

道路の信頼性評価の簡便法

A SIMPLIFIED METHOD FOR THE EVALUATION
OF RELIABILITY ON ROAD TRAFFIC

加藤文教*・門田博知**・浜田信二***

By Fuminori KATO, Hirokazu MONDEN and Shinji HAMADA

Travelers require reliable transport systems that they can certainly arrive on time at their destination. The purpose of this paper is to suggest a simplified method for the evaluation of reliability on road traffic. Two factors are incorporated into this method. Those are the safety margin and the satisfaction at traveling velocity. The safety margin is allowed by travelers in their departure time in order to improve the probability on time at their destination. Some actual studies are attempted to verify the applicability of the simplified method for the travel demand forecasting and for the estimation of transport systems. As a result, the simplified method was concluded to be useful for the improvement planning of road network.

1. はじめに

道路は日常生活を営む上で基本的な施設であり、定時性、速達性、連続性、快適性等に優れていることが要請されている。このうち信頼性の高い道路とは、平常時においては定時性や速達性が優れている道路といえよう。快適性については、道路形状や舗装状況等があるレベル以上であれば快適性は確保されることから、一応道路の信頼性の評価要因からは除くことができる。

定時性や速達性を考慮した道路の信頼性の評価法では、所要時間の変動を基に検討した研究事例がほ

とんどである。交通の所要時間に確率変動を仮定し遅刻確率を条件として出発時刻を定義した研究例には、Hall¹⁾、松本・角・田辺²⁾、角・宮木・村尾・松本³⁾等がある。また渋滞箇所がルート中1地点の場合の所要時間の変動特性について検討したものとしては、Hendrickson・Kocur⁴⁾、Smith⁵⁾、Daganzo⁶⁾等がある。さらに所要時間の変動を交通機関別分担と出発時刻との選択問題として取り扱った研究には、Abkowitz⁷⁾、Hendrickson・Plank⁸⁾等の報告がある。連続性を考慮した道路の信頼性の評価法では、防災点検による危険度の評価点を用いた稲寺・志賀⁹⁾、FTAによる岡田¹⁰⁾、現実の災害を基に検討した時枝・鈴木・長溝¹¹⁾等が報告されている。

筆者等は、遅刻に対する安全余裕時間を定義し単純な評価関数を設定して、平常時の道路の信頼性の評価法について検討してきた¹²⁾。しかしながらこれまでの研究では速達性の項目が考慮されておらず、

*正会員 工修 広島大学 工学部第4類

**正会員 工博 広島大学 工学部第4類

(〒724 東広島市西条町下見)

*** (株)竹中土木

(〒104 東京都中央区銀座8丁目)

評価法として十分とはいえない。そこで本研究では、定時性を所要時間の日変動を用いた無遅刻確率で定義するとともに、走行速度に対する速達性をも考慮し、平常時の道路の信頼性の評価法について検討し、信頼性評価の簡便法を提案する。

提案する道路の信頼性評価の簡便法は、道路の定時性をHall等が遅刻確率を条件とした出発時刻で定義しているのに対し、遅刻をしないための安全余裕時間を条件とした無遅刻確率で表現しようとしていることと、速達性を単純な走行速度の評価関数で定義している点に特徴がある。安全余裕時間は、通勤者を対象とした調査値から計算されることから、道路の信頼性に対する評価値は、現実的なものが得られる。以下では、本研究で提案した道路の信頼性評価の簡便法を述べ、事例研究を通してその簡便法の妥当性を検証する。

2. 評価要因の確認

道路の信頼性を評価する上で、定時性や速達性が評価要因として有効であるか否かを確認しておく必要がある。ここで道路交通としては、乗用車と公共交通機関を考えるが、公共交通機関は信号制御など乗用車とはほぼ同等の走行形態をもつとみなされるバスと路面電車を扱った。一般に、信頼性の高い交通機関はその利用者も多く分担率も高い。筆者等は、公共交通機関の利便性に対する総合評価と分担率との関係について検討し、両者がほぼ線型的に結びつけられることを確かめた¹³⁾。したがって、交通機関の利便性に対する総合評価がどのような要因で説明されるかを検討することは、信頼性の評価要因を検討することとはほぼ同意であろう。分析に使用したデータは、昭和54年、広島都市圏を対象に交通問題に対する住民の意識を調査したものである。

分析手法は、交通機関の利便性の評価を外的基準とした数量化理論Ⅱ類である。なおここでは交通問題が旧市内流入部で深刻であることを考慮して、トリップの目的地を旧市内にもつサンプルを抽出した。また公共交通機関の場合乗り換え回数が説明要因として考えられるが、乗用車と同じレベルで比較するため乗り換えのないトリップを選んで分析した。表－1は、通勤、買物各々のトリップ目的について、偏相関係数の大きい要因順に列挙したものである。

通勤は、時間制約が厳しいことから、時間に関係する要因が両交通機関とも上位を占めている。その中でも定時性と所要時間が主要因となっており、朝のラッシュ時の交通渋滞の程度やその不確実性は、交通機関の利便性の評価に強く影響を及ぼしていることがわかる。それに対して比較的時間的制約が緩いと思われる買物は、通勤とは異なった傾向を示している。一見していえることは、交通機関で要因の序列が非常に異なっていることである。自由度の高い乗用車では目的地に達するまでに不快感を与えるような要因が上位に挙がっているのに対し、時間的に拘束される公共交通機関では定時性や所要時間が主要因となっている。これは、トリップ目的が何であれ時間的に拘束される状況下においては、道路交通の信頼性が定時性や所要時間を基に評価されることを示していると判断できる。

表－1 交通機関の利便性の評価に関する要因分析

トリップ目的	通 勤		買 物	
	乗用車	公共交通	乗用車	公共交通
偏 相 関 係 数 の 順 位	定時性 (0.306)	所要時間 (0.283)	道路混雑 (0.312)	所要時間 (0.397)
	所要時間 (0.301)	定時性 (0.197)	エグレス (0.305)	定時性 (0.298)
	エグレス (0.189)	道路混雑 (0.163)	年齢 (0.192)	年齢 (0.165)
	道路混雑 (0.106)	エグレス (0.139)	住所 (0.181)	職業 (0.127)
	住所 (0.100)	年齢 (0.120)	定時性 (0.179)	エグレス (0.090)
	年齢 (0.086)	職業 (0.104)	性別 (0.093)	住所 (0.090)
	性別 (0.049)	住所 (0.089)	職業 (0.076)	道路混雑 (0.058)
	職業 (0.040)	性別 (0.010)	所要時間 (0.075)	性別 (0.034)
相関比	0.602	0.546	0.582	0.615
サンプル数	1089	640	302	295

外的基準 (乗用車) 1. 満足 2. まあまあ満足 3. 普通
4. やや不満 5. 不満 (公共交通) 1. 便利
2. まあまあ便利 3. 普通 4. やや不便 5. 不便
要因 (住所) 1. 旧市内 2. 西部 3. 北西部 4. 北東部
5. 東部 6. 南東部 (所要時間) 4 分類 (分)
(定時性) 定時で、 1. ほとんど行ける
2. 時々行けない 3. ほとんど行けない
(道路混雑) 1. 混雑なし・渋滞なし 2. やや混雑
3. 非常に混雑・渋滞あり (エグレス) 4 分類 (分)
(年齢) 4 分類 (歳) (性別) 1. 男性 2. 女性
(職業) 1. ブルーカラー 2. サービス業 3. その他

以上のことから、道路の信頼性を評価する場合、定時性と所要時間が説明要因として不可欠であるといえる。以下では、この2要因を用いた信頼性評価の簡便法について検討を加える。

3. 安全余裕時間の定義

前述したように定時性に対する信頼性の評価は、所要時間の変動を基に行われた事例が殆どである。本研究も同様の立場から検討を進めるが、ここでは遅刻に対する安全余裕時間という概念を導入する。安全余裕時間については、“Safety margin”という呼称で、Hall¹⁴⁾ や Knight¹⁵⁾ が述べているが、具体的に数量化はしていない。筆者等は、後述の事例研究で、この安全余裕時間の数量化を試みる。

いま時間的制約の大きい通勤トリップを考え、各時間を図-1のように定義する。通常の勤務の場合、安全余裕時間は変化せず出発時刻も変わらない。これは習慣的に毎朝同じ出発時刻を繰り返す、一般的な通勤者に該当することである。重要な用務の場合には安全余裕時間は大きめに見積もられ、出発時刻がいつもより早くなることが考えられるが、ここでは前者の通常の勤務の場合を扱う。一般に道路の速度分布は経験的に正規分布で与えられる¹⁶⁾。この知見に基づき、所要時間は正規分布となるものと仮定する。図中の準備時間は、仕事前の私的用務に必要とされる時間を示している。経験的に決定される安全余裕時間 t_s は、所要時間の期待値 t_0 とその

標準偏差 σ_0 との増加関数で表され、以下のように示すことができるものとする。

$$t_s = f(t_0, \sigma_0) \quad (1)$$

所要時間の変動が安全余裕時間の範囲内にあるとき、すなわち

$$t_a \leq t_0 + t_s \quad (2)$$

の場合には通勤者は遅刻しない。また

$$t_a > t_0 + t_s \quad (3)$$

であっても、所要時間の変動が全余裕時間の範囲内、すなわち

$$t_a \leq t_0 + t_r = t_0 + t_s + t_p \quad (4)$$

であれば遅刻はしない。しかしこの場合、通勤者は勤務先に到着後あわただしく仕事を始めなければならず、一般的には望ましい状況とは言えない。そこで以下では、通勤者は準備時間が損なわれないように安全余裕時間を見積もっているものとして、道路の信頼性を考えることとする。

4. 信頼性の評価法

道路計画策定に際し、混雑度は道路交通センサスなど容易に得られることから、判断指標の1つとして用いられることが多い。しかしながら道路容量と交通量との比で示されるこの混雑度は、判断指標として幾つかの問題点を含んでいる。すなわち混雑度は、ある地点とかボトルネック区間についての指標であり、人々が出発地から目的地までのトリップ全体に対して信頼性を評価するという観点にたてば、混雑度が減少することは信頼性を高めるのには有効であるが、信頼性を直接的に表す指標とは成りえない。道路の信頼性は、定時性や速達性で評価されるべきであり、簡便な信頼性の評価法が必要となる。

(1) ルートが単数、リンクも単数の場合

まず最も簡単な、ルートもリンクも単数の場合の評価法を考える。リンクを通過する所要時間は、前章でも述べたように正規分布と仮定する。いま図-2に示すように、所要時間の期待値を t_0 、その標準偏差を σ_0 とおくと、安全余裕時間 t_s は(1)式で与えられる。任意の日に通勤者が安全余裕時間の範囲内で遅刻しない確率 p は累積分布関数 Φ を用いて、

$$\begin{aligned} p &= \Phi((t_0 + t_s) - t_0) / \sigma_0) \\ &= \Phi(t_s / \sigma_0) \end{aligned} \quad (5)$$

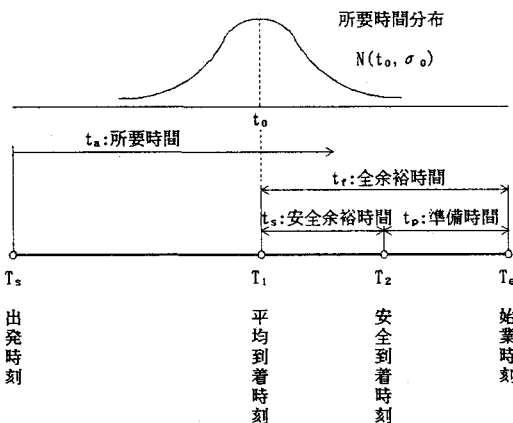


図-1 安全余裕時間の考え方

で求められる。この無遅刻確率 p は、安全余裕時間と所要時間変動とから得られるものであり、速達性の概念が十分に表現されていない。無遅刻確率の等しい2ルートが与えられたとき、通勤者はより早いルートを選ぶものと考えられる。そこで次に速達性の問題を評価法に導入する。

速達性は走行速度と直接関係しており、いま通勤者の走行速度に対する満足度が図-3で示されるとする。これは、自由速度の累積頻度分布が経験的にS字曲線で示されることから設定した¹⁷⁾。すなわち満足度は、走行速度が非常に遅い場合を0とするとき、速度が漸増するにつれてやや高くなり、ある速度を変曲点として急増し、またある速度を変曲点として満足度1に漸近する。するとこの曲線は、正規分布の累積分布曲線で類推できる。図-3で v_b

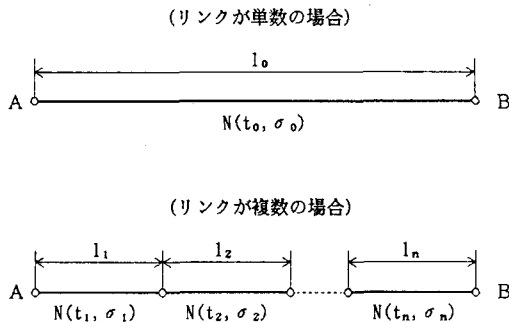


図-2 リンクの所要時間・標準偏差・長さ

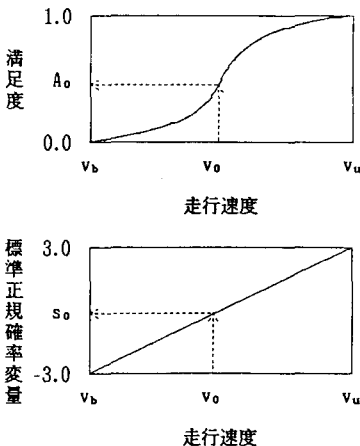


図-3 速達性に対する走行速度の満足度

と v_u は、満足度が各々0.0 および1.0 となる走行速度の下限値と上限値をそれぞれ示している。ここで累積確率を、

$$\Phi(3) - \Phi(-3) = 0.999 - 0.001 = 1.0 \quad (6)$$

とおくと、図-3より、走行速度期待値 v_0 の標準正規確率変量 s_0 は、

$$s_0 = (6v_0 - 3(v_u + v_b)) / (v_u - v_b) \quad (7)$$

で得られ、走行速度の満足度 A_0 は、

$$A_0 = \Phi(s_0) \quad (8)$$

で求められる。

以上より、定時性と速達性の立場からみた道路の信頼性 R を、

$$R = p \times A_0 \quad (9)$$

で定義する。

(2) ルートが単数、リンクが複数の場合

いま各リンクの所要時間が、独立した正規分布であるとする。このとき正規確率変量の和も正規確率となることから、図-2のA～Bまでの所要時間期待値 t_0 とその標準偏差 σ_0 は、以下で与えられる。

$$t_0 = t_1 + t_2 + \dots + t_n = \sum t_i \quad (10)$$

$$\sigma_0^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2 = \sum \sigma_i^2 \quad (11)$$

ここで、 t_i と σ_i は各リンクの所要時間期待値とその標準偏差とをそれぞれ示している。また走行速度期待値 v_0 は、各リンクの走行速度期待値 v_i のリンク長に対する加重平均をとって、

$$v_0 = (\sum l_i v_i) / (\sum l_i) \quad (12)$$

で求める。

この t_0 、 σ_0 、および v_0 を用いて、道路の信頼性は前節のリンクが単数の場合と同様な手順で求めることができる。

(3) ルートが複数、リンクも複数の場合

地点A～地点Bに至るとき、リンクが複数個存在すればルートも複数個存在するのは当然であり、道路の信頼性は道路網として評価される必要がある。この場合リンク数が増せば通行可能なルート数はねずみ算式に増加することになり、利用可能なルートの選択が前提条件となる。現実の通勤行動を考えた場合、通勤者は定時性や速達性に基づく過去の経験から2～3の代替ルートしか準備していない。したがって利用可能なルートの選択は、所要時間を条件として行うことができる。

いま図-4で、ルート1～ルート3各々の所要時間を $t_1 \sim t_3$ とし、 $t_1 < t_2 < t_3$ であるとする。まず最短経路を正規のルートとみなし、(1)式より最短ルート1の安全余裕時間 t_s を求める。通勤者は迂回したとしても t_s の範囲内で目的地に到着しなければ遅刻するので、利用可能な迂回ルートは安全余裕時間をもとに選択される。ここで安全余裕時間の全てを迂回による所要時間の増分に充てると、迂回ルートにおける所要時間変動に対して遅刻する確率が非常に高くなるため、通勤者は安全余裕時間の何割かを充当することになる。この低減係数を α とおくと、利用可能か否かのルート選択は以下で行われる。

$$(t_2 - t_1) \leq \alpha t_s \quad \text{のとき、} \\ \text{このルートは利用可能} \quad (13)$$

$$(t_3 - t_1) > \alpha t_s \quad \text{のとき、} \\ \text{このルートは利用不可能} \quad (14)$$

次に各々のルートの信頼性を求めるが、このとき安全余裕時間は正規のルートについては t_s 、利用可能な迂回ルートについては αt_s とする。つまり利用可能な迂回ルートには、無遅刻確率を求める際にハンディキャップが与えられることになる。各ルートの信頼性の算出手順は前節と同様である。

最後に道路をネットワークとしたときの信頼性を求めなければならない。これには電気回路などに用いられるシステムの信頼性解析を適用することができる¹⁰⁾。いま図-4で各ルートの信頼性が計算されたとし、各々を R_1, R_2, R_3 とする。図から明らかのように、ここではシステムは常に並列システムとなる。一般に $i \sim j$ に至る並列システムの信頼性 R_{ij} は、各ルートの信頼性を R_k とすると、

$$R_{ij} = 1 - \prod (1 - R_k) \quad (15)$$
で定義されるので、図の地点A～地点Bの道路網の

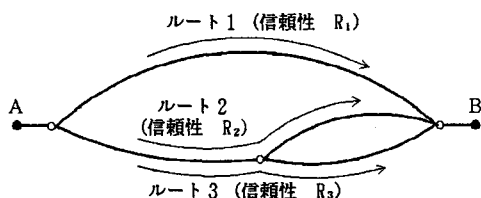


図-4 ルートが複数の場合の道路網の信頼性

信頼性 R_{AB} は、 R_3 が(14)式から利用不可能なルートであるとする、

$$R_{AB} = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2) \quad (16)$$

で求めることができる。なお(15)式から明らかなように、道路網の信頼性は利用可能な迂回ルート数が増加するにつれて限りなく1に近づく性質を持っている。そこでルート数の最大値は通勤者の実態から経験的に3とし、所要時間期待値の短いルートから優先的に選択するものとする。

5. 事例研究

(1) 所要時間と安全余裕時間

ここでは、前章で定義した安全余裕時間が所要時間とどのような関係にあるのか、筆者等が行った調査結果を用いて検証する。調査は、国鉄広島駅周辺、CBD地区、CBD地区周辺、および広島港周辺の地域的に特徴のある4事業所を選び、そこに勤務する通勤者を対象として昭和61年4月に実施した。調査項目は、個人属性や出発時刻、到着時刻、所要時間変動、安全余裕時間、通勤交通手段等の通勤の実態である。有効票は、512であった。

始めに、安全余裕時間を目的変数として数量化理論I類で分析した。表-2は、住所や交通手段で各カテゴリーのデータ数に偏りがあるため、要因の寄与率を偏相関で示したものである。この表から明らかなように、安全余裕時間に対し最も説明力の高い要因は所要時間である。所要時間変動も説明力の高い要因であるが、所要時間との間に重共線性があるため、ここではデータの得やすい所要時間の方を採用した。したがって安全余裕時間は、所要時間のみで定義することとした。図-5は、所要時間を5分毎にカテゴリー化し、各カテゴリーの安全余裕時間の平均値をプロットしたものである。各カテゴリー

表-2 安全余裕時間の要因分析

要因	偏相関	要因	偏相関
所要時間	0.245	住所	0.181
年齢	0.240	性別	0.164
交通手段	0.215	勤務地	0.123

相関係数: 0.495 サンプル数: 512

の中央値を説明変数として回帰分析を行ったところ、安全余裕時間 t_s は所要時間 t_0 によって、以下で求められることを得た。

$$t_s = 1.89t_0^{0.492} \quad r = 0.932 \quad (17)$$

(2) 走行速度と満足度

通勤者は、通勤時の乗用車の走行速度が幾ら以上であれば満足するのか、前述の交通問題意識調査を用いて検討する。調査では、通勤にかかる所要時間とそれに対する満足度とを尋ねているが、通勤距離が長ければ所要時間が多くかかるのは当然であり、満足度は走行速度によって評価されていると考えられる。そこでここでは、走行速度と所要時間の満足度との関係を調べる。走行速度は、現実の道路網を基に作成したネットワークから得たゾーン間距離と、所要時間の調査値とを用いて求めたもので、発地～着地間の平均走行速度を示している。

サンプルとしては、通勤時間に満足している通勤者を取り出した。これは、ある走行速度で走りたいという、自由速度の概念を取り入れたものである。ある走行速度に満足している通勤者は、それ以上の速度であれば満足するものとみなし、走行速度に対

する満足度を累積頻度分布で表した。図-6は、走行速度を5(km/hr)ピッチでカテゴライズしたときの、満足度の累積頻度を示したものである。なおデータ数は、1041である。これによると、満足度の累積頻度分布はS字曲線となり、設定した走行速度と満足度との関係が妥当であったことが確かめられた。

次に、(7)式中の速達性を評価するときの走行速度の設定が必要となる。上限値は、全通勤者が満足する走行速度を確保することは政策上困難であることから、図-6に示すように通勤者の7～8割が満足する20(km/hr)としておけばよいものと判断した。下限値については、5(km/hr)程度の走行速度が現実には発生していることから、満足度0.0の走行速度は0(km/hr)を設定した。

(3) 簡便法で得られる信頼性指標の意義

道路の信頼性は(9)式で定義したが、この指標が交通需要予測においてどのような意味を持つかについて考察する。信頼性の評価は、所要時間の変動として基本的には日変動を考えているが、交通需要予測との関わりからパーソントリップデータの適用を試みる。パーソントリップデータは1日を単位として得られたものであり、所要時間の日変動は不明である。そこで「いつ通っても自分が予定した時間で行ける」という定時性の概念を、「どんな時刻に家を出てもいつも通りの時間で行ける」というように拡大解釈すると、パーソントリップデータの適用が可能となる。パーソントリップデータとしては、広島53年調査結果を使用した。なおゾーン数は38である。

パーソントリップデータを用いた信頼性の算出法は、以下のようである。

1) 所要時間の平均と標準偏差の算出：旧市内を目的地に持つ乗用車および公共交通機関利用トリップを全て抽出し、各ODペアを1つのリンクとみなして算出する。このときODペア間では道路がネットワーク状になっておりルートは複数個存在することになるが、ルートが不明であるためそれぞれの値を求めることは困難である。したがってここで得られた値は、代替ルートの存在を加味した道路網としての評価値であるといえる。

2) 安全余裕時間の推計：(17)式を用いて、乗用車と公共交通機関各々の安全余裕時間を推計する。

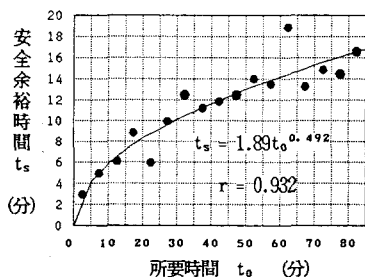


図-5 所要時間と安全余裕時間

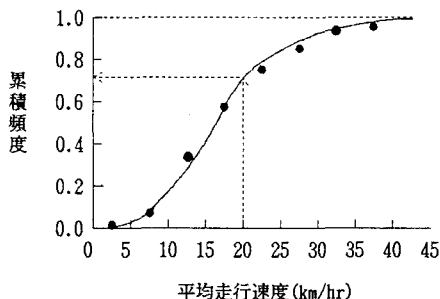


図-6 平均走行速度が満足な通勤者の累積頻度

3) 信頼性の算出：(5)～(9)式より，乗用車と公共交通機関各々の信頼性を求める。

次に得られた信頼性と交通機関別分担量との関係を探り、交通需要予測に対する信頼性指標の有効性を検討する。一般に交通機関別分担量の予測においては、所要時間、ゾーン特性、自動車保有率、分布量等が説明変数として用いられる。ここでは、所要時間、ゾーン特性、および分布量に信頼性を加えた4変数で数量化理論Ⅰ類による乗用車の分担量予測を試みた。自動車保有率は、ODペア毎に推計することが困難であるため分析から外した。分析結果の内、各変数のレンジと偏相関係数とを表一3に示した。分担量が分布量によって殆ど説明されることは他の研究でも明らかであり¹⁹⁾、残された変数は予測分担量を実績値に適合させるためどのように修正するかに寄与している。従来、所要時間差は交通機関別分担量予測の主要因であるが、ここでは信頼性の差がそれより上位となり、本研究で定義した信頼性指標の意義が実証された。

(4) 道路網の信頼性

ここでは、道路網としての信頼性を評価する。使用したデータは、広島53年のパーソントリップデータのうち自動車交通に関するものであり、分析は国道、主要地方道、主要県道といった幹線道路を対象としている。道路のネットワークは幹線道路が合流するゾーンのゾーン中心をノードとし、5.(3)と同様にそのノードを結ぶODペアをリンクと考えて作成した。その結果、図-7が得られた。このネットワークをもとに道路網の信頼性を評価するが、算出手順は4.(3)で述べたルートもリンクも複数の場合に該当する。

道路網の評価法の簡単な例として、市内中心部を通過する道路交通の信頼性を方向別に求めた。表4がその結果を示したものである。ここで迂回ルートに対する安全余裕時間の低減係数 α は0.5とした。これによると各ルートの信頼性が低くてもルート数が増すにつれ道路網の信頼性は高くなり、代替ルートの存在が道路網の信頼性を考察する場合重要な要因となることが明らかである。方向別にみると、国道2号線のみをルートとする西部から東部方向と、東部から西部方向が他に比べ信頼性は低い。通過交通が非常に多い方向であり、建設が計画されている

広島南道路の必要性は大きい。このように提案した簡便法は道路網としての信頼性を求めることも容易であり、道路の整備計画を面的な立場から検討する場合にも有効な手法である。

6. 結語

本研究では、通勤者の遅刻に対する安全余裕時間を定義し、定時性と速達性からみた道路の信頼性評価の簡便法を提案した。さらにこの簡便法の交通計

表-3 乗用車の分担量予測における説明要因(数量化理論Ⅰ類)

変数	レンジ	偏相関係数
分布量	15.75	0.677
信頼性の差	5.32	0.250
住所	3.91	0.216
所要時間差	2.61	0.143

相関係数:0.727 サンプル数:185

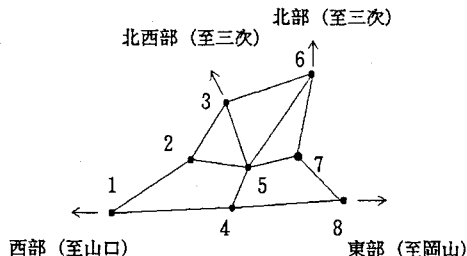


図-7 道路網の信頼性評価の対象ネットワーク

表-4 方向別にみた道路網の信頼性

方向	ルート数	道路網としての信頼性
西部 → 北部	3	0.871
西部 → 東部	1	0.310
北西部 → 東部	2	0.604
北部 → 西部	2	0.758
東部 → 西部	1	0.225
東部 → 北西部	2	0.628

画を模索する上での有効性についても、事例研究を通して検討を加えてきた。その結果、以下の結論が得られた。

(1) 道路の信頼性の評価要因として、定時性と速達性は不可欠である。

(2) 安全余裕時間は、所要時間によって数量化されることを得た。

(3) 道路網の信頼性は、代替ルートの有無に依存している。

(4) 定時性と速達性とを考慮して得られる道路の信頼性指標は、交通需要予測において主要な説明要因のひとつと成りうる。

(5) 提案した簡便法は、道路の信頼性の評価が路線を対象としてもネットワークを対象としても可能であり、道路計画を立案する上で有効な手法である。

謝辞

本研究を進めるに当たり、通勤時間実態調査に御協力を頂いた中電技術コンサルタント(株)・(株)ヒロコン・広島市役所・復建調査設計(株)の方々には謝意を表します。

参考文献

- 1) Hall, R.W.: Travel Outcome and Performance: The Effect of Uncertainty on Accessibility, Transportation Research, Vol.17B, No.4, pp.275-290, 1983.
- 2) 松本嘉司・角知憲・田辺俊郎：一般化出発時刻に基づく交通の実質消費時間の推定，土木学会論文報告集，第337号，pp.177-183，1983.
- 3) 角知憲・宮木康幸・村尾光弘・松本嘉司：任意の運行特性をもつ公共交通機関利用者の一般化出発時刻，土木学会論文集，第347号，pp.95-104，1984.
- 4) Hendrickson, C. and Kocur, G. : Schedule Delay and Departure Time Decisions in a Deterministic Model, Transportation Science, Vol.15, No.1, pp.62-77, 1981.
- 5) Smith, M.J.: The Existence of a Time-Dependent Equilibrium Distribution of Arrivals at a Single Bottleneck, Transportation Science, Vol.18, No.4, pp.385-394, 1984.

6) Daganzo, C.F.: The Uniqueness of a Time-dependent Equilibrium Distribution of Arrivals at a Single Bottleneck, Transportation Science, Vol.19, No.1, pp.29-37, 1985.

7) Abkowitz, M.D: Understanding the Effect of Transit Service Reliability on Work-Travel Behavior, Transportation Research Record 794, pp.33-41, 1981.

8) Hendrickson, C. and Plank, E.: The Flexibility of Departure Times for Work Trips, Transportation Research, Vol.18A, No.1, pp.25-36, 1984.

9) 稲寺隆・志賀浩二：道路交通の信頼性確保に関する研究，第16回日本道路会議論文集，pp.1-3，1985.

10) 岡田憲夫：信頼性からみた道路整備水準の分析・評価手法について，第16回日本道路会議論文集，pp.28-30，1985.

11) 時枝繁・鈴木秀章・長溝忍：58.7島根西部豪雨にみる道路の機能と役割，第16回日本道路会議論文集，pp.34-36，1985.

12) 加藤文教・門田博知・浜田信二：信頼性を考慮した道路網の評価法に関する研究，第16回日本道路会議論文集，pp.13-15，1985.

13) 加藤文教・門田博知・箕田和三：住民意識を考慮に入れた交通機関別分担率に関する基礎研究，第36回土木学会年講IV，pp.395-396，1981.

14) 前掲書 1)

15) Knight, T.E.: An Approach to Evaluation of Changes in Travel Unreliability : A "Safety Margin" Hypothesis, Transportation, pp.393-408, 1974.

16) 交通工学研究会編，交通工学ハンドブック，技報堂，pp.127-164，1984.

17) 前掲書 16)

18) 三根久・河合一：信頼性・保全性の基礎数理，日科技連，pp.85-115，1984.

19) Sugie, Y and Kato, F: Transferability in Time of Conventional Four Step Travel Demand Models for Hiroshima, Memoirs of the Faculty of Engineering Hiroshima University, Vol.8, No.1, pp.77-85, 1982.