

高齢社会に対応した都市施設 整備評価のためのCUEモデルの開発

武藤 慎一¹・猪狩 祥平²

¹正会員 山梨大学大学院准教授 医学工学総合研究部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

E-mail:smutoh@yamanashi.ac.jp

²学生員 山梨大学大学院 医学工学総合教育部土木環境工学専攻
(〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

日本は高齢社会を迎え、今後は高齢者の生活に欠かせない、医療・介護などのサービスを適切に供給できるような都市構造の将来が必要と考えられる。例えば、山梨県では郊外化が進んだことにより、郊外に居住する高齢者の数が増加してきている。しかし、郊外部では自動車等の利用が自由に行える場合は良いが、そうでない場合には必ずしも十分に医療、介護サービスを受けることができないなど不便が生じる。それに対し、交通施設整備による対応が効果的であるか都市施設整備あるいはその問題点が有効か検討することが重要と考えられる。本研究ではこうした問題を検討するための応用都市経済モデル(CUE)を構築し、それに基づく各種施策評価を行う。

Key Words : aged society, urban facilities, reallocation projects, effect evaluation

1. はじめに

我が国は高齢化が進んでおり山梨県では全国平均高齢化率より高水準で高齢化が進んでいる(図1)。そのため、これからは高齢社会に対応した都市構造への転換が重要な課題になると考えられる。

高齢社会に対応した都市構造とは、移動に対して他の世代より困難さを伴う高齢者が自身の欲求を満たすための活動をスムーズに行えるような都市構造といえる。こうした都市構造を創造するには、高齢者が必要とする都市施設の整備あるいは再配置、また交通施設整備を適切に実行することが肝要となる。ここでいう都市施設とは、医療施設や介護福祉施設、商業施設などであり、高齢者にとって生活に欠かせない施設である。こうした施設の提供するサービスを円滑に消費できるようにすることが重要と言える。

その際に有効となる分析モデルが応用都市経済(CUE)モデルである、CUEモデルは四段階推定法などの交通需要予測モデルに対し、誘発交通、開発交通を加味することと、そうした交通需要変化を考慮した地域帰着便益の計測を行うことを目的に開発されたモデルである。しかし、CUEモデルは土地市場のみが均衡するとした部分均衡(多市場同時均衡)モデルであり、このため便益計測においては土地市場以外の市場における供

給制約が考慮されていない点で問題があると指摘されていた¹⁾。また、交通生産に関しても曖昧な取り扱いとなっており、交通整備が適切に評価できていないのではないかとの懸念もある。

本研究では、一般均衡型のCUEモデルを開発することにより、CUEモデルが有していた便益計測に係わる課題の解決を図った上で、高齢者の居住地と高齢者の必要とする都市施設の位置に関して、高齢者がさらに増加した場合に生じる問題を明らかにする。そして、それらの問題を改善するための交通施設を含む都市施設の整備、再配置について検討することが、本研究の目的である。

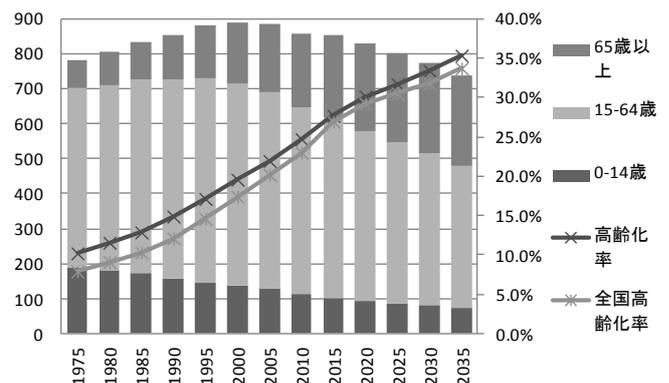


図1 山梨県の人口と高齢化率の推移

2. 応用都市経済 (CUE) モデルの概要

2.1 CUEモデルに関する既存研究の整理

CUEモデルの原形といえる土地利用・交通モデルは、1980年代より土木計画学の分野では精力的に研究がなされ、数多くの研究成果を生んできた (例えば、中村 (1984)²⁾、中村、林、宮本等 (1983)³⁾。しかし、上田 (1991)⁴⁾、上田 (1992)⁵⁾は土地利用・交通モデルはミクロ経済学的基礎に基づかないため便益計測が行えない点で問題があると指摘していた。そこで武藤・上田・高木 (2000)⁶⁾ではミクロ経済学基礎に基づき土地利用・交通モデルを再定式化し、便益が正確に算出することができるCUEモデルを開発した。その後、武藤等⁷⁾⁸⁾、山崎 (2010)¹⁰⁾¹¹⁾、堤¹²⁾等によって実用的分析などへも積極的な適用がなされてきている。しかし、堤、小池ら (2012)¹⁾による指摘では、CUEモデルは部分均衡モデルであり、便益計測においては土地市場以外の市場における供給制約が考慮されていないという点が問題であると指摘されていた。

そこで、本研究では一般均衡型のCUEモデルを構築する事により、堤、小池等の指摘への対応を試みたい。

2.2 応用都市経済モデルの全体構造

CUEモデルを一般均衡型に拡張するという事は、一言でいえばSCGEモデルを構築することともいえる。しかし、SCGEモデルは地域間産業連関表がデータベースとして必要であり、さらに原則として各地域に市場が存在することが前提となる。これに対し、CUEモデルは対象とするゾーンがパーソントリップ (PT) 調査などで対象とされる詳細ゾーンであり、これらのゾーンを対象として地域間産業連関表 (IO) を作成することは事実上不可能である。また、そうした詳細ゾーンごとに市場が存在するとの仮定も非現実的である。

そこで、本モデルは土地市場はゾーンごとに閉じているものとし、またサービス系企業の提供するサービスも、当該ゾーンに行かなければ原則として消費できないためゾーンごとに閉じているものとする。しかし、合成財に関しては地域全体に唯一の代表的合成財企業が存在し、そこが対象地域全体で一つの市場に財を供給すると想定する。また、労働に関してはゾーンごとに市場が存在しているとし、資本は地域全体で一つの市場が存在しているとする。

モデルの基本的な前提条件は次の通りである。

- 1) 本モデルの対象とする社会はPT調査などで対象とされる詳細ゾーンからなるものとする。
- 2) 家計は効用水準一定下での支出最小化行動、企業は費用最小化行動をとるものとする。

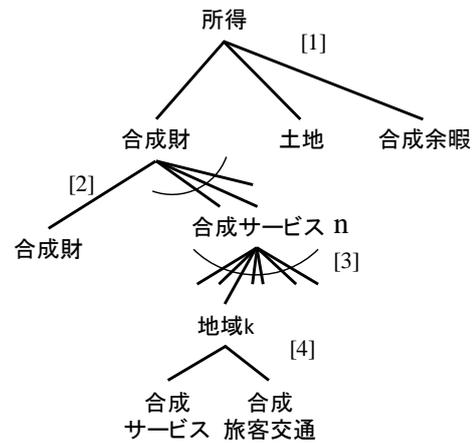


図2 家計の行動ツリー

2.3 モデルの定式化

2.3.1 家計の行動モデル

家計はゾーンごとに存在する代表的家計を仮定する。家計は所得制約の下で、合成財、土地、合成余暇を消費する (図2の[1])。所得は一定の所得税率と貯蓄率が掛けられている点には注意が必要である。次に家計は合成財について合成財と合成サービスの消費量を決定する。

(図2の[2]) 合成サービスについては、サービス財を供給している地域kの選択を行う (図2の[3])。その際には合成旅客交通投入を行うとして、地域選択には交通利便性も考慮するものとする (図2の[4])。

以上の各行動モデルに関し、家計はBarro型CES関数に従い、効用水準を一定水準に維持するとの条件下で支出最小化行動をとるものとする。

初めに家計の可処分所得を以下に定める。ここでは高齢者の所得式を示す。

$$\Omega_H^j \equiv (w_H^j L_H^j + r_H^j K_H^j + \xi)(1 - \tau_H^j)(1 - \kappa_H^j) \quad (1a)$$

ただし、 Ω_H^j : 家計所得、 L_H^j : 地域jの家計が地域kへ配分する労働配分量、 w_H^j : 地域jの賃金率、 K_H^j, r_H^j : 地域jの家計の初期資本保有量と合成資本利子率、 ξ : 年金、 U_H^j : 地域jの所得、 τ_H^j : 直接税率、 κ_H^j : 貯蓄率

[1]消費、投資需要の決定と合成財 z_{GH}^j と土地 z_{GH}^j と合成余暇 z_{GH}^j の消費

1)支出最小化問題

$$p_H^j U_H^j = \min_{z_{GH}^j, z_{TH}^j, z_{SH}^j} (q_{GH}^j z_{GH}^j + q_{TH}^j z_{TH}^j + q_{SH}^j z_{SH}^j) \quad (1b)$$

$$\text{s.t. } U_H^j = U_C^j \quad (1c)$$

$$U_C^j = \gamma_C^j \left[\sum_m \alpha_{mC}^j \left\{ \beta_{mC}^j z_{mC}^j \right\}^{\frac{\sigma_C^j - 1}{\sigma_C^j}} \right]^{\frac{\sigma_C^j}{\sigma_C^j - 1}} \quad (1d)$$

ただし、 $z_{GH}^j, z_{TH}^j, z_{SH}^j$: 地域jの家計の合成財消費量や土地消費量や合成余暇消費量、 $q_{GH}^j, q_{TH}^j, q_{SH}^j$: $z_{GH}^j, z_{TH}^j, z_{SH}^j$ の価格、 U_H^j : 地域jの家計効用水準、 U_C^j : 家計の財消費による効用水準、 σ_C^j : 代替弾力性パラメータ、 $\alpha_C^j, \beta_C^j, \gamma_C^j$: パラメータ、m : 添字のG, T, Sを表す記号。

2)需要関数

$$z_{mH}^j = \frac{1}{\gamma_C^j (\beta_{mC}^j)^{1-\sigma_C^j}} \left(\frac{\alpha_{mC}^j}{q_{mC}^j} \right)^{\sigma_C^j} \Psi_C^j \frac{\sigma_C^j}{1-\sigma_C^j} z_C^j \quad (2)$$

ただし、

$$\Psi_C^j = \sum_m (\alpha_{mC}^j)^{\sigma_C^j} \left(\frac{q_{mC}^j}{\beta_{mC}^j} \right)^{1-\sigma_C^j}$$

[2]合成消費財の消費n : z_{nGH}^j

1)支出最小化問題

$$q_{GH}^j z_{GH}^j = \min_{z_{nGH}^j} \sum_n q_{nGH}^j z_{nGH}^j \quad (3a)$$

$$\text{s.t. } z_{GH}^j = \gamma_{GH}^j \left[\sum_n \alpha_{nGH}^j \left\{ \beta_{nGH}^j z_{nGH}^j \right\}^{\frac{\sigma_{GH}^j - 1}{\sigma_{GH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{GH}^j}{\sigma_{GH}^j - 1}} \quad (3b)$$

2)需要関数

$$z_{nGH}^j = \frac{1}{\gamma_{GH}^j (\beta_{nGH}^j)^{1-\sigma_{GH}^j}} \left(\frac{\alpha_{nGH}^j}{q_{nGH}^j} \right)^{\sigma_{GH}^j} \Psi_{GH}^j \frac{\sigma_{GH}^j}{1-\sigma_{GH}^j} z_{GH}^j \quad (4)$$

ただし、

$$\Psi_{GH}^j = \sum_n (\alpha_{nGH}^j)^{\sigma_{GH}^j} \left(\frac{q_{nGH}^j}{\beta_{nGH}^j} \right)^{1-\sigma_{GH}^j}$$

3)財価格

$$q_{GH}^j = \frac{1}{\gamma_{GH}^j} \Psi_{GH}^j \frac{1}{1-\sigma_{GH}^j} \quad (5)$$

ただし、 z_{nGH}^j : 地域jの家計の合成消費財nの消費量、 q_{nGH}^j : z_{nGH}^j の価格、 σ_{GH}^j : 代替弾力性パラメータ、 $\alpha_{GH}^j, \beta_{GH}^j, \gamma_{GH}^j$: パラメータ

[3]合成サービスの地域k別消費量 z_{nGH}^{kj} の決定

1)支出最小化問題

$$q_{nGH}^j z_{nGH}^j = \min_{z_{nGH}^{kj}} \sum_k q_{nGH}^{kj} z_{nGH}^{kj} \quad (6a)$$

$$\text{s.t. } z_{nGH}^j = \gamma_{nGH}^j \left[\sum_k \alpha_{nGH}^{kj} \left\{ \beta_{nGH}^{kj} z_{nGH}^{kj} \right\}^{\frac{\sigma_{nGH}^j - 1}{\sigma_{nGH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{nGH}^j}{\sigma_{nGH}^j - 1}} \quad (6b)$$

2)需要関数

$$z_{nGH}^{kj} = \frac{1}{\gamma_{nGH}^j (\beta_{nGH}^{kj})^{1-\sigma_{nGH}^j}} \left(\frac{\alpha_{nGH}^{kj}}{q_{nGH}^{kj}} \right)^{\sigma_{nGH}^j} \Psi_{nGH}^j \frac{\sigma_{nGH}^j}{1-\sigma_{nGH}^j} z_{nGH}^j \quad (7)$$

ただし、

$$\Psi_{nGH}^j = \sum_k (\alpha_{nGH}^{kj})^{\sigma_{nGH}^j} \left(\frac{q_{nGH}^{kj}}{\beta_{nGH}^{kj}} \right)^{1-\sigma_{nGH}^j}$$

3)財価格

$$q_{nGH}^j = \frac{1}{\gamma_{nGH}^j} \Psi_{nGH}^j \frac{1}{1-\sigma_{nGH}^j} \quad (8)$$

ただし、 z_{nGH}^{kj} : 地域jの家計の地域kからの合成消費財nの消費量、 q_{nGH}^{kj} : z_{nGH}^{kj} の価格、 σ_{nGH}^j : 代替弾力性パラメータ、 $\alpha_{nGH}^{kj}, \beta_{nGH}^{kj}, \gamma_{nGH}^{kj}$: パラメータ。

[4]合成サービス x_{nGH}^{kj} と合成旅客交通 z_{TH}^{kj} の消費

1)支出最小化問題

$$q_{nGH}^{kj} z_{nGH}^{kj} = \min_{x_{nGH}^{kj}, z_{TH}^{kj}} \left[p_n^k x_{nGH}^{kj} + q_{TH}^k z_{TH}^{kj} \right] \quad (9a)$$

s.t.

$$z_{nGH}^{kj} = \gamma_{nGH}^{kj} \left[\left(1 - \alpha_{TH}^{kj} \right) \left\{ \left(1 - \beta_{TH}^{kj} \right) x_{nGH}^{kj} \right\}^{\frac{\sigma_{nGH}^{kj} - 1}{\sigma_{nGH}^{kj}}} + \alpha_{TH}^{kj} \left\{ \beta_{TH}^{kj} x_{nGH}^{kj} \right\}^{\frac{\sigma_{nGH}^{kj} - 1}{\sigma_{nGH}^{kj}}} \right]^{\frac{\sigma_{nGH}^{kj}}{\sigma_{nGH}^{kj} - 1}} \quad (9b)$$

2)需要関数

$$x_{nGH}^{kj} = \frac{1}{\gamma_{nGH}^{kj} \left(1 - \beta_{TH}^{kj} \right)^{1-\sigma_{nGH}^{kj}}} \left(\frac{1 - \alpha_{TH}^{kj}}{q_{TH}^{kj}} \right)^{\sigma_{nGH}^{kj}} \Psi_{nGH}^{kj} \frac{\sigma_{nGH}^{kj}}{1-\sigma_{nGH}^{kj}} z_{nGH}^{kj} \quad (10a)$$

$$z_{TH}^{kj} = \frac{1}{\gamma_{nGH}^{kj} (\beta_{TH}^{kj})^{1-\sigma_{nGH}^j}} \left(\frac{\alpha_{TH}^{kj}}{q_{TH}^{kj}} \right)^{\sigma_{nGH}^{kj}} \Psi_{nGH}^{kj} \frac{\sigma_{nGH}^{kj}}{1-\sigma_{nGH}^{kj}} z_{nGH}^{kj} \quad (10b)$$

ただし、

$$\Psi_{nGH}^{kj} = (1 - \alpha_{TH}^{kj})^{\sigma_{nGH}^{kj}} \left(\frac{p_n^k}{1 - \beta_{TH}^{kj}} \right)^{1-\sigma_{nGH}^{kj}} + (\alpha_{TH}^{kj})^{\sigma_{nGH}^{kj}} \left(\frac{p_n^i}{\beta_{TH}^{kj}} \right)^{1-\sigma_{nGH}^{kj}}$$

3)財価格

$$q_{nGH}^{kj} = \frac{1}{\gamma_{nGH}^{kj}} \Psi_{nGH}^{kj} \frac{1}{1-\sigma_{nGH}^{kj}} \quad (11)$$

ただし、 x_{nGH}^{kj} , z_{TH}^{kj} : 地域jの家計の地域kからの合成消費財nの消費量および合成旅客交通消費量, p_n^k , q_{TH}^k : それぞれ地域kのn財価格と z_{TH}^{kj} の価格, σ_{nGH}^{kj} : 代替弾力性パラメータ, α_{TH}^{kj} , β_{TH}^{kj} , γ_{nGH}^{kj} : パラメータ.

以上により、家計財消費の消費財および投資財の需要関数が導かれた。

2.3.2 企業の行動モデル

企業は地域全体に財を供給すると想定する合成財企業とゾーンごとにサービスを供給すると想定するサービス系企業とに分けて定式化を示す。

(1) 合成財企業の行動モデル

合成財企業は合成中間財と生産要素を投入して、地域全体に対して合成財を供給する。すなわち、合成財企業については、特にどのゾーンで合成財を供給するのかわからないものとする。そのため、合成財価格は一つの地域全体市場で決定されることになり、計算負荷の軽減が図られると考えられる。しかし、合成財企業の投入する労働および運輸についてはゾーンごとの投入量を何らかの形で算出する必要がある。そこで、合成財企業は地域全体で唯一存在しているとするが、合成労働はゾーン別に投入するとのモデル化を行うことにした。なお、どのゾーンから労働を投入するかは、当該ゾーンの運輸投入に依存すると想定する。その結果、例えば交通利便性の向上したゾーンは運輸投入が増加するとともに、労働投入も増加し、通勤に係わる交通流動に影響を与える点が表現可能となる。

(2) サービス系企業の行動モデル

サービス系企業は、そのサービスが供給されるゾーンに行かなければ原則的にはサービスを需要できない点に違いがある。そのため、サービス系企業に関してはゾーンごとに代表的サービス企業が存在し、サービス供給を行っているものとした。すなわち、モデル化はSCGEモデルの企業行動と同様になされることとなる。一方供給されたサービスについては、旅客トリップを投入して当該

ゾーンにアクセスをした利用者によって需要されるものとする。したがって、サービス系企業は交通利便性の高い地域に多くサービス供給をしようとするのが表現できると考えられる。

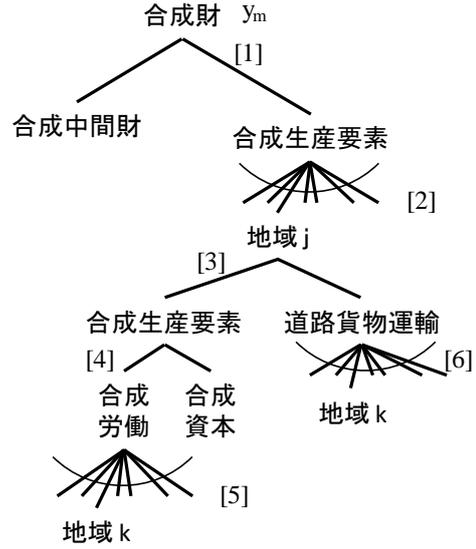


図3 合成財企業の行動モデルツリー

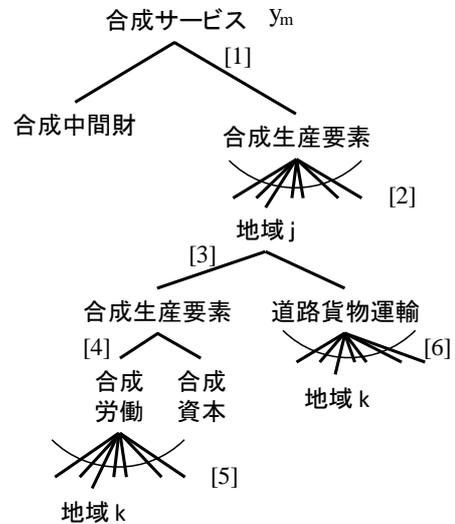


図4 合成財企業の行動モデルツリー

企業の定式化は家計の定式化と枠組みは共通しており、ここでは具体的に示すことは割愛したい。

3. 市場の均衡条件

$$\text{合成財市場: } y_z = \sum_m x_{zm} + x_{zH}$$

$$\text{サービス市場: } y_S^j = \sum_i \sum_m x_{Sm}^{ij} + \sum_i x_{SH}^{ij}$$

$$\text{労働市場: } T^j - l_S^j - \sum_k (t \times x_{TH}^{kj}) = \sum_i \sum_m l_m^{ji}$$

$$\text{資本市場 } k = k_z + \sum_j k_S^j$$

ただし、

y_z : 域内供給財供給量, x_{zm} : 合成財消費量, x_{zH} : 合成サービス消費量, T^j : 総利用可能時間, l_S^j : ,
 t : , x_{TH}^{kj} : , k : 家計の資本供給量.

以上のCUEモデルを用いて、まず将来、現在の居住分布が変わらないとして、高齢化率のみが変化した場合に高齢者の消費する医療サービス、福祉サービス、商業サービスなどに対してどのような問題が生じるのかを均衡計算から明らかにする。実際の計算は今後取組み講演会までに結果を発表する予定ではあるが、交通便利性の高くない地域における高齢者のサービス消費に対して何らかの悪影響が生じることが明らかにされるものと考えられる。それに対し、交通施設整備による対応が効果的であるのか、サービス系企業が何らかの形でそうした地域にサービス供給が行えるようにすることが効果的であるのか、様々な対応策が考えられる。本CUEモデルを用いることにより、そうした対応策の評価も行えるものと考えている。

4. おわりに

本研究では、高齢社会に伴い変化していく社会に対して、高齢者のサービス消費に対して問題を明らかにするために、人々が一般均衡型のCUEモデルをBarro型CES関数に基づき構築した。サービス企業は各ゾーンに存在して、それを高齢者は旅客トリップにより移動して消費を行うことがモデル化されている。その結果、今後の高齢化に伴いサービス消費に対する問題というものを本CUEモデルにより明らかにできると考えている。

参考文献

- 1) 堤盛人, 山崎清, 小池淳司, 瀬谷創: 応用都市経済モデルの課題と展望, Vol.68, No.4, pp.334-357, 土木学会論文集D3 (土木計画学), 2012.
- 2) 中村英夫: 国土調査地域の調査と分析, 土木学会編新体系土木工学50, 技法堂出版, 1984.
- 3) 中村英夫, 林良嗣, 宮本和明: 広域都市圏土地利用交通分析システム, 第335号, 土木学会論文集D3, 1983.
- 4) 上田孝行: 交通改善による生活機会の増大が人口移動に及ぼす影響のモデル分析, No.9, 土木計画学・論文集, 1991.
- 5) 上田孝行: 拡張された立地余剰を用いた一般均衡モデル, No.10, 土木計画学研究・論文集, 1992.
- 6) 武藤慎一, 上田孝行, 高木朗義, 富田貴弘: 応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究, Vol.17, 土木計画学研究・論文集, 2000.
- 7) 武藤慎一, 秋山孝正, 高木朗義: 空間的構造変化を考慮した都市環状道路整備の便益評価, 交通学研究, 2000年研究年報.
- 8) (財) 岐阜総合研究所: 岐阜環状道路整備効果検討業務委託報告書, 2001.
- 9) 鈴木俊之, 武藤慎一, 小川圭一: 都市の郊外化抑止よ中心市街地活性化のための土地開発規制策評価, Vol.9, 土木計画学研究・論文集, 2002.
- 10) 山崎清, 武藤慎一: 開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析, 運輸政策研究所, Vol.11, No.2, pp.14-15, 2008
- 11) 山崎清: CUEモデルの理論の応用, 上田孝行著, Excelで学ぶ地域・都市経済分析, コロナ社, 第5章, pp.111-144, 2010.
- 12) 大学教育における土地利用モデルの役割と課題: 筑波大学社会工学類における実習を例に, 土木計画学研究・講演集, Vol.31, (CD-ROM講演番号: 176), 2005.