仕様書

１．業務名

令和６年度「経済産業政策の新機軸に係る2040年将来見通しの策定」

２．業務目的

経済産業省産業構造審議会新機軸部会において今春取りまとめ予定の「主要産業毎のシナリオ（以下「シナリオ」という。）」に、生活・産業・社会がどのように構造転換していくのかという将来の見通しを当該「シナリオ」に基づく定量値として示し、日本の明るい将来期待の醸成を図ること。

３．業務内容

①2040年断面の産業連関表の作成

RIETIより指定する約20弱程度の主要産業について、シナリオにおいて示される情報、その後METIやRIETIより提示される追加情報及びその他の公開情報に基づき最新の産業連関表※1の関係する産業の投入係数等の必要な係数や数値を2040年段階での値に変更・設定する。

上記主要産業以外の産業についても、利用可能な情報（政府の統計情報や推計等）を用いて必要な係数や数値を2040年段階での値に変更・設定する。

これらの係数や数値を用いて②のマクロモデルに基づく一般均衡を解く中で、全体として整合性を取った形で2040年段階の産業連関表を再計算する※2。

※１：産業連関表の部門分類はJIPデータベース2021（RIETI-一橋大学）に包含される100部門のものを基本とする

※２：2040年時点での各産業の投入係数等は、シナリオが示されている産業についてはなるべくこれに沿った形で係数を推定し、それ以外の産業については現状の係数等から一定の仮定を置いて推計するなどして良い。また、総労働投入量や総資本投入量などについても、出発点として「中長期的に持続可能な経済社会の検討に向けて②」（令和6年4月2日経済財政諮問会議資料5）の数値等を用いることとして良い。

②2040年のマクロ経済の姿の推計

別添で提示する計算式の基本構造を有するマクロモデル※3を作成するとともに、①の2040年断面の産業連関表等から得られる係数を含む必要な数値を作成し、同モデルに投入して一般均衡を解くことにより、2040年段階での日本経済の姿を定量的に示す。

【分析に使用する係数や数値（案）】（以下のインプットやアウトプットは現時点での想定であり、今後、委託期間中にRIETIとの協議の上、検討していく予定。）

- インプット：別添の計算式において用いることが必要な係数や数値（①の2040年断面の産業連関表から得られる係数を含む）、人口動態、労働投入量、資本投入量、政府支出、TFP　等
- アウトプット：
  1）マクロ経済の数字：潜在成長率、実質GDP成長率、実質GNI成長率、名目GDP成長率、名目GDP、一人当たり実質GDP成長率、賃金上昇率、物価上昇率、名目長期金利、部門別収支（一般政府、家計、企業、海外）、国と地方の一般会計の姿と財政収支　等
  2）産業別の数字：売上/付加価値額（国内/海外）、人件費、有形/無形固定資産（国内/海外）、受取配当、輸出入額、労働者数（フルタイム／パート）　等

※３：別添の計算式（マクロモデル）の概要

- 本モデルは産業連関表を組み込んだ静学的なマクロの一般均衡モデルである。
- 需要サイドにおいては、産業別の最終消費額が産業の価格指数によって決まる。生産サイドでは、各産業がそれぞれの労働、資本、輸入、そして他産業からの中間財を用いて生産を行う。完全競争を仮定しており、CES型関数を用いることで複雑なショックの波及も記述することができる。
- 産業連関表のデータを用いて各産業のパラメータを推定し、ある一時点における経済の均衡状態を解くことができる。2040年までに起きるであろう生産性のショックや産業構造の変化等をパラメータとして入れることで、結果的に各産業、ひいては国全体のGDPにどのような影響が起こるかをシミュレーションできる。また輸出入のパラメータを操作することで関税率の変化や海外需要の変化の日本への影響もシミュレーションできる。
- 同モデルの作成に当たり、RIETIよりMATLABを用いた基本的なコードを提供する。

４．委託調査の実施方法

事業者は、RIETI や METI と緊密に連携する中で、必要に応じ、学識経験者や有識者からの助言を得つつ、上記の作業（産業連関表・マクロモデルの作成や定量値算出）について検討を進める。

５．工程管理

RIETI や学識経験者、有識者等との打合せを定期的に（月２回程度）行い、進捗状況の報告を行う。定例打合せの議事録を作成し、RIETI に提出する。

また、令和６年 12 月頃までに中間報告（定量的な数値の成果含む）を提示する。

６．報告書の作成

上記３．のとおり、2040 年断面の産業連関表及び 2040 年のマクロ経済の姿（定量的な数値）について整理した報告書（最終報告書）を作成する。作成に当たっては、RIETI と協議の上、産業連関表、定量的な数値、数値算出のプロセス、設定した仮定、根拠等について、可能な限りわかりやすい整理に努め、契約終了日までに提出する。

７．委託期間

契約締結日から令和７年３月５日までとする。

８．納品物

最終報告書電子媒体（CD－R）一式

最終報告書、調査で得られた元データ、調査で用いたモデル本体のデータを納品すること。（PDF 及び機械判読可能な形式のファイル）

９．納品場所

独立行政法人経済産業研究所

〒100-8901　東京都千代田区霞が関１－３－１　経済産業省別館 1138 号室

総務グループ総括担当：岡本、茂木

以上

A Macro Model with Input-Output Networks

Daisuke Fujii[*]

RIETI

February 15, 2024

This note describes the macro model with sectoral input-output (IO) networks, which can answer policy questions raised by METI. The model is static since we are interested in a snapshot economy in 2040, not the transition path. We can change structural parameters to simulate the economy in 2040. The model is characterized by perfect competition and constant elasticity of substitution (CES) functions. Sectoral production requires labor, capital, and intermediate materials produced by other sectors or other countries (import). Sectoral output is consumed by domestic households, other sectors or other countries (export). There are N sectors, and each sector produces one good. The terms "sectors" or "goods" are used interchangeably.

Preferences

A representative household has the following utility function over N goods

$$U = \left[\sum_{i=1}^{N} \xi_i^{\frac{1}{\sigma}} c_i^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \xi_M c_M^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \tag{1}$$

where c_i is the final consumption of good i, ξ_i (ξ_M) is the utility weight of good i (import) in final consumption, and c_M is aggregate import. For normalization, assume $\sum_i \xi_i + \xi_M = 1$. We can easily extend c_M to incorporate imports by source country.

[*]Email: fujii-daisuke@rieti.go.jp

Let p_i and p_M be the price of good i and price of imported goods respectively. Then, the demand functions are given by

$$c_i = EP^{\sigma-1}\xi_i p_i^{-\sigma}$$
$$c_M = EP^{\sigma-1}\xi_M p_M^{-\sigma}$$

where E is a nominal GDP (aggregate expenditure) and

$$P = \left[\sum_{i=1}^{N} \xi_i p_i^{1-\sigma} + \xi_M p_M^{1-\sigma}\right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \tag{2}$$

is an ideal price index. Unlike the Cobb-Douglas utility function, the expenditure share of good i can increase or decrease depending on the elasticity σ when prices change.[1]

With perfect competition (no firm profits) and homogenous labor and capital, the nominal GDP is given by

$$E = wL + rK + D \tag{3}$$

where w is wage, L is total labor, r is capital rental rate, K is total capital, and D is a trade deficit. We treat D as an exogenous variable following the tradition in trade literature.

[1]If we assume $\sigma = 1$, we have a standard Cobb-Douglas utility function

$$U = \sum_{i=1}^{N} \xi_i \ln c_i + \xi_M \ln c_M$$

where we can assume $\sum_{i=1}^{N} \xi_i + \xi_M = 1$ without loss of generality. In this case, the expenditure share of good i is constant at ξ_i and does not respond to any shocks.

Production

There are N perfectly competitive sectors each producing one good. Sectoral production function is given by

$$y_i = \left[(1-\mu_i)^{\frac{1}{\epsilon}} \left(\left(z_i^l l_i \right)^{\alpha_i} \left(z_i^k k_i \right)^{1-\alpha_i} \right)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} + \mu_i^{\frac{1}{\epsilon}} M_i^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \right]^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \tag{4}$$

where l_i and k_i are the amount of labor and capital used in sector i respectively, and M_i is the intermediate input bundle. In the production function, z_i^l and z_i^k are labor- and capital-augmenting productivity shocks. If we would like to model a total factor productivity (TFP) shock, we can just change z_i^l and z_i^k by the same magnitude. Also, ϵ governs the elasticity of substitution between value added (labor plus capital income) and intermediate materials, and μ_i controls the intermediate input share in the production of sector i.

The intermediate input bundle M_i is given by

$$M_i = \left[\sum_{j=1}^{N} a_{ij}^{\frac{1}{\eta}} x_{ij}^{\frac{\eta-1}{\eta}} + a_{iM}^{\frac{1}{\eta}} x_{iM}^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \tag{5}$$

where x_{ij} (x_{iM}) is the amount of good j (imported goods) used in the production of good i and η is the elasticity of substitution between different intermediate goods. The coefficient a_{ij} designates the importance of good j as an intermediate input for the production of good i. A higher a_{ij} implies that sector j is more important for the production of sector i. The matrix $\boldsymbol{A} = [a_{ij}]$ corresponds to the sectoral input-output matrix in data.[2] It is useful to review that our CES specification encompasses several widely-used functional forms as special cases:

- $\eta \to \infty$: $M_i = \sum_{j=1}^{N} x_{ij} + x_{iM}$ (perfect substitution)

[2] We can easily extend the model to incorporate inter-prefectural IO matrix by redefining i as prefecture-sector. There is an inter-prefectural IO table in 2011 in the following link: https://www.rieti.go.jp/jp/database/r-io2011/index.html

- $\eta \to 1$: $M_i = \prod_{j=1}^{N} x_{ij}^{a_{ij}} x_{iM}^{a_{iM}}$ (Cobb-Douglas)
- $\eta \to 0$: $M_i = \min_j \left\{ x_{ij}, x_{iM} \right\}$ (Leontief)

The price of the intermediate input bundle M_i is given by

$$Z_i = \left[\sum_{j=1}^{N} a_{ij} p_j^{1-\eta} + a_{iM} p_M^{1-\eta} \right]^{\frac{1}{1-\eta}} \tag{6}$$

and the price of the value-added component ($\left(z_i^l l_i\right)^{\alpha_i} \left(z_i^k k_i\right)^{1-\alpha_i}$) is given by

$$V_i = \left(\frac{w}{z_i^l \alpha_i} \right)^{\alpha_i} \left(\frac{r}{z_i^k \left(1 - \alpha_i\right)} \right)^{1-\alpha_i} \tag{7}$$

where w and r are wage and rental rate respectively. Note that if sector i is labor intensive (α_i is relatively high), a labor-augmenting productivity shock causes a larger impact on the sectoral price.

The price (and hence marginal cost since we assume perfect competition) of good i is given by

$$p_i = \left[\left(1 - \mu_i\right) V_i^{1-\epsilon} + \mu_i Z_i^{1-\epsilon} \right]^{\frac{1}{1-\epsilon}} \tag{8}$$

Since p_i depends on Z_i which consists of $\left\{ p_j \right\}$, we can see the interdependence of sectoral prices via input-output linkages.

At this point, it is helpful to examine the properties of our model. Because we do not impose any parameter restrictions on the elasticities of substitutions ϵ and η, the impact of a productivity shock to a particular sector on other sectors is not straightforward. Suppose there is a positive productivity shock to sector j. This lowers the price of good j, p_j. From 8, this leads to the price cut of downstream sectors (lower p_i). If $\eta > 1$, the intermediate input share of sector j in the production of sector i increases and that of other sectors decreases. If $\epsilon > 1$, the share of intermediate input compared to the value-added (labor and capital) will increase. This is a downstream effect. Moreover, the productivity growth of sector j induces upstream effect as well. If $\sigma > 1$ and $\eta > 1$, this will bring a scale effect, and factor demand will increase. Sector j buys more input from upstream sectors generating scale effects to those upstream sectors as well. The magnitude of the elasticities of substitutions σ, ϵ, and η is critical in determining the model behavior.

Market Clearing

We have the following market clearing condition

$$y_i = c_i + \sum_{j=1}^{N} x_{ji} + c_{iE}$$

where c_{iE} is the sectoral export of i. We assume that foreign households have the same demand elasticity as domestic households (σ). Labor and capital market clearing conditions are given by the following equations

$$L = \sum_{i=1}^{N} l_i$$
$$K = \sum_{i=1}^{N} k_i$$

Trade balance gives

$$\underbrace{p_M \left(c_M + \sum_{i=1}^{N} x_{iM} \right)}_{\text{aggregate import}} - \underbrace{\sum_{i=1}^{N} p_i c_{iE}}_{\text{aggregate export}} = D$$

Equilibrium

Structural parameters are summarized below:

- Common: $\sigma, \epsilon, \eta, p_M, \xi_M$
- Sectoral: $\mu_i, \alpha_i, z_i^l, z_i^k, a_{iM}$
- Bilateral (sector $\times$sector): a_{ij}

We can retrieve information on μ_i, α_i, a_{iM} and a_{ij} from the sectoral IO table in Japan. We need to assume some values for σ, ϵ, η. The values of those elasticity parameters depend on the time horizon of our simulation exercise. For the long-run stationary equilibrium analysis, these values tend to be larger than one.

In MATLAB or Python or any other programming language, the equilibrium can be solved in two steps. First, we assume a particular values on w and r. Then we can solve endogenous sectoral prices p_i and aggregate price P by a standard iterative method (inner loop). The contraction mapping theorem holds for the iteration of the price vector, so starting from a unit vector, iteration quickly converges to the equilibrium price vector conditional on w and r. Then we can check if the resulting price vector satisfies the market clearing conditions. If not, we can search for $\{w, r\}$ which satisfies the market clearing conditions using "while" loop. We cannot use the standard iterative method here, but "fmincon" function in MATLAB can be used (outer loop).