

水害の浸水深と住宅取引価格変化の関係分析 —ハリケーン・サンディの被災地を対象に—

井上 亮¹・大津 颯²・井内 加奈子³

¹ 正会員 東北大学准教授 大学院情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)
E-mail:rinoue@tohoku.ac.jp

² 非会員 東北大学 大学院情報科学研究科 博士前期課程

³ 非会員 東北大学准教授 災害科学国際研究所 (〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉468-1)

近年、地球温暖化により大規模水害が頻発すると懸念されており、ソフト防災対策の強化も求められている。ソフト防災対策の成否は、住民が水害危険度を適切に認識しているかに依存するが、その実態は明らかではない。本研究は、住民が経験した水害の被災規模が危険度認識に与える影響を評価するため、詳細な浸水深データが整備されたニューヨーク市の沿岸部のハリケーン・サンディによる被災住宅地を対象に、不動産取引価格と浸水深の関係をヘドニック・アプローチを用いて分析した。その結果、浸水深の増加に伴う不動産取引価格下落が確認され、被害規模に応じた水害危険度認識形成の可能性が示唆された。

Key Words : *hedonic approach, change in residential prices, flood depth, Hurricane Sandy*

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響によって短時間の降雨量が増加傾向にあり、将来、水害が頻発する恐れが強いとされる¹⁾。地形や地質、気象など自然条件が厳しい日本では、国民の生命や財産を水害から守るため、より一層の防災性能強化が求められている。以前は、ダム・堤防・遊水地などの防災施設の整備によるハード防災対策が中心だったが、近年、それだけに頼った防災の限界が認識されており、ソフト防災対策の強化が求められている²⁾。

ソフト防災対策の一例である水害ハザードマップの公表は、地域の水害危険度に対する住民の認識の構築を図り、水害が迫った時点における早期避難や居住地選択時点における住宅の安全性評価を促すことが期待されている。しかし、水害切迫時の避難の遅れや、水害危険性が高い地域内の住宅開発や居住など、ハザードマップに示された水害危険性情報が行動に反映されていないと思われる事例は枚挙に暇がなく、住民の水害に対する危険性認識の構造は明らかではない。ソフト防災対策が有効に機能するには、住民が適正な水害危険度認識を有することが不可欠で、その構造を把握することが重要である。

この住民の水害危険性認識の定量的な把握を目指すアプローチの一つとして、これまで不動産物件の価格に着

目した分析が行われてきた。「住民の水害危険性に対する認識は、不動産市場における評価を経て、不動産物件の価格に反映される」との仮説の下、水害危険性が高い地域内外の物件の価格差や、水害発生を機とする被災地域内の物件の価格下落を分析し、住民の水害危険性認識の成因を探る研究が行われてきた。日本では不動産取引価格が一般公開されていないため、このアプローチによる研究³⁾⁴⁾は少ないが、不動産取引価格が一般に開示されている米国では、これまでに多くの研究が行われてきた⁵⁾¹⁰⁾。ハザードマップに記された100年・500年確率浸水地域を危険地域として設定した分析を通して、その内外の価格差の存在や発災に伴う価格の下落⁷⁾、更には水害からの時間経過に伴う価格の回復⁸⁾⁹⁾が確認されている。

しかし、これまでのところ、浸水深のように被害の規模を表す指標と、不動産価格変化の関係を分析する研究は行われていない。例えば、浸水深が小さいと顕著な被害は生じないため、水害危険度認識は高まらず、不動産取引価格に影響を与えない可能性がある。一方、浸水深が大きくなればその被害は格段に大きくなり、水害危険度認識や不動産取引価格に多大な影響を与えると予想される。しかし、大半の災害では、空間解像度の高い詳細な浸水深データが記録されていないため、水害危険度認識により多大な影響を与えると予想される浸水深に着目

した研究は行われていない。

そこで、本研究は、米国・連邦緊急事態管理庁 (Federal Emergency Management Agency: FEMA) が最大浸水深データを公開する、ハリケーン・サンディによるニューヨーク市の高潮被害に着目する。沿海部に位置する郊外住宅地を対象に、浸水深が不動産取引価格に与えた影響をヘドニック・アプローチで分析し、被害規模の違いが住民の水害危険性認識に与える影響の違いを考察する。

2. 水害危険性と不動産取引価格の関係を分析した先行研究

(1) 浸水予測域に基づく危険地域設定に基づく先行研究

米国では、不動産取引価格が一般に開示されているため、そのデータを用いた先行研究が多数存在する。

Bin and Kruse (2006)⁹⁾は、ノースカロライナ州・カータレット地域を対象に、FEMAが公表する100年・500年確率降雨量の浸水予測域と不動産取引価格との関係を分析している。被説明変数に取引価格、説明変数に不動産物件の属性、および、浸水予測域内外を表すダミー変数を用いたヘドニック・アプローチによる分析から、500年確率浸水域では不動産取引価格が低下していることが観察されたが、100年確率浸水域では、沿岸部に立地するアメニティ効果が水害危険度よりも重視されており、価格が周囲よりも高いことが明らかにされた。

Atreya et al. (2013)¹⁰⁾は、1994年のハリケーン・アルバートの被災地である、ジョージア州・ドウアティ郡を対象とした。不動産物件の属性、ハリケーン発生の前後を表すダミー変数、および、FEMAが公表している浸水予測域図を基に作成した浸水予測域内外を表すダミー変数を用いて、差分の差分法 (Difference in Differences: DID) による分析を行っている。分析の結果、100年確率浸水域ではハリケーンによる被災後の価格下落が観察された。

さらに、Atreya et al. (2013)⁹⁾やBin and Landry (2013)⁹⁾は、ハリケーン発生後の経過年数を説明変数とした分析を行い、100年確率浸水域での価格下落効果は数年で消滅し、被災からの時間経過によって水害危険度認識が低減していることが明らかにされた。

このように水害の浸水域データの入手可能性の制約等から、FEMAが公表する浸水予測域と被災後の不動産取引価格下落の関係を分析した先行研究が数多く存在する。

(2) 浸水履歴に基づく危険地域設定に基づく先行研究

水害発生が水害危険度認識、ひいては、不動産価格に影響を与える過程を考えると、被災経験が大きく影響を与えると想定されるため、実際の浸水域を記録したデータを用いた分析が望ましい。

Atreya et al. (2015)¹⁰⁾は、ハリケーン・アルバートの被災地である、ジョージア州・ドウアティ郡を対象に、浸水域を記録したデータを用いて、浸水の有無が不動産取引価格に与えた影響を分析している。まず、浸水域では、不動産取引価格が下落していることを明らかにした。さらに、既往研究で議論されてきたFEMAの浸水予測域が不動産取引価格に与える影響と、浸水履歴が不動産取引価格に与えた影響について、浸水履歴の有無を表すダミー変数、および、FEMAが公表している浸水予測域図を基に作成した浸水域内外を表すダミー変数を用いた分析を行った。その結果、価格に真に影響を与えているものは浸水履歴であることを明らかにした。

井上ら(2015)⁹⁾や、Inoue and Komori (2017)⁹⁾では、水害頻発地域である東京都・神田川流域を対象に、浸水履歴の有無と不動産取引価格下落の関係を時系列で分析した。その結果、東日本大震災をきっかけに水害危険地域の不動産価格が下落した可能性があること、一方、水害多発地域では元々危険性認識が高いため、水害発生に起因した変化が生じていないことを明らかにした。

しかし、これらの研究は浸水履歴のみを考慮し、被害の程度が不動産取引価格に与える影響を評価していない。

(3) 本研究の新規性

前節で示した先行研究^{9), 10)}は、被災履歴のみを考慮し、被害の大きさが不動産取引価格に与える影響を評価していない。例えば、浸水深が小さいと顕著な被害は生じないため、水害危険度認識は高まらず、不動産取引価格に影響を与えない可能性がある。一方、浸水深が大きくなればその被害は格段に大きくなり、水害危険度認識や不動産取引価格に多大な影響を与えると予想される。

本研究は、水害の被害の程度を表す指標の一つである「浸水深」に着目し、浸水深と不動産取引価格への影響の関係を分析し、その結果を通して、被害の大きさと水害危険度に対する認識の強さの関係を考察する。

3. 分析手法

(1) ヘドニック・アプローチ

水害危険度などの非市場財の価値測定方法の一つにキャピタリゼーション仮説を背景としたヘドニック・アプローチが存在する¹¹⁾。キャピタリゼーション仮説とは、住民の同質性・地域の開放性が成り立つ仮定の下では、環境条件の価値が不動産価格に反映されることをいう。これに基づけば、水害危険度などの環境要因と不動産価格の関係を、ヘドニック・アプローチで分析できる。

ヘドニック・アプローチは、財の価格は財の有する複数の属性で決定されていると仮定する。例えば、財*i*の

価格 R_i が線形式で表せると仮定し、 $Z_{1i}, Z_{2i}, \dots, Z_{pi}$ を財の属性変数、 ε_i を誤差項とすると式(1)と書き、パラメータ β_α は属性 α の1単位当たりの便益を表す。

$$R_i = \beta_0 + \beta_1 Z_{1i} + \dots + \beta_p Z_{pi} + \varepsilon_i \quad (1)$$

水害危険性と不動産取引価格の関係の分析にヘドニック・アプローチを適用する場合には、水害危険性を含む多くの属性の影響が合成されて、価格が決定されていると仮定する。面積や交通条件など物件固有の属性や、標高・河川までの距離・浸水履歴・浸水深など水害危険性を表す属性を説明変数として設定したモデルを設定して回帰分析を行い、水害危険性に関する説明変数のパラメータの推定結果を通して、その影響を解釈する。

(2) DID分析

水害発生などのイベント発生前後の被説明変数の差異を測定する手法として差分の差分法(DID)¹²⁾が存在する。DIDでは、イベント発生の影響を受けた観測点を表す処置群と、イベント発生の影響を受けていない観測点を表す制御群のそれぞれに対して、イベント発生前後の被説明変数の変化を抽出・比較する。

i を観測点、 y_i を被説明変数、 x_i を定数項を含む説明変数ベクトル、 $treat_i$ を処置群を表すダミー変数(制御群:0, 処置群:1)、 $event_i$ をイベントの発生前後を表すダミー変数(イベント前:0, イベント後:1)、 β_0 をパラメータベクトル、 $\beta_1 \sim \beta_3$ をパラメータ、 ε_i を誤差項とすると、DIDは式(2)の回帰モデルで表せる。

$$y_i = x_i' \beta_0 + \beta_1 treat_i + \beta_2 event_i + \beta_3 treat_i * event_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

β_1 は処置群と制御群の被説明変数の違い、 β_2 はイベント前後の被説明変数の違い、 β_3 は処置群の観測点に対して、イベントが被説明変数に与えた影響を表す。不動産取引価格を被説明変数としたヘドニック・アプローチでDID分析を行うと、 β_3 の推定値から、水害発生が被災地域の価格に与える影響を測定することができる。

4. ケーススタディ

(1) 分析対象地域と期間

2012年10月にハリケーン・サンディによって甚大な被害を受けた、ニューヨーク州・クイーンズ区のロックアウェイ半島(図-1)で、2003年から2015年までに行われた住宅取引の価格を用いて分析する。

本地域では、被災前後に住宅の取引事例が多数存在し、空間解像度の高い浸水深データも取得されている。また、浸水深の大きい沿岸部と浸水の無い内陸部を含み、水害が住宅価格に与えた影響を評価できると期待される。

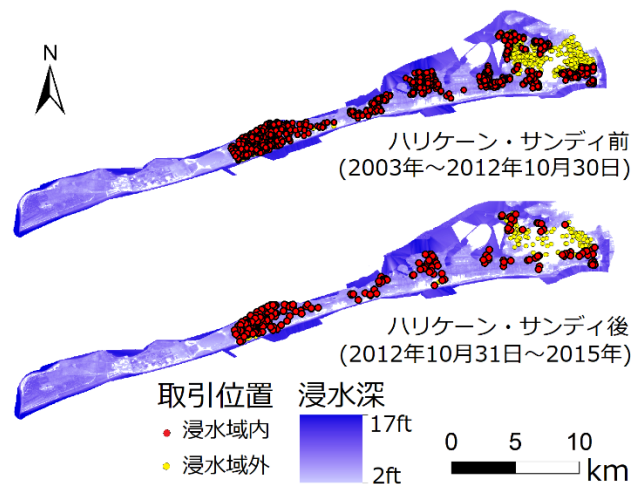


図-1 分析対象地域の浸水地域・住宅取引位置

(2) 使用データと分析モデル

使用データ、および、その記述統計量を表-1に示す。

住宅取引価格は、New York City Department of Financeが公開する一家族用住居取引2,476件を用いる。ただし、このデータは物件贈与時の評価額など著しく低い取引価格を含むため、同じくNew York City Department of Financeが地区ごとに公開するNeighborhood Sale Summaryに記録された最低取引価格値よりも低価格の取引は除外した。

本研究では、住宅取引 i の延床面積 1ft^2 当たりの取引価格 P_i を被説明変数とする回帰分析を行う。

各取引物件の属性「敷地面積」「築年数」、US Census Bureauによる2014年版American Community Surveyの国勢調査細分区単位の「平均通勤時間」「平均所得」「白人人口比率」、S&P Core Logic Case-Shiller New York Home Price NSA Index「住宅価格指標」を説明変数($X_1 \sim X_6$)に用いる。国勢調査細分区単位に与える説明変数は、既往研究^{9),10)}などでも不動産価格に影響を与える地域的な環境要因を表現するデータとして使用されている。なお、対象領域には26の国勢調査細分区が設定されている。

また、水害に関する説明変数として、FEMAの浸水深データ¹³⁾から作成した、「浸水域ダミー」 $Flooded$ 、「水害後ダミー」 $After$ 、「浸水深」 $depth$ を用いる。浸水深データは、ハリケーン来襲前に設置した大潮センサーによる観測や、被災後の空中写真、痕跡高の現地調査結果を再現するように行われたシミュレーションに基づく¹⁴⁾。

地点を i 、定数項を β_0 、各説明変数に対するパラメータを $\beta_1 \sim \beta_{10}$ と記すと、浸水の有無が住宅取引価格へ与えた影響を分析するモデルは式(3)、式(3)に加えて浸水深が与えた影響を分析するモデルは式(4)と表せる。なお、式(4)の $f(depth_i)$ は浸水深の関数を表し、 $depth$ 、 \sqrt{depth} 、 $\log(depth + 1)$ を設定した。

$$P_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^6 \beta_j X_{ji} + \beta_7 Flooded_i + \beta_8 After_i + \beta_9 Flooded_i * After_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

表-1 使用データと記述統計量

データ	説明	平均値	標準偏差	最大値	最小値
P : 住宅取引価格	住宅延床面積1ftあたりの取引価格(\$)	2.81e+2	1.49e+2	1.90e+3	4.57e+1
X_1 : 敷地面積	敷地面積(ft ²)	4.11e+3	2.42e+3	2.44e+4	3.05e+2
X_2 : 築年数	取引時の住宅の築年数(年)	6.15e+1	4.98e+1	1.16e+2	0
X_3 : 通勤時間	国勢調査細分区毎の平均通勤時間(分)	1.81e+3	8.71e+2	3.71e+3	8.07e+2
X_4 : 所得	国勢調査細分区毎の平均所得(\$)	6.69e+4	3.59e+4	1.30e+5	2.06e+4
X_5 : 白人比率	国勢調査細分区毎の白人比率	6.68e-1	2.44e-1	1	0
X_6 : 住宅価格指標	2000年基準の住宅価格指標	1.84e+2	2.47e+1	2.17e+2	1.47e+2
<i>Flooded</i>	浸水域内:1, 浸水域外:0としたダミー変数	7.40e-1	4.88e-1	1	0
<i>After</i>	水害発生後:1, 水害発生前:0としたダミー変数	1.58e-1	3.47e-1	1	0
<i>depth</i>	浸水深(ft)	2.71	2.08	1.18e+1	0

$$P_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^6 \beta_j X_{ji} + \beta_7 Flooded_i + \beta_8 After_i + \beta_9 Flooded * After + \beta_{10} f(depth_i) * After + \varepsilon_i \quad (4)$$

(3) 分析結果

a) 浸水が住宅取引価格に与えた影響

先行研究の分析と同様に、沿岸部に立地するアメニティ効果や水害発生後の被災地における住宅取引価格下落を観察するため、浸水域を表すダミー変数*Flooded*を用いた式(3)のモデルで分析を行った。パラメータ推定結果を表-2に示す。ただし、自由度調整済決定係数 R^2 は0.227である。

なお、以後の表-2~5では、有意水準0.1%を“***”，1%を“**”，5%を“*”，10%を“?”と表す。

浸水域を表すダミー変数*Flooded*のパラメータ推定値は正、浸水域内かつ水害発生後を表すダミー変数*Flooded * After*のパラメータ推定値は負となった。

ダミー変数*Flooded*のパラメータ推定値が正という結果は、浸水域内の物件が浸水域外よりも価格が高いことを表す。奇妙に見える推定結果だが、既往研究^{5,7,10}でも確認されたもので、沿岸立地のアメニティ効果が、浸水域ダミーに対する評価として現れていると解釈される。沿岸立地のアメニティ効果が発生する地域と、高潮の浸水被害を受けた地域は類似しているため、両者の効果を区別して推定することはできない。

一方、ダミー変数*Flooded * After*のパラメータは負であることから、被災地域では、水害発生後に住宅取引価格が下落したことを表す。

また、ダミー変数*After*のパラメータは正で、災害後の2013年以降、ニューヨーク市で不動産市場が全体的に好況となり、価格が上昇したことによると解釈できる。

b) 浸水および浸水深が住宅取引価格に与えた影響

浸水に加えて、浸水深が住宅取引価格に与えた影響を観察するため、式(4)のモデルによる分析を行った。その結果を表-3~5に示す。なお、自由度調整済決定係数 R^2

は、いずれの関数の分析でも0.228であった。

すべての分析で、*Flooded * After*のパラメータは有意ではないのに対し、*f(depth) * After*のパラメータは負の値をとり、有意になった。以上の結果より、住宅取引価格の下落幅は、浸水の有無ではなく、浸水深との相関を有することが確認された。

c) FEMAによる物的被害予想額との比較

推定パラメータから算出した浸水深が住宅取引価格に与える影響とFEMAが算出した浸水深と予測被害額の関係¹⁵を比較し、推定された結果の解釈を行う。

FEMAは、延床面積2,500 ft²・1,000 ft²・5,000 ft²の3種類の住宅について予想被害額を示している。本研究の対象取引物件の平均延床面積が1,839 ft²で、延床面積2,500 ft²の“Scenario 1: Average Home”に比較的近いことから、この規模の住宅を想定して、本研究に基づく住宅取引価格下落額と、FEMA算定の家屋・家財を合わせた予測被害額を比較し図-2に示す。

図-2から、浸水深が浅い物件では、本研究の分析から推定される取引価格下落額と物的被害額の推定額が同水準であることが確認された。この反応は、ハリケーン・サンディによる物的な被害を考慮した取引価格下落が起こっていると解釈できる。しかし、今回の被災状況は、将来の被災リスクの代理指標となるとは限らず、各物件の被災履歴に基づく価格の反応は、将来の被災リスクを適切に評価しているとはいえない可能性が高い。

一方、深い浸水が起こった物件では、住宅取引価格下落が予測被害額に対して大きい様子が観察された。これは、FEMAの予測被害額は物的被害しか考慮していないのに対し、人的被害の可能性など、他の負の影響要因が認識されて、取引価格形成が行われた可能性が考えられる。ただし、本分析からはその要因を把握することは難しく、更なる精査が必要であろう。

以上の結果より、既往研究でも議論された通り、住宅取引価格変化は、実際の被災経験に強い影響を受けている可能性が示唆される。

表-2 住宅価格と浸水履歴の関係

説明変数	パラメータ	標準偏差	有意水準
定数項	-2.121e+2	3.099e+1	***
敷地面積	5.524e-3	1.237e+3	***
築年数	2.198e-1	5.332e-2	***
通勤時間	-5.097e-3	3.752e-3	
所得	3.434e-4	1048e-4	**
白人比率	2.131e+2	1.520e+1	***
住宅価格指標	1.548	1.333e-1	***
Flooded	1.979e+1	7.701	*
After	4.088e+1	1.351e+1	**
Flooded * After	-3.805	1.602e+1	*

表-3 住宅価格と浸水深depthの関係

説明変数	パラメータ	標準偏差	有意水準
定数項	-2.094e+2	3.099e+1	***
敷地面積	5.325e-3	1.239e-3	***
築年数	2.229e-2	5.330e-2	***
通勤時間	-5.313e-3	3.750e-3	
所得	3.586e-4	1.049e-4	***
白人比率	2.112e+2	1.521e+1	***
住宅価格指標	1.544	1.332e-1	***
Flooded	1.912e+1	7.700	*
After	4.080e+1	1.350e+1	**
Flooded * After	3.090	2.418e+1	
depth * After	-1.207e+1	3.316	*

表-4 住宅価格と浸水深の関数sqrt(depth)の関係

説明変数	パラメータ	標準偏差	有意水準
定数項	-2.099e+2	3.098e+1	***
敷地面積	5.304e-3	1.240e-3	***
築年数	2.228e-1	5.329e-2	***
通勤時間	-5.298e-3	3.750e-3	
所得	3.601e-4	1.049e-4	***
白人比率	2.116e+2	1.520e+1	***
住宅価格指標	1.545	1.332e-1	***
Flooded	1.908e+1	7.701	*
After	4.081e+1	1.350e+1	**
Flooded * After	3.401e+1	3.526e+1	
$\sqrt{\text{depth}} * \text{After}$	-4.029e+1	1.757e+1	*

表-5 住宅価格と浸水深の関数log(depth + 1)の関係

説明変数	パラメータ	標準偏差	有意水準
定数項	-2.100e+2	3.098e+1	***
敷地面積	5.294e-3	1.240e-3	***
築年数	2.227e-1	5.329e-2	***
通勤時間	-5.286e-3	3.750e-3	
所得	3.607e-4	1.050e-4	***
白人比率	2.117e+2	1.519e+1	***
住宅価格指標	1.545	1.332e-1	***
Flooded	1.906e+1	7.701	*
After	4.081e+1	1.350e+1	**
Flooded * After	2.721e+1	3.249e+1	
log(depth + 1) * After	-4.619e+1	2.001e+1	*

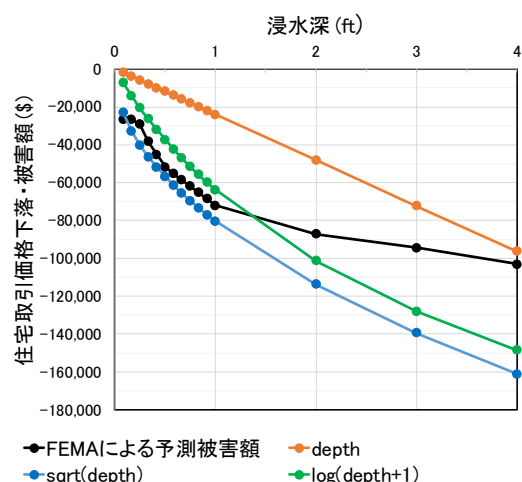


図-2 推定パラメータから算出した延床面積2,500 ft^2 の住宅取引価格下落とFEMAによる家屋・家財の予測被害額

(4) まとめ

浸水履歴を説明変数に用いた分析の結果から、既往研究でも確認されている、沿岸部に立地するアメニティ効果と被災地域における水害発生に起因する住宅取引価格下落が観測された。また、浸水深の関数値を説明変数に設定した分析の結果から、浸水深の増加とともに価格下落が大きくなる様子が観察された。

また、FEMAによる浸水深に対する予測被害額と浸水深の関係と、本分析結果を比較した考察から、浅い浸水が起こった物件では、価格下落額と被害額が同水準であるのに対し、深い浸水が起こった物件では、価格下落が予測被害額に対して大きい様子が観察された。この結果から、被害の程度によって、住宅取引価格の反応が異なることが確認され、被災経験が価格変化に影響している様子が確認された。

なお、金本(1989)¹⁰⁾など、ヘドニック・アプローチの推定結果をもとに環境の改善への支払い意思額を算出し、住民の環境に対する価値を測定するアプローチが存在する。このアプローチでは、不動産の市場価格が消費者の付け値と一致していることを仮定する。しかし、本研究のように被災直後の期間を含んだ分析では、不動産取引価格と住民の付け値が、一致しているとは考えにくい。

その第一の理由は、既往研究で議論されているように、被災からの時間経過に伴い、下落した価格が回復することが知られており⁸⁾⁹⁾、時間的に安定した価格形成が行われていないことである。第二の理由は、被災直後は売り手が被災者であるのに対し、買い手は被災者ではない場合が高く、被災経験の違いから物件評価が主体によって大きく異なっている可能性が高いことである。

以上の点から、本研究における推定結果から、支払い意思額を算出し、住民の環境に対する価値を測定することは不適切だと考えるため、本論文では議論しない。

5. 結論

本研究は、被害の大きさが住民の水害危険度認識形成に与える影響の把握を目指し、ハリケーン・サンディによるニューヨーク市の被災地を対象に、浸水深と住宅取引価格の関係を分析した。その結果、浸水深の大きさに対応した価格下落が確認され、被害の大きさに対応した水害危険度認識形成の可能性が示唆された。

なお、被災後の経過時間が短いため現時点では分析できないが、先行研究⁸⁾⁹⁾では、水害発生後の価格下落がその後回復する過程が観察されている。被害規模に伴い、価格の回復過程が異なるのか、すなわち水害危険性認識が忘却される速度が異なるかは興味深い分析対象であるため、今後の研究課題としたい。

本研究は、水害発生頻度が低い米国の一地域を対象とした分析の結果を示した。しかし、水害発生頻度が高い地域では、住民が水害危険度認識をより強く有することが予想され、本研究とは異なる結果が得られる可能性が大きい。不動産取引価格の入手可能性に関する制約は大きい。今後、水害発生頻度が異なる、日本を含む複数の地域を対象とした分析を通して、水害への反応の地域差を分析し、各地域の水害危険性認識構造を明らかにしたいと考えている。

参考文献

- 1) 例えば、IPCC: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2013.
- 2) 例えば、国土交通省: 第II部 第6章 第1節 自然災害対策, 平成19年度国土交通白書, 2007.
- 3) 井上亮, 永吉真也, 小森大輔: 水害危険性が地価に与える影響の変化時点推定-地域の水害危険性認識変容の把握に向けて-. 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.72, No.4, pp.I_1309-1314, 2015.
- 4) Inoue, R. and Komori, D.: Flood impacts on residential property prices in frequently flooded areas: Evidences from Kanda river basin, Tokyo. *Proceedings of the 15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Paper A63, 2017.
- 5) Bin, O. and Kruse, J. B.: Real estate market response to coastal food hazards. *Natural Hazards Review*, Vol.7, No.4, pp.137-144, 2006.
- 6) Nyce, C., Dumm, R. E., Sirmans, G. S. and Smersh, G.: The capitalization of insurance premiums in house prices. *Journal of Risk and Insurance*, Vol.82, No.4, pp.891-919, 2015.
- 7) Votsis, A. and Perrels, A.: Housing prices disclosure of flood risk: A difference-in-differences analysis in Finland. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, Vol.53, pp.450-471, 2016.
- 8) Atreya, A., Ferreira, S. and Kriesel, W.: Forgetting the flood? An analysis of the flood risk discount over time. *Land Economics*, Vol.89, No.4, pp.577-596, 2013.
- 9) Bin, O. and Landry, C. E.: Changes in implicit flood risk premiums: Empirical evidence from the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.65, pp.361-376, 2013.
- 10) Atreya, A. and Ferreira, S.: Seeing is believing? Evidence from property prices in inundated areas. *Risk Analysis*, Vol.35, No.5, pp.828-848, 2015.
- 11) 肥田野登: 環境と社会資本の経済評価—ヘドニック・アプローチの理論と実際—, 勁草書房, 1997.
- 12) David, C. and Alan, K. B.: Minimum wages and employment: A case study of the fast-food industry in New Jersey and Pennsylvania. *American Economic Review*, Vol. 84, No. 4, pp.772-793, 1994.
- 13) FEMA: *Modeling Task Force*, https://data.fema.gov/MOTF/Hurricane_Sandy/, 2014. (2017/11/21 閲覧)
- 14) FEMA: *FEMA MOTF Hurricane Sandy Impact Analysis*, <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=307dd522499d4a44a33d7296a5da5ea0>, 2012. (2017/11/21 閲覧)
- 15) FEMA: *The Big Cost of Flooding*, <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/132744>, 2017. (2017/9/29 閲覧)
- 16) 金本良嗣, 中村良平, 矢澤則彦: ヘドニック・アプローチによる環境の価値の測定. *環境科学会誌*, Vol.2, No.4, pp.251-266, 1989.

(2017.9.29 受付)

AN ANALYSIS ON RELATIONSHIP BETWEEN FLOOD DEPTH AND DECLINE IN RESIDENTIAL PROPERTY PRICES AFTER HURRICANE SANDY

Ryo INOUE, Hayato OTSU and Kanako IUCHI

Non-structural measures is increasingly considered critical to secure life and property from flooding. Provided measures would have no effect without residents' well understanding on flood risk; however, residents' awareness level is unknown. Previous research, based on the analysis of real estate property prices, suggest that residents' experiences on flood strengthens their awareness. Such studies, however, have overlooked magnitude of damage. This study analyzes a relationship between flood depth and residential property prices in areas damaged by Hurricane Sandy, where detailed flood depth data are available. Results indicate that the residential property value drops more as flood depth increases, and the level of flood risk awareness corresponds to the magnitude of flood damage experienced.