

Epistula

えぴすら



国立研究開発法人建築研究所
Building Research Institute
Vol.86 発行：2022.1

特集 センサやロボット技術を活用した高度な避難 安全性の確保に向けた技術開発

はじめに

超高齢社会に突入した我が国は、10年後に人口の概ね3人にひとりが65歳以上になることが予測されています。現在、建築物の避難に関する基準は健常者を標準として計画されていますが、超高齢社会では、身体能力が健常者よりも低下した要配慮者（自力で避難することが困難で避難に支援を要する人）が大半を占めることが予想されます。このため、今後要配慮者の増加が見込まれる中でも、将来にわたって現行の防火規定で要求される水準と同等な避難安全性を確保するためには、より高度な避難安全性を確保することが必要になります。

また、超高層建築物群や駅・地下街等の大規模施設に見られる機能の重層・複合化、建築ストックの長寿命化、バリアフリー化への社会的要請に対して、様々な用途や多様な在館者特性に柔軟に対応できる避難誘導技術が必要不可欠と考えられます。

火災時の避難安全に関する技術的背景として、従来、火災の発生は火災報知器で在館者に知らされますが、建築物のどこでどのくらいの範囲で火災が発生しているかは、防災センター等で受信される煙感知器や熱感知器の作動状況以外では即座に把握することは困難です。このため特にショッピングモールや地下街などの大規模な施設では在館者の火災感知や避難開始の遅れ、避難経路の誤認、不特定多数の在館者の避難行動の混乱につながる可能性があります。

一方、近年のセンサ技術や情報通信技術の飛躍的進歩によって、高性能の感知・制御技術が普及するとともに、自動運転や装着型などの介護ロボット技術も実用化されています（図1）。そこで建築研究所では、メーカーとの共同研究等によって、すでに実用化されているセンサやロボット技術を活用して、今後の超高齢社会を見据えた高度な避難安全性を確保する技術の開発を促進する研究開発を行っています¹⁾。具体的には、要配慮者を含むすべての在館者が火災等の災害時に避難を迅速かつ円滑にできるように、既存の実用化技術の機能を拡張したプロトタイプの避難誘導技術を検討し、それを建築物に実装した実証実験を進めていますので、その概要をご紹介します。



離床支援ロボット



自動運転車いす



装着型ロボット

■図1 実用化されている介護ロボットの例

多様な建物利用者の避難安全性の確保のために

センサやロボット技術を活用した避難誘導方法

この研究開発¹⁾では、次のふたつの避難誘導技術のプロトタイプを試作して実証実験を行い、これらの技術に必要とされる機能・性能等の技術基準についての枠組み構築を目指しています。

(1) 避難ナビゲーションシステム

超高層建築物群や都心の駅、地下街等の大規模施設において、火災感知器と空調センサ・防犯カメラ等を連携させて、火災時に火災による熱や煙の影響を受けている範囲などを即座にかつきめ細かく把握し、在館者のスマートフォン（スマホ）やデジタルサイネージ（電子看板）等を通じてリアルタイムで有効な避難経路等の情報を提供する方法について検討しています（図2）。

(2) 介護ロボットを活用した避難技術

超高齢社会では、自力避難が困難な要介助者が火災等の災害時に避難しやすくするための技術開発がなお求められます。そこで、すでに高齢者施設などで普及が進みつつある介護ロボット（図1）に着目して、避難支援用に追加すべき機能を検討しています。これに合わせ、ロボットが稼働する高齢者福祉施設や病院などの設計指針について検討しています。



■図2 避難ナビゲーションシステムのイメージ

センサやロボット技術を避難誘導に活用するための課題の整理

(1) 実用化されているセンサやロボット技術の機能拡張の考え方

避難ナビゲーションシステムや介護ロボットを活用した避難誘導技術のプロトタイプの構築にあたって、それらに要求される機能を明確にする必要があります。例えば避難に要する時間に応じてシステムを機能維持するための電源の確保や、システムの省電力化が必須となります。また、建物間や敷地間を越える避難にあたっては、避難誘導する範囲に応じて避難経路に関する情報をシステムや機器間で共有する方法も必要と考えられます。そこで、介護ロボットを活用した避難誘導について、施設内でロボットが自動運転することを想定して、開発が急速に進んでいる自動車の自動運転技術のレベルを参考に、避難方法を整理しました（表1）。

(2) メーカーの開発担当者へのヒアリング

実用化されているセンサ技術や介護ロボットの避難誘導への機能拡張上の技術的課題や市場性について、それぞれのメーカーの開発担当者へのヒアリングを行いました。その結果、いずれも避難への活用は想定されていませんでしたが、避難に活用できるように機能拡張することには興味を持っており、その市場性ととも、それぞれの技術の課題も明らかになりました（表2、3）。

センサ技術の例	特徴	避難誘導への機能拡張上の課題(例)
AR(拡張現実)ナビゲーション	GPSが使えない屋内でスマホに表示された前方の視野に、目的地に向かう経路をリアルタイムに表示して誘導する	人混みの中を歩くような前方の見通しが確保できない場合は誘導できない
AIによる画像認識	駅等の施設で不特定多数の利用者の動きを防犯カメラの映像でリアルタイムに分析して異常を即座に検知する	避難が必要となる異常時の画像の状況をAIに適切に学習させることが必要
行動分析センサ	高齢者福祉施設や病院等の個室で在室者の動作をプライバシーに配慮しつつ見守る	停電時の電源の確保

■表2 実用化されているセンサ技術の避難誘導への適用上の課題

レベル	運転の主体	自動車の運転内容	ロボットを活用した避難
0	運転自動化なし	運転支援・自動化機能のない一般的な自動車	利用者・介助者が避難にかかる全ての行動を執行
1	運転支援	自動ブレーキ、車線逸脱防止機能等の運転支援	利用者・介助者の特定の避難行動を支援
2	部分運転自動化	限定された領域での部分的な自動運転で、運転者がシステムを監督	限定された領域での部分的な自動避難で利用者・介助者がシステムを監督
3	条件付運転自動化	限定された領域での自動運転で、緊急時以外はシステムが運転	限定された領域で自動で避難。動作が中断された場合に介助者等が補助
4	高度運転自動化	限定された領域のみシステムが自動運転	限定された領域で安全な場所まで自動で避難
5	完全運転自動化	運転者が不要な、完全な自動運転	屋外の安全な場所まで自動で避難

■表1 自動車の自動運転化レベルとロボットを活用した避難との対応関係

ロボット技術の例	特徴	避難誘導への機能拡張上の課題(例)
離床支援ロボット	ベッドの半分が車いすとして分離することにより、車いすとの移乗時の負担を軽減する	移乗の時間は短縮できるが、介助者による水平移動を前提に開発
自律走行車いす	周囲の状況を判断しながら目的地に向かって自動走行する	人混みの中では、自律走行が困難
装着型ロボット	身体に装着して歩行等の自律行動を支援する	バニック防止のため避難弱者ではなく、介助者が装着する方が現実的

■表3 実用化されている介護ロボットの避難誘導への適用上の課題

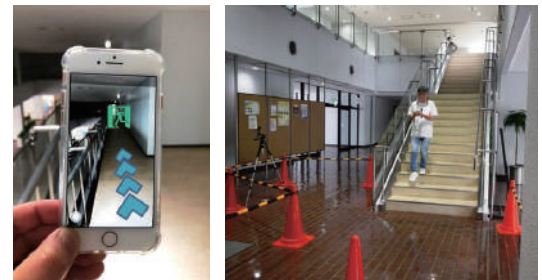
スマートフォンによる大規模施設の避難誘導

スマホの普及や通信環境の発達によって、動画など膨大な情報がどこでも即座にやり取りできるようになってきています。そこで、地下街などの複雑な大規模施設で火災などの災害が発生したときに、リアルタイムでスマホの画面に、カメラを通して見える風景に非常口までの有効な避難経路を重ねて、わかりやすく示して誘導する方法（図3）を研究しています²⁾。

まず、その可能性を検討するために、実験上の安全確保を前提に、スマホの使い方が歩行速度に及ぼす影響を建築研究所の廊下や階段を使って実験しました（図4）。実験に参加した成人男女12名が、通常の歩行のほかに、前方の視野を表示させたスマホの画面を見ながら歩く場合（「視野付きながら」）と、スマホの画面で文字を打ちながら歩く場合（「文字打ちながら」）について、それぞれ廊下や階段を歩く速度を測定しました。

その結果、例えば「文字打ちながら」の場合の歩行速度は、通常の歩行速度より約15～30%低下しましたが、「視野付きながら」の場合、廊下を歩く速度については7%の低下であり、通常の歩行に対して速度低下の幅が最も小さいことがわかりました²⁾。

これは大規模施設内の廊下などの水平方向の避難誘導に、前方の視野をスマホの画面に表示させて避難誘導する技術の見通しをつけるも



■図3 スマホによる避難誘導のイメージ

■図4 歩行実験の様子

のと考えています。例えば、地下街やショッピングモールなどには避難階段などの非常口に至る避難経路を示す誘導灯の設置が義務付けられていますが、経路上の店舗の照明（図5）や非常口に至る通路の幅などの空間的な条件によっては、利用者が非常口を見落としてしまう可能性があります。そこで、実際に地下街において避難ナビゲーションによる避難誘導実験を行うなど、引き続き具体的な誘導方法などについて研究を行っています。



■図5 地下街の営業時間外(左)と営業時間内(右)の誘導灯(写真中央のやや上)の見え方

介護ロボットを活用した避難実験

高齢者福祉施設や病院において、自力避難が困難な要介助者が、火災などの災害時に避難しやすくするための研究を行っています。従来、避難方法はベッド上の要介助者を複数の介助者が車いすやストレッチャー等に移乗させたり、ベッドごと搬送したりする方法が取られており、介助者の身体的負担や人員確保が日常業務を含めて課題になっています。そこで普及が進みつつある介護ロボットに着目して、日常的な介護での使用のほかに、災害時には避難にも活用するために追加すべき機能や、ロボットが稼働するこれらの施設の設計上の要件を明らかにするために、介護ロボットを使って避難を模擬した実験を行いました。自力で歩行することが困難な要介助者について、介護ロボットを避難に活用する実験は世界的にも前例がありません。建築研究所で行われた避難実験を以下に紹介します。

(1) 自動運転車いすを使った実験

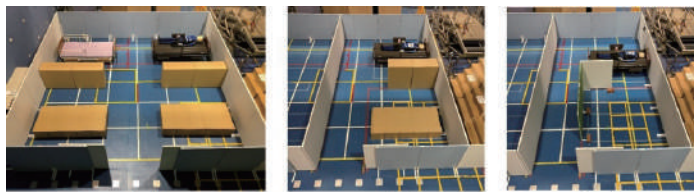
令和3年（2021年）7月に建築研究所の講堂に高齢者施設の居室と廊下のセットを作って実験しました（図6）。行先ボタンを押すとセンサとモーターで目的地まで自動走行する自動運転車いす（図7）を使って、高齢者2名に見立てた介護練習用人形2体を、介助者1名が居室から廊下の先の所定の場所まで搬送する時間を計測しました（図8）。

従来の避難の方法は、介助者が車いすを押して、搬送する人数分、居室と避難先まで往復する必要がありました。一方、自動運転車いすを使った実験では、居室や避難先まで自動運転で走行するので、介助者が車いすを搬送する負担が軽減されるとともに、状況確認などの時間を確保できることがわかりました。

(2) 離床支援ロボットを使った実験

令和2年（2020年）9月に建築研究所の実験施設で、人が横になったままの状態でもベッドの一部が電動で分離して車いすに変形する離床支援ロボット（図9）を使って実験しました。実験は、介護居室を模擬した部屋で、高齢者に見立てた介護練習用人形を、介助者1名がベッドから車いすに変形させて、様々なベッド数の居室から、廊下へ搬送するまでに要する時間を計測しました（図10、図11）。

その結果、従来の介助者2名でベッドごと搬送する方法（図12）と比較すると、介助者1名であっても、同程度の時間で搬送できる可能性があることがわかりました³⁾。



4床室 2床室 個室
■図11 実験を行った様々なベッド数の居室

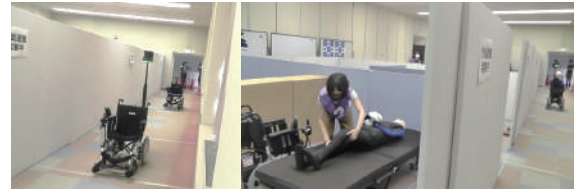


■図12 介助者2名による従来の搬送方法



■図6 建築研究所に設置した高齢者施設の居室と廊下を模擬したセット

■図7 自動運転車いすと行先ボタン
開発:ピクシーダストテクノロジーズ株式会社



■図8 自動運転車いすによる介助避難実験
(左:自動運転の様子、右:車いすに移乗させる様子)



■図9 離床支援ロボット
機器製造元:パナソニックエイジフリー(株)、
協力:パナソニック(株)



■図10 離床支援ロボットによる介助避難実験の様子

今後の展開

メーカーとの共同研究等を通じて、実用化されているこれらの技術を避難誘導に機能拡張したプロトタイプを実際の建築物等に実装して実証実験を行い、災害時の施設内の避難誘導に活用可能なセンサや介護ロボットに必要な機能や、これらを積極的に使う施設の設計上の要件を明らかにして、製品開発やその社会実装を促進していきます。わが国に限らず欧米諸国なども超高齢社会で同じ課題を抱えていますので、技術の標準化などにおいて国際的なイニシアチブを目指していく所存です。

注記 スマホによる大規模施設の避難誘導に関する研究は、JR大阪駅や大阪メトロなどで施設案内のナビを実用化しているパナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社との共同研究により実施しています。また、介護ロボットの避難への活用方法については、紹介した実験のほか、CYBERDYNE株式会社と共同研究を行っています。

参考文献

- 1) 鍵屋浩司・山海敏弘: 高度な避難安全確保のためのセンサやロボット技術の活用可能性、日本建築学会大会学術講演梗概集、2019年9月
- 2) 河合邦治・鍵屋浩司・高橋済: スマートフォンによる大規模施設内の避難誘導を想定した歩行速度の実測、日本建築学会大会学術講演梗概集、2020年9月
- 3) 鍵屋浩司・河合邦治・高橋済・長谷見雄二: 介護ロボットによる居室避難を想定した搬送時間の実測、日本建築学会大会学術講演梗概集、2021年9月

建築生産研究グループの研究紹介

近年、毎年のように各地で大規模な洪水被害が発生しており、住宅分野における水害対策に関心が集まっています。当グループでは、水害で被災した住宅の復旧事例を調査し、建築年代・構法と被害程度、その後に実施された復旧方法が、どのような関係にあるかを明らかにし、効果的な水害対策を検討する上での知見を示すことを目指しています。これまでの調査研究¹⁾で、以下の特徴が明らかとなりました。

- ① 復旧工事の内容は、浸水深によって一定の共通性を持つ。
- ② 大規模半壊以上の被災住宅でも、躯体に損傷がない限り、復旧されやすい。
- ③ 浸水被害を受けた住宅の2階で居住を継続しながら、復旧工事を進めることが多い。

復旧方法の選択は、当然ながら被災世帯の予算事情にも影響されますが、通常、浸水深が同じであれば工事内容は共通する傾向にあります。この性質から、復旧費用は浸水した床面積や浸水容積との間に定量的な関係が認められました(図)。浸水深に応じた復旧の「標準像」が示され、工事費用の的確な把握手法が浸透すれば、被災者が適切な復旧方法を選択しやすくなると考えています。

他方、国の建築基準整備促進事業の一環として、住宅の洪水時の耐浸水性能に関する検討を他研究グループと連携して行っています。ここでは、「耐浸水性能」を新たに定義し、住宅性能表示制度等への実装を目指しています。氾濫の種類や浸水深によって、講ずるべき対策は決して一様ではありませんが、基本的には「流されない」、「水を入れさせない」、「水を入れても被害を抑える」の3つの性能を、客観的に記述・評価できるよう検討を進めています。

- 1) 渡邊史郎, 今井信博, 井上拓哉: 戸建住宅の浸水被害と補修方法の関係についての考察 -平成30年7月豪雨で被災した広島県三原市の復旧事例を対象として-, 日本建築学会計画系論文集, Vol.86, No.788, pp.2431-2440, 2021.10

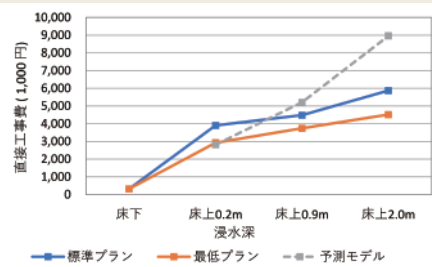


図 標準的なモデル住宅を用いた浸水深別の想定工事費用と回帰モデルを用いた予測費用の比較¹⁾

「調達情報メールサービス」をご利用下さい！！

建築研究所では、調査・研究、工事、試験体製作、物品の調達等の一般競争入札や企画競争の応募等、調達に関する情報のメール配信サービスを提供しています。ご登録いただきますと、新たな調達案件の公告(公示)開始と同時に右のようなメールが配信されますので、弊所のホームページを見ることなくタイムリーに情報を入手することができます。

調達に応札、応募を考えている方は是非ご利用下さい。

詳しくは、建築研究所ホームページをご覧ください。(URL <https://www.kenken.go.jp/cyoutatsu-ml/>)

このバナーが目印です！
登録すると、こんなメールが届きます。

[chotatsu:0474] 【建研】 調達情報メールマガ 令和2年10月21日更新

本文：
建築研究所 調達情報メールマガジンをご利用いただきありがとうございます。
一般競争入札に関する入札公告等をお知らせします。【参加表明書の提出期限】

○工事

○役務

1 令和2年度国立研究開発法人建築研究所講演会運営等業務 【10月26日】

2 2021年電子ジャーナル提供業務 【11月2日】

3 (新規) マスティンパー工法による復興住宅の構造設計例の作成業務 【11月5日】

○物品

1 (新規) 2021年外国雑誌購入 【11月2日】

詳細は、建築研究所HPの「発注情報」ページからご確認ください。

「発注情報」ページのURL

<https://www.kenken.go.jp/japanese/information/information/bidding/hachuu/youhou.htm>

○建築研究所講演会のご案内

研究成果や調査活動の発表を通じて、住宅、建築及び都市の各分野における最新の技術情報を広く一般の方々に提供することを目的として、毎年3月に「建築研究所講演会」を開催しております。

今年度は、新耐震基準40周年に合わせ、特別講演として、名古屋大学教授の福和 伸夫氏をお招きし、ご講演をいただきます。

また、建築研究所が取り組んでいる研究活動を中心に、各分野における研究開発の最新情報をいち早くご紹介いたします。また、会場のホールロビーでは、研究成果等をポスターにして展示いたします。

最新情報は、建築研究所ホームページ (<https://www.kenken.go.jp>) をご覧ください。

※新型コロナウイルス感染拡大の状況を踏まえ、参加人数を会場定員の3分の1程度に限定した上で会場開催し、併せてライブ配信を実施する予定です。



特別講演
名古屋大学教授
福和 伸夫 氏

「温故知新と転禍為福で
大震災を乗り越え未来の
夢を描く」

■開催概要(会場)

日時: 令和4年3月4日(金)
13:00~17:40(開場12:00予定)
会場: 有楽町朝日ホール
(東京有楽町マリオン11階)

※要事前登録・指定席・無料
(建築研究所ホームページからお申し込みください。定員になり次第申込みを締め切らせていただきます。)

■開催概要(ライブ配信)

配信日時: 令和4年3月4日(金)
13:00~17:40(予定)
URL: <https://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/r03/index.html>

※要事前登録・無料
(建築研究所ホームページからお申し込みください。定員になり次第申込みを締め切らせていただきます。)

●バックナンバーは、ホームページでご覧いただけます。
<https://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistula.html>



●えびすつらに関するご意見、ご感想はこちらまで。
epistula@kenken.go.jp



第86号 令和4年1月発行
編集: えびすつら編集委員会
発行: 国立研究開発法人 建築研究所
〒305-0802 茨城県つくば市立原 1
tel. 029-864-2151
fax. 029-879-0627

編集後記

今回のえびすつらでは、防火研究グループの活動から、センサやロボット技術を活用した高度な避難安全性の確保に向けた技術開発を紹介しました。特に、超高齢社会に突入している我が国においては、より高度な避難安全性を確保するための技術を導入することが喫緊の課題であり、極めて重要な研究であります。

また、最近の建築物には延焼の危険性が高い合成樹脂系の断熱材等様々な部材が使われており、建物火災が延焼拡大すると、大規模火災に発展する危険性もあります。更に、火災による死者が大半を占めると想定される首都直下地震等で懸念される巨大地震に伴う大規模市街地火災などの発生を防止する必要もあります。

そのためには、実大規模で様々な部材の燃焼実験を実施することにより、燃え広がり性状・発熱量等をより正確に把握することで防火対策を促進する必要があります。こうした背景から現在、建築研究所における実大火災実験棟の改造作業を実施しており、上記に示した様々な実験を今後実施して、火災に強い建築、街づくりに貢献し続ける所存です。