

活動機会増大のための 地域公共交通計画策定の支援手法

薦田 悟¹・尾崎 拍夢²・四辻 裕文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: sk05212@gmail.com

²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: 173t110t@stu.kobe-u.ac.jp

³正会員 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: yotsutsuji@people.kobe-u.ac.jp

⁴正会員 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: kita@crystal.kobe-u.ac.jp

公共交通の目的である市民生活の向上を捉えるために、公共交通計画の支援手法は住民のニーズに着目したものが多く、しかし、過疎地域など公共交通サービス水準が低い地域では、住民が環境に適応し、限定的なニーズを形成することが指摘されている。そのため、ニーズではなく活動機会（人の様々な状態（～であること）や行動（～できること））に着目することが重要である。著者らは、活動機会に着目した地域公共交通計画の方法論を構築したが、モデルの変数や解が抽象的であり、実用段階に至っていない。そこで本研究は、地域公共交通計画の支援手法の実用化を目的とする。本手法は、所与のバスサービスとそれを利用する能力を変数とする「活動機会計測モデル」と、社会的関係関数と格差原理を援用した「代替案評価モデル」で構成される。本手法を適用した過疎地域における事例分析から、有用性が明らかになり、活動機会の増大を目的とした公共交通計画に寄与することが確認できた。

Key Words: Local Transport Plan, Social Choice, Capability Approach

1. はじめに

地方部等では公共交通サービスが衰退してきたことで、高齢者など自動車を自由に利用できない住民の活動に制約が生じるようになってきた¹⁾。そのため、自治体は民間事業者に代わってバスを運行させるなど支援策を講じている²⁾。

しかし、自治体に地域公共交通計画の専門家がいることは少なく、特に過疎地域など人口が少ない自治体ほど専任担当者が少ない³⁾。必ずしも交通計画に精通していない担当者に計画を策定することが求められており、それは決して容易でないと考える。半数以上の自治体が必要な情報として「計画の立て方」を挙げている³⁾理由もここにあると考えられる。

地域公共交通計画は、交通そのものではなく「本源需要」である「市民生活の向上」に対する貢献度によって評価されるべきであるが、交通システムの改善にのみ目

が向き、それが住民の生活をどう改善するのかに全く触れていない計画⁴⁾も散見される。

国土交通省⁵⁾はニーズに基づく地域公共交通計画に関するハンドブックを作成しているが、谷本・喜多⁶⁾は、過疎地域では住民が環境に適応しニーズを過小に形成される可能性があることを指摘し、地域公共計画では住民のニーズではなく活動機会に着目すべきであるとしている。ここで活動機会とは、人々がそれを必要とする場合に実現できること⁷⁾であり、例えば買い物ができること、診療を受けられることなどといった個人が達成しうる行動（～できること）や状態（～であること）を指す。先行研究である喜多ら⁸⁾は、住民の活動機会に着目し代替案を評価するための規範的モデルを構築したが、抽象的な論理のみで構成されているため、実用段階には至っていない。そこで本研究は、活動機会の増大を目的とした実用展開可能な計画策定支援手法の構築を目的とする。

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、本研究の考え方として、ニーズに着目した計画の問題点と、活動機会に着目する意義について述べ、3.では、既往研究として地域公共交通計画の支援手法、活動機会の大きさの計測に関する研究、社会的選択理論に関する研究を整理する。4.では、モデルについて詳述し、5.では、データを整理する。6.では、事例分析を行い、7.では、本研究のまとめを述べる。

2. 本研究の考え方

(1) ニーズに着目した計画の問題点

ニーズに着目した地域公共交通計画では、買い物弱者など生活の基礎となる活動に制約がある住民を救えない可能性がある。その理由は住民のニーズの形成にある。ニーズの形成は外的な環境の影響を受けること（以下、認知的適応⁹⁾）が知られており、社会学、倫理学、心理学などで指摘されてきた。例えば、ニーズの充足が困難な環境に置かれた場合、ニーズが充足できないことによる挫折感や喪失感を避けるために、ニーズを実現可能な水準にまで下げるといった状況である。

谷本・喜多⁹⁾は、このような状況が、公共交通の文脈でも生じる可能性があることを指摘している。例えば、バスが5便/日の中心地区と1便/日の過疎地区を対象にニーズ調査を行い、結果として、中心地区の住民からは「ニーズあり」、過疎地区の住民からは「ニーズなし」の回答を得たとする。このとき、「ニーズなし」が得られたとしても、先述のように過疎地区の住民は認知的適応が生じ、限定的なニーズを形成して回答している可能性があるため、この回答は公共交通が十分に日常生活に制約が少ないことを意味しない。それにも関わらず、ニーズに着目した計画では「ニーズあり」と回答した声の大きい住民がいる地区に優先的にサービスを提供してしまうため、活動に制約のある住民を見落としした計画が策定される問題がある。

また、ニーズの大きさは実現したい状態（以下、願望水準）と現在置かれている状態（以下、獲得水準）の差により規定される。同一の状態に置かれている住民2人がいる場合、願望水準の高い住民のニーズは低い住民のニーズより大きい。ニーズの大きさに目を向けると、慎ましい住民ではなく贅沢な住民に対して公的支援を行うこととなり、問題なしとしない。谷本・喜多⁹⁾は、ニーズではなく、それに影響を与える活動機会（いつどこで何ができるか）そのものに着目することが重要であると述べており、本研究も同じ立場である。

(2) 活動機会の概念

本研究における活動機会の概念は、Sen⁷⁾の潜在能力アプローチの考え方で説明できる。潜在能力アプローチとは、人が保有する財を用いて成就し得ること、例えば買い物ができるとか通勤ができるとかなどを「機能」とし、それら機能の集合を「潜在能力」とし、潜在能力を用いて人の状態を評価する考え方である。財を活用できるかどうかは個人間の差異があるため、潜在能力アプローチでは、機能と財が区別される。

例えば、財として自動車を保有しているとき、自動車を運転する能力が備わっている個人は、自動車を運転して移動するという機能があるが、自動車を運転する能力がない個人は、自動車を運転して移動するという機能がない。このように、同じ財が与えられても財を利用する能力によって、実現する機能は異なる。

そのため潜在能力アプローチでは、機能の達成するための財を「資源」、財を利用するための能力を「資源利用能力」と呼び、保有する資源と資源利用能力のもとで機能が達成されると考える。本研究における活動機会は機能に対応する概念であり、資源と資源利用能力がその大きさを規定すると考える。

3. 既往研究

(1) 既往研究

a) 地域公共交通計画策定の支援手法

地域公共交通計画の支援手法は、ニーズに着目したものが多く、国土交通省⁹⁾¹⁰⁾は、ニーズをアンケートやヒアリングにより把握し計画を策定し、バス利用者数や満足度等で計画を評価する手法をまとめている。また森山¹¹⁾は、必ずしも交通の専門家でない自治体職員でも効率的・効果的に公共交通計画を策定できるようGISを用いた計画支援ツールを開発した。小山¹²⁾は、住民が参加して公共交通計画を行うワークショップ等を想定し、計画路線を変更し、議論を行うためのシステムを構築した。これらは、いずれもニーズを把握し、それに基づく計画を策定するため、活動の制約が多い環境で暮らした人が居住する地域に適用した場合、前述の問題が残る。

一方、活動機会に着目した地域公共交通計画の方法論や支援手法に関する既往研究は少ない。先行研究として、喜多¹³⁾は活動機会の集合を潜在能力と位置付け、その潜在能力から公共交通サービスを評価する理論モデルを構築している。さらに喜多¹⁴⁾は、地域公共交通計画における政策を共同消費財の生産量と費用負担の組み合わせとし、各政策の共同消費財の生産量と資源利用能力によって達成される機能（機能の達成度）から、望ましい政策を決定するメカニズムをモデル化した。ここでは、

共同消費財（資源）や資源利用能力、機能の達成度を抽象的な概念として用いており、機能の達成度を規定する資源・資源利用能力は具体的に特定されていない。また、資源・資源利用能力と機能の達成度との関係も定式化はされていないため、実用展開には至っていない。

本研究ではモデルの実用化に向け、機能の達成度を定式化する。次節では、活動機会の計測に関する既往研究を整理し、本研究で採用する指標を選定する。

また本研究でも、喜多ら⁸⁾と同様、機能の達成度の組み合わせから望ましい政策を決定する手続きとして、さまざまな社会的選択規範のうち、格差原理¹⁴⁾と社会的関係関数¹⁵⁾を採用する。社会的関係関数は、「基本的潜在能力」と呼ばれる最低限保障すべき潜在能力の水準をすべての社会構成員に保障する、という社会的目標を体现するための基礎的な要請を課すものである。そこで、社会的選択理論に関する既往研究を次々節で整理する。

b) 活動機会の計測

潜在能力アプローチに基づき、それらモビリティの計測に関する既往研究を整理した力石ら¹⁶⁾を参考に、満足度に着目した計測、活動実績に着目した計測、重み付け平均に基づく計測、構造方程式に基づく計測、フロンティア分析に基づく計測を整理する。加えて、時空間プリズムに基づく計測についても整理する。

満足度に着目し潜在能力の計測を試みた研究として、例えば佐々木・徳永¹⁷⁾は、比較的公共交通サービス水準が高い地域では、認知的適応による限定的なニーズ形成の可能性が低いと仮定し、諸活動の満足度調査に基づいて評価している。しかし、本研究で想定する公共交通サービス水準が低い過疎地域や地方都市では、その仮定が成立しにくいことに注意する必要がある。後藤¹⁸⁾でも同様に限定的なニーズの観点から満足度による評価の問題点を指摘している。満足度はその観測が比較的容易である一方、活動機会と対応付けることは難しい。

外出頻度やトリップ数などの活動実績に着目した計測として、例えば吉田ら¹⁹⁾は、外出頻度の平均と分散に着目し、買い物や通院など日常生活における空間的移動を考慮した地域公共交通の評価手法を検討した。しかし、活動機会は成就し得ることであるため、成就したことである活動実績とは本質的に異なる。例えば、「2日/週買い物をした」という活動実績を計測したとき、活動機会を「2日/週買い物ができる」と捉えることはできない。これは、活動実績を規定する要因に①買い物ができがしなかった、②何らかの制約によって2日/週しか買い物ができなかったの2通りが考えられるためである。前者の活動機会は2日/週以上であり、後者の活動機会は2日/週である。力石ら¹⁶⁾は、この関係を活動が妨げられている「制約」の視点と、活動は可能であるが利用

しなかった「選択」の視点から捉えており、潜在能力アプローチに基づくモビリティの計測に関しては両者の識別をその重点としている。以下、直接的に活動機会の計測を試みた既往研究である。

重み付け平均に基づく計測手法として、例えば猪井ら²⁰⁾は高齢者の外出に関わる行動13項目（買い物、通院等）を抽出し、各活動機会が達成可能な場合は評価値を1、達成不可能な場合は0とし、それらの重み付け総和を活動機会の達成可能性指標としている。重み付け平均に基づく計測では、各活動に補完的關係があるとして扱うため、地域公共交通の評価に適用する際は注意が必要である。例えば、活動機会の一つとして買い物の重み付け評価値が0.5、通院が0.5である個人と、買い物が1.0で通院が0の個人を比較した場合、後者は通院できない状態にも関わらず、重み付け平均では各活動が補完的關係であるために両者を等価にしてしまう。

構造方程式モデルを利用した計測手法として、例えば栄徳・溝上²¹⁾は移動に関わる潜在能力をQoM(Quality of Mobility)と定義し、構造方程式モデルを利用してQoMを計測し、交通施設整備の効果を評価している。観測変数は、交通手段等の資源、移動の頻度等の活動実績、移動の満足度などである。力石ら¹⁶⁾は、構造方程式モデルに基づく計測は、モデルの操作性・一般性が高い利点を持つ一方、潜在能力が構造方程式内で生成される潜在変数と概念的に一致しないと指摘している。具体的には、潜在能力が資源・資源利用能力による最大実現点であることに對し、潜在変数は資源・資源利用能力等の平均的な関係から算出されるため、「制約」と「選択」が識別できない欠点を有していることを指摘している。

それらの課題を克服する手法としてフロンティア分析を採用した計測手法も提案されている。後藤²²⁾は、利用可能な資源と資源利用能力を最大限利用して実現される機能の最大実現点を実現可能性フロンティアとして描き、機能の達成度（活動機会の大きさ）を補足するアプローチを示している。このアプローチはフロンティア分析の枠組みで「潜在能力」を解釈している。力石ら¹⁶⁾は唯一の指標とは言えないものの、フロンティア分析によって「制約」と「選択」が識別できると主張しており、本研究も同じ立場であるが、実証的分析に利用できるモデルは提案されていない。

また、Hägerstrand²³⁾が提案した時空間プリズムの概念を採用した計測手法も提案されている。時空間プリズムとは、制約条件の下で実行可能な時空間パスの集合である。谷本ら²⁴⁾は、所与の公共交通サービスの下で、実行可能な時間配分を数え上げることで、活動の時刻選択の多様性を評価する指標を構築している。さらに喜多ら²⁵⁾は、公共交通サービス水準に加えて、資源利用能力とし

てバス停までの歩行などの身体的制約や個人の外出可能な時間帯などを考慮し得るように谷本ら²⁹⁾を拡張した。

これらは、公共交通計画で着目すべき時空間的制約が考慮された指標であり、時空間的側面から選択と制約を識別できる指標であるため、本研究では喜多ら²⁹⁾の指標を拡張して活動機会の計測に用いる。

c) 社会的選択理論に関する既往研究

本手法では、代替案の下で得られる活動機会を評価し、社会的に最も望ましい代替案を選択する。このような手続きは、社会的選択理論として研究が蓄積されている²⁹⁾。

アロー²⁷⁾は 3 つ以上の選択肢があるとき、選好関係の合理性（完備性、推移性）を満たし、かつ民主制にとって不可欠な定義域の非限定性、パレート原理、無関係な選択対象からの独立性、非独裁性の 4 つの条件を全て満たす社会的厚生関数が存在しないことを証明した。

このアローの不可能性定理を緩め得る可能性として、Sen²⁸⁾の社会的厚生汎関数や、後藤ら¹⁹⁾の社会的関係関数がある。特に社会的関係関数は、選好の合理性を必ずしも満たさない（完備性は必ずしも満たさない）社会的評価の手続きである。ここでは、各政策代替案において最も不遇となるものの潜在能力が、基本的潜在能力（社会がその構成員に最低限保障すべき潜在能力の水準）を満たすかどうかに着目し、政策を順序づける。なお、この手続きは必ずしも完備性を満たさないため、最適な政策が一意に得られるとは限らない。

またロールズ¹⁴⁾は、人々の利益の総和の最大化を図る政策が望ましいとする功利主義的社会倫理を批判している。功利主義的社会倫理では、利益の最大化のみに着目し、それがどのように分配されるかについては無関心であり、全体の利益のためであれば少数者の不利益を厭わない。そのような社会的不公平の解消のために、ロールズは「格差原理」を提唱している。格差原理とは、「社会で最も不遇な立場の人々の期待便益を最大化することが望ましい」という考え方である。

喜多ら⁸⁾は、格差原理と社会的関係関数の考え方を併せて用いることで社会的評価を形成した。具体的には、基本的潜在能力を下回る個人が存在する社会を想定し、各個人の潜在能力と基本的潜在能力を比較し、その乖離が最も大きい個人を最も不遇な個人とする。格差原理から、その乖離が最も小さくなる政策が最適であると考えられる。本研究は、過疎地域の高齢者などの活動に制約の多い住民を対象にした地域公共交通計画を想定しており、特に活動機会が乏しい住民の活動機会を増大させるための政策を講じることを狙いとしている。そのため、本研究では最も不遇な住民の活動機会に着目する喜多ら⁸⁾の考え方を援用する。

(2) 本研究の位置づけ

先行研究として、喜多ら⁸⁾は活動機会に着目した方法論のメカニズムを構築したが、抽象的概念であるため資源・資源利用能力の特定や活動機会の大きさの定式化がなされていないことに触れた。本研究ではこれらの課題を克服し、計画支援手法を実用展開すべく、資源と資源利用能力のもとで実行可能な時間配分を数え上げる喜多ら²⁹⁾の指標を援用した活動機会の計測手法を用いる。

また、代替案を自治体職員や住民に提示する際は GIS を用いる。これは森山ら¹¹⁾や小山ら¹²⁾と同様に、各代替案評価を交通の専門家でない自治体職員や住民が理解できるように GIS 上に視覚的に示すことは有用であると考えられるためである。しかし、小山ら¹²⁾のようにその結果を住民に示し、住民の意見を反映させてその場で代替案を変更する場合、その場の住民のニーズに基づく代替案が策定されてしまうため、本研究では計画策定者が予め作成した代替案に関する情報を示す手段として GIS を用いる。

4. モデル

(1) 概説

本研究では、居住地区に必ずしも活動を行う施設が存在せず、そこから離れた中心地区に施設が存在するような過疎地域を対象にする。想定する状況は、「住民は公共交通を利用して目的地に移動し、買い物・通院といった生活に不可欠な活動を行うような状況」である。

本モデルでは、機能 k に関する活動機会の大きさ（機能 k の達成度）を「活動地点（機能 k が実行できる地点）に行きたいときに行ける程度」とする。実際は、目的地に到着しただけでは、機能 k が達成できるか否かは判断できない。例えば、診察を受けるという機能は、病院に到着することができても、その病院に適切な診療科がない場合はその機能を達成できない。このような状況を改善するためには、公共交通計画に限らず、地域医療計画等と有機的に組み合わせて計画を策定する必要がある。しかし、本研究では議論の発散を避けるため、公共交通計画の観点から活動機会の大きさに着目し、機能 k に関する活動機会大きさを「活動地点に行きたいときに行ける程度」とする。

また本モデルでは、過疎地域の住民の中でも特に高齢者に着目する。自治体も地域公共交通に関する課題として、高齢者・障がい者の移動制約を挙げており³⁾、活動に制約が多い高齢者は地域公共交通計画で着目すべき対象であると考えられるためである。以上を想定した上で、支援手法の実用展開を目的とする本研究がモデルで具備すべき事項を整理する。

1 つ目は、機能 k の種類の特定である。過疎地域の高齢者の日常生活を公共交通により支えることを念頭に、地域公共交通計画で考慮すべき機能 k の種類を特定する。2 つ目は、地域内で機能 k が実行できる地点（活動地点）の特定である。3 つ目は、活動機会の大きさを計測するための資源と資源利用能力により規定される機能 k の達成度の特定である。4 つ目は、資源・資源利用能力についても特定し、入手可能な情報と対応させることである。資源利用能力に関しては、高齢者の資源利用能力を想定する。5 つ目は、各計画代替案の評価である。社会的選択理論に基づいて代替案を評価し、序列づけることで、計画策定者は採択すべき代替案の特定や代替案の優先順位を把握できると考える。

本研究では、以上の事項を満たすモデルを構築することで、実用展開可能な地域公共交通計画支援手法を提案する。次節では、先行研究である喜多ら⁹⁾を概説する。

(2) 先行研究⁹⁾の概説

喜多ら⁹⁾のモデルは、潜在能力フロンティア導出モデルと、社会的評価モデルから構成される二段階の規範的評価モデルから構築した。

まず、潜在能力フロンティア導出モデルを説明する。想定している状況は、居住地区に活動を行う施設が存在せず、そこから離れた中心地区に施設が存在するような状況であり、住民はバスサービスを利用して中心地へ移動し、買い物、医療といった2種類の機能を達成する状況を考えている。このバスサービスは複数の住民が共同で負担し消費するため共同消費財、診察料金・買い物代金は各住民が負担し消費するため私的財と呼び、各住民は自らの予算を共同消費財費用と私的財費用に振り分けている。各費用関数を介して得られる共同消費財生産量と私的財生産量を潜在能力アプローチにおける資源としている。住民の機能 k の達成度は、資源である共同消費財生産量と機能 k のための私的財生産量、共同消費財に関する資源利用能力、私的財に関する資源利用能力により規定され、それらを関係づける関数を機能の達成度関数と呼んでいる。そして、各個人の潜在能力は機能の達成度の組合せにより導出されている(図-1)。

次に、社会的評価モデルについて説明する。共同消費財生産量と各個人の共同消費財費用の組み合わせを政策とし、各政策における地域住民の潜在能力を計測している。ここでは、社会的評価として社会的関係関数¹⁰⁾と格差原理¹⁵⁾を援用して政策を序列付けている。なお、喜多ら⁹⁾は、地域公共交通計画方法論を抽象化したモデルであるため、共同消費財・私的財(資源)の特定がされていない。また、資源・資源利用能力と機能の達成度を関連付ける機能の達成度関数は具体的に定式化されてい

いないなど実用化に向けては課題が残る。

(3) 本モデルで導入すべき事項

前節で概説した先行研究を本モデルが具備すべき事項に照らし合わせることで、課題を抽出する。

1 つ目の機能 k の種類は特定されている。機能 k ($k = 1, 2$)として、買い物、通院を挙げている。計画策定の際に着目すべき機能 k の種類は、地域毎に異なることが考えられるが、本研究では移動に係る機能、高齢者の日常生活に不可欠な機能に着目する必要がある。新田ら²⁷⁾は、高齢者の日常生活を念頭に、外出に関わる生活行動をブレインストーミングと、ICF(国際生活機能分類)の参照によって13項目を抽出し、KJ法によってグループ化している。非日常的な活動である「スポーツ、芸術鑑賞やスポーツ観戦、外食・パーティ、墓参り、旅行」を除いた8項目を表-1に示す。本手法は、特に日常生活に不可欠であると考えられる上位5項目を機能 k ($k = 1, \dots, 5$)とし、いずれの機能に着目した場合でも、活動機会の計測が可能なモデルを構築する。計画策定者は地域課題に則して、5項目の中から計画で着目すべき機能 k が選択できる。

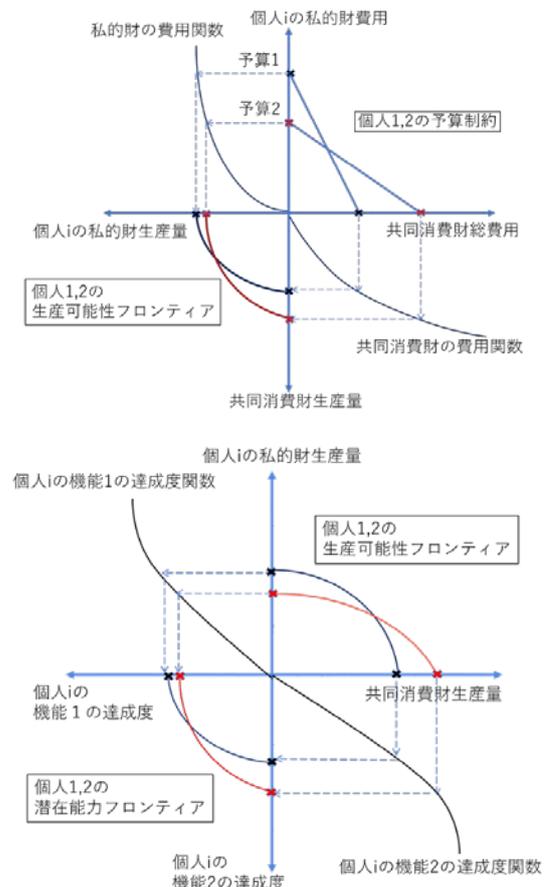


図-1 個人 1, 2 の潜在能力フロンティア (喜多ら¹³⁾を基に作成)

2 つ目の活動地点は特定されていない。本研究は、機能 k ごとに活動地点を特定する。機能 k が実行できる活動地点が複数存在した場合、各出発地点から最も活動機会の大きい 1 地点を考慮する。これはモデルの一般性を損なうものではなく、容易に複数地点に拡張できる。

3 つ目の機能の達成度は具体的には特定されていない。喜多ら⁸⁾での潜在能力（機能の達成度の集合）は、資源（共同消費財生産量・私的財生産量）と資源利用能力

表-1 移動に関わる機能（新田ら²⁷⁾を基に作成）

生命の保全	買い物、通院
暮らしの維持	公的・金融機関での用事、 理容・美容、 仕事・ボランティア、
健康・文化活動の増進	親族・友人との面会、 教養・習い事、 散歩・ハイキング、

から規定されるが、それを関係づける関数は定式化されていない。本研究では、資源と資源利用能力を関係づけるモデルを構築する。

本研究では、2 人で構成される社会を想定した喜多ら⁸⁾と異なり、市区町村単位の実務での計画を想定するため、各住民に対する予算制約の把握や、費用負担の設定は容易ではない。そこで、本研究では予算制約・費用負担を考慮せず、所与の資源と資源利用能力の下で実現する活動機会を計測するモデルを、喜多ら²⁸⁾の指標を援用して構築する。

4 つ目の資源・資源利用能力は特定されていない。実務で活動機会を計測するためには、それらの概念を入手可能なデータと対応付ける必要がある。

本研究では、路線、ダイヤ、バス停をバスサービスに関する資源とする。それらに限らず、バス停のベンチや車両の座席数等も資源として考えられるが、それらすべてを直ちに指標に反映させることは難しい。本研究では公共交通の設備面ではなく、地域公共交通計画として活動の時空間的側面に着目していることから、それに関する資源として先述の路線、ダイヤ、バス停を考慮する。

資源利用能力については、公共交通の利用には資源利用能力として、バス停まで歩行することができる、バスに乗車することができる、路線網やバスダイヤを認知できる、バスダイヤが利用できる時間帯にある、運賃を支払うことができるなど様々あり、それらは身体的制約、認知能力、時間的制約、経済的制約に分類できる。

それら全てが活動機会の制約になりうるが、資源利用能力に関しても全てを考慮した指標の構築を試みるより、むしろ基本的な能力についてモデル化し、各地域で必要と考える能力を追加的に導入する方が実用的であると考えられる。過疎地域に居住する高齢者を対象にするため、本

研究では身体的制約を考慮することは欠かせない。一方で、バス路線網やダイヤの案内や、貧困による公共交通の利用可能性については議論しないため、認知能力と経済的制約は考慮しない。また、公共交通は集合的にサービスが供給されるため、個々人の時間的制約を考慮したサービス提供は難しい。しかし、本研究で用いる活動機会計測モデルは様々な時間制約を持つ人々にどの程度の活動機会を保障することが可能かを計測するモデルであるため、時間制約の概念を内包した評価手法であると言える。

5 つ目は、代替案評価である。先行研究である喜多ら⁸⁾は、社会的関係関数¹⁵⁾と格差原理¹⁴⁾に基づいて各政策を序列付けている。具体的には、社会的関係関数により活動機会が最も小さい者（最も不遇な者）の活動機会の水準に着目し、格差原理の考え方からその水準が最も高い代替案を、最適な代替案として選択している。しかし、本研究で適用するような過疎地域では、活動機会がない住も多く、各代替案で活動機会なしの住民が存在する場合、最も不遇な者の活動機会の水準は同水準となり、最適な代替案は一意に定まらない。そこで、本研究では喜多ら⁸⁾のモデルを拡張し、最も不遇な者の活動機会の水準が等しい場合、最も不遇な者の人数に着目し、代替案を序列づけるモデルを構築する。

次節以降では、3 点目の活動機会計測モデル、5 点目の代替案評価モデルについて説明する。なお、本手法で用いるモデルは活動機会計測モデル、代替案評価モデルから構成される。

(4) 活動機会計測モデル

a) 喜多ら²⁸⁾の活動機会計測モデル

対象とする状況は、「自宅からバス停までの区間 1 を h_{n1} 時間かけて歩行し、そこからバスに T 時間乗車する。時刻 a_k に目的地の最寄りバス停に到着すると、バス停から施設までの区間 2 を h_{n2} 時間かけて歩行する。時刻 t_s にある一つの活動を施設で開始し、時刻 t_e まで行う。再び区間 2 を h_{n2} 時間かけてバス停まで歩行し、時刻 d_j 発のバスに T 時間乗車し、自宅側のバス停に到着する。そこから h_{n1} 時間歩行し帰宅する」という状況である。

公共交通に関わる活動機会を「活動を実行する施設に行きたいときに行ける程度」とし、活動機会の大きさを、実行可能な活動開始時刻 t_s と活動終了時刻 t_e の組み合わせ (t_s, t_e) を時刻選択の多様性として計測している。ここでは、公共交通に関する資源を、路線（乗車時間）、ダイヤ、バス停までの距離とし、資源利用能力を身体的制約と時間的制約として、評価している。

まず、バスダイヤについて説明する。バスダイヤに依存する目的地到着時刻 a_k ($k = 1, 2, \dots, K$)、目的地出発

時刻 $d_j(j = 1, 2, \dots, J)$ による (t_s, t_e) の組合せを定式化すると式(1)である。

1 往復/日 (バス停到着時刻 a_1 , バス停出発時刻 d_1) の場合, 住民は目的地で時刻 a_1 から時刻 d_1 の間でのみ活動を行うことができ, 図-2 のような時間配分で活動ができる. このとき, 時刻 a_1, d_1 は目的地側の時刻であるため, (t_s, t_e) は乗車時間に依存しない.

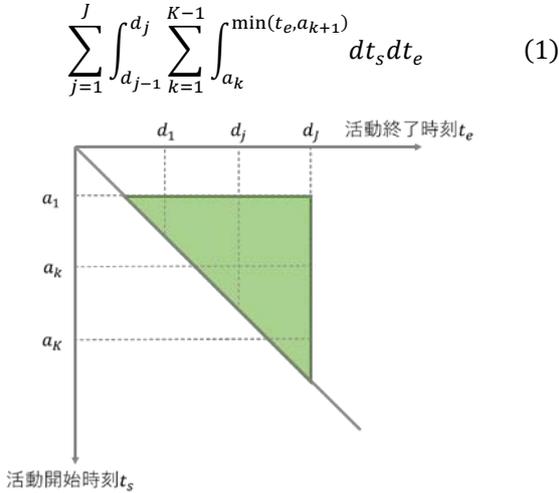


図-2 時刻選択の多様性

また, バス停からの歩行時間, 営業時間を考慮する.

$$\sum_{j=1}^J \int_{\max(d_{j-1}-h_{n2}, T)}^{\min(d_j-h_{n2}, \bar{T})} \sum_{k=1}^{K-1} \int_{\max(a_k+h_{n2}, T)}^{\min(t_e, a_{k+1}+h_{n2}, \bar{T})} dt_s dt_e \quad (3)$$

この領域内では活動は実行可能であるが, バスダイヤの発着時刻と活動開始終了時刻が離れた場合, 待ち時間が生じる. そこで, 喜多ら²⁹⁾は待ち時間による減衰関数を導入している. 待ち時間は $(d_j - t_e + t_s - a_k - 2h_{n2})$ である. 待ち時間に関する減衰関数 A_1 は, 式(4)である. なお, γ はパラメータである.

$$A_1 = e^{-\gamma(d_j - a_k - t_e + t_s - 2h_2)} \quad (4)$$

また, バス停までの歩行時間による疲労, バスの乗車時間による疲労も考慮し, それぞれ減衰関数 A_2 , 減衰関数 A_3 を導入している. バス停までの歩行時間による減衰関数 A_2 は, 式(5)である.

$$A_2 = e^{-\alpha w} \quad (5)$$

ここで, α はパラメータ, w は往復の合計歩行時間である. さらに, 傾斜歩行時の疲労を代謝的換算距離³⁹⁾によって表している. 往路の区間 1 の勾配が θ_1 , 区間 2 の勾配が θ_2 であるとき, 帰路の区間 1 の勾配は $-\theta_1$, 区間 2 の勾配は $-\theta_2$ となる. なお, ここでは区間 1, 区間 2 の勾配は, その経路中で一定としている. 以上より, 年齢と傾斜を考慮した歩行時間は, 式(6)である.

$$w = h_{n1} \left(\frac{r(\theta_1) + r(-\theta_1)}{r(0)} \right) + h_{n2} \left(\frac{r(\theta_2) + r(-\theta_2)}{r(0)} \right) \quad (6)$$

このとき, $r(\theta)$ は以下のように設定する²⁹⁾.

$$r(\theta) = \begin{cases} 1.2 + 3.113e^{0.4614\theta} & \text{if } \theta \geq -11(\%) \\ 1.2 + 3.113e^{-0.4614\theta} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

バスの乗車時間 T 時間についても歩行と同様に, 減衰関数を導入する. 減衰関数 A_3 は, 式(8)のように示される. なお, β はパラメータである.

$$A_3 = e^{-\beta \cdot 2T} \quad (8)$$

また時間的制約は, 個人の外出可能時間帯 $T_p = [t_p, \bar{t}_p]$ として考慮している. 式(9)で表される, 個人が往路 k 便目かつ復路 j 便目を利用できる確率 p_{kj} 乗じることによって時間的制約を導入する.

$$p_{kj} = \text{Prob}(t_p < a_k, \bar{t}_p > d_j) \quad (9)$$

以上より, 活動機会の大きさ A を求める指標は, 式(10)である.

$$A = A_2 A_3 \sum_{j=1}^J \int_{\max(d_{j-1}-h_{n2}, T)}^{\min(d_j-h_{n2}, \bar{T})} \sum_{k=1}^{K-1} \int_{\max(a_k+h_{n2}, T)}^{\min(t_e, a_{k+1}+h_{n2}, \bar{T})} A_1 p_{kj} dt_s dt_e \quad (10)$$

b) 本手法で用いる活動機会計測モデル

本研究では, 喜多ら²⁹⁾の指標を援用する. 喜多ら²⁹⁾のモデルを本研究が想定する過疎地域に適用する際にはいくつかの要件がある.

1 つ目に, 乗り換え待ち時間の考慮である. バスを利用し活動地点までの移動する際, 枝線から幹線に乗り換える場合や, デマンド型タクシーからバスに乗り換える場合, バスから鉄道に乗り換える場合などが想定される. 特に過疎地域は公共交通空白地域に対して枝線を整備している地域も多く, 活動地点までの移動で乗り換えが生じる可能性が高い. そこで, 過疎地域で適用する際は, 以下の乗り換え待ち時間 t に関する以下の式(11)の減衰関数 A_4 を導入する.

$$A_4 = e^{-\gamma 2t} \quad (11)$$

2 つ目は, 歩行時間・乗車時間・バスダイヤの待ち時間による疲労の非補償関係である. 自宅からバス停までが著しく遠い場合, 高齢者など体力の衰えを感じる住民は, どれだけバスダイヤが充実していても利用を諦める可能性が高い. 喜多ら²⁹⁾ではバスダイヤの待ち時間, 乗車時間, 歩行時間の減衰関数を補償的關係として評価しているが, 過疎地域の高齢者を対象にした場合それらは必ずしも補償的關係ではない. 本研究では, 歩行距離に関する非補償型関数と補償型関数の閾値を $L(m)$ とする. 最寄りバス停までの距離が L 以上の場合, 住民は活動を実行できない(活動機会なし)とする.

$$A'_2 = \begin{cases} e^{-\alpha w} & 0 \leq l_1 \leq L \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

以上を踏まえると、本研究で用いる活動機会の大きさ A' を求めるための活動機会計測モデルは以下の式(13)のように定式化される。

$$A' = A'_2 A'_3 A'_4 \sum_{j=1}^J \int_{\max(d_{j-1}-h_{n2}, T)}^{\min(d_j-h_{n2}, \bar{T})} \sum_{k=1}^{K-1} \int_{\max(a_{k+}h_{n2}, T)}^{\min(t_e, a_{k+1}+h)} \quad (13)$$

c) パラメータ

式(7)の非補償型関数と補償型関数の閾値 L は、森山ら³⁰⁾の推定結果 800m を参考にし $L = 800(\text{m})$ とする。

また、ダイヤの待ち時間に関するパラメータ γ は、谷本ら²⁴⁾が米子市を対象としたアンケート調査より $\gamma = 1.814$ を推定している。歩行時間による減衰関数のパラメータ α 、乗車時間による減衰関数のパラメータ β は、等価時間係数により求める。等価時間係数とは、あらゆる移動形態における心理的・身体的負担感を時間換算し、一元的に評価するための係数である。都・新田³⁰⁾に高齢者・非高齢者に対してアンケート調査を実施し、交通形態別の等価時間係数を推定している。本研究で用いる等価時間係数は、バスの着席、徒歩、待ち時間であり、都・新田³⁰⁾を基に作成した(表-2)。この場合、例えば徒歩移動の 10 分の疲労感とは、バスの着席乗車時間 $10 \times 3.33 = 33.3$ 分の疲労感と等価である。

表-2 等価時間係数³⁰⁾

バスの着席	徒歩	待ち時間
1.00	3.33	1.84

谷本らの成果より待ち時間のパラメータ $\gamma = 1.814$ であり、歩行時間は、 $\alpha = 1.814 \times 3.33 / 1.84 = 3.283$ である。同様に、バス乗車時間のパラメータは、 $\beta = 1.814 \times 1.00 / 1.84 = 0.986$ である。本研究で用いるパラメータを表-3にまとめる。

表-3 パラメータ

バス乗車時間 (β)	歩行時間 (α)	待ち時間 (γ)
0.986	3.283	1.814

(5) 代替案評価モデル

喜多ら⁸⁾は、社会的関係関数¹⁵⁾と格差原理¹⁴⁾から、各代替案の機能の達成度の組み合わせを評価して代替案を序列付けている。喜多ら⁸⁾は、代替案の下で得られる個人 i ($i = 1, 2$) の機能 k ($k = 1, 2$) の達成度を f^{ik} として、機能の達成度の組み合わせである潜在能力 ($f^{11}, f^{12}, f^{21}, f^{22}$) を評価しているが、本研究ではそれを個人 i ($i = 1, 2, \dots, I$) の機能 k ($k = 1, 2, \dots, K$) に拡張し、

式(13)に対応付けて用いる。ある代替案 x の下での個人 i の潜在能力は $C_i(x)$ で表される。

$$C_i(x) = \{f^{ik}\} \quad (14)$$

各代替案の下、基本的潜在能力を最も下回る機能の達成度を有する個人を、各代替案における最も不遇な個人として特定する。基本的潜在能力が保障する機能 k の達成度 f_0^k をとし、機能 k ($k = 1, 2, \dots, K$) の基本的潜在能力機能 BC は、

$$BC = \{f_0^k\} \quad (15)$$

である。

ここで分析者は、基本的潜在能力の水準を設定しない。基本的潜在能力は自治体により決定される水準であり、どのような活動をどの程度できる社会を地域住民に保障するかによりその水準は異なる。例えば、買い物 ($k = 1$) は、頻度が高い活動であることから、所要時間が長くとも便数が多いことが望ましい、乗車時間 40 分、歩行距離 400m、午前・午後 2 往復ずつの活動機会を最低限保障する場合、式(13)より $f_0^1 \cong 2.80 \times 10^{-3}$ が得られる。通院 ($k = 2$) は、頻度が低くとも体が不自由な住民にとっては少ない移動距離で実現したい活動であることから、1 日の便数が少なくとも所要時間は短いことが望ましい、乗車時間 20 分、歩行距離 100m、午前・午後 1 往復ずつの活動機会を最低限保障する場合、 $f_0^2 \cong 3.05 \times 10^{-3}$ が得られる。このように、基本的潜在能力は、自治体が住民の活動を想定し、定める水準とする。

代替案 x ($x = 1, 2, \dots, X$) の下での個人 i の機能 k の達成度 f^{ikx} と基本的潜在能力 f_0^k との差を基本的潜在能力との乖離と呼んでいる。基本的潜在能力との乖離 r^{ikx} は、

$$r^{ikx} = \begin{cases} f_0^k - f^{ikx} & \text{if } f_0^k > f^{ikx} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (16)$$

である。

各代替案 x の下で基本的潜在能力との乖離 r^{ikx} が最大になる個人 i の機能 k を r^x として求める。 r^x は代替案 x の下での最も不遇な個人の基本的潜在能力との乖離であり、

$$r^x = \max_i (\max_k (r^{ikx})) \quad (17)$$

で与えられる。

本手法は、最も不遇な者の活動機会の最大化を図る計画を想定していることから、 r^x が最も小さくなる代替案 x^* を、最適な代替案とする。このとき、 X はすべての代替案の集合である。

$$x^* = \arg \min_x (r^x | x \in X) \quad (18)$$

式(14)~(18)は、社会的関係関数と格差原理を援用した喜多ら⁸⁾に基づく。本手法の基本的な考え方はこれと同様であるが、過疎地域では、 r^x が最も小さくなる代替案 x^* が必ずしも一意に定まらないため、実用展開には

課題が残る。これは、最も不遇な全住民の乖離を改善させる（最も不遇な者の活動機会を最大化させる）ことができる代替案が存在しない場合に生じる。本手法では、その場合次善策として最も不遇な者の人数に着目し、最も不遇な者の人数が最小になる代替案を最適な代替案として選択する 2 段階モデルである。具体的には、式(18)で序列付けられない場合、各代替案 x の下で基本的潜在能力との乖離が r^x である最も不遇な者の人数を p^x として求め、 p^x が最小になる代替案 x^{**} を最適な代替案として選択する。

$$x^{**} = \arg \min_x (p^x | x \in X^*) \quad (19)$$

このとき、 X^* は r^x が最も小さくなる代替案の集合である。また、公共交通に関する代替案は集散的に供給されるため、路線毎や区間毎に最適な代替案を先に示した代替案評価モデルにより選択できる。

次に、地域公共交通計画では、どの路線から代替案を実行すべきか、代替案実行の優先順位を検討する必要がある。そこで、本手法では各区間や路線 y ($y = 1, 2, \dots, Y$)における各最適代替案 x^*, x^{**} を改めて、代替案 y とし、代替案評価モデルを用いることで、代替案 y を序列付け、優先順位を決める。式(16)~式(19)における代替案 x を代替案 y に置き換え、 r^y が小さい順にまたは p^y が低い順に、優先順位をつけることができる。

本手法は、活動機会計測モデル及び代替案評価モデルにより構成される。活動機会計測モデルの変数である公共交通サービス等は、計画策定者により定められる操作変数であり、各計画代替案として GIS 上に視覚的に表示することができる。また、機能別の活動機会計測値も、GIS 上に表示することで自治体職員や住民の理解の一助になると考える。他方、基本的潜在能力等は地域社会で決定される項目である。以上の本手法の概略は、図-3 に示す。

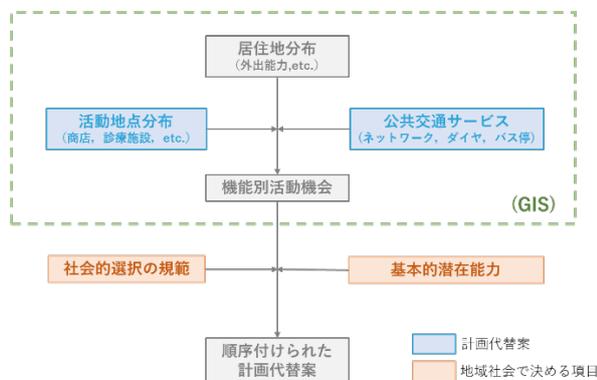


図-3 本手法の概略

5. 分析に必要なデータ

(1) メッシュ単位の活動機会の計測

本章では、本手法を地域公共交通計画の策定に用いる際に必要なデータを整理する。活動機会計測モデルは、個人単位で活動機会を計測することができるが、個人単位でデータを入手する際には問題点がある。例えば、住所や年齢といった個人情報、プライバシーの観点から全住民の情報を入手することは容易でなく、個人の外出可能時間帯の特定も難しい。また、公共交通サービスは集散的に供給されることから、サービスの効果を地区別、区間別に把握しておくことが、公共交通の計画情報として有用であると考えられる。

そこで、本手法はメッシュ単位で活動機会を計測する。その際、資源利用能力が低い高齢者を想定することで、高齢者にとって不便な地区を把握することができる。その他、非高齢者や外出可能時間帯が午前のみなど、様々な資源利用能力を想定することで、それぞれの特徴を持つ住民にとって不便な地域を把握することができる。また、本研究ではバス停の利用限界を 800m とするため、バス停の利用可能性を把握でき、後述するデータが入手可能な 500m メッシュもしくは 250m メッシュで分析できる。詳細なメッシュであるほど過疎地域では秘匿データが増加することから 500m メッシュを用いた。

(2) データの準備

入手が容易であるオープンデータのみで本手法を用いることができる。また、地理情報システム GIS を用いるため、座標データも入手する。以下、分析に必要なデータを「地域データ」「公共交通データ」「施設データ」に分類し、説明する。

「地域データ」は、出発地座標、人口・高齢化率、標高、出発地から最寄りバス停までの歩行距離、出発地から最寄りバス停までの勾配である。出発地座標と人口・高齢化率は総務省統計局により入手でき、標高は国土数値情報ダウンロードサービスから入手可能である。歩行距離は、出発地座標と最寄りバス停との直線距離を GIS の分析機能より入手し、それに係数を乗じることで道のりを把握する。係数は、森田ら³⁰⁾の全国 112 都市を対象に分析した結果を用いる。ここでは、係数の全国平均 1.3035 となっており、道直比の先駆的研究である腰塚・小林³⁰⁾の結果と同水準である。本研究では個別の都市で分析がなされている森田ら³⁰⁾の係数を用いる。次章の分析では岡山県を対象にしており、1.29 の係数を乗じる。

「公共交通データ」は、バスダイヤ、路線、バス停、乗車時間、乗り換え待ち時間である。バスダイヤは時刻表から、路線や目的地ごとに目的地到着時刻 a_k 、目的

地出発時刻 d_j を把握する。路線とバス停のデータは GIS で地図上に表示するため座標データが必要である。自治体が所有していない場合は、国土数値情報ダウンロードサービスから入手可能である。

「施設データ」は、機能 k が実行できる施設の座標（目的地座標）、施設の営業時間、目的地座標とバス停との歩行距離、出発地から最寄りバス停までの勾配である。目的地座標は、総務省統計局により入手できる。

6. 事例分析

(1) 事例分析の目的

本手法と公共交通サービスのみに着目した計画との差異と、本手法を適用することで最適な代替案が選択できることを示すために、過疎地域の自治体を対象にした事例分析を行う。

(2) 対象地域

岡山県真庭市を対象にする。真庭市は、岡山県の北中部に位置し、鳥取県と隣接する市である。2015 年時点では人口が 46,124 人、高齢化率 36.6%である³⁵⁾。人口減少・少子高齢化が進む真庭市は、2025 年には人口が 40,298 人まで減少し、高齢化率が 41.0%まで上昇することが予想されている³⁶⁾。そのような状況である真庭市は、過疎地域自立促進特別措置法により過疎地域として公示されている。

公共交通としては、真庭市が運行する真庭市コミュニティバスがある。真庭市コミュニティバスは、市内の交通空白地域をカバーするために運行されており、路線は幹線 3 系統と枝線 34 系統の全 37 系統から成る。幹線は便数が 6 往復/日程度であり、枝線は 1 往復/日程度であり、枝線を利用して市の中心地である久世に向かう場合は、接続されている幹線に乗り換える必要がある。今後、高齢者が自家用車からコミュニティバスに移動形態を転換することが予想される中、公共交通による高齢者の活動機会の確保がより重要になることが考えられるため、公共交通サービスの改善の必要性を把握することは有用であり、本手法を適用する地域として適当であると判断した。

(3) 分析の準備

a) 条件設定

想定する状況は、「出発地から最寄りのバス停までを歩行し、バスに乗り機能 k が達成できる目的地に向い、目的地である活動を実行し、再びバスを利用して帰宅する」という状況である。分析の対象にする機能 k は日常

生活に欠かせない活動である買い物($k = 1$)と通院($k = 2$)とする。モデルの構造上、3 つ以上の機能を考慮することも可能であるが、簡単のため本分析では生活に必要な 2 つの機能に着目した分析を行う。機能 k を達成できる活動地点が複数存在する場合、住民は各機能 k で活動機会を最大化させる 1 地点のみを利用すると仮定する。

交通手段は真庭市コミュニティバス 36 路線（湯原・蒜山ルートは蒜山・久世ルートと重なるため除く）とする。デマンド型の八束ルート・川上ルートは運行ルート不特定であるため、該地域の住民は他ルートのバス停が徒歩圏外（800m 圏外）の場合、八束ルート・川上ルートを利用すると想定する。幹線である蒜山・久世ルートに接続しているため、乗車時間を 30 分追加し、蒜山・久世ルートを利用すると想定する。

出発地は 500m メッシュとし、買い物($k = 1$)の目的地は真庭市役所バス停とする。真庭市役所バス停は、周辺にスーパーが集積する市の中心地域に位置し、これらの施設が集積する市の唯一の拠点である。通院($k = 2$)の目的地は真庭市役所バス停と湯原温泉病院バス停とする。いずれも総合病院が付近に存在するバス停である（図-4）。

ここでは簡単のため、活動地点の施設を特定せず、目的地である真庭市役所バス停や湯原温泉病院バス停に到達すると周辺のいずれかの施設で買い物や通院ができると仮定し、施設からバス停まで区間 2 の距離 0m とする。また、コミュニティバスのダイヤが 7時から 18時 45分までの間に存在することから、施設の営業時間をそれらが利用できる 7時から 19時（以下、[7,19]）とする。

基本的潜在能力は自治体によって定められる水準であるが、ここでは分析のために機能 k ($k = 1, 2$)の基本的潜在能力を設定する。買い物($k = 1$)は、頻度が高い活動であり、所要時間が長くとも便数が多いことが望まし

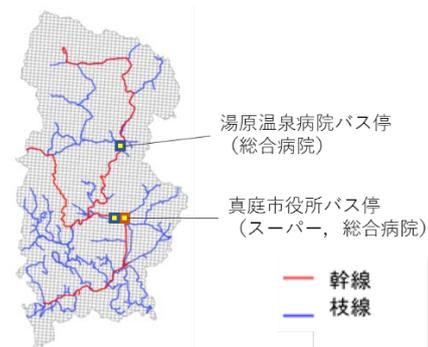


図-4 買い物・通院の目的地

いと考え、乗車時間 40 分、歩行距離 400m、午前・午後 2 往復ずつの活動機会を最低限保障するとし、 $f_0^1 \equiv 2.80 \times 10^{-3}$ とした。通院($k = 2$)は、頻度が低い体が不自由な住民は移動距離が短いことを望むと想定し、乗

車時間 20 分，歩行距離 100m，午前・午後 1 往復ずつの活動機会を最低限保障するとし， $f_0^2 \cong 3.05 \times 10^{-3}$ とした。

b) 活動機会の計測

活動機会の計測値については，最大値のときの計測値を 1 に基準化し，[0,1]の値として示す。最大値とは，歩行時間 0 時間，乗車時間 0 時間，7時から 19 時の間（以下，[7,19]）ダイヤが無限に存在し常に待ち時間 0 時間のときの計測値である。

また，資源利用能力は，身体的制約として高齢者・非高齢者の歩行速度，時間的制約として外出可能時間帯が午前のみ，午後のみ，終日等，様々な属性を仮定することで考慮することができるが，本研究では高齢者の歩行速度(2.82km/h²⁹)，外出可能時間帯はバスダイヤが利用できる[7,19]である属性を対象に分析することで，目的である高齢者にとって不便な地域を把握する。

また，公共交通サービスの改善による各メッシュで計測し得る活動機会の最大値は，自家用車利用時（歩行時間 0 時間，[7,19]の間自家用車が利用可能）の活動機会の水準であるという考え方から，公共交通利用時の活動機会を自家用車利用時の活動機会を除すことで，相対値を得る。機能 k に関する公共交通利用時の活動機会を f_B^k ，自家用車利用時の活動機会を f_C^k としたとき，相対値 R は以下の式(20)で与えられる。相対値は，公共交通サービス水準として捉えることもできる。

$$R^k = f_B^k / f_C^k \tag{20}$$

(4) 現状と代替案の分析

a) 現状の分析

前述の条件の下，現状の真庭市コミュニティバスにおいて活動機会 f^k ，相対値 R^k を計測した。各計測結果は，図-5，図-6，表-4 に示す。買い物に関する活動機会 f^1 及び通院に関する活動機会 f^2 は，いずれも最高値が 0.396，最低値が 0 であり，買い物に関する相対値 R^1 及び通院に関する活動機会 R^2 は，いずれも最高値が 0.050，最低値が 0 であった。活動機会と相対値ともに幹線と枝線の格差が顕著であった。

活動機会と相対値に着目することで，様々なアプローチから代替案の検討が可能である。これは，公共交通利用時の活動機会と相対値を比較することで，公共交通サービスの向上による活動機会の増大の限界について議論でき，分野横断的な代替案の検討ができるということである。例えば，活動機会が低く相対値も低い場合は，公共交通サービス水準が低く，自家用車利用者と公共交通利用者の格差が大きい地域であると解釈でき，公共交通サービス水準の向上で改善が見込める地域と判断できる。一方，活動機会が低く相対値が高い場合は，公共交通サ

ービス水準が高いが公共交通利用者の活動機会が低い地域であると解釈できる。これは公共交通サービスの改善のみによる活動機会の増大の限界を示している。

今回の分析においては，枝線沿いの地域が前者に当たり，市の北部（蒜山地域）が後者に当たる。枝線沿いでは，1日に往復できる便がない，ルートは 800m 圏内に存在するがバス停がないといった課題が多く見られた。蒜山地域では，目的地までの所要時間が長いといった課題が見られ，公共交通サービスの改善に限らず，施設配置などを含めた計画代替案の必要性が示された。

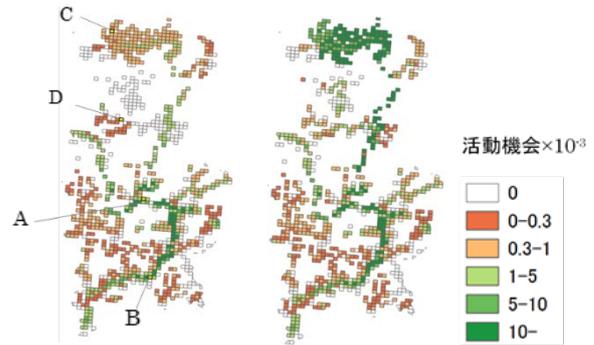


図-5 現状の活動機会（左：買い物，右：通院）

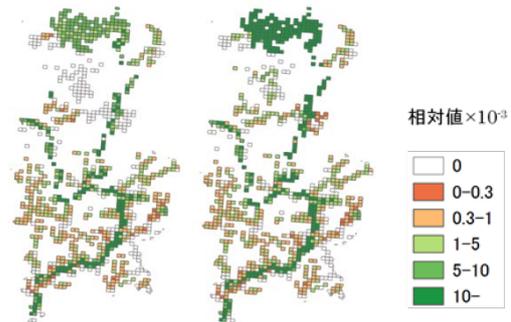


図-6 現状の相対値（左：買い物，右：通院）

表-4 現状の買い物に関する分析結果例

	活動機会 ($\times 10^3$)	相対値 ($\times 10^3$)	便数 (往復/日)	乗車 (分)	歩行 (m)
A	39.59	49.89	8.5	11	35
B	5.202	12.07	6	40	488
C	0.811	6.793	4.5	101	203
D	0.054	0.291	1	80	672

b) 代替案の分析

現状の分析結果から活動機会の低い地域が多い蒜山・久世ルートを対象に代替案を設定する。代替案 x として，3 便の増便($x = 1$)，真庭市役所バス停まで 1 時間以内に到着する特急便($x = 2$)，湯原温泉病院バス停に商業施設の配置かつ 2 便の減便($x = 3$)を検討する。本手法

では代替案費用を考慮していないが、各路線は自治体の予算制約からいずれかの代替案のみ実行できる状況を想定し、代替案を採択する状況を考える。

c) 各路線の代替案評価

基本的潜在能力(f_0^1, f_0^2) = (0.00280, 0.00305)とし、代替案評価モデルを用いて、各路線で最適な代替案を採択した。機能 k に関する基本的潜在能力との乖離 r^{kx} が各代替案で異なるため、この乖離を比較することで代替案を評価できる。各代替案の下で、最も不遇な機能別の活動機会と基本的潜在能力を図-7に示す。各代替案の下での最大の乖離 r^x を比較すると、代替案3の商業施設の配置かつ減便が最小であり、最も不遇な個人の活動機会を最大化させる代替案として採択される(表-5)。

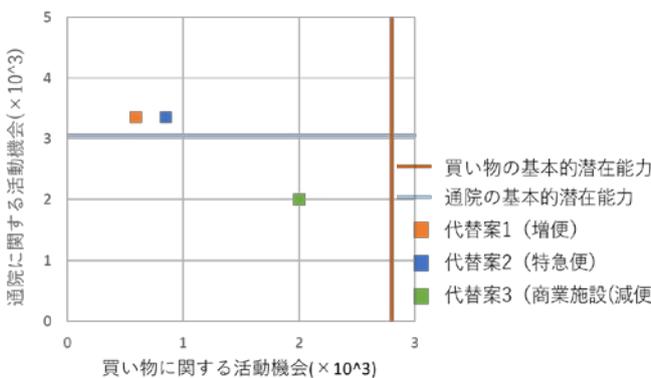


図-7 機能の別活動機会と基本的潜在能力

表-5 蒜山・久世ルートにおける各代替案の評価

代替案 x	施策	基本的潜在能力との乖離 r^{kx} ($\times 10^3$)	
		$k = 1$	$k = 2$
1	増便	2.21	0
2	特急便	1.95	0
3	商業施設 (減便)	0.80	1.05

最も不遇な個人の活動機会を最大化させる代替案として採択される(表-5)。

また、ここでは各代替案の買い物に関する活動機会 f^1 の比較を行い(図-8)、従前の公共交通サービスにのみ着目した計画と本手法の差異を確認する。増便では、目的地までの距離が遠い地域の活動機会の改善が少ない、便数など公共交通サービスにのみ着目した計画では、このような住民の生活の水準を完全に捉えきれない可能性が示唆される。一方で、本手法は住民の活動機会(〜できること)そのものに着目する計画支援手法であり、便数や所要時間は直接的には評価しない。

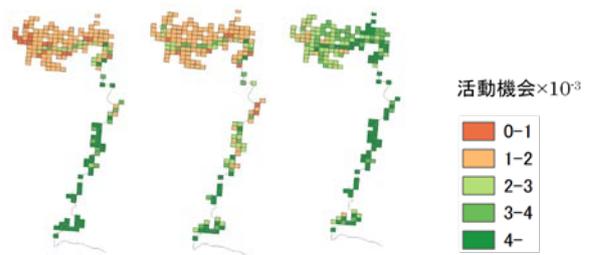


図-8 活動機会(左から増便, 特急便, 商業施設の配置と減便)

(5) 考察

現状の分析結果より抽出された課題に対して代替案を設定し、路線毎に最適な代替案を採択した。自治体が基本的潜在能力の水準(どのような活動をどの程度できる社会を地域住民に保障するか)を定めれば、それを実現させ得る交通計画を策定できる手法であることが確認できた。これらの情報は地域公共交通計画を策定する際に有用であると考えられる。また、公共交通サービスにのみ着目した従前の計画では、見逃されていた住民に対する計画が策定できることも確認できた。

今回は、資源利用能力として高齢者の身体的制約を考慮したが、その他非高齢者の身体的制約、時間制約として外出可能時間帯を午前、午後など様々な属性に分けて分析し、結果を比較することで、どのような資源利用能力を有する住民がどのような地域に居住すると活動機会が小さいのか、あるいは大きいのかといった分析を行うこともできる。

また、本手法は計画策定者である自治体職員や地域住民にとって、概念の理解が難しい活動機会に着目している。そのため本手法では、代替案の効果をGIS上の視覚的情報として出力し、表-4のように分析結果の具体例と合わせて提示している。このような情報は、自治体職員や地域住民が分析結果を確認する際に役立つと考えられ、地域住民の合意形成にも活用できる。

7. おわりに

(1) 本研究のまとめ

本研究では、過疎地域の高齢者の活動機会に着目し、地域公共交通計画策定の支援手法を提案した。本研究で提案した手法は、①所与の資源と資源利用能力から活動機会を計測する活動機会計測モデルと、②複数の代替案の中から最適な代替案を社会的関係関数と格差原理に基づいて選択する代替案評価モデルから構成される。先行研究では、抽象的な概念として与えられてきた資源や資源利用能力を実際のデータと対応させたことで、実用展開可能な計画支援手法を構築した。

さらに本手法を用いた事例分析を行うことで、自治体が基本的潜在能力の水準（どのような活動をどの程度できる社会を地域住民に保障するか）を定めれば、それを実現させ得る交通計画を策定できること、公共交通サービスにのみ着目した従前の計画では、見逃されていた住民に対する計画が策定できるを示した。また、本手法は、交通計画の専任担当者が計画を策定することを想定しているため、入手が容易なオープンデータのみで分析ができる、分析結果は GIS 上に視覚化されるなどの特徴を有する。視覚的情報は、計画策定者の課題抽出や、地域住民との合意形成に活用できると考える。

(2) 今後の課題

本手法を地域公共交通計画で用いる際には検討すべき課題が 3 点ある。

1 点目は、活動地点の評価を含めた活動機会の計測である。活動地点に到着できるとき活動が実行できると仮定している。しかし、活動地点の到達可能性は活動機会の大きさに必ずしも合致しない。今後は、活動地点での活動の実行可能性を含めた計測が必要である。活動地点での活動の実行可能性は、買い物施設であれば品揃え、病院であれば診療科数等で把握できると考える。

2 点目は、活動機会計測モデルの非補償的関係の閾値である。活動機会計測モデルでは、歩行時間による疲労をダイヤの待ち時間や乗車時間と非補償的関係として用いている。ここでは、森山らを参考にその補償・非補償関係の閾値を歩行距離 800m としたが、必ずしも 800m を閾値に住民の行動が変化するかは確認されていない。そのため、閾値を変化させた場合に本手法から得られる最適代替案が異なる可能性があり、その頑健性を確認する必要がある。

3 点目は費用負担の議論である。本研究では費用が考慮できていないため、運行費用と資源（公共交通サービス）との関係や、活動機会の保障水準と住民の費用負担の関係について議論できない。これらは今後の課題としたい。

謝辞：事例分析を行うに際し、真庭市地域公共交通会議事務局よりデータの提供をいただいた。また、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) 経済産業省：買物弱者・フードデザート問題等の現状及び今後の在り方に関する調査報告書、平成 27 年
- 2) 農林水産省：「食料品アクセス問題」に関する全国市町

- 村アンケート調査結果、平成 29 年
- 3) 国土交通省：地域公共交通に対する自治体の取組状況及び地域公共交通の現状分析業務報告書、平成 24 年
- 4) 高松市：高松市総合都市交通計画、平成 22 年
- 5) 国土交通省：地域公共交通づくりのハンドブック、2009.
- 6) 谷本圭志、喜多秀行：地方における公共交通計画に関する一考察—活動ニーズの充足のみに着目することへの批判的検討—、土木計画学研究・論文集、No.23,no.3,2003.
- 7) Sen, A. K. : *Commodities and Capabilities*, Elsevier Science Publisher, 1985. (鈴木興太郎訳：福祉の経済学、岩波書店、1988.)
- 8) 喜多秀行、辻皓平、薦田悟、四辻裕文：活動機会の保障水準に着目した公共交通サービス選択のための規範的評価モデル、土木学会論文 D3, Vol.73, No.5, 2017.
- 9) 国土交通省：地域公共交通の確保・維持・改善に向けた取組マニュアル、平成 24 年
- 10) 国土交通省：地域公共交通網形成計画及び地域公共交通再編実施計画作成のための手引き、第 3 版、平成 28 年.
- 11) 森山昌幸、藤原章正、杉恵頼寧：GIS を活用した中山間地域の公共交通計画支援ツールの開発、土木計画学研究・論文集、vol.21,no.3,2004.
- 12) 小山茂、谷口滋一、轟朝幸、大西貴佳：住民参加型コミュニティバス計画のための情報提示型システムに関する研究、土木計画学研究・論文集、No.23,no.3 2006.
- 13) 喜多秀行、池宮六季、菅洋子、四辻裕文：潜在能力アプローチによる地域公共交通計画の検討フレーム、土木計画学論文集 D3, vol.71, no.5, 2015.
- 14) Rawls, J.: *A Theory of Justice*, Harvard University Press, 1971.
- 15) Gotoh, R. and N. Yoshihara : "Securing basic Well-being for All," Discussion Paper Series A, 591, Institute of Economic Research, Hitotsubashi University, (2013).
- 16) 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.
- 17) 佐々木公明、徳永幸之：地域交通と住民の幸福—「アマルティア・センの潜在能力」を反映した地域交通システムの評価—、運輸政策研究、Vol.14, No.4, 2012.
- 18) 後藤玲子：規範科学としての潜在能力アプローチの可能性について—佐々木公明・徳永幸之[2012]，“地域交友と住民の幸福—「アマルティア・センの潜在能力」を反映した地域交通システム評価”，「運輸政策研究」，Vol.14, No.4, pp.2-12 に対する誌上討議—、運輸政策研究、Vol.15, No.3, 2012.
- 19) 吉田樹、秋山哲男、竹内伝史：市民の外出活性水準を考慮した地域公共交通の評価に関する基礎的検討、土木計画学論文集 D, Vol.65, No.3, 2009.
- 20) 猪井博登、新田保次、中村陽子：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, 2004.
- 21) 栄徳洋平、溝上章志：QoM 指標によるモビリティ水準の地域間比較手法の提案、土木計画学研究・論文、Vol.25, no.1, 2008.
- 22) 後藤玲子：モービルケイパビリティの保障と地域公共交通サービス—アクセシビリティ調整方法に関する社会的

- 選択の手續きの定式化一, *in* 喜多秀行: 地域公共交通と連携した包括的な生活保障のしくみづくりに関する研究, 国際交通安全学会, 平成 24 年度研究調査プロジェクト報告書.
- 23) Hägerstrand, T. : What about people in regional science?, *Papers of the Regional Science Association*, Vol. 24, pp. 7-21, 1970.
- 24) 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.
- 25) 喜多秀行, 辻皓平, 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.
- 26) 鈴木興太郎: 社会的選択の理論・序説, 東洋経済新報社, 2012.
- 27) Arrow, K. J. and L. Hurwicz: "Decentralization and Computation in Resource Allocation," in *Essays in Economics and Econometrics*, ed. By R. W. Pfouts, Chapel Hill: The University of North Carolina Press, 1960.
- 28) 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.
- 29) 佐藤栄治・吉川徹・山田あすか: 地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討, *日本建築学会計画系論文集*, No.610, pp.133-139, 2006
- 30) 杉山允宏・桐島日出男・平谷明彦・大八木達也: 歩行のエネルギー消費, *人間工学*, Vol.17, No.6, pp.259-265, 1981.
- 31) 森山昌幸, 藤原章正, 張俊屹, 杉恵頼寧: 中山間地域における高齢者対応型公共交通サービスの需要予測モデル, *土木学会論文集*, vol.786, 2005.
- 32) 都君變・新田保次: 交通負担感を考慮した高齢者対応バスへの交通手段転換モデルについて, *土木学会年次学術講演会*, 1997.
- 33) 森田匡俊, 鈴木克哉, 奥貫圭一: 日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究, *GIS-理論と応用*, Vol.22, No.1, pp.1-7, 2014.
- 34) 腰塚武志, 小林純一: 道路距離と直線距離, *日本都市計画学会学術研究発表会論文集*, vol.18, pp.43-48, 1983.
- 35) 真庭市人口ビジョン, 平成 27 年

(2018. 4. 22 受付)