

表 題 ICT システムを活用した東日本大震災被災地域住民の高血圧管理の現状と課題
－災害時循環器リスク管理モデルの確立に向けて－

論文の区分 論文博士

著 者 名 西澤 匡史

所 属 南三陸病院 内科

2021年 2月 15日申請の学位論文

紹 介 教 員 内科学系 専攻 循環器内科学 専攻科
職名・氏名 荻尾 七臣

目次

1. はじめに.....	3
2. 方法.....	7
1) 研究 1、2.....	7
(1) DCAP ネットワークシステム.....	7
①システムの開発と導入の経緯.....	7
②システムの機能の紹介.....	9
③DCAP スコア・予防スコア.....	10
④システム登録手順.....	11
⑤システム運用手順.....	12
2) 研究 3.....	12
3) 研究 4.....	13
3. 研究結果.....	15
研究 1. ICT を用いた血圧管理システムが災害急性期から亜急性期における血圧管理において有効であるかの検討.....	15
研究 2. 被災地において ICT を用いた血圧管理システムを用いた厳格な血圧管理についての検討.....	22
研究 3. 震災 1 年 9 か月後に発生した最大余震に対して、住環境の違いが血圧変動に及ぼした影響についての検討.....	25
研究 4. 被災地における冬季早朝高血圧に影響を与える因子の検討.....	28
4. 考察.....	31
(1) 災害時における ICT を用いた血圧管理システムの有効性について.....	35
(2) ICT を用いた血圧管理システムが厳格な血圧管理を可能とするか.....	37
(3) 震災 1 年 9 か月後に発生した最大余震に対して、住環境の違いが血圧変	

動に及ぼす影響.....	3 8
(4) 被災地における冬季早朝高血圧に影響を与える因子の検討.....	4 0
5. 本研究の限界.....	4 3
6. 全体の結論.....	4 4
7. 今後の展望.....	4 5
8. 謝辞.....	4 7
9. 引用文献.....	4 8

1. はじめに

はじめに

2011年に発生した東日本大震災からまもなく10年が経とうとしているが、現在までに地震や大雨による災害が各地で発生している。特に過去100年災害に無縁であった地域でも発生している点を考えると、すべての医療者が「明日は我が身」という立場で災害に対する備えをしておく必要があると考える。

また、過去の災害経験から災害時には心血管イベントが増加し、その主な要因は「血圧上昇」と「血栓傾向」の2つと考えられており¹⁻¹²、災害時にはこれらの要因を意識して治療に当たらねばならない。震災後には血圧は大きく上昇することが知られており、「Disaster hypertension（災害高血圧）」と呼ばれる。その血圧上昇は、1か月を過ぎると低下しはじめることがほとんどだが、その低下には個人差があり、食塩感受性の亢進している高齢者や微量アルブミン尿を有する慢性腎臓病患者では血圧高値が持続する^{13,14}。

東日本大震災の津波によりすべての医療機関が壊滅的な被害を受けた宮城県南三陸町において、自治医科大学循環器内科の協力のもと、被災者の循環器疾患のリスク評価と発症予防のために、2011年5月からICT（Information and communication technology：情報通信技術）を活用した災害時循環器リスク予防（Disaster Cardiovascular Prevention: = DCAP）ネットワークシステムを運用している⁶。震災直後は循環器リスクの高い被災患者を対象に、家庭血圧計と据置型血圧計（当初は避難所、のちに診療所に設置）からデータをクラウド上のデータセンターに送信し、自治医科大学による遠隔医療支援を受けて、現地診療所で血圧のコントロールを行い、循環器疾患の発症抑制を目指していた。現在もシステム活用を継続しており、家庭血圧のデータを日常診療に役立てている。

震災後 10 年が経過するなかで、高血圧の管理も変遷を遂げてきた。高血圧の診断及び治療は診察室血圧を基本とすることには変わりはないが、2014 年に日本高血圧学会が世界で初めて、診察室外血圧である家庭血圧測定を用いた高血圧管理のガイドラインを示し、それに追従する形で、米国及び欧州の高血圧ガイドラインも家庭血圧測定の重要性を強調するようになった^{15,16}。家庭血圧での血圧値の測定評価は、日本高血圧学会が推奨する家庭血圧測定の指針においては、起床後および就寝前の血圧測定が推奨されており¹⁷、これらと臓器障害および心血管イベントとの関連は多数報告されている¹⁸⁻²⁴。診察室外血圧のもう一つの評価法として 24 時間自由行動下血圧計 (Ambulatory blood pressure monitoring: ABPM) があり、家庭血圧測定では評価できない様々な血圧指標を得ることができる。特に、ABPM で評価した夜間血圧の高値が診察室血圧及び昼間血圧が正常血圧者においても臓器障害の進行を認めることや²⁵、治療中の高血圧患者においては夜間血圧コントロールが不十分なことが心血管イベントにつながるということが報告されている²⁶。さらに、ABPM で評価される夜間から早朝にかけて血圧が上昇する血圧モーニングサージや、早朝血圧は心血管イベントリスクであることが報告されている^{27,28}。そして、そのリスクは気温が下がる冬季に増強される可能性が示唆されている²⁹。従って、我々は、ABPM による血圧評価を本システムに追加して診療に取り入れることが必須であると判断した。そのため、季節的な血圧変動も評価する目的で、2012 年から年に 2 回夏と冬に ABPM を実施している。

本研究の目的は、災害後急性期から慢性期にわたり、被災地域住民の血圧管理の上で、ICT を用いた血圧管理システムの有用性、血圧変動をより詳しく捉えられる ABPM を用いた血圧管理の有用性、および心血管病リスク因子を明らかにすることである。そして、この遠隔血圧モニタリングを利用した「次世代・循環

器リスク管理指導システム」の構築を目指し、具体的なデータの集積から、被災地域特有の生活環境および住環境が血圧管理に及ぼす影響を検討することである。さらに、その蓄積されたエビデンスをもとに、今後の災害時の被災者の循環器疾患予防指針となる「災害時循環器リスク管理のガイドライン」を提言することである。

以上を踏まえ、本研究では東日本大震災において壊滅的な被害を受けた南三陸町において、**研究 1** として ICT を用いた血圧管理システムが災害急性期から慢性期における血圧管理において有効であった症例を示す³⁰。

一方、過去の被災者に対する家庭血圧に関する報告では、いずれも短期間の災害前と災害直後の血圧の比較にすぎなかった³¹⁻³⁸。そこで、**研究 2** として被災地において ICT 血圧管理システムを用いた急性期から震災後慢性期までの長期にわたる家庭血圧値の推移と本システムを用いた厳格な血圧管理の実証データを示すことにした³⁹。

一方、上述したように診察室外血圧のもう一つの評価法として ABPM があるが、これまでの震災時の血圧を ABPM で評価した報告^{4,13,14,40-43}では、本震当日または本震後短期間の血圧上昇に焦点を当てた報告がほとんどであり、余震後もしくは本震から時間が経過した後の震災後慢性期の血圧上昇の要因を ABPM にて検討した報告はない。そこで、**研究 3** として、災害後 1 年 9 か月後に発生した最大余震時に ABPM を施行していた症例について、住環境の違いが ABPM で観察された血圧変動に及ぼす影響について検討した⁴⁴。

最後に、**研究 4** として、年間を通じた ICT を用いた血圧管理システムで血圧管理が行われた状況においても、未達成な血圧コントロール状況及びその要因を検討するために、これまで南三陸町で経年的に年 2 回 ABPM での測定を行っ

た結果を用いて、被災地の生活環境に着目し、冬季早朝高血圧に影響を及ぼす因子を検討した⁴⁵。

2. 方法

1) 研究1及び研究2

対象者

南三陸町で被災し、避難所、仮設住宅に現在居住している、または居住経験のある、南三陸病院を受診する外来患者を DCAP ネットワークシステムに登録した。本研究については、自治医科大学倫理審査委員会の承認を得て対象者全員に書面での同意をとった。

<研究1>

本システムを使って観察中に、急性期に顕著な変化をきたした2例、および慢性期において、震災に関連し特徴的な変化をきたした4例を示した。

<研究2>

災害急性期に収縮期血圧（SBP：systolic blood pressure）が180 mmHgを超える高血圧リスクの高い住民から順次登録し、最終的に351名の患者を登録した。

DCAP ネットワークシステム

① システムの開発と導入の経緯

DCAP ネットワークシステムの開発経緯は東日本大震災における自治医科大学災害派遣医療チーム第1陣の報告から、最大血圧180 mmHg以上の重症の災害高血圧患者が受診者の25%以上にも及ぶことが判明したことに端を発する⁴。今回は重症災害高血圧患者の割合がきわめて多い報告を聞いた自治医科大学内科学講座循環器内科学部門の苅尾七臣教授が、その翌日に、これまで新規血圧計の共同開発を行っていた株式会社エー・アンド・デーのME事業本部開発部（安居伸彦氏）とメディカル事業推進部長（尾崎忍氏）に被災地での早急な血圧管理

の必要性を伝え、翌日には **Continua Health Alliance** を中心に、株式会社エー・アンド・デー、インテル、アライヴ、キュート、トッパン・フォームズ株式会社、パナソニック株式会社、菱洋エレクトロ株式会社といった日本の各領域の一流企業担当者が集まり、約 3 週間で新規システムの実用化に至った。特筆すべきはシステム完成までの期間が短かったことであるが、今回は完成時期が重要であった。その理由は、苅尾教授自らが経験した阪神・淡路大震災の際に、多くの医療ボランティアが撤退を開始するのは、通常震災発生後 2 か月以内であった経験に基づいている。従って、5 月上旬までには本システムを導入することが最低条件であった。各企業の担当者はすべて全面的なボランティア協力で、皆、「今頑張らなければ、いつ頑張るのか」という気概で夜を徹して作業が行われた。

一方、当時南三陸町の医療統括本部責任者として、災害医療の陣頭指揮を執っていた筆者のもとには、連日医療支援チームから血圧の高い患者が多いと報告が届いていた。また、医療支援チームが計測した血圧と被災者が自己測定した血圧には最大で **20 mmHg** 以上の差があるとの報告も受けていた。これは、平時における白衣効果と類似の現象を観察していると思われ、それが震災という環境下においては増強されるのではないかと考えられた⁴。そのため、早急に治療が必要とされる正確な血圧の評価をするために、できるだけ早く自己血圧測定できる環境を整備するのが急務となっていた。しかし、町内の医療機関が全滅し、全世帯の 6 割が全半壊した状況で自己血圧測定をできる環境をすぐに整備することは困難な状況であった。そのような状況下で苅尾教授から **DCAP** ネットワークシステムの導入の打診を受け、町長らとも相談した結果、本システムが当時の南三陸町の高血圧診療に必要不可欠で、かつ、活用可能と判断し、4 月末に **DCAP** ネットワークシステムが導入された。

② システムの機能の紹介 (図1)

本システムでは据置型全自動血圧計(型式 TM-2656VPW)と個人用の家庭血圧計(型式 UA-767PBT-C)の2種の血圧計を使用した。

まず、据置型全自動血圧計はカードリーダーと通信機能を装備しており、主に大きな避難所に設置することを目的に作られた。健康管理カード(個人認証用 IC カード)をカードリーダーにかざして個人認証を行った後、血圧測定をする。SBP・拡張期血圧(DBP:Diastolic blood pressure)、脈拍データが Bluetooth 通信でゲートウェイサーバーを介してデータセンター内のシステムに自動的に転送される。

一方、個人用の家庭血圧計は小さな避難所や仮設住宅に避難する被災者を対象に作られた。個人用に配布された血圧計は、合計25回分(現在は合計200回分)のデータが記録でき、外来受診時にそのデータを回収する。データの回収は患者の健康管理カードを診察室の医師のPC(Personal Computer: PC)に接続されたカードリーダーで認証し、血圧測定値は Bluetooth 通信で PC に取り込み、同様にデータセンターに転送される。血圧データの入力や送信を手作業で行う必要がなく、診療中に完結するため、医療スタッフの負担はほとんどない。

患者属性情報、循環器リスクスコア・予防スコア(詳細は後述する)、診察時血圧データと家庭血圧データは、それぞれデータベース化されている。診療所医師が診察時にデータを評価し、降圧薬の調整や生活指導に利用するだけでなく、自治医科大学でもモニタリングしており、必要に応じてアドバイスなど現地支援を行える遠隔モニタリング支援システムである。アプリケーションは、リスクスコア・予防スコアからリスクの高い患者をアラート表示するほか、身体情報、既往歴なども入力・閲覧できる。

なお、全自動血圧計やゲートウェイサーバー、患者認証用の IC (integrated

circuit: IC) カードリーダーなどは、インテルなどが提唱している健康・医療情報の通信・相互運用のための国際的共通規格であるコンティニュー規格に準拠した製品で構成されている。

図 1 DCAP ネットワーク概念図

東日本大震災をきっかけに、遠隔リスク管理支援プログラムである DCAP ネットワークシステムが創設され、2011 年 4 月から宮城県南三陸町にて運用されている (図 1) ⁶⁾。



③ DCAP スコア・予防スコア

震災後の重大な循環器疾患が引き起こされるメカニズムは「血圧の上昇」と「血栓傾向」の2つであることが分かっており¹⁻¹²⁾、これらを予防することにより循環器疾患の発症を抑制することが可能であると思われる。

自治医科大学では東日本大震災発生 5 日後に、医療系 web サイト・ケアネ

ットを通じて、発症機序に起因した「災害時循環器予防 (DCAP) リスクスコア・予防スコア」⁷を配信した¹¹。

リスクスコアはリスク項目として、(1) 年齢が 75 歳以上、(2) 家族の死亡、入院を要する重篤な疾患の発生、(3) 家屋の全壊、(4) 地域社会が全滅、(5) 高血圧(治療中または SBP160 mmHg 超)、(6) 糖尿病の存在、(7) 循環器の既往の 7 項目を挙げ、各 1 点とし合計 7 点とし、4 点以上をハイリスク群とし、4 点以上の場合、特に下記の予防スコアが 6 点以上になるように生活環境の改善を促していく。

次に予防リスクスコアは (1) 睡眠の改善、(2) 運動の維持、(3) 良質な食事、(4) 体重の維持、(5) 感染症予防、(6) 血栓予防、(7) 薬の継続、(8) 血圧管理の 8 項目の改善を挙げ、改善できている場合に、1 点とした。上記 8 項目を、それぞれ 1 点とし、合計 8 点とする。避難所単位、個人単位で 6 点以上を目指すものである。医療ボランティアチームには、循環器疾患の徹底した発症予防のために、リスクスコアが 4 点以上の被災者には、予防スコア 6 点以上を目指してもらおうよう、本スコアの活用をお願いした^{4,6,40}。

③ システム登録手順

随時血圧で SBP が 180 mmHg を超える方から優先的に登録し、その後徐々に 160、140 と基準を下げていった。登録時に災害時循環器リスク・予防スコアを用いてリスク評価および生活指導を行った。また、自宅避難者や仮設住宅居住者には個人用の家庭血圧計を配布するとともに健康管理カード(個人認証カード)を配布した。据置型の血圧計が設置されている避難所に避難している被災者へは健康管理カード(個人認証カード)のみを配布した。

④ システム運用手順

据置型のコンティニュー対応血圧計は町最大の避難所であった南三陸町総合体育館（通称ベイサイドアリーナ、1500名収容）に設置し、その後避難所が整理されたため、町内最大の避難所となったホテル観洋（600名収容）に設置した。大規模避難所に避難している被災者は健康管理カードをコンティニュー対応カードリーダーにかざして個人認証を行った後、朝晩の1日2回血圧測定した。被災者が外来受診した際に診察室のPCにて血圧の推移を確認し、降圧薬の調整を行った。

また、自宅避難者や仮設住宅入居者は個人用に配布された家庭血圧計（UA767PBT-C, A&D, Saitama, Japan）を用いて、避難所生活者と同様に朝と晩に血圧測定した。個人用に配布された血圧計は、合計25回分（のちに200回分）のデータが記録でき、外来受診時に血圧計を持参しデータを回収する。回収されたデータをPCで血圧の推移を確認し、降圧薬の調整を行った。

患者属性情報、循環器リスクスコア・予防スコア、診察時血圧データと家庭血圧データは、それぞれデータベース化されている。自治医科大学でモニタリングすると同時に、診療所医師も診察時にデータ評価し、降圧薬の調整や生活指導に利用する。アプリケーションは、リスクスコア・予防スコアからリスクの高い患者をアラート表示するほか、身体情報、既往歴なども入力・閲覧できる。

2) 研究3

対象者

南三陸診療所に通院する高血圧患者で、2012年12月7日に生じた東日本大震災後の最大余震時にABPMを施行していた8例を対象にした。本研究については自治医科大学倫理審査委員会の承認を得て対象者全員に書面での同意をとった。

ABPM

ABPM は全例とも、TM-2431（エー・アンド・デイ社製）を用いた。就寝時間、起床時間は被験者の日誌にて評価した。

統計解析

自宅居住者と仮設住宅居住者の血圧値及び脈拍数の比較には 2 群間の比較にノンパラメトリックマンホイットニー検定を用いた。また、余震の前の時間と後の時間の血圧値及び脈拍数の評価するために、ウィルコクソン符号順位検定を使用した。

3) 研究 4

対象者

南三陸診療所に通院する高血圧患者で、2013 年夏季（7 月から 9 月）および 2013 年冬季（2013 年 12 月から 2014 年 3 月）に連続して ABPM を施行した 412 名を登録した。本研究 については自治医科大学倫理審査委員会の承認を得て対象者全員に書面での同意をとった。

ABPM

ABPM は全例、両季節とも、TM-2431（エー・アンド・デイ社製）を用いた。就寝時間、起床時間は被験者の日誌にて評価した。夜間血圧は、就寝時から起床時までとし、昼間血圧はその残りの時間の血圧値とした。早朝血圧は、起床後 2 時間の血圧値の平均値とした。

統計解析

患者特性は、平均±標準偏差 (SD)、中央値 (四分位範囲)、またはパーセンテージとして表した。2 群間のグループの比較は、連続変数は、両側対応のない 2 標本 t 検定を使用して比較し、割合は χ^2 検定を使用して比較した。夏と冬の平均血圧値の変化は、対応のある t 検定を使用して比較した。夏季から冬季への早朝血圧上昇を 5 分位し、最高 5 分位目を顕著な夏季から冬季への早朝血圧上昇を認めた群と定義し、患者特性との関連を調べるために単変量ロジスティック回帰分析を用いて、オッズ比及びその 95 % 信頼区間を算出した。さら、すべての患者特性を補正項目として、多変量ロジスティック回帰分析にて、各々の患者特性の顕著な夏季から冬季への早朝血圧上昇を認めた群に対するオッズ比及びその 95 % 信頼区間を算出した。

3. 研究結果

研究 1. ICT を用いた血圧管理システムが災害 急性期および慢性期における血圧管理において 有効であるかの検討

以下に、DCAP ネットワークシステムで観察された震災後急性期 2 例、震災後慢性期 4 例の血圧推移を示す。

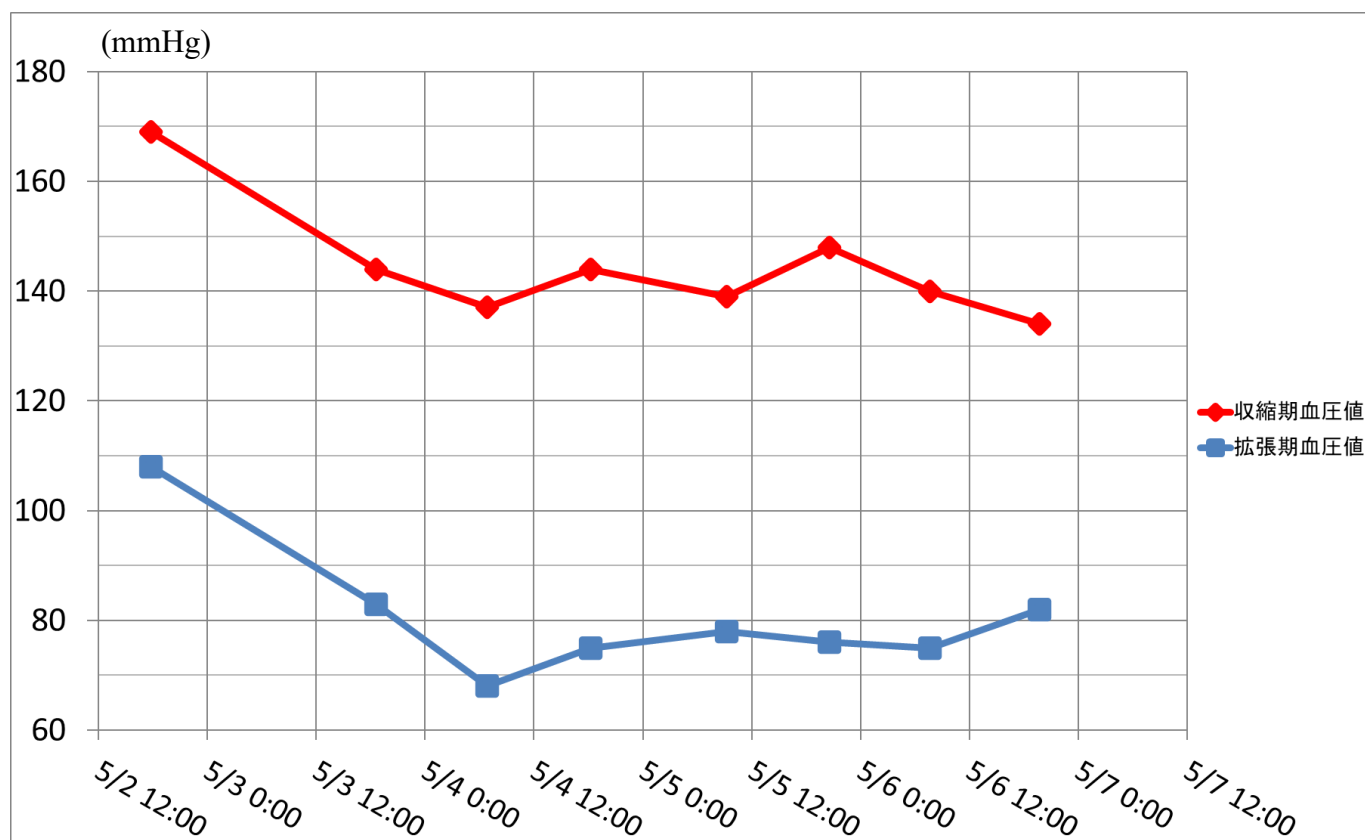
DCAP ネットワークシステム導入症例

1) 災害後急性期

Case1 (図 2) 60 歳女性

システム登録時、SBP は 160 mmHg を超える状態であった。同日にカルシウム拮抗薬 (calcium channel blocker: CCB) を内服開始することで、速やかに血圧が低下していく状況を確認できた症例。

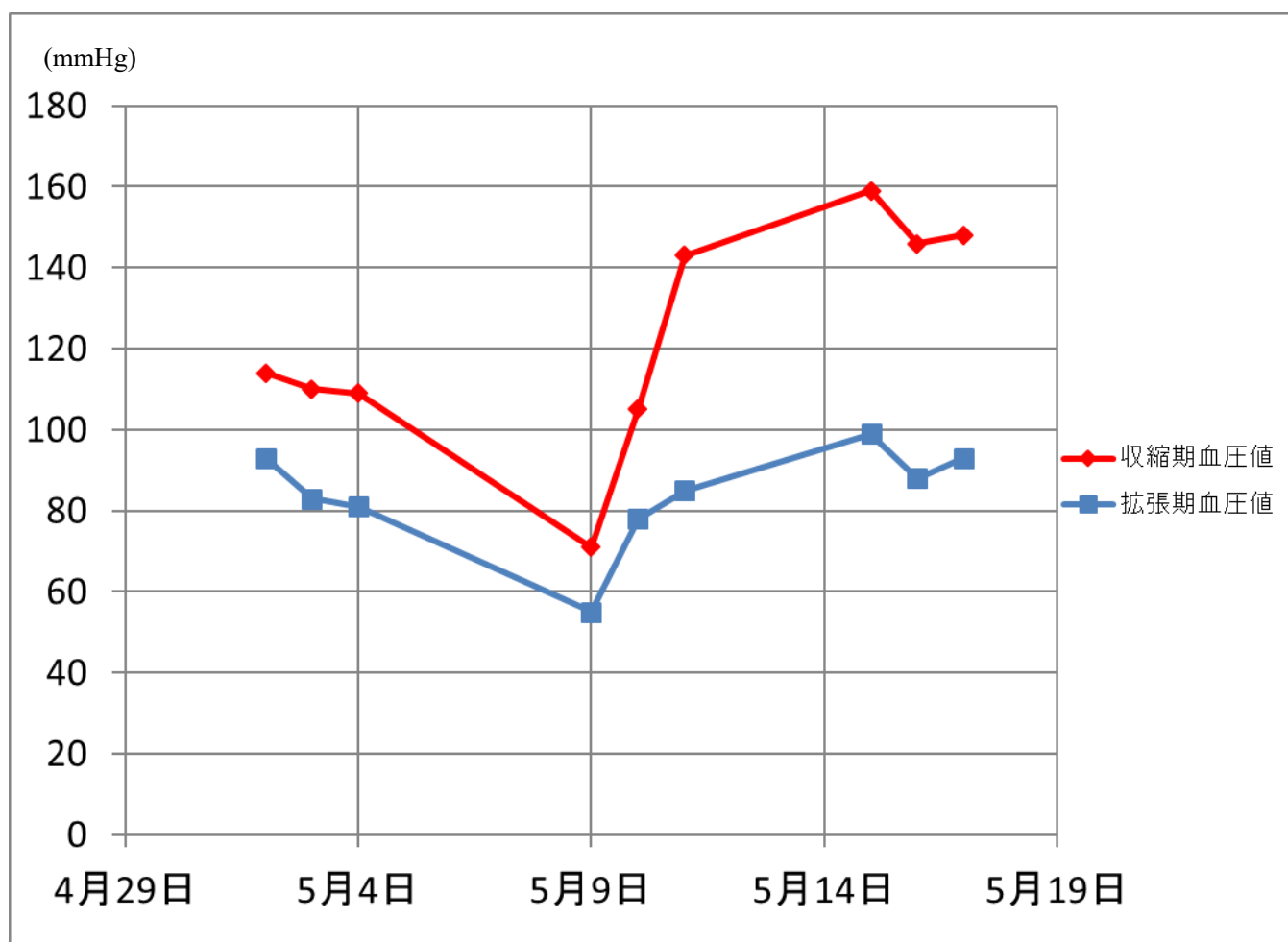
図 2. 急性期 Case 1: 災害高血圧に対しカルシウム拮抗薬が有効であった症例



Case2 (図3) 83歳女性

震災前からRA(レニン-アンジオテンシン)系阻害薬を内服していたものの、脱水をきっかけに血圧が急変動した症例。脱水を補正して、血圧値は改善した。

図3. 急性期 Case 2: 脱水をきっかけに血圧が急変動した症例



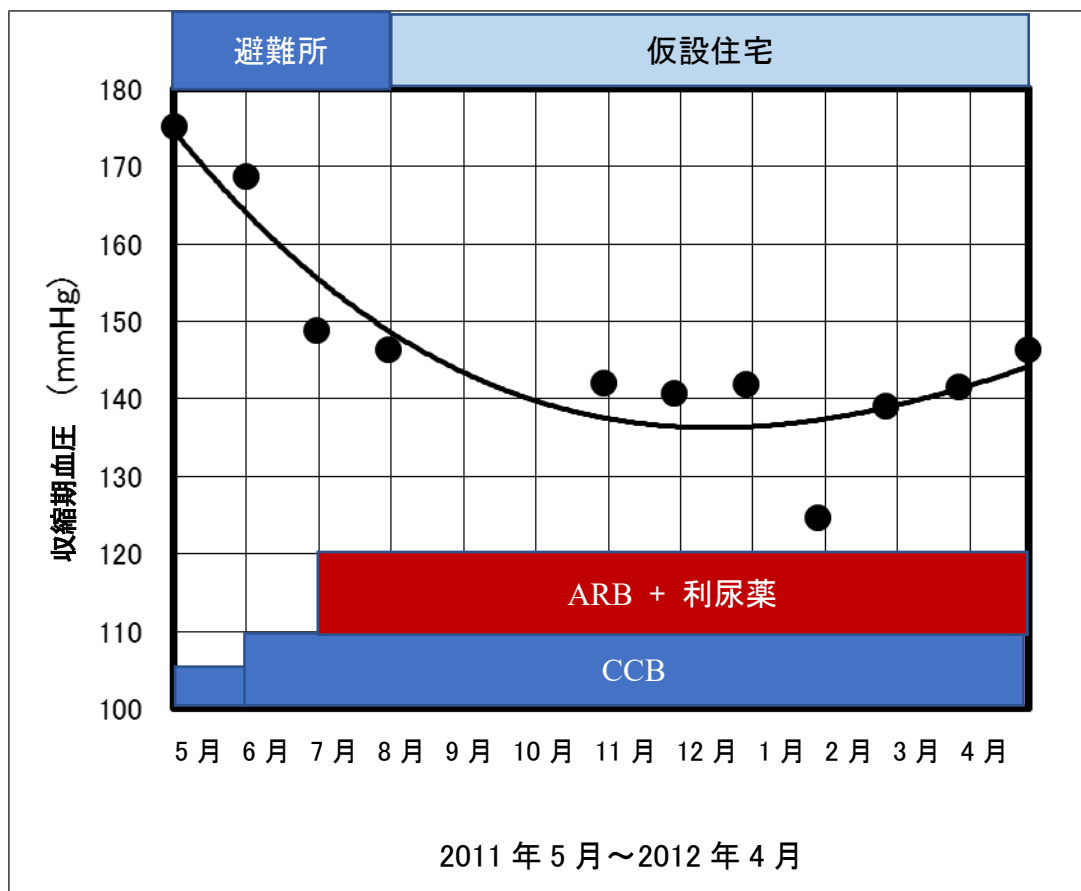
2) 災害後慢性期

Case 3 (図 4)

60 歳女性

震災の前から高血圧の治療薬として長時間作用型 CCB を内服していた。2011 年 8 月まで避難所で生活し、その後仮設住宅に引っ越した。震災後はストレスや塩分摂取の増加により血圧が上昇したため、6 月に CCB を増量した。しかし、コントロールが不十分であったため、7 月にアンジオテンシン II 受容体拮抗薬 (angiotensin-II receptor blocker: ARB)、利尿剤を追加し、その後良好にコントロールすることができた。

図 4. 慢性期 Case3: 避難所生活のストレスにより血圧上昇した症例

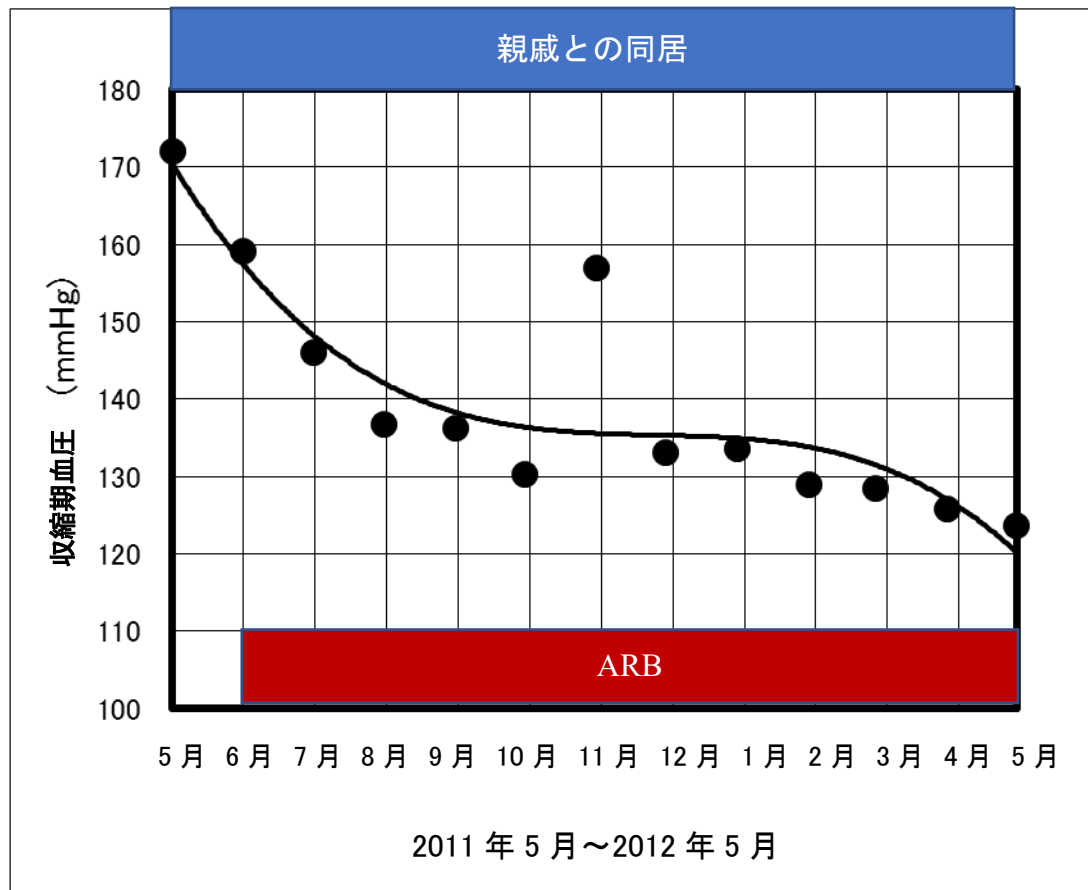


Case4 (図5)

83歳女性

震災の前は降圧薬を服用していなかった。地震による家の損傷はなかったものの、震災後親戚が彼女の家で暮らすようになり血圧が上昇した。6月にARBの内服を開始し、良好なコントロールを得ることができた。

図5 慢性期 Case4: 被災した親戚と同居することにより血圧上昇した症例

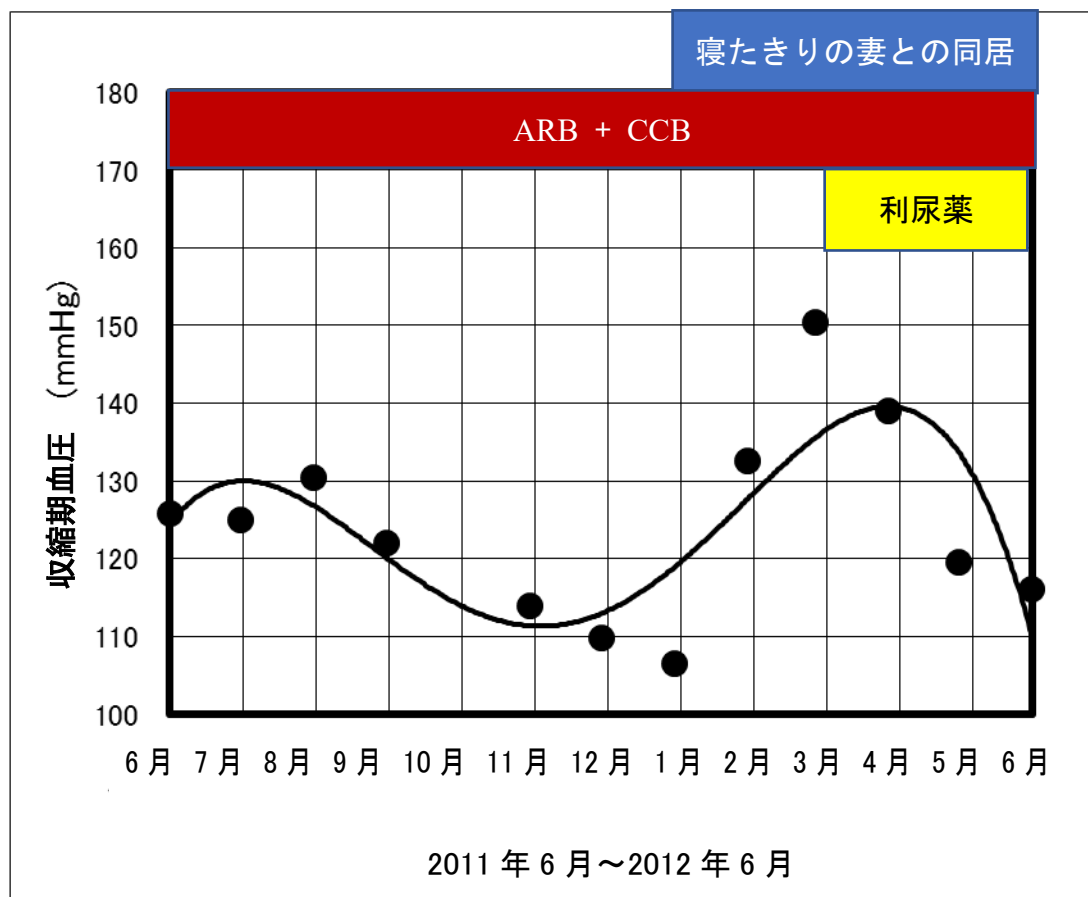


Case5 (図6)

71歳男性

震災の前から高血圧の治療薬として ARB 及び CCB を内服しており、震災後も良好なコントロールを得られていた。震災後、仮設住宅に一人で生活していたが、2012年1月から寝たきりの妻を施設から引き取り、一緒に生活するようになり、血圧が上昇した。2012年4月に利尿剤を追加し血圧は低下して元にレベルに戻った。

図6 慢性期 Case5: 寝たきりの妻と同居することにより血圧上昇した症例

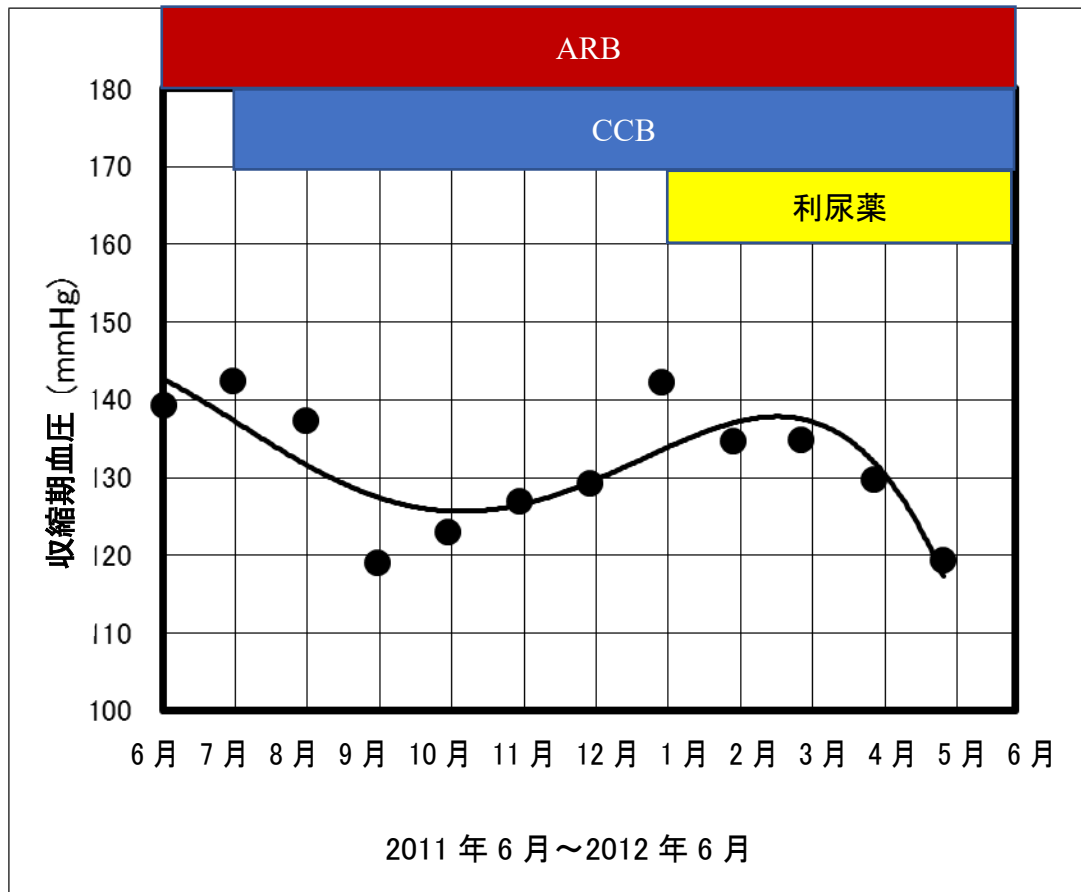


Case6 (図7)

65歳女性

震災の前から高血圧の治療薬としてARBを内服していた。震災後、血圧が上昇したため2011年7月にCCBを追加し、良好な血圧コントロールを得られた。しかし、10月になると気温の低下とともに、再び血圧が上昇しはじめ、2012年1月にCCBを増量した。その後、良好な血圧コントロールが得られた。

図7 慢性期 Case6: 気温の低下とともに血圧が上昇した症例



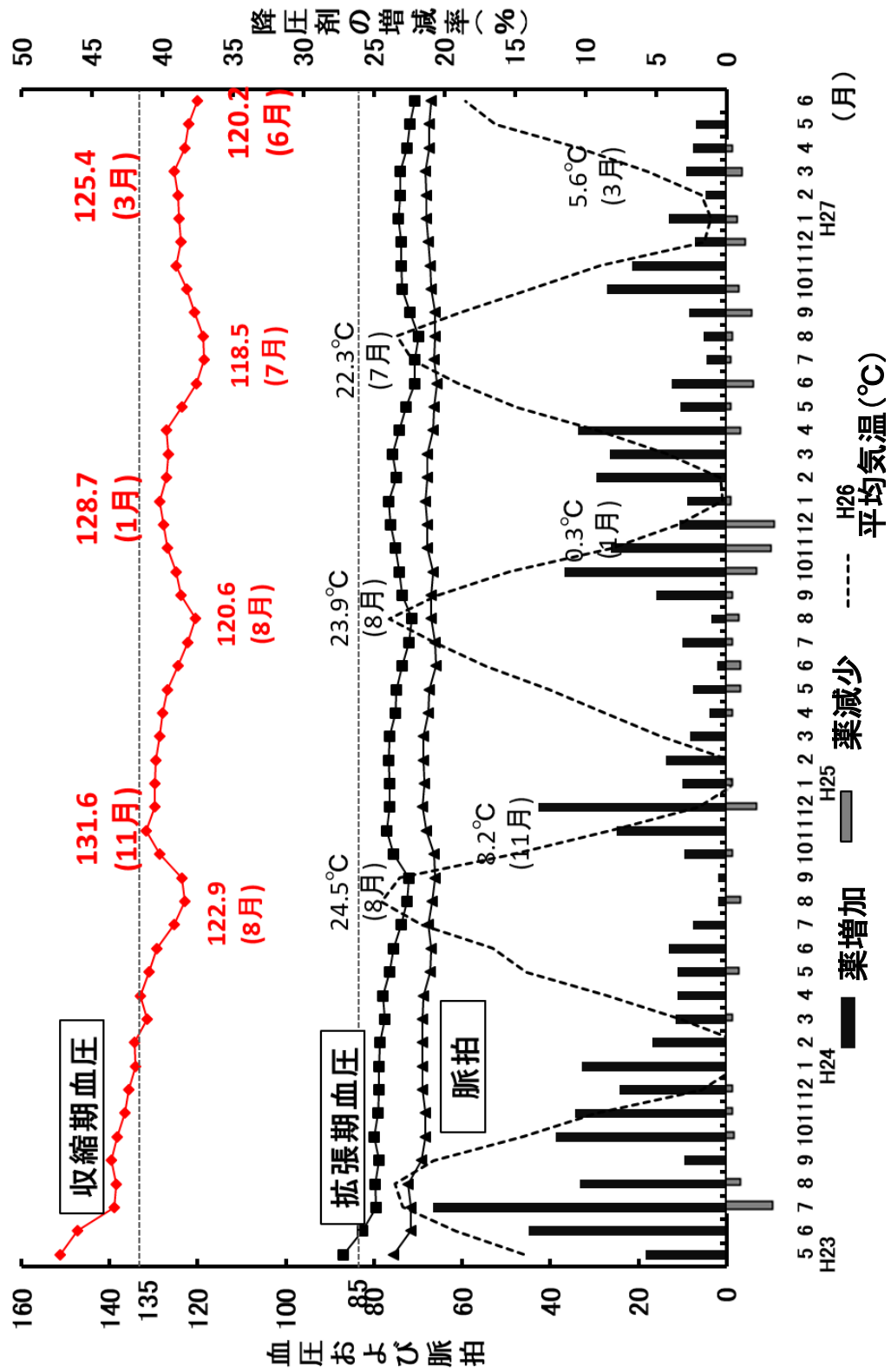
研究2. 被災地において ICT を用いた血圧管理システムが厳格な血圧コントロールを可能とするかについて検討

図 8 に、本システムにて収集された 2011 年 5 月から、2015 年 6 月までの計 351 名の平均血圧推移、及び内服薬の変更率、毎月の平均気温の推移を示す。本期間中の、患者に対する生活習慣の指導や薬剤の調整は、2009 年及び 2014 年の高血圧ガイドラインに基づいて、一人の医師が行った。毎月の平均気温は志津川観測所のデータを用いた。2011 年 5 月の登録時の平均 SBP (systolic blood pressure: 収縮期血圧) は $151.3 \pm 20.0 / 86.9 \pm 10.2$ mmHg であり、初めの年は冬になると上昇するような血圧の季節変動がみられず、直線的に低下していったものの、次の年からは一年のうちでもっとも平均気温が高い月に最低血圧を記録していた (2012 年 8 月: $123.0 \pm 9.6 / 72.5 \pm 9.0$ mmHg、2013 年 8 月: $120.6 \pm 9.3 / 71.5 \pm 8.8$ mmHg、2014 年 7 月: $118.5 \pm 10.1 / 70.8 \pm 9.9$ mmHg)。また、夏に最も低下した血圧を記録した月から、最も血圧が高くなる月までに要する期間は年々遅くなっていた (2012 年 11 月: $131.6 \pm 10.4 / 77.2 \pm 10.0$ mmHg、2014 年 1 月: $128.7 \pm 12.1 / 76.8 \pm 10.5$ mmHg、2015 年 3 月: $125.4 \pm 12.4 / 74.1 \pm 10.2$ mmHg)。

SBP が夏に最も低くなった月から最も高くなった月との血圧変動幅は 3 年連続して 8.7, 8.1, 6.9 mmHg と徐々に減少していた。さらに、SBP が夏に最も低くなった月から最も高くなった月までに要する期間も、3, 5, 8 か月と徐々に時間がかかるようになってきた。つまり、夏から冬への血圧の上昇の傾きが年々緩やかになっていることを示している。

災害高血圧に対して ICT を用いた血圧管理システムは心血管イベントリスクを有する高血圧患者に対して、導入時平均 SBP が 150 mmHg を超えるような集団が最終的に、平均 SBP を 120 mmHg~125 mmHg にコントロールすることができ、季節変動も最小限に抑えることが可能となった。したがって、ICT を用いた血圧管理システムは被災地において、長期間にわたって良好な血圧コントロールを維持することを可能とし、心血管イベントの抑制に貢献するものと考えられる。

図 8 DCAP ネットワークシステムの家庭血圧による平均血圧および平均脈拍の東日本大震災後の月別推移 (N=351)



研究 3. 震災 1 年 9 か月後に発生した最大余震に
対して、住環境の違いが血圧変動に及ぼす影響に
ついての検討

図 9 に、東日本大震災後最大の余震が生じた 2012 年 12 月 7 日に ABPM を施行していた 8 名における、仮設住宅居住者（4 名）及び自宅居住者（4 名）別の 24 時間の血圧推移を示す。8 名の平均血圧は最大余震発生前 1 時間の血圧に比べ、発生效后 1 時間の血圧のほうが有意に上昇していた（最大余震発生前 1 時間前 133.0（113.0–143.5）vs. 最大余震発生前 1 時間後 137.5（125.0–192.0）mmHg, $P = 0.025$ ）。

一方で、居住環境による最大余震発生前後 1 時間の血圧に有意差はなかった {自宅居住者：余震発生前 126.5（121.5–138.0）vs. 余震発生效后 137.8（129.5–177.0）mmHg, $P = 0.07$ 、仮設住宅居住者：139.3(113.0–143.5) vs. 137.5 (125.0–192.0) mmHg, $P = 0.27$ }。

また、仮設住宅居住者の夜間 SBP/DBP および早朝の SBP は自宅居住者に比べ、有意に上昇していた。（夜間血圧: $125.3 \pm 11.8/71.3 \pm 5.2$ mmHg vs. $106.5 \pm 3.4/61.9 \pm 4.2$ mmHg, SBP/DBP とも $P < 0.05$; 早朝血圧 156.5 ± 28.7 vs. 129.7 ± 1.0 mmHg, $P < 0.05$ ）

図 9 東日本大震災後の最大余震時における仮設住宅居住者と自宅居住者の ABPM による 24 時間の血圧推移

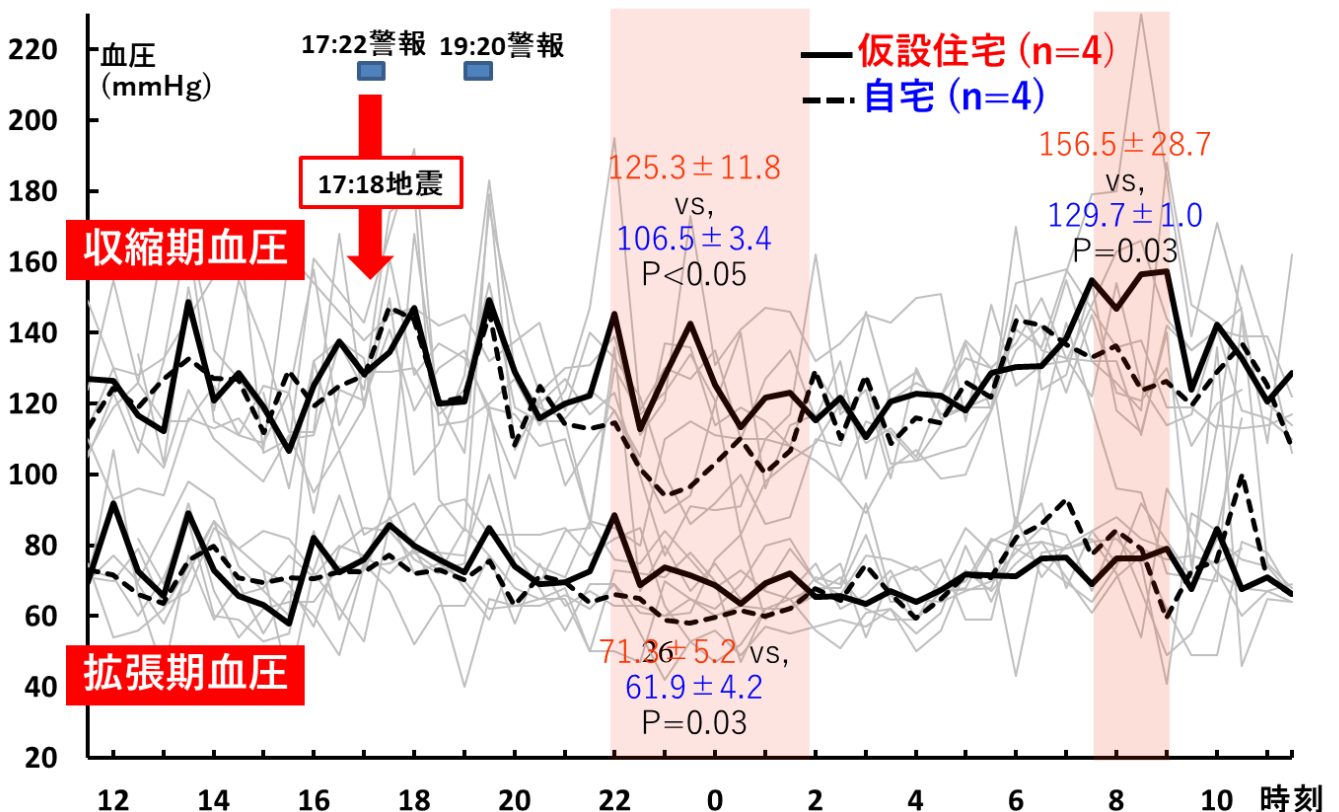
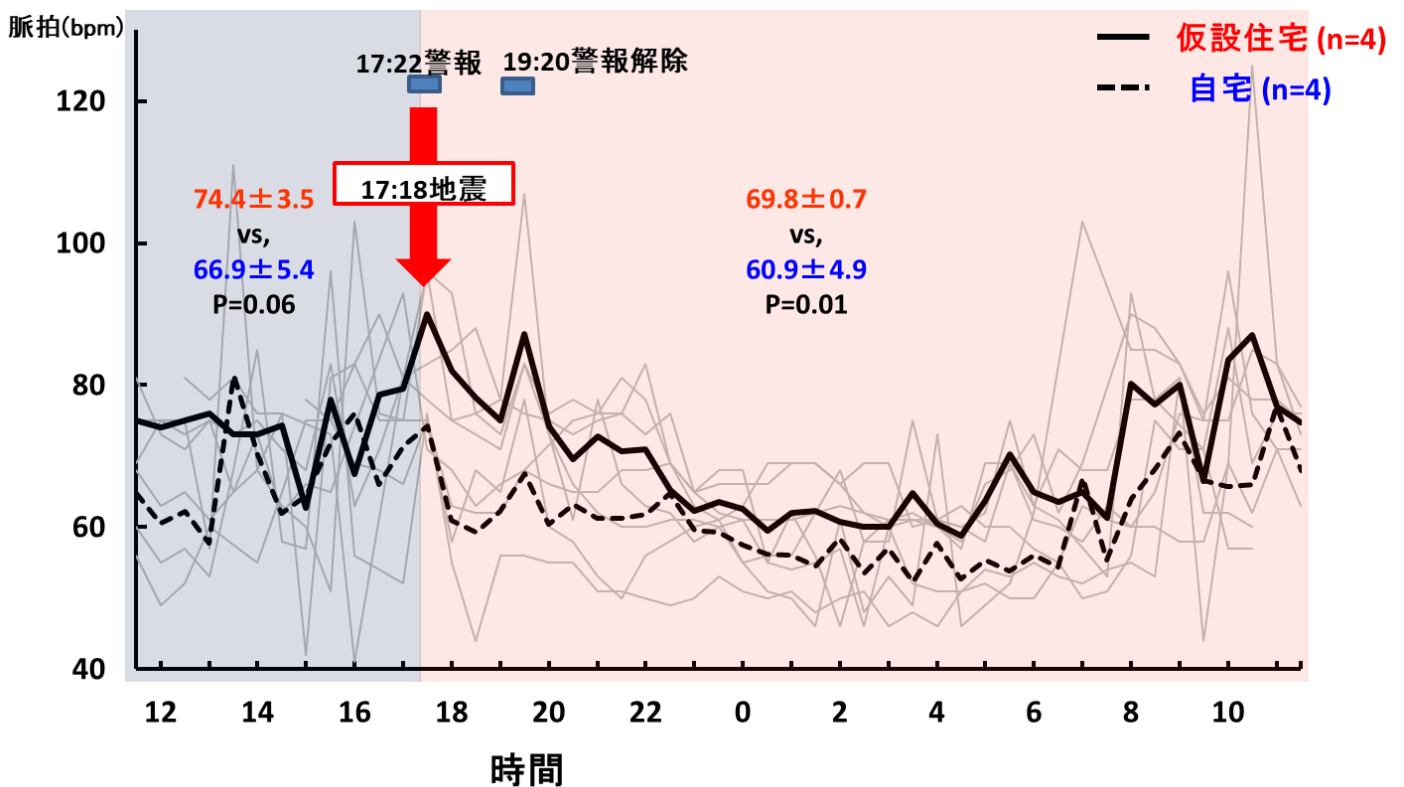


図 10 に、同様の対象者の 24 時間の脈拍推移を示す。警報発令前の脈拍の平均値は、仮設住宅居住者と自宅居住者で統計学的な有意差は認めなかったが (74.4 ± 3.5 vs. 69.9 ± 5.4 bpm, $P = 0.06$)、警報発令後から朝までの脈拍の平均値は仮設住宅居住者の脈拍が自宅居住者に比べ、有意に上昇していた (69.8 ± 0.7 vs. 60.9 ± 4.9 bpm, $P = 0.01$)。

仮設住宅居住者は震災から 1 年 9 か月経過した時期に発生した余震に対しても、自宅居住者と比較して、有意に血圧や脈拍が上昇することが分かった

図 10 東日本大震災後の最大余震時における仮設住宅入居者と自宅居住者の脈拍変化



研究 4. 被災地における冬季早朝高血圧に影響
を与える因子の検討

図 11 に、2013 年夏季と冬季に両時期とも ABPM を施行した 412 名の血圧評価の結果を示す。

全体群 (n=412) において、夏季と冬季で 24 時間平均血圧及び夜間 SBP に差は認めなかったが、昼間 SBP が 129.2 mmHg から 130.9 mmHg と夏季から冬季に統計学的に有意な上昇を示し (P < 0.01)、中でも早朝 SBP が、132.3 mmHg から 136.8 mmHg と 4.5 mmHg の上昇を認めた (P < 0.001)。

図 11 ABPM で評価した 2013 年夏季と冬季の血圧比較

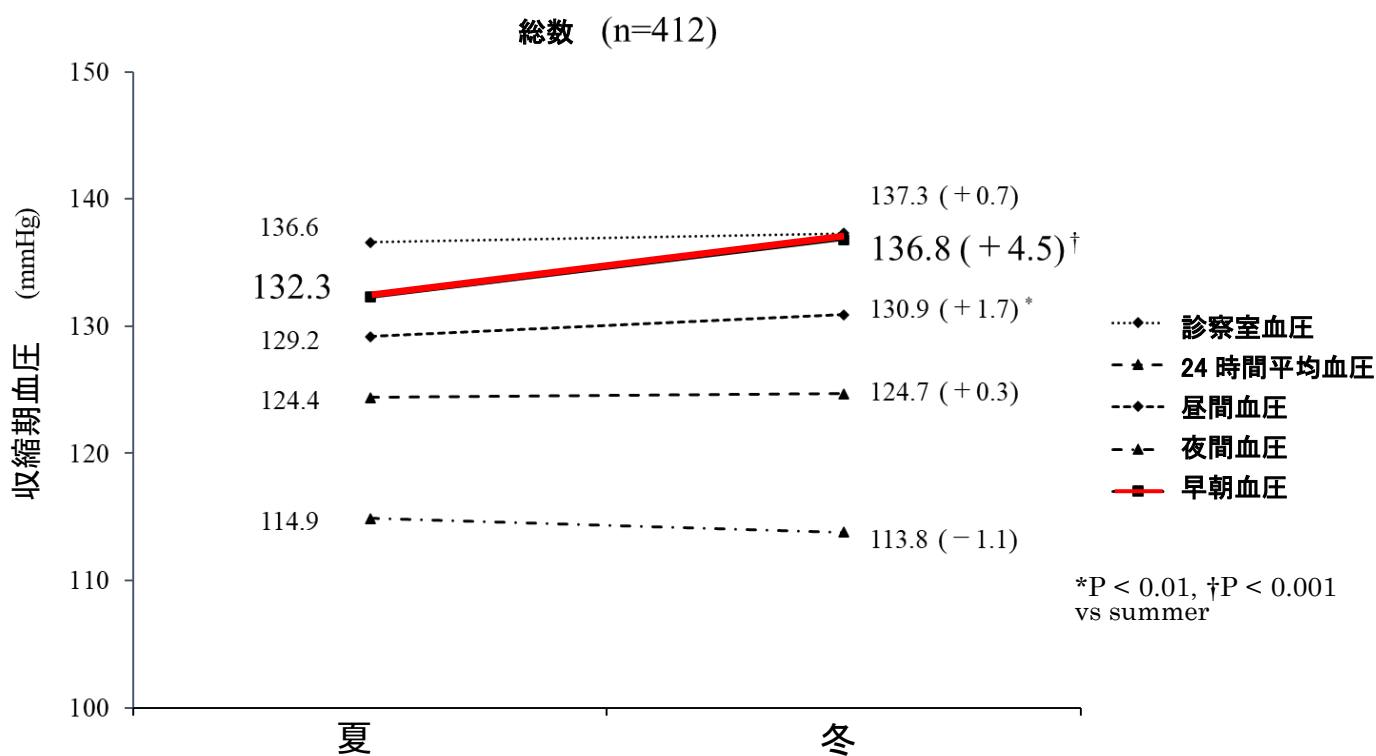


表 1 に、自宅居住者と仮設住宅居住者の患者背景を示す。自宅居住者と仮設住宅居住者の患者背景に有意差を認めなかった。自宅居住群の平均築年数は 32 年であった

表 1 【研究 4】自宅居住者(n=229)と仮設住宅居住者(n=113)の患者背景

	自宅居住者(n=229)	仮設住宅居住者(n=113)	P 値
年齢(年)	74.6±8.1	76.2±7.6	0.069
75 歳以上の割合(%)	55.5	64.6	0.096
男性(%)	30.8	37.2	0.216
BMI(kg/m ²)	25.1±3.9	25.3±3.4	0.701
喫煙者(%)	6.8	9.7	0.309
習慣飲酒(%)	18.2	23.2	0.253
虚血性心疾患の既往(%)	2.7	5.3	0.188
脳卒中の既往(%)	5.0	7.1	0.416
脂質異常症(%)	62.2	70.8	0.104
糖尿病(%)	19.1	23.0	0.373
築年数(年)	32.0(20.0-50.0)	-	-

データは、平均±標準偏差 (SD)、中央値 (四分位範囲)、またはパーセンテージとして表す。連続変数のその他の臨床パラメーターは、両側非対応 t 検定を使用して比較され、割合はカイ二乗統計を使用して比較された。BMI: Body Mass Index

表 2 に、自宅居住者と仮設住宅居住者の夏季から冬季での降圧剤の変化を示す。自宅居住群と仮設住宅居住群の両群ともに夏に比べ冬に降圧剤を増加させているが、両群に有意差はなかった ($p = 0.860$)。自宅居住者では冬季において ARB の処方例が増加していた。一方、仮設住宅居住者では利尿剤の処方が自宅居住者に比べ有意差をもって増加していた ($p = 0.004$)。

表 2 【研究 4】自宅居住者と仮設住宅居住者間の降圧剤の変化の比較

	自宅居住者(n=229)			仮設住宅居住者(n=113)			変化の比較
	夏	冬	(夏→冬)	夏	冬	変化 (夏→冬)	自宅 vs 仮設 P 値
降圧薬服用数(n)	2.0±1.1	2.1±1.0	+0.12±0.41	2.1±1.2	2.3±1.1	+0.13±0.38	0.860
降圧薬							
CCB(%)	227(75.9)	239(79.9)	+12(4.0)	83(74.1)	88(78.6)	+5(4.54)	0.851
ACE 阻害薬(%)	15(5.0)	7(2.3)	-8(-2.7)	3(2.7)	1(0.9)	-2(-1.8)	0.594
ARB(%)	209(69.9)	240(80.3)	+31(10.4)	85(75.9)	93(83.0)	+8(7.1)	0.309
利尿薬(%)	118(39.5)	118(39.5)	0(0)	52(46.4)	55(49.1)	+3(2.7)	0.004
Beta blocker(%)	9(3.0)	9(3.0)	0(0)	7(6.3)	7(6.3)	0(0)	1.000
Alpha blocker(%)	20(6.7)	20(6.7)	0(0)	5(4.5)	5(4.5)	0(0)	1.000
Eplerenone(%)	4(1.3)	4(1.3)	0(0)	4(3.6)	4(3.6)	0(0)	1.000
降圧剤の変更							
増加群(%)			157(52.5)			57(50.4)	
数の増加(%)			44(14.7)			13(11.5)	0.400
量の増加(%)			113(37.8)			44(38.9)	0.831
減少群(%)			12(4.0)			2(1.8)	
数の減少(%)			7(2.3)			1(0.9)	0.339
量の減少(%)			5(1.7)			1(0.9)	0.552

CCB: calcium channel blockers ACE: angiotensin-converting enzyme ARBs: angiotensin-IIreceptor blockers

データは、平均±標準偏差 (SD)、中央値 (四分位範囲)、またはパーセンテージとして表された。夏と冬の平均は、ペア t 検定を使用して比較され、割合はカイ二乗統計を使用して比較された。* $P < 0.05$ vs. 夏, † $P < 0.01$ vs. 夏, ‡ $P < 0.001$ vs. 夏, 自宅居住者と仮設住宅居住者の変化の比較は、両側非対応 t 検定を使用して比較され、割合はカイ二乗統計を使用して比較された。

表 3 に、全体群及び自宅居住、仮設住宅入居群別の冬季早朝血圧上昇の結果を示す。図 1 にも既に示しているように全体群 (n=412) において、夏季から冬季にかけて早朝 SBP は有意に上昇した。この関係は、自宅に居住する集団でも認めたが (n = 299, 132.7 ± 17.5 vs. 137.7 ± 17.5 mmHg , P < 0.001)、仮設住宅に居住する集団では認めなかった (n = 113, 131.2 ± 16.7 vs. 134.5 ± 16.2, P = 0.056)。

表 3 冬季早朝血圧上昇の比較

	夏 (mmHg)	冬 (mmHg)	変化(mmHg) (夏→冬)	P 値
全体群(n=412)	132.3±17.3	136.8±17.2	+4.5±20.1	<0.001
自宅居住者群(n=299)	132.7±17.5	137.7±17.5	+5.0±20.8	<0.001
仮設住宅居住者群(n=113)	131.2±16.7	134.5±16.2	+3.3±18.0	0.056
自宅 vs 仮設住宅の変化の比較				0.437

データは、平均±標準偏差 (SD) として表されます。SD: standard deviation
 総数、自宅居住者、仮設住宅居住者の夏と冬の平均は、ペア t 検定を使用して比較された。
 自宅居住者と仮設住宅居住者の変化の比較は、非対応 t 検定を使用して比較された。

夏季から冬季への早朝血圧上昇を 5 分位にすると 5 分位最高分位 (Q5) は 20 mmHg 以上であった。表 4 に、単変量及び多変量ロジスティック回帰分析による Q5 に対する各患者背景のオッズ比及び 95 %信頼区間を示す。多変量ロジスティック回帰分析においては、全ての背景因子で補正後も、年齢が 75 歳以上(オッズ比[OR] 3.73, 95 %信頼区間[CI] 2.00-6.95),と自宅居住 (OR 2.58, 95 % CI 1.29-5.16) が独立した因子となった。

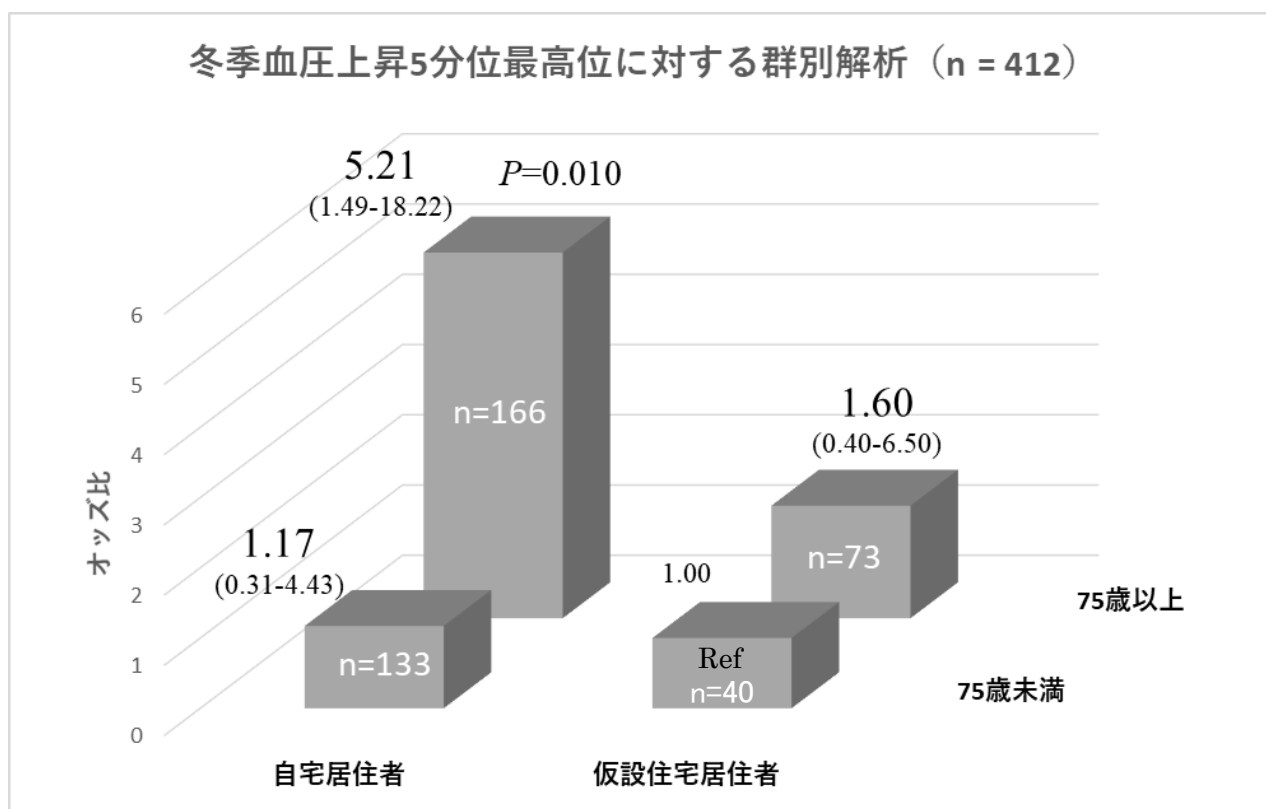
表 4 冬季早朝血圧上昇 5 分位最高位(Q5)の単変量及び多変量ロジスティック回帰解析

	単変量			多変量		
	オッズ比	95%信頼区間	P 値	オッズ比	95%信頼区間	P 値
年齢≥75 歳	3.36	1.89-5.97	<0.001	3.73	2.00-6.95	<0.001
男性	0.91	0.54-1.54	0.722	0.89	0.37-2.12	0.793
BMI≥25kg/m ²	0.55	0.33-0.91	0.021	0.65	0.38-1.12	0.118
喫煙	0.77	0.29-2.08	0.608	0.80	0.25-2.64	0.719
習慣飲酒	0.84	0.44-1.59	0.588	1.12	0.43-2.93	0.823
虚血性心疾患の既往	0.31	0.04-2.37	0.257	0.21	0.03-1.68	0.141
脳卒中の既往	2.31	0.94-5.65	0.067	2.14	0.76-6.00	0.148
脂質異常症	1.05	0.63-1.75	0.855	1.12	0.61-2.06	0.717
糖尿病	1.07	0.59-1.94	0.833	0.83	0.42-1.66	0.597
降圧薬の増加	0.84	0.52-1.36	0.476	0.82	0.48-1.41	0.470
降圧薬の減少	2.86	0.99-8.29	0.053	3.02	0.90-10.12	0.073
自宅居住者	2.26	1.20-4.29	0.012	2.58	1.29-5.16	0.007

BMI: body mass index 多変量回帰分析では、年齢≥75 歳、男性、BMI ≥ 25 kg/m²、喫煙、習慣飲酒、虚血性心疾患の既往、脳卒中の既往、脂質異常症、糖尿病、降圧薬の増加、降圧薬の減少で調整済みである。

続いて、多変量ロジスティック回帰分析により夏季から冬季への早朝血圧上昇の5分位最高分位に対する要因として、年齢75歳以上及び自宅居住者の因子が有意に残ったことから、この2つの因子を用いて層別化し検討したところ、75歳未満で仮設住宅に居住する集団に比べて、75歳以上で自宅に居住する集団が明らかに、夏季から冬季への早朝血圧上昇のリスクであった(図12)。

図12 冬季血圧上昇5分位最高位に対する群別解析



4. 考察

【研究1】

研究1は、災害急性期にICTを用いた血圧管理システムを被災地において実装した初めての報告である³⁰。

初めの2例は急性期の症例である。

Case1は災害後のストレスに加え、塩分摂取量が増大したために血圧が急上昇し、カルシウム拮抗薬を投与し経過を追跡できた症例である。災害後に血圧が上昇する原因の一つに塩分摂取量が多くなることが挙げられる⁴。災害後急性期の配給は生鮮食品の供給はほとんどなく、保存食が多くを占めるため、必然的に塩分摂取が多くなる。さらに災害時には食塩感受性が亢進していることから、この循環血液量に依存した血圧変動が増大する原因となる^{4,30,46}。我々が東日本大震災直後に被災者272名を対象に行った調査では推定塩分摂取量が1g増加すると、災害高血圧のリスクが16%増加することを明らかにした⁴⁷。さらに、平時において食塩感受性増大のリスクとされる高齢者、肥満、慢性腎臓病、糖尿病が背景にある集団では、その背景がない集団と比較して推定塩分摂取量と災害高血圧のより強い関連を認めることを明らかにした⁴⁷。このことから、災害直後から減塩に努めることが災害高血圧の予防に大きく貢献するといえる。

Case2はRA系阻害薬内服継続治療中に脱水を契機に血圧が大きく変動した症例である。災害後に血圧変動が大きくなる原因の一つに容易に脱水になることが挙げられる。

災害後急性期にはライフラインが途絶することが多く、東日本大震災でも南三陸町は電気が35日間、水道は約3か月使用できない状況が続いた。

また、災害後急性期は配給が不十分で、1日2食というところも多数存在した。さらに、トイレ環境も劣悪であったため、特に高齢の女性は夕方から飲水を控え

るなどの行動をとるものが多数存在した。このような状況から脱水をきたしやす
い状況であったと考えられる。

一般に体液量に依存して降圧効果が大きく異なる ARB や ACE 阻害薬などの
RA 系抑制薬では、災害時には RAA (renin-angiotensin-aldosterone: レニン-アン
ジオテンシン-アルドステロン) 系も過度に亢進しており、平時の状態とは異な
ることから、このような降圧薬は降圧力がより大きく変動するリスクがある⁴。
さらに、食塩摂取が増えると降圧力が弱まり、血圧が急激に上昇する可能性もあ
る⁴。災害急性期には医療情報も乏しいため、降圧効果が確実に期待でき、かつ
副作用が少ない CCB が望ましい⁴。

このように災害時には血圧変動が大きくなることから、平時に比べより厳格
な血圧管理が必要となり、内服している治療薬の特長も熟知しておく必要があ
る。

次に DCAP ネットワークシステムに登録している 4 名の典型的なケースを紹
介した(Case3-6)。これら 4 例は慢性期の症例で震災による生活様式の変化や環
境要因により、血圧は容易に変動することを示している。一見、安定したかと思
える血圧も、様々なストレスにより、その後大きく変動することがあるため、注
意深い観察が必要である。

ICT を用いた血圧管理システムの利点として、急性期においては治療後の経過
を追うことを可能とするだけでなく、血圧の急激な変化の発見を契機に、速やか
に介入することを可能とすることが挙げられる³⁰。さらに、過去の血圧データを
蓄積することで、過去との比較を容易にし、血圧の上昇を予測することが可能と
なる。このことから ICT を用いた血圧管理は厳格な血圧管理を達成するために
大きく貢献しているといえる。

研究 1 では ICT を用いた血圧管理システムである DCAP ネットワークシステ

ムが災害急性期のみならず、災害慢性期においても活用できることを明らかにした³⁰。

【研究 2】

研究 2 では、東日本大震災において壊滅的な被害を受けた被災地において、ICT を用いた血压管理システムである DCAP ネットワークシステムを震災直後から長期間にわたり使用し、厳格な血压管理を達成することが可能であることを初めて報告した³⁹。過去の報告では被災者自身が災害前から測定した血压を短期間、しかもレトロスペクティブに調査したものばかりであった³¹⁻³⁸。

本研究では SBP を 120 mmHg～125 mmHg と厳格にコントロールすることを達成できた。診察室血压と心血管イベントを評価した SPRINT 研究 (Systolic Blood Pressure Intervention Trial) では診察室血压を 120 mmHg 未満にコントロールする群のほうが 140 mmHg 未満にコントロールする群より心血管イベントを減少させるのに優れていることを明らかにした⁴⁸。また、家庭血压と心血管イベントの関係を見た観察研究である HONEST (Home blood pressure measurement with Olmesartan Naive patients to Establish Standard Target blood pressure) 研究では、心血管イベントの発症リスクを最小にするのは SBP を 125 mmHg 未満にすることであることを明らかにした^{49,50}。これらの結果からわれわれの研究で得られた結果が、心血管イベントの予防に効果的であると考えられる。

本研究では血压の季節変動に関していくつかの興味深い知見が得られた。我々の知る限り災害後の血压の季節変動について研究した報告はない。一つ目に震災後 2 年目以降は気温が最も上昇する夏に血压が底打ち、気温が最も低下する冬に血压が上昇する一般的な血压の季節変動が認められるのに対して、震災後 1 年目は季節変動を認めなかったことである。これは災害のストレスが季節変動の原因となる気温の変化によるストレスを凌駕したことを意味している

可能性がある。一方で、1年目は降圧剤を増加させた割合が高く、降圧剤が血圧の季節変動をマスクした可能性を否定できない。二つ目に我々のデータは2年目以降の冬季血圧サージの傾きを徐々に緩やかにしていることを示した。三つ目に冬季血圧サージのピークが年々遅くなっていることである。この原因として、ICTを用いた血圧管理システムでは秋から冬にかけて血圧の上昇の兆しをとらえ、過去の血圧の変化の傾向を踏まえて、降圧剤の増量などで早期に介入することが可能となるためである。この結果、年間を通しての季節変動幅も年々小さくすることに成功した。血圧の季節変動の増大は臓器障害や心血管イベントのリスクである。特に冬季血圧サージは高齢者において、心血管イベントの増加の原因となっており²⁹、ICTを用いた血圧の個別管理が季節変動を抑えるだけでなく、心血管イベントの減少にも貢献するものと考えられる。

【研究3】

研究3では、本震から1年9か月経過したのちに発生した余震に対して、住環境の違いが血圧変動に及ぼす影響を初めて報告した⁴⁴。

過去の報告では地震前後の血圧や脈拍の変化に注目した報告がいくつか認められる^{4,13,14,41-43,51}。これらの報告では、地震のような急激なストレスに伴い交感神経亢進が引き起こされ、血圧及び脈拍の上昇に関連すると考えられている⁴。本研究では8名の平均血圧は最大余震発生前1時間の血圧に比べ、発身後1時間の血圧のほうが有意に上昇していた。この結果は過去の研究の報告^{4,13,14,41-43,51}を支持するものである。一方で、自宅居住者と仮設住宅居住者の居住環境の違いによる最大余震発生前後1時間の血圧に有意差はなかった。大きな余震という急激なストレスに対する血圧上昇という生理的な反応は、居住環境の違いによらず認められると考えられる。

人数が少なく、同じ症例での非余震時のABPMのデータと比較はないため結

果の解釈には限界があるものの、津波警報解除後であるにもかかわらず、仮設住宅居住者の血圧は夜間や早朝において、自宅居住者の血圧と比べ有意に高い結果であった。また、交感神経を反映する指標として考えられる脈拍においては、仮設住宅居住者の脈拍は津波警報発令時から翌朝まで、自宅居住者の脈拍と比べ有意に高い値が持続した。しかし、この 2 群の血圧及び脈拍の推移の差は、ABPM 施行時の住環境の差のみから説明することは難しい。自宅居住者と比べて仮設住宅居住者は津波により家を失ったものが多く、居住環境が明らかに変化したことにより、ストレスの多い生活を送っている可能性が高い。加えて、津波の直接的な被害を受けた仮設住宅居住者は自宅居住者に比べ、津波に対する恐れや不安をより多く感じやすくなっていたのではないかと推測される。住環境の要因だけでなく心理的な要因を背景に、余震や津波警報により、より強く交感神経が活性化され、災害後 1 年 9 か月経過したにもかかわらず、血圧や脈拍の上昇をもたらした可能性がある。

一般に交感神経の活動の亢進は、血圧のサーカディアンリズムを乱し、夜間血圧の低下を妨げ、また早朝高血圧の原因となる^{52,53}。早朝高血圧や non-dipper/riser pattern や過度の早朝血圧サージなどの血圧サーカディアンリズムの乱れは臓器障害や心血管イベント発症と関連があるといわれている^{27,54-57}。このことから、長期間仮設住宅で生活する被災者に対して、震災後長期間にわたり、厳格な血圧管理が必要であるとともに、一日でも早く生活環境の改善を目指していくことが必要とされる。

研究 3 では研究 1,2 と違い ABPM を用いて、余震前後の血圧の変化を検討した。家庭血圧では見逃してしまう夜間血圧、血圧変動をとらえ、被災地特有の仮設住宅居住者と自宅居住者の余震に対する反応の違いを観察することができた。研究 2 でも示したように、震災から時間が経過すると、人々の生活も落ち着き、

それに伴い血圧も安定していたが、余震をきっかけに震災の被害の程度によって、血圧に大きな差が生じたことは注目すべき現象であった。また、この24時間にもわたる血圧の変化は家庭血圧だけでは見逃していた可能性がある。この経験から厳格なコントロールを達成するために、2012年冬から家庭血圧に加えABPMを1年に2回、冬と夏に継続的に検査するようになった。

冬季早朝血圧上昇は冬季の心血管イベントの増加に関連していると考えられている。そこで、研究4として被災地における冬季早朝高血圧に影響を与える因子の検討をすることとした⁴⁵。

【研究4】

研究4で得られた主要な知見は次の三つである。一つ目は早朝SBPが夏から冬にかけて、他のSBPのパラメーターと比べて一番大きく変化することを示したことである。二つ目は75歳以上で自宅居住者であるという要因が、冬季早朝SBP上昇の五分位最高位のリスク増加において重要な要因であるということを示したことである。三つ目に75歳以上で自宅居住者は他の患者と比較して、冬季早朝SBP上昇の五分位最高位のリスクが高いことを示した。本研究は災害により被害を受けた地域における住環境と血圧の季節変動の差を示した初めての報告である⁴⁵。

本研究ではABPMによって測定された朝のSBPは、24時間、昼間、または夜間のSBPよりも大きな冬の血圧サージを示した (132.3 ± 17.3 vs. 136.8 ± 17.2 mmHg, $P < 0.001$, $+4.5$ mmHg)。同じ東北地方の岩手県大迫町で2001年から2010年にかけて行われた高血圧治療を受けている1649人を対象に家庭血圧が評価されたHOMED-BP (The Hypertension Objective Treatment Based on Measurement by Electrical Devices of Blood Pressure) 研究では、平均年齢が 61.5 ± 9.7 歳、平均SBPが 151.7 ± 12.3 mmHgの集団で夏より冬のほうが有意に高い

(+6.7 mmHg) と報告されている⁵⁸。また、岩手県で 1992 年夏から 1993 年春にかけて、本態性高血圧の 25 名の外来患者に対して ABPM で血圧の季節変動を検討した研究では、平均年齢が 57.3 ± 12.2 歳、夏の平均 SBP が 139.4 ± 13.0 mmHg の集団で、夏季と比較した冬季の朝の血圧の変動幅は +7.5 mmHg であったと報告されている⁵⁹。

本研究と比較して、前者は横断的研究であり、対象患者は 1649 人と多いものの、家庭血圧を用いた比較であった。また、後者は ABPM を用いて比較しているものの、わずか 25 名の集団であった。我々の対象患者は前述した 2 つの研究と比べ、平均年齢が 10 歳以上も高かったが(自宅居住者 74.6 ± 8.1 歳、仮設住宅居住者 76.2 ± 7.6 歳)、過去の報告と比較して早朝血圧の季節変動が小さかった。高齢者は、圧反射不全により、若年者と比較して血圧変動が大きくなると考えられている⁶⁰。血圧変動の増大と平均血圧値の上昇は関連が強い⁶¹とされており、本研究では、前述した 2 つの研究と比べて夏と冬の SBP がいずれも良好にコントロールされていたため、冬季の血圧急上昇を生じにくくした可能性が考えられる。一方で、患者背景による更なる層別化を行うと、今回の研究では 75 歳以上の高齢者であると、75 歳未満と比較し、冬季早朝血圧上昇 (SBP > 20 mmHg) に対するオッズ比が 3.36 倍であった。前述したように、研究対象者全体としては、これまでの研究と比べ冬季早朝血圧上昇は抑えられていたものの、75 歳以上の高齢者はリスクとしてなお残った。また、自宅居住者は仮設住宅居住者と比較し、冬季早朝血圧上昇 (SBP > 20 mmHg) に対するオッズ比が 2.26 倍であった。室温が低下するほど、その測定時の血圧値は上昇することが知られている⁶⁰。本地域の自宅居住者では古い住宅が多く、気密性が悪いために、冬季の室温の低下が大きくなり、血圧上昇を来しやすくなった可能性がある。

過去に日本で使用された仮設住宅の多くは狭小で、防音もなく、気密性が悪い

ため断熱性能も乏しく、十分な耐寒性がなかった⁶²。しかしながら、南三陸に導入された仮設住宅は断熱壁や二重窓などを有し、気密性がよく、外気温と室間の温度差が少なくなっていた。その結果、災害後長期間にわたり、気密性の良い仮設住宅で生活することは、気密性の悪いと考えられる古い自宅での生活に比べ、急激な冬季早朝血圧上昇を避けることができたのではないかと考える。すなわち、75歳以上の高齢者でも仮設住宅と同様に気密性がよく、外気温と室間の温度差が少なくなるような住環境を整えれば、冬季の早朝血圧上昇のリスクを減らすことができると考えられる。

これまでの報告で、災害後の心血管イベントの増加の一因として災害後の血圧上昇の関与が考えられている^{4,63}。本研究では冬季早朝 SBP 上昇の五分位最高位の閾値は 20 mmHg だった。最近のメタ解析では、SBP が 10 mmHg 減少するたびに、主要な CVD イベント（ハザード比[HR], 0.80）、虚血性心疾患（0.83）、脳卒中（0.73）、心不全（0.72）のリスクが有意に低下し、すべての原因による死亡率の大幅な減少（0.87）を認めると報告されている⁶⁴。避難所でも早期から適切な住環境を提供することによって、季節変動を含めた血圧の良好なコントロールをもたらし、災害に関連する心血管病を減らす可能性があるといえる。

5. 本研究の限界

本研究の限界としては地震前の血圧データを入手できなかった点にある。津波は町の医療記録をすべて消失したため、震災以降の血圧データの観察研究として行わざるを得なかった。

6. 全体の結論

本研究では震災後の被災地域において、急性期から慢性期にかけて統一した ICT 血圧計と ABPM を用いたモニタリングシステムにより、継続した血圧管理を行うことで、被災地住民の血圧の問題点が明らかになった。災害急性期においては繰り返す余震や不眠、過剰な塩分摂取、脱水などにより急激に血圧が変動する。このことから、災害直後から減塩に努めることと、早期に血圧コントロールを行うことが重要である。また、ICT を用いた家庭血圧モニタリングシステムの導入により、震災後急性期においては血圧を速やかに安全圏に誘導することができ、慢性期においては季節変動幅も小さくし、安定した血圧コントロールを達成できることを示した。このことから、ICT を用いた血圧計が被災地域の医師の負担軽減に寄与するとともに、血圧変動を予測した厳格な血圧管理に貢献することを証明した。さらに、家庭血圧も安定し、災害後慢性期の一見落ち着いたかに見えるような状況下でも、仮設住宅居住者は余震をきっかけに震災の記憶をフラッシュバックさせ、その後の血圧及び脈拍が上昇することを ABPM にて示した。このことから、被災者は長期にわたり厳格な血圧コントロールが必要であることを証明した。最後に、ICT を用いた家庭血圧計で良好な血圧コントロールを得られている状況下においても、夏と比較して冬には急激なモーニングサージがみられることを示し、特に高齢者はそのリスクが高い。また自宅居住者で顕著であったから気温の変化だけでなく、住環境がそのリスクになることが分かった。さらに、高齢でかつ自宅居住者であることで、夏から冬にかけての早朝血圧上昇のリスクが高まった。本研究より得られた結果を今後、ガイドラインや政策に生かしていきたい。

7. 今後の展望

本研究では ICT を用いた家庭血圧管理システムが災害後の厳格な血圧管理に有効で、災害後の心血管イベントの発症抑制に大きく貢献する可能性が示された。システム開発当時は災害後急性期の家庭血圧管理を想定して、システムを開発したものの、災害後慢性期においても厳格な血圧管理に有効であることが分かった。ICT を用いた家庭血圧管理の利点は一つ目に瞬時に過去の血圧を振り返り、未来を予測して、確信をもって治療の介入を行うことができる点である。従来は家庭血圧手帳を用いて血圧管理をするのが一般的であるが、血圧手帳では記録できる期間は多くても 6 か月程度のものがほとんどで、一年前の同時期の血圧を振り返りこの先の血圧の変化を予測することは容易ではない。二つ目の利点は ICT を用いることで一日 4 回、一年で 1000 回を超える大量の血圧・脈拍データを蓄積し、容易に解析ができる点である。三つ目の利点は第三者が集団または個人の血圧コントロールを評価することができる点である。高血圧パラドックスという言葉があるように、現在は既存の降圧剤でほとんどの患者に対して良好な血圧コントロールが可能となっているにもかかわらず、高血圧の治療を受けている約半数の患者は目標血圧に到達していないという問題がある。原因として、一つ目に厳格な血圧管理が行われていない点がある。現在、血圧の管理はかかりつけ医に委ねられており、そのほとんどが血圧の専門医ではない。二つ目に血圧管理は家庭血圧測定が推奨されているものの、高血圧治療を受けている患者の中で、家庭血圧測定が困難で、診察室血圧の結果のみで血圧管理されている患者がいまだに多くいることである。したがって、今後このシステムを利用することで得られた経験から、医療過疎地域や非専門医の先生に対しては ICT を用いた遠隔診断を行うことで、専門医による治療のアドバイスを受けることが可能となる。さらに、家庭血圧測定が困難である患者には ICT を用いて、公

共施設での血圧測定、保健福祉サービス利用時の血圧測定を行い、診察室外血圧データを共有することで、血圧診療の質を高めていきたい。

また、ABPM を定期的に行うことも重要なことであると考え。現在は血圧管理における診察室外血圧の評価は、家庭血圧測定が中心となっているが、今後高齢化が進むと、認知機能の低下などにより、患者自身による家庭血圧測定自体が困難となる可能性が高い。現に高齢化が進んでいる南三陸町のような医療過疎地域においては、家庭血圧測定が困難である患者が増加している。このような患者に対して家庭血圧を用いた血圧管理の評価をすることは困難である。打開策として、南三陸町では年に2回 ABPM を行うことで、血圧治療の質を維持している。今後はこの大量の血圧データから、血圧変動と心不全や認知症の予防との関係についても明らかにしていく所存である。

本研究では血圧および脈拍データの解析に留まるが、今後我々が得た知見をもとに屋内環境、身体活動度の評価なども行い、血圧変動のリスク因子の解明を進める。さらに、そのエビデンスを基に災害関連死を減らす取り組み（政策立案、ガイドラインの作成や住民への啓発活動）に役立てるとともに、医療過疎地域においても高血圧診療の質を担保し、心血管イベントゼロを目指し、貢献していきたいと考える。

8. 謝辞

本研究を行うにあたり、研究の協力並びに助言をいただきました自治医科大学内科学講座循環器内科学部門 苅尾七臣教授、星出聡教授、新保昌久教授、藤原健史先生をはじめ、自治医科大学循環器内科学教室の原田紀子様、富谷奈穂子様、大倉綾子様、大河原幸恵様、松本祐里様、濱寄春菜様、研究の助言をいただいた兵庫県立淡路医療センター名誉院長・自治医科大学循環器内科客員教授の松尾武文先生、研究の協力をいただいた株式会社エー・アンド・デイメディカル事業推進部長尾崎忍様、ME 事業本部開発部安居伸彦様、木内俊之様、統計解析に助言いただいたところとからだの元氣プラザ鐘江宏様、検査に協力していただいた南三陸病院臨床検査部の皆さんに厚く御礼申し上げます。

9. 引用文献

- 1 Kario K. Measuring the effects of stress on the cardiovascular system during a disaster: the effective use of self-measured blood pressure monitoring. *J Hypertens* 28 : 657, 2010
- 2 Nihei T, Takahashi J, Kikuchi Y, et al. Enhanced Rho-kinase activity in patients With vasospastic angina after the Great East Japan Earthquake. *Circ J* 2012; 76: 2892–2894.
- 3 Kario K, Matsuo K, Kobayashi H, et al. Earthquake-induced potentiation of acute risk factors in hypertensive elderly patients: possible triggering of cardiovascular events after a major earthquake. *J Am Coll Cardiol*; 1997 29: 926–933.
- 4 Kario K. Disaster hypertension -its characteristics, mechanism, and management-. *Circ J* 2012; 76: 553–562.
- 5 Kario K, McEwen BS, Pickering TG. Disasters and the heart: a review of the effects of earthquake-induced stress on cardiovascular disease. *Hypertens Res* 2003; 26: 355–367.
- 6 Kario K, Nishizawa M, Hoshida S, et al. Development of a disaster cardiovascular prevention network. *Lancet* 2011; 378: 1125–1127.
- 7 Kario K, Shimada K, Takaku F. Management of cardiovascular risk in disaster: Jichi Medical School (JMS) Proposal 2004. *JMAJ* 2005; 48: 363–376.
- 8 Tempesta D, Curcio G, De Gennaro L, et al. Long-term impact of earthquakes on sleep quality. *PLoS One* 2013; 8: e55936.

- 9 Kario K, Matsuo T, Kayaba K, et al. Earthquake-induced cardiovascular disease and related risk factors in focusing on the Great Hanshin-Awaji Earthquake. *J Epidemiol* 1998; 8: 131–139.
- 10 Matsuo T, Suzuki S, Kodama K, et al. Hemostatic activation and cardiac events After the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. *Int J Hematol* 1998; 67: 123–129.
- 11 東日本大震災での災害時循環器リスク予防スコアの活用のお願ひ。
http://www.carenet.com/disaster_medicine/disaster_hypertension/01.html
- 12 Shibata M, Hanzawa K, Ueda S, et al. Deep venous thrombosis among disaster Shelter inhabitants following the March 2011 earthquake and tsunami in Japan: a descriptive study. *Phlebology* 2014; 29: 257–266.
- 13 Kario K, Matsuo T, Ishida T, Shimada K. "White coat" hypertension and the Hanshin-Awaji earthquake. *Lancet*. 1995; 345:1365.
- 14 Kario K, Matsuo T, Shimada K, Pickering TG. Factors associated with the occurrence and magnitude of earthquake induced increases in blood pressure. *Am J Med* 2001; 111: 379–384.
- 15 Williams B, Mancia G, Spiering W et al. 2018 Practice Guidelines for the Management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*. 36(12): 2284-2309
- 16 Hoshide S, Yano Y, Mizuno H, Kanegae H, Kario K. Day-by-Day Variability of Home Blood Pressure and Incident Cardiovascular Disease in Clinical Practice: The J-HOP Study (Japan Morning Surge-Home Blood Pressure). *Hypertension*. 2018 Jan;71(1):177-184.

- 17 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会. 高血圧治療ガイドライン2014. 日本高血圧学会, ライフサイエンス出版 ; 2014
- 18 Segal R, et al. Prognostic value of ambulatory and home blood pressures compared Pressioni Arteriose Monitorate e Loro Associazioni (PAMELA) study. *Circulation*. 2005; 111: 1777-1783.
- 19 Nishinaga M, et al. High morning home blood pressure is associated with a loss of functional independence in the community-dwelling elderly aged 75 years or older. *Hypertens Res*.2005;28:657-663
- 20 Agarwal R, et al. High morning home blood pressure recordings in patients with chronic kidney disease. *Kidney Int*. 2006; 69: 406-411.
- 21 Stergiou GS, et al. Cardiovascular risk prediction based on home blood pressure measurement : the Didima study. *J Hypertens*. 2007; 25: 1590-1596.
- 22 Niranen TJ, et al. Optimal schedule for home blood pressure measurement based on prognostic data: the Finn-Home study. *Hypertension*. 2011; 57: 1081-1086.
- 23 Shimada K, et al. Prognostic significance of on-treatment home and clinic blood pressure for predicting cardiovascular events in hypertensive patients in the HONEST Study. *J Hypertens*. 2016; 34: 1520-1527.
- 24 Kario K, et al. Morning Home Blood Pressure Is a Strong Predictor of Coronary Artery Disease: The HONEST Study. *J Am Coll Cardiol*. 2016; 67:1519-1527.
- 25 Salles GF, et al.: Prognostic Effect of the Nocturnal Blood Pressure Fall in Hypertensive Patients: The Ambulatory Blood Pressure Collaboration in Patients With Hypertension (ABC-H) Meta-Analysis. *Hypertension*. 2016 Apr;67(4):693-700.

- 26 Hoshide S, et al. Masked nocturnal hypertension and target organ damage in hypertensives with well-controlled self-measured home blood pressure. *Hypertens Res.* 2007; 30: 143-149. PMID:17460384
- 27 Kario K, Pickering TG, Umeda Y, Hoshide S, Hoshide Y, Morinari M, Murata M, Kuroda T, Schwartz JE, Shimada K. Morning surge in blood pressure as a predictor of silent and clinical cerebrovascular disease in elderly hypertensives: a prospective study. *Circulation.* 2003 Mar 18;107(10):1401-6.
- 28 Kario K, Ishikawa J, Pickering TG, Hoshide S, Eguchi K, Morinari M, Hoshide Y, Kuroda T, Shimada K. Morning hypertension: the strongest independent risk factor for stroke in elderly hypertensive patients. *Hypertens Res.* 2006 Aug;29(8):581-7.
- 29 Kario K. Caution for winter morning surge in blood pressure: a possible link with cardiovascular risk in the elderly. *Hypertension.* 2006;47:139-140.
- 30 Nishizawa M, Hoshide S, Masahisa S, Kario K. Disaster hypertension: experience from the great East Japan earthquake of 2011. *Curr Hypertens Rep.* 2012; 14(5): 375-381
- 31 Satoh M, et al. Acute and subacute effects of the great East Japan earthquake on home blood pressure values. *Hypertension* 2011; 58: e193-e194
- 32 Kamoi K, et al. Effect of the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake on home Blood pressure measurement in the morning in type 2 diabetic patients. *Clin Exp Hypertens* 2006; 28: 719-729
- 33 Minami J, et al. Effect of the Hanshin-Awaji earthquake on home blood pressure in patients with essential hypertension. *Am J Hypertens* 1997; 10: 222-225

- 34 Kario K, et al. "White coat" hypertension and the Hanshin-Awaji earthquake. Lancet 1995; 345: 1365
- 35 Kario K, et al. Follow-up of white-coat hypertension in the Hanshin-Awaji earthquake. Lancet 1996; 347: 626-627
- 36 Lipsky SI, et al. World Trade Center disaster effect on blood pressure. Blood Press Monit 2002; 7: 249
- 37 Gerin W, et al. Sustained blood pressure increase after an acute stressor: the effects of the 11 September 2001 attack on the New York City World Trade Center. J Hypertens 2005; 23: 279-284
- 38 Watanabe K, et al. Acute changes in home blood pressure after the Great East Japan Earthquake among patients with chronic kidney disease in Fukushima City. Clin Exp Nephrol 2013; 17: 718-724
- 39 Nishizawa M, Hoshide S, Okawara Y, Matsuo T, Kario K. Strict blood pressure control achieved using an ICT - based home blood pressure monitoring system in a catastrophically damaged area after a disaster. J Clin Hypertens (Greenwich). 2017; 19: 26-29.
- 40 荻尾七臣 : CareNet.com 特設サイト「東日本大震災～医療者向け情報～」
<<http://jishin311.carenet.com/41.html>>
- 41 Chen Y, Li J, Xian H, Li J, Liu S, Liu G, Lin J, Han J, Zeng Z. Acute Cardiovascular effects of the Wenchuan earthquake: ambulatory blood pressure monitoring of hypertensive patients. Hypertens Res 2009; 32:797-800.
- 42 Parati G, Antonicelli R, Guazzarotti F, Paciaroni E, Mancia G. Cardiovascular effects of an earthquake: direct evidence by ambulatory blood pressure monitoring. Hypertension 2001; 38:1093-1095

- 43 Petrazzi L, Striuli R, Polidoro L, Properzi G, Casale R, Pasqualetti P, Desideri G, Ferri C, Parati G. Changes in 24-hour ambulatory blood pressure monitoring during the 2009 earthquake at L' Aquila. *Am J Med* 2010; 123: e1-e3.
- 44 Nishizawa M, Hoshide S, Okawara Y, Shimpo M, Matsuo T, Kario K. Aftershock Triggers Augmented Pressor Effects in Survivors: Follow-Up of the Great East Japan Earthquake. *American journal of hypertension*. 2015;28(12):1405-8.
- 45 Nishizawa M, Fujiwara T, Hoshide S, Sato K, Okawara Y, Tomitani N, Matsuo T, Kario K. Winter morning surge in blood pressure after the Great East Japan Earthquake. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2019 Feb;21(2):208-216.
- 46 荻尾七臣. 災害高血圧. 循環器内科医のための災害時医療ハンドブック (日本心臓病学会, 編集). 日本医事新報社 2012: 124-127.
- 47 Hoshide S, Nishizawa M, Okawara Y, Harada N, Kunii O, Shimpo M, Kario K. Salt Intake and Risk of Disaster Hypertension Among Evacuees in a Shelter After the Great East Japan Earthquake. *Hypertension* 2019; 74(3): 564-571
- 48 SPRINT Research Group. A Randomized Trial of Intensive versus Standard Blood-Pressure Control. *N Engl J Med* 2015; 373: 2103-2116
- 49 Kario K, Saito I, Kushiro T, et al. Home blood pressure and cardiovascular outcomes in patients during antihypertensive therapy: primary results of HONEST, a large-scale prospective, real-world observational study. *Hypertension*. 2014; 64: 989-996.
- 50 Kario K, Saito I, Kushiro T, et al. Morning home blood pressure a strong predictor of coronary artery disease: the HONEST Study. *J Am Coll Cardiol*. 2016; 67: 1519-1527.

- 51 Huang JL, et al. Sudden changes in heart rate variability during the 1999 Taiwan earthquake. *Am J Cardiol* 2001; 87: 245-248,A249
- 52 Spruill TM. Chronic psychosocial stress and hypertension. *Curr Hypertens Rep* 2010; 12:10–16.
- 53 Gerin W, Davidson KW, Christenfeld NJ, Goyal T, Schwartz JE. The role of angry rumination and distraction in blood pressure recovery from emotional arousal. *Psychosom Med* 2006; 68:64–72.
- 54 Kario K, Pickering TG, Matsuo T, Hoshide S, Schwartz JE, Shimada K. Stroke prognosis and abnormal nocturnal blood pressure falls in older hypertensives. *Hypertension* 2001; 38:852–857.
- 55 Hoshide S, Kario K, Hoshide Y, Umeda Y, Hashimoto T, Kunii O, Ojima, T, Shimada K. Associations between non dipping of nocturnal blood pressure decrease and cardiovascular target organ damage in strictly selected community-dwelling normotensives. *Am J Hypertens* 2003; 16:434–438.
- 56 Kario K. Morning surge in blood pressure and cardiovascular risk: evidence and perspectives. *Hypertension* 2010; 56:765–773.
- 57 Hoshide S, Kario K, Yano Y, Haimoto H, Yamagiwa K, Uchiba K, Nagasaka, S, Matsui, Y, Nakamura A, Fukutomi M, Eguchi K, Ishikawa J. Association of morning and evening blood pressure at home with asymptomatic organ damage in the j-hop study. *Am J Hypertens*. 2014; 27:939-47
- 58 Hanazawa T, Asayama K, Watabe D, Hosaka M, Satoh M, Yasui D, et al. Seasonal variation in self-measured home blood pressure among patients on antihypertensive medications: HOMED-BP study. *Hypertens Res*. 2017; 40: 284-290.

- 59 Fujiwara T, Kawamura M, Nakajima J, Adachi T, Hiramori K. Seasonal differences in diurnal blood pressure of hypertensive patients living in a stable environmental temperature. *J Hypertens.* 1995; 13: 1747-1752.
- 60 Wataru Umishio, Toshiharu Ikaga, Kazuomi Kario, et al. Cross-Sectional Analysis of the Relationship Between Home Blood Pressure and Indoor Temperature in Winter. A Nationwide Smart Wellness Housing Survey in Japan. *Hypertension* 2019; 74: 756-766
- 61 Hoshide Satoshi, Yano Yuichiro, Mizuno Hiroyuki, et al. Day-by-Day Variability of Home Blood Pressure and Incident Cardiovascular Disease in Clinical Practice: The J-HOP Study(Japan Morning Surge-Home Blood Pressure). *Hypertension* 2018; 71: 177-184
- 62 Takahashi S, Yonekura Y, Sasaki R, et al. Weight gain in survivors living in temporary housing in the tsunami - stricken area during the recovery phase following the Great East Japan earthquake and tsunami. *PLoS One.* 2016; 11: e0166817.
- 63 Aoki T, Takahashi J, Fukumoto Y, et al. Effect of the Great East Japan Earthquake on cardiovascular diseases. *Circ J.* 2013; 77: 490 - 493.
- 64 Ettehad D, Emdin CA, Kiran A, et al. Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2016;387:957-967.