

社会資本整備審議会・交通政策審議会 技術部会  
国土交通技術行政の基本政策懇談会（第2回）

日時：平成30年8月1日 10:00～12:00  
場所：九段第2合同庁舎 8階地震予知連大会議室

議 事 次 第

開会

議事

1. 前回議事要旨の確認
2. 今回のテーマについての議論  
＜今回のテーマ＞  
「地球温暖化、防災、国土強靱化、安全」  
「グリーンイノベーション、グリーンインフラ」
3. その他

閉会

＜配布資料＞

- |        |                          |
|--------|--------------------------|
| 資料 1   | 国土交通技術行政の基本政策懇談会委員名簿     |
| 資料 2   | 第1回国土交通技術行政の基本政策懇談会 議事要旨 |
| 資料 3-1 | 小池委員提出資料                 |
| 資料 3-2 | 堀委員提出資料                  |
| 資料 3-3 | 山田委員提出資料                 |
| 資料 3-4 | 木下委員提出資料                 |
| 資料 3-5 | 石田座長提出資料                 |
| 資料 4   | 今後の開催スケジュール              |

## 第2回 国土交通技術行政の基本政策懇談会 議事要旨

### 1. 日時

平成30年8月1日(水)10:00~12:00

### 2. 場所

九段第2合同庁舎8回地震予知連大会議室

### 3. 出席者(五十音順、敬称略)

石田東生、金山洋一、木下剛、小池俊雄、藤田壮、藤野陽三、堀宗朗、山田正

### 4. 議事

(1) 前回議事要旨の確認

(2) 今回のテーマについての議論

- ・地球温暖化、防災、国土強靱化、安全
- ・グリーンイノベーション、グリーンインフラ

### 5. 議事要旨

基本政策懇談会委員に金山委員が加わり、了解を得られた。

主な議論は防災やグリーンインフラ等の各テーマにつき以下の通りであった。

#### <地球温暖化、防災、国土強靱化、安全>

- ・ 中小河川等の上流部では、山腹崩壊等により大量の土砂流出が発生し、これにより水位上昇を引き起こす場合がある。さらに土砂流出による洪水中の河床変動の状況はこれまで十分に解明されていないことから、これらを把握するための研究を進めるべきではないか。
- ・ 未経験の事態の対応には、社会の想像力を醸成する科学技術の役割が重要。分野間連携と科学と社会の連携施策の推進が必要ではないか。
- ・ 異なるフォーマットのデータから統一されたフォーマットのデータを疎結合させ、都市モデルを自動生成する。SIP4D(防災情報共有システム)では、各省庁の持つ災害情報を疎結合して使われているが、国土交通省がインフラデータプラットフォームを構築する際にも、疎結合の考え方が参考になるのではないか。
- ・ シミュレーション技術の進展により、未来予測ができる時代となった。L2レベル(想定される最大級の洪水)までを対象とし、河川空間だけでなく津波防災地域づくり法にあるような流域や氾濫原全体を視野に入れた適正な土地利用等を含む総合的な洪水リスク低減のためのマネージメントを早急に行うべきでないか。

- ・ 起こった災害に対する被災状況との関係性を、客観的に分析・検証していくことも必要である。
- ・ 河川毎の特性に応じて、避難指示、避難勧告等の情報の伝え方を検討しなければならないのではないか。
- ・ 地球温暖化の緩和策(mitigation)と適応策(adaptation)の両方を政策体系の中に有している国土交通省と農林水産省は、積極的な施策提案を行うべきではないか。
- ・ 多くの鉄道は国や都道府県ではなく民間事業者によって運営されている。このような民間事業者においても防災・減災に貢献出来るようにすることが重要である。
- ・ また、激甚災害からの早期復旧の観点も含め、鉄道事業者への支援策についても検討する必要があるのではないかと。
- ・ の大地震発生においては、日本海側からのヒト、モノの救援のため新幹線等鉄道も有効であり、鉄道・道路の輸送連携も重要である。
- ・ 激甚災害対応は、経験値が少ないので、自治体に委ねる地方分権にあっても、ノウハウの検討、情報の集積・発信は国の役割が重要である。

#### <グリーンイノベーション、グリーンインフラ>

- ・ 従来のインフラによる取組みに加え、主に内水氾濫対策の補完的な位置づけとしてのグリーンインフラの整備等とあわせて、総合的・横断的に進めることが重要である。

#### <プロジェクトの提案>

- ・ スーパー堤防の概念を発展させ、水管理・国土保全局・都市局・道路局・自動車局・鉄道局・総合政策局などを貫く、防災川まちづくりを提案する。
- ・ 米国の Smart City Challenge を参考に、内閣府・環境省・他局(道路局、総政局、自動車局、鉄道局)などにも参画するように、都市局の Smart City Challenge を拡大してはどうか。
- ・ 生産性向上特別措置法(2018.6)に規定されている規制のサンドボックスも活用し、省庁や局の横断的な大規模実験(防災川まちづくり、Smart City Challenge)を少数(1が良い)の都市で、実施してはどうか。
- ・ 内閣府では、SDGs 未来都市のプロジェクトが進められているが、同様に一種のショーケースのような都市を検討してはどうか。

#### <基本政策懇談会のアウトプット>

- ・ 本懇談会の報告書は、国民に向けて、分かりやすいものにする。

以上

# 気候と社会の変化と水災害への対応

1. 気候の変化と豪雨災害
2. 近年の豪雨災害の発生過程の特徴  
洪水・土砂災害／逃げ遅れ／地域社会経済への影響
3. 政策的対応

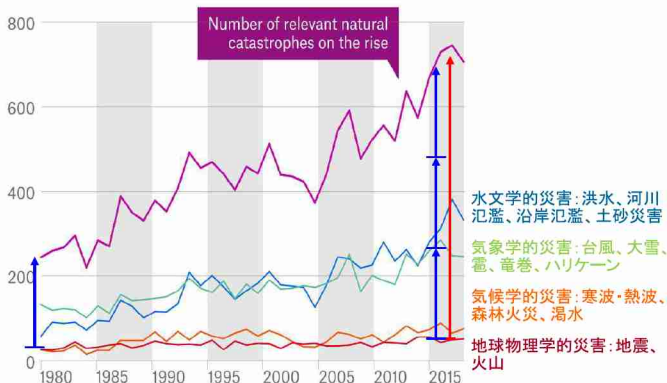
小池俊雄

国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)センター長  
東京大学名誉教授・日本学術会議会員・社会資本整備審議会河川分科会会長

## 気候と水循環の変動(4次報告・特別報告・5次報告)

現象及び変化傾向	2007		2011		2014	
	変化発生の評価 (特に断らない限り1950年以降)		将来変化の可能性		21世紀末	
ほとんどの陸域で寒い日や寒い夜の頻度の減少や昇温	可能性が非常に高い 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	{2.6}	ほぼ確実 ほぼ確実 ほぼ確実	{12.4}		
ほとんどの陸域で暑い日や暑い夜の頻度の増加や昇温	可能性が非常に高い 可能性が非常に高い 可能性が非常に高い	{2.6}	ほぼ確実 ほぼ確実 ほぼ確実	{12.4}		
ほとんどの陸域で継続的な高温/熱波の頻度や持続期間の増加	世界規模で確信度が中程度 ヨーロッパ、アジア、オーストラリアの大部分で可能性が高い 多くの(すべてではない)地域で確信度が中程度 可能性が高い	{2.6}	可能性が非常に高い	{12.4}		
大雨の頻度、強度、大雨の降水量の増加	減少している陸域より増加している陸域のほうが多い可能性が高い <sup>(6)</sup> 減少している陸域より増加している陸域のほうが多い可能性が高い ほとんどの地域で可能性が高い	{2.6}	中緯度の大陸のほとんどと湿潤な熱帯域で可能性が非常に高い 多くの地域で可能性が高い	{12.4}		
干ばつの強度や持続期間の増加	世界規模で確信度が低い いくつかの地域で変化した可能性が高い <sup>(6)</sup> いくつかの地域で確信度が中程度 1970年以降多くの地域で可能性が高い <sup>(6)</sup>	{2.6}	地域規模から世界規模で可能性が高い(確信度は中程度) <sup>(6)</sup> いくつかの地域で確信度が中程度 可能性が高い <sup>(6)</sup>	{12.4}		
強い熱帯低気圧の活動度の増加	長期(百年規模)変化の確信度が低い 1970年以降北大西洋でほぼ確実 確信度が低い 1970年以降いくつかの地域で可能性が高い	{2.6}	北西太平洋と北大西洋でどちらかと言えば <sup>(6)</sup> いくつかの海域でどちらかと言えば 可能性が高い	{14.6}		
極端に高い水位の発生や高さの増加	可能性が高い(1970年以降) 可能性が高い(20世紀後半) 可能性が高い	{3.7}	可能性が非常に高い <sup>(6)</sup> 可能性が非常に高い <sup>(6)</sup> 可能性が高い	{13.7}		

## 水災害の発生頻度の変化



## 頻発する激甚洪水・土砂災害

2013年10月  
 伊豆天島の土石流災害  
 (台風第26号)  
 1時間雨量: 122.5ミリ  
 24時間雨量: 824ミリ  
 死者行方不明: 39名



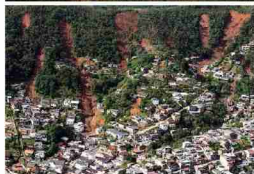
2014年8月  
 広島市の土砂災害  
 (線状降水帯豪雨)  
 1時間雨量: 121.0ミリ  
 24時間雨量: 287.0ミリ  
 死者: 74名



2016年8月  
 若手県の洪水災害  
 (台風第10号)  
 12時間雨量: 250ミリ  
 死者行方不明: 23名  
 (要配慮施設入居者9名)



2017年7月  
 九州北部豪雨災害  
 (線状降水帯豪雨)  
 1時間雨量: 129.5ミリ  
 24時間雨量: 545.5ミリ  
 死者行方不明: 41名



2011年1月  
 ブラジルリオ・デ・ジャネイロ州  
 洪水・土砂災害  
 雨量: 166ミリ  
 死者: 905名

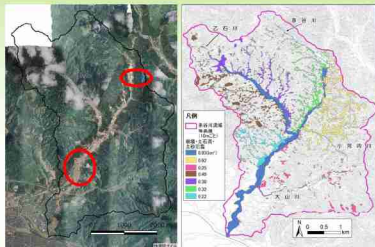
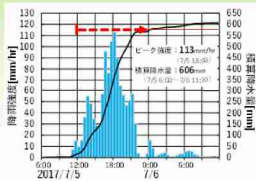
「中小河川等の上流部では、山腹崩壊等により多量の土砂流出が発生し、これにより水位上昇を引き起こす場合がある」



9月1日掲載北海道新聞と被害前の写真比較 ベケレベツ川石山橋

「土砂流出による洪水中の河床変動の状況はこれまで十分に解明されていないことから、これらを把握するための研究を進めるべきである」

### 2017年7月北部九州豪雨災害



洪水前



洪水直後



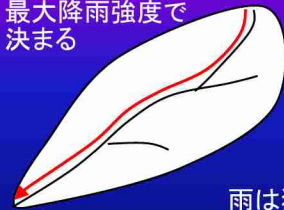
土石流



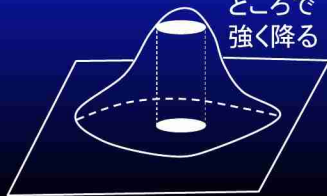
堆積域

流下域

洪水ピーク流量は  
洪水到達時間内の  
最大降雨強度で  
決まる

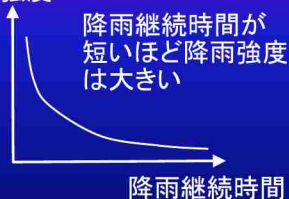


雨は狭い  
ところで  
強く降る



中山間地の中小河川では  
面積が狭く勾配が急なため  
洪水到達時間が短い

降雨強度



気候の変化によって  
狭いところで強い雨が降ると  
洪水到達時間が短く、  
流域面積が小さい、  
中山間地の中小河川では  
洪水流量が激増する。

## 避難の遅れと長時間・広範囲の浸水による多数の孤立者の発生

- 宅地及び公共施設等の浸水が概ね解消するまでに10日を要した。
- 避難の遅れ等により、多くの住民が孤立し、約4,300人が救助された。

### 鬼怒川下流域における一般被害の状況

項目	状況等
人的被害	菅野市 (死に2名、重傷2名、中等症11名、軽傷17名)
住宅被害	菅野市 (全壊50、大規模半壊914、半壊2,773、床上浸水2,264) 栃尾池 (半壊11、床上浸水38、床下浸水150) 取手市 (大規模半壊5、半壊1、床上浸水19) 下妻市 (大規模半壊1、床上浸水55、床下浸水195) つくばみらい市 (半壊12、床上浸水1、床下浸水21)
救助者	ヘリによる救助者数 1,339人 地上救助による救助者数 2,919人
避難指示等	①避難指示 11,230世帯、31,308人 ②避難勧告 390世帯、2,775人 (9月29日16時開始)
避難所開設等	避難所数 1,766人 (市内避難所 840人、市外 946人) (9月16日11時現在)

(注)掲載写真は対象地域 10月22日16時以前の衛星画像より撮影されたもので、浸水は省略)



自衛隊員がボートで救出された人々たち

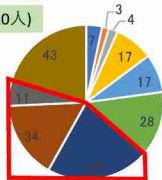


# 犠牲者発生状況

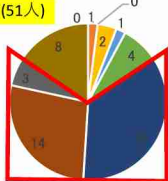
(2018/7/15時点、ICHARM大原)



全国(210人)



真備町(51人)



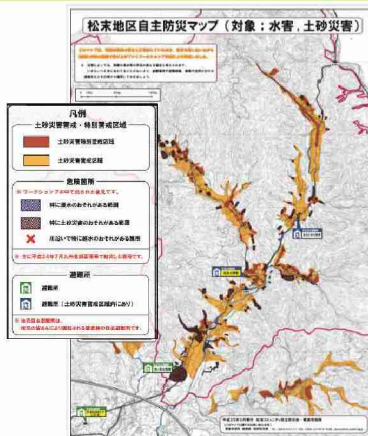
70歳代  
以上が  
多い。



## 真備町での避難情報

- 7/6午前11時30分 避難準備・高齢者等避難開始情報  
真備地区全域
- 7/6午後10時 避難勧告  
真備地区全域、小田川の水位が急激に上昇しているため
- 7/6午後11時45分 避難指示  
真備地区のうち、小田川南側小田川の水位が急激に上昇しているため
- 7/7午前1時30分 避難指示  
高馬川の堤防が越水し、小田川の水が北方向に流れ込んでいるため

## 朝倉市での被災前からの自主防災マップ作りの活動



## 自主避難所の指定例



出典: 朝倉市自主防災マップのページ  
<http://www.city.asakura.lg.jp/www/content/s/1332397590637/index.html>



## 被災当日の災害情報：松末地区など(福岡県朝倉市)

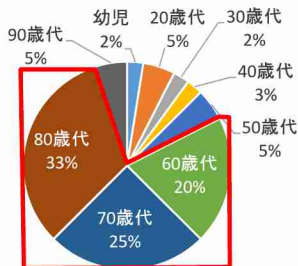
時間	気象情報等	地区への情報	市役所の体制
7/5 9:32	大雨・洪水注意報		
13:14	大雨・洪水警報		
14:10	土砂災害警戒情報		災害警戒本部設置
14:15		避難準備情報・避難所開設 (ビーポート甘木、フレアス甘木、朝倉地域生涯学習センター、らくゆう館)	
14:26		避難勧告(市全域)	災対本部第一配備
15:30		避難指示(三奈木・金川・福田・蟻城、立石)	
16:20		避難指示(松末)・避難所(松末小)	
17:25		避難指示(志波)	
17:51	大雨特別警報		
18:07		避難指示(甘木・馬田)	
19:10		避難指示(全域)、避難所(三奈木コミュニティセンター、金川コミュニティセンター、秋月中学校武連場、キリンビール体育館、南陵中学校、杷木小学校、志波小学校、杷木中学校)	

by ICHARM 大原(2018)

## 福岡県及び大分県内の犠牲者40名の状況

## 犠牲者40名の年齢構成

(2018年2月末現在)

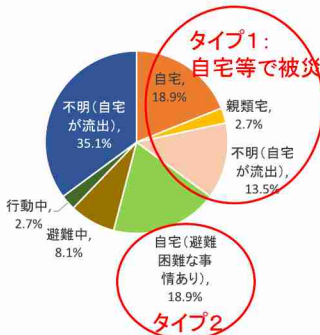


82.5%が60歳以上

by ICHARM 大原(2018)

## 犠牲者の行動

(目撃情報等による分類)

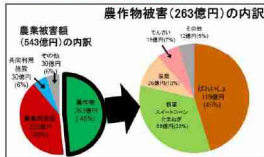


分類はICARM調べによる

## 農作物被害や加工工場等が被災し全国の出荷に影響(北海道)

- 北海道では台風(第7、11、9、10号)の被害面積38,927ha、被害金額543億円となった(9/27北海道発表による)
- 東北地方でも特に台風第10号によって、岩手県において142億円(岩手県11月7日発表資料)の被害が発生。
- 北海道では食品加工工場、岩手県では乳製品工場が被災し、農作物の収穫や酪農産業に影響。

●北海道における農業被害の内訳【北海道農産部発表資料より】  
被害面積 38,927ha、被害額 543億円



畑地土壌の流出による影響  
(ばれいしょ復興スケジュール)

- H28(被災) 電積土砂除去
- H29年度 土壌復旧
- H30年度 作付け
- H31年度 収穫

●種芋も被災したため、種芋の収穫が出来ない。播種期は工事が出来ないので収穫は4年目となる。

### ●食品加工工場への被害(北海道)

台風10号により芽室川が氾濫し、工場が被災。復旧のめどが立たないため、2018年度のようにもちこし等を原料とした商品の製造を休止



### ●乳製品工場への被害(岩手県)

台風10号により小水川が氾濫し、工場が被災。復旧に一年程度を要する事態となり、地域の酪農農業に大きな影響を考へている。



### ●農作物・農地の被害状況



農作物の多くが流され、土砂が堆積している(帯広市 ばれいしょ畑)

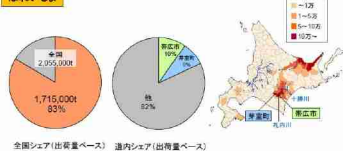
農作物ごと土壌が流出し、上流からは土砂が運ばれ堆積している(芽室町)

第3回 大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会 配付資料 14

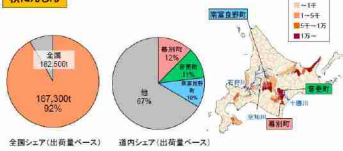
## 大雨等による農作物被害により全国の市場価格も高騰(北海道)

- 全国シェア83%の「ばれいしょ」は、全道の18%を占める帯広市・芽室町(札内川)で甚大な被害発生。
- 全国シェア92%の「秋にんじん」は、全道の23%を占める幕別町・音更町(十勝川)及び10%を占める南富良野町(空知川)で甚大な被害発生。
- 全国の主要市場で「ばれいしょ」、「秋にんじん」の品薄感が広がり、価格高騰が続いた。

### ばれいしょ



### 秋にんじん



出典:農林水産省「作物統計(平成29年度産 野菜生産出荷統計)」

出典:農林水産省「野菜取引量推移調査(特別調査)」

第3回 大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会 配付資料 15

# 頻発する激甚洪水氾濫・土砂災害

(写真はすべて国交省資料)

2013年10月

伊豆大島土砂災害(台風)

24時間雨量:824ミリ

死者行方不明:39名

◆避難情報

2014年8月

広島土砂災害(前線、台風)

1時間雨量:121ミリ

死者:74名

◆避難情報

2015年9月

関東・東北地方豪雨(2台風)

24時間雨量:551ミリ(栃木県)

死者:8名

◆避難情報

1339名(ヘリ)、2919名(ボート)

2016年8月

北海道・東北地方豪雨(4台風)

72時間雨量:251ミリ(岩泉)

死者不明:27名

◆要配慮者施設、地域経済・物流

2017年7月

九州北部豪雨(梅雨前線)

6時間雨量:299ミリ(臼田)

死者不明:42名

◆土砂・河川氾濫複合災害



2014年11月:土砂災害防止法改正

・土砂災害危険性の明示

・避難勧告発令・避難体制の支援

2015年1月:新たなステージに対応した防災・減災の在り方

・命を守る  
・社会経済の壊滅的な被害を回避

2015年5月:水防法改正

・最大規模の洪水・内水・高潮対策

・地下街等の避難確保・浸水防止

2015年7月:想定最大外力  
策定手法を提示

2015年12月「水防災意識社会」の  
再構築(一級河川)

・避難行動直結型ハザードマップ

・危機管理型ハード

2017年1月「水防災意識社会」の  
再構築(中小河川等)

・逃げ遅れゼロ

・地域社会機能の継続性確保

2017年5月水防法改正

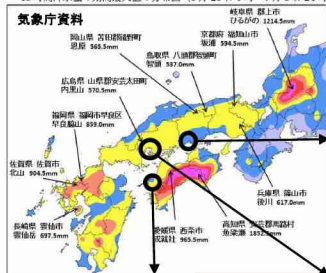
・大規模氾濫減災協議会

・要配慮者施設避難計画・訓練<sup>15</sup>

・復旧工事などの代行制度



・48時間降水量の期間最大値の分布図(6月28日0時~7月8日24時)



## 平成30年7月豪雨

(写真はすべて国交省資料)

岡山県

破堤浸水



倉敷市真備町

愛媛県

宇和島市吉田町

広島県

安芸郡熊野町

土石流等

越流浸水

土石流等

大洲市東大洲

広島市安佐北区

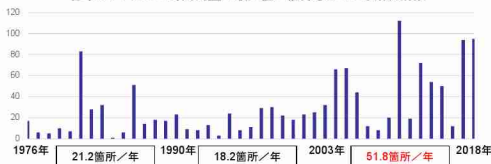


# 頻発する激甚洪水氾濫・土砂災害

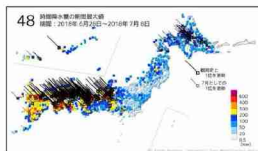
(写真は国交省資料、マップは気象庁資料)



各年にアメダス24時間雨量の最大値が記録されている観測所数



・日本中いたる所で豪雨災害が頻発。例外はない。これまで豪雨  
があまりなかった地域ほど、経験不足のため豪雨災害が大きい。



・広域の同時多発災害の場合  
は、救助や支援の手が届く  
が遅れる場合がある。自助・  
共助力増強が必須。

19



内閣府資料

・避難できるのか(自助)、避難を支援するコミュニティ(共助)を形成  
できるのか。



# 数値解析のためのデータ統合

堀宗朗

東京大学地震研究所  
海洋技術研究開発機構

## 統合解析



- ◆都市の丸ごと地震シミュレーション  
IES (Integrated Earthquake Simulation)
  - 地震動・地震応答・被害対応の数値解析の統合
  - 地震動・地震応答・被害対応の都市モデルの自動構築
- ◆IESの概要
  - 数値解析手法を統合するために、レイヤ構造を採用
  - 都市モデルを自動構築するために、複数のデータリソースから都市モデルに必要なデータを抽出するプログラムを開発

偏微分方程式を解く「科学計算」だけではなく、モデル構築・可視化のようなデータ処理を含む「システム計算」を重視

## IESの基幹技術

### ◆ 数値解析の結合 (coupling)

例: 流体と固体の二つの数値解析の連成

流体と固体を一体として解く場合, 密結合 (tight coupling)

流体を最初に解き, その解を使って固体を解く場合(またはその逆の場合), 疎結合 (loose coupling)

### ◆ 数値解析統合

- レイヤ構造要素の疎結合

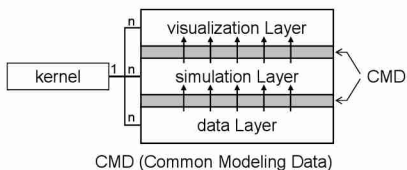
### ◆ モデル自動構築

- データの疎結合

## IESの数値解析統合

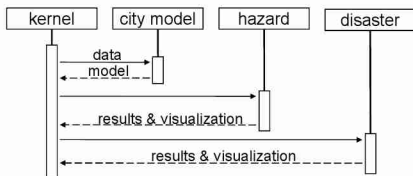
レイヤ構造(データ・解析・可視化層)

- 各層は疎結合
- 疎結合にCMDを利用



ポイント

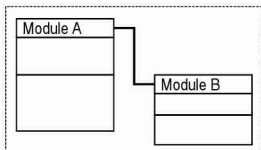
各層が多数の要素で構成。二重のデータ変換が必要となるものの、疎結合にCMDを使うことで、データ変換のプログラムの効率的開発が可能。



解析レイヤにある要素とカーネルの間のデータの受け渡し

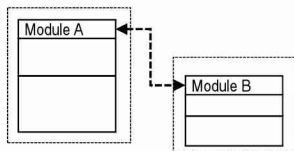


# 密結合と疎結合：ソフトウェア



## 密結合の例

- AとBのデータが「同期」
- AとBの「通信」は高速



## 疎結合の例

- AとBはデータをやり取り
- AとBの「通信」は低速

### メリット

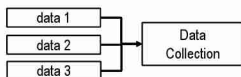
- 互換性 通信のモジュールは互換  
 拡張性 多数のモジュールを独立に結合  
 作成分担 モジュール毎の作成可

### デメリット

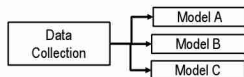
- 結合 通信の作成が必要

# IESのモデル自動構築

## 都市モデルの自動構築は不可能



### データの解釈と統合



### データからモデルへの変換

## データリソースとデータ

- 3D地図の事物形状データ
- 行政データリソースの事物属性データ

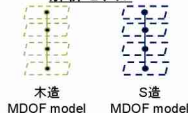


## データコレクション

- 幾何形状
- 構造形式
- 築構造年
- 階数
- 床面積
- 住所・地番・位置

### CMD形式

## 解析モデル

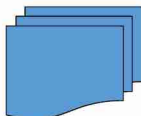


データの解釈と、異なるデータリソースにあるデータの関連付け

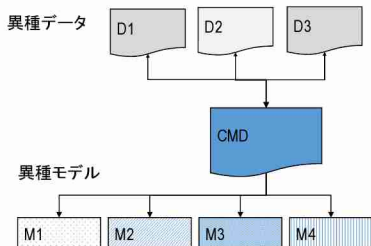
ミスのない堅牢性と多様なデータに対応する柔軟性の高い変換

# 密結合と疎結合：データ

密結合(?)  
フォーマットの統一



疎結合  
異種フォーマットのデータから統一  
フォーマットのデータを自動作成



## 神戸市：自動構築された都市モデル

### ◆ 地盤モデル

- 地震動 1次元 (→3次元モデル作成予定)
- 液状化 1次元

### ◆ 構造物モデル

- 建物 非線形バネー質点系 (フレームモデル作成可)
- 埋設管
- 橋梁 阪神高速

### ◆ 津波モデル

- 津波侵入 2次元 (3次元シミュレーション用解析モデル作成可)

避難・交通シミュレーション用のモデル

# ボーリングデータと地盤モデル

ボーリングデータ

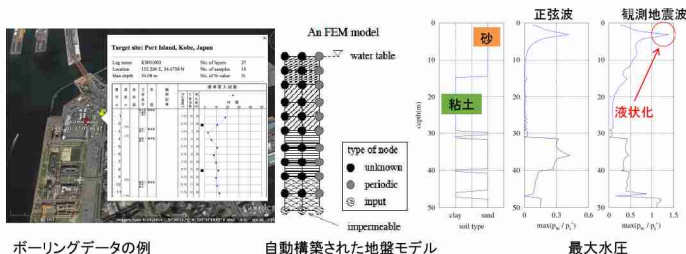
地盤の層厚と種類

地下水位置

地盤モデル

地盤：層厚，材料特性

地下水：水頭



ボーリングデータの例

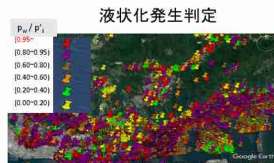
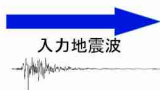
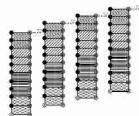
自動構築された地盤モデル

最大水圧

地盤モデルの不確定性を考慮すると、一つのボーリングデータに多数の地盤モデルを使う液状化シミュレーションを行い、「液状化発生の確率」を判定することが理想

## 液状化シミュレーション

10000本強ボーリングデータ

ボーリングサイト毎に  
解析モデルを構築

「京」の1,000計算ノードを使うことで、10,000カ所の液状化シミュレーションを1時間未満で実行

# 詳細建物データ生成の概要

ZENRINなどの  
建物3次元形状データ      モデル形状  
(節点・要素の接続情報含む)



+



詳細建物データ



家屋課税台帳

・構造種別
・築年代
・階数
・床面積
・地番・家屋番号



建物属性情報データ

・構造種別
・築年代
・階数
・床面積
・緯度・経度

・構造種別
・築年代
・階数
・床面積
・緯度・経度

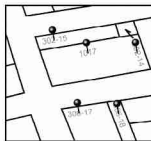
## 地番参考図の判読



地番



建物@地番



地番 - 緯度経度  
対応表

・地番
・緯度経度

+

行政区画ポリゴン



所在地番 - 緯度経度  
対応表

・所在
・地番
・緯度経度

建物属性情報

・構造種別
・築年代
・階数
・床面積
・所在
・地番

+

所在地番 - 緯度経度  
対応表

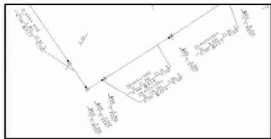
・所在
・地番
・緯度経度



建物属性データ

・構造種別
・築年代
・階数
・床面積
・所在
・地番
・緯度・経度

# 埋設管



Difficulties of data conversion

- CAD based
- non-digital data for symbols
- different files for configuration and attribute
- possible error in identifying lifeline segment

MT Data Conversion Format

# 埋設管



## 避難・交通シミュレーション

二つのモデルの併用

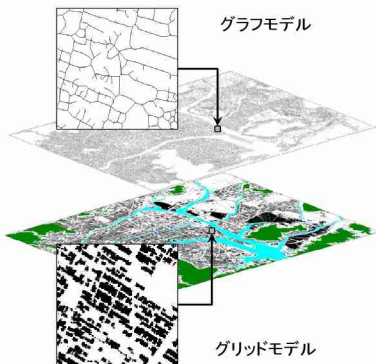
- グラフモデル  
エージェントの経路選択・経路記憶に利用
- グリッドモデル  
エージェントの減速／加速、追越／停止に利用

グラフモデル

構造物損傷がない経路

グリッドモデル

経路の詳細形状をモデル化



## おわりに

### ◆ IESの経験

- 地震動から被害対応の地震シミュレーションという目的を達成するために、解析モデルをどのように自動構築するかを考案
- 解析モデルの自動構築のために、データ統合の具体形を考案し、その上でシステムを設計

### ◆ インフラデータプラットフォームの構築

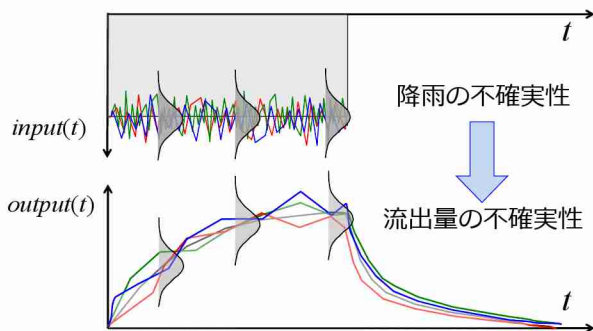
- 目的の明確化：顕在・潜在利用者、利用の仕方、頻度、効率等
- 目的を達成するためのシステム設計
  - 扱うデータの規模
  - 工数の算定
  - システムの維持管理
- 国道RC橋脚を嚆矢とし、順次、他の構造物に展開

## 国土交通技術行政の基本政策懇談会

## 降雨流出の水文統計と計画流量

中央大学教授 山田正

2018年8月1日

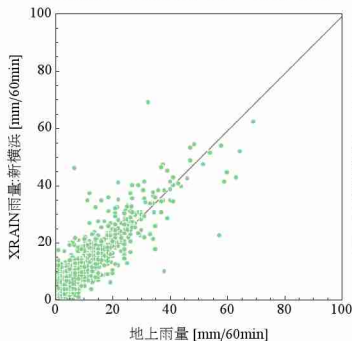
 **雨の不確実性と流量の不確実性**  
uncertainty of rainfall and discharge

降雨の不確実性がもたらす流出量の不確実性を求めたい！

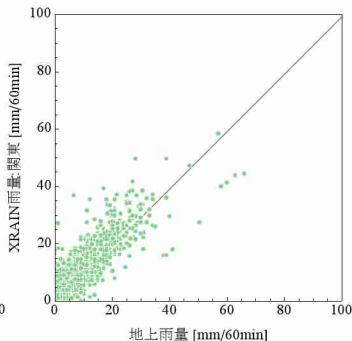
# 降雨の不確実性(時間分布, 空間分布)

uncertainty of rainfall

60分雨量レーダ:新横浜, 半径0~60kmの精度

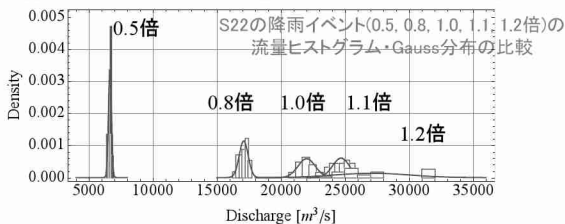
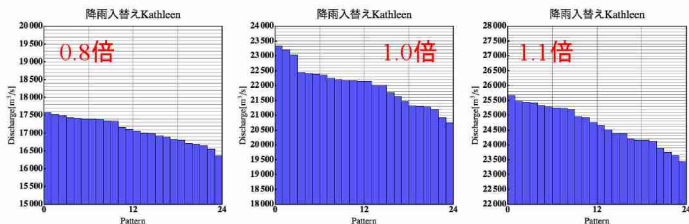


60分雨量レーダ:東京(関東), 半径0~60kmの精度



# 降雨の不確実性(空間分布)

uncertainty of rainfall





# 降雨の不確実性(時間分布)

uncertainty of rainfall

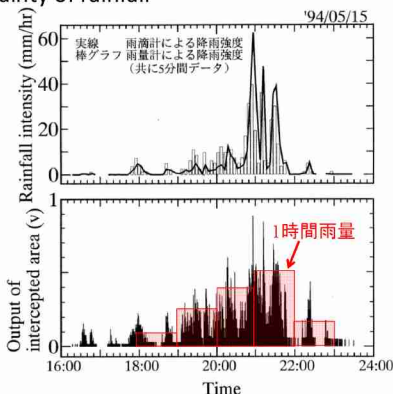


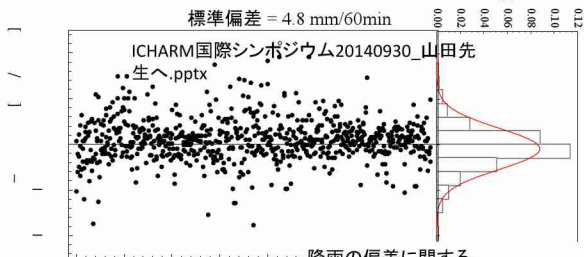
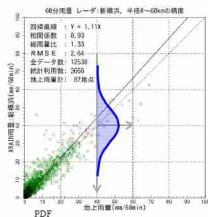
図 レーザー雨滴計による雨滴及び雪粒子の観測例

山田ら(1996.5):新しいタイプのレーザー雨滴計の開発とこれを用いた降雨の雨滴粒径分布の観測, 土木学会論文集No.539

# 降雨の不確実性(時間分布)

uncertainty of rainfall

- ・降雨の空間分布, 時間分布に起因する不確実性
- ・観測誤差に起因する不確実性



降雨の偏差に関する

確率密度関数は**正規分布**に近似できる

## 降雨流出計算の基礎式

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{連続式: } \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e(t) \\ \text{運動則: } v = \alpha h^m, \quad q = vh = \alpha h^{m+1} \end{array} \right.$$

$$\alpha = \frac{k_i}{D^2 \gamma^2} \quad \beta = \frac{m}{m+1}$$

$$a_0 = \frac{\beta}{1-\beta} \left( \frac{\alpha}{L} \right)^{1-\beta}$$

$v$ : 断面平均流速[mm/h],  $h$ : 湛水深[mm]  
 $q$ : 単位幅流量[mm<sup>2</sup>/h],  $q_*$ : 流出高[mm/h]  
 $\alpha, m$ : 流出パラメータ

集中化

「直接流出は河道近傍のみから発生する」とすると、  
 流出量は斜面長に比例すると考えることができる。

$$q(x, t) \cong x q_*(t)$$

斜面長 $L$ の末端で考え $x=L$ とすると

$$\frac{dq_*(t)}{dt} = a_0 q_*(t)^\beta \{r_e(t) - q_*(t)\} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{dq}{dt} = a q^b \{r - q\}$$

降雨流出の基礎式は**貯留関数法と本質的に同じ**である。

## 確率微分方程式(SDE)

Brown運動を記述したEinsteinの論文が始まり、同時期にSmoluchowskiもBrown運動に関する論文を発表。

LangevinがBrown運動を確率微分方程式の形で示した。

$$\frac{dx(t)}{dt} = \alpha(x(t)) + R(t) \quad \rightarrow \quad \text{Fokker-Planck方程式}$$

伊藤清によって数学的基礎付けが行われた(1942)

伊藤の確率微分方程式

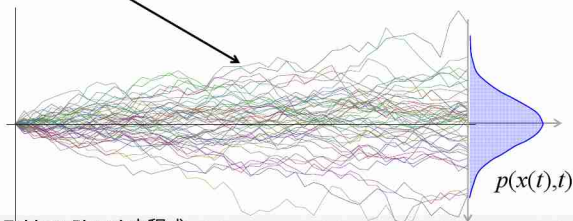
$$dx(t) = y(x(t), t)dt + z(x(t), t)dw(t)$$

$dw(t)$ はWiener過程 $N(0, 1)$ に従う

## 確率微分方程式とFokker-Planck方程式の関係

伊藤の確率微分方程式

$$dx(t) = y(x(t), t)dt + z(x(t), t)dw(t)$$

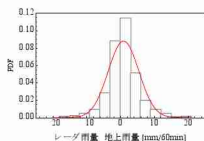
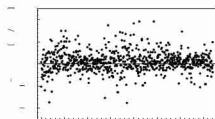


Fokker-Planck方程式

$$\frac{\partial p(x(t), t)}{\partial t} = -\frac{\partial y(x(t), t)p(x(t), t)}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 z^2(x(t), t)p(x(t), t)}{\partial x^2}$$

伊藤の確率微分方程式とFokker-Planck方程式が数学的に等価であることは確率微分方程式論で明らかにされている。

## 降雨流出の基礎式と確率微分方程式の関係



$$r(t) = \bar{r}(t) + r'(t)$$

$$dq = aq^b \{ \bar{r} - q \} dt + aq^b r' dt$$

- 雨の偏差は $N(0, \sigma^2)$ のGauss分布になる
- G. I. Taylorの拡散理論を適用する

$$dq = \underbrace{aq^b \{ \bar{r} - q \}}_{y(x, t)} dt + \underbrace{aq^b \sigma \sqrt{T_L}}_{z(x, t)} dw$$

降雨流出の基礎式が伊藤の確率微分方程式と同じ形になった！！

[参考]

伊藤の確率微分方程式：

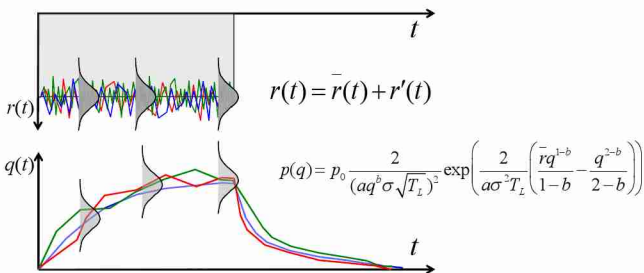
$$dx = y(x, t)dt + z(x, t)dw$$

# 降雨流出の基礎式と確率微分方程式の関係

Fokker-Planck方程式:

$$\frac{\partial p(q)}{\partial t} + \frac{\partial aq^b \{\bar{r} - q\} p(q)}{\partial q} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 (aq^b \sigma)^2 p(q)}{\partial q^2}$$

確率微分方程式:  $dq = aq^b \{\bar{r} - q\} dt + aq^b \sigma \sqrt{T_L} dw$



## 流出高の分布がわかったとき、 流量・水位の分布はどうなるのか？

流出高の確率密度関数

$$p(q) = p_0 \frac{2}{(aq^b \sigma \sqrt{T_L})^2} \exp\left(\frac{2}{a\sigma^2 T_L} \left(\frac{\bar{r}q^{1-b}}{1-b} - \frac{q^{2-b}}{2-b}\right)\right)$$

水位の確率密度関数

$$p_h(h) = p_q(g^{-1}(h)) \frac{dg^{-1}(h)}{dh}$$

$$f_y(y) = f_x(g^{-1}(y)) \frac{dg^{-1}(y)}{dy}$$

$$y = g(x) \longrightarrow$$

$$x = g^{-1}(y) \longrightarrow$$

$$\frac{dg^{-1}(y)}{dy} \longrightarrow$$

?

流量の確率密度関数

$$p_Q(Q) = p_q(g^{-1}(Q)) \frac{dg^{-1}(Q)}{dQ}$$

## 流出高, 流量, 水位の関係式がわかれば良い!

つまり, 各々の関係式:  $Q=g(q_*)$  や  $h=g(Q)$  がわかれば良い!

河道の効果は無視できるスケールの流域を想定すると,

$$Q = \frac{1}{3.6} A q_* = g(q_*) \quad \text{流出高と流量の関係}$$

矩形断面水路で等流状態を考えると,

$$Q = A \times q_* = B \frac{1}{n} \sqrt{i} \times h^{\frac{5}{3}}$$

$$Q = a h^{\frac{5}{3}} \rightarrow h = \left( \frac{Q}{a} \right)^{\frac{3}{5}} = C Q^{\frac{2}{5}} \quad \left( C = \left( \frac{1}{a} \right)^{\frac{3}{5}}, a = B \frac{1}{n} \sqrt{i} \right)$$

$$h = C Q^{\frac{2}{5}} \quad Q = \left( \frac{h}{C} \right)^{\frac{5}{2}} \rightarrow \frac{dQ}{dh} = \frac{5}{3} C^{-\frac{3}{5}} h^{\frac{2}{5}} \quad \text{流量と水位の関係}$$

流域面積:  $A$  [ $\text{km}^2$ ], 川幅:  $B$  [ $\text{m}$ ], マニングの粗度係数:  $n$ , 河床勾配:  $i$

## 流出高の分布がわかったとき, 流量・水位の分布はどうなるのか?

流出高の確率密度関数

$$p(q) = p_0 \frac{2}{(a q^b \sigma \sqrt{T_L})^2} \exp\left( -\frac{2}{a \sigma^2 T_L} \left( \frac{\bar{r} q^{1-b}}{1-b} - \frac{q^{2-b}}{2-b} \right) \right)$$

水位の確率密度関数

$$p_h(h) = p_Q \left( \left( \frac{h}{C} \right)^{\frac{5}{2}} \right) \frac{5}{3} C^{-\frac{3}{5}} h^{\frac{2}{5}}$$

$$Q = \frac{1}{3.6} A q_* = g(q_*)$$

$$f_y(y) = f_x(g^{-1}(y)) \frac{dg^{-1}(y)}{dy}$$

$$y = g(x) \rightarrow$$

$$x = g^{-1}(y) \rightarrow$$

$$\frac{dg^{-1}(y)}{dy} \rightarrow$$

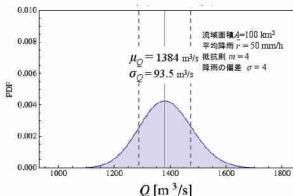
?

流量の確率密度関数

$$P_Q(Q) = p_{q_*} \left( \frac{3.6Q}{A} \right) \frac{3.6}{A}$$

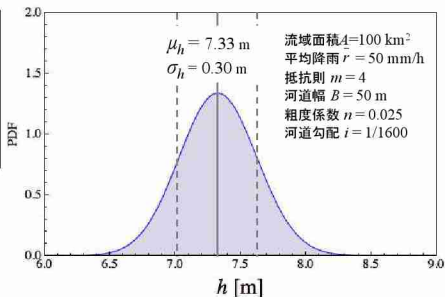
$$h = C Q^{\frac{2}{5}} = g(Q)$$

# 流量の分布がわかったとき、 水位の分布はどうなるのか？



流量の不確実性

$$P_Q(Q) = p_q \left( \frac{3.6Q}{A} \right) \frac{3.6}{A}$$

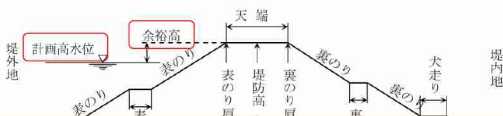


これが水位の不確実性

$$P_h(h) = P_Q \left( \frac{h}{C} \right)^{\frac{5}{3}} \frac{5}{3} C^{-\frac{3}{5}} h^{\frac{2}{3}}$$

## 堤防の余裕高の理論的解釈

堤防の各部の名称



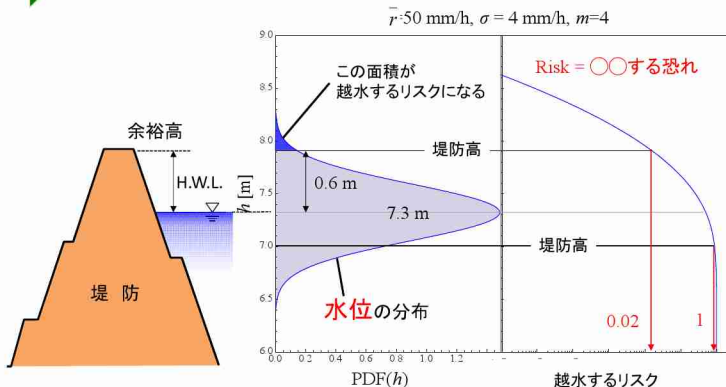
余裕高: 堤防に必要とされる高さの余裕

吹き寄せ, 波(風浪, うねり), 跳水, 流木の漂着, 水防, 右左岸の水位差等…

この他に、雨による不確実性が入るのではないかな！

200 未満		0.6
200 以上	500 未満	0.8
500 以上	2,000 未満	1.0
2,000 以上	5,000 未満	1.2
5,000 以上	10,000 未満	1.5
10,000 以上		2.0

# 堤防の余裕高の理論的解釈



余裕高：吹き寄せ，波（風浪，うねり），跳水，流木の漂着，右左岸の水位差等…

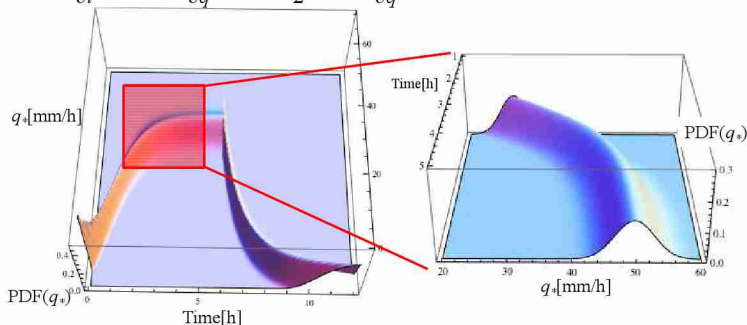
+ 水位の分布（不確実性）

[参考]

交通事故で死亡：1/1万  
 飛行機死亡事故：1/50万  
 薬剤死亡リスク：1/200万

# 流出高の確率密度関数(非定常)

$$\frac{\partial p(q)}{\partial t} + \frac{\partial a q^b \{\bar{r} - q\} p(q)}{\partial q} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 (a q^b \sigma \sqrt{T_L})^2 p(q)}{\partial q^2}$$

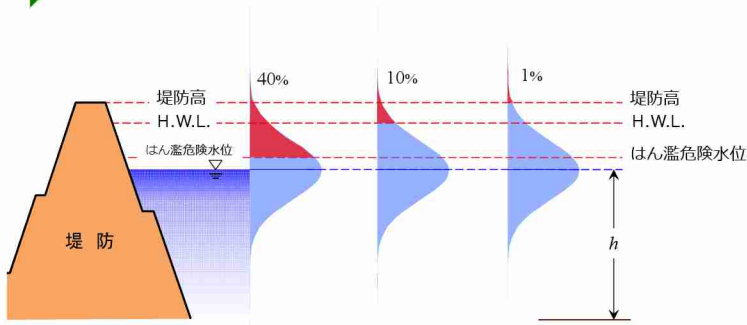


Fokker-Planck方程式：

$$\frac{\partial p(x, t)}{\partial t} = - \frac{\partial g(x, t) p(x, t)}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \sigma^2(x, t) p(x, t)}{\partial x^2}$$

$$\begin{aligned} dq &= a q^b \{\bar{r} - q\} dt + a q^b \sigma \sqrt{T_L} dw \\ g(q) &= a q^b \{\bar{r} - q\}, \quad f(q) = a q^b \sigma \sqrt{T_L} \end{aligned}$$

## 避難の意思決定の考え方1



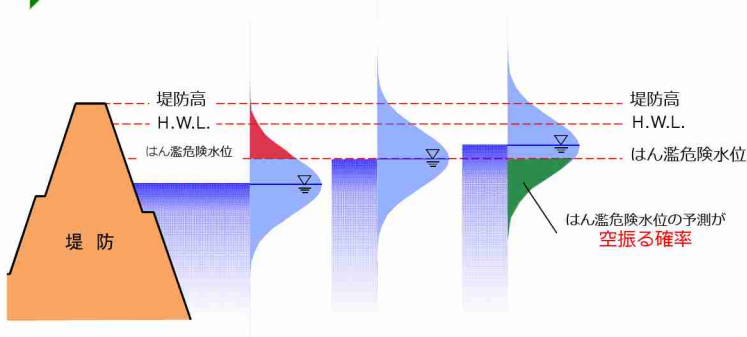
例えば

ある求められた水位 $h$ の時点で、  
避難判断の基準となる水位  
(例えば、はん濫危険水位など)  
を越える確率を求めることができる。

[参考]

交通事故で死亡：1/1万  
飛行機死亡事故：1/50万  
薬剤死亡リスク：1/200万

## 避難の意思決定の考え方2



例えば

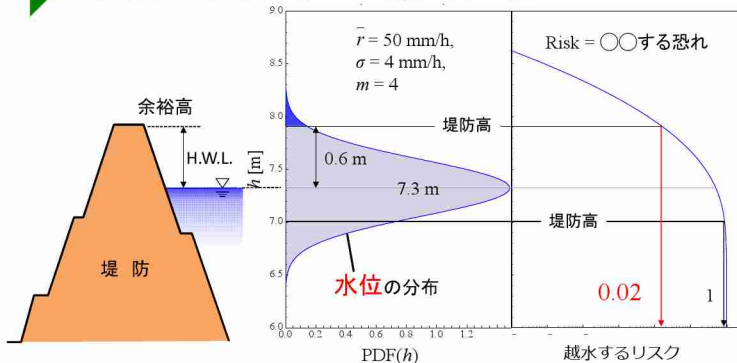
ある求められた水位 $h$ の時点で、その値が  
避難判断の基準となる水位を越えていた場合、  
基準となる水位を越えない確率（空振る確率）  
を求めることができる。

[参考]

交通事故で死亡：1/1万  
飛行機死亡事故：1/50万  
薬剤死亡リスク：1/200万



# 堤防の余裕高の理論的解釈



H.W.L.が100年確率で定められている場合、

$0.01 \times 0.02 = 0.0002$ となる。

これが1年間に越水するリスクである！

**このリスクが許容できるか？！**

【参考】

交通事故で死亡：1/1万

飛行機死亡事故：1/50万

薬剤死亡リスク：1/200万

# 堤防の安定性計算 -修正フェレニウス法

- フェレニウス法はフェレニウスにより1927年に提案されたもので、簡便分割法やスウェーデン法とも呼ばれる。

$$FS = \frac{\sum [c' \cdot l + (W - u \cdot l) \tan \phi']}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

- フェレニウス法における間隙水圧はすべり面に対して垂直に作用するものとして扱われている。すべり面勾配が大きくなると間隙水圧が過剰に算出される。このような不具合を解消するため、フェレニウス法を修正した。

$$FS = \frac{\sum [c' \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi']}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

$F_s$  : 安全率

$c'$  : 粘着力 ( $\text{N/m}^2$  (tf/m<sup>2</sup>))

$\phi'$  : 内部摩擦角 (度)

$l$  : スライスで切られたすべり面の長さ (m)

$W$  : スライスの全重量 ( $\text{kN/m}^2$  (tf/m<sup>2</sup>))

$u$  : 間隙水圧 ( $\text{kN/m}^2$  (tf/m<sup>2</sup>))

$b$  : スライスの幅 (m)

$\alpha$  : スライスで切られたすべり面の中点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)

# 土質の不確実性

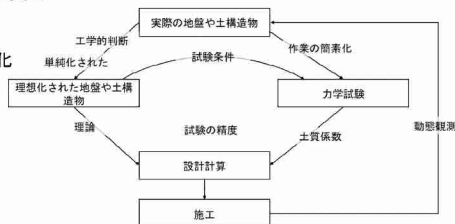
## 試験結果のバラツキの原因

### 地盤の性質：

- 不均一性
- 雨水や地下水位の変化
- その他

### 技術の問題：

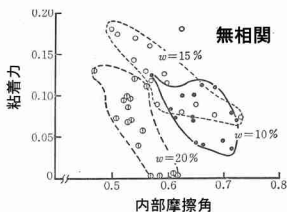
- サンプラーの型式
- サンプリングの技術
- 試験者の技術
- 試験の方法
- その他



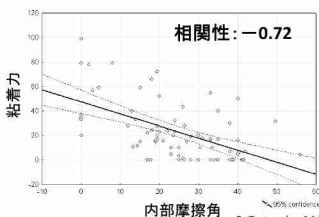
出典：松尾稔，1984，地盤工学—信頼性設計の理念と実際

# 土質の不確実性

- 土質諸係数を確率，統計の立場から設計に適用しようとする場合には，諸係数の相関性を検討しておく必要がある。



松尾稔，1984



I. Petrovic, 2008

# 堤防の破壊確率

$$FS = \frac{\sum [c' \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi']}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

FS: 安全率

$c'$ : 粘着力 ( $kN/m^2$  ( $t/m^2$ ))

$\phi'$ : 内部摩擦角 (度)

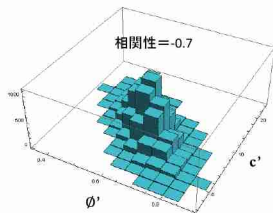
$l$ : スライスで切られたすべり面の長さ(m)

$W$ : スライスの全重量 ( $kN/m^2$  ( $t/m^2$ ))

$u$ : 間隙水圧 ( $kN/m^2$  ( $t/m^2$ ))

$b$ : スライスの幅(m)

$\alpha$ : スライスで切られたすべり面の中点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(度)



粘着力  
内部摩擦角  
両者の相関性

# 土質の不確実性

計算条件

堤防高: 7.5m

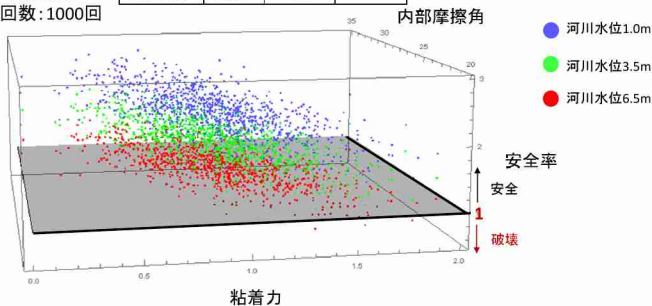
天端幅: 4m

堤防勾配: 1:4

試行回数: 1000回

土質係数

	値	変動係数	相関係数
粘着力	1 $kN/m^2$	13%	-0.7
内部摩擦角	27.5°	40%	



# 土質の不確実性

## 計算条件

堤防高: 7.5m

天端幅: 4m

堤防勾配: 1:4

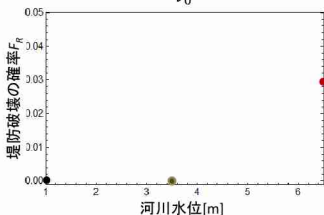
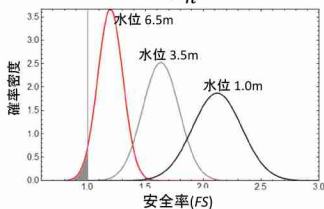
試行回数: 1000回

## 土質係数

	値	変動係数	相関係数
粘着力	1 kN/m <sup>2</sup>	13%	-0.7
内部摩擦角	27.5°	40%	

$F_R$ : 破壊確率  
 $n$ : 破堤とみなされた回数  
 $N$ : 試行回数

$$F_R(h) = \frac{n_h}{N_h} \xrightarrow{\text{河川水位}(h) \rightarrow \text{外力}(s)} P_f = P[R \leq s] = \int_0^s f_R(r) dr = F_R(s)$$



# 土質の不確実性

## 決定論的な方法

**外力**  
 降雨流出モデルを計算

**耐力**  
 堤防の安定性計算

## 不確実性の定義

**外力**  
 水文の不確実性  
**耐力**  
 土質の不確実性

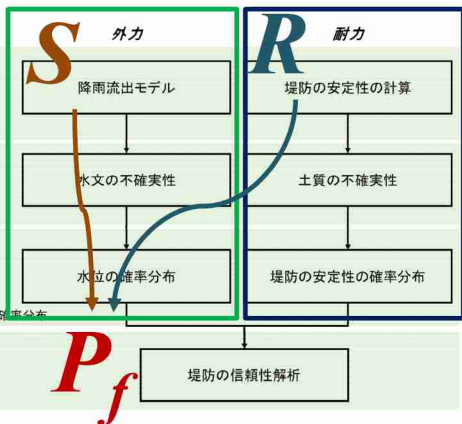
## 確率過程論

**外力**  
 確率過程論に基づいた河川水位の確率分布

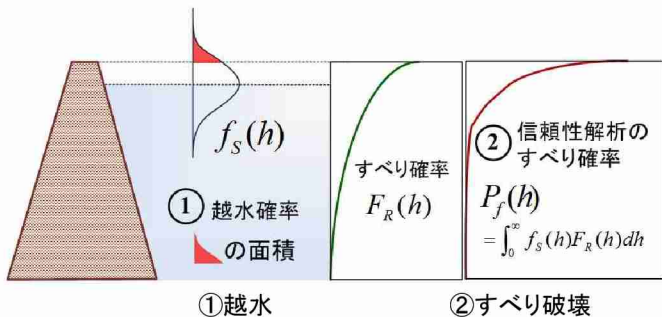
**耐力**  
 土質の不確実性に基づいた堤防の安全性の確率分布

## 信頼性分析

堤防の信頼性解析

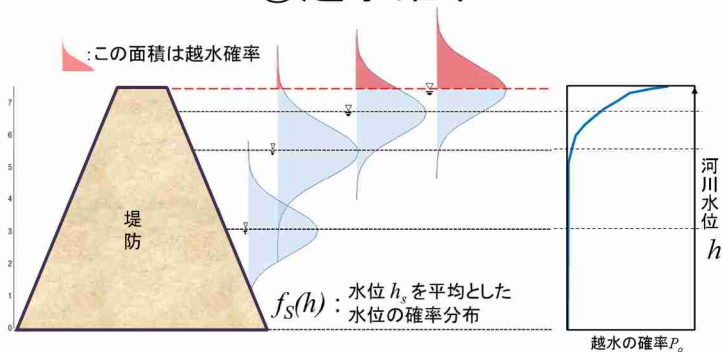


# 信頼性解析



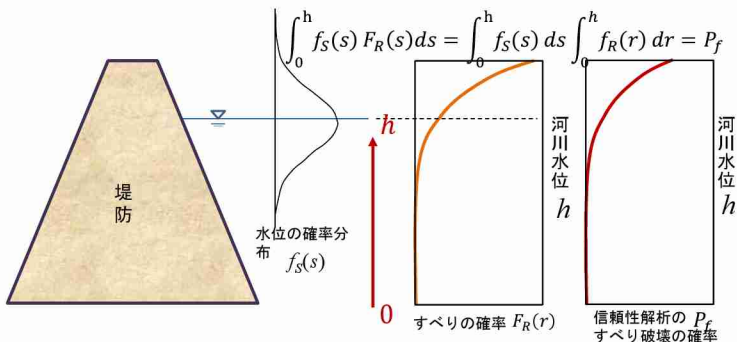
# 信頼性解析

## ① 越水確率

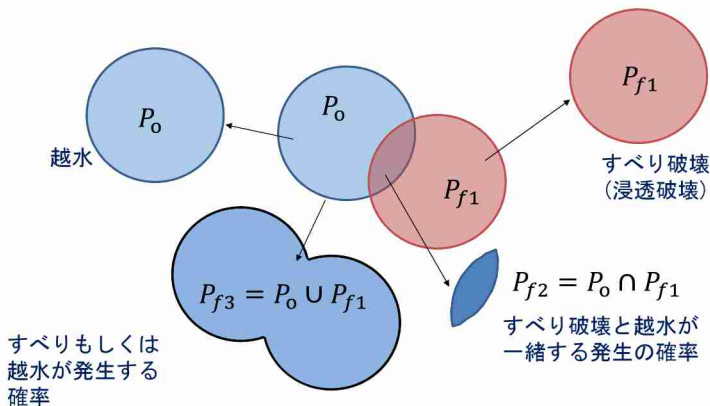


# 信頼性解析

## ②すべり破壊の確率



## 堤防破壊の信頼性解析



# 計算の仮定

- 堤防内の浸潤面と河川水位は同じ水平面を仮定する。
- 降雨から堤防に直接の浸透は無視する。
- 堤防の破壊は越水と浸透破壊, 二つ種類を計算する。
- 堤防の浸透破壊は円弧すべり計算法を用いて行う。
- すべり破壊は安全係数(FS)が1.0より小さいとき, 破壊を定義する。
- 計算回数は100,000回。
- 土質のバラツキは以下の通りとする

	粘着力 $c'$	内部摩擦角 $\phi'$	相関係数
変動係数(%)	40	13	-0.72

# 計算条件

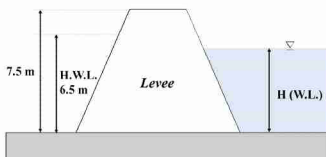
- 降雨流出の計算条件

$A=100 [km^2]$  ;  $r=50 [mm/h]$  ;  $t=5 [h]$  ;  $ks=0.02 [cms]$  ;  $L=30000 [mm]$  ;  $m=4$  ;  
 $i=15 [^\circ]$  ;  $D=200 [mm]$  ;  $w=0.42$  ;  $\sigma=4 [mm]$

- 堤防の勾配は

- 1:3, 1:4, 1:5, 1:6

- 土質の条件は  $r = 18 kN/m^2$




# 計算結果 砂質土ケース1


S1


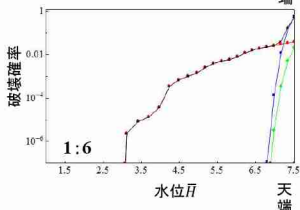
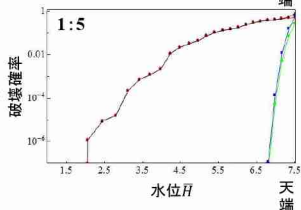
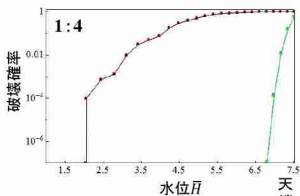
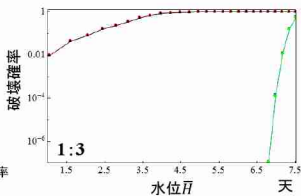
$$c' = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi' = 20^\circ$$


 $P_{FH}$  すべり破壊する確率


 $P_o$  越水確率


 $P_{F2}$  すべり破壊と越水が一緒する発生の確率



 $P_{F3}$  すべりもしくは越水が発生する確率


# 計算結果 砂質土ケース2


S3


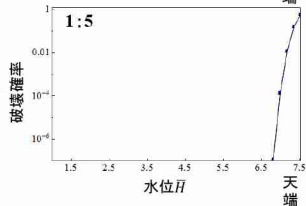
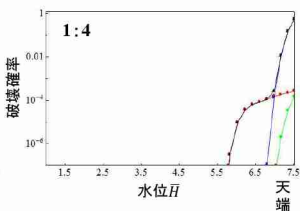
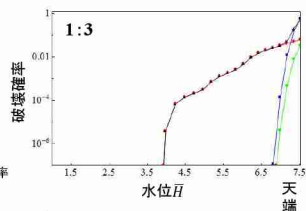
$$c' = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi' = 35^\circ$$


 $P_{FH}$  すべり破壊する確率


 $P_o$  越水確率


 $P_{F2}$  すべり破壊と越水が一緒する発生の確率


 $P_{F3}$  すべりもしくは越水が発生する確率





# 計算結果 粘土ケース1


C1


$$c' = 10 \text{ kN/m}^2$$

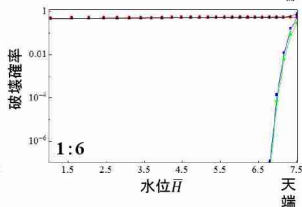
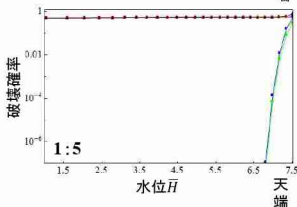
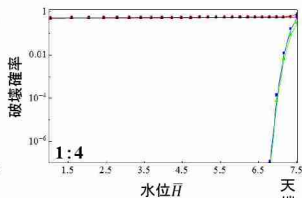
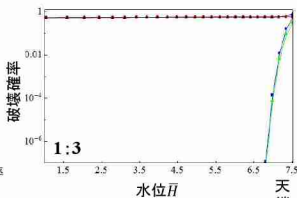
$$\phi' = 1^\circ$$

  $P_{F1}$  すべり破壊する確率

  $P_o$  越水確率

  $P_{F2}$  すべり破壊と越水が一緒する発生の確率

  $P_{F3}$  すべりもしくは越水が発生する確率




# 計算結果 粘土ケース2


C3


$$c' = 60 \text{ kN/m}^2$$

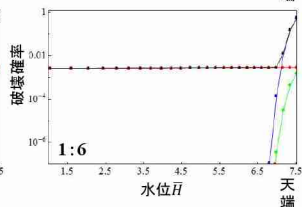
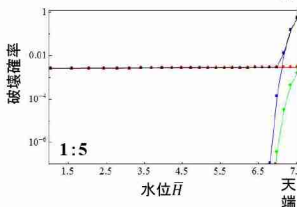
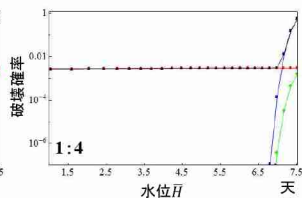
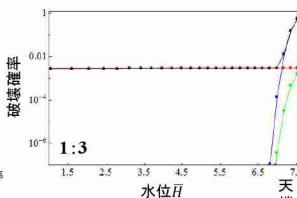
$$\phi' = 1^\circ$$

  $P_{F1}$  すべり破壊する確率

  $P_o$  越水確率

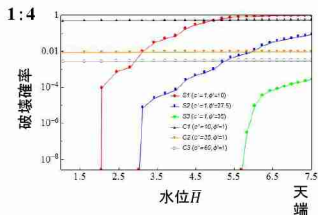
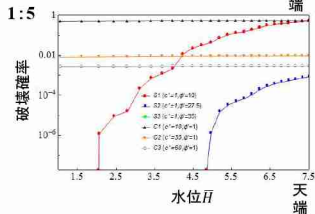
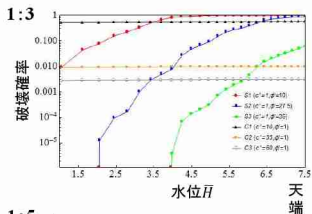
  $P_{F2}$  すべり破壊と越水が一緒する発生の確率

  $P_{F3}$  すべりもしくは越水が発生する確率



# 計算結果

Soil type	Scenario	Cohesion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Friction angle $\phi'$ [°]
Sandy soil	S-1	1	20
	S-2	1	27.5
	S-3	1	35
Clay soil	C-1	10	1
	C-2	35	1
	C-3	60	1



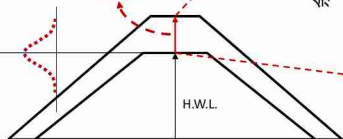
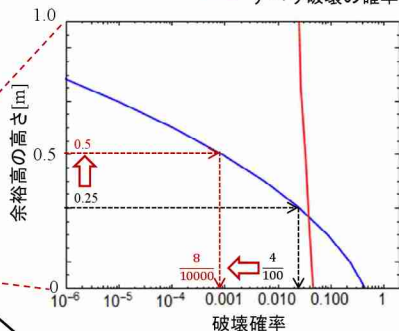
## 余裕高の意味

— 越水の確率  
— すべり破壊の確率

計算条件：

- S-1 ( $c'=1 \text{ kN/m}^2$   $\phi'=20^\circ$ )
- HWLは6.5m
- 計算水位は6.5m
- 余裕高は0~1.0m

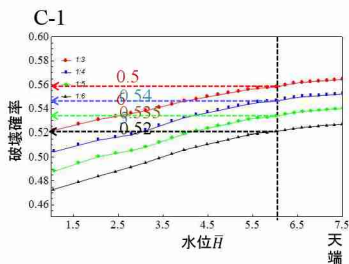
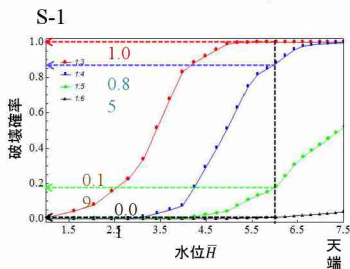
余裕高



# 勾配の影響

計算条件

- S-1( $c'=1 \text{ kN/m}^2$   $\phi'=20^\circ$ )
- C-1( $c'=10 \text{ kN/m}^2$   $\phi'=1^\circ$ )
- 勾配は1:3~1:6



## まとめ

降雨流出の基礎式と伊藤の確率微分方程式の関係から  
 雨の不確実性(標準偏差) $\sigma$ に対する流量の不確実性 $p(Q)$ ,  
 及び水位の不確実性 $p(h)$ を数学的に厳密に示した。

降雨流出過程の非線形性が強くなるのに従って,  
 流量、水位の分散は大きくなる。

流量、水位の分散は降雨の平均値  $\bar{h}$  に影響し,  
 降雨の平均値が大きくなるに従って、流量、水位の  
 分散は大きくなる。

河川堤防を越水する確率を理論的に説明した。その解釈には、  
 降雨の不確実性によって生じる水位の分布が含まれる可能性を  
 示した。同時に、他のリスクと比較できるようになる事を示した

## 国土交通技術行政の基本政策懇談会

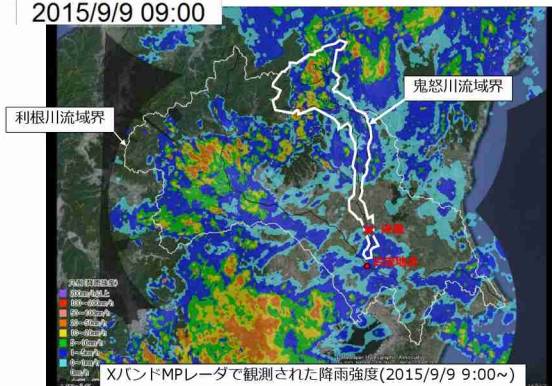
洪水時の避難情報及び浸水状況が  
住民の避難行動へ及ぼす影響

中央大学教授 山田正

2018年8月1日

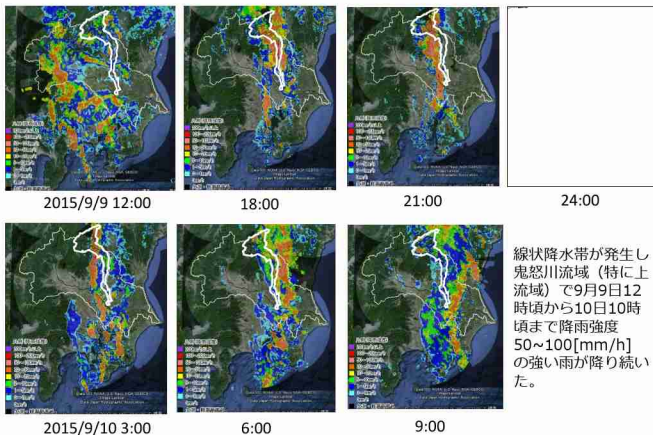
平成27年(2015年)9月関東・東北豪雨の降雨状況について

2015/9/9 09:00

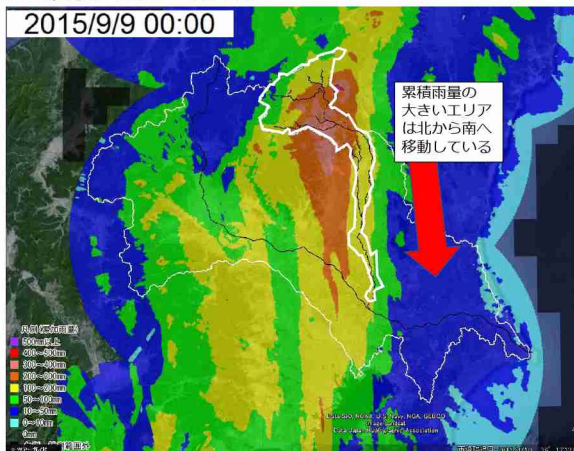


- ・利根川と鬼怒川の合流部：河口より 82.5K 地点
- ・決壊地点：利根川合流部から 21K 地点
- 鬼怒川流域面積：1,761[km<sup>2</sup>]
- 利根川流域面積：16,840[km<sup>2</sup>]

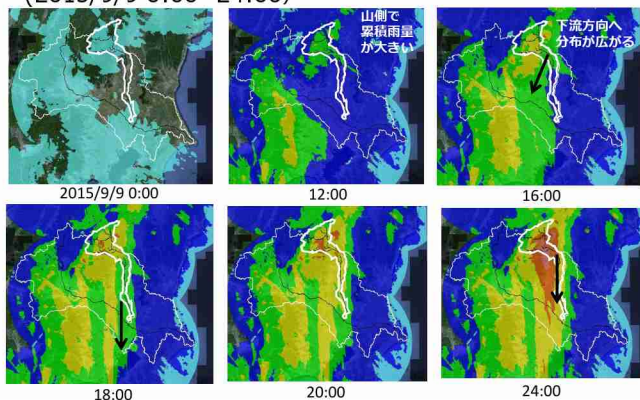
## 平成27年(2015年)9月関東・東北豪雨の降雨状況について



## XバンドMPLレーダにより観測された累積雨量の時空間分布 (2015/9/9 0:00~24:00)

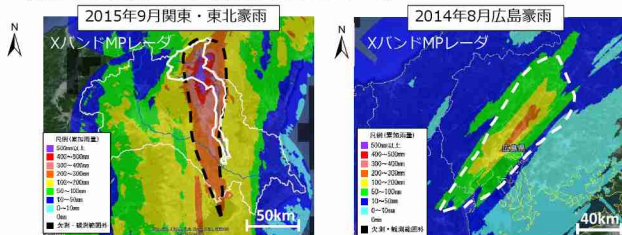


## XバンドMPLレーダにより観測された累積雨量の時空間分布 (2015/9/9 0:00~24:00)

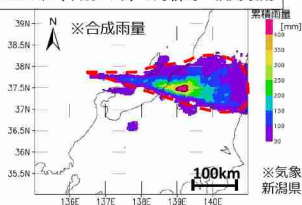


強い雨域（雨のパターン）は南から北へ移動したが、累積雨量の大きいエリアは北から南へ移動した。河川の流下方向と一致しているため流量が大きくなった可能性

## 線状降水帯の累積雨量について



### 2004年（平成14年）7月新潟・福島豪雨



線状降水帯の累積雨量の空間分布は涙型となる

※気象庁合成レーダを基にアメダス・国土交通省・新潟県の地上雨量データを用いて補正した雨量

## 平成27年(2015年)9月関東・東北豪雨による鬼怒川洪水の概要



救助の様子(毎日新聞Web版より引用)

平成27年(2015年)9月関東・東北豪雨による鬼怒川の溢水及び堤防の決壊によって、茨城県常総市の広範囲で浸水被害が生じ、逃げ遅れた住民**約4,300人**が救助された(内ヘリコプター1339人、地上部隊2919人)。

<茨城県常総市>

人口：64,854人(23,349世帯) (平成27年10月1日現在)

浸水区域内人口：43,195人(常総市-伊より集計)

浸水区域内世帯数：15,565軒(常総市-伊より集計)

常総市の住民の避難者数：6,223人(中央防災会議資料)

最大浸水面積：約40km<sup>2</sup>(国土地理院公表値)

「平成27年9月関東・東北豪雨」に係る鬼怒川の洪水被害及び復旧状況等について(平成28年1月29日)  
国土交通省関東地方整備局 より

7

## 鬼怒川の変遷



鬼怒川・小貝川分離

江戸時代初期まで、小貝川は鬼怒川と合流し常陸川(利根川)へ注いでいた。

1630年(寛永7年)に大木大地を掘削して利根川につなぎ、鬼怒川と小貝川が分離された。

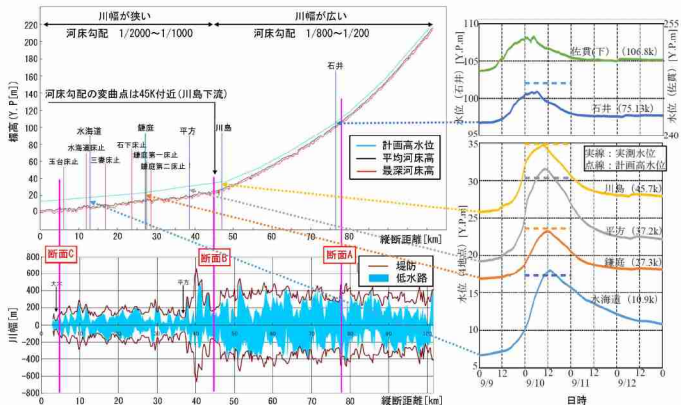
鬼怒川の河道変遷

年	内容
神護景雲2年(768年)	鬼怒川流路開削。大渡戸から桐ヶ瀬(現下妻市)に至る流路が開削される。【宅野川(鬼怒川)を掘って新しい水路をつくって洪水を防いで田畑や用水路を守るという目的があったという記録がこの『続日本紀』】
承平年間(931~938年)	糸織川を通じて小貝川を合わせていた鬼怒川は、別れて南流し、糸織川部分は旧河道となった。下流の谷和原村寺畑地先(現つくばみらい市)で再び鬼怒川と合流していた。
寛永6年(1629年)	大木の開削。大木台地(守谷市)を掘削して常陸川(現利根川)につなげた。
寛永7年(1630年)	鬼怒川と小貝川を分離。鬼怒川を谷和原村寺畑地先で締め切り、小貝川と分離した。(谷和原の開削と鬼怒川舟運の整備が目的とされる。)

「明治以前日本土木史」他による

国土交通省関東地方整備局  
「第1回鬼怒川・小貝川有識者会議」資料より引用

## 鬼怒川の河床勾配・川幅とH27洪水時の水位ハイドログラフ

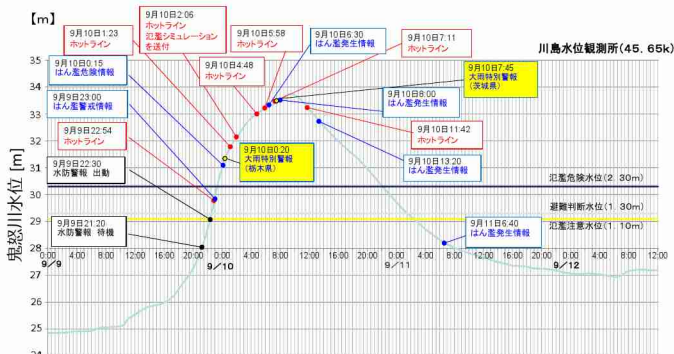


土木学会・地盤工学会合同調査団：「平成27年9月関東・東北豪雨による関東地方災害調査報告書」より引用・加筆

9

## 国土交通省から常総市への情報提供

## 情報提供の状況

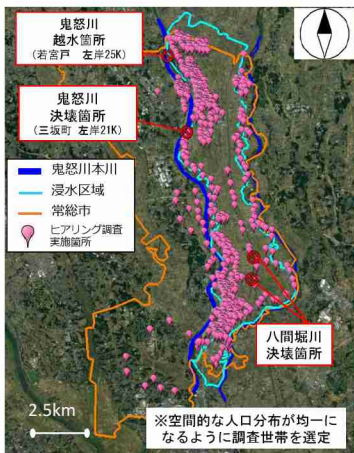


\*ホットライン：国土交通省から常総市長へ、電話連絡による水位等の河川情報の提供

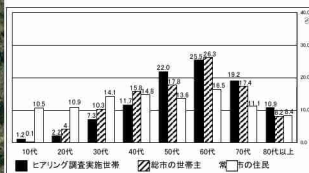
出典：国土交通省関東地方整備局：『平成27年9月関東・東北豪雨』に係る洪水被害及び復旧状況等について(平成28年1月29日)



## 常総市の住民へのヒアリング調査の概要



調査期間：3日間（2015年11月21日-23日）  
 調査員：20名（学生）  
 調査対象：常総市内の浸水区域または  
 避難勧告・指示が発令された地区の住民  
 取得数：516件  
 調査方法：対面式でのヒアリング調査



<茨城県常総市>  
 人口：64,854人(23,349世帯) (平成27年10月1日現在)  
 浸水区域内人口：43,195人(常総市HPより集計)  
 浸水区域内世帯数：15,565軒(常総市HPより集計)  
 常総市の住民の避難者数：6,223人(中央防災会議資料)  
 最大浸水面積：約40km<sup>2</sup>(国土地理院公表値) 11

## 住民ヒアリング調査の概要

ヒアリング項目：約30問

- 被災状況、避難状況について
  - ・自宅の浸水状況
  - ・避難の状況 等
- 災害情報の入手状況について
  - ・災害時に聞いていた情報の種類と情報の取得手段
  - ・避難勧告・指示を聞いた時刻 等
- 情報と危険性の認識について
  - ・日頃のハザードマップの確認状況
  - ・緊急時の家族の避難場所
- 回答者属性
  - ・年代、居住年数、水害被災経験の有無 等



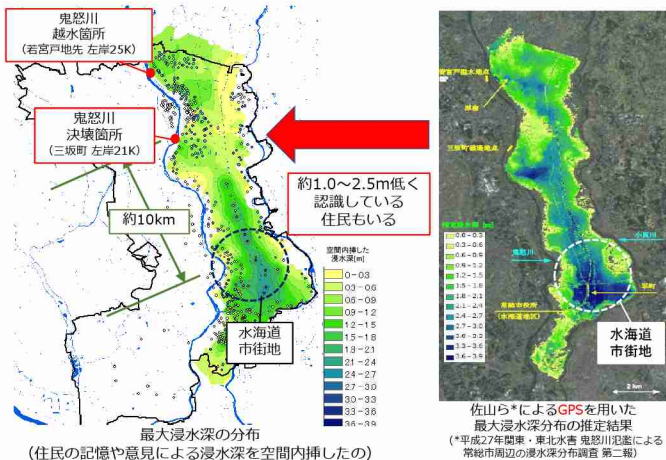
被災された方の自宅での調査



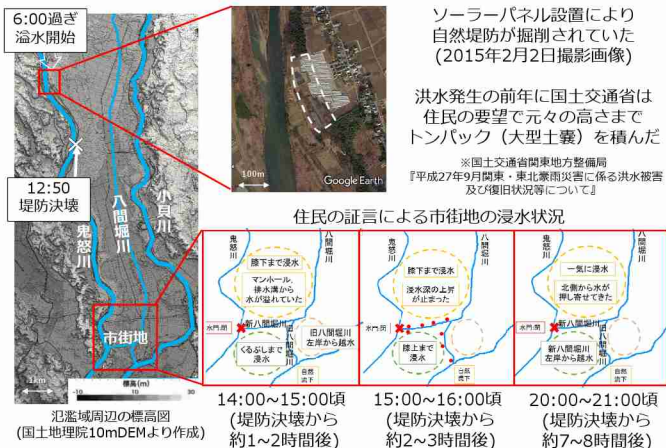
避難所での調査

ヒアリング調査の様子

## 常総市の住民ヒアリング調査による浸水深の推定結果の比較



## 浸水区域の地形特徴と市街地の浸水状況について



## 浸水区域の地形特徴と市街地の浸水状況について

6:00過ぎ  
溢水開始

12:50  
堤防決壊



氾濫域周辺の標高図  
(国土地理院10mDEMより作成)



ソーラーパネル設置により  
自然堤防が掘削されていた  
(2015年2月2日撮影画像)

洪水発生の前年に国土交通省は  
住民の要望で元々の高さまで  
トンパック(大型土嚢)を積んだ

市街地の住民は膝下程度の支川からの浸水を鬼怒川本川の氾濫水と勘違いして避難のタイミングを見誤った

### 住民の証言による市街地の浸水状況



14:00~15:00頃  
(堤防決壊から  
約1~2時間後)

15:00~16:00頃  
(堤防決壊から  
約2~3時間後)

20:00~21:00頃  
(堤防決壊から  
約7~8時間後)

## 洪水氾濫解析による常総市内の浸水状況の再現

### 河道と氾濫原の一体解析

#### 基礎式(浅水流方程式)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{h} \right) = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{h} \right) = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$$

$M, N$ :  $x, y$ 方向の流量フラックス

$t$ : 時間座標、 $x, y$ : 平面座標

$h$ : 水深、 $g$ : 重力加速度

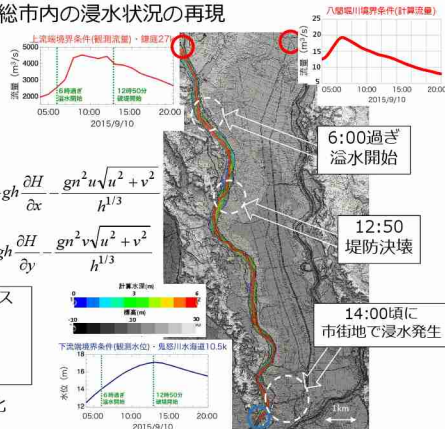
$n$ : 粗度係数、 $H$ : 水位

$u, v$ :  $x, y$ 方向の流速

Leap-frog法により差分化

$$\Delta x = \Delta y = 10\text{m}, \Delta t = 0.2\text{s}$$

粗度係数は河道と氾濫原で  
一様に $0.03[\text{m}^{-1/3}\text{s}]$ とした



6:00過ぎ  
溢水開始

12:50  
堤防決壊

14:00頃に  
市街地で浸水発生

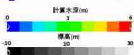
2015/9/10 04:00

## 洪水氾濫解析による浸水拡大状況と住民の避難行動について

B.C. 鬼怒川の上流端流量(観測値)

2015/9/10 04:00

- 避難した世帯の代表者(161)
- 避難した世帯の代表者(142)  
(避難開始時間と避難先不明)
- 避難しなかった世帯(209)



12:50に  
堤防決壊

計算格子:  
10m × 10m  
 $\Delta t = 0.2s$

避難先が不明な住民  
はこの枠内へ移動

B.C.  
鬼怒川の水位  
(観測値)

1km

14:00過ぎに  
浸水が始まる

6:00過ぎ  
に溢水

B.C. 八間堀川の上流端流量  
(流出解析より算出)

ヒアリング調査 516件実施

「避難した」と303件のうち、  
避難経路と避難開始時間・  
避難先到着時間が分かる  
161件の動線をプロット

・溢水箇所周辺の人は  
浸水以前の早い段階で  
避難をしている住民が多い

・市街地や鬼怒川・小貝川  
沿いでは避難しなかった  
住民が多い

## 他地域との日頃の防災意識についての比較

2015年8月に実施した京都府福知山市における住民ヒアリング調査



<京都府福知山市>

人口：79,916人 (平成28年2月末現在) (常総市：64,854人)

調査期間：2日間 (2015年8月29日-30日)

調査員：10名 (学生)

調査対象：福知山市内の浸水想定区域内の住民

取得数：215件

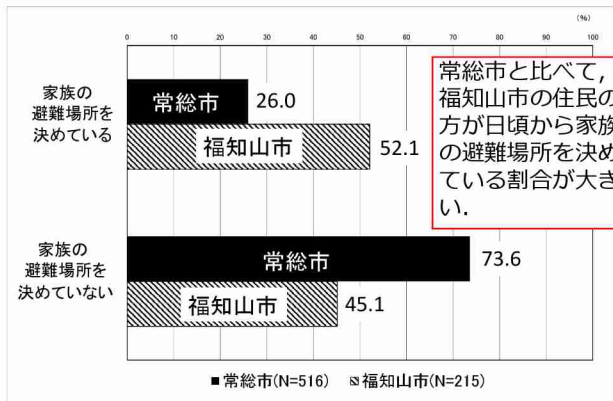
調査方法：対面式でのヒアリング調査

2013年、2014年と2年続けて  
由良川の氾濫による浸水被害が発生

1945年以降の約70年間で13回の  
浸水被害が発生している地域

## 常総市と福知山市における避難場所を日頃から決めている住民の割合

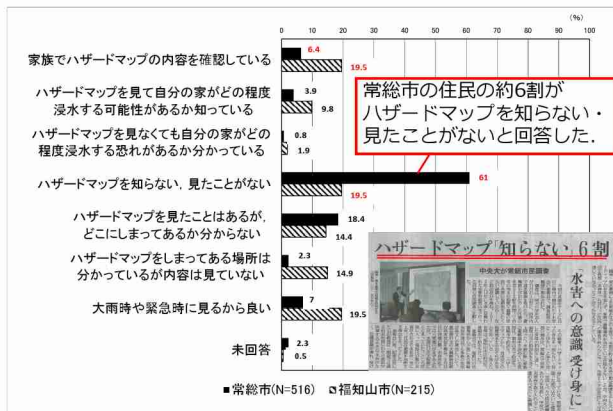
質問項目：日頃から家族の避難場所を決めているか



19

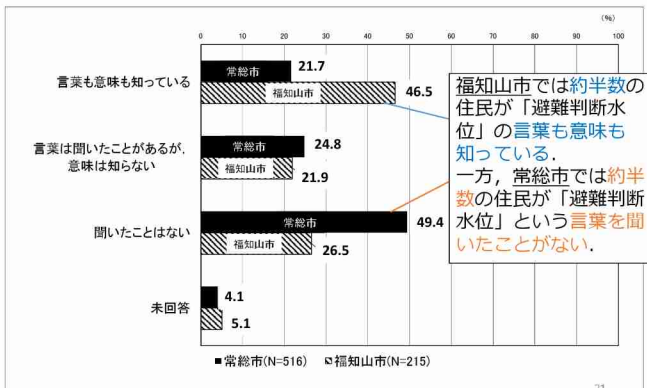
## 常総市と福知山市における日頃のハザードマップの確認状況

質問項目：ハザードマップを見たことがあるか。



## 常総市と福知山市における「避難判断水位」という言葉を知っている住民の割合

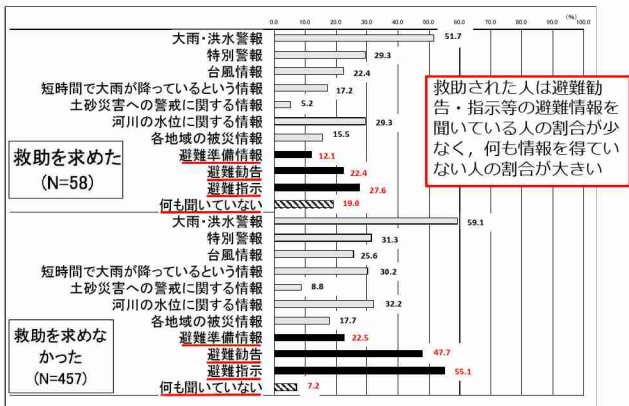
質問項目：「避難判断水位」という言葉や意味を知っているか



21

## 常総市における「救助要請状況」と「災害時に聞いていた情報」の関係

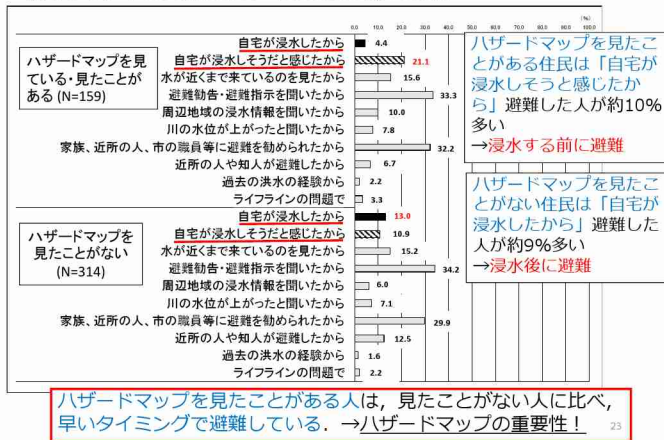
質問項目：「救助を求めましたか？」×「今回の災害時に聞いていた情報をすべて教えてください（複数回答）」



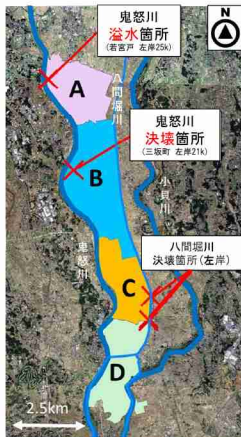
22

## 常総市における「ハザードマップ確認状況」と「避難のきっかけ」の関係

質問項目：「ハザードマップをみましたが？」×「避難のきっかけは何でしたか？」



## 地区毎の避難に関する情報の取得状況と避難状況



ヒアリング実施箇所の区分図

## 4つの地区を定義して

情報取得状況と避難状況について整理した。

地区A：鬼怒川堤防からの溢水箇所周辺  
(原宿・小保川・本石下・若宮戸)

地区B：鬼怒川堤防の決壊箇所周辺  
(新石下・東野原・三坂町・三坂新田・大房・山口・平内・収納谷)

地区C：鬼怒川堤防決壊箇所と水海道市街地の間  
(沖新田町・中妻町・中山町)

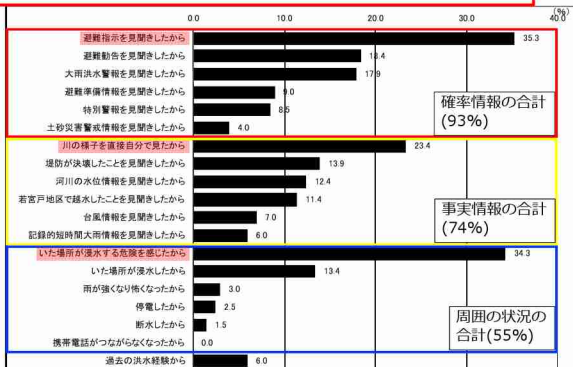
## 地区D：水海道市街地

(相野谷町・森下町・橋本町・小山戸町・淵頭町・本町・栄町・宝町・山田町・諏訪町・高野町・天満町・川又町)

## 避難のきっかけについて（複数回答）

事実情報：その時点までに発生・観測された事実などの情報（ex.雨量や水位の観測値に基づく情報）

確率情報：その時点以降に何らかの事象の発生確率が高いこと(ex.特別警報、避難指示)

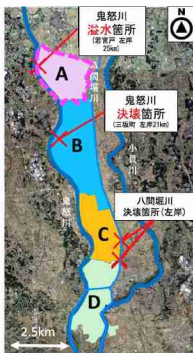


避難のきっかけは、**確率情報**の合計が最も多く93%、次いで事実情報、周囲の状況であった。

N=201

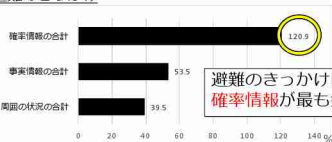
25

## A地区（溢水箇所周辺）避難のきっかけと避難開始時刻

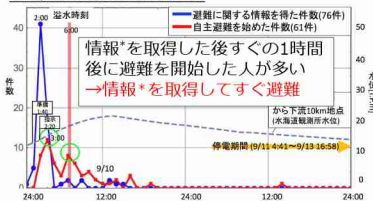


ヒアリング実施箇所の区分図

## 避難のきっかけ



## 避難開始時刻と情報取得状況



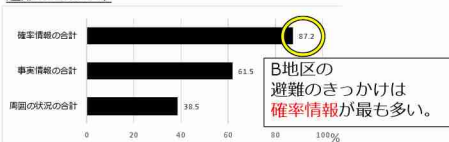
- 日頃から浸水のリスクを容易に認識できるA地区では確率情報で避難した。



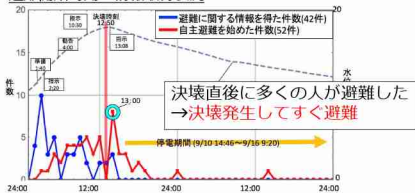
## B地区（決壊箇所周辺）避難のきっかけと避難開始時刻



## 避難のきっかけ



## 避難開始時刻と情報取得状況

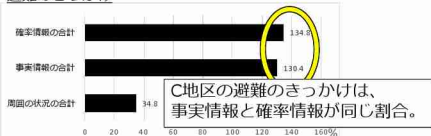


- 避難のきっかけは確率情報が多い。
- 決壊はいつでも発生するか予測困難であり、事前に情報得ても避難せず、実際に決壊してから多くの人が避難している。

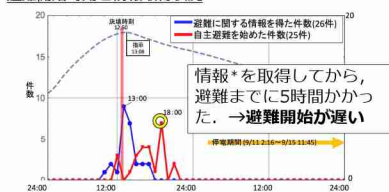
## C地区（決壊箇所と市街地の間）避難のきっかけと避難開始時刻



## 避難のきっかけ

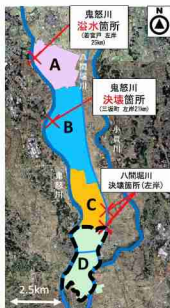


## 避難開始時刻と情報取得状況



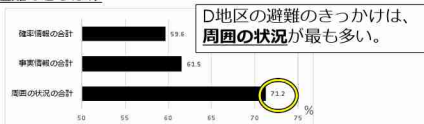
- 情報を得てから避難するまでに時間がかかっている。  
確率情報と事実情報の合計が大きい  
→複数の情報を総合的に判断して避難したと考えられる。

## D地区（市街地周辺）避難のきっかけと避難開始時刻

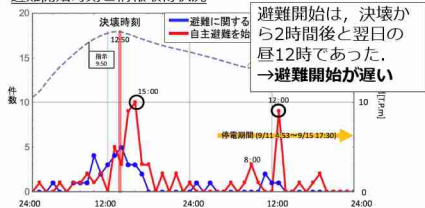


ヒアリング実施箇所の区分図

## 避難のきっかけ



## 避難開始時刻と情報取得状況

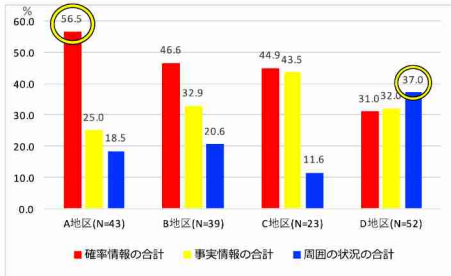


避難が遅く、これから起きる可能性がある確率情報・今起きている事実情報よりも、**周囲の状況に変化が起きたこと**が避難のきっかけとなっていた。

## 地区ごとの避難のきっかけ（複数回答）



ヒアリング実施箇所の区分図



A地区：住民が浸水リスクを容易に認識できる地区では**確率情報**が最も多い。

B地区：確率情報が最も多いが、事実情報もA地区より多い。

C地区：確率情報と事実情報はほぼ同割合。

複数の情報を総合的に判断して避難したと推測できる。

D地区：2度の浸水で逃げ遅れて避難する人が少なかった地区では、避難のきっかけが例えば周囲の浸水の**周囲の状況**が多かった。

## 避難に効果のあった情報について

既知

$p(x)$  : 避難した住民の割合 (確率)  
 $p(y)$  : ○○情報を聞いた住民の割合 (確率)  
 $p(y|x)$  : 避難した人が聞いた○○情報の割合 (確率)

$p(x|y)$  : ○○情報を聞いて避難した住民の割合 (確率)

$$p(x|y) = \frac{p(y|x)p(x)}{\sum_x p(y|x)p(x)} \quad \text{Bayesの定理}$$

事後確率                      事前確率

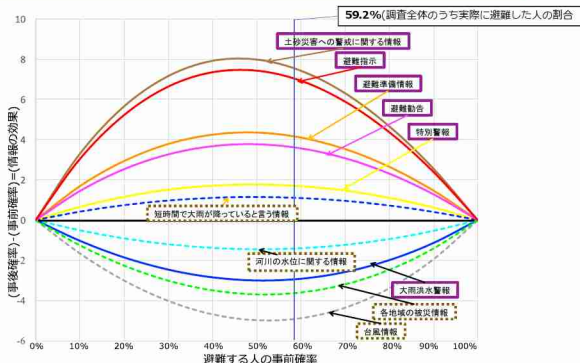
(○○情報が避難に及ぼした効果) = (事後確率) - (事前確率)

31

## 常総市全体 情報を得て避難した人の事後確率と避難する人の事前確率の関係

事実情報: その時点までに発生・観測された事実などの情報 (ex.雨量や水位の観測値に基づく情報)

確率情報: その時点以降に何らかの事象の発生確率が高いこと(ex.特別警報、避難指示)



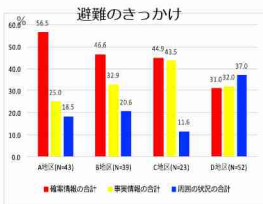
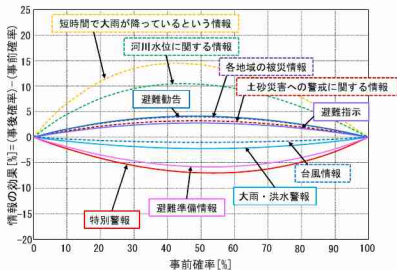
→常総市全体では事実情報よりも**確率情報**が避難に効果がある

32

## 地区A(溢水箇所周辺)



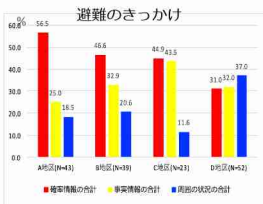
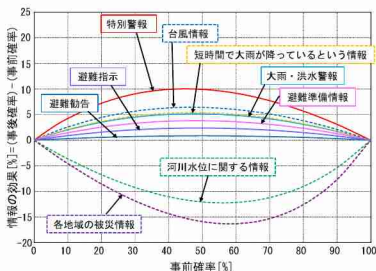
避難のきっかけは確率情報が最も多いが、避難に効果がある情報は雨量や河川水位のような事実情報が避難に効果があった。



## 地区B(決壊箇所周辺)



避難に効果がある情報は確率情報と事実情報の両方あるが、河川水位に関する情報を得た住民は避難しなくなっている。

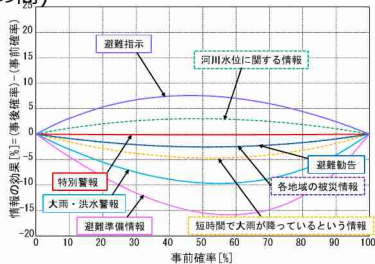


## 地区C(決壊箇所と市街地の間)

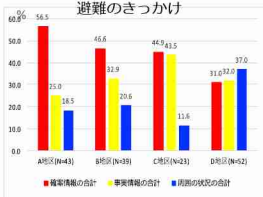


ヒアリング実施箇所の区分図

避難に効果がある少なく、  
避難指示と河川の水位に関する情報のみ。



避難のきっかけ

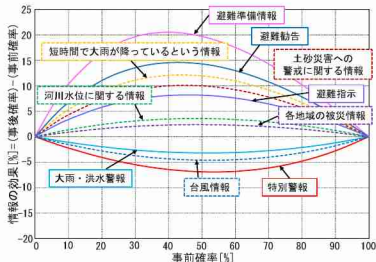


## 地区D(市街地)

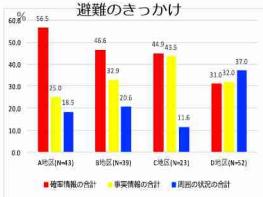


ヒアリング実施箇所の区分図

避難に効果がある情報は確率  
情報と事実情報の両方がある  
が、特に避難勧告や避難準備  
情報という避難に関する情報  
であった。

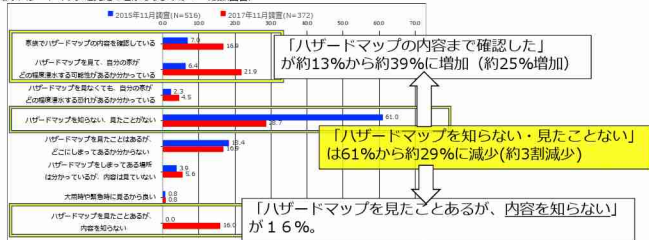


避難のきっかけ



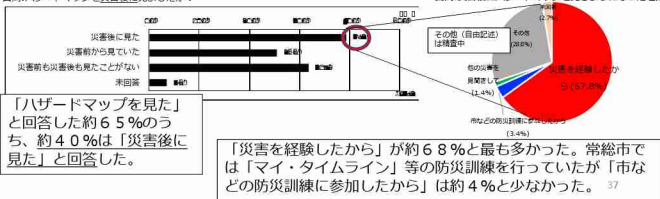
## ハザードマップ確認状況

質問:ハザードマップを見たことがありますか? (複数回答)



質問:ハザードマップを災害後に見ましたか?

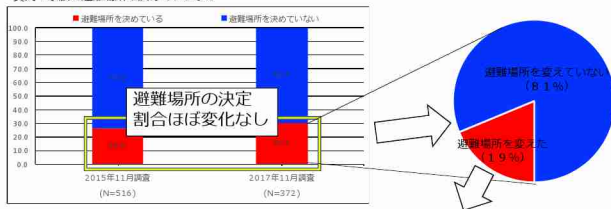
質問:災害後にハザードマップを見るようになった理由



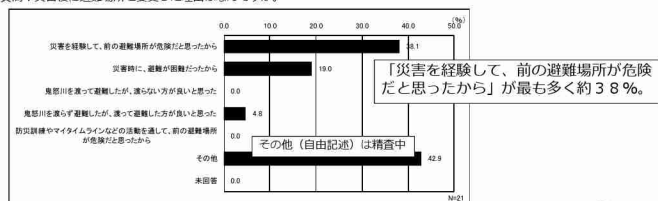
## 避難場所決定状況

質問:家族で避難場所を決めていますか?

質問:災害後に避難場所を変更しましたが。



質問:災害後に避難場所を変更した理由は何ですか。



平成 30 年 7 月 2 1 日

## 土木学会平成 29 年度会長特別委員会

## 「レジリエンスの確保に関する技術検討委員会」 治山・治水緊急提言

平成 29 年度土木学会会長 大石久和

土木学会では、平成 29 年度会長特別委員会として「レジリエンスの確保に関する技術検討委員会」を設置し、一年間の検討を経て、本年平成 30 年 6 月に『**「国難」をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書**』をとりまとめ、科学的に想定されている巨大災害の被害、ならびに、それに対する技術的対策の効果を技術的かつ定量的に分析し、それに基づいて**合理的な対策を可及的速やかに「完了」**することを、提案した。災害はいつ起こるか分からぬものであり、かつ、災害対策は災害が起こる「まで」に完了していなければ意味をなさないものだからである。

しかしその後、遺憾ながら、大阪北部の直下地震や、観測史上最高レベルの豪雨が西日本各地を襲い、多くの貴重な人命が失われた。例えば、今回の豪雨による小田川の堤防決壊は、かねてより技術的にそのリスクが指摘され、数十年間にわたってその対策が検討され、まさに対策を始める直前に生じたものだった。速やかに対策が完了していれば、この度の甚大な被害が回避できていた可能性が極めて高い。慚愧の念に堪えぬところである。

については本委員会では、本年 6 月の報告書提言、ならびに、本委員会河川分科会からの特別提言（別紙）を踏まえ、以下を提言する。

- (1) **地球温暖化による豪雨の頻発傾向と降雨の激甚化はもはや疑いなきもの**であり、日本のあらゆる場所において、今後大規模・広範囲な水害・土砂災害が発生する。**政府は民心の安定、公共福祉の増進のために、抜本的な治山・治水対策を早急に実施・展開しなければならない。**
- (2) 災害対策は、累積対策費が同一であっても、早く完了していればるほどに**累積の死者数と経済被害を縮減**でき、かつ、被災後の政府支出増と経済被害による**税収減を共に抜本的に軽減**できる。すなわち「事前防災」こそが災害対策における**最重要課題**なのであり、この点を踏まえ、「**将来世代を含む世代間の公平負担**」を**前提としながら資金を調達し、可及的速やかに対策を完了**しなければならない。
- (3) **政府が国土強靱化基本計画にて構想する『1人の命も失わない』という理念に基づく『国家百年の大計』を見据えた上で、本委員会が提唱する「15年で達成すべき強靱化目標」を、それぞれの災害、地域毎に速やかに決定**しなければならない。
- (4) その「15年の強靱化目標」の設定にあたっては、各地域、各災害毎の**災害の確率、被害想定、対策の費用と効果、ならびに長期金利等を総合的に勘案しつつ、15年で完了することが合理的であると判断できる対策を割り出して**いくことが必要である。については、**政府あるいは国会は、「合理的な対策を可及的速やかに明らかにする事」、および「明らかにされた諸対策を推進する事」のために必要な財政措置を臨時的、かつ、緊急的に法定化**していくことが必要である。
- (5) 治水の目標設定、その事業推進のためのマネジメント、および、施策推進の基本的な考え方の技術的内容等については、別紙の「**河川分科会提言**」を参照されたい。

平成 30 年 7 月 2 1 日

## レジリエンスの確保に関する技術検討委員会河川分科会緊急提言

レジリエンスの確保に関する技術検討委員会河川分科会 山田正

土木学会（平成 29 年度会長：大石久和）は、国難とも言える規模の地震や風水害に対して我が国のレジリエンスの確保に関する技術検討委員会（委員長：中村英夫）を立ち上げており、当委員会からの報告として国難をもたらす巨大災害についての技術検討報告書を取りまとめ発表した（本年 6 月）。一方、土木学会の常置委員会の一つである水工学委員会においては、3 年前の鬼怒川常総市を襲った洪水災害や一昨年の北海道での水害、そして昨年の九州北部水害、さらに本年の西日本水害を調査・研究してきた。

本緊急提言書は、上記報告書並びに研究成果を踏まえ、人命を守り、浸水被害を軽減・防護し、強靱な国土とするための今後の治水対策の在り方について、以下のとおり緊急提言するものである。

## 【本提言の前提となる我が国の状況認識】

- (1) 現状の我が国の土地利用は、戦後高度成長時代の都市部における無秩序なスプロール化や過剰な植林と不適切な管理状況による森林飽和に伴う流木や土石流のリスクの高い地区等災害脆弱性の高い地域への市街化を進行させてしまっており、今や、人口減少にともなう高齢化の進行による災害脆弱性の更なる増大と経済弾力性の低下による被害長期化の可能性が非常に高まっている。
- (2) 上述したことに加え、降雨の激甚化が進行しており、明らかに現在の災害対策についてパラダイムシフトが存在すると認識せざるを得ない。このため、今次災害を契機として、危険な都市周縁部から安全かつ集中投資の可能な都市部への回帰・コンパクトシティ化を含めた人口減少時代の日本の望ましい国土のあり方を根本から見直すとともに、将来を展望した総合的な豪雨災害対策に関する法的・制度的変革を必要としている。

## 【本提言の基本的考え方】

- (1) 地球温暖化による豪雨の頻発傾向と降雨の激甚化はもはや疑いなきものであり、日本のあらゆる場所において、今後大規模・広範囲な水害が発生する。**政府は、民心の安定、公共福祉の増進のために、抜本的な治水対策を早急に実施・展開しなければならない。**事後的な対応では人命や経済被害を免れず税収へも悪影響も発生するため、豪雨の激化を前提とした事前の防災対策を徹底的に強化すべきである。
- (2) 従来、治水対策においては人生に一回程度遭遇する可能性のある L1 レベルの降雨に対して、主に堤防・ダム等の治水施設で対応する計画としてきた。**今後、抜本的な治水**

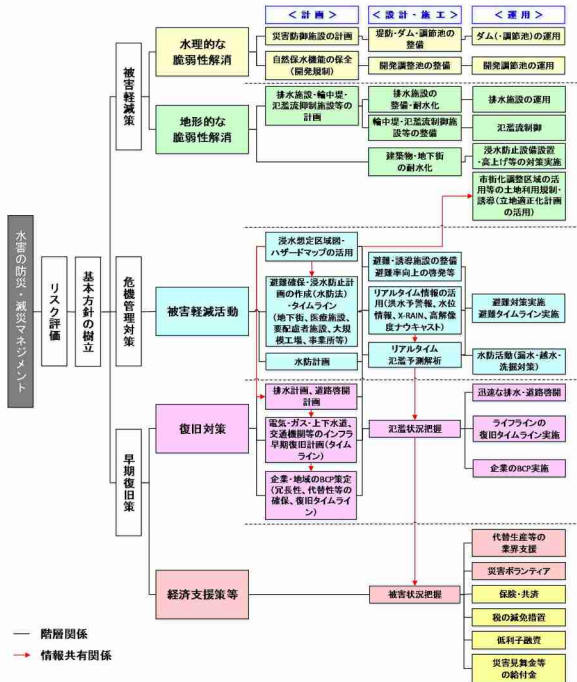


**対策を実施・展開するにあたっては、L2 レベル（想定される最大級の洪水）までを対象とし、河川空間だけでなく、津波防災地域づくり法にあるような、流域や氾濫原全体を視野に入れた、適正な土地利用等を含む総合的な洪水リスク低減のためのマネージメントを早急に行うべき**である。なお、将来降雨の増加量には不確実性が内在しているので、メタ計画の下に、段階的なマネージメントを展開するべきである。

- (3) 中小河川の氾濫原においては、降雨から氾濫までの時間が非常に短く、水害被害軽減のための洪水予警報や避難勧告・指示等の対策が有効に機能しない可能性が高い。そのため、生命にかかわる浸水が想定される場所については、積極的に土地利用計画や立地適正化計画等によって、洪水リスクに応じた適切な土地利用・施設配置を展開すべきである。したがって、長期的には、人口減少化における我が国の方向性を確立することを目的として、その土地のリスクとわが国の人々の住まい方を含む国土利用のあり方に関する議論を深めていく必要がある。

#### 【具体的な施策提言】

- (1) 各主体によって展開・実施される対策を総合的にとりまとめ、**中長期的な予算的な裏打ちを持った計画**の下に事業を実施するため、**緊急措置法等の法的な裏打ちとそれに基づく行政組織の総合化**が必要である。
- (2) **具体的に実施する緊急事業は緊急国債を起債し、この財源の下に速やかに国土全体のストレスチェックを行い必要な対策を割り出し、事業を実施する。**
- (3) 緊急事業後に計画的に実施すべき降雨の激甚化に対する**緊急洪水被害軽減マネージメント計画（仮称）**を作成し、実行する。また、事業の進捗管理を行うために5年程度毎にPDCAを回すマネージメントシステムの構築を図る。なお、緊急洪水被害軽減マネージメント計画（仮称）に基づいて実施される事業は国民の福祉向上を目的とすることを鑑み、**政府は上記 PDCA マネージメントを適切に持続的に運用するための財源を調達する。**
- (4) 合理的・効率的な治水対策を展開するために、**必要に応じ河川管理者の管理区域（大區管理区間と知事管理区間）を変更・再調整**することにより、氾濫原の安全度を向上させる。
- (5) **避難に関する情報を高度にかつ効率的に伝達するためのハード対策とソフト対策を充実させる。**さらに、豪雨による浸水域が大規模・広域化している現状を勘案し、広域的な被害想定等が適切に行え、首長等の意思決定を支える危機管理の専門家を育成する。
- (6) 災害を受けた地域の復旧・復興を行う際には、地域の活力が維持・増進されるように、地方創生の観点も入れた総合的な復旧・復興が実施できるようにすることが肝要である。このため、産業構造が変化しつつあり、農業等の一次産業の基盤を強化する必要がある地域においては、被災地区だけでなく、総合的な復旧・復興対策が実施できるような制度、復興のための事前準備等の検討が急務である。このような復興思想は2015年第3回国連防災会議で採択され世界標準となった仙台防災枠組みの“**Build Back Better**”の考え方そのものである。



緊急洪水被害軽減マネジメント計画（仮称）のイメージ

## 防災・道路・まちづくり

山田 正

## 【自然災害からの守り方】

地球温暖化による豪雨の頻発傾向と降雨の激甚化はもはや疑いなきものである今日は、例えばスーパー堤防のような構造物を道路・堤防・宅地として区別している時代ではない。わが国の技術の総力を挙げて対策にあたるべきである。大洪水、大氾濫、土石流、高潮、津波等が起きても、そこに人と主要都市が無ければ人的・経済的被害は生じない。

そこで、①中央（東京・名古屋・大阪）及び、②政令指定都市、③地方中核都市、④地方都市、⑤人口2万人以下の都市、⑥村、⑦集落を自然災害から国土を守るための方法として以下の4つを提言する。

## (1) 守る（ハード整備）：

土砂災害時には土砂の堆積や道路橋の崩壊により幹線道路が寸断され、被災地復旧の大きな妨げとなるため、壊れにくく、壊れても修復が容易な構造の道路の整備を実施するべきである。

## (2) 逃げる（ソフト整備）：

大洪水時には道路（アンダーパスを含む）の冠水や土砂の堆積によって通行できない区間が生じ、適確な避難の障害となるため、通行可能な道路の情報をリアルタイムに周知するシステムを構築し、広く普及するべきである。

## (3) 受容・受忍する：

ハザードマップを活用し、予め居住地ごとの被災のリスクやとるべき避難行動を住民に周知するべきである。さらに、住民一人一人が、避難所の場所や確実に避難所へ到達できる避難経路を事前に確認するための避難訓練を日本中の学校や地域単位で徹底して実施するべきである。また、洪水時に避難経路として確実に通行できる道路を整備するべきである。

## (4) いなす：

災害による被害を抑えるという発想から、災害をいなす（かわす）という発想の転換をするべきである。そのためには、輪中堤や、道路に二線堤としての機能を持たせるべきである。さらには、地方の道路や橋梁を高架橋・沈下橋にすること等、新旧技術の総力を挙げるべきである。

## 【短・中・長期スケールでやるべきこと】

上述の対策を実現するために、まず、5年のスケールで国土のストレスチェックを実施し、必要な対策を割り出す。そして、災害の発生確率、被害想定、対策の費用と効果、並びに長期金利等を総合的に勘案した15年で完了することが合理的な『15年の強靱化目標』を達成する。さらに、交通・エネルギー輸送体系と防災体系の確立を30年のスケールで行う。その後、浸水や土砂災害の発生が想定される地域について土地利用・立地適正化計画等により災害のリスクに応じた適切な土地利用を見直す。それを基に、その土地のリスクと我が国の人々の住まい方を含む国土利用のあり方に関する議論を50年~100年かけて深めていく。

# グリーンインフラからの アプローチ：英国 気候変動適応＋内水氾濫対策

木下 剛

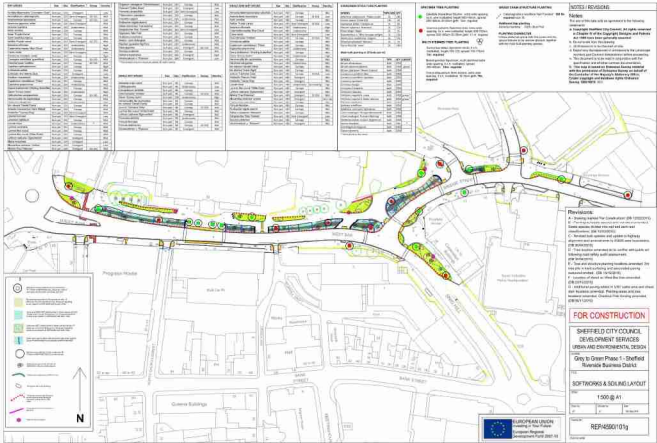
千葉大学大学院園芸学研究科

---

## 話題

- 道路における取り組み
- 住宅地における取り組み
- 河川及び公園における取り組み
- 洪水リスク評価と開発許可制度
- 計画・事業の戦略性
- 内水氾濫対策としてのSuDS (Sustainable Drainage System)

### Grey to Green Phase 1



Source: Sheffield City Council



Grey to Green Phase 1

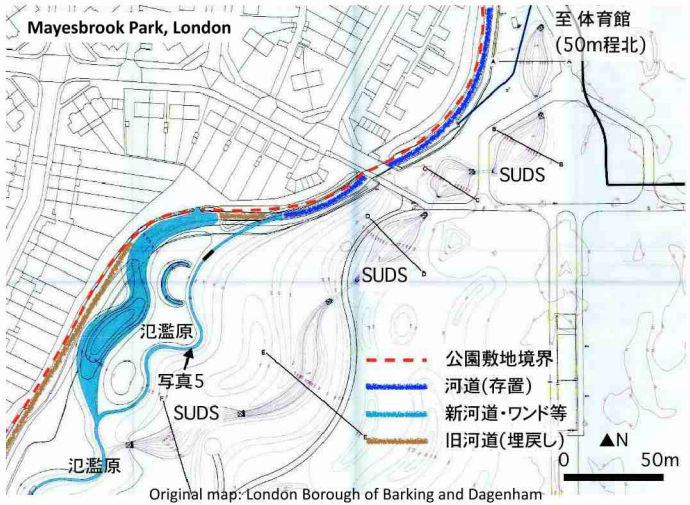


Sustainable Drainage in SUDES is a new approach to managing rainfall by using natural processes in the landscape to reduce flooding, control pollution and provide amenity for the community.

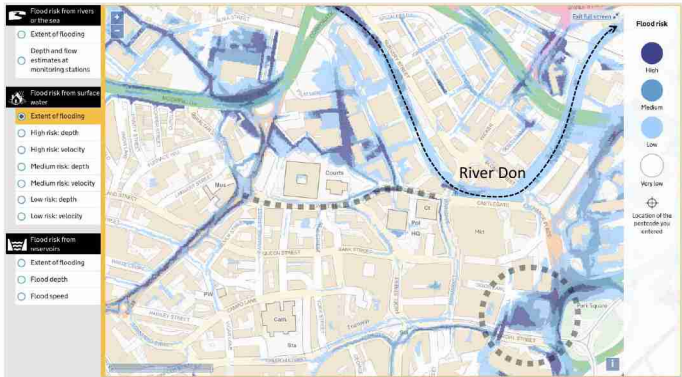
Rooftop rain is collected in water butts, for use in gardens, or these drains to permeable paved areas. Water flows through to grass basins where it is stored before release to a local ditch. Rain falling on roads or paths will pass through block paving, where it is filtered and stored in the space below, or on permeable paving through a drainage layer. Rainwater is then stored in a storage pond with a trickle of water flowing through the water saving garden. Rainwater is then used to water the garden. Rainwater is then used to water the garden. Rainwater is then used to water the garden.



Lamb Drove, Cambridgeshire



## 内水氾濫リスクマップ Flood risk from surface water



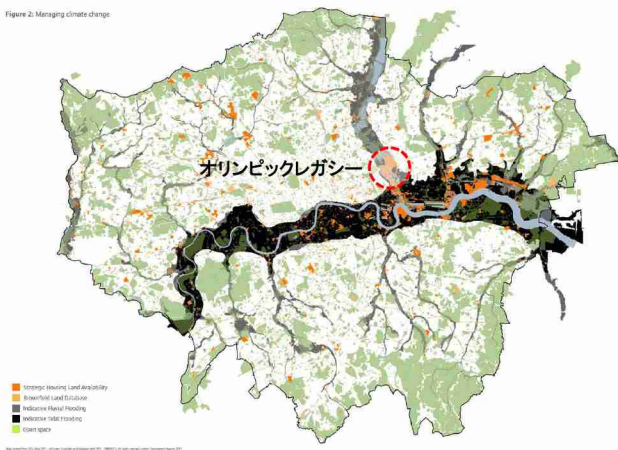
Environment Agency, GOV. UK

<https://flood-warning-information.service.gov.uk/long-term-flood-risk/map>



# 全ロンドングリーングリッド All London Green Grid, 2012

Figure 2: Managing climate change



East Village and Queen Elizabeth Olympic Park, London

# The SuDS Manual



Department  
for Environment  
Food & Rural Affairs

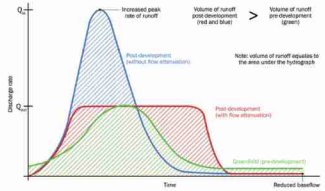


Figure 3.1 Example of a runoff hydrograph

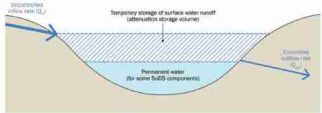


Figure 3.2 Controlling runoff rates using attenuation storage

## SuDS Advisory Body, Lead Local Flood Authorities (LLFA) Flood & Water Management Act 2010



2018.8.1 日本大学特任教授 石田 東生

国土交通技術行政の基本政策懇談会 第2回 話題提供  
地球温暖化政策と国土交通省

## 1. 国土交通省が、日本・世界のために地球温暖化政策により積極的になるべき二つの理由

- ・ 我が国では交通・民生業務・民生家庭など国土交通行政の対象範囲からの CO2 排出量がすでに総排出量の 50%以上を占めさらに増加しつつある。国土交通省の責務は大きい。
- ・ 緩和策 (mitigation) と適応策(adaptation)が地球温暖化対策の重要な両輪であることは論をまたないが、緩和策と適応策ともに政策体系の中に有しているのは、国交省と農水省のみである。
- ・ 参考
  - 産業セクター別のアプローチの経産省、国民運動的アプローチの環境省だけでは、インフラ政策が取り込めず限界がある。
  - にもかかわらず、国土交通省のプレゼンスがほとんど感じられない。
  - 気候変動適応法(2018.6.13 公布)は環境省所管であるが、・・・

## 2. 政策の提案

- ・ 前提： 緩和策は平時対応、適応策は災害時対応(あるいは災害への平時からの備え)と大きく切り分けて記述する。
- ・ 防災川まちづくり
  - スーパー堤防概念をさらに発展させて高機能堤防を提案しているが、「堤防」といった瞬間に一部局の政策という印象になる。
  - 洪水時の安寧・強靭性はもちろん、平時にも CO2 削減・豊かなモビリティに大きく貢献するような、水局・都市局・道路局・自動車局・鉄道局・総合政策局などを貫くコンセプト形成ができないか。
- ・ MaaS (Mobility as a Service：一つに統合されたサービス提供が重要)
  - 未来投資戦略 2018 でもフラッグシッププロジェクトとして位置づけられていて、具体的展開と社会実装が喫緊の課題である。
  - 前回の会費でも指摘したが、諸交通サービスの統合的提供はわが国では大きく立ち遅れていて、個々のサービスレベルは非常に高いだけに宝の持ち腐れ感が強い。
  - 平時でのより高いモビリティサービスの経営・人材・環境・都市/地域の魅力と持続性の向上と

平時の連携・協働の災害時での活用を目指した MaaS をごく少数(1 つが望ましい)の都市で、米国オハイオ州コロンバス市で壮大な産官学一体となった挑戦に倣って、早急にプロジェクト形成を図るべき。Smart City Challenge はトランプ政権への移行により実施が一時危ぶまれていたが、4000 万ドルの公的資金もあって現在 5 億ドル超の民間ファンドも集まり活発に活動が開始されている。

- 内閣府・環境省・他局(道路、総政局、自動車局、鉄道局)なども参画してもらい、都市局の Smart City Challenge を大拡大してはどうか。

- ・ 物流・ロジスティックスの高度化

- 災害時物流・復興物流の重要性は最近の災害もあって、重要性認識が高まっている。強靱化・適応策としても重要であるが、緩和策としても物流も Green Transport という名が示すようにこれまでも重要政策として取り組まれてきているが、やはりセクター的取り組みという印象が強い。
- Logistics as a Service というコンセプト形成はできないだろうか。国際ゲートウェイである港湾・空港の AI 化・補強、ラスト 1 マイルの連結、自動運転・隊列走行対応へ向けた高速道路の高機能化・改築(新東名その他の骨格的高速道路の 6 車線化・高機能化)、高速道路上あるいは沿線のバスターミナル、隊列走行基地の整備などを連携させるような情報/オペレーション・プラットフォームの構築などが主要要素になるのではないかと。

### 3. 実施に向けて

- ・ 使える要素技術は豊富にあると評価できるが、それを一つのサービス、あるいは大きなビジョンに統合・総合する仕組みや制度が欧米に比べて遅れている印象である。
- ・ このような中、生産性向上特別措置法(2018.6)に規定されている規制のサンドボックスは使えるのではないかと。
- ・ また、繰り返しになるが、局(省庁)横断的な大規模実験を少数の都市(1 が良い。候補都市は複数あっても良いが最終的には絞るべき)で、川まちづくり・MaaS・LaaS やその他の魅力的プロジェクトの全部ではないが、適切な要素を組み込んだ形で実施することをぜひ検討すべき。
- ・