

リニア山梨県駅における アクセス交通整備の経済効果計測

小野 裕士¹・白石 和也²・渡邊 寛人³・武藤 慎一⁴・佐々木 邦明⁵

¹ 学生員 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:t15ce017@yamanashi.ac.jp

² 学生員 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:t15ce027@yamanashi.ac.jp

³ 学生員 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:t15ce057@yamanashi.ac.jp

⁴ 正会員 山梨大学准教授 大学院総合研究部工学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)
E-mail:smutoh@yamanashi.ac.jp

⁵ 正会員 山梨大学教授 大学院総合研究部工学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)
E-mail:sasaki@yamanashi.ac.jp

山梨県にはリニア中央新幹線の山梨県(仮称)駅が建設される予定であるが、現 JR 甲府駅とは約 7km 離れており、現在は直通の路線バスもないような状況にある。これに対し県ではアクセス交通整備を検討しているが、バス交通が中心であり新交通システムや LRT など、他の交通機関を含む幅広い検討が必要であった。また、地域住民の利用の考慮も不十分であった。そこで本研究では、応用一般均衡型都市経済モデル (CGEUE) を利用しリニア山梨県駅におけるアクセス交通に対し、考えられ得る交通機関、ルートを想定して地域ごとの経済効果を計測した。その結果、リニア利用者の経済効果に加え、地域住民の利用による経済効果にも配慮した効果的な整備案を提示することができた。

Key Words : *Linear Chuo Shinkansen, CGEUE model, urban transportation*

1. はじめに

首都圏—中京圏—近畿圏を結ぶリニア中央新幹線(以下、リニアとする)の整備が計画されており、このうち、首都圏—中京圏間は2027年の先行開業を目指して建設が始まっており、先行開業区間には、発着駅を含めて6つの駅が建設される予定である。これらの駅が建設される6都県では、リニアを機とした都県全体の整備計画が立てられ、人口や観光客の増加、地元経済の振興を目指している。

特に、リニアの中間駅が既存のJR線駅から離れた位置に建設される山梨県・長野県では、中間駅と既存のJR線駅とのアクセス交通整備が大きな課題となっており、リニアの効果を如何に県全体に波及させるかが焦点になっている。そこで両県では中間駅と既存のJR線駅を結ぶ都市内交通の整備を計画し、次世代型の公共交通の導入を含めた検討を行っている。

先に挙げた2県の内、山梨県には現在、両駅を直接結ぶ公共交通は存在していない。速達性の向上はもちろんのこと、公共交通に求められる定時性・信頼性の確保も重要視され、県は平成25年にリニア活用基本構想を策定した。その中で県は、国道358号線沿いを流れる荒川の堤防を利用したBRTを検討している。これに対しわれわれは、新規整備だけでなく、既存の交通基盤の利用や周辺住民の生活の足としての利用を考慮しつつ、新技術を踏まえた整備案を検討するべきであると考え。また、上記の検討を行うにあたって、詳細地域における交通ネットワークによる需要予測と経済効果の計測を並行して行うべきであるとも考える。

以上のことを踏まえると、リニア開業に際する都市内交通の整備では、1) 都市内交通整備に伴う交通状況の変化の整理、2) ルート・交通機関別に検討した整備案の提示、3) 実際に整備を行った際に地域が享受する便益の計測と可視化、を示すことが必要と考える。そこで本研究

では、交通ネットワーク分析と応用一般均衡型都市経済（CGEUE：Computable General Equilibrium & Urban Economic）モデルを使用し、一般均衡体系において以上の3点を評価することを目的とする。

2. リニア駅アクセス交通検討状況と分析モデル

山梨県では、リニア開業を見据え、リニア活用基本構想の策定とリニア環境未来都市整備方針を提示し、リニアの開業効果を最大限に発揮するため、リニア山梨県（仮称）駅（以下、「山梨県駅」と呼ぶ）と現JR甲府駅間の定時性や速達性、利便性、快適性を確保するアクセス交通整備を検討している。また、2018年の山梨県バス交通ネットワーク再生計画の中で、リニアのアクセス交通に関する検討がなされている。そこでは、図-1に示す4ルート候補とした検討がなされた。しかし、これらの検討はバス交通ネットワーク再生計画の中のものであり、明記はされていないがバス交通（BRT：Bus Rapid Transit）を前提としたものと思われる。あるいは、山梨県では既にBRTによるアクセス整備に絞り込んでいる可能性もある。しかし、本研究は広く可能性を検討するという意味で、BRT以外にもモノレール等の新交通システム、LRTも選択肢に加え検討する。

まず、モノレールやLRTなどの鉄軌道系交通は、定時性や速達性、利便性、快適性に優れているとされる。しかし、初期建設費用や運営費用の負担が大きい。なお、LRTに関しては、モノレールほどは初期建設費用や運営費用を必要としないが、速達性や快適性は劣るとされている。BRTは、鉄軌道系交通と比較すると速達性や快適性は劣るが、初期建設費用を低く抑えられる点に優位性があるため、山梨県でも積極的な検討がなされているものと思われる。

しかし、モノレールやLRTも決して可能性がないわけではない。例えば、山梨県も紹介しているが、モノレールの自動運転や燃料電池LRTなどの新技術が開発されれば、費用を下げられる可能性がある。自動運転技術が進めば運転手等の人件費が節約でき、運営費が削減できる。また、燃料電池式電車は鉄道総合技術研究所にて実験走行がなされており、そのLRTへの転用も十分に可能であるとされている。実際にドイツなどでは、試験的にではあるが運行中のところもある。燃料電池LRTが実現すれば、架線が必要なくなる。これは、初期建設費用を抑えられるとともに、景観の面からも望ましいと考えられる。本研究では、仮想的な想定にはなるが、このような新技術が実現した場合も考え、各交通機関の整備効果および整備費用を推計し、導入の妥当性の検討を行う。

山梨県のバス交通ネットワーク再生計画の中では、アクセス交通を地域住民の利用も念頭において検討すると



図-1 山梨県でのアクセス交通検討案

されている。しかし、そこでは住民の利用を踏まえたルート選定等の検討まではなされていない。そこで本研究では、居住人口あるいは従業員が多く、彼らが通勤や私事目的、業務等の日常交通として利用すると期待されるゾーンを通過するルートについても整備効果の計測を行う。しかし、その場合にはリニア利用者にとっては、所要時間が増大する可能性がある。地域住民の利用効果が発現したとしても、リニア利用者が過度な損失を被っては意味がない。そのため、リニア利用者にとって所要時間の増大がどの程度の便益を失わせるのかも計測する。その上で、地域住民が享受する便益とリニア利用者が享受する便益とのバランスをとるルートについても明らかにする。

3. CGEUEモデルの概要

CGEUEモデルは、武藤らが一般均衡型CUEモデルとして開発したモデルのことであるため詳細は武藤らを参照していただくことにし、ここではリニア山梨県駅からのアクセス交通整備に関連する箇所に関して、焦点を絞って説明したい。

(1) CGEUEモデルの前提条件

CGEUEモデルは、複数のゾーンに分割された都市圏を対象とし、各ゾーンには代表家計とサービス系財を生産する企業、貨物運輸企業、旅客運輸企業、不動産サービス企業が存在し、都市圏全体には農林水産業財、製造業財を生産する代表的企業、代表的政府、代表的公的投資部門、代表的民間投資部門が存在する。

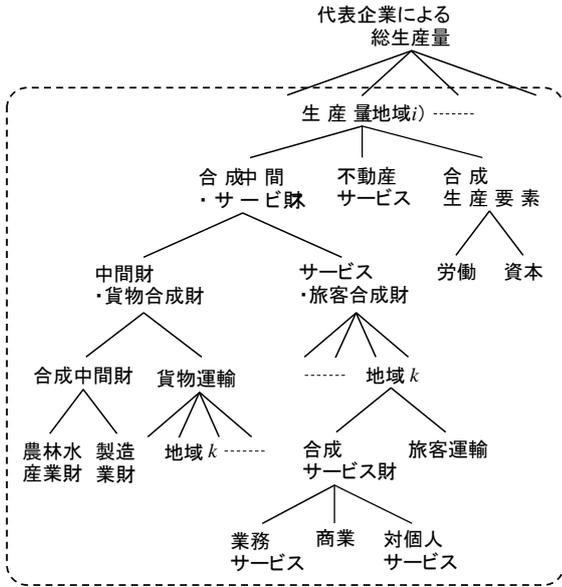


図-2 企業行動モデルのツリー構造

(2) 企業の行動モデル

まず、農林水産業財、製造業財を生産する代表的企業およびサービス系財を生産する企業の行動モデルを説明する。そのツリー構造は図-2 に示すとおりであるが、この全体は農林水産業財と製造業財を生産する企業の行動モデルを表し、破線で囲まれた箇所がサービス系財生産企業を表している。すなわち、サービス系財生産企業は各ゾーンに存在し、そこでサービス系財を生産していることを意味し、一方、農林水産業財と製造業財を生産する企業は都市圏全体での代表的企業を想定していることから、地域別生産量を決定するモデル化が必要であったことを意味している。

農林水産業財と製造業財を生産する企業に関する地域別生産量を決定するモデルは、以下のような生産技術制約下での費用最小化問題により定式化する。なお、農林水産業財と製造業財および後に示すサービス系財を m と表すことにする。

$$p_m y_m = \min_{y_m^i} \sum_i p_m^i y_m^i \quad (1a)$$

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

ただし、 y_m, p_m : 地域全体での財 m 生産量と m 財価格、
 y_m^i, p_m^i : ゾーン i での財 m 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。

ラグランジュ未定乗数法により式(1)を解くと、以下のゾーン別生産量が求められる。

$$y_m^i = \frac{1}{\gamma_m (\beta_m^i)^{1-\sigma_m}} \left(\frac{\alpha_m^i}{p_m^i} \right)^{\sigma_m} \Psi_m^{\frac{\sigma_m}{1-\sigma_m}} \cdot y_m \quad (2)$$

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

式(2)を式(1a)に代入すると、 m 財価格が求められる。

$$p_m = \frac{1}{\gamma_m} \Psi_m^{\frac{1}{1-\sigma_m}} \quad (3)$$

この m 財価格を基に中間需要量および最終需要量が決定され、その総需要量に対して市場均衡条件を通じて需給が均衡するように生産量が決定される。それが y_m であり、これより式(2)から各地域別生産量が求められる。

一方、サービス系財生産企業は各ゾーンに存在しそこでそれぞれサービス系財を生産している。そのため、中間需要者および最終需要者は当該ゾーンまで移動してサービス系財を需要することになる。これは、業務系サービス、商業、対個人サービスは、原則的にはそのサービス系財が生産されるゾーンに出掛けなければ消費できないものであるため、農林水産業財と製造業財とは分けて定式化を行ったものである。以上のことから、サービス系財については、ゾーンごとに市場が成立することになり、市場均衡条件を通じて地域別生産量が決定されることになる。

これより、農林水産業財と製造業財を生産企業とサービス系財生産企業では決定方法に違いがあるものの、地域別生産量が導出されたことになる。この地域別生産量に対し、いずれの企業も図-2 のツリー構造に基づき、合成中間・サービス財、不動産サービス、合成生産要素の投入量を決定する。その費用最小化問題は以下のとおりである。

$$p_m^i y_m^i = \min_{z_m^i, x_{REm}^i, cf_m^i} \left[q_m^i z_m^i + p_{RE}^i x_{REm}^i + (1 + \tau_m^i) p_{cfm}^i cf_m^i \right] \quad (4a)$$

$$\text{s.t. } y_m^i = \gamma_m^i \left[\alpha_{Zm}^i \left\{ \beta_{Zm}^i z_m^i \right\}^{\frac{\sigma_m-1}{\sigma_m}} + \alpha_{REm}^i \left\{ \beta_{REm}^i x_{REm}^i \right\}^{\frac{\sigma_m-1}{\sigma_m}} + \alpha_{cfm}^i \left\{ \beta_{cfm}^i cf_m^i \right\}^{\frac{\sigma_m-1}{\sigma_m}} \right]^{\frac{\sigma_m}{\sigma_m-1}} \quad (4b)$$

ただし、 z_m^i, q_m^i : 合成中間・サービス財投入量とその価格、
 x_{REm}^i, p_{RE}^i : 不動産サービス投入量と不動産価格、
 cf_m^i, p_{cfm}^i : 合成生産要素投入量とその価格、 τ_m^i : 純間接税率 (間接税率 - 補助率)、
 $\alpha_{Zm}^i, \alpha_{REm}^i, \alpha_{cfm}^i, \beta_{Zm}^i, \beta_{REm}^i, \beta_{cfm}^i$: 分配パラメータ
 ($\alpha_{Zm}^i + \alpha_{REm}^i + \alpha_{cfm}^i = 1, \beta_{Zm}^i + \beta_{REm}^i + \beta_{cfm}^i = 1$)、

γ_m^i : 効率パラメータ, σ_m^i : 代替弾力性パラメータ.

式(4)を解くと, 以下の需要関数が求められる.

$$z_m^i = \frac{1}{\gamma_m^i (\beta_{Zm}^i)^{1-\sigma_m^i}} \left(\frac{\alpha_{Zm}^i}{q_m^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_m^i \frac{\sigma_m^i}{1-\sigma_m^i} y_m^i \quad (5a)$$

$$x_{REm}^i = \frac{1}{\gamma_m^i (\beta_{REm}^i)^{1-\sigma_m^i}} \left(\frac{\alpha_{REm}^i}{p_{RE}^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_m^i \frac{\sigma_m^i}{1-\sigma_m^i} y_m^i \quad (5b)$$

$$cf_m^i = \frac{1}{\gamma_m^i (\beta_{cfm}^i)^{1-\sigma_m^i}} \left(\frac{\alpha_{cfm}^i}{p_{cfm}^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_m^i \frac{\sigma_m^i}{1-\sigma_m^i} y_m^i \quad (5c)$$

ただし,

$$\Psi_m^i = \left(\alpha_{Zm}^i \right)^{\sigma_m^i} \left(\frac{q_m^i}{\beta_{Zm}^i} \right)^{1-\sigma_m^i} + \left(\alpha_{REm}^i \right)^{\sigma_m^i} \left(\frac{p_{RE}^i}{\beta_{REm}^i} \right)^{1-\sigma_m^i} + \left(\alpha_{cfm}^i \right)^{\sigma_m^i} \left(\frac{\{1+\tau_m^i\} p_{cfm}^i}{\beta_{cfm}^i} \right)^{1-\sigma_m^i}$$

式(5)を式(4a)に代入すると, m 財のゾーン*i*別価格が求められる.

$$p_m^i = \frac{1}{\gamma_m^i} \Psi_m^i \frac{1}{1-\sigma_m^i} \quad (6)$$

これ以降の定式化については, 既存のCGEUEモデル, あるいは標準的なCGE, SCGEモデル等と同じであることから, それらの定式化を示すことは割愛したい. ただし, 合成生産要素に対しては, 労働, 資本の各投入量が決定される. そして, その結果から得られる各ゾーンにおけるすべての企業の労働投入量を合計したゾーン別総労働投入量に対し, 家計はその企業で労働するかをまず決定し, 労働するならば通勤時間等を考慮してどのゾーンに居住するかという立地選択を行うものとする.

(3) 家計の行動モデル

a) 立地選択行動モデル

ここでは, ゾーン*i*に勤務する家計が居住地としてゾーン*j*を選択する立地選択行動モデルを示す. その行動モデルは, 図-3のようなツリー構造により表現される.

この立地選択行動は財消費行動と同じように, 家計が居住地*j*でどれだけ効用を得るのかを決定する問題としてモデル化する. それは以下のように表される.

$$e_H^i = \min_{u_H^i} \left[\sum_j p_V^{ij} u_H^{ij} \right] \quad (7a)$$

$$\text{s.t. } u_H^i = \gamma_{LH}^i \left[\sum_j \alpha_{LH}^{ij} \left\{ \beta_{LH}^{ij} u_H^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{LH}^i-1}{\sigma_{LH}^i}} \right]^{\frac{\sigma_{LH}^i}{\sigma_{LH}^i-1}} \quad (7b)$$

ただし, u_H^{ij} : ゾーン*j*に居住しゾーン*i*に勤務する家計

が獲得する効用水準, p_V^{ij} : 効用水準の価格 (式(15)よ

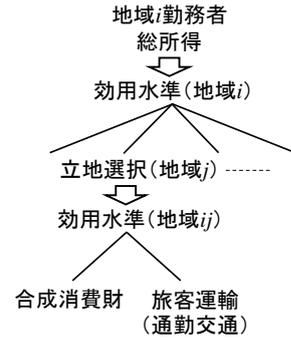


図-3 家計の立地選択行動モデルのツリー構造

り決定される), $\alpha_{LH}^{ij}, \beta_{LH}^{ij}$: 分配パラメータ ($\sum_j \alpha_{LH}^{ij} = 1, \sum_j \beta_{LH}^{ij} = 1$), γ_{LH}^i : 効率パラメータ, σ_{LH}^i : 代替弾力性パラメータ.

式(7)は, ゾーン*i*に勤務する家計の総効用 u_H^i を基に, 彼らが居住地*j*を選択し, そこでどれだけ効用を得るのかを, 支出最小化問題により表現したものである. この中で p_V^{ij} は効用水準の価格と呼んでいるが, 後に示す式(13)のゾーン*j*に居住しゾーン*i*に勤務する家計の合成消費財および通勤交通の消費行動モデルから導出される p_V^{ij} (式(15)) により求められる. すなわち u_H^{ij} は, 合成消費財と通勤交通の合成財を意味するともいえるが, これをここでは, 従来の立地モデルと合わせるために効用水準と呼ぶことにしたものである.

式(7)を解くと, u_H^{ij} が以下のとおり求められる.

$$u_H^{ij} = \frac{1}{\gamma_{LH}^i (\beta_{LH}^{ij})^{1-\sigma_{LH}^i}} \left(\frac{\alpha_{LH}^{ij}}{p_V^{ij}} \right)^{\sigma_{LH}^i} \Psi_{LH}^i \frac{\sigma_{LH}^i}{1-\sigma_{LH}^i} \cdot u_H^i \quad (8)$$

ただし, $\Psi_{LH}^i = \sum_n \left(\alpha_{LH}^{in} \right)^{\sigma_{LH}^i} \left(\frac{p_V^{in}}{\beta_{LH}^{in}} \right)^{1-\sigma_{LH}^i}$.

式(8)は, ゾーン*j*の効用水準価格 (あるいは合成財価格) が低下すれば, そこで得ようとする効用水準 u_H^{ij} が増加する関数形となっている. 式(8)を式(7a)に代入すると, 勤務地*i*における支出水準が以下のように得られる.

$$e_H^i = \frac{1}{\gamma_{LH}^i} \Psi_{LH}^i \frac{1}{1-\sigma_{LH}^i} \cdot u_H^i = p_V^i \cdot u_H^i \quad (9)$$

ただし, 簡単化のため $p_V^i \equiv \frac{1}{\gamma_{LH}^i} \Psi_{LH}^i \frac{1}{1-\sigma_{LH}^i}$ とおいている.

ここで, そもそも支出水準とは価格が与えられた下で, ある効用 (ここでは u_H^i) を実現するために必要な所得を意味する. 今, 家計一人あたり所得が全家計に対し同一であるとし, ゾーン*i*に勤務する家計数を全産業の労働投入時間の地域比率により求めれば, ゾーン*i*に勤務する家計の総所得は以下ようになる.

$$\Omega_H^i = \phi_H N_H^i \quad (10a)$$

ただし、 ϕ_H ：家計一人あたり所得， N_H^i ：ゾーン*i*に勤務する家計人口数．それぞれ以下のとおり求められる．

$$\phi_H = \frac{\left\{ wT + rK + \sum_j r_{RE}^j K_{RE}^j \right\} (1 - \tau_H) - S_H}{N_H^T} \quad (10b)$$

$$N_H^i = \frac{\sum_m l_m^i}{\sum_i \sum_m l_m^i} N_H^T \quad (10c)$$

ただし、 T ：対象地域全体の総利用可能時間の合計， K ：対象地域全体の総資本ストック量（ただし，不動産の投入する資本ストック量を除く）， K_{RE}^j ：ゾーン*j*の不動産資本ストック量， w, r ：賃金率と利率率， r_{RE}^j ：ゾーン*j*の不動産資本利率率， τ_H ：所得税率， S_H ：地域全体の総貯蓄額（この額は，基準年値で固定であるとする）， l_m^i ：産業*m*のゾーン*i*における労働投入時間， N_H^T ：地域全体の総家計数（固定）．

これより，勤務地*i*における総所得が求められた．これより効用水準が，式(9)の支出水準より以下のように求められる．

$$v_H^i = \frac{\Omega_H^i}{P_V^i} \quad (11)$$

これを式(8)の u_H^i に代入することにより，ゾーン*j*に居住しゾーン*i*に勤務する家計の効用水準が求められる．なお，その効用水準が決定される際に用いられる価格は p_V^j であり，ゾーン*j*に居住しゾーン*i*に勤務する家計の支出額は $p_V^j \cdot u_H^i$ となる．ゾーン*i*に勤務しゾーン*j*に居住する家計人口数は，この家計の支出額の地域比率から導出できる．

$$N_H^{ij} = \frac{p_V^j \cdot u_H^i}{\Omega_H^i} N_H^i \quad (12a)$$

なお， $\Omega_H^i = \sum_j p_V^j \cdot u_H^i$ であり，式(10c)を代入すると，式(12a)は以下のようにも表される．

$$N_H^{ij} = \frac{p_V^j \cdot u_H^i}{\sum_j p_V^j \cdot u_H^i} \cdot \frac{\sum_m l_m^i}{\sum_i \sum_m l_m^i} \cdot N_H^T \quad (12b)$$

以上より，本モデルでは u_H^i を決定することが立地を決定すると解釈できる．

次に，図-3より，ゾーン*j*に居住することを決めた家計は，合成消費財と通勤交通に係る旅客運輸サービスの各消費量を決定する．これは，以下の支出最小化問題により定式化される．

$$p_V^j u_H^i = \min_{z_{VH}^j, x_{TPCH}^j} \left[q_{VH}^j z_{VH}^j + p_{TP}^j x_{TPCH}^j \right] \quad (13a)$$

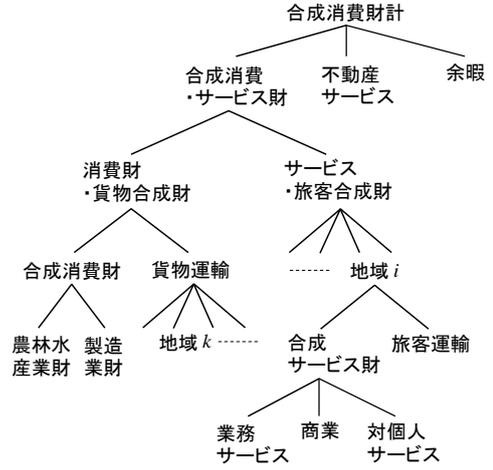


図4 家計行動モデルのツリー構造

$$\text{s.t. } u_H^{ij} = \gamma_{CH}^{ij} \left[\begin{aligned} & (1 - \alpha_{CH}^{ij}) \left\{ (1 - \beta_{CH}^{ij}) z_{VH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{CH}^{ij} - 1}{\sigma_{CH}^{ij}}} \\ & + \alpha_{CH}^{ij} \left\{ \beta_{CH}^{ij} x_{TPCH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{CH}^{ij} - 1}{\sigma_{CH}^{ij}}} \end{aligned} \right]^{\frac{\sigma_{CH}^{ij}}{\sigma_{CH}^{ij} - 1}} \quad (13b)$$

ただし， z_{VH}^j, q_{VH}^j ：ゾーン*j*での合成消費財の消費量とその価格， x_{TPCH}^j, p_{TP}^j ：通勤のための旅客運輸サービスの消費量とその価格， $\alpha_{CH}^{ij}, \beta_{CH}^{ij}$ ：分配パラメータ， γ_{CH}^{ij} ：効率パラメータ， σ_{CH}^{ij} ：代替弾力性パラメータ．

式(13)を解くと，以下の需要関数が求められる．

$$z_{VH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij} (1 - \beta_{CH}^{ij})^{1 - \sigma_{CH}^{ij}}} \left(\frac{1 - \alpha_{CH}^{ij}}{q_{VH}^j} \right)^{\sigma_{CH}^{ij}} \Psi_{CH}^{ij} \frac{\sigma_{CH}^{ij}}{1 - \sigma_{CH}^{ij}} \cdot u_H^{ij} \quad (14a)$$

$$x_{TPCH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij} (\beta_{CH}^{ij})^{1 - \sigma_{CH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{CH}^{ij}}{p_{TP}^j} \right)^{\sigma_{CH}^{ij}} \Psi_{CH}^{ij} \frac{\sigma_{CH}^{ij}}{1 - \sigma_{CH}^{ij}} \cdot u_H^{ij} \quad (14b)$$

$$\text{ただし， } \Psi_{CH}^{ij} = (1 - \alpha_{CH}^{ij})^{\sigma_{CH}^{ij}} \left(\frac{q_{VH}^j}{1 - \beta_{CH}^{ij}} \right)^{1 - \sigma_{CH}^{ij}} + (\alpha_{CH}^{ij})^{\sigma_{CH}^{ij}} \left(\frac{p_{TP}^j}{\beta_{CH}^{ij}} \right)^{1 - \sigma_{CH}^{ij}} .$$

式(14)を式(13a)に代入すると，式(7)で用いた効用水準の価格が求められる．

$$p_V^j = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij}} \Psi_{CH}^{ij} \frac{1}{1 - \sigma_{CH}^{ij}} \quad (15)$$

b) 家計の財消費行動モデル

次に，家計は式(14a)の合成消費財に対し，消費財やサービス財，余暇の消費を行う．なお，式(14a)の合成消費財の価格 q_{VH}^j は勤務地*i*に依存しない．そのため，勤務地*i*で合計をとった式(16)の z_{VH}^j に対して，家計消費決定モデルを構築することにする．

$$z_{VH}^j = \sum_i z_{VH}^{ij} \quad (16)$$

家計の消費行動モデルもCGEモデルを参考に構築することにし¹³⁾、そのツリー構造は図-4のとおりとした。これは、企業の行動モデル(図-2)における合成生産要素投入が余暇消費に置き換わっただけで、他は全く同じ構造となっている。そのため、ここではそれらの定式化を示すことは割愛したい。

(4) 不動産業の行動モデル

不動産業とは、家計や企業がその場所で経済活動を営むための場所を確保するのに必要な不動産サービスを提供する主体である。家計がゾーン*j*に居住する場合、あるいは企業がゾーン*j*で生産活動を行う場合、ゾーン*j*の不動産サービスをそれぞれ投入しなければならない。なお、この具体的なデータは、産業連関表における家計および各企業の不動産部門からの投入額を用いる。ここでは、持ち家も帰属家賃²³⁾の概念に基づき考慮されている。また、これを本モデルに適用するにあたり、基準年の主体別不動産投入額データを基に、家計は一家計あたり、企業は従業員あたり不動産投入額が同一であるとして、ゾーン別の各主体の不動産サービス投入額を求めた。一方、不動産業は、ゾーンごとに家計、企業の不動産サービス需要量に応じた供給を行うものとした。

その際の不動産業の生産行動モデルは、3.(2)で説明した他の企業と同じである。すなわち、中間財と労働、資本を投入して不動産サービスを生産する。ただし、不動産業の投入する資本は土地であると考え、土地はゾーンごとに固定的に存在するものとする。この結果、交通整備による利便性が向上したゾーンは、立地変更が進み人口が増加する。人口の増加は、そのゾーンの不動産サービス需要を増加させる。不動産サービス需要の増加はその生産を増加させ、労働、資本といった生産要素投入も増加させる。ただし、不動産業の投入する不動産資本は土地としており、その供給量はゾーンごとに固定である。そのため、市場均衡を達成するには、当該ゾーンの不動産資本の利率が上昇するため、そのゾーンの不動産サービス価格も上昇する。不動産サービス価格の上昇は、各主体の立地変更の誘因(インセンティブ)を弱めることになり、最終的にそれがなくなる状態に達する。これが「立地均衡」である。

以上の不動産業の生産行動モデルの具体的な定式化は、3.(2)の企業と全く同じであるため、ここではその定式化の提示は割愛したい。なお、不動産業の生産行動モデルは他の企業と同じであるが、不動産資本の市場均衡条件には違いがある。その違いは市場均衡条件において示す。

(5) 運輸企業の行動モデル

本モデルは、交通生産内生型SCGEモデルの枠組みを採用することとし、運輸企業を明示化した上でOD別に運輸サービスは生産されるものとした。その行動モデルの基本構造は3.(2)の企業と同様であり、中間財と生産要素を投入して運輸サービスを生産する。ただし、OD別に運輸サービスを生産するとしている点と、交通整備が運輸企業の生産要素投入効率を向上させるというモデル化を行っている点に違いがある。

a) OD別運輸サービス生産

OD別運輸サービス生産については、企業モデルの式(4)が以下のように修正される。

$$p_T^k y_T^k = \min_{z_T^k, x_{RET}^k, c_T^k} \left[q_T^k z_T^k + p_{RET}^k x_{RET}^k + (1 + \tau_T^k) p_T^k c_T^k \right] \quad (17a)$$

$$s.t. y_T^k = \gamma_T^k \begin{bmatrix} \alpha_{ZT}^k \left\{ \beta_{ZT}^k z_T^k \right\}^{\frac{\sigma_T^k - 1}{\sigma_T^k}} \\ + \alpha_{RET}^k \left\{ \beta_{RET}^k x_{RET}^k \right\}^{\frac{\sigma_T^k - 1}{\sigma_T^k}} \\ + \alpha_{cT}^k \left\{ \beta_{cT}^k c_T^k \right\}^{\frac{\sigma_T^k - 1}{\sigma_T^k}} \end{bmatrix}^{\frac{\sigma_T^k}{\sigma_T^k - 1}} \quad (17b)$$

ただし、添字*k, i* : ゾーン*k* からゾーン*i* への輸送サービスを表す、添字*T* : 運輸を表す。

式(17)を解いて得られる需要関数は、式(5)の添字を変えたものとなる。運輸サービス価格も同様であるが、価格は特に重要であるので以下に示しておく。

$$p_T^k = \frac{1}{\gamma_T^k} \Psi_T^k \frac{1}{1 - \sigma_T^k} \quad (18)$$

$$\text{ただし、} \Psi_T^k = \left(\alpha_{ZT}^k \right)^{\sigma_T^k} \left(\frac{q_T^k}{\beta_{ZT}^k} \right)^{1 - \sigma_T^k} + \left(1 - \alpha_{ZT}^k \right)^{\sigma_T^k} \left(\frac{p_T^k}{1 - \beta_{ZT}^k} \right)^{1 - \sigma_T^k} .$$

以上より、本モデルでは、運輸価格は供給されるOD別運輸サービスごとに導出されることになる。

b) 運輸企業の生産要素投入行動モデル

次に、交通整備における運輸企業の生産要素投入行動を説明する。武藤ら⁵⁾と同様に合成生産要素関数がゾーン間所要時間と労働、資本のゼロ次同次になっているものとする。これにより、交通整備によってゾーン間所要時間が半分になった場合、そのゾーン間を移動して輸送サービスを生産する運輸企業の労働および資本の投入量も半分で済むということが表現できる。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。

$$\begin{aligned}
 cf_T^{ki}(t_T^{ki}, l_T^{ki}, k_T^{ki}) &= cf_T^{ki}(\lambda t_T^{ki}, \lambda l_T^{ki}, \lambda k_T^{ki}) \\
 &= cf_T^{ki}\left(\frac{t_T^{ki A}}{t_T^{ki}} t_T^{ki}, \frac{t_T^{ki A}}{t_T^{ki}} l_T^{ki}, \frac{t_T^{ki A}}{t_T^{ki}} k_T^{ki}\right) \quad (19) \\
 &= cf_T^{ki}(eff_T^{ki} \cdot l_T^{ki}, eff_T^{ki} \cdot k_T^{ki})
 \end{aligned}$$

ただし、 t_T^{ki} : 運輸企業 T のゾーン k - i 間の交通所要時間,
 l_T^{ki}, k_T^{ki} : 運輸企業 T の労働投入量, 資本投入量,
 $\lambda = \frac{t_T^{ki A}}{t_T^{ki}} \equiv eff_T^{ki}$ とおいている。

式(19)にしたがえば、運輸企業の労働、資本の投入量決定モデルは以下ようになる。

$$pf_T^{ki} cf_T^{ki} = \min_{l_T^{ki}, k_T^{ki}} [w \cdot l_T^{ki} + r \cdot k_T^{ki}] \quad (20a)$$

$$\text{s.t. } cf_T^{ki} = \gamma_T^{ki} \left[\alpha_{LR}^{ki} \left\{ \beta_{LR}^{ki} eff_T^{ki} \cdot l_T^{ki} \right\}^{\frac{\sigma_T^{ki}-1}{\sigma_T^{ki}}} + (1 - \alpha_{LR}^{ki}) \left\{ (1 - \beta_{LR}^{ki}) eff_T^{ki} \cdot k_T^{ki} \right\}^{\frac{\sigma_T^{ki}-1}{\sigma_T^{ki}}} \right]^{\frac{\sigma_T^{ki}}{\sigma_T^{ki}-1}} \quad (20b)$$

式(20)を解くと、以下の需要関数が得られる。

$$l_T^{ki} = \frac{1}{\gamma_T^{ki} (\beta_{LR}^{ki} eff_T^{ki})^{1-\sigma_T^{ki}}} \left(\frac{\alpha_{LR}^{ki}}{w} \right)^{\sigma_T^{ki}} \Psi_T^{ki} \frac{\sigma_T^{ki}}{1-\sigma_T^{ki}} \cdot cf_T^{ki} \quad (21a)$$

$$k_T^{ki} = \frac{1}{\gamma_T^{ki} \left\{ (1 - \beta_{LR}^{ki}) eff_T^{ki} \right\}^{1-\sigma_T^{ki}}} \left(\frac{1 - \alpha_{LR}^{ki}}{r} \right)^{\sigma_T^{ki}} \Psi_T^{ki} \frac{\sigma_T^{ki}}{1-\sigma_T^{ki}} \cdot cf_T^{ki} \quad (21b)$$

$$\begin{aligned}
 \text{ただし、} \Psi_T^{ki} &= (\alpha_{LR}^{ki})^{\sigma_T^{ki}} \left(\frac{w}{\beta_{LR}^{ki} eff_T^{ki}} \right)^{1-\sigma_T^{ki}} \\
 &+ (1 - \alpha_{LR}^{ki})^{\sigma_T^{ki}} \left(\frac{r}{\{1 - \beta_{LR}^{ki}\} eff_T^{ki}} \right)^{1-\sigma_T^{ki}}.
 \end{aligned}$$

式(21)を式(20a)に代入すると合成生産要素価格が求められる。

$$pf_T^{ki} = \frac{1}{\gamma_T^{ki}} \Psi_T^{ki} \frac{1}{1-\sigma_T^{ki}} \quad (22)$$

この合成生産要素価格が、ゾーン間所要時間によって決定される eff_T^{ki} の関数になっている。したがって本モデルは、交通整備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。

(6) その他の主体の行動モデル

次に、企業と家計以外の主体として、政府の消費部門、政府の投資部門（公的投資部門）、民間投資部門の行動モデルを示す。ただし、これらは既存モデルと同様であるため、概要のみを説明することにする。

政府は、家計の直接税支払いと企業の純間接税支払いからなる税収を得て、その一部を公的投資に回し残りを

政府消費に充てる。政府の消費部門が決定する n 財消費量は、政府消費に充てられる税収に対し一定比率で支出されるものとする。次に、政府の公的投資部門は公的投資に回された財源を、公的投資需要に充てることにより公共事業を実行する。公的投資部門の n 財消費量も公的投資の財源に対して一定比率で支出されるものとする。

民間投資部門は、家計貯蓄を財源としてそれらを民間投資需要に充てることにより民間投資を実行する。民間投資部門の n 財消費量も、投資額に対して一定比率で支出されるものとする。

(7) 市場均衡条件

本モデルの市場均衡条件式は以下ようになる。

n 財市場（農林水産業財、製造業財）：

$$y_n = \sum_i \left(\sum_m x_{nm}^i + x_{nH}^i \right) + x_{nGC} + x_{nGI} + x_{nI} \quad (23a)$$

n 財市場（サービス財）：

$$y_n^i = \sum_m x_{nm}^i + x_{nH}^i + x_{nGC}^i + x_{nGI}^i + x_{nI}^i \quad (23b)$$

$$\text{運輸}T\text{市場} : y_T^{ki} = \sum_m x_{Tm}^{ki} + x_{TH}^{ki} + x_{TGC}^{ki} + x_{TGI}^{ki} + x_{TI}^{ki} \quad (23c)$$

$$\text{労働市場} : T - \sum_i l_H^i = \sum_i \left(\sum_m l_m^i + l_T^i \right) \quad (23d)$$

資本市場（除不動産資本）：

$$K = \sum_i \left(\sum_m k_m^i + \sum_T k_T^i \right) \quad (m : RE \text{ を除く}) \quad (23e)$$

$$\text{不動産資本市場} : K_{RE}^i = k_{RE}^i \quad (23f)$$

以上の市場均衡条件式より、農林水産業財と製造業財、労働、不動産資本を除く資本は地域全体の市場で清算され、サービス財、不動産資本はゾーンごと、そして運輸サービスは OD 別の各市場にて清算されることがわかる。

(8) 便益定義

交通整備に対する便益を等価的偏差（EV : Equivalent Variation）の概念に基づき定義する。式(13a)の左辺がゾーン j に居住しゾーン i に勤務する家計の支出水準を表すことから、便益 ev^{ij} は以下のように求められる。

$$ev^{ij} = p_V^{ijA} \left(u_H^{ijB} - u_H^{ijA} \right) \quad (24a)$$

ただし、添字 A, B : それぞれ整備なし、ありを表す。

ev^{ij} を勤務地 i で合計すると、ゾーン j の地域帰着便益が得られる。

$$EV^j = \sum_i ev^{ij} \quad (24b)$$

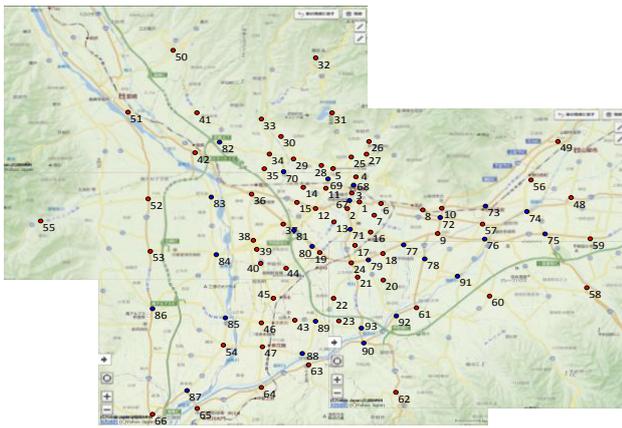


図-5 山梨県甲府都市圏

4. 山梨県駅におけるアクセス交通整備効果計測

(1) 対象地域

リニア中央新幹線は甲府盆地の南方を通過する予定である。そして山梨県駅は、現JR甲府駅から国道354号（平和通り）を約7km南下した、中央自動車道と新山梨環状道路に挟まれた場所に建設される予定である。ここでは図-5に示すように、山梨県の甲府都市圏を66ゾーンに分割し、リニアの山梨県駅はゾーン番号23、そして現JR甲府駅はゾーン番号3により表されるとして数値計算を行った。なお、66ゾーンに分割したのは平成17年に実施されたパーソントリップ（PT）調査にゾーン区分をあわせるためである。

(2) データセットの作成

CGEUE モデルでは、対象都市圏全体の地域内産業連関表データを基にパラメータ推定がなされる。ここでは、平成 23 年（2011 年）の山梨県産業連関表¹⁵⁾を基にして、山梨県と対象地域である甲府都市圏の家計人口数、産業別従業人口数から、それぞれ甲府都市圏の最終需要額、付加価値額そして生産額を按分により推計し、RAS 調整によって中間投入額を推計するという方法により、対象都市圏の地域内産業連関表を作成した。

また、交通流動に関するデータについては、平成 17 年に行われた甲府都市圏パーソントリップ（PT）調査の OD 交通量データを用いた。また、ゾーン間所要時間は、甲府都市圏を対象とした簡易な公共交通ネットワークと道路ネットワークを作成し、公共交通については AON 配分によって、自動車交通については分割配分によって配分交通量およびゾーン間所要時間を算定した。

次に、作成した地域内産業連関表から社会会計行列（SAM）を求め、それに基づきパラメータを推定する。本モデルは CGE モデルのパラメータ推定に用いられるキャリブレーション手法によりパラメータを推定した。



図-6 検討したアクセス交通例

その際の代替弾力性については、コブ・ダグラス型関数に近いものを想定することにし、いずれの値も 0.9 とした。ただし、これらの値を現実的に設定することについては今後の課題としたい。

次に、家計の立地選択モデル（式(7b)）と、企業のゾーン別生産量決定モデル（式(1b)）のパラメータ推定を行う。家計の立地選択モデルは、まず平成 24 年度の経済センサスの活動調査の第 39 表よりゾーン別の総従業人口数を求め、平成 17 年に行われた山梨県 PT 調査結果の通勤 OD データを用いて、ゾーン i に勤務しゾーン j に居住する家計人口数を求めた。このデータを基に立地選択モデルに関するパラメータをキャリブレーション手法により求めた。一方、企業の地域別生産量決定モデルは、経済センサスの市区町村別の製造品出荷額データから、ゾーン別産業別生産額を求め、それよりパラメータ推定を行った。

以上より、ゾーン別モデルも、キャリブレーション手法によりパラメータを推定した。キャリブレーション手法とは、データを完全に再現できるようにパラメータを決定する方法¹⁵⁾であることから、本モデルでは家計の立地分布、企業のゾーン別生産量も完全に現況が再現できている。

(3) 検討したアクセス交通に関する設定条件

本研究では、様々なケースについてアクセス交通の設定を行いCGEUEモデルによる数値計算を実行した。検討したアクセス交通案のうち、経済効果が比較的大きかった代表的なものを図-6に示した。

交通機関については、交通機関別に平均速度を設定し、公共交通ネットワークから算定される距離をその平均速度で除すことにより、ゾーン間所要時間を算出した。なお平均速度は、それぞれバス（20km/h）、電車（40km/h）、LRT（25km/h）、BRT（20km/h）のように

設定した。ただし、路線バスについては、自動車交通の所要時間と比較して遅い所要時間を用いることにし、自動車交通による混雑の影響が生じるものとした。なお、LRTやBRTを整備することに伴う道路の車線減少などによる道路交通容量への影響については今回は考慮しないことにした。それらの考慮は今後の課題としたい。

続いて、図-6に示したアクセス交通のルート選定について説明する。

a) 荒川堤防ルート（交通機関：路線バス、LRT、BRT）

このルートは、山梨県でも検討されているルートの一つである。荒川の堤防を利用するため、初期建設費用が抑えられると考えられているが、その代わりに堤防上に路線がくるため、地域住民の利用は若干困難であると考えられる。ここでは、途中の停留所は7つ想定した。

b) 国道358号（平和通り）ルート（交通機関：LRT、BRT）

リニア山梨県駅から現JR甲府駅周辺の区間を、最短で結ぶルートである。また、本ルートは甲府都市圏の中央部を縦断するルートであり、人口の集中している地域を通るため、地域住民の利用も多いものと期待できる。なお、リニア山梨県駅からは、一部国道358号を外れた区間を設定した。このゾーンは近くに工業団地が立地しており、工業団地の業務トリップ等の利用を考慮することにより大きな経済効果が発現するのではないかと考えたものである。実際、計算においては、山梨県が検討しているような国道358号を最短で結ぶルートも考慮しており、それよりもここで示した工業団地近くを通過するルートの方が経済効果が高かったため、ここでは当該ルートの結果を示すものとした。

c) 中央道利用ルート（交通機関：BRT）

リニア山梨県駅近くの中央自動車道には、スマートインターチェンジが建設される予定である。そこで、通常のバスがリニア山梨県駅を出発し、スマートインターチェンジから中道自動車道を経由して甲府昭和インターチェンジで高速を降り、そこから甲府駅まではBRT専用軌道により速達性を確保する。なお、中央自動車道区間は高速道路のため平均速度60km/hと設定した。しかし、中央自動車道区間での乗降はできないものと想定した。

d) 身延線利用ルート（交通機関：LRT）

甲府都市圏には、現JR甲府駅から南部に向かってJR身延線がある。その身延線を利用するというものが本ルートである。身延線はリニア山梨県駅とは4~5kmほど離れており、その間をLRT専用軌道を建設し、身延線の甲斐住吉駅や常永駅から乗り入れ甲府駅に接続させるルートを想定している。なお、身延線区間を走行する場合は、電車の速度と同じ40km/hで走行可能としている。ただし、身延線はカーブのきつい箇所がいくつかあり、速達性は劣るものの建設費用を抑えることができる。

(4) CGEUEモデルによる経済効果計測結果

a) 交通量の計測結果

図-6の各ルートに対するゾーン別発生交通量増加率を図-7に示す。ほとんどのルートで発生交通量が増加したゾーンとして、23の山梨県駅や43の常永駅などがあげられる。また、発生交通量増加率の合計が最も高くなったルートは平和LRTとなり、住民の利用を最も考慮できていることが分かる。

b) ゾーン別便益と家計の立地変化の計測結果

図-6の各ルートに対するゾーン別便益と家計の立地変化の計測結果を図-8及び図-9に示す。図-8と図-9をみると、検討ルートごとに同じような形のグラフになっていることがわかる。つまり、家計人口変化と便益は比例の関係が成り立つことが考えられる。

c) ルート別総便益の計測結果

最後に、各ルートに対するリニア山梨県駅一現JR甲府駅間の所要時間と総便益の計測結果を表-1に示した。なお総便益は、社会的割引率を4%、事業期間を50年として、現在価値換算の総和により求めたものである。

最も便益が大きかったのは、国道358号（平和通り）のLRTであった。荒川堤防ルートと比較すると、類似のルートであったが便益には大きな差が生じた。これは、国道358号（平和通り）ルートが工業団地のあるゾーン近くを通過しているため、地域住民や工業団地の従業者が利用することによる経済効果が生じたためと考えられる。また、中央道利用ルートは所要時間が比較的短いにも関わらず、他ルートよりも便益が生じなかった。これは、中央自動車道区間では乗降できないと想定したため、国道358号（平和通り）ルートとは異なり、地域住民の利用による経済効果が生じなかったためと考えられる。身延線利用ルート（甲斐住吉）に関しては、リニア山梨県駅から甲斐住吉までのルートは国道358号（平和通り）ルートと同じであるため同程度の便益が生じるかと思っただが、便益に差が生じた。これは、甲斐住吉駅から身延線に乗り入れるため、国道358号（平和通り）ルートとは異なり、人口が多く、また商業部門等の集中する中心市街地ゾーンを通過しないため、地域住民が享受する便益がそれほど生じなかったことが原因であると考えられる。

5. おわりに

山梨県では、2027年のリニア中央新幹線、品川一名古屋間の開通に伴い、リニア山梨県（仮称）駅の建設が予定されている。しかし、リニア山梨県駅建設予定地と、現JR甲府駅は直線距離で約7kmほど離れており、そのアクセス交通整備が課題であった。これに対し本研究では、

表-1 検討ルートの便益計測結果

検討ルート	交通機関	所要時間(分)	便益(億円)	
			単年度(億円)	総便益(億円)
a)荒川堤防ルート	LRT	20	5.8	129.2
	BRT	25	4.5	101.5
b)平和通りルート	LRT	18	8.2	182.3
	BRT	22	5.5	122.8
c)中央道利用ルート	BRT	19	2.9	62.2
d)身延線利用ルート	LRT	甲斐住吉	4.1	92.4
		常永	3.6	80

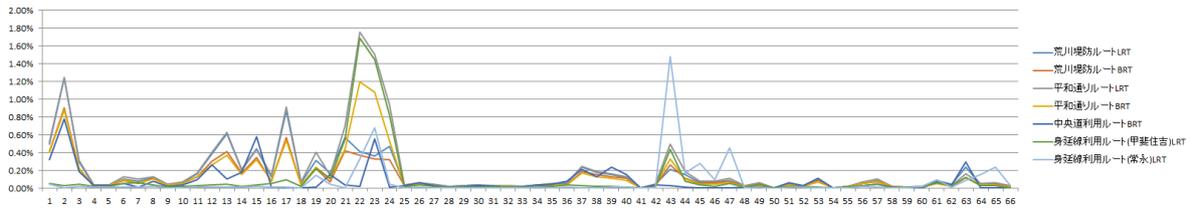


図-7 検討ルートごとのゾーン別発生交通量増加率

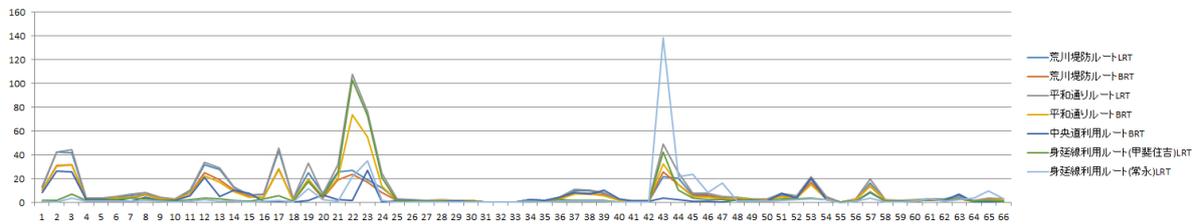


図-8 検討ルートごとのゾーン別便益(百万円/年)

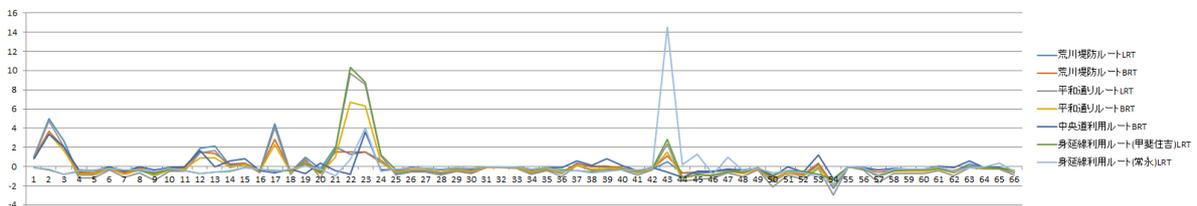


図-9 検討ルートごとのゾーン別家計人口変化(千人/年)

CGEUEモデルを用いて多様な交通機関とルート選定の下、アクセス交通整備による経済効果の計測を行った。特に、リニア利用者の経済効果だけでなく地域住民が利用する経済効果も考慮することで、より効果的な整備案を提示することができた。具体的には、複数の交通機関、ルートを検討した結果、国道358号(平和通り)ルートのLRTが最も高い便益が生じる結果となった。これは、地域住民の利用も考慮した結果、当該ルート案が高い便益を生み出す結果となったものである。

今後の課題として、今回の計測結果では業務交通の利便性向上に伴う経済効果がそれほど大きく発現しない結果となった。その原因を慎重に精査する必要がある。また、リニアの開通により域外からの企業立地が進むことも期待されるが、その点は考慮できていない。さらには、富士山方面、峡北方面、峡南方面等、広域的な交通

整備に関する検討も不十分であると思われる。今後は、これらの検討を行い、より精緻な計測を行っていく予定である。

謝辞：本研究は、山梨経済同友会との議論がきっかけとなり、折に触れ貴重なコメントをいただいた。山梨経済同友会代表幹事の入倉要氏、山梨リニューアル委員会幹事の金沢悟氏、リニア部会長の志村浩男氏、副部会長の小沢健太郎氏をはじめ、関係の皆様へ感謝の意を表す次第である。また、京都大学藤井聡教授、中央復権コンサルティング白水靖郎氏にも、研究を進める過程で貴重なご意見をいただいた。ここに記して感謝の意を表したい。なお、本稿に関する誤りを含めたすべての内容については、すべて筆者らのみの責に帰するものである。

参考文献

- 1) 山梨県リニア交通局リニア推進課：山梨県リニア活用基本構想-リニアで描く山梨の未来-, 山梨県, 2013.
- 2) 山梨県リニア交通局リニア推進課：リニア環境未来都市整備方針, 山梨県, 2017.
- 3) 日本工業経済新聞社：リニア駅～甲府駅バス交通／358号ルート検討, 山梨県新聞, 2017.
- 4) 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, pp. I_163-I_181, 2017.