

第 1 章 序論

1.1 生活習慣病とは

生活習慣病は、食生活や喫煙、飲酒、運動不足、睡眠、ストレスなど体の負担になる生活習慣を続けることに基づいて引き起こされる病気の総称で、従来は「成人病」とよばれていた。「成人病は本当は習慣病」と 1970 年代末から指摘していた日野原重明（ひのはらしげあき）

（1911— ）医師らの意見を踏まえた公衆衛生審議会（現厚生科学審議会）の意見具申「生活に着目した疾病対策」（1996 年 12 月）の中で定義され、定義は「生活習慣病（life-style related diseases）」は「食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒等の生活習慣が、その発症・進行に関与する疾患群」であり、疾患群として高血圧症、糖尿病、心筋梗塞、脳卒中、ガン、等を含むとしている。

（1911— ）医師らの意見を踏まえた公衆衛生審議会（現厚生科学審議会）の意見具申「生活に着目した疾病対策」（1996 年 12 月）の中で定義され、定義は「生活習慣病（life-style related diseases）」は「食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒等の生活習慣が、その発症・進行に関与する疾患群」であり、疾患群として高血圧症、糖尿病、心筋梗塞、脳卒中、ガン、等を含むとしている。

この定義は、生涯を通じた生活習慣の改善により、健康増進・発病予防を目指す対策を推進するために導入された新しい概念であった。この意見具申を受け、厚生省（現厚生労働省）は 1997 年、「成人病」を「生活習慣病」と改称した。

疾患群は、現在上記の他に高脂血症、腎臓病、慢性閉塞性肺疾患、痛風、肥満、歯周病、さらには骨粗鬆症、認知症なども含まれる。

中でも高脂血症、糖尿病、高血圧症、肥満症の疾病は、相互に合併しやすく、合併することで加速度的に動脈硬化、心筋梗塞に至り、死の 4 重奏と呼ばれている。自覚症状が持ちにくく放置される場合が多い。従って加齢とともに発症する確率が増す（図 1.1）。

中でも高脂血症、糖尿病、高血圧症、肥満症の疾病は、相互に合併しやすく、合併することで加速度的に動脈硬化、心筋梗塞に至り、死の 4 重奏と呼ばれている。自覚症状が持ちにくく放置される場合が多い。従って加齢とともに発症する確率が増す（図 1.1）。

1.2 生活習慣病進行の実態

戦後日本における疾病の一次予防は、学校による検診、企業による検診と指導、自治体による検診と指導など「疾病の早発発見を中心に」指導がなされてきており、が

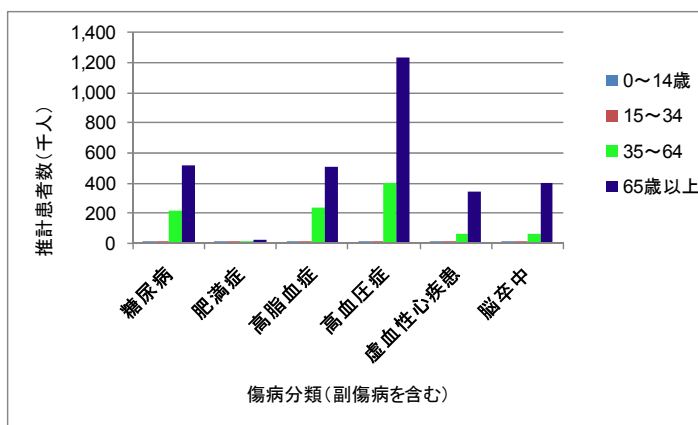


図 1.1 疾病別年齢別推計患者数（平成 20 年 10 月）*1)

んなどの疾病の早期発見には多くに寄与があったと考える。しかし生活習慣病予防の観点から考えれば、2009年度現在、毎年医療費の8兆円以上（国民一人あたり約8万円）が生活習慣病由来の疾病治療に支払われているのが現状であり、国民衛生の動向（2009年度版）²⁾ 調査では、2007年度に診察を受けた有病者だけでも高血圧患者781万人、糖尿病患者247万人、虚血性心疾患患者86万人、脳卒中患者137万人、がん142万人合計約1400万人が治療を受けており、その医療費は総額8兆3699億円にのぼり、医療費の33.4%に達している（図1.2）。

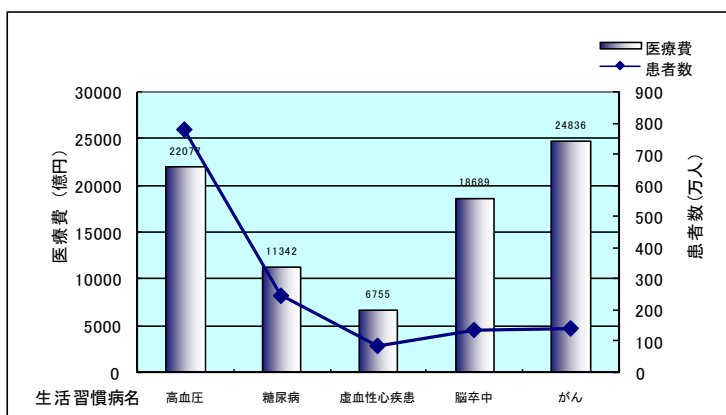


図 1.2 生活習慣病別患者数 およびその医療費（2007年度） 出典：国民衛生の動向（2009年度版）*2

国内において生活習慣病罹患者は、有病者だけでも、全人口の11%に相当している。感染症対策が軌道に乗った1970年以降は公衆衛生の重要課題の一つに挙げ対策を開始すべきであった。1935年には総死亡に占める感染性疾患と成人病の割合は、43%対25%であったが、1955年には20%対47%と完全に逆転している³⁾。

図1.3に生活習慣病関連の疾病の医療費と感染症の代表である結核の医療費の年次推移を示す。増大する生活習慣病関連の医療費に対し、厚生労働省が市町村及び健康保険組合に生活習慣病予防のための特定健診および特定保健指導を義務付けたのは2008年度からである。

生活習慣病の進行が脳卒中罹患率を増すだけに留まらず、発症後の介護費用の増大をもたらしており、強いてはそれを介護協力しなければならない現役世代への負担とそのこと

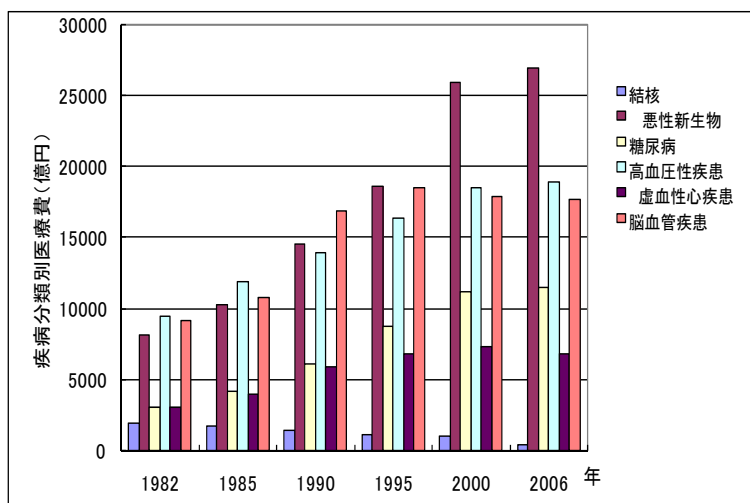


図 1.3 結核と生活習慣病関連医療費の年次推移 出典：国民医療費（2000年度版+2008年度版）

による生産性の低下などを考慮すれば、この分野（公衆衛生）における行政、学識経験者、企業（産業医）の生活習慣病予防に対する社会システム構築提言力の欠如は残念とも思え

る。

1.3 生活習慣病予防のためのコホート研究

世界のコホート研究(注¹)は 1948 年に米国フラミンガムの地域住民の健康管理を目的とした心臓病、動脈硬化症などの生活習慣病の疫学研究と予防研究⁴⁾に始まった。この研究の特色は、同一地域にさまざまな研究チームが参加し、運動、栄養、行動心理など総合的な観点から研究が実施されていることと 60 年以上にわたり同一のコホートで研究継続していることである。日本におけるコホート研究は、このコホート研究の成果報告に刺激を受け、脳卒中の原因の特定を目的として 1961 年から福岡県久山町で始まった。当時、死亡率の上位を占める脳卒中は、その原因がなかなか特定できず、しかも多要因が複雑に関与し長年の経緯を経て発症することが分かっていた。このような病態の疾病に対応するため、九州大学医学部を中心に、コホート研究により脳卒中の早期発見の方法、病態の正確な診断方法、診断ごとの予防を含めた健康管理の方法を確立することを目的に開始された。

福岡県久山町（人口約 6500 人）の 40 歳以上の住民 1658 名について、脳血管疾患の有病率、罹患率、高血圧患者の頻度と程度、年次推移、心電図所見などをデータ蓄積し、脳卒中（出血、梗塞、血栓、クモ膜下出血など）の実態、治療効果、リスク判定、予後などの検討⁵⁾が行われ大きな成果を収めた。日本では欧米と違い、脳卒中の最大の原因は高血圧であることを解明した⁶⁾（図 1.4）。減塩指導や降

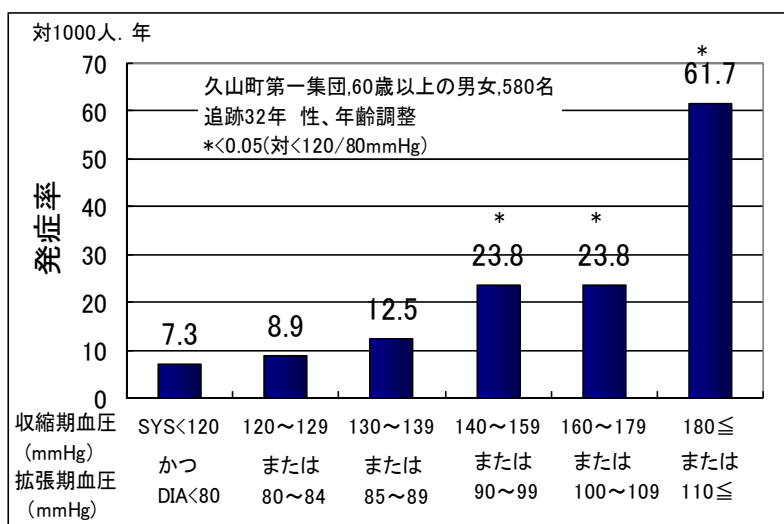


図 1.4 血圧値別にみた脳卒中発症率⁶⁾

圧薬普及などの対策を講じ、70 年代に町内の脳卒中患者数は 3 分の 1 に減った。この研究⁷⁾を通じて生活習慣病発症予防のために血圧管理が重要であるとの認識が出来上がった。しかし、当時から疫学関連の研究費は少なく、政策的な関心も少なかったため、他地域を含めた大規模なコホート研究及びその成果の制度としての全国的な応用

¹分析疫学における 1 つの手法。コホート (cohort) とは、共通した因子を持ち、観察対象となる集団のこと

は出来なかった⁸⁾。

その間に着実に生活習慣病は進行し、図 1.3 で示した医療費の状態を出現させている。

再びコホート研究の重要性を示した研究は、家庭での血圧計測が診療所などの医療機関での血圧計測より、生命予後をより正確に推定できることを示した大迫研究である。大迫研究は、1986年に岩手県花巻市大迫町(人口約6,700人)で開始され、24時間自由行動下血圧を40歳以上の約1,500人を対象に、家庭血圧(早朝起床後1時間以内毎朝一回、3週間)を40歳以上の約2,000人を対象に計測した。その研究結果は1997年米国合同委員会勧告、1999年WHO/ISH高血圧ガイドライン⁸⁾、2003年ESH/ESC高血圧ガイドライン⁹⁾における、家庭血圧(家庭血圧における高血圧の基準値を135mmHg / 85mmHg)、自由行動下血圧の臨床的意義に関する記述の一部に引用されるなど国際的な基準に採用されると共に、国内でも高血圧の治療ガイドライン(2004、2009)¹¹⁻¹²⁾に臨床的な家庭血圧の計測意義、基準などに採用され在宅健康機器によるバイタル情報計測の必要性を確固たるものにした。また調査項目も多岐にわたり身長、体重、カフ血圧計測以外に24時間自由行動血圧、脈波伝搬速度、高血圧・臓器障害の関連遺伝子の検索、糖負荷試験、血中インスリン、頭部MRI、頸動脈エコー、認知症検査、ADLに加え、生活習慣調査、問診などのデータを蓄積中である¹³⁻²⁵⁾。

同様の家庭計測血圧の研究は各国で行われ、イタリアのPAMELA研究²⁶⁻²⁸⁾、PIUMA研究²⁹⁾、ベルギーのBelgian population研究³⁰⁾などと共に研究され、その結果、24時間血圧(ambulatory blood pressure; ABP)、家庭血圧(Home Blood Pressure; HBP)の平均値は民族差が少なく類似していることが分かりつつある。これらの研究を通じて在宅医療情報の重要性が広く認識され、生活習慣病予防には在宅医療情報が不可欠であるとの意識を医師、自治体の公衆衛生担当者が持つに至っている。

一方で、日本では、米国のコホート研究の様に60年以上にわたる長期疫学研究は皆無であり、3~6年程度の一般公募型、指定研究型、戦略型、プロジェクト提案型、若手育成型の厚生労働科学研究でしか実施されておらず、研究効率、事実推定確率向上の観点からも、長期疫学研究の場所を固定して研究することが大切で、同一地域の同一のデータベースを共有し、研究テーマ毎に研究メンバーを変更する方式が疫学研究では望まれる。この長期疫学研究が十分でないことは厚生労働省主催の中長期的な厚生労働科学研究費のあり方などで、意見として出されているが、対策は明文化されていない³¹⁾。

上記の久山町、大迫町でもそれぞれ脳卒中の原因究明、家庭血圧計測の重要性の証明として世界的な影響力を有し様々な疫学研究の開始に寄与したが、生活習慣病の介入指導研究としての役割を十分に有しているとは言えず、今後この生活習慣病予防のための介入指導研究のコホートをどの地域に設定するかは重要な課題である。

1.4 1990年代の経済界の動き

1990年代から経済界として21世紀へ向けての課題を整理し、その中の優先課題の一つとして、高齢化問題が取り上げられた。当時、高齢化に伴い生活習慣病の罹患者数が増大し、医療費の増大をもたらす危険性が高いと考えられていた。しかも脳卒中などの疾病は、救命率が年々向上し、患者数が増すとともに医療費をさらに押し上げていった。

1985年には16兆円だった国民医療費が1995年には27兆円、2005年には33兆円に達しており、国民所得ならびに国家財政の一般支出に対する医療費国庫負担が増大し1995年度では、医療費は国民所得の7.2%、一般支出に占める割合は14.7%に達し、国家財政に占める割合が増加の一途を辿った(図1.5)。

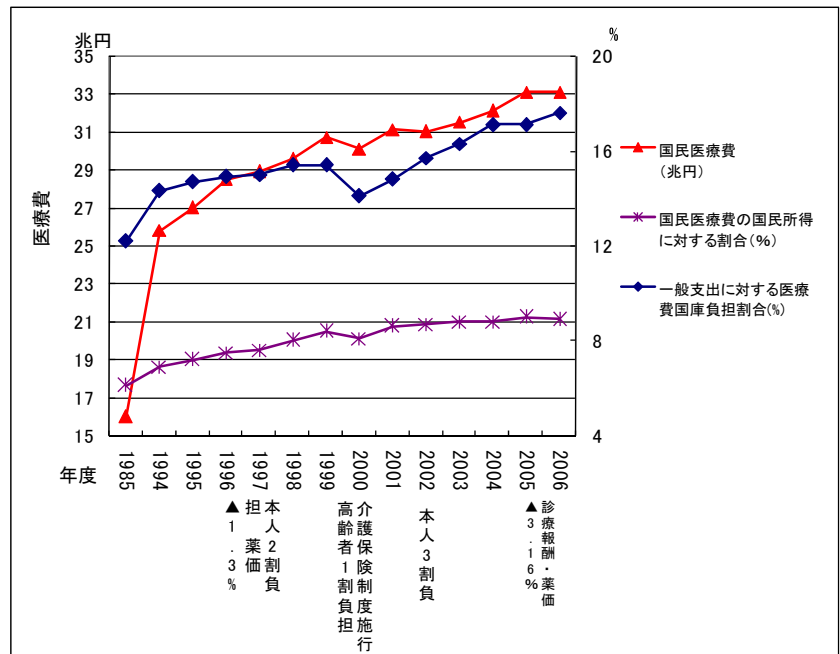


図 1.5 医療費の推移 (平成 21 年度厚生労働白書*32)

一般支出に占める割合は14.7%に達し、国家財政に占める割合が増加の一途を辿った(図1.5)。

この状況打開のために、当時経団連の副会長を務めた M 社では、電機メーカーとして医療費低減のために何ができるかを検討するチームを社長室直轄で1995年に発足させた。このチームでは従来の医療機器、レセプト管理などの他に上記の状況を打開する介護負担軽減、医療費低減のための事業化の推進、システム及び試作機の開発設計、及び市場調査を担当した。それぞれの項目の事業化の可否及び量産試作は、各工場と共同で実施した。M社の医療費の解析の結果、①生活習慣病予防のため在宅健康管理の推進、②健診データとレセプトデータの統合及び電子カルテの推進と③介護予防を重点事業とし、以下の7つのテーマを検討した。医師との共同事業開発を基本とし、

この分野における基盤技術のあり方、事業スキームの可能性、事業実施上の問題点を洗い出し事業性の判断を行っており、テーマは、(1) 地域在宅診療推進のための遠隔医療システムの開発(2) 生活習慣病予防のための IT を利用した血圧計のネットワーク利用システムの開発、(3) 脳卒中患者の麻痺をサーボ制御技術により改善する運動療法システムの開発(4) 電子カルテの開発(5) 介護サービス相談・支援システムの開発であった。また併せて長期的な厚生科学技術開発協力として、(6) 緩和ケアのための五感(運動、嗅覚、視覚、聴覚)を利用した緩和方法の開発(7) 手術シミュレータの開発なども研究テーマとして取り組まれた。

1.5 在宅診療システム

在宅診療システムの推進は、1993 年頃から(1) 厚生省の情報技術開発研究事業「医療情報の総合的推進に関する研究」、(2) 郵政省の自治体ネットワーク施設整備事業の一つとしての「医療・保健・福祉分野のアプリケーションの開発・普及のための施設整備事業」、(3) 通産省のホームネットワーク応用としての在宅診療事業の 3 つからアプローチされた。それぞれのアプローチされた内容は下記のとおりである。

1.5.1 厚生省の情報技術開発研究事業「医療情報の総合的推進に関する研究」

1998 年度までに終えた厚生省情報技術開発研究事業「医療情報の総合的推進に関する研究」調査³³⁾を表 1.1 に示す。筆者らも事業化検討の原則(医師との共同研究)よりこの方法でアプローチした。

表 1.1 厚生省 情報開発研究事業「医療情報の総合的推進に関する研究」

中核施設(部署)	連携施設(数:施設名)	概要(対象データ/目的)	機材等(主装置+通信路)	時期
小国町立病院(山形県)(継続看護婦室)	15: 患者宅(町内)	訪問診察・訪問看護,健康相談	健康測定器,健康管理PC,ペンPC,HV-300 + ISDN(64)	1994/12 ~1996/9
山形県西川町立病院	:寝たきり患者宅,東海大学医学部	双方向テレビ通信/在宅療養の様子をモニター	双方向TV会議用システム + ISDN	1996/6~ 1996/7
東京医科歯科大(公衆衛生学教室)	15: 患者宅(板橋区),お年寄り保健福祉センタ(板橋区)	/在宅ケア支援,テレビ電話システムを活用する効果に関する評価	VS-700(富士通製) + ISDN(64)	1994/4~ 1996/3
社会福祉法人康和会久我山病院(内科)	1: 特別養護老人ホーム久我山園	/遠隔からの内科診察	TV会議システム(NTT),Mac,口腔内観察用カメラ,携帯型超音波断層診断装置,血圧・心電図自動測定装置 + ISDN(1500.2回線)	1995/10 ~ 1995/12
国立大蔵病院(臨床研究部)	3: 国立水戸病院,茨城県立こども病院,国立小児病院	胎児心拍数,子宮収縮モニタリング,検査データ/妊婦管理,妊婦検診,胎児管理,在宅患者・担当医師用マルチメディアシステムの開発	分娩監視装置,TV電話,インターネット端末,モデム + アナログ回線,ISDN(64)	1996/10 ~1997/2
東京医科歯科大(公衆衛生学教室)	20: 患者宅	動画テレビ電話画像/在宅リハビリテーション指導	TV電話(IS-100) + ISDN(64)	1990/11 ~1993/6
東京医科歯科大(公衆衛生学教室)	3: 患者宅,春江町クリニック(江戸川区),東京医科歯科大医用機材研究所,他	動画テレビ電話画像/総合的在宅ケア支援,医療福祉連携ネットワーク	TV電話(IS-100) + ISDN(64)	1993/6~ 1994/3
東京医科歯科大学医学部(公衆衛生学教室)	2: ケアサポートステーションMOMO,訪問看護ステーションみどり	/在宅ケアサービスモデル	テレケア端末 + INS64	1997/4~ 1997/12
済生会神奈川県病院	1: 医療法人長樹会杉浦内科クリニック	/病診連携,在宅ケア	Picsend-R,PC-Phoenix + ISDN	1997/6~ 1997/10
沼田脳神経外科循環器科病院(ME室)	: 患者宅	動画像伝送/在宅患者を遠隔診療	TV会議システム(富士通製) + ISDN(128Kbps)	1994/12 ~1995/1
諏訪中央病院(長野県)	: フィールドワーク	/在宅慢性呼吸不全患者の遠隔監視システム	パルスオキシメータ,ノートPC,モデム + アナログ回線	
諏訪中央病院(長野県)	4: 上諏訪病院,原村診療所,特別養護老人ホーム,他	動画像/在宅治療システム,在宅医療支援システム	+ 電話回線,CATV	1984~
NTT九州病院(小児科)	7: 離島診療所,特別養護老人施設,在宅患者宅,他	静止画・動画/遠隔診療,診療支援,医療情報交換	フェニックス,デジタルカメラ,イメージスキャナ + ISDN(64)	1996/12 ~1997/6

これらのシステムの殆どが患者—医師間の対面遠隔診療(Tele-consultation)であり、医師のボランティアによって運営されていた。実証も通常の診療時間外で実施されている。厚生省では、これらの実証を経て1997年12月、「遠隔診療によって直接の対面診療に代替し得る程度の患者の心身に関する有用な情報が得られる場合には、直接の対面診療を原則とした医師法第20条等には抵触しない。」との、健康政策局長名による各都道府県知事あての通知が出された。これらの方式の欠点は、医師の時間制約が大きく、遠隔診療の診療報酬が十分でないため爆発的な普及には至らなかったが、へき地医療拠点病院などで着実に導入され、その後診療報酬の適用範囲が少しずつ拡大されゆっくりとした適用拡大が起こっている。2009年度にはへき地医療拠点病院での遠隔診療実施比率は、14.4% (へき地病院263病院中38病院)と報告されている³⁴⁾。

筆者らも上記プロジェクト(旧国立大蔵病院臨床研究部)に参加し、「エンゼルケア」という商品名で、雪国の妊婦が在宅で胎児心拍数,心音,子宮収縮モニタリング検査データ,妊婦の顔色,声を医師に送り診察を受けることができる(電話回線上のマルチ

メディア伝送技術) 商品を開発³⁵⁻³⁸⁾、1998年から市場投入した。遠隔診療に診療報酬が設定されていない当時のシステム開発で、実質的に診療費が実費で支払われている正常妊婦にシステムを導入すれば、遠隔診療に診療報酬が設定されていなくとも事業化が可能であること。東北地区など冬に正常妊婦が長い時間をかけて、2週間に1回程度、町の産婦人科まで診察に出かけている現状を踏まえ、国立大蔵病院臨床研究部(現国立成育医療センター)の指導の下、妊婦の心音、腹部の張り具合の検査機器を製造していたトーイツ株式会社と共同開発を実施した。伝送媒体は、アナログ電話回線に加え、ISDN回線、インターネット回線、CATV網などが普及しだした時期ではあったが地方が圧倒的にアナログ電話回線、アナログ交換機網だったため、アナログ電話回線上で、妊婦の顔色、妊婦の声、腹部の張力、胎児の心音、心拍数をほぼ同時に伝送する方式を開発した。当時電電公社は9.6kbpsの伝送容量を保証していたが、実際は古いアナログ交換機を経由すると品質は安定せず、9.6kbpsの保証は、平均的な地域(古い交換機で回線交換している地域でない地域)の平均値で、回線品質を把握しないと実用に耐えるマルチメディア伝送が不可能であり、タイムスタンプを用いて、回線品質を時事刻々把握し、伝送すべき各情報の到達時間が同じになるように、各情報のコーデックを変える方式特許³⁹⁻⁴⁰⁾を考案し、回線品質に影響を受けない伝送を実現した。量産機種「エンゼルケア」の開発に当たっては、ISDN版も要求される可能性があり、選択できるように構成した。この製品は岩手県などへき地を中心に販売され2010年現在でも稼働している。

1.5.2 郵政省の自治体ネットワーク施設整備事業の一つとしての「医療・保健・福祉分野のアプリケーションの開発・普及のための施設整備事業

郵政省においては、1996年度から順次、地域・生活情報通信基盤高度化事業の一環として、自治体ネットワーク施設整備事業を展開し、病院等を情報通信ネットワークに接続し、医療・保健・福祉分野のアプリケーションの開発・普及のための施設整備を行う地方公共団体を支援した。

表 1.2 郵政省 自治体ネットワーク施設整備事業

「医療・保健・福祉分野のアプリケーションの開発・普及のための施設整備事業」

No.	名称	導入地域	期間	分野	区分	実施主体/関係主体	利用者支援施策	概要
1	遠隔医療推進モデル事業	北海道別海町	H10.11~ H12.3	医療・福祉	実験	別海町、町立別海病院、町民保健センター在宅患者(5世帯)	医師・看護婦(町立病院)	別海町は行政面積が国内で最も広い町の一つであり、本実験は、世帯密度が小さい地域で地理的障害をテレビ電話による診断によって克服しようとする試み。町立病院と在宅患者宅をINS64回線で結んで、テレビ電話やバイタルセンサーを利用した実験を実施。
2	在宅ケア支援システム実用化実験	北海道栗山町	H8.10~ H11.3	医療・福祉	実験	富士通(株)、社会福祉協議会	高齢者(4世帯)、ボランティア等(総合福祉センター)メロウ・ソサエティ構想(資源エネルギー庁)	「在宅ケア支援システム」の実用化実験で、高齢者宅には、血圧、心拍などのセンサーや緊急通報装置を装備している。センター側にはテレビ電話機能付きパソコンを設置。町では平成5年度から電話による高齢者ケアサービスを実施しており、本実験はこれをマルチメディア化したもの。ボランティア主体の運用を行っている点が特徴である。
3	マルチメディア住宅実証事業マルチメディア住宅リモートケア実証実験(建設省)	岩手県遠野市	H10.3~ H10.8	福祉実験(継続利用)	実験	岩手県	遠野市要介護者宅(20世帯)、支援者宅(20世帯、県外を含む)	テレビ電話、バイタルセンサー、ファクシミリの設定を遠野市内の要介護者宅20世帯に導入。離れて生活する要介護者の家族等(遠野市内10世帯、岩手県内5世帯、東京など県外5世帯)とテレビ電話で結び、遠隔介護、生活交流をテーマに実証実験を実施。
4	在宅健康管理システム/遠隔医療推進モデル事業(厚生省)	岩手県釜石市	H9.4~ H12.3	医療実験	実験	釜石市、せいてつ記念病院、釜石ケーブルテレビ	市民(12世帯)高齢者等	バイタルデータの収集装置(愛称:うらら)を独自に開発。うららを各家庭に設置し、テレビ電話を組み合わせて、遠隔医療、遠隔介護に利用。CATV網の活用が特徴。システムの運営は病院が行っている。
5	マルチメディアピレッジ事業/自治体ネットワーク施設整備事業(郵政省)遠隔医療推進モデル事業(厚生省)	福島県葛尾村	H10.4~ H13.3	医療・福祉	実験	実験葛尾村マルチメディアピレッジ推進協議会(葛尾村役場、福島県、郡山女子大、NTT他)	葛尾村村民宅(全戸、約470世帯)	マルチメディアセンターを設置し、多地点接続装置やVOD装置を整備するとともに、村内の全戸にテレビ電話を配備し、医療・福祉、教育、行政など様々な分野での利用実験を行う。
6	遠隔介護相談/科学技術庁による実験	茨城県里美村	H6.4~ H9.3(一部継続中)	医療・福祉	実験	里美村	村内診療所、寝たきり・一人暮らしの高齢者宅(18世帯)	一人暮らしの老人等と診療所をテレビ電話(日立製作所製)で結び、3秒程度毎に1コマの画像で遠隔介護相談等を実施。平成8年度に実験事業が終了した後も、2ヶ所の診療所と寝たきりの高齢者宅3世帯がテレビ電話で接続されており、平成17年度まで継続利用された。

これらの事業では遠隔医療・介護関連で 22 のプロジェクトが推進された。(表 1.2 一部掲載) プロジェクトの協力メーカは、通信事業者が中心で、NTT⁴¹⁾、富士通、日立⁴²⁾などが積極的に協力したが、ISDN回線を利用したTV電話応用が一番多く、また在宅医療端末としては日立製作所の商品名「うらら」、タニタ株式会社の「ヘルスプラネット」、など宅内の情報伝送は特定小電力医療用テレメータを用いる伝送、公衆回線上ではISDN,一般加入回線(アナログ),CATVが主体であった。これらのシステムでは、十分対面診療との比較検証ができていないとの判断から、遠隔診療報酬のつかないものも多く、実験で終わるものが殆どであったが一部の地域では現在も運用されている。これらのシステムを運用している地域でも、別海町のようにメーカからシステム機器供給停止(7年間の保守義務後)通知を受けてシステムを停止せざるを得ない地域が出てきているのが現状である。

1.5.3 ホームネットワーク応用としての在宅診療

ホームネットワークの歴史は1980年度にさかのぼる。筆者らHome Bus System(以下HBS)を手掛けたのは1986年に当時ビル市場を担当し、マンションの各家庭内の防犯センサ、ガス警報器、火災感知器の情報と家庭玄関のTVドアホンおよび集合住宅共同玄関の訪問者確認手段のち解錠システムを統合し、且つエレベータの故障監視を兼ねたマンショントータル管理システムの開発からであった^{43,44)}。マンション内の信号伝送媒体は同軸ケーブルとペア-線を用いた。このシステムに使われた規格は、日本発のHBS規格を採用した。機能的には、家庭内セキュリティ、家電品制御(風呂、

照明のテレコントロール)、共用部セキュリティ(共用部防犯センサ、共同玄関映像確認、解錠)、エレベータ遠隔監視(故障監視)と広域網通報(アナログ回線)で、総合警備保障株式会社(通称:ALSOK)と防犯機能を提携し監視センタ網を構築した。またエレベータに関しても遠隔監視センタを構築した⁴⁵⁾。一方山武ビルシステムは、予防型緊急通報システムとして製品化し、サービスを提供し出した^{46,47)}。

当時 HBS は日本の業界標準であったが、1986 年に IEC(国際電気標準会議)でも HBS を標準化する動きがおこり、1988 年に日本の HBS 規格が提案された。しかし、日本発の規格は非関税障壁と見做され、米国から Smart House 規格(1992 年)、欧州から EHS(European Home System)規格(1991 年)が提案されたがどの規格が最終規格になるのかわからず、製品化する側に混乱が起こっていた。このため、1990 年になっても統一的に利用される国際規格は存在せず、家庭内の通信手段の統一は困難を極めた。一方それぞれの規格に基づいた家庭内のネットワーク応用は進展し^{48,49)}、実際のフィールドでの一部活用は進んだ⁵⁰⁾が統一的な普及には至らなかった。

この状況を受け、国内では OSI モデルの下位レイヤについては、統一できないと判断し、ミドルウェアを統一する規格としてエコーネット(Energy Conservation and Homecare Network)を提唱し、下位レイヤとの Interface も提供するとともに、application software を作りやすくする API(Application program interface)の提供も推進している。

しかし最大の課題は 2 つあり、一つは通信速度で現状製品化されているものの殆どは、9.6Kbps で実行通信速度が遅く通信容量の大きな機器は使用できない。もう一つの課題は信号伝送の到達チェックを上位アプリケーションで作成しようとするミドルウェアの一部改造が必要になるなど、準拠という概念で同一のミドルウェア改造を行わない限り、メーカーの機器間が繋がらない可能性が高い。という欠点があった。最近急速に伝送速度が増している電力線搬送への対応(下位レイヤのインターフェース整備及び製品化)も遅れがちである。

これらの経験を通じて、在宅診療のための通信プロトコルの標準化は世界標準にする必要があり、少なくともこの分野で最も進んでいる日本とアメリカが手を組み中国、東南アジアへの普及を目指すべきとの確信に至った。

1.6 インターネットの普及に伴う家庭内高速伝送技術の急激な進展

1.5 で記述したように家庭内の低速通信系（防犯、介護通報、家電品制御）、A V 機器の制御・通信系は 20 年以上に渡って標準化できていないのが現状である。唯一ホームネットワークのデファクト標準として成功しているのは、Ethernet である。IEEE802.3 として規格化され、アクセス制御はCSMA/CDを採用しているため、ネットワークトポロジーとしてバス、スターの両方が構成可能で、10base2,10base5,10baseT など使用する伝送線により通信速度、到達距離、トポロジーが異なり、最近 100base-T(伝送速度 1Gbps)が普及しつつある。

日本コーリン株式会社の血圧（日本コーリン製）計を Ethernet である LAN に接続し、7000 人近くの従業員の職域における血圧計測を実施した例もみられる^{51,52)}。

以下に現在使われている家庭内ネットワークを表 1.3 に示す。

表 1.3 家庭内ネットワーク

方式	通信周波数(Hz)	速度(kbps)	変調方式	到達距離(m)	物理媒体	応用	推進団体
LPLC	10k-450k	9.6-100K	SS	-300	電力線	証明などの家電機器制御	電力線ECHONET
HPLC	2-30M	1-50M	OFDM	-300	電力線	高速通信(周波数帯域にMHz)	
ADSL	25k-1.1M	60-640,1.5-9M		2-7k		電話線利用	
HomePNA	5.5-9.5M	10M		200	ツイステペア線	リアルタイム低速データ伝送	
IEEE1394	5.2G	100-400M	OFDM	4.5feet	ツイステペア線	リアルタイムIP データ伝送	
IEEE802.1	2.4G/ 5.2G	54M	OFDM	-100	無線LAN	IP 伝送音声サポートしない	
Bluetooth	2.4G	720-1M	FHSS	10m	1mw無線	短距離通信高速に向かない	1998年Special InternetGro
HomeRF	2.4G	1.6M-10M	FHSS	10-50	小電力無線	AO機器間音声サポート	
IEEE802.4	様々	最大1G	baseband変調 Broadband変調	100	各種	CSMA/CD,MACアドレス、	
100GbE	波長多重 ≥ 100	100G	差動4値位相変調	400Km	光ケーブル	都市間通信ネットワーク	MSA(Multi Source Agreement)

Middleware 規格

ECHONET (Energy Conservation and Homecare Network)

HAVI (Home AV interoperability)

Jini (Java intelligent network infrastructure)

1.7 諸外国の在宅診療システムの状況

1.7.1 米国の在宅医療の取り組み

米国では1990年代に地方と都市の医療サービス格差の課題認識の高まりや、映像のデジタル化・圧縮技術の進展などにより、健康増進や疾病予防などを目的として医師と患者間で電話等を利用した対話式の遠隔診療などが各州や政府で推進された。これはTelehealth と呼ばれ新しい遠隔地医療の概念となった⁵³⁻⁵⁴⁾。

インターネットが普及した2000年頃以降は、通信ネットワークとコンピュータを利用した医療関連サービス全般がe-Health と呼ばれ、遠隔診療だけでなくWeb を利用した情報提供などを含めた広範なサービスが行われるようになった。これにより医療情報提供、教育、医療などの商用サービスに加えて、専門家、非専門家、企業、消費

者自身などが直接情報提供する活動が広まった⁵⁵⁾。

1.7.2 欧州の在宅診療システムの取り組み

欧州各国は、高品位のヘルスケアサービスの提供と高齢化や医療費増大という矛盾する課題の解決手法として、「オンライン健康管理」を掲げ、ネットワーク経由で患者情報に自分自身で安全にアクセスするためのスマートカードの導入や、保健衛生の専門家や管理者が予防・診察・処置等のために接続する情報通信医療インフラの整備などを2003年～2004年に試行して、一定の役割を果たした⁵⁶⁾。

2005年度からは、eEuropeを掲げ、e公共サービスとしてeGovernment、eEducationと並んでeHealthをテーマに下記アプリケーションの実用化へ向けた研究開発を推進中である⁵⁷⁾。以下に例を示す。

- 保健衛生に関する情報ネットワーク
- 保健衛生に関する電子情報（electronic health records : EHR）
- 遠隔診療サービス（telemedicine）
- ウエアラブルまたはポータブルな通信システム
- 保健衛生に関するポータルweb サイト
- 疾病予防、診断、治療、健康モニタ、ライフサイクル管理等を補助するICT ツール

保健衛生に関するポータルweb サイトに関しては、鬱病、糖尿病、視覚障害者、妊婦、喫煙者に関し、ドイツ、デンマーク、英国などを中心に、患者側に病院、医師情報を提供するオンライン検索、オンライン質疑応答を会員登録なしで提供している。

1.8 世界の医療・保健関連の情報規格団体と規格

在宅医療に関する通信の規格化を含む医療情報関連の国際標準は、情報・通信関連の標準化団体と医療サービス関連の標準化団体がそれぞれの分野の標準化を行ってきており、世界的な標準化が出来ているとは言い難く、現在でも各国や地域では、これらの標準を組み合わせる必要な医療システムを構築可能とするためのコーディネート活動を行っている（図1.6）。医療そのものが、内需型の産業であり、国際標準化が遅れており、その国の実情に合わせてWHO がe-Health Standardization Coordination Group (eHSCG)を設立し、ISO, IEC, ITU が協調する枠組みを提供している。

しかし医療機器に関しては、医療サービスとは独立的な要素が高く統一化が望ましいと思われる。筆者らが医療機器間のプロトコール開発を検討しだした2003年頃の各規格の標準化状態を技術領域別にどの標準化団体がどのような範囲の規格化をしているかを図1.6に示す^{58,59)}。この図からわかることは、統一規格は難しく、日、米、欧が

協力して、規格の共通部分を切り出し共通規格化、残りは非規格化部分として各国の実情に合わせて利用することの必要性を表している。

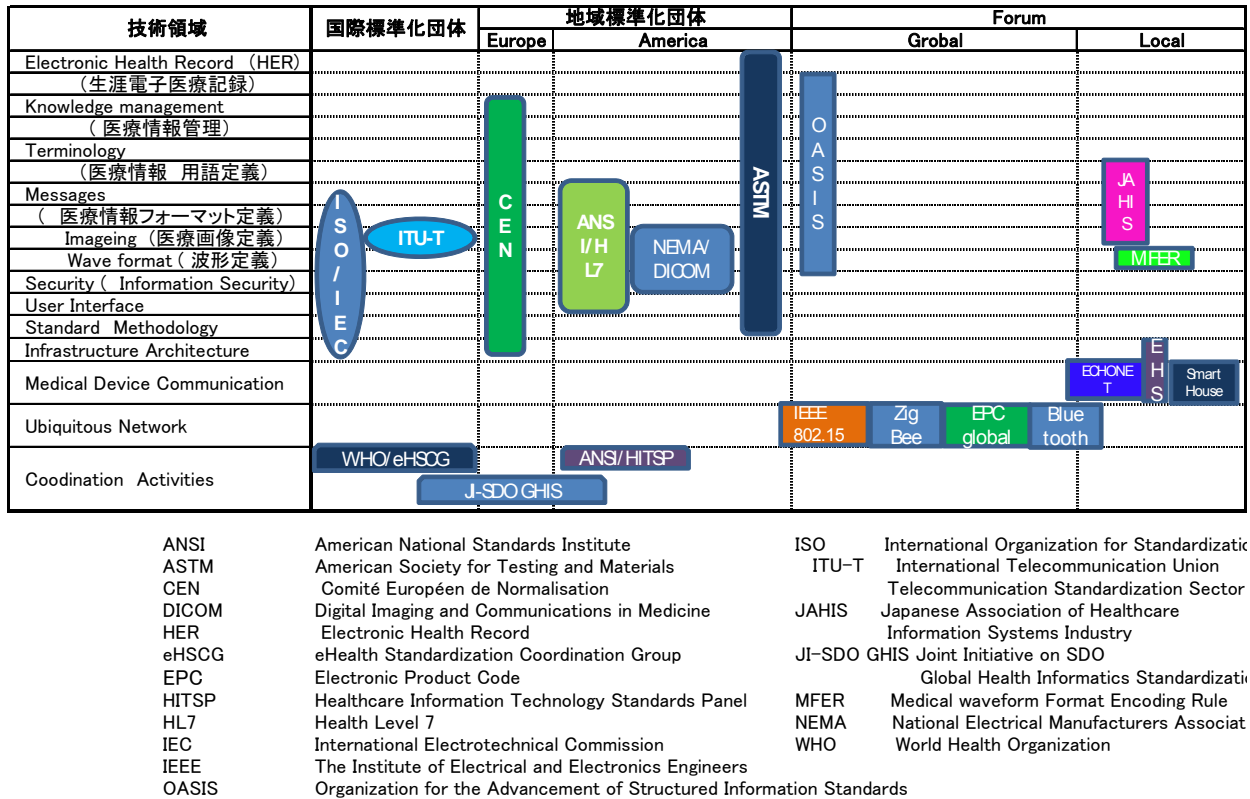


図 1.6 医療・保健情報関連の規格化の状況 (2003 当時) 58,59)

1.9 生活習慣病の 2000 年当時の現状と経済産業省への在宅健康管理システムの提言

筆者らは、介護予防に関し脳卒中患者の麻痺をサーボ制御技術利用により改善する運動療法システムの開発を事業化まで担当し、現在全国で 190 程度の病院のリハビリテーション室に導入し、日々運動療法から見た新しい運動処方及び運動様式の開発をし、より効果のある運動療法を追求し続けている⁶⁰⁻⁶⁶⁾。しかし図 1.3 で示したように脳血管疾患、高血圧症の患者数は年々増え続ける一方であり、さらに合併症として心疾患、糖尿病等も急激に増加しており、発症してからの治療ではもはや限界に来ているといわざるを得ない。予防こそが本質であると考えざるを得ない。

調査時(2000 年度)の M 社 I 事業所内のグループ社員 6905 名(男子 49.1±8.1 歳、女子 50.7±7.2 歳)の内、生活習慣病予備群は、血中脂質異常で、男子 49.8%、女子 43.6%、血圧異常で男子 32.6%女子 25.7%、血糖値異常で男子 22.1%女子 11.5%にのぼり⁶⁷⁾、国民衛生の動向に示された、受療者は 11%程度との報告に比べ、3 倍程度の

多さであった。このことは、診察を控えている未受療者の存在を推測させ加齢と共に病態が進行すれば発症する確率は高く、これらの従業員の定年後の医療費の増大を推測させ、健康保険財政の悪化が予測された。

健康保険組合と筆者で、経済産業省サービス産業課医療福祉室（以下医福室）に、上記データを基に生活習慣病予防のための在宅健康管理システムの創出を 2001 年度後半から 2002 年度にかけて提案した。医福室と 8 回程度の打ち合わせを実施し、産業化に当たっての問題点を整理した。家庭内健康機器の通信路の標準化には、多くの会社の参加が不可欠との判断から、他社 11 社に医福室から働きかけをしていただき、2003 年度からの健康サービス産業創造のプロジェクト発足に至った。プロジェクトは 2003 年度から 2006 年度まで経済産業省の助成を受け推進した。

これら生活習慣病の在宅患者への薬の投与費⁶⁸⁾などは急激に増加している（図 1.7）。図に示した老人医療費は落ち着いたように見えるが、2000 年度に介護保険に一部費用の切り出し、2002 年に老人の対象年齢を 70 歳以上から 75 歳以上に引き上げて集計、などの変更を実施している結果であり、必ずしも落ち着いたとは言いがたい。また在宅の高齢者においては圧倒的に高血圧患者が多く、その 1/4 程度の数で糖尿病、心疾患、脳卒中患者が存在する。血圧管理が重要な由縁である。しかしこれらは、30 代、40 代の生活習慣の結果であり就業者と雖も家庭での健康管理は可能であり、生活習慣の改善の新しい手法の発見は極めて重要である。

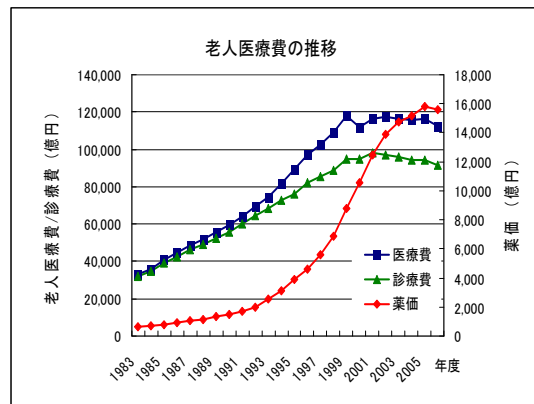


図 1.7 老人医療費の推移

1.10 在宅健康管理事業推進の阻害要因

国民医療費の 1/3 を占める生活習慣病由来の疾病を予防によって改善し、医療費を低減するためには、Silent Killer と呼ばれる様に、ひそかに進行する生活習慣病の進行度を指標化すると共に、働く人々が普段の生活の中で生活習慣病予防を意識できるシステム化が重要であり、30 代から家庭で、通信技術、指標化技術、予測技術、自動指導推論技術を駆使した生活習慣病予防の指導を受けることのできる環境の整備・推進は、わが国の重要課題の一つであると思われる。

一方、事業者側から見たときこの事業推進には多くの事業者自らが関与できない阻害要因が多く、事業としての魅力に乏しい。その要因を列挙すると、

1) 国民側の論理

健康に対する意識調査の結果では、病気になるまでは全く気にしていない人（79.4%）が多く、運動、栄養などへの感心はあるものの、現実的な行動変容を自分から起こす人は極めて少ない。運動習慣がある（図 1.8）と答えている人の運動の平均値は下がっている⁶⁹⁾（図 1.9）。ほとんどの人は仕事に関心があるが健康には気を使わない。特に 20,30,40 代は関心が薄くその間に生活習慣病が進行する。

2) 医師側の論理

医師側には疾病一次予防は高血圧症等の生活習慣病の罹患者を減らし、医師の収入源を減らすと考える人も多く、在宅健康管理及び健康回復を

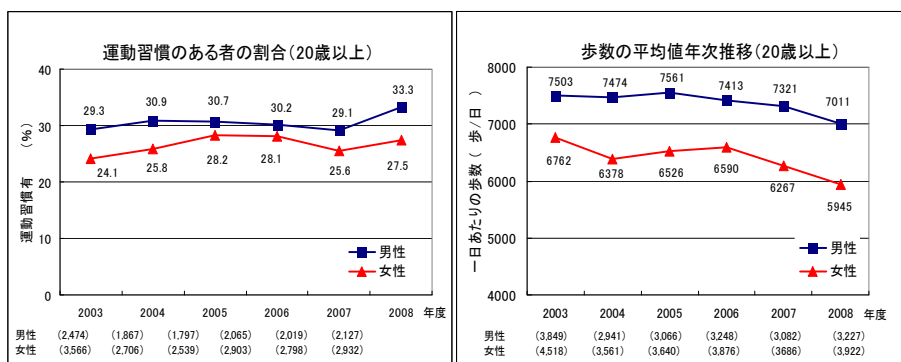


図 1.8 運動習慣のある人(20歳以上) 図 1.9 平均歩数の年次推移

推進する人材が少ない。地域医療を真剣に考える医師は、医療法 42 条施設（343 施設）⁷⁰⁾を設置し健康増進を推進しているが、1 施設の介入対象者を 500 人と仮定しても、2 万人以下の介入指導しか実施できず、生活習慣病罹患者 1400 万人にははるかに及ばない。

3) 法整備の問題

厚生労働省は診療所などかかりつけ医を中心にした医療法人に 42 条施設を認めているが、伊藤春樹らが指摘しているように実際に介入指導している健康スポーツ医でも専門知識が不十分な場合がある⁷¹⁾。一般の医療法人などの医師ではさらに専門性の不足が懸念され、むしろ医療法人に限定したことが健康増進施設普及の妨げになっていると思われる。

医療技術を進化させてきた学校法人、大学付属病院（合計 133 病院）には健康増進施設としての特典が認めておらず、本来指導的立場にある学校法人は生活習慣病指導管理料（診療報酬）が認められないことから、健康増進施設の設置に消極的であり被介入指導者の規模拡大を図れない状況にある。仮に 130 の大学付属病院が健康増進を推進すれば、将来かかりつけ医になる医師そのものへの教育になるに留まらず、介入技術並びに健康増進のエビデンスが蓄積される可能性が高く、学校法人への 42 条施設の適用が強く望まれる。事業的にみた場合でも介入指導技術そのものがノウハウで

あり、この技術の進展なしに他国と市場を争える環境があるとは言い難い。

4) 健康保険組合の論理

健康保険組合に生活習慣病予防の重要性の説明をしても予防にお金を投じることに
対する難色はきわめて強い。この状況を打開すべく方策の一つとして、2005 年度に
健康保険組合でのメタボリックシンドローム群にたいする保健指導の義務化などの
法制化を提言した。厚生労働省は医療保険者に対し 40 歳以上の被保険者・被扶養者
を対象とする内臓脂肪型肥満に着目した健診及び保健指導を 2008 年度から義務付け
ている。また 2013 年度より医療保険者ごとの達成状況（特定健康診査、特定保健指
導の実施率、特定保健指導該当者の減少率）に応じた後期高齢者支援金の加算・減算
を計画したが、政権交代により後期高齢者保険制度そのものが不透明な状況である。
高齢者の医療の確保に関する法律第 8 条第 1 項の規定に基づき定める計画（2008 年
度厚生労働省告示第 442 号）の中で、それぞれの目標値を特定健康診査の実施率
70%以上、特定保健指導の実施率 45%以上、予備群の減少率平成 20 年度比 10%低
減としており、この実施は生活習慣病予防、強いては老人医療費低減にきわめて重要
な意味を持つ⁷²⁾。

5) ビジネススキーム構成力不足

在宅健康指導がビジネスになりにくい要因として ①潜在的な需要はあるものの顕
在化している市場は 42 条施設（400 施設以下）のみで、現状市場規模が極めて小さ
い。②ビジネススキームを作るには、健康市場だけでは小さく、他市場との連携が重
要となる（生命保険商品との連動など）が法規制の縦割り行政の境界領域にビジネス
が存在し、ビジネススキームが構成しにくいこと。③指定運動療法施設（154 施設）
で、かかりつけ医の処方箋に基づき運動療法を行う場合は、受ける側の施設利用料に
所得税の医療費控除（所得税法第 73 条）が認められる⁷³⁾ などの特典はあるが、一般
にはサービスを受ける側に健康保険を使わなくなった利点が少ない。この点を解消す
ることが、施設需用を喚起し健康増進が進展する一番の近道であり今後市町村での健
康指導のキー技術になりえる。ビジネス構築においては生活習慣病予防に努力してい
る人へのメリットの形成が事業そのものの成否を決するものと思われる。

6) 一企業では信頼に足るサービスを提供できない。

生活習慣病予防は人間の生活行動の管理（禁煙、過食、睡眠、アルコール飲量、運
動、ストレス、食塩摂取量、黄緑野菜、動物性脂肪、急激な減量、整形疾患の有無、
間食など）であり、カバーする領域が広くしかも一つ一つの領域が必要としている技
術範囲が深い。

日本学術会議,人間と工学研究連絡委員会,医用生体工学専門委員会の医用生体工学における重要研究・開発課題の提案－緊急に解決すべき課題－(2000年5月29日)の中で「健康・福祉の分野は古くから医用生体工学の重点研究課題として多くの研究者に研究されてきたが,立派な研究開発でもQOLと両立しない機器が多く実用されているものは少ない。」としているように、商業ベースで成り立ちえるだけの顧客満足のある製品が少なく、今後機器自体の進化も重要な開発すべき要素になる。従って一企業で全ての健康管理領域をカバーするシステム開発は至難の業であり、一企業のシステムでは、健康管理範囲を限定してしか使えない可能性が高い。このことがサービス品質低下を招くことは明らかで、継続使用は言うまでもなく、強いてはシステムそのものの信頼性を損なう可能性を有している。Distributed Diagnosisの必要性和、機器のMulti-benderの必要性は、今後も続くものと思われる。さらに本来技術を進化させるべく大学付属病院には42条施設は認められていない。このことで企業が実際のフィールドでの検証の場を得にくくなっており、大胆な改善策を必要としている。

などあまりにも多くの阻害要因があり、在宅健康管理が遅々として進まない根源を形成している。

1.11 研究目的

本論文は、これらのあらゆる事業化の困難性に対し、技術面から在宅健康管理システムの普及を推進すべくセンサ機器と家庭内健康管理機器間通信の規格化を行い、その規格に基づいたプロトタイプのシステムを開発し、さらに実証実験を通じてその通信規格の性能を明らかにし、より安価で継続性のある在宅健康管理システムを開発すると共に、集まったデータを解析することによりそのシステム持つ可能性を示唆することを目的とする。本論文では筆者らが開発・研究した在宅健康管理システム、及びIEEE11073の健康管理機器間通信の規格化の元になった通信方式のプロトコール、並びに収集されたデータから推論されること。今後の研究開発の焦点について論及する。

1.12 論文構成

本論文を、9つの章から構成した。第1章は、本研究の目的及び位置付けを述べた。第2章では、開発したシステムと標準プロトコールの課題と解決策の概要について概説する。第3章では、新たに開発したセンサ群について概説する。第4章ではそれら

のセンサ群と家庭内健康管理機器との通信プロトコールについて概説しその性能評定を概説する。第 5 章では集められたデータを閲覧し自発的に在宅健康管理を推進する WEB システムを概説する。第 6、7、8 章では集まったデータを解析し、在宅健康管理システムの持つ可能性を概説する。

第 9 章では本研究の結論を要約して述べる。

第 1 章：生活習慣病の進行防止を目的としたシステムは、IT の進展と相まって 1980 年代後半から様々な形で試行されてきた。しかし統一的なシステムは出来ていない。一方高齢化は着実に進展しており、情報科学とネットワークの力を利用した安価で国民の多くが享受できる生活習慣の改善のためのシステムニーズは益々高まっている。この課題に対し、過去の先人の研究を整理し、筆者が目指す本研究の目的とその阻害要因を明らかにする。

第 2 章：第一章を受け、普及のための課題と解決策を概説し、システムの具備すべき必要条件を洗い出し、通信プロトコールを利用するシステム・外部環境について論述する。

第 3 章：生活習慣病は定義で明らかなように「食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒などが発症・進行に関与する疾病群」であり、その全容の解明にはこれらの生活習慣を定量的に把握する必要がある。従来家庭用健康測定機器で足りない部分のセンサ開発をし、従来機器と併せて通信プロトコールの実装を実施した。その内容を概説する。

第 4 章：家庭内健康計測機器と家庭内健康管理機器の通信において、異なるメーカーの機器も同一のネットワークに接続可能とする標準プロトコールについて概説する。通信を標準化することにより、様々なメーカーがシステムに参入可能となり、機器のコスト低減が期待できるとともに、システムそのものが標準化できる可能性が広がり、集められた異なるメーカーの計測データが容易に比較可能となる。この標準プロトコールは、IEEE11073 に引き継がれ、現在健康計測機器毎の規格化を実施中である。普及団体としてインテルを中心にコンティニューを組織し世界のデファクトになりつつある。

第 5 章：異なるメーカーの健康測定機器情報が同一のデータベース上に蓄積可能となり、これらのデータを統一的に閲覧可能な WEB システムが構築可能となる。統一 WEB システムを造り、被験者が見やすい形にする改訂を 2 回実施した。この WEB システムについて概説する。

第 6 章：実証実験を通じて通信プロトコールの有用性を示すための本通信規格の性能を把握すると共に、本通信プロトコールにより初めて異なるメーカーのデータが統一的に比較可能となり、生活習慣病予備群の自律的な計測継続能力把握、生活習慣病の進行に関する知見の収集を実施した。その研究内容を報告する。

第 7 章：実証実験を通じて、生活習慣病の中でもっと罹患者数の多い高血圧症の基本的パラメータである血圧について得られた知見について報告する。

第 8 章：これらの研究を通じて得られた知見をもとに通信、収集データ、介入研究について考察する。

第 9 章：本研究の結論を要約する。

第 2 章 在宅健康管理システムと通信プロトコール開発のための課題と解決策

2.1 在宅健康管理システムの定義

本章では、生活習慣病予防のために開発した在宅健康管理システムの課題と解決策について概説する。在宅健康管理システムは、家庭での健康計測機器（Health Monitoring Device 以下 HMD）並びに HMD から家庭内の健康情報を集めて管理する家庭健康管理機器（Health-care device 以下 HCD）及び各家庭の HCD から広域通信網を経由しデータ伝送されたデータを管理するデータサーバ、集まったデータを機器メーカーに関係なくどこのメーカーの機器情報も統一的に閲覧可能な WEB システム、WEB システムを利用し在宅健康管理を協力するサービスプロバイダより構成される。これら HMD から介入システムまでを含めて在宅健康管理システムと定義した。

2.2 在宅健康管理システムの必要条件（外部環境との連携）

在宅健康管理システムとシステムを取り巻く外部環境の問題点を整理すると

- 1) 予防は、従来健康診断時における校医、産業医などの医療機関の専門家による診断に任せられており、在宅健康管理情報が利用されることは少なかった。しかし健診時の血液検査データなどは、介入指導を考える上で有用であり、両者のデータをデータサーバ上で共有することが望まれる。（定期健診データとの連携構築の必要性）
- 2) 各種健診並びに在宅健康管理データの分析は、医師など専門家しか診断を許されていない。従って医師の処方介入指導へ反映することとその処方の低価格化という相反する 2 つの条件を克服する必要がある。（システム構築に対する制限：医師による自動診断ロジックの構築とローコストな処方認証方式の開発、指導はリアルな指導（対面）とバーチャルな指導（ネット指導）の混合の最適化）
- 3) 健康計測機器が生活習慣病予防に役立つという実感が計測者側にないこと。（1 つの機器の数回の計測では生活習慣病の進行度との関係を推測できない：推論不

血圧計、体重計、歩数計などの従来機器は、開発した標準プロトコールを実装した基板を健康測定機器に組み込むように各メーカーに依頼すると共に、家族4人までがIDで区分できる改造も合わせて依頼した。

2.3.2 各機器間のデータプロトコール統一

従来家庭内での健康計測機器の通信は、薬事法で認許された医療用テレメータ（特定小電力無線）で実施されており、データが欠落しても健康管理機器側では検知できない単方向通信しか利用出来なかった。しかもメーカーごとに通信フォーマット及び使用する用語、エラー検出、エラー修正、伝送速度、手順が異なり、メーカーが健康計測機器の製造を一旦中止すると、他のメーカーの機器との相互接続性がないために該当するセンサ情報を得ることが困難となり、システムが廃止に追い込まれるという現実があった。またメーカーは一度システムを構成すれば、そのセンサ領域で技術的優位性を確保できなくても他社の機器では通信できないため、自社の製品を使わざるを得ないというエゴイズムを押し通すことができた。しかしこのことが結果的にはシステムが十分機能せず市場を形成できない理由となっていた（システムのオープン性の欠如）。

これらの不具合を解消するため、メーカーごとに異なる家庭内の健康計測機器通信において、メーカーに捕われずHMDとHCDとの間で円滑なデータ伝送を実現するプロトコール及びそのプロトコールを実装したファームウェアを開発し、各メーカーの機器に搭載させることにより、標準プロトコールに基づいたネットワークシステムの開発を実施した。

2.3.3. 共通のWEBシステムの開発

上記の通信に基づくデータは、共通のデータベースの構築を可能とし、さらに共通のWEBシステムの構築をも可能とする。WEB閲覧者は、メーカーを意識することなく同一画面で各メーカーの指標を閲覧できる構成とした。このため、たとえば体重と血圧が異なるメーカーでも同一の時間軸の下に比較可能となり、検討が容易にできるようにした。

また各メーカー独自の画面を共通画面と別に設置できる構成をとり、メーカー間で自社製品の特徴を出せる構成とした。この中で各メーカーは自由に計測データの用語の意味説明、時系列データ表示機能などを展開した。

2.3.4. 実証実験

上記システムを使い実際に介入チームを組織し、実証実験を1年間実施した。

介入チームは、被験者の同意のもとWEB画面を駆使し、集められた個人ごとのデータを分析し、介入指導を実現するとともに、各個人の機器の使用率を監視し、使われていないと判断すると電話などで健康増進施設まで被験者に実際に来ていただくなどのリアルな指導、および、非計測者が増えた場合には、健康増進の講習会を開催し、参加率の維持に努めた。

介入チームの構成は、医師1名、管理栄養士1名、運動指導士3名の構成で実施した。

実現したシステムの概念図を図2.2に示す。

各論について次章以降で詳細に説明する。

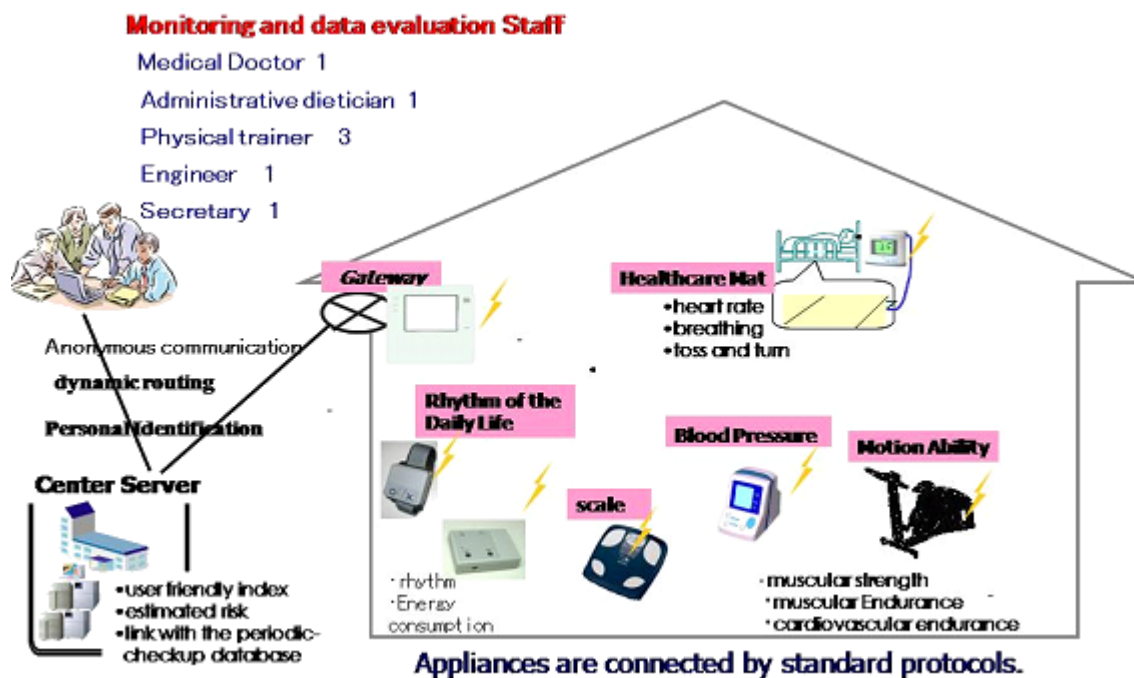


図 3.2 システム概念図

第3章 センサ開発

3.1 はじめに

本章では、生活習慣（食習慣、運動習慣、休養、など）をよりの確にとらえるための新しいセンサ機器開発研究について述べる。また従来の各メーカーの健康測定機器（体重計、血圧計、歩数計）は、システムとして機能するため、家族4人まで計測可能とすると共に、標準プロトコルを搭載できるように改造させた。その概要について述べる。

3.2 パラメータと生活習慣病

高血圧、糖尿病、肥満、高脂血症、ストレスなどの生活習慣病に対し、それぞれの指標が生活習慣病にどのように関連するかについては、医師の意見を踏まえ想定した関連想定表を表3.1に示す。

表 3.1 計測項目と生活習慣病 関係があると推測される項目

	体重	血圧	心拍数	呼吸数	睡眠時間	運動量	運動能力
高血圧症							
糖尿病							
肥満・高脂血症							
骨粗しょう症							
心・ストレス							
計測方法	重量センサ	圧力センサ	圧力センサ+周波数分離		加速度センサ	トルク検出	
測定場所	室内任意	室内任意	ベット マットレスとシーツの間		携帯ベルト装着	宅内	
宅内							
宅外							
覚醒時							
睡眠時							

従来の体重、血圧（カフ型）に加え、睡眠中の脈度、呼吸数、睡眠時間を計測する睡眠計測マット、最高

酸素摂取量を推定する運動能力計を開発し、実証実験でそのパラメータの持つ意義を検証した。また従来の体重計、血圧計については、機器仕様の一部変更、標準プロトコルの通信部分の組み込み、並びにシステムに組み入れるために、家族4人を区別して把握できるようにする改造を実施させた。

以下に、新しく開発したセンサ機器について述べる。

3.3 運動能力計

3.3.1 背景

人間のエアロビック運動能力の指標である心肺持久力は年齢とともに低下し、心肺持久力の代表的な指標である最大酸素摂取量は、健康な人が高血圧症に罹る確率⁷⁴⁾、脳卒中の発症率⁷⁵⁾、糖尿病の生存率⁷⁶⁾と関係があることが知られており、またこの最大酸素摂取量は、健康人の生存率⁷⁷⁾とも関係があることが知られている。この指標を計測する心肺負荷試験装置は、負荷装置、呼気ガス計測器（O₂、CO₂）、12誘導解析心電計で構成され総額1000万円以上と高額である。しかも診療報酬も1回計測で8000円（800点：診療報酬区分D211;平成22年3月現在）と高く、従業員7000人の計測

をするだけで5600万円の費用がかかる。多くの従業員を抱える企業は、自社の所有する診療所で計測可能であるがそれ以外の企業では計測は費用の面からほとんど不可能である。しかも現状では運動負荷試験しなければ、最大酸素摂取量は求められず、運動負荷試験のプロトコールは、負荷を順次上げる必要があり、高齢者には危険性が伴い、病院などでは運動負荷試験中の危険に対応するために除細動装置などの救命装置の設置が義務付けられている。より安価で安全にしかも簡単に心肺機能の向上が評価できる装置を開発し、生活習慣病の進行度の一つの指標をとらえることを機器開発の目的とした。

表 3.2 最大酸素摂取量と血圧の相関

相関係数				
	最大酸素摂取	安最高血圧	安最低血圧	
最大酸素摂取	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	1 .000 7151	-.216** .000 7151	-.265** .000 7151
安最高血圧	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	-.216** .000 7151	1 .000 81742	.882** .000 81742
安最低血圧	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	-.265** .000 7151	.882** .000 81742	1 .000 81742

** 相関係数は1%水準で有意(両側)

3.3.2 最大酸素摂取量と生活習慣病との関係

最大酸素摂取量が生活習慣病の進行度、特に高血圧との関連がどのようになっているかを、M社I事業所の従業員を中心に調査をした。その結果最大酸素摂取量と血圧(最高、最低)との相関係数は0.216、0.265(いずれも1%有意(両側))データ数7151人)となった(表3.2)。また最大酸素摂取量は、血中脂質(総コレステロール

表 3.3 最大酸素摂取量と血液検査指標の相関

相関係数							
	最大酸素摂取	TCH	TG	HDLC	LDLC	GLU	
最大酸素摂取	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	1 .000 7151	-.118** .000 4919	-.103** .000 4858	.122** .000 4858	-.118** .000 4547	-.044** .002 4919
TCH	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	-.118** .000 4919	1 .000 47430	.235** .000 43610	.138** .000 44915	.825** .000 44098	-.105** .000 47427
TG	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	-.103** .000 4858	.235** .000 43610	1 .000 43610	-.370** .000 44915	-.081** .000 44097	.170** .000 45809
HDLC	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	.122** .000 4858	.138** .000 44915	-.370** .000 44915	1 .000 44098	-.167** .000 44098	-.105** .000 44915
LDLC	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	-.118** .000 4547	.825** .000 44098	-.081** .000 44098	-.167** .000 44098	1 .000 44098	.054** .000 44098
GLU	Pearsonの相関係数 有意確率(両側) N	-.044** .002 4919	.105** .000 47427	.170** .000 43609	-.105** .000 44915	.054** .000 44098	1 .000 47430

** 相関係数は1%水準で有意(両側)

(TCH)、中性脂肪(TG))と相関があるだけでなく、血糖値ともゆるい相関(P<0.02)がある(表3.3)ことが明らかになり、最大酸素摂取量の維持向上が生活習慣病を説明する有意な指標となりえると思われた。

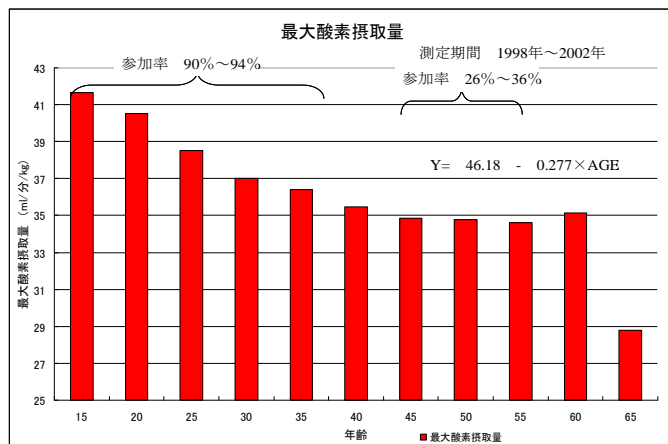


図 3.1 最大酸素摂取量と年齢

3.3.3 最大酸素摂取量と年齢

最大酸素摂取量は年齢と共に低下するが、運動によって、同一値を維持可能であり、図 3.1 では、40 歳代後半から体力に自信のある人のみ計測しているため最大酸素摂取量が維持されている。この図からわかるように、生活習慣病と相関の高い最大酸素摂取量は年齢と共に確実に低下しており、成人後のあらゆる世代で生活習慣病が静かに進行しているものと思われる。最大酸素摂取量は、体重 1kg 当たりの 1 分間の酸素摂取量(ml)で表され、年齢との関係は計測参加率が 90%を超える 40 歳未満のデータから直線回帰すると

$$\text{最大酸素摂取量 (ml/分/kg)} = 46.18 - 0.277 \times \text{年齢}$$

となり、10 歳年をとると、分時酸素摂取量は 2.77ml/分/kg 下がる計算になる。

この最大酸素摂取量は、肺での O₂、CO₂ 交換能、運動時の心臓の 1 分あたりの心拍出量、筋肉細胞での栄養の取り込みと酸素の取り込み能などが反映される総合的な指標で、全身の持久力を説明している。

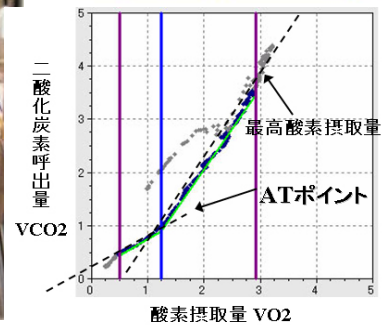
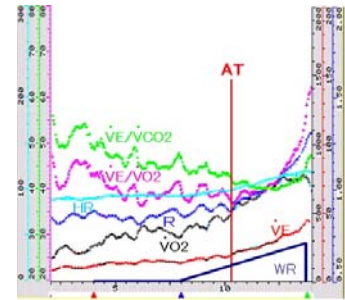


図 3.2 心肺機能負荷試験 図 3.3 Anaerobic Threshold

3.3.4 従来の計測方法

最大酸素摂取量を得るための運動負荷実験は、図3.2に示すように。被験者にマスクを装着し、運動負荷を増やしながらか被験者の呼気ガス (O₂,CO₂の濃度、呼気量など) を計測することによって実施される。最初に安静時のO₂,CO₂の濃度を計測した後、時間とともに負荷が増える (一般的には1分間に20ワット増加する) ランプ負荷の運動を行わせ、その時の呼気ガス中のO₂、CO₂の濃度とその温度を1呼吸ごとに計測し、安静時の呼気ガスのO₂,CO₂の濃度との差を計算し、呼気ガスの流量 (呼気量) を計測し積をとり温度補正し、体内で吸収された酸素量、排出されるCO₂の量を、1呼吸ごとに計測する。1分間の積分値を取ることにより、分時酸素摂取量 (\dot{V}_{O_2}),分時二酸化炭素排出量 (\dot{V}_{CO_2}),分時呼気量 (\dot{V}_E) を算出し、負荷 (Work Rate:WR) を上昇させて、その変化をみる。負荷が低いうちは \dot{V}_E に占める \dot{V}_{O_2} は、一定の割合で増加するが、ある強度を超えると分時酸素摂取量が増加しなくなり、分時の二酸化炭素排出量は増加する。運動強度が高くなると筋肉細胞内で無酸素代謝が起こり、乳酸が産出されると同時に、5分程度しか運動が続かなくなりやがて運動ができなくなる (図3.3)。このときの分時酸素摂取量の最高値を最高酸素摂取量と呼ぶ。また分時酸素摂取量が最大

のとき最大酸素摂取量と呼ぶ。最大酸素摂取量と最高酸素摂取量の差は、酸素摂取量の最大値まで試験を継続できたか否かの差である。有疾病者では最大まで負荷をかけることが難しいため、最大酸素摂取量の代わりに最高酸素摂取量を用いている。図3.3の嫌気性代謝閾値（Anaerobic Threshold 以下AT）ポイントとは、有酸素運動から無酸素運動に切り替わり乳酸が産出し、呼気ガス中のCO₂濃度が急激に上昇し始める時点を示し、このATポイント近くで運動を続けることが、脂質代謝能の改善に一番効果があることが判っている。一般にATポイントの1分前の運動強度（ワット）が、健常者の運動処方としての運動強度として採用される。

無酸素中の心拍数は一般に 150 を超え、有疾病者特に心疾患患者には危険を伴う可能性が高い。運動習慣がつくとともにこの最高酸素摂取量、及び AT ポイントでの運動強度が増し、強い強度の運動でも長時間運動を継続できるようになる。この最高酸素摂取量が上記の生活習慣病の進行度の総合的な指標の一つに成り得ることが分かっている。

3.3.5 開発した最高酸素摂取量の推定方法

開発した最高酸素摂取量の推定方式は、家庭での運動を考慮して、高齢者、有疾病者でも安全に対応できるように一定心拍の下での運動者の発揮している機械的運動強

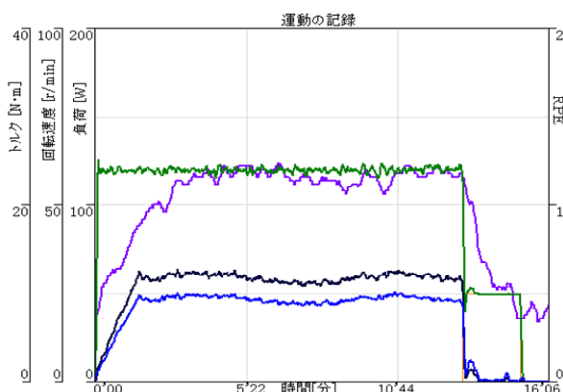


図 3.4 健常者の心拍応答

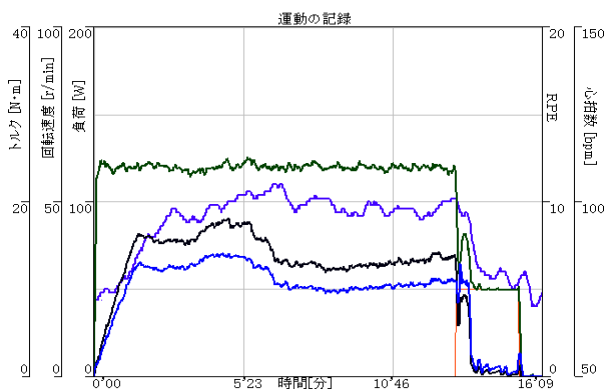


図 3.5 心疾患患者の心拍応答

度（仕事率）を正確に把握すれば、もし運動者の最高酸素摂取量並びに AT 時運動能力が向上すれば、一定心拍で実現できる運動強度がより強い強度になる。という仮説に基づき、健常者で仕事率と最高酸素摂取量の関係を明確にすることにより相関が高ければ、最高酸素摂取量を代替できるという考え方を採用した。しかも一定心拍数を AT ポイント近くに設定すれば、安全にしかも運動中に自動的に運動能力を計測することができるという利点を有している。図 3.4、図 3.5 は、開発した一定心拍アルゴリズムに基づく、運動記

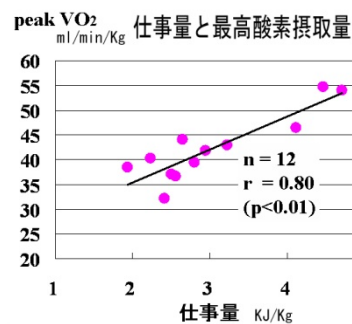


図 3.6 6 分間仕事量と最高酸素摂取量

録で、緑が回転数、黒が仕事率(ワット)青が本人出しているトルク (N・m)、紫が心拍数である。心拍応答はポラール社の心拍センサを装置に組み込んだ。図 3.4 は、健常者 (56 歳、男性設定心拍数=110) で心拍応答が極めて早くしかもその心拍を実現する機械の仕事率も安定している⁷⁸⁾。図 3.5 は、虚血性心疾患患者で心拍応答が遅くしかも同一心拍を実現する機械の仕事率も一定心拍実現後もしばらく安定していない⁷⁹⁾。機械的運動強度量の把握を設定心拍数実現後、1 分ごとに機械的運動量を把握し、6 分間連続で変動が 5 %以内のときに 6 分間の体重当たりの仕事量をもって、機械的運動強度量とした⁸⁰⁾。6 分間仕事量と最高酸素摂取量との関係を図 3.6 に示す⁸¹⁾。

これらの機械的運動強度の把握には、従来の電磁誘導エルゴメータでは、負荷が実現する回転数で変わってしまうこと、しかも予測値で実測していないこと、経年変化が激しく負荷が当てにならないこと、などからサーボモータとサーボ制御を用いたエルゴメータを開発し、負荷を正確に把握する方式を採用した。

3.3.6 設定心拍数

AT ポイント近くの心拍数は、個人個人に応じた最高酸素摂取量の偏差が想定され、しかも心疾患患者などでは心疾患の重症度に応じた運動強度の設定が必要になる。図 3.7 は、健常者での AT ポイント心拍数と年齢の関係を表している。直線回帰の結果、回帰式は AT ポイント心拍数 = $129.6 - 0.41 \times \text{年齢}$ ⁸²⁾ ($p < 0.01$) となった。この式は、カルボーネン法の目標心拍数 = $132 - 0.6 \times \text{年齢}$ の算出方法に比較し年齢での調整項の係数が小さく、全体としての目標心拍数は高くなっている。年齢 60 歳にときの目標心拍数を比較すると、開発した計算式では、105.4 拍/分で、カルボーネン法の 96 拍/分に比較して、10 拍/分程度の多くなっている。

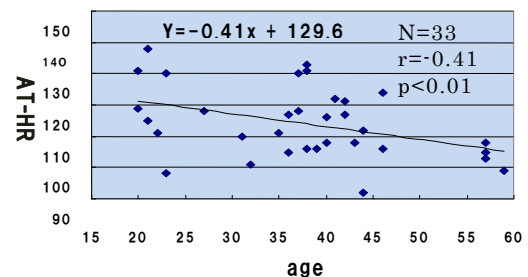


図 3.7 年齢と AT 時心拍数



図 3.8 開発した運動能力計

また心疾患の重症度を考慮の方法に関しては、通常的心肺機能負荷試験を同様に、NYHA(New York Heart Association)の心機能分類に従った。

従って、最終的な設定心拍数の式は、

$$\text{目標心拍数} = (130 - 0.4 \times \text{年齢}) \times \text{NYHA 係数とした}^{83,84)}$$

3.3.7 開発した最高酸素摂取量の推定方法の装置化

健常者においては目標心拍数の推定値は、運動中の目標心拍数として安定している（図 3.4）が、しかし心疾患患者においては、心拍の状態が日々によって異なるため⁸⁵⁾、その日の体調に



図 3.9 本人選択画面 図 3.10 運動プログラム選択画面

よる設定心拍数の変更を運動前の血圧チェックなどにより必要とする場合がある。しかし本方法は、心拍一定の運動さえすれば運動者が運動中に発揮している機械的ワットを常時（計測周波数 2500Hz、データとしては 1 秒おきに平均化）計測しているため自動的に運動者個人個人の運動耐用能（一定心拍の下での機械的仕事率の 6 分間積分値）が評価可能となる。

一定心拍下での機械的仕事率の向上を表示することで運動者にとって体力が改善しているかどうかの判断が可能となり、運動者の動機づけに使える可能性が高い。

開発した装置(図 3.8)は、1 台で 4 人までユーザ登録及びデータ収集可能(図 3.9)な構成とし、各個人の記録がデータセンタに送ることができるとともに、介入指導者の作成したプログラムを機器側でダウンロードできる方式を採用した(図 3.10)。

3.4 睡眠時脈度・呼吸数の計測

3.4.1 背景

睡眠時無呼吸症候群（sleep apnea syndrome：以下SAS と略）が、高血圧や心血管疾患の独立したリスクとなることが前向き研究で明らかにされ、新しい心血管リスク因子と考えられており⁸⁶⁻⁸⁸⁾、また夜更かし等の生活習慣が自律神経系の失調を促進し血圧変動に影響を与えるなど⁸⁹⁾、睡眠の重要性が認識されつつある。

SASは、夜間の無呼吸により、一晩に300～500 回程度低酸素状態が出現し、血液内酸化ストレスが増加し、血管内皮細胞障害が引き起こされることにより血管壁への直接の動脈硬化促進作用があると考えられ、夜間高血圧タイプの早朝高血圧の原因の一つと考えられている⁹⁰⁾。交換神経の亢進、胸腔内の陰圧による左室心筋肥大などの原因と考えられる共に、肥満などとの関連が研究されている。これらから睡眠時の生体信号を非侵襲計測することは、生活習慣病の一断面を切り出す可能性があり、今回の捉えるべき指標としてセンサ開発に至った。

3.4.2 従来の計測機器

睡眠中の研究において、24時間血圧計ABPM (ambulatory blood pressure monitor) の果たした役割は大きく、現在でも血圧、脈拍、など生体情報の精度において優れているが、健康な人の通常時に計測機器として用いるには、大きさ、装着感、価格等において好ましくない。また無呼吸症候群などの発見を目的にした睡眠ポリグラフ検査機器なども、脳波計測、あごの筋電図計測など装着感が高く価格も高い。ベッドのシーツの下などに置いておくだけで計測できる非侵襲、非拘束で安価な製品が求められている。

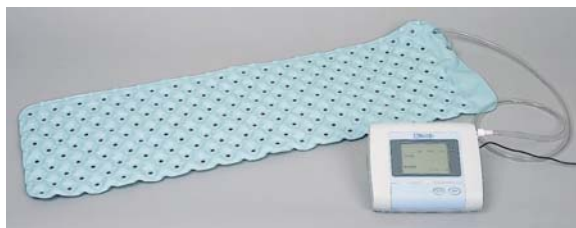
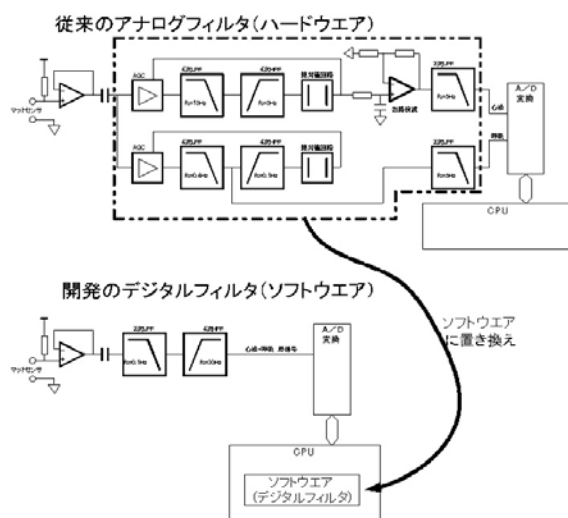


図 3.11 開発した睡眠計測マットとコントローラ

3.4.3 計測原理

図3.11は、開発した睡眠計測マットとそのコントローラである。心臓の鼓動、及び呼吸の胸郭運動を、エアマット(300×950mm)を通じて空気振動(音)として把握し、空気の振動が透明のビニールチューブを伝わって、コントローラのマイクロフォンに伝わり、マイクロフォンで電気信号(アナログ信号)にし、AD変換器でメモリーに取り込む方式を採用した。デジタルバンドパスフィルタを用い、周波数帯域を0.1~10KHzに限定し、呼吸波形は0.2~0.4Hz、脈拍は0.5~5Hzの信号として連続で計測した。



3.4.4 デジタルフィルタの採用

従来は、マイクロフォンセンサで取り込んだ微小信号をアナログフィルタリング回路部で周波数(心拍、呼吸、いびき)分離していたが、ロット

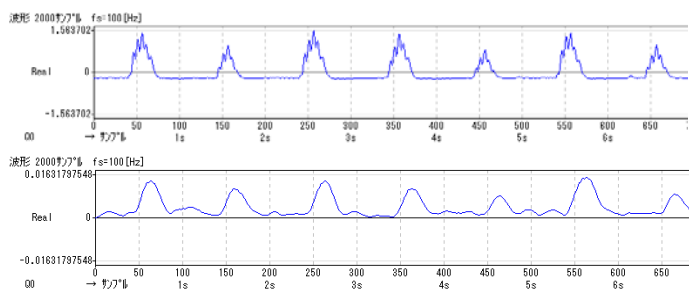


図 3.12 フィルター比較対応

により回路構成素子の特性ばらつきがあり、フィルタリング精度に限界があった。

今回、デジタルフィルタリング技術を適用することにより、ばらつきが無く高精度のフィルタリングを実現し素子ばらつき等の自動チューニングが容易になった(図3.12)。

周波数設定をソフトコントロールとしたため人による差異を自動的に吸収できる構成が取れ計測精度向上を可能とした。フィルタの出力波形を示す。(図3.13 上段にア

ナログフィルタ出力波形と下段にデジタルフィルタ出力)を示す。

この睡眠時計測マットが、コントローラから就寝中の生体情報(心拍、呼吸、いびき、体動)を0.1s単位(サンプリング周期10ms)に平均化し、波形データとしてセンタサーバにデータ伝送する。伝送のタイミングは、就寝中1分間に1回、600フィールド(0.1s単位の心拍、呼吸、いびき、体動のデータを1フィールドのデータ)として構成しデータ伝送した。

図 3.13 波形比較(上段:アナログ、下段:デジタル)

3.5 体重計

3.5、3.6、3.7節においては、従来機器の改良を実施した。

3.5.1 背景

身長に比して体重が増加していることを表す肥満者の割合(BMI25以上)が20歳代では、男子14.6%、女子7.7%に対して40歳代には男子35.9%、女子18.0%に増加している⁹²⁾。健康日本21では、20~60歳代男性の肥満者24.3%を15%以下にする目標に対し、現実には29.0%と増加している⁹³⁾。このように体重が増えていることの実感を具体的に認識する環境が少ないものと思われる。また肥満による内臓脂肪の増加は、高血圧など他の生活習慣病の原因になることも指摘されている^{94,95)}。体重の日格差の大きな人は、年間を通じて毎日2Kg程度あり、例えば起床後トイレの後などいつも同じ時間に測ることで日格差を縮小して自分の体重をコントロールする必要がある。日格差を正確に把握するために10gの変化を捉えられる体重計を開発した。

3.5.2 従来の計測機器との差

従来の計測機器の体重の分解能は、新生児用を除いて20gが限界であった。この理由は、圧電素子に対する挺子の原理からフルスケールに対する分解能が決まっているからで、今回直接ロードセルを用い、日格差を捉えるべく10gの分解能の体重を開発した。さらに体重計は、個人ごとの時系列変化を追うべく家族内4人まで区別できるボタンを配置し、個人を判別する機能を付与した。ボタンは足でけるため、押し間違いを考慮し自分の体重情報のみを伝送する伝送ボタンを配置した。伝送ボタンが押されない限り、センタサーバに体重情報は伝送されない。

3.5.3 ロードセルによる荷重直接変換の機構開発と個人ID方式

分解能 10 g の体重計とするために、体動や振動など体重計測にとってノイズとなる成分をどのように排除するかという技術的課題の開発も併せて進め、ロードセルの開

従来方式
槓桿(こうかん:てこ)による
加重変換



メリット
価格が安い
技術的に成熟している

デメリット
寿命面で不利



新方式
起歪体(きわいたい)による
荷重直接変換



メリット
構造がシンプル

デメリット
価格が高い
ファームへの負荷が大きい

図 3.15 体重計と送信装置

図 3.14 従来の体重計との相違

発を実施した(図 3.14)。図 3.15 の後部が開発した標準プロトコールによる送信モジュールで、体重計とはシリアル通信で通信する構成とし、シリアル通信を体重計メーカーに組み込み依頼した。機器はすべて電池駆動とした。

3. 6 血圧計

3.6.1 背景

家庭血圧の意義を世界的な認知レベルに向上させたのは、大迫研究であることを1.3章で述べた。大迫研究では、家庭血圧の計測が診療時の血圧に比較して白衣高血圧、仮面高血圧などの影響を排除でき安静を確保しやすく結果、再現性が高い⁹⁶⁾、また診療時の血圧と比較することで白衣高血圧、仮面高血圧などを発見しやすいこと⁹⁷⁾、さらに継続的な家庭



通信エラーが発生すると血圧測定結果が点滅表示
右にあるボタン(Mボタン)を押すと測定結果を再送信する

図 3.16 通信エラーを表示する血圧計

での計測は薬効持続期間が評価しやすく⁹⁸⁾、高い生命予後予測能^{99,100)}を有していることを明らかにしている。このように医師にとっても重要な指標を提供している。

3.6.2 従来の機器との差

血圧は計測方法によっては計測値がまったく意味を持たなくなるため、実証実験においては、家庭内での設置場所を慎重に選定し、計測訓練を実施した。家庭での計測機

種としてはカフを用いる上腕式電子血圧計とした。従来の機器はネットワークに接続し、WEB環境下で血圧計測者が自らWEBを確認して血圧値をコントロールすることを想定していなかった。今回の標準プロトコール仕様の通信機能の搭載させることにより、従来確認なしの伝送であったが、確認ありの伝送に変えさせた。伝送エラー確認機能を備えた上腕式電子血圧計を開発依頼し、WEB環境下で被計測者のモチベーション維持に繋がる血圧計Web開発（第5章参照）を依頼した。

血圧計は、計測したすべてのデータを伝送することを目的に、血圧計測終了後自動的に計測データを標準プロトコールにてHCDに送信する方式を採用し、家族4人が共同で計測することを前提に、図の左側の2つのボタンと表示画面を用い、被計測者選択画面上で個人選択を可能とした血圧計を開発（図3.16）させた。

血圧計-HCD間の計測データ送信において従来の医療用テレメータ（単方向通信）では実現できなかった通信エラーを計測機器（血圧計）側で表示し、通信エラーが発生した場合、再送信ボタンを押下することにより、データ再送可能な機器開発をメーカーに依頼した。

3.7 歩数計

3.7.1 背景

歩数の計測方法が単なる振動子の振動把握から、加速度センサ応用としての歩数把握に進化することにより個人ごとの強度の設定が可能となり歩数計の歩数の精度が向上し、歩行の解析も意義をもつようになった。また捉える指標も、単なる歩数から歩行強度（加速度の大きさ）、時間当たりの歩数、カロリの推定などへ進化し、加速度センサによる加速度の1分あたりの時間積分値としての運動強度を3段階程度に分けて分ごとに3段階運動強度を記述するなどの製品化が進んでいる。これらの機器を利用し運動カロリーとして血圧の降圧のためには、2000kcal/週程度必要であること¹⁰¹⁾、一日300kcalは、ほぼ1万歩程度に相当し、軽症高血圧では降圧すること^{102、103)}などの歩数と高血圧症の改善との関係が明らかにされてきている¹⁰⁴⁻¹⁰⁶⁾。しかしいずれの研究も効果を確認する意味での研究であり、広くより多くの人々が自己管理を基本に血圧値を改善する方法論の研究には至っていない。

ITの進展は、ネットワークを通じて、データの蓄積と本人への時系列的なデータ表示を可能とするだけでなく、そのデータから本人の状態を本人が認めた介入指導者が推測し、励ますことを可能とした。この方法論を追究すべく歩数計のネットワークへの組み込みを実施した。一方センサ技術開発に関しては、歩数は計れるものの。家事等の歩数が少なくても運動量としてはかなりの量に達している行動の把握はできていない。言い換えると生活全般にわたる運動量の把握は出来ているとは言い難い。

3.7.2 従来の機器との差

他の機器と同一のネットワークにつなげることにより、他の機器指標を取り込むことができ、よりの確な指標の把握が可能となる。例えばカロリー換算のために体重など最初に歩数計に入力するが体重は季節変動、減量等により変化する。また年齢も時間とともに変化する。ネットワーク化により最も近い日に計測された情報を利用してよりの確なカロリーの把握が可能となる。歩数計を図3.17に示す。



図 3.17 歩数計

これら運動能力計の開発、睡眠計測マット、体重計、血圧計、歩数計の標準プロトコル組み込みのための開発仕様への協力及びシステムとしての機能開発依頼を実施した。

3.8 伝送モジュールの供給と組み込み

各メーカーに ZigBee に基づいた伝送モジュールを供給し、各メーカーは伝送モジュールを組み込んだ機器開発を実施し順次システムに投入した。

伝送モジュールは、IEEE802.15.4 チップを搭載した RF 基板と機器とのシリアル通信及び本プロトコルを実現した CPU 基板で構成した。

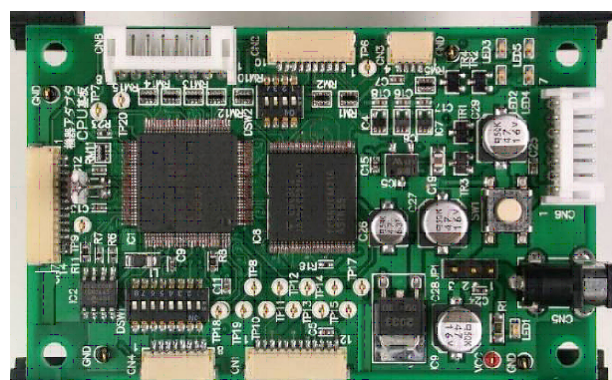


図 4.18 機器側通信 CPU 基板

伝送モジュールで実現した標準プロトコルの通信方式（3パターン5伝文）、サービス内容（機器登録通信、通信情報登録通信、データ通信、照会通信）、データ分割方法、及び通信フォーマットについては、4章で詳述した。

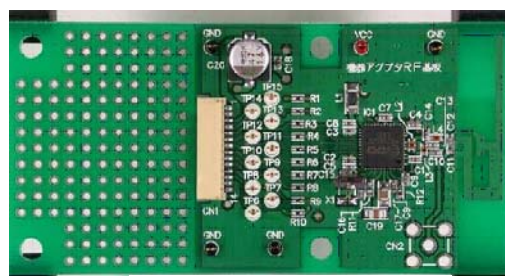


図 3.19 RF 基板

第4章 計測機器-健康管理機器間通信プロトコルの標準化

4.1 はじめに

1章で在宅健康管理に関する様々なプロジェクトが補助金の終了、メーカーの機器供給停止により、システムが稼働停止になる現状について述べた。このような状況を避けるためには、システム価格の低減、サービス価格の低減、とシステムの標準化が必要であり、システム内にどのメーカーの機器でもより安価な機器が簡単に取り込める、新しい機能の機器を開発してもすぐにシステムに組み込める、サービスプロバイダがいつでも参加できるなどの環境を整備することが必要である。この課題を実現するには、システムに組み込む機器がシステムに簡単に登録でき、その機器のデータがデータサーバに容易に蓄積できることが重要である。また家庭内健康計測機器が通信する情報量と伝送タイミングを考慮し、計測機器—健康管理機器間の通信を標準化するとともに、どこのメーカーの機器でも統一的にデータを閲覧できるWEB開発も実施する必要がある。

本章では該当規格である IEEE1073 のワーキングの発足のきっかけとなると同時に基礎になった標準プロトコルを開発したので報告する。

これらの通信の標準化を実現するために、通信プロトコル標準化協議にできる限り多くの種類の企業の参加を促し、通信機器及びシステムメーカー、計測機器メーカー、総合電機メーカー、サービスプロバイダの賛同を得、標準プロトコル案を作成した。これらプロジェクトの技術とりまとめを筆者が担当した。

4.2 標準化範囲

在宅健康管理のネットワークにおける通信は、2つの部分に分けられる。一つは各家庭内の健康計測機器（HMD）—健康管理機器（HCD）間のローカルな家庭内通信、もう一つは健康管理機器—データセンタ間及び介入センタ（主に42条施設、病院など）からデータセンタ間の公衆インターネット網を利用する広域通

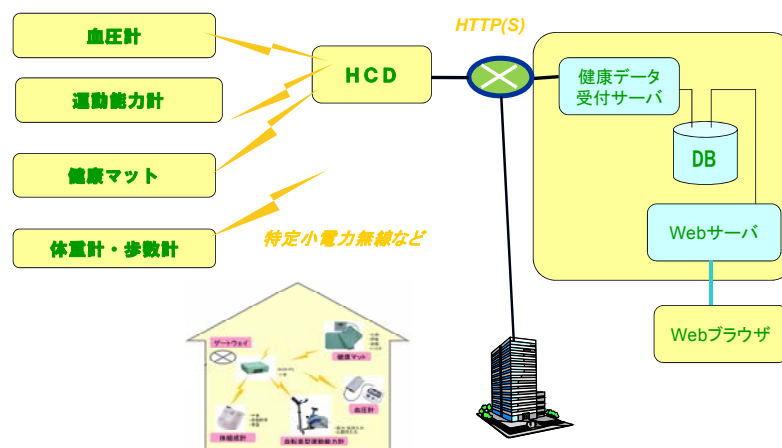


図 4.5 データ伝送からみたシステム構成

信である（図 4.1）。

インターネット広域通信においては、通信情報の暗号化及び、情報発信者の匿名化以外の要素は、ほぼデファクトスタンダードが存在しているため、検討課題を暗号化及び匿名化に限定した。

4.2.1 インターネット上の暗号化

通信プロトコルを決めるにあたって、実証実験ではインターネット上での暗号化は IETF (Internet Engineering Task Force)の標準規格である SSL/TLS (Secure Socket Layer /Transport Layer Security)を採用した。SSL は、暗号化、認証、改竄検出機能を有し Negotiation 時に通信する両者間で共通鍵暗号に基づく暗号化の Negotiation を提供する。暗号化の手法は RC2,RC4¹⁰⁷⁾,DES¹⁰⁸⁾などをサポートしている。IETF は、SSL の後継仕様として、TLS と名称変更し、2006 年に 1.1, 2008 年に 1.2 を提供している¹⁰⁹⁾。

4.2.2 匿名化

匿名化については、実証実験の初期に F 社が提供したオニオンルーティングを用いたが、経路依存性が高く、センタサーバまでの到達時間にばらつきが大きい。また到達保証など安定的に欠け、広域インターネット通信網における匿名化は、今回の通信標準化の対象外とした。

今回の通信の標準化の範囲を各機器メーカーの機器が通信できる環境を作ることに絞り、多様な機器を抱える家庭内通信に絞った。

4.2.3 計測機器（HMD）－健康管理機器（HCD）間の家庭内通信

HMDにおける通信を実現している H/W が医用小電力、Bluetooth, ZigBee, IEEE802.11, Ultra Wide Band (表 4.1) など伝送速度を向上させるための技術革新が激しく、現状で標準化することが難しいこと¹¹⁰⁻¹¹³⁾、様々なメーカーの健康計測機器を接続するには、下位レイヤの規格化を必ずしも必要としないことから標準化の範囲をセッションレイヤ以上限定し、

表 4.1 通信の物理層

規格	伝送速度	通信距離	周波数帯	消費電力
Bluetooth (IEEE802.15. 1)	432.6K ~1Mbps	100m 10m 1m	2. 4GHz	100mw 2.5mw 1mw sleepモードなし
Ultra WideBand (IEEE802.15. 3a)	100Mbps	10m	3.1~10.6GHz	低電力 10mw 高速 100mw
ZigBee (IEEE802.15. 4)	~250Kbps	10~75m	2. 4GHz	乾電池で2年程度 sleepモードあり

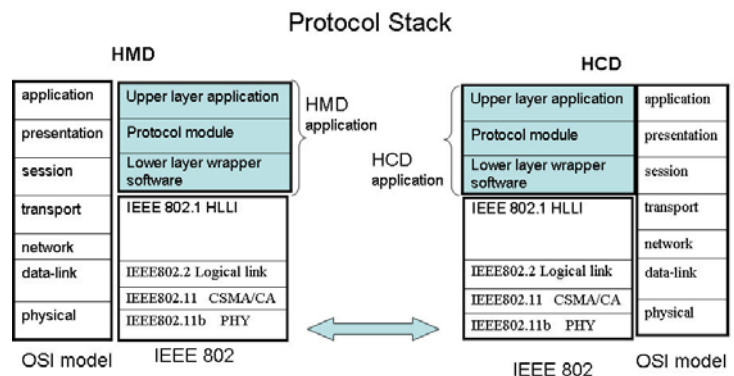


図 4.2 標準化の範囲の限定（Layer4 以上）

標準化することとした。

規格化の範囲に関し厳密な意味での OSI seven-layer モデルとの対比は難しいが、通信のプロトコールスタックと OSI モデルとの関係を図 4.2 に示す。

4.3 標準化プロトコールの必要条件

4.3.1 システムの具備すべき機能からの標準プロトコールの必要条件

実証実験（従来機器の伝送方式をそのままシステム化：1次実証実験）を通してシステムの具備すべき必要条件を洗い出し、通信プロトコールへ影響のある項目を整理した（表 4.2）。

表 4.2 標準プロトコールの具備すべき条件

要求者	標準プロトコールに関する要求仕様	実現方法（サービス・方法）	
機器製作	CPU 負荷が少ない。	KVP (Key Value pair methods)	単方向通信
	バッテリー負荷がすくない。	Sleepモードを可能とする下位レイヤ	または単方向通信
	データの重複設定がない。	標準プロトコールレベルのエラー検出、エラー修正とアプリケーションレベルでの検出とに分ける。アプリケーションのエラー検出方法を選択可能とする。	
	保守のタイミングがわかる。	HCDからの問い合わせ機能	
	交換したときにデータが移植出来る。	HCDからのダウンロード可能とする	
システム保守	評価に他機器のデータが使用できる。	センターサーバ機能	
	機器のバッテリー寿命が問い合わせ可能。	HCDからの問い合わせ機能	
	システム内の時刻が統一できる。	HCDからの問い合わせ機能	
	データが届かなくなった機器に警告できる。	HCDからの問い合わせ機能	
	予約語が統一に使われる。	Terminologyは、CEN、JAHISに従う。	
使用者（患者）	他システムとのインターフェースが作り安い。	messagesは、HL7(ANSI)に従う。	波形データは、MFERIに従う。
	データベースのビット効率が低い。	バイナリーの積極的採用	Code Discriminationの採用
	ウェブが機器メーカーと独立して見れる。	機器交換時機器登録方法の検討	
	自分で内容が理解できないデータをメーカー又はサービス業者に問い合わせできる。	メーカー別WEB機能	
	努力の効果を確認できる。	共通WEB	
使用者（先生：診断側）	健康診断データとの相関が理解できる。	メーカー別WEB機能	
	わかり易い指標化を図る。	共通WEB機能	
	測ったデータは必ずデータベースまで届いている。	通信エラー時各機器にHCDから再送要求可能とする。	HMD側は、確認機能を持つ。
	病院と近い形でデータが必要。	Terminologyは、CEN、JAHISに従う。	Messageは、HL7,MFERIに従う。
	測定プロトコールを決めることが重要。	システム内時刻を統一。	
使用者（解析者側）	在宅機器の性能を医師が知っていることが重要。		
	医師が自由に扱えるデータへ変換したデータベースが必要。	HL7の遵守。波形定義を含む。	
使用者（解析者側）	時刻がそろっていないと使えない。	システム内時刻を統一。	
使用者（解析者側）	センサー情報のみでなくある程度加工したデータが必要。	最初はメーカーごとWEBで技術蓄積する。	

表 4.2 の標準プロトコールへの要求仕様を基に、標準プロトコールの要求仕様を実現性、安定性を考慮し、最小限の要求仕様を下記 5 項目とした。

- ① 現状開発された機器が少変更で使えること。（電池駆動の機器から、電源を備えた機器まで対応するため通信によるCPU負荷、電池負荷を出来る限り限定すること）
- ② データベースを意味あるものにするためシステム内の時刻を同一にすること。
- ③ 健康計測機器で計測した計測データを出来る限り、センタに集めること。
- ④ 機器交換した際など同一データの重複入力を避けるため、計測機器に必

要な利用者属性情報を健康管理機器に問い合わせできること。

⑤ 新たな健康計測機器の追加にも柔軟に対応できること。

4.3.2 伝送容量と伝送タイミング

図 4.3 に各機器が必要としている伝送量と伝送タイミングを示した。各機器の特性により、毎分 1 回の伝送から 1 日 1 回までの伝送タイミングが要求され、機器及び

伝送すべき情報の意味論が確立されているものは伝送量が少なく、意味論的な指標のはっきりしない機器は伝送量が多くなり、データ長は、数 byte から 26MB まで様々である。研究用途の機器をシステム内で吸収するためには、大容量データの時系列的な把握が必要となり、システムとしては、それらの要求を吸収できる設計が必要になる。これらの

容量とタイミングを考慮し、伝文のデータフレームを最大 8 kbyte とし、それ以上のデータ伝送を実施する際は、伝文のフレーム分割を可能とする構成とした。

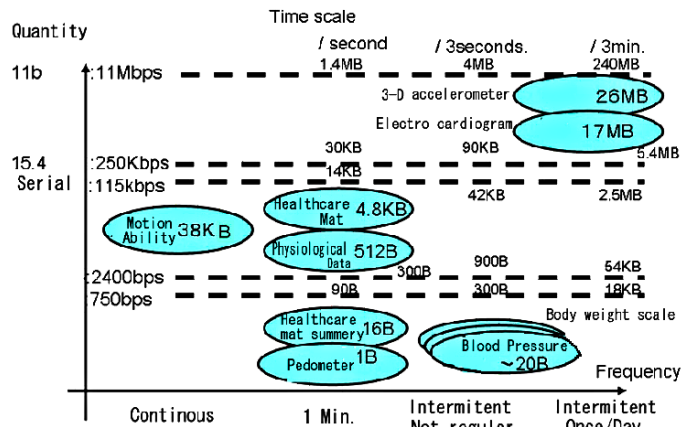


図 4.3 伝送容量と伝送タイミング

4.4 標準プロトコール通信仕様概要設計

プロトコールの必要条件を満たし且効率のよい伝送を実現するため、以下の項目を通信仕様とした。各項目の○の数字は、4.3.1 項の数字に対応する。

① を 実現するため、

- 1-1) シンプルな単方向通信仕様（上り方向（データ収集のみ）だけの確認無しの通信方式）も認める。このことにより電池駆動の機器は送信回路のみを実装(受信回路を実装しない)し、送信するときのみ通電することにより、大幅に電力消費を削減できる。また受信回路を実装しても受信のために待機する（常に回路に通電する）必要はなく、送信時ののみ通電し通信することが可能となる。
- 1-2) バイナリ形式の通信を用いる。このことによりマイクロコンピュータの苦手なキャラクタの取り扱いをせずに、しかもより短い伝文で情報伝送が可能となる。
- 1-3) 機器登録通信（メーカー名、製品名、型式番号、など）、通信情報登録通信（名

称、単位、精度など)を設けて、登録以降は、機器に割り当てたバイト名:UDN(システム上で機器を特定する名称:Unique Device Name:以下UDN)、機器の情報に割り当てたバイト名BN(Byte Name:以下BN)を利用して、伝文長を短縮する通信方式を採用した。

② を実現するために照会通信(通信サービス名)を用意し、

2-1) 機器側からは、時刻照会、他社機器の直近の計測データ照会を可能とした。

2-2) センタ側からは、機器稼動状況照会、バッテリー残量照会などを可能とした。

③ は、データ通信に関して、従来の医療機器を考慮し、上り方向(データ収集のみ)だけの確認無しの通信方式も容認するが、HMDはできるだけ双方向通信の回路を設け、ANK,NAKの確認ありの通信とすることを基本とした。

従来の通信では、単方向のためFEC(Forward Error Collections)などを利用しており、例えば3連送(同じデータを3回分送り受け取った側で多数決によりエラー判定をし、情報を取り出す)など極めて冗長度の高い伝送をし、且つ確実に伝送できたか否かについては不明であったため、できるだけ双方向を基本とする伝送に変更した。

④ はHMDが機器登録通信、通信情報登録通信をした後、上記照会通信を利用し、HCDの情報(使用者の年齢、性別、身長、体重など)を入手可能とした。このことにより機器交換が容易になり人による入力忘れを防ぐことができる。

⑤は機器登録通信、通信情報登録通信を利用し、機器名、機器の伝送する情報を登録した機器は、すべてシステム内に取り込める工夫をした。機器の登録、機器の送る情報の登録を標準化することで、どのような機器でもシステム内に取り込めるようにし、情報を登録する際、その情報に1byteの情報名を設定することで、データ伝送時はその情報名とデータ値のみを送れば、伝送容量を圧縮可能にする方式を取った。

4.4.1 通信サービスと通信パターン設計

上記通信を実現するため、通信のサー

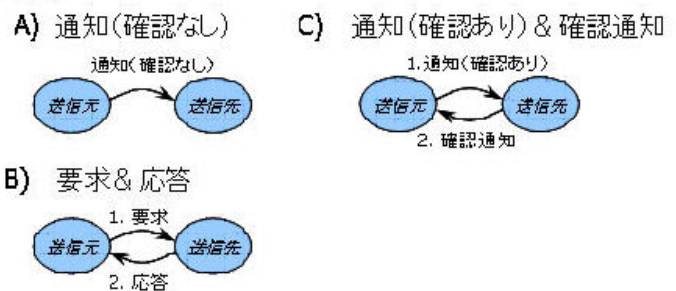


図 4.4 3種類の通信パターン(5種類の伝文)

ビス内容として、1) 機器登録通信 2) 通信情報登録通信 3) データ通信 4) 照会通信 の4つを設定した。それぞれの通信サービスを実現するための通信パターンは、1) 通知(確認無し) 2) 通知(確認あり) → 返答(確認通知) 3) 情報要求 → 情報応答 の3種類通信パターンで構成し、それぞれの通信パターンにおける伝文は、5つの種類から構成した。(図4.4)

従来の医療用テレメータでは図4.4のAで通信していたが、Cの方式を標準とした。

またBパターンを作ることにより、HMD、及びHCDが求めているデータを相手の機器に情報照会可能とした。

表 4.3 機器登録

登録名称	DD	CD	DV
バージョン情報	0x10	0x10	"NedohhcVersion1.0"
メーカー名	0x10	0x10	"manufacture"
	0x20	0x10	"Mitsubishi Electric Engineering"
製品名	0x10	0x10	"modelName"
	0x20	0x10	"MHT-041"
製造番号	0x10	0x10	"modelNumber"
	0x20	0x10	"00001011"
UDN	0x10	0x10	"UDN"
	0x20	0x10	"CTZ-BloodPressure"
機器簡易名称	0x10	0x10	"friendlyMachineName"
	0x20	0x10	"BP"

CD:文字識別(Code Discrimination)
 DV:Data Valueの略語で、Dataを示す。
 登録名称はいずれも予約語。

登録名称:

"NedohhcVersion1.1": 健康計測機器プロトコルバージョン番号の値
 "Manufacture": メーカー名を定義する文字列
 "ModelName": 製品名を定義する文字列
 "ModelNumber": モデル番号を定義する文字列
 "UDN": UDNを定義する文字列
 "FriendlyMachineName": 機器簡易名称を定義する文字列
 "Deregister": 登録削除を定義する文字列

1) 機器登録通信サービス

機器登録通信サービスは、機器がシステムに参加するときに、メーカー、製品名、製造番号、製造年月、UDNを登録記載必須項目(表4.3)とし、これらの記述の名称をメーカー名は、"manufacture"というように統一し、システムが同一の理解ができるように登録名称マスターを設けた(図4.5)。この機器登録はHMDからHCDに登録し、HCDからセンタサーバに自動的に伝送される形式をとった。表中CD(Code Discrimination)は、DV(Data Value:以下DV)に書かれた内容のコードを示し、DD(Data Discrimination)は、登録する情報の種類を識別する識別子を表す。データフレームを4.3.2項、データフィールドを4.3.4項、記載例を4.3.5項に示す。機器登録通信サービスは、HMDから通信によって

図 4.5 登録名称マスター

BN: DD:
 0x01: UDNをあらわす 0x01: 登録名称識別子
 0x02: Verificationをあらわす 0x02: 名称識別子
 0x03: 単位識別子
 0x04: スケール識別子
 0x05: UDN識別子
 CD:
 0x10: asciiコード
 0x20: JISコード
 0x30: シフトJISコード
 0x01: バイナリコード

図 4.6 予約語

HCDに登録する機器登録通信により実現する場合と、HCDに外部メモリによって直接登録できる場合とを用意し、メモリ資源の少ないHMDの負担を軽くできることを考慮した。予約語の一覧を図4.6に示す。

2) 通信情報登録通信サービス

通信情報登録通信サービスは、上記機器登録通信サービスと同じタイミングで実施され、その機器がHCDにどのような情報を送るかを事前に登録する通信サービスである。通信情報登録通信をすることで登録以降、HMDは、1ByteのBNとその値(DV)

を送るだけで、HCDはその機器のどのような情報かを判断できるようにし、伝文長を圧縮する構成を取った。なお、被験者番号、計測時刻などはすべての機器の共通化のBNを設け、予約語とした。表4.4に血圧計の通信情報登録通信の内容を示す。UDN“CTZ-BloodPressure”の通信する情報のバイトネーム(BN)0x30は、“PersonalID”を示す。また同0x01は、“MeasurementTime”,同0x02は、英語で“sysBP”日本語で“最高血圧”、単位は“mmHg”で送られる。スケールで分解能を示し“1”は130と送られれば130mmHgを示す。具体的な記載方法は、4.5.5項に示す。これらの情報も通信ではなく外部メモリなどで供給されてもよい。これらの通信情報登録においても、標準名称マスターを設け、用語名称を統一し、英語はISO/IEEE11073-10101に、日本語はJAHIS(保健医療福祉情報システム工業会)に従った。

表 4.4 通信情報登録通信

(1) 予約された測定情報			
項目名称	DD	CD	DV
被験者 識別コード	登録名称	0x01	0x30
	名称	0x10	"personalID"
	単位	0x10	
	スケール	0x10	
測定時刻	登録名称	0x01	0x10
	名称	0x10	"measurementTime"
	単位	0x10	"yyMMddhhmm"
	スケール	0x10	
現在時刻	登録名称	0x01	0x11
	名称	0x10	"currentTime"
	単位	0x10	"yyMMddhhmm"
	スケール	0x10	
(2) 機器固有の測定情報			
項目名称	DD	CD	DV
最高血圧	登録名称	0x01	0x20
	名称	0x10	"sysBP"
	名称	0x20	"最高血圧"
	単位	0x10	"mmHg"
	スケール	0x10	"1"
最低血圧	登録名称	0x01	0x21
	名称	0x10	"diaBP"
	名称	0x20	"最低血圧"
	単位	0x10	"mmHg"
	スケール	0x10	"1"
平均血圧	登録名称	0x01	0x22
	名称	0x10	"meanBP"
	名称	0x20	"平均血圧"
	単位	0x10	"mmHg"
	スケール	0x10	"1"
心拍	登録名称	0x01	0x23
	名称	0x10	"HeartRate"
	名称	0x20	"心拍"
	単位	0x20	"拍/秒"
	スケール	0x10	"1"

3) データ通信サービス

HMDからHCDへのデータ伝送を実施するサービスで、ヘッダ一部に、通信伝文の種類、サービス識別子を持ち、複数のデータフィールドから構成され、各データフィールドには、最初に被験者番号、計測時刻、伝送開始時刻、続いて、計測情報のDL(Data Length), BN, DVを各データフィールドにセットする構成とした(図4.7)。

4) 照会通信サービス

照会通信サービスを用いて次の機能を実現した。

・システム内の時刻の統一

データ解析にとってシステム内の各HMDの持つ時刻の統一は、正確な計測時刻を知りうる唯一の手段であり、各HMDの計測値の信頼性と同程度の重要性がある。この時刻を統一するため各HMDは、HCDに時刻を、照会通信を通じて問い合わせ可能とした。

・機器交換時の機器に必要な情報の入手

歩数計は、初期設定でカロリーを計算するための使用者の体重情報、感度を調整するために使用者の性別、年齢、身長、を入力する。HMDは一度入力したこれ

らの情報を機器交換時に入力する必要はなく、照会通信を使用して HCD から必要な情報を入手可能とした。このことにより故障などの場合機器交換が容易にできる。

・ 計測機器の計測項目の値を正確にするための情報入手

減量により体重が減少、過食により体重が増加した時など、カロリー計算に使う体重が時間の経過と共に初期の設定と異なる可能性があり、定期的に照会通信を用い、体重情報を紹介することでより正確なカロリー計算が可能となる。

・ 電池残量照会

体重計などバッテリー駆動の機器は、HCD 側から HMD に問い合わせることを通じて、HMD のバッテリー交換時期を管理できる。

これらの照会通信サービスの概略手順を例示する。HMD から照会通信する場合を例にとると、HMD が 4.4.2 項のデータフレームの Application Layer Header (以下 AH と略す。)にある通信識別子を“要求”に、サービス識別子を“照会通信”に、シーケンス番号(データフレームの ID)に値を入れ、Application Layer Data Frame (以下 ADF と略す。)に紹介する項目の BN をセットし HCD に送信する。HCD は、誤り確認をし、AH の通信識別子を“応答”に、サービス識別子を“照会通信”に、シーケンス番号に値を入れ、ADF のそれぞれの BN に対応した情報をデータフィールドにセットし、送信することで実現している。例えば、現在時刻を知りたいときは、ADF のデータフィールドの BN を“0x11”にし、DV に現在時刻を入れ返答することで、現在時刻を返すことができる。本例は予約された BN で説明したが、BN の予約語で規定していない BN に関しても、UDN と BN で一意に情報が定まるため、照会通信が可能となる。

4.4.2 データフレーム設計

通信するデータフレームの構造は、2byte の AH と ADF から構成(図 4.7)され、ADF は、いくつもの Data Field から構成される。Data Field は、2 種類で、機器登録通信、通信情報登録通信で使用されるデータ形式(複数データ形式)とデータ伝送で使用されるデータ形式(単数データ形式)とし、データ形式を混在して伝送することはしないこととした。

Data frame

Application Layer Header	Application Layer Data Frame		
Communication pattern, service ID, Data format ID, sequence No, Divided or not,	Data field 1	-----	Data field n

4.4.3 Application Layer Header

図 4.7 データフレームの構成

AH の 1 Byte 目で、3 種類の通信のパターンのどれに相当するか、さらに 5 つの伝文のうちどれに該当するか、データは分割して伝送されるか否か。データ形式は複数形式か単数形式か、通信サービスはどのようなサービスかを記載した。

AHの2Byte目では、該当のData Frameが、先頭フレームか否か、Data Frameを識別するためのシーケンス番号（同一データフレームを分割した場合は、同一のシーケンス番号とした。）、送信番号を割り当て、送信番号、はフレームを分割して送る場合に使用し、最終フレームを0にするようにセットする方式を取った。（最初の送信番号は、分割数-1をセットする。）これによりフレーム分割とフレーム識別を行う構成とした（図4.8）。

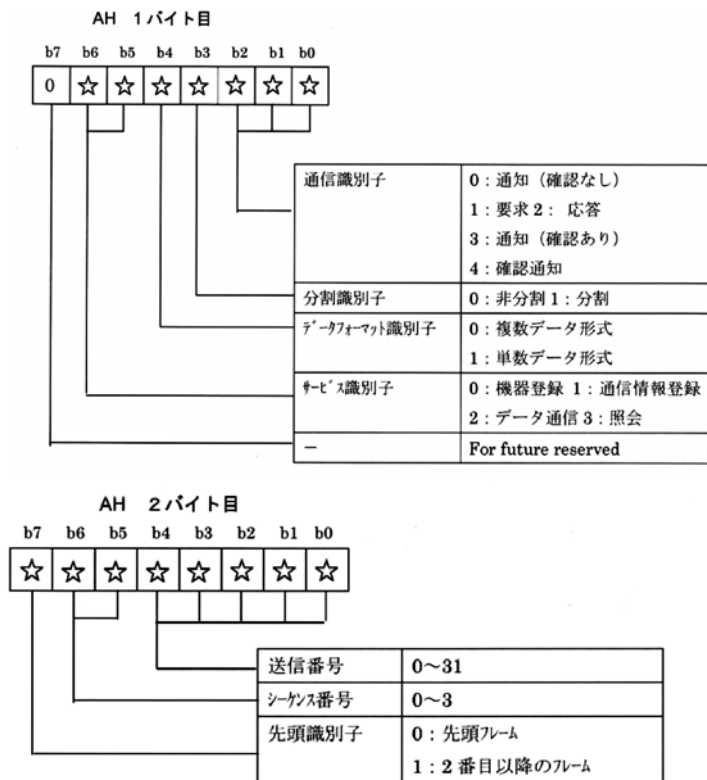


図 4.8 Application Layer Header の構成

4.4.4 Data Field

ADFは、複数のデータフィールドから構成され、各データフィールドは単数データ形式および複数データ形式のいずれかを取る。

データ伝送と確認応答時に単数形式のデータフィールド、機器登録通信、通信情報登録通信時に複数データ形式のデータフィールドを構成する（図4.9）。

誤り確認のときは、BNは予約語の0x02、DVの1Byteを図4.10の構成とした。

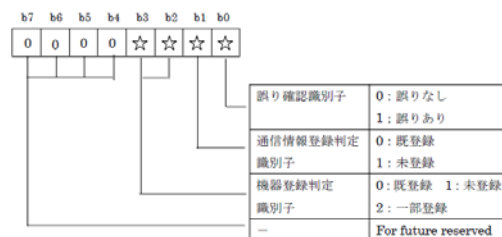


図 2.3 VフィールドのDV 1バイト目

図 4.9 データフ

小型・多様式運動能力測定装置
データフォーマット

三菱電機エンジニアリング

★製品化対応標準プロトコルデータフォーマット(8K/rec)

4.4.5 Data

Field 記載例

4.4.5.1 単数形

項目	SYMBOL名	EN	測定データ(EDT)内容 値域(10進表記)	データ型	EDT バイト数	運動			筋力測定		
						下肢	上肢	体幹	下肢	上肢	体幹
測定年月日	measurementtim	0x40	2003.06.01=0x07D30601	unsigned char	6	9	9	9	9	9	9
識別ID	person_nbr personIID	0x30	1~4	unsigned char	1	4	4	4	4	4	4
リンクキー	link_key LINK_KEY	0xC3	Date(4)+Time(3)+Serial(1)	unsigned char	8	11	11	11	11	11	11
性別	sex_distinctl SEX	0xA2	男=0x00 女=0x01	unsigned char	1	4	4	4	4	4	4
年齢	age AGE	0xEE	年齢を1歳単位で入れる。 0x0000~0xFFD(0~253歳)	unsigned char	1	4	4	4	4	4	4
身長	height HEIGHT	0xA3	身長入力値を1cm単位で示す。 0x0000~0xFFFF(0~65535cm)	unsigned short	2	5	5	5	5	5	5
体重	weight WAIT	0xE0	体重入力値を0.1kg単位で示す。 0x0000~0xFFFF(0~6553.3kg)	unsigned short	2	5	5	5	5	5	5
変称	FriendlyUserName	0x37									
運動モード	exercise_m do WORKOUT_MODE	0x00	下4bit:0x1:下肢 0x2:上肢 0x4:体幹 上4bit:0x1:ワイヤレス 0x2:ワイヤネット 0x3:7インチハブ 0x4:心拍一定 0x8:筋力測定	unsigned char	1	4	4	4	4	4	4
下肢	最大筋力左	low_max_l VALGUS_BRAWN_L	0xD2	最大筋力を0.1N・m単位で示す。 0x0000~0xFFFF(0~6553.3N・m)	unsigned short	2					5
	最大筋力右	low_max_r VALGUS_BRAWN_R	0xD3	最大筋力を0.1N・m単位で示す。 0x0000~0xFFFF(0~6553.3N・m)	unsigned short	2					5
	体重比左	low_ratio_l VALGUS_WAITRATE_L	0xD4	体重比を0.01N・m/kg単位で示す。 0x0000~0xFFFF(0~655.33N・m/kg)	unsigned short	2					5

式（1つの項目に関して、一つのデータをもつ）

単数形式のデータを説明する。例えば最大筋力左を例にとると、DL(Data Length)は2 Byte で記述され、最大筋力左の計測データ長の内容は、5 Byte (0x5) で、BNは、1 Byte で記述され、内容は (0xD2) で、DV 欄に計測値が2 Byte (データは、unsigned short) で、一つの単数形式のデータフィールドが構成される(表 4.5)。

また誤り確認の結果を返す場合も単数形式のデータフィールドを用い、BN は、予約語 (図 4.6) で示したように、0x02 で、DV 欄は図 4.10 に従う。

4.4.5.2 複数形式

複数形式のデータフィールドを説明する。複数形式のデータフィールドは、機器登録通信、情報登録
表 4.5 運動能力計の Data Field
通信時に用いる。複数である理由は、2つの情報がリンクしていることを示すために複数形式としている。

機器登録通信の例で示すとメーカー名が“MEE”の場合のデータフィールドは、

第1フィールド	第2フィールド
DL: 0x00, 0x0f	DL: 0x00, 0x07
DD:0x01: 登録名称識別子(予約語)	DD:0x02: 名称識別子(予約語)
CD:0x10: ASCIIコードで記載	CD:0x10: ASCIIコードで記載
DV: “Manufacture”	DV: “MEE”

と記載することで、Manufacture が MEE であることと関連づけた。

また健康計測機器の伝送する情報を登録する情報登録通信の例を示すと日本語名称が“消費カロリー”、英語名称が“calorie”、単位が“Kcal”、スケールが“0.1”の通信項目を BN:0xb2 に対応付ける場合の情報登録通信のデータフィールドは

第1フィールド	DV: “消費カロリー”
DL: 0x00, 0x05	第3フィールド
DD:0x01: 登録名称識別子(予約語)	DL: 0x00, 0x0b
CD:0x01: バイナリーコードで記載	DD:0x02: 名称識別子(予約語)
DV:0xb2	CD:0x10: ASCIIコードで記載
第2フィールド	DV: “calorie”
DL: 0x00, 0x10	第4フィールド
DD:0x02: 名称識別子(予約語)	DL: 0x00, 0x08
CD:0x20: JISコードで記載	

DD:0x03 : 単位識別子 (予約語)

DV: “0.1”

CD:0x10 : ASCII コードで記載

DV: “Kcal”

第 5 フィールド

DL: 0x00, 0x07

DD:0x01 : スケール識別子 (予約語)

CD:0x10 : ASCII コードで記載

と記述することで、対応付ける方式とした。

4.5 下位レイヤとのシリアル通信仕様

HMD は、通信アダプタを介して HCD との通信を行う。HMD と通信アダプタのシリアル I/F 通信では、初期化シーケンスで、通信速度、通信ポートを設定し通信を開始する。

HCD との通信に関するネットワークアドレスは、MAC 層などの下位層¹¹⁴⁾で既に決定しており、改めてシリアル通信仕様で記載する必要がない。シリアル通信仕様では、通信ポート番号を決めて管理する必要がある。図 4.11 にシリアル通信の仕様を示す。

基本的な同期方式は、キャラクタ毎の調歩同期で、NAK 時応答監視時間：送信後 300msec 以上、送信禁止時間：受信確定後 10msec 以上、最大リトライ回数 3 回。

エラー検出は、キャラクタ毎の偶数パリティチェックとした。

またデータフレームは、

シリアル通信制御用の SIF パケットとデータ伝送用の APL パケットの 2 種類で、フレーム構造を図 4.12、図 4.13 に示す。

Serial Header (SH) の 1 byte 目に、パケットの種類、コマンドの種類、そのコマンドの値が記載される(図 4.12)。SIF コマンドがポート番号設定のとき SH は、2byte となり、2byte 目にポート番号が記載される。

データ伝送の APL パケットの構造は、SH が 3byte で構成され、1byte 目は、SIF と同じで、2,3byte 目に MHD,HCD それぞれのポート番号が入る。(図 4.13)

シリアル通信の下位層である通信アダプタは、IEEE802.11b wireless LAN と特定小電力無線 (ARIB STD-T67)¹¹⁵⁾を用いた。運動能力計、睡眠計測マット、HCD が IEEE802.11b LAN を使用し、体重計、血圧計、歩数計、HCD が特定小電力無線を使

物理層	コネクタ形状	PHコネクタ(推奨)		
	ピン・アサイン	1	受電	給電
		2	GND	GND
		3	Tx	Rx
		4	Rx	Tx
		5	RTS	CTS
		6	CTS	RTS
電気特性	初期伝送速度	9600BPS		
	伝送方式	ベースバンド伝送		
	伝送波形	単流NRZ		
	論理	データ信号線	負論理	
		制御線	正論理	
	信号	オープンコレクタ		
給電	4.75~5.5V、0.5mVA 以上			
基本制御方式	制御方式	RTS/CTS制御 (手順あり)		
	同期方式	非同期(キャラクタ毎調歩同期)		
	キャラクタ構成	合計	11 Bit	
		スタートビット	1 Bit	
		データ	8 Bit	
		パリティ	1 Bit	
		ストップビット	1 Bit	
	データ送信順序	LSB ファースト		
	スタートビット	論理	0	
	ストップビット	論理	1	
	パリティ	偶数パリティ		
キャラクタ間隔	10msec 以上			
最大リトライ	3回			
応答監視	送信後300msec 以上			
送信禁止時間	受信確定後10msec以上			

図 4.11 シリアルインターフェース

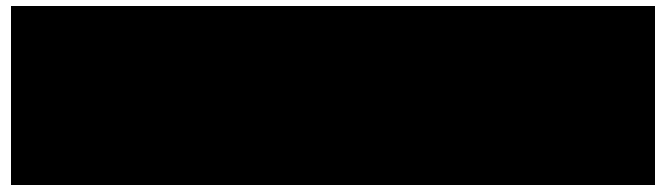


図 4.12 Serial interface Packet

Serial Header(3Byte)		Serial Data Length(2byte)	Serial Data (m byte)
1byte目	SIFと同じ	Data長をByte数で表現。 (0x0050は、80Byte)	アプリケーション層の データフレーム
2byte目	測定機器APLのポート番号		
3byte目	健康管理機器アプリのポート番号		

図 4.13 APL Packet

用した。標準プロトコールと通信アダプタのインタフェースは、UART(universal asynchronous receiver-transmitter)を用いた。

4.6 通信の特徴

機器登録通信で、メーカー名、製品名、型番、UDNなどを登録し、さらにその機器の通信情報登録通信を行い、その機器でどのような計測データを計測するかを規定する方式をとることにより、この通信を実現できる機器はすべてシステム内に取り込むことができるように構成した。この計測項目とBNとを結びつけておけば、BNのみで、どのようなデータかが健康管理機器側と健康計測機器側とが判別可能になる。更に、このBN登録する名称識別子の英語名をISO/IEEE11073-10101、日本語名をJAHISに合わせておくことで、他社の機器に取り替えた場合でもデータの一貫性を確保可能と出来る方式を取った。Terminologyを統一したものを標準名称マスターとして規格案の附属書に記載した。計測項目：BNは、UDN（健康計測機器：HMD）ごとに最大1Byte（255項目）用意できる。HMDは、HCDに通信情報登録通信でBN毎に計測項目（名称、単位、スケール）を登録しておくことで、1byteでこれらの情報を送ることができる。例えば体重計のBN：0x0cは、名前=Bodyweight, unit=kg, scale=0.1を表し、Bodyweight（10byte, ASCII code）+kg(2byte,ASCII code)+0.1（1byte, binary）=13byte→0x0c（1byte,binary）=1byte nameに圧縮して送ることができる。

第 5 章 WEB システム

5.1 はじめに

通信仕様に基づき用語、単位、スケールが統一的に記述されることで、メーカーに関係なく計測値を理解することができ、同一形式のデータベースを構築し、各メーカーの計測値が同一画面に表示する WEB 開発をした。

一方各メーカーは、独自の計測値に関する研究成果を WEB ベースで紹介するメーカー独自 WEB 開発をし、より被験者に解り易い方法論を研究開発した。これら両方の利点を共存させるシステム開発を実施した(図 5.1)。

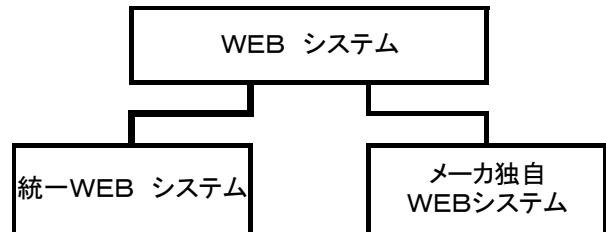


図 5.1 WEB 構成

この考え方は、最近電子カルテでも実施され、2004 年から ISO/TC215¹¹⁶⁾で EHR(Electric Health Record:電子カルテ)に関する議論が高まり ISO20514 EHR で、基本的包括的 EHR(Basic-General),その下層に共用可能 EHR(Shareable)と共有不可能 EHR(Non-Shareable)を区分し、共有可能 EHR の下位に統合的診療 EHR(Integrated Care EHR)を切り出し厳密な用語定義を行っている。言い換えると共通最大公約項目を決め、総合診療に関する互換性の確保を図っている。

5.2 統一 WEB

図 5.2 に今回実現した統一 WEB とメーカー独自 WEB の構成を示す。被験者はログイン後、被験者用各種選択画面に推移し、各メーカーの計測機器ボタンを押下することで、

各メーカー独自の WEB 画面、“グラフを選ぶ”の期間ボタンを押下することで、被験者データトレンドを確認できる画面に推移する。被験者用各種選択画面を図 5.3 に示す。この画面の計測機器の欄の血圧計、運動能力計の文字をクリックするとそのメーカーの WEB 図へ推移する。また“グラフを選ぶ”の“1

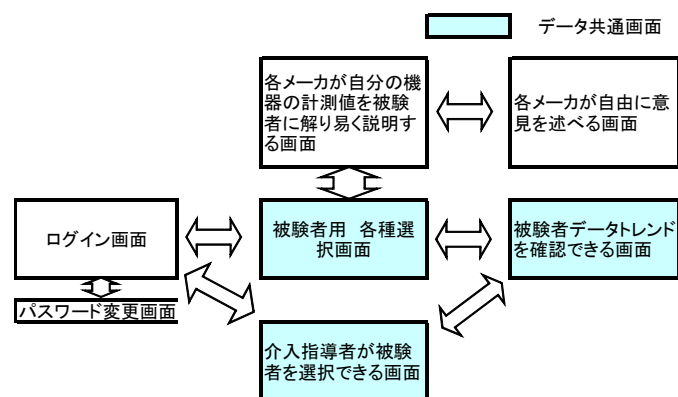


図 5.2 WEB 画面構成

日間”、“1 週間”、“1 ヶ月間”のボタンを押下すると、該当期間のトレンドグラフ画面に推移する。図 5.4 では、1 ヶ月間のボタンが押下された場合の表示を示している。トレンドグラフでは“表示したい項目を選ぶ”の各アイテムにチェックを入れるだけで、メーカーに関係なくチェックを入れたデータを閲覧・比較できる構成とした。

また介入指導チームが被験者ごとの指導をしやすいように介入指導者が被験者を選択できる画面を設けた。

The screenshot shows the '健康データWeb' interface. At the top, there is a navigation bar with 'ホームページ', 'ログインID', and a dropdown menu showing 'koma036'. A '連絡' button is visible. Below this, there is a section for selecting dates ('日付を選ぶ') with a calendar for March 2010 and buttons for '最新', '今日', '前日', and '次日'. A table displays data for '2010/03/04' with columns for '測定機器', 'データ', and '測定時刻'. The data includes: 体重計 (58.7 Kg, 13:08), 体脂肪計 (34.8 %, 13:08), 最高血圧値 (124 mmHg), 最低血圧値 (69 mmHg), 脈拍数 (0 拍/分), 運動能力計 (運動加時間 2482 秒, 運動消費量 59.70 Kcal, 13:08), and 歩数計 (測定無し, 測定無し). Below the table, there are buttons for 'グラフを選ぶ' (1日間, 1週間, 1ヶ月間) and '数値表を選ぶ' (1日間, 1週間, 1ヶ月間).

図 5.3 被験者用 各種選択画面

The screenshot shows the 'トレンドグラフ' interface. It includes a navigation bar with 'トレンドグラフ', 'ログインID', and a dropdown menu showing 'Hiint'. There are buttons for '印刷用ページ' and 'ホームページ'. The interface allows selecting dates ('日付を選ぶ') and periods ('期間を選ぶ'). A section for selecting items to display ('表示したい項目を選ぶ') includes checkboxes for 体重, 体脂肪率, 血圧, 脈拍, 筋力左右, エルゴ, エルゴ消費, and 歩数. The main part of the screen is a 1-month trend graph for the period 2007/11/02 to 2007/12/02. The graph displays multiple data series: 体重 (Kg), 体脂肪率 (%), 血圧 (mmHg), 脈拍 (拍/分), 筋力左右 (N・m), エルゴ (秒), エルゴ消費 (Kcal), and 歩数 (歩). A legend at the bottom identifies each series with a colored line or bar.

図 5.4 1 カ月トレンド

5.3 メーカー独自 WEB

メーカー独自 WEB の領域で、被計測者が一目で血圧値のトレンドが判断できる様に、WHO 血圧値分類⁹⁾に基づいた色分類表示(図 5.5)を行う血圧 Web グラフを作成した。また、実証実験に参加した被計測者からの意見を取り入れて、表示範囲の血圧平均値が一目で分かるように改良を行った。図 5.6 に改良した表示画面を示す。表示期間選択は過去 1 週間、1 か月、3 か月、6 か月、1 年の表示を可能とし、表示時間帯選択は、一日の中の任意の時間帯のみの血圧表示を 1 時間単位で選択可能とした。図 5.6 は、0 時から 24 時の一日の血圧値の最大値の 6 か月トレンドを示しており、血圧値が悪化していく様子を示している。

また統一 WEB のデータ閲覧期間が最長一ヵ月なのに対して、血圧値理解のために 1 年間のトレンド把握(季節変動)するためにグラフ化を可能とした。

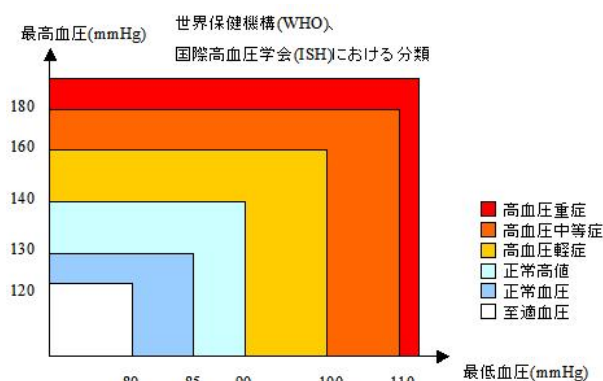


図 5.5 血圧の WHO 分類

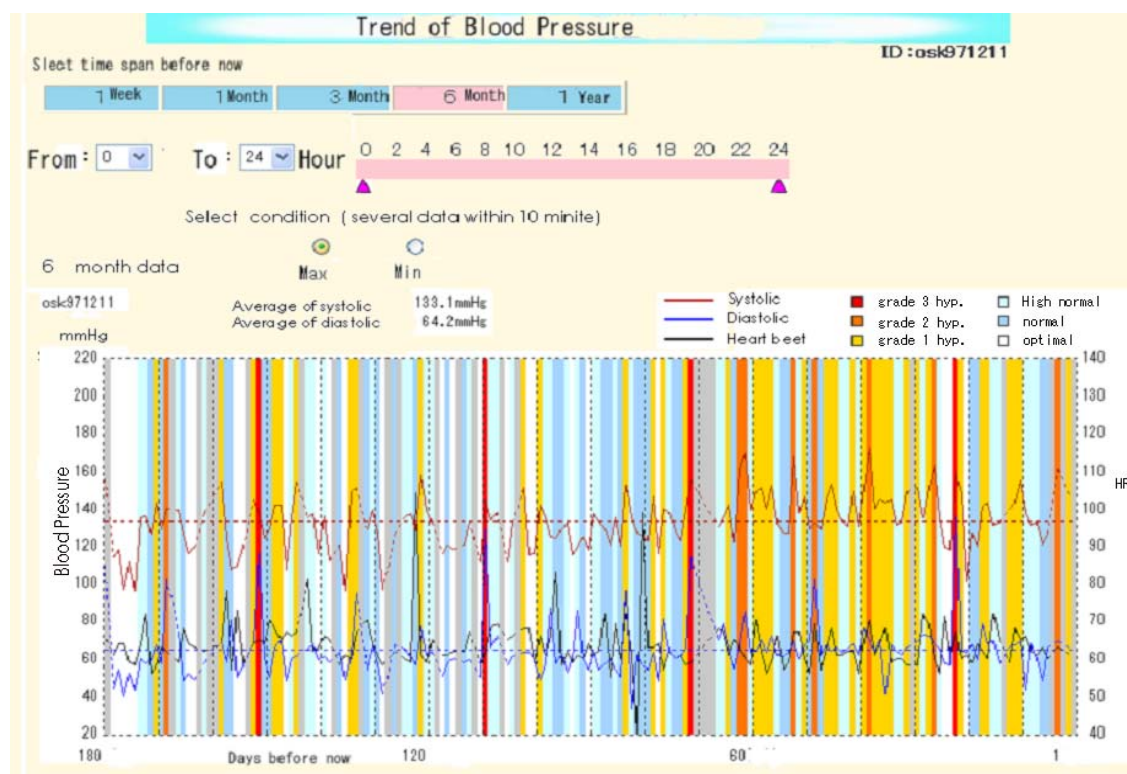


図 5.6 WHO 血圧分類表示の WEB

また運動能力計では、30分程度の1回の運動の中で、どのような回転速度（図6.6の画面の緑色）、力（同青色）、仕事率（ワット：同黒色）で運動し、その時の心拍数（同ピンク色）を検討できるように1秒単位の平均化されたデータを表示できる構成とした。

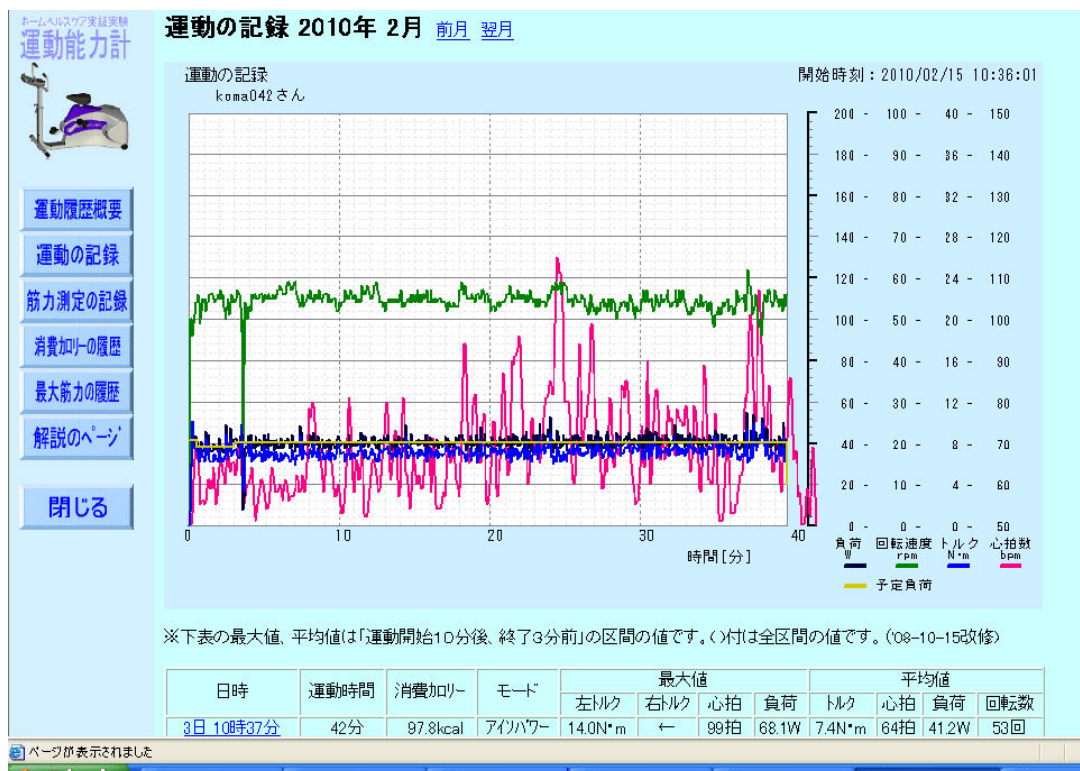


図 5.7 運動能力計のメーカー独自 WEB

第6章 実証実験

6.1 データ収集

プロトコルを含む実証実験を、大阪地区 20 家族で実施した(図 6.1)。2004 年 10 月から順次家庭内に機器を設置し、通信確認をしながら機器の設置位置を決め、通信状況の悪い設置場所では、通信のリピータを設置し通信環境を整備した。また各機器が必要とする各家庭の使用者のデータ入力も合わせて実施した。2004 年 12 月 15 日に設置完了し、10 日間の家庭内からデータサーバまでの総合試験を実施し、12 月 24 日に設置完了した。

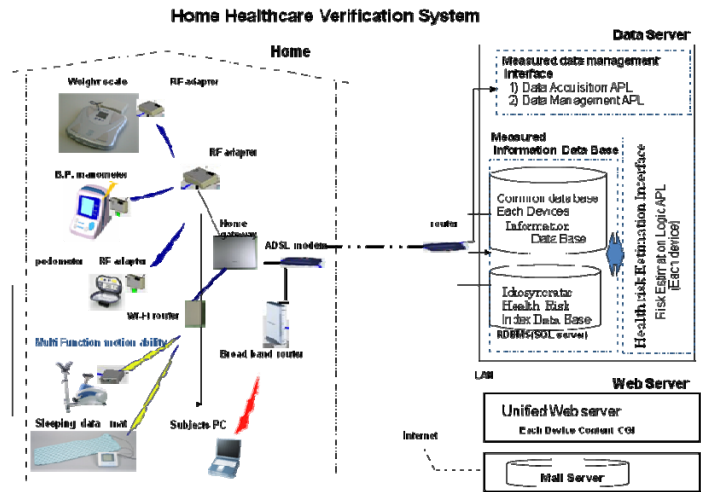


図 6.1 実証実験システム

20 家庭全員である 76 人 (平均 3.8 人/家族) を ID 登録した後、各機器の使い方並びに計測プロトコルの説明会を 12 月 26 日に実施し、被験者への趣旨説明と同意の下、4 週間の計測トレーニング期間を設け、使い方による計測値の差、WEB(5 章参照)での確認方法などを学習した後、61 人 (80.3%) が実証実験に参加の意思を示し、同意書にサインした。関西医科大学と技術研究組合医療福祉機器研究所の倫理委員会の承認を得ると共に被験者から書面にて同意を得、2004 年 12 月 27 日から翌年 1 月 24 日までの 4 週間で被験者に機器の取り扱い方法と計測プロトコルを訓練し、1 月 24 日にキックオフミーティングを開催し、1 年間のデータ計測を実施した。

介入は計測訓練とあわせて、日本運動療法研究会関西支部が 1 名の医師、3 名の運動指導士、1 名の管理栄養士、1 名の秘書で介入指導を実践・記録した。

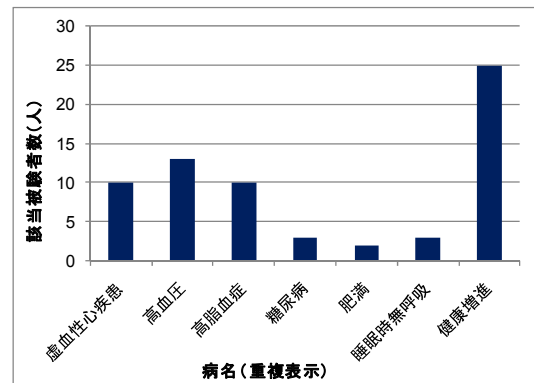
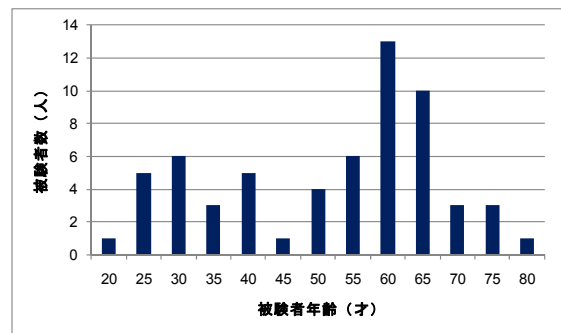


図. 6.2 被験者の主病名 (重複カウン)



6.1.1 対象

生活習慣病予防に関する知見確立のため、健康増進施設である関西医科大学健康科学センターに通院する者のうち、BMI（体重/身長²）<35、膝関節軟骨正常などのメディカルチェック後、高血圧患者及び予備群を含む 20 家庭を選定した。

実験に同意した 61 人の疾病の状況は、虚血性心疾患経験者 10 名、高血圧症 13 名、糖尿病 3 名、肥満症 2 名、睡眠時無呼吸症候群 3 名（図 6.2）で、被験者は、男性 27 名（52.3±15.5 歳）、女性 34 名（46.0±14.1 歳）で、年齢構成を図 6.3 に示す。

6.1.2 計測プロトコール

計測項目は、血圧、体重、歩数、運動、睡眠、通信エラーとし、それぞれ血圧計、体重計、歩数計と運動能力計、睡眠計測マットを用いて計測した。血圧計、体重計は、全家庭に、歩数計は 61 名各自（全被験者）に、睡眠計測マット及び運動能力計は、健診データを基本により介入の必要（血圧値の降圧、肥満の解消など）な被験者を選択し使用を計画した。

各機器の計測プロトコールは、

- 1) 血圧計測に関しては日本高血圧学会指針 JSH2009¹⁰⁶⁾ に従い、一日 2 回、朝は起床後 1 時間以内、排尿後、座位 1~2 分安静後、薬の服用、食事の前、夜は就寝前 30 分以内、座位 1~2 分安静後とし、心臓と計測センサの位置関係を保つため、計測機器の設置場所の変更及び、計測時座る椅子の変更は避けるよう指導した。
- 2) 体重は、血圧と同様に一 2 回起床時と就寝前に計測した。家族内個人識別のボタンの配置が一行のため、4 週間の計測トレーニング中に押し間違いが多発し、対策として個人名を書いたシールを個人の識別ボタンの上部に貼った。
- 3) 歩数計測は、基本的に起きている間は歩数計を装着することとし、装着位置に関して男性はベルト、女性は各自同等の位置とした。毎晩一日一回就寝前に無線アクションとつなげて一日のデータを収集することとした。3 章で示した T 社製の改良品の他に、S 社製のカロリーメータも利用した。機器は当初計画では S 社製を配布したが 4 週間の計測トレーニング中に被験者からの計測値の精度に関するクレームが相次ぎ、急遽 T 社製に変更した。
- 4) 運動能力計は、基本的に週 3 回の運動で、運動時間は 30 分程度とした。被験者は虚血性心疾患などの合併症患者を含むため、運動負荷試験を実施し運動時の過

剰血圧亢進（運動時収縮期血圧 200mmHg 以下）のチェック、及び合併症に合わせた個人ごとの運動負荷強度を設定し、運動能力が向上したと判断した場合は、医師の了解の下に運動強度を設定し直した。

5) 睡眠計測マットに関しては、常時電源を投入しておくか、就寝前に電源投入し、起床時に電源遮断する方式とした。睡眠中は常に計測し 1 秒おきにセンタへデータ伝送した。マットにエアールを用いているため、日時の経過とともにエアールが抜けるため、睡眠計測マットのコントローラにエアール圧表示をし、エアールが抜け表示が出た時に、各被験者はエアールポンプでエアール表示が正常のなるまでエアールを入れた。エアールマットは、ベッドを使用している家庭ではマットレスの上かつシーツ類の下に配置し、布団を使う家庭では 1 枚目の布団の下または、シーツの下に敷くように指導した。

6) 通信エラーの把握のため、被験者は、一日一回以上自分のデータ確認を目的に WEB 画面を見て、計測したデータが欠損している場合は、介入主体である日本運動療法研究会関西支部への電話及びメール連絡を依頼した。バックアップとして、歩数計、血圧計、体重計に関して、単方向通信でも通信エラーを把握できるように、各計測機器内メモリに通信履歴を残し、健康管理機器（HCD）と 4 週間に 1 回機器を接続し HCD に搭載した比較検証プログラムによる照合を実施した。被験者からのデータ欠落の知らせには一次対応として介入チームが対応し、技術的な対応は、3 日以内に筆者らが対応した。各家庭の HCD に集められた通信エラーデータをインターネット経由で収集する方式を取った。また睡眠計測マット、運動能力計に関しては、豊富なメモリを有していたため、緊急対応を除きエラー把握としては 1 か月に 1 回程度の対応とした。

7) 介入チームが被験者の計測状況を確認する手段として、家庭毎に計測データをまとめ、コメントを付け、4 週間に 1 回被験者に郵送した。また長期間計測データがない被験者には、状況確認を日本運動療法研究会関西支部が架電にて実施した。

8) 実証実験に当たり、2005 年 1 月 25 日～2005 年 3 月 31 日にかけて、各被験者の診療時血圧の計測を関西医科大学健康科学センタにて実施した。

6.1.3 計測トレーニング

2004年12月27日から翌年1月24日までの4週間の計測のトレーニング期間を設けた。この期間に被験者は、自由に各機器を使うことによって使い方と計測された値との関係を把握した。血圧計に関しては一日の任意の時間に複数回計測して各自の血圧日内変動を理解したり、短時間に複数回連続して計測し、それらの値の変動を確認したり、心臓の位置とセンサ位置（カフにセンサ位置表示）の関係と血圧の関係を理解するなどし、機器の計測値の特性を理解した。また歩数計に関してもポケットに入れるなど位置を変更してどの位置で計測データが正しく計測できるかを検討した。運動能力計に関しては、自由に運動時間を変えて自分の運動持続可能時間、可能運動強度などを医師の指示とは別に模索した。体重計に関しても過食と体重の関係を調べるなど、WEBに記録が確認できることを使い、自分のデータを詳細に観察した。

介入チームと筆者らは、この期間にデータが正しく計測されていない被験者宅を訪問し、機器の変更、機器配置の変更、計測データの確認、と計測プロトコルの確認を行った。

6.2 データ解析

6.2.1 計測回数と被験者数

実証実験で得られたデータは、6.1.2ならびに6.1.3で示したプロトコルならびにトレーニングをしたにもかかわらず欠落がみられる。そこで、血圧、体重、歩数、睡眠、運動において、どれかの項目が1年間に100回以上計測した被験者を選択し、各データの平均計測回数を調査した。

6.2.2 参加者の推移

参加者61名の内、生活習慣病の最大罹患者数を有する疾病である高血圧症に注目し、血圧計測に関して100回以上測定者と以下に区分し、年齢と測定回数に関係があるかないかを調査すると共に血圧計測100回以上測定者34名の月別測定回数を表にし、月10回（週3回程度）を基準に測定者の中断と再会の状況を示した。なお、計測期間中、介入チームが一度（6月18日）計測の必要性を説明している。

6.2.3 各生理量の統計解析

6.2.3.1 血圧

データ処理として血圧の全計測値の、同一ID,同一時刻、同一血圧値、のデータを削除した。

1) 連続した複数回血圧計測

全被験者を対象に1時間以内に計測された複数回計測の回数、時間間隔、血

圧値の差を算出すると共に、複数回測定が 10 回以上の被験者（26 名）の複数回計測データを paired t-test($P < 0.05$)を用い、各被験者における複数計測の計測値の差の検証をした。

尚、同一日同一 ID の差が 1 時間以内のデータについては複数計測データとみなし、複数回の値を平均化し 1 つのデータとして取り扱った。

2) 診療時血圧と家庭血圧

家庭血圧 100 回以上の計測者のうち、関西医科大学で健診を受け診療時血圧を計測した被験者 29 名を対象に家庭血圧と診療時血圧の散布図を作成し、両者の相関係数の検定をした。

3) 収縮期血圧と拡張期血圧

家庭血圧 100 回以上の計測者 34 名の 11069 データに関し、その平均収縮期血圧と拡張期血圧の関係を最小自乗法による直線近似と相関係数の検定を実施した。

4) 早朝血圧と就寝前血圧

早朝血圧、就寝前血圧ともに 100 回以上の被験者 21 名に対し、被験者ごとに早朝血圧の平均値と就寝前血圧の平均値を算出し、Welch 法を用いて平均値の差の検定を実施した。

5) 日内変動

本来は個人対応に 24 時間血圧計で計測し、平均を取るべきであるが、100 回以上計測者 34 名 11069 データに対して家庭血圧計での日内変動を時刻別の血圧値の平均をグラフ化し血圧計測者の計測状況を確認した。

6) 季節変動

100 回以上計測者 34 名（11069 データ）の血圧値に対して、午前収縮期血圧、午前拡張期血圧、就寝前収縮期血圧、就寝前拡張期血圧の 4 つに区分し、一日単位でそれぞれの区分に従ったデータを平均化し、グラフ化した。さらに月別平均を算出し、収縮期血圧の最大月と最小月の平均値の差を Welch 法で評価した。また 4 つの区分のデータ間及び大阪地区の平均気温との相関係数を求め、相関係数の検定をした。

6.2.3.2 体重

1) 体重の日格差

体重の日格差と1年間の体重の変化とに関係があるかないかを調べるため、100回以上体重計測者39名の同一日2回測定（早朝と就寝前）データ7535に関し、被験者ごとの体重日格差（1年間の平均）を算出し、0.5kg間隔で、ヒストグラムを作成し日格差を持つ被験者を特定し、その被験者が1年間で減量したか否かを Welch 法で検証した。

2) 減量

100回以上計測者39名の開始期（2005年1月25日～2005年3月31日）の体重平均値と終了期（2005年11月1日～2006年1月24日）の体重平均値の差を Welch 法で検定した。

6.2.3.3 歩数

1) 一日当たりの歩行の消費カロリー

本研究では T 社製歩数計ならびに S 社製カロリーメータを利用した。そのうちの100日以上計測した被験者（T社製17名、S社製16名：内S,T両方100日以上2名）のカロリーを算出した。ここで、製品によりカウント数が異なることから両者カロリの変換式を作り校正した。血圧値の改善に必要な300kcalを超えて歩行している被験者の割合を特定するため、100日以上計測者の一日平均歩行消費カロリー（非計測日を除く）を25kcal単位にヒストグラム化した。

2) 季節変動

歩数の季節変動を、一時間当たり歩数の計測可能な T 社製の歩数計で、年間100日以上計測した被験者17名のデータを、一日単位に平均化しグラフ化した。

6.2.3.4 睡眠

睡眠中のデータは、1分おきの脈拍、呼吸数のデータが収集された。睡眠時間は、エアーマットが加圧され、脈、呼吸などの情報が取れだした時点を就寝とみなし、取れなくなった時点を起床と見做した。しかし、エアーマットからはみ出す。トイレなどに行くために起きてしまう等の変則的にデータが欠落した時間を睡眠の質とした。100日以上計測者は22名であり、22名の睡眠時間、睡眠中脈拍数、睡眠中呼吸数、睡眠の質の基本統計を調べた、

また睡眠時無呼吸症候群の睡眠時間（平均と標準偏差）、睡眠中の脈度（平均と標準偏差）、呼吸数（平均と標準偏差）に特徴があるかないかを調査した。

6.2.3.5 運動能力計による運動

一般に家庭での機器による運動の継続性が難しく、介入に伴ってどの程度利用が続くかを確かめるため、機器導入可能であった7家庭について、計測日数、運動時間、消費カロリーを被験者単位に整理し、各運動中の脈拍数について、検討した。

6.2.4 標準プロトコールの性能解析

標準プロトコールの性能試験として、大阪地区20家庭で通信性能試験を実施した。

実証実験において、最初に従来の医療用テレメータの伝送(単方向3連送など)をそのまま受け入れた伝送を2005年10月最初まで実施し、10月11日～11月9日にかけて順次標準プロトコールを搭載した機器及び通信ファームウェアに置き換えた。各機器は体重計を除いては、標準プロトコールの通知(確認なし)から通知(確認あり)の通信パターンに変更した。この2つの区間のエラー数を、Welch法を用い検証した。

6.3 結果

6.3.1 計測数

実証実験で得られたデータは、血圧、体重、歩数、睡眠、運動において、どれかの項目が1年間（2005年1月25日～2006年1月24日）に100回以上計測した被験者は43名（70.5%）で、期間内計測データを表6.1に示す。

43名の計測データは、体重データ15337回/年、血圧データ11069回/年、歩数計データ6988日/年、睡眠計測データ6014日/年、運動能力計データ1001日/年の計測があり、体重 > 血圧 > 歩数 > 睡眠 > 運動の順に計測数が多く、1家庭1年間の当たりの計測数はそれぞれ、体重767回、血圧553回、歩数349日、睡眠計測301日、運動能力計200日であった。また100回以上計測者は、導入数及び対象者に対し、それぞれ39名（64%）、34名（56%）、31名（51%）、22名（36%）、4名（44%）であった。

6.3.2 参加者の推移

61名の内、生活習慣病の最大罹患者数を有する疾病である高血圧症に注目し、血圧計測に関して参加者の推移を説明する。全参加者61名の年齢は男性27名（年齢 52.3 ± 15.5 歳）、女性34名（年齢 45.0 ± 14.1 歳）であった。1年間の計測を通じて100回以上計測者34名の年齢は男性 63.3 ± 6.9 歳、女性 57.4 ± 11.0 歳で、全参加者に比べ両性とも平均年齢が10歳以上高かった。また99回以下の27名の年齢は、男性 38.6 ± 11.8 歳、女性 35.0 ± 8.7 歳で、同様に全参加者に対して10歳程度低かった。男性、女性とも若年者に血圧計測

表 6.1 生体情報計測回数

生体情報測定回数:
期間限定データ (2005・01・25 ~ 2006・01・24)

ID	血圧	体重	歩数	睡眠	運動能力計
	回	回	日	日	日
2001	662	614	330	332	188
2002	582	637	226	308	42
2005	406	571	321	336	20
2006	419	392	252		
2007		161		158	
2009	631	737	281	337	155
2010	611	468	203	351	46
2013	128	344	250	280	
2014	157	413	199	297	
2017	261	280	173		
2018	524	412	258		
2020			104		
2021	279	483	170	328	
2022	254	529		313	
2025	459	517	304	341	274
2026	441	485			167
2029	334	431	269	336	
2033		359	227	283	
2034	371	434	148		
2035		265			
2036	103				
2037	254	110	86	160	
2038	296	403			
2039	145	300			
2040	108	218	59	137	
2042	189	191	162	160	97
2045	352	513	283	287	
2046	168	247		248	
2049	446	503	293	273	12
2050	377	406	126		
2053		89	153		
2054	151	400	279		
2056		34	128		
2058	135	212	116		
2061	261	409	254	262	
2062	204	191	180		
2063		140			
2065	425	510	241	187	
2066	416	435	173		
2069		217	147		
2073	244	405	333	300	
2074	276	678	260		
2075		136			
n>100	34	39	31	22	4
全データ	14337	15337	7111	7316	1150
期間内	11069	15279	6988	6014	1001

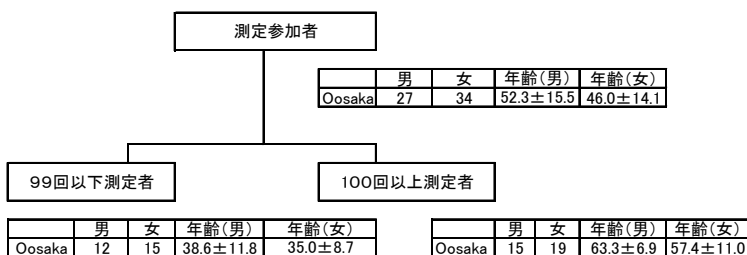


図 6.4 血圧計測と年齢

回数が少ない傾向がみられた（図 6.4）。

また図 6.5 に、100 回以上計測者 34 名の月別計測回数を示した。月に 10 回以上の

計測があった空色以外（暦日 7 日の 2005 年 1 月を除く）のセルを中断とみなし、各被験者の中断と再開の状況を示した。介入チームが計測の必要性を説明した 6 月 18 日のイベントで再開した被験者が 6～7 名であった。

100 回以上計測者でも常時計測した被験者は 15 名（44%）であった。残り 19 名（56%）は何らかの形で、中断、若しくは途中再開であった。

100回以上測定者の 月別 測定回数 (2005/1/25~2006/01/24)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
2001	13	38	55	51	61	53	56	61	60	57	57	61	41
2002	10	37	42	50	54	43	46	60	54	42	48	55	41
2005	7	21	23	21	23	21	37	52	44	48	45	44	20
2006	7	20	21	21	24	19	40	53	47	55	48	46	18
2009	14	44	56	52	42	29	46	61	60	59	60	61	47
2010	12	41	50	47	38	30	46	61	59	59	60	61	47
2013			6	9	3	15	18	2			25	47	3
2014		2	6	25	19	24					31	46	2
2017	6	15	14	10	9	18	32	51	41	20	27	12	6
2018	11	33	37	42	46	37	49	52	49	47	54	42	25
2021	0	14	25	9	14	11	25	33	33	34	35	32	14
2022	0	15	24	9	18	9	21	28	29	28	30	29	14
2025	6	20	27	28	28	30	39	59	38	44	48	54	38
2026	6	21	26	29	31	30	38	55	33	30	45	56	41
2029	9	20	16	13	23	15	31	55	46	25	40	23	18
2034	11	14	29	34	37	49	41	22	39	23	18	30	24
2036	0	8	9	0	1	1	21	25	28	10	0	0	0
2037	12	26	46	52	29	25	28	17	4	3	5	6	1
2038	13	26	52	47	22	35	37	28	8	10	8	9	1
2039	12	18	23	25	14	10	16	13	2	5	4	2	1
2040	11	15	29	24	6	6	6	6	2	3	0	0	0
2042		6	23	15	12	27	21	26	17	17	8	10	7
2045			1	15	14	5	19	36	44	60	60	59	39
2048		1	1	3	4	1	12	23	26	40	32	21	4
2049	11	38	41	25	27	27	50	55	39	23	36	44	30
2050							47	62	54	61	59	50	44
2054	2	9	2	3	3	3	31	26	21	16	20	9	6
2058		11	10	11	12	22	23	18	7		15	6	
2061	6	13	7	7	5	8	39	53	28	33	24	26	12
2062	1	3	2	2	4	8	33	48	24	26	23	24	6
2065	13	28	44	41	31	41	48	38	25	32	37	32	15
2066	4	18	21	26	21	41	56	51	38	54	45	25	16
2073	10	29	9	7	15	16	30	37	19	18	39	15	15
2074	11	24	19	21	20	19	19	28	19	29	28	24	15

図 6.5 各被験者の計測継続状況（青は 10 回/月以上計測）

6.3.3 血圧の統計解析

6.3.3.1 複数回計測

血圧計は、計測されたすべてのデータをセンタサーバに伝送する方式を取った。このため短時間に複数回計測されたデータも把握可能とした。1 時間以内に 2 回以上計測された回数は、

期間内全計測回数 12598 回の内 1529 回（12.1%）で、時間間隔は 3 分 45 秒 ± 8 分 51 秒、計測値の差は収縮期血圧で 5.71 ± 12.1 mmHg、拡張期血圧で 4.25 ± 16.05 mmHg であった。

また 100 回以上計測者 34 名の内、複数回計測が 10 回以上の 26 名の複数回計測時の 1 回目と 2 回目の計測値の差を

paired t-test (p<0.05) を実施した結果を表 6.3 に示す。

表 6.2 血圧短時間複数回計測

全測定回数/年	1時間以内に2回以上測定した回数/年	%	平均時間間隔
12598	1529	12.1	3分45秒±8分51秒
差 (mmHg)			
SYS		DIA	
5.71±12.07		4.25±16.05	

表 6.3 被験者別複数回計測値の paired t-test

(複数回計測が 10 回以上の 26 名) 黄色は p<0.05 で差が

ID	複数回数	T SYS	T DIA	T (0.05)	ID	複数回数	T SYS	T DIA	T (0.05)
2002	28	3.97	1.22	2.05	2034	59	2.83	0.01	2.01
2005	107	6.35	1.87	1.98	2036	19	0.31	1.63	2.13
2006	17	0.26	1.78	2.13	2037	60	1.60	1.95	2.01
2009	41	3.58	3.52	2.02	2038	12	-0.81	0.57	2.20
2010	66	8.60	3.44	2.00	2045	14	3.46	1.25	2.16
2013	59	4.43	1.22	2.00	2046	17	3.79	1.46	2.13
2014	18	1.58	2.46	2.15	2049	23	3.33	2.06	2.08
2017	14	1.34	0.24	2.18	2050	104	6.38	5.67	1.98
2018	183	6.63	4.19	1.97	2061	84	3.54	3.72	1.99
2021	47	0.92	0.83	2.02	2065	115	6.34	0.48	1.98
2025	95	3.46	4.55	2.08	2066	235	14.28	7.16	1.97
2026	11	0.70	-0.37	2.23	2073	24	1.18	0.02	2.07
2029	27	1.81	2.59	2.07	2074	21	0.90	3.14	2.08

17名がSYS,またはDIAにおいて複数回計測の意味を認めた。SYSの差 ($p<0.05$) が認められた被験者は、14名、DIAの差が認められた被験者は8名であった。

6.3.3.2 診療時血圧と家庭血圧

関西医科大学で健診を受け診療時血圧を計測した29名：男性15名（年齢 62.1 ± 8.0 歳）、女性14名（年齢 57.0 ± 8.9 歳）、期間内家庭血圧計測回数 402 ± 183 回/人のうち、診療時血圧のほうが高い被験者は男性8名（53%）、女性12名（86%）であった。その内40mmHg程度家庭血圧のほうが低い被験者は4名（ID2074、2038、2005、2045：13.8%）であった。また家庭血圧が高い被験者は、女性にはほとんど見られなく、30mmHg以上家庭血圧が高い被験者は1名（ID2013：男性）であった。また男性において、診療時血圧が高いほど家庭血圧との差が大きくなる傾向（図6.6）があった（ $R=0.608$ 、 $p<0.001$ ）。

JSH2004の高血圧の基準である、収縮期血圧140以上、拡張期血圧90以上（診療時）、収縮期血圧135以上、拡張期血圧86以上（家庭計測時）の区分による白衣高血圧は、図ID2005（男性59歳）で、家庭血圧は収縮期117.5mmHg、拡張期70.3mmHg、診療時血圧は収縮期155mmHg、拡張期96mmHgであった。また仮面高血圧はID2009（男性69歳）で、家庭血圧は収縮期146.2mmHg、拡張期93.7mmHg、診療時血圧は収縮期134mmHg、拡張期80mmHgであった。

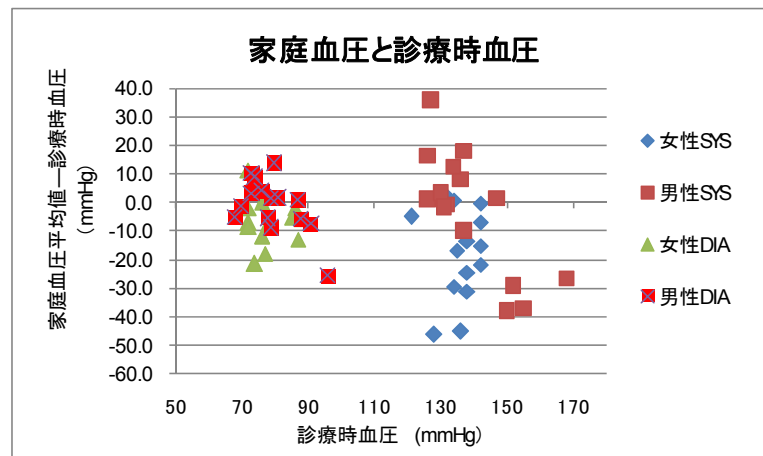


図 6.6 家庭血圧 と診療時血圧

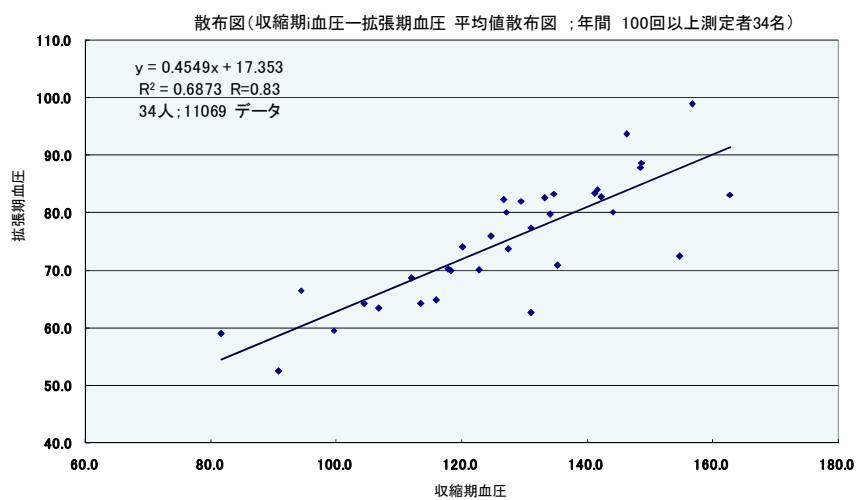


図 6.7 平均収縮期血圧と平均拡張期血圧

93.7mmHg、診療時血圧は収縮期134mmHg、拡張期80mmHgであった。

6.3.3.3 収縮期血圧と

拡張期血圧

被験者別年平均の収縮期血圧（X）と拡張期血圧（Y）の関係を最小自乗法による直線近似は、 $Y=0.45X+17.4$ ($r=0.83$ ：計測数 34、 $p<0.001$) となった（図 6.7）。直線回帰式の回帰係数は 0.45 となり、収縮期血圧が 10mmHg 上昇すると拡張期血圧が 4.55mmHg 上昇する可能性を示した。しかし回帰式から離れている被験者（ID2025：平均収縮期血圧 131mmHg、平均拡張期血圧 62.7mmHg、計測数 459 回）もあり、収縮期血圧と拡張期血圧は必ずしも同期して上昇または降下しないものと思われる。

6.3.3.4 早朝収縮期血圧と就寝時収縮期前血圧

血圧計測において、午前、午後血圧とも 100 回以上計測のあった被験者 21 人の計測値を表 6.5 に示す。Welch 法で検定し差が有意（ $P<0.001$ ）に早朝血圧のほうが高い被験者は、16 名（76%）、就寝前血圧のほうが有意（ $P<0.001$ ）に高い被験者は 1 名（ID2074：4.8%）、有意（ $P<0.001$ ）な変化を認められない被験者が 4 名（19%）であった。21 名の早朝平均収縮期血圧は 129.6mmHg、就寝前平均収縮期血圧は、122mmHg で、平均差は 7.6mmHg であった。

表 6.5 早朝血圧と就寝前血圧

	血圧値(年平均)			T値	
	早朝	就寝前	差		
ID2001	129.9	124.8	5.1	6.99	*
ID2002	120.7	117.7	3.0	3.17	*
ID2005	123.4	113.1	10.3	13.84	*
ID2006	124.5	111.0	13.5	18.44	*
ID2009	145.9	136.3	9.6	13.18	*
ID2010	123.1	125.0	-2.0	-2.69	
ID2018	149.7	144.2	5.5	6.75	*
ID2021	130.4	122.1	8.3	7.37	*
ID2025	138.7	126.4	12.3	10.48	*
ID2026	118.5	111.8	6.7	7.00	*
ID2029	139.6	140.9	-1.4	-1.26	
ID2034	139.1	129.1	10.0	9.39	*
ID2037	142.5	118.1	24.4	8.66	*
ID2038	81.4	81.7	-0.3	-0.34	
ID2045	114.9	109.2	5.8	5.06	*
ID2049	137.6	125.3	12.3	7.71	*
ID2061	159.5	145.1	14.3	8.89	*
ID2065	154.1	134.8	19.2	14.20	*
ID2066	133.2	133.0	0.2	0.20	
ID2073	127.0	117.3	9.7	11.80	*
ID2074	87.6	94.9	-7.3	-8.34	*

* : $P<0.001$

6.3.3.5 日内変動

家庭血圧計での日内変動を図 6.8（34 名の時刻別の血圧値の平均）に示す。睡眠時には一般的に血圧は安静時に戻る現象が示されている。計測数は少ないが、夜間に高血圧を示す被験者がいた。日中は安定して高い血圧を示しており、診療時血圧が早朝及び就寝時血圧に比較して高い原因の一つと思われる。

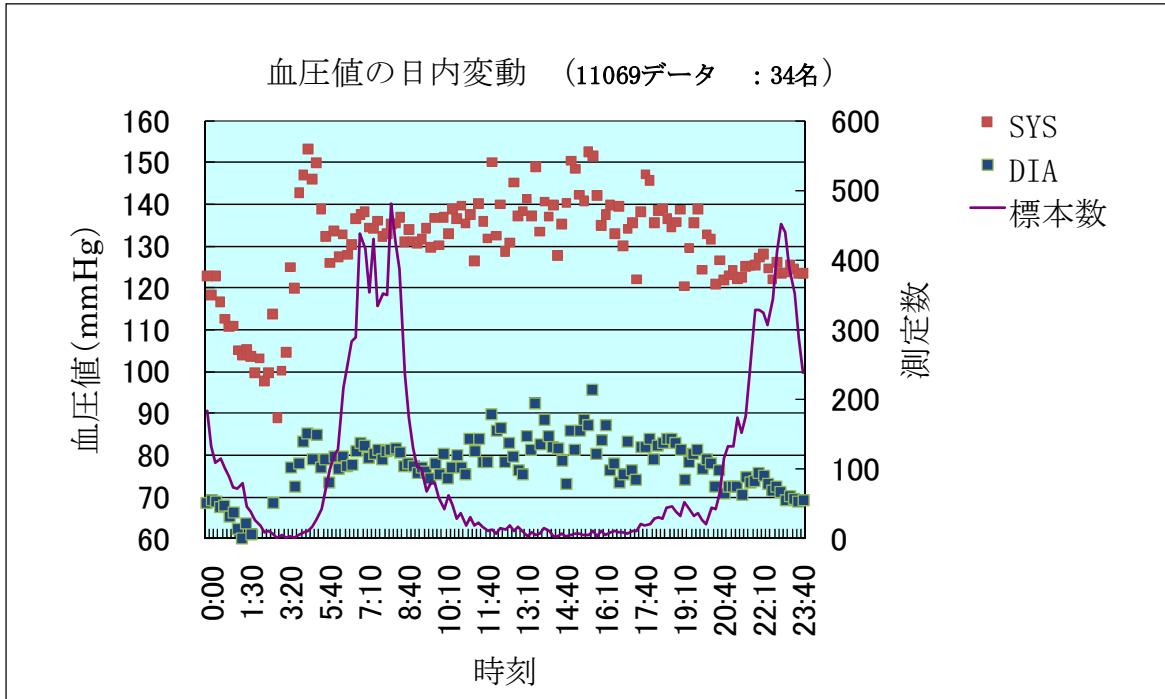


図 6.8 血圧値の日内変動

6.3.3.6 季節変動

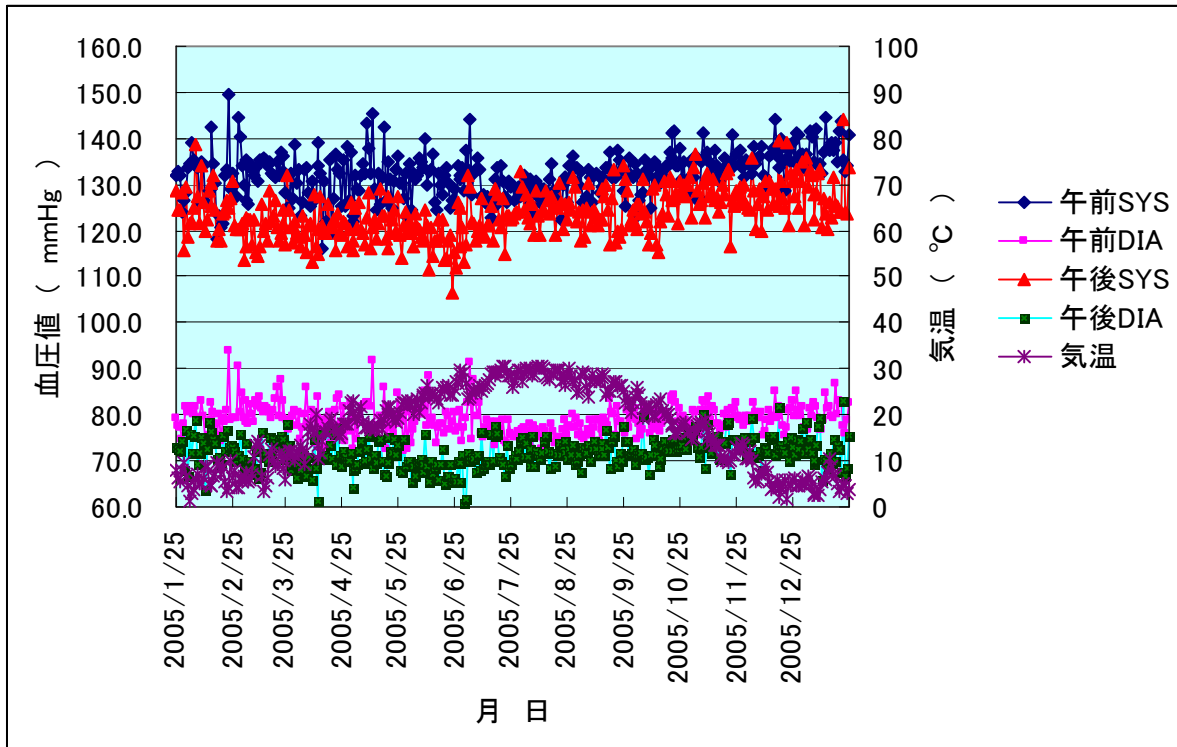


図 6.9 血圧の季節変動 (100 回以上測定者 34 名平均)

図 6.9 に被験者 34 名の 1 年間の血圧変動を示す。季節変動による血圧の差は、

- 1) 家庭で計った収縮期血圧の月別平均の最大値は 12 月、最小値は 8 月で、12 月と 8 月の月平均血圧の差異は、収縮期血圧で (6.7mmHg) 拡張期血圧では (3.0mmHg) であった。Welch 法を用い、12 月と 8 月の平均値の間 (t-値:SYS 8.59、DIA 5.31) に、有意($p < 0.001$)な差を認めた。
- 2) 年間を通じた各指標間のピアソンの相関係数は、大阪 SYS-DIA 間 0.760 (相関係数検定表値: $P < 0.001 = 0.23$) ,大阪 SYS-PR 間 0.098、大阪 DIA-PR 間 0.163 となり、介入があっても、SYS と DIA の相関が高く、また PR は独立した因子であることを示した。
- 3) HBP と平均気温との相関係数は、大阪 (SYS-TEMP 間 -0.314 DIA-TEMP 間 -0.225)、で、 $P = 0.001$ ($\alpha (P = 0.001, Df = 350) = 0.188$) で相関が認められた。

6.3.4 体重の統計解析

6.3.4.1 体重の日格差

年間を通して午後就寝前の体重が起床時の体重に比べ増加する傾向が見られた。図 6.10 に体重年間計測 100 回以上計測者 39 人：男性 17 名（年齢 60.2 ± 10.8 歳）、女性 22 名（年齢 51.3 ± 13.4 歳）の午前計測体重と午後計測体重の差の分布を示した。

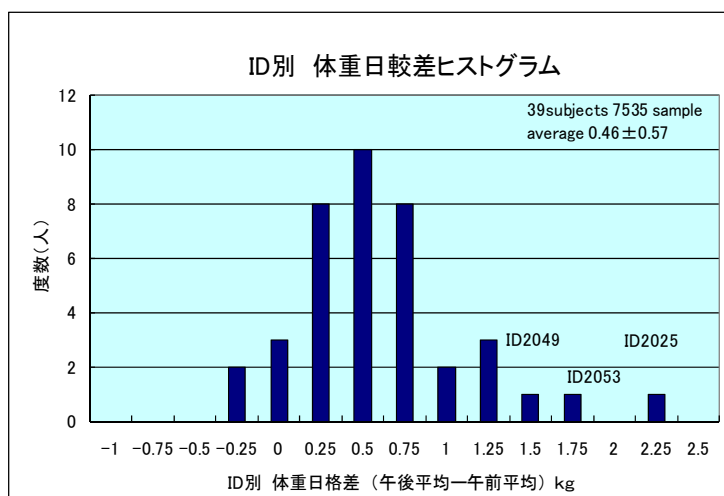


図 6.10 体重 100 回以上計測者の日格差

体重の日格差が大きい人は、水分量、摂食量が多いと思われる、肥満傾向があるかないかを調べるために、体重日格差の大きな ID2025、ID2053、ID2049 について 2005 年 1 月 25 日～3 月 31 日（開始期）の平均体重と 2005 年 11 月 1 日～2006 年 1 月 24 日（終了期）の平均体重の差を Welch 法を用い平均値の差の検定をした。

図 6.11、図 6.12 は、体重日格差が年間を通じて最も大きかった ID2025（男性 72 歳）の体重の年間データであるが、開始期の平均体重 60.77kg と終了期の平均体重 59.35kg で、 -1.42 kg の減量（Welch 法： $p < 0.001$ ）に成功している。同様に 2 番目に大きな日格差を有する ID2053（男性 52 歳）は、 -1.97 kg ($p < 0.001$)、3 番目の ID2049（男性 57 歳）も -0.52 kg ($p < 0.001$) の減量に成功している。

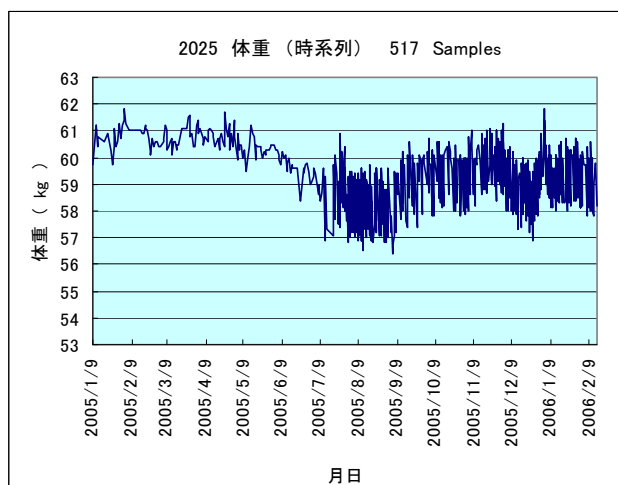


図 6.11 ID2025 の体重の年間推移

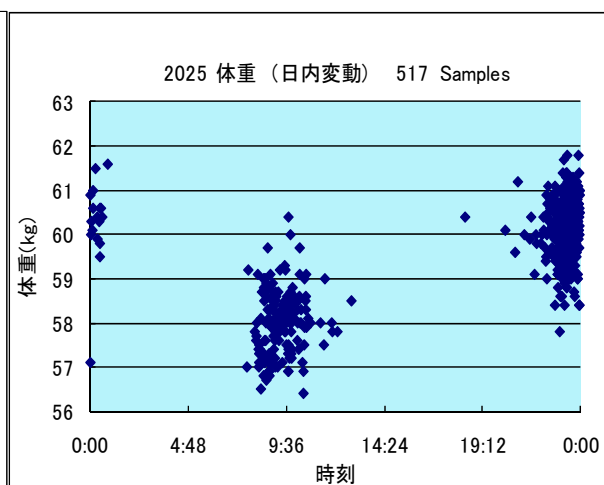


図 6.12 ID2025 体重の日内変動

6.3.4.2 減量

100 回以上計測者 39 名の開始期と終了期の体重平均値との差を図 6.13 に示す。29 名 (74%) の体重が減少している。39 名の平均は、開始期 61.2kg、終了期 60.6kg で、 -0.7kg であった。

最大減少者は ID2075 で、 45.78kg から 39.56kg に 6.23kg 減量 (Welch 法 $P < 0.001$) した。

最大増加者は ID2069 で、 92.12kg から 94.52kg へ 2.4kg の増加 (Welch 法 : $P < 0.001$) があつた。

体重において、Welch 法 ($p < 0.001$) で有意に減少した被験者が 18 名 (46%) 有意に増加した被験者が 4 名 (10%)、有意差が見られなかった被験者が 17 名 (44%) であつた。有意 ($P < 0.001$) に体重が変化 (増加または減少) した 22 名の体重変化を図 6.14 に示す。

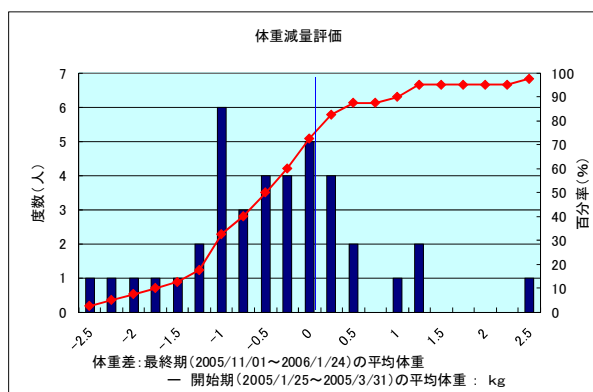


図 6.13 体重 100 回以上計測者の減量のヒストグラム

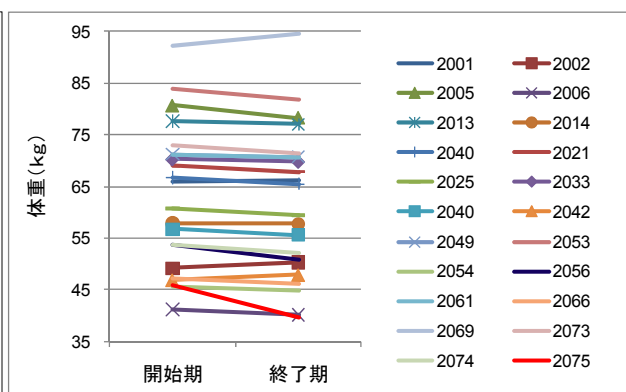


図 6.14 有意な体重変化のあつた被験者 (Welch 法 : $p < 0.001$)

6.3.5 歩数の統計解析

6.3.5.1 一日平均歩行カロリー

T 社製歩数計計測日数 100 日以上の被験者は 17 名、S 社製カロリーメータ 100 日以上計測者 16 名、両者の計測 100 日以上の計測者 2 名であつた。両者の計測者 2 名、ID2065 (T 社 : 241 日、S 社 285 日 : 両社同一日計測日数 239 日)、ID2009 (T 社 : 281 日、S 社 345 日、両社同一日計測日数 281 日) の両者計測日数

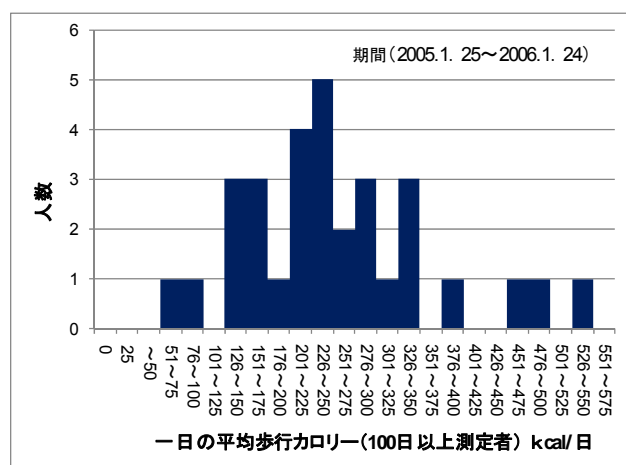


図 6.15 100 日以上計測者の 1 日平均歩行カロ

520 日で、両者カロリの変換式を作り変換して使用した。血圧値の改善に必要な

300kcal を超えて歩行している被験者の割合を特定するため、100 日以上計測者 31 名：男性 17 名（年齢 59.2 ± 11.4 歳）、女性 14 名（年齢 55.1 ± 10.4 歳）の一日平均歩行消費カロリー（非計測日を除く）を 25kcal 単位にヒストグラム化した。

歩行を 100 日以上計測した被験者 31 名：男性 17 名（年齢 59.2 ± 11.4 歳）、女性 14 名（年齢 55.1 ± 10.4 歳）の平均計測日数 221.8 ± 68.2 日/年、歩行による消費カロリー 254 ± 88.2 kcal/日であった。Paffenbarger ら⁹¹⁾ が推奨している一日約 300kcal を年間平均で達成した被験者は 8 名（26%）であった。一日あたり 100kcal/日を越えない被験者は 2 名で、ID2013（男性、75 歳）：計測日数 250 日、平均歩数計携帯時間 15.7 ± 2.9 時間/日、平均歩数 3452 ± 1664 歩/日、平均カロリー 92 ± 50 kcal/日、ID2014（女性 76 歳）：計測日数 199 日、平均歩数計携帯時間 16.3 ± 2.6 時間/日、平均歩数 1990 ± 1237 歩/日、平均カロリー 66.8 ± 53 kcal/日であった。

6.3.5.2 季節変動

T 社製歩数計利用者のうち 100 日以上計測した 17 名の平均季節変動を図 6.16 に示す。17 名のうちわけは男性 5 名（年齢 59.8 ± 20.3 ）、女性 12 名（年齢 56.8 ± 10.3 ）、計測日数 209.6 ± 65.4 日/人であった。また表 6.6 に 3 ヶ月平均を示す。2 月 19 日から 5 月 18 日の一日平均歩行計測者は 14.0 人で、平均歩行数は一日あたり 7603.2 歩で、その期間の平均気温は 12.0 度であった。2 月 19 日～5 月 18 日と

表 6.6 歩行の季節変動

期間	測定者数	歩数	気温
2・19～5・18	14.0	7603.2	12.0
5.19～8.18	14.3	7163.6	26.5
8.19～11.18	14.5	6849.2	21.9
10・19～1・19	14.6	7688.0	8.4

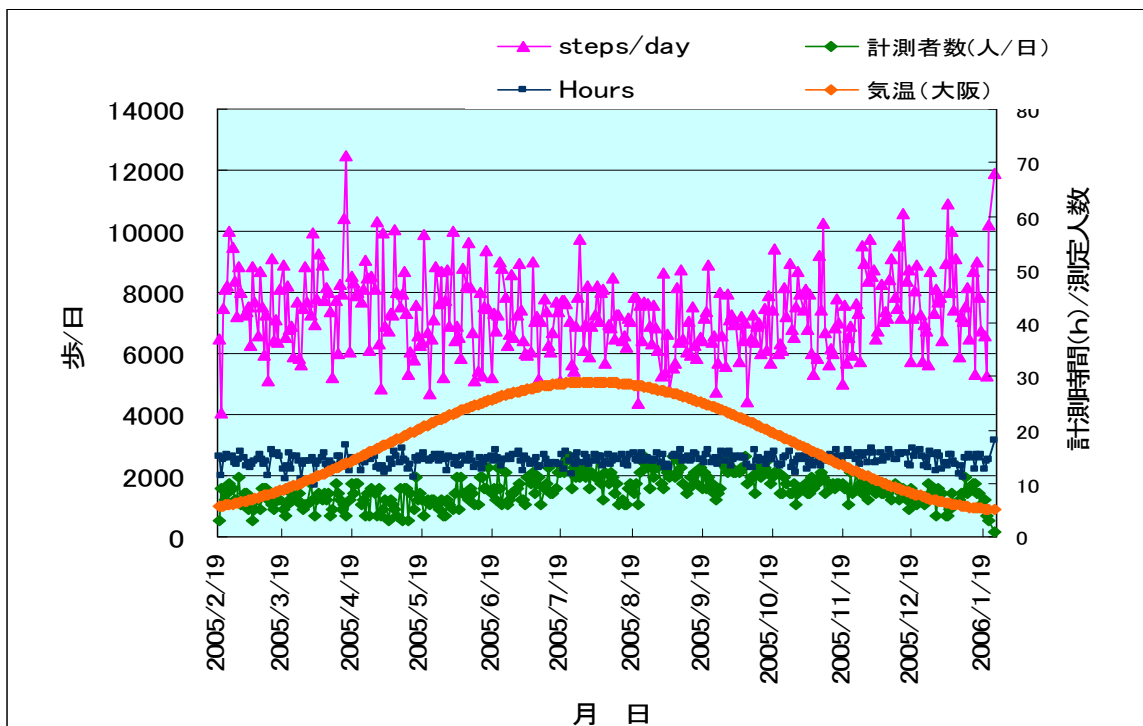


図 6.16 一日歩数の季節変動（T 社；17 名 100 日以上計測者平均）

8月19日～11月18日の一日平均歩数は、有意差 ($p < 0.001$) があり、夏にかけて計測者数は増えたが平均歩数が減る傾向があった。平均気温が高いと歩きにくいと思われる。平均気温は、地域により異なるため、詳細な解析を必要とする。しかし大阪地区における気温と歩数の相関係数は、 $R = -0.232$ 相関係数検定で有意 ($p < 0.001$; $\alpha (0.001; Df=300) = 0.188$) に負の相関があった。

6.3.6 睡眠の統計解析

6.3.6.1 睡眠時間

100日以上計測者22名：男性14名（年齢 62.8 ± 7.3 歳）、女性8名（年齢 53.9 ± 17.2 歳）の平均睡眠時間は 6.01 ± 1.08 時間で、最大平均睡眠時間のID2025（男性72歳）は、 8.11 ± 2.28 時間（計測日数341日）、最小平均睡眠時間のID2033（男性50歳）は、 5.00 ± 2.18 時間（計測日数283日）、で最大平均睡眠時間と最小平均睡眠時間の差は、3.11時間であった。

6.3.6.2 脈拍数

22名の睡眠中平均脈拍数は、 61.5 ± 3.9 拍/分、最大平均脈拍数はID2061（男性65歳）の 68.7 ± 3.1 拍/分（計測日数307日）、最小平均脈拍数はID2005（男性59歳）の 55.4 ± 1.9 拍/分（計測日数336日）で、両者の平均脈拍数の差は、13.3拍/分であった。

6.3.6.3 呼吸数

22名の平均呼吸数は 16.0 ± 1.6 呼吸/分、最大平均呼吸数はID2014（女性76歳）の 19.6 ± 0.48 回/分（計測日数297日）、最小呼吸数は、ID2022（女性58歳）の 13.7 ± 0.62 回/分（計測日数313日）であった。両者の平均呼吸数の差は5.9呼吸/分であった。

6.3.6.4 睡眠の質

22名の平均計測不能時間 33.7 ± 20.2 分/日で、最大計測不能時間はID2049（男性57歳）の 108 ± 41.3 分/日、最小計測不能時間は、ID2014（女性76歳）の 15 ± 14.7 分/日であった。

6.3.6.5 睡眠時無呼吸症候群の上記4指標

表 6.7 睡眠時無呼吸が疑わしい被験者の睡眠中のデータ

ID	測定数	睡眠時間		脈拍		呼吸数		睡眠の質	
		μ	SD	μ	SD	μ	SD	μ	SD
2005	417	6:26	2:32	55.51	1.99	15.65	0.91	41	33
2021	414	4:41	2:18	61.08	3.06	14.64	0.56	45	19
2065	217	7:14	2:47	64.59	3.64	15.14	0.56	18	22
22名平均	322.5	6.01	1.08	61.52	3.91	16.01	1.64	33.71	20.16

終夜睡眠ポリグラフシステム（Alice4 型、米国レスピロニクス社）による検査で睡眠時無呼吸が疑たがわれる ID2005、ID2021、ID2065 の上記各指標は、各指標の標準偏差共に平均的であり、これらの指標からの検出は困難と思われた（表 6.7）。一方分単位に 伝送される秒単位の情報からは、上記 3 名以外に、ID2073 に、軽度の中枢性無呼吸症候群は発見することができた。7 月 2 日就寝 40 分後ぐらいの 00 時 41 分から 52 分までの間に約 50 秒周期(30 秒の呼吸と 20 秒の呼吸なし)を 7 回継続したデータの一部である。上から二段目に呼吸データが表示され、無呼吸が起きている状態がわかる。

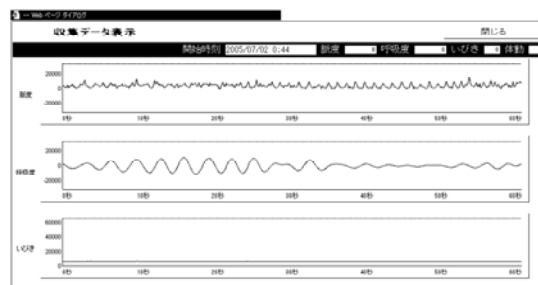


図 6.17 睡眠時無呼吸のグラフ
(上段 脈拍、2 段目呼吸)

6.3.7 運動能力計

家庭で運動能力計を使ったのは、7 家庭 9 名で、その内 100 回以上運動者は 4 名：男性 3 名（年齢 69.7 ± 2.1 ）女性 1 名（64 歳）であった。

6.3.7.1 運動カロリーと運動時間

4 名の平均運動時間は 26.3 ± 7.0 分/回で、カロリーは、平均 60.5 ± 21.6 kcal/分であった（表 6.8）。指導としては週 3 回以上を目標に指導した。最大実施者は ID2025 で、274 日（75%）実施しており指導日数である 156 日の 177% を実施していた。ID2025 の運動の様子を図 6.18 に示す。一日 2 回運動すると大幅に運動カロリーを増加させることが出来る。ID2025 において、指導運動強度を、7 月より 20%（50 ワットから 60 ワット）負荷を増加させた。

表 6.8 運動能力計 100 回以上利用者

ID	num.of data	exercise_minutes		exercise_cal	
		Average	SD	Average	SD
2001	188	29.6	4.8	97.1	17.49
2009	155	15.2	4.7	40.2	9.44
2025	274	33.0	7.6	50.5	12.25
2026	167	29.7	2.7	56.8	7.81

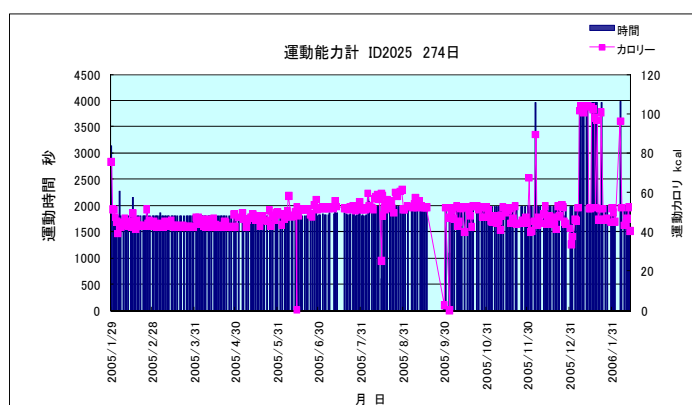


図 6.18 ID2025 の 1 年間の運動消費カロリー記録

6.3.7.2 運動中のデータ収集

事前の運動負荷試験をし、AT（Aerobic threshold）に対し運動強度を 70%AT で運動処方しても、有患者や、高齢者は日々の体調で大きく運動中の心拍数（図

6.19 日々の運動記録（紫が心拍数）が変動し、変動幅が最大心拍数を超えないようにコントロールする必要がある。

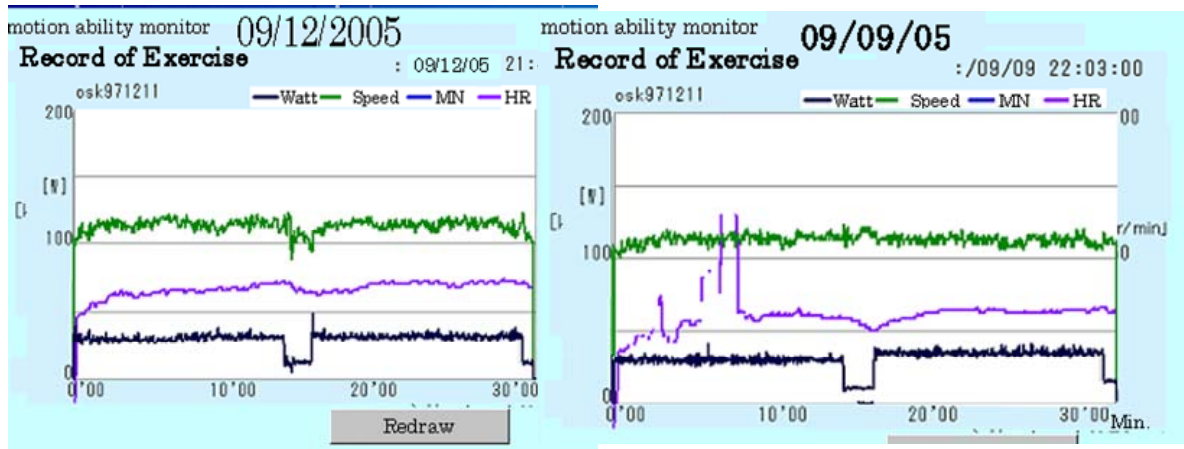


図 6.19 同一運動強度に対する心拍変動

6.3.8 標準プロトコルの性能

標準プロトコルの性能試験として、大阪地区 20 家庭で通信性能試験を実施した。

実証実験において、最初に従来の医療用テレメータの伝送（単方向 3 連送など）をそのまま受け入れた伝送を 2005 年 10 月最初まで実施し、

10 月 11 日～11 月 9 日にかけて順次標準プロトコルを搭載した機器及び通信ファームウェアに置き換えた。各機器は体重計を除いては、標準プロトコルの通知（確認なし）から通知（確認あり）の通信パターンに変更した。両プロトコルを比較するため、2005 年 8 月 9 月と 12 月、2006 年 1 月のデータを比較し（表 6.9）、標準プロトコルでは、従来の通信のエラーをおよそ 40%（7.06/日/20 家庭から 4.21/日/20 家庭）削減できた（図 6.21）。Welch 法 ($p < 0.001$) で有位に改善している。

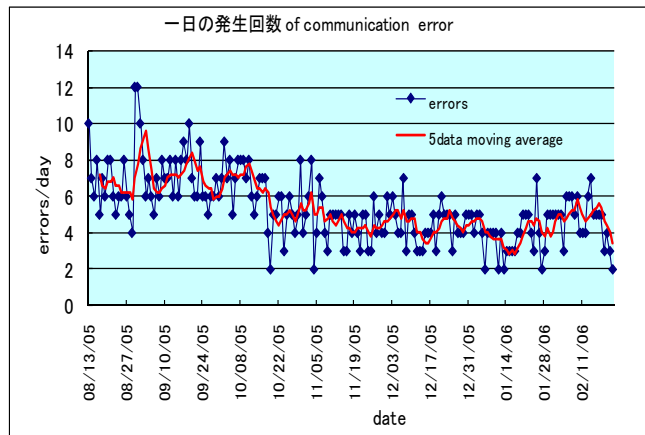


図 6.21 一日に発生した通信エラー数の推移

	VER.1	Ver.2
Error/Day (average)	7.06	4.21
Error/Day (SD)	1.62	1.09
Num. of day	62	62

表 6.9 一日当たりの通信エラー数の比

これらの 2 期間を通じて、バッテリー駆動で且つ特定小電力無線の体重計については、確認なしの通信パターンを両期間で採用した。変更は、通信データフレームのみ

の変更であり、2 期間のエラーレートは、1.66 回/日と 1.53 回/日で、両期間の Welch 法による t-値は、0.578 (DOF=12.76) 20%有意水準で差がない。

この 2 つのことより、本実証実験において、規格化した標準プロトコールは従来の通信エラーをおよそ 40%程度改善できる規格であり、規格の中で実施している確認ありの通信パターンがエラーレートの改善に有効に機能していることが推測された。

6.4 考察

6.4.1 計測項目別 100 回以上計測者の年齢と性別

健康計測機器は、体重計、血圧計、歩数計がよく使われた。6.2.2 項で示したように血圧計の 99 回以下計測者の年齢は男女とも平均が 40 歳以下で、若い年齢層では計測することに意味を感じていないと思われる。体重計の 100 回以上計測者は、男性 17 名、女性 22 名でそれぞれ血圧計 100 回以上計測者より人数が男性 2 名、女性 3 名多く、平均年齢も男性で 3.1 歳、女性で

6.1 歳若い。体重計に関しては、若い年齢層の女性に関心が高いと思われる。歩数計に関して、女性の 100 回以上計測者は、血圧に比して、5 名、体重に比して 8 名少なく、本実験では女性に関心が薄かったと思われる（表 6.10）。

表 6.10 100 回以上計測者の人数と年齢

	100回以上測定者			
	男性		女性	
	人数	平均年齢	人数	平均年齢
体重計	17	60.2	22	51.3
血圧計	15	63.3	19	57.4
歩数計	17	59.2	14	55.1

6.4.2 血圧値の 1 時間以内の複数回計測

本実証実験では、100 回以上計測者 34 名中、10 回以上の 1 時間以内複数回計測した被験者は 26 名（76.5%）であり、26 名中 14 名（54%）が paired t-test で、収縮期血圧において有意（ $p < 0.05$ ）に 1 回目と 2 回目の差異を認めた。日本高血圧学会指針 JSH2009¹²⁾ では、朝夕の血圧計測において、計測回数は 1~3 回となっており、この指針を補強する形となった。図 6.20 に各被験者の家庭収縮期血圧の年間平均値を 10mmHg 単位に層別化し、各層の被験者の複数回計測の平均値をプロットした。血圧値の高い人ほど複数回計測回数が増加している。また、複数回計測の差が有意（ $p < 0.05$ ）な人の割合が、1 年間の家庭収縮期血圧の平均値が高くなるほど増えている（図 6.20）。しかし複数回計測は、被験者が不自然に感じた時に測るべきであり、強要は計測継続率を低下させるとの報告¹¹⁷⁾もある。

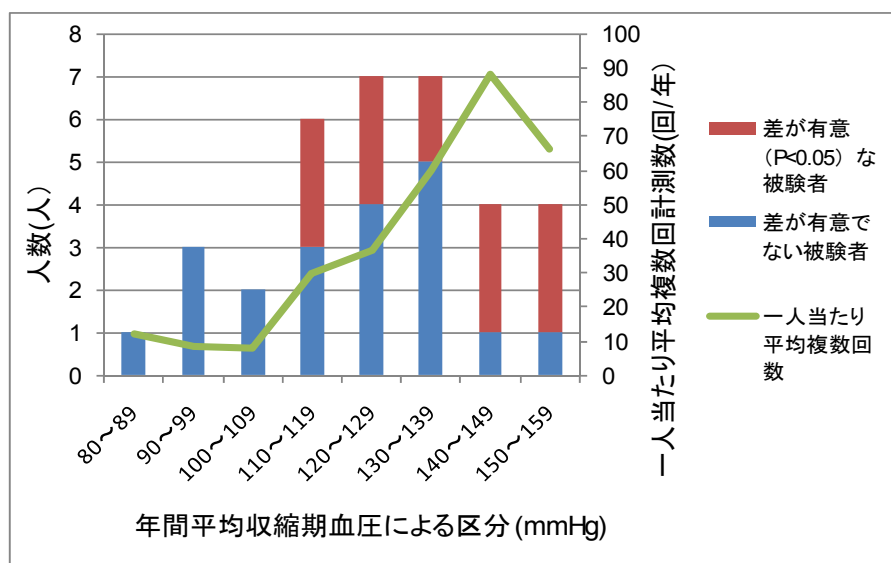


図 6.20 複数回計測と年平均血圧

6.4.3 診療時血圧と家庭血圧

診療時血圧で高血圧と判定され家庭血圧では高血圧の区分に入らない白衣高血圧は、本実験では1名：ID2005（男性 59歳）で、家庭血圧は収縮期 117.5mmHg、拡張期 70.3mmHg、診療時血圧は収縮期 155mmHg、拡張期 96mmHgであり、両血圧値にか

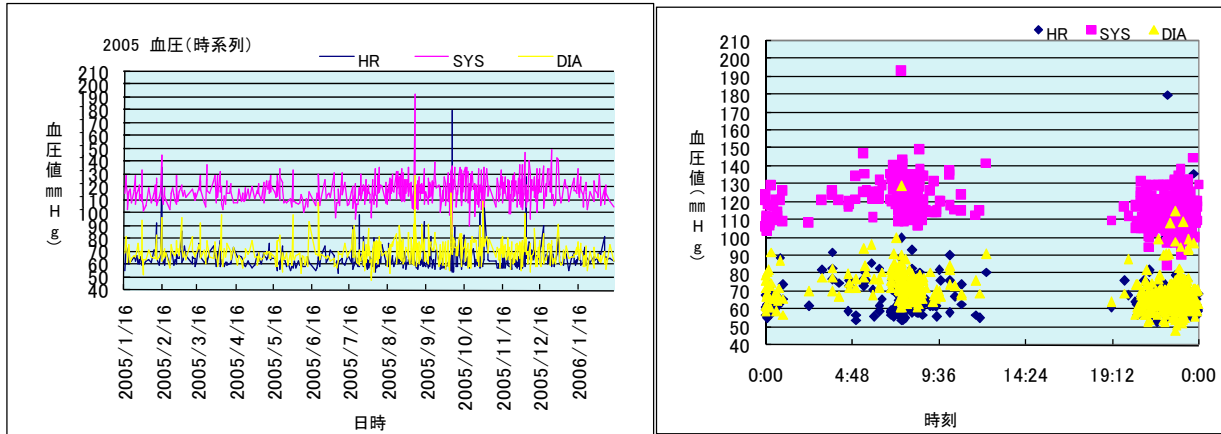


図 6.21 ID2005 血圧の季節変動と日格差

なりの差異（収縮期 37.5mmHg、拡張期 25.7mmHg）を認めた。しかし日常計測では、早朝に 140mmHg を超えることはまれで、日中に血圧が上昇するものと思われる（図 6.21）。本実証実験で、男性においては診療時血圧が高いほど家庭血圧との差が大きくなる傾向があった。（ $R=0.608$ 、 $p<0.001$ ）このことは診療時血圧で高血圧と判定されても、家庭血圧は高血圧でない可能性を持っており、特に男性においてその傾向が強いと思われる。大迫研究では、白衣高血圧から真性高血圧へ移行する可能性が高いことを指摘¹⁸⁾されており、また白衣高血圧者の9年間の追跡調査で脳卒中の発生リスクが持続性高血圧と同程度になることが知られている¹¹⁸⁾。1回の診療時血圧が高いことは必ずしも高血圧を意味しないと思われるが、本実験では、血圧が高くなればなる程診療時血圧との差が大きくなる（図 6.6）、白衣高血圧の可能性が高くなる。診療時血圧の高いことが、白衣高血圧を生み、さらに白衣高血圧から高血圧への移行の可能性を示唆する要因であることが推察される。

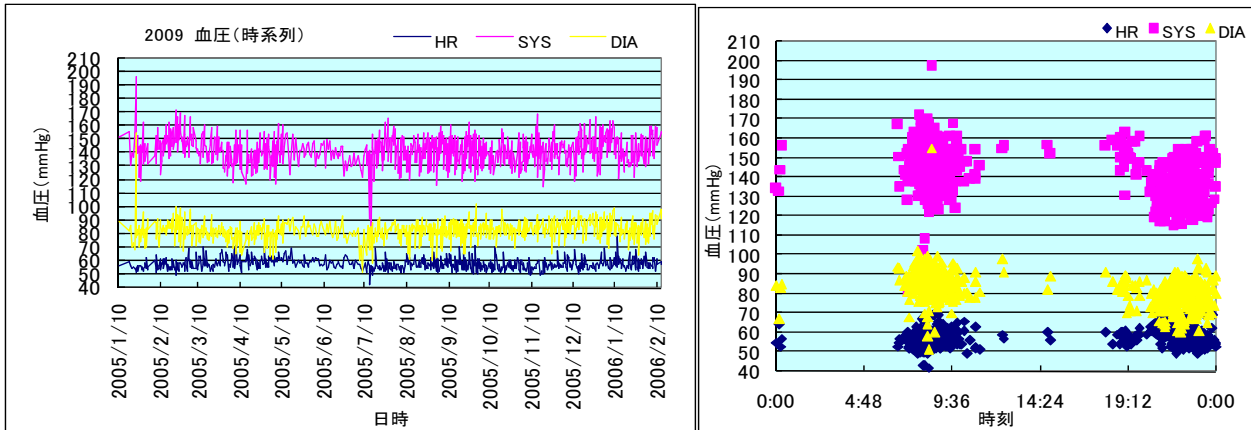


図 6.22 ID2009 の血圧の季節変動と日格差

一方、仮面高血圧を示した ID2009(男性 69 歳)は、家庭血圧は収縮期 146.2mmHg、拡張期 93.7mmHg、診療時血圧は収縮期 134mmHg、拡張期 80mmHg であった。家庭血圧は明らかに高い(図 6.22)にもかかわらず、診療時には降圧剤の効果があったものと思われる。朝には、降圧剤の薬効の持続が不十分で、朝食後の薬の服用前に血圧が高くなったことが考えられる¹¹⁹⁾。明らかに高血圧であり、仮面高血圧の予後が悪いのは明らかと思われる^{120,121)}。

6.4.4 収縮期血圧と拡張期血圧

図 6.7 において、直線回帰式の回帰係数は 0.45 となり、収縮期血圧が 10mmHg 上昇すると拡張期血圧が 4.55mmHg 上昇する可能性を示した。しかし回帰式から離れている被験者(ID2025: 平均収縮期血圧 131mmHg、平均拡張期血圧 62.7mmHg、計測数 459) もおり、収縮期血圧と拡張期血圧は必ずしも同期して上昇または降下しないものと思われる。図 6.22 に ID2025 の血圧の季節変動を示すが、収縮期血圧に対して、拡張期血圧は安定しており、脈圧(収縮期血圧と拡張期血圧の差)が変化して高血圧を発症している。中年以降の対象者において、収縮期血圧が高い心血管リスクであることが分かっており¹²²⁻¹²⁴⁾、収縮期血圧により意識を置くことが重要と思われる。

2025 血圧変動

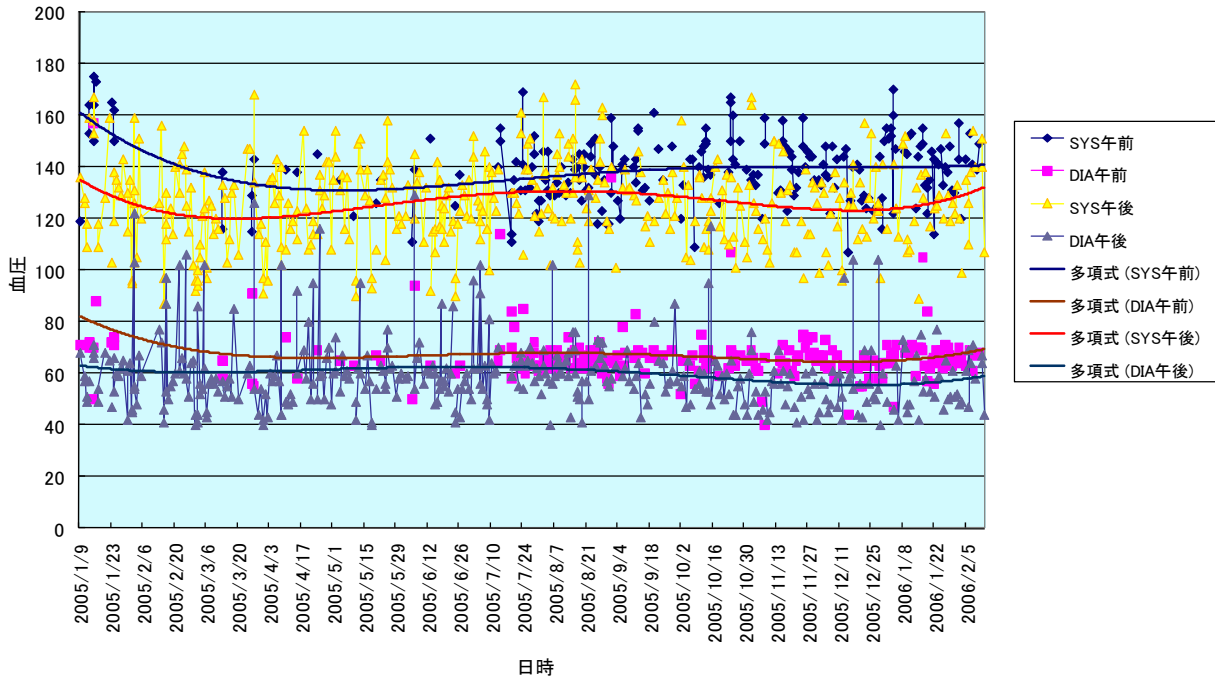


図 6.22 ID2025 の早朝、就寝前、SYS,DIA 別季節変動

6.4.5 早朝収縮期血圧と就寝前収縮期血圧

76%の被験者が年間平均において、有意に早朝収縮期血圧が高く、早朝収縮期血圧の監視は脳卒中などの発症リスクにおいて重要であることが推察される。

一方、年間を通じては、各被験者の就寝時前血圧と早朝血圧の差はかなり変化しており、例えば ID2034 では、2, 3, 4 月の両者の差は大きい、8 月 9 月 10 月では小さい (図 6.23)。年間を通じて早朝収縮期血圧と就寝前収縮期血圧の関係は変化しているものと思われる。

2034血圧変動

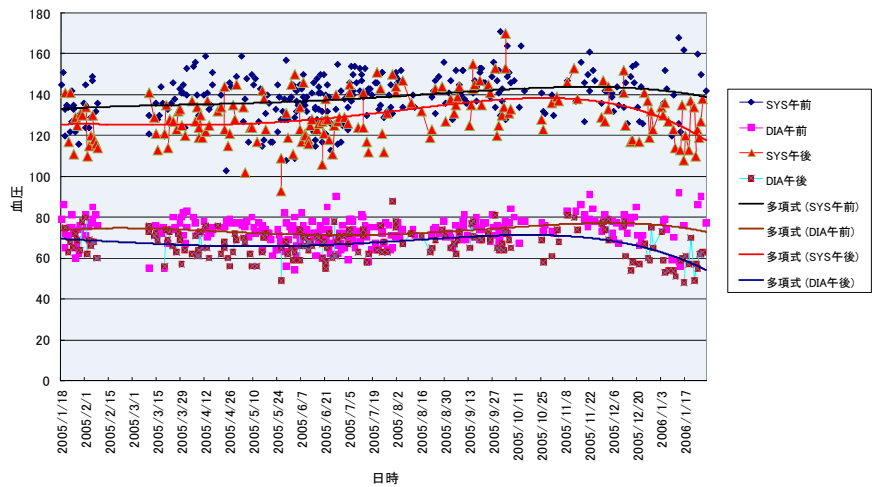


図 6.23 ID2034 の早朝収縮期と就寝前収縮期血圧

6.4.6 血圧の日内変動

6.4.2 で示されたように、診療時には一般に高く出る被験者は日内変動の影響をうける者も多く、また降圧剤などの持続時間の検討のためにも、被験者自ら自己の血圧の日内変動を知り必要性が推測された。

6.4.7 血圧の季節変動

家庭で計った最高血圧の月別平均の最大値は12月、最小値は8月で、8月と12月の月平均血圧の差異は、最高血圧で(6.7mmHg)最低血圧では(3.0mmHg)であった。収縮期血圧で、1.67mmHg/月の上昇は、季節変動と考えられる。この差を

表 6.9 8月と12月の血圧差
(早朝、及び就寝前血圧)

	測定数	収縮期	拡張期	月
早朝	785	127.45	74.80	8
	609	135.90	78.89	12
就寝時	598	123.97	71.35	8
	461	128.88	73.31	12

早朝血圧と就寝前血圧に区分(表 6.9)してみると、早朝の格差は、収縮期で、8.45mmHg、拡張期 4.1 mmHg、就寝前で、収縮期 4.91 mmHg、拡張期 1.96 mmHg となり、季節変動を早朝収縮期血圧に限定すれば、2.11 mmHg/月上昇することになる。異常な早朝高血圧(モーニングサージ)発見のための一つの基準になるものと思われる。

6.4.8 体重の日格差

体重の日格差が大きい人は、水分量、摂食量が多いと思われ、肥満傾向があるかないかを調べるために、体重日格差の大きな ID2025、ID2053、ID2049 について 2005 年 1 月 25 日～3 月 31 日(開始期)の平均体重と 2005 年 11 月 1 日～2006 年 1 月 24 日(終了期)の平均体重の差を Welch 法を用い検平均値の差の検定をし、3 名とも減量に成功している。このことから日格差は必ずしも肥満者の傾向とは言い難いと思われる。今後どのようにして肥満に進行している傾向を把握するのか新たな検討が必要と思われる。

6.4.9 就寝中脈拍数と収縮期血圧の年間平均値

血圧計測時の脈拍数と収縮期血圧の相関係数は 100 回以上計測者の全平均(14337 回)で、-0.0346 で有意($p < 0.1$)な相関を認めなかった。一方睡眠データ 100 回以上

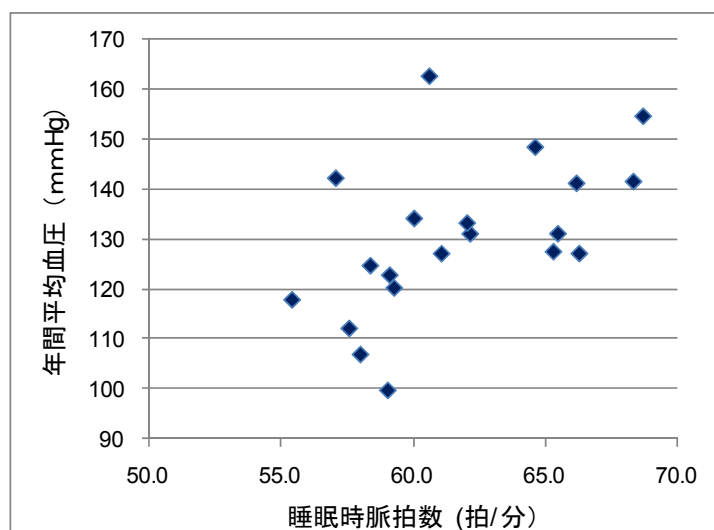


図 6.24 就寝中脈拍数と年間平均収縮期血圧

計測者（22名）で、かつ血圧計測者100回以上（34名）の20名の睡眠中の年間平均脈拍数と年間平均収縮期血圧の相関係数は0.561となり、有意($p < 0.01$)な相関を認めた。心拍数の増加は、心血管病の罹患率、死亡率と関連することが報告¹²⁵⁾されており、また家庭血圧計測の心拍数の予後予測能¹²⁶⁾が高いとの報告もある。心拍数の増加監視も重要な項目と思われる。

第 7 章 血圧と他の生理量の比較検討

本章では、異なるメーカーの機器を標準プロトコールで統一的にネットワークに組み込むことにより、計測データが統一的に比較可能となったことを受け、その効用を最も受ける異なるメーカー間のデータの多変量解析を実施した。収集されたデータから、高血圧患者及び正常高値群への 1 年間の介入（運動及び食事）を通じて、どのような効果が得られたか、得られなかったかを多変量解析を用いて分析し、血圧の管理に必要な要因に関しいくつかの知見が得られたので報告する。

7.1 方法

6 章で示した様に、1 年間に 100 回以上の血圧計測は 34 名（男 15 名年齢 63.3 ± 6.9 歳、女 19 名年齢 57.4 ± 11.0 歳）であった。診療時血圧による区分で、至適血圧群（収縮期 120-129、または拡張期 80-84mmHg）は 2 名、正常血圧群（収縮期 120-129、または拡張期 80-84mmHg）は 12 名、正常高値群（収縮期 130-139、または拡張期 85-89mmHg）は 7 名、I 度高血圧（収縮期 140-159、または拡張期 90-99mmHg）は 11 名、II 度高血圧（収縮期 160-179、または拡張期 100-109mmHg）は 2 名であった。

介入の効果を検討するため、高血圧患者及び正常高値群 20 名の中から、介入期間において、昇圧、降圧が認められた被験者を選定し、それらの被験者の中で、体重、運動、睡眠などのデータが収集できていた被験者に限定し多変量解析を試みた。

7.1.1 降圧、昇圧の検証期間

被験者ごとの降圧の効果検証に当たっては、季節変動をできるだけ排除するために、1 年間の介入の最初である開始期（2005 年 1 月 25 日～3 月 31 日）と最後の終了期（2005 年 11 月 1 日～2006 年 1 月 24 日）の約 3 ヶ月間の計測データの平均を用いた。血圧計測 100 回以上の 34 名の上記期間における平均血圧は、開始期に比べ終了期では、早朝血圧に関して収縮期で、3.96mmHg 拡張期で -0.32 mmHg 就寝前血圧に関して、収縮期で 5.24mmHg、拡張期で 2.07mmHg の増加が認められた。

7.1.2 解析者の選定 前述の正常高値以上の血圧者 20 名に対し、Welch 法を用いて介入開始期と終了期の早朝収縮期血圧、早朝拡張期血圧、就寝前収縮期血圧、就寝前拡張期血圧の平均値の差を検定（ $P < 0.001$ ：表 7.1）し被験者の候補を選定した。

20 名中、早朝血圧に関して、収縮期血圧改善者 3 名（ID：2001,2018,2065）、悪化者 3 名（ID：2034,2037,2049）、また拡張期血圧改善者 3 名（ID：2001,2018,2065）、悪化者 1 名（ID：2009）であった。就寝前血圧に関して、収縮期血圧改善者 2 名（ID：

2001,2065)、有意(p<0.001)な悪化者はなかった。拡張期血圧改善者 3 名 (ID : 2001,2039,2065)、悪化者は、1 名 (ID2014) であった (表 7.1、青は改善、黄色は悪化 ; 有意水準 p<0.001)。

表 7.1 開始期と終了期の早朝血圧間と就寝前血圧間の比較 (Welch 法)

ID	Differences of average B.P. between start Priod (Jan.24~Mar. 31 2005) and End Piriod (Nov. 1st 2005 ~ Jan.24 2006)				T-value of two sampleT-test with welch's correction (* shows P<0.001)				Df			
	Morning B.P.		Before sleep B.P.		Morning B.P.		Before sleep B.P.		Df(morning data)		Df(Before Sleep data)	
	μ SYS	μ DIA	μ SYS	μ DIA	t SYS	t DIA	t SYS	t DIA	Df Sys	Df DIA	Df Sys	Df DIA
2001	-10.36	-7.00	-13.93	-13.27	*-6.10	*-4.83	*-10.05	*-10.64	83.2	95.7	114.8	121.2
2002	-1.92	1.03	-2.91	-1.94	-0.96	1.04	-1.46	-1.57	85.8	110.6	64.1	86.5
2005	4.73	-10.47	-1.72	-3.44	2.80	-0.93	-1.27	-2.97	3.3	1.0	107.5	108.0
2009	0.11	3.36	-4.57	2.10	0.07	*3.87	-2.84	2.08	134.4	113.4	112.8	120.7
2010	2.19	3.93	1.42	0.08	1.34	3.70	0.84	0.08	74.5	86.9	76.1	99.9
2014	-10.45	-13.38	13.64	21.19	-2.00	-2.41	4.45	*14.70	1.2	1.0	2.2	39.0
2017	-0.06	-1.94	-7.02	-2.74	-0.01	-1.08	-2.82	-1.38	9.2	9.4	58.3	47.7
2018	-0.14	-4.62	-1.59	-4.16	-0.10	*-3.67	-0.86	-1.40	93.4	62.7	51.1	30.8
2029	-10.15	-4.23	-5.17	-1.04	-2.10	-1.87	-2.70	-0.83	7.2	6.6	81.1	69.9
2034	9.36	3.23	4.58	-3.56	*4.13	2.05	1.85	-1.78	56.1	52.4	64.9	62.8
2037	30.03	6.02	20.07	0.88	*4.86	2.09	3.90	0.26	8.7	9.0	3.4	3.9
2038	2.02	2.40	-3.41	1.11	0.92	1.15	-1.64	0.50	17.0	13.9	9.7	7.6
2039	5.27	-3.38	-4.38	-7.60	1.74	-1.36	-1.49	*-6.57	2.4	2.7	4.0	20.3
2049	13.89	1.47	9.06	0.86	*6.04	1.35	2.35	0.42	112.9	83.9	58.2	73.4
2061	2.26	-3.16	-7.13	-6.58	0.48	-1.01	-1.69	-1.80	15.1	15.9	30.0	23.2
2062	0.43	-0.65	-3.00	4.38	0.16	-0.24	-0.32	0.93	3.3	1.3	3.4	3.7
2065	-8.66	-5.18	-13.97	-13.62	*-4.48	*-4.79	*-3.71	*-4.60	76.6	72.4	47.3	44.9
2066	2.25	-4.05	-0.44	-2.89	0.68	-1.66	-0.15	-1.96	21.5	15.0	56.1	57.1
2073	0.76	-1.44	-4.51	-4.79	0.47	-1.10	-2.53	-2.83	54.4	47.6	30.8	43.0
2074	-1.23	-2.29	-4.29	-6.80	-0.76	-2.52	-2.02	-2.71	65.9	69.6	42.7	26.8

降圧の認められた解析対象候補は、早朝収縮期血圧、早朝拡張期血圧がそれぞれ開始時平均 140.1、82.7 mmHg から終了時平均 129.7、75.7mmHg (-10.4、-7.0 mmHg) に降圧した ID2001 と、同様に 161.1、96.9mmHg から 152.4、91.8mmHg (-8.7、-5.1mmHg) に降圧した ID2065 を候補とした。ID2018 は、睡眠データが採取できなかったため、降圧効果の解析対象外とした。

昇圧の認められた解析対象候補は、早朝収縮期血圧、早朝拡張期血圧がそれぞれ開始時平均 131.6、81.0 mmHg から終了時平均 161.7、87.0mmHg (30.0、6.0 mmHg) に昇圧した ID2037 と、同様に 137.7、87.0mmHg から 151.6、88.44mmHg (13.89、1.47mmHg) に昇圧した ID2049 を候補とした。ID2034 は、それぞれ 124.5、67.8mmHg から 129.1、64.2mmHg (4.58、-3.6) で早朝収縮期血圧は悪化しているものの就寝前拡張期血圧は改善しており、悪化者の解析対象外とした。

7.1.3 解析者の生体計測データ

7.1.3.1 改善者の計測データ

選定した ID2001(男性、69 歳、身長 168cm、体重 66kg)、ID2065 (男性、67 歳、身長 151cm、体重 73.8kg) の介入期間内の計測データを図 7.1 に示す。ID2001 において、血圧 662 回、体重 614 回、歩数 330 日、睡眠 332 日の計測があり、2 日に 1 回処方されたエルゴメータの運動を 188 日 (51.5%) 実施していた。ID2065 も血圧 425 回、体重 510 回、歩数 241 日、睡眠 187 日の計測をしていた (図 7.1)。

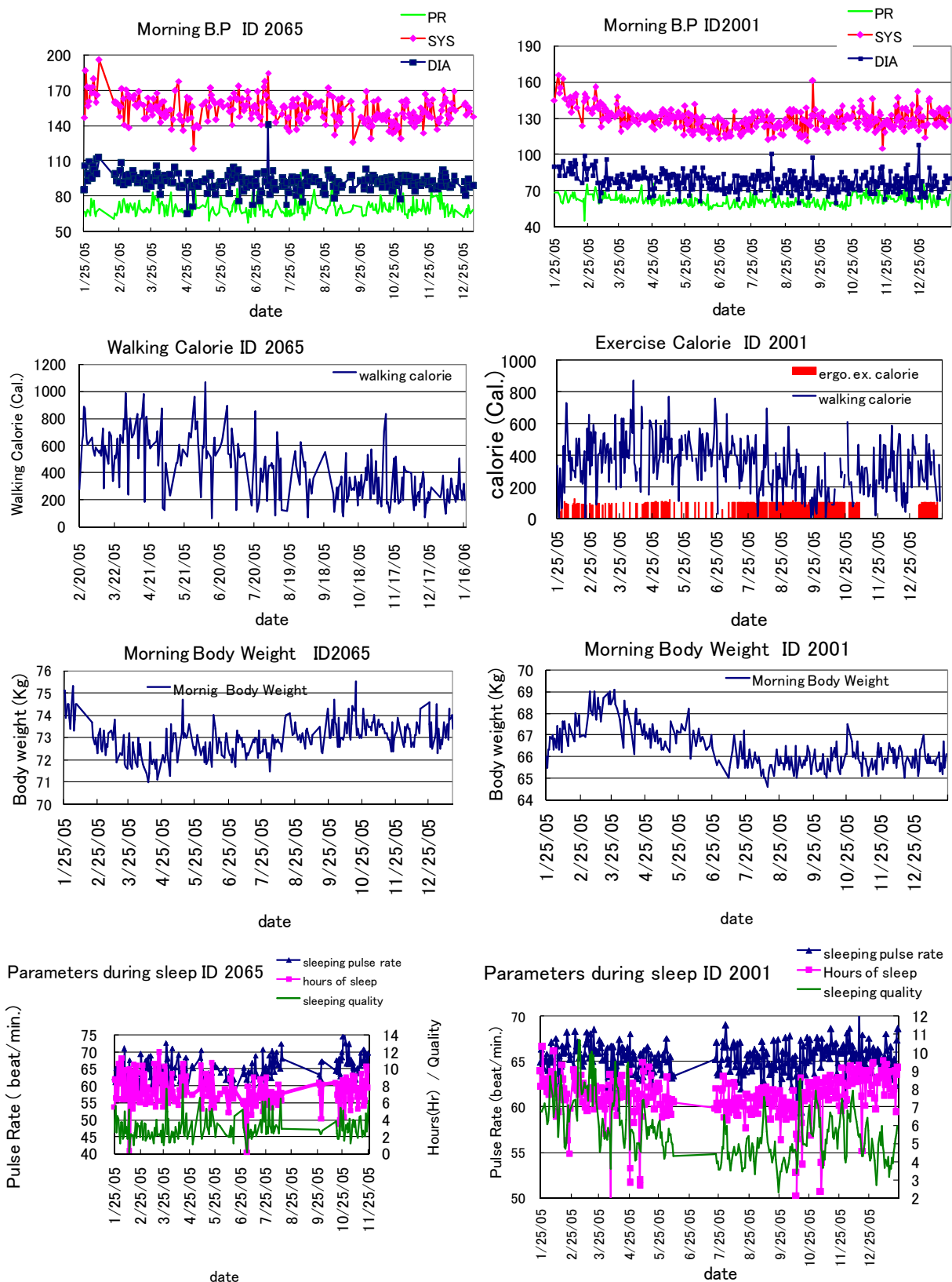


図 7.1 ID2001, ID2065の各変数の季節変動

7.1.3.2 悪化者の計測データ

悪化者 (P<0.001) として選定した ID2037 (男性、67 歳、身長 151cm、体重 71kg)、ID2049 (男性、65 歳、身長 175cm、体重 71.7kg) の介入期間内の計測データを図 7.2 に示す。ID2037 は、血圧 254 回、体重 110 回、歩数 86 日、睡眠 160 日の計測

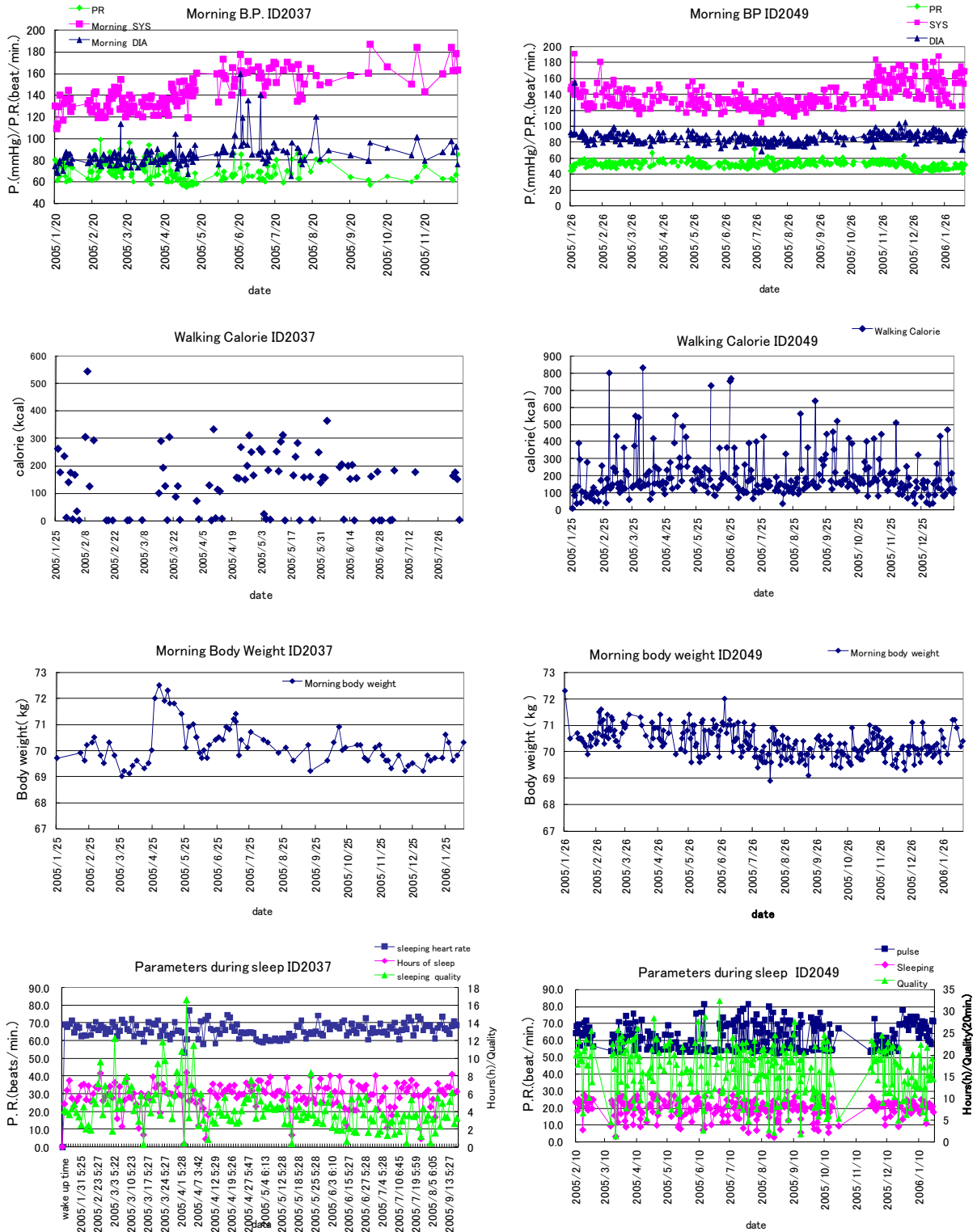


図 7.2 ID2037, ID2049 の各変数の季節変動

をし、ID2049 は血圧 446 回、体重 503 回、歩数 293 日、睡眠 273 日の計測を実

施している。

7.2 データ解析

7.2.1. 解析方法

7.2.1.1 変量の選定

多変量解析における被説明変数は、モーニングサージなどの指標であり、一日の行動の影響を受けにくい早朝収縮期血圧（変数名：Y,単位：mmHg）、説明変数は前日までの歩行及びエルゴメータの累積カロリー（X1, kcal）、睡眠中の心拍（X2,拍/分）、睡眠時間（X3,h）、睡眠の質（X4,分）、早朝計測体重（X5,kg）を採用した。

7.2.1.2 解析期間の選定

被説明変数である血圧変動は、非線形な時系列システムであること、血圧以外の各指標と血圧変動との関連モデルがないことを考慮し、各変数間の線形性が成り立ちやすくするため、岩根ら¹⁰²⁾、山本ら¹⁰³⁾及び Moreau ら¹⁰⁴⁾の先行研究を参考に、本研究との年齢差、合併症の有無などを考慮し、岩根、山本両研究の2倍、Moreauの最大期間である24週間を解析期間とした。

7.3 解析結果

7.3.1 改善者の多変量解析

7.3.1.1 ID2001 改善期の多変量解析

ID2001の改善期（2005/01/25～2005/07/12）では、上記説明変数で早朝収縮期血圧を多変量解析した結果、重決定 $R^2=0.47$ が得られた。この例では、運動カロリーの累積が10000kcalで血圧値が4.3mmHg低下した。（ $t=-9.04$ ）一方体重は、有意な指標とはならなかった（ $t=-1.19$ ）（表7.2）。

	ID2001			ID2065		
	重決定	0.47		0.24		
測定数	107			57		
variate	coefficient	t	P-value	coefficient	t	P-value
intercept	240.9	3.56	P < 0.001	-25.82	-0.17	0.86
累積カロリー Ac.Ex.Cal. (X1)	-0.00043	-9.04	P < 0.001	-0.000012	-0.14	0.89
睡眠時 pulse (X2)	-0.22	-0.45	0.65	0.21	0.48	0.63
Hours (X3)	-0.18	-0.29	0.77	-1.60	-1.65	0.10
quality (X4)	-0.0051	-0.30	0.76	-0.02	-0.30	0.77
午前体重 body weight (X5)	-1.16	-1.19	0.24	2.54	1.30	0.20

表 7.2 ID2001 及び ID2065 の回帰係数と t-値

7.3.1.2 ID2065 の改善期の解析

ID2065の改善期で同様の解析を実施し、十分な重決定（ $R^2=0.24$ ）は得られなかったが、この例では $P<0.1$ で睡眠時間が早朝収縮期血圧に影響を与えており、1時間睡眠が増加すると血圧値が1.6mmHg低下していた。また $P<0.2$ で1kgの体重の減量が血圧値を2.54mmHg低下させる可能性が推測された。

7.3.2 悪化者の多変量解析

7.3.2.1 ID2037 悪化期の多変量解析

ID2037 の悪化期（2005/01/25～2005/07/12）では、上記説明変数で早朝収縮期血圧を多変量解析した結果、重決定 $R^2=0.57$ が得られた。この例では、運動カロリーの累積が 1000kcal で血圧値が 4.1 mmHg 上昇した(表 7.3) ($t=5.65$)。

7.3.2.2 ID2049 悪化期の多変量解析

ID2049 の悪化期（2005/7/25～2006/01/24）では、上記説明変数で早朝収縮期血圧を多変量解析した結果、重決定 $R^2=0.43$ が得られた。この例では、運動カロリーの累積が 1000kcal で血圧値が 2mmHg 上昇した。 $(t=7.93)$ また体重は、1kg 増えるごとに 9.06 mmHg 上昇した(表 7.3)。

ID	2037			2049		
重決定	$R^2=0.57$			0.43		
観測数	45			123		
	係数	t	P-値	係数	t	P-値
切片	91.9340	0.5703	0.5717	-513.4241	-2.9395	0.0040
運動 累積kcal	0.0041	5.6540	1.5659E-06	0.0016	7.9274	1.46585E-12
PR	0.6575	1.1624	0.2521	-0.2035	-1.3797	0.1703
睡眠 hours	-1.0703	-0.6810	0.4999	2.2335	-1.6325	0.0198
quality	0.0163	0.6322	0.5310	-0.0277	2.3617	0.1053
午前体重 B.W.	-0.1285	-0.0624	0.9506	9.0609	3.6541	0.0004

表 7.3 ID2037 と ID2049 の回帰係数と t-値

7.4 考察

これら二人の顕著な血圧改善者 ($P<0.001$) に統一的な改善指標は見出せなかったが、個人個人にとっては管理する有意な指標があり、一人は運動カロリーの累積値で、もう一人は、統計的有意ではないが睡眠時間と体重が指標になる可能性が推測された。

また悪化に関しても ID2037, ID2049 共に累積カロリーが高い血圧変動説明能力を示した。ID2049 に関しては体重も血圧変動説明能力を示し、改善期、悪化期共に累積カロリーと一部の被験者で体重、睡眠時間が血圧変動に関与していることが推測された。

本考察では、重決定が高かった ID2001 の中の、変数の t-値 (-9.04) が最も高く、かつ ID2037 t-値 (5.65), 2049 t-値 (7.93) でも高い血圧変動の説明能力を有した変数である運動についての検討を試みる。

7.4.1 運動と降圧について

高血圧患者の運動と降圧の起序¹²⁷⁾、6ヶ月間以内の運動効果に関する研究の報告¹⁰⁴⁾はあるが、高齢者の1年間にわたる継続的な介入効果を示したものは少ない。短期間の効果研究のための介入と通年を通じての日常的な介入では介入を受ける側も対応が異なるものと思われ、特に高齢者では継続的な計測機器の利用、運動の継続が困難な人も多く、計測日数の差となって現れたと思われる。

7.4.2 歩行

血圧値改善者である ID2001 は、 333 ± 159 kcal/日 (8805 ± 3756 歩/日) 計測日数 332

日/年（計測率 91.0%）、ID2065 は、 421.8 ± 215.0 kcal/日（ 10126 ± 4342 歩/日）計測日数 241 日/年（計測率 66.0%）の計測値であった。また血圧値悪化者である ID2037 は、 134 ± 115 kcal/日、計測日数 86 日/年と ID2049 は、 194 ± 132 kcal/日、計測日数 293 日（計測率 80.3%）の歩行をしていた（図 7.3）。歩数及びカロリの平均値と SD は実施日のみのデータに基づいたもので、計測しなかった日は含んでいない。改善者と悪化者の計測した日の消費カロリの分布は異なっている（図 7.3）。

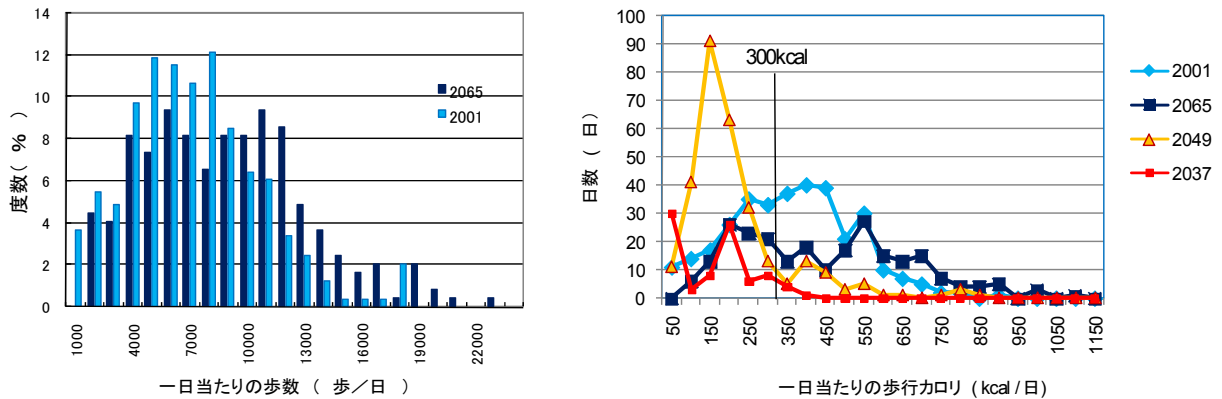


図 7.3 一日当たりの歩行（カロリー、歩数）の分布

山本ら¹⁰³⁾の、61名（ 56.0 ± 5.3 歳）に対し、1万歩/日以上（実績 12121 ± 1837 歩/日）と一万歩以下の群（実績 7824 ± 1088 歩/日）の2群に分け12週間の介入前後での血圧値を比較した介入研究、岩根ら¹⁰²⁾の30名（ 47.0 ± 1.0 歳）に対し、一日1万歩以上（実績 13510 ± 837 歩/日）期間12週間の血圧値降圧介入研究に比べ、本研究の血圧値改善者であるID2001, ID2065では、高齢（69、67歳）のため一日の歩数の標準偏差が大きい（図 7.3）。高齢者では一定の歩数以上で毎日歩くのはかなりの努力がいるものと思われる。

一方降圧のための運動カロリーとして、Paffenbargerら¹⁰¹⁾が週あたり2000kcalの運動（一日およそ300kcal）を推奨している。ほぼ300kcal/日に相当する1万歩の歩行に関して、岩根ら¹⁰²⁾が軽症高血圧群に上記歩数、期間で収縮期血圧が10.2mmHg改善し拡張期で8.4mmHg改善（ $P < 0.01$ ）したと報告し、また山本ら¹⁰³⁾は、上記一万歩以下の群でも収縮期血圧に8.3mmHgの有意（ $P < 0.01$ ）な降圧があったと報告している。またMoreauら¹⁰⁴⁾は、軽症高血圧患者において一日3km以上の毎日の歩行12週間で収縮期血圧が6mmHg（ $P < 0.005$ ）次の12週間で5mmHg降圧（ $P < 0.005$ ）すると報告している。本研究では、ID2001, 2065とも300kcal/日を超える歩行を実現している日数が多く（図 3）、年間を通じての降圧効果は、ID2001で早朝収縮期、拡張期の血圧でそれぞれ10.4mmHg、7.0 mmHg、ID2065では、8.7、5.1mmHg（ $P < 0.001$ ）降圧しておりMoreauらの24週間で11mmHg降圧したとの報告を1年間（約52週間）で強化した形になっている。

ID2001,2065 の降圧の過程を詳細に検討すると、24 週後を含む 6,7,8 月の収縮期、拡張期血圧の平均値は、ID2001 では開始期に比べ 14.1mmHg、5.1mmHg 降圧（終了期で 10.4mmHg、7.0mmHg）しているのに対し、ID2065 は、それぞれ 3.6mmHg、4.5mmHg 降圧（終了期で 8.7mmHg、5.1mmHg）しており、降圧の速度に差が見られる。

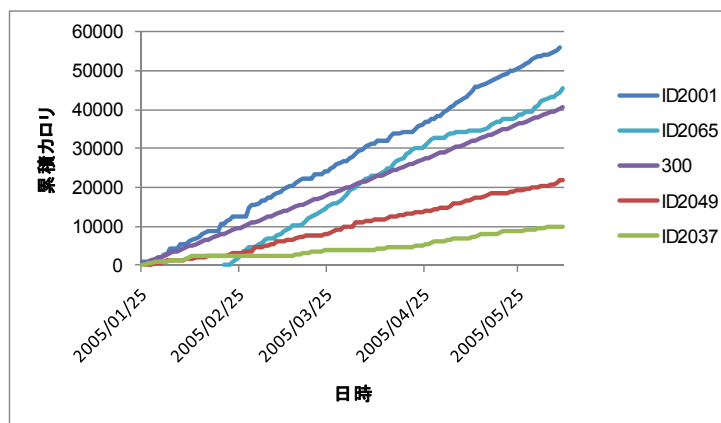


表 7.4 ID 別 累積カロリの回帰係数と t-値

ID	回帰係数	t-値
2001	-0.00041	-9.04
2065	-0.00012	-0.14
2049	0.002	7.93
2037	0.0041	5.65

図 7.4 回帰係数と累積カロリー

歩行による降圧の速度は、血圧変動要因を説明する変量である歩行累積カロリの回帰係数で表現されるため、各被験者の累積カロリの回帰係数と回帰係数の t-値(表 7.4)を検討した。各被験者の累積カロリを図 7.4 に示す。また Paffenbarger ら¹⁰¹⁾が降圧に必要と考えている 300kcal/日の累積直線(図 7.4 で、紫色)を図中にプロットした。

各被験者の歩行の累積カロリー(図 7.4)と回帰係数(表 7.4)の関係は、図 7.4 で示すように 300kcal/日の上下で、回帰係数の符号が反転すると共に、300kcal/日から離れるほど回帰係数が大きくなっている。

このことより、一日当たりの歩行において、より多く運動することがより血圧値を改善する可能性が高いことが想定される。安全で継続性があり、消費カロリの大きな運動が高齢者の生活習慣病予防には向いていると考えられる。しかしどこまで運動できるかの限界は個人によって異なり、より安全で効果の高い方法論が望まれる。

歩行の強度に関して、健康づくりのための運動基準¹²⁸⁾では、3METs 以上(運動強度の単位)の運動を推奨しており、歩行に換算すると 4 km/h (67m/分、約 5300 歩/時間)で意識して歩行時間を作る必要のある速度になっている。また ACSM/AHA Recommendations¹²⁹⁾では、3 METs 以上の歩行 30 分を週 5 日か、精力的な有酸素運動(6METs 以上) 20 分間を週 3 日以上の実施を推奨している。歩行とその強度に関して、山本らの研究¹⁰³⁾では、一万歩以上/日の歩行群では一万歩以下/日の群に比べ、有意 (P<0.001) に 3METs 以下、3~5.9METs、6 METs 以上の全ての強度の歩行時間が多いとされている。

本研究では、時間当たりの歩数という形でしか把握できないため正確さには欠くが、ID2001 及び ID2065 は 1000 歩以上/時間の割合が多い。(図 7.5) このことは、山本らの指摘の他に、歩数の増大は 3 METs 以上の運動強度の時間の割合が 3METs 未満の運動時間に比べて、増加している可能性を示唆している。より多く歩くことが強度ある歩行に繋がる可能性が高いと思われる。

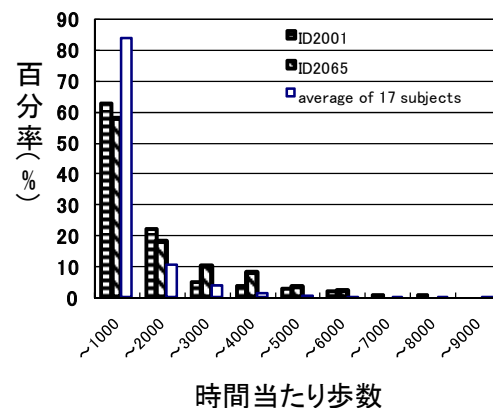


図 7.5 時間あたり歩数の分布

7.4.3 運動処方強度による運動

ID2001 は、エルゴメータによる運動を、指定運動強度 (50 ワット : 約 3 METs 相当) で 188 回/年 (運動時間 29.6 ± 4.8 分/回、消費カロリー 97.1 ± 17.5 kcal/回) 実施している。降圧の基準値である 300kcal/日のうち約 1/3 をエルゴメータの 30 分の運動で実施することは、冬季など外出しにくい環境下では、有意義と思われる。また運動強度に関する保証がある、外出に比べ比較的安全である、などの観点からも高齢者には有用であると推察される。

7.4.4 高齢者の運動指針の必要条件

ACSM/AHA¹²⁹⁾は、週 2 回のより強い運動強度での運動 (レジスタンス運動) を筋力強化と無酸素運動下での持久力強化のために促している。また血圧値を改善するためには、運動時間そのものも増やすように勧告している。しかし高齢者一人一人は、発病はしていなくとも潜在的な危険を有しており、血圧改善のための運動は慎重に薦められるべきと考える。またこれらの推奨基準の根拠となる研究の多くは、Bravata ら¹⁰⁵⁾の Systematic Review に紹介されている 26 文献の平均介入期間が 15.2 週であることで代表されるように、比較的短期の研究に基づいており、その結論の中で示しているように持続的な長期の効果に関して不明であるとしている。本研究の示すところは、(1) 毎日でなくとも 300kcal/日の運動を実践すれば、血圧値が下がる可能性がある、降圧目標が 3 ヶ月で実現できなくとも長期的な観点で降圧目標を扱え、指導できる可能性があること (2) 歩行は一日に実施できる歩数の分散が大きいので、本人の体調を重視した指導が重要であること (3) 運動強度を確保でき、かつ家の中で出来る運動も併せて指導することが重要であること。場合によっては、自宅内で指定運動強度が実現できる安価な運動機器の開発も必要と思われる。などが考えられる。本人の実情に合わせた降圧目標の達成時期の設定を含め、実際にどのような運動 (種類、頻度、強度、時間) を薦めていくかのガイドラインづくりはなお知見が少ないと

思われる。

7.5 おわりに

今回は、改善者について多変量解析を試みたが、悪化者の解析も予防の観点からは重要と思われる。1年間の介入を通じて、高齢者が続けて自分の健康を改善するには、悪化への警告、自分の血圧を管理する指標の発見、改善量を実感できる工夫が大切であると感じた。持続可能な血圧改善の方法論は、血圧計測の自己管理の実施と改善の実感から行動変容が起こる可能性が高く、より安全で効果のある行動変容プログラムの作成が重要と考える。現状では高齢者は、発症していなくとも腎機能障害や虚血性心疾患等のリスクも進行している場合があり、医療法 42 条に対応する運動施設で医師の監視下での運動療法が確実であるが、国民全員がその効用を受けることは費用の観点から不可能であり、メディカルチェック含めた現実的なガイドラインづくりが望まれる。

また、本データの血圧計、歩数計、体重計、運動能力計、睡眠マットはいずれも異なるメーカーの健康計測データで、開発した標準プロトコールにより統一的にデータベース化され、容易にデータ解析できることが示された。またそれらの蓄積された統一データベースに推論エンジンを搭載することにより、健康計測データ群からリアルタイムに解析し、解析結果を被験者に提示する環境を容易に構築する可能性が示された。通信プロトコールの統一は、リアルタイムによりの確な介入指導を被験者に提示できる可能性を有するという意味で、在宅健康管理システムにとって一つの本質であると推察される。

第 8 章 考察

本章では、開発研究してきた過程で、同時に調査研究した内容と合わせて現状で持ち合わせている知見について通信、システム、収集データ、介入研究の順に考察する。

8.1 健康計測機器（HMD）－健康管理機器（HCD）間通信

8.1.1 IEEE11703 への提言

システム内に自由に新しい機器が入り、特定のメーカーの機器が生産中止になってもシステムを維持できるようにするためには、筆者らが確立したプロトコルがより多くのメーカーに使われる必要があり、この標準プロトコルの規格化と普及の必要性を D2H2（Distributed Diagnosis and Home Healthcare）会議で発表¹³⁰⁾した。それを受

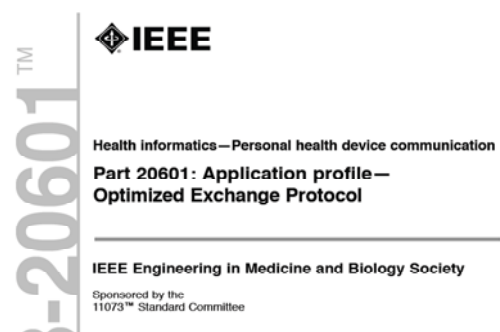


図 8.1 IEEE 11073/20601

けインテルを中心に調査団が来日し、IEEE11703の中に、IEEE11703/20601（図 8.1）としてワーキング Group をつくり規格化を筆者らと共同で実施した。2008 年 12 月に IEEE 11073 (Point of Care Medical Device Communication Standards)の中で機器ご

とに通信を規格化することができた。

この規格の推進団体として、インテルが Continua を組織し、2009 年 9 月より、各計測機器（HMD）に積み込むファームウェアを通信ハードウェアに搭載し

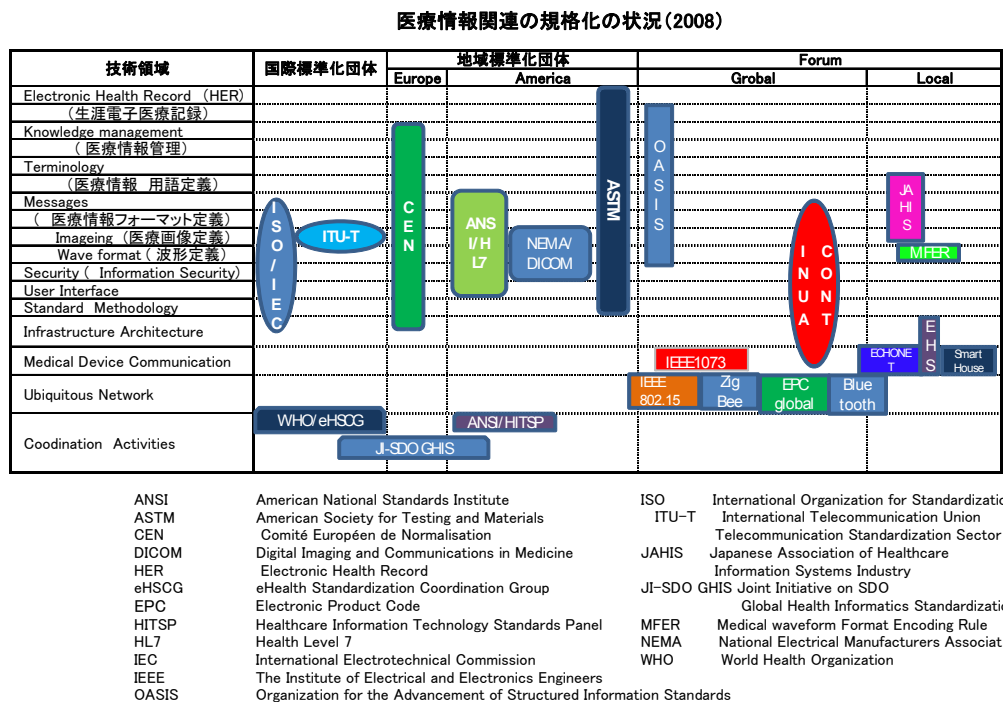


図 8.2 IEEE11073 と Continua の位置付け

て供給を開始すると共に、健康管理機器（HCD）側の API（Application interface）も用意して供給し始め、本規格の普及に尽力している。

最終規格化における最大の論点は、他規格との整合性と、規格使用例の検証であった。用語定義において、英語は IEEE11073-10101 に従い、波形定義は MEFR (Medical waveform Format Encoding Rule) に従った。図 8.2 に標準プロトコールを受けて、規格化した IEEE11073 と Continua の位置付けを示す⁵⁹⁾。

規格化完了したのは、データ伝送に必要な部分（機器登録通信、情報登録通信、データ通信）のみで、照会通信に関する規格化は出来ておらず、システム内を同一の時刻で運用できる、HCD が各機器にバッテリー残量を問い合わせ可能な体制は整っておらず、現状では機器側からバッテリー残量を報告する必要がある。また他の機器の情報問い合わせなどの機能は、今後の課題である。

しかし、データ伝送を統一できたことと、機器のシステムへの参入が容易になったこと、システム内で一メーカーが機器供給を停止しても他のメーカーの機器が使えることなどの効果は大きく今後利用が促進されるものと思われる。

8.1.2 規格の効果

家庭内無線通信において、伝文長をできる限り短くし通信手順をできるだけ簡素化することは、家庭内電磁環境を考慮すれば当然とも思える。ヘアドライヤなどに代表されるように EMC 対策をしていない家庭電化製品が多く出回っており、家庭内の EMC 問題は製品のコストとの関係で十分に対策が出来ているとは言い難い。また日本の特殊事情ではあるが、従来の医療機器は伝送に医療用テレメータ¹³²⁾を用いて来ており、通信においては単方向通信を踏襲してきた。エラー修正も FEC (Forward Error Correction) を用い、伝文を 3 連送するなど冗長度が極めて高かった。

本プロトコールでは、調歩同期方式で ACK、NAK を返すことにより伝文の連送をなくし基本的に伝文長を 50%以下にするだけでなく、確実に伝送できたか否かを HMD 側も把握可能とした。また数値をバイナリで伝送可能とするため、情報登録時に属性として情報名を BN コード化し 1 Byte の BN (Byte Name) で伝送可能としただけでなく、情報属性に文字識別コード CD (Code Discrimination) を設定し、数値をバイナリで伝送可能とした。今回の実証実験ではエラーの 40%低減効果は、ACK、NAK による総合的な通信路での通信時間の短縮が最大の効果を示したと推定されるが、伝送すべき情報量が大きな機器には、BN と CD の伝文長を短くする効果は大きな役割を果たすと思われる。睡眠計測マットのように 1 分間に 1 回バイナリで 4.8KB の伝送をする機器においては、本規格の効果は大きいものと思われる。

8.1.3 規格の改善すべき項目

8.1.3.1 文字列の取扱い

標準プロトコールでは、機器名（UDN）などの名称を IEEE11703-10101 に合わせたために、UDN 名に文字列を用いなければならず、体重計、血圧計などのマイコンで駆動する機器は、文字列の扱いにメモリ、CPU 時間を費やさねばならないリスクが生じた。HMD 側の CPU 並びにメモリの負荷を少しでも軽くするため機器登録通信、通信情報登録通信で HCD に機器の属性を登録する方法を、CD-ROM など外部記憶媒体を利用して、HCD に登録を可能とするなどの工夫をした。しかし HCD から HMD に情報伝送する際に、UDN 名をデータフィールドに記載することが望まれるため、HMD 側で、UDN 名を解読する必要があり、可変長の文字列の扱いが必要で、その扱いに関し CPU、及びメモリのリソースが必要であった。自由長の文字列の判別（文字比較）は可能な限り避けるべきである。少なくとも UDN 名は、文字数を規定する必要がある。

8.1.3.2 固定長通信の容認

8、16 ビットマイコンなどでは、メモリの資源管理、CPU の配分などの制約でセンサ情報処理に費やす時間が大きい。CPU、メモリにとって通信は新たなタスク及び、資源となるため、機器登録の際に機器の持つ能力（Equipment Capability）の記載をし、UDN 名などを BN と同様にコード化し伝文長を短くできるようにすべきと考える。また文字列を使用するメーカー名、製品名、製造番号などにも文字数の制約を規定しなかったが、例えば 24Byte などの規定が必要と思われる。文字列を固定長に規定すれば、資源の少ない機器は固定長通信が可能となり、データフィールドの BN コードも必要がなくなる。価格との兼ね合いではあるが、規格が能力の低い機器の固定長通信を考慮することは、通信種別で容易に容認可能であり、通信に関する資源配分が少なくて済む可能性が高い。

8.1.4 下位レイヤの問題

医療機器の通信は、病院内の医用特定小電力無線に始まった。特定省電力無線は電波強度が極めて弱く、10mW 以下の空中線電力で、帯域は 400MHz 帯域を利用して単方向通信として規定¹³²⁾された。病院内では混信を避けるため 1mW の空中線電力で、周波数割り当てを実施しながら利用している。一方インターネットの急速な進展に伴って家庭内無線通信が急速に進展し、無線 LAN(IEEE802.11a/b/g)、ZigBee (PHY 層、MAC 層は、IEEE802.15.4)^{112) 113)}、Bluetooth¹³³⁾などが 2.4GHz 帯域に集中しているのが現状あり、実証実験においては、初期プロトコールとしては、現状の医療用テレメータを踏襲し、伝送容量の大きな睡眠計測マット、運動能力計は、

IEEE802.11b を利用した。しかし家庭内に無線は行き渡らず、各家庭で、2 から 3 個のリピータが必要であった。しかも動作は安定しているわけではなく通信エラーが発生し被験者の苦情という形で顕在化した。実証実験では、最初同一下位レイヤの下で、標準プロトコルの通信成績を把握した後、下位レイヤの標準機種をつくるため、下位レイヤを ZigBee に変更した。各家庭で ZigBee を使用してみると、ZigBee は、省電力の点では満足がいくもの、マルチホップの経路により HCD への到達時間のばらつきが大きく ADF が分割された場合のデータハンドリングがかなり複雑になり、データ容量の大きな機器での実用性にかけると思われた。また ZigBee は、端末にルータ機能を付与することによってマルチホップ機能を果たすが、どこを経由するかが特定できないため、バッテリー駆動の機器を経由すると電力を消費し、本来の消費電力の少ないことが特徴である ZigBee の利点が十分に発揮できない可能性があることがわかった。ZigBee を下位レイヤとして普及するためにはより周波数の低い 868/915MHz 帯域の割り当てることにより、マルチホップを少なくしかつ HCD 到達時間を縮小することが望まれる。また通信範囲の拡大のため、送信パワーそのものを一定の範囲内でダイナミックにコントロール方式¹³⁴⁾も検討されており今後さらに新しい規格の登場する可能性を秘めている。いずれにせよ、高感度なアンテナ設計と空中線電力のコントロール、EMC 対策の普及は家庭内無線通信利用機器の開発研究において重要な課題である。

8.2 システムにおける課題

8.2.1 個人認証

実証実験を通じて、HMD に配置された家族内個人識別ボタンの押し間違えと思われる異常値が一定の頻度で見受けられた。本実証実験では、計測した後、常に伝送ボタンを押すという方式を採用しなかった。その理由は、被験者が伝送ボタンを押す行為が煩わしいと感じることと押し忘れればデータが伝送されない危険を有しているからで、計測したデータは全て自動的に伝送されるのを基本とした。

この方式の問題点は、計測方法が間違ったときでも計測データが伝送されることと、ID ボタンを押し間違えると他の家族のデータとして登録されることが挙げられる。場合によっては直前データの取り消しが可能とするボタンを備えるか、または個人認証が安価に且つ自動で認証できる装置の開発が望まれる。個人認証が安価に実施可能になれば、例えば血圧値の改善にインセンティブを付与することも可能になり、それに応じて県市民税の控除などが実施されれば、生活習慣病対策としては最も有効なインセンティブになり得るものと思われる。

8.2.2 被験者の意見

被験者の意見（表 8.1）の多くは、回答に深い知識を必要とする場合が多く、医師のコメントのロジック解析とそのロジックを反映した WEB 上での Q&A 集の強化が必要と思われる。大別すると 1) 生体の現象の理解 2) 健康行動の具体的な指示とその指示の理由 3) 機器及びネットワークにたいする苦情 に区分可能であった。1)、及び 2) を 医師、管理栄養士が、3) は、筆者らシステム供給者が対応・説明したが、この Q&A の蓄積がノウハウそのものになり得ると考えられる。筆者らはロジスティック分析で 3 年後の計測指標の予測及び同世代比較、疾病の発症危険度の指標化（図 8.3）を実施したが、被験者は総合的な指標化より、今どのような行動が望ましいのかを教えてくれることを求めており、これに応えるべく回答の蓄積がこのネットワークのサービスの質を決めるキー技術になると考える。質問に対する回答ロジックは、一部は医師のみが回答可能であるが、「体重が減っても体脂肪が増えるのはなぜか」など現状の理解に関しては医師以外でも回答可能であり、メーカーが努力する範囲が残されている。

表 8.1 被験者からの意見（実証試験初期）

機器	質問	対応
・体重	体重と体脂肪の関係を教えて欲しい。体重が減ったら体脂肪が増えるのはなぜか。	・医師からの説明
・ネットワーク	毎日計っているのにWEBにデータがない。 web画面の見方がわからない	・機器の配置を変更した。 ・医師からの説明
・指導	時々高い数値が出るが心配ないか 食事は何を気をつけたらいいのか	・医師からの説明 ・栄養士からの説明
・運動能力計	どれくらいの負荷で運動すればいいのか教えて欲しい 運動時間や時間帯を教えて欲しい	・医師からの説明
・健康マット	睡眠時無呼吸はどのグラフでわかるのか。 いびきがうるさかったのにグラフに出ていない	・医師からの説明

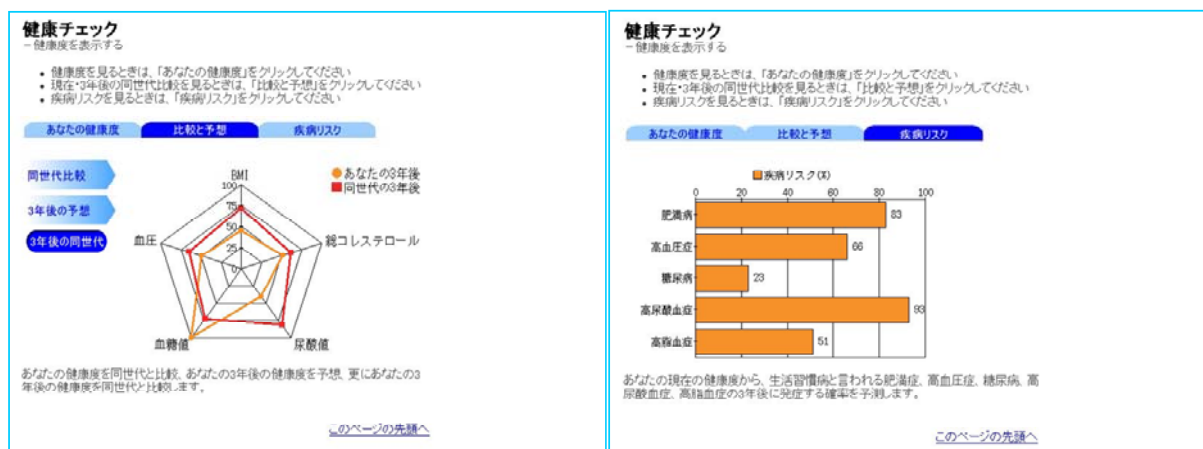


図 8.3 生活習慣病進行度判断手段

8.3 収集データ

8.3.1 健康計測機器（HMD）の計測習慣

実証実験において 76 人が登録し、61 人（80.3%）が実証実験に参加を同意した。6.2.2 で示したように血圧計測者では 100 回以上計測者は、34 名（44.7%：ID 登録者比）、100 回以下計測者は 27 名（35.5%：ID 登録者比）であり、100 回以下の計測者の計測数は平均 25.3 ± 35.9 回/年で、殆ど参加していないといっても過言ではないと思われる。また初めから参加しない人が 15 名（19.7%）であった。意義ある計測参加率が 44.7%では、多くの人の参加を得たとは言い難い。6 月のイベントで参加率が向上したが定期的な動機付けが必要と思われる。

血圧計の置かれた位置は居間が多く、家の中での家族の動線を考えれば、トイレなど確実に訪れる場所が好ましかったが、最初からトイレに機器を置く設計しないと配置は難しかった。また血圧計の利用回数は家族 4 人で一日最大 8 回であることを考えると、機器の利用効率の観点からは通勤する駅などで、各自が ID カードなどを利用して週に 2~3 回程度計測する環境を用意した方がよいと思われる。

また毎日の計測は、筆者も被験者の一人として実証実験に参加したがつらいものがある。大迫研究でも 1 週間に 3 回程度の早朝、就寝前血圧計測を義務づけており、自らの体験も含めて、最大でも週 3 回程度の計測が計測し易い場所で提供されるのが好ましいものと思われる。

8.3.2 早朝血圧の上昇監視

早朝に血圧が高いタイプには、夜間から持続して血圧の高い「持続性高血圧」と朝方に急激に高くなる「早朝高血圧」に分けられる。苅尾七臣氏は、明らかな心血管イベントの既往のない高齢者高血圧患者（平均年齢 72 歳）519 名の予後を対象に、心血管イベントの発症を平均 41 か月間追跡し、ME 平均を（早朝収縮期血圧+就寝前収縮期血圧）/2、ME 差を（早朝収縮期血圧-就寝前収縮期血圧）と定義し、ME 平均 $> 135\text{mmHg}$ の患者群に対し、ME 差 $> 20\text{mmHg}$ で持続性高血圧と早朝高血圧に分け、両者の脳卒中リスクを ME 平均 $< 135\text{mmHg}$ をコントロール群とし調査した。その結果両者はそれぞれ独立した脳卒中のリスク要因であり、「持続性高血圧」の脳卒中リスクはコントロール群の約 2 倍で、早朝高血圧では 6.6 倍と報告¹³⁵⁾している。早朝高血圧の監視は、（1）早朝血圧値の監視、（2）ME 差（早朝収縮期血圧-就寝前収縮期血圧）の監視が考えられ、（1）に関しては、本報告の示した早朝収縮期血圧の季節変動（ 2.11mmHg/月 の上昇と下降）を考慮する必要がある、この変動幅を超えた上昇は注意を必要とするものと思われる。

本実証実験期間中に 50 歳代の女性が一過性脳梗塞になり、その被験者の ME 差は 2005 年 9 月前後から増加していることが判明（図 8.4）した。医師が、急遽全被験者に対し ME 差をプロットし 1 名を脳卒中危険保有者と考え、該当被験者のかかりつけ医に連絡し投薬を変更した。一方早朝収縮期血圧と就寝前収縮期血圧の差は、

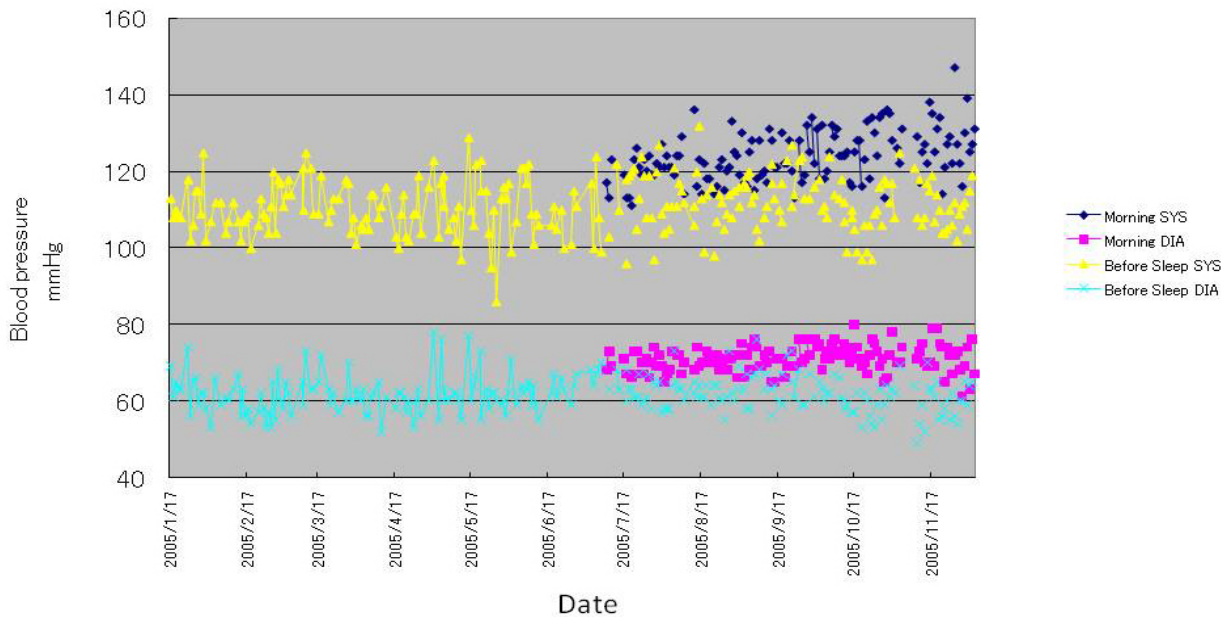


図 8.4 TIA 発症被験者の血圧推移（12 月 7 日）

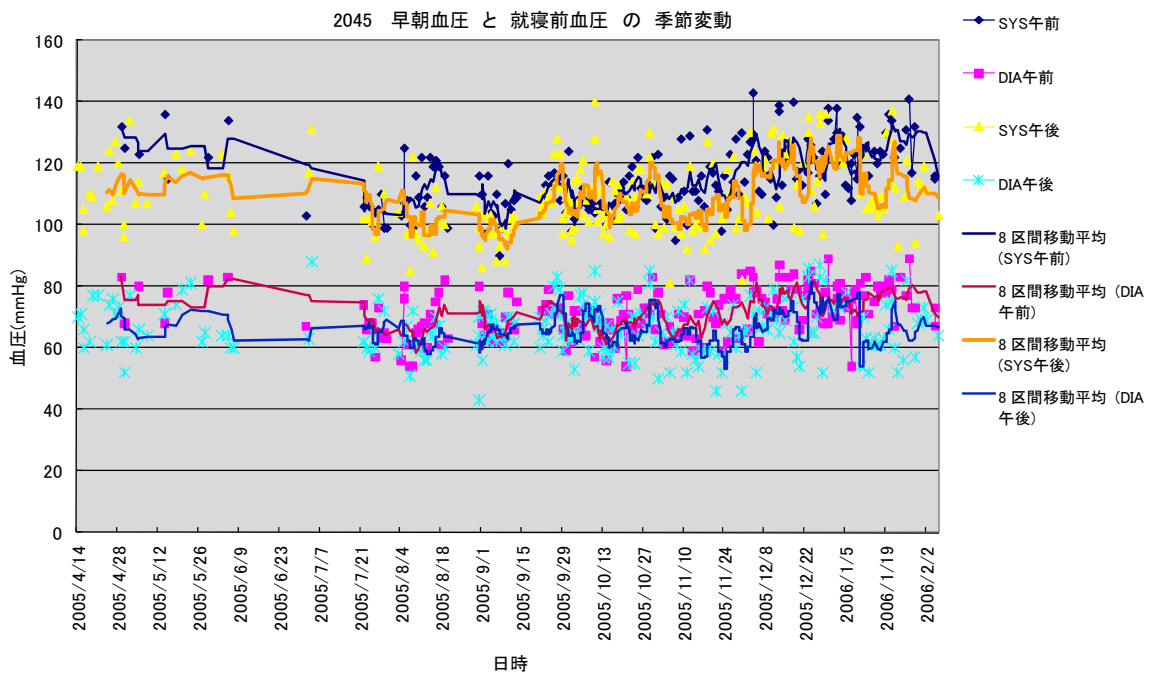


図 8.5 ID 2045 早朝血圧と就寝前血圧の季節変動

季節変動を受けるため、一律の判定が難しい（図 8.5）。また 6.4.7 で示したように

心血管リスクである早朝収縮期血圧の監視において、血圧値の絶対値も、季節変動量 2.11mmHg/月以上の上昇を持つ被験者は監視対象になるべきと思われるが、年間の血圧変動の大きな被験者もおり今後個人対応にどのような監視方法が適当であるかの幾つかの判定論理を明らかにし、その判定選択と成績を明確にする必要がある。2年間以上のデータ蓄積により判定論理を明確に出来れば、計測者の脳卒中発症リスクを低減できる可能性があり、研究促進が期待される。

8.3.3 一日平均歩数と血圧の関連

歩行計測が100日以上計測者でかつ2005年2月と2006年1月の計測値が8日以上上の被験者11名の両期間における血圧値の改善量(2006年1月平均—2005年2月平均)と一日平均歩数との関連を図8.6示す。

最小自乗法による線形近似式は $Y=0.002X-18.13$ (X: 1日当たり平均歩数(年平均)、Y: 血圧値改善量 $R=0.766$: $P<0.01$) で、ゼロクロスは、9065歩/日となり、9000歩/日前後に血圧の維持歩数があるものと思われる。これらは、岩根¹⁰²⁾ら、山本¹⁰³⁾らの研究を裏付ける形となっている。健康日本21⁹³⁾の2010年における高齢者歩数目標が男性6700歩/日、女性5900歩/日となっているが、生活習慣病の改善目標としては、低いと思われる。上記11名の1年間の歩数計測実施日の平均が 245.1 ± 41.6 (67.1%) であり、計測しなかった日の行動は把握できていない。各被験者の計測日数がバラバラであるが一定の相関($p<0.01$)を示したことを考慮すれば、上記歩数は一定の意味を持つと考えられる。

また多変量解析による血圧値改善と累積歩行カロリー(7章7.4.2)で示したように血圧値の改善者と悪化者の累積カロリーの分岐点が300kcal/日前後にあり、300kcal/日は歩行では、約1万歩/日前後にあたり、数値としては妥当性のあるものとする。

健康づくりのための運動基準¹²⁸⁾では、3METs以上運動を推奨しているように、一日の歩数よりも歩ける日に歩きその日の歩数が9000歩を超えるような指導が適当と思われる。山本ら¹⁰³⁾の研究では1日1万歩以下の群(25名、平均歩数 7824 ± 1088 歩/日、12週間)でも収縮期血圧が 138.5 ± 6.7 mmHg から 130.2 ± 10.5 mmHg に有意($P<0.01$)に降圧したと報告している。山本らの研究は日本人の体質を考慮した新たな目標値の設定の必要性を示しており、本論文の9000歩/日は、計測日数が1年間で 245 ± 41.6 日で山本らの7824歩/日(12週間毎日)とは一概に比較できないが、実際に長期間、習慣として歩行するには体調の良い日に9000歩/日以上というのが一つの目標になると考える。

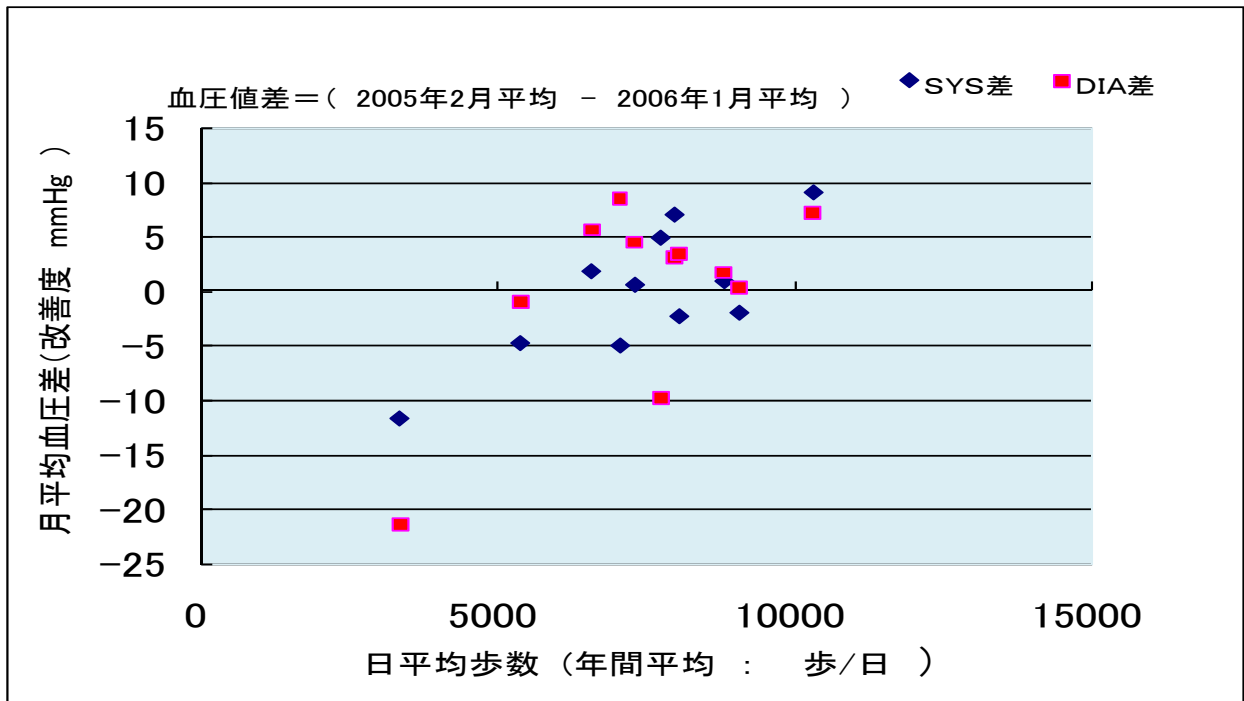


図 8.6 血圧値の改善と一日平均歩数

8.3.4 一日平均歩数と体重

実証実験の結果として体重と歩行の関係を図 8.7 に示す。6.3.1 で示したように全体的に体重減少者が多い。一日の歩行量が大きいといっても、必ずしも減量に結びついていないと推測される。減量には摂食活動と水分補給が支配的で、運動とは別にコントロールするのが望ましいと思われる。

表 7.3 で示したように、悪化者 ID2049 の血圧変動の多変量解析における体重の回帰係数 9.06mmHg/kg ($p < 0.001$) が血圧変動 ($R^2 = 0.43$) を説明した。悪化期において体重が悪化指標になる可能性がある被験者がいると思われる。

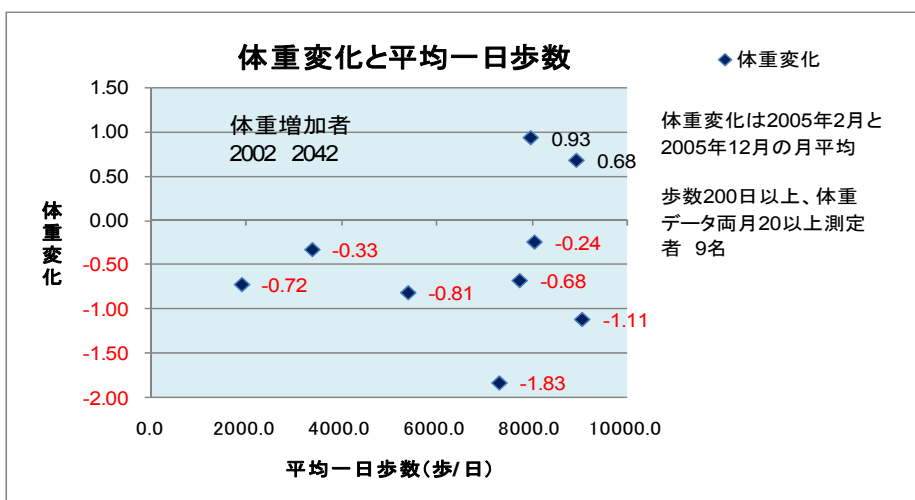


図 8.7 平均一日歩数と体重の改善

8.4 介入研究

8.4.1 介入指導の成果とリアル指導の必要性

実証実験での介入は、データに関するコメントを2~4週間に一回、メール、または郵送にて実施した。体重のコントロールに関しては6.3.1で示したように100回以上計測者の74%（29名）が減少に成功している。言い換えると被験者側に意欲があれば指導する体制は、ITを利用して可能であることを示唆している。一方、参加同意者61名からみると52%の人が指導でうまくいっていない。原因としては指導する側が被験者に対して、計測に対する関心を引き出せていない。本人の摂食行動の変容を起こせていないなどある。ITを利用した介入指導では、具体的にこちらの言うことをきかない原因まで立ち上って指導しにくい。ここに立ち上って指導することがより多くの方が生活習慣病を予防できる原点と思われる。しかしここに立ち上るには「直接面接」以外に被験者の行動変容を起こす手段は現状では確立できていない。

8.4.2 遠隔介入指導ガイドラインの必要性

6.3.7.2で示したように高齢者においては、運動中の心拍数は日々大幅に異なっている。これは高齢者になるほどまた疾患を有するほど同様の現象の起こる頻度が高いことが経験的に判っている。この運動の強度はNewyork Heart Association (NYHA)¹³⁶⁾の基準に基づいた運動処方¹³⁷⁾によっているが、それでも高齢者では日々の体調により同一強度の運動でも心拍数が大きく変化する。これに対応するためには、高齢者用のメディカルチェックの在り方が、従来 of 病院による1回の運動処方の検査（生体的チェック、心肺機能負荷試験）以外にITを使い時系列的に把握すべきメディカルチェックが必要と思われる。かかる方法論を確立すれば、高齢者がより安全に健康指導可能な環境が整備できると考える。このようなITを使った高齢者の運動指導ガイドラインの作成が望まれる。

8.4.3 介入指導のコスト

介入指導に当たっては、被験者に基本メディカルチェックである医師による問診、血液生化学検査、検尿、胸部レントゲン、心電図のスクリーニング検査を実施し、腎不全、肝機能障害、甲状腺などの内分泌異常、コントロールされていない糖尿病、高血圧等は、病院での基礎疾患の精査、治療を受診していただき対象者からはずした。

これらの疾病に該当しない人に対し、各種疾病の発症可能性の高さに応じて、生活習慣病の病態により、それぞれリスクの高い項目の追加検査を実施した。例えば

肥満の場合には、早朝空腹時に基礎代謝量が計測され、採血にて肥満遺伝子のタイプ別判定、臨床心理士による心理評価などが実施した。対面メディカルチェックの後、運動機能チェック（心肺機能負荷試験、可動域、柔軟性、筋力など）を実施し、運動処方と月 1 回の栄養指導を実施した。

もし生活習慣病の介入を広く実施するに当たり、これらを医師のコストで実施すれば莫大な費用がかかる。しかも対象は生活習慣病の予備群であり、生活習慣病患者ではない。

これらの検査結果から、運動指導ノウハウ、栄養指導ノウハウ、臨床心理応用ノウハウ（面接スキル、坂田式行動質問票、性格分析）を総合的に理解し、指導できる人材育成とその指導ノウハウの電子化は今後このシステムが普及するためには必須事項となると考える。

8.4.4 予防行動指導ノウハウ蓄積

実証実験での指導士、管理栄養士が、最も苦勞した点は、相談者一人一人の思い込みである。自分は間食していない、自分は言われた通り運動している。自分はたまたま血圧が高いだけだ。自分は朝食を 8 割ぐらい食べている。アルコールは一日ビール 1 本程度などなど、相談者の思い込みの強さは、凄まじいものがあったそうである。この思い込みを変えて被験者一人一人が行動を認識できれば自ずと行動が変わり、過食、運動不足、喫煙、アルコール漬けなどが解消される可能性が高く、この行動変容を起こすためのノウハウの蓄積も重要である。

9章 結言

生活習慣病にかかる医療費は平成19年度現在8兆円を超え罹患者数1400万人に達している。また高齢化に伴って発症するため、今後団塊の世代の高齢化によりさらなる医療費の増加が見込まれている。特に高血圧症と脳卒中は合わせて4兆円に達しており、疾病発症の原因である血圧の管理は重要な課題である。生活習慣病予備群を含め高齢者自らが自分の健康改善をしない限り、上記医療費の削減は不可能である。

このような状況を鑑み、従来家庭にばらばらに存在した異なるメーカーの家庭健康計測機器を統一した家庭内通信プロトコール（標準プロトコール）を用い同一のネットワークに組み込みことにより、使用者が一元的に自分の健康状態を評価可能な環境を整備し、さらに使用者が判断不能の場合にはネットワークを通じて自らのデータを開陳し、介入技術サービスを提供する医師、生体を理解しデータ解析能力を有する医工学者または推論エンジンの力を借りることができるようになることを通じて、一人一人が自らの健康改善の指標を探し当て、理解することができるネットワークの開発と実証評価を実施した。

1) センサ開発研究

本開発研究では、従来計測できていなかった睡眠状態（睡眠時間、睡眠中の脈拍、呼吸、いびき、体動）を捉える睡眠計測マット並びに運動状態（発揮筋力、ワット、脈拍、回転速度、心肺持久力）を捉える運動能力計を開発研究し、中枢性睡眠時無呼吸症候群の発見、及び運動中の脈拍変動が高齢者では大きいためその日の体調に合わせた運動の必要性について論述すると共に、異なるメーカーの機器を統一的にシステムに組み込む標準プロトコールを搭載した伝送モジュールについて論述した（3,6,7,8章）。

2) 家庭内通信プロトコール開発研究

また家庭内健康計測機器—健康管理機器間の伝送に関し、健康管理機器に健康計測機器の属性（機器登録通信）とその機器の伝送する情報を事前に登録（情報登録通信）する手順と伝送フォーマットを規定すること、データ伝送時の通信パターン、フォーマット及び手順（無手順、ACK-NAK,要求一応答）を規定することを通じて家庭内健康情報通信の標準プロトコールを規格化した。またその規格に基づいた伝送モジュールを開発し、20家庭の実証実験で使用する通じて、標準プロトコールの通信エラーが従来の各メーカーの通信手順比、通信エラーを40%低減（7.06回/日から4.21回/日）できる実績を示し、同プロトコールの普及の基礎を築いた。これにより、メーカーにとらわれないシステム構築が可能となり、より安価な機器をシステムに取り込める基礎を築いた。一方通信の下位レイヤ（主に物理層、データリンク層、ネットワーク層）に関しては、実証実験でZigBeeを利用し

たが、マルチポップの経路が不確定で、到達遅延時間の分散が大きく、依然決定的な通信方式は確立できていないと考える。バッテリー駆動などの健康計測機器も利用できる方式開発研究（変調、通信路誤り修正、複数路同時通信、パワーコントロールなど）が望まれる。（3,6章）

3) 実証実験

標準プロトコールに基づいて、集まった異なるメーカーの計測データは期間内で、計測回数で測るデータ（血圧計、体重計）26348回/年、時間単位に連続で測るデータ（歩数計 87566時間、睡眠計測マット 44322時間、運動能力計 375時間）132263時間のデータが計測された。これらのデータは、標準プロトコールのフォーマットに従っているため容易に比較解析可能であり、それぞれの計測項目に関しデータ解析を実施した。特に高血圧症は主病名として一番罹患率が多く、血圧のコントロールのための解析を実施した。10回以上/年の複数回計測の26名中17名(65%)で2回の計測値間に有意差 ($P<0.05$) を認め、2回以上計測し平均値を取ることが意味ある事を paired t-test を用いて検証した。また本実証実験では、家庭計測血圧に対し、診療時の血圧が高く出る傾向が男性に多く、血圧値が高ければ高いほど差が大きくなる傾向 ($p<0.001$) が認められた。家庭血圧計測が重要性を持つと考えられる。特に診療時は午前10時以降に計測される場合が多く、自分の血圧の日内変動も把握しておく必要があると思われる。

早朝血圧と就寝前時血圧の血圧値比較では、有意 ($p<0.001$) に早朝血圧が高い者が、21名中16名(76%)に達した。また21名平均で、7.6mmHg早朝収縮期血圧で高かった。収縮期血圧と平均気温の関係は、大阪被験者全体で相関係数が-0.314 ($p<0.001$) と高く気温の変化を明らかに受けており、寒い朝など十分な注意が必要と思われる。季節変動は、8月に対して12月には早朝収縮期血圧は被験者平均で、8.45mmHg (2.11mmHg/月) 上昇しており、冬季の早朝には、血圧に対する注意が必要と思われる。

4) 血圧値の悪化と改善の多変量解析

異なるメーカーのデータ（血圧、体重、睡眠、運動、歩行）を容易に比較可能とする例として、多変量解析を実施した。血圧の変動要因を把握するため、1年間の実証実験の開始期と終了期の約3ヶ月平均で $p<0.001$ で有意に悪化した者2名、改善した者に2名を Welch 法を用い選定し実施した。その結果4名中3名が運動カロリーの累積値が血圧変動の説明能力（回帰係数が $p<0.001$ で有意）が高いことが示された。しかしこれらの回帰係数が被験者により異なる値を示したため、血圧値の改善量を示す回帰

係数と運動カロリーとの関係が時間軸上での運動カロリーの累積値の傾きと関係がある事を示し 300kcal/日前後の上下で、血圧値が改善するか悪化するかの分岐点があることを示した。また悪化期には体重が血圧の変動要因を説明する被験者もあり、被験者により監視すべき項目が異なる可能性が示唆された。

5) 歩行の血圧改善能力

被験者の開始期と終了期の血圧値の改善と年間歩数の平均値の間に線形性があり、 $Y=0.002X-18.13$ (X: 1日当たり歩数(年平均)、Y: 血圧値改善量 $R=0.766$; $P<0.01$) で、ゼロクロスは、9065歩/日となり、9000歩/日前後に血圧値の維持歩数があるものと思われるこの知見は岩根、山本らの日本人での研究を補強する形となっている。しかし両研究とも12週間の介入実験であり、期間的には短い。本実証実験では、1年間(52週)での研究でも同じ効果が得られている事を示した。また歩行も毎日の計測ではなく平均245日/年間(67%)であり、その他の日を含んでいない。このような状況でも血圧値は改善しており、運動指導方法は運動しやすい体調のときに9000歩以上、または300kcal以上の運動を奨める方式でも血圧値の改善は可能であることを示している可能性が高い。

従来介入効果検証のための研究から、高齢者が実現しやすくかつ効果のある運動処方を決めるための研究が促進されるべきと考える。

3)、4)、5)で示したように、大量で且つ様々な要素の統一的に匿名化されたデータ蓄積は、多様な解析を可能とし、疫学的なエビデンス構築に新しい方法論を提供できる可能性が高い。この為にも家庭内健康情報通信の標準プロトコールの普及と集められたデータの解析推進が望ましいと考える。

謝辞

本研究の全期間を通じて、終始励ましと暖かいご指導を賜ると同時に研究者としての在り方をご享受賜りました千葉大学大学院工学研究科・田村俊世教授に心より深謝申し上げます。

また本研究を遂行するに当たり、実証実験の場を提供して下さり、介入指導実施して下さった関西医科大学健康科学講座木村穰教授に感謝申し上げます。

本研究に対し、深い理解と積極的な協力をして下さった技術研究組合医療福祉機器研究所の松浦哲夫部長並びに研究を始めるにあたって尽力して下さった経済産業省商務情報政策局医療福祉室岡倉伸治室長に深謝申し上げます。

また具体的に様々なご協力をたまわった関根正樹先生、鶴濱亜沙美さんに心より感謝申し上げます。

平成 22 年 7 月

水庫 功

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 20 年度患者調査の概要 概況表 5 2009/11/3
- 2) 国民衛生の動向 厚生統計協会編集 56, 9, 81,2009
- 3) 人口動態統計：厚生統計協会編集 17、2009
- 4) Truett J, Cornfield J, Kannel W. : A multivariate analysis of the risk of coronary heart disease in Framingham. J Chronic Dis., 20, 511-24. 1967
- 5) 勝木司馬之助、広田安夫、武谷伸：脳卒中の疫学と Population survey. 最新医学 19,2766-82,1964
- 6) 広田安夫、勝木司馬之助：脳血管疾患の前向調査,黒岩義五郎,近藤喜代太郎編 医学書院,146-58, 1976
- 7) [Arima H](#), [Tanizaki Y](#), [Yonemoto K](#), [Doi Y](#), [Ninomiya T](#), [Hata J](#), [Fukuhara M](#), [Matsumura K](#), [Iida M](#), [Kiyohara Y](#): Impact of blood pressure levels on different types of stroke: the Hisayama study. J Hypertens., Dec. Vol. 27 (12), 2437-43. 2009
- 8) Aoki K: Short History of Epidemiology for Noninfectious Disease in Japan. J Epidemiol,18, 2-18, 2008
- 9) Guidelines Subcommittee 1999 World Health Organization-International Society of Hypertension Guidelines for the Management of Hypertension. J Hypertens. , 17,151-183, 1999
- 10) The European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring: European Society of Hypertension recommendations for conventional, ambulatory and home blood pressure measurement , J Hypertens., May (21) 5 - pp 821-8482, 2003
- 11) 高血圧管理のための日本高血圧学会ガイドライン(JSH 2004) Hypertens. Res. ,29,Suppl., 1-6,S1-S105 (2006.08)
- 12) 日本高血圧学会 高血圧治療ガイドライン作成委員会編：高血圧治療ガイドライン 2009 日本高血圧学会発行 東京, 10,2009
- 13) Watanabe Y, Metoki H, Ohkubo T, Hirose T, Kikuya M, Asayama K, Inoue R, Hara A, Obara T, Hoshi H, Totsune K, Imai Y. : [Parental longevity and offspring's home blood pressure: the Ohasama study.](#) J Hypertens., 28 (2), 272-277、2010
- 14) Kikuya M, Ohkubo T, Metoki H, Asayama K, Hara A, Obara T, Inoue R, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Imai Y : Day-by-day variability of blood pressure and heart rate at home as a novel predictor of prognosis: the Ohasama study. Hypertens.,52 (6), 1045-1050, 2008
- 15) Inoue R, Ohkubo T, Kikuya M, Metoki H, Asayama K, Obara T, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Kondo Y, Imai Y: Predicting Stroke Using 4

- Ambulatory Blood Pressure Monitoring-Derived Blood Pressure Indices: the Ohasama Study. *Hypertension* ,48, 877-882, 2006
- 16) Inoue R, Ohkubo T, Kikuya M, Metoki H, Asayama K, Obara T, Hirose T, Hara A, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Kondo Y, Imai Y: Stroke risk in systolic and combined systolic and diastolic hypertension determined using ambulatory blood pressure. The Ohasama study. *Am J Hypertens.* 20 (10), 1125-31, 2007
 - 17) Hashimoto J, Watabe D, Kimura A, Takahashi H, Ohkubo T, Totsune K, Imai Y : Determinants of the second derivative of the finger photoplethysmogram and brachial-ankle pulse-wave velocity: the Ohasama study. *Am J Hypertens.* 18, 477-485, 2005
 - 18) Ugajin T, Hozawa A, Ohkubo T, Asayama K, Kikuya M, Obara T, Metoki H, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Tsuji I, Imai Y: White-Coat hypertension as a risk factor for development of home hypertension: the Ohasama study. *Arch Int Med* ,165,1541-1546, 2005
 - 19) Asayama K, Ohkubo T, Kikuya M, Metoki H, Obara T, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Imai Y: Use of 2003 European Society of Hypertension-European Society of Cardiology guidelines for predicting stroke using self-measured blood pressure at home: the Ohasama study. *Eur Heart J* ,26,2026-2031, 2005
 - 20) Asayama K, Ohkubo T, Kikuya M, Metoki H, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Imai Y: Prediction of stroke by self-measurement of blood pressure at home versus casual screening blood pressure measurement in relation to the Joint National Committee 7 classification. The Ohasama study. *Stroke* ,35,2356-2361, 2004
 - 21) Ohkubo T, Asayama K, Kikuya M, Metoki H, Obara T, Saito S, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Imai Y: Prediction of ischemic and haemorrhagic stroke by self-measured blood pressure at home: the Ohasama study. *Blood Press Monit.*,9,315-320, 2004
 - 22) Hozawa A, Ohkubo T, Kikuya M, Yamaguchi J, Ohmori K, Fujiwara T, Hashimoto J, Matsubara M, Kitaoka H, Nagai K, Tsuji I, Satoh H, Hisamichi S, Imai Y: Blood pressure control assessed by home, ambulatory and conventional blood pressure measurements in the Japanese general population: the Ohasama Study. *Hypertens. Res* ,25,57-63, 2002
 - 23) Imai Y, Hozawa A, Ohkubo T, Tsuji I, Yamaguchi J, Matsubara M, Michimata M, Hashimoto J, Fujiwara T, Nagai K, Kitaoka H, Satoh H, Hisamichi S: Predictive values of automated blood pressure measurement: what can we learn from the Japanese population- the Ohasama study. *Blood Press Monit.* ,6,

335-339, 2001

- 24) Fukuda M, Ohkubo T, Katsuya T, Hozawa A, Asai T, Matsubara M, Kitaoka H, Tsuji I, Araki T, Satoh H, Higaki J, Hisamichi S, Imai Y, Ogihara T: Association of a mast cell chymase gene variant with HDL cholesterol, but not with blood pressure in the Ohasama study. *Hypertens. Res.* ,25:p179-184, 2001
- 25) Hozawa A, Ohkubo T, Nagai K, Kikuya M, Matsubara M, Tsuji I, Ito S, Satoh H, Hisamichi S, and Imai Y: Prognosis of isolated systolic and isolated diastolic hypertension as assessed by self-measurement of blood pressure at home: the Ohasama Study . *Arch Intern Med*,160,3301-3306,2000
- 26) Cesana G, De Vito G, Ferrario M, Libretti A, Mancia G, Mocarelli P, Sega R, Valagussa F, Zanchetti A. : Ambulatory blood pressure normalcy: the PAMELA Study. *J Hypertens.*, Suppl. ,Dec9(3),S17-23. 1991
- 27) Sega R,Cesana G,Milesi C,Grassi G,Zanchetti A,Mancia G : Ambulatory and Home Blood Pressure Normality in the Elderly : Data From the PAMELA Population, *J Hypertens.*, 30,1-6,1997
- 28) Sega G, Bravi C, Cesana G, Valagussa F, Mancia G, Zanchetti A : Ambulatory and home blood pressure normality: the Pamela Study, *J Cardiovasc. Pharmacol.* ,23, Suppl. 5:S12-5, 1994;
- 29) Verdecchia P, Schillaci G, Gatteschi C, Zampi I, Battistelli M, Bartoccini C and Porcellati C : Blunted nocturnal fall in blood pressure in hypertensive women with future cardiovascular morbid events. *Circulation.* 88 : p986-992, 1993
- 30) Staessen JA, Bieniaszewski L, O'Brien ET, Imai Y, Fagard R : An epidemiological approach to ambulatory blood pressure monitoring: the Belgian Population Study. *Blood Press Monit.*,Feb,1(1), p13-26、1996
- 31) 07/05/29 第 38 回 厚生科学審議会科学技術部会議事録 :
(<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/05/txt/s0529-1.txt>: accessed 2010/01/26)
- 32) 厚生労働白書 資料編 保健医療 医療費 医療費の動向 2009
- 33) 医療情報の総合的推進に関する研究 <http://square.umin.ac.jp/~enkaku/>
accessed 2010/3/3
- 34) 平成 21 年 12 月 24 日 へき地保健医療対策検討会 (厚生労働省) :
www.mhlw.go.jp/shingi/2009/12/dl/s1224-15g_1.pdf 20100120 (accessed 2010/1/26)
- 35) 名取道也,北側道弘,水庫 功,長澤 孝 : 妊婦の在宅診療を実施する上での問題点、在宅医療と ME 技術研究会研究報告集 6,4,11~12,1997
- 36) 秋山芳晃,山田恭輔,川嶋正成,岸野喜保,北川道弘,名取道也,開原成允,水庫 功:周産期管理における遠隔医療の新しい試み(第二報)、第二回遠隔医療研究会論文集:A6,19~22,1998
- 37) 秋山芳晃,瀬尾 宏,佐合治彦,岸野喜保,北川道弘,名取道也,開原成允,水庫 功:周産

- 期管理における遠隔医療の新しい試み(第三報)、第三回遠隔医療研究会論文集:A2-2,79~81,1999
- 38) 西田正実、松室昌宏、小室久美子：在宅妊婦遠隔診療支援システム“エンゼルケア”
三菱電機技報,73, 11,1999
- 39) 特許 3889133 マルチデータ伝送方法およびその装置 水庫 功、田島 仁
- 40) 特許 4086948 在宅医療装置及び在宅医療方法 水庫 功、田島 仁、須田
晃弘
- 41) 木戸豊,中村 哲生,杉山 啓輔,寺岡 信晴：在宅医療現場で活躍するCTIシステム,
第 18 回 医療情報学連合大会 18th JCMI:演題番号 3-D-2-1,Nov. ,1998,
http://www.jami.jp/18taikai/18jcmi_data/pdfs/3D21.pdf Accessed 2009/4/15
- 42) 梅本敬夫,紀ノ定保臣,宇野嘉弘,森田弘之,石塚達夫,堀尾茂之,伊藤尚貴,練木勉,湯上
英臣： 過疎地域における高齢者の生活習慣病予防を目的としたJA健康管理シ
ステム,第 20 回 医療情報学連合大会 20th JCMI:p15,Nov. , 2000
- 43) 水庫 功 , 小野木 幹夫 , 増本 昭：マンション-タル管理システム《メルセント
リ-M》(昇降機及びビル管理システム特集) 三菱電機技報 61(11), 881~
886, 1987
- 44) 水庫 功 , 本田 博志 , 串田 信行：コ-トハウス駒沢向けマンション-タル管理シ
ステム(家庭における情報・システム化特集) 三菱電機技報 63(2), 129~
131, 1989
- 45) 水庫 功 , 菊池 浄 , 佐藤 進：情報センターの機能と運営体制(インテリジェント
ビルシステム特集) 三菱電機技報 63(6), 463~466, 1989
- 46) Tazaki S: A Standard Protocol for an Autonomous, Decentralized Building
Automation System, The Fourth International Symposium on Autonomous
Decentralized Systems, 85, 1999
- 47) <http://www.anzen-1.co.jp/file/kinquzuhou/index.html> accessed 2010/ 1/ 23
- 48) Tamura T, Togawa T, Ogawa M, Yoda M. : Fully automated health monitoring
system in the home. Medical Engineering & Physics,20(8), 573-579,1998
- 49) Rialle V, Duchene F, Noury N, Bajolle L, Demongeot J: Health "Smart" Home:
Information Technology for Patients at Home, Telemedicine Journal and
e-Health ,8,July 9, 2004
- 50) John G.F., Cleland A, Louis A, Alan S, Janssens U, Aggie H and TEN-HMS
Investigators: Noninvasive Home Telemonitoring for Patients With Heart
Failure at High Risk of Recurrent Admission and Death: The Trans-European
Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study, J. of the Am.
College of Cardiology ,45(10), 17, 1654-1664 , 2005
- 51) 加藤 俊夫 , 奥田 武正 , 佐藤 弘昭 , 柳浦 真美子：職場血圧測定監視システム
の開発と評価,日本職業・災害医学会会誌 50(5), 365-373, 2002
- 52) 加藤 俊夫 , 奥田 武正 , 佐藤 弘昭：血圧測定を中心とした生活習慣病監視ネッ

- トワークシステム 3 年間の稼動状況 産業衛生学雑誌,42,577,2000
- 53) American telecare, available from <http://www.americantelecare.com/>
- 54) Telemedicine information exchange, available from <http://tie.telemed.org/homehealth/>
- 55) Maheu MM, Whitten P, Allen A: “E-Health, Telehealth, and Telemedicine”, Jossey-Bass Inc., 3-4, 2001
- 56) <http://www.netdokter.dk/index.shtml> Accessed 2010/01/26
- 57) Andrey T, Diane W, Stefan L, Reinhard H, Rifat A: Report on national eHealth RTD (research and technological development) programmes, approaches and institutions 2007 , http://www.ehealth-era.org/documents/eHealth-ERA_D3_1_eHealth_RTD_Report_Final_rev1.pdf: accessed 2010/ 1/15
- 58) 情報通信関係のフォーラム活動に関する調査報告書 (第 12 版)2006 http://www.ttc.or.jp/j/forum/pdf/forum_report_v12.pdf accessed 2010/1/15
- 59) 情報通信関係のフォーラム活動に関する調査報告書 (第 15 版)2009 http://www.ttc.or.jp/j/forum/pdf/Forum_report_v15.pdf accessed 2010/1/15
- 60) Asai Y, Nomura T, Sato S, Tamaki A, Matsuo Y, Mizukura I, Abe K : Classifying lower limb dynamics in Parkinson’s disease ,Biological Cybernetics ,88: 2, 152-162,2003
- 61) Kazuo A, Asai Y, Matsuo Y, Nomura T, Sato S, Inoue S, Mizukura I, Sakoda S : Classifying lower limb dynamics in Parkinson’s disease, Brain Res. Bulletin, 61, 2, 15 July , 219-226,2003
- 62) Matsuo Y, Asai Y, Nomura T, Sato S, Inoue S, Mizukura I, Yoneda T, Miki A, Abe K : Intralimb incoordination in patients with ataxia, NeuroReport、 ,14,16, 2057-2059, 2003
- 63) MATSUO Y, ASAI Y, NOMURA T, SATO S, INOUE S, MIZUKURA I, YONEDA T, MIKI A, SAKODA S: Intralimb and Interlimb Incoordination: Comparative Study between Patients with Parkinsonism and with Cerebellar Ataxia,理学療法学 8,1,47-52,2005
- 64) 水庫 功,吉田光伸,吉田敬三,鈴木浩徳:ストレングスエルゴ 三菱電機技報 73(11), (通巻 822), 761~764, 1999
- 65) 濱 泰之 , 松原 建史 , 猪立山 昌江 , 高木 千枝子 , 山口 健一 , 原 信也 , 原 俊昭 , 水庫 功 , 清永 明 , 田中 宏暁 , 進藤 宗洋 : セミリカンベント式エルゴメータによる要介護老人を対象とした自立生活復帰に向けた運動プログラム作成の基礎的研究(リハビリテーション・運動療法) 体力科学 51(6), 800, 2002
- 66) 玉木 彰 , 松尾 善美 , 井上 悟 , 阿部 和夫 , 山田 純生 , 水庫 功 : Strength Ergo を用いた神経筋疾患患者に対する下肢協調性評価法について,理学療法学 28(supple2), 409, 2001

- 67) 加藤 俊夫 , 神 幹雄 , 石村 重明 , 奥田 武正 , 藪田 良一 , 佐藤 弘明 , 小谷 隆 子 , 小淵 啓子 , 杉原 久子 , 鍋倉 陽子 , 渡辺 あゆみ , 田坂 律子 , 豊川 博美 , 柳浦 真美子 : 「死の四重奏」の頻度と四重奏にいたる経過について 産業衛生学雑誌 45(2), 76-77, 2003
- 68) 老人医療費の推移 : 平成 2 1 年度厚生労働白書, 表 21a19、2009
- 69) 厚生労働省 平成 20 年国民健康・栄養調査結果の概要について,13
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2009/11/h1109-1.html> accessed 2010/ 2/ 14
- 70) http://www.undoryoho.jp/old_file/FAQ.html accessed 2010/ 2/ 14
- 71) 北見裕史、伊藤春樹、長山雅俊、田辺一彦、松本晃裕 : 指定運動療法施設認定民間スポーツクラブでの運動療法実施における問題点
<http://www.umin.ac.jp/kawariyuku/kawariyuku.html> accessed 2010/2/14
- 72) 厚生労働白書(平成 21 年度) 厚生労働省編, 31
- 73) 厚生省保健医療局長 健医発第 738 号
<http://www.nta.go.jp/shiraberu/zeiho-kaishaku/tsutatsu/kobetsu/shotoku/shinkoku/920622/01.htm> accessed 2010/2/8
- 74) Blair SN, Goodyear NN, Gibbons LW, Cooper KH. : Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. JAMA vol.252:p487-90. 1984
- 75) Sudhir K, Jari A. Laukkanen, Rainer R, Timo A. Lakka, Juhani S, Jukka T. Salonen K : Cardiorespiratory Fitness and the Risk for Stroke in Men Archives of Internal Medicine ,163,14, 1682-1688, 2003
- 76) Church TS, Cheng YJ, Earnest CP, Barlow CE, Gibbons LW, PriestEL,Blair SN: Exercise Capacity and Body Composition as Predictors of Mortality Among Men With Diabetes. Diabetes Care,26,2918-2922,2003
- 77) Myers J., Prakash M., Froeiche V., Do D., Partington S., Atwood J. E.: Exercise Capacity and Mortality among Men Referred for Exercise Testing, N Engl J Med ,346,793-801,2002
- 78) 竹谷晋二、山田純生、小林亨、大宮一人 : 健常若年者における心拍数定常制御による運動負荷試験と運動耐容能との関連について、理学療法学, 32, ,7, 429-432, 2005
- 79) 竹谷晋二,山田純生,小林亨,大宮一人,吉田光伸 : 心拍制御による運動負荷時の仕事量と運動耐容能について、理学療法学,30, No.Supplement_2, 361, 2003
- 80) 竹谷晋二, 山田純生, 笠原西介, 小林亨, 立石圭祐、大宮一人,吉田光伸 : 心拍制御による運動負荷時の仕事量評価の信頼性 (運動・神経生理) 理学療法学,29, No.supplement_2, 47,2002
- 81) 竹谷晋二, 山田純生, 小林亨, 笠原西介, 大宮一人 : 一定心拍数に制御された運動負荷時の仕事量測定の信頼性について、理学療法学,30,7, 429-432,2005

- 82) 4) 山田 純生 渡辺 敏 山崎 祐司 前田 秀博 牧田 光代 三好 邦達 亀谷 学 田辺 一彦 岸 良光 岩崎 達弥 村山 正博 : 心疾患の運動処方強度としての Anaerobic Threshold の妥当性について 理学療法学, 16(Supplement), 323, 1989
- 83) 45) 前田 秀博 , 山田 純生, 渡辺 敏 , 山崎 裕司 , 大森 豊: 運動負荷試験 End Point 徴候よりみた心筋梗塞患者の運動耐容能の経時的推移について理学療法学 20(1), 9-13, 1993
- 84) 46) 北見 裕史 , 伊東 春樹 , 田辺 一彦 , 松本 晃裕 : [アスリート, 健常者及び成人病患者における AT 時心拍数 : カルボネン法との比較検討](#)、体力科学 45(6), 693, 1996
- 85) Mizukura I, Kimura Y, Tamura T, Improving personal Health through the Home Healthcare Model Verification Project in Osaka Japan , 2nd International Conference on Ubiquitous Healthcare , 31-34, 2005
- 86) Peppard PE, Young T, Palta M, Skatrud J: Prospective study of the association between sleep-disordered breathing and hypertension. N Engl J Med, 342, 1378-1384, 2000
- 87) Marin JM, Carrizo SJ, Vicente E, Agusti AG: Long-term cardiovascular outcomes in men with obstructive sleepapnoea-hypopnoea with or without treatment with continuous positive airway pressure: an observational study. Lancet, 365, 1046-1053, 2005.
- 88) Yaggi HK, Concato J, Kernan WN, Lichtman JH, Brass LM, Mohsenin V: Obstructive sleep apnea as a risk factor for stroke and death. N Engl J Med., 353, 2034-2041, 2005.
- 89) 戎利光, 戎弘志 : ライフスタイルと健康の科学. 初版, 不昧堂出版, 東京, 171-180, 2001
- 90) 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., 29, 581-587 , 2006
- 91) Watanabe T, Watanabe K: Non-contact Method for sleep stage Estimation、IEEE TBME, 51, 10, 1735~1748, 2004
- 92) 厚生労働省 : 平成20年国民健康・栄養調査結果の概要について, 3
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2009/11/h1109-1.html> accessed 2010/2/28
- 93) 厚生労働省 : 「健康日本21」中間評価報告書 11
<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/04/s0423-10.html> accessed 2010/2/28
- 94) Fujioka S , Matsuzawa Y, Tokunaga K, Tarui S : Contribution of

- intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. , *Metabolism*, 36(1), 54-59, 1987
- 95) H Kanai, Y Matsuzawa, K Kotani, Y Keno, T Kobatake, Y Nagai, S Fujioka, K Tokunaga and S Tarui: Close correlation of intra-abdominal fat accumulation to hypertension in obese women、 *Hypertension*, 16, 484-490,1990
- 96) Sakuma M, Imai Y, Nagai K, Watanabe N, Sakuma H, Minami N, Satoh H and Abe K: Reproducibility of Home Blood Pressure Measurements Over a 1-Year Period. *Am J Hypertens.*10,798-803, 1997.
- 97) Ugajin T, Hozawa A, Ohkubo T, Asayama K, Kikuya M, Obara T, Metoki H, Hoshi H, Hashimoto J, Totsune K, Satoh H, Tsuji I, Imai Y: White-Coat Hypertension as a Risk Factor for the Development of Home Hypertension The Ohasama Study. *Arch Int.Med.*, 165,1541-1546, 2005.
- 98) Stergiou GS, Baibas NM, Gantzarou A P, Skeva II, Kalkana CB, Roussias LG and Mountokalakis TD: Reproducibility of home, ambulatory, and clinic blood pressure: implications for the design of trials for the assessment of antihypertensive drug efficacy. *Am J Hypertens.*,15, 101-104, 2002
- 99 大久保孝義:非医療環境下血圧による脳卒中リスク予測とその予防 *脳卒中*, 30, 829-833, 2008.
- 100) Cappuccio FP, Kerry SM, Forbes L, Donald A、 Blood pressure control by home monitoring: meta-analysis of randomized trials. *BMJ*, 329,145-151, 2004.
- 101) Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC: Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl.J.Med.*,314(10), 605-613,1986
- 102) Iwane M, Arita M, Tomimoto S, Satani O, Matsumoto M, Miyashita K, Nishio I: Walking 10,000 steps/day or more reduces blood pressure and sympathetic nerve activity in mild essential hypertension. *Hypertens. Res.* 23(6), 573-580, 2000.
- 103) 山本直史,萩 裕美子,吉武 裕 : 中年女性における冠危険因子に対する一日一万歩歩行の有用性.*体力科学*,56,257-268,2007.
- 104) Moreau KL, Degarmo R, Langley J, McMahon C, Howley ET, Bassett DR, Thompson DL: Increasing daily walking lowers blood pressure in postmenopausal women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33(11), 1825-1831,2001
- 105) Bravata DM, Spangler CS, Sundaram V, Gienger AL, Lin N, Lewis R, Stave CD, Olkin I, Sirard JR : Using Pedometers to Increase Physical Activity and Improve Health :A Systematic Review *JAMA*, 298(19), 2296-2304, 2007.

- 106) Kelley GA, Sharpe KK :Aerobic exercise and resting blood pressure in older adults :a meta analytic review of randomized controlled trials. J Gerontology ,A , Biol.Med.Sci.,56(5), 298-303,2001.
- 107) Lars R. Knudsen, Vincent Rijmen, Ronald L. Rivest, Matthew J. B. Robshaw: On the Design and Security of RC2. Fast Software Encryption, 206-221,1998
- 108) ISO/IEC 18033-3:2005 Information technology – Security techniques – Encryption algorithms – Part 3: Block ciphers. iso.org (2008-10-15). Accessed 2009-06-02
- 109) <http://tools.ietf.org/html/rfc5246> Accessed 2009/06/02
- 110) Gutierrez A, Callaway H, Barrett R. : IEEE 802.15.4 Low-Rate Wireless Personal Area Networks, Institute of Electrical & Electronics Engineers, New York. 2003.
- 111) Callaway E.: Wireless Sensor Networks. New York: Auerbach Publications; 2003.
- 112) Zigbee Alliance, ZigBee Device Objects (version 1.0). 2004.
- 113) Zigbee Alliance, ZigBee Device Profile (version 1.0). 2004.
- 114) LAN/MAN Standards committee of the IEEE Computer Society. 802.15.4 Part 15.4: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs), IEEE New York specification ver. 2003.
- 115) Association of radio industries and businesses. [20 March 2009]; Overview of standards and Technical reports available at <http://www.arib.or.jp/english/html/overview/index-imp.html>. .
- 116) ISO/TC215 http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=54960 accessed 2010/4/10
- 117) Imai Y Obara K,Ohkubo T. How many times should we ask subjects to measure blood pressure at home on each occasion? J Hypertens. 25,1987-1991,2007
- 118) Verdecchia P, Reboldi GP, Angeli F, Schillaci G, Schwartz JE ,Pickering TG, Imai Y; Ohkubo T, Kario K: Short- and Long-Term Incidence of Stroke in White-Coat Hypertension, Hypertens. , 45,203-208, 2005
- 119) Chona K, Hashimoto J· Ohkubo T· Tsuji I, Nagai K · Kikuya M, Hozawa A, Matsubara M, Suzuki M, Fujiwara T ,Araki T, Sato H, Hisamichi S,Imai Y : Insufficient Duration of Action of Antihypertensive Drugs mediates High Blood

- Pressure in the Morning in Hypertensive Population: The Ohasama Study ,
Clinical and Experimental Hypertension, 1525-6006, 24(4),261 – 275, 2002
- 120) Guillaume Bobrie G, Chatellier G, Genes N, Clerson P Vaur L Vaisse B, Menard J, Mallion JM: Cardiovascular Prognosis of "Masked Hypertension" Detected by Blood Pressure Self-measurement in Elderly Treated Hypertensive Patients JAMA. 291:1342-1349. 2004
- 121) Ohkubo T, Masahiro Kikuya M, Metoki H, Asayama K, Obara T, Hashimoto J, Totsune K, Hoshi H, Satoh H, Imai Y: Prognosis of "Masked" Hypertension and "White-Coat" Hypertension Detected by 24-h Ambulatory Blood Pressure Monitoring: 10-Year Follow-Up From the Ohasama Study, J Am Coll Cardiol,46,508-515,2007
- 122) Hozawa A, Ohkubo T, Nagai K, Kikuya M, Matsubara, Tsuji I, Ito S, Satoh H, Hisamichi S, Imai Y, Prognosis of Isolated Systolic and Isolated Diastolic Hypertension as Assessed by Self-Measurement of Blood Pressure at Home, Arch Intern Med., 160(21), 3301-3306, 2000
- 123) Benetos A, Zureik M, Morcet J, Thomas F, Bean K, Safar M, Ducimetière P, Guize L, A decrease in diastolic blood pressure combined with an increase in systolic blood pressure is associated with a higher cardiovascular mortality in men J Am. Coll. Cardiol. ,35,673-680 ,2000
- 124) Staessen JA, Gasowski J, Wang JG, Thijs L, Hond ED, Boissel JP, Coope J, Ekblom T, Gueyffier F, Liu L, Kerlikowske K, Pocock S, Fagard RH, Risks of untreated and treated isolated systolic hypertension in the elderly: meta-analysis of outcome trials THE LANCET ,355 , 11, 865-872,2000
- 125) Paolo P, Athanase B, Guido G, Stevo J, Sverre EK, Giuseppe M, Krzystof N, Gianfranco P, Achille CP, Luis MR, Alberto Z : Identification and management of the hypertensive patient with elevated heart rate: statement of a European Society of Hypertension Consensus Meeting, J Hypertens. ,24 ,4 ,603-610, 2006
- 126) Hozawa A, Ohkubo T, Kikuya M, Ugajin T, Yamaguchi J, Asayama K, Metoki H, Ohmori K, Hoshi H, Hashimoto J:Prognostic value of home heart rate for cardiovascular mortality in the general populationThe Ohasama study, Am J. of Hypertensi., 17, 11, 1005-1010, 2004
- 127) Arakawa K : Antihypertensive mechanism of exercise. J Hypertens.11,223-229,1993
- 128) 厚生労働省 運動所要量・運動指針の策定検討会編：健康づくりのための運動基準 2006.

- 129) AHA : Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* **116**:1081-1093, 2007.
- 130) [http://emed.icsl.washington.edu/d2h2/Slides/D2H2-06-Mizukura.pdf#search='Mizukura Isao'](http://emed.icsl.washington.edu/d2h2/Slides/D2H2-06-Mizukura.pdf#search='Mizukura%20Isao')
- 131) Mizukura I, Tamura T, Kimura Y, Yu W.: New application of IEEE 11073 to home health Care. *The Open Medical Informatics* **3** : 32-41, 2009.
- 132) EITA AE5201A 2002年12月 (社団法人 電子情報技術産業協会)
<http://www.jeita.or.jp/cgi-bin/standard/list.cgi?cateid=3&subcateid=17>
accessed 2010/03/28
- 133) Heile B. IEEE 802.15 Working group for WPAN ,
<http://www.ieee802.org/15>. accessed on 2009/3/1
- 134) Rosberg Z : Optimal transmitter power control in interleaved division multiple access (IDMA) spread spectrum uplink channels, *IEEE transaction on Wireless Communications*, 6, 1, 192–201, 2007
- 135) Kario K, Pickering TG, Umeda Y, Hoshida S, Hoshida 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*.;107:1401-1406、2003
- 136) Bennett J, Riegel B, Bittner V, Nichols J: Validity and reliability of the NYHA classes for measuring research outcomes in patients with cardiac disease、 *The Journal of Acute and Critical Care*, 31, 4,262-270, 2002
- 137) Balady GJ, Chaitman CB, Driscoll D, Foster C, Froelicher E, Gordon N, Pate R, Rippe J, Bazzarre T : Recommendations for Cardiovascular Screening, Staffing, and Emergency Policies at Health/Fitness Facilities, *Circulation*,97,2283-2293, 1998

本論文に関連した研究発表文献

<原著論文>

- 1) Mizukura I, Tamura T, Kimura Y, Yu W.: New application of IEEE 11073 to home health Care. The Open Medical Informatics 3 : 32-41, 2009.
- 2) 水庫 功、関根 正樹、田村 俊世、木村 穰 : 1年間の介入指導に伴う睡眠、運動、体重からの家庭血圧変動要因の推定、生体医工学、48(1)、139-144、2010

<国際会議論文>

- 1) Mizukura I, Tamura T: Data acquisition and analysis for the field test of the Home Healthcare Network in Japan, 62-63, 6th International Special Topic Conference on ITAB,2007,Tokyo
- 2) Mizukura I, Home healthcare in Japan. Distributed Diagnosis and Home Healthcare International Conference ,Washington,America,2006
- 3) Mizukura I, Kimura Y, Tamura T: Possibility of self promotion for the stage of health in the Home Healthcare Network in Japan, the joint meeting of International Workshop on E-health and 2nd International Conference on Ubiquitous Healthcare 2005,31-34,2005

<国内学会>

- 1) 水庫 功 : 高性能健康測定機器の紹介、第45回生体医用工学会、指定演題、企画5
健康モニタリング機器群によるホームヘルスケア支援システム
- 2) 水庫 功 : ホームヘルスケアのための高性能健康測定機器開発・システム開発後の事業化、(社)日本生体医用工学会 専門部会「在宅医療とME技術」

<執筆>

- 1) 生活習慣病予防に向けた次世代健康計測機器ネットワークの開発 : CQ 出版「インターフェース」,11月号,157-167、2007

<記者発表>

1)「家庭用健康機器対応通信技術説明会」年齢や生活スタイルに合わせた健康管理を実現する基盤技術を実用化 2007年4月12日

<特許>

特許

1. 特許 4237541 保険者情報システム
2. 特許 4086948 在宅医療装置及び在宅医療方法
3. 特許 3889133 マルチデータ伝送方法およびその装置
4. 特許 3865862 運動療法装置のバイタル情報計測装置
5. 特許 3469410 ウェルネスシステム

公開

1. 特開 2004-318391 情報提供装置及び情報提供システム及び分散データベースシステム