

表1 我が国の医療の世代的展開

①成長期 (1961年から1982年)	国民皆保険制度の導入から1982年まで続いた高度成長期の医療
②抑制期 (1982年から2010年まで、後半は崩壊期と重複)	82年から始まった医療費・医師養成抑制政策期の医療
③崩壊期 (2005年頃から顕現し現在に続く、2010年から再生期と重複)	2000年代から顕現した絶対的医師不足と地域医療の崩壊
④再生期 (2010年から現在に至る)	2009年の政権交代とともに医療費抑制政策が一旦停止、地域医療再生と超高齢化社会の到来への対応を模索

我が国の現在の医療体制の根幹を決めたのは、1961年から本格的に始まった「国民皆保険」制度である。我が国は、この少し前から「高度成長期」に入り、50年代の中頃から73年まではGDP成長率は年平均約10%という驚異的成長を示した「東洋の奇跡」¹⁾。74年の第1次石油ショック以降、高度成長期は「安定成長期」に移行したが、92年のバブル崩壊までは依然GDP成長率4%を維持した。しかし同年以後は、平均0.1%の平均成長率に落ち込み、現在は「経済停滞期」にある。我が国の医療政策は、これらの経済時期区分に基本的には規定されながら、数年の遅れをもつて政策転換に反映されてきた。

●国民皆保険と高度成長期の医療政策
戦後の我が国の経済的な状況は、前述

のように3期に分かれるが、医療政策としては、国民皆保険実施の61年から安定成長期に入った82年まで「高度成長期」の医療政策が継続された。この時期の65歳以上の高齢者の比率は、80年代末でも10%以下であり、人口の中心を成す「団塊の世代」も30代で、我が国は依然として「若い人中心」の国で、急性期疾患が主であった。

●高齢者も少なかったため、現在では信じられないが、72年から老人医療無料化政策なども実施されたくらいである。この時期、保険財源の増大のもと、医療施設数・医療費は増大し、70年からの新設医大増設で医師数も急速に増加した。

この成長期の医療体制は、医療を求めて来た患者に対して、健康体にして日常生活に復帰させるという責任を、個々の病院が他の医療機関とは関連なく果たすという、日本型医療体制、すなわち「急性期中心の「病院完結型医療」の無関連な集まり」より成っていた。

●最近までの我が国の医療の基本であったこの日本型医療体制は、計画的な国民医療政策ではなかったが、当時は経済も成長期であり、全体として国民の医療需要に対応することができた。

●82年から医療費・医師数抑制政策の開始
82年には、高度成長期の医療政策が終了し、我が国の医療政策は医療費抑制、医師数抑制の方向に大きく転換した。これは希しくも、その抜群の政治力で戦後の医師会を率いた武見昭会長が25年間勤めた医師会を辞めた年に当たる（翌年死去）。その直後、「医療費亡国論」が当時の厚生労働省保険局長である

吉村 仁より83年発表され、医療費の増加率がGDPの増加を上回るこの危機感が医療費抑制政策を推し進めた。しかし、現在から見れば、その政策は01年から始まる小泉政権の政策に比べれば緩徐なものであり、医療体制については、「病院完結型医療」が主であることに、依然変化はなかった。

(2)01年からの日本型医療体制の破綻
●長年にわたる医療費抑制政策
91年のバブル崩壊以後、我が国は「失われた20年」と呼ばれる時期に入る。それを受けて01年から09年の間に新保守主義を掲げた小泉政権とその後継によって、激的な医療費抑制政策が開始される。

年間2200億円の社会保障費削減を「骨太の方針」として掲げ、4度にわたって連続的に診療報酬を削減し、さらに、06年には慢性期入院患者の大多数を占める脳卒中患者の入院費用が赤字になった。

このような医療費削減政策のために病院の70%は赤字（自治体病院に限ると9割が赤字）になり、地域医療の崩壊が顕在化し地方の病院を中心に閉院、閉科が続いた。この日本型医療体制の破綻には、以下に述べる様々な要因が絡み合った。

●医師数の全体的不足の顕在化
長年にわたる厚生労働省の医師過剰予測にも関わらず、00年を過ぎたころから医師の絶対的不足が顕在化した。この原因はいくつか存在する。

①長年にわたる医師数抑制政策・82年から始

◆Summary

Recent Progress in Regional Healthcare Cooperation Systems and Personal Health Record In Japan
Seeing that the conventional "Japanese healthcare regime" which consists of the irrelevant collection of "complete-in-hospital healthcare" is now undergoing a collapse, the future of Japanese healthcare would depend on drastic reformation into "regionally integrated and cooperated healthcare regime". In this article, we review the history of Japanese healthcare and government policy to it since the adoption of universal national health insurance system in 1961, to find the three main goals should be realized; (1) life-long, (2) regionally cooperated and (3) daily-life centered healthcare, whereas they are only possible by using "regionally integrated and cooperated healthcare IT system". Finally we review the three generations of Japanese regional healthcare cooperation system up to now and discuss its several future challenges.

総論・進むべき連携の視座を説く

地域医療連携システムの進展と日本版PHRの動向

田中 博
東京医科大学 難治疾患研究所
東北大学 東北メディカル・バルバンク機構
地域医療福祉情報連携協議会 会長



要旨：地域医療の崩壊など、これまでの日本型医療体制―病院完結型医療の無関連な集まり―の破綻が顕現化している我が国の医療・ケアの将来が「連携型医療・包括ケア」にしかないことを、我が国の戦後の国力の推移と医療政策の変遷から論じた。そして医療再生の基軸として「生涯継続的なケア」「地域連携的なケア」「日常生活圏を基盤とするケア」を挙げ、それが医療・ICTを基盤とする「連携型医療・包括型ケア」システムでしか実現できないことを述べた。さらに3世代にわたる我が国の地域医療情報連携の歴史を振り返ると同時に、近年進展している地域連携の将来の課題について述べた。

全国の各地で、ICTによる地域医療連携システム・地域包括ケアシステムの構築への動きが熱い。これには、様々な背景や理由が存在するが、何よりも、我が国の医療が、これまでの「病院完結型医療」の無関連な集まりから「地域連携型医療」や「包括型ケア」へと大きく舵を切らないと、今後存続してい

けないという状況が、広く認識されてきたためであるといえる。

また、これらの地域医療連携システム・地域包括ケアシステムは、そこに参加する患者・住民の継続した健康医療情報を蓄積することによって、これからの持続的健康医療社会を支える基盤となる、生涯にわたる個人健康医療記録、すなわちPHR/EHR/EHR (Personal Electronic Health Record) 実現への展望も生み出しつつある。

このように急速に関心が高まり、そして波及しつつある地域医療連携・地域包括ケアシステムであるが、「規範となるシステム構成や運用方式」については、まだまだ多くの点で議論がある。

本稿では、特集の総論として我が国の医療政策や地域医療連携・地域包括ケアについて歴史・現状・将来の方向について述べ、さらにその中から生まれてきている日本版PHR構築の志向について述べよう。

我が国の医療体制の推移に対する「大局的認識」の不可欠性

あまり適切な表現ではないが、「地域医療連携」は一種のブームである。しかし、これを「一過的な盛り上がり」として捉えるならば、我が国の医療の置かれた状態を正しく認識していないことになるであろう。戦後の我が国の医療および医療政策の帰結として顕現化した「日本型医療体制―急性期中心の病院完結型医療の無関連な集まり―の破綻」という事態を明確に認識し、それを克服する医療再生体制の基軸として「連携型医療・包括型ケア」への体制変革の必要性を明確に認識する必要がある。

将来、到来が予測されている事態は深刻である。現在地方で進行している高齢化は、今後都市部でその数倍の勢いで襲うといわれている(2025年問題)。人口は減少も著しい。もはやかつての成長期は、二度と到来しない。

表2 医療再生の3基軸とそれを実現するICT基盤

第1基軸	生涯にわたって継続的なケア → 日本版EHR・PHRの実現
第2基軸	地域を統合(連携)するケア → 規範的な地域医療連携システム
第3基軸	日常生活圏に基いたケア → ユビキタス情報環境による包括ケア

ケアは医療だけの問題に収まらない。日々の介護・生活支援などの活動が関係してくる。かつて我が国は、老人福祉施設が少なかったため、医療にシワ寄せし、「社会入院」として病院が寝たきり老人を受け入れてきた。その影響が今も療養型病床群に残っていたが、12年の医療・介護報酬の同時改定では、2025年問題を取って在宅医療の充実が目指された。

日常生活圏ケアでは、①長い維持期を持つ脳卒中患者など在宅患者・要介護者に対する医療と介護のシームレスな連携、②社会生活を営む糖尿病など慢性疾患患者の悪化抑制を目指した疾病管理、③健常者の日常的な健康管理などが目指される。

(2)医療再生体制におけるICT基盤の不可欠性

医療再生のための以上の3基本概念は、時間・空間・環境を「結びつける情報の力」すなわちICTを用いずには実現できない。

●生涯継続的な健康医療電子記録(EHR/PHR)

母子手帳や学童期健康記録、病院の診療記録など我々の生涯にわたる健康医療記録は、紙媒体では散在しやすい。これらの記録を電子化して、「貫して生涯にわたって保持する」「電子保存の情報環境」という情報基盤が構築されない限り、「生涯を通したケア」は実現不可能である。

このためには、生涯継続的な健康医療記録であるEHRや個人健康医療記録PHRという国民各人の生涯にわたる健康医療記録、すなわち「時間的 disparity」を結びつける「情

報基盤が不可欠である。

●地域を統合する地域医療情報ネットワーク

また地域医療連携も、地域のある病院にしか、患者の紙のカルテが置かれている場所ではしか閲覧できないなら、地域で連携したケアは不可能である。「空間的 disparity」を結びつける「情報ネットワーク」を構築して、この医療施設から患者の同意のもとに閲覧できるICTの環境がなければ、地域の複数の医療機関が継続的かつ連携的に実施する地域統合的な医療は実行不可能である。

●日常生活圏ユビキタス健康医療情報環境

日常生活圏において、健康・病態情報を生活しつつ常時モニタリングするためには、「モバイル・ワイヤレス通信環境」が存在しないと不可能である。センサーからワイヤレスに地域の医療施設やサバに伝送することによって、日常健康管理、慢性疾患管理などが可能になる。

また、要介護者をケアする往診医、訪問介護、看護師・デイケアセンター・ケアマネジャー、町村の生活支援掛などの職種間の情報も、タブレット型PCなどによる「電子連絡帳」によって共有を図る必要がある。

●「連携型医療・包括型ケア」を可能とする基盤としての医療ICT

以上のように、3基軸を持った新しい医療ケア体制を実現するためには、医療ICT基盤が必要である。先に述べた3つの情報環境の実現を通したICTによる「公的な情報インフラ」の基礎の上にしか「連携型医療・包括型ケア」は可能でない(表2)。

て直すためには、どのような基本的方向があるか。著者はこの点をすでに本誌でも述べたので、ここでは簡単に触れよう。

●生涯にわたる継続的なケア

超高齢化による慢性疾患中心の疾患構造への変化に対応するためには、急性期医療中心の医療から「生涯にわたる健康・疾病管理」を基本とする考え方の転換が急がれる。これらでの急性期疾患を「治す」医療から、長期にわたる慢性疾患を「重症化させないよう継続的に管理する」「医療へ重心を転換することによって、患者本人の「生活の質」を高めるとともに国の医療費を適正化することができる。

●地域を連携するケア

今や、単独の病院だけでは、国民疾患の大多数を占める慢性疾患の治療は完結しない。むしろ地域医療が第1の医療の単位であって、病院や診療所はその部分、部品であるという認識に転換する必要がある。我が国の医療に計画的な構造をもたらし、ためには、「機能分化した医療施設が連携する地域医療連携体制」を基盤として、我が国の医療を再構築することが必要である。病院と診療所が連携して「地域連携クリティカルパス」による慢性疾患の「地域ぐるみの疾患管理」を構築し、「面としての地域の健康医療の質」を向上させる必要がある。

●日常生活圏に基いた包括ケア

右記の2軸に加え、医療施設中心の医療から、日常生活圏中心、住民中心のケアに移行していく必要がある。日常生活圏とは、小中学校区に相当する圏域を言う。慢性疾患の

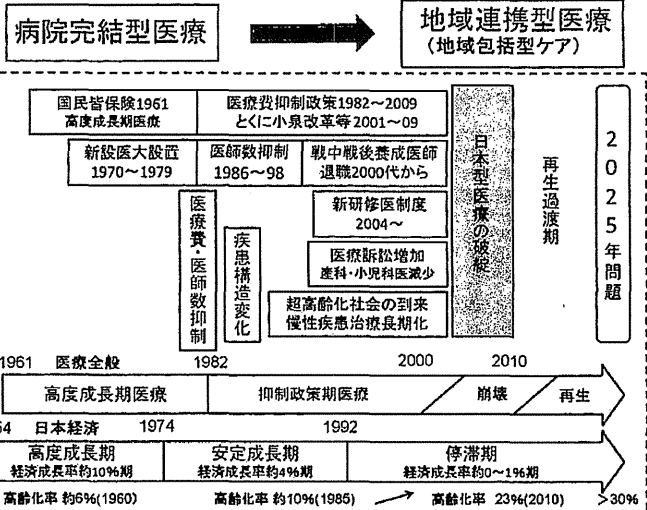


図1 我が国の医療の変遷(経済成長、医療政策、医療状況の関連性)

削減が、98年まで継続された。

②戦時・戦後養成医師の高齢化による世代的医師世代が00年頃から80歳代になり医療からまともに離れた。

③「新医師臨床研修制度」の導入による影響: 新研修医制度は都市部への研修医の集中をもたらし、地方の大学病院に残る研修医の大幅

我が国の医療の再生の軸「連携型医療・包括型ケア」体制へ

(1)我が国の医療・ケア再生の3つに基本概念

地域医療の崩壊を招いた我が国の医療を立

地域医療情報連携の世代論的な発展

我が国の医療の再生を担う「地域連携型医療・包括型ケア」体制であるが、ここでこれらの概念がどのような経緯で生まれてきたか、歴史的経緯を概観しよう。

(1)前史としての遠隔医療期(90年代)

地域医療情報連携の前史は、遠隔医療の概念とともに生まれた。それまで病院情報システムにもっぱら従事していた医療ICTは病院外へと範囲を拡大していったが、その最初の試みは遠隔医療であった。96年に厚生省に遠隔医療研究班が作られ、97年には研究会として活動を開始した(学会化は05年)。

この時期は、まだ「病院完結型医療」のパラダイムは堅固で余裕があり、通常の地域内の医療施設間で連携を行うモチベーションはなかった。連携が必要な医療施設と考えられたのは、医療実践が困難な僻地や離島であり、これらの施設の医療を支援するという意味での遠隔医療的な連携が行われた。

(2)第1世代: 地域医療情報連携の創成期(90年後半から)

90年代の後半から、紹介状の電子化など地域の病院と診療所をつなぐ医療情報ネットワーク構築の試みが行われたが、地域医療情報連携の概念が確立したのは、経済産業省の01年度の補正予算で、26地域が選ばれた「先進的情報技術活用型医療機関等ネットワーク化推進事業」(総額56億円)である。

この事業は明確に、「電子カルテを中心と

せず、他の医療施設と共有化できない病院もあり、これは個人情報保護法の医療特別法等の関連で解決の方向を探る必要がある。

●異職種間の診療情報共有の取り決めについて—患者の同意書の詳細化

地域包括ケアを含む地域医療連携システムの場合、診療情報を共有するのは医師のみでなく、訪問看護師、介護職員、ケアマネジャー、さらに生活支援係の職員など、多くの職種にわたる。これらの間には患者や要介護者の情報に関する守秘義務規定の違いもあり、共有する診療・介護情報の範囲などは厳密に職種間で区別され制御される必要がある。

また医師に関しても、患者との距離（同じ病院、あるいは同じ診療科など）によって、どの範囲の医師まで診療情報を共有するか、患者の同意書を細かく取り、診療情報のアクセス制御に反映する必要がある。著者らは、今年度からの厚生労働科研でこの課題に関する解決を探索している。

(3) 地域医療情報連携システムの診療報酬化へ向けて

●地域医療情報連携のエビデンス提出へ

地域医療情報連携システム、特に介護・福祉も含めた地域統合ケアシステムに関しては、我が国の今後の持続可能型社会における医療・ケアのあり方を示すものである。しかし、それに対する診療報酬に関しては、地域連携クリティカルパスはすでにいくつかの疾患で給付されているが、患者の診療情報相互参照システムなど地域医療連携や包括ケアシステムの基本部分については、いまだ実現されていない。そのため中核病院が経費を負担

したり、参加医療施設が会費を出し合ったりして運営されている。

これに対しては、非公式ではあるが厚労省も、地域医療連携運営の妥当なコスト評価とそれによる医療効果についてのエビデンスがあれば、診療報酬化も可能であると述べている。著者らは厚生労働科研の指定班でこの課題に取り組んでいるが、これは他の多くの団体も巻き込んで探索されなければならない課題である。

●地域医療情報連携に関する諸団体が診療報酬化へ適合する必要性

エビデンス提示とともに、地域医療情報連携に関する学術団体、医療関連団体、業界団体が連合して診療報酬化への運動を推進する必要がある。我が国の医療・ケアの未来は「連携型医療・包括型ケア」の実現とその普及にしかないにも関わらず、その実現のために日々努力している、各地の地域医療情報連携組織が互いに会費を負担して運営している状態は問題である。我が国の医療・ケアの未来を考え、恒常的な財政基盤の確立が喫緊である。

実現する時代が到来—地域統合ケアとPHR

本稿を終えるに当たって、再度強調しておきたいが、「地域連携型医療・包括型ケア」は、単なる一過性の傾向ではなくて、我が国の日本型医療・福祉の破綻を救う現在唯一の将来に向けた医療体制であるということである。このことを認識することによって、地域連携

型医療と包括型ケア体制の構築の必要性・重大さも改めて理解されよう。

EHR/PHRについて触れる紙幅がなかったため、最後に少し言及したい。著者らはかねてから地域医療情報連携の構築とともに、自治体による地域EHRの実現が期待されると論じてきた。最近では、日常生活圏包括ケアにおいて健康・医療・介護情報が、医療・介護職の連携のもとに、タブレット型PCからワイヤレスに医療・福祉クラウドに書き込まれるシステムも出現してきた。このような日常生活健康医療記録から、例えば診察医が、その個人の副作用、アレルギー情報を抜き出し個人の恒常的なリスク情報に要約すれば、生涯型のPHRが実現できる。地域連携システムがEHRを、地域包括ケアシステムがPHRを実現する時代が到来したわけである。文献

- 1 田中 博(特別寄稿)「地域医療の全国的な連携に向けて」月刊新医療 2011年2月号 62, 68
- 2 田中 博「日本版EHRの策に向けて」情報管理 54巻 331-332頁
- 3 田中 博「東日本大震災と医療IT」『高久史郎監修 田中博著』災害医療とIT 18, 29 ライフメディア社 2012

田中 博(たなかひろし) ●49年兵庫県生まれ。81年東大大学院医学系研究科修士。医学博士、工学博士。82年同大医学部講師。87年浜松医科大学学部助教授。90年マサチューセッツ工科大学研究員。91年東京医科歯科大難治疾患センター教授。95年から09年同大情報医科学センター長。06年から10年同大大学院生命情報科学教育部長、大学評議員。03年から07年日本医療情報学会理事長・学会長。11年から地域医療福祉情報連携協議会会長。



災害時と震災後の医療IT体制 そのグランドデザイン

Healthcare IT system in the midst of and after Great East Japan Earthquake Disaster
Grand design for reconstruction of Tohoku-region healthcare IT system

田中 博¹

TANAKA Hiroshi¹

¹ 東京医科歯科大学大学院疾患生命科学研究所 (〒113-8510 東京都文京区湯島1-5-45) Tel: 03-5803-5839
¹ Graduate School of Biomedical Science, Tokyo Medical and Dental University (1-5-45 Yushima Bunkyo-ku, Tokyo 113-8510)

原稿受理 (2012-01-23)
 情報管理 54(12), 825-835, doi: 10.1241/johokanri.54.825 (http://dx.doi.org/10.1241/johokanri.54.825)

著者抄録

東日本大震災について、宮城県石巻・気仙沼医療圏を中心に、災害の特徴を述べ、災害直後の救急活動の現実、さらに災害時のMCA無線や衛星携帯電話、インターネット、SNSなどの情報通信手段や電子カルテシステムの実態および教訓について述べた。さらにそれを踏まえて2012年から本格的に再建される被災地の復興医療IT体制が目標とすべき「災害に強靭な地域医療IT体制」の実現に関して基本となる4つの概念、(1) 全県域クラウドセンター、(2) SS-MIX準拠の2次医療圏の地域医療情報連携、(3) 沿岸部診療所電子カルテASP/SaaS化、(4) 日常生活圏包括ケアのためのワイヤレス通信環境について述べた。

キーワード

東日本大震災, DMAT, 災害派遣医療チーム, SS-MIX, 標準構造化医療情報交換, クラウドセンター, 地域包括ケア, 地域医療情報連携, EHR, 電子記録, 医療IT, 診療情報管理

1. はじめに

1.1 震災復興後の医療IT体制のグランドデザインの着手へ

未曾有の大災害である東日本大震災は、現在のわが国の社会のさまざまな面における脆弱性を明らかにした。医療のIT体制についても同様で、通信インフラの壊滅や交通網の分断の中で、おびたしい犠牲者に対応した救急災害医療は熾烈を極め、患者の診

療記録が津波で消失したことによって、特に慢性疾患の高齢者のケアに非常に困難があった。医療関係者にとって、診療の基礎となる「カルテ」を流した「喪失感」は想像以上に大きかった。このような教訓のもとに「災害に強靭な医療IT体制」とはどのように構築されるべきであるか。この問いは、今後予想される東海地震や南海地震の被害予測地域にとっても、さらに、台風や集中豪雨などの広域災害の可能性のある地域にとっても、切実な課題である。

筆者は「地域医療福祉情報連携協議会」で会長を務める関係から、全国各地から被災地に集まった災害派遣医療チーム (DMAT: Disaster Medical Assistance Team) による救急医療が一段落した頃、厚生労働省の災害対策本部 (当時) から、復興後の医療IT体制作りへの協力を相談された。早速、被災地の実態を把握すべく宮城県石巻市や気仙沼市を訪れた。現地に入り津波が流していった建物の残骸や瓦礫が積み重なって続く荒涼とした光景に驚愕した。市の広がり大きき分だけ、石巻市の被災地域は広範囲で、茫漠とした瓦礫の集積にただ佇むのみであった。ここからどのようにして被災地における医療を再建すべきなのか。

その後、2011年は頻りに宮城県を訪れ、「復興後の医療IT体制」のプランについて宮城県の健康福祉部、宮城県医師会や病院関係者、東北大学医学部関係者とも会合を持ち、2011年10月に設立された「宮城県医療福祉連携情報ネットワーク協議会」でも議論し、以下に述べる「災害に強靭な医療IT体制」についての共通理解を得た。本稿では、災害時での経験から学んだことと、今後構築すべき「災害に強靭な医療IT体制」について本稿執筆時点での構想案について論じたい。

2. 被災時の状況と災害時の教訓

2.1 東日本大震災の被災状況

東日本大震災とは、言うまでもなく2011年3月11日14時46分頃に発生した日本の三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の巨大地震 (東北地方太平洋沖地震) と太平洋沿岸に押し寄せた大津波が起こした未曾有の大震災である。犠牲者は死者15,844人、行方不明3,451人 (2011年12月末時点) で、地震発生から1か月間に被災3県で行われた検視では、当時確認された死者13,135人のうち92.4%に当たる12,143人の死因は溺死であった。地震後1時間ほどで到来した大津波によって一瞬のうちに1万人以上の人間が他界したこと

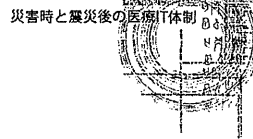


図1 壊滅あるいは被害甚大を被った医療施設

になる。

東北沿岸部では、多くの医療施設が壊滅あるいは甚大な被害を被った (図1)。被害が少なかった医療施設でも、震災直後、広範な停電が起こり、固定電話・携帯電話とも不通であった。通信回線や基地局の被災のため交信が輻輳し、NTTをはじめ通信会社が90~95%程度の発信規制 (従って5~10%しか使えない) を行った。また、交通網も寸断され、被災地では圧倒的に情報量が欠如した中で救急・災害医療を実施しなければならなかった。

筆者は、多くの犠牲者を出した石巻市と気仙沼市の中核病院である石巻赤十字病院 (402床) と気仙沼市立病院 (451床) を訪れ、現地で災害医療活動を牽引している石巻赤十字病院救命救急センター長の石橋悟医師、および気仙沼市立病院の脳神経外科科長の成田徳雄医師 (両氏とも宮城県災害医療コーディネーター) に会い、各病院の災害医療活動について伺い、意見交換した。以下、災害時の医療に関して、



特にこの2つの中核病院・医療圏を軸に記載したい。

2.2 宮城県の石巻・気仙沼医療圏での災害医療の実際と教訓^{1),1)-5)}

2.2.1 院内災害対策本部とトリアージ・ポストの設置

石巻赤十字病院と気仙沼市立病院はともに、それぞれの市圏域の高台にあって被災を免れ、震災直後から災害医療の中核を担うことができた。両病院とも、災害時のマニュアルに従い、地震直後に「災害対策本部」を病院内に設け、「トリアージ・ポスト」を設置した。

トリアージとは、医療資源の制約が厳しい災害医療において、最善の救命効果を得るために、多数の傷病者を重症度と緊急性によって分別し、治療の優先度を決定する方式で、フランス語の「Triage (選別)」からきている。治療優先度に応じて、赤、黄、緑、黒の4色のタグを傷病者の右手首につける。赤は、気道閉塞や出血多量など生命に関わる重篤な状態で一瞬も早い処置をすべき最優先治療群である。黄は、赤に比べると緊急度は低いが、早期に処置をすべき待機治療群であり、緑は、即時の処置や救急搬送の必要のない軽傷の保留群である。黒は、死亡、または生命徴候がなく救命の見込みがないため医療資材の乏しい災害医療では結果的に死亡も止むを得ないとする不処置群である。ポスト(エリア)とは、病院内に搬送された患者をトリアージ別に処置する場所の区分である。

2.2.2 病院の情報インフラの壊滅とMCA無線・衛星携帯とSNSの有用性

震災直後、両病院とも停電して自家発電に切り替えたが、先に述べたように固定・携帯電話とも不通であった。石巻赤十字病院にはMCA (Multi-Channel Access) 無線が災害用に配備されていて、力を発揮した。気仙沼市立病院は基地局が遠いという理由で配備されておらず、その代わりに衛星携帯電話が装備されていた。しかし、一時的な停電のため初期設

定が変わり、受信しかできなかった。宮城県の災害対策本部から気仙沼市立病院の衛星携帯に向けて1日3回定時連絡をすることになった。

通信会社は、携帯電話の音声通信は発信規制したが、インターネットのパケット通信はNTTが一時的に30%規制しただけで、その他の通信会社は一切規制しなかった。それゆえ、メール、Webによる情報供給は大きな役割を果たした。特に、Twitterやmixi、FacebookなどのSNS (Social Networking Service) は被災者にとっても医療関係者にとっても強力な情報収集・発信手段であった。SNSは震災後もつながり、最も高い連絡達成率 (85.6%) を示したことも評価を高めた²⁾。米国のTwitter本社は、創立以来5年間で最も1日のツイート数が多かった日は2011年3月11日だったとするコメントを発表していた。

2.2.3 災害トリアージの今回の特徴、DMATをはじめ救援部隊の活躍

交通網の分断のため震災当日の患者の到来は少なかったが、2日目以降、患者が溢れ返り、また全国各地から被災地域へ自衛隊、消防隊も到達し、被災後10日間で340チーム約1,500人のDMATが被災地に集結した。東日本大震災は、DMATという超急性期医療救援が本格的に稼働した最初の大規模災害といえる。

しかし、東日本大震災での犠牲者は津波による溺死が大半だった。これは、阪神淡路大震災では、家屋の損壊による下敷きで発生するクラッシュ症候群が多く見られたのと異なっていた。従って今回の震災直後の救急医療トリアージにおいては、患者群は死亡群(黒)か軽傷群(緑)に振り分けられることが多かった。

死因の大多数が溺死であるがゆえに、DMAT本来の目的である救命医療を成し得たチームは少数だった。しかしながら、医療スタッフや医薬品、生活物資などの在宅や避難所への投入、陸路、空路を利用して大規模な患者の広域搬送、被災状況の把握など全国各地から来たDMAT、自衛隊、消防隊が被災地に

もたらした「機動力」は素晴らしいものであった。

特に緊急の課題となったのは他の病院では対応できなくなった腎臓透析患者が両病院に集中したことである。気仙沼市立病院では病院の処理能力を超えたので、3月19日に地域の透析患者80名を東松島の自衛隊基地に運び、さらに自衛隊機によって、透析患者を受け入れた北海道へ広域医療搬送を行った。DMAT、自衛隊、消防隊との緊密な連携によって災害当初の緊急事態が乗り越えられた。

2.2.4 高齢者慢性患者中心のケアへ——地域EHR/PHRの不可欠性

一方、軽傷群(緑)や待機治療群(黄)の患者は、高齢者が中心で、震災1週間以内の早期から高血圧、不整脈、糖尿病、発熱など、慢性疾患患者への対応、感染症対策、在宅療養支援が医療の中心課題となった。特に高齢者の活動低下・コミュニティ喪失による廃用症候群への対応が必要だった。慢性疾患患者への対応が重要であった今回の災害では、過去の診療記録が存在すれば、災害時のケアにおいても大きな寄与があったろう。

このような国民一人ひとりの「生涯にわたる健康医療電子記録」は、EHR (Electronic Health Record: 国・自治体が管理する場合) あるいはPHR (Personal Health Record: 個人が管理する場合) と呼ばれ、欧州のいくつかの国では、すでにEHRが国民に対して整備されている(本誌2011年12月号筆者論文⁶⁾ 参照)。災害医療においても診療記録の電子化・外部保存・一括管理を行う地域EHR/PHRの重要性は高い。

2.2.5 災害時の電子カルテ——その光と影

それでは、医療ITは災害時においてどうであったろうか。そこには光と影が交錯した。いくつかの例をあげよう。

(1) 災害後に現場で開発した石巻赤十字病院の災害用電子カルテ

石巻赤十字病院では災害当初の多数の被災患者に

対処するために、最初は手書きでカルテを書き、後からスキャンして電子化した。その後は緊急対応のために検査オーダー数を限定した簡易電子カルテを開発し稼働させた。

(2) バックアップ体制により復元できた石巻市立病院の電子カルテ

一方海岸部にあった石巻市立病院は、1階部分が津波によって浸水し電子カルテのサーバーが被災して、患者の医療情報がすべて失われた。しかし、2008年に電子カルテを導入する際に、同じベンダーということで参考にした山形市立病院済生館の電子カルテシステムと、震災の直前の2月に「万が一の時に備え、医療情報を持ち合う」として専用回線を敷設し、日々の診療データを伝送していた。そのため、患者の喪失された医療情報は復元できた。

(3) 震災時に有効だった岩手県周産期電子カルテネットワーク

また、岩手県の周産期電子カルテネットワーク「イーハート」のサーバーは、内陸部にある盛岡市の岩手医科大学に置かれていたため、今回の大震災の被害を免れた。岩手県沿岸部の妊婦は、母子手帳を消失しても「イーハート」に格納されている妊婦健診の電子化データに基づいて、全員が避難先の病院で健診を受けることができ、また母子手帳も復元され出産もできた。

(4) 津波で消失した沿岸部の診療所の電子カルテ

それ以外では、沿岸部の診療所の電子カルテは津波とともに機能を喪失した。紙カルテなら、泥の中から回収して少しは判読できることもあり、「電子カルテは災害では使えない」という極論が叫ばれた。これは、診療所のin-houseのサーバーを使用していた電子カルテには当てはまるが、後で展開するがASP/SaaS (Application Service Provider/Software as a Service) 型電子カルテを使っていれば、「イーハート」の例に見られるように強力な災害強靭性を発揮できたはずであった。



3. 復興後の医療IT体制の基本概念——「災害に強靱な地域包括ケアIT体制」

3.1 「東日本大震災復興構想会議」の提言にみる復興後の医療IT体制

以上の教訓のもとに、「災害に強靱な地域医療IT体制」とは何か考えてみよう。まず、医療ITの基盤となる復興後の医療体制については、これまでの被災地の医療をそのまま復元する単なる「復旧」ではなく、「理想的な医療のあり方」についての地域医療計画を立てることが、何にもまして重要である。

さて、目指すべき地域医療計画が作成されたとして、「災害に強靱な地域情報連携体制」をどう作るか。被災1か月後に設置された「東日本大震災復興構想会議」は、2011年6月25日に「復興への提言～悲愴のなかの希望～」（以下「提言」と略記）を発表した⁷⁾。そこには筆者らが展開する「災害強靱型地域医療連携」と同様の趣旨の以下の記述が見受けられる。

従来の地域のコミュニティを核とした支えあいやを基盤としつつ、保健・医療、介護・福祉・生活支援サービスが一体的に提供される地域包括ケアを中心に据えた体制整備を行う（「提言」p.14）。

医療サービスについては、…医師等の不足している地域である点を考慮し、医療機能の集約や連携が行われるべきである。この時、在宅医療を推進し、患者の医療ニーズに切れ目なく対応し、…情報通信技術なども活用し、保健・医療、介護・福祉の連携を図るとともに、今後の危機管理のためにカルテ等の診療情報の共有化が進められねばならない（同p.14）。

行政をはじめ、医療、教育等の地域社会を支える分野のデータが震災により滅失したことを踏まえ、これらの分野において、情報の一層のデジタル化を進め、クラウドサービスの導入を強力に推進すべきである（同p.25）。

これらは筆者らが構想する復興後の医療IT体制の、次の2つを基本要件と合致するものである。

3.2 第1要件「災害に強靱な地域医療情報連携」——診療情報の喪失に対する強靱性

3.2.1 「地域医療情報連携」と「診療情報地域バックアップ機能」を合体したシステム

今回の災害医療では早いうちから、高齢の慢性疾患患者のケアが中心となったが、これら被災者が受診していた病院や診療所のカルテが津波で流されて、常用していた処方箋も、既往歴や正確な現病名も一切わからなかった。このことは今回だけでなく災害が起こるたびに何度も、例えば新潟県中越地震のときにも、指摘されてきたことである。

復興後の医療IT体制としては、このような「災害による診療情報の喪失」に対して強靱性を有した体制でなければならない。そのためには、地域的拡がりにおいて、病院や診療所の医療情報を連携し相互共有する地域医療情報連携体制を実現する必要がある。

具体的には連携した病院・診療所の診療記録や要約情報を電子化し、その病院や診療所の属する2次医療圏の中核病院にリモートでデータ伝送し診療情報をバックアップする体制を作る必要がある。中核病院が安全な立地になれば、安全な立地にある（クラウド）データセンターに診療情報を伝送する。これは、全国各地で推進されている「地域医療情報連携」システムに、「診療情報の地域的バックアップ機能」を合体したシステムであり、これが「災害に強靱な地域医療情報連携」の基本となる。

これまでは、それぞれの病院が診療情報の公開サーバーを設置して、他の病院や診療所がこれを参照していく、「分散型地域医療情報連携システム」が多かった。このような地域医療情報連携システムでは、どこかの病院／診療所が被災すればその情報は失われて回復しない。やはり物理的にも、地域医療情報連携内に患者情報を集中的に管理するデータセンターが必要である。

3.2.2 標準構造化医療情報交換（SS-MIX）を基礎とした地域医療情報連携

「災害に強靱な地域医療連携システム」は、中核病院と中小規模病院／公立診療所との「ネットワーク情報連携」を基盤として構築される必要がある。例えば、石巻医療圏であれば、女川町立病院、石巻市立牡鹿病院、石巻市立雄勝病院、石巻市田代診療所などで、気仙沼医療圏では、志津川、本吉病院である（図2）。

(1) リモートダンプファイルによる2重化

まず、患者基本情報、検査値情報や処方歴情報に医事のレセプトデータなどの日々収録するバックアップファイル（ダンプファイル）を圧縮して、中核病院あるいはクラウドデータセンターの診療情報バックアップサーバーにリモートで転送する。しかし、ダンプファイルは、災害時までのファイル情報、メモリー情報を圧縮保存したもので、災害後すぐに使用できない。

(2) リモートSS-MIXストレージによる2重化

災害後ただちに利用する各病院の診療情報としては、最低限、患者基本情報、検査結果、処方履歴がある。これらだけでも、厚生労働省の「標準構造化医療情報交換」（SS-MIX: Standardized Structured Medical Information eXchange）形式に変換し、医療圏の中核病院にあるいはクラウドデータセンターのサーバーに伝送してリモートSS-MIX標準化ストレージとして蓄える。

SS-MIXとは、検査値ならHL7（ver.2.5）、医用画像ならDICOMという国際標準に従ってコード化した医療情報を所定のディレクトリ構造（患者ID、診療日、データ種別、各種データファイル）に基づいて格納したストレージである。

このことによって、中核病院あるいはデータセンターと連携している各中小規模病院は、災害で医療情報を喪失しても、その病院情報システムベンダーのクライアントシステムなしに読み出すことが可能である。

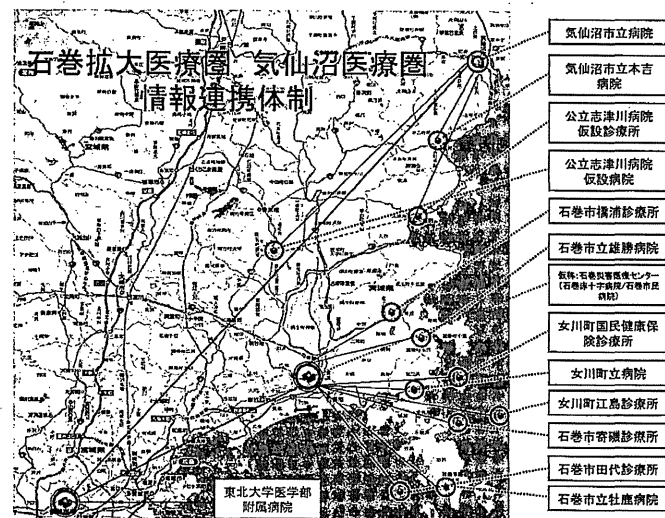


図2 石巻医療圏と気仙沼医療圏の医療圏内連携と全県域基幹病院（東北大学病院）との連携



3.3 第2要件「災害に強靭な地域包括ケア」—— 高齢者「日常生活圏」包括ケアのIT支援環境

災害を受けた地域は、過疎高齢化が全国より著明に進行しており、例えば気仙沼市では65歳以上人口が30%以上と2040年頃のわが国の高齢化状況を先取りしている。ここでは、単なる医療の連携では対応しきれない、近年しばしば議論されている「健康・医療・介護・福祉・生活支援サービスによる地域包括ケア」の実現が重要な要件になる。この包括的ケアに関しては、若干の概念の混乱があるので、著者らは、圏域を明示するときには「日常生活圏包括ケア」と呼んでいる。

被災以前に、この包括的ケアが進んでいたかどうかを問わず、現在どれだけ長期化するかわからない仮設住宅での要介護高齢者の包括ケアのために、仮設のサポートセンターを中心とした情報環境が必要とされる。被災によってこれまでの環境とは違う、仮設住宅地域での要介護高齢者の包括ケアにおいて継続性を支援するIT環境が必要である。これは日常生活圏包括ケアの事業継続計画、いわゆるBCP (Business Continuity Plan) に関わる課題である。

以上の2つの属性、すなわち「住民の医療情報の喪

失に対する強靭性」をもった「災害に強靭な地域医療情報連携」と「健康・医療・介護・福祉・生活支援サービスによる包括ケアの災害における継続可能性」の意味での、「災害に強靭な地域包括ケア」が、復興後の医療IT体制の基軸となろう。

4. 階層的な地域医療IT体制

4.1 ケアの圏域のニーズに応じた「圏域階層的な医療IT体制」

それでは、どのような構造の地域医療連携システムを全県的医療IT体制のもとで実現すべきであろうか。

復興後の医療IT体制で重要なのは、町村圏域や医療圏、全県域の各圏域レベルで、実現すべきケアのニーズと目標が異なることである。そのため、復興後の医療IT体制は、それぞれの圏域に適合するITシステムが階層的に統合された地域医療情報システムである必要がある。すなわち、ケアの圏域の広がりに応じて異なる医療・介護のニーズに応えるための「災害に強靭な『圏域階層的な地域医療IT体制』」である(図3)。

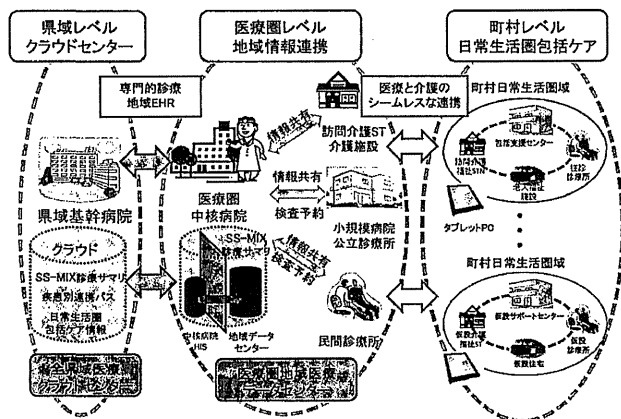


図3 階層的な地域医療情報連携の構造

4.2 町村圏域レベルでのIT課題：日常生活圏包括ケア支援情報基盤

町村圏域の課題は、すでに述べたように慢性疾患に悩む要介護高齢者に対する医療・介護・生活支援を含めた包括的ケアである。

ネットワークインフラも十分ではない状況にあるので、往診医、訪問介護・看護者、ケアマネージャ、デイサービス、老人保健施設、町村の生活支援サービス係など、職種を越えて、高齢者のケア情報をワイヤレスで、例えば「電子連絡帳」という形で共有し、タブレット型PCでクラウドデータセンターに入力、蓄積、閲覧できる情報共有の仕組みが必要とされる。

包括ケア情報の蓄積は、「個人の生涯にわたる健康情報基盤」、すなわち、PHR (Personal Health Record) の基礎となる⁹⁾。さらにその電子連絡帳から往診医が要約した、その患者特有の「リスク情報」が、別なディレクトリに格納される必要がある。それはその高齢者にとって自らを医療・介護のリスクから守るために薬剤副作用情報、アレルギー情報などをまとめたもので、医療・介護関係者にぜひ知ってほしい患者情報である(図4)。

4.3 (拡大) 医療圏レベル：災害に強靭な地域医療のための情報連携基盤

4.3.1 拡大医療圏での地域連携

2次医療圏の復興後の医療IT体制については、既に述べたようにSS-MIXリモート・ストレージを中心とする「診療情報バックアップ機能を補強した地域医療連携システム」が実現される。ただ、2次医療圏だけでは、患者の受診行動をカバーできない場合がある。例えば、宮城県では7つの2次医療圏があるが、これらは(1)石巻拡大医療圏(石巻、登米)、(2)気仙沼医療圏、(3)大崎拡大医療圏(大崎、栗原)、(4)仙台医療圏、(5)仙南医療圏の5つの(拡大)医療圏にまとめるのが適切である。このように実質的には数個の医療圏が合体した拡大医療圏も含めて、それぞれに中核病院を決め、そこに医療圏データセンターを置く。このセンターと町村レベルの小中規模病院/診療所をつなぐ「災害に強靭な」地域連携システムを構築する(図5)。

4.3.2 沿岸部の診療所のASP/SaaS型電子カルテの導入

被災沿岸部に再建される診療所は、必ず電子カルテを導入して「診療情報のデジタル化」を行う。被

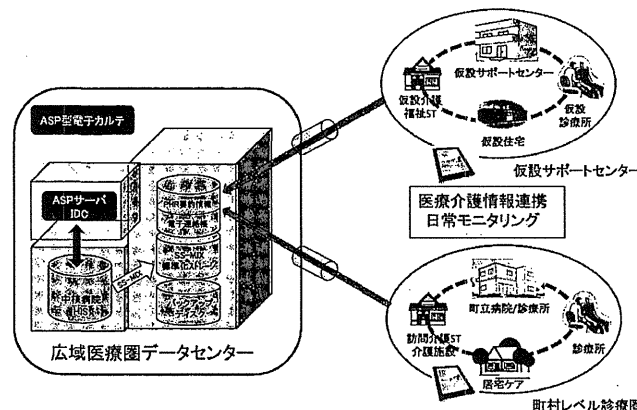


図4 中核病院あるいはクラウドセンターと日常生活圏包括ケア

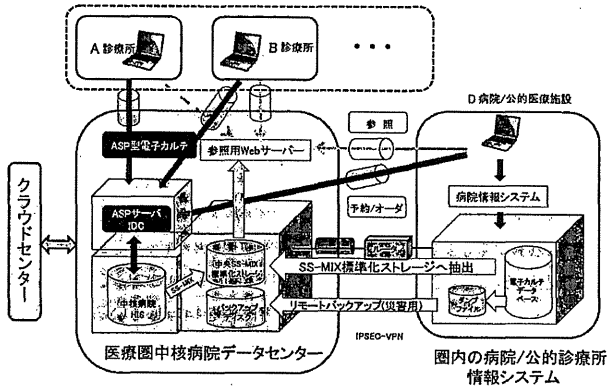


図5 医療圏の中核病院に設置した医療圏データセンターの構成

災沿岸地域の診療所は、ASP/SaaS型の電子カルテを装備すべきである。そうすれば、電子カルテのソフトウェアや患者データも中核病院やデータセンターのサーバー上にあり、これを使用する診療所には、Webブラウザさえあればよい。従って、診療所が被災しても以前と同様の診療活動が、インターネットさえつながればどこでも可能である。

4.4 全県レベル：全県医療情報のクラウドセンター

それでは、全県レベルではどのような医療IT体制が必要だろうか。

(1) 全県域の基幹病院の役割と全県域医療情報クラウドセンター

全県域医療の中心は、全県域基幹病院、例えば各県の大学病院あるいは県立中央病院であろう。しかし、それが運営管理するクラウド型のデータセンターは、必ずしも基幹病院内に置く必要はない。全県域基幹病院では、医療活動においては、2次医療圏の中核病院では困難な症例について医用画像伝送とか遠隔コンサルテーションなどを行い、重症患者の緊急搬送などを実行する。

(2) 全県域の診療情報/要約情報の保全

これまでは各医療圏の診療情報に対するバックアップ機能は、中核病院や医療圏のデータセンターにSS-MIXサーバーを置いて持たせた。しかし、災害に対する強靭性を確実にするために、全県域クラウドセンターにも、たとえ診療情報の要約でもよから、県の全医療圏の診療情報のバックアップデータを置くことが推奨される。

(3) 疾患別クリティカル・パスの診療情報の蓄積利用
さらに、地域医療連携においては、脳卒中、糖尿病、がん、大腿骨頸部骨折など、地域内の病院、診療所が1人の患者の治療において連携する「疾患別の地域連携クリティカル・パス」が実施されている。これらの「疾患別地域連携クリティカル・パス」は、異なった2次医療圏にまたがることもあるので、医療圏のデータセンターよりも全県域クラウドセンターに情報蓄積されることが必要である。

(4) 地域包括ケア情報のデータセンター

日常生活圏包括ケアの医療や介護の情報は、医療圏のサーバーに置くこともできるし、全県域クラウドセンターに置くこともできる。

表1 「災害に強靭な医療IT体制」の4原則

- ①全県域：地域医療情報クラウドデータセンターの設置
- ②2次医療圏域：地域医療情報連携システムの構築
- ③沿岸部診療所：ASP型電子カルテの装備
- ④町村域（日常生活圏）：医療・介護・生活支援の地域包括ケア支援情報環境

4.5 「災害に強靭な医療IT体制」の4原則

以上のように段階的な災害に強靭な医療IT体制は、表1に掲載した4原則にまとめることができる。

5. おわりに

以上、東日本大震災について、宮城県石巻・気仙

沼医療圏を中心に災害医療の実際と医療ITの教訓、さらにそれを踏まえて2012年から再建される復興医療IT体制の基軸について述べた。今後も、被災3県の災害医療を担当している医療関係者とともに「災害に強靭な医療IT体制」の構築に微力ながらも協力していきたい。

本文の注

注1) 本論文の石巻赤十字病院、気仙沼市立病院の災害医療活動についての記述は、石橋悟氏および成田徳雄氏から直接聴取した情報を基礎にしている。災害医療の資料については、そのほかに参考文献の1)から5) などがある。

参考文献

- 1) 総務省. 東日本大震災に対する総務省の取組状況について. 2011-07-21. http://www.jaipa.or.jp/IGF-J/2011/110721_soumu.pdf, (accessed 2012-01-30).
- 2) 石巻赤十字病院, 由井りょう子. 石巻赤十字病院の100日間. 小学館, 2011, 228p.
- 3) 石巻赤十字病院災害対策本部. 東日本大震災活動状況. <http://www.ishinomaki.jrc.or.jp/img/shinsai01.pdf>, (accessed 2012-01-30).
- 4) 横山成邦. 東日本大震災における気仙沼市立病院が果たした役割と災害拠点病院としての問題点. 第1回災害医療等のあり方に関する検討会資料2. 2011-07-13. <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001j51m-att/2r9852000001j5g5.pdf>, (accessed 2012-01-30).
- 5) 本間聡起. 東日本大震災における医療支援の実態と新しい支援形態. <https://www1.gsec.keio.ac.jp/upload/freepage/file/aXCqrPEHgwpl.pdf>, (accessed 2012-01-30).
- 6) 田中博. 日本版EHR (Electronic Health Record) の実現に向けて. 情報管理. 2011, vol. 54, no. 9, p. 521-532.
- 7) 内閣官房 東日本大震災復興構想会議. 復興への提言～悲惨のなかの希望～. 2011-06-25, 第12回東日本大震災復興構想会議.

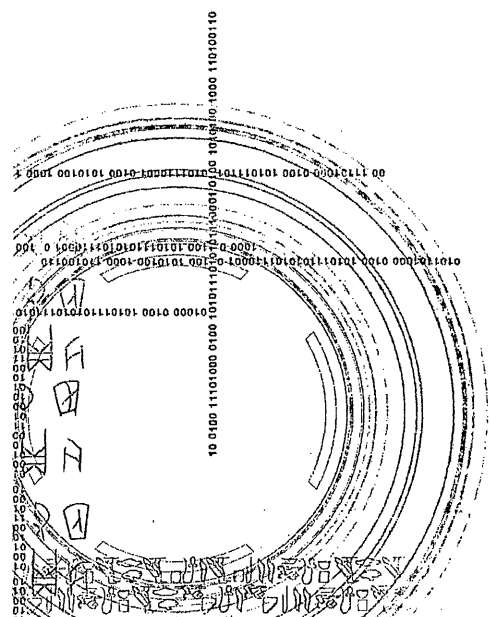


Author Abstract

In this article, we described what was really going in the disaster medical care at the Great East Japan Earthquake, mainly in Ishinomaki and Kesen-numa areas. As for exchange tools of the disaster information, in contrast to the breakdown of fixed-line and mobile phone, MCA radio system, satellite mobiles and internet, especially SNS, were greatly helpful. Learned from the disaster experiences, we are making the grand design for "disaster-robust" regional healthcare IT systems, which are composed of (1) cloud center storing whole-prefecture medical records, (2) SS-MIX based regional healthcare information systems of "the second medical care zones", (3) ASP/SaaS typed electronic medical record system for all clinics located at Pacific coastal areas, and (4) wireless communication environment supporting comprehensive care of elderly for daily living activities.

Key words

Great East Japan Earthquake, DMAT, Disaster Medical Assistance Team, SS-MIX, Standardized Structured Medical Information eXchange, cloud center, regional comprehensive care, regional healthcare information system, Electronic Health Record, electronic record, healthcare IT, health information management



The Great East Japan Earthquake

By Atsuhiko Nakagawa, Hajime Furukawa, Ryota Konishi, Daisuke Kudo, Takashi Matsumura, Dai Sato, Yoshiko Abe, Toshikatu Washio, Tatsuhiko Arafune, Satoshi Yamanouchi, Shigeki Kushimoto, and Teiji Tominaga

A n earthquake of magnitude 9.0 occurred off the northeast coast of Japan at 2:46 p.m. (local time) on Friday, 11 March 2011, with the epicenter approximately 70 km (43 mi) east of the Oshika Peninsula and the hypocenter at a depth of approximately 32 km (20 mi) below sea level [Figure 1(a)] [1]. The earthquake triggered powerful tsunami waves, which reached heights of up to 40.5 m (133 ft) in Miyako and traveled up to 10 km (6 mi) inland in the Sendai area. As of 30 March 2012, a total of 18,897 people were either dead or missing.

Lessons Learned from the Incidents at Tohoku University Hospital During the First 72 Hours

Tohoku University Hospital (TUH) is affiliated with the largest academic institute and serves as the largest teaching and referral hospital in the affected area, with 1,308 beds and 2,500 staff members. TUH also serves as one of three emergency

centers in Sendai (population of over 1 million), equivalent to a level I trauma center in the United States, and it is one of 14

facilities designated as a disaster control hospital in Miyagi Prefecture (population approximately 2.3 million). TUH is located in central Sendai, about 10 km (6 mi) away from the seacoast [Figure 1(b)].

Within 15 min, a headquarters for disaster control was established at TUH following the end of the strong shaking caused by the earthquake (Figure 2). Identification of damage to facilities and casualties began, outpatient clinics were closed, and a triage post was set up to manage the large number of expected injuries. Event chronologies were recorded in two divisions of TUH, and these recordings continued until 15 April. These chronologies served as important methods to share information under the heavy restrictions of telecommunications (Figure 3) [2]–[4].

Business continuity plans are essential for being prepared to deal with unexpected events, to mitigate and minimize damage, and to maintain the functions of a disaster control hospital. Many unexpected events occurred during this disaster [5]. Meticulous analysis of the recorded chronologies using a multidisciplinary approach has provided many lessons to address such problems in the future.

This study analyzes the chronologies of the first 72 h after the onset of the disaster, during which time mismatches occurred between numerous needs (the rate of life saving significantly decreases after 72 h, accelerating requests for medical attention and the establishment of temporary organization<AU: Please

check whether the edited sentence conveys the intended meaning.>); losses and damage caused total or near-total dysfunction of various infrastructures, including electricity, gas, water, telecommunications, and transportation; and difficulties occurred in integrating and dispersing the correct information. The issues related to events, damage, resources, and unexpected events have been separately analyzed to facilitate the identification of critical functions of a disaster control hospital.

First Day (11 March): Up to 9 h After the Onset

Overview

The Disaster Information System (DIS), established by the cabinet office of the Japanese government, estimated 1,000 deaths, 2,000 critically injured, 50,000 building collapses, and 700,000 refugees only 7 min after the onset of the disaster (2:53 p.m.). After hearing this DIS information, we expected that our hospital would have to serve as a field hospital with enormous numbers of patients for at least two weeks. However, the number seemed to be an overestimate since we were working in a cutting-edge, quake-proof building. But as we saw the horrible damage caused by the giant tsunami on television and heard of several hundred deaths in the Arahama district—a coastal residential and fishing port village in Wakabayashi, Sendai—at 10:00 p.m., we realized that these numbers were still underestimates.

Because TUH does not have exclusive space for disaster control headquarters, we were supposed to set up this space after the onset of any disaster. Our disaster control headquarters was established within 15 min after the onset of the earthquake under the leadership of the chair of the hospital. The headquarters had taken more than 1 h to set up during the first drill two years ago, but the time was gradually reduced by subsequent drills. We started recording chronologies at two places, the disaster control headquarters and the emergency center, around 3:30 p.m.

Damage

Numerous reports were sent to the disaster control headquarters after the end of the long-lasting shaking, including evaluations

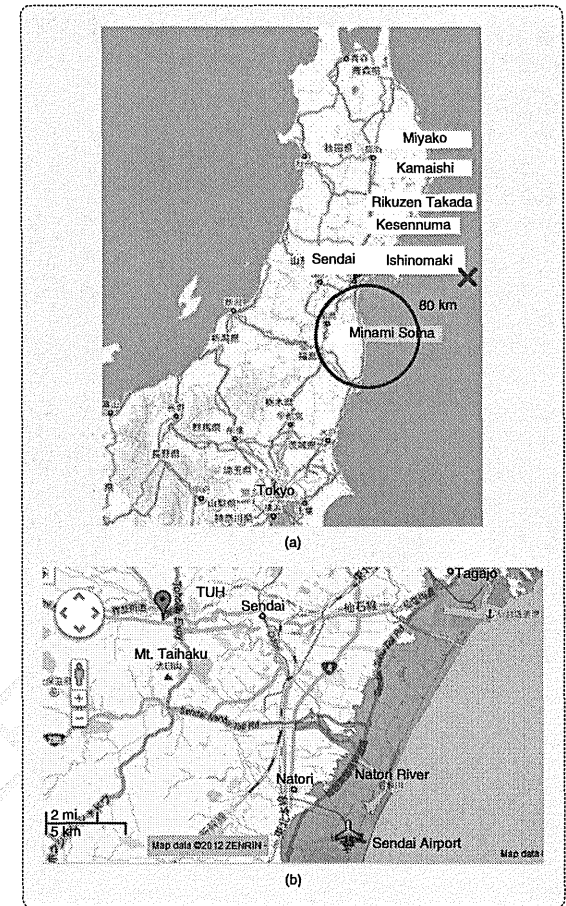


FIGURE 1 (a) Location of Sendai, the Fukushima Daiichi Nuclear Plant, and the area severely damaged by the giant tsunami in the Tohoku (northeast) District. The circle indicates 80 km from the Fukushima Daiichi Nuclear Plant. (b) Location of the TUH. The hospital is located about 10 km away from the seacoast. The red area shows the district invaded by the tsunami.<AU: From where were these images obtained, and do you have permission to use them?>

of the safety of patients and staff and damage to the facilities. Electricity, gas, and water supplies stopped immediately after the onset of the earthquake. The electricity and gas companies gave notice of an indefinite cease of supplies a few hours after the earthquake. The hospital switched to an emergency electrical source, but was limited to minimum usage until recovery of the commercial supply on 12 March. Failure to recover the electricity, gas, and water supplies would cause serious problems

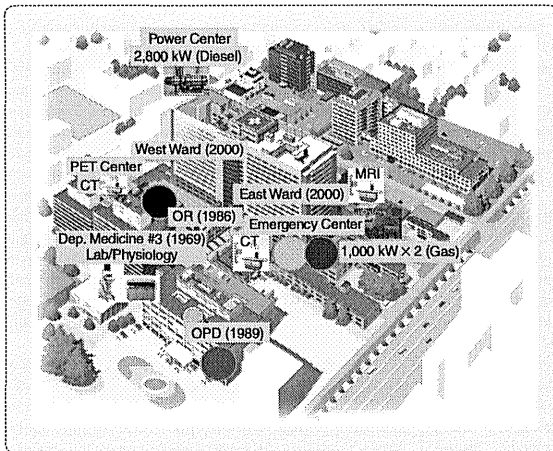


FIGURE 2 Overview of the TUH. The green, yellow, red, and black circles show the triage areas, classified according to the seriousness of the patients' conditions. The year of construction of each building is shown in parentheses. The TUH had the capacity to generate 4,800 kW by private power supply in times of emergency. However, 2,000 kW supplied by gas was not available due to stoppage of the gas supply. In addition, private power generation by stock diesel was limited to 50% of the maximum, so the whole facility had to operate with 18.5% of the normal power on 11 March.

for continuing the hospital's services, as the storage of water and type A heavy oil (internationally categorized as diesel oil) for the private electricity generator would only last only around 72 h.

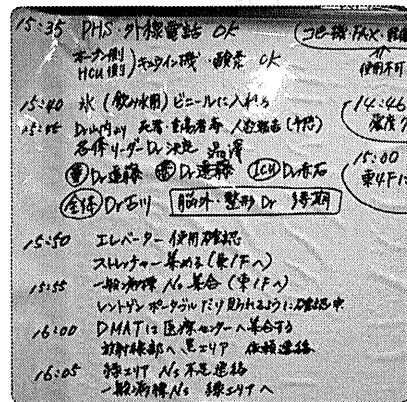


FIGURE 3 First chronology recorded in the emergency center on 11 March. We started recording within 30 min of the onset of the earthquake. <AU: From where was this image obtained, and do you have the permission to use it?>

Unfortunately, the unexpected limitations of our private power-generation facility prevented the use of four computed tomography (CT) scanners, including the one in the emergency center, because of the potential risk for blackout in the building complex and emergency center. Fortunately, the CT scanner in the positron emission tomography (PET) center, which is approximately 100 m (109 yd) away from the emergency center, became available at 10:00 p.m. (Figure 2).

Undesirable temperature rises in the computer server room forced a manual shutdown of the computer system, including the image reference system, ordering system, and part of the electrical medical information system, about 1 h after the onset of the disaster. The computer server system was connected to the emergency electricity supply, but the associated air conditioning system was not, resulting in the undesirable increase in the temperature of the computer system.

The Personal Handy-Phone System

for in-hospital communication had been restricted immediately after the onset of the disaster, partly due to damage to the circuit board of the base station, caused by the abrupt termination of the electricity supply and the explosive increase in the number of users. Laboratory and physiology tests were completely unavailable, as they were located in a building with a potential risk of collapse. Originally built in 1969 (Figure 2), the building was earthquake proof (comprising structures with seismic force-resisting systems), but was not structurally equipped with damping systems or seismically isolated, due to lower standards of building codes at the time of construction. The electricity, water, and gas supply stoppages also contributed to the closing of the laboratory. Therefore, laboratory tests for the entire hospital had to be performed using several small instruments located in the dialysis center in the East Ward (built in 2006) until the reestablishment of the laboratory in the West Ward (built in 2000) on 20 March (Figure 2).

Surgeons and staff had difficulty deciding whether to continue or terminate operations. Although there are rules governing the termination of surgical operations as quickly as possible, depending upon the severity of the disaster, it was difficult to attain information on 11 March on the earthquake's severity—small- to medium-level earthquakes often occur, and a medium-strength quake had occurred only two days earlier. Even after prompt termination of operations, none of the patients could return to their wards due to elevators

that were out of service; therefore, the patients filled the intensive care unit on the same floor. All suction systems in the hospital, except for the independent system in the operation room, were out of service due to compressor failure caused by the limited electricity supply.

Allocation of Material and Human Resources

Numerous staff members spontaneously reported to the hospital, abiding by the rule that staff should come to the hospital if the seismic intensity level exceeds 5 in Miyagi Prefecture and nearly 5 in Sendai. Three hundred staff members reported for duty immediately after the onset of the disaster, but these human resources could not be allocated efficiently due to difficulties in integrating information for estimating the profile of the disaster, including damage to the hospital and in the local districts and regions.

Supplies stopped coming from outside the hospital, so we had to reallocate available materials inside the hospital. Because of the occurrence of aftershocks and potential risk for injury, all of the elevators in the hospital complex (more than 50 elevators), which had gone out of service after the earthquake, could not be returned to service even by the in-house authorized engineers on 11 March. Out-of-service elevators in 17-story buildings caused difficulties in reallocating materials to the required locations. The nonworking elevators also affected transportation of patients from both outside and within the hospital. Since four to six personnel had to carry a single patient using the jammed narrow stairs [Figure 4(a) and (b)], higher floors could not be used to accommodate patients from outside.

Unexpected Events

The first ambulance arrived at 4:35 p.m., nearly 2 h after the onset of the disaster. Heavy traffic congestion due to the blackout of traffic signals and limitation of access to fire departments due to high demand might explain this unexpected delay. Only two red-tagged patients and five green-tagged patients arrived at the hospital during the first 5 h, which completely contrasted with expectations. The same trend was observed throughout the major secondary and tertiary referral centers in Sendai. Heavy snow began to fall around 4:00 p.m. [Figure 4(c)].

Staff members manning the triage post located outside the emergency center, and all other patients and staff, had to remain inside the hospital building, where all the heating systems had stopped, causing considerable stress. Many chronic

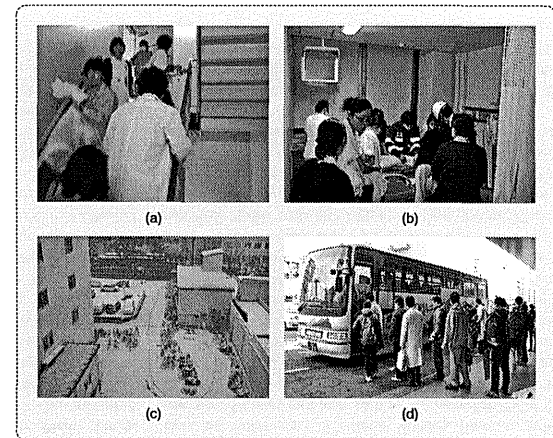


FIGURE 4 (a) Stairs in the West Ward a few hours after the onset of the earthquake jammed with staff, visitors, and elevators. (b) Patients being carried on backboards by four to six personnel because elevators had stopped. (c) Snow falling soon after the onset of the earthquake (about 4:00 p.m. on 11 March). (d) Medical staff being dispatched to most of the affected regions, about 50 staff per day at maximum (14–17 March). <AU: From where were these images obtained, and do you have permission to use them?>

disease patients requiring home oxygen therapy and patients with ventilators came to the hospital, not only because of the aggravation of their medical conditions but also because electricity, oxygen, and water for their oxygen concentration devices and ventilators were not available at their homes. We did not expect such an inflow of chronic disease patients merely seeking access to supportive medical instruments. Since it could not be estimated when these resources would return, these extra patients and visitors continually increased the burden on hospital functions. However, because the electricity for the oxygen reservoir building was supplied by solar panels, the amount left could be monitored remotely, which helped to facilitate efficient liquid oxygen supply.

Second Day (12 March): 9–33 h After the Onset

Overview

Several large earthquakes struck the northern Nagano and Tokai districts, in addition to numerous aftershocks in the Tohoku region in the early morning of 12 March, which made us worry about the delayed support to the Tohoku district. Fortunately, the damage was relatively localized, and we tried to stabilize our facility. Since medical supplies were extremely limited, seriously injured patients were evacuated from the region for the first time in Japan, under close cooperation between the Self Defense

Force (SDF), government, and members of the Miyagi disaster medical care coordinator.

Damage

Water leakage was reported immediately after the onset of the earthquake. Not only our hospital but all medical facilities continued to have problems with water leakage until the end of March, and several hospitals had to close wards or even buildings. Buildings containing physician offices and laboratories were closed because of the potential risk for collapse. Operations were largely restricted due to prohibitions on entry to the building and restrictions for sterilization. During the most critical period, sterilized medical items were supplied by neighboring prefectures.

Allocation of Material and Human Resources

We requested medical and food supplies from nearby university facilities on the morning of 12 March. Medical supplies were expected to last for two days, so we had to limit their use and reorganize the existing supply; this included collecting supplies requiring refrigeration to prevent them from spoiling as a result of the electricity blackout.<AU: Please check whether the edited sentence conveys the intended meaning.> However, we were still at risk for supply shortages because suppliers' warehouses were critically damaged by the tsunami.<AU: Kindly check whether the edited sentence retains the intended meaning.> Our hospital generally receives medical gas supplies once a week; the last delivery had occurred two days before the onset of the earthquake. The delivery trucks were also destroyed by the tsunami, so the remaining amount was carefully calculated. For inpatient emergency food, we had prepared one meal per patient in each ward in case of elevator stoppages, and enough for three days in the central facility. These emergency food supplies included meals for babies with special diets and patients with swallowing disturbances. We had just started preparing 3,000 emergency meals for staff members in 2010 as part of a program extending for a period of five years. Despite generous food contributions made by in-hospital shops, staff members staying in the hospital faced immediate food shortages.

Unexpected Events

The SDF requested that we accommodate seven patients with accidental hypothermia at 6:35 p.m. We accepted the request and immediately made room in the emergency center with the help of extra staff members. However, the patients had already been sent to Ishinomaki Red Cross Hospital, Ishinomaki, Japan, which cared for 1,200 new patients that day. This episode reaffirmed the importance of handling information correctly, widely, and promptly, even in situations where most of the infrastructure is not working. Administrative staff also had to deal with numerous other issues, such as requests for battery recharging in the outpatient clinic and strangers cooking in a medical facility where admittance is usually prohibited.

Our hospital is located over 80 km (49 mi) away from the Fukushima Daiichi Nuclear Plant, Okuma, Japan [Figure 1(a)], but the accident grew more threatening day by day as reports were made by the Japanese government and the media.

Therefore, the administrative staff had to organize medical preparedness for radiation exposure, which was also a huge burden.

Third Day (13 March): 33–59 h After the Onset

Overview

Internet connectivity was recovered at 2:45 p.m., and the hotline to the headquarters of Tohoku University was recovered at 3:25 p.m., which accelerated the recovery process. The staff members were well organized and did not have any specific problems in dealing with the increasing transfers of in- and out-patients and relief materials by land and air transport.

Allocation of Material and Human Resources

Patients without medical records, especially the elderly, caused many problems, especially with the SDF bringing them in large numbers.<AU: Kindly check whether the edited sentence retains the intended meaning.>

Unexpected Events

Many chronic disease patients lost their medications and medical records. The situation was even worse for elderly patients or those with dementia. Some patients even presented difficulties in determining their names.

Fourth Day (14 March): 59–72 h After the Onset

Overview

Following the recovery of Internet connectivity and telecommunications, as well as increased material and human support from outside the affected area, the hospital began preparations for managing functions autonomously and taking care of patients from other districts. The number of patients from the Sendai area decreased, and the number of patients from the worst-affected areas began to increase. The dispatch of medical staff and accommodation of all referred patients were two primary hospital policies announced by the chairman. More than 50 staff per day were dispatched [Figure 4(d)], and more than 300 referral patients were accommodated during March. The effort also began to reopen the outpatient clinic. The exchange of information began to increase with Ishinomaki Red Cross Hospital, which was almost completely isolated in the most severely damaged region, and immediate support for psychological disorders was requested.

Damage

Water leakages were reported occasionally, although the number and severity of incidences had decreased. Numerous reports concerned resuming the computer-based medical systems.

Allocation of Material and Human Resources

Following the recovery of telecommunications, transfer of stabilized patients between neighboring hospitals was resumed, thus allowing for the accommodation of new patients from the most severely damaged areas.

Unexpected Events

The problems at the Fukushima Daiichi Nuclear Plant began to be widely publicized. The lack of access to information caused intense psychological stress for the staff members.<AU: Kindly check whether the edited sentence retains the intended meaning.>

Discussion

An analysis of the chronologies during the first 72 h after the onset of the earthquake clearly demonstrated mismatches between the problems caused by various medical requirements, the loss of infrastructure, and dysfunction in resource supplies and flow. Even in such a situation, decision making and action clearly had to be far-reaching, prompt, and decisive. Various issues related to the cause of mismatches during this disaster may serve as lessons for alleviating such problems during future disasters.

Profiles of the Casualties Depend on the Specific Disaster

Government and administrative organizations did expect the earthquake to generate a tsunami off the coast of Miyagi. The prefectural government estimated 96–164 deaths, and 4,014–6,170 injured, including 468–658 critically injured, mostly as a direct result of the earthquake [6]. However, the actual casualties were 9,512 dead, 1,688 missing (as of 11 March 2012), and 3,792 injured in the Miyagi Prefecture, with over 90% of the deaths caused by the tsunami. Our preparations and drills were based on the expectation of mainly trauma and crush syndrome injuries, as in the great Hanshin-Awaji earthquake [7]. However, the number of patients was far lower than expected, especially those with trauma or injuries caused extrinsically. Strict building regulations had been enforced based on the prediction of a large earthquake in Miyagi (over 99% probability over the next 30 years) [8], and these precautions resulted in fewer building collapses, preventing further casualties.<AU: Please check whether the edited sentence conveys the intended meaning.> In this disaster, the tsunami caused an overwhelming number of casualties, and most affected people either died or were rescued with minimal injuries. This casualty profile is in contrast with that of the great Hanshin-Awaji earthquake, a direct-hit earthquake characterized [9] by numerous acute trauma injuries caused by building collapse, crush syndrome [10], and burns due to fires [11]. The present disaster indicates that the profiles of patients totally differ according to the type of disaster. Therefore, it is important that all aspects of a disaster are determined promptly and accurately, especially in the earliest period of the disaster.

The disaster occurred in early March, and the average temperature often remained below 0 °C (32 °F) in the affected region. Moreover, snowfall occurred, including a heavy fall immediately after the earthquake on 11 March. People affected by the tsunami as well as refugees in evacuation shelters, and even healthy staff members working in the hospital, greatly suffered due to the low temperatures. It is not hard to imagine that many patients and refugees suffered accidental hypothermia, resulting in endogenous diseases such as pneumonia and infection due to

the lack of heating systems [12], [13]. We have recognized this influence of the environment, including temperature, but the situation could have been even worse in the hot and humid summer with the occurrence of heat stroke and infectious disease.

The admission of patients due to loss of infrastructure, including chronic renal failure patients who needed dialysis and chronic respiratory disease patients who needed home oxygen therapy or a ventilator, was also typical of the present disaster. Since the entire Tohoku district lost its electricity supply (8 million consumers) immediately after the earthquake, many chronic respiratory disease patients with home oxygen therapy also visited the hospital due to the unavailability of oxygen concentrators and interrupted oxygen delivery by the supplier. Chronic renal failure patients receiving dialysis in secondary referral hospitals and clinics also visited tertiary referral hospitals due to the unavailability of dialysis equipment. We did not expect to have to deal with additional patients due to the unavailability of resources.<AU: Kindly check whether the edited sentence retains the intended meaning.> Hospitals, especially in the region directly affected by the tsunami, were also crowded with chronic disease patients seeking medication, since supplies of prescribed drugs and local pharmacies were lost in the tsunami. Networks (especially dialysis networks) efficiently worked in this disaster to deal with such high numbers of new patients by transferring them elsewhere, thereby creating space for new patients and reducing the consumption of available resources.

Business Continuity Plan of the Disaster Control Hospital

As one of 14 designated hospitals for disaster control in the Miyagi Prefecture, our hospital has an obligation to accommodate a sufficient number of patients. Hospital functions, including accepting emergency patients, triage, and transferring critically ill patients outside the affected region, are expected to be maintained even during the shutdown of essential services and interruption of material supplies. However, many unexpected events occurred, such as the unavailability of CT in the emergency center until the afternoon of 12 March, the broken elevators, and the shutdown of the image reference and ordering system, all of which impeded hospital functions at TUH.<AU: Please check whether the edited sentence conveys the intended meaning.> While the causes of some problems were partially unavoidable, most issues were avoidable and could have been predicted. Hospitals no longer operate on simple systems, but rather function interactively with numerous instruments and high-technology systems. Clearly, emergency preparedness or the business continuity plan of a disaster control hospital is beyond the capacity of any individual department, as it requires a multidisciplinary-oriented organization that oversees all instruments, resources, and the entire system.

The CT is now an essential tool for diagnosis, including for trauma, even in times of disaster [14]. The loss of CT availability was one of the issues that could have become critical if there had been many trauma patients in the hospital.<AU: Please check whether the edited sentence conveys the intended meaning.> The university hospital complex normally consumes

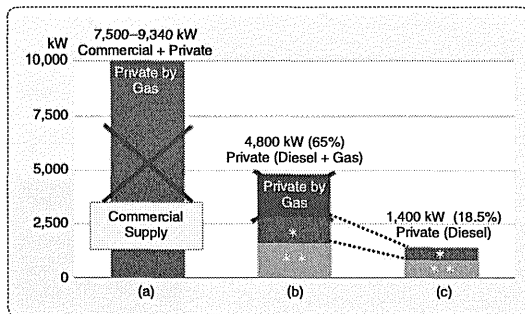


FIGURE 5 The graph shows the source of electricity during (a) normal operation and (b) immediately after the onset of the earthquake as planned before the disaster. The electricity supply decreased below 20% of normal consumption after (c) stoppage of the gas supply. *Private power by stock diesel for ward use. **Private power by stock diesel for central facility use.

around 7,500 kW (9,340 kW in peak time in summer), of which 9,250 kW is supplied by Tohoku Electric Power Co., Inc., Sendai, Japan, and 1,000 kW by private power generation companies at maximum. In case of an emergency, the power center can generate a maximum of 2,800 kW using heavy oil (1,600 kW exclusively for wards and the central common facility for surgery), in addition to 2,000 kW generated by gas exclusively for wards, or 4,800 kW, amounting to a total coverage rate of 65% of normal usage.

On 11 March, the electricity supply was transferred to the emergency power source 3–4 min after the onset of the earthquake, but the supply of gas was terminated at 4:37 p.m.—despite the fact that the gas line was seismic proof and there was a contract specifying that every effort should be made before cutting the gas supply—because of an explosion in the purification facilities in Sendai Port caused by the tsunami. The electricity coverage rate decreased to 37% after the stoppage of the 2,000-kW private power generation supplied by gas. The coverage rate further decreased to 18.5% (1,400 kW) because we had to run the power center at 50% of the maximum capacity, as we did not know when the commercial energy supply would resume (Figure 5).

The CT in the emergency center was not available because it was connected to the emergency electrical source from the private gas-powered generation system. The electrical source could not be switched to the emergency electrical supply from the power center due to the risk of causing a blackout of the whole facility by the additional use of CTs under conditions of restricted electricity generation. The CT in the PET center could be used because it was connected to the emergency outlet from the power center and carried minimum risk of causing a blackout since the total consumption of electricity, including that in the PET center, was low. Magnetic resonance imaging (MRI) was also available since the unit was supplied electricity from the power center, and the electricity unit, including the MRI facility, had low risk of blackout.

Fortunately, the commercial electricity supply resumed on 12 March. Although limited access to CT did not become a critical failure in this disaster, it could have been one in the areas directly hit by an earthquake, causing a large number of trauma injuries, preventing prompt diagnosis, and requiring the transfer of patients outside the affected region. <AU: Kindly check whether the edited sentence retains the intended meaning.> Meticulous planning to allow for the use of the CT under limited availability of electricity, as well as developing diagnostic instruments that consume lower peak voltage, will become important for solving this problem.

Conclusion

An analysis of the event chronologies at TUH during the first 72 h after the onset of the Great East Japan Earthquake focused on dam-

age, human and material resources allocation, and unexpected events, and discussed the business continuity plan of the disaster control hospital. A disaster exceeding our expectations may occur in the future, so establishing a business continuity plan for disaster control hospitals is critical. Analysis of the chronologies provides important lessons in preparation for such disasters.

Acknowledgments

This work was supported in part by a Grant-in-Aid for Young Scientists (A) (22689039) and Challenging Exploratory Research (23659680) (24659794) from the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology; the Collaborative Research Project of the Institute of Fluid Science, Tohoku University; the Special Project Researches 2012 of International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University; Supporting Funds for Emerging Industry from Tohoku Bureau of Economy, Trade, and Industry; Daiwa Securities Health Foundation; SENSHIN Medical Research Foundation; Mitsui Life Social Welfare Foundation; Takahashi Industrial and Economic Research Foundation; and ZENKYOREN (National Mutual Insurance Federation of Agricultural Cooperatives). We also acknowledge Lloyd Kawakami (Manoa DNA), Mr. and Mrs. Takaya Yokokawa <AU: Kindly provide Mrs. Yokokawa's first name.>, and the consul general of Japan in Boston for supporting our research activities on 3.11 East Japan East Great Earthquake. We further acknowledge Kiyoshi Yoshikawa, Shunzo Mori (Sendai Fire Bureau), Katsuyuki Sugawara, Mitsuharu Sato, Shoji Kikuchi, Isao Yanagawa, Mitsuaki Nagasawa, Masayuki Kobayashi, Masahiko Hisamichi, Tomoko Okamoto, Yuichi Tomita, Hajime Shibata, Yayoi Okano, and all the staff members of TUH who cooperated with us in conducting an analysis of chronologies. There is no personal or institutional financial interest in the drugs, materials, or devices described in this article.

Atsuhiko Nakagawa is with the Department of Neurosurgery, Tohoku University Graduate School of Medicine, and the Emergency Center,

Tohoku University Hospital, Sendai, Japan. Hajime Furukawa, Daisuke Kudo, Takashi Matsumura, Yoshiko Abe, Satoshi Yamanouchi, and Shigeki Kushimoto are with the Emergency Center, Tohoku University Hospital, Sendai, Japan. Ryota Konishi is with the Department of Health Policy and Management, Harvard School of Public Health, Boston. Dai Sato is with the Medical IT Center, Tohoku University Hospital, Sendai, Japan. Toshiyuki Washio is with the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Japan. Tatsuhiko Arafune is with the Department of Engineering, The University of Tokyo. Teiji Tominaga is with the Department of Neurosurgery, Tohoku University Graduate School of Medicine, Sendai, Japan.

References

- S. Ozawa, T. Nishimura, H. Suito, T. Kobayashi, M. Tobita, and T. Imakiire, "Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake," *Nature*, vol. 475, pp. 373–376, 2011. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
- K. Sakamoto, Y. Minamidate, and T. Nagai, "Messages from a medical library in the earthquake-prone zone," *Tohoku J. Exp. Med.*, vol. 225, pp. 77–80, 2011. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
- S. Satomi, "The Great East Japan Earthquake: Tohoku University Hospital's efforts and lessons learned," *Surg. Today*, vol. 41, pp. 1171–1181, 2011. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
- S. Shibahara, "The 2011 Tohoku earthquake and devastating tsunami," *Tohoku J. Exp. Med.*, vol. 223, pp. 305–307, 2011. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
- D. Normile, "Picking up the pieces at ravaged Tohoku University," *Science*, vol. 333, pp. 153–155, 2011. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
- Miyagiken Bosaikaigi Jisin Taisakunado Senmonbukai: Miyagiken Jisin Higa Souteichousa Ni Kansuru Houkokucho. Mar 2004. Available from: http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/jishin_chishiki/3higashin/%EF%BC%B0%EF%BC%A4%EF%BC%A6/H16_05_3rd_miyagi_all.pdf <AU: Kindly specify the type of reference.>
- S. Yamanouchi, M. Kobayashi, Y. Abe, E. Goto, D. Sato, R. Nomura, and Y. Shinozawa, "Preparation for medical transportation to be provided for the Miyagiken-oki Earthquake: Can we

- establish a Staging Care Unit (SCU), and can wide-area medical transportation be realized with the use of Self Defense Force aircraft?," *Jpn. J. Disaster Med.*, vol. 15, pp. 165–170, 2010. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
- K. Minoura, F. Imamura, D. Sugawara, Y. Kono, and T. Iwashita, "The 869 Jogan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunami on the Pacific coast of northeast Japan," *J. Nat. Disaster Sci.*, vol. 23, pp. 83–88, 2001. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
 - Y. Kuwagata, J. Oda, H. Tanaka, A. Iwai, T. Matsuoka, M. Takaoka, M. Kishi, F. Morimoto, K. Ishikawa, Y. Mizushima, Y. Nakata, H. Yamamura, A. Hiraide, T. Shimazu, and T. Yoshioka, "Analysis of 2,702 traumatized patients in the 1995 Hanshin-Awaji earthquake," *J. Trauma*, vol. 43, pp. 427–432, 1997. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
 - J. Oda, H. Tanaka, T. Yoshioka, A. Iwai, H. Yamamura, K. Ishikawa, T. Matsuoka, Y. Kuwagata, A. Hiraide, T. Shimazu, and H. Sugimoto, "Analysis of 372 patients with Crush syndrome caused by the Hanshin-Awaji earthquake," *J. Trauma*, vol. 42, pp. 470–476, 1997. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
 - Y. Nakamori, H. Tanaka, J. Oda, Y. Kuwagata, T. Matsuoka, and T. Yoshioka, "Burn injuries in the 1995 Hanshin-Awaji earthquake," *Burns*, vol. 23, pp. 319–322, 1997. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
 - K. Ebisawa, N. Yamada, S. Okada, Y. Suzuki, A. Satoh, M. Kobayashi, and N. Morikawa, "Combined Legionella and Escherichia coli lung infection after a tsunami disaster," *Intern. Med.*, vol. 50, pp. 2233–2236, 2011. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
 - M. Suzuki, C. Uwano, T. Ohnri, T. Ebihara, M. Yamasaki, T. Asamura, N. Tomita, Y. Kosaka, K. Furukawa, and H. Arai, "Shelter-acquired pneumonia after a catastrophic earthquake in Japan," *J. Amer. Geriatr. Soc.*, vol. 59, pp. 1968–1970, 2011. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>
 - M. Körner, M. M. Krötz, S. Wirth, S. Huber-Wagner, K. G. Kanz, H. F. Boehm, M. Reiser, and U. Linsenmaier, "Evaluation of a CT triage protocol for mass casualty incidents: Results from two large-scale exercises," *Eur. Radiol.*, vol. 19, pp. 1867–1874, 2009. <AU: Kindly provide the issue number or the month.>

Meticulous analysis of the recorded chronologies using a multidisciplinary approach has provided many lessons to address such problems in the future.

A disaster exceeding our expectations may occur in the future, so establishing a business continuity plan for disaster control hospitals is critical.

Business continuity plans are essential for being prepared to deal with unexpected events, to mitigate and minimize damage, and to maintain the functions of a disaster control hospital.

During the most critical period, sterilized medical items were supplied by neighboring prefectures.

Our disaster control headquarters was established within 15 min after the onset of the earthquake under the leadership of the chair of the hospital.

FREE PROOF

災害拠点病院の事業継続の見地からみたエレベーターの現状と課題

—東日本大震災宮城県災害拠点病院調査—

中川 敦寛^{1,2} 古川 宗² 工藤 大介² 阿部 喜子²
松村 隆志² 丹野 寛大¹ 岡本 智子³ 久道 周彦⁴
山内 聡² 久志本成樹² 富永 悌二¹

要旨 【目的】災害拠点病院における事業継続計画の策定は、大災害で必発する「ミスマッチ」, 「想定外」に迅速に対応し、減災と最大限の救命を実現する上で重要である。事業継続計画策定の見地から垂直方向の動線の基盤であるエレベーターの現状と課題を明らかにすることを目的とした。【方法】東日本大震災被災後の宮城県災害拠点病院(全14施設), 宮城県庁のクロノロジーを含めた調査, ヒアリングをもとに解析を施行した。【結果】発災後, 全施設, 全機のエレベーターが停止し, 当日復旧したのは2施設, 12機であった。【結論】災害拠点病院では, 発災直後から, 受け入れ(トリアージ), 城内治療, 城外搬送, 医療支援が求められ, いずれの業務にもエレベーターの運用は大きな影響を及ぼす。インベーション(再開の迅速化), 最低限の投資(優先順位の高いエレベーターに対する最新の耐震性確保), 地域内資源の再配分, 停止を前提とした具体的な計画立案の必要性が示唆された。

I. はじめに

2011年3月11日14時46分に大地震が発生した後, 東北大学病院では直ちに災害対策本部(以下, 災対本部)を設置し, 約15分後には本部活動を開始した。第一に人的被害および院内設備の損壊状況を確認し, それと同時に多数の傷病者発生に備えて一般診療の中止を決め, トリアージボストの設置を行った。当院は宮城県内で指定を受けた14施設の災害拠点病院の1つとして, 受け入れ(トリアージ)(2011年4月までの2カ月で約1,500名, うち沿岸部より約450名受け入れ), 入

院患者の治療, 城外搬送, そして, 石巻, 気仙沼を中心とした最甚大被災地域の医療支援(2011年7月までに延べ2,100人を派遣)に従事した。

当院では, 発災直後の3月11日15時30分より災対本部と高度救命救急センター(以下, 救命センター)において収集した情報のクロノロジーの記録を開始し, 災対本部が解散する4月15日まで記録が継続された。東日本大震災では, 現在の日本の災害対策の基盤ともいえる阪神・淡路大震災とは多くの点で異なっていたが²⁾, 多くの「ミスマッチ」と「想定外」を経験した点においては同様であった。想定外の津波による甚大な人的被害が発生した沿岸部とは異なり, 当院をはじめ, 仙台市市街部の病院では, 発災直後の予想を大幅に下回る来院者数であった。また, 発災後72時間という時間帯では, ささまざまな医療ニーズや災害対応体制の確立に伴う業務がピークとなる一方で, 病院の重要業務を継続するために必要なあらゆる機能が顕著に低下し, 需要と供給の「ミスマッチ」が発生していた。本震災は極めて広範囲にわたりライフラインを含めた社会インフラが機能停止した点の特徴であり, 多くの「想定外」が生じたものと推察される。われわれは, 「ミスマッチ」と「想定外」が生じた原因を明らかにするために, 多角的にクロノロジーの解析を進めてきた^{3,4)}。発災するまでは予想しつけないさまざまな局面に迅速に対応し, 減災と最大限の救命

Importance of elevators in business continuity planning at Disaster Base Hospitals: Analysis of the experience of 14 Disaster Base Hospitals in Miyagi Prefecture after the Great East Japan Earthquake

¹東北大学大学院 医学系研究科神経外科学分野

²東北大学 救急科/高度救命救急センター

³東北大学病院 栄養管理室

⁴東北大学病院 薬剤部

著者連絡先: 〒980-8574 宮城県仙台市青葉区星陵町1-1

キーワード: 災害医療, 産官学連携, オペレーションリサーチ, 事業継続計画

受理日: 2012年8月16日/採用日: 2013年2月12日

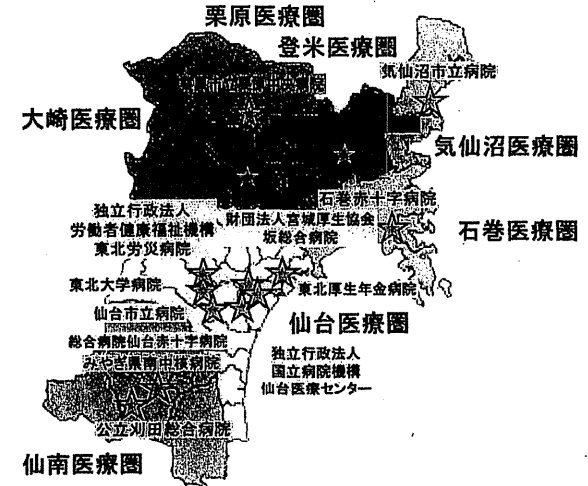


Fig. 1 Locations of 14 Disaster Base Hospitals, including one core and 13 regional facilities, in Miyagi Prefecture

を実現し, 病院の重要業務を継続する確率を上げるために, 病院はもちろん, 産業, 行政, 学術機関が連携し, 取り組むべきであると思われる。

事業継続計画 (business continuity plan: BCP)とは, 災害や事故による被害を受けた場合に, 重要業務の継続・早期復旧を可能とするため, 緊急時における事業継続のための方法・手段などを取り決めておく計画のことで, 人的救助に主眼をおく防災計画から業務継続に向けて歩みを進めたものである。病院施設におけるBCPの策定は, 被災地域, 隣接地域, 周辺地域, 遠隔地, いずれにおいても医療を継続する上で極めて重要であることは言うまでもない。病院BCPの策定に向けては, 重要業務の継続に欠かせない設備・機能・資源を明らかにし, 優先づけ, 継続を阻害するリスクの洗い出し, 目標復旧時間の設定の目安を明らかにすることが策定に向けての第一歩となる。

本研究では, 当院で記録したクロノロジーに加えて, 宮城県下災害拠点病院全14施設および宮城県庁医療整備課で記録されたクロノロジーを含めた調査, 関係者へのヒアリングをもとに多業種による解析を施行し, ヒトとモノの流れの垂直方向の動線と基盤となるエレベーターに関する現状と課題を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

宮城県では, 基幹災害拠点病院(独立行政法人国立病院機構仙台医療センター)1施設に加えて, 地域災害医療センターとして13施設(公立刈田総合病院, みやぎ県南中核病院〔以上, 仙南医療圏〕, 仙台市立病院, 東北大学病院, 総合病院仙台赤十字病院, 独立行政法人労働者健康福祉機構東北労災病院, 東北厚生年金病院, 財団法人宮城厚生協会坂総合病院〔以上, 仙台医療圏〕, 大崎市民病院〔大崎医療圏〕, 栗原市立栗原中央病院〔栗原医療圏〕, 登米市立登米市民病院〔登米医療圏〕, 石巻赤十字病院〔石巻医療圏〕, 気仙沼市立病院〔気仙沼医療圏〕)の計14施設が災害拠点病院の指定を受けている (Fig. 1)。

本研究では, 宮城県二次・三次医療施設全県調査(①偶発性低体温症の発生状況に関する調査, ②情報通信手段に関する調査)の一環として書面による依頼で得られた宮城県医療整備課および前記14施設におけるクロノロジーの解析に加えて, 各災害拠点病院に対してエレベーターの損傷と復旧状況, エレベーター運用と密接にかかわる広域搬送の対応状況, 患者食および入院患者の搬送の対応状況を追加調査し, 関係者へのヒアリングと多業種による検討を行った。

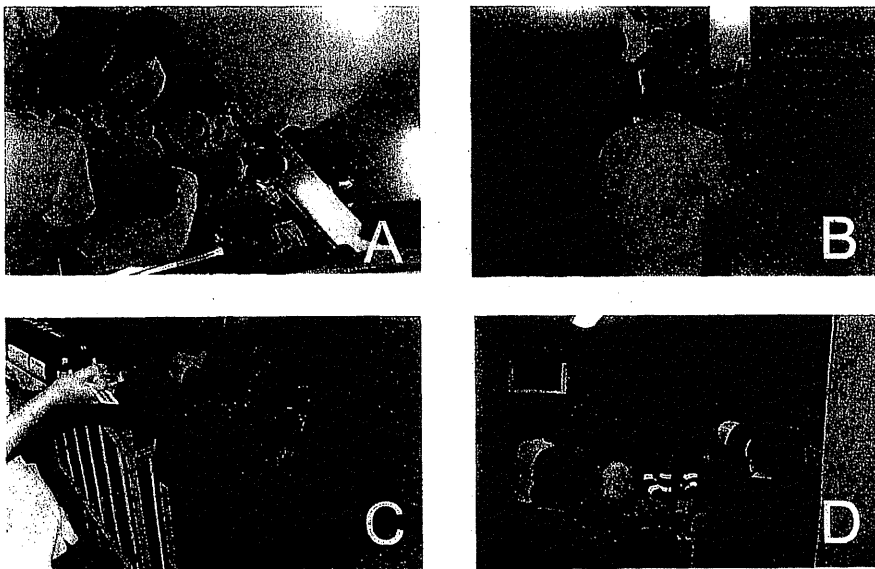


Fig. 2 A: Postoperative patient transferred using a stretcher through the emergency stairway after stoppage of the elevators. B, C: Overcrowding in emergency stairways after stoppage of the elevators. D: Hospital inpatient carried using a backboard after stoppage of the elevators. (All photographs were taken on March 11th.)

Ⅲ. 結果

1. 東北大学病院におけるエレベーターの状況

東北大学病院は40機のエレベーターを保有する。1995年(平成7年)の阪神・淡路大震災を受け、1998年より施行された「昇降機耐震設計・施工指針」(1998年改訂の現行指針〔新耐震指針〕)に対応した機が32機、1978年(昭和53年)の宮城県沖地震を受け、1981年より施行された新耐震指針に対応した機が6機、それ以前のものが2機存在した。

エレベーターの停止基準は各エレベーターが設置された建築物の構造と耐震性によって異なるが、当院では、震災後は直ちに全機が自動停止した。閉じ込め事例はなかった。災対本部は震災当日から復旧の要請を受けたが、当日は余震の可能性があった点、情報通信・交通の途絶もあり、責任の所在も明確化することができず、復旧に向け具体的に作業を行うには至らなかった。復旧に向けた要望を受け、11日夜には12日早朝(6時)より作業に着手することが決定した。着手する順番としては、かねてより、ヘリポート(17階屋上)への接続機、引き続き、患者搬送用機の順で行

われ、同日9時6分にヘリポート接続1機目、同日9時45分ヘリポート接続2機目が、11時16分患者搬送用機が復旧した。余震が続くなかでリスクを冒しての作業となった。ガイドレールの損傷、メインロープが5m程度横方向に揺れたことを伺わせる所見も認められたが、巻き上げ機、制御盤の転倒は認められなかった。病棟用エレベーターの運用が全機で再開したのは震災から11日後の3月22日であった。

エレベーターの運用停止により、患者搬送、ヘリポート使用、薬剤搬送、入院患者食搬送への影響は特に甚大であった(Fig. 2)。

1) 患者搬送

震災当日からエレベーターの患者搬送の運用が再開した3月12日11時45分までに入院した患者数は40名、うち1階の救命センターへの入院は7名で、転棟者11名も含めると階層間の移動は42名であった(3階15名〔うちICU3名〕、4階1名、5階10名〔小児科〕、6階5名〔産科〕、7階2名、8階1名、9階3名、11階1名、12階1名、13階2名、15階1名)。当院の入院設備は3階(ただし、3階はICU20床、CCU10床、その他感染管理用2床)に加えて麻酔科管理の外科手術後回復用病床に

加えて救急の一般病棟床4床)から17階となっており、実際に入院患者を受け入れたのは15階までである。当初は、低層階に優先的に入院患者を受け入れる方針であったが、実際は、低層階に限らず、平時とほぼ同等の入院体制がとられた。3階にある手術室は当日34件の手術を実施予定のところ、32件が開始されており、震災時11件の手術を行っていた。平時には全身麻酔手術後で侵襲の高い術後患者は、同階にある集中治療室に入室するのが原則であった。術後、3階以外に入室した患者数は7名で、婦人科(7階)、外科(7階)、耳鼻科(10階)はエアストレッチャーでの搬送により自科病棟に帰棟したが、眼科(12階)3名のうち1名は帰棟困難にて4階への退室となった。4名はICUへの入床となったが、ICUは震災後早々に満床となった。手術室のある中央診療棟とICUのある3階を接続する渡り廊下の安全性が危惧されたため、ストレッチャーを複数名で運搬し、階段を使用するの棟間移動となった(Fig. 2A)。階層間の移動は、在宅酸素療法患者が酸素供給のために入院した症例では一部で自力で移動したが、それ以外はすべて、双方向に混雑する階段をバックボード、ストレッチャー、車椅子を複数で運搬する、もしくは、背負っての移動を余儀なくされた。

2) ヘリポート使用

被災地域では使用可能な医療資源が極めて限定的となるため、医療資源を大量消費する重症患者は被災地域外に搬出する方針となった。具体的には県内各病院から宮城県災対本部に転院調整の依頼があり、宮城県災害医療コーディネーターが、他県のコーディネーター、福島県立医科大学病院ドクターヘリ統制本部、宮城県ヘリ運航調整班と調整を行った。当院からはドクターヘリを用いて病院ヘリポートから県外への域外搬送を行った。当院では、3月11日夜に広域搬送決定を受け、余震の見通しが立たないなかではあったが、エレベーターの修復を3月12日6時からと定め、9時45分にヘリポート用エレベーターの再開、13時に1例目(頭部外傷)の搬出にこぎつけた。3月11日から14日の4日間で11名の搬出があり、搬入に関しては3月中約100名の受け入れをヘリコプターで行った。

3) 薬剤搬送

当院における薬剤の平均在庫日数は、経営の合理化(期限切れによる廃棄のリスク減少、在庫スペースの削減)による在庫の削減、物流システムの迅速化により卸売業者から緊急を要する薬剤の場合、1~1.5時間で調達できる体制となっていた

ため、震災時には3.8日となっていた。また、震災が3月であり、年度末に向けて医薬品の在庫量を調整し、2010年度の4月から12月までの月平均在庫金額から3割以上削減したところであった点、金曜日で土曜日から月曜日までの3日分の注射剤を個人セットとして病棟に払い出すことになっており、払い出し後の注射剤の在庫は1日以下となっていた点、卸売業者に対して行う15時の定時自動発注の直前であった点が重なり、震災直後の医薬品の備蓄量は約1日分程度であった。さらには、トリアージ体制の確立に伴う薬剤の移動、病棟への薬剤配給に加えて、院内の薬剤の再分配をエレベーター停止下で、すべて人力により行わざるをえず、難渋した。当院では、宮城県沖地震、直下型地震やテロを想定して品目選定し、災害用備蓄医薬品(注射剤を中心として構成した69品目)を一定量確保していた。救急トリアージに関しては、震災当日から翌12日の朝までに、500名を超える受傷者の来院が予想され、医薬品不足も懸念されたが、実際には、津波の被害が中心であり、震災後に緊急の治療を要する外傷患者が少なかった点、この期間の対応患者は54名(緑18名、黄18名、赤16名、黒2名)であり、予想の10分の1程度にとどまった点から、医薬品不足には至らなかった。

本震災では、卸売業者の倉庫も甚大な損傷を受けただけでなく、情報通信、ガソリンの枯渇や震災当日の交通マヒなどにより震災後数日間の薬剤供給事情は大幅に悪化した。これに対して、個人セットの切り崩し、再分配することで対応したが、特に輸液製剤を階段で運搬することは大きな負担となった。また、電力の大幅制限に伴って、薬剤部内の非常用電源に接続されていない4台の冷蔵庫、外来処置室や手術部、重症病棟部、救命センターおよび一般病棟に保管されていた抗体製剤、G-CSF製剤、インターフェロン製剤、エリスロポイエチン製剤などすべての冷所保管医薬品を非常用電源に接続した15台の冷蔵庫に集約したが、重量、あるいは体積を有する物品はなく、大きな混乱はきたさなかった。その一方で、輸液類など、重量、あるいは体積を有する物品の輸送に関しては難渋した。

4) 入院患者食搬送

当院で通常供給する入院患者食は1食あたり平均419kg(348.1~461.9kg)、(平均880食)である。震災当日はエレベーターが復旧せず、入院患者食は各階の病棟配膳室に配置していた非常食対応とし、翌日から3日間は地階にある栄養管理室に備蓄していた非常食を提供した。当日の夕食は、各

階内での運搬で対応できたことから、大きな混乱をきたすことなく非常食を配布できたため、翌日からの対策に専念することができた。各階の病棟配置非常食は平成15年に各病棟に設置しているが、病棟ごとの疾患を考慮し、当時の病棟師長と相談の上決めた熱源や食器が不要な1食分である。一方、地階にある栄養管理室備蓄の9食分の非常食は、病棟での配膳を前提に、調理不要な食材を組み合わせて具体的な献立や分配数量をあらかじめ決めており、食事提供時に必要な運搬用の通い箱、ディスプレイ、缶切り、トンガ、ゴミ袋などもあわせて準備していた。これらの運用も災害発生時刻によってその場の栄養管理士が指示を出せるようなマニュアルが準備されており、エレベーターが復旧していなかった震災翌朝の食事は、階段から人海戦術で、各病棟に運搬されたものの、エレベーターの復旧に伴い、それ以降は、大きな混乱なく提供しえた。

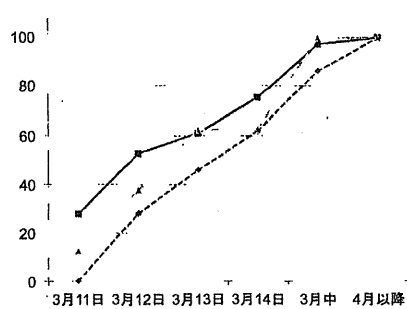


Fig. 3 Chronology of elevator restoration in Disaster Base Hospitals in Miyagi Prefecture
Diamond: elevators meeting old quake-resistance standards, Rectangle: elevators meeting new quake-resistance standards (revised in 1981), Triangle: elevators meeting current quake-resistance standards (revised in 1998).

2. 宮城県災害拠点病院におけるエレベーターの状況

回答は震災の混乱で記録が残っていない1施設以外の13施設から得られた。当院を含めた宮城県下の災害拠点病院で保有するエレベーターは全126機であった。当院以外は3~10階建てであった。宮城県下の指定施設において常設のヘリポートを備えている施設は3施設、敷地内の駐車場を使用するものが1施設で、その他は当院も含めて屋上を使用するものであった。新耐震基準、新耐震基準、それ以前の耐震基準対応のものはそれぞれ、74機、42機、10機であり、震災後は全機が停止した。閉じ込め事例は認められなかった。当日復旧した施設は2施設、12機(新耐震基準10機、それ以前の耐震基準2機)、2日目に復旧した施設は7施設、3日目の時点で復旧しなかった施設は4施設、長期にわたり停止した施設も2施設認められた。耐震指針による復旧率に関しては、明らかな差は認められなかった(Fig. 3)。エレベーター再開までの入院患者数は0~300名で、入院患者は当院では最高15階に搬送されたが、その他では6階が最高階であった。

割を果たすことが期待される災害拠点病院に対しては、BCP策定の社会的要請が高まってくるものと思われる。災害拠点病院の要件定義ならびに準備目標としては、平成20年に医政局局長通達に記載されているが、実際に達成している施設は必ずしも大多数とは言い難いのが実情である。また、現在、BCPを策定している災害拠点病院は少数で、医療従事者においてもBCPの概念が浸透しているとは言い難く、今後、BCPに関する啓蒙を進めるとともに、ならびに、具体性と実効性を兼ね備えた指針が求められるものと思われる。

BCPの観点からエレベーターを鑑みると、わが国における医療施設では、高層化された施設が多く、エレベーターはライフラインと位置づけられるものであり、今回の調査からも、有事における迅速な対応の成否は、病院の事業継続に大きく影響を及ぼすことが改めて浮き彫りとなった。エレベーターが停止した場合の影響を具体的な形で表すことは困難であるものの、停止した場合のさまざまなニーズへの対応は、近隣の資源の再配分などをもってしても補完することは容易ではなく、停止を前提とした計画の立案が特に重要であると考えられる。

IV. 考察

BCPは当初は製造業や金融機関などの特定の業界での取り組みが先行していたが、最近では官公庁、地方公共団体も含め、さまざまな業界において進んでおり、東日本大震災後にはさらに取り組まれている。今後、あらゆる災害時に中心的な役

1. エレベーターの耐震対策の現状

地震時管制運転装置に使用する地震感知器は、揺れの加速度に応じて最寄りの階で非常停止し、感知器を手動または自動リセットを行うことで平常運転に復帰可能な場合と、点検確認の必要性からエレベーターは自動復帰せず、運転休止を継続

する場合に分けられる。強い地震(設定は概ね震度5弱以上)を感知して停止したエレベーターは、エレベーターがガイドレールから逸脱している可能性もあるため、運転休止が継続することとなる。一定以上の揺れを感知した場合に保守員の目視点検によりエレベーターシャフト内の安全が確認されるまで運転休止するという「地震時管制運転装置」のプログラムが作動し、そのまま運転休止となる。なお、運転休止からの復旧については、センサー類の目視点検等のためエレベーターシャフト内に立ち入り、かご上に乗って作業する必要があることから、その危険性を鑑み、建物管理者等による復旧は行わない。また、保守会社ごとに非常に多種多様なエレベーターが設置されており、安全装置等の標準化が行われていないため、現状では他社のエレベーターの習熟等には多くの時間と労力がかかることから、復旧作業においては、当面、多様な通信手段の確保や緊急通行車両の登録などによる迅速・効率的な復旧体制の整備等他の対策による早期復旧を図ることとなっている。シャフト内を十分に点検しないと二次災害を起こす可能性があり、超法規的に病院職員が講習を受けての対応は現実的ではなく、エレベーター管理会社の専門職員の対応を待たざるをえないと考えられる。

2. エレベーターに求められるイノベーション(innovation)

エレベーターを製作、運営する企業に求めるイノベーションの要素としては、耐震性の向上が第一にあげられる。具体的には、ガイドレールの強化、揺れを最小限にする機構の強化である。都市の高度利用がますます進展するなかで、エレベーターは、縦の動線としての重要性が高まり不可欠な設備となってきたことから、地震災害による運転休止からの復旧の迅速化が第二にあげられる。復旧にあたっては、建築物自体が安全であることを前提に建築物ごとに最低限の縦動線を確保する方策や、保守員の目視点検によらず自動的に仮復旧するシステムの開発等も有用であると思われる。

3. 病院に求められる最小限の投資(minimum investment)

当院においては、エレベーターは優先順位が高いもの(非常用、ヘリポート接続、病院患者食配膳用、次いで病棟用)から復旧する取り決めになっていた。余震が続くなかで作業によるものであったが、その一方で、震災から1台目の再開

までに18時間以上を要している。エレベーターの耐震性はエレベーター単独でなしえるのではなく、建築物の耐震性とセットとなるものである。したがって、ヘリポートへ接続するエレベーターなど業務継続の上から優先度が極めて高いエレベーターに関しては、建築物自体の耐震性の向上も図る必要がある。院内の業務継続に必須のエレベーターに関しては、BCPの視点から、建築物の耐震性とセットにしたエレベーターの耐震性機能の確保のための努力が求められるものと考えられた。

4. 病院に求められる想定と綿密な計画の立案(meticulous planning)

災害拠点病院においては、エレベーターが迅速に再開することが望ましいものの、現状では、エレベーターの復旧には一定の時間を要するものと思われる。患者食搬送に於ける当院での取り組みは、エレベーターの停止を前提とした計画の奏功した一例であると思われ、全機のエレベーターの停止によりヒトとモノの流れが停止することを前提にした綿密な対策を立案しておくことが求められると考えられた。

患者搬送に関しては、混雑した階段でのストレッチャー、担架による搬送は6~8名の人員を要し、重症例の搬送は極めて困難であることもふまえる必要がある。階段の運用(一方通行など動線の整備)、低層階の最大活用と高層階の可及的速やかな運用について詳細な計画を策定し、搬送数や搬送距離を必要最小限に留める必要があるものと考えられた。エアーストレッチャーのように、地面や階段を滑らせて搬送するなど機器面での改善点も考慮すべきであると考えられた。

災害時は、資源が枯渇する被災地域内での重症者の治療には限界があり、可及的早期に被災地域外への域外搬送が望ましい^{9)~10)}。域外搬送に際しては、ヘリコプターの運用は必須で¹¹⁾、その有用性は今回の大震災でも証明された^{3), 4), 12)}。災害拠点病院の運用要項のなかにもヘリポートの施設内設備、もしくは代替施設の確保が望ましい、とされている。広域搬送の観点からは、ヘリポートが屋上に設置されている施設では、エレベーターは耐震性の最もすぐれたものにすべきであると考えられるが、エレベーターが使用できない際の運用についても準備が必要であるものと考えられた。気仙沼市立病院では、当初病院近辺の商工岸壁と気仙沼元吉広域防災センターをヘリポートとして計画していたが、津波による浸水と漂着物の

ため、計画地が使用できなくなったため、結果的には病院から8km離れた五右衛門が原がヘリポートとなった。80名以上の患者の搬出を行ったが、多くの労力を要しており¹²⁾、可及的に敷地内にヘリポートが確保できる計画とすることが望ましいと思われた。

薬剤搬送に関しては、震災時のエレベーター停止時には、停電や物流停止と相まって、院内の薬品の再分配を早急に行う必要が生じることも明らかになった。特に運搬に難渋する輸液類に関しては、院外からの搬入も含めて重量面での負担が大きく、院内在庫に関しても再考を要する点とわかれた。


V. おわりに

東日本大震災における当院、ならびに宮城県下災害拠点病院14施設、宮城県医療整備課におけるクロノロジー分析に加え、各災害拠点病院に対する調査、ヒアリングをもとに、エレベーターに関連する事項について、企業に期待する技術的なイノベーション、病院が行うべき最小限の投資、地域のリソースまで考慮したエレベーターの全機停止を前提とした綿密な計画立案に分け、災害拠点病院の業務継続の観点から考察を行った。

今後、全く同様の大地震が起こることはなく、災害像によってさまざまな「想定外」のイベントが起こることが予想される。「想定外」と「ミスマッチ」が生じるなかにおいても災害拠点病院の業務を継続することは重要で、早急に国レベルで災害拠点病院に関する具体的な指針を示すことが必要と考えられる。

謝 辞

本研究で行ったクロノロジー解析において御協力をいただいた宮城県医療整備課、宮城県災害拠点病院14施設（独立行政法人国立病院機構仙台医療センター、公立刈田総合病院、みやぎ県南中核病院、仙台市立病院、東北大学病院、総合病院仙台赤十字病院、独立行政法人労働者健康福祉機構東北労災病院、東北厚生年金病院、財団法人宮城厚生協会坂総合病院、大崎市民病院、栗原市立栗原中央病院、登米市立登米市民病院、石巻赤十字病院、気仙沼市立病院）、Anna Caballero 長官、Richard McCarthy 氏以下、カリフォルニア州地震安全委員会関係諸氏、在サンフランシスコ日本国総領事館の関係諸氏に厚く御礼申し上げます。また、貴重なコメントをいただいた小西竜太先生（関東労災病院）、越智小枝先生（Imperial College

London）、的場匡史先生（）、東北大学病院施設企画室・小林正幸施設企画室長、経理課・柴田一課長、仙台市消防局・吉川清主幹、Richard Aghababian 先生（President, New England Medical Society）、Mike VanRooyen 先生、Stephanie Kayden 先生、Barry Wante 氏（Harvard University, Brigham and Womans' Hospital）、Eric Weiss 先生（Stanford University）、Geoffrey Manley 先生、Alisa Gean 先生、Mary Vassar 氏（University of California, San Francisco）ならびに脳神経外科リサーチアドミニストレーター・岡野弥生氏、東北大学病院高度救命救急センター臨床研究アシスタント看護師・大崎静香氏をはじめ多くの方々に感謝申し上げます。

本研究は平成23年度地域新成長産業創出促進事業（先進医療機器開発等産学連携プロジェクト事業）における「研究会」事業、東北大学災害科学国際研究所特定プロジェクトA、三井生命厚生事業団、大和証券ヘルスケア財団、高橋産業経済財団、先進医薬研究振興財団被災地支援研究助成、全国共済農業協同組合連合会、文部科学省科学研究費挑戦的萌芽24659794の支援を受けた。震災に関する研究・教育活動への支援をいただいたManoa DNA（代表Lloyd Kawakami氏）、横川隆哉氏、Japanese Cultural and Community Center of Northern California (JCCNC)に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 里見進：東日本大震災—東北大学病院の取り組みと得られた教訓。日本外科学会雑誌 2011；112臨時増刊号：1-8.
- 2) 宮城県防災会議地震対策等専門部会：宮城県地震被害想定調査に関する報告書。2004。
http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/jjishin_chishiki/3higashin/sanzhigaitop.htm
- 3) 中川敦寛、富永悌二：東日本大震災発生直後の神経救急：東北大学病院クロノロジーからの考察。分子脳血管病 2012；11：108-14.
- 4) 中川敦寛、古川奈、工藤大介、他：東日本大震災発生後72時間の東北大学病院：クロノロジー解析から学ぶもの。日本神経救急医学雑誌 2012；24：24-31.
- 5) 我妻恭行、久道周彦、佐藤真由美、他：東日本大震災における薬剤部の対応。東北大学病院記録集編集委員会編。東日本大震災東北大学病院記録集。2012, pp142-54.
- 6) 岡本智子、柴巻管理室。東北大学病院記録集編集委員会編。東日本大震災東北大学病院記録集。2012,

pp171-4.

- 7) 社会資本整備審議会建築分科会建築物等事故・災害対策部会：エレベーターの地震防災対策の推進について。平成18年4月18日。
<http://www.mlit.go.jp/singikai/infra/architecture/accident/images/060418.pdf>
- 8) Kuwagata Y, Oda J, Tanaka H, et al: Analysis of 2,702 traumatized patients in the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. J Trauma 1997;43:427-32.
- 9) Tanaka H, Iwai A, Oda J, et al: Overview of evacuation and transport of patients following the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. J Emerg Med 1998;16:439-44.
- 10) Tanaka H, Oda J, Iwai A, et al: Morbidity and mortality of hospitalized patients after the 1995 Hanshin-Awaji

earthquake. Am J Emerg Med 1999;17:186-91.

- 11) Yamanouchi S, Kobayashi M, Abe Y, et al: Preparation for medical transportation to be provided for the Miyagi-ken-oki Earthquake—Can we establish a Staging Care Unit (SCU), and can wide-area medical transportation be realized with the use of Self Defense Force aircraft? JJ Disast Med 2010;15:165-70.
- 12) 沼上佳寛、菊池登志雄、石川修一、他：東日本大震災における脳神経外科診療—石巻赤十字病院（被災地基幹病院）における経験。脳神経外科ジャーナル 2011；20：904-12.
- 13) 横山成邦、横山公明：大震災で明らかになった災害拠点病院としての課題と対策—気仙沼市立病院。医療福祉建築 2012；174：5-7.

Abstract

Importance of elevators in business continuity planning at Disaster Base Hospitals: Analysis of the experience of 14 Disaster Base Hospitals in Miyagi Prefecture after the Great East Japan Earthquake

Atsuhiko Nakagawa^{1,2}, Hajime Furukawa², Daisuke Kudo², Yoshiko Abe², Takashi Matsumura², Hiromasa Tanno¹, Tomoko Okamoto³, Masahiko Hisamichi⁴, Satoshi Yamanouchi², Shigeki Kushimoto², Teiji Tominaga¹

¹Department of Neurosurgery, Tohoku University Graduate School of Medicine

²Department of Emergency and Critical Care Medicine/Emergency Center, Tohoku University Hospital

³Nutrition Office, Tohoku University Hospital

⁴Pharmacy Office, Tohoku University Hospital

Object

Establishment of a business continuity plan is essential to maintain the functions, to minimize damage, and to maximize treatment at a Disaster Control Hospital, despite the unavoidable occurrence of “mismatches” and “unexpected” events during catastrophic disasters. Elevators are among the important facilities required for effective functioning as a disaster base hospital. The present study investigated the problems related to elevators during the Great East Japan Earthquake.

Materials and Methods

Issues related to the operation of elevators were identified from the event chronologies recorded at all 14 Disaster Base Hospitals designated by Miyagi Prefecture and the community health division of the Miyagi Prefectural Government. The functions and problems of elevators were analyzed after additional surveys and interviews.

Results

All 126 elevators had stopped immediately after the onset of the earthquake in all hospitals, and only 12 elevators (2 facilities) were operating on March 11th. The functioning of any elevators could not be restored at 3 days after the disaster in 4 hospitals. Transfer of patients to another floor, transfer of patients to the heliport, transfer of medicines, especially intravenous fluid, and transfer of patients' meals were greatly affected by the stoppage of the elevators.

Discussions

Despite massive breakdowns in regional infrastructure and diverse resource demands, Disaster Base Hospitals are expected to accept and triage patients, to provide immediate treatment, to transfer critical patients outside the affected area, and to provide medical support to the most severely damaged area immediately after the onset of the disaster. Since hospitals are usually located in high buildings with multiple stories in Japan, the effective functioning of elevators is extremely important for all these responsibilities. Improvement of earthquake proofing and minimization of the time to restart elevators should be important targets in terms of technical innovation by the elevator industry. Equipping cutting edge earthquake proof elevators to maintain important functions should be considered as a priority investment by the hospital authorities. Meticulous planning, especially for patient transfer and accommodation, operation of the helicopter pad, and transfer of medicines and patients' meals, will be essential to cope with the total stoppage of elevators.

Key words: disaster medicine, industry-academia-government collaboration, operation research, business continuity plan