

【原著論文】

東日本大震災発災後 72 時間の東北大学病院：クロノロジー解析から学ぶもの

中川敦寛^{1,2}, 古川 宗², 工藤大介², 阿部喜子², 佐藤 大³, 鷲尾利克⁴, 荒船隆彦⁵, 遠藤智之², 山内 聡², 久志本成樹², 富永梯二¹

¹ 東北大学大学院 医学系研究科神経外科学分野, ² 東北大学病院 高度救命救急センター, ³ 東北大学病院 メディカルIT センター, ⁴ 産業技術総合研究所, ⁵ 東京大学大学院 工学系研究科

Lessons from chronological analysis during first 72 hours after the Great East Japan Earthquake: Report from Tohoku University Hospital

Atsuhiko Nakagawa², Hajime Furukawa², Daisuke Kudo², Yoshiko Abe², Dai Sato³, Toshikatu Washio⁴, Tatsuhiko Arafune⁵, Tomoyuki Endo², Satoshi Yamanouchi², Shigeki Kushimoto², Teiji Tominaga¹

¹ Department of Neurosurgery, Tohoku University Graduate School of Medicine

² Emergency Center, Tohoku University Hospital

³ Medical IT Center, Tohoku University Hospital

⁴ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

⁵ Department of Engineering, The University of Tokyo

Abstract

Despite huge damages at laboratories and facilities, most of medical facilities in the Tohoku University Hospital had minimum damage due to quake-proof structures, no patients or staff members were injured or killed. We had established headquarter around 15 minutes and started recording chronologies at headquarter and emergency center within an hour from the onset. We would like to present what has happened in our hospital during the first 72 hours after the disaster through the two chronological records

We had to face with huge mismatches between explosive requests (life saving, medical needs, establishing temporary organization) and losses and out of function issues (infrastructures including electricity, gas, water, telecommunication, transport and sudden loss of material and human supplies) during this period. We also experienced so many "beyond our expectation" issues despite the efforts for emergency preparedness in advance.

Through present analysis, we will discuss 1) Importance of understanding portfolio of disaster to facilitate initial action, and to establish temporary organization, 2) Importance of expecting "unexpected" medical needs related to types and extent of damages of infrastructures, 3) Importance of multidisciplinary approach for disaster preparedness, 4) Importance of understanding and controlling environment.

Key words: disaster medicine, industry academia government relationship, operation research, translational research

災害医療, 産官学連携, オペレーションリサーチ, トランスレーションリサーチ

✉ 資料請求先: 東北大学大学院 医学系研究科神経外科学分野 / 中川敦寛
〒980-8574 宮城県仙台市青葉区陸奥町 1-1

はじめに

2011年3月11日14時46分に大地震発生⁴⁾後, 東北大学病院では直ちに災害対策本部(以下, 災対本部)を設け, 約15分後には本部活動を開始した。第一に人

の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, トリアージポストの設置を行った (Fig. 1)。高度救命救急センター(以下, 救命センター)においても直ちに軽症外来にトリアージタグの黄色患者に対応するエリア,

重症初療室に赤色患者に対応するエリアを設置した(以下, "緑", "黄", "赤", "黒"はトリアージタグによる色別の重症度を示す)。災対本部と救命センターにおいて専任の事務員が, 収集した情報のクロノロジー記録を

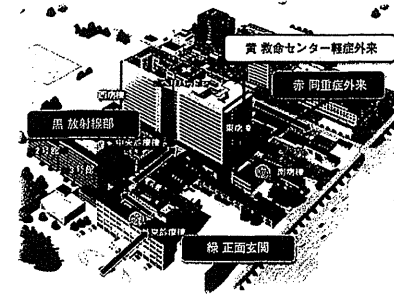


Fig. 1 東北大学病院におけるトリアージの実態

Table 1 東北大学病院 クロノロジー (抜粋)

震災直後 (-3 hr)		
時刻	対応・補足	
3:11	イベント/報告	対応
14:48	地震発生	対応
15:00	非常事態の自主的発覚開始	災害対策本部
15:00	救急センター開設	高度救命救急センター
15:05	助産師の待機開始	42名患者/44名助産師
15:07	死者1000名予想	Disaster Information System
15:08	メダカルシステムダウン	空調・非常電源に接続
15:08	救急トリアージ室・救急受付	
15:05	非常電源投入	救急トリアージ室
16:10	手術室使用不可	手術室使用不可の理由
16:16	外傷科使用不可	治療計画の混乱
16:25	救急車一台目入	患者の搬送
16:40	救急車2台目入	患者の搬送
16:41	3号機使用不可	緊急事態の発生
17:00	手術室使用不可	救急センター2号機使用
17:03	救急車3台目入	救急センター2号機使用
17:10	ボートレイン使用不可	救急センター2号機使用
17:13	救急車4台目入	救急センター2号機使用
17:20	救急車5台目入	救急センター2号機使用
17:30	救急車6台目入	救急センター2号機使用

震災直後 (4-8 hr)		
時刻	対応・補足	
3:11	イベント/報告	対応
17:45	非常事態への切り替え完了	
17:54	医療部活動再開	本部へ連絡するよう指示
18:00	救急センター3交代開始	
18:05	コンプレッサーの設置完了	上の階に移動
18:05	救急センターの稼働開始	救急センター稼働開始
18:05	救急センターへの搬送開始	
18:10	救急車7台目入	
18:15	手術室再開	
18:25	救急車8台目入	
18:30	救急車9台目入	
20:50	救急車10台目入	
21:45	救急車11台目入	
22:05	救急車12台目入	
22:08	救命センターより使用可能な搬送開始	
22:20	救命センターより使用可能な搬送開始	
22:25	救命センターより使用可能な搬送開始	
22:30	救命センターより使用可能な搬送開始	

開始し, 災対本部では地震直後から4月15日まで記録した (Table 1)。当初はホワイトボードとライティングシート[®]に記載し, 最新の情報を10枚ほど室内の壁に掲示することで職員間での情報の共有を図った。デジタル化は当院職員および医学部学生のボランティアが行った。

今回の災害では, 病院内および病院外においても「想定外であった」ということばを数多く聞いた。将来においても「想定外」規格の大災害が起きることが予想されるが, 「想定外」を「想定」するシステムの構築をしない限り, 被害を最小限に留めることは困難である。このようなシステムの構築にあたって, 災害のクロノロジーは貴重な情報源となり得る。

本稿では, 当院のクロノロジーから, 発災72時間目までの①被災地域全体, ②病院全体, ③損壊, ④人と物の流れ, ⑤想定外であったこと, に関する情報を抽出して, その中から得た教訓について何点か紹介する。

震災当日 (9-23 hr)		
時刻	対応	
3:12	イベント/報告	対応
3:12	非常事態の自主的発覚開始	
3:15	救急センター開設	
3:20	救急センター開設	
4:00	救急センター開設	
4:10	救急センター開設	
6:51	救急センター開設	
8:57	救急センター開設	
10:08	救急センター開設	
10:08	救急センター開設	
10:20	救急センター開設	
10:40	救急センター開設	
11:16	救急センター開設	
11:41	救急センター開設	
12:08	救急センター開設	
13:06	救急センター開設	

震災1-3日目 (24-72 hr)		
時刻	対応	
3:12	イベント/報告	対応
13:40	救急センター開設	
18:20	救急センター開設	
20:20	救急センター開設	
3:13	救急センター開設	
3:46	救急センター開設	
6:50	救急センター開設	
8:25	救急センター開設	
10:18	救急センター開設	
14:45	救急センター開設	
17:30	救急センター開設	
3:14	救急センター開設	
8:40	救急センター開設	
9:20	救急センター開設	
12:27	救急センター開設	
13:45	救急センター開設	
13:54	救急センター開設	

発災当日 (3月11日: ~9 時間)

被災地域全体

14時53分には内閣府のDIS (disaster information system) から死亡1,000名, 重症2,000名, 建築物損壊5万棟, 避難者数70万名の予測が出された。制震構造により建物の被害がほとんどなかった大学病院内で勤務していた者にとっては当初は過大評価とも思われた情報も, 後に断続的ではあるものの, テレビ画像を通して仙台空港をはじめ, 各地で起きた巨大津波とその後の火災を目の当たりにし, また22時には荒浜(仙台市内沿岸部)で数百名の死亡を確認との報道が入り, 徐々に過小評価であることを知るようになった。

病院全体

当院では15時までに災対本部が設けられ, 里見進病院長の下, 対応を開始した。災対本部の立ち上げに関しては2年前に初めて行った際には1時間以上要したが, その後の訓練の成果によって今回は極めて短時間で立ち上げることができた。クローロジーに関しては, 15時30分頃から災対本部, 救命センターの2か所で記録を開始した。ライフラインは, 発災直後に電気, ガス, 水の供給が停止し, インターネットや携帯電話, 固定電話を含めた情報通信が不通となり, 院内にあるエレベーター38機(うち診療目的は20機)すべてが停止したのをはじめとして, 患者の移送, 薬剤や患者食など, 物の流れもすべて停止した。病棟では水道(発災当日), 電気(発災翌日)はほとんど再開したが, ガスの使用に関しては相当の使用制限を余儀なくされており, 暖房のボイラーに使用する中圧ガスは3月30日, 厨房に使用する低圧ガスは4月6日まで完全復旧できなかった。また, 病院に隣接する医学部研究棟をはじめとしたその他の建物については長いところで3月いっぱいにもわり機能停止を余儀なくされた⁹⁾。特に, 電気, ガス, 水道に関しては発災当日に各供給会社から停止通告が相次ぎ, 当院でのおおよその自己供給可能な時間は72時間であると想定しており, 72時間を超えても復旧されない場合には業務に大きな支障が予想された。

損壊

揺れが収まった直後から, 患者と職員の安否確認, 施設

損壊の確認が始まり, 災対本部にも続々と報告が入った。救命センター内のCTは2日間使用できなかった。これはCTが非常電源に接続されていなかったためであった。院内には他に4機のCTを有しており, 発災当日22時より救命センターから約50m離れた場所にあるPETセンター内のCTは使用可能となった。オーダーリングのすべてと患者生体情報の一部は, 電子情報システムで管理していたが, これも発災から1時間ほどすべて機能停止した。原因は, 電子情報システムのサーバーやネットワーク機器は非常電源に接続されていたが, カプリングされているべきシステムサーバー室の空調システムが非常電源に接続されておらず, 温度上昇をきたしたためであった。発災後から院内通信用のPHSは不通, もしくは大幅な利用制限が生じた。原因は電源の供給の遮断に伴う基盤の損傷と, 急激な使用量の増加に伴い, 院内設置の各基地局で対処可能な情報量を大幅に超えてしまったためであった。血液生化学検査, 生理検査に関しては, 発災直後から大幅に制限された。原因は検査室が病院に隣接する1960年代に建築された最も古い建物にあり, 機器の損壊損傷自体は軽度であったものの, 建物自体の損壊の可能性が危惧され, 入館禁止という判断がなされたからである。また, 病院ではない建物なので自家発電の供給対象とはならないという側面もあった。病棟内血液浄化部に主要な血液生化学検査が可能な機器があったため, 3月中旬までは制限はあったものの, 検査を行うことができた。血液生化学検査室, 生理検査室は医学部3号館の安全が確認され入館禁止が解除された後の3月下旬に病棟内に移転した。手術室ではかねてより地震発生時の手術の続行, 中止に関する判断の根拠となる申し合わせがあったが, 発災後は災害レベルの同定と当院の被災情報が統合された形で入ってこなかったため, 災対本部および手術部は手術の続行または中止を決定することができず, 判断は各手術の術者に任せられ, 術者は続行と撤退の決断に難渋した。病棟では, 大きな混乱はなかったものの, 吸引機の大半が当初使用できず問題となった。これは, 停電によるコンプレッサーの停止, 冷却水の停止に伴うポンプ機能の低下が原因であった。幸い, 手術部は非常用発電機から電源供給され, 独立したコンプレッサーを持ち, 機能不全に陥ることはなかった。

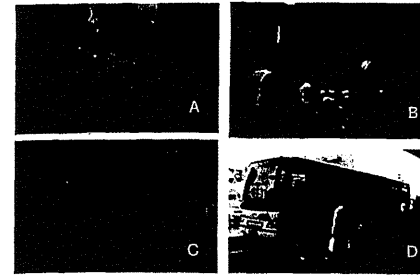


Fig. 2 A. 発災数時間後の階段は混雑を極めた。B. 3階の一般病棟には4-6人でバックボードを用いて階段で患者を搬送した。C. 3月11日午後4時頃の東北大学病院。外は大雪となった。D. 連日さらに甚大な被災地域に医師, 看護師, ほかスタッフを派遣した。

人と物の流れ

当院の規定(仙台市内で震度5強, 宮城県内で震度6弱の地震発生時には職員は自主登陸), また発災直後から災対本部より助教以上の職員は院内待機との指示が発せられ, ほとんど300名以上が登録し, 待機していたが, 当日の受診患者は54名であった(緑18名, 黄18名, 赤16名, 黒2名)。震災前の検討では, エレベーターは被災後約3時間で1台目の復旧が可能であろうと推測されていた。しかし, 院内にある38機のエレベーターがすべて停止し, 当日は1機も回復しなかった。これによって, 患者の移動, 食事, 薬品の搬送はすべて人力で階段を使用することとなり, 17階建ての病棟にある階段は混雑を極め(Fig. 2A), 人と物の流れにも大幅な制限が生じた。とくに独歩不能患者に関してはバックボードなどを使用し, 4~6名で担ぎあげるといったことで何とか対応した(Fig. 2B)。エレベーターに限らず, 震災が甚大であったこと, 交通網が遮断されたために作業員の不在, 来院できない状況により修繕がはかどらなかった例も少なくなかった。

想定外

当院に1台目の救急車が到着したのは16時35分であった。発災直後から道路交通網や固定電話, 携帯電話などの情報通信が遮断されたために, 傷病者が救急要請をできなかったことが考えられる。さらには, 停電による信号機の停止があったために大渋滞が生じたことも1台目の到着までに時間を要した一因と考えられた。発災から5時間の来院患者は赤2名, 緑5名のみで, 発災か

ら間もなく野戦病院化するだろうという想定と大きく異なるものであり, 当院のみならず, 市内の二次, 三次医療機関すべて同様の傾向であったと思われる。16時頃から大雪となった(Fig. 2C)。トリアージポストに立つ職員にとってはもちろん, 院内の職員にとっても全館暖房が停止した状態であり, 寒中での勤務は大きな負担となった。電気供給停止により在宅酸素療法, 在宅呼吸器装着患者は自宅での機器使用が困難となり多数来院し, 入院となったのは想定外であった。病院自体も自家発電であり, 酸素, 食事, 薬剤などの補給の目処がたたない状況での入院患者の増加は, 診療を維持できるかどうか, 大きな不安となった。当院の酸素備蓄施設にはソーラーパネルによる自家発電を備えた無線による遠隔地からの残量計測システムが備わっており, 発災後も機能したため, 計画的な節約と供給要請を行う上で大いに有用であった。

発災翌日 (3月12日: 9~33 時間)

被災地域全体, 病院全体

発災翌日は朝方から長野県北部, 東海地域にかけての東日本の広範囲で地震が多発し, 東北地域への救援が大幅に遅れる危機に瀕した。幸い, 他地域では長野県北部を除いて大きな被害はなく, 被災者の救援と震災下の体制確立に向け致命的な打撃には至らなかった。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, 外科的処置を要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, ドクターヘリ, 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。

損壊

午前0時30分に中央診療棟の地下で漏水が報告された。仙台市内では多くの病院が漏水に悩まされ, 病棟全体が閉鎖になった施設もあった。また, 当院では各診療科の医局がある医学部2号館, 3号館は損壊の可能性を危惧されて立ち入り禁止となった。手術は手術室のある中央診療棟が損壊の可能性があったため, 立ち入り制限

となったこと、また、ガスの供給が停止したために当院での滅菌ができなくなったことから大幅な制限を受けた。院内全体の滅菌資材に関しては隣県で滅菌するなどの対応を行った。

人と物の流れ

3月12日午前から隣県の山形大学病院をはじめ、全国の国立病院に医療物資や食料の調達依頼を開始した。当院では、医療物資備蓄は2日分であり、節約して使用するとともに、院内の各病棟の在庫薬品で冷所保存のものに関しては薬剤部で保存し、停電の影響で使用できないようにするなど配慮した。しかし、業者の倉庫は軒並み壊滅的な被害を受けており、当日より残量に不安が生じた。医療ガスに関しては、当院は通常、週1回供給を受けることとなっており、発災の2日前に供給を受けたばかりであった。配給のためのタンクローリーは津波で流されてしまったため、残量を計算しながら使用制限を行った。また、入院患者用の非常食に関しては過去の経験を踏まえ、各病棟に1食分、栄養管理室に9食(3日)分の備蓄を行い、離乳食、ミルク、とろみ剤を含めて各病棟に応じたメニューなどを組み一定の個別対応を図るとともに、ゴミ処理などの準備まで含めて準備をしていたが、それでも個々の幅広いニーズへの対応には難渋する場面もあった。職員の非常食は、5カ年計画で1,000人、3食分備蓄する計画の2年目の状況であり、震災直後に院内にある飲食店から残存食料品の提供があったものの、不足し、職員の不安は大きかった。

想定外

18時35分に消防より石巻方面から偶発性低体温症7名の受入要請があり、受入可能と返答すると同時に院内他部署より救命センターに応援要請を行い、救命センターの空床を確保した。しかしながら当院には搬送されず、後で当日1,200名以上の患者が来院していた最甚大被災地域の石巻赤十字病院に搬送されたことがわかった。被災地域病院の負担を考慮しての、患者搬送病院の選定は重要であるが、災害時においても十分なスピード、拡がり、正確性をもって扱わないと情報通信が逆に混乱をきたし得ることを示す事例である。当院では、19時から20時にかけて外来棟ロビーのコンセントなどを利用して携帯電話を充電する外来者が多数あることへの対

処、医学部2号館で自炊する外部侵入者に対する対処など、多くの細々とした事例の対処に追われた。さらに、福島原発での爆発が報じられ、緊急被ばく医療の立ち上げと調整で大きな負担を強いられた。

発災3日目(3月13日:33~59時間)

病院全体

発災3日目にして14時45分にインターネットが、15時25分に東北大学本部とのホットラインが復旧し、復旧作業を大きく促進した。ヘリコプター、救急車による搬入や当院からの転院搬出が増え、また支援物資搬入も増加したが、職員も対応に慣れてきており、大きな混乱はなく経過した。

損壊

外来診療の再開の目処をたてるために外来棟の損壊状況を再度確認した。

人と物の流れ

発災3日目より自衛隊ヘリによる事前連絡通告なしの患者搬入で問題となる場面もみられた。

想定外

甚大被災地域では患者カルテなども紛失し、当院への搬送患者も医療情報の把握に苦慮した。特に老健施設などから搬送されてきた認知症を伴う患者では、名前の把握から難渋した。

発災4日目(3月14日:59時間~)

病院全体

前日のインターネットなどの情報通信の復旧と全国からの物資支援により、当院の災害医療体制(トリアージと緊急手術)はおおむね整う一方、大学病院周辺地域からの救急搬送要請は減少した。そのため、石巻、気仙沼など宮城県沿岸部の最甚大被災地域からの患者を最大限受け入れるとともに(3月中に300名以上)、これらの地域にある病院に可能な限りの医師、看護師などの医療スタッフを派遣し、全面的に支援を行う方針が病院長から全職員に示された。3月下旬には1日最大で50名程度

の派遣が行われ、4月末まで派遣を継続した(Fig. 2D)。患者受け入れも300名以上に及び、多い日で100名程度の患者受け入れが行われた。外来診療を部分的に再開できる目途が付き、それに関する打ち合わせが始まった。3日目まではほとんど不可能であった石巻赤十字病院との通信も少しずつ回復し、精神疾患の対処のためできるだけ多くの精神科医師の派遣が求められた。

損壊

水漏れの報告は続いていたが、大きな損壊に関する報告は少なくなった。診療支援システムの再開に伴うトラブルが発生し、適宜対処された。

人と物の流れ

情報通信の回復に伴って、仙台市内二次病院との連携がとれるようになり、容態が落ち着いた患者は当院から市内二次医療機関に転院とし、最前線施設からの重症患者を受け入れる、といったサイクルが少しずつ回復してきた。

想定外

福島原発の問題が報道されるものの十分な情報が少なく、病院職員にとっても大きな精神的負担となった。

考察

クロノロジーの解析により震災後72時間という時間帯では医療ニーズ(傷病者の受け入れと傷病者の救命可能な時間の限界、災害対応体制の確立)がピークとなる一方で、ライフライン(電気、ガス、水道のみならず、情報通信、エレベーターなど)、物の流れ(医療物資や食料)、人の流れの機能低下が顕著であり、需要と供給の大きなミスマッチを生じることが明らかになった。災害医療の特徴として、従来より述べられていることが再確認されたことになる。また、本震災対応において、特に情報・通信に関しては、そうした状況下においてもスピード、広がり、正確性をもって扱えなければならないことも多くの事例で示された。想定外であった事項が多数明らかになった中で、1)震災の種類と受診患者の特徴、2)ライフラインの広範囲途絶と機器を要する慢性疾患患者への対応、逆に想定されていたが、改善の余地があ

るものとして、3)横断的な対策の必要性、4)環境因子の影響について言及する。

1) 震災の種類と受診患者の特徴

地震発生後、我々はすぐにトリアージポストを立ち上げ、外傷患者が大勢来院することに備えた。また、多数の受診患者により野戦病院のようになることも覚悟した。しかし、実際に受診した患者は多いとはいえ、また疾患としては外傷よりも内因性のものが多かった。これには2つの要因が考えられる。第一に、宮城県沖地震が30年以内に99%の確率で発生すると予想されていたため⁷⁾、仙台市や宮城県では建造物の耐震化が進んでおり、地震により倒壊した建造物はほとんどなかった点である。第二に、今回の震災は地震そのものよりもむしろ津波による被害が甚大であり(「津波型」)、津波に流された人の多くは死亡者となり病院を受診することはなく、生存者は軽度の傷病であった点である。これに対して、1995年の阪神・淡路大震災は都市を襲った「直下型」であり、傷病者は、建造物の倒壊による外傷⁸⁾、倒れた柱や家具に長時間挟まれたことによるクラッシュ症候群⁹⁾、火災による熱傷⁹⁾が多いのが特徴であった。当院では、高い確率で発生が予想されていた宮城県沖地震⁷⁾に対して、病院全体での震災訓練などで備えており、受診する患者群は、阪神・淡路大震災と同様の、主に外傷やクラッシュ症候群を想定していた。震災によって傷病者群が異なり、それに伴い必要とされる災害医療が大きく異なることが明らかになった。それに対して、災害の全体像の判断をいかにして早期に、かつ正確に行い、対応するかという大きな課題が明確になった。

2) ライフラインの広範囲途絶と機器を必要とする慢性疾患患者への対応

維持透析患者、在宅酸素療法患者、在宅人工呼吸患者など、震災による直接の傷病者ではないが医療の継続が必要である患者が多数来院したのも特徴的であった。当院のある仙台市では、地震の直後から市内全域が停電となり、在宅人工呼吸患者が、停電による酸素濃縮器の停止、業者による家庭への酸素ボンベの供給不全が危惧されたことにより、在宅酸素療法患者も多数来院した。被災により機能できなくなった診療所や近隣二次病院も多かったため、それらの施設で維持透析を行っていた多く

の患者も当院に来院した。このように傷病者ではないが医療が必要である災害弱者への対応も行う必要があったことは想定外であった。震災による傷病者を多数受け入れるためにも、これらの患者を長期に入院させることはできず、平時に構築した地域のネットワークを駆使して転院などを手配した。広範囲に及びライフラインが途絶するような大震災において、災害拠点病院など地域基幹病院は急性期災害医療のみならず、機器を要する慢性疾患患者をいったん受け入れ、他の医療機関の体制が回復した時に転院を手配するなどの社会的役割を求められることが明らかになった。

3) 横断的な対策の必要性

当院は災害拠点病院であり、大規模災害時には一定数の患者を受け入れ診療機能を維持する責務を負っており、ライフラインが途絶しても一定期間は病院機能を維持することができるように、自家発電装置を設置している。しかしながら、今回の震災では発災後の停電に対して自家発電は速やかに稼働したものの、当センター内にある CT が非常電源へ未接続であったため長時間使用できず、診療に支障をきたした。システムサーバー室の空調問題にも同様の背景があることが考えられ、多くの機器、システムは高度化に伴い複雑化しているために、単一部署のみの災害対策では不十分であり、平時から横断的な組織による対策の必要性を示唆するものと思われる。高層化された病院においてはライフラインともいえるエレベーターの停止に伴って生じた問題は、有事の迅速な対応をいかにして実現するかの課題を提起する事例の一つであった。

4) 環境因子の影響

今回は 3 月上旬の災害発生であったが、当時は真冬並みの気温であり、発災直後に大雪も重なった。津波に流された傷病者はもちろん、われわれ医療従事者、非傷病者も寒さの影響を大きく受けた。特に津波の被害が甚大であった沿岸部では、ライフラインの途絶により暖房は使えず、偶発性低体温症およびその合併症として内因性疾患を発症した症例は相当数いたと予想される。逆に、夏期の大災害の場合には、熱中症や、衛生環境の急速な悪化による感染症患者が多数発生すると推察される。災害時には、気候や気温の影響は大きく、その対策として

体温、あるいは環境温度を、極めて低エネルギーで管理できる機器の開発の必要性が示唆された。

結 語

震災発生から 72 時間のクロノロジーを被災地域全体、病院全体、損壊に関する報告、人と物の流れに関する報告、想定外であった報告、に分けて分析した。今後も、まったく同様の大災害が起こることはないと思われ、想定を超える大災害は起こりうる。そのときに備えるために、今回のクロノロジーを詳細に分析し、アカデミアの病院として、想定外のイベントを想定し、対応できるシステムの構築に向けて生かすことが必要である。

謝 辞

情報収集に御協力いただいた仙台市消防局救急課吉川清志主幹、森俊三氏、東北大学病院 軍司希 看護師、佐藤栄子師長（手術室）、菊地昭二 臨床工学技士長・臨床工学部部長、菅原克幸 佐藤光春 技師、長沢光章 診療技術部副部長、齊藤芳彦 検査部副技師長、久道周彦 副薬剤部長、岡本智子 栄養管理室室長、富田有一 総務課課長、柴田一 経理課課長補佐、小林正幸 施設企画室長、脳神経外科 リサーチアドミニストレーター 岡野弥生氏に感謝申し上げます。本研究の遂行にあたっては文部科学省科学研究費（若手研究（A）19689030、若手研究（A）22689039、挑戦的萌芽研究 23659680）、平成 22 年度東北大学流体科学研究所公募共同研究、平成 23 年度東北大学流体科学研究所公募共同研究、日本損害保険協会交通事故医療特定課題研究助成、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、三井生命厚生事業団、大和証券ヘルスケア財団、先進医療研究振興財団被災地支援研究助成の支援を受けた。また、震災に関する研究・教育活動での支援をいただいた Manoa DNA Lloyd Kawakami 氏、横川隆哉夫妻に感謝申し上げます。また、貴重なコメントを頂いた Richard Aghababian, MD (New England Medical Society), Michael VanRooyen, MD, Stephanie Kayden MD, Barry Wante, CEM (Brigham and Womans' Hospital), Eric Weiss, MD (Stanford University), Palo Alto 市前市長岸本陽里子氏をはじめ多くの方々にも感謝申し上げます。

文 献

- 1) Sakamoto K, Minamidate Y, Nagai T: Messages from a medical library in the earthquake-prone zone. *Tohoku J Exp Med* 225: 77-80, 2011
- 2) 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 -. *日外会誌* 112 臨時増刊号 (3): 1-8, 2011
- 3) Shibahara S: The 2011 Tohoku earthquake and devastating tsunami. *Tohoku J Exp Med* 223: 305-307, 2011
- 4) Ozawa S, Nishimura T, Suito S, et al: Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake. *Nature* 475: 373-376, 2011
- 5) Oda J, Tanaka H, Yoshioka T, et al: Analysis of 372

- patients with Crush syndrome caused by Hanshin-Awaji earthquake. *J Trauma* 42: 470-475, 1997
- 6) Normile D: Picking up the pieces at ravaged Tohoku University. *Science* 333: 153-155, 2011
- 7) Minoura K, Imamura F, Sugawara D, et al: The 869 Jogan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunamis on the Pacific coast of northeast Japan. *J Natural Disaster Sci* 23: 83-88, 2001
- 8) Kuwagata Y, Oda J, Tanaka H, et al: Analysis of 2,702 traumatized patients in the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. *J Trauma* 43: 427-432, 1997
- 9) Nakamori Y, Tanaka H, Oda J, Ket al: Burns injuries in the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. *Burns* 23:319-322, 1997

東日本大震災発災直後の神経救急： 東北大学病院クロノロジーからの考察

中川敦寛*,**, 富永悌二*

NAKAGAWA Atsuhiko, TOMINAGA Teiji

*東北大学大学院医学系研究科神経外科学分野, **東北大学病院高度救命救急センター

はじめに¹⁾

2011年3月11日14時46分に大地震発生後、東北大学病院ではただちに災害対策本部（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、トリアージポストの設置をおこなった。高度救命救急センター（以下、救命センター）においてもただちに軽症外来にトリアージタグの黄色患者に対応するエリア、重症初療室に赤色患者に対応するエリアを設置した。15時30分ごろより災対本部と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り、数多くの「想定外」も経験した。最甚大被災地である石巻赤十字病院における神経救急疾患の病像に関してはすでに沼上らによる報告がある²⁾。本稿では、当院で記録したクロノロジーから、神経救急に関連する事項に言及しつつ、本震災で得られた教訓について、病院のシステム、インフラを含めて考察を加えた。

発災当日（3月11日）

14時53分に内閣府の地震防災情報システム（disaster information system : DIS）から死亡1,000名、重症

2,000名、建築物損壊5万棟、避難者数70万名の予測が出され、当院も2週間程度にわたり野戦病院化するものと見込まれた。しかしながら、当院に1台目の救急車が到着したのは16時35分で、想定と大きく異なるものであった。当日の総受診患者も54名（緑18名、黄18名、赤16名、黒2名）にとどまったが、これは仙台市内の二次、三次医療機関も同様であった。

ライフラインに関しては、電気、ガス、水道の各供給会社から停止通告が相次いだ。当院においても自給可能な時間はおおよそ72時間であり、その期限内に復旧されない場合には業務に大きな支障をきたすことが予想された。インターネットや携帯電話、固定電話を含めた情報通信も不通となった。地区内にあるエレベーターも38機（うち診療目的は20機）すべて停止し、当日は1機も回復しなかった。患者の移動、食事、薬品の搬送はすべて人力で階段を使用することとなり、17階建ての病棟にある階段は混雑を極め、ヒトとモノの流れにも大幅な制限が生じた。とくに独歩不能患者に関してはバックボードなどを使用し、4~6名で担ぎあげるといったことでなんとか対応したが、高層階への移動は制限された。救命センター内のCTは12日午後まで使用できなかった。院内中央放射線部門にある3機のCTも同様に使用できなかったが、発災当日22時より救命センターから約50m離れた場所にあるPETセンター内のCTは使用可能となった。本来は診断に使用する用途のものではないため、わずかな余震でも角度のズレが生じると稼働しない、といったことなどがあり、撮影に難渋した。画像を含めた検査結果の参照、オーダーリングのすべてと

患者生体情報の一部は、電子情報システムで管理していたが、発災から1時間ほどですべて機能停止した。原因は、電子情報システムのサーバーやネットワーク機器は非常電源に接続されていたが、システムサーバー室の空調システムのコントロールがつかず、温度上昇をきたしたためであった。血液生化学検査、生理検査に関しては、発災直後から大幅に制限された。検査室が、病院に隣接する1969年に建築された非診療施設内にあったこともあり、自家発電の供給対象とはなっていなかった点、機器の損壊損傷自体は軽度であったものの、建物自体の損壊の可能性が危惧され、入館禁止という判断がなされたことが原因である。病棟内血液浄化部に主要な血液生化学検査が可能な機器があったため、3月中旬までは大幅に制限はあったものの、検査自体はおこなうことができた。病棟では大きな混乱には至らなかったものの、吸引機の大半が当初使用できなかった。これは、停電によるコンプレッサーの停止、冷却水の停止に伴うポンプ機能の低下が原因であった。幸い、手術部は非常用発電機から電源供給され、独立したコンプレッサーをもち、機能不全に陥ることはなかった。

16時ごろから大雪となった。トリアージポストに立つ職員にとってはもちろん、院内の職員にとっても全館暖房が停止した状態であり、寒中での勤務は大きな負担となった。電気供給停止により、在宅酸素療法、在宅呼吸器装着患者は自宅での機器使用が困難となり多数来院し、入院となったのは想定外であった。患者の付添い、外来受診後の帰宅困難者も院内にあふれ、翌日には院内のインフラを利用するために新たに留まる者もあらわれ、その都度対応に難渋した。病院自体もインフラが遮断され、物資も補給の目途が立たない状況下にあつては、資源を消費するあらゆる要因は大きな負担であり、不安材料となった。

発災翌日（3月12日）

発災翌日は朝方から長野県北部、東海地域にかけての東日本の広範囲にかけて地震が多発し、東北地域への救援が大幅に遅れる危機に瀕した。幸い、被災地域では使用可能な医療資源がきわめて限定的となるため、外科的処置を要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、ドクターヘリ、宮城県ヘリ運航調整班と調整をおこなった。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おこなった。搬出1例目は頭部外傷症例であった。手術は手術室のある中央診療棟が損壊の可能性があったため、立ち入り制限となったこと、また、ガスの供給が停止したために当院での滅菌ができなくなったことから3月下旬まで大幅な制限を受けた。院内全体の滅菌資材に関しては隣県で滅菌するなどの対応をおこなった。医療ガスに関しては、当院は通常、週1回供給を受けることになっており、発災の2日前に供給を受けたばかりであった。配給のためのタンクローリーは津波で流されてしまったため、残量を計算しながら使用制限下での運用となった。

発災3日目（3月13日）

発災3日目にして14時45分にインターネットが、15時25分に東北大学本部とのホットラインが復旧し、復旧作業を大きく促進した。ヘリコプター、救急車による搬入や当院からの転院搬出が増え、支援物資搬入も増加したが、職員も対応に慣れてきており、大きな混乱はなく経過した。甚大被災地域では患者カルテなども紛失し、当院への搬送患者も医療情報の把握に苦慮した。とくに老健施設などから搬送されてきた認知症を伴う患者では、名前の把握から難渋した。

発災4日目（3月14日）

当院の災害医療体制（トリアージと緊急手術）はおおむね整う一方、大学病院周辺地域からの救急搬送要請は減少した。そのため、石巻・気仙沼など宮城県沿岸部の最甚大被災地からの患者を最大限受け入れるとともに（3月中旬に300名以上）、これらの地域にある病院に可能な限りの医師、看護師などの医療スタッフを派遣し、全面的に支援をおこなう方針が病院長から全職員に示された。3月下旬には1日最大で50名程度の派遣がおこなわれ、4月末まで派遣を継続した。情報通信の回復に伴って、仙台市内二次病院との連携が取れるようになり、容態が落ち着いた患者は当院から市内二次医療機関に転院と、

最前線施設からの重症患者を受け入れる、といったサイクルが少しずつ回復してきた。

考察

クロノロジーは情報通信がきわめて制限される災害医療の現場では、情報の共有の手段として利用されることが多い。当初はホワイトボードとライティングシートに記載し(図①~③)、最新の情報を10枚ほど室内の壁に掲示することで職員間での情報の共有をはかった。本震災における当院のクロノロジーの解析からも、震災後72時間という時間帯では医療ニーズ(傷病者の受け入れと傷病者の救命可能な時間の限界、災害対応体制の確立)がピークとなる一方で、ライフライン(電気、ガス、水道のみならず、情報通信、エレベーターなど)、物のながれ(医療物資や食料)、人のながれの機能低下が顕著であり、需要と供給の大きなミスマッチを生じることが、改めて示された。本震災で、「想定外」であった事項も多数明らかになったなかで、神経救急に関連する事項を中心に考察する。

1) 震災の種類と受診患者の特徴

2004年3月の宮城県防災会議地震対策等専門部会による「宮城県地震被害想定調査に関する報告書」³⁾によると、人的被害予測は死者96~164名、負傷者数は4,014~6,170名、負傷者のうち入院が必要な重症者は468~658名と推定されていたが、実際には宮城県内における死者9,472名、行方不明者1,805名(いずれも2012年1月11日時点)、負傷者3,792名(2011年8月時点)であり、これを大幅に上回るものとなった。

神経救急疾患の病像に関しては沼上らが最大被災地域である石巻赤十字病院における震災5週間の発生数を2008~2010年までの3年間の同時期と比較検討した報告がある²⁾。この検討では、脳血管障害、頭部外傷、痙攣発作、失神の急患数の増加が認められ、脳血管障害のうち、脳出血は震災1週および5週目で増加が認められたが、脳梗塞、クモ膜下出血に関しては明らかな変化は認められなかった。頭部外傷に関しては、期間全体では例年に比較して倍程度の増加が認められたが、多くは復旧作業を含む、地震や余震による直接の外傷によらないものであったとしている²⁾。当院は、三次救急に対応

する大学病院の高度救命救急センターであることから、疾患像に関する検討はおこなわなかった。

当院においても高い確率で発生が予想されていた宮城県沖地震⁴⁾に対して、病院全体での震災訓練などで備えており、受診する患者群は、阪神・淡路大震災と同様の、おもに外傷やクラッシュ症候群⁵⁾を想定していた。ところが、実際は、東北大学病院に入院した症例数は外傷や溺水を含む外因性疾患よりも内因性のものが多かった。神経救急関連疾患は震災から7日間で31名、3月31日までの21日間で61名にとどまり、頭部外傷の入院も震災7日間で13名、3月31日までの21日間では18名にとどまった。この要因としては、仙台市や宮城県では建造物の耐震化が進んでおり、地震により倒壊した建造物はほとんどなかった点、今回の震災は1995年の阪神・淡路大震災で都市を襲った「直下型」とは異なり、地震そのものよりもむしろ津波による被害が甚大であり(「津波型」)、津波に流された人の多くは死亡者となり病院を受診することはなく、生存者は軽度の傷病であった点があげられる。震災によって傷病者群が異なり、それに伴い必要とされる災害医療が大きく異なることから、災害の全体像の判断をいかにして早期に、かつ正確におこなう、対応することの重要性が改めて示された。

今回は3月上旬の災害発生であったが、当時は真冬並みの気温であり、震災直後に大雪も重なった。とくに津波の被害が甚大であった沿岸部では、ライフラインの途絶により暖房は使えず、非都市部ではガソリン発電機、練炭を用いて暖房を使用していた地域が相当あったものと推察される。当院だけでも3月および4月の震災に関連する一酸化炭素中毒入院症例は8件、16例に達し、本震災の特徴であると考えられた。

2) ライフラインの広範囲途絶と、機器を必要とする慢性疾患患者への対応

維持透析患者、在宅酸素療法患者、在宅人工呼吸患者など、震災による直接の傷病者ではないが医療の継続が必要である患者が多数来院したのも特徴的であった。当院のある仙台市では、地震の直後から市内全域が停電となり、神経変性疾患の在宅人工呼吸器使用患者が、停電による酸素濃縮器の停止、業者による家庭への酸素ボンベの供給不全が危惧されたことにより、在宅酸素療法患者も多数来院した。被災により機能がなくなった診療

時間	報告	対応/補足	
14:46	地震発生 (M8.8)	実際は M9.0	
15:00頃	外来患者の自主的避難開始	災害対策本部立ち上げ	
15:30	緑エリア患者来院	クロノロ開始 (災害対策本部 / 高度救命救急センター)	
15:35	:31 検査部は通電次第使用可	助教以上の院内待機指示	:42 外来患者:44 時間職員帰宅
15:37	死者1000名予想 (DIS)		Disaster Information System
15:38	メディカルITシステム全停止		空調:非常電源に未接続
15:45	赤・黄エリア設置		
15:55	外来検受入可 緑エリア設定		
16:10	手術室使用不可		*手術続行は個々の判断に
16:15	外来 PHS 使用不可		*使用許可範囲を超えたため
16:35	救急車一台目撤入		*事前連絡なし
16:40	緑ガラガラ 来院5名のみ		外は大雪
16:41	3号館内検査室使用不可	緊急検査:3 東透折室のみ	
17:00	手術可能件数報告		開頭セット2 穿頭セット2
17:03	仙台ガス停止の連絡		16:20 東北電力供給停止
17:10	ポータブルレントゲン撮影可能	救セのみ (救セ内 CT は2日間使用できず MRI は当日夜から可)	
17:13	帰宅困難者 外来棟2階へ	入院患者家族は帰宅	
17:30	医学部2, 3号館立ち入り禁止		
	余剰人員は東2階に集合	17:50 300名集合	17:51 ICUに看護師10名のみ派遣
17:45	非常電源への切り替え完了		
17:54	医療ガス供給に関する報告	本部へ連絡するよう指示	
18:00	余剰医師は3交代シフトを指示		
18:05	コンプレッサの配置換え	上の階に移動	:30 水冷ポンプは稼働中
18:35	NHK 録取材	取材内容を聞いて許可	被災状況についても情報収集
18:36	医師東2階への集合を終了		
19:00	東北電力、仙台市ガス復旧目途立たず		水道は10分後、放送してから
19:15	手術部搬送終了		
19:25	エレベーター点検は明日以降と		
19:30	外来玄関に大量の送迎者	職員が対応	
20:00	第1回災害対策本部会議	薬剤在庫2日分 トイレ復旧	
21:45	新患中止をマスコミに通知	総務課対応	
22:05	東3階で吸引可能に	在宅酸素患者 黄→東3階	人員4名派遣
22:09	MEセンター 使用可能な機器に関する報告	23:05 パワーセンター 1600K のところ 800K で運用中	
22:20	帰宅困難職員は東4階に		
22:25	荒浜で津波で300名死亡と		
22:30	PETセンター CT 稼働の報告	頭部外傷患者の撮影施行	MR 棟も1台稼働可能

図① 東北大学病院災害対応本部におけるクロノロジー(抜粋) 3月11日

時刻	内容	対応	備考
0:32	新外来棟で113名帰宅不可	0:12 2,3号館被害大	冷蔵庫の電源消失
0:38	外来地下1階サーバールーム報告	空調点検モードで稼働可能	
1:10	救命センター→6階へ患者移送	4-6名派遣	
2:30	パワーセンターに電気供給再開	電気復旧には停電必要	一旦停電するため調整要する
4:00	長野県北部 震度5:14/5:45 新潟6:10 茨城沖 震度4		朝方には東海地方で地震
4:10	県に非常食3000食要請		
5:51	他院受入状況の確認依頼 (厚生:連絡とれず オープン:手術不能)		8:05 飲料水確保
8:32	石巻日赤との連絡	XXX-XXX-XXXX と判明	8:42 ICU含む西病棟復旧
8:57	エレベーター部分復旧	9:45 ヘリ用も復旧	10:15 病院食搬送許可
10:05	緑 在宅酸素療法の対応指針	救せに連絡, 判断	
10:06	県庁から毛布配布	9:55 大学本部に状況説明	(直接来院)
10:20	放射線被ばく者への対応	10:50 受入可 詳細詰り要	
10:48	東6階母子待機場所	西13階スキルラボ内に確保	
11:16	エレベーター2台目復旧	前後で緊急病棟間移送許可	
11:41	他院から5名透析受入 診療支援システム (服薬, 給食) 一部復旧		
12:08	DMAT到着 医療センター4隊	震の目100名 苦竹4-5隊	
13:05	広域ヘリ搬送1例目移動	頭部外傷症例	実際は14:05到着 (前橋赤十字)
13:40	女川から在宅酸素2名搬入	18:57 山大病院 支援物資	名取から陸送
18:20	ヘリポート夜間使用許可:34 石巻:ヘリで低体温症7名要請:43 看護師教セ派遣:49 キャンセル		
20:38	自衛隊ヘリ到着 (通告なし)	救せ師長対応	南三陸町からの透析患者
3:45	東大病院から支援物資到着	食料→栄養管理室 薬品→薬剤部	
5:00	透析患者の待機場所不足	仙台二中を利用	
8:25	広域搬送2名決定	9:31 頭部外傷 脾臓損傷	
10:15	ボランティア受け入れ部門設置		
14:45	インターネット復旧	全館放送	15:25 大学本部との電話復旧
17:30	西11階:ベッドコントロール依頼	一時帰宅者の病床利用	
6:40	市:石巻から30名受入要請	重症10名, 中等症適宜対応と返答	
9:26	産科医レンタカーにて石巻派遣	手配すめる	脳外科:同日から医師派遣
12:37	石巻日赤:精神科医派遣要請		
13:45	西13階水漏れ		
13:54	福島原発で5名傷病者との情報	※精神的な負担が増強した	

図2 東北大学病院災対本部におけるクロノロジー (抜粋) 3月12日~14日

所や近隣二次病院も多かったため、それらの施設で維持
透析をおこなっていた多くの患者も当院に来院した。こ
のように傷病者ではないが医療が必要である患者に対す

る対応もおこなう必要があったことは想定外であった。
震災による傷病者を多数受け入れるためにも、これらの
患者を長期に入院させることはできず、平時に構築した

15:35 PHS・外線電話 OK (JTB機・FAX・FAX機
ホテ側)ホワイ機・酸素 OK 使用不可
15:40 氷 (飲水用) ビニールに入れた
15:45 山内 死者・重傷者 人数報告 (予定) 震度7
各件リポ Dr 決定 品薄
① Dr 連絡 ② Dr 連絡 ICU Dr 赤石 15:00 東4Fに
③ 全体 Dr 石川 脳外・整形 Dr 待期
15:50 エレベーター 使用確認
スリッパ集める (東1Fへ)
15:55 一般病棟 Ns 集合 (東1Fへ)
レントゲンポータビリティ見れる状況: 確認中
16:00 DMATは医療センターへ集合する
放射線部へエリP 依頼連絡
16:05 救急エリP Ns 不足連絡
一般病棟 Ns 集まりへ

図3 東北大学病院で記録されたクロノロジー (高度救命救急センター)
当院ではクロノロジーは災対本部と救命センターの2ヵ所で記録
された。ホワイトボードとライティングシートに記載され、最新の
情報を10枚ほど室内の壁に掲示することで職員間での情報の共有
に利用された。

地域のネットワークを駆使して転院などを手配した。広
範囲に及びライフラインが途絶するような大震災におい
て、災害拠点病院など地域基幹病院は急性期災害医療の
みならず、機器を要する慢性疾患患者をいったん受け入
れ、他の医療機関の体制が回復したときに転院を手配す
るなどの社会的役割を求められることが明らかになると
同時に、災害拠点病院における医療資源を確保するため
に、近隣病院、老健施設をはじめとする施設を有効活用
する必要性についても今後考慮する必要があるものと考
えられた。

3) 画像診断機器の問題点

診断機器は顕著な物理的損傷はなかったものの、電力
の供給制限による稼働制限を受けたことが特徴である。
東北大学病院を含む東北大学星陵キャンパスでは夏季に
おけるピーク時の電力使用量は9,340kW、それ以外の期
間における電力使用量は約7,500kWで推移していた。
平時の東北電力との契約電力は9,250kWで、常用自家
発電による供給電力は1,000kWで賄っていた。非常時

は病棟・中央診療棟用として最大出力1,600kW、その他
建物用として最大出力1,200kWで72時間維持可能な
パワーセンターにおける備蓄重油による自家発電2基
と病棟専用のガス供給による最大出力1,000kWの自家
発電装置2基の稼働による計4,800kWが最大出力で
あった。本震災では、停電後瞬時に無停電電源に供給さ
れる非常用バッテリーが作動し、その後、3~4分で非常
用自家発電が作動、4,800kWが供給された(カバー率
65%)。仙台市に2系列あるガス配管のうち当院に供給
されている配管は地震への耐久性が高いものとなっており、
かつ、災害拠点病院である性質上、供給停止は極力
避ける運用となっていた。しかし、発災から2時間も経
過しないうちの16時37分に早々と供給停止となり、最
大供給量は2,800kWに低下した(カバー率37%)。さら
にはパワーセンターにおける自家発電も商用電源の復旧
の目的が立たないことから、最大出力の50%で稼働せざ
るを得なかったため、発災当日の供給電力は1,400kW
に制限された。救命センター内のCTは本来、病棟専用
のガス供給による自家発電装置からの非常電源に接続さ

れていたが、ガスの供給停止は想定外であった。CTは短時間ではあるが、60~100 kWの電力を消費し、許容量を超過する可能性があったため、パワーセンター経由の非常用発電機電源は患者用電源確保を優先し、病院内のCTに対しパワーセンター経由の非常用発電機電源への切り替えをしなかったため稼働できなかったが、震災当日に病院内とは別区画にあるPETセンター内CTでの撮影が可能となった。これは、PETセンターはもともとパワーセンター経由の非常用発電機電源のラインに繋がれており、PETセンターの区画自体が大きな電力消費量を要さないことから、そのまま許容量を超過することなく使用可能であると判断されたためである。MRIの一部は病院とは別経路で非常用電源が配線されていたため、震災当日からの撮影が可能であった。幸い、商用電源が発災翌日から使用可能になり、点検をしながら順次商用電源への切り替えをおこなったため、病院全体の切り替えには8時間を要したが、診断機器は3月12日中に通常運用が可能となった。

本震災ではCTを要する急患の来院数が限られたが、都市直下型地震では、CTは必須の診断機器となるものと考えられ、機器のピーク消費電力を減少させるなどの技術的革新とともに、電力が制限された状況下においていかに診断機器を稼働させるかに関する詳細なシミュレーションが必要であると考えられた。

4) 横断的な解析と対策の必要性

システムサーバー室の空調問題にも同様の背景があることが考えられ、多くの機器、システムは高度化に伴い複雑化しているために、単一部署のみの災害対策では不十分であり、平時から横断的な組織による対策の必要性を示唆するものと思われた。高層化された病院においてはライフラインともいえるエレベーターの停止に伴って生じた問題は、有事の迅速な対応をいかにして実現するかを課題を提起する事例の一つであった。

おわりに

東日本大震災において東北大学病院の災対本部、救命

センターで記録された震災発生から72時間のクロノロジーを分析し、神経救急に関連する事項について、本震災に特徴的な病像のみならず、病院のシステムとインフラまで含めて言及した。今後、まったく同様の大災害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」を「想定」するうえで、今回の経験、とくにクロノロジーは多角的に分析することで、横断的な取り組み、システムの構築、実質的に有用な教育を含めた対策を立てるうえで、多くの情報をもたらすものと考えられた。

謝辞

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、先進医薬研究振興財団、大和証券ヘルスケア財団、三井生命厚生事業団の支援を受けた。震災に関する研究・教育活動への支援を頂いたManoa DNA Lloyd Kawakami氏、横川隆哉氏に感謝申し上げます。貴重なコメントを頂いた施設企画室 小林正幸施設企画室長、Richard Aghababian先生 (New England Medical Society)、Mike VanRooyen先生、Stephanie Kayden先生、Barry Wante氏 (Brigham and Womans' Hospital)、Eric Weiss先生 (Stanford University)をはじめ、多くの方々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—。日外会誌 112 臨時増刊号 (3)：1-8, 2011
- 2) 沼上佳寛ほか：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—。Jpn J Neurosurg (Tokyo) 20：904-912, 2011
- 3) 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/jishin_chishiki/3higashin/sanzhigaitop.htm]
- 4) Minoura K et al: The 869 Jogan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunami on the Pacific coast of northeast Japan. J Natural Disaster Sci 23: 83-88, 2001
- 5) Kuwagata Y et al: Analysis of 2,702 traumatized patients in the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. J Trauma 43: 427-432, 1997

Semantic Mechanisms in Clinical Omics DB

Jun Nakaya¹, Michio Kimura², Riichiro Mizoguchi³, Koji Kozaki³ and Hiroshi Tanaka¹

¹ School of Biomedical Science, Tokyo Medical and Dental University
Yushima 1-5-45, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8549, Japan
junnaka@bridge.ocn.ne.jp
<http://www.tmd.ac.jp/>

² Department of Medicine, Hamamatsu University School of Medicine
Handayama 1-20-1, Higashi-ku, Hamamatsu, Shizuoka, 431-3192, Japan
www.hama-med.ac.jp/

³ The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University
Mihogaoka 8-1, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan
<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/>

ABSTRACT. This paper explains a semantic mechanisms which are used in a Japanese national DB project named "Integration DB project". The semantic mechanisms consists of the semantic integration and the semantic navigation. The semantic integration is established with the virtual integration of databases by mapping each database in a nosological ontology with three-layered methodology. Although two types of integration approaches which are the nosological approach and the pathobiological approach exist, this paper focuses on the nosological approach mainly. The semantic navigation is established with the user interface manager, the semantic navigating engine, and the database (DB) manager. A methodology for semantic integration and semantic navigation based on nosological ontology has been established on the elemental databases of the Hepatocellular Carcinoma databases and the Parkinson's Disease databases. This paper discusses the importance of semantics in the integration and the navigation of clinical omics databases and the ethical issue of handling clinical data.

1 Introduction

Presently, Japan is in the process of establishing a national integrated database project named as "Integrated Database Project" which targets to integrate the biological databases and the clinical databases that are existing in Japan since 2007 [MEXT 2008]. This national project is organized by the Ministry of Education, Culture, Science and Technology (MEXT). It aims to support post-genomic research from informatics perspectives as a part of the national biomedical IT infrastructure. The project is led by a central organization, three sectoral allocation organizations, and other organizations that preside over the subsidiary programs. The three main target sectors of the sectoral allocation organizations are the molecular information, the clinical information, and the single nucleotide polymorphism (SNP)-based information. This paper focuses on the clinical information mainly. In the integrated biomedical database, the clinical information is integrated with omics information that is sum of the hierarchical molecular network information in a human body.

The integrated clinical omics database is a part of the national biomedical IT infrastructure. To support post-genomic research as social informational infrastructure, this infrastructure needs standardization, security, and translational research informatics (TRI) [Nakaya 2007][Nakaya 2006]. The standardization is essential for sharing, exchanging, and applying the information. The security is essential to protect personal information. Here Omics information is a kind of ultimate personal information which needs well protection. The TRI is essential as a

2 Jun Nakaya, Michio Kimura, Riichiro Mizoguchi, Koji Kozaki and Hiroshi Tanaka.

pipeline of social informational infrastructure to actualize experimental medicines such as omics medicines [Nakaya 2005]. The two important elemental technologies required for social informational infrastructure are omics Electronic Health Record (oEHR) and integrated clinical omics database (iCOD), and these must be coupled and liaised effectively. In addition, three basic technologies such as ontology, data exchange format and information model are required. Standardization and security are fundamental bases for the object that this infrastructure works out properly. Ultimately the information itself must be utilized actively at any points of social informational circle which includes any of social facilities.

In post-genomic era, researchers are trying to integrate all hierarchical omics information with phenomics information and clinical information which are kinds of essential expressions of cause-effect results in a human body. To apply omics information to clinical information as a typical post-genomic research, we additionally need information about abnormal states of a human body, which have disease information, diagnosis information, treatment information, and environmental information [Nakaya 2008]. To provide this clinical information and omics information with an organized manner, an integrated clinical omics database having an organized ontological approach can be a basis of national IT infrastructure.

To integrate many clinical omics databases with wide spread scope, the data format and the ontology format should have interoperability mutually and should stand on worldwide standards such as ISO [ISO 2006], HL7 [HL7 2008], and CEN [CEN 2008]. In this way, we have been collaborating with the international standard bodies in this project.

Only semantic interoperability has power to overcome both language differences and domain differences [Nakaya 2007-2]. For this reason, we intentionally have used Japanese in this project with a goal to eventually achieve this interoperability.

2 Objectives

This paper shows an example of semantic mechanisms of clinical omics databases from two perspectives: semantic integration and semantic navigation. The integrated database project aims to integrate existing biological databases and clinical databases in Japan virtually in a semantic way.

3 Methods

We classify the semantic mechanisms of the clinical omics database into two categories which are semantic integration and semantic navigation, each of which is discussed in the following.

3-1 Semantic Integration

Semantic integration is established virtually with the three-layered methodology. The three-layered methodology cut up the integration steps into 3 steps. Cut up three hierarchical layers are the integration layer, the concept layer, and the information model layer (Fig. 1). The integration layer has the meta classification of nosology, and which integrates the conceptual ontologies. The concept layer has ontologies that

consist of classifications and terminologies. The information model layer has a data format with its own structure and definitions. The data format mapper stores the mapping relations. The data in each database are connected to the data format of the information layer. This data format is semantically connected to the ontology of the concept layer, and the ontology is connected to the meta ontology of the integration layer. Consequently, the elemental databases are mapped on the ontologies.

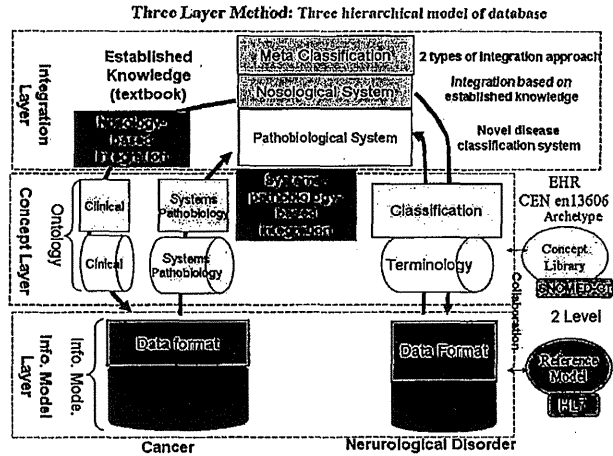


Fig. 1 Three Layer Method

Having this three-layer methodology, we integrate databases semantically with the two types of integration approaches. One is the nosological approach that follows an established conceptual system such as nosology, and the other is a systems pathobiology approach that is based on the result of systems pathobiology research. This paper focuses on the nosological approach. The nosology approach assumes the disease terminology and classification are in Japanese (Fig. 2).

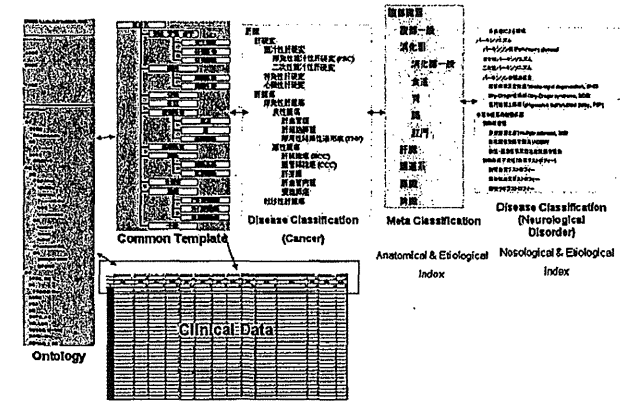


Fig. 2 Nosological Integration

Nosological integration integrates the meta classification and the disease classification. The meta classification is a combination of the anatomical classification and the etiological classification. The disease classification is a combination of the etiological classification and the nosological classification. Disease knowledge is described with a common template that is normalized for all diseases. The structure of this template is also used as the standard data format for storing the clinical case data. This template is applied to all hierarchies of the integrated database regardless of the information grading scale. Sharing the template between the standard data format and the knowledge makes virtual mapping of the database of the ontology possible, and also makes a data search by semantic retrieval possible. For the nosological ontology, the databases are integrated virtually by mapping their information and by keeping each database in the status quo condition.

3-2 Nosological Ontology

Nosological ontology which is used in this project is hierarchically classified disease knowledge written in Japanese [Nakaya 2006-2]. The disease knowledge is classified according to the combined hierarchy of anatomical hierarchy and etiological hierarchy. Each disease is described with unified description rules, and the third normalized skeleton format is the common template. This ontology contains almost all diseases described in all clinical fields. The nosological ontology has a liaison with the other major national ontology project in Japan and also has a relation

with the ISO GSVML international project [Nakaya 2006-3] [Nakaya 2010], and it was a candidate for the WHO-ICD11 semantic background.

For the integration of the nosological ontology and the omics ontology, this ontology follows an architecture called Evidence-Based Logical Atomism (EBLA) [Nakaya 2006-4]. EBLA architecture defines a conceptual core which is called as "logical atom" and which is a conceptual unit at each hierarchy. Fig. 3 is an architecture of our disease ontology based on EBLA. The disease classification is based on a combination of the anatomical hierarchy and the etiological hierarchy. The disease terminologies are described with the third normalized skeleton template, which is the same as the common template.

Knowledge Architecture based on Evidence Based Logical Atomism

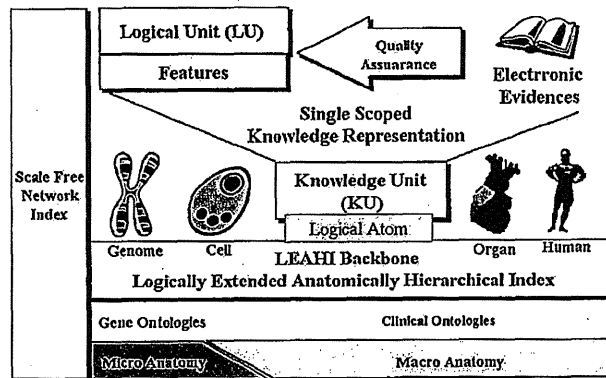


Fig. 3 Knowledge Architecture on EBLA

3-3 Semantic Navigation

Semantic navigation is achieved with three modules, which are the user interface manager, the semantic navigating engine, and the database manager (Fig. 4). The User Interface Manager converts user input to a standardized representation through the terminology and the thesaurus dictionary. After receiving this standardized user input from the user interface manager, the semantic navigating engine navigates users to the targeted databases on the mapped nosological ontology. The DB manager converts the queries for each database by following the data format mapper. The data format of each database and the data exchange manner are preset in the data format mapper. The DB manager sends queries to the targeted databases according to the manner of each database and receives the records of the targeted databases. The DB

manager consists of a server module and client modules. The server module sends the standard queries and receives data in the standard format. The client module converts the received standard queries to customized queries with the data format mapper, and retrieves data from each database. The obtained records are reconverted by the client modules, and they are summarized by the navigating engine. Then they are output by the user interface manager.

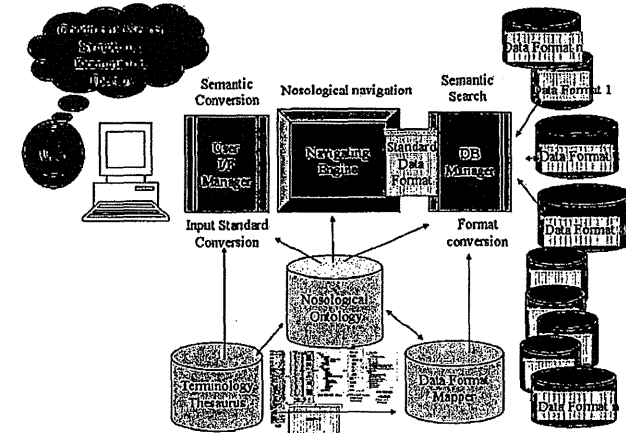


Fig. 4 Semantic Navigation

An example scenario of the navigation using the phrase "Symptoms: digestive symptoms" and the background movements are illustrated in Fig. 5. In case of input the phrase "digestive symptoms" as a symptom, the system automatically generates the standardized search condition. The standardized search condition includes the semantically searched phrases such as "constipation" and "anorexia" addition to the direct search condition of "digestive symptoms". These semantic relations of the phrases are defined in the disease ontology.

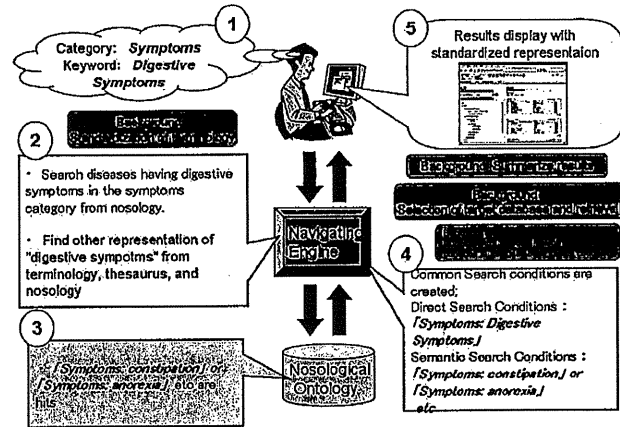


Fig. 5 An example scenario of the navigation

4 Results

We developed the semantic integration and semantic navigation system based on nosological ontology with JAVA. The example of the nosological ontology is about a neurological disorder and hepatic cancer. A part of the meta classification is the combined classification of the anatomy and the etiology. The meta classification points to the classification of the hepatic cancer and the neurological disorder. Each disease classification points to a part of the disease knowledge, such as hepatocellular carcinoma and Parkinson's disease. All knowledge is written by following the common template in Japanese with XML. The depth of knowledge is generally at the internship MD level. The structure of the common template is shared in the standard data format. This standard data format receives the projection from the data format of each elemental database. The elemental databases of the prototype are the cancer database [Nakaya 2008], which is a relational database, and the neurological disorder database [Nakaya 2008-2], which is also a relational database. At this moment, the cancer database has more than 500 clinical cases of hepatocellular carcinoma (HCC), and the neurological disorder database has 1 more than 800 clinical cases of Parkinson's disease.

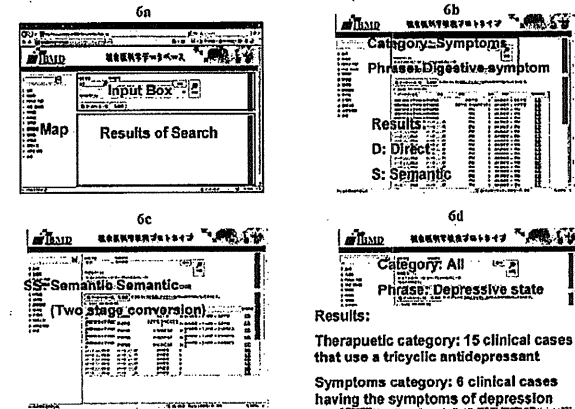


Fig. 6 An example of Search Results

A search input screen is shown in Fig. 6a. Left side box is the map of the integrated database, which shows semantic locations of each database on the disease ontology. Input box of search conditions is in upper right. Results of the search are appeared in lower right. If necessary, users can specify a search category based on the common template.

Fig. 6b shows an example of a categorized semantic navigation that searches data within the indicated category of the common template. An example is the search by the phrase "digestive symptoms" and the category "Symptoms". From the cancer database, zero cases of the direct search and three cases of the semantic search were found. From the Parkinson's disease database, zero cases of the direct search and 35 cases of the semantic search were found. Among the search results, "D" indicates a direct search, which means a search by unchanged words. "S" indicates a semantic search, which searches data with semantically converted words by using the thesaurus dictionary and the nosology.

Fig. 6c shows a case of a two-stage conversion search. The two-stage semantic conversion is represented by "SS". From the cancer database, zero cases of the direct search and five cases of the SS search were found. From the Parkinson's database, six cases of the direct search and zero cases of the semantic search were found. For four of the five SS cases, the first stage is to convert the input from "slow movement" to "depression", and the second stage is to convert "depression" to "lassitude", as shown in Fig. 6c. The search is then based on the word "lassitude". Though the system allows any level of multistage semantic conversions, we stop the stages after two levels in this prototype because it fully demonstrates the semantic conversion.

Fig. 6d shows a case of a search of all the categories of the common template. The search phrase is "depressive state," and the search category is "all." From the cancer database, zero cases of the direct search and six cases of the two kinds of semantic searches were found. From the Parkinson's database, zero cases of the direct search and 21 cases of the two kinds of semantic search were found. In this case, 15 clinical

cases that use a tricyclic antidepressant in the therapeutic category and six clinical cases having the symptoms of depression in the symptoms category were searched simultaneously in one search.

5 Discussions

The semantic approach makes integration flexible and easy. Introducing knowledge makes the integration understandable and flexible. Introducing the sharable data format makes the integration reproducible and simple. The separation of the integration knowledge and the data format makes the integration valid. The separation of the elemental database and the mapping rules makes the integration flexible, virtual, and reversible. Keeping the elemental databases untouched makes the integration recoverable.

The organized environment of the knowledge and the data presented in the shared template makes the semantic navigation easy and accurate. Responding to the user input, the navigating engine drives users to the semantically on-target terms, and the DB manager can find the on-target data from each elemental database by following the found on-target terms. To keep the accuracy of this navigation, the input to the navigation engine must be standardized. The user I/F (interface) manager standardizes the user input with the terminology and the thesaurus.

In our national plan, this prototype must become the full version within the next two years. To become the full version, some issues remain to be solved.

The ethical handling of the clinical data containing personal information is the most serious task. Currently we are drafting ethical regulations to protect personal information when disclosing the clinical data in the Japanese integrated clinical omics database. As a starting point, we distributed a questionnaire survey to researchers about the Japanese clinical databases, and the following results were indicated:

- 80% of Japanese clinical databases have an obligation to limit access.
- 80% of Japanese clinical databases should exclude the personal information at the data import phase.

To make the integrated clinical omics database safe and user-friendly, we need to prepare regulations to use the clinical data for the integrated database project. We also need to keep open the discussion of opening clinical data and protecting personal information. In preparation for using regulations we need to keep surveying for the public opinion about the ethics of the integrated clinical omics database.

Easier integration is our next issue so that we can include more databases. To make integration easier from the data provider's viewpoint, packaging this system and delivering the package are our future plans. The standard package will contain the interface modules to the integrated database center, the standard integration rules, a data format mapper, and the interface modules for each database. At the installation, individual customization rules will be applied.

To enable a widespread system in Japan, we also must consider the interfaces to other Japanese ontology frameworks [Nakaya 2008-3]. We started a liaison council with other frameworks, such as the clinical top ontology project and the Japanese EHR project. Through the liaison, we will keep an open discussion to promote the harmonization of issues such as the mapping of ontologies.

In the post-genomic era, a very explosive amount of information means processing a huge quantity of concepts in computers. In many projects, including the abovementioned national projects, semantic processing is essential for smooth and efficient computerization. We contend that the current computer capabilities can manage the ontologies. However, one inevitable issue for clinical omics ontology is ontology integration. There are difficult hurdles in overcoming this issue. Practically, the most severe hurdles are in the differences of the recognition systems, which are summarized in the following three points: the grading scale, the scope difference, and

the thoughtway mismatch between the clinical ontology and the omics ontology. EBLA tries to overcome these points by introducing a hierarchically modified logical atomism [Nakaya 2006-5].

6 Conclusions

A methodology of semantic integration and semantic navigation based on nosological ontology is established. A prototype is developed in accordance with this methodology. Some issues, such as the ethical issue of disclosing personal clinical data, are discussed and remain under discussion.

Acknowledgments

This project was supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan (MEXT Grant). We thank all the contributors for their sustained interest and diligence. We are deeply indebted to all members of the integrated database project, particularly in the central organization.

References

- [MEXT 2008] Integrated database project. Available at: <http://lifesciencedb.mext.go.jp/en/index.html>. Accessed 2008 June 16.
- [Nakaya 2007] Nakaya J. Clinical Genome Informatics (CGI) and its Social Information Infrastructure, IJCSNS 2007, 7(1): 55-59.
- [Nakaya 2006] Nakaya J. The Translational Research Informatics (TRI) (Leadoff Article), International Journal of Computer Science and Network Security 2006, 6(7A): 117-122.
- [Nakaya 2005] Nakaya J, Shimizu T, Tanaka H, Asano S. Current Translational Research in Australia and Translational Research Supporting Center (TRSC) in Japan, Chem-Bio Informatics Journal 2005, 5(2): 27-38, CBI1595.
- [Nakaya 2008] Nakaya J, Tanaka H. Clinical Omics Ontology and National Projects in Japan (toward Social Information Infrastructure). "Interdisciplinary Ontology Proceedings of the First Interdisciplinary Ontology Meeting." Keio University Press. Edited by M Okada and B Smith: 61-68. 2008.
- [ISO 2006] ISO TC215, International Organization for Standardization, Health Informatics Technical Committee. Available at: <http://www.iso.ch/iso/en/stdsdevelopment/tc/tc215/TechnicalCommitteeDetailPage.TechnicalCommitteeDetail?COMMITTEE=4720>. Accessed 2006 July 11.
- [HL7 2008] Health Level Seven, Inc. Available at: <http://www.hl7.org>. Accessed 2008 June 16.
- [CEN 2008] European Committee for Standardization (CEN). Available at: <http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm>. Accessed 2008 June 16.
- [Nakaya 2007-2] Nakaya J, Tanaka H. Intelligent Data Format for Robot Assisted Surgery -Challenges and Solutions in Software Control, Stanford University Lecture Series: US-ATMC "Advanced Technologies for Bio-med Applications" seminar series, Palo Alto, 2007.
- [Nakaya 2006-2] Nakaya J, Sasaki K, Tanaka H. Condensed Cross-Clinical Knowledge Computer Science, International Journal of Computer Science and Network Security 2006, 6 (7A): 6-11.
- [Nakaya 2006-3] Nakaya J, Hiroi K, Yang W, Ido K, Kimura M. Genomic Sequence Variation Markup Language (GSVML) for Global Interoperability of Clinical Genomics Data (Best Paper Award) APAMI2006 2006; A01: 1-8.

- [Nakaya 2010] Nakaya, J., Kimura, M., Hiroi, K., Ido, K., Yang, W., Tanaka, H. (2010). Genomic Sequence Variation Markup Language (GSVML). *International Journal of Medical Informatics (Int J Med Inform.)* 79(2): 130-142. PMID: 19969503.
- [Nakaya 2006-4] Nakaya J, Shimizu T. Knowledge Architecture based on Evidence Based Logical Atomism for Translational Research, *International Journal of Computer Science and Network Security* 2006; 6-2: ISSN:1738-7906, 175-179.
- [Nakaya 2008] Clinical Omics Database based on Systems Pathobiology. Available at: <http://omics.imd.ac.jp/omics/portal/top.do>. Accessed June 20, 2008.
- [Nakaya 2008-2] Parkinson's Disease Database. Available at: http://133.1.134.69/IDB_P. Accessed June 20, 2008.
- [Nakaya 2008-3] Kou H, Zhou J, Kozaki K, Imai T, Ohe K, Mizoguchi R. A Fundamental Consideration toward Development of Medical Ontology. The 22nd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2008; 2E3-01.
- [Nakaya 2006-5] Nakaya J, Shimizu T., Tanaka H. Knowledge Platform to Use BioMedical Semantic WEBS individually: Bridging Gene Ontologies and Clinical Ontologies at individual site (Leadoff Article) *International Journal of Computer Science and Network Security* 2006; 6 (2): 1-9.

Disaster-Tolerant Architecture of Regional Healthcare System with Special Reference to Great East Japan Earthquake Disaster

Hiroshi Tanaka^{1,3}, Masahiro Nishibori², Jun Nakaya³

1. Medical Research Institute, Tokyo Medical and Dental University,

2. Dept. Social Service and Healthcare Management, International University of Health and Welfare

3. Tohoku Medical Megabank Organization, Tohoku University

1. 1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo, 2. 2600-1, Kitakanemaru, Ohdawara, Tohigi,

3. 2-1 Seiryō, Aoba-ku, Sendai, Miyagi

Japan 113-8519

tanaka@bioinfo.tmd.ac.jp http://bioinfo.tmd.ac.jp

Abstract. - In this article, a grand design for "disaster-tolerant" comprehensive regional healthcare IT system is described, which aims to provide the main structure for the healthcare system to be restored in Tohoku (north-east area of Japan) region where the Great East Japan Earthquake Disaster stroke. The design is composed of (1) cloud center which manages prefecture-wide healthcare information, (2) standard-based regional (several-cities-wide) healthcare information sharing systems, (3) wireless communication (town/village-wide) environment supporting collaborated care of daily life activities for the elderly, and (4) ASP/SaaS typed electronic medical record system for the clinics located at Pacific coastal areas. The regional healthcare cooperation systems, principally based on the above grand design, began to be constructed in Ishinomaki and Kesen-numa area from this August.

Key-Words: - East Japan, Earthquake Disaster, regional healthcare IT, electronic medical record, cloud center, ASP, SaaS

1 Introduction

The Great East Japan Earthquake Disaster, the most disastrous earthquake that has ever experienced in Japan after World War II with more than 15,000 people died, revealed the various types of vulnerability which current Japanese society has. One of them is the existing medical information system.

Immediately after the outbreak of the earthquake and tsunami, the communication infrastructure and transportation network were severely devastated and about 1400 medical institutions seriously damaged or destroyed (Fig.1). In this circumstance, disaster and emergency medical acute care was very harsh but after the period of imminent critical care, more intractable problems have occurred, which are related to the care of a number of elderly sufferers in the evacuation site who have a chronic disease. It became especially harder because most of medical records of them have been lost by great tsunami caused by the earthquake. As have been already reported in other disasters [1][2], the barrier to providing care was maintaining continuity of medications, due to inadequate information: inaccessibility to medical records and poor patient knowledge of their drugs.

It was thought that electronic health record (EHR) sharing the patient healthcare information of the region should have been realized.

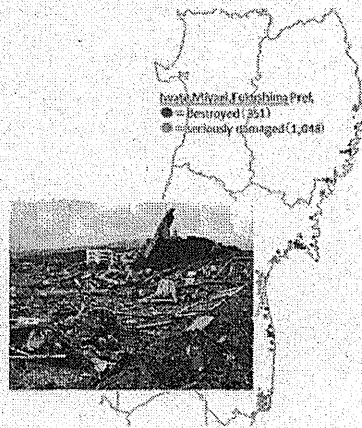


Fig.1 Distribution of medical institutions which are seriously damaged or completely destroyed by Great East Japan Earthquake

The authors belong to the nation-wide organization for promotion of regional healthcare information collaboration of Japan, named "Regional healthcare and welfare information collaboration initiative (RHWI)", so that, immediately after the Great East Japan Earthquake Disaster, we got started on participation in the reconstruction project of regional healthcare IT systems of the disaster area, that is, north-east area of Japan named "Tohoku". In this paper, we describe the grand design of "disaster-tolerant" regional healthcare IT systems which we have developed for Tohoku healthcare reconstruction.

In making the grand design, we took into account the main two conditions which should be satisfied by the restored regional healthcare IT systems of the disaster area. One is the disaster-tolerance, especially against the tsunami. This would be realized by multi-site cluster or using cloud (ASP/SaaS) computing, the center of which is located in disaster-free site. The other is multiplicity of needs for healthcare IT. There are different goals of IT systems depending on the wideness of area where the healthcare information is shared. In order to satisfy these conditions, we have developed "the disaster-tolerant hierarchical health care IT systems".

2 Problem Formulation

The essential conditions which the restored healthcare IT system for Tohoku region should satisfy are described in more detail.

2.1 Disaster-tolerance

The disaster-tolerance in the restored regional healthcare systems means that medical information or record of the patients should be stored in "disaster-free site" in addition to the original medical institution where the patients are treated. To realize this goal, medical record should be digitalized to be shared via the information network with a data center located at "disaster-free site".

Moreover, patient medical record stored in "disaster-free site" should be standardized so as to be read out in vendor-independent way in case that disaster destroys the original one. In Japan, the Ministry of Health, Labor and Welfare (MHLW) established the standard storage structure of medical information called SS-MIX (Standardized Structured Medical Information Exchange) in 2006, which is the directory structure of the standardized patient information such as the laboratory test results or prescription history coded by HL7. The patient medical record in "disaster-free site" must follow SS-MIX format.

2.2 Multi-faceted challenges

The "disaster-tolerant" regional healthcare system is also expected to solve the various challenges which regional healthcare itself involves. Tohoku area has been long suffering from the problems of depopulation, rapid aging and shortage of number of physicians. The restored regional healthcare IT system for Tohoku area is expected to solve the challenges which the above situation caused. Thus the cooperation among medical institutions to realize the unified regional healthcare should be urgently required to solve the shortage of medical resource such as the number of physicians and medical institutions.

Other problem is isolation of many elderly sufferers who have chronic disease. Nursing care of elderly isolated people should be executed as efficiently as possible, by sharing their healthcare information among various healthcare professions; house call physician, home-visiting nurses/social workers and administrative personnel. This need is even more increased after the disaster because most of the elderly sufferers now live in temporary houses and became more isolated than before the disaster.

Hereafter, we describe the challenges along the hierarchies of width of regional area where healthcare should be taken place.

2.2.1 Prefecture-wide regional healthcare

The prefecture-wide regional healthcare is defined as "the third medical zone" healthcare by MHLW. In this area, the medical care of specific disease which needs prefecture-wide cooperation among the advanced acute care, convalescent care, and maintenance period treatment, which is called "critical pathway of regional medical cooperation".

Another challenge which should be dealt with is the efficient management of the prefecture-wide emergency care system.

2.2.2 2nd medical zone-wide regional healthcare

"The second medical zone" defined by MHLW means the healthcare area which consists of several cities, towns, and villages, being able to execute self-consistent ordinary medical care with efficient hospitalization capacity, excluding the specific advanced medical care. The main challenge of healthcare in this area is extensive cooperation of regional hospitals and clinics for sharing regional patient medical records for joint and consistent care.

2.2.3 Daily life area healthcare

Daily life area means that of town or village comparable to the school district of elemental or

middle school. The healthcare challenges in daily-life area are mainly related to the home healthcare of elderly isolated people, where collaboration among the house call physician, nursing care worker, and community administrator should be realized. Another challenge is disease management of chronic disease at home such as diabetes and hypertension by using self-monitoring device.

3 Problem Solution

To solve the above-mentioned challenges, we developed the 'disaster-tolerant' multi-hierarchical regional healthcare IT system which has "the three layered system with four essential functions.

3.1 Comprehensive daily life area care IT system

The comprehensive nursing care IT system which combines the house call physician, nursing care worker and community administrator to enable sharing the healthcare information of the elderly isolated people is designed. To daily monitor their physiological state, we develop the wireless mobile sensor system which transmits the monitoring data to the data center either of 2nd medical zone or prefecture area.

This system is also used for the daily disease management of patient with diabetes or hypotension. Collected data will comprise the life-long healthcare record, which is called PHR (personal health record).

3.2 Disaster-tolerant ASP/SaaS EMR system for clinic at coast area

The clinics located at the coast area, some of which were destroyed by tsunami and now being restored, should implement the electronic medical record (EMR) system. But EHR system is not that of stand-alone type with in-house server which would be

taken away by tsunami. Instead, ASP/SaaS type EMR which its software/data is located in cloud center at disaster-free site within prefecture area, in order to realize "disaster-tolerant" EMR.

3.3 Regional Healthcare Cooperation System with Patient Medical Information Sharing at 2nd Medical Zone

In the 2nd medical zone, the extensive patient medical information sharing among hospitals and clinics is to be implemented. The clinic can access the hospital medical data of the patient whom the clinic refers to that hospital and vice versa or acute and convalescent hospital can share the patient data.

This should be realized along the IHE-XDS (cross enterprise data sharing) architecture. But current XDS system is essentially distributed system, where the patient medical data is stored in each original medical institution, and, whenever patient data is inquired, the virtually integrated patient healthcare record is compiled to provide. But this architecture is vulnerable to disaster, if it destroys one of the cooperated hospitals, all the information that hospital has will be eventually lost. Thus we design the patient information sharing system with central database which physically stores the data.

3.4 Cloud center for managing the prefecture-wide healthcare

The regional healthcare cooperation IT system for 2nd medical zone and comprehensive nursing care IT system in daily life area are the two essential components of the restored Tohoku healthcare IT system. But for the prefecture-wide healthcare cooperation, medical information center should be implemented at the prefecture-level. This center also takes a role of cloud center which manages the ASP/SaaS EMR systems or personal health record of regional inhabitants.

4 Discussion

Thus our grand design consists of three layered regional healthcare IT systems which are (1) the central IT systems that manage prefecture-level healthcare information, (2) regional healthcare cooperation IT system, (3) daily life area comprehensive healthcare and nursing IT system. The four systems consist of additional ASP/SaaS EMR system for clinic along the Pacific coast other than the above three layer systems (Fig.2).

This grand design has been transformed in detailed specification documents and the implementation has been started this August for two "2nd medical zones" of Ishinomaki and Kesen-numa area with the financial aid for reconstruction of disaster-affected region of Great East Japan Earthquake by Ministry of Internal Affairs and Communications.

The remaining problem is how to unify the disaster-tolerant regional healthcare structure and international IHE standard architecture of XDS.

We are developing the unified architecture satisfying both criteria.

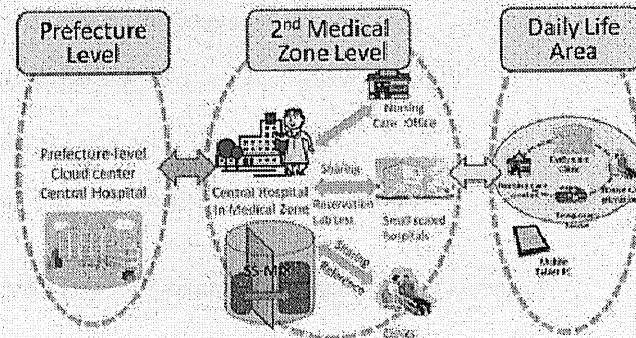
5 Conclusion

We have developed Three-layer regional healthcare IT systems with four essential functions. This grand design is now being utilized to restore the Tohoku healthcare.

References:

- [1] Arrieta MI, Foreman RD, Crook ED, Icenogle ML.: Providing continuity of care for chronic diseases in the aftermath of Katrina: from field experience to policy recommendations, *Disaster Med Public Health Prep.*, 2009, 3(3):174-82.
- [2] Nicogossian AE, Doarn CR.: Armenia 1988 earthquake and telemedicine: lessons learned and forgotten, *Telemed J E Health.*, 2011 Nov;17(9): 741-5

Fig.2 Comprehensive regional healthcare IT system with three layer and four systems



Disaster-tolerant features of ITC Architecture in Tohoku Medical Megabank

Jun Nakaya

Tohoku Medical Megabank, Tohoku University, Japan

Teiji Tominaga

School of Medicine, Tohoku University, Japan

Hiroshi Tanaka

School of Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Japan

Masayuki Yamamoto

Tohoku Medical Megabank, Tohoku University, Japan

ABSTRACT: After the Great Japan East Earthquake Disaster, a Japanese national project named the "Tohoku Medical Megabank" which is fated not only to recover from the disaster but also to foster creative reconstruction of the Tohoku region started. In the project, "disaster-tolerant" ITC system having four elemental sub-systems is under construction, which are (1) Regional Healthcare System, (2) Health Check-up and Cohort Data Collection System, (3) Medical Megabank Analysis and Storing System, and (4) BioBank Information Disclosure System. This paper shows these four sub-systems and their eight "disaster-tolerant" features. They will be released gradually from next year.

1 Introduction

Currently, we have devoted our effort to construct 1) the informational infrastructure for regional cooperation in clinical medicine and welfare, 2) the informational infrastructure for the health checkup and cohort studies on the basis of personal genomes that helps us and our children to retrieve healthy lives after the disaster, and 3) the integrated database for personal information on medical treatments, health check ups, and personal genomic variations in application of the highest technology since March 11, 2011 when the Great Japan East Earthquake Disaster broke out. The database is expected to be the next generation biomedical informational infrastructure including a biobank which opens our outcome to the public under the completely secured protection. At the construction of the informational infrastructure for regional cooperation in clinical medicine and welfare, we promote a widespread use of Information and Communication Technology for regional clinical medicine and welfare, collaborating with Miyagi Medical and Welfare Information Network established in November of 2011. Tsunami of the Great East Japan Earthquake elucidated the fact that the loss of medical information immediately disables all the medical services, which should never happen again. We are working enthusiastically for more use of Information and Communication Technology in developing the medical network operated by comprehensive regional cooperation so as to enable a healthier society than before the disaster.

2 Four Elemental ITC Sub-Systems

2.1 Regional Healthcare System

Regional healthcare System is called as "Miyagi Model" which is Regional health record system for regional medical information exchange and care information exchange. This sub-system has not only disaster tolerance but also usefulness in times of peace. Through this sub-system, we hope to establish the better medicine than before the disaster.

2.2 Health Check-up and Cohort Data Collection System

Health Check-up and cohort Data Collection system collects data from cohort studies. The collected data will be of help for health maintenance of disaster suffers and their children in future.

2.3 Medical Megabank Analysis and Storing System

Medical Megabank Analysis and Storing System integrates the latest informational technologies such as super computation, ontology, distributed cloud. We can call this system as a next generation integrated biomedical information analysis and storing ITC platform.

2.4 BioBank Information Disclosure System

BioBank Information Disclosure System manages information, its disclosure mechanism and security in biobank. The disclosure takes its stand on fair distribution principle.

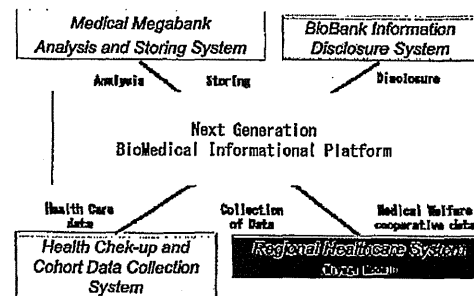


Figure 1. Four Elemental ITC Sub-Systems.

3 Disaster-Tolerant Features

3.1 Closed network for minimization of security halls

To achieve minimization of security halls, a combination of closed networks such as physically closed network in Megabank building computation room and virtual closed network based on IP-VPN is basis of the platform.

3.2 3 fold anonymization

3 fold anonymization is composed of primary connectable anonymity, secondary connectable anonymity, and unconnectable anonymity. These anonymization protect personal information.

3.3 Multi-stages access control

Multi-stages access control sets limits of visible information for users by user's authorities. It goes together secured protection and convenience.

3.4 Multi-points back up

Multi-points back up of data achieves disaster tolerance from the perspective of immediate recovery of data.

3.5 Private cloud center storing

Private cloud center storing achieves convenience of program migration, low maintenance cost, secured protection, and disaster tolerance together.

3.6 Data flow control

Direction of data flow is one way (Medical Megabank refers MMWIN) on a routine basis. This feature minimizes a risk of outflow of secured data.

3.7 Standardized technologies such as SS-MIX2

This feature gives interoperability to the system. SS-MIX2 is based on HL7 standards. It guides standardized storing of data.

3.8 ASP/SaaS typed electronic medical record system

This feature enables remote storing of data and programs. This can be a kind of full back up for Business Continuity Plan:

4 References

- Tanaka, H. (2012), Healthcare IT Systems after Great East Japan Earthquake. *Jouho Kanri*54(12), 825-835.
 Tanaka, H. Nishibori, M. and Nakaya, J. (2012), Disaster-Tolerant Architecture of Regional Healthcare System with Special Reference to Great Japan East Earthquake Disaster. *World Scientific and Engineering Academy and Society* (in press).

A Map of Alzheimer's Disease–Signaling Pathways: A Hope for Drug Target Discovery

S Ogishima¹, S Mizuno¹, M Kikuchi², A Miyashita³, R Kuwano³, H Tanaka^{1,2} and J Nakaya¹

Alzheimer's disease (AD) is a complex neurodegenerative condition, and its drug therapy is challenging. To inform AD drug discovery, we developed the "AlzPathway," a prototype of a comprehensive map of AD-related signaling pathways, from information obtained through studies in the public domain. The AlzPathway provides an integrated platform for systems analyses of AD-signaling pathways and networks.

PATHWAY-BASED DRUG DISCOVERY AND A MAP OF DISEASE-SIGNALING PATHWAYS

Over the past decade, whole-genome sequencing and other omics technologies have revealed pathogenic gene mutations, aberrant mRNA expressions, and dysfunctional signaling pathways, which then have yielded novel targets for a new generation of drugs, e.g., "molecularly targeted drugs." This strategy has succeeded to some extent but with limitations. Many molecularly targeted drugs have been found to be ineffective in spite of favorable pharmacokinetics or to cause significant target-related side effects.¹ In renewed efforts to address these limitations, "pathway-based drug discovery" has been proposed for examinations of the complicated system behavior of pathogenic signaling affected by drugs.

A comprehensive map of pathogenic signaling pathways would be informative for pathway-based drug discovery. Comprehensive maps have already been constructed to reveal pathogenesis and to develop drugs in the fields of cancer and immunological disease; such maps include those for particular signals such as epidermal growth factor receptor, retinoblastoma (RB)/E2F, Toll-like receptor, mammalian target of rapamycin, and dendritic cell signals.

Nearly 36 million people were suffering from dementia worldwide as of 2010, and this figure is expected to increase to 65.7 million by 2030.² The societal costs of dementia are already huge and could continue to increase rapidly. Clearly, the development of AD drugs is an urgent need. However, despite major efforts and funding, the development of AD drugs has remained a great challenge. We therefore undertook this project of developing

the first comprehensive AD signaling map to contribute to the broader goal of developing drugs to combat and prevent AD.

CONSTRUCTION OF ALZPATHWAY

We collected 123 review articles involving AD and curated them manually to construct a first comprehensive map of AD-signaling pathways (AlzPathway)³ using the modeling software CellDesigner (<http://celldesigner.org/>),⁴ a modeling editor for biochemical pathways. The number of articles in PubMed involving AD over the past 50 years is more than 80,000. We therefore chose review articles as information sources for practical reasons.

AlzPathway is described based on the process description of Systems Biology Graphical Notation.³ AlzPathway is provided as both a standardized Systems Biology Markup Language map for communicating and storing computational models of biological processes, and as a high-resolution image map, available at <http://alzpathway.org/>. For community-driven updates of the AlzPathway map, it is also provided as a Web service map using a community-based, collaborative Web service platform called Payao (<http://payao.oist.jp/>).⁵ AD researchers can continuously correct and update AlzPathway in a collaborative manner using the Payao Web service map.

AD-SIGNALING PATHWAYS

An overview of the AlzPathway map is given in Figure 1. The AlzPathway map comprises 1,347 species, 1,070 reactions, and 129 phenotypes. The molecules are classified as follows: 650 proteins, 232 complexes, 223 simple molecules, 32 genes, 36 RNAs, 24 ions, and 21 degraded products. The reactions are classified as 401 state transitions, 22 transcriptions, 30 translations, 172 heterodimer associations, 49 dissociations, 87 transports, 20 unknown transitions, and 228 omitted transitions.³ There are 34 canonical pathways in AlzPathway, such as amyloid precursor protein, mitochondrial, and apoptosis pathways; these contain the following AD hallmark pathways: amyloid- β cleavage, amyloid- β degradation, and

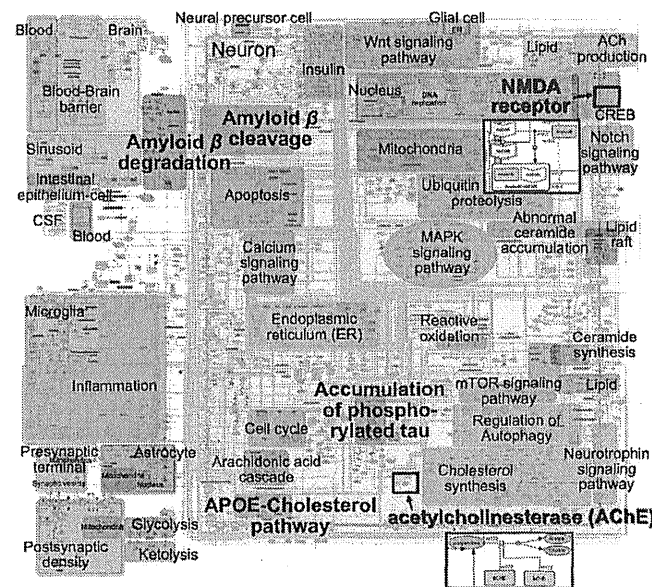


Figure 1 Overview of AlzPathway map overlaid with canonical pathway annotations and drug targets of the existing US Food and Drug Administration–approved drugs, acetylcholinesterase and the *N*-methyl-*D*-aspartic acid receptor. No compensation pathway and no undesired pathway have been identified around these drug targets. ACh, acetylcholine; APOE, apolipoprotein E; CREB, cAMP response element-binding; CSF, cerebrospinal fluid; MAPK, mitogen-activated protein kinases; mTOR, mammalian target of rapamycin; NMDA, *N*-methyl-*D*-aspartate receptor.

apolipoprotein E–cholesterol pathways, and neurofibrillary tangles accumulation.³ AlzPathway is the first comprehensive map of signaling pathways of a particular disease that catalogs not only intra- but also inter- and extracellular signaling pathways among neurons, glial cells, microglia, presynaptic cells, postsynaptic cells, astrocytes, and the blood–brain barrier.³

KEY MOLECULES IN THE AD PATHWAY AS DRUG TARGETS

To find key molecules in the AD pathway, we represented the AlzPathway in binary-relation notation (Figure 2). In Systems Biology Graphical Notation, a reaction is composed of reactant(s), modifier(s), and product(s). In binary-relation notation, a reaction is decomposed into a binary relation between (i) reactant(s) and product(s), and (ii) modifier(s) and product(s).

In accord with the edge betweenness centrality of binary relations, we highlighted molecules with high centrality relations as key molecules (Figure 2). Betweenness centrality is a measure of a node centrality in a network and is defined as the number of the shortest paths from all nodes to all other nodes that go through that node. Highlighted key molecules were amyloid- β , apolipoprotein E, microtubule-associated protein- τ , and γ -secretase. The γ -secretase generates amyloid- β 1–40, leading to amyloid- β oligomers that are crucial for AD progression.

These molecules are considered key molecules in the AD pathogenic pathway.

From the point of view of pathway-based drug discovery, a drug targeting a key molecule might be effective but could also cause significant side effects as a result of off-target or unintended downstream effects. In fact, the development of semagacetat, a γ -secretase inhibitor, was discontinued in phase III trials because of an increased risk of skin cancer as compared with the placebo. It was not known that γ -secretase has other targets, e.g., peripheral Notch, or that the inhibition of γ -secretase causes an increased risk of skin cancer. In AlzPathway, γ -secretase shows a relationship with Notch signaling, and it is a key molecule showing high centrality—which could cause significant downstream effects on unintended molecules and pathways, if perturbed (Figure 2). AlzPathway provides comprehensive knowledge of AD pathogenesis and signaling pathways, and informs us of a possibility of off-target effects within the network.

Tacrine, rivastigmine, galantamine, donepezil, and memantine are the only drugs currently approved by the US Food and Drug Administration to treat the symptoms of AD. These drugs are cholinesterase inhibitors (tacrine, rivastigmine, galantamine, and donepezil) or an *N*-methyl-*D*-aspartic acid receptor antagonist

¹Department of Bioclinical Informatics, Tohoku Medical Megabank Organization, Tohoku University, Sendai-shi, Japan; ²Department of Bioinformatics, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan; ³Department of Molecular Genetics, Center for Bioresources, Brain Research Institute, Niigata University, Niigata, Japan. Correspondence: S Ogishima (ogishima@sysmedbio.org)

Received 2 January 2013; accepted 14 February 2013; advance online publication 20 March 2013. doi:10.1038/clpt.2013.37

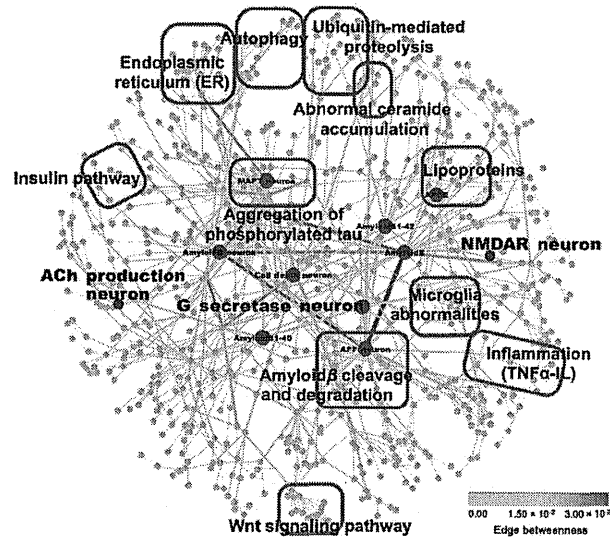


Figure 2 Key molecules in AlzPathway. Overview of AlzPathway in binary-relation notation, and key molecules showing high centrality. The drug targeting a key molecule might be effective but could cause significant side effects due to off-target and/or unintended downstream target effects. ACh, acetylcholine; APOE, apolipoprotein E; APP, amyloid precursor protein; MAPT, microtubule-associated protein τ ; NMDAR, *N*-methyl-D-aspartate receptor; TNF, tumor necrosis factor.

(memanatine). They are dementia-suppressing drugs, rather than AD curative drugs. Of note, when mapped in the AlzPathway, no compensatory or major interacting pathway is observed around cholinesterase and the *N*-methyl-D-aspartic acid receptor (Figure 1), implying that these pathways are vulnerable to inhibition without off-target effects. Moreover, both the acetylcholine and *N*-methyl-D-aspartic acid receptors are peripheral molecules (not key molecules) in the AlzPathway (Figure 2). Because these target molecules have low centrality in the AD-signaling network, their inhibitors are predicted to have relatively specific effects without eliciting broader influences on off-target network elements.

CONCLUDING REMARKS

More than 25 drugs have been targeted to the β -amyloid pathway, but none has been successfully marketed for various reasons. The AlzPathway provides an integrated platform of comprehensive AD signaling that may be used to inform the AD drug discovery and development processes. If proven successful, the AlzPathway will serve as a model for pathway-based drug discovery in other diseases.

ACKNOWLEDGMENT

We are grateful for the helpful comments from the editor. This work was supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research (22700311) from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan. This work was also supported by MEXT Tohoku Medical Megabank Project.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

© 2013 American Society for Clinical Pharmacology and Therapeutics

1. Kitano, H. A robustness-based approach to systems-oriented drug design. *Nat. Rev. Drug Discov.* 6, 202–210 (2007).
2. Ballard, C., Gauthier, S., Corbett, A., Brayne, C., Aarsland, D. & Jones, E. Alzheimer's disease. *Lancet* 377, 1019–1031 (2011).
3. Mizuno, S. et al. AlzPathway: a comprehensive map of signaling pathways of Alzheimer's disease. *BMC Syst. Biol.* 6, 52 (2012).
4. Funahashi, A., Matsuoka, Y., Jouraku, A., Morohashi, M., Kikuchi, N. & Kitano, H. CellDesigner 3.5: a versatile modeling tool for biochemical networks. *Proc IEEE* 96, 1254–1265 (2008).
5. Matsuoka, Y., Ghosh, S., Kikuchi, N. & Kitano, H. Payao: a community platform for SBML pathway model curation. *Bioinformatics* 26, 1381–1383 (2010).

第3期：生活支援期(半年目以降)
気仙沼災害医療における
生活支援体制

成田徳雄 気仙沼市立病院脳神経外科/宮城県災害医療コーディネーター

はじめに

3.11 東日本大震災に際して、発災時より気仙沼市立病院における災害医療担当医として、さらに宮城県災害医療コーディネーターとして活動してきた¹⁾。今回の災害においては早期より、生活支援体制の重要性が認識され、医療救護活動のなかでもその運用を行ってきた。災害医療から地域医療へ移行する過程のなかで、6月末には医療救護班が撤収し、その後、気仙沼巡回療養支援隊²⁾および気仙沼地域リハビリテーション支援チーム³⁾も9月末には撤収となった。

地域医療へのスムーズな移行を考えた生活支援の取り組みと、撤収後の支援体制と中長期的な気仙沼医療復興を考えた現在の取り組みに関して報告する。

1 災害医療における
リハビリテーション介入の意義

災害医療、特に大規模災害における危機に対応する要件は表のごとく考えている⁴⁾。オープンで階層のないフラットな情報管理体制のもとに、現場の自主性を重視した、柔軟かつ迅速な目的指向型のチーム医療が想定外危機に対応する重要な要件である。さらにリハビリテーション(以下リハ)に関してはこれまでに災害対応の体制整備がなされていないこともあり、リハ支援者においてApathyが働き、当初医療救護班のなかで受動的な

1. オープンでフラットな情報共有管理体制
2. 現場の自主性を重視した任務の調整・分配
3. 柔軟かつ迅速な目的指向型チーム医療
4. 効率的なロジスティクス
5. 避難者・支援者の両者にあるApathyの是正
6. 高信頼組織の構築
7. 官民連携：官を補完する民の役割
8. 病診行連携：保健行政との連携
9. 多元化した指揮命令系統の調整機能

[表] 大規模災害—危機対応の要件

活動に抑制されていたように思われた。

災害医療学におけるApathyとは、発生頻度の少ない事象に対する実感不足による危機対応の空疎化を意味する⁴⁾。リハが全人間的復権のための活動とするならば、今回の災害のごとき生活支援が中心となる災害医療の全期間において、本部機能のなかの一翼を担うべきであり、また集団災害医療学のなかでもその認識がなされるべきものと考えている。

具体的に、発災後約2週間は市内のデイサービスを含めた介護事業所および訪問看護ステーションが機能不全をきたしており、廃用症候群の予防のために、避難所療養環境整備、指導が必要であったと考える。また、慢性期における生活不活発病対策として適時的な調査および患者抽出、さらに早期介入が必要である。災害医療リハチームに対しては危機を微弱なうちに察知するセンサー能力とともに、察知したら迅速に行動に移す機動性が求められる。医療系スタッフのなかで、平時から介護事業者や保健行政との連携が必要な職種であるリハスタッフは、災害時においても橋渡し役としての任務を賄うべきものと考えている。

2 発災6カ月以降の生活支援

気仙沼地域リハビリテーション支援隊チームの活動は、その後も気仙沼保健所所属の療法士が継続して活動している。この災害を契機に療法士が1名増員となったが、マンパワー不足であることには変わりはない。気仙沼巡回療養支援隊の活動は、設立当初から参画していたNPO法人「シェア」⁵⁾が、被災して生活に支障や不安を抱えている地域住民の課題の軽減、仮設住宅等での生活者のコミュニティー形成の支援を継続して行っている。健康相談、生活相談、さらには交流広場でのイベントの開催等活動は多岐にわたっている。この法人の支援により、地元の保健福祉関係者がNPO法人「生活支援プロジェクトK」を設立し、

運用が開始されており、持続可能で地域で自立した活動へと展開している。冬を迎えるにあたり、仮設住宅の防寒対策、また障がい者用仮設住宅における玄関スロープでの転倒予防対策等、住居環境の整備がなされる他に、生活不活発病対策としてリハ介入の必要性も指摘されている。

災害の現場において、官や行政を補完するボランティア等の民間組織の活動は重要であり、このような官民連携は平時から準備が必要である。気仙沼市、医師会、市立病院、介護事業所、保健行政、さらにはNPO法人が連携を取り合い、継続して多職種協働で対策を講じていく信頼関係の醸成が必要であり、早急な対応が望まれる。

3 ICTによる生活支援対策

ブロードバンドインターネットを用いた遠隔テレビ会議システムおよび遠隔生体モニタリング装置を用いた遠隔医療ICTの実証トライアルを現在気仙沼医療圏にて行っている⁶⁾。目的は地域の仮設住宅や在宅の高齢者、もしくは要介護者に対する地域をあげての見守り支援である。今後の生産者人口の減少を伴う超高齢化地域社会における生活支援の具体的方策として期待される。遠隔でのリハ支援としての活用も可能である。

4 気仙沼市立病院における
回復期リハ機能整備

気仙沼医療圏において、回復期リハ病床が現存せず、これまでは回復期リハが必要な患者は他圏域の病院の転院を余儀なくされていた。震災後、災害拠点病院機能整備としての気仙沼市立病院移転建築の計画が急速に進み、震災による人口動態の変化および将来的な人口動態の推移を予測し、

新病院においては回復期リハ病床の整備が必要であるとの認識がなされた。今回の災害前より機能し始めた行政中心型の気仙沼市地域リハと病院回復期リハ機能が双方向に連携する体制ができれば、今後の気仙沼医療圏におけるリハ支援機能は強固なものになり得ると思われる。

5 今後何を備えるべきか

集団災害医療における復興医療はリハ医学の概念そのものである。リハ関連学会による災害リハ医学の創設は急務であると考えている。災害医療の基本的概念である、CSCATTT(C:指揮・統制・調節, S:安全性, C:情報収集と情報伝達, A:評価, T:トリアージ, T:治療, T:搬送)をリハ支援の場合にはどうあるべきかの検討が必要である。災害時リハ介入の目的は、防ぎ得る要介護者もしくは寝たきりの予防にある。そのため、特にリハスタッフのマンパワーが不足している地域においては、さらに早期からの介入と、地域医療への移行までの比較的長期の自立支援が重要である。次の災害においては災害対策本部の一画にリハ担当部門が構築されていることを願うものである。

おわりに

未曾有の災害からの9カ月を振り返りながら、有事の対応だけでなく、平時におけるチーム医療のあり方を含めさまざまなことを学んだように思われる。災害を契機に一層高齢化が進んだ被災地は、まさしく2025年のわが国の先進事例であり、超高齢化社会に対応できるリハ医療提供体制の構築を継続して検討していきたい。

文献

- 1) 成田徳雄：想定外を想定した危機対応の要件—気仙沼市立病院災害医療活動記録からの考察。全国自治体福祉誌 10:46-48, 2011.
- 2) 気仙沼在宅支援プロジェクト: <http://yuunomori3.jugem.jp/>
- 3) 気仙沼圏域地域リハビリテーション広域支援センター: <http://www.pref.miyagi.jp/ks-health/kisou/seijin/seijin11.htm>

- 4) 山田康彦：他：迅速で融通性に富む広域緊急医療体制の要件と理論的対応。日救急医学会誌 17(8):359, 2006.
- 5) シェア 東日本大震災 保健医療支援: <http://share.or.jp/share/donate/emergency.html>
- 6) 多機能テレビ電話端末 万事万端: <http://www.ksol.jp/business/banjibantan/index.html>