ターミナル駅周辺における災害時の群集挙動に関する課題

－東京都足立区千住周辺地区での事例－

大原美保¹⁾、藤生慎²⁾、山下倫央³⁾、高田和幸⁴⁾

1) 正会員 前 東京大学生産技術研究所、准教授 博士（工学）
現 国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター、主任研究員
e-mail : mi-ohara@pwri.go.jp

2) 正会員 金沢大学 理工学域環境デザイン学類、助教 博士（工学）

3) 非会員 産業技術総合研究所 人間情報研究部門、主任研究員、博士（工学）

4) 正会員 東京電機大学 理工学部理工学科、教授 博士（工学）

要 約

近年、大規模駅の周辺では都市再生安全確保計画の作成が進んでおり、災害時に駅周辺で起こりうる諸問題の把握やソフト・ハード両面での対策実施がますます重要となっている。本研究ではまず、首都圏における主要な駅周辺地区を対象として、地震・水害・複合災害の危険度や滞留人口の特性を概観した。次に、地震・水害・複合災害のリスクを有するターミナル駅の一つであるJR北千住駅周辺の東京都足立区千住地区に焦点をあて、災害時に想定される群集の分類を行うとともに、これらの発生規模に関する時間帯別の推計を行い、避難所等の収容可能人口との比較を行った。最後に、駅周辺における災害時の課題と必要な対策に関する具体的な指摘を行った。

キーワード： 地震、水害、複合災害、群集挙動、ターミナル駅、JR北千住駅

1. はじめに

2011年の東日本大震災では、首都圏の主要な駅周辺に膨大な数の帰宅困難者が滞留し、災害時における帰宅困難者の問題¹⁾を改めて議論するきっかけとなった。その後、2012年7月の都市再生特別措置法一部改正では、都市再生緊急整備地域内の人口・機能集積エリアにおいて、エリア全体の視点からの官民連携によるソフト・ハード両面の対策を推進するため、都市再生安全確保計画制度が創設された²⁾。災害時の駅周辺での二次災害や混乱の防止に貢献しうる都市安全確保計画の作成にあたっては、駅周辺において起こりうる問題を具体的に分析し、それらに対するソフト・ハード両面での対策を立案する必要がある。この際、東日本大震災の教訓も踏まえて、地震や水害などの単独の災害だけでなく、複合災害への対策も考慮に入れておくことが重要である。

本研究では、まず、首都圏における主要な駅周辺地区を対象として、地震、水害、複合災害の危険度の現状や駅周辺での滞留人口の特性について概観する。次に、これらの地区のうち、地震・水害・複合災害のリスクを有するターミナル駅の一つであるJR北千住駅周辺の東京都足立区千住地区に焦点をあてて、災害時の行動に応じた群集の分類を行うとともに、既存の統計データを組み合わせ、これらの

群集に関する時間帯別の発生規模の推計を行う。これらの推計結果を、現行の地域防災計画で計画されている避難場所や避難所の避難人口と比較することにより、駅周辺地区が直面しうる災害時の課題と必要な事前対策に関する考察を行う。本研究は、地震・水害・複合災害における駅周辺での群集挙動のシミュレーションに向けた基礎的検討の一環として、想定される群集を分類し、それらの行動シナリオを把握するとともに災害時の課題を抽出することを目的として実施している。

2. 首都圏における主要な駅周辺地区の災害危険度に関する分析

2.1 主要駅での協議会及び地域協力会の設置状況

本章では、まず、首都圏の東京都内に位置する主要な駅周辺地区を対象として、地震、水害、複合災害の危険度に関する現状を分析する。

近年、いくつかの駅には、地域に立地する様々な事業所・事務所と住民組織等が連携する組織としての協議会が設置されている。これは、災害時には行政による対応には限界があるため、地域の事業所・住民等が連携して助け合うことにより駅周辺で生じる諸問題に対応することを目指している。2012年7月の都市再生特別措置法改正では、都市再生緊急整備地域において駅周辺事業者等からなる協議会がハードとソフト両面での地震対策計画を作成し、予算支援を受けられるようになった。今後、駅周辺の協議会の役割はますます重要になると考えられる。

東京都内には、2014年9月時点で、16の駅周辺地域に協議会・協力会が存在する。東京都内の新宿・池袋・渋谷・蒲田・上野・品川・北千住・八王子駅という8つの駅の駅周辺事業所、鉄道事業者、警察、消防、学校等は、事業所・事務所等と住民組織等が連携する組織として「協議会」を立ち上げた。また、東京（有楽町）・四谷・飯田橋（富士見）・秋葉原駅でもこのような組織が立ち上げられ、東京都千代田区が「地域協力会」として指定している。加えて、田町、新橋、浜松町、白金高輪駅においても、東京都港区が指定する協議会が設立された。本章では、これらの協議会・協力会が設置されている駅を、災害時の群集挙動を考える上での「主要な駅」として位置づけ、検討の対象とする。

表1に、これらの駅における協議会・協力会の名称、乗り入れている鉄道事業者、起点・終点となる路線、1日の平均乗車人数を示す。私鉄等を合わせた乗降者数データを入手可能であるのは一部の駅に限られたため、表中には、駅の大きさを比較するための指標として、東日本旅客鉄道株式会社による1日の平均乗車人数⁴⁾を併記した。表1より、1日の平均乗車人数が第一位である新宿駅を筆頭に、10位までにランキングされている全ての駅で協議会・協力会が設置されていることがわかる。また、1日平均乗車人数が13位以降の駅でも、八王子駅、四ツ谷駅、飯田橋駅、白金高輪駅などでは地域独自の問題意識に基づき協議会・協力会が設置されている。なお、表1においては、1日平均乗車人数が4位の横浜駅、8位の

表1 協議会・協力会が設置されている駅周辺の一覧

駅名	協議会・協力会の名称	事業者	起点・終点となる路線	1日平均乗車人数
新宿駅	新宿駅周辺滞留者対策訓練協議会	JR東日本・京王電鉄・小田急電鉄・東京地下鉄・東京都交通局	京王線、小田急小田原線	751,018 (1位)
池袋駅	池袋駅周辺混乱防止対策協議会	JR東日本・東武鉄道・西武鉄道・東京地下鉄	東武東上線、西武池袋線、丸の内線	550,350 (2位)
東京駅・有楽町駅	東京駅・有楽町駅周辺地区帰宅困難者対策地域協力会	JR東日本・JR東海・東京地下鉄 JR東日本・東京地下鉄	東海道新幹線	415,908 (3位) 167,365 (14位)
渋谷駅	渋谷駅周辺帰宅困難者対策協議会	JR東日本・東京急行電鉄・京王電鉄・東京地下鉄	東急東横線、東急田園都市線、銀座線、半蔵門線、副都心線	378,539 (5位)
品川駅	品川駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本・JR東海・JR貨物・京浜急行電鉄	JR山手線	335,661 (6位)
新橋駅	新橋駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本・東京地下鉄・東京都交通局・ゆりかもめ	ゆりかもめ	254,945 (7位)
秋葉原駅	秋葉原駅周辺地区帰宅困難者対策地域協力会	JR東日本・東京地下鉄・首都圏新都市鉄道	つくばエクスプレス	240,327 (9位)
北千住駅	北千住駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本・東京地下鉄・東武鉄道・首都圏新都市鉄道	日比谷線	203,428 (10位)
上野駅	上野駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本・東京地下鉄	JR宇都宮線、高崎線、常磐線	181,880 (13位)
浜松町駅	浜松町駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本・東京モノレール	東京モノレール羽田空港線	155,784 (16位)
田町駅	田町駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本	—	144,433 (17位)
蒲田駅	蒲田駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本・東京急行電鉄	—	139,728 (19位)
四ツ谷駅	四ツ谷駅周辺地区帰宅困難者対策地域協力会	JR東日本・東京地下鉄	—	92,431 (45位)
飯田橋駅	富士見・飯田橋駅周辺地区帰宅困難者対策地域協力会	JR東日本・東京地下鉄・東京都交通局	—	91,196 (46位)
八王子駅	八王子駅周辺滞留者対策推進協議会	JR東日本・JR貨物	JR横浜線、八高線	85,191 (50位)
白金高輪駅	白金高輪駅周辺滞留者対策推進協議会	東京地下鉄・東京都交通局	—	39,270

大宮駅は東京都外であるため、対象外とした。また、11位は高田馬場駅、12位は川崎駅、15位は立川駅である。

いずれかの路線の起点および終点となっているターミナル駅では、災害時に鉄道が運行停止した場合、膨大な数の帰宅困難者が滞留すると想定されるため、これらの人々に対して協議会・協力会がどのように対応すべきかが課題である。

2.2 主要駅の周辺で想定されている災害事象

次に、これらの駅周辺で想定されている災害事象について分析する。用いたデータは、東京都による第7回地域危険度評価（2013）⁵⁾、第6回地域危険度評価（2008）⁶⁾、内閣府の首都直下地震被害想定（2004）⁷⁾による想定震度、東京都の首都直下地震被害想定（2012）⁸⁾による想定震度、国土数値情報ダウンロードサービスによる浸水想定区域図⁹⁾のデータである。これらのGISデータと国土数値情報ダウンロードサービスによる駅分布のGISデータ⁹⁾を重ね合わせることで、各駅の周辺における災害危険度を把握した。

表2に、各駅の周辺での災害危険度を示す。東京都による地域危険度評価は、東京都が5年に1回、町丁目単位での地域危険度を評価するものであり、評価結果は全町丁目における5段階の相対評価で示され、値が5に近いほど危険度が高い。表2には、第7回（2013）と第6回（2008）の総合危険度・建物倒壊危険度・火災危険度を併記した。この値は、駅が位置する町丁目に対する評価結果である。第6回に比べて、第7回で値が向上した場合は青字、値が悪化した場合は赤字で示した。これより、JR北千住駅の周辺は、2014年の評価で総合危険度、建物倒壊危険度、火災危険度が全て5段階中の4であり、主要駅の中でも突出して災害危険度が高いことがわかる。次に危険度が高いのは、建物倒壊危険度、火災危険度がともに3である新橋駅である。第6回と第7回の値を比較すると、新橋駅では総合危険度が3から2に改善したのに対し、北千住駅では火災危険度が3から4に上がり、危険度が高まった。

表2には、想定震度分布として、内閣府による首都直下地震被害想定（2004）⁷⁾と東京都による首都直下地震被害想定（2012）⁸⁾の両方を併記した。内閣府想定による東京湾北部地震の場合は、八王子駅を除き、全ての駅で震度6弱から6強の震度が想定されており、東京湾北部地震以外での地震でも震度6強が想定されている。東京都による東京湾北部地震の場合もほぼ同程度の震度が想定されている。なお、内閣府では、2013年末に東日本大震災後の知見に基づく新たな首都直下地震の被害想定¹⁰⁾を行い、都心南部直下地震などの新たな震源の想定も行っているが、これらの想定震度分布に関するデジタルデータを入手できなかったため、本研究では扱っていない。

想定水害については、表2に示した16の駅のうち、6つの駅が水害の危険度も有する。東京・有楽町駅、新橋駅、北千住駅、上野駅、秋葉原駅では荒川が200年に1度の確率での豪雨により破堤した場合に浸水が想定されるが、中でも北千住は想定浸水深さが5m以上となり、全ての駅の中でも著しく高い。なお、ここでの浸水深さは、想定浸水区域図と駅分布のGISデータを重ね合わせて把握した駅の位置での浸水深さであり、高架や地下駅などの駅舎の構造に起因する駅舎の浸水深さを表現しているものではない。

表2 協議会・協力会が設置されている駅周辺での災害危険度

駅名	第7回地域危険度			第6回地域危険度			想定震度			想定水害	駅の住所
	総合	建物倒壊	火災	総合	建物倒壊	火災	東京湾北部地震(内閣府)	最大震度の地震(東京湾北部以外)	東京湾北部地震(東京都)		
池袋駅	1	2	1	2	1	3	6-	6+(都心西部地震)	6-	-	東京都豊島区南池袋1丁目
上野駅	2	1	2	1	2	1	6-	6+(都心東部地震)	6+	1-2m(荒川)	東京都台東区上野7丁目
蒲田駅	2	2	2	2	2	1	6+	6+(羽田直下地震)	6+	1m未満(多摩川)	東京都大田区蒲田5丁目
北千住駅	4	4	4	4	3	3	6+	6+(都心東部地震)	6+	5m以上(荒川)	東京都足立区千住旭町
品川駅	1	1	1	1	1	1	6+	6+(都心東部地震)	6+	-	東京都港区高輪3丁目
渋谷駅	1	1	1	1	1	2	6-	6+(都心東部地震)	6-	-	東京都渋谷区道玄坂1丁目
新宿駅	1	1	1	1	1	2	6-	6+(都心西部地震)	6+	-	東京都新宿区新宿3丁目
八王子駅	1	1	1	1	1	1	5+	6+(立川断層帯地震)	5+	-	東京都八王子市旭町
秋葉原駅	2	1	2	1	2	1	6+	6+(都心東部地震)	6-	1-2m(荒川) 0.5-1m(神田川)	東京都千代田区外神田1丁目
飯田橋駅	2	2	2	2	2	2	6+	6+(都心東部地震)	6+	-	東京都千代田区飯田橋4丁目
東京駅・有楽町駅	1	1	1	1	1	1	6+	6+(都心東部地震)	6+	1m未満(荒川)	東京都千代田区丸の内1丁目
四ツ谷駅	1	1	1	1	1	1	6-	6+(都心西部地震)	6+	-	東京都千代田区麹町六丁目 及び新宿区四谷1丁目
新橋駅	2	3	3	3	2	3	6+	6+(都心東部地震)	6-	1m未満(荒川)	東京都港区新橋2丁目
白金高輪駅	2	2	2	2	2	2	6+	6+(都心東部地震)	6+	-	東京都港区高輪1丁目
田町駅	2	2	2	2	2	2	6-	6+(都心東部地震)	6+	-	東京都港区芝5丁目
浜松町駅	1	1	1	1	1	1	6+	6+(都心東部地震)	6+	-	東京都港区海岸1丁目

複合災害については、内閣府による首都直下地震の被害想定（2013）¹⁰⁾が、「地震後に風水害が発生した場合、揺れ・液状化により機能低下した河川管理施設、砂防ダム等が、台風や集中豪雨による洪水や高潮等を防ぎきれず、建物被害や死傷者が増加する」「風水害等による避難中に地震が発生した場合、避難所の倒壊や屋内落下物等により人的被害が拡大する」など、複数の災害が同時に発生する過酷事象を検討する必要性を指摘している。表2に示した地震と水害の両方の危険度を有する6つの駅は、非常に稀ではあるが、これらの複合災害の危険度も有する駅と言える。

2.3 主要駅の周辺での滞留人口の特性

駅周辺は業務集積地区であり、日中に駅周辺に集まる多くの通勤通学者、買い物客等が災害時には帰宅困難者となりうる。本節では、表1及び表2に示した16の駅を対象として、平成20年東京都市圏パーソントリップ調査¹¹⁾による小ゾーンの時間帯別滞留人口データを用いて、駅周辺の小ゾーンでの人口昼夜比を算出し、駅周辺での人口動態の特性を分析する。なお、東京都市圏交通計画協議会によれば、小ゾーンとは地区計画の単位となるゾーンレベルであり、夜間人口約15,000 人を目安として設定されている¹¹⁾。図1は、16の駅周辺の小ゾーンでの時間帯別の人口昼夜比の推移を示したものである。時間帯別の人口昼夜比は、滞留人口が最も小さくなる深夜帯の人口を用いて、各時間帯の人口との比率をとることにより算出した。駅周辺の小ゾーンが、線路および駅舎を挟んで複数の小ゾーンに分割されている場合は、これらを合計した上での人口昼夜比を算出した。図1に示す通り、東京駅では日中の人口昼夜比が92.7倍（14時）と著しく大きい。よって、図2には、東京駅を除いた15駅の結果を掲載する。東京駅に次いで人口昼夜比が大きいのは新橋駅であり、続いて浜松町駅、渋谷駅、秋葉原駅、新宿駅となった。これらは人口昼夜比の最大値が5を超えており、夜間人口は比較的少ないが、夜間人口に比べて昼間人口が著しく大きい。一方で、人口昼夜比が全時間帯を通して1前後となる駅もある。例えば、午後12時台で見ると、人口昼夜比は北千住駅で最も低く0.80であり、蒲田駅では1.06、八王子駅で1.32、白金高輪駅で1.60である。その他の駅では、午後12時台の人口昼夜比が2以上であり、これらの駅とは傾向が異なる。人口昼夜比が1前後となる地域では、即ち、日中に通勤通学のために地域外に流出する居住者人口と、日中に地域外から流入してくる通勤通学者の人口がほぼ同程度になっていると推測される。

以上より、滞留人口の観点から見ると、16の駅は、人口昼夜比が最大で6を超えるパターン①（東京、新橋、浜松町、渋谷、秋葉原、新宿）、人口昼夜比が中程度のパターン②（池袋、上野、品川、飯田橋、四ツ谷、田町駅）、人口昼夜比が全時間帯を通してほぼ1となるパターン③（北千住、蒲田、八王子、白金高輪駅）という3パターンの特性を有すると考えられた。日中に災害が発生した場合、パターン①の駅周辺では、帰宅困難者が各地の居住先に向けて移動し、混雑や混乱が発生する可能性がある。一方で、パターン③の駅周辺では、日中に地域外から流入してくる通勤通学者の人口と、通勤通学のために地域外に流出していた居住者人口がほぼ同数であるため、帰宅しようと移動する地域外からの通勤通学者と、地域外から戻ってこようとする居住者との動線が錯綜し、混雑や混乱が生じる可能性が考えられる。パターン③の駅のうち、北千住駅周辺は、平均乗車人数がJR東日本大震災管区内で第10位という大規模駅である点、人口昼夜比が1.0を下回っている点から見て、このような通勤通学者と居住者の動線が錯綜する可能性が特に高いと想定される。

図1 駅周辺での人口昼夜比（東京駅含む）

図2 駅周辺での人口昼夜比（東京駅を除外）

3. 災害時の群集行動の観点から見た千住地区での課題

前章での分析より、北千住駅周辺地区は、東京都内の主要な駅周辺地区の中でも、地震・水害・複合災害に関する災害危険度及び滞留人口の特性の観点から見て複雑な問題を抱えた地区であることが明らかとなった。久田(2012)¹²⁾も、業務地区における地震・水害・複合災害の検討の必要性を指摘し、これらの複合災害リスクを有する地区の一つとして足立区千住地区を挙げている。そこで、本章では、北千住駅周辺地区（東京都足立区千住地区）を対象として、災害時の行動に応じた群集の分類を行うとともに、それらの時間帯別の発生規模の推計を行い、駅周辺地区が直面しうる災害時の課題と必要な事前対策に関する考察を行う。

3.1 足立区千住地区で地震時に想定される状況

足立区千住地区は、荒川・隅田川に挟まれた概ね2km四方の広さであり、千住大橋・千住新橋・堀切橋等の8つの橋梁で周辺とつながっている。千住地区は、中心部にJR北千住駅が立地し、パーソントリップ調査の2つの小ゾーンが本地区に含まれる。東京都の統計によれば、千住地区内の夜間人口は78,741人である¹³⁾。

中央防災会議による首都直下地震被害想定(2004)¹⁰⁾及びに東京都による首都直下地震被害想定(2008)⁸⁾によれば、東京湾北部地震（M7.3）が発生した場合の千住地区周辺の想定震度は震度6強である。図3に千住地区での想定震度を示す。東京都によれば、この地震発生時に足立区内で想定される全壊建物は10,082棟であり、23区内では大田区の11,108棟に続いて多い。また、冬の18時、風速8m/sという条件下での焼失率は10.2%であり、火災による想定被害も大きい。

図3 千住地区での想定震度

足立区では2014年2月に避難所や避難場所の位置を記した「あだち防災マップ&ガイド」¹⁴⁾を改定し、区内全世帯及び全事業所へ配付した。「あだち防災マップ&ガイド」（図4）に記載されている通り、千住地区には16か所の避難所、3か所の避難場所がある。足立区の「避難の手順」¹⁵⁾によれば、地震時には、地域住民は原則としてまずは一時集合場所へ避難する。一時集合場所とは地域の公園・神社等のオープンスペースであり、各町会・自治会単位で指定されている。大きな火災等が発生し、ここにとどまるのが危険であると判断された場合は、防災区民組織等の誘導により、一時集合場所から避難場所に集団で避難する。避難場所で、火災等の危険な状況が落ち着くまで様子を見た後、災害が落ち着いた段階で自宅に帰宅する。自宅が倒壊・焼失等で生活が出来ない場合には、指定の避難所へ移動して生活する。

2011年の東日本大震災では、足立区千住地区は震度5強の揺れに襲われ、北千住駅を通るJR常磐線、地下鉄銀座線、千代田線、丸の内線、日比谷線、東武線、つくばエクスプレスという7種類の鉄道が全て運行停止した。筆者らによる足立区危機管理室災害対策課へのヒアリングによれば、震災当日は、北千住駅周辺で多数の滞留者が発生し、3-4時間後に、警察署による誘導の協力を得て、近隣の避難所2か所（常東小学校、本町小学校）への誘導が行われた。また、千住地区を南北に縦断する国道4号線(図3)を通り、埼玉・千葉方面に向かおうとする多数の帰宅困難者も存在した。駅周辺では、駅周辺の事業所・

学校・組合等の団体から構成される北千住駅前滞留者対策推進協議会が震災前から設置されていたが、震災当日は、関係者の参集が難しかったことから、主だった活動は行われなかった。

東京都では、2011年の東日本大震災の教訓を踏まえて、2013年4月1日に東京都帰宅困難者対策条例¹⁶⁾を施行し、帰宅困難者は東京都指定の一時滞在施設に受入れると定めた。足立区地域防災計画では、北千住駅周辺での震災時の屋内滞留者は23,376人、屋外滞留者は7,077人であり、駅周辺には合計して約3万人の滞留者が発生すると想定されている。2011年の東日本大震災では、区内の帰宅困難者は2か所の避難所に誘導されたが、今後の首都直下地震時には、これらの帰宅困難者は条例に基づき一時滞在施設に誘導する必要がある。足立区地域防災計画¹⁷⁾によれば、千住地区内で一時滞在施設に指定されているのは、2014年9月末時点で足立市場、株式会社大起エンゼルヘルプ、一般財団法人海外産業人材育成協会の3か所に留まっているため、今後は指定施設数の増強が必須である。

図4 あだち防災マップ&ガイド¹⁵⁾の千住地区のページ

3.2 足立区千住地区で水害時に想定される状況

水害については、足立区が「東海豪雨相当の雨が降った場合、利根川が氾濫した場合、江戸川が氾濫した場合、荒川が氾濫した場合、中川・綾瀬川・芝川・新芝川が氾濫した場合」という5種類の洪水ハザードマップを公表している。図5に「荒川が氾濫した場合」及び「東海豪雨相当の雨が降った場合」の洪水ハザードマップから千住地区周辺を抜粋したものを示す。

荒川が200年に1度の降雨によりはん濫した場合には、千住地区は全域に渡って最大5m以上の浸水にあうと想定されている。洪水はハザードマップの説明(図6)によれば、堤防決壊前には、千住地区内の住民は洪水時一時集合場所(地区内の3か所)に集合した後、区職員の指示に従い、北区・台東区・文京区方面の浸水しない地域へと一次避難を行う¹⁹⁾。また、千住地区だけでなく、荒川左岸に位置する環状七号線より南の地区(図5のC・D・E地区)と荒川右岸のB地区についても、想定浸水深が高いため、環七以北や区外まで一次避難を行うよう定めている。この際、千住地区内の避難所は「荒川氾濫時には使用しない」と明示されており、地区内の高層建物への垂直避難の可否については言及されていない。

東海豪雨相当の雨が降った場合には、千住地区は場所によって最大2mの内水氾濫が想定されている。この場合には、地区外への避難は想定されておらず、地区内に4か所の避難所が指定されている(図5)。

図5 洪水ハザードマップ
(左：荒川が氾濫した場合、右：東海豪雨相当の雨が降った場合)

図6 水害時の一次避難および二次避難の方法¹⁸⁾

表3 想定される群集の移動経路パターン

No.	災害	分類	在宅状況	自宅被害	付加条件	移動元	移動先
1	地震・火災	居住者	在宅	無し		自宅	一時集合場所→避難場所→自宅
2			在宅	有り		自宅	一時集合場所→避難場所→避難所
3			非在宅	無し		地区内	一時集合場所→避難場所→自宅
4		非居住者	非在宅	有り		地区内	一時集合場所→避難場所→避難所
5			非在宅	-		地区内	一時集合場所→避難場所→地区外の自宅
6			在宅	無し		自宅	一時集合場所→自宅
7	地震	居住者	在宅	有り		自宅	一時集合場所→避難所
8			非在宅	無し		地区内	一時集合場所→自宅
9			非在宅	有り		地区内	一時集合場所→避難所
10		非居住者	非在宅	-		地区内	一時集合場所→地区外の自宅
11			非在宅	-	帰宅困難	地区内	一時集合場所→一時滞在施設→地区外の自宅
12			非在宅	-	鉄道停止	駅	地区外の自宅
13		非居住者	非在宅	-	鉄道停止・帰宅困難	駅	一時滞在施設→地区外の自宅
14			非在宅	-	通過目的・帰宅困難	地区外	地区外の自宅
15	水害 (荒川氾濫)	居住者	在宅	-		自宅	地区外
16		居住者	非在宅	-		地区内	地区外
17		非居住者	非在宅	-		地区内	地区外
18	水害 (内水氾濫)	居住者	在宅	-		自宅	避難所
19		居住者	非在宅	-		地区内	避難所
20		非居住者	非在宅	-		地区内	避難所

3.3 災害時に想定される群集の移動経路パターンの整理

以上の既存の計画に基づき、群集タイプを分類するとともに、群集ごとの発生条件及び群集の移動元・移動先を整理した(表3)。前述の通り、地震・火災時には避難場所への移動が想定されるため、地震・火災時と地震時は別々に記述した。また、水害時も荒川の氾濫時と内水氾濫時についても別々に記述し

た。なお、表3には建物外への水平避難の行動を記述しており、建物内での垂直避難や建物内に留まる場合の行動は記述していない。

地震後の津波に関しては、本地区自体が浸水する想定はなされていないため、記載していない。しかし、荒川の河川敷は、河川を遡上した津波による浸水リスクを有しており、本地区で避難場所に指定されていた荒川南岸・河川敷緑地一帯の一部は、津波リスクへの懸念から平成25年に東京電機大学一帯に変更された¹⁵⁾。また、津波への過度な心配やデマ等により河川敷から離れて避難しようとする人が発生する可能性も考えられるが、区の計画としては考慮しておらず、想定される行動を裏付ける客観的なデータも不足しているため、ここでは除外した。複合災害についても、様々な災害の組み合わせが考えられるが、同時発生か、どちらかが先に発生するかにより群集の行動が変わりうるため、表には記載していない。

3.4 地震後の在宅者・非在宅者の行動の観点から見た課題

本節では、表3に挙げた群集のいくつかについて、時間帯別の発生規模を推計するとともに、地震時の課題と必要な事前対策を検討する。ここではパーソントリップ調査の滞留人口と国民生活時間調査報告書(2010)²⁰⁾による時間帯別の在宅率、足立区における町丁目別・住宅構造別の世帯数の割合²¹⁾を用いて、小ゾーンでの平日の在宅・非在宅人口の推移を推計する。推計手法は、東京都消防庁火災予防審議会による手法(図7)²²⁾を参考にした。

図8に千住地区での平日の時間帯別の在宅・非在宅人口の推計結果を示す。本地区での木造・非木造の人口割合はそれぞれ41%、59%²¹⁾であるため、全時間帯を通じて非木造の居住者の方が多い。なお、用いた在宅率は全国調査の値であるため、北千住駅周辺地区での在宅率は全国平均と同程度という仮定の上での推計である。また、非在宅人口は地震時には非木造建物に居るものと仮定して、計算を行った。

図7 町丁目・時間帯・住宅構造別の在宅・非在宅人口の推計手法（文献22に筆者が加筆）

図8 時間帯別の在宅・非在宅人口

① 避難場所への避難に関する課題

まず、大規模火災等が発生した場合の避難場所への避難者数を推計する。千住地区内で指定されている避難場所は、荒川南岸・河川敷緑地一帯、千寿第八小学校一帯、東京電機大学の3か所である。足立区地域防災計画（2013）¹⁷⁾によれば、それぞれの避難計画人口は46,540人、14,861人、18,939人であり、合計避難計画人口は80,340人である。各避難場所には、その場所に避難すべき町丁目が決められている。図9は、各避難場所に避難する町丁目に対して、東京都による第7回地域危険度評価（2013）⁵⁾の結果を重ね合わせ、危険度ランクに応じた数を集計したものである。北千住駅東口に位置する東京電機大学に割り当てられている町丁目は火災危険度が4と5と高い一方で、千住地区南部に位置する千住第八小学校一帯は火災危険度が4と5の町丁目は全体の4割と低い。図10は、火災危険度に応じて避難場所への避難が行われた場合の千住地区全体での時間帯別総避難人口を算出した結果である。避難計画人口は80,340人であるため、本地区内の全ての在宅・非在宅人口が避難したとしても余裕があることが確認された。避難場所3か所についても同様に時間帯別総避難人口を算出した結果、いずれも避難計画人口よりは下回った。図11に東京電機大学の場合を示す。東京電機大学に避難する町丁目は火災危険度が4と5の地域であり、全ての在宅・非在宅人口が避難すると、避難人口の余裕人数は深夜帯には約2,000人強しかない。指定外の町丁目からも避難者が集まる場合には、避難計画人口を超える可能性がある。大原ら（2014）³⁾が千住周辺地区の木造・非木造建物の居住者460人及び通勤通学者90人に対して行った避難意向に関するアンケート調査によれば、避難場所を知っている人は半数以下に留まった。特に、夜間において避難計画人口を超えないようにするためには、町丁目ごとの避難場所の更なる周知が必要である。

図9 各避難場所に避難する町丁目の火災危険度

図10 火災危険度別に見た避難場所への総避難人口（千住地区全体）

図11 火災危険度別に見た避難場所への総避難人口（東京電機大学の場合）

② 避難所への避難に関する課題

次に、大規模火災が発生せずに落ち着いた後、大規模火災が鎮火したりした後、居住者の自宅が倒壊・焼失等で生活が出来ず、指定の避難所へ移動して生活する場合について考える。東京都の首都直下地震被害想定(2008)⁸⁾による250mメッシュ別の建物被災率を町丁目別人口分布に重ねて、建物被害の有無別・構造別の在宅人口を算出した。全壊建物に住む全住民および大規模半壊・半壊建物に住む住民の半数が避難所に行くものと仮定して、自宅が被害を受けたために避難所へ避難する人口を推計すると、図12に示した通り、最大で約1万人程度であることがわかった。足立区地域防災計画(2013)²²⁾によれば、千住地区にある16の避難所の収容可能人数の合計は16,526人である。これより、自宅に被害が発生した避難者のみが避難所に行く場合は、避難所の収容可能人数を下回ることが確認された。

大原ら(2014)³⁾は、千住周辺地区の木造・非木造建物の居住者460人及び通勤通学者90人を対象としたアンケート調査を行い、建物被害に加えて、停電などのライフラインの途絶、余震が繰り返し発生するなど、被災事象を段階的に追加した条件を提示した上で、その条件下で屋外への避難を行うかどうかを尋ねた。この結果、建物被害が一部損壊及び無被害であっても、停電などライフラインが途絶し、余震が繰り返し起こる場合には、木造建物の居住者の66.1%及び非木造の居住者の57.0%が建物外に避難すると回答した。よって、この割合を踏まえて、被害無しの木造・非木造建物の在宅者のそれぞれ66.1%及び57.0%が避難所に避難するものと仮定すると、図12の通り、避難所への総避難者数は、特に夜間において収容可能人数16,526人を大きく上回った。これより、ライフラインや余震などの発災後の条件次第では、避難所の収容可能人数を超えた想定以上の避難者が避難所に集まる可能性が示唆された。なお、図12では9～16時にかけては、避難所への避難者数は収容可能人口を超えないが、発災時点で地区外に居た通勤通学者が発災後には本地区に帰宅することを考えれば、現実的には日中においても避難所が過密になる可能性は高いと考えられる。

次に、建物被害が軽微な場合の避難所への移動を抑制した場合を想定する。中高層の共同住宅などで耐震性がある程度確保されていれば、ライフラインの途絶や余震が発生する場合でも、建物内の集会場やロビー等において、食料や飲料水、簡易トイレなどの備蓄品を活用して避難所に行かずに退避生活を行うことは可能である。図13は、全壊建物に住む全住民および大規模半壊・半壊建物に住む住民の半数は避難所に行くものと仮定した上で、被害が無い木造・非木造建物の在宅者の9%が避難所に避難するものと想定して、避難人口を推計したものである。この場合、午前0時での総避難人口は160,26人となり、収容可能人数の16,526人を下回った。なお、被害が無い木造・非木造建物の在宅者の10%が避難所に避

図12 避難所への避難人口の推移

図13 避難所への避難人口の推移（被害の無い建物からの避難を抑制した場合）

難するものと仮定すると、この総避難人口は16,557人となり、収容可能人口を上回る。これより、災害前から備蓄の増強や意識啓発などの備えを行い、被害が無い建物から避難所へ避難する割合を9%にまで抑制すれば、夜間の災害発生時の避難人口が収容可能人口を下回り、避難所の混雑緩和につながることを示された。

図14及び図15は、各町丁目から指定避難所への避難者数を算出し、16か所の避難所ごとに避難者数と収容可能人数を比較したものである。図中には、夜間人口に近い午前0時での避難者数をプロットしている。図14は、図12と同様に被害無しの木造・非木造建物の在宅者の約6割が避難所に避難すると仮定したものであり、図15は図13と同様に9%が避難所に避難すると仮定したものである。図14からは、多くの避難所で大幅に収容可能人数を超える状況になることが予想された。特に、千住地区の北西部に位置する千寿双葉小学校、千寿桜小学校、及び千住地区の南東部に位置する第一中学校は、複数の町丁目に対して避難所が1か所しかないこともあり、避難者数が5,000人を超えて大幅な過密状態となる。一方、被害の無い建物からの避難を抑制した場合には、図15の通り、避難者は、各避難所の収容可能人口の2倍以内に収まった。このように避難所への避難を抑制するためには、耐震性の確保された中高層の共同住宅などの建物での備蓄の拡充や、災害時の集会場やロビー等の利用の促進、居住者や共同住宅の管理組合等への意識啓発などの事前の備えが必須である。

図14 各避難所への避難者数と収容可能人数の関係

図15 各避難所への避難者数と収容可能人数の関係
(被害の無い建物からの避難を抑制した場合)

なお、以上の推計は、あくまで区による事前計画に沿って群集が行動した場合に限られる。大原ら(2014)³⁾のアンケート調査では、避難場所や避難所を知っている人は半数前後であった。人々が指定避難所ではない場所に避難してしまうための混雑や、避難先がわからないための混乱も生じる可能性がある。また、本推計には、パーソントリップ調査のデータと国民生活時間調査報告書(2010)²⁰⁾の平日の在宅率を用いて、平日の在宅・非在宅者の推移を行っているため、休日の場合には異なる人口分布になる可能性がある。

③ 非在宅者に関する課題

続いて、非在宅者の行動について考える。帰宅困難になった従業員や買い物客などの滞留者は、東京都帰宅困難者対策条例¹⁶⁾により、東京都指定の一時滞在施設に受入れると定められている。図16は、午後6時の時点での非在宅者の人口分布をプロットしたものである。北千住駅西口周辺は特に非在宅人口が多いことがわかる。また、図17は非在宅人口の推移を建物被害の有無別に示したものである。東京都帰宅困難者対策条例¹⁶⁾では帰宅抑制が呼びかけられており、図に示した非在宅人口の全てが帰宅困難者になるわけではないが、限られた数の一時滞在施設でこれらの非在宅人口を収容するのは困難であることが想定される。大原ら（2014）³⁾のアンケート調査によれば、通勤通学者で一時滞在施設を知っているのは2割以下であったため、一時滞在施設を知らないことや膨大な数の人々が移動することに伴う混乱が懸念される。筆者らによる足立区危機管理室災害対策課へのヒアリングによれば、これらの混乱に対応するため、区役所庁舎が千住地区外にある足立区役所では、現地本部を駅西口に設置する予定である。また、滞留者への情報提供・誘導拠点を、堀切橋・千住新橋・西新井橋・4号線宮元町交差点・学びピアの5か所（図16の星印）に設置する計画である。膨大な数の帰宅困難者に対する適切な情報提供・誘導を行うためには、想定される群集挙動に応じて拠点配備計画の妥当性を検討しておく必要がある。

図16 非在宅者の人口分布（午後6時）

図17 非在宅人口の推移

その他、表3に挙げた通り、鉄道の運行停止による帰宅困難者も生じる可能性がある。図18及び図19は、平成22年大都市交通センサス¹⁸⁾の鉄道OD調査による着時間帯別駅間移動人員データを集計して算出した北千住駅での普通券・定期券別の乗車・降車人数である。乗車・降車人数はラッシュアワーである午前8時半～9時、午後6時台が最も多い。帰宅困難者数は災害発生時間に応じて変動し、特にラッシュアワーに増加する。ラッシュアワーは定期券利用が過半数であるのに対し、日中には普通券の利用も増える。これらの普通券利用者は、普段この駅を利用する乗降者ではないために土地勘がなく、移動すべき行先がわからずに混乱する可能性もある。

また、国道4号線（図3）を通る通過目的の帰宅困難者も生じる可能性がある。帰宅困難者の移動方向は主として北部の千葉・埼玉方面である。千住地区内で大規模火災が発生する場合、本地区を通過しようとする帰宅困難者が火災に巻き込まれる可能性があり、帰宅困難者の流入により本地区内がさらに混雑する必要がある。これらの混乱を軽減するためには、千住地区の端部に位置する国道4号線沿いの千住大橋・千住新橋地点において、通過目的の帰宅困難者に対して適切な情報提供・誘導を行う必要がある。

図18 北千住駅での時間帯別乗車人数

図19 北千住駅での時間帯別降車人数

3.5 水害時の在宅者・非在宅者の行動の観点から見た課題

最後に、水害時の課題と必要な事前対策についても検討する。前節で述べた通り、200年に1度の降雨により荒川が氾濫した場合、千住地区では最大5m以上の浸水が想定されており、区の計画では堤防決壊前に地域外への避難を行うことになっている。しかし、本地区内には図8で示した通り、最大で約7万人の人々が存在することから、これらの人々を短時間で地域外に移動させるのは非常に困難であり、情報伝達手段や人々の移動手段に関わる事前の行動計画を立案しておく必要がある。

中でも、1-2階建ての建物内に居る人々は特に危険性が高く、建物外や上層階に避難することが必須である。図20は、在宅人口、非木造建物の1-2階での在宅人口、非木造1-2階での非在宅人口を集計し、これらを時間帯別に示したものである。なお、階数別の人口の算出には、足立区の町丁目別の住宅の建て方別一般世帯数の割合²¹⁾を用いた。木造には3階建てもあるが、階数別の割合がわからなかったため、木造は全て避難の必要があるものとした。これより、特に夜間においては、木造の自宅に帰宅している居住者が増えるため、水害時の建物外避難が必須である人口が増加することがわかる。夜間は避難情報の周知が難しい、屋外への避難を躊躇する、暗さで避難経路が分からない、などの課題があるため、昼間だけでなく、夜間における水害時の情報伝達や避難体制についても十分に検討しておく必要がある。

図20 木造・非木造の低層階の人口

4. 結論と今後の課題

近年、大規模駅の周辺では都市再生安全確保計画の作成が進んでおり、災害時に駅周辺で起こりうる諸問題の把握やソフト・ハード両面での対策実施がますます重要となっている。本研究ではまず、首都圏における主要な駅周辺地区を対象として、地震・水害・複合災害の危険度の現状を概観した。分析対象とした16の駅のうち、6つの駅が地震と水害の両方の危険度を有しており、中でも北千住駅は想定浸水深さが最大で5m以上と著しく高いことがわかった。駅周辺での滞留人口の観点から見ると、16の駅は、人口昼夜比が最大で6を超えるパターン①、人口昼夜比が中程度のパターン②、人口昼夜比が全時間帯を通してほぼ1となるパターン③、という3パターンに分類された。中でもパターン③の駅周辺では、災害時には、帰宅困難になった地域外居住の通勤通学者と、災害被害に遭い避難しようとする居住者との動線が錯綜し、混雑や混乱が生じる可能性が考えられた。

次に、地震・水害・複合災害のリスクを有するターミナル駅の一つであるJR北千住駅周辺の東京都足立区千住地区に焦点をあて、災害時に想定される群集の分類を行うとともに、これらの群集の発生規模に関する時間帯別の推計を行った。以上の分析から、駅周辺における災害時の課題と必要な対策に関して、以下の事項が課題として指摘できる。

- ・本地区は地震・水害・複合災害リスクの高い地区であり、これらを踏まえた対策検討が必須である。
- ・地震・水害時に本地区では、移動先の異なる20タイプの群集が想定される。
- ・地震後に大規模火災等が発生した場合、本地区内に3か所ある避難場所への避難人口は、避難計画人口を下回る。しかし、町丁目ごとに指定された避難場所について、更なる周知が必要である。
- ・居住者の自宅が倒壊・焼失等で生活が出来ず、指定の避難所へ移動する場合は、避難所の収容可能人数を下回る。しかし、ライフラインや余震などの発災後の条件次第では、避難所の収容可能人数を大幅に超えた避難者が集まる可能性がある。
- ・被害が無い建物からの避難所への避難を9%まで抑制すれば、避難人口が避難所の収容可能人口を下回り、避難所の混雑緩和につながる。今後、過度に避難所に行かないよう意識啓発を行う必要がある。
- ・限られた数の一時滞在施設に対して、膨大な数の帰宅困難者が集中し、混乱が想定される。区としても情報提供・誘導拠点の設置を予定しているが、これらの設置場所の妥当性を検討する必要がある。
- ・鉄道の運行停止による帰宅困難者数は、乗車・降車人数が最も多くなる午前8時半―9時、午後6時台に最も増加しうる。日中は、土地勘がない普通券利用者による混乱も生じうる。
- ・通過目的で千住区に流入する帰宅困難者に対しては、大規模火災時の混乱を避けるため、本地区の端部に位置する国道4号線沿いの千住大橋・千住新橋地点での情報提供・誘導が非常に重要である。
- ・水害に関しては、荒川が氾濫する危険性がある場合は堤防決壊前に地区外に一次避難する計画であるが、人々への情報伝達手段や移動手段に関わる事前の行動計画を十分に立案しておく必要がある。
- ・浸水危険性のある低層階に居る在宅・非在宅人口は特に夜間に増えるため、夜間における水害時の情報伝達や避難体制についても十分に検討しておく必要がある。

今後は、山下ら（2012）による歩行者シミュレータCrowdWalk²³⁾を用いて東京都足立区千住地区に対する群集挙動シミュレーションを行い、本研究で指摘した災害時の課題に関する具体的な検証を行うとともに、地域の実態に即した効果的な誘導や拠点配置計画などの検討を行う予定である。

謝 辞

本研究は、公益財団法人大林財団の研究助成及び総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能」（管理人：JST）における研究課題「巨大都市・大規模ターミナル駅周辺地域における複合災害への対応支援アプリケーションの開発」（研究代表者：工学院大学久々田嘉章教授）の一環として実施された。研究遂行にあたっては、東京都、足立区、国土交通省関東地方整備局荒川河川事務所のご担当者の皆様にヒアリングへのご協力をいただいた。また、SIP課題メンバー及び日本地震工学会都市避難部会メンバーから貴重な示唆を得た。3章での避難人口の推計においては、東京都が2012年に発表した首都直下地震等による東京の被害想定結果を参照した。ここに記して、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 例えば、廣井悠：東日本大震災における首都圏の帰宅困難者について -社会調査と分析-、2011.
- 2) 内閣官房地域活性化統合事務局：都市再生安全確保計画制度 概要、2014.
- 3) 大原美保・藤生慎・高田和幸：地震・水害・複合災害時における地域住民・通勤通学者の避難意向に関する調査 ―東京都足立区千住周辺地区の事例―、第14回日本地震工学シンポジウム、2014.
- 4) JR東日本：各駅の乗車人数 2013年度、<http://www.jreast.co.jp/passenger/>、2013.
- 5) 東京都：地震に関する地域危険度測定調査（第7回）、2013.
- 6) 東京都：地震に関する地域危険度測定調査（第6回）、2008.
- 7) 内閣府：首都直下地震被害想定報告書、2004.
- 8) 東京都：首都直下地震等による東京の被害想定 報告書、2012
- 9) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス
- 10) 中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループ：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）、2013.
- 11) 東京都市圏交通計画協議会：平成20年度東京都市圏パーソントリップ調査、<http://www.tokyo-pt.jp/data/H20.html>、2008.
- 12) 久田嘉章：「逃げる対策」から「逃げない対策」へ、自主防災、No.234、2013年7・8月号、2013、pp.6-9.
- 13) 東京都人口統計課：平成22年 東京都の人口、2010.
- 14) 足立区：あだち防災マップ&ガイドのページ、<http://www.city.adachi.tokyo.jp/saigai/bosai/bosai/taisaku-bosaimap.html>
- 15) 足立区：避難の手順のページ、<http://www.city.adachi.tokyo.jp/saigai/bosai/bosai/hinanjo-tejun.html>
- 16) 東京都：帰宅困難者対策条例、2012.
- 17) 足立区：足立区地域防災計画 震災対策資料編（平成 25 年度修正）、2013.
- 18) 平成 22 年大都市交通センサス、2010.
- 19) 足立区：足立区洪水ハザードマップのページ、<http://www.city.adachi.tokyo.jp/kikaku/bosai/bosai/hazard-map-k.html>
- 20) NHK 放送文化研究所：国民生活時間調査報告書、2010.
- 21) 東京都総務局：東京都の統計 平成22年東京都区市町村町丁別報告、住宅の建て方（8区分）別住宅に住む一般世帯数、2010.
- 22) 東京消防庁 火災予防審議会地震対策部会：地震火災による人的被害の軽減方策（中間報告）、2014.
- 23) 山下倫央・副田俊介・大西正輝・依田育士・野田五十樹：一次元歩行者モデルを用いた高速避難シミュレータの開発とその応用、情報処理学会論文誌、53巻7号、pp.1732-1744、2012.

（受理：2016年10月21日）

（掲載決定：2015年*月11日）

Current Issues on Crowd Behavior near Terminal Stations in Case of Disasters

-A Case Study of Senju Area, Adachi Ward, Tokyo, Japan-

OHARA Miho ¹⁾, FUJIU Makoto ²⁾, YAMASHITA Tomohisa ³⁾
and TAKADA Kazuyuki ⁴⁾

- 1) Member, Associate Professor, The University of Tokyo, Japan (Previous post)
Senior Researcher, International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM),
Public Works Research Institute, Japan (Current post) , Dr. Eng.
2) Member, Research Associate, Kanazawa University, Dr. Eng.
3) Member, Senior Researcher, Human Informatics Research Institute,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Dr. Eng.
4) Member, Professor, Tokyo Denki University, Dr. Eng.

ABSTRACT

Recently, urban regeneration and safety plans are being developed in the areas near some large-scale terminal stations. It becomes more important to understand various issues in disaster situation and take necessary structural and non-structural countermeasures near the terminal stations. Firstly, this paper overviewed the characteristics of expected hazards of earthquake and flood near the large-scale terminal stations. Then, focusing on Senju area, Adachi ward in Tokyo which has high risk of earthquake, flood and combination of these (complex disaster), it estimated the number of population of the crowd near the station such as residents, workers and evacuees according to the time in case of disasters. It then analyzed the necessary capacity of evacuation centers and compared it with the affected population. Finally, it pointed out current issues and suggested necessary countermeasures in this area.

Keywords: Earthquake, Flood, Complex Disaster, Crowd, Terminal station, JR Kitasenju Station