

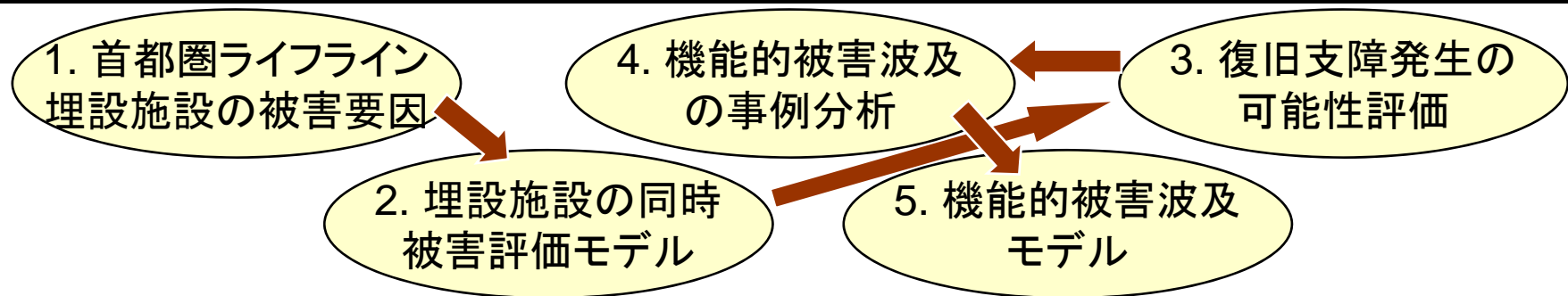
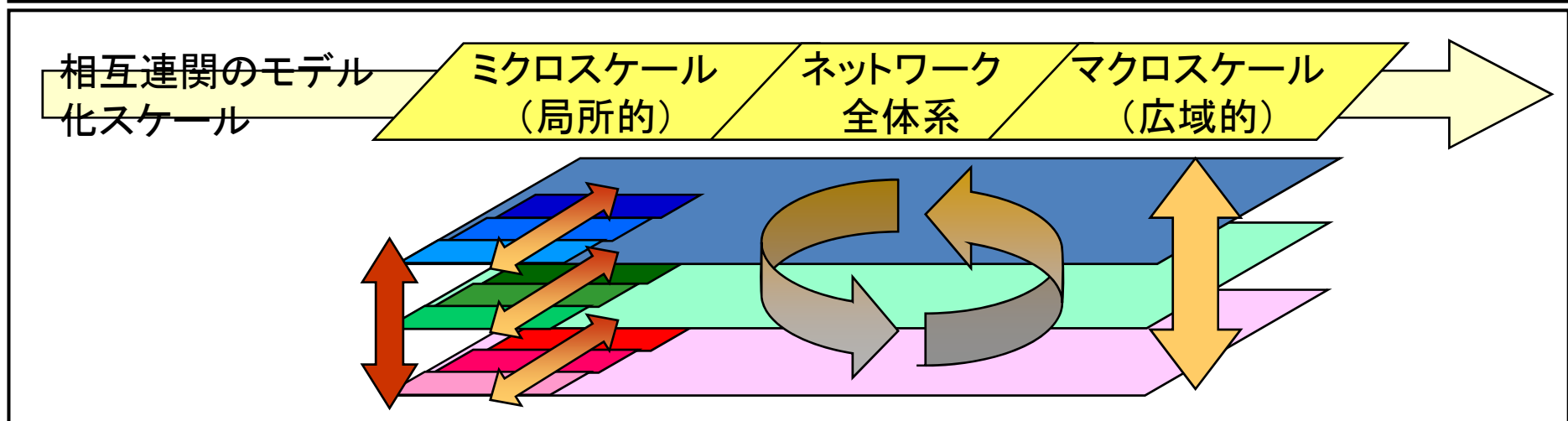
平成20年度 第1回成果発表会

相互に関連したライフラインの復旧最適化に関する研究【山崎チーム】

ライフラインの相互関連構造の分析とそのモデル化

岐阜大学工学部社会基盤工学科 教授 能島暢呂

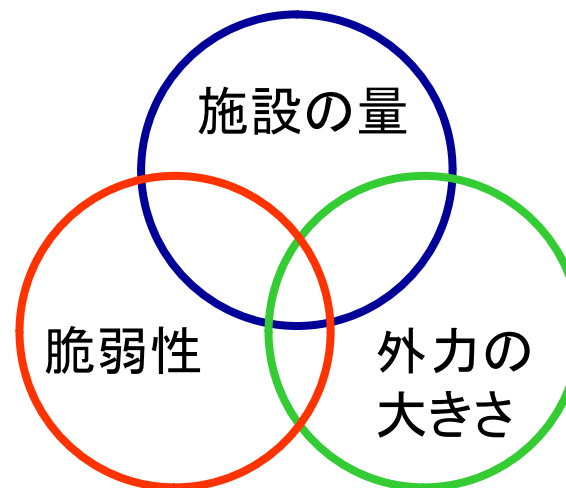
2009.02.27



ライフライン埋設管被害予測の一般式

$$N = L \cdot R_{fm}(x)$$

- N :被害箇所数
- L :布設延長(km)
- $R_{fm}(x)$:被害率(件/km)
- x :地震動強度指標



$$R_{fm}(x) = C_d \cdot C_p \cdot C_g \cdot R_f(x)$$

- $R_f(x)$:標準被害率(件/km)
- C_p :管種係数
- C_d :管径係数
- C_g :地盤・液状化係数

管種係数

管種	補正係数
鑄鉄管(CIP)	1.0
ダクタイル鑄鉄管(DIP(A,K,T))	0.3
ダクタイル鑄鉄管(耐震継手を有する)(DIP(S,SII))	0.0
溶接鋼管(SP)	0.3
ねじ継手鋼管(SGP)	4.0
硬質塩化ビニル管(VP)	1.0*
石綿セメント管(ACP)	2.5*

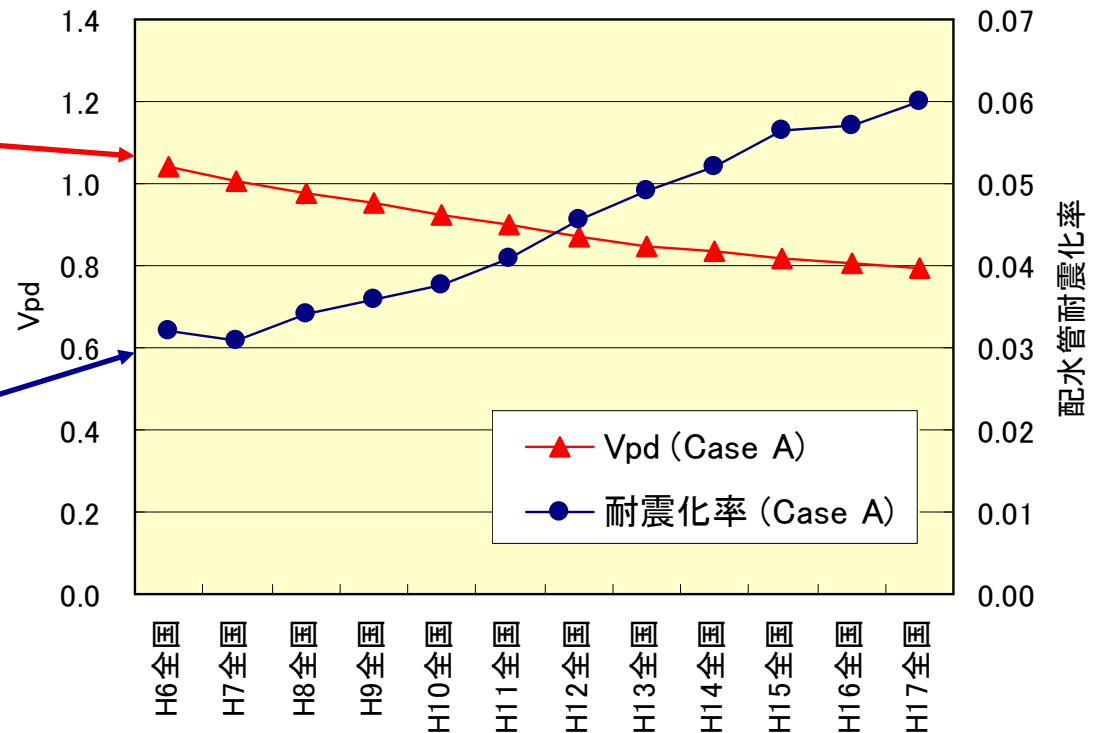
管径係数

管径(配水管)	補正係数
~ φ 75	1.6
φ 100 ~ φ 150	1
φ 200 ~ φ 250	0.9
φ 300 ~ φ 450	0.7
φ 500 ~ φ 600	0.5
φ 600 ~ φ 1000	0.4
φ 1000 ~	0.2

配水管はどれだけ強くなったのか？ (全国平均)

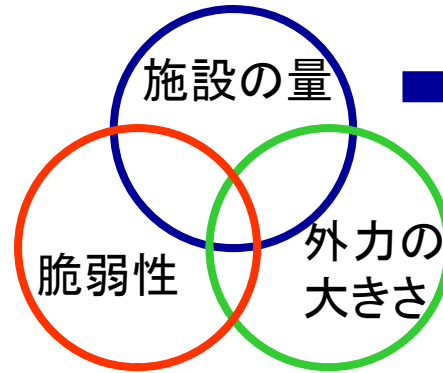
脆弱性指数：
ほぼ一定割合で減少
阪神大震災後，約2割低減

耐震化率：
着実に向上しつつある
まだ約6%と非常に低い

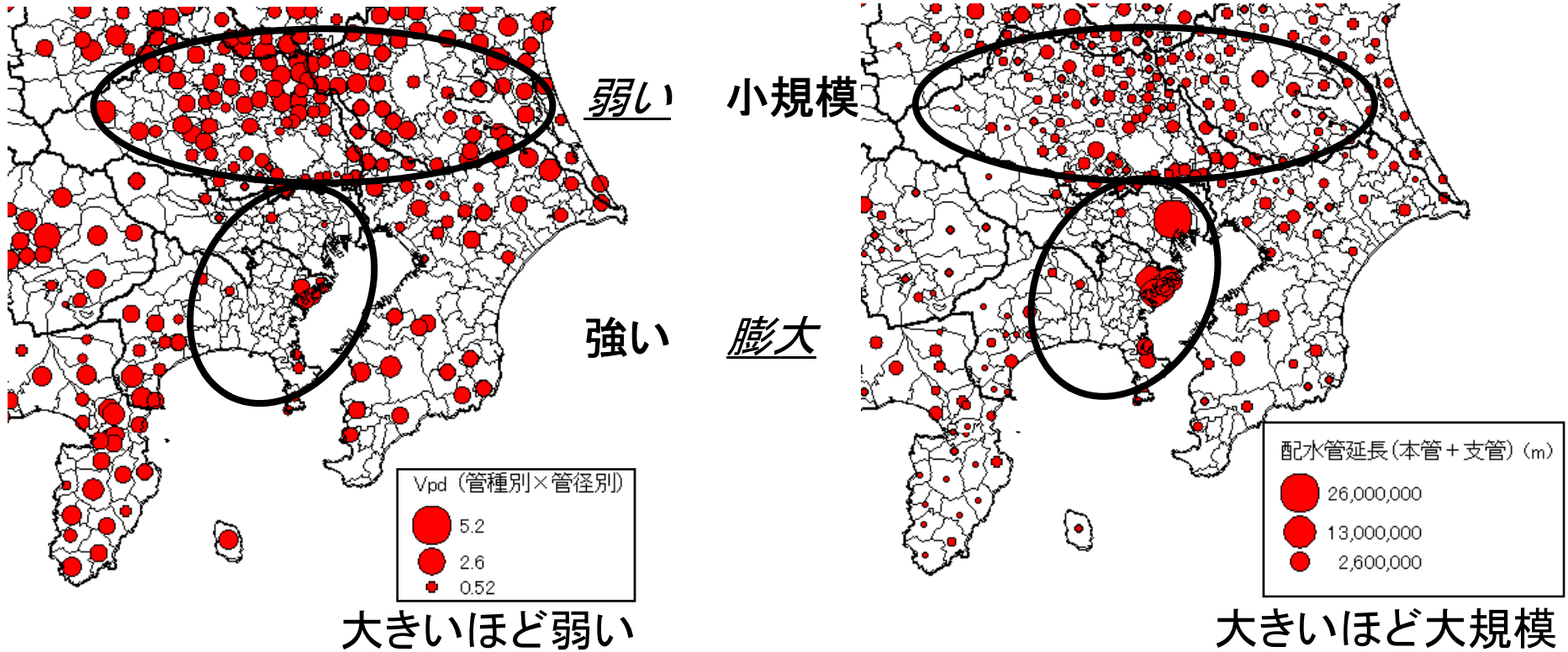


耐震対策の進展には地域格差が大きい。首都圏では？

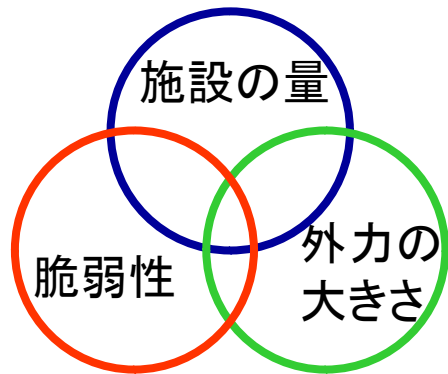
配水管の脆弱性指数
Vpd値



配水管延長
(本管+支管)

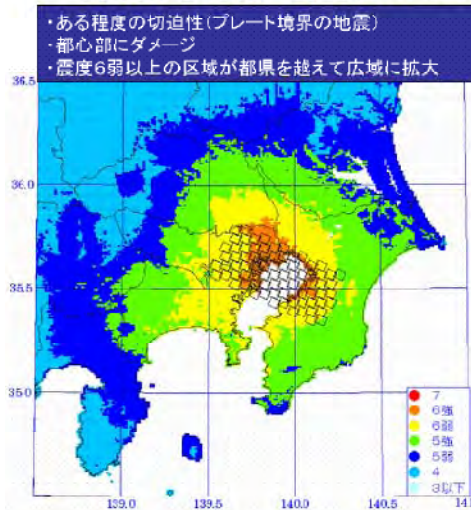


SWOT分析: **Strengths**, Weaknesses, (Opportunities,) **Threats**

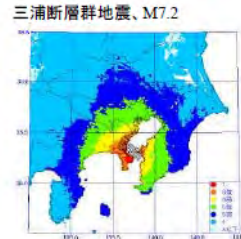
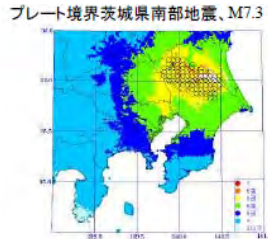
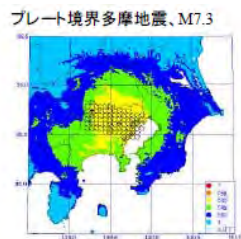
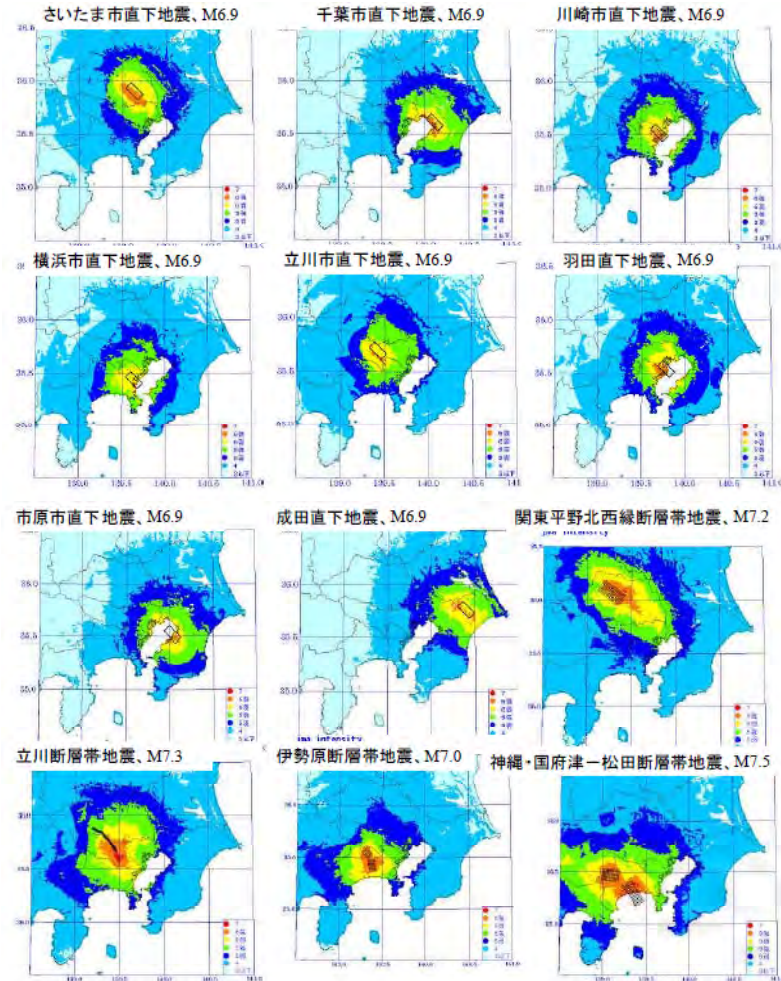
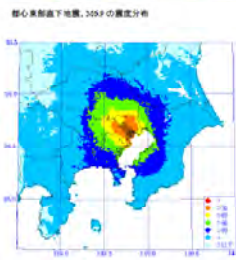
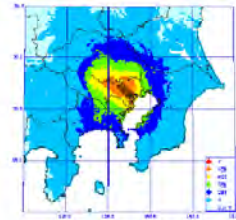


首都直下地震18タイプ

東京湾北部地震(M7.3)



都心西部直下地震、309.9の震度分布



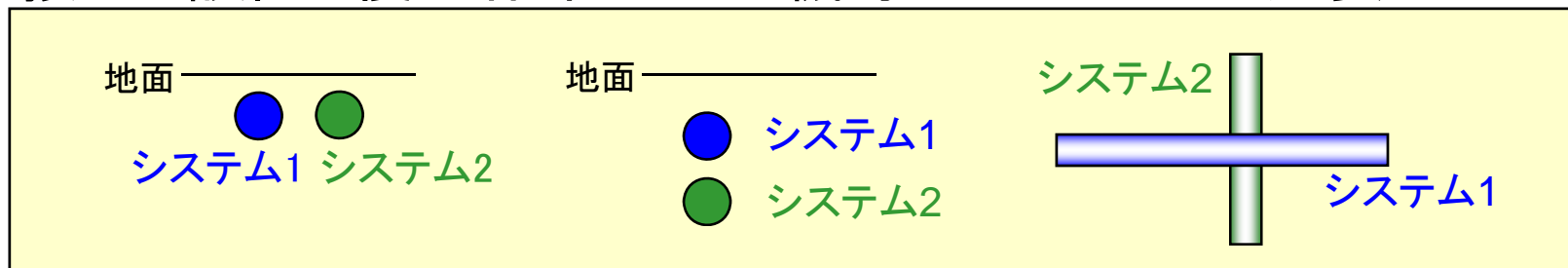
中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」資料より

相互に関連したライフラインの復旧最適化に関する研究【山崎チーム】
 ライフラインの相互関連構造の分析とそのモデル化

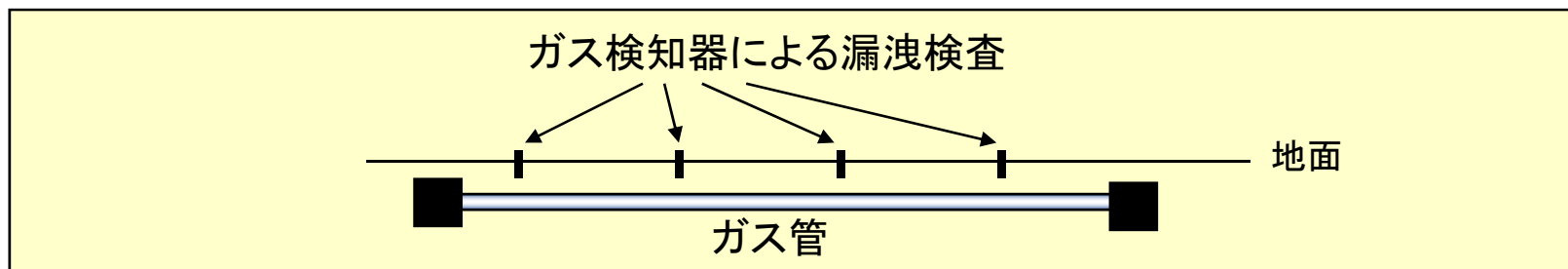
ライフラインの物理的連関・復旧支障の要因

—神戸市水道局・大阪ガス(株)のヒアリング調査に基づく—

- ・近接して設置. 復旧作業には重機等のスペースが必要.



- ・漏洩箇所調査時にある程度の区間での作業が必要



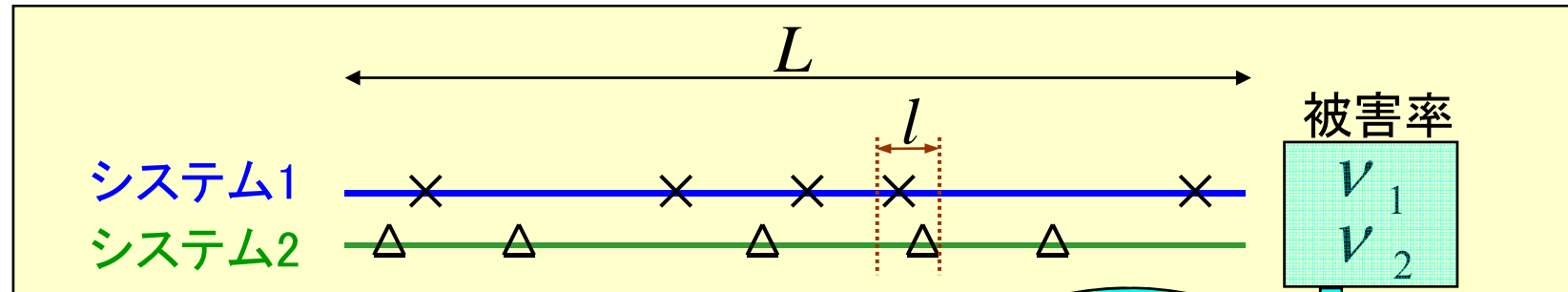
- ・下水道未復旧による排水不能 → 上水道の復旧・通水に制限 (新潟県中越地震など)



「ごく近傍での同時被害」および「一定の範囲内での同時被害」の可能性を検証する

同時被害発生に関する確率論的考察

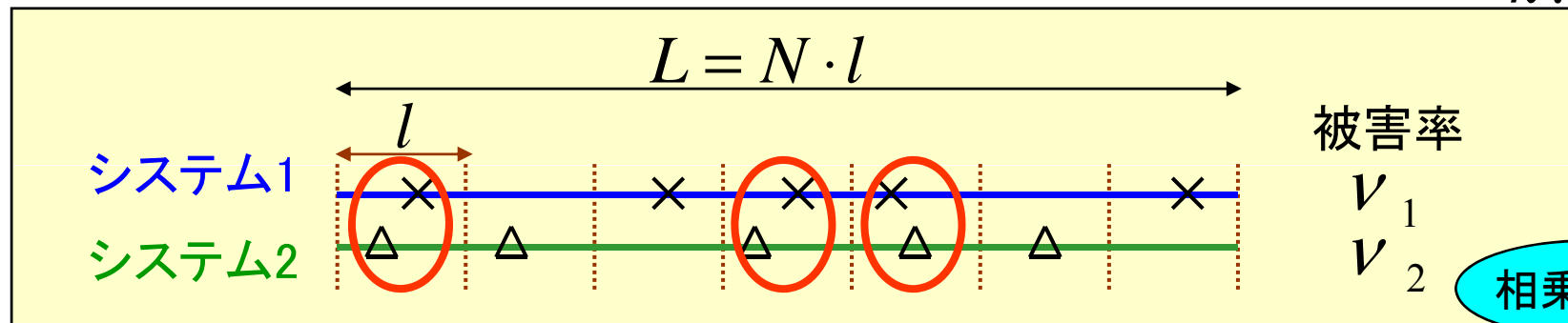
被害発生: 一様・独立・ランダム



長さ l 内での同時被害発生率 $v_1 v_2 l$

相乗効果

全長 L における同時被害発生箇所数 k の確率分布 $P(k) = \frac{(v_1 v_2 l L)^k e^{-v_1 v_2 l L}}{k!}$

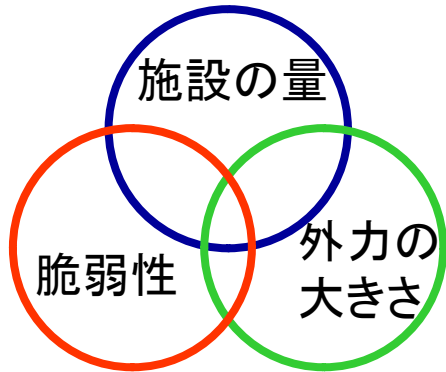


長さ l のセグメント内の同時被害発生確率 $p_s = \{1 - e^{-v_1 l}\} \{1 - e^{-v_2 l}\}$

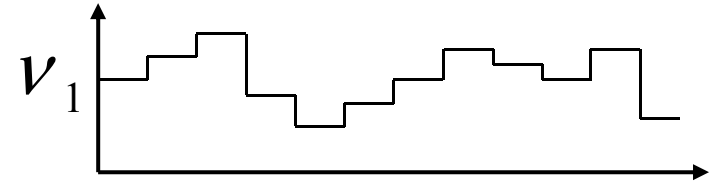
全長 L における同時被害発生セグメント数 N_s の確率分布

$$P(N_s) = \binom{N}{N_s} (p_s)^{N_s} (1 - p_s)^{N - N_s}$$

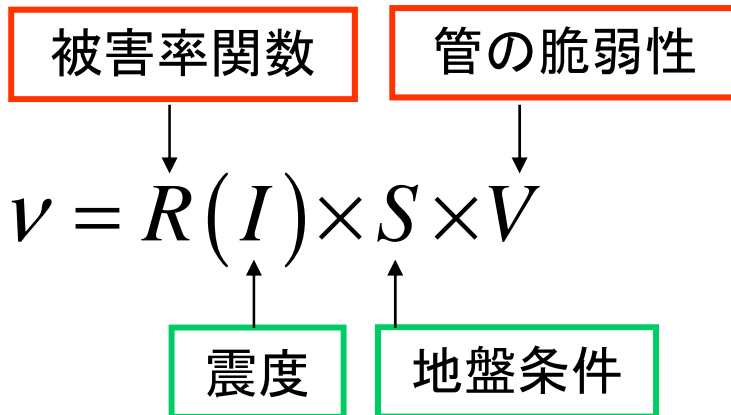
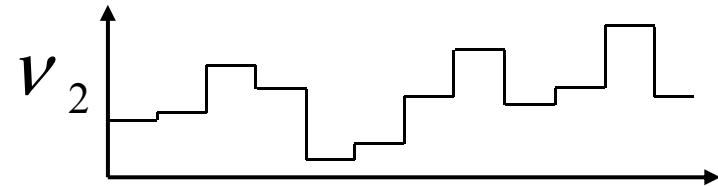
被害率 v の空間的変動とその相乗効果



システム1
被害率



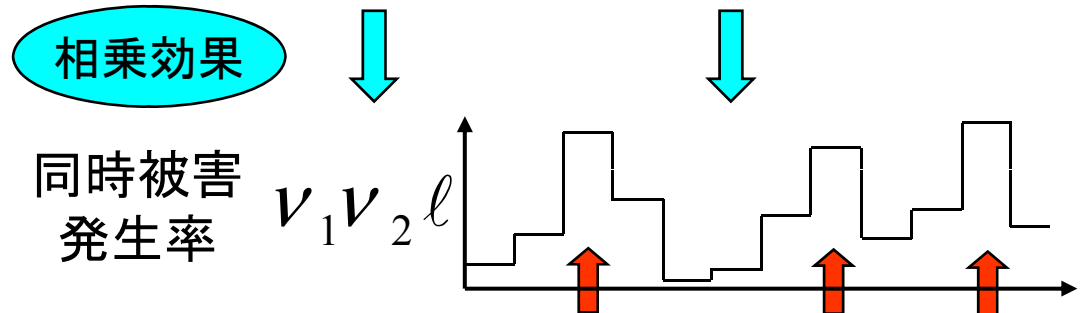
システム2
被害率



$$v_1 = R_1(I) \times S \times V_1$$

$$v_2 = R_2(I) \times S \times V_2$$

□ : 共通要因
□ : 個別要因



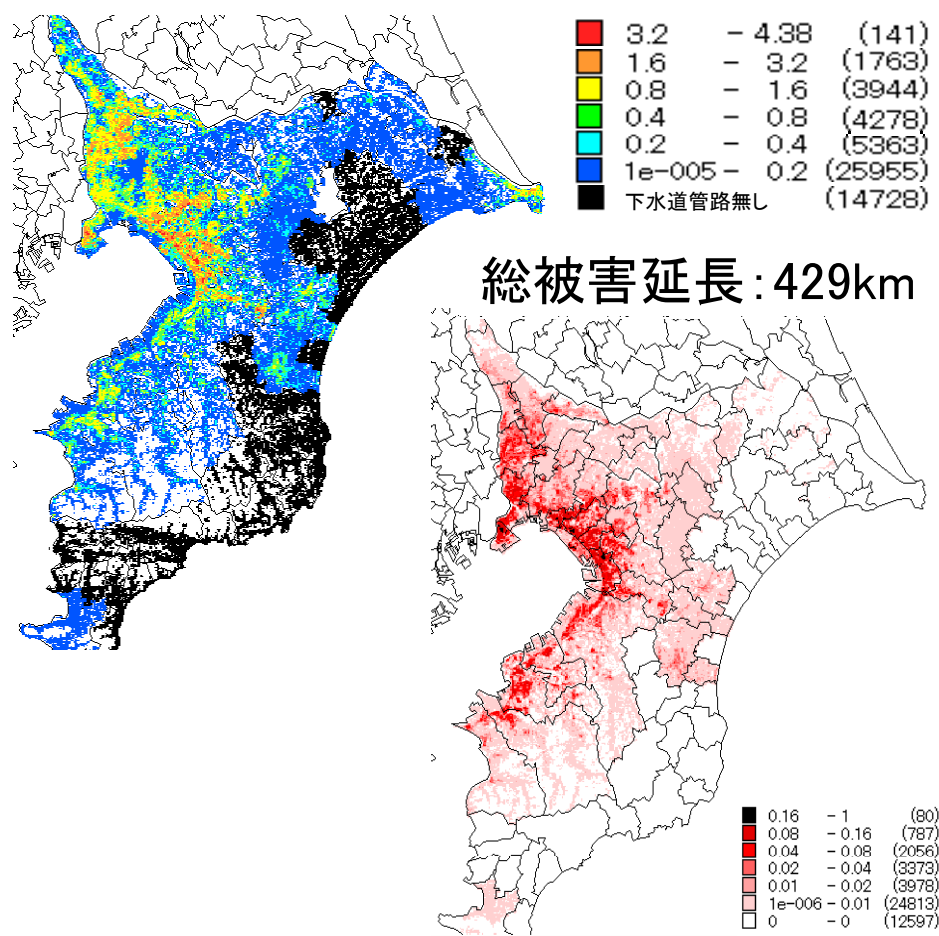
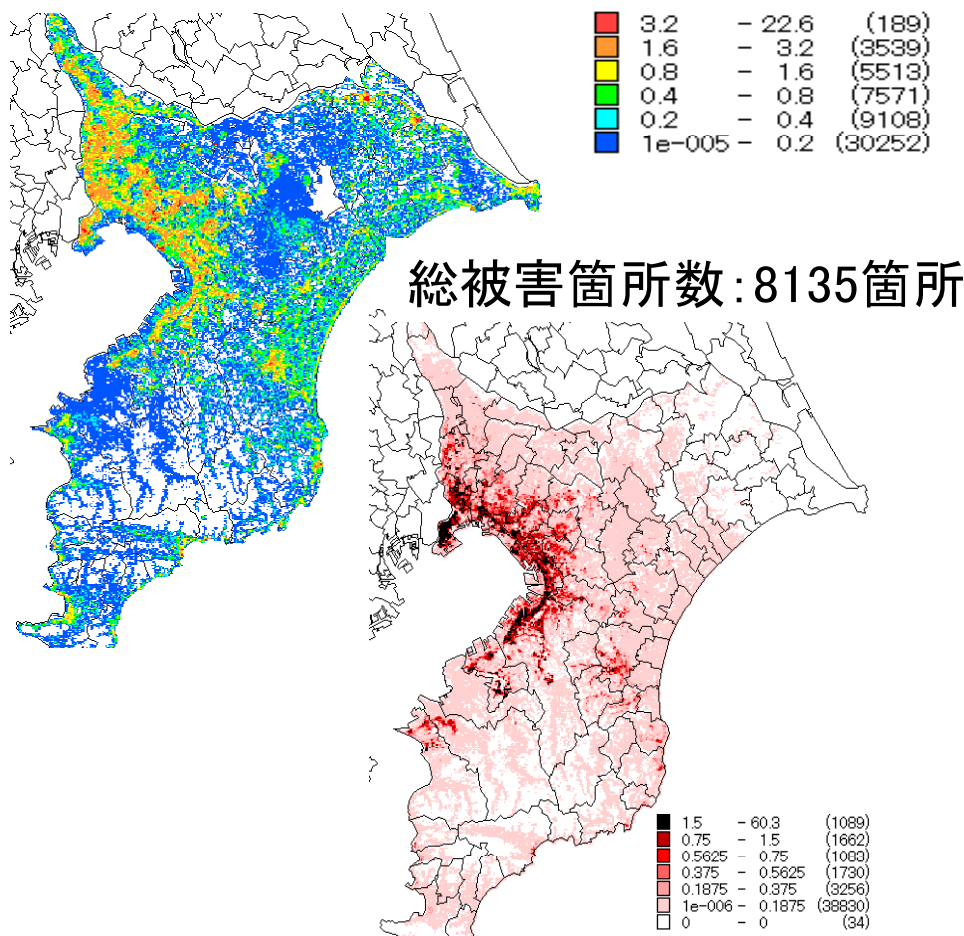
同時被害は、大規模災害で深刻、かつ、大被害地域に特に集中する！

千葉県における同時被害のケーススタディ

動脈-静脈系として機能する上水道と下水道の同時被害を検討
 千葉県地震被害想定(東京湾北部地震)結果(250mメッシュ)

上水道配水管(総延長:約23,574km)

下水道(総延長:約14,414km)

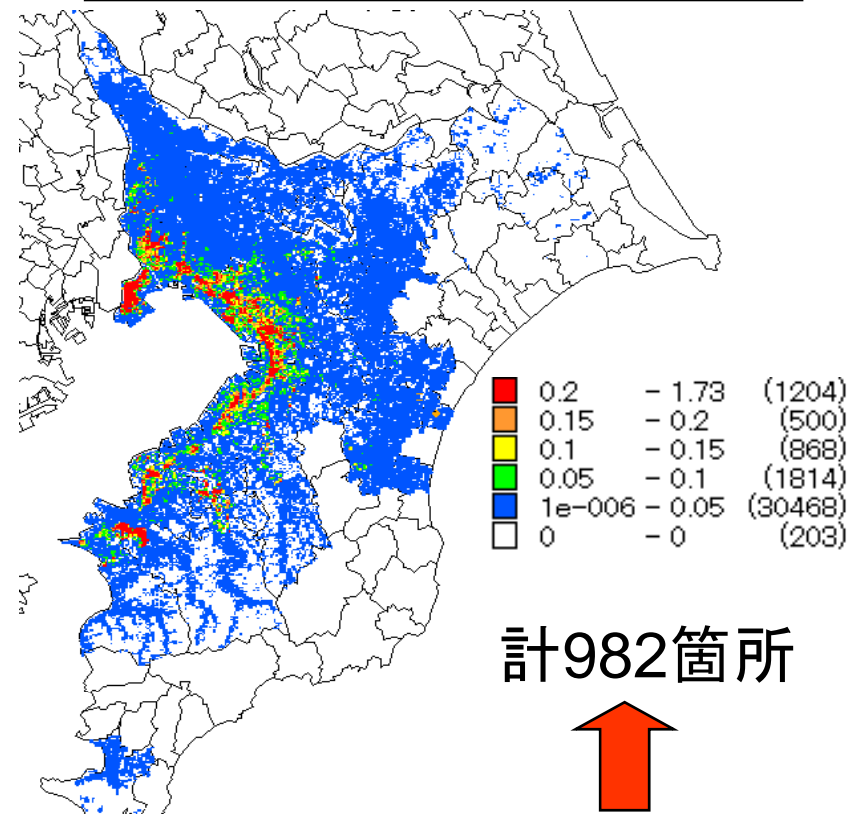
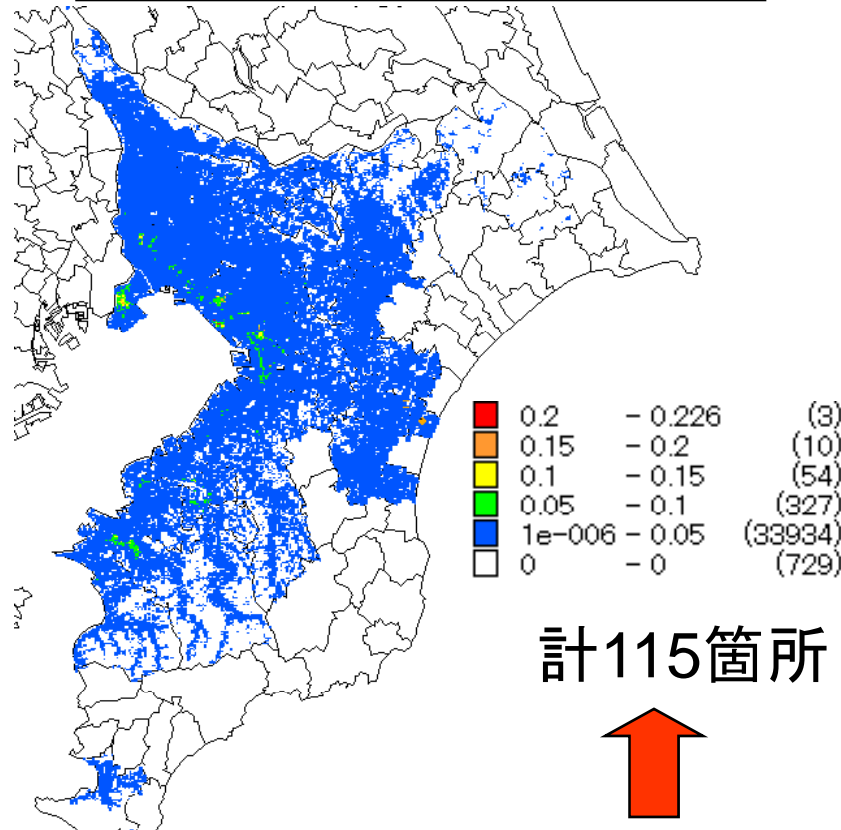


千葉県における上下水道の同時被害発生数

下水道被害延長25m → 被害箇所数1箇所 に換算(国土交通省検討に基づく)

ごく近傍での同時被害
(セグメント長 $l=10m$)

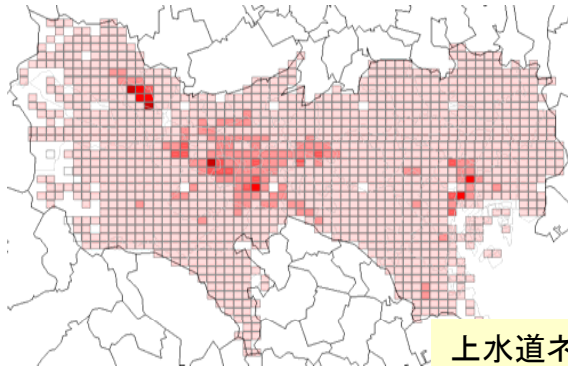
小エリアでの同時被害
(セグメント長 $l=100m$)



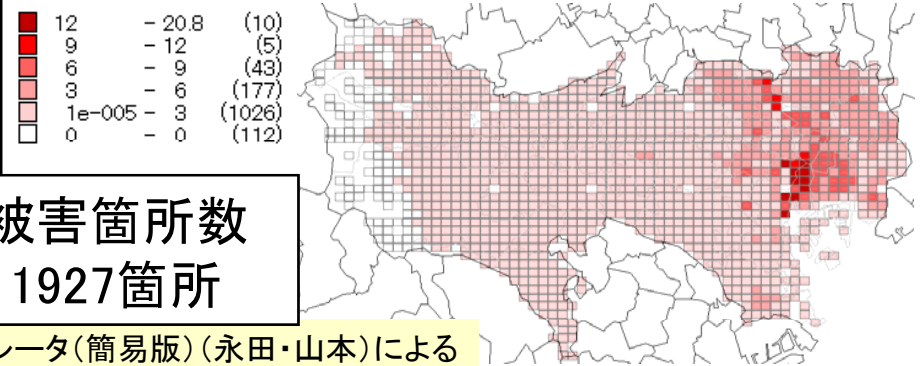
上下水道の同時被害に伴う影響波及(復旧調整, 水道使用制限)の可能性

東京都における同時被害のケーススタディ

立川断層帯地震



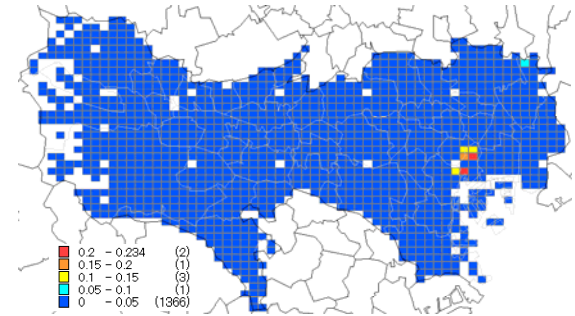
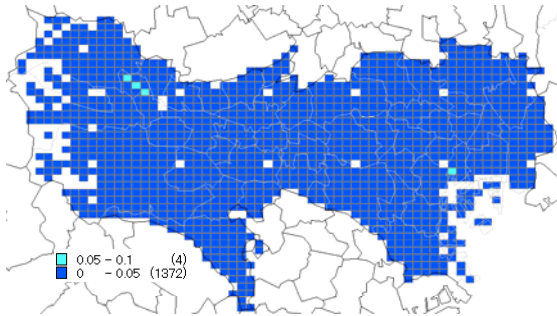
関東平野北西縁断層帯地震



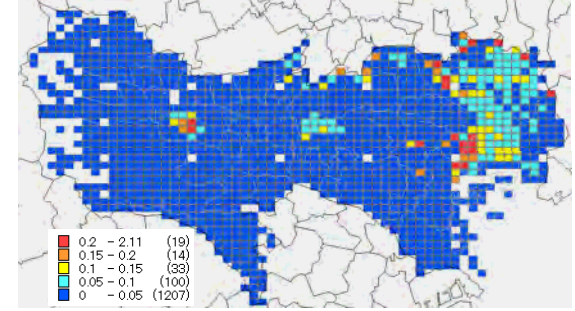
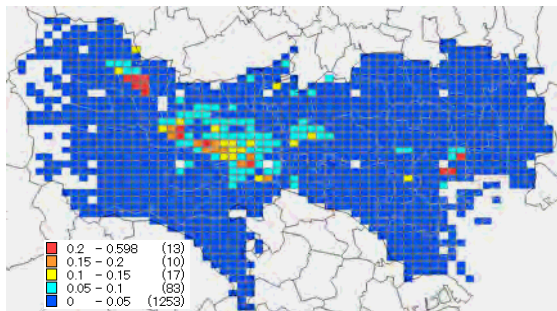
配水管 総被害箇所数
1658箇所 1927箇所

上水道ネットワーク広域復旧シミュレータ(簡易版)(永田・山本)による

ごく近傍での同時被害
(セグメント長 $l = 10m$)
2箇所 4箇所



小エリアでの同時被害
(セグメント長 $l = 100m$)
24箇所 35箇所



注:地震動のばらつきを考慮すると, 推定被害は大きくなる

2006年8月14日首都圏大規模停電の概要

発生日時：平成18年8月14日（月） 7時38分

事故箇所：江東線78～79号鉄塔間の27万5千ボルト送電線（旧江戸側横断）

事故原因：送電線にクレーン船のクレーンブームが接触



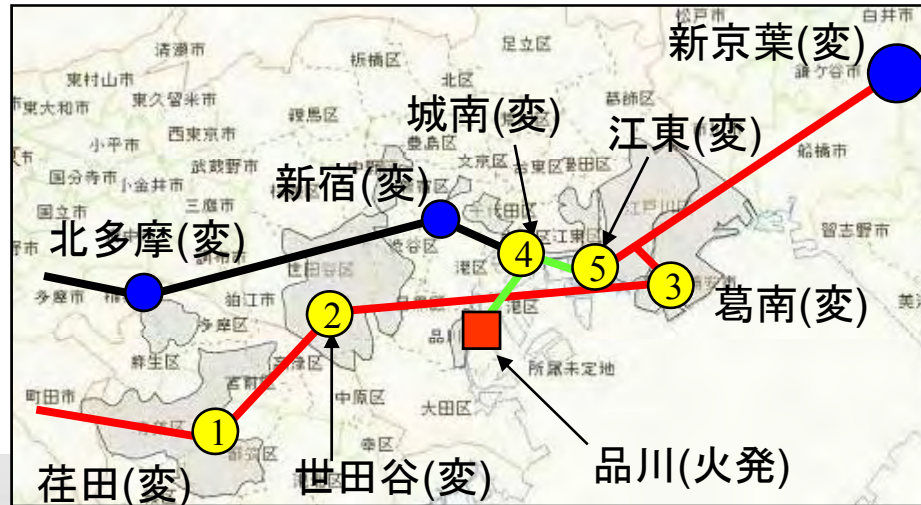
東京電力資料より



写真「毎日送電線」より

東京都心部	→ 97.4 万軒
横浜市北部・川崎市西部	→ 22 万軒
市川市・浦安市の一部	→ 19.7 万軒
特別高圧	→ 414 軒
配電用変電所	→ 75 箇所
計	約139 万軒

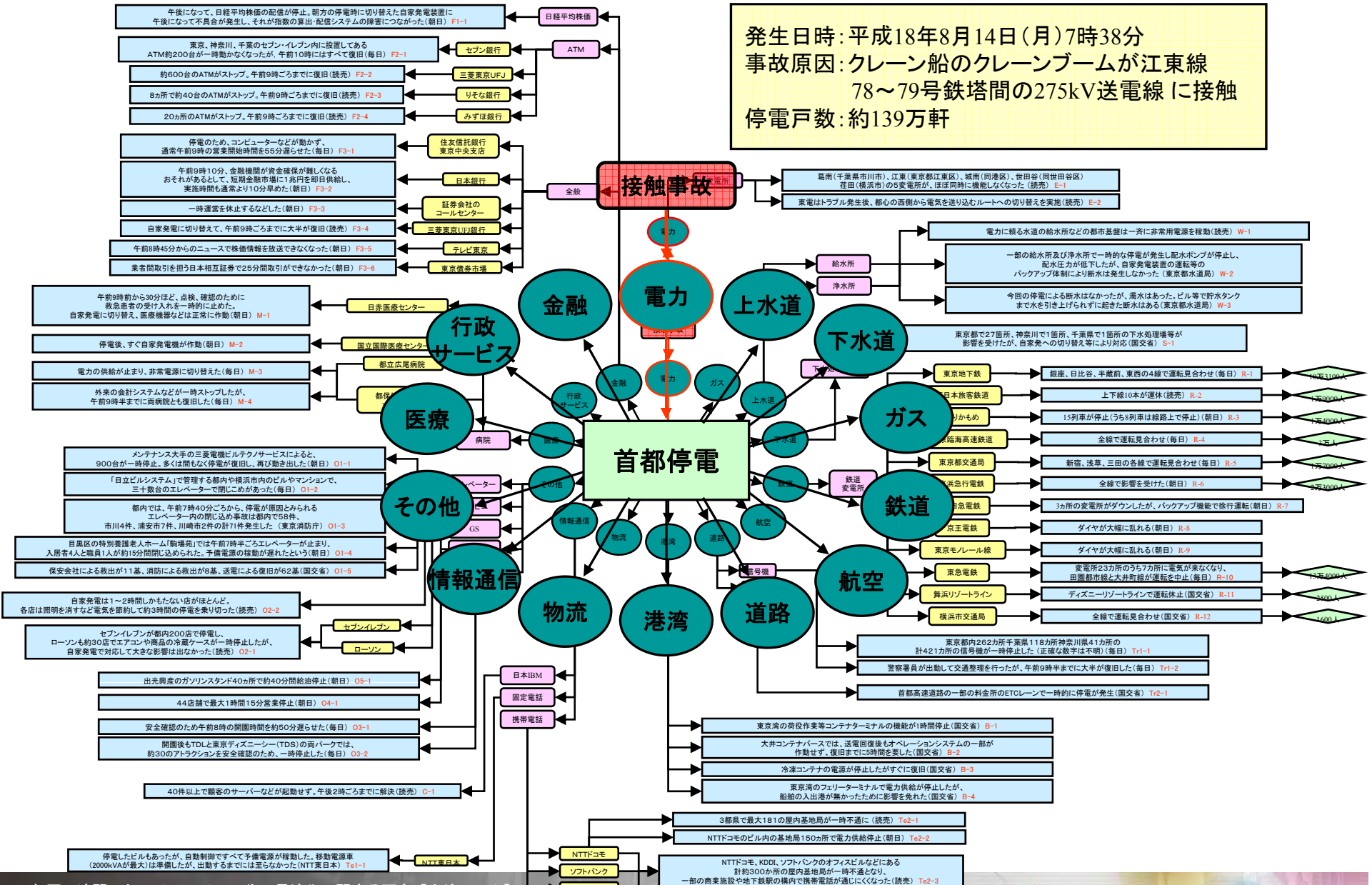
2006年8月14日首都圏大規模停電 における送電復旧の推移



東京電力(株): サステナビリティレポート2007, 東京電力と社会との関わり 特集「江東線損傷による首都圏停電」, 2007年, pp.52-53.

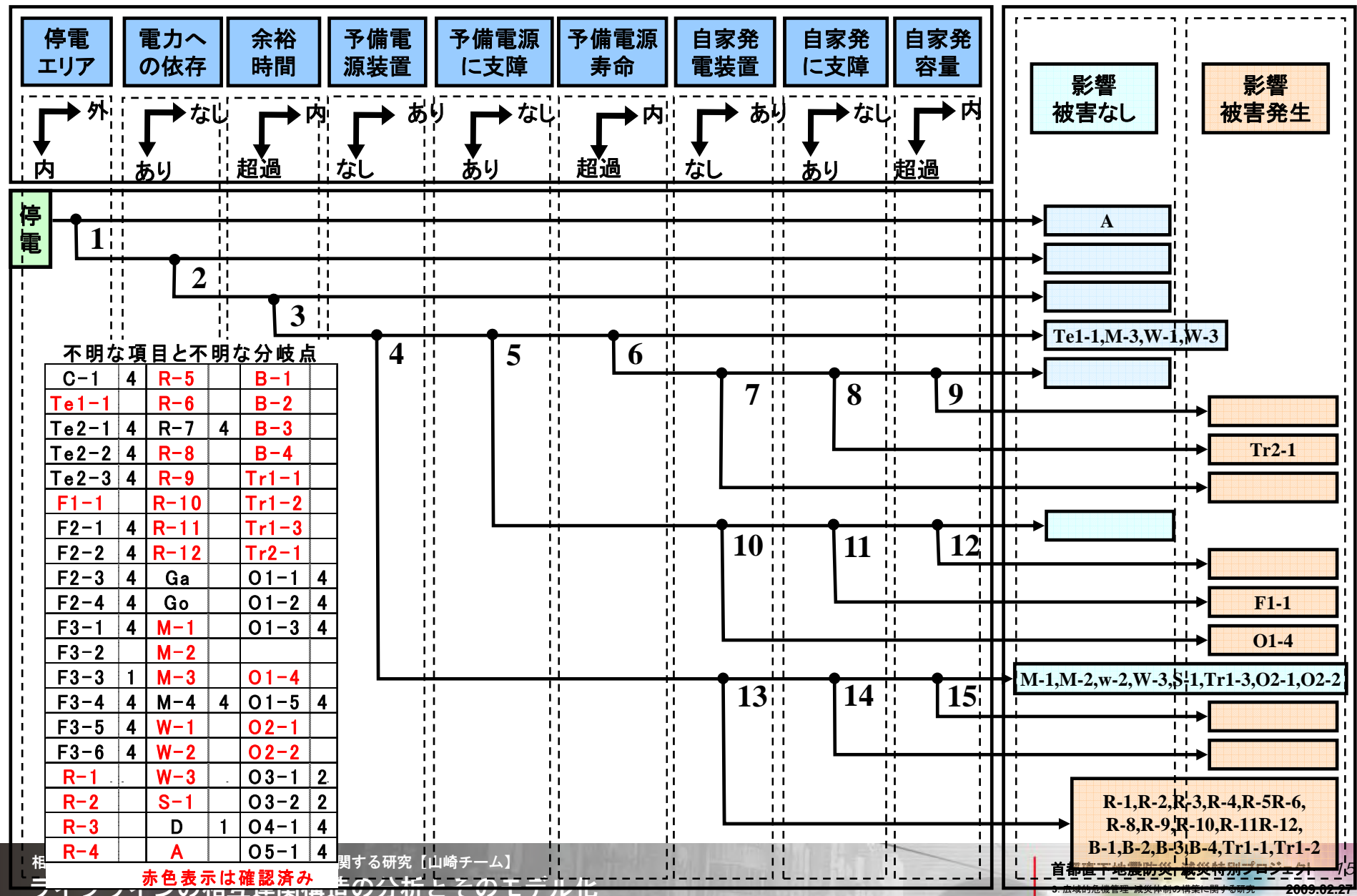
2006年首都圏大規模停電の影響

発生日時:平成18年8月14日(月)7時38分
 事故原因:クレーン船のクレーンブームが江東線
 78~79号鉄塔間の275kV送電線に接触
 停電戸数:約139万軒



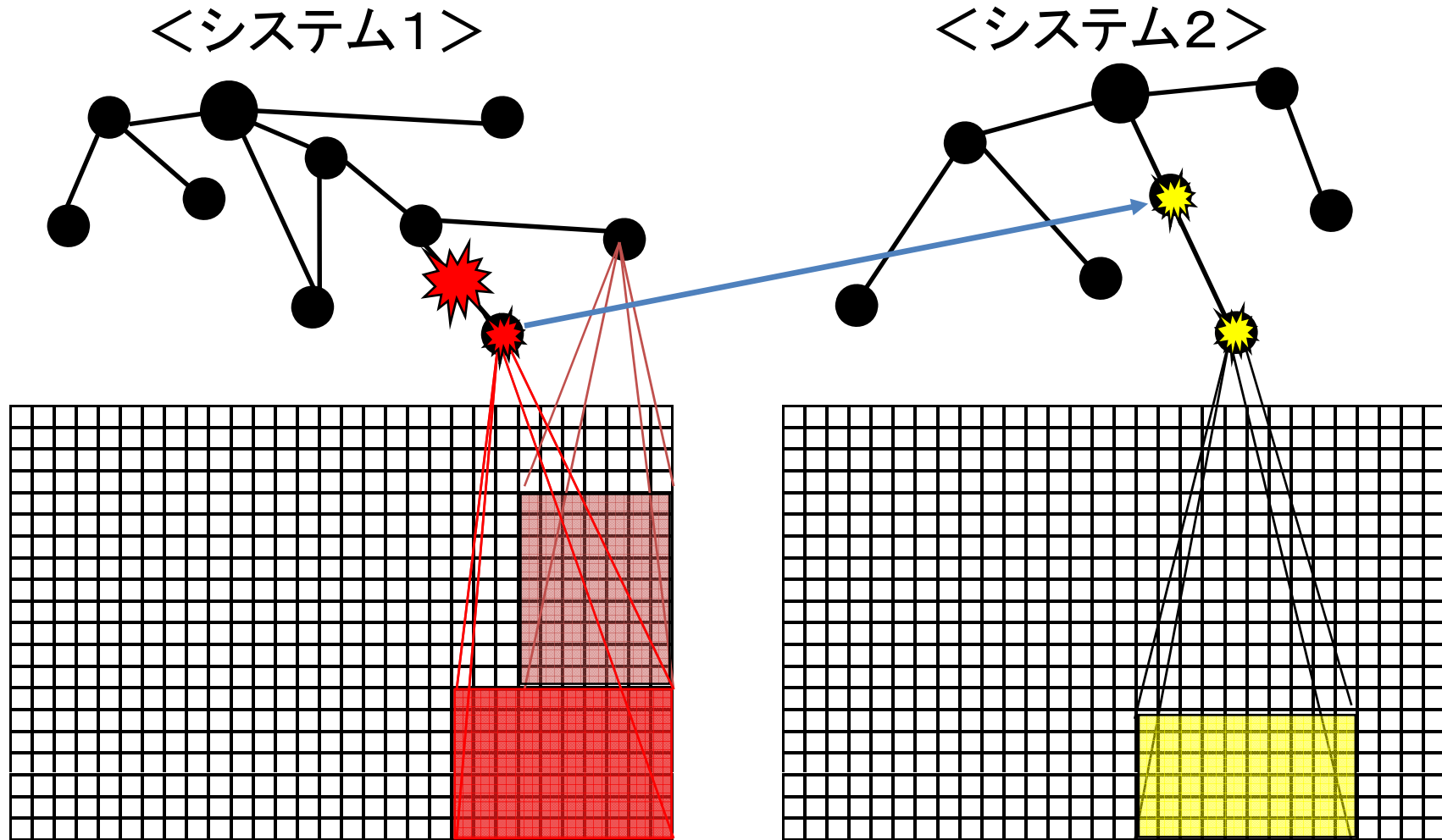
相互に関連したライフラインの復旧最適化に関する研究【山崎チーム】
 ライフラインの相互関連構造の分析とそのモデル化

2006年首都圏大規模停電と停電対策



相互連関を考慮した機能的被害波及モデル

考慮すべき項目 {
・システム内の被害波及
・システム間の被害波及

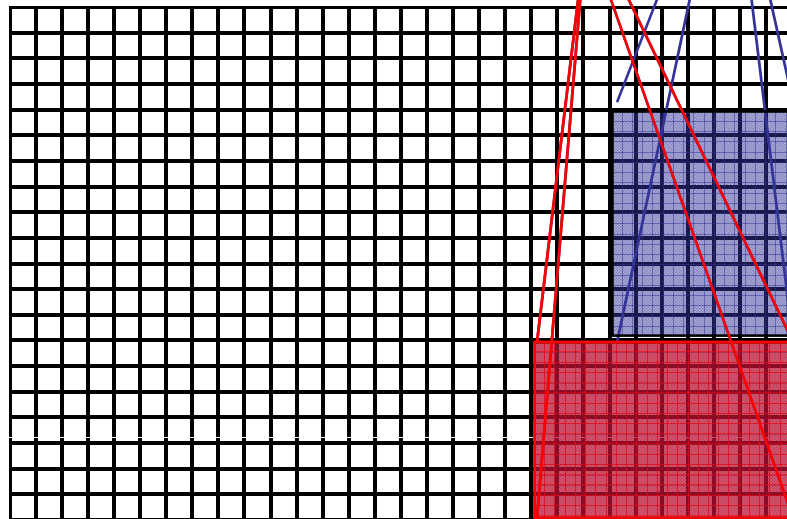
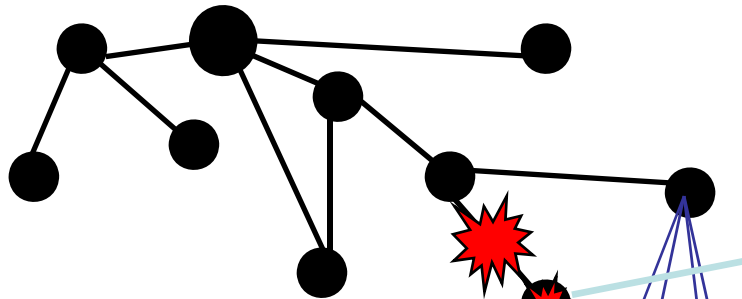


相互連関を考慮した機能的被害波及モデル

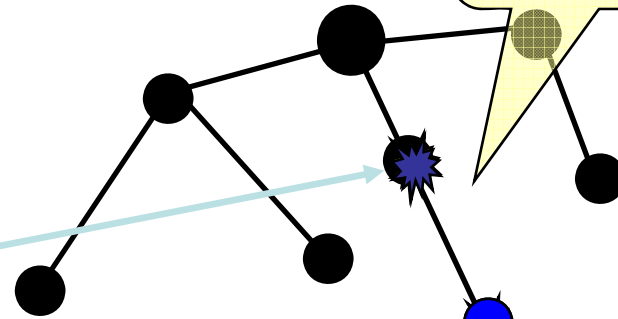
考慮すべき項目

- システム間影響波及の発現時間
- システム間のバックアップ寿命
- システム内影響波及の余裕時間

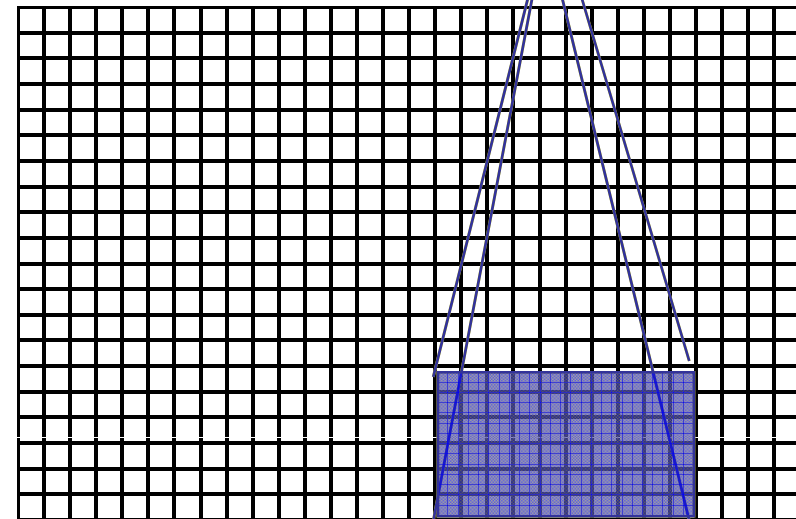
<システム1>



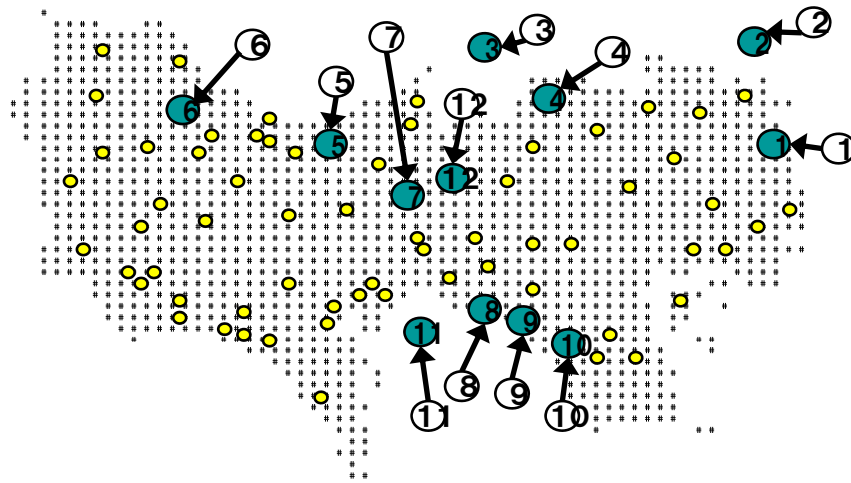
<システム2>



システム1に対するBackup



システム1からシステム2への被害波及



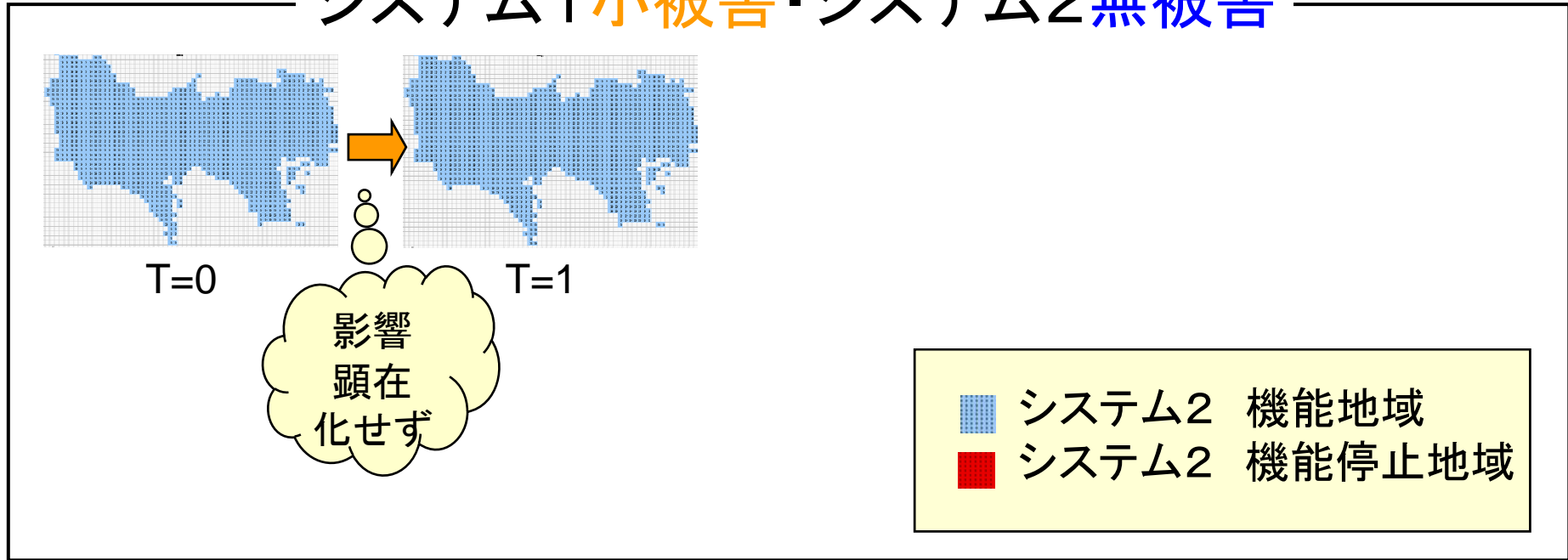
- システム1 基幹施設
- システム2 基幹施設

- ・システム2はシステム1に依存
- ・有限のバックアップ施設を保有

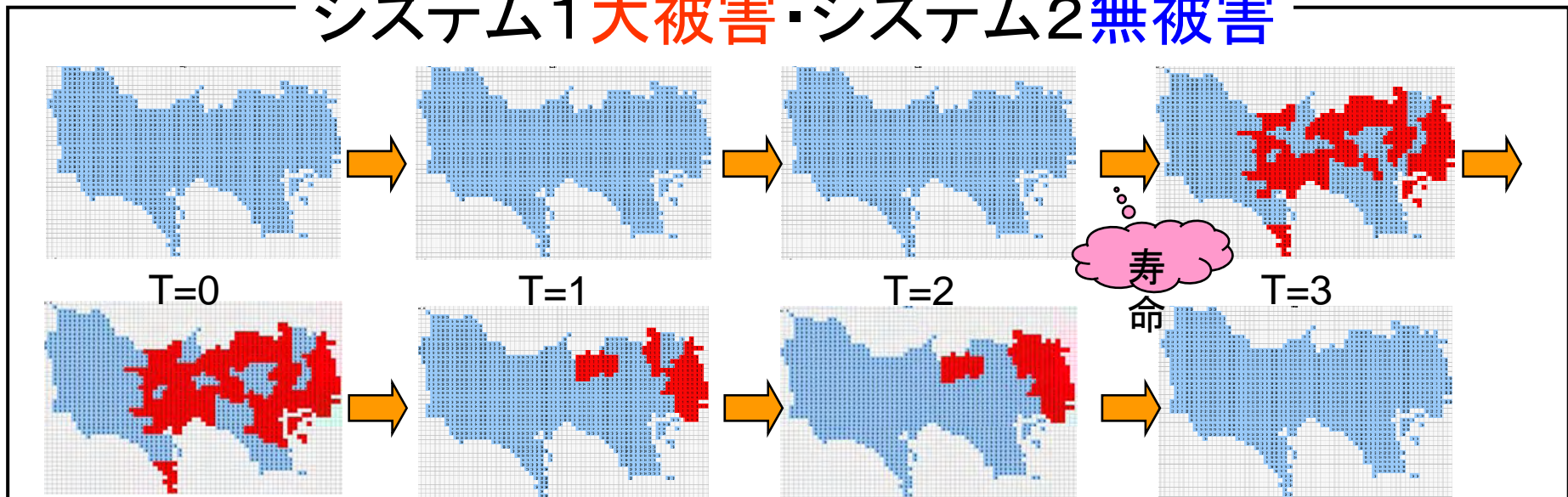
	ケース	システム1 機能停止	システム2 機能停止
単独事故 (システム1被災)	1	1日 (小被害)	0日 (無被害)
	2	7日 (大被害)	0日 (無被害)
地震災害 (システム1, 2被災)	3	1日 (小被害)	17日 (大被害)
	4	7日 (大被害)	17日 (大被害)

システム2の機能停止エリアの時系列的変化

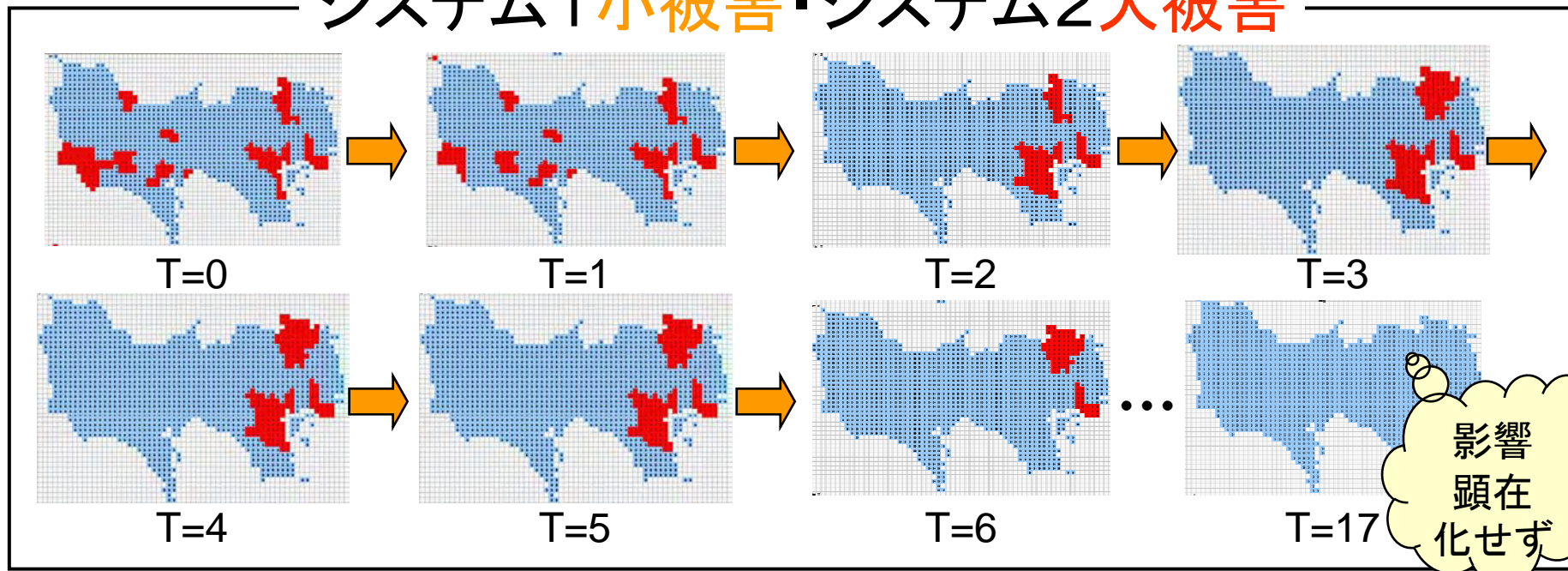
システム1 小被害・システム2 無被害



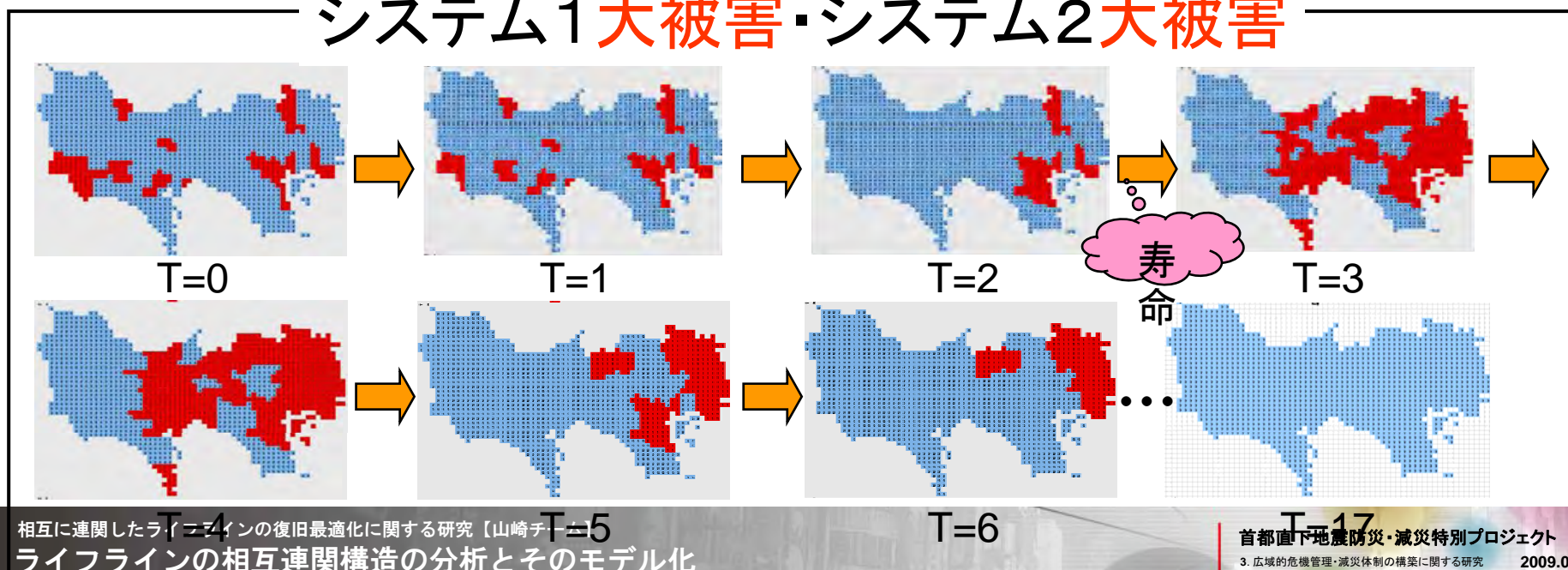
システム1 大被害・システム2 無被害



システム1 小被害・システム2 大被害



システム1 大被害・システム2 大被害



今後の課題

- 相互連関の多面的な様相に対して、個々に進められたモデルの総合化（戦術から戦略へ）
- （データ入手制約により）個別問題に応じて定めた対象地域から首都圏全域へ
- 仮想モデルから現実モデルへの発展

