

情報伝達ネットワークの形成に基づく帰宅困難者支援場所利用者数の予測*

Prediction of Number of Supporting Base Users with Difficulties in Returning Home Due to an Earthquake , Based on Communication Network.*

渡邊泰史**・久保亮太***・島崎敏一****・下原祥平*****

By Yasushi WATANABE**・Ryota KUBO***・Toshikazu SHIMAZAKI****・Shohei SHIMOHARA*****

1. はじめに

今日、大地震がいつ関東地方を襲ってもおかしくないといわれている。大地震によってさまざまな問題が起こることが予測されるが、その中でも特に帰宅困難者の発生が重要である。

震度 5 以上の地震が起きたとき、交通機関が停止し、帰宅困難者が発生する。東京都全体で 390 万人以上、千代田区のみでも 60 万人以上の帰宅困難者が発生すると予測されている¹⁾。帰宅困難者は一般に自宅までの距離が 20km 以上ある者と定義される。

本研究では、千代田区を取り上げる。千代田区は、帰宅困難者の一時的な避難と円滑な帰宅を支援するため、皇居外苑、北の丸公園、皇居東御苑、(一部地域を除く)、日比谷公園を帰宅困難者支援場所と指定した。そこでは帰宅に必要な情報や携帯食糧などが提供されることになっている。

帰宅困難者が帰宅困難者支援場所を利用するためには、その存在を知る必要がある。存在を知る人の中には地震発生前から帰宅困難者支援場所を知っている人と、地震発生後に個人間の情報伝達によって帰宅困難者支援場所を知る人がいる。

そこで、集団内の情報伝達ネットワークの構造に基づいて、帰宅困難者支援場所利用者数を予測することを目的とする。

2. 研究の概要

(1) 研究の方法

震災時に何人が帰宅困難者支援場所の存在を知り、その中で何人がそこを利用したいのかを把握するために、モデルとする集団にアンケートを取る。そのデータを使って集団のネットワーク(人と人とのつながり)構造を可視化し、さらに、現時点で帰宅困難者支援場所の存在を知っている人を情報発信源としたときの情報伝達過程を可視化する。それをモデルとし、千代田区全体にあてはめる。

(2) ネットワークの可視化の方法

各個人を頂点とし、個人 X が個人 Y を選択した場合、個人 X から個人 Y に矢印を向けて表現する。その矢印によって集団内で誰が誰を選択し、どのように結びついているかを可視化する。

情報伝達過程の可視化は情報発信源をスタータとして、スタータが結合相手として A 人を選び終わった時点ステップ 1、その A 人がそれぞれ次の結合相手を選び終わった時点ステップ 2 とする。このステップ数によって情報伝達が完了する過程を表現する。

(3) ネットワークの分析の方法²⁾

a) バイアスパラメータ

集団内において結合する相手の選択はランダムな選択ではなく、何らかの偏向が働くことが多い。偏向が存在するネットワーク形成は、ランダムな選択のネットワーク形成よりもその広がり方が小さくなると考えられる。このような偏向をバイアスと定義する。

バイアスには反射的バイアス(図-1)、推移的バイアス(図-2)、二重役割バイアスがある。反射的バイアスは結合相手として選択された個人 Y が自らを選択した相手 X を結合相手に選択し返しやすい状況を示し、推移的バイアスは共通の親 Z に選択された 2 人の個人 X, Y が 2 人の間で互いに選択ししやすい状況を示す。

*キーワード: 防災計画

**学生員, 日本大学大学院理工学研究科博士前期課程
土木工学専攻

(東京都千代田区神田駿河台 1-8,
TEL 03-3259-0989, FAX 03-3259-0989)

***非会員, セキスイハイム東海

****フェロー, 工博, 日本大学理工学部土木工学科
(東京都千代田区神田駿河台 1-8,
TEL 03-3259-0989, FAX 03-3259-0989)

*****正員, 工修, 日本大学理工学部土木工学科
(東京都千代田区神田駿河台 1-8,
TEL 03-3259-0989, FAX 03-3259-0989)

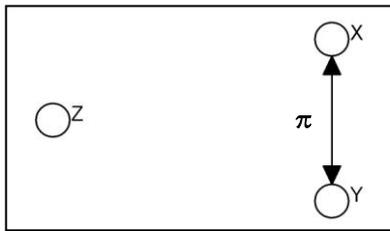


図-1 反射的バイアス

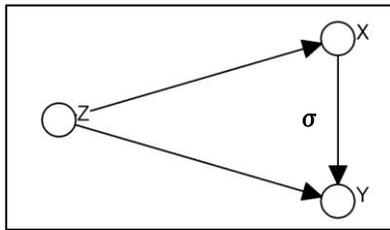


図-2 推移的バイアス

なお、二重役割バイアスとは、反射的バイアスと推移的バイアスが同時に作用するものである。したがって、本研究の分析においては、反射的バイアスと推移的バイアスを考慮すれば十分である。

ランダムな選択確率 d ，反射的選択生成率 P_1 ，推移的選択生成率 P_2 は以下の式で表される。

$$d = \frac{AN}{N(N-1)} = \frac{A}{N-1} \quad (i)$$

$$P_1 = \pi + (1-\pi)d \quad (ii)$$

$$P_2 = \sigma + (1-\sigma)d \quad (iii)$$

d : X から Y へのランダムな選択確率

N : 集団の総人数

A : 1 人の個人が選択する相手の数

P_1 : X から Y への選択が存在しているときに、Y から X への選択が生じる確率

P_2 : 共通の親 Z を持つときに、X から Y への選択が生じる確率

π : 反射的バイアスパラメータ

σ : 推移的バイアスパラメータ

バイアスパラメータの値が大きいほどランダムではない選択が生じやすく、逆に小さいほどランダムな選択が生じやすい状況を示す。

b) 結合度

情報伝達過程においてネットワークに組み込まれた(情報を得た)人数が集団全体の人数に占める割合を結合度とする。

c) ステップ数

ステップ数とは、情報伝達が完了するのに要した選択プロセスの回数で、情報伝達がなされていく速度の指標とされる。情報が、人から人に伝達されるまでの実際の

時間を求めることは困難なため、情報がいきわたるまでの過程をステップ数で表現する。

3. アンケート調査

日本大学理工学部土木工学科 2 年という集団を選び、学生の情報伝達ネットワークの構造を知る。土木工学科 2 年の学生が多く集まる講義内で、学生番号、名前、帰宅困難者支援場所を知っているか、帰宅困難者支援場所を利用する意思があるか、御茶ノ水駅から自宅までの距離、または自宅からの最寄り駅、土木工学科 2 年生で、よく情報交換をする友人すべての名前、挨拶する程度の友人すべての名前を調査した。

アンケート調査の回収結果と集計結果を以下に示す。

表-1 アンケート回収結果

2 年全体(人)	275
回答数(枚)	217
有効回答数(枚)	192
有効回答率(%)	88.5

表-2 帰宅困難者支援場所の利用に関する集計結果

	行かない	行く	総計
知っている	5	26	31
知らない	52	109	161
総計	57	135	192

(単位: 人)

表-3 帰宅距離についての統計量

平均値	29.5
中央値	23.5
標準偏差	21.6
最大値	144
最小値	2
範囲	142

(単位: km)

4. ネットワークの可視化

アンケート調査により得たデータに基づいて、日本大学理工学部土木工学科 2 年の平常時のネットワーク構造と震災時のネットワーク構造を NetDraw^{注1)} を使用してそれぞれ可視化した(図-3, 図-4)。また、現時点で帰宅困難者支援場所の存在を知っている人が情報発信源となるときの情報伝達過程を、平常時の場合と震災時の場合について Graphviz^{注2)} を使用してそれぞれ可視化した(図-5, 図-6)。

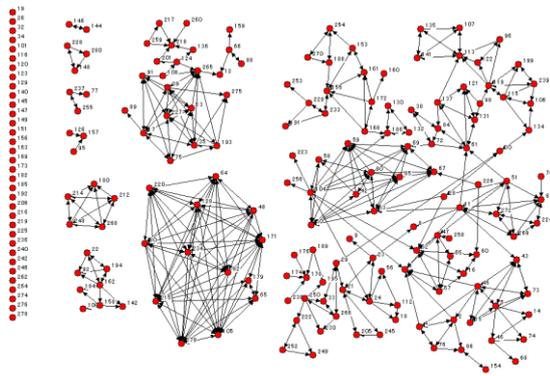


図-3 平常時のネットワーク

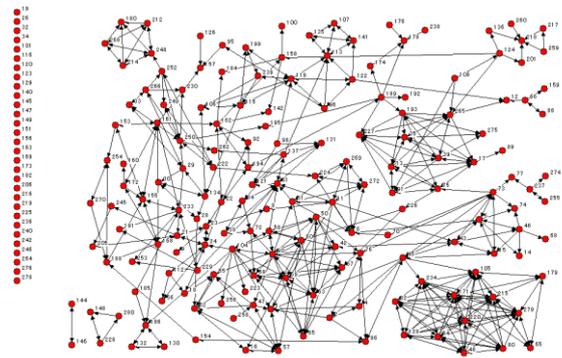


図-4 震災時のネットワーク

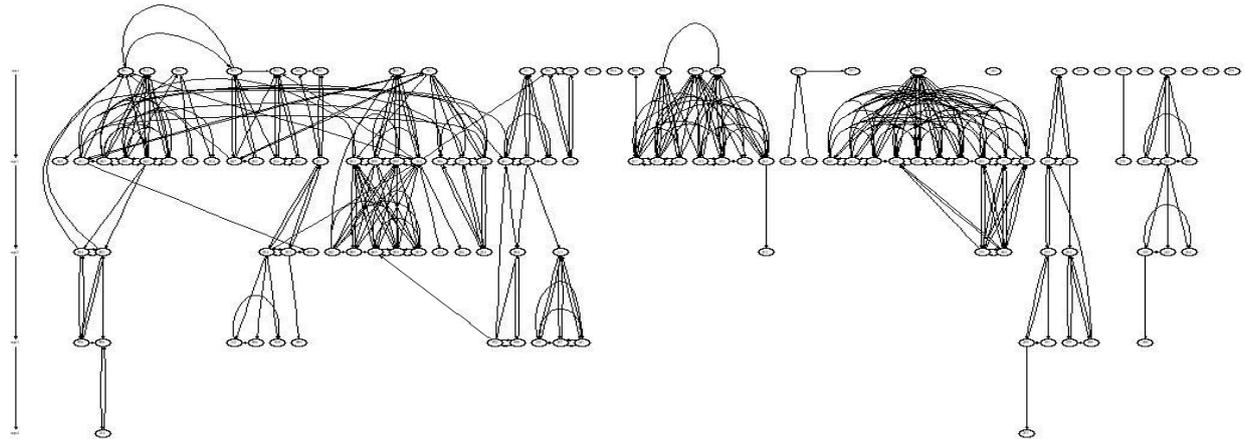


図-5 平常時の情報伝達過程

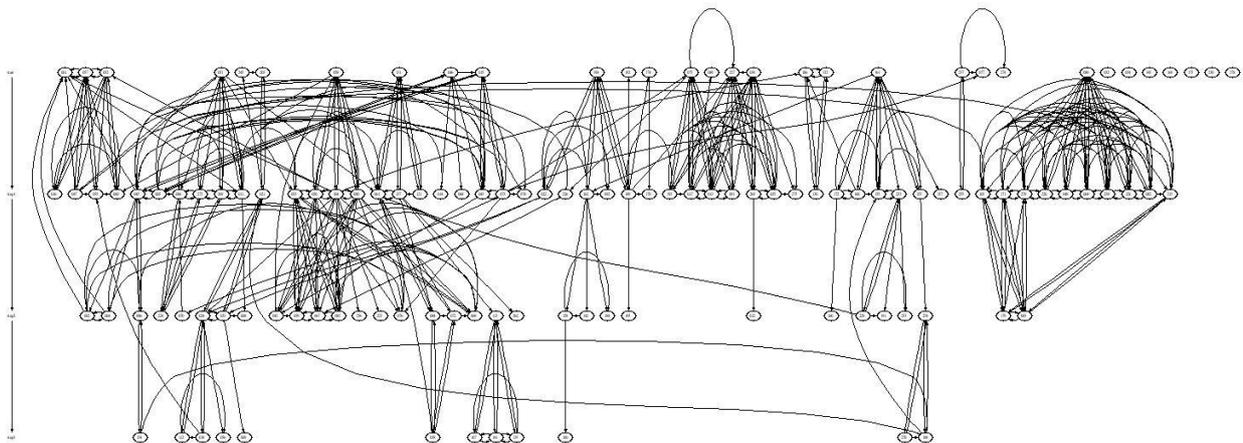


図-6 震災時の情報伝達過程

情報伝達過程の可視化により、平常時には120人、震災時には139人に情報がいきわたることが判明した。

5. ネットワークの分析

可視化したネットワーク構造と情報伝達過程に基づいて、平常時と震災時でバイアスパラメータがどのように変化するのか分析する。

ネットワーク構造の可視化により、1人の個人が選択する相手の数（選択肢数）の平均は平常時と震災時でそれぞれ表-4のようになった。

表-4 平常時と震災時の選択肢数

	平常時	震災時
集団の総人数 N (人)	192	192
総選択回数	488	566
選択肢数 A	2.54	2.95

情報伝達過程の可視化により、平常時と震災時の結合度を得た。また、可視化した情報伝達過程において、平常時と震災時の反射的選択と推移的選択の生成回数をそれぞれカウントすることにより、反射的選択生成率と推移的選択生成率を得た（表-5）。

表-5 平常時と震災時の結合度と

反射的選択生成率, 推移的選択生成率

	平常時	震災時
結合度 (%)	62.5	72.4
反射的選択生成回数	117	136
反射的選択生成率 P_1	0.295	0.300
推移的選択生成回数	152	173
推移的選択生成率 P_2	0.383	0.382

ランダムな選択確率, 反射的選択生成率, 推移的選択生成率が式 (i), (ii), (iii) でそれぞれ定義できることから, 表-4, 表-5 の値をこの式に代入することで以下のバイアスパラメータを得た (表-6).

表-6 平常時と震災時のバイアスパラメータ

	平常時	震災時
反射的バイアスパラメータ π	0.285	0.289
推移的バイアスパラメータ σ	0.375	0.372

既往の研究²⁾では, 平常時と震災時で各バイアスパラメータと結合度にそれぞれ大きな差異がみられるのに対し, 本研究の分析結果では, 平常時と震災時で各バイアスパラメータに差異がみられず, 結合度には著しい変化がみられない。これらの要因は, 平常時と震災時で選択肢数 A の値に大きな差異がないためである。平常時と震災時でバイアスパラメータに差異がないということは, 平常時, 震災時にかかわらず, この集団の情報伝達相手の選択には偏りがあるということになる。これは, 大学生で構成された集団の特徴であると考えられる。

6. 帰宅困難者支援場所利用者数の予測

日本大学理工学部土木工学科2年を対象としたアンケート調査の結果, 192人の有効回答者のうち現時点で帰宅困難者支援場所の存在を知っている人は31人であった

(表-2)。情報伝達過程の可視化により, 地震発生後, この31人を情報発信源として139人にまで帰宅困難者支援場所の存在が知れわたる。この139人のアンケート調査のデータをみると, そこを利用したいと考えている人は139人中90人であった。したがって, 集団の総人数の72.4%に帰宅困難者支援場所の存在についての情報がいきわたり, 46.9%がそこを利用することになる。これを千代田区の昼間人口に当てはめて, 帰宅困難者支援場所利用者数を予測する。

帰宅困難者支援場所利用目的と情報伝達の観点からみて, 千代田区の従業, 通学している者の総数を使用する。千代田区の従業, 通学している者の総数は827,086人³⁾

であるので, 帰宅困難者支援場所利用者数は以下のようになる。

帰宅困難者支援場所の存在を知る人

約599,000人

帰宅困難者支援場所を利用する人

約388,000人

また, 大学から自宅までの距離をアンケート調査で聞いたところ, アンケートに答えた192人の平均帰宅距離は29.5kmであった(表-3)。また, その中で帰宅困難者支援場所を利用したいと考えている90人の平均帰宅距離は28.3kmであった。結果からみて, 平均帰宅距離は同じような値であることがわかる。つまり, 帰宅困難者支援場所を利用したいと考えている人は帰宅距離に関係ないということであり, 帰宅困難者支援場所に訪れる人が必ずしも帰宅困難者であるというわけではない。

8. おわりに

千代田区が指定し, 地震発生時に設置される帰宅困難者支援場所の面積は, 合計約106haである⁴⁾。そこに約388,000人が集まるとすると, 1人当たり2.73㎡のスペースが確保されることになる。東京都では, 避難所のスペースは1人当たり1㎡以上確保することを原則としている⁵⁾。これは帰宅困難者支援場所ではなく避難所の定義であるが, 条件を満たしている。

今後の課題として, 集団と集団のつながりも考慮する必要がある。本研究では震災時の情報交換は口頭によるもののみと仮定したため, 集団内だけでの情報の広がりを分析した。しかし, その集団以外の人と接触することもあるので, それを加味した研究も進めるべきである。

また, より多くの集団のネットワーク構造を把握する必要がある。今回は大学内の一部の集団のネットワーク構造と情報伝達過程を分析したが, 本来なら集団の構造はそれぞれ特性が異なるので, モデルをつくるとしてもあらゆる集団について調べなければならない。

注1) ネットワーク描画ソフトウェア

注2) グラフ描画ソフトウェア

参考文献

- 1) 東京都総務局災害対策部防災計画課: 東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書, 1997
- 2) 片田敏孝: 災害時における住民間の情報伝達ネットワークの形成過程に関するシミュレーション分析, 地域社会研究所, 第一住宅建設協会編, 1997
- 3) 東京都総務局: 東京都昼間人口の予測, 区市町村別昼間就業者数・区市町村別昼間通学者数, 2003
- 4) 千代田区総合ホームページ
- 5) 東京都都市整備局ホームページ