

2. 農業投資が気候変動下における国際小麦価格に 与える影響予測

—農業研究開発投資等及び農業インフラ開発・維持投資による影響—

小泉 達治

1. はじめに

小麦をはじめとした穀物の国際価格は、2006年秋以降、主要国での天候不順等に加えて、原油市場とともに穀物市場への投機資金の流入により上昇基調で推移した。2008年以降は現在に至るまで下落基調で推移しているが、2011年以降、国際社会では農産物の価格レベルよりも価格変動への関心が高まっている。これを受けて、同年以降、FAOをはじめとする国連機関・国際機関において、国際農産物価格の変動の対応策について国際的議論が行われている⁽¹⁾。国際小麦価格の変動係数⁽²⁾の推移をみると、1985～1995年の0.1664から1996～2005年には0.2425に上昇、更に、2006～2015年には0.2645に上昇している⁽³⁾。このように、国際小麦価格は年々変動率が高まり、不安定性が高まっている。

一方、人類の影響によって生じる大気中の温室効果ガスの濃度上昇は気候システム全体に変化を及ぼし、気温上昇だけでなく海面上昇、降水量や降水地域の変化、熱波や豪雨といった極端な気象現象の変化等を引き起こしている。農業のように自然を対象とした産業は、気候変動により大きな影響を受け、極めて脆弱な部門であると考えられる。気候変動は多くの食料生産システムの生産性を低下させ、食料安全保障がすでに脅かされている現在の状態を更に悪化させることが国際社会で懸念されている(小泉 金丸 2012)。2014年3月に承認・公表されたIPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書(第2作業部会)では確信度が高い複数の分野や地域に及ぶ主要なリスクとして、海面上昇、沿岸での高潮被害などによるリスク等に加えて、気温上昇、干ばつ等によるフードセキュリティ⁽⁴⁾が脅かされるリスク、水資源不足と農業生産減少による農村部の生計及び所得損失のリスクを指摘した(IPCC 2014)。

このため、長期的な世界小麦需給予測モデルによりその需給を予測する際には、気候変動の影響をモデル構造に含める必要がある。気候変動が世界の穀物単収に与える影響については、Lobell(2007)が日中の気温変化と穀物単収の関係について分析した。また、Lobell and Burke(2010)が気候変動が穀物単収に与える影響を分析・予測を行った。Rosenzweig et al.(2014)は複数のGCM(全球気候モデル)及び作物生育モデルにより、将来の穀物単収に与える影響評価を行った。Iizumi et al.(2017)は、気候変動が世界の穀物単収に与える影響予測を行い、温暖化の進行で世界の穀物収量の伸びが鈍化するメカニズムを明らかにした。

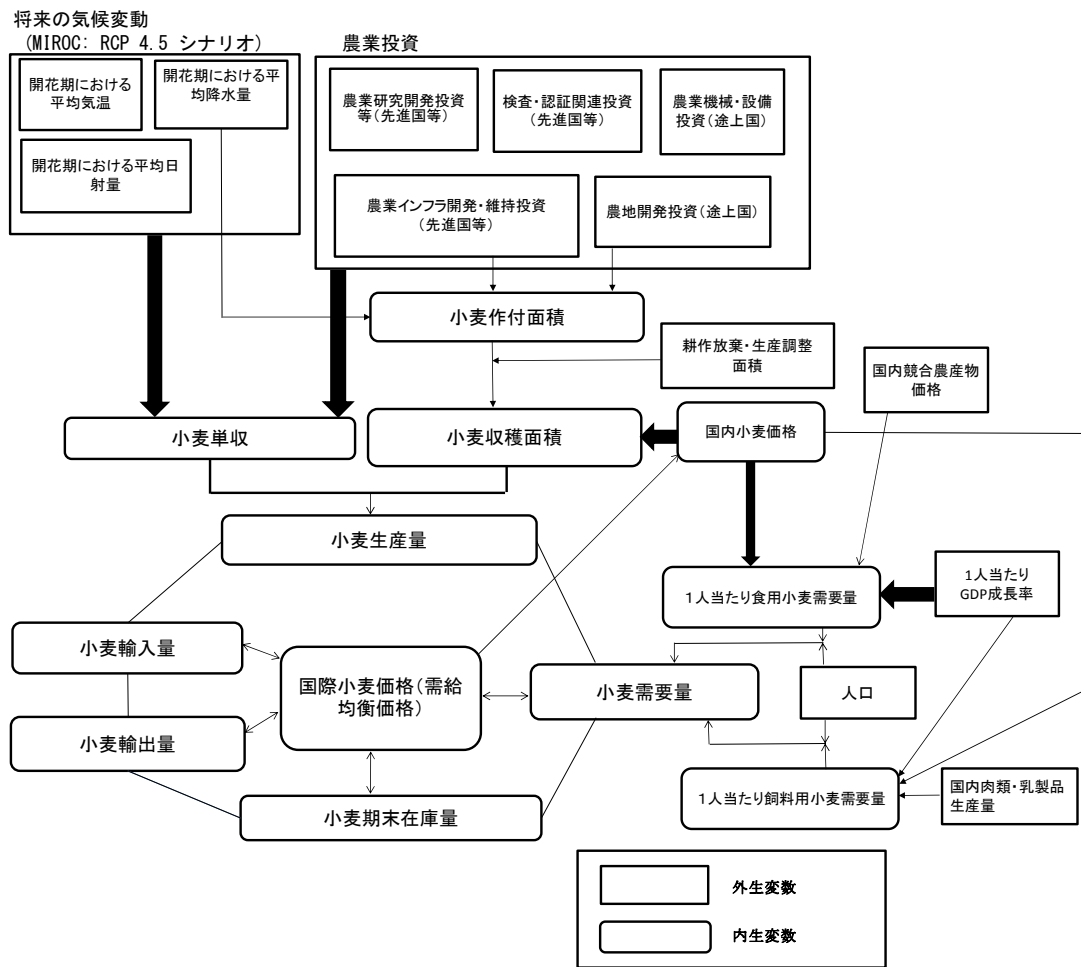
一方、Parry et al.(1999)は部分均衡需給予測モデルを用いて、将来の異常気象や気候変動

が世界のフードセキュリティに与える影響試算を行った。また、Furuya and Koyama (2005) は、部分均衡需給予測モデルを用いて長期的な気候変動が小麦を含む世界穀物等需給に与える影響予測を行った。ただし、これまでの先行研究の大部分は、長期的な気候変動が世界小麦等の穀物生産に与える影響に関するものであり、気候変動が世界小麦需給に与える影響についての研究は行われても、各主要国の農業投資が気候変動下における世界小麦需給に与える影響を試算した研究は世界的にも行われていない。このため、本研究では、気候変動の影響を受けて、世界小麦価格の不安定性が高まることを見込まれる状況下、世界主要小麦生産国における農業研究開発投資等及び農業インフラ開発・維持投資といった農業投資が世界小麦需給、特に、国際小麦価格に与える影響を新たに開発した部分均衡需給予測モデルにより、分析することを目的としている。

2. 分析手法及びデータ

(1) 分析手法

「気候変動対応型小麦経済モデル」(Wheat Economy Climate Change, 以下「WECC」モデルと呼ぶ。)は、世界主要生産・輸出国 (EU28, 中国, インド, 米国, ロシア, ウクライナ, カナダ, 豪州, アルゼンチン, インドネシア, エジプト, その他世界) を対象とした部分均衡需給予測モデルである (第1図)。本研究では、2014/2016年の3か年平均を基準年として、2040年までの生産量 (単収, 作付面積及び収穫面積), 需要量 (1人当たり需要量), 輸出量, 輸入量, 期末在庫量, 生産者価格, 国際価格等を予測する。WECCモデルの概要は第1図のとおりである。本モデルは長期関係式から長期のパラメータ推計を行い、予測誤差を少なくし、長期にわたる予測精度を向上させることから、すべて対数線形の関数に階差をとった「エラー修正型モデル」(Error Correction Model: ECM) を採用した。EU28の小麦生産量については、フランス, ドイツ, その他EU (ポーランド) から構成されている。WECCモデルでは、気候変動予測変数が単収及び作付面積に影響するとともに、各国の農業投資が小麦単収及び作付面積に影響する構造が他の経済モデルと比べて異なる点が大きな特徴である。なお、2015年度のプロジェクト研究資料 (主要国農業戦略) では、気候変動下における農業投資が世界米価格に与える影響評価を行った (小泉 2016)。この研究における農業投資は、FAOSTAT データから農地投資, 農業機械・設備投資のみを対象として世界米需給に与える影響試算を行ったが、本研究では、この FAOSTAT 農業投資データに加えて、OECD による先進国等における農業投資時系列データを用いて影響試算を行う。



第1図 WECCモデルの概要

先進国等における小麦の単収は、以下のように、開花期の平均気温、平均降水量、平均日射量、農業研究開発投資等、農業インフラ開発・維持、検査・認証関連投資、水利関連投資の代理変数として決定される⁽⁵⁾。

$$\ln(Y_{t,c} / Y_{t-1,c}) = a1 \ln(TEMFLAV_{t,c} / TEMFLAV_{t-1,c}) + a2 \ln(PREFLAV_{t,c} / PREFLAV_{t-1,c}) + a3 \ln(SORFLAV_{t,c} / SORFLAV_{t-1,c}) + a4 \ln(AGIS_{t-1,c} / AGIS_{t-2,c}) + a5 \ln(DMF_{t-1,c} / DMF_{t-2,c}) + a6 \ln(IC_{t-1,c} / IC_{t-2,c}) \quad 1)$$

ただし、 Y は米単収、 $TEMFLAV$ は開花期の平均気温、 $PREFLAV$ は開花期の平均降水量、 $SORFLAV$ は開花期の平均日射量、 $AGIS$ は農業研究開発投資等、 DMF は農業インフラ開発・維持投資、 IC は検査・認証関連投資、 t は各時系列、 c は対象国・地域、 $a1-a6$ はパラメータを表す。以下でも用いる変数名の a はパラメータを表し、ナンバリングで識別している。また、各パラメータについては附属表 3-1, 3-2, 3-3 を参照されたい。

途上国における小麦の単収は、以下のように、開花期の平均気温、平均降水量、平均日射量、農地開発投資、農業機械・設備投資の代理変数として決定される。

$$\ln(Y_{t,c}/Y_{t-1,c}) = a1 \ln(TEMFLAV_{t,c}/TEMFLAV_{t-1,c}) + a2 \ln(PREFLAV_{t,c}/PREFLAV_{t-1,c}) + a3 \ln(SORFLAV_{t,c}/SORFLAV_{t-1,c}) + a7 \ln(LD_{t-1,c}/LD_{t-2,c}) + a8 \ln(AME_{t-1,c}/AME_{t-2,c}) \quad 2)$$

ただし、 LD は農地開発投資、 AME は農業機械・設備投資、 t は各時系列、 c は対象国・地域、 $a7$ - $a8$ はパラメータを表す。各パラメータについては附属表 3-1、3-2、3-3 を参照されたい。

先進国等における作付面積は以下のように、国内小麦価格、年平均降水量、国内とうもろこし価格、国内大豆価格、国内粗粒穀物価格⁶⁾、国内植物油価格、国内白糖価格、農業インフラ開発・維持投資の関数として決定される。

$$\ln(APW_{t,c}/APW_{t-1,c}) = a9 \ln(DWP_{t,c}/DWP_{t-1,c}) + a10 \ln(PRCV_{t,c}/PRCV_{t-1,c}) + a11 \ln(DMP_{t,c}/DMP_{t-1,c}) + a12 \ln(DSP_{t,c}/DSP_{t-1,c}) + a13 \ln(DCGP_{t,c}/DCGP_{t-1,c}) + a14 \ln(DVOP_{t,c}/DVOP_{t-1,c}) + a15 \ln(DSBP_{t,c}/DSBP_{t-1,c}) + a16 \ln(DMF_{t-1,c}/DMF_{t-2,c}) \quad 3)$$

ただし、 APW は作付面積、 DWP は国内小麦価格、 $PRCV$ は年平均降水量、 DMP は国内とうもろこし価格、 DSP は国内大豆価格、 $DCGP$ は国内粗粒穀物価格、 $DVOP$ は国内植物油価格、 $DSBP$ は国内白糖価格、 $a9$ - $a16$ はパラメータを表す。各パラメータについては附属表 4-1、4-2、4-3 を参照されたい。

途上国における作付面積は以下のように、国内小麦価格、年平均降水量、国内米価格、国内とうもろこし価格、国内大豆価格、国内粗粒穀物価格、国内綿花価格、農地開発投資の関数として決定される。

$$\ln(APW_{t,c}/APW_{t-1,c}) = a9 \ln(DWP_{t,c}/DWP_{t-1,c}) + a10 \ln(PRCV_{t,c}/PRCV_{t-1,c}) + a11 \ln(DMP_{t,c}/DMP_{t-1,c}) + a13 \ln(DCGP_{t,c}/DCGP_{t-1,c}) + a17 \ln(DRP_{t,c}/DRP_{t-1,c}) + a18 \ln(DCTP_{t,c}/DCTP_{t-1,c}) + a19 \ln(LD_{t-1,c}/LD_{t-2,c}) \quad 4)$$

ただし、 DRP は国内米価格、 $DCTP$ は国内綿花価格、 $a17$ - $a19$ はパラメータを表す。各パラメータについては附属表 4-1、4-2、4-3 を参照されたい。収穫面積については、作付面積から耕作放棄・生産調整面積を引いて求められる。

$$AHW_{t,c} = APW_{t,c} - ABD_{t,c} \quad 5)$$

ただし、 AHW は収穫面積、 ABD は耕作放棄・生産調整面積である。小麦の生産量は以下のように、収穫面積に単収を乗じて決定される。

$$QPW_{t,c} = AHW_{t,c} * Y_{t,c} \quad 6)$$

小麦需要量は食用等需要量及び飼料用需要量から構成される。食用等需要量は、1人当たり小麦食用等需要量に人口を乗じて決定される。1人当たり小麦食用等需要量は、1人当たり GDP、国内小麦価格、国内米価格等の関数として以下のように算出される。

$$\ln(PQCWFO_{t,c}/PQCWFO_{t-1,c}) = a20 \ln(PCGDP_{t,c}/PCGDP_{t-1,c}) + a21 \ln(DWP_{t,c}/DWP_{t-1,c}) + a22 \ln(DRP_{t,c}/DRP_{t-1,c}) \quad 7)$$

$$QCWFO_{t,c} = PQCWFO_{t,c} * POP_{t,c} \quad 8)$$

ただし、 $PQCWFO$ は1人当たり食用小麦需要量、 $PCGDP$ は1人当たり GDP 、 $QCWFO$ は食用小麦需要量、 POP は人口、 $a20$ - $a22$ はパラメータを表す。各パラメータについては、附属表 5-1, 5-2, 5-3 を参照されたい。

飼料用需要量は、1人当たり飼料用小麦需要量に人口を乗じて決定される。まず、1人当たり小麦飼料用需要量は、1人当たり GDP 、国内小麦価格、牛肉生産量、豚肉生産量、生乳生産量、バター生産量、チーズ生産量等の関数として以下のように算出される。

$$\begin{aligned} \ln(PQCWFE_{t,c}/PQCWFE_{t-1,c}) = & a23 \ln(PCGDP_{t,c}/PCGDP_{t-1,c}) + a24 \ln(DWP_{t,c}/DWP_{t-1,c}) \\ & + a25 \ln(DRP_{t,c}/DRP_{t-1,c}) + a26 \ln(BFQP_{t,c}/BFQP_{t-1,c}) \\ & + a27 \ln(PKQP_{t,c}/PKQP_{t-1,c}) + a28 \ln(DMQP_{t,c}/DMQP_{t-1,c}) \\ & + a29 \ln(BTQP_{t,c}/BTQP_{t-1,c}) + a30 \ln(CHQP_{t,c}/CHQP_{t-1,c}) \end{aligned} \quad 9)$$

$$QCWFE_{t,c} = PQCWFE_{t,c} * POP_{t,c} \quad 10)$$

$$QCW_{t,c} = QCWFO_{t,c} + QCWFE_{t,c} \quad 11)$$

ただし、 $PQCWFE$ は1人当たり飼料用小麦需要量、 $BFQP$ は牛肉生産量、 $PKQP$ は豚肉生産量、 $DMQP$ は生乳生産量、 $BTQP$ はバター生産量、 $CHQP$ はチーズ生産量、 $QCWFE$ は飼料用小麦需要量、 $PQCWFE$ は1人当たり飼料用小麦需要量、 QCW は小麦需要量、 $a23$ - $a30$ はパラメータを表す。各パラメータについては、附属表 6-1 及び 6-2 を参照されたい。

小麦純輸出国における輸出量は、輸入量、生産量、1期前の期末在庫量の合計から需要量と当期の期末在庫量の差である定義式により決定される。また、小麦純輸出国における輸入量は国内小麦価格の関数として決定される。

$$EXW_{t,c} = QPW_{t,c} - QCW_{t,c} + IMW_{t,c} - (ESW_{t,c} - ESW_{t-1,c}) \quad 12)$$

$$\ln(IMW_{t,c}/IMW_{t-1,c}) = a31 \ln(DWP_{t,c}/DWP_{t-1,c}) \quad 13)$$

ただし、 EXW は小麦輸出量、 IMW は小麦輸入量、 ESW は小麦期末在庫量、 $a31$ はパラメータを表す。なお、各パラメータについては附属表 7-1 及び 7-2 を参照されたい。

小麦純輸入国における小麦輸入量は、輸出量、需要量、当期の期末在庫量の合計から生産量と1期前の期末在庫量の差である定義式により決定される。また、小麦純輸入国における輸出量は国際小麦価格の関数として決定される。

$$IMW_{t,c} = QCW_{t,c} - QPW_{t,c} + EXW_{t,c} + (ESW_{t,c} - ESW_{t-1,c}) \quad 14)$$

$$\ln(EXW_{t,c}/EXW_{t-1,c}) = a32 \ln(IWP_{t,c}/IWP_{t-1,c}) \quad 15)$$

ただし、 IWP は国際小麦価格、 $a32$ はパラメータを表す。各パラメータについては附属表 8 を参照されたい。小麦期末在庫量は国内小麦価格の関数として決定される。また、国内小麦価格は以下のように、国際小麦価格に価格伝達係数等を通じて決定される。

$$\ln(ESW_{t,c}/ESW_{t-1,c}) = a33 \ln(DWP_{t,c}/DWP_{t-1,c}) \quad 16)$$

$$\ln(DWP_{t,c}/DWP_{t-1,c}) = a34 \ln(IWP_{t,c}/IWP_{t-1,c}) \quad 17)$$

ただし、 $a33$ - $a34$ はパラメータを表す。なお、各パラメータについては附属表 9-1, 9-2, 9-3, 10-1, 10-2 を参照されたい。国際小麦市場では、各予測年において、世界全輸出量と

全輸入量を決定し、以下のように、全輸出量が全輸入量と等しくなるように需給均衡価格である国際小麦価格（Wheat, No.1 Hard Red Winter, ordinary protein, Kansas City）が「ガウス・ザイデル法」により算出される。

$$\sum IMW_{t,c} = \sum EXW_{t,c} \quad 18)$$

（2） 分析データ

気候変動データである各国の気温、降水量、日射量の実績データは、CRU TS. 3.2 (CRU) のデータを使用した。各国におけるグリッドは、各国における最大の小麦生産地帯を対象とした。具体的に、豪州は、西オーストラリア州、カナダは春小麦生産地域（サスカチュワン州）、米国はハードレッド生産地域（カンザス州）、ロシア南部（黒海沿岸地域）、中国は華北地方、インドは北東部、パキスタンはパンジャブ州を対象とした。ただし、フランス、ドイツ、ポーランド、ウクライナ、エジプト、アルゼンチンについては全地域で小麦が生産されているため、全国土面積を対象とした。世界小麦需給データである作付面積、収穫面積、単収、需要量（1人当たり需要量）、輸出量、輸入量、期末在庫量については、米国農務省 PS&D データ（USDA-FAS）を使用した。なお、主要被説明変数についての単位根検定を行った結果、対数をとった原数値データのほとんどは、非定常系列であり、一次階差をとることで定常系列になることがわかった。また、本研究では小麦生産者価格を国内小麦価格として定義した。これらの生産者価格は、FAOSTAT データ（FAO）から入手した。以上のデータについては、各パラメータ推計のため、時系列回帰分析に使用した。

3. ベースライン及びシナリオ予測の前提条件

（1） ベースライン予測の前提条件

まず、ベースライン予測では、予測期間中（2017～2040 年）、現行の経済政策及び農業政策がすべての国・地域においても継続することを前提としている。また、農業技術変化率についてもこれまでの変化率が予測期間中も継続することを前提としている。そして、気候変動変数である気温、降水量、日射量の予測データについては、MIROC（Model for Interdisciplinary Research on Climate）⁽⁷⁾のうち RCP 4.5 シナリオ⁽⁸⁾による予測値を使用した。本研究で対象とする生産国では、開花期が各国について異なるが、前述のように各国の単収の関数においては、開花期平均の気温、降水量、日射量等を説明変数とした。各国の開花期については第1表のとおりである。

第1表 各国における開花期

国名	播種期分類	播種期	収穫期	開花期
フランス(EU28)	冬小麦	10-11月	7-8月	5月、6月
ドイツ(EU28)	冬小麦	10月	8月	6月、7月
ポーランド(EU28)	冬小麦	9-10月	7-8月	5月、6月
中国	冬小麦	10-11月	5-6月	4月、5月
インド	ラビ 乾期	10-12月	4-5月	2月、3月
米国	冬小麦	9-10月	6-8月	5月、6月
ロシア	冬小麦	8-9月	7-8月	6月
ウクライナ	冬小麦	8-9月	7-8月	6月
カナダ	春小麦	5-6月	8-10月	6月、7月
豪州	冬小麦	4-6月	10-12月	8-9月
アルゼンチン	冬小麦	5-7月	11-1月	9月、10月
エジプト	冬小麦	9-10月	4-8月	3月、4月
パキスタン(その他世界)	ラビ 乾期	10-12月	3-4月	2月、3月

資料：USDA(2017)より作成。

各国における開花期平均気温の標準偏差をみると、ドイツ、ポーランド、豪州では実績期間（1980～2009年）に比べて予測期間（2017～2040年）における標準偏差は横ばいまたはやや低い状態であるが、その他の国ではいずれも実績期間に比べて予測期間における標準偏差は高くなっている（第2表）。次に、各国における開花期平均降水量の標準偏差をみると、フランス、中国、カナダ、豪州、アルゼンチンでは実績期間（1980～2009年）に比べて予測期間（2017～2040年）における標準偏差は横ばいかやや低い状態になっているが、その他の国ではいずれも実績期間に比べて予測期間における標準偏差は高くなっている（第3表）。さらに、各国における開花期平均日射量の標準偏差をみると、中国、インド、米国、豪州、エジプト、パキスタン（その他世界）ではいずれも実績期間に比べて予測期間における標準偏差は高くなっている（第4表）。以上のことから、予測期間において、予測対象国の多くでは開花期平均の気温、降水量及び日射量の変動がこれまで以上に高まることを意味する。

第2表 開花期の平均気温の標準偏差の推移

	(単位:℃)				
	1980-89年 (実績値)	1990-1999 (実績値)	2000-2009 (実績値)	2017-2026 (予測値)	2027-2040 (予測値)
ドイツ(EU28)	1.1193	0.6820	1.1283	0.4553	0.8672
フランス(EU28)	1.0648	0.7556	0.4560	0.6994	0.7473
ポーランド(EU28)	0.9657	0.9118	1.0141	1.0808	0.9868
中国	0.3145	0.8586	0.4877	0.7367	2.2790
インド	0.8275	0.7211	0.8361	0.9056	1.1104
米国	1.0382	1.0768	0.5719	0.7718	1.1870
ロシア	1.4340	1.2104	0.5957	1.0770	0.8453
ウクライナ	1.0610	1.3199	0.9755	1.3926	1.1375
カナダ	1.0491	1.0723	1.1027	1.4069	0.7741
豪州	0.7620	0.6974	0.5486	0.6989	0.6632
アルゼンチン	0.4872	0.2416	0.6635	0.9171	0.7326
エジプト	1.0264	0.8066	0.8038	0.9015	1.1727
パキスタン(その他世界)	1.0943	0.6800	0.9708	0.8186	1.4280

注. 実績値は CRU TS 3.2 (CRU), 予測値は MIROC RCP4.5 シナリオから作成。

第3表 開花期の平均降水量の標準偏差の推移

(単位: mm)

	1980-89年 (実績値)	1990-1999 (実績値)	2000-2009 (実績値)	2017-2026 (予測値)	2027-2040 (予測値)
ドイツ(EU28)	19.8870	10.6641	16.0834	10.8339	16.4337
フランス(EU28)	18.1433	14.7955	17.4974	10.3621	7.2470
ポーランド(EU28)	7.5331	9.9083	17.2434	18.0844	19.7753
中国	12.0804	13.6838	19.5637	10.4693	13.9853
インド	5.1607	6.9931	7.2761	8.7790	11.9685
米国	16.4108	17.2637	18.3846	15.1192	23.5297
ロシア	9.0648	10.6106	9.4302	13.4176	12.6190
ウクライナ	13.5169	18.0339	7.2924	26.9470	28.4940
カナダ	10.9840	17.0611	9.7627	11.5968	12.8768
豪州	7.5456	9.9710	7.6615	9.5303	6.3625
アルゼンチン	21.6510	12.5778	25.1198	21.3412	20.1479
エジプト	0.1322	0.4566	0.2514	3.1710	2.2699
パキスタン(その他世界)	9.0684	5.0736	13.2703	8.1918	11.9762

注. 実績値は CRU TS 3.2 (CRU), 予測値は MIROC RCP4.5 シナリオから作成.

第4表 開花期の日射量の標準偏差の推移

(単位: MJ/day)

	1980-89年 (実績値)	1990-1999 (実績値)	2000-2009 (実績値)	2017-2026 (予測値)	2027-2040 (予測値)
ドイツ(EU28)	1.5030	0.7520	1.4370	0.7720	0.8888
フランス(EU28)	1.0637	0.8383	1.0883	0.9437	0.7118
ポーランド(EU28)	1.0032	1.2344	0.6923	1.1887	1.0050
中国	0.5721	0.9583	1.0214	0.6597	1.4808
インド	0.1395	0.2106	0.3365	0.6575	0.7047
米国	0.3528	0.3018	0.3456	0.4609	0.7369
ロシア	0.1295	0.4355	0.6760	0.4183	0.3737
ウクライナ	0.5686	1.0536	1.0219	0.8330	0.7486
カナダ	0.3624	0.5306	0.3086	0.3342	0.5653
豪州	0.2140	0.2179	0.1528	0.3191	0.3578
アルゼンチン	0.3624	0.3466	1.0090	0.7890	0.4236
エジプト	0.1657	0.5272	0.1542	0.6438	0.5546
パキスタン(その他世界)	0.1248	0.1807	0.3592	0.5879	0.7519

注. 実績値は CRU TS 3.2 (CRU), 予測値は MIROC RCP4.5 シナリオから作成.

各国及び地域における人口予測については、国連人口予測である World Population Prospects, the 2017 Revision の中位推計(medium variant) を使用した(United Nations (2017))。また、1人当たり GDP 成長率については、IMF による World Economic Outlook 2017 (IMF 2017)を使用した。なお、1人当たり GDP 成長率予測データについては、2022年までしか得られないため、本研究では、2023年から2040年にかけては、2017年から2022年までの年平均増加率が2040年まで継続することを前提とした。競合農産物価格(国際とうもろこし価格、国際粗粒穀物価格、国際米価格、国際大豆価格、国際植物油価格、国際綿花価格、国際白糖価格)、畜産生産量(牛肉生産量、豚肉生産量、鶏肉生産量、生乳生産量、バター生産量、チーズ生産量)の予測データについては、OECD-FAOによる予測値(OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026 (OECD-FAO 2017))を使用した。なお、附属表 11-1, 11-2 及

び 11-3 において外生変数を示した。また、予測期間中、WTO 農業交渉やその他の農業交渉は進展しないことを前提とした。このため、TPP 等による貿易自由化については前提条件に含めていない。そして、本研究においては各国・地域の作付面積が収穫面積と同一であることを前提とした⁽⁹⁾。

本研究における農業投資は、途上国と先進国等に分けて外生変数として設定した。まず、先進国等では、農業研究開発投資等、農業インフラ開発・維持投資、検査・認証関連投資を使用する。農業研究開発投資等には農業研究投資、教育・普及活動費用を含んでおり、農業インフラ開発・維持投資は農業に関連するインフラ整備費用、維持費用のほか、灌漑・排水等に関する水利投資費用、農産物の保管倉庫、流通施設に関する投資を含んでいる。そして、検査・認証関連投資は農産物安全基準検査費用、農業投入材の認証コスト、病虫害対策費用を含んでいる。いずれも、OECD による時系列データである General Service Support Estimates を用いた。次に、途上国における農業投資は農地投資及び農業機械・設備投資に別ける。農地投資とは、灌漑、土壌保全、土壌改善、洪水調整等を対象とした FAOSTAT による農業投資データを使用した。また、農業機械・設備投資も FAOSTAT データを使用している。以上の OECD 及び FAO による農業投資データは、対象農産物別データに別けることができず、小麦以外の他の作物を対象とした農業投資も含んでいる。ただし、本研究では小麦主要生産国を対象としているため、多くの国でこうした農業投資が、小麦生産に向けられることを前提としている。

本研究では、先進国 (EU28, 米国, カナダ, 豪州) における農業投資 (農業研究開発投資等, 農業インフラ開発・維持投資, 検査・認証関連投資) については、2006~2015 年にかけての変化率が予測期間中 (2017~2040 年) も継続することを前提とする (第 5 表)。ただし、米国の農業インフラ開発・維持投資については、2006~2015 年にかけての増加率が 10.9% と高く、こうした高い増加率が長期間にわたって続くことは現実的には考えにくい。このため、米国の農業インフラ開発・維持投資増加率は 2012-2015 年平均増加率である 0.7% を予測期間の増加率に適用した。また、ロシア及びウクライナにおける農業投資 (農業研究開発投資等, 農業インフラ開発・維持投資) については、信頼できる時系列データの制約により、2006~2011 年にかけての増加率が予測期間中 (2017~2040 年) も継続することを前提とする。ただし、ロシアの農業研究開発投資等については、2006~2011 年にかけての増加率が 16.0% と高く、こうした高い増加率が長期間にわたって続くことは現実的には考えにくい。このため、2005-2007 年平均増加率である 2.3% を予測期間の増加率に適用した。

また、本研究では、途上国における農業投資は 1990~2007 年にかけての農業投資変化率及び農業機械・設備投資が予測期間中 (2017~2040 年) も継続することを前提とする⁽¹⁰⁾ (第 6 表)。ただし、インドの 1990~2007 年にかけての農業機械・設備投資増加率はそれぞれ、6.6% と他の国に比べて高いが、こうした高い増加率が長期間にわたって続くことは現実的には考えにくい。このため、インドの農業機械・設備投資増加率については、2003~2004 年の増加率である 2.4% を予測期間中の増加率として適用した。

第5表 先進国等における農業投資の変化率の推移（ベースライン予測）

国・地域	農業投資	1986-95年	1996-2005年	2006-2015年	2012-2015年
豪州	農業研究開発投資等	12.7%	5.0%	1.8%	0.6%
	農業インフラ開発・維持	-	26.3%	2.4%	8.0%
カナダ	農業研究開発投資等	1.8%	1.2%	1.4%	0.3%
	農業インフラ開発・維持	-6.7%	2.4%	-2.9%	6.9%
米国	農業研究開発投資等	3.7%	2.5%	2.6%	-0.5%
	農業インフラ開発・維持	9.0%	48.5%	10.9%	0.7%
EU28	農業研究開発投資等	6.9%	5.2%	3.0%	4.0%
	検査・認証関連投資	-0.8%	14.4%	1.6%	2.0%
	農業インフラ開発・維持	4.5%	6.0%	-0.3%	0.5%
		1986-95年	2005-2007年	2006-2011年	
ロシア	農業研究開発投資等	34.2%	2.3%	16.0%	
	農業インフラ開発・維持	10.5%	18.5%	2.7%	
ウクライナ	農業研究開発投資等	25.2%	16.3%	2.3%	
	農業インフラ開発・維持	12.8%	13.2%	1.5%	

資料：OECD より作成。

第6表 農地投資，農業機械・設備投資の変化率の推移（ベースライン予測）

国	農業投資	1975-1985年	1985-1995年	1996-2007年	1990-2007年	2003-2004年
インド	農地投資	1.1%	1.2%	0.7%	0.9%	-0.1%
	農業機械・設備投資	7.2%	5.9%	7.4%	6.6%	2.4%
中国	農地投資	1.1%	1.1%	0.8%	0.9%	2.0%
	農業機械・設備投資	7.0%	-0.8%	7.6%	4.4%	4.1%
エジプト	農地投資	-1.2%	2.7%	0.6%	1.7%	0.1%
	農業機械・設備投資	6.1%	3.9%	1.1%	2.7%	5.9%
アルゼンチン	農地投資	2.4%	2.2%	1.9%	1.8%	2.2%
	農業機械・設備投資	6.0%	1.8%	-0.1%	0.6%	-1.3%
パキスタン(その他世界)	農地投資	1.2%	0.8%	0.7%	1.0%	1.9%
	農業機械・設備投資	13.6%	5.4%	0.6%	1.4%	0.3%

資料：実績データについては FAOSTAT(FAO)を使用。

(2) シナリオ設定

本研究では、ベースライン予測に対していくつかのシナリオを設定する。まず、豪州における農業投資継続が世界小麦需給及び国際小麦価格変動に与える影響度を試算するため、シナリオ1として、豪州の農業投資増加率が予測期間中にゼロとなるシナリオを設定した。また、米国における農業投資継続が世界小麦需給及び国際小麦価格変動に与える影響度を試算するため、シナリオ2として、米国の農業投資増加率が予測期間中にゼロとなるシナリオを設定した。また、ロシアにおける農業投資継続が世界小麦需給及び国際小麦価格変動に与える影響度を試算するため、シナリオ3として、ロシアの農業投資増加率が予測期間中にゼロとなるシナリオを設定した。そして、ウクライナにおける農業投資継続が世界小麦需給及び国際小麦価格変動に与える影響度を試算するため、シナリオ4として、ウクライナの農業投資増加率が予測期間中にゼロとなるシナリオを設定した。

なお、モデル対象国のうち、カナダについては予測期間中、農業インフラ開発・維持投

資が減少することを前提条件としているため、今回のシナリオ対象から外した。また、OECD の統計では、EU28 において国別の農業研究開発投資等、農業インフラ開発・維持投資、検査・認証関連投資、水利投資額データが明らかにされていない⁽¹¹⁾。本研究では国別の農業投資が世界小麦需給及び国際小麦価格変動に与える影響評価を行うため、EU28 についてもシナリオ対象から外した。また、本研究では、OECD に基づく農業研究開発投資等及び農業インフラ開発・維持投資によるシナリオ予測を対象とするため、FAO データに基づく中国、インド、アルゼンチン等の農地投資及び農業機械・設備投資についても、シナリオ対象外とした。

4. 予測結果

(1) ベースライン予測結果

以上のようなベースライン予測前提条件の設定の結果、2014/16 年から 2040 年までの予測期間中、小麦の単収はカナダ、エジプト、ウクライナでは年平均でわずかに減少するものの、他の国の小麦単収は増加する予測結果となった(附属表 1)。また、小麦の収穫面積についても、予測期間中、カナダ、エジプト、ロシアにおいて年平均で増加するものの、他の国では減少する予測結果となった(附属表 1)。世界小麦生産量は予測期間中、年平均 1.3%増加、世界小麦需要量は同 1.4%増加する予測結果となった(附属表 1)。また、世界小麦輸出量及び輸入量は同期間中、年平均 2.5%増加(附属表 2)、期末在庫量は 0.1%減少する予測結果となった。また、2014/16 年から 2040 年までの国際小麦価格(Wheat, No.1 Hard Red Winter, ordinary protein, Kansas City)は 190.0USD/トンから 2040 年の 208.9USD/トンに上昇し、国際小麦価格の標準偏差は 96.7592、変動係数は、0.3159 となることが予測された。これは、前述のように過去の国際小麦価格の変動が 1985~1995 年の 0.1664、1996~2005 年の 0.2425、2006~2015 年の 0.2645 に対して、2014/16 年から 2040 年にかけて国際小麦価格の変動が高まることを意味している。

(2) シナリオ予測結果

こうしたベースライン予測に対して、豪州の農業投資増加率が予測期間中(2017~2040 年)、ゼロとなるシナリオ 1 を設定した結果、ベースライン予測に比べて、予測期間平均の豪州における小麦単収は 6.2%減少、収穫面積は 0.8%減少、生産量は 6.9%減少、輸出量は 8.7%減少、需要量は 0.4%減少、輸入量は 0.3%減少する予測結果となった。こうした豪州小麦需給への影響により、世界の小麦生産量及び需要量は、0.1%減少、輸出量及び輸入量は 0.3%減少する予測結果となった。この結果、国際小麦価格はベースライン予測に比べて 2017~2040 年平均で 1.6%上昇する予測結果となった(第 7 表)。

次に、米国における農業投資増加率が予測期間中(2017~2040 年)、ゼロとなるシナリ

オ2を設定した結果、ベースライン予測に比べて、予測期間平均の米国における小麦単収は5.9%減少、収穫面積は0.6%増加するものの⁽¹²⁾、生産量は5.3%減少、輸出量は9.4%減少、需要量は0.2%減少、輸入量は0.7%減少する予測結果となった。こうした米国における小麦需給への影響により、世界の小麦生産量及び需要量は0.2%減少、輸出量及び輸入量は0.6%減少する予測結果となった。この結果、国際小麦価格はベースライン予測に比べて2017～2040年平均で3.0%上昇する予測結果となった（第8表）。

そして、ロシアにおける農業投資増加率が予測期間中（2017～2040年）、ゼロとなるシナリオ3を設定した結果、ベースライン予測に比べて、予測期間平均のロシアにおける小麦単収は16.3%減少、収穫面積は0.4%増加⁽¹³⁾、生産量は16.0%減少、輸出量は27.9%減少、需要量は1.0%減少、輸入量は7.3%減少する予測結果となった。こうしたロシアにおける小麦需給への影響により、世界の小麦生産量及び需要量は0.6%減少、輸出量及び輸入量は1.8%減少する予測結果となった。この結果、国際小麦価格はベースライン予測に比べて2017～2040年平均で11.0%上昇する予測結果となった（第9表）。

さらに、ウクライナにおける農業投資増加率が予測期間中（2017～2040年）、ゼロとなるシナリオ4を設定した結果、ベースライン予測に比べて、予測期間平均のウクライナにおける小麦単収は、15.8%減少、収穫面積は3.9%減少、生産量は18.8%減少、輸出量は31.5%減少、需要量は0.3%減少、輸入量は3.6%減少する予測結果となった。こうしたウクライナにおける小麦需給への影響により、世界の小麦生産量及び需要量は0.2%減少、輸出量及び輸入量は0.7%減少する予測結果となった。この結果、国際小麦価格はベースライン予測に比べて2017～2040年平均で3.8%上昇する予測結果となった（第10表）。

第7表 世界小麦需給への影響（シナリオ1 / ベースライン）

(単位:%)

	2017-2040 年平均
豪州	
単収	-6.2
収穫面積	-0.8
生産量	-6.9
輸出量	-8.7
需要量	-0.4
輸入量	-0.3
世界	
生産量	-0.1
需要量	-0.1
輸出量	-0.3
輸入量	-0.3
国際小麦価格	1.6

第8表 世界小麦需給への影響（シナリオ2 / ベースライン）

(単位:%)

	2017-2040 年平均
米国	
単収	-5.9
収穫面積	0.6
生産量	-5.3
輸出量	-9.4
需要量	-0.2
輸入量	-0.7
世界	
生産量	-0.2
需要量	-0.2
輸出量	-0.6
輸入量	-0.6
国際小麦価格	3.0

第9表 世界小麦需給への影響(シナリオ3
／ベースライン)

(単位:%)

	2017-2040 年平均
ロシア	
単収	-16.3
収穫面積	0.4
生産量	-16.0
輸出量	-27.9
需要量	-1.0
輸入量	-7.3
世界	
生産量	-0.6
需要量	-0.6
輸出量	-1.8
輸入量	-1.8
国際小麦価格	11.0

第10表 世界小麦需給への影響(シ
ナリオ4／ベースライン)

(単位:%)

	2017-2040 年平均
ウクライナ	
単収	-15.8
収穫面積	-3.9
生産量	-18.8
輸出量	-31.5
需要量	-0.3
輸入量	-3.6
世界	
生産量	-0.2
需要量	-0.2
輸出量	-0.7
輸入量	-0.7
国際小麦価格	3.8

5. 結論

本研究では、将来の気候変動の影響により、国際小麦価格の不安定性が高まることが予想される状況下、世界主要小麦生産国における農業研究開発投資等及び農業インフラ開発・維持投資といった農業投資が国際小麦価格に与える影響を新たに開発した部分均衡需給予測モデルにより、計量的に分析することを目的としている。本研究によるベースライン予測の結果、世界小麦主要生産国では将来的な気候変動の影響により、世界主要国における小麦単収及び作付面積の変動を通じて、世界小麦生産にも影響を与えることが予測される。こうしたベースライン予測に対して、各小麦主要生産国における農業研究開発投資等及び農業インフラ開発・維持投資といった農業投資の継続的実施が世界小麦需給、特に、国際小麦価格に与える影響を試算するため、先進国における農業投資の増加率が予測期間、ゼロとなるシナリオを設定した。

シナリオ設定による影響評価の結果、豪州、米国、ロシア、ウクライナにおける農業投資の増加率が予測期間中、ゼロとなることにより、ベースラインに比べて、すべてのシナリオ予測において国際小麦価格が上昇することが予測された。その中でも、特に、ロシアにおける国際小麦価格への影響度が最も高い予測結果となった。このため、本研究による影響試算の結果、世界主要小麦生産国における農業投資の継続的増加は、気候変動の影響により不安定化が予測される国際小麦価格の上昇抑制に寄与することが試算結果から得られた。

本研究では、限られた気候変動、マクロ、農業政策等の前提条件を用いて予測を行ったが、予測を行った前提条件にはいくつかの不確実性を有している。まず、第1に気候変動予測の不確実性があげられる。これは、気候変動予測を行うモデルや各シナリオに応じて気候変動予測結果が異なることやこれらの予測そのものにも不確実性がある。また、第2

に、世界主要小麦生産・輸出国における農業政策及び貿易政策の不確実性であり、特に、ロシア、インド等の農業政策及び貿易政策により、世界小麦市場は影響を受けるものと考えられる。さらに、第3に今後のマクロ経済情勢であり、主要国における1人当たりGDP、対ドル為替レートが長期的にどう推移するかも本研究の不確実性としてあげられる。第4に、パラメータの長期的信頼性に関する不確実性である。本研究では、現在の消費パターンが今後も続くことを前提としているが、今後の消費パターン（特に、所得弾性値や価格弾性値）が今後、変化することが十分に考えられる。このため、今後は、以上のような予測の不確実性について研究を深めていくことが必要である。

また、本研究では、予測期間が2040年と他の長期予測に比べて短い期間のため、長期予測に比べて、気温、降水量、日射量の増加・減少率は低い。そのため、単収関数を気温、降水量、日射量を説明変数とした線形とした。ただし、より長期の予測期間を対象とする場合、気温、降水量、日射量と単収との関係が各最適値を超えた場合におけるパラメータについても再推計する必要がある。さらに、気候変動が農産物に与える影響は、国ごとのマクロ的な視点と、国ごとの各県・州別の比較的微視的な視点による分析も必要である。このため、今後の研究課題としては今回の試算に使用したWECCモデルを各国の地域別に分けて、気候変動の影響をより詳細に分析していくことが必要である。

付記

本研究に当たり、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農業環境変動研究センター気候変動対応研究領域影響予測ユニット長の西森基貴氏からは、CRUTS.3.2データ及びMIROC RCP4.5予測データを提供いただいた。また、国立研究開発法人国際農林水産業研究センター古家淳社会科学領域長からは、本研究の分析手法であるモデル構造について示唆に富む貴重な御助言をいただいた。両氏に謹んで感謝申し上げます。

注(1) 国連機関・国際機関の取組としては、FAOが主導するAMIS（農産物市場情報システム）により、国際農産物価格の安定に向けた市場情報の透明性の確保や農業投資のあり方についての議論が行われている。

(2) 変動係数とは、標準偏差を平均値で除したものである。国際小麦価格（Wheat, No.1 Hard Red Winter, ordinary protein, Kansas City）の月次データから計測。国際小麦価格データはIMF World Economic Outlook Database（IMF 2017）を使用。

(3) IMFによる月次データ（Wheat, No.1 Hard Red Winter, ordinary protein, Kansas City）の年間平均値から計測。

(4) フードセキュリティとは、食料の供給、備蓄、入手、アクセス、安全性、栄養面や保健衛生面における摂取・利用の確保を意味するFAOの定義である。

(5) 定数項及びタイムトレンドは推計に用いたものの、予測には使用しなかった。ただし、予測精度を向上させるために、その代替として、予測初年度である2017年度のみ適用されるカリブレーション値を用いている。カリブレーション値は、2017年度の値をUSDA-FASによる最新暫定値に合わせるために計測し、適用した。

(6) 粗粒穀物はとうもろこしを除去したとうもろこし以外の粗粒穀物（ソルガム、大麦、ライ麦、ミレット等）を対象としている。

(7) MIROCモデルは、東京大学気候システム研究センター、国立環境研究所、海洋研究開発機構で開発を行った気

候モデルであり、大気モデルと海洋モデルから構成されている。

- (8) RCP4.5 シナリオは中位安定シナリオと呼ばれており、この他にも低位安定化シナリオである RCP2.6、高位安定化シナリオである RCP6.0、高位参照シナリオである RCP8.5 もあるが、本研究では中位安定シナリオをベースライン予測の前提条件として設定した。
- (9) 予測期間中、耕作放棄・生産調整面積はゼロと設定した。
- (10) FAOSTAT データが 2007 年までしか公表されていないため、同年までを適用した。
- (11) EU 加盟各国における農業投資データは、EUROSTAT や各国統計からも入手可能であるが、OECD の農業投資区分とは異なるため、本研究では採用しなかった。
- (12) シナリオ 2 における米国の収穫面積は、国際小麦価格上昇により、増加する予測結果となった。
- (13) シナリオ 3 におけるロシアの収穫面積は、国際小麦価格上昇により、増加する予測結果となった。

[引用文献]

- Climate Research Unit (CRU) at the University of East Anglia, Climate Research Unit (CRU) *Time-series datasets of variations in climate with variations in other phenomena*,
<http://catalogue.ceda.ac.uk/uuid/3f8944800cc48e1c9c29a5ee12d8542d>. (2017 年 5 月 22 日アクセス)。
- Food and Agricultural Organization (FAO) FAOSTAT, FAO statistic databases.<http://faostat.fao.org/>. (2017 年 6 月 22 日アクセス)。
- Furuya J and Koyama O (2005) Impacts of Climate Change on World Agricultural Products Markets: Estimation of Macro Yield Functions, JARQ 39(2), pp. 121-134.
- Iizumi T, Furuya J, Shen Z, Kim W, Okada M, Fujimori S, Hasegawa T and Nishimori M (2017) Responses of crop yield growth to global temperature and socioeconomic changes, Scientific reports, 7:7800. DOI:10.1038/s41598-017-09214-4.
- International Monetary Fund (2017) *World Economic Outlook Database*.
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2017/update/02/>. (2017 年 6 月 20 日アクセス)。
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014) *The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- 小泉達治 (2016) 「気候変動下における国際米価格の変動と農業投資の影響—ASEAN8 か国を対象としたシミュレーション—」農林水産政策研究所プロジェクト研究 (主要国農業戦略) 研究資料第 9 号, pp. 209-232。
- 小泉達治 (2017) 「グローバル視点から考える世界の食料需給・食料安全保障—気候変動等の影響と農業投資—」農林統計協会, pp.18-19.
- 小泉達治・金丸秀樹 (2012) 「気候変動と世界の食料安全保障」, 『環境科学会誌』, 25(6), pp.487-492.
- Koizumi T and Kanamaru H (2016) “Contribution of Agricultural Investments to Stabilizing International Rice Price Volatility under Climate Change”, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 50(3), pp.267-284.
- Lobell DB (2007) “Changes in diurnal temperature range and national cereal yields”, *Agricultural and Forest Meteorology*. 145: pp. 229-238.

Lobell DB and Burke MB (2010) “On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change”, *Agricultural and Forest Meteorology* 150, pp.1443-1452.

OECD-FAO (2017) *OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026*. OECD-FAO.

OECD. General Service Support Estimates.

http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/data/oecd-agriculture-statistics/agricultural-support-estimates-edition-2016_83ff9179-en (2017年7月25日アクセス)。

Parry M, Rosenzweig C, Iglesias A, Fisher G and Livemore M (1999) “Climate change and world food security: a new assessment”, *Global Environmental Change* 9, pp.51-67.

Rosenzweig C, Elliott J, Deryng D, Ruane AC, Müller C, Arneth A, Boote KJ, Folberth C, Glotteri, Khabarov N, Neumann K, Piontek F, Pugh TAM, Schmid E, Stehfest E, Yang H, and Jones JW (2014) Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *PNAS*, Vol.111. No.9. pp. 3268–3273.

United Nations (2017) *World Population Prospects, the 2015 Revision*. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>. (2017年6月21日アクセス)。

United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) *PS&D*.

<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. (2017年6月16日アクセス)。

United States Department of Agriculture (USDA) (2017) *Crop Calendars*.

<https://www.usda.gov/oc/weather/CropCalendars/>. (2017年6月13日アクセス)。

附属表1 世界小麦単収, 収穫面積, 生産量 (ベースライン予測)

	単収 (MT/ha)			収穫面積 (1,000 ha)			生産量 (1,000 MT)		
	2014-16年平均	2040年(予測)	年平均増加率 (2014/16-2040年)	2014-16年平均	2040年(予測)	年平均増加率 (2014/16-2040年)	2014-16年平均	2040年(予測)	年平均増加率 (2014/16-2040年)
世界	-	-	-	160,386	226,203	1.4%	739,981	1,009,417	1.3%
EU28	-	-	-	26,966	23,367	-0.6%	154,364	183,216	0.7%
フランス (EU28)	6.8	8.8	1.1%	5,436	4,710	-0.6%	36,987	41,682	0.5%
ドイツ (EU28)	8.1	10.0	0.9%	3,235	3,045	-0.3%	26,266	30,571	0.6%
その他EU	5.0	7.1	1.5%	18,295	15,612	-0.7%	91,111	110,962	0.8%
中国	5.3	6.5	0.8%	24,133	18,837	-1.0%	128,416	121,732	-0.2%
インド	2.9	3.9	1.2%	30,721	28,887	-0.3%	89,793	112,411	0.9%
米国	3.1	4.3	1.3%	18,561	17,092	-0.3%	58,041	73,938	1.0%
ロシア	2.5	4.9	2.8%	25,406	29,921	0.7%	64,218	145,175	1.0%
ウクライナ	4.0	3.8	-0.2%	6,622	6,699	0.0%	26,275	25,315	2.0%
カナダ	3.2	2.6	-0.8%	9,312	15,425	2.1%	29,571	40,565	1.3%
豪州	2.2	2.8	1.1%	12,676	12,190	-0.2%	27,673	34,388	0.9%
アルゼンチン	3.0	3.2	0.3%	4,701	4,384	-0.3%	14,243	14,042	2.0%
インドネシア	0.0	0.0	-	0	0	-	0	0	-
エジプト	6.3	5.5	-0.6%	1,290	1,640	1.0%	8,167	9,073	0.4%

附属表2 世界小麦需要量, 輸出量, 輸入量 (ベースライン予測)

	需要量 (1,000 MT)			輸出量 (1,000 MT)			輸入量 (1,000 MT)		
	2014-16年平均	2040年(予測)	年平均増加率 (2014/16-2040年)	2014-16年平均	2040年(予測)	年平均増加率 (2014/16-2040年)	2014-16年平均	2040年(予測)	年平均増加率 (2014/16-2040年)
世界	715,017	1,011,141	1.4%	173,103	314,167	2.5%	169,391	314,166	2.5%
EU28	127,676	122,108	-0.2%	32,380	66,830	3.1%	6,065	5,752	-0.2%
中国	115,667	195,179	2.2%	777	765	-0.1%	3,401	74,470	13.7%
インド	93,051	134,733	1.6%	1,646	4,340	4.1%	2,139	26,596	11.1%
米国	31,649	42,504	1.2%	24,469	36,930	1.7%	3,466	3,614	0.2%
ロシア	37,500	35,333	-0.2%	25,381	110,075	6.3%	550	330	-2.1%
ウクライナ	11,333	12,506	0.4%	15,567	12,769	-0.8%	31	24	-1.1%
カナダ	9,041	13,410	1.7%	22,183	28,879	1.1%	491	543	0.4%
豪州	7,462	7,787	0.2%	18,905	26,064	1.3%	153	176	0.6%
アルゼンチン	6,050	8,461	1.4%	8,867	5,596	-1.9%	17	17	0.0%
インドネシア	8,655	14,091	2.1%	286	363	1.0%	9,198	14,473	1.9%
エジプト	19,333	26,754	1.4%	466	966	3.1%	11,575	18,658	2.0%

附属表3-1 パラメータ推計 (単収: 1)

	フランス(EU28) † 値(ダミー-対象年)	ドイツ(EU28) † 値(ダミー-対象年)	ポーランド(EU28) † 値(ダミー-対象年)	中国 † 値				
a1, 開花期の平均気温 (t/t-1)	-0.4343	-1.5077	-1.4726	-4.3469	0.2223	1.8758	0.5286	1.9697
a2, 開花期の平均降水量 (t/t-1)	0.3129	2.0237	0.0637	1.5764	0.0352	1.2879	-0.0754	-0.7544
a3, 開花期の平均日射量 (t/t-1)	1.4029	1.7599	1.3150	3.3314	0.8123	1.8774	-0.7433	-1.4419
a4, 農業研究開発投資等 (t-1/t-2)	0.5484	3.1528	0.1384	1.7861	-	-	-	-
a5, 農業インフラ開発・維持投資 (t-1/t-2)	-	-	0.0479	1.5242	0.3376	2.9232	-	-
a6, 検査・認証関連投資 (t-1/t-2)	0.0855	1.7621	-	-	0.2206	3.1010	-	-
a7, 農地開発投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-	1.6513	2.0603
a8, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-	0.1138	0.8048
技術変化 (t/t-1)	-0.0299	-3.0187	0.0051	1.3966	-0.0290	-3.0998	-0.0092	-1.5536
定数項	11.3424	109.7778	11.0244	84.1370	10.5611	102.0242	0.8610	24.8950
ダミー変数 1	-0.1131	-2.1125 (2003)	-0.1185	-2.4645 (1989)	0.2632	3.4369 (2004)	-	-
ダミー変数 2	0.1254	2.68823(2004)	0.0833	1.8034 (1991)	-0.2397	-3.5579(2006)	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1988-2009		1989-2009		1987-2009		1980-2007	
決定係数	0.8103		0.9639		0.8567		0.8911	
自由度調整済み決定係数	0.6681		0.8969		0.6848		0.8600	
ダービーワトソン値	2.5418		2.3893		2.2120		1.0276	

附属表 3-2 パラメータ推計（単収：2）

	インド	インド	米国	米国	ロシア	ロシア	ウクライナ	ウクライナ
	t 値 (ダミー対象年)		t 値 (ダミー対象年)		t 値 (ダミー対象年)		t 値	
a1, 開花期の平均気温 (t/t-1)	-0.5893	-2.4254	-0.3429	-0.8776	-1.8073	-2.3514	-0.6566	-1.4107
a2, 開花期の平均降水量 (t/t-1)	-0.0423	-1.1394	0.1559	0.7014	-0.1654	-1.0726	0.9321	1.5934
a3, 開花期の平均日射量 (t/t-1)	0.4962	1.6522	1.1075	1.8940	1.0910	1.2158	1.2205	0.7054
a4, 農業研究開発投資等 (t-1/t-2)	-	-	0.2081	1.7935	0.2356	1.3750	0.4853	2.2011
a5, 農業インフラ開発・維持投資 (t-1/t-2)	-	-	0.8492	1.2051	0.2260	3.2531	0.2930	2.1292
a6, 検査・認証関連投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-	-	-
a7, 農地開発投資 (t-1/t-2)	0.8988	1.7776	-	-	-	-	-	-
a8, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	0.1677	0.6695	-	-	-	-	-	-
技術変化 (t/t-1)	-0.0009	-0.8526	-0.0554	-1.7622	-0.0088	-0.7495	0.1989	3.5366
定数項	0.6380	8.3650	10.5324	45.3515	0.4234	1.4553	-2.5890	-2.6627
ダミー変数 1	0.1122	2.3613 (1997)	-0.1712	-2.0667 (2002)	-0.1786	-1.9858 (2003)	-	-
ダミー変数 2	-	-	-	-	0.1611	2.2772 (2008)	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1984-2009		1989-2009		1995-2009		2004-2014	
決定係数	0.9177		0.8088		0.9851		0.9210	
自由度調整済決定係数	0.8858		0.6813		0.9303		0.7365	
ダービーワトソン値	1.3282		1.6593		2.1673		2.1311	

附属表 3-3 パラメータ推計（単収：3）

	カナダ	カナダ	豪州	豪州	アルゼンチン	アルゼンチン	エジプト	エジプト	パキスタン(その他世界)	パキスタン(その他世界)
	t 値 (ダミー対象年)		t 値		t 値 (ダミー対象年)		t 値		t 値	
a1, 開花期の平均気温 (t/t-1)	-0.5255	-3.5878	-0.9388	-2.8071	0.8319	2.9602	0.3716	0.8958	-0.5004	-3.3184
a2, 開花期の平均降水量 (t/t-1)	-0.9947	-3.7729	0.7958	1.6348	0.2956	1.6727	0.4205	1.3738	0.0251	1.0764
a3, 開花期の平均日射量 (t/t-1)	-	-	1.0524	1.1440	1.1461	0.9515	0.6350	0.9601	1.0496	1.4823
a4, 農業研究開発投資等 (t-1/t-2)	0.3005	0.9529	0.1905	1.5337	-	-	-	-	-	-
a5, 農業インフラ開発・維持投資 (t-1/t-2)	0.3453	1.0864	0.1923	1.4126	-	-	-	-	-	-
a6, 検査・認証関連投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a7, 農地開発投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5944	0.8508
a8, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	0.7382	1.2212	0.9478	2.0667	0.0353	1.5322
技術変化 (t/t-1)	0.0269	1.8280	-0.1022	-1.5361	-	-	-	-	0.0183	3.0126
定数項	5.0738	1.4393	0.9127	1.7718	8.1923	77.2851	1.1565	15.2572	0.3290	13.7801
ダミー変数 1	-0.2320	-2.1384 (1988)	-	-	-0.1720	-1.7638 (1986)	-	-	-	-
ダミー変数 2	0.2685	2.4779 (1990)	-	-	0.3077	2.4880 (1989)	-	-	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-0.2751	-2.5256 (1995)	-	-	-	-
推計期間	1988-2009		1996-2009		1982-2009		1981-2009		1982-2009	
決定係数	0.9308		0.9664		0.8447		0.8736		0.9548	
自由度調整済決定係数	0.8361		0.8542		0.7005		0.8314		0.9419	
ダービーワトソン値	2.4808		1.7741		1.9030		1.0626		2.5532	

附属表 4-1 パラメータ推計（作付面積：1）

	フランス (EU28)	フランス (EU28)	ドイツ (EU28)	ドイツ (EU28)	ポーランド (EU28)	ポーランド (EU28)	中国	中国
	t 値 (ダミー対象年)		t 値		t 値 (ダミー対象年)		t 値	
a9, 国内小麦価格 (t/t-1)	0.4535	2.3960	0.5224	1.2644	0.3555	2.4943	0.1609	1.8613
a10, 年平均降水量 (t/t-1)	-0.0226	-1.3084	-0.0504	-1.5976	0.2786	2.7987	0.1036	0.9831
a11, 国内とうもろこし価格 (t/t-1)	-0.1115	-1.3937	-0.0448	-1.3087	-0.3260	-4.2094	-0.0409	-1.1838
a12, 国内大豆価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a13, 国内粗粒穀物価格 (t/t-1)	-0.4946	-3.4540	-0.3394	-0.8505	-	-	-	-
a14, 国内植物油価格 (t/t-1)	-	-	-0.0134	-1.2646	-0.1071	-2.0530	-	-
a15, 国内白糖価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-0.1603	-3.5538	-	-
a16, 農業インフラ開発・維持投資 (t-1/t-2)	0.1390	2.1854	0.1016	1.6306	0.3230	2.8405	-	-
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0142	-3.4809	0.0106	2.9305	-0.0183	-4.3856	0.0160	1.5346
a17, 国内米価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a18, 国内綿花価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-0.0248	-1.7963
a19, 農地開発投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-	-	-
定数項	14.7489	34.572	13.8143	32.109	12.6882	16.2584	10.8119	263.4496
ダミー変数 1	-0.1076	4.374 (1995)	-	-	-0.1835	-4.4989 (1994)	-	-
ダミー変数 2	0.0653	3.1232 (2000)	-	-	0.0251	0.0251 (2009)	-	-
ダミー変数 3	-0.1025	3.9195 (2003)	-	-	-	-	-	-
推計期間	1995-2010		1991-2009		1992-2009		2002-2016	
決定係数	0.9771		0.9295		0.9396		0.9766	
自由度調整済決定係数	0.9140		0.8731		0.8533		0.9532	
ダービーワトソン値	2.8643		2.7402		2.4796		2.3269	

附属表 4-2 パラメータ推計 (作付面積 : 2)

	インド <small>1 値(ダミー対象年)</small>		米国 <small>1 値</small>		ロシア <small>1 値(ダミー対象年)</small>		ウクライナ <small>1 値(ダミー対象年)</small>	
a9, 国内小麦価格 (t/t-1)	0.0890	0.7761	0.2730	2.8073	-0.5972	3.5913	0.0812	1.8097
a10, 年平均降水量 (t/t-1)	0.0258	1.2861	0.0766	1.7960	0.2792	1.4002	1.2772	1.8881
a11, 国内とうもろこし価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-0.1797	-2.3895	-0.9451	-2.3515
a12, 国内大豆価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a13, 国内粗粒穀物価格 (t/t-1)	-	-	-0.0949	-0.9848	-0.1797	-2.3895	-0.1399	-2.2216
a14, 国内植物油価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-0.0517	-0.8078	-0.2542	-0.7470
a15, 国内白糖価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-0.9979	-1.9197
a16, 農業インフラ開発・維持投資 (t-1/t-2)	-	-	0.0135	1.3526	0.0653	1.2677	0.5139	4.0651
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0058	-0.5019	-0.0239	-5.6067	-0.0017	-1.2830	0.0067	1.1433
a17, 国内米価格 (t/t-1)	-0.0685	-1.5290	-	-	-	-	-	-
a18, 国内綿花価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a19, 農地開発投資 (t-1/t-2)	0.8588	0.9740	-	-	-	-	-	-
定数項	10.1339	120.618	10.4352	136.264	10.4505	81.4966	7.0019	12.199
ダミー変数 1	0.0556	2.4155(2010)	-	-	-0.1996	-4.5187(2003)	1.3425	3.0757(2009)
ダミー変数 2	0.0566	2.8485(2011)	-	-	0.1202	3.2315(2007)	-	-
ダミー変数 3	-0.0766	-2.0379(2014)	-	-	0.0253	1.5101(2014)	-	-
推計期間	2004-2016		1992-2010		2002-2014		2003-2014	
決定係数	0.9066		0.9332		0.9895		0.9839	
自由度調整済決定係数	0.7197		0.8998		0.9371		0.8230	
ダービーワトソン値	2.2063		1.6090		2.2312		2.2186	

附属表 4-3 パラメータ推計 (作付面積 : 3)

	カナダ <small>1 値(ダミー対象年)</small>		蒙州 <small>1 値(ダミー対象年)</small>		アルゼンチン <small>1 値(ダミー対象年)</small>		エジプト <small>1 値(ダミー対象年)</small>		パキスタン(その他世界) <small>1 値(ダミー対象年)</small>	
a9, 国内小麦価格 (t/t-1)	0.2841	1.5091	0.3165	1.7315	0.2170	0.8199	0.2763	1.9154	0.1045	2.1066
a10, 年平均降水量 (t/t-1)	0.1875	1.2278	0.3961	2.7866	0.0948	1.3613	0.1034	0.9456	-0.0281	-1.0221
a11, 国内とうもろこし価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a12, 国内大豆価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-0.6401	-1.4088	-	-	-	-
a13, 国内粗粒穀物価格 (t/t-1)	-	-	-0.2511	-1.3346	-0.2085	-1.0986	-	-	-	-
a14, 国内植物油価格 (t/t-1)	-0.1350	-1.2537	-	-	-	-	-	-	-	-
a15, 国内白糖価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a16, 農業インフラ開発・維持投資 (t-1/t-2)	0.0640	1.7063	0.0385	0.9520	-	-	-	-	-	-
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0318	-7.9997	0.2091	1.1895	1.6420	2.3818	0.0102	1.1665	-0.2023	-1.5911
a17, 国内米価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a18, 国内綿花価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2204	1.3791
a19, 農地開発投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-	0.4696	0.8886	-	-
定数項	9.9310	106.165	8.6955	14.141	0.6420	2.3818	6.5739	72.582	9.4134	37.800
ダミー変数 1	-0.1621	-2.6131(2002)	0.1067	2.5694(2003)	-0.2416	-2.0984(1995)	-0.1193	-1.4756(2002)	0.0409	2.5481(2007)
ダミー変数 2	-	-	-0.1051	-2.1938(2006)	0.0962	0.8315(2001)	-0.2826	-3.1663(2005)	0.0275	1.8376(2011)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-0.1518	-1.0741(2003)	-	-	0.0123	1.6084(2014)
推計期間	1992-2010		1999-2010		1992-2010		2002-2016		2004-2014	
決定係数	0.9131		0.9158		0.8527		0.8988		0.8832	
自由度調整済決定係数	0.8577		0.7868		0.6685		0.8230		0.6106	
ダービーワトソン値	2.3314		2.1684		1.9062		1.9281		1.9491	

附属表 5-1 パラメータ推計 (一人当たり食用小麦需要量 : 1)

	EU28 <small>1 値</small>		中国 <small>1 値</small>		インド <small>1 値(ダミー対象年)</small>		米国 <small>1 値(ダミー対象年)</small>	
a20, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t/t-1)	0.1142	0.9081	0.0520	2.0300	0.0575	1.3278	0.1962	1.5312
a21, 国内小麦価格 (t/t-1)	-0.1531	-1.0499	-0.0169	-0.9322	-0.1206	-2.1239	-0.0269	-1.1386
a22, 国内米価格 (t/t-1)	-	-	0.0290	3.7580	0.0296	1.6767	0.0428	2.2423
タイムトレンド (t/t-1)	0.0161	2.1857	-0.0169	-6.3946	0.0042	1.3408	-0.0143	-2.9829
定数項	4.5267	74.3892	4.6451	161.6695	3.9528	27.0053	4.6805	140.2273
ダミー変数 1	-	-	-	-	-0.0480	-1.054(2001)	-0.0797	-4.1034(1990)
ダミー変数 2	-	-	-	-	0.1069	2.0858(2002)	-0.0728	-3.6823(1991)
ダミー変数 3	-	-	-	-	0.0934	1.9998(2013)	-	-
推計期間	2002-2013		1991-2011		1998-2016		1990-2016	
決定係数	0.9689		0.9858		0.7470		0.9172	
自由度調整済決定係数	0.9512		0.9822		0.5447		0.8924	
ダービーワトソン値	2.1811		1.3961		2.3705		1.1990	

附属表 5-2 パラメータ推計（一人当たり食用小麦需要量：2）

	ロシア <small>（ダミー対象年）</small>		ウクライナ <small>（ダミー対象年）</small>		カナダ <small>（ダミー対象年）</small>		豪州 <small>（ダミー対象年）</small>	
a20, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t-1)	-0.0155	-1.2556	0.2013	4.4450	0.0520	2.0300	0.0903	4.9435
a21, 国内小麦価格 (t-1)	-0.0146	-1.3778	-0.1813	-3.3056	-0.0169	-0.9322	-0.0865	-5.6410
a22, 国内米価格 (t-1)	-	-	-	-	0.0290	3.7580	0.1661	13.3077
タイムトレンド (t-1)	0.0013	1.8168	-0.0216	-6.6982	-0.0169	-6.3946	-0.0018	-0.8864
定数項	5.0659	325.5731	5.3978	169.9031	4.6451	161.6695	4.8438	152.1088
ダミー変数 1	-0.0562	-2.7563 (1994)	0.1343	2.6991 (1995)	-	-	-0.0471	-6.7069 (2010)
ダミー変数 2	-0.0771	-3.8896 (1995)	-	-	-	-	-	-
ダミー変数 3	0.0376	2.0572 (2004)	-	-	-	-	-	-
推計期間	1992-2015		1985-2009		1991-2011		2003-2014	
決定係数	0.7452		0.7839		0.9857		0.9866	
自由度調整済決定係数	0.6337		0.7407		0.9821		0.9754	
ダービーワトソン値	2.3014		1.1829		1.3961		2.3581	

附属表 5-3 パラメータ推計（一人当たり食用小麦需要量：3）

	アルゼンチン <small>（ダミー対象年）</small>		インドネシア <small>（ダミー対象年）</small>		エジプト <small>（ダミー対象年）</small>		パキスタン(その他世界) <small>（ダミー対象年）</small>	
a20, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t-1)	0.1117	1.2534	0.3894	4.5173	0.0905	4.8811	0.1265	1.5533
a21, 国内小麦価格 (t-1)	-0.0608	-1.3484	-0.1877	-2.1949	-0.0541	-2.4355	-0.0300	-1.6681
a22, 国内米価格 (t-1)	-	-	0.0536	1.1996	-	-	0.1265	1.5533
タイムトレンド (t-1)	0.0034	1.4022	0.0021	1.3883	0.0007	0.9176	-0.0148	-5.3488
定数項	4.8364	19.2548	2.6434	27.4364	5.0477	518.3757	5.2101	149.3980
ダミー変数 1	0.0487	2.1418 (2007)	-	-	-0.0348	-4.1310 (2002)	-0.0563	-1.4562 (1990)
ダミー変数 2	0.0487	2.2210 (2009)	-	-	-	-	0.0845	2.1579 (1998)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	2005-2014		1995-2016		2002-2016		1990-2016	
決定係数	0.8593		0.9289		0.9371		0.8507	
自由度調整済決定係数	0.6835		0.9122		0.9120		0.8059	
ダービーワトソン値	2.1574		1.2178		2.1770		1.0119	

附属表 6-1 パラメータ推計（一人当たり飼料用小麦需要量：1）

	EU28 <small>（ダミー対象年）</small>		中国 <small>（ダミー対象年）</small>		インド <small>（ダミー対象年）</small>		米国 <small>（ダミー対象年）</small>	
a23, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t-1)	0.4573	1.4303	0.8547	1.8294	-	-	-	-
a24, 国内小麦価格 (t-1)	-0.3523	-1.7962	-0.3618	-1.2424	-	-	-0.5630	-1.1494
a25, 国内米価格 (t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a26, 国内牛肉生産量 (t-1)	-	-	-	-	-	-	1.2822	2.6123
a27, 国内豚肉生産量 (t-1)	-	-	0.7392	0.9602	-	-	-	-
a28, 生乳生産量 (t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a29, パター生産量 (t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a30, チーズ生産量 (t-1)	0.9455	2.5527	-	-	-	-	-	-
タイムトレンド (t-1)	-0.0617	-2.7322	-0.0596	-1.7619	-	-	0.1062	0.7549
定数項	4.5503	9.0325	0.7170	3.0974	-	-	-	-
ダミー変数 1	-	-	-0.8139	-2.5522 (2005)	-	-	-1.8691	-3.4929 (2007)
ダミー変数 2	-	-	-	-	-	-	0.9581	1.7511 (2008)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	1.1247	2.7461 (2012)
推計期間	1991-2013		1980-2016		-		1991-2014	
決定係数	0.8780		0.8351		-		0.8260	
自由度調整済決定係数	0.8082		0.8086		-		0.7332	
ダービーワトソン値	2.1819		1.3722		-		2.1391	

附属表 6-2 パラメータ推計（一人当たり飼料用小麦需要量：2）

	ロシア <small>（ダミー対象年）</small>		ウクライナ <small>（ダミー対象年）</small>		カナダ <small>（ダミー対象年）</small>		豪州 <small>（ダミー対象年）</small>		エジプト <small>（ダミー対象年）</small>	
a23, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t-1)	0.0834	1.5997	0.0939	1.5127	0.6456	1.3446	0.3490	1.5749	0.6015	2.9393
a24, 国内小麦価格 (t-1)	-0.1466	-1.7073	-0.4341	-1.7444	-0.6204	-1.8746	-0.5632	-1.4002	-0.9132	-2.3608
a25, 国内米価格 (t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a26, 国内牛肉生産量 (t-1)	0.2794	1.5446	0.1851	1.1744	-	-	0.8668	1.6532	-	-
a27, 国内豚肉生産量 (t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a28, 生乳生産量 (t-1)	0.3927	3.2038	-	-	0.6975	2.2639	-	-	1.0003	1.5936
a29, パター生産量 (t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a30, チーズ生産量 (t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
タイムトレンド (t-1)	0.0219	2.1530	0.0610	1.8221	0.0090	1.3041	-0.0024	-0.8067	0.0125	1.5179
定数項	5.4308	35.6693	2.4048	3.5765	4.5750	11.9412	3.9382	16.4519	0.7151	1.5031
ダミー変数 1	-	-	-1.1855	-8.9532 (1996)	-0.7550	-3.0508 (2007)	-0.6438	-2.1689 (1996)	-1.6071	-4.9481 (1994)
ダミー変数 2	-	-	0.5767	2.6627 (2004)	-0.0414	-2.4943 (2011)	0.2474	0.9491 (2003)	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	0.5456	1.9261 (2008)	-	-
推計期間	1992-2016		1992-2009		1992-2016		1992-2016		1993-2014	
決定係数	0.8033		0.9424		0.7040		0.7317		0.8705	
自由度調整済決定係数	0.7515		0.9021		0.5599		0.6212		0.8300	
ダービーワトソン値	1.5870		2.1009		2.1854		1.1576		1.2607	

附属表 7-1 パラメータ推計 (輸入量 : 1)

	EU28 <small>t 値(ダミー対象年)</small>		米国 <small>t 値(ダミー対象年)</small>		ロシア <small>t 値(ダミー対象年)</small>	
a31, 国際小麦価格 (t/t-1)	-0.8403	-3.5474	-1.2500	-2.2243	-1.1069	-1.3708
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0192	-1.5397	0.0288	3.8076	-0.1056	-4.3493
定数項	9.2279	25.0941	7.7408	43.0037	10.3374	15.7495
ダミー変数 1	-0.3522	-2.7290 (2006)	-0.6948	-4.2185 (1991)	-1.4890	-2.2988 (2009)
ダミー変数 2	-0.3440	-2.5766 (2009)	-0.4392	-2.7890 (2003)	-1.9222	-2.9481 (2010)
ダミー変数 3	-0.4615	-3.3879 (2013)	-0.3731	-2.3625 (2004)	-	-
推計期間	2001-2015		1991-2015		1992-2015	
決定係数	0.8645		0.8151		0.7879	
自由度調整済決定計数	0.7628		0.7535		0.7289	
ダービーワトソン値	2.4207		2.3426		1.4662	

附属表 7-2 パラメータ推計 (輸入量 : 2)

	ウクライナ <small>t 値(ダミー対象年)</small>		カナダ <small>t 値(ダミー対象年)</small>		豪州 <small>t 値(ダミー対象年)</small>	
a31, 国際小麦価格 (t/t-1)	-0.8916	-1.6209	-0.4858	-3.0643	-0.2555	-1.0443
タイムトレンド (t/t-1)	-0.2492	-5.3424	0.0701	6.9087	0.0689	13.4260
定数項	11.7415	8.1381	3.6394	15.4778	2.8436	21.1297
ダミー変数 1	-0.9566	-2.083 (2012)	0.3507	2.4872 (2002)	-0.5176	-3.8954 (1991)
ダミー変数 2	-	-	-	-	-0.3509	-2.8459 (1993)
ダミー変数 3	-	-	-	-	1.3533	11.8081 (2002)
推計期間	2005-2016		1997-2015		1991-2015	
決定係数	0.8379		0.9259		0.9760	
自由度調整済決定計数	0.7299		0.9048		0.9680	
ダービーワトソン値	2.4045		2.2119		1.7413	

附属表 8 パラメータ推計 (輸出量)

	中国 <small>t 値(ダミー対象年)</small>		エジプト <small>t 値(ダミー対象年)</small>		インド <small>t 値(ダミー対象年)</small>		インドネシア <small>t 値(ダミー対象年)</small>		パキスタン(その他世界) <small>t 値(ダミー対象年)</small>	
a32, 国際小麦価格 (t/t-1)	0.1815	2.6479	0.5092	1.0524	0.8186	3.4879	0.2864	1.2347	1.0536	3.0826
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0136	-1.8240	0.2877	8.5621	0.4036	4.0658	0.0894	5.6270	-0.0448	-1.8952
定数項	7.2175	28.7044	-4.2554	-4.3216	-7.8610	-2.4230	-	-	7.9818	11.3777
ダミー変数 1	-0.1484	-3.0902 (2014)	-0.1014	-2.008 (2006)	5.5029	3.8763 (2005)	-0.5184	-1.9603 (2001)	-0.9384	-2.4178 (2000)
ダミー変数 2	-0.1139	-2.4374 (2015)	-	-	-3.2863	-2.8031 (2008)	0.7401	2.9769 (2004)	-1.3560	-3.7687 (2003)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.0336	-3.0366 (2009)
推計期間	2009-2016		2001-2016		2005-2016		2000-2016		2000-2016	
決定係数	0.9403		0.9257		0.8416		0.8930		0.8496	
自由度調整済決定計数	0.8607		0.9071		0.7511		0.8574		0.7595	
ダービーワトソン値	2.2390		1.8388		2.0346		1.3802		1.8367	

附属表 9-1 パラメータ推計 (期末在庫量 : 1)

	EU28 <small>t 値(ダミー対象年)</small>		中国 <small>t 値(ダミー対象年)</small>		インド <small>t 値(ダミー対象年)</small>		米国 <small>t 値(ダミー対象年)</small>	
a33, 国内小麦価格 (t/t-1)	-0.2213	-1.8303	-0.3644	-2.6186	-0.6226	-2.4817	-0.4334	-1.6566
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0522	-3.0770	-0.0186	-3.1924	-0.0652	-1.4114	0.0467	5.7403
定数項	10.8359	28.1024	8.3819	24.5851	4.0352	4.8340	8.9154	45.3646
ダミー変数 1	0.3783	2.6889 (1986)	-0.9125	-4.1271 (2011)	0.7543	1.6988 (2001)	-0.4731	-2.8181 (2003)
ダミー変数 2	-0.2797	-1.9598 (1994)	-1.1142	-4.8007 (2012)	-0.9937	-2.2356 (1997)	-0.4007	-2.4524 (2004)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-0.9187	-2.0923 (2004)	-0.5965	-3.3111 (2007)
推計期間	1980-1996		1989-2015		1991-2008		1991-2015	
決定係数	0.8646		0.7727		0.8236		0.8251	
自由度調整済決定計数	0.7834		0.7186		0.7000		0.7531	
ダービーワトソン値	2.2368		1.3558		1.6161		1.2648	

附属表 9-2 パラメータ推計（期末在庫量：2）

	ロシア <small>（ダミー対象年）</small>		ウクライナ <small>（ダミー対象年）</small>		カナダ <small>（ダミー対象年）</small>		豪州 <small>（ダミー対象年）</small>	
a33, 国内小麦価格 (t/t-1)	-0.5447	-1.7878	-0.6924	-2.0054	-0.4743	-2.3833	-0.6829	-3.5677
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0473	-1.6333	0.0406	1.2333	0.0061	0.6580	0.0645	6.7236
定数項	8.0226	7.8994	7.4437	11.6727	8.6816	43.4430	7.2759	33.5099
ダミー変数 1	0.7721	1.5426 (1996)	-0.6979	-3.3067 (1999)	-0.4193	-2.5806 (1994)	0.7534	0.7534 (1992)
ダミー変数 2	1.4365	2.8403 (2003)	0.4240	1.9679 (2007)	-0.2528	-1.7591 (1997)	-0.5786	-0.5786 (1998)
ダミー変数 3	-	-	-	-	0.2306	1.3407 (2013)	-	-
推計期間	1987-2008		1994-2008		1991-2014		1991-2015	
決定係数	0.7314		0.8885		0.8069		0.8441	
自由度調整済決定係数	0.6240		0.8049		0.7224		0.7922	
ダービーワトソン値	1.8014		1.5693		2.0506		1.4829	

附属表 9-3 パラメータ推計（期末在庫量：3）

	アルゼンチン <small>（ダミー対象年）</small>		インドネシア <small>（ダミー対象年）</small>		エジプト <small>（ダミー対象年）</small>		パキスタン <small>（ダミー対象年）</small>	
a33, 国内小麦価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-0.5450	-1.7067	-0.1392	-1.0657
タイムトレンド (t/t-1)	0.1003	5.2195	-0.0107	-0.2221	-0.0979	-1.5834	-0.0338	-1.8153
定数項	4.4068	7.3772	6.2108	11.4649	5.0763	15.6461	7.6397	39.1824
ダミー変数 1	-	-	-	-	0.7367	2.2879 (1996)	-0.6486	-3.9178 (2002)
ダミー変数 2	-	-	-	-	0.7697	2.5314 (1997)	-0.5556	-3.4955 (2003)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-0.3237	-2.0186 (2013)
推計期間	1995-2014		1998-2015		1991-2014		1995-2015	
決定係数	0.7865		0.7433		0.9051		0.8027	
自由度調整済決定係数	0.6879		0.6893		0.8716		0.7181	
ダービーワトソン値	1.0662		1.3219		1.5201		1.8761	

附属表 10-1 パラメータ推計（価格伝達性：1）

	EU28 <small>（ダミー対象年）</small>		中国 <small>（ダミー対象年）</small>		インド <small>（ダミー対象年）</small>		米国 <small>（ダミー対象年）</small>		ロシア <small>（ダミー対象年）</small>	
a34, 国際小麦価格 (t/t-1)	0.9662	9.3967	0.6310	7.5389	0.3449	5.9326	0.9309	20.2469	0.9909	7.3505
タイムトレンド (t/t-1)	-0.0057	-1.1874	0.0388	9.5702	0.0243	7.3530	0.0090	4.3838	0.0069	1.0382
定数項	4.8969	83.6228	4.6764	104.7225	4.8082	139.0873	4.6807	192.9311	4.5578	53.4204
ダミー変数 1	0.3936	2.8553 (1991)	-0.3102	-3.0702	0.3024	4.2741 (1991)	-	-	0.8642	4.7718 (1992)
ダミー変数 2	-0.3355	-2.5593 (2002)	-	-	-0.1736	-2.6409 (2002)	-	-	-0.4780	-2.8346 (2002)
ダミー変数 3	0.3255	2.4669 (2010)	-	-	-0.1230	-1.8539 (2003)	-	-	-	-
推計期間	1991-2015		1991-2011		1991-2008		1991-2015		1992-2015	
決定係数	0.8915		0.9477		0.9181		0.9759		0.8850	
自由度調整済決定係数	0.8629		0.9385		0.8839		0.9738		0.8607	
ダービーワトソン値	1.8065		1.5415		2.2546		2.0201		2.3919	

附属表 10-2 パラメータ推計（価格伝達性：2）

	ウクライナ <small>（ダミー対象年）</small>		カナダ <small>（ダミー対象年）</small>		豪州 <small>（ダミー対象年）</small>		アルゼンチン <small>（ダミー対象年）</small>		エジプト <small>（ダミー対象年）</small>		パキスタン <small>（ダミー対象年）</small>	
a34, 国際小麦価格 (t/t-1)	0.5342	4.0981	0.5807	5.0375	0.7067	8.3293	0.7465	8.2500	0.4068	3.1281	0.1937	1.4990
タイムトレンド (t/t-1)	0.0235	3.3704	0.0348	6.5393	0.0151	3.7569	-0.0071	-1.4508	0.0299	5.2601	0.0206	3.9598
定数項	4.3372	52.8861	4.2694	66.7674	4.7845	105.6621	4.8893	85.0569	4.9358	77.8535	4.8971	87.8836
ダミー変数 1	0.4235	2.5832 (1994)	-0.2981	-1.9621 (1994)	-0.1879	-1.7576 (2006)	-0.4013	-3.3472 (1992)	-0.4665	-3.0785 (1992)	0.3354	2.5822 (2009)
ダミー変数 2	-0.3733	-2.3219 (1999)	-0.3052	-2.0846 (2006)	-	-	0.6152	5.2689 (2013)	-0.3534	-2.3101 (1996)	-0.2414	-1.9195 (2001)
ダミー変数 3	-0.4176	-2.7460 (2002)	-	-	-	-	-0.2629	-2.3853 (2006)	0.3526	0.3526 (1997)	-0.3363	-2.2700 (2008)
推計期間	1994-2015		1991-2015		1991-2014		1992-2014		1980-2003		1991-2010	
決定係数	0.8865		0.9122		0.9144		0.9141		0.8847		0.7907	
自由度調整済決定係数	0.8511		0.8946		0.9015		0.8885		0.8526		0.7160	
ダービーワトソン値	2.2123		1.3617		1.8517		1.3054		1.0075		1.1549	

附属表 11-1 外生変数 (1人当たり実質経済成長率)

国・地域	2017-22年平均 増加率
EU28	1.8%
中国	7.5%
インド	9.1%
米国	3.8%
ロシア	2.8%
ウクライナ	6.3%
カナダ	1.4%
豪州	2.8%
アルゼンチン	6.4%
インドネシア	8.7%
エジプト	5.6%
パキスタン(その他世界)	5.4%

資料：IMF(2017)より作成。

附属表 11-2 外生変数 (人口)

(単位：1,000人)

	2014-16年	2020年	2030年	2040年
EU28	507,519	510,945	512,515	509,687
中国	1,396,880	1,424,548	1,441,182	1,417,473
インド	1,309,028	1,383,198	1,512,985	1,605,356
米国	319,943	331,432	354,712	374,069
ロシア	143,871	143,787	140,543	135,837
ウクライナ	44,660	43,579	41,200	38,658
カナダ	35,948	37,603	40,618	43,005
豪州	23,800	25,398	28,235	30,765
アルゼンチン	43,416	45,510	49,323	52,586
インドネシア	258,136	272,223	295,595	312,134
エジプト	93,760	102,941	119,746	137,066

資料：United Nations (2017)より作成

附属表 11-3 外生変数 (国際穀物等価格, 畜産物生産量)

	2014-16年	2020年	2026年	2040年
国際とうもろこし価格	USD/ton	164	197	197
国際粗粒穀物価格	USD/ton	179	198	198
国際米価格	USD/ton	375	416	416
国際大豆価格	USD/ton	402	446	446
国際植物油価格	USD/ton	768	902	902
国際綿花価格	USD/ton	1,583	1,576	1,576
国際白糖価格	USD/ton	430	453	453
EU28牛肉生産量	1,000ton	8,150	7,571	7,571
EU28豚肉生産量	1,000ton	23,629	23,342	23,342
EU28鶏肉生産量	1,000ton	14,315	14,990	14,990
EU28バター生産量	1,000ton	2,429	2,680	2,680
EU28チーズ生産量	1,000ton	9,996	11,069	11,069
中国豚肉生産量	1,000ton	53,000	59,309	59,309
米国牛肉生産量	1,000ton	11,214	12,243	12,243
米国豚肉生産量	1,000ton	11,170	12,422	12,422
ロシア豚肉生産量	1,000ton	1,559	1,698	1,698
ロシア生乳生産量	1,000ton	30,162	30,515	30,515
ウクライナ牛肉生産量	1,000ton	371	374	374
ウクライナ生乳生産量	1,000ton	10,369	11,896	11,896
カナダ豚肉生産量	1,000ton	2,055	2,120	2,120
カナダ生乳生産量	1,000ton	9,541	10,658	10,658
豪州牛肉生産量	1,000ton	2,637	2,957	2,957
エジプト牛肉生産量	1,000ton	848	922	922

資料：OECD-FAO (2017).