集積の経済を考慮した CGEUE モデルによる産業立地分析

大西　亮[1]・武藤　慎一[2]・油川ゆり[3]

[1]学生会員　山梨大学　大学院医工農学総合教育部工学専攻土木環境工学コース
（〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11）
E-mail: g23tc005@yamanashi.ac.jp

[2]正会員　山梨大学　大学院総合研究部工学域土木環境工学系（〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11）
E-mail: smutoh@yamanashi.ac.jp (Corresponding Author)

[3]学生会員　山梨大学　工学部土木環境工学科（〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11）
E-mail: t20tc057@yamanashi.ac.jp

山梨県総合計画では，山梨における交通整備による交通利便性の向上を活かし，次世代の高付加価値産業の振興に取り組むとされている．これらの産業の集積にあたっては，交通と立地の相互関係を踏まえて，土地開発を含む立地誘導策の検討を行うことが重要になる．その中でも，産業あるいは人口の集積によって企業の生産性が向上するという集積の経済を加味する必要があった．そこで本研究では，人口規模・密度の指標を用いて，集積の経済を考慮した応用一般均衡型都市経済（CGEUE）モデルを構築し，道路ネットワーク整備と土地開発を含む立地誘導策の検討を行った．

Key Words: *New industries creation, inner road network, CGEUE model, urbanization economics*

1. はじめに

山梨県では現在，リニア中央新幹線をはじめ，中部横断自動車道，新山梨環状道路などの国家規模の交通プロジェクトが進行中である．一方，近年の情報通信技術の発展により，産業構造や社会構造が変わろうとしている．そのような状況の中で「山梨県総合計画」[1)]が策定され，そこでは交通整備による飛躍的な交通利便性の向上を活かし，時代に対応した次世代の高付加価値産業の振興に取り組むと記されている．

具体的な次世代産業振興に係る政策として，メディカル・デバイス・コリドー構想（医療機器関連産業の集積），次世代エネルギー産業育成（水素・燃料電池関連産業の集積），飲食のブランド確立による関連産業振興（飲食製造業，農林業の振興），企業立地の促進などが挙げられている．しかし，これらの産業振興によって，どのような経済波及的効果がもたらされるのかについては，明らかにされていない．

また，これら産業の集積にあたっては，集積の経済を考慮する必要があるとされている．その程度によって，産業がどこに立地すれば効率的な生産がなされるかが変わってくるからである．集積の経済に関わる研究はこれまで多くなされてきた．そこでは，地域経済に影響を与える産業集積の役割に着目し，産業集積効果の実証分析を行っている．しかし，地域の産業集積のみが対象とされていたため，地域間交易を通じて他地域に影響を与える程度について定量的に検討するという課題があった．そこで，集積の経済の地域間影響を考慮した立地の選定が重要となってくる．例えば，既存の工業団地など，すでに産業集積している地域を選定することが第一案である．次世代産業とはいうものの，既存産業とのつながりが強いものと考えられ，それぞれが近接していることによって生産性が向上する可能性があるからである．

これまで筆者は，経済と交通からのアプローチに，産業連関構造を介した効果を考慮に入れた応用一般均衡型都市経済（CGEUE：Computable General Equilibrium & Urban Economic）モデル[2)]を用いて，新規産業創出の経済効果とともに地域内道路ネットワーク整備と組み合わせた産業誘致政策の評価を行ってきた．しかし，産業が集積することによる生産性の向上についての考慮はされていなかった．

本研究では，集積の経済を考慮した CGEUE モデルの

構築と次世代産業創出，その立地政策を検討することが目的である． また，その際に必要となる地域内道路ネットワークの整備についても提案する．

2. 集積の経済について

(1) 集積経済分類

ある特定地点あるいは地域において経済活動の集積の度合が高まると，それに伴って経済的便益が発生する．これを「集積の経済」と呼ぶ．この集積の経済による便益は産業の立地選択に大きな影響を与えるとされており，大塚ら（2011）[3]では集積の経済は次の２つに分類されている．

A) 地域特化経済

同業種の企業が集積することによる経済的な便益である．地域特化経済は産業レベルにおいて規模の経済性として計測される．

B) 都市化経済

異業種間連企業が空間的に集積することによって個別企業の生産性が高まる経済的な便益である．都市化経済は都市・地域レベルにおいて規模の経済性として計測される．

(2) 既往研究

城所ら（2013）[4]は集積便益について，Graham（2005,2006）[5][6]をまとめている．Graham は集積便益の推定において，有効密度の概念が用いられている．有効密度は，重力モデルに類似した形で，周辺地域の従業者数を距離の減少関数でウェイトづけして足し合わせたものである．よって，i 区域の k 産業分野における有効密度は式(1)で表される．

$$d_i^k = \sum_{j,m} \frac{E_j}{\left(g_{i,j}^m\right)^{a^k}} \tag{1}$$

ここで，E_jは j 区域における従業者数の合計，$g_{i,j}^m$は交通機関 m を利用したときの ij 区域間の一般均衡化費用，a^kは k 産業分野にとっての減衰パラメータである．この有効密度を用いて，集積便益は式(2)のようになる．

$$\mathrm{WI1}_i^k = \left[\left(\frac{d_i^{A,k}}{d_i^{B,k}}\right)^{\rho^k} - 1\right] GDPW_i^{B,k} E_i^{B,k} \tag{2}$$

ここで，添え字Bは整備なし，添え字Aは整備ありを表し，$GDPW_i^{B,k}$と$E_i^{B,k}$はそれぞれ整備なしにおける i 区域 k 産業の一人あたり GDP と従業者数である．弾性推計値は，各産業で決定されている．有効密度の増加に伴う生産増加のすべてが集積便益としてカウントされる．

一方，大塚ら（2011）[3]は，集積の経済を生産における外部効果として捉え，具体的には式(3)の生産関数を提案している．

$$\mathrm{y} = \mathrm{g(E)}f(\mathrm{x}) + \mathrm{V} \tag{3}$$

大塚ら（2011）[3]は，各企業は完全競争に直面しており，規模に関して収穫一定の生産技術を有すると仮定し，ある地域における企業の生産関数は式(4)のようなコブ・ダグラス型生産関数で定式化できるとしている．

$$y_{ijm} = g\left(E_{ijm}\right) k_{ijm}^{\alpha} l_{ijm}^{1-\alpha} \tag{4}$$

k と l は，それぞれ地域 j における産業 i に属する企業 m の資本投入と労働投入である．生産関数のシフト項である g(E)は，企業にとって外部効果を表す関数であり式(5)のように表される．

$$\mathrm{g}\left(E_{ijm}\right) = e^{AT} Y_{ij}^{\gamma} D_j^{\delta} \tag{5}$$

Y_{ij}^{γ}は企業が属する産業全体の生産規模であり，地域特化経済の労働生産性水準に対する影響の指標である．また，都市化経済を表す指標として人口規模を可住地面積で除した可住地人口密度Dを考慮する．大塚らはこの生産関数を用いた実証モデルを想定して，中国地域における産業成長に対する産業集積の寄与について定量的に検証した．その結果，労働生産性に対する産業集積効果の影響は，製造業，非製造業ともに，異業種集積効果である都市化経済が同業種集積効果である地域特化経済を上回る傾向にあることが明らかとなった．以上のことから集積の経済の評価には都市化経済を定量的に評価することが重要と考えられる．そのため，本研究においては，対象地域を甲府都市圏と都市・地域レベルで規模の経済性を分析するものとし，都市化経済に着目する．

また，Graham（2005,2006）と大塚ら（2011）の双方はそれぞれ集積の経済の便益，生産関数を定式化してきた．そのどちらの定式化にも人口規模・密度の指標が含まれている．Rosenthal and Strange（2004）[7]によれば，人口規模・密度は地域経済における産業構造の多様性と比例するとされ，先行研究でも都市化の経済を表す指標として用いられてきた．本研究では，この人口規模・密度の指標をモデル内で考慮する．

3. 集積の経済を考慮した CGEUE モデルの概要

(1) 産業誘致評価モデル

産業誘致の評価には，メディカル・デバイス・コリドー構想が甲府都市圏内の様々な企業や家計にもたらす影響，それに伴う立地変化，ネットワーク整備による経済波及効果について検討する必要がある．そこで本研究では，メディカル・デバイス・コリドー構想の産業誘致を評価するにあたり，CGEUE モデル[2]を用いる．

CGEUE モデルは，応用都市経済（CUE）モデルを一般均衡化したモデルであり，一般均衡（CGE）モデルの要素が含まれる．それぞれの特徴である，CGE モデルの「産業連関表を用いることにより，経済波及効果を計測可能」な点と，CUE モデルの「立地の選択，誘発交通需要が考慮可能」な点の二つを併せ持っている．産業誘致を行うにあたっての，企業と家計の立地選択行動が明らかとなり，同時に経済波及効果を把握することが可能である．

(2) 応用一般均衡型都市経済（CGEUE）モデルの概要

CGEUE モデルは，ゾーン分割された都市圏を対象とする．経済主体は，家計，産業部門別の企業，政府，公的投資部門，民間投資部門を想定し，このうち，家計，政府，公的投資部門，民間投資部門は，最初にどのゾーンで消費するかという立地選択を行い，企業はどのゾーンで生産するかという立地選択を行う．市場は， CGE モデルのように対象都市圏全体で統一的な市場を想定するものと，CUE モデルのようにゾーンごとの市場を想定するものに分けている．具体的には，農林水産業，製造業系企業および労働，資本市場は，都市圏全体で統一的な市場が存在する．また，サービス系企業はこれらが基本的には供給されるゾーンに出かけなければ消費できないという特性を持っていることから，ゾーンごとに市場が成立するものとした．不動産サービスも，ゾーンごとに市場が成立するものとする．これは，不動産業の投入する資本を，土地や建物と捉え，それらは基本的に他のゾーンからの投入ができないため，不動産資本供給もゾーンごとに固定であり，その市場もゾーンごとに整理すると想定したためである．

貨物，旅客の両運輸サービスは，OD 別に市場が成立するとした．これにより，交通の持つ OD 別サービスという特性を踏まえたモデル化が行える．さらに，貨物，旅客とも交通機関を考慮し，その中の自動車交通に関しては交通量配分による経路選択まで考慮する．

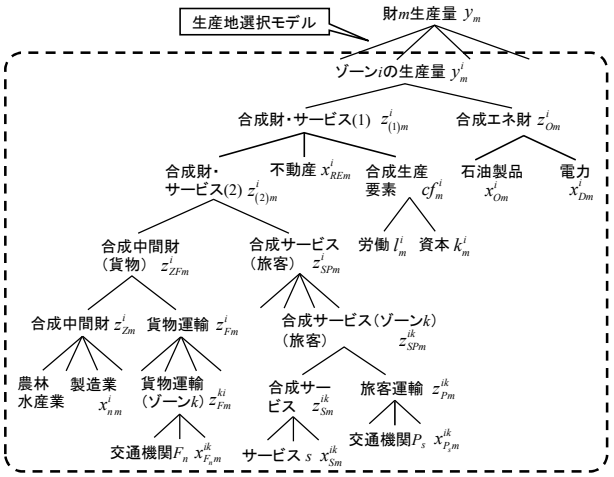


図-1 企業の生産行動モデル

また，都市化経済の指標である人口規模・密度を企業の合成生産要素投入で考慮することにより，合成要素価格の変化から波及的に都市化経済を評価することができる．

a) 企業の行動モデル

ここでは，m 財を生産する企業（m 企業）の中間財と生産要素を投入して財・サービスを生産する企業の生産行動モデルを示す．図-1 はその生産行動を表したものである．図-1 の破線部分がサービス系企業の行動モデルであり，その最上位に生産地選択を追加したものが農林水産業，製造業系企業の行動モデルとなる．すなわち，生産地選択モデル以外は，すべての企業で共通の行動モデルである．

次に，企業の生産行動モデルの定式化を示す．まず，都市圏に唯一の代表的企業として存在する農林水産業，製造業系企業がどのゾーンで，どれだけの生産を行うかを決める．各ゾーンでの生産量が決定すれば各ゾーンの労働投入量も決定され，その労働投入量が企業の立地量を表すことになる．これより，この生産地決定モデルが企業の集計的立地選択モデルを表すといえる．

生産地選択モデルは，ゾーンiにおける生産量を決定するモデルとして定式化され，標準的な CGE モデルと同様，生産技術制約下での費用最小化問題により定式化できる．ここでは，生産関数に Barro 型 CES 関数を用いることにすると，最適化問題は以下のようになる．

$$C_m = \min_{y_m^i} \sum_i p_m^i y_m^i \tag{6}$$

$$\text{s.t.}\quad y_m = \gamma_m \left[\sum_i \alpha_m^i \{\beta_m^i y_m^i\}^{\frac{\sigma_m - 1}{\sigma_m}} \right]^{\frac{\sigma_m}{\sigma_m - 1}} \tag{7}$$

ただし，C_m：企業mの生産費用，y_m^i，p_m^i：企業mのゾ

ーンiでの生産量とその価格，α_m^i，β_m^i：分配パラメータ（$\sum_m \alpha_m^i = 1$，$\sum_m \beta_m^i = 1$），γ_m：効率パラメータ，σ_m：代替弾力性パラメータ．これを解くと，企業mのゾーンiでの生産量y_m^iが以下の通り求められる．

$$y_m^i = \frac{1}{\gamma_m (\beta_m^i)^{1-\sigma_m}} \left(\frac{\alpha_m^i}{p_m^i} \right)^{\sigma_m} \Psi_m^{\frac{\sigma_m}{1-\sigma_m}} \cdot y_m \qquad (8)$$

ただし，$\Psi_m = \sum_i (\alpha_m^i)^{\sigma_m} \left(\frac{p_m^i}{\beta_m^i} \right)^{1-\sigma_m}$

式(8)を式(6)に代入すると生産費用C_mが得られる．なお，式(7)の生産関数は規模に関して収穫一定であることから，ゼロ利潤条件が成立する．そこで，利潤関数に生産費用C_mを代入し，ゼロ利潤条件を考慮すると，m財価格が以下のように導出される．

$$p_m = \frac{1}{\gamma_m} \Psi_m^{\frac{1}{1-\sigma_m}} \qquad (9)$$

ここで，式(9)の財価格にはゾーンを表す添字iが含まれていないことから，CGEUE モデルの農林水産業，製造系企業の財価格は，都市圏全体で唯一に決まるものとなる．つまり，製造業系企業を詳細に分析するため，製造業系の企業数を増加させたとしても，財の均衡価格を解くべき市場の数はその企業数しか増加しないことが分かる．

一方，サービス系企業は各ゾーンにて，そこに来た人にサービスを供給するものとする．すなわち，ここでのサービスは消費者が旅客運輸サービスを投入して，サービスの供給されるゾーンまで行き，消費するものとしている．そして，サービス系企業はそこに来た消費者の需要量に応じた供給を行うものとすれば，サービス系企業のゾーンiでの生産量も決定する．

以下に具体的な定式化を示す．まず，合成財・サービス(1)$z_{(1)m}^i$の投入量の決定モデルについて，最適化問題と，それを解いて得られる需要関数，さらに需要関数を目的関数に代入して求められるゾーンiでのm財価格を示す．

■ 最適化問題

$$p_m^i y_m^i = \min_{z_{(1)m}^i,\ z_{Om}^i} \left[q_{(1)m}^i z_{(1)m}^i + q_{Om}^i z_{Om}^i \right] \qquad (10)$$

$$\text{s.t.}\quad y_m^i = \gamma_m^i \left[\begin{array}{c} \alpha_{(1)m}^i \left\{ \beta_{(1)m}^i z_{(1)m}^i \right\}^{\frac{\sigma_m^i - 1}{\sigma_m^i}} + \\ (1-\alpha_{Om}^i) \left\{ (1-\beta_{Om}^i) z_{Om}^i \right\}^{\frac{\sigma_m^i - 1}{\sigma_m^i}} \end{array} \right]^{\frac{\sigma_m^i}{\sigma_m^i - 1}} \qquad (11)$$

■ 需要関数

$$z_{(1)m}^i = \frac{1}{\gamma_m^i (\beta_{(1)m}^i)^{1-\sigma_m^i}} \left(\frac{\alpha_{(1)m}^i}{q_{(1)m}^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_m^{i\ \frac{\sigma_m^i}{1-\sigma_m}} \cdot y_m^i \qquad (12)$$

$$z_{Om}^i = \frac{1}{\gamma_m^i (1-\beta_{(1)m}^i)^{1-\sigma_m^i}} \left(\frac{1-\alpha_{(1)m}^i}{q_{Om}^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_m^{i\ \frac{\sigma_m^i}{1-\sigma_m}} \cdot y_m^i \qquad (13)$$

ただし，

$$\Psi_m^i = \left(\alpha_{(1)m}^i \right)^{\sigma_m^i} \left(\frac{q_{(1)m}^i}{\beta_{(1)m}^i} \right)^{1-\sigma_m^i} + \left(1-\alpha_{(1)m}^i \right)^{\sigma_m^i} \left(\frac{q_{Om}^i}{1-\beta_{(1)m}^i} \right)^{1-\sigma_m^i}$$

■ 価格式

$$p_m^i = \frac{1}{\gamma_m^i} \Psi_m^{i\ \frac{1}{1-\sigma_m^i}} \qquad (14)$$

ただし，$z_{(1)m}^i, q_{(1)m}^i$：合成財・サービス(1)の投入量とその価格，z_{Om}^i, q_{Om}^i：合成エネ財投入量とその価格，$\alpha_{(1)m}^i, \beta_{(1)m}^i$：分配パラメータ，$\gamma_m^i$：効率パラメータ，$\sigma_m^i$：代替弾力性パラメータ．

次に，式(12)の合成財・サービス(1) $z_{(1)m}^i$からは，合成財・サービス(2) $z_{(2)m}^i$，不動産サービスx_{REm}^i，合成生産要素cf_m^iの投入量が決定される．その際，間接税が導入され，政策として税を導入する場合，この純間接税率が変更される．なお，補助金支給の場合はマイナスの間接税として導入する．$z_{(2)m}^i$，x_{REm}^i，cf_m^iの決定にかかわる最適化問題，需要関数，価格式は以下のとおりである．

■ 最適化問題

$$q_{(1)m}^i z_{(1)m}^i = \min_{z_{(2)m}^i,\ x_{REm}^i,\ cf_m^i} \left[\begin{array}{c} q_{(2)m}^i z_{(2)m}^i + p_{RE}^i x_{REm}^i \\ +(1+\tau_m) p f_m^i cf_m^i \end{array} \right] \qquad (15)$$

$$\text{s.t.}\quad z_{(1)m}^i = \gamma_{Zm}^i \left[\begin{array}{c} \alpha_{(2)m}^i \left\{ \beta_{(2)m}^i z_{(2)m}^i \right\}^{\frac{\sigma_{Zm}^i - 1}{\sigma_{Zm}^i}} \\ +\alpha_{REm}^i \left\{ \beta_{REm}^i x_{REm}^i \right\}^{\frac{\sigma_{Zm}^i - 1}{\sigma_{Zm}^i}} \\ +\alpha_{cfm}^i \left\{ \beta_{cfm}^i cf_m^i \right\}^{\frac{\sigma_{Zm}^i - 1}{\sigma_{Zm}^i}} \end{array} \right]^{\frac{\sigma_{Zm}^i}{\sigma_{Zm}^i - 1}} \qquad (16)$$

■ 需要関数

$$z_{(2)m}^i = \frac{1}{\gamma_{Zm}^i (\beta_{(2)m}^i)^{1-\sigma_{Zm}^i}} \left(\frac{\alpha_{(2)m}^i}{q_{(2)m}^i} \right)^{\sigma_{Zm}^i} \Psi_{Zm}^{i\ \frac{\sigma_{Zm}^i}{1-\sigma_{Zm}^i}} z_{(1)m}^i \qquad (17)$$

$$x_{REm}^i =$$

$$\frac{1}{\gamma_{Zm}^i\left(\beta_{REm}^i\right)^{1-\sigma_{Zm}^i}}\left(\frac{\alpha_{REm}^i}{p_{RE}^i}\right)^{\sigma_{Zm}^i}{\Psi_{Zm}^i}^{\frac{\sigma_{Zm}^i}{1-\sigma_{Zm}^i}}z_{(1)m}^i \quad (18)$$

$$cf_m^i =$$

$$\frac{1}{\gamma_{Zm}^i\left(\beta_{cfm}^i\right)^{1-\sigma_{Zm}^i}}\left(\frac{\alpha_{cfm}^i}{pf_m^i}\right)^{\sigma_{Zm}^i}{\Psi_{Zm}^i}^{\frac{\sigma_{Zm}^i}{1-\sigma_{Zm}^i}}z_{(1)m}^i \quad (19)$$

ただし，

$$\Psi_{Zm}^i = \left(\alpha_{(2)m}^i\right)^{\sigma_{Zm}^i}\left(\frac{q_m^i}{\beta_{(2)m}^i}\right)^{1-\sigma_{Zm}^i} + \left(\alpha_{REm}^i\right)^{\sigma_{Zm}^i}\left(\frac{p_{RE}^i}{\beta_{REm}^i}\right)^{1-\sigma_{Zm}^i} + \left(\alpha_{cfm}^i\right)^{\sigma_{Zm}^i}\left(\frac{\{1+\tau_m^i\}pf_m^i}{\beta_{cfm}^i}\right)^{1-\sigma_{Zm}^i}$$

■ 価格式

$$q_{(1)m}^i = \frac{1}{\gamma_{Zm}^i}{\Psi_{Zm}^i}^{\frac{1}{1-\sigma_{Zm}^i}} \quad (20)$$

ただし，$z_{(2)m}^i, q_{(2)m}^i$：合成財・サービス(2)の投入量とその価格，x_{REm}^i, p_{RE}^i：不動産サービス投入量とその価格，cf_m^i, pf_m^i：合成生産要素投入量とその価格，τ_m：純間接税率，$\alpha_{(2)m}^i, \alpha_{REm}^i, \alpha_{cfm}^i, \beta_{(2)m}^i, \beta_{REm}^i, \beta_{cfm}^i$：分配パラメータ，$\gamma_{Zm}^i$：効率パラメータ，$\sigma_{Zm}^i$：代替弾力性パラメータ．

次に式(19)の合成生産要素cf_m^iからは，労働投入量l_m^i，資本投入量k_m^iが決定される．その際，企業の生産行動は，労働および資本を投入してサービスを生産する．このとき，人口密度が多い地域において生産した場合，その労働および資本投入効率が向上する．なぜなら，企業間の距離が短いことにより，多くの企業と低コストで取引が可能となるためである．都市には新しいビジネスや魅力的なアイデアを持った人たちが参入し，こうした人たちは新しいビジネスを起こすために，さまざまな能力や技術をもった人と出会って，ビジネスを展開する．この点を踏まえると，多様なサービスや多様な労働者を必要とする都市では，Face to Face での取引が必要であり，人口密度が多い地域には相対的に多くの企業が存在していることから，容易に Face to Face の取引が可能になると言える．その結果，取引費用や移動費用が節約され，単位生産費用あたりの労働，資本投入量である生産性が向上することになる．

実際に，人口密度は労働生産性と高い相関があり，2006 年の都道府県データによると，相関係数は 0.69 で有意水準 5%と有意であることが大塚ら（2011）[3]により示されている．また，Ciccone and Hall （1996）[8]は，米国のデータに基づき労働生産性に対する雇用密度を 2 倍にすると労働生産性が 6%上昇する（弾性値は 0.06）ことを明らかにしている．

これを CGEUE モデルにおいて考慮する．人口規模を可住地面積で除した可住地人口密度D^iに産業別弾力性推計値ρを用いた$D^{i\rho}$が労働，資本の関数になっているとし，さらにそれらはゼロ次同次性が成立しているものとする．これにより，産業誘致によって弾力性推計値を考慮した人口密度が 2 倍になった場合，その地域の労働および資本の投入量は半分で済むということが考慮できる．ゼロ次同次性を仮定した合成生産要素関数は以下のように表される．

$$\begin{aligned} cf_m^i\left(\frac{1}{D^{i\rho}}, l_m^i, k_m^i\right) &= cf_m^i\left(\lambda\cdot\frac{1}{D^{i\rho}}, \lambda\cdot l_m^i, \lambda\cdot k_m^i\right) \\ &= cf_m^i\left(\frac{D^{i\rho}}{D^{iWO\rho}}\cdot\frac{1}{D^{i\rho}}, \frac{D^{i\rho}}{D^{iWO\rho}}\cdot l_m^i, \frac{D^{i\rho}}{D^{iWO\rho}}\cdot k_m^i\right) \\ &= cf_m^i\left(eff^m\cdot l_m^i, eff^m\cdot k_m^i\right) \end{aligned} \quad (21)$$

$$\lambda = \frac{D^{i\rho}}{D^{iWO\rho}} = \left(\frac{D^i}{D^{iWO}}\right)^\rho = eff^m \quad (22)$$

$$D^i = \frac{H^i}{A^i} \quad (23)$$

ただし，D^i：地域 i の人口規模・密度，ρ：弾力性推計値，l_m^i，k_m^i：ゾーン i の m 企業の労働投入量と資本投入量，H^i：地域 i の人口，A^i：地域 i の可住地面積，添え字 WO はベースケース（without）を示す．

■ 最適化問題

$$pf_m cf_m^i = \min_{l_m^i k_m^i}\left[wl_m^i + rk_m^i\right] \quad (24)$$

$$\text{s.t. } cf_m^i = \gamma_{CFm}^i\left[\begin{matrix}\alpha_{Lm}^i\left\{\beta_{Lm}^i eff^m\cdot l_m^i\right\}^{\frac{\sigma_{CFm}^i-1}{\sigma_{CFm}^i}} + \\ \left(1-\alpha_{Lm}^i\right)\left\{\begin{matrix}\left(1-\beta_{Lm}^i\right)\\ eff^m\cdot k_m^i\end{matrix}\right\}^{\frac{\sigma_{CFm}^i-1}{\sigma_{CFm}^i}}\end{matrix}\right]^{\frac{\sigma_{CFm}^i-1}{\sigma_{CFm}^i}} \quad (25)$$

■ 需要関数

$$l_m^i = \frac{1}{\gamma_{CFm}^i\left(\beta_{Lm}^i eff^m\right)^{1-\sigma_{CFm}^i}}\left(\frac{\alpha_{Lm}^i}{w}\right)^{\sigma_{CFm}^i}{\Psi_m^i}^{\frac{\sigma_{CFm}^i}{1-\sigma_{CFm}^i}}\cdot cf_m^i \quad (26)$$

$$k_m^i = \frac{1}{\gamma_{CFm}^i\left(\{1-\beta_{Lm}^i\}eff^m\right)^{1-\sigma_{CFm}^i}}\left(\frac{1-\alpha_{Lm}^i}{r}\right)^{\sigma_{CFm}^i}\Psi_m^{i\ \frac{\sigma_{CFm}^i}{1-\sigma_{CFm}^i}}\cdot cf_m^i \quad (27)$$

ただし，

$$\Psi_m^i = \left(\alpha_{Lm}^i\right)^{\sigma_{CFm}^i}\left(\frac{w}{\beta_{Lm}^i eff^m}\right)^{1-\sigma_{CFm}^i} + \left(1-\alpha_{Lm}^i\right)^{\sigma_{CFm}^i}\left(\frac{r}{\{1-\beta_{Lm}^i\}eff^m}\right)^{1-\sigma_{CFm}^i} \quad (28)$$

■ 価格式

$$pf_m^i = \frac{1}{\gamma_{CFm}^i}\Psi_m^{i\ \frac{1}{1-\sigma_{CFm}^i}} \quad (29)$$

ただし，l_m^i, k_m^i：ゾーンiのm企業の労働投入量と資本投入量，w, r：賃金率と利子率（これらは都市圏全体の市場にて清算される），$\alpha_{Lm}^i, \beta_{Lm}^i$：分配パラメータ，$\gamma_{CFm}^i$：効率パラメータ，$\sigma_{CFm}^i$：代替弾力性パラメータ，$pf_m^i$：合成要素価格.

この合成生産要素価格が，人口規模・密度によって決定されるeff^mの関数になっている．したがって本モデルは，人口規模・密度の影響がこの合成生産要素価格の変化から波及する構造になっていることがわかる．

続いて図の下位レベルにおける企業の行動モデルを定式化する必要があるが，ここで用いた CGEUE モデルは武藤ら [2]と同様のものであることから，それらの定式化を示すことは割愛したい.

b) 家計の行動モデル

一方，家計の行動モデルは，居住地選択モデルと消費行動モデルからなる．このうち，図-2 は居住地選択に係る行動をツリーで表したものであり，ゾーンiに勤務する代表的労働者家計が，得た所得をどのゾーンでの消費に充てるかを決定することが居住地選択であるとした．その定式化は，家計の効用関数を Barro 型 CES 関数により特定化し，一定の効用水準に保つことを制約条件とした支出最小化問題により定式化される．なお，効用水準は，勤務地iでの企業の支払う雇用所得額から決定される．家計の立地選択とは，その効用水準をどの地域で享受するかの地域選択を行う行動であるとも解釈できる．家計の消費行動モデルは，図-1 の企業の生産行動モデルの破線部分と，合成生産要素の投入モデルが余暇消費に置き換わることを除けば同じである.

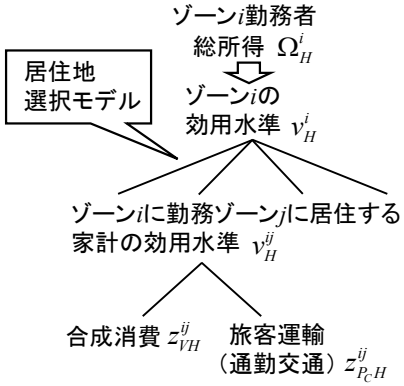


図-2 家計の立地選択行動モデル

c) 運輸企業および不動産業の行動モデル

さらに，運輸企業および不動産業の行動モデルにおいても，一般の企業の生産行動モデルとほぼ同じである．ただし，運輸企業の生産技術は，交通所要時間変化の影響を受けるものとした．すなわち，道路整備等によって交通所要時間が改善されれば，運輸企業の生産性は向上する．その結果，運輸企業の生産費用が低減し，運輸価格が低下する．それが市場を介して波及し，各企業の生産行動，家計の消費行動の改善につながる.

d) 市場均衡条件

CGEUE モデルの市場均衡条件は，n財市場（農林水産業財，製造業財），n財市場（サービス財），運輸市場，労働市場，資本市場（不動産資本を除く），不動産資本市場である．これらは前項で説明した通り，都市圏全体で統一的な市場とするもの，ゾーンごとの市場とするもの，OD 別の市場とするものとなっている．各市場は前項の経済主体の行動から求められる需要と供給が一致する条件として表される.

e) 便益の定義

道路整備等がもたらす運輸企業の生産性向上は，最終的には市場を通じた波及的効果によって，家計の効用水準を上昇させる．その効用水準がここでいう社会厚生である．そして，その社会厚生の変化を，等価的偏差（EV：Equivalent Variation）の概念により貨幣換算し便益を計測する．すなわち，便益ev^{ij}は以下のように求められる.

$$ev^{ij} = p_V^{ij\,A}\left(u_H^{ij\,B} - u_H^{ij\,A}\right) \quad (30)$$

ただし，添字A, B：それぞれ整備なし，ありを表す.

さらに，ev^{ij}を勤務地iで合計すると，ゾーンの地域帰着便益が得られる.

$$EV^j = \sum_i ev^{ij} \quad (31)$$

f) パラメータ推定

本モデルのパラメータは SCGE モデル等で使用される Barro型CES関数にならい，$\alpha, \beta, \gamma, \sigma$を設定する．なお，

生産関数，効用関数などは武藤ら[9]を参照されたい．これらのパラメータのうちはα,β,γキャリブレーション手法により算出しており，現況データを再現するように設定される．実際に現況再現されることも確認されている．また，代替弾力性を表すσは以下の式で表される．

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{\dfrac{\alpha^{\sigma}\left(\frac{p_1}{\beta}\right)^{1-\sigma}}{\alpha^{\sigma}\left(\frac{p_1}{\beta}\right)^{1-\sigma} + (1-\alpha)^{\sigma}\left(\frac{p_2}{1-\beta}\right)^{1-\sigma}} - 1} \tag{32}$$

ただし，ε：価格弾力性，p_1, p_2：財価格．

4. 産業誘致対象産業

(1) メディカル・デバイス・コリドー構想

本研究では，産業誘致対象産業として，山梨県総合計画の政策の一つである，「メディカル・デバイス・コリドー構想」を想定する．

山梨県は機械電子産業をはじめ，ものづくり等の優れた技術の蓄積を生かしながら，今後の成長が期待されている医療や健康に関連した産業等の育成を図ることとしている．更に，中部横断自動車道やリニア中央新幹線の開通により，国内外との時間的距離の劇的短縮，飛躍的なアクセス向上が期待されている． これらを踏まえ，本政策は，本県の機械電子産業における優れた技術を医療機器関連分野に活用し，山梨県内の医療レベルを向上させる狙いがある．また，メディカル・デバイス・コリドー構想の実現に向けて，医療機器関連産業の企業数の目標値が明確に示されている．メディカル・デバイス・コリドー構想の工程表と誘致企業数の数値目標を表-1 に示す．これより，医療機器関連産業への参入企業数を平成 30 年度の 61 社を令和 4 年度には 100 社にするとされていた．

表-1　メディカル・デバイス・コリドー構想

	工程表（年度別事業計画）				
具体的な事業	H30	R1	R2	R3	R4
メディカル・デバイス・コリドー構想		策定			
中小企業等の医療機器関連分野への参入促進			支援		
	目標企業数				
	H30	R1	R2	R3	R4
立地企業数	61社				100社

(2) 本研究の対象地域

本研究では，図-3 の山梨県 7 市 2 町（甲府市，甲斐市，中央市，笛吹市，山梨市，韮崎市，南アルプス市，昭和町，市川三郷町）から構成される甲府都市圏を対象とする．これらの市町は甲府盆地内に位置し，経済的に密接な関係があるとともに，各地域間の交通量も比較的多いためである．

(3) 山梨県の人口減少

山梨県の将来人口は，国立社会保障・人口問題研究所[10]の推計を用いた．この推計では，2010 年の山梨県の人口（平成 22 年国勢調査人口等集計[11]）をデータセットに用いて 2040 年までの将来人口推計を行う．

図-4 に結果を示す．山梨県の人口は国勢調査の 2010 年

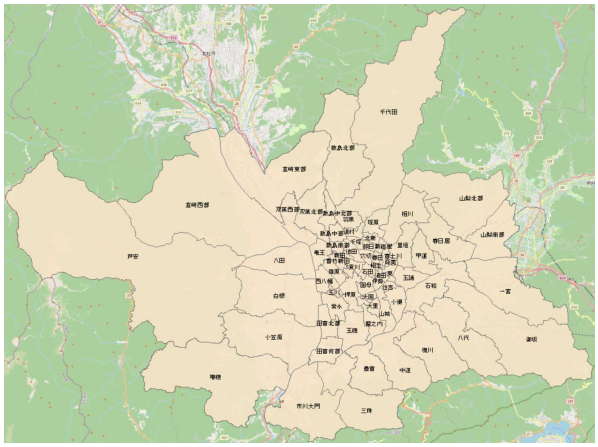


図-3　甲府都市圏（黄色着色部）

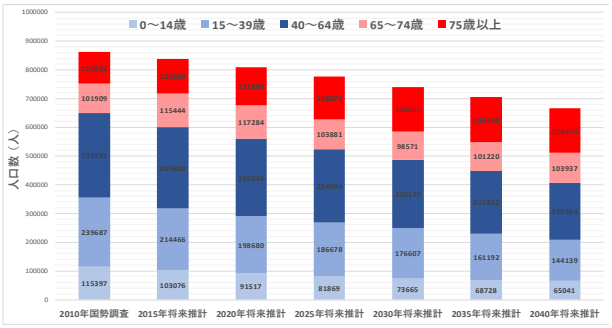


図-4　山梨県の将来人口推計結果

の集計が最大であり，以降 2040 年まで人口は減少し続ける．グラフは青から赤に近づくにつれて世代年齢が高くなることを表しており，2040 年では 2015 年と比較して人口が約 15%減少しているが，赤の 75 歳以上の人口割合は約 28%も増加している．このことから山梨県全体において，高齢化の進行に伴い，医療需要率の変動が予想される．

(4) 医療需要率の推計

将来人口推計結果を用いて，医療需要率の推計を行った．推計には日本医師会総合政策研究機構[12]の医療需要推計手法を用いる．医療需要量導出式を式(33)に示す．

$$x_{medical} = 0.6N^{\sim 14old} + 0.4N^{15\sim 39old} + 1.0N^{40\sim 64old} + 2.3N^{65\sim 74old} + 3.9N^{75old\sim} \tag{33}$$

ただし，$x_{medical}$：医療需要量　N：対象地域の人口．推計は費用ベースで行い，40~64 歳の医療費平均を基準

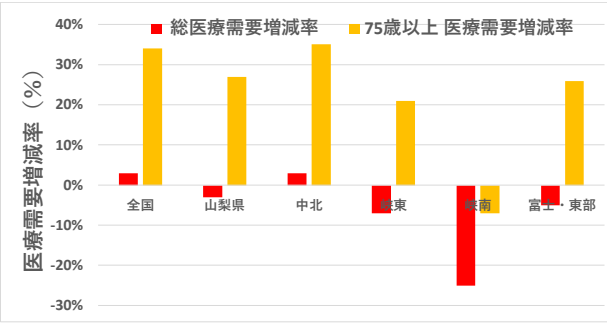


図-5　山梨県の 2015 年から 2040 年の医療需要率変化

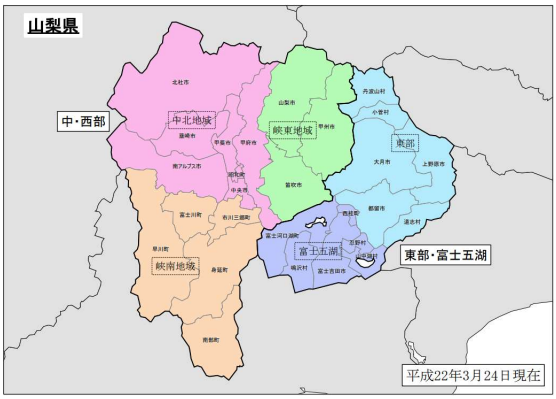


図-6　山梨県 4 地域区分 [8]

に各年代においてパラメータで重みをつけた．それぞれの年代別人口に医療費係数を乗じ，合計することで地域別に医療需要量を算出した．

山梨県における 2015 年から 2040 年の医療需要率変化を図-5 に示す．結果は全国，山梨県，山梨県を 4 地域に区分したケース（図-6）の中北，峡東，峡南，富士・東部で示しており，今回対象とする甲府都市圏は中北地域に含まれている．その結果は全国平均の需要変化の傾向に類似している．総医療需要増減率は 2015 年から 2040 年において３%増加しており，中北地域では若者の人口流出が多いものの，75 歳以上の人口の割合が大きくなるため総合的に医療需要は増加するのであろう．そのほかの 3 地域では，その土地の居住人口の特徴が表されている．峡東，峡南，富士・東部においては，総人口が少ないため，総医療需要率は 2040 年には減少している．特に峡南では，75 歳以上人口も大きな割合で減少するため，75 歳以上の医療需要増減率は減少する．

表-2　CGEUE モデル適用ケース

	条件
WO	新山梨環状道路を加えた甲府市都市圏ネットワークにおいて 2040 年の医療需要，医療機器需要を再現
W1	対象ゾーンで産業誘致
W2	対象ゾーンで産業誘致＋ネットワーク整備

5.　産業誘致とネットワーク整備の評価

(1)　産業致条件の設定

a)　産業誘致表現方法

CGEUE モデル適用ケースを表-2 に示す．新山梨環状道路を加えた甲府市都市圏ネットワークにおいて 2040 年の医療需要，医療機器需要を再現したものを整備なし（WO）として，W1・W2 は産業誘致およびネットワーク整備のケースである．まず，WO では医療需要が増加し，産業連関構造を介して医療機器需要も増加する．その上で，メディカル・デバイス・コリドー構想の実現によって技術革新が生じ，デバイス部門と医療機械器具製造業（ここでは，業務用 機械製造業を想定）との連携が強化されるものとする.そしてその結果，医療機械器具製造業の生産性が向上するものと想定した．

さらに，デバイス産業を新たに誘致することにより，その効果をより高められるかを検討する．具体的には，都市計画税を対象産業に対して免除するように設定した．都市計画税は土地区画整理事業に要する費用に充てるために設けられている税のことであり，これを免除することで対象産業の不動産投入量を上昇させることが狙いである．CGEUE モデル上では，都市計画税は純間接税τ_mとして表されており， 不動産サービス投入量x_{REm}^iに影響する．純間接税τ_mが減少すると式(18)の不動産サービス投入量x_{REm}^iの要素である不動産サービス価格p_{RE}^iが小さくなる．その結果，不動産サービス投入量x_{REm}^iは増加することから，これを企業誘致とみなすことにした．

b)　産業誘致対象ゾーン

産業誘致の対象ゾーンを図-7 に示す．対象ゾーンは合

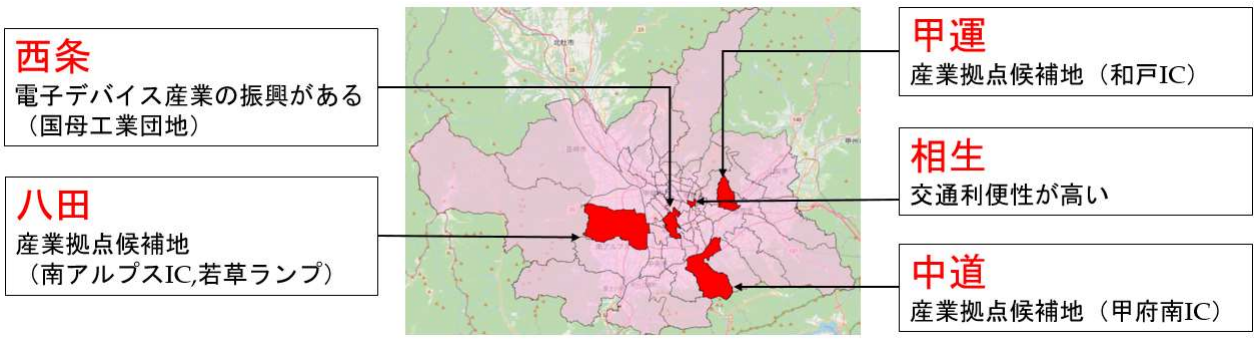


図-7　産業誘致対象ゾーン



図-8　産業拠点候補地 [14)]

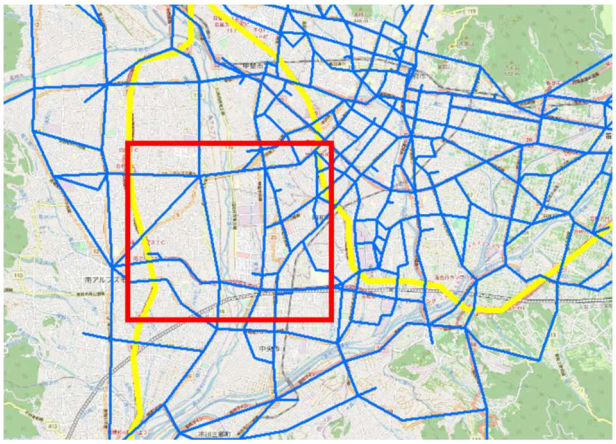


図-9　甲府都市圏ネットワーク

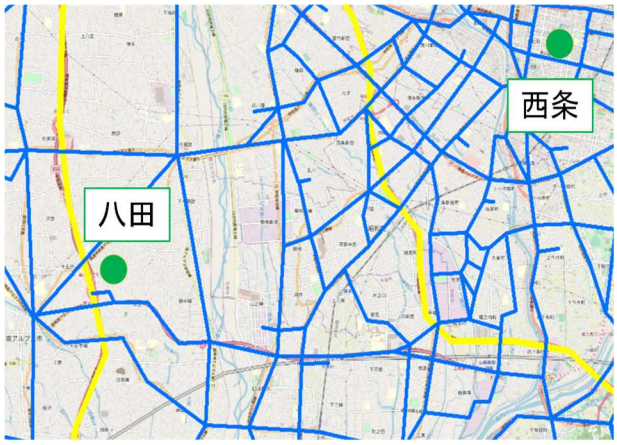


図-10　整備なしネットワーク



図-11　整備ありネットワーク

計で 5 つ選定しており，電子デバイス産業が現状で集積している「西条」，交通利便性が高い「相生」，甲府市圏のマスタープラン [14)]で示されている産業拠点候補地の「甲運」，「八田」，「中道」である．

甲府都市圏の中央に位置する西条には国母工業団地が立地しており，現状で電子デバイス産業の集積が最も高い．また，対象政策における既存産業周辺地域であることから産業誘致対象ゾーンとして選出した．

甲府都市圏のマスタープランでは新山梨環状道路などの交通プロジェクトの進行とともに，新たに産業集積地となるような地点を模索しており，候補地として示されている．山梨県の産業拠点と産業拠点候補地を図-8 に示す．候補地はそれぞれ甲府南 IC，和戸 IC，若草ランプと物流の拠点になりえる地点であり，それぞれの候補地が位置するのは中道，甲運，八田である．

(2)　ネットワーク整備検討

ここでは，産業誘致施策に加え，道路ネットワーク整備も検討することにした．図-9 はネットワーク整備なしの甲府都市圏のネットワークを示している．黄色のネットワークは有料道路（左側：中部横断自動車道），青色のネットワークが一般自動車道になる．本研究においては，赤枠部においてネットワーク整備を行った．山梨県では，2021 年 8 月に中部横断自動車道の静岡－甲府間が開通し，甲府都市圏西部への自動車流入が増加すると考えられている．これらの交通が，産業誘致を想定する地区へ移動することを想定すると，甲府都市圏西部から東部あるいは中心部への新たなネットワーク整備が効果をもたらすのではないかと考えた．今回対象とするエリアでは，以前から通勤時間帯は周辺道路で慢性的な渋滞が発生している．その要因として，南アルプス IC 右手側を流れる釜無川に架かる開国橋や浅原橋の周辺には，ほかに大きな橋がないことが挙げられる．そのため，新たに橋を架けることで，物流の効率化だけではなく渋滞の緩和を試みた．また，ネットワーク整備付近には産業誘致対象ゾーンである「八田」，「西条」があるため，産業誘致と同時にネットワーク整備を行うことで更なる便益効果が予測される． 整備なしネットワークを図-10 に，整備ありネットワークを図-11 に示す．

(3)　結果

集積の経済を考慮した CGEUE モデルを用いて産業誘致を表-2 のケース別で評価を行う．結果については，後日発表にて報告する予定である．

6. おわりに

本研究では，異業種間連企業が集積することによる経済的な便益である都市化経済に着目し，集積の経済を考慮した CGEUE モデルを新たに構築した．都市化経済を評価する指標として用いられてきた人口規模・密度を，企業の生産要素投入において考慮することにより波及的に集積の経済を評価可能とした．また，構築したモデルを用い，今回抽出した産業誘致場所の候補地を評価する予定である．加えて，新規ネットワーク整備についても産業誘致の観点から評価を行っていく．

REFERENCES

1) 山梨県：山梨県総合計画 https://www.pref.yamanashi.jp/seisaku/sougoukeikaku_nagasaki.html
2) 武藤 慎一・宮下 光宏・右近 崇・水谷 洋輔・猪狩 祥平： 都市交通整備評価のための一般均衡型 CUE モデルの開発，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.73, No.5,2017
3) 大塚章弘・森岡隆司・黒瀬誠：地域経済における産業集積効果の実証分析-中国地域を対象として-，地域経済研究第 22 号,2011
4) 城所幸弘：集積の経済を考慮した都市，交通分析-政策分析の応用-，日交研シリーズ A-583]
5) Graham, D：wider Economic Benefit if Transport Improvements Link between Agglomeration and Productivity, stage 1 Report , Department for Transport, 2005
6) Graham, D：wider Economic Benefit if Transport Improvements Link between Agglomeration and Productivity, stage 2 Report , Department for Transport, 2006
7) Rosenthal, S. and Strange, W.2： Evidence on the nature and agglomeration economies，Henderson, J.V. and Thisse, J.F.(eds) Handbook of regional and urban economics, volume 4. Elsevier, Amsterdam, 2004
8) cicccone, A. and Hall R.: Productivity and the density of economic activity, American Economic Review, 86(1),54-70,1996
9) 武藤慎一，河野達仁，福田敦：交通政策の空間的応用一般均衡分析－インフラ・料金・環境政策評価－，勁草書房，2022
10) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口 https://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyosn18/t-page.asp
11) 総務省統計局：平成 22 年国勢調査人口等基本集計 https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/
12) 日本医師会総合政策研究機構：19.山梨県 https://www.jmari.med.or.jp/download/wp323_data/19.pdf
13) 気象庁：気象警報・注意報や天気予報の発表区域，https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/saibun/
14) 山梨県：甲府盆地 7 都市計画区域マスタープラン，https://www.pref.yamanashi.jp/toshikei/documents/kouhukuikimasu_2.pdf
15) 中村英夫：新体系土木工学 50 国土調査-地域の調査と分析-，技報堂出版，1984
16) 山崎福寿，中川雅之：経済学で考える人口減少時代の住宅土地問題，東洋経済新放社，2020

(Received October 13)