

第4章

人口構成変化の経済分析に向けて： 数値計算モデルの先行研究に関する聞き取り調査ノート

板倉健

要約：

本章では、人口構成変化の経済分析に向けた数値計算モデルの開発を念頭に置き、聞き取り調査を行った3ヶ国の研究機関で開発されているモデルについて、その特徴を整理する。このモデル開発プロジェクトにおける目標の一つは、人口構成変化が経済に及ぼす影響を数値シミュレーションで明らかにすることであり、その目的に適う数値計算モデルを開発することにある。また、人口構成の高齢化への対応が遅れていると考えられる開発途上諸国に対して、国際貿易や投資を通じた先進諸国との経済関係に着目することで、政策的な協力や協調の可能性を検討することが意図されている。この調査ノートでは、オランダ経済企画庁（Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis: CPB）で開発されている GAMMA モデルを紹介し、次に、フランス国際経済予測研究センター（Centre d' Etudes Prospectives et d' Informations Internationales: CEPII）で開発されている OLGAMAP モデルと INGENUE モデルについて紹介する。そして、米国の国際食料政策研究所（International Food Policy Research Institute: IFPRI）で取り組まれている MIRAGE モデル開発では、「モジュール」の導入による拡張的なモデル開発方法が採用されていることを紹介する。

キーワード：

GAMMA モデル INGENUE モデル MIRAGE モデル

はじめに

本章は、筆者が参加したアジア経済研究所での「開発途上国における少子高齢化社会との共存」研究プロジェクトにおいて、2011年度に実施した調査研究の成果をまとめた調査ノートである。プロジェクトの目標の一つは、人口構成変化が経済に及ぼす影響を数値シミュレーションを利用して分析することであり、その目的に適う数値計算モデルを開発することにある。また、プロジェクトの問題意識として、人口構成変化のうち特に高齢化への対応が遅れていると考えられる開発途上諸国に対して、国際貿易や投資を通じた先進諸国との経済的な関係に着目することで、政策的な協力や協調の可能性を模索することが意図されている。

プロジェクトの目標と問題意識から要請される数値計算モデルの開発で考慮すべき主な特徴として、次に挙げる3点が考えられる。第1に人口構成の将来的な変化を明示的に取り扱うこと、第2に開発途上諸国と先進諸国という複数国による応用経済モデルが必要となること、そして第3に人口構成変化への国内外での政策が記述可能であることなど、モデル開発の核となる構成要素が浮かび上がる。これらの特徴を全て内包する数値計算モデルを開発しシミュレーション分析を実施することは非常に挑戦的な課題である。人口構成変化の将来予測を明示的に扱うためには、分析対象の経済が時間の経過とともに変化する様子を表現する動学的な数値計算モデルでなければならない。また、複数の国や地域を同時に分析対象とするため、それらの国々が経済的にどのような相互関係にあるかをモデルで表現する必要がある。さらには、年金に代表されるような制度・政策を人口構成変化にどのように対応させていくことができるのか、その経済的影響をシミュレートできなければならない。全てではないにしろこれらの特徴を備えた数値計算モデルを開発し、政策シミュレーションを行っている研究機関や研究者の経験と先行研究から学ぶことは、我々が取り組むモデル開発にとって非常に有益である。

研究プロジェクト初年度におけるモデル開発の端緒として、研究会を開催して報告や議論を行うとともに、同種の課題に先行して取り組んでいる研究機関を訪問して聞き取り調査を実施した。この調査ノートでは、研究会や聞き取り調査によって得ることができた情報や関連文献の一部を紹介する。もちろん、関連する先行研究や文献全体を俯瞰的に網羅するものではなく、本プロジェクトの目標と問題意識に照らし合わせて選択した一部の先行研究についての調査ノートである。また、先行研究の紹介においては、複数国を対象にした数値計算モデルを中心に、国内外の経済的なつながりがどのように設定されているかについて触れる。聞き取り調査を行うことができたモデルでは、人口や世代構成、消費者、生産者、公的部門について詳細な設定が施されていた。

次節では、オランダ経済企画庁（Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis: CPB）で開発されている Generational Accounting Model with Maximizing Agents（GAMMA）モデルを

最初に取り上げる。続いて、フランス国際経済予測研究センター（Centre d' Etudes Prospectives et d' Informations Internationales: CEPII）で開発されている、OLGAMAP モデルと INGENUE モデルについて紹介する。そして最後に、米国の国際食料政策研究所（International Food Policy Research Institute: IFPRI）における MIRAGE モデル開発について紹介する。

1. CPB: GAMMA モデル

オランダの CPB での聞き取り調査では、GAMMA モデル（Draper and Armstrong [2007]）について、Draper 博士と Bettendorf 博士にインタビューすることができた。GAMMA モデルは、長期での人口構成変化、公的部門の精細なモデル化、人口の世代区分への分割、経済行動などを定式化することにより、人口構成変化の経済への影響を分析可能にしている動学的開放経済世代重複（Dynamic Open-Economy Overlapping Generation）モデルである。ここでは、オランダ経済と海外とで二分された開放経済の取り扱い部分に関する GAMMA モデルの特徴を記すことにしたい。

モデルで定式化されたオランダ経済は、世界に対して小国であり国内での政策変更が世界に影響を及ぼさないことが仮定されている。この仮定は、利子率や家計が所有する資産（Equity）の収益率が世界市場で決定されるという点にも反映されており、GAMMA モデルを応用したその後の研究でも踏襲されている（例えば Draper et al. [2010]や Draper et al. [2011]など）。オランダ国内で生産される財は、国外で生産される財と完全代替にあり、価格は所与と仮定され、交易条件への効果はないものとして扱われている。国内生産財は消費や投資へと供給され、国内需要との差が純輸出として算出されたうえで数量調整を通じて均衡が決定されている。ただし、Draper and Armstrong [2007]でも言及されているように、長期における交易条件変化に関する分析は継続的な研究課題として残るものと考えられる。

家計、年金基金、政府、企業と並ぶ経済主体（Agent）として海外部門（Foreign Sector）が設定されており、財、労働外収入、所得移転、貯蓄および資産（Asset）に関するベンチマーク・データが海外部門に振り分けられている。Draper and Armstrong [2007]では 2006 年のデータ、Draper et al. [2010]では 2008 年のデータがそれぞれ使用されている。

データベース整備と更新、シミュレーション・プログラム開発が組織内で継続的に行われていることが、聞き取り調査から分かった。Westerhout et al.[2004]が GAMMA モデルによる最初の応用研究成果であることから判断すると、少なくとも 8 年間の GAMMA モデルの改良の積み重ねがあり、数値計算モデルの開発にどれほどの時間を要するのかを考えるうえで良い参考になった。

2. CEPII: OLGAMAP モデル・INGENUE モデル

フランスの CEPII での聞き取り調査では、Magnani 博士から OLGAMAP モデル (Chojnicki and Magnani [2008]) について説明を受けた。OLGAMAP モデルは定式化された世代重複型一般均衡モデル (A Stylized General Equilibrium Model with Overlapping Generations) であり、その開発は 2004 年に始まり、現在はフランス、ドイツそしてイギリスというヨーロッパ 3 大国を対象として拡張されたモデルとなっている。モデルに含まれる地域は、先述のフランス・ドイツ・イギリスに加えてその他世界の 4 地域で構成される。4 地域間で異なる高齢化の進行や年金改革による影響、特に各国間の資本フローに与える効果について分析する目的で開発された逐次動学 (Recursive Dynamics) モデルであり、資本収支によって経常収支を決定している。利子率に関して 3 種類の設定が可能であり、①国内外の利子率が等しいケース、②内外差が資本移動により解消するケース、および③フランス・ドイツ・イギリスの 3 ヶ国間での資本移動が可能な一方で、その他世界との間での資本移動が発生しないケースが考慮されている。2 番目の内外差を求めるため、世界市場で決定される金利は他のモデル (INGENUE モデル: INGENUE Team [2001b]) を利用した計算によって得られている。OLGAMAP モデルの詳細について説明している文献がフランス語であるため (例えば Chojnicki and Magnani [2008] や Chojnicki and Magnani [2010] など)、各国経済の海外部門がモデル内でどのように設定されているかについて確認する作業が今後の課題として残されている。

Magnani 博士による OLGAMAP モデルの説明の場で言及された INGENUE モデル (INGENUE Team [2001b]) は、CEPII において 2000 年には既に開発されていたモデルであり、現実的な人口統計に対応した世界全体を対象とする世代重複型一般均衡モデルである。

INGENUE モデルについては、Coulibaly 博士にインタビューすることができた。初期の INGENUE モデル (INGENUE Team [2001b]) では、世界を人口構成変化の段階別に 6 地域に分割している。①ヨーロッパ地域、②オーストラリアおよびニュージーランドを含む「北米」地域、③日本、④高齢化が進行中の地域、⑤高齢化初期段階にある地域、そして⑥出生率が高い地域からなる 6 地域である。その後、拡張された INGENUE モデル (INGENUE2) では世界が 10 地域に区分されている (Alho and Borgy [2007])。10 地域への分割は地理的要素と人口構成変化の段階が考慮されたユニークなものとなっており、①西ヨーロッパ、②東ヨーロッパ、③北米、④中南米、⑤日本、⑥中近東世界 (Mediterranean World)、⑦中国世界 (Chinese World)、⑧アフリカ、⑨ロシア世界 (Russian World)、そして⑩インド世界 (Indian World) で構成される (表 1)。

表1 INGENUE2 での10地域区分

集計地域	対象地域・国	数
西ヨーロッパ	チャンネル諸島, デンマーク, フィンランド, アイスランド, アイルランド, ノルウェー, スウェーデン, イギリス, ギリシャ, イタリア, マルタ, ポルトガル, スペイン, オーストリア, ベルギー, フランス, ドイツ, ルクセンブルク, オランダ, スイス	20
東ヨーロッパ	エストニア, ラトビア, リトアニア, ブルガリア, チェコ, ハンガリー, ポーランド, ルーマニア, スロバキア, アルバニア, ボスニア・ヘルツェゴビナ, クロアチア, マケドニア, ユーゴスラビア	15
北米	カナダ, 米国, オーストラリア, ニュージーランド, メラネシア, フィジー, ニューカレドニア, パプアニューギニア, ソロモン諸島, バヌアツ, ミクロネシア, グアム, ポリネシア, 仏領ポリネシア, サモア	15
中南米	アルゼンチン, ボリビア, ブラジル, チリ, コロンビア, エクアドル, 仏領ギアナ, ガイアナ, パラグアイ, ペルー, スリナム, ウルグアイ, ベネズエラ, ベリーズ, コスタリカ, エルサルバドル, グアテマラ, ホンジュラス, メキシコ, ニカラグア, パナマ, バハマ, バルバドス, キューバ, ドミニカ, グアドループ, ハイチ, ジャマイカ, マルティニーク, オランダ領アンティル, プエルトリコ, セントルシア, トリニダード・トバゴ	33
日本	日本	1
中近東世界	アルジェリア, エジプト, リビア, モロッコ, チュニジア, 西サハラ, アルメニア, アゼルバイジャン, バーレーン, キプロス, グルジア, イラク, イラン, イスラエル, ヨルダン, クウェート, レバノン, パレスチナ, オマーン, カタール, サウジアラビア, シリア, トルコ, アラブ首長国連邦, イエメン, トルクメニスタン, ウズベキスタン, キルギスタン	28
中国世界	中国, 北朝鮮, モンゴル, 韓国, ブルネイ, カンボジア, 東チモール, ラオス, ミャンマー, フィリピン, シンガポール, タイ, ベトナム	13
アフリカ	ブルンジ, コモロ, ジブチ, エリトリア, エチオピア, ケニア, マダガスカル, マラウイ, モーリシャス, モザンビーク, レユニオン, ルワンダ, ソマリア, ウガンダ, タンザニア, ザンビア, ジンバブエ, アンゴラ, カメルーン, 中央アフリカ, チャド, コンゴ, コンゴ民主共和国, 赤道ギニア, ガボン, ボツワナ, レソト, ナミビア, 南アフリカ, スワジランド, ベニン, ブルキナファソ, カーボヴェルデ, コートジボワール, ガンビア, ガーナ, ギニア, ギニアビサウ, リベリア, マリ, モーリタニア, ニジェール, ナイジェリア, セネガル, シエラレオネ, トーゴ, スーダン	47
ロシア世界	ベラルーシ, ロシア, ウクライナ, モルドバ	4
インド世界	インド, アフガニスタン, バングラデシュ, ブータン, モルディブ, ネパール, パキスタン, スリランカ, タジキスタン, カザフスタン, インドネシア, マレーシア	12

(出所) Alho and Borgy [2007]より筆者作成。

INGENUE Team [2001a]では2100年までの国連人口予測に基づき、日本を皮切りに高齢化への人口構成移行がヨーロッパ地域、北米地域、高齢化進行地域、高齢化初期の地域、そして出生率が高い地域の順に継起していく状態をベースライン・シミュレーションで再現している。

初期のINGENUEモデルおよびその拡張型のINGENUE2とともに、Auerback and Kotlikoff [1987]と同様の世代重複モデルをベースとして開発されている。各地域で生産された財は差別化されており、地域内での最終財生産に使用される中間財、もしくは世界への輸出として供給されることになる。輸出として供給された各地域からの中間財は、世界での生産を行う仮想部門により均質な財 (Homogeneous Goods) として集計された後、各地域で輸入され最終財生産に投入される。

各地域の生産資本 (Productive Capital) は家計によって所有され、各地域家計の資産を形成する。この家計が所有する資産とその地域の生産資本の比率により、債務地域と債権地域が峻別される。モデルでは地域間での資本移動が許容され、世界全体でバランスすることから利子率を決定している。世界市場で決定される各時点での実質利子率は、各地域の投資を合計した資本需要合計と各地域の貯蓄合計の均衡から導かれている。

生産資本の減耗率に関して、INGENUE Team [2001b]およびINGENUE Team [2001a]では全ての地域で同一の値が設定されていたが、INGENUE2モデル (Alho and Borgy [2007]) では債務地域における国際資本市場の不完全性が仮定されており、相対的に高い資本減耗率が設定されている。債権地域の資本市場は完全であると仮定され、一定の資本減耗率が採用される。

国連人口予測を反映したベースライン・シミュレーションでは、貯蓄率の高い世代が人口構成変化にともなって変遷することで、地域が所有する資産も変動する。貯蓄と投資の時系列的変化は経常収支の変化につながり、ベースライン・シミュレーションにおいて、ヨーロッパ地域の経常収支はプラスからマイナスへ大きく下落し、日本については経常収支のプラスが大きく減少する結果となっている。ベースラインの初期である2000年前後は、貯蓄率が高い人口を比較的多く抱えるヨーロッパや日本が資本輸出国となり、高齢化初期の地域や出生率の高い地域が主に資本輸入を行う。そして、2020年には日本の経常収支が大幅に減少し、2030年以降は一貫してヨーロッパが資本輸入地域に転換することが示されている。INGENUEモデルによるベースライン・シミュレーションおよび年金制度改革に関する政策シミュレーションでは、地域間で投資フローが大きく変動する結果が報告されているが、変動の規模については実証データと合わせた議論が必要となろう。

最初のINGENUEモデルの文献が登場する2000年頃の開発初期には、INGENUE Team [2001b]に記載されているように、少なくとも10名の研究者が開発チームを構成していた。その後10年を越える期間で現在まで開発が継続しており、モデルの拡張や改良が新たな研究者の参加によって支えられてきた。

3. IFPRI: MIRAGE モデル

米国の IFPRI では、Laborde 博士から Modeling International Relationships in Applied General Equilibrium (MIRAGE: Bchir et al. [2002]) モデルについて話を聞くことができた。MIRAGE モデルは前出の CEPII で開発された、多地域・多部門の計算可能な一般均衡 (Computable General Equilibrium: CGE) モデルである。Laborde 博士は CEPII でのモデル開発に従事した経験を持ち、MIRAGE モデルに加えて先述の INGENUE モデルの開発にも携わっていた。

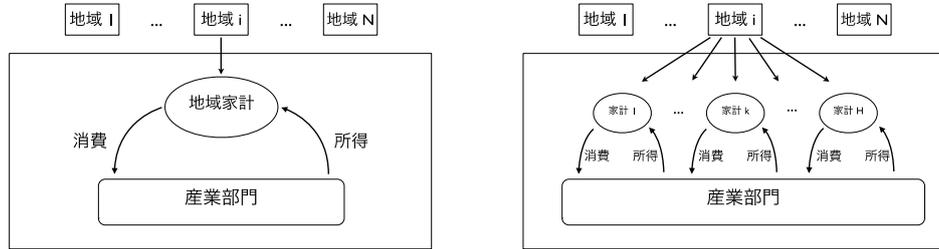
MIRAGE モデル (Bchir et al. [2002]) は貿易政策の分析を主眼としており、人口構成変化にともなう国際資本移動を分析するために開発された INGENUE モデルとは利用目的の面で異なるが、両モデルは全世界を対象とするという共通の特徴を有している。MIRAGE モデルの特徴として、差別化された財をクールノー型寡占による不完全競争によって設定していることに加え、生産地による差別化も考慮されている点が挙げられる。また、生産部門間で資本が移動することがなく、国内および海外直接投資と資本減耗によって各生産部門間での資本ストックの調整を表現している。貿易に関する国境措置が主要な分析対象とされているため、貿易障壁については詳細なデータに対応可能なモデル構成となっている。貿易障壁データは MacMaps データベース (Bouët et al. [2004]) によって提供され、世界全体の特惠貿易による関税制度を網羅し、従量関税や関税割当、レントは関税相当率に換算されたうえで集計計算に付随するバイアス補正を経て、CGE モデルでの利用が可能な形式に統合されている。MacMaps の先駆的な研究成果は他の機関や研究者に広く公開されており、貿易政策の応用分析を行う際の基礎データとして貴重な情報を提供している (ITC [2006])。

CEPII において MacMaps 開発にも参加していた Laborde 博士は、IFPRI に移籍後もその更新や拡張を継続しており、ソフトウェア開発も行っている (Boumellassa et al. [2009]、Horridge and Laborde [2008])。

IFPRI における MIRAGE モデルの開発は、各種分析用に拡張用「モジュール」を組み込んでいくことで進められている。拡張用「モジュール」の例として、貿易政策分析に加えて、海外直接投資の効果分析モジュール、気候変動の長期効果分析モジュール、土地利用や食料価格への影響を考察するためのバイオエネルギー・モジュール、失業やインフォーマル・セクターを扱うモジュール、そして家計調査データを基礎とした複数家計を内包するモジュールなどが存在する。

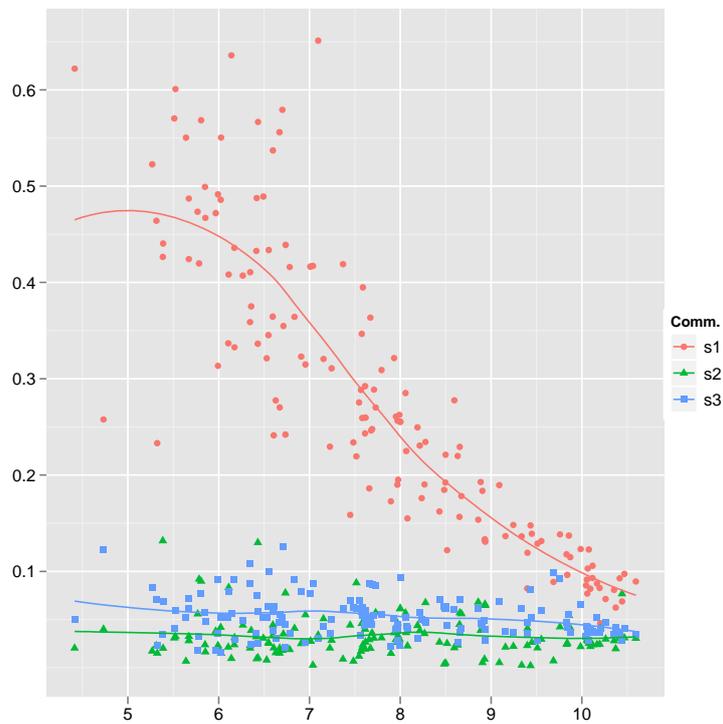
通常の MIRAGE モデルでは各地域に代表的家計 (Representative Household) を仮定しているが、複数家計のモジュールを組み込むことによって家計間での資源や所得分配への経済効果を明示的に分析する研究が行われている (Bouët et al. [2010])。図 1 は、MIRAGE モデルにおける代表的家計を複数家計に拡張する概念を示している。所得階層によって区分された家計を、居住地域や世帯主の性別や産業部門での雇用状態なども考慮して、50 から 500 家計という幅で扱うことが可能となっている。人口構成別での経済行動主体の区分ではないものの、複数の異なる経済主体が明示的に設定されている点は、モデル開発の際に

図1 MIRAGE モデル: 複数家計モジュールへの拡張概念



(出所) Bouët et al. [2010]より筆者作成。

図2 所得と支出割合の関係



(出所) Itakura and Mensbrugge [2011]より筆者抜粋。

とても参考になる。所得階層別に異なる消費行動を検討することは、人口構成が変化する過程での所得変動をモデルによって表現することにも役立つはずである。その際、エンゲル係数に代表されるような所得と食費への支出変化を考慮することも、モデル拡張のための一つの方向性となろう。例えば、図2に示されるような所得と支出シェア (s1: 食費、s2: 酒類タバコ、s3: 衣服等、Itakura and Mensbrugge [2011]からの抜粋) の関係を表現でき

れば、モデル内で設定される消費行動をより柔軟に記述することも可能であろう。

MIRAGE モデルは CEPII で開発が開始され、10 年以上が経過した現在では CEPII のみならず IFPRI や欧州委員会（European Commission）などの研究機関において開発・拡張が行われ、継続的に利用されているモデルである。MIRAGE モデルの中核部分やデータは共有されており、モジュールによって機能を追加することで多岐にわたる分析対象を取り扱うことを可能としている。この追加モジュールとモデルのエンジンとも言える中核構造から構成される仕様は、今後のモデル開発を進めるうえで検討すべきユニークな特徴となっている。

おわりに

本章では、人口構成変化の経済分析に向けた数値計算モデル開発を念頭に置き、聞き取り調査を行った研究機関で開発されている数値計算モデルについて、モデルの特徴を整理した。オランダの CPB で開発・運用されている GAMMA モデルでは、小国であるオランダとその他世界という二分法が採用されており、国内での年金制度と年代別経済主体を詳細に記述することに分析主眼があるため、国外に政策効果が波及するという観点からの考察は限定的であった。フランスの CEPII で開発・利用されている、OLGAMAP モデルと INGENUE モデルはともに世界全体を分析対象とするため、シミュレーションによる人口構成変化と各国間での資本移動について分析が行われていた。特に、INGENUE モデルでは対象地域を増やすべくモデル拡張が継続して行われており、特定の国や地域に関するより現実的な政策シミュレーションが可能となることが期待される。米国の IFPRI で利用されている MIRAGE モデルでは、モジュールの導入による拡張的なモデル開発が行われていた。MIRAGE モデルでの複数家計モジュールは所得階層別の消費行動や貧困分析に応用されているため、世代別に区分された多数の経済行動主体を数値計算モデルに組み込む際の技術的指針として活用が可能であるものと考えられる。

聞き取り調査を行った研究機関では、少なくとも 5 年以上の歳月をかけてモデル開発が行われていた。モデルの核となる部分の作り込みに始まり、その後の段階的な拡張や改良が将来の応用分野を念頭に継続されている。本研究プロジェクトにおける数値計算モデル開発に対し、貴重な道標を提供するものとなっている。

【参考文献】

〈外国語文献〉

- Alho, Juha and Vladimir Borgy [2007] “Global Ageing and Macroeconomic Consequences of Demographic Uncertainty in A Multi-regional Model,” CEPII Working Paper, No. 09, May.
- Auerback, Alan J. and Lawrence Kotlikoff [1987] *Dynamic Fiscal Policy*, Cambridge University Press.
- Bchir, Mohamed Hedi, Yvan Decreux, Jean-Louis Guérin, and Sébastien Jean [2002] “MIRAGE, a Computable General Equilibrium Model for Trade Policy Analysis,” CEPII Working Paper, No. 17, December.
- Bouët, Antoine, Yvan Decreux, Lionel Fontagné, Sébastien Jean, and David Laborde [2004] “A consistent, ad-valorem equivalent measure of applied protection across the world: The MAcMap-HS6 database,” CEPII Working Paper, No. 22, December.
- Bouët, Antoine, David Laborde, and Carmen Estrades [2010] “A Poverty Module of the MIRAGE Model of the World Economy,” IFPRI Project Note, December.
- Boumellassa, Houssein, David Laborde, and Cristina Mitaritonna [2009] “A Picture of Tariff Protection Across the World in 2004 - MAcMap-HS6, Version 2,” IFPRI Discussion Paper, No. 903, October.
- Chojnicki, Xavier and Riccardo Magnani [2008] “Vieillesse, retraites et ouverture financière en Europe : des réformes encore insuffisantes,” *Économie internationale*, No. 113, July.
- [2010] “Réforme des retraites en France: évaluation de la mise en place d’un système par comptes notionnels,” CEPII Working Paper, No. 21, October.
- Draper, Nick and Alex Armstrong eds. [2007] *GAMMA, a Simulation Model for Ageing, Pensions and Public Finances*, The Hague: CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.
- Draper, Nick, Leon Bettendorf, Jan Bonenkamp, Andre Nibbelink, Richard Rosenbrand, and Harry ter Rele [2010] “Calibration of GAMMA 2010,” CPB Memorandum, No. 248, June.
- Draper, Nick, Ed Westerhout, and André Nibbelink [2011] “Defined Benefit Pension Schemes: A Welfare Analysis of Risk Sharing and Labour Market Distortions,” CPB Discussion Paper, No. 177, April.
- Horridge, J. Mark and David Laborde [2008] “TASTE: A Program to Adapt Detailed Trade and Tariff Data to GTAP-related Purposes,” GTAP Resource, No. 2666. Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- INGENUE Team [2001a] “Macroeconomic Consequences of Pension Reforms in Europe: An Investigation with the INGENUE World Model,” CEPII Working Paper, No. 17, December.
- [2001b] “INGENUE, A Multi-regional, Computable General Equilibrium,

- Overlapping-Generations Model,” CEPII Working Paper, June. second version.
- Itakura, Ken and Dominique van der Mensbrugge [2011] “Calibrating the Modified An Implicitly Directly Additive Demand System (MAIDADS) for Applied Economic Modeling,” June. Presented at the 14th Annual Conference on Global Economic Analysis.
- ITC, International Trade Center [2006] *User Guide - Market Access Map: Making Tariffs and Market Access Barriers Transparent*, Genève.
- Westerhout, Ed, Martijn van de Ven, Casper van Ewijk, and Nick Draper [2004] “Naar een schokbestendig pensioenstelsel; verkenning van enkele beleidsopties op pensioengebied,” CPB Document 67, The Hague: CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.