

災害初期の道路啓開におけるがれき処理効率の影響

学生氏名 星 宏明
指導教員 皆川 勝

災害初期には、被災地の地元建設業者の貢献は重要であり、道路啓開には多くの建設重機が必要となる。しかし、不況や公共事業費の抑制の影響により、地元建設業者が保有する重機数は減少している。皆川らは、予想される東海地震を対象に地域間連携が発災初期の道路啓開に与える効果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、道路の属性の相違とそれに伴うがれき処理効率の変化が道路啓開に与える影響を検討した。その結果、道路幅員の相違やそれに伴うがれき集積状況、がれき処理効率が発災初期の道路啓開に大きな影響を与えることが示唆された。

Key Words : Multi agent simulator, Elimination of road obstacles, Rubble processing efficiency

1. 序論

(1) 背景

地震国である我が国では、災害に適切に対応するために、地方自治体が地元の建設業者と適宜災害協定を結んでいる。特に、平成23年3月11日に発生した東日本大震災は、1000年に一度という未曾有の地震規模とそれによる津波が多大な被害をもたらした。この際、図-1に示すように東北道・国道4号線から、津波で多大な被害を受けた三陸沿岸部へ進出して復旧活動を行えるよう、「くしの歯型」救援ルートが東北地方整備局により設定され、地元建設業者の迅速な協力により、発災後わずか4日間で15ルートのすべてが通行可能となった。一方、談合との決別、総合評価落札方式の導入などにより近年、建設業界の競争が激しくなり、図-2に示

すように公共事業費抑制傾向が影響し地元建設業者は弱体化している。図-3に示すように建設重機の保有台数も減少傾向であり、地域間において重機数にばらつきがある。その中、今後予想される大規模な災害として、東海地震、東南海地震、南海地震などがある。東海地震を例にとると、M8クラスの地震が発生し、死者は約7900~9200人、全壊家屋は約23~26万棟との想定結果が出されており、図-4に示すような大きな揺れにより大規模な被害が予想される。災害初期の数日間は生存率に大きく関わり、この数日間の救出活動は重要である。このような震災が発生すれば建設重機の不足は啓開活動及び被災者救出活動に甚大な影響を及ぼすと考えられる。緊急に救援ルートを確保する啓開活動、及びそれに付随する被災者捜索活動において、県外からの支援は困難であり、地元建設業者による対応が重要となる。

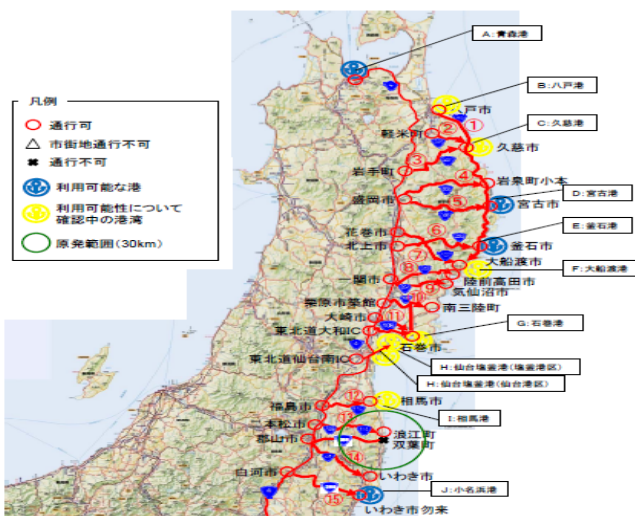


図-1 くしの歯作戦(3月15日)¹⁶⁾

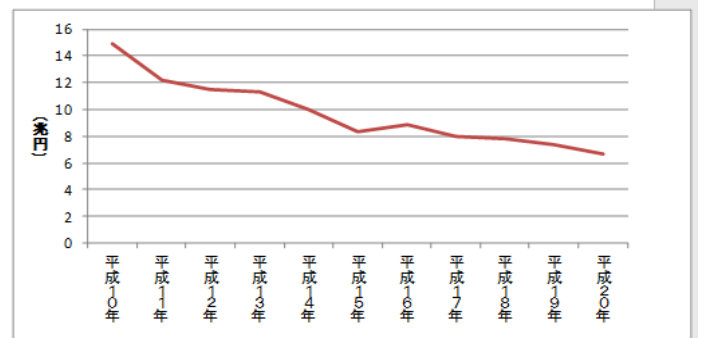


図-2 公共事業関連予算の推移³⁾

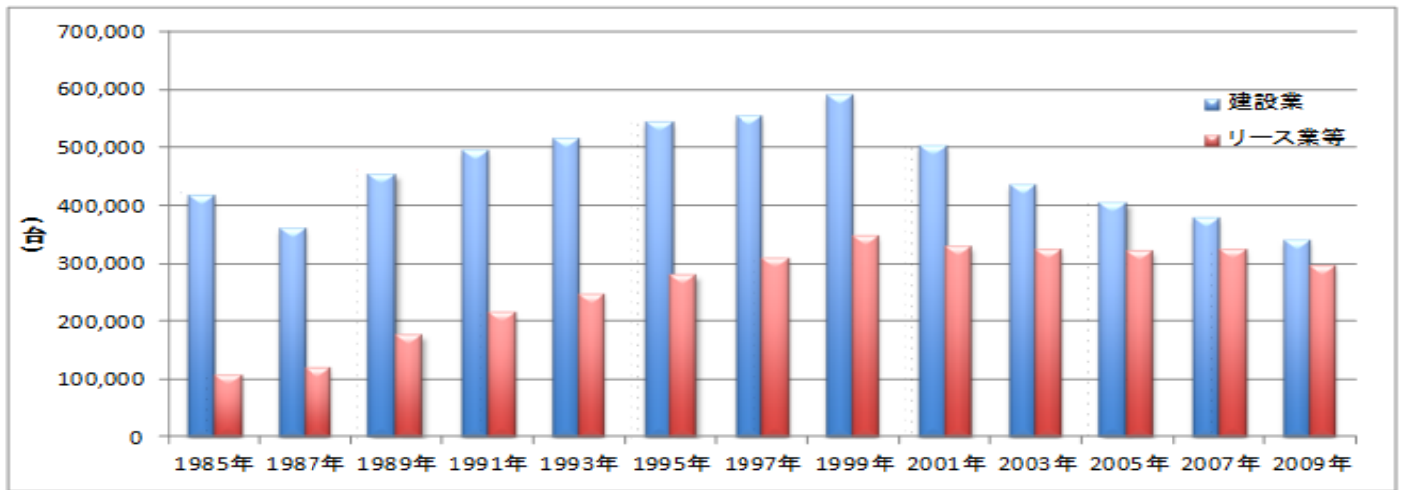


図-3 建設重機保有台数の推移

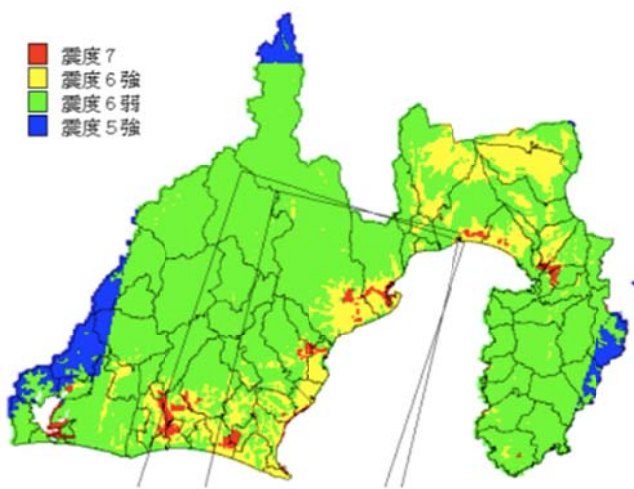


図-4 東海地震震度分布

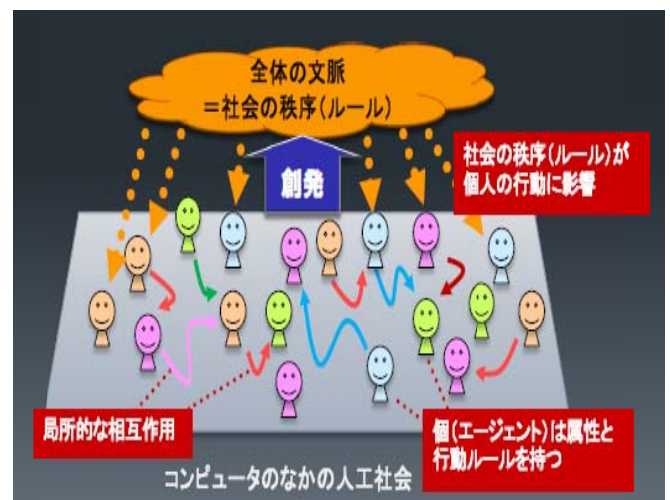


図-5 マルチエージェントシステム概要

(2) 既往の研究

a) マルチエージェントシステムを用いた研究

ある事象を構成する要素同士の相互作用やそれに伴う現象の再現に適したシステムとして、マルチエージェントシステムがある。図-5で示すようにマルチエージェントシステムは一般的にエージェントと呼ばれる多数の自立した個々の主体が存在し、それらの局所的な相互依存作用により成り立つシステムである。マルチエージェントシステムは、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、それによって引き起こされる事象全体を再現するものである。近年、マルチエージェントを用いた防災、避難、都市計画に関する研究が数多く行われている。⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾

b) 建設重機と地域防災力に関する研究

馬場ら¹⁾は、高知県を対象に、地元建設業と地域防災に関する研究を行った。川上による地域防災力の試算式²⁾を用い、近い将来発生するとされている南海地震時に想定されている倒壊家屋の撤去と生き埋め者の救助に要する日数について試算を行い、表-1の結果を得ている。この試算の結果、高知県内での建設重機の偏在により高知市における所要日数が県全体の所要日数の約2倍と大きくなることが予測され、県内の各地域内での建設業者のみの対応では特定の地域のがれき処理と被災者捜索が遅れることが分かる。このように、建設業者が保有する建設重機の偏在が地域防災力へ影響を与えることが予想されるが、建設重機と防災に関する既存の研究は少ない。

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	122	12.3
H17	1254	5.0	H17	109	13.8
H18	1136	5.5	H18	88	17.1
H19	1060	5.9	H19	94	16.0
H20	762	8.2	H20	93	16.2

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

c) 皆川らによる研究結果

皆川ら¹⁵⁾の研究では東海地震により、第3次被害想定⁵⁾ (以下、被害想定) で示されている被害が発生してがれき及び生き埋め者の救助が必要となった状況を想定し、対象地域を静岡県として震災直後のがれき処理シミュレーションを行った。被害想定⁵⁾より静岡県内の各市町で発生するがれき量と、静岡県との災害協定により地元建設業者が災害時の提供に同意している建設重機数を設定した。重機の共有体制の有無が啓開においてどのような影響を及ぼすかを、建設重機をエージェントとしたマルチエージェントシミュレータを用いてシミュレートし、建設重機の作業能力を設定して各市町でのがれき処理作業を行い、県内全てのがれきの処理が完了するのに要する時間を推定した。その結果、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、最大で92%短縮できる事が示唆された。これにより、地域の連携範囲の拡大に伴いがれき処理日数が減少し、その有効性を確認することができた。

2. 研究目的

皆川ら¹⁵⁾の研究では、緊急輸送路の属性を考慮しないものとし、シミュレーションを行った。しかし、実際の道路啓開では、国道や県市道など輸送路の属性や幅員の相違により作業が可能な重機の台数やがれきの処理効率に変化が現れる。そこで、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作成し、皆川らの報告結果と比較することで広域シミュレーションの単純化の悪影響の検討を行う。図-6に示すように、静岡県全域の重機連携を考慮したのがれき処理のシミュレーションモデルにおいて最も遅く処理が完了した市町村は袋井市であることを得ている。そのため本研究は東海地震の発生を想定して対象地域を静岡県袋井市とする。

3. 検討方法

(1) 皆川らによるシミュレーションモデルの改善

皆川ら¹⁵⁾によるモデルでは、対象とする道路ネットワーク上に経路点エージェントを密に配置することで経路を表現していた。これにより、密に配置された経路点エージェントを一つの線と見なし建設重機エージェントは目的地に向かって移動する。しかし、経路点エージェントは一つの属性に限られているため、この表現方法を利用すると、密なネットワークで想定ネットワークと無関係の経路への移動、高架橋などの属性の異なる道路の交差が表現できないなどの課題がある。そこで、本報告ではこれらの問題を解決するため経路エージェントの代わりにノードエージェントを用い、ノードをリンクでつなぐことで道路ネットワークを表現した。これにより密な道路ネットワークの作成や属性の異なる道路の交差の表現が可能となった

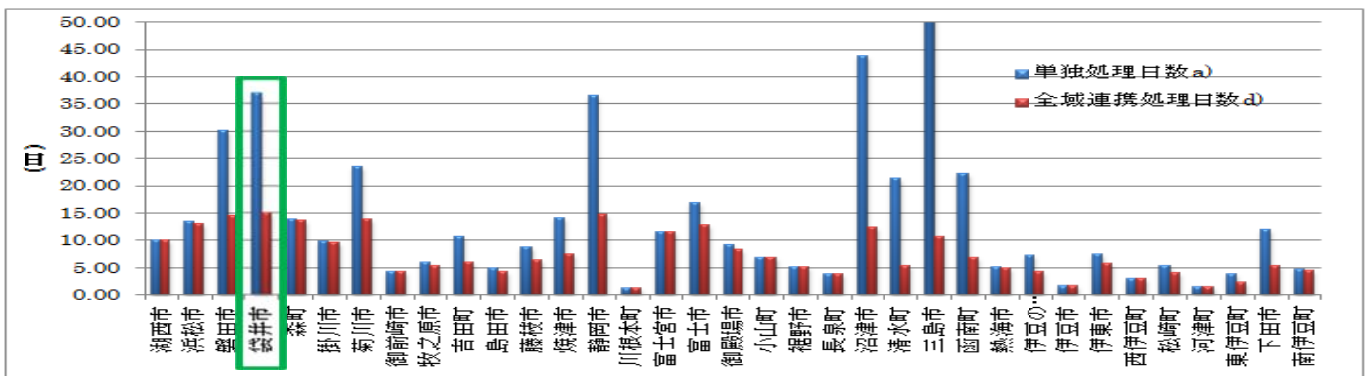


図-6 静岡県全域の重機連携と単独の処理日数の比較¹⁵⁾

(2)シミュレーション概要

袋井市内の道路ネットワークを示した図を図-7に示す。青線が国道、赤線が県道、緑線が市道を表している。また、同図中には袋井建設業協会に属する建設会社の所在地も黒点で示す。これらを基にリンクとノードで表現した市内の道路ネットワークを図-8(a)に示す。同図のネットワークは国道と県道によって構成されており、市道は考慮していない。市道を考慮するためノードとリンクを追加した袋井市のネットワーク図を図-8(b)に示す。ノード番号と道路名称の関係を表-2に示す。

(3)シミュレーションに用いる要素

シミュレーションに用いる要素として、袋井市におけるがれき推定発生量、がれき発生地点、保有建設重機数、建設重機のがれき処理能力、建設重機移動速度、建設重機の移動経路および初期配置地点を設定する。

表-2 ノード番号と道路名称の関係

	ノード番号
国道1号線	10, 11, 12, 13, 14, 41
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
市道北	34, 35, 36, 37
市道中央	38, 39
市道南	42

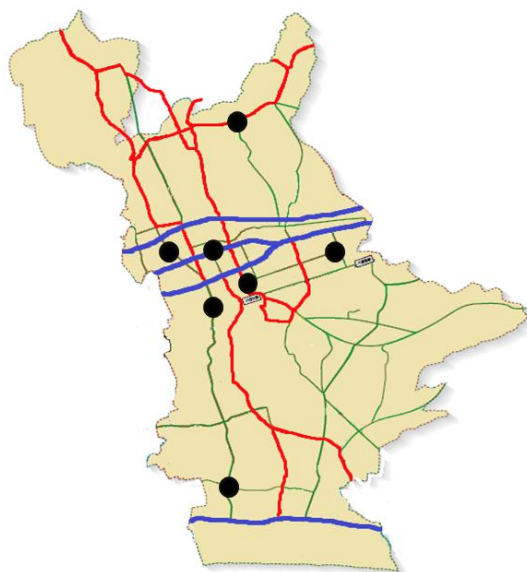


図-7 袋井市内の道路ネットワーク図

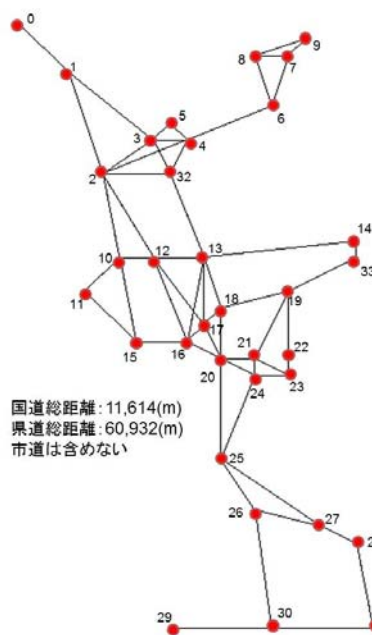


図-8(a) 袋井市内の道路ネットワーク

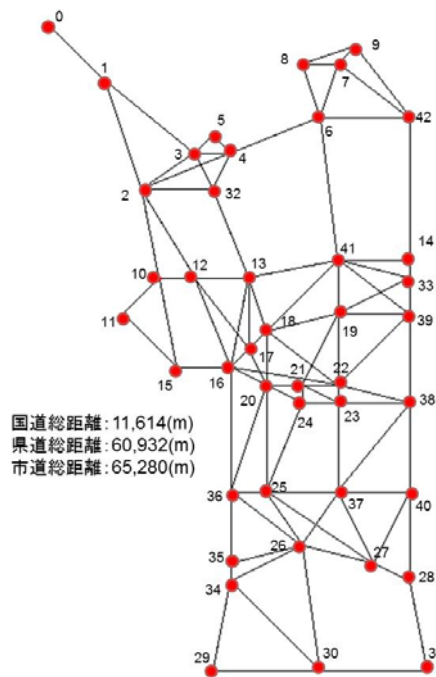


図-8(b) 市道を追加した袋井市の道路ネットワーク

表-3 ノードと保有重機数の関係

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

表-4 市町別推定がれき発生量¹²⁾

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	河津市	4.07
掛川市	75.82	川根本町	7.69	三島市	160.65	東伊豆町	4.76
菊川氏	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	64.94	県合計	3681.08

表-5 静岡県内市町別バックホウ保有台数¹¹⁾

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

表-6 バックホウのがれき処理能力¹³⁾

作業の種類	名称	規格	土質名	単位	障害なし	障害あり
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 /h	310	
			岩塊・玉石	m ³ /h	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 /h	520	
			岩塊・玉石	m ³ /h	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 /h	160	
			岩塊・玉石	m ³ /h	130	

a) 推定がれき発生量

第3次被害想定⁹⁾に示されている市町別の倒壊家屋数と、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」¹²⁾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して決定した。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表-4に示すように割り振った。

b) がれき発生地点

推定がれき発生量を各ノードに振り分けて配置し、がれき発生地点とする。

c) 保有建設重機数

表-5に示すように保有建設重機数については、静岡県交通基盤部からの資料¹¹⁾を用い、市町別の災害協定に基づく災害派遣用の建設重機数を用いる。

d) 建設重機移動速度

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¹⁴⁾より混雑時旅行速度35.1km/hとする。

e) 建設重機の移動経路および初期配置地点

図-8(a)(b)に示すリンクでつながったノード間を移動する。ダイクストラ法を用いて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ようになっている。一般車両による渋滞は考慮しないものとする。建設重機が初期配置されるノードの番号と、保有する建設重機の台数の関係を表-3に示す。

f) 建設重機のがれき処理能力

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¹³⁾をもとに設定した。表-6に示す処理能力に従い、震災発生時の活動を想定するために劣悪な作業環境が予想され、作業の種類はルーズな状態の積み込み、バックホウの規格に関しては、市町保有の個々のバックホウ規格に関する詳細な調査する事が困難であるために全ての規格及び土質条件での作業量の平均の値を用いる事とする。重機の作業時間は1時間あたりの作業量を算出し、24時間態勢での作業とする。本報告では土木工事標準積算書¹³⁾をもとに処理能力を設定したが、この数値は土砂を対象としての処理能力である。実際には、混合廃棄物である災害がれき処理においてはグラブで処理するのが一般的であると考えられることから、災害がれき処理能力については東日本大震災での実例を踏まえて、今後の課題とする。

(4) がれき分布及びがれき処理効率の想定

輸送路の属性と仕事量の変化の影響を詳細に知るため、以下の場合を想定する。

1) 県道処理効率低下モデル

実際の道路啓開作業において、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。幅の狭い県市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し検討する。

2) 台数制限モデル

皆川らの研究のシミュレーションでは建設重機エージェントは最短経路でがれき処理が未達成の目的地へ向かい、建設重機の台数に制限は設けずがれき処理を行うものとしている。しかし、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。この状況を考慮し図-9に示すように各ノードで作業を行うことができる建設重機の台数を制限し、一定数の建設重機が作業をしている場合はその他の重機は他の地点を目指すように行動ルールを変更した。これによって得られるがれき処理日数を比較し考察する。

3) 幅員依存処理効率低下モデル

市道、県道及び国道で単位長さ当たりに堆積するがれき量すなわちがれき密度を ρ_1 (m²)、 ρ_2 (m²) 及び ρ_3 (m²) とする。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。そこで、 $\rho_2 = \beta_2 \rho_1$ 、 $\rho_3 = \beta_3 \rho_1$ ($0 < \beta_2, \beta_3 < 1$) として、市道、国道及び県道がれき密度を求める。市道の長さを L_k 、県道の長さを L_j 、国道の長さを L_i とすると、市道、県道及び国道に堆積する総がれき量 V_t (m³) は以下の式で求められる。

$$V_t = \rho_1 \sum_k L_k + \beta_2 \rho_1 \sum_j L_j + \beta_3 \rho_1 \sum_i L_i \quad (1)$$

したがって、以下の式により各道路のがれき密度が求められる。

$$\rho_1 = \frac{V_t}{\sum L_k + \beta_2 \sum L_j + \beta_3 \sum L_i} \quad (2)$$

$$\rho_2 = \beta_2 \rho_1 \quad (3)$$

$$\rho_3 = \beta_3 \rho_1 \quad (4)$$

これにより、国道、県道及び市道に堆積する総がれき量が算出できる。これによって求められたがれき量を国道、県道及び市道を構成するそれぞれのリンクに割り振り、その半分のがれき量をリンクを構成するノードに集積することで、リンク上にがれきを配置するものとする。まず、市道を考慮せず図-8(a)のネットワークを用いて国道と県道のみを対象にがれきを配置する。その際、 $\sum L_k = 0$ とし、 $\bar{\beta} = \beta_3 / \beta_2$ と設定して計算を行う。それにより求められた、各ノードに集積されるがれき量を表-7に示す。

次に市道を含め図-8(b)のネットワークを用いて国道、県道、及び市道を対象にがれきを配置する。その際、国道は県道、市道に比べ幅員が広いため $\beta_3 = 0$ とし、がれきは堆積しないものと仮定する。その結果各ノードに推定されるがれき量を表-8に示す。国道へのがれきの堆積はないものとするが、ネットワークとしての利用はこれまでのシミュレーション同様に利用可能である。なお本シナリオでは各ノードでの作業台数を5台以下とした。

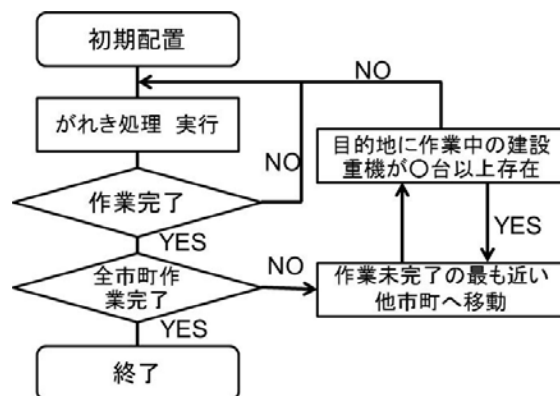


図-9 目的地で作業を行う重機数を制限した行動ルール

表-7 国道, 県道の各ノードでのがれき発生量

Table with 12 columns: nodeID, 名称, and 11 numerical columns representing estimated waste generation volume (万m³/10000) for various nodes. The first row of numerical data lists values 1, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1, 0.

表-8 県道, 市道の各ノードでのがれき発生量

Table with 12 columns: nodeID, 名称, and 11 numerical columns representing estimated waste generation volume (万m³/10000). It includes data for national roads (国道) and prefectural roads (県道).

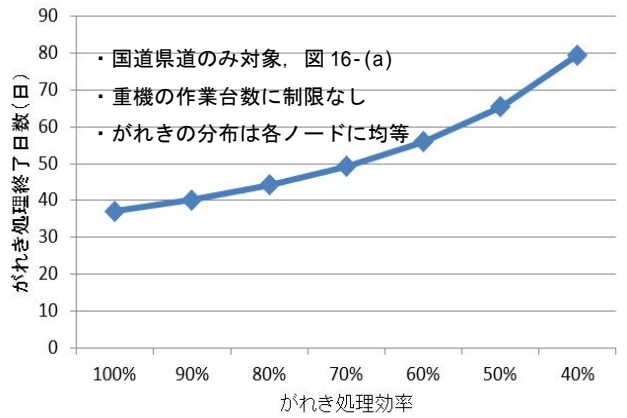


図-10 がれき処理効率の低下によるがれき処理終了日数の変化

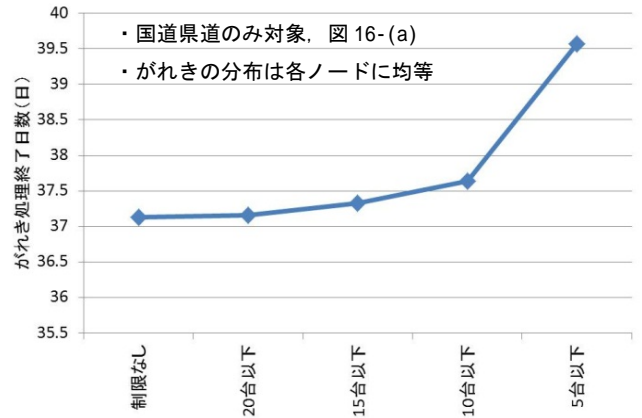


図-11 (a) 重機台数制限によるがれき処理終了日数の変化

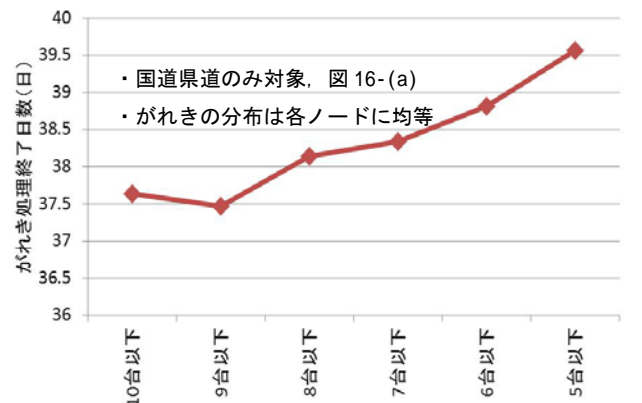


図-11 (b) 台数制限を10台以下によるがれき処理終了日数の変化

4. 結果及び考察

1) 県道処理効率低下モデル

がれき処理効率の低下によるがれき処理最大日数の変化を図-10に示す。(国道、県道のみを対象とし図-8(a)を利用、作業重機の台数に制限なし、がれきの分布は各ノードに一定) 県道でのがれき処理の際一定の割合でがれき処理効率を低下させているため、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。実際の状況ではこのように一定の割合でがれき処理効率が低下することはないが、国道に比べ、県市道などの幅員の狭い道路の方が、がれきが堆積しやすいということは事実であり、がれき処理に時間を要すると考えられる。

2) 台数制限モデル

がれき処理を行う建設重機の台数制限を20台から5台へと変化させた時のがれき処理終了日数を図-11(a)に示す。(国道、県道のみを対象とし図-8(a)を利用、がれきの分布は各ノードに一定) 台数制限を厳しくするほど、がれき処理日数も増加していることがわかる。がれき処理を10台から20台の建設重機で行う場合はがれき処理日数の増加はわずかであり、十分な作業が行えるといえる。10台以下となると図-11(b) (国道、県道のみを対象とし図-8(a)を利用、がれきの分布は各ノードに一定) に示すように急激にがれき処理効率が低下し、8台以下となったとき、特にがれき処理終了日数の増加を大きくした。

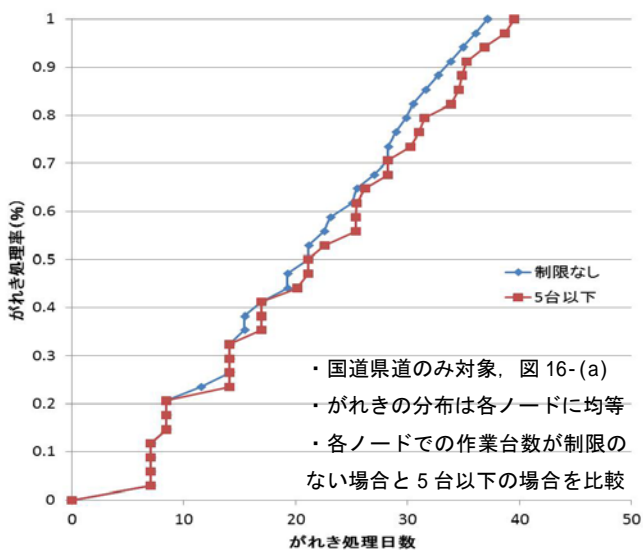


図-12 がれき処理の完了率の推移

次のがれき処理の完了率の推移を図-12に示す。がれき処理を行う建設重機の台数の制限を大きくすると一度に広範囲でがれき処理を行うことができるが、がれき処理効率が低下し、最終的な処理日数が増加する傾向がある。

3) 幅員依存処理効率低下モデル

$\bar{\beta}$ 及び β_2 の割合変化によるがれき処理最大日数の関係を図-13に示す。市道を無視し、国道と県道を対象とした場合(図-8(a)を利用)では $\bar{\beta}$ が増大するにつれてがれき処理終了日数が減少する傾向が見られたが、全体的にみると大きな変化はなかった。これは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が極めて小さかったためであると考えられる。

次に国道、県道及び市道を対象とした場合(図-8(b)を利用)について考察する。この時、国道の総距離は県道、市道の総距離に比べ非常に小さいためネットワーク上の利用は可能とするが、がれきは堆積しないものと仮定する。前者の結果に比べがれき処理終了日数が増加している。これは県道の総距離と市道の総距離が同程度の長さであり、それが影響していると考えられる。また、 β_2 が増加するにつれてがれき処理終了日数に減少傾向がみられ、最終的には市道を対象としなかった場合(図-13中赤線部)と同程度の日数となった。このことから市道に堆積するがれきが市全体のがれき処理日数に大きな影響を与えることが考えられる。

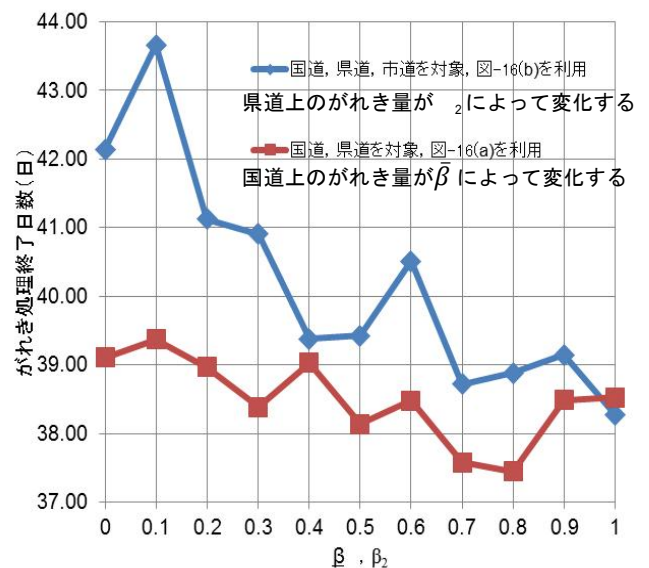


図-13 $\bar{\beta}$ 、 β_2 によるがれき処理最大日数の関係

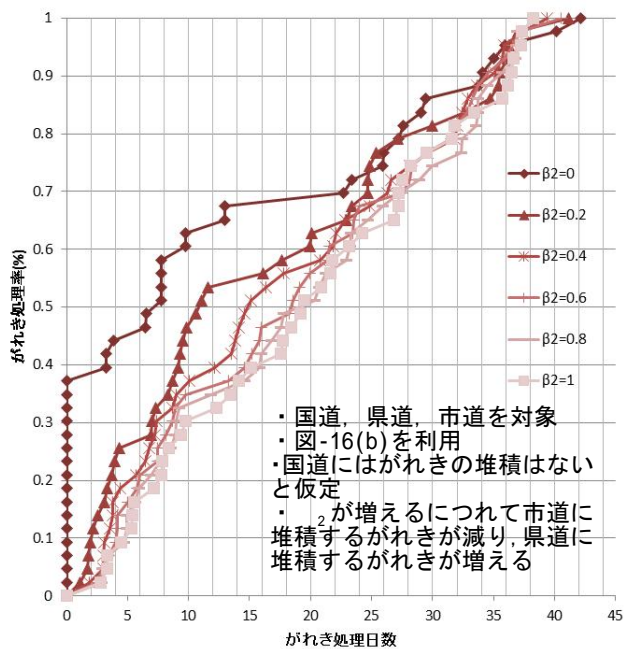


図-14(a) β_2 の変化によるがれき処理の完了率の推移

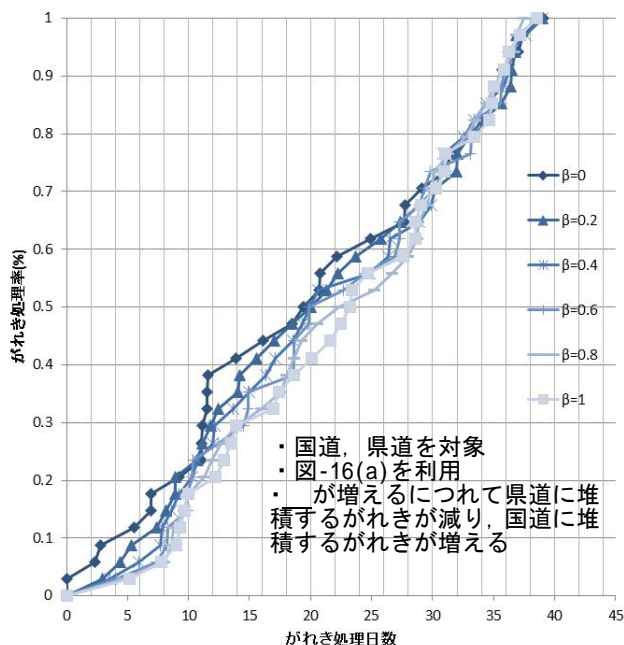


図-14(b) β の変化によるがれき処理の完了率の推移

次に β_2 , β それぞれの割合の変化によるがれき処理日数とがれき処理効率の関係を図-14(a)(b)に示す。どちらの図に関しても β_2 及び β の値が小さいほど初期から中期のがれき処理率が早い結果となった。これは国道、県道、市道を対象とした図-14(a)の場合においては市道にがれきが集中的に堆積し、国道、県道を対象

とした図-14(b)において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といえる。両図を見比べると市道を対象に含めた(図-14(a))の方ががれき処理効率に大きな影響を与えている。これは、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ためであると考えられる。終盤でのがれき処理率及びがれき処理終了日数においては市道を考慮した場合(図-14(a))の方が処理が遅くなり最終的な処理日数が大きくなる結果となった。 β_2 が低い値の場合は堆積するがれきが市道に集中する上に、各ノードで作業を行う重機数が5台以下と制限条件が同じことにより、最終的な処理日数が増加したと考えられる。

5. 結論

災害初期には、早期の人命救助や社会基盤の復旧作業に被災地の地元建設業者の貢献は重要であり、多くの建設重機が必要となる。しかし、不況や公共事業費の抑制の影響により、地元建設業者が保有する建設重機数は減少している。皆川らは、近年発生が予想される東海地震を対象に地域間連携が発災初期の道路啓開に与える効果を、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、皆川らの研究で利用していた経路点エージェントを用いたネットワーク構築を改善し、ノードエージェントとリンクを利用した新たな道路ネットワークを再構築した。これにより改善したモデルを利用し、より限られた空間の中でシミュレーションを行うことで本シミュレーションでは国道、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を調査し、対象地域は袋井市とした。その結果、すべてのシミュレーション結果が皆川らのがれき処理日数を上回ったが、大きな差はなく、シミュレーションの精度を再確認した。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大きな影響を与えることが示唆された。

今後の課題としては、対象地域の拡大化および連携化、最短経路の目的地のみでなく、仕事効率を考慮したシミュレーションの再現性の向上、東海地震に関する新たな被害想定への考慮が求められる。

謝辞：本研究を行うにあたり，終始熱心なご指導を頂いた皆川勝教授に感謝の意を表します。本当にありがとうございました。

[付録]

1. 東日本大震災での実例からの建設重機の仕事量算出

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の資料と付図-1に基づき重機のがれき処理能力を調査するため，遠野土木センターが処理したのがれきの体積を算出する。

ここでは道路の長さ，道路の幅員およびがれきの高さを掛け合わせることで道路上のがれき体積の値を求めた。遠野土木センターが啓開した道路の正確な長さは記載されていないことから地図上の距離計算が可能なフリーソフトを用いて計測した。国道，県道，市道の幅員は異なる。また，幅員は常に一定とも限らないため，付表-1に示す道路統計年報が発表した平均幅員を用いて計算する。今回の計算ではがれき高さを1mとしている。算出した仕事量を付表-2に示す。今回算出した仕事量は東日本大震災で行われた道路啓開に基づくもので貴重な資料である。

また，阪神淡路大震災でも，建物や電柱の倒壊により閉塞されて道路が通行不能となった例が多く発生している。道路幅員と通行可能性の調査によると，この両者には強い相関がある。幅4～8m以下の道路では車両が通行できなくなったものが約30%となったが，幅員12m以上の道路では，自動車の通行が不能になることはなかったことが示されている。道路幅員と通行可能性の関係を付図-2に示す。

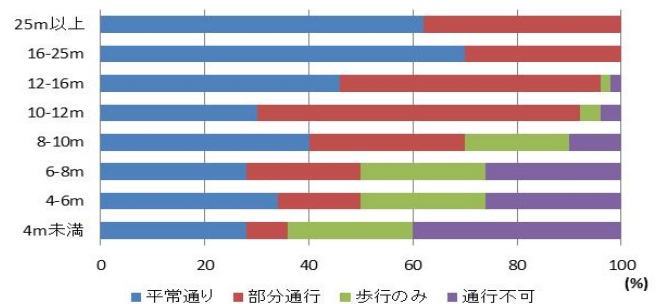


付図-1 遠野土木センターにおける啓開箇所

付表-1 道路の平均幅員

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
全体平均	5.9	4.2	1.7	13.3	100.0

付表-2 遠野土木センターからまとめた重機の処理能力



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

付図-2 道路幅員と通行可能性の関係¹⁶

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) 金子雄一郎・兵藤哲郎:東日本大震災による交通システムの機能障害の発生状況と復旧について,「緊急特集」東日本大震災,pp.83-85 2011.
- 3) 財務省:各論 3.公共事業,公共事業関連予算の推移, 2011.
- 4) 国土交通省:国土交通白書,図表 102, 2011.
- 5) 静岡県:第 3 次被害想定結果:地震対策資料 No182-201, 2001.
- 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) 静岡県庁交通基盤部:重機・オペレーター保有数の集計, 2011
- 12) 社団法人中部経済連合会:大震災に備えた震災がれき処理について～災害に強く,環境にやさしい中部圏を目指して～, pp5, 2008.
- 13) 国土交通省:土木工事標準積算書, 2011
- 14) 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.
- 15) 皆川勝・渡邊裕介・草柳満: 災害初期の啓開における地域間連携の有効性の検討, 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 塚口博司ほか: 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究, IATSS Review Vol.22, No.2(1996.9)
- 16) 国土交通省:東北地方整備局,道路部,くしの歯作戦について

Influence of Rubble Processing Efficiency in Elimination of Road Obstacles in Early Stages of a Disaster

Hiroaki HOSHI supervised by Masaru MINAGAWA

In early stages of a disaster, the contribution of local building constructors of a stricken area is important, and a number of construction heavy equipment is needed for elimination of road obstacles. However, the number of construction heavy equipment which local constructors hold is decreasing under the influence of long-term depression and decrease of expenditure for public works. Minagawa et.al. examined the effect of cooperation between local-governments for elimination of road obstacles in early stages of the disaster for expected Tokai earthquake by using a multi-agent simulator. In this study, the influence of the difference of the attribute of roads and corresponding change of the rubble processing efficiency in elimination of road obstacles was investigated. This research confirmed that the difference of rubble accumulation situation and rubble processing efficiency depending on each road width have significant impact on elimination of road obstacles.

