

「災害などのリスクと経済政策」勉強会 （第2回）

開催日：2005年12月9日

プログラム：「空間的応用一般均衡分析を用いた巨大災害の経済評価」

講師：東京大学工学系研究科 社会基盤学専攻 上田 孝行 教授

1. はじめに

今回は、新しい社会基盤を作ったときにどのような便益が社会にもたらされるか、それと費用をどのように比較するかといった費用便益分析の推定の方法をある意味で裏返しにして、あるインフラが破損したときにどのような被害や損害になるのかということを考えるためのモデルを紹介する。

2. 講演の流れ

今回の講演は以下の流れに沿って説明していく。

- (1) 経済評価の必要性：なぜ防災といった問題で経済評価をしなければならないのか
- (2) 空間的応用一般均衡モデルの考え方：一般均衡分析、応用一般均衡分析、さらにはそれを地域別、空間的に被害や便益の分布を捉えるような形で空間のディメンジョンに拡張したモデル、および考え方の紹介
- (3) 事例紹介：公共事業評価に使用しているEGU、CGUの考え方および事例紹介
 - ・ 分析事例（イ）：関東地域で新幹線が不通となった場合の波及被害
 - ・ 分析事例（ロ）：静岡県における社会基盤施設破壊の波及被害
 - ・ 分析事例（ハ）：浜松都市圏での社会基盤施設破壊の波及被害
- (4) 今後の課題：研究における将来の展望、自分自身に課している宿題について

3. 経済評価の必要性

(1) 防災投資の判断基準

我々が土木のエンジニア集団のなかで求められるものは、事前にどれだけの防災投資をすればいいのかを明らかにする事である。

例えば、橋梁を作る時には、その中に鉄筋をどれだけ入れればいいのかということを計算する。たくさん入れれば頑丈になるが、もちろんそれにはコストがかかる。ではどれだけの鉄筋量で、どれだけの強さというのが経済的に最も合理的であるのか。過剰なコストをかけた設計は当然無駄であるし、耐震の性能が弱ければそれは問題になる。そこで、被害額と発生確率をみて、それを防止できるだけの投資額と比較をして、大小比較で判定を

するのである。

$$(\text{経済被害額}) \times (\text{発生確率}) - (\text{防災投資額}) \begin{cases} > 0 \\ = 0 \\ < 0 \end{cases}$$

ただし、ここで難しい点は、力学のエンジニアから求められる事は個別の構造物に対する防災投資の答えであるが、実際の経済被害というのは一カ所が壊れてどうかということよりもむしろ、広範囲に色々な部分が破損され、ネットワークが壊れて機能が停止するという事であり、そこにギャップが生じている点である。

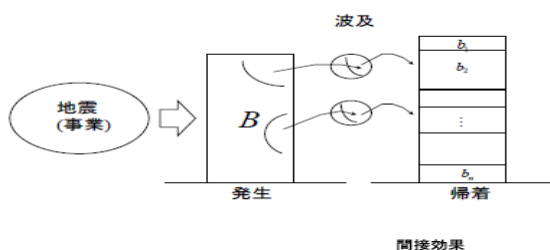
そのため、我々は、個別の構造物において、柱を何本にして、鉄筋をいくらにして、コンクリートをどれだけにする、という個別レベルでの評価ではなく、もう少し大括りの段階を対象としている。例えば東京で新幹線の機能が破損によって数カ月停止する、といったことが無いようなレベルまで新幹線の耐震能力を保証することが出来る水準、言い換えれば、どのような状況でもある一定程度の機能、性能を発揮できるといったような「性能の保証」を示す事によって防災投資の評価としているのである。

(2) 被害額をどうみるか

通常、耐震設計の世界では、直接被害額は壊れた構造物を元の状態に戻すための復旧工事費用であり、対して間接被害額とは、破損によって生じた経済社会活動の不都合を通じた被害を貨幣額として表したものとされている。もう少し間接被害を説明するならば、まず災害によって橋が壊れる。そこで、回り道をしなくてはならなくなり、結果として余分な時間が生じる。時間が余分に掛かるという事は時間の喪失であり、その時間を金銭的に仮定した上で、本来はその橋を一日何台の車両が通過しているかということから、災害によって一日何台分の交通が遮断されるかということ計算し、その結果を被害額とするのである。これは橋を元に戻すための復旧費用とは全く別のものとして考えられており、いわゆる経済被害といった場合は、この間接被害が当てはまる。

また、被害推定はもちろんのこと、新しいインフラを整備したときの効果というものについても、図1のように通常2つのフェーズで考える。

図1 : <被害 (便益) の発生・波及・帰着>

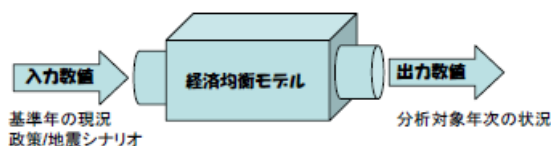


一つは「発生」であり、もう一つは「帰着」である。「発生」とは橋が被災して交通が遮断され、橋の交通を利用している人が被害を受ける段階をいう。そして、それが物資の輸送を不便にさせる。結果、輸送に時間・コストがかかる。さらに、それが実際に輸送をしているわけではない生産者側へのコストとして及び、生産のコストがアップされて価格が上がるとか、生産者の利益が下がるといった形で、「波及」していく。このように災害時には、発生した被害が小分けになって色々な人のところへ伝播していき、色々な人のところに「帰着」していくという流れになるのである。

通常、被害推定といった場合には、この「発生」の段階で捉えることの方が容易である。それは、「帰着」の段階で捉えることは、小分けになった被害の全てを追っていき、一つ一つ積み上げなくてはいけないため、相当な手間がかかるからである。そのため、基本的にはこの「発生」の段階で評価を行っている事が多いが、これでは被害が総額として評価されたとしても、どの地域がどれだけの便益または被害を受けるのか、さらにはどの産業セクターが特に甚大な被害を受けて大変になるのか、という情報が不足してしまっている。そのためには「波及」「帰着」の段階までもを、もれなく、網羅的に、空間的な視点から捉えることが必要となってくる。これがないと、防災投資をした際に、ある地域は手厚く、ある地域は手薄にということになり、結果「格差」が生じる事につながる。またこういった情報は、「効率性」の視点からも、まず甚大な被害を受けるだろう地域や産業セクターから優先的に対策を行うという、合理的な判断につながると考えられる。よって、「公平性」、「効率性」の観点から、空間的に便益・被害の分布を見ておくことは重要なのである。

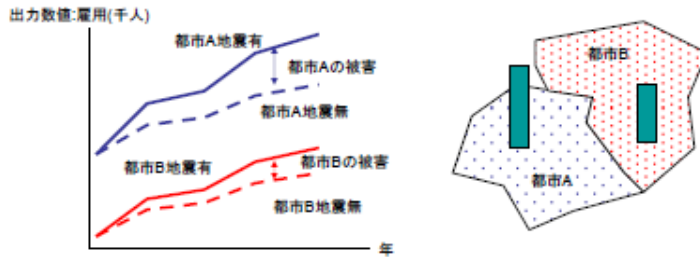
イメージとしては経済均衡モデルに、基準年の色々な状況や防災・復旧・復興政策、さらには地震のシナリオを入力することで、どれくらいの被害になるのかという分析対象年次の状況が把握できるのである。

図2：＜波及被害を測る手法 イメージ＞



また、実際に被害の推定という意味では、地震の発生した時と、そうでない時それぞれに、出力数値を算出してその差を見るとか、あるいは事前の防災投資の便益という意味では、防災投資をして地震が起きた時とそうでない時と比較してその差を見るということになる。ここで、重要なのはその分析を色々な地域毎に行う、つまり空間的に分布を見ていくという事であるが、これは手間もかかるし、きちんとした経済モデルがないと出来ない分析になってくるのである。

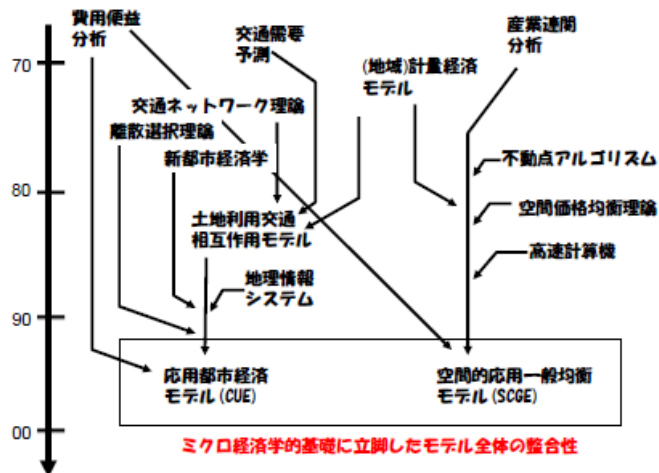
図3：＜被害推定手法のイメージ＞



(3) 経済均衡モデルの日本での発展

経済均衡モデルの発展には色々な理論的背景がある。そもそも産業連関や計量経済の伝統がある中で、数学的なハンドリングをする上でのアルゴリズムや色々な理論、あるいはコンピューターの技術などが発展した事によって計算などが楽になったという事も、発展の要因の一つである。

図4：＜公共事業評価のための経済均衡モデル 日本での発展＞



同時に、地域計画・交通計画を専門にしている人間は、交通の流れを予測するということを徹底的にたたき込まれているが、そういったモデルのみならず、都市経済学の流れを受けながらも、都市内の土地利用や住宅の利用分布がどうなるのかということも交通の発生源として予測する手段が、60年代後半から出現し、特に80年代に発達している。また、その上で地理情報システムによるデータの発達もあいまって、モデルとして発展してきたのである。そして、応用都市経済モデル（CUE）と、空間的応用一般均衡モデル（SCGE）へとつながっていく。

(4) 経済均衡モデルの特徴

応用都市経済モデル (CUE) と、空間的応用一般均衡モデル (SCGE) の特徴としては、(イ) 教科書的なミクロ経済学の効用最大、利潤最大、費用最小といった、みんなが認めやすい行動仮説、均衡仮説に基づいているので、モデルが割合誰にでも納得してもらいやすいという事、また (ロ) そのため誰がモデルを作っても似たような構造になってくることから、大きなばらつきが少なく、合意が得やすいということがある。さらに、(ハ) 便益の計算についても、ミクロ経済学の基礎理論に依ったベネフィットの尺度が確立されているため、すぐに活用が出来、非常に使いやすいという点も挙げられる。

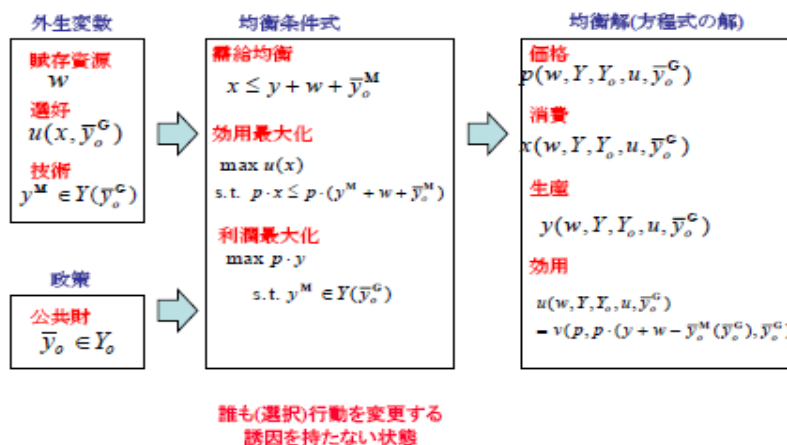
この応用一般均衡モデルは、前述の通り、本来、被害推定ではなく公共投資の便益を測る、例えば施設効果など、インフラの利用がもたらす便益を求める事などが中心となっている。経済系の研究者はよく、生産関数アプローチとして、インフラのストック量を生産関数の中に入れ、それによって付加価値ベースでの生産がどの程度増加するかということを求める事が多い。また、その応用として、生産関数の中に入れたインフラのストック量が、地震で 30%破損した場合、それによって GDP、GRP (地域総生産) ベースでどれくらいの生産減少が生じるか推定して、それを被害と捉えたりすることが多い。

それに対し、空間的応用一般均衡モデル (SCGE) はまだ定型化はされていないし、必ずしもオーソライズされているものではない。とはいうものの、2005 年 9 月 13 日の運輸政策研究機構におけるセミナーでは、公共事業関係の方へ SCGE の紹介をする機会があり、200 名近い出席者があったが、特に地方自治体の方が興味を示してくれたという実績もある。

4. 空間的応用一般モデルの考え方

(1) 基本的構造

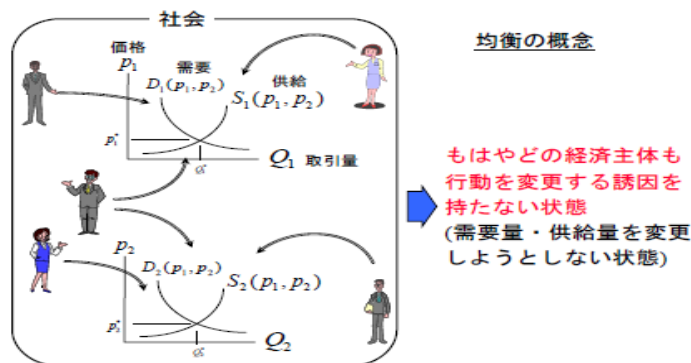
図 5 : < 経済均衡モデルの基本構造 —ワルラス均衡— >



基本的構造としては、まず、外生変数として資源がどれだけあって、世帯・消費者の選好がどのようなものであって、生産の技術がどうなるというようなことを与える。そして、生産と消費、つまりは需要と供給のバランス式（需要均衡）の背後に、効用を最大化し、利潤を最大化する企業や家計の行動が存在する。こういった方程式体系で価格や消費量、生産量を求めて、効用の関数の中にそれらの数値を入れると、結果として効用が出てくるわけである。例えば資源が地震によって破損して減ったりする、あるいは公共事業投資によって公共財等の供給量が違って経済変数が変化し、それを効用関数の中に入れるというわけである。地震の場合はこの効用の低下分が経済被害ということになるし、通常の投資の場合は、この効用がどれだけ上昇したかということをもってその便益とするわけである。

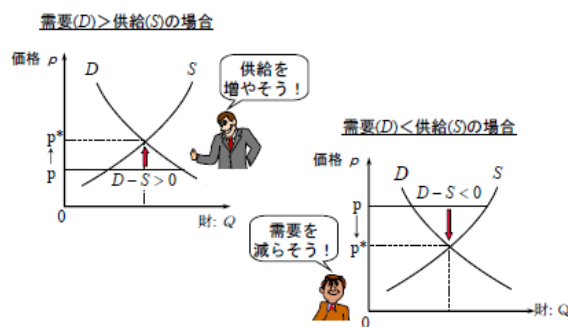
こういった一般均衡理論の基礎概念としてポイントとなるのは、「均衡」の概念として、需要や供給は価格変数の関数として表現されており、需要と供給が一致して、もうだれも供給量も需要量とも変更しようと思わないという状況を表現しているということである。

図 6 : <一般均衡理論の基礎概念 (イ) 均衡の概念>



次に、価格が自分の思ったものよりも高ければより多く売ろうと思うし、または買い控えようとするというような「価格の役割」から、最終的に便益が決まる。つまり、市場では、価格が「シグナル」の役割を果たして、需要と供給がバランスするように調整されるということも押さえない。

図 7 : <一般均衡理論の基礎概念 (ロ) 市場における価格の役割>



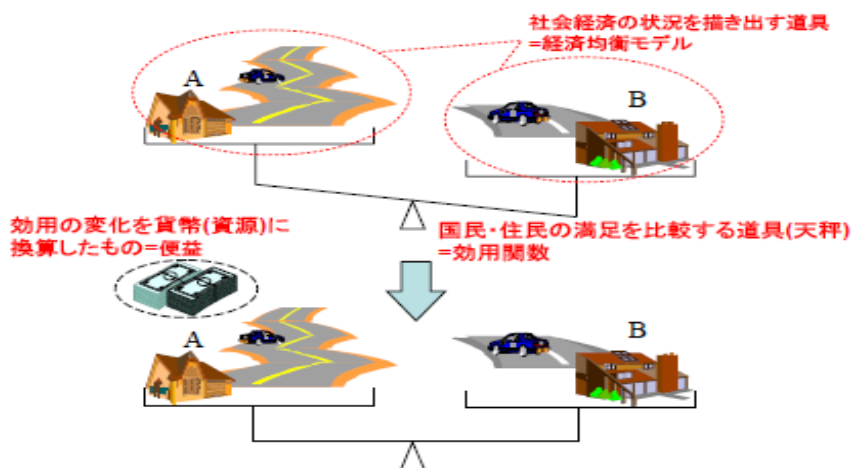
また、市場については、生産物市場のみではなく、生産要素、つまりは労働・資本・土地の分についても考えることが重要になってくる。これらの要素を、災害との関係から見れば、災害時は、物資が届かないとか、生産が落ち込んで商品を販売することが出来ない等の様々な状況が生じる。また、災害の結果として働き口がなくなってしまう、またはそもそも働き手が不足してしまうなどといった、「労働力」という意味での生産要素を上手く調達出来なくなる事が生じる。さらには、「資本」としての建物や構造物のストックが壊れることも生じる。そして、この状況から如何に早く復旧できるかということが全体の被害額の推定にも影響するのである。そのため、特に生産要素に関しては、きちっとモデル化しておくということが重要になってくる。

こういったモデルで方程式を解くに当たっては、色々な経済計算の体系に基づいてデータを取ってくるわけであるが、その中でも特に重要なのは、「産業連関表」である。特に他部門のセクターや他地域のセクターに関するものとして、産業連関表でも「地域間の産業連関表」が重要である。日本ではこれは政府によって整備されているものであるため、これを用いた研究をする研究者は恵まれているわけではあるが、分析の目的によっては必ずしも全ての都合良く出来ているわけではないので、自分たちで加工したり補完したりして使っていく事になる。

(2) 被害推定モデルの考え方

便益の推定、あるいは被害の推定は、基本的には図6のようにAとBという二つの状態を考える。

図8：＜便益（被害）計測と経済均衡モデル＞



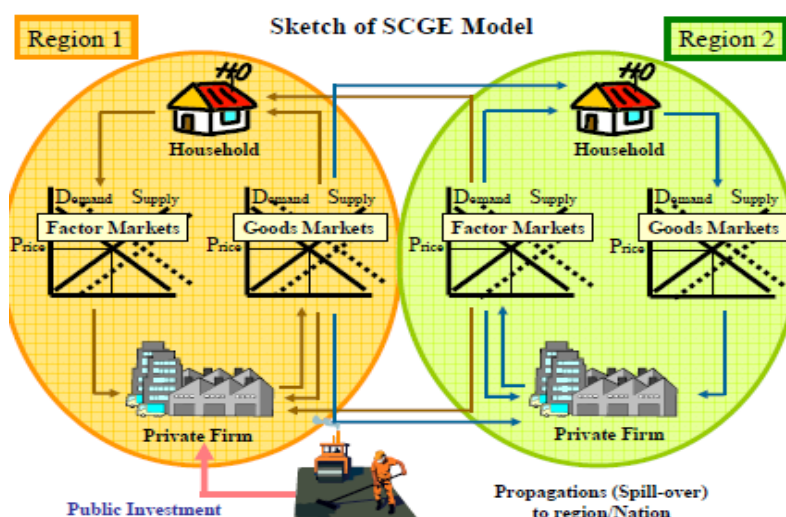
Aを整備していない状態、あるいは地震によって道路が破損した状態と仮定し、Bが平時あるいは望ましい状態であると仮定した場合、これらのどちらが良い状態かという、もちろんBの方が価値が高いという事になる。そこで、例えば、それをバランスさせるく

らいにお金を積んだとしたら、いくら積んであげればバランスするのか、つまり経済学で言う無差別という状態になるのかというのを考えていく事になる。これは、A+お金もしくはBのどちらが重いか、つまりは良いか、という二者択一をするわけであるが、結果とは、これはどちらも同じ、つまりは両方が無差別であるという事になる。こういった判断が出来るものに関しては、基本的に全て貨幣単位で表現が出来る事になってくる。

しかし、この時、人命などを貨幣単位で想定するのかという事が問題になってくるが、災害の場面においては人命の被害を経済被害として含めることはタブーとされており、またエンジニアの世界でもタブーとなっている。特に土木の世界では、設計基準を考える際には、最低限のラインとして、万が一建物が壊れたとしても絶対に人が死なない、それだけはどんなにコストがかかっても守るべき条件とした設計基準でいこうと考えるのである。ただその先は壊れ方に応じて補修の費用がかかってくることになるわけだが、それは費用との見合いで、どれだけ強くするかを建物の所有者に選ばせていいたろうという見方になっている。こういった意味から災害に関しては、人命を費用計算、金銭換算するような事はしない。ただし、交通安全に関しては、世界的に人命の価値をいくらというように決めて（大体一人1億~1億5千万円）、被害計算や便益計算をしているという例もある。とはいうものの、今回のモデルでは人命の被害を計算はしないという前提である事は理解してもらいたい。

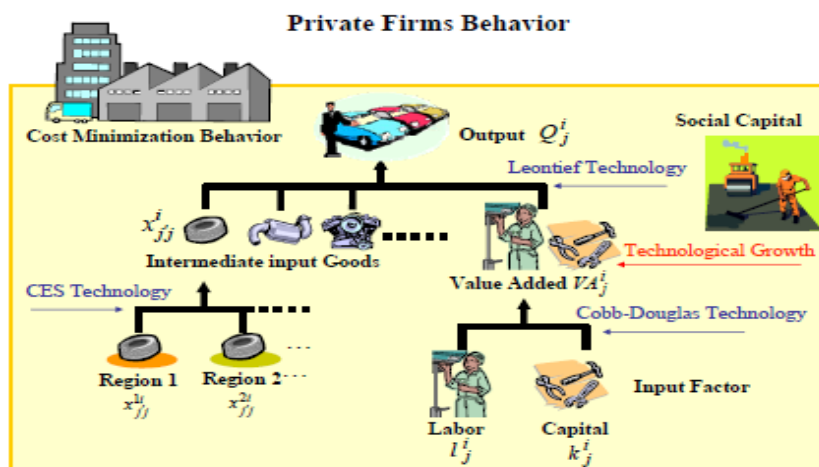
さて、ここからはSCGEモデルで他地域を扱って、Factorのマーケットと、Goodsのマーケットをモデル化していく。

図9 : < SCGEモデル概要図 >



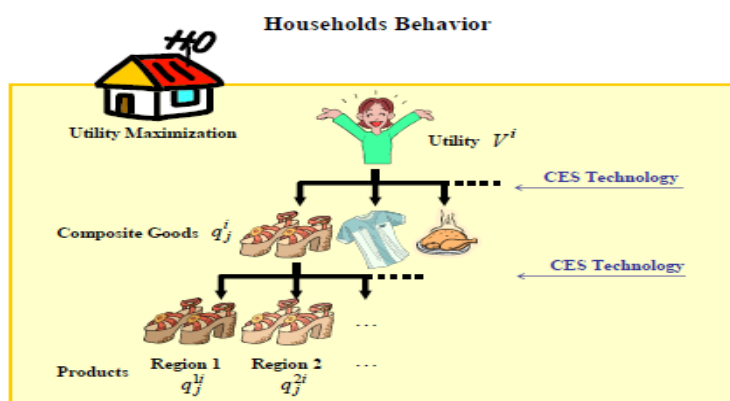
まず企業は労働や資本を投入していく。この時、企業は自地域から中間投入を取るだけでなく、様々な地域から中間投入を調達してくる事になり、そして、それらを組み合わせる一つ一つの製品にしていくという生産行動をとっているわけである。

図10：＜民間企業の行動イメージ＞



この部分の生産関数の作り方は、Cobb-Douglas 型の関数や Leontief 型の関数、または CES 型の生産関数を用いている。なお、他地域から財を調達してくるという事は CES 関数を使って、グラビティーローという、値段が同じであればなるべく近い地域から購入するということを表現している。これによって地域間のものの流れが表現される。また、家計も、商品を買ってきて毎日消費しているわけであるが、家計も色々な地域から輸入してきたものを買って消費しているため、ここでも CES 型というものを使っていくことになる。これにより、東京にいる人が宮城県や静岡県からの魚を購入し消費するという行動を表す事ができる。

図11：＜家計の行動イメージ＞

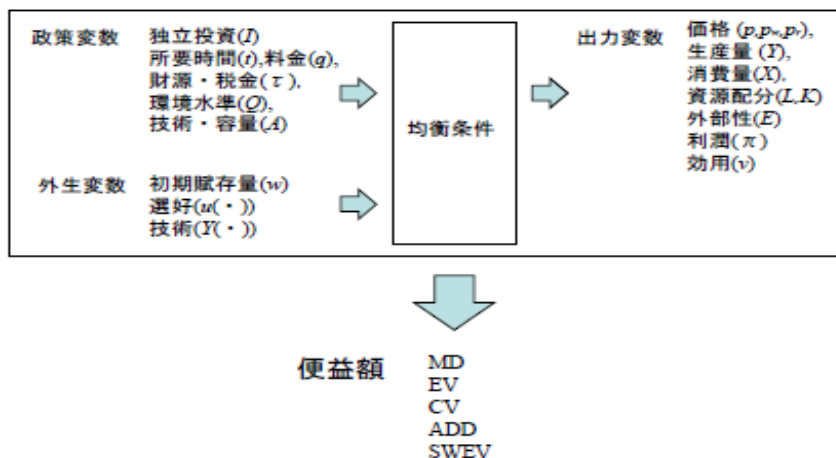


これらの構造を使用するのは、災害で交通が遮断されたときの被害を見ていきたいということを目的としているからである。例えば、新幹線が遮断された時や、東名高速道路などが遮断された時に、どの地域の物流を介して経済被害が伝播するのか等を見るために、こういったモデルを使っているのである。

(3) 被害推定額の算出

一般的には環境の変数や所要時間といった色々な変数を入力して、生産量、消費量などの項目を見るわけであるが、それを経済被害等にする際には、等価的偏差とか補償的偏差などの個人の効用を貨幣換算するための様々な指標や尺度を使って、計算していく事になる。

図 1 2 : <応用均衡分析で把握できる事業と影響項目>



被害推定は、地域別・産業別の生産額、また交易量についても地域間別、産業間別、さらには出張などの業務 trip や観光などの自由目的 trip に関しても同様の観点からのアウトプットとして計算することを目的としており、最終的にはそれらの全部をトータルして、ある地域の世帯がどれだけの被害がいくらかという事を算出していくこととなる。また、算出に際して、災害時には資本や労働といった投入要素の提供量が平常時と比較して大きく減少してしまうわけであるが、その水準が何%程度であるのかという推定が困難になってくる。そこで具体例として、阪神大震災の場合、震災後すぐに働きに戻れた人がどの程度いたのかという事を調べ、6割の人が1ヶ月の内に普通の仕事に戻れたとすると、それをもって、4割が減少した水準とみなしている。あるいは、破損した工場等の施設についても、サンプル調査といえるほどのサンプルにはなっていないが、工場のなどの事業所への稼働率の低下率に関するアンケート調査の結果などを参考にしながら、何%程度が破損したとして設定している。

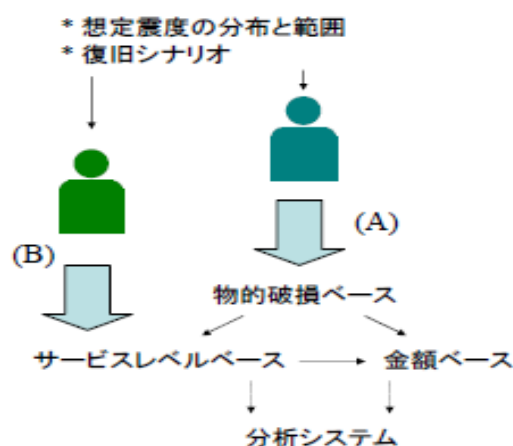
(4) 被害推定結果の利用

被害推定結果の利用目的としては、交通などのインフラ管理者、もしくは電気やガス、水道などのエネルギーに関するインフラ管理者と対話的に同じテーブルで議論する場面を想定している。まずは彼ら専門家から、災害によって被害が発生した時に、どこが一番被害を受け易いのか、あるいはやられてしまった場合に復旧する際の優先順位をどう考えて

いるのかというシナリオなどを提供してもらおう。そして、それをモデルにインプットしていき、物的な破損や、サービスレベル、金額ベースといった色々なアウトプットを算出して、再度インフラ管理者へフィードバックをする。その上で、その算出結果を参考に、考えている復旧シナリオや優先順位の妥当性を再度見直してもらおうという流れとなる。

このように、実際には対話的に議論を行う際の、一つの情報の受け渡しのツールとして、モデルの使用やアウトプットの算出を行っていかうと考えている。

図13：＜分析システムおよび分析結果の活用イメージ＞



5. 分析事例紹介

(1) 分析範囲および構成単位

空間といっても、モデルにはどういった範囲をカバーして、どういう構成単位で見ていくかというバリエーションが多く存在する。現在世界的に空間的応用一般均衡モデルとして普及しているものに、G-TAP (Global Trade analysis project) がある。このモデルでは世界をその範囲として、国を構成単位として様々な結果を算出していく。

また、このモデルは土木の世界でも必要となる場面があるが、それは国際コンテナ港湾である。現在、コンテナ中樞やコンテナ、スーパーコンテナ港湾の整備効果等をみるために、国交省の研究所とモデルを作って、コンテナ港湾の整備による経済的な効果の推計分析を行っている。

災害による被害推定などのレベルでは、国を範囲として、県や地域間産業連関表の9ブロックに合わせたブロックを構成単位として、新幹線や空港の整備、あるいは、高速道路網の整備の効果や便益の分析を行う事が多い。対して、今回紹介する事例では、県や市町村を構成単位とした場合を分析している。この分析では、9ブロック表などからさらに推定して47都道府県間の地域間産業連関表を作成し、それを基に47都道府県での応用一般均衡分析を行ったものである。

また、最近では県単位の産業連関表から、都市圏や割合大きな市町村の産業連関表をノーサーベイ法等の何らかの方法を活用して作成し、都市圏単位のSCGEモデルや、その中

をさらに細かく分割した通勤圏として分析する応用都市経済モデルもある。

しかし、実際には、分析をなるべく細かい単位で、かつ広域に行いたいものの、作業の問題、データの問題、モデルの精度の問題を考慮しながら、適宜妥当な範囲・構成単位を選んで分析を行っているという状況である。

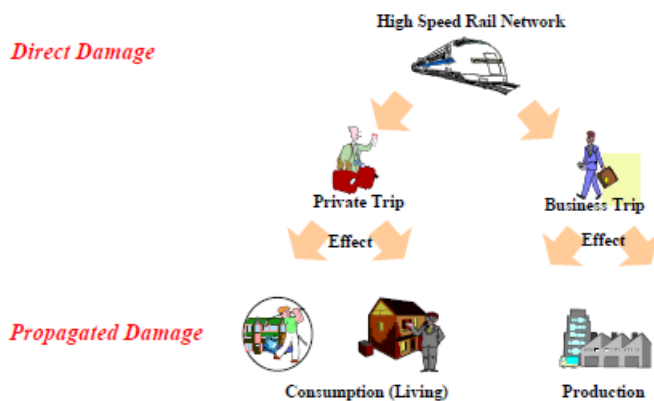
図 1 4 : <空間経済システムの範囲と構成単位>



(2) 分析事例 (イ) 関東地域での新幹線不通の波及被害

新幹線が不通になった場合には、ビジネス trip やプライベート trip が出来なくなる。その結果、レジャーや消費を楽しむといった生活機会への被害、あるいはビジネス trip においては、最終的に生産段階の被害にまでつながっていく事も考えられる。今回紹介する事例はこういった部分をモデルとして捉えて分析したものである。

図 1 5 : <事例 (イ) の分析内容イメージ>



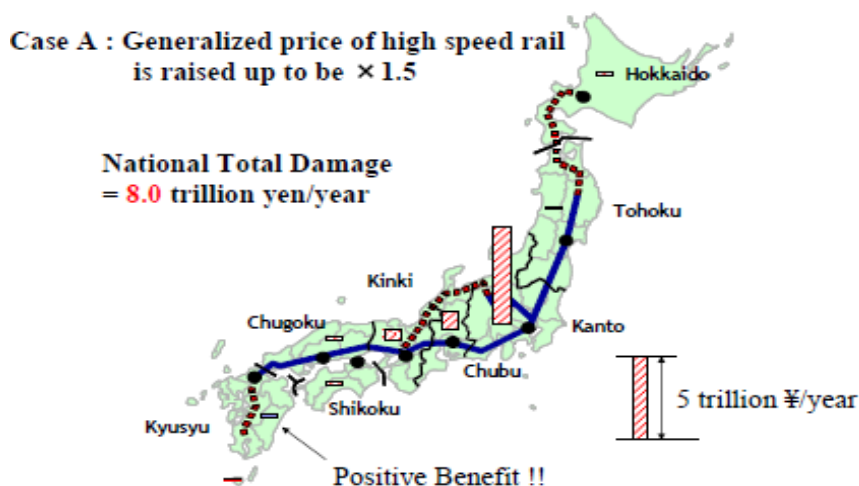
まず、この分析では、東京発着の部分の新幹線が、期間として最大限 1 年間、全線不通になってしまった場合を想定している。なお、この 1 年という想定は、産業連関や経済デ

一タなどが全て、1年間ベースのデータであるので、実際には半年という短期間、もしくは逆に2、3年間という長期間にわたって復旧できないという甚大な状況であっても、まず基本として1年止まったらとしてカウントしないと分析が出来ないということで、1年という想定で行っている。

この分析における関心は大きく2つある。第1は国全体での被害額がどれくらいになるのかという事である。第2は、どの地域に波及する被害が大きいだろうかという点、つまり、首都圏における東京発着の新幹線だけが不通になった状態を想定しているため、他の部分の新幹線には被害が生じておらず、おのずと被害も東京が最も大きく受けるわけではあるが、その時の他の地域における被害はどの程度であるのかという点である。

ここで、ケースAを紹介する。

図16：〈ケースA〉



まず、新幹線の所要時間と料金を合わせた「一般化費用」は、東京―大阪間の料金は1万数千円であり、所要時間は2時間半程度であるので、この時間価値を、1時間5千円とした場合は片道3万円強程度になる。この時、新幹線などへの破損度合いは軽微であって、片道は時間と料金を合わせておよそ1.5倍程度のコスト増になると仮定した場合を考えていく。なお、この1.5倍という水準は、品川駅や東京駅などで一部破損したとし、その地域だけ迂回をして、例えば小田原辺りから新幹線に乗った場合に、どれくらいの費用と時間が代替輸送としてかかるかという事に対する専門家の回答が1.5倍程度ではないかという事を根拠としている。

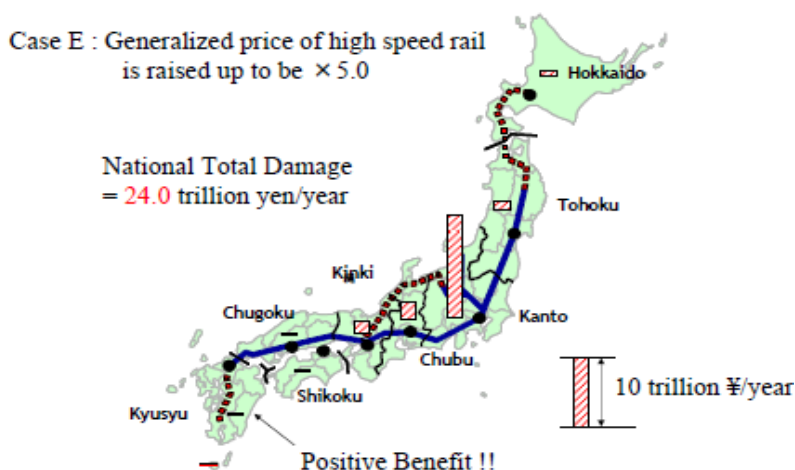
この計算をしていくと、被害額は関東エリア、首都圏が最も大きくなる。ところが、新幹線は大動脈で名古屋、大阪を通るわけであるので、被害という面では、経済的結びつきの強い、中部、近畿のあたりにも出てくる事になる。ただし、北海道や九州という距離的に見た場合に遠いところほど経済的結びつきが弱くなるので、被害も比例して小さくなる

という結果になる。

結果として、国全体における被害を年間で見た場合、約 8 兆円という規模になった。これは軽微な例として見る事ができるであろう。ただし、九州においてプラスのベネフィットが出ており、九州は得をするという事になっている点も注目しておきたい。

次に先程の料金や時間 1.5 倍ではなく、5 倍の場合であるケース E を想定する。時間だけを見ても東京-大阪が 2 時間半だったのが、5 倍なので十数時間、つまりほぼ丸半日かかってしまうような場面を想定したケース E では、国全体の年間の被害額は 24 兆円となる。また、このケースでは九州のみならず四国でもプラスのベネフィットが生じてくるという結果が出てくる。これは、モデルが空間的な競合モデルであるので、ある地域の生産的なキャパシティや需要が減れば、別のところがその分を代替せざるを得ない、つまり東京・大阪などが被害を受けるとなると、西日本のエリアでは、九州や四国でその分の代替生産として生産が増加する事により、甚大な被害を受けているエリアがある一方で、プラスのベネフィットを受けているエリアが出てくる可能性もあるということの意味している。

図 17 : <ケース E>



また、この時に 24 兆円の被害額を大きいとみるか、もしくは小さいとみるかであるが、この額はモデルの計算した当時の年間 GDP の 5% 程度であるため、大きいと見る事が出来るのではないだろうか。また、被害は中心部に集中し、大規模な金額の被害であるため、通常の災害保険では補償しきれないという事も考えられる。世界的な再保険市場や CAT ボンドを組み合わせたような、かなり大きな金額のリスクファイナンスでカバーをしなければいけないであろうという事が言える。さらには、被害の分布を見るとかなり広域に広がっている事がわかるが、新幹線のベルトは日本の東海道ベルトの中心部を通っているわけであるので、いわゆる中核的な地域に被害が出る事になる。この事から、復旧に関しても、または事前の防災対策に関しても、当たり前ではあるが、この場合については核とな

る地域をまずは強くする、復旧させると言う事が必要であるという事程度は言えるであろう。

(3) 分析事例 (ロ) 静岡県における社会基盤施設破損の波及被害

この事例では、47 都道府県間産業連関表を使用して震災による経済的被害の空間的把握を行っている。分析におけるシナリオとしてはまず、静岡県の社会資本インフラのストックが全部で 10%減少した場合を想定する。この根拠は阪神大震災の際のインフラの被害額がおよそ 10%~15%であったとされている事から、10%を基準計算として仮定したことによる。また、静岡県には東名高速道路が走っているが、それが震災により静岡県内で破壊されたと仮定し、その分だけ交通費用をマークアップして、通常の 1 分当たり時間価値であるおよそ 45 円を 1.5 倍ほど割り増し、1 分の時間価値が 60 円に上昇した場合を考えている。なお、47 都道府県間産業連関表は、岐阜大学の宮城教授が、様々なデータを動員しながら、按分したり、さらには広域の部分ではグラビティモデルを使ったりすることで、作成した表を活用している。また、社会資本ストックについては、電力中央研究所のデータセットを利用している。これをアイスバーグ型に近い形で、FOB 価格としてマークアップしていった場合、この FOB 価格マークアップ分は、交通価値である 45 円が 60 円になる程度の比率でマークアップされることが分かる。

図 18 : <交通が寸断された場合の交通条件の変化>

都道府県間交通条件					
$j \setminus i$	北海道	...	静岡	...	沖縄
北海道	α^{ii}				
...					
静岡					
沖縄					

$$P_j^{ii} = (1 + \alpha^{ii}) P_j^i$$

$$\begin{pmatrix} P_j^{ii} & \dots & \text{消費地価格 (CIF 価格)} \\ P_j^i & \dots & \text{生産地価格 (FOB 価格)} \\ \alpha^{ii} & \dots & \text{マークアップ (輸送コスト)} \end{pmatrix}$$

こういった状況に対し、災害によって交通と社会資本の影響が同時に起こった場合と、社会資本にのみ起こった場合の両方を計算していく。結果 (図 16 および 17 参照) としでは、当然静岡県近辺が一番大きな被害をうけるはずである。ところが、交通は破損せずに、静岡県内の社会資本インフラのみが破損した場合では、群馬県などの被害が急に大きくなる事がわかった。つまり、必ずしも空間的に近いところに大きな被害が出てくるわけではないという傾向が見えてきたのである。また、交通が遮断された場合で見ても、大阪

府や兵庫県など、静岡県から少し離れたところに被害がでてきている。さらには、一人当たりEVの変化をみたとしても、何故か群馬県などだけに飛び地的に大きな被害が生じてきているのである。

図19：＜経済的被害 ～EVの変化～＞

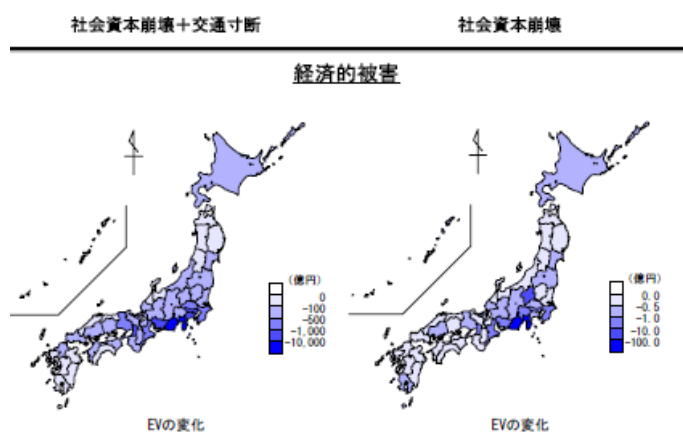
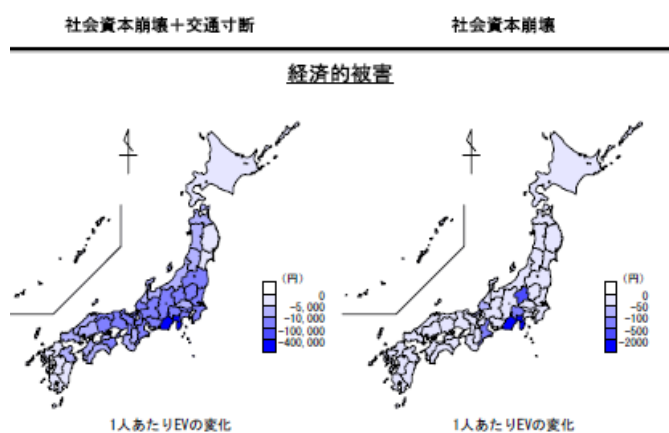


図20：＜経済的被害 ～一人あたりEVの変化～＞



通常、グラビティモデル等で分析をした場合には、遠いところと近いところで同じサイズ位の県があれば、必ず距離的に近い県の被害が大きくなるという傾向が出てくる。しかし、47都道府県間産業連関表で使っている取引の係数等は、グラビティモデル等で推定をしながらも、実は実際の交易量が再現できるように色々な調整を行っているため、グラビティ・ローでは説明できないような、ある県とある県の経済的な結びつきといったものが折り込まれている事によって、前述のような結果が生じるわけである。また、この結果は、昔からの取引関係や、価格に反映されない様々な競争上の優位性というものがパラメータに折り込まれているのであろうという事も示しているのである。

そして最後に、破損の量や、輸送費上昇量を変動させて、いわゆる感度分析を行うわけであるが、結果のパターンとしては変わらないことが見て取れる。被害額の大きさも、一番厳しいものでも年間10数兆円規模になっている事が分かる。

図21：＜経済的被害額シナリオ感度分析＞

単位：億円

A \ B	0%			10%			20%		
	静岡県	その他	全国計	静岡県	その他	全国計	静岡県	その他	全国計
0%	-	-	-	18,313 (487)	18,682 (15)	36,995 (29)	33,600 (894)	38,907 (32)	72,507 (57)
10%	162 (4.3)	43 (0.03)	205 (0.16)	18,461 (491)	18,718 (15)	37,179 (29)	33,734 (897)	38,953 (32)	72,687 (57)
30%	553 (15)	99 (0.08)	652 (0.51)	18,818 (500)	18,819 (15)	37,637 (30)	34,071 (906)	39,035 (32)	73,106 (58)
50%	1,100 (29)	252 (0.21)	1,352 (1.1)	19,308 (514)	19,099 (16)	38,408 (30)	34,514 (918)	39,276 (32)	73,790 (58)
70%	1,937 (52)	605 (0.49)	2,542 (2.0)	20,069 (534)	19,285 (16)	39,355 (31)	35,205 (936)	39,506 (32)	74,711 (59)
100%	123,463 (3,284)	-13,338 (-11)	110,125 (87)	128,008 (3,404)	11,591 (9.4)	139,599 (110)	131,652 (3,501)	35,597 (29)	167,249 (132)

()内は人口1人あたりの被害額 (単位：千円)

A: 生産財価格に占める輸送費用の割合
B: 静岡県の社会資本ストック額の減少率

注：『その他』とは、静岡県を除く全国

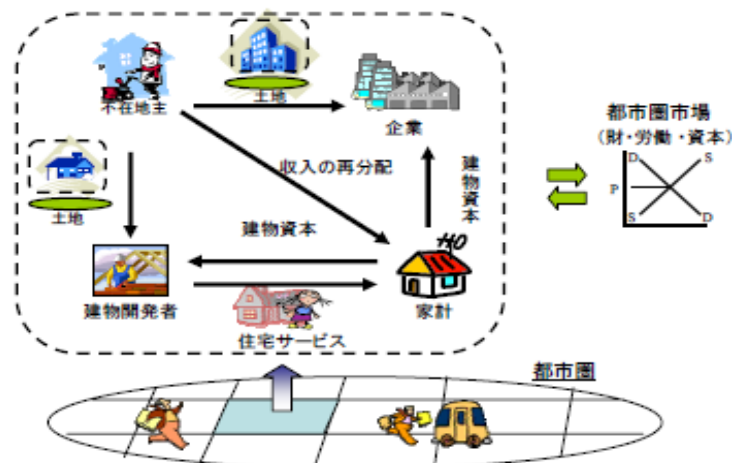
なお、静岡県を取り上げた理由としては、東海・東南海沖地震による被害が念頭にあり、それにおける被害推定を行いたいという事による。

(4) 分析事例(ハ) 浜松都市圏での社会基盤施設破損の波及被害

この分析では静岡県の交通の大動脈として、そして地盤条件も複雑な地域に立地されている部分として、浜松というエリアを取り上げている。浜松における鉄道、幹線道路、中でもとくに幹線道路は必ずしも全てが地盤の良いところではないので、東海・東南海地震の時には交通施設の破損を受ける可能性がある。エリアのサイズとしては、分析事例(ロ)の県よりもさらに細かいレベルである都市圏を分析していくことになる。この都市圏エリアの中で、交通のパーソントリップデータの調査を行い、その結果に基づいてエリアをさらに、東京の区に匹敵するサイズ程度に、多くて50、少なくとも10程度の地域に区切る。サイズで言えば10km×10km位のサイズだ。各ゾーンの中では、それぞれ一般均衡モデルを持ちながらも、実際には、家計や企業、または工場などは、交通のゾーンのどのゾーンに立地しているかという立地条件によって、必要となる通勤費、物流費用、業務トリップの交通費用に差が生じている。よって、ネットワークの中で非常に便利なところに立地されていれば、物流や移動コストは安くなるし、逆に遠いところであればコストは高くなるといった空間的なコストの差というものを表現して入れてある。また、賃金や財の価格などは、応用一般均衡モデルで検討しておき、そこに地区別の輸送費用などの差をもって、

出来るだけ輸送費用の小さいところへ空間的に工場や企業が集中し、また世帯も通勤費が安い便利なところに立地が集中するといった形で表現し、分析している。

図 2 2 : <モデルの概略>



今回の分析における適用対象地域としては、3つのゾーンとに区切っている（現在は十数個に分けて分析している）。

各ゾーンは、少しばらつきが大きいですが、従業者数が 60 万人弱と、8 万人、4 万人となっている。なお、ゾーン 1 は第二次産業中心である（浜松は製造業の集積が高い地域である）。このように、各ゾーンにおいて、従業者の分布を、第 1～3 次産業に分けて見ているが、この他として、立地を扱うために不動産価格というもの非常に重要なパラメーターとなってくることから、不動産というセクターだけは別枠として扱っているという特徴がある。

図 2 3 : <適用対象地域 各ゾーンの概要>

人口分布 (H13)

ゾーン1	ゾーン2	ゾーン3
582,095	84,905	43,711

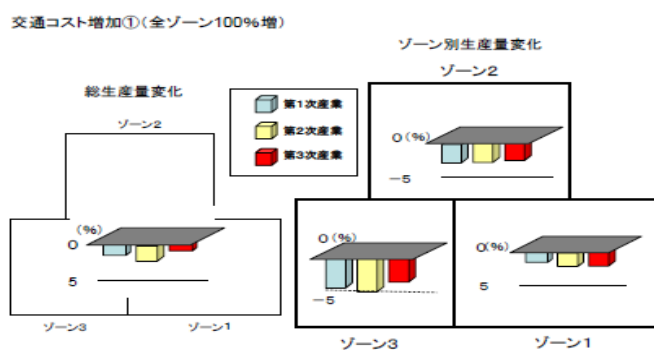
従業者分布 (H13)

	第1産業	第2産業	第3産業	不動産
ゾーン1	483	105,814	184,423	3,052
ゾーン2	129	16,181	15,617	329
ゾーン3	140	20,267	7,878	142

また、エリアにおける産業連関表から色々なデータを作るわけであるが、この産業連関表は、南山大学の石川先生が、静岡の産業連関表を、浜松の従業者数規模や人口規模などに合うように、投入算出の技術構造は静岡と同じとした上で、従業者の分布量等から作成したものを使用している。

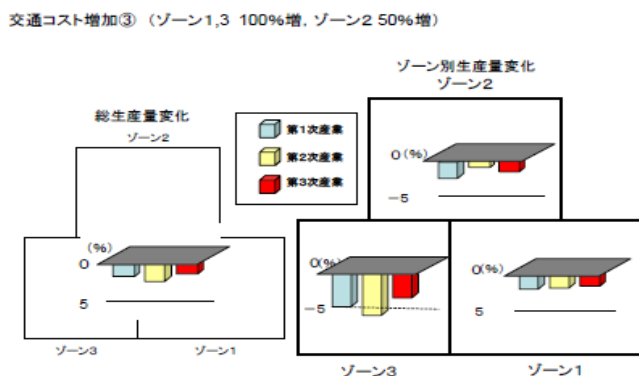
次に分析の結果であるが、対象地域の範囲が狭いため、災害によって交通インフラが破損して幹線道路以外のところを通ったとしても、スケールが新幹線の事例とは違うので、仮に被害が甚大な場合であっても、影響の程度としては、元々の所要時間が30分であるところが、倍の1時間に増加する程度であろうとは想定できる。そのため、災害によって交通時間が全ゾーンにおいて倍になった場合の生産量変化に対する分析では、結果としての被害は小さくなっており、1年単位で第二次産業が3%弱、全体でも数%の規模で生産量が減少するという結果になっている。これは、交通の被害が減ったからといって、生産量への変化はあまり下がらないということも言える。ただし、ゾーン3のような小さいゾーンだけで見た場合には、5%の減少という結果が出ているので、被害はある程度大きいと考えることも出来よう。

図24：＜適用例1＞



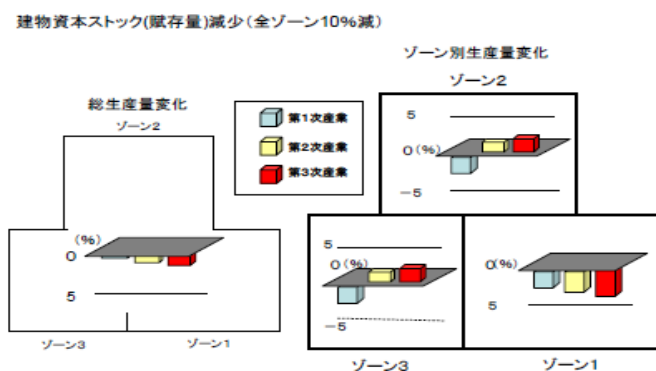
さらに、交通コストの増加率をゾーン1・3においては100%増加し、ゾーン2だけは50%の増加というように、ゾーン間でその程度にメリハリをつけたケースの場合、ゾーン3では全ゾーンで100%の交通コスト増の場合よりも生産量の低下が大きくなる事が分かる。このように、影響はネットワークで効いてくるため、全体が一律で下がった方が被害は小さいという結果が出ることもあるとわかった。

図25：＜適用例2＞



そして、既存建物資本ストックにおいて全ゾーンで10%のストック減少があったとしたケースでは、ゾーン全体でも生産量の変化は数%の規模である。一番影響が見られるゾーン1においては、4%位の規模で減少している。しかし、その他のゾーンでは破損のみならず、2次産業、3次産業の部分では逆に生産量変化がプラスになるといった影響が出てくる。この結果からは、ゾーン1の減少においては、交通への影響によって輸出入における競合関係が変わった事で代替生産の増加した事による影響なのかもしれないが、その他のゾーンで見られるように、破損が起こったからといって、全てのゾーンの生産が一律に落ちるわけではなく、凸凹が出てきて、空間的に見ると一部の部分では他のところを補完するために生産が増えるゾーンが出てくる可能性が高いという事が言える。これは新幹線破損の影響分析と同じような構造であろう。

図26：＜適用例3＞



6. 今後の研究に向けて

SCGEモデルに対する批判は少なくはない。その内容は、一つは今のCGEというのは統計的な信頼性のチェックが非常にルーズであると言う事である。CGEはキャリブレーションに、一断面のデータでパラメーターのほとんどを決めてしまっているのだから、計量経済モデルや時系列データを持ってきて需要関数や生産関数を推定するという方法に比べると、CGEとしてやっている事のほとんどは、パラメーターに関する統計的な議論を全くと言っていいほどやっていないといえるのである。これは正直非常に荒っぽく、いい加減であろうと見えてしまう。これが正統的な統計学者から、CGEがナンセンスだと言われる原因である。

また、動的な時間の流れのなかで投資や資本の蓄積を捉えるようなCGEもあるけれども、ほとんどのCGEが静学的なものである。G-TAPも基本は静学的なフレームを使っている。よって、長期間を対象とした分析においては、CGEというものは必ずしもいい道具であるとは言えない可能性がある。

しかし、CGEは均衡理論というものでは整合しているのだから、人々がモデルの理解がし

やすく、またモデル自体も作りやすい。さらには空間的に産業部門間など様々な部門間での分布がみられるという長所もある。分布を見る事で、どこが甚大な被害をうけるか、または、どこに重点的な防止対策を打つべきかという観点から政策判断をするためにはこういった道具を使わなければならないであろう。残念ながら計量経済モデルや、その他の方法は、CGEに比べてダイナミックな部分では優位性があるかもしれないが、細かく地域別、空間別に見るといえるときに、かえって手間がかかるなど、あまり良い道具とは言えないのである。

SCGEはリスクマネジャーやポリシーマネジャーとのコミュニケーションツールとして使用されるべきと考えているが、一部からはモデルを作っている人間の単なる高価なおもちゃでしかないのではないかと批判もある。こういった批判に対しては、前述したように、インフラの管理者と一緒にモデルをまずは実際に使用し、モデルおよびその結果を多くのインフラ管理者や専門家の目にさらしていきたい。そうすることでモデルは、今後より発展するであろうと考えている。

最後に今後の研究において検討しておくべき論点としては、現在の分析では災害時を特に重点的に対象としているが、災害時の均衡モデルでも価格がスムーズに動くという仮定の下でモデル化を行っている。しかし、実際の災害時は、価格の調整機構が本当に働いているかどうか不明であり、また場合によっては便乗値上げのようなものに対して人々から厳しい視線を浴びる可能性が高いために、本来は値段を上げた方が良いものも値段を上げられないといった状態も起こりうるかもしれない。逆にもっと値段を下げられるのに下げないといった事も考えられる。このように災害時は価格固定がどうしても生じてしまうという可能性も十分あると考えられるのであるが、これをモデルに反映させる事には、こういった産業セクターにおいて価格固定に成りうるか、あるいは調整が遅いかということの特定が困難であるのが現状である。

また、モデルでは地域内での労働や資本といった資源も自由に動く事が出来るような想定になっている。ところが、実際の災害時には、人々は働き場所を喪失する、または建物などの生産設備がなくなる、さらには働き手そのものが減少してしまうといった状況になってしまうわけであり、この時に本当に産業セクター間などで労働や資本が移動するということが生じるであろうかという点も考えなくては行けない。長期間ではスムーズな移動もあり得るかもしれないが、災害時にはスムーズなストック調整や生産要素の調整は難しいであろうと考えている。

これらの点は、復旧シナリオが長期的なスパンであれば、これは完全移動自由であるとみても良いのかもしれないが、短期・中期の場合には、やはり一般の均衡モデルの想定とは違って、価格も動きにくいし、人や物もなかなか動きにくいといった粘着性というか、固定性が生じるはずである。よって、今後はこれらの部分をモデルに入れていかなくては行けないと考えている。