

## 平成 22 年 7 月 15 日ロードマップ小委員会での質問に対する回答

大阪大学 伴金美  
平成 22 年 7 月 29 日

モデルの計算の始点が 2005 年となっていることについて。(落合、山口、伊藤)

2005 年から解いている理由は、産業連関表とそれに対応する二酸化炭素排出量について利用可能な最新データが 2005 年となっていることによる。なお、タスクフォースで用いられた日経 CGE モデルは 2005 年がモデル計算の始点となっており、野村モデルは 1985 年が計算の始点となっている。

質問の趣旨は、政策の発動が 2010 年以降であれば、計算の始点を 2010 年以降とすべきではないかということであるが、その一方で、2005 年を始点とする日経 CGE モデルや 1985 年を始点とする野村モデルについては、計算始点が問題とされていない。その理由は、日経 CGE モデルや野村モデルは過去を所与とするが、モデルでは企業や家計は将来を予想することなく行動すると仮定して解かれる逐次動学型(Recursive Dynamic)モデルであることによる。しかし、2020 年までに二酸化炭素排出量を 25%削減しようとする政策を評価しようとするとき、2020 年を見越すことなく解かれるモデルに信頼性はあるのであろうか。

それに対して、伴モデルは 2005 年から 2020 年までの 16 年間で異時点間動学最適化型(Intertemporal Dynamic Optimization)モデルと解いていることから、2010 以降の政策変更の効果が、それ以前の 2005 年から出てくることによる。

逐次動学モデルの立場から、政策の実施が過去に影響することを疑問視するのは、素人としては自然である。しかし、深刻な景気後退の中で、太陽光発電パネルやリチウム電池の増産、スマートグリッドや CCS などの技術研究開発促進の動き、海外における原子力発電事業の積極的な展開などに見られるように、企業の一部は低炭素社会への移行を大きなビジネスチャンスとして捉え、既に行動を始めている。これらの事実はロードマップ小委員会における企業に対するヒアリングでも確認されている。ところが、温暖化対策基本法案が未成立にも関わらず企業や家計が動き始めている現象を、逐次動学型モデルでは説明することはできない。

なお、2010年を計算の始点とすること自体は、基本データの信頼性を問題視しなければ、技術的に可能である。伴モデルは、経済の規模（スケール）に対しては独立性が高く、2010年における労働、資本などの生産要素の水準、エネルギーやその他中間投入を含めた技術構造について別途の想定を置けば、始点を任意に決めることは可能である。なお、簡単な試算は既に行っており、それによれば、温室効果ガス排出削減の経済に与えるプラスの効果は、2005年を始点とするときよりも大きくなる。

資本の取り扱いについて。資本 Vintage と資本の産業間移動 （落合）

日経 CGE モデルでは、資本が Vintage 毎に、すなわち資本が設置年毎に別々のものとして扱われている。特に、日経 CGE モデルでは、エネルギーと資本の関係は、一度設置された後で不変であり、エネルギー効率性の向上の可能性は考慮しない。しかし、機械設備、オフィスビル、住宅などでは、エネルギー効率の上昇を目的とした改修投資も積極的に行われている。ロードマップ小委員会のヒアリングによれば、既設ビルのエネルギー効率は、エネルギー管理システムの導入、冷暖房設備の効率化、照明を LED に取り替えなどして大幅に改善できる可能性が報告されている。また、エコ運転による燃費向上も報告されている。したがって、既設ビルのエネルギー効率を建設年に固定することで、エネルギー効率改善のための投資支出や補修支出を排除するのも問題であろう。

日経 CGE モデルでは、一度設置された資本が産業間で移動することはないと仮定しているが、伴モデルでは移動に制約はない。なお、経済モデルにおける資本の産業間の移動制約の有無は、産業間の資本収益率を、移動しない場合には産業毎に異なるとするのに対して、移動する場合には、産業間で同じとすることで扱われる。企業の業績が株式市場で厳しく評価される中で、ある産業の資本収益率が他の産業より長期にわたり低い状態が続くことは難しい。なお、伴モデルは、資本の産業間での移動を仮定しているが、産業毎の資本ストックの変動は、資本減耗を含めた粗投資の範囲で行われており、発電設備がある日突然高炉設備に変わることはない。

5月28日付けの資料（東京大学先端研インテレクチャルカフェ配付資料）のベースラインシナリオにおいて、AEEI(Autonomous Energy Efficiency Improvement)：年率2.5%、二酸化炭素効率改善：年率2~4%（産業毎に異なる）であったものが、7月15日付け資料（ロードマップ小委員会配付資料）では、GDP 当たり一次エネルギー供給改善率(TPE/GDP)：年率1.1%、エネルギー当たり二酸化炭素排出量改善率(CO2/TPE)：年率0.5%と変えた理由と、数値の意味は何か。（山口）

ベースラインシナリオの表記を変えたのは、山口先生が引用される茅編著『低炭素エコノミー』の表記に合わせたものである。茅編著『低炭素エコノミー』の表記は、いわゆる茅方程式とよばれる『マクロレベルでの脱炭素化率の要因分解』に基づく数値であるが、5月28日付け資料のベースラインシナリオに記載された AEEI(Autonomous Energy Efficiency Improvement)や二酸化炭素効率改善とは、全く異なるものである。しかるに、山口先生はこの異なる二つの概念の差異を区別することなく、伴モデルが他のモデルと極端に異なるという論拠で批判している。そこで、山口先生の引用する茅方程式にしたがって伴モデルのシナリオを再表記することが適切と判断した。なお、ベースラインシナリオの CO2 排出量と GDP の数値、25%削減の CO2 排出量と GDP の数値は、5月28日付け資料の試算結果と同一の数値であるが、伴モデルは多部門モデルであることから、茅方程式に存在しない産業構造の変化が加わることで、『モデルにおいては内生的に決まる数値』となる。

茅方程式に基づいて5月28日配布資料21ページから、山口先生の指摘するところの脱炭素化率(CO2/GDP)を計算すると、7月15日配布資料9ページのベースラインシナリオ(90年比+4%)の通り、年率で1.6%となる。なお、5月28日配布した資料にはない一次エネルギー供給(TPE)を用いれば1.6%をさらに要因分解することができ、ベースラインシナリオにおける GDP 当たり一次エネルギー供給改善率(TPE/GDP)は年率1.1%、エネルギー当たり二酸化炭素排出量改善率(CO2/TPE)は年率0.5%の改善となる。なお、両者は内生変数であり、25%削減シナリオでは、GDP 当たり一次エネルギー供給改善率(TPE/GDP)は年率2.2%、エネルギー当たり二酸化炭素排出量改善率(CO2/TPE)は年率1.7%となる。すなわち、25%削減時の脱炭素化率は3.8%となる。この数値は、国立環境研の AIM モデルとも近い。また、本年6月に公表されたエネルギー基本計画でも、2007年から2030年にかけて、脱炭素化率は年率3.4%としており、その数値とも近い。したがって、伴モデルにおける茅方程式による脱炭素化率のシナリオが、他のモデルと極端に違うという批判はあたらない。

5月28日の資料で記述されていた、AEEI(Autonomous Energy Efficiency Improvement)や二酸化炭素効率改善は次の式によって算出されたものであり、モデルの中で実際に使われている数値である。この数値の導出は次の式による。

$$(1 + AEEI_{ij})^5 = 1 + \frac{E_{ij,2005} - E_{ij,2000}}{E_{ij,2000}} - \frac{I_{ij,2005} - I_{ij,2000}}{I_{ij,2000}} + \sigma_{ij} \frac{P_{ij,2005} - P_{ij,2000}}{P_{ij,2000}}$$

$$(1 + \text{二酸化炭素効率改善率}_{ij})^5 = 1 + \frac{CO2_{ij,2005} - CO2_{ij,2000}}{CO2_{ij,2000}} - \frac{E_{ij,2005} - E_{ij,2000}}{E_{ij,2000}}$$

i : 産業部門基本分類、j : 投入化石燃料種別

$E_{ij,t}$  : t 年の産業連関表物量表ベースのエネルギー消費量

$I_{ij,t}$  : t 年の接続産業連関表投入額(実質値)

$P_{ij,t}$  : t 年の接続産業連関表投入価格

$CO2_{ij,t}$  : t 年産業連関表ベースの二酸化炭素排出量

$\sigma_{ij}$  : エネルギー間の代替弾力性

この数値は、ベースラインシナリオおよび 25%削減シナリオの二つのシミュレーションで変更はない。なお、5 月 28 日資料に記述されている数値は、上記の各数値を投入額をウエイトとして集計したものである。5 月 28 日資料に記載されている AEEI は、(i,j)について集計しており、二酸化炭素効率改善は(j)について集計している。

排出権の無償配布に関する詳細の前提条件・計算のメカニズムということで、排出の割り当てやどのような売買がされているか。 (伊藤)

2020 年の排出量上限について、ベースラインシナリオでは 12 億 5 百万トン、25%削減シナリオでは 8 億 58 百万トンとなるように、2008 年から各年の排出量上限が毎年一定率で減少することが想定されている。それに対して、企業と家計は生産活動および消費活動の結果、必要となる二酸化炭素を排出し、その総量が二酸化炭素排出需要となる。当然、二酸化炭素排出需要は、二酸化炭素価格に依存する。二酸化炭素排出需要と二酸化炭素排出上限は、モデルでは配付資料 28 ページに記載されているように、排出量取引の存在が仮定されており、通常の財市場と同じ取引が行われる。

なお、伴モデルでは、ベースラインシナリオでは、排出量需要は排出量上限に達せず、排出量価格はゼロとなる。それに対して、排出量上限を厳しくすれば、二酸化炭素に価格がつくことになる。モデルでは、CGE モデルで標準的に使われている MCP(Mixed Complementarity Problem)問題として定式化されて、解かれている。この排出量取引市場で決まる排出量価格が限界削減費用となる。

オークションを前提とすれば、排出権の初期配分の問題は原則として考える必要はないが、排出量について何らかの無償配分を考慮すると、無償配布のあり方が問題となる。伴モデルでは、全量を企業と家計に無償配分することを想定しているとしているが、モデルでは、オークションで二酸化炭素価格を決定するが、オークション収入は、企業と家計にオークションで支払う分をそのまま還付するように定式化している。

5～6 万円の限界削減費用を課すにも関わらず、電力料金が 10%程度しか上昇していないが、それにも関わらず CO2 排出量が大幅に削減するというメカニズムについて教えていただきたい。(影山)

タスクフォースでの検討における各モデルにおいて、25%削減の場合に電力料金が倍になるのは、排出量収入を企業から徴収して、家計に一括還付する定式化をとっているためである。しかし、排出量収入を家計に一括還付することで家計の収入は増加するが、高い電気料金を支払うこととなり、結局は収入の増加は見かけ上のものとなる。

それに対して、伴モデルでは、排出量として支払った部分が、そのまま還付される。その場合、企業や家計が還付分をどのように使うかが問題となる。二つの選択肢がある。

- (1). 還付された排出額を、生産物価格引き下げに充当する。
- (2). 生産物価格は引き下げず、化石燃料の購入に充当する。

確かに、(2)を選択すれば、従前と変わらず二酸化炭素を排出し続けることも可能である。しかし、無償配布であっても、割当量は年々減少するため、二酸化炭素に価格がつくことから、企業や家計の行動は変わらざるを得ない。

伴モデルでは、企業は還付された排出量収入を、(1)のように化石燃料価格の高騰分に使うのではなく、当該企業の生産物価格の引き下げに用いると仮定している。無償配布された排出量収入を、従前通りに化石燃料の購入に充てることは、企業倫理に照らしてないと考えている。これまでも、企業倫理を持たない大企業が一瞬に消滅した例は枚挙にいとまがない。『電力業や鉄鋼業が企業倫理を持っていないはずがない』と考えている。

もちろん、無償配布は『激変緩和措置』であり、オークション型へ移行するのは時間の問題である。したがって、低炭素社会実現に向けて企業や家計が積極的に行動することが期待されるところでもある。

イノベーション促進ケース全量買取制度の導入による電力料金への影響が、同制度の導入がないなりゆきケースと比較して、0.5%の価格上昇(3月26日付資料17頁)となっている根拠について教えていただきたい。(影山)

3月26日資料の成り行きケースと技術促進ケースは、全量買取制度だけでなく、その他の想定についても違いがあり、上記の数値のみで議論することは難しい。

全量買取制度は、電力会社が自然エネルギー発電を購入し、費用を電力価格に上乗せする形での固定買取制度が主流であるが、伴モデルでは、自然エネルギー部門の生産物に対して原価の半分を補助金として、家計が自然エネルギー事業者に直接支払う形をとっている。したがって、家計にとっては、電力料金は電力会社から購入する分とグリーン証書発電のように自然エネルギー事業者への補助金分の二つを考える必要がある。ただし、資料で表記している電力料金は電力会社からの購入分に限られる。25%削減ケースで、2020年の自然エネルギー発電量1347億kWhの場合、家計からの補助金を電気料金の上昇として加算すれば、加えない試算結果の14%に、さらに12%を加えた26%（いずれも、90年比+4%のシナリオとの比較）の上昇となる。

経済モデルの規模を大きくすることにより、予測の精度は向上するとお考えになられるか否か？ご自身モデルが、他のモデルに比して、予測能力において優れているとお考えか否か。(佐和)

規模を大きくしても予測精度が向上することはないと考えている。

経済モデルの規模は問題ではなく、経済モデルに求められる課題に答えることができるかどうか最も重要な問題である。温室効果ガス排出量削減は、化石燃料を多く利用する特定の産業に大きな影響を与えることから、排出量削減政策が、産業毎にどのような影響を与えるかを示すことが必要である。したがって、部門分割のない1部門のマクロ計量経済モデルで排出量削減政策を評価することは難しい。その意味で、産業間の取引や、産業

と家計との取引を陽表的にモデルに組み込むことが必要となり、モデルの規模は大きくならざるをえない。モデルの規模の拡大は求められる課題に答えるために必要となるが、予測の精度の向上につながるとは考えていない。

経済モデルで答えることができるのは、佐和先生自身がかつて指摘されたように、将来にわたる条件を所与とした『条件付き予測』であり、すべてを予測する『無条件予測』ではない。予測の精度を問うとき、条件が同じでなければ、あたったかどうかの判断はできない。経済モデルは、全知全能の予測の神でない凡人が、予測するために開発されてきた経緯があり、予測の精度は元々高くない。

なお、伴は京都大学経済研究所時代から30年以上にわたって経済モデルを用いた事前予測を愚直に行い、それを関西経済研究センター（現、関西社会経済研究所）予測として公表してきたが、その精度は単純な時系列モデルをはるかに上回るものとなっている。もちろん、過去の実績が今回の経済モデル分析による試算についても当てはまるかどうかは分からない。しかし、フリードマンの予測とは異なり、今回の予測内容は10年経てば評価できる内容となっている。

経済モデルの導く政策評価の結論は、どこまで信頼性と客観性を有するとお考えか。あなたのモデルは、他の競合するモデルに比べて、信頼性と客観性について有意に優れているとお考えか否か。（佐和）

まず、信頼性、あるいは客観性という曖昧な概念で論じることは困難であると考えます。したがって、伴モデルが他の競合するモデルと比べて信頼性と客観性について有意に優れているという問いには答えることは難しい。

ただ、伴モデルの第一の特徴は、企業の生産技術や家計の嗜好を明示的に取り入れており、供給関数や需要関数は、生産技術や嗜好のパラメータから陽表的に導出され、方程式の中に明示的に記述されている。したがって、計量経済モデルにおける消費関数や投資関数のような、アドホックなために政策変更に対して頑健性に欠けるルーカスの批判（後述）の対象となる関係式は用いていない。第二の特徴は、『人間は将来を考えて行動する』という考え方に基づいてモデルは構築されており、Intertemporal Dynamic Optimization 技法により解が計算されている。我々は神とは異なるが、持っている能力を最大限用いて将来を考えて行動している。それがいつも間違っただとしてもである。

なお、伴モデルは、数式で表現された方程式とパラメータは、計量経済学的手法による時系列データに基づいて『推定』されたものではなく、経済モデルで広く用いられている『カリブレーション』とよばれる方法で得られたものである。伴モデルは、2005年から2020年の日本経済を Intertemporal Dynamic Optimization 技法を用いて解いたものであるが、2005年時点で観測された日本経済を忠実に反映したものとなっている。

もちろん、企業の生産技術や家計の嗜好を所与とし、動学的な最適化行動として経済行動を分析するのは一つの擬制であり、単純化の方策にすぎない。この点については多くの批判もあろうが、思考実験の一つと考えるべきであろう。科学の分野において、既存のモデルに批判があれば、批判する側が、批判に基づいて経済モデルを再構築し、それを示すことが求められる。批判するだけでは科学とは言えない。

科学としての計量経済学が優れていたのは、古典的な回帰モデルによる数理統計分析の問題点を指摘するだけでなく、その問題を克服する提案を、佐和先生を始め多くの研究者が行ってきた建設的な研究の積み重ねにあったと考えている。その意味で、伴モデルは、これまでのモデルが考慮しなかった『人々は前を向いて生きる』というあたりまえの考え方を、モデルに陽表的に取り入れた点にあると言える。

なお、日本で広く用いられている伝統的な計量経済モデルは、1970年代のルーカス批判にさらされ、世界的には顧みられることは少なくなっている。ルーカス批判とは、『計量経済モデルは予測には使えるが、政策分析には使えない』というものである。現在の経済学の研究分野で主流をなしているのは、CGE(Computable General Equilibrium)モデルやDSGE(Dynamic Stochastic General Equilibrium)モデルなどの経済モデルであり、部分均衡ではなく、一般均衡の枠組み、さらには動学的な予算制約を陽表的に取り入れた経済モデルである。

バブル崩壊やリーマンショックは、CGEモデルやDSGEモデルからすれば、一般均衡の枠組みに対する外生的なノイズとして、事後的に扱うことができる。ただ、外生的なショックが何故起きるかについては考慮できていない。既に述べたことであるが、経済モデルを作成する場合、モデルで決まる内生部分とモデルの外側で決まる外生部分とに分けることが第一であるが、何を内生変数とし、何を外生変数とするかは重要である。また、すべてを内生変数とすることは難しい。