

鉄道貨物輸送におけるリスクマネジメントの政策評価に関する研究

A Study on Policy Evaluation of Risk Management in Railroad Freight Transportation

北海道大学大学院工学研究科 ○学生会員 岸 滋 (Shigeru Kishi)
北海道大学大学院工学研究科 正会員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)
北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 馨一 (Keiichi Satoh)

1. はじめに

近年、有珠山噴火や礼文浜トンネル崩落事故、海峡線貨物列車脱線事故による鉄道網の不通が相次いで発生している。そのような災害や事故の度にJR貨物は、輸送力確保のために懸命に対応策を講じてきた。しかし、JR貨物のみでの対応では、現状並みの輸送力を確保するのは大変困難である。そこで輸送力確保のためには、効率的な代替経路の探索が必要である。

本研究は、有珠山噴火に伴う鉄道貨物輸送のリスクマネジメントにおける対応システムを政策評価の観点から評価を行ない、マネジメントにおける代替経路の確保の点における問題点を指摘し、新たな代替経路探索の手法を提案するものである。

2. パフォーマンス指標による政策評価

政策評価とは、アメリカ合衆国で広範に利用されている行政評価システムである。これは政策に明確な目的・目標を設定し、政策実施によって得られた成果を目的・目標と比較し評価するものである。この評価により、その政策による効果・効率性を改善することが可能となり、政策実施の価値を対外的に提示することができる。リスクマネジメントにおいても、明確な目的・目標を持ち、常にその効果や効率性を評価し、マネジメント実施の意義を対外的に提示することが必要である。以下に政策評価の主な評価手法を提示する。

2-1. セオリー評価

全ての政策は、理論（セオリー）に基づいておりその政策によって得られる改善効果（成果）までの流れを評価する手法である。この評価における最終成果物としては、ロジックモデルがあり、どこが原因となって予期する改善効果が得られないのかを明白とする評価手法である。

2-2. プロセス評価

セオリー評価によって求められた政策の実施課程が当初の予定通りに実施されているか、また政策実施によって計画された質・量のサービスをどの程度提供しているかを評価する手法である。この評価により、政策の実施状況の改善や資源投入の計画性を検証することが可能となる。

2-3. インパクト評価

実施された政策によって対象となる社会状況への改善効果の程度を評価する手法である。この評価手法は、ある政策を実施した対象と実施しない対象との差によって評価することが重要である。評価手法としては、最も客

観性の高いランダム実験モデルなど多様なモデルが存在する。

2-4. コスト・パフォーマンス評価

政策実施のために投入された資金によって、どれだけの社会便益が生み出されたかを評価する手法である。この評価手法には、政策によって社会にもたらされるあらゆる変化を貨幣価値に換算した値（社会便益）と政策実施に必要なあらゆる費用を貨幣価値に換算した値（社会費用）との差を比較する費用－便益分析と、便益を貨幣価値に換算せず必要な費用のみ、あるいは一単位あたりの費用を比較し最も安価な政策を選択するという費用－効果分析とが存在する。

2-5. パフォーマンス・マネジメント

この考え方は、最近行政評価等の略語で日本に紹介されたものである。その考え方は、政策の成果と効率性を定期的に測定することである。具体的には、政策の目的・目標・成果を明らかにし、成果を測定する指標と数値目標を決定し、定期的な指標値の収集により、当初の数値目標がどれだけ達成されたかを評価し、今後の実施改善などの意思決定に利用する仕組みである。

3. ロジック・モデルによる対応評価

本研究での評価手法としてセオリー評価を用いる。評価の最終成果物はロジック・モデルの作成である。このモデルとは、政策の流れである資源投入→生産活動→生産結果→利用活動→利用結果→改善効果を体系的に図示したものである。このモデルの作成により、必要な対策やそれに伴う改善効果が明らかにならない原因が明らかとなる。有珠山噴火によるJR貨物の対応から作成したロジック・モデルを図-1に示す。

3-1. 対応組織の設置

噴火直後、ただちに本社・北海道支社・現地の3ヵ所に対策本部が設置された。特に北海道支社の対策本部では、JR貨物とJR北海道との連携が図られた。

3-2. 被害状況の把握

被害状況は、CTCセンターで把握され、特に災害現場との連絡には携帯電話が有効活用され、またデジタルカメラによって現場の状況を映像で認識できる体制もとられていた。

3-3. トラック・船舶の保有状況

トラック輸送・船舶輸送の確保のために、各通運会社からトラック・フェリーを手配し、輸送能力の確保に努めた。しかし、年度末から年度初と重なり、噴火直後はトラックの確保が困難であった。また北海道発の輸送の

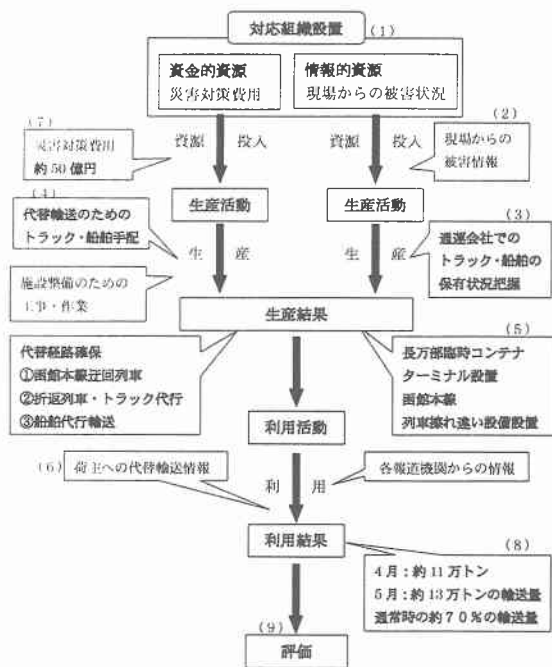


図-1 ロジック・モデルによる対応評価

場合、主に食品関係や農産物等期限が限定されている品目が多く、返品されたり輸送先の変更などを行なうなどの対応がとられた。

3-4. 代替輸送の確保

噴火による路線の不通は、噴火発生2日前の3月29日であったが、これは現地総合対策本部の強い要請と、当日現場付近での震度5の火山性地震発生によるものであった。

噴火に伴い、周辺の交通網は多大な影響を受けた。鉄道においては、3月29日夕方からJR室蘭線東室蘭―長万部間が不通となった。この区間は、鉄道貨物輸送にとって北海道―本州間の物流の大動脈であり、この長期の寸断により北海道経済に多大な影響を及ぼした。不通に伴い、JR貨物がただちに以下のような代替輸送経路を確保した。

- ①函館本線経由迂回列車
- ②トラック代行輸送・折返列車
- ③船舶代行輸送

3-5. 輸送力確保のための施設整備

噴火直後、五稜郭駅構内コンテナターミナルでの取扱量超過に伴い、長万部駅構内に臨時コンテナターミナルを設置した。これは、約1週間という短時間で開業した。また函館本線では、輸送力増強のために列車擦れ違い設備の設置も行なわれた。

3-6. 荷主・各報道機関への対応

噴火直後からの荷主に対する情報提供は、主要荷主に対し、状況の変化に伴い電話やファックスによって随時発信された。また新聞社等による被害状況の報道により、北海道における鉄道貨物輸送の重要性が再認識された。

3-7. 費用負担

噴火に伴い、代替輸送費や施設整備等に費用や輸送不可能となる貨物による減収などにより総額約50億円の損害額を計上した。JR貨物は、危機管理用の保険等が

用意されているが、災害時には適用されなく、補正予算の形であらかじめ準備されていた。

3-8. 噴火直後からの輸送実績

有珠山噴火からの各代替輸送の1日毎の輸送実績を図-1、2で示す。噴火当初は、迂回列車の輸送量が常に全体の約5割以上を占めていた。その後5月の連休以降は、トラックや船舶の確保がスムーズに行われ、トラック代行・折返列車が全体の7割程度を占めていた。

結局各代替輸送の総輸送量としては、4月が約11万トン、5月で約13万トンといずれも前年度同月比で約7割程度の輸送量であった。

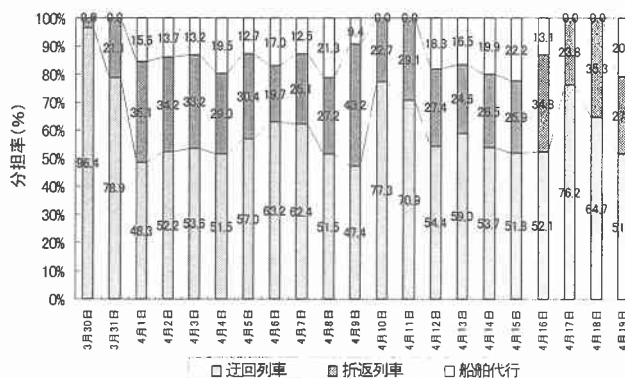


図-2 各代替輸送の機関分担率(上り)

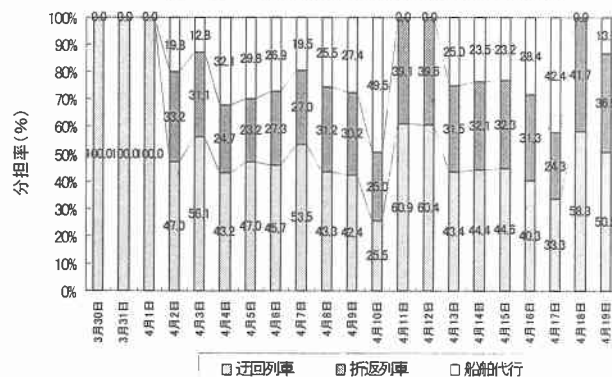


図-3 各代替輸送の機関分担率(下り)

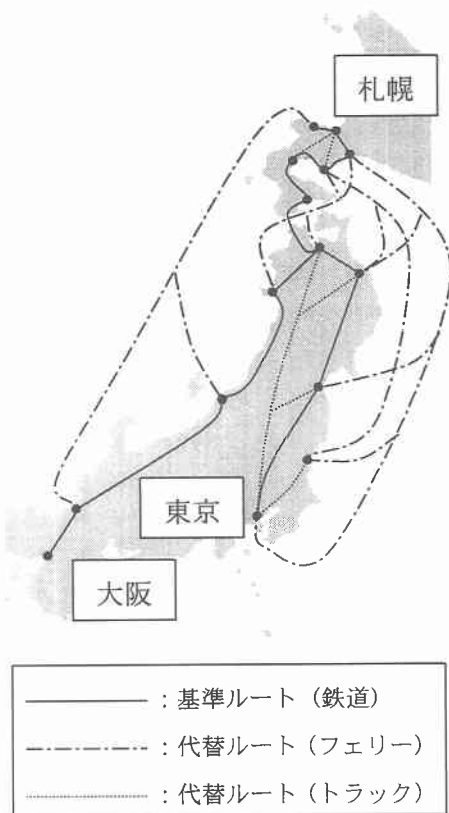
3-9. ロジック・モデルでの評価

有珠山噴火でのJR貨物の対応として、結果的に通常時の約70%程度の輸送力という結果であった。この原因は、生産活動における代替経路の提供過程にあったと考えられる。すなわち、代替経路を生み出す過程である各通運会社からのトラック・船舶の手配という方法に問題があったと考えられる。通常並みの輸送力確保を目標として行うリスクマネジメントであるので、代替経路の探索方法としてより理論的な方法を構築し、瞬時に経路を探索するシステムの構築を行う必要がある。

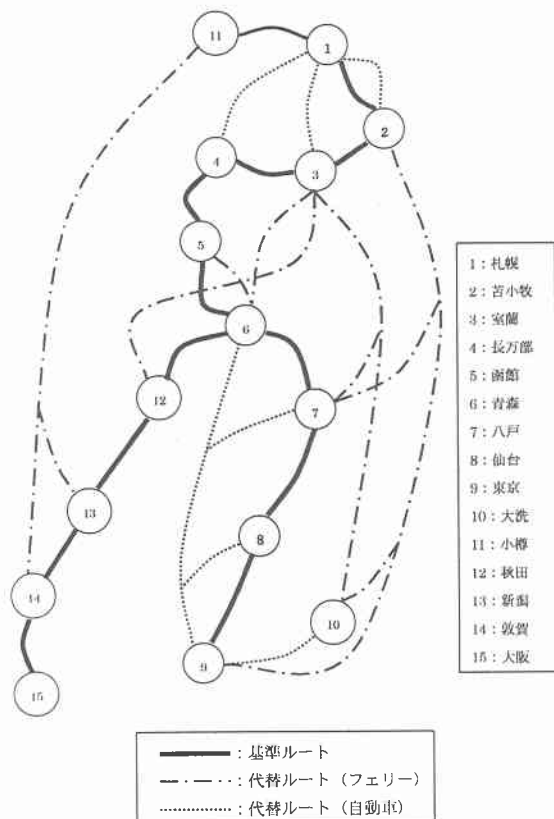
4. 最短経路探索による代替経路探索

本研究では、目標とすべき代替経路を求めるために交通ネットワークの最短経路問題を用いて、物流ネットワークにおける最短経路の探索を行った。本研究では、ダイクストラ(Dijkstra)法を用いた。

ダイクストラ(Dijkstra)法とは、ネットワーク上のある始点ノードから各ノードへの最短距離を求める方法で



図－４ 対象ネットワーク図



図－５ 対象都市ノード図

ある。具体的には、各ノードへの最短経路を始点ノードの周辺から１つずつ確定し、徐々に範囲を広げて最終的に全てのノードへの最短経路を求めていくものである。そのアルゴリズムを、以下に示す。

- ①始点ノードにつながる各ノードの交通抵抗を求め、最小となるノードを確定
- ②確定されたノードにつながるノードまでの交通抵抗を求め、この時点で計算されているノードの抵抗の中で最小値をもつノードをあらためて確定
- ③これを全てのノードが確定するまで繰り返す。

本研究においては、図－４のような対象ネットワークによって基準ルートの各リンク途絶時における交通抵抗が最小となる代替経路の探索を行なう。今回は、所要時間・運賃を交通抵抗として経路の探索を行った。

４－１．所要時間の設定

鉄道の所要時間については、現状の輸送状況から設定した。平成５年４月のデータによると、札幌（札幌タ）～東京（隅田川タ）間には下り５本、上り４本の直行列車ダイヤが設定されている。これらの列車の中で利用率が高いものを抽出し、その所要時間が最も望ましい時間であると仮定した。これらの列車の所要時間を時刻表から抽出し、それぞれの平均値を各リンク間の所要時間と判断した。札幌（札幌タ）～大阪（梅田）についても同様な基準で各リンク間の所要時間を設定した。

フェリーの所要時間については、各航路を就航させているフェリー会社の時刻表から所要時間を算出した。トラックの所要時間については、平均時速を５０ｋｍと設定して、リンク間の距離から所要時間を算出した。なおネットワーク内での輸送機関のシフトに伴う時間は、ダミーノードの設置により都市ノードとのリンクで考慮した。

４－２．運賃の設定

鉄道運賃については、コンテナ貨物の運賃計算例をもとに仮定した。発駅・着駅間の運賃計算距離を算出し、コンテナ貨物賃率表²⁾により運賃計算距離に基づく１トンあたりの所定賃率を求める。実際の運賃計算の際には、所定賃率に輸送貨物の重量をかけて運賃を算出する。本研究における運賃は、札幌から各リンク間までの距離にコンテナ貨物賃率表を対応させて各リンクまでの運賃を算出し、隣接２リンク間の運賃の差で各リンク間の運賃と設定した。

フェリー運賃については、まずその輸送実態を把握した。１９９７年度のフェリー利用貨物流動実態調査³⁾の中でトン数及び実車台数から１車平均積載重量を算出した結果が、表－１のようになる。この結果から、平均積載重量が１０～１２トン程度であるので、今回は１車平均積載重

表－１ １車平均積載重量（フェリー）

	北海道着	北海道発	差（発－着）
１９９１年度	１０.６５トン	１１.８７トン	１.２２トン
１９９７年度	１０.７８トン	１２.５０トン	１.７２トン
差（９７－９１）	０.１３トン	０.６３トン	０.５０トン

表－２ 北海道発着の車長別構成

車長区分	北海道着		北海道発	
	実数	構成比	実数	構成比
５ｍ未満	１０３	１.３	７８	１.０
５～７未満	１８９	２.３	２１７	２.７
７～９未満	６５６	８.１	７０８	８.８
９～１２未満	５９９２	７４.１	５６０３	６９.９
１２ｍ以上	１１４６	１４.２	１４０７	１７.６
合計	８０８６	１００.０	８０１３	１００.０

量を 11 トンと仮定する。

また車長別に分析した結果を見ると表-2 のようになり、北海道発・着共に 9m 以上の大型の車両が 8 割以上の割合を示している。よって今回は大型車を想定して、10m の車長を仮定する。

よって、フェリー運賃は車長 10m、積載重量 11 トンの車両を仮定し、各航路の運賃を 1 トンあたりの運賃に換算して提示した。

トラックの運賃については、時間制運賃の計算例を基に所要時間、移動距離を考慮して算出した。

以上のような仮定を踏まえて算出したデータを、表-3、4 に示す。

表-3 各リンク間での所要時間

基準経路(鉄道)		代替経路(フェリー)		代替経路(トラック)	
区間	所要時間(分)	区間	所要時間(分)	区間	所要時間(分)
札幌～苫小牧	55	室蘭～青森	420	札幌～苫小牧	60
札幌～苫小牧	54	函館～青森	220	札幌～長万部	170
苫小牧～室蘭	47	室蘭～八戸	480	札幌～室蘭	150
室蘭～長万部	73	苫小牧～八戸	340	青森～東京	730
長万部～函館	111	苫小牧～仙台	980	八戸～東京	850
函館～青森	165	苫小牧～大洗	1175	仙台～東京	370
青森～八戸	71	苫小牧～大洗	1200	大洗～東京	120
八戸～仙台	219	苫小牧～東京	1775		
仙台～東京	269				
青森～秋田	283				
秋田～新潟	318				
新潟～敦賀	472				
敦賀～大阪	160				

表-4 各リンク間での運賃

基準経路(鉄道)		代替経路(フェリー)		代替経路(トラック)	
区間	運賃(円/トン)	区間	運賃(円/トン)	区間	運賃(円/トン)
札幌～苫小牧	2090	室蘭～青森	4370	札幌～苫小牧	60
札幌～室蘭	2890	函館～青森	4200	札幌～長万部	180
苫小牧～室蘭	3360	室蘭～八戸	4470	札幌～室蘭	160
室蘭～長万部	4480	苫小牧～八戸	4910	青森～東京	770
長万部～函館	5810	苫小牧～仙台	8110	八戸～東京	690
函館～青森	8930	室蘭～大洗	10120	仙台～東京	380
青森～八戸	9090	苫小牧～大洗	10120	大洗～東京	130
八戸～仙台	12820	苫小牧～東京	12510		
仙台～東京	7360	苫小牧～秋田	4180		
青森～秋田	9910	小樽～新潟	6190		
秋田～新潟	13650	小樽～敦賀	8840		
新潟～敦賀	14480				

札幌～小樽間:1720円(33.8km)

4-3. 最短経路探索結果

以上の所要時間・運賃の仮定をもとに、基準経路の各リンクの不通を仮定した際の最短経路の探索を行った。まず札幌から東京・大阪への鉄道路線の各リンクにおける不通を想定し、その代替経路としての最短経路を探索した。その結果を表-5 に示す。また、先の海峡線脱線事故による不通になった貨物列車に対して、代替経路を提示した。その結果を表-6 に示す。

表-5 各リンク途絶時の交通抵抗最小経路

	所要時間		
	途絶区間	最短経路	所要時間(分)
東京方面	札幌～苫小牧	1→4→5→6→7→8→9	1115
	苫小牧～室蘭	1→4→5→6→7→8→9	1115
	室蘭～長万部	1→2→7→8→9	1207
	長万部～函館	1→2→7→8→9	1207
	函館～青森	1→2→7→8→9	1207
	青森～八戸	1→2→7→8→9	1207
	八戸～仙台	1→2→3→4→5→6→7→9	1416
大阪方面	仙台～東京	1→2→3→4→5→6→7→8→9	1300
	青森～秋田	1→11→14→15	1595
	秋田～新潟	1→11→14→15	1595
	新潟～敦賀	1→11→14→15	1595
	運賃		
	途絶区間	最短経路	運賃(円)
東京方面	札幌～苫小牧	1→4→5→6→7→8→9	13380
	苫小牧～室蘭	1→2→7→8→9	12890
	室蘭～長万部	1→2→7→8→9	12890
	長万部～函館	1→2→7→8→9	12890
	函館～青森	1→2→7→8→9	12890
	青森～八戸	1→2→7→8→9	12890
	八戸～仙台	1→2→3→4→5→6→7→9	14050
大阪方面	仙台～東京	1→2→3→4→5→6→7→8→9	13740
	青森～秋田	1→11→14→15	11390
	秋田～新潟	1→11→14→15	11390
	新潟～敦賀	1→11→14→15	11390

八戸～仙台的7→9、仙台→東京の8→9はトラック輸送

表-6 海峡線脱線事故での代替経路

所要時間		
列車番号	最短経路	所要時間(分)
8052 (札幌～東京タ)	1→2→3→4→5→6→7→8→9 (5→6はフェリー)	1264
2050 (札幌～宮城野)	1→2→3→4→5→6→7→8 (5→6はフェリー)	995
3062 (札幌～越谷タ)	1→2→3→4→5→6→7→8→9 (5→6はフェリー)	1184
3050 (札幌～東京タ)	1→2→3→4→5→6→7→8 (5→6はフェリー)	995
4090 (札幌～大阪タ)	1→2→3→4→5→6→12→13→14 →15(5→6はフェリー)	1878
3086 (札幌～名古屋タ)	1→2→3→7→8→9→名古屋タへ (3→7はフェリー)	*1134
運賃		
列車番号	最短経路	運賃(円)
8052 (札幌～東京タ)	1→2→3→4→5→6→7→8→9 (5→6はフェリー)	15490
2050 (札幌～宮城野)	1→2→3→4→5→6→7→8 (5→6はフェリー)	11760
3062 (札幌～越谷タ)	1→2→3→4→5→6→7→8→9 (5→6はフェリー)	15490
3050 (札幌～東京タ)	1→2→3→4→5→6→7→8 (5→6はフェリー)	11760
4090 (札幌～大阪タ)	1→2→3→4→3→2→12→13→14 →15(2→12はフェリー)	14660
3086 (札幌～名古屋タ)	1→2→3→7→8→9→名古屋タへ (3→7はフェリー)	*13050

*:ネットワーク内での所要時間・運賃

この結果から、特に道内の各リンクでの不通の際には、東京方面では、苫小牧～八戸間のフェリーの利用が、大阪方面へは小樽～敦賀間のフェリーの利用が所要時間・運賃の両面において有効であるという結果を得られた。よって有珠山噴火の際にも、この経路が有効に活用されれば、より効率的な輸送活動を行うことが可能となったと考えられる。しかしこれらの結果は、所要時間・運賃の指標による探索であり、各輸送機関における輸送量を考慮した際にどの経路が有効であるかはまだ判断できない。輸送量を考慮した最短経路の探索結果は、講演時に提示する。

5. 代替経路提供の問題点と改善の必要性

本研究では、交通ネットワークの最短路問題を用いて鉄道貨物輸送の不通に伴う代替経路の探索方法を確立した。災害や事故等によって鉄道輸送に不通が発生した際には、本来このようなシステムを用いて代替経路を提供すべきであるが、有珠山噴火の事例からも分かるように各通運会社から使用可能なトラック・船舶の提供を受けることで代替輸送を行っているのが現状である。特に鉄道貨物輸送は、時間的制約がある品目を多く輸送している。そのため災害や事故等による鉄道輸送の不通の際には、より効率的な輸送を可能とすることを目的とした、代替輸送を探索するシステムの確立が求められる。

参考文献

- 1) 龍慶昭、佐々木亮:「政策評価」の理論と技法、多賀出版
- 2) 運輸省認可、貨物運賃と各種料金表 '98、交通日本社・刊
- 3) 2000 J R 貨物時刻表、日本貨物鉄道株式会社
- 4) 季刊 物流開発 1998 夏・秋号 No. 49、財団法人北海道物流開発研究センター
- 5) 河西朝雄: C 言語によるはじめてのアルゴリズム入門、技術評論社