돼지 供給의 動態的 分析

李　殷　雨
研究員, 畜産開發硏究室
金　炯　華
首席硏究員, Ph.D. (農業經濟學), 畜産開發硏究室

Ⅰ. 序　論

韓國의 養豚業은 최근 여러 면에서 構造變化를 겪고 있다. 國民所得수준의 增加에 따라 豚肉의 消費量은 구준히 증가했을 뿐만 아니라, 生産面에 있어서도 이제까지 副業養豚農家에 의해서 주로 행해지던 것이 점차 專業形態의 양돈농가로 옮겨져 가고 있고, 또 企業形態의 거대규모의 養豚農場도 출현하게 되었다. 이에 따라 飼養方式도 종래의 농가부산물을 주로 이용하던 방식에서 배합사료를 주로 이용하는 방식으로 변해 왔다.

한편 돼지는 분만시부터 비육되어 出荷되기까지 生育期間이 180일 정도 밖에 되지 않고 또한 새끼돼지의 분만두수가 비교적 많기 때문에 짧은 기간에 많은 産出量을 공급할 수 있다. 더우기 돼지생산에 있어서는 飼料資源의 제한을 별로 받지 않을 뿐만 아니라 단기간에 대량생산이 가능하기 때문에 가격변화에 대해서 돼지의 생산은 빠른 속도로 대응할 수가 있다.

이런 이유 때문에 豚肉의 生産과 價格의 변화는 다른 農産物에 비해서 周期性을 뚜렷이 나타내고 있다. 즉 한 때의 豚肉이 가격이 상승하면 돼지의 生産擴大로 다음 期의 豚肉의 供給이 늘어나 가격이 하락하고, 또 가격이 하락하면 生産量을 줄여 다시 가격이 상승하는 현상이 되풀이되는 것을 말한다.

즉 이렇게 나타나고 있는 돼지의 生産, 공급, 가격의 변화는 개개의 현상이 독립적으로 일어나는 것이 아니고, 상호간에 밀접하게 관련되어 있을 뿐만 아니라, 또 當期의 變數들에 의해서 뿐만 아니라 그 前期의 變數들에 의해서도 영향을 받는다.

이 論文은 돼지의 生産, 공급, 價格의 變化가 상호 어떻게 관련되어 있나를 살펴보고, 또 이들의 安定性 여부를 구명해보려는 것이다.

Ⅱ. 分析 모델

여기서 이용하는 모델은 動態모델이다. 일반적으로 靜態모델이라 하는 것은 經濟變數들이 同時的, 瞬間的, 無時間的으로 결정된다고 가정하고 분석하는 방법이고, 動態分析 方法이라는 것은 시간개념이 포함되어 다른 시점간의 經濟變數들의 時間的 變化過程을 나타내는 分析方法이다. 動態分析을 하는 데는 여러 가지 方法이 있으나, 여기서는 差分方程式 형태를 이용한 構造方程式體系를 이용하기로 한다. 즉 (1)식과 같은 방정식형태를 이용하기로 한다.

$$AY_{(t)}+BY_{(t-1)}+CZ_{(t)}+U_{(t)}=0 \quad \cdots\cdots (1)$$

$A=n\times n$ 行列

$B=n\times n$ 行列

$C=n\times m$ 行列

Y=內生變數, $n\times 1$ 벡터(vector)

Z=外生變數, $m\times 1$ 벡터

U=攪亂項, $n\times 1$ 벡터

t=시간

(1) 式을 誘導形으로 나타내면 (2) 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_{(t)}=D_1Y_{(t-1)}+D_2Z_{(t)}+V_{(t)} \quad \cdots\cdots (2)$$

$$D_1=-A^{-1}B$$

$$D_2=-A^{-1}C$$

$$V=-A^{-1}U$$

즉 다시 말하면 (1)식에 의해서 개개의 方程式을 回歸分析한 후 당기의 內生變數의 係數의 行列의 逆行列을 취한 후 그것을 時差變數와 外生變數의 係數의 行列에 곱해주면 당기의 내생변수가 어떤 요인들에 의해서 결정되는가를 알 수 있다.

動態모델에서 分析하여야 할 중요한 사항 중의 하나는 安定性의 문제이다. 안정성이 있다는 말은 Y의 初期値가 어떤 이유에 의해서 이탈되었을 때 시간이 경과함에 따라 Y의 값이 均衡値로 수렴하는 경우를 말한다. 다시 말하면 Y의 시간적 경로는 Y의 初期値, 外生變數와 攪亂項의 변화에 의해서 일어나는데, 動態모델이 안정적이라는 것은 內生變數가 초기의 均衡値로 부터 이탈한 경우 그 이후 外生變數와 攪亂項의 변화가 없는 경우 내생변수가 일정한 값으로 수렴하는 경우를 말하는데 이것은 시간이 경과함을 따라 D_1이 零行列로 접근해 갈 때 가능하다.

이렇게 되기 위해서는 D_1行列의 特性根(characteristc roots)이 實根일 경우 그 근의 絶對値(modulus)가 1보다 작아야 하고, 특성근이 복소수일 경우 그것의 絶對値가 1보다 작아야 한다는 것이다.[1]

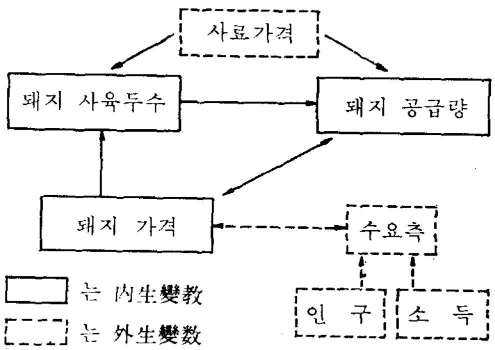
Ⅲ. 動態모델의 係數의 計測

價格변동에 따르는 돼지의 생산 및 공급에 관한 모델을 작성하는데 있어서는 먼저 돼지공급에 관한 구조를 파악해야 한다. 돼지공급에 관해서는 여러 가지 變數들이 작용하고 있지만 價格과 관련된 가장 기본적인 관계만을 보면 〈그림 1〉의 흐름圖와 같다.

여기서는 돼지공급의 모델을 간단히 하기 위하여 內生變數 3개에 外生變數 3개의 기본적인 變數만을 고려한 것이다. 일반적으로 內生變數라

[1] 참고문헌 (9) pp. 94~95.

그림 1 돼지 공급의 흐름圖



고 하는 것은 경제체제 내부에서 결정되는 것이고, 外生變數라고 하는 것은 외부에서 정해져 주어지는 것을 말한다. 이 논문은 돼지의 공급체계에 있어서 돼지의 생산, 공급, 그리고 가격의 결정 등을 분석하는 것이므로 돼지사육두수, 공급량, 그리고 가격 등을 內生變數로 처리하기로 하고 기타 변수들을 外生變數로 처리하기로 한다.

이제 이러한 變數들이 상호 어떻게 관련되어 있나 살펴보기 위해서 (3)식과 같은 구조방정식을 세우기로 한다.

$$\left.\begin{aligned} Y_{1(t)} &= f_1\{Y_{2(t)},\ Z_{2(t)},\ Z_{3(t)}\} \\ Y_{2(t)} &= f_2\{Y_{3(t)},\ Y_{3(t-1)},\ Y_{1(t-1)},\ Z_{1(t)}\} \\ Y_{3(t)} &= f_3\{Y_{1(t-1)},\ Y_{3(t-1)},\ Z_{1(t-1)}\} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (3)$$

여기서 Y_1 : 비육돈 농가판매 실질가격(원/두 '75년 불변)

Y_2 : 돈육공급량(M/T)

Y_3 : 돼지 사육두수(두)

Z_1 : 사료 실질가격지수('75=100)

Z_2 : 1인당 불변 GNP 지수('75=100)

Z_3 : 인구(천명)

(t)와 $(t-1)$은 기간을 나타낸다.

여기서 1기간은 6개월 단위로 하였으며, 돼지의 飼育頭數가 1974년부터 6개월별로 조사되어 있기 때문에 1982년 6월까지의 資料를 이용하면 모두 17개의 時系列資料를 이용할 수 있다. 飼育頭數는 매년 6월과 12월의 資料를 이용하였고, 돼지의 價格資料는 肥育豚의 農家販賣價格의 6개월 평균치를 都賣物價指數로 디플레이트하여 사용하였다. 供給量은 현재 1년 단위로 조사되어 있는데, 이것을 전반기, 후반기의 도축검사 두수로 가중평균하여 전반기, 후반기의 공급량을 산정하였다. 소득은 1975=100으로 한 1인당 實質GNP指數를 이용하였고, 사료가격은 1975=100으로 한 飼料類의 農家購入價格指數를 都賣物價指數로 디플레이트하여 사용하였다. 그리고 所得과 人口는 전반기와 후반기의 증가율이 똑같다고 가정하고, 연도별 자료를 가지고 전반기와 후반기의 값을 산정하였다.

(3)식에서 價格(Y_1), 供給量(Y_2), 飼育頭數(Y_3) 등이 內生變數이고, 飼料價格(Z_1), 所得(Z_2), 人口(Z_3) 등이 外生變數이다. (3)식은 肥育豚價格은 當期의 供給量, 所得, 人口 등에 의해서 정해지고, 供給量은 當期의 사육두수, 前期의 사육두수, 前期의 肥育豚 가격, 當期의 飼料價格 등에 의해서 정해지며, 當期의 사육두수는 前期의 肥育豚 가격, 前期의 사육두수, 前期의 사료가격에 의해서 정해진다고 가정한다.

위의 식이 線型關係에 있다고 가정하고, 普通最小自乘法(O.L.S)에 의해서 回歸分析을 해보면 (4), (5), (6)式과 같다.

$$\begin{aligned} Y_{1(t)} = &-139065.8 - 0.7081Y_{2(t)} \\ &\ (-1.13) \qquad\ (-4.35) \\ &+1044.1Z_{2(t)} + 3.3102Z_{3(t)} \quad \cdots\cdots (4) \\ &\ (3.06) \qquad\qquad (0.80) \\ &R^2 = 0.64 \end{aligned}$$

$$F=7.87$$

$$Y_{2(t)}=\underset{(6.75)}{190082.9}+\underset{(0.32)}{0.00245}Y_{3(t)}$$
$$+\underset{(2.63)}{0.01796}Y_{3(t-1)}+\underset{(0.77)}{0.2253}Y_{1(t-1)}$$
$$-\underset{(-9.17)}{1798.2}Z_{1(t)} \cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

$$R^2=0.92$$

$$F=35.89$$

$$Y_{3(t)}=\underset{(0.14)}{131300.5}+\underset{(3.33)}{25.41}Y_{1(t-1)}$$
$$+\underset{(2.18)}{0.4365}Y_{3(t-1)}-\underset{(-0.48)}{3251.8}Z_{1(t-1)}$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

$$R^2=0.53$$

$$F=4.29$$

( ) 은 t値

(4)식의 價値方程式에서 보면 공급량이 1만 ㌧ 증가하면 비육돈의 실질농가판매가격은 7,081원 하락하는 것으로 계측되었는데, 이것은 공급량 변화에 대한 가격신축성 계수가 1.2가 되어 공급량 변화에 대하여 가격변화는 민감하다고 말할 수 있다. (4)식의 회귀계수는 모두 바른 부호를 나타내었으며 인구의 回歸係數는 有意性이 없다.

(5)식에서 보면 供給量은 전기의 사육두수에 의해서 영향을 받고, 당기의 사육두수에 의해서는 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며, 당기의 사료가격이 상승하면 그 압박에 의해서 豚肉의 供給量이 증대되어야 하는데, 사료가격의 회귀계수가 負의 부호를 가진 것은 不合理한 결과이다. 전기가격의 회귀계수를 제외하고는 회귀계수가 모두 유의성이 있는 것으로 나타났다. 飼育頭數의 方程式을 보면 회귀계수는 모두 올바른 부호를 나타냈으나 전기의 사료가격의 회귀계수는 유의성이 없다.

3개의 방정식은 개개의 변수를 설명하고 있지만 이들 내생변수끼리 서로 영향을 주고 받기 때문에 3개의 방정식을 동시에 고려하면 돼지의 공급구조를 설명하는 動態모델이라고 할 수 있다. 즉 當期의 內生變數의 값은 當期의 外生變數나 前期의 內生變數의 값에 영향을 받고, 이것이 다시 次期의 內生變數의 값에 영향을 주기 때문이다. 이제 內生變數끼리의 피드백效果(feed-back effect)를 고려하여 外生變數와 前期의 內生變數의 變化가 當期의 內生變數의 변화에 어느 정도 영향을 미치는가 살펴보기로 한다.

(4), (5), (6)式을 行列로 나타내면 (7)과 같다.

$$AY(t)+BY(t-1)+CZ(t)=0 \cdots\cdots\cdots (7)$$

$$A行列=\begin{bmatrix} 1.0 & 0.7081 & 0 \\ 0 & 1.0 & -0.00245 \\ 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$B行列=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -0.2253 & 0 & -0.01796 \\ -25.41 & 0 & -0.4365 \end{bmatrix}$$

$$C行列=\begin{bmatrix} 139065.8 & 0 & 0 & -1044.1 & -3.3102 \\ -190082.9 & 1798.2 & 0 & 0 & 0 \\ -131300.5 & 0 & 3251.8 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Y 벡터=\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix}$$

$$Z 벡터=\begin{bmatrix} Z_0 \\ Z_1(t) \\ Z_1(t-1) \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}$$

Z_0 : 회귀의 절편

(7)식을 誘導形으로 고쳐 쓰기 위해서는 當期의 內生變數의 係數의 逆行列을 취하고 그것을

時差變數와 外生變數의 係數의 行列에 곱해주면 같다. 이것은 (8)식과 같이 나타낼 수 있다.

여기서 $D_1=-A^{-1}B,\ D_2=-A^{-1}C$

$$D_1=\begin{bmatrix} -0.20349 & 0 & -0.01347 \\ 0.28755 & 0 & 0.01903 \\ 25.41 & 0 & 0.4365 \end{bmatrix}$$

$$Y_{(t)}=D_1Y_{(t-1)}+C_2Z_{(t)} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

$$D_2=\begin{bmatrix} -273890.7 & 1262.0 & 5.6256 & 1044.1 & 3.3102 \\ 190404.6 & -1782.2 & -7.9669 & 0 & 0 \\ 131300.5 & 0 & -3251.8 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(8)식은 當期의 內生變數가 外生變數와 前期의 內生變數에 의해서 어느 정도 영향을 받는가 하는가를 나타낸다. (8)식에서 當期의 비육돈 농가판매가격은 전기의 비육돈가격, 전기의 돼지사육두수, 전기와 당기의 사료가격, 소득, 인구 등에 의해서 결정되는 것으로 나타났는데, 여기서 價格要因만 고려하면, 當期의 價格은 前期의 價格變化와 반대방향으로 움직인다는 것을 나타내고 있다. 전기의 돼지 사육두수가 10만두 증가하면 돼지의 1975년 기준 실질농가판매가격은 1,347원 하락하는 것으로 계측되어 아주 낮은 변화율을 나타내고 있다. 이것은 이제까지 돼지 사육두수는 꾸준히 증가해왔으나 돼지의 실질농가판매가격은 별로 변화하지 않은 데 연유하는 것으로 보인다.

當期의 供給量은 前期의 肥育豚價格과 飼育頭數, 當期와 前期의 飼料價格에 의해서 결정되는 것으로 나타났는데, 전기의 사육두수가 10만두 증가하면 當期의 豚精肉 공급량은 1,903M/T 증가하는 것으로 推算되었다.

當期의 飼育頭數는 前期의 肥育豚價格, 前期의 飼育頭數, 前期의 飼料價格에 의해서 영향을 받는 것으로 나타났는데, 이중 전기의 비육돈의 실질농가판매가격이 1만원 상승하면 당기의 사육두수는 25만4천두나 증가하는 것으로 推定되었다. 또 當期의 飼育頭數는 前期의 飼育頭數의 변화와 같은 방향으로 변화하는 것으로 나타났는데, 이것은 양돈시설이나 양돈업에 종사하는 노동력을 타업종에 쉽게 전환할 수 없어 한번 양돈업에 종사하면 계속 양돈업을 하는 경향이 있다는 것을 나타낸다.

Ⅳ. 動態모델의 安定性 檢討

분석모델이 (3)식과 같이 誘導形으로 나타내어지면 이 모델의 安定性 여부를 판단할 수 있다. (3)식은 시간이 경과함에 따라 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_{(t-1)}=D_1Y_{1(t)}+D_2Z_{(t+1)}$$
$$Y_{(t+2)}=D_1^2Y_{(t)}+D_2Z_{(t+2)}+D_1D_2Z_{(t+1)}$$
$$\vdots$$
$$Y_{(t+k)}=D_1^kY_{(t)}+D_2Z_{(t+k)}+D_1D_2Z_{(t+k-1)}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots+D_1^{k-1}D_2Z_{(t+1)}$$

앞식에서 D^k를 관찰하면 이 시스템의 안정성의 여부를 할 수 있다. k가 가 증가할 때 D_1^k가 零行列(null-matrix)에 접근하면 이 시스템은 한 값으로 수렴하게 되고 따라서 이 모델은 안정성을 가지게 되는 것이다.

D_1行列이 안정성을 가지기 위해서는 D行列의 特性根(characteristic roots)이 실수일 경우에는 그 값의 절대치가 1보다 작아야 하고, 복소수일

경우에는 그것의 絶對値(modulus)가 1보다 작아야 한다는 것이다. D_1行列의 특성근을 구하는 식은 (4)식과 같다.

$$|D_1 - I\lambda| = 0 \quad \cdots\cdots (4)$$

즉

$$\begin{vmatrix} -0.20349-\lambda & 0 & -0.01347 \\ 0.28755 & -\lambda & 0.01903 \\ 25.41 & 0 & 0.4365-\lambda \end{vmatrix} = 0$$

이것을 풀면

$$\lambda(\lambda^2 - 0.23301\lambda - 0.43109) = 0$$

일반적으로 λ=0인 경우는 특성근이라 하지 않으므로 (4)식의 특성근은 다음과 같다.

$$\lambda_1 = 0.78334, \quad \lambda_2 = -0.55032$$

특성근이 위와 같이 구해지면 絶對値가 가장 큰 根이 이 시스템의 특성을 결정한다. 절대치가 가장 큰 根의 부호가 正이면 이것은 單調的으로 균형치에 수렴한다는 것을 나타낸다. 여기서 절대치가 가장 큰 근이 $\lambda = 0.78334$이므로 이 시스템은 단조적으로 수렴함을 나타낸다.

V. 結 論

이상에서 時差개념을 도입하여 돼지의 供給構造를 動態的으로 분석하여 보았다. 돼지 사육두수, 공급량, 그리고 가격 등 내생 변수들은 外生變數만에 의해서 영향을 받을 뿐 만아니라 內生變數들끼리도 서로 영향을 주고 받고 있다. 이런 效果를 고려하여 動態모델을 誘導形으로 나타내면 時差變數와 外生變數가 當期의 內生變數에 미치는 영향을 알 수 있다. 이것을 보면 당기의 가격은 전기의 가격변화와 반대방향으로 움직이고 있고, 사육두수는 전기의 사육두수변화와 같은 방향으로 변화하고 있다는 것을 보여주고 있다. 또 이 모델의 安定性을 분석해보기 위하여 내생변수 계수의 行列의 특성근을 구해보면 절대치가 가장 큰 근이 1보다 작은 陽數로 나와 이 시스템은 균형치가 단조적으로 수렴하고 있다는 것을 나타낸다.

補 論

本分析에 있어서 時差的인 內生變數는 단 1期前의 것밖에 이 모델에 포함되어 있지 않지만, 動態分析의 모델에는 이것이 1期 이상의 경우도 많을 것이다. 이러한 경우에 있어서 動態性質을 구하는 方法은, 먼저 이 모델을 1期의 時差的인 內生變數의 모델로 변형하고, 이렇게 하여 변형된 모델의 先決變數, 즉 1期前의 時差的인 內生變數의 係數行列의 特性根을 구하여 그 性質을 판단한다.

모델의 變形은 다음과 같은 순서에 의하여 이루어질 수 있다. 이제 時差的인 內生 變數의 一般線形모델을 行列表示法에 의하여 나타내면,

$$AY_{(t)} + B_1Y_{(t-1)} + B_2Y_{(t-2)} + \cdots\cdots B_kY_{(t-k)} + CZ_{(t)} + U_{(t)} = 0 \quad \cdots\cdots (A1)$$

Y=內生變數, $n\times1$ 벡터

Z=外生變數, $m\times1$ 벡터

A=當期의 內生變數의 係數, $n\times n$ 行列

B_i=先決內生變數의 係數, $n\times n$ 行列

$(i=1, \cdots\cdots k)$

C=外生變數의 係數, $n\times m$ 行列

U=攪亂項, $n\times1$ 벡터

t=時間, $1, \cdots\cdots, l$

$(A1)$式을 誘導形으로 바꾸어 쓰면

$$Y_{(t)}=D_{11}Y_{(t-1)}+D_{12}Y_{(t-2)}\cdots+D_{1k}Y_{(t-k)}$$
$$+D_2Z_{(t)}+V_{(t)}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(A2)$$
$$D_{1i}=-A^{-1}B_i(i=1,\ \cdots,\ k)$$
$$D_2=-A^{-1}C$$
$$V=-A^{-1}U$$

$(A2)$式은 內生變數에 관한 K階의 聯立差分方程式 體系로 볼 수 있으므로, 이것을 1階의 聯立差分方程式 體系로 변형할 수 있다.

$$X_{(t)}=Y_{(t-1)}$$
$$X_{2(t)}=Y_{(t-2)}=X_{1(t-1)}$$
$$\vdots$$
$$X_{k(t)}=Y_{(t-k)}=X_{k-1(t-1)}$$

즉 위와 같이 하여 이것을 $(A2)$式에 代入하면 다음 式과 같이 된다.

$$Y_{(t)}=D_{11}Y_{(t-1)}+D_{12}X_{1(t-)}+\cdots+D_{1k}X_{k-1(t-1)}$$
$$+D_2Z_{(t)}+V_{(t)}+\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(A3)$$
$$X_{1(t)}=Y_{(t-1)}$$
$$X_{2(t)}=Y_{(t-2)}=X_{1(t-1)}$$
$$\vdots$$
$$X_{k-1(t)}=Y_{(t-(k-1))}=X_{k-2(t-1)}$$

이것을 하나의 行列로 모아서 표시하면,

$$Y^*=\begin{pmatrix}Y\\X_1\\X_2\\\vdots\\X_{k-1}\end{pmatrix}\qquad D_1^*=\begin{pmatrix}D_{11}&D_{12}\cdots\cdots D_{1k}\\I&O\cdots\cdots OO\\O&I\cdots\cdots OO\\\vdots&\vdots\ \ddots\ \vdots\\O&O\cdots\cdots IO\end{pmatrix}$$

$Y^*=[n\cdot k\times1]$ 벡터,

$D^*=[n\cdot k\times k\cdot n]$ 行列

$$D_2^*=\begin{pmatrix}D_2\\O\\\vdots\\O\end{pmatrix}\qquad V^*=\begin{pmatrix}V\\O\\\vdots\\O\end{pmatrix}$$

$D_2^*=[n\cdot k\times m]$ 行列,

$V^*=[n\cdot k\times1]$ 벡터.

이것으로 $(A3)$式을 정리하면,

$$Y^*_{(t)}=D_1^*Y^*_{(t-1)}+D_2^*Z_{(t)}+V^*_{(t)}\quad\cdots(A4)$$

(A4)式은 Y^*에 대한 1期前의 時差的인 變數만 내포하고 있는 모델로 變形된 것으로, D_1^*行列의 特性根을 구하면 모델 (A1) 式의 動態性質을 알수 있게 된다.

參考文獻 및 資料

1. 金炯華 "牛乳の安定供給と保證價格の調整" 帶廣畜産大大學院. 未發表論文. 1977. 2.
2. 農水産部, 「家畜統計 調査結果」, 1982. 6.
3. 畜産振興會, 「'79 家畜統計」, 1980. 3.
4. 畜協中央會, 「畜産物價格 및 需給資料」, 調査資料 82-2, 1982.
5. ______, 「畜協調査季報」, 第 2 卷第 2 號, 1982. 6
6. Chiang, A.O., 「*Fundamental Methods of Mathemetical Economics*」 2nd. ed. Mc-Graw Hill, Inc. 1967.
7. Chow, G.C., 「*Analysis and Control of Dynamic Economic Systems*」 John Willey & Sons, 1974.
8. Evans, M., "Guaranteed Price Adjustment and Market Stability in the United Kingdom: The Case of Beef and Milk." *A.J.A.E.* Vol. 56, No. 1, 1974.
9. Reutlinger S., "Analysis of a Dynamic Model, with Particular Emphasis on Long-Run Projections," *Journal of Farm Economics*, Vol. 48, No. 1, 1966.