

氏名（本籍）	加古 嘉信（兵庫県）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第 239 号
学位授与の日付	令和 2 年 9 月 16 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	倒壊構造物からの救助活動の向上に関する研究 － エビデンスに基づく実活動・訓練の実現方策 －
論文審査委員	（主査）教授 佐藤 史明 （副査）教授 鎌田 元弘 教授 鈴木 比呂子 日本大学 教授 関 文夫 日本大学 教授 宮里 直也 岐阜大学 准教授 小山 真紀

学位論文の要旨

倒壊構造物からの救助活動の向上に関する研究

－ エビデンスに基づく実活動・訓練の実現方策 －

災害によって倒壊した構造物の内部に閉じ込められた被災者に対しては、CSR（Confined Space Rescue）／CSM（Confined Space Medicine）という極めて高度な救助活動が的確に実践されなければ救命困難なケースがしばしば存在する。そのため、救助実動機関やこれと連携する災害派遣医療チーム（DMAT）等の専門部隊の対処能力向上が重要な課題である。災害対処能力の向上を図るためには、現場活動に必要な知識・技術要素を精査して訓練を体系化し、また、その訓練を推進するための訓練環境（施設・設定・カリキュラム等）を設計する必要がある。そして、災害が発生して救助活動が実践された場合には、その救助活動の実例から得られる実態データを収集・整理して次の災害に備えた取組の改善・向上へと繋げていくことが重要である。

本論文は、将来我が国で発生する災害によって、倒壊構造物の内部という極めて危険・劣悪な環境下に置かれた要救助者を安全かつ的確に救助・救命するための体制向上に資することを目的として、特に救助実動機関やこれと連携する DMAT 等の専門部隊による CSR／CSM の対処能力向上のための方策について検討を行ったものである。

本論文は 2 部構成となっている。まず、論文全体の序論にあたる「序」に始まり、第 1 部は 2006 年から 2016 年熊本地震発生以前に実施した検討・研究を、第 2 部は 2016 年熊本地震発生以降に行った検討・研究を示し、「結」において論文全体の総括を行っている。以下に各部の概要を示す。

「序」では、まず、研究の背景・問題意識を述べた上で、本論文の軸となる「災害対処能力の向上モデル」について概説している。その後、本研究の目的を述べ、関連する既往研究を整理している。

第1部は「訓練内容の精査・体系化と訓練施設・設定・カリキュラムの設計」と題し、全6章で構成されている。

まず第1部・1章「第1部・序論」では、第1部の位置付けと構成を示している。

第1部・2章「米国 CSR/CSM 訓練プログラムの実見調査に基づく検討」では、CSR/CSM を含む Urban Search & Rescue 活動の先進国である米国の取組事例について、2006年に実見調査を行った FEMA National USAR System Medical Specialist Training のカリキュラム構成、訓練施設の特徴等を示した上で、各訓練項目の概要等を踏まえて整理した、CSR/CSM の活動プロセスとその特徴を示している。

第1部・3章「CSR/CSM 訓練施設に求められる要件に関する検討」では、我が国初の専門的な CSR/CSM 対応訓練施設（「兵庫県瓦礫救助訓練施設」、2007年3月竣工）の整備に際して行った、同種訓練施設に求められる意義、要件、構成要素、ならびに詳細寸法（模擬的に設定する閉鎖的空間の水平経路高さ）に関する検討の結果を示している。

第1部・4章「CSR/CSM 訓練の高度化・標準化に向けた検討」では、第1部・2章による知見を踏まえて考案した訓練カリキュラム案の概要を示すとともに、CSR/CSM 活動の現場における劣悪な環境条件（「閉所（空間・寸法制限）」、「騒音」等）を訓練負荷として設定した総合訓練について、その訓練負荷が CSR/CSM 活動に従事する個人・部隊の活動や訓練効果に及ぼす影響に関する検証結果を示している。

第1部・5章「『可変式訓練ユニット』の開発に向けた検討」では、我が国で最も倒壊リスクが高い木造建物の倒壊・閉じ込め事案への対処能力向上を主眼として開発した訓練設備（「可変式訓練ユニット」、2016年1月本運用開始）について、その開発経緯、検討プロセスならびに同訓練ユニットの機能等を示している。

そして第1部・6章「第1部・総括」で第1部のまとめを行っている。

第2部は「2016年熊本地震における木造倒壊建物からの救助活動に関する調査・分析」と題し、全5章で構成されている。

まず第2部・1章「第2部・序論」では、第2部の目的と構成を示している。

第2部・2章「警察の災害救助活動の概略と2016年熊本地震の特徴・特殊性」では、調査・分析の対象とした警察の災害救助活動について、特に1995年兵庫県南部地震の反省教訓を踏まえて創設された災害救助部隊の変遷を整理した上で、災害発生時における警察の一般的な初動対応の流れを示している。その後、2016年熊本地震の特徴・特殊性を「揺れ」および「被害」の観点から概観し、同災害における警察の初動対応の特徴を前震・本震別に整理している。

第2部・3章「調査票の開発ならびに現場状況・活動の実態把握と傾向分析」では、まず、本研究を通じて開発した調査票について、その開発段階で実施した「模型による状況再現手法を用いたヒアリング」、同ヒアリングの結果を踏まえて開発した「閉じ込め空間のパターンチャート」

の概要等を示している。そして、同調査票による調査結果のうち、CSR／CSM の実践に際して特に重要な状況評価項目となる①活動対象建物の破壊程度、②要救助者の閉じ込め位置、③閉じ込め空間の寸法・形状および④要救助者の被挟圧状況について、その傾向の分析と考察の結果を示している。

第2部・4章「救助活動の困難度を構成する要因に関する検討」では、調査票によって得られた実態データを基に、救助活動の所要時間と活動現場の状況等の関連性を分析することにより、木造倒壊建物からの救助活動の困難度に影響を及ぼす要因について検討を行い、災害初動対応に当たる実務者が各建物倒壊・閉じ込め現場の救助困難度を評価する上で、また、部隊レベルに応じた訓練を企画・実施する上で参考となり得る指標を整理している。

そして、第2部・5章「第2部・総括」で第2部のまとめを行っている。

以上を踏まえ「結」では、本論文の意義・成果を示すとともに、今後の展望について述べている。

審査結果の要旨

災害によって倒壊構造物の内部に閉じ込められた被災者に対しては、CSR（Confined Space Rescue：閉鎖的空間における救助活動）／CSM（Confined Space Medicine：瓦礫の下の医療）といった極めて高度な救助活動が的確に実践されなければ救命困難なケースがしばしば存在し、救助実動機関やこれと連携する災害派遣医療チーム（DMAT）等の専門部隊の対処能力向上が重要な課題である。災害対処能力の向上を図るためには、災害準備期において体系化された訓練を効果的・効率的に推進することが重要であり、また災害が発生して救助活動が実践された場合には、救助活動の実例から得られる実態データを収集・整理して次の災害に備えた取組の改善・向上へと繋げていくことが重要である。本論文は、将来我が国で発生する災害において、倒壊構造物の内部という極めて危険・劣悪な環境下に置かれた要救助者を安全かつ的確に救助・救命するための体制向上に資することを目的とし、特に救助実動機関やこれと連携する DMAT 等の専門部隊による CSR／CSM の対処能力向上のための方策について検討を行ったものである。本論文は2部構成となっており、まず論文全体の序論にあたる「序」に始まり、第1部は2006年から2016年熊本地震発生以前に実施した検討・研究を、第2部は2016年熊本地震発生以降に行った検討・研究を示し、「結」において論文全体の総括を行っている。

「序」では研究の背景・問題意識を述べ、本論文の軸となる「災害対処能力の向上モデル」について概説し、本研究の目的をまとめ、関連する既往研究を整理している。

第1部は「訓練内容の精査・体系化と訓練施設・設定・カリキュラムの設計」と題し、全6章で構成されている。第1部・1章「第1部・序論」では、第1部の位置付けと構成を示している。第1部・2章「米国 CSR／CSM 訓練プログラムの実見調査に基づく検討」では、CSR／CSM を含む Urban Search & Rescue 活動の先進国である米国の取組事例について、2006年に実見調査を行った FEMA National USAR System Medical Specialist Training のカリキュラム構成や訓練

施設の特徴等を示した上で各訓練項目を整理し、CSR/CSM の活動プロセスとその特徴をまとめている。第1部・3章「CSR/CSM 訓練施設に求められる要件に関する検討」では、我が国初の専門的な CSR/CSM 対応訓練施設（「兵庫県瓦礫救助訓練施設」：2007年3月竣工）の整備に際して行った同種訓練施設に求められる意義、要件、構成要素、ならびに詳細寸法（模擬的に設定する閉鎖的空間の水平経路高さ）に関する検討の結果を示している。第1部・4章「CSR/CSM 訓練の高度化・標準化に向けた検討」では、第1部・2章による知見を踏まえて考案した訓練カリキュラム案の概要を示すとともに、CSR/CSM 活動の現場における劣悪な環境条件（「閉所（空間・寸法制限）」、「騒音」等）を訓練負荷として設定した総合訓練について、その訓練負荷が CSR/CSM 活動に従事する個人・部隊の活動や訓練効果に及ぼす影響に関する検証結果を示している。第1部・5章「『可変式訓練ユニット』の開発に向けた検討」では、我が国で最も倒壊リスクが高い木造建物の倒壊・閉じ込め事案への対処能力向上を主眼として開発した訓練設備（「可変式訓練ユニット」：2016年1月本運用開始）について、その開発経緯、開発プロセスならびに同訓練ユニットの機能等を示している。そして第1部・6章「第1部・総括」において第1部のまとめを行っている。

第2部は「2016年熊本地震における木造倒壊建物からの救助活動に関する調査・分析」と題し、全5章で構成されている。第2部・1章「第2部・序論」では、第2部の目的と構成を示している。第2部・2章「警察の災害救助活動の概略と2016年熊本地震の概要・特徴」では、調査・分析の対象とした警察の災害救助活動について、特に1995年兵庫県南部地震の反省教訓を踏まえて創設された災害救助部隊の変遷を整理した上で、災害発生時における警察の一般的な初動対応の流れを示している。そして2016年熊本地震の特徴・特殊性を「揺れ」および「被害」の観点から概観し、同災害における警察の初動対応の特徴を前震・本震別に整理している。第2部・3章「調査票の開発ならびに現場状況・活動の実態把握と傾向分析」では、まず本研究を通じて開発した調査票について、その開発段階で実施した「模型による状況再現手法を用いたヒアリング」、同ヒアリングの結果を踏まえて開発した「閉じ込め空間のパターンチャート」の概要等を示している。そして、同調査票による調査結果の内 CSR/CSM の実践に際して特に重要な状況評価項目となる①活動対象建物の破壊程度、②要救助者が閉じ込められていた場所、③要救助者が閉じ込められていた空間の寸法・形状、および④要救助者が崩落した梁等によって挟まれていた際の状況について、その傾向の分析と考察をまとめている。第2部・4章「救助活動の困難度を構成する要因に関する検討」では、調査票によって得られた実態データを基に、救助活動の所要時間と活動現場の状況等の関連性を分析することにより、木造倒壊建物からの救助活動の困難度に影響を及ぼす要因について検討を行い、災害初動対応に当たる実務者が各建物倒壊・閉じ込め現場の救助困難度を評価する上で、また部隊レベルに応じた訓練を企画・実施する上で参考となる指標を整理している。そして、第2部・5章「第2部・総括」において第2部のまとめを行っている。

「結」では、以上を踏まえて本論文の意義と成果を示すとともに、今後の展望について述べている。

以上、本論文は建築都市環境工学分野における研究として極めて重要なテーマの一つである安

全や減災等に関わる問題に取り組んだものであり、その研究の進め方も十分な信頼性を有しており、各種とりまとめた資料、開発した可変式訓練ユニット、開発した調査票（閉じ込め空間のパターンチャート）の有効性・有用性は非常に高く、今後の災害救助体制向上に大いに寄与するものである。また、これまで経験により対処されていた領域に対して実証に基づいて挑み、その可能性や打開策を示した点においても、工学における学術論文として価値の高いものと判断できる。

よって本論文は、博士（工学）の学位論文として合格と認められる。