



情報を共有する意味で役に立ったと思います。

災害後に、これをどのように検証したらいいかをいろいろと考えました。イベントが数多くあって、それに対して報告書が上がってきます。それによりヒューマンエラー、システムエラーが明らかになってきました。一言でまとめるとすれば、情報は、統合され、かみ砕いたものを、一度に正確に拡がりをもって扱うことで意味を成す、それが事業継続にとって非常に大事だということです。

例えば3月11日15時35分の時点で、助教以上には院内待機指示がありました。東北大学病院では、仙台市内で震度5弱、宮城県内で震度5強の地震があると、自主登院することになっています。普段から医者は大勢いますから、あつという間に登録していたボランティアが300人集まりました。しかしこの300人は、結局ほとんど使われていません。唯一のケースとして、ICUで5名か10名の看護師派遣が報告されています。ただ、当のICUはエレベーターが止まったため、同じ階にある手術室からの患者の引き揚げで埋まってしまっていました。

北村 それは驚きですね。

中川 その看護師も、ベッドが埋まってやることができなく、結局戻ってきているのです。私の知る限りにおいて、この300人はほとんど使われなかったということです。部屋で待機、連絡待ちの状態でした。

また、「3月12日18時34分、石巻でヘリコプター、低体温、7名要請」とあります。すぐに救命センターでベッドを空けなければいけない。ベッドを空けないと患者を取れませんので、人を集めてベッドを空けて「いいよ」といって指示を出したのですが一向にこない。実はこの時、患者さんは1,200名の患者でごった返していた石巻に運ばれた後だったのです。災害の混乱のなかにあっても情報は待って欲しくない。手早く、正確に、拡がりをもって扱わなければ、情報は役に立たないと痛感した瞬間でした。情報を迅速に、正確に扱えないと、災害拠点病院は機能低下を免れないということを申し上げたいと思います。

北村 非常時であればあるほど、情報の扱いが鍵になるのですね。

中川 病院の機能を継続するに当たっては、いくつかのキーワードがあると思うのです。一つは「alternative」です。震災後、海外の災害病院を見て回って強く感じたのは、これが非常にしっかりしているということです。5手で駄目なら6手、7手とあるのです。

それに対して日本はどういう状態だったかを提示させていただきます。宮城県には、成田先生がいらっしゃる気仙沼医療圏から始まって仙台医療圏、仙南医療圏、大崎医療圏などがあります。それぞれの医療圏でどのモダリティがどれだけ使えたかを、初めの3日間に絞って調べています。

3月11日、携帯電話はほとんど使われていません。これは基地局が浸水し、幹線のケーブルが切れてしまったり、バッテリーが切れてしまったためです。PHSは過重な負荷がかかってしまったという問題がありました。携帯電話は1/3程度、PHSは当日使えたと返答のあった病院は20%。固定電話は3割を切っています。成田先生がいた気仙沼は、いずれのモダリティもほとんど使われていません。衛星電話は高額ですが、神戸の震災記録を見ても使い勝手がよさそうだと考察されています。今回も持っていた病院は少ないのですが、数字上は71.4%を示しています。

もう一つ、「alternative」と一緒に申し上げたいのは「リテラシー」です。総務省のレポートなどを見ましても、技術的な改善も必要だけれど市民を含めてITのリテラシーを上げなければ駄目だと、盛んに書かれています。

例えば私どもが聞いたのは、南側を向いていない対策本部があって、南側に置いた衛星電話が受信していることに誰も気づかなかったということです。それから、使い方がわからない。これも広義のリテラシーに入るとは思いません。衛星電話はコストなどの問題はありますが、そういったリテラシーさえしっかりしていれば、使い勝手はかなりいいのではないかと思います。マルチチャンネルアクセス無線（Multi-Channel Access Radio：MCA無線）に関しては、気仙沼は地形の関係からないのですが、それ以外のところはある程度カバーされていました。所有していた24カ所のうち17カ所、7割ぐらゐが使えたということです。数字だけから見ると、MCA無線と衛星電話は平日かなり使えたということがいえるのではないかと思います。

北村 そうだったのですね。

中川 せっかくの機会なので海外のことについても少しお話しますと、ハーバード大学の関連病院であるBrigham and Women's Hospitalで、識者の方に集まっていただき話をしたのです。その時に、対策本部を15分で立ち上げたことはトレーニングの賜物で、初動のところはきちんとトレーニングをする意味があるというお話をしたのですが、その意味がなかなか相手に伝わらなかったのです。

なぜかという、こういう大病院にはインシデント・コマンド・システム（非常時指揮システム）の部屋が普段からあるからです。だから立ち上げは0分なのです。普段はその部屋はただの会議室で、100席程度の椅子だけあり

ます。ただ壁に3つほど、インシデント・コマンド・システムの役割分だけ収納棚があって、それを開けるとパソコンが2台、固定の非常回線を含めていろいろなalternativeがあります。8個や9個用意していても災害時に使えるのは1個か2個で、その1個か2個が生きていることが非常に大事だと書いていました。

北村 ここに座る人は資格は要るのですか。

中川 それに関してはいろいろあります。日本だと病院の組織図をそのまま写したような災害対策図がありますが、基本的に米国ではインシデント・コマンド・システムがしっかりしています。先ほどのクロノロジーを分類してみても気づいたのですが、ファイナンシャル、資源、情報、計画などの機能ごとにやっているわけです。それがこのインシデント・コマンド・システムで管理されており、その機能の数だけデスクがあります。

また、継続性という意味で重要な工夫として、デスクに収納されたビブスが挙げられます。情報が混雑しているときに一番困るのが、誰に報告をしたらいいのかということです。リーダーシップが取れる人は資格を持っており、米国のことですから10人ぐらゐいるわけです。その中で一番初めに来た人が、まずビブスを着ます。ビブスを着ていることで役割がわかるので、スタッフは報告ができ、指揮者も責任をもって指示を出せる。もっと上のランクの人が来たら、そのビブスを引き継いでいけばいいわけで、連続性が出てきます。

北村 東北大学にはビブスはありましたか。

中川 ビブスというものはないと思います。日本だと、気仙沼では成田先生がされていましたが、おそらく大体のところは院長先生が指揮者でしょう。

成田 気仙沼の場合は、たまたま前に一回、トリアージ訓練でディレクターをしたことがあったので「成田がやれ」といって後押ししてもらった感じはあります。

北村 それはみんなに周知されていたか。

成田 ビブスはなくて、ヘルメットをかぶるぐらいでした。

中川 気仙沼はみんな成田先生を知っているからだと思います。東北大学もおそらく院長だろうということなので、それはそれでいいと思うのですが、では院長がいないときには誰なのかという話にはなりません。そこでいろいろな口スが起こるはず。そういう意味では、誰にでもわかる

ように多面的にやっていくという米国の仕組みは、非常に優れていると思いました。

北村 クロノロジーを検証すると、本当にいろいろなことが見えてくるでしょうね。

中川 おっしゃるとおりです。教訓の宝庫なのですが、残念ながら医者が10人集まったところで、出てくる教訓はあまり変わらないのではないかとも思っています。それでいろいろ当たりますが、例えば、品質管理の観点から見たらどうか、航空宇宙をやっているようなミスが許されない分野から見たらどうか、工学の品質管理の面から漏れ分析を試みたらどうなるかなど、もちろん自衛隊にも足を運びました。さらに日本だけでなく、ハーバードの公衆衛生大学院で病院管理学をしている方の目からも見てもらっています。

いろいろな目で見ることによって、さまざまな知見が出てきます。それをシステムの形にするなり、あるいは新しいものになるかもしれませんが、社会還元まで持っていくことが今の目標です。

北村 それは素晴らしいことだと思います。医療では、よく「後医は名医」といいますよね。後で見た医者は何でもいえるといいますが、災害に関しては丁寧に追跡しておかないといけませんね。こういう経験は頻繁にできるわけではないですし、システムなどを評価するというのは絶対に大事だと思います。

中川 先ほど、成田先生からもマルチセントリックな、権限をどうやって分配するかという話を教えていただいて勉強になったのですが、詰める所と、個々の教育、要するに個々の判断力を上げる場面との2つになってくると思います。そういったところはしっかりと深めていきたいと思えます。

IV 災害時における通信のあり方

北村 やはり勉強で補える部分もあるのですが、最後は臨機応変な、個々の判断力が重要になるのでしょうね。さて、先ほどとは逆の話になるのですが、準備をしていたのだけれども意外とうまくいかなかったという話がありましたか。

成田 まず、衛星携帯電話の問題がありました。情報ツールがなかったときには、トランシーバーを持っている救急

救命士が防災センターと話のできたので、病院の救急室の前に一人配置しました。衛星携帯電話も使えたのですが、やはり聞きづらいのです。きれいに聞こえる電話に慣れている人間が使うには使いづらいし、輻輳だと思いがちですが繋がりにくかったり、途中で切れたりしました。そう考えると、具体的には個人が平時から無線通信の使い方(図4)を訓練するべきなのです。救急救命士は慣れているのですが、医者は早口でしゃべってしまうので、ゆっくり話す、長く話さない、高めの声が聞き取りやすい、無線用の短縮語の「どうぞ」「了解」「以上」ぐらいは単純に覚えておかなければならないと思います。それに慣れるのに3日間ぐらいかかったのです。それは一つの解決策として提案できると思います。

それから、ネットワーク・セントリック・オペレーション(Network Centric Operation: NCO)という広域医療搬送調整における情報管理があります。急性期のDMATの一番重要な仕事は搬送、つまり重症患者を被災地から出すことです。これは2005年から中央防災会議でも想定し、検討されていたことで、広域医療搬送を運用する上での理論的基盤となっています。

発災後72時間が過ぎた3月15日に、気仙沼の慢性透析患者の広域医療搬送が必要であると情報発信したところ、東北大学の血液浄化部の先生方を中心にして、多数のネットワークから情報収集し、新たなネットワークを形成しながら情報を共有し、任務を分配しあいながらNCOが展開されました。NCOを行う上での抑制因子は何かというと「アパシー」でした。医者や避難者が「北海道まで行かなくていい」とか、支援する側の医者同士でも「そこまでしないでいいだろう」という思いが、抑制となるわけです。

今回の災害医療において、ジェット機を使った大規模な広域搬送を行ったのは、気仙沼だけなのです。それをやることを皆が想定していたにも関わらずできなかったところが、やはりアパシーなのだと思います。似たようなことは、この後の災害医療全体においても起きました。避難者が被災地の仮設住宅の寒いところで一生懸命我慢しているのもそのひとつなのですが、口に出してくれれば「こういう方法もあるよ」と言えるものを、みんな我慢してしまう。あるいは支援者も「まあいいか」といってしまう。こうした心の問題はあるのではないかと思います。

北村 東北の人は我慢強いという話はあつという間に広が

りましたね。東京大学にも透析患者がヘリコプターで来たのです。随分待っていたのですが、結局いらっしやったのは3人だけでした。

成田 気仙沼からは78人を空路で札幌に、8人を陸路で千葉に搬送しました。19~23日の間に札幌に搬送した人たちはみんな大丈夫でした。気仙沼から25日に千葉に搬送した人は、栃木県小山市で一人亡くなられました。これは被災環境下に長期間いたことによる、低栄養、脱水、凝固亢進が原因となつての肺塞栓だつたと思います。今回の災害医療の検証作業のなかでも効果的な広域医療搬送の報告がなされていますが、次の災害のためにも、さらなる運用の整備が必要と考えられます。しかし、今でも「そこまでしないでいいのではないですか」という言い方をする先生方もいらっしやることは確かです。

北村 できるだけ遠くに運んだほうがいいですよ。

成田 「なぜ仙台ではないのか」という人もいますが、仙台も被災地であり、あの時は、福島原発事故もあつたので、北海道しかなかったと思います。

北村 Twitterのお話もありましたが、Twitterというのは偶発性によるでしょう。読んでほしい人が読んでくれなくて、無関係な人が読んでることがある。Twitterの有効な使い方のようなものはあるのでしょうか。

成田 私自身は、Twitterというのは匿名性という点で問題があると思っています。Facebookがいいというわけではありませんが、やはり名前がしっかりわかるのがよかったですね。市の災害対策本部でもTwitterに関する話題が出ていて、「あそこのお店が物をタダにしている」といって行く分にはまだいいのですが、「あそこのお店に皆が入って盗ってるよ」「じゃあ皆で行こう」というツイートも気仙沼市にはありました。他地域ではもっとひどい情報も入っていたようで、注意が必要です。

北村 なるほど、難しいですね。小笠原先生はどうですか。小笠原 携帯電話はつながらないし、情報のやりとりができない。一番気がかりだつたのは、大学とのやりとりができなかったことでした。しばらく通じなくて、結局、足で稼ぐしかないと思っていました。釜石でやったのは、みんなの携帯を持って圏内まで行って、溜まったメールを受信して、情報を得るという方法でした。そうしたら今度はガソリンがなくなつてしまい、できなかった時期もあるのですが、やはり通信系が麻痺していたことが一番大変でした。

- ◆ひと呼吸おいてから、話始める(頭切れ防止のため)
- ◆長く話さない
- ◆普段よりもゆっくり話す
- ◆やや、高めの声が聞き取りやすい
- ◆必ず覚えるべき無線用短縮語

「どうぞ」→次は受信者が話せ
「了解」→了解した
「以上」→通話終了

平時からの訓練が必要!

図4 無線通信で失敗しない具体的方法

インターネット回線は、NTT光はつながらなかったのですが、もう一つ岩手県に行政ネットワークというのがあって、私はあまり詳しくはないのですが、電力系のネットワークのほうがインターネットに早くつながりました。

北村 接続業者による差もあるのでしょうか。東京もメールがバンクして携帯電話がほとんど使えなかったのです。東京でも駄目でしたから、やはりある程度は規制も必要なのでしょうね。

成田 2011年8月、台風12号による奈良県の被災地に、被災現場で活用していただくと思い、気仙沼で使用した3G回線対応のPCを送ってみました。ところが、現地では利用できなかった。

そのときに思ったのですが、NTT、au、ソフトバンクといった電気通信業者は、日本各地域毎の受信能力を評価する情報を公表していないのです。災害時における情報管理戦略を構築するためにも情報公開してもらうような働きかけが必要だと思います。

北村 本当にそうですね。先生方のお話を聞いてみると、絶対に必要な携帯電話などのプリミティブな通信手段を最優先で病院と行政で確保する。一般の通信を制限してでもそれを確保しないと動きが取れないですね。

V 医療施設と電力の問題

北村 さて、それでは今われわれが平時に準備しておくことは何でしょうか。先ほど、通信に長けた人がいたらいいという話もありましたが。

中川 情報の話から少し離れるのですが、電力に関する話をさせてください。発災からわずか7分後に地震防災情報システム(Disaster Information Systems: DIS)が、1,000人ぐらいの死亡を推計しています。この時点で、東北大学病

院は2週間程度は野戦病院化するという推測を立てました。野戦病院化して広域搬送するにしても、CTなどをしっかり搬送しないとトリージできませんから、搬送しようがないのです。ところが、東北大学病院の高度救命救急センターではCTが壊れなかったのです。当初はヒューマンエラーであると理解していました。つまり、200ボルトの電源の配線といったシンプルなことではなく、電力のプランニングの問題だったのです。

東北大学病院は仙台市の星陵地区にあり、夏場のピーク時で9,300kW、普段は8,000kWの電力を使います。どのような非常時対策が取られていたかという点、パワーセンターで2,800kW（1,600kWと1,200kW）を発電し、不足分は病院のなかにある2機のガス発電（計2,000kW）で補う計画でした。パワーセンターのものに関しては重油で計72時間動きます。これで病院のなかで必要なものが最低限賄えるということだったのですが、CTのような電力を使うものに関してはこれでは賄えきれませんので、2,000kWのほうでやるプランになっていました。基本的にはそのように配線されていたわけです。

大学病院ですから仙台市ガス局と協定がなされています。止めるときは最後、止まりにくいガス管を使用し、災害時にも止まらないであろうという想定での準備はしていたのです。ところが、実際には震災直後の16時37分に止まりました。そうすると、2,800kWあったとしても、カバー率は通常の3割ぐらいになるのです。しかも当初はいつになったらインフラが復旧するかわかりませんので、50%で運用しました。ですから、普段の約18%のカバー率しかない状態だったわけです。

東北大学病院でなぜCTが壊れなかったのかという点、パワーセンターを50%で運用せざるを得なかったからです。1,400kWの枠でCTを立ち上げてしまったらblack outの可能性があったので、最初からCTは動かしようがなかったのです。

ただ、幸いなことにPET棟がありまして、そのCTが夜の22時から使えるようになりました。なぜ使えたかというと、パワーセンターからの直接配線があり、しかもPET棟は独立していて、全体であまり電力を使わない造りになっていたのです。ここをちょっと上げて大丈夫だという判断でやりました。救命センターのCTは病院施設のなかにありますので、一緒に電力を使うとblack outの可

能性がありました。MRIは別の建物にあったので、当日から使えました。

これが都市直下型地震であったらどうか、先ほどの災害のお話が出ましたけれども、それを考えたときに、空恐ろしくなるわけです。

北村 東京大学では施設係は2~3年で交代してしまい、病院にいた人が東京大学の本部へ行ったりしているので、サプライの計画を十分に読んでいる人は、たぶんいないと思います。後で検証したらそうかとわかるにしても、皆が知っていたのは「自家発電があって3日間はもつらしいよ」というぐらいの情報しかないわけですね。

中川 このことをなぜここまで調べたかという点、大手電気機器メーカーの人とヒアリングを一緒にして、開発という観点から機械をイノベーションするに当たって、機械の落とし込みをしなければいけないということで、「病院でどれくらい電力をお使いになるかご存じですか」と聞いたところ、「知らない。ミニマム・アズ・ポッシブルというスタンスでやっている」と。それならということで施設企画係の人と放射線科の技師長に来てもらって、そこで初めて「なるほど、こういうことになっていたのか」ということがわかったわけです。このなかからいえる教訓のひとつは、「イノベーション」です。ピーク電圧を下げる機械をつくる。これが首都直下型に備えるひとつのソリューションになります。

もう一つは、「プランニング」です。例えば、ライフラインが止まり、2,000kWの発電機が止まったときに、限られた電力でCTの電力を捻出すには何を止めなければいけないのかというプランニングを、普段からしなければいけないということです。

全県調査で電力を追加したとお話ししましたが、石巻赤十字病院は止まっています。それは電力がマッチしていたので停電の可能性がなかったからなのです。どのようにすればいいか、プランニングの提言をわれわれがまとめることが社会にとってプラスになるだろうと考えています。特に首都直下型地震を想定すると、CTなしの広域搬送は難しいことが予想されますので、プランニングと機器のイノベーションという観点から検討しています。

われわれだけでやってできることは限られています。したがって市民の教育も重要です。市民が不安で病院に来てしまうからミスマッチも増えるわけです。米国では



72hours.orgというホームページがありまして、3日間は圏域しなさいと啓蒙しているのです。そういう教育をすることでミスマッチを防げる可能性が少しあります。

ですから、どのフェーズにあるかをみんなが突き合わせる、いろいろな分野の専門家が集まることの意味がそういうところから出てきますし、情報通信網についてもターゲットにして、いろいろな目から見ると、何かしらの見解を出していきたいと思っています。

北村 いつまで重油もつかかわからないから半分で動かすというのは人間らしい発想ですが、本当はどうだったのですかね、フルで動かしたほうがよかったですか。

中川 実は私も夜中の1時に熱が出て、ものすごく痛かったのですが、医者である私がロキソニン[®]1個を処方するなんてとんでもないという雰囲気でした。薬がいつまでもつかかわらない。「先生、そんなところで出したら一生ばかにしますよ」という感じだったので、私はずっと我慢していたのですが、そういう雰囲気はありました。ヴィーン[®]がなくなったとかという話がちらほら出てきたりしていました。

結果的に、東北電力からの商用電源は翌朝3月12日の2時に復旧して、半日かけて夕方までに星陵地区全体の電力が復旧したわけですが、それは当時は予測できなかった

た。実際、それはほかのところで災害が起きてはわからないと思います。

成田 新病院を建てるという動きがあるなかで、私もエネルギー問題に関して勉強させてもらっています。現在の病院電源システムでは、主電源があって、主電源が動かなくなったときに仮設電源が動くようになっています。平時においても、主電源と補助電源がハイブリットで稼働しており、有事においては、その比率が変わるシステムです。有事にだけ稼働するシステムでは長続きしません。補助電源としては、ソーラーもあり、また、ボイラーの余剰熱を利用する場合もあるようです。

あともう一点加えると、現在、在宅酸素療法（Home Oxygen Therapy：HOT）の患者さんが増えています。その患者さんが3月12日以降、外来受診が増加し、12日、13日には当病院の酸素使用量は1.5倍ぐらいになっていました。そういった状況も含めて、被災地で患者さんを診るのではなく搬送するしかなかったのですが、あのときは私たちが頑張ってしまったし、患者さんも頑張ってしまった。結局そのまま置いておくという形になってしまいました。

エネルギーの問題と酸素の問題も含めて、どこまでもつのかということのほかにも、災害弱者・ハイリスクの患者さ

んは域外にどんどん搬送するという方向しかないのではないかと思います。

中川 ポストンで災害の専門家であるRichard Aghababian先生に「今回の震災の特徴の一つとして、病院がインフラを提供する役割を求められた」という話をしたところ、老健施設など、プランニングの段階でもう少しうまく社会のリソースを活用することを考えておいた方がいいとアドバイスを頂きました。災害対策というのは、起こる確率とその被害額、どれだけお金を出せるかのバランスの問題になります。何でも準備しておけばいいという話では絶対になくて、普段からあるものをalternativeと考えておく、ポストンは、そういうときのために酸素ボンベもある程度配給されるシステムになっていたのだらうと思います。それでアドバイスをくれたと思うのです。だから、域外に出すということもありますし、域外に出さないことを考えると、そういうことをやっておく必要があると思います。

北村 DMATそのものもそうですよね。従来、災害のときには、東京大学のDMATは手ぶらで走ったのですが、そうではなくて、酸素でも缶でも積めるものを車に積んで走れば、まだ役に立ったのかとも思います。とにかく早く早くということ、そういう発想はありませんでしたね。

中川 これもalternativeの話になるのですが、域外搬送はある程度想定された形になっていたと思うのですが、宮城県では正式な形にはなっていないで、一番初めに想定されたのは仙台空港で、次が松島の航空基地でした。次の5手ぐらいまで考えていなければいけないことで、域外搬送ができなかったときに老健施設などをリソースとして使うという発想は大事だなと思いました。

成田 これに関して、さらに驚いたのは、わずか4日間で松島基地を回復させたことですね。米軍の砂漠にも下りられるジェット機が使えるようになりましたが、でも「3日間は頑張れよ」といっても、3日間のうちにこれを回復できるかというそれは無理なわけで、山形空港へヘリコプターを飛ばして山形空港からジェット機で飛ばすということができるとか、検討が必要だと思います。

VI 脆弱性と危機耐性

北村 最後になりますが福島第一原子力発電所の事故とITの関わりについて、何かありますでしょうか。

中川 仙台は距離が80km離れていて、安全が確認できていたし、自分のフォーカスのターゲットにはしていなかったのですが、風評だけはいけないと思いました。クロノロジーに絡めていいますと、当時、「廊下でオベをしている」とメディアで書かれたものがありました。正確には「ERの手術室で開腹オベをしていた」のです。こういうちょっとした間違いからとんでもない誤解が広がっていくのが風評被害だと思うのです。やはり「正確に、広がりをもって、早く」ということは、技術的な面でもリテラシーの面でも、情報を扱う者にとっては課題だなと思っています。

北村 間違った情報による風評被害はありましたか。気仙沼でも福島でも結構です。

成田 個人的には風評被害がないようにすべきとは思っていましたが、福島の場合は大本の情報がきちんと公開されていないという状況もありますが、気仙沼に関しては、とにかくきちんと情報を出すことに努めました。急性肺炎が出て、重油の粉塵が舞い上がったためかもしれないという情報があったときには、それを県の方へ報告しました。マスコミの報道では「気仙沼で大変な肺炎が流行したみたいだ」という話をされたのですが、普通の市中肺炎と考えていいものでした。ただ、そういうことは後できちんとフォローアップして発言してきたつもりです。

福島に関して思うのは、バルネラビリティ（脆弱性）とレジリエンス（危機耐性）という言葉なのですが、結局、災害というのは、危険があって、それに脆弱性が増わって、初めて災害になるのです。どう完璧にしようとしても必ず弱いところはあるわけですが、人間には危機に対応する能力があって、それを構築していく知恵と技術をもって人が集まれば、解決できることは多いのではないかと思います。

そういう意味で、最近「レジリエンス」という言葉をよく使っているのです。ITの世界ではウイルスが入ってきたときにそれをチェックして排除するシステムにレジリエンスという言葉が使われているし、精神科では登校拒否の子どもたちなどについて語る時に「レジリエンス」を蓄えるという言葉を使っています。災害医療においても、これから「レジリエンス」という言葉が使われるようになってくるのだらうと思います。

福島に関しては、今、地域医療の再生、ヘルスケアで在宅医療の患者さんの情報を共有しようという話で動いて

るところです。遠隔にいる家族、あるいは医者とお年寄りの方々とのやりとりが見えるシステムができれば、連携して見守り合うことができるのではないかと考えています。

南相馬に私の先輩の脳外科医で開業している先生がいます。お年寄りの看護士さんとお年寄りの先生とでやっているクリニックなのですが、遠くにいるお孫さんなどとうまく連携が取れるシステムが欲しいということで、今回、気仙沼でやったシステムを南相馬でもやろうという話をしていいます。ふるさとを放射能のために離れている人たちに對しても、精神的なつながりを消さないように、絆を離さないような形をつくることも、ITのひとつの活用法かもしれません。

小笠原 今は福島から離れてほかの地域で出産することが起きていますが、結局、それをなかなか把握できないのです。今、日本産婦人科学会と日本産婦人科医会で各施設に調査票を送って調査しています。その情報をITに結びつける方法はないかというのが、私が考えていることの一つです。

もう一つは、情報を発信できるツール。特に妊婦さんや小さな子どもをもっている方はさまざまな情報が出て不安に思っていて、「どうなんですか」と聞いてくるわけです。それにきちんと説明はしているのですが、そういう情報は早めに発信しなければいけないので、いい方法はないかと考えているところです。

北村 IT化された母子健康手帳は作れないのですか。

小笠原 電子母子手帳を実現するためには、市町村と医療機関が全部がつながっていかなければいけません。その前段として「いーはとーぶ」システムを動かして、ここ

に全部参加すると電子母子手帳もできます。そうすると、そこにも「放射線は今心配ない」とか、いろいろな情報が流せるわけですよ。

成田 気仙沼医療圏の事業で、ICカードを導入して、そこに情報を入れて認証に使おうと思っているのですが、そのターゲットとして妊婦さんを考えています。今は検診と分娩が分離していて、分娩するのは大きな病院、検診は普通のクリニックという形ですから、情報を共有しなければいけないところを直につなぐのは当然いいのですが、セキュリティの問題があるので、本人の認証にICカードを提案して、宮城県のなかでも気仙沼医療圏で先行してやろうと動いています。

北村 情報そのものはそのICカードにあるのですか。

成田 岐阜県で動いているシステムでは1KBの容量があります。今は9KBぐらいで名前、年齢、かかりつけ医、処方くらいは入るシステムを考えています。これには被災地の医療支援でもらえるお金を使って、先行した実証実験までやらせてもらっています。私の理想は小笠原先生がされている「いーはとーぶ」の世界で、そのシステムを組み込んで、できれば行政と連携して、地域全体をつないで、クラウドやスマートフォンが使える形ができないかと思っています。

北村 なるほど、大変参考になりました。今後も被災地の復興に向け、また医療過疎地へのよりよい医療の提供を目指して、医療とITの可能性を模索していきたいと思えます。本日は大変貴重なお話を頂き、誠にありがとうございます。

一同 ありがとうございます。

東日本大震災から学ぶ 情報リスクマネジメントのあり方

気仙沼市立病院脳神経外科 科長/宮城県災害医療コーディネーター 成田 徳雄

はじめに

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、また全国から参集するDMAT (Disaster Medical Assistance Team)・医療救護班を統括する本部の一員として、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。災害医療現場において発災以降それぞれのフェーズでさまざまな問題が生じ、日々体制が変わる多数の医療支援チームと協働し、複雑な医療システムを柔軟かつ迅速に運用する必要が生じた。問題解決のために、特に重要なのは情報管理であり、現場の情報収集、さらには情報の伝達・共有により、意思決定を迅速化し、実際の運用を効率的に行う必要がある¹⁾。本稿では気仙沼災害医療における具体的な情報関連事例を提示し、検証し報告する。

気仙沼市立病院の被災状況および 情報通信ツール

2011年3月11日14時46分、マグニチュード9.0、気仙沼震度6弱の大地震が発生した。気仙沼市立病院は市街地の高台にあるため津波被害は免れ、地震による建物損壊は一部であったために、病院機能も保たれた。電力はすぐに仮設電源が稼働し、確保された。情報通信ツールに関しては、2005年に宮城県医師会により各災害拠点病院に災害用MCA (Multi-Channel Access) 無線が配備されていたが、気仙沼医療圏は基地局が遠いという物理的理由により配備されず、代替として衛星携帯電話が配備されていた。しかし、発災直後に「受信は可能だが発信ができない」という不具合に見舞われた。12日以後、参集した東京DMATなどの支援チームが所持していた衛星携帯電話にて外部との通信が一部可能となったが、十分な情報発信はできなかった。平時からの無線通信訓練およびツールのメンテナンス

とともに、情報通信システムに関しては、多重・多層的な整備が必要であると認識した。

気仙沼市立本吉病院の津波による カルテ情報の消失

当院より約20km南にある気仙沼市立本吉病院では、津波により1階部分が浸水、建物および医療機器が損壊し、さらに病歴管理室のカルテ情報も損壊・消失した(図1)。カルテ情報の消失は、継続した医療サービス提供を行う上で大きな障害となる。災害に強い病院であるために、脆弱な「紙カルテ」システムから、強固なバックアップ機能および障害があった場合の回復(レジリエンス)機能を持った「電子カルテ」システムへの転換が必要と認識され、現在検討がなされている。自然災害だけではなく、火災およびサイバーテロを考えるとバックアップ・レジリエンス機能付き病院カルテ・システムは必要であり、さらには薬歴管理を含め、介護・福祉・保健情報を含めた地域をあげてのPHR (Personal Health Records) システム確立に向けての活動も活発化していくものと思われる。

慢性透析患者大量広域搬送 (Network Centric Operation : NCO)

発災以降の災害医療で大きな問題となったのは透析医療であった。気仙沼市における透析医療機関は気仙沼市立病院のみであり、発災前の患者数は夜間透析患者35名を含む、168名であった。近隣の陸前高田市および南三陸町の透析医療機関が全壊し活動を停止したため、さらに患者は増加した。避難所に避難している患者およびガソリン不足のために通院困難な患者の問題が深刻化し、また被災地で透析医療を継続することが患者予後に悪影響を及ぼすことが危惧されたため、3月15日透析患者の域外搬送を宮城県災害対策本部に要請した。これを受けて、東北大学血液浄化療法部を中心にインターネットを最大限に活用し、関係



図1
津波浸水により損壊消失したカルテ
(気仙沼市立本吉病院)

各機関からの情報収集および情報共有を行い、3月17日には78名の慢性透析患者に対して、東北大学病院をstaging baseとして、航空自衛隊松島基地から自衛隊固定翼機を用いた札幌への広域医療搬送作戦の決行を決定している(図2)。3月19日から23日にかけて自治体・東北大学病院・災害拠点病院・DMAT・自衛隊・救急隊・民間運輸業者・日本透析医学会などの複数組織が協働して行った作戦であるが、高度な情報管理を行い、状況を評価し、任務の分配共有を含めた意思決定を迅速化し、柔軟かつ効率的に運用されたネットワークを中心とした作戦(Network Centric Operation : NCO)であったと考えている。

NCOは本来軍事用語であり²⁾、2003年のイラク戦争で、米軍が採用した作戦である。衛星通信などの高度情報管理システムを導入して作戦展開速度を向上、攻撃力を増大し、味方同士の誤爆を防ぎ、残存性を増大したことで評価されている。これに基づき2005年以降、日本の災害医療学のなかの広域医療搬送運用の理論的基盤として、高度な情報管理に基づくNCOが検討されていた³⁾。高度集約治療を必要とする重症患者の医療搬送とは別に、傷病者の大多数を占める軽症患者中の災害弱者に対する標準化された均質な医療サービスの提供としての医療搬送もすでに議論されていた。今回の気仙沼における慢性透析患者の広域大量医療搬送作戦は、患者にとって安全確実に遂行された点、災害急性期の現場での混乱を軽減し災害拠点病院としての機能を維持できた、という2つの点で評価され得るものと考えている。

NCOと対比されるのがPCO (Platform Centric Operation) だが、PCOは個々の拠点病院や大学、学会といったプラットフォームに拘り、自己完結で行う作戦であるために、想定外の危機的状況においては対応が困難となりがちである。NCOのほうが現場に近いところで意思決定されるため、より迅速に現場の状況にあわせた対応が可能となるが、NCOかPCOかという二項対立の関係ではなく、どちらを重視するかを考えた上で運用する柔軟な対応が必要となる。

避難所における感染制御対策

2011年3月21日、気仙沼市の最大避難所である気仙沼市総合体育館「ケー・ウェーブ」にて、発災後第一例目のインフルエンザが発生した。今後のインフルエンザ対策を検討すべきと考え、3月22日、気仙沼で活動している各医療救護班のなかの感染症専門スタッフにより感染制御チームを結成し、気仙沼避難所におけるインフルエンザ対策のための指針を作成した。そのなかで、濃厚接触者への抗インフルエンザ薬の予防的投与および隔離方法、さらには避難所における発熱外来の設置が提案され、運用が開始された。数日ごとにスタッフが変わる状況ではあったが、ネットワークに参加した医師たちに、気仙沼から帰った後も自身の職場からメールなどにより感染症の発生状況などの情報を共有しつつ、議論に参加していただき、運用を継続し

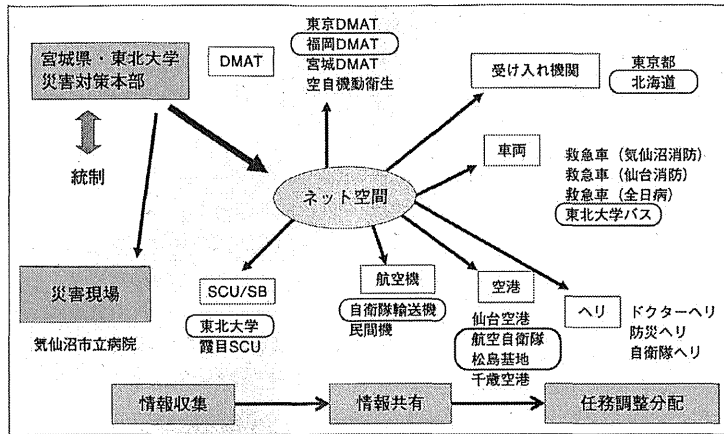


図2 東日本大震災 気仙沼広域医療搬送調整における情報管理 [参考文献3]より引用改変

ていた。これらの対策により、4月2日には隔離者がゼロとなり、インフルエンザのアウトブレイクを予防できたと考えている。

低体温症に併発した急性肺炎の患者の発生も発災以後継続的にみられていたが、3月27日には気仙沼市立病院に一日で約10名の急性肺炎患者の入院があった。ちょうど、気温が上がり始めて、市街地の重油交じりの埃が舞い上がる頃であったために、oil mistによるlipoid肺炎が疑われた。医療救護本部および感染制御チームとの連携により、避難者および支援者のマスク着用、避難所の土足禁止を指示し、また市街地の粉塵調査の依頼を行った。同時に二次的な肺炎球菌感染による肺炎予防が必要との判断の下に、肺炎球菌ワクチンの提供を製薬会社へお願いした。その後、肺炎の発生件数は減少傾向を示した。サーベイランスの上、情報をフィードバックし、対応方針を決定して運用するという、通常行われていることを、より迅速に、かつ柔軟にできたことで、災害時であっても感染症を制御でき、二次的な避難者の状態悪化を防ぐことが可能であった。危機を早期に察知し、迅速に対応策を検討して実行することで、危機の拡大が予防できた事例であり、ここでも情報管理の重要性が認識された。

情報インフラ復旧以降の情報通信システムの活用

今回の東日本大震災は、外科的処置の必要な患者は少数であり、津波にのまれて死亡したか、軽症が多いのが特徴

であった。高齢者の多い地域であるため、慢性疾患を有する高齢者への薬剤投与と感染症対策および栄養を含めた環境整備、在宅療養支援といった生活支援が必要であることが早期より認識されていた⁴⁾。3月18日、インターネット回線が復旧し、宮城県および東北大学の各災害対策本部と情報を共有することが可能となり、以後はインターネットのメーリングリストを用いた各種支援物資および医療救護支援要請が私の任務となった。災害急性期では少ない情報をもとに、限られた医療資源を適切に分配する、効率的な対応が求められたのに対して、この時期では、過剰な情報を整理し、膨大な医療資源をコントロールすることが必要となる。救護所ごとのライフラインの復旧程度が異なるために、救護所ごとの画一的ではない、多面的な支援体制の構築が必要であり、このニーズとリソースのミスマッチの是正が、災害医療を通しての大きな課題となった。気仙沼市内の情報通信、さらには電力が復旧するなかで、4月12日以降は気仙沼医療救護本部および主要救護所にインターネット通信が可能な3G対応PC端末を設置し、情報の共有を図った。これにより各救護所の環境調査および疾病発生状況調査・医療救護班業務調査がスムーズとなり、医療救護班が撤収する6月末まで、その記録はデジタルデータとして完全に残されている。さらに早期からの運用ができていればと後悔するところでもある。

また、このPC端末の設置に関しては、情報関連企業の技術者がボランティアとして各救護所を巡回し、PC端末を動作確認した上で設置していただいた。「被災地で3Gモ

デムが本当に機能するのだろうか」と担当者も不安を感じながらの任務であったと思うが、「ばらまき」型支援ではない「寄り添い」型支援の典型例であり、この功績は大きいと考える。災害医療においては、情報管理が最重要である。県の災害対策本部のなかにも情報管理部門の存在が必要であり、情報通信インフラの復旧作業だけではなく、被災地の現場に情報発信端末を搬入する被災地情報管理支援体制も次の災害に向けて整備されるべきと考える。

高規格携帯端末とソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS)

気仙沼大島で支援を展開した聖マリアンナ医科大学医療救護班は高規格携帯端末とソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) のFacebookを組み合わせて、避難所環境情報および患者情報を共有し、スタッフ間の申し送りおよび前担当医への情報確認作業に活用しており、操作性、視認性、動作速度においても十分な評価がなされていた。また宮城県災害保険医療支援室との情報共有のためにオープンソースのSNSソフトウェアOpenPNE⁵⁾を用いたlocal SNS「Pinpon.com」を立ち上げ、運用を開始した。活動期間内での十分な活用はできなかったが、災害以後のこの領域の情報技術のさらなる進化を考えるに、セキュリティー対策を講じたSNSと高規格端末の活用は次の災害医療においては必須のアイテムになるものと思われる。

おわりに

東日本大震災は、辺境、高齢化、医療過剰といった元々脆弱な地域に起きた災害であり、地域に甚大な傷痕を残し

た。その災害を現場で経験し、また災害医療活動の検証作業とともに、地域医療復興への提案をまとめる作業のなかで、また、さまざまな人たちの出会いのなかで多くのことを学んだことも確かである。危機的状況および混乱した環境下で、参加している人と人との関わりのなかから、それぞれが学び、災害医療のなかで実践的な共同体が形成されてきたように思える。東日本大震災における医療支援は医療人だけではなく、保健介護スタッフさらには情報関連企業技術者を含めた多職種・異業種のボランティアスタッフによる総力を挙げた任務であったと思われる。減災対策が脆弱性の減少にあるとするならば、今後備えるべきことは、災害時の情報発信ツールの多重・多層的整備であり、バックアップ・レジリエンス機能を有した電子化された医療情報の多施設相互利用体制の構築である。また医療情報だけではなく介護・福祉・保健情報に個人のヘルスケア情報も加えたPHRは今後の高齢化社会において重要性を増すものと考えている。災害時でもそうだったように、IT関連企業を含めた多職種連携による、災害に負けない、高齢化社会でも安心できるしなやかなシステムの構築が進むことを望むものである。

参考文献

- 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。全国自治体病院協議会雑誌 50：1557-1559, 2011
- 2) 神藤 猛：ネットワークセントリックな災害医療システムの研究—高信頼性組織理論の観点から—。日本経営学雑誌 21：68-79, 2008
- 3) 山田憲彦, 庄野 聡, 神藤 猛：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。日本救急医学会雑誌 17：359, 2006
- 4) 成田徳雄：気仙沼災害医療における生活支援体制。臨床リハビリテーション 21：196-197, 2012
- 5) OpenPNE (http://www.openpne.jp/)

気仙沼市の医療救護活動

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 成田徳雄

はじめに

東日本大震災に際して、筆者は発災時より気仙沼市立病院（以下、当院）における災害医療担当医として、また全国から参集する災害派遣医療チーム（DMAT）・医療救護班を統括する本部の一員として、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。災害医療現場において発災以降、それぞれのフェイズでさまざまな問題が生じ、日々体制が変わる多数の医療支援チームと協働し、複雑な医療システムを柔軟かつ迅速に運用を行う必要が生じた。問題解決のために、特に重要なのは情報管理であり、現場の情報収集、さらには情報の伝達・共有により、意思決定を迅速化し、実際の運用を効率的に行うことにある¹⁾。気仙沼市災害医療における具体的な事例を提示しながら検証し報告する。

気仙沼市の特徴

東日本大震災における気仙沼市（以下、当市）の特徴は、地震と津波にさらに大規模火災が重なった複合火災である。気仙沼港はリアス式海岸が形成する天然の良港であり、全国でも有数の遠洋・近海まぐろ延縄船の船籍を誇っている。その燃料補給のために、湾内に重油タンクが多数存在しており、タンクから流れ出た重油が大規模火災を引き起こした原因となった。今後の都市化された地域での津波災害においては、大規模火災が必発するとの認識の下での対策構築が必要になると思われる。また、道路交通網が整備されていない辺境で、高齢化が進んだ医療過疎地域という脆弱地域に起きた災害であり、被害はさらに甚大なものとなった。当市の大規模火災の情報を得て、東京消防庁緊急消防援助隊が東京DMAT10隊とともに、発災当日には活動を開始している。災害超急性期に東京DMATが緊急消防援助隊とともに都外派遣することは過去に例がなく、想定外の大規模災害であっても迅速に初期対応できたのは、彼らの活動に依存するところが大きいと考えている。甚大なる災害であり、支援が長期化すると推測され、2011年3月14日に当市から東京都に正式な支援要請を行い、以後の気仙沼災害医療の統括は東京DMAT・医療救護班が行うことの同意がなされた。発災72時間以降の東京都医療救護班を基軸とした気仙沼災害医療支援チームの編成は継ぎ目なく継続されており、亜急性期の緊急医療搬送においても対応可能な人材の補填が十分になされ、的確な対応により二次的被害を減少させる原動力となったことは確かである。

他の被災地域と当市の違いは、市役所・災害拠点病院・保健所・医師会館・広域防災センターは一部損壊のみで機能は温存しており、支援者の活動する場が確保されていたことにある。被災した医師会会員は発災当初より、避難先で医療救護活動を独自に開始しており、当院への患者の集中を抑制してくれていた。また、当院勤務の看護師も同様に医師のいない避難所において、Community Emergency Response Teamとして活動しており、想定外危機にありながら、自主的ではあるが効率的な災害医療活動が展開されていた。

平時における災害医療対策の重要性

宮城県沖地震対策として、以前より机上トリアージ訓練は救急室看護師を中心に年に1回程度行っていたが、2006年に当院としては初めて病院全体のトリアージ訓練を行っている。その際に、当院集団災害マニュアルを作成した。

3月11日午後2時46分、マグニチュード9.0、最大深度7の大地震が発生した。発災後、マニュアルに従い、救急室前にテントを作成しトリアージ・ポストとして、さらに各エリアの体制構築の指示を行った。地震発生後約30分が経過しトリアージ・ポストは完成するも、病院の坂の下の道路にはヘドロ混じりの海水と市場や水産加工倉庫から流れ出た多数の魚、住宅からの生活用品、さらには車なども流れ着く状況となり、トリアージ・ポストからも目視することができた。このころには各エリアの体制も構築され、スタッフの配置もほぼ終了していた。平日勤務帯であったため、体制の構築はスムーズであった。ただし、病院職員らは自身の住宅および家族の安否確認ができないうまま、不安を抱えての活動であったと推測された。津波を逃れ病院に避難してきた市民をさらに高台の避難所へと誘導し、今後搬送されてくるであろう患者対応の準備を進めた。過去に一度だけのトリアージ訓練であったが、効果はあったと認識している。

災害急性期における情報通信ツール；デジタルとアナログの併用

発災後、電話回線は途絶した。宮城県では2005年に大規模災害時における緊急連絡網としてMCA（Multi-Channel Access）無線を災害拠点病院に整備していた。ただし、気仙沼地域は基地局が遠いという物理的理由により配備されていない。その代替として衛星携帯電話を配備されていたが、今回の災害において不具合が生じ使用不能であった。11日夕方には気仙沼湾内および市街地での火災、さらに山火が発生した。12日に東京DMATなどの支援チームが参集し、彼らが所持していた衛星携帯電話にて外部との情報通信ができることを確認した。また、気仙沼市役所に宮城県庁災害対策本部とのホットラインが1基開設されており、気仙沼市役所に出向き、宮城県医療災害対策本部と当院との1日3回の定時連絡をすることの取り決めを担当仙台市医師会員と行った。以後、電話回線が回復するまでは、このシステムを介して情報発信を行った。災害時における情報通信ツールに関しては、多重化した整備が必要であるとともに平時におけるツールのメンテナンスが重要であると認識した。また、救急室前に当市街地図を張り出し、患者搬送してきた救急救命士および自衛隊員からの伝聞による道路および火災に関する情報の書き込みを行った。原始的・アナログ的な情報伝達方法であるが、関係するすべてのスタッフにおいて、重要な情報共有システムとなり得た。

任務遂行のための多方向性アプローチ

発災当初から停電となり、病院内は仮設電源からの電気配給となった。病院は約40名の医師と、約150名の看護師が院内に残り、6交代で診療にあたっていた。発災後72時間が過ぎた15日早朝3時45分に緊急災害対策会議が開かれた。内容は、14日夕方に市街地で発生した火災が病院近くまで延焼していること、自家発電装置が長時間使用により不具合を生じたことである。

人工呼吸管理患者などの重症患者数を確認し、早急に患者搬送体制を構築することを告げられた。方針決定後、東京都DMATおよび自衛隊が部隊を展開している五右衛門ヶ原公園に車で出向き、情報を提供したうえで東北大学病院への重症患者の域外搬送を依頼した。限られた情報通信ツールを駆使し、宮城県災害対策本部・東北大学病院高度救命救急センターと連絡を取りあい任務を遂行した。一方向からのアプローチの可否を確認して、次の方向を考えるのでは時間がかかりすぎるため、多方向にアプローチし、アプローチ可能なチャンネルを見極め、それを突破口としての迅速な任務遂行が重要であると再認識した。

慢性透析患者大量広域搬送 (Network centric operation)

震災以降の災害医療で大きな問題となったのは透析医療であった。当市における透析医療機関は当院のみであり、震災前の患者数は夜間透析患者35名を含む168名であった。近隣の陸前高田市および南三陸町の透析医療機関が全壊し活動を停止したため、さらに患者が増加した。避難所に避難されている患者およびガソリン不足のために通院困難患者の問題が深刻化し、また被災地で透析医療を継続することが患者予後に悪影響を及ぼすことを危惧し、15日に透析患者の域外搬送を宮城県災害対策本部に要請した。要請を受けて、東北大学病院血液浄化療法部を中心にインターネット空間を最大限に活用し、関係各機関からの情報収集および情報共有を行い、17日には78名の慢性透析患者に対して東北大学病院をStaging Baseとして、航空自衛隊松島基地から自衛隊固定翼機を用いた札幌への広域医療搬送作戦決行を決定している。19日～23日にかけて自治体・東北大学病院・災害拠点病院・DMAT・自衛隊・救急隊・民間運輸業者・日本透析医学会などの複数組織が協働して行った作戦であるが、高度な情報管理を行い、状況を評価し、任務の分配共有を含めた意思決定を迅速化し、柔軟かつ効率的に運用されたネットワークを中心とした作戦 (Network Centric Operation : NCO) であったと考えている。

NCOは本来軍事用語であり²⁾、2003年のイラク戦争で米軍が採用した作戦である。衛星通信などの高度情報管理システムを導入し作戦展開速度を向上し、また攻撃力を増大し、さらに味方同士の間諜を防ぎ、残存性を増大したことで評価されている。2005年以降、日本の災害医療学の中の広域医療搬送運用の理論的基盤として、高度な情報管理に基づくNCOが検討されていた³⁾。高度集約治療が必要とされる重症患者の医療搬送とは別に、傷病者の大多数を占める大量の軽症者の中に存在する、災害弱者に対する標準化された均質な医療サービスの提供としての医療搬送もすでに議論されていた。今回の当市における慢性透析患者の広域大量医療搬送作戦は、患者にとって安全確実に遂行された点、災害急性期の現場での混乱を軽減し災害拠点病院としての機能を維持できた二つの点で評価され得るものと考えている。

NCOと対比されるのがPlatform Centric Operation (PCO)で、PCOは個々の拠点病院や大学、学会といったプラットフォームに関わり自己完結で行う作戦であるために、想定外の危機的状況においては対応が困難となりがちである。NCOはより現場に近いところで意思決定されるために、必要なものを必要なときに、迅速に現場の状況にあわせた対応が可能となる。しかしNCOかPCOの二項対立の関係ではなく、どちらを重視するかを考えながら運用する柔軟な対応も必要である。

感染制御 (サーベイランス・迅速な情報フィードバックおよび対応)

21日には当市の最大避難所である気仙沼市総合体育館「ケウエーブ」にて震災後第1例目のインフルエンザが発生した。今後のインフルエンザ対策を検討すべきと考え、22日に当市で活動している医療救護班医師・看護師・ボランティア (Community Health Voluntia : CHV)・保健師の中の、感染症専門スタッフによる感染制御チームを結成し、当市の避難所におけるインフルエンザ対策のための指針を作成していただいた。その中で、濃厚接触者への抗インフルエンザ薬の予防的投与および隔離方法、さらには避難所における発熱外来の設置、隔離室管理のシステム化、さらにはプレイルームを利用しての子どもたちの健康管理を提案していただき、運用を開始した。数日ごとにスタッフが変わる中で、ネットワークに参加した医師たちが当市から帰った自身の職場からインターネットメールにより、発生状況などの情報を共有しつつ議論に参加していただき、運用を継続していた。これらの対策により、4月2日には隔離者がゼロとなり、インフルエンザのアウトブレイクを予防できたと考えている。

低体温症に併発した急性肺炎の患者の発生が震災以後継続的にみられていたが、27日には当院に1日で約10名の急性肺炎患者の入院があった。ちょうど気温が上がりはじめて、市街地の重油交じりの埃が舞い上がるころであったために、oil mistによるlipoid肺炎が疑われた。医療救護本部および感染制御チームとの連携により、避難者および支援者のマスク着用、避難所の土足禁止を指示し、また市街地の粉塵調査の依頼を行った。同時に二次的な肺炎球菌感染による肺炎予防が必要との判断の下に、肺炎球菌ワクチンの提供を製薬会社へお願いした。その後、肺炎の発症件数は減少傾向を示した。サーベイランスのうえ情報をフィードバックし、対応方針を決定し運用するという通常行われていることを、より迅速かつ柔軟にできたことで災害時であっても感染症を制御でき、二次的な避難者の状態悪化を防ぐことが可能であった。危機を早期に察知し、迅速に対応策を検討し実行することで、危機の拡大を防ぐことができた事例であり、ここでも情報管理の重要性が認識された。

早期からの生活支援体制構築

東日本大震災では、外科的処置の必要な患者は少数であり、津波にのまれて死亡したか、軽傷者が多いのが特徴であった。高齢者の多い地域であるため、慢性疾患を有する高齢者への薬剤投与と感染症対策および栄養を含めた環境整備、在宅療養支援といった生活支援が必要であることが比較的早期より認識されていた⁴⁾。震災後約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介護事業所が機能不全を来しており、特に在宅療養者における褥瘡などの廃用症候群の進行が医療救護班のミーティングでも指摘されていた。医療救護班の活動の中から、住宅や避難所に残された要介護者、要支援者の実態調査とこれらの方々への医療提供が必要であるとの認識から、医療救護班の別動隊として、専門の知識を有する医師・看護師・保健師・ボランティア (CHV) を中心にして25日に巡回療養支援隊を発足した。今回のごとき災害においては介護領域スタッフの早期からの介入が必要であり、今後に向けた体制構築が必要と考えている。

ライフライン復旧程度による多面的医療体制の構築

医療救護の目標設定および班体制構築を検討するうえで、救護所ごとのライフラインの復旧程度の差異が大きな不確定要素となった。ライフラインの復旧状況を確認するためにも、気仙沼市災害対策本部からの情報収集および医療側からニーズを発言する体制は極めて重要であった。災害医療コーディネーターとして、気仙沼市災害対策本部会議にも可能な限り出席し、情報を収集・評価することで、救護所ごとに画一的ではなく、多面的な支援体制を構築することが可能であった。

生活不活発病対策（災害医療におけるリハビリテーション介入）

災害医療におけるリハビリテーションの介入は二通りあると考えている。発災前より要介護者であり継続したリハビリテーションが必要な場合と、避難所での不活発な生活が持続することによるADL低下の予防としてのリハビリテーションである。生活不活発病は疾患としての認識が十分にされておらず、今回の災害を通して関係各団体と連携をとりつつ、活動の方針を決定する必要があると感じた。札幌へ広域医療搬送した慢性透析患者を迎え入れる日時が決定した時点で、市内の各救護所・避難所の避難者の生活不活発病を含めた状況調査の必要があると認識され、日本リハビリテーション関連10団体の協力の下、避難者の個別調査から始まり、気仙沼保健所内地域リハビリテーションチームに、さらに同団体およびボランティア（CHV）にも支援していただき、集団訓練および啓発活動をしながらの運用を行った。これまでの災害医療においてリハビリテーションが取り上げられることは少なかったが、災害医療の中でより早期からの適時的なリハビリテーションのニーズ・アセスメントおよび介入が必要であると認識している。

想定外危機に対応する要件

大規模災害の想定外危機に対応する要件として最も重要なことは、現場の自主性を重視した、縦割りでないオープンな、階層のないフラットな情報管理体制の構築である。さらには効率的なロジスティクスの展開であり、必要なものを必要なときに、使えるものは何でも使うといった柔軟な発想が必要となる。災害医療においても支援者同士が信頼しあえる組織の構築を図ることが必要であり、毎日変更するメンバーの中で、情報を共有するだけでなく、お互いが共鳴できる環境が重要となる。被災地の医師として医療救護班に対して、“今生きている気仙沼被災者からこれ以上の preventable death/disability を失くしてください”といった、単純かつ明確なメッセージ・目的づけを繰り返し行うことを心がけていた。活動を行っていく中で、抑制因子としてApathyの問題が頻繁に生じた。Apathyとは支援する側、される側両者にある、良いと思っても実際の運用に向かわない心の壁である。Apathyをただ否定するのでは問題解決にならず、これを是正する対応が必要となる。そのためには、できることからやる、段階的に拡張し、実行可能な最適解を求め、それぞれに対応していくことに尽きると思われる。目的志向型の多数のネットワークからの情報収集を行いながら、ネットワークを形成しながら、ネットワークを中心とした、柔軟かつ迅速に効率的に対応するチーム医療が重要となる。災害医療の現場では医

療者だけではなく、介護・福祉・保健行政さらにはボランティア（CHV）、NPO法人といった多職種・異業種をも巻き込んだ連携が必要となり、まさしく地域包括ケアシステムそのものである。しかし、事前にそれぞれが密結合（Tight Coupling Network）で連携構築しておく必要はなく、平時においては疎結合（Loosely Coupling Network）であって、必要時に目的指向型ネットワークを構築できる関係ができる体制構築が望ましいと考える。

おわりに

東日本大震災を現場で経験し、また災害医療活動の検証作業とともに地域医療復興への提案をまとめる作業の中で、さまざまな人たちと出会い、多くのことを学んだことも確かである。危機的状況および混乱した環境の中で、参加している人と人との関わりの中からそれぞれが学び、災害医療の中で実践的な共同体が形成されてきたように思える。医療人だけではなく、介護・福祉・保健行政さらには多職種・異業種のボランティアスタッフによる総力をあげた任務であったと思われる。

減災対策が脆弱性の減少にあるとするならば、今後備えるべきことは、災害時の情報発信ツールの多重的・多層的整備であり、電子化された医療情報の多施設相互利用体制の構築である。また医療情報だけではなく介護・福祉・保健情報に個人のヘルスケア情報も加えたPersonal Health Records（PHR）は今後の高齢化社会において重要性は増すものと考えている。Human Networkを構築するためにツールとしてのICTの活用も検討課題である。

震災における甚大な医療被災からの復興および地域医療の再生とともに、少子高齢化・生産者人口減少社会・医療過疎に対応する包括的地域医療福祉連携を推進、さらには次の想定外大規模災害においても対応可能な災害に強い医療システム構築の議論が今後進んでいくと思われる。有事から平時、さらには平時から有事まで、生活者を中心として、多職種連携による、災害に負けない、高齢化社会でも安心できるしなやかなシステム構築が進むことを望むものである。

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。全国自治体病院協議会雑誌，10：46-48，2011
- 2) 神藤 猛：ネットワークセントリックな災害医療システムの研究—高信頼性組織理論の観点から—。日本経営学雑誌，21：68-79，2008
- 3) 山田憲彦，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。日本救急医学会雑誌，17：359，2006
- 4) 成田徳雄：気仙沼災害医療における生活支援体制。臨床リハビリテーション，21：196-197，2012

4章 記録情報の管理

本章では、病院情報システムに記録される情報の種類と、これらを納める情報システムについて概説する。診療現場では医療従事者が作成した診療記録などの諸記録が発生する。これらの記録情報のうち、文書の記録はいわゆる電子カルテに、放射線画像などの記録はPACSに保管される。文書情報の記録においては、定まった形はなくソフトウェア開発業者ごとに様々な形態で管理されているが、近年では薬品名や病名などの様々な標準コードが整えられつつある。一方、画像情報は主にDICOMと呼ばれる標準規格で取り扱われている。

4-1 診療諸記録

4-1-1 ■ 診療諸記録とは何か

一般に医療行為のなかで記録されたものをカルテと呼んでいる。カルテはドイツ語のKarteからきた言葉であるが、もともとドイツ語のKarteはカード全般を意味する英語のCardに当たる単語である。日本の医学は、当初ドイツ医学を範として発達したため、ドイツ語の診療カードを示していた単語が診療記録全般を表す単語として用いられるようになったものと思われる。

「国立大学病院における診療情報の提供に関する指針」では、第2条で「提供する診療情報の範囲については、診療録（カルテ）、看護記録、処方箋、検査記録、検査結果報告書及びエックス線写真など、患者の診療を目的として医療従事者が作成した記録（以下「診療諸記録」という。）とする。（以下略）」としている。診療諸記録とは、このように、診療行為のなかで様々な医療関係者が記録するすべての情報を包含する言葉として利用される。一般に用いられる広義のカルテはこの診療記録全般を指すと考えられる。

法的には、「診療に関する諸記録」は、医療法第21条、第22条、第22条の2

に病院が備えておかなければならないもの一つとして規定されており、医療法施行規則第20条第10号に「診療に関する諸記録は、過去2年間の病院日誌、各科診療日誌、処方せん、手術記録、看護記録、検査所見記録、エックス線写真、入院患者及び外来患者の数を明らかにする帳簿並びに入院診療計画書とする。」とされている。そのほか、法令上で医療関係者が作成・保存を義務づけられている諸記録として、次のようなものがあげられる¹⁾。

- 1) 診療録（医師法第24条、歯科医師法第23条）
- 2) 助産録（保健師助産師看護師法第42条）
- 3) 病院の管理及び運営に関する諸記録（医療法第22条、第22条の2）
- 4) 調剤記録（薬剤師法第28条）
- 5) 診療録など（健康保険法に基づき制定された保健医療機関及び保健医療費担当規則（療担規則）第9条）
- 6) 指示書（歯科技工士法第19条）
- 7) 歯科衛生士の業務記録（歯科衛生士法施行規則第18条）
- 8) 救急救命処置録（救急救命士法第46条）

本章では、一般的な「カルテ」の保存について述べるので、患者の診療を目的として医療従事者が作成した記録全体を診療諸記録として論を進める。

4-1-2 ■ 診療録

診療諸記録のなかで代表的なものが診療録である。診療録とは、医師が患者ごとに作成する診療記録であり、医師法第24条で「延滞なく記載し」「5年間保存」されなければならないとされているものである。狭義には、「カルテ」はこの診療録のみを指す。

医師法施行規則第23条では、診療録に記載されねばならない情報として、以下の四つのみをあげている。

- ・ 診療を受けたものの住所氏名、性別、年齢
- ・ 病名及び主要症状
- ・ 治療方法（処方及び処置）

四 診療の年月日

しかし、療担規則第22条では、健康保険法に基づく保健診療を行う際には同

規則所定様式第1号またはこれに準ずる様式の診療録に必要な事項を記載しなければならぬとしており、日本の医療機関のほとんどが保険診療機関であることから、事実上この規則で定める様式が、診療録の基本形となっている。様式第1号は、表4・1に示す(1)の1、(1)の2、(1)の3から構成されており、それぞれ一般的に1号用紙、2号用紙、3号用紙と呼ばれる。このうち2号用紙には実際の診療経過が記載されることから、一般的に2号用紙をだけ指して経過記録、あるいは、「カルテ」と呼ぶことが多い。

表4・1 療規則所定様式第1号が示す具体的記載事項³⁾

(1)の1	受診者欄	氏名、生年月日、性別、住所、職業、被保険者との続柄
	被保険者証欄	保険者番号、被保険者証および被保険者手帳の記号・番号、有効期限、被保険者氏名、資格取得、事業者所在地・名称、保険者所在地・名称
	傷病名欄	傷病名、職務上・外の区分、開始、終了、復帰、期間満了予定日、労働不能に関する意見、入院期間、業務災害または通勤災害の疑いがある場合の記載
	公費負担番号	第1公費および第2項目の公費負担番号、公費負担医療の受給者番号
	備考欄	備考
(1)の2	既往症欄	既往歴、原因、主要症状、経過など
	処置欄	処方、手術、処置など
(1)の3	診療の点数欄	種別、月日、点数、負担金徴収額、食事療養費定額、標準負担額

そのほか、診療録には以下のようなものが収録されている。

- ・各種報告書
- ・画像、波形データなど
- ・紹介状
- ・指導内容、説明書、同意書
- ・看護記録、手術記録 など

4-1-3 Ⅲ 診療録の記録方式

診療とは、患者から収集した情報を分析・評価して診断し、得られた診断に基づいて治療計画を立案して実行する一連のプロセスである。対象とした診療情

報の分析評価から診断に至った論理過程や問題解決のプロセスの記載に適した記述法として、問題指向型システム (Problem Oriented System : POS) が提唱され³⁾、広く受け入れられている。POSの中心は問題指向型診療記録 (Problem Oriented Medical Record System : POMR) と呼ばれる形態の診療記録の作成である。POMRは、対象となる患者の基礎データと問題点リスト、問題点ごとの初期計画、経過記録、及び、中間・退院時の要約から構成される。POSではPOMRを作成し(第一段階)、監査し(第二段階)、修正する(第三段階)プロセスを繰り返すことで、診療録の完成度を高め、治療の進行プロセスを鮮明にする期待されている。

POMRの経過記録は、下記に示すSOAPの四項目に整理して記録される。

- ・S (Subjective Data) : 主観的データ、主に患者の訴え
- ・O (Objective Data) : 客観的データ、観察所見や検査データ
- ・A (Assessment) : 評価、診断やデータの解釈、今後の見込みなど
- ・P (Plan) : 治療計画、主に処方・処置・検査指示

なお、看護記録などでは、Pを更にOP (観察計画)、CP (ケア計画)、EP (指導計画) に分類する場合もある。

SOAP形式で叙述的な経過記録をともに記載することで、患者にかかわる多職種医療従事者のそれぞれの視点からの思考過程が明確化され、チーム医療が促進されると考えられている。

4-2 電子カルテ

4-2-1 Ⅰ 電子カルテの定義

カルテの一部や全部を電子的に記録したものが電子カルテである。1999年4月22日の厚生省通達⁴⁾によって、下記の3条件を満たす場合に診療録などを電子媒体に保存することが認められ、電子カルテを採用することが可能となった。

- 1) 保存義務のある情報の真正性が確保されていること。
- 2) 保存義務のある情報の見込性が確保されていること。
- 3) 保存義務のある情報の保存性が確保されていること。

ここで、真正性が確保されている状態とは、情報が完全・正確で信頼でき、作成・変更・削除の責任の所在が明確にされている状態であり、見読性が確保されている状態とは、情報を必要に応じて肉眼で確認できる状態に容易にできる状態であり、保存性が確保されている状態とは、情報が復元可能な状態である。

2003年に発表された医療情報学会の「電子カルテの定義に関する見解」では、診療録のすべての情報を電子的に記録するものを「ペーパーレス電子カルテ」、情報の全部ではないが主たる情報種を電子的に記録するものを「通常の電子カルテ」と定義し、この二つの中間に様々な電子化達成度の電子カルテが存在し得るとした⁶⁾。換言すれば完全ペーパーレスでなくとも電子カルテと呼んでよいことを意味している。また、電子カルテ（システム）は「所見や検査結果など患者の症例記述を主たるアイデンティティと考えるべき」であるとし、オーダエントリーシステムのもつ、各種オーダ（処方、検査依頼など）を伝達する機能と、結果を配信・表示する機能のうち、後者の機能をもつ必要があるとしている。

一方、開発企業団体であるJAHIS（保健医療福祉情報システム工業会）では⁶⁾、電子カルテの段階を以下のように定義している。

- レベル1 部門内において電子化された患者情報を扱う — 検査情報システム、放射線情報システム（RIS）、PACS
- レベル2 部門間をまたがる電子化された患者情報を扱う — オーダエントリーシステム、HIS-PACS
- レベル3 一医療機関内の（ほとんどの）患者情報を扱う — 総合患者情報システム
- レベル4 複数の医療機関をまたがる患者情報を扱う — 地域医療ネットワークシステム、患者情報交換
- レベル5 医療情報のみならず保健福祉情報も扱う — 生涯健康情報管理システム

4-2-2 ■ 電子カルテの意義と問題点

電子カルテの導入の効能は、何よりも診療現場を手書き文字と一つの冊子体から開放し、診療現場のあらゆる場所から同時に診療情報にアクセスできるようにすることで、多職種間の情報共有を可能にしたことにある。また、グラフなどの

分かり易い表現にまとめられた診療記録に診療施設内のあらゆる場所からアクセスできるようになることで、診療プロセスや病状の説明の手段が飛躍的に増え、患者に対する説明が充実したことも重要な効果である。加えて、保存しなければならぬ紙・フィルム媒体の削減によって、保管スペースやこれを管理する人員の削減を実現し、少ないスペースで長期間、紛失なく情報を保管することも可能になる。更に、蓄積した情報を臨床研究や経営管理に適用することも容易になるという効果もある。

一方、電子カルテシステムを含む病院情報システムは一般的に高価であるため、診療記録の管理に要する費用が増加すると捉えられる場合も多い。また、患者説明において様々なデータが提示され、記録事項が詳細になることで、診療時間が延長しがちであるとの指摘もある。加えて、情報システムのレスポンスが悪い場合、診療時間の延長幅はより大きくなる。なによりも大きな問題と考えられているのは、記録フォーマットの違いなどにより、システム更新時などに記録の一部が読めなくなる可能性があることである。冊子体のカルテでは発生しなかったこの問題を解決するため、すべての出力データをPDFなどの印刷可能な形式に変換して保存することなどが提案されている⁷⁾。また、当然ではあるが、情報システムが停止すると、診療情報にアクセスできなくなることも、電子化により発生する問題の一つである。

4-2-3 ■ 電子カルテの保存

電子カルテに記載される情報は主に文字情報と画像情報からなる。

一般的に画像情報は個々のデータ単位が大きいことから、文字情報と画像情報は分離して保存されることが多いが、多くの場合、画像情報は4-3節で述べるPACSに納められることが多いが、PACSは本来、放射線画像の管理のために構築されていることから、デジタルカメラやスキャン文書などの放射線診断由来でない画像を別の画像保管システムに収納する例もある。また、超音波診断像や内視鏡映像などの動画を納めるための個別の動画保管システムがおかれることも多い。

生理検査結果などの数値情報や、医療スタッフによるワープロ記帳などの文字情報は、多くの場合、データベース（DBMS：Database Management

System)に収録される。病院情報システムのようにデータベース全体が巨大で見通しが悪いようなアプリケーションにおいて、データベースを検索加工して問題発見・解決を行うようなオンライン分析処理(On-line Analytical Processing: OLAP)には多次元データベース(Multi-Dimensional Database: MDDB)が向いていると考えられていることから、MUMPS(Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System)などの従来の医療情報処理用情報環境においてはMDDBが用いられることが多く、現在でも一部の病院情報システムにおいてCacheなどのMDDBが利用されている。しかし、多くの病院情報システムにおいては、利用実績の高さなどからリレーショナルデータベース(Relational Database: RDB)が用いられている。

多くの電子カルテでは、診療記録はSOAP形式で記録されている。電子カルテは、多くの場合、オーダエントリーシステムや医事会計システムとセットで導入されるため、入力されたオーダやそれに対する実施記録や検査結果などが自動的にカルテ上に展開されることが多い。オーダはP項目に、検査結果などはO項目に記載され、医事会計などのために入力される傷病名(病名オーダ)はA項目に記載される。したがって、オーダ入力によって大半の診療記録データは充足され、ワープロ記載される項目は限られる。

電子カルテに収録される情報のうち、多くのシステムで繰り返し用いられる定型な情報については、多くの業務用データベースシステムと同様、マスターデータ(マスター)と呼ばれる基礎情報データテーブルで管理されることが多い。このうち、特に病名や薬剤名については、コード化された標準用語集が広く用いられる。標準用語集を用いることによって、複数システム間での情報の交換が容易になり、情報の検索性が高まるなどの効果がある。

4-2-4 標準コードマスター

医療情報標準化推進協議会では、コードの標準化などを進めている。標準化情報提供団体としては、(財)医療情報システム開発センター、保健医療福祉情報システム工業会(JAHIS)、(社)日本画像医療システム工業会などがある。

医療情報の標準コードには以下のようなものがある⁵¹⁾。

(1) 標準病名コードマスター

(財)医療情報システム開発センターは、基本的な患者情報である病名用語の包括的な用語・コード集として、標準病名マスターを編纂・公開している。2002年6月には、もう一つの日本語病名用語集である厚生労働省が提供しているレセプト電算処理システム傷病名マスターとの統合作業を行い、ICD10対応電子カルテ用標準病名マスター Ver.2.10をリリースした。その後、年4回の定期バージョンアップが行われ、現在に至っている。なお、編纂にあたっては、医学的な問題について各分野の専門医・関連医学系学会に照会を行い、ICDコーディングについて厚生労働省ICD室の監修を受けている。

標準病名マスターは、レセプト電算処理システムの傷病名マスター及び修飾語マスターと見出し語及び各種コード情報の連携がなされ、実質的に同一の病名マスターとなっている。また、原則としてWHO専門家委員会によって定められた国際疾病分類であるICD10(International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems: 疾病、傷害及び死因統計分類提要)に記載されたコーディングルールに従っている。

標準病名マスターは、電子カルテ、オーダエントリーシステム、医事システムなどにおける、病名入力及びICD10・レセプト電算コードなどのコーディングに適用される。また、標準病名マスターを用いることで、基本マスターによる病名コード検索に加え、修飾語付加による病名造語・病名索引情報による同義・類義語による検索が行えるようになる。

(2) 薬品コードマスター

(財)医療情報システム開発センターでは、標準薬剤コードマスターとして、HOTコードマスターを編纂・公開している。

HOT番号は頭7桁、9桁、11桁、13桁に区別して利用できる体系となっており、特にHOT9(HOT13の先頭から9桁)は販売会社を含めた医薬品の特定が可能である。また、平成18年9月15日に医療安全の観点から新しくコード(GS-1)を包装形態別に付与することになり、HOT11はこれに対応している。HOT13は、医薬品のJANコードと1対1の対応関係を保持している。また、厚生労働省が提供しているレセプト電算処理システム医薬品名とHOT番号は、電子カルテやオーダエントリーシステムのほか、院内物流管理システムなどで用いられている。

(3) 臨床検査項目分類コード

日本臨床検査医学会では、臨床検査項目分類コードJLAC 10を制定・公開している。JLAC 10コードは、検査対象物質を表す分析物コード（5桁）、分析物を検査内容に沿って細分化する識別コード（4桁）、検査材料を分類する材料コード（3桁）、測定法を分類する測定法コード（3桁）、結果表現を分類する結果識別コード（2桁）の五つの要素区分から構成される。

JLAC 10は、臨床検査にかかわる情報を独立したシステム間で交換するためのデータ交換規約である。JAHIS臨床検査データ交換規約などで利用されている。臨床検査データ交換規約を用いることにより、検査材料、検体数、アレルギー情報、セツト検査や負荷試験の詳細項目、基準値、結果コメント、図表とのリンクなど、結果値のみにとどまらず多くの臨床上有益な情報交換が可能となる。

4-3 PACS

医療機関において各種情報の電子化が進んでいるなか、放射線画像を中心とした画像情報の保存と通信を主な役割としたシステムがPACSである。病院情報システムのなかで最も標準化が進んでいる領域は放射線部門といえる。ここに、DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) が果たした役割は大きい。また、PACSは医療機関内での利用にとどまらず、遠隔画像診断、地域連携といった施設間での情報交換 (Exchange) あるいは情報共有 (Sharing) を行うことにも利用されている。

4-3-1 Ⅰ PACSの語源について

PACSとは、Picture Archiving and Communication Systemの略であるが、この語源は定かではない。一説によると1982年にJudith M. PrewittとかAndre Duerinckxとかが使用し始めたとされているが、同年のDavid Clunieの講演ではPictureにするかImageにするかのDebateがあったとされている。それ以前には、Distributed Computerized Picture Information Systemsと呼ばれていた時期もある。

Noninvasive Bed Sensing of Human Biosignals via Piezoceramic Devices Sandwiched Between the Floor and Bed

Shoko Nukaya, Toshihiro Shino, Yosuke Kurihara*,

Kajiro Watanabe, Member, IEEE and Hiroshi Tanaka

Abstract— This paper describes a novel bed sensing method for noninvasive, constraint-free, subliminal detection of biosignals. The sensor system detects the heartbeat, respiration, body movement, position change and scratching motion of a person lying or sleeping on the bed. These biosignals provide not only basic medical information but also sophisticated details about sleep conditions. Thus, the bed sensing method can be used to monitor the health condition of people sleeping at home as well as that of patients in the hospital. Furthermore, the bed sensor system can detect emerging changes in the physical condition of a person, whether at home or in the hospital. The basic device used for sensing is piezoceramic bonded to stainless steel plate sandwiched between the floor and the four corners of the bed. Thus, no special bed is required. The device, which detects the biosignals generated as mechanical vibrations, has a wide dynamic range and high SN ratio enabling the detection of microvibrations from the heartbeat by the change in acting force, without saturation from body movements. It accurately detects the person's heartbeat and respiration as well as body movement and even the number of scratching motions. The device is suitable for various health monitoring applications including sleep and medical monitoring for circulatory system disorders as well as diseases characterized by itching.

Index Terms— noninvasive biosensing, bed sensing, piezoceramic, heartbeat, respiration, position change, scratching

Manuscript received May 15, 2009. Asterisk indicates corresponding author.

S. Nukaya is with the Division of Advanced Therapeutic Sciences Tokyo Medical and Dental University, 1-5-45 Yushima, Bunkyo-city, Tokyo 113-8510, Japan (e-mail: nukaya@bioinfo.tmd.ac.jp).

T. Shino is with the Graduate School of Hosei University, 3-7-2 Kajinocho Koganei-shi, Tokyo 184-8584, Japan.

*Y. Kurihara is with the Dept. of Computer and Information Science, Faculty of Science and Technology, Seikei University, 3-3-1 Kichijoji-kitamachi, Musashino-shi, Tokyo 180-8633, Japan (e-mail: yosuke-kurihara@st.seikei.ac.jp).

K. Watanabe is with the System Control Engineering Department, Faculty of Engineering, Hosei University, 3-7-2 Kajinocho Koganei-shi, Tokyo 184-8584, Japan.

H. Tanaka is with the University Center for Information Medicine Tokyo Medical and Dental University, 1-5-45 Yushima, Bunkyo-city, Tokyo 113-8510, Japan.

I. INTRODUCTION

IN THE aging society, it is important for senior citizens to maintain and improve their health and to lead active lives instead of lying in a hospital bed. Monitoring of biosignals in various situations at home whether outdoors or in the bedroom is helpful for daily health management. The use of wrist actigraphy provides information not only on activity cycles during the day but also on sleep cycles at night. Various studies have been carried out in conjunction with activity and sleep cycles [1], [2], [3]. We recently presented an ambient intelligent approach to ubiquitous health monitoring at home for detection of biosignals from a person on flooring, on a tatami mat, in the bathtub, or in the lavatory at home [4] based on the pneumatic method [5]. This method also detects biosignals in the daytime. Furthermore, we expanded this idea to outside the home through the use of a mobile phone by designing a low-frequency microphone for detecting biosignals [6]. A method that complements the detection of nighttime biosignals is the bed sensor method, typical examples of which can be found in literature [7], [8], [9], [10], [11], [12]. One of the bed sensor methods detects body movement, heartbeat and respiration through mechanical vibration using, for example, a highly sensitive accelerometer, or pressure vibration within a mattress into which a highly sensitive pressure sensor is plugged. However, when the gain of the sensor was set to detect the very small vibrations of the heartbeat, the large vibrations from body movement saturated the sensing device. Furthermore, even though the sensor is sensitive, a preamplifier with high gain and filters was required to enhance the heartbeat signal.

This paper describes a bed sensor method with a wide dynamic range and high SN ratio enabling the detection of microvibrations from the heartbeat by the change in acting force when a person is lying on the bed, without saturation from body movement and without a preamplifier, thus without any voltage source. The sensing device generates voltage corresponding to the biosignals of the heartbeat, respiration, body movement, changes in position and scratching motions of a person on the bed.

II. BED SENSOR SYSTEM

A. System

Figure 1 shows the proposed bed sensor system. Piezoceramics bonded to stainless steel plates are set beneath each of the four feet of the bed to support the weight of the bed and the person on it. Since piezoceramics have capacitive characteristics, the output voltage in the steady state is zero-biased and changes from zero voltage.

The variables and constants for the piezoceramic devices and the system shown in Figure 1 are defined as follows:

[Piezoceramics]

A [C/m] or [N/V]: force factor of the piezoceramic device
 M [kg]: mass of bed and person on it
 k [N/m]: stiffness constant of the metal stainless steel plate
 d [Ns/m]: damping coefficient of the metal plate
 C [F]: capacitance between the piezoceramic devices
 R [Ω]: input resistance of the processor

t [s]: time

$x(t)$ [m]: resultant displacement of stainless steel plate

$f(t)$ [N]: force generated by the devices

$q_e(t)$ [C]: electric charge generated by external strain or bend to the ceramics

$q(t)$ [C]: resultant electric charge in the ceramics

$x_{hl}(t)$, $x_{hl}(t)$, $x_{hr}(t)$, $e_{hl}(t)$ [m]: displacement of device plate set at the head and right corner, head and left corner, foot and right corner, and foot and left corner, respectively

$e_{hl}(t)$, $e_{hl}(t)$, $e_{hr}(t)$, $e_{hr}(t)$ [V]: output voltage due to $x_{hl}(t)$, $x_{hl}(t)$, $x_{hr}(t)$, $x_{hr}(t)$, respectively

$P_{hl}(t)$ [Vs]: integrated value of the difference of $e_{hl}(t) - e_{hl}(t)$

$P_{hr}(t)$ [Vs]: integrated value of the difference of $e_{hr}(t) - e_{hr}(t)$

[Bed]

G , G' : center of gravity (CG)

$F_{hl}(t)$ [N]: forces pushing the bed by heartbeat

$F_{hr}(t)$ [N]: forces pushing the bed by respiration motion

g [m/s^2]: magnitude of acceleration due to gravity

M [kg]: weight of the bed with a person on it

L [m]: length of the bed

L_f [m]: length from CG to foot side of the bed

L_h [m]: length from CG to head side of the bed

W [m]: width of the bed

W_l [m]: length from CG to left side of the bed

W_r [m]: length from CG to right side bed of the bed

$l(t)$ [m]: displacement of CG of the bed from the head to foot direction due to change in position of person on the bed

$w(t)$ [m]: displacement of CG of the bed from the left to right direction due to change in position of person on the bed

d_H [m]: distance from the heart to CG

d_R [m]: distance from the diaphragm for respiration to CG

$\theta_{hl}(t)$, $\theta_{hr}(t)$: sinking angle of the bed from the head to foot direction and from the left to right direction, respectively

From the system shown in Figure 1, we measured the heartbeat and respiration from output $e_{hl}(t)$, $e_{hl}(t)$, $e_{hr}(t)$ or $e_{hr}(t)$. Furthermore, in order to detect changes in position and scratching motions, we integrated the difference between two

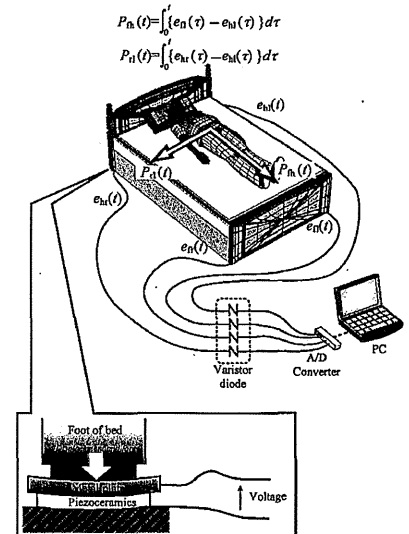


Fig. 1. Bed sensor method using piezoceramics

outputs $e_{hl}(t)$, $e_{hl}(t)$ from the left side and $e_{hr}(t)$, $e_{hr}(t)$ as follows:

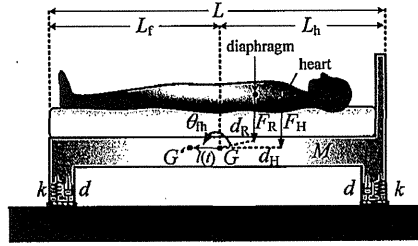
$$P_{hl}(t) = \int_0^t \{e_{hl}(\tau) - e_{hl}(\tau)\} d\tau$$

$$P_{hr}(t) = \int_0^t \{e_{hr}(\tau) - e_{hr}(\tau)\} d\tau \quad (1)$$

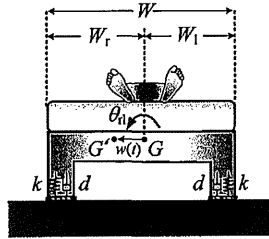
B. Theoretical Model of the System

Figure 2 shows a situation where a person is lying on the bed. The location of the heart is at distance d_H from the CG and the diaphragm for respiration is at distance d_R from the CG. The heartbeat and respiration motions push the bed via forces $F_{hl}(t)$ and $F_{hr}(t)$ at these positions, respectively. Furthermore, the person moves toward the foot side of the bed as well as toward the right side of the bed and the CG shifts from G to G' for displacement $l(t)$ and $w(t)$, and the foot side sinks at angle $\theta_{hl}(t)$ and the right side sinks at angle $\theta_{hr}(t)$, respectively, as shown in Figure 2.

First, we considered the bed motion and piezoceramic output from the foot and head side. Suppose the shift $l(t)$ is very short and $l(t) \ll L$, L_f , L_h , thus the sinking angle $\theta_{hl}(t)$ around G and G' is the same. Assuming uniform mass for the bed with a person on it, the inertia moment I_B of the bed around the CG is given by the bed size and weight, then the damping and spring for rotary motion of the bed are as follows:



(a) Side view



(b) Sole side view

Fig. 2. Model of bed

$$I_b = M \cdot \frac{L_f - 1}{3L} \cdot (L_f - 1)^2 + M \cdot \frac{L_h + 1}{3L} \cdot (L_h + 1)^2 \cong \frac{M}{3L} (L_f^2 + L_h^2) \quad (2)$$

$$D_b = d \{ (L_f - 1)^2 + (L_h + 1)^2 \} \cong d(L_f^2 + L_h^2)$$

$$K_b = k \{ (L_f - 1)^2 + (L_h + 1)^2 \} \cong k(L_f^2 + L_h^2)$$

The rotary motion around G or G' from a steady state condition is then given by:

$$I_b \frac{d^2 \theta_b(t)}{dt^2} + D_b \frac{d \theta_b(t)}{dt} + K_b \theta_b(t) = Mg l(t) + d_h F_H(t) + d_r F_R(t) + L f(t) \quad (3)$$

The displacement of the stainless steel plate of the piezoceramic devices at the foot and head side are given as follows:

$$x_f(t) = (L_f - 1) \theta_b(t) \cong L_f \theta_b(t)$$

$$x_h(t) = -(L_h + 1) \theta_b(t) \cong -L_h \theta_b(t) \quad (4)$$

The displacement drives the piezoceramic devices with reversible characteristics between static and electrostatic as follows:

$$q_f(t) = Ax_f(t) = AL_f \theta_b(t)$$

$$R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{C} q(t) = \frac{1}{C} q_f(t) \quad (5)$$

$$e_f(t) = R \frac{dq_f(t)}{dt}$$

$$f(t) = -Ae_f(t)$$

Figure 3 shows the equivalent block diagram representation.

The transfer functions are defined as follows:

$$G_1(s) = \frac{A}{C}, \quad G_2(s) = \frac{sCR}{1 + sCR}, \quad G_3(s|L_f) = \frac{\frac{L_f}{I_b}}{s^2 + \frac{D}{I_b} s + \frac{1}{I_b} \left[K_b + \frac{sRL_f A^2}{(1 + sCR)} \right]} \quad (6)$$

Then, output e_f with respect to input forces $Mgl + d_h F_H + d_r F_R$ is given:

$$e_f = G_1(s) \cdot G_2(s) \cdot G_3(s|L_f) (Mgl + d_h F_H + d_r F_R) \quad (7)$$

Similarly, from Eqs. (4) and (7), the output voltage from the head side is given by:

$$e_h = -G_1(s) \cdot G_2(s) \cdot G_3(s|L_h) (Mgl + d_h F_H + d_r F_R) \quad (8)$$

These outputs correspond to the outputs of $e_{h(t)}$, $e_{h(t)}$, $e_{h(t)}$, and $e_{h(t)}$ in Figure 1.

C. Measurement of Heartbeat, Respiration and Body Movement

Since we could select a large input resistance R such as 1 to 10 M Ω , which is usual, the cut-off frequency $\frac{1}{2\pi CR}$ is sufficiently lower than the frequency range of the fundamental and higher components of the heartbeat. Furthermore, we could also select a resonance frequency

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_b + (LL_f A^2 / R)}{I_b}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3Lk(L_f^2 + L_h^2)}{M(L_f^2 + L_h^2)}} \quad (9)$$

of the transfer function $G_3(s)$ around the components of the heartbeat, so that output voltages $e_f(t)$ and $e_h(t)$ include the enhanced heartbeat signals. For the low-frequency range

where $f < \frac{1}{2\pi CR}$, from Eqs. (2), (6), (7) and (8) in the time domain, we obtained the following approximations:

$$e_f(t) = AR \frac{L_f}{k(L_f^2 + L_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg l(t) + d_h F_H(t) + d_r F_R(t) \}$$

$$e_h(t) = -AR \frac{L_h}{k(L_f^2 + L_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg l(t) + d_h F_H(t) + d_r F_R(t) \} \quad (10)$$

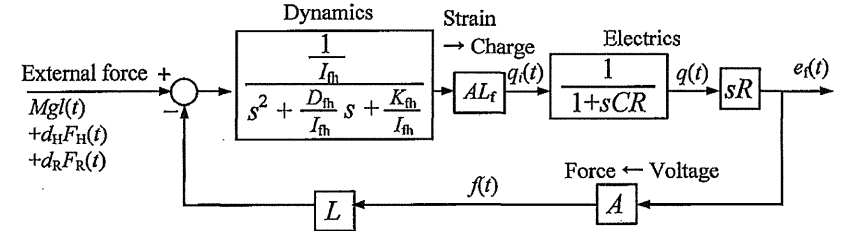


Fig. 3. Block diagram of piezoceramic sensor device with resistive load

Similarly, output voltages $e_i(t)$ and $e_e(t)$ due to shifting of the body to the left or right side and heartbeat and respiration, can be obtained as follows:

$$e_f(t) = AR \frac{W_f}{k(W_f^2 + W_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg w(t) + d_h F_H(t) + d_r F_R(t) \}$$

$$e_h(t) = -AR \frac{W_h}{k(W_f^2 + W_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg w(t) + d_h F_H(t) + d_r F_R(t) \} \quad (11)$$

Thus, Eq. (12) can be derived:

$$P_b(t) = \int_0^t [e_h(\tau) - e_{h}(\tau)] d\tau = AR \frac{L}{k(L_f^2 + L_h^2)} \{ Mg l(t) + d_h F_H(t) + d_r F_R(t) \}$$

$$P_n(t) = \int_0^t [e_n(\tau) - e_{n}(\tau)] d\tau = AR \frac{W}{k(W_f^2 + W_h^2)} \{ Mg w(t) + d_h F_H(t) + d_r F_R(t) \} \quad (12)$$

When body movements occur, because

$$Mgl(t) \gg d_h F_H(t) + d_r F_R(t) \text{ and}$$

$$Mg w(t) \gg d_h F_H(t) + d_r F_R(t), \text{ Eq. (12) can simply be rewritten as:}$$

$$P_b(t) = \frac{ARLMg}{k(L_f^2 + L_h^2)} l(t)$$

$$P_n(t) = \frac{ARWMg}{k(W_f^2 + W_h^2)} w(t) \quad (13)$$

where each is linearly proportional to the shift in the CG at the foot to the head side and at the left to the right side, from which we can estimate the movement of the person on the bed.

III. VERIFICATION EXPERIMENTS

A. Measurement Device and System

Figure 4 shows the measurement system. The piezoceramic device, 20 mm in diameter, was bonded to a brass metal plate with a diameter of 25 mm. This is the same device used for a buzzer and costs half a dollar. The device was then bonded to stainless steel plate with a thickness of 1 mm and diameter of 50 mm. A washer with a thickness of 2 mm, inner radius 15 mm and outer radius 25 mm was set under the plate and the bottom was covered by an aluminum plate the same size as the stainless steel

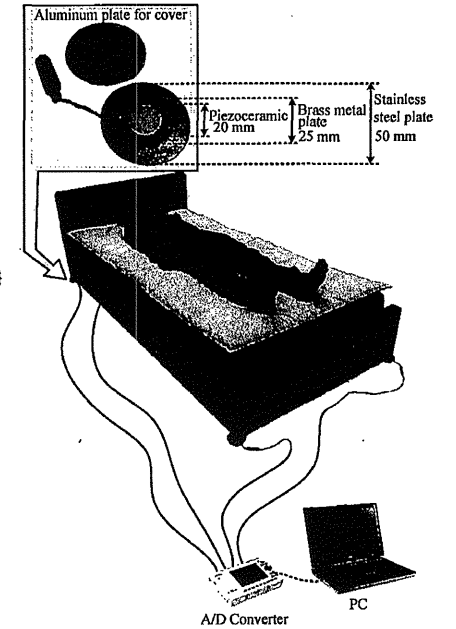
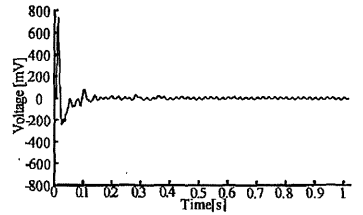


Fig. 4. Measurement system

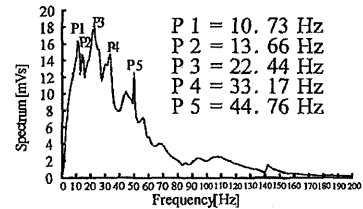
disk above. Force factor A of the device was 1×10^{-3} C/m and capacitance was 0.01 μ F. Four devices were set between the floor and the four bottom corners of the bed, as shown in Figure 4. The bed is a coil cushion bed weighing 60 kg and measuring 1.0 \times 2.1 m. The data from the four devices was measured and A/D-converted at a sampling time of 1 ms and scale range of ± 1 V using a data logger (NR-2000, Keyence Co. Ltd.).

The noise level without passive low-pass filtering was 10 mV, which is almost a humming noise. With the passive low-pass filter the noise level was reduced to 5 mV.

First, to determine the dynamics of the bed system, we lightly hammered the center of the bed and acquired the output $e_{h(t)}$.



(a) Impulse response by hammering the frame of bed



(b) Frequency characteristics of bed vibration

Fig. 5. Impulse response and frequency response of the bed sensor system

Figure 5 shows the time and frequency response calculated by FFT for 1024 data items.

The resonance frequency of the system is 10.73 Hz, which shows the overall dynamics of the bed sensor system including the resonance characteristics of the sensor device and the natural frequency of the bed vibrations.

B. Signal Processing

The data $e_{in}(t)$, $e_{hl}(t)$ and $e_r(t)$, $e_n(t)$ acquired through A/D conversion was band-pass filtered using a bandwidth ranging from 3 to 7 Hz. The output signal from the band-pass filter was full-wave rectified and low-pass filtered at a moving average of 150 data items to obtain the heartbeat component. Since the respiration frequency is around 0.3 Hz, the respiration signal was obtained by band-pass filter with a bandwidth ranging from 0.1 to 0.5 Hz.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

A. Heartbeat and Respiration

Figure 6 shows the heartbeat signal. Figure 6(a) is the signal measured by a pulse oximeter for reference. Figure 6(b) is the band-pass-filtered signal from the piezoceramic device set at the foot, left corner $e_n(t)$. The signal level is around 10 mV, for which the SN ratio is 40 dB. The periods of both waves are the same and are synchronized. The output signal from the piezoceramics includes the low-frequency components of respiration. The other three outputs show similar waveforms as $e_n(t)$ and thus we can measure the heartbeat from any of the four devices.

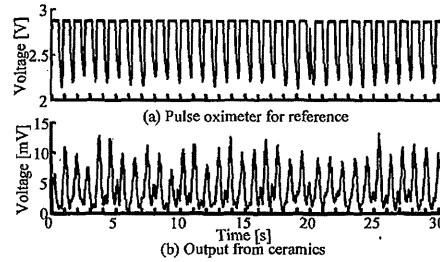


Fig. 6. Heartbeat signal

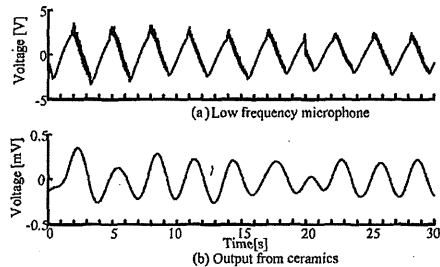


Fig. 7. Respiration signal

Figure 7 shows the respiration signal. Figure 7(a) is the respiration blowing pressure from the nasal cavity measured by a low-frequency microphone. Figure 7(b) is the band-pass-filtered signal from the piezoceramic device set at the head, right corner. The signal level of the $e_n(t)$ was 0.5 mV, for which the SN ratio is 14 dB. The periods of both waves are the same and are synchronized.

The outputs from the other three devices show the same period. Both outputs from the head side are synchronized, but those at the foot side are the negative value of the head side outputs. This is because the diaphragm of the person was above the center of gravity of the bed cushion.

B. Turning Over on the Bed

Figure 8 shows a situation where a person is lying on his back, then turns over to the right side, to the left side and then returns to lying on his back again. The outputs from the four devices were not saturated by this movement. The graph in Figure 8 shows the change in $P_n(t)$ in the upper part and that in $P_d(t)$ in the lower part. Since the head-foot motion was slight, $P_n(t)$ changes only a little, whereas $P_d(t)$ changes following the body movement. When the person starts turning over to the right, $P_d(t)$ starts increasing from zero to positive value; when the person maintains the same position, $P_d(t)$ remains a constant positive value; when the person turns back to the center, $P_d(t)$ decreases to zero; and when he starts turning over to the left, $P_d(t)$ decreases to a negative value; when he stays in the same

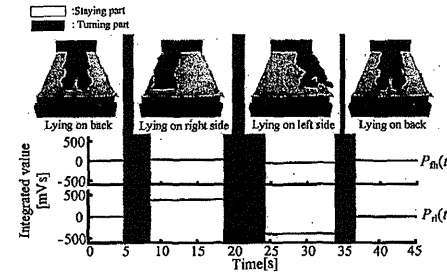


Fig. 8. Turning movement

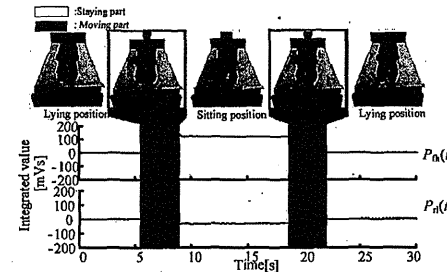


Fig. 9. Sitting up and lying down motion without using hands

position, $P_d(t)$ remains a constant negative value; and finally, when he turns back to the center, $P_d(t)$ also increases to zero. The change in $P_n(t)$ is proportional to that of the center of gravity of the bed or the moving direction of the person on the bed.

Figure 9 shows a situation where a person changes from a lying position to a forward sitting position and then lies down again. The person sits up without using his hands. Again, the outputs from the four devices were not saturated by these motions. In the graph in Figure 9, the change in $P_n(t)$ and $P_d(t)$ is shown in the upper and lower row, respectively. Since there was only a slight motion from the left to right side when sitting up, $P_d(t)$ changed only a little. In contrast, when the person starts to sit up, $P_n(t)$ starts increasing to a positive; when he stays in the same position, $P_n(t)$ remains a constant positive value; when he lies down again, $P_n(t)$ decreases to zero. The change in $P_n(t)$ is proportional to that of the center of gravity of the bed or the moving direction of the person on the bed.

Figure 10 shows the motion of sitting up and then lying down again using the left hand for support. Again, the outputs from the four devices were not saturated. $P_n(t)$ shows similar changes to those in Figure 9, whereas $P_d(t)$ shows a negative value when the left hand pushes against the bed, which means that the center of gravity of the bed shifts to the left side. When the person made the same motion using the right hand, $P_n(t)$ showed similar changes to those in Figure 10, but $P_d(t)$ shows a positive value when the right hand pushes against the bed.

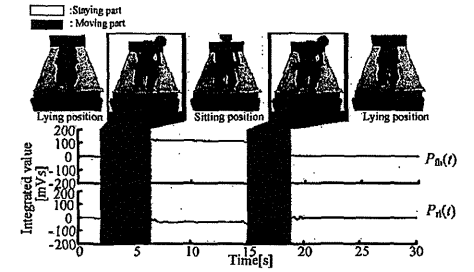


Fig. 10. Sitting up and lying down motion using left hand

C. Scratching

Figure 11 shows what happens when the person scratches his belly on the left side using the fingers of his right hand. Before scratching, the person had his hand at the side of his body on the bed. Thus, when he began scratching, his hand moved slightly to the head side. The lower figures in the graph from top to bottom show the change in angular velocity of the finger motion, $P_n(t)$ and $P_d(t)$, respectively.

When the person started the scratching motion, the average value of $P_n(t)$ decreased. This is because his hand moved to the left and the center of gravity of the bed shifted to the left. The scratching frequency of $P_n(t)$ and $P_d(t)$ is the same as that of the angular velocity of the finger motion and they are synchronized. The finger motion and $P_n(t)$ and $P_d(t)$ under various scratching motions were measured and compared. They show similar waves, as shown in Figure 11.

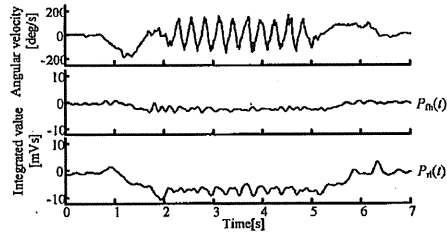
V. DISCUSSION

From the aspect of the medical system design, in comparison with our previous works [4], [5], the proposed bed sensor system has the following features.

The system uses four piezoceramic devices sandwiched between the floor and the bottom four corners of the bed. The devices are distortion sensors that work without an electric power supply; they generate voltage proportional to the time-derivative of the distortion and they are highly sensitive. The system A/D-converts the biosignals directly from the devices without using an electrical preamplifier. We used the system to measure the heartbeat at an SN ratio of 40 dB, respiration at 14 dB, position changes without saturation, and scratching motions of a person on the bed. The output from motions of getting into bed and getting out of bed, which is not shown, was of course measured as large signals, but without saturation. The device has a wide dynamic range. Furthermore, because the device is battery-free and generates the output voltage, it can be used not only for biosensing but also as an event trigger signal for a biosignal microprocessor, which in practice is very effective for developing equipment driven by a small-capacity battery for a period as long as a year.



(a) Scratching motion



(b) Scratching

Fig. 11. Scratching the belly on the left side using the fingers of the right hand, and angular velocity of finger motion and change in motion, $P_n(t)$ and $P_n(t)$.

From the heartbeat and body movements measurable by the sensor devices, we were able to estimate the sleep stages [8]. The shift in the center of gravity of the bed with a person on it was estimated by outputs $P_n(t)$ and $P_n(t)$. The shift in the center of gravity is proportional to the displacement from the movement of the person on the bed. Information on the different movements can be used to assist patients who are trying to get out of bed, as just one example. In the case of diseases, especially skin disorders, characterized by itching, the bed sensor method makes it possible to measure the frequency and intensity of scratching motions during the night, which is otherwise very difficult to ascertain.

From the clinical application aspect, because the sensors are set between the floor and the corners of the bed, it is more non-invasive and unconsciousness for subjects than the conventional bed sensing system in the literatures [7] - [12].

VI. CONCLUSIONS

This paper described a novel biosignal sensing method using four piezoceramic devices sandwiched between the floor and the four corners of the bed, which guarantees noninvasive, constraint-free, subliminal biomeasurement. The devices are battery-free and generate voltages corresponding to the heartbeat, respiration, position change, and scratching motion of a person on the bed. The wide dynamic range of the sensor enables the detection of mechanical microvibrations from the heartbeat as voltage of 10 mV to vibrations from getting into and out of bed as voltage of several volts without saturation and with a high SN ratio. Due to the high sensitivity of the device, a preamplifier was not required to obtain the biosignals. These features of the device are effective for developing biosensing equipment with low power consumption driven for at least one year by a small battery.

The devices clearly detect the heartbeat at an SN ratio of 40 dB, and respiration at an SN ratio of 14 dB. Furthermore, from the integrated value of the difference in voltage generated by the head-side device and that by the foot-side device, and from that by the left side and right side of the bed, a change in position of the person on the bed was detectable. Detection of scratching motions of the person on the bed was also possible with accuracy. As one of the bed biosensing methods, the proposed method is valid in terms of cost performance, i.e., the device is the same one used for a buzzer costing half a dollar, realization of low power equipment, i.e., the device is battery-free and driven without a preamplifier, and accuracy and variety of biosensing, i.e., detection ranges from micro biovibration signals to giant signals without saturation.

REFERENCES

- [1] Standards of Practice Committee, American Academy of Sleep Medicine; T. Morgenthaler, et al., "Validity in Actigraphic Sleep Assessment," *SLEEP*, vol.30, no.4, pp.519-529, 2007
- [2] B. Sivertsen, et al., "A Comparison of Actigraphy and Polysomnography in Older Adults Treated for Chronic Primary Insomnia," *SLEEP*, vol. 29, no. 10, pp.1353-1356, 2006
- [3] N. L. Johnson, et al., "Sleep Estimation Using Wrist Actigraphy in Adolescents With and Without Sleep Disordered Breathing: A Comparison of Three Data Modes," *SLEEP*, vol. 30, no. 7, pp. 899-905, 2007
- [4] K. Watanabe, Y. Kurihara and H. Tanaka, "Ubiquitous Health Monitoring at Home - Sensing of Human Biosignals on Flooring, on Tatami Mat, in the Bathroom, and in the Lavatory," *IEEE SENSORS JOURNAL*, vol. 9, no. 12, pp.1847-1855, December 2009
- [5] K. Watanabe, T. Watanabe, H. Watanabe, H. Ando, T. Ishikawa and K. Kobayashi, "Noninvasive measurement of heartbeat, respiration, snoring and body movement of a subject in bed via a pneumatic method," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 52, pp. 2100-2107, 2005.
- [6] K. Watanabe, Y. Kurihara, T. Nakamura and H. Tanaka, "Design of a Low-Frequency Microphone for Mobile Phones and Its Application to Ubiquitous Medical and Healthcare Monitoring," *IEEE SENSORS JOURNAL*, vol. 10, no. 5, pp. 934-941, March 2010
- [7] J. Alihanka and V. Vahtemanta, "A static charge sensitive bed. A new method for recording body movement during sleep," *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, vol. 46, pp. 731-734, 1979
- [8] T. Watanabe and K. Watanabe, "Noncontact Method for Sleep Stage Estimation," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 51, no. 10, pp. 1735-1748, 2004
- [9] N. Bu, N. Ueno and O. Fukuda, "Monitoring of respiration and heartbeat during sleep using a flexible piezoelectric film sensor and empirical mode decomposition," *Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, pp. 1362-1366, 2007
- [10] M. Ishijima, "Monitoring of Electro-cardiograms in Bed without Utilizing Body Surface Electrodes," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 40, no. 6, pp. 593-594, 1993
- [11] X. Zhu, W. Chen, T. Nemoto, Y. Kanemitsu, K. Kitamura, K. Yamakoshi and D. Wei, "Real-time monitoring of respiration rhythm and pulse rate during sleep," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 53, no. 12, pp. 2553-2563, 2006
- [12] D. C. Mack, J. T. Patric, P. M. Suratt, R. A. Felder and M. A. Alwan, "Development and preliminary validation of heart rate and breathing rate detection using a passive, ballistocardiography-based sleep monitoring system," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 13, no. 1, pp. 111-120, 2009



Shoko Nukaya Shoko Nukaya received B.E. degree from Waseda University, Tokyo, in 1992. She joined Sony Corporation. For 12 years, as a software engineer, she had been developing consumer mobile products. In 2005, she received M.S. degree from Eastern Michigan University, MI, US. After graduation, she joined Nokia Corporation. Since 2010, she has started the research at Tokyo Medical and Dental University Graduate School as a PhD student. Her major interests are healthcare innovation by utilizing IT.



Toshihiro Shino received the B.E. degrees in system control engineering from Hosei University, Tokyo, Japan, in 2010. Now he belongs to graduated school Hosei. His current interest is biomeasurement.



Yosuke Kurihara received M.E. and Ph.D. degrees from Hosei University, Tokyo, in 2003 and 2009, respectively. From 2009 to present, he served as Assistant Professor at the Seikei University. His research interests include sensor method, bio-sensing, system information. He is a member of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, etc.



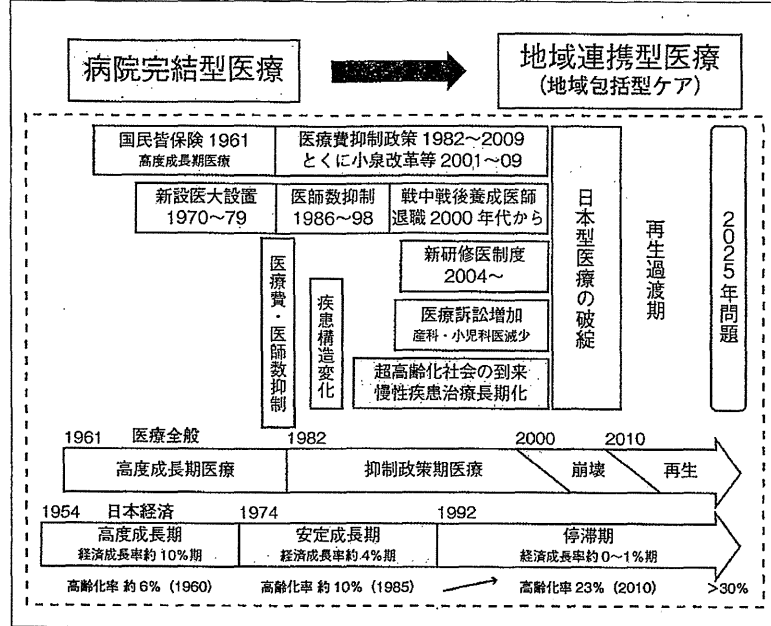
Kajiro Watanabe received the M.E. and Ph.D. degrees from the Tokyo Institute of Technology, in 1968 and 1971, respectively. From 1969 to 1971, he served as a Research Assistant at Faculty of Engineering Hosei University. From 1971, he served the Lecture; from 1974 to 1984, as an Assistant Professor, and from 1985 to present, as the Professor. From 1980 to 1981, he served as the Visiting Associate Professor at Oakland University, Rochester, MI, and from 1981 to 1982 as the Research Associate at the University of Texas, Austin. In the industrial field, he acts as an authorized C.E. He is Chief Researcher of the several projects conducted by the Ministry of Economy, Trade, and Industry Japan. His major interest is the control and instrument and he is currently interested in bio-measurement, sports measurement, robotics, fault diagnosis, vehicle, environmental monitoring, and intelligent control. He holds 75 patents, has 15 publications in the control engineering field and more than 332 referenced journals and conference proceedings. Dr. Watanabe is a member of the Society of Instrument and Control Engineers.



Hiroshi Tanaka received D.M. and Ph.D. degrees from the University of Tokyo, in 1981 and 1983, respectively. From 1982, he served as a lecture at University of Tokyo, from 1987, as an Assistant Professor at Hamamatsu University School of Medicine; from 1991 to present, as a Professor at Department of Medical informatics Tokyo Medical and Dental University. From 1995, he is a Director General at University Center for Information Medicine Tokyo Medical and Dental University. From 2006, he is a Director of

Biomedical Science PhD Program, the Chief Manager and President of the JAMI, and Chairperson of the JHIT.

図1 日本の社会状況と医療制度の変化



戦後、高度経済成長を遂げるように発展・変化してきた日本の医療制度。経済が安定成長期に入ってほぼなくして医療費抑制政策に転じ、小泉政権時に医療環境が社会問題化した。

病院完結型から地域包括ケアを前提とした新しい医療—T連携へ

東京医科大学大学院 疾患生命科学研究所 システム情報生物学 教授 田中博氏



田中博氏
Hiroshi Tanaka
東京大学工学部卒。同大学大学院医学系研究科、同大講師。スウェーデン・ウプサラリンゲネリク大学客員研究員、浜松医科大学助教授、米国ワサチュール・セント工科大学客員研究員を経て現職。情報計算化学生物学会(CBI学会)会長、日本医療情報学会理事、オミックス医療研究会会長、地域医療福祉情報連携協議会会長。医学博士・工学博士。

日本型医療は長い間「病院完結型医療」で、それぞれの病院が患者を治して退院させる、お互いに無関連な組織の集まりでした。しかし、それはそのころ我が国が若い人中心の国だったからできたことです。国民皆保険制度が始まった1961年は高度経済成長の真っただ中で、高齢化率は約6% (p6図参照)。主な疾患は急性期疾患でした。治療が短期間で済むため、医療機関同士の連携がなくてもやり抜くことができました。超高齢化社会を迎え、慢性期疾患を中心となった現代は、複数の病院で患者を診る「地域連携型医療」が必須です。私は2025年に向けた再生過渡期だと考えています。そのためITはより深く医療と関わるようになるでしょう。

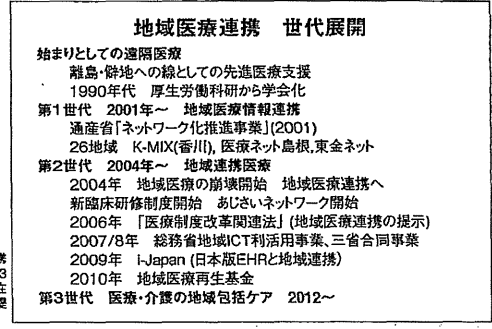
医療IT連携は、もともとは90年代に離島・僻地への遠隔医療支援として始まり、2000年代からは地域医療情報連携へと発展していった歴史があります。

当時の通産省は01年に「ネットワーク化推進事業」を立ち上げ、先進的な医療IT連携を行っている26地域に助成金を出しました。現在でも有名な千葉県立東金病院内の「わかしお医療ネットワーク」などは、この時に登場した第一世代というべきケースです。地域全体で糖尿病を治療する循環型医療ネットワークとして注目されました。

ただ、第一世代はITの知識に長けた医師がいる地域で個別に発展してきました。また、各自がベンダーと契約してシステムを開発していたため、費用とマンパワーがネットワークとなり、他地域では同様の取り組みが難しい側面もありました。

それが各地に広がったのは00年代

図2 地域医療連携の世代展開



田中氏は地域医療連携の歴史を第1世代～第3世代に分類する。現在は、地域包括ケアを前提とした第3世代にある。

半ばでした。04年に新臨床研修制度が始まり地方の医師不足が深刻化した頃です。06年の「医療制度改革関連法」で地域医療連携の方向性が示され、07年には総務省の「地域ICT利活用事業」が始まりました。この時に登場したのが函館市の「道南Medika」や長崎県の「あじさいネットワーク」などです(第2世代)。

成功している医療連携は医師会を主体にしている

第二世代の成功と失敗は、これから医療連携をさらに発展させるための示唆に富んでいます。連携が進まなかった地域では、1つの病院が地域の診療を囲い込む現象がよく見られました。病院と診療所の情報共有が1対nの関係になり、広い範囲の情報共有ができなかったのです。

逆に成功している医療連携をみると、多数の診療所が参入できています。病院と診療所がn対nの関係で、非常に多くの情報を共有しています。さらに成功例に共通しているのは、医師会がリーダーシップをとっていることでした。たとえばあじさいネットワークは、長崎医療センターと市立大村市民病院の2病院と周辺の診療所間の情報共有から始まりましたが、ネットワークを統括する

「NPO法人長崎地域医療連携ネットワークシステム協議会」の会長は大村市医師会長がなられています。第三者の医師会が主体となればほかの病院も参加しやすく、長崎大学病院を含む複数の中核病院と150施設ほどの診療所が連携しています。ほかにも、東日本大震災以降、宮城県で始まった「一般社団法人みやぎ医療福祉情報ネットワーク協議会」も医師会会長をリーダーにして順調にプロジェクトを進めています。

日常生活圏内で多職種協同の連携

さて、2025年に向かうこれからは、第三世代となる新たな連携を進めなければなりません。キーワードは「予防」と「地域包括ケア」。医療費削減には、ワクチンなどによる一次予防より、すでに疾病を抱えている患者の重症化予防のほうが数段、効率がいいことがわかっています。糖尿病患者を透析する状態にまで進めない、一度脳卒中をおこした患者に再発させない、といったことこそ、医療費削減のためにも、超高齢社会全体の質を高めるためにも、求められるようになるでしょう。そのために地域包括ケアを前提とした連携が必要になります。

これまでの医療連携の多くは二次

医療圏単位でしたが、地域包括ケアを行うには、もっと小さい「日常生活圏」の連携が求められます。ちょうど小中学校の校区ほどに相当し、診療所、訪問介護、看護、役所の生活支援課、地域包括支援センターがまとまっているエリアです。この中で、医療と介護のシームレスな連携をするわけです。

すでにiPadを用いた電子連絡帳などに、ITを用いた医療・介護連携を始めている例はいくつもありました。将来的には、地域のどの患者も誰が何時に診たか。往診や訪問診療はどのルートで回ると効率のかなどをマップで示すなど、さらに発展することでしょう。

現段階では多くの急性期病院は介護との連携に消極的ですが、国の事業として、急性期病院から慢性期治療や介護へのつながりの基盤となる「医療等ID(仮称)」も検討されています。もちろん医療・介護情報は機微な情報でセキュリティやプライバシー保護に十分な対策が必要ですが、連携した医療や包括的なケアの基盤となることは確かです。2013年中頃の法案提出を見込んでいます。急性期と慢性期がつながる仕組みができてくるのです。今後は、病院勤務医も含め、医療界全体で地域包括ケアにかかわる時代になるでしょう。

2025年はこちらなる!

日常生活圏を基点とした「第三世代」の連携が始まる。

田中氏は地域医療連携の歴史を第1世代～第3世代に分類する。現在は、地域包括ケアを前提とした第3世代にある。

田中氏は地域医療連携の歴史を第1世代～第3世代に分類する。現在は、地域包括ケアを前提とした第3世代にある。

超高齢化社会と病医院完結型医療の破綻

最近、顕著になってきたが、わが国の医療が曲がり角に来ていることは誰もが感じている。いわゆる「病医院完結型医療」が破綻しつつあり、「病医院連携型医療」へと、わが国の医療が大きく変わりつつある。本連載では、病医院連携とそれに不可欠なICTについて3回連載で解説する。

（わが国の医療の変遷と「病医院完結型医療」

遡って考えれば、わが国の医療体制は、1961年の国民皆保険制度導入、すなわち保険診療の全国民化とともに始まった。わが国は、この少し前からGDP年平均約10%増の「高度成長期」に入り、74年の石油ショックで「安定成長期」に移行したが、92年のバブル崩壊までは、依然GDP成長率4%を維持した。この時期の65歳以上の高齢者の比率は、1980年代末でも10%以下であり、人口の中心をなす「団塊の世代」も30代で、わが国は依然として「若い人中心」で、急性期疾患が主であった。医療施設数・医療費は増大し、医師数も急速に増加した。

この成長期の医療体制の特徴は、個々の病が

他の医療機関とは関連なく、医療を求めて来た患者を健康体にして日常生活に復帰させるという日本型医療体制、すなわち急性期中心の「病医院完結型医療」の無関連な集まりより成っていたこと。診療所で対処できる疾病についても同様であるので、「病医院完結型」と言ってもいい。この医療パラダイムは、つい最近までのわが国の医療の基本で、これまでの国民の医療需要に対応してきた（図）。

（医療費・医師数抑制政策と慢性疾患増大による「病医院完結型医療」の破綻

1982年には、高度成長期の医療政策が終了し、わが国の医療政策は医療費抑制、医師数抑制の方向に大きく転換した。医療費の増加率が

GDPの増加を上回ることの危機感が、その後の医療政策を医療費抑制政策に転じた。しかし、現在から見れば、その政策は2001年から始まる小泉政権の政策に比べれば緩徐なものであり、医療体制については「病医院完結型医療」が主であることに、依然変化はなかった。

1991年よりバブル崩壊以後、わが国は「失われた20年」と呼ばれる時期に入る。それを受けて2001年から2009年の間に小泉政権とその後継によって、激烈な医療費抑制政策が開始される。年間2,200億円の社会保障費削減を「骨太の方針」として掲げ、4度にわたって連続的に診療報酬を削減し、このような医療費削減政策のために病院の70%は赤字（自治体病院に限ると9割が赤字）になり、地域医療の崩壊が顕在化し、地方の病院を中心に閉院、閉科が続いた。

これに追い打ちを掛けたのは、2000年を過ぎた頃から顕在化した医師の絶対的不足である。これは長年にわたる医師数抑制政策にも起因するが、戦時・戦後に養成された医師の高齢化による世代的な退職や「新医師臨床研修制度」の導入による研修医の都市部への集中なども重なった。また超高齢化社会の到来と共に医療やケアが大きく長期化する慢性疾患が増加して、急性期、回復期、さらに長い維持期医療と続き、単独の病院・医院では、一人の患者の治療の全過程をカバーできなくなった。

（地域医療における病医院連携と医療・介護の連携の必要性

成長率0～1%の超高齢化社会である現在のわが国において、国民の医療・福祉需要に対応できる「持続可能型(Sustainableな)医療・

ケア体制」を構築するためには、何を基軸概念とすればよいのであろうか。最近、「病医院連携型医療」がその答えとして注目されている。

疾病も急性期疾患から、長期化し疾病時期によって異なったケアを必要とする慢性疾患が増加して、これに対応するため際限なく医療資源を拡充することはできない。急性期病院、回復期病院、診療所が連携して一人の患者のケアを担当する必要がある。例えば、脳卒中は急性期・回復期の後、再発防止を目標とした長い維持期ケアがある。また増加している糖尿病は、病院の糖尿病専門医では対処しきれない。通常の糖尿病管理は診療所が担当し、病態が重態化した時や、あるいは定期的に1年に一度は病院専門医が診るといふ、病院と診療所の間での循環型連携パスが有効であろう。

また、医療だけではケアを完結できない。介護や生活支援活動との連携が必要となる。医療圏レベルの医療施設間の連携だけでなく、より狭い日常生活圏域（小中学校区相当）をベースとした、往診医、訪問看護/介護、老人保健施設、町村の生活支援係、地域包括支援センターらの連携が重要にならう。「地域連携型医療・包括ケア」体制がわが国のこれからの健康医療の枠組みであり、それを実現するのに不可欠なのが、次回以降述べる「基盤としてのIT」である。

参考文献：田中 博：ITによる地域医療連携に診療所が積極的に参加する意義、新医療、2011年9月号、24-28

図 わが国の医療の変遷(経済成長、医療政策、医療状況の関連性)

