

何月何曜日何時限に大地震が発生した場合の 帰宅困難学生の概数推定方法

岡部篤行・岩沢愛・杉浦勢之

**Method for estimating the approximate number of stranded students,
supposing that a big earth quake occurs at an arbitrary hour in a day
of the week in a month**

Atsuyuki OKABE and Ai IWASAWA and Seishi SUGIURA

Abstract: This paper shows a GIS-based method for estimating the approximate number of stranded students using class registration data, supposing that a big earth quake occurs at an arbitrary hour of a day of the week in a month. First, the paper discusses four problems resulting from the use of class registration data and home addresses data for the estimation. Second, the paper formulates a GIS-based method for estimating the approximate number of stranded students considering the walking distance to their homes and the time until sunset. Last, the method is applied to the case of the Aoyama campus of the Aoyama Gakuin University.

Key words: 帰宅困難者(stranded people) 地震(earth quake) 歩行距離(walking distance) 時空間情報(spatio-temporal information)

1. 序

将来を担う学生が高密度で集う大学キャンパス、特に大都市部にある大学の防災は、極めて重要なことは言うまでもない。実際、多くの大学がそれを認識し、防災マニュアルなどの整備を行っており、さらには情報技術 (IT)を駆使して高度な大学キャンパスの防災情報システムが、九州大学、立命館大学、名古屋大学、東京大学などで開発されている。しかし、これらのシステムは、防災マニュアルや避難場所をウェブで公開する、緊急地震速報を構内に流す、生存確認するメール

システムを整備するなどという IT システムで、大学事務が内部保持している防災に役立つ詳細な時空間情報を活用した防災情報システムは極めて少ないよう見受けられる。その整備が難しい原因は次のようなことがあると推察される。

第 1 に、大学事務部局は、履修表、講義表、事務出勤表、クラブ活動表で学生・講師・事務員が何学期何曜日何限にどの建物のどの教室にいるかの詳細な時空間情報を持ち、また学生・講師・事務員の帰宅困難者を算出するための自宅住所情報などの詳細情報や、建物の詳細図面、通信配線図などを持ちながら、これらの情報は目的外使用として防災に活用されず死蔵されている。防災のためには目的外使用を認めたいという意向は

岡部 〒150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25 3214 号室

青山学院大学総合文化政策学部総合文化政策学科

Phone: 03-3409-6162

E-mail: atsu_okabe@scgs.aoyama.ac.jp

十分にあるものの、その活用の仕方が見いだせないでいる。

第2に、これらの詳細な時空間情報が利用できるようになると、災害が何月何日何時（何学期何曜日何限）に起きた場合に事前に対応できるピンポイントな防災対策を立てる可能性がでてくるが、それが実現しない主な理由は、事務部局は日常業務で精一杯で、そのシステムを開発する余裕がなく、また民間に委託してシステムを開発するには財政的に難しく、さらに大学研究者は、実務的システムの開発研究にあまり興味を示さないことがあると言えよう。

本研究の最終目的は、以上の問題点を克服して、何月何曜日何时限の防災策策定に役立つ汎用的な大学キャンパス防災時空間情報システムの開発研究を目指すものである。本論文では、その第1歩として、履修表を利用して学生の帰宅困難者数の第1次近似を求める方法を提案する。本研究に関連する既存文献としては、森田(2012)が挙げられる。この論文では、アンケート調査からデータを得ており、また震災発生時間は日中として時間までは特定していない。本研究では、履修登録を基本データとし、地震発生時を時限単位として算出するところに特色がある。

2. 帰宅困難者概数推定のためのデータ源とその利用

大学では、学生の履修登録を管理している。これから、個々の学生が、何学期、何曜日、何时限にどの科目を登録しているかのデータが得られる。また大学では、教室管理を行っている。これから、個々の教室が、何学期、何曜日、何时限にどの科目の授業を行っているかのデータが得られる。さらに大学は、学生の住所を管理している。これから、個々の学生が何処に住んでいるかのデータが得られる。原理的には、これらのデータから、何学期、何曜日、何时限に大地震が起きたとき、何号館、何階、何教室に何人の履修登録者が

おり、それらの学生の帰宅先住所が分かるので、各教室から避難場所への避難が円滑に行われるのかのチェック、避難場所に収まるかのチェック、避難所に収まるかのチェック、そして、帰宅困難者の概数推定を行うことが可能となる。

しかし実務的にはいくつかの課題がある。第1に、上記の履修登録部署、教室管理部署、住所管理部署のデータを防災目的で学内使用することの同意が必要である。

第2に、それぞれの管理部署のデータを統合して利用する事務環境が必要である。

第3に、学生住所は個人情報となるので、それが他に漏れないよう管理を十分に行わなければならない。

第4に、推定作業が外部に漏れないように、学内で閉じたシステム（具体的には、システムがネットワークで外部につながっていない状態）で算定を行わなければならない。従って、例えば、学外のアドレスマッチングシステム、オンラインのウェブ地図などを利用することはできない。

以上の課題を解決するには、大学によって異なるであろうが、一般的には、「防災委員会」でプロジェクトの立案を行い、「防災委員会」より、第1の課題については各部署にお願いをだし、許可をいただき、第2の課題については、システムを稼働する担当部局を大学当局が決め、第3、4の課題については、本プロジェクトのシステムを稼働するコンピュータ機器類を他のシステムと独立させ、外部との接続を行わないシステムとして整備することである。具体的な事例については第4節で言及するが、以下、これらの課題が解決されたという前提で、以下のシステムを述べることにする。

3. 概数推定方法

大地震が発生した場合、日にちや時間によって帰宅困難者数は変化する。そこで、上記のデータを用いて、何月何曜日何时限に大地震が発生した

場合の帰宅困難学生の大まかな数を求める計算方法を示す。

最初に、算定の前提条件を述べる。

1. 日没後の帰宅は困難なため、日没後の地震発生は帰宅しないとし、日没前の地震発生は、地震発生時から日没まで歩いて帰宅することができるとする（以下、制限時間と言及する）。
2. 歩いて帰宅できる距離は、帰宅困難の定義は内閣府の中央防災会議（内閣府,2008）に従い、10 kmまでは100%帰宅可能、10 kmからは1 kmごとに10%減少、20 km以上は帰宅不可能であるとする（図1）。

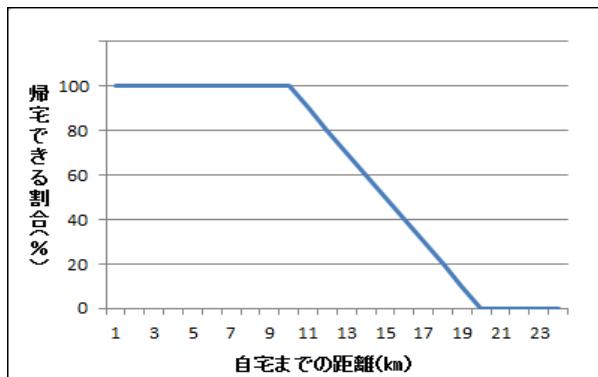


図1 自宅までの距離と帰宅できる割合

3. 道路は国土地理院25000分の1の地図にある道路とし、歩行者はこの道路で最短道路距離を歩くものとする。
4. 制限時間内でかつ2の条件を満たす場合に帰宅可能とする。

中央防災会議（内閣府,2008）によれば、都心での災害時の歩行速度は2.7 kmとされている。また、廣井（2011）のアンケート調査によると、歩行速度は混雑度によって変化し、実際に首都圏（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県）に居住する20歳以上の男女個人のうち、地震発生時に首都圏にいた人によるインターネット調査から東日本大震災の平均歩行速度は5 kmであると報告されている。ただし、これは首都圏での建物崩壊

や市街地火災などの大きな問題がなかった時の結果である。実際に建物崩壊や市街地火災などが生じ、それにより混雑したと仮定した上の歩行速度は上記で述べたように2.7 kmとされている。従って災害時の歩行速度はパラメトリックに最大時速5 km、最小時速2.7 kmの二つを設定することにする。

次に定式化するため、記号を以下のように定める。

u ：自宅までの距離(km)

s ：日没時刻

t ：地震発生時

w ：歩行速度

u/w ：自宅までの歩行時間

$s-t$ ：日没までの時間（日没での帰宅は困難であると考え、 $s-t \geq 0$ ）

帰宅出来る割合 $y\%$ （図1のグラフ）を上記の記号を使って式を表すと、

$$y = \begin{cases} 100 & u \leq 10 \\ -10u + 200 & 10 < u \leq 20 \\ 0 & u \geq 20 \end{cases}$$

となる。上に述べた前提条件から、帰宅困難者の割合を自宅までの距離別に求めると以下のようになる。

- ① 10 km以内の場合 $u \leq 10$

$u/w \leq s-t$ の場合 100%帰宅

$u/w > s-t$ の場合 0%帰宅（日没での帰宅は困難であるため）

- ② 10~20 km以内の場合 $10 < u \leq 20$

$u/w \leq s-t$ の場合 $-10u + 200\%$ 帰宅

$u/w > s-t$ の場合 0%帰宅（日没での帰宅は困難であるため）

- ③ 20 kmより遠い場合 $u > 20$

0%帰宅

推定のプロセスの大筋は、初めに学生の住所のデータ、履修登録から得られた何学期・何曜日・

何時限に学生が何人いるデータを入力する。次に、これらのデータを用いて帰宅困難者数を上記の方法で計算する。その結果をまとめ、最後に各学生の住所を ArcGIS で曜日時限ごとにプロットし、自宅までの距離ごとに色分けして視覚化する。以下、このプロセスを青山学院大学の具体的な事例で詳しく述べることにする。

3. 青山学院大学での適用例

この節では、前節まで述べてきた方法を、青山学院大学の事例に適用した場合について述べる。

まず第2節で述べたシステムを実務的に利用する体制であるが、データの流れからみると、図2のようになる（部署名は抽象化している）。「防災委員会」が概念モデルを作成する。そのモデルの実装を「システム部」が行い、その管理と操作を「実務管理部」が行う。学生が履修登録と自宅住所を入力すると、それらのデータは対応する「データ所管部」が管理をする。データと情報の流れは、図2の通りである。このような体制を整備するには、大学内の組織間の合意が必要で、それなりの時間がかかる。青学の場合、実際にこの体制が整備されるのに約1年間を要した。

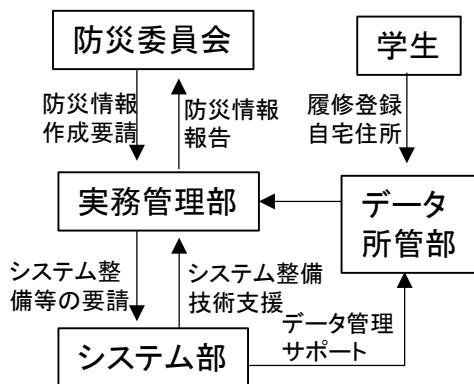


図2 防災情報システム体制と情報・データの流れ

次に3節で説明した推定プロセスの具体的な事例について述べる。学生はコンピュータを通して履修登録を行い、住所は書面で事務に提出する。こ

れらのデータは「データ所管部」でまとめられ、学生ごとにどのキャンパスの何曜日何限に受講するかのデータと、学生の住所データが表化される（表1の1列から5列まで）。この際、学生の実際の学生番号は消去され擬似的なIDが振られる。

次に、本システム専用のコンピュータに設置されたアドレスマッチングシステムで、住所を緯度経度に変換する（表の6・7列）。

第3に専用コンピュータで道路距離を計算する（表1の8列）。

表1 学生のデータ

擬似ID	キャンパス	曜日	時限	住所	緯度	経度	道路距離
1	青山	火	1	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	火	2	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	火	5	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	木	3	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	木	4	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	金	1	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	金	2	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	金	3	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
1	青山	金	4	神奈川県下作延2-3	35.59807	139.6054	23844
2	青山	月	2	神奈川県横浜市青1	35.56006	139.5575	18597
2	青山	月	3	神奈川県横浜市青1	35.56006	139.5575	18597
2	青山	月	4	神奈川県横浜市青1	35.56006	139.5575	18597
2	青山	火	9	神奈川県横浜市青1	35.56006	139.5575	18597

第4に、アクセスを使って表1のデータを曜日、時限ごとにデータを並びかえる（表2）。

表2 曜日ごとの抽出データ

キャンパス	曜日	時限	道路距離
青山	火	1	23844
青山	火	2	23844
青山	火	5	23844
青山	木	3	23844
青山	木	4	23844
青山	金	1	23844
青山	金	2	23844
青山	金	3	23844
青山	金	4	23844

第5に、帰宅困難者数を以下の手順で計算していく。（10km～20kmを例として）

- ① 自宅までの距離÷歩行速度から自宅までの歩行時間を求める。
 - ② $y = -10u + 200$ の値を初めに求めておく。
 - ③ 帰宅できる一人一人の割合を求める。
- 日没までの時間が自宅までの歩行時間より

- 大きければ②の値、小さければ0とする。
- ④ ③の値を100で割り、人数を求める。100%を1とし0以上1以下で表し、単位は人数にする(例えばAさんが80%帰宅できるのであれば0.8人である)。
- ⑤ 人数の合計を出し、全体の人数からその合計を引き、帰宅困難者数を求める。
- 結果は表3のようにまとめられる。

表3 帰宅困難者数の計算

A	B	C	D	E
キャンパス	曜日	時限	道路距離	帰宅可能%
青山	月	2	15110	48.9
青山	月	2	14859	51.41
青山	月	2	10673	93.26
青山	月	2	17665	0
青山	月	2	13396	66.04
青山	月	2	19103	0
青山	月	2	12395	76.05
青山	月	2	19868	0
青山	月	2	18822	0
青山	月	2	15256	47.44

表3が得られると、何月何曜日何時限に大震災が起きた場合、何人の帰宅困難者が発生するかのおおまかな数を推定することができる。一例として月曜日の2限に地震が発生した時の帰宅困難者概数を上記の計算方法によって求めると($s=18$ 、 $t=12$ 、 $w=2.7/5.0\text{ km}$ 、 $s-t=6$)、表4が得られる。

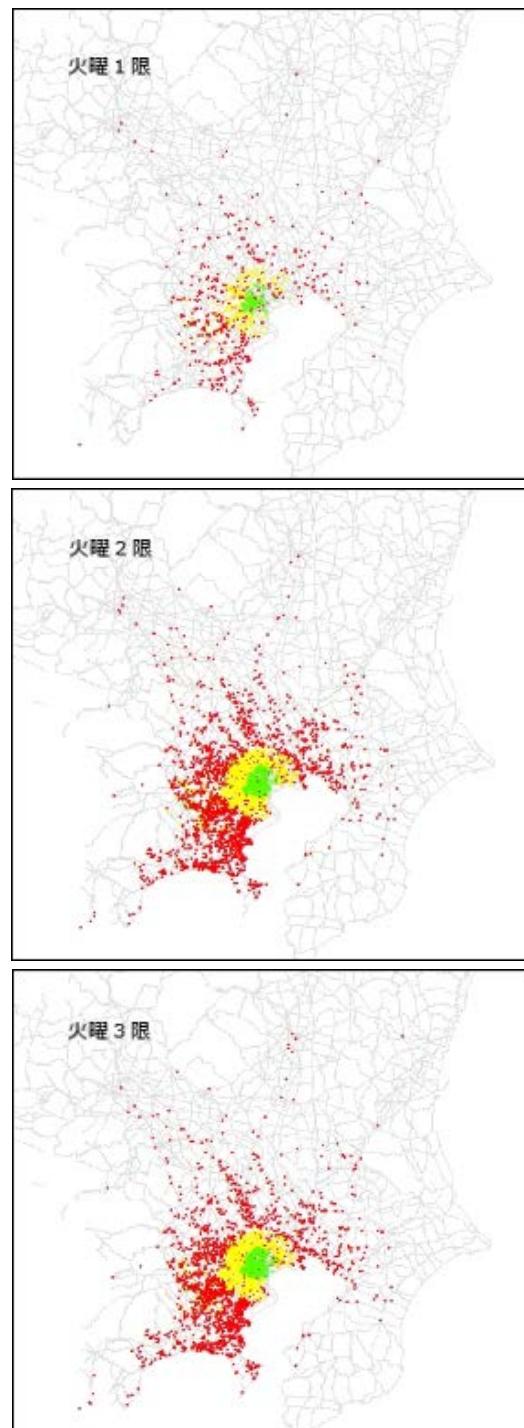
表4 帰宅困難者数

	帰宅困難者	
歩行速度	2.7 km	5.0 km
10 km以内	0 (411)	0 (411)
10~20 km	356.5 (264.5)	311.5 (309.5)
20 kmより遠い	1810 (0)	1810 (0)
合計	2166.5 (675.5)	2121.5 (720.5)

月曜日の12時(2限)に地震が発生した場合、歩行速度が2.7 kmの時は2166.5人が帰宅困難になり、歩行速度が5.0 kmの時は同様に計算すると、2121.5人が帰宅困難になると大まかに推定でき

る。

帰宅困難者の地理的分布は表1の住所から求めることができ、火曜日の場合でそれをGISで表示すると、図3となる。動的に表示したい場合は、ムービーメーカーでアニメ化することも出来る。



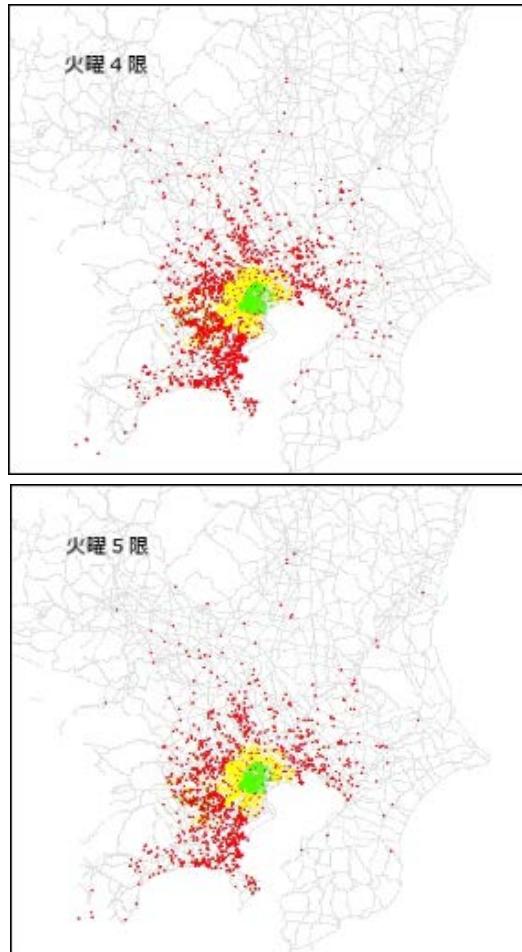


図3 青山キャンパス月曜日時限別帰宅困難者の分布

5. おわりに

本論文では、大学が所有している詳細な時空間情報を活用して、何月何曜日何時限に大地震が起きたとした場合の帰宅困難者の概数を推定する‘実務的’な方法を示した。‘実務的’な方法とは、大学の事務員が日常業務の中で容易に操作可能な方法で、操作に利用するソフトは、エクセル、アクセスのみであり、データは大学が日常に利用しているデータを使い、新たに整備する必要はないという方法である。

本システムは論文題名に「概数推定方法」と記したように、帰宅困難者の大まかな数を推定するもので、正確な数を推定するものではない。しかしより正確な推定のために、改良すべき点は多い。概数となってしまう理由は、第1に履修登録して

いる学生が全員授業を受けているわけではないからである。履修登録者数は最大授業受講者数であり、その意味で、本システムの推定値は最大値といえるかもしれない。修正方法としては、出席率データを利用することであるが、教員が公開することは少ないので、サンプル調査となる。

第2に、学生は必ずしも授業に合わせて登下校しているわけではない。本システムでは、その日の最初の授業から最後の授業までキャンパスにいるとしている。授業前に来校することもあるであろうし、授業後も、例えば部活で居残ることもある。

第3に、本システムは学生のみを対象としている。しかしキャンパスには、教職員や学外の訪問者がおり、その方々を含む帰宅困難数の推定は、今後に研究して行く予定である。

謝辞

本システムの開発は、青山学院大学の「防災委員会」を始め、関係部署の協力のもとに行われた。特に「事務システム室」には計算の労をとっていただいた。また東京大学空間情報科学研究センター客員研究員の相良毅氏には、アドレスマッチングシステムの整備をしていただいた。研究費については青山学院大学総合研究所から支援を受けた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 森田・正木・奥貫・落合・小林・倉橋：大規模災害発生時の大学キャンパスにおける帰宅困難者数の推計,2012
- 内閣府（防災担当）：帰宅行動シミュレーション結果について,中央防災会議・首都直下地震避難対策等専門調査会（第10回）資料2,2008（2013/3/28）
- 廣井悠・関谷直也：東日本に関するアンケート調査,2026サンプル,2011/3/25～28