

厚生科学研究費補助金

長寿科学総合研究事業

健康管理支援のための高齢者健康情報システムの構築

総括研究報告書・分担研究報告書

主任研究者 稲田 紘（東京大学大学院工学系研究科）

平成13（2001）年4月

目 次

I. 総括研究報告書

健康管理支援のための高齢者健康情報システムの構築	1
稲田 紘	

II. 分担研究報告書

1 在宅高齢者の健康情報収集システムの構築	6
稲田 紘	
2 高齢者血管内皮機能評価システムの開発と健康管理への応用	15
小笠原 康夫	
3 高齢者のヘルスケア情報提供システムの構築に関する研究	18
武田 裕	
4 自覚所見とGPSによる客観情報を用いた高齢者保健支援システムの開発	21
吉田 勝美	

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	25
---------------------------	----

IV. 研究成果の刊行物・別刷	26
-----------------------	----

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

総括研究報告書

健康管理支援のための高齢者健康情報システムの構築

主任研究者 稲田 紘 東京大学大学院工学系研究科 教授

在宅や施設における高齢者の健康管理を支援するため、IT（情報通信技術）の応用により、種々の健康情報を収集して、必要時に診断処理、関係機関への的確・迅速な伝送および関係者の情報共有を可能とする幾つかのシステムを開発しようとした。すなわち、①在宅高齢者の健康情報収集システムの構築、②高齢者血管内皮機能評価システムの開発と健康管理への応用、③高齢者のヘルスケア情報提供システムの構築、④自覚所見とGPSによる客観情報を用いた高齢者保健支援システムの開発、に関する研究を行う。2年目にあたる本年度は、いずれも昨年度に行われた基本的検討をもとに研究を進めた結果、それぞれに進展がみられ、一部は実用性が論じられるまでに至っており、次年度におけるシステムの完成と実用化が期待された。

〔研究組織〕

- 稲田 紘（東京大学大学院工学系研究科教授）
- 小笠原康夫（川崎医科大学助教授）
- 武田 裕（大阪大学医学部教授）
- 吉田勝美（聖マリアンナ医科大学教授）

A. 研究目的

超高齢社会に突入しつつある今日、高齢者がQOL（quality of life）の面でも充実した日常生活を過ごすことが強く望まれるようになったきたが、このためには日常における高齢者の健康管理を進め、健康維持をはかることが第一である。このことは、高齢者の自立を促し、かつ高騰する老人医療費を抑制するためにも重要であるといえる。この日常

時における高齢者の健康管理を進めるには、健康把握に必要かつ適切な健康情報を収集し、必要時に医療機関や関係者に対し、迅速な伝達を可能にするとともに、関係者間での共有をはかることが不可欠となる。しかし、最近の若年マンパワーの相対的減少などから、これらの実施を医療従事者のみに頼ることが困難になってきた。このため、高齢者自身による情報の収集・伝達や、これを自動化することも要請されるようになってきたが、現時点では、在宅や施設など的高齢者の日常における健康管理に要する健康情報の収集や医療機関など関係機関への伝送、あるいは保健・医療・福祉関係者による共有に関する適切な手段は見あたらず、高齢者の健康状態の的確な把握や、救急時における適切な処置に支障を

来すことがしばしば生じている。したがって、高齢者の健康管理を進めるにあたり、こうした面での支援を技術的立場から可能にするシステムの開発が求められる。

そこで本研究では、高齢者の健康管理を支援することをめざして、IT（情報通信技術）に関する各種技術を応用して、種々の健康情報を収集し、必要に応じて診断のための情報処理などを行うとともに、収集した情報について、関係機関への的確・迅速な伝送と、関係者間における共有を可能とする幾つかのシステムを開発する。そして、地域や施設における高齢者を対象として、試作システムを試用し、その評価結果に基づいて実用化をはかろうとする。

B. 研究方法

前述した研究目的のもとに、第2年目にあたる本年度は、各システムの開発・構築に必要な詳細設計と試作を行うとともに、一部については開発したシステムの試用を行った（かっこ内は分担研究者名）。

1. 在宅高齢者の健康情報収集システムの構築（稲田）

在宅高齢者の健康管理と病態把握に有用な健康情報収集・伝送システムの開発をはかる一環として、バイタルサインとしての心電図や身体活動度の収集・伝送を高齢者宅のみならず戸外でも可能とするシステムの構築に着手した。このため、昨年度に実施した仕様策定や基本設計をもとにシステムの詳細設計を行うとともに、これに基づき携帯型心電計と伝送コントローラなどPHSによる伝送のための端末システムを試作した。また、これらにより伝送された心電図などのデータを受信

するため、医療機関側に設置する心電図受診用サーバを開発した。さらに開発したシステムについて性能評価を行うため、システムテストを実施した。

2. 高齢者血管内皮機能評価システムの開発と健康管理への応用（小笠原）

近年、動脈硬化に起因する心血管疾患の罹患率がわが国にでも急増し、最大死因となっていることに鑑み、動脈硬化の初期病態である血管内皮機能障害を検知する方法論と適切な指標を確立し、その進展防止に役立てようとした。このため、高齢者の血管内皮機能評価の指標として、血管内皮由来弛緩因子として知られる血管内由来の一酸化窒素（NO）放出を介する血流依存性血管拡張応答に注目し、その計測・評価・診断システムの開発をはかろうとした。本年度は、血管内皮の血流増加に即応する血管内皮由来NO依存性血管拡張能を生理的な条件下で評価する方法論の確立をめざした。基準データベース蓄積のため、まず摂食の影響を2つのグループについて検討した。すなわち、第1グループは、全員に7日間同じ飲食物を摂取させ、血漿中の硝酸イオン濃度（NO₃⁻）を2時間ごとに計測して日内変動を評価した。第2グループは、単純な夕食から朝食までの間の14時間の絶食を2日間にわたり行い、血漿中NO₃⁻濃度を計測した。そして、その後、生体内NO動態モデルにより、生体内総NO産生速度の推算を試みた。

3. 高齢者のヘルスケア情報提供システムの構築（武田）

高齢者のヘルスケアに関する診療情報の交換、提供、二次利用などを支援するため、診療情報の電子保管とその共有化のための分散

電子カルテアーキテクチャを構築しようとしている。本年度は診療所電子カルテ（GPEPR, General Practitioner-oriented Electronic Patient Record System）を中心にその実証実験を行おうとした。このため、まず関連企業の参加の下にGPEPRを開発した。次いで医療情報システム調査委員会と、その下部組織として実証ワーキンググループを設け、香川、松江・隠岐、加古川、舞鶴の各地区において、地元医師会の協力のもとに、開発されたGPEPRの診療所モジュールを中心に実証実験を行った。評価は質問表に基づくアンケート調査により実施し、各医師会ごとに回答結果を集計した。

4. 自覚所見とGPSによる客観情報を用いた高齢者保健支援システムの開発（吉田）

高齢社会を迎え、高齢者のQOLを確保するためには、高齢者の健康異常を早期に検出し、適切な保健サービスを提供することが望まれる。そこで本研究では、①感情指向型対話システムの検討、②行動異常の早期検出のための位置情報の検討、という二つの課題について検討を進めている。本年度は、前者においてはWeb 高齢者健康診断システムを開発したが、このシステムでは、発話文から感情価を求める情緒生起式の推論エンジンを構築するため、発話文データベースおよび好感度データベースを構築した。好感度は、事象に対する「好き／嫌い」を区間 $[-1.0, +1.0]$ で表現した。好感度の学習には、「好き／嫌い」の感情表現の検出、事象環境の変化の検出、不快事象検出、感情表出フィードバックの方法を検討を行った。一方、後者の位置情報の検討では、高齢者の行動変化を早期に客観的に発見することを目的として、GPS（

Global Positioning System）による行動分析の予備的研究を行った。すなわち、屋外における高齢者の位置情報を継続的にオンライン計測し、GPSによる移動ログを用いて、高齢者の行動指標の一つとして移動速度について検討した。

（倫理面への配慮）

上記のいずれの研究においても、被験者については、所属機関の倫理委員会の承認のもとにインフォームドコンセントを得た上で、実験を実施しているため、倫理面に関する問題はない。

C. 研究結果

上述した各システムの開発に関する本年度の研究について、得られた主な結果を記す。

1. 在宅高齢者の健康情報収集システムの構築

本年度に実施した詳細設計に基づき、携帯型心電計および伝送コントローラを試作したが、このうち携帯型心電計については、身体活動度計測のための垂直、水平2方向の加速度計測機能と、心電図R-R間隔の計測機能およびそれに基づく心拍数算出機能を付加した。伝送コントローラについてはハードウェアとしての装置の試作のみならず、伝送手順のプログラムの作成も行った。また、できるだけ軽量化をはかるため、装置の筐体にはABS樹脂を使用した。これらを用いて伝送された心電図などのデータを受信するため、医療機関側に設置する心電図受信用サーバの開発を行ったが、これには市販のパソコンを使用し、OSとしては市販のWindows系のものを採用した。このサーバによるデータの画面表示機能としては、心電図波形のほか、不整

脈判定画面、心拍数と加速度（身体活動度）の表示、患者個人の病歴データの表示などを設けた。このようにして開発したシステムの性能評価を実施するため、評価基準を設定し、システムテストを行ったが、その結果、十分に使用可能であることが窺われる反面、実用化のためには、幾つかの検討すべき問題点が考えられた。

2. 高齢者血管内皮機能評価システムの開発と健康管理への応用

前述したような摂食方法に差異のある2つのグループについて血漿中NO₂濃度について検討した結果、食事直後に血漿中NO₂濃度が数倍にも上昇する場合があります、食物中に存在するNO₂の影響が大きいことが明らかとなった。しかし、いずれのグループにおいても、朝食前（絶食14時間後）の血漿中NO₂濃度はほとんどバラツキを示さず、定常レベルに達していた。この絶食後の血漿中NO₂濃度から、モデル解析により推算した生体内総NO₂生成速度は、約600 nmol/minと得られた。本評価法では、絶食時血中NO₂濃度の計測のみで容易に生体内NO₂生成速度を評価でき、単一個体内あるいは個体間の生体内総NO₂生成速度の比較や、臨床においてNO₂生成変化に関わる循環器系病態などの診断、あるいはNO₂生成を変化させうる薬剤の定量的評価などに有効な手法であると考えられた。

3. 高齢者のヘルスケア情報提供システムの構築

この実証実験には計74の医療機関が参加したが、その内訳は地区別に、香川：20施設、松江・隠岐：14施設、加古川：20施設、舞鶴：20施設であった。地元医師会の協力のもとに、診療所モジュールを中心に実

証実験を行い、各医師会ごとに詳細な分析結果が報告された。現時点での概括的な評価は、基本機能としては十分であるが、使いやすさを増すには、さらに個別的にカスタマイズを行う必要があるというものであった。とくに、データ入力に用いられるテンプレートの整備が実運用に重要であることが指摘されている。短時間での開発、実地入力訓練などに十分な時間がなかったことなど、運用に至るまでの反省点も、今後の開発・運用時に考慮すべきものであると思われた。今回はアーキテクチャとして、複合したデータ交換方式を基本とするドキュメント-オブジェクト志向型のものを提案し、診療所を中心として開発を行ったが、高齢者のデータは、病院や介護施設などとの情報交換を可能とする必要があることから、このアーキテクチャの構築と実証が求められる。また、セキュリティに関しても、ガイドラインの策定など幾つかの緊急課題に取り組む必要性があると考えられた。

4. 自覚所見とGPSによる客観情報を用いた高齢者保健支援システムの開発

情緒生起式による情緒値の算出に関しては、現在、被験者50人、対話文5,250を採取した。このデータベースは高齢者の言い回しや単語の頻度分析を行うものであり、会話形式での自由対話文の中で、QOLに対する単語のパターンから、特異的感情価の関連を明らかにした。一方、GPSによる行動分析に関しては、GPSログに基づく移動速度と自記式タイムテーブルの検討により、高齢者の移動速度が1～5 km/hでは「歩行」、10 km/h以上では「バス、自動車」での移動状態が推定できた。また高齢者の最大移動速度の平均値をみると、連続3日間で、より活動度が高かった

者（13.4km/h）の方が、低かった者（1.0km/h）よりも大きかった。GPSとPHSの位置情報機能の比較では、どちらも移動ログをCSV形式（時刻、軽度・緯度、速度）で出力可能であったが、PHSは高速移動中（60km/h以上）は記録することができないことが明らかとなった。

D. 考察

本研究では、在宅や施設における高齢者の健康管理を支援することを目標として、各種ITおよび関連技術の応用により、種々の健康情報を収集し、必要に応じて診断処理などを行うとともに、関係機関への的確・迅速な伝送および関係者の情報共有を可能とする幾つかのシステムを開発しようとしている。このため、①在宅高齢者の健康情報収集システムの構築、②高齢者血管内皮機能評価システムの開発と健康管理への応用、③高齢者のヘルスケア情報提供システムの構築、④自覚所見とGPSによる客観情報を用いた高齢者保健支援システムの開発、というテーマのもとに研究を進めている。

第2年目にあたる本年度は、昨年度の基礎的検討をもとにいずれも進展が見られ、とくに①在宅高齢者の健康情報収集システムの構築、においては、被験者は高齢者ではないものの、システムテストに基づく性能評価から、試作システムにより、目標とする戸外からの心電図などのデータ伝送が十分に可能なことを窺わしめている。また、③高齢者のヘルスケア情報提供システムの構築、においては、開発した診療所電子カルテ（GPEPR）について、地区医師会での実証実験を行うまでに至っている。

その他の研究についても、本年度の研究結果は、それぞれのシステムの有用性を示唆するものと考えられ、明年度の成果が期待される。このように、最終年度を迎える次年度において、実用的システムの構築をはかることのできる目処が立てられたといってもよからう。

E. 結論

高齢者の健康管理を支援するため、ITおよび関連諸技術の応用により、種々の健康情報を収集して、必要時に診断処理、関係機関への的確・迅速な伝送および関係者の情報共有を可能とする幾つかのシステムを開発しようとした。第2年度にあたる本年度は、いずれも昨年度に行われた基本的検討をもとに研究を実施した結果、それぞれに進展が見られ、一部については実用性が論じられるところまで進み、次年度における実用的システムの完成に向けての手がかりを得たと考えられた。

在宅高齢者の健康情報収集システムの構築

分担研究者 稲田 紘 東京大学大学院工学系研究科 教授

在宅高齢者の健康管理の支援に必要な健康情報の収集・記録・伝送システムの一環として、胸痛など異常時の高齢者の心電図情報などを高齢者宅のみならず戸外でも収集し、PHSを用いて位置情報とともに医療機関へ伝送可能とするシステムの開発に着手した。本年度は昨年度に実施した仕様策定と基本設計をもとに詳細設計を行い、これに基づいて携帯型心電計および伝送コントローラなどPHSによる伝送のための端末システムを試作するとともに、このシステムを用いて伝送した心電図を医療機関で受信するための心電図受信用サーバを開発した。さらにこれらを使用したシステムテストによる性能評価の結果、開発したシステムが十分に使用可能であることが窺われたが、それと同時に実用化のために検討が必要な幾つかの問題点も指摘された。

A. 研究目的

人生80年時代を迎えた今日、高齢者の関心は、ただ長生きをするだけではなく充実した毎日を過ごすこと、すなわちQOL（生活の質）の向上という点に移ってきている。高齢者のQOLの向上を支援するには、健康の維持がまず第一であるから、高齢者の健康管理をはかることが最も重要となる。このため、本研究班ではIT（情報通信技術）を応用し、健康管理を支援することのできる高齢者情報システムを構築しようとするが、本分担研究はその一環として、在宅高齢者の健康状態を把握するために有用な情報を収集・記録し、定期的または必要時にかかりつけ医のいる医療機関などへ送ることが可能となる機能を持つシス

テムを開発しようとするものである。

こうしたシステムとして、筆者はこれまでにITを応用して、患者、健常者を問わず在宅高齢者の健康情報を収集・記録し、これらの情報を保健・医療・福祉機関へ伝送しうるシステムを開発してきている。そして、昨年度よりこれまでの研究成果を発展させ、新たに高齢者のバイタルサインを高齢者宅のみならず、戸外でも収集し、PHS（Personal Handyphone System）や携帯電話機により、医療機関へ伝送可能とする実用性の高いシステムの開発に着手した。その一歩として、まず心電図情報を計測・収集し、高齢者の位置情報とともに伝送することのできるシステムを開発するため、昨年度に実施した携帯型心電計の仕様策定

およびPHSを用いたデータ伝送システムに関する基本設計に引き続き、本年度は詳細設計を行い、携帯型心電計および伝送コントローラを試作するとともに、試作システムにより戸外から伝送した心電図を、医療機関において受信する機能を有する受信用サーバの開発を実施した。さらに、開発したシステムを用いたデータ伝送実験を行い、機能および操作性に関するシステムテストを実施し、システムの実用化に必要な性能評価を試みようとした。

B. 研究方法

本研究で開発するシステムは前述のように、在宅高齢者の保健・医療・福祉情報収集・記録・伝送システムの一環として、高齢者のバイタルサインを在宅のみならず、ゲートボールのプレイ後なども含め、戸外においても収集し、PHSや携帯電話を用いてかかりつけ医のいる医療機関などへ伝送可能にしようとするものである。バイタルサインのうちでも、高齢者が胸痛を覚えたときなど異常時の心電図を収集し、市販のPHSを介して高齢者の位置情報とともに医療機関への伝送を適切に行いうるよう、昨年度に図1のようなハードウェア構成に基づく全体システムのうち、24時間連続測定が可能な携帯型心電計の仕様策定を行うとともに、伝送コントローラについての基本設計を実施した。

本年度は、昨年度におけるこうした基本的検討にのっとり詳細設計を行うとともに、携帯型心電計および伝送コントローラを試作した。また、これらを用いて医療機関などに伝送された心電図情報を受信するため

の受信用サーバを開発した。さらに、試作システムのシステムテストを試み、性能評価を行うためのデータを得ようとした。

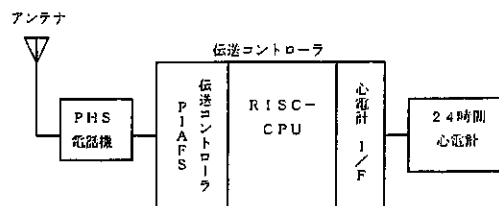


図1 PHSによる心電図伝送システムのハードウェア構成

C. 研究結果

1. 携帯型心電計および伝送コントローラの詳細設計および試作

(1) 携帯型心電計

昨年度に実施した仕様策定をもとに24時間連続測定可能な携帯型心電計の詳細設計を行うとともに、この設計に基づいて心電計を試作した。この心電計には、身体活動度を計測するための垂直、水平2方向の加速度計測機能および心電図のR-R間隔の計測とそれに基づく心拍数算出機能を付加した。本研究報告では、細かい内容については省略し、この携帯型心電計のブロック図、CPU基板および外観図をそれぞれ図2、図3、図4に示す。

(2) 伝送コントローラ

伝送コントローラについては、ハードウェアの詳細設計を実施するとともに、そのCPUMC68302上で、伝送手順を制御するソフトウェアとして、①イニシャライズ、②プログラムローダ、③メインプログラム④心電計データ転送、⑤PIAFSデータ転送についてのプログラムをC言語で開発

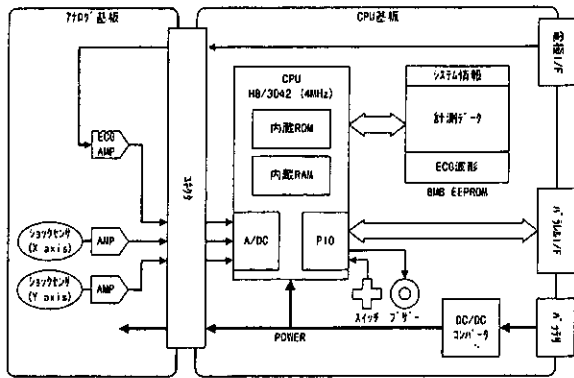


図2 携帯型心電計のブロック図

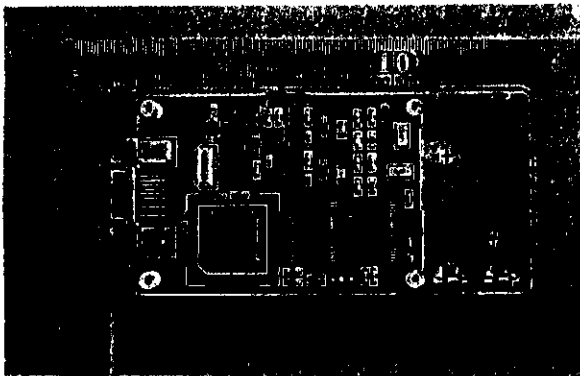


図3 携帯型心電計のCPU基板

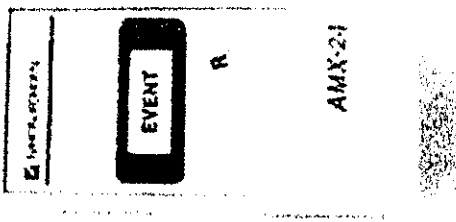


図4 携帯型心電計の外観

した。

ここでは紙面の都合上、伝送コントローラの回路図や伝送手順のプログラムの内容などについては省略し、試作した伝送コン

トローラ基板に部品を実装した状態を図5に、またこれを筐体でカバーした外観を図6に示す。

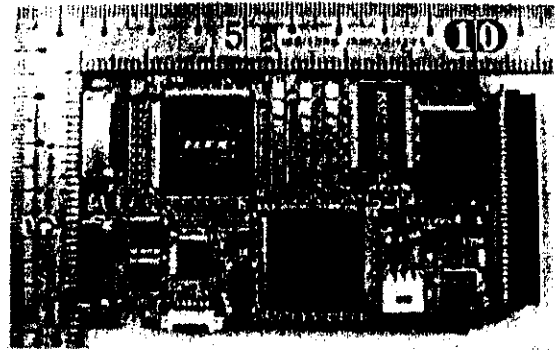


図5 伝送コントローラ基板

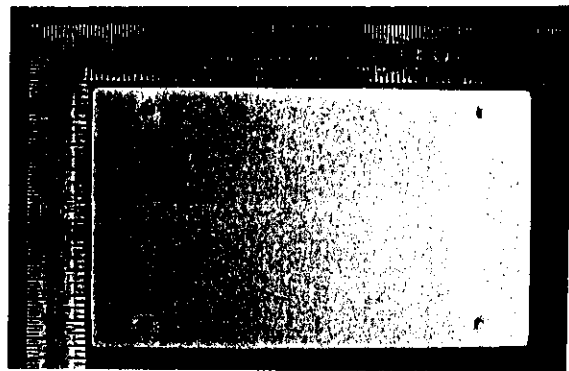


図6 伝送コントローラの外観

なお、この伝送コントローラの寸法は、100mm(H) × 60mm(W) × 20mm(D)であり、重量は100gであるが、できるだけ軽量化するため、筐体はABS樹脂で製作した。

2. 心電図受信用サーバの開発

開発しようとする心電図受信用サーバに必要な仕様は、次の2点である。

①端末装置であるPHS・伝送コントローラ（以下、PHS端末と称する）を介して伝送されてきた心電図情報を受信しうること。

②受信した心電図情報の結果を表示しうること。

以下に、これらの仕様を満足するためのハードウェアおよびソフトウェアについて検討した結果を示す。

(1) ハードウェア

上記の仕様を満たすハードウェア構成について検討を行った結果、パソコンを使用して開発を行うのが最も効率的かつ経済的であると考えられたため、サーバ本体として市販のパソコンを使用することとした。

また、PHS端末からISDN回線を介してデータを受け取る必要があることから、サーバ本体以外にPIAFS (PHS Internet Access Forum Standard, PHSデータ伝送手順) 対応のISDNターミナルアダプタ (ルータ) を用意した。

この心電図受信用サーバのハードウェア構成を図7に、またその外観を図8に示す。

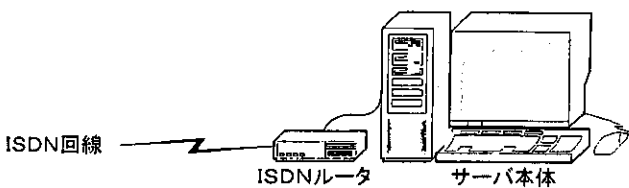


図7 心電図受信用サーバの構成

(2) ソフトウェア

前記のハードウェア構成により、心電図受信用サーバに必要なソフトウェアとして、以下に示すように、OS、心電図波形の受信と保存、および心電図波形ほかの医療データの表示について検討を行った。

a) OSについて

OSは市販のWindows系を採用した。

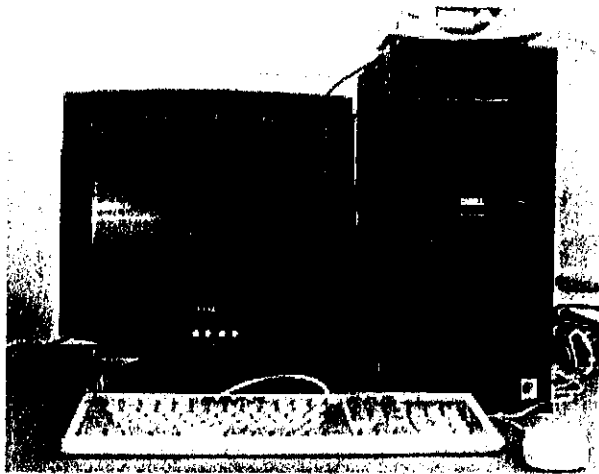


図8 心電図受信用サーバの外観

b) 心電図波形データの受信と保存について

PHS端末からデータ伝送の要求があった場合、自動的に回線を接続し、端末から送られてくる心電図波形などのデータの受信と保存を行う。このうち、心電図データの受信プログラムについての動作シーケンスを図9に示す。

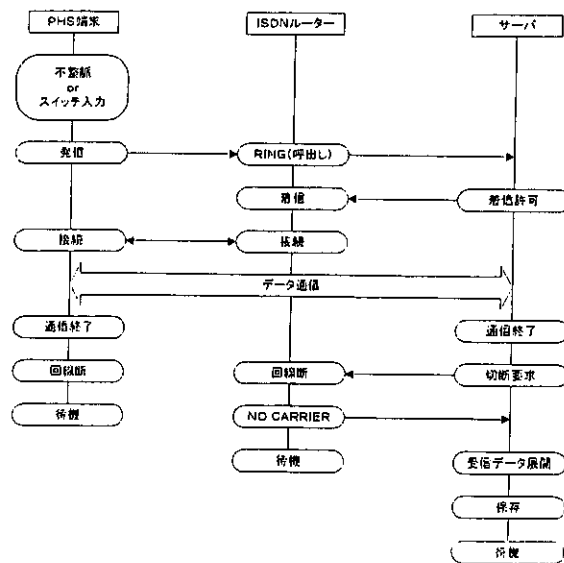


図9 心電図データ受信プログラムの動作シーケンス

c)心電図波形ほかの医療データの表示について

これは、携帯型心電計で計測し、PHS端末により伝送されてきた心電図波形などのデータを、受信サーバでモニタ表示する機能であるが、本年度の研究においては、次のような表示画面を用意した。

①不整脈判定画面：これは別途、研究している伝送されてきた患者の心電図のR-R間隔の変動から不整脈を診断するプログラム（まだ十分とはいえないので、本研究報告には掲載しない）により判定された不整脈に関する情報が表示されるもので、その一例を図10に示す。

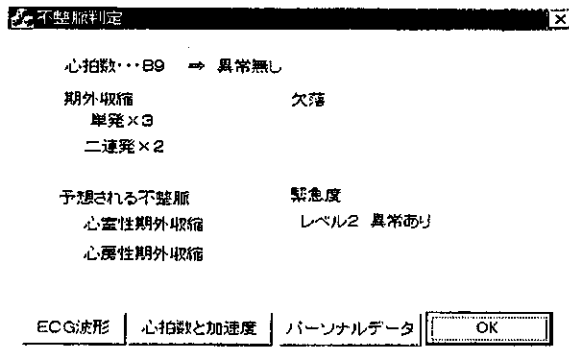


図10 不整脈判定画面

②伝送心電図波形の表示：図10の画面における下段の”ECG波形”のボタンを選択すると、伝送された心電図の波形が表示される。その一例を図11に示す。

③心拍数と加速度の表示：開発した本システムでは、携帯型心電計により計測した心拍数と身体活動度の指標としての加速度も伝送されるが、図10の画面における下段の”心拍数と加速度”のボタンを選択することにより、図12のような画面が表示さ

れる。

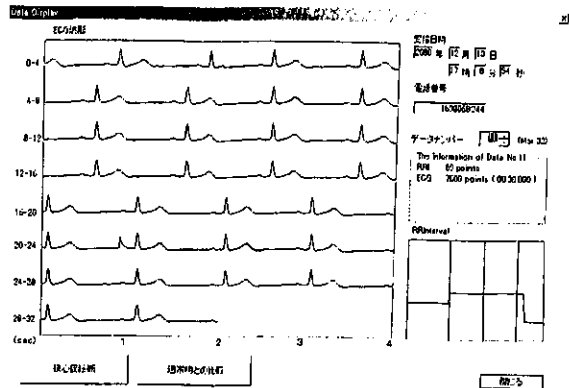


図11 伝送された心電図波形の一例

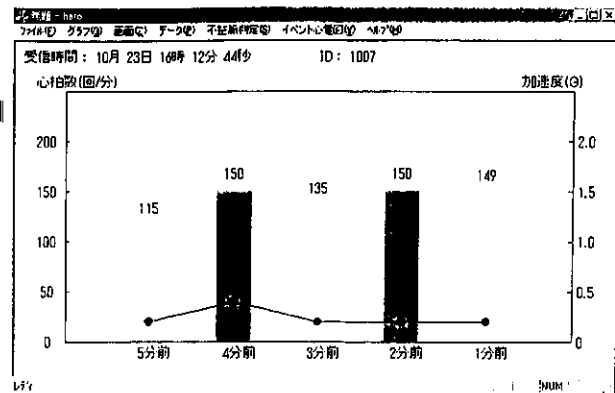


図12 心拍数と加速度の画面

④パーソナルデータ画面の表示：本システムにより心電図などのデータが伝送される医療機関は通常、患者が受療している主治医の病院であるが、主治医が患者に対して的確な処置や指示を行うには、伝送されてきたデータだけではなく、患者の病歴データも必要となる。こうしたことから開発した受信用サーバには、医療機関における患者病歴データベースとの連動により、当該患者の病歴データを検索・表示する機能を加味した。すなわち、図10の”パーソナ

ルデータ”のボタンを選択すると、図13のような画面が表示される。

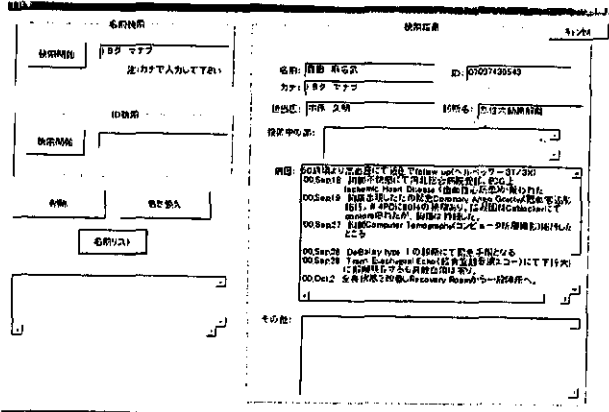


図13 パーソナルデータの表示画面

3. システムテストによる性能評価

開発・試作したPHS端末と心電図受信用サーバを使用し、システムテストと性能評価を試みた。

(1) システム性能評価基準

システムテストに基づき開発したシステムの性能評価を実施するにあたり、そのための評価基準の設定を行った。設定した評価基準を表1に示すが、関係者による検討の結果、この評価基準は妥当なものと考えられた。

表1 システム性能評価基準

項目	基準
端末のサイズ	24時間心電計 118 (H) × 64 (W) × 23 (D) mm
端末の大きさ	伝送コントローラ 100 × 60 × 20 mm
	24時間心電計 150 g
	伝送コントローラ 100 g
端末の操作性	装着位置 指定なし
	装着感 違和感のないこと
	スイッチの操作性 操作しやすいこと
	誤操作しないこと
端末の機能	不整脈による自動発信 可能なこと
	データ伝送時間 接続後10秒以内
	位置固定 200m以内
サーバの操作性	操作しやすいこと
サーバの機能	データ受信 正常に受信できること
	画面表示 指定データが表示可能なこと

(2) システムテストの結果

システムテストとして、開発・試作したPHS端末と受信用サーバにより、機能および操作性に関するテストを実施し、表1に示した評価基準に照らして検討を行った。その結果を表2に示すが、この表から明らかのように、開発したシステムの性能は十分に評価できるものであり、このシステムを実用しうる可能性が窺われた。

表2 システムテストの結果

項目	テスト結果
端末のサイズ	24時間心電計 基準値内
	伝送コントローラ 基準値内
端末の大きさ	24時間心電計 基準値内
	伝送コントローラ 基準値内
端末の操作性	装着位置 ベルト、ポケット、鞆など
	装着感 大きい・重い
	ケーブルが長い/短い
	スイッチが押しにくい
	誤操作の可能性はある
端末の機能	不整脈による自動発信 問題なし
	データ伝送時間 接続後約10秒
	位置固定 100m以内(市街地)
サーバの操作性	問題なし
サーバの機能	データ受信 問題なし
	画面表示 問題なし

D. 考察

本研究は、在宅高齢者の健康情報収集・記録・伝送システムの一環として、高齢者のバイタルサインのうちの心電図および身体活動度について、戸外でも収集した上、PHSにより、高齢者の位置情報とともに医療機関へ伝送可能となるシステムを開発しようとするものである。このため、本年度は、昨年度に実施した仕様策定や基本設計をもとにシステムの詳細設計を行うとともに、これに基づき携帯型心電計、伝送コントローラなどの端末装置および医療機関側に設置する心電図受信用サーバの開発・試作を行った。さらに、開発したシステムを使用して、システムテストを実施し、その性能評価に関する検討を実施した。

その結果、システム全体としては、設定

した評価基準をクリアし、少なくとも実験段階での性能としては十分に評価しうるものと考えられ、実用に供しうる可能性が窺われた。

しかしながら、ここのサブシステムについて詳しく検討してみると、今後に予定されている高齢者を対象とした臨床試用実験を待つまでもなく、幾つかの事項を指摘しうるが、以下に、これらの主なものについて記す。

まず、携帯型心電計であるが、性能的にはまったく問題はないものの、その他に関して、次のような問題点があげられた。①寸法・重量に関しては、主な使用者は高齢者が多いということを考えると、より小型・軽量化をはかることが要請される。②被験者が計測時以外にも電極を胸部に装着したままにするのは、やや違和感が感じられる。③電極から心電計へのケーブルの長さは、被験者の体型や端末の装着位置（ベルトやポケットなど）により、長すぎたり、短すぎたりするので、体型および装着位置により、予め適切な長さを設定してしておくのがよい。④胸部に異常を感じたときなどに心電図波形などのデータを送信するためのスイッチが、被験者によっては、押しにくかったりして誤操作の可能性があるように思われた。

このうち②に関しては、今回のシステムテストにおけるように、被験者が計測時以外にも電極を胸部に装着したままにするのではなく、被験者が胸痛などの異常を感じた場合のように計測が必要な場合に、鞆などから端末装置を取り出し、その都度、電極を胸部に取りつけるようにすればよいと

思われる。この場合に問題になると考えられるのは、計測時に被験者自身により、電極が胸部に正しく装着することができるかどうかという点であるが、この点については、携帯型心電計のプロトタイプの開発時に、後期高齢者を含む50名以上の高齢被験者に対する電極装着実験を試みた際、装着方法を正しく指導しておけば、後期高齢者においても繰り返して正しい電極装着が可能なが認められたことから、問題にならないと考えてよからう。しかしながら、本心電計のように、ホルター心電計で用いる電極と同様なものを使用するのではなく、心電計に電極部が装備されており、計測時に心電計のこの部分を胸部にあてるだけで心電図の計測が可能となるようなものが望ましい。こうすることにより前記の③の問題点も解消することから、このような心電計が必要となるが、これについては他の目的ではあるが、すでに企業での商品化もなされていることから、問題にはなるまい。

④の問題点については、スイッチの大きさ、形状、色、取り付け位置などに関し、人間工学的な観点から考察するとともに、年齢・性別など種々の被験者による実験から、最適なものを検討する必要があると考えられる。

次に伝送コントローラについては、性能に関する問題点はなく、寸法・重さに関しても、本研究において開発したばかりのものである点を考慮すれば、一応、満足すべきものといってもよからう。ただし、本システムの実用を容易にするためには、心電計部分と一緒に一体化をはかった端末を開発することが望まれる。

心電図受信用サーバについては、本システムの目的に合致したものを開発しえたと考えられる。とくに本サーバの機能として、開発当初の目標であった受信心電図波形や被験者のパーソナルデータの表示のみならず、本研究報告では省略した受信した心電図の不整脈判定やその他のデータ解析機能、あるいは狭心症の判定などの機能を付加した点は、このシステムを使用する医療機関の医師の支援に寄与しうることが大きいといえる。しかしながら、これらのソフトによる判定や解析の精度については、まだ十分といえる段階に達しておらず、このため、本研究報告でも記述するまでに至らなかったため、今後、この点についても研究を進める必要がある。

本研究では、心電図波形などのデータ伝送のみならず、被験者の位置同定も重要であるため、伝送には主としてPHSの使用を考えた。しかし、携帯電話に関しては、W-CDMAの技術が近々にも使用しうることから、画像情報の同時伝送も視野に入れることができ、医療機関からの被験者に対する診断・処置などの指示についても、多量の情報伝送を行うことが可能になると期待される。したがって、今後、携帯電話による伝送システムについても開発することが有意義であり、これに応じた心電図受信用サーバについても、このような通信機能の拡大を考慮した仕様を改めて検討する必要がある。

なお、本研究では、数人の被験者によりシステムテストを実施したが、時間の関係上、本システムの主要対象者である慢性心疾患患者、とくに高齢患者がいなかったこ

とから、今後、多数のこうした被験者による試用・評価を重ねながらシステムの改良を進め、実用化につなげることが重要であるといえよう。

E. 結論

在宅高齢者の健康情報収集・記録・伝送システムの一環として、高齢者のバイタルサインとしての心電図や身体活動度を高齢者宅のみならず、戸外でも収集した上、PHにより、位置情報とともに医療機関へ伝送可能となるシステムを開発しようとした。このため、昨年度に実施した仕様策定や基本設計から詳細設計へと進み、さらにこれに基づき、携帯型心電計および伝送コントローラを試作するとともに、これらにより伝送された心電図などのデータを医療機関側で受信するための受信用サーバを市販のパソコンを用いて開発した。そして、これらについてのシステムテストによる性能評価を実施した結果、開発したシステムの性能は十分に評価できるものであり、このシステムを実用しうる可能性が窺われたが、同時に実用化のために考慮すべき幾つかの問題点も指摘された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 稲田 紘他：在宅治療・在宅患者管理の患者生体情報収集システムの開発，医工学治療，12(3):817-829，2000.
- 2) 波戸本徹，稲田 紘他：医療用テレモニタリングシステムの開発，医用電子と生体工学，38(Suppl):74-74，2000.
- 3) 松村謙次，稲田 紘他：心電図テレモ

ニタリングシステムの開発，医用電子
と生体工学，38(Suppl.2):102-102，
2000.

- 4) 波戸本徹，稲田 紘他：戸外用心疾患
患者テレモニタリングシステムの開発
，医療情報学，20(Suppl.2):848-849，
2000.

2. 学会発表

- 1) 波戸本徹，稲田 紘他：医療用テレモ
ニタリングシステムの開発，第39回日
本ME学会大会，2000.
- 2) 松村謙次，稲田 紘他：心電図テレモ
ニタリングシステムの開発，第14回日
本ME学会秋季大会，2000.
- 3) 波戸本徹，稲田 紘他：戸外用心疾患
患者テレモニタリングシステムの開発
，第20回医療情報学連合大会，2000.

G. 知的所有権の取得状況

いずれもなし。

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
高齢者血管内皮機能評価システムの開発と健康管理への応用
分担研究者 小笠原康夫 川崎医科大学医用工学助教授

研究要旨

血管内皮の血流増加に即応する血管内皮由来一酸化窒素（Nitric Oxide: NO）依存性血管拡張能を生理的な条件下で評価する方法論の確立を目指すため、まず摂食の影響を2つのグループについて検討した後、生体内 NO 動態モデルにより生体内総 NO 産生速度の推算を試みた。第1グループは、全員に7日間同じ飲食物を摂取し、血漿中の硝酸イオン（NO₃⁻）濃度を2時間毎に計測して日内変動を評価した。第2グループは、単純な夕食から朝食までの間の14時間の絶食を2日間にわたり行い、血漿中 NO₃⁻濃度を計測した。その結果、食事直後に血漿中 NO₃⁻濃度が数倍にも上昇する場合がありますが、食物中に存在する NO₃⁻の影響が大きいことが明らかとなった。しかし、いずれのグループにおいても朝食前（絶食14時間後）の血漿中 NO₃⁻濃度はほとんどばらつきを示さず、定常レベルに達していた。この絶食後の血漿中 NO₃⁻濃度からモデル解析により推算した生体内総 NO 産生速度は約 600 nmol/min と得られた。

A. 研究目的

近年、動脈硬化に起因する心血管疾患の罹患率が我が国では急増し最大死因となっている。動脈硬化の初期病態である血管内皮機能障害を検知する方法論と適切な指標を確立し、その進展予防に役立てることは重要課題である。しかし高齢者において直接的な血管内皮機能の評価は困難であった。本研究では高齢者の血管内皮機能評価の指標として血管内皮由来弛緩因子（endothelium-derived relaxing factor: EDRF）として知られる血管内皮由来の一酸化窒素（NO）放出を介する血流依存性血管拡張応答に注目し、その計測・評価・診断システムの開発を計った。

今日までヒト生体局所の血流増加反応及び血管拡張機能を評価する方法として

は、主に反応性充血や運動負荷時の血流増加反応、またアセチルコリンなど血管作動性物質の動脈内薬剤投与があり、このほかにも精神的ストレスや加温による血流増加反応等も用いられてきた。この中でもとりわけ効果的な方法として反応性充血がヒト生体血流依存性血管拡張機構の検討やその機能評価に用いられてきた。しかし、これらには方法論的限界があるといえる。すなわち、ヒト生体において、血流刺激だけに対する血管拡張反応をみるのが困難であり、今のところ血流増加が惹起する血管拡張反応を選択的に評価する理想的な方法論は確立されていない。さらに、血流依存性血管拡張において、血管拡張物質である血管内皮由来 NO の寄与を示唆する論文が数多く報告されてきたが、実際に生理的条件下

の血流依存性血管拡張反応において NO がどれほど関わっているのか、不明の点が多い。

そこで本研究では、血管内皮の血流増加に即応する NO 依存性血管拡張能を生理的な条件下で評価する方法論の確立を目指すため、摂食の影響を検討し、モデル解析により生体内総 NO 産生速度の推算法の確立を目指した。

B. 研究方法

NO は、血管緊張性調節、血管壁物質透過性調節、神経情報伝達因子、免疫系における細胞毒性など様々な生理的役割を担っている。NO は、産生された後には、まず溶存 O_2 により亜硝酸イオン (NO_2^-) になり、さらに酸化ヘモグロビン (oxyHb) など強い酸化物質によりほとんどが硝酸イオン (NO_3^-) に酸化される。したがって、血中もしくは尿中 NO_3^- 濃度計測から NO 動態の評価が可能と考えられる。しかし血中 NO_2^- 、 NO_3^- (あわせて NO_x) は basal に内因性に生成した NO のみを反映しているだけでなく、炎症性 NO 産生や食事などに含まれる NO_x の影響も受ける。そこで我々は、まず血中 NO_3^- 濃度の経時変化を評価した。次に single-pool model の定常状態仮定に基づいて、血中 NO_3^- 濃度から生体内総 NO 生成速度を評価した。

第 1 グループは、健康な 7 人の女性 (年齢: 20~21 歳) を対象とした。9 日間にわたり、川崎医科大学附属病院栄養部において 8:15、12:15、18:15 に食事をとってもらった。なお、食事中含有

NO_x については特に制約を設けなかった。7 日目から朝食直前 (8:00) から夜 10:00 まで 2 時間毎に採血を行った。第 2 グループは、9 人 (男性 5 人、女性 4 人; 年齢 20~30 歳) を対象とした。食事内容については特に制限を設けず、食事時間のみ同一にし、夕食後から朝食前まで 14 時間の絶食時間を設けて、朝食直前に採血を行った。〔血中 NO_x 濃度計測〕メタノールによる除タンパク処理後の血漿サンプル中 NO_x 濃度を NO_x 検出器 (ENO-20; エイコム) により測定した。本検出器は、HPLC (高速液体クロマトグラフィー) と Griess 法が合体した装置であり、亜硝酸イオン (NO_2^-) と硝酸イオン (NO_3^-) を一度に分離しながら高感度で濃度評価できる。〔体内 NO 動態モデル〕体内 NO 動態を表すモデルとして single-pool model を適用した。 $V_d \cdot dC(t)/dt = R(NO) - R(\text{排泄})$ ここで、 V_d : 体内 NO_3^- の分布容積、 C : 血漿中 NO_3^- 濃度、 $R(NO)$: NO 生成速度、 $R(\text{排泄})$: 血中 NO_3^- 除去速度もしくは腎 NO_3^- 排泄速度である。定常状態 ($dC/dt=0$) においてシステミックな NO 生成が NO_3^- 排泄とバランスしていると考え、血中 NO_3^- 除去データ (Wagner et al., Cancer Res 1983;43:1921-1925) に基づき生体内総 NO 産生速度を推算した。

なお本研究は川崎医科大学倫理委員会の承認を得てインフォームドコンセントを行ったうえで実施した。

C. 研究結果

まず、予備実験として成人男性 2 名の

絶食時の血中 NO_3^- 濃度の経時変化（2時間毎計測）を評価したところ10時間後にはほぼ定常値に達し、10時間から16時間の平均値は、 $18.0 \pm 0.8 \mu\text{M}$ であった。

第1グループについては、7日間のコンディショニング後の2日間の血中 NO_3^- 濃度は、食事により大きく影響されていた。7日目、8日目の平均濃度は、絶食14時間後の8:00では各々 $18.4 \pm 1.0 \mu\text{M}$ 、 $18.7 \pm 1.0 \mu\text{M}$ であった。一方、12:00、18:00は7日目が、それぞれ $28.1 \pm 2.6 \mu\text{M}$ 、 $23.3 \pm 1.6 \mu\text{M}$ 、8日目が $25.5 \pm 1.5 \mu\text{M}$ 、 $22.5 \pm 0.8 \mu\text{M}$ となった。第2グループについては、1日目、2日目の血漿中 NO_3^- 濃度は、 $14.7 \pm 1.1 \mu\text{M}$ 、 $16.7 \pm 1.9 \mu\text{M}$ であった。

以上の結果から、絶食14時間後に定常状態（生体内総NO生成速度とNOx排泄速度がバランスしている状態）に達していると判断し、ヒト生体内総NO生成速度を評価したところ、第1グループが、 $630 \pm 37 \text{ nmol/min}$ 、第2グループが、 $597 \pm 45 \text{ nmol/min}$ と評価された。

D. 考察

食事により血中 NO_3^- 濃度が大きく変化したことから絶食により十分NOxを排泄（washout）した後に評価することが重要と考えられた。今回の結果は、既往研究値とほぼ同じレンジにあり、ヒト生体内総NO生成速度のレンジは、 $400 \sim 700 \text{ nmol/min}$ と考えられた。

本推定方法は、既往研究のようにアイソトープ使用による測定（NO合成酵素

の基質であるL-arginineを標識；同位体 O_2 ガスなど）に際して特別な装置や取り扱い上の注意を払う必要がないという大きなメリットがある。また、尿中 NO_3^- をから評価する方法は、24時間～48時間にわたり尿を採取し、尿中の NO_3^- 濃度を計測し、総尿量と掛け合わせた値として評価を行う必要があり、手間がかかる。それに対して本法は食事内容についても厳しい制限を設けておらず一般的な採血検査の際の絶食条件である14時間の絶食後の採血のみで評価できるメリットがある。しかし、用いているモデルから明らかなように、脱水・浮腫などによる V_{d} の変化、あるいは腎不全などによるNOx排泄能に変化が考えられる場合は、これらのパラメータの再評価が必要となる。

E. 結論

本評価法では絶食時血中 NO_3^- 濃度の計測のみで容易に生体内NO生成速度を評価でき、単一個体内あるいは個体間の生体内総NO生成速度の比較や、臨床においてNO生成変化に関わる循環器系病態などの診断、あるいはNO生成を変化させ得る薬剤の定量的評価などに有効な手法であると考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

武本麻美、望月精一、片岡則之、宮坂武寛、仲本博、小笠原康夫、梶谷文彦：生体組織中のNO測定法とその応用、電子情報学会技術研究報告 100: 79-84, 2000

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
分担研究報告書

高齢者のヘルスケア情報提供システムの構築に関する研究

分担研究者 武田 裕 大阪大学医学部附属病院 医療情報部 教授

研究要旨 ネットワーク環境下における高齢者のヘルスケア情報提供を目的として、診療所、病院および地域連携支援センターから成る、ドキュメント・オブジェクト型分散電子カルテアーキテクチャを構築し、実証実験を行った。

A. 研究目的

高齢者のヘルスケアに関する診療情報交換と診療情報の提供、情報の二次利用を支援するために、診療情報の電子保管とその共有化のための分散電子カルテアーキテクチャを構築し、診療所電子カルテを中心にその実証実験を行った。

B. 研究方法

1) 診療所電子カルテ (General Practitioner-oriented Electronic Patient Record System, 以下GPEPR) の開発:

GPEPRの機能要件を、1) 厚生省通達「診療情報等の電子媒体による保存について」に示された真正性、見読性、保存性を技術的、運用的に満足。2) 標準的な交換規約に基づき外部とデータ交換が可能。3) 紙カルテと同等以上に使い易くかつ構造化された情報を入力。4) 診療所機能を支援するサブシステムと接続し統合化。5) データベース管理システムを含め廉価で提供。6) ネットワークセキュリティとプライバシー保護に配慮、と定義した。

本要件を満たすため、診療所モジュールとバックアップセンター (BUC) モジュールからなるモデルを作成した (図1)。

本システムは以下の環境で動作する。

(1) サーバ、クライアントは、以下に示す条件で動作する: ハードウェアは、IBM互換PCとする。サーバOSは、Windows NT 4.0以降のバージョン、クライアントOSは、Windows 98またはWindows NT 4.0以降のバージョンとする。JAVAのインタプリタが動作する。データベース、WWWは、Oracle8.1 Personal ServerまたはInternet Information Server 4.0以

降のバージョンで動作する。

(2) ネットワークは、以下の条件で動作する: 回線は、EthernetまたはInternetのダイヤルアップ接続とする。通信は、TCP/IPまたはPPP接続とする。

(財) 四国産業・技術振興センター内に設置された医療情報システム調査研究会 (委員長: 武田裕、以下本委員会) により診療所用電子カルテ開発が推進された。

開発参加企業の公募には、基本設計に基づき公募要領が作成された。本委員会のもとに審査小委員会 (委員長: 湊小太郎奈良先端科学大教授) を設置し、主に学術的および開発技術的視点から厳正な審査が行われた (平成11年3月)。採択された3企業グループ (テクノプロジェクト・富士通グループ、三洋電機・日本電気グループ、CRC社) 間の調整および定義された機能要件の解釈、短期間の開発のスケジュールなどを支援するため、本委員会のもとに開発ワーキンググループ (主査: 松村泰志大阪大学助教授) が設置された。開発は平成11年11月に終了した。

2) 実証実験:

開発されたシステムを実証するため、本委員会のもとに実証ワーキンググループ (主査: 原量宏香川医大教授) を設置した。香川、松江・隠岐、加古川、舞鶴の各地区において、地元医師会の協力のもとに、3企業グループにより開発された電子カルテシステム主に診療所モジュールを中心に実証実験を行った。評価は質問表によりアンケート調査を実施し、各医師会ごとに集計した。