

釧路沖地震による道路ネットワークの代替性評価

The Evaluation of the Redundancy Road network system by the Kushiro-Oki Earthquake 1993

高橋 清* 高野 伸栄** 佐藤 馨一***

By Kiyoshi TAKAHASHI, Shin'ei TAKANO, Keiichi SATOH

On January 15, 1993 the east part of Hokkaido, including the cities of Kushiro and Obihiro, was attacked by the Kushiro-Oki Earthquake 1993. Two persons were killed and many disasters in the civilengineering were caused by earthquake. The disasters are astimated to cost about 70 billion yen. This paper addresses the need for bringing in risk analysis based approach to road network planning. We introduce the concept of risk manegment for natural hazards. We have developed the index based on the Opportunity to theinstitutions access. As a result, it is shown that the Opportunity Index in East Regionof Hokkaido has low level opportunity, there's need to construct the road network system in risk management.

1. はじめに

1993年1月15日20時6分、マグニチュード7.8の地震が、震源地北緯42度、東経144度23分の深さ107kmの釧路沖で発生した。各地の震度は、震度6の烈震が釧路市、震度5の強震が浦河町、広尾町、帯広市、震度4の中震が根室市、小樽市、函館市、苫小牧市等であった。今回発生した釧路沖地震の主な特徴をまとめると次のようになる。¹⁾

- ①震源位置が通常のM8クラスの地震と異なり深い。
- ②断層サイズが地震規模に割に小さく、断層破壊の継続時間が短い。
- ③余震活動が低調で、特に規模の大きな余震がほとんど発生してない。

ネットワークリスク分析、Opportunity・Index、代替性
* 正員 工博 北海道大学助手工学部土木工学科
(〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

** 正員 学術修士北海道大学助手工学部土木工学科

*** 正員 工博 北海道大学教授工学部土木工学科

- ④主要動の継続時間が短く、堆積層の影響をあまり受けていない硬質地盤場では10秒程度であった。
- ⑤釧路地方の地震動強さは1952年の十勝沖地震を上回り、逆に十勝地方では下回った。

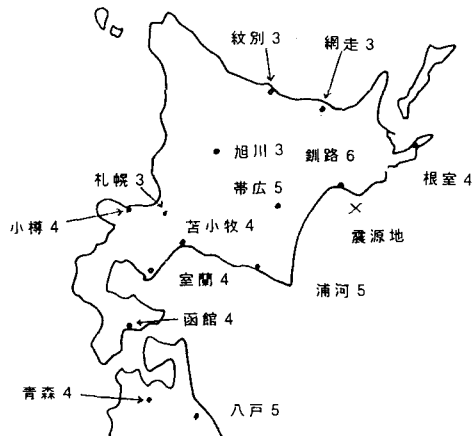


図-1 釧路沖地震の震源地と各地の震度

以上の特徴を持った釧路沖地震は、北海道東部地域に甚大な損害を与えた。中でも交通網をはじめとするライフラインの寸断による住民生活への影響は特に大きいものがあつた。

災害時における道路ネットワーク等のライフラインに関する信頼性解析は、以前から重要な研究テーマとされてきた。今後さらに、信頼性の面からも質の高い交通基盤整備をうには、自然災害による道路ネットワークの途絶に対しても、大幅に遅れることなく平常時と同じサービスを享受できる交通システムの確立が必要である。そのためにも、道路ネットワークシステムを計画・管理する公共主体が、災害時におけるライフラインの途絶可能性を防災リスクとして取り上げ、リスクマネジメントの概念を導入した対応が望まれる。^{2), 3)}

そこで本研究は、道路ネットワークシステムの信頼性を代替性の観点から評価するために、住民が享受する都市サービスの機会に着目する。このサービス機会を表現する指標として、Opportunity・Indexの提案を行う。この指標により、災害による道路の途絶とサービス機会損失の関係を明かとし、機会の損失を生じさせないための道路整備手法について論じることを目的とする。

2. 釧路沖地震による交通施設関係の被害概況

(1) 道路関係の被害状況

釧路沖地震による道路関係の被害は、盛り土部分を中心に亀裂、沈下等の被害が広範囲に発生している。不通または片道通行規制を要した被害箇所は国道6箇所、道々22箇所におよんだ。中でも釧根地区の幹線道路である、一般国道44号線は厚岸町糸魚沢地区において大規模な斜面崩壊が生じ、2カ月近くも通行不能な状態が続いた。橋梁の落橋はなかったが、橋脚の被害が1件発生している。また橋梁取付部の盛土の沈下が多く観測された。

(2) 鉄道関係の被害状況

JR北海道釧路支社管内の営業路線は580kmであり、このうち約30%の線路と160箇所の地点において何らかの被害を受けた。特に被害が大きかったのは、新得～上落合、池田～幕別、上厚内(浦幌)～白糠、東釧路～標茶間であった。主な被害は築堤の崩壊、路盤の沈下、軌道の蛇行、橋梁取付部の変

形等である。落橋、路盤の流失、施設の崩壊等は発生していない。根室本線の池田から白糠線間はバスの代行運転によって連絡され、1月26日に全線運転が再開された。しかし、当該区間は徐行運転のため、札幌～釧路間は約1時間40分遅れのダイヤで運行された。JR各線が正常運転に戻ったのは2月中旬になってからである。

3. Opportunity・Indexによる道路ネットワークの代替性評価

(1) Opportunity・Indexの基本概念⁴⁾

交通システムの基本機能は、安全性と安定性にあり、本来的には通行止め等があつてはならないが、実際には自然災害等の事由により通行規制が行われ、迂回が余儀なくされている。⁵⁾

そこで、自然災害による途絶に対しても、住民が大幅に遅れることなく平常時と同じサービスを享受できる道路ネットワークシステムの整備が必要である。本研究は、地域住民の社会、経済活動を支える施設としての道路ネットワークを評価するためにOpportunity(機会)を表す指標の構築を行う。この指標は以下の2点から構成されている。

①地域社会・経済活動の機会をとらえるため、交通目的となる業務施設、商業施設および医療施設などの分布状況を表現する。

②上記の交通目的施設に至る道路整備状況を表現していること。

特に②に示される要素は、本来的には実際に利用できる最短経路と、走行時間のそれほど変わらない代替経路の存在及び代替経路の質について同時に評価されなければならないことを示している。

(2) Opportunity・Indexの定義

(1)の仮定より、この問題を「道路ネットワークの代替性評価」の面からとらえ、式-1に示すOpportunity・Index(OI)指標を策定した。

$$OI_i = \sum_j R_{ij} D_j U_{ij} \quad (式-1)$$

$$R_{ij} = (1/M_{ij}) \sum_{k=1}^{M_{ij}} (1/T^2_{ijk})$$

ただし、

$$OI_i : i都市のOpportunity・Index$$

$$U_{ij} = 1 + \log_2 M_{ij}$$

- D_j : j 都市のサービス施設数
- T_{ijk} : 都市 i と都市 j 間における第 k 番目の短時間距離
- R_{ij} : 交通抵抗代表値
- M_{ij} : 都市 i と都市 j 間の最短経路を含む代替経路数

代替経路の選択にあたっては、最短経路の 1.5 倍までのルートを検討した。これは、AASHO の転換率曲線を参考にしたものであり、時間比が 1.5 倍程度になると転換がほとんど生じないことを踏まえている。

また、経路数は最短経路を含め 4 本と仮定した。限界効用遞減の法則から考えても、1 本から 4 本では 3 倍の効果があるのに対し、1 本から 5 本では、3.3 倍程度の効果（増分は 0.3）しか期待できないからである（図-2）。

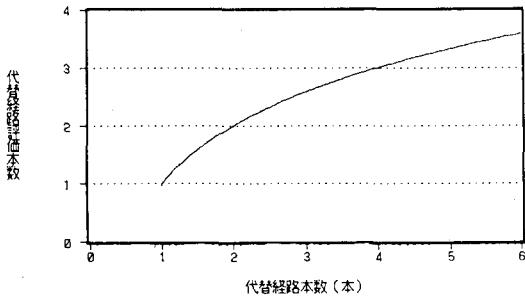


図-2 代替経路本数の評価

4. Opportunity・Index による北海道東部地域の道路ネットワークの代替性評価

(1) Opportunity・Index からみた北海道東部地域の現状

本研究では、平成 5 年 1 月に発生した釧路沖地震で大きな被害を受けた、釧路市を中心とする北海道東部地域への OI 指標の適用を試みる。

適用範囲とした北海道東部地域は、釧路支庁、根室支庁からなる面積 9538.5 km^2 、人口 384087 万人の地域である。人口密度は 19.4 人/ km^2 （釧路市除く）の典型的な分散型住居地域であり、交通機関は自家用車利用が主体となっている。

対象地域の道路ネットワークは国道及び主要道道とし、OI 指標を構成する都市施設は、医療施設、文化・教育施設、商業施設とした。この施設は、いわゆる高次機能都市決定に用いられた施設分類であ

る。高次機能都市とは、前述した施設の個数について主成分分析を用い全国平均以上の主成分得点を持つ都市を高次機能都市と定義している。⁶⁾

そこで、北海道東部地域における唯一の高次機能都市である釧路市への OI 値は、図-3 のとおりであり、根室市方面の OI 値が全体として低い値を示している。

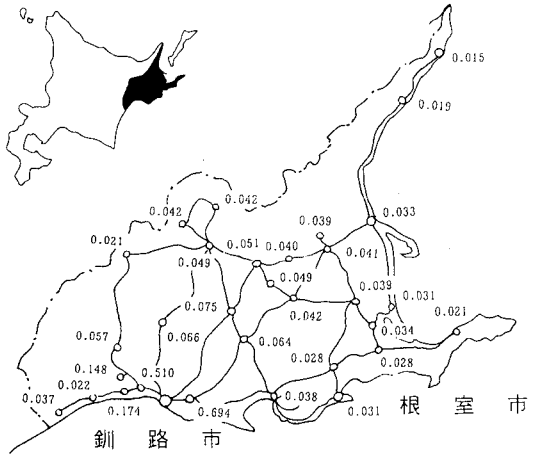


図-3 北海道東部地域の釧路市への OI 指標値

(2) 釧路沖地震による一般国道 44 線の通行規制及び災害復旧

釧路沖地震による一般国道 44 号の被災箇所は大きく、中でも厚岸町糸魚沢では路盤沈下、段差、土砂移動、陥没、クラック等の被害が発生した。この被災箇所は釧路市と根室市を結ぶ国道の重要路線であるが、同区間を全面通行止めとし、復旧工事を行うこととなった。この工事に伴う通行規制は次のとおりである。

- ①復旧工事延長 $L = 0.3 \text{ km}$
- ②規制延長 $L = 19.0 \text{ km}$
- ③迂回路延長 $L = 42.0 \text{ km}$
- ④通行規制期間

- ・全線通行止め 平成 5 年 1 月 15 日～2 月 25 日
- ・片側通行止め 平成 5 年 2 月 26 日～3 月 3 日
- ・全面 (2 車線) 開放 平成 5 年 3 月 4 日～

一般車の迂回路として選択された路線は、道々別厚岸線、道道琵琶瀬茶内停車場線、道道火散布茶内停車場線であり、その延長は 42 km であった。本ルートの延長が 19 km であるから、迂回路は 2. 2

倍も遠回りとなっている。

(3) 医療施設の Opportunity・Index からみた道路ネットワークの代替性評価

道路ネットワークの代替性は交通目的によって評価が異なってくる。ここでは地震時及び災害復旧時の医療体制に焦点を絞り、Opportunity・Indexにより道路ネットワークの代替性を評価した。

図-4は、医療交通からみた道東地区の道路ネットワークのOI値である。この地区は病院が釧路市に集中しており、OI値は釧路市を中心に大きくなっている。釧路沖地震で通行止めとなった一般国道44号厚岸町付近は、OI値が0.56と小さく、正常時でも問題のあることが理解される。この区間が地震によって途絶したのであり、その影響は他の地区より深刻であったことが想定される。これは本ルート of 1.5倍以内の路線が欠落していることに起因しており、地域住民が安心して生活するために代替経路の整備を急ぐ必要がある。

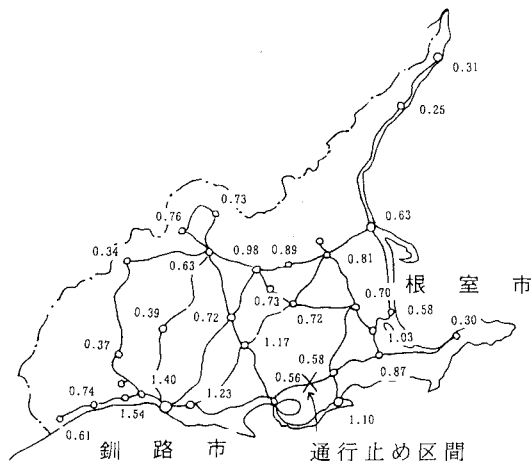


図-4 北海道東部地域のOI指標値(医療交通)

5. おわりに

本研究は、釧路沖地震による北海道東部地域の道路ネットワークに対する影響をOpportunity・Indexより明かとした。特に、災害時及び災害普及時の医療交通は、道路ネットワーク途絶に大きな影響があることが明かとなった。住民の生活における機会は、自然災害等により決して損なわれてはいけないのが原則である。そのためにも、災害の発生を防災リス

クとして考慮し、リスク・マネジメントの概念を道路ネットワーク計画に導入することが重要である。

OI指標からみた防災リスク回避対応方法としては、①道道の国道昇格等による一層の道路ネットワーク整備、②地域の中心都市の施設整備の充実等が考えられるが、分散型地域である北海道では道路ネットワークの充実が望まれる。

さらに平成5年7月に発生した北海道南西沖地震による被災地域は、海岸に連続した都市分布や、道路ネットワーク形状から考えてOI値が低いことが想定される。このように一度災害に襲われると、正常な都市生活を営むまでの復旧期間が長期化する地域は数多く存在する。

今後はさらに、災害時および災害復旧時のリスクマネジメントを考慮した社会基盤整備が必要である。

参考文献

- 1) 北海道大学工学部土木工学科・衛生工学科：1993年釧路沖地震による土木災害に関する調査、北海道地区自然災害科学資料センター報告、8、1993年
- 2) 岡田憲夫、小林潔司：スク分析的アプローチの共通性と多様性ーリスク分析研究の新たな展開に向けて、土木学会論文集Ⅳ、No.464、pp23-32、1993年
- 3) 岡田憲夫、若林拓史、多々野裕一：社会基盤整備時代の計画・管理のためのリスク分析的アプローチ、土木学会論文集Ⅳ、No.464、pp33-42、1993年
- 4) 谷口君雄、佐藤馨一、五十嵐日出夫：情報論的エントロピーによる自家用車保有意識分析と道路網計画の評価、土木計画学研究論文集、No.5、pp203-210、1987年
- 5) 南正昭、佐藤馨一：道路の途絶の代替性の向上による対応、土木計画学研究・講演集15、pp95-98、1992年
- 6) 五十嵐日出夫：幹線道路網計画の考え方と評価に関する試論、土木学会論文集Ⅳ、No.377、1987年