

豊橋技術科学大学大学院 ○片田 敏 孝
 同 工学部 青島 縮次郎
 同 大学院 越野 実 雄

1. はじめに

宅地需要、通勤流動、人口移動など、広く人的移動を取り扱った分析、研究において、通勤条件は支配的
 要因の1つとして取り上げられ、モデル式の中で、需要予測式の中で、何らかの形で組み込まれている。こ
 れは、通勤条件が人の活動において重要な意志決定要因と成り得ることを示しているとともに、モデルや需
 要予測においては、これを除いては十分な精度が期待し得ないことを示している。しかしながら、今日まで
 の通勤条件の扱いを概観するに、その扱いは総じて単純で、代理指標の意味あいのもと、通勤所要時間や通
 勤費用あるいはその両者をもって通勤条件としている例が大勢を占めている。この背景には、その研究対象
 の中であっては、通勤条件の扱いはこの程度で十分と見なされている実状もあるのだが、研究の対象によっ
 ては精密な通勤条件を掌握する必要が生ずる場合がある。本研究においては、その一例として都市近郊農山
 村から都市域への通勤を取り上げ、その通勤条件を到着時刻の不確実性、異常気象時における代替性を考慮
 した到達可能確率を用いて、より精密に計測する手法を理論的に考察することを目的としている。

2. 農山村・都市間通勤における通勤条件の評価構造

地方都市圏における近年の人口動態の特色の1つに、都市近郊農山村において定住化が進んでいることが
 あげられる。その背景には、道路整備の進展に伴い通勤圏が拡大し、都市域就業のままUターンが可能になっ
 たこと、相対的に就業機会に恵まれない農山村からの求職転出が通勤流動に転換し得たことなどがあげられ
 る。この場合に考える通勤条件は都市域で得られる就業メリット、居住メリットや、出身農山村へUターン
 することで得られる住宅費用の低減、親の扶養、不動産管理などのメリットなどとの間で行われる微妙なト
 レードオフ関係の中で考慮されるものとなり、おのずと精緻なものが要求されてくる。しかし、このよう
 なケースで用いられる通勤条件は、従来、所要時間が一般的であり決して精緻なものとは言えない。

農山村・都市間の通勤交通では一般に旅行距離が長いため、到着時刻の分散が大きくなることのみならず、
 冬期における積雪、路面凍結や、山間域特有の道路構造特性など到着時刻を不確実にする要因が多い。また
 山間域という地理的条件から、通行規制対象区間に指定されている場所が多いこと、加えて気象的条件から
 春期～秋期において豪雨に見舞われ易いため、結果として通行止めの頻度が高くなる。これは通勤交通に対
 し少なからぬ影響を及ぼしており、農山村・都市間の通勤条件の計測には無視し得ない。ところで、今日ま
 で行われてきた道路及び道路網に対する信頼性評価の研究は、信頼性という言葉の扱いにおいて分類する
 と①到着時刻のばらつきに基づく不確実性としての扱い。②災害、異常気象による通行止め等に対する代替
 性としての扱い、の2つに分けられる。しかし通勤交通の特質である、到着時刻が厳密に指定されており、
 これに遅れるとペナルティが科せられること、いかなる場合にも出勤しなくてはならないと考える社会的就
 業意識などを考え合わせると、不確実性、代替性ともに重要であり、両者を同一レベルで同時に加味して通
 勤条件の計測を行うことが、実際の通勤条件をより良く表現するうえで必要なことと考えられる。そこで、
 ここでは通勤費用が出発時刻に従属するものと考え、(1)式に示すような通勤条件評価式を定義する。到着

$$U_{wT} = \alpha (T - t_0)^\beta (1 - P)^\gamma \quad \beta + \gamma = 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

U_{wT} : 負の通勤費用 T : 始業時刻 P : 到達可能確率 α, β, γ : パラメータ

t_0 : 積雪、路面凍結等到着時刻を不確実にならしめる要因を考慮し指標化された出発時刻

時刻の不確実性を考慮した出発時刻 t_0 、到達可能確率 P の算定方法は後述するとして、(1)式の関数型の
 妥当性を示すなら、(1)式は対数線形であり、到着時刻の不確実性を考慮して決められる出発時刻 t_0 や、
 到達可能確率 P をそのまま心理尺度上に変換した形となっていること、即ち、通勤に対する心理的負担の度

合いをそのまま表現し得ること、また $\beta + \gamma = 1$ なる制約条件を付すことで t_0 と P の間の代替効果を内包的に表現し得ていることがあげられる。

3. 到着時刻の不確実性を考慮した出発時刻 t_0 と到達可能確率 P の算定方法

3-1. 到着時刻の不確実性を考慮した出発時刻 t_0 の算定方法

毎日同じ時刻に出発したとしても到着時刻は変動する。従って通勤者は遅刻に対する確率を、自らが受忍できる値にセーブしつつ出発時刻を決めていると考えられている^{*1)}。つまり、遅刻に対する厳しい認識のもとでは出発時刻を早めれば早めるほど遅刻確率は0に収束していくが、日々日常の通勤という生活行動の中ではいたずらに出発時刻を早めるのではなく、遅刻確率と出発時刻のトレードオフ関係を考慮して出発時刻を決めていると考えるのである。この考え方にに基づき、同一出発時刻に対する所要時間が正規分布する、という仮定を加えて出発時刻 t_0 を示すと(2)式の様になる。(2)式は所要時間の正規確率密度関数 f_T

$$t_0 = T - \mu_T - \sigma_T \Phi^{-1}(1 - \alpha) \quad \dots\dots (2)$$

t_0 : 出発時刻 μ_T : 所要時間期待値 α : 遅刻確率 Φ : 標準正規確率密度関数 σ_T : 所要時間の標準偏差 T : 始業時刻

(以下PDF: f_T と略す)が決定されれば、即ち μ_T と σ_T が求めれば t_0 が求められることを示している。

そして、(2)式で用いる所要時間の期待値 μ_T と分散 σ_T^2 は、更に到着時刻の変動要因に依存する所要時間や、ロスタイムが正規分布に従うという仮定のもと、それらの期待値、分散の和として表現でき、このことにより各要因に対する整備効果の計測も容易に行うことが可能になる。(3)式は、実地走行の経験に基づき、平常時における全所要時間のPDF: f_{NL} を期待値の和、分散の和で示したものである(図-1参照)。

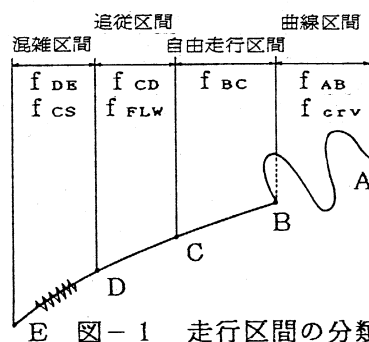


図-1 走行区間の分類

$$\mu_{NL}(t) = \mu_{AB} + \mu_{BC} + \mu_{CD} + \mu_{DE} + \mu_{CRV} + \mu_{FLW}(t) + \mu_{CS}(t)$$

$$\sigma_{NL}^2(t) = \sigma_{AB}^2 + \sigma_{BC}^2 + \sigma_{CD}^2 + \sigma_{DE}^2 + \sigma_{CRV}^2 + \sigma_{FLW}^2(t) + \sigma_{CS}^2(t) \quad \dots\dots (3)$$

- $\mu_{NL}(t), \sigma_{NL}^2(t)$: 全所要時間の期待値及び分散(平常時)
- $\mu_{AB}, \mu_{BC}, \mu_{CD}, \mu_{DE}, \sigma_{AB}^2, \sigma_{BC}^2, \sigma_{CD}^2, \sigma_{DE}^2$: 幅員, 沿道条件, こう配, 個人的変動要因に支配される所要時間の期待値及び分散
- $\mu_{CRV}, \sigma_{CRV}^2$: 曲線部の速度低下に伴うロスタイムの期待値及び分散
- $\mu_{FLW}(t), \sigma_{FLW}^2(t)$: 自己の意志で走行速度を制御できない追従走行によるロスタイムの期待値及び分散
- $\mu_{CS}(t), \sigma_{CS}^2(t)$: 信号や混雑によるロスタイムの期待値及び分散(信号と混雑によるロスタイムの分布は、明確に分離できないため一括して扱う)

ここで、平常時における到着時刻の変動要因は個人特性、道路形状、追従遅れ、混雑、信号を考えている。次に、異常時においては平常時要因に加え、交通事故、工事規制、天候となるが、異常時において交通事故、工事規制はう回路の設置、発生回数、少なさ、点的障害であることなどの理由により無視することとする。また、天候については雨による障害も考えられるが、これによる影響は代替性において考慮することとし、ここでは積雪、路面凍結のみを対象とする。異常時における出発時刻 t_{AN} は、(2)式、(3)式により求まる平常時の出発時刻 t_{NL} に加えて、図-1に示す出発地点Aで積雪、路面凍結が発生した際、通勤者が早める時間 S_t を減じた時刻 t_{AN} として(4)式のように算出される。(2)式、(3)式及び(4)式から求められる出発時刻(平常時: t_{NL} , 異常時: t_{AN})を使って、両者を考慮した t_0 を(5)式より求める。

$$t_{AN} = t_{NL} - S_t \quad \dots\dots (4)$$

$$t_0 = (D_s/D_w) \cdot t_{AN} + \{ (D_w - D_s) / D_w \} \cdot t_{NL} \quad \dots\dots (5)$$

D_w : 年間を通じ、最も積雪、路面凍結の発生する期間の日数(12月~翌2月の冬期日数=90日) D_s : D_w における積雪、路面凍結日数

3-2. 到達可能確率 P の算定方法

道路のある区間に対し、通行規制(一般に通行注意と通行止めがあるが、ここでは通行止めを示すものとする)が実施される場合、一般に以下の手順に従う。①毎年、各都道府県の土木事務所長が、管轄区域内の危険箇所を含む道路区間を、通行規制区間に指定する。この時、通行規制基準も同時に決められる(愛知県

の例をとると、連続雨量150mm、時間雨量40mmが多い)。②通行規制対象区間において、実際に規制基準に達する降雨量を記録した場合、土木事務所長はただちに通行規制を実施する。このようにして、実際に実施された通行規制データをもとに路線*i*の通行止め確率 λ_i を(6)式のように定義する。ここで、6月～9月の

$$\lambda_i = X_i / (N * D_R) \quad \dots\dots (6)$$

N : 年度数 X_i : N 年度中に実施された通行規制日数 D_R : 年間を通じ、最も豪雨・長雨の頻発する期間の日数(6月～9月の合計日数=122日)

期間を採用した理由は、この時期が梅雨期、台風到来期に当たっており、最も通行止め頻度が高いことによる。また、ここに示す N (年度数)は、データが取り得る最長の期間を採ることとする。なぜなら、気象条件は年度毎に大きく変動するため、より各年変動の影響を排除するには長い程良い。この λ_i を用い任意の町村役場Aから都市域までの到達不可能確率 λ_A を算定する。その方法については図-2に示す例を基本に、道路網の状況を反映させる形で算定式を設定する。(具体的例は図-4を参照のこと)次に、町村内各地点から役場までの平均的到達不可能率 δ_A を(7)式より算定する。これら λ_A 及び δ_A より、A町村から都市域への到達可能確率 P_A は(8)式により求まる。

$$\delta_A = (\sum \lambda_i l_i) / (\sum l_A) \quad \dots\dots (7)$$

δ_A : A町村内平均到達不可能確率 $\sum l_A$: A町村内の国道、主要地方道、一般県道総延長距離
 $\sum \lambda_i l_i$: A町村内における規制区間延長 l_i とその通行止め確率の積和

$$P_A = (1 - \lambda_A) (1 - \delta_A) \quad \dots\dots (8)$$

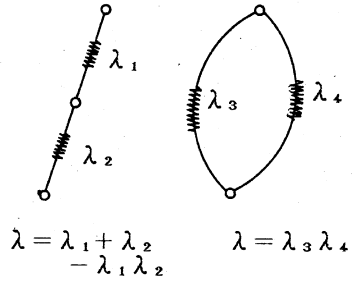


図-2 λ の算定式

4. 到達可能確率Pの算定例

愛知県東三河山間地域(図-3参照)は面積の90%弱を山林が占める純山村的地勢にある。したがって当地域における道路網は谷間に沿って構成されており、昭和61年度の通行規制区間指定状況^{*2)}は域内の国道、主要地方道、一般県道の総延長の約60%と高い指定率となっている。また、気象的にも豪雨に見舞われる回数も多く、結果として通行規制の実施頻度が高くなる。因みに、昭和53年度～昭和61年度の9年間に愛知県全域で、実施された通行規制は延632区間あるが、その内、東三河山間地域の占める割合は408区間と全体の約65%となっている。この値は当地域の面積が、愛知県全域の20%しか占めていないことを考え合わせると著しく高い値と言わざるを得ない。一方、6月～9月に実施された通行規制は全体の72%に当たり年間を通じて最も通行止めの頻度が高い期間とすることができる。表-1に(8)式より求められた東三河山間内町村から都市域への到達可能確率Pの算定結果を示す。これによれば、山間内部地域になればなるほど到達可能確率が低くなっており実態を良く反映できたものとなっている。

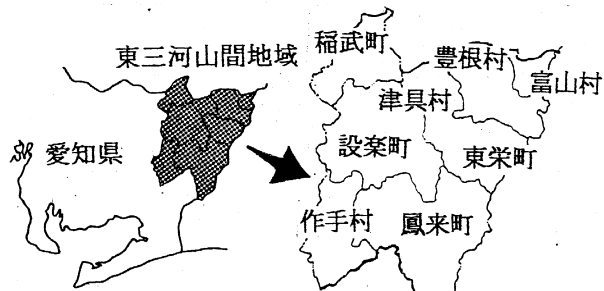
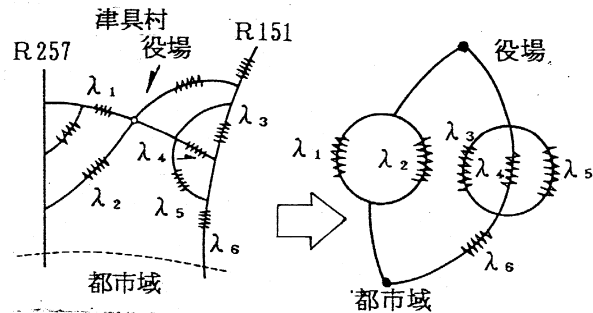


図-3 愛知県東三河山間地域

表-1 東三河山間域内各町村の到達可能確率

	$1 - \lambda$	$1 - \delta$	P
富山村	0.99919	0.97112	0.97032
豊根村	0.99979	0.98703	0.98682
津具村	0.99999	0.98626	0.98625
稲武町	1	0.99017	0.99017
設楽町	1	0.98380	0.98380
東栄町	1	0.99309	0.99309
鳳来町	1	0.99791	0.99791
作手村	1	0.99544	0.99544

【参考文献】*1: 松本、白水; 旅行時間の不確実性が時刻の指定された物資輸送に及ぼす影響, 土木学会論文集, No. 353. *2: 愛知県土木部; 異常気象時における道路通行規制区間調査



$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 (\lambda_6 + \lambda_3 \lambda_4 \lambda_5 - \lambda_3 \lambda_4 \lambda_5 \lambda_6)$$

図-4 道路網の単純化例と λ の算定式