

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19310111
 研究課題名 (和文) 瓦礫災害における医療的支援を含む救助活動に係る空間特性の把握
 研究課題名 (英文) A Study on Spatial and Environmental Aspects of Structural Collapse Urban Search and Rescue Sites
 研究代表者
 吉村 晶子 (YOSHIMURA AKIKO)
 独立行政法人 防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター 特別研究員
 研究者番号：50356052

研究成果の概要：瓦礫災害における救命率向上に資するため、救助医療活動方法の向上ならびに訓練施設の設計資料集積の整備を目的に研究を実施した。事例・文献調査により活動過程を抽出し、人体計測・動作実験により各過程における空間寸法の意味と閾値を把握した。また国内外の既往施設を調査し設計資料としてまとめた。さらに瓦礫状壁体の音響透過損失の把握、災害現場の騒音源のレベル測定、また騒音負荷訓練では、その効果と有効性を確認した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2008 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
総計	10,600,000	3,180,000	13,780,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：都市・社会防災 災害時医療

1. 研究開始当初の背景

阪神・淡路大震災や JR 福地山線列車脱線事故で明らかになったように、倒壊建物や衝突車両などの閉鎖空間からの救出活動、中でも、クラッシュ症候群を始めとする、いわゆる瓦礫下特有の病態に対する医療的支援が必要なケースにおける救助医療活動は困難をきわめる。それら傷病者の救命率向上のためには、医療活動が瓦礫の下の現場まで進出し開始されることが重要である。

現在、我が国における災害時医療活動の最前線は、従来の救護班の活動範囲である避難所仮診療所等を超え、厚生労働省が 2005 年より養成開始している DMAT (Disaster Medical Assistance Team, 災害時派遣医療チーム) により、急性期の災害現場にまで到達しようとしている。この医療の前線をさら

に今後、瓦礫の下にまで伸ばすには、二次災害の危険にさらされる医療的支援実施者 (救助隊員、医療者等) を安全に瓦礫下に入れるための工夫 (イノベーション) が必要である。これは今後、総合安全科学の課題として、防災大国日本の重要な研究・整備項目としてとらえられるべきものである。

2. 研究の目的

以上みてきたように、瓦礫の下からの救助救命活動 (US&R: Urban Search and Rescue)、中でもいわゆる「瓦礫の下の医療」(Confined Space Medicine, 以下 CSM)、及び閉鎖的空間救助 (Confined Space Rescue, 以下 CSR) に関する技術体系の確立と向上をはかることができれば、救命率向上に資すると考えられる。そのためには、活動方法およ

び訓練方法の工夫と改善が必要となる。

本課題では、US&R 活動、CSR/CSM 活動が瓦礫下という特殊空間の性質に大きく依存すると考えられることから、その空間特性の把握を試みる。具体的には、下記(1)(2)に示す研究を実施する。

(1)US&R に係る空間特性についての空間計画的検討

空間寸法と活動寸法の関係が明らかにされ、活動への空間制限の影響を推定できるようになれば、狭隘な閉鎖的空間において効果的かつ効率的な救助医療活動を実施するために役立つ知見となろう。すなわち、かような活動方法の改善においても、また適切な負荷を与え訓練効果向上を図るなどの訓練方法の改善においても有用であろう。また、我が国ではまだ少ない CSR/CSM の専門訓練施設の今後の整備には、対応する設計資料集成本必要となる。以上に関する定量的知見はこれまでにないことから、以下 a. ～c. について検討を実施することとした。

- a. US&R 活動過程の抽出・整理
- b. 各活動寸法に関する人間工学的検討
- c. 訓練施設設計資料集成本作成

(2)US&R に係る空間特性についての建築環境工学的検討

例えば瓦礫災害特有の病態の一つである気道障害は、粉塵という瓦礫下特有の空気環境と密接に関わって引き起こされる。また、助けを呼ぼうと声を出し、気道障害が悪化するにおいても、瓦礫の中から外の声は聞こえても外の人には中の声が聞こえにくいという瓦礫下特有の音響特性が少なからず影響を与えていると思われる。また、コンクリートのような体温を奪いやすい材料に直接触れている状態であれば、低体温症の患者の容態は急速に悪化していくことになる。このように、瓦礫下の環境が患者容態に対して持つ意味は非常に重要である。しかるに、その空間特性の定量的把握を試みた環境工学的研究は、瓦礫下環境を対象としたものは現在のところみられない。

以上に関し、本研究では音環境に限定して研究を実施する。すなわち、瓦礫現場環境の音響特性について、定量的な知見はこれまでのところみられないことから、それを測定し定量的に把握する。また、そこで得られた知見を災害現場の音環境シミュレーションに応用すれば、活動隊員の訓練において訓練効果が高いと考えられることから、a. ～c. について検討を実施することとした。

- a. 瓦礫内外間の音響伝搬特性の把握
- b. 現場の騒音源となる音源の測定
- c. 災害現場の音環境の再現方法の検討

3. 研究の方法

(1)US&R に係る空間特性についての空間計画的検討

a. US&R 活動過程の抽出・整理

過去の瓦礫災害事例について文献調査および聴取調査を実施し、そこで行なわれた活動内容について整理する。また、既往訓練の内容について調査し、以上により各活動過程の抽出・整理を行う。ここで、既往訓練の調査は、海外については訓練マニュアル等の文献調査を実施するとともに、c. で行なう既往施設調査の際に訓練内容の調査を併せて実施することとし、また国内については観察および聴取調査により詳細に実態調査し、併せて訓練空間寸法の実測、訓練資料の収集も行なう。

b. 各活動寸法に関する人間工学的検討

以上で実施した調査結果に基づき、閉鎖的空間での活動における基本姿勢を抽出し、活動方法ごとの限界寸法を推定する。次に、基本姿勢ごとの活動隊員の人体計測を実施し、限界寸法の指標値を定量的に把握する。さらに、幅や高さを種々に設定可能かつその内部での活動動作を記録できる空間制限装置を製作し、動作解析実験を実施し、動作寸法や限界寸法について人間工学的に検証する。

c. 訓練施設設計資料集成本作成

国内外の代表的訓練施設を選定し、図面、設計資料、施設基準文書等の収集ならびに現地での実測、観察、聴取調査により、既往訓練施設調査を実施する。調査内容は、施設規模、各要素施設の内容と構成、各施設で実施される訓練の内容、施設の運用方法等とし、各訓練空間で実施される訓練の訓練効果についても訓練指導者等に聴取調査することとした。以上の結果と a.b. の成果をとりまとめ、施設設計資料集成本を作成する。

(2)US&R に係る空間特性についての建築環境工学的検討

a. 瓦礫内外間の音響伝搬特性の把握

瓦礫内に封じ込められた人にとっては、音は唯一とあっていいほど瓦礫外と連絡をとる手段であるが、実際にどのような音響伝達特性を示すかについての知見は皆無である。そこで、瓦礫状壁体の音響透過損失を縮尺模型実験により調べることにした。実験において変化させたパラメータは、瓦礫の厚さと空隙率とした。

b. 現場の騒音源となる音源の測定

瓦礫災害現場は特に劣悪な暗騒音環境であることが予測されるが、まずはその程度を推定する必要がある。そこで、災害活動現場にあり得る騒音源として、ヘリコプター、救助工作車、救助資機材、発圧装置等が発生する音を録音・分析した。

c. 災害現場の音環境の再現方法の検討

実訓練において音響シミュレーション（騒音再生による訓練負荷の付加）を行い、その効果についてアンケート調査を行った。音源としては b. で採取した音源など災害現場にあり得る 10 種類の音源を用いることとし、マルチトラック再生ソフトウェアを用いて 4 チャンネルスピーカシステムにてシミュレート再生した。訓練終了後、自由記述型のアンケート用紙を電子メールで配布し、その結果を分析して訓練効果を評価した。

4. 研究成果

(1)US&R に係る空間特性についての空間計画的検討

a. US&R 活動過程の抽出・整理

調査の結果、US&R における CSR/CSM 活動過程は表-1 の通りに抽出され整理された。

表-1 CSR/CSM 活動過程

Process	項目	活動内容	使用資機材等
Search	人命探索	探索資機材の取扱・操作	電筒、音響、ファイバースコプ、CO2カメラ、熱赤外線画像
Access	進入路確保	障害物の破壊・切断・除去	エンジンカッター、割岩機、油圧式カッター等/クレーン、ウインチ
	活動危険排除	送風、排熱/粉塵・ガスの排気/酸欠対応/再崩落防止・補強	送排風機、大型ブロアー/支持補強材
	進入	高所(車両上部、隣接建物等)、不安定足場からのアプローチ等	ロープ等
Evaluation	内部活動	箇所への進入、隊員・資機材の入退室管理、内部移動、隊員入替、内部での資機材	ロープ・梯子等/自身の体、装備(PPE)/資機材、情報
	観察	ボイスコンタクト、視診・聴診・モニター類装着	ペンライト、聴診器、モニター機器
Stabilization	保護	保温・保護・固定処置、脱水対応、気道管理、負傷箇所保護処置	毛布・シート類、ボード類等
Treatment	医療処置	気管挿管、輸液路確保、薬剤投与	挿管セット、輸液セット、薬剤類
Rescue	開放・救出	挟まれ、下敷き・閉じ込め圧迫物の間隙拡張・切断・除去	油圧・空気圧式救助資機材等
Immobilization	担架収容	頸部・脊柱固定、モニター類・点滴バッグ等の固定、各種担架への装着	バックボード、ハーフボード、ケッド、スケット等、担架類
	Extrication	搬出	担架引きすり・取り回し要領、高所・低所からの搬出、搬・搬送からの搬出

また、これら各活動過程についての既往訓練で用いられる訓練空間寸法を把握し(図-1)、それと事例調査、聴取調査および訓練内容の観察結果を照合して検討し、空間規模・寸法の意味を考察し、活動方法が変化する閾値を検討した。その結果、いくつかの指標寸法の候補が抽出・把握できた。例えば、JPTEC(Japan Prehospital Trauma Evaluation and Care)における「ログリフト」などの動作実施限界寸法の推定値が得られた。

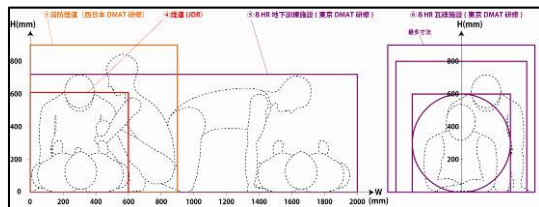


図-1 CSR/CSM 既往訓練寸法

b. 各活動寸法に関する人間工学的検討

活動隊員に対するマルチン式人体計測を行ない、隊員の体格分布位置を把握した(図-1)。また閉鎖的空間での活動の基本姿勢を抽出し、PPE(Personal Protective Equipment, 防護装備)装着時の各姿勢に要する寸法を人体計測により把握した(図-2)。

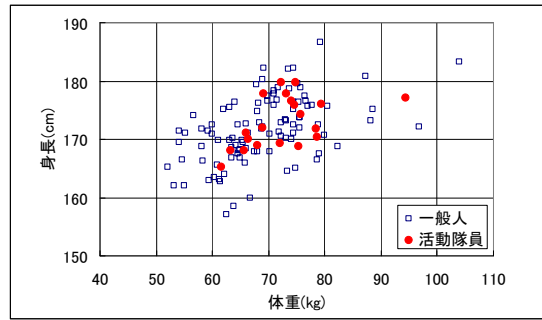


図-2 救助隊員の体格分布(20人の測定値)

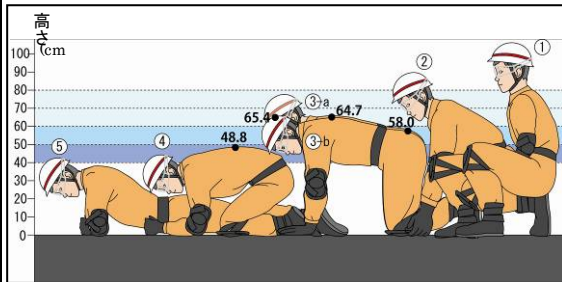


図-2 活動基本姿勢の抽出と寸法測定結果

次に空間制限装置(図-3)を用いて動作解析実験を実施し、動作解析を行なった(図-4)。



図-3 空間制限装置

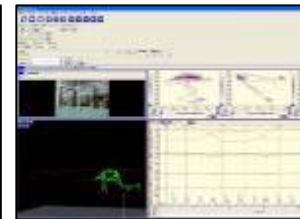


図-4 動作解析画面

その結果、活動への空間制限の影響(図-5)が、図-2で得られた指標値を用いてよく説明できることが確認された。

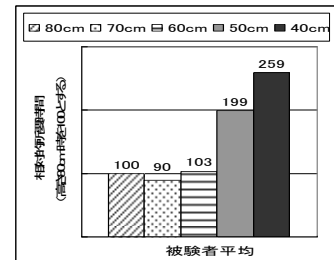


図-5 活動への空間制限の影響

c. 訓練施設設計資料集の作成

日・米・英で各々最高峰の施設である各施設(国内では、東京消防庁第八消防方面本部の瓦礫訓練施設、兵庫県瓦礫救助医療訓練施設等。米国では、US&R 発祥の地とされるカリフォルニア州における FEMA(Federal Emergency Management Agency, 連邦危機管理庁)公式認定訓練施設、英国では消防大学校に新設された最新の訓練施設)および国際緊急援助隊総合訓練や DMAT 研修などの既往訓練調査を実施した。得られた実測値や収集図面を整理し、また施設の利活用や運用上の課題を抽出した。

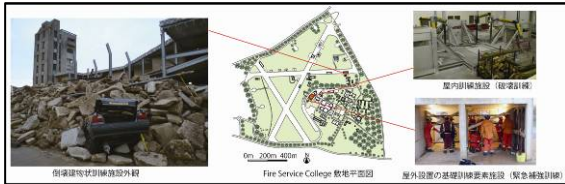


図-6 英国消防大学校 USAR 訓練施設

以上の a. ~c. で得られた結果をとりまとめ、設計資料集成案として整理した。今後我が国では訓練施設整備の基礎資料となる設計資料集成や活用方策資料が必要であり、この資料はその嚆矢となる。またこの資料は、活動方法や訓練方法の向上にも資する資料と位置づけられる。さらに、我が国における US&R 実働戦略上の課題について、米・英との比較調査に基づき、国家体制、リソース配備、施設整備状況、教育訓練体制等の項目ごとに整理して示し、今後我が国に求められる対策について具体的提言としてとりまとめた。

(2)US&R に係る空間特性についての建築環境工学的検討

a. 瓦礫内外間の音響伝搬特性の把握の一例

瓦礫状壁体の厚さや空隙率を変化させた場合の音響透過損失を縮尺模型実験により調べた結果、同じ面密度の瓦礫状壁体であっても、空隙率が一樣な場合に比べ、異なる空隙率が徐々に変化した場合の方が透過損失が大きくなるという結果が得られた(図-7)。

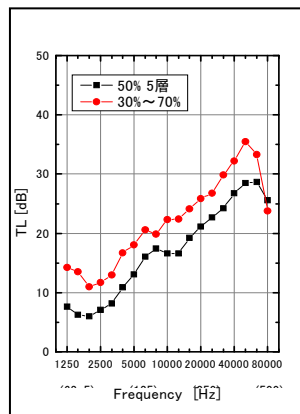


図-7 瓦礫状壁体の音響透過損失の例

b. 現場の騒音源となる音源の測定

災害現場の音環境条件を定量的に推定・把握するため、騒音源となる機材や車両の発生音の測定・分析を行った(表-2)。その結果容易に 90dB(A)以上の劣悪環境になり得ることが推定された。

表-2 災害現場の騒音源の測定

音源名称	録音場所	音源からの距離(m)	dB(A)
ブレーカー(コンクリート破砕音)	東京消防庁	15	83.3
ブレーカー(コンクリート破砕音)+エンジンカッター(金属切断音)	東京消防庁	15	87.3
緊急車両(アイドリング音) [8-R2: II 型救助車、8-TC2:トラクターショベル・重機搬送車]	東京消防庁	15	77.0
ブレーカー+エンジンカッター+緊急車両+チェンソー(角材切断音)	東京消防庁	15	91.6
ヘリコプター(着陸音) [[はくちょう: ユーロコプター AS332L1 型]	東京消防庁	21	104.0
油圧救助機器(エンジン音) [LUKAS]	神戸市消防局	5	70.6

c. 災害現場の音環境の再現方法の検討
実訓練において音響シミュレーション(騒音再生による訓練負荷の付加)を行い、その効果についてアンケート調査を行った。音響シミュレーションの訓練効果はアンケート結果から認められ(図-9)、特に、現地集結型を特徴とする我が国の災害救助医療活動における情報共有、指揮命令系統の確立、安全かつ的確な活動の実施と継続に関する訓練への有効性が確認された。

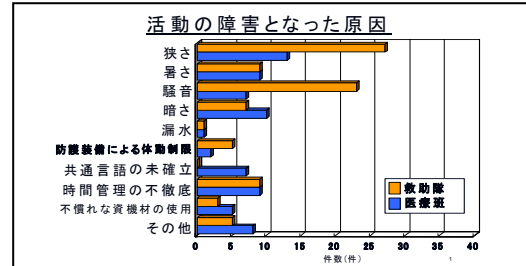


図-9 訓練効果に関するアンケート結果

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

1. 吉村晶子・加古嘉信・佐藤史明, 2007, 日本における瓦礫救助医療訓練施設に求められる要件に関する研究, 地域安全学会論文集, No. 9, 311-320.
2. 吉村晶子, 2007, CSM(瓦礫の下の医療)研究最前線: 異種機関の共同利用もふまえた訓練実施体制を整えるために, 防災科研ニュース, No. 159, 6-7.
3. 吉村晶子, 2008, これからの災害時医療対応のために: 瓦礫の下から広域応援まで、全ての対応者のために, 東京消防, Vol. 87 No. 1, 18-25.
4. 秋富慎司・中島康・井上潤一・Simon Rogers・加古嘉信・吉村晶子・中山伸一, 2008, CSM (Confined Space Medicine), 救急医学, Vol. 32 No. 2, 179-182.
5. 吉村晶子・佐藤史明・秋富慎司・サイモン・ロジャース・大山太・加古嘉信, 2008, 米国・英国との比較調査に基づく US&R 実働戦略に関する研究, 地域安全学会論文集, No. 10, 125-135.

[学会発表] (計 9 件)

1. 吉村晶子, 2007, 瓦礫救助訓練施設の整備に関する検討: 水平経路寸法の高さの指標について, 日本建築学会学術講演梗概集, 819-820. (福岡)
2. Akiko Yoshimura and Yoshinobu Kako, 2007, Can we build a system to save disaster victims trapped under rubble? Rising to the challenge at our first US&R training facility, International Workshop on Disaster Casualties, No. 1, -25. (Kyoto)

3. 吉村晶子・加古嘉信・佐藤史明, 2007, 日本における瓦礫救助医療訓練施設に求められる要件に関する研究, 地域安全学会論文集, No. 9, 311-320. (静岡)
4. 吉村晶子・中山伸一・加古嘉信他, 2008, 大規模災害時の医療連携向上を目指して: 瓦礫救助医療訓練施設の可能性, 日本集団災害医学会誌 Vol. 12No. 3, 419-419. (つくば)
5. 吉村晶子・佐藤史明・秋富慎司・サイモン・ロジャース・大山太・加古嘉信, 2008, 米国・英国との比較調査に基づく US&R 実働戦略に関する研究, 地域安全学会論文集, No. 10, 125-135. (静岡)
6. 吉村晶子, 2009, 日本における US&R 訓練の展開: 効果的な訓練項目・体系・施設設定およびその科学的検証, 第 11 回消防救助シンポジウム記録集, 1-13. (東京)
7. 吉村晶子・佐藤史明・秋月有紀他, 2009, USAR 訓練への科学的実証的アプローチ, 日本集団災害医学会誌 Vol. 13 No. 3, 432. (神戸)
8. 高橋徹・佐藤史明・吉村晶子他, 2009, USAR 訓練における災害現場の音響シミュレーションの実践とその訓練効果の分析, 日本集団災害医学会誌 Vol. 13 No. 3, 435. (神戸)
9. 高橋徹・佐藤史明・吉村晶子・秋富慎司・加古嘉信, 2009, 瓦礫災害探索救助活動の総合演習における騒音付加と訓練効果, 日本音響学会, 1411-1412. (東京)

[その他]

防災行政等への貢献: 訓練施設整備・活用や訓練設定に関する資料提供・技術的助言(総務省消防庁、国際緊急援助隊、京都市消防局、福山市消防局、兵庫県広域防災センター)、研修・研究会講師(神戸市消防局特別高度救助課程、特殊災害救助医療研究会)等を通じ、研究成果を現場に還元している。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉村晶子
独立行政法人 防災科学技術研究所
地震防災フロンティア研究センター
特別研究員
研究者番号: 50356052

(2) 研究分担者

佐藤史明
千葉工業大学 建築都市環境学科
准教授
研究者番号: 50286150