

# 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

三枝 大祐

学生会員 東京都市大学大学院 工学研究科都市工学専攻 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤一丁目28-1)

E-mail:g1381712@tcu.ac.jp

災害初期の道路啓開及び復旧作業には地元建設業の貢献が必要不可欠となっている。しかし、近年公共工事の減少や入札方式の変更による競争の激化により建設業社の重機保有が減少傾向にある。草柳らは東海地震を対象に重機の連携により被災物撤去日数がどの様に変移するかをマルチエージェントシミュレータを用いて検討した。本研究では近年重機保有の主流になるリース業社の重機を加え、被害想定の変更に伴う影響の変化を検討した。その結果、震源地の違いにより被災物撤去日数に影響を及ぼす事、重機の流入がリース業社の保有する重機の初期配置により全体の撤去日数に与える影響は少ないが地域毎には影響があることが示唆された。

**Key Words :** Multi agent system, Disaster prevention, Construction machine, Disaster correspondence

## 1. 序論

### (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。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し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<sup>2)</sup>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<sup>3)</sup>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が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<sup>4)</sup>。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るからであり、企業の重機保有意欲の低下に繋がっ

ている。この流れは歯止めがかかれ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。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

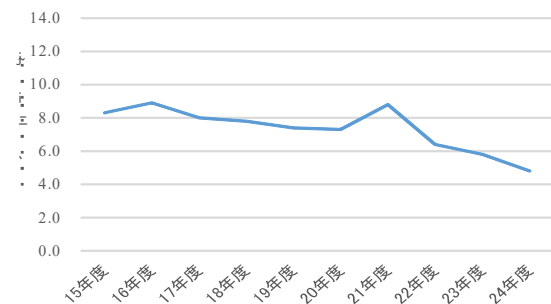


図-1 公共工事費の推移<sup>2)</sup>

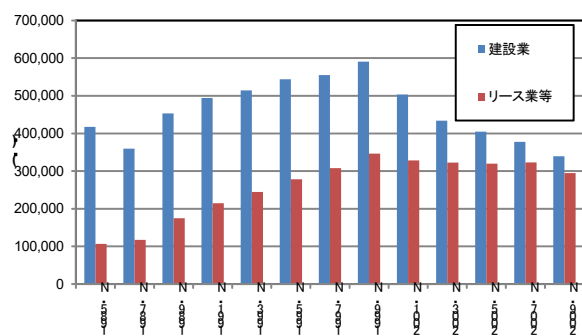


図-2 重機数の推移<sup>3)</sup>

に着目した被災物撤去に関する既存の研究は少ない。

## (2) 既存の研究

### a) 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。<sup>5)6)7)8)9)</sup>

### b) 建設重機と地域防災力に関する研究

馬場ら<sup>1)</sup>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倍大きくなること結果となり、特定地域の救助活動が遅れる事が示唆された。

### c) 皆川、草柳らによる研究

皆川、草柳ら<sup>10)</sup>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

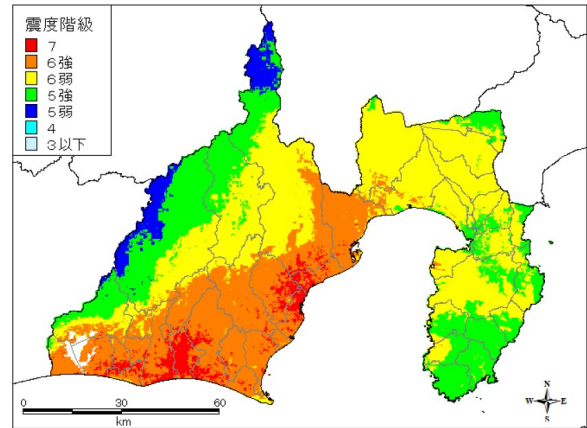


図-3 基本ケースにおける震度分布<sup>12)</sup>

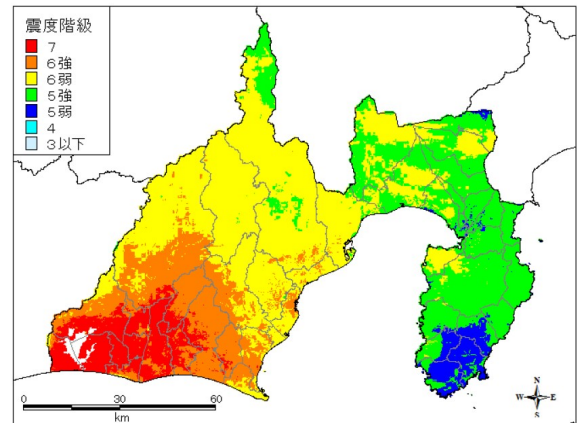


図-4 陸側ケースにおける震度分布<sup>12)</sup>

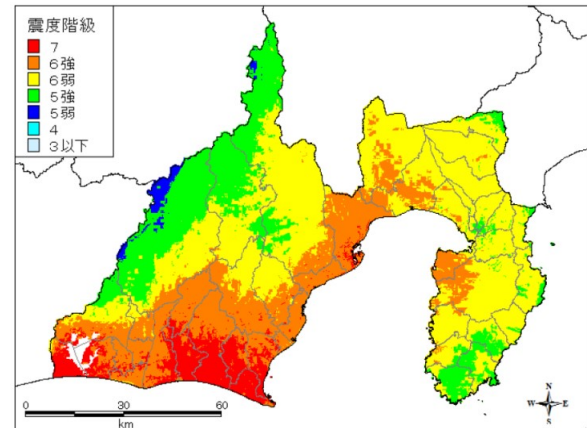


図-5 東側ケースにおける震度分布<sup>12)</sup>

表-1 建設重機台数による地域防災力の試算結果<sup>1)</sup>

| 高知県における試算結果 |      |      |
|-------------|------|------|
|             | 重機数  | 所要日数 |
| H16         | 1277 | 4.9  |
| H17         | 1254 | 5.0  |
| H18         | 1136 | 5.5  |
| H19         | 1060 | 5.9  |
| H20         | 762  | 8.2  |

| 高知県における試算結果 |     |      |
|-------------|-----|------|
|             | 重機数 | 所要日数 |
| H16         | 123 | 12.3 |
| H17         | 109 | 13.8 |
| H18         | 88  | 17.1 |
| H19         | 94  | 16   |
| H20         | 93  | 16.2 |

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

表-3 静岡県内市町別バックホウ保有台数<sup>10)</sup>

| 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      |

ーンを以下のように分け、寸断パターン毎にシュミ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ュミ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。

d) 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<sup>11)</sup>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が保持している

と示しており，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。

(3)本研究の目的

皆川，草柳ら<sup>10)</sup>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，県内の被災物撤去における重機連携が作業効率にどの様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社の重機数を加味していない。よって，本研究ではリース業社の保有する重機数を加味した被災物撤去シュミレーション及び東海地震に対する第4次被害想定 of 考慮を行うことで想定の変化に伴う影響とリー

表-2 各ケースにおける被災物数<sup>12)</sup>

| 市町村名  | 被災物数(万m <sup>3</sup> ) |       |      | 市町村名 | 被災物数(万m <sup>3</sup> ) |        |        |
|-------|------------------------|-------|------|------|------------------------|--------|--------|
|       | (基本)                   | (東側)  | (陸側) |      | (基本)                   | (東側)   | (陸側)   |
| 下田市   | 79.4                   | 84.2  | 74.6 | 長泉町  | 6.1                    | 10.5   | 1      |
| 東伊豆町  | 14.3                   | 18.2  | 13.4 | 小山町  | 3.8                    | 6.7    | 2.7    |
| 河津町   | 14.3                   | 15.3  | 13.4 | 静岡市  | 2084.8                 | 1864.9 | 627.4  |
| 南伊豆町  | 32.5                   | 33.5  | 31.6 | 島田市  | 264                    | 246.7  | 131    |
| 松崎町   | 39.2                   | 41.1  | 34.4 | 焼津市  | 506.9                  | 300.3  | 197    |
| 西伊豆町  | 58.3                   | 66.9  | 57.4 | 藤枝市  | 487.7                  | 264    | 131    |
| 沼津市   | 197                    | 239.1 | 153  | 牧之原市 | 198.9                  | 261.1  | 166.4  |
| 熱海市   | 8.6                    | 14.3  | 4    | 吉田町  | 98.5                   | 104.2  | 70.8   |
| 三島市   | 19.1                   | 29.6  | 6.3  | 河根本町 | 7.7                    | 8.6    | 11.5   |
| 富士宮市  | 85.1                   | 156.8 | 13.4 | 浜松市  | 1676.5                 | 1821.9 | 3210.5 |
| 伊東市   | 26.8                   | 44.9  | 16.3 | 磐田市  | 478.2                  | 516.4  | 669.4  |
| 富士市   | 120.5                  | 233.3 | 23   | 掛川市  | 382.5                  | 526    | 382.5  |
| 御殿場市  | 16.3                   | 35.4  | 14.3 | 袋井市  | 336.6                  | 377.8  | 311.8  |
| 裾野市   | 13.4                   | 19.1  | 2.1  | 湖西市  | 180.8                  | 332.8  | 353.9  |
| 伊豆市   | 34.4                   | 49.7  | 24.9 | 御前市  | 86.1                   | 171.2  | 54.5   |
| 伊豆の国市 | 16.3                   | 23.9  | 8.6  | 菊川市  | 97.5                   | 211.4  | 98.5   |
| 函南町   | 6.3                    | 7.7   | 2.9  | 森町   | 66.9                   | 95.6   | 101.4  |
| 清水町   | 7.7                    | 9.6   | 3.8  | 県計   | 7784.7                 | 8272.4 | 7000.5 |

ス業重機が被災物撤去作業に及ぼす影響を把握することを目的とする。

## 2. シュミレーションの概要

### (1) 第4次被害想定の概要

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<sup>12)</sup>によると被災する季節・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。まず地震の規模においてはレベル1地震・津波とレベル2地震・津波を想定している。レベル1地震・津波は比較的発生し易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・津波は発生頻度は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。本研究では最悪の事態を想定していることからレベル2地震・津波を対象とし、被災する時期・時間帯によってパターンに分けてシュミレーションを行う。冬・深夜、夏・昼、冬・夕の3パターンである。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。また、震源地により、被害が大きく異なるため、基本ケース、陸側ケース、東側ケースに分けてシュミレーションを行った。震度分布図を図-3~図-5に示す。

### (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載されていることから全倒壊家屋数の体積の1/2とし、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

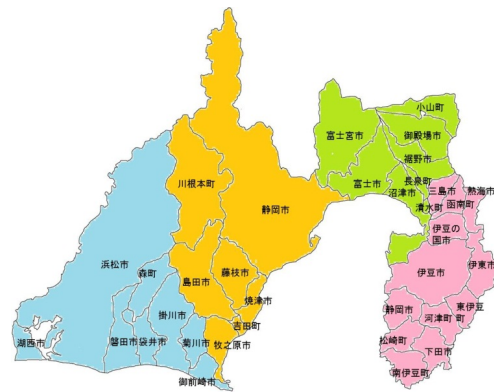


図-6 静岡県のグルーピング<sup>10)</sup>

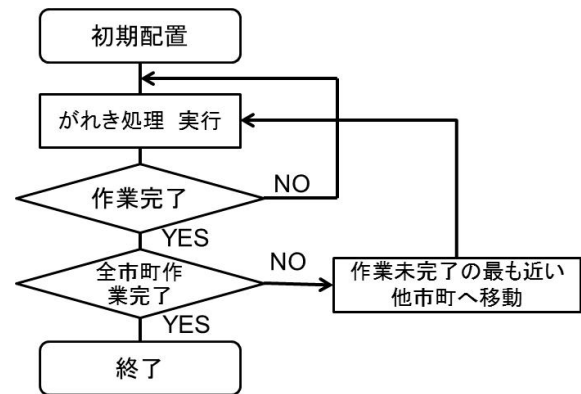


図-7 エージェントの行動ルール<sup>10)</sup>

ることは難しいことから各市町役場とし、重機の連携に着目するためミクロの動きを無視する。

### (3) 使用重機の検討

災害時における被災物の種類には土砂やコンクリート、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掴む機能に長けており、主に林業の現場や家屋の解体や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。よって、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) 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提供の市町別の災害協定に基づく災害派遣用の建設重機数(平成23年9月1日現在)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<sup>13)</sup>から推定した。その結果、2273台(平成18年3月31日現在)となった。

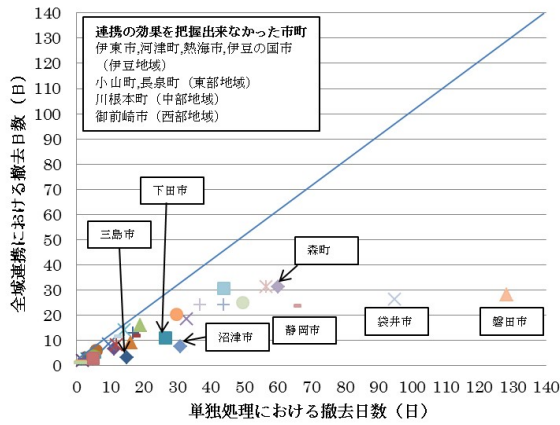


図-8 全域連携の有無による撤去日数の比較

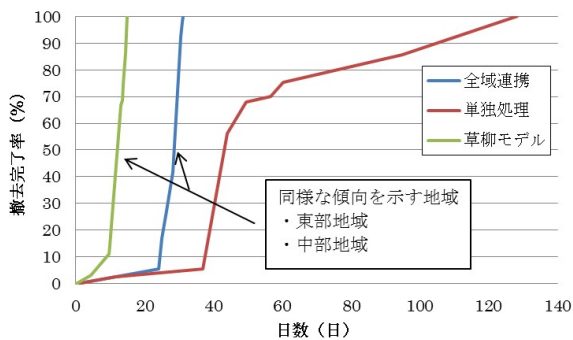


図-9 西部地域における草柳モデルとの比較

### b) 被災物撤去能力

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<sup>14)</sup>より 0.6319 m<sup>3</sup>/h と設定した。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 時間稼働を想定して行った。

### c) 建設業の保有する重機の初期配置と移動速度<sup>10)</sup>

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。分類したものを図-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<sup>15)</sup>より混雑時旅行速度 35.1km/h とする。

### d) 重機の行動ルール<sup>10)</sup>

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応援に行く。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ュミ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。

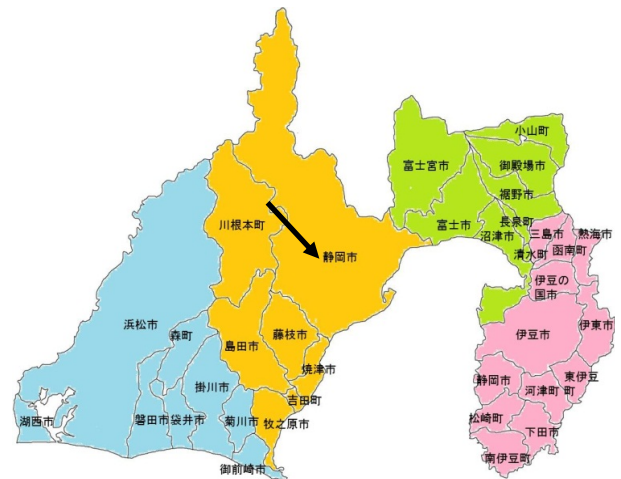


図-10 重機の第1移動

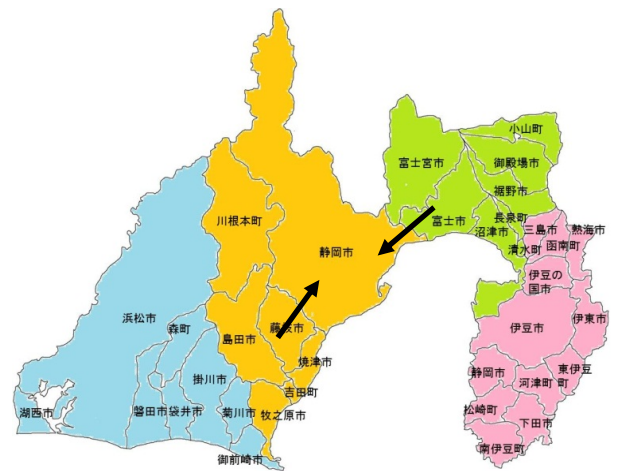


図-11 重機の第2移動

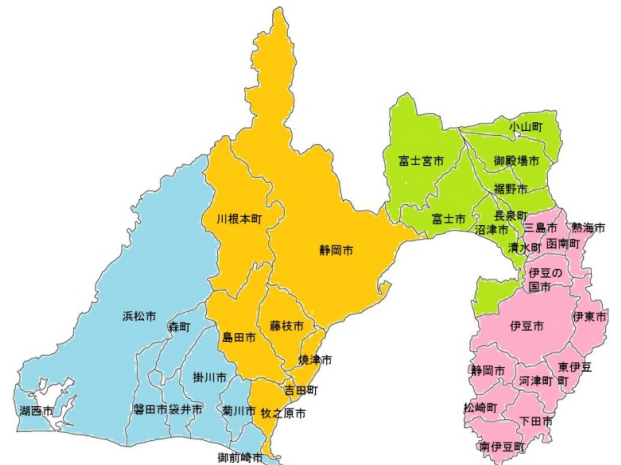


図-12 重機の第3次移動

## 3. 建設業社のみでの被災物撤去シュミレーション

### (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単独処理と全域連携結果の結果を図-8 に、西部地域における結果を図-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には 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。中部、西部地域はどの市町においても連携の効果を把握する事が出来た。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全域連携を比べると撤去完了日数が違うものの、伊豆地域を地域ではグラフが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

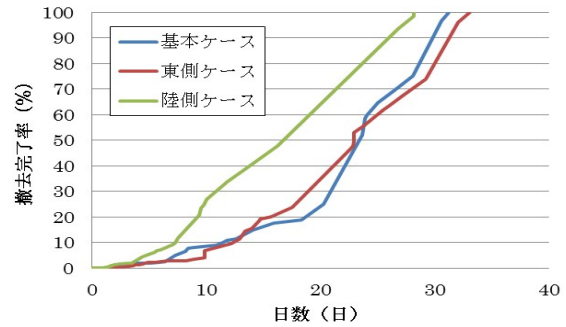


図-13 各ケースの被災物撤去日数

れていくのが確認され、第3次被害想定を考慮した皆川、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～図-12に示す。

(2) 震源地を変化させた場合の結果

震源地が異なる場合の被災物撤去日数を図-13に示し、基本ケースと他ケースを比べたものを図-14、図-15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<sup>3</sup>m、8272 万<sup>3</sup>m、7001 万<sup>3</sup>mで

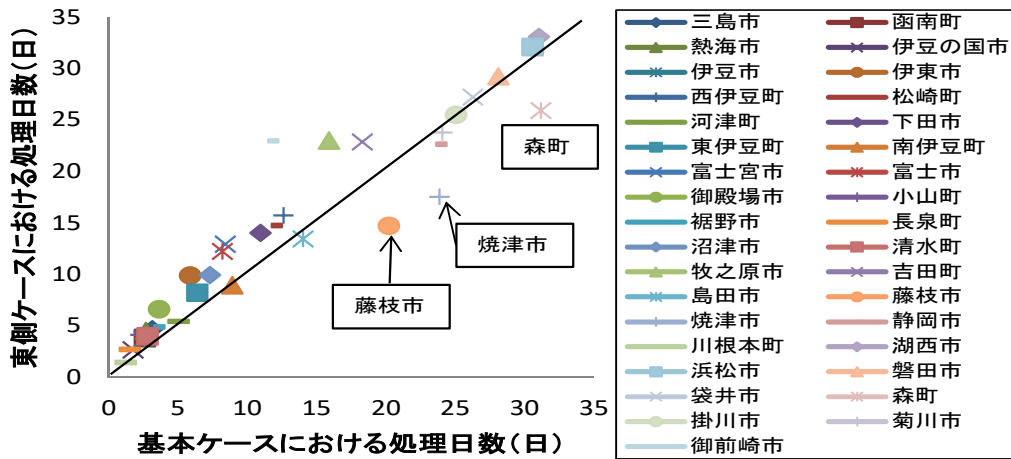


図-14 基本ケースと東側ケースにおける比較

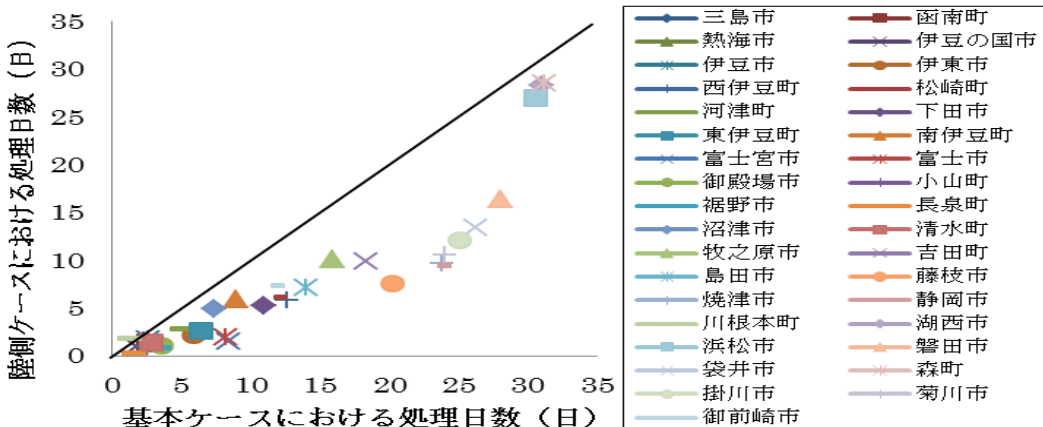


図-15 基本ケースと陸側ケースにおける比較

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に被災物数に比例して処理日数が大きくなっている。しかし、中部地域において藤枝市、焼津市といった市町村は基本ケースの方が 5 日程度撤去が遅れた。伊豆、東部地域の応援は基本ケースの方が早い。静岡市の撤去に日数がかかりこれらの市町村に連携が出来なかったと考えられる。西部地域において御前崎市以外の市町村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ことが挙げられる。西部地域の被災撤去はほとんどの市町村が完了しておらず、結果的に単独処理に近い形となった。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。このような市町村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。中部地域は各市町村 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。

### (3) 重機の移動推移

各市町村における重機の流入を調べる為に 400step 毎に各市町村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村である伊豆市、静岡市の重機推移及び時間による被災物撤去効率を図-16~図-19 に示す。伊豆地域では早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村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村の距離が近く、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

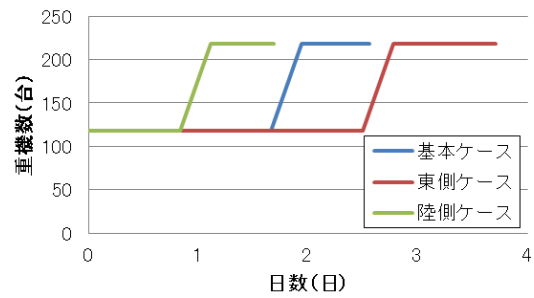


図-16 伊豆市における各ケースの重機数推移

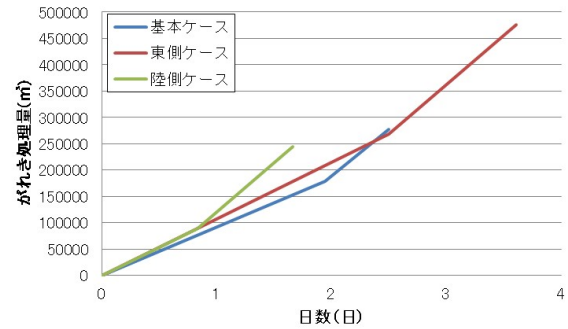


図-17 伊豆市における重機推移による被災物撤去量の変化

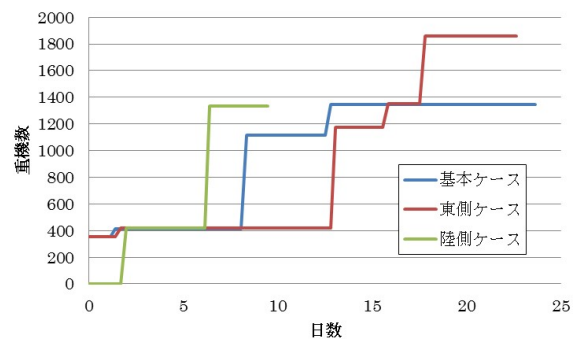


図-18 静岡市における各ケースの重機数推移

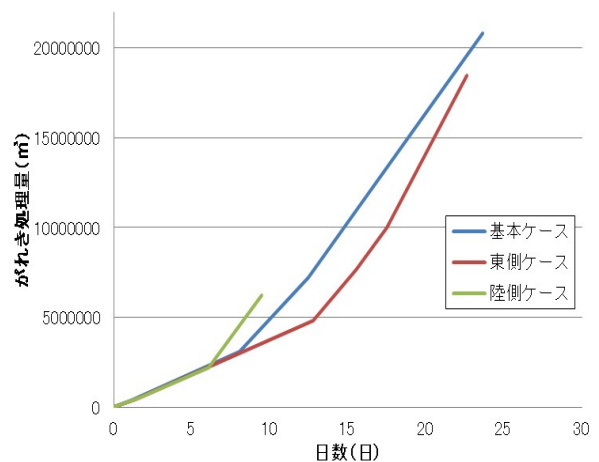


図-19 静岡市における重機推移による被災物撤去量の変化

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静岡市の様に複数回行われ、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様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。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 1 回がほとんどである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。

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正確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提供の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/人で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。割り振った重機数を図-20 に示す。

#### 4. リース業社の保有する重機を加味したシュミレーション

##### (1) リース業重機の初期配置

県全体のリース業重機は第 3 章で述べたとおり 2273

##### (2) リース業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地域別に分けたものを図-21~図-24 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

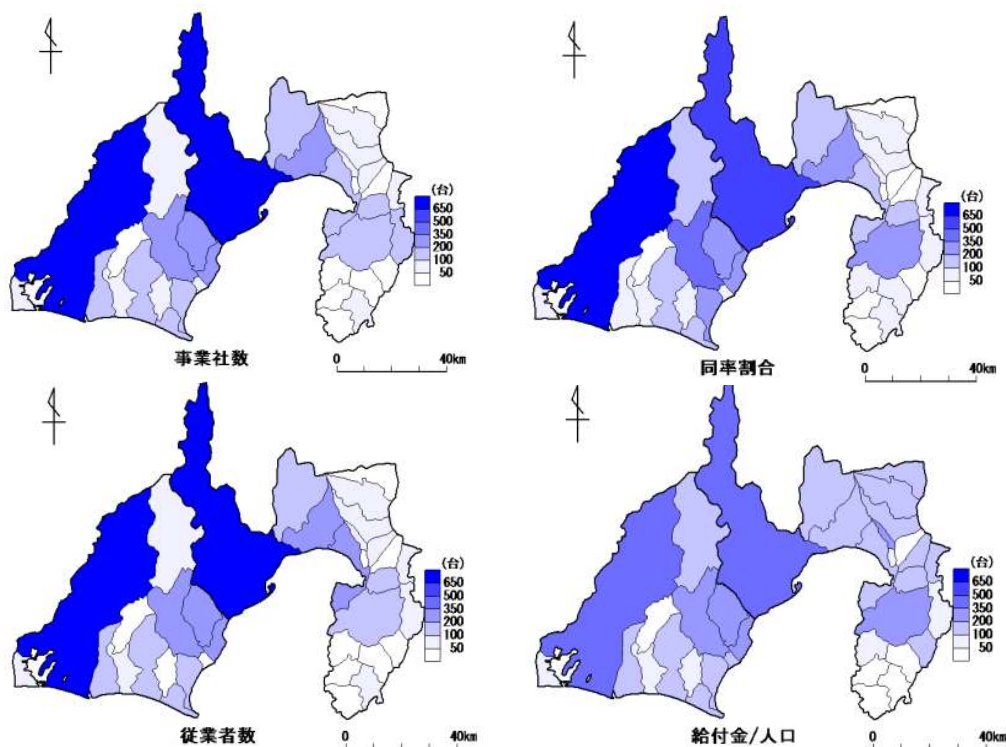


図-20 各ケースにおける被災物数<sup>8)</sup>



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。伊豆東部地域は給付金/人口以外は同様な傾向を示した。このことから給付金/人口ケースが他ケースよりも早く中部地域に応援に向かったと考えられる。中部地域では同率割合ケース以外は同様な結果となった。給付金/人口ケースの応援は早かったが日数に着目すると他ケースと変化が見られなかった。西部地域では9日程度に着目すると他ケースよりも撤去が遅れているものの急激な重機流入による被災物撤去率が上昇し、最終的には撤去日数は変わらなかった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。事業社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社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、中部地域は事業社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。

## 5. 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。

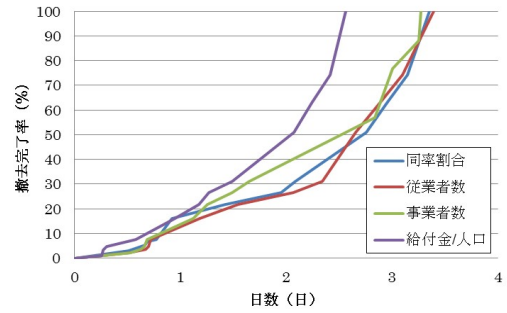


図-21 伊豆地域におけるリース業が保有する重機を加味した結果

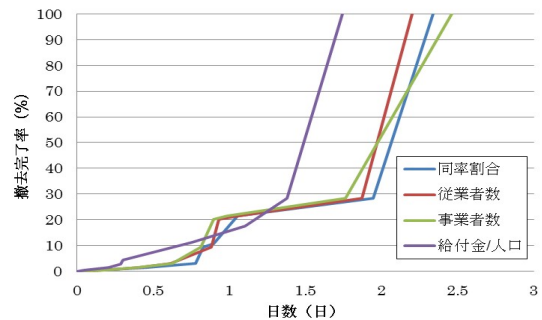


図-22 東部地域におけるリース業が保有する重機を加味した結果

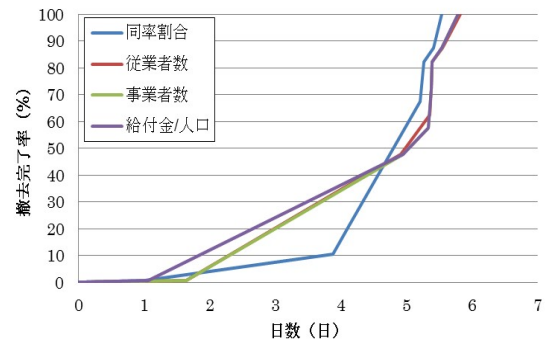


図-23 中部地域におけるリース業が保有する重機を加味した結果

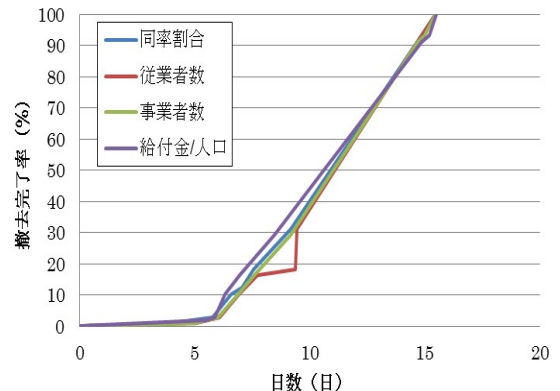


図-24 西部地域におけるリース業が保有する重機を加味した結果

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早い日数から伊豆、東部地域の重機を流入させることが可能であると考えられる。

続いて、リース業を加味したシミュ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を確認できた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被災物撤去完了日数に与える影響は小さく、被災物数に大きく依存することが示唆された。この様な結果になった理由は各重機の移動速度が35.1km/hと災害時にして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。

#### 参考文献

- 1) 馬場太郎: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)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.
- 6)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.
- 7)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.
- 8)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.
- 9)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.
- 10)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
- 11) 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.
- 12)静岡県, 第 4 次被害想定 : <http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/>, 2014. 1. 26 閲覧
- 13)国土交通省: 建設機械動向調査. 2010
- 14)国土交通省:土木工事標準積算書, 2011
- 15)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.

## THE EFFECTIVENESS OF AREA COOPERATION FOR RUBBLE PROCESSING IN THE DISASTER EARLY STAGE

Daisuke MITSUEDA and Mitsuru KUSAYANAGI  
supervised by Masaru MINAGAWA

In disaster initial, the contribution of the local construction industry is essential for recovery work. However, in recent years builders heavy equipment owned by a decrease in public works tends to decrease. Therefore, delay of lifesaving has been feared. Kusayanagi was examined whether affect how the time of rubble processing by cooperation of heavy equipment. The purpose of this study is examined the changes in the impact of change of damage estimation. In addition, I was also investigated leasing as well as the construction industry. As a result, it was suggested that there is influence of the difference of the initial placement of the heavy equipment held lease suppliers.