

東京湾における病院船による地域間連携の圏域の可視化について

日大生産工（院）○小島俊希 日大生産工 大内 宏友

1. 研究背景と目的

救急医療業務は、現在、国民の生活・生命を守る上で不可欠なサービスとして国民生活に定着している。救急医療において患者の生存率・社会復帰率を改善するには治療開始時間を出来るだけ早める必要がある。

東京湾を中心とした沿岸域の形状をとらえた場合は、東京都、千葉県、神奈川県、市街地が全方位の円周上に展開する地理的条件を持つ。この東京湾における沿岸域の市街地が、災害時において全域が同時に壊滅的な被害を受ける状況を除き、沿岸域・内陸部の道路や鉄道が寸断されても海上から内陸側へのアクセスが可能であり、周辺または対岸の沿岸域からの救助は、道路の寸断等と関わりなく海上で直に現地へ向かうことが可能な地理的特性を持つとも言える。首都圏における広域災害・首都直下型地震に対する検討⁹⁾が進められ、国土交通省は2014年度に「八方向作戦」を立案¹⁰⁾。これは8つの方向から都心へ向かう東名道路、中央道、関越道、東北道、常磐道、京葉道、東京湾アクアライン、首都高速横羽線、において物資を運び込む計画で、この8沿線の交通の渋滞や建物倒壊などによる道路の途絶が起こった場合の対応として、都心近くを流れる多摩川、荒川、江戸川、鶴見川の4河川沿いに船を使用し緊急物資を船着場や河川敷にある道路を活用して医薬品をはじめ復旧に必要な種機材を搬送する計画である。このことから、首都圏への海上からのアプローチによる災害対策を構築することは急務である。救急医療における治療開始時間の短縮化に着目すると、医師が救急車両に同乗するドクターカー^{*1)}やドクターヘリ^{*2)}はもとより今後の検討課題として関心が持たれている病院船の場合、救急現場に到着後、直ちに初期治療の開始ができ、医療行為を続けながら患者搬送が可能と考えられる救急システムのネットワーク構築は必須と考えられる。これまで、地域にて最短で治療を開始出来る救急医療システムと施設配置のあり方を把握する為、病院船・ドクターカー・ドクターヘリの三者を一体としたとらえた広域救急医療連携の定量的な配置計画を提示し

た成果の報告はない。

病院船は「平成25年3月災害時多目的船（病院船）に関する調査・検討報告書」¹⁾によると、海からのアプローチについて、これまで陸上からのアプローチに比して検討が遅れがちであり、災害対応上の手段としての船舶の活用を見ると、防災計画などにおいて決して主要な位置を占めているとは言えない。しかしながら、船舶の輸送力、船舶の有する多目的に利用可能な空間、ライフライン機能の搭載や備蓄機能等の船舶の自己完結性に鑑みれば、様々な役割が期待される。地震や津波・洪水など広域自然災害が発生した際には、あらゆる手段を総動員する事が求められ、陸海空それぞれから被災地にアプローチし、負傷者の救命、災害応急対策や被災地の復旧などを早期に実現することが必要である。日本では大規模な自然災害に対応できる医療機能を専用とする病院船は存在しない。しかし、医療機能を有する船舶として、海上自衛隊の輸送艦、補給艦等（12隻）及び、海上保安庁の巡視船（2隻）があり、災害対応を目的とする病院船ではなく、瀬戸内海巡回診療船「済生丸」⁴⁾が稼動している（図1、表1）。

以上を踏まえて、前述の災害が首都圏を中心に発生した際、陸路の搬送が困難になることに備え、地域にて最短で治療を開始出来る救急医療システムと施設配置のあり方を把握する為、病院船・ドクターカー・ドクターヘリの三者をふまえた広域救急医療連携の定量的に救急医療の有効な圏域に基づき可視化する。これにより、東京湾に囲まれた複数の行政単位にまたがる相互の補助・共同運用システムを提案するとともに、広域災害の備えと連動した救急医療のドクターヘリ・ドクターカー・病院船と救急医療関連施設との地域間連携による施設適正配置を検討するための有効圏域の提示を目的とする。

2. 既往研究

参考文献において、わが国の病院船とその構想²⁾では、病院船の規格や運営に関する検討を行っている。また、コンピューター外科³⁾の領域でも導入や配置計画を検討し成果を得ている。

筆者らはこれまでドクターカーシステムに関連して、先進的事例として千葉県船橋市におけるペア出動システムの現状を明らかにし、救急と医療との地域施設における複合化による有効性を明示した^[1]。さらに、千葉県千葉市における救急出動に関するデータをもとに、救急医療情報システムによる有効性を出動圏域の面積から明らかにした^[2]。ドクターヘリに関



図1 済生丸の概要

http://www.okayamasaiseikai.or.jp/saiseimaru_cal/about/index.html

*1) ドクターカーシステム

これまで患者を医療施設まで搬送することを目的とした救急車両に対し、救命率向上のために医師を救急現場に直接運ぶことを目的とし、医師を乗せた救急隊が出動するシステム。

*2) ドクターヘリ

救急医療用の医療機器等を装備したヘリコプターであり、救急医療の専門医と看護師が同乗し救急現場等に向かい、現場等から医療機関に搬送するまでの間、患者に救命医療を行うことができる専用のヘリコプター。

Study on visualization of the sphere of medical emergency facilities and services achievable by means of inter-regional cooperation

Shunki KOJIMA and Hirotomo OHUCHI

連しては、日本において模範としているミュンヘンモデル^{*3)}を基に、日本医科大学千葉北総病院を中心とした 50km 圏内のランデブーポイントにおけるドクターヘリと救急車両の連携による実態圏域の可視化を行った^{[3] [5]}。病院船に関連して、東京湾沿岸部を対象地域とした病院船の配備や拠点における配置の可能性を提案した^[4]。また、2つのシミュレーション分析からなる病院船の有効圏域の可視化を行ってきた^{[6] [7]}。

本稿は、首都圏における広域災害・首都直下型地震に対する東京湾を中心にとらえた広域行政単位での連携による有効圏域の把握し、病院船・ドクターヘリ・ドクターカーと救急医療関連施設との地域間連携による施設適正配置を検討するための計画圏域の提示を目的とする。

3. 研究対象地域

本稿では、東京湾及び海域に位置する東京都⁵⁾・千葉県⁶⁾・神奈川県⁷⁾を対象地域とする(図2)。

瀬戸内海巡回診療船「済生丸」は、昭和36年5月、済生会創立50周年記念事業として当時の岡山済生会総合病院の大和院長によって発案され、昭和37年12月に運航を開始しました。

北総病院(ドクターヘリ基地病院)は2001年10月1日にドクターヘリの運航を開始し、千葉県のみならず茨城県と協定を結び同県の南部地域までを飛行範囲としている。

本稿では、北総病院の出動記録^{*4)}より得られた飛行範囲を研究対象地域とする。また、2009年1月19日より千葉県の君津中央病院(ドクターヘリ基地病院)⁸⁾でも配備されている。

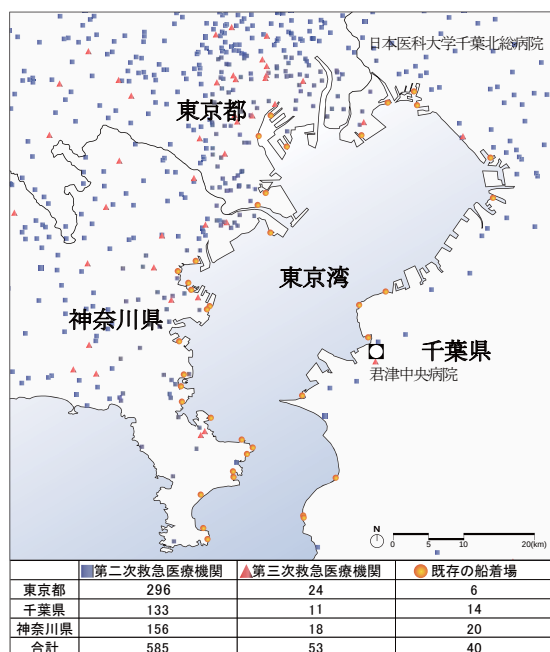


図2 病院船における研究対象地域

*3) ミュンヘンモデル

ドイツにおいて確立された、ヘリコプター救急の基本概念である。『ドイツのヘリコプター救急は世界的に定評があり、ヨーロッパ諸国のモデルともなっている。一つは、病院を拠点とする半径50kmの担当地域を定め、全国土を体系的、網羅的に覆いつくしていること。第2はヘリコプターの運航費が健康保険などの社会保険によってまかなわれていること。第3に15分前後の制限時間内に救急治療に着手すべき原則が法規によって定められている。』

西川渉、山野豊：独逸ヘリコプター救急の淵源，日本航空医療学会雑誌，第5巻第2号，pp. 29-38，2005. 3. 7

*4) ドクターヘリの出動記録

出動記録は、ドクターヘリの運航を開始した2001年10月1日～2010年3月31日までのドクターヘリの出動に関する記録全5219件を扱う。項目は、個人情報を除くドクターヘリの出動区分、着陸場所、出動要請時間、北総病院離陸時間、R P着陸時間、救急車両の覚知時間、出動時間、現地着時間、現地発時間、R P到着時間、発生地区等である。本稿では、出動区分がランデブー方式を採用しており、かつ北総病院から離陸し出動した記録のみを有効資料とし、出動区分がランデブー以外の転院搬送、キャンセル、現場直近、その他、無記入であったものを除いた4369件を扱う。

*5) ランデブーポイント(R P)

救急隊とドクターヘリが合流する緊急離着陸場、運航調整委員会にて、公共の運動場、公園や小中学校の校庭など事前に設定されており、ドクターヘリが安全に着陸可能な場所の確保が出来るように、ドクターヘリ法7条で関連機関の協力が求められている。

*6) ArcGIS

米国カリフォルニア州 Esri 社の地理情報システムソフトウェア。

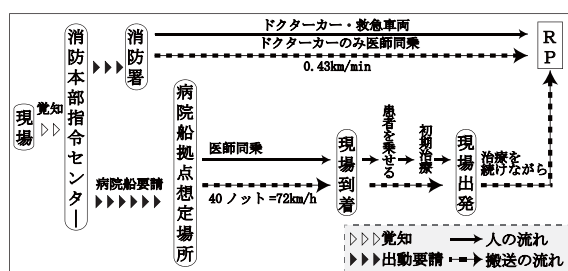
4. 出動形式

4.1. ドクターヘリの出動形式

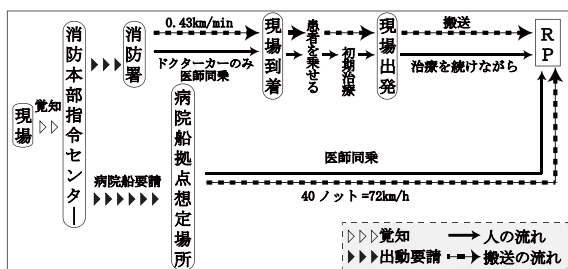
ランデブーポイント(以下:R P)^{*5)}における医師と患者の早期接触が、初期治療の開始を早め、救命率の向上に繋がることから、ドクターヘリ出動において欠かすことの出来ない救急車両とのランデブー方式を採用している。

4.2. 病院船の出動形式のシミュレーション条件

ドクターヘリと救急車両とのランデブー方式をもとに病院船と救急車両との出動形式を示す。(α)要救助者が水の上の場合、現場から消防本部指令センターに連絡が入り、消防署と病院船拠点に同時に要請する。救急車両はR Pである病院船拠点場所に病院船到着前に到着する。病院船は現場到着とともに、初期治療を開始し搬送中も治療を続けながらR Pに到着、救急車両にランデブーし病院へ搬送する(図3)。(β)要救助者が陸の場合、救急車両は現場向かい、要救助者を乗せてR Pへ向かい病院船とランデブーし病院へ搬送する。



(α) 要救助者が水上の場合



(β) 要救助者が陸地の場合

図3 病院船の出動形式

5. 分析手法の概要

救急車両は地理的条件や道路網による影響や制約を大きく受けていることから道路網を地域空間情報としてとらえ、道路網を考慮した分析を行う必要がある。この分析は、ArcGIS^{*6)}を用いて救急医療情報システムにおける地域空間情報と関連した出動圏域の可視化を行う。なお、本研究では国土地理院刊行の『数値地図25000(空間データ基盤)』を用いる。ドクターヘリがR Pに到着するまでの時間は、基地病院からの距離により大きく異なることから、各市町村別にドクターヘリの飛行時間を算出する。

救急医療業務における連動性を考慮した分析を行う必要がある。この分析は、異なる病院船拠点想定場所による2つのタイプのシミュレーションを行い、そ

それぞれの有効な医療圏域を可視化する。

(I) 既存の病院を中心に捉えた有効性

病院から病院搬送における救急車両の有効圏域を可視化する。その有効圏域内の病院から近い海岸線上を病院船拠点想定場所として、東京湾における病院船の有効圏域の可視化を行う(図4)。

(II) 既存の船着き場を中心に捉えた有効性

現在、利用されている船着き場の施設(漁港・港湾・フェリー乗り場)を病院船拠点想定場所として、施設から病院搬送における救急車両の有効圏域を可視化する。その有効圏域内に病院がある施設から、東京湾における病院船の有効圏域の可視化を行う(図4)。

6. 分析条件

6.1 救急車両の有効圏域の算出法

千葉県千葉市における救急車両の平均速度は「0.43 km/min」である。また、カーラーの救命曲線^{*7)}から、本稿における時間的指標として5(分)と設定する。

上記より、算出した2.15 km圏内が海岸線における救急車両で病院に搬送する有効圏域として可視化を行う。

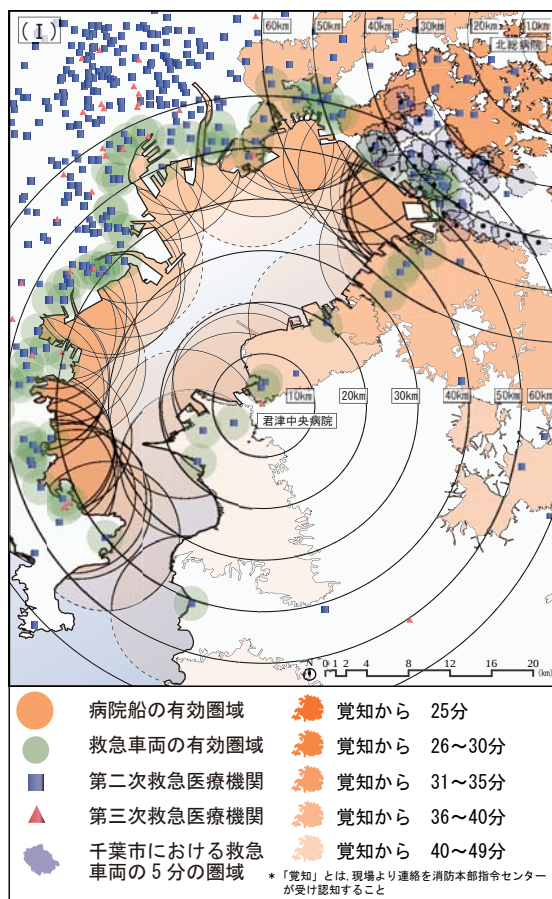


図6 (I) 既存の病院を中心に捉えた有効圏域

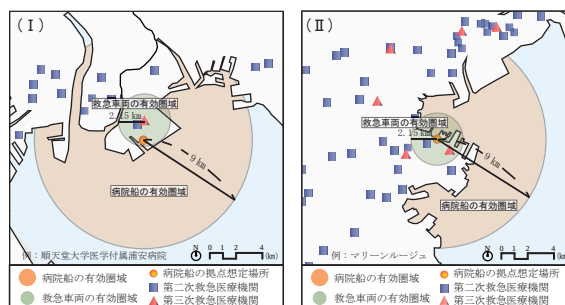


図4 (I) (II) 圏域の算出法

6.2 病院船の有効圏域の算出法

病院船の平均速度は、現在日本で使われている巡視船の40ノット(72 km/h)と設定する(表2)。

また、ドクターヘリ・ドクターカーとの連携を考え、病院船での初期治療開始時間として、ミュンヘンモデル^{*3)}を用いて、時間的指標を15(分)と設定する。

上記より、算出した9 km圏内を東京湾における病院船の有効圏域として可視化を行う。

表2 日本の巡視船の規格

巡視船	ほたか	さろま	おいらせ	かりば
全長	50m	46m	56m	46m
全幅	8m	7.5m	8.5m	7.5m
速度	40ノット以上	35ノット	35ノット以上	35ノット

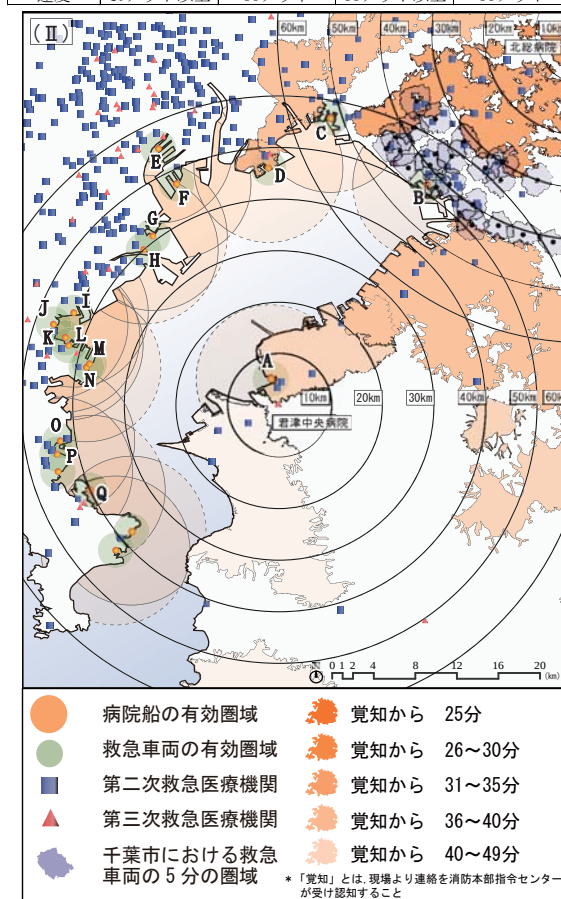


図7 (II) 既存の船着き場を中心に捉えた有効圏域

表3 各シミュレーションにおける施設数

	(I) 既存の病院を中心とした施設数				(II) 既存の船着き場を中心とした施設数				既存の船着場	
	第二次救急医療機関	第三次救急医療機関	第二次救急医療機関	第三次救急医療機関	第二次救急医療機関	第三次救急医療機関	第二次救急医療機関	第三次救急医療機関		
東京都	296	14	24	2	296	6	24	2	6	4
千葉県	133	24	11	2	133	7	11	1	14	4
神奈川県	156	23	18	3	156	15	18	2	20	9
合計	585	61	53	7	585	28	53	5	40	17

*8) カーラーの救命曲線

TENTATIV CLASSIFICATION OF SITUATION:M.Cara(Necker University Hospital Center,Paris),1981

7. 分析結果・考察

7.1. 分析手法 (I) (II) について

病院を中心とした圏域の算出法では、病院から救急車両の圏域の広がりに対して、既存の船着場を中心とした圏域の算出法では病院船の拠点となる想定場所として、現在利用されている船着場から救急車両の圏域が広がりをもち (図5)。

7.2. 東京湾全域の (I) (II) について

(I) では、東京湾全域に有効圏域が広がっており、千葉県と神奈川県では病院船の有効圏域が多重に重なっていることから、一つの病院船の拠点から複数の病院に搬送することが可能である。また、一つに病院船の拠点を集約せずに、複数の拠点を計画した場合、災害時に一つの拠点が使用不可能となるにしても、近隣の拠点から救急活動が可能である (図6)。

(II) では、東京都、神奈川県の有効圏域では、沿岸域に広がりが確認できる。千葉県は病院船の拠点になりうる場所が少なく、千葉県南西部では圏域の広がりが狭いことがわかる。しかし、対岸である神奈川県の病院船拠点からの圏域が広がっていることから、県を越えた救急活動により、有効圏域が広がる可能性をもつ。(I) 同様に圏域が重なり合っているところでは、一つの病院船の拠点から複数の病院へ搬送することができ、近くにある拠点では、お互いに補助し合うことが可能であると考えられる (図7)。

7.3. ドクターヘリ・救急車両について

北総病院のドクターヘリの出動記録からドクターヘリによる飛行圏内のガイドライン 60 kmにおいて、40 km ~ 50 km圏内は覚知してから 25 分以内の到着が可能であり、君津中央病院からの飛行圏域は、千葉県だけでなく東京湾沿岸部の病院に搬送できる可能性があると考えられる。(II) の千葉市では救急車両の実態圏域が病院船拠点と重なっているため、連携が取れ搬送が可能である。

8. まとめ

ここでは、(I) (II) より以下にまとめる。(I) では、新しく病院船の拠点となる可能性があると考えられる配置場所の提案を行った。(II) での千葉県の有効圏域が狭く、新たに必要な配置場所の検討が必要と考えられる位置を明示した。(II) では、既存の船着場を病院船の拠点に利用するため (I) に比べて圏域内の病院や拠点の数が少なく、より現実的な連携が可能であり、病院船・ドクターヘリと救急車両による東京湾を中心と捉えた連携図の作成をした (図8, 表3)。

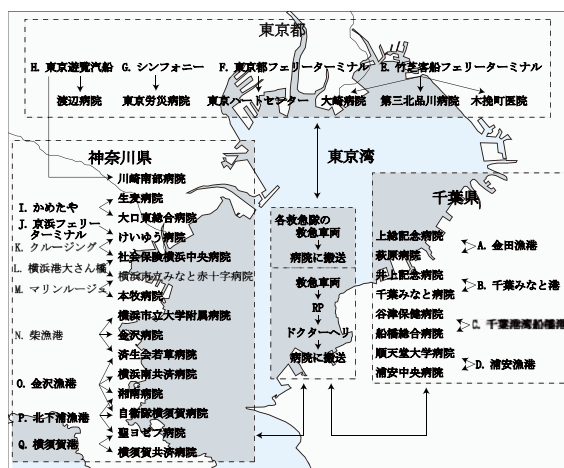


図8 救急医療関連の連携対応

このことから、異なる病院船の船拠点による、2つのタイプのシミュレーションにより、東京湾における病院船の有効圏域の可視化を行い、ドクターヘリと救急車両の実態圏域と重ね合わせることで病院船・ドクターヘリと救急車両との地域間連携による特性を分析し、比較・考察することができた。

以上により、広域災害の備えと連動したドクターヘリ・ドクターカー・病院船と救急医療関連施設の連携、また、東京都、千葉県、神奈川県との地域間連携による東京湾を中心と捉えた病院船を拠点とした施設の適正配置を検討するための計画圏域の資料を提示することができた。

今後の研究方針として、本研究の成果をもとに広域災害・首都直下型地震に対する備えとして、日常的な備えの中で東京湾沿岸域はもとより内陸の広域災害に対し、特に交通の途絶した場合の地域において、沿岸地域から内陸側へと向かい、河川においては平常時にも水上バスの発着場等として利用可能な緊急用船着場・防災用ヘリポート等を考慮した、災害時だけでなく平時の活用としても地域との連動が可能となる、地域経済も含めた医療機関の経費の適正化の計画研究の提案を行う予定である。

《謝辞》

本研究に際し、調査に御協力、資料を提供していただいた船橋市消防局、千葉県消防局及び(財)救急振興財団、日本医科大学千葉北総病院救命救急センターの皆様にご協力いただきました。心から御礼を申し上げます。

また本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(C)「防災減災と連動した救急医療施設とドクターカー・ヘリとの連携による医療圏域の構築」(代表:大内宏友、2014~2018年度、課題番号:26420622)及び、公益財団法人大林財団の2013年度研究助成(代表:大内宏友)「首都圏における防災・救急医療システムによる施設の適正配置」の助成を受け実施したものである。

《既往学術論文》

- [1] 大内宏友・高倉朋文・横塚雅宜:「救急医療システムを施設配置の関係性に関する実証的研究—地域における医療施設と救急施設との複合化の適正配置に関する研究—」日本建築学会論文報告集第466号, pp87-94, 1994. 12
- [2] 田島誠・菊池秀和・大内宏友:「救急医療システムにおける地域空間情報を用いた施設の適正配置について—GIS・GPSを用いた人口分布にもとづく圏域的指標の構築—」日本建築学会計画系論文集第73巻第631号, pp1929-1937, 2008
- [3] 岡田昂・手島優・宇野彰・大内宏友:「救急医療システムにおけるドクターヘリと地域の連携による医療圏域の構築—ドクターヘリと救急車両との連携による有効圏域について—」第34回情報・システム・利用・技術シンポジウム pp115-120, 2011. 12
- [4] 乾克行・牧野内信・大内宏友:「救急医療システムにおける災害時のドクターカー・ヘリと病院船との統合化の可能性について」第46回日本大学生産工学部学術講演会
- [5] 牧野内信:「救急医療システムにおけるドクターヘリと救急車両との連携による実態圏域に関する実証的研究」日本建築学会計画系論文集第80巻第711号, pp1159-1168, 2015. 5
- [6] 小島俊希・島崎翔・大内宏友:「救急医療システムにおける病院船の地域間連携による圏域の可視化について」第38回情報・システム・利用・技術シンポジウム
- [7] 小島俊希・島崎翔・大内宏友:「防災・救急医療システムにおける病院船・ドクターヘリと救急車両との連携の可視化について—東京湾における有効性のケーススタディー—」2015年度日本建築学会大会学術講演梗概集

《参考文献》

- 1) 内閣府(防災担当)「災害時多目的船(病院船)に関する調査・検討報告書(平成25年3月)」
- 2) 三戸恵一郎・内田剛史・渡辺千之:「記念講演わが国の病院船とその構想」東亜大学紀要, 15, 1-12, 2012
- 3) 篠原一彦:「病院船の概要と課題」日本コンピュータ外科学会誌, 15(4), 323, 327, 2014
- 4) 瀬戸内海巡回診療船「済生丸」- 岡山済生会総合病院
http://www.okayamasaiseikai.or.jp/saiseimaru_cal/
- 5) 東京都 <http://www.metro.tokyo.jp/>
- 6) 千葉県 <http://www.pref.chiba.lg.jp/>
- 7) 神奈川県 <http://www.pref.kanagawa.jp/>
- 8) 君津中央病院 <http://www.hospital.kisarazu.chiba.jp/>
- 9) 内閣府中央防災会議幹事会「首都直下地震における具体的な応急対策活動に関する計画」平成28年3月29日
http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/pdf/syuto_oukyu_zentai.pdf
- 10) 国土交通省南海トラフ巨大地震・省首都直下地震対策計画対策計画 平成28年度の実施状況【重点施策】
<http://www.mlit.go.jp/river/bousai/earthquake/pdf/earthquake/6kai-ref02-03.pdf>