Ｄ－３１　平成26年度　土木学会北海道支部　論文報告集　第71号

気象の不確実性を考慮した農作物の生産量と価格の関係に関する研究

Effect of variation in farm product due to uncertainty of climate on variations in demand and price

北海道大学工学部　○学生員　三浦功誠 (Kosei Miura)
北海道大学大学院工学研究院　正会員　内田賢悦 (Kenetsu Uchida)

1．はじめに

日本政府は「攻めの農林水産業」の推進を図っている．「攻めの農林水産業」とは生産現場の強化や産業政策，地域政策の強化等により強い農林水産業と美しく活力ある農山漁村を創り，農業および農村全体の所得倍増を目指すものである．

農業による所得の推定にあたっては，農作物の収穫（生産）量と価格，そして消費（需要）量を求めることが必要である．既存研究では生産量に気象の不確実性が考慮されているものは存在するものの，価格や需要量の推定を行うものは存在しない．したがって，気象の不確実性が農作物の需要量や価格，あるいは農家の収入に及ぼす影響を測ることはできない．もし気象の不確実性を考慮して農作物の生産量を推計することができれば，需給条件を満たす需要量を決定できると考えられる．またそうした影響は，価格の変動として表現できるものと考えられる．

本研究では，需給均衡を制約とし，気象の不確実性に起因する農作物の生産量変動が，価格および需要量に及ぼす影響を評価する簡易的な経済モデルの構築を行うことを目的とする．

2．　モデル

2.1 仮定

モデルの構築にあたり，以下の仮定を立てる．

・市場には 1 人の生産者と 1 人の消費者のみが存在する．

・生産者は労働と資本を投入して 2 つの財（農作物）のみを生産し，消費者はそれら 2 つの財を消費することによって効用を得る．

・農家が生産する財の量は，気象の影響を受けて確率変動し，生産量は対数正規分布に従う．

・農家は期待利潤を最大化するように生産量を決定する．

・消費者は，所得制約下で効用が最大化されるように財の消費量を決定する．

2.2 記号

本研究で使用する記号を以下のように定義する．

Y_m　：気象の不確実性を考慮した財 m の生産量 (m=1，2)
y_m　：財 m の期待生産量
X_m　：気象の不確実性を考慮した財 m の消費量
x_m　：財 m の期待消費量
P_m　：気象の不確実性を考慮した財 m の価格
p_m　：財 m の期待価格
l_m　：財 m の労働投入量
k_m　：財 m の資本投入量
α_m　：財 m の労働分配率
π_m　：財 m の生産者の利潤
w　：労働賃金率
r　：資本の価格
ε_{my}　：生産量に対する気象の不確実性
u　：消費者の効用
β_m　：財 m の配分比率
i　：消費者の所得

2.3 生産者の行動

はじめに，生産量の推計を行う．財 m の期待生産量はコブダグラス型生産関数を用いて，式(1)で表すことにする．

$$y_m = \alpha_0 \cdot (l_m)^{\alpha_m} \cdot (k_m)^{(1-\alpha_m)} \tag{1}$$

財 m を生産する農家の期待利潤 π_m は，式(2)で与えられる．

$$\pi_m = p_m \cdot y_m - w \cdot l_m - r \cdot k_m \tag{2}$$

ここで p_m は財 m の価格であり利潤ゼロ条件から式(3)で与えられる．

$$p_m = \frac{(\alpha_0)^{-1} \cdot (w)^{\alpha_m} \cdot (r)^{1-\alpha_m}}{(\alpha_m)^{\alpha_m} \cdot (1-\alpha_m)^{1-\alpha_m}} \tag{3}$$

利潤最大化条件における最適な労働投入量と資本投入量はそれぞれ，式(4)，(5)で与えられる．

$$l_m^* = \frac{\alpha_m}{w} \cdot p_m \cdot y_m \tag{4}$$

$$k_m^* = \frac{1-\alpha_m}{r} \cdot p_m \cdot y_m \tag{5}$$

このときの最適生産量は，式(4)，(5)を(1)式に代入して，式(6)で与えられる．

$$y_m{}^* = \alpha_0 \cdot \left(l_m^*\right)^{\alpha_m} \cdot \left(k_m^*\right)^{1-\alpha_m} \tag{6}$$

以下では，最適生産量に気象の不確実性の影響を導入した問題を考える．気象の不確実性を表現する誤差項 ε_{my} が対数正規分布に従うものとすると，気象の不確実を考慮した確率的生産量は，式(7)で与えられる．

$$Y_m = \varepsilon_{my} \cdot y_m \tag{7}$$

このとき生産量もまた，対数正規分布に従うことになる．

誤差項 ε_{my} が式(8)で与えられる場合を考える．

$$\varepsilon_{my} = \exp(\hat{\varepsilon}_{my}) \tag{8}$$

where

$$\hat{\varepsilon}_{my} \sim N\left(-\frac{1}{2}(\sigma_{my})^2, (\sigma_{my})^2\right) \tag{9}$$

式(2)の y_m の代わりに式(7)の Y_m を用いた式(9)に示す期待利潤最大化問題を解くと，確率的生産量の期待値と分散は，それぞれ式(11)，(12)で与えられる．

$$\max E[\pi_m] = E[P_m \cdot y_m] - w \cdot l_m - r \cdot k_m \tag{10}$$

$$E[Y_m] = y_m^* \tag{11}$$

$$\mathrm{var}[Y_m] = (y_m^*)^2 \cdot \left(\exp(\sigma_1^{\ 2}) - 1\right) \tag{12}$$

where

$$P_m = \varepsilon_{my} \cdot p_m \tag{13}$$

以上の関係から，生産量の変動は，財価格の変動としても表現可能であることがわかる．

2.4 消費者の行動

ここでは消費量の行動を考える．消費者の効用をコブダグラス型関数で記述すると式(14)によって表現することができる．

$$u = (x_1)^{\beta_1} \cdot (x_2)^{\beta_2} \tag{14}$$

式(12)に示した効用関数には $\partial u / \partial x_m > 0, \partial^2 u / \partial (x_m)^2 < 0$ となる関係が成立するものとする．消費者は式(15)に示す予算制約を考慮して効用を最大化する財の消費量を決定すると仮定する．

$$p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 = i \tag{15}$$

その結果，財 m (m=1，2)の需要は式(16)で与えられる．

$$x_m^* = \frac{\beta_m \cdot i}{p_m} \tag{16}$$

ここで，先ほどと同様に，式(17)に示す対数正規分布に従う誤差項 ε_{mx} を考える．

$$\varepsilon_{mx} = \exp(\hat{\varepsilon}_{mx}) \tag{17}$$

where

$$\hat{\varepsilon}_{mx} \sim N\left(-\frac{1}{2}(\sigma_{mx})^2, (\sigma_{mx})^2\right) \tag{18}$$

式(16)の両辺に ε_{mx} を乗じると，式(19)に示す関係が得られる．

$$X_m = \frac{\beta_m \cdot i}{p_m} \cdot e^{\varepsilon_{mx}} \tag{19}$$

式(19)は確率的需要を表しており，その期待値と分散はそれぞれ式(20)，(21)で与えられる．

$$E[X_m] = \frac{\beta_m \cdot i}{p_m} \tag{20}$$

$$\mathrm{var}[X_m] = \left(\frac{\beta_m \cdot i}{p_m}\right)^2 \cdot \left(\exp(\sigma_{mx}^{\ 2}) - 1\right) \tag{21}$$

次に期待値と分散がそれぞれ式(22)，(23)で与えられる確率変数 ε_x を考える．

$$E[\varepsilon_x] = \frac{E[p_1 \cdot X_1 + p_2 \cdot X_2]}{p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2} \tag{22}$$

$$\mathrm{var}[\varepsilon_x] = \frac{\mathrm{var}[p_1 \cdot X_1 + p_2 \cdot X_2]}{(p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2)^2} \tag{23}$$

ε_x を式(15)の両辺に乗じ，さらに両辺の期待値をとると，以下に示すように式(15)に一致する．

$$E[(p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2) \cdot \varepsilon_x] = E[i \cdot \varepsilon_x] \Leftrightarrow p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 = i \tag{24}$$

where

$$i = E[p_1 \cdot X_1 + p_2 \cdot X_2] \tag{25}$$

このことに注意して，式(15)を制約条件とし，式(20)を式(14)に代入した確率的効用の期待値最大化問題を考えると，その解は式(20)，(21)で与えられることが容易に確認できる．需要の代わりに価格を確率変数として表現した場合であっても，同じ結果が得られることを確認できるが，紙面の制約からここではこれ以上は触れないことにする．以上から消費者の行動に関する不確実性は，需要量または財価格の不確実性として表現できることが示された．

2.5 需給均衡条件

ここでは，以上で定式化した財の需給均衡条件を考える．財の需給均衡条件は，期待値に関しては式(26)，分散に関しては式(27)で与えられる．

$$E[Y_m] = E[X_m] \tag{26}$$

$$\mathrm{var}[Y_m] = \mathrm{var}[X_m] \tag{27}$$

式(26)，(27)より，式(28)に示す関係が得られる．

$$y_m^* = x_m^* \ \&\ \varepsilon_{my} = \varepsilon_{mx} \tag{28}$$

以上から，生産者が曝される気象による生産量の変動は，消費者にとっては，財の需要量あるいは価格の変動として表現されることがわかる．

3.　まとめ

本研究では，気象の不確実性が農作物の生産に与える影響を定量的に評価可能な経済モデルの構築を行った．生産の不確実性は，財の需要または価格の不確実性として消費者の行動に影響することが示された．今後は実データに基づいたモデルの検証を行う必要がある．

4.　参考文献

1)　Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers, Moschini, G., Hennessy, D.A., Handbook of Agricultural Economics, Vol. 1, pp. 96-105, 2001