

6) 住宅・都市研究グループ

6) - 1 地震対策の普及促進を目的とする金融技術の開発【基盤】 Development of financial technology to drive investment in earthquake protection

(研究期間 平成 18~20 年度)

住宅・都市研究グループ

Dept. of Housing and Urban Planning

高橋雄司

Yuji Takahashi

I propose a financial product that compensates a building owner for physical earthquake protection cost unless a specified earthquake occurs. This security enables the owner to expend only when the trigger event happens. In exchange for the coverage, the building owner is required to deposit a principal, part or whole of which is lost in case of earthquake. The proposed security is expected to spur promotion of earthquake protection technologies in seismic regions. We develop a scheme to swap the cash flows with a regular catastrophe bond. Pricing formulas and numerical examples using an actual catastrophe bond are presented.

【研究目的及び経過】

地震による人的および経済的被害を軽減するためにも、建物の耐震性向上が重要である。しかしながら、耐震性能向上には追加費用が生じることが多い。本研究では、建物所有者を耐震性向上への投資に誘導するためのデリバティブ（派生商品）を提案し、その価格付け理論および数値事例を示す。

【研究内容】

本研究では、想定期間内に想定地震が発生しない場合、建物所有者に対して地震対策費用を返還するデリバティブを提案する。このデリバティブは、キャットボンドとのスワップにより組成できる。キャットボンドは一般に、保険会社が定期的にスプレッド（再保険料）を支払うことにより、地震が起きた際には投資家の元本の一部または全部を受け取る契約である。満期まで地震が起きない場合には、累積スプレッドに加え、元本が投資家に償還される。

図 1 は、建物所有者が、3,250 万円（うち 250 万円は免震工費）の免震住宅を 30 年ローンで建設する事例である。通常のローンと同様、銀行が建設資金 3,500 万円を貸し付け、建物所有者はローンを支払う。建物所有者は、契約開始時に、カバーしたい費用に比例する元本 $250 \times (N/C)$ 万円を預託する。その代わりに、想定規模の地震が発生するまで、あるいは満期（例えば 10 年間）を迎えるまで、保険会社から建物所有者にスプレッドが支払われ、これで地震対策のローン（11 万円/年）の一部あるいは全部をカバーする（図 1(a)）。

満期以前に想定地震が発生した場合、欠損率（LGD：Loss Given Default）×元本が保険会社に支払われ、残りの $(1-LGD) \times$ 元本が建物所有者に返還される。この時点で契約が解消される（図 1(b)）。LGD はマグニチュードに関する増加関数である。建物所有者は、大きな地震が発生するほど生命・財産の保全に対する地震対策の効果を強く認識し、元本の欠損を納得できる。

満期まで想定地震が発生しなかった場合には、定期的なスプレッドの支払いで地震対策費用（11 万円/年）がカバーされ、当初預けた元本も建物所有者に償還される（図 1(c)）。

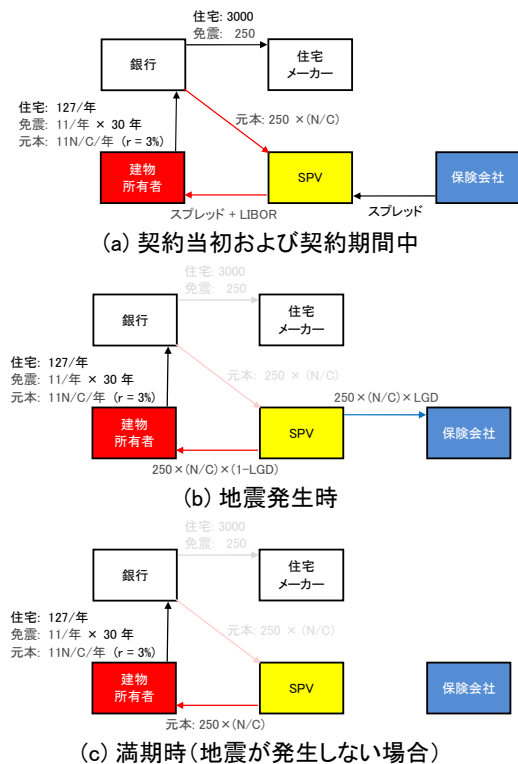


図 1 提案デリバティブの基本スキーム(単位:万円)

提案デリバティブの価格は、スプレッドと元本 (N/C) である。一般にキャットボンドは、取引相手の信用リスクを排除した CDS (Credit Default Swap) と等価であり、そのリスク中立スプレッド s_{RN} は(1)式で与えられる²⁾。

$$s_{RN} = \frac{E_0^Q [e^{-\int_0^T r(s) ds} \cdot LGD(N) \cdot 1_{\{r < r^*\}}]}{E_0^Q [\sum_{i=1}^N e^{-\int_0^i r(s) ds} \cdot 1_{\{r < r^*\}} + e^{-\int_0^T r(s) ds} \cdot (T-t) \cdot 1_{\{r^* < r < r_{i+1}\}}]} \quad (1)$$

CDS は企業倒産を原資産とするデリバティブであり、企業倒産のリスク中立確率モデルに基づくモンテカルロシミュレーションにより、(1)式の分子・分母を計算できる。一方、本研究では地震発生を原資産としているために、地震発生自体は市場取引資産ではないのでデリバティブは複製できず、リスク中立価格が存在しない。実用上は、

s_{RN} に定数を乗じることで投資家のリスクおよび蓋然性回避志向を考慮して、市場スプレッド s_{market} が決められる。

地震が発生せずスプレッド s_{market} が満期まで全額支払われる場合の正味現在価値を、総カバー額 C に均衡させる方程式を N/C について解くことができる。

$$\frac{N}{C} = \frac{1}{s_{market} \cdot \Delta \sum_{t=0}^{T-1} e^{-\delta t} r(t) dt} \quad (2)$$

図 2 は、市場スプレッド s_{market} と元本 (N/C) の関係を示したものである。 N/C は s_{market} に反比例する、つまり地震危険度が高いほど、元本が少なくて済むことを示している。

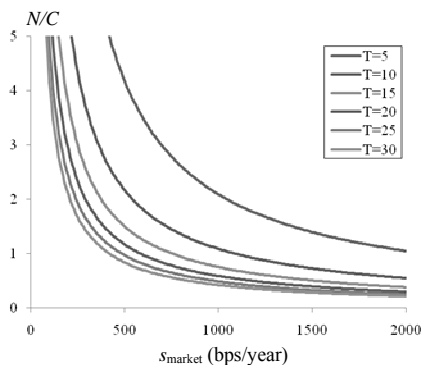


図 2 市場スプレッドと元本の関係 ($r=1.5\%$, $\Delta=0.5$ 年)

東京の地震を参照した既存のキャットボンド²⁾とのスワップを想定する。図 3(a)および図 4 にそれぞれ、キャットボンドのグリッドと LGD を示す。文献 3) からグリッド周辺の震源域を抽出し (図 3(b)~(d))、これらの地震発生確率モデルおよびパラメータを表 1 に示す。

表 1 のモデルおよびパラメータに基づくモンテカルロシミュレーションを行い、(1)式から s_{RN} を計算した結果を表 2 に示す。更に、市場スプレッド s_{market} が s_{RN} の 5 倍程度として、(2)式によって N/C を計算した。モンテカルロシミュレーションでは同時に、LGD の確率質量関数も計算した (図 5)。内側および外側グリッドの結果を比較することで、地震の発生確率が高いほど (建物所有者への償還確率が低いほど)、 N/C が小さいことがわかる。

【研究結果】

本研究では、地震が発生しなければ、建物所有者に対して地震対策費用を返還するデリバティブを提案した。金融工学に基づいて、その価格付け手法を定式化した。数値事例を実施し、地震発生確率が高いほど、建物所有者が預託する元本が小さくて済むことを示した。この価格特性は、地震危険度の高い地域において地震対策普及率を高めるという目的に適うものである。

【参考文献】

- Misani, M. 「2.3.3 実際の例: パラメトリック再保険会社」、保険リスクの証券化と保険デリバティブ、シグマベイスキャピタル、pp.68-75、2002.2
- Lando, D., 2004, “8.4 Pricing the default swap”, *Credit Risk Modeling*, pp.206-208, Princeton University Press.
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会 「分冊 1 確率論的地震動予測値図の説明」 2006.9

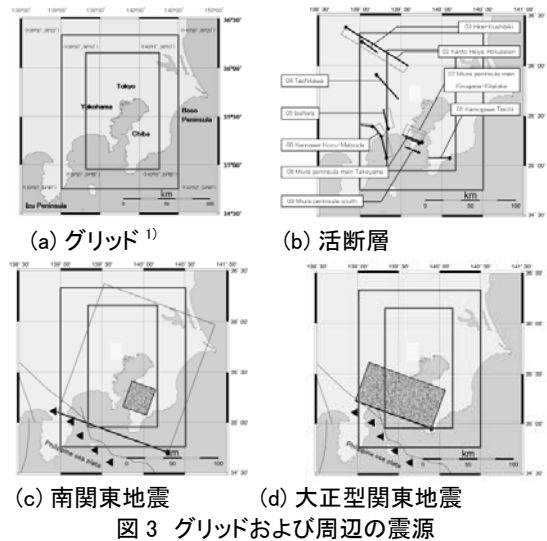


図 3 グリッドおよび周辺の震源

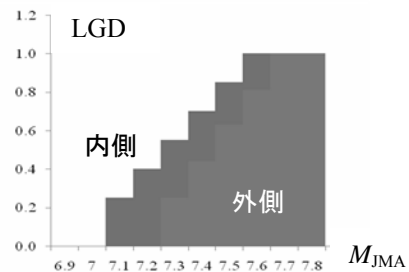


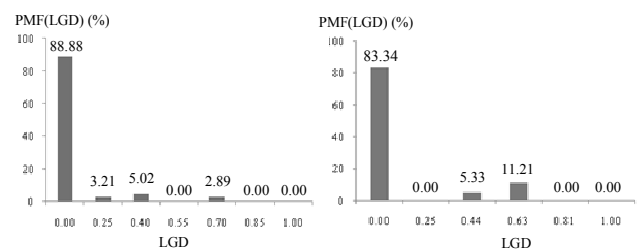
図 4 建物所有者の LGD (元本欠損率)¹⁾

表 1 地震発生確率モデルおよびパラメータ³⁾

名前	M_{JMA}	モデル	T (年)	α	t_0 (年)
鴨川低地	7.2	Poisson	7900	--	--
関東平野北西縁	8.0	BPT	13000	0.24	6200
平井一櫛引	7.1	Poisson	7000	--	--
立川	7.4	BPT	10000	0.24	20000
伊勢原	7.0	BPT	4000	0.24	1606
神繩一国府津一松田	7.5	BPT	800	0.24	906
三浦半島主部 衣笠一北武	7.2	BPT	1900	0.24	1506
三浦半島主部 武山	6.9	BPT	1600	0.24	2300
三浦半島南部	7.0	Poisson	1600	--	--
大正型関東	7.9	BPT	219.7	0.21	82.3
南関東	6.7-7.2	Poisson	23.8	--	--

表 2 スプレッド (bps) および N/C

グリッド	$E[L]$ ¹⁾	$E[L]$	s_{RN}	s_{market}	N/C
内側	44	50.43	52.63	250	4.32
外側	26	102.05	115.62	500	2.16



(a) 内側グリッド (b) 外側グリッド
図 5 LGD の確率質量関数