経済発展が穀物需要に与える影響

玉井 大地 (神戸大学農学部)

草薙 仁 (神戸大学大学院農学研究科)

Some Effects of Economic Development on the World Corn Market: A Comparative Study of the BRICs

Daichi Tamai (Faculty of Agriculture, Kobe University)

Hitoshi Kusakari (Graduate School of Agricultural Science, Kobe University)

The purpose of this study is to investigate some of the effects of GDP growth in certain developing nations on their demand for corn. GDP growth in developing countries causes a rapid rise in the world demand for corn for feed because of the increase in the demand for livestock products in developed countries.

In this study, we estimate the demand and supply functions for livestock products as well as the derived demand function for corn in the BRICs. Using the equilibrium conditions of the livestock products market, the effects of the exogenous variables—corn price, income, and population—on the derived demand for corn are also analyzed.

1. はじめに

最近、国際市場で主要食料の価格が急激に上昇した。2008 年にはトウモロコシ、小麦、大豆などでいずれも過去最高値を記録した。BRICs などの新興国では、経済の発展によって食生活が高級化・多様化したため、飼料用穀物の需要が急速に増加した。このことが価格高騰の 1 つの要因として考えられる。一般に、経済発展によって国民の所得が増加すると、食生活が高級化・多様化して畜産物の需要が増加する。畜産物の生産には多くの飼料穀物を必要とするため、主要な飼料穀物であるトウモロコシは、畜産物需要の増加によって大幅に需要が増加するものと考えられる。

本稿では、経済発展による畜産物需要の増加が食料価格高騰の 1 要因であることに着目して、畜産物の需要関数、供給関数、トウモロコシの派生需要関数を計測し、畜産物需給の変化がトウモロコシ需要へ与える影響を分析する。このことを通じて、トウモロコシの需要が急速に増加することとなった現在までの要因を明らかにするとともに、トウモロコシ需要の今後の動向を検討することが本稿の課題である。分析対象国は経済発展の著しい BRICs (ブラジ

ル、ロシア、インド、中国) の 4 カ国である¹⁾。

2. 分析の枠組み

(1) 理論モデル

畜産物の需要関数、供給関数、トウモロコシの派生需要関数をそれぞれ (1) ~ (3) 式で定義する。

$$Dt = Dt(Pt, M^*) \cdot N \quad (1)$$

$$St = St(Pt, Pc) \quad (2)$$

$$Dc = Dc(Pt, Pc) \quad (3)$$

ただし、 Dt は畜産物消費量、 St は畜産物供給量、 Dc は飼料向けトウモロコシ消費量を表し、 Pt は畜産物実質価格、 Pc はトウモロコシ実質価格、 M は実質所得、 N は人口を表す。また、 $M^* = M/N$ である。

(1) ~ (3) 式を対数全微分し、次の (4) ~ (6) 式を得る。

$$d \ln Dt = \frac{\partial \ln Dt}{\partial \ln Pt} d \ln Pt + \frac{\partial \ln Dt}{\partial \ln M^*} d \ln M^* + d \ln N \quad (4)$$

$$d \ln St = \frac{\partial \ln St}{\partial \ln Pt} d \ln Pt + \frac{\partial \ln St}{\partial \ln Pc} d \ln Pc \quad (5)$$

$$d \ln Dc = \frac{\partial \ln Dc}{\partial \ln Pt} d \ln Pt + \frac{\partial \ln Dc}{\partial \ln Pc} d \ln Pc \quad (6)$$

(4) ～ (6) 式と、畜産物市場の需給均衡条件 ($d \ln Dt = d \ln St$)²⁾ より、次の (7) 式を導出する。

$$\begin{aligned} d \ln Dc &= \left(\frac{\partial \ln Dc}{\partial \ln Pc} - \frac{1}{x} \frac{\partial \ln Dc}{\partial \ln Pt} \frac{\partial \ln St}{\partial \ln Pc} \right) d \ln Pc \\ &+ \frac{1}{x} \frac{\partial \ln Dc}{\partial \ln Pt} \frac{\partial \ln Dt}{\partial \ln M^*} d \ln M^* + \frac{1}{x} \frac{\partial \ln Dc}{\partial \ln Pt} d \ln N \quad (7) \\ &= \omega_1 d \ln Pc + \omega_2 d \ln M^* + \omega_3 d \ln N \\ &\left(x = \frac{\partial \ln St}{\partial \ln Pt} - \frac{\partial \ln Dt}{\partial \ln Pt} \right) \end{aligned}$$

実証分析では、(1) ～ (3) 式を計測することで (7) 式の弾力性 $\omega_i (i=1, \dots, 3)$ を求め、外生変数 (所得、人口、価格) がトウモロコシ需要に与える影響を考察する。

(2) 実証モデル

本稿では、実証分析にあたり計測モデルとして (1) ～ (3) 式を、それぞれ (8) ～ (10) 式のように特定化する。

$$d \ln Dt_{it}^* = \alpha_{0i} + \alpha_{1i} \ln M^* + \alpha_{2i} \ln Pt_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$d \ln St_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i} \ln Pt_{it} + \beta_{2i} \ln Pc_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$d \ln Dc_{it} = \gamma_{0i} + \gamma_{1i} \ln Pt_{it} + \gamma_{2i} \ln Pc_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

ただし、 $Dt_{it}^* = Dt_{it}/N$ であり、 ε_{it} は誤差項を表す。添え字 i は国 (1: ブラジル, 2: 中国, 3: インド, 4: ロシア)、添え字 t は観測時点を表す。

また、これらの式は、畜産物実質価格、トウモロコシ実質価格、実質所得についてゼロ次同次であるので、(11) 式の制約を課して最小二乗法により推計する。

$$\alpha_{1i} + \alpha_{2i} = 0, \beta_{1i} + \beta_{2i} = 0, \gamma_{1i} + \gamma_{2i} = 0 \quad (11)$$

3. 計測データ

畜産物消費量、畜産物供給量、飼料向けトウモロコシ消費量は、USDA『Production, Supply and Distribution Online』のデータを用いた。畜産物消費量、畜産物供給量は牛肉、豚肉、鶏肉の合計である。

所得は、国際連合統計局『United Nations Common Database』の国内総生産 (名目 GDP, 各国通貨表示) のデータを用いた。人口についても国際連合統計局

のデータを用いた。トウモロコシ価格は、ブラジル、インド、ロシアは FAO『FAOSTAT Database, Agricultural price statistics』の生産者価格を、中国は USDA『China Agricultural and Economic Data』の生産者価格指数をそれぞれ用いた。

畜産物価格は、ブラジル、インド、ロシアは (12) 式によって算出したディビジア価格指数を用いた。

$$P_t^d = P_{t-1}^d \prod_{k=1}^3 (P_{kt} / P_{kt-1})^{w_k} \quad (12)$$

k は各畜産物、 P_k は国際労働機関 (ILO)『LABORSTA Internet October Inquiry statistic』から得た牛肉、豚肉、鶏肉の小売価格の時系列データ、 w_k は消費量に小売価格を乗じることによって得た各畜産物の消費額の畜産物消費額全体におけるシェア、添え字 t は観測時点である。ただし、インドについては豚肉の小売価格の時系列データが得られなかったため、牛肉と鶏肉のデータで算出した。中国は、USDA『China Agricultural and Economic Data』の畜産物の消費者物価指数を用いている。

なお、所得と価格については、2000 年を基準とした消費者物価指数 (総合) を用いてデフレートした。計測期間は表 1 に示す。

4. 計測結果と考察

(1) パラメータの計測結果

パラメータの計測結果を表 1 に示す³⁾。表 1 から、自己価格弾力性について理論的符号条件を満たしていることがわかる。また畜産物の需要関数について、所得弾力性 (α_{1i}) は 4 カ国全てにおいて正であり、所得の増加が畜産物需要を増加させることが確認できた。

(2) 弾力性についての考察

(7) 式の各説明変数の弾力性を表 2 に示す。まず、トウモロコシの自己価格弾力性を見ると、すべての国において負値をとっており、トウモロコシ価格が上昇 (低下) すれば、派生需要は減少 (増加) することが示された。次に、トウモロコシ需要の所得弾力性は 4 カ国全てで正值であり、所得の増加が飼料向けトウモロコシの需要量を増加させることが示された。同様に、人口の弾力性も 4 カ国全てで正值をとっており、人口の増加が飼料向けトウモロコシの需要を増加させることがわかった。

表 1. パラメータの推定結果

	推定値	t 値		推定値	t 値
α_{11}	0.4062	2.2834	α_{13}	1.1943	5.7324
α_{21}	-0.4062	-2.2834	α_{23}	-1.1943	-5.7324
ρ_{11}^{Dx}	0.4893	3.4690	β_{13}	0.2701	2.0886
β_{11}	0.5876	5.0589	β_{23}	-0.2701	-2.0886
β_{21}	-0.5876	-5.0589	ρ_{33}^{Dx}	0.8641	27.2180
γ_{11}	0.1763	4.1335	γ_{13}	0.7300	1.2558
γ_{21}	-0.1763	-4.1335	γ_{23}	-0.7300	-1.2558
α_{12}	0.3439	16.0358	ρ_{33}^{St}	0.7262	4.7366
α_{22}	-0.3439	-16.0358	α_{14}	0.3486	6.4362
ρ_{22}^{Dx}	-0.5440	-2.2039	α_{24}	-0.3486	-6.4362
β_{12}	0.7859	5.1726	ρ_{44}^{Dx}	0.2595	1.0303
β_{22}	-0.7859	-5.1726	β_{14}	0.1422	4.5888
γ_{12}	0.6041	5.5097	β_{24}	-0.1422	-4.5888
γ_{22}	-0.6041	-5.5097	γ_{14}	0.8064	1.7079
			γ_{24}	-0.8064	-1.7079

注：1）第 1 国：ブラジル（1998 年～2005 年）

第 2 国：中国（1994 年～2005 年）

第 3 国：インド（1996 年～2005 年）

第 4 国：ロシア（1998 年～2005 年）

2）定数項の推計値は、紙幅の関係上省略した。

表 2. 弾力性の算出結果

	トウモロコシ 価格	所得	人口
ブラジル	-0.0721 (-4.0074)	0.0721 (4.3105)	0.1774 (4.2697)
中国	-0.1839 (-5.4421)	0.1839 (5.5106)	0.5347 (5.4276)
インド	-0.5954 (-1.2905)	0.5954 (1.2790)	0.4985 (1.2062)
ロシア	-0.5727 (-1.6730)	0.5727 (1.7591)	1.6430 (1.6712)

注：1）各弾力性の算出式

・自己価格弾力性 $\omega_{1i} = \gamma_{2i} - \beta_{2i} \cdot \gamma_{1i} / (\beta_{1i} - \alpha_{2i})$

・所得弾力性 $\omega_{2i} = \alpha_{1i} \cdot \gamma_{1i} / (\beta_{1i} - \alpha_{2i})$

・人口弾力性 $\omega_{3i} = \gamma_{1i} / (\beta_{1i} - \alpha_{2i})$

2）カッコ内は t 値を表す。ただし、算出式がパラメータに関して非線形であるため漸近的な値である。

（3）寄与率についての考察

（7）式の各説明変数が飼料向けトウモロコシ需要量に与える寄与率を推計するため、各変数の年平均

変化率を計測した。計測結果とそれをもとに算出した各説明変数の寄与率を表 3 に示す。

ブラジルでは、所得の寄与率が 7.1 であり、相対的に所得の寄与は小さい。トウモロコシ需要の増加には、所得の増加よりも価格の下落や人口増加が大きく寄与したことが明らかになった。

中国では、所得の寄与率が 48.0 と大きな値をとった。トウモロコシ需要の増加には、一人っ子政策等の影響により人口増加の寄与が小さかった一方で、所得の大幅な増加による寄与が大きいことが示された。

インドでは、相対的に所得の寄与が大きいことがわかった。畜産物需要の所得弾力性が 1.19 と弾力的であることから、経済発展によってトウモロコシ需要が大幅に増加したことが考えられる⁴⁾。

ロシアでは所得の寄与率が 45.7 と大きな値であった。トウモロコシ需要の増加には、人口減少がマイナスに寄与したのに対し、それを上回る所得の大幅な増加や価格の低下による寄与があったことがわかった。

以上から、BRICs 4 カ国で現在までのトウモロコシ需要増加の要因について、中国、インド、ロシアではトウモロコシ需要に対する所得増加の寄与が大きいことが示された。今後のトウモロコシ需要について、中国は、国内において都市部と農村部との所得格差が大きいため、農村部の所得増加によっては今後大きく増加する可能性がある。インドは、所得の影響が大きく、また今後も大幅な人口増加が見込まれることから、更なる畜産物需要増加に伴う需要の増加が予測される。ロシアは、人口が減少傾向にあるものの、今後も経済成長が見込まれるため、1 人当たり所得の増加による更なる増加が予測される。一方、ブラジルではトウモロコシ需要の増加に対する所得増加の寄与は小さいことが示唆されたが、今後の所得増加の影響については、更なる分析が必要である。

5. 結論

本稿では、経済発展による畜産物需要の増加が食料価格高騰の 1 要因であることに着目して、畜産物市場の需給均衡条件のもとで、経済発展が飼料向けトウモロコシの派生需要に与える影響について検討した。

はじめに、パラメータの計測結果から算出したト

表 3. 飼料向けトウモロコシの消費量に対する説明変数の寄与率

ブラジル	弾力性	年平均 変化率	寄与率	インド	弾力性	年平均 変化率	寄与率
トウモロコシ消費量		2.1570		トウモロコシ消費量		7.0827	
トウモロコシ価格	-0.0721	-7.8628	0.5666 (26.3)	トウモロコシ価格	-0.5954	-2.1004	1.2505 (17.7)
所得	0.0721	2.1263	0.1532 (7.1)	所得	0.5954	3.3777	2.0110 (28.4)
人口	0.1774	1.4265	0.2531 (11.7)	人口	0.4985	1.7034	0.8492 (12.0)
誤差			1.1841 (54.9)	誤差			2.9720 (48.9)
中国	弾力性	年平均 変化率	寄与率	ロシア	弾力性	年平均 変化率	寄与率
トウモロコシ消費量		3.0615		トウモロコシ消費量		12.4801	
トウモロコシ価格	-0.1839	-4.9183	0.9043 (29.5)	トウモロコシ価格	-0.5727	-5.8901	3.3733 (27.0)
所得	0.1839	7.9898	1.4690 (48.0)	所得	0.5727	9.9656	5.7074 (45.7)
人口	0.5347	0.8079	0.4320 (14.1)	人口	1.6430	-0.4580	-0.7526 (-6.0)
誤差			0.2562 (8.4)	誤差			4.1520 (33.3)

注：1) 年平均変化率の計測式は(13)式である。ただし、 x_k はトウモロコシ消費量と各説明変数を、 t はタイムトレンドを表す。表中の年平均変化率の値は、 Φ_k に 100 を乗じてパーセント表示にしたものである。

$$\ln x_{kt} = \phi_k + \phi_k t + \varepsilon_{kt} \quad k=1, \dots, 4 \quad (13)$$

- 2) トウモロコシ消費量に対する説明変数の寄与率は、説明変数の年平均変化率に、対応する弾力性を乗じて求めた。
 3) カッコ内は、トウモロコシ消費量の年平均変化率を 100 としたときの説明変数の寄与率を表す。

ウモロコシ派生需要の所得弾力性については、4 カ国すべてで正值であり、経済発展による所得増加がトウモロコシの派生需要を増加させることが示された。また、経済発展による所得増加がトウモロコシ需要を増加させる程度（寄与率）は、BRICs の中でも国によって異なることが判明した。その一方で、金融危機に起因する実体経済への悪影響から、今後の経済発展によるトウモロコシ需要の増加については、さらに分析が必要である。また、トウモロコシの供給サイドを含めた、より精緻な枠組みによってトウモロコシ需給の分析・予測を行うことも、今後の課題である。

注 1) 早川ほか [1] は、アジアのトウモロコシの消費について、将来的には飼料消費等の間接消費が停滞すると指摘した。また、高永ほか [2] は、中国のトウモロコシ需給の分析を行い、経済が成長する限りトウモロコシ需要は増加すると指摘した。しかし、本稿のように BRICs を比較・検討した研究は、見受けられない。

2) 本稿では、畜産物市場における需給均衡点から新

たな需給均衡点への移動を想定している。そのため、 $d \ln Dt = dDt / Dt = dSt / St = d \ln St$ となる。

- 3) 計測結果から系列相関の存在が疑われるものには、誤差項 ε_{it} に 1 階の自己回帰過程を仮定して計測した。自己相関係数 ρ_i^j の推計値は表 1 に示す。ただし、 j は各計測式 (Dt : (8) 式、 St : (9) 式) を表す。
 4) インドの畜産物需要へ影響を与える要因として、宗教的な特徴も考えられる。具体的には、畜産物需要の増加は鶏肉で最も大きいと考えられる。しかし、本稿ではこれらを畜産物として集計しているため、品目間の関係は検討できていない。

引用文献

- [1] 早川 治・伊東正一・亀山 宏「アジアのコーン需給予測」、『1999 年度日本農業経済学会論文集』（1999 年 3 月）、394-398 ページ。
 [2] 高永 俊・中村耕二郎・中田哲也「中国におけるトウモロコシの需給動向と将来予測」、『農業経営研究』第 40 巻第 2 号（2002 年 9 月）、134-138 ページ。