



交通サービス水準と活動機会の関連性分析：行動データに基づく活動機会の計測

薦田, 悟
四辻, 裕文
瀬谷, 創
喜多, 秀行

(Citation)

土木学会論文集D3（土木計画学）, 73(5):I_879-I_887

(Issue Date)

2017

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

© 2017 公益社団法人 土木学会

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90006012>



交通サービス水準と活動機会の関連性分析 －行動データに基づく活動機会の計測－

薦田 悟¹・四辻 裕文²・瀬谷 創³・喜多 秀行⁴

¹学生会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: 168t116t@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学特命助教 先端融合研究環 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: yotsutsuji@people.kobe-u.ac.jp

³正会員 神戸大学大学院准教授 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: hseya@people.kobe-u.ac.jp

⁴正会員 神戸大学大学院教授 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: kita@crystal.kobe-u.ac.jp

交通のサービス水準が低い過疎地域と都市部とでは活動機会に格差が存在すると言われているがこれは事実であろうか。都市部と過疎地域で活動機会の格差が存在することは実証されているが、この格差が交通のサービス水準に起因したものか否かは明らかでない。

そこで本研究では、活動機会の代理指標として「買い物頻度の上限」を、交通のサービス水準の指標として「アクセシビリティ指標」を用い、地方都市におけるパーソントリップ調査データと生活実態調査データから両者の関係を分析した。その結果、交通サービス水準が活動機会に影響していること、とりわけ、外出能力が低い住民や、交通サービス水準が低い住民への影響が大きいことが明らかになった。

Key Words: level of transport service, activity opportunities, quantile regression, empirical analysis

1. はじめに

背景に先立ち本研究の重要な概念である活動機会について述べる。活動機会とは、機能（人が成就しうること¹⁾）の集合であり、例えば、買い物できること、通院できること、通勤できることなどを指す概念である。

人々が健康的で快適な生活を送るために、生活の基礎となる活動（買い物、通院など）を支障なく行うことが必要不可欠である。さらに、教育、雇用、居住、レジャーなど多岐に亘る活動機会を得ることも欠かせない。しかし、一般的に中心地からの距離が遠い過疎地域では、このような活動を思ったように行なうことができないことが多い、都市部に比べ活動機会が小さいと言われている。そして、その一因が、居住地からサービス提供施設への到達のしやすさ（以下、交通サービス水準）であるとされているが、十分な実証はなされていない。

そのため、まず安永ら²⁾で都市部と過疎地域で活動機会の大きさを計測し、両者間に有意な差が存在することを実証した。しかし、交通サービス水準と活動機会の関

係は必ずしも明らかにされておらず、この地域差が交通サービス水準に起因したものか否かは明らかでない。

そこで、本研究は、交通サービス水準が活動機会の大きさに及ぼす影響を解明することを目的とする。本研究では、日常生活に必要不可欠な活動である、食料品の買い物を対象にし、交通サービス水準との関係を探る。活動機会自身は計測不可能なため、その代理指標として買い物頻度の上限を、交通サービス水準の指標として辻ら³⁾によるアクセシビリティ（以下、Acc）指標を用い、地方都市におけるアンケート調査データから両者の関係を分析する。本研究の成果は、活動機会の増大を目的とした施策を検討する際に有用であると考える。

以下、本論文の構成を述べる。本章では、本研究の背景と目的を述べた。2.では、活動機会について述べる。3.では、生活行動分析、活動機会、Acc 指標に関する既往研究を整理する。4.では、具体的な分析方法を述べる。5.では、分析に用いるデータを収集するためのアンケート調査を説明する。6.では、活動機会と交通サービス水準の両者の関係を分析し、結果を考察する。7.では、本

研究のまとめを述べる。

2. 活動機会について

1. で述べたように、活動機会とは、機能（人が成就しうること¹⁾）の集合であり、実際の行動（利用した活動機会）とは完全な対応関係を持たない。活動機会を集合A、利用した活動機会を集合Bとすると、集合Bは集合Aの部分集合（ $B \subseteq A$ ）であり、利用しなかった活動機会（ $A \cap \bar{B}$ ）が存在する可能性があるためである。また、認識している活動機会を集合Cとすると、利用しなかった活動機会（ $A \cap \bar{B}$ ）は、活動機会の全容を認識して利用しなかった活動機会（ $\bar{B} \cap C$ ）と、活動機会の全容を認識していないために利用できなかった活動機会（ $A \cap \bar{C}$ ）とに分類することができると考える（図-1）。

本研究では、個人は必ずしも活動機会の全容を認識しているとは限らないと考える。そのため、活動機会は本質的に計測することができない（活動機会を尋ねても正確に回答することはできない）と考える。そこで、上記の関係（ $B \subseteq A$ ）を考慮して、計測が可能な実際の行動データの上限を活動機会の代理指標として捉える。ここでは、活動機会に関する「分析に用いるサンプル内に活動機会を最大限利用した行動をとった（集合A = 集合Bを満たす）サンプルが存在する」という仮定を考慮している。サンプル数が多いとき、また活動機会を最大限利用した行動をとる人の割合が高い活動が分析の対象であるとき、この仮定を満たす可能性が高い。しかし、本研究ではサンプル数の基準値を定めておらず、基準値の選定には今後合理的な検討が必要である。

3. 既往研究

（1）既往研究

a) 生活行動分析

活動機会に関する研究として、「実際の行動」を対象にした生活行動分析に関する研究を整理する。生活行動分析に関する研究は多くなされている。例えば、国土交通省が実施した調査⁴⁾では、個人のトリップ数に影響を及ぼす要因として、年齢、性別、自動車利用可能性が挙げられている。また、宮崎ら⁵⁾は、高齢者を対象にした生活行動実態調査より、自動車利用の有無や公共交通のサービスレベルが外出頻度など生活行動に影響を及ぼすことを明らかにした。また、橋本・田尾⁶⁾はアンケート調査で得たデータを用いて数量化II類分析を行い、運動機能、店舗までの時間、性別、年齢が外出頻度に影響を及ぼすことを明らかにした。

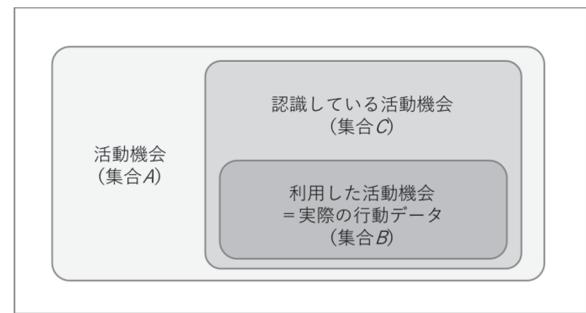


図-1 活動機会の概念図

しかし、これらは実際の行動の影響要因であり、活動機会に影響を及ぼすかは不明である。宮崎ら⁵⁾のように、生活行動と交通サービス水準との関係を解明した研究も見られるが、本研究は、実際の行動そのものではなく、その上限である活動機会に着目している点で、これらの研究と異なる。

b) 活動機会

活動機会の計測に関する研究はさほど蓄積がない。

土木計画学の分野では、力石ら⁷⁾が移動に関する機能の計測手法を整理しており、外出頻度などの行動結果や、効用・満足度を評価指標とした計測が、機能と完全な対応関係を持たないことを指摘している。その理由として、これらの計測手法は、活動が妨げられている「制約」の視点と、活動はできたが結果的にしなかった「選択」の視点を識別できないことを挙げている。（「制約」が本稿2.における活動機会（集合A）を規定し、「選択」が利用した活動機会（集合B）を規定すると考える。）さらに、「制約」と「選択」が識別できる計測手法として、機能の最大実現点を推定するフロンティア分析を挙げている。

本研究でも、力石ら⁷⁾と同様に、活動機会の計測においては、最大実現点に着目する必要があると考える。そこで本研究では2.で述べた通り、実際の行動データの上限を活動機会の代理指標として捉える。

土木計画学における、交通サービス水準と活動機会の関係に関する研究として、先述の安永ら²⁾のほか、新田・竹林⁸⁾が、活動・参加機能の達成状況（活動機会とほぼ同義）を得点化により評価し、その強い影響因子として、自動車の利用可否、自力歩行距離、居住地区（施設の立地状況の差異や、交通サービス水準などが関係）を挙げている。しかし、具体的な交通サービス水準と活動機会の関係は不明である。また、移動のしやすさと生活の質の関係に着目した研究として、森山ら⁹⁾は移動のしやすさが向上することによって、各種活動のしやすさが向上することを示した。ここでは、買い物のしやすさや、移動のしやすさが個人の満足度を用いて評価されており、活動機会の評価尺度としては適当ではない。

以上の既往研究より、交通サービス水準は活動機会に影響を及ぼす可能性が高いと推察されるが、その具体的な関係は未だ明らかでない。

また、Activity-based approachに基づいた活動交通分析に関する研究にも、交通サービス水準が活動の遂行に及ぼす影響を扱った多くの蓄積があり¹⁰⁾、その一部は実行可能な活動パターンの選択肢集合に関する分析を行っている（例えば、Hägerstrand¹¹⁾、Lenntorp¹²⁾）。しかし、それら選択肢集合に関する研究では、実際の活動に基づいた分析・評価が行われていない¹⁰⁾。

社会的疎外（Social exclusion）に関する研究では、例えば、Lucas¹³⁾は、社会的疎外の概念を考慮した英国における複数の交通政策の事例を紹介し、それらの交通政策を論じている。また、Stanley and Lucas¹⁴⁾は、交通・社会政策の分野に社会的疎外の概念を導入する重要性を述べた上で、社会的疎外と交通に関する研究を整理している。さらに、Currie *et al.*¹⁵⁾は、公共交通機関の不足や経済的な困窮が、移動頻度・移動方法・移動距離の制約に繋がることを示している。

他に厚生経済学の分野では、例えば、Brandolini *et al.*¹⁶⁾が、機能を計測し、男女間や地域間の比較を行っている。ただし、ここでは機能の計測が自己評価に依存する手法でなされている。

c) Acc 指標

交通サービス水準の評価指標として、公共交通に関する Acc 指標を用いる。

路線バス等の公共交通は、路線とダイヤが固定されているため、実行可能な個人の活動パターンは制約されている。そして、この制約が公共交通を利用して活動をする際の活動のしにくさを生じさせているため、公共交通計画に用いる Acc 指標としては、この制約を考慮した指標である必要がある。

谷本ら¹⁷⁾は、既往の Acc 指標が、この制約を直接的に考慮していないこと明らかにした。その上で、制約を考慮しうる指標として、所与の公共交通サービスのもとで実行可能な時間配分を数え上げる方法を定式化している。

本研究は、自家用車利用者を対象に交通サービス水準と活動機会の関係の解明を行うが（自家用車利用者を対象にする理由は4.で述べる），将来的に公共交通サービスにより活動機会を増大させることを目指す。そこで本研究では、交通サービス水準の評価指標として、谷本ら¹⁷⁾が提案し、辻ら³⁾が改良した以下に示す Acc 指標を採用する。

谷本ら¹⁷⁾は、バスダイヤを全員が利用できることを前提としているが、実際は個人の身体的な問題や、個人の外出可能な時間帯などにより活動に制約が生じると考えられる。そこで、喜多ら¹⁸⁾は、谷本ら¹⁷⁾の指標を基に時間的側面に加えバス停への歩行など身体的側面を考

慮しうるよう拡張した指標を構築している。また、喜多ら¹⁹⁾では、利用可能な活動を行う施設の営業時間や個人の外出可能時間帯を考慮し得るように谷本ら¹⁷⁾の指標を拡張した。

さらに辻ら³⁾は、以上の指標を統合し、バス停への歩行やバスダイヤ、施設の営業時間帯、個人の外出可能時間帯など活動機会に与える影響を統合的に考慮した公共交通利用者の活動機会の大きさを測定する指標を構築した。そして、構築した指標を公共交通計画情報として用いる場合の測定法を提示したが、住民の活動実態と関連づけた実証分析は行われてはいない。

（2）本研究の位置づけ

1.で述べたように、交通サービス水準と活動機会との関係を明らかにすることは有用である。しかし、前述のように、交通サービス水準が活動機会に影響を及ぼすか否かは必ずしも明らかにされていない。そこで、本研究では、活動機会の代理指標として買い物頻度を、交通サービス水準の指標として辻ら³⁾の Acc 指標を用い、地方都市におけるアンケート調査から両者の関係を分析する。活動機会は、前述の「活動機会は実際の行動の上限である」という考えに基づいて計測する。

4. 分析方法

（1）概説

交通サービス水準と活動機会の関係を明らかにするため、以下の手順で分析を行う。初めに、活動機会の代理指標を選定する。次に、活動機会に影響を及ぼす可能性の高い要素（影響要素）を抽出し、それらを交通サービス水準と、その他の影響要素に分類する。そして、交通サービス水準以外の影響が同質になるように、サンプルをグループ分けして、その他の影響要素による影響を統制し、両者の関係を分析する（図-2）。

（2）行動データからの活動機会の計測

分析の対象とする活動を選定する。本研究は交通サービス水準の向上により、活動機会を増大させることを想

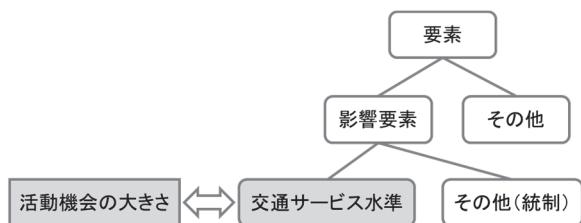


図-2 分析の概要

定しているため、多岐に亘る活動の中から、日常生活に不可欠な活動を選定する。新田・竹林⁸⁾は、通院、買い物、親族・友人との面会など13項目を選定し、「通院・買い物」が日常生活に不可欠としている。本研究も同様に、「通院・買い物」を日常生活に不可欠な活動とする。

また、分析対象にする活動は、2.で述べたように、活動機会を最大限利用した行動をとる人の割合が高い活動が望ましい。一般的に、健康であれば「通院」は行わないが、「(食料品の)買い物」は全住民が行うことから、「通院」に比べて、住民が活動機会を最大限利用する可能性の高い「食料品の買い物」を分析の対象にする。このときの活動機会は、「食料品の買い物の機会」であり、活動機会の大きさは、必要な食料品を必要な時に買うことができる程度である。2.で述べた通り、活動機会は本質的に計測できない。そこで、必要な時に買い物を行った回数を示す「買い物頻度」に着目し、その最大値を活動機会の代理指標として計測する。これは、2.で述べた「分析に用いるサンプル内に活動機会を最大限利用した行動をとったサンプルが存在する」という仮定に基づく。

(3) 活動機会に影響を及ぼす可能性の高い要素

活動機会に影響を及ぼす可能性の高い要素の整理方法は以下の手順で行う。まず、活動機会と関連のある生活行動分析に関する既往研究や調査を参考に実際の行動に影響を及ぼす要素を整理する。次に、各要素が、活動機会に影響を及ぼす可能性が高いか検討する。

まず、3.で述べたように、実際の行動に影響を及ぼす要因として、国土交通省による調査⁴⁾、宮崎ら⁵⁾、橋本・田尾⁶⁾では、年齢、性別、外出能力、移動手段、公共交通サービス、店舗までの移動時間が挙げられている。

これらの要素から、活動機会に影響を及ぼす可能性の高い要素を整理する。まず、年齢に関しては、加齢に伴う外出能力の低下や自動車利用の可能性の低下が直接的な原因であると推測される²⁰⁾²¹⁾。このため、年齢ではなく外出能力、移動手段を分析の対象とする。また、性別に関しては、自動車利用の可能性に男女差がある²²⁾ことが、直接的な原因であると推測するため、性別ではなく移動手段を分析の対象とする。次に、本研究では、「公共交通サービス水準」と「店舗までの移動時間」を統合し「交通サービス水準」とする。公共交通サービス水準と店舗までの移動時間は、共に「到達のしやすさ」を表すためである。交通サービス水準には、ダイヤなどの公共交通サービス水準の評価に加え、自宅から施設までの移動時間の評価を導入することで統合する。

したがって、本研究では、活動機会に影響を及ぼす可能性の高い要素として、移動手段、外出能力、交通サービス水準を挙げて分析を行う。

(4) 交通サービス水準の評価指標

a) Acc 指標

本研究は、食料品の買い物の活動機会に着目しており、このときの交通サービス水準としては、施設までの移動時間だけでなく、施設で活動する際の時刻選択の多様性の評価が重要である。そこで、交通サービス水準は、辻ら³⁾のAcc指標を用いて定量化する。

指標値は、「自宅から自動車を運転して施設へ移動し、営業時間 $[T, \bar{T}]$ に買い物を行い、施設から自動車を運転して帰宅する」ことが可能な住民の活動開始時刻 t_s 、活動終了時刻 t_e の組み合わせ (t_s, t_e) を数え上げて定量化したものである。その際、乗車時間 T_c が増加すると活動は実行しにくいことを考慮し、減衰項 $e^{-\beta_c \cdot 2T_c}$ を導入している。さらに、個人の外出可能な時間帯を考慮し、時間帯 t における外出可能な日数の割合 $p(t)$ を導入している。以上より、指標は式(1)のように定式化される。

$$A = e^{-\beta_c \cdot 2T_c} \int_T^{\bar{T}} \int_T^{t_e} p(t) dt_s dt_e \quad (1)$$

β_c : パラメータ

T_c : 自動車の片道の乗車時間

$[T, \bar{T}]$: 施設の営業時間

$p(t)$: 時刻 t における外出可能な日数の割合

b) パラメータ値の設定

本研究では、喜多ら¹⁸⁾で用いられた導出方法と同様の方法で各パラメータの値を設定する。まず、谷本ら¹⁷⁾では、待ち時間 τ による減衰項 $e^{-\gamma\tau}$ のパラメータ γ の値が、 $\gamma = 1.814$ と設定されている。そこで、自動車の乗車時間による減衰項 $e^{-\beta_c \cdot 2T_c}$ のパラメータ β_c を、待ち時間に対する等価時間係数を用いて算出する。等価時間係数は、毛利・新田²³⁾に基づき次のように設定する。鉄道着席による移動を基準(1.00)とし、待ち時間、自動車の運転の乗車時間の等価時間係数をそれぞれ $\mu_1 = 1.02$ 、 $\mu_2 = 1.15$ とする。このとき、待ち時間を基準(1.00)とした乗車時間の等価時間係数は μ_2/μ_1 である。そこで、乗車時間のパラメータ β_c は $\beta_c = \gamma \times \mu_2/\mu_1 = 2.045$ と設定した。

c) 個人の外出可能時間帯

個人の外出可能時間帯は、買い物時間帯と、職種から定める。個人の外出可能時間帯を、実際に住民が買い物を行った時間、即ち「買い物時間帯」から把握することができるためである。また、労働者は労働時間帯に活動を行うことは困難である、そこで「職種」ごとの労働時間帯を想定し、個人の外出可能時間帯を定める。個人の外出可能時間帯はデータを用いて特定するため、5.で具体的な特定方法を述べる。

(5) 外出能力の評価指標

外出能力は日常生活動作 ADL (activities of daily living ;

ADL)で評価する。ADLの指標として老研式活動能力指標²⁴⁾を用いる。老研式活動能力指標は、測定が簡便であり、指標の信頼性、妥当性も確認されている²⁴⁾²⁵⁾ため、高齢者の活動能力測定に広く使用されている。老研式活動能力指標とは、合計13項目の生活機能に関する設問に「はい」「いいえ」で回答し、「はい」を1点、「いいえ」を0点として、合計点でADLを測定する指標である。カットオフ値は定められていないため、研究・調査により基準値は異なる。例えば、厚生労働省の調査²⁶⁾では、11点以上を「高い」、9.10点を「やや低い」、8点以下を「低い」としている。ちなみに、厚生労働省の調査²⁶⁾における10点以下の状況を見ると、65~69歳の要介護者は74.3%、要支援者は57.8%、一般者は8.5%の人が10点以下である。

また、高齢者の活動能力の測定のために開発された指標ではあるが、高齢者に限らず幅広い年齢層のADL測定に用いられている（例えば、小糸ら²⁷⁾は18歳以上を対象に指標を用いている）。本研究でも、高齢者以外を含めた全サンプルに用いる。

(6) 具体的な分析手順

a) 交通サービス水準以外の影響の統制と外れ値の除去

交通サービス水準と活動機会の関係を明らかにするため、交通サービス水準以外の影響を統制する。具体的には、移動手段、外出能力がほぼ同質になるようにサンプルのグループ分けを行う。初めに、移動手段を自家用車利用者に限定する。公共交通利用者については、Acc指標値の計算が煩雑になる欠点がある。本研究では、公共交通利用者のサンプルが少ないと判断し、サンプルを自家用車利用者に限定する。次に、外出能力は、前述の厚生労働省の調査²⁶⁾におけるADLの得点を参考に、11点をカットオフ値とし、サンプルをグループ分けする。

また、活動機会の計測として、実際の行動（買い物頻度）の最大値を計測した場合、誤記入等の外れ値に大きく影響を受ける。そこで、本研究は90パーセンタイル値や95パーセンタイル値を用いて、その影響を排除する。具体的には、「分位点回帰分析」と「交通サービス水準別推計」を行う。分位点回帰分析は、分布の上端付近（90パーセンタイル値等）をターゲットとした分析が可能であるため、「分布全体での交通サービス水準と活動機会の関係」を明らかにことができる。一方、交通サービス水準別推計は、分位点回帰分析では確認できない、「Acc指標の値域による交通サービス水準が活動機会に及ぼす影響の違い」を明らかにできる。

b) 分位点回帰分析

分位点回帰モデル²⁸⁾は、被説明変数の任意の分位点 (θ) を予測する回帰式を求めるモデルである。本研究で

は、買い物頻度の上端付近 $(\theta = 0.9, 0.95)$ を活動機会の代理指標と捉えて被説明変数とし、Acc指標値を説明変数として分析する。モデルは、式(2)で与えられる。

$$y_i = \alpha(\theta) + x_i \beta(\theta) + u_i \quad (2)$$

i ：観測データの添え字、 u_i ：攪乱項

y_i ：被説明変数、 x_i ：説明変数、 $\alpha(\theta)$ ：定数項

$\beta(\theta)$ ：被説明変数の分位点 (θ) 毎のパラメータ

そして、式(3)により $\beta(\theta)$ の推定値を得る。

$$\hat{\beta}(\theta) =$$

$$\operatorname{argmin}_{\beta(\theta)} \left[\sum_{y_i < \alpha(\theta) + x_i \beta(\theta)} (1 - \theta) |y_i - \alpha(\theta) - x_i \beta(\theta)| + \sum_{y_i \geq \alpha(\theta) + x_i \beta(\theta)} \theta |y_i - \alpha(\theta) - x_i \beta(\theta)| \right] \quad (3)$$

c) 交通サービス水準別推計

b)と同様に、活動機会の計測のために、活動機会に対する影響要素をほぼ同質にする。具体的には、a)のグループ分けに加え、Acc指標値がなるべく等しくなるよう各グループのサンプルをサブグループに分ける。Acc指標値のグループ分けは、度数分布表の階級数 k 、階級の幅 h の決め方を参考にする。具体的には、式(4),(5)に示すステージェスの公式を用いる。

$$k = \log_2 n + 1 \quad (4)$$

$$h = \{\max(a) - \min(a)\}/k \quad (5)$$

n ：グループ内のサンプル数

a ：Acc指標値

次に、各サブグループ内の買い物頻度の95パーセンタイル値を計測し、活動機会の代理指標として捉える。この計測方法は2.の活動機会の概念や4.(2)に述べた活動機会の計測に基づいている。95パーセンタイル値の算出方法は以下に示す。まず、式(6)により得られた値の整数値を a 、小数点以下の値を b とする。次に、サブグループ内のサンプルを買い物頻度の低い順に並べ、(7)式にそれぞれの値を代入し、得られた y が買い物頻度95パーセンタイル値である。

$$\{0.95(m - 1)\} + 1 \quad (6)$$

$$y = [a] \text{番目の値} + b([a + 1] \text{番目の値} - [a] \text{番目の値}) \quad (7)$$

ここで、 m はサブグループ内のサンプル数である。

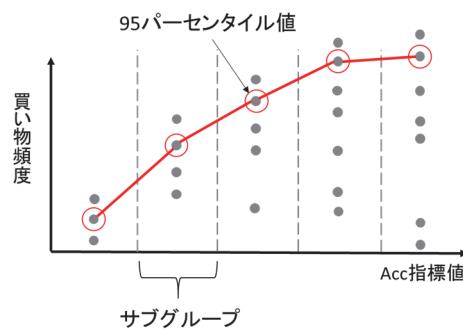


図3 交通サービス水準別推計の概念図

最後に、各サブグループの買い物頻度の 95 パーセンタイル値を活動機会の代理指標、各サブグループの Acc 指標値の平均値を代表値とし、両者の関係を明らかにする。これにより、分位点回帰分析では確認できない、交通サービス水準が活動機会に及ぼす影響が、Acc 指標値の値域によって異なるか否かを明らかにする（図-3）。

（7）分析に必要なデータ

まず、活動機会の計測のために、食料品の買い物頻度を把握する。さらに、活動機会に影響を及ぼす可能性が高い要素として、移動手段、老研式活動能力指標を把握する。最後に、Acc 指標値を算出するために、乗車時間、利用する店舗、利用する店舗の営業時間、個人の外出可能時間帯（買い物時間帯、職種）を把握する。

5. データ

（1）調査概要

a) 調査対象地域

地域内に過疎地域、都市部が存在し、交通サービス水準が多様な兵庫県の三木市を調査対象地域とした。三木市では、1970年代以降に自由が丘や青山といったニュータウン開発がされており、現在では神戸市のベッドタウンとして機能している。三木市人口統計²⁹⁾によると、人口は約8万人であり、高齢化率は29.81%である。地区ごとに見ると、合併前の町村を基本とする10地区に分けてみると、細川や口吉川など高齢化率が30%を超えている過疎地域も存在する。

b) 調査方法と回収状況

事前に市の広報で周知した上で郵送調査によりパーソントリップ調査（以下、PT 調査）を行った。PT 調査の回答者の中で、引き続き実施する調査に協力すると回答があった世帯に対して生活実態調査を行った。表-1に調査方法と調査内容を示す。有効サンプルは、回収したサンプルの中から、調査項目の全ての項目に回答があるサンプルを抽出したものである。分析に用いるサンプルは、有効サンプルの中から、移動手段が自分で運転する自動車であり、食料品を購入する店舗が特定できるサンプルを抽出したものである。また、本研究では施設の営業時間帯を各買い物施設のホームページから把握する。

（2）Acc 指標値の算出

a) 乗車時間

乗車時間は、手順 1~3 で算出した。手順 1：経路探索システム³⁰⁾により移動距離と乗車時間を算出する。手順 2：移動距離を道路交通センサス³¹⁾の旅行速度 35.2km/h（兵庫県（神戸市を除く），一般道路計、昼間 12 時間

表-1 調査概要

対象地域	兵庫県三木市
調査母集団	32,566 世帯
抽出方法	無作為抽出
配布数	7,500 世帯
調査方法	郵送調査
日付	平成 26 年 9 月 7 日（日）， 平成 26 年 9 月 9 日（火）
PT 調査 内容	年齢、性別、職種、 食料品の買い物頻度、 移動手段、買い物時間帯 買い物施設
回収数	5,477（個人票）
日付	平成 26 年 11 月 25 日（火）
生活実態調査 内容	老研式活動能力指標
回収数	1,237（個人票）
有効サンプル数	769（個人票）
分析に用いるサンプル数	329（個人票）

平均旅行速度）で除すことで、乗車時間を算出する。手順 3：手順 1 で求めた乗車時間を被説明変数変数、手順 2 で求めた乗車時間を説明変数として、回帰分析(OLS)を行い、得られた回帰式(7)より、乗車時間を算出する。

$$y = 0.8265x + 0.0419 \quad (8)$$

y ：本研究で採用する乗車時間、 x ：手順 2 の乗車時間
b) 個人の外出可能時間帯

個人の外出可能時間帯を、買い物時間帯と、職種より想定することで、式(9)に示す時間帯 t における 1 週間の内で外出可能な日数の割合 $p(t)$ を定める。

$$p(t) = (\text{時間帯 } t \text{ における外出可能な日数} / 7 \text{ 日}) \quad (9)$$

買い物時間帯の調査結果では全住民が8時頃から22時頃までの間に買い物を行っていたため、本研究では「買い物に対する外出可能な時間帯は8時~22時」と仮定する。そして、職種 k により 3 つに分類した次の $p_k(t)$ を本研究の分析で用いる。

職種が自営業主、家族従業者、雇用者の場合($k=1$)、正規社員の平均労働時間は約8.9時間³²⁾であるので、1時間の休憩を含み、平日の拘束時間を8時~18時とする。

$$p_1(t) = \begin{cases} 2/7 & \text{if } 8 \leq t \leq 18 \\ 1 & \text{if } 18 < t \leq 22 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

職種がパート、アルバイトの場合($k=2$)は、非正規社員の平均労働時間は約 6.4 時間であり³³⁾、労働日数は月 15.5 日である³³⁾ので、45 分の休憩を含め、拘束時間を 9 時半~16 時 45 分として、この時刻は $p(t) = 1/2$ とする。

$$p_2(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } 8 \leq t < 9.5, 16.75 < t \leq 22 \\ 1/2 & \text{if } 9.5 \leq t \leq 16.75 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

職種が専業主婦・主夫、無職、その他（職業なし）の

場合($k=3$)は、拘束時間が特定できない。

$$p_3(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } 8 \leq t \leq 22 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

c) Acc 指標値の算出

Acc 指標が最大値のときの Acc 指標値を 1 に基準化し、各サンプルの指標値を算出する。なお、乗車時間が 0 時間、個人の外出可能時間帯が 8 時~22 時、営業時間が 24 時間営業のときに、指標値は最大値であるとする。そして、各サンプルの Acc 指標値を最大値で除することで、最大値を 1 とした Acc 指標値を算出する。本研究での Acc 指標値の算出結果は、 $0.039 < \text{Acc} < 0.799$ であった。

6. 分析結果と考察

(1) 分位点回帰分析

4.(6) a) の方法で、自家用車利用者を外出能力によりグループ分けした ($\text{ADL} \geq 11$: サンプル数 279, $\text{ADL} < 11$: サンプル数 57)。そして、被説明変数を買い物頻度、説明変数を Acc 指標値として、分位点回帰分析 ($\theta = 0.9, 0.95$) を行ない、交通サービス水準が活動機会に及ぼす影響を明らかにした。パラメータの検定に用いた標準誤差の計算は、繰返し回数 200 回のブートストラップ法による。分析結果を表-2 に、また、 $\theta = 0.9$ における両者の関係を図-4 に示す。

まず、Acc 指標値のパラメータ推定値に着目する。外出能力に関わらず、 $\theta = 0.95$ においては、有意な結果が得られなかった。これは、外れ値の影響を除くことができなかったためと考える。 $\theta = 0.9$ においては、有意な結果であった。ここで、交通サービス水準以外の影響要素を統制していることと、活動機会の増大が原因で交通サービス水準が向上することは考えにくいことから、交通サービス水準の向上は活動機会の増大に寄与する可能性が高いこと明らかにした。また、安永ら²⁾により見出された活動機会の地域差は、交通サービス水準に依存する可能性が高いと判断した。

次に、外出能力別にパラメータ推定値を比較すると、外出能力が低い住民は、外出能力が高い住民より、大きく交通サービス水準の影響を受けることが明らかになった。したがって、外出能力が低い住民は、外出能力が高い住民に比べ、交通サービス水準の低下がより深刻な問題である可能性が高いと考えられる。

(2) 交通サービス水準別推計

前述のグループ分け後、式(4)および式(5)を用いて、Acc 指標値によりそれぞれ 8 つのサブグループに分け、Acc 指標値の値域による、交通サービス水準が活動機会に及ぼす影響に差異を確認した(図-5)。

表-2 分位点回帰分析によるパラメータ推定値

外出能力	$\text{ADL} \geq 11$		$\text{ADL} < 11$			
	分位点	$\theta = 0.9$	$\theta = 0.95$	分位点	$\theta = 0.9$	$\theta = 0.95$
Acc		3.871**	0.000		7.776**	0.000
分散説明率		0.032	0.000		0.079	0.000
サンプル数				272		57

**: $p < .05$

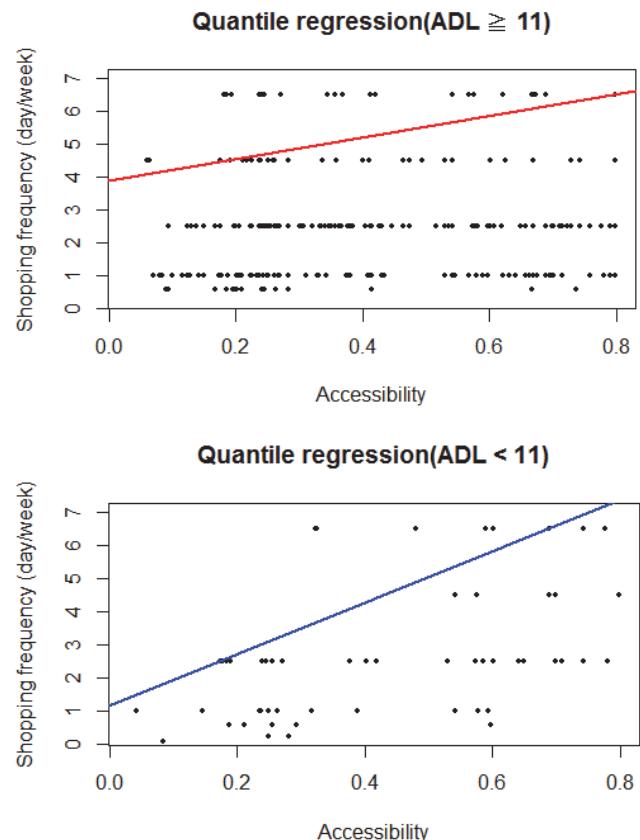


図4 交通サービス水準と活動機会の関係(分位点回帰)

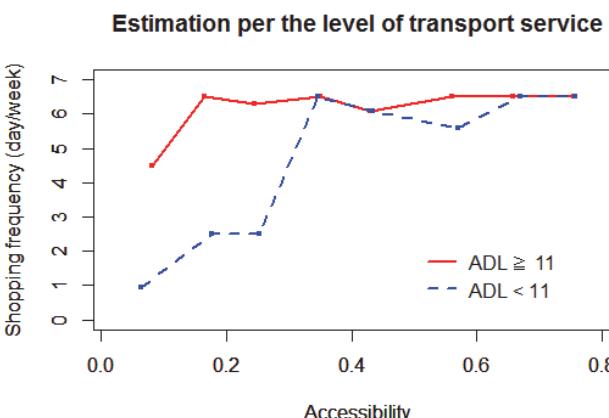


図5 交通サービス水準と活動機会の関係(水準別推計)

Acc 指標値の値域毎の交通サービス水準が活動機会の及ぼす影響に着目する。Acc 指標値が 0.35 以上の場合、外出能力に関わらず活動機会は週 6 日以上であった。

(外出能力が低い住民においては、Acc 指標値 0.55 付近で活動機会の低下が見られるが、これはサンプル数の不足により、2 で述べた仮定を満たしていないためであると考えられる。) 一方、Acc 指標値が約 0.35 未満の場合は、外出能力が低い住民の活動機会は大きく減少し、外出能力による活動機会の差が見られた。

したがって、活動機会と Acc 指標は線形関係でなく、Acc 指標値が 0.35 以上の場合活動機会に大きな影響がなく、指標値が約 0.35 まで低下すると外出能力が低い住民の活動機会は低下すること、このとき初めて外出能力により活動機会に顕著な差が生じることを示した。これにより、交通サービス水準は外出能力や Acc が低い住民の活動機会に大きく影響することを明らかにした。

7. おわりに

(1) 得られた知見

本研究では、交通サービス水準が活動機会に及ぼす影響を解明することを目的として行ったものである。本研究より得られた成果として以下の 2 点を挙げる。

1 点目は、交通サービス水準は食料品の買い物に関する活動機会に影響を及ぼしている可能性が高いことを示したことである。この知見により、安永ら²⁾により解明された活動機会の地域差は、交通サービス水準に依存する可能性が高いこと、さらに交通サービス水準を向上させることは、活動機会の増大を目的とした施策として効果が期待できることを示した。

2 点目は、Acc 指標値が約 0.35 まで低下するとき初めて外出能力が低い住民の活動機会は減少すること、さらにこのとき初めて外出能力により活動機会に顕著な差が生じることを解明したことである。この差により、外出能力が低い住民の活動機会は、交通サービス水準の影響を大きく受けることを示した。この知見により、交通サービス水準を向上させる施策は、交通サービス水準が低い (Acc 指標値 0.35 未満) 住民、特に外出能力の低い住民により大きな効果が期待できることを示した。

本研究で得られた成果は、今後の活動機会の増大を目的とした交通サービス水準に関する施策検討において有用であると考える。

(2) 今後の課題

本研究の結果は、2 で述べたような活動機会に関する仮定や、5 で述べたデータの範囲内で得られた結果であるため、結果の利用には注意が必要である。例えば、サ

ンプル数の少ない外出能力が低い住民の活動機会の計測は 2 で述べた仮定を満足しておらず過小計測されている可能性がある。これは、外出能力が低い住民を多く含むサンプルを用いて分析することで改善が可能であるが、各サブグループに必要なサンプル数について本研究では十分な考察がなされていないため、今後この点で検討が必要である。

また、本研究では、外出能力や Acc によって、交通サービス水準が活動機会に及ぼす影響が異なることを示したが、その影響の程度が変化する閾値等の定量的な差異は推定できておらず、この推定は今後の課題である。

謝辞：本研究で用いた PT 調査、生活実態調査は三木市交通対策協議会における検討の一環として実施したものであり、三木市及び関係の皆様に謝意を表する次第である。なお、本研究は科学研究費補助金事業（基盤研究（A）、課題番号：25249071、研究代表者：喜多秀行）の一部として実施したものである。記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) Sen, A. K. : *Commodities and Capabilities*, Elsevier Science Publisher, 1985. (鈴村興太郎訳：福祉の経済学、岩波書店, 1988.)
- 2) 安永恒平、喜多秀行、四辻裕文：地方における中心地区と周辺地区での活動機会の格差に関する実証分析、土木計画学研究・講演集、Vol. 52, CD-ROM, 2015.
- 3) 辻皓平、喜多秀行、四辻裕文：公共交通の整備順位評価のためのアクセシビリティ指標に関する一考察：交通工学研究発表会論文集、Vol. 34, pp. 457-462, 2014.
- 4) 国土交通省都市局：都市における人の動き—平成 22 年全国都市交通特性調査集計結果から一、<http://www.mlit.go.jp/common/001032141.pdf>, 平成 24 年 8 月（最終閲覧：2016.1.12）
- 5) 宮崎耕輔、徳永幸之、菊池武弘、小枝昭、谷本圭志、喜多秀行：公共交通のサービスレベル低下による生活行動の格差分析、土木計画学研究・論文集、Vol. 22, No. 3, pp. 583-591, 2005.
- 6) 橋本成仁、田尾圭吾：基本チェックリストによる高齢者の運動機能の把握と外出頻度に影響を与える要因分析、土木計画学論文集 D3 (土木計画学), Vol. 70, No. 5, pp. 637-644, 2014.
- 7) 力石真、藤原章正、張俊屹、塚井誠人：高齢者モビリティの概念と計測—潜在能力アプローチ、土木計画学研究・講演集、Vol. 45, CD-ROM, 2012.
- 8) 新田保次、竹林弘晃：移動に関する生活機能の達成状況に関する特性分析、土木計画学会論文集、Vol. 66, No. 3, pp. 306-315, 2010.
- 9) 森山昌幸、藤原章正、杉恵頼寧：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・論文集、Vol. 19, No. 4, pp. 725-732, 2002.
- 10) 大森宣暁：活動交通分析と交通行動データ収集の変遷、(財)道路経済研究所、総合的な交通政策・計画の

- 分析評価手法とモデルの展開, 道経研シリーズ A-107, 第 6 章, pp. 123-146, 2003.
- 11) Hägerstrand, T. : What about people in regional science?, *Papers of the Regional Science Association*, Vol. 24, pp. 7-21, 1970.
 - 12) Lenntorp, B. : A Time-Geographic Simulation Model of Individual Activity Programmes, Carlstein, T., Parks, D. and Thrift, N. eds., *Timing Space and Spacing Time, Vol. 2, Human Activity and Time Geography*, pp. 160-180, 1978.
 - 13) Lucas, K. : Running on Empty: *Transport, Social Exclusion and Environmental Justice*, The Policy Press at the University of Bristol, 2004.
 - 14) Stanley, J. and Lucas, K. : Social exclusion: What can public transport offer?, *Research in Transportation Economics*, Vol. 22, No. 1, pp. 36-40, 2008.
 - 15) Currie, G Richardson, T., Smyth, P., Vella-Brodrick, D., Hine, J., Lucas, K., Stanley, J., Morris, J., Kinnear, R. and Stanley, J., : Investigating links between transport disadvantage, social exclusion and well-being in Melbourne—Preliminary results, *Transport Policy*, Vol. 16, No. 3, pp. 97-105, 2009.
 - 16) Brandolini, A. and D'Alessio, G. : Measuring well-being in the functioning space, *General Conference of the International Association for Research in Income and Wealth*, Cracow, Poland, 1998.
 - 17) 谷本圭志, 牧修平, 喜多秀行 : 地方部における公共交通計画のためのアクセシビリティ指標の開発, 土木学会論文集 D, Vol. 165, No. 544-553, pp. 677-686, 2009.
 - 18) 喜多秀行, 小野祐資, 岸野啓一 : 公共交通利用における身体的機能を考慮したアクセシビリティ指標の構築, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 5, pp. 1983-1990, 2012.
 - 19) 喜多秀行, 四辻祐文, 小野祐資, 菅洋子, 岸野啓一, 池宮六季 : 公共交通サービスを社会で選択するための支援手法, 第 47 回土木計画学研究・講演集, 2013.
 - 20) 藤田幸司, 藤原佳典, 熊谷修, 渡辺修一郎, 吉田祐子, 本橋豊, 新開省二 : 地域在宅高齢者の外出頻度別にみた身体・心理・社会的特徴, 日本公衆衛生誌, Vol. 51, No. 3, pp. 168-180, 2004.
 - 21) Hendrickson, C. C. and Mann, W. C. : Changes over time in community mobility of elders with disabilities, *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, Vol. 23, No. 2/3, pp. 75-89, 2005.
 - 22) 警察庁 : 運転免許統計, 平成 26 年度版
 - 23) 毛利正光, 新田保次 : 一般化時間を組み込んだ交通手段の選択モデルに関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, Vol. 343, pp. 63-72, 1984.
 - 24) 古谷野亘, 柴田博, 中里克治, 芳賀博 : 地域老人における活動能力の測定—老人式活動能力指標の開発—, 日本公衆衛生誌, Vol. 34, No. 3, pp. 109-114, 1987.
 - 25) 柴田博, 杉澤秀博, 渡辺修一部 : 日本における在宅高齢者の生活機能, 日本老年医学会雑誌, Vol. 40, No. 2, pp. 95-100, 2003.
 - 26) 厚生労働省老健局 : 日常生活圏域ニーズ調査モデル事業・結果報告書, <http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/dl/tp101027-01c.pdf>, 2010. (最終閲覧 2016.1.16)
 - 27) 小糸秀, 川本龍一, 鈴木萌子, 上本明日香, 熊木天児, 二宮大輔, 阿部雅則 : 地域在住者における主観的健康観に影響する背景因子及び生存率に関する調査, 日本プライマリ・ケア連合学会誌, Vol. 38, No. 3, pp. 214-220, 2015.
 - 28) Koenker, R. and Bassett, G. : Regression quantiles, *Econometrica*, Vol. 46, No. 1, pp. 33-50, 1978.
 - 29) 三木市総務課 : 町・丁目別人口統計 (平成 26 年)
 - 30) Googlemap : <https://www.google.co.jp/maps> (最終閲覧 : 2016.1)
 - 31) 国土交通省 : 全国道路・街路交通情勢調査, 2010.
 - 32) 日本労働組合総連合会 : 労働時間に関する調査, 2015.
 - 33) 厚生労働省 : 毎月勤労統計調査就業形態別月間労働時間及び出勤日数, 2014.

(2017. 2. 24 受付)

RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVEL OF TRANSPORT SERVICES AND ACTIVITY OPPORTUNITIES—MEASUREMENT OF ACTIVITY OPPORTUNITIES BASED ON BEHAVIOR DATA—

Satoshi KOMODA, Hirofumi YOTSUTSUJI, Hajime SEYA and Hideyuki KITA

It is considered that there is a disparity of activity opportunities between urban and rural areas, because the level of transport service in rural areas is comparatively lower. Empirical studies have clarified the existence of disparity, but it is still questionable whether such disparity is caused by the differences in the level of transport service. Hence this study aims to examine the relationship between the level of transport service and activity opportunities. This study explored the relationship using the quantile regression analysis and the piecewise (segmented) regression with regard to the level of transport service. As a result, this study revealed that the level of transport service affects activity opportunities, and that the impact is particularly larger for the residents who live under the poor public transport service.