

富士山噴火時における首都圏避難シミュレーション

大阪大学法学部 国際公共政策学科 4年

学籍番号 02B17072

山口 理香 (やまぐち りか)

大阪大学法学部 国際公共政策学科 2年

学籍番号 02B19062

真島 怜子 (ましま さとこ)

要約

本稿では、火山災害、特に富士山噴火時の降灰に着目し、その被害を受ける恐れのある首都圏の避難体制を問題として取り扱う。降灰による被害は、人体からインフラにまで及ぶ極めて深刻なものであると指摘されているにもかかわらず、現状では予想被害地域の地域防災計画は十分であるとはいえない。富士山噴火が発生した際には、首都圏さらに日本全体が大混乱に陥ることが容易に予想される。

この問題に注目し、富士山で大規模噴火の予兆がみられた場合に降灰被害を最小限に抑えられるよう、首都圏の住民全員を避難させるシミュレーションを行った。まず、避難先地域の避難所の受け入れ可能人数と、避難手段たる交通機関のキャパシティを分析した。次に、避難対象地域の市区町村ごとに避難先、避難手段、避難開始日等を明示した。

結果、噴火の予兆を捉えてから噴火まで通常 30 日ほどあるという「1 カ月ルール」が、富士山噴火にも当てはまるのであれば、被害を受ける恐れのある地域の住民全員が安全に避難を完了させることが可能であることがわかった。ここで示した首都圏住民の迅速な避難の実現可能性や具体的方法は、各自治体の地域防災計画を見直す契機となり、一人でも多くの命を救うことを目的とする政策の作成に重要でかつ有意義な情報となると思われる。

* 本稿の作成に当たり、松繁寿和氏（大阪大学大学院国際公共政策研究科）の指導を受けた。ここに記して感謝の意を表したい。ただし、内容は筆者らの責任において書かれたものであり、誤りがあるとすればそれらは全て筆者らが負うものである。

1. はじめに

日本は自然災害の多い国であり、毎年のように多くの犠牲者や社会・経済的被害を被っている。特に、東日本大震災は記憶に新しく、ある程度の周期性を持った大規模災害を避けて通れないことは歴史が示している。予測されている次の大規模な自然災害はいくつかあるが、日本の政治・経済の中枢部を襲う富士山噴火もその一つである。そこで、富士山噴火による火山灰の被害を最小限に抑えるため、首都圏における具体的な広域避難シミュレーションを策定することとした。

実は、一般にはあまり注目されていないが、富士山噴火の可能性が急激に高まっている。2011年の東日本大震災の影響で富士山周辺での地震が頻発するようになり、それに連鎖して富士山の火山活動が活発化している。また、富士山噴火の歴史を見ると、過去2000年間には75回の噴火が記録として残されており、最も新しい富士山の噴火は1707年に発生した宝永噴火である。この宝永噴火以降、富士山は約300年間に渡って沈黙を貫いており、現在富士山はいつ噴火してもおかしくない状況にある。特に、富士山噴火の特徴は、飛来した火山灰が首都圏に及ぼす被害が甚大な点である。宮野、布川（2021）が指摘しているように、火山灰の降灰は農作物、電子機器、人体そしてインフラにまで被害が及ぶことが内閣府中央防災会議で想定されている。

このような状況に対して、富士山の位置する静岡県では詳細な避難計画が立てられているものの、その他の首都圏の各自治体が発表している地域防災計画は、単に災害発生時の被害予想を提示し、避難勧告・指示の存在を示唆するにとどまるものが多い。降灰によって日本の中枢に致命的な影響が及ぶと明確に予想されているにも関わらず、具体的な避難計画は未だ存在しないのが現状である。

富士山噴火の可能性の高まりと、噴火した場合の首都圏への被害規模の大きさから、噴火に備えるべく早急に対策を立てる必要がある。そこで、本稿では首都圏の大規模避難計画を提案する。本稿の構成は以下の通りになる。続く第2節では先行研究を検討し、本稿でなされる貢献を説明する。第3節では避難シミュレーションを策定する。第4節はまとめである。

2. 先行研究と本稿の位置づけと貢献

これまでの火山災害時の避難に関する研究として、井野（1992）が挙げられる。そこでは雲仙普賢岳噴火当時の避難から得た教訓の一つとして、災害履歴を持つ地域では想定される避難計画を地域防災計画に記載して置く必要性が述べられている。これは、当初は短絡的な対応で済むと考えられた避難であったが、眉山崩壊、土石流、火砕流へと目まぐるしく状況が変化したことで、住民が複数回に跨る避難を余儀なくされたためである。また高橋・藤井（1997）は、同じく雲仙普賢岳の火山災害における情報伝達体制や監視体制、住民の避難体制に問題があったことを指摘し、その教訓をもとに提言をまとめている。

このように過去に発生した火山災害に対する住民の避難行動分析は多く行われている。今後発生しうる大規模災害の事前対策に着目したものとしては、藤井ら（2008）が樽前山における融雪型火山泥流からの自家用車による避難行動を交通マイクロシミュレーターで解析し、避難完了時間を求め現状の避難計画に対して検討を行っている。しかし、このような大規模

災害に対するシミュレーションを扱った研究は、単に住民の避難行動をシミュレートし避難計画の妥当性を論じるにとどまっていることが多く、避難計画の実装までには至っていない。

このような中で、大西ら（2018）は、住民の避難行動の如何に関わらず最適な避難ルールを提唱し、かつ、火山災害における避難指示に関するベンチマークの設定を合理的に作成できるような避難ルール決定モデルをシミュレーションに基づいて提案している。また、有珠山を対象とした適用事例を示し、避難ルールの帰結として避難にかかる時間を算出している点も評価できる。しかし、有珠山噴火時の火砕流を対象とした局所的なシミュレーションを実施するにとどまり、より広範囲に被害をもたらす火山灰の問題には触れていない。また、有珠山以外の火山に対しても、それぞれの噴火特性に応じて避難ルール作成方法を開発する必要性が指摘されているものの、研究は及んでいない。

以上のように、大規模災害として噴火、特に首都圏に甚大な影響を与える富士山噴火の火山灰を対象とし、その広域な避難計画をシミュレートした研究は筆者らの知り得る限り残念ながら存在しない。本稿は、日本の首都圏における人命保全と経済的損失の大幅な軽減へ取り組む足がかりとなり得ると考えている。

3. 避難シミュレーション

本節では、シミュレーションに基づいた具体的な避難計画を策定していく。本計画の目的は、火山灰の被害を受ける恐れのある地域の住民全員を、噴火発生前に安全な地域へと事前避難させることである。また本計画の内容としては、市区町村別の住民がどのタイミングで、どの交通機関を利用し、どの都道府県に避難すべきかを明らかにする。

3. 1. 避難完了時間

避難完了にかかる時間は、以下で説明する「1カ月ルール」を根拠に30日以内と設定する。噴火予知において、地震活動は噴火の時期を推測するのに非常に有効である。まず、人体には感じられないほどの微弱な地震、「低周波地震」が観測される。その次に「高周波地震」、最後に発生するのが「火山性微動」である。この揺れが観測されると数日から数時間で噴火につながる事が多い。本来では、この火山性微動が観測されてから火山周辺の住民は避難を余儀なくされるが、場合によっては、揺れから噴火までに数時間しか残されないこともあり、住民全員が避難を完了させることは困難である。しかし、噴火前の初期活動である低周波地震が観測されてから、実際に噴火が発生するまでは、およそ1カ月の期間があるとされる「1カ月ルール」と呼ばれる過程の存在に注目すると、低周波地震が観測された時点で避難を開始すれば、被害を受ける恐れのある地域の住民全員が安全に避難を完了させることが可能である（鎌田 2007）。

3. 2. 対象地域

火山灰による被害を受ける地域を対象とするため、図表1の内閣府作成の富士山火山防災マップにおける降灰の影響想定範囲（降灰の堆積する範囲が2cm以上）とする。

ここで、降灰の堆積厚が2cm以上の範囲を対象とした理由は、2cm前後を境に火山灰による被害が深刻化するからである。大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループの第1回会議資料3によると、1977年の有珠山噴火時、降灰が2cm以上の地域で、堆積した火山灰の再飛散による目、鼻、気管支の異常等の肉体的障害が報告されている。さらにライフ

ライン分野においても、降灰厚さ 2 cm 以上の場合に、電線や変電所でのフラッシュオーバーによる停電被害や、水質悪化・管路閉塞といった上下水道被害事例の急増がみられる（大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ（2018））。

この降灰影響想定範囲に県の全域が含まれるのは神奈川県、大部分が含まれるのが東京都、千葉県、山梨県である。静岡県、埼玉県もごく一部影響想定範囲に含まれるが、前者は県内の西部、後者は県内の北部への避難が可能であり、よってこの二県の住民は県内避難とする。以上より、本稿における避難対象地域は神奈川県、東京都、千葉県、山梨県であり、一都三県の住民を他地域に避難させることを想定する。総務省統計局の日本の統計第 2 章 2 節によると、平成 30 年推計人口は図表 2 の通りであり、4 つの都県の人口を合計すると約 3,007 万人となる。つまり、これが避難を必要とする人数である。

3. 3. 避難先地域の受け入れ可能人数

避難先地域候補を全国の降灰影響想定範囲外地域とし、その受け入れ可能人数を、各地域の避難所の収容可能人数と定義する。なお、静岡県、埼玉県、沖縄県は当該地域に含まれるが、前二者は県内避難の実施を行うため除外する。沖縄県については、後述の避難手段が陸路にしか対応していないため除外する。また、避難所は全国の避難施設が定められた内閣官房国民保護ポータルサイトに記載のある施設とするが、そのほとんどが学校である。さらに、文部科学省が平成 24 年 1 月、福島県、宮城県（仙台市立除く）の避難所として利用された学校 525 校を対象に実施した調査によると、避難所として利用された施設は「体育館」が 70.1% と最も多かったため、ここでは避難所の床面積を体育館の床面積として計算を行う。

まず、1 避難所あたりの収容可能人数は、以下の式で示すように、避難所つまり体育館の床面積を一人当たりの居住スペースで割ることで求められる。なお、体育館の床面積のうち通路を除く居住スペースが占める割合を 80% とし、一人あたりの居住スペースを 1.65 m²、約 1 畳とする。

$$\begin{aligned} & \text{1 避難所あたりの収容可能人数} \\ & = (25\text{m} \times 35\text{m}) \times 0.8 \div 1.65 \text{ m}^2 \\ & = 424 \text{ 人} \end{aligned}$$

- 25m × 35m：体育館の床面積の最低条件。建築計画学において、体育館の広さはバスケットボールコート of 広さを基準とすることが慣例であり、小学生用バスケットボールコートが 2 面とれる大きさとするなら、アリーナ部分だけで (25m × 35m) 程度の広さが必要である。
- 0.8 (80%)：体育館の床面積のうち通路を除く居住スペースが占める割合とする。
- 1.65 m² (約 1 畳)：一人あたりの居住スペースとする。

次に、都道府県別の避難所の収容可能人数は、1 避難所あたりの収容可能人数に各都道府県の避難所数を掛け合わせることで求められる。各都道府県の避難所数は、内閣官房国民保護ポータルサイトで避難施設の都道府県別一覧を参考にする。

$$\begin{aligned} & \text{都道府県別の避難所の収容可能人数} \\ & = (\text{1 避難所あたりの収容可能人数}) \times (\text{各都道府県の避難所数}) \end{aligned}$$

図表 3 は、こうして求められた避難所の受け入れ可能人数を地方別に纏めたものである。避難所収容可能人数の総計は約 3,393 万人となり、これは図表 2 で求めた、避難を必要とする約 3,007 万人の住民を収容するのに十分である。

3. 4. 避難手段

続いて、避難の手段たる交通機関を定め、各々の一日あたりの輸送可能人数を求める。本稿で用いる避難手段は鉄道とバスである。これら以外にも飛行機、自動車、船舶について検討したが、安全面やキャパシティの観点から運行不可能又は不適と判断した。飛行機は、万一避難中に噴火が発生し火山灰がエンジンに入り込んでしまうと、最悪の場合エンジン停止になることもあるため安全でない。自動車については、各人が自家用車で任意の目的地に移動すると渋滞・混乱が生じる恐れがあり適さない。船舶は、一日あたりの輸送可能人数が鉄道に比べて少ない。例えば大型客船ダイヤモンド・プリンセスの乗船定員が 2,706 人、時速 41km であるのに対し、東海道新幹線の乗車定員は 1,985 人、時速 285km である。したがって、鉄道は一日あたりの輸送可能人数が極めて多く、効率よく輸送できる。さらに、万が一運行中に噴火が発生した場合、火山灰の線路への堆積によって運航中止となることは想定されるが、前述の飛行機への被害と比べると軽微であると捉えられ、比較的安全である。

以上より、本稿では他の交通機関と比較して安全性と輸送能力の双方が高い鉄道を主な手段とする。また、あまり交通網が発達しておらず停車駅から遠い地域の避難は、一般道の走行が可能なバスで補うものとする。以下では鉄道、バスの各々の一日あたりの輸送可能人数を算出する。

3. 4. 1 鉄道

1) 新幹線

まず、新幹線一本あたりの乗車人数を求める。新幹線は平日ダイヤのうち走行数の最も多い時間帯の本数で 23 時間走らせ、残りの 1 時間を車両のメンテナンスにあてることとする。各路線の一両あたりの乗車人数と車両数を用い、乗車率 150% で求めた新幹線一本あたりの乗車人数は図表 4 の通りである。なお、乗車率 150% の車内の混雑度は楽に新聞を広げられる程度であり、長距離輸送の際に荷物が大きくなる可能性も考慮に入れた数値である。

次に、 $(\text{一本あたりの乗車人数}) \times (\text{一時間あたりの本数}) \times 23 (\text{時間})$ の式によって一日あたりの輸送可能人数が求められる。図表 5 はそれを示したものであり、新幹線による輸送可能人数の合計は、一日あたり約 975,400 人である。

2) 在来線

本稿で使用する在来線は、避難区域に該当する県から該当しない県（埼玉は除く）にまたがっている路線のみとする（オフィス J.B・朝日和則編『首都圏鉄道完全ガイド主要 JR 路線編』（双葉社 2013 年発行）参照）ため、考慮する路線は、常磐線（日暮里～勝田）・宇都宮線（東北本線の宇都宮～上野）・高崎線（上野～前橋）・中央本線（上野原～名古屋）・東武伊勢崎線（浅草～伊勢崎）となった。中央線は富士山を横断することにならないよう、山梨以西のみを対象とした。

車両定員については、JR 東日本ウェブサイトより、JR 東日本が最も多く保有する E233 系・E231 系の、中間車の乗車定員 160 名・10 両編成を基本とする。この定員数は乗客全員が着席又はつり革につかまることができる数であり、新幹線同様の考慮の上での数値である。一時間あたりの本数も新幹線同様、平日の最多ダイヤ本数で 23 時間運行すると仮定する。 10 （車両数） $\times 160$ （一両あたりの乗車人数） \times （一時間あたりの本数） $\times 23$ （時間）の式によって一日あたりの輸送可能人数が求められる。図表 6 はそれを示したものであり、在来線による輸送可能人数は、一日あたり約 1,324,800 人である。

3.4.2 バス

バスによる輸送可能人数を算出するにあたって、公益社団法人日本バス協会が発表する「都道府県別バス車両保有台数」を参考にした。バス車両には主に、停留所ごとの乗客の流動に適した路線バスタイプのもので、長距離・長時間の運転に対応した観光貸切用バスタイプのものがある。本稿では、該当地域から避難先まで長時間の移動が伴うため、観光貸切用バスを用いるとする。また、車両整備の観点から各都道府県が保有するバス台数のうち 8 割の稼働とする。観光貸切用バスは、バスに備え付けられている座席数が乗車定員となり、一般的に大型バスは約 45 名（補助席を加えると 50~60 名）とされており、本稿においての乗車人数は、補助席を除いた座席を利用することを前提とし、各々の持参する荷物の量等を考慮して、30 名とする。以上より算出した乗車可能人数は図表 7 の通りであり、合計で 168,240 人となる。続いて、一台のバスが避難元から避難先まで一日の間で何往復することが可能か検討する。乗車時間は避難元から避難先までの距離に伴うが、降灰地域から安全な地域までの長距離区間を移動することを考慮し、平均 8 時間の乗車時間と仮定した。そうすると、一台のバスが避難元と避難先を往復するのに 16 時間かかることになり、運転手の休憩時間や車両の整備時間を考慮すると、一日一往復が限界である。以上より、一日で 168,240 人がバスにより避難することができる。

以上の全ての避難手段を併せると、噴火の予兆を確認してから 30 日で 60,109,500 人が輸送可能であると推定できる。これは図表 2 で求めた対象地域住民の 3007.1 万人を上回る数値であり、避難にかかる日数の 30 日からの短縮が期待できる。

3.5. 避難シミュレーション

対象地域の市町村別の住民が、いつ・どの交通手段を用いて・どの都道府県に避難するかをシミュレートし、表に纏める。以下の Step1 から Step3 の過程を順に踏んで行う。

Step 1 避難先（地方別）と避難手段を組み合わせる。

Step 2 （避難先（地方別）の受け入れ可能人数） \div （Step 1 で組み合わせた避難手段の一日あたりの輸送可能人数）により、各交通機関の最大稼働日数を求める。

Step 3 Step 2 で求めた最大稼働日数に留意しながら、避難元（市区町村別）、交通機関、避難先（道府県別）を組み合わせる。また、避難開始日を明示し、必要があれば出発駅も指定する。

まず、Step 1、避難先（地方別）と避難手段を組み合わせる。図表 8 で、避難先の地方別の避難可能人数と、それに対応させる避難手段を整理している。北海道地方への避難には、青森県まで路線の伸びている東北新幹線を用い、時間短縮を図るためそこからピストン輸送を行う。東北地方には、それぞれ秋田、山形、宮城に路線のある秋田新幹線、山形新幹線、常磐線を用いる。以下も同様に路線の有無で判断する。北陸地方については新潟には上越新幹線、それ以外の三県には北陸新幹線を用いる。長野、岐阜、愛知には中央本線を用いる。栃木、茨城、群馬には、宇都宮線、高崎線、伊勢崎線を用いる。以上に挙げたものより西にある府県（近畿地方、中国・四国地方、九州地方）については、東京から唯一西日本に走行する東海道新幹線を用いる。

次に、Step 2、（避難先（地方別）の受け入れ可能人数）÷（Step 1 で組み合わせた避難手段の一日あたりの輸送可能人数）を計算し、各交通機関の最大稼働日数を求める。但し 1 カ月ルールに基づき、ここで 30 より大きい値が出たとしても、稼働日数は 30 日以内に収めるものとする。

（上表 B 列：避難可能人数）÷（C 列：一日あたりの輸送可能人数）で求められる値の小数点以下を切り捨てた値が、各交通機関の最大稼働日数であり、図表 9 に示している。ここで、東海道新幹線についてこれを求めると 40 日間となる。近畿地方以西については東海道新幹線の代替となる交通機関は想定しておらず、これでは 1 ヶ月以内に全員が避難することは不可能であるため、走行距離の短縮によって輸送可能人数を増加させる。ここでは、運行目的地を終点の新大阪でなく名古屋までとするピストン輸送を行う。運行目的地を名古屋とした理由は、東海道新幹線に乗車する人々がその後さらに西に移動することを考慮すると、東京 - 新大阪間で最も交通網の発達している都市圏が最適と考えたためである。すると、東京 - 新大阪間の往復：1030.7 km、東京 - 名古屋間の往復：684.0 km であり、 $1030.7 \div 684.0 \approx 1.506$ なので、一日の輸送可能人数は 1.506 倍、つまり約 57.4 万人に増加する。

また、中央本線の最大稼働日数を求めると 52 日間であり、30 を 22 日間分超えてしまっている。しかし、中央本線の 22 日間分の輸送人数は $73,600 \times 22 = 1,619,200$ であり、同節第 4 項で求めた全体剰余の約 3003.8 万人を大幅に下回る値である。よって中央本線の稼働日数を 30 日間に抑えても、稼働日数に余裕のあるほかの交通機関で代替することは可能である。

最後に、Step 3、Step 2 で求めた最大稼働日数に留意しながら、避難元（市区町村別）、交通機関、避難先（道府県別）を組み合わせる。また、避難開始日を明示し、必要があれば出発駅も指定する。図表 10～13 では各都道府県の市区町村別に「a. 避難手段」、「b. 避難開始日」、「c. 出発駅」、「d. 避難先」を割り当てている。なお、a～d については以下に示すルールに基づいて決定していく。

<p>a. 避難手段</p>	<p>Step 1 で定めた大枠に基づき、Step 2 で求めた最大稼働日数に留意しながら決定する。また、鉄道の停車駅から距離が遠い地域から優先的にバスを避難手段とし、1 ヶ月ルールから余裕をもたせ 20 日間稼働させる。</p>
-----------------------	---

b. 避難開始日	富士山からの距離が近く、「富士山火山防災マップ」の降灰分布の例で降灰の厚みが大きい市区町村から優先的に避難させる方針をとる。このルールは市町村単位だけでなく都道府県単位にもあてはめるため、同一の交通機関を複数の都県が使用する場合、山梨、神奈川、東京、千葉の順に使用する。
c. 出発駅	新幹線のように停車駅が少なければ混雑を避けるために指定するが、在来線のように停車駅が多ければ各人に最寄り駅を利用してもらうため指定しない。バスで避難する人々の乗車地は、各都県内のバスの避難対象地域のうち、最も人口が多い市区町村とする。
d. 避難先	b. 避難開始日が高い地域ほど乗り継ぎにより遠方に避難させる。表7のB列：避難可能人数に留意するが、都道府県単位で定めるため多少の誤差が生じるものとする。

以下、都県ごとに解説する。まず、図表10に示す山梨県の「a. 避難手段」について、図表9中の交通機関のうち、県内に停車駅が存在するものは中央本線のみであるからこれを用いる。「d. 避難先」について、中央本線の行先である長野・岐阜・愛知のうち岐阜を選定した理由は、岐阜の収容可能人数93.3万人が山梨の人口約83万人に最も近く、全員を無駄なく収容できるからである。

続いて、図表11に示す神奈川県「a. 避難手段」は、県内に停車駅のある東海道新幹線と中央本線を主な手段とする。特に中央本線は相模原市緑区に停車駅があるため、緑区の住民は中央本線を用いて避難する。「b. 避難開始日」について、中央本線は山梨県民が避難開始後12日間使用するため、当県では13日目から使用する。さらに、県内の東海道新幹線の停車駅は横浜と小田原の二箇所に存在するため、東海道新幹線の「c. 出発駅」は、駅内の混雑を避けるためこの二駅に分散させる。県内の東部（横浜地域、川崎地域、横須賀三浦地域）は横浜駅から、西部（県央地域、湘南地域、県西地域）は小田原駅から乗車させる。ここで東部と西部で避難にかかる日数を揃えるために、各駅から乗車できる人数比を東西の地域の人数比（598万：243万≒5：2）と等しくする。よって、東海道新幹線の乗車定員57.4万人を5：2で分割し、横浜駅からは1日あたり41万人、小田原駅からは16.4万人が乗車する。

次に、図表12に示す東京都「a. 避難手段」は、都内に停車する交通機関、つまり新幹線全線と伊勢崎線、宇都宮線、高崎線とする。「b. 避難開始日」は、先に神奈川県民を輸送する東海道新幹線のみ16日目からとなる。

最後に、図表13に示す千葉県「a. 避難手段」は前述の山梨県と同じ理由から常磐線を用いるが、それだけでは県民全員を輸送しきれないため、神奈川県民と東京都民を輸送し終えた東海道新幹線も併せて用いる。よって東海道新幹線による「b. 避難開始日」は23日目となる。

以上のシミュレーション結果より、避難完了時間は山梨県で12日以内、神奈川県で14日以内、東京都で22日以内、千葉県で25日以内となった。したがって、対象地域の全住民が25日以内に避難することが可能と推定できる。また、避難先は北海道から鹿児島県までが対象となり得る。

4. まとめ

本稿では、富士山噴火時の降灰の被害を受ける可能性のある地域の全住民を、低周波地震発生時から噴火発生までの約1ヶ月間で安全に避難させるための避難シミュレーションを検討した。

富士山噴火の予想被害地域は、内閣府作成のハザードマップにおける降灰の影響想定範囲とし、この範囲に都県の全域もしくはほぼ全域が含まれる東京、千葉、神奈川、山梨の住民を他地域に避難させる方法を考えた。一都三県の推計総人口は平成30年時点で約3,007万人である。これに対して影響想定範囲外の避難所で合計3,613万人を収容できると算出された。避難時に用いる交通手段は新幹線、在来線、バスを想定し、それぞれの輸送可能人数を算出すると、一日当たり総計74,053,200人が30日間で避難できるようになる。これらを基に避難元と避難先と交通機関を組み合わせ、避難にかかる日数が30日以内に収まるよう避難シミュレーションを策定した。

このシミュレーションは、富士山噴火の予兆がみられた時点で交通機関をフル稼働させることによる、首都圏住民の迅速な避難の実現可能性を示した。この報告は、現状の各自治体の曖昧で不十分な地域防災計画を見直す契機となると考えている。富士山噴火時の首都圏の社会的混乱を最小に抑え、人命保全と経済的損失の大幅な軽減に貢献するだろう。

今後の課題として、まず避難先の細分化が挙げられる。今回の避難先は都道府県単位で指定するにとどまるため、市町村ごとの避難所数、避難元と同じく避難先も市町村単位で指定できれば、より綿密な計画が立てられるだろう。そして、東海道新幹線のピストン輸送先である名古屋から他府県への移動手段・移動ルートをどうするか、避難が長期化した場合避難所を使用し続けることは可能かといった問題に対して、十分な分析が行えていない。今後追加的に検討をする必要があると考えている。

参考文献

- ・赤木久真(2015)『「富士山」の噴火に対する備えを』NTTファシリティーズ総研 E研コラム https://www.ntt-fsoken.co.jp/ehs_and_s/column/pdf/column_20150216_akagi.pdf (2020年12月21日閲覧)
- ・市ヶ谷ハジメ(2013)『首都圏鉄道完全ガイド主要 JR 路線編』双葉社スーパー ムック pp.145
- ・井野盛夫(1992)『雲仙普賢岳噴火災害による避難から得た教訓』地域安全学会論文報告集』(2) pp.87-94 <https://dl.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/10503752> (2020年11月30日閲覧)
- ・大坂直樹(2019)「新幹線 N700S「時速 360km」が導く鉄道新時代 高速鉄道は再びスピード競争の時代に？」 <https://toyokeizai.net/articles/-/285770> 東洋経済オンライン (2020年11月30日閲覧)
- ・大西正光、関克己、小林潔司、湧川勝己(2018)「火山災害における避難指示と想定外リスク」『土木学会論文集 D3 (土木計画学)』vol. 74 no.1 pp. 1-20

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejipm/74/1/74_1/_pdf/-char/ja (2021年1月6日閲覧)

- ・「活火山とは」

https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html 気象庁 (2020年11月30日閲覧)

- ・神奈川県防災会議(2020)「第3編 火山災害対策編」『神奈川県地域防災計画～風水害等災害対策計画～』<https://www.pref.kanagawa.jp/documents/16366/02-3.pdf> (2020年10月27日閲覧)

- ・鎌田浩毅(2007)『富士山噴火一ハザードマップで読み解く「Xデー」』ブルーバックス

- ・鎌田浩毅(2019)「火山学者が戦慄する「すでに富士山は噴火スタンバイ」という現実」『南海トラフと富士山「令和の大噴火」』講談社 ブルーバックス

<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/64713> (2020年12月21日閲覧)

- ・古賀江美子(2020)「気候変動が経済に与えるリスクと対策 ～10年間で250兆円の経済損失～」『SDGs レポート』Vol.4 JWA 日本気象協会

<https://www.jwa.or.jp/news/2020/05/9856/> (2020年10月27日閲覧)

- ・「JR 東日本の保有車両一覧」<https://www.jreast.co.jp/order/procurement/pdf/list-of-rollingstock.pdf> JR 東日本 (2020年10月2日閲覧)

- ・総務省統計局(2020)「第1部第2章 2-2 都道府県別人口と人口増減率」『日本の統計2020』pp.10 <https://www.stat.go.jp/data/nihon/pdf/20nihon.pdf> (2020年10月2日閲覧)

- ・大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ(2018) 『降灰が与える影響の被害想定項目について』資料3

<http://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/pdf/20180911siryo3.pdf> (2020年10月30日閲覧)

- ・「ダイヤモンド・プリンセス」<https://www.princesscruises.jp/ships/diamond-princess/> PRINCESS (2020年11月30日閲覧)

- ・高橋和雄、藤井真(1997)「雲仙普賢岳の火山災害における情報伝達および避難対策」『土木学会論文集』vol. 567 pp. 33-52

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1984/1997/567/1997_567_33/_pdf (2021年1月6日閲覧)

- ・「中央本線(東日本)」https://mb.jorudan.co.jp/os/rosen/chuo_line_jr_east/ 乗り換え案内NEXT (2020年10月2日閲覧)

- ・「電車時刻表」<https://www.navitime.co.jp/diagram/> NAVITIME (2020年10月2日閲覧)

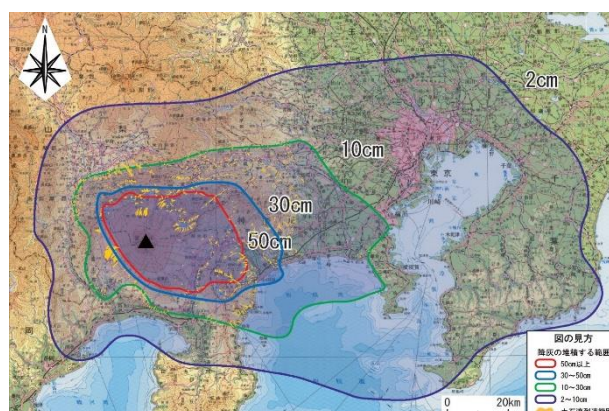
- ・「東海道新幹線 停車駅一覧」

<https://www.navitime.co.jp/diagram/shinkansen/TOKAIDO> NAVITIME 新幹線 (2020年11月27日閲覧)

- ・東京都防災会議(2018)『東京都地域防災計画 火山編』

https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/000/361/2019chiikibou_kazan.pdf (2020年10月27日閲覧)

- ・『2017年（平成29年）版 日本のバス事業』
http://www.bus.or.jp/about/pdf/h29_busjigyo.pdf 公益社団法人 日本バス協会（2020年10月2日閲覧）
- ・「避難施設」<http://www.kokuminhogo.go.jp/hinan/> 内閣官房 国民保護ポータルサイト（2020年10月2日閲覧）
- ・藤井涼、下夕村光弘、中辻隆(2008)「樽前山噴火時における自家用車による避難シミュレーションについて」『土木計画学研究・講演集』vol. 38
http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200811_no38/pdf/321.pdf（2021年1月6日閲覧）
- ・富士山火山防災協議会(2004)『富士山火山防災マップ』内閣府防災情報のページ
http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan-kyougikai/fuji_map/（2020年10月2日閲覧）
- ・富士市(2019)『富士市富士山火山避難計画』pp. 7-22
<https://www.city.fuji.shizuoka.jp/safety/c0105/fmervo0000001oia-att/rn2ola00000169bt.pdf>（2020年11月30日閲覧）
- ・宮野玖瑠実、布川可帆(2021)「広域避難を実施するにあたっての現行法の問題点」大阪大学ゼミ論 mimeo
- ・文部科学省(2014)「第2部第2章 地域の避難所となる学校施設の在り方1」『災害に強い学校施設の在り方について～津波対策及び避難所としての防災機能の強化～』
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2014/03/07/1344865_8_1.pdf（2020年12月9日閲覧）
- ・山田忠(2017)「火山噴火の経験が市町村の地域防災計画における火山災害対策に与える影響 一九州地方を事例として一」『土木学会論文集 F6（安全問題）』vol. 73 no. 1 pp. 71-81 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejsp/73/1/73_71/_article/-char/ja/（2020年11月30日閲覧）
- ・山梨県防災会議(2020)「第4編 火山編」『山梨県地域防災計画』
<https://www.pref.yamanashi.jp/bousai/documents/p339-p382.pdf>（2020年10月27日閲覧）
- ・「路線図」<https://www.jreast.co.jp/map/> JR東日本（2020年10月2日閲覧）
- ・「路線図から探す」https://www.tobu.co.jp/railway/guide/route_map/ 東武鉄道（2020年10月2日閲覧）



図表 1：富士山噴火の降灰イメージ

(出典：富士山火山防災協議会(2004)『富士山火山防災マップ』)

図表 2：神奈川県・東京都・千葉県・山梨県の平成 30 年推計人口

都道府県	平成 30 年推計人口 (万人)
神奈川県	917.7
東京都	1382.2
千葉県	625.5
山梨県	81.7
合計	3007.1

(総務省統計局(2020)「第 1 部第 2 章 2-2 都道府県別人口と人口増減率」『日本の統計 2020』を参考に作成)

図表 3：地方別の避難所収容可能人数

地方	避難所収容可能人数 (万人)
北海道	403
東北	486
関東 (茨城、栃木、群馬)	304
北陸	330
中央高地 (長野、岐阜)	246
東海 (愛知)	137
近畿	530
中国・四国	403
九州	554
合計 (全国)	3,393

(「避難施設」内閣官房 国民保護ポータルサイトを参考に作成)

図表 4：新幹線一本あたりの乗車人数

車両形式	一本あたりの乗車人数	路線
N700系（16両編成）	1,985人	東海道新幹線
E5系・H5系	1,085人	東北新幹線
E7系・W7系	1,386人	上越・北陸新幹線
E6系	498人	秋田新幹線
E3系（山形新幹線仕様）	603人	山形新幹線

（「東海道新幹線 停車駅一覧」NAVITIME 新幹線を参考に作成）

図表 5：新幹線一日あたりの輸送可能人数

路線	一時間あたりの本数（本）	一日あたりの輸送可能人数（人）
東海道新幹線	12	約 574,000
東北新幹線	6	約 150,000
上越新幹線	3	約 100,200
北陸新幹線	3	約 100,200
秋田新幹線	2	約 23,000
山形新幹線	2	約 28,000
		合計約 975,400

（図表 4 を参考に作成）

図表 6：在来線一日当たりの輸送可能人数

路線	一時間あたりの本数（本）	一日あたりの輸送可能人数（人）
常磐線	9	約 331,200
宇都宮線	6	約 220,800
高崎線	8	約 294,400
中央本線	2	約 73,600
東武伊勢崎線	11	約 404,800
		合計約 1,324,800

（乗り換え案内NEXT、NAVITIME 電車時刻表、東武鉄道ウェブサイト を参考に作成）

図表 7： 都道府県別バス車両保有台数を元にした都道府県別バス乗車可能人数

都道府県	保有台数（台）	稼働台数（台）	乗車可能人数（人）
東京都	2,934	2,347	70,410
神奈川県	1,499	1,199	35,970
千葉県	2,123	1,698	50,940
山梨県	456	364	10,920
合計	7,012	5,608	168,240

(『2017年(平成29年)版 日本のバス事業』公益社団法人日本バス協会を参考に作成)

図表8：避難先の地方別の避難可能人数と避難手段

A. 避難先	B. 避難可能人数(万人)	C. 避難手段 (一日あたりの輸送可能人数)
北海道地方	403	東北新幹線(150,000)
東北地方	486	秋田新幹線、山形新幹線、常磐線 (382,200)
青森	78.9	
岩手	64.9	
秋田	86.9	
山形	99.6	
宮城	60.6	
福島	95.0	
北陸地方(新潟)	133	上越新幹線(100,200)
北陸地方(新潟以外の三県)	197	北陸新幹線(100,200)
富山	69.1	
石川	75.0	
福井	52.8	
中央高地・東海地方	383	中央本線(73,600)
長野	152.2	
岐阜	93.3	
愛知	137.4	
関東地方	192	高崎線、伊勢崎線、宇都宮線 (920,000)
栃木	48.8	
群馬	61.7	
茨城	81.2	
近畿地方	530	東海道新幹線(381,000)
京都	62.8	
奈良	45.4	
和歌山	47.1	
大阪	158.2	
兵庫	94.1	
三重	79.7	
滋賀	42.4	
中国・四国地方	403	東海道新幹線(381,000)

鳥取	23.7	
島根	35.6	
岡山	55.5	
広島	54.7	
山口	47.1	
香川	37.7	
徳島	36.0	
愛媛	65.7	
高知	46.6	
九州地方	607	東海道新幹線 (381,000)
福岡	190.8	
大分	54.3	
宮崎	45.4	
佐賀	16.5	
長崎	95.0	
熊本	64.4	
鹿児島	87.8	

(図表 5、6、7 を参考に作成)

図表 9 : 避難所の収容可能人数から求められる各交通機関の最大稼働可能日数

避難手段 (交通機関)	最大稼働日数
東北新幹線	26 日間 (4030,000 ÷ 150,000 ≒ 26.9)
秋田新幹線	12 日間 (4,860,000 ÷ 382,200 ≒ 12.7)
山形新幹線	12 日間 (4,860,000 ÷ 382,200 ≒ 12.7)
上越新幹線	13 日間 (1,330,000 ÷ 100,200 ≒ 13.3)
北陸新幹線	19 日間 (1,970,000 ÷ 100,200 ≒ 19.6)
東海道新幹線	26 日間 (5,300,000+4,030,000+6,070,000) ÷ 574,000 ≒ 26.8
常磐線 (千葉～東北)	12 日間 (4,860,000 ÷ 382,200 ≒ 12.7)
宇都宮線 (埼玉～栃木)	2 日間 (1,920,000 ÷ 920,000 ≒ 2.1)

中央線（神奈川山梨～長野・岐阜・愛知）	52日間（3,830,000÷7,3600≒52.0）
高崎線（埼玉～群馬）	2日間（1,920,000÷920,000≒2.1）
伊勢崎線（埼玉～群馬）	2日間（1,920,000÷920,000≒2.1）

（図表8を参考に作成）

図表10：山梨県における避難シミュレーション

山梨県	a. 避難手段	b. 避難開始日	c. 出発駅	d. 避難先
鳴沢村	中央線	1	指定なし	岐阜
富士吉田市	中央線	1	指定なし	岐阜
忍野村	中央線	1	指定なし	岐阜
山中湖村	中央線	1	指定なし	岐阜
富士河口湖町	中央線	1～2	指定なし	岐阜
西桂町	中央線	2	指定なし	岐阜
都留市	中央線	2	指定なし	岐阜
道志村	中央線	2	指定なし	岐阜
身延町	中央線	2	指定なし	岐阜
市川三郷町	中央線	2～3	指定なし	岐阜
甲府市	中央線	3～5	指定なし	岐阜
笛吹市	中央線	5～6	指定なし	岐阜
大月市	中央線	6	指定なし	岐阜
上野原市	中央線	6～7	指定なし	岐阜
南部町	中央線	7	指定なし	岐阜
富士川町	中央線	7	指定なし	岐阜
南アルプス市	中央線	7～8	指定なし	岐阜
韮崎市	中央線	8	指定なし	岐阜
中央市	中央線	8～9	指定なし	岐阜
昭和町	中央線	9	指定なし	岐阜
甲斐市	中央線	9～10	指定なし	岐阜
山梨市	中央線	10～11	指定なし	岐阜
甲州市	中央線	11	指定なし	岐阜
小菅村	中央線	11	指定なし	岐阜

丹波山村	中央線	11	指定なし	岐阜
早川町	中央線	11	指定なし	岐阜
北杜市	中央線	11～12	指定なし	岐阜

図表 1 1 : 神奈川県における避難シミュレーション

神奈川県	a. 避難手段	b. 避難開始日	c. 出発駅	d. 避難先
横浜市				
港北区	東海道新幹線	1	横浜	長崎
神奈川区	東海道新幹線	1～2	横浜	長崎
鶴見区	東海道新幹線	2	横浜	長崎
都筑区	東海道新幹線	2～3	横浜	福岡
西区	東海道新幹線	3	横浜	福岡
中区	東海道新幹線	3～4	横浜	福岡
南区	東海道新幹線	4	横浜	福岡
保土ヶ谷区	東海道新幹線	4～5	横浜	福岡
旭区	東海道新幹線	5	横浜	福岡
緑区	東海道新幹線	5～6	横浜	福岡
青葉区	東海道新幹線	6～7	横浜	福岡
瀬谷区	東海道新幹線	7	横浜	福岡
泉区	東海道新幹線	7	横浜	佐賀
戸塚区	東海道新幹線	7～8	横浜	大分
港南区	東海道新幹線	8	横浜	大分
磯子区	東海道新幹線	8～9	横浜	香川
栄区	東海道新幹線	9	横浜	香川
金沢区	東海道新幹線	9～10	横浜	高知
川崎区	東海道新幹線	10	横浜	高知
幸区	東海道新幹線	10～11	横浜	愛媛
中原区	東海道新幹線	11	横浜	愛媛
高津区	東海道新幹線	11～12	横浜	愛媛
宮前区	東海道新幹線	12	横浜	鳥取
多摩区	東海道新幹線	12～13	横浜	島根
麻生区	東海道新幹線	13	横浜	徳島

鎌倉市	東海道新幹線	13～14	横浜	徳島
逗子市	東海道新幹線	14	横浜	岡山
葉山町	東海道新幹線	14	横浜	岡山
横須賀市	東海道新幹線	14～15	横浜	岡山
三浦市	東海道新幹線	15	横浜	岡山
小田原市	東海道新幹線	1～2	小田原	鹿児島
真鶴町	東海道新幹線	2	小田原	鹿児島
湯河原町	東海道新幹線	2	小田原	鹿児島
箱根町	東海道新幹線	2	小田原	鹿児島
南足柄市	東海道新幹線	2	小田原	鹿児島
大井町	東海道新幹線	2	小田原	鹿児島
中井町	東海道新幹線	2	小田原	鹿児島
二宮町	東海道新幹線	2	小田原	鹿児島
大磯町	東海道新幹線	2～3	小田原	鹿児島
平塚市	東海道新幹線	3～4	小田原	鹿児島
秦野市	東海道新幹線	4～5	小田原	鹿児島
伊勢原市	東海道新幹線	5～6	小田原	宮崎
厚木市	東海道新幹線	6～7	小田原	熊本
茅ヶ崎市	東海道新幹線	7～8	小田原	熊本
寒川町	東海道新幹線	8～9	小田原	熊本
藤沢市	東海道新幹線	9～12	小田原	山口
海老名市	東海道新幹線	12～13	小田原	広島
座間市	東海道新幹線	13	小田原	広島
綾瀬市	東海道新幹線	13～14	小田原	広島
大和市	東海道新幹線	14～15	小田原	広島
緑区（相模原市）	中央本線	13～15	指定なし	岐阜
山北町	バス	1	相模原市南区	愛知
松田町	バス	1	相模原市南区	愛知
開成町	バス	1～2	相模原市南区	愛知
清川村	バス	2	相模原市南区	愛知
愛川町	バス	2～3	相模原市南区	愛知
中央区（相模原市）	バス	3～10	相模原市南区	滋賀

南区（相模原市）	バス	10～17	相模原市南区	愛知
----------	----	-------	--------	----

図表 1 2 : 東京都における避難シミュレーション

東京都	a. 避難手段	b. 避難開始日	c. 出発駅	d. 避難先
江戸川区	伊勢崎線	1～2	指定なし	栃木
千代田区	伊勢崎線	2	指定なし	茨城
台東区	宇都宮線	1～2	指定なし	茨城
荒川区	宇都宮線	2～3	指定なし	茨城
江東区	高崎線	1～2	指定なし	群馬
墨田区	秋田新幹線	1～12	上野	秋田
中野区	山形新幹線	1～12	上野	山形
文京区	上越新幹線	1～3	上野	新潟
豊島区	上越新幹線	3～6	上野	新潟
新宿区	上越新幹線	6～9	上野	新潟
渋谷区	上越新幹線	9～11	上野	新潟
港区	上越新幹線	11～13	上野	新潟
葛飾区	北陸新幹線	1～5	上野	福井
足立区	北陸新幹線	5～12	上野	石川
北区	北陸新幹線	12～15	上野	富山
板橋区	北陸新幹線	15～19	上野	富山
品川区	東北新幹線	1～3	東京	北海道
目黒区	東北新幹線	3～5	東京	北海道
中央区	東北新幹線	5～6	東京	北海道
大田区	東北新幹線	6～11	東京	北海道
世田谷区	東北新幹線	11～17	東京	北海道
杉並区	東北新幹線	17～19	東京	北海道
練馬区	東海道新幹線	16～17	品川	大阪
狛江市	東海道新幹線	17	品川	和歌山
調布市	東海道新幹線	17	品川	和歌山
三鷹市	東海道新幹線	17～18	品川	和歌山
武蔵野市	東海道新幹線	18	品川	奈良

西東京市	東海道新幹線	18	品川	奈良
東久留米市	東海道新幹線	18	品川	三重
稲城市	東海道新幹線	19	品川	三重
府中市	東海道新幹線	19	品川	三重
小金井市	東海道新幹線	19	品川	三重
国分寺市	東海道新幹線	19～20	品川	三重
国立市	東海道新幹線	20	品川	三重
小平市	東海道新幹線	20	品川	大阪
東村山市	東海道新幹線	20	品川	大阪
東大和市	東海道新幹線	20	品川	大阪
清瀬市	東海道新幹線	20～21	品川	大阪
多摩市	東海道新幹線	21	品川	大阪
日野市	東海道新幹線	21	品川	大阪
立川市	東海道新幹線	21	品川	大阪
武蔵村山市	東海道新幹線	21～22	品川	大阪
瑞穂町	東海道新幹線	22	品川	大阪
羽村市	東海道新幹線	22	品川	大阪
町田市	バス	1～7	八王子市	愛知
八王子市	バス	7～15	八王子市	愛知
檜原村	バス	15	八王子市	愛知
奥多摩町	バス	15～16	八王子市	愛知
あきる野市	バス	16	八王子市	長野
日の出町	バス	16	八王子市	長野
青梅市	バス	16～18	八王子市	長野
福生市	バス	18～19	八王子市	長野
昭島市	バス	19～20	八王子市	長野

図表 1 3 : 千葉県における避難シミュレーション

千葉県	a. 避難手段	b. 避難開始日	c. 出発駅	d. 避難先
柏市	常磐線	1～2	指定なし	青森
我孫子市	常磐線	2～3	指定なし	青森
松戸市	常磐線	3～4	指定なし	秋田

流山市	常磐線	4	指定なし	秋田
野田市	常磐線	4～5	指定なし	秋田
市川市	常磐線	5～6	指定なし	岩手
浦安市	常磐線	6～7	指定なし	岩手
鎌ヶ谷市	常磐線	7	指定なし	山形
白井市	常磐線	7	指定なし	山形
印西市	常磐線	7～8	指定なし	山形
栄町	常磐線	8	指定なし	山形
八千代市	常磐線	8	指定なし	山形
船橋市	常磐線	8～10	指定なし	宮城
習志野市	常磐線	10～11	指定なし	宮城
花見川区	常磐線	11	指定なし	福島
美浜区	常磐線	11～12	指定なし	福島
稲毛区	常磐線	12	指定なし	福島
四街道市	常磐線	12	指定なし	福島
中央区	東海道新幹線	23	品川	兵庫
若葉区	東海道新幹線	23	品川	兵庫
緑区	東海道新幹線	23	品川	兵庫
佐倉市	東海道新幹線	23～24	品川	京都
八街市	東海道新幹線	24	品川	京都
東金市	東海道新幹線	24	品川	京都
山武市	東海道新幹線	24	品川	京都
富里市	東海道新幹線	24	品川	京都
酒々井町	東海道新幹線	24	品川	京都
成田市	東海道新幹線	24	品川	滋賀
芝山町	東海道新幹線	24	品川	滋賀
多古町	東海道新幹線	24	品川	滋賀
横芝光町	東海道新幹線	24	品川	滋賀
匝瑳市	東海道新幹線	24～25	品川	大阪
旭市	東海道新幹線	25	品川	大阪
銚子市	東海道新幹線	25	品川	大阪
香取市	東海道新幹線	25	品川	大阪
神崎町	東海道新幹線	25	品川	大阪

東庄町	東海道新幹線	25	品川	大阪
館山市	バス	1	市原市	長野
南房総市	バス	1～2	市原市	長野
鋸南町	バス	2	市原市	長野
富津市	バス	2～3	市原市	長野
鴨川市	バス	3	市原市	長野
君津市	バス	3～5	市原市	長野
木更津市	バス	5～8	市原市	長野
袖ヶ浦市	バス	8～9	市原市	長野
市原市	バス	9～15	市原市	長野
大多喜町	バス	15	市原市	長野
勝浦市	バス	15	市原市	長野
御宿町	バス	15	市原市	長野
いすみ市	バス	15～16	市原市	長野
一宮町	バス	16	市原市	長野
長生村	バス	16	市原市	長野
白子町	バス	16～17	市原市	長野
睦沢町	バス	17	市原市	長野
長南町	バス	17	市原市	長野
長柄町	バス	17	市原市	長野
茂原市	バス	17～19	市原市	長野
大網白里市	バス	19	市原市	長野
九十九里町	バス	19～20	市原市	長野