

# 平常時及び災害時の貨物輸送の 時間価値計測に関する新たな手法の提案

神戸大学 工学研究科教授 小池淳司  
神戸大学 工学研究科准教授 織田澤利守  
名古屋大学 減災連携研究センター准教授 山崎雅人

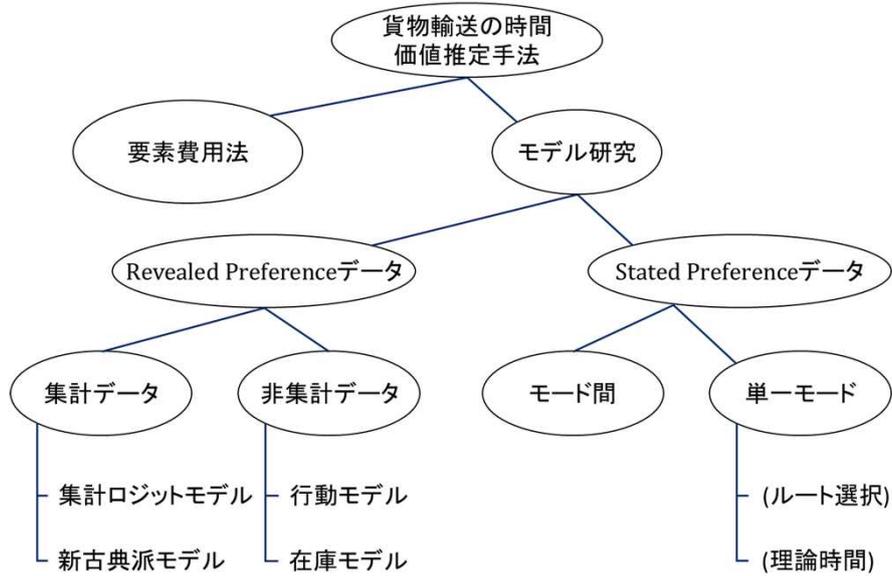
1

## 研究の背景と目的

- 道路整備に関する意思決定において、貨物輸送の時間短縮（効率化）便益は考慮すべき事項の1つであり、近年ますます重要になってきている。
- 貨物輸送の時間短縮便益は、Value of Freight Travel Time Savings：VFTTSと呼ばれ、世界的に計測が試みられている。
- 既存の計測手法は、経済の一部分の情報のみを利用。貨物輸送の時間短縮便益は、経済全体の状態（平時か災害時か）と構造（完全競争市場か不完全競争市場か）に依存する。
- 空間応用一般均衡（Spatial Computable General Equilibrium：SCGE）モデルを用いて、経済全体の状態と構造を明示的に考慮し、最終的便益から貨物輸送の時間短縮便益の計測を試み、現在使用している時間価値を再評価する。
- 2019年度は、災害時のVFTTSをSCGEモデルを用いて計測した。それは、完全競争に基づいているが、2020年度は、独占的競争市場を仮定した場合の貨物輸送の時間短縮便益を分析した。

2

参考：VFTTSのこれまでの推計手法 De Jong(2007)を参考に作成.



De Jong, G.: Value of freight travel-time savings, Chapter 34 in Hensher, D.A. and Button, K.J. (Eds.) Handbook of 3 Transportation Modelling (2nd Edition), Emerald Group Publishing Limited, 2007.

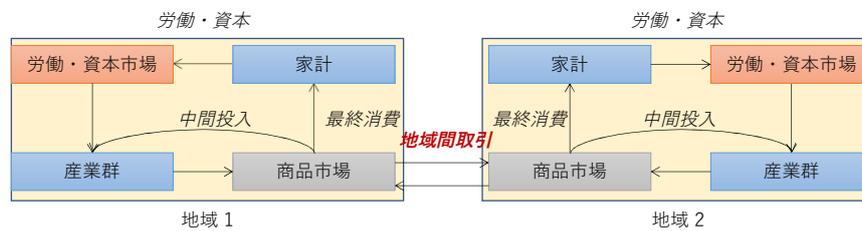
3

Country	Mode	Geographical Domain	Freight Value of Time (2005, € per hour and tonne)
United States	Road, Rail, Air	National, International	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regular shipments: 0.012€ per day per dollar of value;</li> <li>Emergency shipments: 0.49€ per day per dollar of value.</li> </ul>
France	Road, Rail	National, International	<ul style="list-style-type: none"> <li>Shipment in batches: 3.1</li> <li>Isolated shipment: 4.83</li> <li>Shipment in containers: 3.28</li> <li>Shipment in pallets: 9.84</li> <li>Shipment origin—warehouse: 4.14</li> <li>Shipment origin—factory: 4.83</li> <li>Shipment origin—distribution centre: 3.28</li> </ul>
Italy	Road, Maritime	National, International	<ul style="list-style-type: none"> <li>(0.14–1.63) average 0.65</li> </ul>
Italy	Road, Maritime	International	<ul style="list-style-type: none"> <li>(3.31–7.4) average 3.71</li> </ul>
Spain	Road, Maritime	International	<ul style="list-style-type: none"> <li>Full-loaded shipments 1.85</li> </ul>
Norway	Road	National	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edible refrigerated goods: (0.41–340.73) with an average of 14.72</li> </ul>
Sweden	Road		<ul style="list-style-type: none"> <li>Company owns its lorries: 2.45</li> <li>Company hires lorries: 0.35</li> <li>Short-distance shipment: 5.18</li> <li>Long-distance shipment: 0.38</li> </ul>
United Kingdom	Road	National	<ul style="list-style-type: none"> <li>Own transport: 1.1</li> <li>Transport subcontracted: 1.75</li> <li>Specialized in complete shipments: 1.56</li> <li>Specialized in consolidated shipments: 1.41</li> </ul>
Netherlands	Road	National	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low-value raw materials and semi-processed goods: 2.55</li> <li>High-value raw materials and semi-processed goods: 2.81</li> <li>Final consumer perishables: 2.35</li> <li>Final consumer non-perishables: 2.15</li> </ul>
Finland	Road	National	<ul style="list-style-type: none"> <li>Willingness to pay, one-hour reduction in transit time: 0.98</li> <li>Willingness to accept one-hour increase in transit time: 2.24</li> <li>Forestry industry: 0.28</li> <li>Metal industry: 2.03</li> <li>Electronics industry: 3.22</li> <li>Consumer goods: 1.44</li> <li>Technical goods: 0.93</li> </ul>
Belgium	Road	International	2.88

4

## 空間応用一般均衡（SCGE）モデルのイメージ

- 各地域には代表的家計が存在し、労働と資本といった生産要素を市場に供給し、所得を得て、消費をする。
- 各地域には複数の産業が存在。労働と資本、中間投入財を用いて財を生産する。
- 財は自地域内のみならず、地域間でも取引される。
- 全ての市場の需要と供給は価格調整により一致する。



5

## 災害時の経済状態の再現

- 応用一般均衡モデルを用いて、東日本大震災の経済被害を再現する研究を国際誌で発表済。
- 地域・産業別で資本ストックの毀損量をを設定し、2種のパラメータ（①財の地域間の代替弾力性の値、②労働と資本の間の代替の弾力性の値）を調整。東日本大震災から1年間の全国8地域の鉱工業生産指数の動きを再現した。

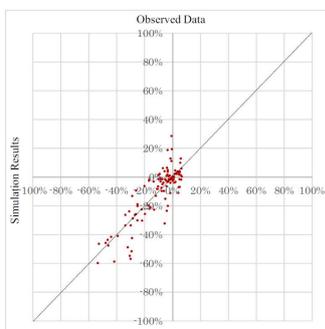


Fig. 3 Percentage change in actual IIP and simulation results (all manufacturing in all regions)

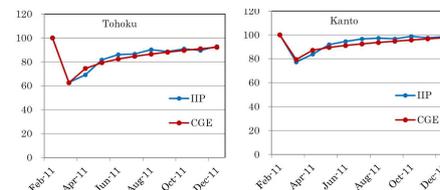
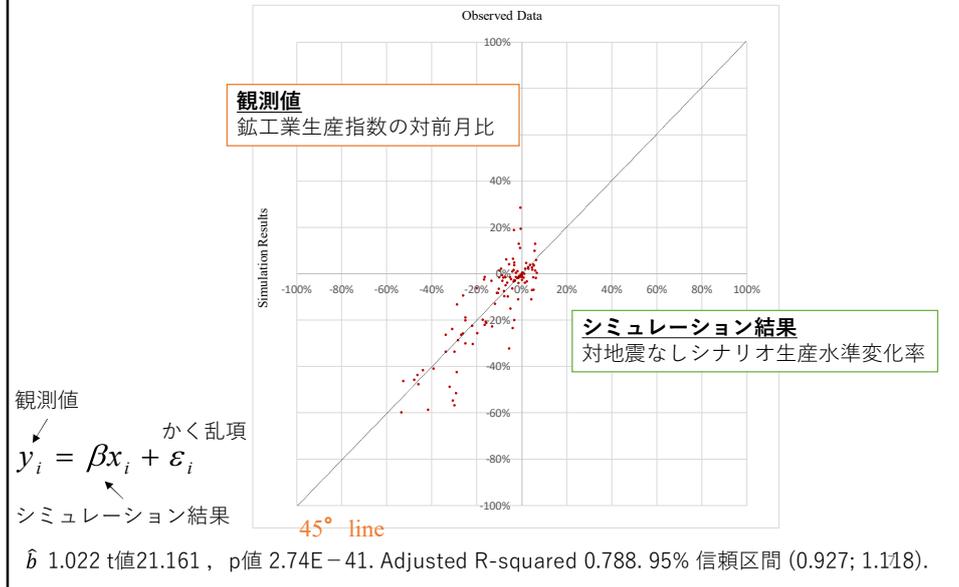


Fig. 5 Actual and simulated IIP results for affected regions

Yamazaki, M., Koike, A. & Sone, Y. A Heuristic Approach to the Estimation of Key Parameters for a Monthly, Recursive, Dynamic CGE Model. *EconDisCliCha* 2, 283–301 (2018).

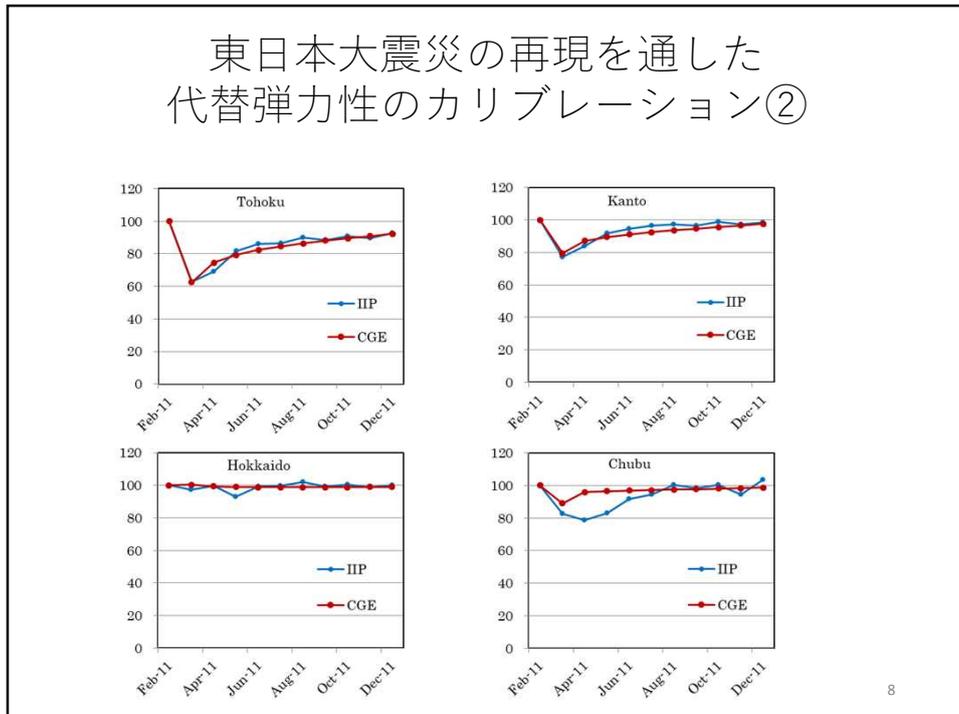
6

## 東日本大震災の再現を通じた 代替弾力性のカリブレーション①



7

## 東日本大震災の再現を通じた 代替弾力性のカリブレーション②



8

## 大規模災害時におけるVFTTSの推計

SCGEモデルのシミュレーションにより、特定区間の道路整備による日本全体の物流量の変化と等価変分を計測。

$$VFTTS = \frac{\sum_r EV^r}{TF_a - TF_b}$$

**VFTTS**：貨物の総輸送時間が1単位減少したことによる単位取引額当たりの経済厚生の変化分 [円/分]

**$EV^r$** ：地域 $r$ の等価変分

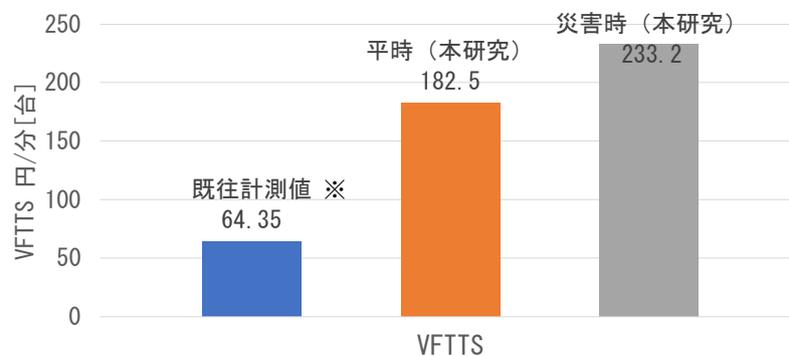
**$TF_a$** ：道路整備を実施した場合の総貨物輸送時間

**$TF_b$** ：道路整備を実施しない場合の総貨物輸送時間

9

## シミュレーション結果

- 既往計測値は、時間短縮により節約された資源（トラックやドライバーなど）の情報を利用し計測。SCGEモデルは経済全体への影響を考慮し計測。
- 架空の道路整備があった場合における東日本大震災時のVFTTSを推計。平時よりも大きいVFTTSを計測した。



※ 国土交通省：時間価値原単位および走行経費原単位(平成20年価格)の算出方法、第4回道路事業の評価手法に関する検討委員会、参考資料1

10

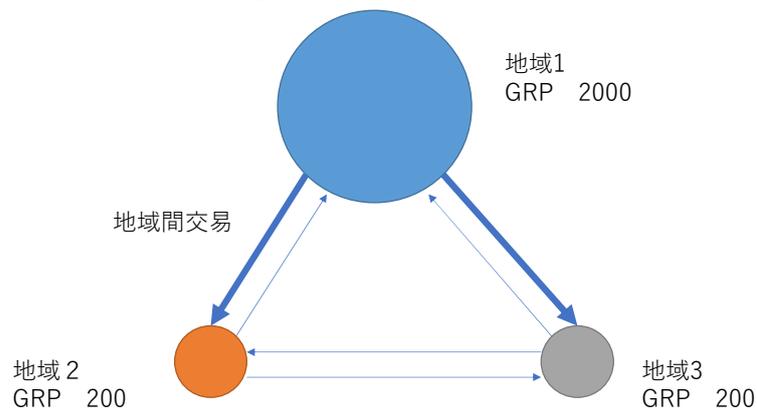
## 独占的競争市場における 貨物輸送の効率化の便益

- 社会資本整備の効果を測定する上では、経済は完全競争市場であると仮定する場合が多い。
- ただし現実の経済は完全競争市場とは様々な点で異なる。
- 不完全競争市場を仮定した場合に、道路整備がより広範な経済的便益をもたらすと考えられている（Wider Economic Impacts：WEI）。
- 本研究では、生産量が増えると平均費用が低下する（企業規模での）収穫逓増と、財の多様性が恩恵をもたらす多様性選好に基づく独占的競争市場を仮定し、貨物輸送の時間短縮便益を分析する。
- 特に、完全競争市場を仮定したSCGEモデル（アーミントンモデル）と独占的競争市場を仮定したSCGEモデル（クルーグマンモデル）を用いて、同じ道路整備シナリオのシミュレーション結果を比較する。

11

## シミュレーションで想定する経済

経済規模の大きい地域1，経済規模が小さい地域2と地域3が存在。



各地域には産業1，産業2，産業3が存在。

産業1と3は収穫一定産業。産業2は収穫逓増産業と想定。

12

## モデルの社会会計表

- 地域1の各産業の生産額は、地域2と地域3の10倍に設定。
- 地域間で各産業の投入係数（生産技術）は等しい。

地域1

i01	Activity			Commodities			Institution				Trade		TT	
	AT01	AT02	AT03	CT01	CT02	CT03	VA01	VA02	FM	HH	WT	IS		
Activity	AT01				870							180		1,050
	AT02					870						180		1,050
	AT03						810					90	50	950
Commodity	CT01	200	100	100							490			890
	CT02	100	200	100							490			890
	CT03	100	100	50							570			820
Factors	VA01	400	400	100										900
	VA02	200	200	550										950
Institution	FM							900						900
	HH	50	50	50					950	900	450	-406	-44	2,000
	WT				18	18	8							44
Trade	IS					2	2	2						6
Total	TT	1,050	1,050	950	890	890	820	900	950	900	2,000	44	6	

地域2, 地域3

i02-i03	Activity			Commodities			Institution				Trade		TT	
	AT01	AT02	AT03	CT01	CT02	CT03	VA01	VA02	FM	HH	WT	IS		
Activity	AT01				87							18		105
	AT02					87						18		105
	AT03						81					8	6	95
Commodity	CT01	20	10	10							157			197
	CT02	10	20	10							157			197
	CT03	10	10	5							111			136
Factors	VA01	40	40	10										90
	VA02	20	20	55										95
Institution	FM							90						90
	HH	5	5	5					95	90	-225	203	22	208
	WT				99	99	49							247
Trade	IS					11	11	6						28
Total	TT	105	105	95	197	197	136	90	95	90	200	247	28	

13

## 多様性選好のモデル化

$$\sum_j X_{i,j,s} + C_{i,s}$$

$$= \theta_{i,s}^T \left\{ \left( 1 - \sum_r \alpha_{i,r,s}^T \right) (N_{i,s}) \frac{(\beta_{i,s} + \sigma_i^T - 1)}{\sigma_i^T} D_{i,s} \frac{(\sigma_i^T - 1)}{\sigma_i^T} + \sum_r \alpha_{i,r,s}^T (N_{i,r}) \frac{(\beta_{i,s} + \sigma_i^T - 1)}{\sigma_i^T} Q_{i,r,s} \frac{(\sigma_i^T - 1)}{\sigma_i^T} \right\} \frac{\sigma_i^T}{\sigma_i^T - 1}$$

$X_{i,j,s}$ : (variety調整済み) 中間投入需要

$C_{i,s}$ : (variety調整済み) 最終消費需要

$N_{i,s}$ : 参入企業数

$D_{i,s}$ : 企業1社当たり国内供給量

$Q_{i,r,s}$ :  $r$ 地域企業1社当たりの  $s$ 地域への供給量

$\theta_{i,s}^T$ : スケールパラメータ  $\alpha_{i,r,s}^T$ : シェアパラメータ  $\sigma_i^T$ : 財間の代替の弾力性

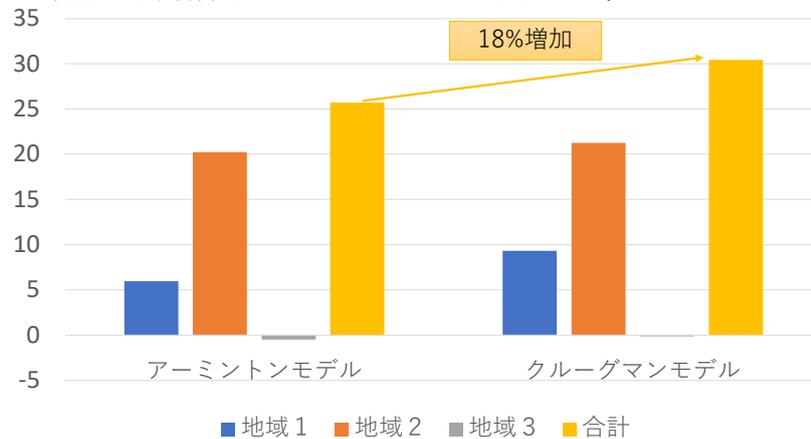
$\beta_{i,s} = 0$ ,  $N_{i,s}$ は1で固定  $\Rightarrow$  アーミントンモデル (マークアップ率はゼロ)

$\beta_{i,s} = 1$ ,  $N_{i,s}$ は内生変数  $\Rightarrow$  クルークマンモデル (マークアップ率  $> 0$ )

14

## 等価変分のモデル間比較

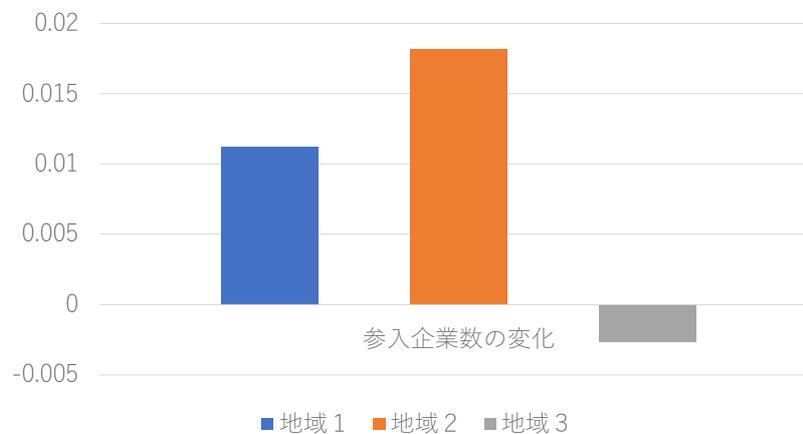
地域1と地域2の間で、財1と財2の輸送費用が低下した場合、  
便益の地域合計はクルーグマンモデルの方が大きい。



15

## 輸送費用削減による参入企業数の変化

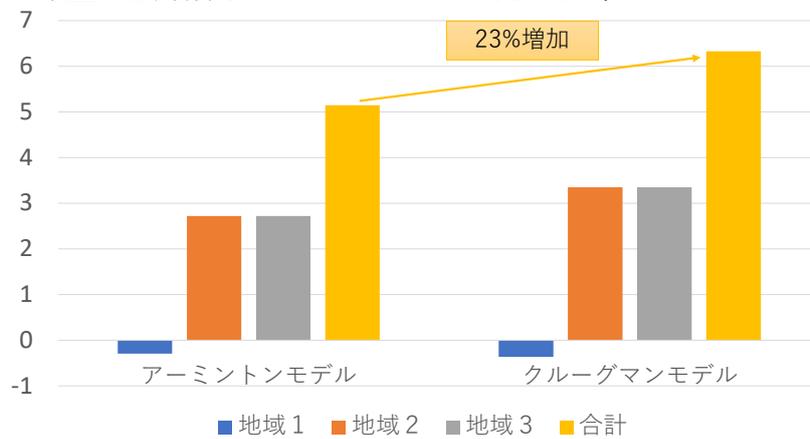
地域1と地域2の間の輸送費用の低下により、地域1と地域2において参入企業数が増加、財のパラエティが増え、効用が増加。



16

## 等価変分のモデル間比較

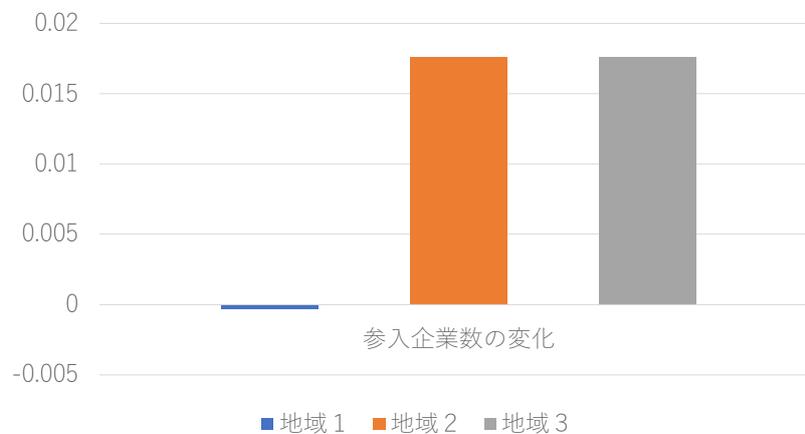
地域2と地域3の間で、財1と財2の輸送費用が低下した場合、  
便益の地域合計はクルーグマンモデルの方が大きい。



17

## 輸送費用削減による参入企業数の変化

地域2と地域3の間の輸送費用の低下により、地域2と地域3において参入企業数が増加。財のパラエティが増え、効用が増加。



18

## 研究のまとめ

- SCGEモデルを利用し、経済の全体的な状態や構造を明示的に捉え、道路整備に伴う貨物輸送の時間短縮便益（VFTTS）を評価した。
- 災害時等の経済状態におけるVFTTSの推計や、独占的競争市場を仮定した場合のVFTTSを分析することが可能となった。
- 2019年度の研究より、社会的効果を考えた場合、VFTTSはマニュアルの値よりも高いことが示され、また、災害時はより高いことが示された。
- 2020年度の研究より、都市と地方の道路整備だけではなく、地方間の道路整備も経済的に重要であることが数値例により示された。Wider Economic Impacts (WEI) は道路の整備区間に応じて異なることが示唆される。つまり、時間価値を設定する場合は、整備地域の特性に依存することが分かった。
- 現在は全国47都道府県間モデルを開発し、現実の整備計画を評価することで、より正確なVFTTS算出を行っている。