

災害初期の道路啓開における 輸送路被災及びがれき処理効率の影響

計画マネジメント皆川研究室

学生氏名 草柳 満

指導教員 皆川 勝

はじめに

震災時の重要な課題

震災発生

- 早期の人命救助活動
- 緊急輸送路の啓開作業

地方自治体

災害協定

地元建設業者

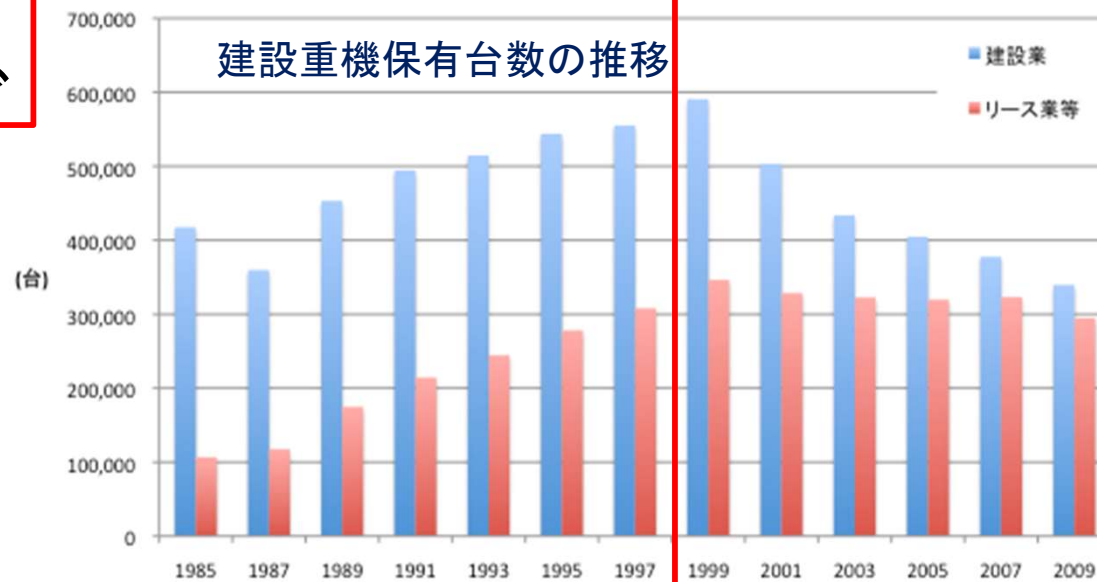


2011.3.11 東日本大震災

- 急激な公共工事の減少
- 地元建設業者の建設重機保有数の減少

建設重機の不足による影響

- 災害初期の啓開活動の遅れ
- 被災者救出活動への遅れ



皆川、渡邊らの研究

マルチエージェントシミュレーション

重機の広域での連携活用の有無に対応したモデルを作成

- 建設重機、移動経路をエージェントとする
- 東海地震を想定し、静岡県を対象にがれき処理シミュレーションを実行
- 各市町においてがれき処理作業を実行
- 作業完了後連携のある市町間の移動を行い、**県内全てのがれきの処理が完了するのに要する時間**を測定
- 地域間で連携を行った場合、各市町での作業時間を短縮できる事が示唆され、地域間連携の有効性を確認した

課題

- ◆ ネットワーク移動の際の輸送路被災の考慮が十分でない
- ◆ 経路点エージェントを密に置くことで、経路を表現
- ◆ 広域でのがれき処理を対象、市町内の詳細ながれき分布を無視

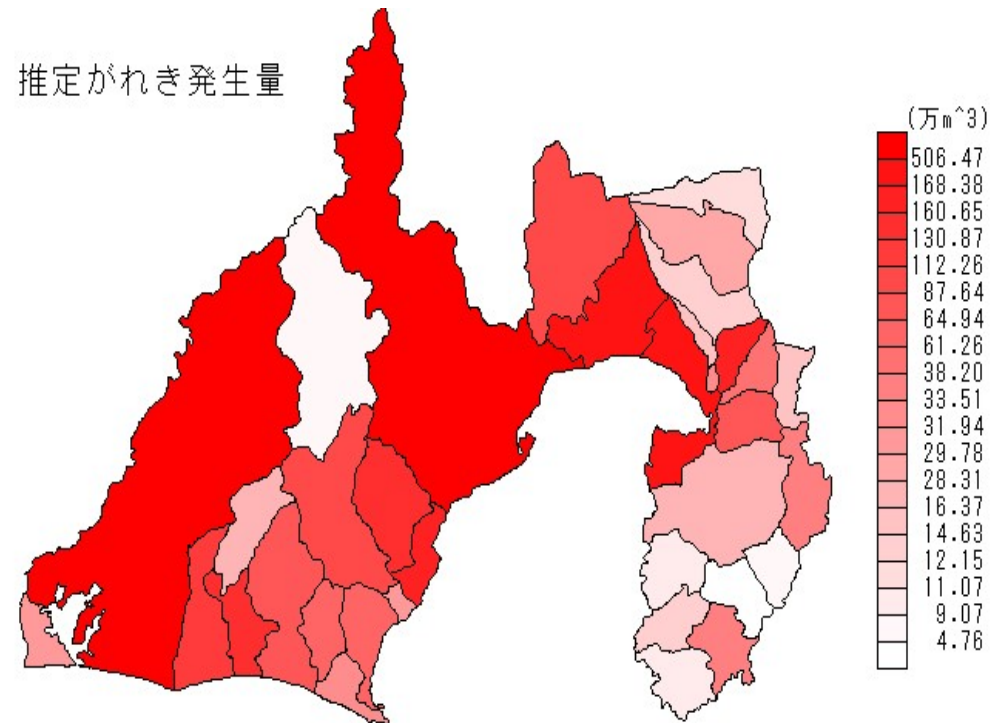
本研究の目的

- 緊急輸送路被災を考慮してシミュレーションを行い、皆川らの報告結果と比較することで、道路啓開作業に及ぼす影響を把握
- 道路の属性やがれき処理効率の変化を考慮できるシミュレーションモデルを新たに作成し、影響を検討

皆川、渡邊らがシミュレーションで用いた諸要素①

◆ 推定がれき発生量

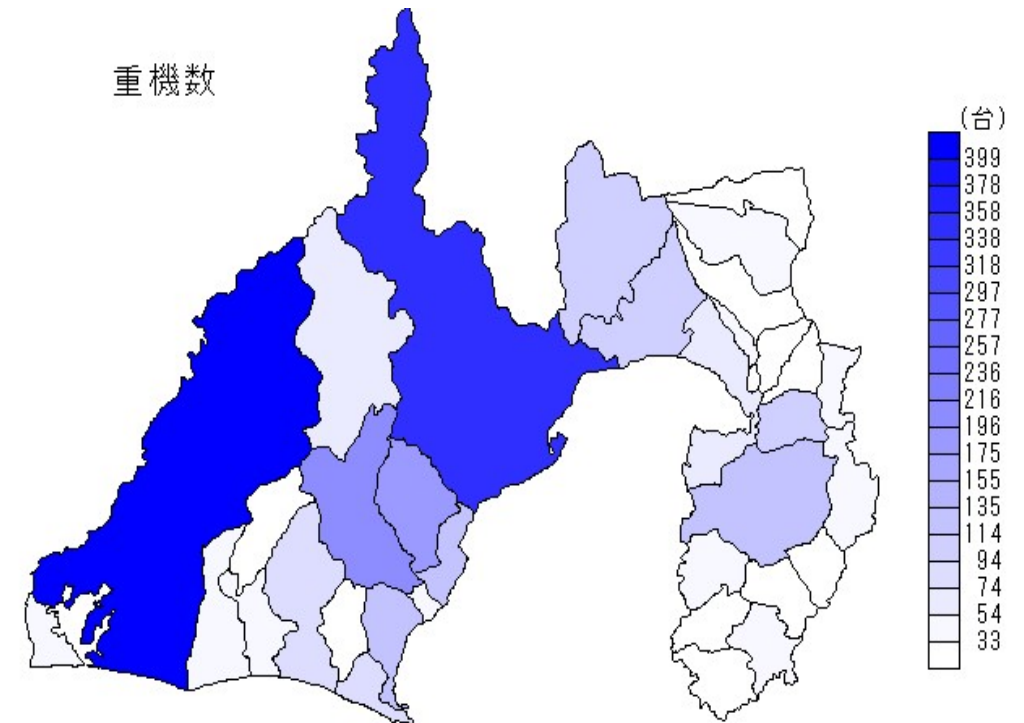
被害想定と瓦礫発生量を組み合わせて設定



◆ 重機数

静岡県に調査を依頼し入手

大半のシェアを占めるバックホウを設定



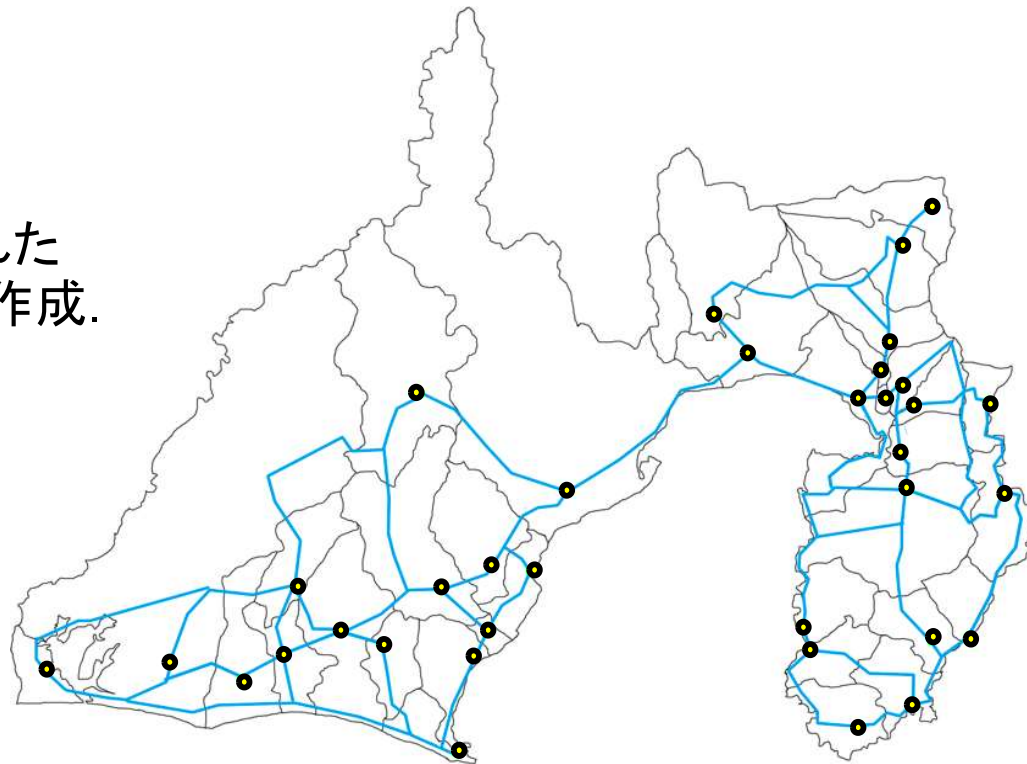
- バックホウのがれき処理能力は国土交通省が定めている土木工事標準積算書をもとに0.6319m³/hと設定
- 重機の作業時間は震災時の想定を行うために1時間あたりの作業量を算出し24時間態勢での作業
- 建設重機の移動速度は国土交通省発表の道路交通センサスより混雑時旅行速度35.1km/hとする

皆川、渡邊らがシミュレーションで用いた諸要素②

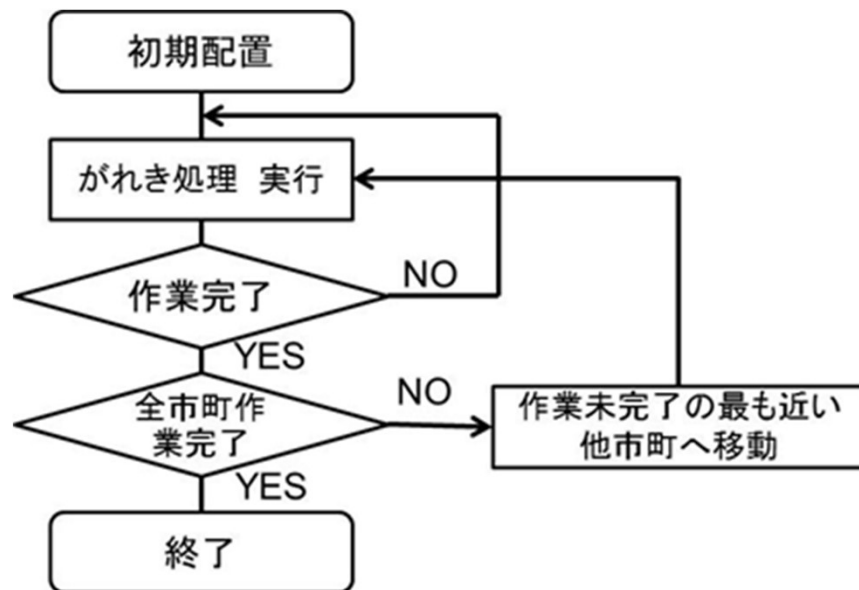
道路ネットワークの設定

震災時に通行可能な被害想定で指定された緊急輸送路のデータを用いて、道路網を作成。

- 静岡県地図
- : 緊急輸送路
- : 重機、がれき発生点(各市町の役所)



建設重機エージェントの行動ルール

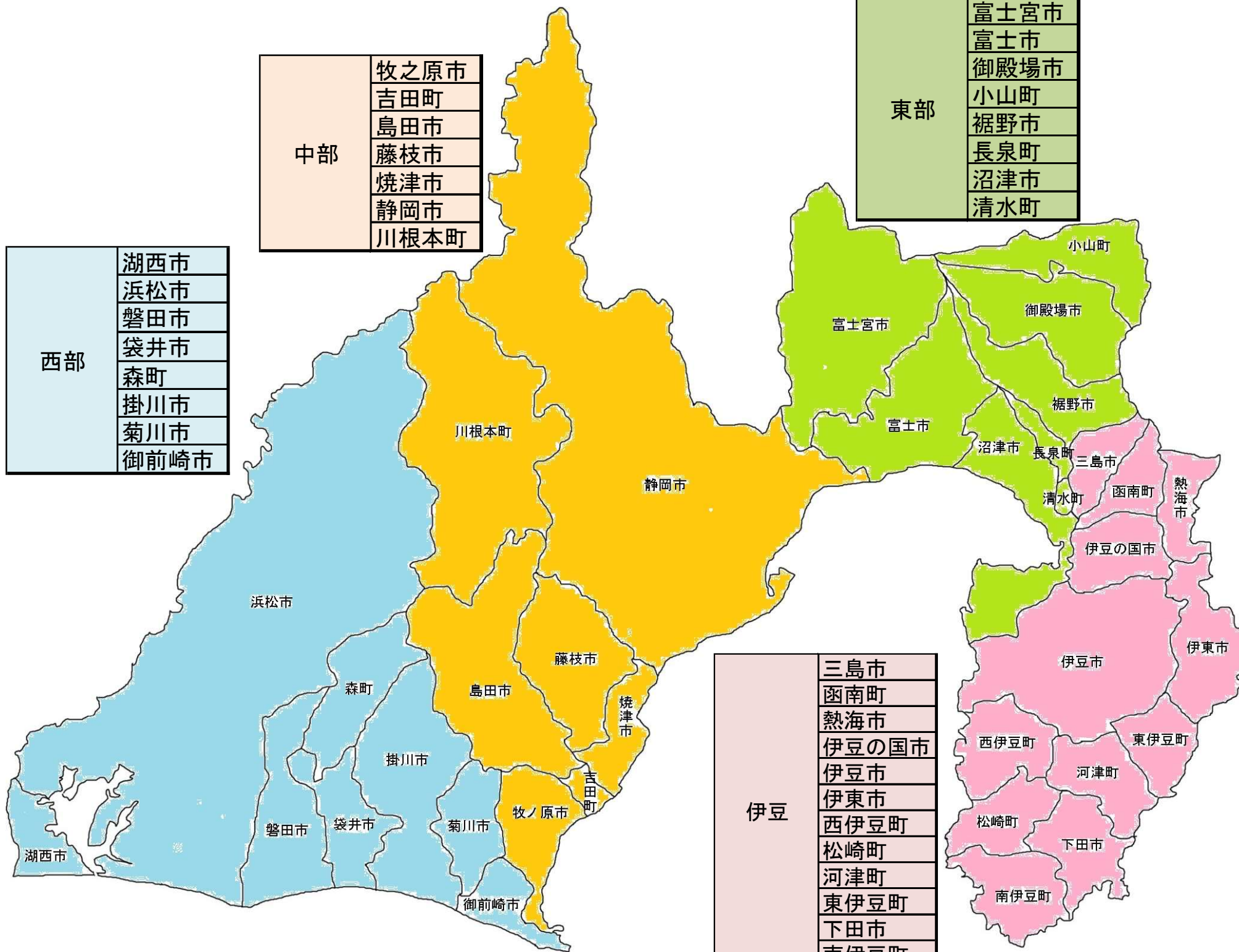


- 道路ネットワーク上に密に配置された経路点エージェントを通過して移動
- 経路点エージェントはダイクストラ法を用いて目的地までの最小距離を常に計算
- 建設重機エージェントは視野の中にある経路点エージェントで最も小さい数値の経路点を移動

西部	湖西市
	浜松市
	磐田市
	袋井市
	森町
	掛川市
	菊川市
	御前崎市

中部	牧之原市
	吉田町
	島田市
	藤枝市
	焼津市
	静岡市
	川根本町

東部	富士宮市
	富士市
	御殿場市
	小山町
	裾野市
	長泉町
	沼津市
清水町	



伊豆	三島市
	函南町
	熱海市
	伊豆の国市
	伊豆市
	伊東市
	西伊豆町
	松崎町
	河津町
	東伊豆町
	下田市
	南伊豆町

輸送路被災を想定したシミュレーション

緊急輸送路被災モデル

緊急輸送路の被災を考慮し建設業者ががれき処理を行う(緊急輸送路被災時の連携)

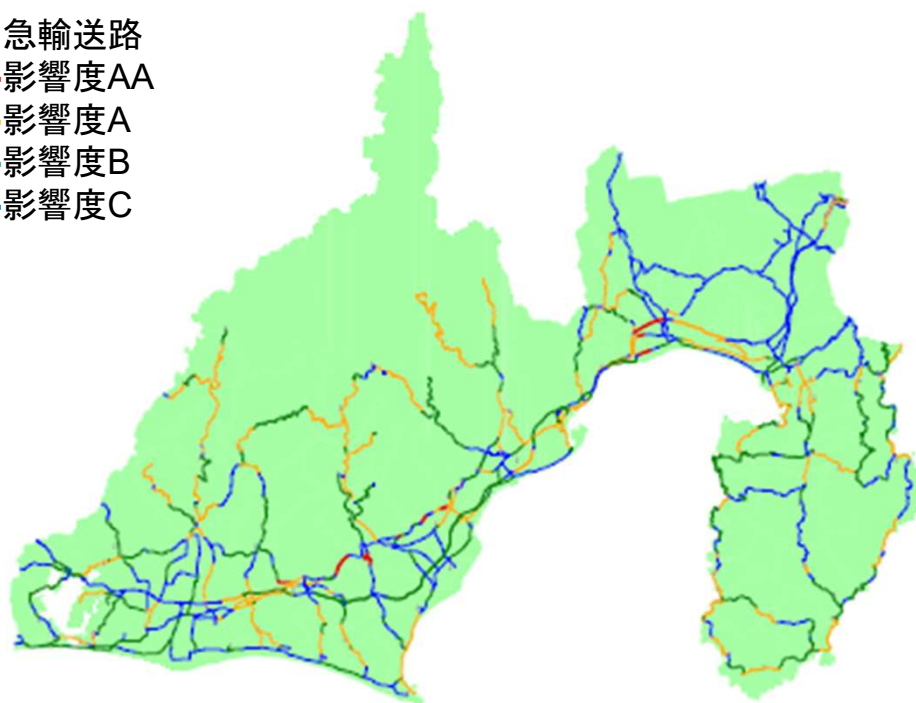
全域連携モデル

静岡県全域ですべての建設業者が連携してがれき処理を行う(全域連携)

分断地域内連携モデル

富士川付近の緊急輸送路が被災して早期の復旧が見込めなく県内をその東西の2地域に分けて、それぞれの地域内で建設業者が連携してがれき処理を行う場合(分断地域内連携)

緊急輸送路
— 影響度AA
— 影響度A
— 影響度B
— 影響度C



- 被害想定で、それぞれの緊急輸送路が影響度により、震災時の状況が予測されている(左図)
- **影響度AA**の地点では極めて大規模な被害が発生する可能性があり、復旧にも長期間をする
- これを考慮し、輸送路の被災パターンを決定

輸送路被災を想定したシミュレーション

緊急輸送路被災モデル

緊急輸送路の被災を考慮し建設業者ががれき処理を行う(緊急輸送路被災時の連携)

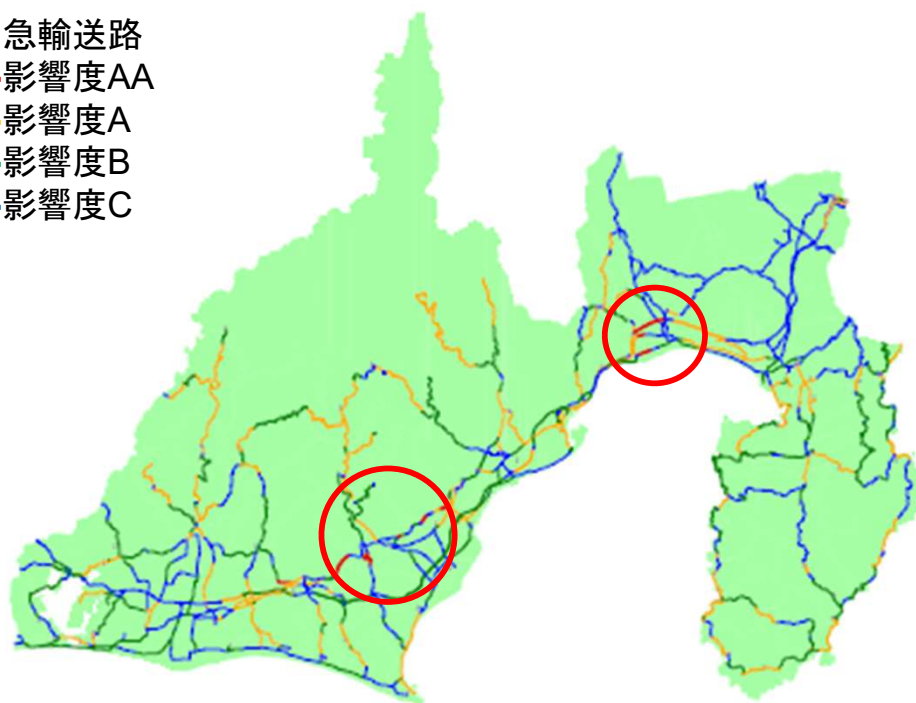
全域連携モデル

静岡県全域ですべての建設業者が連携してがれき処理を行う(全域連携)

分断地域内連携モデル

富士川付近の緊急輸送路が被災して早期の復旧が見込めなく県内をその東西の2地域に分けて、それぞれの地域内で建設業者が連携してがれき処理を行う場合(分断地域内連携)

緊急輸送路
— 影響度AA
— 影響度A
— 影響度B
— 影響度C



- 被害想定で、それぞれの緊急輸送路が影響度により、震災時の状況が予測されている(左図)
- **影響度AA**の地点では極めて大規模な被害が発生する可能性があり、復旧にも長期間をする
- これを考慮し、輸送路の被災パターンを決定

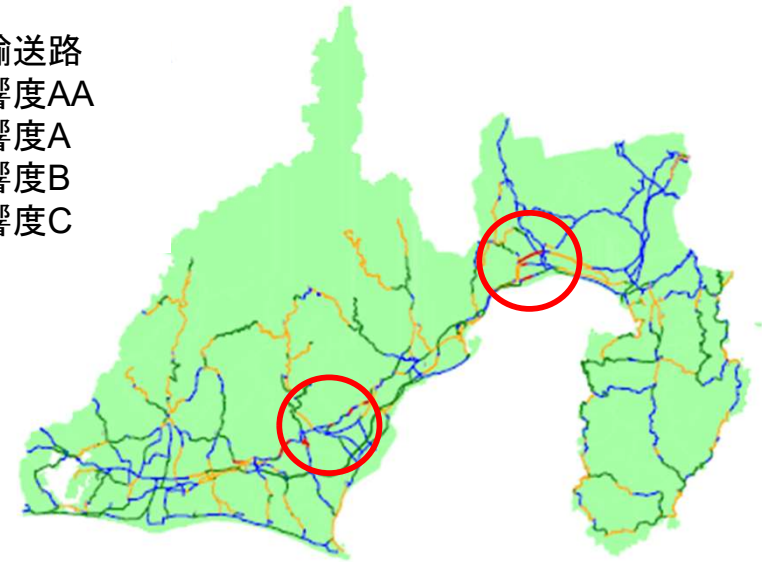
輸送路被災の影響度を考慮した 想定ケース

緊急輸送路
— 影響度AA
— 影響度A
— 影響度B
— 影響度C

(ケース1) 富士市南側の国道1号線が通行不可となった場合

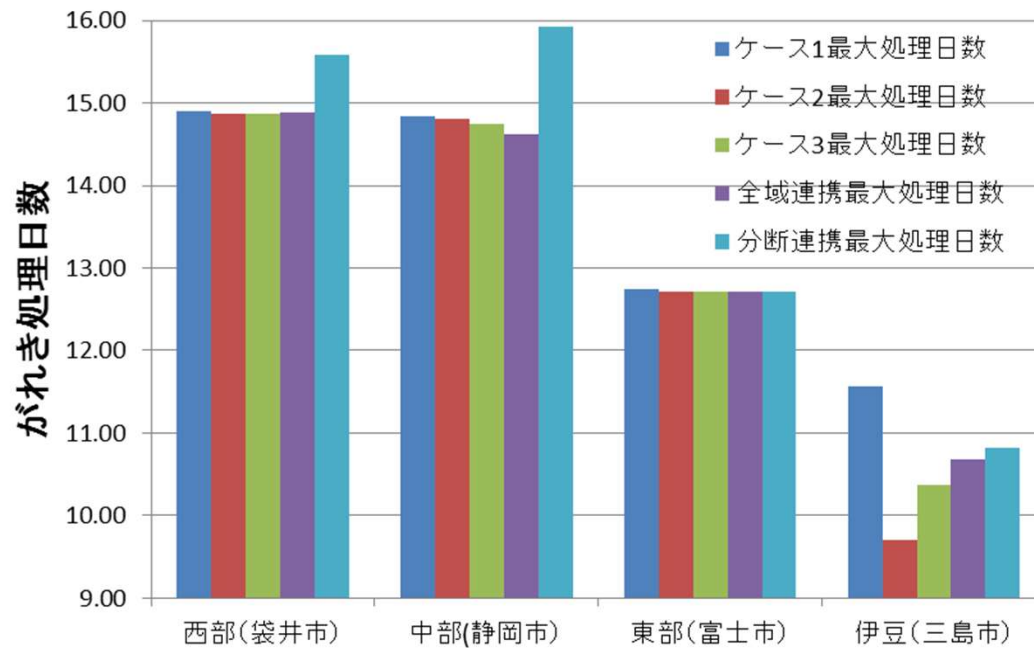
(ケース2) 富士市北側の国道139号線が通行不可となった場合

(ケース3) 藤枝市から掛川市までの国道1号線
及び掛川市北側の国道40号線が通行不可となった場合

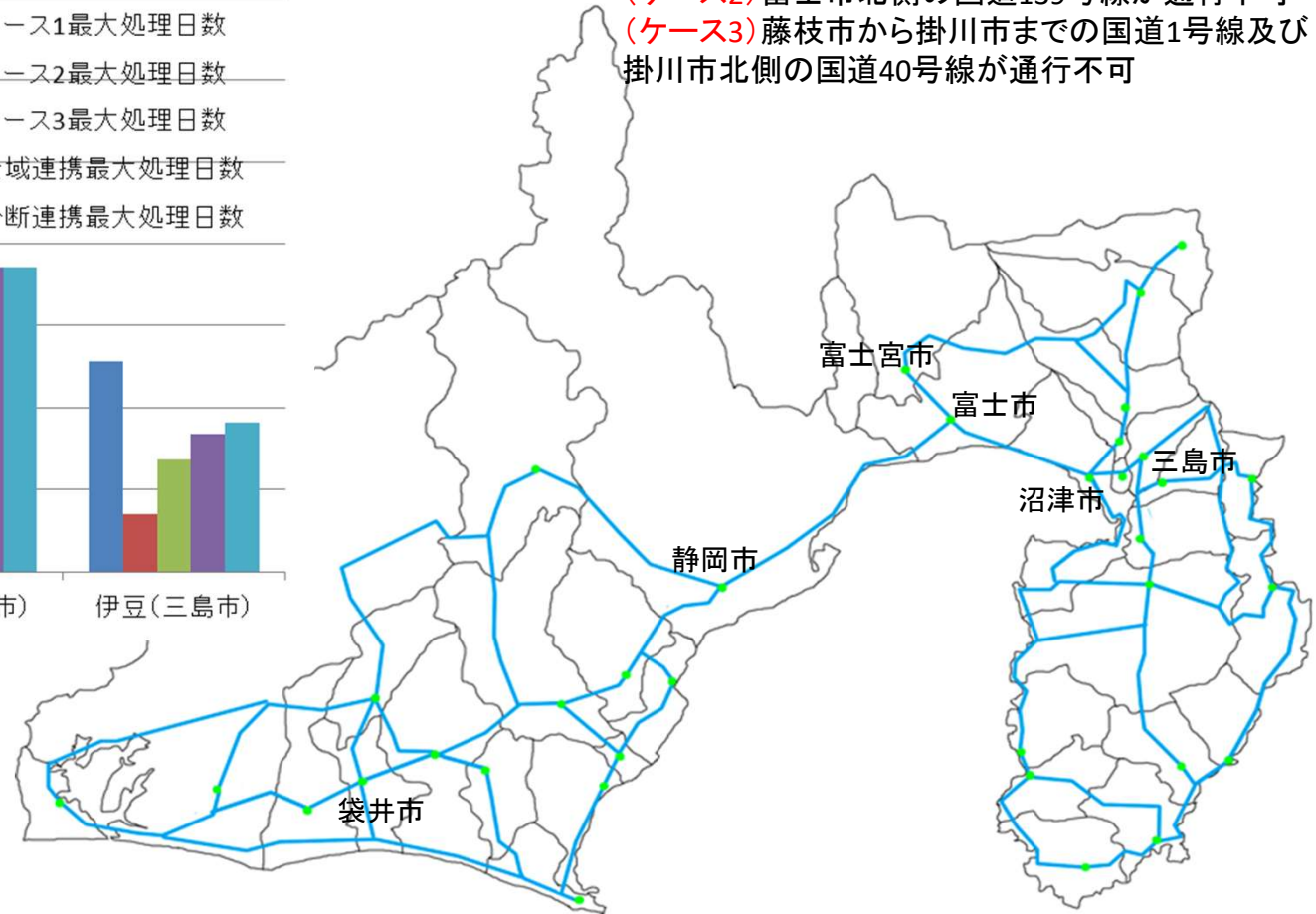


輸送路被災シミュレーション結果及び考察

全シナリオのがれき処理最大日数の比較



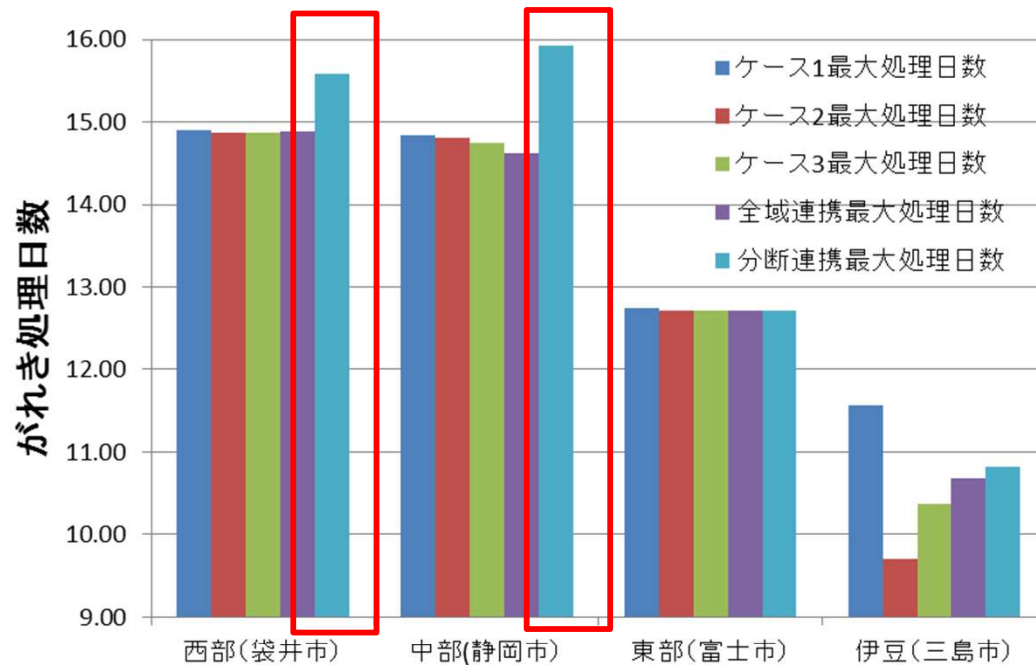
- (ケース1) 富士市南側の国道1号線が通行不可
- (ケース2) 富士市北側の国道139号線が通行不可
- (ケース3) 藤枝市から掛川市までの国道1号線及び掛川市北側の国道40号線が通行不可



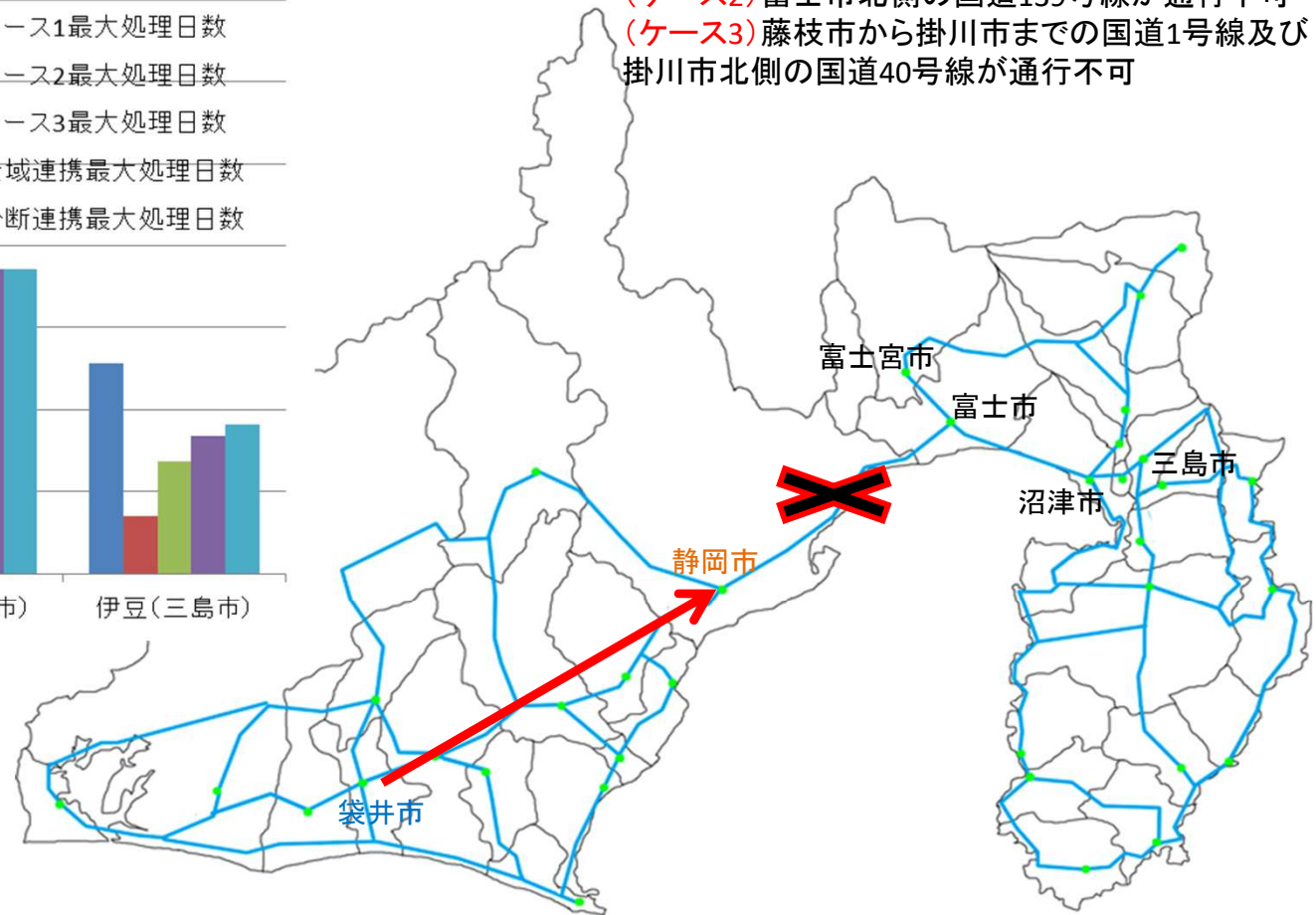
- 分断地域内連携処理日数では中部(静岡市), 西部(袋井市)の順にがれき処理日数を要する
- その他のシナリオでは東部, 伊豆でがれき処理を終えた重機の支援があるため中部(静岡市)のがれき処理が早くなり, 西部(袋井市)に最も時間を要する
- 静岡県東西を結ぶ富士市, 静岡市間の輸送路が大きな重要度を占める

輸送路被災シミュレーション結果及び考察

全シナリオのがれき処理最大日数の比較



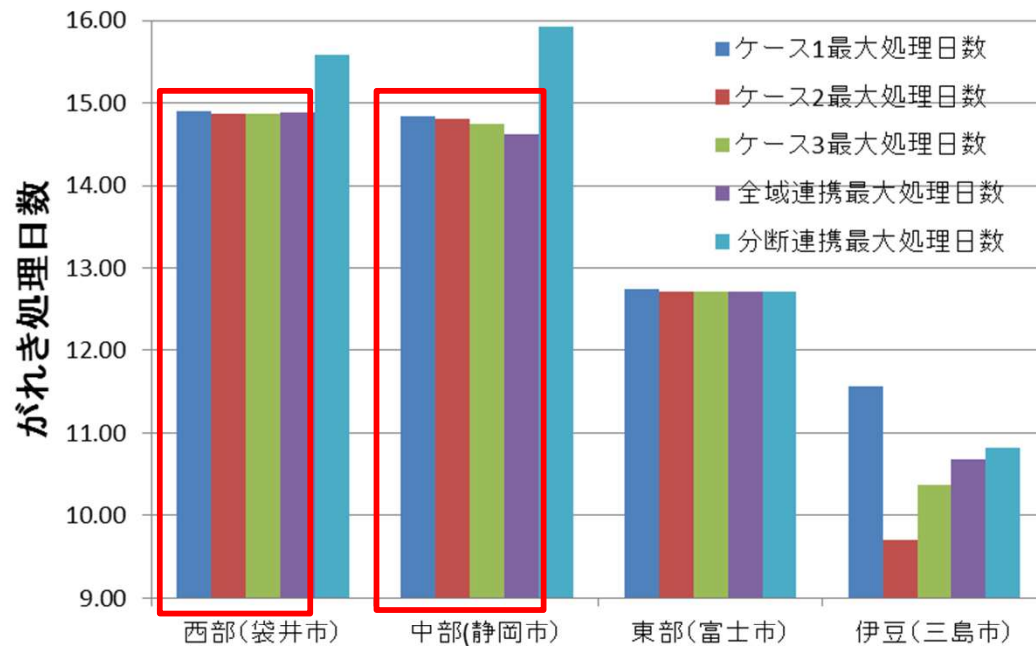
(ケース1) 富士市南側の国道1号線が通行不可
 (ケース2) 富士市北側の国道139号線が通行不可
 (ケース3) 藤枝市から掛川市までの国道1号線及び掛川市北側の国道40号線が通行不可



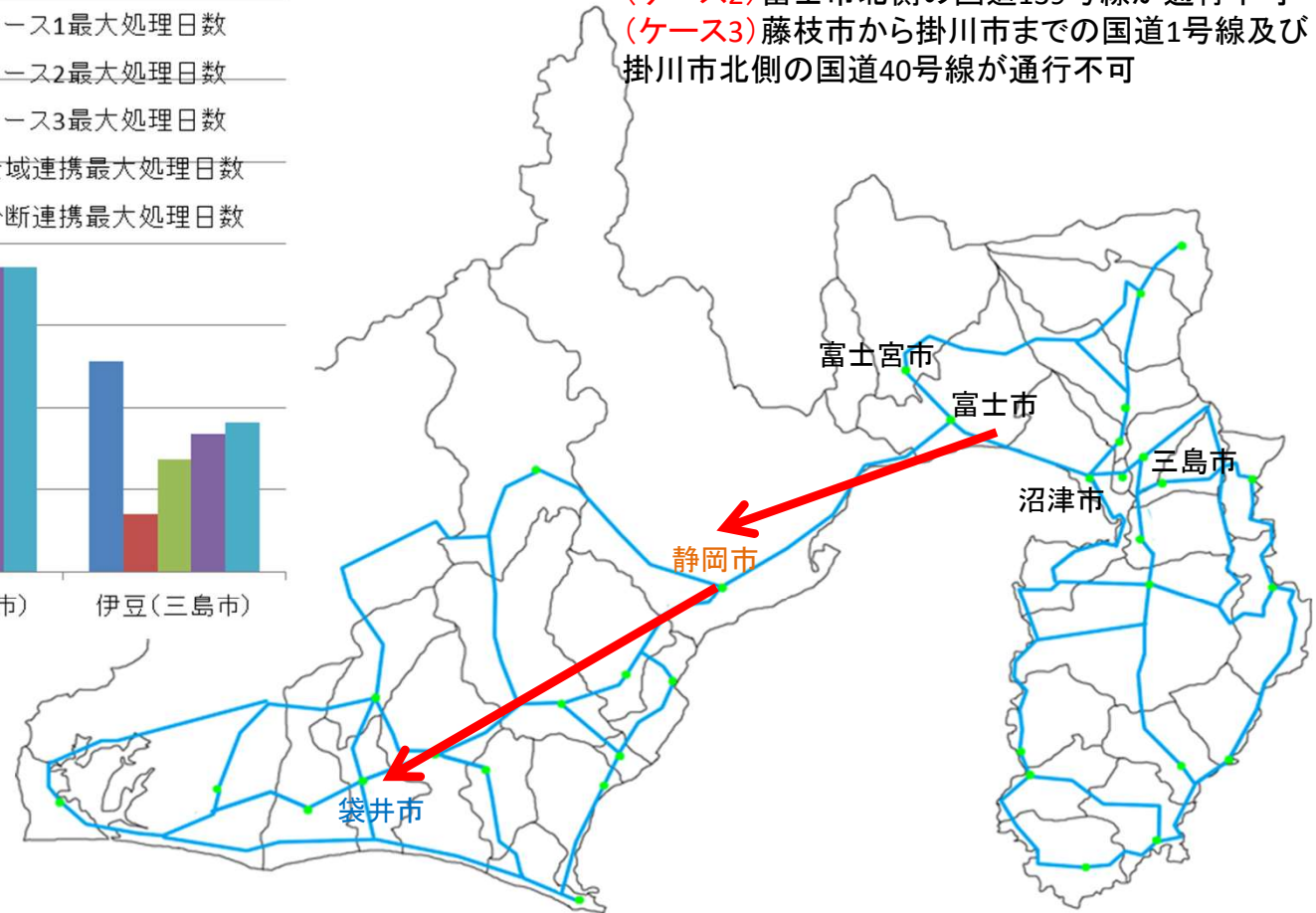
- 分断地域内連携処理日数では中部(静岡市), 西部(袋井市)の順にがれき処理日数を要する
- その他のシナリオでは東部, 伊豆でがれき処理を終えた重機の支援があるため中部(静岡市)のがれき処理が早くなり, 西部(袋井市)に最も時間を要する
- 静岡県東西を結ぶ富士市, 静岡市間の輸送路が大きな重要度を占める

輸送路被災シミュレーション結果及び考察

全シナリオのがれき処理最大日数の比較



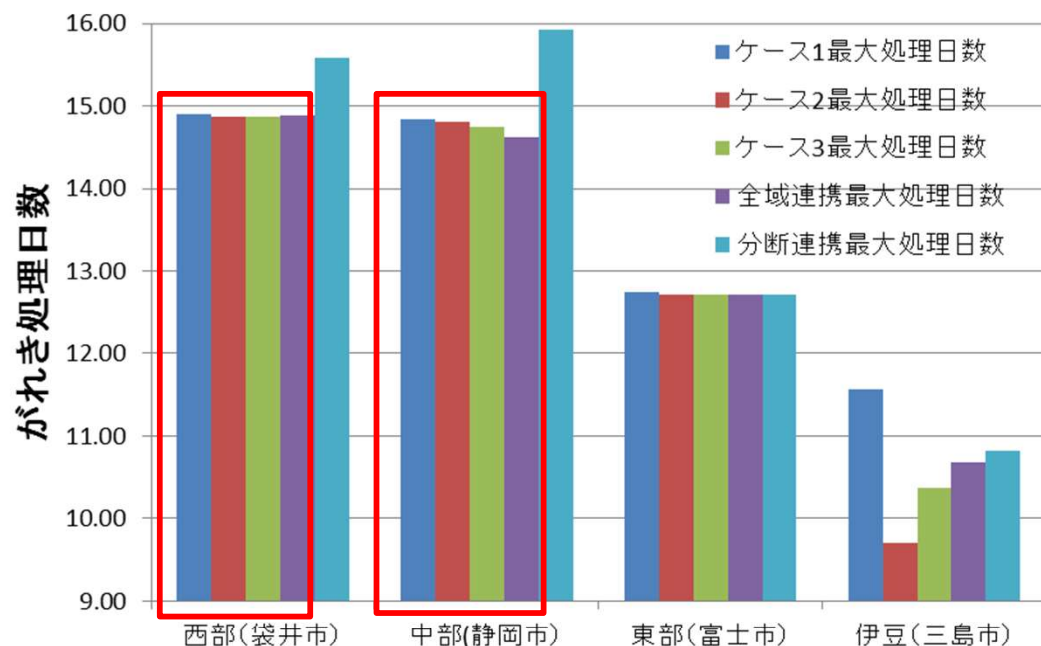
(ケース1) 富士市南側の国道1号線が通行不可
 (ケース2) 富士市北側の国道139号線が通行不可
 (ケース3) 藤枝市から掛川市までの国道1号線及び掛川市北側の国道40号線が通行不可



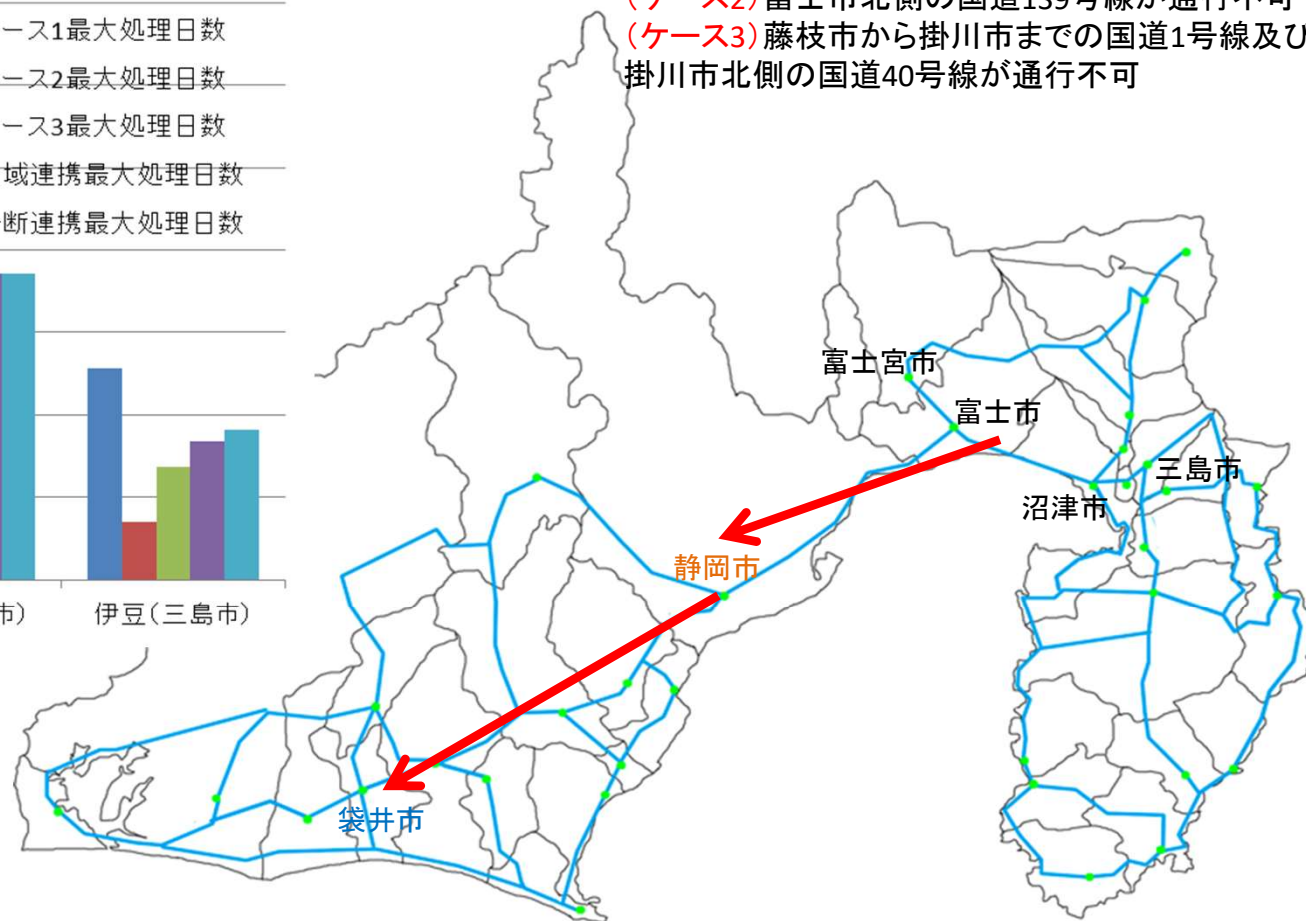
- 分断地域内連携処理日数では中部(静岡市), 西部(袋井市)の順にがれき処理日数を要する
- その他のシナリオでは東部, 伊豆でがれき処理を終えた重機の支援があるため中部(静岡市)のがれき処理が早くなり, 西部(袋井市)に最も時間を要する
- 静岡県東西を結ぶ富士市, 静岡市間の輸送路が大きな重要度を占める

輸送路被災シミュレーション結果及び考察

全シナリオのがれき処理最大日数の比較



(ケース1) 富士市南側の国道1号線が通行不可
 (ケース2) 富士市北側の国道139号線が通行不可
 (ケース3) 藤枝市から掛川市までの国道1号線及び掛川市北側の国道40号線が通行不可

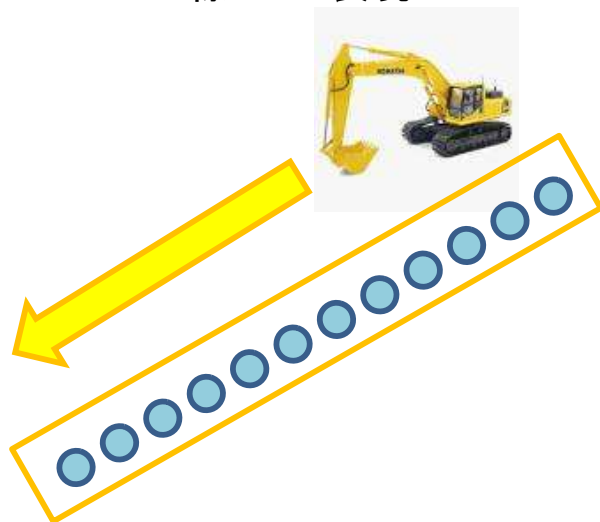


- 分断地域内連携処理日数では中部(静岡市), 西部(袋井市)の順にがれき処理日数を要する
- その他のシナリオでは東部, 伊豆でがれき処理を終えた重機の支援があるため中部(静岡市)のがれき処理が早くなり, 西部(袋井市)に最も時間を要する
- 静岡県東西を結ぶ富士市, 静岡市間の輸送路が大きな重要度を占めている

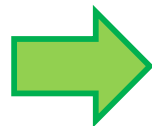
シミュレーションモデルの道路ネットワークの改良

問題点

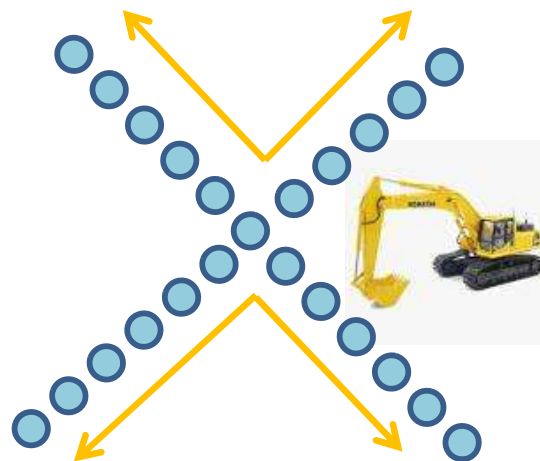
- 経路点エージェントを密に配置
- 一つの線として表現



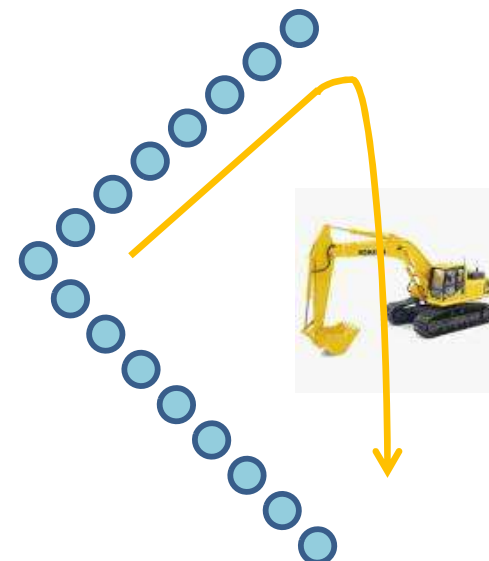
不可



高架橋などの属性異なる道路の交差

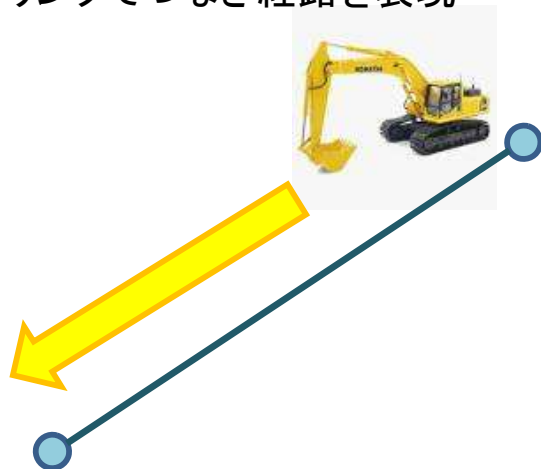


無関係の経路に移動

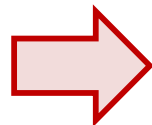


改善点

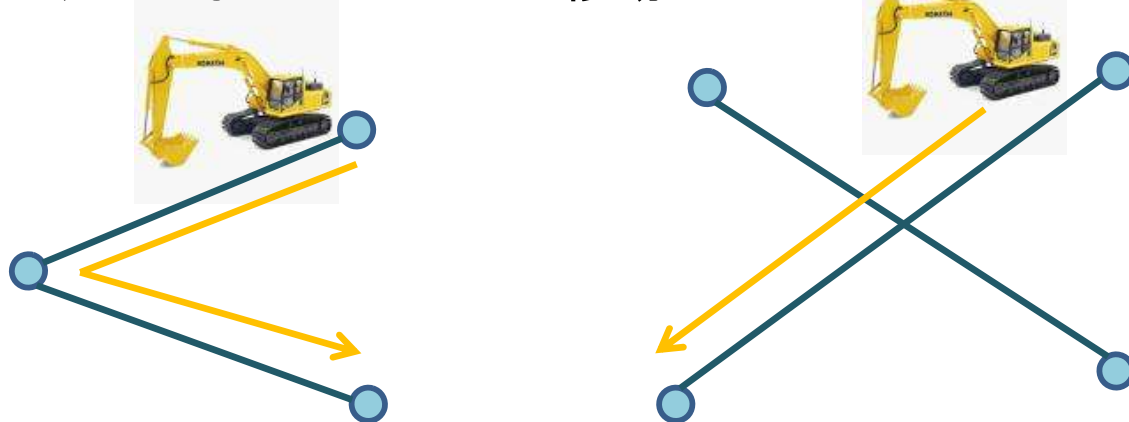
- ノードエージェントを利用
- リンクでつなぎ経路を表現



可能



リンクでつながったノードに移動



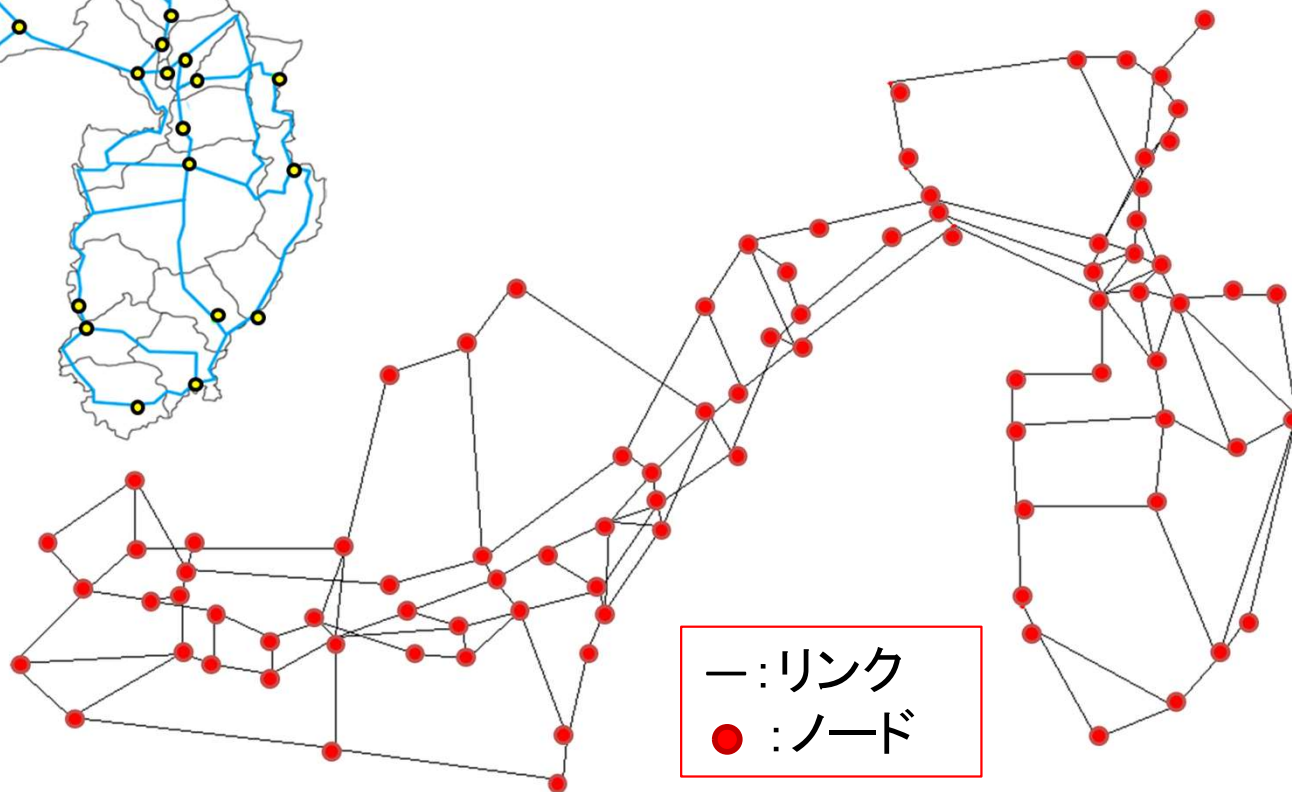
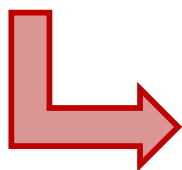
- ダイクストラ法を用いて各市町への最短距離を計算
- 建設重機エージェントは**最短経路かつリンク**でつながっているノードへ移動しながら目的地を目指す

改良後の道路ネットワークの検証

—: 緊急輸送路
●: 重機、がれき発生点



- 皆川らの全域連携モデルをノードエッジとリンクを用いて再構築
- 全域連携でのがれき処理結果を比較し検証



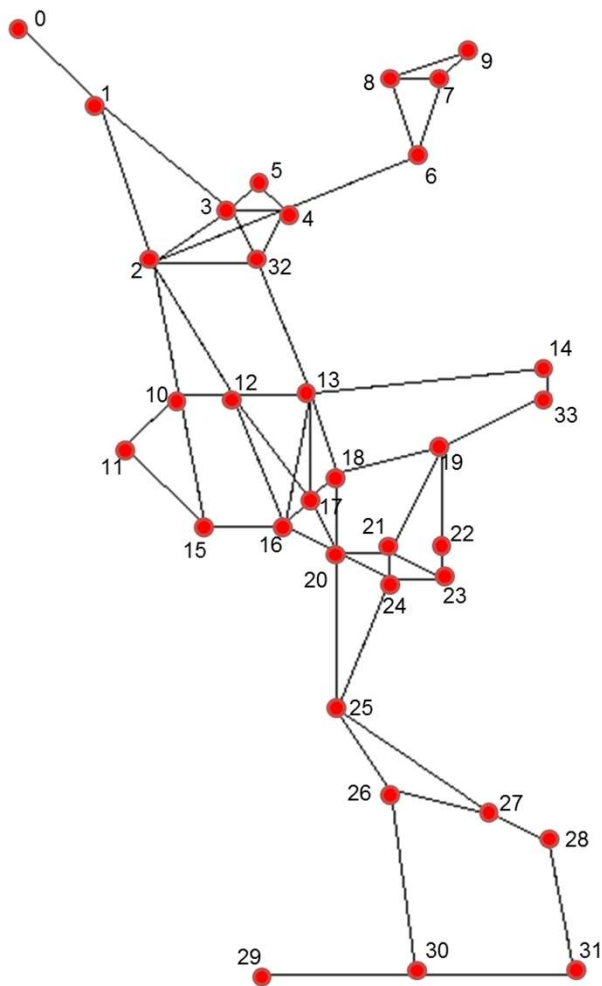
処理最大日数を記録する袋井市の処理日数

- ◆ 皆川らのシミュレーション14.89日
- ◆ モデル改良後のシミュレーション結果14.88日

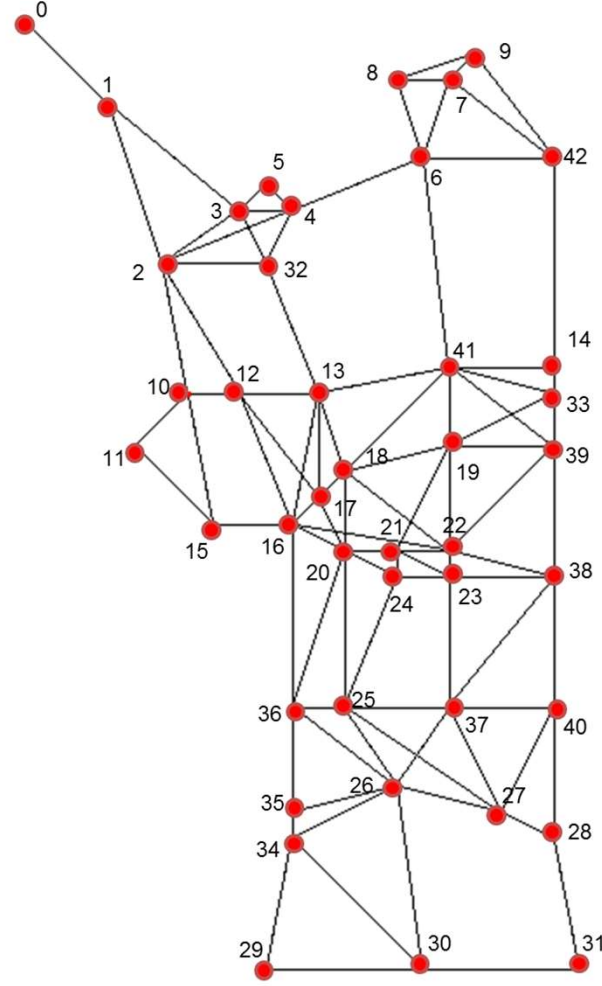
ほぼ同値となった

道路網細分化及びがれき処理効率を考慮したシミュレーション

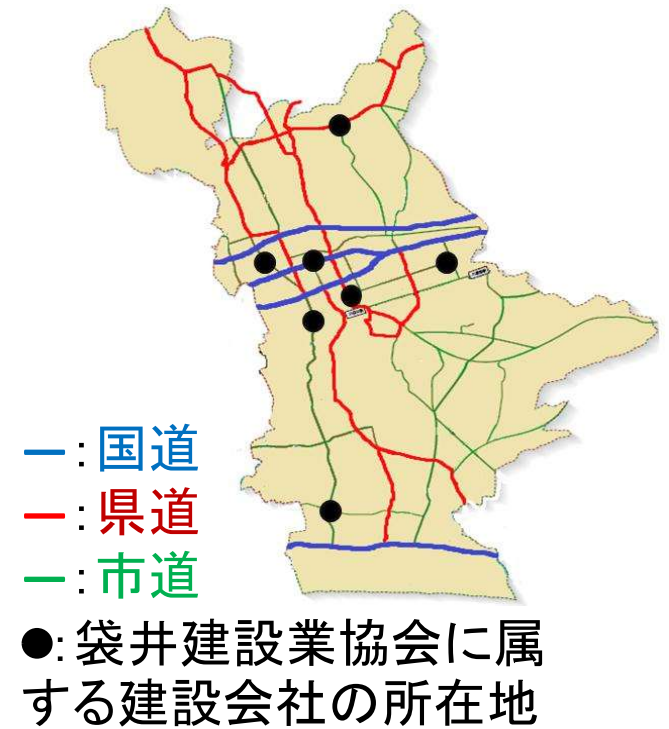
- 国道, 県道といった道路ネットワークの属性の相違、がれき処理効率の変化を考察するため、地域をより限定する
- がれき処理が最も遅く処理が完了する袋井市のみをクローズアップしたモデルを作成



国道総距離: 11,614(m)
県道総距離: 60,932(m)
市道は含めない



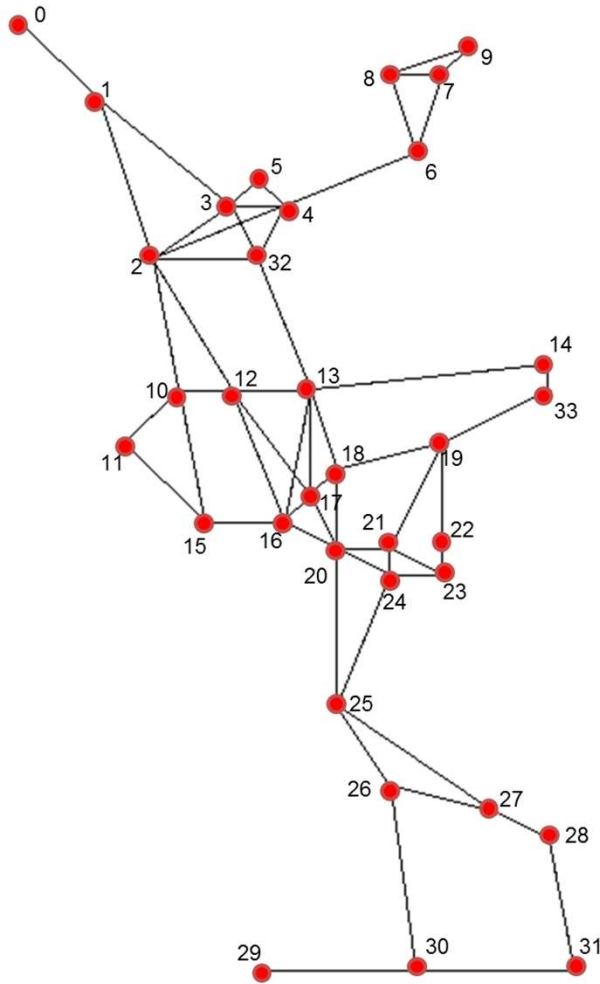
国道総距離: 11,614(m)
県道総距離: 60,932(m)
市道総距離: 65,280(m)



道路網細分化及びがれき処理効率を考慮したシミュレーション

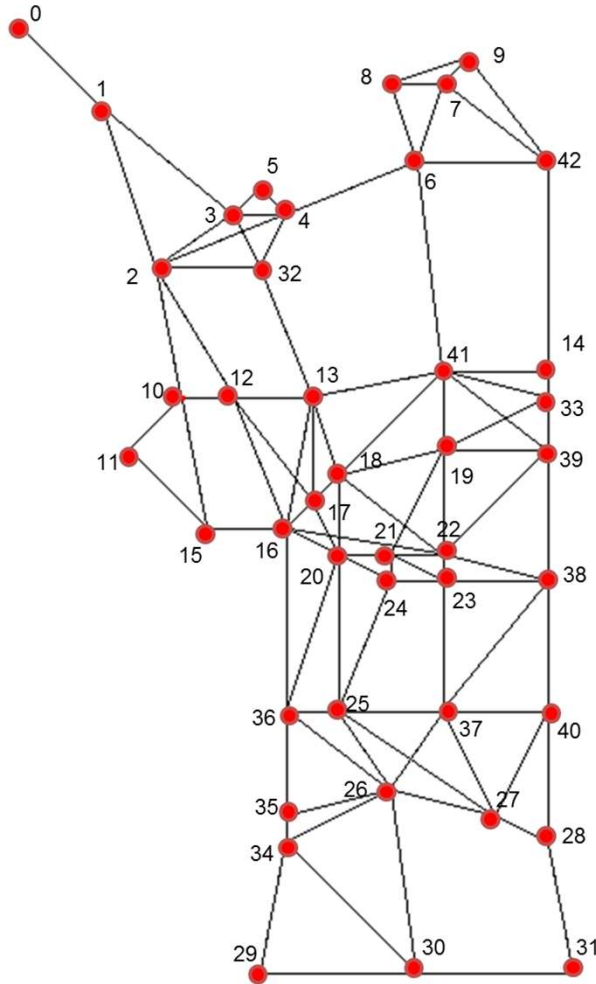
市道を考慮するためノードとリンクを追加

国道、県道を対象

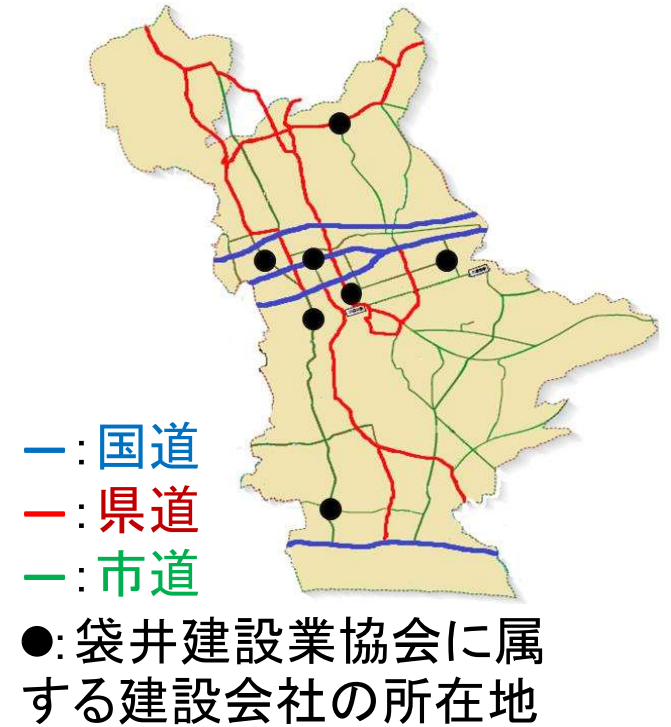


国道総距離: 11,614(m)
県道総距離: 60,932(m)
市道は含めない

国道、県道、市道を対象



国道総距離: 11,614(m)
県道総距離: 60,932(m)
市道総距離: 65,280(m)

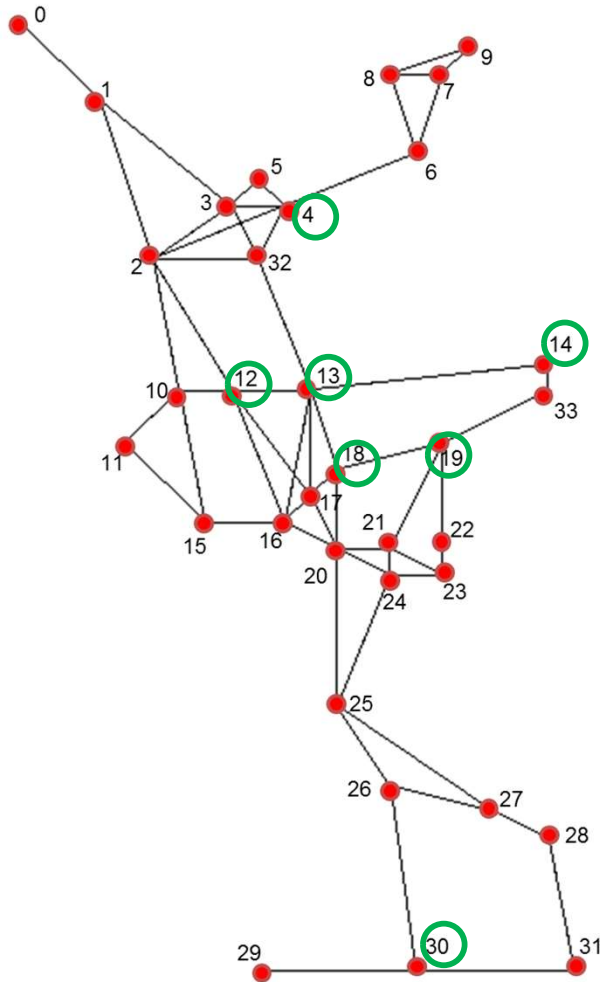


道路網細分化及びがれき処理効率を考慮したシミュレーション

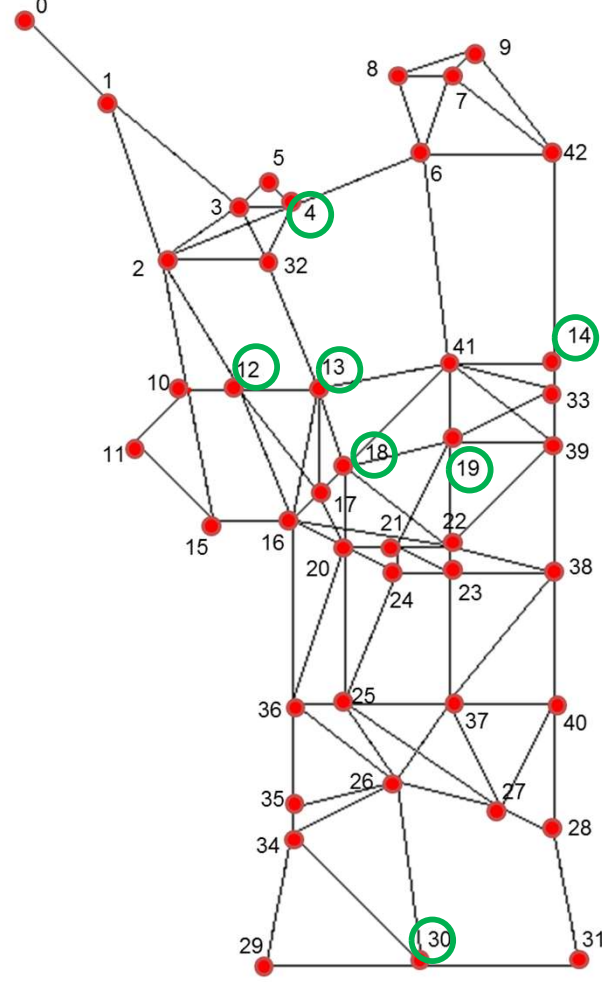
国道、県道を対象

市道を考慮するためノードとリンクを追加

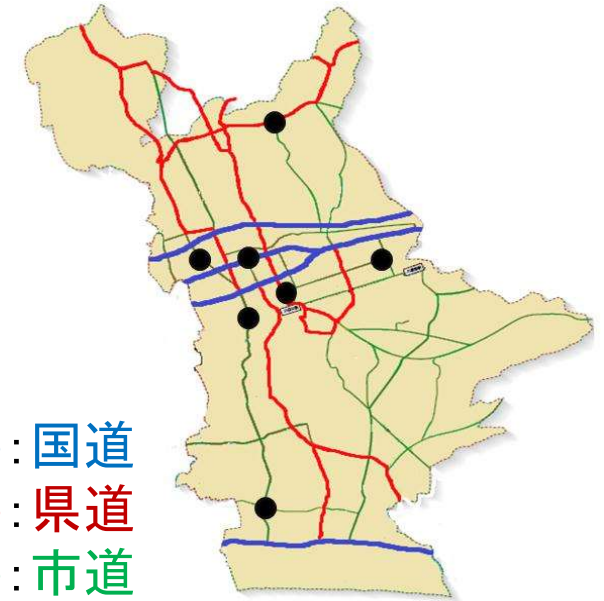
国道、県道、市道を対象



国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道は含めない



国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道総距離: 65,280(m)



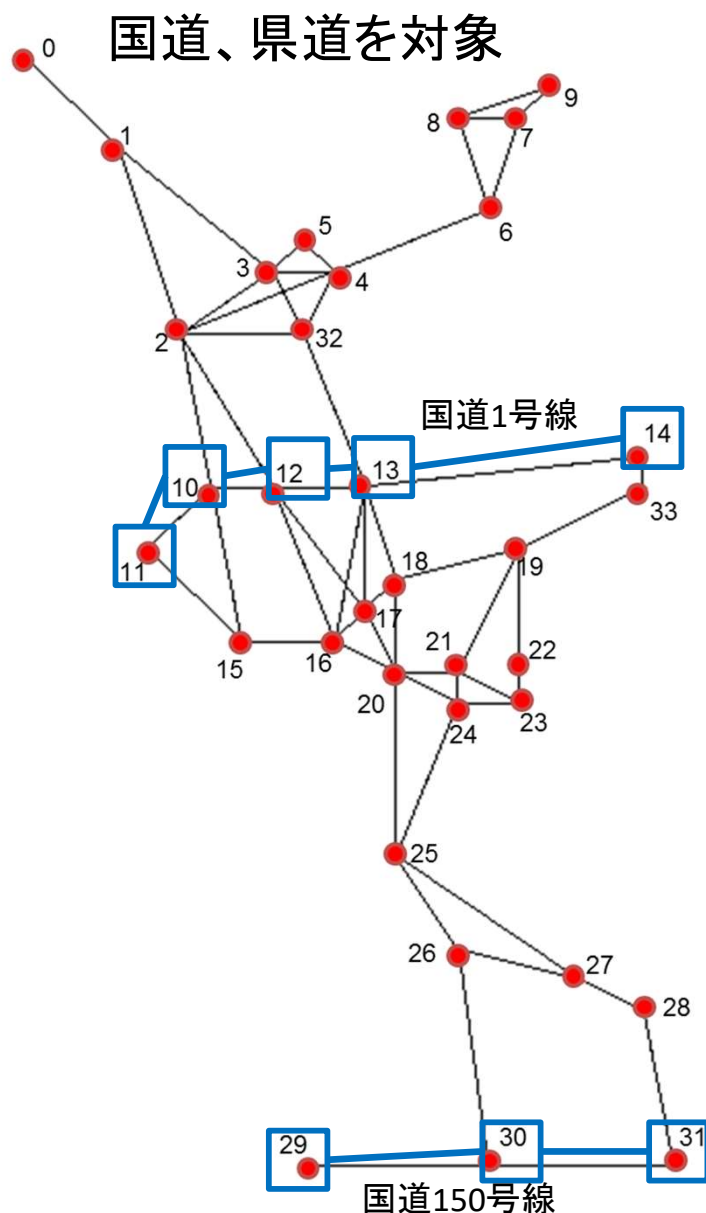
—: 国道
 —: 県道
 —: 市道

●: 袋井建設業協会に属する建設会社の所在地

ノード番号	道路名称	建設重機保有数 (台)
4	県道北	6
12	国道1号線	6
13	国道1号線	5
14	国道1号線	6
18	県道中央	6
19	県道中央	5
30	国道150号線	5

袋井市全体で39台

①幅員によってがれき処理効率に変化



- 幅員の狭い道路ではがれき処理効率が低下する可能性がある
- 幅の狭い**県道**における建設重機のがれき処理効率が**国道**のそれに対して低下するものとし、がれき処理日数を比較する

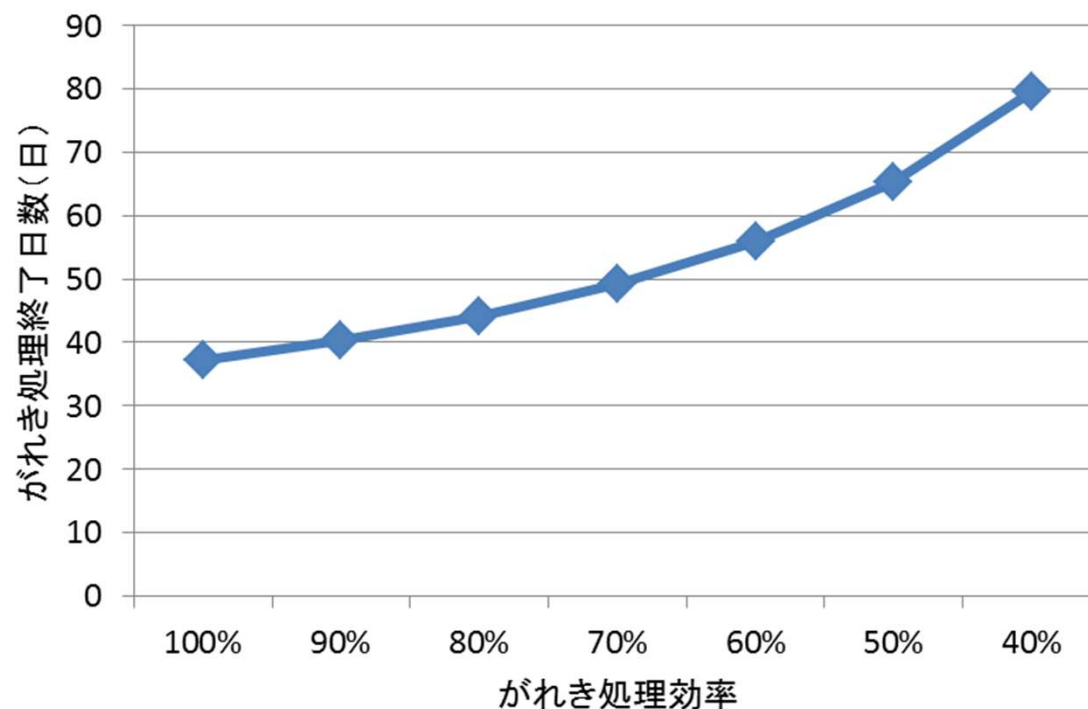
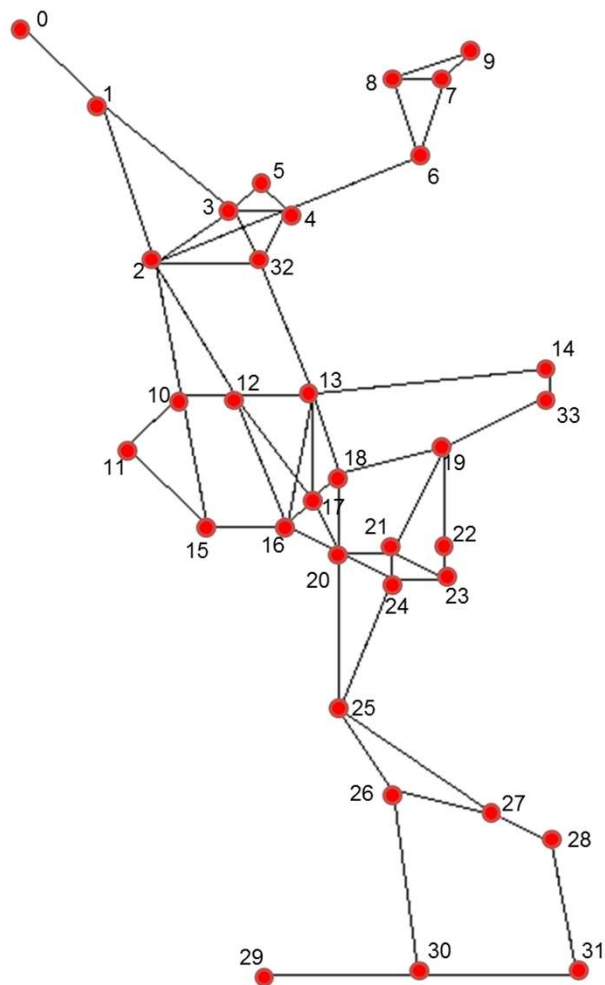
袋井市内の推定がれき発生量(130.87万 m^3)を各ノードに均等に割り振る

	ノード番号
国道1号線	10, 11, 12, 13, 14
国道150号線	29, 30, 31
県道北	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 32
県道中央	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
県道南	25, 26, 27, 28, 33

県道でのがれき処理を行う場合、建設重機のがれき処理量は100%－40%で変化する

①幅員によってがれき処理効率の変化

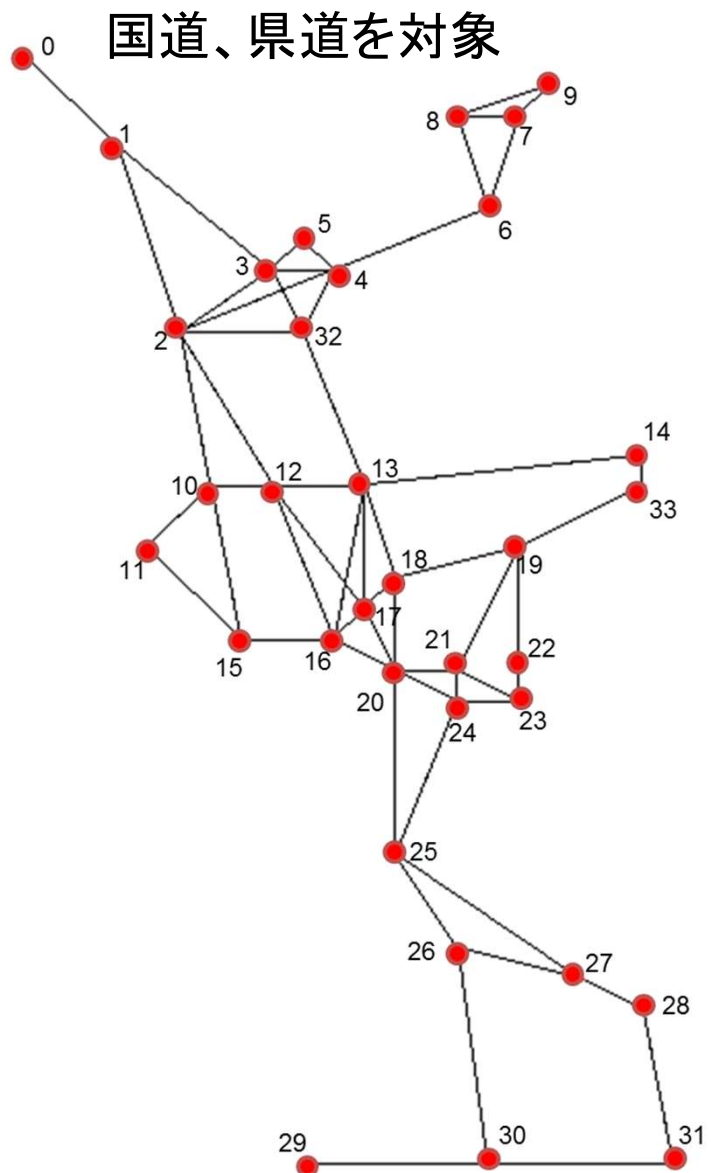
結果及び考察



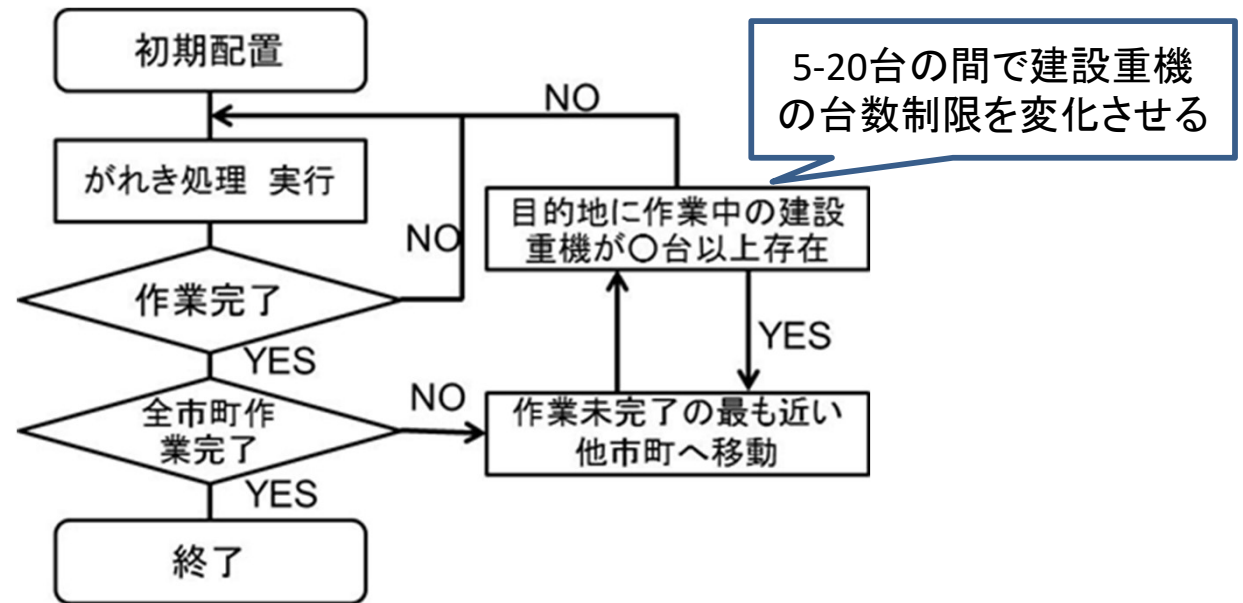
国道県道のみ対象
重機の作業台数に制限なし
がれきの分布は各ノードに均等

- がれき処理最大日数についても**顕著に増加**している
- 特にながれき処理効率が70%以下になると処理日数の増加が大きくなっている

②各ノードでがれき処理を行う重機の台数を制限



- 最短経路で目的地へ向かい、建設重機の台数に制限は設けずがれき処理を行う
- 実際の道路啓開作業の場合、幅員の狭い道路では作業を行うことができる**建設重機の台数は制限**される

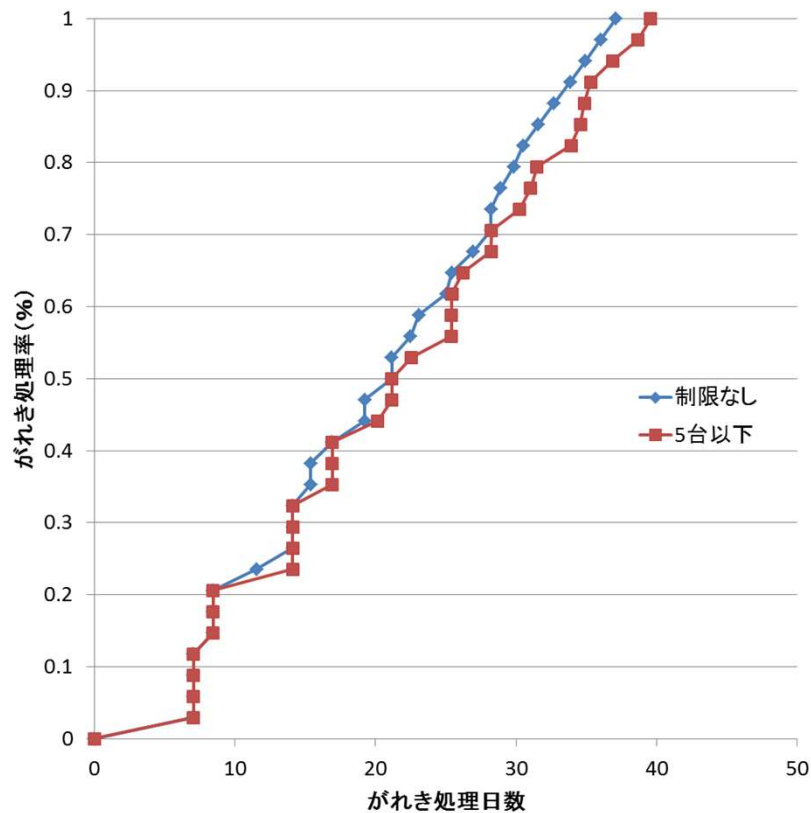
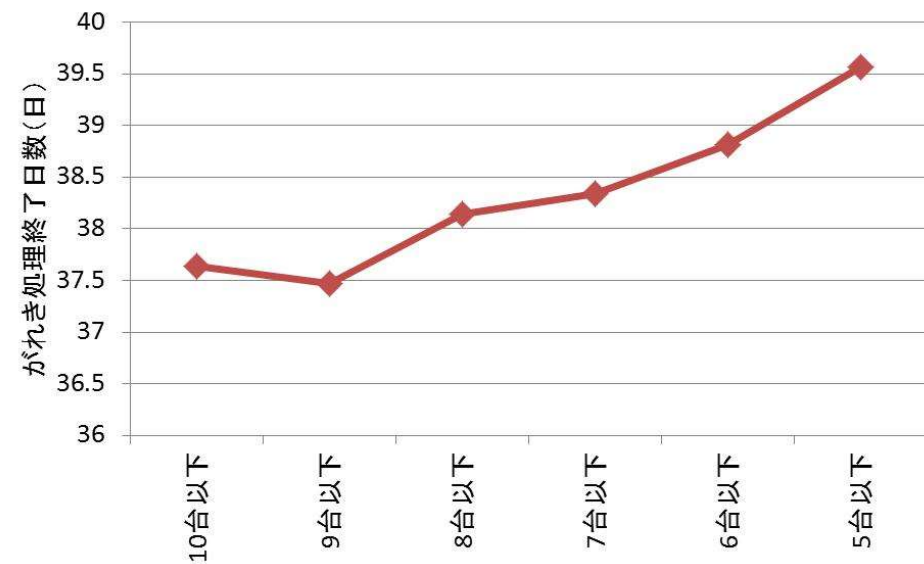
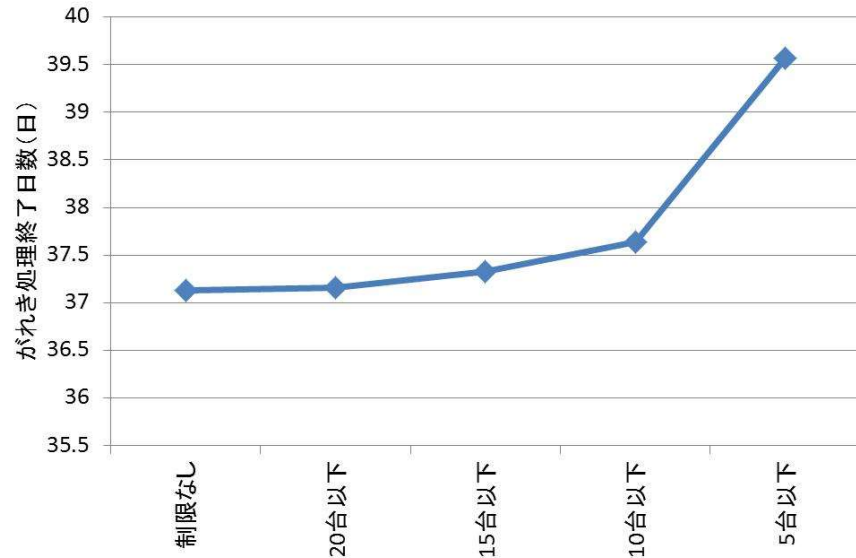


袋井市内の推定がれき発生量(130.87万 m^3)を各ノードに均等に割り振る

	ノード番号
国道1号線	10, 11, 12, 13, 14
国道150号線	29, 30, 31
県道北	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 32
県道中央	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
県道南	25, 26, 27, 28, 33

②各ノードでがれき処理を行う重機の台数を制限

結果及び考察



- 台数制限を厳しくするほど、**がれき処理日数も増加**
- 10台から20台の建設重機では増加はわずか
- 10台以下で急激に処理効率が低下
- 建設重機の台数制限により、広範囲でのがれき処理となる。
- **一方、がれき処理効率が低下し最終的な処理日数が増加**

③各ノードに配置するがれき量を幅員によって変化

一般に幅員の広い道路に比べて狭い道路ではがれきの移動がスムーズでなくがれきが集まりやすい

各属性の単位長さあたりに堆積するがれき量
(がれき密度)

市道: ρ_1 (m²) 市道の長さを L_k

県道: ρ_2 (m²) 県道の長さを L_j

国道: ρ_3 (m²) 国道の長さを L_i

市道, 県道及び国道に堆積する総がれき量 $V_t = \overset{\text{市道}}{\rho_1 \sum_k L_k} + \overset{\text{県道}}{\beta_2 \rho_1 \sum_j L_j} + \overset{\text{国道}}{\beta_3 \rho_1 \sum_i L_i}$

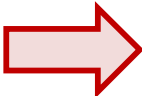
以下の式により各道路のがれき密度が求められる

$$\rho_1 = \frac{V_t}{\sum L_k + \beta_2 \sum L_j + \beta_3 \sum L_i}$$

$$\rho_2 = \beta_2 \rho_1$$

$$\rho_3 = \beta_3 \rho_1$$

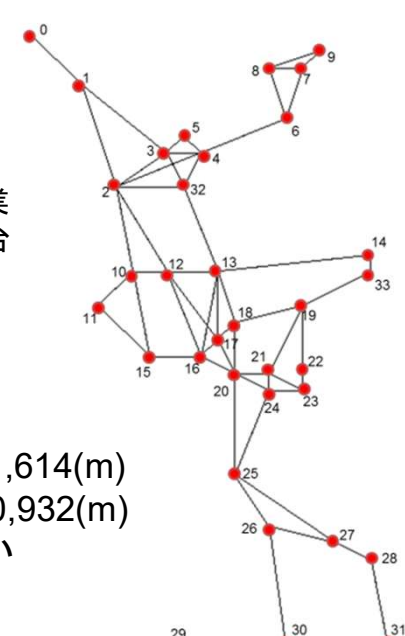
$$(0 \leq \beta_2, \beta_3 \leq 1)$$

 β_2, β_3 を変化させることにより
県道、国道のがれき量を変化させる

③各ノードに配置するがれき量を幅員によって変化

各ノードで作業する重機は5台以下に制限

国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道は含めない



- 国道と県道のみを対象にがれきを配置
- $\sum L_k = 0$ (市道の長さが0, 考慮しない)
- $\bar{\beta} = \beta_3 / \beta_2$

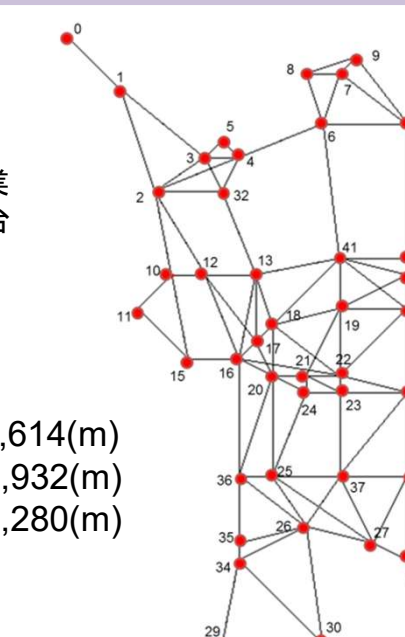
0 → $\bar{\beta}$ → 1

減少 → 国道のがれき量 → 増加

増加 → 県道のがれき量 → 減少

各ノードで作業する重機は5台以下に制限

国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道総距離: 65,280(m)



- 国道、県道及び市道を対象とするが国道は県道, 市道に比べ幅員が広いため $\beta_3 = 0$ とする
- がれきが堆積するのは県道と市道のみだが、ネットワークとして国道の利用は可能である

0 → β_2 → 1

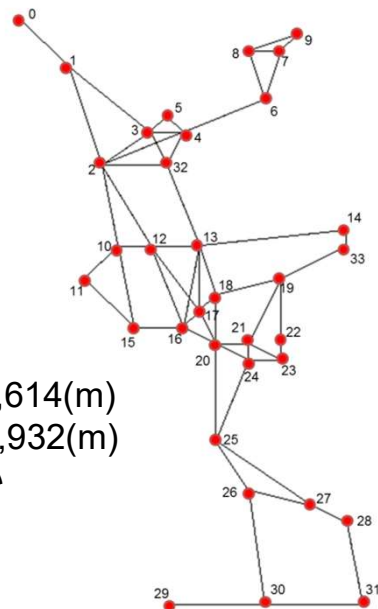
減少 → 県道のがれき量 → 増加

増加 → 市道のがれき量 → 減少

③各ノードに配置するがれき量を幅員によって変化

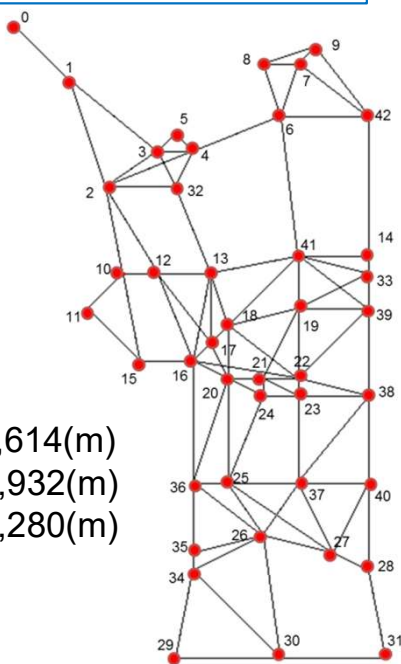
結果及び考察

国道、県道を対象

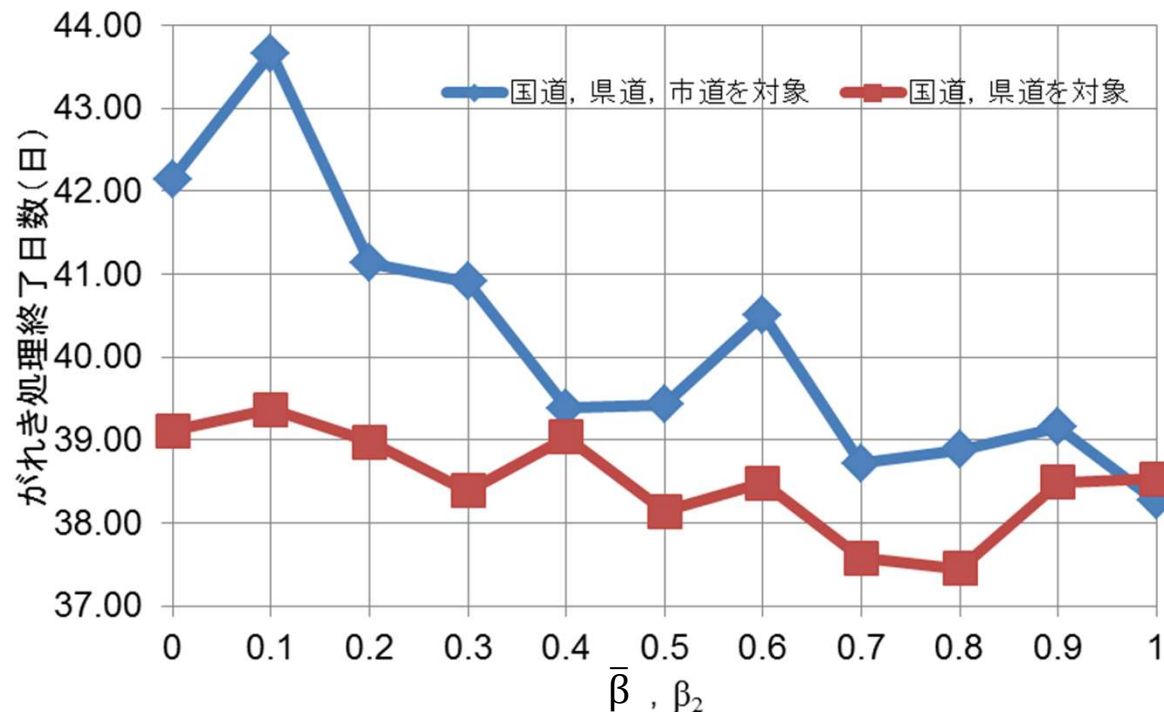


国道総距離 : 11,614(m)
 県道総距離 : 60,932(m)
 市道は含めない

国道、県道、市道を対象



国道総距離 : 11,614(m)
 県道総距離 : 60,932(m)
 市道総距離 : 65,280(m)

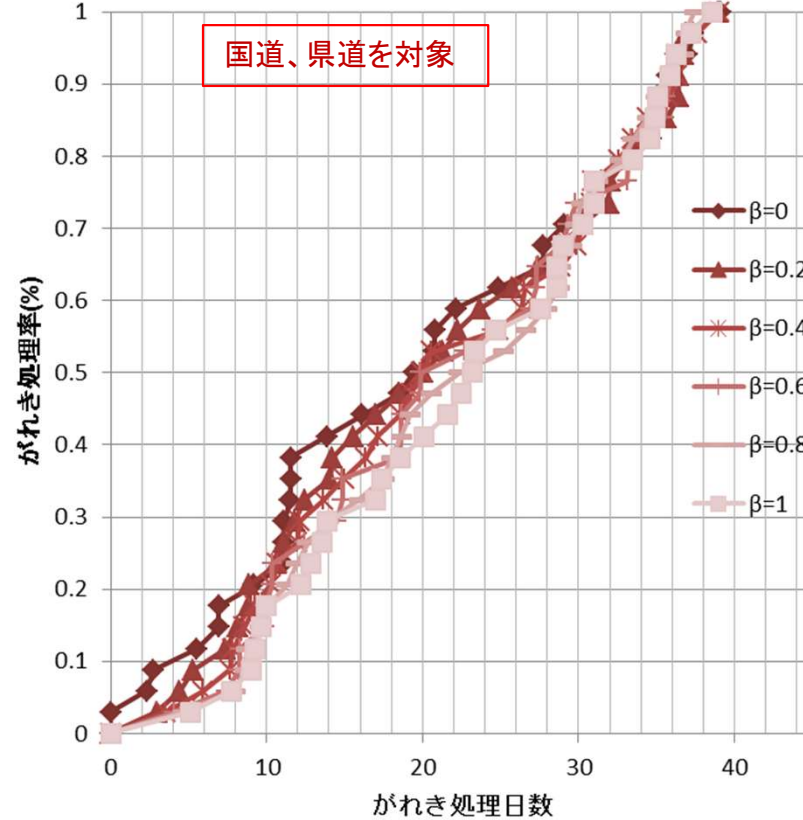
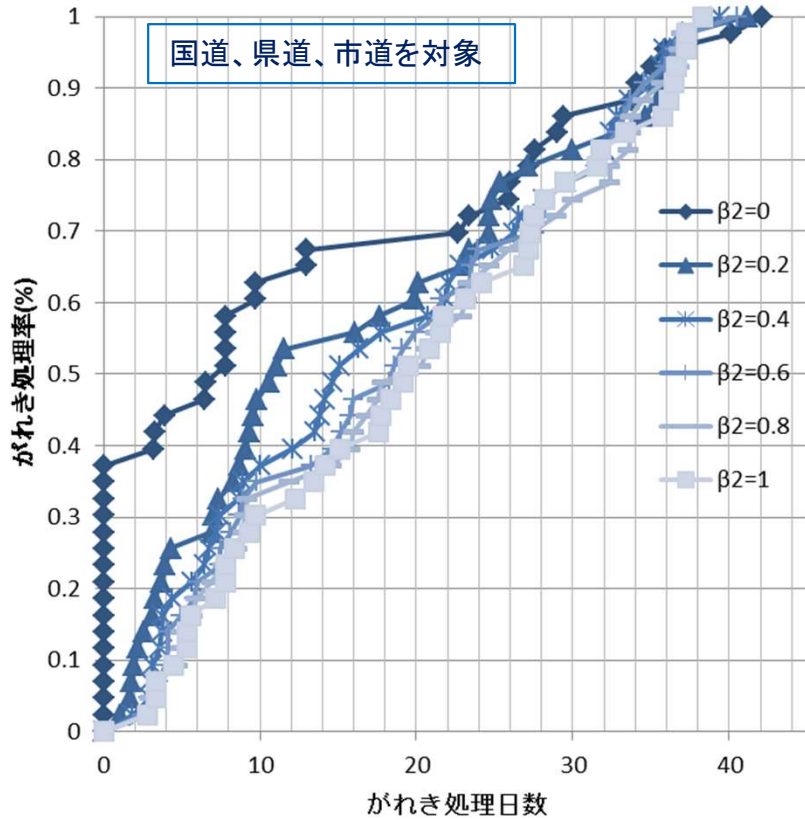


- 市道を対象としない場合、 β が増大するにつれて最大終了日数がわずかに減少
- 県道の総距離に比べ、国道の総距離が非常に短くなっており、がれき分布に与える影響は小さい

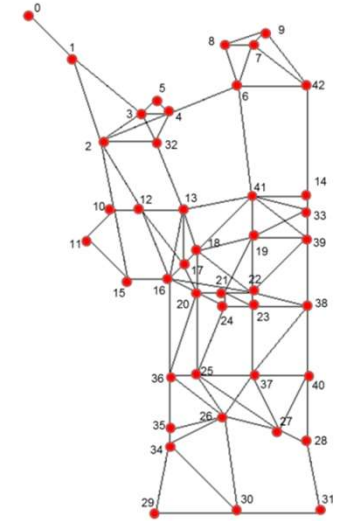
- 市道を対象とすると、がれき処理終了日数が増加。県道の総距離と市道の総距離が同程度の長さであり、それが影響
- β_2 が増加するにつれてがれき処理終了日数は減少。市道に堆積するがれきが市全体のがれき処理日数に影響を与える

③各ノードに配置するがれき量を幅員によって変化

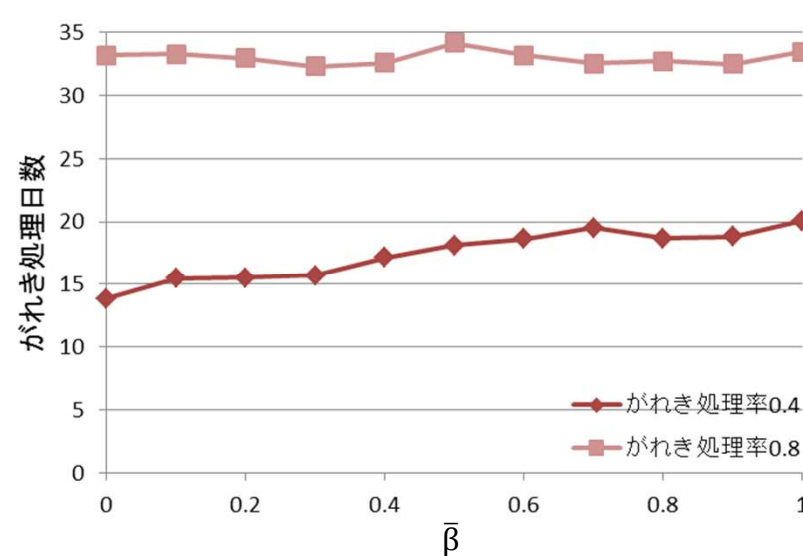
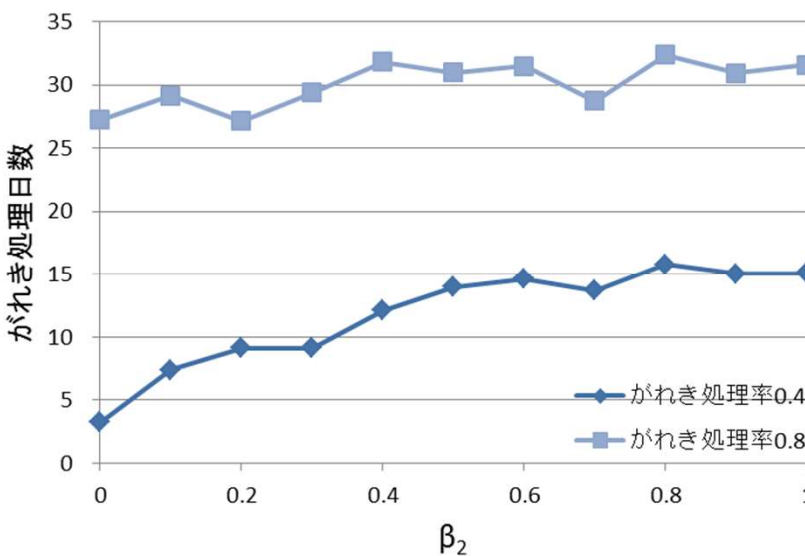
結果及び考察



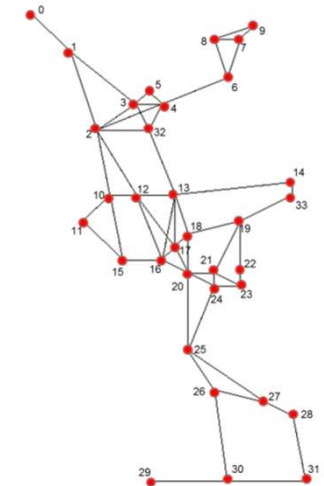
国道、県道、市道を対象



国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道総距離: 65,280(m)



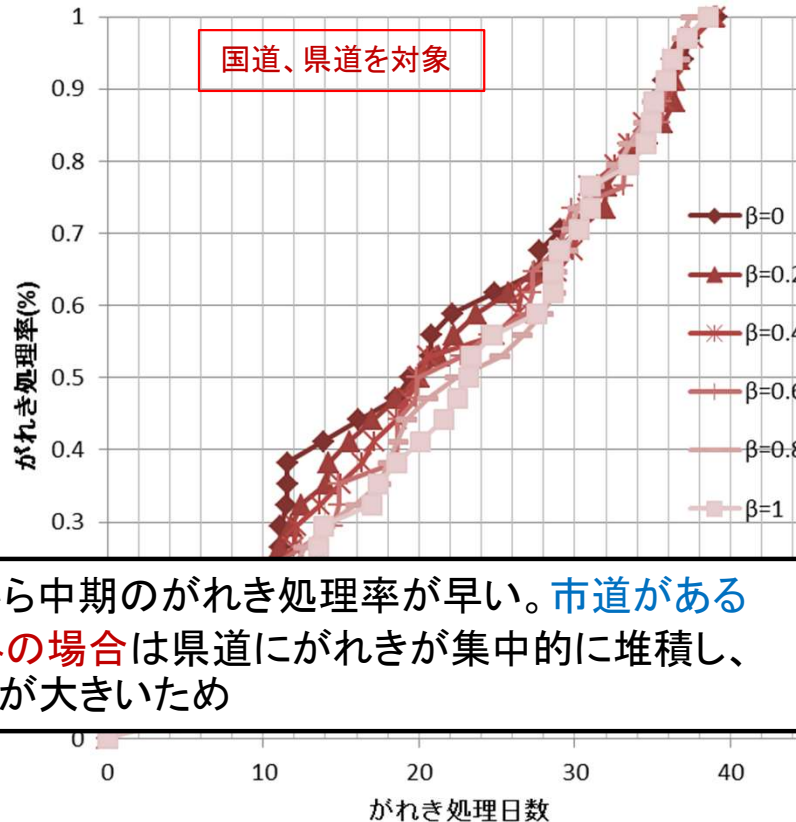
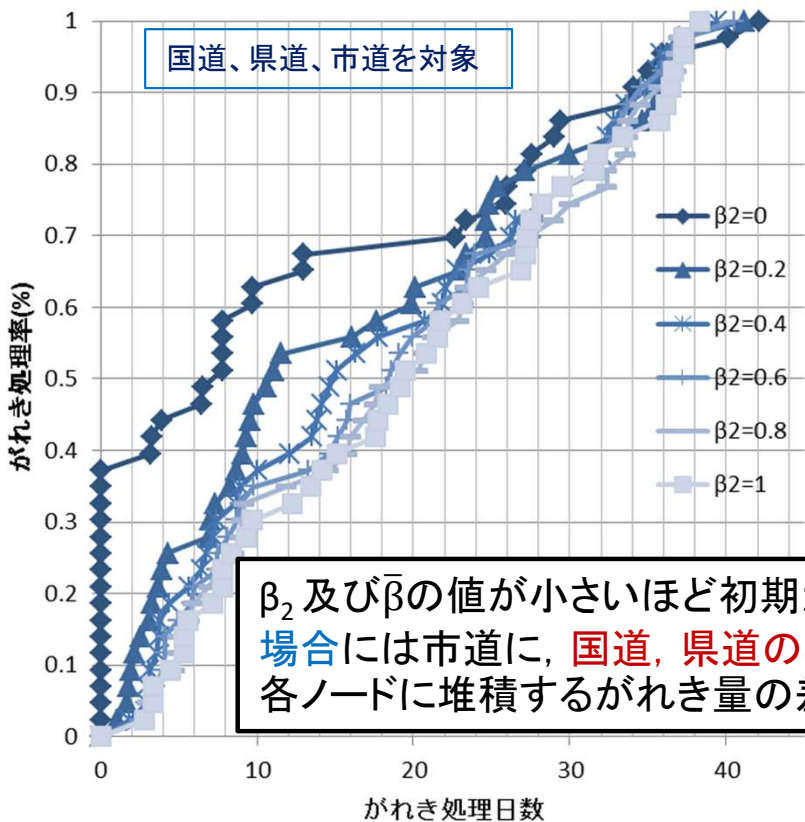
国道、県道を対象



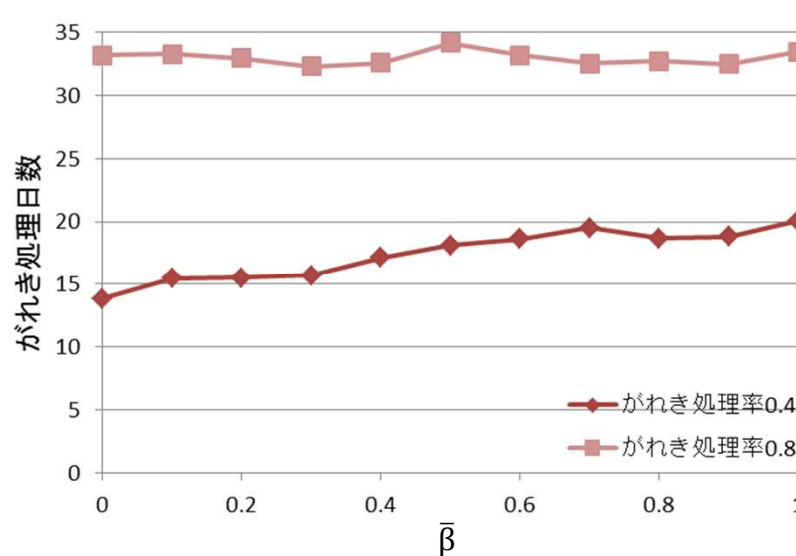
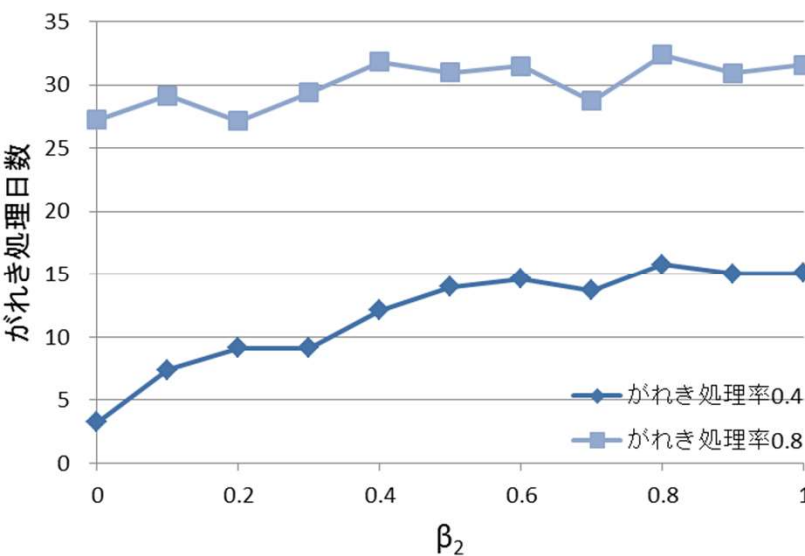
国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道は含めない

③各ノードに配置するがれき量を幅員によって変化

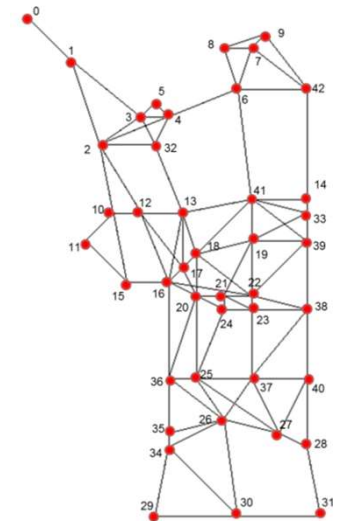
結果及び考察



β_2 及び $\bar{\beta}$ の値が小さいほど初期から中期のがれき処理率が早い。市道がある場合には市道に、国道、県道のみの場合は県道にがれきが集中的に堆積し、各ノードに堆積するがれき量の差が大きいため

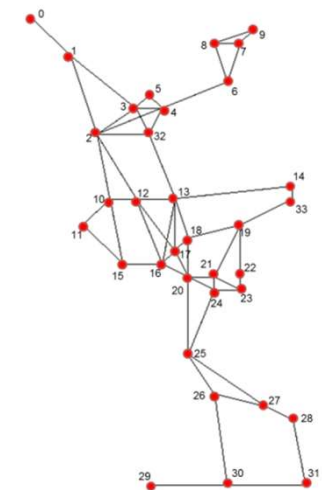


国道、県道、市道を対象



国道総距離: 11,614(m)
県道総距離: 60,932(m)
市道総距離: 65,280(m)

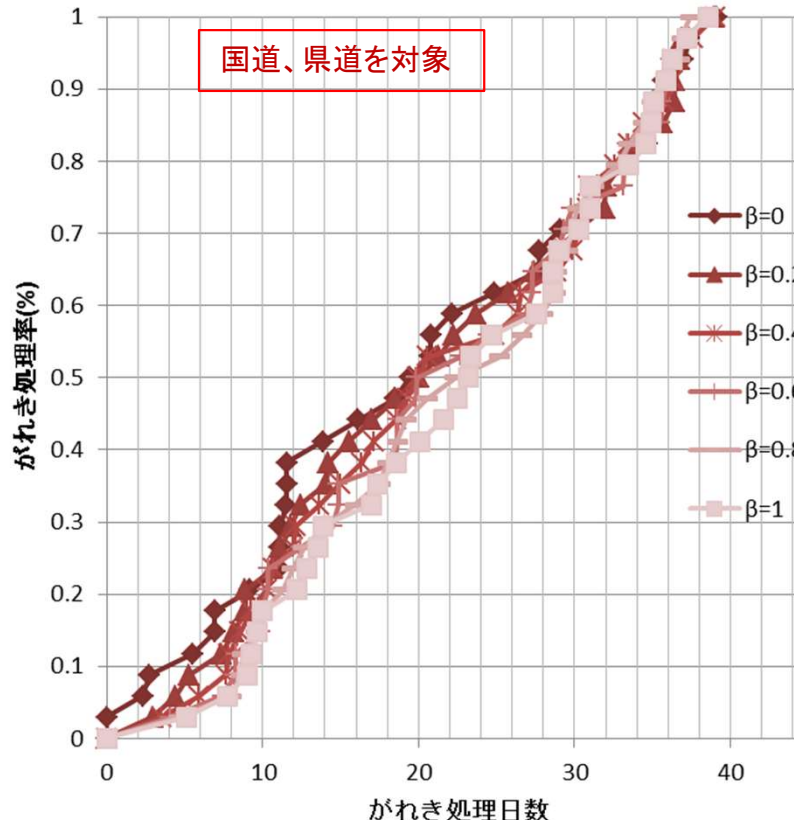
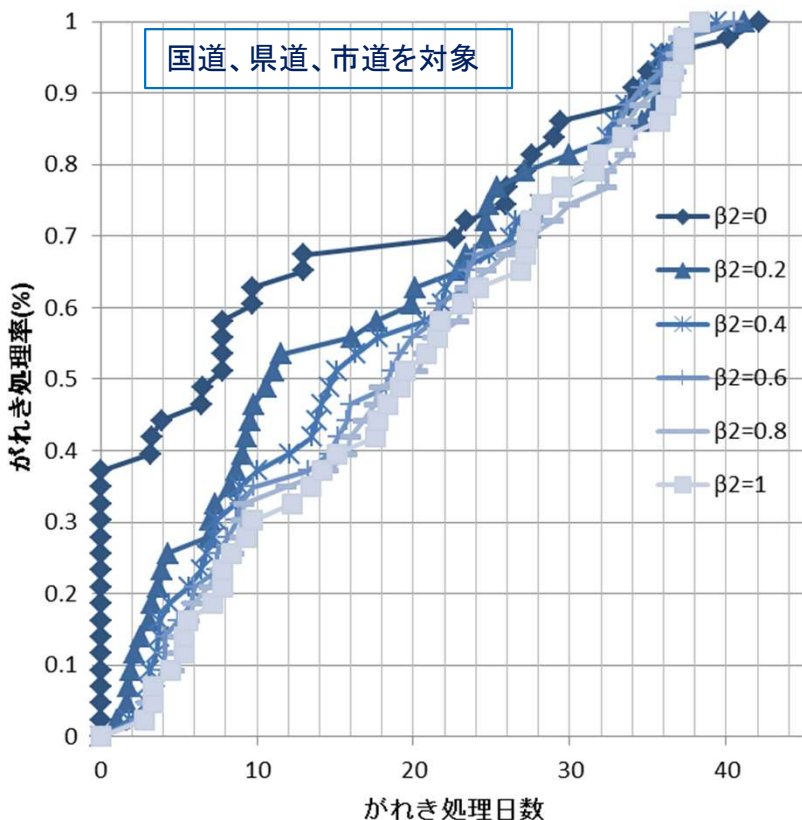
国道、県道を対象



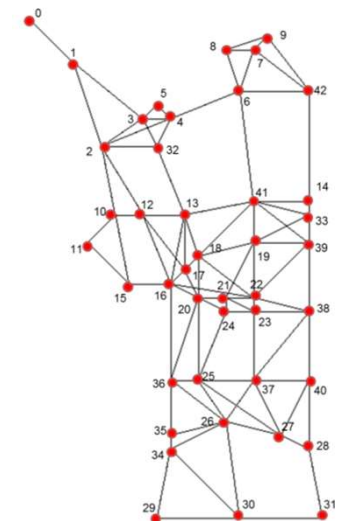
国道総距離: 11,614(m)
県道総距離: 60,932(m)
市道は含めない

③各ノードに配置するがれき量を幅員によって変化

結果及び考察

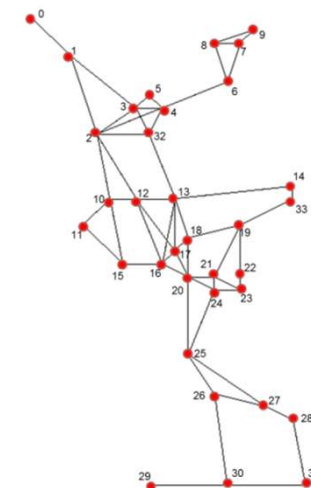


国道、県道、市道を対象



国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道総距離: 65,280(m)

国道、県道を対象



国道総距離: 11,614(m)
 県道総距離: 60,932(m)
 市道は含めない

- 市道がある場合の方ががれき処理効率に大きな影響を与えている。県道の総距離に対する比が国道の総距離に比べ市道の総距離の方が大きいいため
- がれき処理終了日数においては市道を考慮した場合の方が処理が遅く最終的な処理日数が大きくなる結果

おわりに

- 皆川らの研究を基に緊急輸送路被災の影響度を考慮したシミュレーションを行った結果、静岡県において富士川付近の東西を結ぶ輸送路が大きな重要度を占めていることが示唆された
- より限られた空間の中でシミュレーションを行うために改善したモデルを利用し、国道、県道、市道といった道路ネットワークの属性の相違、それに伴うがれき処理効率の変化の影響を調査した。
- その結果、道路幅員の相違やそれに伴うがれき集積情報、がれき処理効率が発災初期の道路啓開に影響を与えることが確認できた。

今後の課題

- ◆ シミュレーションの再現性の向上。最短経路の目的地のみでなく、仕事効率を考慮した経路選択などの判断材料を増やす
- ◆ 東海地震に関する新たな被害想定への考慮

御清聴ありがとうございました

くしの歯作戦 — 東日本大震災での道路啓開の実例 —

震災後4日間で15救援ルート確保
道路啓開によるルートの確保を短時間で成功

災害協定に基づく地元建設会社の協力

- ◆ 事前に結んでいた災害協定
- ◆ 震災直後からの地元建設会社等の協力

16の啓開ルートへの集中

- ◆ 内陸から被災地への救援ルートを集約
- ◆ 優先的に取り組むルートを明確化、集中的に道路啓開を実施



2011.3.11 東日本大震災

輸送路被災の影響を考慮した啓開ルートの選定
建設重機の仕事効率を考慮した効率的な行動計画の立案

- 緊急輸送路被災を考慮してシミュレーションを行い、皆川らの報告結果と比較することで、道路啓開作業に及ぼす影響を把握
- 道路の属性やがれき処理効率の変化を考慮できるシミュレーションモデルを新たに作成し、影響を検討

本研究の目的

東日本大震災での実例からの建設重機の仕事量の算出

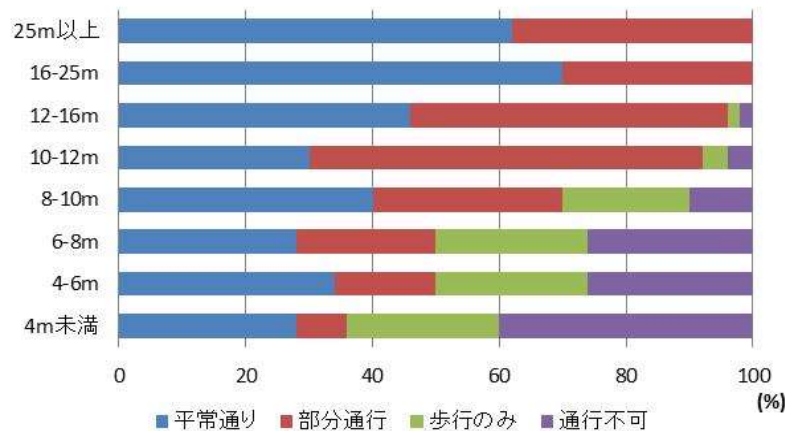
東日本大震災における啓開活動を実際に行った遠野土木センターが処理したがれきの体積を算出

- 道路の幅員、がれきの高さにより道路上のがれき体積の値を求める
- 啓開した道路長さはフリーソフトを用いて計測
- 国道, 県道, 市道の幅員は道路統計年報が発表した平均幅員を用いた
- がれき高さは1mとする

啓開ルート	道路延長(m)	平均幅員(m)	がれき高さ(m)	がれき体積(m ³)	重機1台の仕事能力(m ³ /h)
国道45号線	4526	12.7	1	57480	171
安渡赤浜ルート	3327	9.3	1	30941	20
役場ルート	1587	9.3	1	14759	11
町道ルート	916	5.1	1	4672	3



道路幅員と通行可能性の関係



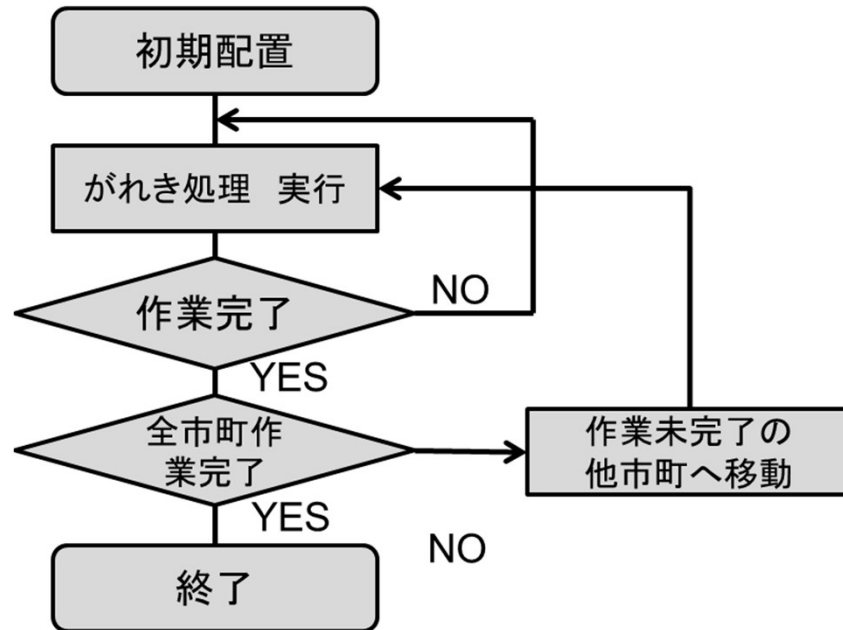
道路区分	平均幅員(m)			歩道設置率 (%)	実延長比率 (%)
	道路部 (A+B)	車道部 (A)	車道部以外 (B)		
一般国道	12.7	7.8	4.9	5.8	4.6
都道府県道	9.3	6.0	3.3	35.5	10.9
市町村道	5.1	3.7	1.4	8	84.5
全体	5.9	4.2	1.7	13.3	100.0

皆川、渡邊らの研究

マルチエージェントシミュレーション

重機の広域での連携活用の有無に対応したモデルを作成

建設重機エージェントモデル



シミュレーションに用いる要素

1. 市町別推定発生がれき量
2. 市町別保有建設重機数
3. 重機が移動可能な緊急輸送路
4. 重機のがれき処理能力
5. 建設重機の初期配置
6. がれき発生地点

- 建設重機、移動経路をエージェントとする
- 各市町においてがれき処理作業を実行
- 作業完了後連携のある市町間の移動を行い、**県内全てのがれきの処理が完了するのに要する時間**を測推定
- 地域間で連携を行った場合、連携が無い場合に比べ、各市町での作業時間を短縮できる事が示唆され、地域間連携の有効性を確認した

静岡県内の緊急輸送路について

- 1次緊急輸送路: 高規格幹線道路, 一般国道等広域的な重要路線及びこれらの道路へのアクセス道路で**輸送の骨格をなす道路**
- 2次緊急輸送路: 1次緊急輸送路と**市町村役場及び重要な拠点を結ぶ道路**
- 3次緊急輸送路: 1次緊急輸送路と2次緊急輸送路と**市町村役場の支所を結ぶ道路及びその他道路**

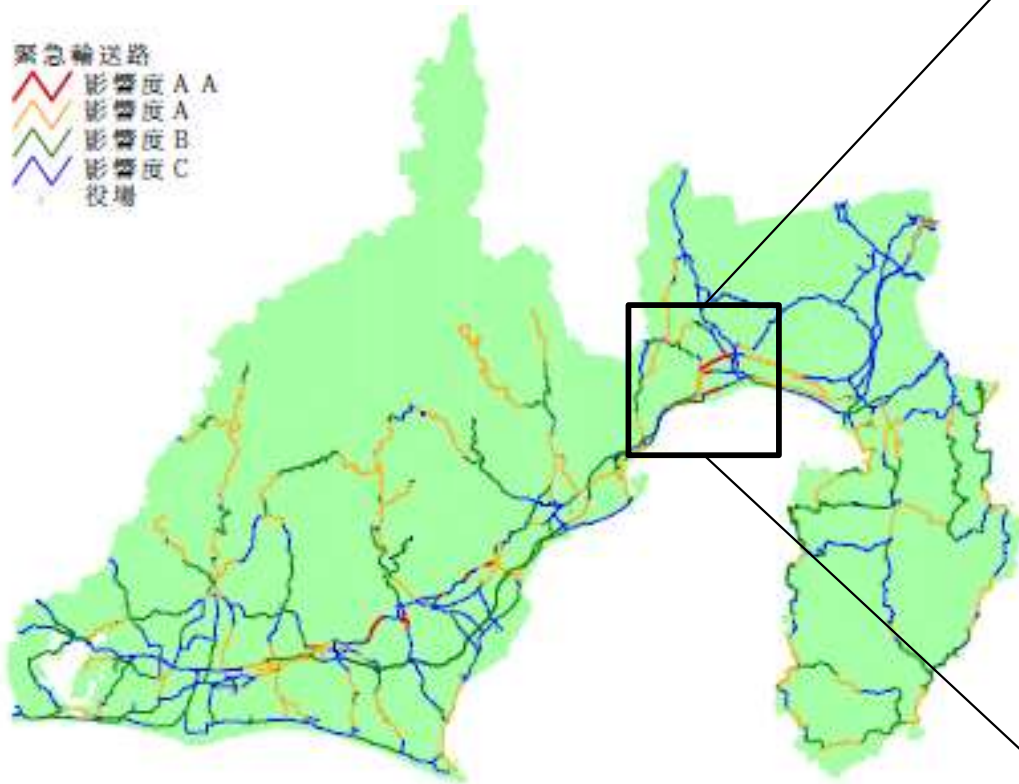
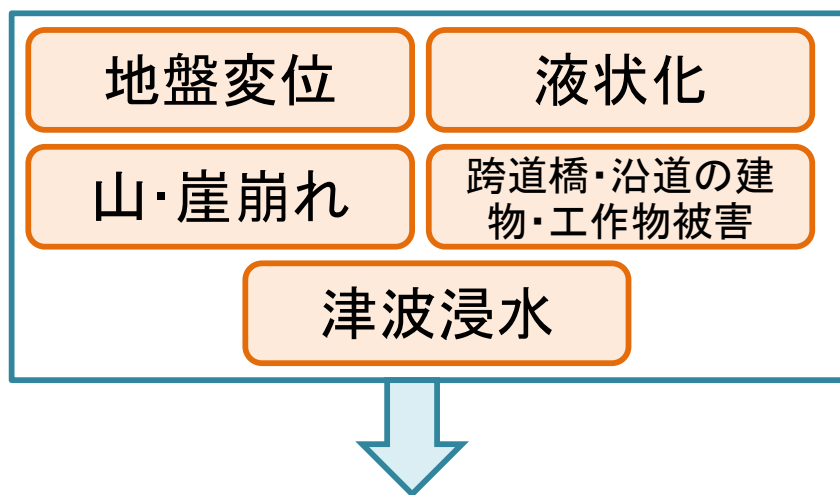


図 5.2-2 総合評価結果 (緊急輸送路/東海地震)

富士川河口断層帯による
大きな被害が想定されている

東海地震での輸送路被災について



項目	影響度設定の根拠						影響度設定
	支障影響度				支障期間		
	AA	A	B	C	~1D ~	3D 1W	
地盤変位 (橋梁)	—				—		あり→AA
液状化影響度					—		影響度大→B
山崖崩れ	—				—		ランクA→A ランクB→B
	—				—		ランクA→AA ランクB→A
	—				—		ランクA→A ランクB→B
揺れによる被害	—				—		(高速道路) 震度7・跨道橋あり→A 震度7・跨道橋なし→B (一般道) 震度7→A
津波浸水					—		あり→B
	総合評価						上記影響度の最大値

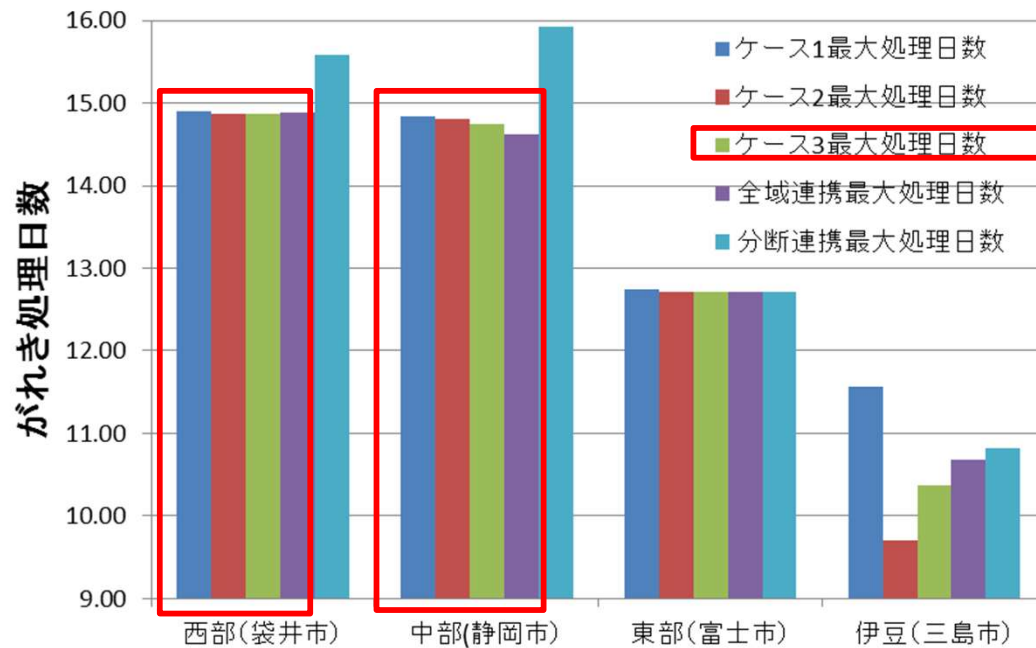
- 個別の支障要因ごとに支障被害の大きさと支障期間の長さを考慮して支障影響度を設定 (表参照)
- 個別の影響度項目のウェイトを考慮して区間別の**総合影響度**を算定
- 区間の総合影響度は、各支障要因項目の影響度のうちの**最大値**を用いる

区間の区切りは、インターチェンジ、緊急昇降路、サービスエリア、交差点、トンネル起終点

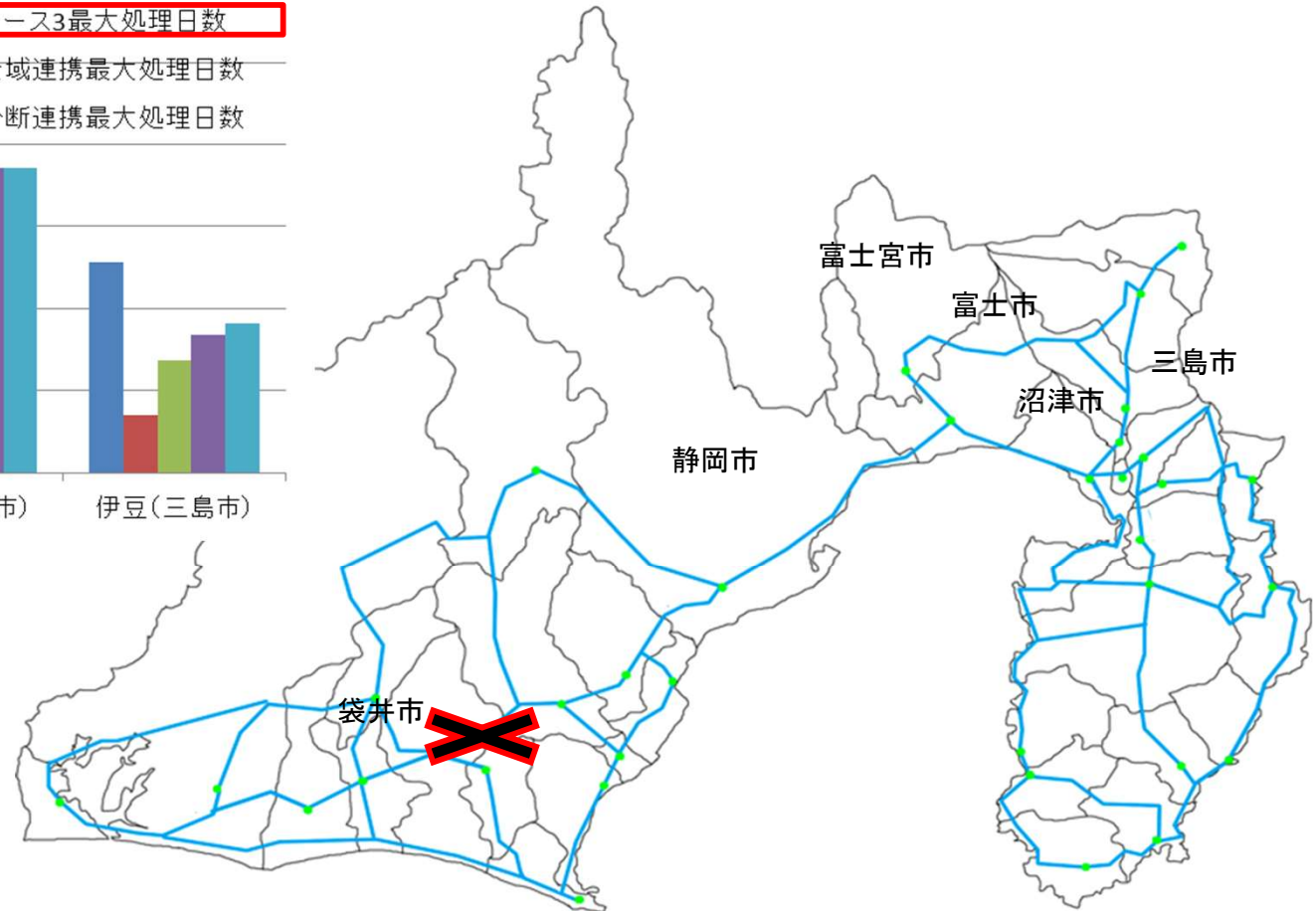
- **AA**: 極めて大規模な被害が発生する可能性があり、復旧にも長期間を要し緊急輸送に重大な影響が発生する可能性がある区間,
- **A**: 大規模な被害が発生する可能性がある区間, あるいはかなりの確率で緊急輸送に大きな支障が発生すると想定される区間,
- **B**: 軽微な被害が発生する可能性がある区間, あるいはまれに被害が発生する可能性がある区間,
- **C**: 被害が発生する可能性がほとんどない区間

輸送路被災シミュレーション結果及び考察

全シナリオのがれき処理最大日数の比較



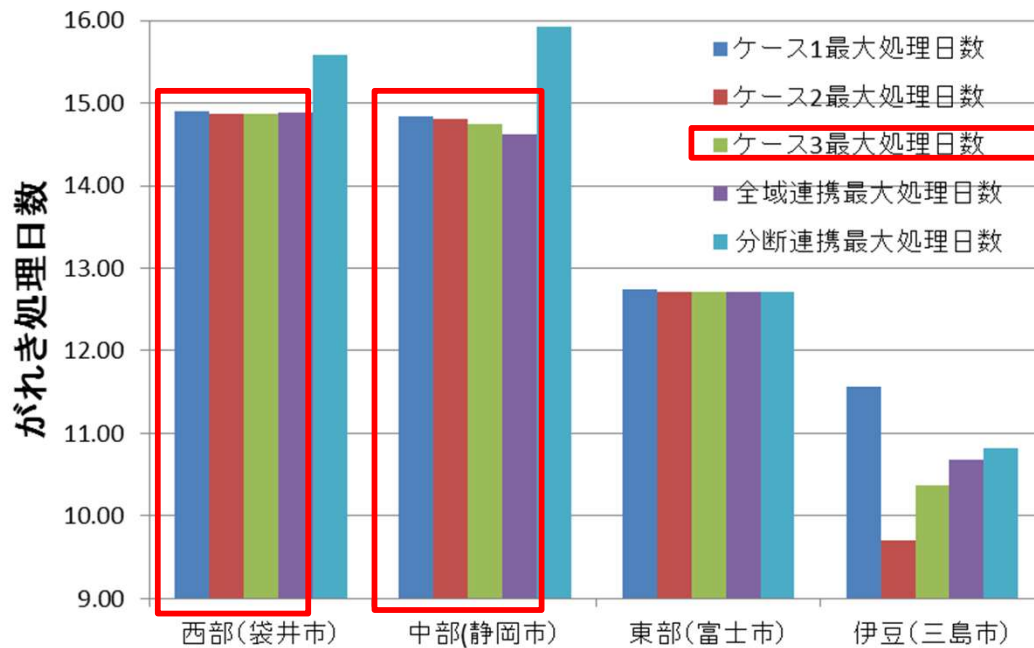
- (ケース1) 富士市南側の国道1号線が通行不可
- (ケース2) 富士市北側の国道139号線が通行不可
- (ケース3) 藤枝市から掛川市までの国道1号線及び掛川市北側の国道40号線が通行不可



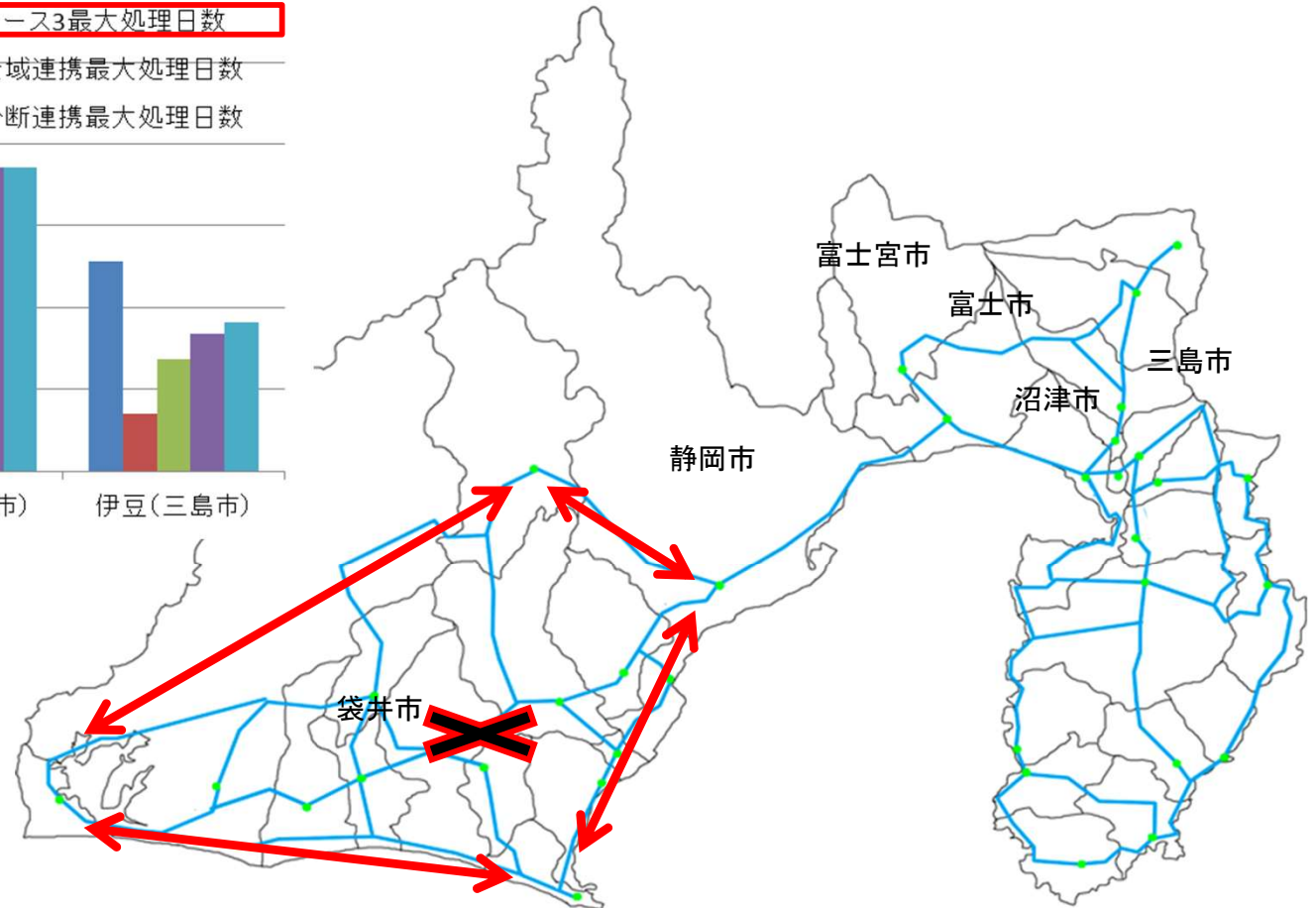
- ケース3に関しては、西部、中部の中心部を通る国道の被災を想定したがその他のシナリオと処理日数はほぼ差がない
- 西部及び中部では沿岸部、山岳部の輸送路を迂回することで中心部の輸送路の被災を補えることが示唆された。

輸送路被災シミュレーション結果及び考察

全シナリオのがれき処理最大日数の比較



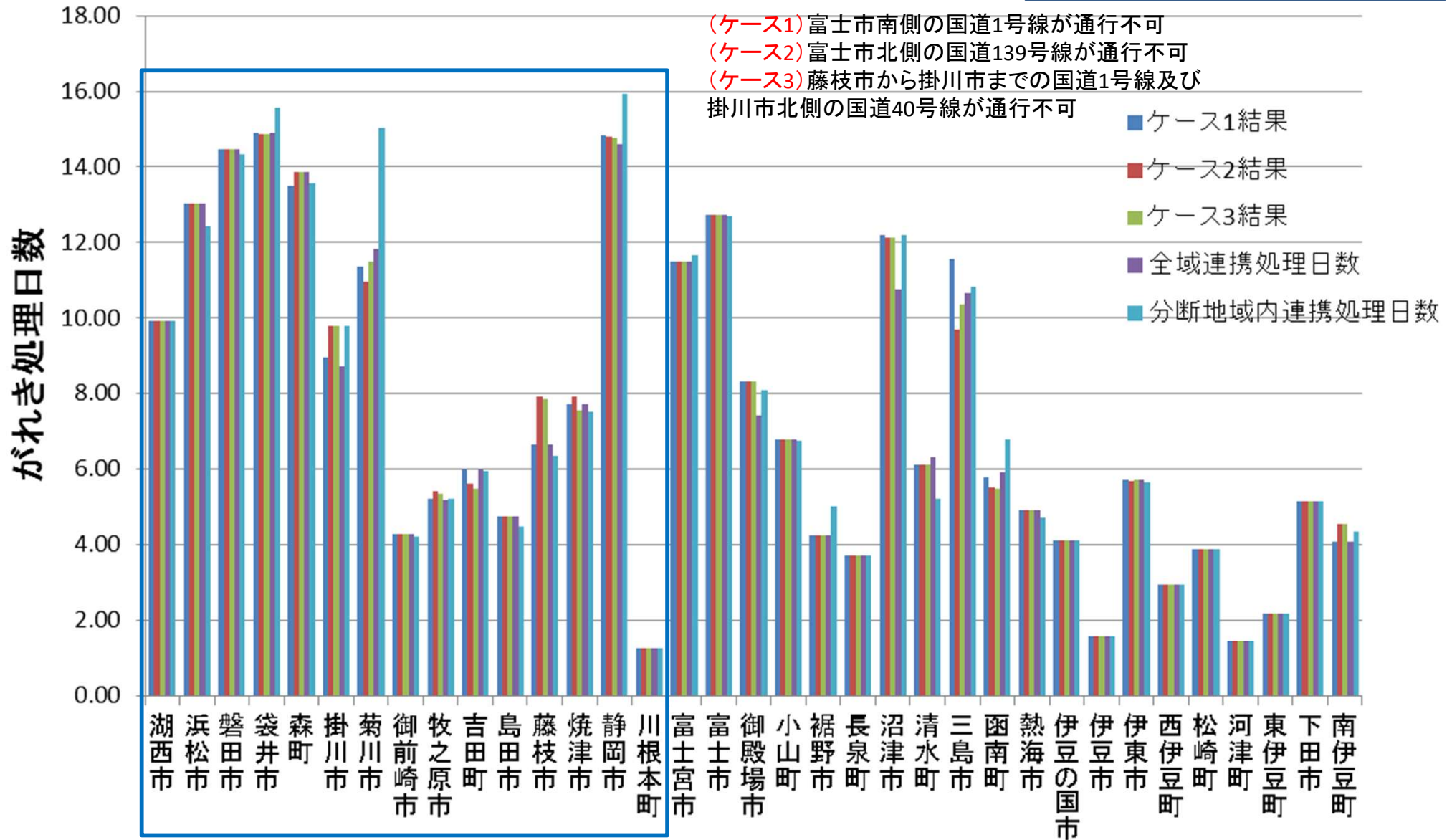
- (ケース1) 富士市南側の国道1号線が通行不可
- (ケース2) 富士市北側の国道139号線が通行不可
- (ケース3) 藤枝市から掛川市までの国道1号線及び掛川市北側の国道40号線が通行不可



- ケース3に関しては、西部、中部の**中心部を通る国道**の被災を想定したがその他のシナリオと処理日数はほぼ差がない
- 西部及び中部では**沿岸部、山岳部の輸送路**を迂回することで中心部の輸送路の被災を補えることが示唆された。

輸送路被災シミュレーション結果及び考察

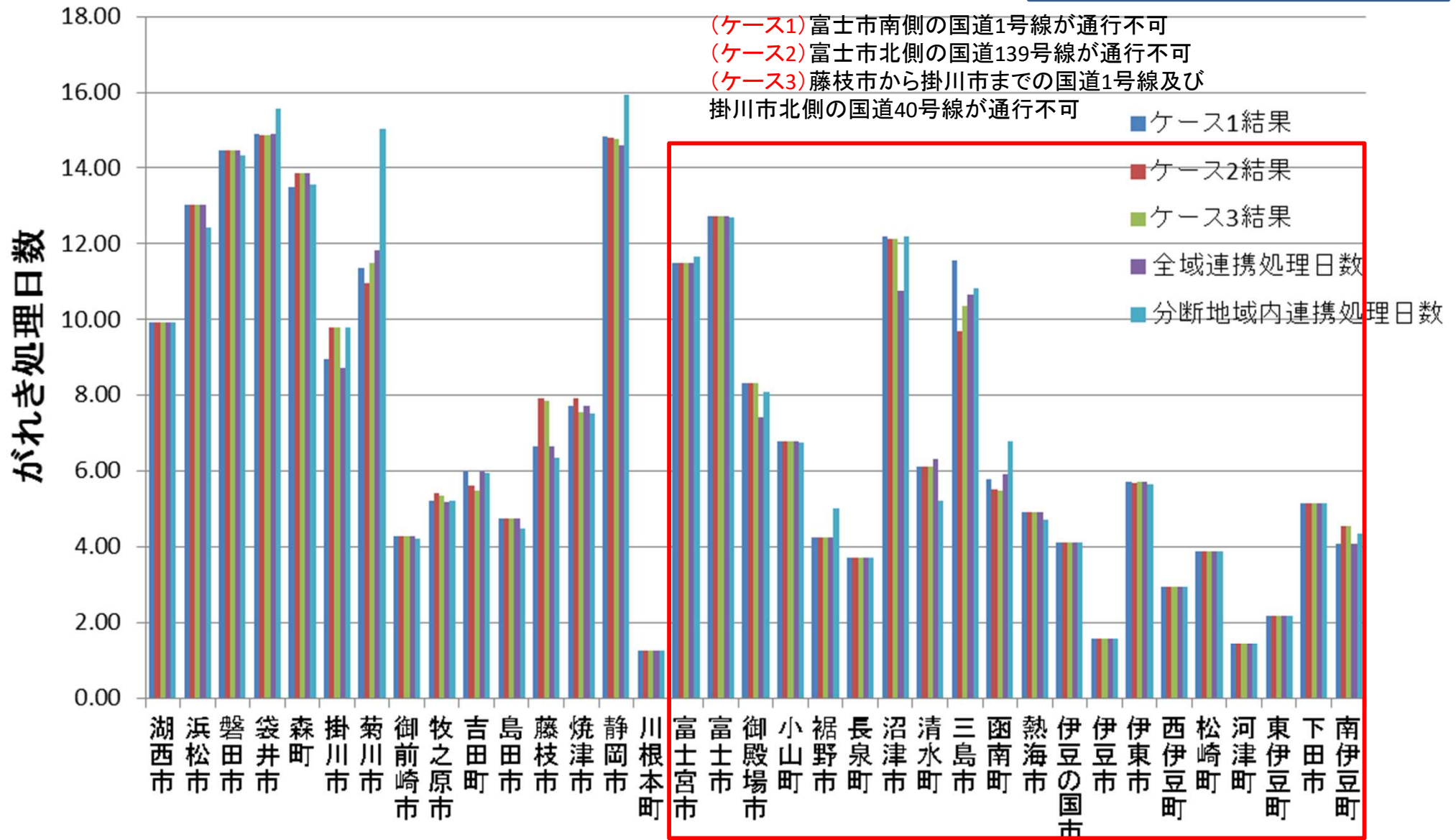
全シナリオ結果の比較



- 西側地域の大半の市町における分断地域内連携処理日数がわずかながら全域連携日数を上回る結果となった。
- 東側地域では分断地域内連携処理日数と全域連携日数との差がほぼない結果となった。

輸送路被災シミュレーション結果及び考察

全シナリオ結果の比較



- 西側地域の大半の市町における分断地域内連携処理日数がわずかながら全域連携日数を上回る結果となった。
- **東側地域**では分断地域内連携処理日数と全域連携日数との差がほぼない結果となった。

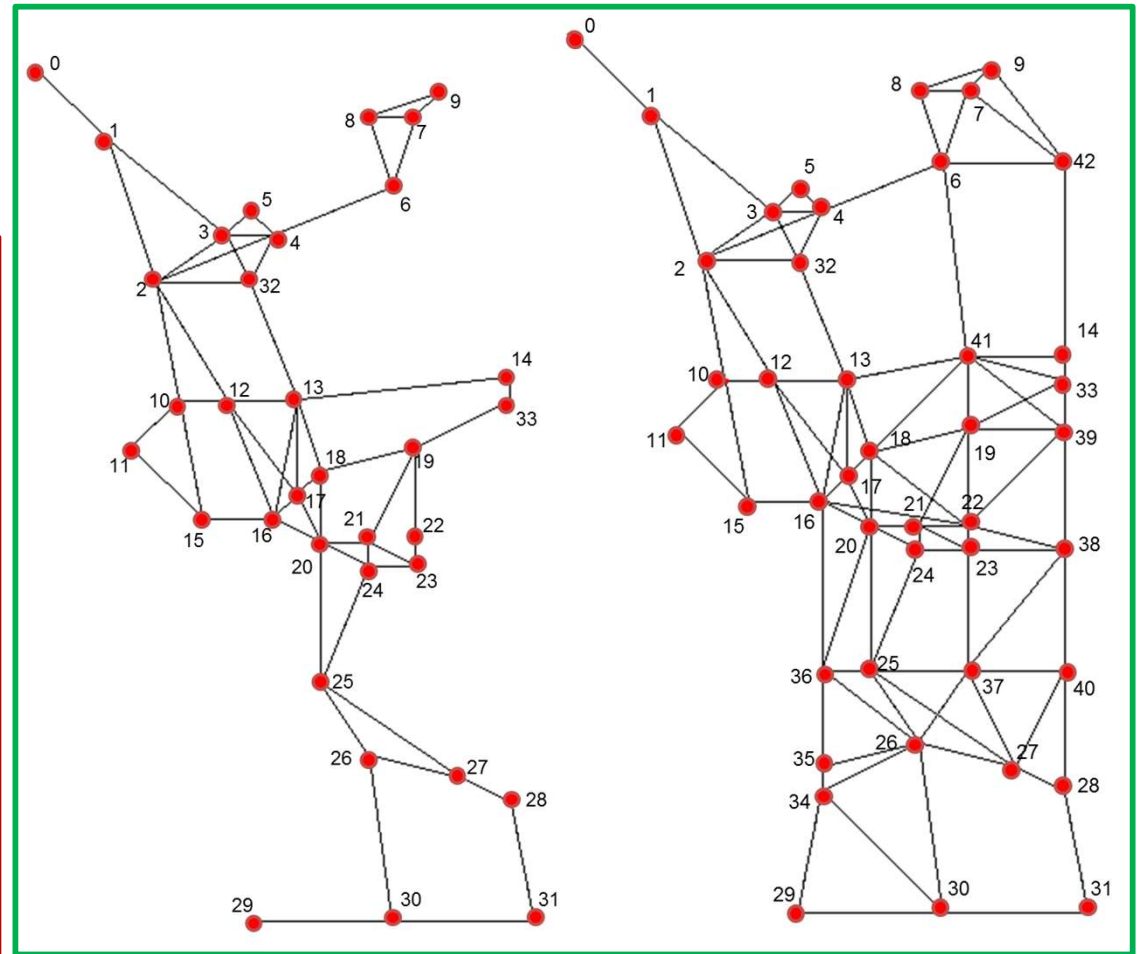
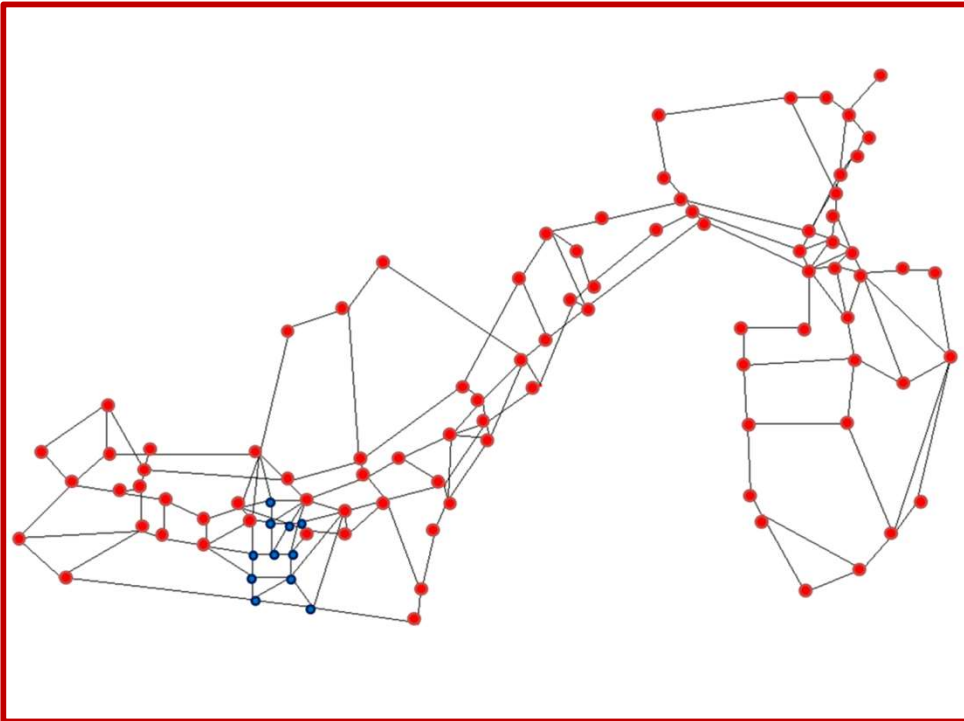
道路網細分化及びがれき処理効率を考慮したシミュレーション

- 国道, 県道といった道路ネットワークの属性の相違、それに伴うがれき処理効率の変化を考察するため、地域をより限定してシミュレーションを行う
- 静岡県全域のがれき処理において最も遅く処理が完了する袋井市のみをクローズアップしたモデルを作成

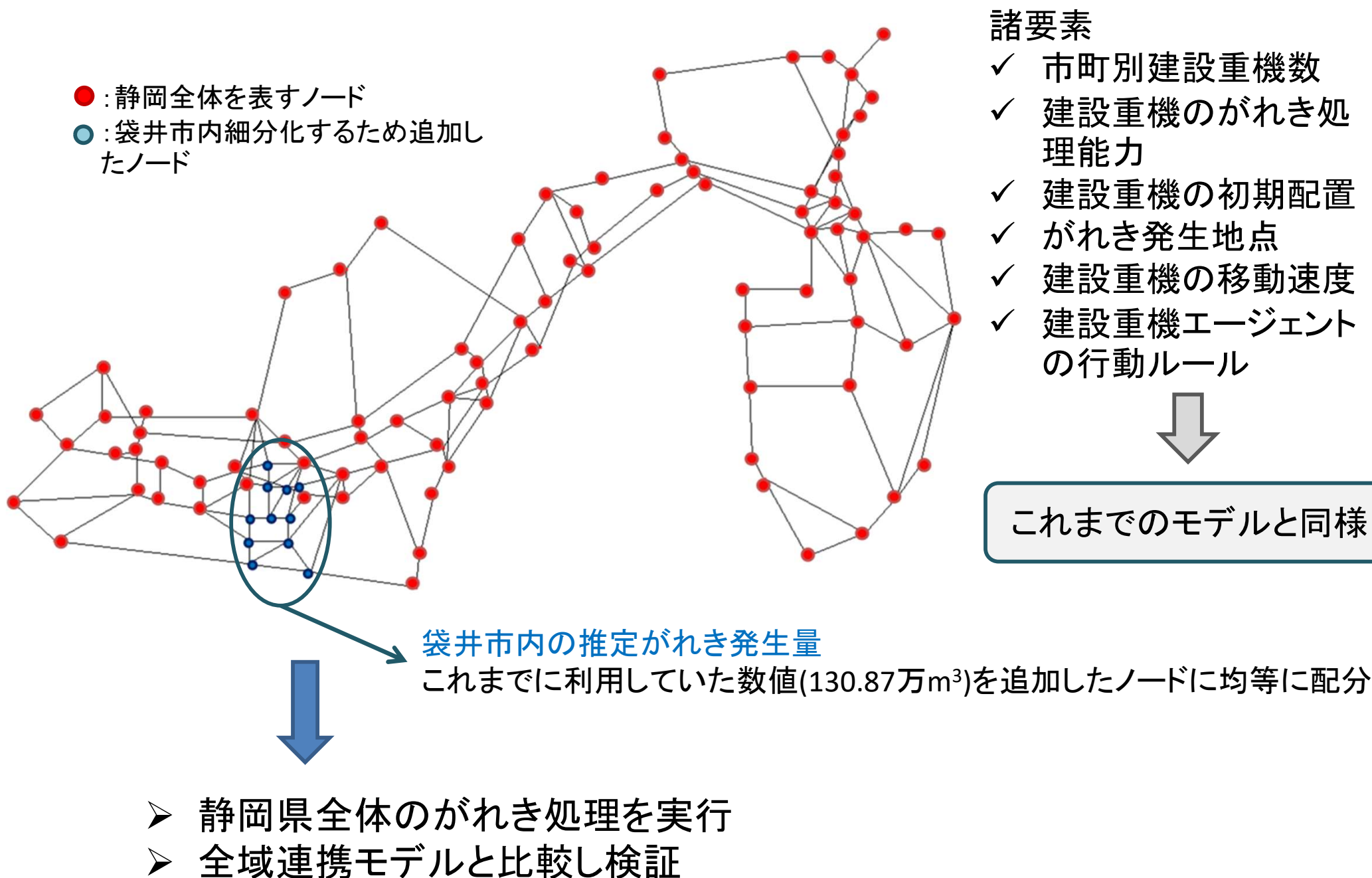
想定するモデル

一部地域の詳細モデル(袋井市)

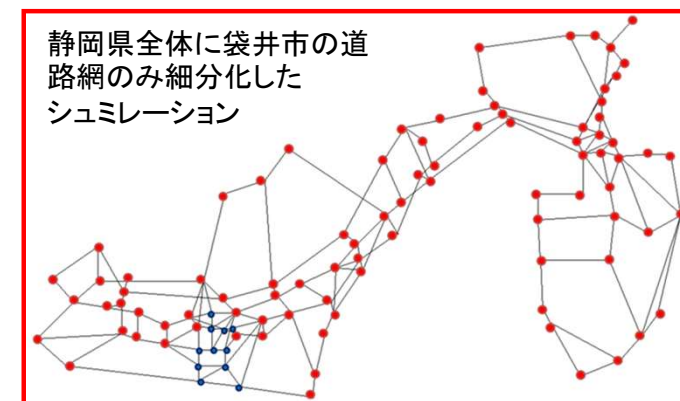
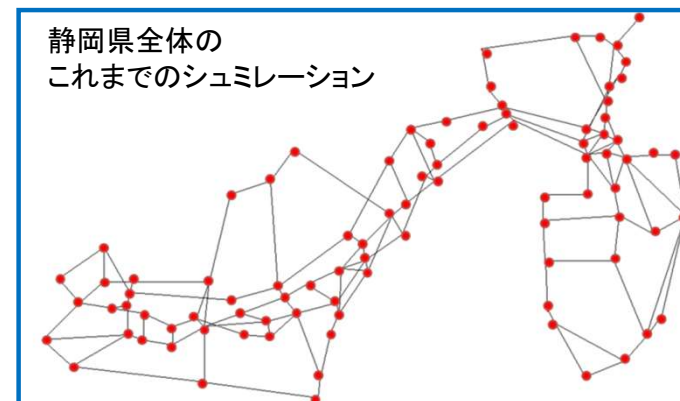
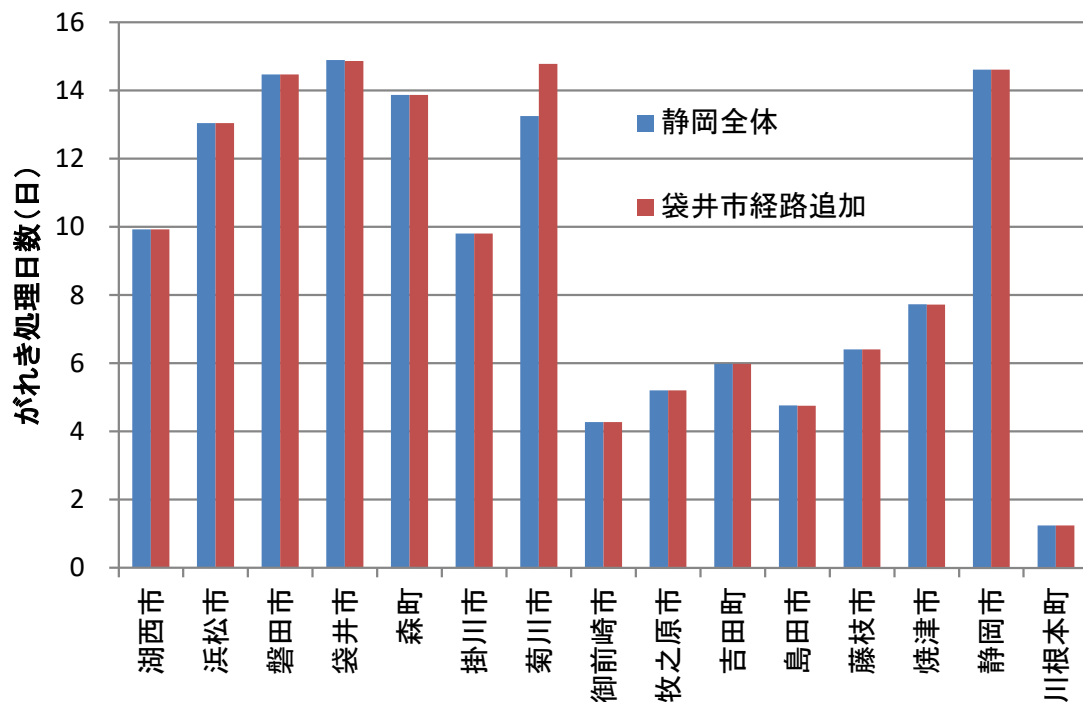
一部地域を道路網細分化した県全体モデル



一部地域を道路網細分化した県全体モデル



一部地域を道路網細分化した県全体モデルの結果及び考察



- 菊川市の処理日数が全域連携モデルでは13.25日に対し、袋井市経路追加モデルでは14.77日と増加
- その他の地域では変化は見られなかった

➡ 目的地への判断基準が最短経路のみ
がれき密度を考慮した経路選択のモデル化が必要(今後の課題)

- ◆ 静岡県全域を対象とした広域なシミュレーションで、道路ネットワークの属性の相違やがれき処理効率の変化を考察することが困難
- ◆ よりシミュレーションエリアを限定したモデル化が必要

建設重機の仕事量について

- 確定的な数値
- 土木工学は長年の経験による経験工学

- 静岡県の技術管理課に協力を依頼し調査
- 国土交通省が作成した「土木工事積算基準書」を元に静岡県が定めている積算基準
- 道路啓開作業に関わるバックホウについて調査

バックホウの作業量(立米)

作業の種類	名称	規格	土質名	単位	障害なし	障害あり
地山の掘削積込	バックホウ運転	排出ガス対策型(第2次基準値)クローラ型山積0.8m ³ (平積0.6m ³)	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	300	190
			岩塊・玉石	m ³	230	140
		排出ガス対策型(第1次基準値)クローラ型山積1.4m ³ (平積1.0m ³)	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	500	320
			岩塊・玉石	m ³	410	260
ルーズな状態の積込	バックホウ運転	排出ガス対策型(第2次基準値)クローラ型山積0.8m ³ (平積0.6m ³)	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	310	
			岩塊・玉石	m ³	260	
		排出ガス対策型(第1次基準値)クローラ型山積1.4m ³ (平積1.0m ³)	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	520	
			岩塊・玉石	m ³	440	
		排出ガス対策型(第1次基準値)クローラ型山積0.45m ³ (平積0.35m ³)	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	160	
			岩塊・玉石	m ³	130	
床掘り(作業土工)	バックホウ運転	排出ガス対策型(第2次基準値)クローラ型山積0.8m ³ (平積0.6m ³)	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	220	180
			岩塊・玉石	m ³	160	130
		排出ガス対策型(第1次基準値)クローラ型山積0.45m ³ (平積0.35m ³)	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	150	100
			岩塊・玉石	m ³	110	70



静岡県各市町バックホウ保有数

市町名	バックホウ類(台)	市町名	バックホウ類(台)	市町名	バックホウ類(台)	市町名	バックホウ類(台)
下田市	33	伊豆の国	100	富士宮市	97	磐田市	41
東伊豆町	14	函南町	19	富士市	110	掛川市	85
河津町	31	沼津市	70	静岡市	352	袋井市	39
南伊豆町	22	三島市	14	島田市	202	御前崎市	82
松崎町	25	御殿場市	34	焼津市	127	菊川市	29
西伊豆町	38	裾野市	27	藤枝市	180	森町	13
熱海市	35	清水町	17	牧之原市	115	浜松市	419
伊東市	50	長泉町	43	吉田町	33	湖西市	33
伊豆市	118	小山町	18	川根本町	68	県合計	2733

中部経済連合会が2008年に発表した「大震災に備えた震災がれき処理について」より静岡県内全域でのがれき推定発生量を決定した。そして、市町別の倒壊家屋数をがれき推定発生量の分布と同一と仮定し、市町別の推定がれき発生量を割り振った。

静岡県各市町推定がれき発生量

市町名	がれき発生量(万m ³)	市町名	がれき発生量(万m ³)	市町名	がれき発生量(万m ³)	市町名	がれき発生量(万m ³)
湖西市	29.78	吉田町	31.83	小山町	11.07	伊豆市	17.04
浜松市	506.47	島田市	87.64	裾野市	12.45	伊東市	33.51
磐田市	112.26	藤枝市	143.80	長泉町	14.63	西伊豆町	10.16
袋井市	130.87	焼津市	162.71	沼津市	278.81	松崎町	12.15
森町	16.37	静岡市	1166.79	清水町	32.90	河津町	4.07
掛川市	75.82	川根本町	7.69	三島市	160.65	東伊豆町	4.76
菊川市	61.55	富士宮市	101.53	函南町	38.20	下田市	35.96
御前崎市	31.94	富士市	168.38	熱海市	15.72	南伊豆町	9.07
牧之原市	61.26	御殿場市	28.31	伊豆の国市	64.94	県合計	3681.08

静岡県内の建設重機保有台数

静岡県の土木防災課より

主要な重機種別(呼称) 保有一覧(名称/規格)	重機総数(台)	ブルドー ザー類 (台)	バックホ ウ類 (台)	クレーン 類(台)	ダンプ 類(台)	社内建設重機 オペレータ有資 格者数(人)
下田土木	357	20	163	31	116	241
熱海土木	166	4	85	14	59	135
沼津土木	1,114	82	460	115	404	909
富士土木	447	21	207	36	167	1,468
静岡土木	851	54	352	62	342	793
島田土木	1,675	118	725	157	587	1,315
袋井土木	637	82	289	64	194	595
浜松土木	1,151	123	452	116	395	835
各重機種別 計	6,398	504	2,733	595	2,264	6,291

利用を検討して
いる建設重機

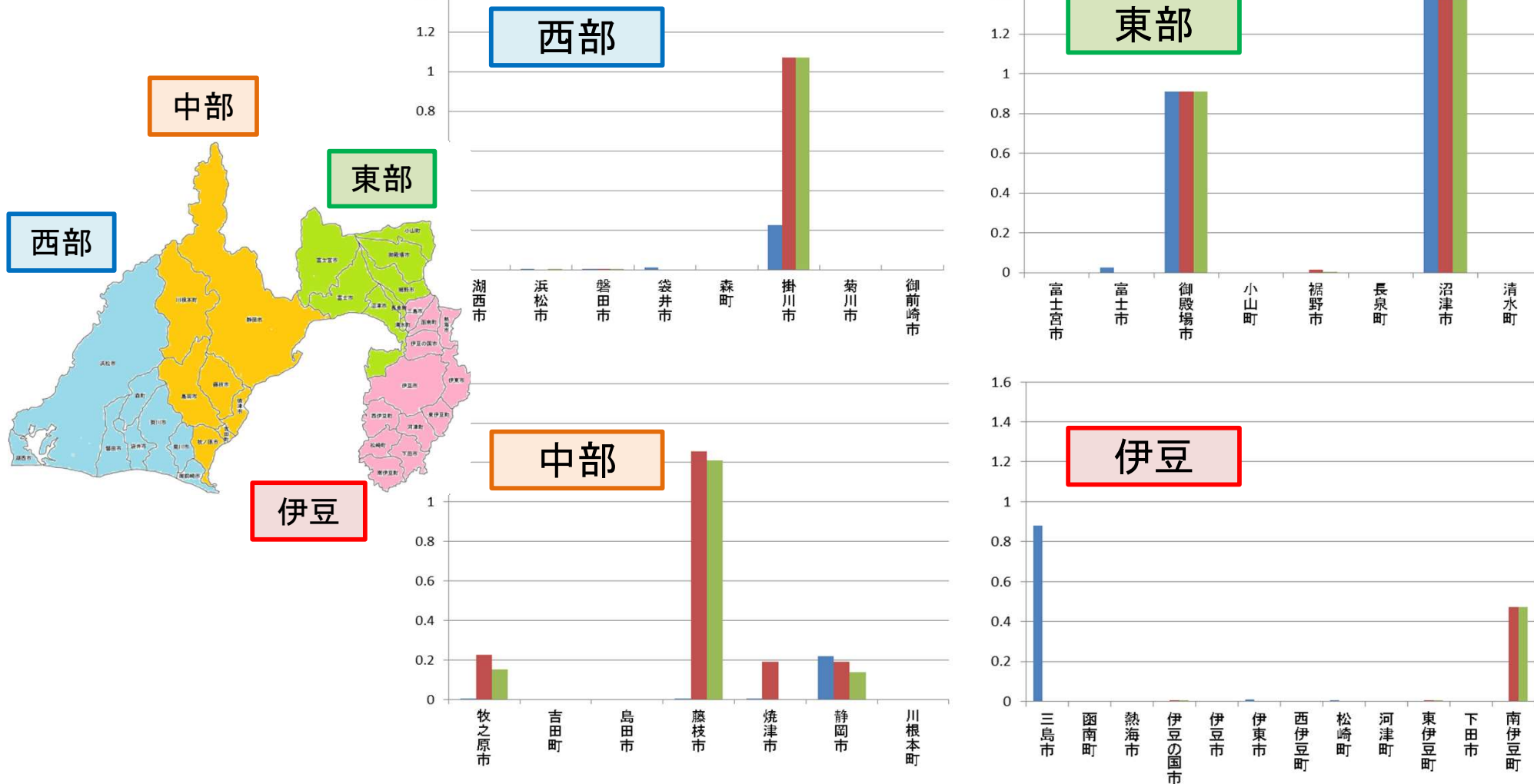
- ▶ 静岡県内に存在する土木事務所の土木事務所長と「災害時における応急対策業務に関する協定」を締結
- ▶ 大規模災害時、迅速に協力ができる約900業者の集計値
- ▶ 全体は約2,000業者が存在する

▶ 実際のシュミレーションではこの重機数を最低値としパラメータ化

▶ 国土交通省が示す静岡県内の重機数との比較も行う(最大値として利用)



シミュレーション結果及び考察

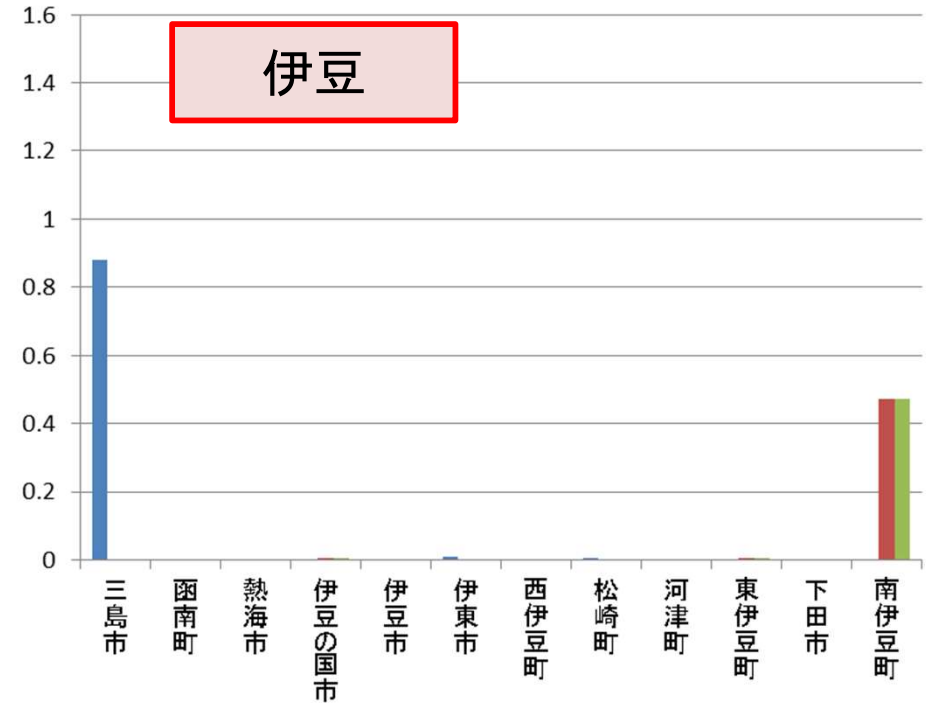
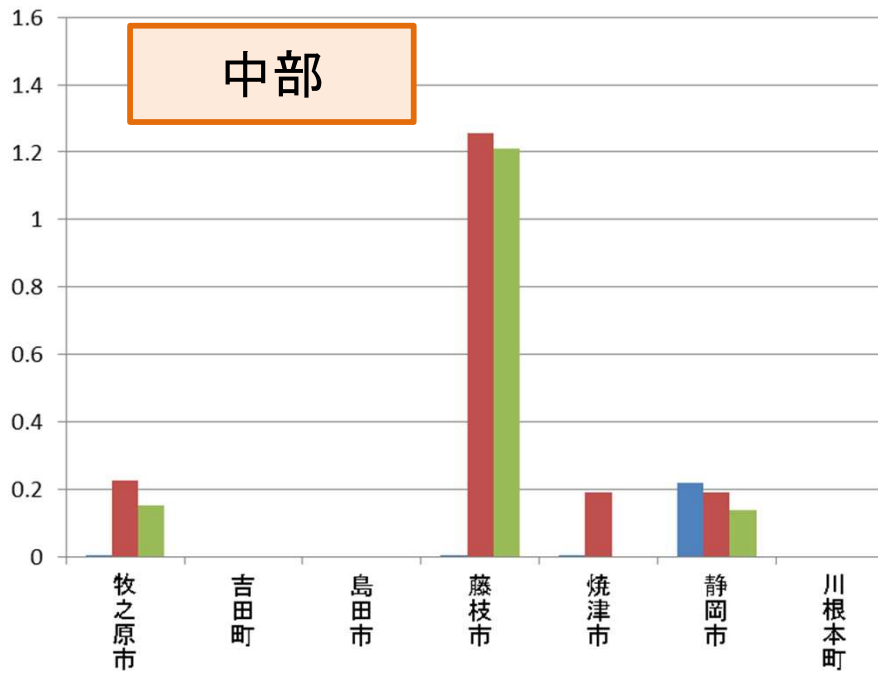
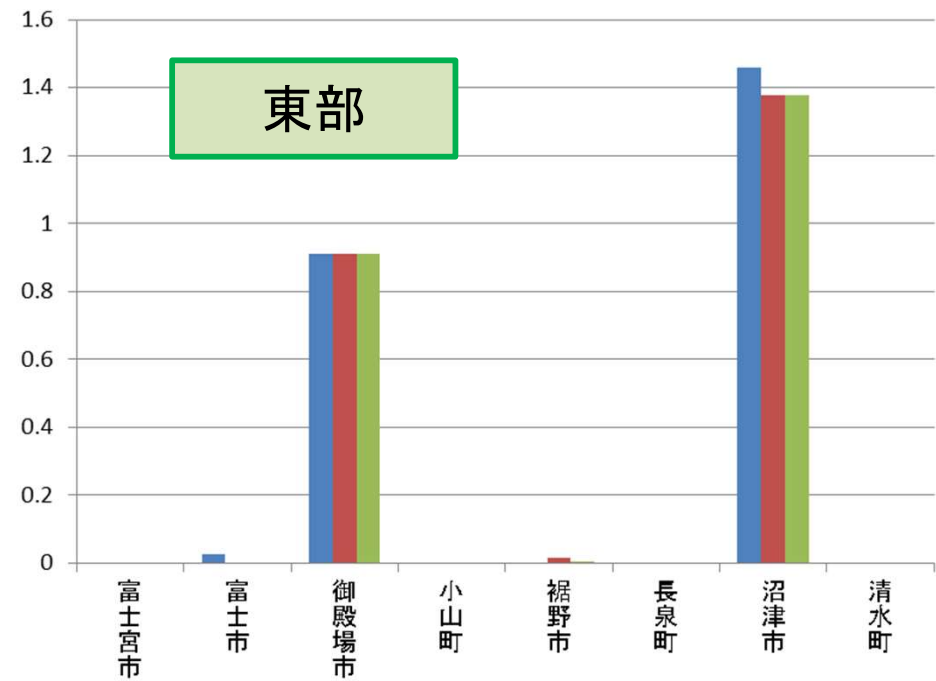
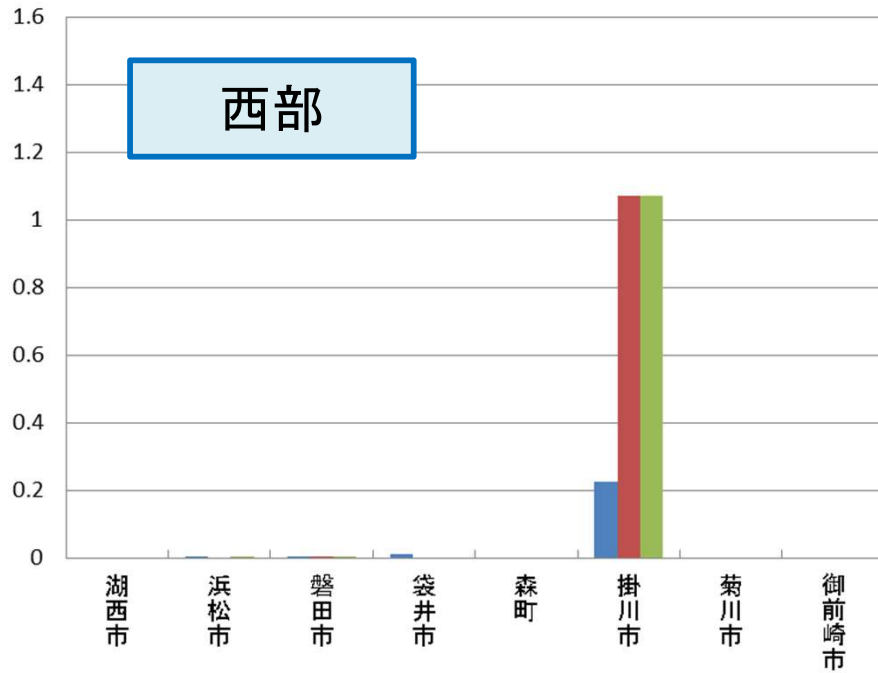


- 輸送路被災を想定した各ケースのがれき処理日数と全域連携処理日数の結果を静岡県内の各市町で比較し考察した。
- 全域連携処理日数を基準に、輸送路の被災を想定した各ケースでのがれき処理で増加した日数差を比較した。
- 縦軸に、全域連携処理日数を基準に各ケースで増加したがれき処理日数を示した図を示します。

ケース1と全域処理の日数差

ケース2と全域処理の日数差

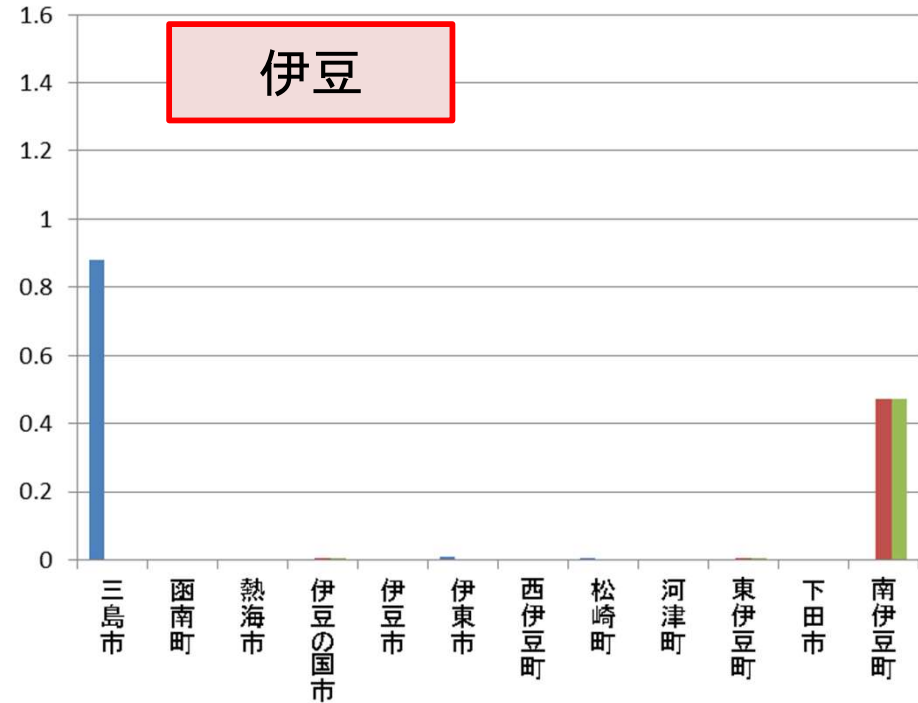
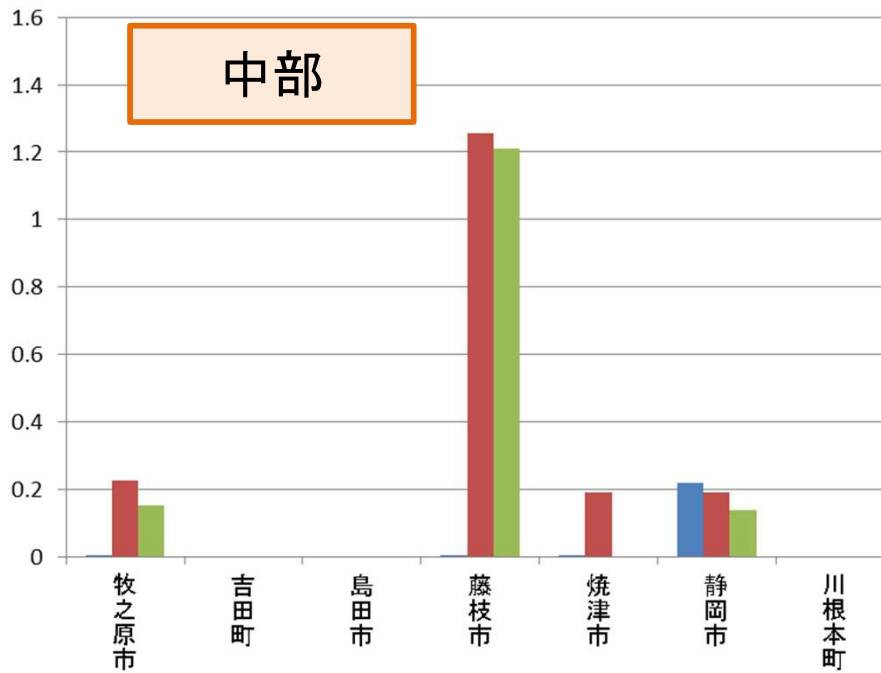
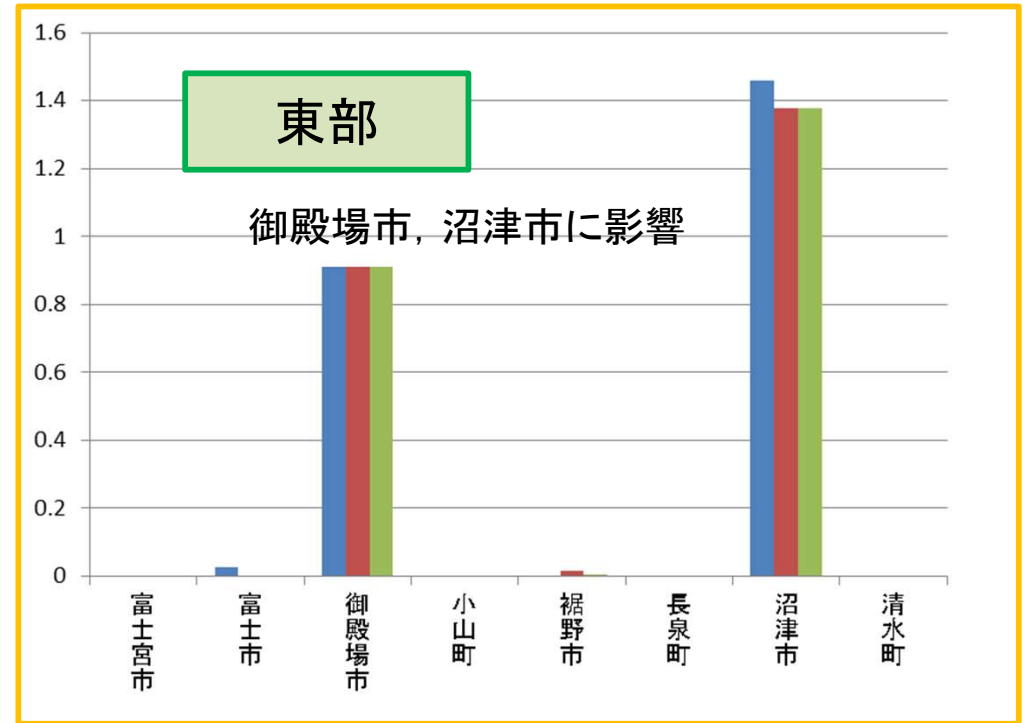
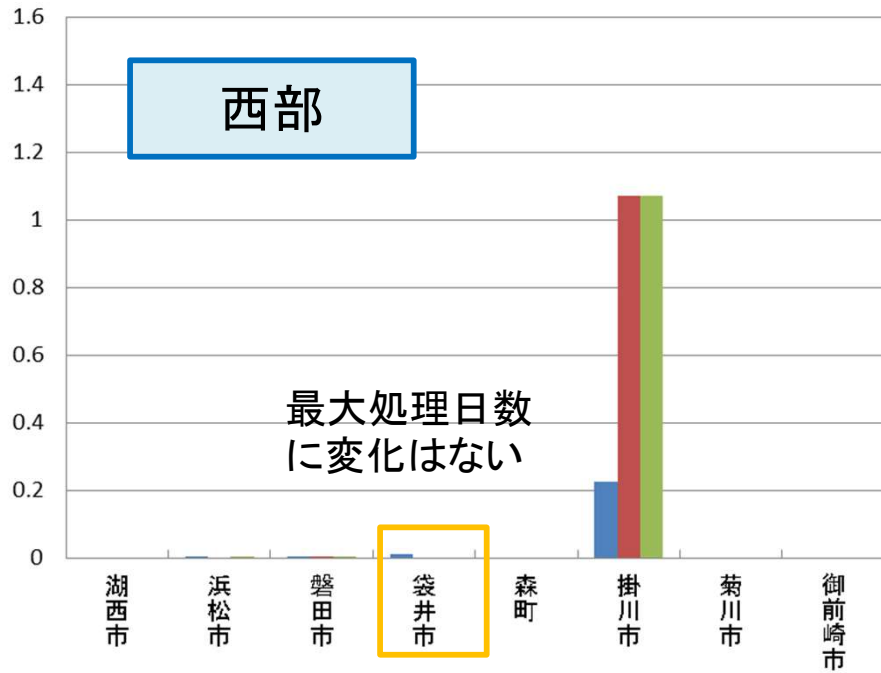
ケース3と全域処理の日数差



ケース1と全域処理の日数差

ケース2と全域処理の日数差

ケース3と全域処理の日数差

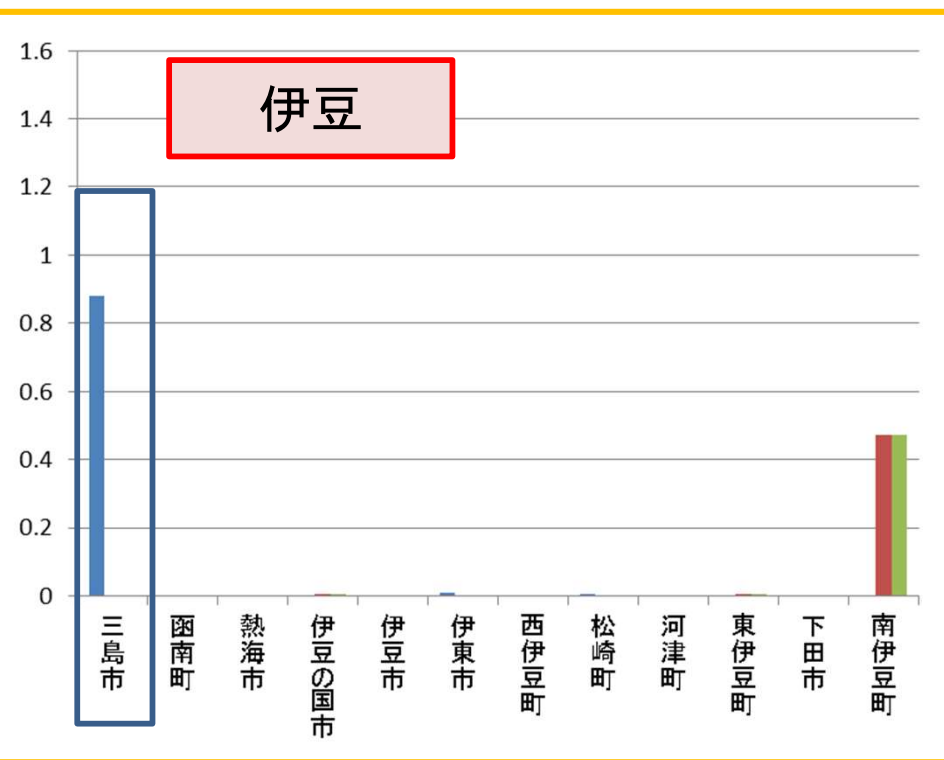
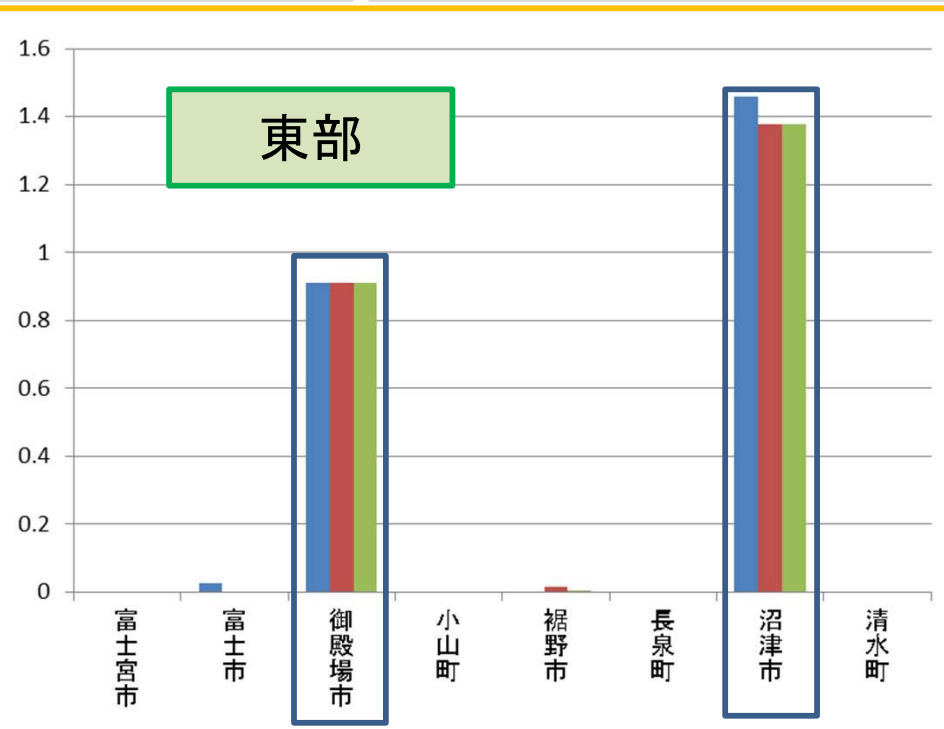
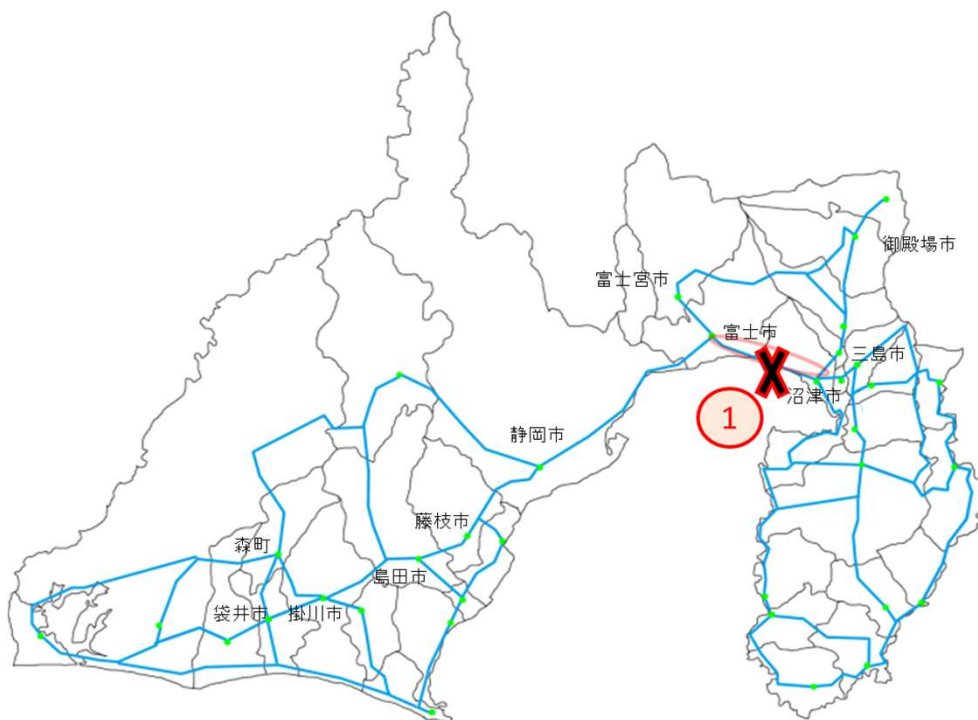


ケース1と全域処理の日数差

- 東部，中部に影響を与える結果となった.
- 御殿場市，沼津市，三島市に影響がみられた.
- 伊豆地域，東部地域から富士市をつなぐ最短ルートが通行不可となることに影響を受けたと考えられる.

ケース2と全域処理の日数差

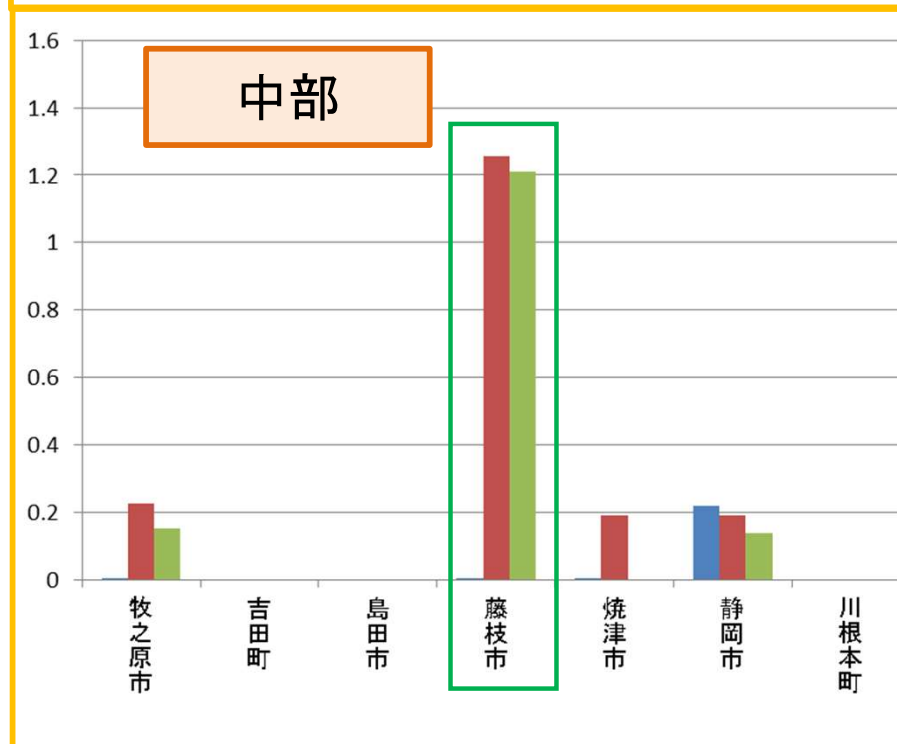
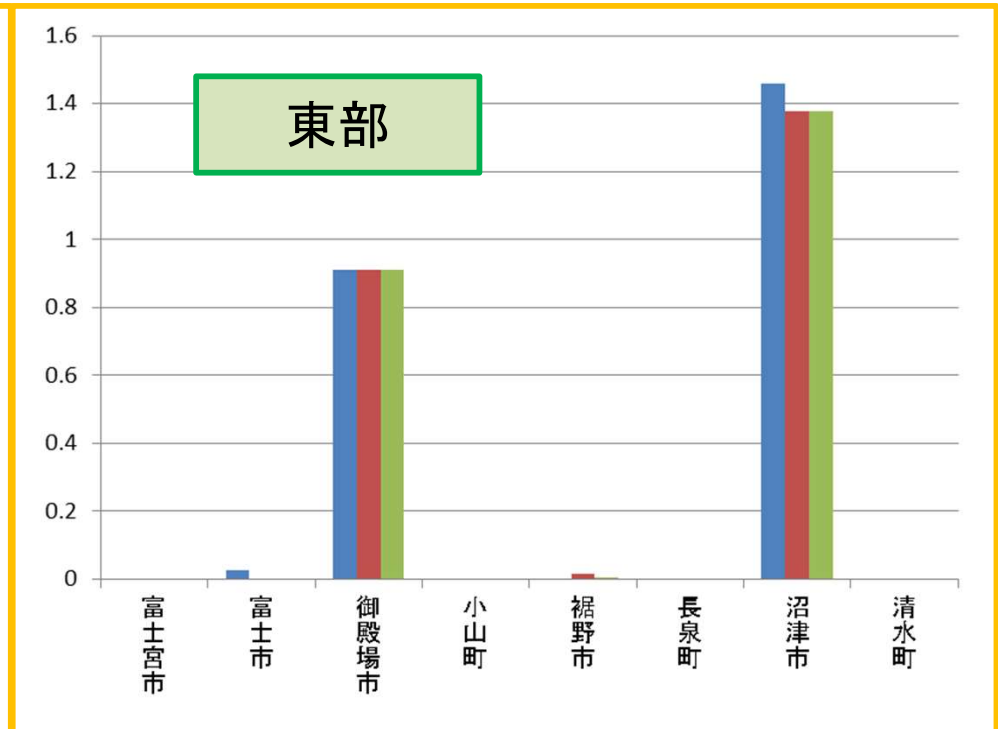
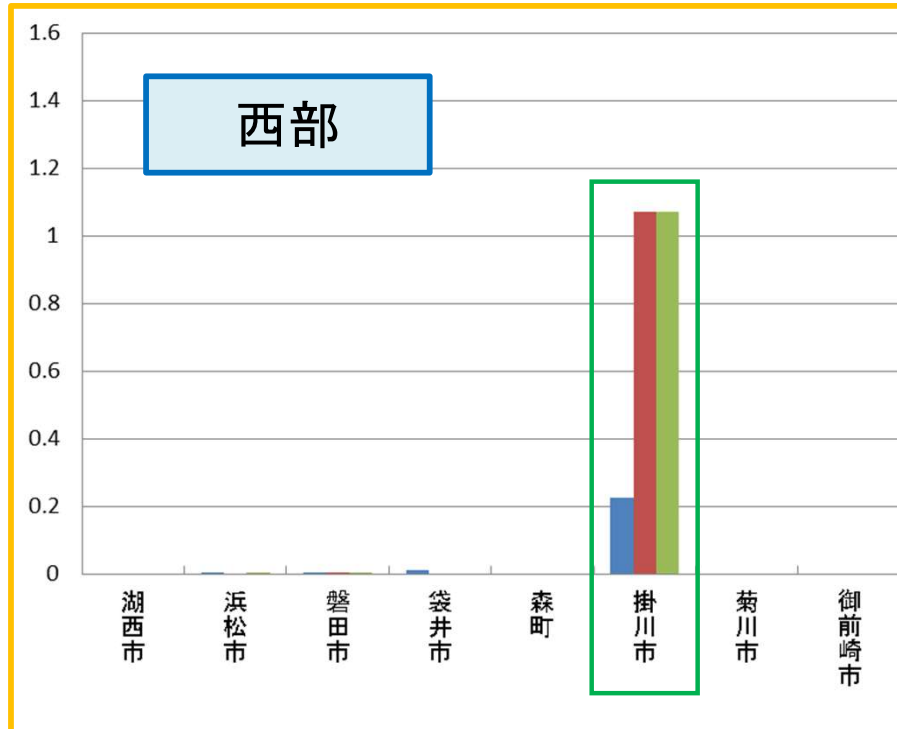
ケース3と全域処理の日数差



ケース1と全域処理の日数差

ケース2と全域処理の日数差

ケース3と全域処理の日数差

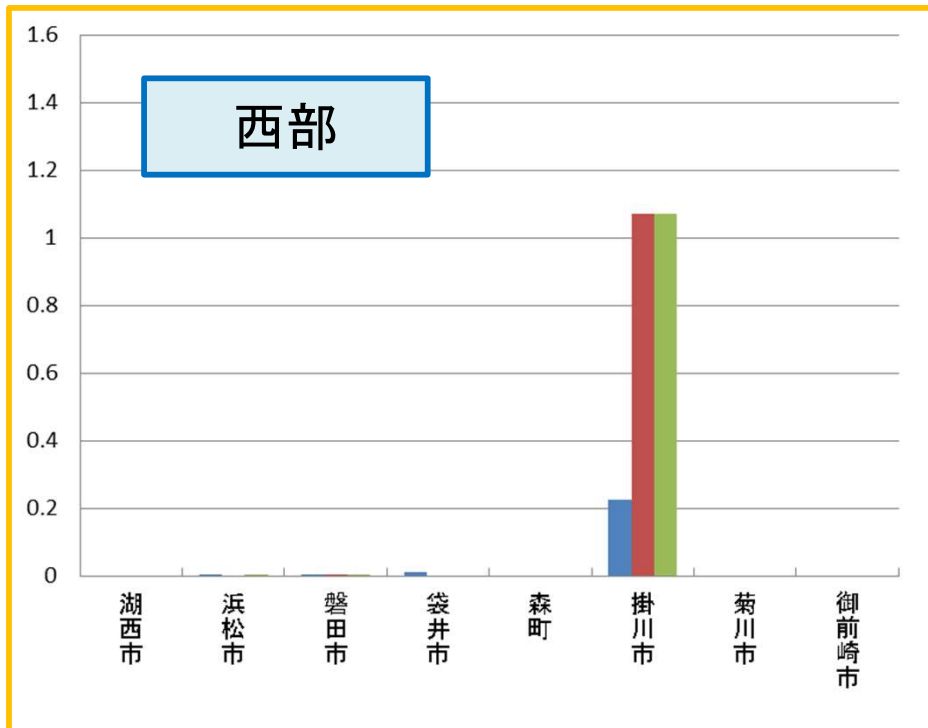


- 同じ傾向の結果が得られた.
- ケース3に関しては内陸部の輸送路が通行不可となっているためそのルート沿いにある掛川市, 藤枝市の処理が遅くなったと考えられる.

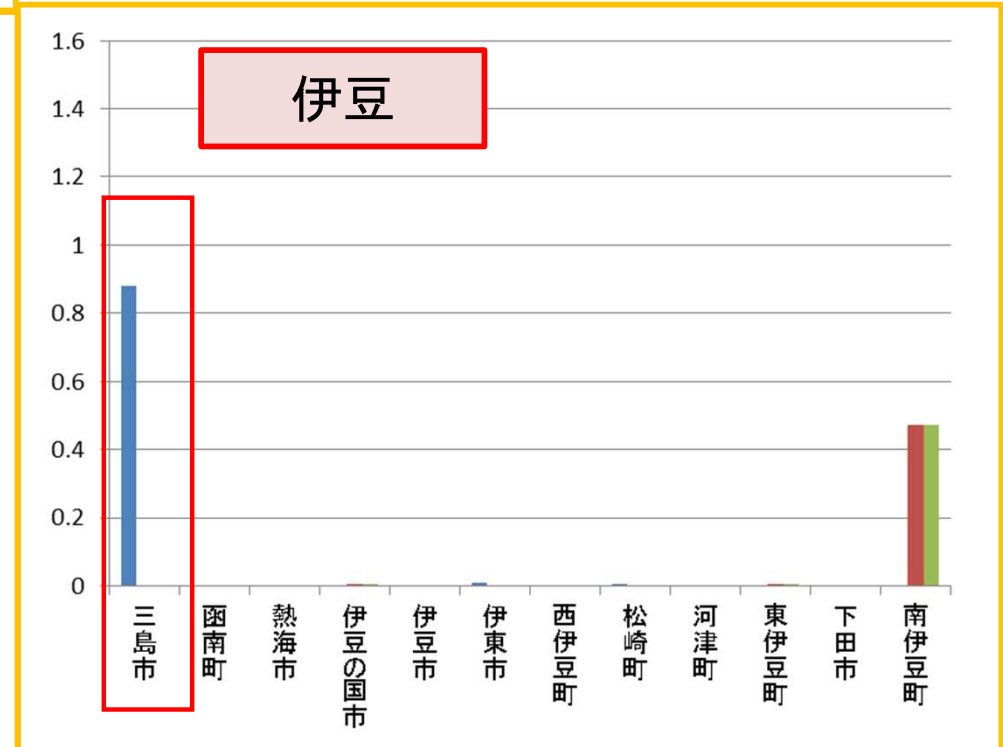
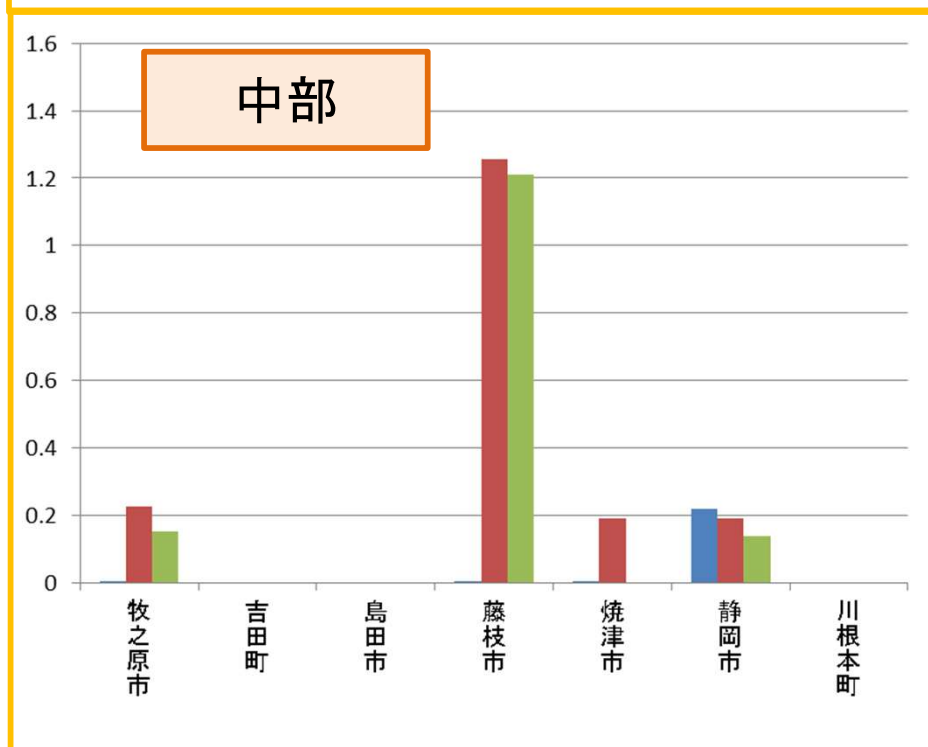
ケース1と全域処理の日数差

ケース2と全域処理の日数差

ケース3と全域処理の日数差



- ケース1では三島市に処理日数の増加が表れたが、ケース2では表れず、西部、中部への影響がみられた。
- 富士市周辺の輸送路の状態が静岡県東西のがれき処理に影響を及ぼす可能性が示唆された。



おわりに

- 災害初期の人命救助や道路啓開に被災地の地元建設業者の貢献は重要であるが、一方で地元建設業者の所有する重機は減少
- 有限な建設重機を効率的に利用する道路啓開計画立案を目的とし、輸送路被災の影響及び建設重機の仕事効率を考慮したシミュレーションを実行

- 皆川らの研究を基に緊急輸送路被災の影響度を考慮したシミュレーションを行った結果、静岡県において富士川付近の東西を結ぶ輸送路が大きな重要度を占めていることが示唆された
- より限られた空間の中でシミュレーションを行うために改善したモデルを利用し、国道、県道、市道といった道路ネットワークの属性の相違、それに伴うがれき処理効率の変化の影響を調査した。
- その結果、道路幅員の相違やそれに伴うがれき集積情報、がれき処理効率が発災初期の道路啓開に影響を与えることが確認できた。

今後の課題

- ◆ シミュレーションの再現性の向上。最短経路の目的地のみでなく、仕事効率を考慮した経路選択などの判断材料を増やす
- ◆ 東海地震に関する新たな被害想定への考慮