

首都直下地震時の千代田区（丸の内・大手町のエリア）における 帰宅困難者に関する基礎的研究

○藤原総明¹，塚本昭博²，矢代晴実³

Fusaaki FUJIWARA¹， Akihiro TSUKAMOTO² and Harumi YASHIRO³

¹株式会社 東京海上研究所

The Tokio Marine Research Institute

²防衛大学校 理工学研究科

Graduate school of Science and Engineering, National Defence Academy

³防衛大学校システム工学群建設環境工学科

Department of Civil and Environmental Engineering School of Engineering, National Defence Academy

The ratio of daytime population of Chiyoda-ku against nighttime is the highest (as high as 1738.8%) in Japan. Especially in Marunouchi and Otemachi area, over 320 thousand people stay within 1.13 square kilometres in daytime whereas nighttime population is nearly zero. When a large earthquake hits Tokyo directly, many of the risks concerning commuters who have lost their way home will emerge.

This study reveals possibility of prominent risks by simulations of stranded commuters in these areas.

Key Words : Capital Directly Under Earthquake, Stranded Commuters, GIS, Predominant Risks in Marunouchi and Otemachi area,

1. はじめに

千代田区は、日本で昼夜間人口比率が最も高いエリアである。特に夜間人口がほぼゼロのビジネスエリアとして丸の内・大手町・有楽町・霞が関・永田町があるが、なかでも丸の内・大手町は 1.13 ㎢の狭い面積に、昼間人口+域内滞在者が約 32 万人という特徴的なエリアである。そのため、このエリアでは首都直下地震発生時の帰宅困難者に関するリスクが集約的に発生する。本研究では、丸の内・大手町エリアの帰宅困難者問題について、定量的な考察を行ない、食料・水・トイレ・居場所のリスクについて基礎的研究を行う。

2. 千代田区の7つのブロックの特徴

千代田区を通勤・通学のエリアとして分類するために、JR の駅を基準に7つに区分し昼夜間人口を算出すると表1・図1のとおりとなる。昼間人口・夜間人口は平成22年国勢調査のデータを使用した。

エリア1～3（丸の内・大手町・有楽町・霞が関・永田町）は純粋なビジネスエリアであり夜間人口がほぼゼロのエリアであり、高層ビルが立ち並ぶエリアである。一方でエリア4～7（九段・麹町・富士見町・神田神保町・飯田橋・神田駿河台・内神田・外神田・岩本町など）は商業地区かつ居住区でもあり、夜間で5万人弱の人口がある。高層ビルもあるが、古い戸建ての住宅もあるエリアである。

表1 ブロック別の昼間人口・夜間人口等

ブロック	昼間人口	面積(㎢)	夜間人口	昼夜間人口比率	最寄りのJR駅	対象となる主な町名
ブロック1	180,793	1.13	27	669.604%	東京駅	丸の内・大手町
ブロック2	57,121	0.29	33	173.094%	有楽町駅	有楽町
ブロック3	77,739	1.16	431	18.037%	新橋駅	霞が関・永田町
ブロック4	147,372	2.36	20,996	0.702%	四ツ谷・市ヶ谷駅	九段・麹町・富士見町
ブロック5	116,056	1.47	9,446	1.229%	飯田橋駅	神田神保町・飯田橋
ブロック6	122,966	1.18	5,108	2.407%	御茶ノ水駅	神田駿河台・内神田
ブロック7	142,687	1.78	12,812	1.114%	神田駅	外神田・岩本町

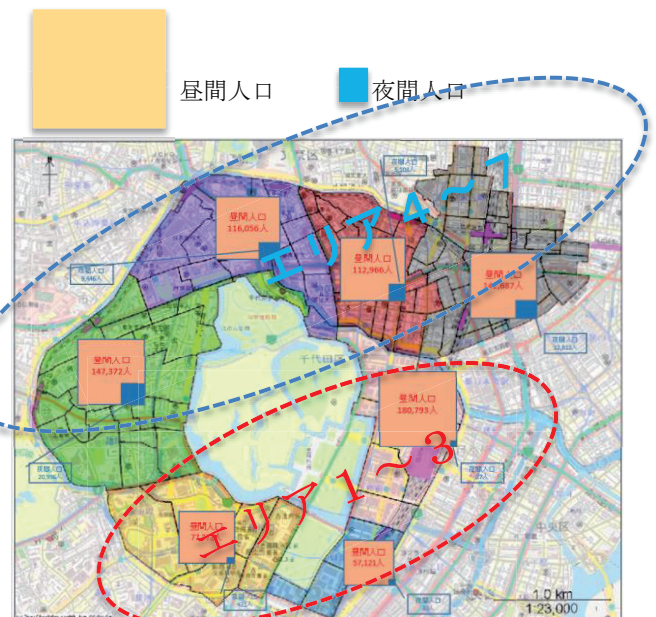


図1 千代田区の7ブロックの昼間人口・夜間人口

3. 千代田区（丸の内・大手町エリア）における食料・水・携帯トイレの備蓄状況

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東京都市圏において多くの帰宅困難者が発生した。この経験を踏まえ東京都庁は、首都直下地震発生時には首都圏エリアの通勤者はむやみに帰宅を開始しないようにとの方針を打ち出し、また全従業員の 3 日分の食料・水・携帯トイレを企業が備蓄することを努力目標として定めた。

丸の内・大手町エリアにおける食料・水・携帯トイレの備蓄状況を確認する。

3.1 企業による丸の内・大手町エリアの備蓄量

(1) 備蓄量の計算方法

食料備蓄量の計算について記載する。水と携帯トイレの備蓄量の計算も同様である。

食料備蓄量は、千代田区役所の千代田区内の企業に対するアンケート¹によると 516 社の 1 社あたりの食料備蓄量は平均 2.7 日分という結果であった。516 社の事業所規模別の平均備蓄量は、表 2 の (B) 平均備蓄日数である。

また、516 社の従業員 1 人当たりの食料備蓄量を推定するために、経済センサスのデータを用いて²「事業所規模別の事業所 1 カ所あたりの平均従業員数」を算出した。（表 2 の (C) 事業所規模別の平均従業員数）

これらの数値から、516 社の従業員 1 人当たりの平均食料備蓄量は 3.64 日分、有効回答のあった 970 社の従業員 1 人当たりの平均食料備蓄量は 1.94 日分との結果となり、千代田区では従業員 1 人あたり 1.94 日分の食料を企業側が確保していると考えられる。

表 2. 企業による千代田区の従業員 1 人当たりの備蓄量

	事業所の規模	(A)企業数	(B)備蓄の 平均日数	(C)事業所規模別の 平均従業員人数	516社の従業員1人当 たりの備蓄量(日分)	(D)千代田区従業員 1人当たりの備蓄量 (D)×516社/970社
食料備蓄	4人以下の企業	152	2.6	2.2	3.644	従業員 1人当たり 1.939日分
	5～9人	106	2.5	6.5		
	10～49人	158	2.6	20.1		
	50～99人	39	2.4	68.5		
	100～299人	27	2.4	161.7		
	300人以上	28	4.2	849.3		
水の備蓄	4人以下の企業	152	3.5	2.2	3.895	従業員 1人当たり 2.072日分
	5～9人	106	3.2	6.5		
	10～49人	158	2.9	20.1		
	50～99人	39	2.6	68.5		
	100～299人	27	2.8	161.7		
	300人以上	28	4.4	849.3		
携帯トイレ の備蓄	4人以下の企業	152	2.1	2.2	3.742	従業員 1人当たり 1.991日分
	5～9人	106	1.5	6.5		
	10～49人	158	2.1	20.1		
	50～99人	39	2	68.5		
	100～299人	27	2.9	161.7		
	300人以上	28	4.4	849.3		
千代田区アンケート結果			経済センサスデータ		計算結果	

(2) 計算結果

食料の備蓄量と同様の計算を行い、企業による千代田区の従業員の 1 人当たりの備蓄量は、食料は 1.94 日分、水は 2.07 日分、携帯トイレは 1.99 日分となる。

3.2 千代田区役所による丸の内・大手町エリアの備蓄量

千代田区役所は平成 24 年～28 年の事業期間を対象に「千代田区災害対策事業計画」⁴⁾を 5 か年計画として定めている。この計画の一環として、首都直下地震時の帰宅困難者対策として帰宅困難者の受入れ提携先を募集し、平成 28 年度までに 20,000 人の受入れ態勢を整備するとしている。また提携先に、平成 28 年度までに 20,000 人分の発災当初の 3 日間を乗り切るための食料・水・携帯トイレの配備を行うとしている。数としては、20,000 人×3 日分の 60,000 日分が準備される計画である。

この 60,000 日分は、千代田区全体の量であるので、丸の内・大手町エリアの総量を算出するために、提携先の企業が千代田区全体に均等に部分していると仮定し、面積比で算出することとする。千代田区役所による丸の内・大手町エリアの食料・水・携帯トイレの備蓄の総量は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} &<\text{千代田区役所による備蓄の総量}> \\ &60,000 \text{ 日分} \times 1.13 \text{ km}^2 / 11.66 \text{ km}^2 = 5,815 \text{ 日分} \\ &(1.13 \text{ km}^2 \text{ は丸の内・大手町エリアの面積、} 11.66 \text{ km}^2 \text{ は千代田区面積}) \end{aligned}$$

この 5,815 日分を丸の内・大手町エリアの従業員に均等に分配した場合には、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} &<\text{千代田区役所による丸の内・大手町エリアの従業員 1 人当たりの備蓄量}> \\ &5,815 \text{ 日分} / 180,794 \text{ 人} = 0.032 \text{ 日分} \end{aligned}$$

3.3 東京都庁による丸の内・大手町エリアの備蓄量

東京都庁は帰宅困難者のために、200 施設で 70,000 人を受入れるための態勢づくりを平成 25 年に行った。この 200 施設の中の 1 施設が丸の内・大手町エリアにある（東京国際フォーラム）。⁵⁾

東京都庁は各施設の受入許容人数は公表していないため、70,000 人に対して 200 施設であることから 1 施設当たり 350 人という値を用いると、丸の内・大手町エリアに東京都庁による帰宅困難者のための 1 日分の食料・水・携帯トイレの備蓄が 350 人分であると推定される。この 350 日分を丸の内・大手町エリアの従業員に均等に分けた場合には、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} &<\text{東京都庁による丸の内・大手町エリアの従業員 1 人当たりの備蓄量}> \\ &350 \text{ 日分} / 180,794 \text{ 人} = 0.002 \text{ 日分} \end{aligned}$$

3.4 丸の内・大手町エリアの従業員 1 人当たりの、企業・千代田区役所・東京都庁による合計の備蓄量

丸の内・大手町エリアの 180,794 人に対する企業・千代田区役所・東京都庁による備蓄量の合計は表 3 の通り、食料備蓄 1.973 日分、水の備蓄 2.106 日分、携帯トイレ 2.025 日分の備蓄となる。

¹平成 26 年に千代田区は、防災対策の現状把握のために企業 4,000 社に対しアンケートを行い、1000 社について回収した。アンケートで、「水・食料・携帯トイレのいずれかを備えているか?」という項目に、有効回答数が 970 社、うち 516 社（53.2%）が「水・食料・携帯トイレのいずれかを備えている」と回答している。

²総務省の平成 26 年経済センサス基礎調査「事業所に関する集計 第 5 表東京都特別区（23 区）」

表 3. 丸の内・大手町エリアの通勤者 1 人当たりの企業・千代田区役所・東京都庁による合計の備蓄量

食料	1.973 日分	水	2.106 日分	携帯トイレ	2.025 日分
充足率(食料の3日分対比)	65.8%	充足率(水の3日分対比)	70.2%	充足率(携帯トイレの3日分対比)	67.5%

4. 丸の内・大手町エリアのトイレと密集度のリスクに関する基礎的考察

熊本地震でも同様であったが、関東大震災の記録を見ると、食料・水・トイレの問題に加えて、余震等に対する不安等から公園や屋外、広場への避難した人々の記録がみられる。ここで、通勤・通学者以外の買い物客や訪問者などの人数を推定し、この人数を加えたうえで、人口の密集に関するリスクや、食料・水・携帯トイレの備蓄の問題について定量的に考察する。

4.1 エリア内の買い物客・訪問者の人数

丸の内・大手町エリアの通勤・通学者の人数は国勢調査から明らかであるが、通勤・通学者以外の滞在者の人数を把握することはできない。本研究では、JR 東日本の公表データをもとに滞在者の人数を推定する。

JR 東日本は、2014 年度の千代田区内の JR 駅利用者数データとして、1 日あたり平均の定期券利用者と定期券利用者以外の人数を公表している。⁹⁾ここで、定期利用者を千代田区の通勤（15 歳以上）・通学者

（180,793 人）と考え、その人数に（定期券以外/定期券利用）の比率（80.8%）³ を乗じると、146,081 人が滞在者の人数となる。

4.2 エリア内の人口と空地面積と群集雪崩のリスクと対策

(1) 丸の内・大手町エリアの昼間人口は通勤・通学者の 180,793 人に加え、その 80.8%（146,081 人）の買い物客・訪問者等を合わせると、合計で 326,874 人がエリア内に滞在していると推定できる。また、東京都市街地現況調査報告（H12 年 3 月）によると丸の内・大手町エリアの空地面積は、120,119 m²である。

地震発生時にビル内から空地に全員が屋外退避したとすると、1 m²あたり 2.72 人となる。群集雪崩が発生するとされるのは「1 m²あたり 5 人」である。この 2.72 人は、ビルの出入り口や避難階段などの人が一時的に集中するエリアでは「1 m²あたり 5 人」以上となる可能性が十分にある人数であると考えられる。2001 年に約 250 人が死傷した明石花火大会歩道橋事故と同様の惨事が再度発生する可能性がある。

(2) 群集雪崩回避の対策としては、丸の内・大手町エリアのビルは不燃化・耐震化が進んでいるので、ビル内の勤務者や買い物客・訪問者は首都直下地震発生時には、火災発生時以外はビル内に留まる方針を明確にすることが望ましい。また、平素より、丸の内・大手

町エリアのビルの防災担当者は、地震時の指示の出し方を認識し訓練をする必要がある。

4.3 丸の内・大手町エリア内の人口と食料・水・携帯トイレの備蓄と対策

前記のとおり、丸の内・大手町エリアでは 3.1 で示したように千代田区役所・東京都庁・企業により、勤務者 1 名あたり、食料は 1.973 日分、水は 2.106 日分、携帯トイレは 2.025 日分が確保されていると考えられる。これを、エリア内の買い物客・訪問者にも均等に配分する場合は、食料は 1.091 日分、水は 1.165 日分、携帯トイレは 1.120 日分となる。現状では、東京都庁の努力目標として掲げている 3 日分の備蓄と比較した場合には、充足率は食料 36.4%、水 38.8%、携帯トイレ 37.3%となる。

表 4. 通勤者に加え滞在者にも備蓄を均等に割り振る場合の、丸の内・大手町エリアの 1 人当たりの備蓄量と充足率

食料	1.091 日分	水	1.165 日分	携帯トイレ	1.120 日分
充足率(食料の3日分対比)	36.4%	充足率(水の3日分対比)	38.8%	充足率(携帯トイレの3日分対比)	37.3%

対策は、千代田区役所・東京都庁の備蓄量の増大、企業の備蓄量の増大、通勤者・訪問者の自助の 3 つが選択肢としてある。どの選択肢も必要かつ有効であるが、前者 2 つは計画と実行に時間がかかるのに対し、3 つめの通勤者・訪問者の自助であればすぐに行うことができる。

4.4 エリア内のトイレ問題と対策

(1) エリア内の水洗トイレの使用の可否

東京都防災会議地震部会では、千代田区の上水道断水率を 52.0%とし、下水管（管きよ被害）を 28.8%として公表している。千代田区のビル街では、トイレは上水・下水ともに正常であれば初めて使用できるので、使用可能率は以下の通りとなる。

$$\text{＜水洗トイレの使用可能率の計算＞} \\ (1-52\%) \times (1-28.8\%) = 34.1\%$$

しかし、多くの高層ビルでは、建物内の下水の配管が破損した場合に汚水がビルの壁内に流れ出すリスクを考え、大地震後には安全が確認されるまではトイレは使用することを禁じるルールを定めていることが多い。エリア内の 326,874 人が全員が携帯トイレを利用し、水洗トイレは使用できないと考えて対策をたてる必要があると考えられる。

(2) 買い物客・訪問者のトイレ利用

トイレの水洗機能が使用できない場合でも、勤務者以外の 146,081 人は、エリア内にあるビルの 1 階のトイレのブースを、携帯トイレの使用場所として利用を試みると考えられる。

エリア内のビルのは、GIS で確認すると 55 のビルがある。55 のビルが 1 階部分を買い物客・訪問者がトイレを使用できるように開放した場合、1 つのビル当

³ （定期券以外/定期券利用）の比率（80.8%）は、千代田区内の東京、新橋、秋葉原、有楽町、御茶ノ水、神田、四ツ谷、飯田橋、水道橋の 9 駅の（定期券以外/定期券利用）の比率の加重平均とした。²⁾

たり平均 2,656 人が使用すると考えられる。ここで 2,656 人の男女構成人数については、平成 22 年国勢調査の千代田区の昼間人口の男女比は 65%：35%なので、2,656 人のうち 1,722 人が男性、934 人が女性と推定される。

55 のビルについて、5 つのビルについてランダムに訪問調査したところ、平均してブースは男子トイレで 4 つ、女子トイレで 6 つであった。この数字をもとに 5 ビル 1 つあたりの男性トイレ・女性トイレの稼働率を計算する。

・男性トイレの稼働率

トイレのブースは 1 回の使用が平均 2 分間とされる。男性 1,722 人が 1 日に 1 回使用した場合には、ブース 1 つあたりの稼働時間は以下の通りである。

$$\text{＜男性トイレのブースの 1 日当たりの稼働時間＞} \\ 2 \text{ 分} \times 1,722 \text{ 人} \div 4 \text{ つ} = 861 \text{ 分}$$

稼働率としてみた場合には、24 時間（1,440 分）に対しては 59.8%となる。また、22 時から朝 6 時の 8 時間を睡眠時間と考え残りの 16 時間（960 分）に対する比率で考えた場合には、稼働率は 89.7%となる。

・女性トイレの稼働率

女性が 1 日に 4 回使用した場合には、ブース 1 つあたりの稼働時間は以下の通りとなる。

$$\text{＜女性トイレのブースの 1 日当たりの稼働時間＞} \\ 2 \text{ 分} \times 934 \text{ 人} \times 4 \text{ 回} \div 6 \text{ つ} = 1,245 \text{ 分}$$

稼働率としてみた場合には、24 時間（1,440 分）に対して 86.5%となる。また、22 時から朝 6 時の 8 時間を睡眠時間と考え残りの 16 時間（960 分）に対する比率で考えた場合には、稼働率は 129.7%となる。

・最大待ち時間

使用したい時間帯がズレていれば問題はないが、食事の前後に集中する場合には列に並ぶタイミミングがほぼ同時であった場合には、最大待ち時間は以下の通りとなる。

$$\text{＜トイレブースの最大待ち時間＞} \\ \text{男性：} 2 \text{ 分} \times 1,722 \text{ 人} \div 4 \text{ つ} = 861 \text{ 分} \\ \text{女性：} 2 \text{ 分} \times 934 \text{ 人} \div 6 \text{ つ} = 312 \text{ 分}$$

表 5. 丸の内・大手町エリアのビルにおいて地震発生後に買い物客・訪問者に 1 階部分のトイレを開放した場合の利用状況

	利用人数	1日の総利用時間 (1ブースあたり)	稼働率(24時間 間対比)	稼働率(22時 ～6時以外)	利用待ちの 最大時間
男性	1,722人	861分	59.8%	86.5%	861分
女性	934人	1,245分	86.5%	129.7%	312分

(3) 買い物客・訪問者のトイレ必要数

トイレの充足状況はその性格上、1 日の稼働率で考えるのではなく、最大の待ち時間で数が足りているかを考える方法がある。この考え方であれば、男性の場合で最大の待ち時間を 60 分以内に収めるのであれば開放するトイレの数を、以下の倍数にする必要がある。

＜男性トイレのブースの必要数＞

$$861 \text{ 分} \div 60 \text{ 分} = 14.4 \text{ 倍}$$

＜女性トイレブースの必要数＞

$$312 \text{ 分} \div 60 \text{ 分} = 5.2 \text{ 倍}$$

具体的な施策としては、非常時のための簡易ブースを準備するか、また 1 階以外の他の階もトイレも開放し最大の待ち時間を所定の時間内に収まるようにする必要がある。

5. まとめ

本研究は、丸の内・大手町エリアにおける首都直下地震発生時の帰宅困難者問題のうち食料・水・トイレ・居場所のリスクについて定量的に基礎的研究を行った。以下に得られた結果を示す。

(1) 丸の内・大手町エリアの勤務者は、食料は 1.973 日分（65.8%）、水は 2.106 日分（70.2%）、携帯トイレは 2.025 日分（67.5%）が、企業・千代田区役所・東京都庁により確保されていると考えられる。（）内は東京都庁が方針とする 3 日分に対する比率。

(2) 買い物客や訪問者も考え均等に配分すると仮定すると、食料は 1.091 日分（充足率 36.4%）、水は 1.165 日分（充足率 38.8%）、携帯トイレは 1.20 日分（充足率 37.3%）となる。（）内は東京都庁が方針とする 3 日分に対する比率。

(3) 丸の内・大手町エリアは昼間は 326,874 人がエリア内に滞在している。これに対し、丸の内・大手町エリアの空地面積は 120,119 m²であり、地震発生時にビル内から外に全員が出たとすると、1 m²あたり 2.72 人となり、群集雪崩のリスクが高いと考えられる。

(4) エリア内の 55 のビルの 1 階のトイレを買い物客・訪問者 146,081 人の携帯トイレ使用のために開放した場合には、平均 1 ビル当たり 2,656 人（1,722 人が男性、934 人が女性）が使用することとなる。夜間（22 時～6 時）を除いた場合のトイレ稼働率は男性トイレで 89.7%、女性トイレで 129.7%となる。なお、食後に利用者が集中することを考えた場合には、最大待ち時間を 60 分以内に収めようとするためには、男性トイレのブース数を 14.4 倍、女性トイレのブースを 5.2 倍にする必要がある。

本研究では通勤者の人数と滞在者の人数を固定値として行った。今後の研究として、1 日の時間帯に応じて人数が変動するので、時間帯別の通勤者およびその他の滞在者の人数を把握することで、首都直下地震の発生時間帯に応じたリスクの定量的研究が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 総務省統計局 平成 22 年国勢調査 2010
- 2) 千代田区「平成 26 年度 千代田区事業所防災アンケート調査報告書」平成 26 年 12 月
- 3) 総務省統計局経済センサス 平成 26 年
- 4) 千代田区災害対策事業計画（平成 24 年度～平成 28 年度）
- 5) 東京都「一時滞在場所一覧（都内の 200 施設を掲載）」
- 6) JR 東日本 駅別利用者 公開データ
- 7) 内閣府「首都直下地震帰宅困難者等対策協議会最終報告」平成 24 年 9 月 10 日
- 8) 「渋滞学」西成活裕、新潮選書、2006
- 9) 「関東大震災の社会史」北原糸子、朝日選書、2011