

る障害から、日常生活に支障を来す事態が生じる。それに対して、残存機能を生かしてもとの生活に戻る訓練が行われる。しかし、日常生活動作に支障が出る場合には、福祉機器を利用するか人の介護を受けることになる。

自立生活を支援するには、ベッドから起きること、寝たきりを防ぐことが必要である。特に日本人は椅子に座ることより畳に横になるという習慣もあってベッドに寝る時間が多くなり、体力が衰え、寝たきりになる場合が多い。ベッドから起き、移動をすることが高齢者の生活の質(Quality of Life; QOL)の向上につながる。第Ⅰ章では、起き上がり機能をもった各種ベッド、寝たきりにより褥瘡を予防する各種マットレス、移動のために使われる車いす、歩行者、そして訓練機器についても紹介する。

さらに、自立のための訓練は、高齢者にとって退屈なものが多い。「もう歳を取っているから、もとの元気な体にならなくてもいい」という声も聞く。これに対して、訓練への意欲を高めるためにゲーム機能を盛り込んだ機器開発も行われている(第Ⅲ章1)。

また、活力ある高齢社会を作るために情報技術の応用も進んでいる。2001年に発表されたe-Japan戦略でも、医療・介護：在宅患者の緊急時対応を含め、ネットワークを通じて、安全に情報交換ができ、遠隔地であっても質の高い医療・介護サービスを受けることができること、社会参加：ネットワークを通じて、国民自らの積極的な情報発信、社会形成への参画が可能となり、障害者や高齢者の社会参加が容易になり、各人がボランティアや社会貢献活動にも容易に参加することができる情報インフラを整備することが謳われている。自立のための情報技術の利用についても触れたい(第Ⅲ章2)。

Ⅱ 介護を支援する福祉機器

日常生活の介護面で期待されている福祉機器は、入浴、排泄、ベッド、監視、食事などの世話を助ける機器である。入浴と排泄は介護者にとって大きな問題である。日本人は、浴槽につ

かる習慣がある。入浴は高齢者にとってはかけがえのない楽しみだが、施設ケア、在宅ケアにとって大きな負担となる。施設用には、車いすで入れる浴槽も開発はされているが、特殊浴槽を使った入浴でも移乗の問題が生じる。在宅では、手すり、握りバーなどを取り付けるなどの方法がとられているが、労力にも限界があり、シャワー浴を基本とすることも必要であろう。

高齢者の徘徊検出も施設、在宅で解決しなければならない問題である。施設では、小型の発信器を患者に装着する試みが行われているが、外すことも多い。

介護保険の導入とともに身体拘束廃止が推奨され、転倒・転落の防止が話題となっている。ベッド、車いすからの転落は、骨折や寝たきりになることがあり、防止するための機器開発が行われている。第Ⅲ章3では住宅改修についても触れる。

高齢者・介護者にとって必要なのは、軽く、使いやすく、安全な機器で、価格も安い方が望ましい。高齢者の新しい機器を使う意欲を考えると、これまで使用していた機器の延長上のもの、例えばパワーアシスト車いすなどの開発が望まれる。

Ⅲ 介護保険と福祉用具

介護保険は、「加齢に伴って生ずる心身の変化に起因する疾病等により要介護状態となり、入浴、排せつ、食事等の介護、機能訓練並びに看護及び療養上の管理その他の医療を要する者等について、これらの者がその有する能力に応じ自立した日常生活を営むことができるよう、必要な保健医療サービス及び福祉サービスに係る給付を行うため、国民の共同連帯の理念に基づき介護保険制度を設け、その行う保険給付等に関して必要な事項を定め、もって国民の保健医療の向上及び福祉の増進を図ること」を目的としている。

介護保険の対象となる福祉用具は、介護保険法²⁾の第7条(貸与)(表2)、第44条(購入)(表3)に関する告示によって(表1)定められてい

表2 厚生労働大臣が定める福祉用具貸与に係る福祉用具の種目

1. 車いす
2. 車いす付属品
3. 特殊寝台
4. 特殊寝台付属品
5. 褥瘡予防用具
6. 体位変換器
7. 手すり
8. スロープ
9. 歩行器
10. 歩行補助杖
11. 痴呆性老人徘徊感知機器
12. 移動用リフト(吊り具の部分を除く)

表3 厚生労働大臣が定める居宅介護福祉用具購入費等の支給に係る特定福祉用具の項目

1. 腰掛便座
2. 特殊尿器
3. 入浴補助用具
4. 簡易浴槽
5. 移動用リフトの吊り具の部分

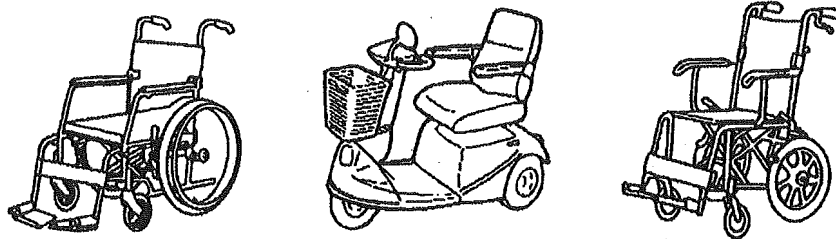


図1 車いす
左より自走、電動、介助用車いす

る。

「福祉用具貸与」とは、「居宅要介護者等について行われる福祉用具(心身の機能が低下し日常生活を営むのに支障がある要介護者等の日常生活上の便宜を図るための用具及び要介護者等の機能訓練のための用具であって、要介護者等の日常生活の自立を助けるためのものをいう)のうち厚生労働大臣が定めるものの貸与をいう」。

購入について、「市町村は、居宅要介護被保険者が、入浴又は排せつの用に供する福祉用具その他の厚生労働大臣が定める福祉用具(以下「特定福祉用具」という)を購入したときは、当該居宅要介護被保険者に対し、居宅介護福祉用具購入費を支給する」。

選定の基準は、メーカーおよび輸入事業者から自主的に提供された情報をもとに、厚生労働省告示ならびに解釈通知に照らし対象と考えられる福祉用具を選定したものであり、その構造、

機能、安全面などまで考慮してはいないので注意を要する。

表2、3に示した貸与・購入福祉機器について詳細を述べる。福祉用具貸与は、貸与に要した費用の1割を自己負担する。

車いすは自走用標準車いす、普通型電動車いす、介助用車いすなどが貸与対象となっている(図1)。車いす付属品として、車いすと一体化して使用するクッション、電動補助装置などがある。

特殊寝台は、いわゆるギャッジベッドといわれるもので、背や脚の傾斜角度が調整できる機能をもつもの(図2)、床板の高さが無段階に調節できる機能をもつ低床ベッド、サイドレールが取り付けられている、または取り付けが可能なベッドが含まれる。特殊寝台付属品としては、サイドレール、マットレス、ベッド用手すり、テーブル、スライディングボード・スライディン

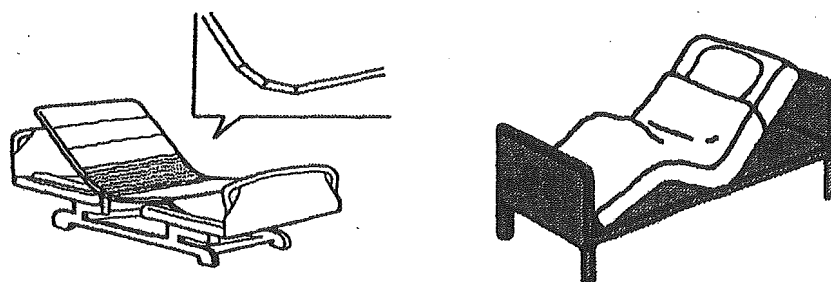
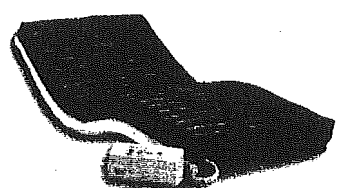
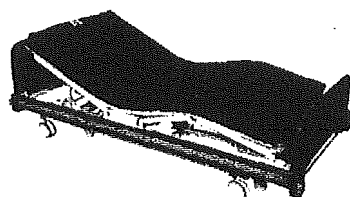


図2 特殊寝台



(a)空気マット



(b)水マット

図3 褥瘡予防マット

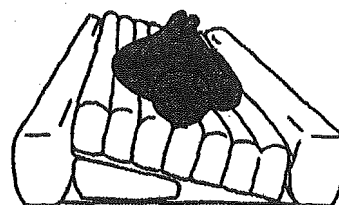


図4 体位変換器

グマットなどが含まれる。後者の2項目は、2003年の改訂で加えられた。

褥瘡予防用具としては、図3に示すように送風装置または空気圧調整装置を備えた空気マット、水などによって減圧による体圧分散効果をもつ全身用のマットが含まれる。体位変換器として空気パッドなどを身体の下に挿入することにより、居宅要介護者などの体位を容易に変換できる機能を有するもの(図4)に限り、体位の保持のみを目的とするものは除かれている。

歩行器は、歩行が困難な者の歩行機能を補う機能を有し、移動時に体重を支える構造を有するものであって、次のいずれかに該当するものに限っている。1. 車輪を有するものにあつては、体の前および左右を囲む把手などを有する

もの、2. 四脚を有するものにあつては、上肢で保持して移動させることが可能なものである。1の範疇に6輪歩行器も対象に加えられた(図5)。

歩行補助杖は松葉杖、カナディアン・クラッチ、ロフストランド・クラッチおよび多点杖に限られている。

さらに痴呆性老人徘徊感知機器、手すり(図6)、スロープ(図7)、移動用リフト(図8)がある。移動用リフトは、床走行式、固定式または据置式であり、かつ、身体を吊り上げまたは体重を支える構造を有するものであって、その構造により、自力での移動が困難な者の移動を補助する機能を有するもので、取り付けに住宅の改修を伴うものは除かれている。入浴用リフ

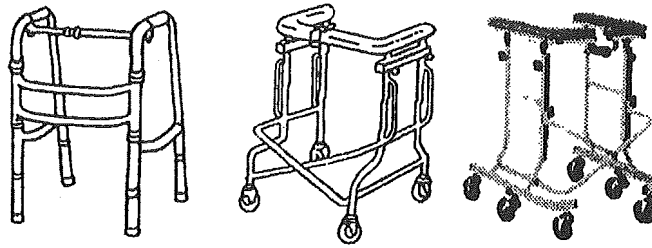


図5 歩行器

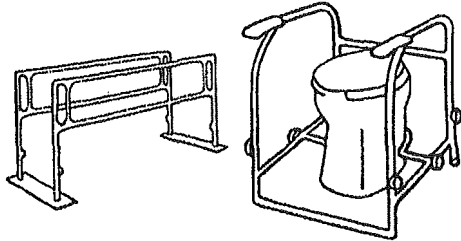


図6 手すり

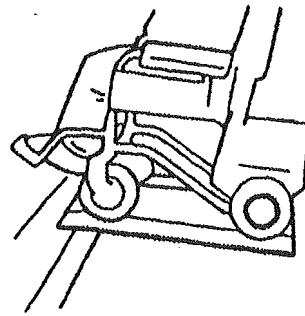


図7 スロープ

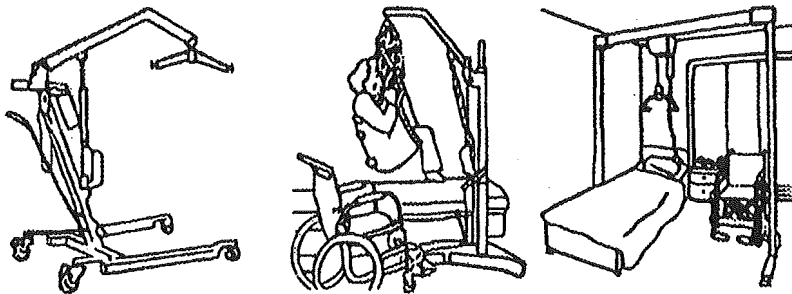


図8 移動用リフト

ト、立ち上がり用椅子、段差解消機(段差解消リフト)なども2003年の改訂で加えられた。

福祉用具購入は、排泄や入浴など個人用に使用され、レンタルに馴染まない機器で、年度ごとに10万円が購入上限であり、要介護状態区分にかかわらず、腰掛け便器は、和式便器の上に置いて腰掛式に変換するもの、洋式便器の上に置いて高さを補うもの、電動式またはスプリング式で便座から立ち上がる際に補助できる

機能を有しているもの、便座、バケツなどからなり、移動可能である便器は、居室において利用可能であるものに限られている(図9)。特殊尿器は尿が自動的に吸引されるもので居宅要介護者など、またはその介護を行う者が容易に使用できるもの。入浴補助用具は、図10に示すように座位の保持、浴槽への出入りなどの入浴に際しての補助を目的とする用具であって、入浴用いす、浴槽用手すり、浴槽内いす、入浴台

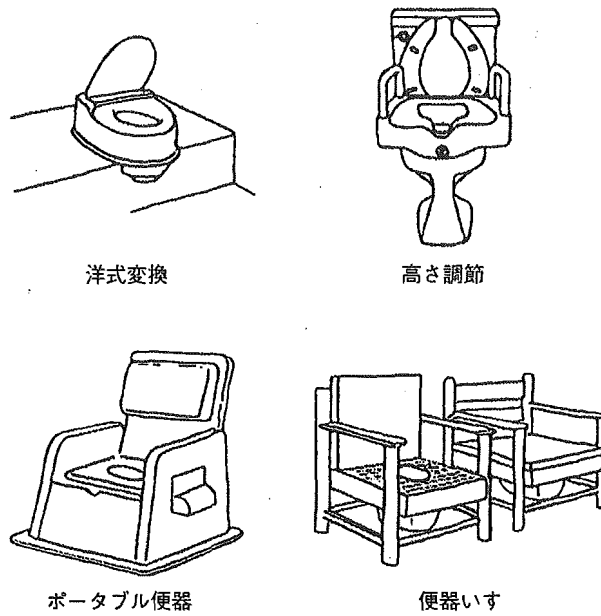


図9 腰掛け便器

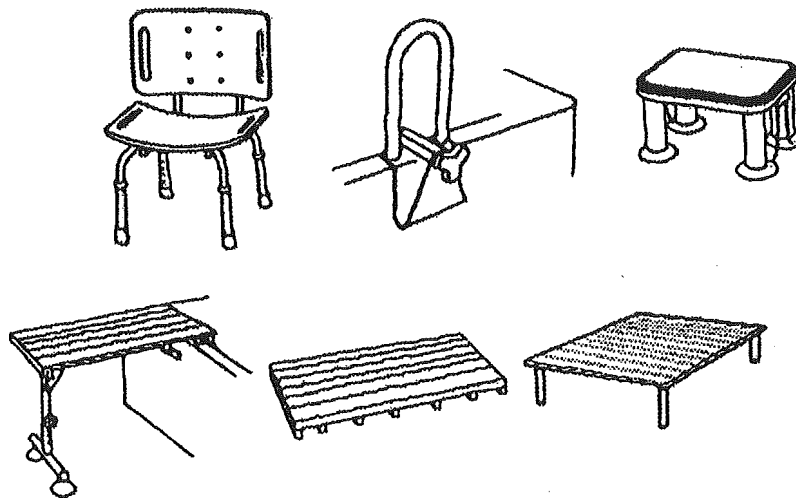


図10 入浴補助用具

(浴槽の縁にかけて利用する台であって、浴槽への出入りのためのもの)、浴室内すのこ、浴槽内すのこが含まれる。図11に示す簡易浴槽は空気式または折りたたみ式などで容易に移動できるものであって、取水または排水のために工事を伴わないものである。そのほか、移動用リフトの吊り具なども含まれる(図12)。

住宅改修費は、要介護状態区分にかかわらず、年間20万円となっている。介護保険による給付は、原則的には在宅サービスを利用した際に利用額の1割を自己負担として支払うが、住宅改修の場合は、いったん工事代金を利用者が支払い、その後介護保険から支給対象となる工事代金の9割が支払われることとなる。すなわち、

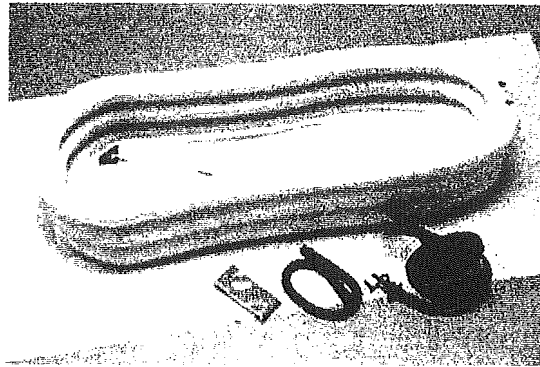


図11 簡易浴槽

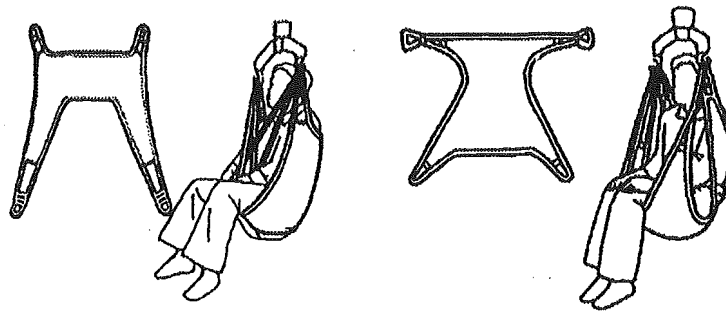


図12 移動用リフトの吊り具

介護保険における住宅改修の支給限度基準額は20万円なので、最高で18万円が介護保険から支払われることになる。

給付の対象となる住宅改修の範囲は、住宅改修の実例および個人資産の形成につながるものと持ち家と借家の居住者との受益の均衡などを勘案したものとなっている。また、共通して需要が多くかつ比較的小規模なもので、多様な住宅の状況に応じて必要な改修を柔軟に組み合わせるような工事として、以下に示すものが挙げられている。

1. 手すりの取り付け
2. 床段差の解消
3. 滑りの防止および移動の円滑化などのための床材の変更
4. 引き戸などへの取り替え
5. 洋式便器などへの便器の取り替え
6. その他1から5までの住宅改修に付帯し

て必要となる住宅改修

福祉用具の市場規模

どのような福祉機器が購入されているかは、現在、公的な統計はなく、経済産業省および産業界の支援を得て日本福祉用具・生活支援用具協会(JASPA)³⁾が毎年発表する市場規模調査概要に詳しい。2002年度福祉用具・共用品市場規模調査結果報告(概要版)³⁾によれば、1993年度7,735億円から順調に増加してきた福祉用具の市場規模は、2000年度にマイナスとなったが、2001年度には1兆1,787億円、2002年度には1兆1,919億円と対前年比1.1%の増加となっている。表4に福祉用具(狭義)の使用規模の過去9年間の項目別推移を表した。さらに2002年の項目別推計を図13に示す。

比較的健常な高齢者が利用している電動三

表4 福祉用具売り上げの推移

	福祉用具 (狭義)	家庭用 治療器	義肢装具	パーソナル ケア	移動	家具・建物	コミュニケーション	在宅等 介護	その他	福祉 施設用	社会参加
1993	7,735	1,021	1,419	1,416	304	400	2,697	414	30	18	16
1994	8,047	1,061	1,592	1,583	325	490	2,497	423	40	22	14
1995	8,655	1,113	1,757	1,758	380	608	2,489	428	50	27	45
1996	9,450	1,236	1,829	1,829	505	765	2,538	438	51	30	45
1997	10,495	1,327	1,958	1,958	594	857	2,826	441	20	31	122
1998	10,766	1,320	2,001	2,001	678	844	3,050	437	38	41	124
1999	11,647	1,279	2,161	2,161	1,004	931	2,900	488	43	44	259
2000	11,599	1,071	2,271	2,271	997	906	2,921	491	34	77	292
2001	11,787	1,062	2,320	2,310	1,104	864	2,988	482	29	63	427
2002	11,919	1,167	2,240	2,240	1,104	874	3,016	500	32	64	447

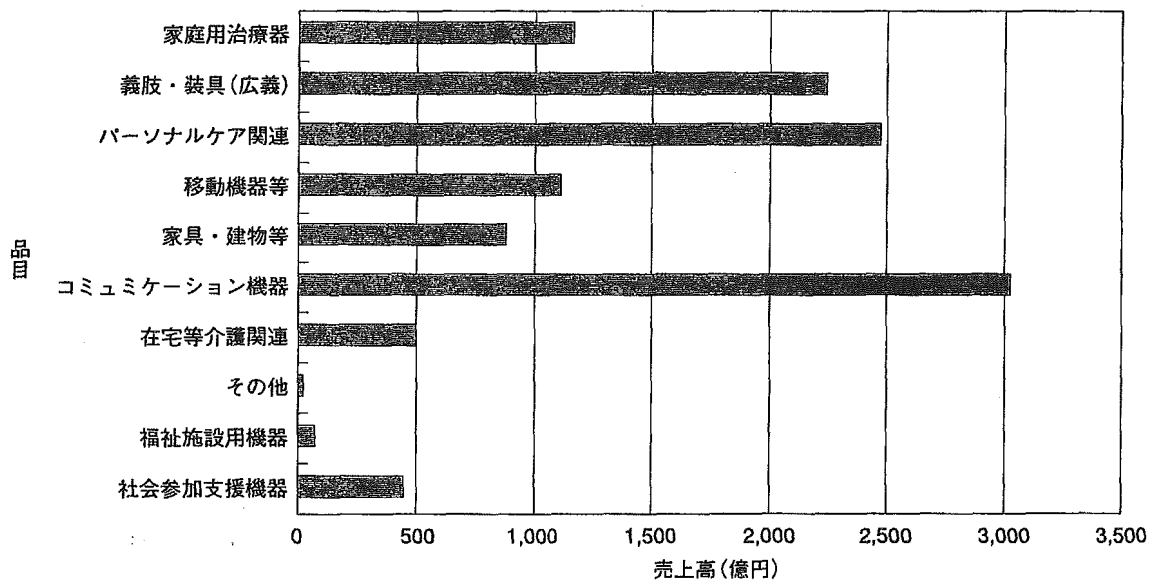


図13 福祉用具売り上げ規模(2002年)

(四) 輪車や座席シフト型の乗用車を含めた福祉車両の増加が挙げられる。また、介護保険制度による住宅改修制度が普及したことにより、手すり・握りバーの市場が拡大している。さらに交通バリアフリー法の施行により、交通機関や公共施設におけるバリアフリー化が推奨されていることにより、社会参加支援機器システムが大幅な増加となっている。

一方、介護保険制度の対象品目については、

レンタル対象品の「ベッド」や「手動車いす」とともに、「おむつ」や「入浴用品」などのパーソナルケア関連品や「杖・歩行器」などが減少しており、レンタル制度の普及・定着によるものと推測される。

共用品は、例えば温水洗浄便座、専用の福祉機器であったものが一般用途に普及、高齢者でも使いやすいように設計・デザインされた製品、点字を表示したビールなど一般製品をバリアフ

リー化した製品などをいうが、前年度とさほど変化はない。出荷額が増加した品目は「映像機器」、「住宅設備」となっている。情報通信機器は携帯電話に需要が移行し、固定電話機が減少している。

これらの調査の中で、安全性、品質などについての調査では、2001年の調査で「ISOやJIS、SGなどの基準・規格に準拠している」のが27.4%、「ISOやJIS、SGなどの基準・規格に準拠した自社基準・規格を作成している」のが11.2%、「自社独自の基準・規格を作成している」が25.1%で無回答を含む残りが、特に準拠していないという回答であった。基準準拠の方法については、自社で設置した試験施設や機関で行っているものが多く、第三者の評価機関に委託しているのは1/4弱であった。基準準拠しない理由としては、必要性を感じていないが約3割、基準(規格)の存在を知らないが約3割、該当製品の基準・規格が公表されていないが2割を占め、機器開発の安全性については、PL法との関連もあり、経済産業省、厚生労働省で早期の対策が図られることを期待する。

□ おわりに

高度技術を背景とした高齢社会においては、可能な限り、身体的あるいは情報弱者としての高齢者・障害者を支援し、介護・自立・就労など前向きな人生を支えることが重要であり、さらに元気な高齢者を含むすべての年齢層の人たちが、積極的に健康な生活を享受し、幸福な人間関係を維持することができる活気ある社会を形成することが望まれる。看護・介護機器がこのような背景で開発されることが望まれる。第I章以降、個別の看護・介護支援機器の現状と今後の展望について解説を加えていく。

参考文献

- 1) 福祉用具法 <http://www.techno-aids.or.jp/faq/low1.htm> access 2003年6月14日
- 2) 介護保険法 <http://www.kaigo.or.jp/bill.html> access 2003年6月14日
- 3) 日本福祉用具・生活支援用具協会 JASPA—<http://www.jaspa.gr.jp/index.htm>—access 2005年4月13日

2. 情報機器

はじめに

わが国では、高齢社会と情報社会がほぼ同時に到来し、社会システムが大きく変革しようとしている。日常生活、在宅医療など様々な場面で、高齢者および看護・介護者は何らかの支援を必要としており、その充実が急務である。

一方、社会の情報化により、大量の情報が高速に伝達されることが可能になり、公共サービスなどを在宅で受けることが可能となるとされている。このような状況下で、情報通信技術(IT)を積極的に利用し、高齢者の生活支援を行う試みがなされている(図1)¹⁾。しかしながら、必ずしもすべての高齢者が情報通信機器を使いこなすことができるわけではない。そのため、情報通信機器を使える人と使えない人の間に格差(情報格差)が生じ、すべての人が均一なサービスを受けられない危険性が指摘されている。現在、情報格差を埋めるべく様々な取り組みがなされている。

本稿では、情報通信を支える基盤技術、利用者の便宜を図るインターフェース技術、在宅生活を支援する遠隔医療技術の3つの話題について述べる。

基盤技術

情報社会を支える基盤として、情報通信そのものを行う具体的な施設・設備を「情報通信インフラ」と呼ぶ。ほんの10年ほど前まで、情報通信インフラは電話と一部の企業や官庁が有する専用回線しかなかった。当時は、情報通信と

いってもファックスか、パソコン通信と呼ばれる電話回線を利用した通信が可能だけであり、伝達可能な情報の量にも限界があった。

ところが、最近、インターネットの爆発的な普及により技術革新が大幅に進み、光ファイバーなどを用いた高速な通信網(ブロードバンド)により大量の情報が容易に伝達可能となった。わが国では、これまでブロードバンドの普及が遅れていたが、電話回線を利用した新しい通信技術であるADSLと呼ばれる仕組みにより、急激に利用者が増加している。さらに、IT基本法と呼ばれる法律に基づく国の基本政策「e-Japan戦略」²⁾により、医療・生活・行政サービスなど7つの分野における先導的情報化と情報インフラの整備が進んでいる。同時に携帯電話の加入者数は2004年3月の時点で約8,000万件³⁾と少なくとも国民の2人に1人は携帯電話を持っていることになり、こちらも急激に利用者を増やしている。

このように、ほぼ社会全体に行きわたった感のある情報通信インフラであるが、必ずしもすべての人々が有効に利用しているとはいえない。また、その利用料は10年前の半額から10分の1と極端に安価になっているが、機器の購入や設定などを考えると初期投資には数万円を要するため、収入の少ない高齢者には負担となることも少なくない。もちろん、インターネットに興味のある高齢者も少なくなく、電子メールの普及率もかなりの水準に達していると推測されるが、電話やテレビ・ラジオほどには普及していないし、利用のために積極的な意志を必要としていることには変わりがない。このよう

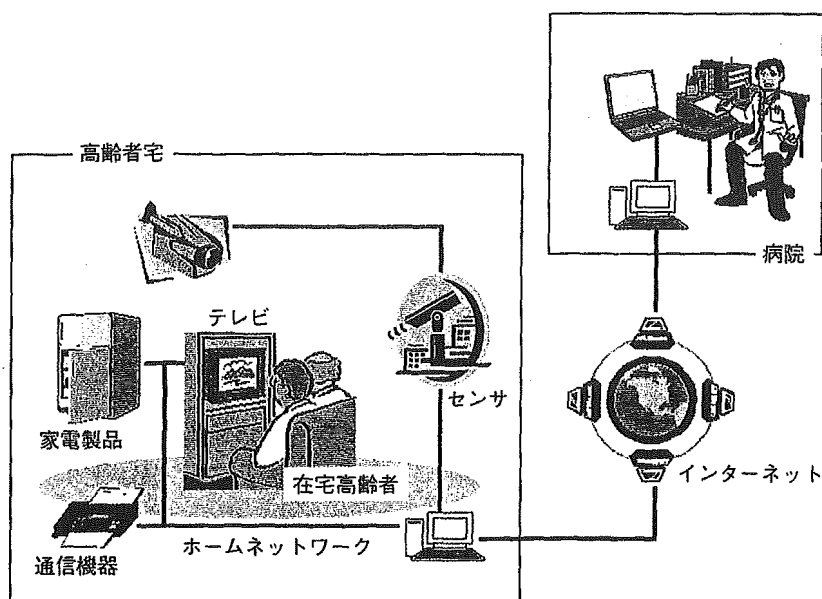


図1 情報ネットワークを用いた高齢者生活支援システム

に、ほぼ基本的な整備が完了した情報通信インフラをいかに利用し、高齢者の生活支援に寄与させるかが今後の課題である。

さらに最近、ユビキタスコンピューティング(ユビキタス：普遍的な、どこにでもある)⁴⁾という新しい概念が登場し、話題となっている。これは、パソコンなどのコンピュータのみならず、家電製品、腕時計などの携行品、ひいては食料品や人間そのものにまで通信機能を付与し、いつでもどこでも情報通信ネットワークへのアクセスを可能とする技術である。

このように、情報通信インフラの充実という点では、いつでもどこでも情報通信技術の利用が可能な状況が実現しつつある。ところが行政サービスの効率化などにより、情報通信機器の利用ができないと重要な情報を得られない可能性も存在する。すなわち、情報通信インフラの整備が完了しても、すべての利用者がその恩恵を直ちに受けられるというわけではない。この問題を解決しない限り、情報通信技術を利用した高齢者支援システムは完成しない。

☐ インターフェース技術

人が情報通信機器を利用するためには、パソコン・携帯電話やそれらに付属する端末と呼ばれる何らかの入出力装置を使用する必要がある。これは、人・コンピュータ双方が互いの利用する言語を解さないためであり、人とコンピュータの間を取り持つ仕組み、すなわちインターフェースが必要とされるためである。現在このインターフェースとして、一般的に利用されているのは入力側がキーボード、出力側がパソコンのモニターや携帯電話の液晶画面のような画像提示装置である。日本ではタイプライターが一般に普及することがなかったため、キーボードに対する抵抗感が強く、アレルギーなどにたとえられることさえある。若年者にあつては、携帯電話の普及により、携帯電話の12個のキーにより文字を入力する方法に親近感をもつ場合があるようではあるが、キーの大きさなどを考えると決して高齢者が利用しやすいものではない。

われわれの調査によれば、高齢者の一部には銀行などの現金預払機(ATM)や切符自動販売機などの利用も忌避する傾向があり⁵⁾、現在一

般化しているインターフェースが必ずしも良いものであるとは限らない。そのため、音声・身振り・視線など様々な方法によりコンピュータに情報を入力する仕組みが研究されている⁶⁾。これらは、実用的なレベルに到達しつつあり、音声入力システムは、パソコンのシステムの一部として、視線による入力装置は障害者用の入力装置などに組み込まれて市販されている。

とはいえ、これらは特殊な入力装置の使用や、一定の条件下での使用を前提としており、日常生活中に環境を問わずに利用するためには改良の余地がある。例えば、音声入力は、どのような話し方をしても言葉を認識するというわけではなく、雑音が多い環境下では誤認識される可能性が高い。一方、表示装置としては、現在利用されている画像提示装置は十分有効であるが、色遣いや文字の大きさなど、高齢者の視覚機能に関わる部分が情報を提供する側に任されているため、場合によっては高齢者には見づらいものとなることがある。このため、視覚機能に障害を有する利用者にも利用可能なように、一定の規範が存在するが⁷⁾、すべての情報でこれが守られているとはいいがたい。また、携帯電話などの携帯端末の画像提示装置はもともと画面や文字が小さく高齢者の利用には適していない場合がある。今後、高齢者の利用を前提とした機器の開発が期待されている。

高齢者の生活支援のために、日常生活中で情報機器が活用されるためには、高齢者の身体機能を考慮した利用の容易なシステムとすることのみならず、利用者のモチベーションを向上するような仕組みが必要になると考える。現在提案されているシステムとして、愛玩用のぬいぐるみや人形などに音声入出力機能を組み込むことによりこれを端末とするシステムや、留守番などの機能を実装したロボットに同様の機能を組み込んだシステムがある⁸⁾。これらのシステムは単に情報端末ではなく、独居の高齢者には話し相手としての役目もあり、積極的に利用されることが期待される。

遠隔医療技術

従来遠隔医療技術は、病院と病院を連携し、高度な医療を均一に提供する目的で開発され発展してきた。特に遠隔地の専門医による診断や地域医療機関の連携、電子カルテシステムは現在の医療では必要不可欠である。さらに、遠隔手術支援や手術ロボットを用いた遠隔手術なども、実用化されつつある。このように遠隔医療技術は医療の高度化・均一化に大きく貢献している。高齢者医療の臨床では、慢性疾患に対する日常的な病態管理、通院の手間の軽減、健康の維持管理など、様々な目的で実施される在宅医療の基幹システムとして必要不可欠なものとなっている。特に高齢者の疾患は、慢性疾患であることが多く、在宅での療養が求められることも多い。また、通院にかかる体力的な負担も少なくない。さらに、高齢化率の高い山間部などにあっては、往診に要する時間も長くなるため、問診や相談程度の診断の場合は、電話による聞き取りが双方の負担を軽減するために有効な手段である。一部の医療機関では、テレビ電話を利用した遠隔医療システムの実証実験なども実施されている⁹⁾。

在宅高齢者向けの遠隔医療システムでは、治療行為は困難であるため診断が主たる目的となる。これらのシステムでは、日常的に身体機能に関わる情報、例えば体温、心拍、血圧などの生理量から、起床、摂食、排泄、就寝など、日常生活行動の情報など様々な情報を獲得し伝送する必要がある。また対面診断のためには顔画像の伝送なども必要である。

これらの情報を獲得するためには、患者宅にセンサやカメラなどを実装する必要がある。この際、最も問題となるのは、プライバシーであり、情報獲得および伝送の際に、患者が望まない情報が外部に漏洩しないよう最大限の努力が払われなければならない。そのため、通信の際には伝送データを暗号化し、悪意の第三者による盗聴が非常に不可能なようにしている。また、これらの装置は、日常生活に積極的に介入する機能を有するがゆえに、患者の日常生活を妨げ

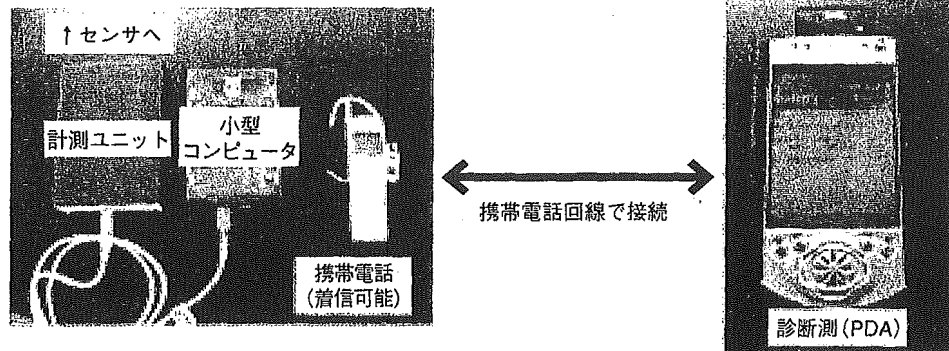


図2 高齢者生活支援システムのプロトタイプ

るものであってはならない。したがって、患者がその存在を意識せず利用可能でかつ患者を拘束しないものであることが理想である。この条件を踏まえ、在宅患者の日常生活のデータを連続して獲得可能なシステムが開発され一部は実用化されている。特に最新のシステムではパソコンを利用しないシステムも開発されている(図2)¹⁰⁾。

しかしながら、このようなシステムの運用において、初期投資の費用と運用に付随する通信費などの経費を誰が負担するかという問題が生ずる。特に、疾患を有する患者ではなく、在宅高齢者の健康管理システムでは、健康な時点での投資が必要であり、現在の健康保険の枠組みでは対応不可能である。ゆくゆくはこのような予防医学的なシステムの運用にも、社会保障の枠組みが適用されることが望まれる。またこのような予防医学的システムは重篤な疾患の予防に有効であり、社会保障費全体の低減に寄与することが期待される。

おわりに

さて、このような在宅高齢者生活支援を目的とした情報システムは日常的に患者の生体情報を計測・蓄積し、長期的なデータの変動を検知して疾病の兆候を検出し、利用者に病院での検査を促す機能と、転倒や急性の疾患を検出し、緊急通報を行う機能が必要である。現在実用化

されているシステムでは、このような異常検出については、医師や看護師による主観的な評価に頼らざるを得ない。しかしながら評価可能な利用者の人数には限界があり、評価者として業務に従事可能な医療従事者の人数にも限界がある。

いずれにしても、医療従事者による対応には費用の面での負担が大きい。この問題を解決するには、人工知能などの情報技術を導入し、自動的に健康状態の異常を検出するシステムの確立が必要不可欠である。現在いくつかの試みが行われており、近い将来実用化されることが期待されている。

参考文献

- 1) 南部雅幸ほか：情報通信ネットワークを用いた高齢者自立支援システム。ライフサポート 13(1)：8-13, 2001.
- 2) IT戦略本部：e-Japan 戦略Ⅱ。2003.
- 3) (社)電気通信事業者協会：事業者別契約数(平成16年2月末現在)。2004.
- 4) 山田茂樹ほか：ユビキタスコンピューティング；ネットワークとアプリケーション。電子情報通信会論誌 B J86-B(6)：863-875, 2003.
- 5) 中島一樹ほか：ユーザインタフェースとしての絵文字認証の検討。信学技報 103(81)：59-64, 2003.
- 6) 田畑慶人ほか：手型認識を用いた指文字教育システム。教育システム情報会誌 18(2)：172-177, 2001.
- 7) WWW Consortium：Web Content Accessibility Guidelines1.0, W3Crecommendation5-May-1999:

<http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990505/>

- 8) 水谷研治ほか：高齢者用コミュニケーション支援器具. 松下テクニカルジャーナル 45(5)：126-134, 1999.
- 9) 三田勝己ほか：中山間部における高齢者の在宅ケア. 計測自動制御会誌 40(5)：396-399, 2001.
- 10) 増田 泰ほか：在宅リハビリテーションのための無拘束モニタリングシステム. 生体医工学シンポジウム予稿集, CD-ROM, 2003.

An Easily Installable Wireless Monitoring System for Ordinary Houses

Sosuke Tsukamoto ^{a,1}, Hiroshi Hoshino ^a and Toshiyo Tamura ^b
^a *School of Science and Engineering, Tokyo Denki University, Japan*
^b *Faculty of Engineering, Chiba University, Japan*

Abstract. This paper describes a behavioural monitoring system for ordinary houses. The system employs a device that uses weak radio waves for transmitting obtained data and was designed to be installable without any technical knowledge on part of the user or extra constructions. An ad-hoc network in the house is important in case of an emergency or a sudden illness. The ease of installability of the system is also important. Therefore, a simple experiment was performed to assess the installability, and the system was determined to be easily installable by clients.

Keywords. Behavioural monitoring, weak radio wave, simple installation and removal

Introduction

Preventive medicine is one of the types of health care for the aged. Obtaining and utilizing biomedical or behavioural information appear to be effective for maintaining and improving the quality of life [1–4]. However, most behavioural monitoring systems are installed when a house is newly built or is reconstructed. For the aged society, we sometimes need to install such systems in case of an illness or emergency. Therefore, we need an ad-hoc home network, i.e. the system should be easy to install and remove [5, 6].

In this study, we built an ad-hoc wireless behavioural monitoring system that is technically similar to the Mote [7]. The measuring unit was designed to be usable after merely installing it or attaching it to appliances. The installability of the system by clients was evaluated by means of a simple experiment.

1. System Structure and Apparatus

The system has at least one data storage terminal (master server) and many measuring units. The units automatically sample sensors' outputs and transmit the obtained data to the server by radio. The radio network, i.e. data relay path, is automatically constructed and is modified when a relay failure occurs. Another storage terminal (slave server) can be added to the system; if a unit has no path to the master

¹ Corresponding Author: Department of Electronic and Computer Engineering, Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama, Hikigun, Saitama, Japan; E-mail: tsuka@f.dendai.ac.jp.

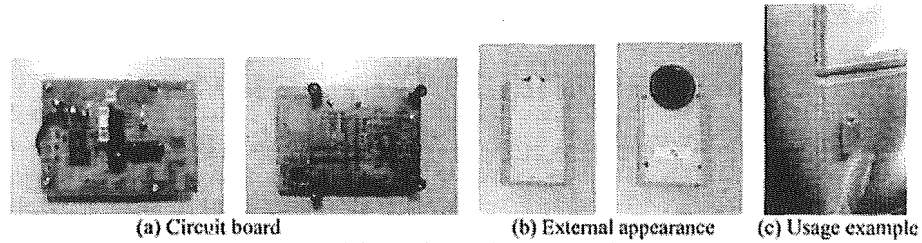


Figure 1. Measuring unit (attachable type)

Table 1. Specifications of the measuring unit.

Item	Specification
Microprocessor/Controller	PIC16F876 (Microchip Technology, Inc.)
Processor Clock	10 MHz
Radio Module	CDC-TR02B (Design Circuit, Inc.)
Radio Frequency	315 MHz
Modulation	Amplitude Shift Keying (Manchester Coding)
Maximum Transfer Rate	115.2 kbps
Unit Weight	~200 g
Size (H × W × D)	100 × 65 × 35 mm

server, it can attempt to send the obtained data to the slave server. The slave server can also be used as a portable data recorder for biomedical monitoring. When there is a relaying path from the slave server to the master server, the former transmits stored data to the latter.

Figure 1 shows the circuit board, the external appearance, and a usage example of the measuring unit developed in this study. Table 1 shows the specifications of the unit. The unit employs a pattern antenna. The maximum transfer rate of 115.2 kbps enables us to handle biomedical information. Two types of units were developed—standard and attachable. The former type is set adjacent to some object and can be used as a proximity sensor, TV sensor, etc. The attachable type can be attached to a specific device such as a microwave oven, refrigerator or washing machine. The size of the measuring unit is almost the same as that of a human hand, and therefore, it is not very small; however, we considered that there is a possibility that the unit may be dropped into a crevice.

2. Experiments

We carried out two types of experiments: an evaluation of the installability by clients and a data transmission test.

We conserved the output power of the radio module in order to (1) keep in accordance with the radio regulation law that strictly restricts the output power of a device that employs weak radio waves and (2) ensure that the output is within the weak radio wave range. The communication distance was checked by the data transmission test.

Table 2. Characteristics of the subjects and experimental results.

Case	Sex	Age	T	N_{TB}	N_A	E_P	E_D
1	F	46	20	10	10	1	0
2	F	47	40	10	10	2	0
3	M	49	20	10	10	3	0
4	M	55	17	10	10	2	0
5	F	51	7	13	13	0	0
6	F	76	11	13	11	1	10

T : time consumed for finishing a task [min], N_{TB} : number of units to be set, N_A : number of units actually set, E_P : positional error, E_D : directional error.

We examined the installability of the system by clients. Six healthy volunteers (two male and four female; average age 54.2 ± 11.2) participated in this study. Their characteristics and the corresponding experimental results are shown in Table 2. A descriptive instruction manual was prepared for describing the types of units (sensors) used for obtaining different types of data as well as the installation procedures of the units; several helpful illustrations were also provided. Prior to the experiment, written informed consents were obtained from all the subjects. We also obtained the arrangement of their rooms and programmed the positioning of the units based on the arrangements. The subjects were requested to install the units at the designated positions (indicated on a map in the manual). The subjects in cases 5 and 6 live together (mother and daughter). In these two cases, the differences in the installation positions were examined on the basis of the difference between the subjects.

3. Results and Discussions

The result of the data transmission test revealed that the maximum range of the wireless network is about 1.5m. This distance is insufficient for practical use. However, it is adequate to test the multi-hop network system. For a practical system, the antenna type and output power should be adjusted so that the transmission range is at least six meters.

Table 2 shows the results of the installability evaluation. T denotes the time consumed for finishing a task; N_{TB} , the number of units to be installed; N_A , the number of units actually installed (including E_P and E_D); E_P , the number of units that were installed at wrong locations (counted only when the intended data was not obtained; the installation position and direction are left to the subjects' discretion) and E_D , the number of units that were placed in wrong directions (equal to E_P , counted only when the intended data was not obtained). The averages are as follows: $N_A = 97.4\%$ and $E_P = 15\%$. In cases 1 to 4, the subjects installed almost all units properly. In case 6, two units were not installed and the rest were installed in wrong directions.

In most cases, the installation positioning error (E_P) appears to have been caused by mistakes in the instruction manual. In particular, the TV sensor unit was required to be placed adjacent to the TV screen, but most subjects placed the unit on the floor. In this situation, the unit cannot detect the period for which the TV is used. The descriptions in the manual were written as briefly as possible to reduce the time spent on tasks. In case 6, the position at which a unit was placed was completely different from what was specified in the manual. This type of error may cause data confusion.

The slave server cannot be realized with the Mote because the routing method of XMesh (Crossbow's multi-hop networking protocol) only has *any-to-base* and *base-to-any*.

4. Conclusions

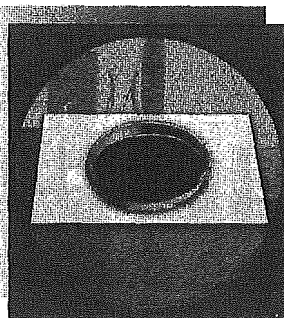
In this study, we designed a wireless behavioural monitoring system with the objective of simple installation and removal. Two types of evaluations—data transmission range and installability—were performed. The data transmission range was determined to be about 1.5 m; therefore, the antenna shape and output power should be optimized for practical use. The result of the installability evaluation revealed that the subjects installed units properly in most cases. Since a particular subject installed all units in wrong directions, the unit (sensor) should not be sensitive to direction. An error in the installation position may cause data confusion; therefore, a method should be developed for inspecting the unit position.

Acknowledgements

The authors are grateful to Mr. Haruhisa Naganokawa and Mr. Noriyuki Kameda for technical support. This study was partly supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research (16700429) from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan and Grants-in-Aid from the Ministry of Health, Labour and Welfare, National Institute for Longevity Sciences and Chiba University.

References

- [1] T. Tamura, "Application of Biomedical Sensor and Transducer in the Elderly," IEEJ Transactions, vol.123, no.2, pp.37-42, 2003.
- [2] M. Ogawa, R. Suzuki, S. Otake, T. Izutsu, T. Iwaya, and T. Togawa, "Long term remote behavioral monitoring of elderly by using sensors installed in ordinary houses," Proceedings of 2nd Annual International IEEE-EMBS Special Topic Conference on Micro-technologies in Medicine & Biology, pp.322-325, 2002.
- [3] K. Nakajima, T. Yoshimura, M. Nambu, and T. Tamura, "Proposal to Use the Unconstrained Monitors for Improvement of Quality of Life," Journal of IEICE-J, vol.J-85-A, no.12, pp.1373-1379, 2002.
- [4] S. Gomi, S. Sakata, S. Otake, T. Izutsu, and R. Shingai, "Statistical Analysis of Human Activity in Daily Life through a Data Set from the Infrared Ray Sensors," Life-support (in Japanese), vol.13, no.4, pp.10-17, 2002.
- [5] S. Otake, M. Ogawa, R. Suzuki, T. Izutsu, and T. Iwata, "Development of the Monitoring System for Single Living Elderly in Welfare Techno House Mizusawa," Life-support (in Japanese), vol.13, no.4, pp.2-9, 2002.
- [6] M. Nambu, T. Suenaga, N. Ichinoseki, K. Nakajima, and T. Tamura, "Development of the Life Supporting for the Elderly using Information Technology 'e-house'—Remote Monitoring System using Power-line Network and Web-based Application," Life-support (in Japanese), vol.13, no.4, pp.26-33, 2002.
- [7] Mote (Smart Dust), Crossbow, <http://www.xbow.com/>, (15 April 2005).



BACKGROUND: ©1999 PHOTODISC, INC.,
PETRI DISH: ©2001 IMAGE SOURCE LIMITED

An Unconstrained Monitoring System for Home Rehabilitation

A Wireless Heart/Respiratory Rate Sensor Accessible to Home-Visit Therapists

BY YASUSHI MASUDA,
MITSUYOSHI SEKIMOTO,
MASAYUKI NAMBU, YUJI HIGASHI,
TOSHIROU FUJIMOTO, KUNIHICO CHIHARA,
AND TOSHIYO TAMURA

With the shift to an aging society with fewer children, the role of home healthcare is becoming indispensable. In Japan, the Long-Term Care Insurance System has been introduced, which aims to help the elderly remain self-sufficient by providing benefits for home-visit care services [1]. Unlike hospital care, home care is difficult to plan, manage, and evaluate if a home is far from a hospital. Telemedicine support is expected to redress this distance problem.

Telecommunication technologies have improved rapidly over the past decade. Today, the telecommunication infrastructure provides multimedia communication facilities such as Web browsing and video-chat for personal use. Such an infrastructure includes wired media, such as subscriber telephones, cable television (CATV), or fiber-to-the-home (FTTH) networks as well as wireless media, such as mobile telephones, the personal handy phone system (PHS), wireless local area networks (LANs), or personal area networks (PANs). Wireless media, in particular, are rapidly improving; they are becoming more compact and expanding in terms of use. Pervasive computing, providing access to information services anywhere and at any time, has been realized through such devices as mobile telephone terminals and personal digital assistants (PDAs) integrated with wireless communication functionality [2].

Telemedicine studies have covered two major areas so far: tele-existence and medical information management. Tele-existence has focused on developing a system for remote diagnostics or treatment, for example, tele-echography or telesurgery. It requires high bandwidth and real-time communication, for example, at least a T1 (1.5 Mb/s) Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) connection is required for real-time echography transmission, with requirements becoming stricter in order to handle time-critical interactions and/or additional data such as voice communication. On the other hand, the term *medical information management systems* refers to systems for archiving medical information, such as health records. It does not require the real-time ability but does require high bandwidth for sharing digitized medical images efficiently. It also requires huge storage integrated with work flow management facilities. These conventional frameworks share common characteristics.

- *Chiefly used by medical providers:* Usually, the user is specialized or well trained in the system.
- *High cost:* The total cost of the system is shared by the number of patients involved.
- *Large and complicated:* Hardware specialist(s) are required for the system, apart from the user.
- *Built on specialized infrastructure.* A high-speed fiber network is often used.

The home healthcare system, however, does not have the same requirements as the systems outlined above. For home healthcare support, development focuses on systems that can be used by a therapist to remotely monitor individual patients. Therefore, the performance requirements for the telecommunication infrastructure are relatively low. However, since such a system should be maintained daily, the running cost is strongly limiting. To conform to these requirements, we have designed a home healthcare framework with the following attributes:

- *Exploits existing telecommunication infrastructure:* Development of an alternative infrastructure specific to home healthcare is unreasonable.
- *Minimal measurement and transmission:* Excessive measurements confuse the user and increase cost.
- *Minimal and simple hardware:* Complex or highly integrated hardware increases costs for development and maintenance as well as the training of the user.
- *Nonconstraining and silent operation:* Constraining devices and noisy hardware cause unpleasantness for the user.

In the following, we describe an unconstrained monitoring system of heart/respiration rates using wireless telecommunication as an application for home-visit rehabilitation therapists.

Application to In-Home-Visit Rehabilitation

Rehabilitation by a home-visiting therapist plays an important role in home healthcare; the service decreases the physical workload and risk on the part of patients who visit the hospital. The therapist can also arrange exercises suitable for residential life. To carry out effective physical therapy, the postexercise observation of a patient's health is desirable for a therapist to ensure that the patients are not overexerting themselves with an exercise. Additionally, the observed data allow

The proposed system showed its usefulness for both the therapist and the patient in planning and evaluating daily rehabilitation training.

the therapist to plan and evaluate long-term rehabilitation schedules. Such observations can include heart rate, respiratory rate, and blood pressure because they are easy to acquire and record. Although these observations are easily performed in a hospital, a therapist in home-visit rehabilitation work cannot carry it out since he/she must visit separately located homes. While the therapists can interview an individual patient or the patient's caregiver (by telephone, for example) such information is not quantitative.

To redress the issues described previously, we have developed a system using a mobile terminal to help with home-visit rehabilitation. The system allows a nomadic home-visit therapist to acquire the health status information of a patient remotely—from anywhere at any time.

Methods

Figure 1 illustrates the proposed system. The system consists of a sensory system for the patient and a viewer system for the therapist. A TCP/IP network connects the subsystems using a physical communication infrastructure.

Home-Side Sensory System

The home-side system, as shown in Figure 2, consists of an air-filled mat, a measurement unit, and a bridge unit, which handles connections. When a subject lies on the mat, his/her heartbeat and respiratory movements cause perturbations in the air pressure in the mat. These perturbations are easily acquired by a pressure sensor and have robust frequency characteristics in a relatively lower frequency area compared with environmental noise. Thus, through an appropriate filtering process, both heart rate and respiratory rate are easily

estimated. Although there are other methods to measure such information (such as the pulseimeters [3] that are widely used to determine heart rate and a computer vision-based system [4] proposed for determining respiratory rate) these methods introduce problems. Pulseimeters constrain the subject, decreasing their quality of life, and the vision-based system requires complicated imaging hardware. In contrast, our method can estimate heart and respiration rates simultaneously, with no constraints on the subject and using relatively simple hardware.

The analysis unit (Bio-Sensor Node BN-6 from Yokogawa Electric Corp., Tokyo, Japan) continuously monitors the estimates and stores them in HTML format in a built-in Web server. The stored data is accessible via an integrated Ethernet interface. To mediate the Ethernet and the incoming connections from the therapist-side system, we employed an embedded microserver unit (OpenBlockSS from Plat Home Inc., Tokyo, Japan). Since all units are integrated in fanless modules, they conform to the silence requirement described previously.

The choice of medium for telemetry networks is an important issue when considering practical use. In conceptual telemedicine, high-quality, wired connections like xDSL or FTTH are sometimes assumed as the medium. However, there still exist large gaps in the spread of such media to many localities. Thus, we decided to employ a wireless network using mobile telephone terminals for both ends of the connection. Since the hospital and patient do not have to provide a

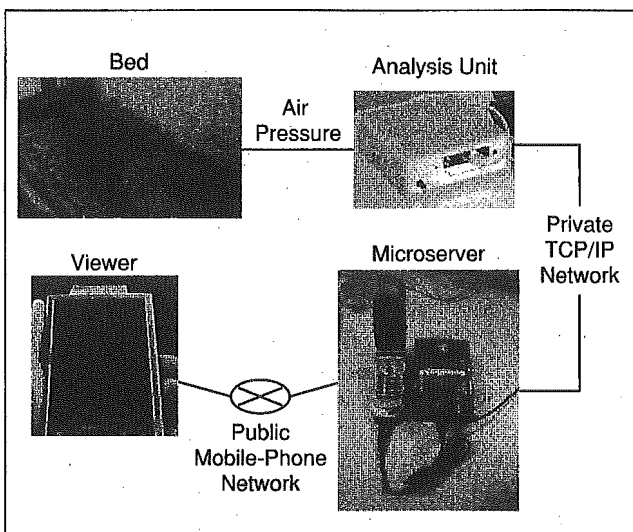


Fig. 1. A scheme of the monitoring system.

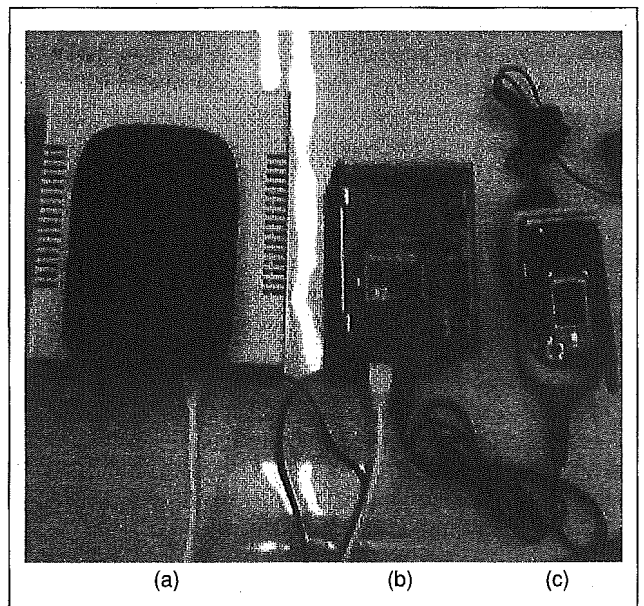


Fig. 2. Patient-side system: (a) analysis unit, (b) microserver, and (c) mobile phone.

The system allows a nomadic home-visit therapist to acquire the health status information of a patient remotely, from anywhere at any time.

wired medium, we can easily install and maintain the network. In our system, a mobile telephone (P504iS from NTT DoCoMo Corp., Tokyo, Japan) and a modem (MobileDP 2496P from NTT DoCoMo Corp., Tokyo, Japan) are used.

Therapist-Side Viewer System

Since the therapist does not necessarily have expert computer knowledge, the viewer system should have ease of set up, browsing, and report creating. Therefore, a PDA (Figure 3) is employed. Today's PDAs have browsers that allow access to Web-based information through wireless media. The mobile telephone and PDA are linked by an infrared modem attached to the communication port of the mobile telephone. With this viewer, the therapist can access the sensor node in an individual patient's home via the Web browser built into the PDA. Since the acquired information is shown as an image or text on the Web browser, the therapist can copy it and paste into a text editor on the PDA to track or record long-term transitions of a patient's status.

Connection

The performance and cost of the connection mechanism should be carefully balanced. In our framework, a therapist checks the estimated heart rate and respiratory rate at several time points after an exercise for each server of interest. The data, only a few kilobytes in size, are formatted in HTML for browsing from a PDA. In such a case, the framework is modeled as the server-client: servers providing data at an individual home and a client for a therapist to access those servers. Thus, the home-side system is implemented as a remote access server (RAS), and the connection is established using TCP/IP over PPP.

Security and Privacy

Security issues should be considered carefully [5]. First, the access rights to the measured data should be limited to a privileged group to protect patient privacy and to prevent data alteration caused by a malicious attack or accident. Second,

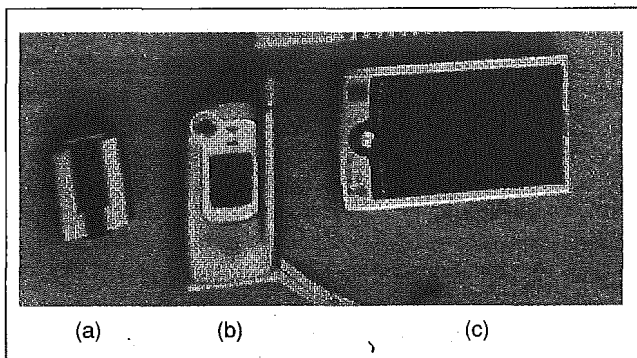


Fig. 3. The therapist-side system: (a) IR modem, (b) mobile phone, and (c) PDA.

the identification of patients should be correctly performed by a therapist to prevent malpractice. In our system, there are multiple layers for access control. Since the connection is established over a digital mobile telephone, strong data encryption is performed in the physical layer and an RAS regulates any incoming connection by the caller's telephone number; it uses challenge handshake authentication protocol (CHAP) for username/password authentication. Since an individual server is identified by the RAS telephone number and requires different passwords for authentication, a therapist can switch to the patient of interest easily and correctly. Further security improvement is possible using popular security mechanisms in the session/application layer such as the internet protocol security (IPSec) or the secure socket layer (SSL).

Results

The proposed system was operated in practical clinical situations to evaluate its potential. The test was conducted in Miyazaki prefecture, Japan. A physical therapist from Fujimoto Hayasuzu Hospital and his three patients joined as subjects in the experiment. Before the experiment, the hospital's ethics council approved the experiment, and patients or their families gave both oral and written informed consent.

Subjects

Case 1

The subject is an old man with dementia. He is bedridden and requires acute care for all activities. Rehabilitation training by the therapist included joint flexion, muscle rebuilding, and mental support. He lives in suburban area, 5 km from the hospital. Only a mobile telephone is available for wireless communication in the area.

Case 2

The subject is an 83-year-old man who had been hospitalized for cerebral infarction with intercurrent aspiration pneumonia. After recovery, he and his family requested home-visit care. He is bedridden except at mealtimes and needs acute care including complete support for most daily activities. Rehabilitation training by the therapist included joint flexion, muscle rebuilding, mental support, and platform-to-wheelchair assistance. He lives in an intermountain area, 28 km from the hospital. Only mobile telephone service is available in the area.

Case 3

The subject is a 54-year-old woman diagnosed with muscular dystrophy. She has mobility impairment and has to move on her hands and knees. In addition to assistance with eating and toileting, she requires partial help with some activities of daily living. Rehabilitation training by the therapist included respiration aid, joint flexibility training, and muscular exercises.