

災害時の道路網評価における道路の強靱性に関する研究*

*A Study on the Evaluation of Strength of Road against Natural Disasters**

宇佐美誠史** 寺内義典*** 川上洋司**** 本多義明*****

Seiji USAMI, Yoshinori TERAUCHI, Yoji KAWAKAMI, Yoshiaki HONDA

1. はじめに

我が国では、台風、豪雨、豪雪、地すべりなどの自然災害が原因で道路がしばしば寸断される。そのような自然災害時においても平常時とあまり変わらない時間で目的地まで到達できる道路網が望ましいという考えから、自然災害時における道路網の信頼性評価に関する研究が以前から多数行われている。その信頼性の算出方法も、交通特性を考慮しないグラフ理論に基づいた2地点間の連結性や代替性を評価するもの¹⁾から、交通量や利用経路選択といった交通の諸特性を考慮したもの²⁾へと変遷してきている面がある。最近では、災害時に道路網が正常に機能しなくなったときのリダンダンシーに着目した信頼性分析³⁾や、被災道路の復旧順位に関する研究⁴⁾等もなされている。

こうした、道路網の信頼性・代替性の評価を行うにあたり、まず自然災害等による物理的な道路の途絶という現象そのものについて考慮する必要があるだろう。その過程においては、道路区間単位の連結確率を一樣として幾何学的に信頼性を求めるもの⁵⁾もあるが、実際の道路網への適用を考えると連結確率を実際の道路の状況から算出しそれを用いた道路網評価を行うことが望ましい。小林⁶⁾は、災害の中でも特に地震発生時において、道路区間単位の連結確率を地盤条件と橋梁の有無からサービスレベルと

して算出している。また、日常的に発生する災害としての豪雨・豪雪等の異常気象時における連結性指標として、深井ら⁷⁾による事前通行止規制データを用いた研究がある。また、2点間の通行不能確率とその影響についてアンケート調査に基づいた定性的・定量的分析方法を提案し、降雪雪時における適用を行った岡田ら⁸⁾の研究もある。しかし、どの研究においても道路区間単位の連結性を示すものとしては、実際の道路維持・管理業務において用いられている指標を総合的に考慮したものではない。今後、道路網評価の研究が実務レベルにおいて適用されていくためには、実務で用いられている指標をより積極的に組み込んでいく必要がある。

そこで本研究では、単位区間の道路交通の途絶の“おきにくさ”を示す指標としての強靱性の概念および評価方法を提案し、その有用性を示すことを目的とする。強靱性は、複数の道路の維持・管理に用いられている指標を、ファジィ積分手法によって総合化したものである。また、この強靱性評価手法を、福井県の市町村間を結ぶ主要な道路に対して適応し、その有効性を示している。最後に、簡単なケーススタディとして、強靱性評価の結果を実際の道路網に適用した場合の2地点間の道路交通への影響について考察を行っている。

2. 道路の強靱性評価手法

(1) 強靱性の考え方

災害時における道路網の信頼性評価にあたっては、実際に道路網内のどの区間が相対的にみてどの程度寸断されやすいかを知る必要があり、そのためには様々な災害に対する道路交通の途絶を総合的に判断する指標が必要である。

自然災害が発生した場合のある道路区間における

*キーワード：道路計画、交通網計画、防災計画

**学生員、福井大学大学院工学研究科

(福井県福井市文京 3-9-1、TEL&FAX0776-27-8607)

***学生員、修(工)、福井大学大学院工学研究科

(福井県福井市文京 3-9-1、TEL&FAX0776-27-8607)

****正員、工博、福井大学工学部環境設計工学科

(福井県福井市文京 3-9-1、TEL&FAX0776-27-8608)

*****フェロー、工博、福井大学工学部環境設計工学科

(福井県福井市文京 3-9-1、TEL&FAX0776-27-8607)

途絶のおきにくさの程度は、その道路区間の構造条件や沿道条件等により決まるものである。しかしながら、災害の多様性もあり、その真の道路の途絶のおきにくさの程度を上述のような条件から直接推定することは難しい。

本研究では、実用性を考慮して実際の道路維持・管理業務において用いられている指標を総合化した多様な災害に対する各道路区間の途絶のおきにくさを強靱性と定義し、それを推定することを試みる。

その場合、具体的な指標としては、例えば、比較的日常的な自然災害時に対するものとして異常気象時の事前通行規制があげられるだろう。また斜面の崩壊に関しては、落石・崩土による通行止履歴、防災点検に基づく要対策斜面、トンネル・橋梁等の構造物の状態を示すもの等がある。また、地震時への対応として地盤の液状化についての指標もある。これらの指標を以下では道路保全指標と記す。

実際に個々の道路保全指標を総合化する方法として、まず式(1)に示すような指標値の単純和が考えられる。ここでは、説明を簡単にするために2指標の場合において、その概念を数式を用いて示す。

$$y = x_1 + x_2 \tag{1}$$

y : 総合化された評価値

x_1, x_2 : 道路の途絶のおきやすさを示す

道路保全指標値

ただ、それぞれの指標は性格の違いから、道路の途絶のおきやすさに影響する程度は異なる。それを考慮するために、式(2)に示すような各指標値の重み付き線形和をとることが考えられる。

$$y = ax_1 + bx_2 \tag{2}$$

しかしながら、ある種の災害による途絶のおきやすさと他の種の災害による途絶のおきやすさとの間には相乗性が存在し、総合的にみた途絶のおきやすさはこの相乗性を加味して計測されるべきである。したがって、複合的な災害を前提とし強靱性としての総合評価値を求めようとする場合には、各指標値の重み付き線形和でなく、式(3)のように相乗性を加味したものとする必要がある。

$$y = a'x_1 + b'x_2 + \lambda(x_1, x_2) \tag{3}$$

ここで、相乗性を加味して複数の指標を総合化する手法としてファジィ測度によるファジィ積分がある。ファジィ測度によるファジィ積分とはファジィ理論の概念を用いた対象の評価手法の1つであり、非加法性（相乗性、代替性）を持つ主観的評価の総合化に適している。非加法性とは、複数の指標を総合化する場合において、ただ単にそれらを足しあわせるだけでは総合化できない性質である。ここでは、評価対象である個々の指標を総合化する際の相乗性という曖昧さをファジィ事象として捉え、それらをファジィ測度を用いて合成することによって評価しようとするものである。ファジィ測度とは数 x に対して数 y を与える普通の関数とは違い、数の集合や物の集合に対して1つの数値を与える集合関数と呼ばれる関数の一種である。

（2）強靱性評価手法

ここでは、前節で示した考え方をもとに強靱性評価手法について述べる。評価の手順は図1に示すとおりである。

まず、ファジィ積分に用いる道路保全指標を選定する。次に、各道路保全指標の重みを一対比較法により求める。一対比較法とは、意思決定者の頭の中にはあるが、形にしにくい主観的な値を、指標どうしの一対比較により引き出すものである。具体的に

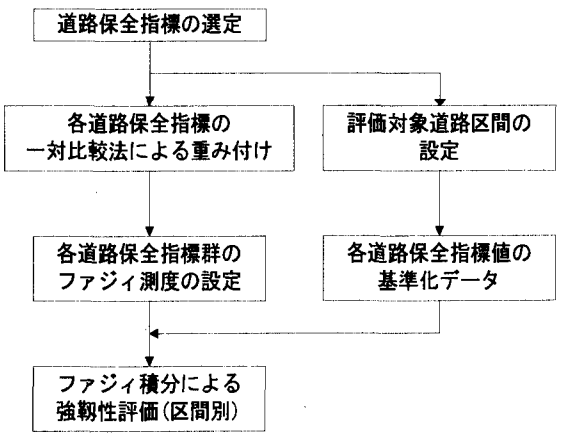


図1 強靱性評価手法のフロー

は、意思決定者に対する道路保全指標間の一対比較アンケートにより、式(4)の一対比較行列を得る。

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \tag{4}$$

重みのベクトルを W とすると、式(5)が成立する。

$$(A - \lambda I)W = 0 \tag{5}$$

I : 単位行列、 λ : A の固有値

固有値を λ_{max} として式(5)を解くことにより、各道路保全指標の重み（ファジィ測度） W を求めることができる。

個々の各道路保全指標のファジィ測度 W より、それらが複合して存在する場合の各道路保全指標群としてのファジィ測度を求める。この際、ファジィ測度は相乗性を考慮するため、各道路保全指標の測度を足しあわせるだけでは各道路保全指標群のファジィ測度は求まらない。そこで、

$$g(A \cap B) > g(A) + g(B) + \lambda g(A)g(B) \tag{6}$$

$(-1 < \lambda < \infty)$

という条件を考える。この $g(A \cap B)$ は事象 A と事象 B が同時に存在する場合のファジィ測度となる。パラメータ λ の値によって、 $g(A \cap B)$ は異なった性質のファジィ測度となる。 $\lambda > 0$ ならば相乗的、 $\lambda = 0$ ならば加法的、 $\lambda < 0$ ならば代替的となるが、先にも述べたように相乗性が考慮されていなければならないため、 $\lambda > 0$ となる。

一方で、この強靱性評価を道路網評価に用いるために、対象道路網にある基準により評価対象道路区間に分割する。各道路区間の道路保全指標値を収集し、その指標値について最大値が 1、最小値が 0 となるよう基準化する。また、個別の道路保全指標値は一般的に数値が大きいほど強靱性を下げる方向にはたらくため、強靱性評価値を負の値として考える。よって、ファジィ積分により得られる強靱性評価値

は最大で 0、最小で -1 となり、いいかえれば強靱性を下げる要因を総合化したものとして強靱性評価値が示されることになる。

各道路保全指標群のファジィ測度を用いて、各道路保全指標値の基準化された値を入力データとしたファジィ積分により強靱性評価値を算出する。ファジィ積分には式(7)⁹⁾を用いる。

$$\int h \, dg = h(x_n)g(H_n) + [h(x_{n-1}) - h(x_n)]g(H_{n-1}) + \cdots + [h(x_1) - h(x_2)]g(H_1) \tag{7}$$

i : 1 ~ n (道路保全指標の数)
 x_i : 個々の道路保全指標
 H_i : 道路保全指標の集合
 $h(x_i)$: 個別の道路保全指標に対する
基準化された指標値
 $g(H_i)$: 各道路保全指標の集合に対する
ファジィ測度

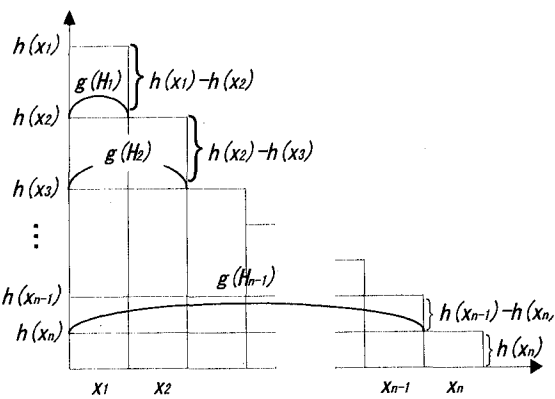


図 2 ファジィ積分

3. 強靱性評価手法の適用

以上の評価手法を実際の福井県内の主要な幹線道路に対して適用し強靱性評価を行う。

(1) 個別の道路保全指標の選定

様々な道路保全指標群を強靱性として総合化するにあたって、まず、それらの指標群から強靱性評価

に組み込むものを選択する。その選択の方針としては、地震等の大規模災害を想定したものではなく、比較的日常的に起こりうる豪雨・暴風等による自然災害に対応した道路保全指標の中から、特に重要かつ実用上よく用いられていると考えられる指標を選択するものとした。

実際に道路の維持・管理を行っている福井県土木部道路保全課でヒアリング調査を行ったところ、そのような指標として「異常気象時通行規制区間数」、「過去の通行止実績」、「要対策斜面数」があげられた。その内容は表 1 に示すとおりである。

さらに、後述の一对比較法を適応するための必要条件として、各指標がその決定のプロセスにおいて上位下位の関係にないことが必要とされるが、これについても前述のヒアリングにより次のことが示された。

異常気象時通行規制区間は、道路管理者が現地に実際に通行し、主観的判断でその設定を行うもので、過去の通行止や防災点検の結果は参照していない。また、過去の通行止実績はその道路における落石・崩土等による通行不能の履歴をみるもので、その規制は自然災害の発生時にその道路を通行することが不可能ないしは危険と判断される状態となった場合

においてのみ行われるものであり、その決定には他の 2 つの指標と何ら関係はない。要対策斜面についても同様で、防災点検によって危険と判断された斜面が設定されるもので、他指標との関係はない。

このことにより、自然災害の発生に伴う道路の途絶に対しては何らかの関連があるとしても、実際の業務においては独立に決定されている。

また、各保全指標間が現象として独立か否かをみるために、各指標値の相関係数を取り t 検定を行った。その結果、統計的にみて、現象的にも有為水準 5% で指標間に関連性はなく独立であることがわかった。

以上のことから、一对比較の適応に問題のないことが示された。

(2) 各道路保全指標群のファジィ測度の設定

各道路保全指標 x_i の重要度とその相乗性を明らかにするために、日頃から道路計画の業務に携わっている方々を対象とした一对比較法による意識調査を行い、各道路保全指標群 H_i のファジィ測度 $g(H_i)$ の設定を行った。調査内容は 3 指標の重要度を一对比較によって回答するというものである。なお、調査は 1996 年 11 月に行い、120 部の配布に対し、有効回答として 109 部を回収した（回収率 90.8%）。

以下、一对比較による結果について異常気象時通行規制区間数を A、過去の通行止実績を B、要対策斜面数を C として述べる。得られた重要度の一对比較行列は表 2 に示すとおりである。

各指標の重要度の一对比較の結果として、その平均は、A : B が、1:1.52 であり、B : C が、1:1.22、C : A が、1:0.73 であった。これをみると、C の重要度が高かった。これをみると、C の重要度が高かった。

この理由は以下のように考えられる。人々が道路を評価するとき、規制されていなければ通行に伴う危険性は少ないということで異常気象時通行止規制

表 1 本研究で用いた道路保全指標

指 標	資 料
A 異常気象時通行規制区間数	
道路管理者が事前に大雨や高波などの自然災害が生じた場合に通行が危険となるであろうと判断される箇所に設定される。	建設省資料 福井県道路保全課資料 (H7 年度)
B 過去の全面通行止実績	
落石や崩土の発生により道路管理者や警察が通行することが危険と判断した場合に当該道路を全面的に通行規制するもので、事前規制は含まれない。	福井県資料 福井県道路保全課資料 (H4～H7 年度)
C 要対策斜面数	
道路管理者が事前に防災点検を行い落石や岩石崩壊などの危険性のある箇所について設定する。	「H2 防災点検」 (建設省) 「H2 防災点検」 (福井県道路保全課)

表 2 各道路保全指標の一对比較表

	A	B	C
A	1	0.66	0.73
B	1.52	1	0.82
C	1.38	1.22	1

区間数の重要度は低くみなされる。これに対して要対策斜面数がもっとも重要度が高いが、これは要対策斜面の存在は防災点検により危険であると判断され、今後何らかの対策を施す必要があると考えられるためであろう。また過去の通行止実績は、その通行止の発生に対し何らかの対策が施されているだろうということで要対策斜面数より低くなっていると思われる。

一対比較の結果より、式(5)を解くと各道路保全指標 x_i のファジィ測度 W が算出され、式(6)によりすべての道路保全指標群のファジィ測度 $g(H)$ を求めると表 3 のようになる。なお、式(6)を用いる際にパラメータ λ は 2 と仮定した。

表 3 道路保全指標群のファジィ測度

A	B	C
0.173	0.237	0.256
$A \cap B$	$B \cap C$	$A \cap C$
0.492	0.615	0.517
$A \cap B \cap C$		
1.000		

(3) 評価対象道路区間の設定

評価の対象となる道路を、福井県内のすべての市町村役場を結び、隣県との接続も考慮した道路網とすべく、福井県内の一般国道（冬期通行不能道路を除く）と主な主要地方道から対象道路網の抽出を行う。評価対象道路を図 3 に示す。

次に、その評価の対象となる最小単位区間を設定するために路線の分割を行う。ここでは、一般県道以上の道路との交点で区切った各区間を評価対象道路区間（263 区間）とする。

これらの道路区間の各々について道路保全指標値を収集し、前述の方法により基準化を行った。

(4) 評価対象道路区間における強靱性評価

ここでは、前節で得られた道路保全指標群のファジィ測度 $g(H)$ とその基準化された各指標値 $h(x_i)$ を用いて、式(7)に示すファジィ積分を行うことにより道路の強靱性評価値を求める。

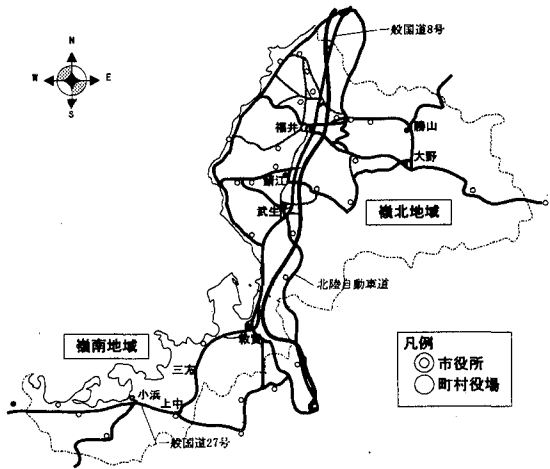


図 3 評価対象道路

(5) 強靱性評価の結果とその有効性

以上の手法により得られる強靱性評価値と各々の道路保全指標値とを比較し、その違いから強靱性が総合的な指標として有効であることを示す。

基準化をしていない各道路保全指標値と強靱性評価値を表 4 に示す。この中で、各指標値がすべて 0 である区間は強靱性評価値も 0 となるため、それらについては除いている。

強靱性評価値について、その傾向をみると道路保全指標間の相乗性が表現されていることがわかる。以下に個々の区間における結果の比較について述べる。区間 22-8 において異常気象時通行規制区間数は最大の 4 であるが、強靱性評価値は-0.17 とさほど低いものではない。それに対して、要対策斜面数が 9 である区間 02-46、区間 09-16 は他の指標の値が小さいにもかかわらず、-0.34 と全体で 5 位に評価されている。このことから、強靱性評価値には、重要度の低い異常気象時通行規制区間よりも要対策斜面が寄与していることがわかる。また、区間 05-01 では強靱性評価値が-0.59 と全道路区間中で最小である。この区間は各指標値単独での比較では最小のものはないにもかかわらず、それらの相乗性により強靱性評価値としてはもっとも低くなっていることがいえる。

これらのことから、実際に算出された強靱性評価値が道路保全指標を総合化したものとなっていることが示された。

表 4 個々の道路保全指標値と強靱性評価値

路線	道路区間No	路線区間	規制区間 max=4	通行止 max=4	斜面 max=12	強靱性評価値	順位
国道8号	02-01	県境～金津インター線	0	0	○ 4	-0.16	23
	02-46	湯谷王子保停車場線～国道305号	1	0	○ 9	-0.34	5
	02-47	国道305号～大谷杉津線	1	0	3	-0.25	10
	02-48	大谷杉津線～大谷杉津線	1	0	3	-0.25	10
	02-49	大谷杉津線～国道8号BP	1	0	3	-0.25	10
	02-57	国道161号～県境	1	○ 1	0	-0.21	17
国道27号	03-10	三方五湖公園線～国道162号	0	0	1	-0.07	27
	03-11	国道162号～新道安賀里線	1	0	3	-0.25	10
	03-12	新道安賀里線～小浜上中線	0	0	1	-0.07	27
	03-15	上中田島線～本保平野線	0	0	1	-0.07	27
	03-20	小浜綾部線～中井青井線	1	0	1	-0.17	20
	03-21	中井青井線～加斗袖ヶ崎鹿島線	0	0	1	-0.07	27
	03-22	加斗袖ヶ崎鹿島線～加斗袖ヶ崎鹿島線	0	0	1	-0.07	27
	03-23	加斗袖ヶ崎鹿島線～加斗袖ヶ崎鹿島線	0	0	○ 4	-0.16	23
	03-34	舞鶴野原港高浜線～県境	0	0	3	-0.14	26
	03-34	舞鶴野原港高浜線～県境	0	0	3	-0.14	26
国道157号	04-01	県境～新神谷鳴鹿森田線	0	0	1	-0.07	27
国道158号	05-01	県境～上唯野西屋勝山線	1	○ 2	○ 5	-0.59	1
	05-08	血谷大野線～武生美山線	○ 2	○ 1	0	-0.26	8
	05-09	武生美山線～篠尾勝山線	1	0	0	-0.07	27
	05-10	篠尾勝山線～福井東部広域農道	0	0	1	-0.07	27
国道161号	06-01	国道8号～県境	1	0	2	-0.22	15
国道162号	07-01	県境～中井青井線	1	0	2	-0.22	15
	07-02	中井青井線～国道27号	0	0	1	-0.07	27
国道303号	08-01	県境～新道安賀里線	0	0	1	-0.07	27
国道305号	09-13	国道416号～福井四ヶ浦線	○ 2	○ 1	0	-0.26	8
	09-14	福井四ヶ浦線～福井四ヶ浦線	○ 4	○ 4	0	-0.49	2
	09-15	福井四ヶ浦線～国道365号	0	○ 3	2	-0.37	4
	09-16	国道365号～武生米ノ線	1	0	○ 9	-0.34	5
	09-17	武生米ノ線～福井大森河野線	○ 2	0	○ 12	-0.43	3
	09-18	福井大森河野線～甲楽城勝蓮花線	○ 3	0	0	-0.15	25
	09-19	甲楽城勝蓮花線～河野海岸有料道路	1	0	3	-0.25	10
	09-20	河野海岸有料道路～国道8号	1	0	1	-0.17	20
	10-01	国道305号～鯖江織田線	○ 2	0	○ 4	-0.33	7
	10-03	鯖江織田線～福井大森河野線	1	0	0	-0.07	27
国道417号	12-01	国道476号～武生美山線	1	○ 2	0	-0.20	19
主要地方道	22-06	福井大森河野線～殿下福井線	1	○ 1	0	-0.21	17
福井四ヶ浦線	22-07	殿下福井線～別所朝日線	1	0	0	-0.07	27
	22-08	別所朝日線～国道305号	○ 4	0	0	-0.17	20

○：それぞれの指標のうち値の小さいものから10位以内のもの

(6) 強靱性評価の道路網評価への適用について

ここで得られた強靱性は、実務レベルにおいて現在用いられている指標群を総合化したものである。このことは、これまでに多くの研究がなされてきた道路網評価の分野において、それらの研究と実際の道路の維持・管理の実務を結び付けるものとして有用であると考えられる。

このような観点から、災害時の道路網評価に対して強靱性評価を以下のように適用することが考えられるだろう。例えば、強靱性評価値にある閾値を設定し、それ以下の道路単位区間を切断した場合の道路交通への影響評価分析ができる。さらに、道路整

備方針の決定といった実務面に対しては、道路の強靱性評価とそれを適用した道路網の代替性評価を行うことで、強靱性と代替性が道路整備の優先順位を判定する上での有用な資料となるであろう。

4. 強靱性評価の実道路網への適用例

ここでは、強靱性評価を実際の道路網に適用する簡単なケーススタディとして、強靱性評価値を用いた災害時における道路交通への影響評価を行う。その評価対象は、地域内を縦貫する主要な道路が一般国道 27 号のみと県内でも特にリダンダンシーの低い道路網を呈している福井県嶺南地域とした。分

切断リンク	リンクNo 29	リンク長 9.4km
平常時配分交通量	9790台/日	
平常時ODペア数	193(/1444)	
平均トリップ長	85.8km	
三方⇄上中	平常時	災害時 差 比
ルート延長	13.2km	22.9km 9.7km 1.7
所要時間	15.8分	37.1分 21.3分 2.3

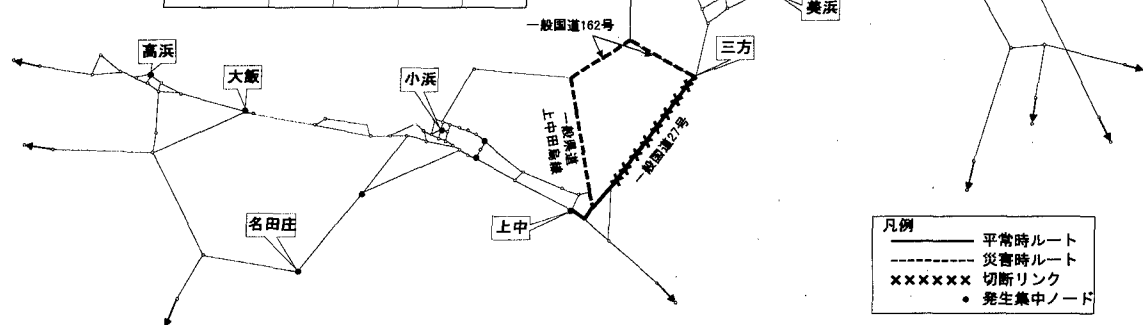


図 4 三方・上中の所要時間の変化と迂回距離

析は、一般県道以上（一部ネットワーク構成上重要と思われる市町村道および広域農道を含む）から構成される道路網（267 リンク、221 ノード）に対し、交通量配分手法を適応するものである。評価方法は、平常時の道路網と自然災害時の道路網との市町村間の所要時間・距離を算出し、所要時間の変化と迂回距離を求めるものである。災害時の道路網としては、嶺南地域で強靱性評価値が最小であった一般国道 27 号の区間 03-11 が途絶したものを考える。

その結果、市町村役場間の所要時間にもっとも影響した 2 地点間は、三方・上中間の移動であったことから、その 2 地点間についての所要時間・迂回距離を図 4 に示す。

自然災害時において道路が途絶した場合の三方・上中間の移動は切断リンクの迂回路として一般国道 162 号、一般県道上中田鳥線が利用されている。ここで利用されている迂回路は、道路の整備水準が低く、結果、迂回による災害時の移動距離は平常時に対して 1.7 倍であるが、所要時間のそれは 2.3 倍と大きな値となっている。このように、三方・上中間の一般国道 27 号が切断されるとかなりの影響を被ることになる。また、この区間における平均トリップ長は 85.8km と非常に長く、県外も含めたかなり広域的に利用される重要な道路であることから、このような道路の途絶の影響は広範囲に及ぶことが

予想される。よって、この区間の道路の整備を緊急に行いつつ、同時に迂回路の整備水準の向上をはかる必要がある。

5. おわりに

本研究では、道路の途絶のおきにくさを表すものとして強靱性の考え方を提示し、その有用性について検討を行っている。強靱性は、実際の道路の維持・管理業務に用いられる指標群を総合的に表す評価指標である。その総合化にあたっては、個々の重要度とそれらの相乗性を考慮したファジィ積分の手法を適応した。この強靱性評価を福井県の道路網に対して適用した結果、本研究で得られた強靱性評価値は実際の道路維持・管理に用いられる指標群を総合的に捉えることができた。このことは、これまでに多くの研究がなされてきた道路網評価の分野において、それらの研究と実際の道路の維持・管理の実務を結び付けるものとして有用であると考えられる。最後に、その簡単な適用例について示した。

なお、本研究では各道路保全指標群のファジィ測度を求める際に、式(6)のパラメータ λ を 2 として計算したが、実際上 λ の値は与件として設定せざるを得ない。ファジィ積分により強靱性評価値を求めるときに λ の値を変化させ評価値の順位の変動をみる

とほとんど影響はみられなかったが、パラメータの合理的な設定については検討の余地が残されている。

参考文献

- 1) 例えば 小林正美：道路網・ネットワークシステムの信頼度解析法に関する研究,都市計画論文集,15,pp.385-390,1980
- 2) 例えば 若林拓史・亀田弘行：ロマ・プリエタ地震によるサンフランシスコ湾間地域の交通サービスへの被害分析と交通運用策の評価,土木計画学研究・論文集 10,pp.103-110,1992
- 3) 例えば 嶋田喜昭・加藤哲男・本多義明：自然災害を考慮した道路網評価に関する基礎的考察,都市計画論文集,30,pp.97-102,1995
- 4) 例えば 有村幹治・上西和弘・田村亨・杉本博之・榎谷有三：都市間時間距離に基づく被災道路の最適復旧モデル,土木計画学研究・論文集, No.14, pp.333-340,1997
- 5) 南正昭,高野伸栄,佐藤馨一：道路網における代替ルートの整備水準の一評価法に関する研究,土木学会論文集 No.530/IV-30,pp.67-77,1996
- 6) 小林正美：道路交通網の地震時信頼度解析に関する研究,都市計画論文集,16,pp.205-210,1981
- 7) 深井俊英・建部英博・林寿郁：異常気象時における道路網の信頼性評価手法について,土木学会第 41 回年次学術講演会概要集第 4 部,pp.13-14,1986
- 8) 岡田憲夫・後藤忠博・田中成尚：降雪期における道路ネットワーク・システムの信頼性評価法に関する研究,土木学会第 41 回年次学術講演会概要集第 4 部,pp.15-16,1986
- 9) 中島信之・竹田英二・石井博昭：社会科学の数理ファジィ理論入門,裳華房,p.98,1994

災害時の道路網評価における道路の強靱性に関する研究*

宇佐美誠史** 寺内義典*** 川上洋司**** 本多義明*****

本研究は、自然災害時における道路網評価のための物理的な道路の途絶のしにくさに関する指標としての強靱性を提示することを目的とする。ここで強靱性は、自然災害時における実際の道路の維持・管理業務において用いられている指標について、ファジィ積分の手法を用いて総合化した。次に、この強靱性評価手法を福井県の実際の道路に対して適用した結果、その有用性を確かめることができた。

*A Study on the Evaluation of Strength of Road against Natural Disaster **

*By Seiji USAMI** Yoshinori TERAUCHI*** Yoji KAWAKAMI**** Yoshiaki HONDA******

This paper aims to propose the evaluation method of the Strength of Road against natural disasters. Firstly, the Strength of Road is defined as the probability of encounter of traffic suspension due to natural disaster. And then the method to measure the Strength of Road by synthesizing the existing indices is shown. Lastly, the appropriateness and usefulness of the proposed method is examined through the application to actual road in Fukui.