



## 東日本大震災による鉄道事業者の地震リスク移転に関する財務影響度評価

山田秀樹<sup>1)</sup>、矢代晴実<sup>2)</sup>、大峯秀人<sup>3)</sup>、吉川弘道<sup>4)</sup>

1) 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社

e-mail : h.yamada@tokiorisk.co.jp

2) 正会員 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社 工博

e-mail : h.yashiro@tokiorisk.co.jp

3) 株式会社建築構造研究所

e-mail : hideto.omine@bsi-2010.co.jp

4) 正会員 東京都市大学 工学部 都市工学科、教授 工博

e-mail : hyoshika@tcu.ac.jp

### 要約

地震による鉄道事業の財務影響度を考察するため、公開情報である2013年3月までの3ヶ年計画に基づき算出した企業価値と、地震の影響を考慮して試算した企業価値の比較を行う。また、地震に関する保険による地震リスク移転の効果を、企業価値への影響金額により評価する。さらに、保険以外の地震リスクマネジメント手法に関し、地震発生による財務への影響度合いをもとに、鉄道事業者における地震リスクマネジメントの取組、及び、地震リスクマネジメント手法の導入による費用対効果に関する考察を行う。なお、本研究は、鉄道事業者の公開情報から考察を行った。

キーワード：地震リスクの移転、地震リスクファイナンス、企業価値

### 1. はじめに

東日本大震災によりA鉄道会社(以下「A社」という。)は、震動では約5,500箇所、津波では約1,680箇所<sup>1)</sup>で被害が生じ、2011年3月期決算において物的損失587億円を計上した。また、地震による列車の運行不能により、2011年3月期の鉄道運輸収入は420億円減少した。首都圏の鉄道事業者は、計画停電や、消費者の外出控えなどの影響により、B社で11億円、C社で18億円、D社で8億円の利益が減少した。

本研究では、公開情報により地震による鉄道事業の財務影響度を考察するため、2010年4月に公開された2013年3月までの3ヶ年計画をもとに算出した企業価値と、地震の影響を考慮し筆者らが試算した2012年3月期、及び2013年3月期の決算内容に基づく企業価値を比較し、東日本大震災による財務影響度、及び、地震に関する保険による地震リスク移転の効果を、企業価値への影響金額により評価する。また、保険以外の地震リスクマネジメント手法に関し、地震発生による財務への影響度合いをもとに、首都圏の鉄道事業者における地震リスクマネジメントの取組、及び、地震リスクマネジメント手法の導入による費用対効果に関する考察を行う。

## 2. 東日本大震災による A 社の財務影響度評価

### 2.1 フリー・キャッシュ・フローを用いた企業価値評価

企業価値の評価手法は、貸借対照表の資産及び負債を時価評価し、その差額を企業価値とする純資産方式、自社と同じ業種のPER・EBITDA等を指標として評価する類似会社方式、及び、企業の将来キャッシュ・フローを加重平均コストで割引ことにより評価する割引キャッシュ・フロー方式などがある。本研究では、地震による複数年の企業活動の影響を評価するため、フリー・キャッシュ・フロー（以下「FCF」という。）を加重平均資本コスト（以下「WACC」という。）で割引ることにより測定する。

WACCは、有利子負債による調達コストと自己資本コストの加重平均であり、式(1)により算出される。調達コストは、支払利息を有利子負債の期首期末平均で除して算出、自己資本コストは、個別の株式に対する市場の期待収益率であり、式(2)により算出される。企業価値Vは、将来のFCFを、WACCにより現在価値に割引ることにより評価し、算出式は式(3)となる。

$$WACC = \frac{D}{D+E} \times rD \times (1-T) + \frac{E}{D+E} \times rE \quad (1)$$

D：負債総額  
E：株式時価総額  
rD：調達コスト  
T：法人税率  
rE：自己資本コスト

$$E(Ri) = Rf + \{E(Rm) - Rf\} \quad (2)$$

E(Ri)：個別株式 i の期待収益率  
Rf：無リスク資産の期待収益率  
 $\beta$ ：株式市場に対する個別株式 i の感応度  
E(Rm)：株式市場の期待収益率

$$V = \sum_{k=1}^n \frac{FCF_k}{(WACC)^k} \quad (3)$$

FCF<sub>k</sub>：第k期のFCF

株式市場の期待収益率を3.0%、無リスク資産の期待収益率を1.0%、 $\beta$ を0.7とし、A社の2011年3月期の財務内容をもとにWACCを算出すると2.02%となる。企業が事業を行う際のコストがWACCであるため、A社は、有利子負債と自己資本の合計金額の投資により、WACCを上回る利回りの事業を行うことが要求される。言い換えれば、WACCを基準として、A社の収益性の判断、または、新規プロジェクトへの投資の可否の判断が可能となる。

#### 2.2.1 東日本大震災以前に公表された3ヶ年計画<sup>2)</sup>に基づく A 社の企業価値

3ヶ年計画では、2010年3月期の営業利益3,448億円が、3年後の2013年3月期には4,100億円となる目標が示されており、3ヶ年の営業利益の平均伸び率は約6%である。営業CFの伸びが、営業利益の伸びと同程度とし、設備投資等は3年間均等に支出されとした場合に、2013年3月期までの3ヶ年のFCFは、674億円、993億円、1,333億円となり、企業価値は式(3)により、2,869億円と算出される。

## 2.2.2 A社の震災後の企業価値評価

A社の2011年3月期決算は、東日本大震災により物的損失587億円を計上、列車の運行が出来なくなるなど鉄道運輸収入が420億円減少し、営業CFは5,088億円、投資CFは4,331億円、FCFは757億円となった。また、震災の影響により2012年3月期の売上高は25,260億円、営業利益は3,470億円、当期純利益は1,030億円、設備投資は3,660億円となることを公表し、2010年4月に掲げた3ヶ年計画は取り下げた。2012年3月期決算の会社予想、及び、2013年3月期決算の試算に基づくFCF及び企業価値を、震災前との比較で表1に示す。

表1 震災前後のFCF及び企業価値

	[単位：億円]			
	2011年3月期	2012年3月期	2013年3月期	企業価値
震災後	757	1,457	523	2,633
震災前	674	993	1,333	2,869

震災前後でのFCFの差異は、設備投資額と営業利益の変動によるものである。震災前の3ヶ年計画では、毎年4,667億円の設備投資を予定していたが、震災後の投資抑制の意思決定により、2012年3月期の設備投資額は3,660億円にまで抑制された。2012年3月期の営業CFも当初の3ヶ年計画と比べ小さくなると予想されるが、設備投資額の抑制効果が大きく、2012年3月期における震災後のFCFは、震災前の3ヶ年計画のFCFを上回る結果となる。一方、震災の影響で、収益拡大を企図した設備投資が減額されたため、2013年3月期の営業利益は、3ヶ年計画で目標とされていた4,100億円には及ばず、3,520億円に留まると想定される。震災による収益力の低下に起因した営業CFの低下により、震災後の2013年3月期のFCFは、震災前のFCFを大きく下回る。震災前の3ヶ年計画のFCFより算出した企業価値は2,869億円、震災後の3ヶ年のFCFに基づく企業価値は2,633億円である。従って、震災により減少した企業価値は236億円となる。

地震リスクへの対応策の導入による費用対効果は、導入費用と地震発生後の企業価値の毀損の減少度合いを比較により測定が可能となる。

## 2.2.3 A社における地震リスク移転の効果

公開情報によるとA社は、地震により損壊した構造物の復旧に要する費用を対象とし、填補限度額710億円、免責金額100億円の地震に関する保険により、地震リスクを移転していた。地震に関する保険の保険金は、損害保険会社との間で損害額が確定した後に支払われるため、2011年12月末時点で、受取保険金の額は明らかではない。

地震リスクの移転効果を測定するために、2013年3月期に地震による保険の保険金710億円の受取が生じるという条件で算出した震災発生後のFCFと企業価値を表2に示す。なお、リスク移転無の場合の2011年3月期のFCFは、地震に関する保険の付保に要する保険料の支払が不要となり、表1の震災後のFCF、及び、表2のリスク移転有の場合のFCFより大きくなる。

表2 地震リスク移転の有無と震災後のFCF及び企業価値

	[単位：億円]			
	2011年3月期	2012年3月期	2013年3月期	企業価値
リスク移転有	757	1,457	1,233	3,302
リスク移転無	777	1,457	523	2,652

震災の影響及び地震に関する保険による地震リスクの移転を考慮した企業価値は3,302億円となり、地震に関する保険による地震リスクの移転効果は650億円に相当する。しかし、保険金の受取は、事業の収益性とは無関係であり、地震リスクの移転効果を次年度以降も継続させるためには、受取保険金を有利子負債の返済に充てるのではなく、収益獲得のための新たな投資に振向けることが必要である。



CATボンドの発行時には、まず、地震リスクなどの巨大リスクの移転を企図する企業等（以下「発行体」という。）が、特別目的会社（以下「SPC」という。）を設立する。SPCは、地震リスクが顕在化した際に、元本が毀損するという条件が付与された債券を、投資家向けに発行する。債券に投資された資金は、発行体やSPCから独立した信託勘定で運用される。

当初設定された要件に合致した地震が発生した際には、債券は強制的に償還され、投資家の元本は毀損され、発行体に決済金が入金される。

### 3.1.2 A社の発行したCATボンド

A社は、2007年10月にCATボンドの発行により、首都圏の地震リスクを移転した。CATボンド発行の目的は、地震発生時の利益及び手元流動性資金の確保である。

CATボンドは期間5年、元本2.6億米ドルであり、東京駅を中心に半径40kmの内周円、半径70kmの外周円の中で、マグニチュード7.0以上の地震が発生した際に、決済金を受取ることとなる。決済金は、特別利益としてFCFを増加させるため、地震に関する保険と同様に地震発生後の企業価値を高める効果を有する。投資家から見た元本の毀損要件を表3に示す。また、CATボンドの発行を、地震により減少する売上高や人件費等の固定費を補填する目的であると捉えた場合に、A社の発行したCATボンドの元本2.6億米ドルが、A社の鉄道運輸収入、及び、人件費の何日分に相当するのかを表4に示す。

表3 元本毀損の要件・割合

マグニチュード	内周円の中で発生した場合	内周円の外・外周円の中で発生した場合
7.7以上	100.0%	100.0%
7.6	100.0%	75.0%
7.5	100.0%	50.0%
7.4	100.0%	37.5%
7.3	100.0%	25.0%
7.2	75.0%	12.5%
7.1	50.0%	-
7.0	25.0%	-
7.0未満	-	-

表4 CATボンドによる売上高・費用等のカバー度合い

関東圏在来線の定期外の鉄道運輸収入	11日分の収入に相当
鉄道事業にかかる人件費	15日分の人件費に相当
（参考）東日本大震災の鉄道収入の減収額420億円	49%に相当

A社の首都圏での鉄道運輸収入や人件費の規模を勘案すると、2.6億米ドルのCATボンドの発行のみでは、事業中断リスクの移転としては充分ではなく、他の地震リスクマネジメント手法も併せて採用する必要がある。そのため、以下に、コンティンジェント・エクイティ・プットとコンティンジェント・コミットメント・ラインの検討を行う。

### 3.1.3 コンティンジェント・エクイティ・プット

予め定めたマグニチュードを超える地震が発生した際に、投資家が新株を引受ける仕組みをコンティンジェント・エクイティ・プットという。新たな株式の発行による払込金が、地震による損失に伴う純資産の減少額を小さくするとともに、手元流動性を高める効果を有する。一方、地震の発生という株式を発行する企業にとって悪条件下での新株の発行であるため、投資家に非常に有利な条件設定がなされ、また、A社に対し数百億円から一千億円程度の資金提供を許容できる投資家の募集にも課題が残る。さ

らには、特定の投資家へ新株割当てにより、既存株主の権利の希薄化が生じる。

コンティンジェント・エクイティ・プットによる地震リスクの移転は、発行条件、投資家の募集、既存株主の権利の希薄化など課題が多く、A社が当スキームを採用することはないであろう。

### 3.1.4 コンティンジェント・コミットメント・ライン

地震発生を契機として使用が可能となる融資枠、または、地震が発生し、企業の信用リスクが高まった際にも使用可能な融資枠を、コンティンジェント・コミットメント・ラインという。通常のコミットメント・ラインは、融資枠契約に付帯する「不可抗力条項」により、銀行が融資の申し入れを断ることが可能であるが、コンティンジェント・コミットメント・ラインには、この不可抗力条項はないため、地震発生により増加する運転資金、復旧資金等の調達を可能とする。

コンティンジェント・コミットメント・ラインによる手元流動性の確保が、復旧工事への着手の早期化、事業停止期間の短縮を可能とし、地震発生後の売上高の減少額を小さくする効果を生じさせる。コンティンジェント・コミットメント・ラインは、営業CFの減少額を低減し、地震発生による財務基盤の毀損度合いを減少させる効果を有するといえる。

A社の鉄道運輸収入に占める関東圏の在来線の運輸収入の割合が68%、新幹線の運輸収入の割合が27%であるため、関東圏で大規模地震が発生した際の財務基盤への影響は大きいといえる。従って、A社は、東京湾北部地震等が発生した際に必要となる資金の額を試算し、自社の格付等への影響、主要金融機関が同時に被災することによる金融市場の状況を勘案し、コンティンジェント・コミットメント・ラインの必要性の判断を行うべきであろう。

## 3.2 耐震補強投資

地震リスクの低減を目的として耐震補強投資が実施された際の財務影響度評価のプロセスを検討する。

### 3.2.1 公開情報に基づく耐震補強投資による財務影響度評価の困難性

耐震補強投資は、設備投資計画の項目の一つとして公表されることが多く、耐震補強投資の対象物・地域・金額等の特定は困難であった。例えば、A社が公表した2009年度設備投資計画においては、2009年度設備投資額3,600億円のうち、高架橋耐震補強などの地震対策を含めた「安全対策・安定輸送投資」は1,700億円であるとされている。従って、どの路線の高架橋が耐震補強の対象であるか、耐震補強に要する金額はどの程度であるか、耐震補強投資により復旧期間はどの程度短縮されるか等、地震リスクの低減を目的とした耐震補強投資による地震発生後の財務影響度の評価を、公表情報のみに基づき行うことは困難であった。

### 3.2.2 東日本大震災後の高架橋柱の復旧状況と首都直下地震対策としての耐震補強投資

A社は、東日本大震災後、数回に分けて設備の復旧状況を公表している。新幹線の高架橋柱等の損傷箇所は、2011年3月18日時点で約100箇所あったものが、3月28日には100%復旧している。また、4月7日の余震により新たに約20箇所損傷が生じたが、4月17日時点で、その約70%の修復が終了している。在来線では、橋梁・高架橋の損傷が約120箇所あったが、4月6日までに約100箇所の修復が終了した。4月7日の余震により約30箇所が損傷し、4月7日時点では約50箇所の被害箇所が存在したが、4月17日には、その約95%が復旧している。

また、「首都直下地震に備えた耐震補強対策等の着手と地震観測体制の強化<sup>3)</sup>」において、首都直下地震に備え、南関東エリアの新幹線及び在来線の高架橋柱約6,730本、山手線・中央線など9線区の盛土・切取約8km、無筋コンクリート・レンガ積・石積の橋梁約60基、鉄桁約120橋梁、駅・ホームの天井約10箇所の耐震補強を実施、工事費は約520億円、新幹線は3年間で完了を目途とし、在来線は早期完了を目指すとしており、耐震補強投資の対象・金額・期間を示している。

### 3.2.3 高架橋柱の耐震補強投資による財務影響度評価

東日本大震災後の高架橋柱の復旧状況、A社による南関東エリアの高架橋柱の耐震補強投資計画、野口らによる鉄道ラーメン高架橋を解析対象とした地震復旧費用の算定結果<sup>4)</sup>を用い、耐震補強投資の有

無による A 社の財務影響度評価のプロセスを、2015年3月末に東京湾北部地震が発生するという条件の下で示す。

Phase

2013年3月期から2016年3月期まで年度ごとのFCFの推計

A社の2012年3月期決算、2013年3月期業績予想をもとに、2016年3月期までの4ヶ年のFCFを推計する。



Phase

耐震補強投資の対象となった高架橋柱の位置、投資金額、耐震補強投資の有無による東京湾北部地震による損壊度合いの設定

A社の耐震補強投資計画の対象となる路線をもとに、耐震補強投資の対象となる高架橋柱の位置を推定し、投資金額を算出する。

また、既往の研究<sup>4)</sup>から、東京湾北部地震の際の耐震補強投資の有無による高架橋柱の損傷度合いを設定する。



Phase

高架橋柱の損壊度合いに応じた復旧日数、復旧費用の設定

A社の東日本大震災の復旧状況から、損壊度合いに応じた復旧日数を設定。また、既往の研究から、損壊度合いに応じた復旧費用を設定する。



Phase

2013年3月期から、2015年3月期までの耐震補強投資によるFCFの減少額を算出

A社の耐震補強投資が、2013年3月期から3ヶ年で均等に実施された際の各年度の投資金額を当初推計したFCFより減じ、耐震補強投資によるFCFの減少度合いを評価する。



Phase

2015年3月末に東京湾北部地震が発生した際の復旧費用を、耐震補強投資実施の有無により算出

Phase において設定した損壊度合い、Phase において設定した損壊度合いに応じた復旧費用から、耐震補強投資が実施されている場合と、実施されていない場合とに分けて、復旧費用の総額を算出する。



Phase

2015年3月末に東京湾北部地震が発生した際の列車運行停止期間を、耐震補強投資実施の有無により算出

Phase において設定した損壊度合い、Phase において設定した損壊度合いに応じた復旧日数から、耐震補強投資が実施されている場合と、実施されていない場合とに分けて、列車運行停止期間を算出する。



Phase

2016年3月期の売上高・営業利益の減少額を、耐震補強投資実施の有無により算出

2016年3月期の売上高・営業利益を、耐震補強投資が実施されている場合と、実施されていない場合とに分け算出し、各々の場合による2016年3月期のFCFを導出する。

Phase からPhase により、2015年3月末に東京湾北部地震が発生したという条件下で、耐震補強投資が実施された場合と、実施されない場合の2013年3月期から2016年3月までの4ヶ年のFCFが算出され、各年度のFCFの割引現在価値を比較することにより、耐震補強投資の有無による財務影響度を比較することが可能となる。

#### 4. まとめ

本研究では、公開情報から鉄道事業者の2010年4月から2013年3月の3ヶ年計画をもとにした企業価値と、地震の影響を考慮した2012年3月期及び2013年3月期決算に基づく企業価値を比較して、地震による財務への影響を明らかにした。その結果、地震リスクへの対応策の導入による費用対効果は、導入費用と地震発生後の企業価値の毀損の減少度合いを比較により測定が可能となること、及び、地震リスクの移転は、地震発生後の企業価値を保つ効果があるが、リスク移転効果を持続させるためには、受取保険金を収益獲得のための新たな投資に振向けることが必要であることを確認した。

また、地震リスクマネジメント手法導入に関する考察を行い、地震リスクの移転、地震発生時の手元流動性の確保が、地震発生後の財務基盤の毀損を小さくし、企業価値を維持する効果があることを検証した。最後に、東日本大震災後の公開情報と既往の研究を用いて、耐震補強投資による地震発生後の財務影響度評価の過程を示し、地震リスクファイナンスという金融対策と、耐震補強投資というハード対策の両者を財務影響度評価に組込む手法を提案した。

#### 参考文献

- 1) 東日本大震災による地上設備の被害と復旧状況について (<http://www.jreast.co.jp/press/2011/20110401.pdf>)
- 2) 2010年3月期決算説明会資料 (<http://www.jreast.co.jp/investor/guide/pdf/201003guide1.pdf>)
- 3) 首都直下地震に備えた耐震補強対策等の着手と地震観測体制の強化について (<http://www.jreast.co.jp/press/2011/20120305.pdf>)
- 4) 野口聡、落合康、服部尚道、前田欣昌、大滝健、吉川弘道：「鉄道ラーメン高架橋の地震被害解析と地震復旧費用の算定」第10回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集（2007年2月）

（原稿受理日：2012年3月30日）

（掲載決定日：2012年8月10日）

## **Financial impact on the measurement of earthquake risk transfer in railway company**

YAMADA Hideki <sup>1)</sup>, YASHIRO Harumi <sup>2)</sup>, OMINE Hideto <sup>3)</sup>  
and YOSHIKAWA Hiromichi <sup>4)</sup>

1) Tokio Marine & Nichido Risk Consulting co.,ltd

2) Member, Tokio Marine & Nichido Risk Consulting co.,ltd, Dr. Eng.

3) Build Structure Institute co.,ltd

4) Member, Professor, Tokyo City University, Dr. Eng

#### **ABSTRACT**

A Railway Company's valuation was reduced by ¥ 23.6 billion by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. The effect of seismic earthquake insurance risk transfer is equivalent to 65 billion yen. To decision-making earthquake insurance, CAT bond, seismic reinforcement of investment, it is necessary to evaluate the financial impact after the earthquake.

*Key Words: Seismic Risk Transfer, Risk financing, Valuation*