

平成 24 年度修士論文

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

都市工学専攻

学籍番号 1181706

氏名 草柳 満

目次

第 1 章 諸言	P3
1 背景	
第 2 章 既往の研究	P7
2-1 既往の研究	
2-2 本研究の目的	
第 3 章 シミュレーション概要	P11
3-1 シミュレーションに用いる諸要素について	
3-2 静岡県の道路ネットワークについて	
3-3 想定シナリオについて	
第 4 章 輸送路被災を考慮したシミュレーション結果及び考察	P19
4-1 輸送路被災を考慮したシミュレーション結果及び考察	
第 5 章 輸送路の属性及びがれき処理効率の変化を考慮したシミュレーション	P61
5-1 皆川らによるシミュレーションモデルの改善	
5-2 想定するモデル	
5-3 袋井市のみを細分化したモデルの諸要素について	
5-4 袋井市のみを細分化したモデルのシミュレーション結果及び考察	
5-5 袋井市のみを対象としたシミュレーションモデルの諸要素について	
5-6 袋井市内のみを対象としたシミュレーションの行動シナリオについて	
5-7 袋井市のみを対象としたシミュレーションの結果及び考察	
参考文献	P63
謝辞	P65
付録 シミュレーションコード	P67

第 1 章

諸言

1. 背景

我が国では、これまでに地震・台風・洪水等により多くの災害を経験してきたことから、地方自治体ではそれらの災害に適切に対応するために、地元の建設業者と適宜災害協定を結んでおり、それは、災害発生時の迅速な対応、復旧を行う上で重要な役割を果たしてきた¹⁾。一方、談合からの決別と総合評価落札方式などの新しい制度の導入により競争は激化しており、図-1-1 に示す過去 11 年間の公共事業費の推移に見られる急激な公共事業費抑制抑向などが影響して、地元建設業者は急激に弱体化している。図-1-2 には、我が国の建設事業所が保有する建設重機数の推移を示す。この結果から、地方の建設業者の建設重機の保有台数もまた減少していると見れる。このような状況のなかで、地域防災力の向上が求められる。

2011 年 3 月に起きた東日本大震災では、東北地方整備局と地元建設業者が連携をして行った「くしの歯作戦」により、東北内陸部の国道 4 号から、沿岸部の国道 45 号へ向かう国道（迂回路を含む）で設定した 16 のルートのうち、原子力発電所の事故の影響で作業が出来なくなった国道を除く 15 ルートが通行可能になった。「くしの歯作戦」での啓開作業が早期の輸送路確保を成功させた要因として、広域的に甚大な被害が発生し、被害状況の把握が困難な状況の中で、救援ルートを 16 本に集約に集約し、優先的に取り組むルートを明確化したことが挙げられる。これにより、発災後数日間の道路啓開作業において地元建設業者の協力、啓開作業を行う輸送路の選定、及び建設重機を効率的に派遣するための行動計画は重要であると考えられる。

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-1-3 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。

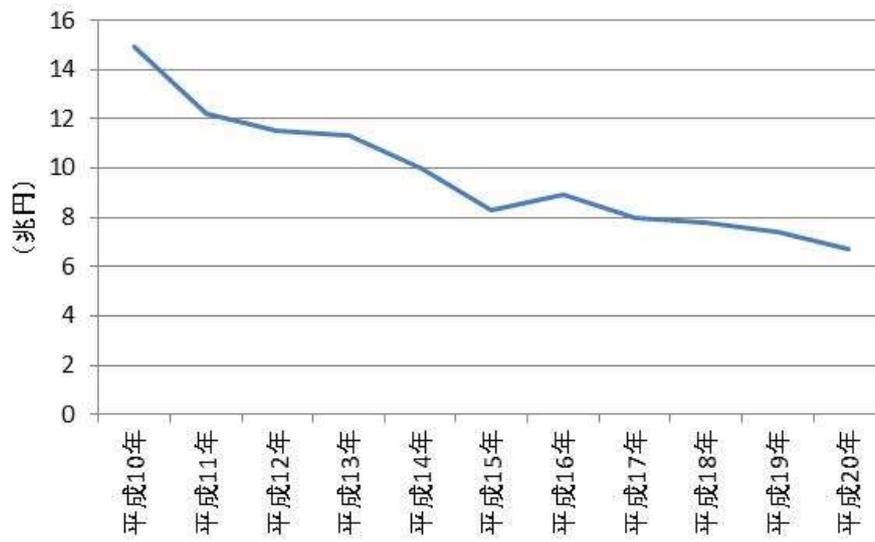


図-1-1 公共事業関連予算の推移³⁾

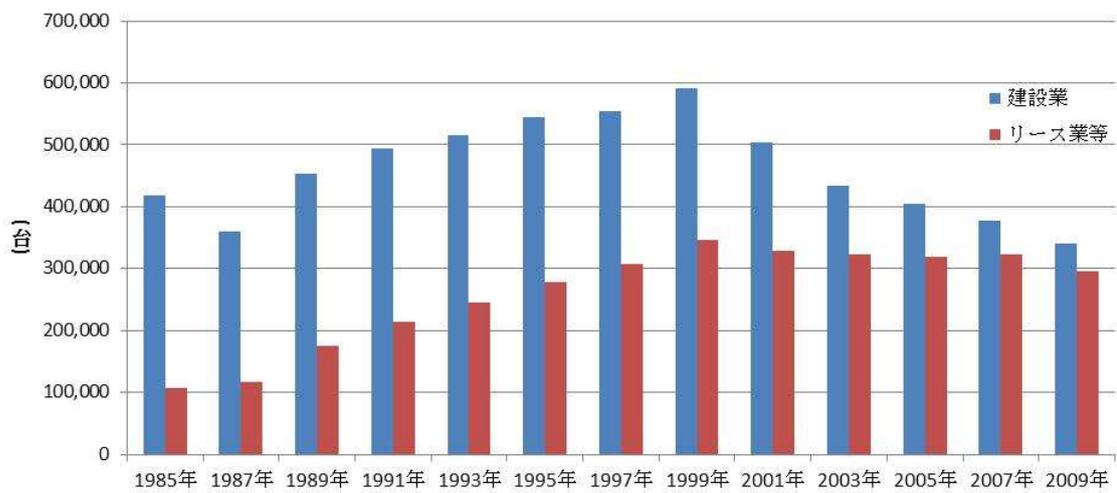


図-1-2 建設重機保有数の推移⁴⁾

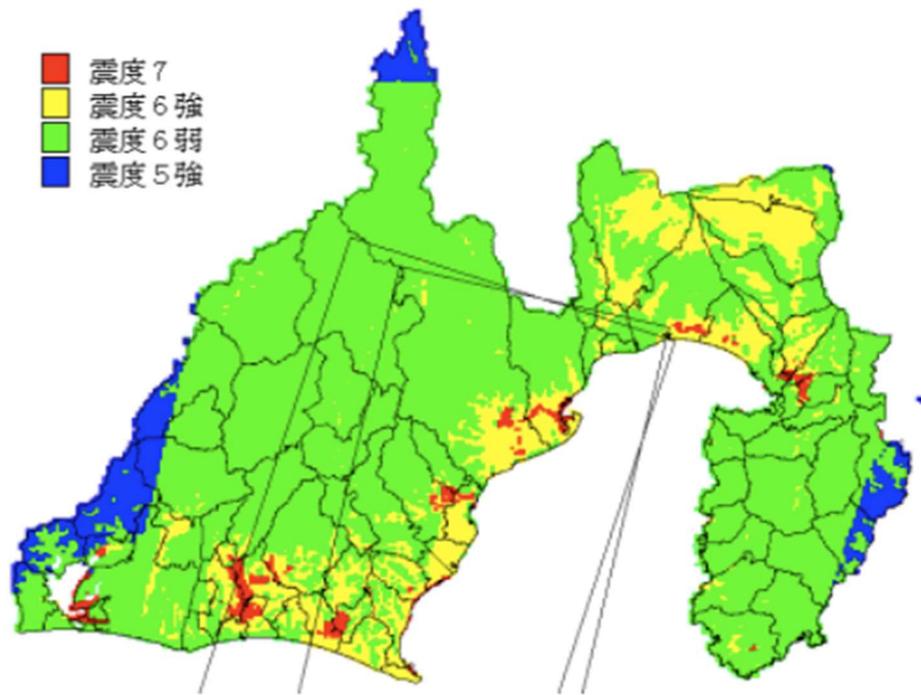


図-1-3 東海地震震度分布 5)

第 2 章

既往の研究

2-1. 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。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律的に作動する個々の主体が存在し、それらの相互依存作用により全体挙動を表すシステムである。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災害に関する研究が数多く行われている。このように、被災者の避難行動を扱った研究が多いが、その他にも被災時の車両の運行を扱った研究もある。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-2-1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-2-1 建設重機台数による地域防災力の試算結果

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⁾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。第3次被害想定⁵⁾より静岡県内の各市町村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、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測定した。想定するシナリオを以下に示す。

- 1) 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場合（全域連携）
- 2) 静岡県を西部，中部，東部，伊豆の4地域に分割し，その域内のみで建設業者が連携してがれき処理を行う場合（地域連携）
- 3) 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）
- 4) 各市町内で建設業者ががれき処理を行う場合(単独)

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。全域連携シナリオと単独シナリオの結果を図-2-1に示す。

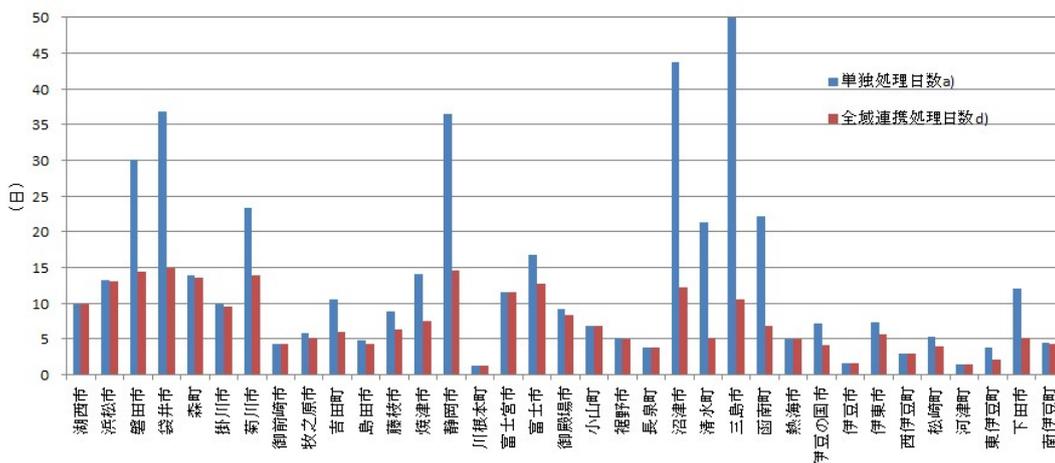


図-2-1 全域連携処理日数と単独処理日数の比較

2-2. 本研究の目的

皆川ら¹⁵⁾の研究では、分断地域内連携モデルとして富士川付近の緊急輸送路の被災を考慮したがそれ以外の緊急輸送路の被災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、実際には緊急輸送路の被災の可能性もあり、発災後数日間は機能することができない輸送路の発生もあり得る。そこで、本報告では、第3次被害想定（以下、被害想定）で示されている緊急輸送路被災の影響度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、輸送路被災の影響が静岡県内のがれき撤去作業及び道路啓開作業に及ぼす影響を把握する。

また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変化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新たに作成し、その影響を検討する。

第3章

輸送路被災を想定したシミュレーションの概要

3-1. シミュレーションに用いる諸要素について

本報告で用いるシミュレーションの諸要素については、皆川らの研究でのシミュレーションと同様のモデルを利用し、静岡県内の道路ネットワークの輸送路被害を考慮したシミュレーションを行った。

a) 市町別建設重機数

静岡県内の建設重機数に関しては、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。表-3-1 に同部より提供された重機・オペレーター保有数の集計結果¹⁾を示す。シミュレーションに用いる重機は汎用性があり、重機のシェアの大半を占めているバックホウとしている。静岡県内市町別バックホウ保有台数の分布を図-3-1 に示す。

表-3-1 静岡県内市町別バックホウ保有台数¹⁾

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

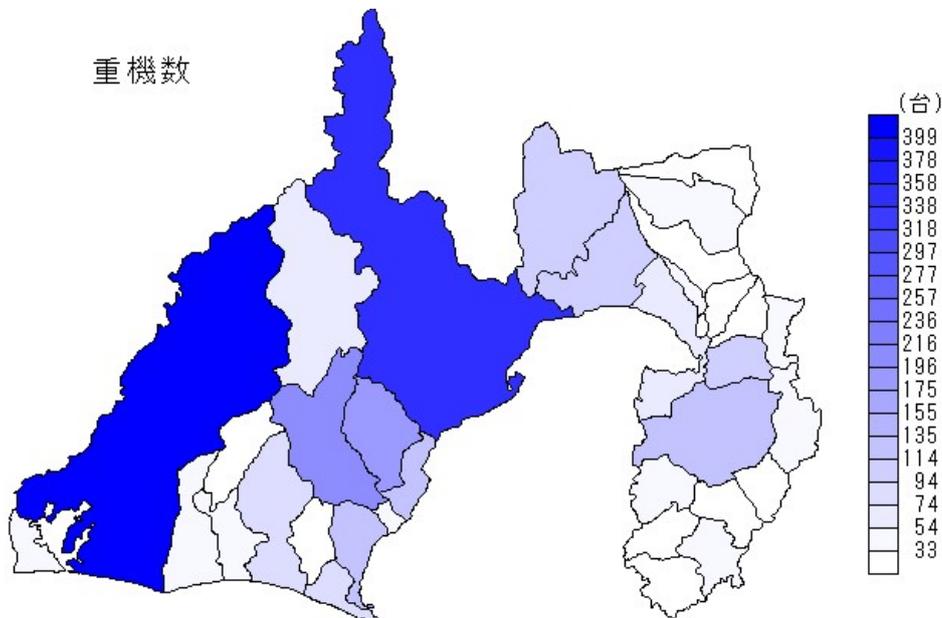


図-3-1 静岡県内市町村別バックホウ保有台数の分布

b) 市町別がれき推定発生量

静岡県が発表した第3次被害想定⁵⁾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-3-2に示すように割り振った。図-3-2に静岡県市町別がれき推定発生量の分布を示す。

表-3-2 市町別推定がれき発生量¹²⁾

市町名	がれき発生量(万㎡)	市町名	がれき発生量(万㎡)	市町名	がれき発生量(万㎡)	市町名	がれき発生量(万㎡)
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

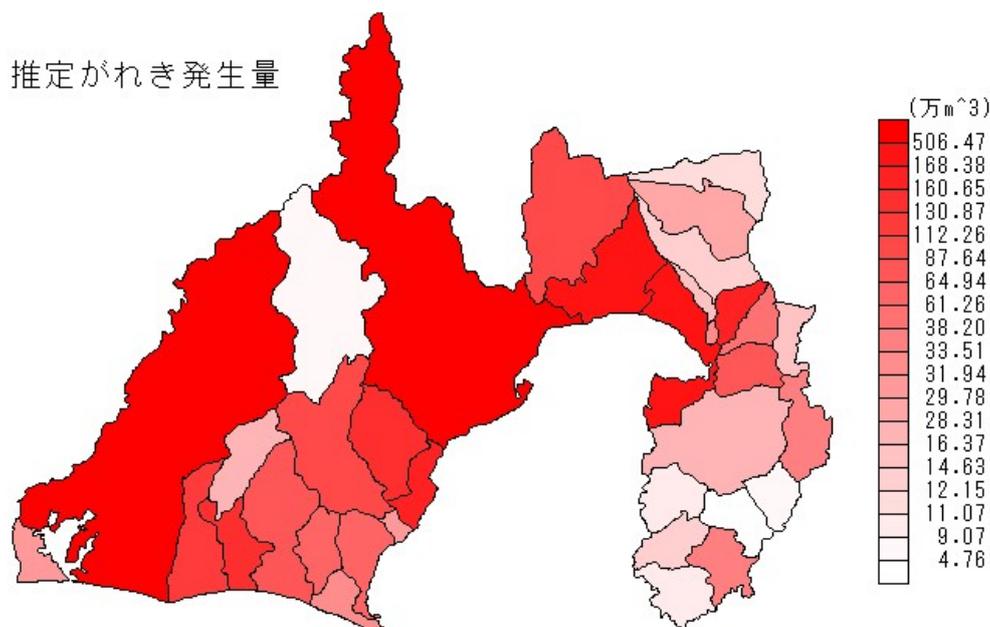


図-3-2 静岡県市町別がれき推定発生量の分布

c) 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-3-3 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ップル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。

表-3-3 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
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）	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	300	190
		クローラ型山積0.8m ³ （平積0.6m）	岩塊・玉石	m ³	230	140
		排出ガス対策型（第1次基準値）	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	500	320
		クローラ型山積1.4m ³ （平積1.0m）	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）	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	310	
		クローラ型山積0.8m ³ （平積0.6m）	岩塊・玉石	m ³	260	
		排出ガス対策型（第1次基準値）	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	520	
		クローラ型山積1.4m ³ （平積1.0m）	岩塊・玉石	m ³	440	
		排出ガス対策型（第1次基準値）	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	160	
クローラ型山積0.45m ³ （平積0.35）	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）	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	220	180
		クローラ型山積0.8m ³ （平積0.6m）	岩塊・玉石	m ³	160	130
		排出ガス対策型（第1次基準値）	砂・砂質土・レキ質土・粘性土	m ³	150	100
		クローラ型山積0.45m ³ （平積0.35）	岩塊・玉石	m ³	110	70

d) 建設重機の初期配置およびがれき発生地点

本研究では広域での市町間の連携を重視している。そのために市町内でのミクロな動きは無視し、市町内での建設重機の初期配置地点およびがれき発生地点は各市町の役所とする。

e) 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。

f) エージェントの行動ルール

建設重機を表すエージェントを用意する。建設重機エージェントは図-3-3 に示すフローチャートに従い行動する。建設重機エージェントは、初期配置された市町内でのがれき処理作業を行う。作業完了後、現在地点から目的地に向かって、対象とする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する。経路点エージェントはダイクストラ法を用いて自分の位置から目的地までの最小距離を常に計算し、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を持つ（目的地に最も近道となる）経路点を順に辿って移動する。目的地に到着するとがれき処理作業を行う。全ての市町で作業が完了するまでこの移動と作業を繰り返す。

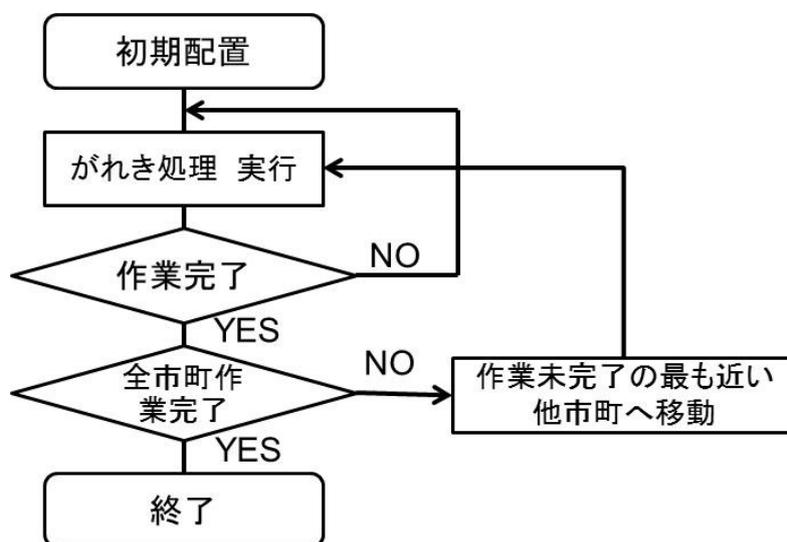


図-3-3 通常エージェントの行動ルール

3-2. 静岡県の道路ネットワークについて

第3次被害想定において、震災時に利用される緊急輸送路は指定されており、それぞれの道路で影響度により、震災時の状況が予測されている。影響度とは、指定された緊急輸送路を区間で区切り、それぞれの区間で、支障要因（地盤変異、液状化、山崖崩れ、跨道橋・沿道の建物・工作物被害、津波被害）ごとに支障影響度の大きさと支障期間の長さを考慮して設定されている。影響度のランク分けを以下に示す。

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、

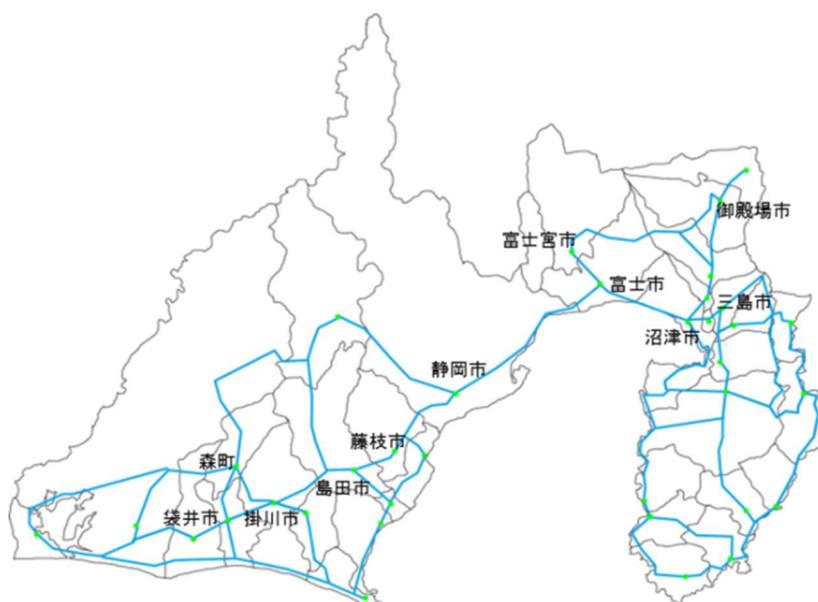
C：被害が発生する可能性がほとんどない区間，

緊急輸送路の影響度を表したネットワークを図-3-4に示す。

輸送路については，震災時に通行可能な第3次被害想定で指定された緊急輸送路のデータを用いて，道路網を作成した．実際にはシミュレーションの負荷軽減のため，簡略化し使用する．道路ネットワークを図-3-5に示す。



図-3-4 静岡県内の影響度を示したネットワーク図



また、本報告では皆川らの報告で述べられている以下のシナリオも加えて結果を比較、考察する。

- ・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場合（全域連携）
 - ・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）
- なお、図-3-7のように静岡県内の市町を、西部、中部、東部の4地域に分けた。

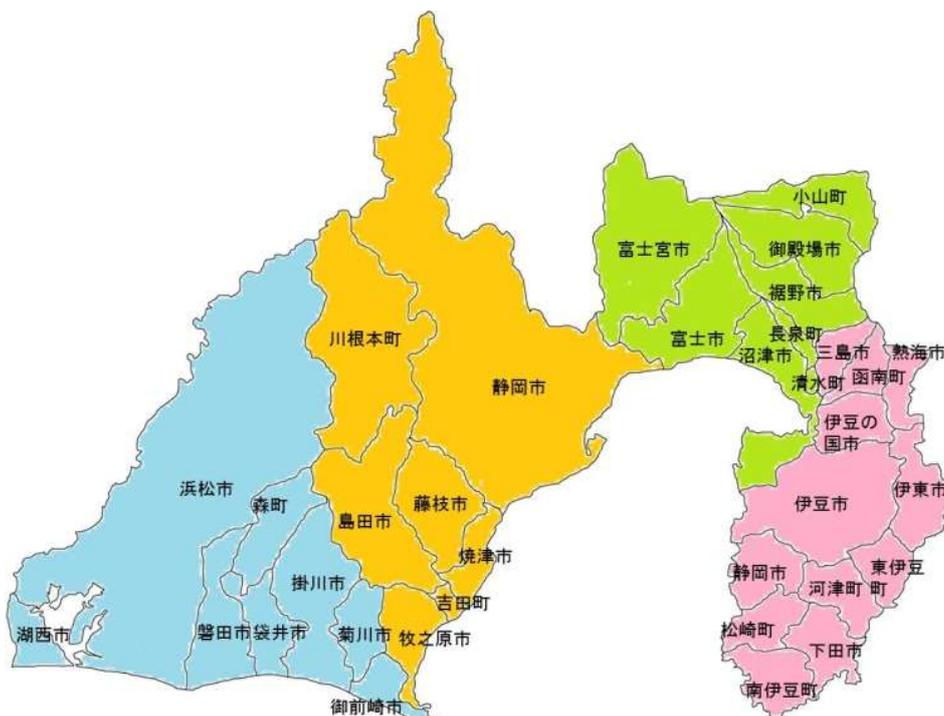


図-3-7 静岡県内の市町の分布

第4章

輸送路被災を考慮した シミュレーション結果及び考察

4-1. 輸送路被災を考慮したシミュレーション結果及び考察

すべてのシナリオでの静岡県内の各市町毎のがれき処理日数を図-4-1に示す。

分断地域内連携処理日数と、全域連携処理日数を比較すると、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。一方、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。緊急輸送路の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を比較すると、どの地域においてもわずかな変化しか確認できず、結果の差はないといえる。このことから、富士川付近の断層による被害により東西の分断を阻止することが県内のがれき処理において重要であると考えられる。その他の緊急輸送路が被災も想定されているが、迂回路を利用することにより、被害の抑制が可能であると予想できる。

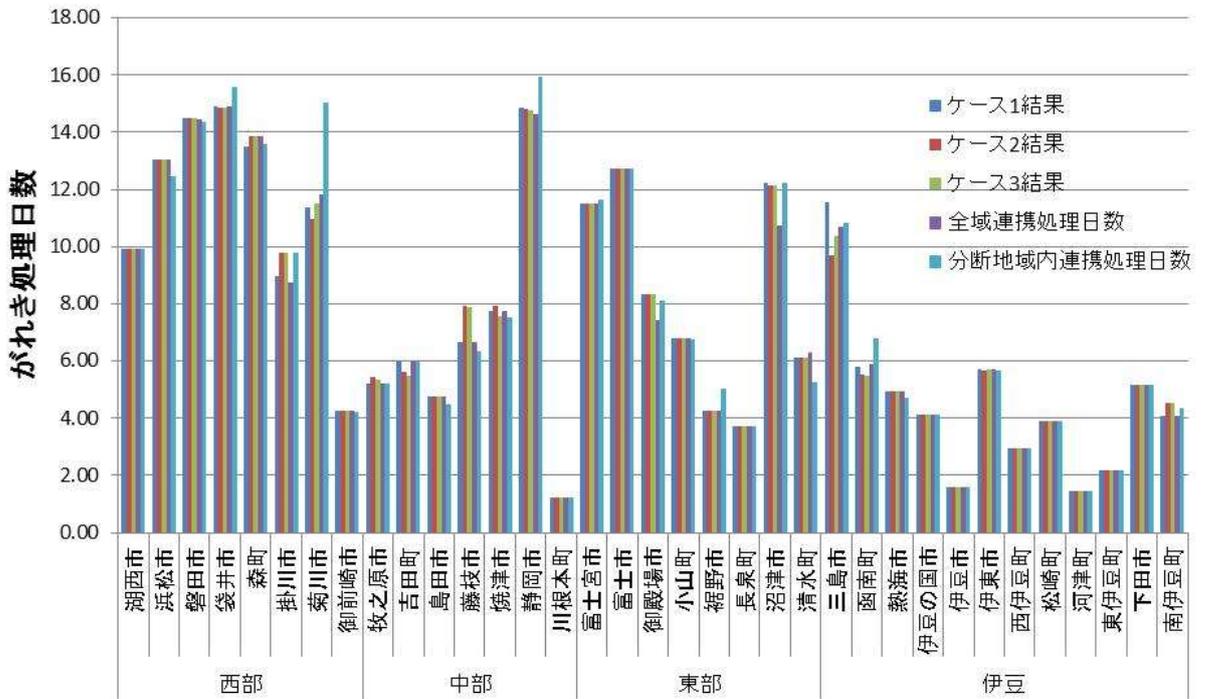


図-4-1 全シナリオでののがれき処理日数の比較

次に静岡県を西部，中部，東部，椅子の4地域に分けそれぞれの最大日数に着目して結果を考察する。静岡県内各地域での最大がれき処理日数を図-4-2に示す。分断地域内連携処理日数をその他の処理日数と比較すると，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が，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結果となっている。輸送路被災ケース1に関しては東部，伊豆でがれき処理を終えた重機が移動する際に富士市付近で迂回を強いられるため，その他の結果よりも若干であるが処理日数を要する結果となった。ケース3に関しては，西部，中部の中心部を通る国道1線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結果となった。このことから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。

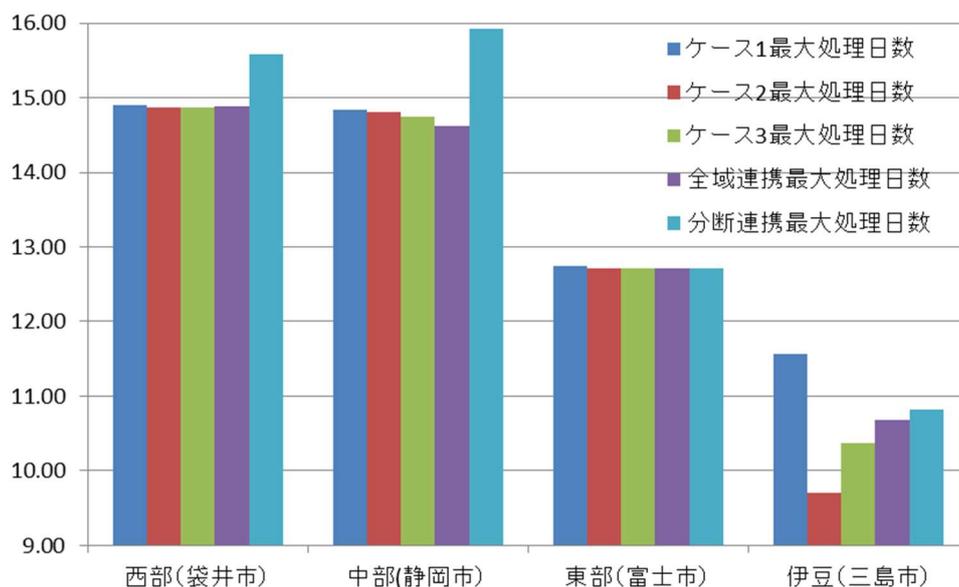
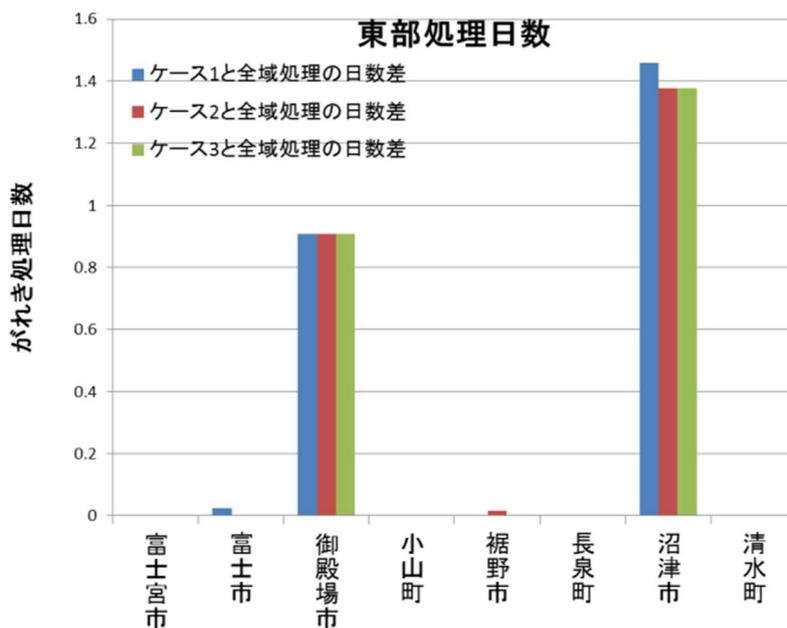
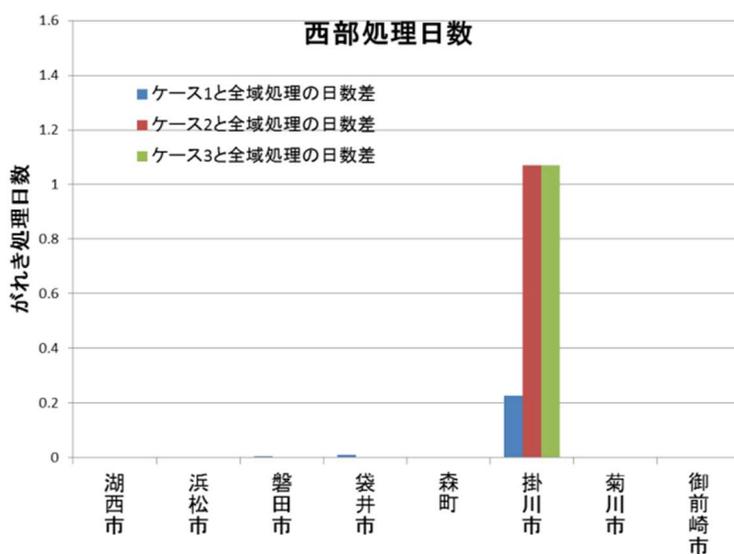


図-4-2 静岡県内地域別最大がれき処理日数

次に、静岡県内の各市町での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比較して考察を行う。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増加日数を図-4-3 に示した。ケース 1 では東部、三島市に影響を与える結果となった。沼津市、三島市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ためであると考えられる。ケース 2、ケース 3 には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 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。



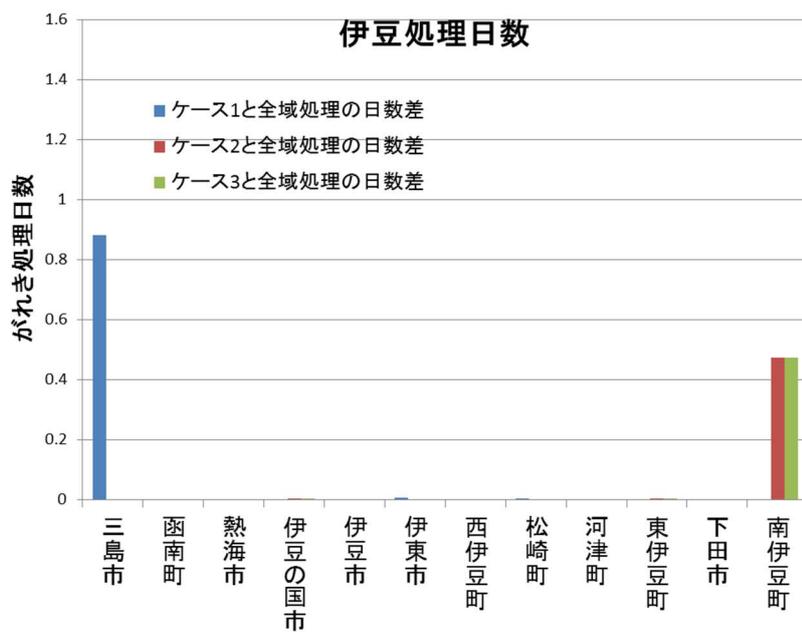
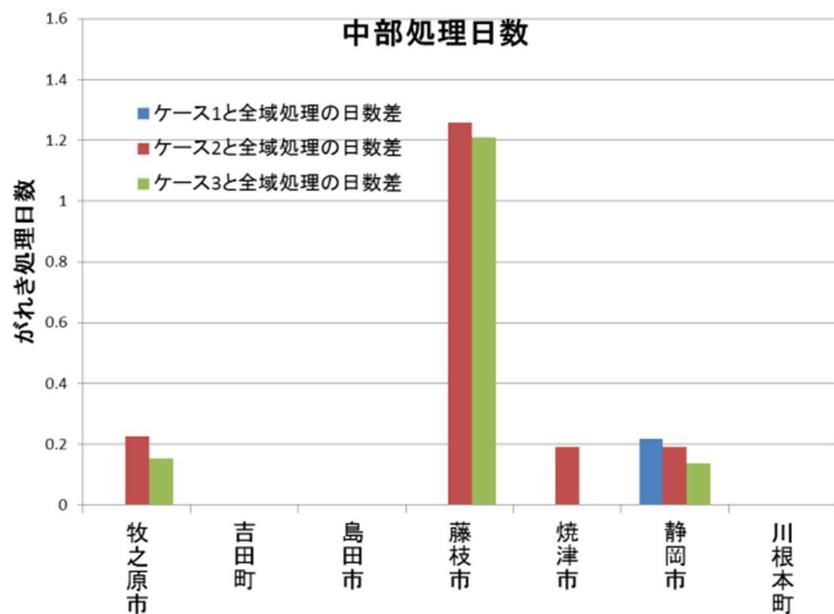


図-4-3 全域連携を基準にしたがれき処理増加日数

第 5 章

輸送路の属性及びがれき処理効率の変化を 考慮したシミュレーションの概要

のシミュレーション結果では、14.88日とほぼ同じ値となった。

5-2. 想定するモデル

本シミュレーションでは国道、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調査するため，より地域を限定してシミュレーションを行う。これまでの結果により静岡県全域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は袋井市である。そのため，対象地域を袋井市のみでクローズアップしたモデルを作成し，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観察し結果を考察する。作成するモデルとしては，

- ・静岡県全体のネットワークの中で袋井市周辺のネットワークのみを細分化し，静岡県内のすべての重機を利用してがれき処理を行うモデル
- ・袋井市内の道路ネットワークだけに着目し，前者よりさらにネットワークを細分化したモデル

これらの2種類のモデルを作成し，それぞれのシナリオで結果を考察していく。

5-3. 袋井市のみを細分化したモデルの諸要素について

5-1で作成した静岡県全体のネットワークの中にノードを追加することにより袋井市内のネットワークのみを細分化した。それによって完成した静岡県のネットワークを図-5-2に示す。シミュレーションの諸要素については市町別建設重機数，建設重機のがれき処理能力，建設重機の初期配置及びがれき発生地点，建設重機の移動速度，建設重機エージェントの行動ルールはこれまでのモデルと同様のものとなっている。袋井市内の推定がれき発生量に関しては，これまでに利用していた数値を追加したノードに均等に割り振った。その他の市町別のがれき推定発生量はこれまでと同様となっている。

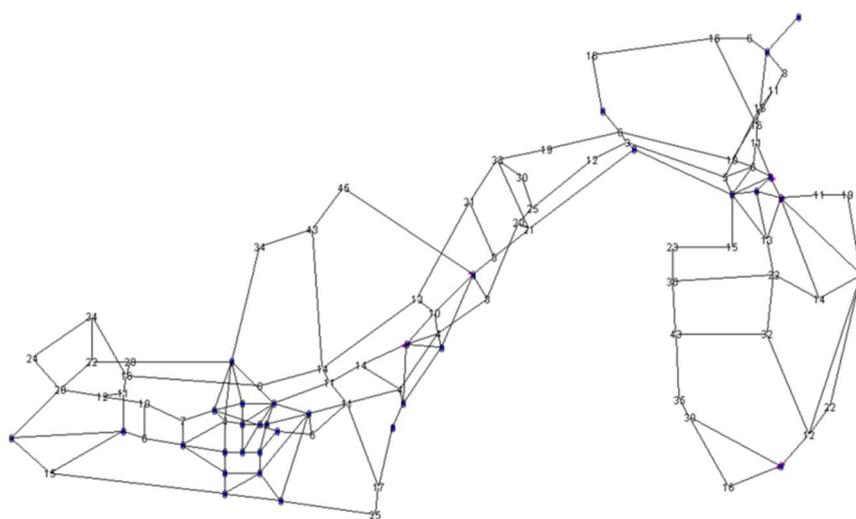


図-5-2 袋井市の経路を細分化したネットワーク図

5-4. 袋井市のみを細分化したモデルのシミュレーション結果及び考察

本報告で作成した全域連携モデルと袋井市経路追加モデルでのがれき処理日数を比較した。西部の菊川市のがれき処理日数が全域連携モデルでは 13.25 日であったのに対し、袋井市経路追加モデルでは 14.77 日と若干の増加が見られたが、がれき処理最大処理日数を記録する袋井市の処理日数がほぼ同じ値となり、その他の地域でも変化は見られなかった。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であると考えられ、よりシミュレーションエリアを限定し、モデル化を行うことが必要であると考えられる。

5-5. 袋井市内のみを対象としたシミュレーションのモデルの諸要素について

袋井市内の道路ネットワークを示した図を図-5-3 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、図-5-3 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。図-5-3 を基に市内の道路ネットワークをリンクとノードで表現した図を図-5-4 に示す。ノード番号と道路名称の関係を表-5-1 に示す。

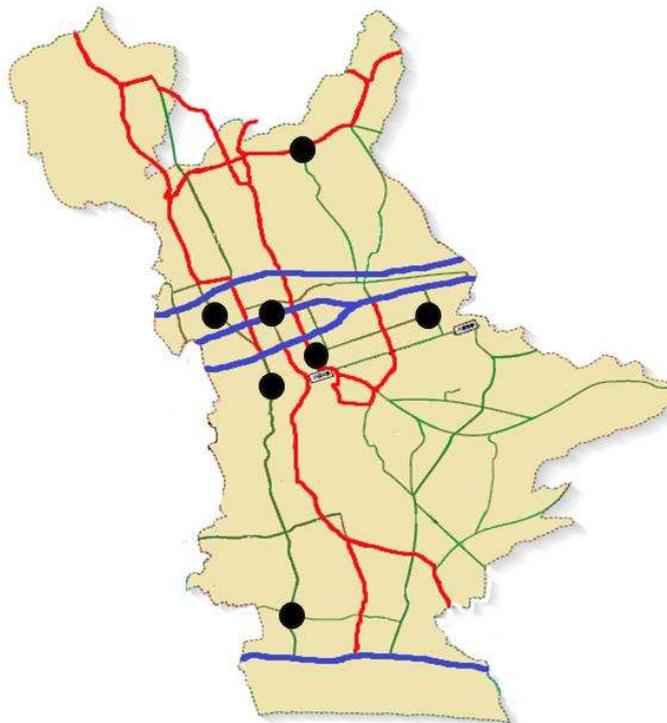


図-5-3 袋井市内の道路ネットワーク図

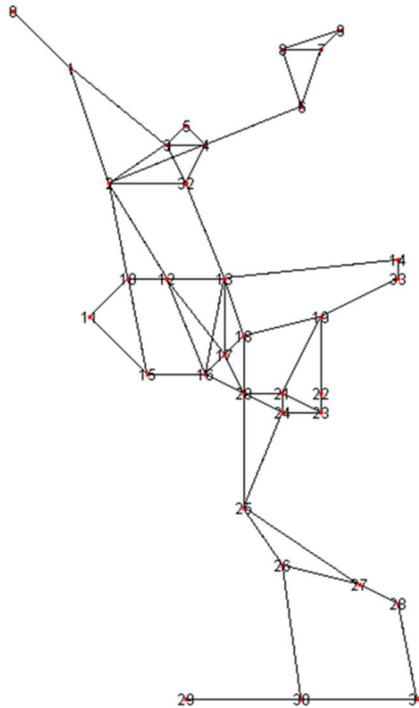


図-5-4 袋井市内の道路ネットワーク

表-5-1 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
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

推定がれき発生量は、これまで用いてきた値と同様に 130.87(万 m³)とする。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。市内の重機数に関してもこれまでのシミュレーション同様に 39 台とする。これを建設重機の初期配置地点とする。また、各企業の資本金規模に応じて重機を分配し、保有するものとする。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-5-2 に示す。建設重機の移動速度、がれき処理能力、行動ルールについてはこれまでのシミュレーションと同様とする。

表-5-2 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

5-6. 袋井市内のみを対象としたシミュレーションの行動シナリオについて

輸送路の属性と仕事量の変化の影響を詳細に知るため、以下のシナリオを想定する。

1) 幅員が狭い道路で瓦礫処理を行う際、一定の割合でがれき処理効率を下げる場合

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。本シナリオでは県市道のがれき処理を行う際、建設重機のがれき処理効率を国道の10割から4割の間で変化させ、それぞれのがれき処理量でのがれき処理日数を比較して結果を考察する。

2) 各ノードでがれき処理を行う建設重機の台数を制限する場合

皆川らの研究及び本研究で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ようになっていた。しかし、実際の道路啓開作業では、そのようなことはありえない。むしろ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。その状況を考慮し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図-5-5のような行動ルールに変更した。これによって導かれたがれき処理日数を比較し考察する。

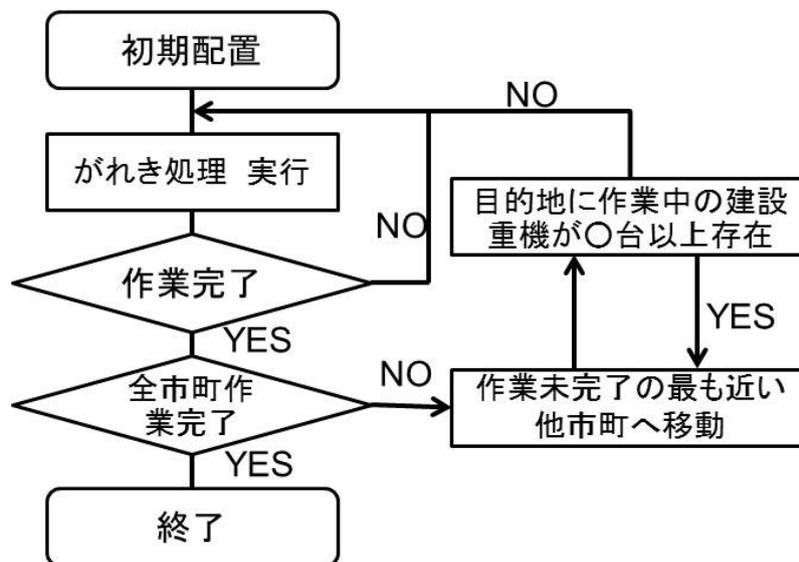


図-5-5 目的地で作業を行う重機数を考慮した行動ルール

3)各ノードに配置するがれき量を幅員の大きさによって変化させた場合

国道で単位 m 当たりに堆積するがれき量 ρ_1 , 県市道で単位 m 当たりに堆積するがれき量 ρ_2 を求める。県道に堆積するがれきの断面積を $\rho_2 \text{ m}^2$ (幅 1m×高さ 1m) とする。国道に堆積するがれきの断面積は県道の幅員を $\rho_1 = \beta\rho_2$ ($0 \leq \beta \leq 1$) の割合で変化させると $\rho_1 = \beta\rho_2 \text{ m}^2$ となる。県道の長さを L_j , 国道の長さを L_i とすると, 県道と国道に堆積する総がれき量 V_t (m^3) は以下の式で求められる。

$$V_t = \rho_2 \sum_j L_j + \beta \rho_2 \sum_i L_i$$

これまでのシミュレーションで設定されていた袋井市内の推定がれき発生量 130.87(万 m^3) を真の値として V_t とすると国道で単位 m 当たりに堆積するがれき量 ρ_1 , 県市道で単位 m 当たりに堆積するがれき量 ρ_2 はそれぞれ,

$$\rho_2 = \frac{V_t}{\sum L_j + \beta \sum L_i}$$

$$\rho_1 = \beta \rho_2$$

となる。これにより, 国道, 県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, 県市道を示す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, リンク上にながれきが堆積するものとする。 β の割合それぞれでのノードに集積されるがれき量を表-7に示す。建設重機の行動ルールについてはシナリオ 2)と同様に, がれき処理を行う台数に制限をつけシミュレーションを行う。

5-7. 袋井市内のみを対象としたシミュレーションの結果及び考察

1) 幅員が狭い道路でがれき処理を行う際、一定の割合でがれき処理効率を下げる場合

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-5-6に示す。県市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。

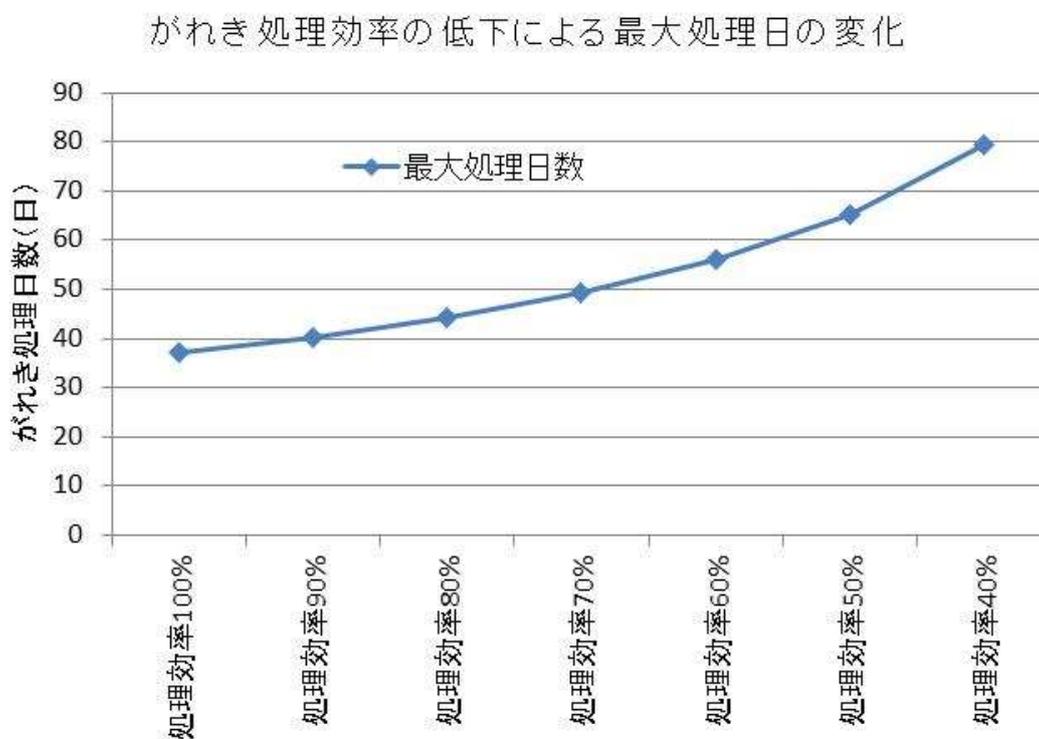


図-5-6 がれき処理効率の低下によるがれき処理最大日数の変化

2)各ノードでがれき処理を行う建設重機の台数を制限する場合

がれき処理を行う建設重機の台数制限を20台から5台ずつ減らしていき、その際のがれき処理最大日数を図-5-7に示す。台数の制限を大きくするほど、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台以下となると急激にがれき処理効率が低下し、がれき処理日数が増加している。次に10台以下から5台以下でのがれき処理最大日数の変化を観察する為に、台数の制限を1台ずつ増やし、詳細を調査した。建設重機の台数を10台から5台の間で変化させた際のがれき処理最大日数の変化を図-5-8に示す。建設重機の台数制限が8台以下となったとき、がれき処理最大日数の増加を大きくした。次にながれき処理が完了したノードの個数とがれき処理日数の関係を図-5-9aに示す。また、図-5-9bにがれき処理完了率の推移を示す。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ことがわかる。

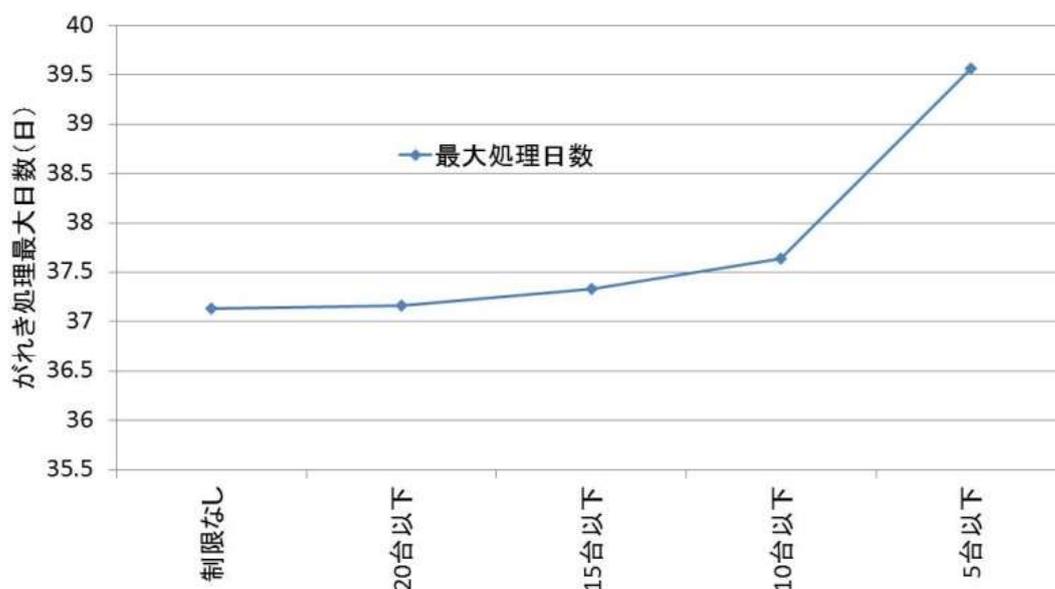


図-5-7 台数制限によるがれき処理最大日数の変化

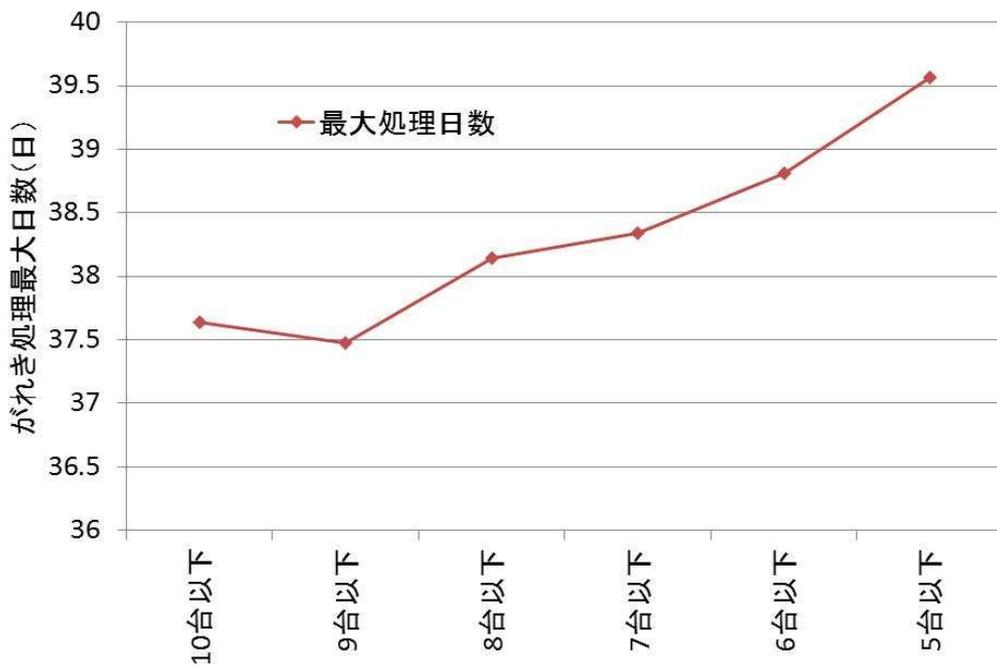


図-5-8 台数制限を10台以下とした時のがれき処理最大日数の変化

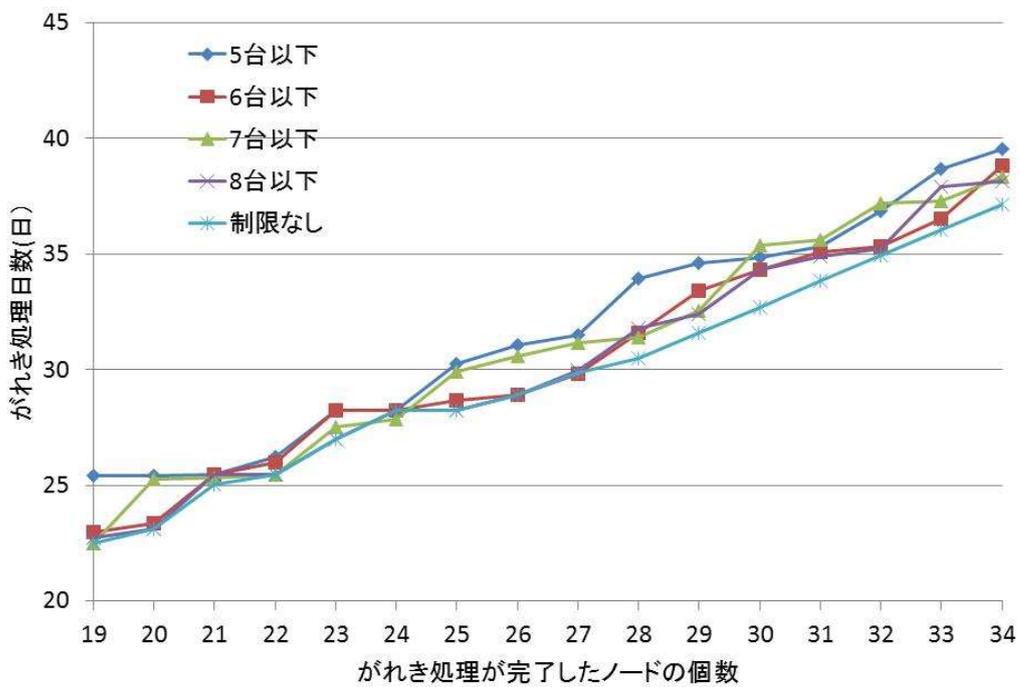


図-5-9a がれき処理が完了したノードの個数とがれき処理日数の関係

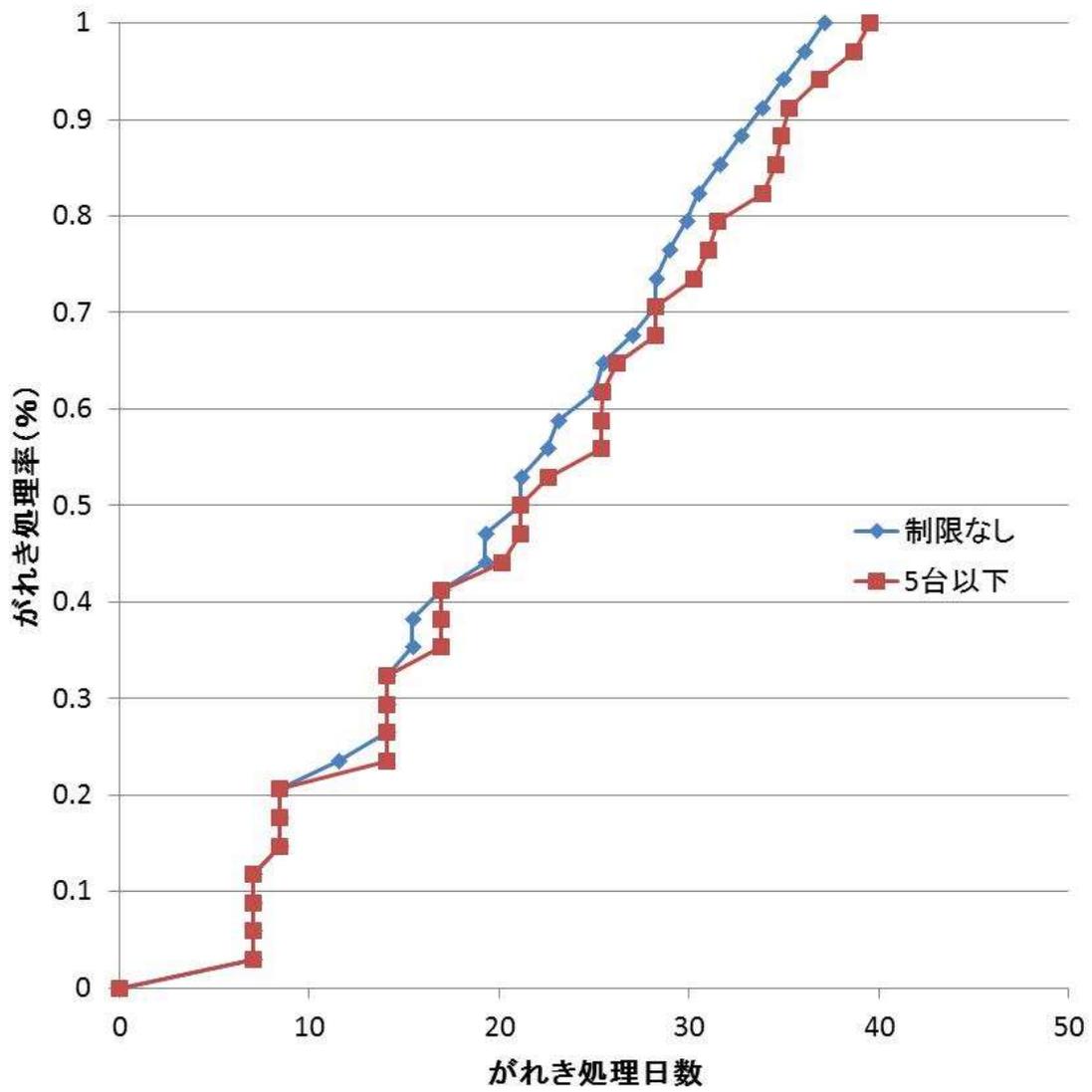


図-5-9b がれき処理完了率の推移

3)各ノードに配置するがれき量を幅員の大きさによって変化させた場合

β の各割合で変化する各ノードに堆積するがれき量を表-5-3 に示す。 β の割合変化によるがれき処理最大日数の関係を、 がれき処理を行う建設重機の制限数が 10 台以下の場合と 5 台以下の場合を合わせて図-5-10 に示す。 図-5-10 を見ると β の割合変化とがれき処理最大日数については一様な関係は見られなかった。 国道へのがれきの堆積が少ない方が、 がれき処理日数がわずかに減少する傾向が見れる。 また、 がれき処理を行う重機数とがれき処理最大処理日数の関係を β の割合変化ごとに示した図を図-5-11 に示す。 建設重機の作業台数が減少することによりがれき処理最大日数が増加したのは $\beta=0, 0.5, 0.6, 0.8, 1$ の時であった。 それ以外の割合ではがれき処理最大日数は減少した。 $\beta=0, 0.5, 0.6, 0.8, 1$ のがれき最大処理日数が増加した時のがれき処理過程と $\beta=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.7, 0.9$ のがれき最大処理日数が減少した時のがれき処理過程を合わせて図-5-12 に示す。 図には建設重機の作業台数が 10 台以下の場合と 5 台以下の場合の両方の結果を示した。 横軸にはがれき処理が完了したノードの個数、 縦軸にはがれき処理日数を示している。 2 つのグラフを比較すると、 序盤のがれき処理に関してはほぼ同じ傾向のがれき処理日数を示している。 しかし、 中盤から終盤になると建設重機が 5 台以下で作業を行うモデルのがれき処理日数が増加し、 10 台以下で作業を行うモデルのがれき処理日数をやや上回る形となる。 その後全がれき処理の終了が間近となると、 $\beta=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.7, 0.9$ の場合は 5 台以下で作業を行うモデルの処理日数の増加率が減少し最終的に 10 台以下で作業を行うモデルのがれき処理日数をやや下回る形となる。 一方、 $\beta=0, 0.5, 0.6, 0.8, 1$ のがれき最大処理日数はそのままの増加率で処理日数が増え、 10 台以下で作業を行うモデルのがれき処理日数を上回る形となる。 5 台以下で作業を行うモデルの処理日数の増加率が最終的に減少する傾向がみられるのは、 β の値が低いときが比較的が多い。 つまり、 国道に比べて県道に堆積するがれき量が多いときである。 道幅が狭い輸送路の啓開には多少時間を要しても少数の重機で広範囲のがれきを処理することが有効である可能性がある。

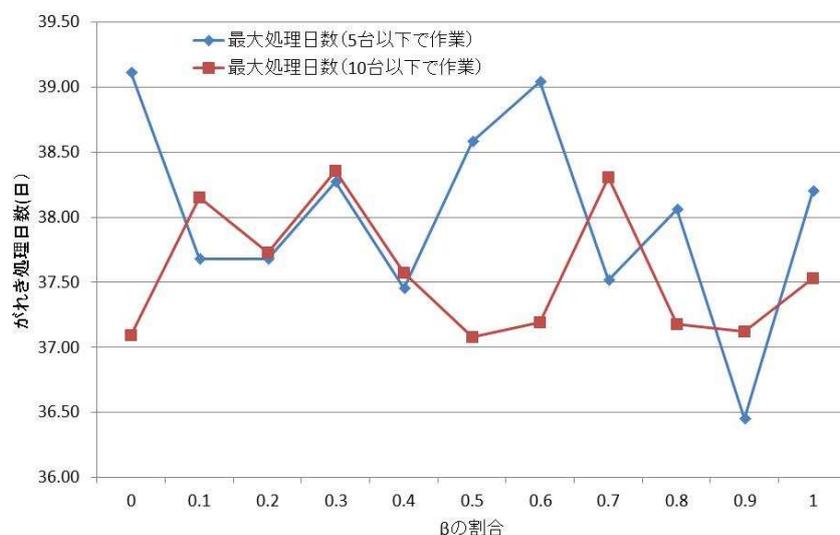


図-5-10 Bの割合変化によるがれき処理最大日数の変化

表-5-3 各ノードに堆積するがれき量

nodeID, 名称	推定がれき発生量(万m ³ /10000)										
	(0=<β=<1)										
	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
0県道北	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.24	1.25	1.26
1県道北	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
2県道北	6.91	6.97	7.03	7.09	7.16	7.22	7.28	7.35	7.41	7.48	7.55
3県道北	5.76	5.81	5.86	5.91	5.96	6.02	6.07	6.12	6.18	6.23	6.29
4県道北	5.76	5.81	5.86	5.91	5.96	6.02	6.07	6.12	6.18	6.23	6.29
5県道北	2.30	2.32	2.34	2.36	2.39	2.41	2.43	2.45	2.47	2.49	2.52
6県道北	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
7県道北	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
8県道北	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
9県道北	2.30	2.32	2.34	2.36	2.39	2.41	2.43	2.45	2.47	2.49	2.52
10国道1号線	4.14	3.99	3.84	3.68	3.53	3.37	3.20	3.04	2.87	2.69	2.52
11国道1号線	2.07	2.00	1.92	1.84	1.76	1.68	1.60	1.52	1.43	1.35	1.26
12国道1号線	5.29	5.15	5.01	4.87	4.72	4.57	4.42	4.26	4.1	3.94	3.78
13国道1号線	6.45	6.32	6.18	6.05	5.91	5.77	5.63	5.48	5.34	5.19	5.03
14国道1号線	2.07	2.00	1.92	1.84	1.76	1.68	1.60	1.52	1.43	1.35	1.26
15県道中央	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
16県道中央	5.76	5.81	5.86	5.91	5.96	6.02	6.07	6.12	6.18	6.23	6.29
17県道中央	5.76	5.81	5.86	5.91	5.96	6.02	6.07	6.12	6.18	6.23	6.29
18県道中央	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.90	4.94	4.99	5.03
19県道中央	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.90	4.94	4.99	5.03
20県道中央	6.91	6.97	7.03	7.09	7.16	7.22	7.28	7.35	7.41	7.48	7.55
21県道中央	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.90	4.94	4.99	5.03
22県道中央	2.30	2.32	2.34	2.36	2.39	2.41	2.43	2.45	2.47	2.49	2.52
23県道中央	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
24県道中央	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.90	4.94	4.99	5.03
25県道南	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.90	4.94	4.99	5.03
26県道南	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
27県道南	3.46	3.49	3.52	3.55	3.58	3.61	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78
28県道南	2.30	2.32	2.34	2.36	2.39	2.41	2.43	2.45	2.47	2.49	2.52
29国道150号線	0.92	0.83	0.75	0.66	0.57	0.48	0.39	0.29	0.2	0.10	0.00
30国道150号線	2.99	2.83	2.67	2.50	2.33	2.16	1.99	1.81	1.63	1.45	1.26
31国道150号線	2.07	2.00	1.92	1.84	1.76	1.68	1.60	1.52	1.43	1.35	1.26
32県道北	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.90	4.94	4.99	5.03
33県道南	2.30	2.32	2.34	2.36	2.39	2.41	2.43	2.45	2.47	2.49	2.52

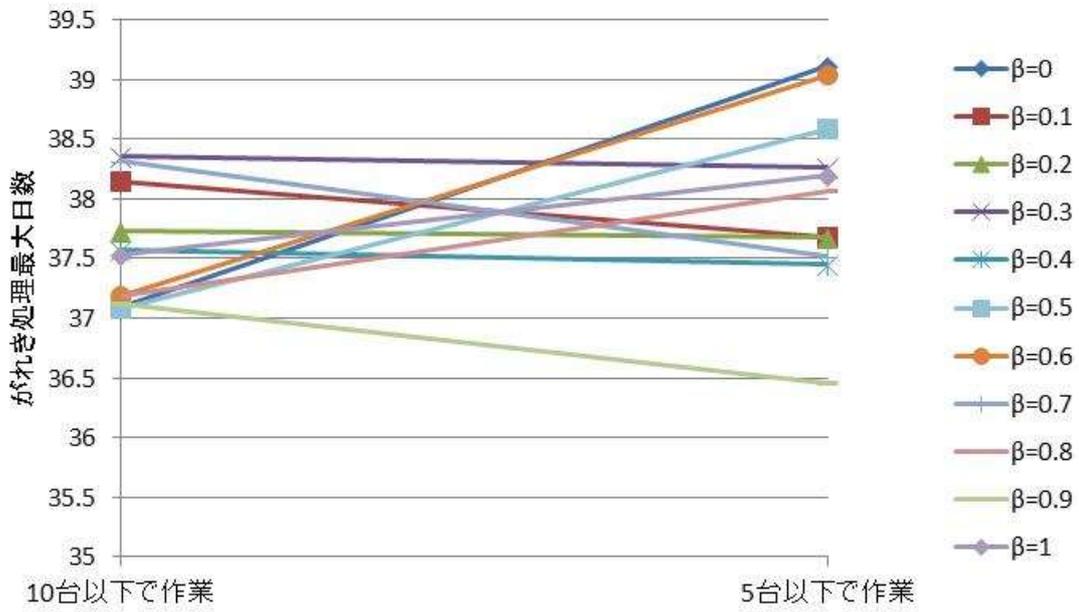


図-5-11 作業重機台数の変化によるがれき処理最大日数の変化



図-5-12 βの変化によるがれき処理過程の変化

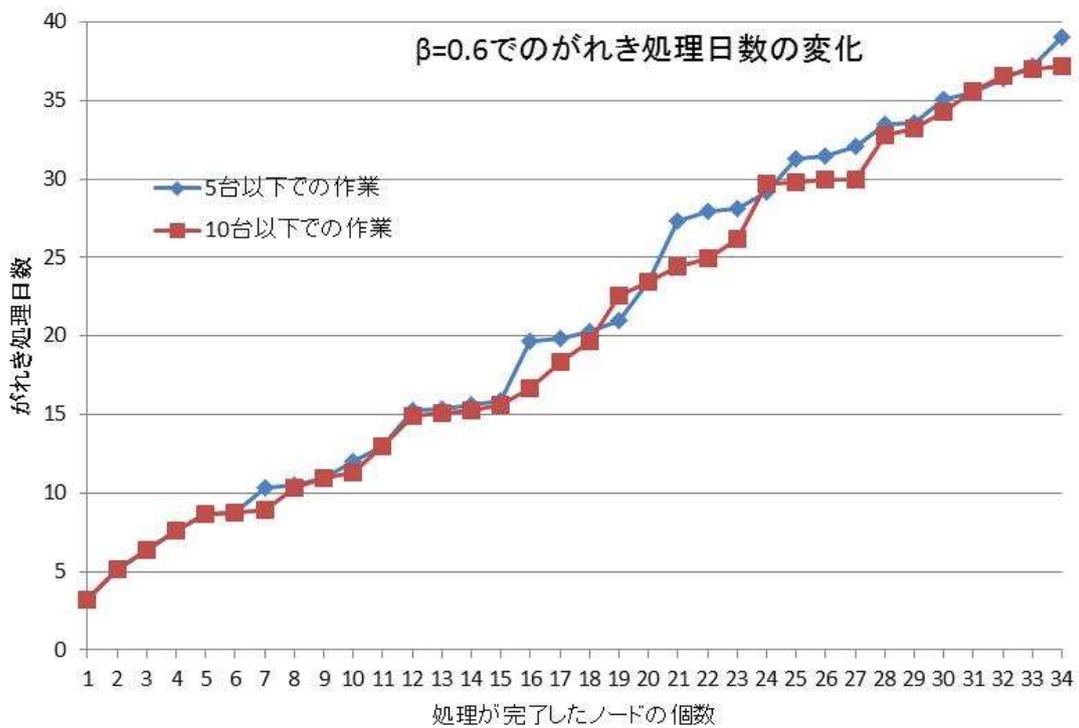
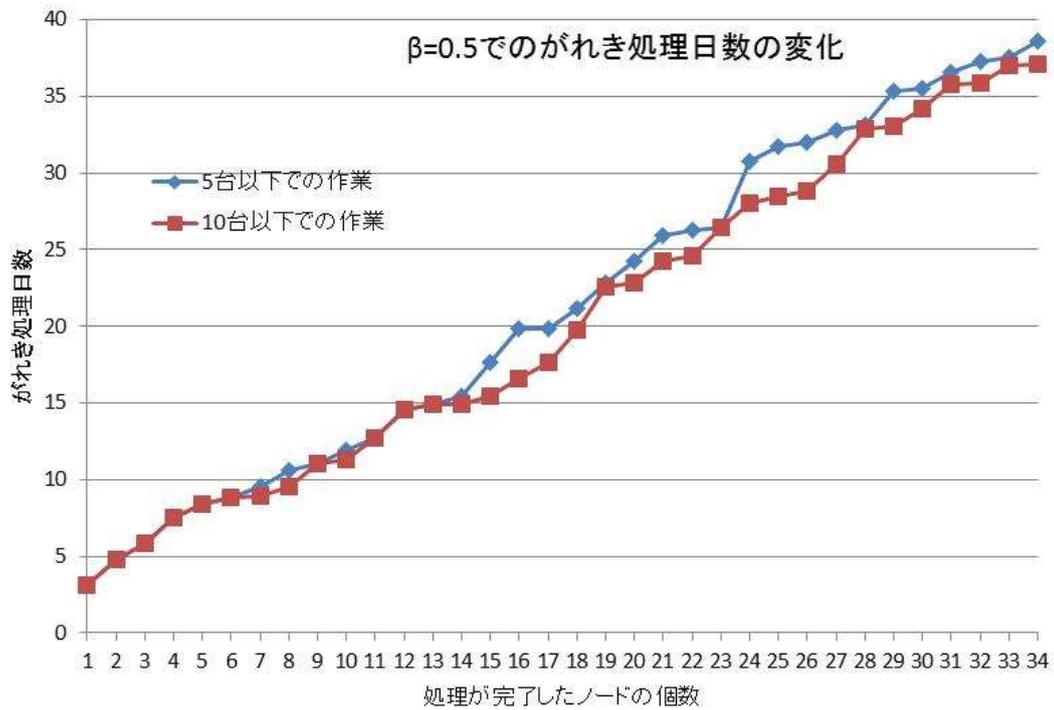


図-5-12 βの変化によるがれき処理過程の変化

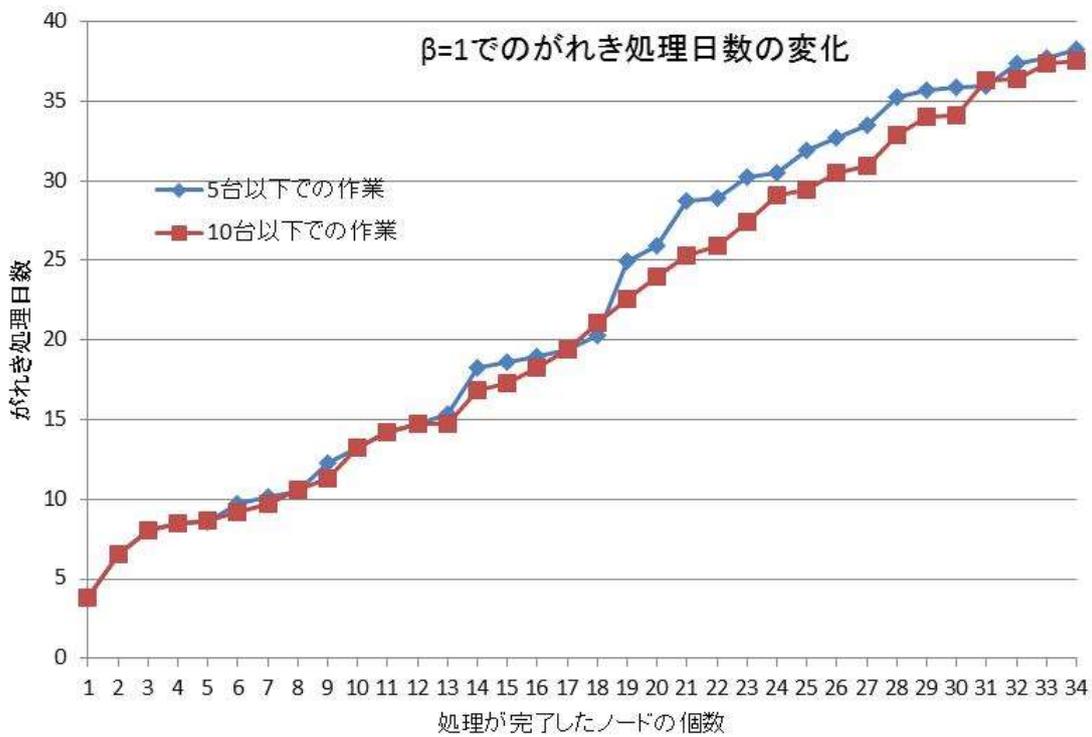


図-5-12 βの変化によるがれき処理過程の変化



図-5-12 βの変化によるがれき処理過程の変化

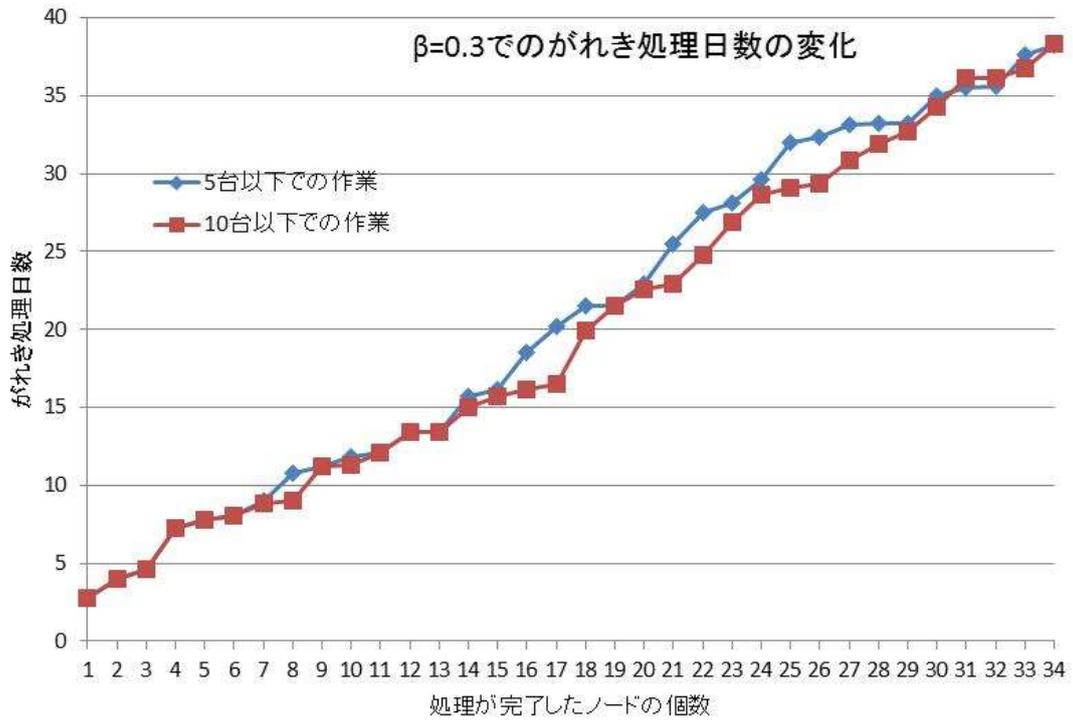


図-5-12 β の変化によるがれき処理過程の変化

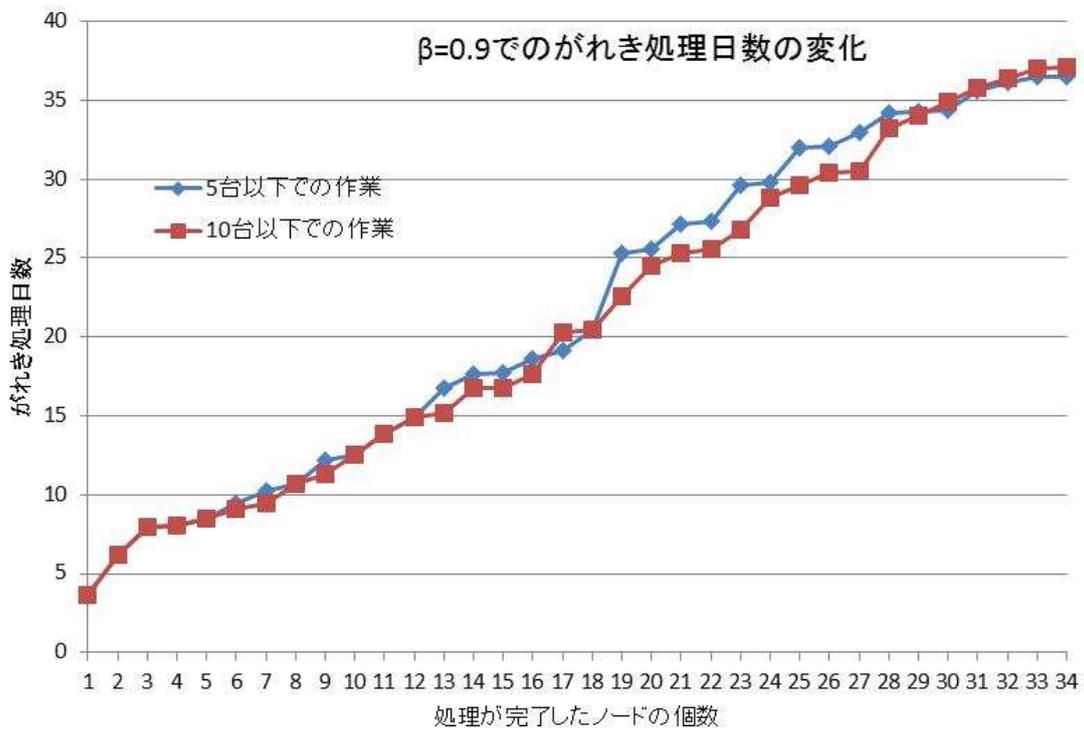


図-5-12 β の変化によるがれき処理過程の変化

同様に建設重機が 8 台以下で作業をした場合のがれき処理日数を建設重機が 5 台以下で作業をした場合、10 台以下で作業をした場合それぞれの結果とで比較を行う。建設重機が 8 台以下でがれき処理をした場合を加えて、 β の割合変化によるがれき処理最大日数の関係を示した図を図-5-13 に、がれき処理を行う重機数とがれき処理最大日数の関係を β の割合変化ごとに示した図を図-5-14 に示す。

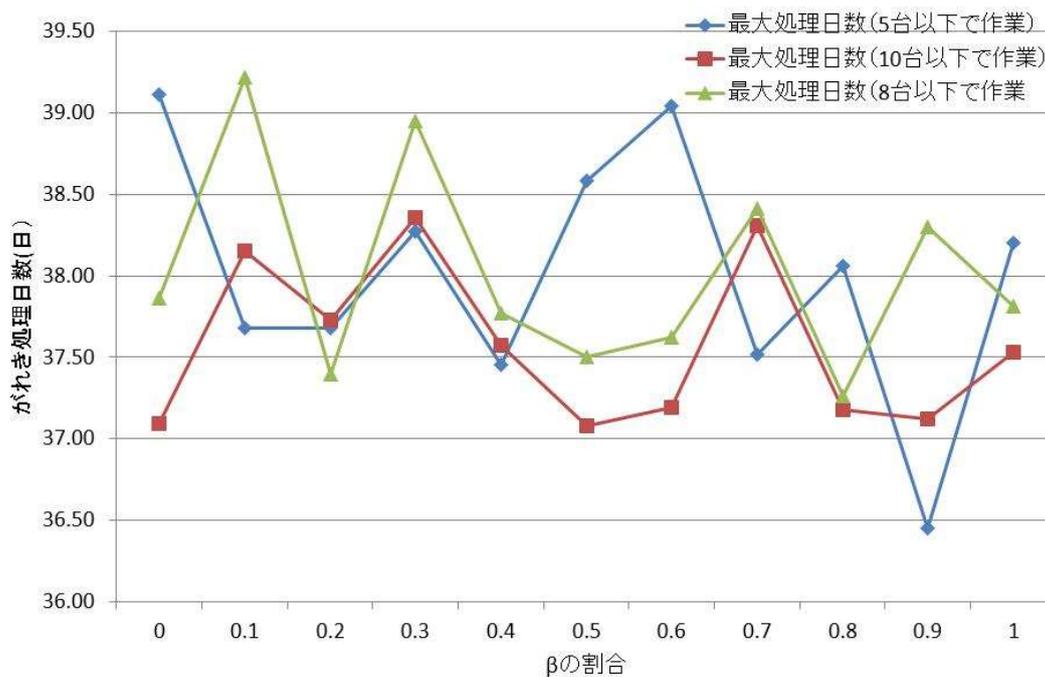


図-5-13 β の割合変化によるがれき処理最大日数の変化

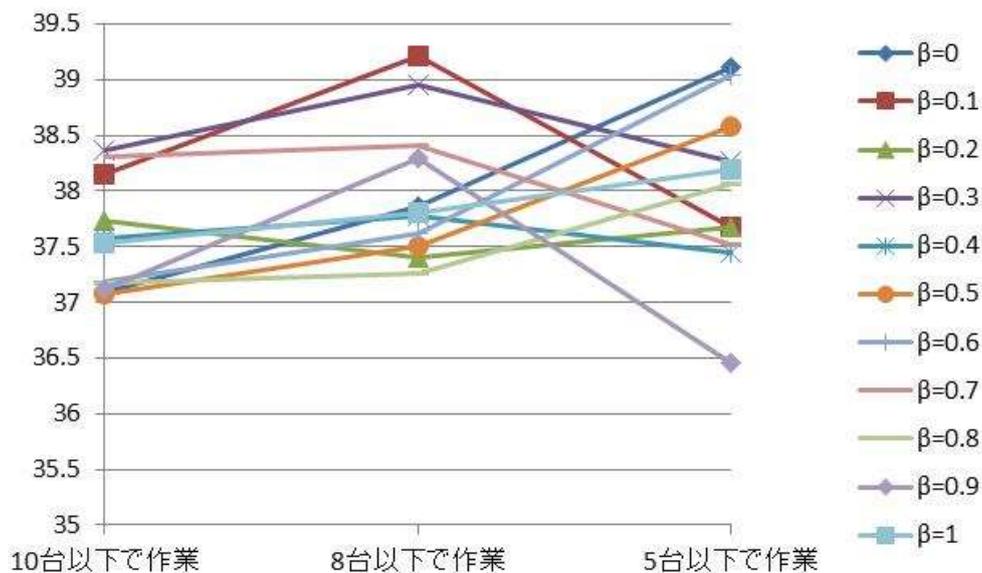


図-5-14 作業重機台数の変化によるがれき処理最大日数の変化

建設重機が5台以下でがれき処理作業をした場合と8台以下でがれき処理作業をした場合とのがれき処理を行う重機数とがれき処理最大処理日数の関係を β の割合変化ごとに示した図を図-5-15に、 β の変化によるがれき処理過程の変化を図-5-16に示す。

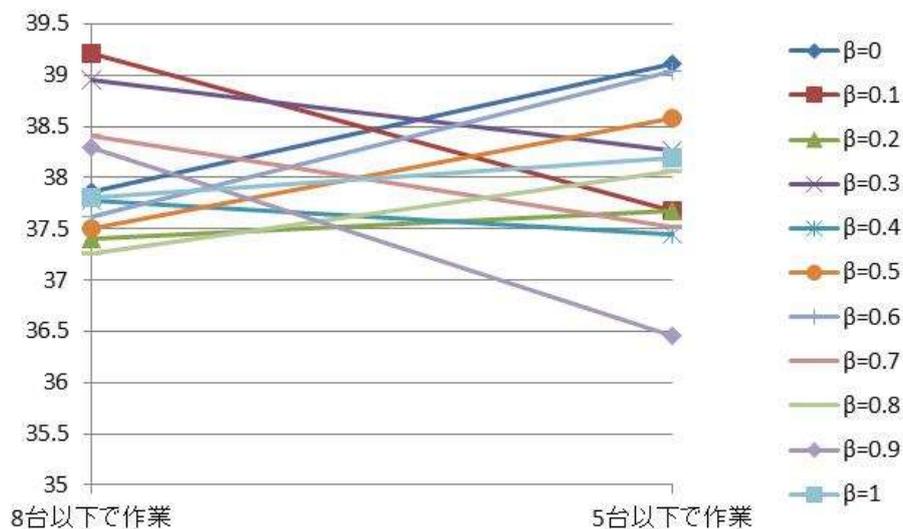


図-5-15 作業重機台数の変化によるがれき処理最大日数の変化

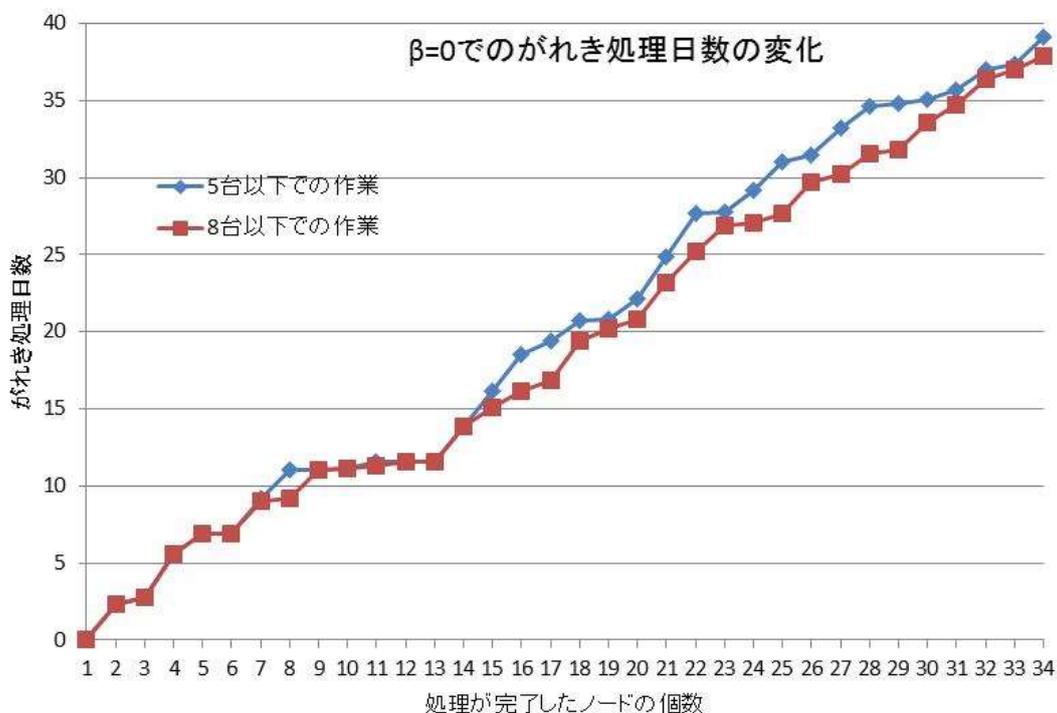


図-5-16 β の変化によるがれき処理過程の変化

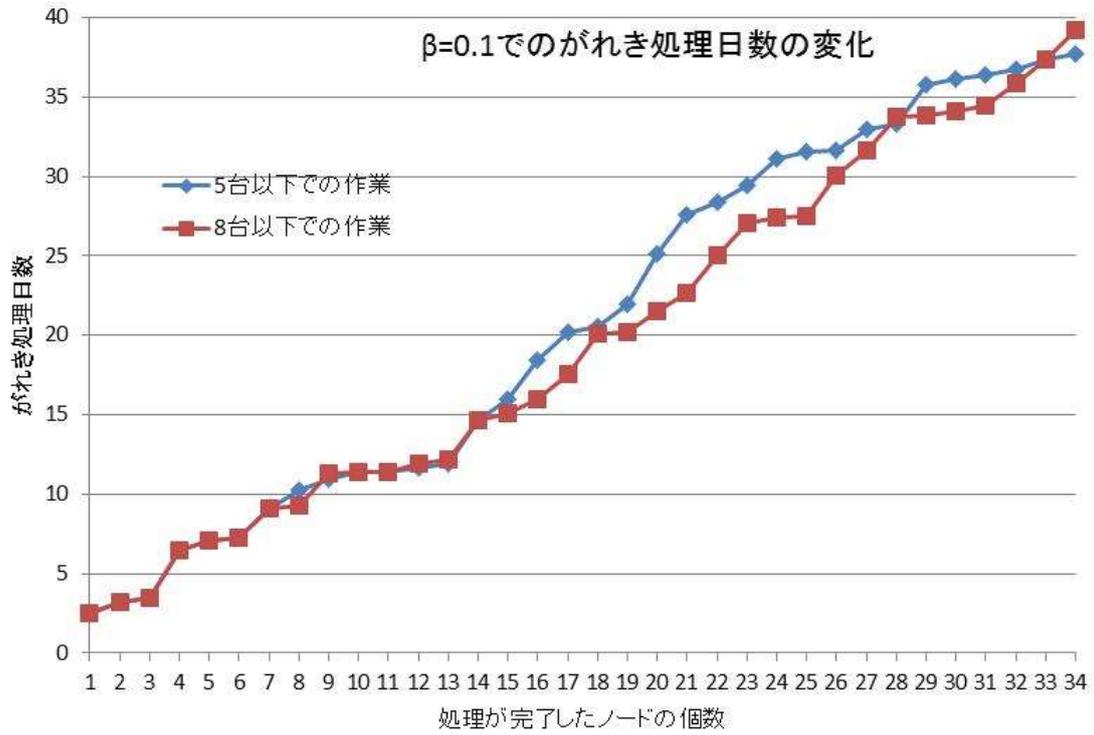


図-5-16 βの変化によるがれき処理過程の変化

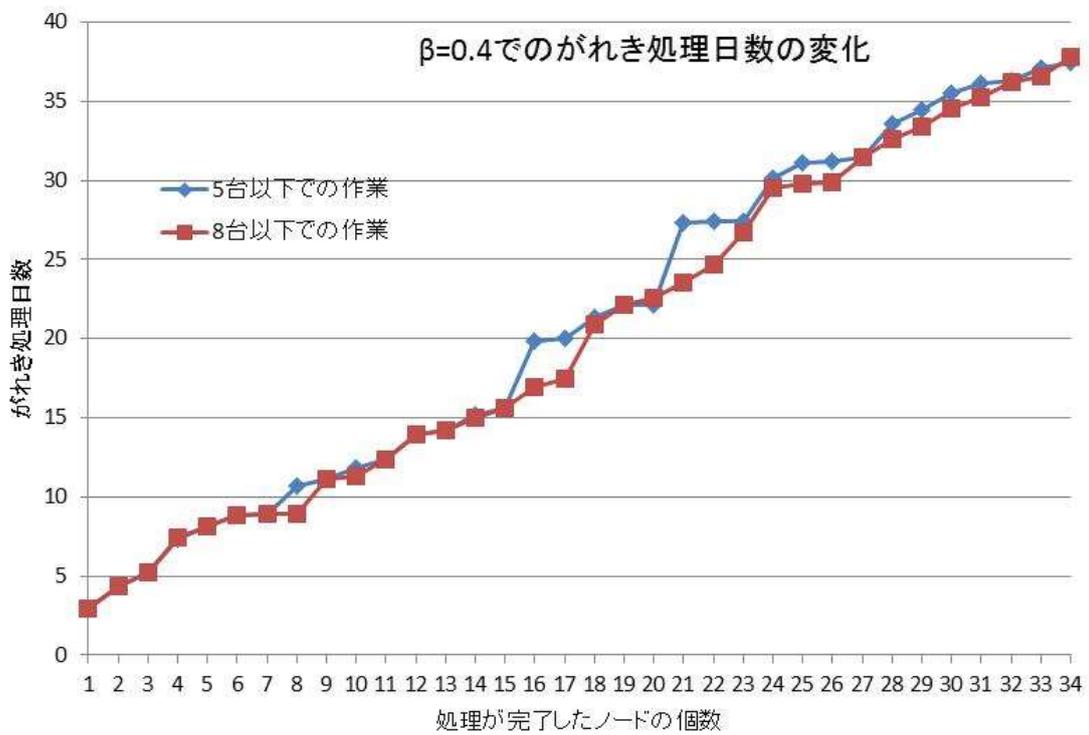


図-5-16 βの変化によるがれき処理過程の変化



図-5-16 βの変化によるがれき処理過程の変化

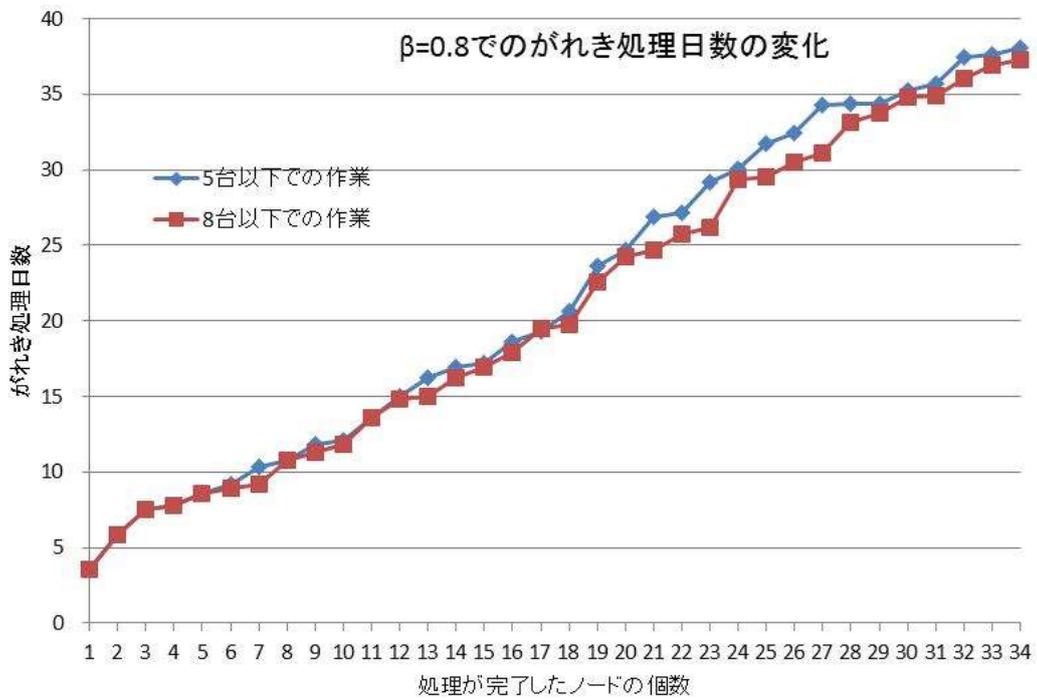
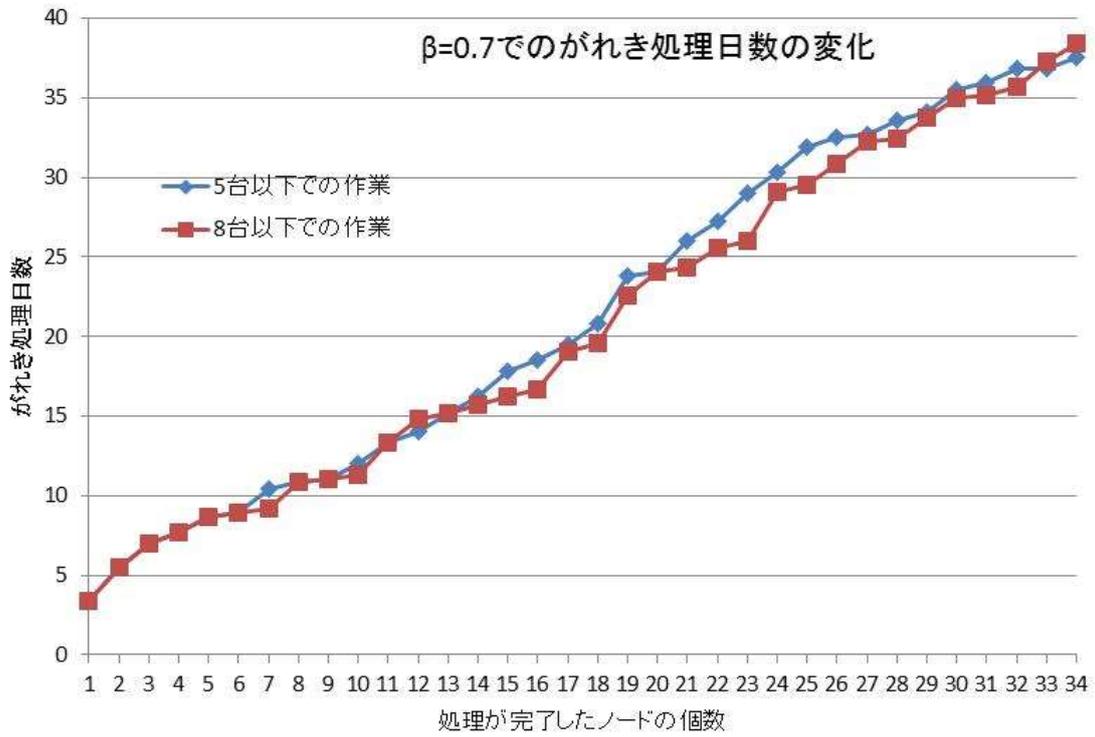


図-5-16 βの変化によるがれき処理過程の変化

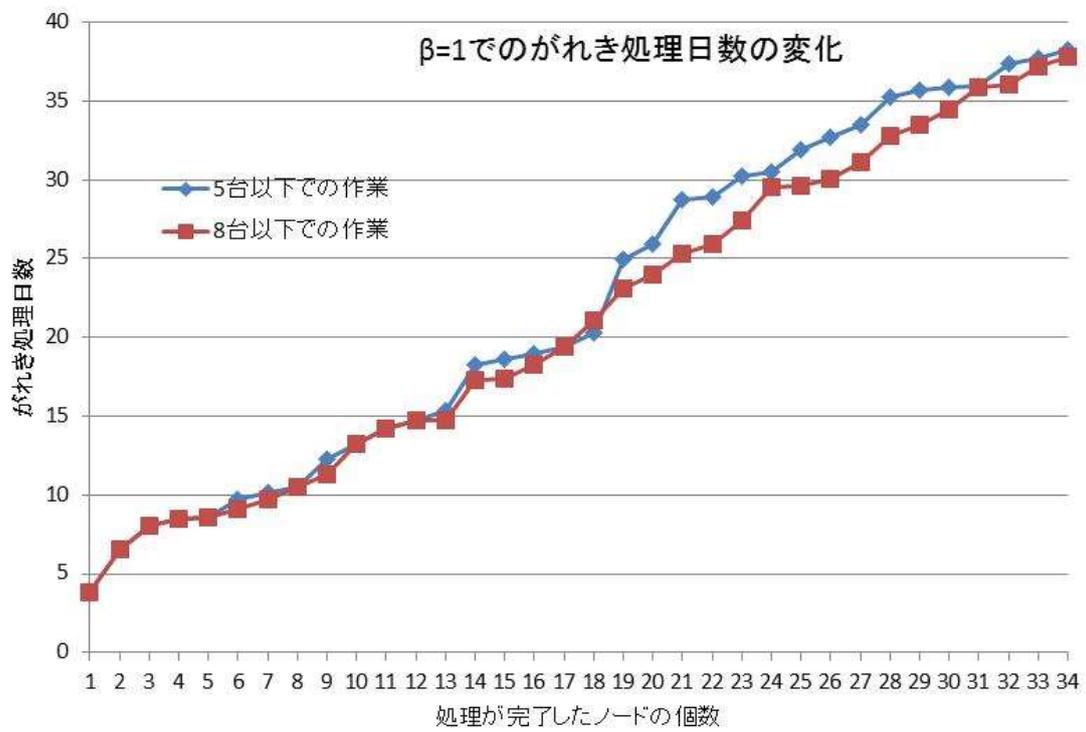
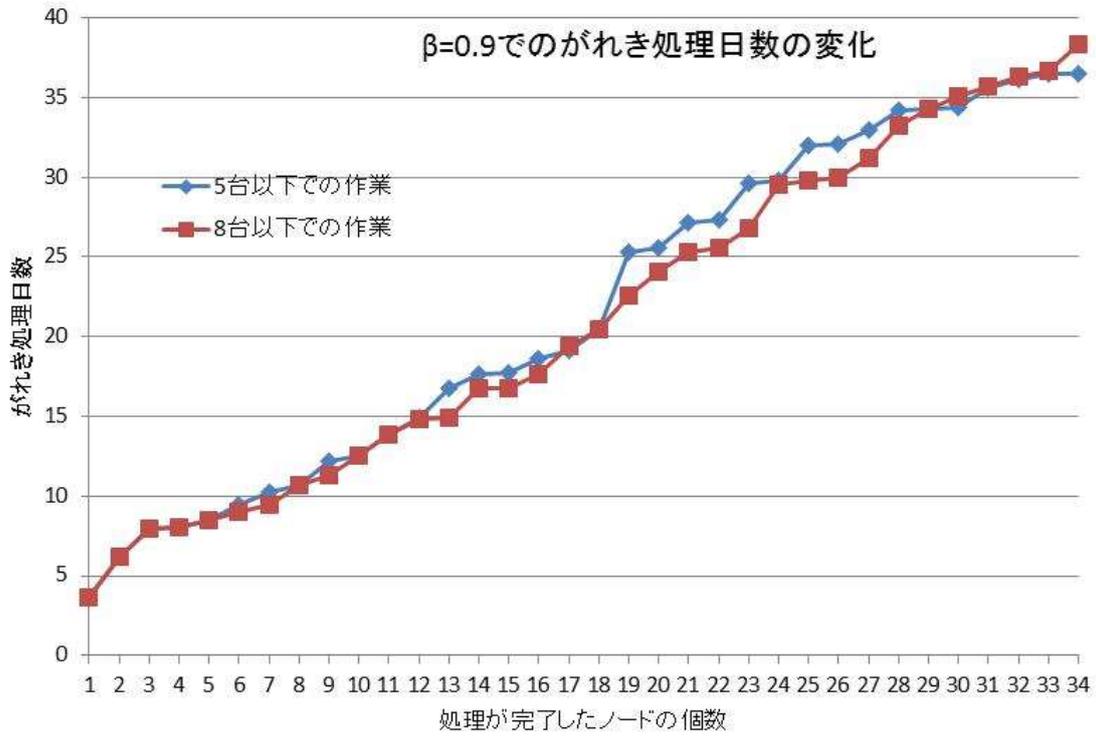


図-5-16 βの変化によるがれき処理過程の変化

建設重機が10台以下でがれき処理作業をした場合と8台以下でがれき処理作業をした場合とでのがれき処理を行う重機数とがれき処理最大処理日数の関係を β の割合変化ごとに示した図を図-5-17に、 β の変化によるがれき処理過程の変化を図-5-18に示す。

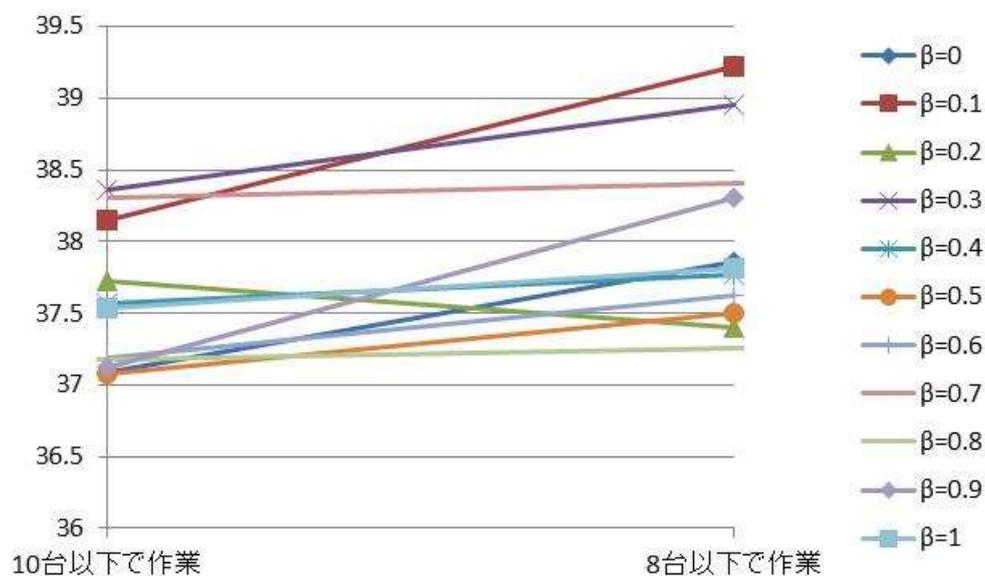


図-5-17 作業重機台数の変化によるがれき処理最大日数の変化

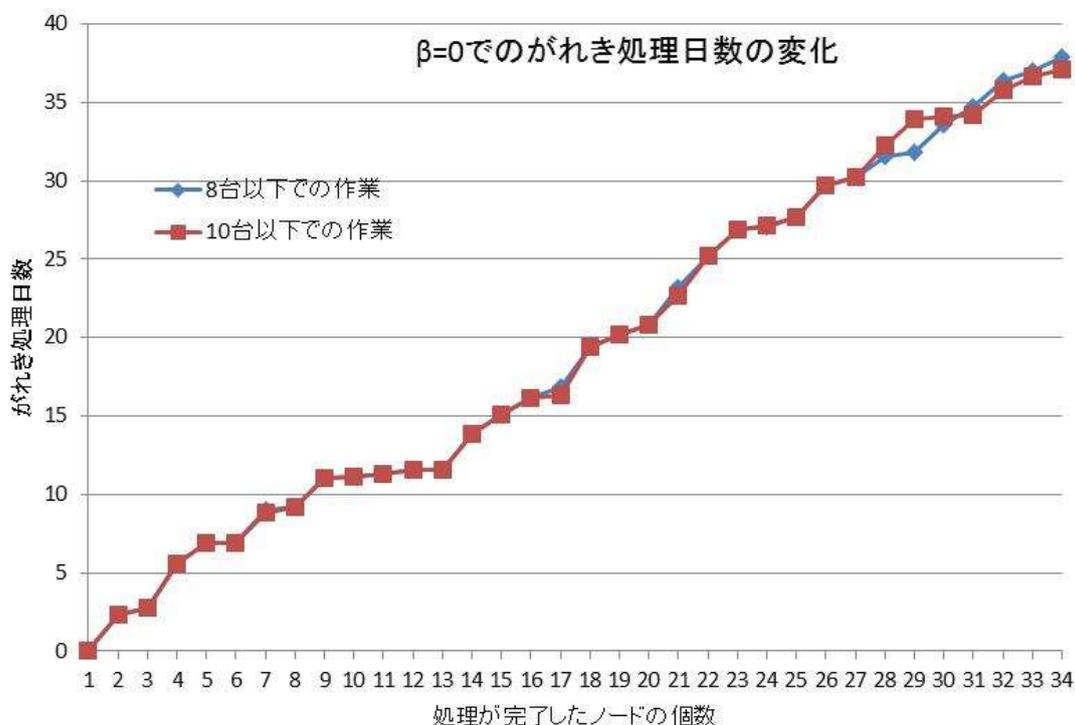


図-5-18 β の変化によるがれき処理過程の変化



図-5-18 β の変化によるがれき処理過程の変化

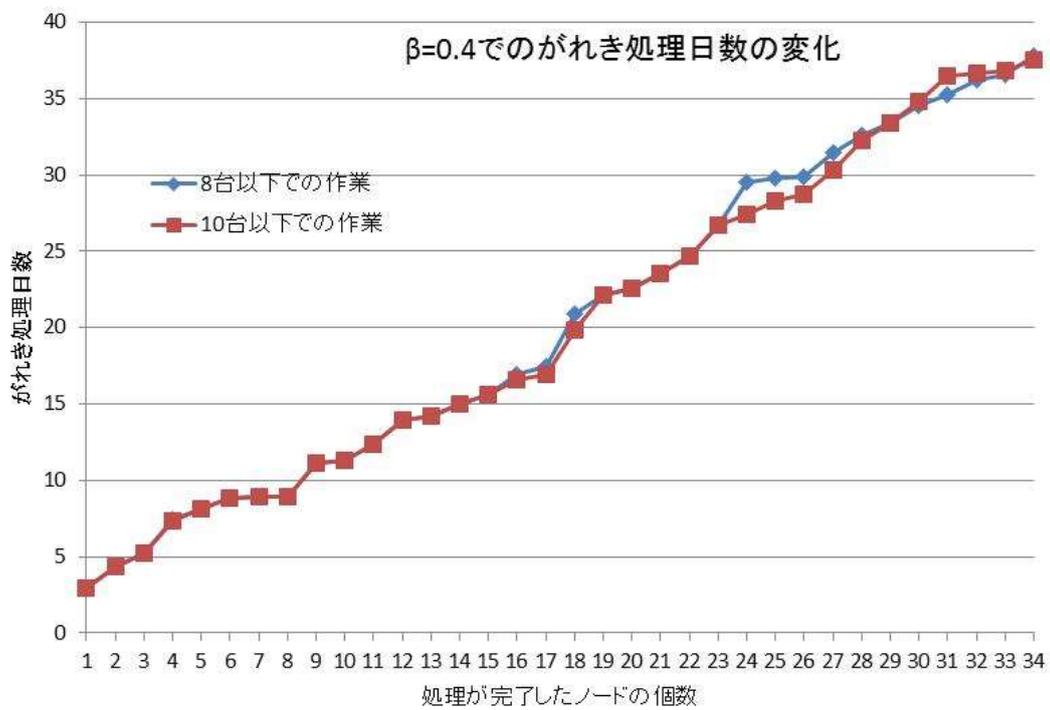
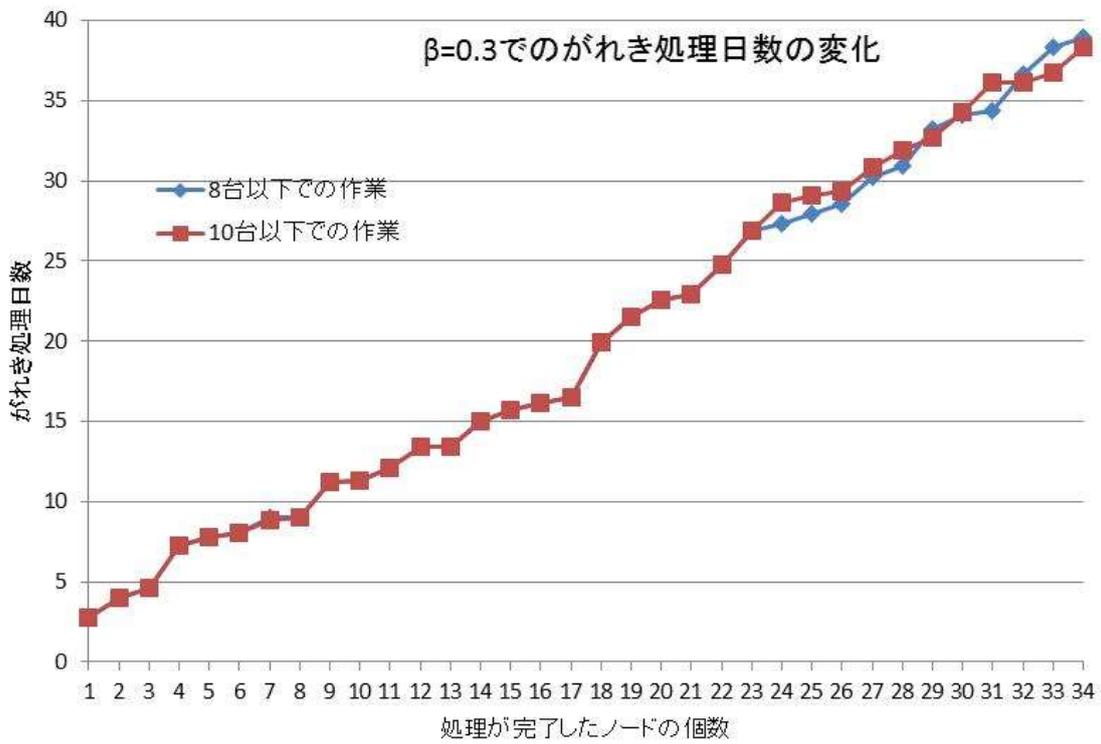


図-5-18 βの変化によるがれき処理過程の変化

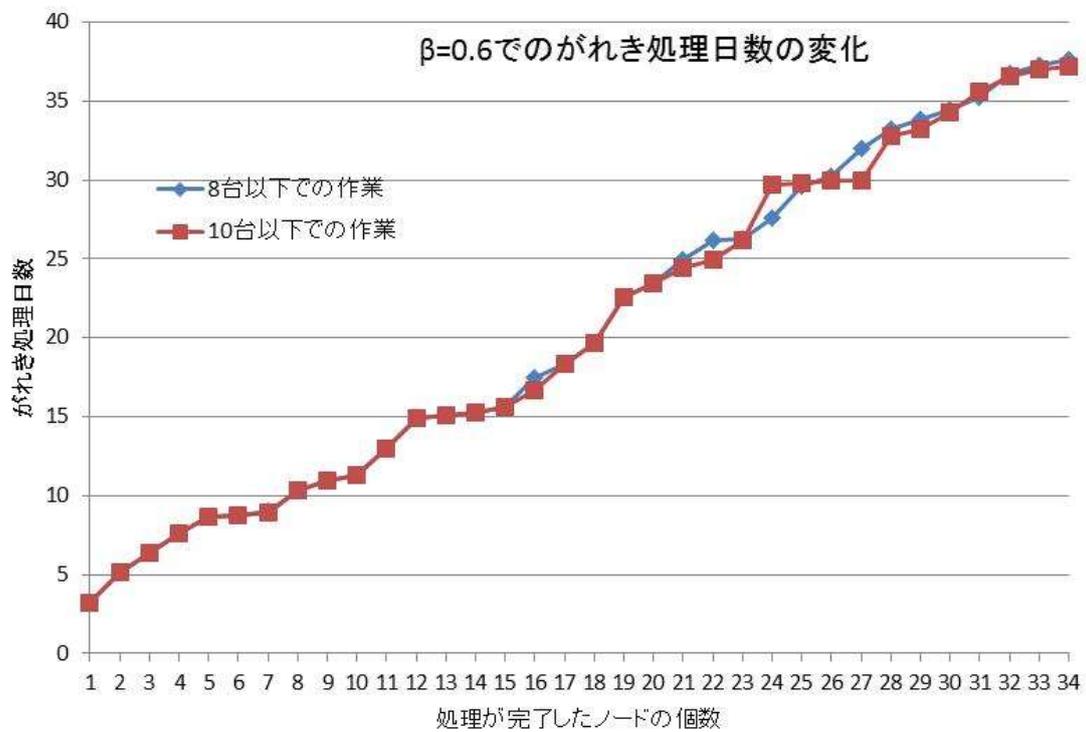


図-5-18 βの変化によるがれき処理過程の変化

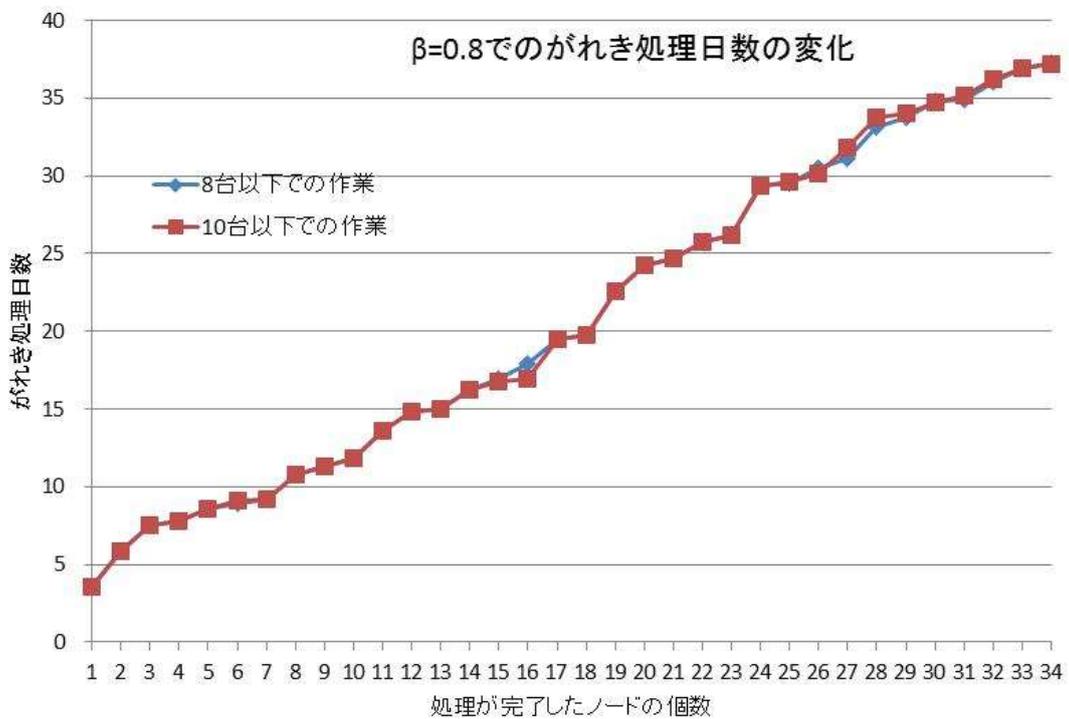


図-5-18 β の変化によるがれき処理過程の変化

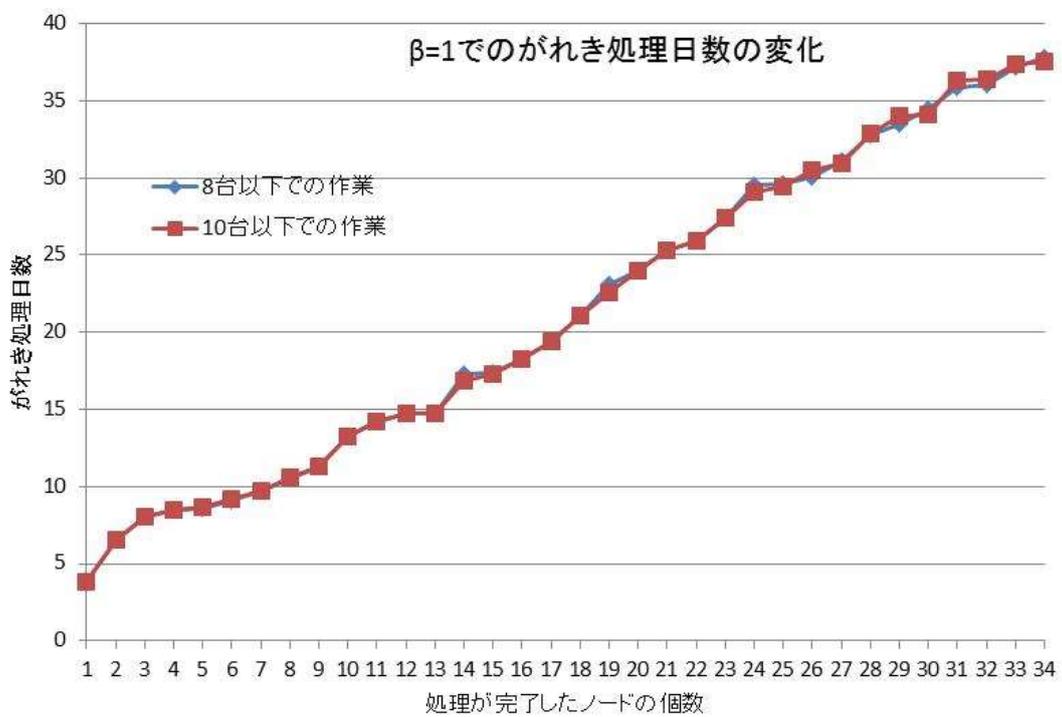
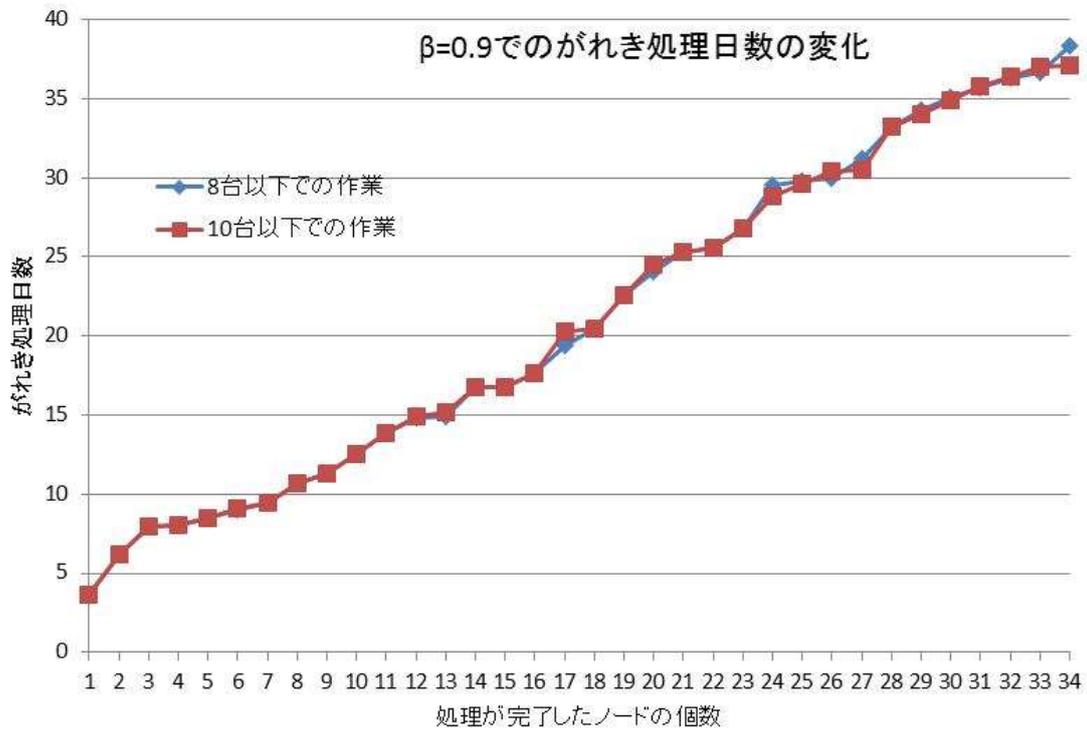


図-5-18 βの変化によるがれき処理過程の変化

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	最大日数	最少日数	最大最少の差
0県道北	34.23	34.95	35.92	32.69	37.57	33.01	35.61	34.41	35.2	37.12	37.33	37.57	32.69	4.88
1県道北	33.9	31.94	34.66	31.89	36.45	32.86	34.28	33.1	34.7	37.02	36.30	37.02	31.89	5.13
2県道北	32.22	31.17	32.38	34.3	36.67	35.86	32.8	36.34	34	34.91	34.04	36.67	31.17	5.50
3県道北	27.66	27.39	27.17	26.91	26.69	26.48	26.22	25.98	25.76	25.54	25.32	27.66	25.32	2.34
4県道北	11.52	11.41	11.32	11.21	11.12	11.03	10.92	10.83	10.73	10.64	10.55	11.52	10.55	0.97
5県道北	16.14	15.98	15.85	15.7	15.57	15.44	15.3	15.15	15.02	14.9	14.77	16.14	14.77	1.37
6県道北	34.07	33.47	33.64	36.1	32.24	34.19	33.26	33.73	33.77	33.97	32.87	36.1	32.24	3.86
7県道北	37.09	38.15	36.79	36.12	33.42	35.74	36.55	35.28	36.21	33.25	34.06	38.15	33.25	4.90
8県道北	35.79	36.02	37.73	36.78	36.85	37.08	37.02	38.31	36.95	36.35	37.53	38.31	35.79	2.52
9県道北	36.69	36.14	37.01	38.36	34.83	37.03	37.19	36.63	37.18	35.8	36.36	38.36	34.83	3.53
32県道北	29.68	29.55	32.68	30.82	30.31	30.54	29.96	31.42	31.8	30.47	30.90	32.68	29.55	3.13
10国道1号線	11.54	12.15	12.77	13.38	13.96	14.55	15.12	15.67	16.22	16.75	17.28	17.28	11.54	5.74
11国道1号線	13.86	14.63	15.4	16.17	16.9	17.64	18.35	19.04	19.74	20.42	21.08	21.08	13.86	7.22
12国道1号線	6.92	7.22	7.51	7.8	8.1	8.37	8.65	8.92	9.18	9.43	9.69	9.69	6.92	2.77
13国道1号線	11.06	11.41	11.74	12.05	12.38	12.68	12.99	13.3	13.58	13.89	14.18	14.18	11.06	3.12
14国道1号線	2.31	2.47	2.62	2.78	2.93	3.08	3.22	3.37	3.52	3.66	3.79	3.79	2.31	1.48
15県道中央	20.8	21.49	22.21	22.91	23.58	24.26	24.92	25.56	26.2	26.83	27.43	27.43	20.8	6.63
16県道中央	22.63	22.63	22.63	22.61	22.61	22.61	22.59	22.59	22.58	22.58	22.57	22.63	22.57	0.06
17県道中央	16.34	16.4	16.45	16.49	16.54	16.59	16.63	16.68	16.72	16.77	16.81	16.81	16.34	0.47
18県道中央	9.21	9.14	9.05	8.98	8.88	8.81	8.74	8.66	8.59	8.52	8.44	9.21	8.44	0.77
19県道中央	8.81	9.01	9.01	8.87	8.88	8.9	8.92	8.93	9.07	9.08	9.19	9.19	8.81	0.38
20県道中央	26.87	27.07	27.28	29.34	28.7	28.83	29.75	29.48	29.57	28.78	29.45	29.75	26.87	2.88
21県道中央	25.18	25.05	24.91	24.8	24.66	24.55	24.44	24.31	24.2	24.47	23.97	25.18	23.97	1.21
22県道中央	11.34	11.33	11.32	11.33	11.32	11.32	11.32	11.3	11.3	11.3	11.29	11.34	11.29	0.05
23県道中央	15.12	15.07	15.03	15	14.96	14.93	14.9	14.85	14.82	15.14	14.75	15.14	14.75	0.39
24県道中央	20.15	20.06	19.97	19.9	19.81	19.74	19.67	19.58	19.51	20.25	19.36	20.25	19.36	0.89
25県道南	30.22	30.05	29.86	28.67	27.44	28.51	29.7	29.05	29.37	29.6	29.05	30.22	27.44	2.78
26県道南	27.11	27.39	27.87	29.12	28.3	28.01	29.97	30.47	30.17	30.41	30.49	30.49	27.11	3.38
27県道南	19.43	20.15	20.83	21.49	22.17	22.81	23.45	24.06	24.7	25.29	25.89	25.89	19.43	6.46
28県道南	11.11	11.92	12.67	13.42	14.16	14.87	15.57	16.25	16.95	17.62	18.27	18.27	11.11	7.16
33県道南	6.93	7.04	7.15	7.27	7.39	7.49	7.6	7.69	7.8	7.92	8.01	8.01	6.93	1.08
29国道150号線	0	3.43	4.04	4.64	5.25	5.82	6.39	6.97	7.54	8.06	8.61	8.61	0	8.61
30国道150号線	2.77	3.19	3.58	3.98	4.37	4.75	5.12	5.5	5.87	6.22	6.57	6.57	2.77	3.80
31国道150号線	5.56	6.43	7.22	8.02	8.8	9.55	10.3	11.05	11.8	12.5	13.20	13.20	5.56	7.64
最大処理日数(10台以下で作業)	37.09	38.15	37.73	38.36	37.57	37.08	37.19	38.31	37.18	37.12	37.53			

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	最大日数	最少日数	最大最少の差
0県道北	31.52	34.41	37.4	30.89	36.19	34.68	34.47	34.99	33.78	36.65	36.08	37.4	30.89	6.51
1県道北	31.83	33.71	36.55	30.19	34.51	33.19	33.84	35.68	34.8	35.05	34.49	36.55	30.19	6.36
2県道北	37.02	31.64	34.37	38.36	32.57	33.9	32.03	33.75	33.1	36.26	32.81	38.36	31.64	6.72
3県道北	27.67	27.39	27.17	26.91	26.69	26.48	26.22	25.98	25.76	25.54	25.32	27.67	25.32	2.35
4県道北	11.52	11.41	11.32	11.21	11.12	11.03	10.92	10.83	10.73	10.64	10.55	11.52	10.55	0.97
5県道北	16.14	15.98	15.85	15.7	15.57	15.45	15.3	15.15	15.02	14.9	14.77	16.14	14.77	1.37
6県道北	33.54	33.86	33.36	33.21	33.38	34.92	35.28	32.4	34.9	33.2	33.47	35.28	32.4	2.88
7県道北	34.7	37.34	33.68	34.38	35.29	37.45	37.62	35.19	36	34.28	35.86	37.62	33.68	3.94
8県道北	37.86	39.22	37.08	38.95	37.77	37.5	36.7	38.41	37.26	38.3	37.81	39.22	36.7	2.52
9県道北	36.43	35.86	35.92	36.62	36.57	37.42	37.23	37.28	36.95	35.7	37.22	37.42	35.7	1.72
32県道北	29.68	34.11	29.94	34.07	31.45	33.85	33.22	32.29	31.11	31.18	31.07	34.11	29.68	4.43
10国道1号線	11.54	12.15	12.77	13.38	13.96	14.55	15.12	15.67	16.22	16.75	17.28	17.28	11.54	5.74
11国道1号線	13.86	14.63	15.4	16.17	16.9	17.63	18.35	19.04	19.74	20.42	21.08	21.08	13.86	7.22
12国道1号線	6.92	7.22	7.51	7.8	8.1	8.37	8.65	8.92	9.18	9.43	9.69	9.69	6.92	2.77
13国道1号線	11.06	11.41	11.74	12.05	12.38	12.68	12.99	13.3	13.58	13.89	14.18	14.18	11.06	3.12
14国道1号線	2.31	2.47	2.62	2.78	2.93	3.08	3.22	3.37	3.52	3.66	3.79	3.79	2.31	1.48
15県道中央	20.8	21.5	22.21	22.9	23.58	24.26	24.92	25.56	26.2	26.82	27.43	27.43	20.8	6.63
16県道中央	23.21	22.63	22.63	22.61	22.61	22.61	22.59	22.59	22.58	22.58	23.09	23.21	22.58	0.63
17県道中央	16.87	17.51	18.22	16.49	17.47	16.98	17.44	16.68	17.9	16.77	17.39	18.22	16.49	1.73
18県道中央	9.21	9.14	9.05	8.98	8.88	8.81	8.74	8.66	8.59	8.52	8.44	9.21	8.44	0.77
19県道中央	9	9.23	9.8	9.03	8.88	8.9	9.05	9.2	8.95	8.97	9.08	9.8	8.88	0.92
20県道中央	26.87	27.07	27.19	28.57	29.76	29.51	27.59	29.55	29.56	29.55	29.48	29.76	26.87	2.89
21県道中央	25.18	25.05	26.2	24.8	24.66	24.55	26.23	24.31	24.2	24.09	23.97	26.23	23.97	2.26
22県道中央	11.34	11.33	11.32	11.33	11.32	11.32	11.32	11.3	11.3	11.3	11.29	11.34	11.29	0.05
23県道中央	15.12	15.07	15.03	15	14.96	14.93	14.9	14.85	14.82	14.79	14.75	15.12	14.75	0.37
24県道中央	20.15	20.06	19.97	19.9	19.89	19.74	19.67	19.58	19.51	19.44	19.36	20.89	19.36	1.53
25県道南	30.22	30.05	29.57	27.32	29.52	30.44	29.65	30.82	29.37	29.78	29.62	30.82	27.32	3.5
26県道南	27.1	27.48	27.69	27.92	29.89	28.99	30.27	29.05	30.51	29.92	30.01	30.51	27.1	3.41
27県道南	19.43	20.15	20.83	21.49	22.17	22.81	23.44	24.06	24.7	25.29	25.89	25.89	19.43	6.46
28県道南	11.11	11.92	12.67	13.42	14.16	14.87	15.57	16.25	16.95	17.62	18.27	18.27	11.11	7.16
33県道南	6.93	7.04	7.15	7.27	7.39	7.49	7.6	7.7	7.8	7.92	8.01	8.01	6.93	1.08
29国道150号線	0	3.43	4.04	4.64	5.25	5.82	6.39	6.97	7.54	8.06	8.61	8.61	0	8.61
30国道150号線	2.77	3.19	3.58	3.98	4.37	4.75	5.12	5.5	5.87	6.22	6.57	6.57	2.77	3.8
31国道150号線	5.56	6.43	7.22	8.01	8.81	9.55	10.3	11.05	11.8	12.5	13.2	13.2	5.56	7.64
最大処理日数(8台以下で作業)	37.86	39.22	37.4	38.95	37.77	37.5	37.62	38.41	37.26	38.3	37.81			

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	最大日数	最少日数	最大最少の差
0県道北	37	36.16	36.16	34.94	34.44	35.33	35.48	36.82	34.36	34.25	37.74	37.74	34.25	3.49
1県道北	35.69	37.68	37.68	35.56	33.6	33.12	33.56	35.5	31.75	32.12	35.68	37.68	31.75	5.93
2県道北	34.66	31.09	31.09	33.22	31.22	37.25	37.2	28.98	26.90	27.3	30.27	37.25	26.90	10.35
3県道北	31.05	29.41	29.41	33.13	22.1	26.48	33.48	25.98	34.36	25.54	31.91	34.36	22.10	12.26
4県道北	11.52	11.41	11.41	11.21	11.12	11.03	10.92	10.83	10.73	10.64	10.55	11.52	10.55	0.97
5県道北	16.14	15.98	15.98	15.7	15.57	15.45	15.3	15.15	15.02	14.9	14.77	16.14	14.77	1.37
6県道北	35.1	36.41	36.41	33.2	31.46	32.02	32.12	34.08	35.25	34.21	35.97	36.41	31.46	4.95
7県道北	34.82	36.76	36.76	35.5	35.47	37.52	36.38	35.92	37.66	36.11	35.85	37.66	34.82	2.84
8県道北	39.11	35.78	35.78	38.27	37.45	35.47	39.04	36.84	37.42	36.45	38.2	39.11	35.47	3.64
9県道北	37.38	37.36	37.36	37.64	37.11	38.58	35.05	37.52	38.06	36.45	37.39	38.58	35.05	3.53
32県道北	29.13	31.59	31.59	28.13	27.43	36.53	29.16	32.5	23.62	31.95	30.52	36.53	23.62	12.91
10国道1号線	11.54	14.64	14.64	13.38	15.18	14.55	15.38	17.84	17.22	17.71	19.4	19.40	11.54	7.86
11国道1号線	13.86	10.2	10.2	16.17	13.97	17.63	15.92	13.99	16.22	16.77	15.39	17.63	10.20	7.43
12国道1号線	6.92	7.22	7.22	7.8	8.1	8.37	8.65	8.92	9.18	9.43	9.69	9.69	6.92	2.77
13国道1号線	11.06	11.41	11.41	12.05	12.38	12.68	12.99	13.3	13.58	13.89	14.18	14.18	11.06	3.12
14国道1号線	2.31	2.47	2.47	2.78	2.93	3.08	3.22	3.37	3.52	3.66	3.79	3.79	2.31	1.48
15県道中央	20.8	33.35	33.35	22.9	27.32	24.26	20.31	23.76	29.13	29.57	24.91	33.35	20.31	13.04
16県道中央	24.9	25.12	25.12	25.51	31.13	25.93	27.96	30.32	30.06	29.81	28.89	31.13	24.90	6.23
17県道中央	20.74	20.55	20.55	20.19	20.01	19.84	19.66	19.49	19.33	19.16	19	20.74	19.00	1.74
18県道中央	9.21	9.14	9.14	8.98	8.88	8.81	8.74	8.66	8.59	8.52	8.44	9.21	8.44	0.77
19県道中央	11.06	10.97	10.97	10.77	10.66	10.57	10.48	10.4	10.31	10.22	10.13	11.06	10.13	0.93
20県道中央	31.48	31.6	31.6	32.03	36.15	32.75	28.13	33.56	34.28	34.39	32.66	36.15	28.13	8.02
21県道中央	22.13	21.95	21.95	21.55	21.33	21.16	20.98	20.81	20.63	20.45	20.28	22.13	20.28	1.85
22県道中央	11.57	11.62	11.62	11.79	11.86	11.93	12.01	12.04	12.12	12.19	12.24	12.24	11.57	0.67
23県道中央	18.49	18.47	18.47	18.51	19.86	19.87	19.88	18.55	18.56	18.58	18.58	19.88	18.47	1.41
24県道中央	27.71	27.62	27.62	27.49	27.42	26.29	27.31	27.22	27.16	27.11	26.72	28.72	26.29	2.43
25県道南	33.2	32.94	31.6	32.34	36.32	31.75	31.48	32.69	35.65	35.64	35.28	36.32	31.48	4.84
26県道南	27.75	28.38	28.38	29.57	30.18	30.75	31.32	31.87	32.45	32.97	33.5	33.50	27.75	5.75
27県道南	19.43	20.15	20.15	21.49	22.17	22.81	23.44	24.06	24.70	25.29	25.88	25.88	19.43	6.45
28県道南	11.11	11.92	11.92	13.41	14.16	14.87	15.57	16.25	16.95	17.61	18.27	18.27	11.11	7.16
33県道南	6.93	7.04	7.04	7.27	7.38	7.49	7.6	7.69	7.80	7.92	8.01	8.01	6.93	1.08
29国道150号線	0	3.43	3.43	4.63	5.25	5.82	6.39	6.96	7.54	8.06	8.61	8.61	0.00	8.61
30国道150号線	2.77	3.19	3.19	3.98	4.37	4.75	5.12	5.5	5.87	6.22	6.57	6.57	2.77	3.80
31国道150号線	5.56	6.43	6.43	8.01	8.8	9.55	10.3	11.05	11.79	12.5	13.2	13.20	5.56	7.64
最大処理日数(5台以下で作業)	39.11	37.68	37.68	38.27	37.45	38.58	39.04	37.52	38.06	36.45	38.20			

5-8. 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の資料と図-22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がれきの体積を算出する。



図-22 遠野土木センターにおける啓開箇所

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ので示すような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、市道において幅員の長さは異なる。また、幅員は常に一定とも限らないため、表-5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。

表-8 道路の平均幅員

道路の平均幅員、歩道設置等 (作成：高橋)

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 (E)		
一般国道	12.7	7.8	4.9	58.6	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	8.0	84.5
全体	5.9	4.2	1.7	13.3	100.0

資料：道路統計年報 -2006年版-
 道路種別整備状況(平成17年4月1日現在)
 注：道路部は、車道、歩道等、中央帯及び路肩を加えた幅員

今回の計算ではがれき高さを 1m としている。算出した仕事量を表-9 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史料であるので今後の結果の比較に利用していく。

表-9 遠野土木センターからまとめた重機の処理能

啓開ルート	道路の長さ(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	4526	12.7	1	57480.2	171.0720238
安渡赤浜ルート	3327	9.3	1	30941.1	20.46369048
役場ルート	1587	9.3	1	14759.1	10.98147321
町道ルート	916	5.1	1	4671.6	3.08968254

第 6 章

結論

6. 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、皆川らのモデルを用いて第3次被害想定で示されている緊急輸送路被災の影響度を考慮してシミュレーションを行い、皆川らの研究結果と比較することで、輸送路被災の影響が静岡県内のがれき撤去作業及び道路啓開作業に及ぼす影響を把握した。その結果、富士川付近の静岡県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。

また、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た。対象地域は袋井市とした。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大きな影響を与えることが示唆された。

今回の袋井市内を想定したシミュレーションでは、市内に発生しうる全がれき量の撤去を想定し、その際県市道ではがれき処理効率を一定割合で低下させる、ひとつのがれき発生地点で作業可能な建設重機の台数に制限をつける、道路幅員を考慮してがれきのがれきの分布を変化させるなどの条件を追加することで道路属性とがれき処理効率が道路啓開に与える影響を考察した。しかし実際の状況ではより複雑な状況下で啓開が必要な道路を選定し、限られた重機数で効率的にがれきを処理するためのオペレーションが必要となる。本報告では、そういった最適な行動計画を立案するための基礎となるモデルを作成した。今後の課題としては、東日本大震災での経験を生かし、新たに発行される東海地震の被害想定に関しても考慮し、シミュレーションの再現性を向上させることがあげられる。

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)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: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

謝辭

謝辞

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，副査をして頂く吉田郁政教授，片田敏行教授にも合わせて感謝の意を表します。また，研究だけでなく日ごろの生活でも私を支えて下さった阿部哲さん，青木大夢さん，木村宗平さん，学部生の皆様にも感謝の気持ちでいっぱいです。

建設重機数の調査に当たり，静岡県庁交通基盤部河川砂防局土木防災課の望月良明様，山田健二様，同部建設支援局技術管理課の野本千栄子様にも大変お忙しい中ご協力頂き貴重な資料を頂くことが出来ました。この場で感謝の意を表します。

付録
シミュレーションコード

ノードエージェントのモデル

```
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(sqr( (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ーの 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ー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ーの 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(sqr( (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-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(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.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
}

```

建設重機エージェントのモデル

```
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部を 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
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
}

```

本部エージェントモデル

```
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
makeoneagtssetarounddown(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+countagtsset(agtbox)*universe.設定仕事量
if my.shigotoryou>= my.garekhasseiryu*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
}
```

空間モデル

```
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

```