

交通インフラの衰退がもたらす損失の評価分析*

A Micro-Simulation Analysis of the Effects of Decline in Traffic Infrastructure*

和田沙織**・北村隆一***・菊池輝****

By Saori WADA**・Ryuichi KITAMURA***・Akira KIKUCHI****

1. 背景と目的

戦後わが国の交通インフラは整備され、現在では一応の完成を見たと言っても過言ではない。現在我々が使用している交通インフラの多くは、高度経済成長期に整備されたもので、あと 10 年もするとその大半が更新期を迎えると言われている。まさに、交通インフラは新設の時代から維持、修繕の時代に移行しつつあると言えよう。そのため、経済的、かつ効率的な維持管理に関する研究が進められている。

ところが、交通インフラの管理という観点で見ると、「維持を行う」ということ以外に、「維持を行わない」という選択肢もある。道路特定財源の一般財源化が現実のものとなりつつある今、予算の面から「維持を行わない」という選択肢を余儀なくされる日もそう遠くはないと言える。「維持を行わない」場合、「全く維持を行わない」ということの他に、「これまでより低い水準で維持を行う」ということも考えられる。いずれにせよ維持を行わないということは、すなわち交通インフラの衰退を意味する。

交通インフラが衰退した場合、日常的に交通インフラを利用している我々は何らかの影響を被るであろう。しかし、これまで維持を行うことのみ焦点が当てられ、維持を行わないことの帰結は着目されることがなかった。また、維持を行うために必要となる費用のみが考えられ、利用者が被る費用、損失については考慮されてこなかった。交通インフラの綿密な維持管理が必要な今、衰退した場合の損失を把握してこそ、維持の価値や必要性が見えてくるはずである。

そこで本研究では、交通インフラが衰退した場合、利用者である我々にどのような目に見えない損失がもたらされるか、を定量的に把握することを目的とする。

2. 研究の概要

交通インフラの衰退による利用者への損失の評価分析を行うために、本研究では、交通インフラの衰退した状況を想定し、生活行動シミュレータ PCATS を用いて人々の生活行動を予測する。そして、PCATS から得られた移動時間や移動距離、活動時間、在宅時間などから、自動車での移動所要時間の増加による影響を見る。それに加え、生活全体へのインパクトを見るために時間利用効用を算出し、その変化も見る。以上より、利用者の損失を量的な面と質的な面の両側面から評価を行う。

本分析では、人々の生活行動を個人単位で把握するために、1 日の生活行動が再現可能な生活行動シミュレータ PCATS を用いる。PCATS を用いることにより、個々人の活動目的や活動場所などの活動要素、及び出発時刻や到着時刻、利用交通機関などの移動の要素を再現し、個々人の 1 日の生活パターン全体を把握することが可能となる。なお、PCATS の入力データには、第 4 回京阪神パーソン・トリップ調査のデータ(以下、PT データ)を用いる。PCATS の詳細については次々節で記す。

(1) 対象個人

本研究では、京阪神都市圏 194 の市区町村を分析対象地域とした。対象とする個人は、194 市区町村のうち京都府 31 市区町村に居住している個人、ならびに京都府外の残り 163 市区町村に居住している人のうち調査日に 1 度でも京都府内に立ち寄った個人である。

PT データに含まれる京都府内に居住する個人数は 48,688 人であり、京都府外に居住しており、かつ調査日に少なくとも 1 度京都府内に立ち寄った個人数は 6,814 人である。そして、この PT データを用いてシミュレーションを行う際、対象とするデータの条件として、以下の 3 つを設定する。

1. 勤務地、業務地または就業地が分析対象地域 194 市区町村内であること。
2. 世帯主の年齢、性別等がわかっていること。
3. 調査日の午前 3 時に在宅、もしくは、職場での仕事、学校での学業を行っていること。

*キーワード：維持管理、シミュレーション

**学生員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

***正員 Ph. D. 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (京都市左京区吉田本町, TEL&FAX075-753-5916)

****正員 工博 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (京都市左京区吉田本町, TEL&FAX075-753-5916)

上記の条件を満たしている PT データに含まれる個人数は、京都府在住の 47,009 人、京都府外居住者で調査日に 1 度は京都府内に立ち寄った 6,115 人、合わせて 53,124 人である。なお、上記の 3 つの条件は、PCATS の入力データとしての条件である。

(2) 生活行動シミュレータ PCATS

人々の生活行動は個人により多種多様である。そのため本研究では、個人単位で生活行動を把握可能な生活行動シミュレータ PCATS を用いる。

PCATS は個人に関する情報、対象地域となるゾーンの属性と全ゾーン間の移動抵抗データに基づいて、勤務や就学以外の全時間帯における個人の行動パターンを再現するマイクロシミュレータである¹⁾。PCATS の中では、個人の 1 日は自由な意思で行動を決定出来る自由時間帯と、勤務や就学といったあらかじめ活動内容が決められており個人の自由意思では活動内容等を変更できない固定時間帯の 2 つから成り立つ、と仮定している。自由時間帯における活動を自由活動、固定時間帯における活動を固定活動と呼ぶ。

また、個人の生活は活動と移動に集約され、活動は開始時刻、終了時刻、活動内容、活動場所の要素で、移動は、出発地、目的地、交通機関、出発時刻、到着時刻の要素で表現される。活動内容は、就学、勤務、業務、在宅、買い物、娯楽等、その他私用に分類され、交通機関としては、自動車、公共交通機関、徒歩を考慮している。

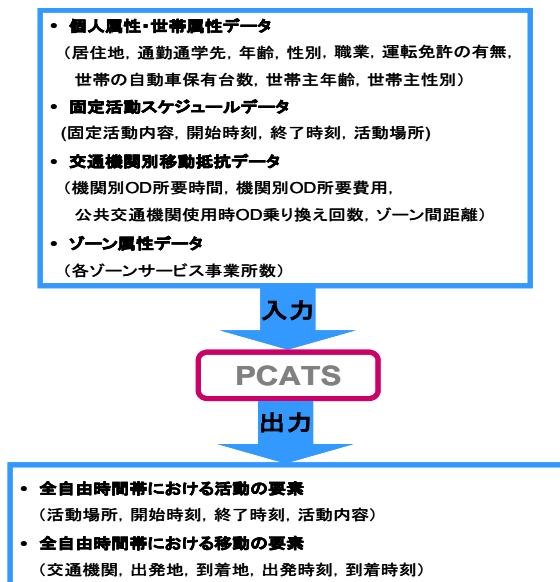


図-1 PCATS 入出力概略図

PCATS は個人・世帯属性、交通ネットワーク属性、地域属性および固定活動スケジュールを PCATS に入力することで、出力として自由時間帯における各活動の要素、および移動の要素を生成する。PCATS の入力、出

力の概略図を図-1 に示す。

3. シナリオ分析

(1) シナリオの概要

交通インフラの衰退と一言で言っても、様々な状況が考えられる。例えば、道路舗装が劣化し自動車の可能走行速度が低下してしまうという状況や、道路が構造的に破損し、通行不可能になるという状況が挙げられる。また、橋やトンネルが崩壊し、使用不可能になるというような状況も当然考えられる。つまり、道路、橋等の使用状況や維持を行わない期間によって、衰退の程度も変化する。しかし、道路舗装劣化と自動車の走行速度の関係や、交通量と交通インフラの衰退の関係といった、自動車交通と交通インフラの衰退の相互関係は明らかにされていない。

そこで、維持を行わなくなった場合どのような状況となるかについて仮想的に検討する。まず道路の至る所で舗装が劣化し、それでも維持修繕を行わなかった場合、道路の構造的破損と橋やトンネルの崩壊に繋がると考えられる。つまり、維持を行わなかった場合、まず先に道路舗装の劣化によって自動車の可能走行速度が低下すると考えられる。

本研究では、維持修繕を行わなかったためにすべての道路の舗装が劣化、それに伴い移動所要時間が一様に増加すると仮定し、その移動所要時間が 5% から 30% まで増加した場合の人々の生活行動の変化を検証する。また、自動車での移動所要時間の増加による影響と公共交通での移動時間増加による影響の比較を行う。具体的には、以下に記す 3 つのシナリオを用いる。

シナリオ 1：自動車での移動所要時間が 5% から 30% まで増加

シナリオ 2：公共交通での移動所要時間が 5% から 30% まで増加

シナリオ 3：自動車と公共交通の移動所要時間が 5% から 30% まで増加

(2) 評価指標

交通インフラの衰退がもたらす損失を、利用者にとつての損失という側面から評価・分析するために、個人の 1 日の時間配分がどのように変化するかを見ることのできる以下の指標を用いる：活動の開始時刻、終了時刻、活動内容、活動場所、移動の際の出発地、目的地、交通機関、出発時刻、到着時刻。これらのデータは PCATS の出力として得られることから、本分析では量的な変化の指標として用いる。また、利用者にとっての損失は量的な変化だけでは計ることはできないと考え、質的な評価指標として時間利用効用を用いる。

人は、時間という資源を使って活動を行うことにより、効用を得ている。この考えのもとに、個人が日常生活において受ける便益を定量化したものが時間利用効用である。時間の使い方は個人によって様々である。異なる時間の使い方を比較するための質的な指標として、時間利用効用が用いられる。

本研究では、Kitamura *et al*²⁾によって構築された以下の時間利用効用の式を用いる。

$$U = \sum_q U_q + U_H$$

$$U_q = \left\{ A_{k(q)} \cdot X + D_{k(q)} \ln(S_q) \right\} \ln(t_q)$$

$$U_H = \ln(t_H)$$

$$\sum_q t_q + \sum_q S_q + t_H = T$$

ここで

U : 個人の1日の総時間利用効用

U_H : 在宅活動による効用

q : 活動番号

U_q : 宅外活動 q による効用

t_H : 在宅時間

t_q : 宅外活動 q の活動時間

S_q : 宅外活動 q を行うための移動に費やした移動時間

T : 24 時間から仕事や学校での学業などの活動とその往復の通勤・通学時間を差し引いたもの

$k(q)$: 活動 q の種類

X : 説明変数

$A_{k(q)}$: 係数

$D_{k(q)}$: 係数

(3) 分析結果

分析全体を通して、移動所要時間増加によって個人の生活に変化が生じることが分かった。まず、個人の生活は活動と移動に集約できると考えると、移動に割く時間が増えた分、在宅の時間や自由活動時間が減少するといった、時間配分の変化が見て取れた。また、1日の移動距離が減少することから、活動範囲が制約されたことも示唆される(表-1)。

表-1 シナリオ3における個人あたり変化

	自動車での移動所要時間						
	現状	5%増加	10%増加	15%増加	20%増加	25%増加	30%増加
移動距離	100.00	99.25	98.74	97.99	97.68	97.11	96.69
時間利用効用	100.00	99.88	99.79	99.68	99.56	99.45	99.38
自由活動数	100.00	99.50	99.12	98.68	98.35	98.06	97.64
在宅活動時間	100.00	99.60	99.20	98.87	98.45	98.04	97.76
自由活動時間	100.00	98.66	97.46	96.23	95.39	94.41	93.46
活動数	100.00	99.70	99.46	99.19	98.99	98.82	98.56

表-2a シナリオ1における個人あたり変化

	自動車での移動所要時間						
	現状	5%増加	10%増加	15%増加	20%増加	25%増加	30%増加
移動距離	100.00	99.54	99.11	98.78	98.50	98.06	97.92
時間利用効用	100.00	99.93	99.87	99.82	99.78	99.70	99.65
自由活動数	100.00	99.76	99.53	99.24	99.09	98.87	98.61
在宅活動時間	100.00	99.70	99.46	99.26	99.02	98.81	98.62
自由活動時間	100.00	99.32	98.72	97.83	97.29	96.82	96.17
活動数	100.00	99.85	99.71	99.54	99.45	99.31	99.15

表-2b シナリオ2における個人あたり変化

	自動車での移動所要時間						
	現状	5%増加	10%増加	15%増加	20%増加	25%増加	30%増加
移動距離	100.00	99.80	99.47	99.30	99.01	99.07	98.87
時間利用効用	100.00	99.96	99.91	99.88	99.84	99.79	99.77
自由活動数	100.00	99.80	99.58	99.47	99.32	99.20	99.15
在宅活動時間	100.00	99.88	99.77	99.65	99.53	99.37	99.24
自由活動時間	100.00	99.46	98.97	98.45	98.13	97.78	97.53
活動数	100.00	99.88	99.74	99.68	99.58	99.51	99.48

ここで、シナリオ1とシナリオ2での個人への影響の違いを比較すると、シナリオ1の方が1人あたりの1日の総自由活動数や在宅時間の減少程度が大きかった(表-2a, 表-2b)。この理由として以下が考えられる。まず、本研究で対象とした個人を自動車保有の有無別に比較すると、自動車保有者の方が1日の移動距離が大きかった。しかし、自動車での移動所要時間増加により活動範囲が制約され移動距離が減少した。シナリオ2における自動車を保有していない人の1日の総移動距離の減少程度より、シナリオ1における自動車保有者の1日の総移動距離の減少の方が大きく、自動車所要時間の増加が自動車保有者に与える影響の方が、公共交通所要時間増加が自動車非保有者への影響より大きいことがわかる。

次に活動別に見ると、娯楽活動が最も移動所要時間増加による影響を受けることがわかった。娯楽活動の1活動あたりの活動時間の減少(表-3a)、また、1日に行われる総娯楽活動数(表-3b)、娯楽活動による総時間利用効用(表-3c)の減少も他の自由活動に比べて著しかった。

表-3a シナリオ3における1活動あたり活動時間

	自動車での移動所要時間						
	現状	5%増加	10%増加	15%増加	20%増加	25%増加	30%増加
活動内容8(買い物)	100.00	100.29	99.98	100.21	99.86	99.28	99.47
活動内容9(娯楽)	100.00	99.41	98.76	98.43	97.73	97.28	96.85
活動内容10(その他私用)	100.00	100.05	99.87	99.81	99.70	99.52	99.38
活動内容11(在宅)	100.00	99.65	99.30	99.00	98.63	98.26	97.95
活動8から11の和	100.00	99.72	99.35	99.12	98.74	98.37	98.10
活動8から10の和	100.00	99.81	99.41	99.28	98.87	98.51	98.30

表-3b シナリオ3における1日の総活動数

	自動車での移動所要時間						
	現状	5%増加	10%増加	15%増加	20%増加	25%増加	30%増加
活動内容8(買い物)	100.00	100.04	99.27	99.46	97.89	98.34	98.36
活動内容9(娯楽)	100.00	98.16	97.26	95.55	95.01	94.14	92.99
活動内容10(その他私用)	100.00	98.95	98.07	97.09	96.63	95.86	94.90
活動内容11(在宅)	100.00	99.95	99.90	99.87	99.81	99.78	99.73
活動8から11の和	100.00	99.67	99.41	99.12	98.91	98.72	98.46
活動8から10の和	100.00	98.90	98.03	97.03	96.39	95.76	94.89

表-3c シナリオ3における1日の総時間利用効用

	自動車での移動所要時間						
	現状	5%増加	10%増加	15%増加	20%増加	25%増加	30%増加
活動内容8(買い物)	100.00	100.87	100.52	101.33	99.93	100.71	101.35
活動内容9(娯楽)	100.00	98.74	98.22	96.72	95.98	95.51	94.30
活動内容10(その他私用)	100.00	99.10	98.31	97.45	97.19	96.53	95.65
活動内容11(在宅)	100.00	99.90	99.82	99.73	99.62	99.52	99.44
活動8から11の和	100.00	99.88	99.79	99.68	99.56	99.45	99.36
活動8から10の和	100.00	99.13	98.53	97.55	96.93	96.53	95.67

しかし、交通インフラの衰退がもたらす個人々の生活行動への影響は、極めて小さい。つまり、人間は環境

が変化しても、交通手段を変えたり、活動場所を変えたりすることによって、環境に適応することがうかがえる。特に、職業「その他」（就業者・就学者以外）の個人は、就業者や就学者に比べ生活行動を自由に変化することが可能なため、移動所要時間増加による影響をあまり受けないことが示された。年代別に見た場合、職業「その他」の人が多い65～99歳が最も影響を受けないということもわかった。一方、就業者、就学者は仕事、学校などの時間的制約があることから、在宅時間や自由活動時間、自由活動数が減少し、職業「その他」の個人に比べて大きな影響を受けるという結果が得られた。

4. 結論

交通インフラの衰退により、1日のうち移動に割く時間が増加し、在宅活動、自由活動の活動時間については減少、また、自由活動、在宅活動のすべての活動数が減少するといった人々の生活の時間配分が変化することがわかった。さらに、1日の総移動距離が減少することから、活動範囲が制約されたと考えられる。活動別に見ると、1活動あたりの活動時間や活動数の減少において娯楽活動が最も影響を受けていた。移動のための交通手段については、自動車での移動所要時間の増加につれて、わずかに自動車から公共交通への移行が見て取れた。

しかし、移動所要時間増加に伴う損失は、移動所要時間を30%増加させた場合でさえ極めて小さいものであることが示された。特に、生活行動を自由に变化できる職業「その他」（就業者・就学者以外）の人々は、自動車での移動所要時間増加という交通環境の変化にも交通手段や活動場所を変えるなどして新たな環境に適応することが見て取れた。年代別に見た場合、職業「その他」の人が多い65～99歳が最も影響を受けないということもわかった。つまり、特定の人々が影響を受ける可能性が示唆される。

以上から、交通インフラが衰退した場合でも利用者はその環境に適応するため、その損失はそれほど大きくないというのが本研究で得られた知見である。本研究では利用者の損失のみに着目し、安全性の問題や社会的損失等は考慮していないが、利用者の損失という面から見ると、交通インフラの維持水準を下げることも交通政策上のオプションとして考慮する余地があることが示唆される。維持水準を下げるということは、ネットワーク信頼性の低下に繋がると考えられる。しかし、維持水準は下げる代わりに、道路ネットワーク全体のリダンダンシーの向上という面でネットワーク信頼性を上げるという方法もある。今後わが国の交通インフラの維持管理において、押しなべて高い水準を維持するのではなく、ある程度の水準を保ち、道路ネットワーク全体のリダンダン

シーの向上や歩行環境の改善等、他の機能向上に力を注ぐというのも新たな維持管理方法の1つになり得るのではないだろうか。

今後の課題としては、まず、交通量を交通インフラ整備水準の検討に反映することである。そのためには、交通量と交通インフラの衰退の関係を把握する必要がある。しかし、現在、交通量と交通インフラの衰退の関係は把握されておらず、関係を把握できるようなデータも存在しない。また、自動車の可能走行速度と交通インフラの衰退程度 of 関係を把握できるデータも存在しない。このことから、自動車交通と交通インフラの衰退に関するデータの収集をはじめとしたさらなる取り組みが必要であると言える。また、公共交通の変化については移動所要時間の他にも考慮すべき点があると考えられる。路線バスの場合、道路舗装の劣化により可能走行速度の低下だけでなく、それに伴った運行頻度の減少など、公共交通機関のサービス水準の低下も同時に起こる可能性が否定できないからである。

本研究では交通インフラの衰退したある1つの状況がもたらす利用者への損失を把握したものにすぎず、他の状況やエネルギー消費量や渋滞など社会的な損失、安全性の問題を考慮することで、より総合的な損失の評価が行えると考える。これまで、交通インフラの「維持を行わない」という選択を行った場合の影響については把握されてこなかったが、資金の面から「維持を行わない」という選択を余儀なくされ、交通インフラが衰退した日を迎える可能性がある今、交通インフラの衰退がもたらす損失を把握する必要があると考える。

参考文献

- 1) 藤井聡, 大塚祐一郎, 北村隆一, 門間俊幸: 時間的・空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.14, pp.643-652, 1997.
- 2) Kitamura R, T. van der Hooft and F. van Wijk: A comparative analysis of daily time use and the development of an Activity-Based traveler benefit measure, in Activity-based Approaches to Travel Analysis, ed. By Ettema D.F. and H.J.P.T. Timmermans, Pergamon, pp.171-187.