

# 救助活動の困難度を構成する要因に関する研究 －2016年熊本地震における 木造倒壊建物からの救助活動実態データを用いて－

A Study on factors composing rescue-difficulty  
- An analysis using empirical data on rescue operations at collapsed wooden houses  
during the 2016 Kumamoto Earthquakes -

加古 嘉信<sup>1</sup>, 吉村 晶子<sup>2</sup>, 小山 真紀<sup>3</sup>,  
宮里 直也<sup>4</sup>, 関 文夫<sup>4</sup>, 中島 康<sup>5</sup>, 佐藤 史明<sup>6</sup>

Yoshinobu KAKO<sup>1</sup>, Akiko YOSHIMURA<sup>2</sup>, Maki KOYAMA<sup>3</sup>,  
Naoya MIYASATO<sup>4</sup>, Fumio SEKI<sup>4</sup>, Yasushi NAKAJIMA<sup>5</sup>, and Fumiaki SATOH<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 千葉工業大学工学研究科博士後期課程, 警察庁長官官房企画課

Doctoral course of Engineering, Graduate School of Chiba Institute of Technology

<sup>2</sup> 名城大学理工学部, 教授 博士 (工学)

Professor, Meijo University, Dr. Eng.

<sup>3</sup> 岐阜大学流域圏科学研究センター, 准教授 博士 (工学)

Associate Professor, Gifu University, Dr. Eng.

<sup>4</sup> 日本大学理工学部, 教授 博士 (工学)

Professor, Nihon University, Dr. Eng.

<sup>5</sup> 東京都立広尾病院, 減災対策支援室 副室長 医師 博士 (工学)

Deputy Director, Disaster Risk Management Support Division, Tokyo Metropolitan Hiroo Hospital, Dr. Eng.

<sup>6</sup> 千葉工業大学創造工学部, 教授 博士 (工学)

Professor, Chiba Institute of Technology, Dr. Eng.

In order to allocate a rescue team with suitable capability required for a site, it is important to relevantly assess the rescue difficulty of each site for efficient resource utilization in disaster response. In this study, we used the empirical data on rescue operations conducted at collapsed wooden building sites during the 2016 Kumamoto Earthquakes collected by National Police Agency, and analyzed on the relation between duration times of rescue operations and some factors such as building damage grades, scales of rescue sites, situations of victim entrapments, and so on. As a result, it was found that damage grades and space scales didn't affect much on duration times and the affecting factors of rescue difficulty were found to be the situations of entrapments; pressurization and configurations under the victims.

**Keywords:** 2016 Kumamoto earthquakes, collapsed buildings, victim entrapment, search and rescue, efficient allocation of rescue resources, assessment of rescue-difficulty levels

## 1. 研究の背景と目的

### (1) はじめに

地震によって倒壊した建物内に閉じ込められた被災者は24時間以内に救出しなければ生存確率が大きく減少することが指摘されている<sup>1)</sup>。この限られた時間を有効に活用するには、貴重な救助リソースを最大限効率的に活用することが重要である。

災害発生時に被災現場に即応して人命救助活動に従事する警察、消防等の実動機関（以下「救助実動機関」）では、過去の災害の教訓を踏まえて災害救助体制の強化

を継続的に推進し、現在では、広域応援派遣体制を備えた階層化<sup>1)</sup>された災害救助体制を構築している（図1）。多数の建物倒壊・閉じ込め事案が生じるような大規模災害の急性期にこれらの部隊が最大限機能するためには、それぞれの部隊レベル（保有資機材、技能レベル等）に応じた困難度をもつ救助現場に適切に割り当てられ、各部隊が迅速・的確に救助活動を展開していくことが重要である。

倒壊建物からの救助活動に関連する既往研究は、1995年兵庫県南部地震における救助活動に関する佐土原ら<sup>2)</sup>による調査報告を始めとしていくつかみられる<sup>3) 4)</sup>。し

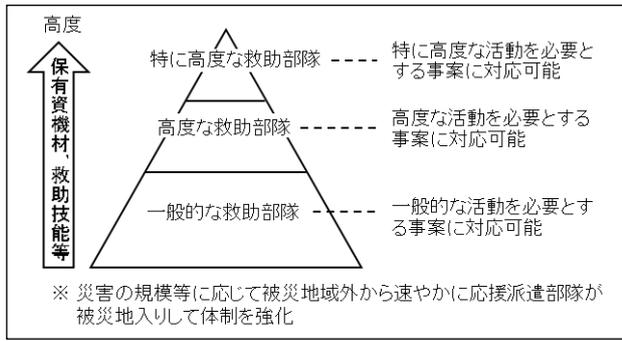


図1 救助実動機関の災害救助体制  
(参考文献5, 第1章, pp. 8-9 ほかを基に筆者が作成)

かし、過去の災害において、どのような建物倒壊・閉じ込め現場での救助活動がより困難であったのか、また、比較的容易であったのかといった実態資料はほとんど存在しない。

大規模災害発生時、災害対策本部や現地指揮所等（以下「災害指揮所等」）では、要救助者の家族等からの事情聴取や救助実動機関の要員による現場目視確認結果に基づく報告等を踏まえて各要救助現場に関する情報を集約・整理し、救助部隊の配置・運用の指揮・調整を行う。しかし、前述のとおり、建物倒壊・閉じ込め事案の救助活動の困難度を推定するための指標となるような実態資料は十分に存在しないことから、現場目視確認を行った救助実動機関の要員や災害指揮所等の要員の経験値、主観等によって現場の割り当てが進められる。そのため、実際には極めて困難な閉じ込め事案に高度な資機材や技能レベルを持たない救助部隊が対応するケースや、比較的容易な要救助事案に特に高度な資機材、技能レベル等を持った救助部隊が対応するケースの発生が懸念され、結果として救助リソースの活用が十分効率的に行えない可能性がある。これら実務者が各建物倒壊・閉じ込め現場の救助活動の困難度を推定する上で参考となるような指標があれば有用であり、本稿では、この点について検討を行うこととする。

## (2) 2016年熊本地震の発生と警察庁による調査報告

2016年熊本地震では、4月14日に発生した前震（M6.5）と同16日に発生した本震（M7.3）により多数の建物が倒壊し、その内部に多くの被災者が閉じ込められた。その数は、1995年兵庫県南部地震以降で最も多く、従ってそこで実施された建物倒壊・閉じ込め現場での救助活動の事例数も最多であったと考えられる。これらの救助活動に関する実例情報は極めて貴重であり、今後の災害救助体制の強化に大いに活用すべきである。

警察庁は、2016年熊本地震の発生から1年が経過した2017年4月、同災害における警察の救助活動に関する調査報告を同庁のウェブサイトで公表した<sup>5)</sup>。この調査報告では、同災害において警察が実施した全救助活動のうち、特に、建物内部の空間の損失程度が重大であった層崩壊を伴う倒壊建物現場において警察が主導した救助活動（39現場：要救助者60人（生存42人、心肺停止18人））（図2赤色点線枠内）について、活動現場の状況と救助活動の段階別の活動実態、所要時間等に関する詳細なデータを収集してその傾向を分析しており、収集・整理したデータをイメージ図、イメージ写真とともに「付録」として公開している<sup>5)</sup>（付録2 pp. 113-193）。その一例を図3に示し、以下この「付録」で公開されているデータを「警察庁事例データ（2017）」と呼ぶ。ま

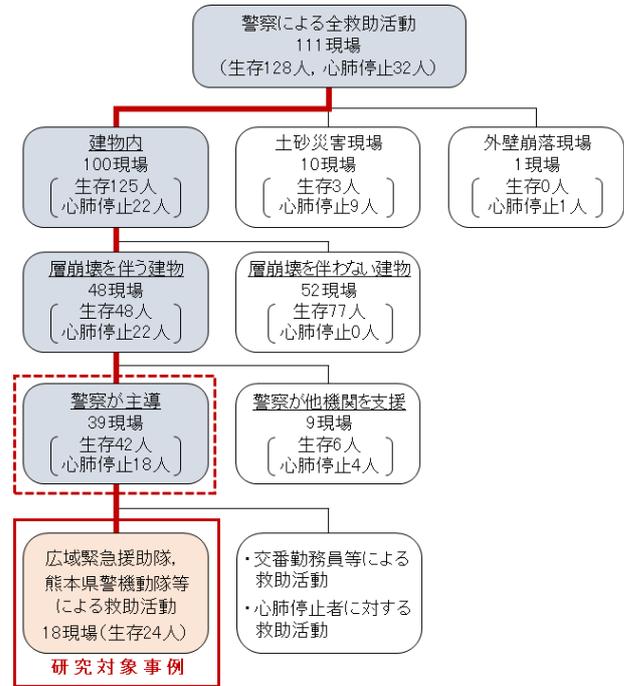


図2 本研究の対象とする救助活動事例

た調査対象事例のうち、各調査項目の内容を網羅的に把握でき、調査結果のより正確な理解に資する救助活動事例（3現場：要救助者5人（生存4人、心肺停止1人））について、現場写真、イメージ図、時系列表等を交えた詳細な事例紹介を公開している<sup>5)</sup>（第2章, pp. 11-39）。その一例を図4に示し、以下この事例紹介を「警察庁事例紹介（2017）」と呼ぶ。

前述の警察庁による調査報告では、「調査対象事例の中に、救助部隊の活動人数、保有資機材、救助技能の不足等が認められないにもかかわらず、救助活動に長時間を要した事例があった」ということが指摘されている<sup>5)</sup>（第4章, pp. 97-99）。さらにこの調査報告では、救助活動の各段階の所要時間のばらつきに着目して救助活動の困難度に影響を及ぼしやすい活動段階についての検討を行っている<sup>5)</sup>（第4章, pp. 97-99）。しかし、どのような要因が救助活動の困難度に影響を及ぼしていたかという点についての検討は十分に行っておらず、調査結果に関する更なる検討・分析の必要性が認められる。

## (3) 研究の目的

本研究の目的は、警察庁による調査報告<sup>5)</sup>に記された実態データを基に、2016年熊本地震における救助活動の困難度に影響を及ぼした要因について検討を行い、木造倒壊建物からの救助活動の困難度を推定する際の指標の整理を試みることである。この指標を整理することができれば、災害対応に当たる災害指揮所等の要員等が貴重な救助リソースを効率的に活用するための一助になるものと考えられ、従ってわが国の災害救助体制の更なる向上の一端となり得ると考える。

## 2. 研究対象

本研究の対象とする救助活動事例（以下「研究対象事例」）は、警察庁事例データ（2017）に示された救助活動事例のうち、被災地域を管轄する熊本県警察の機動隊

### 事例 4 [前震]

#### 00 基礎情報

活動部隊	熊本県警 管区機動隊 (16人)
活動日時	平成 28 年 4 月 14 日 23 時 5 分頃～翌 0 時 10 分頃
活動場所	熊本市東区 (木造 2 階建て 家屋)
倒壊状況 [分類]	[1] ⇒ [12] 2 階の屋根が接地しているか、もしくは接地しそである。 
要救助者	① 80 歳代 男性 [生存] ② 50 歳代 男性 [生存]
他機関連携	有り [消防 (救急隊)]
地域住民の協力	有り [情報提供]

#### 01 現場臨場

認知手段	口頭指示
駐車場所	約 100m 離れた地点

#### 02 現場関係者からの情報収集

現場関係者	有り [家族・活動中の部隊]
具体的な状況	家族から「倒壊建物内に夫と息子が取り残されている」旨の情報提供

#### 03 活動現場の危険要因

主な危険要因	不安定建物・落下危険物・散乱瓦礫 視界不良・粉塵
現場活動中の 余震発生状況 (益城町)	震度 6 強 1 回 震度 5 強 1 回 震度 5 弱 1 回 震度 4 弱 2 回 震度 3 1 回 震度 2 6 回 震度 1 5 回
安全監視体制	専従の安全監視員を配置

#### 04 倒壊建物外からの呼び掛け

【要救助者①】	
呼び掛け反応	有り [わずかな「動き」を確認]
所要時間	～3分
視認可否	外部から視認可能 ※ 先着していた救急隊の案内により倒壊建物の軒下から覗き込んだところ、約 4m 先に、呼び掛けに対して周を動かし反応する要救助者を確認
【要救助者②】	
詳細不明	(主に消防隊が担当、以下同じ)

#### 05 要救助者へのアプローチ

【要救助者①】	
倒壊建物の安定化措置	実施なし
進入箇所	1 階 [崩壊箇所の隙間]
アプローチに伴う破壊・除去	排除 [瓦礫、家具]
主な使用資機材	ノコギリ
所要時間	約 1 分

#### 06 接触時の要救助者の状況

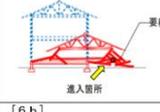
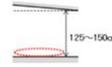
【要救助者①】	
閉じ込め位置 [イメージ図]	1 階庭先 (進入箇所から約 4m 先) 
閉じ込め空間 [分類]	[6b] 
閉じ込め空間の作業スペース	4～5人が作業可能
体位	側臥位
要救助者の下部	地面
挟まれ状況	梁・外壁に、両大腿部が挟まれている ・挟まれ部位に関する疼痛 [弱] ・挟まれ部位に関するしびれ [強] ・前腕部に非活動性出血 [微量]
容態、負傷等	



写真 5-4-1 閉じ込め状況 (要救助者①) (模型により再現)

#### 07 医師、救急救命士との現場連携

具体的状況	救急隊の救急救命士が倒壊建物内で要救助者の状況を確認し、倒壊建物外で救助方針を決定し、倒壊建物外へ搬送可能
現場連携まで に要した時間	活動開始時点から連携

#### 08 挟まれ・圧迫解除作業

【要救助者①】	
解除方法	掌上
主な使用資機材	電動コンピツール、パール、スコップ、角材 (現場で調達)
所要時間	約 30 分
具体的状況	(1) 当初、電動コンピツールの下部 (地面) に角材を設定して掌上を試みたが、角材が地面にめり込んでしまい難航 (2) そこで、下部 (地面) に金属製のスコップを差し込んで掌上を試みたところ、要救助者への圧迫が徐々に緩和 (図 4-4-1) 地面と梁の間隙に角材を差し込んで安定化し、徐々に要救助者に接近しながら掌上・角材による安定化の作業を数回繰り返し、挟まれ・圧迫を解除

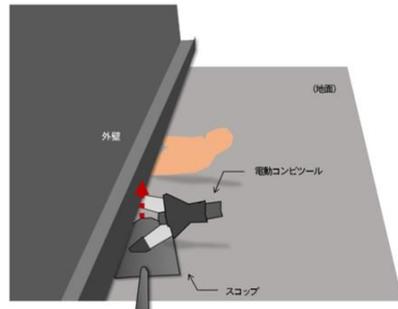


図 5-4-1 挟まれ・圧迫解除作業の状況 (イメージ図)

#### 09 倒壊建物内からの搬出

【要救助者①】	
搬出経路	進入経路と同一
搬出方法	閉じ込め空間から引き出した後、抱きかかえて安全な場所へ搬出
主な使用資機材	なし
所要時間	約 3 分

#### ※ 特記事項

要救助者①の搬出から約 10 分後、要救助者②の救助活動中に震度 6 強の余震が発生し、建物の倒壊が進行し、要救助者、現場関係者 (家族等) 及び活動部隊に負傷なく、要救助者②については、倒壊の進行により生じた隙間から救出に至ったもの

#### 10 引継ぎ・搬送

【要救助者①、②】	
引継ぎ場所	現場付近
引継ぎ先	救急隊
搬送手段	※ 引継ぎ時、特段の容態変化なし 救急車

#### 11 転進

転進先	益城町内
転進目的	救助活動等

図 3 警察庁事例データ (2017) の一例 (出典: 参考文献 5, 付録 2, pp.120~121)

### 7. 救急救命士との現場連携

要救助者の挟まれ状況からクラッシュ症候群の発症が懸念された。そこで、熊本県警察本部に医療関係者の派遣調整を依頼しようとしたが、無線が輻射していたため、110 番に架電して災害警備本部への連絡を依頼した。約 30 分後、熊本市消防局の救急救命士が現場に到着した。直ちに救急救命士とのブリーフィングを実施し、CSM (Confined Space Medicine: いわゆる「互種の下の医療」) 実施の方針を固め、同救急救命士が輸液投与及び酸素投与を行った (写真 2-1-10、11、表 2-1-6)。



写真 2-1-10 救急救命士の CSM 実施状況

写真 2-1-11 左側 (右側側の救急救命士が輸液を保持)

表 2-1-6 倒壊建物内部での要救助者への措置内容

警察部隊	・ 粉塵対策 (マスク、ゴーグルの装着) ・ 頭部保護 (ヘルメットの装着) ・ 継続的な声掛け
消防部隊 (救急救命士)	・ 輸液 (1,000ml) ・ 酸素投与

※ 救急救命士の措置内容は、総務省消防庁救急企画室からの情報提供による。

### 8. 挟まれ・圧迫の解除

当初、要救助者を圧迫する梁をエアジャッキにより挙上する方針で作業を進めたが、同梁に屋根から相当の荷重がかかり、梁の下部が布团であったこともあり、エアジャッキ自体が下方向に沈み込んでしまい、十分な挙上に至らなかったため、梁を切断して挟まれ・圧迫を解除する方針に変更した (写真 2-1-12)。この作業に伴う屋根の崩壊等に備えて、要救助者を圧迫する梁の下部の僅かな隙間にレスキューブロックを差し込むとともに、同梁に連結する梁で耐荷重を期待できる箇所に対して救助用支柱器具を鉛直方向に設置し、可能な限り梁の安定化を図った (写真 2-1-13)。また、同梁が屋外に突出していたことから、倒壊建物外部において救助用支柱器具を鉛直方向に設置して安定化を図った (写真 2-1-14、15、図 2-1-4)。



写真 2-1-12 要救助者の状況 (上方から撮影)

写真 2-1-13 救助用支柱器具等の設置箇所 (梁の下部に設置) (模型による再現)



写真 2-1-14 倒壊建物外の救助用支柱器具設置箇所 (設置作業中)

写真 2-1-15 左側 (設置後)

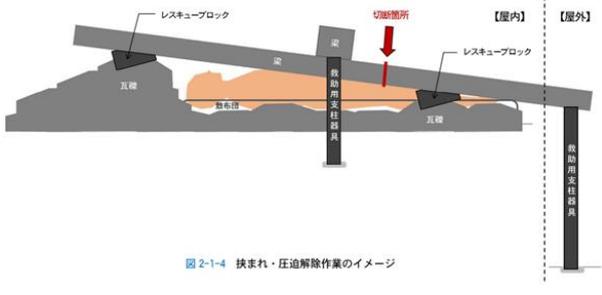


図 2-1-4 挟まれ・圧迫解除作業のイメージ

図 4 警察庁事例紹介 (2017) の一例 (出典: 参考文献 5, 第 2 章, 事例紹介 1, pp.17~18)

または管区機動隊（以下「熊本県警機動隊等」）および被災地域外の府県警察から派遣された広域緊急援助隊によって実施された、生存者（救助者が接触した時点で生存していた要救助者）に対する救助活動（18 現場：要救助者 24 人）である（図 2 赤色実線枠内）。広域緊急援助隊は、大規模災害時に都道府県警察の枠を越えて広域的に即応し、高度の救助能力等を有する部隊として全国警察に設置されている。熊本県警機動隊等は、他の都道府県で大規模災害が発生した場合には広域緊急援助隊として編成・派遣される部隊であり、広域緊急援助隊と同等の資機材、技能等を有する部隊である。研究対象事例で活動した部隊の隊員数（指揮官を含む）は、平均：21 人、最少：7 人、最多：42 人であった。なお、警察庁事例データ（2017）には、研究対象事例のほかに、被災地域を管轄する熊本県警察の交番勤務員等による救助活動事例が含まれているが、これらの救助活動は、十分な救助資機材や救助技能を有していない警察官（数人規模）によって実施されたものであったことから、救助活動の前提条件が明らかに異なっていると考えられたため、研究対象事例に含めないこととした。また、救助者が要救助者に接触した時点で既に心肺停止状態であった要救助者の救助活動事例については、救助活動の性質が異なるケース（生存要救助者の救助活動と比較して迅速性を優先しないケース等）が想定されることから、研究対象事例に含めないこととした。

研究対象事例の各現場は、全て層崩壊を伴う木造倒壊建物（戸建てまたは共同住宅）であり、全て火災・土砂災害・津波被害を受けていなかった。図 5 に研究対象事例の救助活動が実施された時間帯、現場数、要救助者数および現場所在地を前震・本震の別で示す。前震では、地震発生から約 90 分後にあたる午後 11 時頃から翌日の午前 3 時 30 分頃までの間に、4 箇所現場において、要救助者 6 人（益城町：5 人、熊本市東区：1 人）を救助した事例であり、本震では、地震発生から約 30 分後にあたる午前 2 時頃から同日の午前 8 時頃までの間に、14 箇所現場において、要救助者 18 人（益城町：16 人、熊本市西区：1 人、嘉島町：1 人）を救助した事例であった。

### 3. 研究方法

#### (1) 活動所要時間と活動現場の状況等の関連性

一般に、救助部隊の活動人数、保有資機材、救助技能等が同等であった場合、救助活動の困難度は活動所要時間の長短に表れると考えられる。そのため、救助活動の所要時間の長短に影響を及ぼした要因を把握することにより、救助活動の困難度に影響を及ぼす要因を推定できると考えた。そこで本研究では、研究対象事例の活動所要時間に関する実態データに着目し、活動現場の状況等に関する本章 3 節にあげる諸データとの関連性を調べることにした。

#### (2) 本研究における「活動所要時間」の定義

本研究では、警察庁事例データ（2017）に記された要救助者別の実態データのうち、倒壊建物外から呼び掛け捜索（図 3 の例では 04）の段階から、要救助者にアプローチするための各種作業（図 3 の例では 05）、医師、救急救命士等の医療者と現場連携を行うなどして要救助者の挟圧状態を解除する作業（図 3 の例では 07 および 08）、そして倒壊建物外への搬出作業（図 3 の例では 09）の所要時間の合計をもって「活動所要時間」と定義づけることとした。なお、その他の活動（現場関係者からの情報収集、危険要因の把握等）に要した時間については、警察庁事例データ（2017）に記されていないため、本研究の「活動所要時間」には含んでいない。

#### (3) 活動所要時間との関連性を調べるデータ

##### a) 活動対象建物の破壊程度

活動対象建物の破壊程度は、救助部隊や要救助者の安全性に大きく影響を及ぼすものであるため、活動所要時間にも何らかの影響を及ぼす可能性があると考えた。警察庁事例データ（2017）には、活動対象建物の破壊程度を岡田・高井<sup>6)</sup>により開発された木造建物のパターン分類（堀江ら<sup>7)</sup>による細分類を反映。以下「木造建物の破壊パターン」または単に「破壊パターン」と呼ぶ）を活用して調査した結果が記されている（図3の例では00・中段）。本研究では、この破壊パターンに関する実態データと活動所要時間の関連性を調べた。

##### b) 閉じ込め位置の浅深程度

要救助者が閉じ込められている位置（以下「閉じ込め位置」）の浅深程度は、救助活動の初期段階、すなわち倒壊建物外からの呼び掛け捜索（図3の例では04）の段階から、要救助者にアプローチするための各種作業（図3の例では05）、要救助者が閉じ込められていた空間（以下「閉じ込め空間」）での要救助者の被挟圧状況（図3の例では06・下段付近）の確認や挟圧解除作業（図3の例では08。以下同じ）を始めとする救出に向けた各種作業、そして倒壊建物外への搬出作業（図3の例では09）に至るまで、一連の救助活動の戦略に大きな影響を及ぼすものではないかと考えた。警察庁事例データ（2017）には、閉じ込め位置の浅深程度を救助部隊が倒壊建物内に進入した箇所（以下「進入口」）から要救助者までの距離・位置関係によって調査した結果が記されている（図3の例では06・上段）。本研究では、この実態データと活動所要時間の関連性を調べた。

##### c) 閉じ込め空間の規模

閉じ込め空間の規模の大小は、その空間内で活動可能な隊員数や使用可能な資機材、あるいは救助作業中に強いらられる姿勢・動作などに大きく影響を及ぼすものである。そのため、活動所要時間に何らかの影響を及ぼすのではないかと考えた。警察庁事例データ（2017）には、閉じ込め空間の規模を、警察庁が有識者との連携により

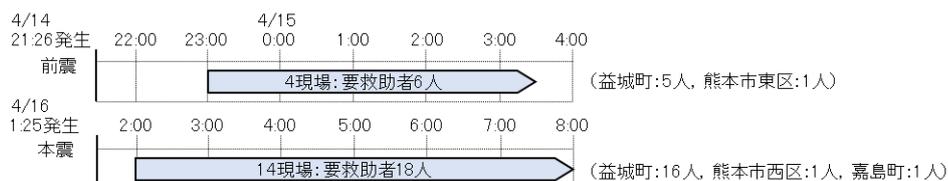


図 5 研究対象事例の救助活動が実施された時間帯、現場数、要救助者数および現場所在地

開発したパターンチャート<sup>(2)</sup>により調査した結果と、閉じ込め空間内で同時に救助作業に従事できた隊員数（消防等他機関の救助部隊や医師、救急救命士等の医療者を含む数）の調査結果が記されている（図3の例では06・中段）。本研究では、これらの実態データのうち、特に救助作業中に強いられる姿勢・動作などに影響を及ぼしやすいと考えられた要救助者の上部までの高さ（天井等、空間的余地の上部終端面）、および閉じ込め空間内で同時に救助作業に従事できた隊員数に関する実態データと活動所要時間の関連性を調べた。

**d) 要救助者の被挟圧状況とCSM実施の有無**

要救助者が閉じ込め空間内で挟圧を受けていなければ、救助者が要救助者にアプローチした後、直ちに倒壊建物外へ搬出するための作業に取り掛かることが可能となるのに対し、要救助者が崩落した梁等によって挟圧を受けている場合には、狭隘な閉じ込め空間内で挟圧解除のための作業を実施する必要がある。また、クラッシュ症候群<sup>(3)</sup>の発症が懸念されるようなケースでは、災害指揮所等に対して医療者（医師、救急救命士等）の臨場を要請し、現場到着した医療者から医学的助言を受けながら救助活動を進めるケース（図3の例では07・上段）や、医療者が倒壊建物内に進入して点滴等の医療処置（いわゆる「瓦礫の下の医療」（Confined Space Medicine. 以下「CSM」））を実施するようなケースも想定されることから<sup>8)</sup>、活動所要時間に影響を及ぼすものと考えた。警察庁事例データ（2017）には、救助者が要救助者に接触した時点において、挟圧を受けていたか否か（以下「挟圧あり/なし」）、どのような物（以下「圧迫物」）に、どの部位を挟まれていたか（以下「被挟圧部位」）について調査した結果が記されている（図3の例では06・下段付近）。また、医療者と現場連携を行った事例については、その具体的状況（CSM実施の有無等）に関する調査結果が記されている（図3の例では07・上段）。本研究では、これらの実態データと活動所要時間の関連性を調べた。

**e) 要救助者の下部の状況と挟圧解除作業の方法**

前述の警察庁による調査報告によると、調査対象事例において、挟圧解除作業として一般的と考えられた「圧迫物を挙上する方法」よりも「要救助者の下部に空間を確保する方法」が多く用いられていたという分析結果が示されており、また、同調査を通じて実施したヒアリングにおいて「（要救助者の被挟圧状態を解除する際に）まず挙上を試みたが、圧迫物の荷重が大きく難航したため下部に空間を確保する方法に切り替えた」という意見が多く聞かれたことが記されている<sup>5)</sup>（第3章, p. 85）。この下部に空間を確保して挟圧を解除した際の状況は、警察庁事例紹介（2017）においてもイメージ図を交えて詳しく紹介されている<sup>5)</sup>（第2章, p. 26, p. 29, p. 38）。そのイメージ図を図6に示す。なお、図6-aは、ソファにもたれ掛かるような姿勢で側頭部を挟圧されていた要救助者に対し、ソファの背柵部・脚部を破壊して要救助者の下部に空間を確保して挟圧解除に成功した事例であり、図6-bは、布団にうつ伏せで横たわった状態で側頭部を挟圧されていた要救助者に対し、救助資機材（電動コンピツール）を用いて敷布団および敷布団直下の畳を押し下げて要救助者の下部にわずかな空間を確保することによって挟圧解除に成功した事例であり、また図6-cは、ベッドに仰向けで横たわった状態で左大腿部を挟圧されていた要救助者に対し、救助資機材（電動コンピツール）を用いてマットレスを押し下げ、できた隙間に角材およびパンタグラフジャッキを差し込んで徐々に要救助者の下部の空間を広げることによって挟圧解除に成功した事

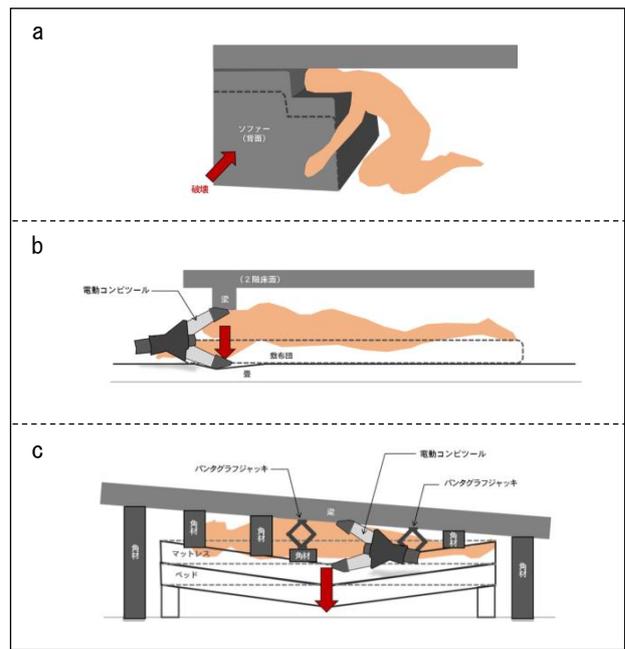


図6 要救助者の下部に空間を確保して挟圧を解除した事例の作業イメージ図

（出典：参考文献5, 第2章, p. 26, p. 29, p. 38）

例であった。

上記を踏まえて本研究では、要救助者の下部の状況と挟圧解除作業の方法が活動所要時間に何らかの影響を及ぼすのではないかと考え、それぞれの関連性を調べることとした。警察庁事例データ（2017）には、救助者が接触した時点における要救助者の下部の状況（図3の例では06・中～下段付近）、挟圧解除作業の方法の種別（図3の例では08・上段）が示されている。本研究ではこれらの実態データと活動所要時間の関連性を調べた。

**4. 結果**

**(1) 活動所要時間の分布**

研究対象事例の活動所要時間の分布に関し、平均値、標準偏差、中央値、最小値および最大値を図7に示す。活動所要時間が10分以内であった事例から6時間以上を要した事例まで、大きなばらつきがみられた。

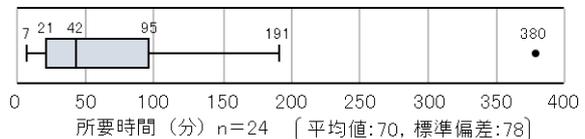


図7 活動所要時間の分布

**(2) 活動所要時間と活動現場の状況の関連性**

**a) 活動対象建物の破壊程度と活動所要時間の関連性**  
活動対象建物の破壊程度別に活動所要時間を図8に示す。岡田・高井<sup>6)</sup>の破壊パターンでは、当該建物が木造2階建てであった場合、「Gd5-」→「Gd5+」→「Cd6-」→「Cd6+」の順に破壊程度が大きくなるが（「Sd5-」は平屋建ての場合のパターン）、活動所要時間が最長の事例（380分）の破壊パターンが「Gd5-」であったのに対し、最短の事例（7分）の破壊パターンがより破壊程度が大きい「Cd6-」であったなど、活動対象建物の破壊程度が活

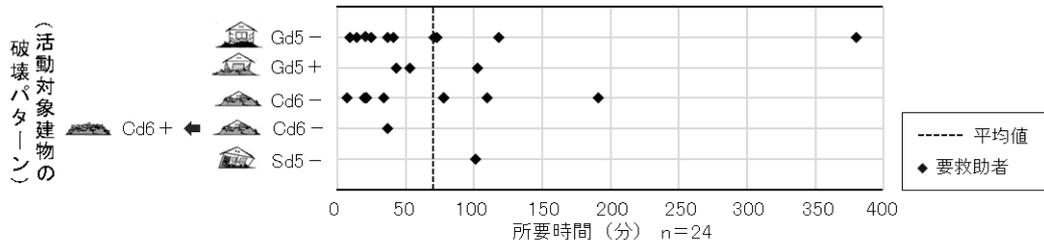


図8 活動対象建物の倒壊程度と活動所要時間

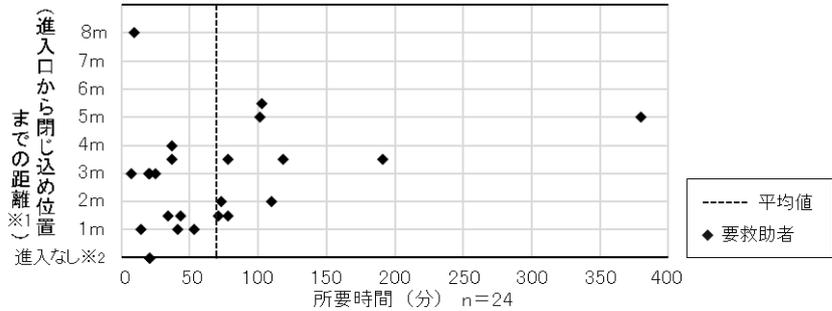


図9 閉じ込め位置と活動所要時間

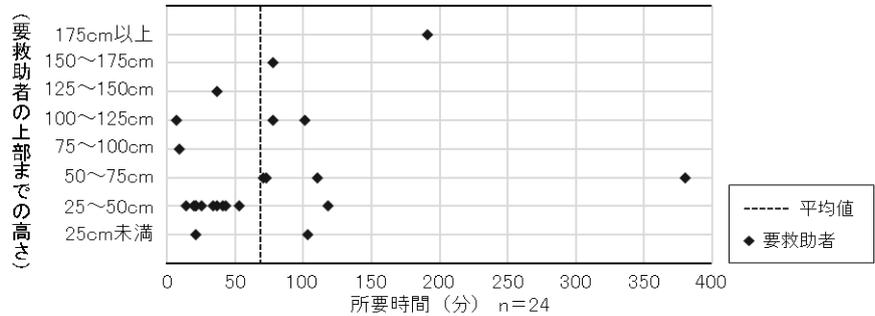


図10 閉じ込め空間の規模(要救助者上部までの高さ)と活動所要時間

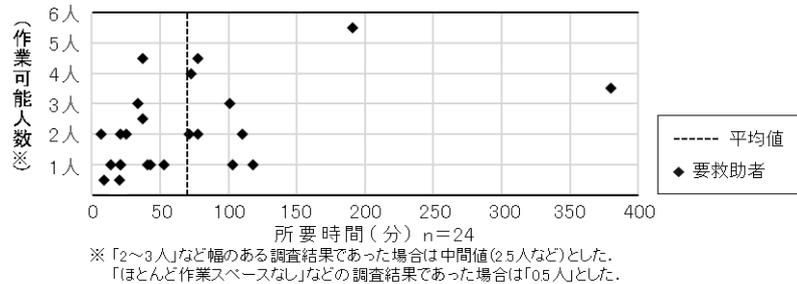


図11 閉じ込め空間の規模(閉じ込め空間内で同時に救助作業に従事できた隊員数)と活動所要時間

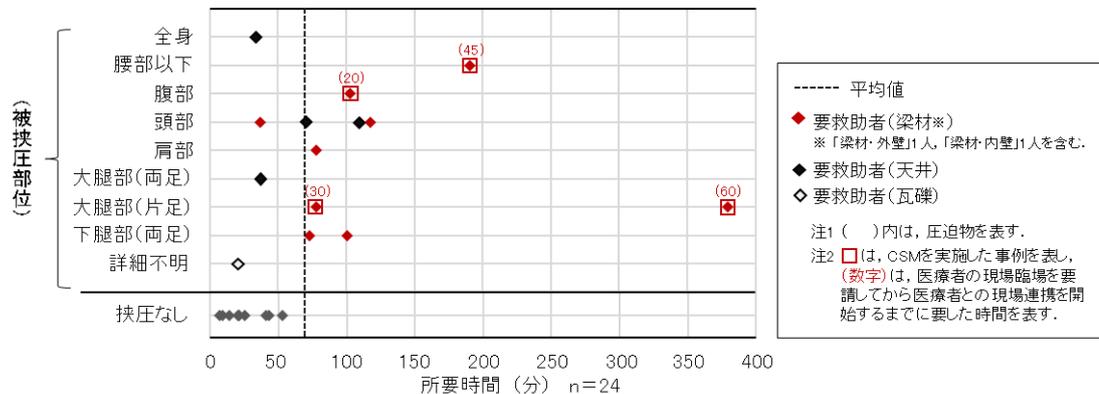


図12 要救助者の被挟圧状況と活動所要時間

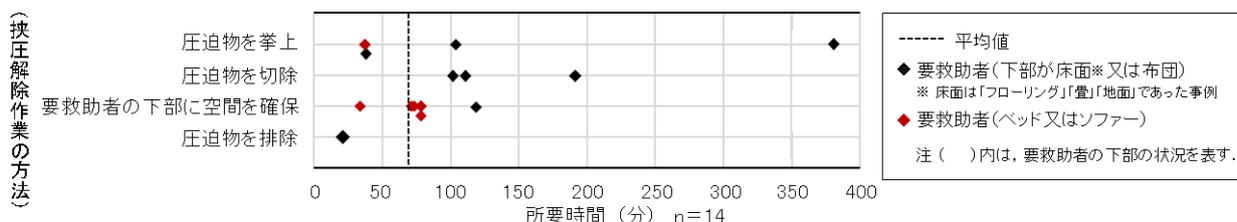


図 13 要救助者の下部の状況および挟圧解除の方法と活動所要時間

動所要時間に顕著な影響を及ぼしているとは言えない結果であった。なお、研究対象事例のうち1事例(図3の事例)において、救助活動中に発生した震度6強の余震によって、活動対象建物の破壊程度が進行していた(幸いこの事例で二次災害は発生していない)。

### b) 閉じ込め位置の浅深程度と活動所要時間の関連性

閉じ込め位置と活動所要時間の関係を図9に示す。進入口から8m(研究対象事例の最長)の位置に要救助者が閉じ込められていた事例の活動所要時間がわずかに9分(研究対象事例中二番目に最短)であったのに対し、1~2m程度の距離に閉じ込められていた事例でも平均値(70分)を上回る事例がみられるなど、閉じ込め位置の浅深程度が活動所要時間に顕著な影響を及ぼしているとは言えない結果であった。

### c) 閉じ込め空間の規模と活動所要時間の関連性

閉じ込め空間の規模と活動所要時間の関係を図10および図11に示す。要救助者の上部までの高さが175cm以上あるような事例で活動所要時間が191分と平均値(70分)を大きく上回っていたのに対し、50cmを下回るような状況で平均値内の事例が複数みられ、また、閉じ込め空間内で同時に救助作業に従事できた隊員数が3~4人と相対的に多いような事例で最大値(380分)を示したのに対して、1人がやっと活動できたような状況で平均値内の事例が複数みられるなど、閉じ込め空間の規模の大小が活動所要時間に顕著な影響を及ぼしているとは言えない結果であった。

### d) 要救助者の被挟圧状況およびCSM実施の有無と活動所要時間の関連性

図12に、要救助者の被挟圧状況別に活動所要時間を示し、圧迫物の種類およびCSM実施の有無を図示する。まず挟圧の有無について、「挟圧なし」の事例については、平均値:25分、標準偏差:15分、最小値:7分、最大値:53分であった。「挟圧あり」の事例では平均値:102分、標準偏差:88分、最小値:21分、最大値:380分となっており、双方を比較すると、「挟圧あり」の事例では、「挟圧なし」の事例の4倍の平均値であった。また「挟圧あり」の事例では、「挟圧なし」の事例に比べて数値のばらつきが大きかった。圧迫物については「梁材」、「天井」および「瓦礫」に大別されたが、「梁材」であった事例で活動所要時間が長くなる傾向がみられた。被挟圧部位については、「全身」を挟圧されていた事例から「肩部」のように体の一部分のみを挟圧されていた事例まで多様であったが、「腰部以下」、「腹部」および「大腿部(片足)(2例)」の計4事例でCSMが実施されており、これらの事例では活動所要時間が長くなっていた。これらの4事例において、医療者の現場臨場要請から医療者との現場連携を開始までに要した時間は、平均値:39分、最小値:20分、最大値:60分であった。なお、CSMを実施した事例は全て本震後の活動事例であった。

### e) 要救助者の下部の状況および挟圧解除作業の方法と活動所要時間の関連性

要救助者が挟圧を受けていた事例(要救助者14人)に

ついて、要救助者の下部の状況と活動所要時間の関係を挟圧解除作業の方法別に図13に示す。要救助者の下部が「ベッド又はソファ」であった事例では、「床面又は布団」であった事例に比べて活動所要時間が短くなる傾向がみられた。また、要救助者の下部が「ベッド又はソファ」であった事例では「要救助者の下部に空間を確保」する方法によって挟圧を解除した事例が多くみられ、これらの事例では、「圧迫物を挙上」または「圧迫物を切除」する方法を用いた事例に比べて活動所要時間が短くなる傾向がみられた。「要救助者の下部に空間を確保」した事例のうち、要救助者の下部が「床面又は布団」であった事例(活動所要時間:118分)が1例みられるが、この事例は、圧迫物(梁材)を挙上する作業に難航した結果、敷布団とその下の畳を押し下げることによって要救助者の下部にわずかな空間を確保して挟圧を解除した事例であった(図6-bの事例)。

## 5. 考察

今回の研究対象事例において、活動所要時間に一定の影響を及ぼしていたのは、「要救助者の被挟圧状況」および「要救助者の下部の状況」であった(図12, 13)。一方、活動所要時間に何らかの影響を及ぼすと考えられた活動対象建物の破壊程度、閉じ込め位置の浅深程度、および閉じ込め空間の規模の大小については、必ずしも活動所要時間に影響を及ぼしていなかったことが分かった(図8~11)。以下では、まず、警察庁事例データ(2017)および警察庁事例紹介(2017)に基づいて、建物倒壊・閉じ込め事案における生存者に対する救助活動の一般的な流れをチャート図(図14)に整理し、これを参照しながら、4章で示した結果について考察を行う。

### (1) 要救助者の被挟圧状況について

図12でみたように、「挟圧なし」の事例で活動所要時間が相対的に短くなっていたという結果については、そもそも要救助者が挟圧を受けていなければ、挟圧解除作業を実施することないため自然な結果と考えられる(図14の4から6への灰色矢印を参照)。しかし、「挟圧あり」の事例との活動所要時間の開きが、平均値にして4倍という高値であったという結果(図12)をみると、まず「挟圧の有無」が救助活動の困難度に影響を及ぼす大きな要因の一つであると考えられる。また「挟圧あり」の事例の中でも、活動所要時間が概ね20分~40分程度であった事例から最長380分という事例まで大きなばらつきがあったという結果(図12)については、たとえ要救助者が挟圧を受けているようなケースでも、救助活動の困難度が「比較的低い事例」と、「極めて高い事例」が存在していたことを表す結果であると考えられる。このことから、「挟圧あり」の要救助者については、その被挟圧状況を慎重に見極めることが重要と考えられる。この点について次節以降で詳しくみていくこととする。

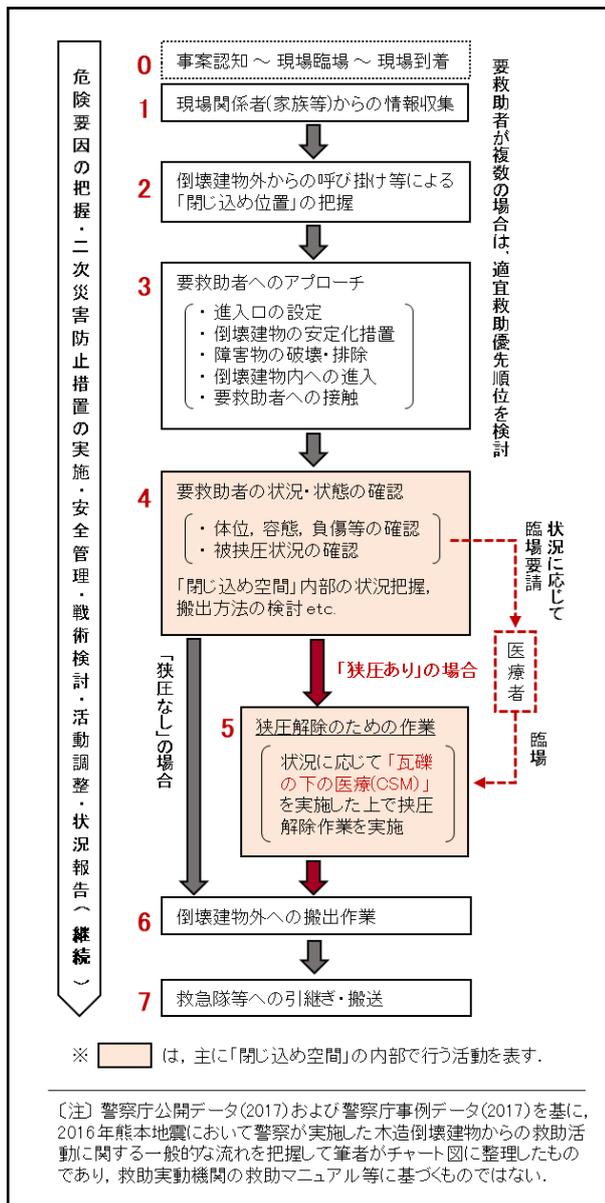


図14 建物倒壊・閉じ込め事案における生存者に対する救助活動の段階別チャート図 (参考文献5, pp.11-32, pp.113-193を基に筆者が作成)

## (2) 被挟圧部位について

今回、特に活動所要時間が長かった事例については、クラッシュ症候群を回避するためのCSMが実践されているケースが多かった(図12)。CSMが実践された事例の被挟圧部位は、「腰部以下」、「腹部」、「大腿部(片足)」であり、平均値を上回っていたその他の事例の被挟圧部位(「頭部」、「肩部」、「下腿部(両足)」)に比べて、より広範囲の筋肉を圧挫されていた状況がうかがえる。広範囲の筋肉の圧挫はクラッシュ症候群発症の危険性を高める要素の一つとして知られており<sup>3)</sup>、当該現場で活動した救助部隊は、この状況に着目して医療者の現場臨場を要請し、CSMと並行して救助活動を行ったものと推察される(図14の4から5に係る部分を参照)。CSMは、倒壊建物内の閉じ込め空間という危険・劣悪な特殊環境下で実施される医療行為であり、その実践には高度な救助戦略に基づいて安全かつ確に救助・医療活動を遂行するための能力が、救助・医療双方の活動者個人、そして医療者を含む隊全体に必要となる<sup>8)</sup>。

以上を踏まえると、被挟圧部位から救助活動の困難度を推定する際には、クラッシュ症候群発症の危険度を踏まえて検討する必要がある。

なお、CSMを実施した4事例は全て本震後の事例であり、医療者の現場到着に要した時間は平均39分であった(4章2節d)。2016年熊本地震は、前震の発生からわずか28時間後に本震が発生するという特殊な災害であったため、一般に「医療の需要と供給のアンバランス」が生じるとされる災害急性期<sup>9)</sup>に、前震の発生に伴って既に被災地入りしていた多数の救急隊、医療チーム等が、本震の発生後即座に現場対応を充足できるという稀有な状況があったと考えられる。よって、今回の医療者の現場到着までの所要時間をみる際には注意が必要である。

被挟圧部位に関する結果(図12)について、今回、「頭部」、「肩部」、「下腿部(両足)」を挟圧されていた計7事例では、上述のとおりクラッシュ症候群発症の可能性は相対的に低かったと推察されるものの、平均値の1.5倍程度の活動所要時間であった事例が数例みられた。これらは、そもそも挟圧解除作業そのものが困難であったのではないかと推察する。この点については、3節および4節で詳しく考察を行う。

## (3) 圧迫物について

今回、圧迫物が「梁材」であった事例で活動所要時間が長くなっていった(図12)。この結果は、そもそも「梁材」は建物の主要構造部材の一つであることから、崩落した建物自体の荷重が大きくこれに加わっており、3章4節e)でも触れたように、これを「挙上」して挟圧を解除する作業自体が難しく、あるいは「切除」して挟圧を解除する際には、図4の事例で紹介されているように、同作業に伴って建物の破壊程度が進行することを防止するための措置に長時間を要したケースがあった。こうした点を踏まえると、「梁材」によって挟圧されているケースでは、挟圧解除作業に高度な救助資機材や建物の安定化を図るための知識・技能が必要となる状況が想定される。ここから、圧迫物から救助活動の困難度を推定する際には、圧迫物が「梁材」であるか否か、そしてその支える重量の軽重、挟圧解除作業に伴う二次災害の危険性等について、建物構造を踏まえて検討する必要がある。

## (4) 圧迫物と挟圧解除作業について

今回の調査では、図13でみたように「要救助者の下部の状況」が活動所要時間に一定の影響を及ぼしていたということが分かった。これは、たとえ上記のように相当な荷重がかかった梁材によって挟圧されているようなケースでも、要救助者の下部が「ソファー又はベッド」などのように、破壊または押し下げることなどによって要救助者の下部に空間を確保できるような状況であった場合(図6のイメージ図ではaおよびcのようなケース)には、比較的短時間で挟圧を解除できる可能性があることを示す結果であると考えられ、事例数が限定的であることなどから更なる研究・検討の余地が認められるものの、要救助者の下部の状況についても、救助活動の困難度を推定する際の一つの指標になり得る情報ではないかと考える。なお、図6-bのイメージ図のように、要救助者の下部が「布団」「畳」などであった場合でも、相応の救助資機材を有していれば要救助者の下部にわずかな空間を確保して挟圧を解除できるケースが存在するものと考えられ、この点について更なる研究・検討を進める必要がある。

## 6. まとめ

以上、本研究では、警察庁による調査報告<sup>5)</sup>に記された実態データを基に、2016年熊本地震における救助活動の所要時間に影響を及ぼした活動現場の状況等について検討を行い、木造倒壊建物からの救助活動の困難度を推定する際の指標の整理を試みた。本研究で明らかになったことは以下の2点である。

- ① 救助活動の困難度に影響を及ぼしていたのは、閉じ込め空間の内部に位置している要救助者の「被挟圧状況」および「下部の状況」であった。
- ② 一方、救助活動の困難度に影響を及ぼすと考えられた「活動対象建物の破壊程度」、「閉じ込め位置の浅深程度」および「閉じ込め空間の規模の大小」は、救助活動の困難度に大きな影響を及ぼしていなかった。

ただし、今回は事例数が限定的であり、また警察の救助部隊により実施された救助活動に限定されている。

上記を踏まえると、今回の結果から、木造倒壊建物からの救助活動の困難度の推定は活動対象建物の外観からのみでは難しく、倒壊建物の内部の閉じ込め空間内の要救助者自体の置かれた状況を確認する必要があるということが言える。

1章で述べたとおり、救助活動の困難度の推定は人命救助のための限りある時間に、貴重な救助リソースを最大限効率的に活用するために重要な課題の一つである。今後、閉じ込め空間内部の要救助者の被挟圧状況や下部の状況をより安全かつ迅速・的確に確認することができるような手法について検討を行うことも重要な課題であるといえよう。また、今後、どのような困難度の要救助事案に対してどの程度の資機材、技能等を持った部隊が対応することが最も効率的なのか、またさらに、救助活動の困難度が高い現場状況に対して、どのようにすれば、より安全かつ迅速・的確に救助作業を進めていけるのかといった点について検討することも重要な課題である。

木造倒壊建物からの救助活動に関する実態的知見は世界的にも少ない。わが国の災害救助体制の一層の向上のため、今後も研究を継続し寄与をめざすつもりである。

最後に、本研究では、警察庁による調査報告<sup>5)</sup>に記された実態データを活用することで、有効な検討を行うことができた。言うまでもなく、災害対策の要諦は過去の災害の教訓を次の災害の備えとすることである。今後発生する災害においても同様の実態データを蓄積していくことにより、救助・災害医療・建築工学などの学際的な観点から検討が進められることが重要である。

## 補注

- (1) たとえば消防では、救助隊→特別救助隊→高度救助隊→特別高度救助隊といったように階層化された体制が構築されており、それぞれに救助資機材の基準や教育訓練の基準が定められている。なお、警察の災害救助体制については、参考文献5)、第1章、pp.8-9を参照されたい。
- (2) 警察庁が有識者との連携により開発したパターンチャートの概要、開発の趣旨等は参考文献5)、序章、p.2および第3章、p.77を参照されたい。
- (3) クラッシュ症候群は、筋肉が長時間圧迫を受け、その圧迫解除後に起こる全身障害。圧迫によって壊死した筋細胞内の物質が圧迫解除によって血中に放出され、急性の腎不全、心不全等を引き起こす。一般には、全身の骨格筋の30%以上が障害されると重症度が高くなる。

## 謝辞

専門的立場からの貴重なご意見を賜った皆様方のご協力に心より感謝申し上げます。

(本研究はJSPS科研費17K01330の助成を受けた)

## 参考文献

- 1) 太田裕, 小山真紀, 和藤幸弘: 震災余命特性曲線の試算, - 1995年兵庫県南部地震の場合 -, 東濃地震科学研究所報告, seq.No.3, pp.93-100, 2000.
- 2) 佐土原聡, 岡西靖: 阪神・淡路大震災における倒壊建物からの人命救助に関する調査研究, 総合都市研究, No. 68, pp.33-43, 1999.
- 3) 村上ひとみ, 竹元道: 阪神・淡路大震災における消防救助記録に基づく救助労力量化の試み, 東濃地震科学研究所報告, seq.No.2, pp.94-109, 1999.
- 4) 太田裕, 小山真紀, 岡崎信弘: 資料: 兵庫県南部地震に伴う人間行動のアンケート調査-淡路島北淡町-, 東濃地震科学研究所報告, seq.No.11, pp.159-187, 2003.
- 5) 警察庁: 児嶋洋平, 加古嘉信, 小山真紀, 吉村晶子, 佐藤史明, 関文夫, 宮里直也, 中島康: 熊本地震における警察の救助活動に関する調査分析, 警察庁, pp.1-217, 2017 <https://www.npa.go.jp/bureau/security/kumamotojishin/kumamotojishin2.html> (最終確認日: 2019年8月22日)
- 6) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, No.524, pp.65-72, 1999.
- 7) 堀江啓, 沖村孝, 鳥居宜之, 田中聡, 牧紀男, 林春男: 木造建物を対象とした層破壊被害関数の適用性に関する考察, 土木学会地震工学系論文集, Vol.27, pp.1-9, 2003.
- 8) 山田憲彦: 6章 Confined Space Medicine, 「災害医学」所収, 南山堂, pp.188-197, 2002.
- 9) 石井昇, 災害医療の評価 (Preventable deathを中心に), 「災害医療」所収, メディカ出版, p.98, 2007.

(原稿受付 2019.8.23)

(登載決定 2020.1.11)