

# 六川研究室

## 研究室紹介

人・人工物・社会双方作用を考慮した共創的工学の枠組みと方法論を、地球規模の環境問題や防災等にも適用し、従来の枠組みにとらわれないソリューションの研究を行っています。

とりわけ、大都市の多くが存在するアジア沿岸域の共創的国土基盤データ整備を進め、地盤沈下、国土流出および環境改変、災害対策・復興策などの諸課題に取り組んでいます。

### 主に取り組んでいるテーマ

- 衛星を用いた広域的な地盤変動の観測と応用
  - 地下資源開発に伴う地盤変動
  - 地滑りの評価
  - 火山、断層の変動評価
- 地下水・天然ガスなどの採取に伴う地盤沈下のシミュレーション
- マルチエージェントシミュレーションを用いたリスクの評価・予測
- トランスファラブルスキルの明示化による、社会で活躍できる高度人材育成プログラムの構築

### 研究室の風景



海岸浸食の現地調査(タイ)



露頭の現地踏査(九十九里平野)



研究室



頑張った後は乾杯!

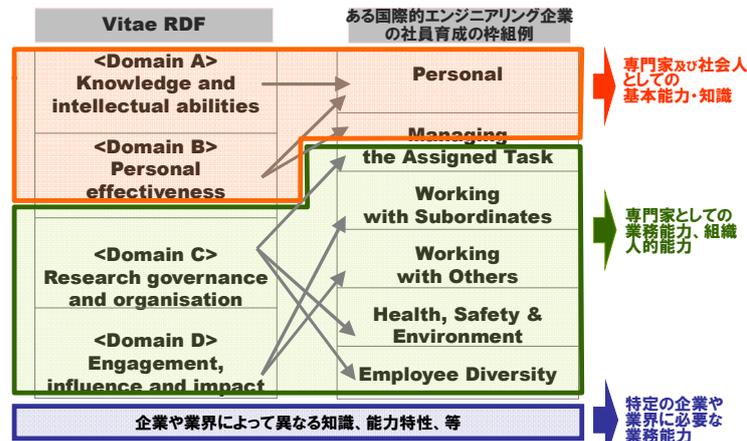
## 博士人材育成のための産業界指向型トランスファラブルスキルトレーニング

Industry-oriented transferable skills training for doctoral students

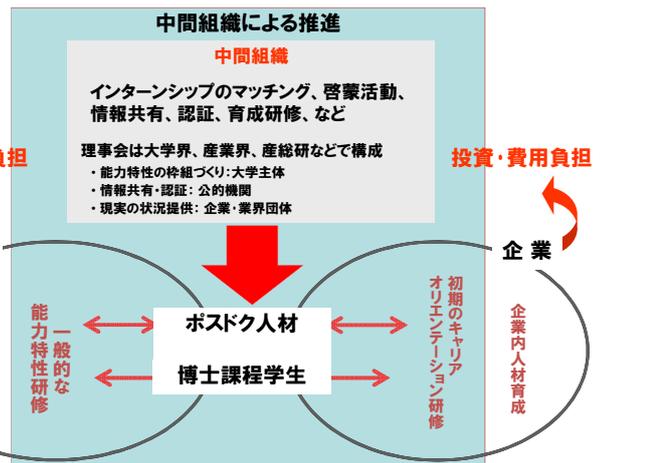
産業界における高度技術人材のさらなる活躍を目的とした産業界と大学の連携のあり方について、

**i-TST (Industry-oriented Transferable Skills Training)** のスキームを提案

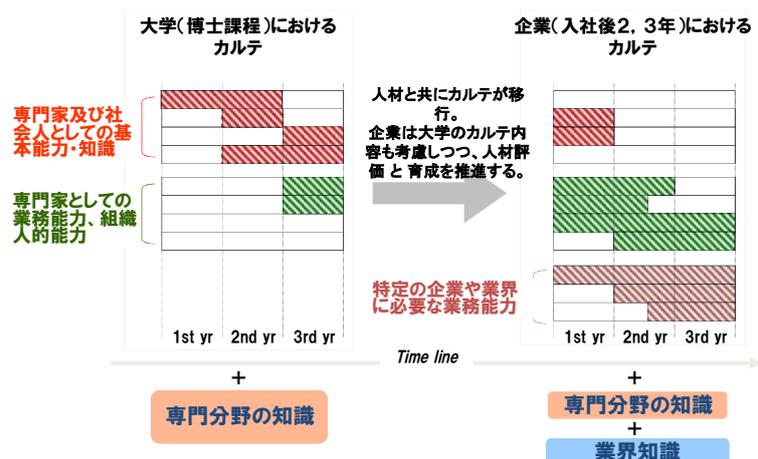
### 提案2: 博士人材に期待される能力特性の明確化



### 提案1: 中間組織を活用した継続性ある運営形態



### 提案3: 大学と企業をまたがる育成支援と「カルテ」システム



専門分野の知識

専門分野の知識

業界知識

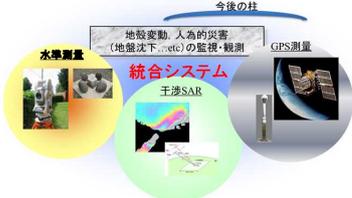
# 六川研究室

## 干渉型合成開口レーダ(InSAR)による総合防災モニタリングシステム構築

Integrated disaster defense systems based on the monitoring by interferometric synthetic aperture radar

### 3つの観測手法を統合した総合的な実観測システムの構築

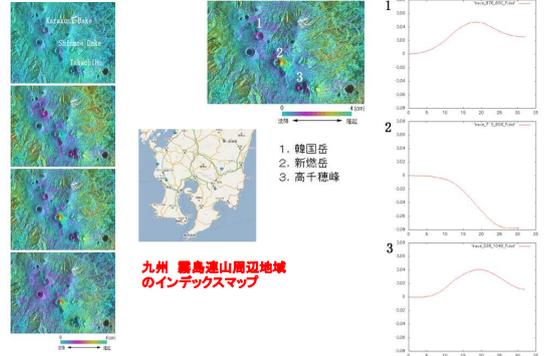
人工衛星による次世代測量技術である干渉SARの利点と欠点を明確にし、水準測量+GPS測量システムと統合した次世代型の地盤変動観測システム



### 研究例1 タイ国沿岸域における環境モニタリング



### 研究例3 火山噴火に伴う地盤変動モニタリング



### 研究例2 衛星データによる総合防災モニタリングシステム構築

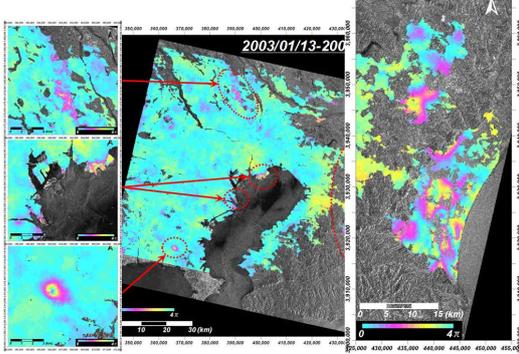
リモートセンシングは、広域的・周期的・定量的な観測に適しており、長期的な地盤変動のモニタリングに効果的期待できる。

解析例：千葉県九十九里海岸周辺地域

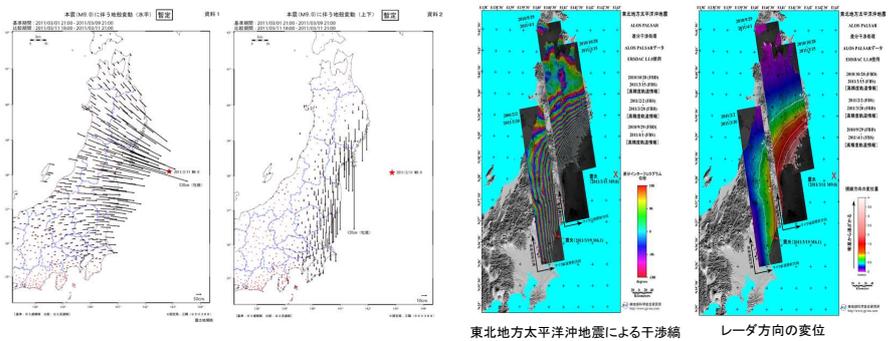
目的：地盤沈下モニタリングに干渉SARがどの程度適用できるのかについて検証

データ諸元：2003年7月7日から2008年12月22日まで取得されたENVISAT/ASARデータ

#### 地盤変動への適用事例(関東平野周辺)



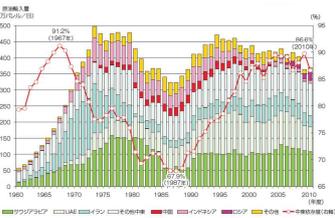
### 研究例4 地震災害のモニタリング



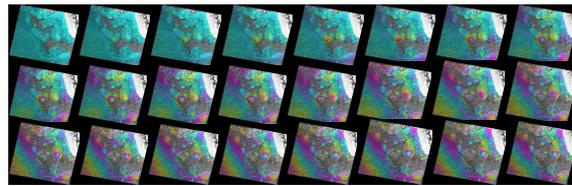
## リモートセンシングシステムを用いた油田の地盤変動モニタリングに関する研究

Monitoring of land surface displacement in the petroleum field by remote sensing

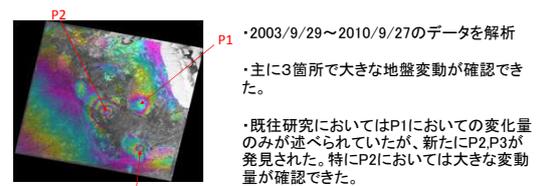
### 目的・手法



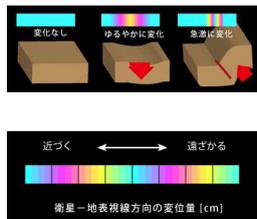
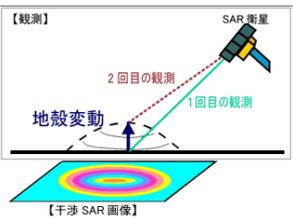
### 解析結果



### 結果分析

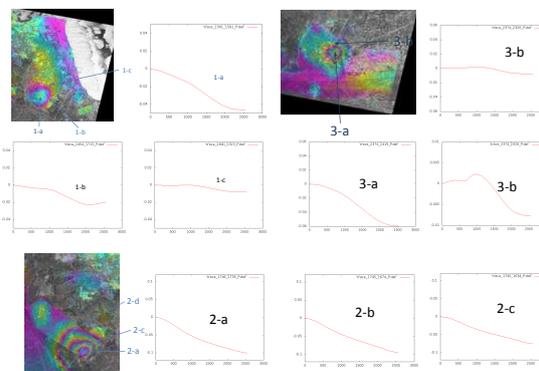
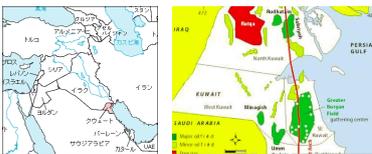


非中東産油国の輸出伸び悩みもあり、中東地域への依存度は約90%に達している。

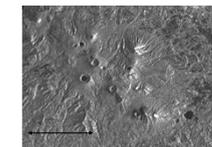


### 解析地域

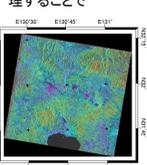
右下の図からわかるようにブルガン油田はクウェートの原油生産量の大部分を占めているため、ブルガン油田を解析地域とした。



リモートセンシングシステムで得られる画像は



得られた画像を解析処理すること



位相の情報を持っているので、位相データを得ることができる

これらの解析処理技術を油田の地盤変動にも適用できないかと考えた



・クウェートの石油の大部分を生産  
・商業生産の開始は1946年。  
・発見当時その途方も無い巨大さから世界の原油市場に影響を与えるのを恐れて大ききに関する情報が一時伏せられたといわれる。  
・生産量は上限270万バレル/日程度  
・確認埋蔵量600億バレル  
・世界第2位の規模の油田

### 原油回収量の概算

・P1...4164940030L  
P2...19366267330L  
P3...90196380L

1ガロン158.987Lで単位変換する153667694ガロンになる

これを1日当たりの生産量から割り出す計測期間の生産量の割合で示すと、  
153667694 ÷ 69 × 100 = 2.23%

# 六川研究室

## 衛星搭載SARを用いた地表変動の検出手法に関する研究 Detection and direction analysis of surface deformation observed by InSAR

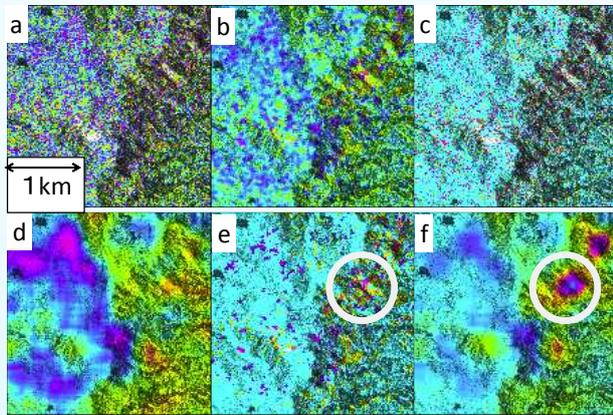
### 【背景】

- ・ 地すべりは初期被害が起きて初めて発生が認識される
- ・ SARレーダにより事前検出出来れば被害を最小限に出来ると考えられる

### 【フィルタリングによる変動の先鋭化】

- a: 元画像                      d: ラプラシアンフィルタ  
b: メディアンフィルタ        e: b, c 処理  
c: 変位量上位抽出            f: b, c, d 処理

図1 佐賀県伊万里市国道沿いに危険箇所発見

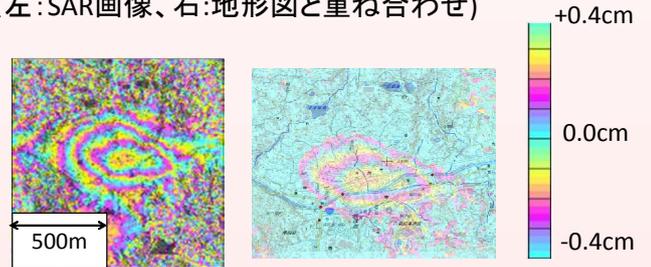


### 【長崎県佐世保市原分地区調査】

- ・ cm単位で変動が検出可能と考えられてきたLバンドSARレーダでmm単位の縞模様を検出
- ・ より小さい変動を捉えることが可能という仮説

図2 原分地区

(左: SAR画像、右: 地形図と重ね合わせ)



- ・ 原分地区は地すべり密集地域
- ・ 佐世保市は旧炭坑街、地下に空洞の存在する可能性

→現地調査、及び一般的な円型縞模様より地盤沈下の可能性が高いと考察

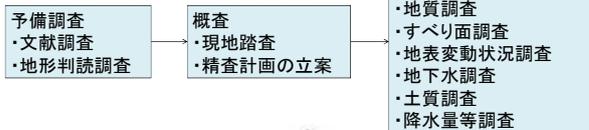
## 干渉SARにおける微細地盤変動の強調処理について Highlighting filters for small ground displacements observed by InSAR

### 背景

#### 地すべり:

日本で2万箇所以上もの危険箇所

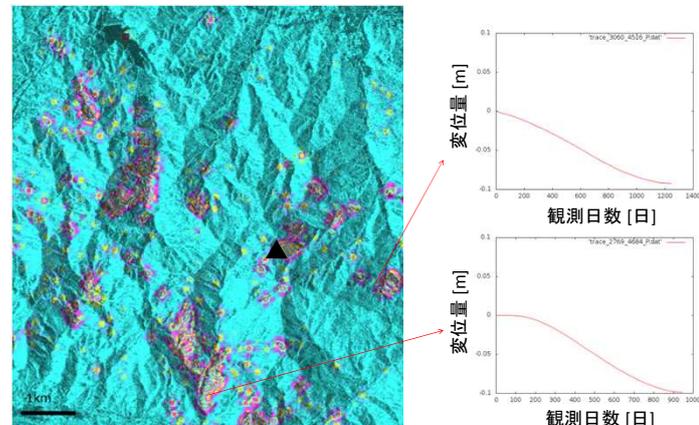
地すべり調査の概要



### フィルター処理

ノイズ除去の役割を果たすメディアンフィルタ  
変位の大きい場所を抜き出すヒストグラム抽出  
変化の激しい場所を強調するラプラシアンフィルタ

これらを適用することで



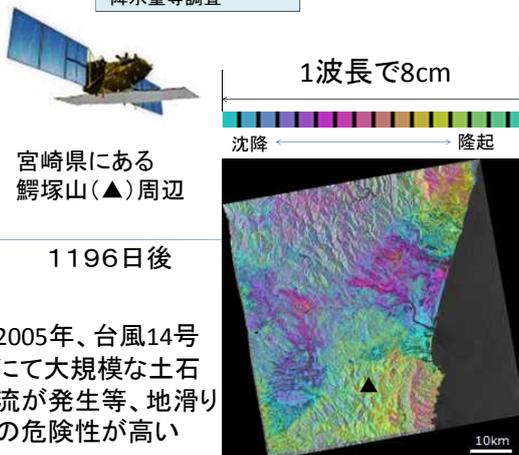
### まとめ

SARにより観測された画像をフィルタリング処理することで変位が顕著な箇所を検出可能である。

しかし、ノイズ等も多く含まれ、人的被害等には無関係な地点も抽出するため人為的な解釈が必要である。

### 合成開口レーダ (InSAR)

小さなアンテナを軌道上で移動させることで大きなアンテナを合成する。



宮崎県にある  
鱈塚山(▲)周辺

1196日後

2005年、台風14号にて大規模な土石流が発生等、地滑りの危険性が高い

### 問題

この画像からでは有用な情報が引き出しにくい。

### 目的

地すべりの事象を強調しうるフィルター処理を考察する。

# 六川研究室

## デジタル情報の長期保存～移りゆく記憶媒体とその対応～

Long-term storage of digital information –managements of progressing data storage media–

### アナログは優れたもの？



### 1300年前の情報を今に伝える



出典：http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A3%E5%80%89%E9%99%A2



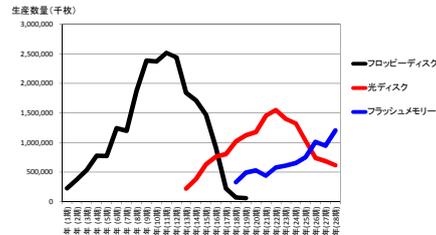
記憶媒体の保存寿命

出典：橋本慶隆「映像記録メディアの変遷～アナログからデジタルへ～」。(2004)

### デジタルジレンマ

- デジタル情報の長期保存は、アナログよりも消失のリスクが大きく、コストがかかる。
- 技術のイノベーションが進む中、記憶媒体の選択が重要になる。

わずか20年前にフロッピーディスクに保存した情報が、今では再生装置がなくなり取り出せない！



記憶媒体の生産数量 記憶媒体の移行

出典：経済産業省「機械統計年報」のデータより作成

### 記憶媒体の最適な切り替え時期は？

4つの評価項目から総合的に判断

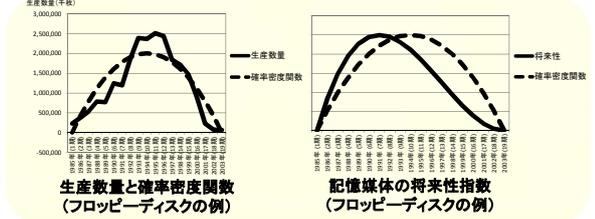
- ① 保存費用
- ② 記憶媒体の将来性
- ③ 記憶媒体のネットワーク外部性
- ④ 価格変動による買い控え

#### ① 保存費用

記憶媒体の1Mbyteあたりの単価×保存データ量

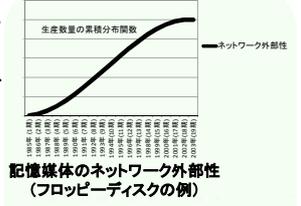
#### ② 記憶媒体の将来性

ある時点における記憶媒体の余命にその時点の確率密度をかけた値を記憶媒体の将来性とする。



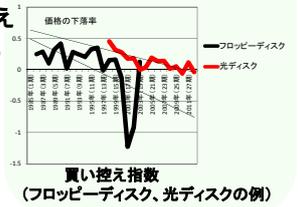
#### ③ 記憶媒体のネットワーク外部性

ネットワーク外部性とは、例えば、インターネットやパソコンのOSなど、ネットワーク規模が大きいくほどその財やサービスの消費によって得られる効用が高まる効果をいう。記憶媒体もネットワーク外部性と関係が深い。



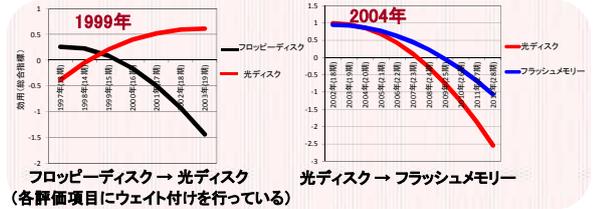
#### ④ 価格変動による買い控え

物の物価が下がり続けている局面では、できるだけ安くなってから買おうとする買い控えが発生する。



#### 【切り替え時期】

4つの評価項目の総合指標により切り替え時期を判断。

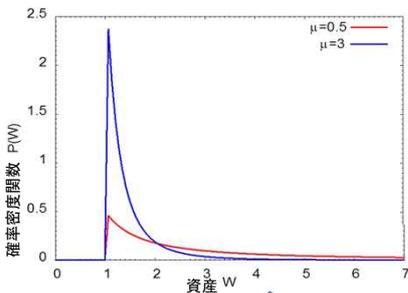


## 確率過程としての資産分布ダイナミクスに対する理論的考察

Theoretical investigation for stochastic process of assets distribution dynamics

### <背景>

経験的に資産分布はPareto分布に従う



### Pareto分布(格差社会の分布)

$w \rightarrow \infty$  で  $P(w) \propto w^{-\mu-1}$

$\mu$ : Pareto 指数

- $\mu < 1$ : 資産格差大
- $\mu > 1$ : 資産格差小

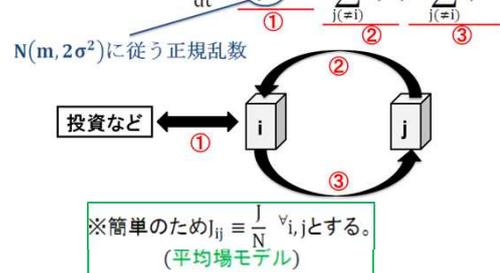
### <研究目的>

確率過程モデルから格差社会を再現し、格差を是正する方法を模索

### <モデルの紹介>

(N社の企業の取引)

i番目の会社について  $\frac{dW_i}{dt} = \eta_i(t)W_i + \sum_{j \neq i} J_{ij}W_j - \sum_{j \neq i} J_{ji}W_i$



### <所得税と資本税の導入>

$$\frac{dW_i}{dt} = \eta_i(t)W_i + J(\bar{W} - W_i) - \varphi_l \frac{dW_i}{dt} + f_l \varphi_l \frac{d\bar{W}}{dt} - \varphi_c W_i + f_c \varphi_c \bar{W}$$

平均場モデル 所得税とその再分配 資本税とその再分配

同じ形のPareto分布を再現

$$\text{Pareto指数 } \mu = 1 + \frac{J(1 + \varphi_l)}{\sigma^2} + \frac{1 + \varphi_l}{\sigma^2(1 + \varphi_l(1 - f_l))} \times \{\varphi_l f_l (m + \frac{\sigma^2}{1 + \varphi_l}) + \varphi_c \{f_c + \varphi_l(f_c - f_l)\}\}$$

- ・所得税を上げて、より再分配すると、資産格差は小さくなる。
- ・資本税を再分配しないとき、資本税を上げると、資産格差が広がる。

### <まとめ>

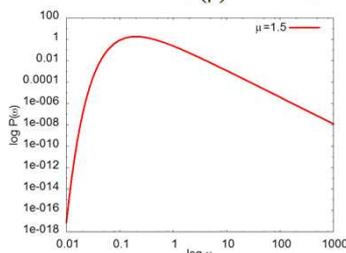
- ・導入した確率過程モデルから、Pareto分布を導出
- ・税導入モデルにおいては、税を操作することで Pareto指数をコントロール可能

### <今後の展望>

- ・平均場モデル以外のモデル(一定でない取引比率)

### <再現したPareto分布とPareto指数>

$$\text{定常解 } P_{eq}(w) = \frac{(\mu - 1)^\mu}{\Gamma(\mu)} \cdot \frac{\exp\{-\frac{(\mu - 1)}{w}\}}{w^{\mu+1}}$$



➡ Pareto分布を導出! Pareto指数  $\mu \equiv 1 + \frac{J}{\sigma^2} > 1$

平均場モデルでは格差は小さい。

## 首都直下地震に伴う帰宅困難者の動的な水需要のシミュレーション

Simulation of stranded commuters' walk and water demands after upcoming Tokyo epicentral earthquake

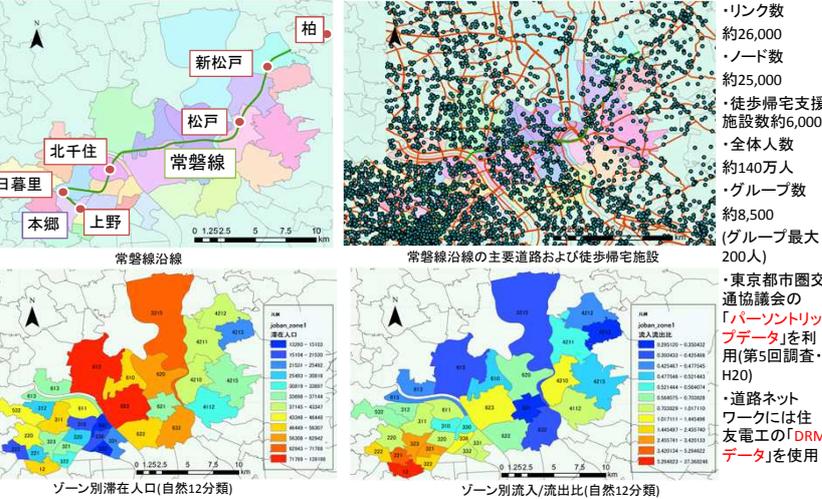
### 背景

- 東日本大震災で約515万人の帰宅困難者が首都圏で発生
- 東京湾北部地震(M7.3)では最大650万人の予想
- 生命維持のため飲料水は重要(東日本大震災では、一部で売切)
- 現状では、滞在者収容可能延床面積から備蓄物資量を計算
- 自治体や民間団体などによって水備蓄への対応にバラつき

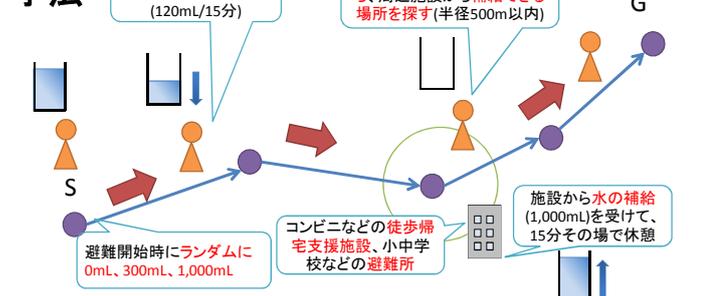
### 目的

ダイナミックな人の移動を考慮して対策を決定  
限られた時間や予算内で最も効率的な備蓄方法を模索

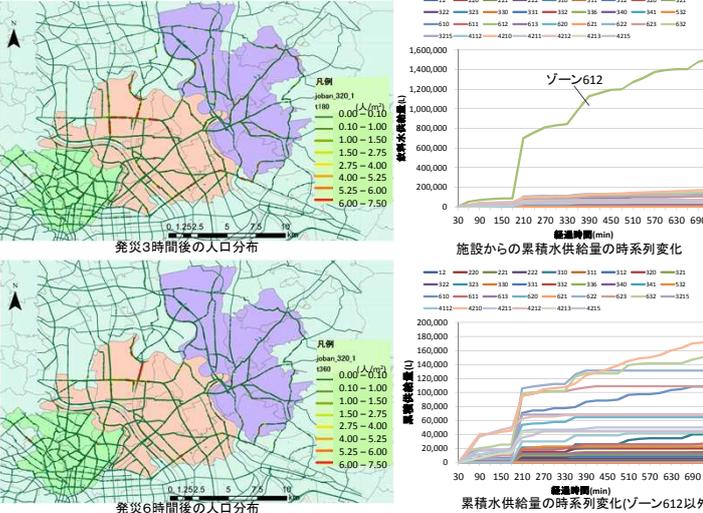
### 対象地域



### 手法



### 結果と考察



## 土質力学計算に基づく、地盤沈下に伴う泥質層から帯水層への排出量

Groundwater flow into an aquifer from an aquitard accompanied by land subsidence based on soil mechanics

### 1. 背景

埼玉県には土壌がヒ素で汚染されている地域が、多数存在します。その根本的なメカニズムを探れないかが、考えるきっかけになりました。

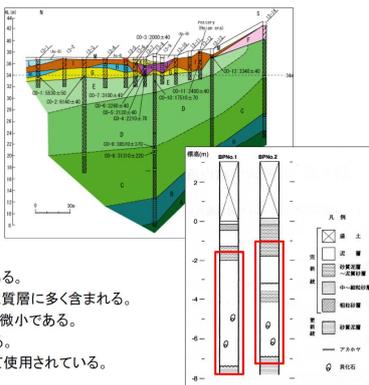
埼玉新聞 2013年2月9日  
<http://www.saitama-np.co.jp/news02/09/05.html>

2013年2月9日(土)  
戸田市庁舎、耐震工事中ヒ素検出 「直ちに健康被害ない」  
昨年10月から庁舎の耐震工事を行っている戸田市で、土壌汚染調査に際して土壌中のヒ素濃度を3倍から5倍超える量のヒ素が地下土壌から見つかったことが、8日発表された環境調査報告書の結果明らかになった。  
市は同日の環境協議会に経過を報告し、汚染土を運びだし処理するための費用約4億2千万円を盛り込んだ補正予算案(総工費約3億億円)を提出し、可決された。市は「実態の調査であり、直ちに健康被害になるとは考えられない」としている。  
市によると、ヒ素が検出されているのが分かったのは、地盤から2~11メートルは深層に下り、6千~1万年前に溜まった泥質層に堆積した地層である。

- 埼玉県には、地下水がヒ素で汚染されている地域がある。
- ヒ素を含む堆積物は、後背湿地から内湾で堆積した泥質層に多く含まれる。
- ヒ素は天然由来のものが多く、人工的な由来のものは微小である。
- 泥質層の収縮により、地下水は帯水層側へ排出される。
- 帯水層側の水が、実際に農業用水や井戸水などとして使用されている。

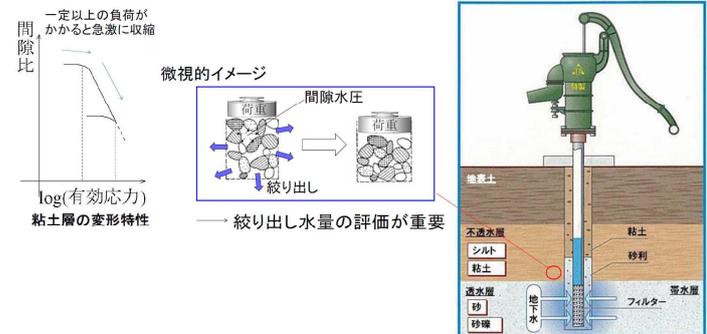
「地盤沈下が発生することで、帯水層のヒ素汚染が拡大しているのではないか」を検証する

埼玉県岡部町及び江岸町における深谷断層系の活動履歴調査



### 2. 研究目的

「地盤沈下が発生することで、帯水層のヒ素汚染が拡大しているのではないか」を検証することが、今回の目的である。



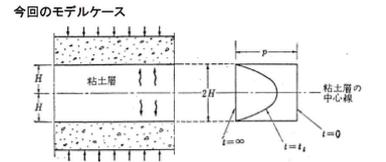
### 3. 研究方法

Darcyの法則と質量保存則を用いて、圧密方程式を導出します。その値から間隙水圧を求め、Darcyの法則から浸透流束を計算します。

理論的な解法

$$v = \frac{k}{\gamma_w} \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$



【初期条件・境界条件】

$$u(z, 0) = p$$

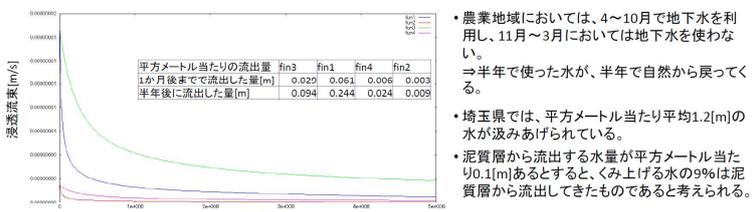
$$u(H, t) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial z} u(0, t) = 0$$

$$u(z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4p(-1)^n}{(2n+1)\pi} * \exp\left(-\frac{(2n+1)^2\pi^2 C_v t}{4H^2}\right) * \cos\left(\frac{(2n+1)\pi}{2H} z\right)$$

$$v = \frac{k}{\gamma_w} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2p}{H} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2\pi^2 C_v t}{4H^2}\right)$$

埼玉県土質データを参考に具体的な値を代入して、計算を行いました。その結果、どれだけの割合の水が泥質層から流出しているのかが議論できます。



埼玉県においては、実際に帯水層から利用されている地下水のうち9%が泥質層から流出している可能性があり、泥質層から流出する水量は無視できない影響を及ぼさうと考えられる。