

交通事業者の緊急時資産退避行動の有効性分析

Effectiveness of emergent vehicle relocation policy of a transportation service provider

森合 一輝*

Kazuki MORIAI

*地域計画学/被災地支援研究室（指導教員：奥村誠 教授）

2019 年 10 月の台風 19 号豪雨による千曲川の洪水によって北陸新幹線長野車両基地が浸水し、120 両の新幹線車両が被災し廃車処分となり、直接被害額は約 150 億円に上る。本研究では、洪水等のリスクに直面する交通事業者が資産退避行動を行うか否かを分析するモデルを構築する。マキシミン戦略、期待利得最大化戦略により事業者の意思決定構造を分析する。さらに北陸新幹線長野車両基地浸水の事例を対象に、災害時の事業者のリスク認識、対応の妥当性を分析する。

Key Words: 洪水, 資産退避, 期待利得, 営業損失, 意思決定構造

1. はじめに

2019 年 10 月の台風 19 号豪雨による千曲川の洪水によって北陸新幹線長野車両基地が浸水し、120 両の新幹線車両が被災し廃車処分を余儀なくされた。車両の直接被害額は約 150 億円に上るとされている。これを受けて、鉄道、バスなどの移動可能な資産を持つ交通事業者は、被災の可能性に対応して安全な場所に資産を移動させる「資産退避行動」を計画しておく必要性が認識された。東日本大震災発災直後のバス事業者の退避行動の過程を明らかにした既往研究¹⁾では、退避にあたった従業員の家用車流失に対する補償は充分でなかったことが分かり、退避行動が適切であったかと疑問を残した。退避行動中の危険性や様々な損失を踏まえた、洪水等のリスクに直面する交通事業者が資産退避行動を行うか否かを分析するモデルを構築する必要がある。

2. 意思決定構造の想定

1) 意思決定プロセス

本研究では、交通事業者が洪水災害による資産被災の可能性のある状況において、時間の推移に遡り、①洪水の危険性が最高となる時点（洪水発生予想時刻）、②災害が激化し資産退避行動が危険になる時点（退避行動終了時刻）、③資産退避行動の実施を事業者が決定する時点（意思決定時刻）の 3 時点を考える。なお③の意思決定は 1 回とは限らず複数回行われる可能性がある。意思決定時点における洪水発生確率を p とする。また意思決定が遅く、退避行動が可能な時間が短くなれば、対象資産の退避が終了しない可能性がある。このような状況を表現するため、退避行動の完了確率を q 、退避行動未完了時の資産の退避率を $\beta \leq 1$ とする。これらはいずれも、意思決定者が主観的に設定するものとする。

2) 損失額の設定

次に発生した状況に応じた損失額を想定する。まず、洪水被災による資産の損失額を A で表す。損失額は当該資産の再調達費用に加え、再調達までに営業が制約されることの影響を含める。一方、資産退避行動を実施するためには労力や電力が必要となる。ここでは

退避行動時間や作業の完了にかかわらず一定値と仮定して退避コストと呼び C で表す。また、退避行動を行うと資産が通常時と異なる場所に移動され、すぐに営業活動が再開できない状況が起こる。洪水が発生しなかった場合には営業開始の遅れによる機会損失が発生し、これを空振り損失と呼び B で表す。さらに、資産退避が完了せず安全性の低い場所で被災すると余分な損失を受けると仮定し、追加被害と呼び D で表す。

事業者の評価として、 $A > (B, C, D) \geq 0$ を仮定できる。これは、対象となる資産が高価であり、洪水による想定損失がより少ない費用を用いて回避できる可能性がある場合に資産退避行動が意味を持つことから、そのような場合を想定して分析を行うことを意味している。

退避行動の有無、完了、被災の組み合わせにより、図 1 に示す 6 通りの状況が発生し、それぞれの状況における利得が A, B, C, D を用いて計算できる。

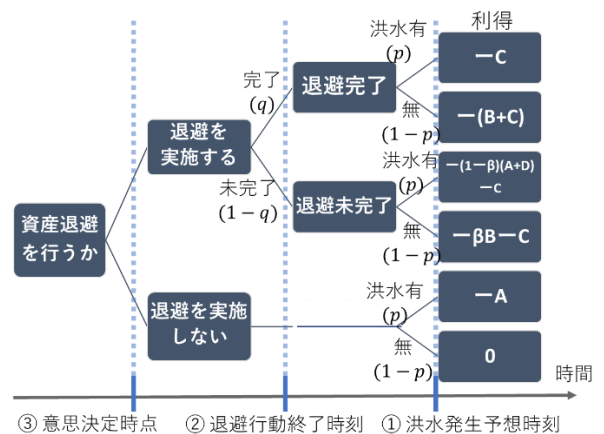


図 1 デシジョンツリーと利得

3. 交通事業者の意思決定分析

1) マキシミン戦略

まず、交通事業者が悲観的であり、最悪の状況の発生を考えて利得の大きい戦略（マキシミン戦略）を選択するケースを考える。退避行動を選択する場合の最小利得は $(p, q) = (1, 0)$ に対する $-(1 - \beta)(A + D) - C$ と $(p, q) = (0, 1)$ に対する $-(B + C)$ の小さい方で、

$A > (B, C, D)$ という仮定では前者が該当する可能性が高い。他方退避行動を選択しない場合の最小利得は q によらず $p = 1$ に対する $-A$ である。

結局 $(p, q) = (1, 0)$ における利得の比較となり、 $\beta > \frac{C+D}{A+D}$ ならば退避すべきで、 $\beta \leq \frac{C+D}{A+D}$ ならば退避すべきではないとなる。すなわち β , A が大きいほど、また B, C, D が小さいほど退避行動が選択される可能性が大きい。

2) 期待利得による意思決定

続いて交通事業者が、期待利得に基づき意思決定を行うケースを考える。退避行動実施時、非実施時それぞれの期待利得 E_1 および E_2 は以下のように表される。

$$E_1 = -p(1-q)(1-\beta)A - (1-p)\{q + (1-q)\beta\}B - C - p(1-q)(1-\beta)D \quad (1)$$

$$E_2 = -pA \quad (2)$$

$E_1 > E_2$ ならば退避行動を実施し、 $E_1 < E_2$ ならば実施しない。 $E_1 = E_2$ の境界線は式(3)で与えられる $p-q$ 平面上の双曲線で、その右上側が退避実施、左下側が非実施の領域となる。

$$q = \frac{1}{1-\beta} \frac{-\beta(A+B)+(1-\beta)D}{A+B+D} + \frac{(A+B+D)C+DB}{(1-\beta)(A+B+D)^2} \frac{1}{p - \frac{B}{A+B+D}} \quad (3)$$

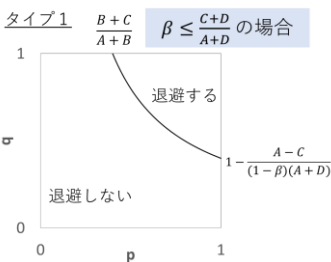


図2 タイプ1の境界線

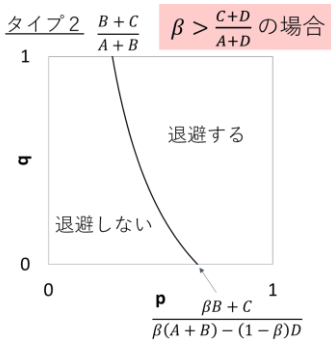


図3 タイプ2の境界線

行動が選択される。

4. 台風 19 号豪雨による北陸新幹線長野車両基地浸水事例の分析

災害による資産損失の事例として、2019 年 10 月の台風 19 号豪雨による、北陸新幹線長野車両基地の浸水を取り上げ、災害時の事業者のリスク認識、対応の妥当性の検証を行う。この事例での各パラメータの値を、新聞記事、企業公開のファクトシート等から表1のように推定した。なお、千曲川の氾濫は10月13日

表1 北陸新幹線車両浸水事例におけるパラメータ値

パラメータ	推定したパラメータ値
資産の損失額A	約 257 億円
空振り損失B	約 2.85 億円
退避コスト	約 2370 万円
追加的被害D	約 14.8 億円
退避率β	0.5

午前 1 時 30 分頃発生し、その時刻を①洪水発生予想時刻とする。また、日常的な通常運行が終了する午前 0 時を②退避行動終了時刻と仮定する。

推定したパラメータ値を式(3)に代入し、有効数字3桁で処理すると以下の境界線の式(4)が求められ、グラフは図4となる。

$$q \approx -0.892 + \frac{2.84 \times 10^{-3}}{p - (1.03 \times 10^{-2})} \quad (4)$$

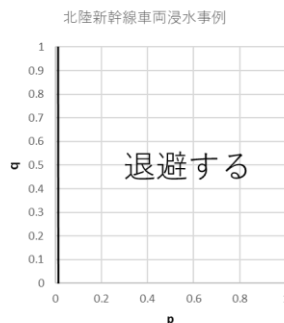


図4 北陸新幹線長野車両基地浸水事例の境界線

境界線は q 軸に極めて近く、ほとんどの場合退避行動が選択されるべき状況だと分かる。

気象庁による台風 19 号の情報は、10 月 9 日に西日本から東日本へ上陸の注意喚起が広く発信されたが、洪水予測は関東や東北に絞られてゆき、長野市を含む地域に大雨特別警報が発表されたのは、10 月 12 日 16 時 30 分であり、この時点までは事業者は p を低く認識していたと考えられる。

しかし図4から、この10月12日16時30分の時点においても、退避行動を選択することが有効であったことが分かる。

このことから、交通事業者は退避行動の有効性を認識し、事前に退避計画を策定するなどの準備が必要であることが示唆される。なお、本事例以降、多くの事業者が資産退避計画を進めている。

5. おわりに

本研究では、交通事業者による資産退避行動の意思決定をモデル化し、資産価値や各種の費用の大きさが判断にもたらす影響を分析して資産退避行動の有効性を確認した。今後の課題として、一般市民を含む社会全体の期待利得最大化を目的とする意思決定モデルへの拡張や、一般市民の自家用車退避による道路混雑などを考慮したモデルの構築が挙げられる。

参考文献

1) 佐藤良太, 谷口綾子: 東日本大震災における路線バス運行現場の災害応急対応, 実践政策学 2(1), pp.37-44, 2016.

(2020 年 2 月 5 日提出)