

「滞在可能時間」と「積み上げ所要時間」の特徴と都市間の交流可能性

A STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF THE "POSSIBLE STAYING TIME" AND THE "PILED-UP TRAVELLING TIME"

波床正敏**, 天野光三***, 中川大****, 長谷川強*****

by Masatoshi HATOKO, Kozo AMANO, Dai NAKAGAWA and Tsuyoshi HASEGAWA

We have proposed two indices of convenience of inter-city transportation, one of which is "Possible Staying Time" and the other is "Piled-Up Travelling Time".

In this report, the indices are applied to calculation of convenience of transportation between main cities in Japan, and characters of each index are examined by analysis of calculated indices under different supposition.

1. はじめに

都市や地域の発展を考える上で、都市間・地域間の相互の交流可能性を知ることは極めて重要である。都市間交通が未発達であったときは、都市の立地条件はその都市の地理的な側面に大きく依存していたと考えられるが、都市間の交通が発達してくると、他の都市とどれだけ交流することができるかが都市や地域の発展において重要な要因となってくる。

しかしながら、従来から用いられてきた都市間の「所要時間」の概念ではこの交流可能性を正確に表現することは困難であった。例えば、都市間を結ぶ交通機関に乗り込んでいる時間自体は同じであっても、その便が1日1本しか運行されていないのと1日100本以上運行されているのでは明らかに交流の度合いは違う。また、同じ運行本数でも早朝から深夜までまんべんなく運行されているのと特定の時間帯だけに集中して運行されているのとでも交流の度合いは違うはずである。

これに対して従来のような、目的地までの区間ごとの乗車時間を単に足し合わせるような方法では、フリークエンシーや乗り継ぎの便を考慮することはできない。

そこで、都市間の交流可能性をよりの確に表現する方法として筆者らは「滞在可能時間」「積み上げ所要時間」を提案してきた^{1) 2)}。これらの指標は従来表現しにくかった交通機関の運行頻度や乗り継ぎの便などを考慮することができるという特徴をもっており、モデル分析などにおいても有効であることを示した。しかし、この指標を実際に計測する際には一定の計測条件を設定する必要があり、この条件を変更すると指標の値がそれに伴って変化するという側面も持っている。従って、都市間・地域間の交流可能性の分析を行うに際し、これらの指標を用いるには、指標の性質について詳しく知っておく必要がある。

本研究は、この「滞在可能時間」と「積み上げ所要時間」の2つの指標が計測条件を変化させることによってどのような影響を受けるかについて分析し、都市間・地域間の交流可能性を計測するにあたって注意すべき都市間交通の特徴について考察するものである。

**ノード 滞在可能時間, 積み上げ所要時間, 交流可能性
** 学生会員 京都大学大学院修士課程 工学研究科
(〒606-01 京都市左京区吉田本町)
*** 正会員 工博 大阪産業大学教授 工学部土木工学科
(〒574 大東市中埜内3-1-1)
*** 正会員 工博 京都大学助教授 工学部交通土木工学科
***** 学生会員 京都大学大学院修士課程 工学研究科

2. 滞在可能時間と積み上げ所要時間

指標の性質を分析する前に、まず、滞在可能時間と積み上げ所要時間の定義について簡単に説明する。(本研究では時刻を24時制で表す。なお、「25時」とは「翌日の午前1時」のことである。)

[1] 滞在可能時間

「滞在可能時間」は、各都市間を移動する際に、一定時刻(例えば6時)以後に出発し、一定時刻(例えば24時)以前に到着することを条件とした場合の、訪問地において滞在できる時間数のことで、所要時間を表す指標の1つとして用いることができる(図1)。この指標の特徴や実用性については、文献2)に詳述しているが、最短所要時間など従来用いられている指標と比較して運行頻度や接続の便利さもある程度考慮される。特に、都市や地域の交流可能性を対象とする場合においては、単に交通機関の速さだけではなく、運行頻度や接続の便利さが重要な要素であるためこの指標が有効であると考えられる。

なお、この指標は式1により、所要時間に変換することができる。所要時間(TS_{ij})は、滞在可能時間S_{ij}から次式によって求めることができる。

$$TS_{ij} = \frac{KS - S_{ij}}{2} \quad \text{--- (式1)}$$

ただしKSは、出発時刻から到着時刻までの時間数(例えば6時から24時までの18時間)である。すなわち上式は出発時刻から到着時刻までの時間数から滞在可能時間を引いた時間の1/2が片道の移動に必要な時間であることを意味している。このことから、滞在可能時間は、その数値が零や負になっても、「1日交通での滞在時間」という点に関しては意味を失うが、「所要時間」を間接に表しているという点で意味をもつ。また、「滞在可能時間」に24時間の整数倍を加えることによって「n日交通での滞在可能な時間」という意味をもたせることも可能である。

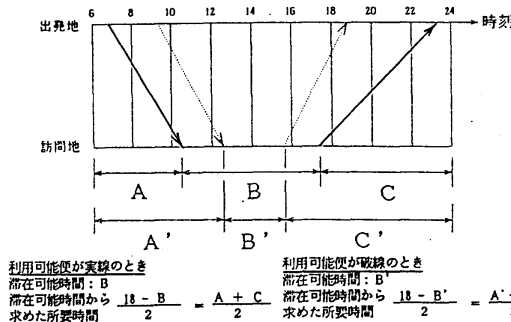


図1 滞在可能時間の概念 (6時出発・24時到着の場合)

さて、この指標は計測の条件からも判るように、朝の設定時刻以後に出発する第1便の利便性と夜の設定時刻以前に到着する最終便の利便性を反映したものである。従って、3章以下で分析しているように、設定時刻を変更することによって指標の値が変化するという性質を持っており、また、昼間の利便性は考慮されないで、朝夕の利便性と昼間の利便性に大きな差があるような場合には注意が必要である。

[2] 積み上げ所要時間(所要時間の積分値)

2地点間の所要時間は、図2の●点の箇所のように、まず各便の出発時間ごとに便に乗車船している時間として求めることができるが、その他の時刻を出発時刻としたときに目的地に到着するまでに要する時間は、次の便の出発時刻までの待ち時間が加わって、図中の右下がりの斜め線のようにになる。そこで、各時刻における目的地までの所要時間を足し合わせたもの(各時刻における所要時間を時刻軸に沿って積分したもの)、すなわちこの図ののこぎり状の線の下の部分の面積を「積み上げ所要時間」と定義することができる。

この指標は各便の所要時間が小さく、運行頻度が高いほど小さくなり、所要時間と運行頻度の両方を考慮できるほか、目的地に早く到着するためには時刻により複数の交通モードを使い分けなければならないような区間でも用いることができる。

なお、この指標はそのままでは時間の2乗の次元を持っているため、所要時間を表す指標として用いることはできない。そこで、のこぎり状のグラフの下側の面積S_{Pij}を式2によって所要時間T_{Pij}に変換することで、分析などに用いることができるようになる。(この値T_{Pij}を平均積み上げ所要時間という。)

$$T_{Pij} = \frac{S_{Pij}}{KP} \quad \text{--- (式2)}$$

ただし、KPは計測時間帯の幅(例えば6時から21時

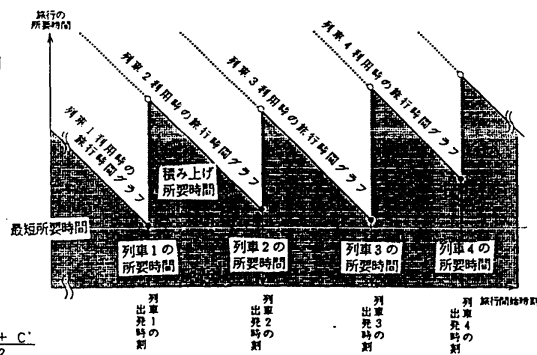


図2 積み上げ所要時間(及び最短所要時間)の概念

までの15時間)である。

積み上げ所要時間(平均積み上げ所要時間)は24時間を通して計測することによって、計測時刻などの条件設定を排除することも可能であるという特徴を持っている(図3)。しかしながら24時間を通して計測した場合、通常の生活時間帯ではないような時間帯まで考慮することになり、都市や地域の交流可能性の分析などに適用する場合には適当ではないことが予想される。そこで、例えば当該地の出発時刻として朝6時から夜9時までといった時間帯を設定し、この時間帯について積み上げ所要時間(平均積み上げ所要時間)を計算する、というような実際の行動を考慮した条件の設定を行うことが妥当であると考えられる。だが、このような時間帯を設けた場合、設定時間により結果が変化することが予想される。したがって、この指標を都市や地域の分析に用いるに先立って、指標の設定時刻に関する特性を知っておく必要がある。



図3 積み上げ所要時間の計測時間帯の幅を24時間にした場合

[3]各指標の基本的特性

上記の2指標の特性を分析するにあたって、比較のために最短所要時間を求める。最短所要時間は、先の図2ののこぎり状のグラフの最小値である。全ての便について所要時間を算出し、それらの最小値を最短所要時間として採用することになるので、実際には算出が難しいが、所要時間の定義としてはよく用いられているものである。

それぞれの指標の一般的性質をまとめておくと、最短所要時間が最も高速で乗換の便利な交通機関を乗り継いだ場合の所要時間であるのに対し、滞在可能時間から求めた所要時間は、朝夕の便の運行状況に、平均積み上げ所要時間は、交通機関の運行時間帯及びフリークエンシーに大きく左右されると考えられる。

例として1975年時点において、出発地を京都、訪問地を水戸・富山・鳥取・宮崎とした場合の各指標を計算してみる(計算の条件の詳細は後述)。表1に示したようにこれらの区間は、いずれも滞在可能時間から求めた所要時間ではほぼ同様の値となるが、他の指標は

異なったものとなり、これらと比較する事により各指標の基本的性質とそれぞれの区間の交流可能性の特性が現れてくる。

まず、京都から宮崎・鳥取へ向かう際には、大阪経由で直行の航空便が利用できるために最短所要時間は小さい。しかし、直行便の本数が限られているため、平均積み上げ所要時間を用いて表現すると大きな値となる。また、京都から水戸へ向かう際は、最短所要時間と平均積み上げ所要時間が共に大きく算出される。すなわち、この区間では朝夕の交通機関の利便性が高く、昼間の交通の利便性が低いと解釈できる。

表1 3指標の計算結果(抜粋)
[出発地:京都(1975年)]

指標 \ 訪問地	水戸	富山	鳥取	宮崎
滞在可能時間から求めた所要時間	5:14	5:10	5:13	5:20
最短所要時間	4:28	3:24	2:47	2:56
平均積み上げ所要時間	5:17	3:57	5:03	6:00

3. 設定条件の変更による結果の変化

[1]滞在可能時間の設定時刻を変更することによって予想される結果

滞在可能時間を算出する場合には、出発時刻と到着時刻を設定する必要がある。ここでは、これらの設定時刻を変化させた場合に結果がどのように変化するかについて分析する。

出発時刻や到着時刻を変化させたときの滞在可能時間の変化の仕方には、大きく分けて3通りが予想される。例として到着時刻を遅くした場合には、以下のよう現象が考えられる。この概念を図4に簡単に示す。ケース①到着時刻の変化がほぼ滞在可能時間の差となる。

到着時刻を遅くした分だけ遅い便を帰路に利用できる。これは多くの場合到着時刻を変化させる時間帯に大きなフリークエンシーが確保されている区間である場合に当てはまる。

ケース②滞在可能時間に変化がみられない。

到着時刻を遅くした分の時間帯に運行されている便がなく、到着時刻が遅くなっても結局は帰路に利用する便が変わらないとき。これは①とは逆に交通機関のフリークエンシーが低い区間において当てはまる場合が多い。

ケース③滞在可能時間が到着時刻の変化より大幅に変化する。

到着時刻を遅らせる前には、非常に早く到着してしまう便を利用せざるを得なかったのに対し、到着時刻を遅らせたために帰着時刻に近い便を利用できるようになったとき。これも②同様に交通機関のフリークエンスが低い区間においてあてはまると考えられる。

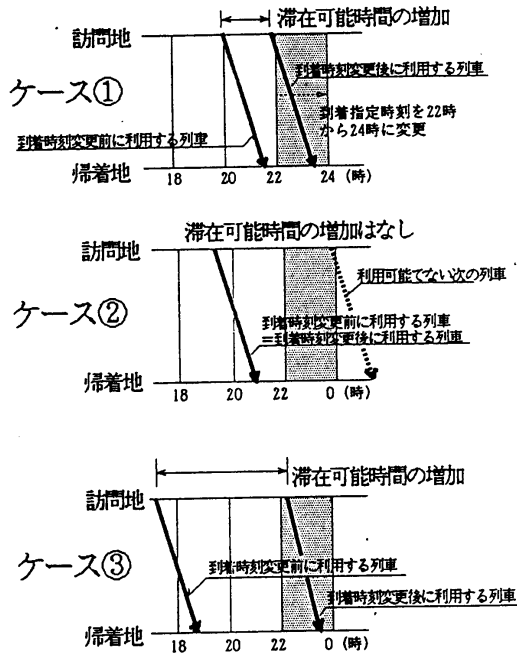


図4 到着時刻変更と滞在可能時間の増加
(出発地から訪問地へ戻るとき)

[2] 積み上げ所要時間の設定時刻を変更することによって予想される結果

ケース①設定時刻を変更しても平均積み上げ所要時間に差がみられない。

広い時間帯にわたって十分なフリークエンスが確保されている場合。現在の新幹線が整備されているような大都市間の場合などがこれに相当し、所要時間が比較的短く、しかも便数が朝も昼も夜も十分確保されているような場合には、設定時刻を変更しても平均積み上げ所要時間の変化が小さいことが予想される。

ケース②計測時間帯に6時～9時を含めない方が平均積み上げ所要時間が小さくなる場合。

多くの都市間では6時～9時に出発するビジネス向けの高速列車や航空便が設定されている。しかしながら、図5に例示したような区間では、6時～9時の間に利便性の高い便がない。その影響が平均積み上げ所要時間の計測時間帯による差に現れる。

ケース③計測時間帯に18時～21時を含めない方が平均

積み上げ所要時間が小さくなる場合。

所要時間が比較的長い区間においては、出発時刻として18時～21時という時間帯は昼行便も夜行便も設定しにくい中途半端な時間帯となることがある。このため、この時間帯には待ち時間が増え、この時間帯の積み上げ所要時間が増加することが多い。
ケース④計測時間帯を広く取る方が平均積み上げ所要時間が小さくなる場合。

図6の例にみられるように長距離の区間で昼行便は6時～9時に多く、夜行便は18時～21時に多いような場合、昼間の空白の時間による「所要時間の山」が存在し、計測時間帯を広く取った場合の方が平均積み上げ所要時間が小さくなる可能性がある。

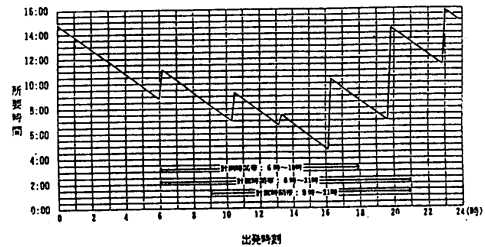


図5 朝夕に便がない区間における積み上げ所要時間(例:長崎→大阪)

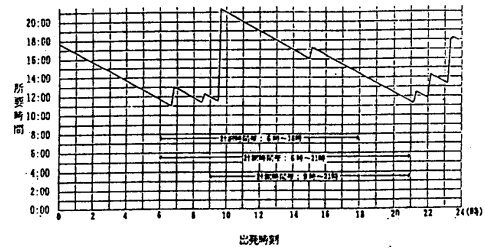


図6 昼間時に便がない区間における積み上げ所要時間(例:東京→秋田)

4. 計測時間帯が結果に及ぼす影響の分析

滞在可能時間の設定時刻を変化させた場合、積み上げ所要時間の設定時刻を変化させた場合それぞれについてともに1961年10月の時刻表をもとに分析する。計測する地域の区分としては沖縄を除く46都道府県を用い、代表点としてこれらの都道府県庁所在地の中心駅を用いる。計算で取り上げる交通網は、計測時点で開業していた全路線とするが、盲腸線等で対象都市間の移動には利用されにくい路線は除外している。空港・港湾へは原則として公共交通機関によりアクセスすることとする。時刻表にアクセス交通機関の時刻、または空港・港湾までの所要時間が記載されている場合はそれに従う。記載されていない場合は、地図上で空

表3からもわかるようにほとんどの区間は、(7)の滞在可能時間の増加量が零の区間である(約75%)。これは24時を越えて運転される便がない区間が多いということを示している。大都市圏及びその周辺相互の区間では最終電車が比較的遅くまで運行されていることが影響して、(7)の滞在可能時間の増加量が設定時刻の変化量にほぼ等しい区間が少なくない(約10%)。その他、特に長距離の区間で(7)や(8)に分類されるものは、夜行列車がこの時間帯に停車することによるものである。なお、(8)の区間は全体の約3%、(9)の区間は約12%である。

滞在可能時間の設定時刻を変更した2つの例から、設定時刻の変更が及ぼす影響は、特に22時を24時に変更した場合に多く表れているが、前章で3つのケースに分類したようなその区間の交通の特性をよく反映していることがわかる。また、到着時刻を24時から25時に変化させた場合の影響はかなり限られている。

(2)「積み上げ所要時間」の場合

ここでは計測時間帯を(9時～21時)から(6時～21時)に変化させた場合と計測時間帯を(6時～18時)から(6時～21時)に変化させた場合とについて調べる。

スタディ1：計測時間帯を(9時～21時)から(6時～21時)に変化させた場合(表4)。
 スタディ2：計測時間帯を(6時～18時)から(6時～21時)に変化させた場合(表5)。

表4からは計測時間帯を(9時～21時)から(6時～21時)に変化させた場合、多数の区間で平均積み上げ所要時間が小さくなっていることがわかる。また、表5から計測時間帯を(6時～18時)から(6時～21時)に変化させた場合、逆に多数の区間で平均積み上げ所要時間が大きくなっていることがわかる。従って、平均積み上げ所要時間については(9時～21時)の時に最も大きくなり、次いで(6時～21時)、(6時～18時)の順となる区間が多いことがわかる。これは、6時から9時頃に便利な便が設定されている区間が多いことなど、区間ごとの交通機関の利便性の特徴を反映している。

表3 到着時刻を24時から25時に変化させたときの滞在可能時間の増加(1961年)

区間	札幌	仙台	東京	横浜	山形	新潟	長野	金沢	富山	石川	福井	岐阜	愛知	京都	大阪	岡山	広島	福岡	熊本	鹿児島	那覇
札幌	○																				
仙台	○	○																			
東京	○	○	○																		
横浜	○	○	○	○																	
山形	○	○	○	○	○																
新潟	○	○	○	○	○	○															
長野	○	○	○	○	○	○	○														
金沢	○	○	○	○	○	○	○	○													
富山	○	○	○	○	○	○	○	○	○												
石川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○											
福井	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
岐阜	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
愛知	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○								
京都	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
大阪	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
岡山	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
広島	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
福岡	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
熊本	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
鹿児島	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
那覇	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

凡例
 空白...0分 ▽...1～30分未満 ●...30～90分未満 ☆...90分以上

5. 滞在可能時間と積み上げ所要時間の比較

1961年の平均積み上げ所要時間(6時~21時)と滞在可能時間(6時出発24時帰着)から求めた所要時間について、前者から後者を差し引いた値を求め、全区間を対象とした度数分布を図7に示す。

図7からわかるように、これら2つの指標の値の差は-60分~240分の広範囲にわたって分布している。差が負の場合は朝夕に比べて昼間の運行頻度が大きいことを表し、差が正の場合は朝夕に比べて昼間の運行頻度が小さいことを表すが、指標値の差が負になる区間が全体の75%にのぼり、交通機関のダイヤを作成する際には朝夕の利便性を優先させている区間が多いことがわかる。隣接地域相互や幹線沿線相互と思われる区間ではあまり指標の値に差がない(朝夕と昼間のフリークエンシーの差があまりない)反面、遠距離などの理由で交流が少ないと思われる区間では差が大きな値を取る傾向がある。

1961年時点において表6のように、近距離の場合では、例えば、京都から大津に向かう場合滞在可能時間から求めた所要時間は21分、平均積み上げ所要時間では28分でその差は7分と小さく、一日をととして交通利便性が比較的一定しているといえる。一方、遠距離の区間の例では、名古屋を出発して仙台に向かう場合では滞在可能時間から求めた所要時間では6時間44分であるのに対し、平均積み上げ所要時間では10時間53分になり、朝出発して夜帰る便が設定されていることがわかる。また、富山を出発して新潟に向かう場合、滞在可能時間から求めた所要時間では9時間43分であるのに対し、平均積み上げ所要時間では7時間59分となり、昼間のみ便利な便が設定されていることがわかる。あるいは、地理的な障害がある例として大分から松山に向かう場合を調べてみると、滞在可能時間から求めた所要時間では7時間48分であるのに対し、平均積み上げ

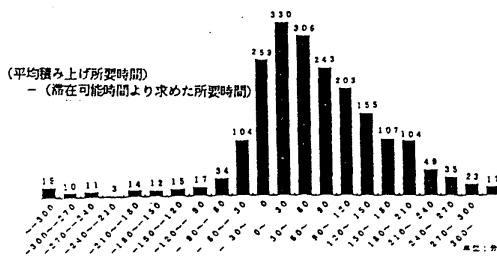


図7 平均積み上げ所要時間と滞在可能時間より求めた所要時間との差に関するODペアの分布

所要時間では9時間24分となり、直線距離は100Km程度だがこれらの指標はかなり大きくなり、さらに指標の値に96分の差があることから朝夕と昼間の交通利便性に差があることもわかる。また、広島を出発して大阪に向かう場合は、両都市間は直線距離にして約250Kmあるが、これらの都市が主要幹線上に位置することから滞在可能時間から求めた所要時間が6時間4分、平均積み上げ所要時間が6時間5分とほぼ等しくなっている。

このように平均積み上げ所要時間は滞在可能時間だけでは表現しにくかった1日を通しての交通利便性を表現することができる。また、これら2つの指標を併用することで、朝夕と昼間の交通利便性の差といったその区間の交通の利便性の性質を知ることができるようになる。

表6 指標の計算結果(1961年)

出発地	訪問地	滞在可能時間から求めた所要時間(A)	平均積み上げ所要時間(B)	(A)-(B)	備考
京都	大津	0:21	0:28	-0:07	近距離
名古屋	仙台	6:44	10:53	-4:09	朝夕便利
富山	新潟	9:43	7:59	1:44	昼便利
大分	松山	7:48	9:24	-1:36	地理的障害
広島	大阪	6:04	6:05	-0:01	主要幹線上

6. おわりに

本研究では、地域間の交流可能性を表現する指標としての「滞在可能時間」と「積み上げ所要時間」について具体的な計算例を用いて、指標の性質を明らかにした。これらの指標を用いて都市間・地域間の交流可能性の特徴を分析することができるが、この指標は経年的に計算して比較することもできるため、交流可能性の変遷や、それが国土構造の形成過程に与えてきた影響についての分析にも応用できるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 中川大、加藤義彦：都市間交流に対する空間抵抗を表す指標としての所要時間と滞在可能時間、高速道路と自動車第33巻第12号、pp21~30、1990
- 2) 天野光三、中川大、加藤義彦、波床正敏：都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究、土木計画学研究論文集9、pp69~76、1991