

# 大規模災害に強い投薬情報システムの提案

## Proposal of Medication Record Management System Tolerant to Large Scale Disaster

東日本大震災のような大規模災害では投薬記録や医療データなどが地震、津波、火災により失われ、過去の投薬や診療の記録がないため適切な医療を受けられない事例が発生した。一般にデータは遠隔地のクラウドストレージにバックアップされるが、被災地では広域の通信障害が発生してデータを入手できない状況となり、災害医療の遂行を阻害した。(株)日立ソリューションズ東日本は、東北大学、(株)日立製作所とともに文科省の委託事業「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」に参画している。本技術は同時被災確率などを考慮して近隣の拠点間でデータの複製を持ち合うことで、通信障害時でもユーザが拠点まで行けば情報を入手できるようにしている。本稿では高可用ストレージ基盤を用いた大規模災害に強い投薬情報システムを提案する。シミュレーションによる耐災害性評価を実施し、災害医療の急性期では 54%~90%で、亜急性期では 90%以上の医療データを取得できることを示した。これにより大規模災害時のデータの可用性向上が期待できる。

宋 チュウ Song Chong  
宗形 聡 Munakata Satoshi  
手塚 大 Tezuka Masaru

### 1. はじめに

地震や津波などの大規模災害により、投薬記録や医療データが失われたり取得できなくなる状況は、被災者救護および災害医療では重大な問題となる。東日本大震災では、津波による浸水や機器損失が発生し、東北地方沿岸部 27.3%の病院で医療データの損失が発生した<sup>1)</sup>。被災地医療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、被災者が受診していた病院や診療所のデータが津波で流失し、常用していた処方薬も、既往歴や正確な現病名も分からなくなった<sup>2)</sup>。多くの患者は医療機関や調剤薬局から交付された紙(印刷物)のお薬手帳で個人の投薬記録を管理しているが、津波被害を受けた地域では多くのお薬手帳が流された<sup>3)</sup>。

日常的に薬を服用している被災者や避難所で病気になった被災者がお薬手帳を持っているかどうかで、円滑な医療の提供に差が生じた<sup>4)</sup>。お薬手帳を持っている患者にはすぐに薬を処方できたが、それ以外の患者には適切な投薬をするための検査が必要となり診療時間が長くなったり、処方たびに投薬内容が変わったりなどの問題が発生した<sup>5)</sup>。本当に必要な時に投薬履歴を参照できなければ、適切な医療も受けられない。特に災害発生から 3 週間内の急性期や亜急性期は、災害医療として重要で

あり、システム復旧を待てない場合が多い<sup>6)</sup>。被災地へ適切な医療を提供するために、大規模災害が発災しても投薬履歴を参照できるような耐災害性のある投薬情報システムが求められている。

データ保全の対策として、1 台のサーバにある複数のディスクにデータを分散して保存する RAID 技術の活用や、同一拠点内でのバックアップ媒体への保存などの方法が取られる<sup>7)</sup>。しかし、東日本大震災級の大規模災害では、拠点自体が損壊・流失するほどの被害を受けることもあるため、このような方法では十分なデータ保全が困難である。クラウドなど遠隔地にバックアップでデータを保全する方法もある。しかし、大規模災害では広域の通信障害が発生するリスクも高い。クラウド上にデータを複製したとしても、被災地ではインターネットに接続できず、複製データを取得できない状況となる。

以上のように既存の技術は十分な耐災害性を持たないことが明らかになった。そこで文部科学省の次世代 IT 基盤構築のための研究開発の委託事業として東北大学、(株)日立製作所、(株)日立ソリューションズ東日本(以下 HSE と略す)の 3 機関で「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」を実施することとなった。HSE は電子お薬手帳を題材にして実証試験を担当する。

この研究では、ローカルな地域内で互いに近隣に設置されたストレージ群である高機能高可用性情報ストレージ基盤を用いた大規模災害に強い投薬情報システムを提案する。東日本大震災を想定した状況で耐災害性を評価した結果、通信障害が発生しても利用者が近隣拠点に行き投薬情報を取得できることでデータの可用性が高まり、大規模災害による 50%の拠点損壊や広域通信障害が発生する場合でも実用的な時間内に 90%のデータを取得できると見込まれる。

本稿では第 2 章で従来のデータ可用性向上技術の課題を説明する。続いて第 3 章で高機能高可用性情報ストレージ基盤の概要を説明する。第 4 章で大規模災害に強い投薬情報システムを提案する。このシステムは大規模災害が発生しても投薬情報を取得できるようにするために第 3 章で説明したストレージ基盤を用いて構築することを特徴とする。第 5 章は投薬情報システムの耐災害性を東日本大震災と想定して評価する。

## 2. データ可用性向上の課題

情報システムのデータ可用性を向上する従来技術は主に下記 3 種類がある。それぞれ図 1 を用いて説明する。

### (1) RAID 技術によるデータ多重化

RAID は同一機器内に設置された複数のディスクにデータを分散する技術を用いて、可用性やデータアクセス性能を向上させる。一部の医療機関や調剤薬局では RAID 技術を導入して、データの可用性を向上した。しかし、RAID 技術を使用しても拠点自体が損壊した場合にはデータを喪失してしまう。

### (2) 同一拠点内のバックアップ

自治体の業務システムでは、80%が外部媒体を利用して定期的にデータのバックアップを実施している<sup>1)</sup>。バックアップはウイルス感染などによるデータの論理的な破壊やハードウェア故障によるデータの物理的な破壊を回避するのにも有効である。しかし同一拠点内のバックアップは拠点自体が被災し装置全体とバックアップ媒体が一緒に破損するような大規模災害には無力である。

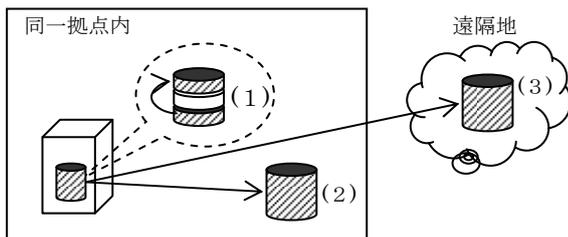


図 1 データ可用性向上の従来技術

### (3) 遠隔地のバックアップ

近年来、クラウドストレージなどを利用して遠隔地のデータバックアップが増加している。一部の薬局ではクラウド上にデータを格納して患者のスマートフォンから履歴を参照できる電子版お薬手帳システムが導入されている。日常的にネットワークを経由してクラウド上にデータを複製しておくことで、災害時のデータ喪失を防ぐことができる。しかし、大規模災害が発生すると、基地局や局舎の被災、ネットワーク回線の断絶などにより広域の通信インフラ障害が生じるため、必要な時にクラウド上のデータにアクセスできない状況に陥る。たとえデータの喪失を防ぐことができても、必要な時に取得できないという状況は、データの可用性という観点では十分ではない。

## 3. 高機能高可用性情報ストレージ基盤

### 3.1 ストレージ基盤の構成

高機能高可用性情報ストレージ基盤（以下、高可用ストレージ基盤と略す）は、県や市などローカルな地域内で互いに近隣に設置された拠点ストレージ群と、遠隔地のクラウドストレージから構成される。近隣拠点は移動可能な範囲内に設置されるため、大規模災害で通信障害が発生しても、直接拠点に移動すればデータを取得できる。遠隔地のクラウドストレージは地域外にあるため、近隣拠点との同時被災確率は低い。

高可用ストレージ基盤の任意の 2 つの拠点ストレージは直接あるいはその他の拠点ストレージを介してネットワークでつながっている。ある拠点のストレージにオリジナルデータが格納されると、高可用ストレージ基盤はクラウドストレージおよび近隣の拠点ストレージにデータを自動的に複製する。オリジナルデータが格納される拠点はプライマリ拠点として、高可用ストレージ基盤のユーザから指定される。図 2 の例では高機能高可用性情報ストレージ基盤は拠点ストレージとして S1~S4 の 4 拠点、クラウドストレージとして S0 から構成されている。

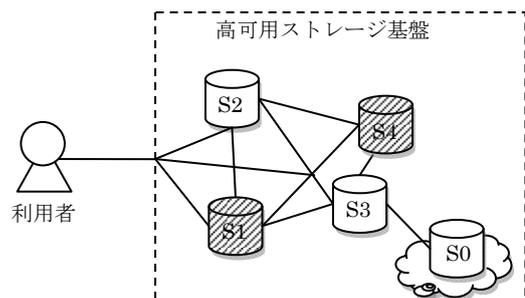


図 2 高可用ストレージ基盤構成図

る。ユーザが S1 をプライマリ拠点として選択した場合、ユーザのオリジナルデータは拠点 S1 に保存される。それから、高可用ストレージ基盤は後述するリスクアウェア複製アルゴリズムで選定された複製先にユーザのデータを複製する。

災害が発生して拠点ストレージや拠点間ネットワークなど基盤を構成する機器が損傷した場合には、残存する機器を活用して短時間でデータを復旧することで、継続してデータアクセスサービスを提供する。高可用ストレージ基盤は 50% の機器が喪失しても 90% 以上のデータの可用性を確保できるように開発が進められている。本稿ではこの可用性 (90% 以上) が実現されたものとして所与として扱う<sup>6)</sup>。

### 3.2 リスクアウェア複製

高可用ストレージ基盤はクラウドストレージおよび近隣の拠点ストレージにデータを自動的に複製する。複製先となる近隣拠点の選択にはリスクアウェア複製と呼ばれるアルゴリズムが用いられる。リスクアウェア複製とは、オリジナルデータを持つ拠点と複製データを持つ拠点が同時に被災してデータを失わないように、2 拠点の同時被災確率に基づいて複製先を決定するアルゴリズムである<sup>6)</sup>。

リスクアウェア複製の例を図 3 に示す。ある地域に 4 つの拠点ストレージが設置されており、それぞれがネットワークで接続されているとする。海溝型地震による津波の被害を想定した場合、沿岸部にある 2 つの拠点ストレージ S1 と S2 は同時被災確率が高くなる。そのため S1 に格納されたオリジナルデータは同時被災確率の低い内陸部の拠点ストレージに複製される。図 3 では S4 との同時被災確率が 0.1 と最も低いため、データの複製数を 1 とした場合 S1 のデータは S4 に複製される。他の拠点ストレージについても S1 と同様にして複製先を選択する。

任意の 2 拠点の同時被災確率は、災害の種類や地理的条件によって定量化される。多数の拠点ストレージ間で

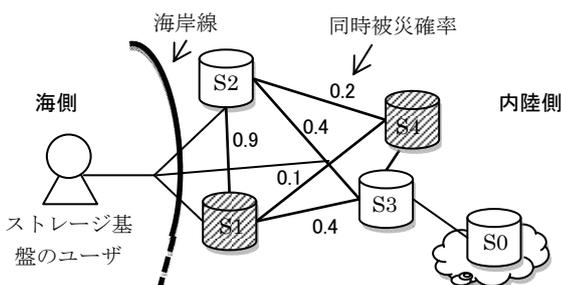


図 3 リスクアウェア複製

データを複製し合う場合には、同時被災確率が同じとなる複製先拠点が複数存在したり、いずれとも同時被災確率が相対的に低い特定の拠点到複製が集中したりする可能性がある。そのため、拠点ストレージの容量などを制約条件としながら、同時被災確率の総和が最小となるように各拠点の複製先を決定する。

## 4. 大規模災害に強い投棄情報システムの提案

### 4.1 提案システムの構成

本稿では大規模災害が発災しても投棄履歴を参照できるような耐災害性のある投棄情報システムを提案する。この提案では大規模災害により拠点の損壊や通信障害が発生すると可用性が失われるという課題を、高可用ストレージ基盤を用いることによって解決する。図 4 を用いてシステムの構成を説明する。A はユーザ所持の携帯端末、A' はそれ以外のクライアント端末である。C0 はメインのアプリケーションサーバであり、C1~C4 は予備アプリケーションサーバである。網掛けの部分にはユーザの投棄情報を保存している拠点ストレージ機器を示す。

災害時も平常時と同じように投棄情報を取得できるようにするために、アプリケーションサーバを多重化する必要がある。提案システムではメインサーバと予備サーバの 2 種類に分ける。メインサーバ C0 はインターネットに設置され、投棄情報の取得と登録などすべてのサービスを提供する。インターネット上の常時公開サーバとして、スケーラビリティの確保は重要である。本研究では (株) 日立ソリューションズのクラウドサービス

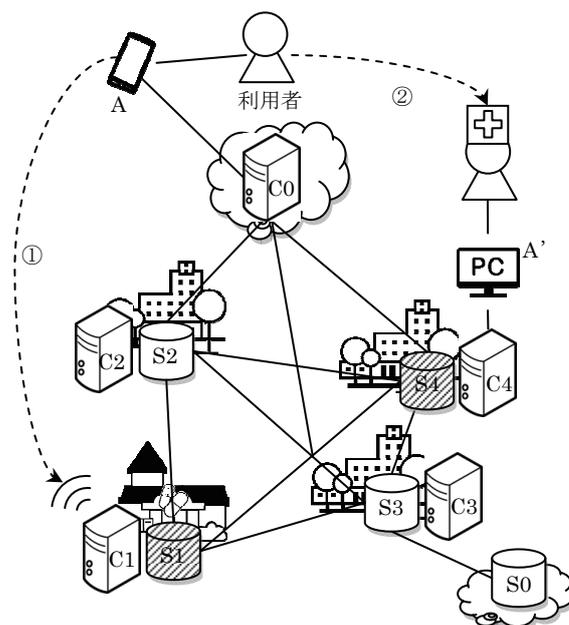


図 4 提案システムの構成

SecureOnline 上にメインサーバを構築して、システムのスケーラビリティを確保している。メインサーバはインターネット経由で、高可用ストレージ基盤と連携している。ユーザごとにプライマリ拠点が指定されるため、メインサーバではデータアクセス先を動的に切り替える必要がある。例えばユーザが S1 をプライマリ拠点として選択した場合、データは自動的に拠点 S4 へ複製される。ユーザのデータを取得するときに、メインサーバはまず S1 へアクセスする。S1 が接続できない場合は、S4 からデータを取得するように切り替える。

予備サーバはストレージサーバと同じ拠点に設置され、拠点内のクライアント向けに投薬情報取得のサービスを提供する。図 4 では、予備サーバ C1 が S1 とともに調剤薬局に設置されている。同様に C2~C4 がそれぞれ S2~S4 とともに病院に設置されている。予備サーバは同一拠点内のストレージと直接拠点 LAN で繋ぐため、広域通信障害の影響を受けない。災害時、拠点自体が損壊しない限り、予備サーバは拠点内で継続的にサービスを提供できる。

クライアント端末は主に利用者所有の携帯端末（スマートフォン）とする。携帯端末を採用する理由は、東日本大震災の発生時には、ほとんどの人が携帯電話端末を持って避難していた実績があり、災害時に有効な情報端末として評価されているためである<sup>7)</sup>。利用者は携帯端末向けのクライアントアプリを利用して、投薬情報の参照・登録・更新・削除などの操作をすることで、薬歴情報を管理できる。それから、薬歴情報に合わせて、利用者は自分の症状や病因などを関連情報として記録できる。さらに、登録済みの症状や病因を元に薬歴を検索することで、災害時医療の迅速かつ円滑な遂行を支援する。クライアントアプリは拠点選択、拠点リスト保存、接続先切り替えなどの機能を備える。

一方、大規模災害では、携帯端末の流失や電源喪失によるデータアクセス性の低下も発生しうる。本研究では、クライアントアプリだけでなく、WEB ブラウザからも薬歴情報への参照を可能にする。医療機関や調剤薬局に設置されている PC をクライアント端末として利用して、医療関係者や患者本人が投薬記録を確認できる。また、災害時に患者が意識不明になったり、パスワードを忘れていたりすることで、本人がシステムを利用できない場合もある。そのような場合には災害時のセキュリティ緩和が必要なことを考慮して、医療関係者が患者の免許番号や電話番号を利用して、特定患者のデータを確認できるよ

うにしている。

#### 4.2 提案システムの利用方法

初めて提案システムを利用する場合、ユーザアカウントの新規登録が必要となる。アカウント登録画面で、クライアントアプリはメインサーバから拠点ストレージのリストを取得し、利用者の現在位置との距離順で表示する。利用者は自分のオリジナルデータの保存先として、プライマリ拠点を指定する。通常、プライマリ拠点として選択されるのは利用者にとって最も利便性の高い病院や調剤薬局（最寄り拠点）である。プライマリ拠点が指定されると共に、データの複製拠点は高可用ストレージ基盤により自動的に決定され、クライアント端末やメインサーバに保存される。

インターネットに接続できる平常時には、利用者はクライアントアプリを利用してメインサーバにアクセスする。メインサーバはオリジナルデータを格納するプライマリ拠点を特定し、そのストレージに対してデータの取得または格納を行う。データが格納されると、高可用ストレージ基盤側でリスクアウェア複製機能を用いて複製先へデータを複製する。偶発的な故障により拠点ストレージが停止している場合には、メインサーバはクライアントの複製データを持つ代替拠点を特定し、代替ストレージに対してデータの取得または格納を行う。

大規模災害によってインターネット接続が途絶した場合には、利用者はまず携帯端末に保存された拠点リストを利用して自分のデータの所在地を確認する。それから、利用者は自身のオリジナルデータを格納するプライマリ拠点に直接出向き、プライマリ拠点のアクセスポイント経由で予備サーバからデータを取得する（図 4 ①）。さらに、被災によってプライマリ拠点のストレージが損壊または流出した場合には、利用者は複製データを持つ代替拠点に再度移動し、当該拠点の予備サーバからデータを取得することができる。

また、利用者の携帯端末が使えなくなった場合に、利用者は最寄り拠点となる病院や調剤薬局に出向き、拠点の共用 PC を利用して WEB 画面から自分の投薬記録を取得することもできる。利用者本人が病気や怪我などで、クライアント端末を操作できない場合には、あらかじめ設定した信頼者（家族など）や医療関係者が薬歴情報を取得することもできる。さらに、意識不明な患者に対しては、免許番号または電話番号さえ分かれば、医療関係者が該当患者のデータを確認できる（図 4 ②）。

## 5. 東日本大震災を想定した耐災害性評価

### 5.1 可用性評価の前提

東日本大震災で仙台市の状況を想定し、可用性評価を実施する。

災害発生から 3 日以内は災害医療の急性期と呼ばれ、外傷性疾患による死亡が多い。急性期の救急医療には患者のアレルギー歴や副作用歴を確認する必要がある。また、津波で薬が流された慢性疾患患者に、迅速かつ正確に薬を処方するために、患者の直近の投薬履歴を参照する必要がある。災害発生から 4 日～3 週間は災害医療の亜急性期と呼ばれ、避難所で肺炎、脱水症状、インフルエンザなどの健康上の問題が多く発生する。特に高齢者は、慢性疾患の悪化やストレスや生活環境の悪化による疾患の増加が起こる。これらによる死亡などは「震災関連死」として位置づけられ、震災の死亡者の 1～2 割を占めている<sup>5)</sup>。亜急性期の診療では、患者の健康状況の悪化に対処するために、患者の過去の薬歴情報や病歴などの関連情報を確認する必要がある。本稿では災害発生直後から 3 週間までに、利用者が過去の薬歴情報や関連情報を取得できるかどうかを評価する。

津波や停電により仙台市では医療機関や調剤薬局の 50%が被災し、被災した拠点は機器損壊や電源喪失などにより、データの可用性が完全に失われると仮定する。単一拠点の可用性を  $R_a=0.5$  とする。高可用ストレージ基盤は 50%の機器損失が発生しても 90%以上のデータの可用性をもつため、上記状況に高可用ストレージ基盤の可用性を  $R_b=0.9$  とする。

大規模災害ではインターネット接続の利用率の低下は避けられない。携帯通信について、東日本大震災の当日に NTT ドコモはパケット通信に 30%の規制を掛けた。震災の翌日に、KDDI (au) では東北の 2/3 の携帯電話基地局が停波した。固定通信、被災地ではケーブル切断と共に、停電によりルーターや光ケーブルに接続光終端装置などが使えなくなり、全面的に接続できない状況に陥っていた。その後、一部の通信網は回復したが、震災前の状況に復旧するには 1 ヶ月以上かかった<sup>8)</sup>。

被災地の通信網断絶によるインターネット利用率の低下は、被災地からの WEB ページアクセス数の指標となる PageView (以下、PV) 推移や被災地域住民のインターネット利用率に反映される。一例として、Yahoo! JAPAN ビッグデータ分析レポート<sup>9)</sup>に記載された東日本大震災後の宮城県の PV 推移を図 5 に示す。震災前の PV 平均値を 100%とすると、震災直後の PV は 18%と

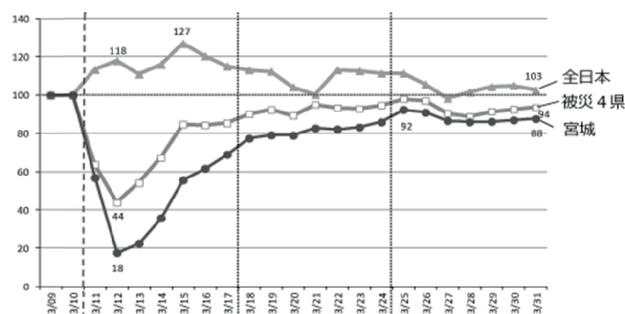


図 5 東日本大震災後 3 週間内の PV 推移<sup>9)</sup>

1/5 以下に落ち込んでいる。同様に、情報支援プロボノ・プラットフォーム (iSPP) が東北 3 県の被災地域住民を対象とした情報行動調査の結果によると、震災後のインターネット利用率は一時期 18.9%までに低下して、その後は通信網の復旧と共に上昇する傾向が示された<sup>10)</sup>。以上のようなデータをもとに本稿では、東日本大震災で仙台市のインターネット利用率  $R_c$  を表 1 のように推定し評価に用いる。

本提案手法ではローカルな地域内でデータの複製を持ち、ネットワークが停止している場合でも徒歩や何らかの交通手段で地域内拠点まで行きデータを入手できることを特徴としている。東日本大震災では交通網が寸断されているため、自動車や鉄道などの交通手段は確保できない。本稿では、徒歩での移動として評価する。患者が選択した最寄り拠点は最寄りの病院や調剤薬局となり、通常では 2 時間以内に到着できる。また、データ複製拠点は高可用ストレージ基盤が決めるため、最寄り拠点以外の仙台市内の任意の拠点になる。本稿では、最も移動距離が長くなるケースとして、仙台市の沿岸部の拠点から山形県との県境となる内陸部の拠点にデータが複製された場合の移動時間を用いる。仙台市の沿岸部から最も遠い内陸部までのルートは約 57km となり、人間 1 日の徒歩距離を 30km とすると約 2 日間かかる。そこで、2 日以内の場合には患者は最寄り拠点へしか行くことができず、3 日以上の場合には患者は仙台市内の任意の拠点へ移動可能と仮定する。

表 1 震災後仙台市インターネット利用率

経過時間	2時間	1日	2日	3日	4日
推定値 ( $R_c$ )	10%	18%	22%	35%	55%
経過時間	5日	6日	7日	2週間	3週間
推定値 ( $R_c$ )	61%	68%	76%	81%	88%

## 5.2 可用性の評価と比較

提案システムでは、災害発生後 2 日以内の場合はインターネット経由または最寄り拠点へ移動する方法で、投薬情報を取得できる。投薬情報の取得確率  $R = R_c R_b + (1 - R_c) R_a$  となる。3 日以上の場合はインターネット経由または仙台市内の任意拠点へ移動する方法で、投薬情報を取得できる。 $R = R_b$  となる。

単一拠点に RAID 技術や拠点内バックアップを使用した投薬情報システムでは、拠点が被災するとデータの可用性も完全に失うため、 $R = R_a$  となる。

遠隔地バックアップを使用した投薬情報システムでは、拠点損失の影響を受けないが、投薬情報を取得できるかはインターネットの可用性に依存するため、 $R = R_c$  となる。

以上から東日本大震災時に仙台市の状況を想定して、災害発生後の時系列で、個人の投薬情報を取得できる割合を評価した。評価結果を表 2 にまとめる。

提案システムを利用することで、発災後に患者の薬歴などの情報を取得できる確率は、災害医療の急性期では 54%~90% で、亜急性期では 90% 以上となり、大規模災害時では他の方法よりもデータの可用性を向上できると評価する。患者の薬歴情報や病歴を取得できることは、災害時医療の迅速かつ円滑な遂行を支援できると期待される。

## 6. おわりに

本稿では、互いに近隣にある拠点ストレージ群とクラウドストレージから構成される高可用ストレージ基盤を用いた、大規模災害に強い投薬情報システムを提案した。大規模災害を想定したシミュレーションにより提案システムの耐災害性を評価した結果、提案システムのデータ可用性は従来よりも向上することがわかった。大規模災害で拠点損失や通信障害が発生しても、患者本人や医療関係者は、災害時医療に欠かさない患者の薬歴情報を取得できる。今後は実証実験を通してデータの可用性を検証していく予定である。さらに、東北大学が提案している次世代高信頼プログラミング言語フレームワークをベ

ースにシステムを開発し、セキュリティの強化を実施していく予定である。

また、本研究の成果を日立グループ内の連携を強化しながら、医療や福祉分野の新事業につなげる計画である。

## 7. 謝辞

本研究は文科省の委託事業「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」の中で実施している。本研究の成果は「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」の研究成果の一部である。

### 参考文献

- 1) 株式会社三菱総合研究所：災害時における情報通信の在り方に関する調査結果，p.56 (2012)
- 2) 田中博：災害時と震災後の医療 IT 体制 そのグランドデザイン，情報管理，Vol.54，No.12 pp.825-835 (2012)
- 3) 日本薬剤師会：東日本大震災時におけるお薬手帳の活用事例，プレスリリース，(2012)
- 4) 日本薬剤師会：東日本大震災における活動報告書について，プレスリリース，(2012)
- 5) 社団法人日本老年医学会：高齢者災害時医療ガイドラインー2011ー(試作版)，(2011)
- 6) 松本慎也，他：広域災害向けリスクアウェアデータ複製方式の提案，電気学会第 55 回情報システム研究会資料，pp.39-43，(2013)
- 7) 総務省：ICT が導く震災復興・日本再生の道筋，平成 24 年情報通信白書，(2012)
- 8) 中村功：大規模災害と通信ネットワーク --東日本大震災に思う--，CIAJ JOURNAL Vol.51，No.7 pp.11-17 (2011)
- 9) ヤフー株式会社：Yahoo! JAPAN ビッグデータ分析レポート，<http://event.yahoo.co.jp/bigdata/>，(2013)
- 10) 情報支援プロボノ・プラットフォーム：東日本大震災 情報行動調査 (速報版)，プレスリリース，(2011)

表 2 震災後の投薬情報の可用性

災害医療の時期	急性期				亜急性期					
	2 時間	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	2 週間	3 週間
提案システム	54%	57%	59%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
RAID 技術	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
拠点内バックアップ	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
遠隔地バックアップ	10%	18%	22%	35%	55%	61%	68%	76%	81%	88%



宋 チュウ                    2008 年入社  
研究開発部 研究開発グループ  
高可用ストレージ基盤の耐災害性実  
証実験, および RIA 技術の研究開発  
chong.song.ty@hitachi-solutions.co  
m



宗形 聡                    2003 年入社  
研究開発部 研究開発グループ  
高可用ストレージ基盤の耐災害性実  
証実験, および意思決定支援技術の研究  
開発  
satoshi.munakata.tu@hitachi-soluti  
ons.com



手塚 大                    1994 年入社  
研究開発部  
意思決定, リスク分析, 最適化技術の  
研究, 開発  
masaru.tezuka.fd@hitachi-solution  
s.com