

令和 6 年 5 月 25 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K01136

研究課題名（和文）人間の認知・判断プロセスを組み入れ、かつ、実用的な時空間アクセシビリティ指標

研究課題名（英文）Practical space-time accessibility measures considering individuals' mental map and decision-making process

研究代表者

増山 篤（Masuyama, Atsushi）

弘前大学・人文社会科学部・教授

研究者番号：50322079

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：この研究では、まず、ネステッドロジットモデルの枠組みを用い、時間的制約下において個人は自分の効用を最大化するように段階的に意思決定を行うとしたときの時空間アクセシビリティ指標を定式化した。
そして、定式化した指標を用いたケーススタディを行った。時空間制約下での選択結果データを用いたパラメータを推定結果、および、他のアクセシビリティ指標と比較した結果から、先に定式化した指標が時間的制約下にある個人のアクセシビリティを的確に捉えていると論じた。
また、この研究で定式化したものを時空間アクセシビリティ指標を効率的に算出するための具体的かつ効率的な計算方法についても明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

活動機会に対するアクセシビリティは、地理学および地理情報科学において常に重要なテーマであるが、人間の認知・判断プロセスを現実に即して組み入れるような研究はこれまでに多くない。それゆえ、新規性があり、なおかつ、確かな学術的貢献を成したものと考える。
また、アクセシビリティ指標は、土地利用・交通政策を考える上でも用いるものであり、それゆえ、特に物的な都市形成に将来的に役立つ研究にもなった可能性があると考えている。
さらに、時空間アクセシビリティ算出のための計算法は、後続の研究を効率的に進めるのに寄与するものである。

研究成果の概要（英文）：This study first formulates space-time accessibility measures under the assumption that an individual under a space-time constraint maximize his/her utility and follows a two-stage decision-making process, employing the nested logit modeling framework. The study then demonstrates the plausibility of the formulated space-time measures through a case study. Specifically, it demonstrates that the proposed measures adequately gauge the degree of space-time accessibility, from the result of the calibration of the measure using the data on the choice under a certain time constraint and also from the comparison between the formulated measures and other accessibility measures. The study finally shows efficient and practical method for the calculation of space-time accessibility measures including the ones proposed in this study.

研究分野：地理情報科学

キーワード：時空間アクセシビリティ 認知・判断プロセス 段階的意思決定 効用最大化 計算法

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

私たちは、日々の生活において、地理的空間の中にあるさまざまな活動機会に赴く。それゆえ、これら活動機会へのアクセシビリティ(近づきやすさ)を、然るべき定量的指標によって、的確に把握することは重要である。

アクセシビリティの程度・度合いはいくつかの要因に規定される。最も重要かつ基本的な要因は、活動機会までの距離であるが、それに次いで重要な要因は、活動機会を訪れる個人が置かれた「時間的制約」である。したがって、アクセシビリティを定量的に捉えるための指標においても、個人の時間的制約を考慮する必要がある。

個人の置かれた時間的制約の重要性に鑑み、これを考慮したアクセシビリティ指標(以下、時空間アクセシビリティ指標)がこれまでにさまざま提案・利用されてきた。しかしながら、その多くは、理論・実用の両面において、拡張・改善の余地を残すものであった。

研究代表者は、多項ロジットモデルの理論に行動論的基盤を置き、実際の行動・選択データからパラメータ推定が可能な時空間アクセシビリティ指標を導出・定式化し、それをを用いたケーススタディを行い、その結果から導出した指標の好ましい性質・特徴などを示してきた。

しかし、研究代表者による時空間アクセシビリティ指標も、さらに拡張・改善の余地を残すものであった。一定の時間的制約下において、いずれかの活動機会へ赴くまでには、より複雑な判断・認知プロセスを経るものと考えられる。例えば、そもそもどこか活動機会を訪れるかどうかを判断した後、時間的制約下で到達可能な活動機会の中から行き先を選択する、という段階的選択を行う、とも考えられる。このようにみていくと、より現実・実態に即した形で人間の認知・判断プロセスを考慮した時空間アクセシビリティ指標がどのようなものかを明らかにし、ケーススタディ等を通じてその有用性・意義を明らかにしていく研究が望まれると言える。

また、時空間アクセシビリティ指標値を、実際の地理的空間のさまざまな場所に対して算出するとすると、それら場所が関与する時間地理学的概念(例えば、時空間プリズム)を効率的に操作化することが求められる。しかしながら、人の移動が現実には経路ネットワークに沿ったものであることを考慮した上で、そうした操作化を効率的に実践する手順・方法は必ずしも自明ではなかった。

2. 研究の目的

(1) この研究では、まず、時空間制約下での個人の認知・判断プロセスを現実には即した形で考慮しており、なおかつ、個人の移動・選択行動データからパラメータ推定を行うことができるという意味で実用的な、時空間アクセシビリティ指標を理論的に導出・定式化することを目的とした。より具体的には、個人が時空間制約下で活動機会を訪れることについて段階的意思決定を行い、なおかつ、効用を最大化するように振る舞うとしたときの時空間アクセシビリティ指標について理論的に検討した。

(2) そして、理論的に導いた時空間アクセシビリティ指標を用いたケーススタディを行い、その指標の有用性を吟味した。より具体的には、時空間制約下での個人の行動に関するデータを収集し、そのデータを用いて、理論的に導いた指標のキャリブレーションを行い、そのキャリブレーション結果から算出される指標値について分析し、これら推定・分析の結果から導出した指標が時空間アクセシビリティを的確に捉えているものかどうか議論した。

(3) また、時空間アクセシビリティ指標を実際に用いて、さまざまな場所からの各種活動機会への“近づきやすさ”を評価・把握するための、極めて実践的な計算手順・方法を明らかにすることも目的とした。より具体的には、個人が移動する際に辿る経路ネットワークを考慮し、なおかつ、任意の地点において時間地理学的概念(時空間プリズムなど)を操作化するための理論的および実際の計算手順・方法を明らかにすることも目的とした。

3. 研究の方法

(1) 効用最大化原理にしたがい、なおかつ、段階的な意思決定を記述する一般的なモデルとして、ネスティドロジットモデルがある。そこで、ネスティドロジットモデルの枠組みを用いるとした上で、いずれの活動機会も訪れないこと、および、いずれかの活動機会を訪れることに伴う効用関数を自然な形で定義し、そのときの期待最大効用を時空間アクセシビリティ指標として導出・定式化する。

(2) 一定の時空間制約下にあり、なおかつ、訪れうる活動機会がいくつか存在するという仮想的状況において行う選択に関するデータ(SP データ)を収集し、そのデータを用いて先に導出した指標のパラメータ推定を行う。推定結果に基づいて、実際の空間における多地点に対して、定式化した指標、および、その他既存の時空間アクセシビリティ指標の値を算出する。推定されたパラメータに関する正負や統計的有意性、および、時空間アクセシビリティ指標間での算出された値の比較から、この研究で定式化した指標が時空間アクセシビリティを捉える上で妥当・有

用なものであるかを議論する。

(3) 任意の地点にある個人の時空間アクセシビリティ指標値を効率的に算出できるよう、この個人が時空間制約下で到達可能な活動機会の特定、および、それら活動機会までの移動所要時間がただちに求められるような計算手順を示す。また、そのような時間地理学概念の操作化を実際に行うためのプログラムコードを具体的に示す。

4. 研究成果

(1) ネスティドロジットモデルの枠組みにしたがう時空間アクセシビリティ指標の定式化にあたっては、次のように仮定した。まず、時空間制約下での段階的意思決定における第一段階の選択に伴う確定効用については、いずれの活動機会も訪れない場合はゼロ、いずれかを訪れる場合は定数(パラメータ)とした。そして、いずれかを訪れる選択をした場合の次の段階の確定効用については、移動所要時間、活動機会規模、活動機会における滞在可能時間を変数とし、パラメータについて線形な関数で与えられるものとした。このように仮定することで、選択実績データに基づいてパラメータ推定が可能であり、なおかつ、期待最大効用に相当する時空間アクセシビリティ指標を導いた。また、訪れうる活動機会が存在しない場合は値がゼロになる、訪れうる活動機会数や活動機会規模の増加関数であるなど、アクセシビリティ指標として満たすことが望ましい性質(先行研究において示されたアクセシビリティ指標の公理)を、ここで導いた指標も満たすことを理論的に示した。

(2) 大学生の帰宅時における買い物行動を題材としたケーススタディを行った。まず、84名の大学生を対象とし、彼/彼女らが通う大学キャンパスから10分離れた場所に居住しており、キャンパスから自宅に着くまでに30分の時間予算が与えられているという仮想的な状況下で(ただし、状況がイメージしやすくなるよう、キャンパス周辺のいくつかの店舗規模、および、キャンパスからいくつかの地点への徒歩による移動時間を情報として与えた上で)、4つの選択肢(いずれの買い物先も訪れない、あるいは、店舗規模と移動所要時間が異なる買い物先の中のいずれかを訪れる)からどれを選ぶか尋ねた。

この選択結果データを用い、段階的意思決定を考慮した時空間アクセシビリティ指標のパラメータ推定を行った。まず、そもそもいずれかの買い物先に赴くことに伴う効用は、負の値として推定された。つまり、日常的な買い物は、それ自体を楽しむ行動というよりも、生活する上で必要な行為と考えられるが、そのような自然な考え方と整合する推定結果となった。また、定式化した指標は、もし確かに段階的意思決定を行なっているならば、0から1の間の値を取るパラメータを含むが、実際にこのパラメータは0から1の範囲のほぼ中央にあたる値として推定された。つまり、このケーススタディの題材においては、確かに段階的意思決定を行なっており、翻って、定式化した指標の(時空間アクセシビリティ指標としての)妥当性・有用性を示唆する結果を得た。また、移動所要時間に係るパラメータは負の値として推定され、これは5%水準で統計的に有意であった。つまり、距離減衰効果が確かにみられることを示す推定結果となった。直観的に、日常的な買い物においては距離減衰効果が見られて然るべきだが、実際にそのような結果となったことも、時空間アクセシビリティ指標としての妥当性を示していると考えられる。以上のように、先に定式化した指標が、時間的制約下にある個人のアクセシビリティが適切・的確に捉えることを示す推定結果を得た。

次に、大学キャンパス付近に複数地点を設定し、それら地点が大学生の自宅住所であると想定したときの各種アクセシビリティ指標を算出した。具体的には、推定パラメータを用いて、(先に定式化した)時空間アクセシビリティ指標、自宅から最寄りの買い物先まで距離(以下、指標A)、自宅から5分以内で到達可能な買い物先の数(以下、指標B)、時間的制約下で到達可能な買い物先の数(以下、指標C)を算出した。これら指標間の相関関係を分析したところ、まず、この研究で導いた指標と指標AおよびBの間にはほぼ相関がみられなかった。この研究で導いた指標においては、時間的制約の両端にある地理的地点(時間地理学で言う「アンカー」)が異なりうることも考慮しており、それゆえ、このケーススタディにおいては、そもそも指標AやB(のようなトリップ起終点が一致していることを前提とする指標)とは強い相関を持つべきではない。実際に、そのような相関関係は見られず、先に定式化した指標が、そもそも時空間アクセシビリティ指標として満たすべき要件を満たしていることを示した。一方、定式化した時空間アクセシビリティ指標と指標Cとの関係を分析したところ、負の相関関係がみられた。このことは、どちらか一方がそもそも方向性を誤ってアクセシビリティを捉えていることを示唆する。そもそもこの二つの基本的特徴を比較すると、指標Cは、距離減衰効果を考慮していない一方、ネスティドロジットモデルの枠組みに基づく指標は、距離減衰効果を考慮している。一般に、空間的選択行動において距離減衰効果が存在することなどを考えると、ここで適切に時間的制約下にある個人のアクセシビリティを的確に捉えているのは、この研究で定式化した指標と考えられる。

以上のように、ケーススタディを通じて、この研究で定式化した時空間アクセシビリティ指標が、時間的制約下にある個人のアクセシビリティを適切な形で捉えているものであり、時間的制約を考慮しない指標のみならず、他の時空間アクセシビリティ指標に対しても優位性を持つことを示した。

(3) 実際の地理的空間における人の移動が経路ネットワークに沿ったものであることを考慮し、多地点に対して時空間アクセシビリティ指標を求めることを考える。それら地点をその都度起点としてプリズム相当範囲の特定、その内部にある活動機会までの移動時間算出、それら活動機会における滞在可能時間を求めるとなると、ネットワークアルゴリズムを繰り返し実行することになり、明らかに計算時間が嵩む。そこで、活動機会側から事前にネットワーク上の各所への所要時間を求めておく前処理によって、時間地理学概念の操作はノード数の 2 乗に比例する計算時間に収まることを示した。

オープンな経路ネットワークデータの入手から時空間アクセシビリティ指標の算出までを行う流れを Python によって実装するケーススタディを行い、その実行結果から、このケーススタディでは、単純にネットワークアルゴリズムを繰り返すよりも(前処理によって)実計算時間を 250 分の 1 に短縮できるという結果を示した。なお、ケーススタディで作成・使用した Python コードおよびデータは、GitHub 上から入手可能である。

(4) この研究の成果は、日本地理学会における口頭発表、地理情報システム学会の学会誌「GIS-理論と応用」における審査付き論文、などの形で公表している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 増山 篤	4. 巻 30
2. 論文標題 Pythonによる道路ネットワーク距離に基づく空間アクセシビリティ分析の可能性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 GIS - 理論と応用	6. 最初と最後の頁 11-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 増山 篤	4. 巻 29
2. 論文標題 段階的意思決定を考慮したログサム型時空間アクセシビリティ指標	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 GIS - 理論と応用	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 増山 篤	4. 巻 29
2. 論文標題 空間アクセシビリティ分析におけるRの活用可能性 - 内科系診療所を対象とするケーススタディを通じて -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 GIS - 理論と応用	6. 最初と最後の頁 25-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 増山 篤	4. 巻 19
2. 論文標題 段階的意思決定を考慮したログサム型時空間アクセシビリティ指標	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 都市計画報告集	6. 最初と最後の頁 359-365
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 増山 篤
2. 発表標題 経路ネットワークに対する前処理による時空間アクセシビリティ計算の効率化とその実装
3. 学会等名 2022年日本地理学会秋期学術大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------