

防災投資の合意形成へのゲーム理論の応用と制度設計

中央大学理工学部土木工学科 ○学生会員 小泉大介
中央大学理工学部土木工学科 正会員 佐藤尚次

1、はじめに

老朽化住宅、既存不適合住宅の耐震補強が進まない状況下では、震災時の個人の負担が大きくなると予想されるが、同時に救援、避難者サポート、瓦礫撤去など公的負担も大きくなる。すなわち、個人の防災対策の有無は間接的に公共のリスクに影響する。

本研究では、ゲーム理論を用いた公共の制度設計の活用で耐震補強を促すことで、地震時の公共のリスクをより小さくするための一考察となることを目的とする。特にその中で公共の被災時コスト C_f の算定に重点をおいて調査したので、それを報告する。

2 基本理論

期待総費用最小化原則として

$$C_t = C_i + P_f \times C_f \quad \dots (1)$$

ただし、 C_t は総コスト、 C_i は初期コスト

P_f は被害確率、 C_f は被害時コストである。

この式は設計、あるいは補強、補修戦略の代替案どうしの比較を論ずるのは有効とされる。

一方、佐藤は¹⁾ ゲーム理論で用いられる利得表の概念の中に、 C_i と C_f を組み込み、一方のプレイヤーである個人の設計、補強代替案ごとに、対戦相手である「自然の」地震規模の確率の重みをかけて総和をとるという操作で、結果的に式(1)と同等の評価をしつつも、実際の個々の意思決定者の思考プロセスに近い形での判断材料を構造化することを試みた。

今回の研究テーマのように、直接プレイヤーの「個人」と間接プレイヤーの「公共」が存在する場合にも、このゲーム理論的アプローチは有効である。

しかし、個人の C_i 、 C_f が耐震補強費用と被害時の諸コストとして考えやすいのに対し、個人の防災投資の結果としての公共の C_f を評価するのは困難である。今回は、その点に重点をおいて調査を行った。

3、被害想定のアナケート

被害時コストを考える上でより現実的な値を用いるため、耐震補強が進まなかった際に公共の支出がどう見積られているかを把握したいと考え、地方自治体にアンケートを実施した。

内容は、1995年に発生した兵庫県南部地震と同じ規模の大地震がそれぞれの自治体近傍で発生した場合の被害想定と被害総額がどのようになっているか、「新耐震設計基準」を満たしていない建物をどのように扱っているかを質問した。

回答をいただいた自治体は

静岡県、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、宮城県、
和歌山県、三重県、徳島県、静岡市、浜松市、町田市、
小田原市、千葉市、船橋市、さいたま市、川崎市、岡崎市

人的被害、ライフラインの被害状況、建物の被害状況、焼失家屋の被害想定は具体的にされており、耐震補強の補助制度については、形は異なるが、どの自治体にも存在していた。しかし、詳しい被害額、救出・救助活動や医療救護活動、補助制度の効果についてはどの自治体も具体的に想定していなかった。

4、被害額の算出

「新耐震設計基準」を満たしていない建物が耐震補強をすることで、震災後の被害額が変化すると考えられる項目として、アンケート結果と目黒⁽²⁾の提案をもとに「家屋被害」、「家屋再建」、「仮設住宅建設」、「瓦礫撤去／処理」の4つをあげた。

「家屋被害」

総合建物被害総数

＝全壊＋半壊×0.5＋一部損壊×0.1＋床下浸水×0.1

建物被害率＝総合建物被害総数／合計建物棟数

・家屋被害額＝延床面積×建物被害率×評価額

キーワード：ゲーム理論、耐震補強、制度設計

連絡先：〒115-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科

「家屋再建」

新築費：木造で 15 万円/m²、非木造で 30 万円/m²

補修費：木造で 5 万円/m²、非木造で 30 万円/m²

- ・被害額＝全壊棟数×平均延床面積×新築費
＋半壊棟数×平均延床面積×補修費

「仮設住宅建設」

仮設住宅 1 棟の建設費は約 280 万円

- ・被害額＝仮設住宅数×280 万

「がれき撤去／処理」

処理建物 1 棟につき 327 万円

- ・被害額＝全壊建物×327 万

5、アンケート結果を用いたテーブル作成

前出の算定結果から、次の条件を設定した。

- ・対策費（Ci）

個人の負担—大 184、中 138、小 92、なし、0

- ・被害額（Cf）

個人の負担—大 2760、中 1150、小 150、なし、0

公共の負担—大 439、中 7、小 0、なし、0、

- ・設計供用期間—30 年

- ・被害確率（Pf）

Pf＝Pf①×Pf②とする。

地震年間発生確率（Pf①）

震度 7：0.004 震度 6：0.007 震度 5：0.04

被害選択率（Pf②）

＜震度7＞

被害規模

	大	中	小	なし
対策 レベル	0	55%	30%	15%
1	27%	28%	45%	0%
2	4%	11%	25%	60%
3	1%	3%	6%	90%

＜震度6＞

被害規模

	大	中	小	なし
対策 レベル	0	20%	25%	55%
1	10%	20%	45%	25%
2	2%	8%	15%	75%
3	0%	3%	5%	92%

＜震度5＞

被害規模

	大	中	小	なし
対策 レベル	0	1%	4%	70%
1	1%	2%	45%	52%
2	0%	0%	15%	85%
3	0%	0%	4%	96%

目黒が⁽²⁾提案する、地震発生後に個人に被害が生じた場合、あらかじめ一定以上の対策を施した場合に限って公共が負担するという制度を加えたものが下記の表である。

表2 テーブル

		対策大	対策中	対策小	なし
公共が負担する個人の被害	95%	185 24	143 95	112 408	
	70%	191 18	167 71	211 308	
	50%	196 13	186 52	291 229	
	30%	201 8	205 33	371 149	
	5%	207 2	229 9	470 49	
	0%	209 1	234 4	490 29	634 54

表2より、より効果の大きい耐震補強をするように促すためには、個人が対策大の場合は被害の 95%、対策中の場合は 30%、対策小の場合は 5%を公共が負担する制度が適しているとなった。

6、まとめ

- ・被害額など本研究で使った値の多くは、想定地震や被害率など多くの仮定のもとに成り立つもので必ずしも正確な値ではない。しかし、防災対策を考えるうえでは十分有効な値であると思われる。
- ・ゲーム理論を用いることで、より耐震性の高い補強へと導くことができた。
- ・耐震補強が進まない理由として、制度や技術的な面だけでなく、「情報の伝え方」もとても重要な要素となっていると考えられる

参考文献

- 1) 佐藤尚次、公・私・自然の三者ゲームとしての防災行動と制度設計、JCROSSAR2003 論文集、pp97～pp102、日本材料学会 2003
- 2) 目黒公郎、活用性の高い地震被害想定／支援システムに関する基礎的研究
(<http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/topics/incede.htm>)
- 3) 神戸市：「阪神・淡路大震災 神戸復興誌」
- 4) 各自治体ホームページ（東京都、静岡県、埼玉県、神奈川県、宮城県など）
- 5) 総務省消防庁

阪神・淡路大震災関連情報データベース

(<http://sinsai.fdma.go.jp/>)