



田中 博先生  
東京医科歯科大学  
難治疾患研究所 教授



小川 彰先生  
岩手医科大学 学長



吉田晃敏先生  
旭川医科大学 学長

## 座談会 医療とIT 有事における可能性を探る



### I 東日本大震災の発災時の状況とIT

田中 本日は岩手医科大学の小川彰学長と旭川医科大学の吉田晃敏学長をお招きし、「医療とIT—有事における可能性を探る—」をテーマに座談会を行いたいと思います。まず、2011年3月11日の東日本大震災の際に、医療のITだけでなく、携帯電話やインターネットなどがはたしてどこまで役に立ったのか、あるいは全く役に立たなかったのかということ、災害の実情も含めてお話しただこうと思います。小川先生から、岩手県の当時の状況などをお願いします。

小川 今回は地震に次いで大津波がきたということで、阪神・淡路大震災とは全く異なる状況でした。過去の経験から、まず先遣隊の災害派遣医療チーム（Disaster Medical Assistance Team: DMAT）が発災2~3時間で現地に着き、夜には数百人の負傷者が運び込まれるだろうと思っていたのですが、実際には普通の日よりも搬送が少なかつ

た。要するに、高台に逃れた人は生きられ、けがをした方は亡くなってしまったということです。生死がはっきりしてしまっただけです。DMATは1クールが3日なのですが、岩手では1週間いていただき、その後、慢性医療のチームにバトンタッチしたという状況です。

東日本大震災の発災時、何が混乱を招いたかという通信の途絶でした。固定電話も光通信網も、地上をはっているものは全部寸断されて使用不能の状態でした。携帯電話も駄目でした。ある医療機関では、ドクターが一人、みんなの携帯をポケットに入れて電波が通じる峠まで行き、そこで院内全員分のメールの受信を行ったという話もあります。そういう状況だとわかったので、発災後すぐに総務省にお願いして、携帯電話の移動基地局を入れていただき、3月19日以降は状況がかなり改善されました。

もう一つの印象として、衛星電話が意外と使えなかったというものがあります。1時間かけ続けて、やっと1回かかるとか、衛星インターネットは意外とつながったので

すが、これはあまり一般的ではなかったので、実際の運用としてはほとんど駄目でした。結局、岩手医科大学の救急センターでは、医師2人を1チームとし、2隊の情報チームをつくって、足で稼ぐしかありませんでした。

田中 被災地に直接行くわけですね。

小川 2チームで今日はこちらの地区、明日はあちらの地区と回り、足で情報を稼ぎました。

田中 沿岸部の病院と、岩手医科大学との間の通信はどうだったのですか。

小川 完全に遮断です。内陸部と沿岸部の行政も情報はすべてストップしていました。だから、盛岡の基地には支援物資が山のようにあったのですが、ガソリンがない、トラックがない。もう一つは情報がないために、被災地に効率よく届くことはありませんでした。

田中 DMAT自体も、大学から派遣されたのですか。

小川 大学からも派遣しましたが、次の日にはすでに全国からたくさんの方のDMATに来ていただきました。

田中 吉田先生、旭川医科大学もDMATを派遣されたと思いますが、どのようなことがあったのでしょうか。

吉田 その日の内に手配して、うちの部隊がすぐに行きました。

田中 飛行機でですか。

吉田 仙台空港がまだ駄目だったので、いわて花巻空港に降りて車で移動しました。うちは気仙沼の担当でした。

DMATというのは、患者さんがけがをしていたり、病気の患者さんがそこにいるという状況で行くものですが、小川先生のお話にも出たように、それとは大きく違って、DMAT自体は、病人を助けるのではなくて、いろいろなことで連絡が取れない人の連絡補助のような役割に少しずつ変わっていったという感じですね。

阪神・淡路大震災の後、われわれはそれに合わせた遠隔医療システムもつくったのですが、それが役に立つような状況ではありませんでした。発災以来、今日まで医師を派遣しているのですが、それはわれわれが考えていた災害に対する医師派遣ではなくて、心のケアなど、今までとは違ったケアになってきています。それに加えて、北海道でも起こっている医師不足のサポートをこれからはしていかなければならないと思います。

田中 私も宮城県を訪問させていただきました。東日本大震災に関してはさまざまな統計があります。地震発生から1カ月後に被災3県で検視が行われたのですが、その当時の

死者13,135人のうち92%（12,143人）が溺死で、ほぼ1時間以内に亡くなられた方が多かったようです。石巻赤十字病院や気仙沼市立病院でもトリアージを実施していたのですが、亡くなられているか、軽症の方がほとんどだったというので、DMATの本来の力を発揮できることは少なかったようです。1週間後ぐらいからは、慢性疾患の高齢者のケアに重心が移っていったとも現地でお聞きしました。

先生方のお話にもありましたが、携帯電話や固定電話は、皆がかけるので輻輳してしまい、95%が規制されてしまったそうです。インターネットは結構使えたという話がありますが、

吉田 携帯電話が使えなかったのは、帯域が制限されていたからでしょうか。例えば、年末年始に携帯電話がつながらなくなるような現象で制限されていたのですか。

小川 宮城県の状況もおそらく石巻市や気仙沼市などは同じだと思いますが、三陸沿岸では要するに、携帯電話の固定基地局が全部津波被害を受け全壊しているわけです。それと電気も来ない。

吉田 根本から駄目なのですね。

小川 電話局と、携帯電話の電波を出す基地が全部崩壊していますから、沿岸部で通信が不通になったのはそのせいですね。

田中 移動基地局が入ってきたという話もありましたね。

小川 それが19日ですから、約1週間後です。実は、私は19日に初めて被災地に入ったのです。岩手医科大学には2,000名の学生と3,000名の職員がいるのですが、彼らの安否確認もままならない状況だったので1週間は助けませんでした。やっとガソリンなども多少融通がきくようになったので被災地に入るとそういう状況がわかった。それで、帰ってすぐに総務省に依頼して、移動基地局を入れていただきました。

田中 19日からは改善したのですか。

小川 携帯電話が最初に復旧したということです。ただ、問題はもう一つありまして、三陸沿岸というのは山ですから……。

田中 山のいろいろなところにアンテナを立てないといけないですね。

小川 移動基地局が1~2台入ってきて、全体をカバーするまでにはいかないと。結構たくさん移動基地局が入ってきてやっと復旧してきたという感じですね。

田中 厚生労働省の広域災害・救急医療情報システム（Emergency Medical Information System：EMIS）があるのですが、実際は宮城県では接続できませんでした。岩手県では病院間の広域災害情報システム、電話網のようなものはなかったのですか。

小川 なかったと思います。ただ、岩手県には昔から「いわて情報ハイウェイ」があって、光通信のネットワークは全部つながっていたのです。しかし、今回それが寸断されて、1カ月半復旧しませんでした。いわて情報ハイウェイは行政のハイウェイで、そのなかの一部を使った医療情報ハイウェイで県立病院のほとんどが結ばれていたのですが、それが全部寸断されてしまったということです。

田中 なるほど、医療ITといわれるもののなかに、災害時に活躍できたものと、全く活躍できなかったものがあると思いますが、岩手県ではどうでしたか、新聞などで見ますと、周産期の電子カルテネットワークのサーバーが岩手医科大学にあったために、すべての妊婦さんの健診情報がなくならずに済んだという話も聞いたのですが、

小川 震災で命がらから高台に逃げた被災地の妊婦さんは、命は助かったのですが、家に帰って母子手帳を持って逃げるわけにはいかない、それで結局、妊婦情報が全部流失してしまいました。陸前高田市で4階、大槌町で3階レベルの高さの津波が来たものですから、各病院のカルテも、紙ベースの医療情報はすべて流されてしまったのです。病院単位でやっている電子データも全部壊れてしまった。

そのなかで、たまたま「いーはとーぶ」といういわて周産期医療情報ネットワークのデータそのものが、岩手医科大学のサーバーに残っていたのです。本来であれば、母子手帳は行政が発行するものですが、行政も壊れてしまっているのです。例えば大船渡病院や宮古、釜石などのハブ病院の産婦人科の先生方が、岩手医科大学のサーバーに残っていたデータから流された妊婦情報を復元して、母子手帳そのものを再発行したのです。被災地で出産をすることは大変な状況だったので、妊婦はその母子手帳を持って内陸に行き、安全にお産をすることができました。

ですから、ネットワークそのものが生きていたということではなくて、ネットワークは壊れたのだけれどもサーバー内にデータがあったので復元することができたのです。つまりクラウド化ですね。

田中 今度の災害で特に言われているのがクラウド・コン

ピューティングの重要性です。電子化してもインハウスで沿岸部に持っていたら津波によって流失しますから、やはりどこかのサーバーにバックアップを残すということが重要ですね。

石巻市立病院の先生と山形市立病院済生館の病院長が同級生だったらしいのですが、ともに同じ電子カルテを使っていたので、何かあってはいけなからと、お互いにサーバーを持ち合うことを災害の1カ月前に始められたのです。自分の病院の電子カルテを入れるノウハウを先輩病院に聞く際に、そういうことを思い付かれたのでしょうかね。石巻市立病院は沿岸部にあって、1階は全部駄目だったので、電子機器も破壊されてしまったのですが、実はデータが山形市立病院済生館にそっくり残っていたから復元できたという話もありました。やはり電子化だけではなく、ネットワーク、共有、クラウド化が重要だとよくわかりました。

ところで急性期が終わった後、例えば避難している体育館での診療などは、紙にメモして、それをどういう形で保存されたのでしょうか。

小川 患者さんに渡しました。もちろん自分たちでも持っていますが、岩手医科大学の災害医療支援チームの一人の医師が同じ患者さんを診るわけではありません。次には、例えば、北海道の先生方、その次には沖縄の先生方が入るといったふうになるわけですから、そのときに「あなたにはこういう薬を処方しましたから、薬が欲しかったら、次に来た医療チームの方にそれを見せてください」という形でつないでいきました。それしかつなぐ方法はありませんでした。

田中 そうですね、交代で来るわけですから患者さんに持っていてもらうしかない。

小川 岩手県だけで1,200チームが入りました。同じ避難所でやっている方々もいるけれど、基本的には派遣先が変わっていくわけですね。そこで大変な問題が起きました。最初の情報の問題に戻るのですが、100人が暮らしている避難所で全国から3チームぐらい入っているところもあれば、400人ぐらいの大きな避難所なのに1チームも行っていないところもあったわけですね。これは大変だということですね。1週間で「いわて災害医療ネットワークセンター」を県の災害対策本部のなかにつくったのです。これは本来行政がやることですが、行政側にはそういうノウハウもないので、県庁に大学から専従を3人、当面帰ってくることは

ないということで派遣したのです。それで医療関係者と県と消防、自衛隊を全部一緒にして、県の災害対策本部のなかに10人ぐらいが車座になれるような一つの部署をつくってもらい、そこでコントロールすることができました。

また、大変失礼だったのですが、岩手県ではそこで医療支援チームに対しライセンスを発行しました。岩手県で災害医療をやるのであれば、①車を持っていること、②薬を持ってきていること、③自分の食事等々は自分でまかなえること、④通信システムとして衛星携帯ぐらいは持っていること、という最低限の条件を付けてライセンスを発行し、一元管理しました。どういうことかという、Aという避難所には沖縄のチームが1週間入って、その次の1週間は秋田のチームに入っていたらいい、その次の1週間は北海道のチームに入っていたらいいという格好で、行程表をつくったのです。先ほどお話ししたような、足で稼いでいる情報のチームといわて災害医療ネットワークチームが連携して情報を共有しており、どこの避難所には誰も行っていないということが全部わかるので、どこの避難所にはどのチームに行っていたらいい、そのチームはいつ帰るから、その後をどこが引き継ぐという行程表を全部つくりました。それで非常にうまくいきました。

田中 それは災害から1〜2週間たってからですか。

小川 公式には19日に発足したことになっていますが、実質的には1週間目にはそのシステムが動き出しました。実はそれまでは混乱していたのです。

吉田 それは大学で小川先生が管頭をとってやったのですか、小川 大学病院の災害対策本部の病院長と現場の医師が相談してやりました。私は県に人を派遣して、「まとめて来い、混乱が収束するまで帰ってくるな」といっただけです。吉田 やはり問題は、誰がリーダーシップをとるかということだと思います。まさに小川先生の岩手医科大学は成功例ですね。

## Ⅱ 災害時の情報ネットワークの形

田中 阪神・淡路大震災の経験を踏まえて体系的なものをつくられたという話ですが、その点を教えていただけますか。

吉田 総務省の情報通信研究機構（National Institute of Information and Communications Technology：NICT）

といろいろ研究していたものですから、スマトラ島沖地震、阪神・淡路大震災を契機として、災害時も情報は優先的に流したいというフィロソフィーの下に、災害時の情報ネットワークをつくりました。これはオンデマンド型の優先制御ということで、いわゆるNTTやKDDIなどの通信事業会社が優先的に情報を管理するのではなくて、ユーザーが「これは医療情報だ」と言ったときにネットワークを走らせるという仕組みです。

ネットワークさえあれば、それが混雑しても安否情報やそのほかの医療情報を優先的に流せるようなものをつくりました。優先制御を張ると、Multi-Protocol Label Switching（MPLS）ネットワークのなかで、ある一つの情報はA病院からB病院に優先的に流れるようなものです。これは総務省とともに開発して、すでに形になっています。

田中 これはどこかで実装されているのですか。

吉田 実装されています。通常は低優先度のものが流れていますが、緊急手術だというときは、低優先度のアプリを待機制限または中断して、

田中 緊急度を上げると、そういうものは通らなくなってくるのですか。

吉田 そうです。優先度の高い情報を先に流して、それが終わればまた通常時に戻すというものです。実証実験もして、いろいろところで遠隔医療をしていて非常状態になったときに、優先度の低いものからどんどん止まってしまうという仕組みは完成しています。これは、スマトラ島沖地震、阪神・淡路大震災を基に構築したものです。

田中 ネットワークの制御ですね。

吉田 制御するのはユーザーの医師側であって、通信事業会社ではない、というところがポイントです。これはNICTのプロジェクトですから、皆さんに向かって公開実験をしているところです。

田中 具体的にどのような回線を使うのですか。

吉田 ブロードバンドの回線です。インターネットになるとセキュリティの問題もありますので。

田中 阪神・淡路大震災ではクラッシュ症候群の患者さんが多かったのですが、今回は亡くなられたか、軽症の方が大半で両極端だった。今後の地震でも様々なケースが考えられます。理想的なシステムとはどのようなものでしょうか。

吉田 これからはモバイルネットワークを整備することがひとつのキーワードになってくるのではないのでしょうか。

光ファイバーなどは寸断されると敷設に時間がかかるでしょうし、携帯の移動基地局を早く整備したほうが効率的のように思えます。

田中 衛星携帯が思ったほど使えなかったというお話ですが、これはつながりにくいということですか。

小川 つながりにくいのです。1時間ぐらい一生懸命かけ続けて、やっと1回つながるかどうかわかりません。つながったと思って安心していると、またつながらなくなってしまいます。それから非常に使い勝手が悪いのです。アンテナが衛星側に向いていないとすぐ不通になってしまうとか……。

吉田 可搬型のものでしょうか。

小川 そうです。

吉田 われわれもやったことがあります。難しいですね。

小川 いろいろな病院に固定で置いたのだけれども、それでも調整が難しく、大変だったと聞きます。

吉田 われわれも昔、島の医療で使ったことがあります。島にはADSLも光回線も走っていません。ADSLがあったとしても帯域が不足しているということで、衛星通信でやりました。しかし可搬型ではアンテナ調節が非常に微妙で、専門家がいればできるのですが、なかなか難しいです。

田中 気仙沼にも衛星電話はありました。固定型だったと思いますが、地震のときの停電で設定が変わってしまったらしく、かけることはできないけれど受けることはできて、県庁から何時と何時に電話が来るようにするという形でやったという話がありましたね。

小川 しかし一方で、衛星インターネットは意外とつながったのですよ。スマトラ島沖地震のときも衛星インターネットは非常に役に立ったということで、私のところに「持っていてもいいのだけれど」という話がきたので、「では持ってきてください」と言って被災地で使い始めました。設置した衛星インターネットは良くつながりました。そこから末端の機器と接続可能なのですが、これがうまくいかなかったのです。その意味で、やはりトレーニングが必要なのだと感じました。

もう一つ、国の方針としては、衛星インターネットはお金がかかりすぎるので、縮小の傾向にあるようです。例えば一般の地上の光通信などが走っているところで、衛星電話を使っていたら何十倍もかかってしまうようです。

吉田 おっしゃるとおりです。何十倍もかかります。

小川 何十倍もお金がかかるので現実的ではないという話

は、その過程でだいぶお伺いしました。だんだん縮小傾向になっているようですが、fail safeで有事だけ使えばいいのだけれども、それが縮小していくとまずいと感じています。

田中 有事のときに使えないのではやはり問題がありますね。さて一方で、東日本大震災ではFacebookやTwitterなどのソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）が割合使えたという話があります。特にTwitterでは、ある先生が福島原子力発電所のいろいろな状況を流し続けて、皆がフォロワーになり、それがだんだん広がったという例もあるようです。携帯電話は復旧が遅かったのに対して、インターネットは比較的すぐに使えたという話もあるようですが、岩手のほうではどうでしたか。

小川 岩手県の場合には、携帯電話の受診感度を表示するアンテナバーが立たなかった。ですから、当然電話もできなければ、携帯でメールもできない状態でした。ただ、先ほど申し上げたように、例えば携帯を持って峠など電波の受けやすい場所まで行けばつながるという状態でした。

吉田 本学からも医療チームが気仙沼に行きましたが、チームと全然連絡が取れないのです。われわれはソフトバンクと共同研究をしていて、ソフトバンクの基地局をそこに建ててもらいました。そこで携帯回線を利用した遠隔医療システムを活用しました（図1）。

田中 ウェブカメラを使うのですか。

吉田 そうです。旭川医科大学で開発したもので、家庭でバイタルデータなどが取れます。本来は病院の医師と話をするものなのですが、災害時の医療にこれを活用しました。携帯の基地局さえ建ててくれば、一番早く復旧するのは携帯のネットワークです。ですからこれも当然ながら力を発揮しました。

問題なのは、例えば小川先生のような「やるぞ」というリーダーシップがあればいいのですが、やはり地元の方とノウハウを持っている人がドッキングしないとなかなかできないのです。気仙沼の場合は、市役所などに厚生労働省が行ったのですが、「今は人手が足りなくて」という答えで、結局はやらずに終わっています。結構便利なツールは開発されていると思います。今後出てくると思いますが、田中 これからの災害医療に備えるためにも、これを機会にそういうIT関連のいろいろなツールをうまく使うべきだと思います。

小川 アマチュア無線が見直されて、

田中 そうですね。結構いろいろところで使われましたね。

小川 ただ、アマチュア無線も、非常に小型でいいのだけれど、停電していれば使えないということで小型発電機の設置など、やはり災害のときに使うというトレーニングがないと活かすことが難しいようです。

田中 災害時には電波法的な規制はだいぶ外して使えるようにしたという話も聞きましたけれども、

小川 行政の間でも、それを使えば情報のやりとりができたはずなのだけれども、トレーニングされていなかったのだと思います。

田中 無線でいうと、マルチチャネルアクセス（Multi-Channel Access：MCA）という電話のような無線があるのですが、それもある病院は使えたようなので、結構使えているということですね。

### Ⅲ 災害に強い地域医療情報連携システム

田中 さて、災害の経験を踏まえた上で、今後、長い期間をかけて被災地を復興していくわけですが、そのためにはどういったシステムが必要なのか、東日本大震災だけではなく、東海地震、南海地震、あるいは集中豪雨など、災害に対する地域医療情報システムの強靱性を考えなければいけないと思います。小川先生、岩手県ではどのような計画があるのでしょうか。

小川 先ほどのお話にあったように、fail safeで、いくつかの非常用回線を持つ必要があります。結局一番大事なのは情報です。どこで何が必要なのかさえわかれば、そこに適切に配ることができます。今回は内陸部の盛岡が物資などのさまざまな基地になったわけですが、それを被災地に届けなければいけないのですが、どこの被災地で、何が足りないのかわからないので非常に困ったということでした。やはりこれからは、fail safeの回線や先ほど吉田先生がお話になったような移動基地局さえあれば確保できる回線など、さまざまな複数の非常用の情報通信システムを用意しておく必要があると思います。

田中 今回はカルテが流失して、診療の継続がかなり大変だったと思います。「いーはとーぶ」のように、診療情報を別の施設に保管しておくという地域医療連携も必要になるかと思いますが、それはどうでしょうか。

小川 全くそのとおりです。実は今、岩手の被災地や過疎



図1 携帯回線を利用した遠隔医療システム

地の新しいモデルとして情報通信技術（Information and Communication Technology：ICT）を使った連携ができないかと考えています。しかし情報をクラウド化してどこかに置いておくためには、やはり医療情報の標準化がないとどうしても駄目です。しかし実際には、SS-MIXのような比較的単純な患者基本情報ですらなかなか共有できないのが現実です。なぜ共有できないかという各病院で使っている電子カルテのシステムにメーカー間の互換性がないからです。

田中 できないメーカーもある。

小川 そうです。これは非常に大事なことで、国策として標準化を進めていこうと、電子カルテのメーカーに対して、最低限こういう情報は標準化したフォーマットで出ささいというようなことを、きちんと勧告しないとできないと思います。

吉田 全く同感です。これにはいくつかの方法がありますね。一つはクライアントサーバ方式で、サーバーのなかにいろいろな病院のカルテ情報を残すという考え方。もう一つは、Peer to Peer（P2P）という方法です。例えば、ある人が東京へ行ったり、福岡へ行ったりしたときに、個人認証をはっきりさせることによって、その地の病院で診療情報をやりとりする。これは電子カルテが完全に同じでな

くてもできるのです。だいぶ前にやったのですが、AさんのIDをもらおうと、どこに行ったかが出てくる。そこからアクセスして行って、向こうのカルテを読みに行くというものです。これはサーバーに入っていないから、巨大なサーバーが必要ありません。情報を常時保管するのではなく、その度に行くというP2Pの考え方もあり得るのではないかと思います。

PHR (Personal Health Record) という考え方もあります。これは患者さん自身がコアとなる情報を持っているということです。米国のオバマ大統領が、人工透析の患者さんや心臓の悪い人は、USBやタグなどを鍵に付けて持っておけ、ということをやろうとしています。このような方法も興味深い動きだと思います。

田中 特に高齢者などは、医師にこういうアレルギーがあって、こういう薬は困りますとは自分で言えないので、このような仕組みで自分のリスク情報を示すことは有効だと思いますね。

吉田 旭川医科大学ではウェルネットリンクというものをつくりました。現在の会員は3,000名ぐらいで、主に若い人です。自分の健康情報や服薬情報などを入れて、それを持っているというパターンを、若い世代から教育していくことも一つの国策になるのではないのでしょうか。

田中 確かに国民に自分の健康情報を生涯にわたって保持することが重要だと啓蒙することは重要です。病気になるら出たとこ勝負という感じの方も多思うのですが、これからは慢性疾患も多くなってきますから、やはりこういう仕組みで、自分の状態を見ていくことが健康保持に一番つながっていくと思います。

小川 例えば、英国などは電子カルテシステムが全部同じですよ。つまり、北の病院と南の病院が全部同じものでやっているわけです。日本は国民皆保険制度で、すべての医療サービスの提供はそのなかでしなければいけませんから、そういうシステムを一番標準化しやすいと思うのですが、それがなぜできないのでしょうか。

吉田 やはりメーカー主導だからではないのでしょうか。いろいろなメーカーの電子カルテがありますから。

田中 国民皆保険なのですが、病院や診療所は自由につくれるので、民間病院も多いということもあるのではないかと思います。それぞれの病院がほかの病院と関係なく、患者さんが来たら最後までケアしてお帰しする。厚生労働省

がよく言っている病院完結型医療がこれまでのわが国の医療の基本的な枠組みでした。

吉田 総合病院的ですね。今それが壊れているのが北海道や東北でしょうね。特に北海道は東北よりもひどくて、地方の基幹病院から専門医が欠けていくのです。以前はここ市民病院のなかで完全に完結していたのですが、ここから産婦人科医がいなくなり、整形外科医がいなくなり、外科医がいなくなり、病理医がいなくなり、放射線科医がいなくなっています。

田中 スペシャリストがどんどんいなくなる。

吉田 それを補うために、地域に対して専門医がサポートするのが、われわれ旭川医科大学の遠隔医療なのです。それは東北よりもっと厳しい状況です。

田中 東北の状況はどうでしょうか。高齢化の問題などありますが……

小川 限界集落に近い状態ですから無論厳しいです。例えば岩手県は四国4県に匹敵する広さを持っているので、大学から被災地まで片道3時間かかります。合計6時間で往復するのですが、過疎地ですから患者さんがたくさんいるわけではありません。医師不足のなかで、医師の業務をさせずに移動に6時間使っていたら、いくら医療人を増やしても足りません。今、法律上はface to faceでない診療ができないことになっています。もちろん手術はそうではなくは不可能ですが、高齢化が進んでいる岩手県の医療だと、例えば皮膚科診療や生活習慣病の高血圧、糖尿病、脂質異常症であれば、何も現地まで行かなくても、100kmぐらい離れた内陸部からICTを使って病歴を開き、適切な検査をして、その上でお薬を決めることは可能な話です。そういうことで、新しい岩手医療モデルを提案しています。

吉田 それは素晴らしいですね。北海道も旭川から釧路、旭川から函館と、飛行機に乗って渡り歩くようなところで、積雪がありますし、ですから北海道や東北は……

田中 やはり遠隔医療にしないと医師不足で、いろいろなことができませんよね。

吉田 特区などにして認めていただかないと、東京や大阪とは違います。

小川 岩手県には九つの2次医療圏があります。南北200kmで東西が百数十キロ、盛岡から宮古までがほしい100kmで、これが宮古医療圏です。これよりもっと広いのが盛岡医療圏です。2番目に広い医療圏ですが、セიმ・



スケールでこれが東京です。

田中 医療圏そのものに東京がおさまってしまいますね。

小川 宮古医療圏の面積は東京都区部の4.3倍、東京都全域の1.2倍なのですが、ここに病院が9つ、それも総合病院は1つしかありません。ですから東京でいえば、府中市や新宿区に総合病院が1軒あって、奥多摩からも、千葉との県境からも、総合病院に行くのならそこにしか行きようがないという状態です。東京都の病院数は658で、区部のみでも430あるという状況です。岩手には救急センターが3つありますが、盛岡市から山田町や陸前高田市など、ほとんどの沿岸地区に行くのに片道3時間かかります。医師の移動に往復6時間も費やすわけにはいかないのです。

医師の移動に膨大な時間がかかるので、効率のいい高度医療提供が必要なのです。それには病診と病福の連携をシステム化して、外来診療を対面ではなく、皮膚科や生活習慣病などは内陸からも治療できるような方法にしないととても無理です。ですから遠隔医療が基本なのです。

吉田 まさしく同感ですね。

小川 具体的にわれわれでやろうとしているのは、皮膚科の診療はできるのではないかと、向こうに看護師さんがいれば、例えば病歴を取って、検査は向こうの看護師さんにやってもらって、皮膚の状況は拡大して見せてもらえばできるでしょう。もう一つは、やはり生活習慣病ですね。糖尿病の専門家を各地域に全部置くわけにはなかなかい

ないので、だとすれば遠隔医療は有効ではないかということ準備を進めています。あとは脂質異常症、高血圧はできるのではないのでしょうか。急性期の疾患、例えば脳外科疾患や急性腹痛などを遠隔医療でやることは不可能ですから、これは診断まではやって、適切な病院に搬送するという地域連携になりますよね。

#### Ⅳ 地域連携とIT

田中 どうもありがとうございます。

1枚だけ、スライド(図2)をお見せします。前に圏域レベルに対応した医療IT体制を、と言いましたが、それを絵で表したものです。まず、もっとも身近で圏域の狭い日常生活圏レベルのITですが、この圏域は、医療だけでなく介護、福祉、健康管理、生活支援など、居宅を中心とした包括ケアを実現すべき圏域です。ここでのITは、タブレット型PCなどを使った、ワイヤレス通信で、往診医や訪問看護・介護関係者、デイケアセンターやケアマネジャー、包括支援センターの間で、在宅患者や要介護者の健康医療情報を交換・共有するシステムが必要です。これまでは、訪問介護・看護ステーションのシステムや往診医やケアマネジャーのシステムなど、一応ITはあるのですが、診療・介護保険請求や記録のためのシステムでお互いに独立しており、患者の情報を職種間で共有していません

でした。だから一人の患者さんの情報をお互いに共有して、記録を書き込めるような「電子連絡帳」を中心とした包括ケアのシステムをこれから開発する必要があると考えています。

中間の(2次)医療圏レベルとしては、それぞれ地域の中核病院、公的診療所、民間診療所などをネットワークでつなぎ、医療標準情報のSS-MIXサーバーを中心にして紹介患者や逆紹介患者の診療情報をお互いに共有して参照できるようにすることができればと思います。沿岸部の診療所はASP型というか、診療所内にサーバーを持たないで、金県的なクラウドセンターにシステムとデータを持ち、診療所からはネットワークでアクセスできれば災害に強いシステムになると考えています。

それから、全県レベルで、県の大学病院などのクラウドセンターがあって、そこには全県の医療施設の患者の簡単なサマリーを納めたSS-MIXサーバーを置き、また疾患の連携パスに参加している患者の情報などを管理します。疾患の連携パスは、例えば大学病院で手術してから地元の病院で回復期治療を受けることがありますので、2次医療圏内にとどまらない場合があります。その意味でも、全県レベルの診療情報を連携するITの環境が必要です。このように各圏域のレベルで、必要とされているニーズにあわせてシステムを構築すべきで、日常生活圏の包括的ケアと医療圏の連携と全県的な診療情報管理は分けたほうが良いと思います。

小川 おっしゃるとおりです。例えば被災地のある町で高齢者が診察を受け、手術が必要になったとします。それでハブの総合病院を受診すると、うちでは手に負えないと言われ、岩手医科大学に來ます。岩手医科大学で手術をしてその病院に帰り、最終的にはご自身の町に帰っていく。高齢者ですから、いずれ包括ケアということで、在宅や介護施設に入ります。そのときにデータが共有されていれば、例えば老人ホームに入っているときに具合が悪くなった場合、この間手術したから今何が起きているのだということがすぐにわかって、適切にケアができる、というようなシステムが望ましいですね。

田中 介護の人もそういうデータがあればよいのですが、小川 そういうものを一応イメージして作っているのです。田中 地域連携について、吉田先生は何かございますか。吉田 われわれは切れ目のない医療支援をしています、大

学病院ですから、手術した患者さんの在院日数をできるだけ短くし、早く帰っています。早く帰すと在宅に入るので、在宅医療を大学病院でやっています。先ほどお見せした端末(図1)がそのようなのですが、

田中 患者さんのところに端末を置いて、テレビ電話で見られる。

吉田 もちろん光回線やADSLがあればいいのですが、モバイルネットワークでもできます。留萌市立病院では院長と看護師長が中心となり病院と在宅のケアを積極的にやっています。また、漁師さんが病院になかなか通えない場合、糖尿病が多いなら毎日の血糖値の伝送とその確認をするとか、患者さんとながらつながるような連携を、地方自治体の市というくくりでやろうとしています。地域ICTの利活用は少しずつ始まっています。患者さんのご自宅、地域の基幹病院、大学病院が連携する。ただし、そこではまだカルテが標準化されていません。

田中 情報の共有が問題ということですね。

吉田 このような包括的な連携をイメージしたのがウェルネットリンクです。

### V 今後に向けた政策の提言

田中 最後に、これからの災害医療あるいは地域医療ITに関して、今後はこういう政策をつくらなければいけないという提言などを自由に話していただきたいと思います。

小川 阪神・淡路大震災のときに復興の基本方針および組織に関する法律ができました。あのときは1カ月半でできているのですが、今回は3カ月半かかっています。

田中 そうですね。復興会議の報告も(2011年)6月25日くらいでしたよね。

小川 3カ月半でやっと基本法ができた。基本法はできたけれども、結局、2次補正が1.5次補正になってしまったのでお金が出てこない。本当は震災直後に、国は30兆円ぐらい必要でしょうという話をしていました。それが2次補正のときに菅首相(当時)が1.5次と言った途端に1兆6,000億円になってしまった。やっと先日、3次補正が決まって9兆円です。30兆円必要だと言っていたのが、2次補正、3次補正を入れてたった10兆円強しか出ていない。何か問題かという。遅すぎるのです。

田中 確かに遅いですね。もう去年の話ですからね。

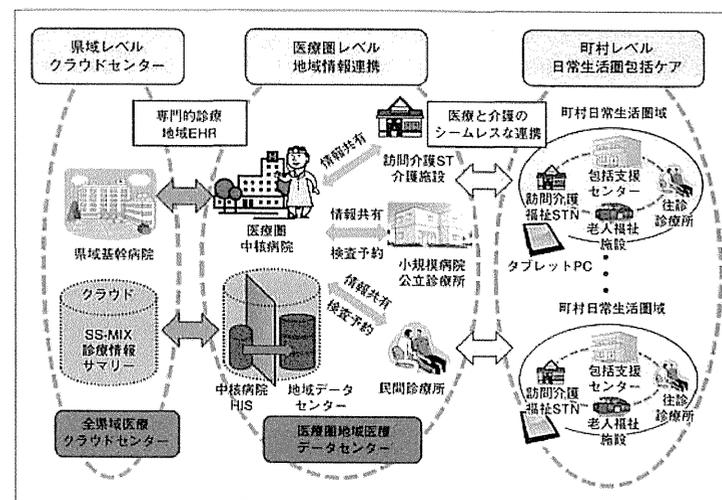


図2 圏域階層的な地域医療/福祉包括ケア体制

小川 被災地住民は、「船さえあれば明日からでも海に出て漁をしたい」と言っていたわけです。ところが、3カ月たっても半年たっても先行きがどうなるかわからない。結局、だんだん人心が乱れていってしまったのです。実は今、医療に関しても一つ問題があります。東京あたりでは、「皆さん仮設住宅に移ったので、一段落でしょう」と思われているようですが、実はむしろ問題は複雑化しています。吉田 どうしてですか。

小川 この間までは避難所であれば、「集まってください」と言って避難所の被災者を集めれば、生活指導から健康指導まで一発でできました。ところが、避難所から仮設住宅に移り住んだことによって、プライバシーの問題もあり、指導がなかなか行き届かなくなったのです。また、仮設住宅の周りの道は砂利なので、高齢者は歩けないという問題も生じています。

吉田 それはひどいですね。

小川 ついこの間までは、避難所まで医師が来てくれたけれども、仮設住宅に入ってしまったら仮設の診療所まで行かなければいけません。ところが高齢者で車がない、そうすると高血圧や生活習慣病などは痛くもかゆくもないから放置されるのです。

田中 なるほど。かえって大きな問題になりつつあるのです。小川 地方の市町村の行政はマンパワー不足で、今、力が

ないのです。また住民基本台帳なども全部流されているので、基本的な情報を復元させるのに一杯一杯で、そこまで手が回らない。ですから、国がもう少し手厚くお金を出して、診療所への足などをきめ細かく配慮しないと、被災地の復興は進まないと思います。

田中 よく聞きますが、高齢者が生きる気をなくしてしまう。そういうことへの対応が非常に大きくなって大変だと思っています。

小川 生活不活発病というのです。仮設住宅から出なくなってしまっているから、今まで歩いていたおじいちゃん、おばあちゃんが歩けなくなってくる。ついこの間までは避難所で隣に同じような境遇の人がいたから、いろいろな話をして助け合っていたけれど、その話し相手もいなくなりました。

あと、順番が逆になっていることが一つあって、市町村長さんがよく医療が復興しなければ町ができないと言います。例えば、陸前高田市は2万人の市でしたが、あの災害で2,000人が亡くなって、今は18,000人しかいません。ところが平地がほとんどやられているので、おそらく住民票は移していないけれど、内陸の親戚のところへ身を寄せて、そちらで仕事を探している方々がたくさんいるわけです。そうすると、2万人だった町が2万人に復興するかというと、それはなかなか難しい話だろうと思います。



そうなってくると、一体何人の町になるのかということ  
が一つ、もう一つは、漁業があって、缶詰工場など漁業関  
連の工場があって、働き口があるから人が集まって町がで  
きるのです。そこに高齢者が多いのか、それとも若年層が  
多くて、子どもが多いのかということによっても、医療供  
給体制も教育供給体制も変わってくるわけです。

吉田 全然違いますよね、その辺の読みというか、誰かが  
指図しなければ駄目でしょうね。

小川 ですから医療供給体制に関しても一体どうなるの  
か、地方の住民からすれば、元の病院を再生してはしいの  
です、その気持ちはわかりますが、人口が減って限界集落  
になっているなかで、病院だけでいても患者さんはいない  
わけだし、医師不足のなかで、そこに医師をワンセット張  
り付けさせることはできないと思います。

吉田 誰がどういうように音頭を取って、どこに誰を行か  
せるのか、北海道からも医師が被災地に行くのですが、道  
庁の職員が手配をやるのです。しかし役に立つ場合もある  
し、役に立たない場合もあるのですよね、もっと違うとこ  
ろに、例えば、小川先生だったらここに欲しいよとか、そ  
ういう応需情報に応じたマッチングが医師の間にもあれば  
よいと思うのですが。

小川 先ほどいわて災害医療ネットワークセンターでライ  
センスを発行したと言いましたが、岩手にサポートに来た  
いと言ったチームが約4,000あるのです、でもそれをコン

トロールしたのです、「今被災地に人られるとかえって混  
乱します、もう少し待って下さい」と。

吉田 誰がですか。

小川 いわて災害医療ネットワークセンターでコントロ  
ールしました。「もうちょっと待って」と言っているうちに  
収束してしまっただけです。結局、1,300チームぐらいが  
来たのですが、2/3位の方々は、来たいと言っていたのに  
来られなかったのです。

吉田 結果的にそれでよかったのですか。

小川 それでよかった。

吉田 小川先生のところはうまく機能しましたが、ほかの  
ところはそのようなコントロールがないので、がばつと  
行って、何をしたらいいのかよくわからないような形で  
帰ってきているようです。

小川 そうです。宮城県と福島県はそういう状況になっ  
て、混乱してしまっただけです。

田中 断るというのも、勇気がいりますよね。

吉田 しかし、有事にはそのぐらいのリーダーシップは必  
要ですよね、おそらく小川先生が仕切っているからでき  
ているのですよ、本当に強烈なリーダーシップが必要だっ  
たと思います、原発もそうですよね。

小川 断るなんて本当に申し訳ない話なのだけれど、断ら  
ないと現場が混乱してしまいます、もう一つは、条件を付け  
て自己完結できるチームでないと入れないようにしたのです。

田中 ライセンスというのはすごくよかったのではないかと  
思います、何でもかんでも入ってもらっても混乱するだ  
けですからね。

小川 来てくださるというお申し出はうれしいのですが、  
大変ありがたいと言いつつ、「すみませんがもう少しばらば  
らお待ちください」と言って……。そういえば、関東大震災  
のときには、首相不在だったのです、発災したときに首相  
がいなかったのです。

田中 海外か何かに行っていたのですか。

小川 たった2日で首相を首班指名しました、山本権兵衛  
という海軍大臣です、後藤新平が東京市長をやっていた時  
代ですから、後藤新平が自ら帝都復興院の長になると言っ  
て、内務大臣を兼務して、復興庁の帝都復興院の総裁を  
やって、それでたった6カ月で全部決めたのです。

吉田 それは素晴らしいですね、日本人は何となく植物的  
になってきてしまいましたね、待たなしのときに、誰が  
何を言うかというのは非常に大事ですよね、ですから、こ  
れを反省材料にして、次なる政権団体にしっかりとした仕  
組みをつくってもらわないと駄目ですね、関東にも大きな  
地震が来ると言われていますし。

田中 これからもう一つ来ると言っていますからね、今の  
うちにきちんと何が駄目何がよかったのかを知っておか  
ないと。

吉田 阪神・淡路大震災のときの教訓は、今回はあまり役  
に立たなかったで、いくつかのパターンを用意しておく  
必要がありますね。

田中 阪神・淡路大震災であれだけやったのですが、今回  
の津波では使えなかった。

吉田 やはり、ネットワークでしょうね、医療用のネット  
ワークをいかに考えるか、小川先生が先ほど言われたよう  
に、総務省なども衛星通信を使ったものを入れようとした  
のですが、光回線などが、利尻島や礼文島でも利用できる  
ようになりましたから、衛星通信の需要は低下しています。

田中 島と島の間は海底ケーブルを使っているのですか。

吉田 海底ケーブルでしょうね、そういうインフラが整っ  
てきていますが、今度はそれが切れたときにどうするか、  
高連道路の情報BOXには光ファイバーも太いのが走っ  
ているのですが、全く使われていないのです。

田中 使われていないのですか。

吉田 使われていません、私が遠隔医療をやりたい時に、

使わせてくれと頼んだのですが、省庁が違うと駄目なのです、  
田中 もったいないですよ。

吉田 すぐもったいないです、あれは国民の税金でつ  
くったものですよ、ですからそういう情報ネットワーク  
もしっかり活用する道を模索していかなばなりません。

田中 国土交通省だとか、電力会社などの回線を多重化し、  
緊急時に切り替えて使用することはできないのでしょうか、  
小川 やはり縦割りなのですよ、今回、災害時に思った  
ことは、ややこしい情報を全部持っている必要はないとい  
うことでした、非常にシンプルな情報でいいのです。

吉田 コアの情報でしょう、透折している人は何を使っ  
ているか、糖尿病の何の薬か、高血圧の何の薬なのか、やは  
り自分で管理するPHRですよ、あるいは薬だけでもいい  
のですか。

田中 薬だけでも残っていればね。

吉田 服薬情報だけでも、逸にいうと、そういうところが  
これからのビジネスチャンスだと思います。

小川 患者さんはお薬手帳を持っているけれど、それを自  
宅に取りに行った方はお亡くなりになってしまったのです。

吉田 あれはやはりサーバーに上げておいて、いつでもア  
クセスできるようにしておく。

小川 本来であれば、誰に何が処方されているか、社会保  
険の元にもデータはあったわけですね。

吉田 ああ、そうか、それを出せばよかったのです。

小川 せっかくレセプトデータもあるのだから、それは出  
せたのだけれども、レセプトデータというのは医療管理と  
は少し違うところがあって……。

田中 病名は怪しいかもしれませんが、薬の名前ぐらいは  
使えたかもしれないとは思いますが。

吉田 旭川医科大学の災害派遣チームでも避難所に行っ  
て、高血圧だと言うので「薬は何を飲んでいるのですか」  
と聞いても「何だったかな」ということになるのと手の打ち  
ようがない、しかし放置しておく、1年、2年、3年のう  
ちに脳梗塞や心筋梗塞の発症率が高くなりますよね、せ  
っかく国が生活習慣病を抑えるような試みをしてきたのに、  
逆行します。

田中 有事にあつてはいかに情報を確保し、それを有効に  
活かしていくかがポイントになるのではないかと思います、  
本日は大変貴重なお話をありがとうございました、  
一同 ありがとうございます。

# 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 194-8584, 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
- $R$  [ $\Omega$ ]: 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
- $q(t)$  [C]: electric charge generated by external strain or bend to the ceramics
- $q(t)$  [C]: resultant electric charge in the ceramics
- $x_{hl}(t)$ ,  $x_{hr}(t)$ ,  $x_{ll}(t)$ ,  $x_{lr}(t)$  [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
- $e_{hl}(t)$ ,  $e_{hr}(t)$ ,  $e_{ll}(t)$ ,  $e_{lr}(t)$  [V]: output voltage due to  $x_{hl}(t)$ ,  $x_{hr}(t)$ ,  $x_{ll}(t)$ ,  $x_{lr}(t)$ , respectively
- $P_{hl}(t)$  [Vs]: integrated value of the difference of  $e_{hl}(t) - e_{ll}(t)$
- $P_{lr}(t)$  [Vs]: integrated value of the difference of  $e_{lr}(t) - e_{hr}(t)$

### [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<sup>2</sup>]: magnitude of acceleration due to gravity
- $M$  [kg]: weight of the bed with a person on it
- $L$  [m]: length of the bed
- $L_r$  [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 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  $e_{hl}(t)$ ,  $e_{hr}(t)$ ,  $e_{ll}(t)$  or  $e_{lr}(t)$ . Furthermore, in order to detect changes in position and scratching motions, we integrated the difference between two

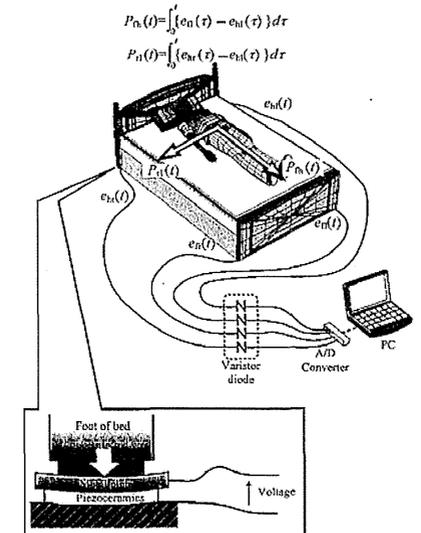


Fig. 1. Bed sensor method using piezoceramics

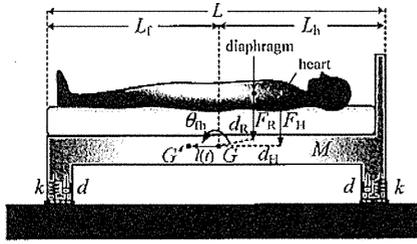
outputs  $e_{hl}(t)$ ,  $e_{hr}(t)$  from the left side and  $e_{ll}(t)$ ,  $e_{lr}(t)$  as follows:

$$\begin{aligned} P_{hl}(t) &= \int_0^t \{e_{hl}(\tau) - e_{ll}(\tau)\} d\tau \\ P_{lr}(t) &= \int_0^t \{e_{lr}(\tau) - e_{hr}(\tau)\} d\tau \end{aligned} \quad (1)$$

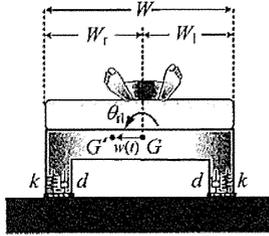
### B. Theoretical Model of the System

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  $l(t) \ll L$ ,  $L_r$ ,  $L_h$ , 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  $I_G$  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

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

$$D_n = d \{ (L_f - l)^2 + (L_h + l)^2 \} \cong d (L_f^2 + L_h^2)$$

$$K_n = k \{ (L_f - l)^2 + (L_h + l)^2 \} \cong k (L_f^2 + L_h^2)$$

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

$$I_n \frac{d^2 \theta_n(t)}{dt^2} + D_n \frac{d \theta_n(t)}{dt} + K_n \theta_n(t) = Mg l(t) + d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t) + L f(t) \quad (3)$$

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

$$x_f(t) = (L_f - l) \theta_n(t) \cong L_f \theta_n(t)$$

$$x_h(t) = -(L_h + l) \theta_n(t) \cong -L_h \theta_n(t) \quad (4)$$

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

$$\begin{aligned} q_i(t) &= Ax_i(t) = AL_f \theta_{f1}(t) \\ R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{C} q(t) &= \frac{1}{C} q_i(t) \\ e_i(t) &= R \frac{dq(t)}{dt} \\ f(t) &= -Ae_i(t) \end{aligned} \quad (5)$$

Figure 3 shows the equivalent block diagram representation.

The transfer functions are defined as follows:

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

Then, output  $e_f$  with respect to input forces  $Mgl + d_n F_{H1} + d_n F_{R1}$  is given:

$$e_f = G_1(s) \cdot G_2(s) \cdot G_3(s|L_f) (Mgl + d_n F_{H1} + d_n F_{R1}) \quad (7)$$

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

$$e_h = -G_1(s) \cdot G_2(s) \cdot G_3(s|L_h) (Mgl + d_n F_{H1} + d_n F_{R1}) \quad (8)$$

These outputs correspond to the outputs of  $e_{1h}(t)$ ,  $e_{1n}(t)$ ,  $e_{1f}(t)$ , and  $e_{1r}(t)$  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 $\Omega$ , which is usual, the cut-off frequency  $\frac{1}{2\pi CR}$  of  $G_2(s)$  is sufficiently lower than the frequency range of the fundamental and higher components of the heartbeat. Furthermore, we could also select a resonance frequency

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

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:

$$\begin{aligned} e_f(t) &= AR \frac{L_f}{k(L_f^2 + L_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg l(t) + d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t) \} \\ e_h(t) &= -AR \frac{L_h}{k(L_f^2 + L_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg l(t) + d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t) \} \end{aligned} \quad (10)$$

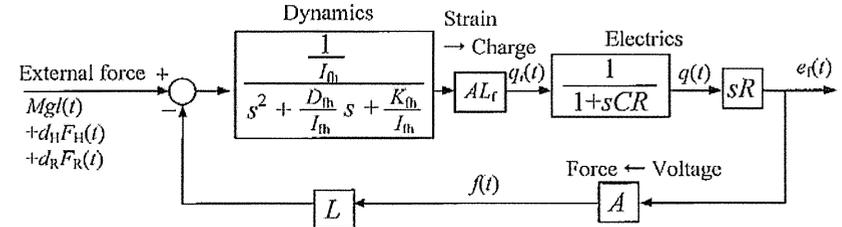


Fig. 3. Block diagram of piezoceramic sensor device with resistive load

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

$$\begin{aligned} e_f(t) &= AR \frac{W_f}{k(W_f^2 + W_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg w(t) + d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t) \} \\ e_h(t) &= -AR \frac{W_h}{k(W_f^2 + W_h^2)} \frac{d}{dt} \{ Mg w(t) + d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t) \} \end{aligned} \quad (11)$$

Thus, Eq. (12) can be derived:

$$\begin{aligned} P_h(t) &= \int_0^t [e_n(\tau) - e_{1n}(\tau)] d\tau = AR \frac{L}{k(L_f^2 + L_h^2)} \{ Mg l(t) + d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t) \} \\ P_f(t) &= \int_0^t [e_n(\tau) - e_{1n}(\tau)] d\tau = AR \frac{W}{k(W_f^2 + W_h^2)} \{ Mg w(t) + d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t) \} \end{aligned} \quad (12)$$

When body movements occur, because

$Mgl(t) \gg d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t)$  and

$Mg w(t) \gg d_n F_{H1}(t) + d_n F_{R1}(t)$ , Eq. (12) can simply be rewritten as:

$$\begin{aligned} P_h(t) &= \frac{ARLMg}{k(L_f^2 + L_h^2)} l(t) \\ P_f(t) &= \frac{ARWMg}{k(W_f^2 + W_h^2)} w(t) \end{aligned} \quad (13)$$

where each is linearly proportional to the shift in the CG from 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

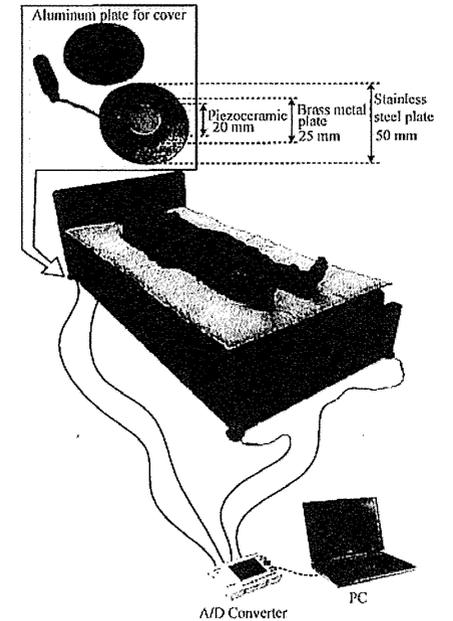
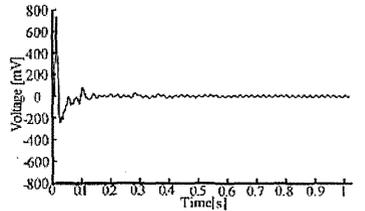


Fig. 4. Measurement system

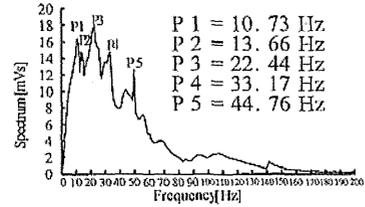
disk above. Force factor  $A$  of the device was  $1 \times 10^{-3}$  C/m and capacitance was 0.01  $\mu$ F. Four devices were set between the floor and the four bottom corners of the bed, as shown in Figure 4. The bed is a coil cushion bed weighing 60 kg and measuring 1.0 $\times$ 2.1 m. The data from the four devices was measured and A/D-converted at a sampling time of 1 ms and scale range of  $\pm 1$  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  $e_{1n}(t)$ .



(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  $e_{hr}(t)$ ,  $e_{hl}(t)$  and  $e_{rl}(t)$ ,  $e_{rl}(t)$  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  $e_{rl}(t)$ . 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  $e_{rl}(t)$  and thus we can measure the heartbeat from any of the four devices.

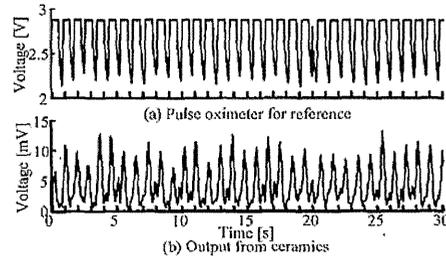


Fig. 6. Heartbeat signal

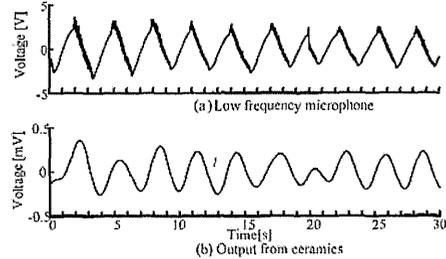


Fig. 7. Respiration signal

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  $e_{rh}(t)$  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  $P_{rh}(t)$  in the upper part and that in  $P_{rl}(t)$  in the lower part. Since the head-feet motion was slight,  $P_{rh}(t)$  changes only a little, whereas  $P_{rl}(t)$  changes following the body movement. When the person starts turning over to the right,  $P_{rl}(t)$  starts increasing from zero to positive value; when the person maintains the same position,  $P_{rl}(t)$  remains a constant positive value; when the person turns back to the center,  $P_{rl}(t)$  decreases to zero; and when he starts turning over to the left,  $P_{rl}(t)$  decreases to a negative value; when he stays in the same

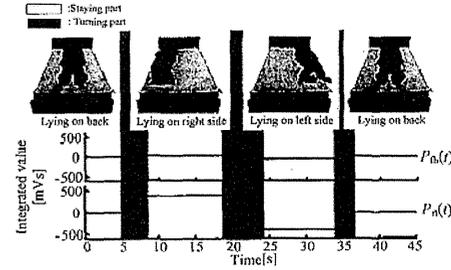


Fig. 8. Turning movement

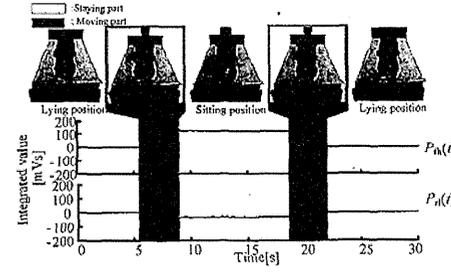


Fig. 9. Sitting up and lying down motion without using hands

position,  $P_{rh}(t)$  remains a constant negative value; and finally, when he turns back to the center,  $P_{rh}(t)$  also increases to zero. The change in  $P_{rl}(t)$  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  $P_{rh}(t)$  and  $P_{rl}(t)$  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,  $P_{rl}(t)$  changed only a little. In contrast, when the person starts to sit up,  $P_{rh}(t)$  starts increasing to a positive; when he stays in the same position,  $P_{rh}(t)$  remains a constant positive value; when he lies down again,  $P_{rh}(t)$  decreases to zero. The change in  $P_{rh}(t)$  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.  $P_{rh}(t)$  shows similar changes to those in Figure 9, whereas  $P_{rl}(t)$  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,  $P_{rh}(t)$  showed similar changes to those in Figure 10, but  $P_{rl}(t)$  shows a positive value when the right hand pushes against the bed.

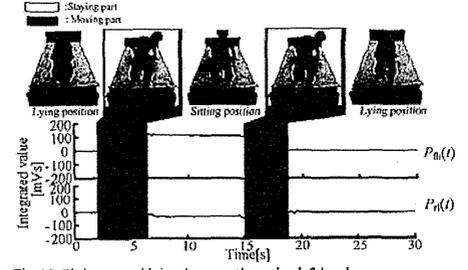


Fig. 10. Sitting up and lying down motion using left hand

**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,  $P_{rh}(t)$  and  $P_{rl}(t)$ , respectively.

When the person started the scratching motion, the average value of  $P_{rh}(t)$  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  $P_{rh}(t)$  and  $P_{rl}(t)$  is the same as that of the angular velocity of the finger motion and they are synchronized. The finger motion and  $P_{rh}(t)$  and  $P_{rl}(t)$  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.

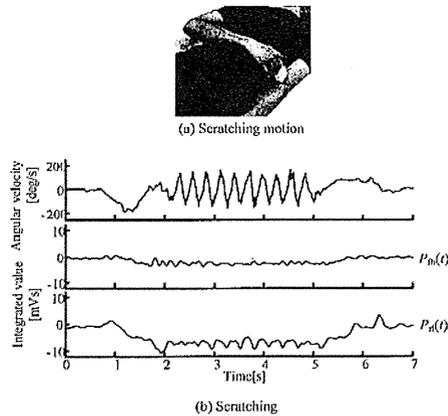


Fig. 11. Scratching the belly on the left side using the fingers of the right hand, and angular velocity of finger motion and change in motion,  $P_n(t)$  and  $P_r(t)$ .

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  $P_r(t)$ . 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. Svendsen, et al., "A Comparison of Actigraphy and Polysomnography in Older Adults Treated for Chronic Primary Insomnia," *SLEEP*, vol. 29, no. 10, pp.1333-1336, 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. Vaahontamanta, "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. Hu, 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. Patrie, 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 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, U.S. 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.

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



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 refereed 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

2025年はこうなる!

# 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。

## 地域医療連携 世代展開

始まりとしての遠隔医療  
 離島・僻地への線としての先進医療支援  
 1990年代 厚生労働科学研究から学術化  
 第1世代 2001年～ 地域医療情報連携  
 通産省「ネットワーク化推進事業」(2001)  
 26地域 K-MIX(香川)、医療ネットワーク島根、東金ネット  
 第2世代 2004年～ 地域連携医療  
 2004年 地域医療の崩壊開始 地域医療連携へ  
 新臨床研修制度開始 あじさいネットワーク開始  
 2006年 「医療制度改革関連法」(地域医療連携の提示)  
 2007/8年 総務省地域ICT活用事業、三省合同事業  
 2009年 I-Japan (日本版EHRと地域連携)  
 2010年 地域医療再生基金  
 第3世代 医療・介護の地域包括ケア 2012～

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

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Medicalka」や長崎県の「あじさいネットワーク」などです(第二世代)。

### 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所を囲い込む現象がよく見られました。病院と診療所との情報共有が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。

### 日常生活圏内で 多職種協同の連携

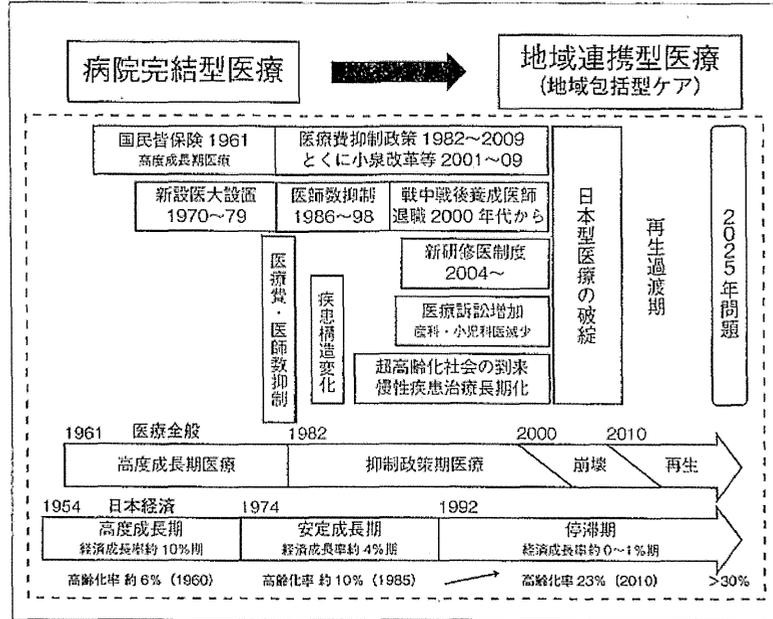
さて、2025年に向かうこれからは、第三世代となる新たな連携を進めていかなければなりません。キーワードは「予防」と「地域包括ケア」。医療費削減には、ワクチンなどによる一次予防より、すでに疾病を抱えている患者の重症化予防のほうが数段、効率がよいことがわかっています。糖尿病患者を透析する状態にまで進めない、一度脳卒中をおこした患者に再発させない、といったことこそ、医療費削減のためにも、超高齢社会全体の質を高めるためにも、求められるようになるでしょう。そのために地域包括ケアを前提とした連携が必要になります。

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。

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非盤となる「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きつつあるのです。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。

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ぐれて医療費抑制政策に転じ、小泉政権時に医療崩壊が社会問題化した。

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、お互いに無関係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%(60歳参照)。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ICTはより深く医療と関わるようになるでしょう。

医療ICT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ICT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。



**田中 博氏**  
 Hiroshi Tanaka  
 東京大学工学部。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・リンシェーピング大学客員研究員、浜松医科大学助教授、米国家マサチューセッツ工科大学客員研究員などを経て現職。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、地域医療情報連携推進協議会会長。医学博士・工学博士。

# 病院完結型から地域包括ケアを 前提とした新しい医療ICT連携へ

東京医科大学大学院 疾患生命科学研究部 システム情報生物学教授 田中博氏

# 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」

週って考えれば、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基調にした。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から2009年の間に小泉政権とその後継によって、激的な医療費抑制政策が開始される。年間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。

これに追い打ちをかけたのは、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「持続可能な(Sustainableな)医療・

## 田中 博

東京医科歯科大学大学院 難治疾患研究所教授  
東京大学卒業後、米国マサチューセッツ工科大学客員研究員を経て現任。木村栄一賞、情報通信賞受賞ほか受賞。現在、地域医療福祉情報連携協議会会長、東北大学東北メディカル・メガバンク機構客員教授。

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きて、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、再発防止を目標に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)

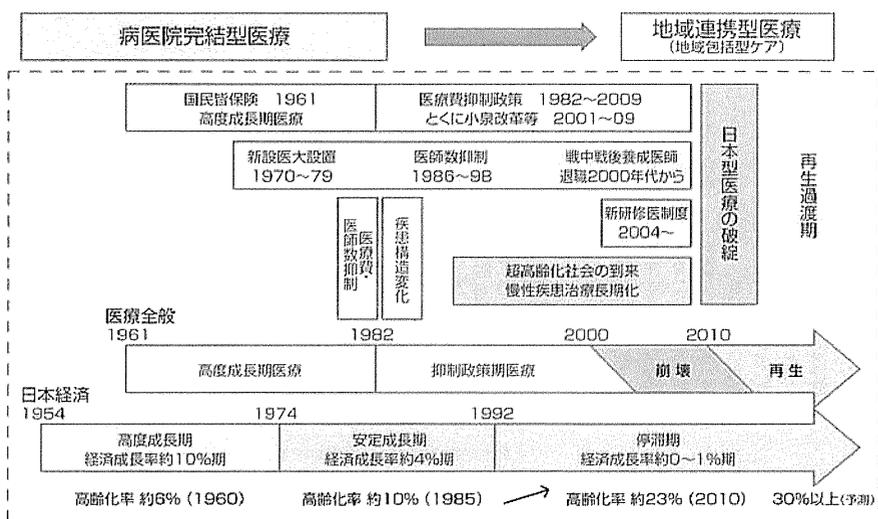


表1 我が国の医療の世代的展開

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

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

●国民皆保険と高度成長期の医療政策  
戦後の我が国の経済的な状況は、前述

①長年にわたる医師養成抑制政策・82年から始

成長率0%の超高齢化社会において、国民の医療・福祉需要に対応できる「持続可能型」の「Sustainable」医療・ケア体制を構築するためには、どのような医療ケア体制を構築すべきであるか。その答えが「連携型医療・包括型ケア」体制であり、それを実現するに不可欠なのが「基盤」としてのICTである。このことの実現以外に、我が国の新たな医療の再生はない。我が国の医療とその歴史を「大局的に」把握して、前記の基本認識を真に理解することが、地域医療連携への取り組みの出発点である。以下、我が国の医療体制と医療政策の変遷を概観しよう。

この成長期の医療体制は、医療を求めて来た患者に対して、健康体にして日常生活に復帰させるという責任を、個々の病院が他の医療機関とは関連なく果たすという、日本型医療体制、すなわち「急性期中心の「病院完結型医療」の無関連な集まり」より成っていた。つい最近までの我が国の医療の基本であったこの日本型医療体制は、計画的な国民医療政策ではなかったが、当時の成長期政策であり、全体として国民の医療需要に対応することができた。

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

◆Summary

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

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

このように急速に関心が高まり、そして波及しつつある地域医療連携・地域包括ケアシステムであるが、「規範」となるシステム構成や運用方式<sup>2)</sup>については、まだまだ多くの点で議論がある。

将来、到来が予測されている事態は深刻である。現在地方で進行している高齢化は、今後都市部でその数倍の勢いで襲うといわれている(2025年問題)。人口は減少も著しい。もはやかつての成長期は二度と到来しない。

総論・進むべき連携の視座を説く

地域医療連携システムの進展と日本版PHRの動向

田中 博

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



我が国の医療体制の推移に対する「大局的認識」の不可欠性

あまり適切な表現ではないが、「地域医療連携」は一種のブームである。しかし、これを一過的な盛り上がりとして捉えるならば、我が国の医療の置かれた状態を正しく認識していないことになるであろう。戦後の我が国の医療および医療政策の帰結として顕現化した「日本型医療体制」急性期中心の病院完結型医療の無関連な集まり「の破綻」という事態を明確に認識し、それを克服する医療再生体制の基盤として、「連携型医療・包括型ケア」への体制変革の必然性を明確に認識する必要がある。

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

年間2200億円の社会保障費削減を「骨太の方針」として掲げ、4度にわたって連続的に診療報酬を削減し、さらに、06年には急性期入院科に関する「医療区分」の導入によって長期入院患者の大多数を占める脳卒中患者の入院費用が赤字になった。

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

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

表2 医療再生の3基軸とそれを実現するICT基盤

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

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

●生涯継続的な健康医療電子記録(EHR/PHR)

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

●このためには、生涯継続的な健康医療記録であるEHRや個人健康医療記録PHRという国民各人の生涯にわたる健康医療記録、すなわち「一時的disparityを結びつける」情

報基盤が不可欠である。

●地域を統合する地域医療情報ネットワーク

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

●日常生活圏ユビキタス健康医療情報環境

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

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

●連携型医療・包括型ケア」を可能とする基盤としての医療ICT

以上のように、3基軸を持った新しい医療・ケア体制を実現するためには、医療ICT基盤が必要である。先に述べた3つの情報環境の実現を通じたICTによる「公的な情報インフラ」の基盤の上には、1「連携型医療・包括型ケア」は可能ではない(表2)。

病院完結型医療 → 地域連携型医療 (地域包括型ケア)

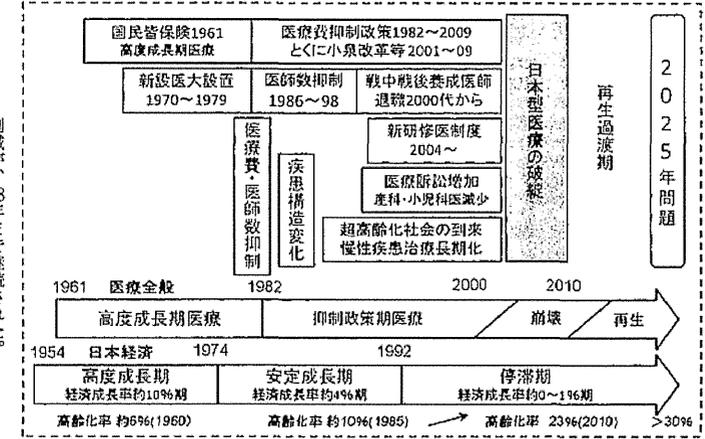


図1 我が国の医療の変遷(経済成長、医療政策、医療状況の関連性)

削減が、98年まで継続された。

②戦時・戦後養成医師の高齢化による世代的退離・職時中あるいは終職直後に養成された医師世代が00年頃から80歳代になり医療からまともに離れた。

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

ケアは医療だけの問題に収まらない。日々の介護・生活支援などの活動が関係してくる。かつて我が国は、老人福祉施設が少なかつたため、医療にしろ寄せし、「社会入院」として病院が抱えたり老人を受け入れてきた。その影響が今も慢性型病床群に残っているが、12年の医療・介護報酬の同時改定では、2025年問題を取り上げて在宅医療の充実が目指された。

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

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

な減少を招き、地方医科大学の地域への医師供給の力を喪失させた。

●慢性疾患の増大と超高齢化社会疾病構造へ

日本型医療体制が破綻した他の大きな理由は、この間に我が国の高齢化が急速に進み、それに伴い医療やケアが長期化する慢性疾患が増加したことである。慢性疾患、特に糖尿病の疾病管理の失敗による透析患者の増大は、政府が1兆5000億円を負担する全人工透析患者の半数近くに及ぶ。また脳卒中も急性期を過ぎると再発予防の長い維持期ケアが続く。急性期病院は、回復期病院、維持期医療と連携しなければ、これらの慢性疾患患者のケアが完結しなくなった。

●2025年問題と今後の我が国の将来予測

さらに、もっと深刻な未来が待っている。25年ころには団塊の世代が75歳以上になり、1.7〜1.2人が高齢者1人を支える社会経済構造となる。また現在の地方の高齢化はむしろ一応取束し、今後都市部の高齢化が著しく増え、増加した要介護者への対応が問題化する。25年からさらに30年過ぎると、高齢者数が今度は減少に転じるため、老人保健施設の増設の政策も立てにくい。このように、連携型医療だけでなく、「在宅医療・ケアを中心とした地域包括ケア体制」構築の重要性もますます増大しつつある(図1)。

我が国の医療の再生の軸「連携型医療・包括型ケア」体制へ

(1)我が国の医療・ケア再生の3つに基本概念

地域医療の崩壊を招いた我が国の医療を立

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

●生涯にわたる継続的なケア

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

地域を統合する地域医療情報ネットワーク

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

●日常生活圏ユビキタス健康医療情報環境

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

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

●連携型医療・包括型ケア」を可能とする基盤としての医療ICT

以上のように、3基軸を持った新しい医療・ケア体制を実現するためには、医療ICT基盤が必要である。先に述べた3つの情報環境の実現を通じたICTによる「公的な情報インフラ」の基盤の上には、1「連携型医療・包括型ケア」は可能ではない(表2)。

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

(1)前史としての遠隔医療期(90年代)

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

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

(2)第1世代・地域医療情報連携の創成期(90年後半から)

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

この事業は明確に、「電子カルテを中心と

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

(1)前史としての遠隔医療期(90年代)

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

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

(2)第1世代・地域医療情報連携の創成期(90年後半から)

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

この事業は明確に、「電子カルテを中心と

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

●生涯にわたる継続的なケア

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

地域を統合する地域医療情報ネットワーク

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

●日常生活圏ユビキタス健康医療情報環境

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

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

●連携型医療・包括型ケア」を可能とする基盤としての医療ICT

以上のように、3基軸を持った新しい医療・ケア体制を実現するためには、医療ICT基盤が必要である。先に述べた3つの情報環境の実現を通じたICTによる「公的な情報インフラ」の基盤の上には、1「連携型医療・包括型ケア」は可能ではない(表2)。

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

(1)前史としての遠隔医療期(90年代)

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

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

(2)第1世代・地域医療情報連携の創成期(90年後半から)

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

この事業は明確に、「電子カルテを中心と

表3 地域医療情報連携の世代論的發展

1. 前史としての遠隔医療期 (90年代)	地域医療情報連携の創成期 (90年後半から～)
2. 第1世代	地域医療情報連携に抗する地域医療情報連携 (04年頃から～)
3. 第2世代	地域医療情報連携に抗する地域医療情報連携 (04年頃から～)
4. 第3世代	地域統合ケアへ (11年頃から～)

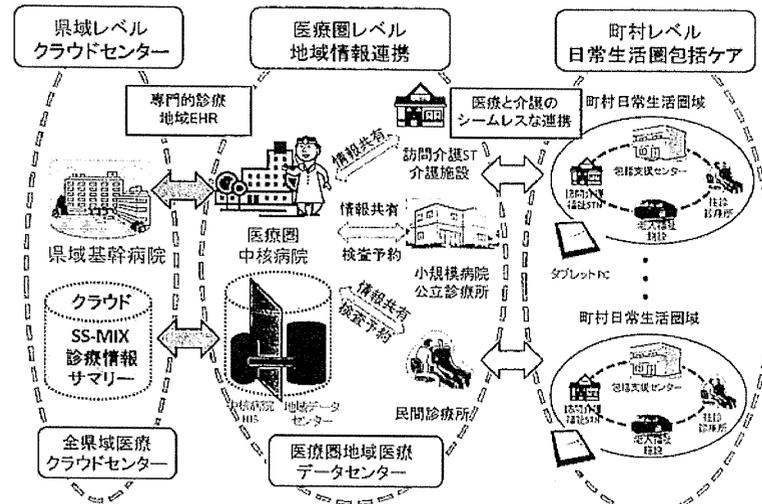


図2 圏域階層的な3層地域統合ケアシステム

●地域医療情報連携システムの標準構成について

我が国で現在稼働している地域医療情報連携には、歴史の節で述べたように分散型や集中型があり、どちらも長所と弱点を持つ。国

した地域医療情報化」という概念を打ち出したところに意義がある。事業終了後も今日まで継続している地域医療情報連携には、香川遠隔医療ネットワーク、わかしお医療ネットワーク、医療ネットワーク島根、医療連携システムNet@、亀田医療情報ネットワーク、ひこメド電子カルテなどがある。いずれも創始者のな地域医療情報連携システムであり、現在において主導的な役割を果たしている。これらの第1世代システムは、紹介情報や診療情報を中心とした方式が多い。

(3)第2世代：地域医療崩壊に抗する地域医療情報連携(04年頃から)

新臨床研修制度が開始した04年頃から医師不足、地域医療の崩壊が顕在化した。それとともに、06年厚生労働省は医療制度改革関連法で、地域医療連携の必要性を明示された。このような地域医療崩壊の進行という流れを受けて、第1世代の集中型システムとは異なり、分散型の地域医療情報システムを中心とする第2世代の地域医療情報連携が各地で立ち上がった。

この世代の地域医療情報システムの多くは、各病院が連携医療施設に向けて診療情報を公開するゲートウェイを立て、連携先はこれを参照するという分散型診療情報参照システムである。両館の道南Medicaや長崎のあじさいネットワークはその代表で、これらは構築に関わったITベンダーがそのシステムを製品化し市場化したため、地域医療情報連携に関心のある地域に一挙に拡がり、今日の地域医療情報連携の隆盛につながった。

行政も、IT推進本部の06年の「IT新戦略」ではまだ遠隔医療と混在していたが、明確に「Japan 戦略2015」では日本版EHRと並んで地域医療情報連携の推進が戦略として掲げられている。経産省も「地域医療情報連携システムの標準化および実証事業」を06年から開始し、東海地区(福井県)や遠野市(岩手県)の地域医療連携を推進した。また総務省も07年から続く一連の地域ICT活用事業で、多くの地域で地域医療連携の構築を推進した。厚生労働省も医師不足や地域医療の危機的状況を認識し、地域医療再生基金を設け、我が国の医療の再生を推進した。

各地で地域医療福祉情報ネットワーク協議会が組織され、それらの意見交換の場として、著者らも「地域医療福祉情報連携協議会(RHW)」を11年1月に立ち上げた。

(4)第3世代：地域統合ケアへ(11年頃から)

地域医療情報連携への関心は全国的にも拡がり、その波及は留まることを知らない。医療圏より小さな、小学校区程度の日常生活圏において、要介護者や患者を中心に、往診医、訪問看護/介護センター職員、デイケアセンター、ケアマネジャー、町村生活支援係などが連携して行う地域(日常生活圏)包括ケアが次の大きな課題となってきた。これは我が国の直近に到来する高齢者激増期(2025年問題)に対処するためである。

第3世代の目標は、成長率0%の持続可能な医療体制の確立を目指し、地域医療連携と地域包括ケアを統合した地域統合ケア体制への実現である。愛知県豊明市や広島県尾道地

域などでこの試みが進行している(表3)。地域医療連携システムのいくつかの課題

以上述べたように進展の著しい地域医療情報連携システムであるが、まだ議論の多い課題もいくつか存在する。その中のいくつかを取り上げてみよう。

(1)地域医療情報連携システムの標準あるいは一般合意形について

地域医療情報連携間の医療圏をまたぐ全国的な統合について

個々の地域で地域特異的に連携システムを構築すると、地域医療圏を越えての情報が共有が困難になる。その意味で、地域医療情報連携システムは全国的な標準形式に基づくか、標準形式へ交換可能なシステムとして構築する必要があります。

この診療情報交換推進事業の形式は出力し交換することは可能であるが、各地域医療連携を統合する場合、VPNによって張られた個々の地域医療圏内の閉域網は別々であり、両者がまたがってさらに詳しい情報を共有することはできない。内閣官房のタスクフォースでも議論されているが、今後全国的な医療情報に向けては、nation-wideな情報構築方式について議論する必要がある。

例えば、インターネットV6アドレスシグネチャを使用し、医療施設はIPアドレスに統一することによってセキュアな全国ネットワークが全国的に確保される。

実際にはIHEが提唱するXDS(Composite document sharing)に準拠し、患者識別などもPIX/PDQに従った分散型が基準であるが、災害強靭性を考慮すると、XDSにクラウド型の集中的診療情報管理機能の追加が必要になる。これからも引き続き、国際的にも受け入れられ、我が国の状況に適合する地域医療連携システムの構成についての議論を進める必要がある。

患者IDについても、現在幾つかの地域で全国共通の発番方式による共通ID化を進める動きがある。現実的には、各県内で地域医療情報連携協議会が設立されており、全国的な統一IDが制定されるまで、県域共通IDから着手する現実性は高い。

●地域医療における疾患別連携情報の標準化について

県卒中や5大がんなど、地域連携クリティカルパスの運営によって診療報酬がつく疾患も多くあった。現在、紙媒体での運用もまだ多いこのクリティカルパスであるが、電子化も次第に進みつつある。ただ、各地域によって疾患別の連携項目が個々に異なっている。著者らは厚生労働科学研究(2010、12)を主宰して糖尿病(地域連携版)、ミニマムデータセットおよび脳卒中の標準レベルから詳細レベルにわたる3種の連携項目セットについて提案を行っている。

●日常生活圏包括ケアの標準化について

医療圏レベルの地域医療情報連携に規程的なシステムへの一般に合意が形成されつつあるが、最近注目を集める日常生活圏包括ケ

アシシステムにおいては、タブレット型PCなどのICT技術の発展とともに、各地で独自の方式で進んでいる。日常生活圏包括ケアで、往診医、訪問看護/介護、地域包括支援センター、デイケアサービスなどの中で要介護者の生活自立度の情報(ADL, IADL)をはじめ、共有すべき情報は何かについての議論がまず必要である。その上で、地域包括ケアシステムの標準構成など広く合意を得る必要がある。

●地域医療連携、日常生活圏包括ケア、全県域クラウドの3層構造による地域統合ケアシステム

標準化議論に関連して、著者らの「3階層地域統合ケア」を紹介しよう。これは、圏域の大きさの階層に合わせてそれに適合した3層の医療ICT基盤を導入することを目的として構築された地域統合ケアシステムで、総務省11年度補正予算による石巻・気仙沼地区地域統合ケアシステム(MMWINみやぎ医療福祉情報ネットワークの第1段階)の枠組みとして採用されている(図2)。

(2)地域医療連携の境界的領域の問題について

●県や医療圏の地理的境界に存在する地域の情報連携について

実際の受診行動と自治体の境界は一致しない場合が多い。県境や医療圏の地理的境界にある地域は、2つの地域医療連携の境界にあつて効果的な地域医療連携を行えない場合が多い。著者らは、今年度からの厚生労働科研でこの課題に取り組み予定である。

これに関連するが、自治体病院においては市や県の条例によって、患者情報を院外に出

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

●異職種間の診療情報共有の取り決めについて―患者の同意書の詳細化

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

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

(3)地域医療情報連携システムの診療報酬化へ向けて

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

したり、参加医療施設が会費を出し合ったりして運営されている。

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

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

### 実現する時代が到来―地域統合ケアとPHR

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

型医療と包括型ケア体制の構築の必要性・重大さも改めて理解されよう。

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

文献

- 1 田中 博 特別寄稿「後継医療の各目的な連携に向けて」『月刊新医療』2011年2月号、62-68
- 2 田中 博「日本版EH R の実現に向けて」『情報管理』54巻 531-532頁
- 3 田中 博・東日本大震災と医療「T」、『高久史書監修、田中博編著「災害医療とT」』18・29 ライフメディア公社 2012

※ ※

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

# 災害時と震災後の医療IT体制 そのグランドデザイン

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

田中博<sup>1</sup>

TANAKA Hiroshi<sup>1</sup>

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

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

## 著者抄録

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

## キーワード

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

## 1. はじめに

### 1.1 震災復興後の医療IT体制のグランドデザインの着手へ

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

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

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

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

## 2. 被災時の状況と災害時の教訓

### 2.1 東日本大震災の被災状況

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

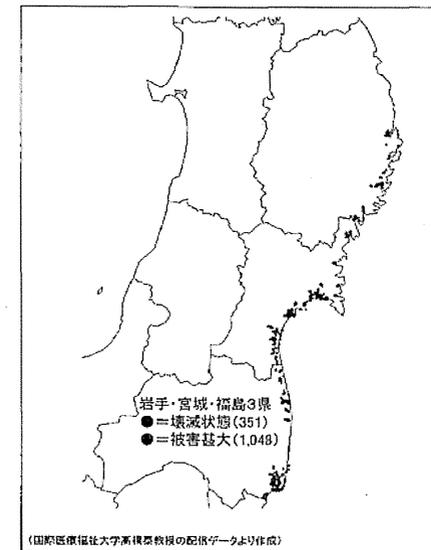


図1 壊滅あるいは被害甚大を被った医療施設

になる。

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

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



特にこの2つの中核病院・医療圏を軸に記載したい。

## 2.2 宮城県の石巻・気仙沼医療圏での災害医療の実際と教訓<sup>(注1),(注5)</sup>

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

トリアージとは、医療資源の制約が激しい災害医療において、最善の救命効果を得るために、多数の傷病者を重症度と緊急性によって分別し、治療の優先度を決定する方式で、フランス語の「Triage (選別)」からきている。治療優先度に応じて、赤、黄、緑、黒の4色のタグを傷病者の右手首につける。赤は、気道閉塞や出血多量など生命に関わる重篤な状態で一刻も早い処置をすべき最優先治療群である。黄は、赤に比べると緊急度は低いが、早期に処置をすべき待機治療群であり、緑は、即時の処置や救急搬送の必要のない軽傷の保留群である。黒は、死亡、または生命徴候がなく救命の見込みがないため医療資材の乏しい災害医療では結果的に死亡も止むを得ないとする不処置群である。ポスト(エリア)とは、病院内に搬送された患者をトリアージ別に処置する場所の区分である。

## 2.2.2 病院の情報インフラの壊滅とMCA無線・衛星携帯とSNSの有用性

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

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

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

## 2.2.3 災害トリアージの今回の特徴、DMATをはじめ救援部隊の活躍

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

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

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

もたらした「機動力」は素晴らしいものであった。

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

## 2.2.4 高齢者慢性患者中心のケアへ——地域EHR/PHRの不可欠性

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

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

## 2.2.5 災害時の電子カルテ——その光と影

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

(1) 災害後に現場で開発した石巻赤十字病院の災害用電子カルテ

石巻赤十字病院では災害当初の多数の被災患者に

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

(2) バックアップ体制により復元できた石巻市立病院の電子カルテ

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

(3) 震災時に有効だった岩手県周産期電子カルテネットワーク

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

(4) 津波で消失した沿岸部の診療所の電子カルテ

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



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

#### 3.1 「東日本大震災復興構想会議」の提言にみる復興後の医療IT体制

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

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

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

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

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

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

#### 3.2 第1要件「災害に強靭な地域医療情報連携」——診療情報の喪失に対する強靭性

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

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

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

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

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

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

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

##### (1) リモートダンプファイルによる2重化

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

##### (2) リモートSS-MIXストレージによる2重化

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

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

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

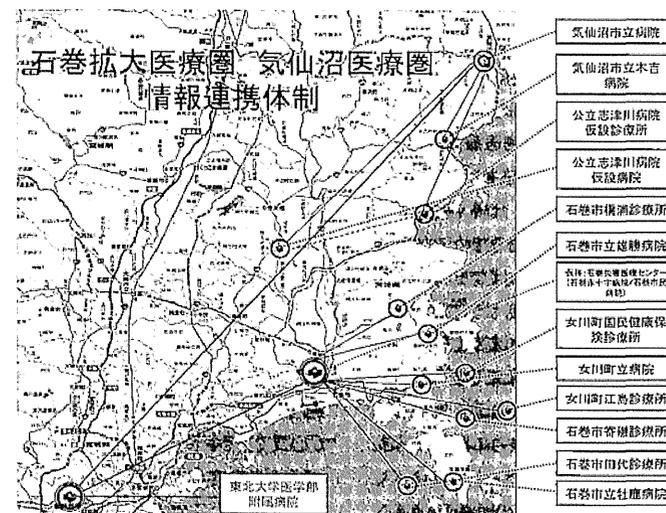


図2 石巻医療圏と気仙沼医療圏の医療圏内連携と全県域基幹病院(東北大学病院)との連携



3.3 第2要件「災害に強靭な地域包括ケア」――

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

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

以上の2つの属性、すなわち「住民の医療情報の喪

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

4. 階層的な地域医療IT体制

4.1 ケアの圏域のニーズに応じた「圏域階層的な医療IT体制」

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

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

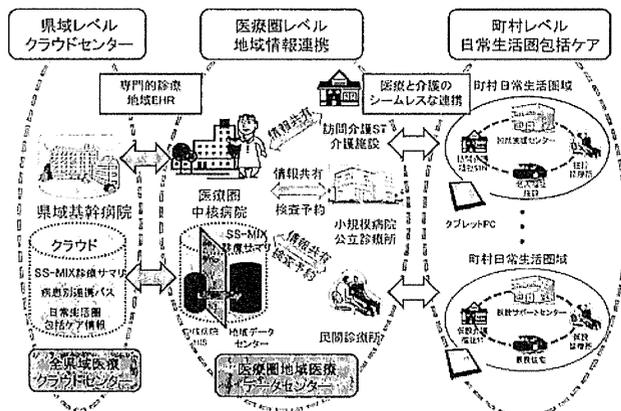


図3 階層的な地域医療情報連携の構造

4.2 町村圏域レベルでのIT課題：日常生活圏包括ケア支援情報基盤

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

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

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

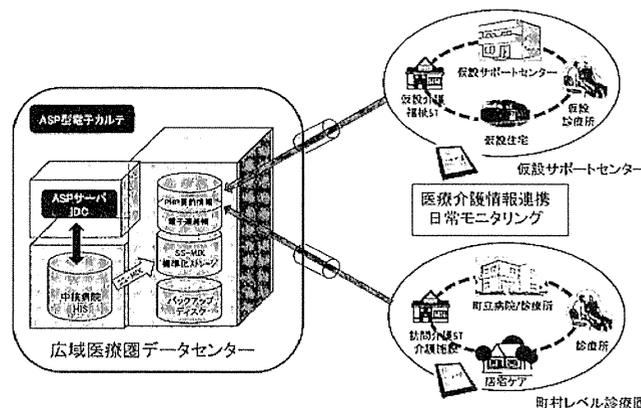


図4 中核病院あるいはクラウドセンターと日常生活圏包括ケア

4.3 (拡大) 医療圏レベル：災害に強靭な地域医療のための情報連携基盤

4.3.1 拡大医療圏での地域連携

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

4.3.2 沿岸部の診療所のASP/SaaS型電子カルテの導入

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