

ITによる連携クリニカルパスの適用可能性に関する研究

分担研究者 原 量宏

香川大学医学部附属病院 医療情報部

研究要旨

今回開発したクリティカルパスを周産期電子カルテに実装することにより、妊娠中に発症してくる合併症を厳密な診断基準に従って、自動的に診断することが可能になった。各医療機関はそれらの症例の治療方針等に関して、総合周産期母子医療センター等との間で事前に情報交換を行うことも可能となる。

また最近注目されている院内助産所や助産師外来を安全、安心に運営するためにも、本システムは不可欠である。

A. 研究目的

少子高齢化社会をむかえ我が国の医療を取り巻く環境は急激に変化している。特に周産期医療への影響は大きく、産婦人科医、小児科医の減少により、このままでは全国各地の周産期医療の崩壊が危惧される状態にある。厚生労働省は「周産期医療のシステム化」プロジェクトを全国的規模で進めており、その体制が徐々に整いつつあるが、未だ十分にその機能が発揮されているとは言えない。最近の報道でも明らかな様に、この3年間において周産期医療の崩壊は予想よりはるかに急速で、しかも過疎化の進む地方だけの問題にとどまらず、東京や関西の大都市圏においても進行しており、その結果本プロジェクトに対する関心は、産婦人科医のみならず行政からも全国的に高まっている。最近10年間の医師数の推移をみても、医師数総数をみると約20%増加（小児科医は10%増加）しているにもかかわらず、産婦人科医のみが急激に減少（15%）していることがわかる（図1）。

産科・婦人科、小児科医師数の推移

—平成6年を100とした場合の増減—

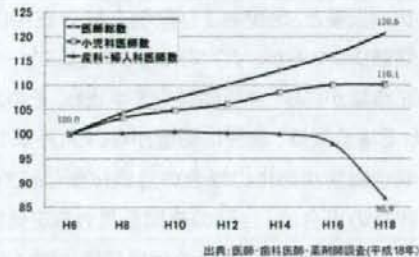


図1. 最近10年間の医師数の推移

このような危機的状況において、周産期医療の崩壊を防ぐには、全国に総合周産期母子医療センター、ならびに地域周産期母子医療センターを配置するだけでなく、周産期センターと地域の医療機関が一体となって連携できる体制の確立、そして妊娠管理は診療所で分娩は病院で行う、病院と診療所の分業体制（オープン・セミオープンシステム）の確立が不可欠である。また、厚生労働省はオープン・セミオープンシステムのみならず、助産師の活用の立場から助

産師外来や院内助産院などのモデル事業を積極的に進めている。その場合、電子カルテネットワークを用いて、地域医療機関相互にシームレスに、しかも妊娠中に発症してくる各種合併症が正確に診断され、かつタイムラグなしに診療情報の交換ができるシステムを実現する必要がある。その意味で、周産期電子カルテのさらなる機能強化をめざして、ハイリスク妊娠を自動的に診断抽出できるクリティカルパスを開発し、電子カルテに実装することができたことは大変意義あることと考えている。

B. 研究方法

妊娠管理においては、妊娠高血圧症候群、妊娠糖尿病など、周産期に特有の疾患を正確に診断し適切な治療を早期に開始する必要がある。これまで日本産科婦人科学会、日本産婦人科医会、ならびに厚生労働省研究班を中心として、妊娠に合併する各種疾患についての標準的な診断基準や治療法のガイドラインの作成がなされてきたが、文章としての表現にとどまっておき、実際の電子カルテに実装されるまでには至っていなかった。今回の経済産業省プロジェクトでは、愛育病院の中林正雄院長を中心に、新たに周産期医療事業「クリティカルパス検討委員会」を組織し、妊娠に合併する代表的な疾患、妊娠高血圧症候群（PIH）、前期破水（PROM）、切迫早産、妊娠糖尿病（GDM）、胎児発育不全（FGR、IUGR）、前置胎盤、双胎、羊水過多・過少の8種類に関して、標準的な診断基準を定義した（表1）。

診断基準の作成にあたっては、各疾患ごとに全国からの専門家に依頼し、電子カルテに入力された数値情報に基づき、客観的

かつ厳密に診断できるアルゴリズムを作成した。その診断基準に従って自動診断機能を持つソフトウェアを開発し、周産期電子

対象疾患	担当医
妊娠糖尿病(GDM)	平松 祐明 (南山大学) 佐川 典正 (三井大学)
切迫早産	斎藤 遼 (南山大学)
前期破水(PROM)	松田 義雄 (東京女子医科大学)
前置胎盤	岡井 崇 (昭和大学)
羊水過多・過少	馬場 一重 (埼玉医科大学)
胎児発育不全(IUGR)	金山 尚祐 (浜松医科大学)
妊娠高血圧症候群(PIH)	中林 正雄 (愛育病院)
双胎	水上 尚典 (北海道大学)

表1. 対象疾患とクリティカルパス検討委員会メンバー

カルテに実装した。本機能により電子カルテに各種診療情報を入力するだけで、ハイリスク妊娠は自動的に診断される。各医療機関は、それらの症例の治療方針等に関して、総合周産期母子医療センター等との間で事前に情報交換を行うことも可能となる。もちろん、地域全体におけるハイリスク妊婦の管理、さらには出産後の母児の長期予後の調査なども利用することができるわけで、臨床的意義は大変高い。



図2. 「ハイリスク妊婦」情報管理ネットワーク図

C. 研究結果

1. 周産期電子カルテの機能と特徴

周産期電子カルテで扱うパラメータは、基本的にすべて数値情報であるため、学会等で定義した各種疾患の診断基準に従って、正確な診断を行いやすい。また、妊婦健診では短期間に定期的に検査等を行うので、血圧や、胎児発育に関する各種数値の時系列的な変化から、妊娠経過とともに発症してくる合併症の正確な診断を行いやすい。さらに、妊婦健診は日本全国どこでもほぼ同じ方法であるので、種疾患ごとの標準的なクリティカルパスを作りやすいことが大きな特徴である。

2. クリティカルパスのしくみ

クリティカルパス（自動診断システム）のしくみに関しては、大きく2段階に分けられる。まず初診時には、電子カルテに入力された、いわゆる妊婦の基本情報から、家族歴、既往歴等のチェック、ならびに妊婦自身の、年齢、出産経験、身長等から各種疾患に関するリスク因子のチェックを行い、その妊婦に追加して必要なスクリーニング検査の確認を行う。

疾患名	スクリーニング検査
GDM	初期随時血糖、中期50gGTT、75gOGTT
切迫早産	中期頸管長、Toccolysis index、Bishop score
PROG	羊水の診断(BTβ試験、羊水診断検査試薬)、羊水量
前置胎盤	妊娠20週頃：経腹エコー(プレッシャーテスト) 妊娠30週頃：経腹エコー(プレッシャーテスト)
羊水過多・過少	妊娠16週以降：経腹エコー(AFI、羊水深度)
IUGR	妊娠20週以降：子宮高長、推定児体重、PHI、TORCH抗体群
PHI	血圧、尿蛋白、血液検査、推定児体重、羊水量
双胎	妊娠初期：腹性診断 妊娠中期：切迫早産クリティカルパスに移行

表2. スクリーニング検査結果によるリスク判定機能

2回目以降の診察時には、妊娠週数に応じたスクリーニング（検査項目、検査値、基準値、検査日）を行い、その結果に応じて自動的に診断がなされ、治療方針も提示されるようになってきている（表2）。

3. 妊娠高血圧症候群（PIH）診断のクリティカルパス

妊娠高血圧症候群（PIH）の診断にあたっては、まず妊婦の基本情報と家族歴から、母体年齢（ ≥ 40 歳）、肥満（BMI ≥ 24 ）、PIH家族歴、高血圧の家族歴、2型DMの家族歴に関してリスク因子がチェックされる。産科情報として、妊娠回数、多胎妊娠に関するチェックがなされ、既往歴として前回PIH妊娠であったかどうか、基礎疾患として、腎疾患、糖尿病、自己免疫疾患、泌尿生殖器感染の有無、そしてMAP（あるいは拡張期血圧） ≥ 90 mmHgかどうかチェックされる（表3）。

PIH(妊娠高血圧症候群)

リスク因子の確認

基本情報 / 家族歴	産科情報	既往歴	基礎疾患	検査値
母体年齢 ≥ 40 歳 肥満 BMI ≥ 25 高血圧家族歴 糖尿病家族歴	初産婦 多胎妊娠	PIH歴	高血圧 腎疾患 糖尿病 自己免疫疾患 泌尿生殖器感染	MAP ≥ 90 mmHg

表3. PIH（妊娠高血圧症候群）のリスク因子の確認

次回健診時には、各妊娠週数に応じたリスクチェックがなされ、正常、もしくは高血圧合併妊娠、妊娠高血圧腎症と自動的に診断される。

電子カルテの画面上では、異常と診断される根拠となった健診結果の異常値が赤字で表示されるとともに、グラフ上にも正常値の範囲が表示され、逸脱した値がわかりやすく表示される（図3）。



図3. 周産期電子カルテ上でPIHが自動的に診断される。

4. 切迫早産のクリティカルパス

切迫早産のクリティカルパスでは、妊婦の基本情報と家族歴から、喫煙の有無、やせ（妊娠前体重<45.0kg）やせ（妊娠前体重<45.0kg）、またはBMI <18.5、既往歴から、早産歴、不妊治療、円錐切除術歴、子宮奇形、抗リン脂質抗体症候群、子宮筋腫、子宮腺筋症、頸管無力症についてのリスク因子がチェックされる（表4）。

PIH(妊娠高血圧症候群)

リスク因子の確認

基本情報 /家族歴	産科情報	既往歴	基礎疾患	検査値
母体年齢≥40歳 肥満 BMI≥25 高血圧家族歴 糖尿病家族歴	初産婦 多胎妊娠	PIH歴	高血圧 腎疾患 糖尿病 自己免疫疾患 泌尿生殖器感染	MAP≥90mmHg

表4. 切迫早産のリスク因子の確認

今回の産科異常として、泌尿生殖器感染、細菌性陰症、妊娠中の性器出血に関してチェックされる。

おわりに

経済産業省プロジェクトにおいて、新たに開発した妊娠に合併する各種疾患のクリティカルパスに関して解説した。今回開発したクリティカルパスを周産期電子カルテに実装することにより、妊娠中に発症してくる合併症を厳密な診断基準に従って、自動的に診断することが可能になった。各医療機関は、それらの症例の治療方針等に関して、総合周産期母子医療センター等との間で事前に情報交換を行うことも可能となる。また最近注目されている院内助産院や助産師外来を安全、安心に運営するためにも、本システムは不可欠である。本システムを地域全体の周産期医療機関に導入することにより、地域全体のハイリスク妊婦の管理、さらには出産後の母児の長期予後の調査なども利用することができるわけで、大変意義あるものである。

（本研究は、経済産業省平成18～20年度「地域医療情報連携システムの標準化及び実証事業」による。）

E. 研究発表

- 1) 原 量宏, 横井英人, 小笠原敏浩, 鈴木真, 中林正雄. 周産期医療ネットワークの現状とこれから, Digital Medicine, 6 (6), 19-23, 2007.
- 2) 原 量宏, 横井英人, 岡田宏基他. かがわ遠隔医療ネットワークから日本版EHRの実現へ, 月刊新医療, 35(2), 48-53, 2008.

遠隔医療による在宅患者療養支援に関する研究

分担研究者 吉田 晃敏
旭川医科大学 学長

研究要旨

北海道は冬季など通院や移動が困難な地域が多く、遠隔医療の手法による在宅療養支援は患者にとって意義は高い。ここでは在宅療養患者として、1) 在宅医療適用患者 2) 退院患者の在宅療養 3) 腹膜透析患者の場合について各々その有効性の検証を行い最終年度には実施手順を確立することを目的とする。本年度はまず実施に向けて基盤整備を行った。

A. 研究目的

旭川医科大学では医師対医師における遠隔医療を実践しているが、在宅療養患者を遠隔医療技術を用いて医師が診療・指導する手法や手順はまだ確立されていない。本研究では実践を通してエビデンスを収集し有効性の検証や実施手順等を確立することを目的とする。

B. 研究方法

研究対象とする在宅療養患者を以下の類型に分類して各々について実践を通して有効性の検証を行う。

- 1) 在宅療養支援診療所と在宅医療適用患者の自宅をICTにより接続して在宅医療支援を行う。
- 2) 旭川医科大学病院と退院患者の自宅をICTにより接続して生活習慣指導など退院後の療養支援を行う。
- 3) 大学病院CAPD外来診察室と腹膜透析患者の自宅をICTにより接続して対面診療を補

完する手段としての有効性を検証する。

C. 研究結果

1) 在宅医療支援

在宅療養患者4名の自宅にカメラとPCを設置し、在宅療養診療所及び支援病院の医師や看護師が遠隔からコミュニケーションできるシステムを構築した。訪問看護師が患者自宅において褥瘡等をデジタルカメラで撮影して遠隔地の医師に伝送して指示を受けることができる体制も整えた。現在日々の訪問診療・看護の支援手段として活用しながらエビデンスを収集している。

2) 退院患者の在宅療養支援

旭川医科大学病院を退院した患者のうち長期通院を必要とする患者5名の自宅にカメラとPCを設置し、旭川医科大学病院病棟及び地元の病院の医師、看護師が遠隔からコミュニケーションできるシステムを構築したところである。通院を補完する手段としての有効性を検証し、診療に必要な条件を整えていく。

3)在宅腹膜透析患者支援

腹膜透析導入初期患者の自宅にカメラ2台とPCを設置し、病院のCAPD外来診察室と接続して医師や看護師とコミュニケーションできるシステムを構築した。2台のカメラのうち1台は医師が診察室から操作して患者の患部など任意の場所を撮影できる機能を有し、医師の診察を可能とする機能や条件について検証を行う。

次年度においては対象患者数も増やしながらエビデンスを収集し、有効性の検証や実施手順の確立をめざす。

D. 健康危険情報

なし

E. 研究発表

なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし

在宅健康管理システムによる医療費削減効果に関する研究

分担研究者 辻 正次

兵庫県立大学大学院応用情報科学研究科

研究要旨

本稿は、福島県西会津町で実施した在宅健康管理システムの実地調査に基づくものである。平成14～18年の5年間に国民健康保険へ支払い請求がなされたすべてのレセプトから、診療点数を点検した。得られたデータに基づき、①生活習慣病に関する医療費は在宅健康管理システムのユーザーの方が非ユーザーよりも少ない、②在宅健康管理システムの利用期間が長いほど生活習慣病の医療費は小さくなる、③在宅健康管理システムの使用による医療費の減少効果は使用年数が延びるほど大きくなる、以上の点を証明することができた。本稿では、医療費に代わり資料実日数を用いて、在宅健康管理システムのユーザーと非ユーザーとの間で統計的な相違があるかどうかを分析した。その結果、医療費の削減効果と同一の効果が、診療実日数についても当てはまることが分かった。この分析結果を用いると、在宅健康管理システムの医療費削減効果は、実は診療実日数の削減によりもたらされたことが示された。

A. 研究目的

本稿は、福島県西会津町で導入されている在宅健康管理システムの効果を医療費ベースで実証的に評価することを目的としている。西会津町で実施した同町の在宅健康管理システムに関するレセプト調査に基づき、これまで得られた医療費削減効果の追加的な分析として、持病の有無と医療費の削減との関係に加えて、被説明変数として、レセプトに記載されている診療実日数を用いて、在宅健康管理システムの効果を検証することである。分析の結果、在宅健康管理システムが如何にして医療費を削減するのかが明らかになった。

B. 研究方法

本研究では、西会津町の国保のレセプトに記載されている医療機関から請求のあつ

た医療費を実際に計算し、それを用いて同町の医療費が減少しているかどうか分析する。在宅健康管理システムの効果を検証するために、在宅健康管理システムのユーザーと非ユーザーと二つのグループを設定し、両者の間での医療費に差異があるのどうかを比較検討するものである。

ユーザーのサンプルは、同町の在宅健康管理システムを利用している個人から、在宅健康管理システムの1994年の運用開始以降、毎年のユーザー数が50名以下の場合には全員、それ以上の場合には無作為に412名を抽出した。他方非ユーザーのサンプルは国保に加入している40歳以上の個人を年齢層、性別、居住地区から均等になるように450名を抽出し、アンケート調査票を郵送した。その結果、ユーザー311名と非ユーザー239名の回答があった。これらの個人のレセプ

トを、西会津町の保管するデータから取り出し、データセット作成した。このデータセットを基に回帰分析等を援用して、サンプル期間の5カ年で同町の医療費は減少しているのか、在宅健康管理システムのユーザーと非ユーザーの間では5年間の医療費の推移に統計的な相関があるか、在宅健康管理システムの使用年数と医療費とは統計的な相関関係があるのか、以上を検討した。

分析に手法としては、パネルデータ分析を用いたが、年次の変動を基準化する目的で、推計には時間効果のみを考慮したone-way fixed effect model を用いた。

（倫理面への配慮）

アンケートの実施に当たっては、個人情報特定化されないように統計的処置に特に配慮した。

C. 研究結果

まず、アンケートの結果を記述する。サンプルはユーザーでは男子90名女子90名、非ユーザーでは男子109名、女子119名であった。

表-1 回答者の性別

	ユーザー	非ユーザー	計
男	90	90	180
女	109	119	228
計	199	209	408

表-2はサンプルの年齢構成を、表-3は就業の状況、表-4は持病の有無を示している。現在通院している疾病名は表-5で示されている。

表-2 年齢構成

	ユーザー	非ユーザー	計
50歳未満	2	0	2
50 - 59歳	14	23	37
60 - 69歳	45	67	112
70 - 79歳	92	76	168
80 - 89歳	46	37	83
90歳以上	0	6	6
計	199	209	408

表-3 就業の状況

	ユーザー	非ユーザー	計
就業している	102	105	207
就業していない	95	98	193
未回答	2	6	8
計	199	209	408

表-4 持病の有無

	ユーザー	非ユーザー	計
持っている	90	81	171
持っていない	72	90	162
未回答	37	38	75
計	199	209	408

表-5 過去5年間に通院した疾病

	ユーザー	非ユーザー	計
狭心症、心筋梗塞、不整脈など心臓疾患	44	23	67
高血圧、動脈硬化	100	74	174
糖尿病	15	21	36
脳溢血、脳梗塞、脳卒中	14	10	24
慢性気管支炎、肺気腫、喘息など呼吸器疾患	9	10	19
癌	8	3	11
慢性胃炎、胃潰瘍など	25	13	38
腰痛、関節炎、リウマチなど	45	43	88
緑内障、白内障など眼科系疾患	57	46	103
腎臓病、腎不全など	3	1	4
痔など肛門系疾患	9	7	16
その他	19	7	26

次に在宅健康管理システムのユーザーについて、その使用の年数と使用の頻度を聞いたが、それは表-6、表-7に示した。

以上のデータから、ユーザーと非ユーザー間で、5カ年間の医療費に差異はあったのか、あるいはなかったのか、次にこれを検討する。

表-6 在宅健康管理システム使用期間

1年未満	6
1年以上3年未満	38
3年以上5年未満	45
5年以上7年未満	35
7年以上10年未満	39
10年以上	36
計	199

1. 在宅健康管理システムの医療費削減効果
前項のデータと2002-2006年の5カ年の医療費のパネルデータを用いた分析により、これまで得られた結果は以下のように要約される。

表-7 使用頻度

ほぼ毎日	76
週に4回	47
週に1-2回	20
月に1-2回	23
ほとんど使っていない	25
未回答	8
計	199

1) 仮説1

生活習慣病の医療費は、在宅健康管理システムのユーザーの方が非ユーザーよりも少ない。

- 生活習慣病に関する医療費は、在宅健康管理システムのユーザーの方が、非

ユーザーに比べ年間で 15,688 円 (20.7%) だけ低くなっている。

- 持病を持っているものの医療費は、それを持っていないものよりも年間で 33,680 円だけ高くなっている。
- 1年の加齢により医療費は 2,260 円高くなる。
- 所得の大きい層の医療費は、それが低い層に比べ医療費が低い。

2) 仮説2

在宅健康管理システムの利用期間が長いほど、生活習慣病の医療費は小さくなる。

- 在宅健康管理システムを1年利用した場合、生活習慣病に関する医療費は年間 1,133 円 (1.5%) ずつ減少する。
- 一方で、1年の加齢により医療費は 2,238 円ずつ増加するため、在宅健康管理システムは加齢による医療費の増大を抑制するまでには至らない。

3) 仮説3

在宅健康管理システムの使用による医療費削減効果は、使用年数が延びるほど大きくなる。

- 生活習慣病に関する医療費の使用年数に関する弾力性は、使用年数が大きくなるほどより弾力的になる。つまり、1年利用したものと10年利用したものでは、追加的に利用した場合の削減効果は10年利用したのものの方が大きくなる。

以上三つに仮説の検証に加えて、新しく以下の三つの仮説を得た。

4) 仮説4

在宅健康管理システムの医療費削減効果は、持病を持つ者に対して大きい。推計結果は表-8に示されている。

表8 推計結果（仮説4）

変数	持病なし	持病あり
	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)
性別	1424.65 (553.25) **	1681.68 (815.62) **
年齢	281.14 (32.95) ***	112.32 (52.40) **
学歴	13.26 (390.09)	511.28 (508.33)
就業	565.58 (579.25)	-592.03 (879.79)
同居家族数	110.53 (145.50)	588.46 (222.25) ***
所得	-14.40 (4.75) ***	-26.23 (7.19) ***
ユーザー	65.60 (557.77)	-3794.18 (827.54) ***
定数項	-14725.31 (2720.33) ***	324.68 (4177.35)
R2	0.0933	0.0485
サンプル数	1030	790

以上の結果については以下で要約する。

• 年齢

性別を示す変数は男性 0、女性 1 としている。持病を持たない者、持病を持つ者の結果は共に推計値が正の方向にそれぞれ 5%以下、10%以下で有意となっており、従って統計的に女性の方が生活習慣病の医療費は高くなっていることが示されている。これは、一般的に女性の方が生活習慣病を患いやすいことから、必然的にその医療費は高くなるためであると考えられる。最終的な推計結果から、持病を持たない者では、医療費は女性が男性より年間約 14,247 円高くなっており、持病を持つ者では、女性の方が 16,817 円高くなっている。持病の有無によって推計値はそれほど大きな差異は

ないと考えられ、この結果は一般性を持つものであると考えてよい。

• 年齢

加齢によって当然のことながら生活習慣病の医療費は高くなると考えられるが、持病なし、持病ありの結果は共にこの符号条件を有意に満たしている。特に、持病なしの推計結果では、年齢の変数の t 値が最も高く、持病を持たない者は、加齢が生活習慣病の医療費を増大させる要因であることが示されている。推計値から、持病を持たない者は 1 年の加齢により約 2,811 円、持病を持つ者は約 1,123 円の医療費が増加する。

• 所得

低所得層は比較的に疾病を患うリスクが大きいと考えられ、従ってその医療費は相対的に高くなる。持病の有無に関わらず所得の推計値は負の方向に有意であり、一般的に低所得層の医療費の方が高いことが示されている。一方で在宅健康管理システムに対する WTP は高所得層の方が高くなっており、([3])、両者は整合的である。

• ユーザーダミー

このダミー変数は、システムのユーザーを 1、非ユーザーを 0 とおくことにより、両者に差があるかどうかを示している。推計結果から、持病を持たない者はこのダミー変数の p 値が 0.91 となっており、両者に全く差がないことを示している。一方で、持病を持つ者の結果では 1%以下で有意になっており、両者に大きな差があることを示している。つまり、持病を持たない者に

としては在宅健康管理システムの医療費削減効果は存在せず、逆に持病を持つ者にとっては大きな効果をもつ。推計値から、持病を持つユーザーは年間約 38,255 円だけ医療費が低くなっている。システム利用の優先順位について先にも述べたように、システムのターゲットは持病を持つ者であるため、以上の結果は在宅健康管理システムの目指すべき目標に合致するものである。

2. 在宅健康管理システムの診療日数削減効果

次に医療費に代えてレセプトデータに記載されている診療日数が在宅健康管理システムのユーザーと非ユーザー間でどう異なるのか分析を行った。その結果、次の三つの仮説を得た。

5) 仮説5

生活習慣病の診療日数は、在宅健康管理システムのユーザーの方が非ユーザーよりも少ない。

生活習慣病の診療日数は、在宅健康管理システムのユーザーの方が非ユーザーよりも年間で1.6日少ない。

表-9 推計結果（仮説5）

仮説5 生活習慣病の診療日数					
	Coef.	Std. Err.	t-value	p-value	
性別	1.4926	0.4007	3.73	0.000	***
年齢	0.1816	0.0243	7.48	0.000	***
教育	-0.0619	0.2591	-0.24	0.811	
就業	0.5945	0.4265	1.39	0.164	
家族数	0.2887	0.1072	2.69	0.007	***
所得	-0.0128	0.0035	-3.71	0.000	***
持病の有無	3.6024	0.3987	9.04	0.000	***
ユーザーダミー	-1.6004	0.4055	-3.95	0.000	***
constant	-8.4460	1.9786	-4.27	0.000	***
Adjusted R-sq			1545		
Number of Obs.			0.1165		

6) 仮説6

在宅健康管理システムの利用期間が長いほど、生活習慣病の医療費は小さくなる。

在宅健康管理システムの使用期間をもう1年間使うと、年間で0.13日診療日数が短縮する。

表10 推計結果（仮説6）

仮説6 使用年数と診療日数					
	Coef.	Std. Err.	t-value	p-value	
性別	1.6113	0.4003	4.02	0.000	***
年齢	0.1881	0.0248	7.58	0.000	***
教育	-0.0511	0.2602	-0.20	0.844	
就業	0.6429	0.4289	1.50	0.134	+
家族数	0.2697	0.1081	2.49	0.013	**
所得	-0.0128	0.0035	-3.68	0.000	***
持病有無	3.5651	0.4000	8.91	0.000	***
使用年数	-0.1354	0.0554	-2.44	0.015	**
const.	-9.4203	2.0099	-4.69	0.000	***
Adjusted R-sq			1545		
Number of Obs.			0.1100		

7) 仮説7

在宅健康管理システムの使用による診療日数の削減効果は、使用年数が延びるほど大きくなる。

生活習慣病に関する医療費の使用年数に関する弾力性を計算すると、使用年数が大きくなるほどより弾力的になると言う結果を得た。

表-11 推計結果（仮説7）
仮説7 弾力性

在宅健康管理システムの 使用年数	弾力性
非ユーザー	0
2年以内	-0.0006
2 - 4	-0.0690
4 - 6	-0.0993
6 - 8	-0.1413
8 - 10	-0.1816
10 - 12	-0.1784
12年以上	-0.2503

以上、診療日数に関する仮説5, 6, 7は、医療費削減に関する仮説1, 2, 3と全く同一の効果を持つことが分かった。

3. 考察

ユーザーと非ユーザーの医療費や診療日数に関する推計結果から、在宅健康管理システムが医療費削減に果たす効果が明らかになる。すなわち、何故在宅健康管理システムは仮説1, 2, 3で示されたように医療費を削減するのであろうか？それは診療日数の削減により、医療費が削減するからである。例えば、在宅健康管理システムが持つ問診機能であるが、これは病状が安定している生活習慣病患者が診療を受けたときに医師が聞くことと同一である。また、血液検査等によるバイタルデータについては、在宅

健康管理システムが測定するものを含んでいる。従って、在宅健康管理システムを用いて問診に対して「はい」、「いいえ」とボタンを押すことと、医師の問診に直接答えることはほぼ同一である。また、在宅健康管理システムにより送信されるバイタルデータは、医療機関で直接採取されるものには及ばないものの、ある程度の患者情報をもっている。高齢者や生活習慣病患者にとっては、通院と在宅健康管理システムとはいずれでもよいこととなる。これが通院を減少させる要因である。

4. 結論

本研究では、非説明変数は5カ年の生活習慣病への医療費と診療日数、説明変数として性別、年齢、同居家族数、所得、ユーザーダミー変数をとった。これまでの分析で得られた結論は以下のように要約される。

(1) 疾病内容を問わないすべての医療費や診療日数では、5カ年を通じて、ユーザーの方が非ユーザーよりも大きい。

(2) 疾病を心臓疾患、高血圧・動脈硬化、糖尿病、脳溢血・脳梗塞・脳卒中といった生活習慣病に限定すると、一人当たりのユーザーの医療費や診療日数は非ユーザーのそれを下回った。

(3) 以上から、在宅健康管理システムは生活習慣病に関しては医療費や診療日数を削減するといえるといえる。

(4) 以上の結果から、在宅健康管理システムが生活習慣病の医療費を削減するのは、診療日数の削減が医療費を削減しているのである。また、その理由は、在宅健康管理システムが生活習慣病に関して、通院を代替するものであるからである。

今後より一層分析手法を精緻化して、在宅健康管理システムの効果や、医療費を決定する要因について分析する予定である。

D. 健康危険情報

特になし

E. 研究発表

1. 論文発表

Tsuji, M., Y. Akematsu, and F. Taoka, "Empirical Analysis of Role and Issues of Japanese eHealth Systems: Case of Nishiaizu Town, Fukushima Prefecture," *Journal of eHealth Technology and Application*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-8, June 2008.

Akematsu, Y., and M. Tsuji, "Empirical Analysis of Reduction of Medical Expenditures by eHealth in the Aging Society," *Journal of eHealth Technology and Application*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-8, March 2009.

明松祐司, 辻正次. 国民健康保険レセプトデータに基づく在宅健康管理システムの実証的評価：追加結果, *日本遠隔医療学会雑誌*, 4(2), 330-333, 2008.

Akematsu, Y., and M. Tsuji, "Empirical Analysis of the Reduction of Medical Expenditures," forthcoming in *Journal of Telemedicine and Telecare*, Royal Society of medicine, London

2. 学会発表

Tsuji, M., and Y. Akematsu, "How much e-Health systems save medical expenditures?," ATA 2008 (American Telemedicine Association), Seattle, Washington, April, 2008

明松祐司, 辻正次, 田岡文夫. 在宅健康管理システムの運用に向けた費用便益分析, 第12回医療情報学会春季学術大会, アトリオン・秋田総合生活文化会館, 2009年5月.

明松祐司, 辻正次, 田岡文夫. テレケアの医療費削減効果—パネルデータによる実証研究—, 日本経済学会2008年度秋季大会, 東北大学, 2009年6月.

Tsuji, M., Y. Akematsu, and F. Taoka, "An Empirical Analysis of Reduction of Medical Expenditures by eHealth System: Further Results," *Proceedings of 10th International Conference on e-Health Networking, Applications & Services (IEEE Healthcom 2008) (CD-ROM)*, Biopolis, Singapore, July 2008.

明松祐司, 辻正次, 田岡文夫. 生活習慣病の医療費削減についての実証分析—国保レセプトに基づくパネル分析—, *医療経済学会第3回研究大会*, 京都大学, 2008年7月.

明松祐司, 辻正次. eHealthシステムの運用と医療費削減効果の実証研究：追加結果, 第28回医療情報学連合大会（第9回日本医療情報学会学術大会）, パシフィコ横浜, 2008年11月.

F. 知的財産権の出願・登録状況

（予定を含む。）

1. 特許取得

無し

2. 実用新案登録

無し

3. その他

無し

家庭用バイタルセンサを用いた遠隔医療プログラムの構築に関する研究
— 生体計測値の持続的モニタリングと健康管理および疾病管理 —

分担研究者 本間 聡起

慶應義塾大学医学部 東京電力先端医療科学・環境予防医学寄附講座

研究要旨

生活習慣病予防を目的とした遠隔医療システムとして、ウェアラブルのセンサである加速度センサ付き歩数計に自動血圧計、体重計などの家庭用のバイタルセンサで測定されたデータを専用通信機や携帯電話、PCなどを経て自動的にサーバへ伝送しデータ解析後、結果をフィードバックするシステムを開発し実用実験を行った。また、これらのシステムによる健康診断結果を活用したPDCAサイクルの運用法を考案し、本健康管理プログラムを地域の包括的健康増進事業に活用するためのセンサネットワークのスキームを提示した。このスキームは、基本となる遠隔医療システムに種々のセンサを順次、追加で接続することにより、健康増進ばかりでなく慢性疾患の疾病管理や高齢者の見守りなど、様々な医療・福祉目的に適用し得る。

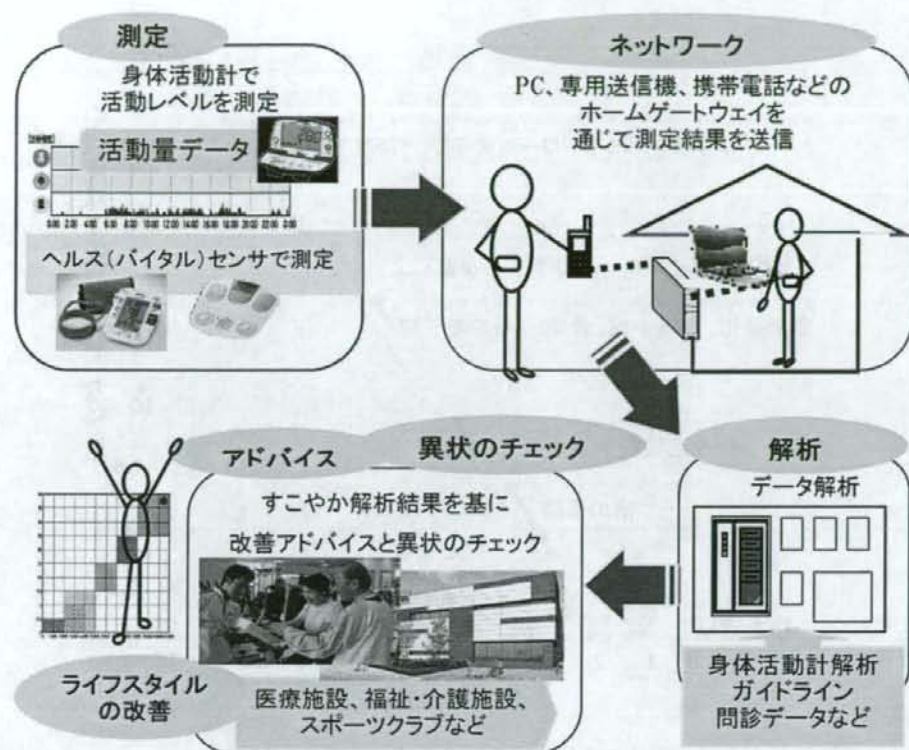
A. 研究目的

生活習慣病の予防策の基本は生活習慣の是正にある。しかし、是正すべき問題点を明らかにするためには、個人によって多種多様で特有の生活習慣について、できるだけ客観的な観察法によって得られた情報が必要である。生活習慣病予防における基本項目としては、食事と運動が挙げられるが、このうち運動量の計測については、最近、加速度センサ付き歩数計（以下、身体活動計と称す）が普及してきており、この小型のウェアラブルな機器を24時間装着することで、日常の身体活動の時々刻々のデータの蓄積を可能としている。この身体活動計の活用については、すでに欧米では大規模介入試験も行われ、身体活動の持続的計測とその結果に基づいた対面またはテレメディシンなどによる個別指導を行った群では運動量が有意に増加したと報告されている。

このほか、家庭で気楽に測定できるバイタル（ヘルスケア）センサとしては、体重計や家庭血圧計が普及しており、これらの日常の計測値に基づいた指導がそれぞれ、肥満、高血圧の是正に有効とされている。

これら家庭で手軽に計測できる運動量、血圧、体重の計測値については互いに相関関係があるとされている。したがって、身体活動計での日常の運動量を把握し、それによるテラーメイドの生活習慣改善のための目標と指導箋が提示され、その目標達成が血圧降下や体重減少という目で見える効果で示されれば、生活習慣改善に向けての、自己管理意欲の啓発とその動機付けの維持につながると考えられる。

これらのことから、我々は、各種のバイタルセンサ、すなわち身体活動計、血圧計、体重（体組成）計などを基本とした、日常のモニタリングと、これらのデータを自動

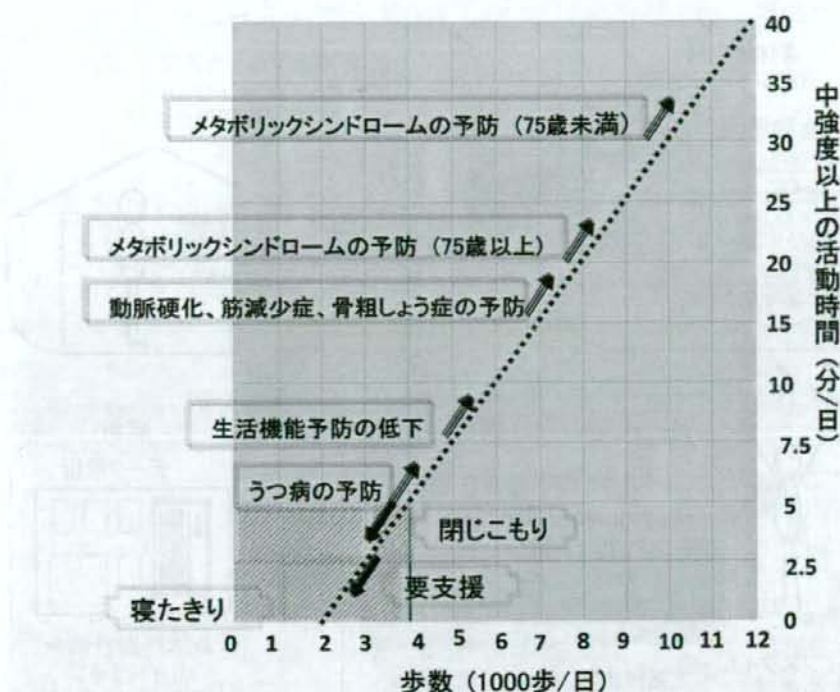


図一1 システムの概要：家庭用バイタルセンサを用いた生活習慣改善プログラム

的にサーバまで転送し、その結果に基づいた生活習慣改善のための指導箋を発行する遠隔医療システムの開発を経済産業省情報大航海プロジェクトの委託研究として行った（図一1）。そして今年度、このシステムの実用予備実験の計画、立案、実行にも医療側スタッフとして参加し、本システムの実用に向けての手順、運用法の確立をめざした。本システムは、複数種のバイタルセンサのデータを伝送するものであり、血糖自己測定器やパルスオキシメータなど、より疾病管理的な要素の強いセンサも追加することが可能である。このことから、我々は本システムの運用は、生活習慣病予防を

目的とする未病者のみを対象とするのではなく、慢性疾患や在宅および施設在住高齢者対象の医療・介護にまで継続的に使用できるスキームで考えている。

本報告では、(1) 本システムを用いた沖縄での予備実験の結果とその経験から考案した運用システム、(2) 本システムを利用した地域での包括的なユビキタス健康管理および疾病管理のスキームを提示し、その中で使用される遠隔医療システムを構成する各機器の選択法を中心に検討を加えた。この検討には、過去の自験例や文献的考察、ならびに今年度、主催したシンポジウムやセミナー等で得られた知見、さらに



図一2 運動量を表すマトリックスと各種疾患の予防に必要なレベル

(出典：青柳幸利、身体活動計を用いた新しい健康づくり～群馬県中之条町での取り組み～、日本医療企画、東京、2007。Aoyagi Y, et al: Sports Med, in pressより改変)

各地の遠隔医療プロジェクトの訪問調査で得た知見を基に考察した。

B. 研究方法

(1) 遠隔医療の手法を用いた健康管理システムの実証実験とその運用法

1. システムの概要

経産省情報大航海プロジェクトの委託研究にて開発されたシステムは、まず各種バイタルセンサにより計測されたデータを家庭においてPCからインターネット、または携帯電話などの媒体（ホームゲートウェイ）を経てサーバに伝送する。次に、サーバに蓄積された各センサのデータを、ウェブ画

面上に自動的に表示するシステムも開発した。その画面の構成は、各日の運動量、血圧、体組成に関するデータを同一座標軸の時系列で表示するものと、1日の運動量を、横軸に歩数、縦軸に中程度の強度以上の1日当たりの運動時間を表したマトリックスの2種類である。このマトリックス上には、毎日の運動量がプロットされ、さらに1か月の平均値もプロットされた。これらのデータを、一部、自動化されたレポートと、マニュアルで各参加者のデータに基づいた個別の生活習慣改善指導箋を付して、紙ベースでも参加者に個別に配布した。

運動量を示すマトリックス（図一2）は、

本表示システムの開発にも参加した東京都老人総合研究所の青柳らが、群馬県中之条町での7年間の観察研究の結果まとめたものを採用した（図-2の説明に出典記載）。マトリックス上では、歩数と運動強度のバランスが、対角線上で理想となるようにスケールが調整されている。この対角線上で右上の方向へ運動量を増やすことが基本的な運動療法の処方箋となる。左下から順に「うつ状態などの心の障害」、「生活機能低下」、「動脈硬化、骨粗鬆症・筋減少症などの筋骨格系疾患」、「体力全般の低下」、「メタボリック症候群」の各疾患・病態の予防・抑制のできるレベルを表している。一次予防を目的とした健康者の健康増進ばかりでなく、運動量の少ない場合も、閉じこもりなどの兆候により、精神的な抑うつ状態や、高齢者の生活機能の低下までカバーしている点が特長である。

今回の技術的開発の主要な点は、各種センサからのデータの採取と伝送のためにPUC（Peer to Peer Universal Computing Consortium）プロトコール（<http://www.pucc.jp/>）なる技術を適用したことである。今回のように複数種の既存のバイタルセンサを同時にサーバへ伝送しようとする場合、センサによって様々な通信手段を持つことから、ゲートウェイとして利用するPCや携帯電話がセンサの多種の規格に対応できない問題がある。PUCプロトコールは末端のユーザに特別な操作を要せずに様々なネットワークと相互接続し高度なコンピューティング環境を実現するネットワークプラットフォームであり、これによりデータのアウトプット方式が異なる複数のメーカのセンサを組み合わせることが可能になった。

2. 実証予備実験

上記システムの運用実証実験を、沖縄県金武町の20名を対象に2008年2月より順次開始した。対象者は、BMIが25以上の肥満者を原則とし、平均年齢は53.8 ± 11.2歳、男性11名、女性9名、平均BMI 26.9 ± 3.7であった。今回、実験開始時点でホームゲートウェイとして携帯電話を用いるシステムは、開発と現地での携帯電話網の整備が間に合わなかったため、PCを介するシステムとした。このため、対象者の条件として、自宅にPCがありインターネットが使用できる環境にあるものとした。

各家庭のセンサは、スズケン製の身体活動計（ライフコーダ・プラス）、東芝製の血圧計（SCS-P10R）、体組成計（SCS-F10R）、心電計（SCS-H10R）の4種を用いた。身体活動計は、原則、腰の位置に就寝中も含め24時間装着とし、1ヶ月に1回アップロードした。この身体活動計では、4METs以上を中程度の強度以上の運動として、その運動時間と歩数に関するデータが約2カ月分、センサ内に蓄積できる。血圧測定は早朝含む原則1日1～2回とし、マンシエット装着後、数分での測定を勧めたが、これが不可能な場合は2回連続測定値の2回目の値を採用とした。体組成計、心電計については、最低週1回の測定を対象者に依頼した。身体活動計以外のセンサデータについては週1回のアップロードとした。計測結果と生活習慣改善のための指導箋は、保健師から直接、各家庭に配布され、その際に、使用感を含めた簡単なアンケートを口頭にて聴取した。なお今回のデータ解析期間は、参加者からのデータのアップロードが安定した2008年4月から6月までの3ヶ月間とした。

（倫理面への配慮）

沖縄での予備実験では、全ての個人情報
は、個人識別コードを付与した上で匿名化
し、データベースに登録し管理した（連結
可能匿名化）。実験協力者に対しては、説明
文書を配付して個別に口頭で説明し、文書
による同意を得た。本実験は、世界医師会
によるヘルシンキ宣言による倫理規範、お
よび厚生労働省による「臨床研究に関する
倫理指針」及び「疫学研究に関する倫理指
針」に準拠し、予定される本実験本体につ
いては慶應義塾大学医学部倫理委員会で承
認を得た（20-14号）。

（2）遠隔医療による健康管理システムを中
心とした地域でのユビキタス健康管理・疾
病管理のスキーム

本研究は、上記（1）の実証予備実験の結
果を踏まえて、地域社会での住民の健康増
進や、慢性疾患の疾病管理や高齢者など身
体活動の低下した住民に対する見守りシス
テムまで対象を拡大したユビキタス健康管
理のネットワーク構築をめざしたスキーム
作成である。（1）の知見から得た運用法を
ベースに、文献的考察、訪問調査、各種セ
ミナー、シンポジウムの開催で集積された
情報も加味して構成している。家庭用、ま
たはウェアラブルのセンサの選択法、さら
に（1）で用いたPUCCプロトコルも選択肢
の一つとしたシステムの構築・選択法、TV
電話の活用法、健康管理に関する評価方法、
健康管理以外の保健医療分野での活用法な
ど、在宅医療を含んだ地域社会での遠隔医

療システムの構築法の素案として、今回は、
各システムの構成要素の選択肢とそれぞれ
の特色を中心に調査した。この中には、我々
が開発したPUCCプロトコルに基づくシス
テムの他に、身体活動計、血圧計、体重計
などのバイタルセンサに、サーバまでの通
信用に特化したデバイスをセットとした2
種類の健康管理用遠隔医療システムの動作
テストで得た知見を基に考案した基本シス
テムの選択法についても含まれている。こ
れらは、次年度に計画中の特定地域でのユ
ビキタス健康管理システムの実証実験のス
キームとして活用する予定である。

C. 研究結果

（1）遠隔医療の手法を用いた健康管理シス
テムの実証実験とその運用法

1. 試験開始とデータの送信

対象者の20名については、センサ機器配
布の際に説明会を開催し、その測定方法の
ほか、これらのセンサを使用して測定する
ことの医学的意義についても説明した。そ
の後、自宅からのデータの送信には、専用
のソフトウェアを各対象者のPCにインス
トールする必要があったが、中にはスタッ
フがこの作業を代行する必要のある人もみ
られた。最終的には、動作状況の確認のため、
対象者全員の自宅に現地スタッフが訪問し
た。PCが自宅にある対象者でも、このよ
うな状況にあったことから、基本的に各家庭
でのホームゲートウェイとなるデバイスと
して汎用のPCを用いた場合、一般ユーザの
リテラシーに問題があることが判明した。
その後のアップロードまでの手順

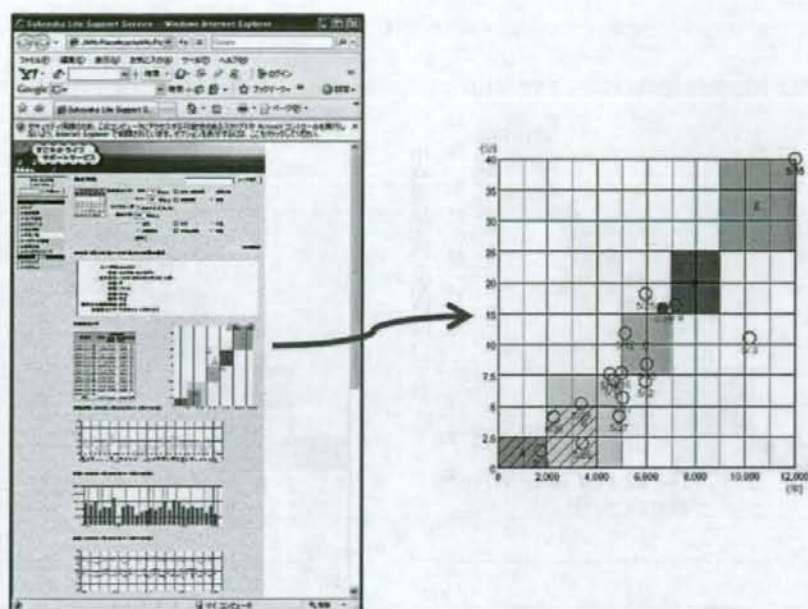


図-3 健康管理プログラムの結果表示画面。右は図-2で示した運動量マトリックスの部分拡大

も、各センサから仲介器とPCを経てサーバへ伝送する各段階で操作が必要であり、対象者からも操作が煩雑との意見が寄せられた。送信する本システムに特化したPCか専用通信機または携帯電話端末などを用いて、設置後、直ちに1ないし2つくらいまでの作業でデータがアップロードできるシステムにすることが求められると考えた。

2. 結果報告の画面表示とそのためのデータマイニング

体動計のマイニングについては、検出した歩数と運動量の経時的データをもとに毎日の高強度、中強度、低強度の各運動時間を計算し、その経時的変化を血圧計、体組成計などのデータと同一画面上に表示できるようにした。また1日の歩数・運動量の蓄

積時間を自動的に求め、その結果を図-2で示したマトリックス上に表示できるようにした（図-3）。

3. 医学的評価（図-4）

評価期間である4月～6月において、4月から5月、または5月から6月の2つの期間のどちらかで月間1日平均歩数と1日平均の中強度以上の運動時間がともに5%以上の増加を示したものが7例あった。この7例の1日平均運動量の増加は、歩数が7,177歩から8,026歩、中強度以上の1日運動時間は19.3分から22.5分に増加した。これに伴って、収縮期血圧は140.1mmHgから138.3mmHg、拡張期血圧は92.6mmHgから90.1mmHgへと低下し、拡張期血圧では統計学的にも減少傾向を示した（図-4左）。例数が少ないにもかかわらず