

# QoM指標によるモビリティ水準の地域間比較手法の提案\*

## A Method on Evaluation of Differences in QoM among Regions\*

栄徳洋平\*\*・溝上章志\*\*\*

By Youhei EITOKU\*\*・Shoshi MIZOKAMI\*\*\*

### 1. はじめに

人口減少や少子高齢化により、地方部では過疎化の進展が著しい。交通サービスに対する地域間格差が社会的な問題となっており、道路等の交通施設の整備への社会的ニーズは高い。また、比較的交通サービスに恵まれた都市部においても、高齢者や障害者などの移動の自由を保障することが求められるようになっている。

従来の交通施設整備の評価は、公平性に関する評価基準が確立されていないため、もっぱら効率性基準に基づく費用便益分析によって行われてきた。「道路投資に関する評価指針(案)」では、公平性配慮の取り組みとして、修正費用便益分析、多基準分析による手法が提案されている。修正費用便益分析は、一般的な費用便益分析によって算出された便益に地域修正係数を乗じて、地域間格差の是正を行う手法であり、効率性の手法に公平性の考え方を取り入れた手法である。一方、多基準分析は高速自動車国道の総合評価等に適用されており、効率性の評価指標である費用便益指標と各種 QOL (Quality of Life) に該当する評価指標に対して、ウェイト付けを実施して総合評価する方法である。しかしながら、これらの手法は、交通施設の有無による効果を評価しているだけで、だれに効果が及んでいるのかという帰着ベースの評価となっていない。本来、個人の生活が豊かになり、国民全体の生活レベルが向上していることを評価できることによって、初めて、その施策の有効性を確認することができる。したがって、今後は社会資本整備による便益の最終帰着先である市民生活の状態を測る指標として QOL を計測する方向で評価はなされるべきであろう<sup>1)</sup>。

本研究は、この QOL のうち移動モビリティに関する質を QoM (Quality of Mobility) として定義し、個々人の交通サービス水準を客観的に評価する手法を提案している。具体的には、まず、1) QoM を算出するモデルの概念と枠組みを示し、2) 各評価サブモデルについて述べる。

さらに、3) これらのサブモデルの特定化を行った後、実際の地方都市を対象にした QoM による施策評価シミュレーションを実行し、その有効性の検討も行った。

### 2. QoMを評価する本モデルの概念と全体の枠組み

個々人の交通サービス水準を相互に比較するためには、評価の規範を明確にする必要がある。種々の規範の中でも公平論に関しては、従来から厚生主義的アプローチや資源アプローチなどの考え方がある。これらに対して本論では、交通施設等の財や満足度等の効用による評価方法ではなく、アマルティア・センの Capability アプローチ<sup>2)</sup>の考え方を援用して個々人の交通サービス水準である移動に関する質(QoM)を定義する。

センは、平等に関する考え方が多様に存在するのは、「人間の多様性」とともに、平等を判断する際の「焦点の多様性」を理由として述べており、社会の公正性を論じる視点がひとつでないことを指摘している。このため、センは「平等とは何か」を問い直す作業からはじめ、「functioning によって構成されるところの Capability の平等こそが図られるべき平等」と説いている。Capability アプローチの特徴は、財と効用との中間に財を効用に変換する能力である functioning を定義する。そして、個々人の選択し得る functioning のベクトルの集合があり、さらにどの functioning を選択するかを選択の自由を持っているという考え方である。

この Capability アプローチを QoM に適用するためには、functioning と Capability を設定する必要がある。図 1 によって説明するなら、ここでの functioning は、たとえば大規模商業施設への移動など、移動目的別の移動可能性を表している。このとき、Capability とは、①と②の2種類の自由を表現するものであり、①は各移動目的の移動可能性 functioning の束としての潜在的 가능성을、②は複数の functioning 中からの選択の自由という潜在的可能性の2つの側面を表現している。つまり、QoM を評価するためには、functioning の要素、ここでは移動目的を定義した上で、移動可能性と移動選択性のモデル化が必要となる。

センは、Capability アプローチに関する具体的な計測

\*キーワード：サービス水準、計画手法論、地域計画

\*\*正員、熊本大学大学院自然科学研究科(熊本市黒髪2丁目39番1号、TEL096-342-3541、eitoku@fukuyamaconsul.co.jp)

\*\*\*正員、工博、熊本大学大学院自然科学研究科(同上、smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

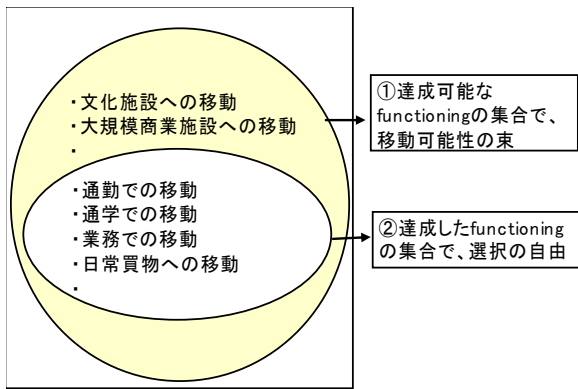


図1 Capabilityアプローチの概念

方法の提案を行っていない。これまでに Capability アプローチに近い概念で交通施設の整備効果を評価した研究がいくつかあり、それらを付表に表す。個人の移動のしやすさを表現するモビリティや、特定の活動機会へのアクセスしやすさを表現するアクセシビリティに関連する研究が多く行われている。QoM では特定の移動目的地への移動可能性を functioning によって定義することで、アクセシビリティを表現している。さらに QoM は、移動目的や移動目的地の多様性とその選択の自由を含む概念であり、特定の移動目的や移動目的地へのアクセシビリティをも総合化している。これは、「多次元な選択の自由度」こそが QOL の中核概念<sup>3)</sup>であるとする考え方と一致している。これらの研究成果を参考にしながら、本論文では、図2に示す移動可能性と移動選択性からなる各種変数間の因果関係をモデル化する手法を提案する。以下、本手法の特徴を述べる。

- 1) QOL の構成要素はその多様性から任意に設定せざるを得ないが、QoM ではすべての移動目的を設定することが可能である。
- 2) 渋川ら<sup>4)</sup>の指摘するバリアの要因を「移動可能性」を妨げる要因とし、交通環境内の条件である「交通手段の

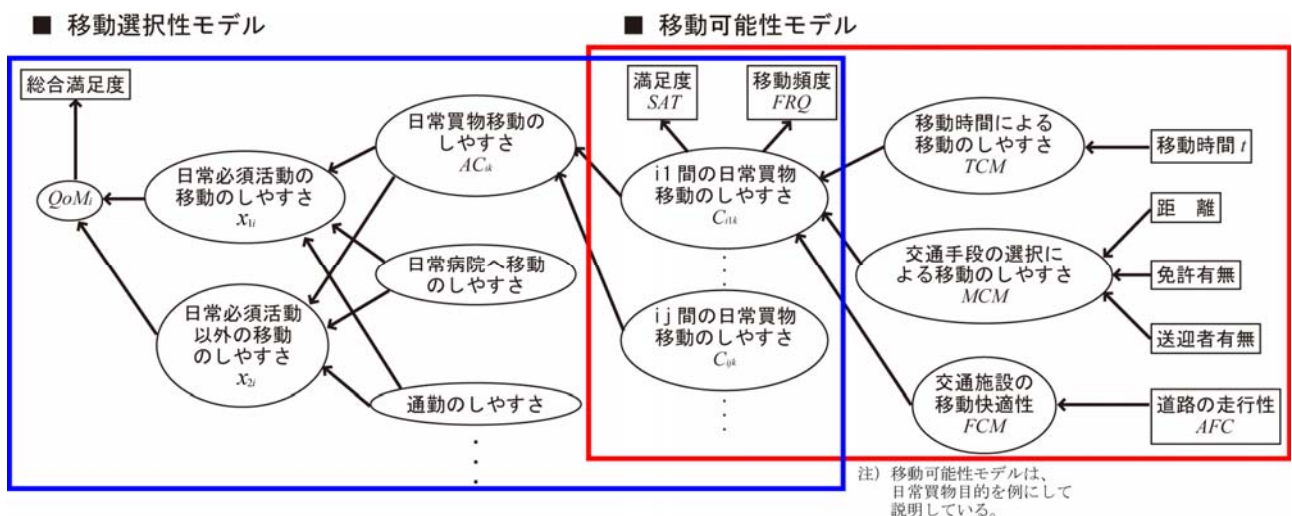
選択による移動のしやすさ」と「移動時間による移動のしやすさ」、交通施設条件である「交通施設の移動快適性」からこれが構成されるとする。

- 3) 財と効用の中間にある functioning を構造方程式の潜在変数を用いて表す。つまり、2)の3要素の移動可能性と満足度・移動頻度の間に移動目的別の「移動可能性」を設定し、構造方程式を用いてその因果関係を分析する。
- 4) 移動選択性モデルは、「複数目的地の選択性評価サブモデル」と「移動目的の選択性評価サブモデル」から構成されるとする。「複数目的地の選択性評価サブモデル」は、目的地魅力度を重みとした抵抗値減衰型グラビティモデルにより求める。
- 5) 移動目的の選択性に関しては、多くの研究が各種評価要因に重み付けを行い QOL へ統合している。しかし、QoM が移動目的の「選択の自由」を表現していることから、「選択のひろがり」を表現するモデルが必要である。また、重みについては、Capability アプローチが個人の価値観に依存していないことを前提とすべきである。そこで、Capability が functioning (移動可能性) のベクトルの集合体であることから、まず、移動可能性である functioning を算出し、それらのベクトルの外積を QoM として定義する。
- 6) 各ゾーン別に同一のサービス水準 QoM を有する代表的個人が存在すると仮定し、成人男、成人女、高齢者の各属性別に QoM の算出を行っている。

### 3. モビリティ水準評価のためのQoMモデル

#### (1) 移動可能性モデル

移動可能性モデルは、移動目的別の移動のしやすさを評価するモデルであり、図2に示すような以下のa)~d)の4つのサブモデルから構成される。ここで評価の対象とした移動目的には、日常買物や通勤、業務など種々あ



注) 移動可能性モデルは、日常買物目的の例にして説明している。

図2 QoM評価モデルの全体構成

るが、以下では、日常買物目的に関する移動のしやすさを例に、図2にしたがって各サブモデルについて説明する。

a) 移動時間による移動可能性評価サブモデル

このモデルは、「移動時間による移動のしやすさ」を評価するサブモデルであり、移動時間が  $t$  以下で移動可能な利用者の割合で表す。たとえば「毎日」や「週 2, 3 回」のような移動頻度  $n$  別にその移動のために許容できる移動時間の累積分布関数  $\Phi_n(t)$  を、移動頻度  $n$  別の利用者比率  $w_n$  で加重平均した移動可能な利用者割合を、移動時間による移動可能性度  $TCM$  とする。

$$TCM(t) = 1 - \sum_n w_n \Phi_n(t) \quad \text{ただし} \sum_n w_n = 1 \quad (1)$$

b) 交通手段の選択による移動可能性評価サブモデル

このモデルは「交通手段の選択による移動のしやすさ」を評価するサブモデルである。交通手段選択行動を表す非集計ロジットモデルから算出される交通手段  $m$  の効用値  $V_m$  はそれぞれの交通手段による移動のしやすさを表すから、その最大値を交通手段の選択による移動可能性度  $MCM$  とする。

$$MCM = \text{Max}_m \{V_m\} \quad (2)$$

c) 交通施設の移動快適性評価サブモデル

このモデルは「交通施設の移動快適性」を評価するサブモデルである。ここでは、国土交通省「走りやすさマップ」から得られる区間別道路構造評価ランクデータを用いて、以下のような方法で求めた OD 間の移動快適性をその評価指標値とする。

「走りやすさマップ」で用いられる道路構造評価ランクとモニターによる主観的評価は概ね一致していると報告されている<sup>5)</sup>一方で、地点評価の単純集計が区間評価とはならないという指摘<sup>6)</sup>もある。そこで、松井<sup>7)</sup>らが交通渋滞の知覚の定義に用いた計量心理学の Bloch の法則を移動快適性の評価に用いる。つまり、図3に示すように、「走りやすさマップ」の区間別道路構造評価ランク別の主観的評価平均値とその走行継続距離との積によって区間別の快適性は定義されるとする。OD 間の快適性はこれを経路に沿って合計した AFC となる。OD 間の交通施設の移動快適性度  $FCM$  は、次式のように AFC に比例すると仮定することができる。

$$FCM = aAFC + b \quad (3)$$

d) 移動可能性の統合化サブモデル

図4に示すように、上記3つの要因に影響されて「日常買物移動のしやすさ」という潜在変数が形成され、それが満足度 (SAT) や利用頻度 (FRQ) という観測変数に影響を与えていると仮定する。そこで、構造方程式モデルを用いてこれらの因果関係を検証する。さら

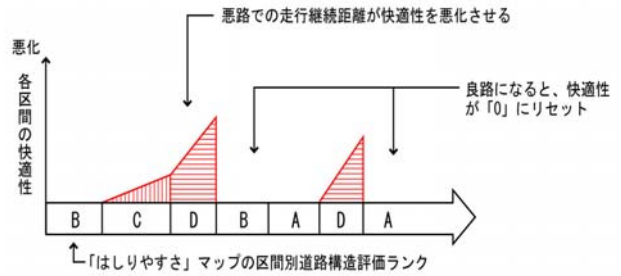


図3 AFC 値の算出方法

に、構造方程式から得られるパス係数を上記 a)~c) の評価値に乗じて統合化したものが、「日常買物移動のしやすさ」の評価値  $C_{ijk}$  (ここでは  $k$  は日常買物目的) となる。このときの各観測変数と潜在変数を表1に示す。

(2) 移動選択性モデル

移動選択性モデルは、移動目的  $k$  別に得られた移動のしやすさ  $C_{ijk}$  を統合し、ゾーン別の  $QoM_i$  を評価するモデルであり、以下のサブモデルから構成される。

a) 複数目的地の選択性評価サブモデル

目的地の選択自由性については、当該ゾーン  $i$  からの日常買物目的施設までの移動のしやすさ  $AC_{ik}$  を、次式のような施設の相対的魅力度値  $A_{jkl}$  を重みとした「日常買物移動のしやすさ  $C_{ijk}$ 」の抵抗値減衰型グラビティモデルにより定式化する。

$$AC_{ik} = -\ln \left\{ \frac{\sum_l A_{jkl}}{\sum_j \sum_l A_{jkl}} \exp(-C_{ijk}) \right\} \quad (4)$$

ここで、 $j$  は目的地、 $k$  は移動目的、 $A_{jkl}$  はゾーン  $j$  にある移動目的  $k$  の  $l$  番目施設の施設規模による魅力度指標値である。

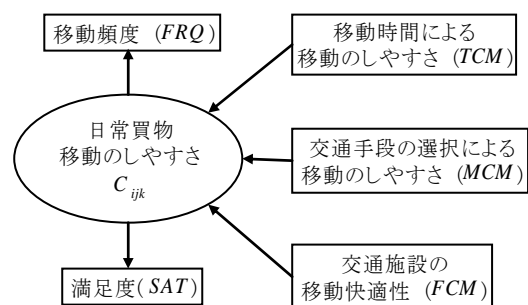


図4 移動可能性の統合化モデルのパスダイアグラム (日常買物移動の場合)

表1 変数の定義 (日常買物移動の場合)

潜在変数	観測変数	数値、算出方法
日常買物移動のしやすさ ( $C_{ijk}$ )	満足度 (SAT)	満足度の6段階評価
	移動頻度 (FRQ)	週1回、月2~3回、月1回、年2~3回
	交通手段の選択による移動のしやすさ (MCM)	交通手段の選択による移動可能性度
	移動時間による移動のしやすさ (TCM)	移動時間による移動可能性度
	交通施設の移動快適性 (FCM)	快適性の6段階評価

## b) 移動目的の選択性評価サブモデル

最終的な目的である移動選択性の総合評価値  $QoM_i$  を求めるためには、各種の「移動目的  $k$  の目的施設までの移動のしやすさ  $AC_{ik}$ 」を 1 つの評価指標に総合化する必要がある。従来の多基準分析では、主観的なウェイトが用いられている場合が多い中で、厚生指標を作成する際に、多くの観測可能な指標のウェイトを因子分析によって推定したもの<sup>8)</sup>や、総合的な QOL である「生活のしやすさ」に与える「各種活動のしやすさ」のウェイトを共分散構造モデルによって推定したもの<sup>9)</sup>などの研究成果もある。

$QoM_i$  に総合化するモデルには、1) Capability が functioning のベクトルの集合体であること、2)  $QoM_i$  は、移動目的の総体を表現していること、3) 各移動目的相互で多重共線性が生じないようにすること、4) 個人の多様な価値観や交通行動による潜在的関係を客観的、かつ簡単に評価できることなどが求められる。このため、主成分分析により複数の目的別「移動のしやすさ  $AC_{ik}$ 」を主成分別「移動のしやすさ」に合成し、これらは相互に直交する functioning のベクトルであることから、このベクトルの外積を算出し、これを  $QoM_i$  として定義する。

具体的には、まず目的別の「移動のしやすさ  $AC_{ik}$ 」をデータとした主成分分析を行い、多くの移動目的を 2 つ程度の主成分に合成し、主成分得点と、負荷量平方和を算出する。次に、得られた主成分ベクトルの外積を求めるが、これらのベクトルは直交していることから次式に示すコブ=ダグラス型関数で  $QoM_i$  を定義する。このとき、各々のベクトルの大きさは負荷量平方和に比例すると仮定し、この比率をコブ=ダグラス型関数の支出シェアと見なし、これを配分パラメータ  $\alpha$  とする。

$$QoM_i = \alpha x_{1i}^{\alpha} x_{2i}^{1-\alpha} \quad (5)$$

ここで、 $QoM_i$  を相対化にするために、次式を用いて % で表示する。 $QoM_{\max}$ 、 $QoM_{\min}$  は、交通条件等を最も良い状態、悪い状態にした場合のモデル推定値であり、 $QoMR_i$  は、0 から 100 までの間をとり、最小値 0 は移動不可能を、最大値 100 は最も自由に移動できる状態を示す。

$$QoMR_i = 1 - \frac{QoM_i - QoM_{\min}}{QoM_{\max} - QoM_{\min}} \quad (6)$$

### (3) 効率性と公平性の評価指標

公平性の程度を表す指標として、ジニ係数やアトキンソン指標がある。ジニ係数は不平等さを客観的に分析する代表的な指標であるが、同じジニ係数で示される状態であっても、ローレンツ曲線の元の形が著しく違えば、実感として感じる不平等さは変わる。式(7)のアトキンソン指標 (= AI 値) は、不平等回避度を表すパラメータ  $\varepsilon$  を特定することで不平等の程度を評価する指標であり、

この値が大きいほど低サービス者を重視することとなる。

また、式(8)のアトキンソン型関数から得られる  $QoMA$  値を用いて評価を行う。 $QoMA$  値は、サービス水準の平均値 (=  $\overline{QoMR}$ ) にアトキンソン指標による格差の状態を表現する項を乗じることによって求められることから、サービス水準と公平性を同時に評価できる指標になる。また、式(9)を用いて施策導入による社会費用便益比  $SCBR$  も評価する。従来の費用便益分析が所要時間等の費用の削減効果を計測していたのに対して、本指標はサービス水準全体の向上と格差是正の向上を便益として算出し、これとコストとの比で定義している。

$$AI(y) = 1 - \left\{ \sum_i^{p(y)} \left( \frac{QoMR_i}{\overline{QoMR}} \right)^{1-\varepsilon} / p(y) \right\}^{1/(1-\varepsilon)} \quad (7)$$

$$QoMA(y) = \overline{QoMR} \left\{ \sum_i^{p(y)} \left( \frac{QoMR_i}{\overline{QoMR}} \right)^{1-\varepsilon} / p(y) \right\}^{1/(1-\varepsilon)} \quad (8)$$

$$SCBR = \frac{\sum_y^T [QoMA_w(y) - QoMA_o(y)] p(y)}{\sum_y^T C(y)} \quad (9)$$

ここで、 $T$  は評価期間、 $y$  は時点、 $\overline{QoMR}$  は  $QoMR_i$  のゾーン別属性別人口による重み付け平均値、 $p(y)$  は時点  $y$  の人口を示す。また、下付添字の  $w$  は整備あり、 $o$  は整備なしを示す。

## 4. 山鹿市を対象としたモデルの推計

### (1) 対象地域と調査の概要

前述した各種サブモデルを推定するために、熊本県山鹿市を対象に「山鹿市における移動のしやすさに関するアンケート調査」を実施した。山鹿市は、平成 15 年に 1 市 4 町が合併した人口 5 万人の地方都市である。県都熊本市から約 1 時間の距離にあり、高次都市機能は熊本市に依存しているものの、通勤・通学圏として独立した圏域を形成し、旧山鹿市街地を中心として、国道 325 号沿線に人口が集中している地域である。

表 2 にアンケート調査の方法と質問内容を概説している。また、目的別移動状況や目的別満足度、および目的別移動頻度別許容時間の質問の仕方を図 5 と図 6 に示す。

表 2 アンケート調査概要

調査日時	平成 18 年 11 月
調査対象者	旧 1 市 4 町の主要市街地・集落 (10 地区)
調査方法	訪問配布留め置き回収方法
調査内容	個人属性：性、年齢、職業、免許、送迎有無 目的別移動状況：時間、目的地、手段、利用頻度 目的別満足度：総合、交通施設別 目的別移動頻度別許容時間
回収数	334 人

(2) 移動可能性モデルのサブモデルの推定

a) 移動時間による移動可能性評価サブモデル

図7には、成人男の日常買物目的に対して、移動頻度別にその移動のために許容できる時間の回答値の分布型（ここでは正規分布を仮定）を示す。目的別移動頻度別の実許容時間分布は、30分等の閾値付近に分布が集中する傾向にあるが、概ね正規分布に近い分布形となっている。移動頻度が多いほど、許容時間の平均値と分散は小さくなっており、移動頻度が許容時間に大きな影響を及ぼしていることがわかる。

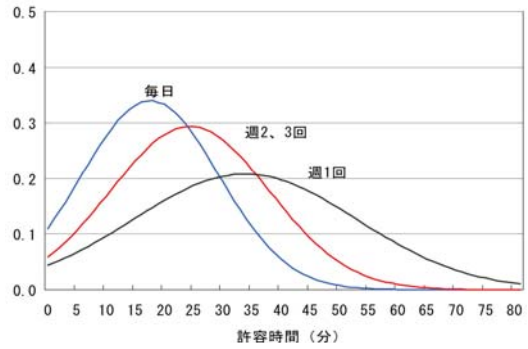


図7 移動頻度n別の許容時間分布 (成人男・日常買物目的)

前期高齢者の移動時間による移動可能性度TCMを算出した結果を図8に示す。これより、たとえば移動時間が40分のときは、観光や大規模病院や文化交流目的の移動可能性度TCMは0.8程度と高く、通勤や業務や日常買物目的では0.3程度と低い値となっている。

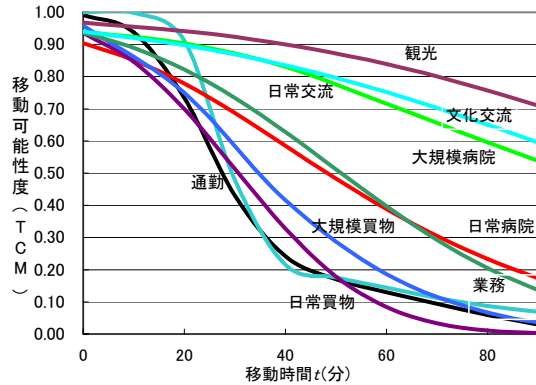


図8 前期高齢者の移動時間による移動可能性度(TCM)

図9は、日常買物目的に対する属性別の移動時間による移動可能性度TCMである。成人女は他の属性よりも移動可能性度TCMの分布曲線が急であり、一方、後期高齢者のそれは緩やかであるなど、属性による違いも見られる。他の属性に比べて高齢者では日常生活において時間的制約が少ないことなどが原因であると考えられる。

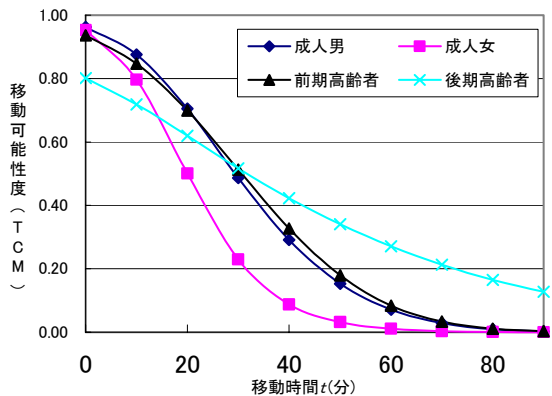


図9 属性別日常買物目的の移動時間による移動可能性度(TCM)

b) 交通手段の選択による移動可能性評価サブモデル

図10と図11にはそれぞれ成人女と後期高齢者目的別手段分担率を示す。いずれの年齢層でも、運転と送迎・同乗による移動割合が極めて高い。また、成人女に比べて後期高齢者では、徒歩や送迎・同乗での移動が多くなっている。このように、地方部においては自動車が極めて重要な交通手段であるものの、高齢者は自動車や免許を保有していないことや、身体的制約により自動車による移動に制約があることから、家族による送迎や同乗に支えられた移動形態となっている。バスは、高齢者の大規模買物、文化交流目的の移動など、比較的長距離で非定期目的での利用割合が高くなっている。これは、山鹿市と熊本市間のバス運行頻度は比較的高い反面、市

問3 外出される際の移動についてお伺いします。移動目的別に、移動時に利用する交通手段、利用頻度、移動時間、その際の満足度、交通施設の状況について、下表にご記入下さい。

移動目的	移動に要する所要時間、距離は?	主な目的地(○をつけて下さい)	利用する交通手段は?(○をつけて下さい)	どのくらいの頻度で?(○をつけて下さい)	ご自宅から目的地までの移動に関して、所要時間を含めて満足されていますか?(○をつけて下さい)	移動の際に利用する道路や鉄道・バス等の交通施設についてお伺いします。安全で快適に、利用できますか?(○をつけて下さい)
買い物	食料品等、日常的に買い物先	①山鹿市内 約( )分 約( )km ②熊本、玉名等 ③熊本市 ④その他	①自動車・バイクを自分で運転 ②自動車で送迎してもらう・同乗する ③タクシー・送迎バス ④路線バス・鉄道 ⑤徒歩・自転車 ⑥行かない	①ほぼ毎日 ②週2、3回程度 ③週1回程度 ④月2、3回 ⑤月1回程度 ⑥行かない	満足 やや満足 満足 と書えば 満足 やや不満 不満	安全快適 やや安全 快適 と書えば 安全快適 やや問題あり あり 問題あり
	大規模商業施設・専門店等への買物での移動	①山鹿市内 約( )分 約( )km ②熊本、玉名等 ③熊本市 ④その他	①自動車・バイクを自分で運転 ②自動車で送迎してもらう・同乗する ③タクシー・送迎バス ④路線バス・鉄道 ⑤徒歩・自転車 ⑥行かない	①週2、3回 ②週1回程度 ③月2、3回程度 ④月1回程度 ⑤年2、3回程度 ⑥行かない	満足 やや満足 満足 と書えば 満足 やや不満 不満	安全快適 快適 と書えば 安全快適 やや問題あり あり 問題あり

問4 自宅から、いろんな所に行くことに関して、トータル的に見て交通の便利さに満足していますか。

満足 やや満足 満足 と書えば 満足 やや不満 不満

図5 移動のしやすさに関するアンケート調査(買い物目的の移動の実態)

問5 下記に示す目的の際に、最大限ガマンのできる移動時間は、どの程度ですか。利用頻度別に、お答えください。

目的	利用頻度	移動時に、ガマンできる最大の移動時間は
日用品の買物先	①日用品のお店まで、毎日行くとき、ガマンできる最大の移動時間は、	( )時間( )分
	②日用品のお店まで、週2、3回行くとき、ガマンできる最大の移動時間は、	( )時間( )分
	③日用品のお店まで、週1回行くとき、ガマンできる最大の移動時間は、	( )時間( )分
大規模商業施設・専門店等への買物での移動	①月2、3回、大規模店舗等に行く際、ガマンできる最大の移動時間は、	( )時間( )分
	②月1回、大規模店舗等に行く際、ガマンできる最大の移動時間は、	( )時間( )分
	③年2、3回、大規模店舗等に行く際、ガマンできる最大の移動時間は、	( )時間( )分

図6 移動のしやすさに関するアンケート調査(移動頻度別の買い物目的のために許容できる移動時間)

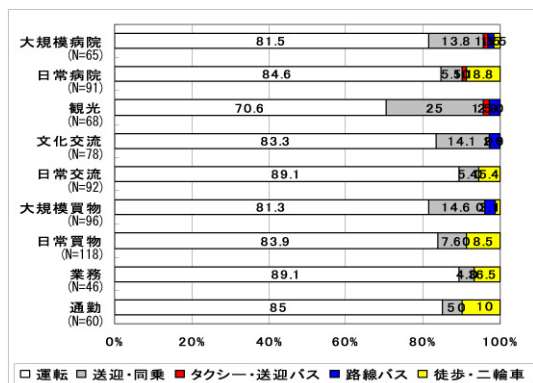


図 10 成人女の目的別手段分担率

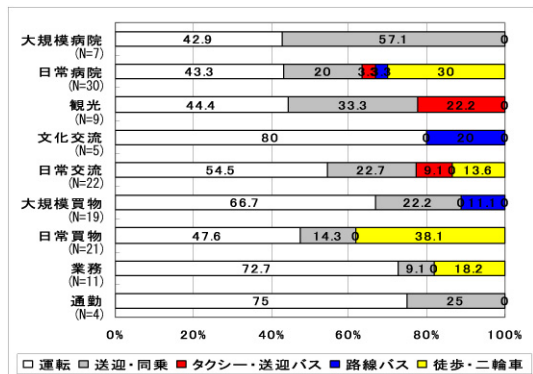


図 11 後期高齢者の目的別手段分担率

域内の各地域を連絡するバス網や運行頻度等のバス運行サービスが低いと思われる。

バスやタクシーではサンプル数が極めて少ない移動目的もあり、全ての移動目的からこれらの利用交通手段を選択肢から除き、自動車（運転）と自動車（送迎）、徒歩・二輪車を選択肢とし、移動目的別に ML モデルを推定した。推定結果を表 3 に示す。どの移動目的でも信頼性の高いモデルが推定されている。また、説明変数としては自動車免許保有の有無や自動車保有の有無、送迎者有無、目的地までの近接性が統計的に有意な変数として導入された。

### c) 交通施設の移動快適性評価サブモデル

アンケート調査の質問項目である OD 間の交通施設の移動快適性に対する利用者満足度と AFC との関係进行分析する。利用者満足度の評価値は、目的施設が明確となっている日常買物と日常病院移動に関する満足度のゾーン間平均値とする。両指標の関係を図 12 に示す。両指標の間には高い相関性があり、この回帰式を OD 間の交通施設の移動快適性 FCM の予測モデルとする。

### d) 移動可能性の統合化サブモデル

図 4 の MIMIC 型の構造方程式モデルの成人男のパス係数を推定した結果を表 4 に示す。成人男の文化交流目的やその他属性の一部目的で、図 4 の MIMIC 型のパスダイアグラムでは不適解となり、モデルを構築できなかったが、それ以外では、CFI 値は概ね 0.9 以上となっており、モデルの適合性は良好である。表 4 の各変数の  $t$

値を見ると、潜在変数である「移動のしやすさ  $C_{ijk}$ 」から満足度 SAT へのパス係数はすべての目的で有意となっているものの、利用頻度  $FRQ$  へのパス係数は日常買物と日常交流などの日常的非拘束な移動目的だけでしか有意にならなかった。また、不適解となったモデルでは、モデルに適合しない観測変数を除去することによりモデルを再構築している。

### (3) 移動選択性モデルのサブモデルの推定

表 5 は「移動目的  $k$  別の目的施設までの移動のしやすさ  $AC_{ik}$ 」を属性ごとに主成分分析した主成分行列の推定値である。属性別に主成分分析の結果を見ると、成人男の第 2 主成分は、主に毎日の必須な活動である通勤や業務目的で構成されている。成人女の第 2 主成分は、通勤や業務に加えて日常買物で構成されており、女性の日常活動を反映した結果となっている。このため、成人男・女では、第 2 主成分を「日常必須活動の移動」、第 1 主成分を「日常必須活動以外の移動」と解釈する。

高齢者の第 2 主成分は、主に自己欲求段階の高いと思われる文化交流や観光目的で構成されている。

第 1, 2 主成分の負荷量平方和の合計に対する第 1 主成分の配分パラメータ  $\alpha$  は全ての属性で 0.65 前後となっている。

表 3 交通手段選択モデルの推定結果

	自動車(運転)		自動車(送迎)		徒歩・二輪車 距離の近接性	$\rho^2$ 値	サンプル数
	免許	自動車保有	送迎者有無	女性			
通勤	**4.93	*1.09	*1.32		**4.44	0.74	139
業務		**2.52	**1.52		*-0.77	0.50	111
日常買物	**4.00	**1.38	**1.78		**2.56	0.63	260
大規模買物	**4.17	**1.29	*1.14	**1.51		0.80	230
日常交流	**5.28	**2.43	**2.91		**4.32	0.79	224
日常病院	**4.75	**1.04	**2.47		**3.50	0.64	236
大規模病院		**1.95	**1.12	*0.78		0.52	145
文化交流	**5.02			**2.86		0.87	166
観光	**5.57		**3.49		*4.60	0.69	129

注1) ダミー変数のうち、免許、自動車保有、送迎者有無はすべて有り  
が1、距離の近さは(300m以内)の場合が1

注2) \*: t値が1.0以上1.96以下、\*\*: t値が1.96以上

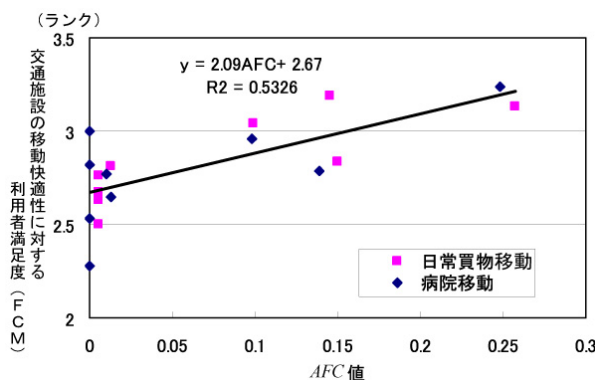


図 12 交通施設の移動快適性に対する利用者満足度 (FCM) と AFC 値との関係

表4 構造方程式のパス係数(標準化係数)とCFI(成人男)

	←移動のしやすさ $C_{ij}$		移動のしやすさ $C_{ij}$ ←			CFI
	SAT	FRQ	TCM	MCM	FCM	
通勤	**0.71	*-0.17	**0.57	*-0.15	0.74←	0.97
業務	**0.49	0.07	**0.61	**0.72	1.33←	1.00
日常買物	**1.12	**0.45	**0.28	-0.07	0.52←	0.81
大規模買物	**1.21	0.12	**0.10	-0.01	0.69←	0.73
日常交流	**0.99	**0.41	*-0.08	0.0	0.86←	1.00
日常病院	**0.48	0.04	*-0.28	*-0.29	1.40←	0.82
大規模病院	**1.04	*0.16	0.02	-0.01	0.92←	0.94
観光	**1.05	0.15	*-0.08	0.01	0.82←	1.00

注1) \*\*:t値が1.96以上, \*:t値が1.00以上

注2) 識別問題よりFCMのパス係数を1と仮定し、欠損データがあることから平均共分散構造分析を実施

注3) ←矢印: 図4のパスタイアグラムの矢印の方向を示す。

表5 「移動目的 $k$ 別の目的施設までの移動のしやすさ $AC_{ik}$ 」の主成分得点

	成人男		成人女		高齢者	
	第1主成分	第2主成分	第1主成分	第2主成分	第1主成分	第2主成分
大規模病院	0.87	-0.03	0.85	-0.02	0.71	0.36
病院	0.69	0.47	0.78	0.13	0.82	0.13
観光	0.85	0.20	0.70	0.17	0.13	0.88
文化交流	0.78	0.26	0.82	0.08	0.27	0.87
日常交流	0.74	0.27	0.20	0.14	0.84	0.35
大規模買物	0.71	0.45	0.61	0.19	0.72	0.22
日常買物	0.67	0.31	0.12	0.80	0.81	0.04
業務	0.05	0.91	0.28	0.48		
通勤	0.33	0.58	-0.03	0.81		
寄与率	46%	21%	36%	19%	45%	26%
累積寄与率	67%		55%		71%	

表6 QoMと利用者の総合満足度回答値との相関

	成人男	成人女	高齢者
配分パラメータ $\alpha$	0.69	0.65	0.63
定数項 $a$	0.25	0.51	0.31
$R^2$ 値	0.86	0.95	0.83
補正 $R^2$ 値	0.77	0.61	0.72
F値	8.18	7.39	6.68

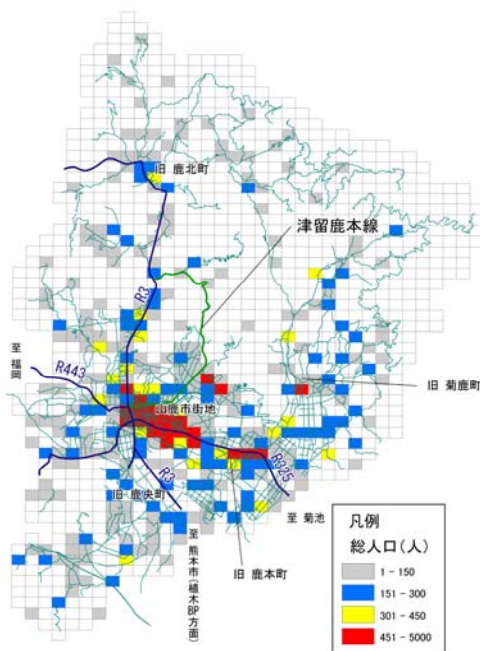


図13 山鹿市の交通ネットワークと人口分布

#### (4) モデルの有効性の確認

Capability が、財と効用の中間に位置することから、満足度等の効用に対して間接的に影響を及ぼしている。

このため、両主成分得点による  $x_{1i}^{\alpha} x_{2i}^{1-\alpha}$  を説明変数、アンケート調査から得られる総合満足度を目的変数とした単回帰分析を行った結果を表6に示す。いずれの属性でも、 $R^2$ 値は0.8以上あり、 $F$ 値も高いことから、このモデルで  $QoMR_i$  を推定することは有効であるといえる。

#### 5. QoMに基づく施策評価シミュレーション

##### (1) 施策評価シミュレーションの検討シナリオ

図13に示す山鹿市を対象にして、以下に設定する幾つかの施策シナリオについて評価シミュレーションを試みる。

ここでは、

- 1) 今後の少子・高齢化という人口動態に伴う QoM の変化を分析した後、
- 2) 幹線道路と地域内道路の整備の効果を効率性と公平性の両視点から評価する。

ここでは以下の2つの施策シナリオを設定した。

・**施策シナリオ1**: 山鹿市と熊本市の中間にあり、交通渋滞の深刻な植木地区に、延長約10km 走行速度50km/h の植木バイパスを整備する。これによって熊本市への走行性が向上する。

・**施策シナリオ2**: 旧山鹿市と旧菊鹿町間を結ぶ県道津留鹿本線の現道整備(500m)である。これは「走りやすさマップ」ではDランクの1車線道路でカーブが連続する区間を、待避所の設置やカーブの視距を改良したCランクに改良する。

以上の施策評価シミュレーションを実行するに当たって、分析の空間的単位、交通ネットワーク、将来人口などを以下のようにして設定した。

- 1) 施策評価シミュレーションによる効果の空間的な分析単位は4次メッシュ(500m×500m)のゾーンである。
- 2) 移動時間や各区間の快適性の評価となるAFC値は、幅員3m以上の道路で構成した道路ネットワークから推計する。
- 3) 「走りやすさマップ」でランク表示がなされている国県道以外の市道・農道等については、幅員別に道路構造評価ランクの設定を行う。
- 4) 自動車免許有無、自動車保有、送迎者の有無などの交通条件については、アンケートで得られた属性別の回答値を将来も用いる。
- 5) 将来人口は、合併前の旧市町が個別に推計している人口の将来値を各メッシュに比例配分した値を用いる。
- 6) 高齢者人口などの属性別人口についても旧市町別の

トレンド値を用いて推計する。

7) 表7に示す移動目的別の目的施設の位置は将来も変わらないとし、その魅力度指標の値については、通勤、業務、日常買物、日常交流目的のための施設だけが、人口減と同様の比率でその値 $A_{jkl}$ が低下すると仮定した。

### (2) 将来の人口変動に伴うQoMの変化の分析

分析結果の例として、高齢者に対する現況の $QoMR_i$ の分布を図14に示す。市街地部、および国道3号や国道325号といった幹線道路沿線では $QoMR_i$ 値がその平均値( $\overline{QoMR}$  値)の82%より高い水準になっているが、その他の地域では非常に低い値になっている。図15はゾーン別属性別に得られる $QoMR_i$ にゾーン別属性別人口を掛けて人口ベースに換算した値の分布を示したものであるが、約3割の人が $\overline{QoMR}$  値を下回る水準にあることがわかる。

表8は平成12年(現況)、平成22年、27年の $QoMR$  値、ジニ係数、および不平等回避度を表すパラメータ $\varepsilon$ を0.3, 0.5, 0.8とした場合のアトキンソン指標値(AI 値)と $QoMA$  値を示したものである。現況に比べて将来には、 $\overline{QoMR}$  値が減少し、また、全ての $\varepsilon$  値に対してAI 値も増加していることから、経年的に地域全体の交通サービス水準が低下し、格差が拡大するという結果が得られた。これは、地域全体の人口の減少に連動して低下させた施設魅力度の低下が大きな原因である。ジニ係数を見ると、格差が改善されている結果となっているが、相対的に市街地の人口割合の増加となりローレンツ曲線の形が変化することから、ジニ係数では正確な公平性の評価はできない。一方、 $\varepsilon=0.8$  のときに $QoMA$  値が最も低下しているが、格差拡大による影響である。今後、 $\varepsilon$  の設定方法が課題として残る。

### (3) 施策シナリオ別の効果分析

表9は、施策シナリオ1の植木バイパス整備のwith/without ケースの $QoMA$  値を比較したものである。植木バイパスの整備は、 $\overline{QoMR}$  値を向上させるとともに、AI 値の減少が示すように、地域間格差の是正にも寄与しており、幹線道路整備の役割が改めて確認できる結果となっている。表10は、 $QoMA$  値の改善効果に人口を乗じた整備効果を用いて、植木バイパスの経年的な効果を算出した結果である。人口減少の要因による影響が大きく、植木バイパスの効果は経年的に減少している。

表11は、施策シナリオ2の山鹿市内の地域内道路である津留鹿本線の整備効果を、「走りやすさマップ」のランクをDからCに改善した場合(施策ケース1)と、それと同時に走行速度が10km/hから20km/hになるように整備する場合(施策ケース2)の2ケースについて算出した結果である。本来なら施策ケース2のほうが

表7 移動目的別の目的施設とその魅力指標 $A_{jkl}$

交通目的	目的施設	魅力度指標 $A_{jkl}$
通勤業務	4次メッシュの従業員人口で一定の集積のある地区	従業員数
日常買物	主要商業施設	施設数
大規模買物	熊本市都心部	施設数
日常交流	観光レジャー施設、温泉等	施設数
日常病院	市内病院	施設数
大規模病院	熊本市都心部	施設数
文化交流	熊本市都心部	施設数
観光	菊池	施設数

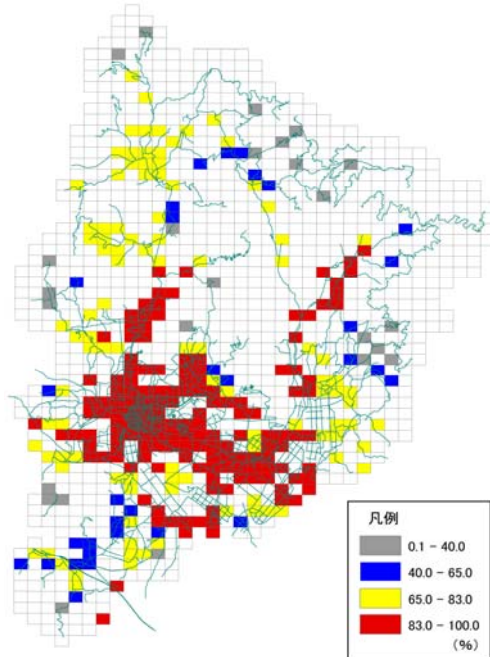


図14 高齢者に対する現況の $QoMR_i$

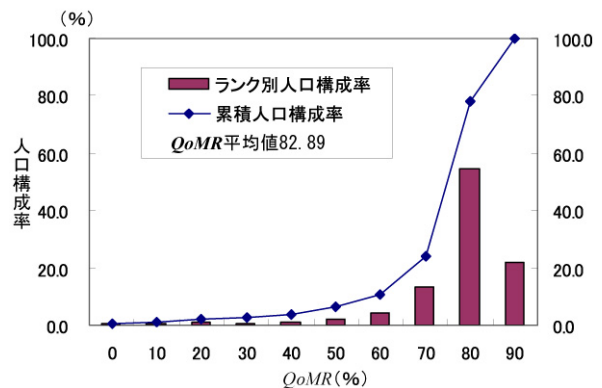


図15  $QoMR_i$ ランク別人口構成率

$\overline{QoMR}$  値やAI 値などが向上すると考えられるが、改善効果は両ケースともほぼ同じになっている。表4の「移動時間による移動可能性度TCM」、 「交通施設の移動快適性度FCM」から「移動のしやすさ $C_{ijk}$ 」へのパス値を見ると、TCMよりFCMのパス値が大きく、このことが、施策ケース1の効果を高める要因となっている。これは、時間短縮による移動のしやすさの効果よりも、移動快適性の効果を高めるような道路整備が、QoMの向上に寄与することを示唆している。これは、



表8 山鹿市のQoMRの推移

	現況	平成22年	平成27年	平成27-現況
QoMR (%)	82.89	82.32	81.91	-0.96
ジニ係数	0.0733	0.0727	0.0727	
AI値 $\epsilon=0.3$	0.0064	0.0065	0.0067	
QoMA 値	82.35	81.78	81.36	-1.02
AI値 $\epsilon=0.5$	0.0116	0.0119	0.0122	
QoMA 値	81.92	81.34	80.91	-1.04
AI値 $\epsilon=0.8$	0.0214	0.0220	0.0228	
QoMA 値	81.12	80.50	80.04	-1.11

表9 植木バイパス整備による効果

	未整備	整備	整備-未整備
QoMR (%)	82.89	83.68	0.793
AI値 $\epsilon=0.8$	0.0214	0.0209	▲ 0.0005
QoMA 値 $\epsilon=0.8$	81.12	81.93	0.817

表10 植木バイパス整備による単年度効果の推移

	現況	平成22年	平成27年	効果(%)
整備効果	42,331	39,883	38,454	▲ 9.2
人口(人)	51,826	48,323	46,286	▲ 10.7

注1) 整備効果:  $QoMA_W(y) - QoMA_O(y)$

表11 津留鹿本線の2つの整備ケースによる効果

	未整備	整備ケース1	整備ケース2
走行速度	10km/h	10km/h	20km/h
走りやすさマップのランク	ランクD	ランクC	ランクC
QoMR (%)	82.89	82.94	83.00
AI値 $\epsilon=0.8$	0.0214	0.0210	0.0212
QoMA 値 $\epsilon=0.8$	81.12	81.20	81.24
事業費		1億円	2億円
整備効果(10年間)		51,315	57,372
SCBR		127,000	63,500

注1) ランクC:1車線で急カーブ・急勾配がある。  
ランクD:1車線の道路で急カーブが連続

注2) 事業費は設定(500m)

注3) 事業費及び整備効果は、式(9)の分母と分子

時間短縮効果が便益額に最も影響を及ぼす費用便益分析では評価できない効果であり、本手法が走行快適性や安全性などを向上させる多様な整備手法による効果を評価できることを示している。また、表11の社会費用便益比SCBRの便益部分は金額換算できないため、投資効率性の比較はできないものの、全体効果と公平性の改善効果を便益としていることから、地域バランスを考慮に入れた事業手法の検討や事業箇所を選定が可能となる。

## 6. おわりに

本研究では、Capabilityアプローチに基づいて、移動可能性と移動選択性からなる移動のしやすさを評価する手法を提案した。本手法は、地域や属性ごとの交通サービス水準をQoM指標によって表現できることから、道路整備などの交通施策だけでなく、人口・目的施設の誘導施策にも適用可能であり、これら施策による地域全体

の効果とともに、地域間格差の水準までも評価することが可能となった。本手法は、QoMを用いて現在のおかれている交通サービス水準を市民とともに共有化し、今後どのような交通政策を実施すべきかを議論するためのツールとして有用と考える。さらにその価値を高めるためには、本手法を住民参加型交通計画のツールとして積極的に活用していくことが必要であり、そのためには結果の視覚的な表現方法、ベースとなる地理情報や道路交通状況をリアルタイムに更新していくシステムの開発が必要である。また、交通手段選択、交通施設の移動快適性のサブモデルの精度向上とともに、モデル全体から見た一貫性を確保するため統合化モデルの検討が必要である。

付表1 本研究手法に関連または類似する既存研究

研究者	研究タイトル	functioningの要素に関連する内容	移動可能性に関連する内容	移動選択性に関連する内容
林 <sup>1)</sup>	生活質の定量化に基づく社会資本整備の評価に関する研究	任意に設定。「経済活動機会」「生活サービス機会」「快適性」「安心・安全性」「環境負荷低減性」	各要素の充足度は、各要素のインディケータの水準に対する個人の主観的満足度	個人の価値観による重みと、全要素の充足度によりQOLを算出。評価軸の充足度の補償関係をアンケートで設問し、CES型関数により設定
猪井 <sup>10)</sup>	Capability Approachを考慮したコミュニティバスの効果評価に関する研究	ブレンストーミング	移動可能性は、アンケートによる移動の有無により設定。Functioningには階層性があるとしている。	多基準分析による重み付けを実施
木村 <sup>11)</sup>	外出目的による高齢者交通の分類と交通困難	移動目的を「生存に関わる交通」「日常生活に欠かせない交通」「生活のゆとり交通」に分類		
原田 <sup>12)</sup>	地方バス路線の利用実態調査	公共交通の利便性の低い地域で、非義務的トリップは少なくなる。		
福田 <sup>13)</sup>	平日の時間利用評価が休日の時間配分及び活動時間価値形成に及ぼす影響	休日活動を「必需活動」、「扶養活動」、「定期的余暇活動」、「不定期余暇活動」に分類		
渋川 <sup>4)</sup>	『バリア』の概念と交通体系整備の課題に関する一考察		バリアの要因を、交通主体、交通環境内的条件(距離、免許等)、交通施設条件(道路、公共交通料金等)	
大森 <sup>14)</sup>	高齢者・障害者の生活活動・交通行動分析のための手法とデータ需要(「アクティビティの概念」整理より)		アクセシビリティを活動機会への移動コスト、活動機会の魅力、活動機会での活動可能時間の関数として表現できる。	
森山 <sup>9)</sup>	高齢社会における過疎集落の交通サービス水準と生活の質の関連性分析	「個人の移動可能性」、「移動のしやすさ」、「各種活動のしやすさ」の潜在変数を定義	共分構造モデルを用いて、QOLを、「移動のしやすさ」と「各種活動のしやすさ」によって規定されるとして分析	
長島 <sup>8)</sup>	新たな厚生指標作成の試み	厚生を説明する上で「実質可処分所得/人」「資本生産性の伸び」等、重要な18指標を選定		因子分析手法により、「所得・資産」「効率」等の4因子を選定し総合評価

参考文献

- 林良嗣 他：生活質の定量化に基づく社会資本整備の評価に関する研究，土木学会論文集，No751/IV-62，pp.55-70，2004.
- 国土交通技術研究，第6号，平等をめぐる議論と社会資本整備に関する一考察，2001.
- 土井健司 他：米国のTODに見る新たなアクセシビリティ概念Location Efficiencyに関する考察，土木学会論文集，VOL62，No2.207-212，2006.4
- 渋川剛史 他：「バリア」の概念と交通体系整備の課題に関する一考察，土木計画学研究・講演集，Vol.24，CD-No-19，2001.
- 国土技術政策総合研究所道路研究室:実走行実験を用いた走行性に関する主観的評価と幾何構造要因に関する分析，2006
- 清水哲夫 他：地点－区間，主観－客観の関係に着目した道路サービス水準評価要因の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.28，CD-No-114，2003.
- 松井寛 他：信号交差点を含む一般道路の交通渋滞評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.15，pp.755-763，1998.
- 長島直樹 他：新たな厚生指標作成の試み，富士通総研経済研究所，研究レポート，No.97，December 2000.
- 森山昌幸 他：高齢社会における過疎集落の交通サービス水準と生活の質の関連性分析，土木計画学研究・講演集，Vol.24，CD-No-20，2001
- 猪井博登：Capability Approachを考慮したコミュニティバスの効果評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol.21，No.1，pp.167-174，2004.
- 木村一裕 他：外出目的による高齢者交通の分類と交通困難，土木計画学研究・講演集，No.16(2)，pp.187-190，1993.
- 原田哲朗 他:地方バス路線の利用実態調査，鳥取大学工学部研究報告Vol.25，第1号，pp235-251，1994
- 福田大輔 他：平日の時間利用評価が休日の時間配分及び活動時間価値形成に及ぼす影響，土木計画学研究・論文集，Vol.22，No3，pp.421-428，2005.
- 大森宣暁：高齢者・障害者の生活活動・交通行動分析のための手法とデータ需要，土木計画学研究・講演集，Vol.25，CD-No-83，2002.

付表2 モデルの変数一覧

モデル等		変数	内容
移動目的			通勤、業務(仕事での移動)、日常買物(市内での身近な買物のための移動) 大規模買物(熊本市都心部への買物及び、大規模商業施設への買物のための移動) 日常交流(市内での身近な交流施設への移動) 日常病院(市内での身近な病院への移動) 大規模病院(高次医療施設の整った熊本市の大規模病院への移動) 文化交流(熊本市の博物館、美術館等への移動) 観光(観光地への移動)
移動可能性モデル	移動時間による移動可能性評価サブモデル	$t$	移動時間
		$n$	「毎日」や「週2, 3回」のような移動頻度
		$\Phi_n(t)$	移動頻度 $n$ 別の、許容できる移動時間の累積分布関数
		$w_n$	移動頻度 $n$ 別の利用者比率
		$TCM$	移動時間による移動可能性度 式(1)により算出
	交通手段の選択による移動可能性評価サブモデル	$m$	交通手段
		$V_m$	非集計ロジットモデルから算出される交通手段 $m$ の効用値
		$MCM$	交通手段の選択による移動可能性度 式(2)により算出
	交通施設の移動快適性評価サブモデル	$AFC$	「走りやすさマップ」の区間別道路構造評価ランク別の主観的評価平均値とその走行継続距離との積を、OD間の経路で合計した値 図3により算出
		$FCM$	OD間の交通施設の移動快適性度 式(3)により算出
$SAT$		移動の満足度	
$FRQ$		移動頻度	
移動可能性の統合化サブモデル	$k$	移動目的	
	$C_{ijk}$	ゾーン $i$ から目的ゾーン $j$ までの目的 $k$ の「移動のしやすさ」の評価値	
	$A_{jkl}$	ゾーン $j$ にある移動目的 $k$ の $l$ 番目施設の施設規模による魅力度指標値	
	$AC_{ik}$	ゾーン $i$ からの移動目的 $k$ の目的施設までの「移動のしやすさ」の評価値 グラビティモデル 式(4)により算出	
移動選択性モデル	複数目的地の選択性評価サブモデル	$x_{1i}, x_{2i}$	$AC_{ik}$ をデータとした主成分分析により得られた主成分得点
		$\alpha$	コプ=ダグラス型関数の支出シェアの配分パラメータ 主成分分析で得られた第1主成分と第2主成分の負荷量平方和の比率により、算出
	移動目的の選択性評価サブモデル	$a$	コプ=ダグラス型関数の定数項
		$QoM_i$	Quality of Mobility (個々人の交通サービス水準である移動に関する質) 式(5)により算出

QoM指標によるモビリティ水準の地域間比較手法の提案\*

栄徳洋平\*\*・溝上章志\*\*\*

本論文では、アマルティア・センの capability アプローチの考え方にに基づき、交通施設のサービス水準に関して、QoM (Quality of mobility) を定義し、効率性と公平性の視点から交通施設整備の効果を評価する手法を提案した。この手法は移動可能性と移動選択性からなるモデルで構成されている。この手法を用いて、地方都市である山鹿市における2種類の道路整備シナリオに対する効果の評価を行った。その結果、今後、地域全体のQoMは低下し、格差が拡大すること、地域間幹線道路と地域内道路の整備による格差の改善効果には違いがあることを明らかにした。

A Method on Evaluation of Differences in QoM among Regions\*

By Youhei EITOKU\*\*・Shoshi MIZOKAMI\*\*\*

In this paper, to evaluate individual's service level for traffic, the quality of the mobility was defined as QOM. And, it proposes the model by whom QOM is evaluated by the capability approach of Amartya Sen. This model is composed by a model of the possibility of the mobility and a model selected of the mobility. In addition, QOM in the present and the future is analyzed in Yamaga City, it is forecast that the traffic service level will decrease, and this difference will expand in the future