

民間企業の防災投資における投資判断と 資本コスト

熊谷 善彰・藤原 浩一

概要

本稿では民間企業が防災投資を実行するか否かの投資判断を正味現在価値を用いる方法に基づいて定式化する。災害リスクをキャッシュフロー・ジャンプの一種としてポアソン過程で表現した場合の防災投資の判断基準と、許容される最大額についての簡便な評価式を示す。この評価式は地震ライフサイクルコスト法において供用期間を無限大にし、資産価格をDCF法で求めた場合に相当している。この防災投資の最大額は企業の（災害リスクを除いた）資本コストに依存しており、（災害リスクを除いた）資本コストの大きい企業ほど防災投資の最大額が小さいことが示される。

キーワード： 防災投資, キャッシュフロー・ジャンプ, 正味現在価値, 資本コスト

はじめに

企業の将来キャッシュフローへの影響という観点から防災投資は研究開発投資と同様の構造を持っている。どちらも不確定の確率的な事象が発生するとそれ以降、投資を実行しない場合と比較して企業の将来キャッシュフローが上方にジャンプする。熊谷・藤原 [2012] では研究開発投資の成功に起因するキャッシュフロー・ジャンプについてジャンプをポアソン過程により記述することで、経済的価値の評価を試みた。本稿では同様の手法で地震などの災害によるキャッシュフローのジャンプに備えて企業が行う防災投資について分析する。

近年、企業のリスクマネジメントの一環として防災投資の重要性が認識されるようになった。災害発生時の被害を最小化し、早期に通常業務に復帰して事業を継続するための「事業継続計画」(BCP)の作成も普及している。2003年には企業が災害時事業継続計画を策定する上でのガイドラインが内閣府中央防災会議によって公表された。さらに2006年から日本政策投資銀行が防災への取り組みが積極的な企業に対して金利を優遇する融資制度を導入した。

従来、社会資本・民間資本の維持管理に関しては供用年間における総費用の期待値を最小化

するライフサイクルコスト（LCC: Life Cycle Cost）を用いる方法が一般的である（Chang and Shinozuka [1996], 中村・宇賀田 [2009]）。この方法では防災投資の費用とそれにより減少するリスクとの費用対効果によって最適な防災投資の水準を決定することになるが、対象となる資産から得られる便益あるいは収益を評価に入れていないという点が限界とされている。本稿における定式化はライフサイクルコスト法において割引率を用いて毎年の期待損失を現在価値に割り引き、かつ資産の価値をDCF法で時価評価することで資産から得られる便益あるいは収益を考慮に入れたものとなっている。

資産から得られる便益あるいは収益を繰り入れたモデルとしては、資産から将来に亘って発生する収益と防災投資を含めた諸費用を現在価値に割り引いて合計した正味現在価値が正になる確率を指標として用いる確率論的DCF法がある（中村・星谷・望月 [2004]）。将来のキャッシュインフローあるいはキャッシュアウトフローを確定値として与えて正味現在価値を求める場合、キャッシュフローの不確実性に対するリスクプレミアムを割引率に上乘せし、本来確率変数であるキャッシュフローについては期待値を用いることで割引率に対して正味現在価値が確定値で求められる。ここに災害による損失の確率分布を与えると割引率の関数として正味現在価値が正になる確率が得られる。防災投資の実施前と実施後で期待損失の確率分布が変化することにより正味現在価値が正になる確率も変化する。災害の発生など確率変数で表される事象の確率分布の形に結果が依存するのでより詳細な分析が行われるが、本稿の定式化では災害発生のモデルとして最も基本的な斉時（定常）ポアソン過程を使用することにより、分布の形については捨象している。

本稿では、第2節でキャッシュフロー・ジャンプに注目した防災投資の判断基準を災害発生が斉時ポアソン過程に従うとの仮定の下で定式化する。第3節ではこの判断基準に基づいて企業が防災投資の実施を判断する場合の防災投資に与える企業の資本コストの影響について簡単な数値例を示す。

2 キャッシュフロー・ジャンプと防災投資

企業が投資判断においては、現時点で必要な投資金額と将来得られるであろうキャッシュフローが比較される。このとき将来のキャッシュフローは現在価値に割り引く必要があり、将来のキャッシュインフロー、キャッシュアウトフローをそれぞれ現在価値に割り引いて合計した正味の現在価値がプラスの投資を実行することで企業価値は増加する。正味現在価値の考え方は債券投資・株式投資などの金融資産への投資、不動産など実物資産への投資の場合にも適用可能である。このとき割引率は安全資産金利にキャッシュフローの不確実性に応じたリスクプレミアムを上乘せしたものをを用いる。

ここである事象の発生によりキャッシュフローがゼロになるリスクを考える。事象の発生がポアソン過程に従うと仮定すると、ポアソン過程のパラメータ（強度） $\lambda(t)$ は単位時間当たりの発生回数を表し、強度が一定の場合が斉時ポアソン過程である。毎年一定のキャッシュフロー π を生み

出す資産について割引率を ρ として求めた現在価値は π/ρ である。強度 λ の斉時ポアソン過程に従う事象の発生以降このキャッシュフローがゼロになる場合、この資産の現在価値は $\pi/(\rho+\lambda)$ となる（Dixit and Pindyck [1994]）。債券について考える場合、これは発行企業のデフォルトのリスクであり、デフォルトが発生したときの回収率が0%であるとき、債券から発生するキャッシュフローを割り引く割引率はデフォルトを考慮しない場合の割引率 ρ にデフォルトの強度 λ を加えた $(\rho+\lambda)$ になる。

研究開発に対する投資の場合、開発成功の事象をポアソン過程で表すと、デフォルトの場合と逆のケースになる。このとき事象が発生するとそのときからキャッシュフローが発生する。このため研究開発の成功を強度 λ のポアソン過程で表し、開発成功の時点以降、毎年キャッシュフローが π 発生するとした場合、研究開発の現在価値は割引率を ρ として

$$\frac{\pi}{\rho} - \frac{\pi}{\rho + \lambda}$$

となる。（熊谷・藤原 [2012]）

本稿では防災投資を同様の枠組みで考察する。防災投資が対象とする災害の発生がポアソン過程に従っていると仮定する。例えば地震の場合、「全国地震動予測地図」においては過去の最新活動時期と活動間隔が知られている震源については更新過程で、最新活動時期が不明な震源についてはポアソン過程でモデル化している（地震調査委員会 [2014]）。防災投資をしていない場合は災害の発生時点で設備等が損害を受け、企業のキャッシュフローは減少する。防災投資を実施していればこのキャッシュフローの減少はなかったことを考えると、防災投資の効果は研究開発と同様にポアソン過程に従う事象が発生した時点以降のキャッシュフローが増加することである（図1参照）。防災投資はキャッシュフローが落ち込まないですむことであるのに対し、研究開発投資の場合はキャッシュフローが増加するという違いはあるが、どちらも投資を行っていない場合に比べて、当該事象が発生した時点以降にキャッシュフローが増加している点で同じである。ただし、ポアソン過程の強度の推定については災害発生の場合と研究開発の成功の場合では大きな違いがある。災害の発生確率は過去のデータからある程度予測が可能であるのに対して、研究開発の成功の確率は現実には予測が極めて困難である。

防災投資がない場合、災害リスク以外のリスクによる割引率 ρ に加えて災害発生の強度 λ を加えた $\rho+\lambda$ を新たに割引率として計算するので現在価値に割り引いた資産の価値は $\pi/(\rho+\lambda)$ となる。防災投資によって災害リスクが完全に消滅した状態の資産の時価評価は毎年利息としてキャッシュフロー π が支払われる永久債の理論価格と同様であり、 π/ρ となる。この差額である資産価格の増分は

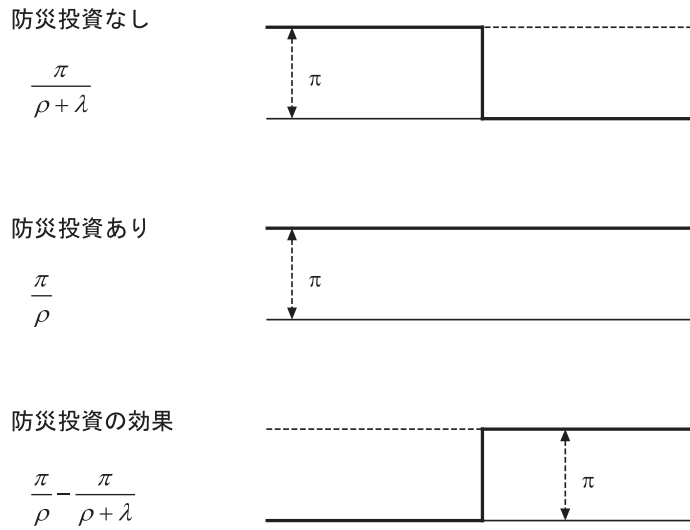


図 1

$$\frac{\pi}{\rho} - \frac{\pi}{\rho + \lambda} = \frac{\pi \lambda}{\rho(\rho + \lambda)} = \frac{\pi}{\rho + \lambda} \cdot \frac{\lambda}{\rho} \quad (1)$$

であり、これが防災投資にかかる費用 I を上回っている限り、その上回った分だけ企業価値は増加することになる。このため企業価値を増加させる投資のみを実施するという判断基準に基づいて防災投資の実施を決めた場合の投資判断の条件は

$$\frac{\pi}{\rho} - \frac{\pi}{\rho + \lambda} - I > 0 \quad \text{i.e.} \cdot \frac{\pi}{\rho + \lambda} \cdot \frac{\lambda}{\rho} > I$$

となる。

このモデルは最も単純なケースであり、現実には一つの資産からのキャッシュフローはゼロになるのではなく、何割か減少するという場合がほとんどである。しかし、資産価格を災害によりキャッシュフローがゼロになる部分とそれ以外の部分という形で分割して考えることで本稿のモデルを適用できる。

企業は災害で損害を受けた資産を復旧してキャッシュフローを早期に回復させるように復旧作業を行うであろう。この復旧に必要な費用が復旧によって見込まれるキャッシュフローの増分の現在価値よりも小さければ、復旧によりかえって企業価値が減少することになり、正味現在価値が正になる投資のみを行うという観点から復旧を断念する可能性もある。いずれにせよ災害発生後の復旧計画実施の判断については現時点で防災投資を実施するか否かの判断とは切り離して分析する。

地震ライフサイクルコスト（Seismic Lifecycle Cost; S-LCC）の考え方では設備の供用期間を設定し、その期間に推定される損失の期待値を累計していく。耐震性能の向上のために現時点で費用がかかるが、以降の損失の期待値は耐震性能の向上により低くなる。供用期間が短ければ期待損失の累計額が防災投資の費用を上回るため補強は必要ではなかったことになる。将来の損失の期待値を合計するに当たっては現在価値に割り引く必要がある。

個々の家計の判断の場合は居住計画期間など比較的短いタイムホライズンを設定して、防災投資による期待便益、すなわち軽減される期待損失を居住計画期間にわたって合計して防災投資の費用を上回るときに防災投資を実施するという判断している場合が多いことが指摘されている（Kunreuther [1996]）。

資産の価格が収益還元法により、資産から得られる将来のキャッシュフローを現在価値に割り引いた値に決まっていると仮定すると、LCC法で供用期間を無限大として無限の将来に亘って期待損失の現在価値を合計する場合が本稿における方法と等しくなる。将来のキャッシュフローを π 、災害の発生確率を λ 、この災害のリスク以外のリスクを考慮した割引率を ρ とおいて、防災投資を実施しない場合の資産の価値は $\pi/(\rho+\lambda)$ となる。この資産から得られるキャッシュフローが災害発生時点以降ゼロになる、すなわち災害発生によりこの資産の価値がゼロになると仮定すると、期待損失は災害の発生確率 λ をかけて $\pi\lambda/(\rho+\lambda)$ である。本稿では災害発生を斉時ポアソン過程で記述しているので、この期待損失は毎年同一の値である。防災投資を実施することによって毎年のこの期待損失が発生しなくて済むのであれば、防災投資の価値はこの期待損失を現在価値に割り引いて合計した額となる。このときの割引率を ρ として供用期間を無限大として和をとると

$$\frac{\pi\lambda}{\rho+\lambda} \cdot \frac{1}{(1+\rho)} + \frac{\pi\lambda}{\rho+\lambda} \cdot \frac{1}{(1+\rho)^2} + \frac{\pi\lambda}{\rho+\lambda} \cdot \frac{1}{(1+\rho)^3} + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\pi\lambda}{\rho+\lambda} \cdot \frac{1}{(1+\rho)^i} = \frac{\pi\lambda}{\rho(\rho+\lambda)}$$

のように式(1)と等しくなる。

3 防災投資の判断基準と資本コスト

図2には毎年一定額のキャッシュフロー π を産み出すが災害が発生するとその時点以降はキャッシュフローがゼロになる資産について、災害の発生確率が0%から4.0%へと変化したときに資産価格がどう変化するかを示している。資産価格はそこから発生するキャッシュフローを現在価値に割り引くことで求める。災害リスクが認識されていない状態においては毎年キャッシュフロー π が永久に得られる状況なので、資産の時価評価は π/ρ となる。図2では π/ρ を100として、災害の発生確率 λ が新たに判明したときの資産の価値を $\pi/(\rho+\lambda)$ により計算している。割引率 ρ が異なっても当初の資産価格 π/ρ が等しくなるように毎年のキャッシュフロー π を調整しており、例えば割引率 ρ が2%の場合は毎年のキャッシュフロー π は2、 $\rho = 10\%$ の場合は $\pi = 10$ とすることで、どちらも資産価格は $\pi/\rho = 2/0.02 = 10/0.1 = 100$ としている。

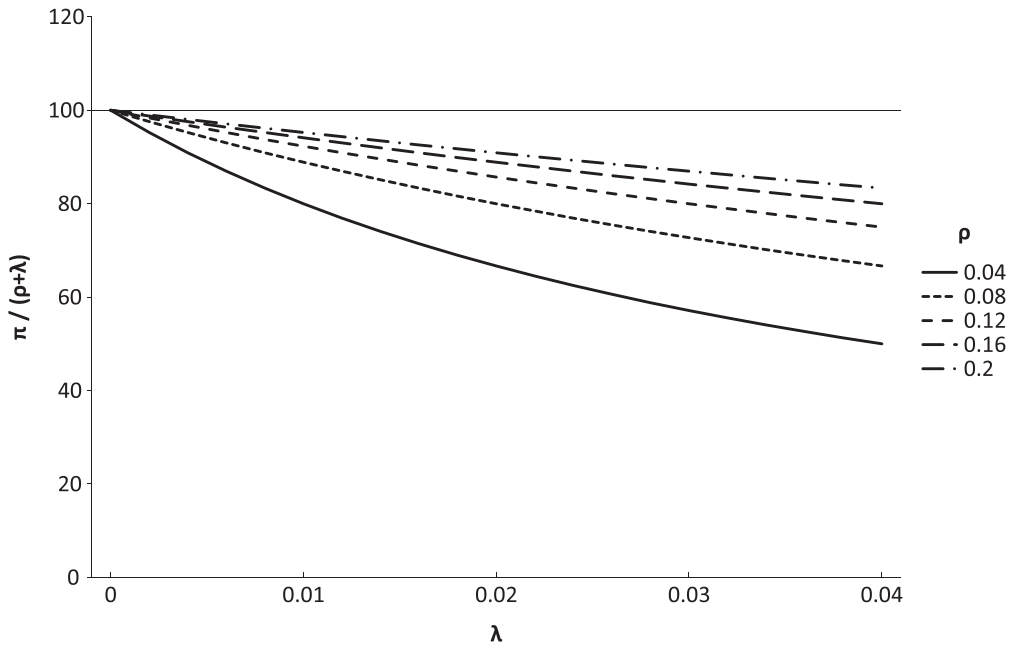


図 2

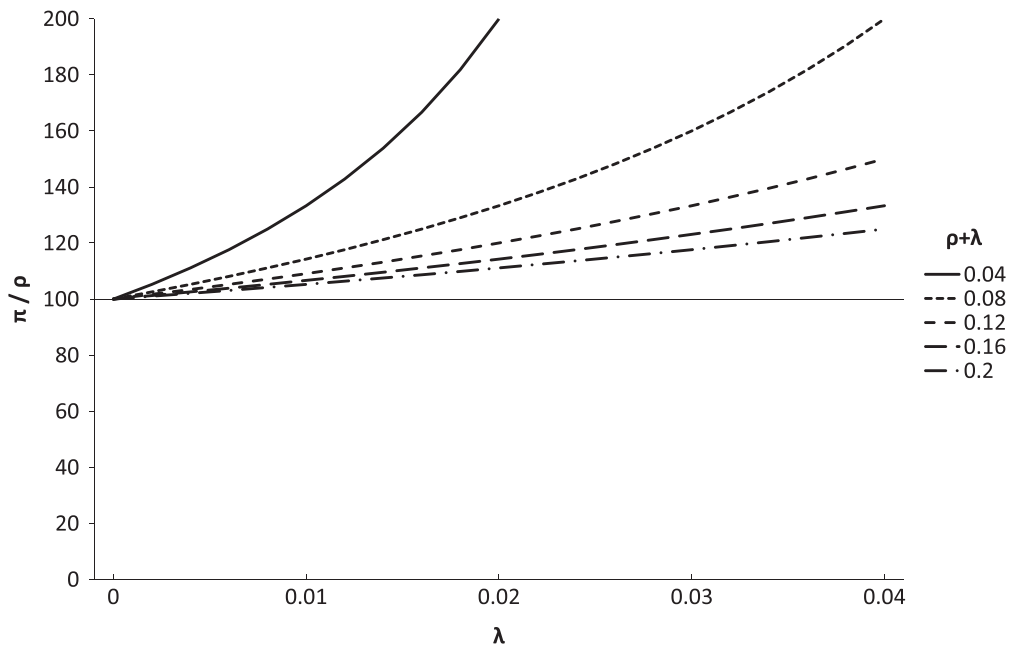


図 3

図3では現時点で災害リスクを含めた割引率 $\rho + \lambda$ で資産価格を評価している場合について防災投資の効果を示した。現時点での価格が $\pi / (\rho + \lambda)$ の資産が、防災投資によって割引率が災害リスクに相当する λ だけ下がり ρ になった場合、資産の価格は π / ρ に上昇する。図3では現時点での資産価格 $\pi / (\rho + \lambda)$ を100として、0%から4.0%の災害の発生確率に対して防災投資実施後の資産価格 π / ρ を示している。災害リスクの軽減幅、すなわち割引率の低下幅 $((\rho + \lambda) - \rho = \lambda)$ が大きくなるほど時価評価した資産の額の増加幅は大きくなる。式(1)は正味現在価値が正の投資のみを実行するという投資基準の下で防災投資にかかる費用の上限を表しているが、式から明らかなように防災投資の対象となる資産の現在価値 $\pi / (\rho + \lambda)$ が等しい場合であっても、(災害リスクを除いた)割引率 ρ が高い企業ほど防災投資にかかる費用の上限は小さくなる。図3では資産価格 π / ρ が100を上回った部分 $(\pi / \rho - 100)$ が防災投資の効果であり、この金額が当該資産にかかわる防災投資にかけてよい費用の上限である。

政府の地震調査委員会による2014年度「全国地震動予測地図」では、相模トラフでの地震発生リスクを新たに盛り込んだ結果、関東での発生確率の上昇が目立った。震度6弱以上の地震が今後30年間に発生する確率は関東の県庁所在地では最も高かった横浜が78.1%、ついで千葉72.6%、水戸70.2%と続いている。また東南海地震の発生が懸念される地域には大きな変化はなかったが高知の70.1%、徳島の68.9%から南海トラフ東端の静岡で66.2%と高い値となっている。

この確率を強度の変化しない斉時ポアソン過程を仮定して強度に置き換えると、30年以内に70%の確率の場合、 $0.7 = 1 - (1 - \lambda)^{30}$ を解いて $\lambda = 0.0394$ 、50%の確率の場合は $\lambda = 0.0228$ 、30%の場合は $\lambda = 0.0118$ 、となる。

次に、災害リスクを除いた割引率 ρ について検討する。公共事業の社会的インフラの場合、国土交通省が費用便益分析に用いる割引率は4%である(国土交通省[2008])。民間企業の場合、一般に投資判断の際の割引率として使用する値は企業毎に異なる。全く新しい分野に参入する場合を除いて、通常、その企業の資本コストが用いられる。

民間企業の資本コストは、株主の要求収益率と債権者の要求収益率を株式と負債の割合で加重平均した平均資本コストである。さらに実務上は負債による法人税の節税効果を表す項 $(1 - t)$ を付けた以下の定義が加重平均資本コスト(WACC; weighted average cost of capital)として広く使用されている。

$$WACC = \frac{D}{D + E} r_D (1 - t) + \frac{E}{D + E} r_E$$

ここで D は負債(時価)、 E は株式時価総額、 r_D は負債コスト、 r_E は株主資本コスト、 t は実効税率である。(ただし、節税効果を表す項 $(1 - t)$ については、株主資本コストに既に含まれている節税効果の二重計算になっているため、資本コストをこの式で定義することには理論上疑義がある

(辻 [2002])。一例として久保田・竹内 [2008] の推計結果を見ると、東京証券取引所一部上場企業（金融業を除く）の（負債の節税効果の項を含む）加重平均資本コストは2.664%から6.893%の間に半数が入り、平均は4.915%、また業種毎の平均では海上輸送7.128%、鉄鋼6.728%、機械6.581%、輸送機械6.511%に対して、電力・ガスの1.274%、航空輸送1.708%、通信1.727%、陸上輸送2.558%と業種による違いが大きい。

これらの資本コストは情報が完全であれば災害リスクも既に考慮に入れているはずである。毎年一定のキャッシュフローが予想される企業を仮定し、（災害リスクを除いた）資本コスト ρ とすると、キャッシュフローの $\alpha \times 100\%$ （ここで $0 \leq \alpha \leq 1$ ）が発生確率 λ の災害発生により失われる場合、この部分については $\rho + \lambda$ で割り引くが、それ以外の部分（全体のキャッシュフローの $(1 - \alpha) \times 100\%$ ）は ρ で割り引くことになる。この場合の加重平均した割引率は $\rho + \alpha\lambda$ となり、上で紹介した個別企業の資本コストはこの値に対応することになる。つまり、災害リスクを除いた資本コスト ρ を求めるには全体の資本コストから $\alpha\lambda$ を差し引かなければならない。 $\alpha\lambda$ の大きさは企業ごとに異なるが、上記の例からも企業間の資本コストの差は災害リスクの差だけでは説明できず、災害リスクを除いた資本コスト ρ も業種ごと、企業ごとに異なることが示唆される。

以上のように（災害リスクを除いた）資本コスト ρ は企業毎に異なるが、式(1)あるいは図3から分かるように、防災投資の対象となる資産の現在価値 $\pi/(\rho + \lambda)$ が等しい場合であっても、（正味現在価値が正の投資のみを実行するという投資基準の下で）防災投資にかかる費用の上限は（災害リスクを除いた）資本コスト ρ に依存しており、資本コストの高い企業ほど防災投資にかかる費用の上限は小さくなる。

4 結 語

本稿では民間企業が防災投資の投資判断を正味現在価値が正の投資のみを行うという基準、すなわち企業価値が増大する投資のみを行うという基準で行った場合に、企業の（災害リスクを除いた）資本コストの大きさによって防災投資にかかる費用が異なり、（災害リスクを除いた）資本コストの高い企業ほど防災投資が小さくなる可能性があることを指摘した。

一般に企業の投資判断においては将来のキャッシュフローを現在価値に割り引いた値から投資にかかる費用を差し引いた正味現在価値が正の案件のみを実行する。この正味現在価値法が上記のように防災投資にも適用される場合、企業の（災害リスクを除いた）資本コストが企業毎に異なるため、同一の災害における同一の損害額を生じる資産に対する防災投資でも企業毎に投資額が異なり、（災害リスクを除いた）資本コストの高い、すなわちより収益リスクの高い企業ほど防災投資にかかる費用が小さくなる。このこと自体は企業が企業価値を最大化した結果であるが、この企業の営業活動に社会全体への何らかの外部効果が存在する場合は公的に支援等が必要とされる。

さらに各企業の相互依存関係について考慮すると、いわゆるサプライネットワークが破壊されるなどにより、ある企業の損害は他の企業の災害発生時以降の経済活動に支障をもたらす。他の経済

主体への影響については業種毎、企業毎に異なることが予想される。外部への影響が非常に大きいにもかかわらず、（災害リスクを除いた）資本コストが高いために防災投資の水準が低くなり、社会全体から見ると過小投資になっている場合も考えられる。私企業が企業価値を最大化するため正味現在価値が正の投資しか実行しない場合、社会全体として適正な水準よりも防災投資が過小になる可能性があることを考慮すると特に社会的インフラについては政策的な措置が必要とされる。また、災害による死傷者などの人的損害についてもキャッシュフローに影響しない部分については考慮されていないので別途検討が必要である。

キャッシュフロー・ジャンプの考え方を既存の設備に対する防災投資だけではなく、将来の投資計画へ災害リスクの与える影響に拡張すること、現実の統計データにおいて（災害リスクを除いた）資本コストと防災投資に関連があるか、それが社会的に過小な水準かについての実証分析は今後の課題としたい。

【参考文献】

- Chang, S. E. and M. Shinozuka [1996] "Life-Cycle Cost Analysis with Natural Hazard Risk," *Journal of Infrastructure System*, Vol.2, No3, Sep. 118-126
- Dixit, A. K. and R. S. Pindyck [1994]. *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press.
- Kunreuther, H. [1996] "Mitigating Disaster Losses through Insurance," *Journal of Risk and Uncertainty*, 12: 171-187
- 久保田敬一・竹原均 [2008] 加重平均資本コスト推定上の諸問題, 経営財務研究, 27, 2-25
- 熊谷善彰・藤原浩一 [2012] キャッシュインフロー・ジャンプの評価モデル, 学術研究第61号—人文科学・社会科学編一, 261-270
- 国土交通省 [2008] 『費用便益分析マニュアル』
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 [2014] 『全国地震動予測地図 2014年版』
- 辻幸民 [2002] 『企業金融の経済理論』創成社
- 中村孝明・星谷勝・望月智也 [2004] 地震リスクを考慮した確率論的 DCF 法による資産価格とマネジメント, 土木学会論文集 No.752/I-66, 169-178
- 中村孝明・宇賀田健 [2009] 『地震リスクマネジメント』技報堂出版