

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560767

研究課題名(和文)非常住人口を考慮した歴史観光都市における避難場所配置の分析と提案

研究課題名(英文)An analysis and proposal of allocation of evacuation sites in historical tourist city from viewpoint of population distribution including nonresidents

研究代表者

及川 清昭(OIKAWA, Kiyooki)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：00168840

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：歴史観光都市の京都市を研究対象として、指定されている広域避難場所・避難所・観光客一時滞在施設の分布、昼夜間人口、パーソントリップ調査結果、観光客数等のデータベースを作成し、現在整備されている避難所の屋外空間も含めた収容人数の充足度を把握し、問題点と改善方法を提案した。また、震災時には観光客を含めた多くの非常住者が帰宅困難者となることを想定し、都心5区における帰宅困難者の分布を推計した。その結果をもとに、長距離徒歩帰宅者の帰宅流動シミュレーションを行い、流動が集中する箇所を描出するとともに、京阪神都市圏外居住者を含めた帰宅困難者数を推計し、収容能力の現状評価を行い、新施設整備の候補地を提案した。

研究成果の概要(英文)：Firstly we compiled data of evacuation sites, daytime and night-time population, person trip survey and number of tourists in Kyoto city. We calculated the number of indoor and outdoor refugees admitted in temporary evacuation sites and analyzed the admission capacity for the population. As a result, we found that there is an acute shortage of the indoor capacity of the temporary evacuation sites, however outdoor capacity of that is enough for almost all refugee population. Next we estimated the population away from homes during the day and the distribution of tourists in various destinations within Kyoto, perform a traffic simulation of people returning home, and quantitatively analyze the traffic patterns and characteristics of people traveling long distances. The results show that the flow of pedestrian evacuees is extremely concentrated and may lead to significant chaos. We proposed new allocation of temporary evacuation sites for disaster prevention planning.

研究分野：建築・都市計画

キーワード：帰宅困難者 避難場所 京都 パーソントリップ調査 適正配置 流動 寺社境内 観光客

1. 研究開始当初の背景

日本の都市防災対策においては、地域防災計画のもとに広域避難場所や一時避難場所が指定されている。2011年の東日本大震災を契機に、特に東海・東南海・南海地震の発生に伴う被災が予想される地域では、避難場所の開設と運営体制の再整備が急務の課題となっている。

災害時における避難場所の問題は、地域住民に限らず非常住者にとっても深刻であり、実際、東日本大震災においては非居住地で被災した人々が小学校やホテルでの宿泊を余儀なくされた。とりわけ、首都圏においては非常住者が「帰宅困難者」となり、駅周辺や道路の混雑を誘発し、大きな問題となった。都市防災に対する関心が高まりつつある中、非常住者も考慮した避難システムの構築に取り組み始めた自治体も多い。

非常住者とは通勤・通学者や観光客のような一時流入者である。通勤・通学者は帰宅困難者となる危険性を孕むが、通い慣れた場所にいるので、ある程度の避難体制は事前に準備できる。しかし、観光客などの非常住者は場所に不慣れであり、災害時における避難場所の周知方法や適切な誘導には課題が多い。群集心理によるパニックや避難流動による交通渋滞、ひいては消防車や救急車などの緊急車両が動けない状況も予想され、地域住民の避難行動にも大きな影響を与えかねない。

日本の代表的な歴史観光都市・京都では、年間約 5,000 万人にも及ぶ観光客が訪れる。一日あたりの平均は約 13 万人となり、これは京都市の人口の割に匹敵する。特に観光シーズンには一日数十万人規模になる。場所に不慣れな外国人観光客も年間 100 万人弱あり、大震災時における避難場所の問題は重大である。一方、京都では世界遺産をはじめ貴重な歴史文化資源が存在し、加えて、木造住宅が数多く残存しており、狭い路地に接する住宅も多い。震災対策の問題が山積している状況にある。このような背景を考慮すると、観光客などの非常住者人口を加味した避難場所の配置問題が都市防災の重要な課題として浮上してくる。

2. 研究の目的

日本の歴史観光都市においては、伝統的建造物が貴重な観光資源となっている。文化遺産である伝統的建造物は概して地震や火災に対して脆弱であるものの、観光客はそこを目指して訪れる。そのため、歴史観光都市には人命と文化遺産の両者を震災から守ることが要請される。とりわけ、歴史観光都市の代表といえる京都では、伝統的町家をはじめ木造建築物の占める割合が極めて高いうえに、通勤・通学者のほかに場所に不慣れな観光客が非常に多く、このような非常住者も含めた避難対策は喫緊の課題となっている。

そこで、本研究は、歴史観光都市の避難場所配置に焦点を絞り、一般の居住者に通勤・

通学者・観光客などの非常住者を加味した避難人口を推計し、避難距離・収容人数・避難経路といった計量的な側面から既存配置の妥当性を評価するとともに、帰宅困難者をも考慮した適切な避難場所の再整備を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 避難場所関連の各種データベースの作成
避難場所：京都市における広域避難場所と一時避難場所の敷地形状と建物配置のポリゴンデータを CAD で入力しする。さらに、屋内避難を想定し、体育館や普通教室などの有効面積やトイレなどの規模も属性データとして整備する。

人口：国勢調査に基づく昼夜間人口データを整備する。また、非常住者人口については、パーソントリップ調査の結果に加えて、京都市内の観光客数のデータも整備する。

道路網：細街路・路地も含め、幅員を属性とした道路網データを整備する。

避難場所候補地：一時避難場所はほとんどが小学校などの教育施設であるが、現状の避難場所では収容不能となる可能性が高いので、新たに追加すべき避難場所を考慮して、公園や神社・仏閣・大学・駐車場・会館などの施設、また民間の大規模施設についてもデータを整備する。

(2) 避難場所の位置と収容人数の分析と評価

昼間人口は流入人口の差し引き結果で表されているため、流入・流出人口それぞれの値が不明である。そこでパーソントリップ調査をもとに、通勤・通学者や買い物客などの非常住人口の推計を行う。一方、観光客については、夜間滞留人口は宿泊施設の位置と室数より推計する。

推計結果をもとに、人口代表点から避難場所までの距離を計量し、収容可能人数の点から計量評価を行う。

(3) 非常住者の避難流動シミュレーション

観光客も含めた帰宅困難者の流動シミュレーションを行う。最悪の状況を想定して、観光客が一斉に帰宅すると仮定し、その混雑状況も併せて分析する。

(4) 避難所配置の課題把握と再整備の提案

以上の分析から得られた問題点を整理した後、避難場所の再整備案を構築する。特に収容能力の問題を指摘し、追加施設を提案する。また、ホテルや会館のほかに、屋外の場合は神社境内や公園を専用の避難場所とすることも検討する。

4. 研究成果

(1) 京都市における避難所の収容人数に関する定量的把握

京都市の避難所問題

京都市では、東日本大震災を機に、避難所

単位で機材の充実や運営マニュアルの策定を進めている。しかし、花折断層を震源とする都市直下型地震が発生した場合、13万5千人分の避難所が不足すると想定されており、収容人数の確保が大きな課題となっている。

日本屈指の観光都市である京都市は、年間約5,000万人以上の観光客が訪れ、さらに多くの通勤通学者が存在する。このため、災害が起きた場合、多数の帰宅困難者が発生する恐れがある。このような状況の下、京都市では指定避難所の拡大を進めており、大型施設保有者などにも協力を求め、収容人数を増やしているが、屋内のみへの避難では十分な収容人数を確保するのは難しい状況にある。

そこで、まず京都市において指定されている避難場所の分布と収容人数に関するデータベースを作成し、夜間人口および昼間人口に対して、現在整備されている避難所の屋外空間も含めた収容人数の充足度を把握し、どの場所に避難場所が不足しているかを明らかにすることで、今後新たな避難場所の設置を検討する際の防災計画上の基礎的資料を得ることを目的として研究を行った。

京都市の避難所と広域避難場所

避難所とは、災害で自宅に住めなくなった場合、一時的に避難生活を営む場所をいい、台風の襲来など災害の発生への恐れが高く、安全を確保するためにあらかじめ避難する場所で、学校の体育館や集会場などが指定されている。一方、広域避難場所とは、地震に伴う大火災による二次災害の危険から、地域住民の生命の安全を確保できる場所をいい、公園・緑地・グラウンド・その他公共的な空地帯等で、大火災の輻射熱に対する安全面積が1ヘクタール以上の場所とされている。

このように、広域避難場所は大火災等で避難所が危険に晒された場合に、身の安全確保のために一時的に待機する場所であり、そこでの避難生活は想定されていない。そこで本研究では、京都市内の市街地における避難施設の収容能力を把握するにあたり、避難生活を想定している避難所を対象を限定した。

京都市の夜間人口と昼間人口

京都市では、常住者人口を表す夜間人口が約146万人に対し、通勤・通学による流入の増減を加味した昼間人口が約158万人と大きく上回っている。特に、都心部の上京区・中京区・下京区・東山区・南区の5区において、夜間人口に対する昼間人口の比率を表す昼夜間人口比率は110%以上となっており、昼間人口が集中している。一方、その他の区では昼間人口は夜間人口を下回っているが、概ね同数であるので、本研究では昼間人口による収容率の分析については対象地域を上京区・中京区・下京区・東山区・南区の都心5区に限定した。

人口分布データについては元学区単位とし、夜間人口については住民基本台帳の町別

人口を元に、また昼間人口については国勢調査2005年推計昼間人口をもとに作成した。

避難所の分布状況

京都市指定避難所一覧に掲載されている411箇所の避難場所のうち、対象の元学区153地域に含まれる371箇所を分析対象とし、避難所リストを作成した。また、避難所の敷地・建物ポリゴンデータおよび避難所の分布図を作成した(図1)。また対象の元学区の境界データを整備した。



図1 避難所分布図 図2 カバリングモデル

現在の避難所の施設配置について、避難距離の観点から検証を行うため、カバリングモデルを適用した。京都市は適切な避難距離の目安を定めていないため、本研究では一般に子どもから高齢者まで歩行可能な最大距離である2kmを避難距離の目安として評価を行うこととし、道路距離を直線距離に換算し、避難所ポリゴンの各辺から距離1.564kmのバッファを作成し、その被覆領域を描画した(図2)。この図をみると、市街地全域がカバーされており、避難所が住民の避難距離2km以内に配置されていることがわかる。つまり、避難距離の観点からみれば、避難所の施設配置については大きな問題はないといえる。

収容率・超過人口による充足度の把握

避難所の屋内収容人数は、京都市指定避難所一覧に掲載されている値を用いた。また屋外収容人数は、「円掃過法」を用いて、避難所敷地内の空地(非建蔽地)の内、屋外避難に有効に使用できる「有効空地」の面積を計量し、その結果をもとに収容人数を算出した。具体的には、1m²/人を基準とした災害時の一時避難場所設置基準である100人の避難可能領域を抽出するため、掃過円の半径をr=5.5mに設定し、避難所敷地の空地内における「有効空地」の面積を計量し、その有効空地面積に対して、災害時に1m²/人の面積を確保するとして屋外収容人数を求めた。

各避難所の屋内および屋外の収容人数を元学区ごとにまとめ、元学区単位の避難所収容人数(屋内のみの収容人数/屋外を含む収容人数)を計量し、各元学区の夜間人口および昼間人口に対する収容人数の比率を「人口収容率」(夜間屋内のみ/夜間屋外含む/昼

間屋内のみ/昼間屋外含む)として求めた。また、各元学区の夜間人口・昼間人口から元学区単位の避難所収容人数を差し引いた値を「超過人口」として求めた。

行政区単位で避難所の施設容量・収容率および超過人口を集計した結果をみると(図3)、屋内のみの場合153,500人であり、夜間人口1,353,755人の僅か11.3%にしか満たず、その超過人口も約118万人と、施設容量の大幅な不足状況が問題として浮かび上がった。行政区ごとにみると、収容率(夜間屋内のみ)は東山区の37.3%を除いて、どの区も9~18%と非常に低い値となっている。

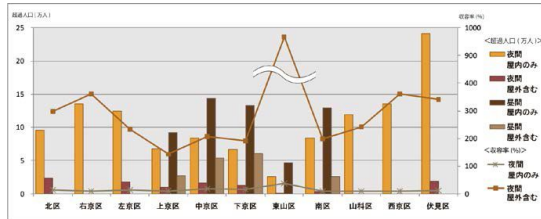


図3 施設容量・収容率・超過人口

しかしながら、屋外も含めた収容人数をみると、京都市市街地全体の収容人数は4,095,076人まで増加し、各区の収容率の平均も322%、超過人口も約10万人にまで減少し、屋外施設容量の不足はほぼ解消されることがわかった。

昼間人口に対する収容率をみると、屋内のみの場合は7.9~19.0%に対し、屋外を含めた場合は127.5~403.7%となり、各区全体での施設容量は十分であるといえる。しかしながら、各区単位での収容率が100%を超えていても、元学区単位での超過人口を累計すると、屋外を含めた場合でも、依然として16万人7千人を超える超過人口が存在している。このことから、各元学区単位で、避難所の施設容量には偏りがあることが明らかになった。

避難所の定量的把握のまとめ

本研究では、京都市内で指定されている避難所の屋内空間に加え、屋外空間の活用も想定した収容人数を元学区単位で集計し、夜間人口および昼間人口に対する、その充足度の把握を試みた。その結果、屋内のみの利用では、ほぼ全ての学区において著しく施設容量が不足していることが明らかとなった。しかしながら、屋外空間も含めれば、避難所の収容人数は大幅に増加し、施設容量の不足は大方解消されることがわかった。

(2)京都市における帰宅困難者の推計と流動シミュレーション

震災時における帰宅困難者問題

京都で災害が起き、東日本大震災の時のように甚大な交通麻痺状態に陥った場合、土地勘のない観光客を含め多くの帰宅困難者が発生すると考えられる。このような帰宅困難者に対し、安全な徒歩帰宅、一時避難場所へ

の誘導対策が都市防災計画上の急務の課題といえる。

そこで本研究では、平日の昼間時の自宅以外に滞留している人口と、各地に訪れる観光客数の分布推計を行った上で、帰宅流動シミュレーションを行い、長距離要帰宅者の交通量とその特性を定量的な把握を試みた。

滞留人口の推計方法と時刻別分布特性

京都市の昼間人口比率をみると、都心部の上京区・中京区・下京区・東山区・南区の5区に昼間人口が集中していることから、本論での分析対象地を都心5区に限定した。

一方、パーソントリップ調査によるODデータは区ごとに集計されているので、本研究では、都心5区への通勤通学流入者数と昼間人口比率をもとに、町丁目別に滞留人口を比例配分した。また、自由・業務による滞留者は昼間人口の比率のみで比例配分した。

京都市の夜間人口は約146万人である。通勤・通学による増減を表す流入人口に関しては、京都市全体として市外からの流入人口が流出入口を上回っていることがわかった。夜間人口に対しての昼間人口の割合(昼夜間人口比率)をみると図4のような結果が得られた。京都市全体としては、昼間人口の方が多いが、特に、上京区・中京区・東山区・下京区・南区の5つの区の昼間人口が夜間人口を大幅に上回っていることがわかる。

京都市都心5区の時刻別滞留人口をみると、夜間の40万人弱に対して、昼間は60万人と、夜間の約1.5倍の人口が滞留している(図5)。都心5区は9時から18時にかけて滞留者の50%以上は非常住者であり、大災害が起きた際に多くの帰宅困難者が発生する危険性が高いといえる。

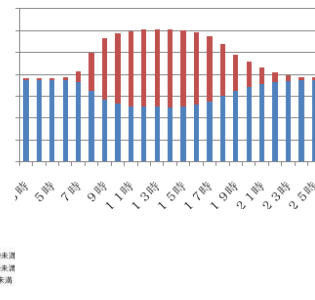


図4 昼夜間人口比率

図5 時刻別滞留人口

帰宅困難者と徒歩帰宅者の推計

帰宅困難者とは、自宅から一定の距離離れた場所に位置する、滞留者または移動中の人と定義される。本論では、滞留者と移動中の人を区別せずに合算し、PT調査の結果において、都心5区から帰宅行動をとる全人口(約72万人)を滞留者として一括した。

OOD行列を作成するにあたっては、町丁目別の滞留者人口を発人口とし、着人口は夜間人口に従って配分した。また、自宅までの距離は起点と終点の町丁目ポリゴンの重心間

距離を用いて推計を試みた。

推計の結果、都心5区全体で帰宅困難者は約20万人、徒歩による帰宅行動者数は約52万人となった。帰宅困難者の人口密度分布を見ると、烏丸御池を中心とした範囲と京都駅に分布が集中していることがわかる(図6)。

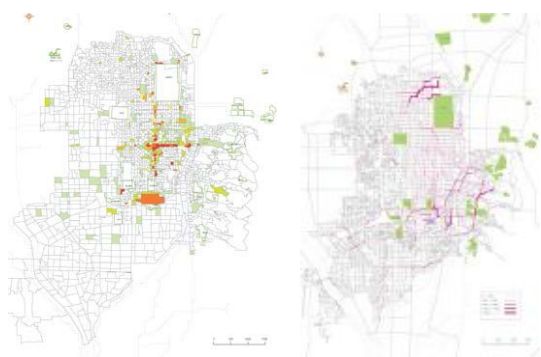


図6 帰宅困難者分布

図7 帰宅流動

帰宅流動シミュレーション

独自に作成した道路データをもとに、徒歩帰宅者数約52万人の流動シミュレーションを実行した。帰宅経路はすべて最短経路を選択するものとし、流動量は1日単位で計算し図化した。また、道路容積は考慮せず、混雑などによる速度低下もないものと仮定した。

帰宅流動シミュレーション結果を見ると、四条通りから京都駅付近にかけての流動が多く、特に鴨川に架かる橋と川沿いの道に流動が集中していることがわかる(図7)。東西の移動には橋の通過が不可欠であるため、橋に流動量の分布が集中しているといえる。また、帰宅困難である滞留人口、徒歩帰宅を行う移動人口のいずれもが集中している四条烏丸を中心に三条・四条・五条・七条・京都駅と南下するほど流動量が増加する傾向が見受けられる。

避難観光客数の推計と流動量分布

京都市観光調査年報に基づき、主要観光地における観光客が観光地から宿泊地に全員帰ると設定し、観光客の帰路OD行列を作成した。観光客の宿泊先は都心5区の旅館数の比率によって配分した。観光客数の合計は約14万人弱である(図8)。

宿泊地への帰路流動シミュレーションをしてみると、寺社が多い東大路通りから西へ向かう七条通り、および九条通りに流動量が集中する傾向がみられた。これは、観光客の集中する東山清水周辺から西へ避難するため、橋への流動が集中するからだと考えられる。四条以南に架かる全ての橋に流動が集中する結果から、鴨川に架かる橋の避難対策が大きな課題といえる。

全避難者の流動シミュレーション

一般の帰宅流動と観光客の帰路流動を合わせると、鴨川に架かる橋と、東西方向の通りに流動の集中が見られる(図9)。

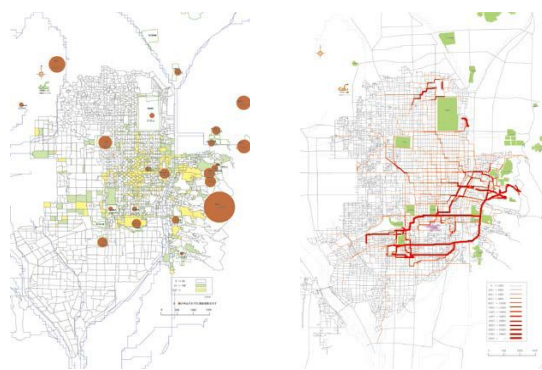


図8 観光客着人口分布 図9 全流動結果

帰宅困難者推計のまとめ

本研究では京都市の都心5区における観光客を含む非常住者を対象として、大規模災害時における帰宅困難者の推計と徒歩帰宅者の流動シミュレーションを行い、徒歩避難する際の流動量は極端に集中するという問題点を指摘した。その結果を踏まえると、徒歩帰宅者が集中する鴨川沿い、および京都駅周辺に一時的な待機可能場所や、誘導・案内を円滑に行えるシステムを整備する必要があるといえる。また、一方では一斉に徒歩帰宅が発生すると、より一層混雑を招く可能性が高いと予想されるため、広域避難場所の拡充が求められる。特に、京都市内に数多く分布し、土地勘の無い観光客でも比較的アクセスも容易な寺社などを一時待機場所として提供し、混雑を解消する対策も考えられる。

(3)京都市における帰宅困難者の推計と一時収容施設の適正配置

京都市全体の帰宅困難者の推計

ここでは、都心5区に限らず京都全体を対象として、また“京都市外に居住している来訪者が帰宅困難者になる”と仮定した場合の人口推計を試みる。京都市では帰宅困難者となる観光客のための「観光客一時滞在施設」を指定しているが、避難所・観光客一時滞在施設の収容能力を定量的に評価し、その適正配置について検討を行う。

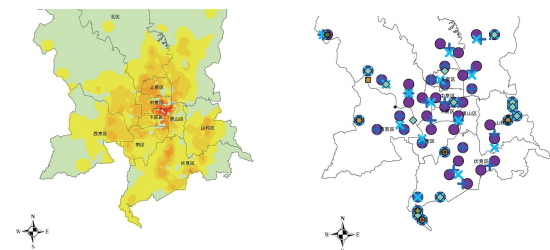
最初に、京阪神都市圏人の流れデータを用いて、京阪神都市圏外に居住している人も含めた帰宅困難者の重みとなるように拡大係数を調整した。次に、カーネル密度推定法を用いて地点ごとの帰宅困難者の人数を推定した。カーネル密度のセルサイズは一辺が100mの正方形で、バンド幅は1,000mに設定した。その結果、帰宅困難者数は京都市全体で合計が約77万人となった。

帰宅困難者収容施設の収容能力

避難所と観光客一時滞在施設を現状の帰宅困難者収容施設として扱い、避難所と一時滞在施設を母点とし、京都市内の任意の地点から最も近い避難所・一時滞在施設までのポロノイ図を作成した。次に、各ポロノイ領域に含まれる帰宅困難者人口分布ポイントで

ータの人口合計から、母点となっている避難所または一時滞在施設の収容人員の差を、その領域において収容不可能な帰宅困難者数とみなし、これを全てのポロノイ領域について行い、現状の収容能力を評価した。

京都市全体では、帰宅困難者がすべての避難所・観光客一時滞在施設が満員になるまで収容された場合に約 34 万人、すべての帰宅困難者が最近隣の収容施設にのみ向かう場合、約 55 万人が収容されないことがわかつ



た(図 10)。

図 10 施設の収容能力 図 11 収容施設候補地点

帰宅困難者の一時収容施設の適正配置

帰宅困難者数が収容人員を上回るポロノイ領域に含まれる 100m のメッシュの中心点を需要点、京都市内の 500m メッシュの中心点を施設の候補としてネットワーク解析を行った。必要最小施設数を求め、帰宅困難者収容不可人数の 99%以上の需要を帰宅限界距離である 10km 以内にカバーする施設配置を分析し、候補地点数を増やし評価値の合計が高い地点ほど有効であるとした。

ネットワーク解析の結果、一時収容施設の必要最小数は 4 箇所であり、特に京都南インターチェンジ付近に優先的に一時収容施設を整備する必要があることが明らかになった(図 11)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

松宮かおる, 鷲崎桃子, 及川清昭, 郷田桃代, 建物間の隙間に関する定量的分析, 査読有, 日本建築学会計画系論文集, 79 巻, 697 号, 2014 年, pp.693-699

松宮かおる, 及川清昭, 京都市における避難所の収容人数に関する定量的把握, 査読有, 歴史都市防災論文集, Vol.7, 2013 年, PP. 15-22

吉川優矢, 大山智基, 山田悟史, 大内宏友, 及川清昭, ドクターヘリ運用効果の可視化に関する研究(1) 医療行為開始時間と人口を用いた検証, 査読有, 第 35 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集 35, 2012 年, PP.61-66

松宮かおる, 及川清昭, 大都市における神社境内の防災的活用可能性に関する定量的考察, 査読有, 歴史都市防災論文集, Vol.6, 2012 年, PP. 251-256

〔学会発表〕(計 6 件)

北本英里子・山田悟史・及川清昭, 京都市における帰宅困難者の推計と一時収容施設の適正配置に関する研究, 第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 2014 年 12 月 12 日, 建築会館ホール(東京都港区)

北本英里子・山田悟史・及川清昭, パーソントリップ調査を用いた帰宅困難者の推計と一時収容施設の適正配置に関する研究 - 京都市外の来訪者を対象として, CSIS DAYS 2014「全国共同利用研究発表大会」, 2014 年 11 月 21 日, 東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト(千葉県柏市)

北本英里子, 山田悟史, 及川清昭, パーソントリップ調査を用いた帰宅困難者の推計と一時収容施設の適正配置に関する研究 - 京都市外在住の来訪者を対象として, 日本建築学会大会, 2014 年 9 月 13 日, 神戸大学(兵庫県神戸市)

Kaoru Matsumiya, Saki Okamura, Kiyooki Oikawa, Estimation of nonresidents and the stranded commuters in the Center Area of Kyoto City, International Conference on Architecture and Urban Design Engineering, World Academy of Science, 2013.6.13, Denmark, Copenhagen

松宮かおる・吉田誠・及川清昭, 京都市における文化財周辺建物の延焼危険性評価に関する調査研究 - その 1. 構造別建物データベースの構築と DVF の定義, 日本建築学会大会, 2012 年 9 月 14 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市)

松宮かおる・吉田誠・及川清昭, 京都市における文化財周辺建物の延焼危険性評価に関する調査研究 - その 2. DVF と延焼グラフによる延焼危険性の評価, 日本建築学会大会, 2012 年 9 月 14 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

及川 清昭(OIKAWA, Kiyooki)
立命館大学・理工学部・教授
研究者番号: 00168840

(2) 研究分担者

山田 悟史(YAMADA, Satoshi)
中央大学・理工学部・助教
研究者番号: 00551524

藤井 健史(FUJII, Takeshi)
立命館大学・理工学部・助手
研究者番号: 50599199