

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560593

研究課題名(和文) 高層建築物における災害弱者の自助、共助、公助を含んだ実効性のある全館避難の検討

研究課題名(英文) A Study on the effective total evacuation strategy in the high-rise building with disabled people getting self-help, co-assistance, and public assistance.

研究代表者

佐野 友紀 (SANO TOMONORI)

早稲田大学・人間科学学術院・准教授

研究者番号：70305556

研究成果の概要(和文)：

高齢者、障害者は、身体能力は健常者と比較して低い傾向にあり、特に高層建築物では、他の避難者から取り残され、建物内で逃げ遅れる危険性が高い。本研究では、このような災害弱者の高層建築物における避難計画のあり方を考察する。自助、共助、公助の対策を災害弱者避難計画にあてはめ、順次避難、水平避難、一時避難待機場所、エレベータ救助、避難用車いすの利用など、多様な方法の組み合わせで避難、救助する方法を検討する。

研究成果の概要(英文)：

Aged people and disabled people tend to be trapped in the high-rise building in fire, because they are less physically able than healthy people. The purpose of this study is to investigate the appropriate evacuation strategy for disabled people in the high-rise building. This study shows the effective total evacuation strategy in the high-rise building with disabled people getting self-help, co-assistance, and public assistance. The evacuation strategy contains a phased evacuation, horizontal evacuation, elevator evacuation, and a usage of emergency evacuation chair.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：都市計画・建築計画

科研費の分科・細目：建築学、建築計画・都市計画

キーワード：避難、高層建築物、災害弱者、火災

1. 研究開始当初の背景

高層建築物建設ラッシュは著しく、2005年
末東京都統計年鑑によると、東京都内にお

る30階以上の建築物数は173棟、13～29階
では3883棟である。2000年末の30階以上
の建築物数は88棟であることから、過去5

年で2倍弱になっており、火災避難安全対策にも早急な対応が必要である。

日本国内の高層建築物では、全館同時避難ではなく順次避難を中心とした避難計画がなされている。これは、在館者が全員同時に階段室に殺到すると渋滞、混乱がおきるため火災階など最も危険での避難を優先し、順次危険な場所から避難を行う計画である。しかし、順次避難については在館者に十分理解されておらず、また、高層建築物の防火管理者での事前インタビューでは避難訓練での避難方法については建物毎に設定されており、定まった方法がないことが確認されている。このように火災の発生場所に応じて適切な順序で誘導する方法については、理論的、実効的に定められていないのが現状である。

一方、高齢化やバリアフリーの促進や利便性の向上のために大型高速エレベータの導入などがなされている。これに対して、火災時などエレベータが利用できない際に、高齢者、車いす利用者等の障害者が災害弱者として、大多数の避難者から取り残される恐れがある。これらの人々は災害時に逃げ遅れるリスクが高いことから優先的・段階的に避難する方法を検討する必要がある。

2. 研究の目的

現在の防災計画は1970年代の社会状況、研究を基礎として構築されたもので、2000年代に性能規定化が導入され一部改正されたが、今日の高齢社会への適用が十分でない部分がある。その一つが火災時に災害弱者となる高齢者、障害者の避難対策である。これらの人々の身体能力は健常者と比較して低い傾向にあり、他の避難者から取り残され、建物内で逃げ遅れる危険性が高い。

本研究では、災害弱者の逃げ遅れを防ぐために、従来の自助、共助、公助の対策を災害弱者避難にあてはめ、多様な方法の組み合わせで避難、救助する方法を検討する。

申請者は過去5年を通じて行った災害弱者避難研究を通して、災害弱者が避難時に特に問題を生じる場面として垂直移動が重要である事を明らかにした。そこで本研究では、高層建築物での実効性のある避難計画を検討することを目的とする。特に群集に災害弱者が混在した場合の自力避難、救助避難に着目する。

3. 研究の方法

本研究では、以下の6つの研究を行う。それぞれについて明らかにする範囲を項目ごとに示す。

(1) 高層建築物の避難計画および防災訓練実態調査

高層建築物に対して避難訓練調査を行う事で、避難訓練および防災計画を把握する。

(2) 建物利用者に対する自助、共助、公助についての質問紙調査



図1：避難用車いすを導入した避難訓練調査風景

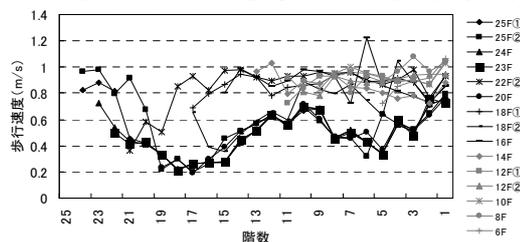


図2：避難訓練調査における在館者歩行速度

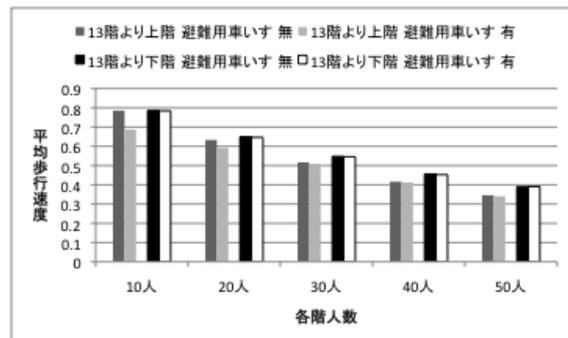


図3：避難シミュレーションによる各階人数と歩行

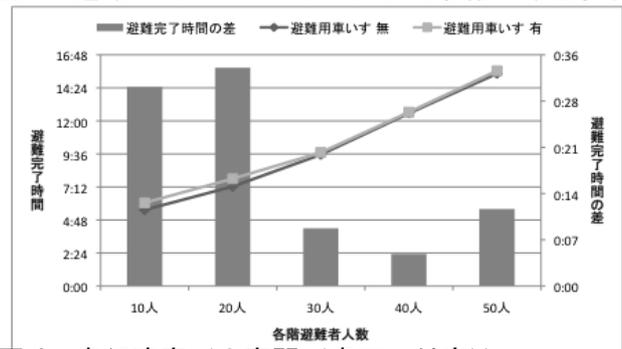


図4：歩行速度（小空間（廊下・付室））

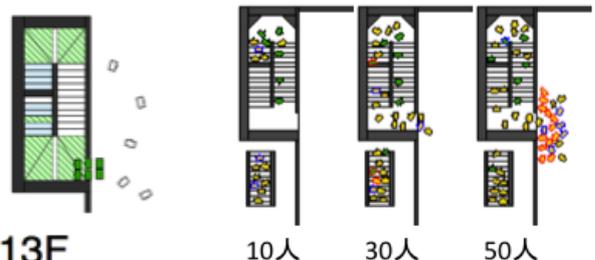


図5：SimTread をもちいた階段流動の検討

建物利用者の避難行動方法の認識および災害弱者の介助避難、消防による優先避難についての考え方の傾向を明らかにする。

(3) 災害弱者の一時待機避難場所としての付室スペースの検討実験

高層建築物の階段室付室を災害弱者の一時避難待機場所とした場合を想定し、被験者実験を行う事で、群集流動と待機する災害弱者の干渉の挙動を明らかにする。

(4) 災害弱者を含んだ群集流動シミュレーションの開発と妥当性の検討

申請者が開発した群集流動シミュレーションを用いて、災害弱者が混在する状況での群集避難を検討する。

(5) 災害弱者を含む避難行動データのオープンソース化

群集の歩行速度データ、流動係数データなどについて、基礎データ、および実験状況の動画データをオープンソース化する。

(6) 災害弱者を含んだ実効性のある避難計画の検討

全体避難計画の中で、自助、共助、公助の割合を変更した避難シナリオを設定する。

4. 研究成果

(1) 高層建築物の避難計画および防災訓練実態調査

概要：2008年度、2010年度に、25階建て高層建築物事務所ビルにおいて、避難訓練の実測調査を行った。この事務所ビルでは順次避難が導入されている。参加者（従業員）は2008年度約1300名、2010年度756名であった。2011年度には避難用車いす（EVAC+CHAIR）を2台導入した調査が行われた。本訓練では、各階の階段室内に計20台のビデオカメラを設置し、避難の様子を観察及び階段における各階流動量を算定した。各階に被験者を配置し他の避難者と同時に避難する事で、各階からの一層ごとの避難訓練時の歩行速度の計測を行った。

対象建物は、地上25階建て高層ビルであり、建築用途は主に事務所である。避難訓練は、地震を想定し、その後に発生した4階の厨房での出火に起因した全館避難である。避難方法は、複数回をブロックにまとめて時間差で避難する順次避難とする。最初にIフェーズ：出火階とその上階である「4・5・6階」、次にIIフェーズ：火災階に近い上階と最上層階「7～12、21～25階」、次にIIIフェーズ：火災階から遠い上層階「3、13～20階」、最後にフェーズIV：火災階より下の階「地下3階～2階」のフェーズ毎に、防災センターの館内放送による避難開始の指示に従い行われた。まとめ：避難用車いすは本来一人で操作するものであるが、実際には同行者を含め二人以上で操作してしまう可能性がある。踊り場での操作がスムーズに行えず速度が低下する人がいるため、使用者は事前に操作方法を理解し訓練し

ておく必要がある。また、使用するにつれて操作に慣れるため、必要以上に交代をしない方がよいと考えられる。

避難用車いすはうまく操作できず移動が遅い場合に、後続者が滞留するなど影響を与える。このため、避難計画において避難階の最後に避難することや、踊り場などの一時避難待機場所で一度停止することで後続者を先に行かせることなどの配慮が必要であろう。避難用車いすの操作者は一人だが、実際には前後の安全確認者や交代要員などがいるため、追い抜かにくくなる可能性があることが確認された。

(2) 建物利用者に対する自助、共助、公助についての質問紙調査

概要：建物利用者の避難行動方法の認識および災害弱者の介助避難、消防による優先避難についての質問紙調査を行った。被験者は126名であった。

まとめ：エレベータの優先利用は支持され、車いす利用者、けが人、子どもの優先利用が承諾されている事が明らかになった。

(3) 災害弱者の一時待機避難場所としての付室スペースの検討実験

概要：高層建築物では、日常的にエレベータを利用する車いす利用者は、階下への自力避難が困難であり、館内の人による介助を受け、または、安全な場所で待機して避難を待

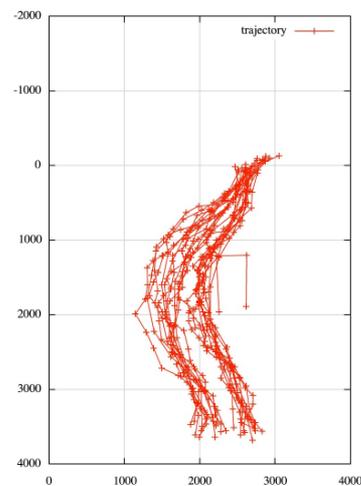


図6：一時避難待機場所における車いす待機と在館者の回避距離の検討実験

つ一時待機避難を行う必要がある。この過程で車いす利用者は、群集と共に避難する必要があるが、その方法、避難優先順序などは十分に確立されているとは言えない。

本研究では、車いす避難における一時避難待機場所での群集避難との対応を実験的に検討する。具体的には、廊下、付室を想定した開口部をもつ小空間での避難実験を行う。実験条件は、開口幅、通路幅員、空間形状、車いす避難の方法をパラメータとした被験者実験を行なう。

まとめ：本研究より、被験者が車いすを避けて、すぐ横すれすれを歩行していた。車椅子に必要な一時避難待機場所の寸法としては、歩行車の歩行の妨げにならない位置に、最低でも車いす1台と介助者の入るスペースを確保することが必要である。また、同階内に車椅子利用者が複数人いる場合には、車椅子利用者の人数を把握し、それに応じて一時避難待機場所を確保する必要がある。

(4) 災害弱者を含んだ群集流動シミュレーションの開発と妥当性の検討

概要：本研究では、実際に避難用車いすを利用した高層建築物での避難訓練実験で得られた結果をもとに、歩行者シミュレーターの「SimTread」を用いて、避難者人数毎に避難用車いすが周囲の避難者の歩行速度と避難完了時間に与える影響の程度について明らかにすることを目的とする。

まとめ：避難用車いすが混在する階段室内では、車いすの集団よりも上階にいる避難者は、避難用車いすの遅い速度の影響を受けることにより、平均歩行速度が低下し避難完了時間も長くなる。しかし、各階避難者が30人以上になると階段室内の混雑により、全避難者に速度低下がおこることで、避難用車いすが遅いことの影響が少なくなることが明らかになった。今回の避難訓練実測調査の対象とした事務所ビルでは、在館者数の実測値より、一フロアの人が一つの階段を使用する人数は約114人であり本研究の50人以上の条件に該当する。このように多くの人数が避難する高層建築物においては、避難用車いすが混在し移動速度が他避難者の半分程度であったとしても、階段内で滞留が発生し健常者集団の歩行速度が低下する事により、速度差は相殺され、影響が少なくなるといえる。

(5) 災害弱者を含む避難行動データのオープンソース化 開口部、小空間、階段 建築基準法および消防法の性能規定化により、火災時の避難安全についても高度な検証が可能になっている。一つの方法としてコンピュータによる避難行動シミュレーションが考えられるが、その妥当性を検討するための方法および群集行動データは十分整理されているとはいえない。ここでは、群集行動

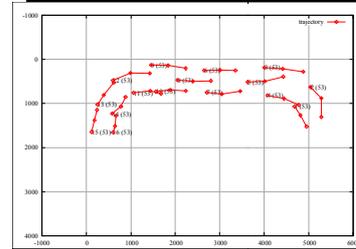


図7：小空間における群集通過実験

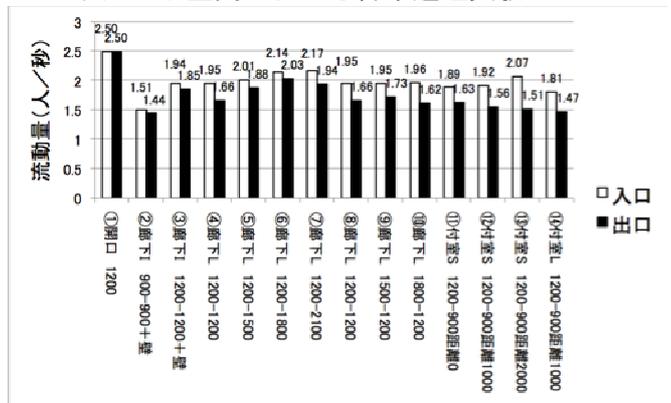


図8：流動量（小空間（廊下・付室））実測値

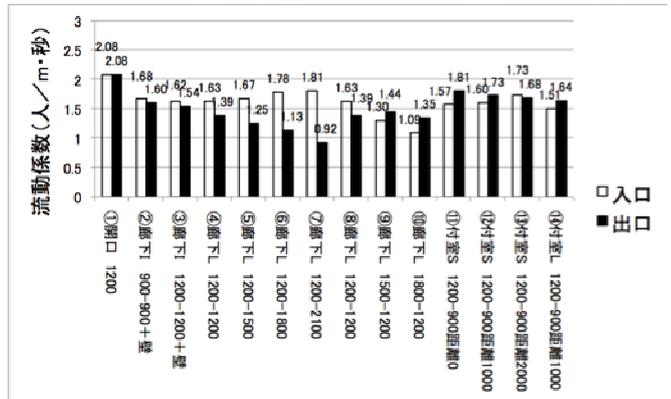


図9：流動係数（小空間（廊下・付室））実測値

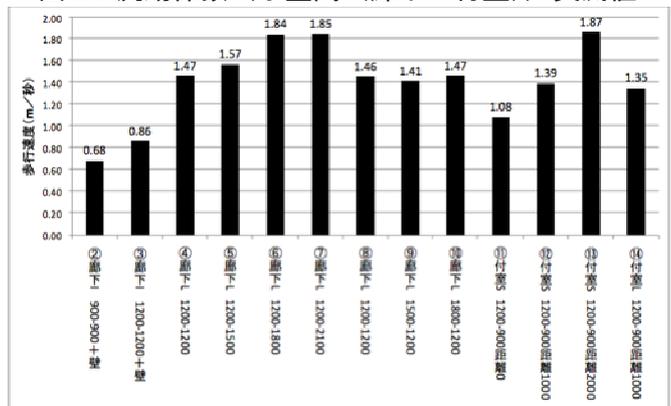


図10：歩行速度（小空間（廊下・付室））実測値

実験計測結果を示す。被験者を一定範囲内に一定密度で待機させ、合図とともに同時に移動開始し、その様子をビデオカメラで撮影する。教示では、急がず自然な速さでの歩行を指示する。この映像をもとに、群集データを抽出する。ここでは、位置（歩行軌跡）データと流動量データについて、計測・算出する。このデータからは、各個人の位置、進行方向、歩行速度、局所的な群集密度を計算により算定する事が可能である。流動量データは、決められた断面を通過する人数を1秒ごとにカウントし、記録したものである。通過量の時系列変動や、流動量、流動係数、入退場人数が算定できる。

結果：開口を通過した先の面積、形状によって群集の滞留がおこり開口の流動係数が減少する。壁がある、空間がL字に折れ曲がることで、先の空間の流動量が減少し、入口の流動係数が減少する。出口では90度曲がることでその部分で滞留が生じ、その先の直線部では群集が分散し流動係数が減少する。

・L字廊下で入口幅1200mmの場合、I字廊下幅1200mmと同等の流動係数を得るためにはL字廊下幅1500mm程度の廊下幅を確保することが必要である

まとめ：本研究により開口、廊下、付室空間形状と群集の流動量増減の関係を示した。群集実験は被験者数の確保など実施が困難であり実験データが少ないため、データの有効活用が必要である。また、群集シミュレーション妥当性検討の基礎データとする為に、今後も多方面で継続的に調査、計測を行い、成果を国内外で体系的に取りまとめる必要がある。

(6) 災害弱者を含んだ実効性のある避難計画の検討

検討の結果、高層建築物における災害弱者の自助、共助、公助を含んだ実効性のある全館避難方法を以下のようにまとめた。

1) 災害時要援護者の定義

内閣府のガイドラインによると災害時に援護を必要とする人として、「必要な情報を迅速かつ確に把握し、災害から自らを守るために安全な場所に避難するなどの災害時の一連の行動をとるのに支援を要する人々（高齢者、障がい者、外国人、乳幼児、妊婦等）」をあげている。

2) 災害弱者を含んだ実効性のある避難計画
本研究では、災害時要援護者の避難計画及びその対策を自助、共助、公助の視点から検討・整理した。

①自助のための対策

情報伝達方法：

災害情報の覚知に制限のある人が様々な方法で情報を得るための設備を整備する必要がある。特に聴覚障がい者は、非常ベル、非常放送、非常を伝える声、救助者が扉を叩く

音が聞こえないなどの問題がある。信号やベル音を振動・光・文字等で在館者に伝える設備・機器や点滅装置付避難誘導灯などを設置する。視覚障がい者は避難方向を見失いやすい。これには誘導音声装置付避難誘導灯が有効である。

避難方法：

・水平避難

各階平面を2つ以上の安全区画ゾーンに分割し、火災室のあるゾーンから区画され安全を確保した非火災ゾーンに水平に移動して避難する方法である。各ゾーンに避難階段を配する必要がある。水平区画された非火災ゾーンは比較的安全であるため、時間の余裕を持って避難する事が可能になる。通路上や居室とバルコニーの間の段差解消も必要である。バルコニーを経由して、避難スロープを通じて避難が可能な施設もあり有効な対策である。

②共助のための対策

身体能力に対応した避難計画：避難者は個人ごとに身体能力が異なるため、すべての人が安全に避難できるようにするためには、避難用車いすなどの新しい設備の導入やEVを用いた救助・避難などの従来の避難計を超えた対策も検討の対象とすべきである。

避難余裕時間の確保：垂直移動が困難な避難者の場合、介助者が担いで階段を避難する方法、特別な避難器具を利用する方法、一時避難待機して救助を待つ方法などが考えられる。このように避難に時間を要する人や救助を待つ人のために、同一階の安全に区画された場所へ水平避難したり、安全な区画で一時待機したりするなど、避難方法を計画すべきである。

避難の優先順位の検討：WTCの階段室内では、秩序だった避難が行われた。特に避難者が階段の内側を開けて一列になって降りることで、やけどを負った人を優先的に避難させ、下から上ってくる消防隊の経路として有効に働いた。要援護者の中には、疾患のため早急な処置を必要とする場合があり、一時待機して後から救助される方法だけではなく、別の経路や同じ経路で優先的に避難する方法についても検討すべきである。

③公助のための対策

消防、救急等の公的な救助（公助）が行われるまでには、自助、共助と比較して時間を要する。救急の平均現場到着時間は、平成16年の6分18秒であり、多数の在館者が避難途中の時点に到着することとなる。消防、救急は、現場到着後、建築物内への救助に向かうためさらに時間を要する。この間、救助を待つ館内の在館者は、安全な場所で一時的に待機する必要がある。ここでは、要援護者が一時的に待機する場所の確保および救助方法について示す。

・一時避難待機場所

米国では、NFPA101, Section 5-2.12 において、スプリンクラー未設置の場合には、一時避難待機場所 (Area of Refuge) を要求している。また、ADA 法の成立 (1991 年) に伴い、ADA Accessibility Guidelines 4.3.11 において、防火・防煙区画され、少なくとも車椅子 2 台分の待機スペースを持ち、外部との通信手段を有し、サイン表示を規定した一時避難場所を提唱している。

・消防隊による EV での救助

米国の EV に関する法律では、EV ロビーの煙感知器が発報した時の対応として、地上階に EV を呼び戻し、利用を停止することを要求している。消防隊は特別なキーを用いて EV を操作できる。そのため、災害時に利用できる EV があっても、消防隊がない場合には、障がい者は階段で下りるか、救助を待たなければならない。ここでは、特別な EV の設計が必要であるとして、各階の EV ロビーの加圧防煙、二系統の電源システム、防水処理などを求めている。この特別に用意された EV を救助、避難に使うことについても検討の余地があるとしている。

(7)まとめ

超高層建築物における災害時の避難においては、避難者の能力に応じて、自助、共助、公助に応じた介助者の設定と避難方法をあらかじめ計画するべきである。建物内での避難は自助、共助を基本とする。逃げ遅れなどで公助が必要な場合にはその所在を正確に消防・救急等に連絡するための通信手段の確保が重要となる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

①佐野 友紀:” 火災時の情報伝達と避難行動におけるユニバーサルデザインの考え方”, 査読無, 日本火災学会, 火災 60(1), 2010-02-20, pp. 30-35,

②佐野 友紀:”高層建築物の災害時要援護者避難における自助、共助、公助の考察(第 3 部ティピカルプラクティス, 都市・建築に関わる安全・安心のフロンティア)” 査読無, 日本建築学会 総合論文誌 第 7 号. 2009, pp. 65-68

[学会発表] (計 6 件)

① Ai Sekizawa, D Oiwa, Univ of Tokyo, T Sano, Waseda Univ and H Kadokura, Tokyo Research Inst, Japan, “Study on Phased Evacuation through the Analysis of Total Evacuation Drill in a

High-rise Office Building”, INTERFLAM2010, Nottingham, U.K. ,2010.7.6

② Tomonori Sano, Yoshiyuki Yoshida, Naohiro Takeichi,, Takeshi Kimura, and Yoshikazu Minegishi:” Experimental Study of Crowd Flow Passing through Simpleshaped, Room and Validation for an Evacuation Simulator”,

5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PEDESTRIAN AND EVACUATION DYNAMICS, 2010, Gaithersburg, MD USA, 2010.3.10

③ Hidekazu Kakei, Toshihiko Sako, Tomonori Sano, and Hiroomi Sato, “A study on the adaptive guidance-system and the evacuation experiments for simulation model”,4th International symposium on Human Behaviour in Fire, 2009, 2009.7.14

④佐野 友紀, 今西 美音子, 布田 健, 萩原 一郎,” 群集行動実験によるデータ収集と避難行動シミュレーション妥当性検討の問題点”, 日本建築学会学術講演梗概集. E-1, 建築計画 I, 2009, pp. 1-4, 2009. 8. 27

⑤関澤 愛, 佐野 友紀, 門倉 博之,” 高層建築物の全館避難時における階段歩行に関する研究 : 高層事務所ビルの避難訓練時における実測調査の分析”, 日本建築学会学術講演梗概集. A-2, 2009, pp. 29-30, 2009. 8. 27

⑥佐野 友紀, 今西 美音子, 布田 健, 萩原 一郎,” 開口部に付属する小空間の形状が群集流動に与える影響”, 日本建築学会学術講演梗概集. E-1, 2008, pp. 587-588 , 2008. 8. 18

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐野友紀 (SANO TOMONORI)

早稲田大学 人間科学学術院・准教授

研究者番号 : 70305556

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし