

平成 26 年度修士論文

災害初期の被災物撤去における
リースを含めた重機配分の影響

東京都市大学大学院

工学研究科

都市工学専攻

学籍番号 1381712

氏名 三枝 大祐

目次

第 1 章 序論	P3
1-1 背景	
第 2 章 既往の研究	P6
2-1. マルチエージェントシステムを用いた研究	
2-2. 建設重機と地域防災力に関する研究	
2-3. 皆川, 草柳らによる研究	
2-4. 地域建設業による支援活動の迅速性の要因	
2-5. 九州地方における建設機械の賦存量に関する考察	
2-6. 啓開・復興における地元建設業者の役割	
2-7. 本研究の目的	
第 3 章 想定ケースとシュミレーションの概要	P10
3-1. 東海地震に対する第 4 次被害想定 of 概要	
3-2. 各市町の被災物数と初期配置	
3-3. 建設業及びリース業の保有する重機数の検討	
3-4. 使用重機の検討	
第 4 章 建設業の保有する重機によるシュミレーション結果及び考察	P20
4-1. 単独処理と県全体での連携効果	
4-2. 震源地の違いによる結果	
4-3. 重機の移動推移	
第 5 章 リース業が保有する重機を加味したシュミレーション結果及び考察	P34
5-1. リース業が保有する重機の初期配置	
5-2. リース業が保有する重機を加味したシュミレーション結果及び考察	
第 6 章 結論	P45
6-1 結論	
参考文献	P47
謝辞	P49
付録	P51

第 1 章

序論

1-1. 背景

毎年多くの自然災害が発生する日本において人々の命や資産を守り、発展させるべく我々はあらゆる対策を講じている。地方自治体では災害時に適切な対応を取るべく、地元建設業者と適宜災害協定を結ぶことで早期の啓開作業から応急復旧を可能にし、東北地方太平洋沖地震の際には「くしの歯」作戦といった効率的な策をとる事に繋がった。¹⁾これは被災した土地の地理を正確に把握していた地元の建設業の活躍により成功するに至ったといわれているが近年、地元建設業社の数が減少傾向にある。入札方式の変更による競争の激化、公共事業費の削減により土木建設業が縮小傾向にあり、就業者数及び重機数もマイナスの一途を辿っている。図-1 は過去の公共事業費の推移²⁾を示し、図-2 は我が国の建設業社とリース業社における保有する建設重機数の推移³⁾を示す。「くしの歯」作戦を支えた要因として重機を建設業社自ら保有している点あげられるが自社で重機を保有する会社が減少しており、保有する企業も建設業社からリース業社へと移っている傾向にある。これは入札に関わる経営事項審査(以下経審)で重機の自社保有が企業の評価にマイナスとされている点も影響している。なぜなら、重機を自社保有することで「債務が多い」と見なされる評価方法であり、企業の重機保有意欲の低下に繋がっている。⁴⁾この流れは歯止めがかからないと考えられるが、我が国では今後も東北地方太平洋沖地震以上の大きな地震が発生すると予想され、道路啓開及び人名救助の遅延が危惧されている。南海トラフ地震では最悪の場合、死者数が10万人を超え、倒壊家屋数も東日本大震災より津波の脅威を改めて認識し直されたこともあり、格段に増加している。多くの市町では予想される地震に対し、被害想定確立及び想定シナリオ、緊急輸送路の選定を行うことに力を入れている。静岡県における緊急輸送路図⁵⁾を図-3 に示す。よって、このような現状を踏まえた早期の被災物撤去を可能とする戦略の確立が必要であるが、重機に着目した被災物撤去に関する既存の研究は少ない。

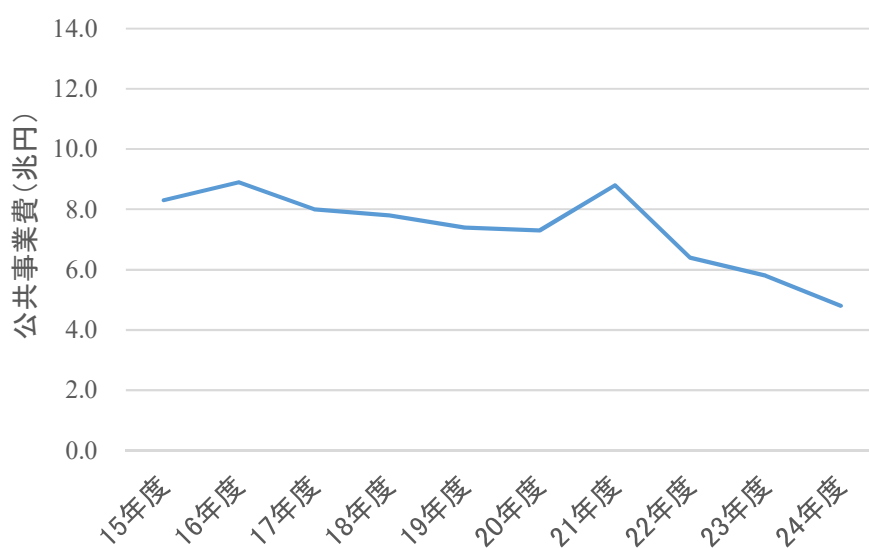


図-1 公共事業関連予算の推移²⁾

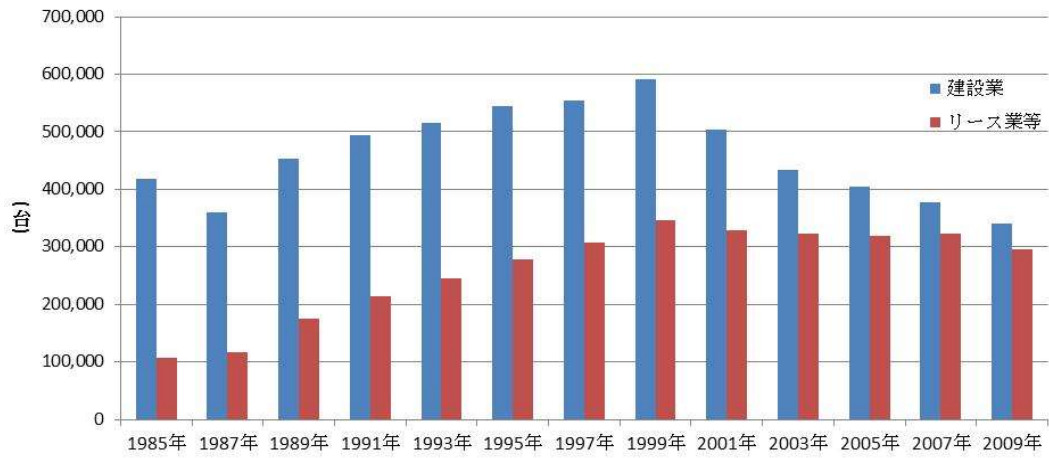


図-2 建設重機保有数の推移³⁾

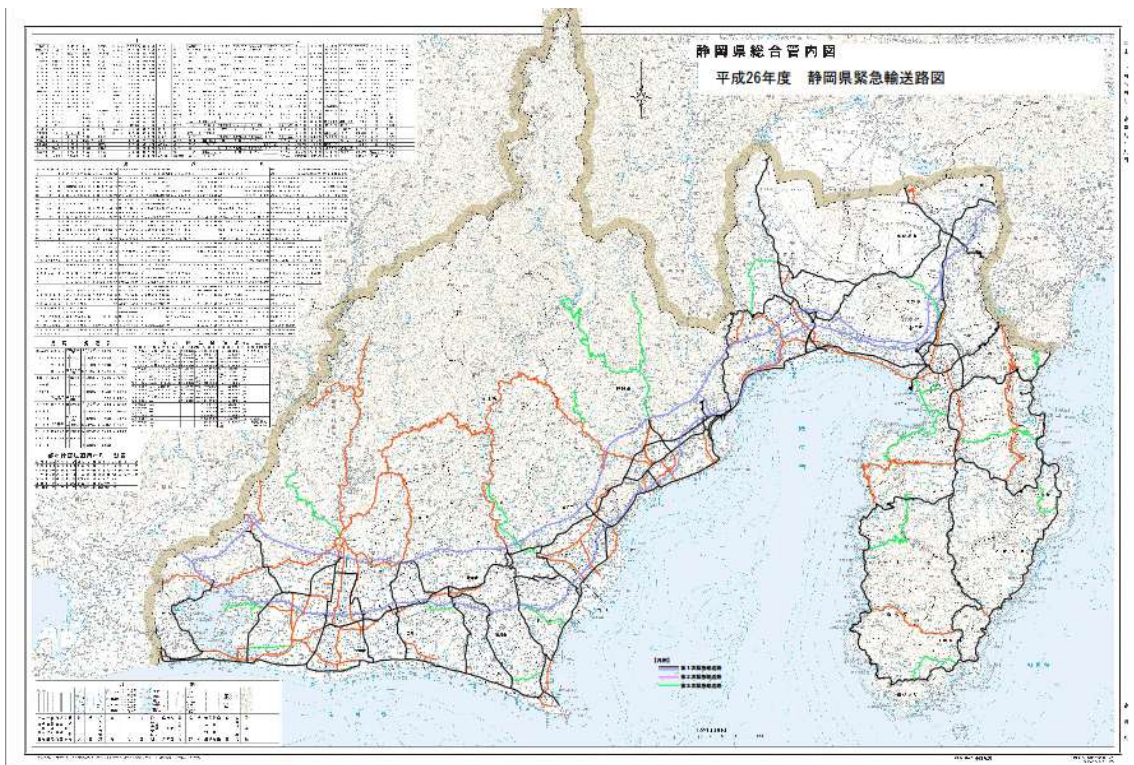


図-3 静岡県における緊急輸送路図⁵⁾

第 2 章

既往の研究

2-1. マルチエージェントシステムを用いた研究

事象を成す要素同士の相互作用によって引き起こされる現象を把握する方法としてマルチエージェントシミュレーションがある。特徴としてはエージェントと呼ばれる自律的な個体を多数発生させることでエージェント同士の相互依存作用を挙動全体として表すことが出来る点が挙げられる。事象全体をモデル化するシミュレーション方式と異なり事象を構成する基本的な要素をモデル化することにより、新たな事象の発生を確認する事が出来る。このシステムは防災、経済、医療分野等で幅広く用いられている。特に防災分野では災害時の緊急車両の通行経路確保に関する研究や東日本大震災をモデルに津波避難シミュレーションを行っている研究が数多く存在する。⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾

2-2. 建設重機と地域防災力に関する研究

馬場ら¹⁾は、地域防災力と地元建設業に関する研究を行った。対象地域は高知県、対象地震は南海地震とし、倒壊家屋数と生き埋め者の救助日数を川上による地域防災力より試算し、表-1の結果を得た。高知県内の重機の偏在により高知市が県全体の所要日数が2倍大きくなる結果となり、特定地域の救助活動が遅れる事が示唆された。

2-3. 皆川、草柳らによる研究

皆川、草柳ら¹¹⁾の研究では静岡県を対象に東海地震が発生した際の被災物撤去にかかる日数をマルチエージェントシミュレーションを用いることで明らかにした。県が公表している東海地震に対する第3次被害想定より被災物数を試算し、災害時に使用できる重機数に関しては県に協力して頂くことでデータを入手し、シミュレーションを行った。また、道路被災を考慮するため寸断パターンを以下のように分け、寸断パターン毎にシミュレーションを行った。

- ・ 静岡県内の建設業社が全体で連携を行うパターン（全域連携）
- ・ 緊急輸送路となっている富士川付近の道路が被災し、東西に分断されるパターン（分断地域連携）
- ・ 各地域で連携を行うパターン（地域内連携）
- ・ 連携を行わず、各自で撤去作業を行うパターン（単独）

これらのパターンでシミュレーションを行った結果、全く連携を行わないパターンと全域で連携を行ったパターンでは被災物撤去日数が最大92%短縮されると結果を得た。全域連携と単独処理の結果を図-4に示す。

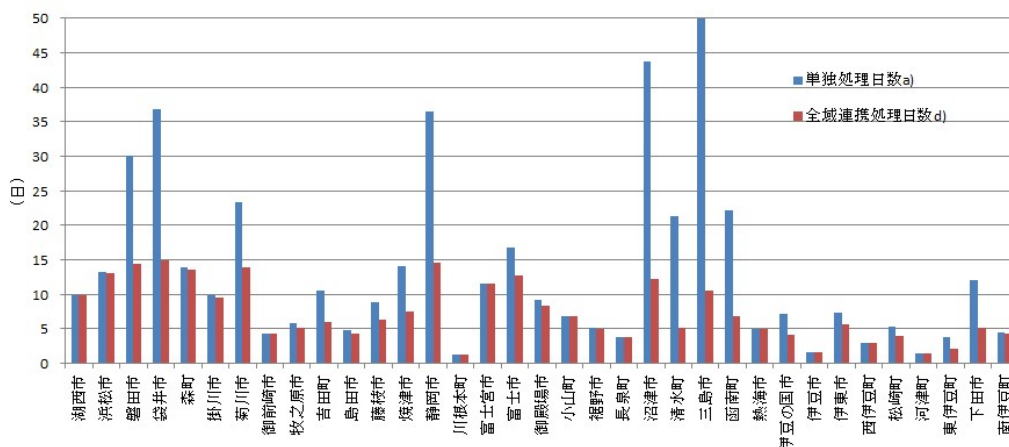


図-4 全域連携処理日数と単独処理日数の比較¹¹⁾

2-4. 地域建設業による支援活動の迅速性の要因

竹谷¹²⁾らは、東日本大震災時にどのような要因が支援活動を円滑にさせたが明らかにするべく地域建設業にアンケート調査を行った。その結果、人材、建設資材、建設機械、災害対策用物資といった要因を挙げている。人材確保に関して被害の大きかった沿岸部では作業員、オペレーターのみならず建設機械を建設業社自ら保有していたことが迅速な対応に繋がったという調査結果を得た。災害対策用物資等は津波の影響により流されてしまったこともあり他県から支援が必要不可欠であると述べている。

2-5. 九州地方における建設機械の賦存量に関する考察

田中、加知、塚原¹³⁾による研究によれば、九州地方に存在する84%の建設重機がリース業社によって保持されていると示しており、地方全体数のみならず県毎のリース業の賦存量を明らかにする研究を行った。調査方法はアンケート調査であり、対象はリース業149社に行った。その結果、各県のリース業が保持している重機の種類及び台数の結果を得ると共に各県の重機の偏在が大きいことが示唆された。よって、災害時において特定地域の被災物撤去の遅れを危惧している。

表-1 建設重機台数による地域防災力の試算結果¹⁾

高知県における試算結果			高知県における試算結果		
	重機数	所要日数		重機数	所要日数
H16	1277	4.9	H16	123	12.3
H17	1254	5.0	H17	109	13.8
H18	1136	5.5	H18	88	17.1
H19	1060	5.9	H19	94	16
H20	762	8.2	H20	93	16.2

$$\frac{\text{倒壊家屋数 (全壊)}}{\text{重機数} \times \text{重機 1 台当たりの仕事量}} = \text{救出日数}$$

2-6. 啓開・復興における地元建設業者の役割

夏山, 神田, 藤井¹⁴⁾らは東日本大震災の関係資料及び関係者の証言より物語描写研究を行った。その描写の中で地元建設業者の証言をしている。災害発生直後の初動が早かったのは以前からの災害に対し迅速に対応していたことからであり, 自然と状況を把握し体が動いたと述べている。また, 自衛隊はマンパワーと重機の性能が高いが地元建設業者は日頃から重機を使用しているオペレーターを確保しており操作性に優れているため丁寧な被災物撤去が可能であると述べた。このことから地元建設業社の災害時における役割の重要性を説いている。

2-7. 本研究の目的

皆川, 草柳¹¹⁾の研究では, 対象地域を静岡県, 対象地震を東海地震として, 県内における被災物撤去の重機連携が作業効率にどのように影響を与えるかを明らかにした。しかし, このシュミレーションでは近年主流となっているリース業を加味していないことが課題であり, 正当性の強化が必要不可欠である。よって, 本研究ではリース業を加味した被災物撤去シュミレーションを行うに当たって, リース業社の重機数の推定及び重機の配置パターンを変化させ, シュミレーションにおける正当性の向上を図ると共に皆川, 草柳と結果を比較考察することで, 静岡県における被災物撤去の優先戦略の確立を目的とする。

第3章

想定ケースとシミュレーションの概要

3-1. 東海地震に対する第4次被害想定概要

2013年に静岡県が発表した東海地震に対する第4次被害想定¹⁵⁾によると地震の種類及び被災する季節・時間帯によって被害規模が大きく異なることが示されている。まず地震の種類においてはレベル1地震・津波とレベル2地震・津波がある。レベル1地震・津波は比較的発生しやすく被害も大きいとされ100~150年程度の周期であり、東海地震がこれにあたる。レベル2地震・津波は発生頻度が極めて低いが発生した際は甚大な被害が予想される地震であり、南海トラフ地震がこれにあたる。また、各地震の震源地が基本ケース、陸側ケース、東側ケースと3つに分けて想定されている。南海トラフ地震における各ケースの地震規模を図-5に示す。続いて季節・時間帯による想定では冬・深夜、夏・昼、冬・夕の3パターンがある。特徴としては冬・深夜は多くの人々が就寝中であり、倒壊家屋による死者が多く、津波等からの避難が遅れることが予想される。次に夏・昼は人々の多くは自宅外で被災することが多い。老朽木造住宅の倒壊による死者数は冬・深夜と比較して少なく、夏場の地震発生により避難所等では熱中症等や衛生上の問題が発生することが予想される。最後に冬・夕である。出火件数が他のパターンに比べ最も多くなる。オフィスや繁華街周辺のほか、ターミナル駅にも滞留者が多数存在する。鉄道、道路もほぼ帰宅ラッシュ時に近い状況でもあり、交通被害による人的被害や交通機能支障による影響が大きい。

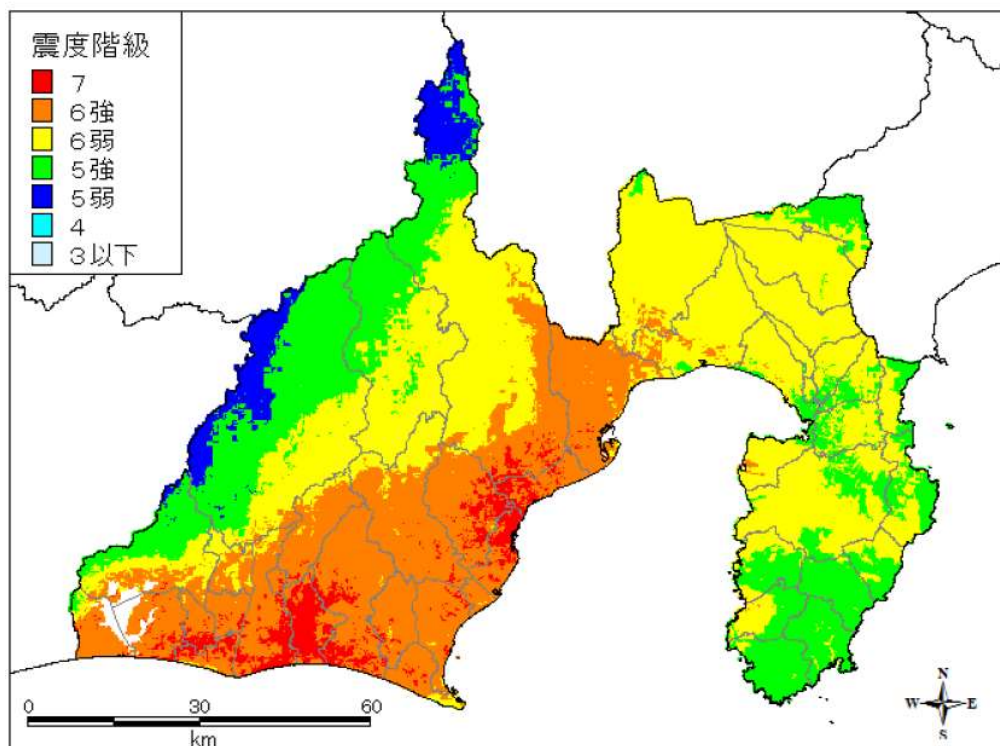


図-5-1 基本ケースにおける震度分布¹⁵⁾

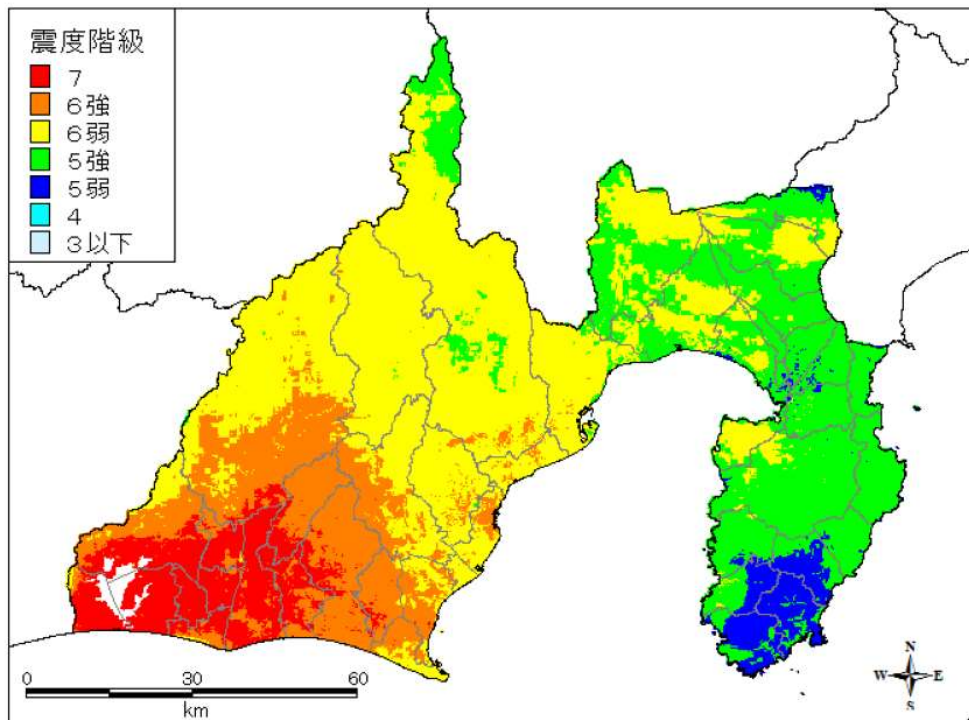


図-5-2 陸側ケースにおける震度分布¹⁵⁾

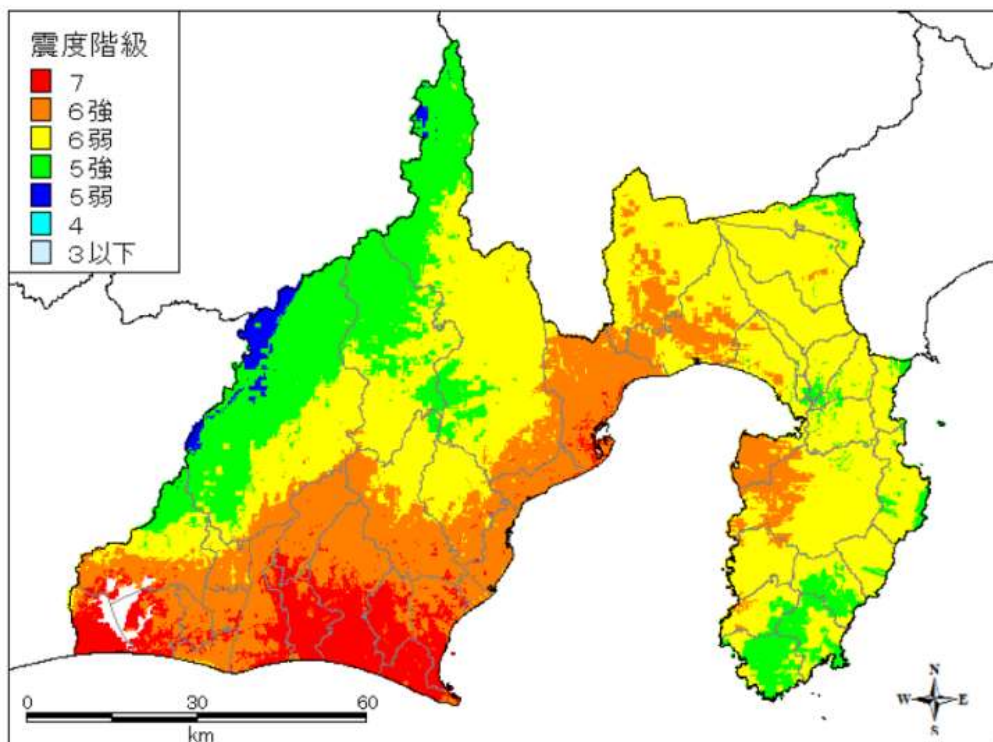


図-5-3 東側ケースにおける震度分布¹⁵⁾

3-2. 各市町の被災物数と初期配置

東海地震に対する第4次被害想定から各市町村の倒壊家屋全数が発表されている。このデータと中部経済連合会が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」に示されている静岡県内全域でのがれき推定発生量を利用することで各市町村の倒壊家屋数から係数を徐して体積に換算した。草柳皆川らは第3次被害想定を用いる際に全倒壊家屋数のみ用いたが第4次被害想定では半倒壊家屋数も記されていることからそちらも0.5倍し、全倒壊家屋数と足し合わせることで考慮した。換算した結果を表-2に示す。また、被災物の初期配置は各道路にどの程度堆積するかを把握することは難しいことから各市町役場とし、重機の連携に着目し、ミクロの動

表-2-1 基本ケースにおける各市町の被災物数¹⁵⁾

市町村名	被災物数 (万m ³)	市町村名	被災物数 (万m ³)
下田市	68.9	長泉町	1.3
東伊豆町	9.6	小山町	1.0
河津町	9.6	静岡市	1587.5
南伊豆町	28.7	島田市	168.3
松崎町	32.5	焼津市	344.3
西伊豆町	53.6	藤枝市	363.4
沼津市	91.8	牧之原市	149.2
熱海市	1.9	吉田町	61.2
三島市	3.8	河根本町	1.9
富士宮市	26.8	浜松市	1178.2
伊東市	7.7	磐田市	344.3
富士市	42.1	掛川市	267.8
御殿場市	3.8	袋井市	248.7
裾野市	3.8	湖西市	126.2
伊豆市	23.0	御前市	55.5
伊豆の国市	3.8	菊川市	63.1
函南町	1.5	森町	44.0
清水町	1.9	県計	5451.2

きを無視する。

表-2-2 東側ケースにおける各市町の被災物数¹⁵⁾

市町村名	被災物数 (万m ³)	市町村名	被災物数 (万m ³)
下田市	84.2	長泉町	10.5
東伊豆町	18.2	小山町	6.7
河津町	15.3	静岡市	1864.9
南伊豆町	33.5	島田市	246.7
松崎町	41.1	焼津市	300.3
西伊豆町	66.9	藤枝市	264.0
沼津市	239.1	牧之原市	261.1
熱海市	14.3	吉田町	104.2
三島市	29.6	河根本町	8.6
富士宮市	156.8	浜松市	1821.9
伊東市	44.9	磐田市	516.4
富士市	233.3	掛川市	526.0
御殿場市	35.4	袋井市	377.8
裾野市	19.1	湖西市	332.8
伊豆市	49.7	御前市	171.2
伊豆の国市	23.9	菊川市	211.4
函南町	7.7	森町	95.6
清水町	9.6	県計	8272.4

表 2-3 陸側ケースにおける各市町の被災物数¹⁵⁾

市町村名	被災物数 (万 m ³)	市町村名	被災物数 (万 m ³)
下田市	74.6	長泉町	1.0
東伊豆町	13.4	小山町	2.7
河津町	13.4	静岡市	627.4
南伊豆町	31.6	島田市	131.0
松崎町	34.4	焼津市	197.0
西伊豆町	57.4	藤枝市	131.0
沼津市	153.0	牧之原市	166.4
熱海市	4.0	吉田町	70.8
三島市	6.3	河根本町	11.5
富士宮市	13.4	浜松市	3210.5
伊東市	16.3	磐田市	669.4
富士市	23.0	掛川市	382.5
御殿場市	14.3	袋井市	311.8
裾野市	2.1	湖西市	353.9
伊豆市	24.9	御前市	54.5
伊豆の国市	8.6	菊川市	98.5
函南町	2.9	森町	101.4
清水町	3.8	県計	7000.5

3-3. 建設業及びリース業の保有する重機数の検討

静岡県内の建設業が保有している重機数は、草柳同様に静岡県交通基盤部に提供して頂いた市町別の災害協定に基づく災害派遣用の建設重機数を利用した。各市町の重機数を表-3 に示す。リース業に関しては、アンケート調査を行うことで重機数を把握しようと試みたが静岡県内における正確なリース企業数の把握に至ることが出来なかったため、国土交通省が2年おきに実施している建設機械動向調査¹⁶⁾から推定した。具体的には、中部地域の台数及び建設業、リース業の重機保有割合より重機数を推定した。重機の種類は災害時の一般的な重機であるバックホウであることから中部地域における建設業の保有台数は34616台であり、リース業は29038台となった。推定結果を表-4に示す。ここでいう中部地域は愛知県、静岡県、三重県、岐阜県である。そこで静岡県における重機数を推定する際に各県の建設業売上順位20位¹⁷⁾から推定した。その結果、静岡県における建設業社の重機は12601台であり、リース業社は10571台となった。この推定値は静岡県情報基盤部から頂いた重機の値と大きくかけ離れる結果となった。そこで、建設業の推定値から静岡県情報基盤部から頂いた値から縮減率を求め、リース業の推定値に掛け、重機数を推定したところ2273台となった。

表-3 静岡県内の建設業における重機数

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

表-4 中部地域における建設業とリース業の保有台数の推定¹⁶⁾

機 械 名	区 分	建設業		リース業等		中部地域
		台	%	台	%	台
履带式ブルドーザ (ハンドガイドを 除く)	3-10t 未満	2716	63.1	1017	23.6	4302
	10-20t	500	59.9	148	17.8	835
	20t 以上	285	54.4	57	10.9	524
	計	3473	61.3	1180	20.8	5661
油圧式 ショベル系掘削機 (ハンドガイドを 除く)	0.2m ³ 未満	15791	38.2	16471	39.8	41357
	0.2-0.6m ³	11512	52.0	8141	36.8	22119
	0.6m ³ 以上	6848	47.9	4528	31.7	14305
	計	34616	44.5	29038	37.3	77781
履带式トラクタシ ョベル		458	65.4	82	11.7	700
車輪式トラクタシ ョベル	0.6m ³ 未満	854	22.4	860	22.5	3820
	0.6-3.6m ³	2129	37.6	433	7.6	5667
	3.6m ³ 以上	119	14.2	29	3.5	843
	計	3118	30.2	1390	13.5	10330
	計	40818	43.2	30119	31.9	94472

3-4. 使用重機の検討

災害時における被災物の種類には土砂、コンクリート、金属といったあらゆる物質が混じった混合廃棄物であることからグラップルが用いられることが多い。グラップルは建設機械のアタッチメントの一種で物を掘む機能に長けており主に林業の現場や家屋の解体、廃棄物の分別等に使用される。しかし、アタッチメントであることからその数を正確に把握することが困難であることから使用重機を災害時に一般的に使用されるバックホウに決定した

a)被災物処理能力

建設重機の被災物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¹⁸⁾より 0.6319 m³/h と設定した。土木工事標準積算書を表-5 に示す。作業種類はルーズな状態の積込とし、その平均値を用いた。作業は緊急時であるため 24 時間稼働を想定とした。

b)建設業の保有する重機の初期配置と移動速度

初期配置は各市町役場とする。また、各市町を伊豆地域、東部地域、中部地域、西部地域に分類した。分類したもの図-6 に示す。移動速度は国土交通省発表の道路交通センサス¹⁹⁾より混雑時旅行速度 35.1km/h とする。

c) 重機の行動ルール¹¹⁾

エージェントを建設重機とし、被災物撤去を行う。まず、配置された各市町役場で被災物撤去を行う。撤去作業が完了した際、未完了の市町村の距離計算を行い最も近い市町へ救援に行く。これらの行動を繰り返し、全市町の被災物が撤去されるとシミュレーションが完了する。エージェント行動ルールを図-7に示す。

表-5 バックホウの被災物処理能力¹⁸⁾

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

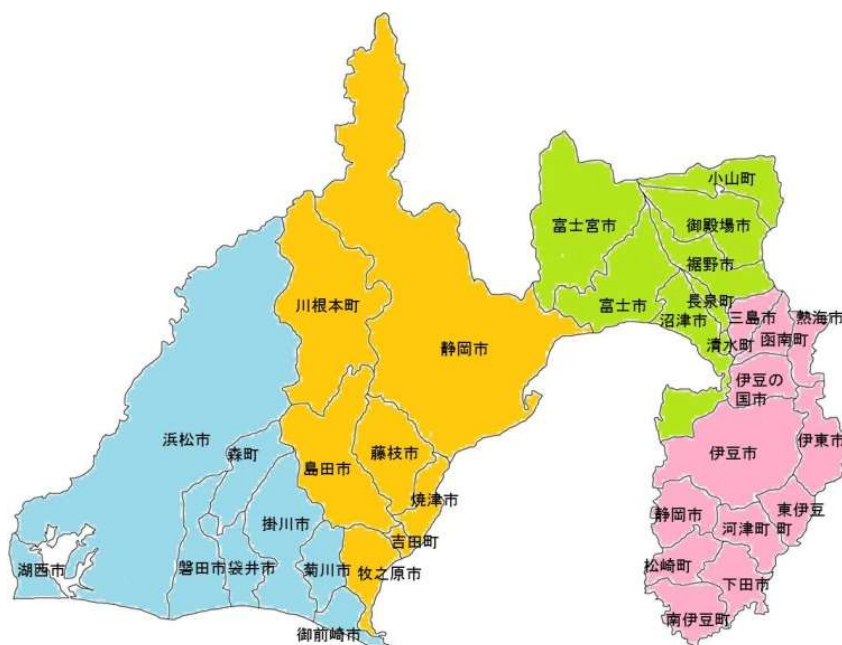


図-6 静岡県のグルーピング¹¹⁾

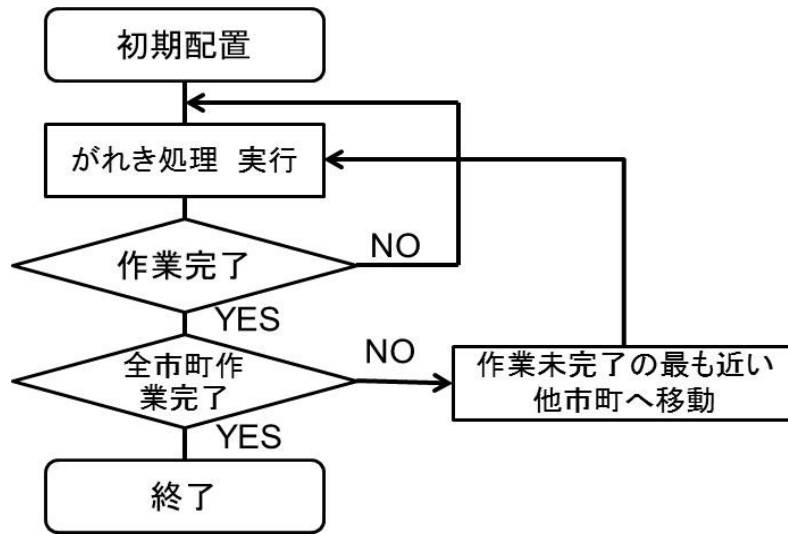


図-7 エージェントの行動ルール¹⁾

第 4 章

第 4 次被害想定を考慮した連携効果の結果及び考察

4-1. 単独処理と県全体での連携効果

県全体で連携を行わない連携なし（基本ケース）と連携ありの結果を図-8 に地域別のものを図-9 に示す。単独処理における被災物撤去完了日数は 128 日であり、磐田市が最も多くの時間を要した。県全体で連携した場合では 31.2 日で被災物撤去完了した森町であることから県全体では最大 75.7%短縮が可能であり、皆川同様に連携の効果を把握することが出来た。伊豆地域は下田市、東部地域は三島市、中部地域は静岡市、西部地域では磐田市の短縮率が各地域で最も効果を挙げており、50%以上短縮されることが示唆され、中部や西部地域では連携効果が顕著に表れた。一方で伊豆、東部地域において比較的規模の大きい市町村である沼津市、三島市、下田市以外は県全体での連携では効果が微小であり、効果を十分に把握することが出来なかった。第3次被害想定における全域連携のシュミレーションである草柳モデルと連携ありを比べると撤去日数が違うもののグラフを同じような曲線を描いた。重機の動きに着目すると伊豆地域の各重機は各市町の被災物撤去を終えた後に下田市に移動する。その後、東部地域で撤去作業が遅れている沼津市に集中する。中部地域では川根本町や島田市が早く撤去が終わり隣接市町に応援に行き、撤去に時間がかかっている静岡市に流れていく。静岡市の撤去には伊豆地域と東部地域、中部地域が一体となって作業を行い、そこから西部と流れていくのが確認され、皆川、草柳らのシュミレーション結果と近い動きになった。重機の流れを図-10 に示す。

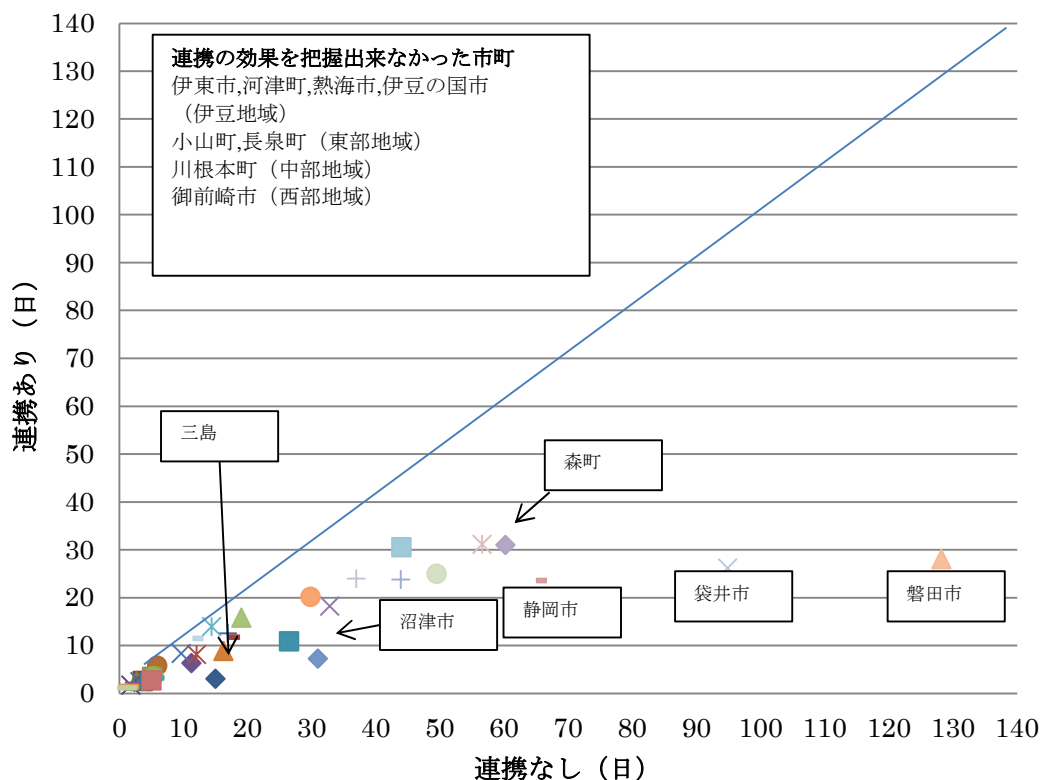


図-8 全域連携の有無による撤去日数の比較

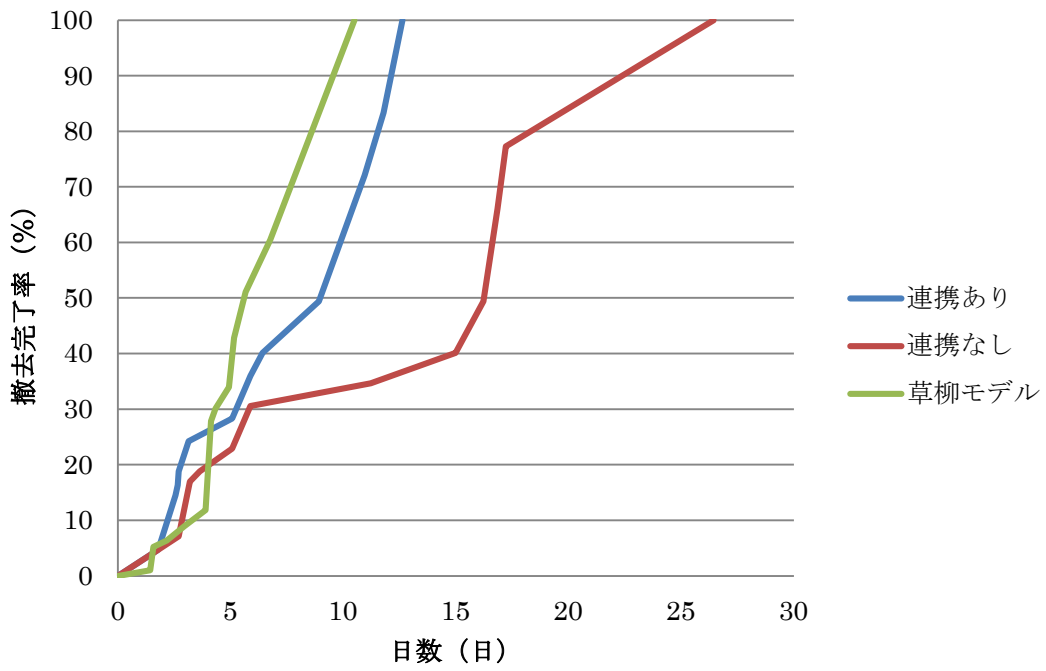


図-9-1 伊豆地域における連携の有無による撤去日数の比較

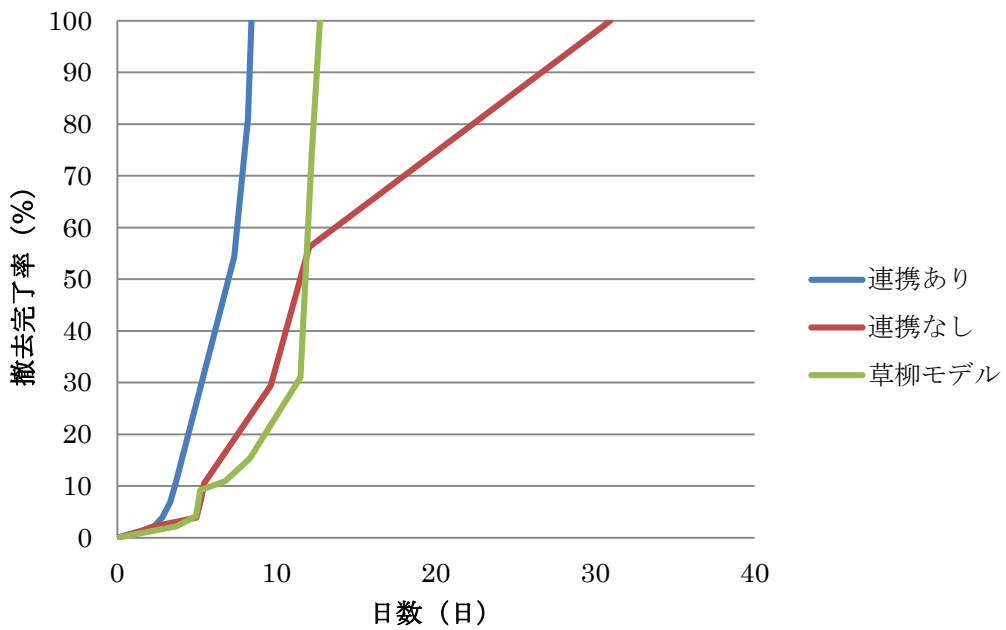


図-9-2 東部地域における連携の有無による撤去日数の比較

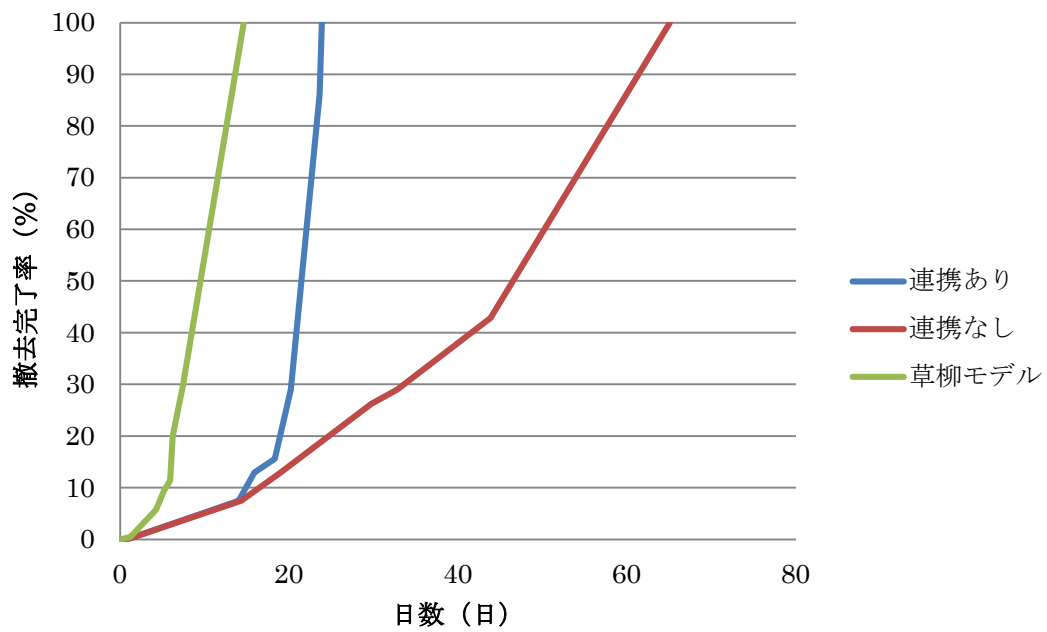


図-9-3 中部地域における連携の有無による撤去日数の比較

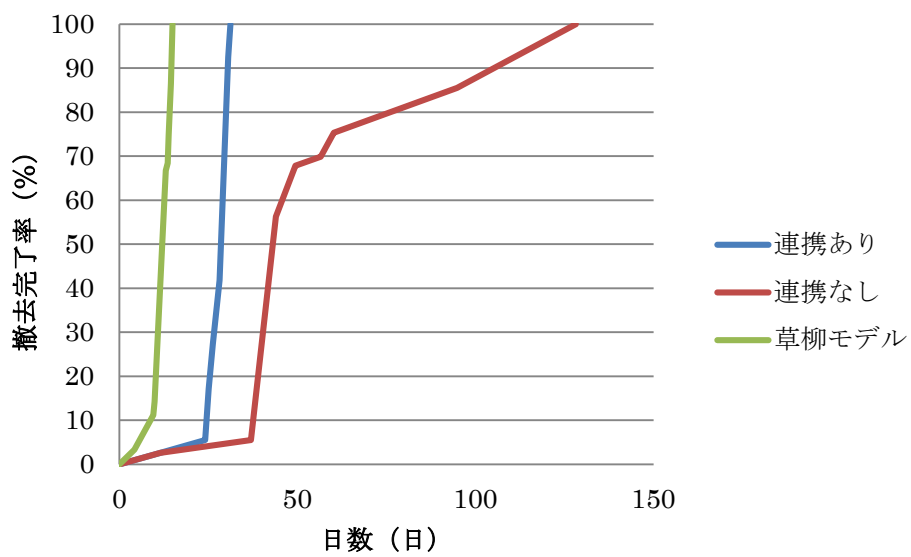


図-9-4 西部地域における連携の有無による撤去日数の比較

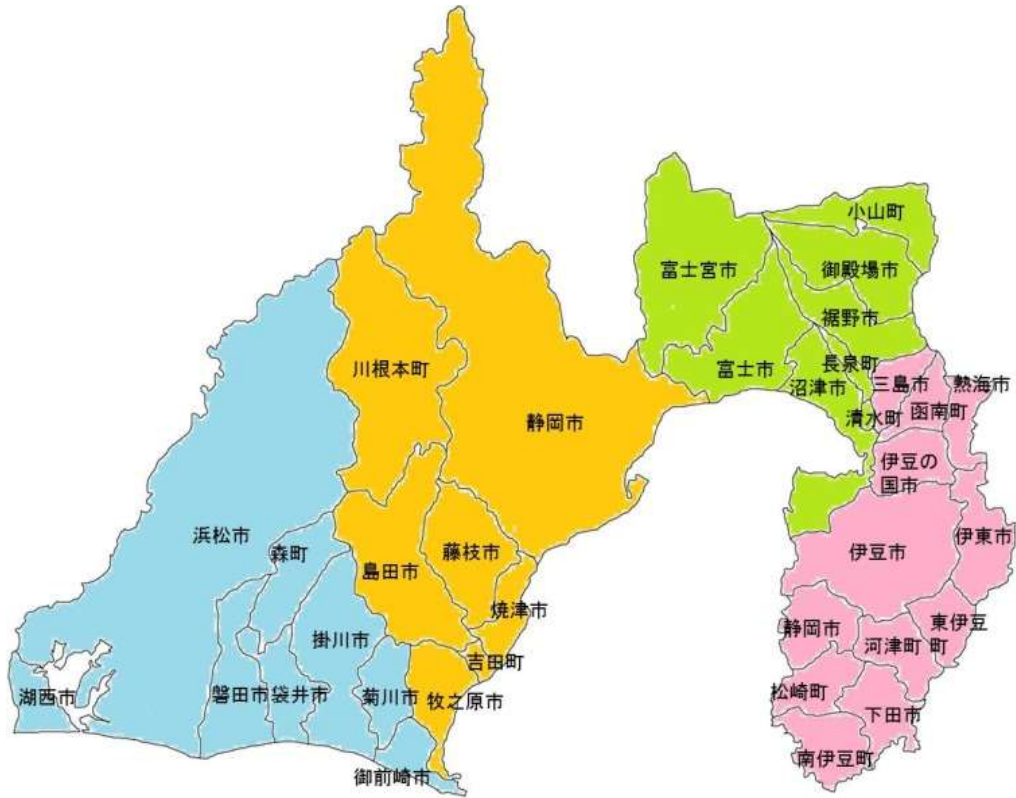


図-10-1 重機の第1移動

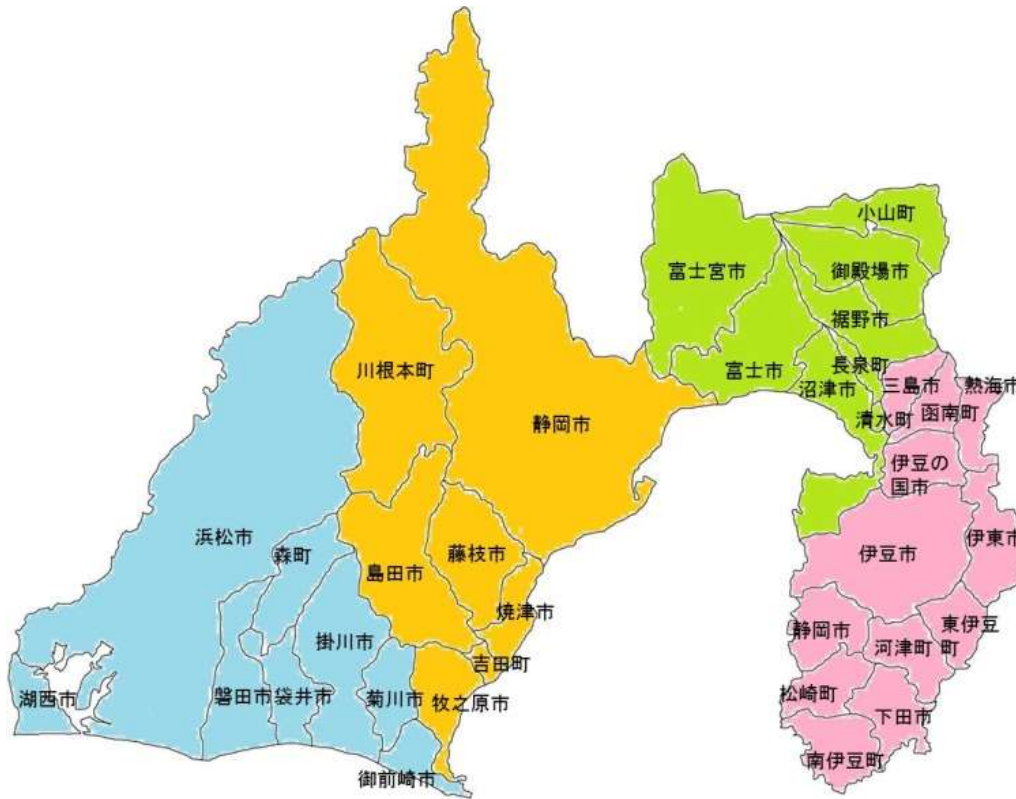


図-10-2 重機の第2移動

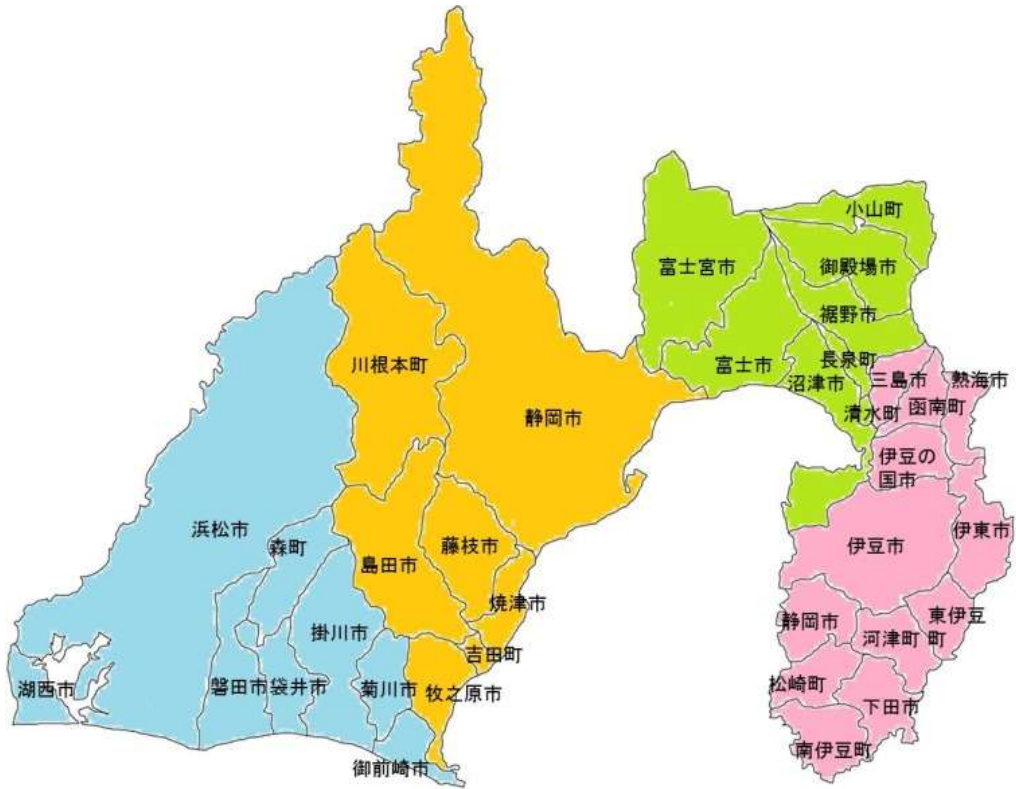


図-10-3 重機の第3次移動

4-2. 震源地の違いによる結果

震源地が異なる場合の被災物撤去日数を図-11 に示し、地域別の結果を図-12 に示す。基本ケースと東側ケース、陸側ケースにおける総被災物数はそれぞれ 7785 万 m^3 、8272 万 m^3 、7001 万 m^3 であり、被災物撤去完了日数は 31.4 日、33.3 日、28.5 日と東側ケースが最も時間を要した。東側ケースは被災物数が最も被害が甚大であり、他のケースに比べ多くの市町村が撤去日数を上回っている。まず、基本ケースと東側ケースを比べる。伊豆地域、東部地域では基本的な被災物数に比例して処理日数が大きくなっている。中部地域は沿岸部に位置する吉田町や牧之原市以外の市町は基本ケースの方が処理日数が大きくなる結果となった。これは基本ケースにおける震度分布図から中部地域の沿岸部が被災レベルが大きくなるからであると予想される。伊豆、東部地域が東側ケースよりも早く撤去完了し応援に到着する基本ケースでは国道 1 号線が交通不可能となった場合、中部地域の影響が大きいと考えられる。西部地域において御前崎市以外の市町は撤去日数にあまり差がみられなかった。御前崎市の被災物数を比べると東側ケースは基本ケースの約 2 倍であり被災物撤去日数も約 2 倍である。このことから御前崎市の他県からの応援を受けても一定の処理効率であり、連携効果が小さいといえる。これは御前崎市が沿岸部に位置しており、東部地域からの重機流入が見込めない地域である。西部地域の被災撤去はほとんどの市町が完了しておらず結果的に単独処理となった。続いて基本ケースと陸側ケースを比べる。陸側ケースは伊豆、東部地域における被災物撤去に 5 日程度かかることが示唆され、被害が軽微であるといえる。被災物数は陸側ケースの方が若干小さいが、日数には大きな影響を与える結果となった。例えば、下田市の被災物数において基本ケースは陸側ケースの約 1.06 倍と大きな差はないが処理日数を比較すると約 50%短縮されているのが分かる。このような市町が伊豆地域には多数存在し、地域内で重機を補完し合っている。中部地域は各市町 10 日以内に撤去が完了している。西部地域は磐田市、袋井市、御前崎市、掛川市、菊川市は 50%弱日数が短縮することが出来るが浜松市、湖西市、森町はあまり連携の効果を得られなかった。そのため、県全体の撤去日数が他ケースとあまり変わらない結果になった。

4-3. 重機の移動推移

各市町における重機の流入を調べる為に 400step 毎に各市町で被災物撤去している重機数を測定した。特徴的な傾向を示した市町である伊豆市、静岡市、沼津市、御殿場市の重機推移及び時間による被災物撤去効率を図-13～図-16 に示す。伊豆地域では速い日数から重機の移動を確認する事が出来た。伊豆市では各ケースにより重機の流入時間が異なるが流入数は一定であり、日数と被災物撤去日数の傾きは同値である。このことからケースを変更しても、重機の応援にくる市町は変化がないと考えられる。これは伊豆地域において各市町の距離が近く、密集している地域特性によるものであると考えられる。そのため、重機がある 400step を過ぎた時に急激に上昇し、被災物撤去開始直後よりも 10 倍以上になる市町も存在した。東部地域では三島市や沼津市等の比較的規模の大きい地域では重機の流入がどのケースにおいても複数回行われ、変動が細かいことが特徴的である。東部地域もまた、伊豆地域同様密集していることからこのような結果になったと考えられる。中部地域では沿岸地域ではある程度時間が経っても重機の流入が見られなかった。

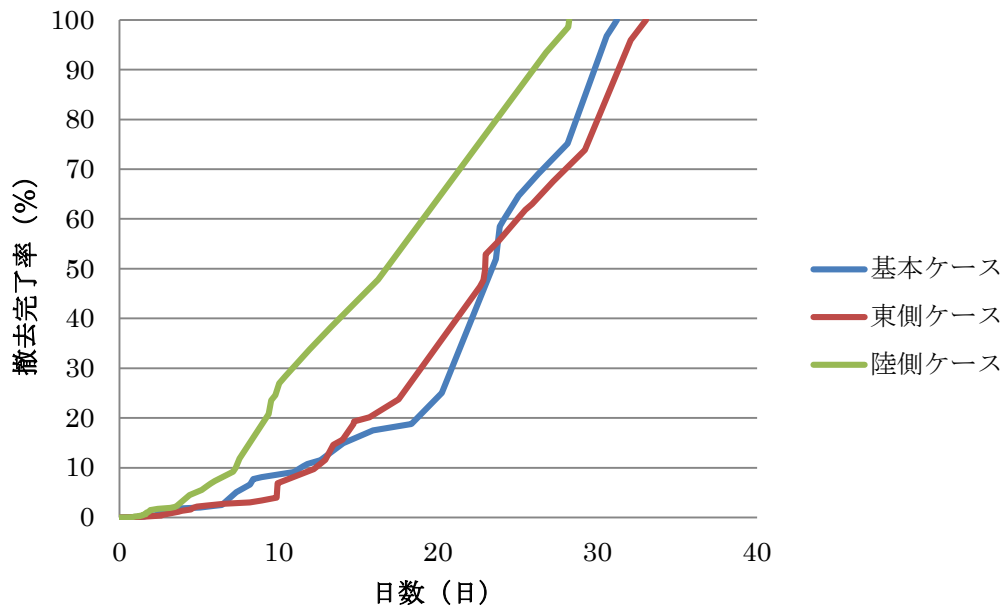


図-11 各ケースの被災物撤去日数

しかし、東西の中間にある静岡市では重機の流入が数回に分けてあり、東側ケースでは3倍以上の重機の流入が確認された。これは伊豆地域と東部地域の総重機数のみならず、中部地域の重機も流れてきており、静岡市は他市町からの影響を大きく受ける位置に存在している。西部地域は早い日数での重機移動はほとんど見られず、結果的に単独処理の時間が長い。陸側ケースの場合では10日前後で重機の流入を確認する事が出来たが基本ケース及び東側ケースでは20日以上経ってからの重機の流入が行われている。また、重機数の増加回数は少なく1回がほとんどであるが数が磐田市では初期配置の10倍以上が流入している。西部地域においては重機の応援なしでの単独処理では厳しい現状が示唆された。

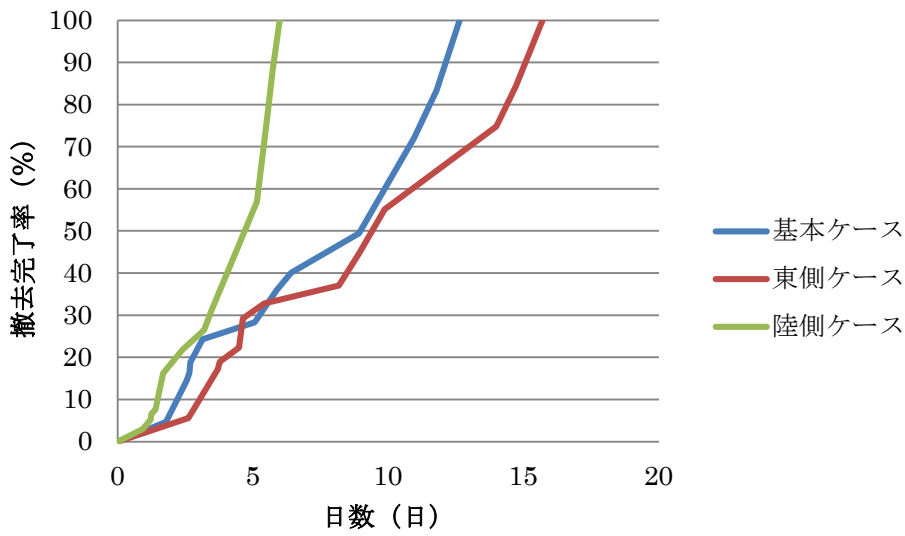


図-12-1 伊豆地域における各ケースの被災物撤去日数

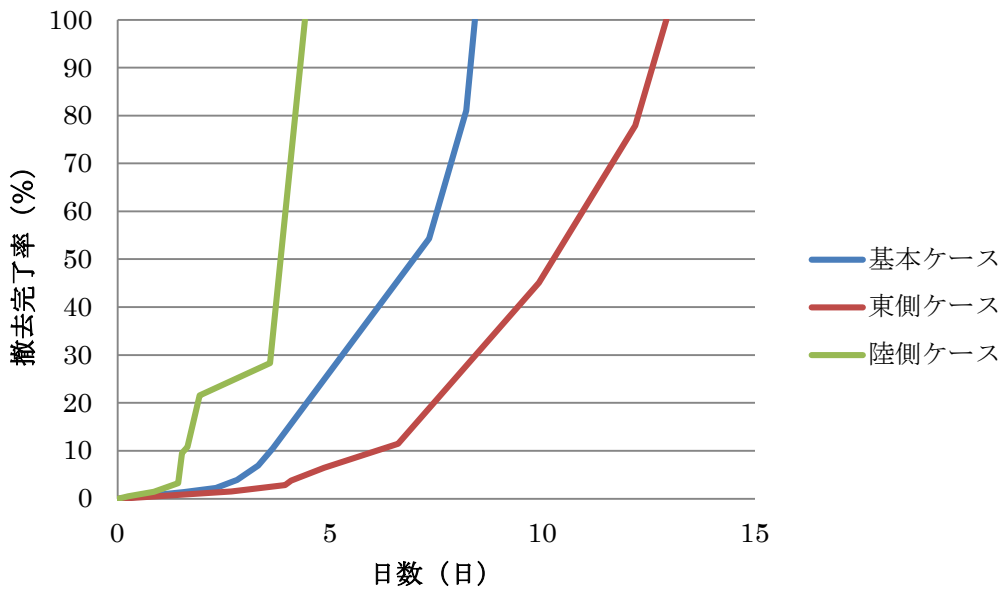


図-12-2 東部地域における各ケースの被災物撤去日数

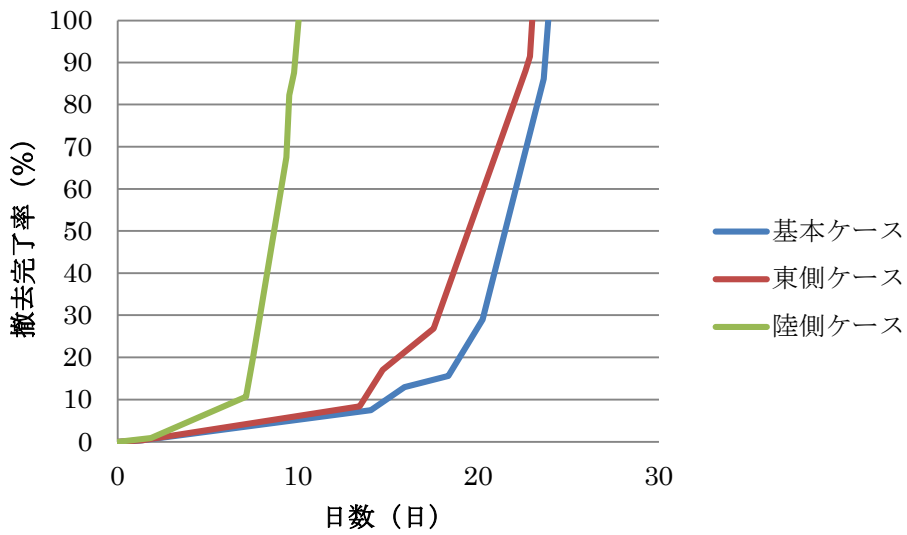


図-12-3 中部地域における各ケースの被災物撤去日数

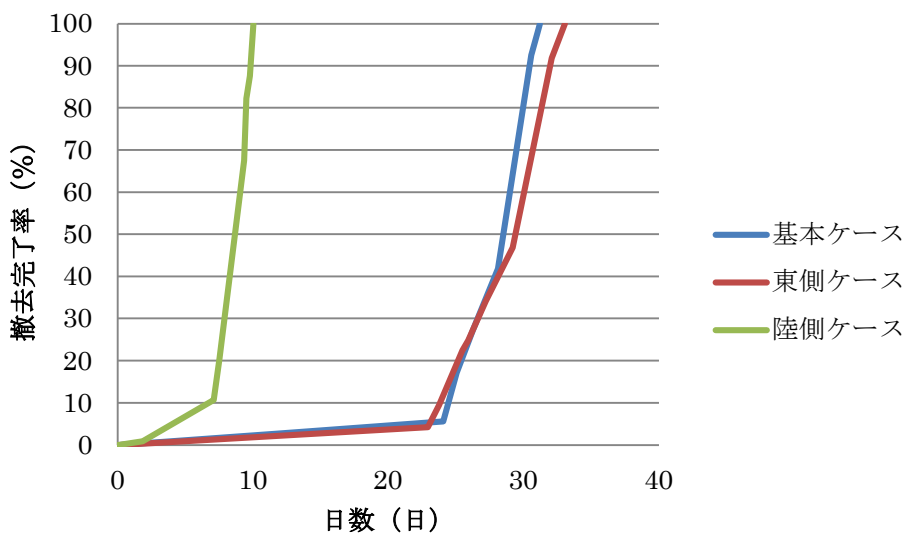


図-12-4 西部地域における各ケースの被災物撤去日数

伊豆市

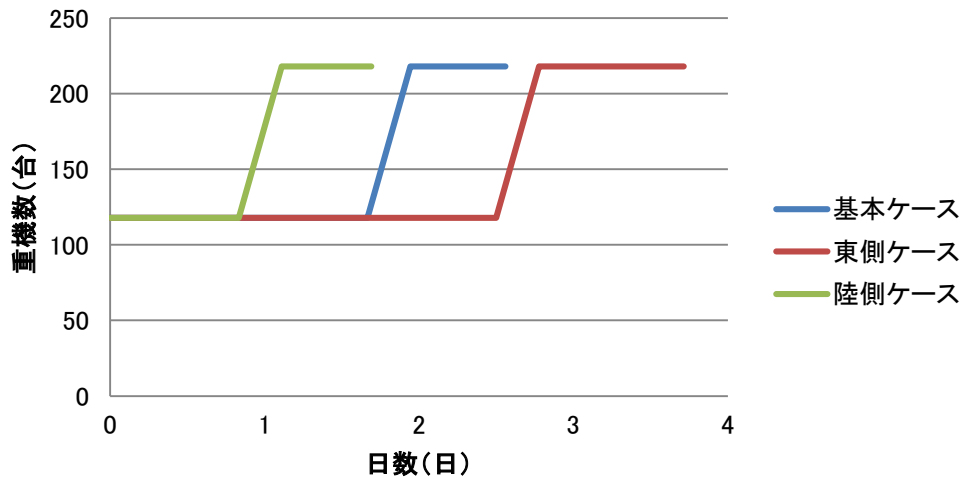


図-13-1 伊豆市における各ケースの重機数推移

伊豆市

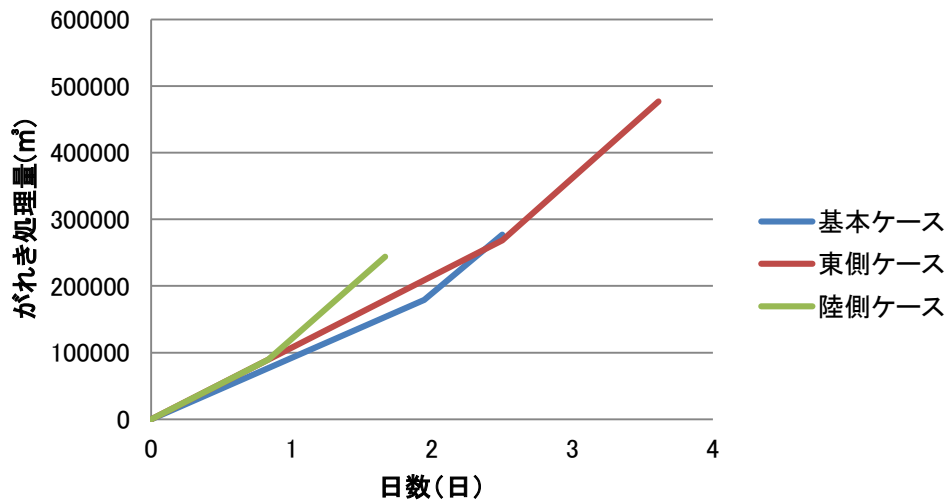


図-13-2 伊豆市における重機推移による被災物撤去量の変化

静岡市

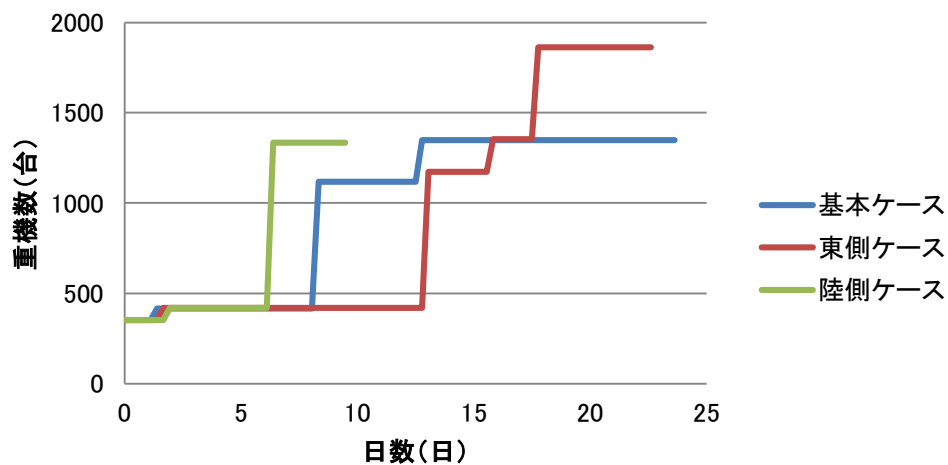


図-14-1 静岡市における各ケースの重機数推移

静岡市

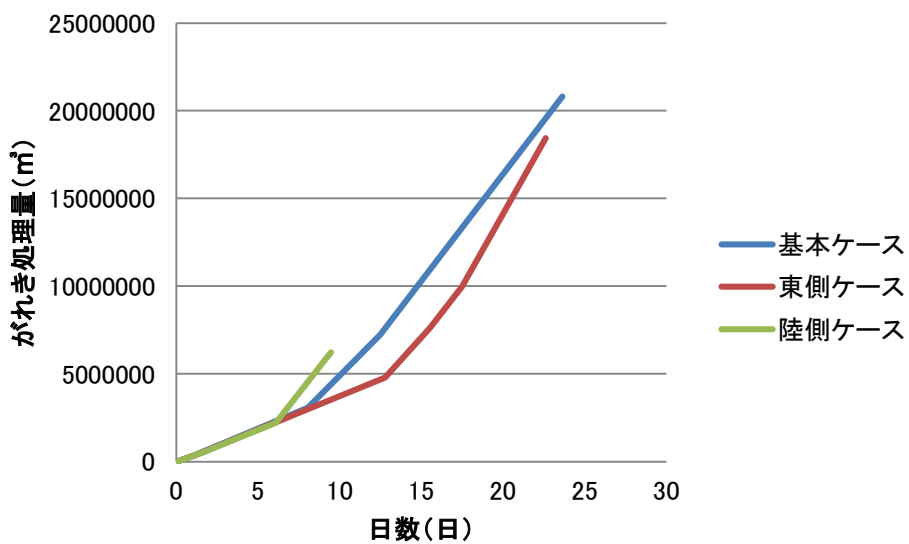


図-14-2 静岡市における重機推移による被災物撤去量の変化

御殿場市

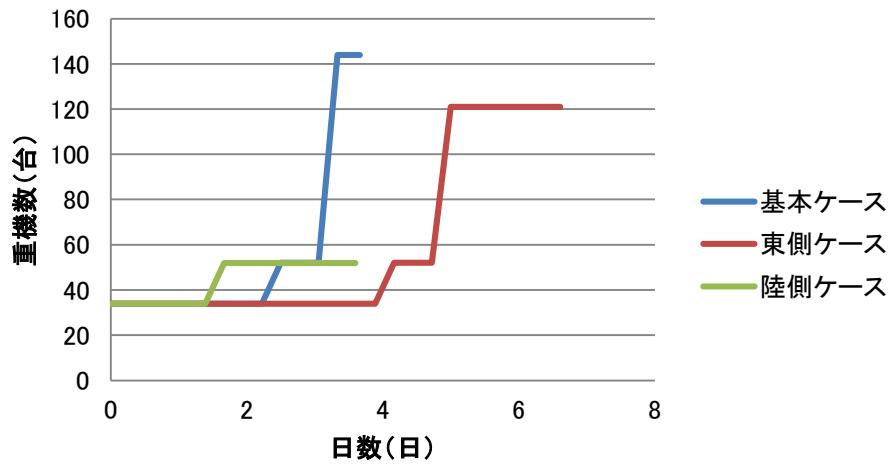


図-15-1 御殿場市における各ケースの重機数推移

御殿場市

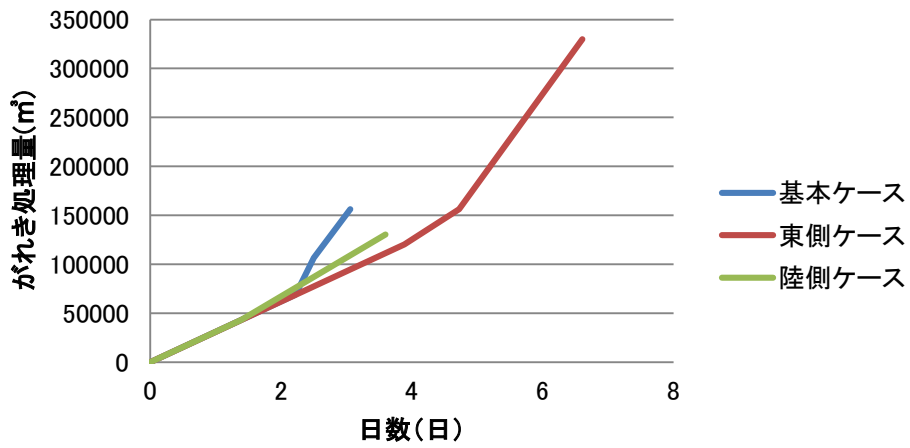


図-15-2 御殿場市における重機推移による被災物撤去量の変化

浜松市

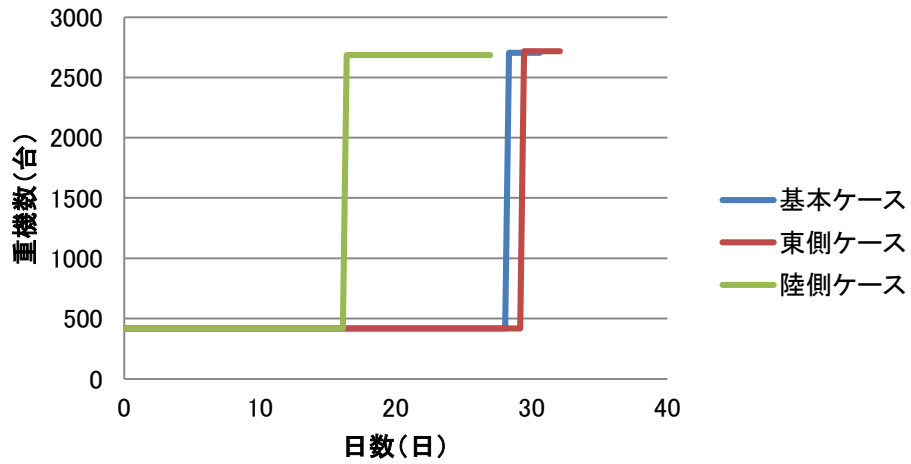


図-16-1 浜松市における各ケースの重機数推移

浜松市

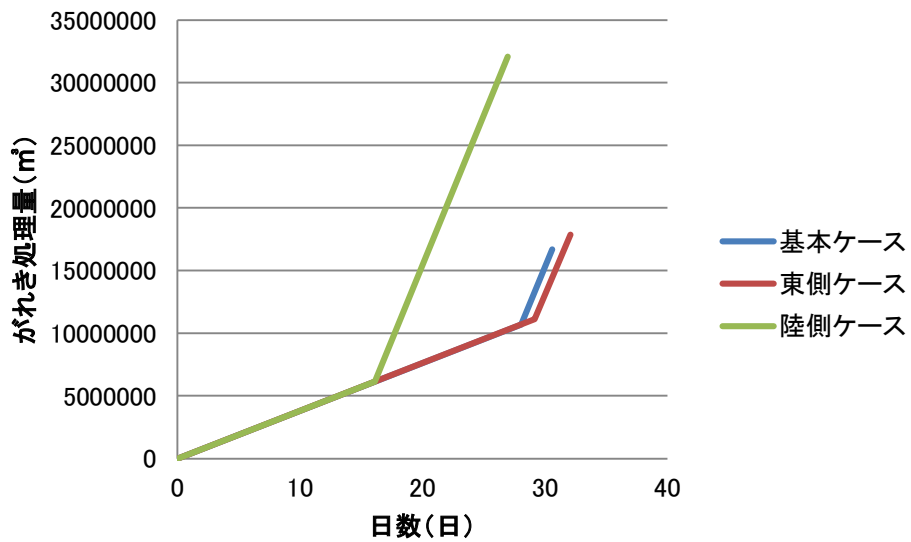


図-16-2 浜松市における重機推移による被災物撤去量の変化

第 5 章

リース業が保有する重機を加味した
シュミレーション結果及び考察

5-1. リース業が保有する重機の初期配置

県全体のリース業重機は第3章で述べたとおり 2273 台である。続いて、重機の初期配置を検討した。本シミュレーションを行う以前に静岡県のリース業社に対しアンケート調査を行ったところリース業社自身も重機がどこで稼働されているは性格に把握はしていないという回答得た。そのため、災害発生した際にどの市町に重機がどの程度重機が存在するかを特定することは難しいといえる。既存の文献より市町の重機保有数に関連のある指標を見つけることが出来なかったため、相関性がありそうな4つの指標を独自で用いた。静岡県の情報基盤部の方から頂いた建設業の保有する市町毎の重機割合（以下同率割合）を基本とし、建設事業社数、建設従業者数、給付金/人である。建設事業社数及び建設従業者数は各市町の重機数と相関があると考え、給付金/人は財源として給付金の多い市町は公共工事が多いと考えられ、重機数も同様に多く存在すると考えられる。市町の規模によって、大きな差があるので市町民一人当たりで換算した。どの指標も県全体を1として、比で表し各市町の保有するリース業重機とした。割り振った重機数表-6に示す。

表-6-1 同率割合による各市町の重機数

市町名	バックホウ類(台)	市町名	バックホウ類(台)
下田市	61	伊豆の国市	184
東伊豆町	26	函南町	35
河津町	57	沼津市	129
南伊豆町	40	三島市	26
松崎町	46	御殿場市	63
西伊豆町	70	裾野市	50
熱海市	64	清水町	31
伊東市	92	長泉町	79
伊豆市	217	小山町	33
富士宮市	178	磐田市	75
富士市	202	掛川市	156
静岡市	647	袋井市	72
島田市	371	御前崎市	151
焼津市	234	菊川市	53
藤枝市	331	森町	24
牧之原市	211	浜松市	770
吉田町	61	湖西市	61
川根本町	125	県合計	5026

表-6-2 事業社数における各市町の重機数

市町名	バックホウ類(台)	市町名	バックホウ類(台)
下田市	55	伊豆の国市	134
東伊豆町	29	函南町	46
河津町	41	沼津市	195
南伊豆町	32	三島市	75
松崎町	31	御殿場市	76
西伊豆町	47	裾野市	58
熱海市	70	清水町	36
伊東市	107	長泉町	63
伊豆市	148	小山町	30
富士宮市	181	磐田市	134
富士市	265	掛川市	153
静岡市	781	袋井市	87
島田市	267	御前崎市	120
焼津市	206	菊川市	54
藤枝市	262	森町	31
牧之原市	157	浜松市	867
吉田町	52	湖西市	60
川根本町	77	県合計	5026

表-6-3 従業者数における各市町の重機数

市町名	バックホウ類(台)	市町名	バックホウ類(台)
下田市	51	伊豆の国市	129
東伊豆町	26	函南町	44
河津町	38	沼津市	206
南伊豆町	30	三島市	77
松崎町	29	御殿場市	72
西伊豆町	45	裾野市	57
熱海市	65	清水町	34
伊東市	95	長泉町	68
伊豆市	140	小山町	28
富士宮市	167	磐田市	117
富士市	264	掛川市	150
静岡市	859	袋井市	86
島田市	261	御前崎市	119
焼津市	200	菊川市	47
藤枝市	258	森町	36
牧之原市	144	浜松市	902
吉田町	49	湖西市	54
川根本町	77	県合計	5026

表-6-4 給付金/人口における各市町の重機数

市町名	バックホウ類(台)	市町名	バックホウ類(台)
下田市	49	伊豆の国市	116
東伊豆町	100	函南町	124
河津町	41	沼津市	165
南伊豆町	38	三島市	44
松崎町	44	御殿場市	145
西伊豆町	96	裾野市	109
熱海市	145	清水町	83
伊東市	94	長泉町	229
伊豆市	205	小山町	103
富士宮市	133	磐田市	102
富士市	157	掛川市	136
静岡市	470	袋井市	90
島田市	330	御前崎市	102
焼津市	213	菊川市	91
藤枝市	210	森町	43
牧之原市	184	浜松市	476
吉田町	148	湖西市	90
川根本町	119	県合計	5026

5-2. リース業が保有する重機を加味したシュミレーション結果

4つのパターンにおけるシュミレーション結果を図-17に示す。被災物撤去日数は同率割合で湖西市の15.4日、事業社数で湖西市の15.5日、建設従業者数で湖西市の15.5日、給付金/人口で湖西市の15.5日となった。どのケースにおいても最も日数を要した市町は湖西市であり、日数も近い結果となった。このことからリース業社が保有する重機の初期配置による最大処理日数に与える影響は小さいといえる。県全体の被災物数及び総重機数に大きく依存し、各市町の被災物撤去作業の順番はあまり影響しない。これは重機の移動にかかる時間が全体の被災物撤去日数に対し、微小であるため応援に向かう順番の重要度が加味されにくいと考えられる。よって、重機の移動速度をより被災した場合に近づける事で応援に行く市町の順番により市町間の移動に時間を要するため最大処理日数にも影響を与えられられる。地域別にグルーピングしたものを図-18に示す。最も時間を要した市町を考察すると伊豆地域は従業者数ケース、同率割合ケース給付金/人口ケースともに下田市であり事業者数のみ松崎町となった。どのケースも3.5日以内に撤去を完了している。事業者ケースは西伊豆町及び松崎町が半日ほど他ケースよりも撤去日数が大きく、従業者数ケースの重機数と差がほとんどない。隣接市町を挙げると南伊豆町、下田市、河津町、伊豆市だがどの市町も事業者数ケースよりも南伊豆町を除けば遅く撤去が完了している。よって、東部地域からの重機流入がこのような結果を及ぼしたと考えられる。特に東部地域における沼津市の撤去日数が直結していると考えられる。同率割合が他ケースよりも多くの市町において処理日数が大きくなる結果となった。逆に他ケースにおいては処理日数にも大きな差がなく、同様な傾向を示した。同率割合が他ケースよりも効果を挙げた市町は川根本町が挙げられるがこれは重機数の初期配置が他ケースよりも多く、どの市町よりも早く処理が終わるためである。続いて、中部地域は事業者数ケースと従業者数ケースの被災物撤去日数が各市町で似ている傾向を

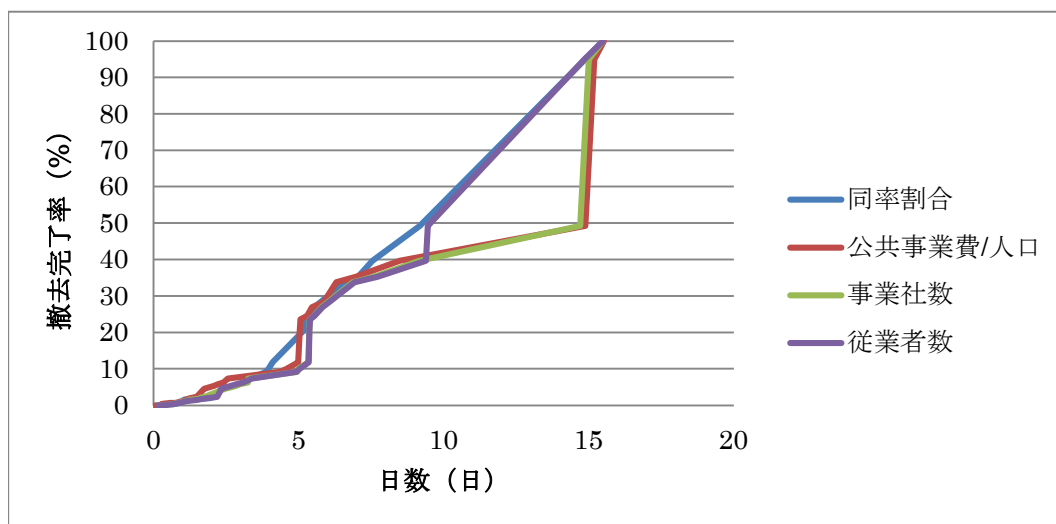


図-17 県全体によるシュミレーション結果

示した. 同率割合ケースは他ケースに比べ, 島田市及び藤枝市が 1 日程度短いが他市町においてそれらの市の重機が流入した市町の効果はとても弱い. 西部地域は森町が特徴的である. 事業社数ケースと給付金/人口ケースは他ケースよりも 2 倍程度日数がかかる.

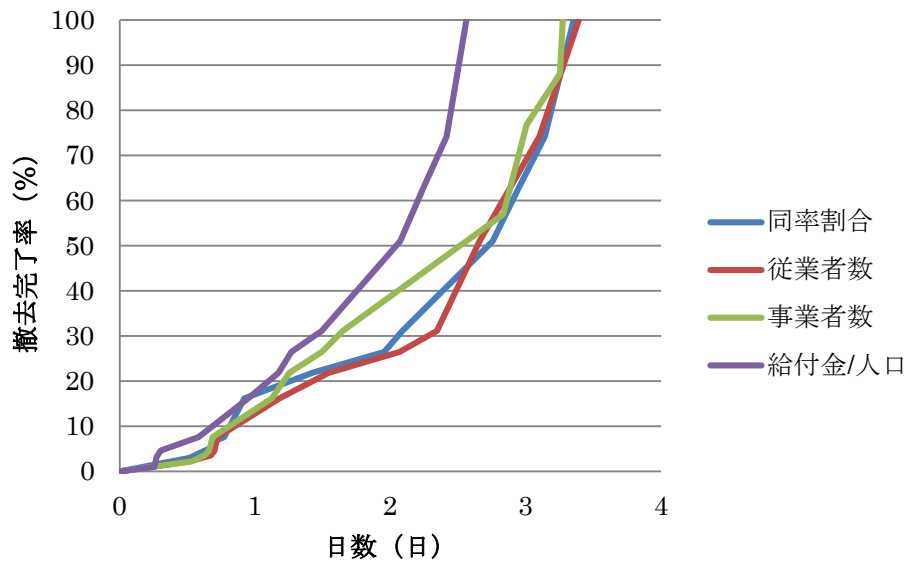


図-18-1 伊豆地域におけるリース業を加味した結果

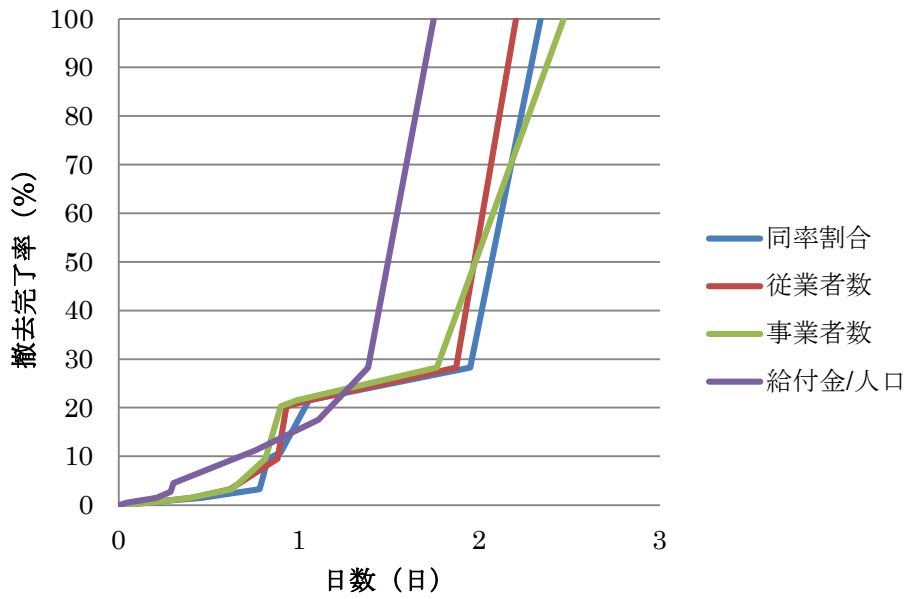


図-18-2 東部地域におけるリース業を加味した結果

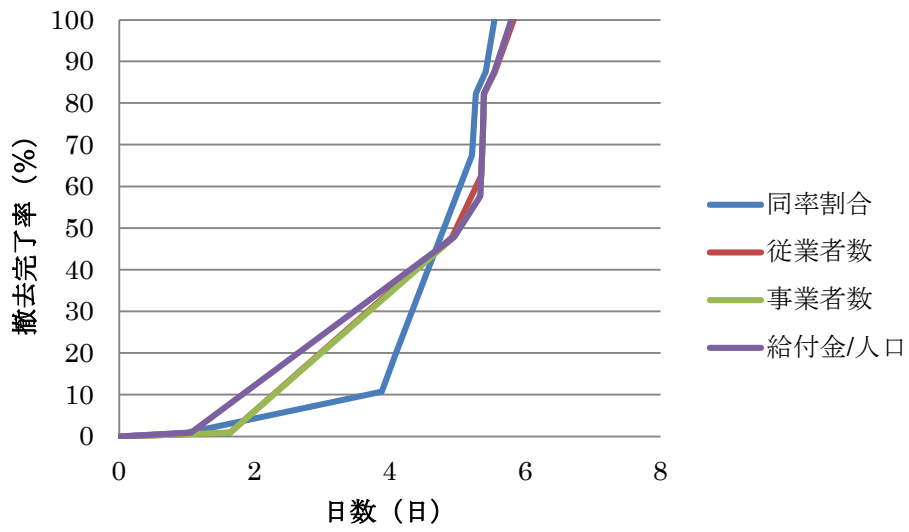


図-18-3 中部地域におけるリース業を加味した結果

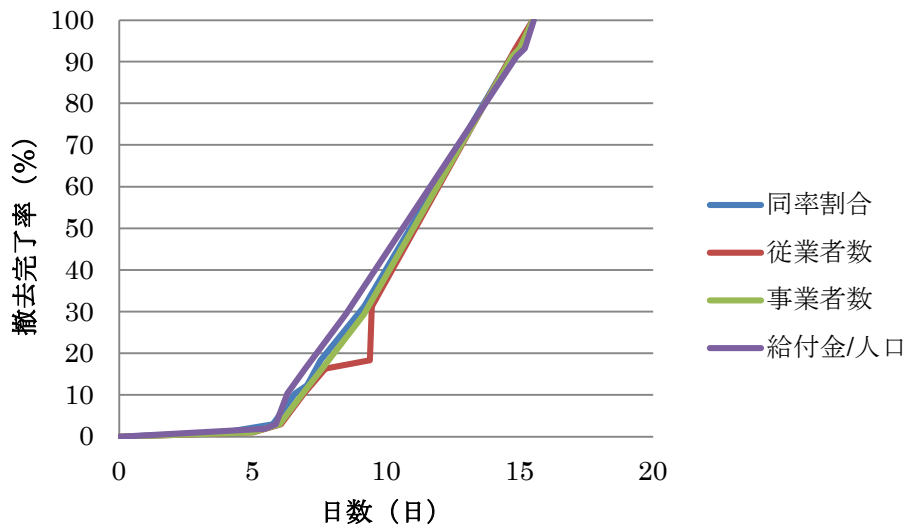


図-18-4 西部地域におけるリース業を加味した結果

小山町

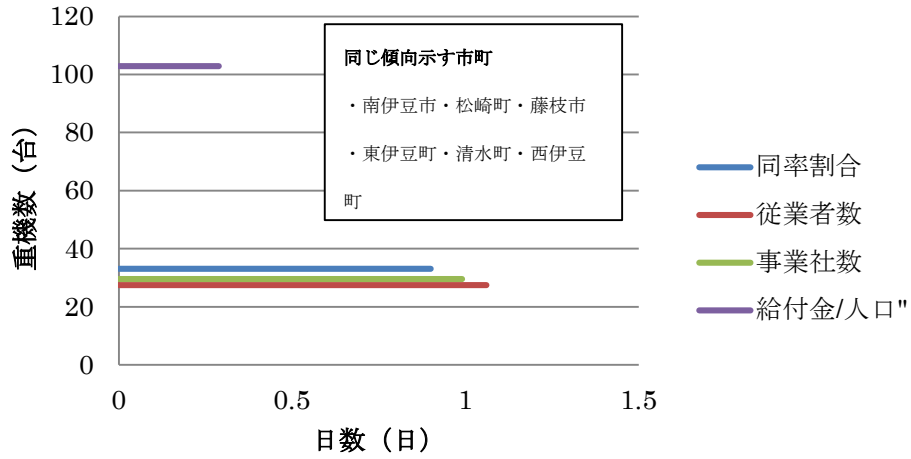


図-19-1 重機の流入がない市町

磐田市

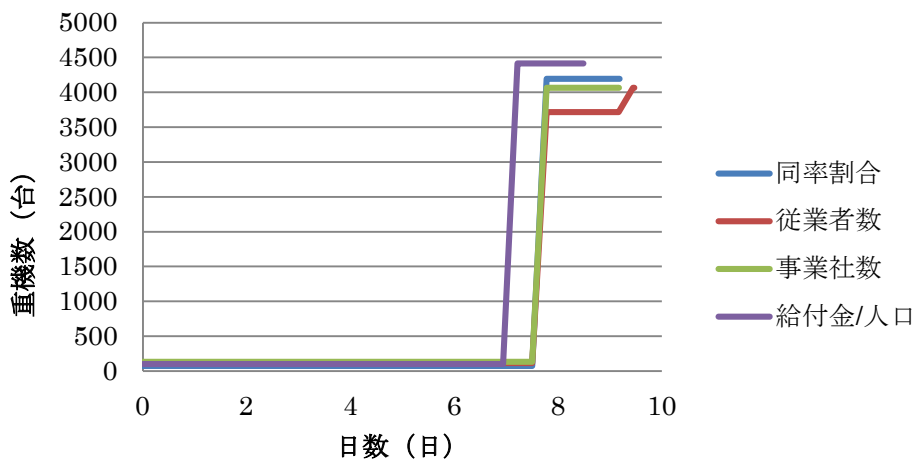


図-19-2 撤去後半に重機が急激に上昇する市町

御殿場市

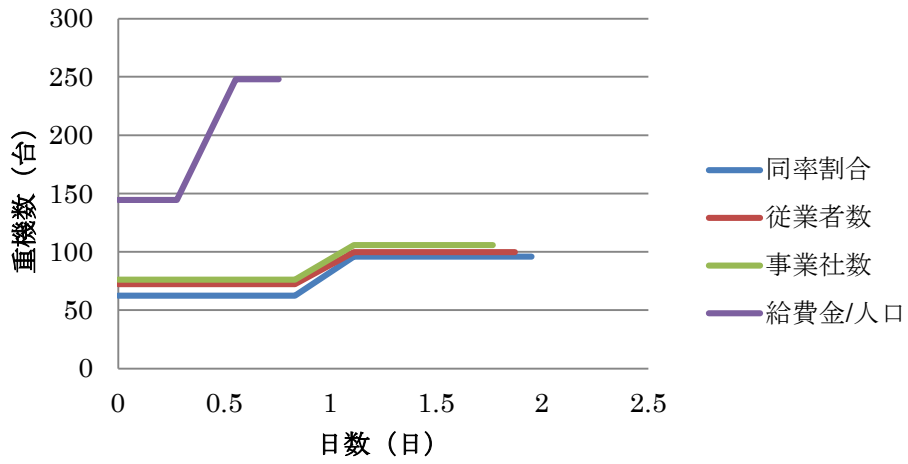


図-19-3 早い日数から重機の流入する市町

静岡市

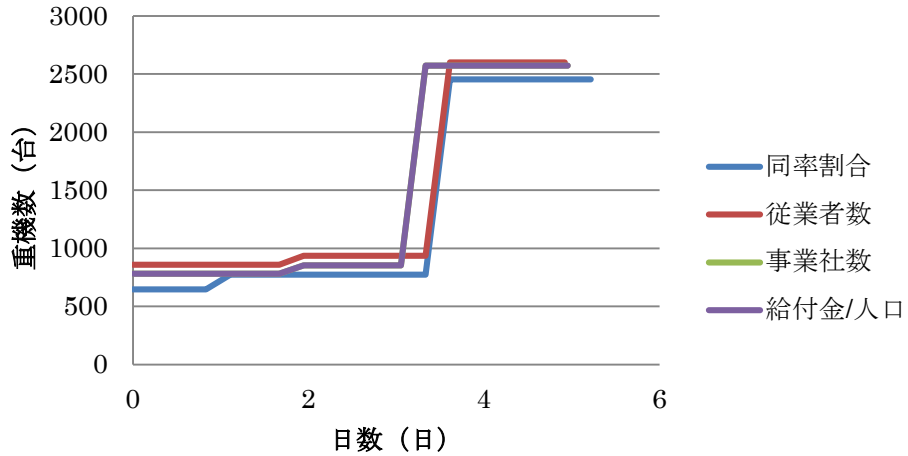


図-19-4 遅い時間から重機が流入する市町

第 6 章

結論

6-1. 結論

皆川、草柳らの静岡ネットワークモデルを使用し、災害により道路が寸断され他県からの重機に頼れない最悪ケースを前提に第4次被害想定を考慮したシュミレーションを各ケース毎に行った。また、近年重機保有の主流になっているリース業を加味したシュミレーションを重機の初期配置を事業社数と従業者数等で変化させて行った。その結果、重機の連携の有無により被災物撤去日数が最大75.7%短縮することが可能であり、有効性を確認することが出来た。重機の移動経路は皆川、草柳らと似ており伊豆地域及び東部地域の重機が中部地域で遅れている静岡市の応援に行き、最終的に西部地域に流れていく。そのため、西部地域に重機流入が開始する時間を400step毎の重機数より調べると陸側ケースを除けば、25日程度経過したのち大量の重機が流入することが示唆された。そのため、県全体の被災物撤去日数が遅くなる原因であると考えられる。このことより、東西の中間に位置し、西部地域に応援に向かう際に必ず通る静岡市の被災物撤去の効率を上昇させることで結果的に西部地域の撤去が加速すると考えられる。

続いて、リース業を加味したシュミレーションではリース業の保有する重機の初期配置を事業社数や従業者数、同率割合、公共事業費/人で変化させた。地域別にみれば撤去日数が各市町で増減するが県全体の被災物撤去日数はどのケースも15.5日と一定だった。このことから撤去作業を行う市町の順番が変化しても被災物撤去日数は被災物数に大きく依存することがわかる。このような結果になった理由は各重機の移動速度が35.1km/hと災害時にはかなり早く設定されており、撤去作業に向かう際の時間が全体の日数に比べ微小であり、結果に反映され難いことが挙げられる。今回使用したネットワークは緊急輸送路であるため、多くが10m以上の道路幅があり完全に閉塞されることはないと考えられる。しかし、実際の撤去作業では被災物が少なからずあり、啓開を行いながら被災物撤去にあたるため、各市町に応援行くのに時間がかかる。そのため、重機の移動速度をより妥当性のあるパラメータにすることで各ケースの被災物撤去日数に変化がでると考えられる。

参考文献

参考文献

- 1) 馬場太一郎:高知県の建設業と住民による地域防災に関する基礎的研究, 平成 21 年度フロンティアプロジェクト修士論文, 2010
- 2)国土交通省:国土交通白書,図表 100, 2011
- 3)国土交通省:国土交通白書,図表 102, 2011.
- 4)村岡治道:疲弊する地域建設企業の現状, 第 31 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, 2013
- 5)静岡県:平成 26 年度緊急輸送路図, 2014
- 6)宮島宇・堀宗朗・小国健二:多様な群集の雑然とした状況を想定した地震時避難行動シミュレーション, 土木学会地震工学論文集, pp765-772, 2007.
- 7)笹岡早姫: 災害現場における最短経路探索システムの構築宮崎隆穂, 第 11 回 MAS コンペティション, アブストラクト, pp.1-2, 2011.
- 8)前地一輝:DIG への適用を目的としたマルチエージェント避難行動シミュレータの試験的開発, 第 10 回 MAS コンペティション, アブストラクト, 2010.
- 9)野澤征司・渡辺公次郎・近藤光男:マルチエージェントシステムを用いた歴史的市街地における津波避難シミュレーションモデルの構築, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp. 230-231, 2005.
- 10)村木雄二:マルチエージェントモデルを用いた広域災害避難シミュレーションにおける情報伝達の有効性,情報処理学会研究報告 2004 号, pp. 69-72, 2004.
- 11)皆川勝・渡邊裕介・草柳満: 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 68, No. 4, I_57-I_67, 2012
- 12)竹谷修一:東日本大震災における地域建設業による支援活動の地域別にみた迅速性の要因について,土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), 2013
- 13) 田中徹政・加知範康・塚原健一: 地域の被災後の応急復旧力に着目した九州地方における建設機械の賦存量に関する考察, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント), Vol.69,No.4 I_291-I_301,2013.
- 14)夏山英樹・神田佑亮・藤井聡: 東日本大震災「くしの歯作戦」についての物語描写研究～啓開・復興における地元建設業者の役割～, 土木学会論文集 F5 (土木技術者実践), Vol. 69, No.1, 14-26, 2013.
- 15) 静岡県,第 4 次被害想定: <http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/>,2014.1.26 閲覧
- 16) 国土交通省: 建設機械動向調査. 2010
- 17) Ullet-経審: <http://keishin.ullet.com/>
- 18)国土交通省:土木工事標準積算書, 2011
- 19)国土交通省:平成 22 年度 道路交通センサス一般交通量調査結果の概要について, pp1, 2011.

謝辭

本研究を進めるに当たり、ご多忙の中ご指導や助言を頂いた工学部、都市工学科の皆川勝教授、佐藤安雄技師には大変お世話になりました。また、副査を担当して頂いた吉田郁政教授、中村隆一准教授も並びに感謝の意を表します。研究室で研究のみならず日々の生活を支えて頂いた津田諭さん、研究の補助をして頂いた飛田雅紀さん、研究室の皆様方に対して感謝の気持ちでいっぱいです。

皆様の絶大な御支援、御協力がなければ本研究は成り立ちませんでした。ここに深く感謝の意を表します。

付録

付録1 道路閉塞による重機の仕事効率低下

災害時において重機の被災物撤去作業効率は市町の被災レベルによって、低下する事が考えられる。そこで、本研究では仕事率の変動は各市町の道路面積に起因すると予想し、検討を行った。各市町の面積あたりの道路面積が小さい市町で被災物が多ければ、当然道路の被災状況が劣悪で撤去作業の困難を極めると考えた。各市町の道路延長と平均道路幅から道路面積を求めた。続いて各市町の道路面積を面積で割り道路密度を求めた。X 軸に単独処理日数を取り、Y 軸に道路密度をとったものを図-20 に示す。道路密度が大きければ、処理日数小さくなるといった関係は特に見受けられない。続いて、処理日数ではなく基本ケースとの短縮率を X 軸にとり、Y 軸に道路密度をと

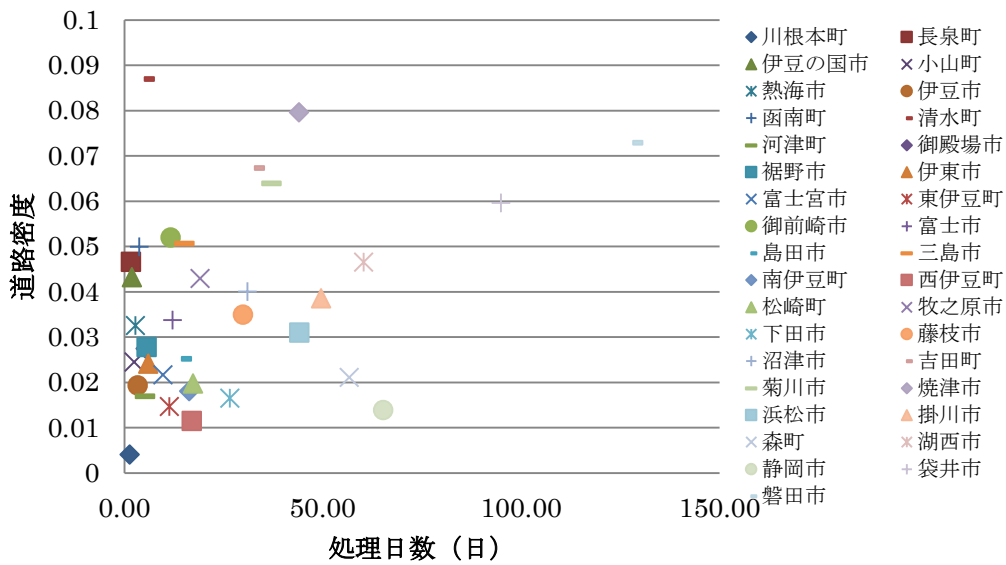


図-20 単独処理日数と道路密度の関係

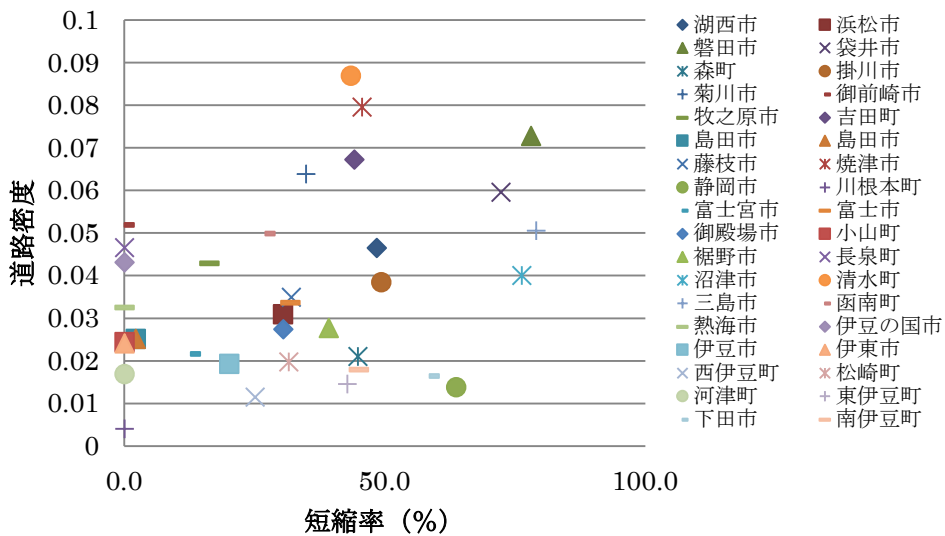


図-21 短縮率と道路密度の関係

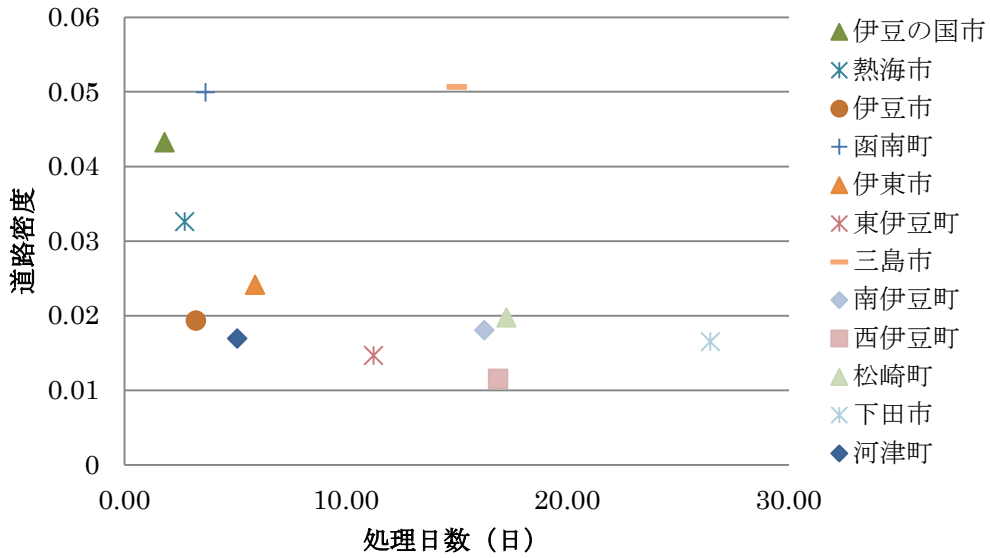


図-22-1 伊豆地域における単独処理日数と道路密度の関係

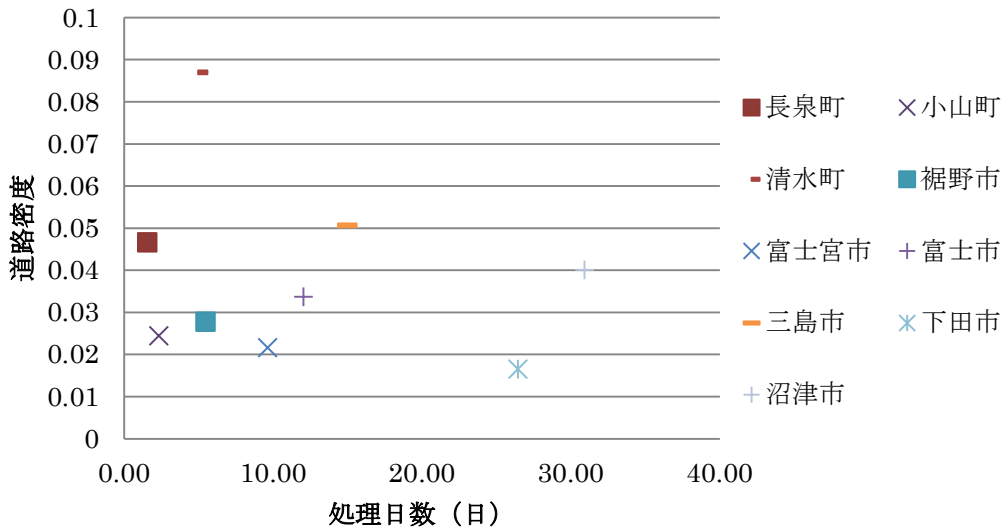


図-22-2 東部地域における単独処理日数と道路密度の関係

ったものを図-21 に示す。また、処理日数と道路密度の関係の地域毎の結果を図-22 に示す。処理日数と道路密度の地域毎の結果を図-23 に示す。

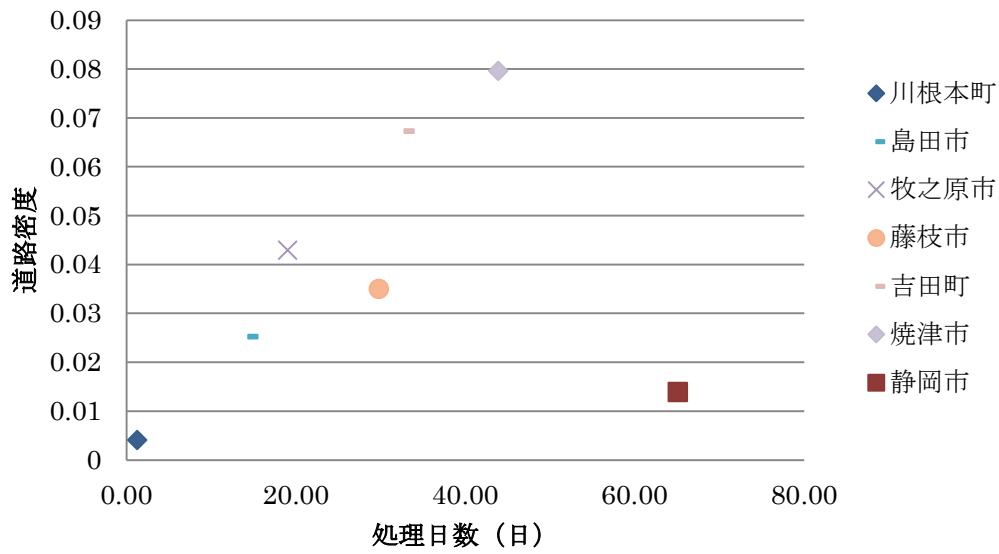


図-22-3 中部地域における単独処理日数と道路密度の関係

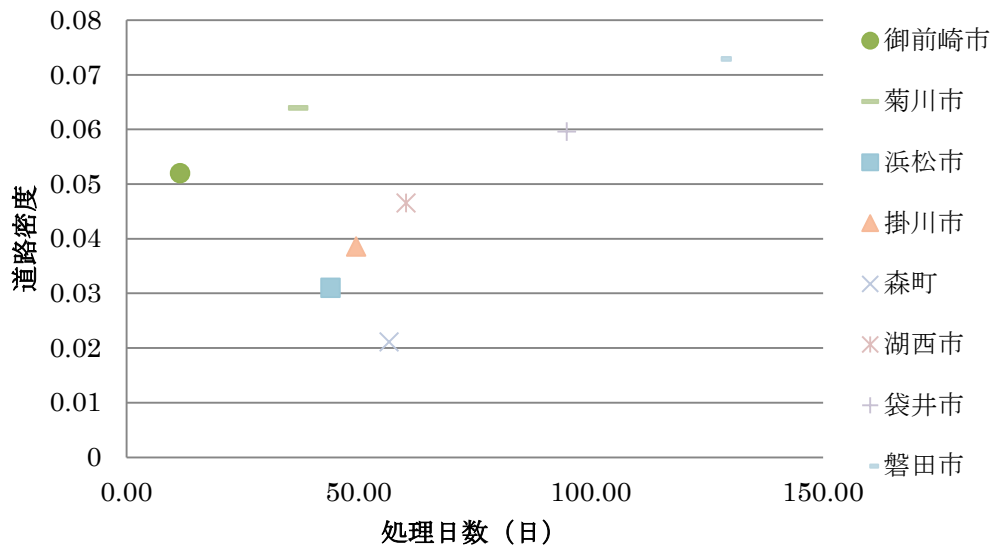


図-22-4 西部地域における単独処理日数と道路密度の関係

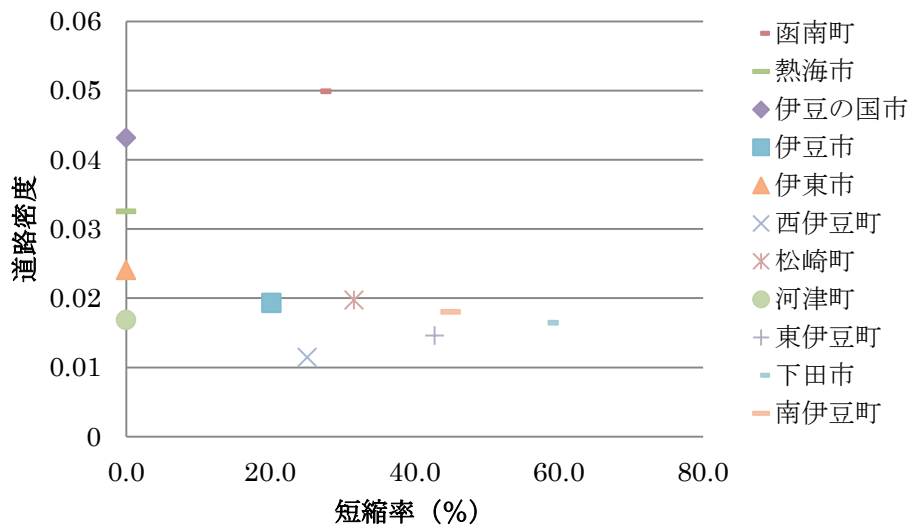


図 23-1 伊豆地域における短縮率と道路密度の関係

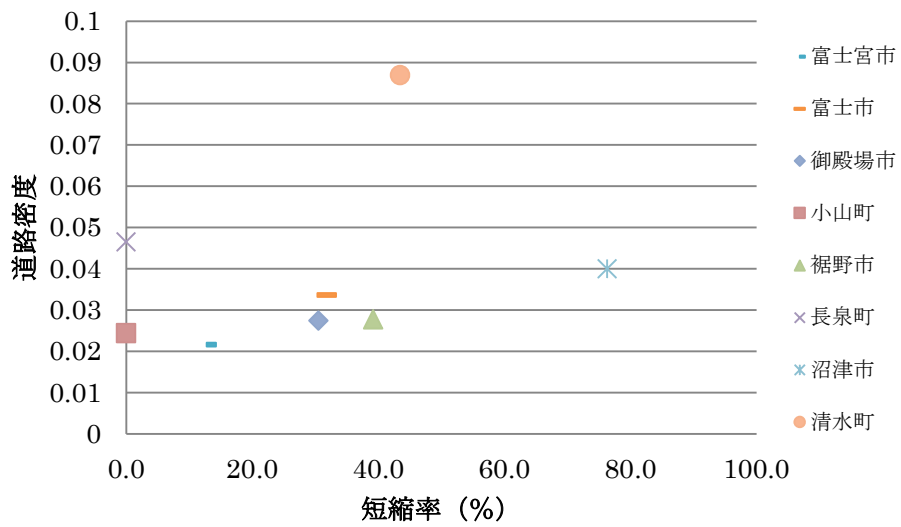


図-23-2 東部地域における短縮率と道路密度の関係

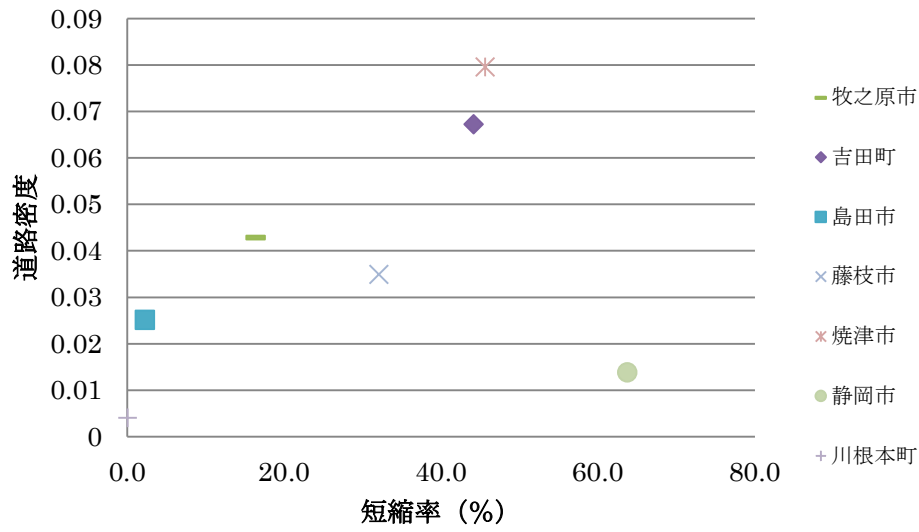


図-23-3 中部地域における短縮率と道路密度の関係

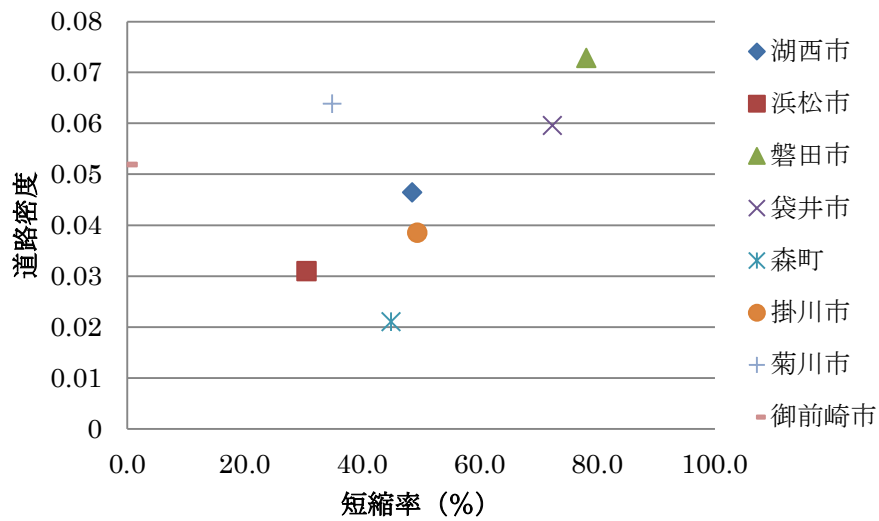


図 23-4 西部地域における短縮率と道路密度の関係

2. 重機偏在率の検討

建設業の重機数から重機の偏在を明らかにする。各市町村の被災物数を V とし、無次元化したパラメータを v とし、建設重機数を G 、無次元化したものを g とする。地域毎に縦軸に g, v 、横軸に A を取ったものを図-24 示す。県全体で見ると被災物パラメータが重機パラメータを上回る市町は他の市町より処理日数に時間がかかる傾向がある。逆に重機パラメータが被災物パラメータを上回る市町に関しては処理日数に差はあまりみられなかった。続いて、地域別に考察する。伊豆地域においては被災物パラメータと重機パラメータの差が市町毎に大きい。しかし、処理日数は他地域よりも小さいことから、地域内で連携が効果を挙げているといえる。東部地域は伊豆地域に続いて重機の偏在が大きい地域である。富士宮は重機の偏在が小さいにも関わらず処理日数は最も大きい結果となった。次に中部地域であるが、焼津市は被災物パラメータが重機パラメータを上回っている。しかし、藤枝市と処理日数に差はあまりないことから沿岸部である焼津市が連携を行っていることがわかる。

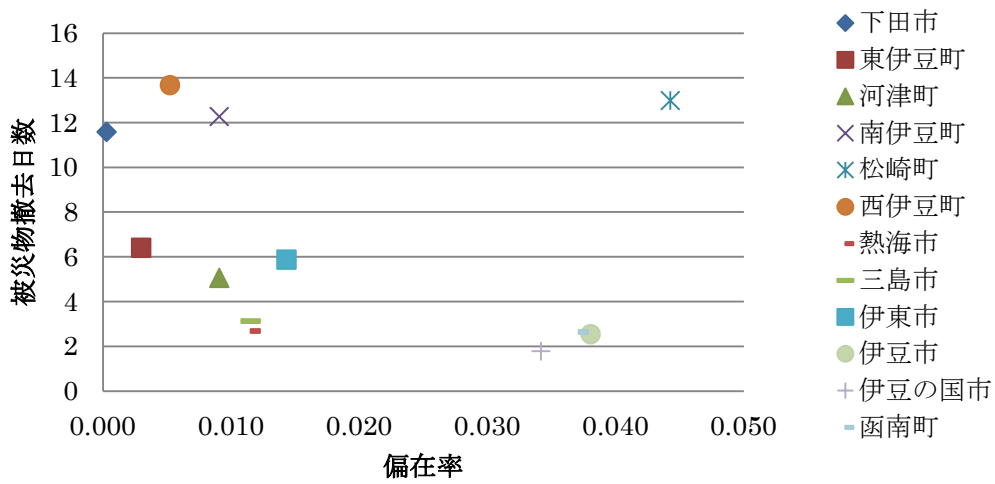


図-24-1 伊豆地域における短縮率と道路密度の関係

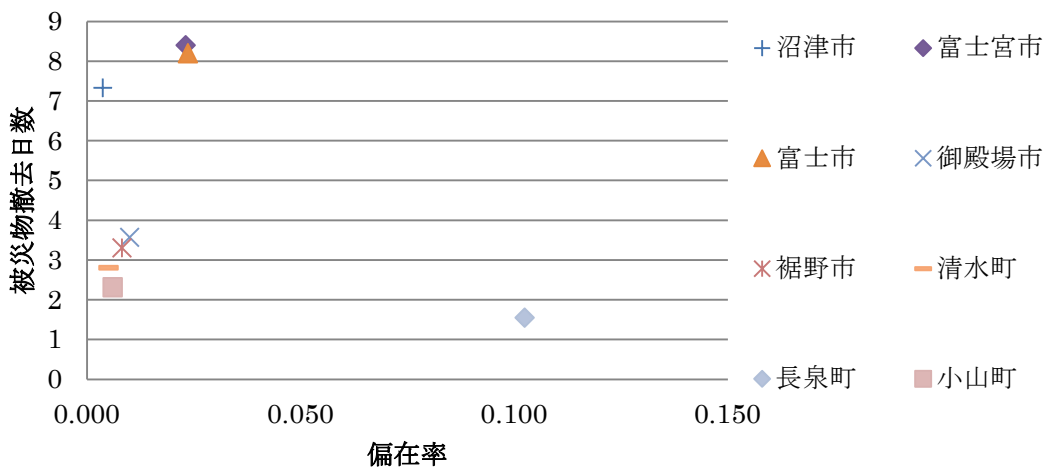


図-24-2 東部地域における短縮率と道路密度の関係

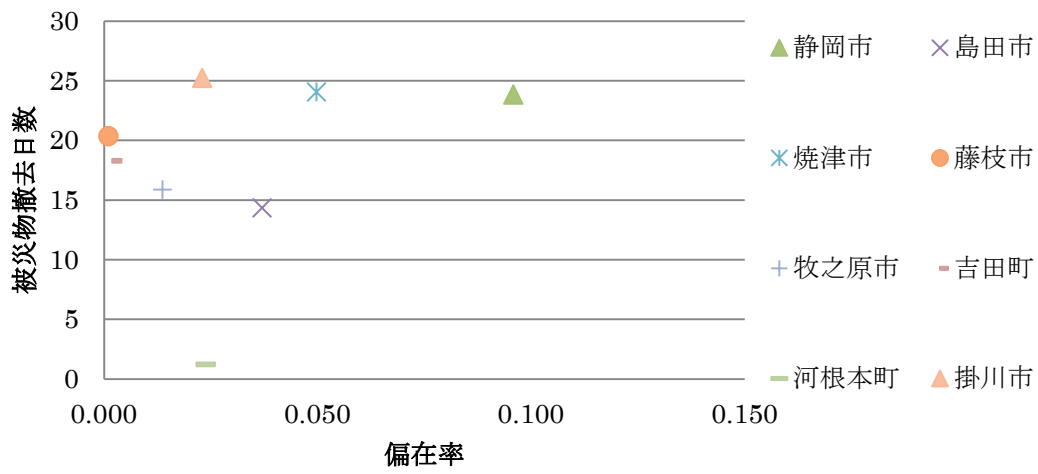


図-24-3 中部地域における短縮率と道路密度の関係

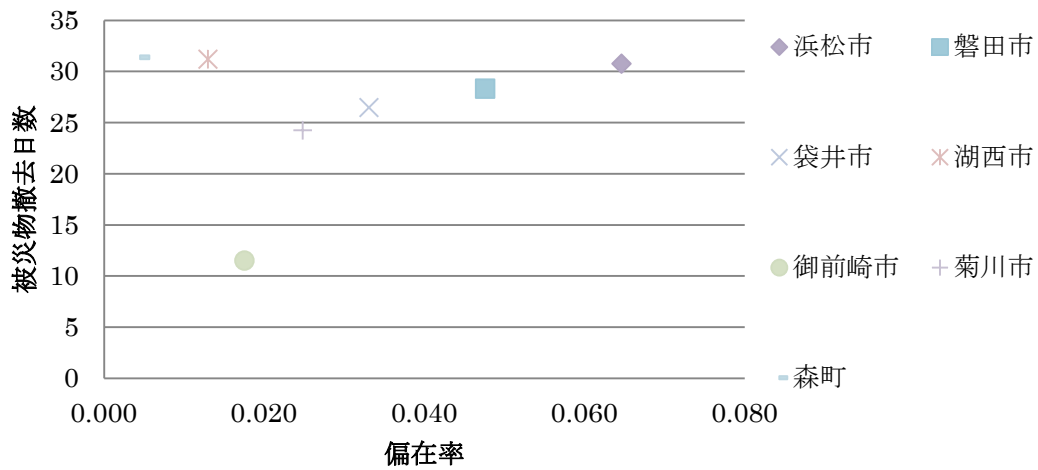


図-24-4 西部地域における短縮率と道路密度の関係

3. シュミレーションコード

1.Universe

```
Univ_Init{  
  readnode()  
  readlink()  
  universe.合計がれき処理量 = 0  
  OpenFileCSV("累積がれき処理量.csv", 4, 3)}
```

```
Univ_Step_Begin{}
```

```
Univ_Step_End
```

```
{if countagt(universe.shizuokanetwork.honbu) == 0 then  
  exitsimulation()  
end if}
```

```
Univ_Finish
```

```
{PrintLn((GetCountStep()-15) )  
  WriteFileCSV(4, universe.合計がれき処理量, true)  
  closefilecsv(4)}  
sub readnode()  
  {dim data as string  
  dim node as agt  
  if (openfile("node.csv ",1,1)) then  
    data=readfile(1)  
    do while (iseoffile(1)==false)  
      data=readfile(1)  
      if (counttoken(data)>0) then  
        node=createagt(universe.shizuokanetwork.node)  
        node.X=cdbl(gettoken(data,1))  
        node.Y=cdbl(gettoken(data,2))  
      end if  
    loop  
    closefile(1)  
    println("node.csv 読み込み終了！")  
  else  
    println("node.csv エラー！")
```

```

end if}
sub readlink()
    {dim data as string
    dim FromNID as integer
    dim ToNID as integer
if (openfile("link.csv",1,1)) then
    data=readfile(1)
    do while (iseoffile(1)==false)
    data=readfile(1)
    if (counttoken(data)>0) then
    FromNID=CInt(gettoken(data,0))
    ToNID=CInt(gettoken(data,1))
    addagt(universe.shizuokanetwork.node(FromNID).link,
    universe.shizuokanetwork.node( ToNID))
    end if
    loop
    closefile(1)
    println("link.csv 読み込み終了!")
    else
    println("link.csv エラー!")
    end if

```

2.node

```

Agt_Init
{My.color = Color_Yellow
    My.Value = 9999
    My.value2 = 9999
    my.shiya = universe.マーカー視野
    my.shiya2 = universe.マーカー視野
}

```

```

Agt_Step
{Dim one As Agt
    dim one2 as agt
    Dim temp As Double

```

```

Dim temp2 As Double
Dim length As Double
Dim length2 As Double
Dim markbox As Agtset
Dim markbox2 as agtset
Dim exitbox As Agtset
dim exitbox2 as agtset
MakeOneAgtsetAroundOwn(markbox, my.shiya ,Universe.shizuokanetwork.node, False) //視野範囲に
置いてあるマーカーを markbox に格納する
MakeOneAgtsetAroundOwn(markbox2, my.shiya2 ,Universe.shizuokanetwork.node, False) //視野範囲
に置いてあるマーカーを markbox2 に格納する
MakeOneAgtsetAroundOwn(exitbox,5 ,Universe.shizuokanetwork.honbu, False) //視野範囲に置いて
ある本部を exitbox に格納する
MakeOneAgtsetAroundOwn(exitbox2,5,universe.shizuokanetwork.yusenhonbu,False)//視野範囲に置
いてある優先本部を exitbox2 に格納する
if (my.Value>=600) and (my.Value!=9999) then //距離計算のループに入ったら
    ClearAgtSet(markbox)
    my.shiya =my.shiya + 1
end if
if (my.Value2>=600) and (my.Value2!=9999) then //距離計算のループに入ったら
    ClearAgtSet(markbox2)
    my.shiya2 =my.shiya2 + 1
end if
My.Value = 9999 //自分の値をリセット
My.Value2 = 9999 //自分の値をリセット
For each one in markbox //markbox に格納されているマーカーに対して繰り返し計算
if CountAgtSet(markbox)>=1 Then
    My.BMinID = My.MinID
    length = Round(sqrt( (My.X - one.X)*(My.X - one.X) + (My.Y - one.Y)*(My.Y - one.Y))) //距
    離計算
    temp = one.Value + length //ノード更新
    if (My.Value > temp) Then //最短経路選択
        My.Value = temp //My.Value に temp の値を更新
        My.tMinID = one.ID //最短経路として選択した経路のマーカーの ID を tMinID
        に一時保管
        My.tMinX = one.X //最短経路として選択した経路のマーカーの X座標を tMinX

```

に一時保管

```
My.tMinY = one.Y //最短経路として選択した経路のマーカの Y 座標を tMinY
```

に一時保管

```
end if
```

```
end if
```

```
next one
```

For each one2 in markbox2 //markbox2 に格納されているマーカに対して繰り返し計算

```
if CountAgtSet(markbox2)>=1 Then
```

```
My.BMinID2 = My.MinID2
```

```
length2 = Round(sqr( (My.X - one2.X)*(My.X - one2.X) + (My.Y - one2.Y)*(My.Y - one2.Y)))
```

//距離計算

```
temp2 = one2.Value2 + length2 //ノード更新
```

```
if (My.Value2 > temp2) Then //最短経路選択
```

```
My.Value2 = temp2 //My.Value2 に temp の値を更新
```

```
My.tMinID2 = one2.ID //最短経路として選択した経路のマーカの ID を
```

tMinID2 に一時保管

```
My.tMinX2 = one2.X //最短経路として選択した経路のマーカの X 座標を
```

tMinX2 に一時保管

```
My.tMinY2 = one2.Y //最短経路として選択した経路のマーカの Y 座標を
```

tMinY2 に一時保管

```
end if
```

```
end if
```

```
next one2
```

```
My.MinID = My.tMinID //最短経路として選択した経路のマーカの ID を MinID  
に更新
```

```
My.MinX = My.tMinX //最短経路として選択した経路のマーカの X 座標を  
MinX に更新
```

```
My.MinY = My.tMinY //最短経路として選択した経路のマーカの Y 座標を  
MinY に更新
```

```
My.MinID2 = My.tMinID2 //最短経路として選択した経路のマーカの ID を MinID2 に更新
```

```
My.MinX2 = My.tMinX2 //最短経路として選択した経路のマーカの X 座標を  
MinX2 に更新
```

```
My.MinY2 = My.tMinY2 //最短経路として選択した経路のマーカの Y 座標を  
MinY2 に更新
```

For each one in exitbox //exitbox に格納されている本部に対して繰り返し計算

```
if CountAgtSet(exitbox)>=1 Then
```



```

My.BMinID = My.MinID
length = Round(sqrt( (My.X - one.X)*(My.X - one.X) + (My.Y - one.Y)*(My.Y - one.Y))) //距離計算
temp = one.Value + length //ノード更新
if (My.Value > temp) Then //最短経路選択
    My.Value = temp //My.Value に temp の値を更新
    My.tMinID = one.ID //最短経路として選択した経路のマーカ-の ID を tMinID に一時保管
    My.tMinX = one.X //最短経路として選択した経路のマーカ-の X 座標を tMinX に一時保管
    My.tMinY = one.Y //最短経路として選択した経路のマーカ-の Y 座標を tMinY に一時保管
end if
end if
next one
For each one2 in exitbox2 //exitbox2 に格納されている本部に対して繰り返し計算
if CountAgtSet(exitbox2)>=1 Then
    My.BMinID2 = My.MinID2
    length2 = Round(sqrt( (My.X - one2.X)*(My.X - one2.X) + (My.Y - one2.Y)*(My.Y - one2.Y))) //距離計算
    temp2 = one2.Value2+ length2 //ノード更新
    if (my.Value2 >temp2) Then //最短経路選択
        My.Value2 = temp2 //My.Value に temp の値を更新
        My.tMinID2 = one2.ID //最短経路として選択した経路のマーカ-の ID を tMinID に一時保管
        My.tMinX2 = one2.X //最短経路として選択した経路のマーカ-の X 座標を tMinX に一時保管
        My.tMinY2 = one2.Y //最短経路として選択した経路のマーカ-の Y 座標を tMinY に一時保管
    end if
end if
next one2
My.MinID = My.tMinID //最短経路として選択した経路のマーカ-の ID を MinID に更新
My.MinX = My.tMinX //最短経路として選択した経路のマーカ-の X 座標を MinX に更新

```

```

My.MinY = My.tMinY           //最短経路として選択した経路のマーカの Y 座標を
MinY に更新
My.MinID2 = My.tMinID2      //最短経路として選択した経路のマーカの ID を MinID に更新
My.MinX2 = My.tMinX2       //最短経路として選択した経路のマーカの X 座標を
MinX に更新
My.MinY2 = My.tMinY2       //最短経路として選択した経路のマーカの Y 座標を
MinY に更新
For each one in markbox
  if (One.ID == My.MinID) Then //最短経路選択
    If My.Color == Color_Red Then //最短経路表示
      one.color = Color_Red
      AddAgt(My.リンク赤, one)
      RemoveAgt(My.リンク, one)
    else
      AddAgt(My.リンク, one)
    End if
  else
    RemoveAgt(My.リンク, one)
    RemoveAgt(My.リンク赤, one)
  end If
Next one
For each one2 in markbox2
  if (One2.ID == My.MinID2) Then //最短経路選択
    If My.Color == Color_Red Then //最短経路表示
      one2.color = Color_Red
      AddAgt(My.リンク赤, one)
      RemoveAgt(My.リンク, one)
    else
      AddAgt(My.リンク, one)
    End if
  else
    RemoveAgt(My.リンク, one)
    RemoveAgt(My.リンク赤, one)
  end If
Next one
For each one in exitbox

```

```

if (One.ID == My.MinID) Then //最短経路選択
    If My.Color == Color_Red Then //最短経路表示
        AddAgt(My.リンク赤, one)
        RemoveAgt(My.リンク,one)
    else
        AddAgt(My.リンク, one)
    End if
else
    RemoveAgt(My.リンク,one)
    RemoveAgt(My.リンク赤,one)
end If
Next one
For each one2 in exitbox2
    if (One2.ID == My.MinID2) Then //最短経路選択
        If My.Color == Color_Red Then //最短経路表示
            AddAgt(My.リンク赤, one2)
            RemoveAgt(My.リンク,one2)
        else
            AddAgt(My.リンク, one2)
        End if
    else
        RemoveAgt(My.リンク,one2)
        RemoveAgt(My.リンク赤,one2)
    end If
Next one2}

```

3.honbu

```

Agt_Init
{My.value = 0           //出口とする
My.color = Color_Cyan
my.shiya = 0
dim 重機 as object
dim i as integer
dim A as agt

```

```

for i = 0 to my.zyuukisuu -1
    A = CreateAgt(universe.shizuokanetwork.zyuuki)
    A.x = my.X
    A.y = my.Y
next i}

Agt_Step
{Dim one As Agt
Dim markbox As Agtset
Dim agtbox as agtset
MakeOneAgtsetAroundOwn(markbox,my.shiya ,Universe.shizuokanetwork.node, False) //視野範囲に
置いてあるマーカーを markbox に格納する
if CountAgtSet(markbox)==0 then //周囲にマーカーがなかったら
    my.shiya = my.shiya + 3 //視野範囲を広げる
end if
For each one in markbox
if (my.shiya >= 10) and CountAgtSet(markbox)>=1 then //自分の広げた視野範囲とマ
ーカーをリンクさせる
    one.shiya = my.shiya
end if
next one
if GetCountStep() >15 then
makeoneagtsetaroundown(agtbox,2,universe.shizuokanetwork.zyuuki,False)
end if
my.zyuukisuu = CountAgtSet(agtbox)
OpenFileCSV("処理ステップ数.csv", 1, 3)
OpenFileCSV("終了ステップ市町村名.csv", 2, 3)
OpenFileCSV("終了ステップがれき処理量.csv", 3, 3)
OpenFileCSV("400step がれき処理量.csv", 5, 3)
OpenFileCSV("400step 市町村名.csv", 6, 3)
openfilecsv("400step 重機数.csv",7,3)
openfilecsv("終了ステップ重機数.csv",8,3)
if GetCountStep() >15 then
my.step1 = my.step1+1
my.shigotoryou = my.shigotoryou+countagtset(agtbox)*universe.設定仕事量
if my.shigotoryou>= my.garekhasseiryou*10000 then

```

```

WriteFileCSV(8, my.zyuukisuu true)
killagt(my)
WriteFileCSV(1, (GetCountStep()-15) , true)
WriteFileCSV(2, my.number, true)
WriteFileCSV(3, my.shigotoryou, true)
end if
end if
if my.step1 == 400 then
WriteFileCSV(5, my.shigotoryou, true)
WriteFileCSV(6,my.number, true)
writefilecsv(7,my.zyuukisuu,true)
my.step1 = 0
end if
closefilecsv(1)
closefilecsv(2)
closefilecsv(3)
closefilecsv(5)
closefilecsv(6)
closefilecsv(7)
closefilecsv(8)
universe.合計がれき処理量= universe.合計がれき処理量+countagtset(agtbox)*universe.設定仕事
量}

```

4.zyuuki

```

Agt_Init
{my.Direction = Rnd() * 360
my.speed = 0
dim i as double
i = rnd()
if i < universe.yusenhakenwariai then
my.busy = true
else
my.busy = false
end if
my.shiya = 0

```

```
my.targetID = 9999
my.targetID2 = 9999
my.targetX = 9999
my.targetX2 = 9999
my.targetY = 9999
my.targetY2 = 9999}
```

```
Agt_Step {
Dim one As Agt
dim one2 as agt
Dim markbox As Agtset
Dim markbox2 as Agtset
dim yusen as agtset
Dim exitbox As Agtset
Dim exitbox2 As Agtset
Dim targetID As Integer
Dim targetID2 As Integer
Dim targetX As Integer
Dim targetX2 As Integer
Dim targetY As Integer
Dim targetY2 As Integer
dim tomaru as agtset
dim tomaru2 as agtset
makeoneagtsetaroundown(tomaru,2,universe.shizuokanetwork.honbu,false)
makeoneagtsetaroundown(tomaru2,2,universe.shizuokanetwork.yusenhonbu,false)
if GetCountStep() >15 then
my.speed = 1
if my.busy == false then
    if countagtset(tomaru) == 1 then
        my.speed = 0
    else my.speed =1
    end if
else
    if countagtset(tomaru2) == 1 then
        my.speed = 0
    else my.speed = 1
```

```

    end if
end if
end if
MakeOneAgtsetAroundOwn(markbox, my.shiya, Universe.shizuokanetwork.node, False) //視野範囲に
いるマーカ-を markbox に格納する
MakeOneAgtsetAroundOwn(exitbox, 7, Universe.shizuokanetwork.honbu, False) //視野範囲にいる本
部を exitbox に格納する
MakeOneAgtsetAroundOwn(markbox2, my.shiya, Universe.shizuokanetwork.node, False) //視野範囲に
いるマーカ-を markbox2 に格納する
MakeOneAgtsetAroundOwn(exitbox2, 7, Universe.shizuokanetwork.yusenhonbu, False) //視野範囲に
いる優先本-を exitbox2 に格納する
MakeOneAgtsetAroundOwn(yusen, 1, Universe.shizuokanetwork.node, False)
if my.busy == false then
my.color = color_red
else
my.color = color_green
end if
if my.busy == False then    //通常モード
    for each one in markbox2
        my.targetID = one.MinID           //目的マーカ-の ID,X,Y を保存
        my.targetX = one.MinX
        my.targetY = one.MinY
        my.shiya = 3
    next one
end if
if my.busy == true then    //優先モード
    for each one2 in markbox2
        my.targetID2 = one2.MinID2       //目的マーカ-の ID,X,Y を保存
        my.targetX2 = one2.MinX2
        my.targetY2 = one2.MinY2
        my.shiya = 3
    next one2
end if
for each one in markbox    //通常モード
    if (my.targetID == one.ID) then
        my.targetID = one.MinID    //ID 他を更新

```

```

        my.targetX = one.MinX
        my.targetY = one.MinY
    else
        if my.busy == false then
            my.Direction = GetDirection(my.X, my.Y, my.targetX, my.targetY, Universe.shizuokanetwork)
            //目的のマーカ－へ向かう
            Forward(my.speed/2)
        end if //目的マーカ－を見つけたら
    end if
next one
for each one2 in markbox2 //優先モード
    if (my.targetID2 == one2.ID) then
        my.targetID2= one2.MinID2 //ID 他を更新
        my.targetX2= one2.MinX2
        my.targetY2= one2.MinY2
    else
        if my.busy == true then
            my.Direction = GetDirection(my.X, my.Y, my.targetX2, my.targetY2,
            Universe.shizuokanetwork) //目的のマーカ－へ向かう
            Forward(my.speed/3)
        end if //目的マーカ－を見つけたら
    end if
next one2
if countagt(universe.shizuokanetwork.yusenhonbu) == 0 then
my.busy = false
end if
if my.busy == false then //通常
    for each one in exitbox //本部を見つけたらそっちへ向かう
        if CountAgtSet(exitbox) >= 1 Or one.X == my.targetX then
            my.Direction = GetDirection(my.X, my.Y, my.targetX, my.targetY, Universe.shizuokanetwork)
            Forward(my.speed/3)
        end if
    next one
end if
if my.busy == true then //優先
    for each one2 in exitbox2 //本部を見つけたらそっちへ向かう

```



```

    if CountAgtSet(exitbox2) >= 1 Or one2.X == my.targetX2 then
        my.Direction = GetDirection(my.X, my.Y, my.targetX2, my.targetY2,
Universe.shizuokanetwork)
        Forward(my.speed/3)
    end if
next one2
end if
If Forward(my.speed) != -1 Then //動きが止まってしまったら 360°以内で反転
    Turn(Rnd() * 180 - 30)
End If}

```