

# 論文審査の結果の要旨

氏名 杉本賢二

幾何級数的に増加する人口が等比級数的にしか増えない食糧生産をいつか追い越し、世界的な食糧危機が訪れるのではないかという議論は過去長い間繰り返して行われてきた。特に近年はバイオ燃料の需要が政策的な支援もあって急伸し、トウモロコシなどの穀物価格が大きく上昇した結果、食糧危機に関する懸念が一層高まっている。食糧需給の逼迫は穀物価格などを通じて食料を輸入に頼っている最貧国にまず深刻な影響を与え、当該地域の政治情勢の不安定化を通じて世界システムに波及することが危惧されている。世界システムの安定性を確保する上からも食糧需給の安定化が必要である。

食糧需給の安定化に向けてのさまざまな政策の基礎の一つに、食糧危機がいつどの程度の規模生じ得るのかという定量的な将来シミュレーションがある。これらの多くは国ごとに推定された穀物等の需要関数、供給関数を用いて国内の需給量、価格を推定し、過剰供給や超過需要は国際市場での価格均衡を通じてクリアランスされるという部分均衡構造を有している。しかしながら供給関数、すなわち穀物の生産関数は国、あるいは国を束ねた地域全体での穀物生産量が価格の変化に応じて変動する構造となっているため、穀物生産に利用可能な土地資源の制約が明示的には反映されない。そのため穀物生産農地の拡大制約や穀物間の土地資源の競合、場所によって異なる気候変動のインパクトを穀物単収の変化などの形で取り込むことが困難であるといった大きな制約がある。こうした制約を克服するために地表面をグリッドに分割しグリッドごとの穀物生産性や利用可能土地面積を推定し、集計化して供給関数とする試みもあるが、穀物の種類が考慮されず「農業的土地利用」として一つにまとめられているなどまだまだ不十分である。

本論文は主要穀物（米、小麦、大豆、トウモロコシ）を対象に土地グリッドごとの単収モデル、作付面積推定モデルを開発し、それを集計することで生産関数とし、食糧需給の将来シミュレーションモデルを開発することを目的としている。穀物生産モデルを土地グリッドに適用することで、個々の土地グリッドに対する気候変動の影響、森林保全による農地の拡大抑制や都市の拡大による農地減少の影響、作目間の土地資源競合などを明示的に考慮することができる。特にバイオ燃料需要の増加が、食糧需要とどれだけ競合するか、価格へのインパクトはどの程度あり得るのかを限られた土地資源の配分という観点から分析することができる。本論文では特にこの観点からの分析を行っている。

本論文は6章からなっている。第1章は序論であり、研究の背景や目的、研究の独自性をまとめている。第2章は既往研究であり、経済モデル、土地利用モデル、穀物生長モデル、統合モデルのそれぞれについて既往研究を整理している。経済モデルでは土地資源な

どの空間的な要素を取り込んでいないこと、土地利用モデルでは作付けなども含めた土地利用の変動をシミュレートしているものの、穀物市場などを内生化していないため需給バランスの変化、価格変動などを説明できないこと、穀物生長モデルは生物物理学的な成長のメカニズムをより精密に再現しているものの、作付けなどのメカニズムをモデル化しないと、将来シミュレーションには利用できないこと、統合モデルは空間的な要素も土地グリッドの形で取り込んだいくつもの大規模モデルが存在するが、農業的土地利用を集計的に扱うなど、バイオ燃料が食糧需給に与える影響をシミュレーションするなどの目的には適していないことなどが示されている。

第3章は開発されたモデルの基本構造を述べている。すなわち土地グリッドごとに土壌条件や気候条件、施肥条件などが与えられ、穀物生長モデルにより潜在的な単収が推定される。土地グリッドの潜在的な単収や穀物価格、交通条件などを加味してその土地に何を作付けするのかを土地利用モデルが決定し、それを集計することで当該国の生産量が決まる。生産量は需要量とマッチするよう国内価格で調整され、同時に国内需給のアンバランスは国際市場で価格調整され、最終的に国際価格と各国の農産物輸入・輸出政策を考慮した国内価格が決まる。その価格は次年度の穀物作付けを決定づける構造となっている。同時に過去の統計データ、作付けデータ、土地利用データなどを利用した感度解析、部分検証を行い、モデルの妥当性を評価している。

第4章は2030年までの食糧需給予測であり、将来の気候変動に関する予測シミュレーション（MIROCモデルによる結果）を予測の偏りなどを過去の気象データとの突き合わせにより取り除いたあと適用し、2030年までの主要作物の作付け分布、単収分布、穀物生産量、穀物ごとの国際価格を時系列的にシミュレーションしている。その結果、米の需要が将来伸びないことを反映して、価格がそれほど上昇せず米の作付面積は頭打ちになること、特に中国では米から小麦、とうもろこしへの転換が進むこと、それは気候温暖化が特に大きく影響する北部の地域において顕著になること、また小麦はヨーロッパで単位収量が伸び、それによってドイツやポーランドなど北部地域で耕地が拡大することなどが明らかになった。また国際価格の上昇にもかかわらず、開発途上国でも食糧消費量は増加し、栄養状態は改善されるものの先進国が輸出する農産物への依存度は増大することも示された。

第5章はバイオ燃料用需要による影響評価であり、バイオ燃料需要に関する将来見通し（政策的な需要誘導も含む）の得られている2020年までを対象に食糧需給に対する影響を、シミュレーションを通じて分析している。その結果、トウモロコシに関しては16%の価格上昇が見込まれること、とうもろこし価格が上昇するとアメリカやインド、ブラジルでとうもろこしの耕地面積が増え、生産量は増加するが、土地が限られているために増産は限定的であること、その結果、先進国などでは消費量にほとんど影響はない一方で、アフリカなどにおいてトウモロコシ消費が減少することなどが明らかとなった。さらに将来の原油価格シナリオに基づいてバイオ燃料生産の経済分析を行い、政府からの補助金があれば経済的にも十分成立することが示された。

第6章は結論であり、今後の展開も併せてまとめられている。

以上をまとめると、本論文は食糧の需給モデルに空間的な要素を導入することで気候変動や土地資源制約の影響を明示的に取り込んだ将来シミュレーションを行うことを可能にしており、その結果、従来の食糧需給シミュレーションでは得られなかったいくつかの新たな知見が得られている。また作付面積や空間的分布が明らかになることは、都市拡大が食糧需給に与える影響分析や、農業活動の環境影響評価（例えば施肥、農薬散布など）を実現することを可能とし、さらに衛星画像などと付き合わせて穀物市況の短期予測を行うことなど、新たな展開の可能性を広げている。以上のことから、空間情報学の進歩に大きな貢献をしたと考えられる。また、本論文の成果は松村貫一郎、柴崎亮介、Wu Wenbinらと共著で公表されているが、論文提出者が主体となって研究を実施しており、論文提出者の寄与は十分である。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。