응용통계연구 제 11권 1호, 1998년, pp. 65-81

모형체계의 안정성 진단

김태호[†] 김영권 한정혜[‡]

요 약

많은 실증분석에 사용되고 있는 연립방정식모형은 연구대상분야의 구조를 더욱 현실에 가깝게 표현하고 또 상세한 분석을 위해 점차 복잡해지고 대형화되어 가는 추세다. 그러나 이러한 다중방정식체계의 설정시, 각 회귀방정식이 결합되어 동시에 추정될 때 발생할 수도 있는 모형체계의 구조적 불안정성으로 인해 추정된 모형의 사용 및 그에 따른 분석은 오류를 가져올 수 있다. 특히 시뮬레이션 수행이 무의미해질 가능성이 있음에도 연립방정식모형을 사용하는 대부분의 연구들이 이러한 모형의 구조적 안정성문제를 간과하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 동태적 관점에서 모형체계의 안정성 진단을 위한 조건을 제시하여 보고, 실제의 연립방정식모형을 예로 들어 적용시켜 본 후 그 결과가 모형의 구조적 특징에 관해 어떠한 유용한 정보를 제공하여 주는가를 추가로 분석하여 보았다.

1. 서론

연립방정식모형은 근래 들어 사용이 증가추세에 있으며, 특히 크고 복잡한 모형들이 예를 들어 공공정책의 기획, 기업의 경영전략 수립, 경기동향의 분석 및 예측, 또 각종 통계적 분석등 다방면에 걸쳐 자주 이용되고 있는 실정이다. 이러한 모형은 개별적으로 추정된 여러 단일 회귀방정식들을 단순히 한데 모은 것 이상을 의미하기에, 모형을 설정하고 사용하는데 있어서 이를 바르게 평가하고 또 그 성격을 이해하는 것이 무엇보다 우선한다 볼 수 있다.

다중방정식 모형체계는 단일방정식 회귀모형보다는 현실상황을 훨씬 잘 반영할 수 있는데다 사용된 변수들이 방정식들간에, 또 추정기간 전반에 걸쳐 서로 작용을 할 수 있으므로 현실세계의 동태적 행위(dynamic behavior)를 더욱 완전한 방법으로 묘사하고 설명할 수 있다. 하나의 회귀방정식은 상대적으로 단순하며 또 통계적인 적합도에 근거하여 수월하게 평가될 수 있고 예측에 직접 사용될 수 있으나, 연립방정식모형의 구조적 풍요로움은 모형체계의 설계, 분석, 평가, 사용등을 어렵게 한다.

다중방정식 회귀모형에 포함되어 있는 각 방정식들이 훌륭한 적합도를 가지고 있을지라도 이들이 결합되어 연립방정식모형이 구성되면 모형이 전반적으로 실제자료를 재생해 내는데 부실하며 시뮬레이션 결과도 현실을 제대로 반영하지 못하는 경우가 종종 발생한다. 반면 각 방정식의 통계적 적합도는 빈약할지라도 모형체계는 전체적으로 보아 사용된

[†] (361-763) 충북 청주시 흥덕구 개신동 산48, 충북대학교 통계학과 교수

[‡] (361-763) 충북 청주시 흥덕구 개신동 산48, 충북대학교 전자계산학과 박사과정

자료를 유사하게 재생해 내기도 한다. 실증분석을 위해 모형체계를 구성하고 또 시뮬레이션을 수행하는데는 각 방정식들이 결합될 때 생기는 모형체계의 동태적 특성을 우선 이해해야 한다는 난점이 존재하므로 간단한 과정이 아닌 것이다.

모형체계를 구성하고 있는 각 회귀방정식들이 높은 통계적 적합도를 가지고 있을지라도 이들이 결합되어 시뮬레이션이 수행될 때 별 의미가 없는 결과가 얻어질 수 있는 이유는 모형체계 내의 구조적 불안정성으로 인해 모형이 현실세계를 제대로 표현하지 못하기 때문이다. 그러한 불안정성은 단일방정식에는 나타나지 않을지 모르나 방정식들이 결합되어 동시에 해결되어야 할 때는 발생할 수 있는 것으로 다방정식 모형을 취급할 때 안정성의 문제는 더욱 중요한 것이다.

그러나 Henderson과 Quandt(1980), Chambers와 Just(1981), Kamien과 Schwartz(1983), Chiang(1984), Wheelwright와 Makridakis(1985), Johnston(1987)등 80년대 이후 모형의 안정성을 언급하는 여러 문헌들조차 이를 부분적으로 또는 단편적으로 취급할 뿐 근본이론부터 일목요연하게 주지 않고 있다. 본 연구에서는 동태적 접근방법으로 이러한 문제점을 다루어 보고자 안정성의 배경이 되는 균형여건의 개념에 행렬대수의 기본원리를 접목시켜 안정조건을 제시하려 한다. 그리고 실제의 다상품 다단계 시장체계의 구조를 분석하여 보기 위한 연립방정식모형을 연구의 목적에 알맞고 현실상황에 가깝도록 설계, 표기변경과 추정을 반복하여 최적모형을 선정한 후 안정성 원리를 적용시켜 볼것이며, 이어서 그 과정에서 나온 결과가 모형체계의 동태적 구조를 파악하는데 유용하게 쓰일 수 있음을 추가로 분석하여 보고자 한다.

2. 동태적 관점과 균형여건

연립방정식모형을 추정하거나 또는 실증분석에 이를 사용하는 거의 모든 연구들이 이러한 모형의 구조적 안정성문제를 소홀히 여기고 있는 실정으로, 모형의 안정성이 검증되지 않는 한 이의 사용 및 분석은 오류를 가져올 가능성이 있다. 안정성을 결정하는 조건들은 모형의 구조에도 달려있지만 또한 개개 방정식 계수들의 추정값에도 달려 있어 연구대상분야에 대한 정확한 지식을 바탕으로 변수들간의 인과관계의 명시와 이에 따른 모형의 적절한 설계가 우선시 될 수 밖에 없다.

실제의 현실세계를 분석한 연구들은 거의 전부가 기간분석(period analysis)으로 연립방정식모형들이 시계열 자료를 사용하나, 대다수가 정태적 본질(static nature)을 가지고 있어 서로 다른 시점에서 변수들이 어떻게 관계되어 있는가는 자세히 설명함이 없이 한 세트의 내생변수들이 연립방정식체계에 의해 설명될 뿐이다. 경우에 따라 시간을 나타내는 t가 각 변수의 하단에 부착되어 있어도 서로 다른 시점에서 변수들간의 관계는 명시되지 않아 시간개념이 체계 내에 명확히 도입되지 않고 있다.

반면 동태이론은 서로 다른 시점에서 변수들간의 관계를 설명해주어, 내생변수들의 시간에 따른 진로를 모형체계의 해로 산출해낼 수 있으므로 모형의 안정성에 대한 개념을 구체적으로 연관 지을 수 있다. 동태이론에 의한 해는 각 내생변수의 값이 시간의 흐름에 따라 달라지므로 한 세트의 숫자의 함수라기보다 시간의 함수여서 정태적인 것에 비해 분석

이 복잡하며 심지어 특징짓기도 어려운 경우가 많다.

시간의 흐름에 따른 동태분석에 대한 연구들은 많은 경우 균형상태에 도달할 것이냐를 확인하는데 상당한 관심을 기울여 왔으며 적용시킨 이론들은 내생변수들의 균형값들이 산출되지 않아 때로는 기각되기도 한다. 정태적 관점에서는 내생변수들에 대한 균형값들이 중요하고 또 분석의 근본이 되기도 하나, 동태적 관점에서 볼 때는 내생변수들이 시간에 따라 어떻게 전개되어 가는가를 확인하고자 하는 것으로 특히 관련변수 값들의 파동이 계속되는 경우 균형값들이 꼭 필요한 것이 아니다. Chow(1975)에 의하면 정태적 분석은 역학관계가 최단기간내 어떻게 작용하는가를 부분적으로 이해하기 위하여 여건이 변화하는 과정의 한 단편에 해당되는 것으로서 이러한 분석 의 목적, 예를 들어 균형값들을 구하려 하는 시도를 동태적 분석에까지 끌어들이는 것은 바람직스럽지 않다는 것이다.

그러나 균형값들 자체보다 균형여건은 모형의 안정성과 긴밀한 관계에 있다. Pindyck과 Rubinfeld(1991)에 의하면 동태분석의 기본관심은 외생변수가 변함에 따라 내생변수가 새로운 균형점에 도달할 것이냐 또 어떻게 도달할 것이냐를 결정하는데 있다고 한다. 이를 해석하자면 어느 시점 외생변수 한 단위가 증가하고 나서 그 수준에 머문다면 내생변수에 그 이후 내내 어떤 변화가 일어나느냐 하는 것이다. 따라서 새로운 균형점에 궁극적으로 도달한다면 그 패턴에 관심이 모아지며 이 과정에서 모형의 안정성을 결정하여 주는 요건이 제공된다.

Luenberger(1979)는 동태체계를 설정하는데 있어서 주어진 균형점에 입각해 안정성에 대한 정의를 내리고 있다. 어느 시점 t=k 때 체계를 완전히 묘사하여 주고 또 최소한 그 시점까지에서 미래의 행위를 결정하여 주는 벡터를 상태벡터(state vector)라 한다면 이 체계의 상태벡터가 일단 어느 수준과 같고 모든 미래 시간에 대해서도 같은 수준에 머무는 속성을 가질 때 그 수준을 나타내는 벡터가 동태체계의 균형점이라 정의하고 있다. 이는 상태벡터가 균형상태에 있어 더 움직이지 않는 점으로서 일반적인 정의에 의해 이산 및 연속시간체계, 또 선형 및 비선형체계에 모두 적용시킬 수 있다는 것이다. 따라서 상태벡터가 균형점으로부터 다소 벗어날 때 다시 균형점으로 돌아오는 경향이 있든지 또는 최소한 더 이상 계속 멀어지지 않는다면 그 균형점은 안정되어 있다고 볼 수 있다.

Kmenta와 Smith(1973) 또 Kmenta(1986)는 외생변수들의 값들이 시간이 흐름에 따라 변하지 않는 상황에서 내생변수들의 평균치들이 어떤 일정한 수준에 정주한다면 그 모형체계는 안정되어 있다고 정의를 내리고 있다. 물론 확률변이(stochastic disturbances)의 효과로 인해 내생변수들의 실제값들은 진동할 것이나 이 오차들로 인해 안정된 체계가 불안정하게 바뀔 확률은 매우 적다고 보는 경우일 것이다. 위의 정의는 외생변수들의 일정한 값들에 대해 내생변수들의 평균치들이 발산하거나 진폭이 일정한 규칙적인 진동세를 보이면 그 체계는 불안정하다는 걸 의미한다고 볼수 있다.

이상을 참고로 하여 본다면 현실문제에 대한 분석이 기간자료를 사용하는 기간분석으로서 이산 시간체계를 가지고 있고, 또 거의 전부가 선형모형체계를 사용하므로 체계가

$$\mathbf{y}_{t+1} = \mathbf{\Phi}\mathbf{y}_t \tag{2.1}$$

라는 제차형(homogeneous form)을 가진다 하자. 여기서 $\mathbf{y}_t$는 n차 상태벡터, $\mathbf{\Phi}$ 는 $n \times n$ 체계행렬(system matrix), 그리고 벡터 $\bar{\mathbf{y}}$가 동태체계의 균형점이라 할 때 식 (2.1)은 항상

$\bar{\mathbf{y}} = \mathbf{0}$를 균형점으로 가지고 있어 일단 상태가 $\mathbf{0}$이 되면 변하지 않는다. 경우에 따라 다른 균형점들도 존재한다 해도 그 균형점은

$$\bar{\mathbf{y}} = \mathbf{\Phi}\bar{\mathbf{y}}$$

를 만족시켜야 하며, 이 조건은 $\bar{\mathbf{y}}$가 대응되는 고유치(eigenvalue) 1을 가진 $\mathbf{\Phi}$의 고유벡터(eigenvector)라는 뜻과 동일하다. $\mathbf{\Phi}$의 고유치가 1이라면 어떠한 대응되는 고유벡터는 균형점이라는 것으로 이는 $\mathbf{\Phi}$의 고유치가 1이 아니라면 원점은 이 체계의 유일한 균형점이라는 것을 의미한다.

선형체계가 상수항 $\mathbf{h}$가 포함된 비제차형(nonhomogeneous form)

$$\mathbf{y}_{t+1} = \mathbf{\Phi}\mathbf{y}_t + \mathbf{h} \tag{2.2}$$

를 가지고 있으면, 식 (2.2)의 균형점은

$$\bar{\mathbf{y}} = \mathbf{\Phi}\bar{\mathbf{y}} + \mathbf{h}$$

의 방정식을 만족시켜야 하며, 만약 $\mathbf{\Phi}$의 고유치가 1이 아니면 행렬 $\mathbf{I} - \mathbf{\Phi}$는 정칙(nonsingular)이고 유일해

$$\bar{\mathbf{y}} = [\mathbf{I} - \mathbf{\Phi}]^{-1}\mathbf{h}$$

가 존재해 유일균형점이 주어진다.

여기서 어떠한 초기여건에 대해서도 상태벡터가 시간이 증가함에 따라 $\bar{\mathbf{y}}$로 향하는 경향이 있다면 균형점 $\bar{\mathbf{y}}$는 점근적으로 안정되어 있다고 정의되며, 만약 어떤 초기여건에 대해 해당 상태벡터가 무한대로 가는 경향이 있으면 균형점은 불안정하다는 것이다. 유의하여 볼 점은 이러한 비제차방정식의 안정성문제는 대응되는 제차방정식들에 직접적으로 연관되어 있다는 것이다. 즉 $\bar{\mathbf{y}}$가 균형점이라면

$$\mathbf{y}_{t+1} - \bar{\mathbf{y}} = \mathbf{\Phi}\mathbf{y}_t - \mathbf{\Phi}\bar{\mathbf{y}} + \mathbf{h} - \mathbf{h} = \mathbf{\Phi}(\mathbf{y}_t - \bar{\mathbf{y}})$$

가 되어 식 (2.2)의 비제차체계에서 $\mathbf{y}_t$가 $\bar{\mathbf{y}}$로 향하는 조건은 식 (2.1)형태의 제차체계에서 $\mathbf{y}_t$가 $\mathbf{0}$로 향한다는 것과 동일하다. 따라서 비제차선형체계에서 점근적인 안정성 또는 불안정성은 명확히 균형점에 달려있다기보다는 제차방정식의 속성에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 다시 말해 비제차체계의 완전한 해는 상수 $\bar{\mathbf{y}}$와 제차방정식의 해로 구성되어 만약 모든 제차해가 0으로 가는 경향이 있다면 점근적 안정성이 성립된다는 것이다. 이는 Leon(1980), Searle(1982) 등을 배경으로 행렬대수의 개념을 도입하면 다음 3장의 내용으로 간략하게 구체화 되어진다.

3. 모형체계의 안정조건

제차방정식의 해의 속성은 행렬 $\mathbf{\Phi}$의 고유치들에 의해 결정된다. 식 (2.1)의 제차체계에서 체계행렬 $\mathbf{\Phi}$가 n개의 선형독립인 고유벡터 $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \cdots, \mathbf{e}_n$ 그리고 대응되는 고유치

$\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_n$을 가지고 있다면, 이 경우 어떠한 벡터 $\mathbf{y}$도 고유벡터들의 선형결합

$$\mathbf{y} = b_1\mathbf{e}_1 + b_2\mathbf{e}_2 + \cdots + b_n\mathbf{e}_n$$

의 형으로 표현할 수 있다. 따라서 상태 $\mathbf{y}_t$의 임의값을 명시해 본다면 n개의 고유벡터들의 선형결합

$$\mathbf{y}_t = b_{1,t}\mathbf{e}_1 + b_{2,t}\mathbf{e}_2 + \cdots + b_{n,t}\mathbf{e}_n \tag{3.1}$$

과 같이 나타낼 수 있으며 $b_{i,t}$는 모든 $i = 1, 2, \cdots, n$에 대하여 상수들이다. 이때, 벡터 $\mathbf{e}_i$가 고유치 λ_i와 결부된 $\mathbf{\Phi}$의 고유벡터이므로, 정의에 의해 $\mathbf{\Phi}\mathbf{e}_i = \lambda_i\mathbf{e}_i$, $i = 1, 2, \cdots, n$이다. 따라서 선형방정식 (2.1)에 행렬 $\mathbf{\Phi}$를 곱해 주면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_{t+1} &= \mathbf{\Phi}\mathbf{y}_t \\ &= \lambda_1 b_{1,t}\mathbf{e}_1 + \lambda_2 b_{2,t}\mathbf{e}_2 + \cdots + \lambda_n b_{n,t}\mathbf{e}_n \end{aligned}$$

또한 식 (3.1)로부터

$$\mathbf{y}_{t+1} = b_{1,t+1}\mathbf{e}_1 + b_{2,t+1}\mathbf{e}_2 + \cdots + b_{n,t+1}\mathbf{e}_n$$

이므로, 계수 b_i는

$$b_{i,t+1} = \lambda_i b_{i,t} \qquad i = 1, 2, \cdots, n$$

이 된다. 따라서 상대벡터는 매 기간 n개의 고유벡터들의 선형결합으로 구성되어 있다고 할 수 있으며, 시간이 지남에 따라 가중치로서 계수들이 변하게 되어 상대적인 가중이 달라지게 된다. 결과적으로 체계는 n개의 분리된 1차 부분체계로 간주될 수 있으며, 각각은 한 고유벡터의 계수를 좌우한다.

이 원리는 변수변환을 통해 곧바로 편리하게 다룰 수 있도록 전환될 수 있다. 여기서 $n \times n$ 크기인 행렬 $\mathbf{M}$은 체계행렬 $\mathbf{\Phi}$의 형식행렬(modal matrix)로서 $\mathbf{\Phi}$의 고유벡터들로 다음과 같이 정의된다.

$$\mathbf{M} = [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \cdots, \mathbf{e}_n]$$

위의 계수 $b_{i,t}$들로 구성된 열벡터 $\mathbf{b}_t$에 대해 주어진 $\mathbf{y}_t$는

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{M}\mathbf{b}_t$$

이므로 다음과 같이 나온다.

$$\mathbf{y}_{t+1} = \mathbf{M}\mathbf{b}_{t+1} = \mathbf{\Phi}\mathbf{M}\mathbf{b}_t \tag{3.2}$$

따라서 식 (3.2)로부터

$$\begin{aligned} \mathbf{b}_{t+1} &= \mathbf{M}^{-1}\mathbf{\Phi}\mathbf{M}\mathbf{b}_t \\ &= \mathbf{\Lambda}\mathbf{b}_t \end{aligned} \tag{3.3}$$

가 되어 원래의 체계에서 변수를 변화시킴으로서 새로운 체계가 정의된다. 새로운 체계행렬 $\mathbf{\Lambda} = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{\Phi}\mathbf{M}$은 앞서 표현된 바와 같이 $b_{i,t}$들을 좌우하는 체계행렬로서 대각선상에 $\mathbf{\Phi}$의 고유치들을 가진 대각행렬이다. 따라서 체계행렬 $\mathbf{\Phi}$가 대각행렬 $\mathbf{\Lambda}$에 의해 나타내어지는 새로운 체계를 $\mathbf{M}$이 정의하여 준다.

$\mathbf{\Phi}$를 대각형으로 전환시켜주면 새로운 체계행렬은

$$\mathbf{\Phi} = \mathbf{M}\mathbf{\Lambda}\mathbf{M}^{-1}$$

과 같이 자체의 고유치와 고유벡터의 항으로 구성된 행렬들의 곱으로 표현된다. 그리고 체계행렬의 제곱행렬 $\mathbf{\Phi}^2$은

$$\mathbf{\Phi}^2 = (\mathbf{M}\mathbf{\Lambda}\mathbf{M}^{-1})^2 = \mathbf{M}\mathbf{\Lambda}^2\mathbf{M}^{-1}$$

이 되고 같은 원리로 모든 $t \geq 0$에 대하여

$$\mathbf{\Phi}^t = \mathbf{M}\mathbf{\Lambda}^t\mathbf{M}^{-1}$$

이 성립되어 $\mathbf{\Phi}^t$의 계산은 $\mathbf{\Lambda}^t$를 계산하는 것으로 귀착된다. $\mathbf{\Lambda}$의 대각원소들이 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_n$으로 이루어져 있으므로 $\mathbf{\Lambda}^t$는 $\lambda_1^t, \lambda_2^t, \cdots, \lambda_n^t$으로 대각원소들이 이루어짐을 알 수 있다.

따라서 이 논리를 바탕으로 점근적 안정성에 대한 조건을 구하기 위해서는 체계행렬 $\mathbf{\Phi}$는

$$\mathbf{\Phi} = \mathbf{M}\mathbf{\Lambda}\mathbf{M}^{-1}$$

이 되는 행렬 $\mathbf{M}$이 존재하고, λ_i들이 $\mathbf{\Phi}$의 고유치라 할 때

$$\mathbf{\Lambda} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & & \\ & \lambda_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & \lambda_n \end{bmatrix}$$

이다. 그러면

$$\mathbf{\Phi}^t = \mathbf{M}\mathbf{\Lambda}^t\mathbf{M}^{-1} = \mathbf{M} \begin{bmatrix} \lambda_1^t & & & \\ & \lambda_2^t & & \\ & & \ddots & \\ & & & \lambda_n^t \end{bmatrix} \mathbf{M}^{-1}$$

이므로 점근적 안정성의 필요조건은 행렬 $\mathbf{\Phi}^t$가 t가 증가함에 따라 공행렬로 향해야 한다는 필요조건과 동일하며 이는 모든 λ_i^t가 0으로 수렴해야 한다는 것과 같다는 것이다. 이렇게 되기 위해서는 모든 j에 대해 $|\lambda_j| < 1$이 성립되어야만 하므로 점근적 안정성의 필요충분조건은 $\mathbf{\Phi}$의 모든 고유치들이 절대값 1보다 작아야 한다는 뜻이다. 즉 최소한 한 고유치라도 1보다 크면 균형점은 불안정하게 된다. 이상 살펴보았듯이 안정성은 행렬 $\mathbf{\Phi}$의 구조에 전적으로 달려있으므로 체계의 안정성을 보는 것은 행렬 $\mathbf{\Phi}$의 안정성을 보는 것과 같다.

4. 모형의 안정성 진단

모형의 추정과정에서 안정성의 존재는 사실상 가정되고 있음을 우리는 깨달아야 하며 따라서 안정조건은 통계학적인 관점에서는 물론 연구과정에서 모형을 사용하는 경제, 경영학적인 측면에서도 극히 중요하다. 모형체계의 선결변수들이 $t \to \infty$에 따라 유한한 분산들을 가진다는 가정은 현 기간에는 이미 선결상태에 있는 시차내생변수(lagged endogenous variables)들에게도 역시 적용되며, 내생변수들이 무제한으로 증가하거나 또는 감소하면 이 가정은 어긋나게 된다. 만약 이 가정이 성립되지 않는다면 추정량들의 점근적 속성을 증명하는데 어려움이 따른다.

본절에서는 앞절에서 제시한 안정성 조건을 검증하기 위해 다상품 다단계 유통시장의 현실구조를 나타내는 연립방정식 모형체계에 적용, 분석해 보고자 한다. 연립방정식모형은 체계내의 내생변수들과 선결변수들간의 관계를 나타내지만 만약 선결변수들이 모두 순수히 외생적이라면 모형은 외생변수들이 확률오차들과 함께 어떻게 주어진 기간에 내생변수들의 값에 영향을 주는가를 명시해주는 반면, 만약 선결변수들이 시차내생변수 들을 포함한다면 모형은 어떻게 선결변수들이 확률오차들과 함께 내생변수들의 현재값을 유발시키느냐 하는것 뿐만 아니라 어떻게 외생변수들과 오차들의 시간진로들이 내생변수들의 시간진로를 결정하느냐까지 명시하여 준다. 이는 모형의 구조에 사실상 내재하고 있으나 그러한 동태적 상관관계를 명확한 형태로 나타내어 보고자, 한 기간의 자기회귀(autoregressive)항으로서 시차내생변수를 각 방정식에 포함시켰다.

시차내생변수를 포함시킨다는 것은 부분적응과정(partial adjustment process)을 의미하며, 이는 내생변수의 변화가 기간 t의 변수값과 기간 $t-1$의 값과의 차이에 관계되므로 이를 명기함으로써 지체된 반응도를 포착 할 수 있게 된다. 자기회귀항 계수의 조정은 그 내생변수의 동태적 반응도를 변화시키는 단순방법을 제공하여 주며, 또한 내생변수가 변화하여 가는 추세나 내재된 동태적 적응과정을 수정시킬 수 있는 또다른 방법이기도 하다. Thursby와 Thursby(1983), Haynes와 Stone(1983)은 터득과정(learning process), 또는 시차적응과정 등을 통한 동태적 행위를 포함시키는 형의 모형설계가 효율성, 불편성 또는 최소한 일치성을 갖는 추정치들을 제공한다고 연구한 바 있으며, Pindyck과 Rubinfeld는 시차종속변수가 때로는 방정식에 시차분포를 포함시키는 최상의 방법을 제공하며 이러한 잇점이 자기상관 등 통계적 측면에서 올 수도 있는 문제점들을 극복할 수도 있다는 것이다.

대상품목은 3대 주요 수입곡물인 밀, 옥수수, 콩으로서 식용, 가공용, 사료용으로 쓰이는 이들은 오늘날 생활필수품과 같은 존재로 지난 1970년부터 우루과이라운드 타결시까지 소득의 증가로 인한 국내 수요의 급증, 경쟁력 상실과 생산성 저하로 인한 자급도의 급락, 또 이에 따른 수입의 지속적인 증가로 인해 이들의 시장구조와 수급체계에 많은 관심이 모아지고 있다. 특히 이 곡물들은 가격 및 소득에 비탄력적인데다 국내소비 거의 전량을 수입에 의존하고 있는 바, 국제가격의 등락이 심하고 또 세계시장의 재고가 고갈되어감에 따라 이들의 안정된 국내 공급이 우루과이라운드 타결 이후 우리에게 최대현안 중 하나가 되고 있다.

이 세 품목들은 가장 중요한 수입곡물들이고 또 각 시장단계가 서로 연관되어있다 여겨지므로 시장에 존재하는 정보를 충분히 이용하기 위해 기존의 분석방법과는 달리 이들이

공급되는 수입, 재고, 소비 시장의 유통채널 전체가 하나의 체계로 편성되어 동시에 분석된다. 생산시장단계는 국내 생산이 미미해 외생변수로 포함시켜, 모형체계는 각 품목별로 위의 세 종류씩의 시장에 해당되는 9개의 방정식과 수요량은 공급량과 같다는 품목당 하나씩의 항등식(identity)을 포함, 총 12개의 연립방정식으로 구성되어 동시에 추정되었다. 모형체계는 방정식들이 블록(block)으로 분리되어 블록 간의 방정식들이 반복적인(recursive)형태를 취하도록 하여, 첫 블록에 있는 내생변수들에 대한 결과가 두번째 블록의 내생변수들을 결정케 하며 잇달아 세번째 블록으로 이어지도록 구성하였다.

재고방정식은 상품시장에 대한 분석에서 소홀시 되는 경향이 있으나 재고 자체가 시장가격의 변동에 대응 할 수 있는 주요 요인으로 비축정책과 가격정책은 서로 맞물려 있어서 방정식 하나로 재고와 가격간의 관계를 설명하기 어려우므로 각 품목의 재고방정식을 따로 포함시켰다. 그러나 정부보유재고와 사보유재고에서 가장 중요하다 여겨지는 저장비용 및 기타 제반비용에 대한 자료가 발표되지 않는데다 특히 후자의 경우 많은 노력에도 불구하고 세금 등 여러 요인으로 인해 자료에 대한 접근 자체가 불가능하여 미흡하나마 관련되는 대체변수를 사용할 수 밖에 없었다.

각 함수는 추정과 시장구조의 분석에 불필요한 복잡함을 피하기 위해 선형을 가정하였으며, 추정기간은 연간 시계열자료를 사용하여 1970년부터 우루과이라운드 타결시 자료입수가 가능했던 1992년까지를 포함하였다. 자료는 변수에 따라 발표하는 기관이 다른데다 같은 변수라도 FAO, IMF, 한국은행, 재정경제원, 농림부, 통계청, 관세청 등 관련기관에 따라 제각기 달라서 일관성있는 자료를 택하기가 쉽지 않았으며, 결국 추정을 반복 시도해본 끝에 IMF에서 발행되는 IFS(International Financial Statistics)와 매년 농림부에서 발행되는 양정자료와 농림수산주요통계에서 발췌하였다.

각 품목의 수입, 재고, 소비의 총 9개 변수가 내생변수로 취급되었고 모형을 하나의 체계로 연립방정식 추정법을 사용, 통계적 문제점들을 피하며 현실에 맞는 합리적인 모형을 구하기 위해 반복 추정한 결과 다음과 같은 형의 최적모형이 3단계최소자승추정법(Three stage least squares estimation)에 의해 구해졌으며 총 23 개의 변수들이 외생변수로 최종 선택되었다.

$$
\begin{aligned}
WI &= a_1 + b_{11}G + b_{12}F + b_{13}WP + b_{14}M + b_{15}W + b_{16}LWS + b_{17}LWI \\
CI &= a_2 + b_{21}G + b_{22}F + b_{23}CP + b_{24}SP + b_{25}M + b_{26}GC + b_{27}LCS + b_{28}LCI \\
SI &= a_3 + b_{31}G + b_{32}F + b_{33}SP + b_{34}M + b_{35}GS + b_{36}LSS + b_{37}LSI \\
WS &= a_4 + b_{41}WP + b_{42}WD + b_{43}W + b_{44}D + b_{45}LWS \\
CS &= a_5 + b_{51}CP + b_{52}GC + b_{53}CD + b_{54}LCS \\
SS &= a_6 + b_{61}SP + b_{62}GS + b_{63}SD + b_{64}S + b_{65}I + b_{66}LSS \\
WD &= a_7 + b_{71}G + b_{72}WP + b_{73}M + b_{74}W + b_{75}T + b_{76}LWD \\
CD &= a_8 + b_{81}G + b_{82}CP + b_{83}WP + b_{84}M + b_{85}LCD \\
SD &= a_9 + b_{91}G + b_{92}SP + b_{93}M + b_{94}CP + b_{95}S + b_{96}LSD
\end{aligned}
$$

내생변수들은 아래와 같으며 단위는 Kg으로 통일시켰다.

WI : 1인당 밀 수입, WS : 1인당 밀 재고, WD : 1인당 밀 소비
CI : 1인당 옥수수 수입, CS : 1인당 옥수수 재고, CD : 1인당 옥수수 소비
SI : 1인당 콩 수입, SS : 1인당 콩 재고, SD : 1인당 콩 소비

외생변수들은 L로 시작되는 한 기간 전의 시차내생변수들을 포함하여, 아래와 같으며 물가상승효과를 제거하기 위해 정부수매가격은 국내 소비자물가지수(1985=100)로, 수입가격은 미국 소비자물가지수(1985=100)를 사용하여 실질가격으로 조절시켰다.

WP : 밀 수입가격($/MT), CP : 옥수수 수입가격($/MT),
SP : 콩 수입가격($/MT) W : 1인당 밀 생산량(Kg),
C : 1인당 옥수수 생산량(Kg), S : 1인당 콩 생산량(Kg)
GC : 옥수수 정부수매가격(1000원/75Kg, 2등급),
GS : 콩 정부수매가격(1000원/75Kg, 2등급)
G : 1인당 국내총생산(100만원, 1985년 불변가격), F : 환율(원/SDR, 연평균)
M : 1인당 육류소비(Kg), I : 연 이자율(%), T : 세율(%)
D : 밀 정부수매에 대한 가변수(0:1970-1983, 1:1984-1992)

추정결과는 아래의 표 4.1에 요약되어 있으며 체계 $R^2 = 0.9993, \chi^2_{54} = 166.33$으로 통계적 적합도가 높고, 모형의 설정방법이나 모형 내의 구성관계 또 방정식들의 연결구조 등 모형 전체가 하나의 체계로서 손색이 없음을 나타내어 주고 있지만, 재고방정식들은 필요한 변수들에 대한 자료의 비공개로 대체변수들을 사용함에 따라 상대적으로 미흡해 보인다.

모형에는 실제 시장에 존재하는 영향력을 설명하는데 필요한 주요 변수들이 대부분 포함되어 있어서 모형의 구조적 표기가 합리적이라 하겠으며, 외생변수 계수들의 부호 역시 현실적으로 각 변수가 영향을 미치리라 예상하는 방향을 그대로 나타낼 뿐 아니라 변수들 간의 자체, 교차 효과 들 또한 실제 시장여건과 일치됨을 보이고 있다. 실증분석에서 변수의 유무의성은 추정기간에 따라, 또 기간의 단위와 규모에 따라 달라지기도 하므로 시장의 구조를 우선 정확히 파악, 학문적 이론을 바탕으로 판단하여 연구기간 동안 시장여건을 구성했던 변수들이 당시의 현실에 맞도록 모형에 포함되어야 할 것이다.

추정된 구조방정식체계를 각 현 내생변수는 시차내생변수들을 포함한 외생변수들의 함수형태로 전환시키면 한 세트의 축소형방정식(reduced-form equation)들이 구해지며, 이들은 주로 단기예측에 유용하게 쓰여 현 기간의 내생변수들의 값과 다음 기간의 외생변수들의 값을 근거로 내생변수들의 차기값에 대한 예측을 할 수 있다. 축소형모형은 외생변수들이 현 내생변수들에 영향을 미치나 반대방향으로의 귀환효과(feedback effect)는 없다는 의미에서 모형내에 일방 인과작용이 존재한다는 것을 지적하여 준다.

위의 모형체계를 보면 수입과 소비방정식들은 자체가 축소형이나 각 재고방정식은 우변에 현 내생변수를 포함하고 있어 이들을 우선 축소형으로 바꾸어 준다. 각 품목의 내생변수는 다른 품목의 내생변수에 의해 영향을 받지 않으므로 앞의 안정성 타진방식을 전체

표 4.1: 추정결과

( )안은 t값

내생 외생	WI	WS	WD		CI	CS	CD
절편	27.821	4.4095	85.3670	절편	2.9188	-5.9712	16.5820
	(1.8960)	(1.4290)	(2.8200)		(0.1706)	(-1.1410)	(1.1290)
LWI	-0.1834			LCI	-0.1074		
	(-1.4840)				(-0.7257)		
LWS	2.3818	-0.0726		LCS	1.4482	0.3898	
	(3.1560)	(-0.4006)			(2.6300)	(2.1290)	
WD		0.0816		CD		0.0171	
		(2.2790)				(0.6547)	
LWD			0.0953	LCD			0.1915
			(0.6492)				(1.4910)
WP	-0.0507	-0.0136	-0.0897	CP	-0.1779	-0.0197	-0.2584
	(-1.9910)	(-2.0600)	(-2.9020)		(-3.3390)	(-1.4000)	(-3.3210)
W	-2.0614	0.4328	-3.3619	SP	0.0407		
	(-1.5470)	(1.2170)	(-1.9720)		(1.5320)		
G	37.1410		13.7030	G	0.0947		7.3616
	(3.0920)		(0.8163)		(0.0081)		(0.5462)
F	0.0926			F	0.0495		
	(5.5810)				(3.7080)		
M	-7.9627		-1.5118	M	5.1149		4.2381
	(-4.1730)		(-0.5661)		(2.5030)		(1.8130)
D		1.8735		GC	-0.8385	0.5919	
		(1.1200)			(-1.1650)	(2.6410)	
T			-0.6543	WP			0.1123
			(-0.4176)				(2.6800)
R^2	0.8186	0.5789	0.6472		0.9522	0.7001	0.9528
DW	1.8744	1.6452	1.5300		1.8880	1.8866	1.5874
RMS % error	0.1464	0.3738	0.1968		0.2669	0.3083	0.2649

표 4.2: 추정결과(계속)

( )안은 t값

내생 외생	SI	SS	SD
절편	-5.7734	-1.8408	-2.4039
	(-2.9000)	(-1.1750)	(-0.6613)
LSI	0.6594		
	(7.3080)		
LSS	-3.5514	-0.0507	
	(-9.5310)	(-0.3644)	
SD		0.0296	
		(0.6265)	
LSD			0.7687
			(7.2560)
SP	-0.0038	-0.0021	-0.0076
	(-0.8826)	(-1.0660)	(-1.4300)
CP			0.0117
			(1.0370)
G	-7.0273		-6.0639
	(-3.6440)		(-2.8890)
F	0.0069		
	(2.2940)		
M	1.8246		1.3518
	(5.7460)		(4.3890)
GS	0.0742	0.0528	
	(1.3550)	(2.2050)	
S		0.1670	0.4767
		(1.1320)	(1.3110)
I		-0.0172	
		(-0.5482)	
R^2	0.9867	0.6396	0.9692
DW	1.6570	2.4401	1.8289
RMS % error	0.3907	1.3063	0.1255

모형체계에 적용시키나 또는 품목별로 적용시키나 같은 결과가 나오게 되므로, 먼저 밀 유통체계를 보면

$$\mathbf{Iw} + \mathbf{\Gamma w}_L + \mathbf{\Psi x}_1 = \mathbf{k}_1$$

과 같은 행렬식의 형태로 나타낼 수 있다. 여기서 $\mathbf{I}$는 3×3 단위행렬, $\mathbf{\Gamma}$는 시차내생변수의 3×3 계수(coefficient)행렬, $\mathbf{\Psi}$는 외생변수의 3×7 계수행렬이며 $\mathbf{w}$, $\mathbf{w}_L$, $\mathbf{x}_1$은 각기 3×1, 3×1, 7×1 변수벡터, 또 $\mathbf{k}_1$은 축소형의 3×1 상수벡터이다. 이 행렬식은

$$\mathbf{w} = -\mathbf{\Gamma w}_L - \mathbf{\Psi x}_1 + \mathbf{k}_1$$

과 같이 되어 이항된 계수행렬 $-\mathbf{\Gamma}$는 행렬계수(rank)가 3으로 3개의 고유치와 이에 대응하는 3개의 고유벡터가 구해지게 된다. 옥수수 유통체계를 살펴보면

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CI \\ CS \\ CD \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.1074 & -1.4482 & 0 \\ 0 & -0.3898 & -0.0033 \\ 0 & 0 & -0.1915 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LCI \\ LCS \\ LCD \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} 0.1779 & 0.0407 & 0.8385 & -0.0947 & -0.0495 & -5.1149 & 0 \\ 0.0241 & 0 & -0.5919 & -0.1259 & 0 & -0.0725 & -0.0019 \\ 0.2584 & 0 & 0 & -7.3616 & 0 & -4.2381 & -0.1123 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CP \\ SP \\ GC \\ G \\ F \\ M \\ WP \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 2.9188 \\ -5.6876 \\ 16.5820 \end{bmatrix}$$

의 행렬식으로 표현되어

$$\mathbf{Ic} + \mathbf{\Omega c}_L + \mathbf{\Pi x}_2 = \mathbf{k}_2$$

와 같으므로, 이항된 시차내생변수의 계수행렬

$$-\mathbf{\Omega} = \begin{bmatrix} -0.1074 & 1.4482 & 0 \\ 0 & 0.3898 & 0.0033 \\ 0 & 0 & 0.1915 \end{bmatrix}$$

도 행렬계수가 역시 3이다. 그리고 콩은

$$\mathbf{Is} + \mathbf{Zs}_L + \mathbf{\Delta x}_3 = \mathbf{k}_3$$

이 되는데 $\mathbf{I}$, $\mathbf{Z}$는 위의 경우와 같고 $\mathbf{\Delta}$는 외생변수의 3×8 계수행렬이며 또 $\mathbf{s}$, $\mathbf{s}_L$ 역시 위와 마찬가지나 $\mathbf{x}_3$와 $\mathbf{k}_3$는 각각 8×1 외생변수벡터, 3×1 절편벡터이다.

표 4.3: 품목별, 시장 단계별 고유치와 고유벡터의 정리

	고유치	고유벡터		
밀	-0.1834	1	0	0
	-0.0726	0.9989	0.0465	0
	0.0953	0.3687	0.0431	0.9286
옥수수	-0.1074	1	0	0
	0.3898	0.9458	0.3247	0
	0.1915	-0.0804	-0.0166	0.9966
콩	0.6594	1	0	0
	-0.0507	0.9806	0.1961	0
	0.7687	-0.6705	0.0206	0.7416

옥수수와 콩시장에서도 각 시차내생변수의 계수행렬이 행렬계수 3이 되어 밀시장에서처럼 각각 3개씩의 고유치와 고유벡터들이 구해진다. 각 품목별로 수입, 재고, 소비의 시장단계순으로 고유치와 대응되는 고유벡터들은 표 4.3과 같다.

모든 고유치들이 1보다 작은 절대값으로 모형체계는 안정되어 있고 추가적인 분석에 문제가 없음을 알 수 있다. 또한 표 4.3은 외생적 변동이 있을 시 전반적으로 보아 품목별로는 콩의 적응기간이 가장 길며 밀의 적응기간이 가장 짧고 또한 시장별로는 수입시장은 콩, 재고시장은 옥수수, 소비시장은 역시 콩의 적응기간이 가장 길다는 것을 시사하여 준다.

5. 내생변수의 시간진로 분석

본 연구의 목적이 추정된 모형으로 경험적 분석을 하고자 하는 것이 아니므로 이는 생략하기로 한다. 그러나 표 4.3의 결과는 추가로 흥미로운 분석을 가능하게 하여준다. 축소형방정식은 우변의 각 계수가 외생 및 시차내생변수 한 단위 변화당 좌변의 현 내생변수에 미치는 즉각적인 효과를 측정하여 주므로 주로 단기예측에 유용하게 쓰이며, 앞에서 언급한 바와 같이 현 기간의 내생변수들 값과 다음 기간의 외생변수들 값으로 내생변수들의 차기값을 예측 할 수 있다. 그러나 현실적으로 보아 어느 시점의 외생변수 값이 변화하면 내생변수에 미치는 영향은 그 시점 뿐 아니라 변화의 여파가 그 이후에도 계속된다는 점에 유의할 필요가 있다.

따라서 외생적 변화의 영향이 계속될 때 시간의 흐름에 따른 내생변수들의 적응과정을 파악하는데는 축소형방정식만으로는 한계가 있으며 고유치들이 우리로 하여금 모형의 동태적 구조를 파악케 하여 준다. 표 4.3에서 각 품목의 수입에 해당하는 고유치를 보면 외생적 변동으로 인해 밀과 옥수수의 수입에 일어난 변화는 시간이 지나면서 증감이 번갈아 오는 진동세를 나타내며 그 여파가 빠르게 사라져가는 반면, 콩의 수입에 일어난 변화는 서서이 수렴해가며 파장이 오래 지속됨을 알 수 있다. 이러한 예측이 과연 맞는가 또 맞을 경

우 매 기간 내생변수가 보이는 반응이 어떻게 변화하여 가는가는 모의실험을 통하여 확인할 수 있다.

소득이 증가함에 따라 육류소비는 1970년부터 90년대 초반까지 연평균 7.43%씩 상승하여 왔다. 70년대 초반 1인당 연간 육류소비는 5kg을 남짓했으나 78년부터는 10kg을 넘어섰으며 90년대에 들어와 20kg대로 진입하였다. 이러한 육류소비의 변화는 식용 또는 사료용 곡물의 도입에 영향을 미쳐 곡물도입량의 변화에 직간접적으로 기여했으리라 여겨진다. 따라서 육류소비의 변화를 외생변수 변화의 한 예로, 또 내생변수로는 각 품목의 수입만 고려하여 보자. 단순화를 위해 추정기간의 후반부 10년 동안의 동향을 예로 보고자 1982년을 기준으로 삼아 모의실험을 수행한다. 자료에 의하면 마침 1982년도의 1인당 평균 육류소비량은 전년도에 비해 정확히 1kg 상승한 해였다. 즉 1982년도의 육류소비의 증가가 그 당시는 물론 그 후 각 품목의 수입에 얼마동안 어느 정도 영향을 미쳤는가를 분석하고자 하는 것이다.

모의 실험은 두가지로 실시되어 첫 실험은 추정된 모형으로 매 기간 각 내생변수의 값을 재생하여보기 위한 통상적 방법으로서 어느 기간 내생변수의 추정치가 실제값 대신 다음 기간의 시차내생변수의 값으로 사용되어 이어지는 동태적 방법으로 첫 기간부터 추정의 마지막 해인 1992년까지 세 내생변수값의 모의실험 결과를 구한다. 두번째 실험은 1982년부터 시작하여 이 해의 1인당 육류소비량을 한 단위 증가시켜 추정모형 을 사용, 각 내생변수의 추정치를 구하고 이 새로운 값이 첫 실험처럼 다음 기간의 시차내생변수값으로 맞물려 들어가 연속되도록 1992년까지 세 내생변수의 모의실험 결과를 구한다. 이렇게 구해진 각 내생변수 결과치의 두번째 실험값에서 첫번째 실험값을 빼주면 1982년의 육류소비량의 증가가 세 품목의 수입에 미친 장기적 영향이 기간별로 표 5.1처럼 얻어지게 된다.

표 5.1의 결과는 우리가 앞에서 예상했던 바를 그대로 보여주고 있다. 우선 모의실험 결과에서 나온 첫 기간의 반응도는 추정된 모형의 수입방정식들에 포함된 육류소비변수의 계수들과 일치한다. 앞서 언급했듯이 각 수입방정식은 자체가 축소형으로 첫 반응도가 축소형의 계수들과 같다는 뜻이 되며, 이는 외생변수 한 단위 변화당 현 내생변수에 미치는 즉각적인 충격효과를 측정하여 준다는 의미에서 합당한 결과를 나타내주고 있다. 밀과 옥수수의 수입에 미치는 효과는 시간이 가면서 상승효력과 저하압력이 번갈아오며 급감해 가므로 여파가 오래 지속되지 않기에 표의 하단에 계산된 총변화의 규모가 충격효과의 크기와 별차이가 없으며 오히려 장기적으로는 반작용세가 더 강했음을 알 수 있다. 이와는 대조적으로 외생쇼크시 증가된 콩 수입은 그 이후 상승세가 오래 지속되면서 서서히 수렴하며 긴 적응과정을 가지고 있음을 여실히 드러내는 바 장기적인 총변화가 단기적인 충격효과에 비해 큰 결과를 가져오게 되었다.

위에서 보듯 외생력의 변화로 시간이 흐름에 따라 내생변수가 장기적으로 영향을 받는 모형의 동태적 특징은 고유치로 예측할 수 있음이 입증되고 있으며 또한 고유치의 유용도가 생각보다 광범위함을 알 수 있다. 표 5.1의 결과는 육류소비의 증가로 인해 밀 수입이 장기적으로 받는 감소효과는 밀이 식용으로 육류와 대체관계에 있는 반면, 옥수수와 콩 수입이 받는 장기적 상승효과는 이들이 사료용으로 육류와 보완관계에 있음을 알려주고 있다. 또한 옥수수와 콩 수입이 받는 장기적 증가세는 육류소비의 증가에 따른 사료용 곡물의 도

표 5.1: 내생변수의 반응도 추이

기간	WI	CI	SI
0	-7.9627	5.1149	1.8246
1	1.4604	0.5493	1.2031
2	-0.2678	0.0590	0.7934
3	0.0491	-0.0063	0.5231
4	-0.0090	0.0007	0.3450
5	0.0017	-7E-05	0.2275
6	-0.0003	7.85E-06	0.1500
7	0.0001	-8E-07	0.0989
8	-1.019E-05	9.05E-08	0.0652
9	1.869E-06	-1E-08	0.0430
10	-3.428E-07	1.04E-09	0.0284
총변화	-6.7287	4.6188	5.3021

입증가와 상통하여 이러한 분석 결과들은 그간의 현실과 정확히 일치한다.

6. 요 약

현실분석에 사용되는 연립방정식 모형은 연구대상분야의 구조를 살펴보고 변수들간의 관계설정 및 예측에 근본목적이 있으나, 서로 다른 시점에서 변수들간의 관계에 대한 설명과 외생변수의 변동으로 인한 내생변수들의 시간에 따른 진로를 파악하는데 더욱 유용하게 쓰일 수 있어 모형의 동태적 안정성이 반드시 전제되어야만 한다.

모형체계의 안정성을 결정하는 조건들은 모형의 구조뿐만 아니라 각 방정식계수들의 추정값에도 달려있으며 또한 모형의 바탕을 이루는 동태적 개념에 구체적으로 연관되어 있어 외생변수가 변함에 따라 내생변수가 새로운 균형점에 도달하는 과정에서 모형의 안정성을 결정하여 주는 여건이 제공되는 것이다. 따라서 모형의 균형여건과 안정조건에 관해 고유치와 고유벡터의 개념을 도입, 체계적으로 제시하였으며, 다상품 다단계의 시장구조를 분석하는 연립방정식모형에 응용, 모형의 안정성을 검증하고 이 과정에서 나온 결과를 이용하여 모형이 가지는 동태적 구조의 특징을 분석하여 보았다.

참고문헌

[1] Chambers, Robert G. and Richard E. Just(1981), Effects of Exchange Rate Changes on U.S. Agricultur : A Dynamic Analysis. *American Journal of Agricultural Economics,*

P32-47

[2] Chiang, Alpha C. (1984), *Fundamental Methods of Mathematical Economics*, 3rd edition, McGraw-Hill

[3] Chow, Gregory C. (1975), *Analysis and Control of Dynamic Economic Systems*, John Wiley & Sons

[4] Chow, Gregory C. (1988), *Econometrics*, McGraw-Hill

[5] Haynes, Stephen E, and Joe A. Stone (1983), Specification of Supply Behavior in International Trade. *Review of Economics and Statistics*, 65, P626-632

[6] Henderson, James and Richard Quandt(1980), *Microeconomic Theory : A Mathematical Approach*, 3rd edition, McGraw-Hill

[7] Johnston, J. (1987), *Econometric Method*, 3rd edition, McGraw-Hill

[8] Kamien, Morton I. and Nancy L. Schwartz(1983), *Dynamic Optimization*, North Holland

[9] Kmenta, J. and P.E. Smith (1973), Autonomous Expenditures versus Money Supply : An Application of Dynamic Multipliers. *Review of Economics and Statistics*, 55, P299-307

[10] Kmenta, John(1986), *Elements of Econometrics*, 2nd edition, Macmillan Publishing co.

[11] Leon, Steven J. (1980), *Linear Algebra with Applications*, Macmillan Publishing co.

[12] Luenberger, David G.(1979), *Introduction to Dynamic Systems*, John Wiley & Sons

[13] Pindyck, Robert S. and Daniel L. Rubinfeld (1991), *Econometric Models and Economic Forecasts*, 3rd edition, McGraw-Hill

[14] Searle, Shayle R. (1982), *Matrix Algebra Useful for Statistics*, John Wiley & Sons

[15] Thursby, Jerry and Marie Thursby (1983), How Reliable are Simple, Single Equation Specifications of Import Demand?, *Review of Economics and Statistics*, 65, P120-128

[16] Wheelwright, Steven C. and Spyros Makridakis(1985), *Forecasting Methods for Management.* 4th edition, John Wiley & sons

[1997년 2월 접수, 1997년 12월 최종수정]

Diagnosing the Stability for the Model of a System of Equations

Tae-Ho Kim [†] Young-Kwon Kim, Jeong-Hye Han [‡]

Abstract

Simultaneous equation models, increasingly used in many detailed analyses, tend to get larger and more sophisticated to describe the structure of the study area to be close to the actual situations. In setting up such a system of equations, statistical results and simulation performance of the model as a whole may be meaningless and unrepresentative of the real world due to a structural instability that is built into the model when the equations are combined and solved simultaneously. Even though the use and subsequent analysis of an unstable system are likely to mislead us, most of the studies that take the simultaneous equation approaches neglect such a serious problem. Thus it is necessary to illustrate how to check the stability problem and apply to the actual model, then investigate how such an analysis is able to provide useful information about the structural characteristics of the model from the dynamic viewpoint.

[†] Professor, Department of Statistics, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.
[‡] Ph. D. Students, Department of Computer Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.