

京都大学大学院 学生員 ○梶谷 義雄 京都大学防災研究所 正員 岡田 憲夫
 京都大学防災研究所 正員 多々納 裕一

1 はじめに 近年各地で様々な地震災害が発生しているが、その影響及び効率的な復興政策を事後的に分析することが重要になっている。事後に得られたデータからできるだけ客観的かつ科学的に震災や復興政策の効果を分離して評価することが重要である。本研究では、統計学的なアプローチに着目し、データの持つノイズを取り除き、着目すべき重要な傾向の有意性を分析する方法を提示することとする。この際、兵庫県南部地震で被災した神戸港の貨物取扱量を対象に、災害の事後分析段階にでの統計学的なアプローチの有効性について検討を行う。

2 本研究の方法論アプローチ

2.1 長期的影響と政策の効果 統計学の分野では、Chow¹⁾による先駆的研究に端を発し、構造変化を含む時系列に関するモデルやパラメータの安定性に関する研究が蓄積されてきている。ここで、統計学で言う「時系列の構造変化」とは、「ある変化発生点 (break point) を境に時系列モデルの構造、及びパラメーターが変化すること」をいう。本研究では主として神戸港の貨物取扱量の長期的変化を扱う。「長期的変化とはモデル構造は不変であるがパラメーターが変化している場合の構造変化によってもたらされる時系列の変化を意味する。

図1に示すように、港湾貨物取扱量は、震災前には安定的な変化傾向を示していた時系列が震災によって生じたショックを被ることによって生じた外生的なショックを系列の中を含む。さらに、この時系列は震災後、復旧活動などのショックからの回復過程を経て新しい安定期に移行するプロセスをたどるものと考えられる。震災のショックからの回復期は、港湾貨物取扱量の時系列のパラメーターが刻一刻と変化する過渡的な過程として解釈できる。一方、回復期を挟む震災前後の時系列は比較的安全的な変化傾向を持つと考えられる。

本研究のように長期的な影響、政策の影響を計量

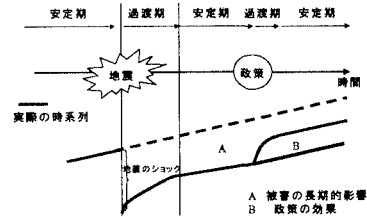


図1：地震災害に伴う時系列の過渡期・安定期

化するという観点では、安定期と過渡期を含んだ時系列から事前、事後の安定期を抽出し、それぞれの安定期における時系列の構造の変化をシステマティックに検定していくための方法を構築することが望ましい。図1はある政策が貨物量の増加、貨物の増加傾向増大に寄与するような構造変化を生じさせている時系列でもある。上述した過渡期を挟む震災前後の安定期間の有意な差を震災の長期的な影響と定義したのと同様に、政策が施された後において構造変化が発生すれば、その前後の安定期を比較することにより政策の有効性に関する影響を分析することが可能となる。図1のAは被害の長期的残留部分であり、Bは政策による効果を意味する。

2.2 検定のプロセス 前述した長期的な影響を分析するためにはステップごとに統計学的検定を繰り返す必要がある。そのためのプロセスとして図2のような検定プロセスを用いた。

ステップ1. ステップワイズChow 検定を用い、安定期を暫定的に推定する。これは、計測期間を2分するすべての分割点についてパラメーターの安定性に関するChow 検定を行う方法である。また適用するモデルとしては暫定的にタイムトレンドを持つモデルとする。

ステップ2. 震災前の時系列モデルを構築する。単位根検定を用い、確定的なタイムトレンドの存在性についても検討を行う。ステップ1.のステップワイズChow

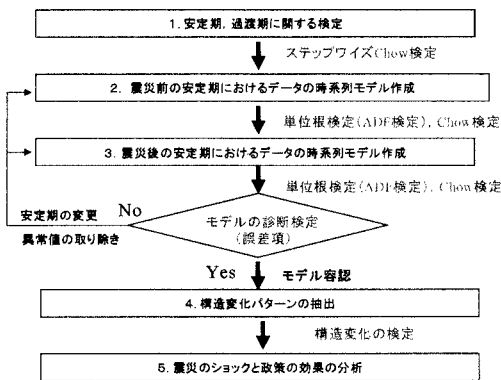


図2：構造変化検定のためのプロセス

検定で得られた暫定的な安定期の妥当性を再び得られた厳密なモデルを用い、Chow検定を適用することにより検討する。このChow検定で適用するのは過渡期を含む恐れのある安定期の始まりと終了時点に適用する。

ステップ3.震災後の時系列を用い、2と同じ作業を行う。

ステップ4.誤差項に関するモデルの診断を行い、モデルが棄却されない場合、次のステップに進む。棄却された場合、安定期の推定値を変更し、あるいは異常値を除き、分析を行う。

ステップ5.構造変化の検定を行い、構造変化が長期であるのか、短期であるのかを決定する。この際、以下の式を用いる。

$$X_t = a + bt + W_t + D_t(a' + b't + W'_t) \quad (1)$$

$$D_t = 0, t < T_1 \quad (2)$$

$$D_t = 1, t \geq T_2 \quad (3)$$

ここで、式(1)の X_t は対象とする貨物取扱量、 a は定数項、 t は一次のタイムトレンド、 W_t は誤差項を表し、本研究ではARMA(自己回帰移動平均)モデルに従うものとする比較的一般的な仮定を置いている。 T_1 、 T_2 は過渡期の発生、終了時点と分類されている点に本研究におけるモデルの特徴がある。 T_2 以降ダミー変数 D_t は1の値をとる。この外性的なイベントに伴う構造変化発生の有無は a' 、 b' 、 W'_t の有意性で決定される。

3 神戸港貨物取扱量を対象とした分析例 1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は公共・公社188バス中179バスが使用不能という大被害を神戸港港湾施設にもたらした。これら施設の被害は実に約1兆円と推計されており、兵庫県南部地震における直接被害総額の約10%を占めている。

回復の遅れが指摘されているトランシップ貨物について、本研究の検定プロセスを適用した結果を表1、図3に示す。安定期は震災後に2度ほど見られ、 a'_1 、 b'_1 は事後における最初の安定期を a'_2 、 b'_2 は二度目の安定期の変化分を示す。震災の影響は貨物減少量-172329トンに加え、2026トン/年の上昇率が-12224トン/年の減少率という変化過程に変更したと推定される。二度目の安定期では政策が効果を発揮している可能性が指摘できる。このとき貨物は40545トン増加方向にジャンプしている。

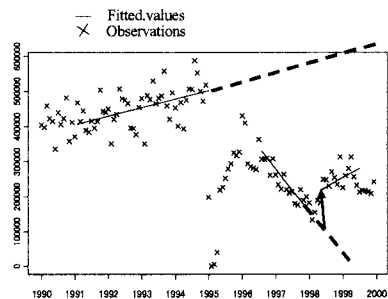


図3：構造変化モデルを用いたトランシップ貨物に見られる被害と政策の効果

4 おわりに 詳細は講演時に譲る

[参考文献] 1)Chow, G. C. : Test of Equality Between Subsets of Coefficient in Two Linear Regression Models, Econometrica, pp591-605, 1960.

表1：トランシップ貨物の構造変化の検定結果

パラメーター	推定値	t 値	P 値
a	379919.0	22.93	0
b	2026.8	4.78	0
a'_1	754848.8	-3.93	0
b'_1	-12223.9	-7.01	0
a'_2	-1368769	4.47	0
b'_2	14704.97	-4.28	0
R^2	0.8763		
σ	40730		
S (震災後の減少)	-172329.6		
R	40545		