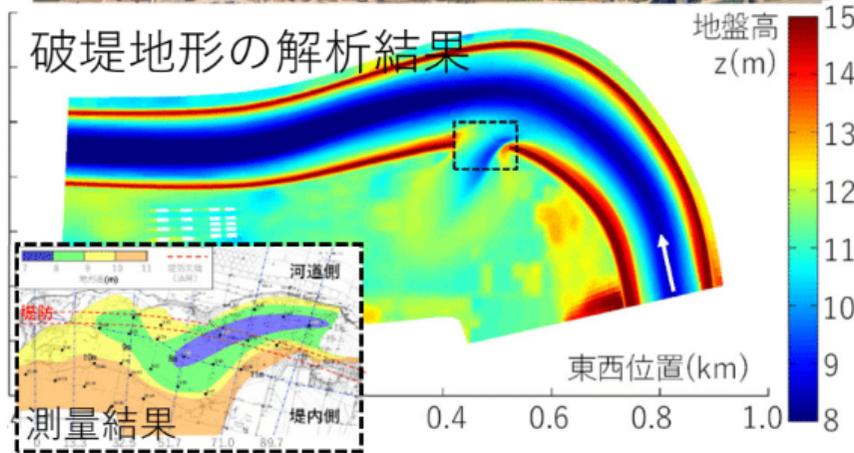


# 河川堤防の決壊による被害推定の高度化に関する数値

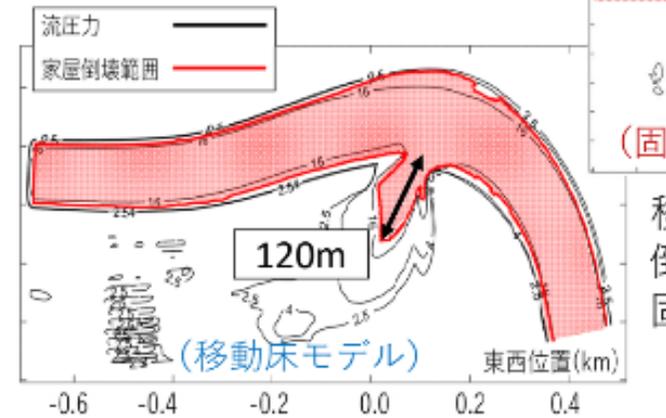
(榎田慎也)

平面2次元解析を河道・堤防・氾濫原で適用 ← 混合砂礫の粒度分布も考慮  
 → 越流破堤の破堤口拡大, 氾濫流と氾濫原地形

五十嵐川 (川幅140m, 破堤幅120m)

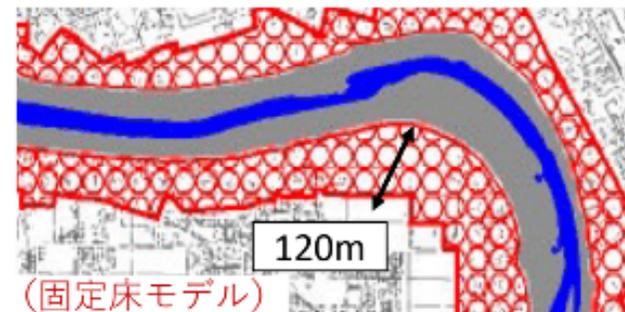


2004年新潟豪雨の破堤・氾濫解析  
 により推定された家屋倒壊区域



(2004年新潟豪雨: 2日間400mm)

想定最大規模の降雨による家屋倒壊  
 等氾濫想定区域 (氾濫流, 新潟県)



(想定最大雨量: 2日間981mm)

# 水害時の家屋被害推定についての解析的研究 (村田 晶)

家屋の耐力  $P_u$  ]  
 流体力  $P_D$  ] →  $P_u < P_D$  のとき 家屋は倒壊 → 家屋が倒壊する境界の 流体力指標  $v^2h$  を算出

家屋の耐力  $P_u$   
 $P_u = 1.5 \times \text{基準耐力} \times \text{単位壁量} \times 1 \text{階床面積}$

流体力  $P_D$  算出式

$$P_D = C_D \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot B h \quad (N)$$

$C_D$ : 抗力係数 (-) (2.128を使用)  
 $\rho$ : 流体の密度 ( $\text{kg/m}^3$ ) (1000  $\text{kg/m}^3$ を使用)  
 $v$ : 流速 ( $\text{m/s}$ )  
 $B$ : 流れ直交方向の構造物の幅 (m)  
 $h$ : 構造物の影響を受けない接近流の浸水深 (m)

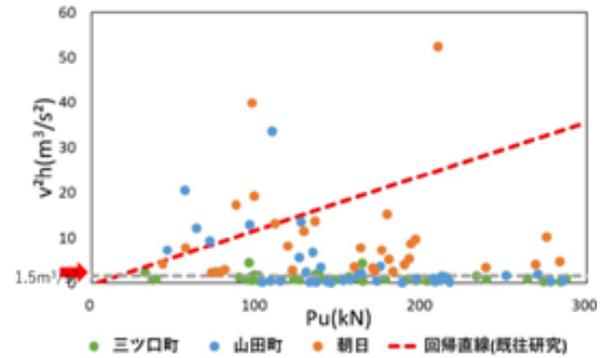
基準耐力

2001年以降の基準 1.96  $\text{kN/m}$   
 2000年以前の基準 1.27  $\text{kN/m}$

表3.1 単位壁量 (単位:  $\text{cm/m}^2$ )

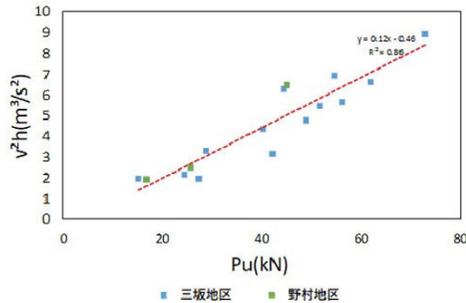
屋根の形式	階層	1950年 旧耐震基準	1959年 旧耐震基準	1981年 新耐震基準
軽い屋根の場合	2F	8	12	15
	1F	12	21	29
重い屋根の場合	2F	12	15	21
	1F	16	24	33

## 手取川流域での洪水時家屋被害想定



ケースAでの評価

平成30年7月豪雨と平成27年9月関東・東北豪雨  
 の家屋から完全倒壊し始めるときの  $v^2h$  を算出

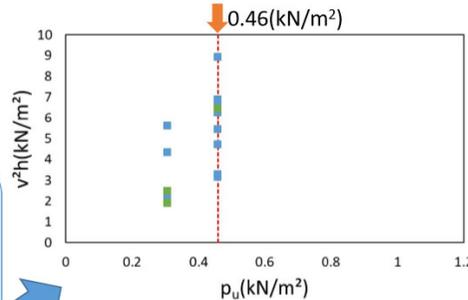


家屋耐力と流体力指標の関係

補正①

立地の影響

→例えば家屋の密集度が高い場合  
 流体力は弱まる  
 →家屋密集度の影響を考慮  
 →ケースAでの評価法とする



単位面積あたりでの評価

補正②

家屋の耐力は床面積に比例

→耐力が小さな家屋でも床面積が大きいと  
 耐力が大きい家屋として評価される  
 →単位面積当たりの家屋耐力で評価  
 →密集度補正を加え単位面積当たりで評価した  
 ものをケースBでの評価法とする



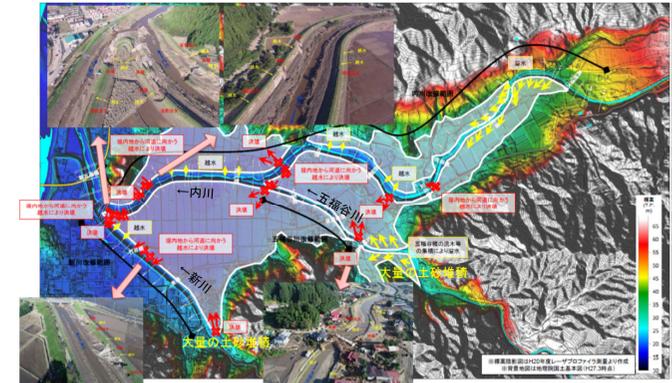
山田町



朝日

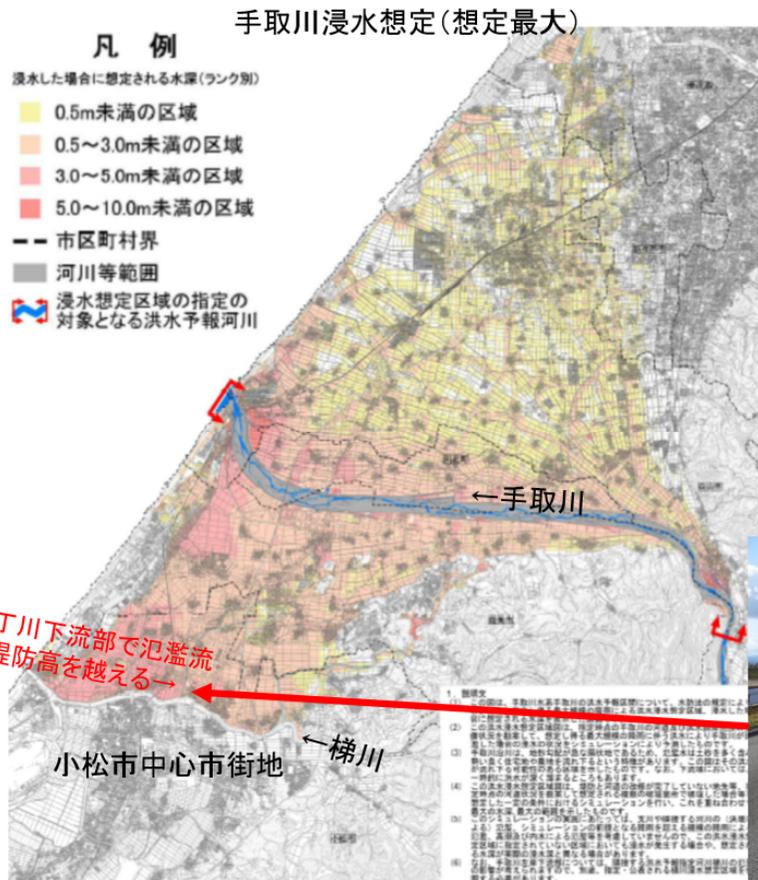
# 想定外の災害が北陸でも起こる！ (大沼克弘)

内川、五福谷川、新川で見られた複合・連鎖災害(宮城県丸森町)



・上流の土砂・洪水氾濫による決壊・溢水  
 ・上流の決壊や溢水・越水による氾濫流が下流の決壊を引き起こし、川に戻った水がさらなる決壊や越水を招く連鎖型災害  
※令和元年度台風第19号により被災した河川管理施設等の技術検討会配付資料に加筆

## 手取川の破堤がもたらす起こりうる複合・連鎖災害



### 手取川左岸堤防破堤

梯川の支川八丁川下流部で手取川の氾濫水が右岸堤防を越水して流入

八丁川の自己流に加えて手取川の氾濫水が梯川に流入し、想定を越える流量が梯川を下流

梯川左岸堤防が破堤すると想定以上の氾濫が小松市中心市街地で発生する恐れ



**治水施設の破綻が激甚な水害をもたらしている**  
**→治水施設破綻を前提した水防災** (辻本哲郎)

**「治水施設破綻」→「水防災」**

・破綻の閾値

破堤 水位 > 氾濫危険水位

↑ ↑  
 洪水予測 ← 河川整備の実情

計画・設計→工事→維持管理

ダム の 但書き放流

【流入量－放流量】 →貯水池水位上昇 ~ サーチャージ水位

↑ ↑ ↑  
 洪水吐能力 h~V把握 洪水調節容量(←堆砂)  
 ダム流域の洪水予測

・破綻状況の共有(河川管理者→水防災担当者)

情報提供

破堤→氾濫 浸水想定 ←「破堤拡大機構の研究」

ダム の 但書き放流→ダム下流流況→氾濫

・水防災計画 = ハザードマップ と タイムライン ← 包括的

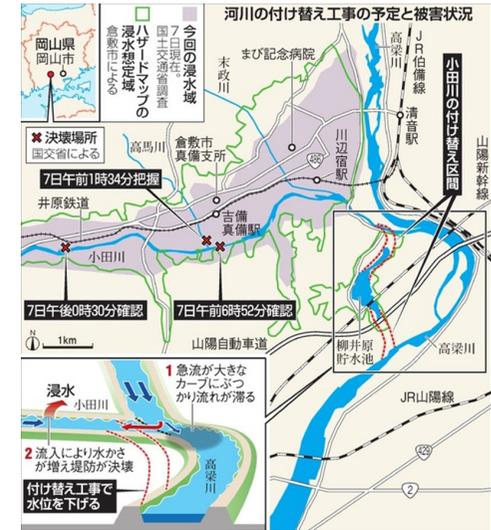
・リアルタイム水防災

← 具体的シナリオ

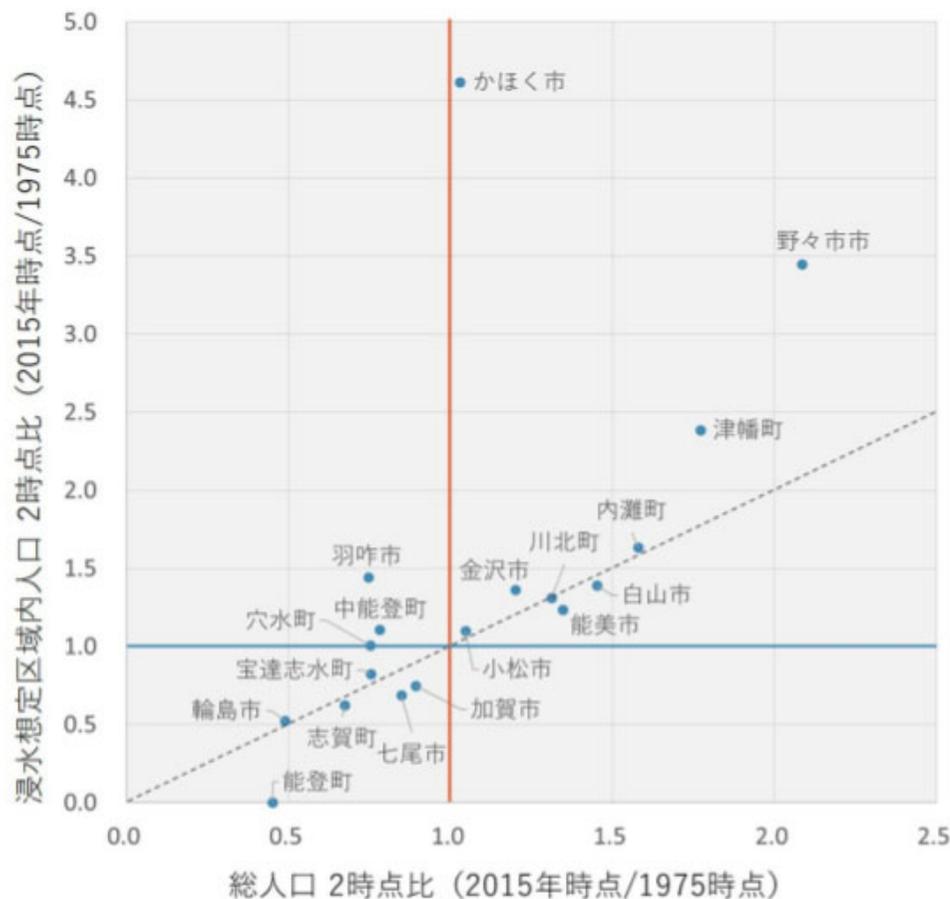
降雨予測 → 洪水予測

↑ 流出解析・水理解析

激甚災害をもたらす典型気象 = スーパー台風, 線状降水帯



# 浸水想定区域における人口分布の変遷とその傾向 (塩崎由人)



## 石川県全体

- 1975～2015年の間に浸水想定区域内の人口は約1.3倍
- 1995～2015年では人口は減少しているが、浸水想定区域内の人口は増加
- 特に床上浸水以上（「0.5-2m未満」、 「2-5m未満」）の区域でより増加

## 自治体単位

- 金沢都市圏（金沢市、野々市市、津幡町）で浸水想定区域内の人口が増加

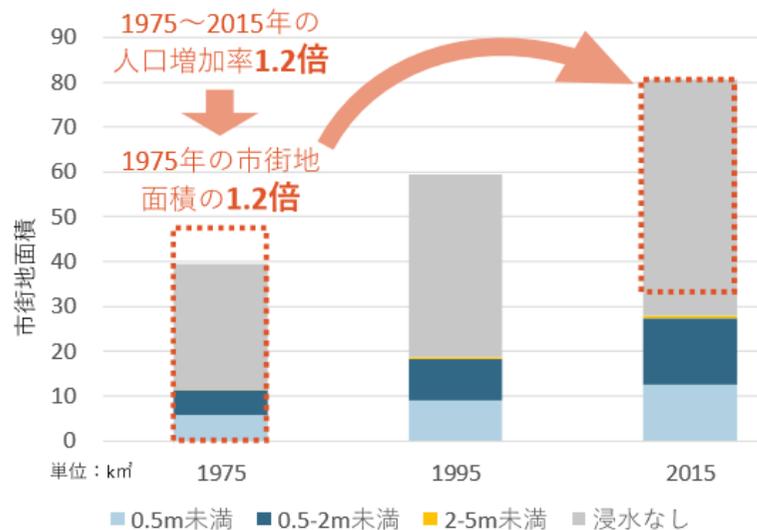


図3：1975～2015年の金沢市における浸水想定区域内の市街地面積の変化

山口裕通

災害時の人の行動(適切な避難の可否)



携帯位置情報による分析



水害による「移動」への影響(←交通手段遮断等)

柳原清子

避難の成否 ←「逃げられない人」, 「逃げない人」

要支援者避難計画

ハザード

- ・要支援者分布 ←KDB
- ・共助ポテンシャル(ソーシャルキャピタル)



藤生 慎

要避難所への到達圏外居住

高山純一

外国人観光客の災害対応の実態調査



池本敏和 地理不案内→避難経路不案内 ←道路被災等通行障害情報

携帯アプリの開発・実地試験

中山晶一郎

防災拠点間道路網の確保

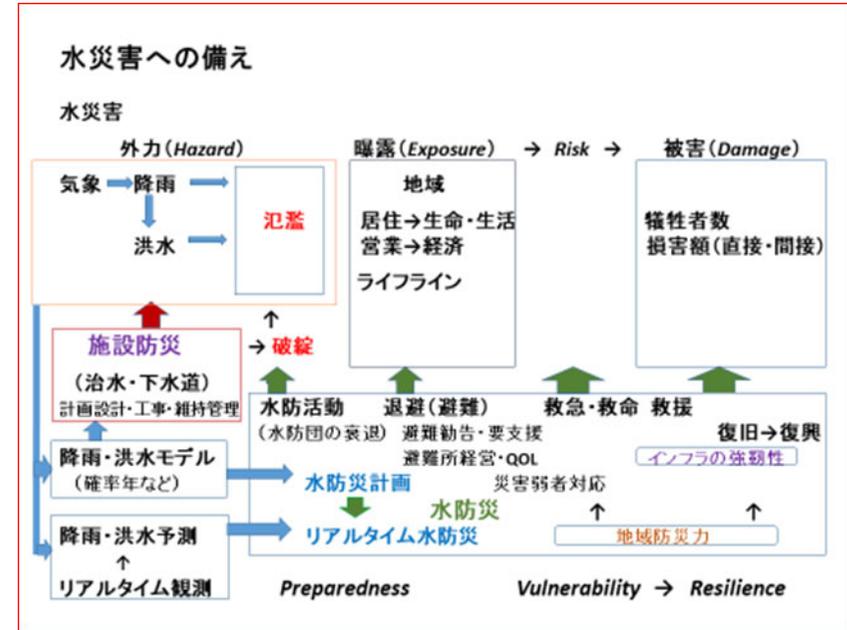
宮島昌克

上水道施設被災の特徴→対策の要諦



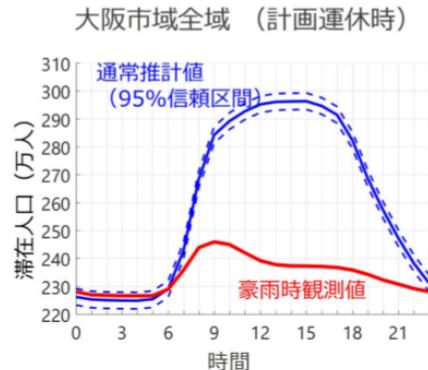
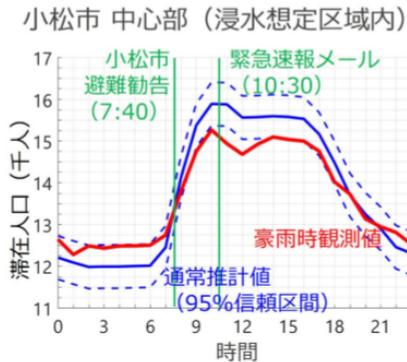
池本良子

下水道施設 下水道耐災化⇔簡易トイレ  
し尿処理施設



# 災害時における人の移動行動分析 ←携帯位置情報 (山口裕通)

## 災害関連情報に対する人々の行動変容



- 朝の緊急速報メール・避難勧告 (2017年@小松市, 三次市)  
→ 大半の人々は, “通常通り” 浸水想定区域に出勤
- 計画運休では, 大半の人々が行動変容

展望: 実効性のある方策 (交通制御 / 出勤停止) で, 人々の危険回避行動を促進させる必要

## 「移動行動の被災」と回復過程



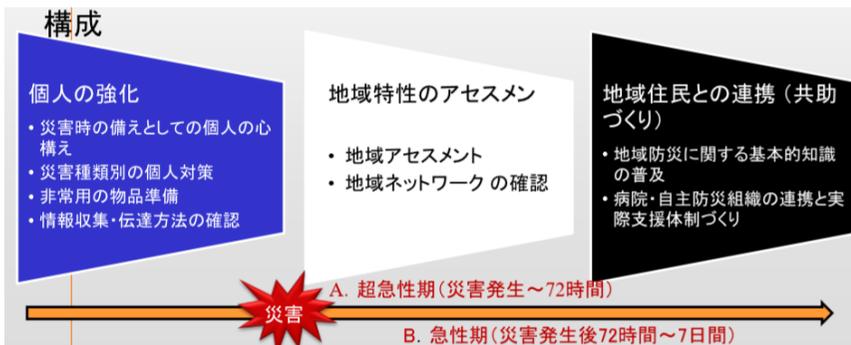
### ◆被災によって失われた人々の活動 (移動行動)

- 2019年台風19号被害の一つ: 北陸新幹線が13日運休
- 東京都から金沢市への総旅行行動が毎日千人以上減少
- ※ 代替経路による旅行者数は含まない, 旅行をやめた数

- 展望:
- ・ どのようにすれば, 早期に回復できるか?
  - ・ 何日程度で回復できる備えをすべきか?

# 災害医療保健福祉分野における支援

(柳原清子)



## 「逃げない人」と「逃げられない人」を分ける



### 逃げない人の社会心理分析と対策

- 認知不協和の打破
  - 正常バイアスの打破
- 認知の変更 **‘空振り’はラッキー’**



### 逃げられない人（要配慮者）への対策

- 災害時援護者名簿が活用されなかった実態
- 地域地域互助力、  
ソーシャルキャピタルをあげる

## 災害時の要支援者避難計画の立案



- ・ハザード
- ・要支援者がどこにどのように居住
- ・避難介助の社会資本（ソーシャルキャピタル）

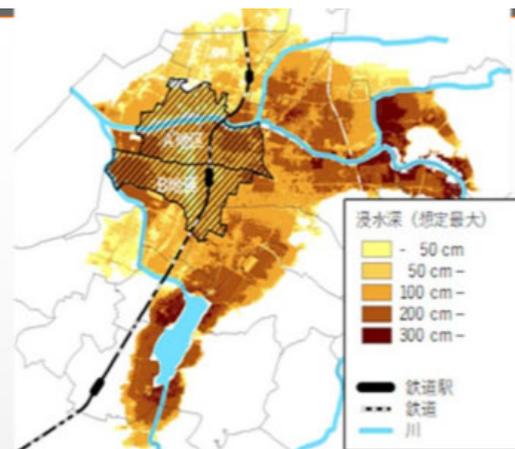


図-1 相模川の想定浸水深（想定最大）

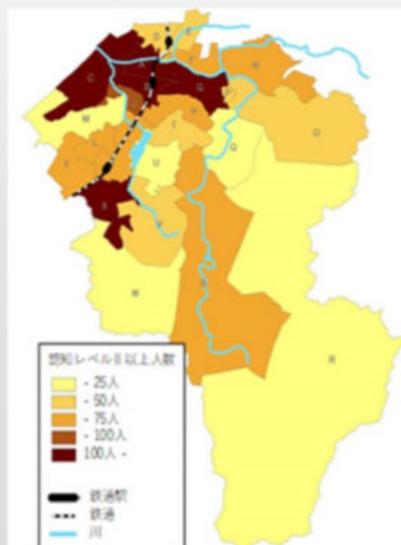


図-2 小学校区ごとの認知レベルⅡ以上人数

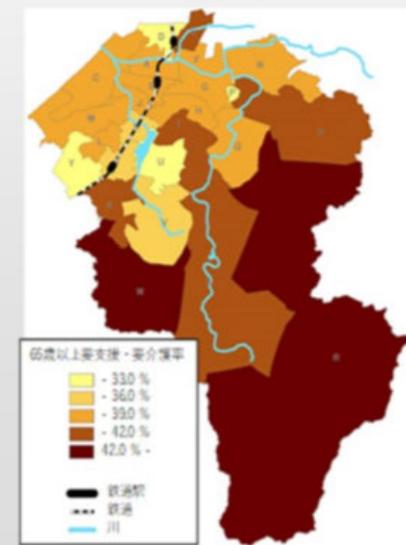


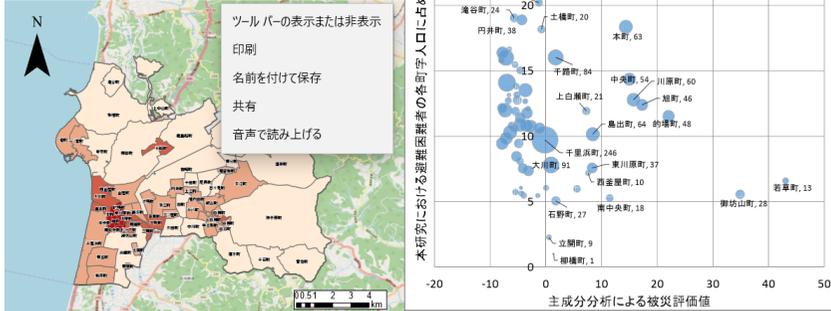
図-3 小学校区ごとの要支援・要介護率

# 浸水想定区域における人口分布の変遷とその傾向 (藤生 慎)

## 被災評価

### 要配慮者に対する被災状況の地域評価

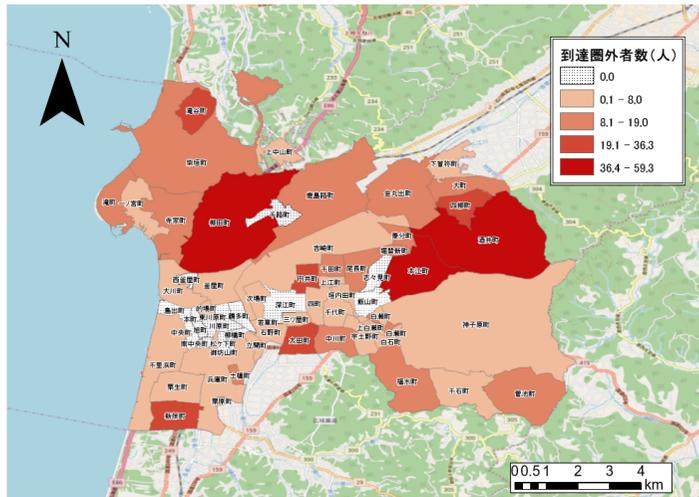
- ❖ 被災評価値の視覚化
- ❖ 町字別の地域評価の実施



作成した被災評価値と、KDBデータより抽出された要配慮者の情報から、町字別の被災後の被災状況に関する地域評価が実現

## 避難

### 指定避難所への到達圏外に居住する要配慮者の視覚化



指定避難所までの1,000m到達圏外に居住する要配慮者の推計が実現

## 【社会的問題点を解決するための研究方法】

要介護認定者・傷病者に着目

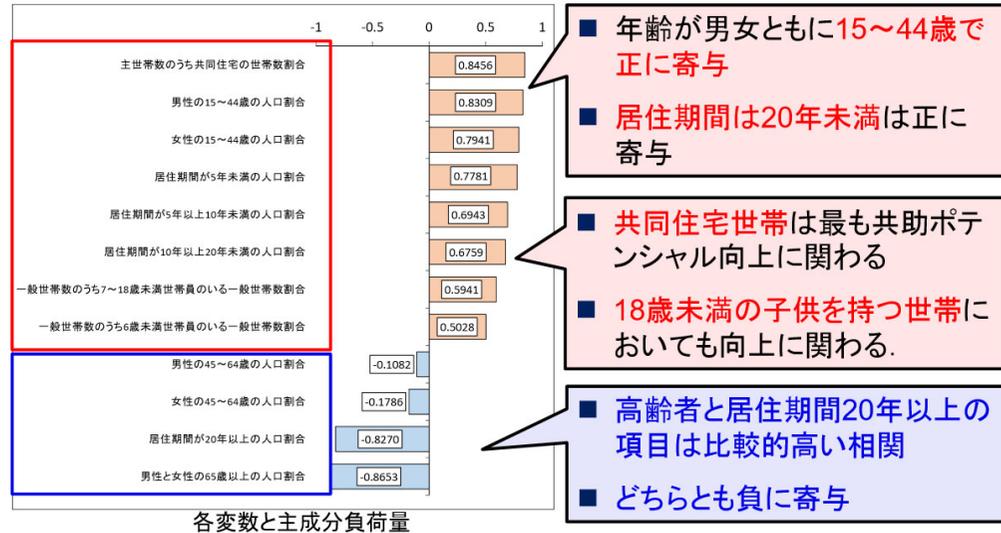
- ❖ 要配慮者の量的把握に、全自治体が所有する医療ビッグデータ(KDBデータ)を活用→社会的課題を解決しうる

## 【研究内容:災害時要配慮者が置かれる状況把握と地域評価】

## 共助意識

### 主成分分析による共助ポテンシャルの算出

- ❖ 寄与率47.19%の第一主成分を共助ポテンシャルの総合指標として採用
- ❖ 平成27年度国勢調査(小地域)から、共助に関する変数を設定



■ 年齢が男女ともに15~44歳で正に寄与

■ 居住期間は20年未満は正に寄与

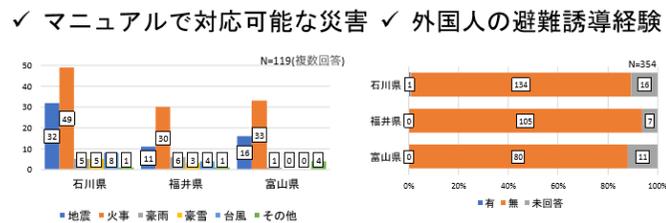
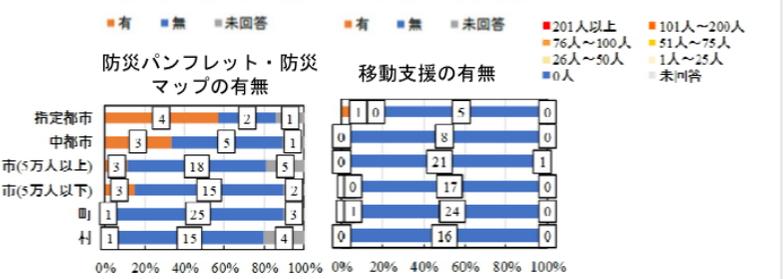
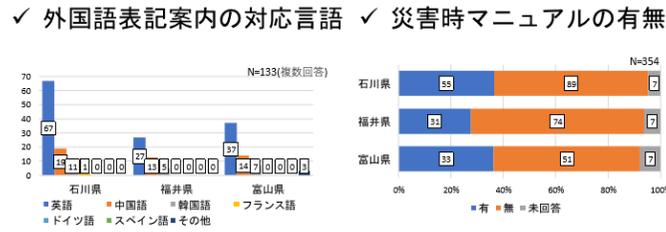
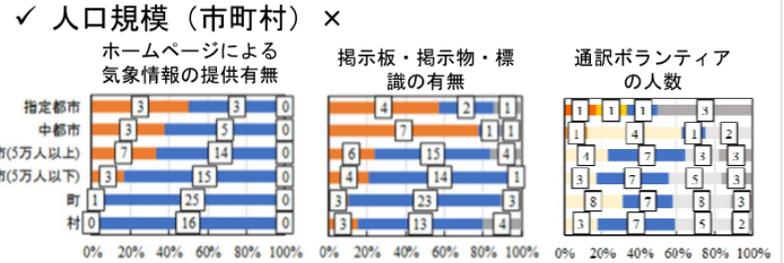
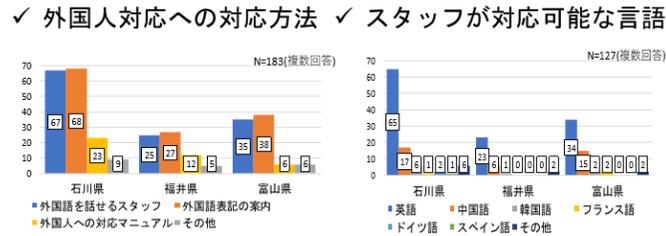
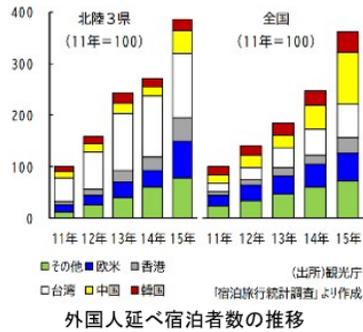
■ 共同住宅世帯は最も共助ポテンシャル向上に関わる

■ 18歳未満の子供を持つ世帯においても向上に関わる。

■ 高齢者と居住期間20年以上の項目は比較的高い相関

■ どちらも負に寄与

# 外国人観光客に対する災害時対応の実態と課題 (高山純一)



# スマートフォンを用いた避難共助支援アプリの開発 (池本敏和)

## 災害時の避難の課題

- ・非居住者(観光客ら) 道路事情不詳
- ・避難経路の被災

← 携帯端末の双方向通信の利用 ← アプリケーション導入

地域の道路や避難場所に詳しい人の避難行動情報を提供

避難者や通過することができなかった道路の情報を共有

## EMSS(避難共助支援システム)の構築

近年急速に展開するICTを活用し、時々刻々と変化する被災状況にリアルタイムで対応することのできるシステム

### 特徴

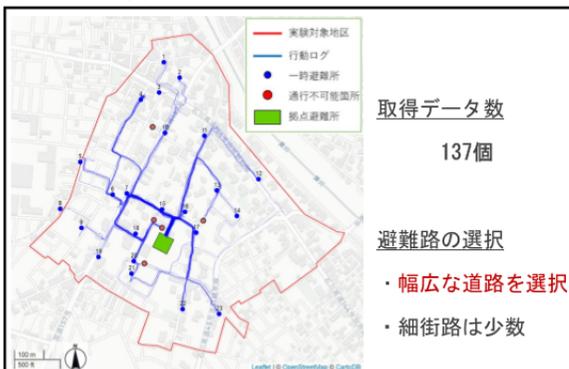
- 携帯アプリケーションとして開発する.
- 屋内外で利用できるようにする.
- 周囲の避難者の情報を共有できる.
- 柔軟に避難経路を変更できる.

位置情報共有アプリケーションを用いて住民を対象に避難実験を実施, 考察



アプリケーション画面

## 実験の成果, 考察



取得データ数

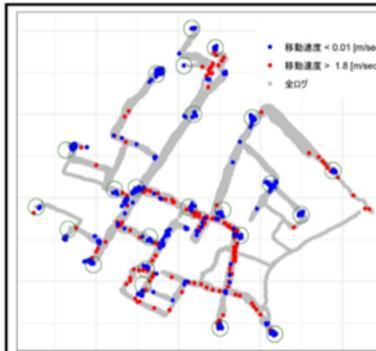
137個

避難路の選択

- ・幅広な道路を選択
- ・細街路は少数

グループ3の被験者は通行不能箇所を迂回出来た。

グループ1の被験者は通行不能箇所に向かい、避難に多くの距離を要した。



### 避難速度が速い行動ログ

- ・拠点避難場所周辺
- 目的地を認識することにより  
避難速度が速くなる。

### 避難速度が遅い行動ログ

- ・一次避難場所
- ・交差点
- ・通行不能箇所付近

アプリケーションを確認し、迂回ルートの検討を行う。

移動速度が遅い場所でアプリを見る時間がある。

今後の展望: 情報・通信網のクラスターか(MANET導入)  
非常時の避難支援と平常時利用との連携

# 道路網の連結・時間信頼性とそれを確保する維持管理

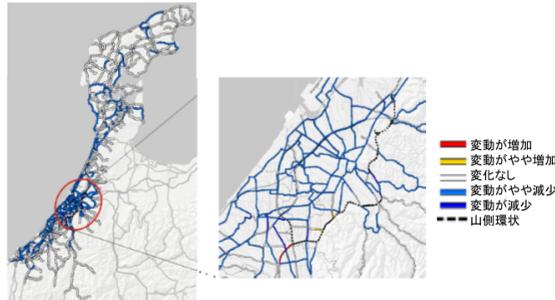
(中山晶一郎)

## ■ 時間信頼性を考慮した確率配分モデルの実用化

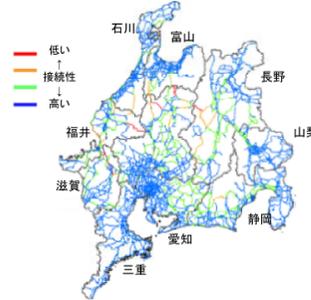
数千リンク・数百万経路のネットワークへ適用可能となるようにモデルを改良

## ■ 道路網接続性評価の性能向上(広域災害時)

災害時は途絶便益計算ではなく、別途の接続性の評価を行う。より広域でも適用可能とするとともに、道路リンクの脆弱性も考慮した分析



石川県道路網(800万経路)での確率配分



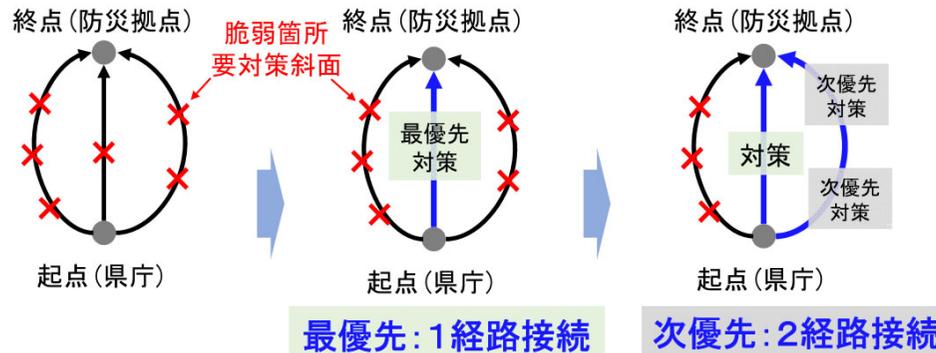
道路網接続性評価 3

## ■ 維持管理時に接続性も考慮できる分析法・情報提供

各道路管理者のニーズから、統一的な維持管理計画手法よりも維持管理計画策定時に道路網の接続性も考慮できるための分析やそのための情報提供に焦点

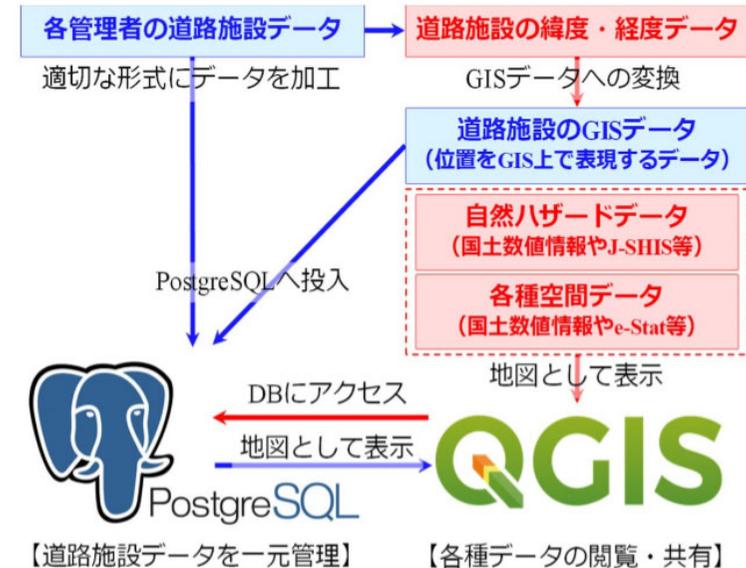
## ■ 中・小規模(県内)災害の接続性評価法の開発

防災拠点を通行途絶リスクの少ない非重複2経路以上で結ぶ



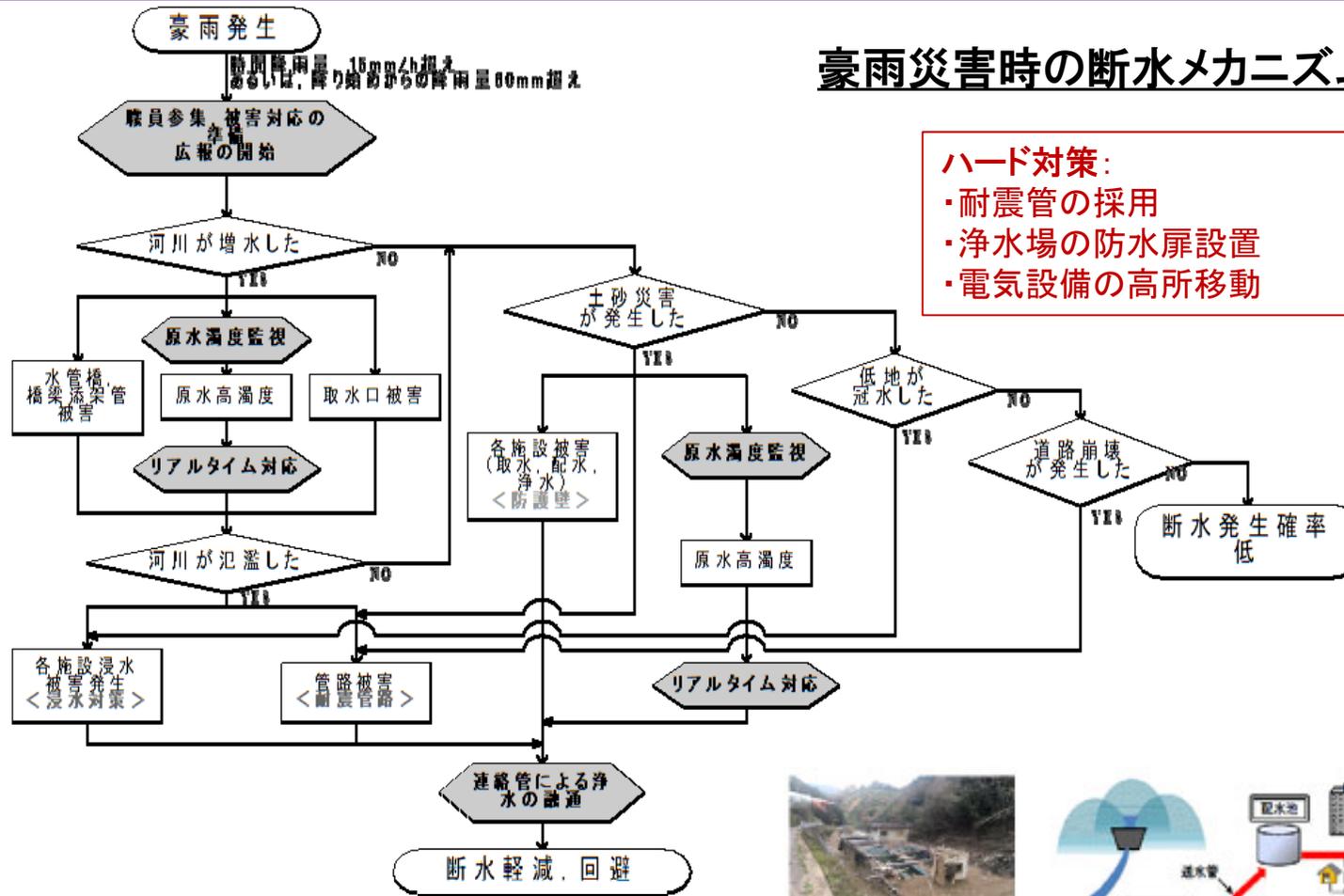
最優先: 1経路接続

次優先: 2経路接続



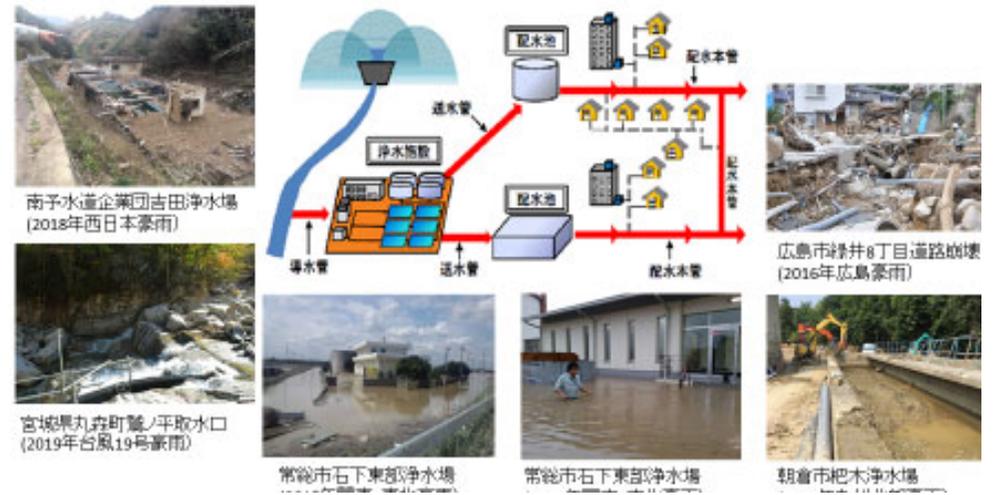
# 河川氾濫が上水道システムに及ぼす影響とその対応策 (宮島昌克)

## 豪雨災害時の断水メカニズムと軽減策



- ハード対策:**
- ・耐震管の採用
  - ・浄水場の防水扉設置
  - ・電気設備の高所移動

- ソフト対応:**
- ・職員の参集体制、リアルタイム対応
  - ・復旧過程における清掃用水の確保
  - ・冠水時の早期の通電停止
  - ・断水リスクの住民への広報

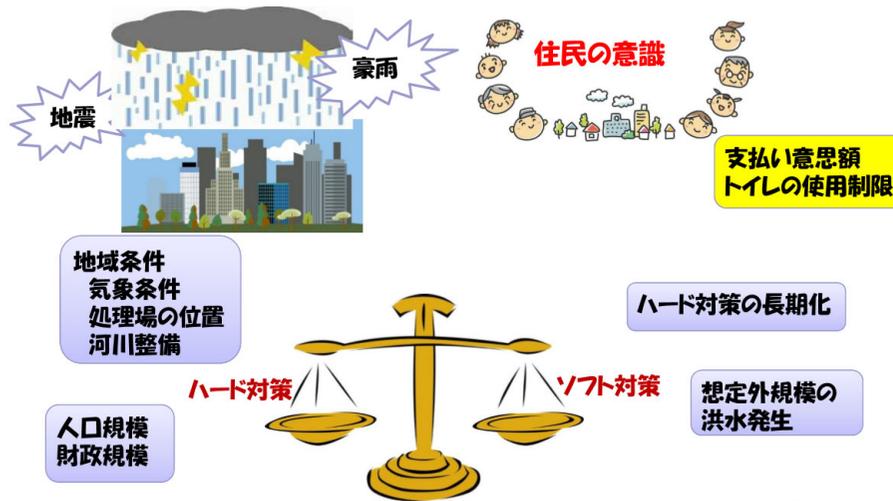


# 豪雨時が汚水処理の及ぼす影響と対策

(池本良子)

2019西日本豪雨, 2020台風19号の調査→

## 汚水処理施設の自然災害時の効果的対策



住民意識を考慮したソフト・ハード両面からの上下水道減災対策が必要

簡易トイレの許容日数(中央値)

	水道(円/月・世帯)	下水道(円/月・世帯)	簡易トイレ(円/1回)
輪島	100	100	50
全国	100	100	50

- ・ 簡易トイレは3日程度は許容可能
- ・ トイレの使用制限は75%以上は合意
- ・ 下水道のハード対策に対する支払意思額は簡易トイレと比較すると低い

### ■ 豪雨災害により下水道施設の被害が多発

- 管路 土砂災害による管路の破断
- ポンプ場 洪水の侵入により機能停止
- 下水処理場 河川近傍の下水処理場の浸水による機能停止
- し尿処理場 浸水による機能停止
- 浄化槽 浸水による流出, 機能停止

### ■ 衛生的問題

- 下水処理場の浸水時および応急措置中に, 上流域からの未処理汚水が下水管に流入, 途中のマンホール等から流出
- 下水管破損による上流域からの汚水の流出
- 浄化槽浸水による汚泥の流出と機能不全による不完全処理汚水の放流
- し尿処理施設の被害によるし尿, 浄化槽汚泥の処理の遅延

### ■ その他

- 簡易処理汚水の長期間の放流による河川の水質変化が懸念

### ■ ハート対策による被害軽減

- 地盤のかさ上げ (大洲市, 小松市)
- 下水処理場高台配置 (西予市野村地区)
- 地下への水の侵入防止対策
- 電気設備の配置

### ■ 下水道施設被害を想定したバイパス流路と消毒放流

- 排水系統切り替えによる下水量削減(クリーンピア千曲)
- ポンプ場や, 廃止した農業集落排水, コミプラ, 浄化槽, 防火水槽などを活用した消毒放流 (提案)

### ■ 汚水処理施設被災時の下水道の段階的使用制限の提案

- 第1段階(2日程度): 簡易トイレの備蓄によるトイレの使用制限と徹底的節水
- 第2段階(簡易処理開始まで): 徹底的な節水と, 水量変動緩和対策
- 第3段階(生物処理復旧まで): 節水と負荷量削減対策