

農林水産省 大臣官房政策課 食料安全保障室 御中

令和6年度不測時における食料供給 シミュレーションモデル構築委託事業 最終報告書

EYストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社
2026年3月



The better the question. The better the answer. The better the world works.



Shape the future
with confidence

目次

0. 事業実施概要

1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

3. (参考) 参照候補対象外モデルの調査結果

本事業の背景・目的および実施内容は以下の通り

事業背景

- 昨今の世界的な人口増加等に伴う食料需要の拡大に加え、気候変動の影響や社会情勢の変化により、食料や生産資材の価格が上昇するなど、我が国の食料安全保障上のリスクが高まっている。
- こうした中、不測の事態の判断を行い、必要な対策を検討するためには、国内の農地や労働力をはじめとする生産基盤の確保状況、品目ごとの輸出入量、食料等の備蓄状況、世界の需給動向を考慮し、国民生活や国民経済に及ぼす影響を早期に把握・予測するため、供給熱量や栄養バランスを最適化する我が国の食料供給シミュレーションを平時より実施することにより、国民生活や国民経済に及ぼす影響を早期に把握・予測することが重要である。



目的・実施内容

- 目的：
本事業では、このような我が国の食料供給シミュレーションモデル（以下「食料自給力シミュレーションモデル」という。）の構築に当たって、諸外国（スイスの輸入の途絶等の不測時における食料供給に関する政府の意思決定支援システム DSS-ESSA（以下「スイスフードシステム」という。）やドイツ、米国が公開しているモデル）を調査・分析し、そこで得られたモデルコードやデータセットを活用した上で、我が国における効率的かつ信頼あるモデルを構築することを目的とする。なお、その際に諸外国と我が国の食料安全保障に係る状況を客観的に比較しながら最適な食料自給力シミュレーションを実施するため、主要先進国の食料自給率と我が国各地の食料自給率の算出も行うこととする。
- 実施内容：
 - ✓ 不測時における食料安定供給のためのスイスフードシステムおよびドイツ、米国の食料供給シミュレーションモデルに関する調査・分析
 - ✓ 我が国の食料自給力シミュレーションモデルの構築
 - ✓ 我が国の食料自給力シミュレーションモデルの構築に向けた検討会開催に係る業務
 - ✓ 安保室との打ち合わせ会議の開催
 - ✓ 我が国の食料自給力シミュレーションモデルの構築に向けた調査・分析に関する報告書の作成

目次

0. 事業実施概要

1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討

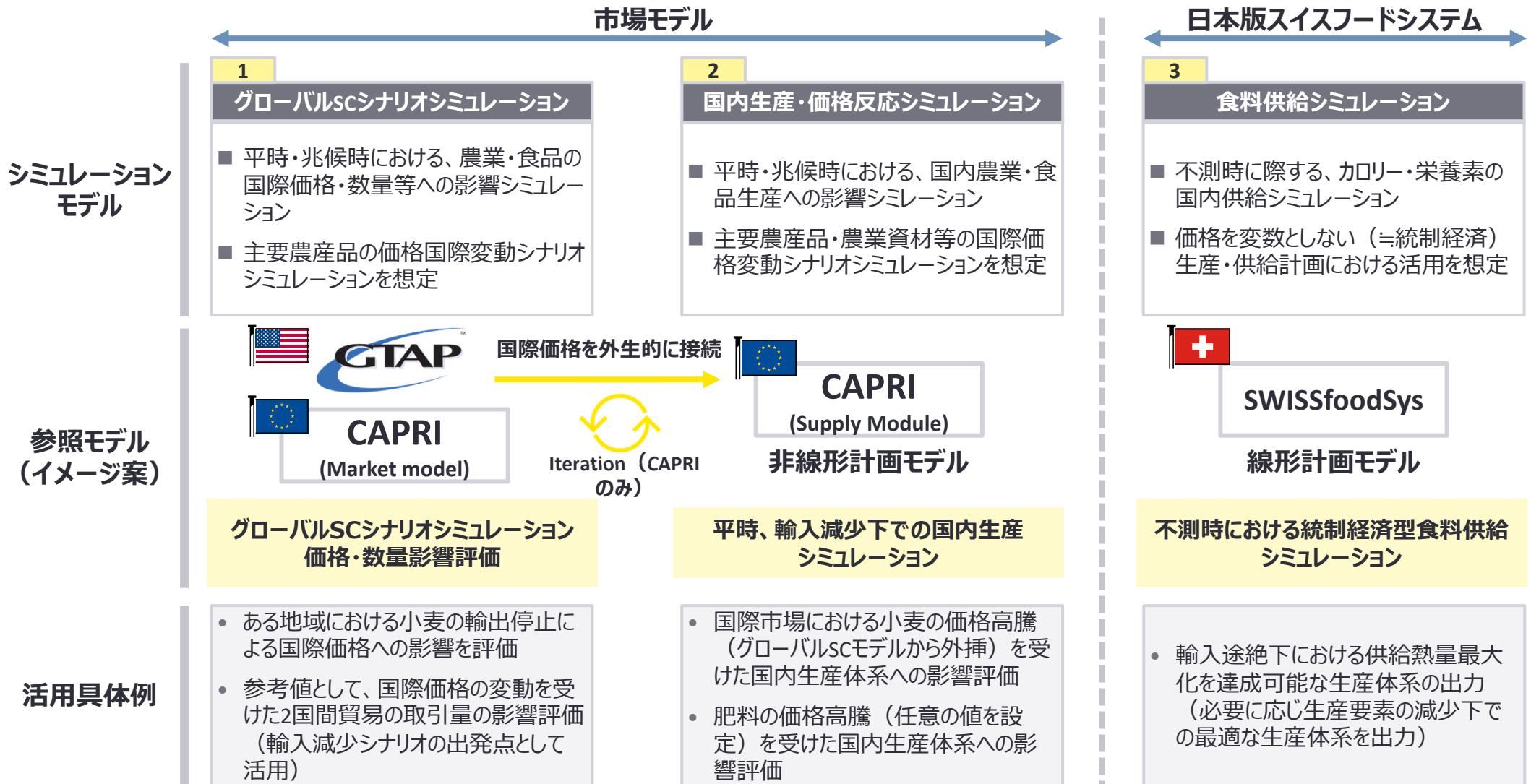
2. 参照候補モデルの詳細調査結果

3. (参考) 参照候補対象外モデルの調査結果

1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討




不測時の影響評価および対応方針の検討に向け、不測時の段階に応じた市場モデルおよび日本版スイスフードシステムから成る食料自給カシミュレーションモデルの構築を検討する

食料安全保障における不測時の深刻度に対応する食料自給カシミュレーションモデル群



1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討

グローバルscモデルの候補モデルの有用性を検討するため、各候補モデルの変数が生産要素と政策変数をどこまでカバーするのか調査した

グローバルSC シナリオモデル	モデルに含まれる生産要素			モデルが考慮できる政策変数
	土地	資本	労働	
①  Standard GTAP/ GTAP-AGR※1	Standard / AGR共に含む (いずれも農業セクターのみ)	Standard / AGR共に含む	Standard / AGR共に含む	<Standard / GTAP-AGR共通> ✓ 課税 (非貯蓄財、貿易財、生産要素) ✓ 輸出入関税 <GTAP-AGRのみ> ✓ 初期賦存量、農業インプット・飼料等 ※上記により補助金・価格介入の変数設定が可能になる
②  AGMEMOD AGR-FOOD PROJECTIONS	GOLDモデル※2には 内生変数として含まれる	GOLDモデル※2には 含まれない	GOLDモデル※2には 含まれない	✓ 貿易 (trade) ✓ 市場政策 (Market policies) ✓ 資金提供 (Budgetary transfers) ✓ グリーニング (Greening) ※3
③ Aglink-Cosimo	CPCI※4の生産要素として含まれるが、独立変数としては含まれない	CPCI※4の生産要素として含まれるが、独立変数としては含まれない	CPCI※4の生産要素として含まれるが、独立変数としては含まれない	✓ 支払制度 (補助金) ✓ 課税・関税
④  Market model	Supply Moduleに含まれない EUおよび周辺国以外の国について下記変数が含まれる※5 • arable crops, permanent crops, fodder area, forest, urban, other land			✓ 管理価格 ✓ 市場介入 ✓ 輸入関税 ✓ 最低輸入価格 ✓ 輸出補助金 ✓ 関税割当 等

※1：農業・食品分野を詳細化したモデル。23の対象国・地域とGTAP Standard Modelの品目区分から農林水産業・食品製造業以外の分野をaggregateした全29品目から構成

※2：AGMEMODの簡易版モデル。対象品目 (Grain, oilseed, livestock, dairy) と対象国 (仏、独、伊、英、愛蘭) を限定し、各国モデルに必要とされる基本的なequations、変数から構成される。





※3：Thünen Institute提供資料より抜粋

※4：CPCI (Cost of production index)

※5：モデル担当者にお問い合わせの結果上記の回答を受領した。なお、NUTS2対象国 (Supply Module対象国を指す。EU加盟国、ノルウェー、西バルカン諸国) の土地変数についてはsupply module内のbehavioural functionの定数として含まれる、との回答を入手した。

1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討

CAPRI Supply Moduleとの連携を念頭に品目数、対象地域の包括性、価格変数の入力可能性を考慮し、日本版としての構築検討対象を候補モデルから選定した

グローバルSCシナリオ (均衡モデル)	品目数	対象国・地域の包括性	価格変数の 出入力	地域/国別 シナリオ	論点
①  一般均衡モデル	少 21品目	多 140か国	外生変数インプットのみ ← Iteration (反復) を含む →		<ul style="list-style-type: none"> ■ グローバルシナリオと国内シナリオの生産量に乖離が生じる場合に、処置が必要となる可能性有り（論点例: CAPRI Market modelのように収束させるべきか、等） ■ 或いは、上記生産量の差分が僅少の場合は、許容も検討可（その場合は、グローバルシミュレーションとは独立した地域別/国別の試算結果という整理とする）
②  部分均衡モデル	少 農産物最大20、 食品17、水産11 (国により異なる)	少 EU加盟国、周辺国 11か国・地域 (日本該当なし)	→ ←		
③ Aglink-Cosimo 部分均衡モデル	多 約100品目の主要農 産物とバイオ燃料	少 OECD加盟国 中心に35か国・ 12地域	→ ←		
④  Market model 部分均衡モデル	多 一次および 二次農産物47品目	多 77か国・40の 貿易ブロック	→ ←		

— 可能
— 要調査

国内政策シナリオ
変数：クォータ、支払制度、補助金 等

scシナリオ
変数：関税、課税 等

d Consulting Co., Ltd.



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

過年度事業では2023年に受領したコードを基に、日本版の導入に向けた検討を実施した

作物等生産

- 以下のデータを想定
- ▶ 各品目の作付面積
 - ▶ 各品目の播種と収穫の時期
 - ▶ 輪作の慣行
 - ▶ 耕地面積

加工（食品・飼料）

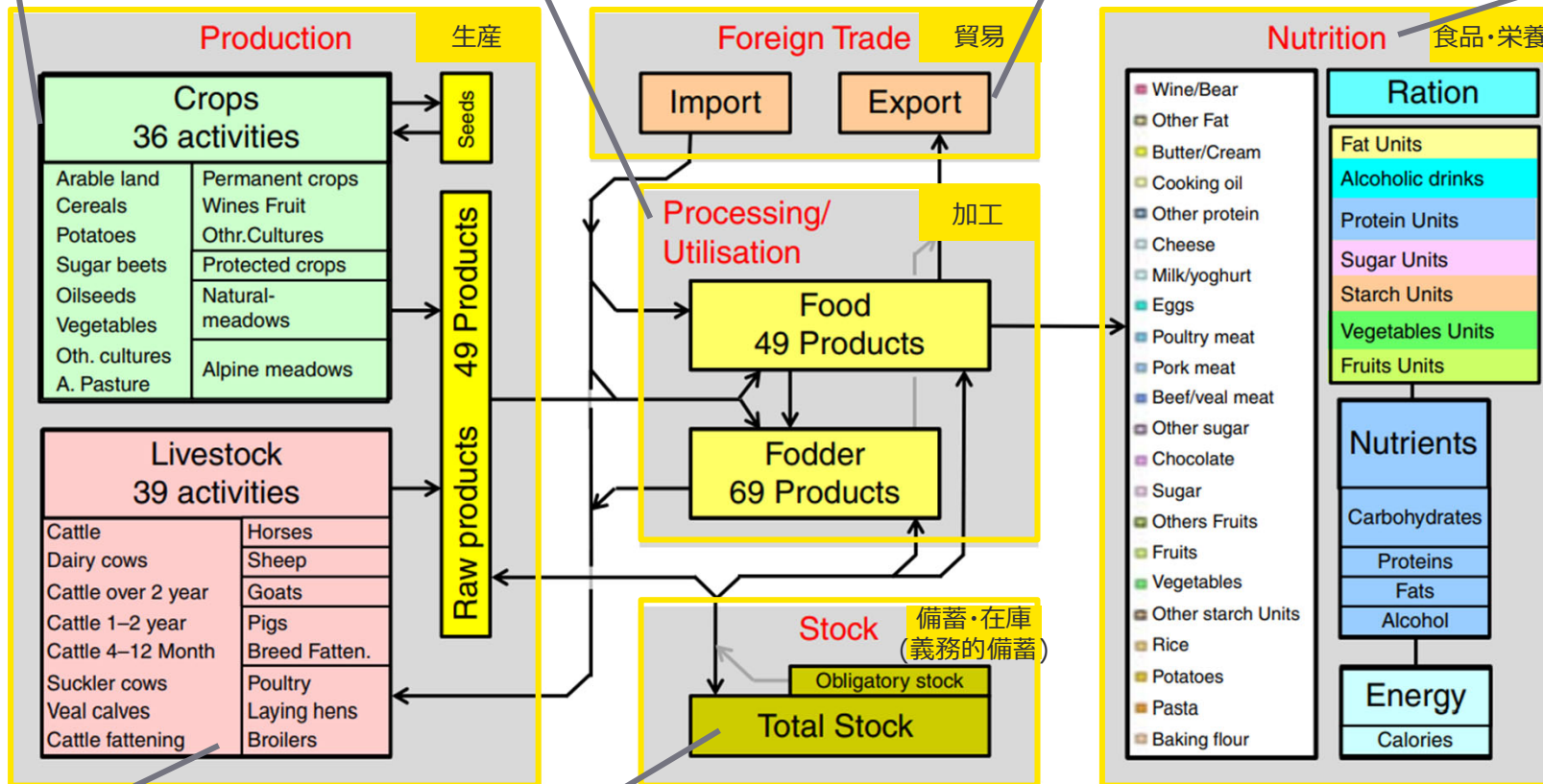
- ▶ 加工の歩留まり（加工品1単位に必要な原材料の量）
- ▶ 副産物としての資料
- ▶ 加工の年間処理能力
- ▶ 家畜及び家禽の栄養所有量
- ▶ 家畜及び家禽の資料組成

貿易（輸入・輸出）

- ▶ 輸入数量
- ▶ 輸出数量

栄養

- ▶ 接種エネルギー基準
- ▶ 性別・年齢階層別人口
- ▶ 身体活動レベル別の係数
- ▶ 食品の栄養素含有量
- ▶ 現状のエネルギー・栄養摂取量



畜産

- ▶ 飼育頭数
- ▶ 家畜一等及び家禽1羽当たりの生産量
- ▶ 家畜及び家禽のライフサイクル

備蓄

- ▶ 義務的備蓄
- ▶ 食品・飼料の在庫割合

また、日本とスイスとの違いを踏まえ、以下の二点も検討

1. 目的関数の重みづけ（摂取エネルギー基準を満たす/食品接種バランスを現状に接近させる等）
2. 制約条件の設定（目的関数を最小化するような生産の組み合わせを探索する際の制約を緩めるための変数の検討等）

1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討

(参考) グローバルscモデルの候補モデルとして調査対象とした4モデルの概要は下表の通り

項目		GTAP	CAPRI Market model	AGMEMOD	Aglink-Cosimo
目的・経緯	主たる目的	▶ 学術研究・政策分析等（世界の貿易・サプライチェーン等の影響評価）	▶ EU市場・供給のシミュレーション、貿易・農業政策の影響、環境分析 ▶ 有事シミュレーション（輸入途絶）も実施	▶ EU内の生産・価格シミュレーション ▶ EU農業政策（加盟・離脱含）シミュレーション（長期市場予測、政策分析）	▶ 各国の農業政策が世界の農産物需給に与える影響についての分析（OECD-FAO Outlook）および政策シナリオ分析
	開発経緯等	▶ 1992グローバル一般均衡モデルとして Thomas W. Hertel教授らが開発	▶ 欧州委員会の研究基金によって開発された生産、所得、貿易、環境に関する政策の評価を行うため開発	▶ 2001年以来、EU加盟国研究機関、政府機関、大学で構成されるパートナーシップで開発	▶ OECDとFAOが世界の農作物の年間市場収支と価格動向を予測するために共同で開発
モデルシステム	モデリング手法	▶ 一般均衡モデル	▶ 部分均衡モデル	▶ 部分均衡モデル	▶ 再帰的動的部分均衡モデル
	プログラミング言語	▶ GEMPACK	▶ GAMS (solver: CONOPT)	▶ GAMS(シミュレーション), Excel (DB), R (予測), GTREE (モデルコード), GsePro (Interface)	▶ 非公開
	コード開示可否	▶ MyGeoHubウェブサイトにて公表 < MyGeohub - Home >	▶ ウェブサイト上で一般公表 ※GAMS又はJAVAをインストール済みであればDL可能	▶ 加盟団体に開示	▶ 否 (各国協力機関に提供。日本の場合はMAFF又はPRIMAFF)

1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討

(参考) グローバルscモデルの候補モデルとして調査対象とした4モデルの概要は下表の通り

項目		GTAP	CAPRI Market model	AGMEMOD	Aglink-Cosimo
対象データ	対象国・地域	▶ 140か国	▶ 77か国・40の貿易ブロックに分割	▶ EU26か国（ルクセンブルク除）、ノルウェー、マケドニア、ボスニアヘルツェゴビナ、モンテネグロ、セルビア、英国、トルコ、ロシア、ウクライナ、エチオピア、ガーナ、ケニア、ルワンダ、タンザニア、アルゼンチン	▶ 35か国・12地域
	品目	▶ あらゆる財・サービスを包摂（65産業） ▶ 農産物を含む食品はその一部として包摂	▶ 47品目の一次および二次農産物	▶ 国によって異なる：農産物最大20品目、食品17品目、水産11品目	▶ 100品目以上の農産物・食料・バイオ燃料
	データソース	▶ Agricultural Data: FAO ▶ Macro Data: 世界銀行 ▶ Trade data: UN Comtrade ▶ Protection Data: ITC (Tariff), OECD (PSE ^{*1}), WTO (Export subsidies) ▶ Energy Data: IEA ...	▶ FAOSTAT (production, feed demand, processing demand, human consumption) ▶ AMAD Database (関税・TRQデータ) ...	▶ FAOSTAT, OECD-iLibrary, USDA PSD, AMIS, Comtrade等の各国および国際統計 ...	▶ FAO STAT, 各国関係機関からのデータ提供（含非公表データ） ▶ 日本データはMAFF（又はPRIMAFF） ▶ 水産物セクターはFAOの個別モデルからデータを取得 ...
主要変数*	内生変数	代表的な変数項目例 ^{*2} ▶ 量・価格に関する変数 ▶ 政策変数、技術変化に関する変数 ▶ Mobility Parameter ▶ スラック変数 ▶ 総額ベースの変数および収入に関する変数 ▶ 効用に関する変数 ▶ 価値および所得変数 ▶ 構成に関する変数 ▶ 貿易収支に関する変数	▶ 数量（各地域の農作物生産活動に係る変数） ▶ 価格（市場価格・生産者価格・消費者価格・加工マージン等）	▶ 供給：生産（生産量、作付面積、家畜数）/輸入 ▶ 需要：国内消費（飼料、食料、other use（加工、エネルギー・工業用途 他）、種子、廃棄）/輸出 ▶ Price formation（内生、外生）	▶ 供給：生産（生産量、作付面積、家畜数）/輸入 ▶ 需要：国内消費（飼料、食料、other use（工業用途、種子、廃棄）/輸出
	外生変数		▶ 固定値：Fixed Parameters（行動関数、技術的な変数、ベースライン生産者価格等の価格変数、政策介入や補助金を決定する関数） ▶ 変動する数値：Scenario Parameters（需要変化、行動関数の変化、政策介入	▶ マクロ経済変数（人口、GDP、インフレ率、為替レート） ▶ 政策指標（貿易、市場政策、資金提供（Budgetary transfers）、Greening） ▶ 技術指標（Trend、係数） ▶ World market prices（Aglink-Cosimoモデルから取得）	▶ マクロ経済変数（人口、GDP、為替レート） ▶ 政策変数（支払制度、課税・関税） ※土地変数は従属変数

目次

0. 事業実施概要

1. 不測時における食料自給カシミュレーションモデルの構築に向けた検討

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

3. (参考) 参照候補対象外モデルの調査結果

“GTAP”モデル 



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

GTAPモデルは世界全体の財・サービスを包摂した一般均衡モデル（Purdue大学Hertel教授らが開発）。同教授は農業食品に特化したモデル“SIMPLE”、“GTAP-AGR”も開発



GTAPモデルの概要・特長および今後の検討方針

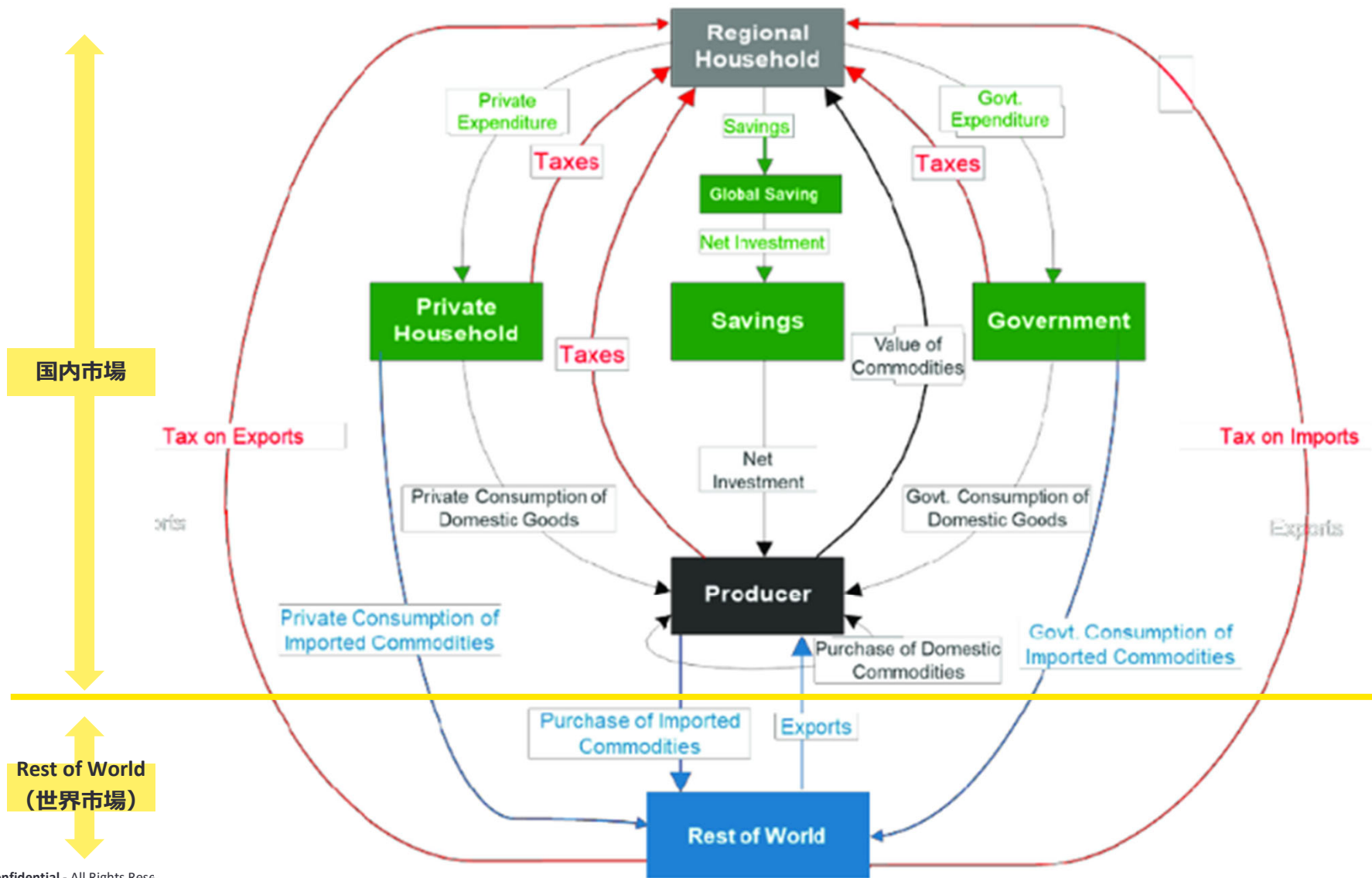
GTAP		特長および検討論点	
データ対象国	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 特定の国やいくつかの国のグループではなく、世界全体をカバー（現在145か国） ※一部の国は地域総計として統合され、必ずしもすべての国が個別で表現されているわけではない 	有用性	価格・量を包摂する一般均衡モデル グローバルSCシナリオ設定が可能
モデルの種類・特性	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般均衡モデルであり、経済全体を通して需要と供給の均衡をシミュレーション ▶ あらゆる財・サービスを包摂しており、農産物を含む食品はその一部として包摂（全65産業） 	メリット（何ができるか）	<分析可能な主要範囲> <ul style="list-style-type: none"> • 国際均衡価格（農業・食品製造関連21品目別）の算出 ※生産量も可 • 政策・生産要素・技術変数等の変数を設定するシミュレーションが可能 <特長> <ul style="list-style-type: none"> • 農業・食品含む全65産業を含む包括的な一般均衡モデル • グローバルなSCシナリオシミュレーションの設定が容易。他のモデルとの接合事例も多数
基礎構造	<ul style="list-style-type: none"> ▶ GTAPは比較静学モデルとして、時系列の動きではなく、異なる経済状態を比較 ▶ シミュレーションでは、ある政策の影響を、特定の時点や予測期間における経済の変化として表現 ▶ 基礎構造は、投入産出会計フレームワークに基づく ▶ 供給源、用途、投入が網羅されており、すべてのコストや利益は特定の製品または生産要素として計上される 	検証課題	<シナリオシミュレーションの範囲> <ul style="list-style-type: none"> • シナリオ分析の対応範囲が十分か <ul style="list-style-type: none"> ➡シナリオ設定可能な変数が、Tariff・生産要素関連に限定されるため、域内の政策的反応のシミュレーションはスコープ外になる <品目区分の詳細化・紐づけ> <ul style="list-style-type: none"> • 農業関連品目が21区分とやや区分が広いいため、詳細区分との紐づけが必要 <ul style="list-style-type: none"> ➡FAOデータと紐づけた先行研究※1を参照し、日本統計データとの紐づけ精緻化の検討が必要
汎用性・用途	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 実務的な政策分析への利用を目的に設計 ▶ 多くの専門的な拡張の基盤としても利用されるため、汎用性が高く、リアルタイムの政策分析においても広く活用 ▶ GTAPモデルを簡略し、農業・食品に特化したモデル（“SIMPLE”）GTAP開発者のHertel教授により開発されている 	今後の検討方針	<ul style="list-style-type: none"> ❑ 国内生産および政策（価格支持・生産計画・地域営農モデル等）介入シミュレーションを実施するには、CAPRIとの併存が必要 ❑ FAOデータと接合した先行研究の分析・参照（必要に応じその他類似先行研究を参照）



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

GTAPは、マクロ経済理論に基づきRegion（国内）の消費側（Regional Household）・生産側（Producer）に係る変数の整合関係を下図の通りモデルとして整理している

GTAPモデル概要：マクロ経済ロジックモデル全体構造



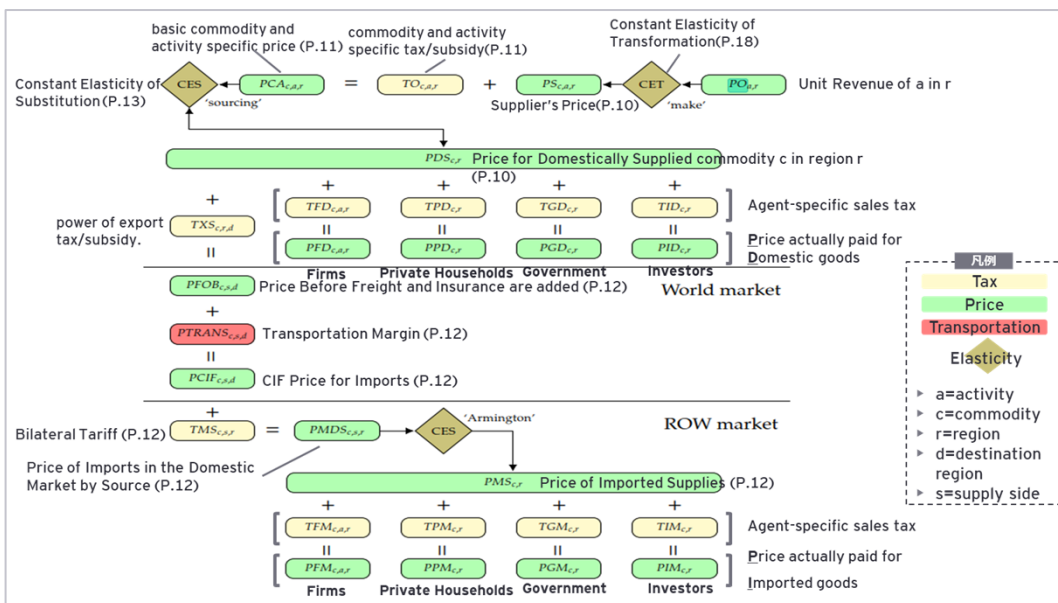


2. 参照候補モデルの詳細調査結果

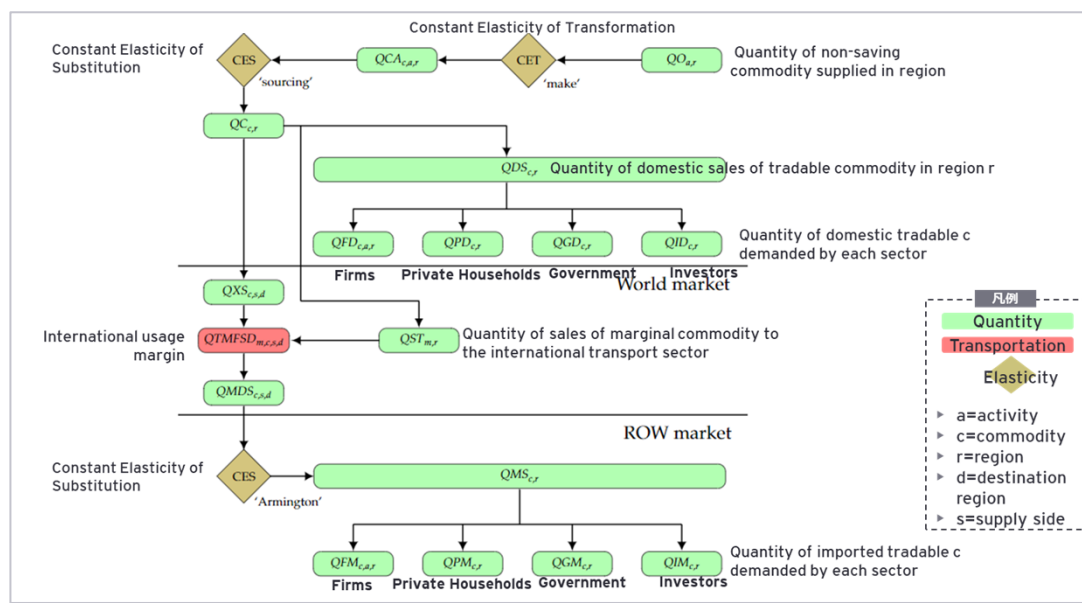
Price Variables (価格変数) / Quantity Variables (数量変数) のフローチャート



Price Variables (価格変数) フローチャート



Quantity Variables (数量変数) フローチャート





2. 参照候補モデルの詳細調査結果

GTAPモデルの産業/品目データの区分一覧は下表の通り。農業・食品関連は21/65品目。他の経済モデルと比較して農業・食品関連の産業区分は相対的に多いことが特徴

GTAPモデルにおける産業/品目データ区分一覧



#	Code	Description
1	pdr	Paddy rice
2	wht	Wheat
3	gro	Cereal grains nec
4	v_f	Vegetables, fruit, nuts
5	osd	Oil seeds
6	c_b	Sugar cane, sugar beet
7	pfb	Plant-based fibers
8	ocr	Crops nec
9	ctl	Bovine cattle, sheep and goats, horses
10	oap	Animal products nec
11	rmk	Raw milk
12	wol	Wool, silk-worm cocoons
13	frs	Forestry
14	fsh	Fishing
15	coa	Coal
16	oil	Oil
17	gas	Gas
18	oxt	Other Extraction (formerly omn Minerals nec)
19	cmt	Bovine meat products
20	omt	Meat products nec
21	vol	Vegetable oils and fats
22	mil	Dairy products
23	pcr	Processed rice
24	sgf	Sugar
25	ofd	Food products nec
26	b_t	Beverages and tobacco products
27	tex	Textiles
28	wap	Wearing apparel
29	lea	Leather products
30	lum	Wood products
31	ppp	Paper products, publishing
32	p_c	Petroleum, coal products
33	chm	Chemical products
34	bph	Basic pharmaceutical products
35	rpp	Rubber and plastic products

#	Code	Description
36	nmm	Mineral products nec
37	i_s	Ferrous metals
38	nfm	Metals nec
39	fmp	Metal products
40	ele	Computer, electronic and optical products
41	eeq	Electrical equipment
42	ome	Machinery and equipment nec
43	mvh	Motor vehicles and parts
44	otn	Transport equipment nec
45	omf	Manufactures nec
46	ely	Electricity
47	gdt	Gas manufacture, distribution
48	wtr	Water
49	cns	Construction
50	trd	Trade
51	afs	Accommodation, Food and service activities
52	otp	Transport nec
53	wtp	Water transport
54	atp	Air transport
55	whs	Warehousing and support activities
56	cmn	Communication
57	ofi	Financial services nec
58	ins	Insurance (formerly isr)
59	rsa	Real estate activities
60	obs	Business services nec
61	ros	Recreational and other services
62	osg	Public Administration and defense
63	edu	Education
64	hht	Human health and social work activities
65	dwe	Dwellings

■ : 農林水産業関連のデータ区分

■ : 食品製造業関連のデータ区分

出所) GTAPウェブサイトをもとにEYが作成

※食品関連は全体で21/65品目が対象。Purdue大学がUSDAと開発段階から連携していた経緯があり、農業・食品関連の産業区分は他の経済モデルよりも相対的に多めという特徴あり(名古屋市立大学 板倉教授ヒアリングより) 16



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

GTAPのデータセット・変数は以下の通り



A. Sets (集合)

B. Base Data (基本データ)

1. Value Flows

- 1) 当事者価格で表記された総額フロー
- 2) 市場価格で表記された総額フロー
- 3) 世界価格で表記された総額フロー

2. Technology, Preference, and Mobility Parameters (技術・選好・自由度に関するパラメータ)

C. Derivatives of the Base Data (基本データから派生する変数)

1. Value Flows (総額フロー)

2. Shares (シェア)

D. Variables (変数) →一覧を次頁に記載

1. Quantity Variables (量に関する変数)

2. Price Variables (価格に関する変数)

3. Policy Variables (政策変数)

4. Technical Change Variables (技術変化に関する関数)

5. Dummy Variables (ダミー変数)

6. Slack Variables (スラック変数)

7. Value and Income Variables (総額ベースの変数および収入に関する変数)

8. Utility Variables (効用に関する変数)

9. Welfare Variables (厚生に関する変数)

10. Trade Balance Variables (貿易収支に関する変数)

出所) 角野 隆 他「応用一般均衡モデルを用いた東アジア地域における経済・交通連携政策が国際海上コンテナ輸送にもたらす影響の試算」、国総研資料 No.258 <[国土技術政策総合研究所 研究資料](#)>



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

前頁のD. Variables（変数）の一覧は下表の通り。シナリオ設定に際しては、変数の中から、政策変数（主に課税・関税）、生産要素、技術要素等の設定変更が可能と思われる

1 Quantity Variables（量に関する変数）
地域rにおいて生産または供給される非貯蓄財の総量
地域rにおける産業jの企業に対して供給される移動不自由な生産要素iの総量
地域rにおける貿易財の国内販売総量
地域rからsへの貿易財の輸出総量
国際運輸部門に対する地域rの貿易財からの販売総量
地域rにおける産業jの企業によって需要される生産要素iの総量
地域rにおける産業jの企業による付加価値量に関する指標
地域rにおける産業jの企業によって需要される合成貿易財の総量
地域rにおける産業jの企業によって需要される貿易財のうち、国内生産財の総量
地域rにおける産業jの企業によって需要される貿易財のうち、輸入財の総量
地域rにおける民間家計によって需要される合成貿易財の総量
地域rにおける民間家計によって需要される貿易財のうち、国内生産財の総量
地域rにおける民間家計によって需要される貿易財のうち、輸入財の総量
地域rにおける政府家計によって需要される合成貿易財の総量
地域rにおける政府家計によって需要される貿易財のうち、国内生産財の総量
地域rにおける政府家計によって需要される貿易財のうち、輸入財の総量
市場価格で重み付けされた、地域rにおいて需要される貿易財iの総輸入量
世界（cif）価格で重み付けされた、地域rにおいて需要される貿易財iの総輸入量
世界（fob）価格で重み付けされた、地域rから供給される貿易財iの総輸出量
地域rにおいて需要される全貿易財の輸入量
地域rから供給される全貿易財の輸出量
貿易財の全世界輸入量
貿易財の全世界輸出量
全世界の貿易総量
貿易財の世界供給量に関する指標
国際輸送の全世界供給量
地域rにおける資本財の総供給量
地域rにおいて需要される総貯蓄量
純投資として用いられる資本の全世界供給量
地域rにおける資本サービスの供給量
地域rにおける期首の資本ストック
地域rにおける期末の資本ストック
地域rにおける人口
地域rにおけるGDP総量指標
省略された市場における総需要量（=貯蓄の世界総需要）
省略された市場における総供給量（=新規の資本合成財の世界総供給量）

2 Price Variables（価格に関する変数）
地域rにおける非貯蓄財iの供給者価格
地域rにおける非貯蓄財iの市場価格
地域rにおける産業jの企業に対して供給される移動不自由な生産要素iの市場価格
地域rにおける産業jの企業による生産要素iの需要価格
地域rにおける産業jの企業による付加価値価格
地域rにおける産業jの企業による合成貿易財iの需要価格
地域rにおける産業jの企業による国内貿易財iの需要価格
地域rにおける産業jの企業による輸入貿易財iの需要価格
地域rにおける民間家計による合成貿易財iの需要価格
地域rにおける民間家計による国内貿易財iの需要価格
地域rにおける民間家計による輸入貿易財iの需要価格
地域rにおける政府家計による合成貿易財iの需要価格
地域rにおける政府家計による国内貿易財iの需要価格
地域rにおける政府家計による輸入貿易財iの需要価格
地域rにおける民間家計支出の価格指標
地域rにおける政府家計支出の価格指標
地域rからsへの貿易財iの輸出における世界（fob）価格（輸送マージンが加えられる以前の価格）
地域rからsへの貿易財iの輸入における世界（cif）価格（輸送マージンが加えられた価格）
地域rからsへの貿易財iの輸入における相手国別の市場価格
地域rにおける輸入貿易財iの市場価格
地域rにおける輸入貿易財iの世界価格
地域rにおける貿易財iの輸出に関する価格指標
地域rにおける輸入に関する価格指標
地域rにおける輸出に関する価格指標
貿易財の輸入に関する価格指標
貿易財の輸出に関する価格指標
世界貿易に関する価格指標
地域rにおける貿易財に関する輸入品の市場価格に対する国内価格の比率
貿易財の総供給に関する世界価格指標
地域rにおいて産出された貿易財（国際銀行セクターへの純投資の販売額も含む）による収入に関する価格指標
地域rにおいて利用された貿易財（国際銀行セクターからの貯蓄の購入も含む）に対する支出に関する価格指標
地域rにおける交易条件
国際輸送サービスの供給価格
地域rにおける投資財価格（=PS("cgds", r)）
国際銀行セクターによって貯蓄者に提供される合成資本財の価格
地域rにおける資本のレンタル率（=PS("capital", r)）
地域rにおける資本ストックの現況の純収益率
地域rにおける資本ストックの期待純収益率
資本ストックの世界純収益率
地域rにおけるGDP価格指標



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

(前頁続き)

3 Policy Variables (政策変数)
地域rにおける非貯蓄財iの生産（または収入）に関する課税指標
地域rにおける産業jの企業による生産要素iの需要（購入）に関する課税指標
地域rにおける産業jの企業による国内貿易財iの需要（購入）に関する課税指標
地域rにおける産業jの企業による輸入貿易財iの需要（購入）に関する課税指標
地域rにおける民間家計による国内貿易財iの需要（購入）に関する課税指標
地域rにおける民間家計による輸入貿易財iの需要（購入）に関する課税指標
地域rにおける政府家計による国内貿易財iの需要（購入）に関する課税指標
地域rにおける政府家計による輸入貿易財iの需要（購入）に関する課税指標
地域rからsへの貿易財iの輸出に関する課税指標（地域rへの課税）
地域rからsへの貿易財iの輸入に関する課税指標（地域sへの課税）
地域rからの貿易財iの輸出における相手国によらない課税指標
地域rへの貿易財iの輸入における相手国によらない課税指標
4 Technical Change Variables (技術変化に関する変数)
地域rの産業jにおける生産に関する技術変化
地域rの産業jにおける生産要素iの利用効率に関する技術変化
地域rの産業jにおける合成中間財iの投入効率に関する技術変化
地域rの産業jにおける付加価値に関する技術変化
地域rからsへの貿易財iの輸送に関する技術変化
5 Dummy(0,1) Variables (ダミー変数)
EVFA(I,j,r)がゼロ（当該産業における当該生産要素の購入なし）のケースを検出するダミー変数
VFA(I,j,r)がゼロ（当該産業における当該財の購入なし）のケースを検出するダミー変数
VXWD(I,r,s)がゼロ（当該国間における当該貿易財の貿易なし）のケースを検出するダミー変数
VST(I,r)がゼロ（当該国から輸出される当該貿易財の輸送なし）のケースを検出するダミー変数
6 Slack Variables (スラック変数)
ゼロ利潤条件式 (ZEROPROFITS) におけるスラック変数（このスラック変数は、当該地域における当該財の産出量 $QO(j, r)$ が内生化されている限り、外生変数として扱われる）
世界の資本収益率に関する等式 (ROGLOBAL) におけるスラック変数（このスラック変数は、当該地域における資本財の産出量 $QO("cgds", r)$ が内生化されている限り、外生変数として扱われる）
生産要素の市場清算条件と供給に関する等式 (MKTCLENDWMおよびENDW_SUPPLY) におけるスラック変数（このスラック変数は、当該地域における当該生産要素のレンタル率 $PM(i, r)$ と $PMES(i, j, r)$ が内生化されている限り、外生変数として扱われる）
貿易に関する市場清算条件式 (MKTCLTRD) におけるスラック変数（このスラック変数は、当該地域における当該財の価格 $PM(i, r)$ が内生化されている限り、外生変数として扱われる）
地域家計の収入に関する式 (REGIONALINCOME) におけるスラック変数（このスラック変数は、当該地域における地域家計収入 $Y(r)$ が内生化されている限り、外生変数として扱われる）
貯蓄に関する式 (SAVINGS) におけるスラック変数（このスラック変数は、当該地域における貯蓄量 $QSAVE(r)$ が内生化されている限り、外生変数として扱われる）
政府の効用に関する式 (GOVERTU) におけるスラック変数（このスラック変数は、当該地域における政府の実質購入 $UG(r)$ が内生化されている限り、外生変数として扱われる）
ワルラス均衡式 (WALRAS) におけるスラック変数（このスラック変数は、標準的な一般均衡の手続きにおいては、貯蓄の価格 $PSAVE$ が内生化されているため、外生変数として扱われる。何らかの形で一般均衡体系が成立しない場合には、このスラック変数が価格のニューメーラールとなる $PSAVE$ の代わりに内生化され、世界総貯蓄と世界総投資が等しくなるように変化する）

7 Value and Income Variables (総額ベースの変数および収入に関する変数)
fobベースで表記された地域rにおける貿易財iの輸出総額の変化率 ($VXW(i, r)$ の線形表現)
fobベースで表記された地域rからの全貿易財の輸出総額の変化率 ($VXWREGION(r)$ の線形表現)
fobベースで表記された貿易財iの全世界輸出総額の変化率 ($VXWCOMMODO(i)$ の線形表現)
cifベースで表記された地域rにおける貿易財iの輸出総額の変化率 ($VIW(i, r)$ の線形表現)
cifベースで表記された地域rからの全貿易財の輸出総額の変化率 ($VIWREGION(r)$ の線形表現)
cifベースで表記された貿易財iの全世界輸出総額の変化率 ($VIWCOMMODO(i)$ の線形表現)
fobベースで表記された全世界の輸出総額の変化率 ($VXWLD$ の線形表現)
fobベースで表記された貿易財iの全世界の供給総額の変化率 ($VWOW(i)$ の線形表現)
地域rにおけるGDP総額の変化率 ($GDP(r)$ の線形表現)
地域rにおける地域家計収入の変化率 ($INCOME(r)$ の線形表現)
地域rにおける民間家計支出の変化率 ($PRIVEXP(r)$ の線形表現)

8 Utility Variables (効用に関する変数)
地域rにおける地域家計支出から得られる人口一人当たりの効用
地域rにおける民間家計支出から得られる人口一人当たりの効用
地域rにおける政府家計支出から得られる人口一人当たりの効用

9 Welfare Variables (厚生に関する変数)
地域rにおける等価変分（100万US\$, 正の値は効用の改善を表す）
全世界合計の等価変分（100万US\$, 正の値は効用の改善を表す）

10 Trace Balance Variables (貿易収支に関する変数)
地域rにおける貿易収支の変化（100万US\$, 正の値は輸出の増加が輸入の増加を上回ることを表す）
地域rの貿易財iにおける貿易収支の変化（100万US\$, 正の値は輸出の増加が輸入の増加を上回ることを表す）

出所) 角野 隆 他「応用一般均衡モデルを用いた東アジア地域における経済・交通連携政策が国際海上コンテナ輸送にもたらす影響の試算」、国総研資料 No.258

<<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0258pdf/ks025805.pdf>>



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

Maksym Chepeliev氏 (2020)の研究では、GTAPが公表する品目区分を基にFAOの品目との紐づけを行っているため、他参照モデルとの品目の整合を検討するうえで有用と思料

FAO STATとGTAPモデル（農業分野）における品目データの対応（一部抜粋）



#	Code	Description	CPC 2.1 code	FAO STATの対応品目	#	Code	Description	CPC 2.1 code	FAO STATの対応品目
1	pdr	Paddy rice	0113	Rice	4	v_f	Vegetables, fruit, nuts	1253.02	Onions and shallots, dry (excluding
2	wht	Wheat	0111	Wheat				01254	Leeks and other alliaceous vegetables
3	gro	Cereal grains nec	0112	Maize (corn)				01270	Mushrooms and truffles
			0114	Sorghum				1290.01	Green corn (maize)
			0115	Barley				1290.9	Other vegetables, fresh n.e.c.
			0116	Rye				01311	Avocados
			0117	Oats				01312	Bananas
			0118	Millet				01313	Plantains and others
			01191	Triticale				01314	Dates
			01192	Buckwheat				01315	Figs
			01193	Fonio				01316	Mangoes, guavas, mangosteens
			01194	Quinoa				01317	Papayas
			01195	Canary seed				01318	Pineapples
			1199.02	Mixed grain				01319	Other tropical and subtropical fruits, n.e.c.
			1199.9	Cereals n.e.c.				01321	Pomelos and grapefruits
4	v_f	Vegetables, fruit, nuts	01211	Asparagus				01322	Lemons and limes
			01212	Cabbages				01323	Oranges
			01213	Cauliflowers and broccoli				01324	Tangerines, mandarins, clementines
			01214	Lettuce and chicory				01329	Other citrus fruit, n.e.c.
			01215	Spinach				01330	Grapes
			01216	Artichokes				01341	Apples
			1219.01	Cassava leaves				1342.01	Pears
			01221	Watermelons				1342.02	Quinces
			01229	Cantaloupes and other melons				01343	Apricots
			01231	Chillies and peppers, green (Capsicum spp.				1344.01	Sour cherries
			01232	Cucumbers and gherkins				1344.02	Cherries
			01233	Eggplants (aubergines)				01345	Peaches and nectarines
			01234	Tomatoes				01346	Plums and sloes
			01235	Pumpkins, squash and gourds				1349.1	Other pome fruits
			1239.01	Okra				1349.2	Other stone fruits
			1241.01	String beans				1351.01	Currants
			1241.9	Other beans, green				1351.02	Gooseberries
			01242	Peas, green				01352	Kiwi fruit
			01243	Broad beans and horse beans, green				1353.01	Raspberries
			01251	Carrots and turnips				01354	Strawberries
			01252	Green garlic				1355.01	Blueberries
			1253.01	Onions and shallots, green				1355.02	Cranberries

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

GTAPでは①特定の国における輸出減少/停止、②地域・世界全体の減収をショックシナリオとして、国際均衡価格の変動を評価し、輸入量に与える影響を補助的に確認することも検討

GTAPモデルの活用（案）

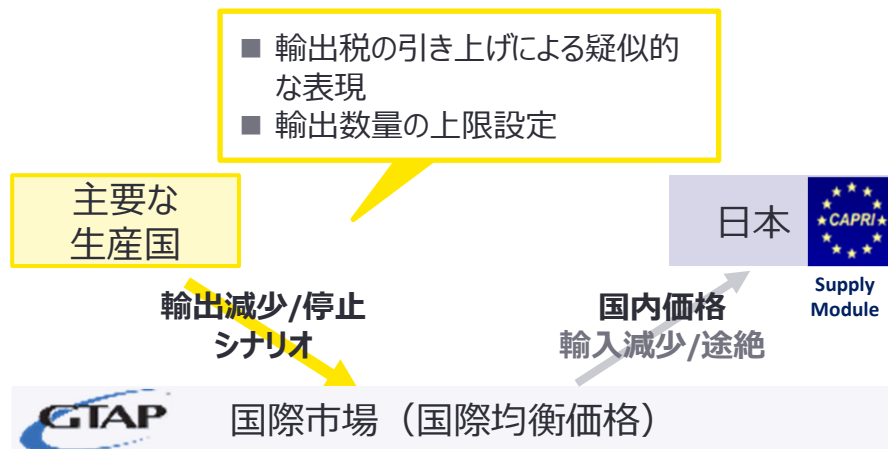
①特定の国における輸出減少/途絶

- ある国の食料品（例：小麦・大豆・トウモロコシなど）が何らかの理由で輸出が減少したシナリオを設定
 - Zhai et al., 2022 “The economic effects of export restrictions imposed by major grain producers”など、ロシア・ウクライナの輸出制限をGTAPで評価した論文も存在
- 輸出税を極端に引き上げるか、輸出数量を外生的に0に定め、シナリオを設定

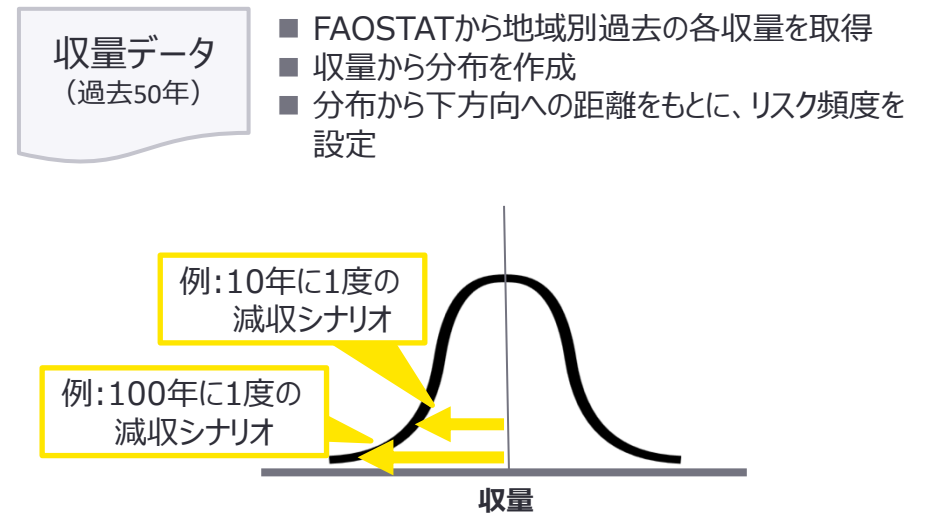
②地域・世界全体の減収

- 複数カ国をまとめた地域別（アジア、北米、北半球等）、世界全体を対象に減収シナリオを設定
 - Kitetu et al., 2020 “Climate Change on Agriculture in 2050: A CGE Approach”など、気候変動によるグローバルな単収の変化をGTAPで評価した論文も存在
- 過去収量をもとに分布を作成し、どれくらいの頻度で生じる減収リスクを定め、シナリオを設定

特定の国における輸出減少/途絶シナリオの概念図



収量分布とシナリオの概念図



“CAPRI”モデル





2. 参照候補モデルの詳細調査結果

CAPRIモデルではSupply Moduleにおいて価格・政策変数による域内農業生産・価格影響シミュレーションが可能。また、有事シミュレーションを実施した研究も存在

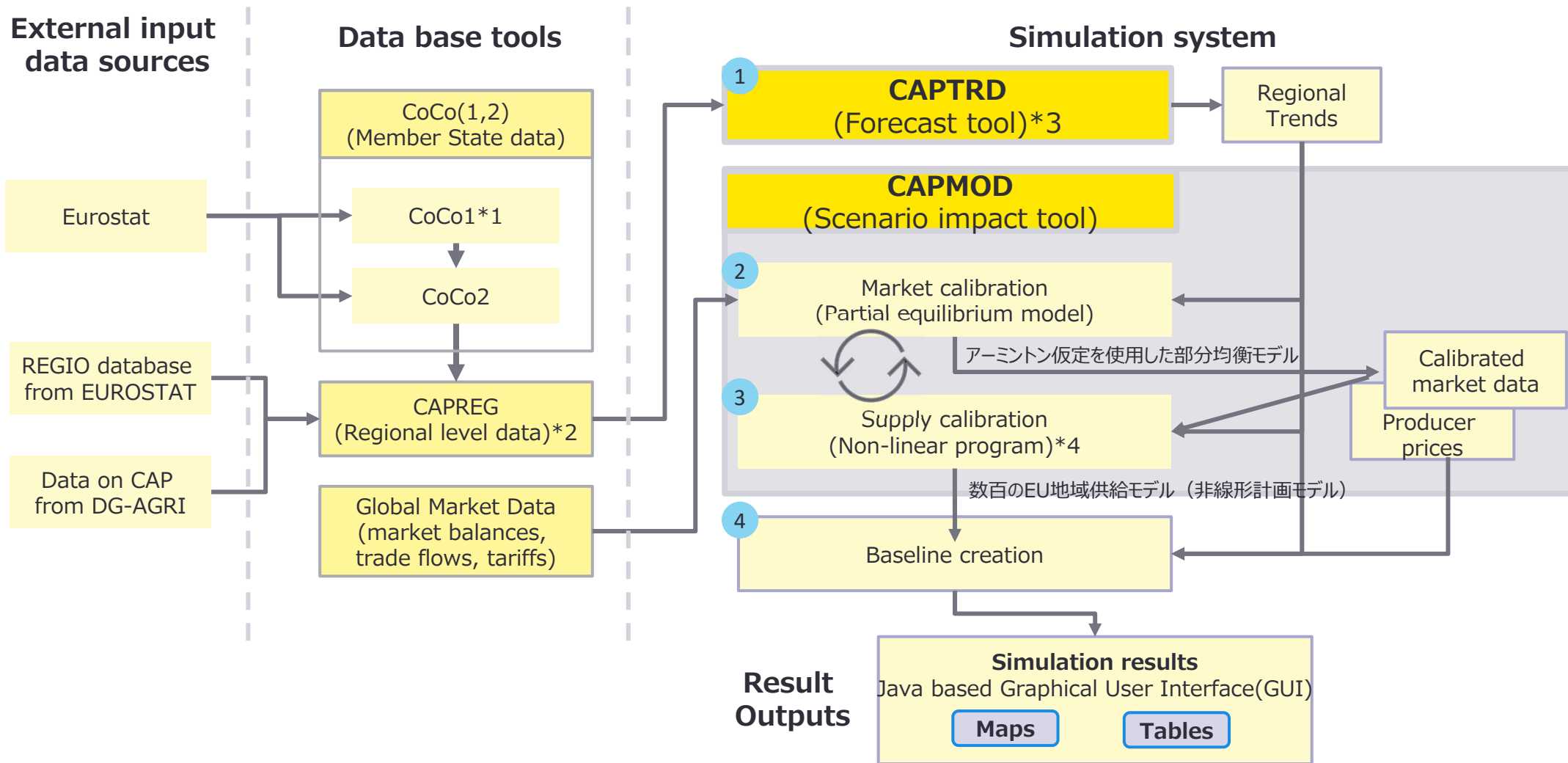


CAPRIモデルの概要・特長および今後の検討方針

CAPRI (Supply Moduleのみ抜粋)			特長および検討論点	
一般概要情報	主たる目的	<ul style="list-style-type: none"> EU市場・供給のシミュレーション、貿易・農業政策の影響、環境分析 有事シミュレーション（EU輸入途絶シナリオ）も一部実施 	有用性	有事シミュレーション（生産量・価格等への影響評価）が可能
	開発経緯等	<ul style="list-style-type: none"> 欧州委員会の研究基金によって開発された生産、所得、貿易、環境に関する政策の評価を行うため開発 	メリット（何ができるか）	<p><分析可能な主要範囲></p> <ul style="list-style-type: none"> CAPRIモデルの場合は土地・政策変数が含まれているため、政策分析ツールとして使用可 農業生産者の利潤最大化モデルのため、特定の条件下における生産者・消費者への価格影響変化のシミュレーションが可能 <p><特長></p> <ul style="list-style-type: none"> 輸入途絶等の有事シミュレーションも実施可能 →先行研究有。詳細は後述参照
モデル・システム	活用モデル	<ul style="list-style-type: none"> Market Model：部分均衡モデル Supply Module：非線形計画モデル 	検証課題	<p><変数・品目における日本との整合性></p> <ul style="list-style-type: none"> CAPを念頭に置いた政策変数を含むCAPRIモデルが、日本の農業政策シミュレーションにどの程度援用可能か CAPRIの品目区分（55品目）について、日本の統計区分との紐づけが必要 <p><データセットの整備></p> <ul style="list-style-type: none"> 地域別シミュレーションを実施するうえでの十分なデータセットの収集可否 <p><SCシナリオ設定></p> <ul style="list-style-type: none"> グローバルSCシナリオ設定については、CAPRIのSupply Module単体では限界あり
	利用システム名	<ul style="list-style-type: none"> GAMS (solver: CONOPT) 		
	コード開示可否	<ul style="list-style-type: none"> ウェブサイト上で一般公表 ※GAMS又はJAVAをインストール済みであればDL可能 		
対象データ	データ対象国・地域	<ul style="list-style-type: none"> EU加盟国、ノルウェー、西バルカン諸国等250の地域（NUTS 2） 	今後の検討方針（案）	<ul style="list-style-type: none"> 日本モデルへの移植に際しては、EUと日本の差異（農政・品目区分）に留意した検討が必要 SCシナリオには、GTAPを外生的に接続することが可能であり、接続ロジック等の詳細を要検討
	対象品目	<ul style="list-style-type: none"> 57品目（貿易品目55品目） 		
	主なデータソース	<ul style="list-style-type: none"> EUROSTAT、FAOSTAT、OECD等 EU農業会計データネットワーク（The farm accountancy data network, FADN） 		
主要変数	内生変数	<ul style="list-style-type: none"> 耕作地の分配 数量（品目毎の生産量、飼料の組み合わせ等） 価格（農業所得、生産コスト等） 		
	外生変数	<ul style="list-style-type: none"> 生産ユニット（Ha/head）（CAPTRD） 価格変数（生産者価格、肥料価格、市場価格、補助金価格、輸入価格等） 政策変数（quota, set-aside requirements等） 		

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

CAPRIのフローチャートは以下の通り。EU加盟国データをAggregateし、市場および供給のシミュレーションを実施。農業政策を変数に包摂し、輸入途絶等の有事シミュレーションも実施



*1: 主なインプットデータソースはEurostatであり、area statistics, farm and market balances, Economic Accounts for Agriculture, Agricultural pricesなどである。

*2: CAPREGのインプットデータはengineering functions, results from econometric estimation for input/feed/fertilizer allocationを含む。

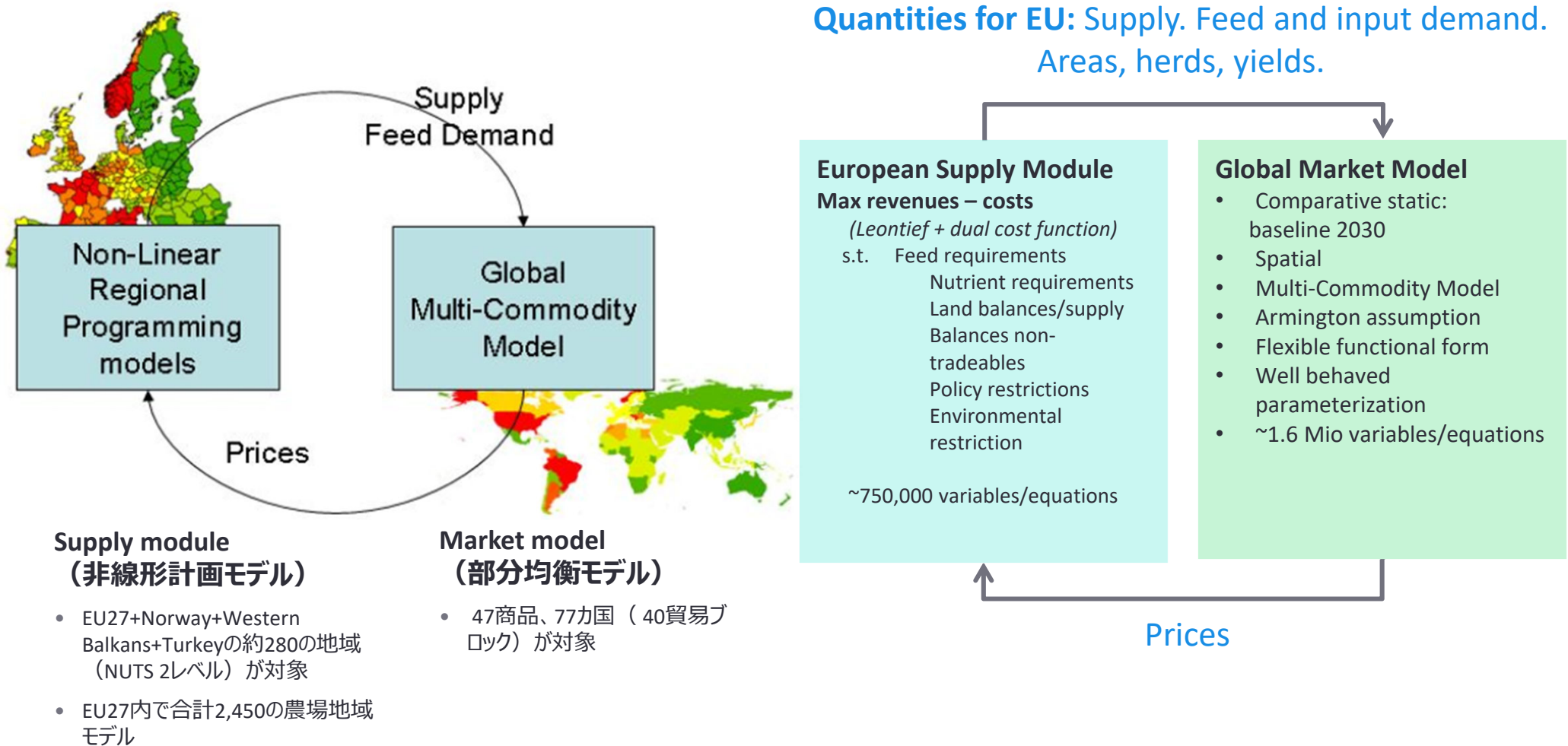
*3: トレンド分析はボン大学が実施。回帰分析の一種を用いている。予測データは、Step 1として、①外部機関 (FAO、EU、World Bank等) の予測値、②CAPRI内の線形トレンド分析 (MPM手法) を制約条件を付けずに整備、Step 2として、次の制約条件を設定し算出: 市場バランス、収穫量、農業生産、価格、生産額と収入、消費者行動、加工品、政策、左記変数の成長率

*4: Supply calibrationの制約条件はArable and grass land, Feed requirements (energy, protein, fibre, min/max of certain feedingstuff etc.), per animal type, N,P,K balances, Set-aside obligations, Milk quotaで24ある。

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

Market Model（部分均衡モデル）が国際価格を算出。Supply Module（非線形計画モデル）では価格を外生変数としEU域内の生産量を算出し、両モデルの結果を収束させて活用している

Supply Module・Market Model の概念図



出所) <<https://www.capri-model.org/doku.php?id=start>>

出所) CAPRIコース提供資料をもとにEYが編集

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

Supply Moduleの構造概念図を下図に整理。Market Modelの価格を外生変数とした農家所得最大化モデルにより域内生産量をシミュレーション。制約条件に政策変数等を設定する

Supply Module概要

First stage

単位当たり生産に必要な投入資材の最適な割合 (= 係数) の算出

- ▶ 生産者は、農畜産物の特定生産ユニット (Ha/head) 毎の収穫量に対して最適な"optimal variable input coefficients" (農畜産のnutrients (栄養) インプット (肥料・飼料)、種苗、農薬・医薬品、その他一般コスト (ユーティリティ、農機等) を決定
- ▶ 上記係数は、CAPTRDによるトレンド分析から算出されるベースライン (生産量) およびインプット価格 (外生変数) に基づき営農コスト最適化によって決定される
- ▶ Nutrient requirement (栄養量要件) は上記プロセスの制約条件 (constraints) として設定される

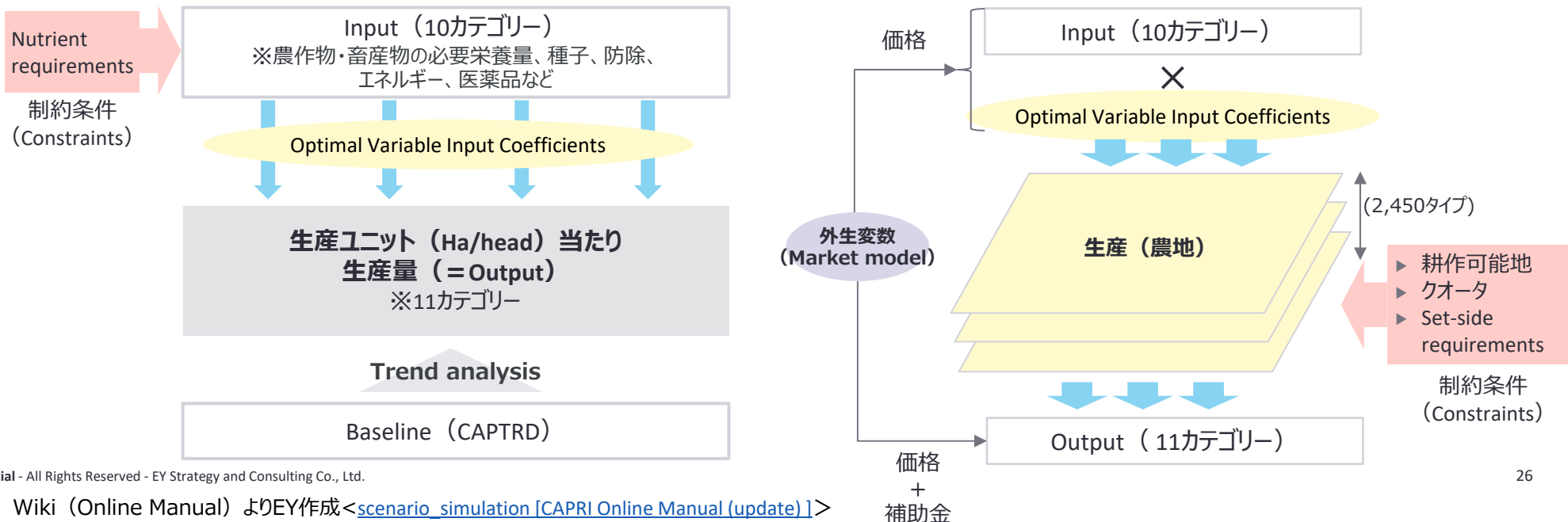
Second stage

生産者による利潤最大化モデルによる対象域内の生産シミュレーション

- ▶ 農畜産生産活動の利益 (売上) 最大化とコスト最小化を達成するインプット (飼料・肥料等) の組合せが同時に決定
- ▶ 草地・耕作可能地の可用性・生産クォータを制約条件として、作付面積・生産可能範囲の上限が設定される。また、保留義務 (set-aside requirements) も制約条件として設定
- ▶ 肥料に係るNutrient requirementsは、堆肥由来の有機栄養素または化学肥料 (取引商品) のいずれかによって充足される必要がある (→肥料に係るロジックフローは後述参照)

概要

模式図

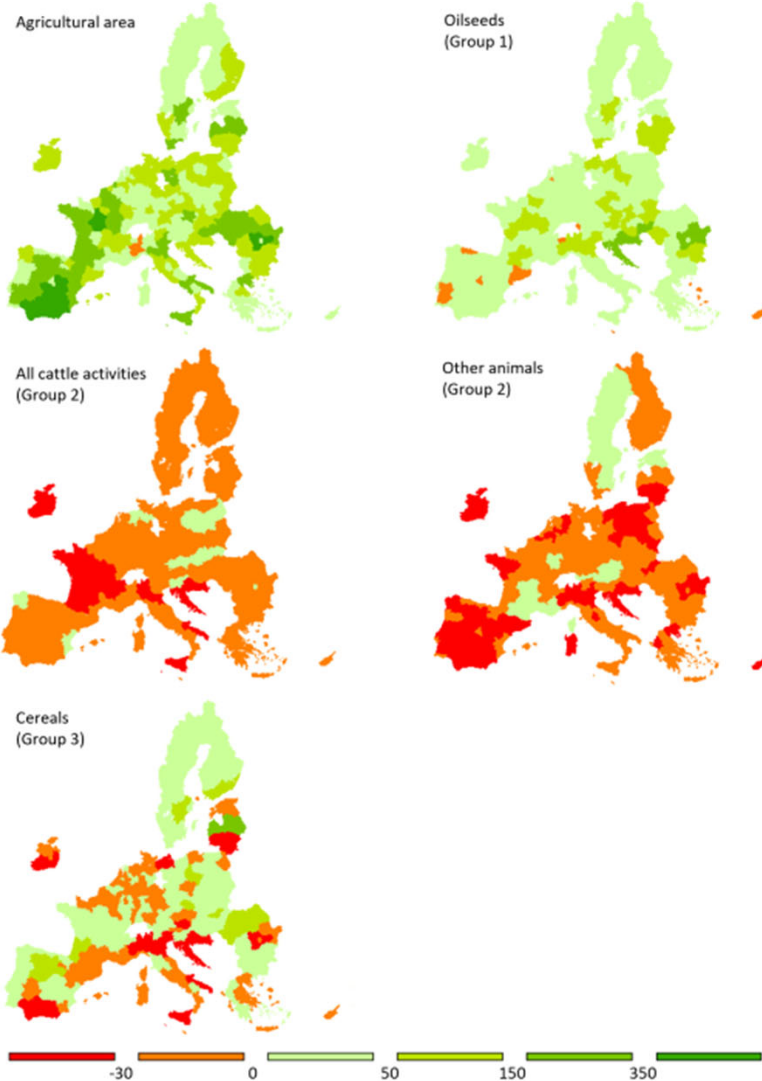


2. 参照候補モデルの詳細調査結果

シナリオシミュレーションによる影響評価については、①農地・生産量変化、②消費者・生産者価格影響変化、③貿易バランスに関する結果も得られている

各グループの品目区分別の影響度合い（実数値）

①農地・生産量変化



②消費者・生産者価格影響変化

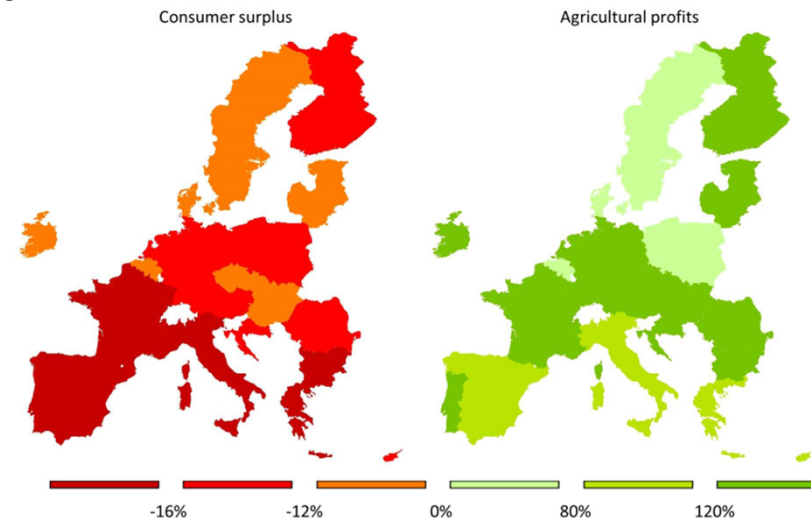


Figure 5. Changes in consumer surplus and agricultural profits (percentage changes)

③貿易バランス

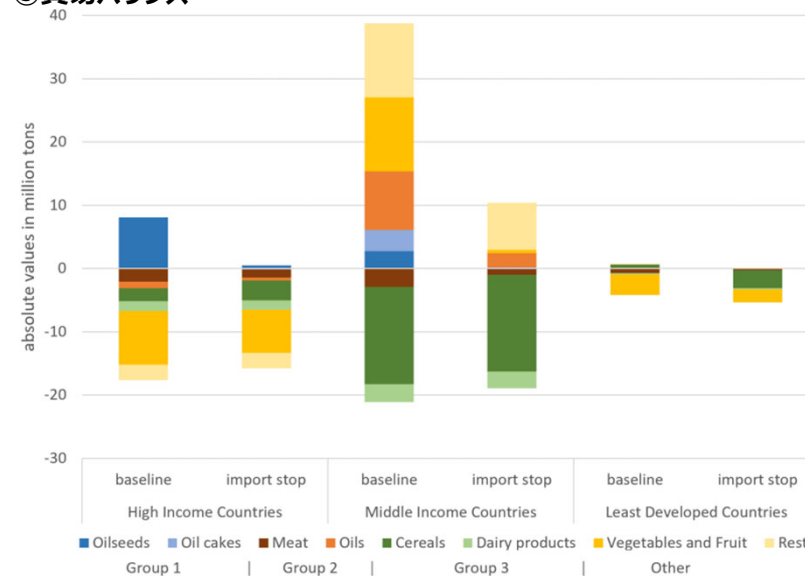


Figure 3 Changes in trade with the EU (absolute values)

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

有事シミュレーションとして輸入途絶等の短期的な影響を評価する設定であるShort-run および長期的な影響を評価するlong-runの設定がGUI上で可能である

概要・日本モデルでの活用例

シミュレーション結果

シミュレーション手法	<ul style="list-style-type: none"> ■ CAPRIモデルにはshort-runとlong-runの2種類のシミュレーション設定が存在（それぞれ異なるelasticitiesのslopeを設定） ■ 前者は輸入途絶等の短期的な影響を及ぼすシナリオ予測を実施 <Stock changeの扱い> ■ 在庫・備蓄の放出を想定し、総供給量におけるstockの割合に一定の係数の係数をかける（係数設定に際してはAglink-Cosimoモデルを参照） <p>※公開版GUIではshort-run/long-runの設定がチェックボックスで切替可能</p>
本事業での実装に係る検討論点	<ul style="list-style-type: none"> ■ 両設定共に公開モデルに包摂されているため、実装は容易 ■ 日本の備蓄政策のシミュレーションへの活用も想定可能

- 2022年にウクライナで小麦生産量が50%減少した際に実施されたシミュレーション結果抜粋

Product balances market model [4] 生産量

Product	short-run	standard	
Wheat			
REF	U50_10s	U50_STD	
Net production [1000 t]	Net production [1000 t]	Net production [1000 t]	
Ukraine (defaulta)	26909.08	13601.34 -49.45%	14829.22 -44.89%
European Union	127749.43	128376.63 0.49%	129301.52 1.21%
World	739153.81	728398.81 -1.46%	733709.50 -0.74%

Prices market model [1] 価格

Product	Year	Prices	
Wheat	2022	Market price [Euro / t]	
REF	U50_10s	U50_STD	
	short-run	standard	
Ukraine (defaulta)	152.12	194.87 28.11%	181.87 19.56%
European Union	195.35	208.39 6.68%	200.19 2.48%
World	141.77	152.10 7.29%	146.50 3.34%

出所) Dr. H. PeterへのヒアリングおよびEuroCARE提供資料

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

CAPRIのSupply Moduleのデータベースは1カ国 × 1年毎に389行 × 299列のデータ項目から構成され、日本版においてもデータベースの形式を踏襲する

389行のデータ項目内訳

カテゴリ※	内訳抜粋
作物	穀物、飼料・油脂用作物、野菜、果樹 等の単収
畜産物	家畜頭数、と畜数、頭あたり肉量 等
水産物	淡水魚、海水魚、その他水産物、魚粉 等
農産加工品	油脂、乳製品、繊維、ワイン、バイオ燃料 等
政策	補助金、生産税、生産補助、遊休率、利息 等
労働	労働投入（家族、雇用）、従業員報酬 等
投入材	種苗費、電力費、家畜飼料量 等
集計	活動水準（面積・頭数）、産物係数、生産量 等
利益	付加価値額、所得総額、減価償却 等
肥料	肥料分毎の面積あたりの施肥量、無機肥料率 等
その他指標	総福祉、非農業的副次活動 等
環境規制	可変施肥技術の利用、緩衝帯の設置 等
環境負荷	農法毎の影響（メタン排出量、アンモニア排出量）等
水利用	灌漑用水利用量、灌漑比率、家畜飲用水 等
農薬	薬種毎の殺虫剤・殺菌剤の利用量
エネルギー	原油、ガソリン、ディーゼル 等の利用量

299列のデータ項目内訳

カテゴリ※	内訳抜粋
作物	穀物、飼料・油脂用作物、野菜、果樹 等の品目
畜産物	ステージ毎の家畜品目、と畜数、幼畜の導入数 等
農産加工品	繊維、バイオ燃料 等
政策	クォータ割当、政策価格、関税率、消費税 等
土地	用途別面積、遷移状態毎の面積
労働	総労働量
投入材	動物飼料の摂取量、飼料中の正味エネルギー 等
集計	用途別利用量、総人口、在庫量、農家戸数 等
利益	生産者価格単価、消費単価、輸入単価
その他指標	加工歩留まり、その他の動物活動 等
環境負荷	農法毎の亜硝酸、アンモニア 等の流出量
水利用	総水利用量、家畜飲用水 等
栄養素含有量	三大栄養素、ミネラル類、ビタミン類 等の含量

※：講座内で受領した行列定義に記載があっても、データベース上に項目が存在しないカテゴリは除外した

2. 参照候補モデルの詳細調査結果

CAPRI Supply Moduleの構築において、GAMSモデルの開発と並行して日本版としてデータ取得の優先度順位を付けつつ必要なインプットデータベースの構築を検討

構築方針

- 主要4作物のうち優先度の高いデータ項目を初期的に入力
- CAPRI講座内で提供されたデータベースとセル毎の単位系をもとに、項目毎に優先度を設定
- CAPRIのSupply Moduleのデータベース（389行 x 299列）のうち、プロトタイプ版データベースでは16行 x 29列を抜粋

プロトタイプ版におけるデータベースの対象範囲

	対象データ	判断理由
年	2017年	CAPRIの基準年（2017）に則り設定
メッシュサイズ	日本全体	地域レベルのデータは現時点で収集困難
品目	主要4作物（小麦、水稻、菜種、大豆）	農業経営統計が充実している品目から選択
項目	単収、作付け面積、用途別量、労働投下時間、販売価格、消費者単価、コスト構造、補助金額	生産要素と利益計算で重視される項目を優先的に取得
参照先統計	作況調査、食料需給表、農業経営統計等	比較的容易にe-Statから取得可能な統計に限定

優先度の設定方法

優先度は必要性とデータの取得難易度から設定

必要性

環境負荷・規制、農薬、肥料、水利用、栄養素含量に関する項目は食料供給を優先する観点から劣後



データの取得難易度

現時点でデータ定義が不明瞭な項目、日本の統計と対象範囲が整合しない項目は難易度高に設定

優先度

- A 必要性は高いが、データ取得容易
- B 必要性はあるが、データ取得難易度は不明
- C 必要性は低いが、データ取得容易
- D 必要性は高いが、データ取得困難
- E 必要性は低く、データ取得困難

日本版構築における優先度を行列毎に設定

プロトタイプ版ではA・Bを中心に値を取得中

“SWISSfoodSys”





2. 参照候補モデルの詳細調査結果

スイス政府（国家経済供給庁および農業庁）は、食料安全保障に対する体制を整備しており、Agroscope研究所において様々なシナリオに対応した食料供給シミュレーションを構築

開発経緯

1980年	フライブルク大学が開発（“DSS-ESSAモデル”）
1990年代初頭	連邦国家経済供給庁（FONES）がフライブルク大学にEP90で活用されたモデルのフォローアップ研究を委託
2011年	DSS-ESSAシステムがAgroscope※1（連邦農業研究能力センター）による管理下に移行 ※1 連邦経済教育省傘下の連邦農業局に所属
2017年	環境影響評価の変数を追加（“Green DSS-ESSA”）
2023年	“Green DSS-ESSA”を拡張したモデル改変を行い“SWISSfoodSys”に改称

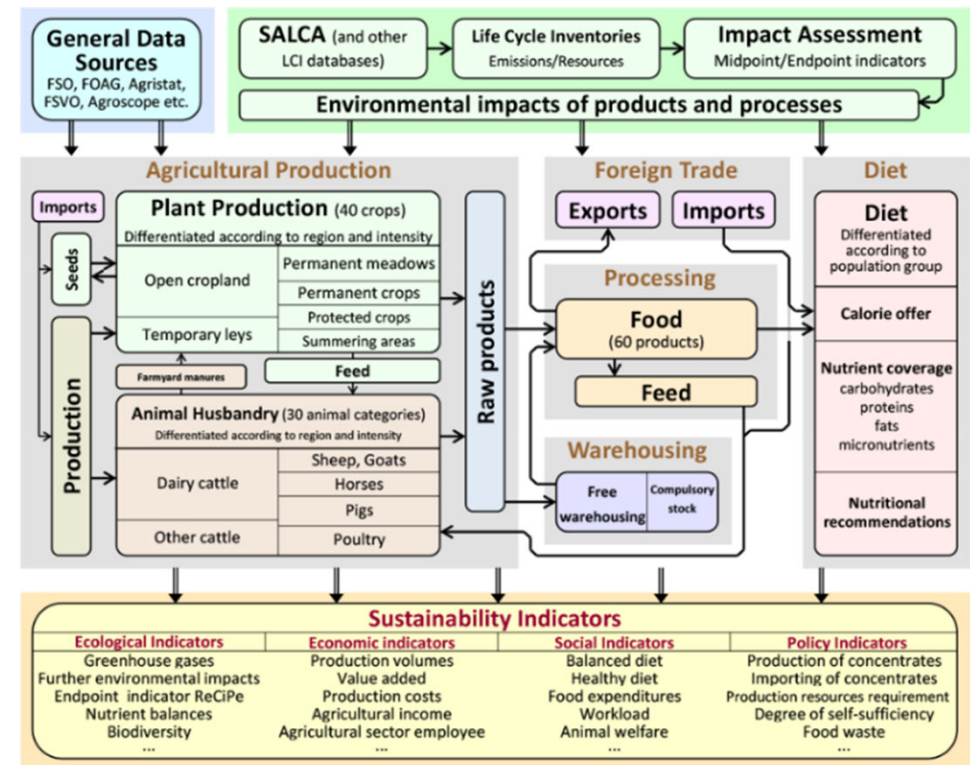
モデルシステムの骨子

対象品目	<ul style="list-style-type: none"> 耕種36, 畜産物39, 加工食品49, 飼料製品69品目 輸出入, 備蓄についても考慮
目的関数	<p>①供給熱量と目標熱量（1日1人当たり2300kcal）との差</p> <p>②32の食品グループ※別供給量と現供給量との差（※栄養バランスを考慮）</p> <p>①②の加重平均値を最小化</p> <p>この他、農家所得の減少、食事量の変動、環境負荷を目的関数に加えるパターンも有</p>
試算のパターン	<ul style="list-style-type: none"> 目的関数①、②のウエイト付けを75%、25%に設定し、感応度分析により様々なパターンのシミュレーションを実施。

出所：[SWISSfoodSys: Swiss sustainable food systems model](https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/our-work/food-systems/swiss-food-systems-model.html)

※：旧版の7つのグループ（スターチ、野菜類、果実類、砂糖類、タンパク質類、油脂類、アルコール類）から拡張されているが、詳細は現時点で不明

最新版（2025年8月公表）のモデル構成図





2. 参照候補モデルの詳細調査結果

2025年8月上旬にAgroscopeよりSWISSfoodSysのコードが公表され、公表を受けての過年度事業で構築した日本版スイスフードシステムの修正はないことを確認

Documentation of the Swiss Sustainable Food System (SWISSfoodSys) model: Version 1.0.

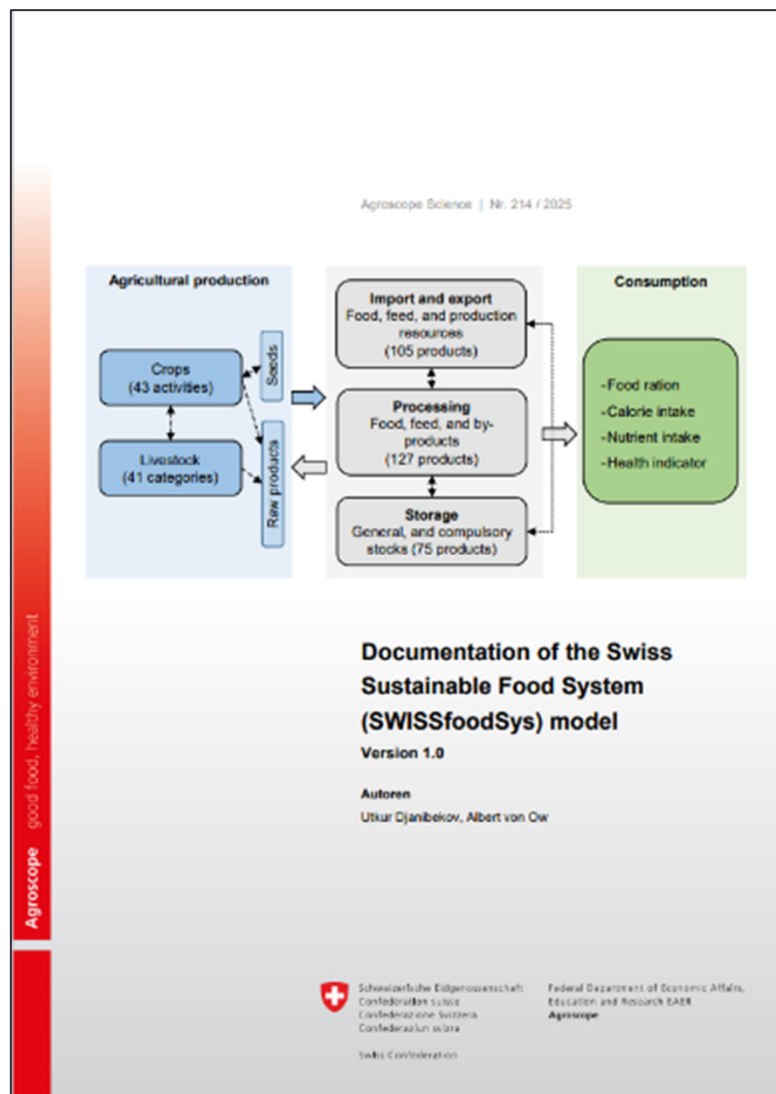


Table of Contents

Abstract

1. Introduction

2. Overall description of the detail

2-1. Structure of the SWISSfoodSys model

2-2. Dynamic character of the model

3. Definitions of sets, parameters, and variables

3-1. Sets

3-2. Parameters

3-3. Variables

3-4. Equations

4. Detailed description of the model equations

4-1. Crop production

4-2. Livestock production

4-3. Feed

4-4. Storage of commodities

4-5. Processing and trade

4-6. Food supply self sufficiency

4-7. Food consumption

4-8. Environmental impacts

4-9. Income from agricultural production

4-10. Employment

5. Objective functions

6. Running the model

7. Validation of the model transfer

8. References

9. List of Figures

10. List of Tables



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

SWISSfoodSysではDSS-ESSA（前年度事業で参照したもの）をベースに目的関数を拡張し、食料安全保障・栄養・環境・雇用のトレードオフを包括的に分析可能になった

- 食料自給カシミュレーションモデルでは2023年に受領したDSS-ESSAをベースに構築し、SWISSfoodSysの目的関数の拡張・その他の制約式の追加など、仕様が追加された部分については、現時点で反映していない点に留意

	SWISSfoodSys	DSS-ESSA / Green DSS-ESSA
目的	スイスの食料システム全体を対象に、政策・技術・社会経済・環境変化の影響を長期的に分析	食料供給危機に備え、必要な作物面積・家畜頭数を最適化し、危機下で可能な限りの食料供給を確保
実装環境	GAMS	LPL（Linear Programming Language）
対象範囲	農業生産に加えて飼料、貯蔵、加工、貿易、消費、自給率、環境影響、所得、雇用	主に農業生産（作物・畜産）と危機対応シナリオに限定
時間構造	動学的線形計画（2019年を基準として2050年まで、年次ベース、動学最適化）	単一期間または危機シナリオ中心
目的関数	(1)カロリー供給最大化、(2)農業所得最大化、(3)観測値との乖離最小化、(4)環境負荷最小化	危機下での食料供給最大化のみ（Green DSS-ESSAでは環境影響最小化を追加）
モジュールの柔軟性	モジュール単位で拡張・削除可能（例：貯蔵や雇用を省略可能）	モジュール構成は限定的
検証方法	DSS-ESSA、目的関数(3)による試算との比較	単独で利用

出所）第二回検討会における石川様提供資料をもとEYが作成



2. 参照候補モデルの詳細調査結果

(参考) AgroscopeはSWISSfoodSysの仕様追加によって目的関数をはじめ、大幅にモデルを拡張した

仕様追加

コード受領時点から2025年8月上旬の公開までに追加された仕様の詳細

<p>目的関数</p>	<ul style="list-style-type: none"> シナリオに応じて、①国内カロリー供給の最大化、②農業純収益の最大化、③観測値との乖離の最小化、④環境負荷（ReCiPe指標）の最小化 これらは2019～2050年の全期間を通じて動的に最適化され、政策・環境シナリオの下で最適な生産・貿易・消費パターンを導出する。 これにより、食料安全保障、所得水準、環境持続性の間のトレードオフを定量的に評価できる。
<p>農業所得</p>	<ul style="list-style-type: none"> 農業生産からの収益、固定費・変動費、補助金（直接支払）、輸出入コストを統合して純収益を算出する。 純収益は期間を通して累積され、割引は行わずシナリオごとに総計される。 輸出入に伴う輸送費や大規模輸出による調整費も考慮され、過大な利益推計を防ぐ。 所得は成果指標として出力されるだけでなく、目的関数に設定して最大化することも可能である。
<p>雇用</p>	<ul style="list-style-type: none"> 農業部門に限定し、作物生産と畜産飼養に必要な家族労働日数を計算する。 労働需要は作付面積や家畜単位数に比例し、年1.2%の労働生産性向上を仮定する。 ただし、加工・流通部門の雇用はデータ不足のため未導入。 これにより、政策や生産構造変化が農業雇用に与える影響を定量的に推計できる。
<p>環境影響</p>	<ul style="list-style-type: none"> 農業活動に伴う温室効果ガス排出（CO₂・CH₄・N₂O）、窒素・リンの投入・流出、農薬使用リスク、生物多様性用地の確保を定量化する。 農薬リスクは地下水・表流水・半自然生息地ごとに算出。生物多様性は農地の16.6%を多様性用地とする制約を導入。 単一指標（ReCiPe）を用いた環境影響の最小化が可能。 これにより政策や生産構造の変化が環境負荷へ与える影響を一体的に分析できる。
<p>目的関数(3) 観測値との乖離 最小化の詳細</p>	<ul style="list-style-type: none"> 変数（作付面積、家畜頭数、食品消費、輸出入量など）が、観測値から乖離する場合、その偏差をプラス側・マイナス側に分けて計算する。 <ul style="list-style-type: none"> $e_FlaechenDev$: 作付面積のモデル値と実測値の相対偏差 $e_TierbestaendeDeve$: 家畜頭数のモデル値と実測値の相対偏差 $e_NMRationenDeve$: 食品消費の相対偏差 $e_ExporteDeve$: 輸出量の相対偏差 $e_ImporteDeve$: 輸入量の相対偏差 それぞれの乖離変数を合計し、総乖離量（v_MinDev）を目的関数で最小化する。 <ul style="list-style-type: none"> $v_MinDev = \sum(v_FlaechenDev + v_TierbestaendeDev + v_NMRationenDev + v_ExporteDev + v_ImporteDev)$ これにより、政策・技術・環境シナリオを考慮した上で、観測値にできるだけ近いモデル解を得る。モデルの妥当性検証や政策シミュレーションの出発点となる。 4つの目的関数（カロリー供給最大化/農業所得最大化/乖離合計最小化/環境負荷最小化）を同時に合成して解くことはできない。

出所) 第二回検討会における石川様提供資料をもとEYが作成