

200401049A

厚生労働科学研究費補助金  
医療技術評価総合研究事業

ユビキタスコンピューティングシステムを用いた  
へき地医療体制の充実に関する研究

平成 16 年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 田村俊世  
国立大学法人千葉大学工学部教授  
分担研究者 南部雅幸  
国立医療センター長寿医療工学研究部  
生活支援機器開発研究室長

平成 17(2005)年 3 月

## 目 次

I. 総括研究報告書	
ユビキタスコンピューティングシステムを用いた へき地医療体制の充実に関する研究 田村俊世	3
II. 分担研究報告	
1. ユビキタスコンピューティングシステムの開発評価 田村 俊世 (資料) Telecare system for home rehabilitation without PC	7
2. ネットワーク・データベースの構築, ユーザインターフェースの開発評価 南部 雅幸 (資料) 分担報告書添付資料	25
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	35
IV. 研究成果の刊行物・別刷	39

# I. 総括研究報告書

厚生労働科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）

総括研究報告書

## ユビキタスコンピューティングシステムを用いた へき地医療体制の充実に関する研究

主任研究者 田村 俊世 千葉大学工学部教授

**研究要旨** だれでもどもでも容易に廉価で使用できる遠隔医療・在宅健康管理システムを構築した。システムは携帯電話を用いてデータを伝送することを主眼として、在宅で自動的に収集されたデータをマイクロサーバに保存して、医療従事者側の要求に応じて逐次データを送信する機能を有する。在宅では、特別の操作を必要とせず、データの収集が可能となった。

分担研究者

田村俊世 千葉大学工学部教授

南部雅幸 国立長寿医療研究センター研究所室長

### A. 研究目的

本研究は、へき地における在宅遠隔医療においてデータの収集、蓄積、管理および公開を一元的に取り扱い可能な情報ネットワークシステムの開発を目的としている。近年の情報機器の性能向上と小型化により、小型化されたコンピュータを様々な機器に実装し、相互にネットワーク接続したユビキタスコンピュータシステムと呼ばれる偏在的コンピュータシステムの実用化が期待されている。われわれは、このシステムの機能を在宅医療に導入し、医療従事者、患者、家族で情報を共有することにより高度な医療を提供することを目指す。へき地医療においては、病院までのアクセスが困難なため、在宅医療の必要性が高いが、情報基盤が未整備のため情報の共有ができず在宅遠隔医療の円滑な実施が困難である場合がある。われわれは、

ユビキタスコンピュータシステムを用いた簡便なシステムで以下の要求を満たすシステムを構築する。すなわち、患者毎のデータ収集、伝送と蓄積、介護度認定や看護・介護および診断のためのデータベースの構築と公開、病院医療情報システムとのリンクが一元的に実施可能な医療情報システムの構築を提案する。本システムが実用化すれば、客観的なデータによる根拠に基づいた在宅看護・介護ならびに遠隔診断・治療の円滑な実施が可能となる。さらに、日常的な健康管理にも適用が可能である。そのため疾病の重篤化が予防可能となり、健康保険・介護保険を含めた医療費全体を低減することが可能となる。初年度は、簡便で廉価な在宅での生理量計測システムを携帯電話を用いて実現した。

### B. 研究方法

小型コンピュータを組み込んだ生体計測システムとして、患者、看護・介護者ならびに医師への情報表示システムを個々の必要性にあわせて開発した。まず、事前に、在宅医療の実施に際して必要十分な量の患者の生体情報あ

るいは行動情報ならびに、看護・介護や診断に必要な十分な医療データの種別、データ量を調査した。その結果に基づいてユビキタスコンピュータを組み込んだデータ収集端末を製作した。同様にして看護・介護者および医師が利用するデータ表示端末を開発した。

#### (倫理面への配慮)

臨床における機器の評価・実験に関しては、その安全性について十分検討を行う。また、すべての実験は実施機関の倫理委員会による承認を得た後、被験者およびその家族に対し、実験内容と意義および生じうる危険性について書面ならびに口頭で十分に説明を行い、書面にて同意を取った。情報通信機器を用いた生体情報伝達を実施する際には、セキュリティ対策を十分に行い、プライバシーの保護を最優先とする。また、学会等でデータを発表する際には、個人が特定されないように配慮した。

#### C. 研究結果

試作したシステムの概要は以下である。田村は、対象者にセンサを装着することなく無意識のうちに生理情報を収集するシステムとしてベッドにエアマットレスを装着し、マットレスのエアの変動から心拍数、呼吸数を推定した。データは、PCの機能をもつが、表示機能を持たず、計算とデータ伝送のみの機能をもつマイクロサーバに保存する。保存されたデータは、一定時間ごとに自動的に更新される。データの閲覧は、医師や医療従事者が希望する場所、時間に携帯電話を用いて行うことが可能となった。家庭側のサーバからは積極的にデータを送信することは行わないこととした。

また、バイタル情報を取得するためのウェアラブルセンサ(加速度、心拍数)の設計に着手し、前述のシステムに接続するためのプロトコルの作成に着手した。さらに本システムの実用化に必要なセキュリティシステムの実装に関する研究を行った。

南部は、ベッドにマトリクス状に温度センサを並べることにより、ベッド内温度の計測を行い、睡眠環境の推定、体動の有無を推定するアルゴリズムを検討した。

#### D. 考察

簡便で特別の操作を必要としない在宅健康管理システムを構築した。携帯電話を利用したことにより在宅の利用者への電話料の負担をなくした。在宅での利用者、介護者に対する操作性が良く、特別の訓練を受ける必要はないことが証明された。今回のシステムは患者への情報提示行わなかったが、次年度からは、日常生活中で従来から使用しているテレビや携帯電話を利用する。あるいは人形やぬいぐるみなどコンピュータを意識させない物品に実装する予定である。これらの装置は必要最低限の操作で利用が可能なものとし、特に患者への情報提供システムは電源の投入以外はほとんど操作を必要としない構成とする。

さらに、これらのシステムで利用するデータベースの構築を行う。特にユビキタスコンピュータシステムのような機能に制限のあるコンピュータシステムで効率よくデータの伝送を行うための通信プロトコルと、利用者の要求や、患者の健康状態に応じて必要なデータを抽出するアルゴリズムを組み込んだデータベースを開発する。さらに、重要な個人情報である医療情報を伝送する際に必要不可欠なセキュリティシステムと、その利用の際に必要な個人認証システムのユーザインターフェースを開発する。

#### E. 結論

簡便で使い易い在宅健康管理システムを構築運用した。在宅側、医療従事者側に十分満足いく機器開発ができた。

#### F. 健康危険情報 なし

#### G. 研究発表 各分担者参照

#### H. 知的財産権の出願・登録状況 なし

## II. 分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）  
分担研究報告書

ユビキタスコンピューティングシステムの開発評価  
分担研究者 田村 俊世 千葉大学工学部教授

研究要旨 だれでもどもでも容易に廉価で使用できる遠隔医療・在宅健康管理システムとして在宅リハビリテーション時のバイタルサインモニタリングシステムを試作し、運用した。寝たきり高齢者のリハビリテーション前後の脈拍と呼吸数を自動的に計測して携帯電話を通信手段として医療従事者のもとに伝送して送信できるシステムを構築し、在宅、医療従事者双方が受け入れることができるシステムができた。

#### A. 研究目的

へき地医療においては、遠隔医療システムが必要不可欠であるが、現状では、遠隔医療システムの機能は緊急時の遠隔手術や病院間ネットワークにその重点が置かれているため、在宅患者の遠隔診断や、平常時の健康管理などに対しては、その機能が活用されているとは言い難い。一方情報機器の性能向上と小型化により社会全体の情報化は急速に進展し、ユビキタスコンピュータと呼ばれる遍在化されたコンピュータシステムにより、必要な時に必要な情報を入手できる環境が整備されつつある。われわれは、このユビキタスコンピュータシステムを在宅遠隔医療に導入し、遠隔診断の円滑な実施や日常的な健康管理を支援するシステムの構築を提案した。本年度は、ユビキタスコンピューティングとして、どこでも、いつでも医療データを測定、閲覧できるシステムの試作を行った。

#### B. 研究方法

小型コンピュータを組み込んだ生体計測システムとして、患者、看護・介護者ならびに医師への情報表示システムを個々の必要性にあわせて開発した。まず、事前に、在宅医療の実

施に際して必要十分な量の患者の生体情報あるいは行動情報ならびに、看護・介護や診断に必要な十分な医療データの種別、データ量を調査した。その結果に基づいてユビキタスコンピュータを組み込んだデータ収集端末を製作した。同様に看護・介護者および医師が利用するデータ表示端末を開発した。

#### （倫理面への配慮）

臨床における機器の評価・実験に関しては、その安全性について十分検討を行う。また、すべての実験は実施機関（宮崎県都城市藤元早鈴病院）の倫理委員会による承認を得た後、被験者およびその家族に対し、実験内容と意義および生じうる危険性について書面ならびに口頭で十分に説明を行い、書面にて同意を取った。情報通信機器を用いた生体情報伝達を実施する際には、セキュリティ対策を十分に行い、プライバシーの保護を最優先とする。また、学会等でデータを発表する際には、個人が特定されないように配慮した。

#### C. 研究結果

寝たきり高齢者を対象として、在宅リハビリテーション時のバイタルサインを測定し遠隔地

で受信できるシステムを構築した。システムの概要は以下である。対象者にセンサを装着することなく無意識のうちに生理情報を収集するシステムとしてベッドにエアマットレスを装着し、マットレスのエアの変動から周波数解析によって心拍数、呼吸数を推定した。データは、PCの機能をもつが、表示機能を持たず、計算とデータ伝送のみの機能をもつマイクロサーバに保存する。保存されたデータは、一定時間ごとに更新する。データの閲覧は、医師や医療従事者が希望する場所、時間に携帯電話を用いて行うことが可能となっている。在宅側のサーバからは積極的にデータを送信することは行わないこととした。セキュリティはWeb-baseでのデータのやりとりを行うことにより安全性に配慮した(図1)。

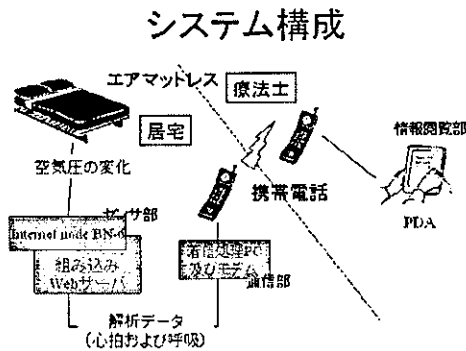


図1 システム構成

臨床実験は、宮崎県都城市近郊で施行した。症例1は88歳男性で、脳梗塞等の基礎疾患に加え嚥下性肺炎を併発し入院加療した。全身状態安定後、在宅医療、介護に移行した。患者は病院から3km離れた郊外に位置し携帯電話圏内の電波環境に位置する。症例は終日ベッド上臥床状態で過ごし、ADLは全介助で要介護度5である。トレーニングはベッド上を中心として関節可動域トレーニング、呼吸機能トレーニング、端座位保持トレーニングなどを40分間行った。症例2は63歳男性、転倒時頸椎骨折により頸

髄損傷、四肢麻痺、終日ベッド中心の生活。全介助にて車椅子に移乗し2時間程度車椅子で過ごすことができる。ADL全介助で要介護度5である。患者は病院から18kmの山間部にあり携帯電話圏内の電波環境に位置する。トレーニングはベッド上を中心として関節可動域トレーニング、筋力トレーニング、呼吸機能トレーニング、端座位保持トレーニングなどを40分間行った。後日、車いす移乗、移動、外出トレーニングを追加し60分間行った。

以上2症例の生体ノードによるトレーニング直前直後の確認に加え、トレーニング開始前、トレーニング終了後100分間の心拍数、呼吸数を患者より離れた地点よりPDAにて確認した。同時にトレーニングの負荷による心拍数、呼吸数の変動を観察し、全身状態への影響を検討した。

その結果、症例1の呼吸数はトレーニング開始前100分から1分まで100分間の平均 $20 \pm 3.1$ 回/分、直後 $23.4$ 回/分、終了後平均 $20.6 \pm 1.0$ 回/分へ、心拍数は開始前平均 $93.8 \pm 3.1$ 回/分、直後 $99.6$ 回/分、終了後平均 $91.1 \pm 3.3$ 回/分へ推移した(図2)。症例2の呼吸数はトレーニング開始前平均 $17.9 \pm 3.2$ 回/分、直後 $19.9$ 回/分、終了後平均 $18.4 \pm 1.3$ 回/分、心拍数は開始前平均 $89.9 \pm 1.2$ 回/分、直後 $96.1$ 回/分、終了後平均 $89.2 \pm 3.2$ 回/分へ推移した(図3-1)。後日、車いす移動、外出など負荷量の大きいトレーニングを行った時の呼吸数はトレーニング開始前平均 $21.3 \pm 5$ 回/分、直後 $22.3$ 回/分終了後平均 $18.5 \pm 5.5$ 回/分へ、心拍数は開始前平均 $91.9 \pm 5.1$ 回/分、直後 $99.6$ 回/分、終了後平均 $83.8 \pm 9.6$ 回/分へ推移した(図3-2)。電話料は、医療従事者側が負担し、在宅側はマイクロサーバやセンサ駆動のための電気料を負担するのみで、さらにデータ収集も在宅側の特別の協力を得ることがなく、無意識のうちに行うことができた。



また、バイタル情報を取得するためのウェアラブルセンサ(加速度、心拍数)の設計に着手し、前述のシステムに接続するためのプロトコルの作成に着手した。さらに本システムの実用化に必要なセキュリティシステムの実装に関する研究を行った。

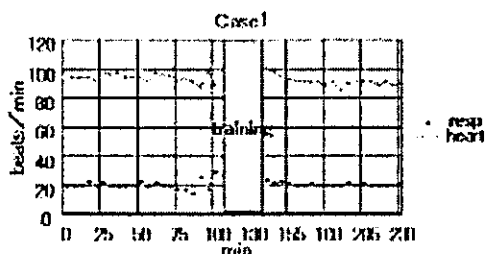
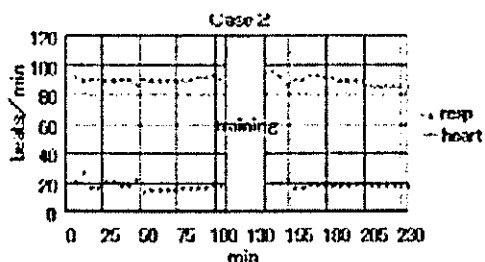
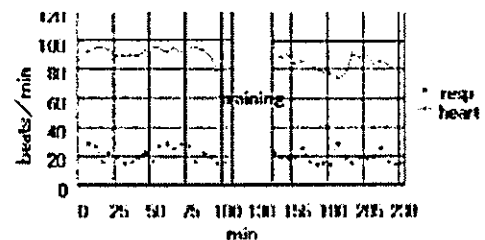


図2



(1)



(2)

図3

#### D. 考察

以上の結果より、被験者の心拍数と呼吸数はトレーニング開始前、後安定して推移していることが確認できた。それと同時にトレーニングの負荷量はその確認時間の範囲内では安全であることがわかった。本システムは、在宅リハビリ対象者の、健康管理と状態改善に伴うトレーニング負荷量設定の判断材料として有用である事が推察された。本システムが実用化されれば、へき地に居住す

る在宅患者に対し、個人の情報に基づいた客観的な看護・介護や遠隔診断が可能となり、訪問診断の代替となることで、在宅患者のQOL向上が期待される。また、本システムにより開発されるユーザインターフェースは、コンピュータの介在を意識させないことを前提とし、コンピュータの操作に不慣れな利用者にも容易にシステムの活用が可能となる。また重要な個人情報悪意の第三者に漏洩することなく共有する技術も同時に開発する。本システムが実用化によりへき地における在宅医療の効率が向上し、医療費の低減も期待できる。

#### E. 結論

高齢社会に対応した簡便で複雑な操作が不要な在宅健康管理システムを構築し、臨床応用した。その結果、在宅側、医療従事者側双方で、満足のいくシステムが構築された。

#### F. 研究発表

##### 論文

1. Tamura T, Masuda Y, Sekimoto M, Higashi Y, Fujimoto T : Application of mobile phone technology in elderly - a simple telecare system for home rehabilitation in: Toward a Human-Friendly Assistive Environment. IOP press 2005 278-282.
2. 小川英邦, 米沢良治, 榎 弘倫, 佐藤陽彦, 田村俊世 ホームヘルパー支援システムにおける介護データ入力インターフェースの検討 ライフサポート16 25~30 2004.
3. 南部雅幸, 東 祐二, 湯地忠彦, 末永貴俊, 藤元登四郎, 田村俊世 普及型乗馬シミュレータを用いた在宅リハビリテーションシステムの開発 ライフサポート16 11~16 2004
4. 田村俊世 要介護高齢者の負担軽減のための支援機器の役割 日本老年医学会雑誌 42 189-191 2005.
5. 辻 美和, 関根正樹, 井上豊子, 安藤一也, 田村俊世 パワーアシスト歩行支援機の高齢者歩

行訓練における評価信学技報 104 1~4

6. Ichinoseki-Sekine N, Yoshimura T, Nambu M, Tamura T. Do equations for predicting peak oxygen uptake from the cycle exercise test apply to Japanese elderly patients? 信学技報 104 巻 13~16

学会発表

1. Nambu M, Nakajima K, Tamura T. Development of the sheet matrix thermometer for the home healthcare International Ubiquitous-Healthcare Conference. 47-48. 2004
2. Tamura T, Masuda Y, Sekimoto M, Nambu M, Higashi Y, Fujimoto T. Telecare system for home rehabilitation without PC. International Ubiquitous-Healthcare Conference. 79-80. 2004
3. Ogawa H, Yonezawa Y, Maki H, Sato H, Tamura T. Ubiquitous-Healthcare Conference. 83-84. An Internet mobile phone-based "home helper" support system. International Ubiquitous-Healthcare Conference u-Healthcare 2004., 83-84
4. Tamura T, Masuda Y, Sekimoto M, Higashi Y, Fujimoto T. A mobile-phone based telecare system for the elderly. 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2004/09;San Francisco, CA, USA:3260-3263.
5. 吉村拓巳, 関根正樹, 田村俊世. テレメータ型加速度モニタリングシステムの開発とその応用. 第 19 回生体・生理工学シンポジウム論文集. 2004/11;四條畷:233-236
6. 南部雅幸, 田村俊世. 体表面貼付型生体モニタの開発. 第 19 回生体・生理工学シンポジウム論文集. 2004/11;四條畷:315-316.

7. 増田泰, 関本満義, 湯地忠彦, 東祐二, 藤元登四郎, 田村俊世, 千原國宏. 在宅リハビリテーション支援のためのセンサシステム. 第 19 回生体・生理工学シンポジウム論文集. 2004/11;四條畷:327-328.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし



---

## *Telecare system for home rehabilitation without PC*

Toshiyo Tamura, Mitsuyoshi Sekimoto,  
Yasushi Masuda, Masayuki Nambu,  
Yuji Higashi, Toshiro Fujimoto

Department of Biomedical Engineering,  
Chiba University School of Engineering  
tamurat@faculty.chiba-u.jp

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



---

## *Presentation outline*

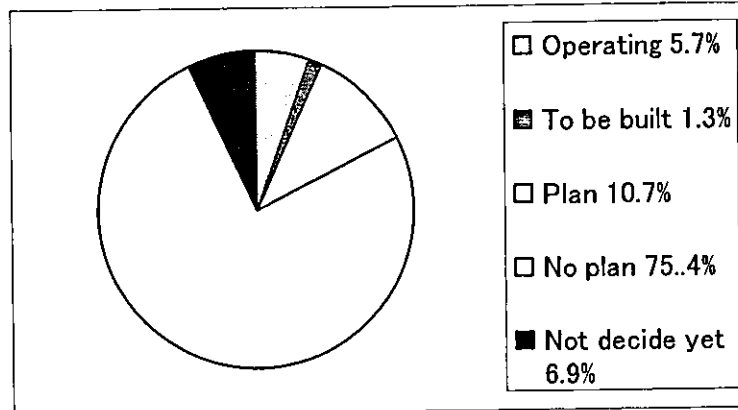
- Background
  - Telemedicine & Telecare is needed?!
  - The medical insurance system has been changed.
- Development system
  - A simple telecare system was developed using commercial information structure.
- System evaluation
  - The system was applied to home rehabilitation
  - The physiological parameters were measured and data were obtained intermittently as the therapist wants

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



## Telemedicine now



MEDIS Jan. 2003

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



## Medical Insurance (2002)

### Main issues

- Evidenced Based Medicine
- Application of Information Technology
- High Quality of Medical treatments
  - Education for medical staffs
- Medical Expense (return for clinical treatment)
- -1.3%
- Rehabilitation system
  - Early rehabilitation, convalescent rehabilitation
  - Leaving the hospital earlier!*

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



## Background

---

- Home rehabilitation
  - Important role to functional recovery
  - To prevent the over load of Physical exercise
  - To need the monitoring of physiological parameters after the rehabilitation
  - To monitor wherever the therapist's request
- Infrastructure
  - Internet environment
  - Phone: Analog ISDN ADSL
  - Mobile Phone, PHS

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



## Aim

---

- Telecare system for home rehabilitation
  - Physiological measurement to evaluate physical load (rehabilitation training)
  - Communication system without any limitation
  - A simple and cheap device
  - A simple reading system
  - Low-cost transmission rate

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



## Requirements

- Automatic device
- Non-invasive, no awareness
- No disturbance of daily life
- No need special training for handling
- No cost of telephone in the home
- No special medical expense covered by health and care insurances

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



## Method

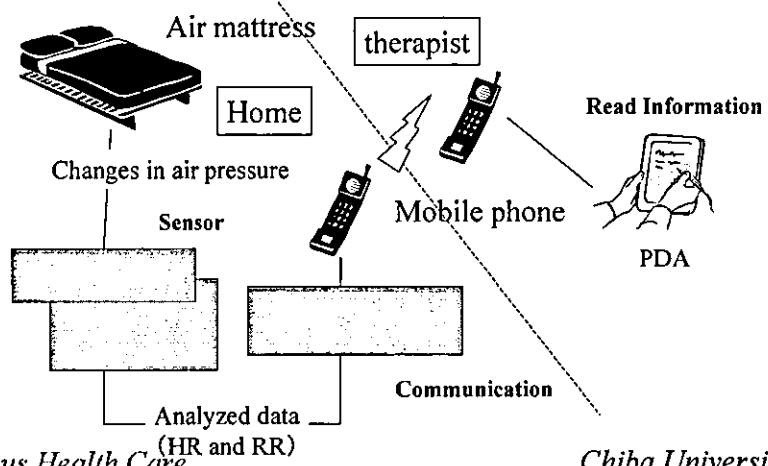
- Physiological measurement
  - Heart rate and respiratory rate obtained by changes in pressure of air mattress
  - Transmitting and communication of data
  - Reading data on Web server with HTML data
  - Private IP connection with mobile phone information structure
- Information
  - Reading on the WEB browser on PDA

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



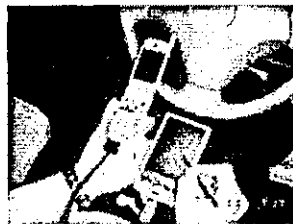
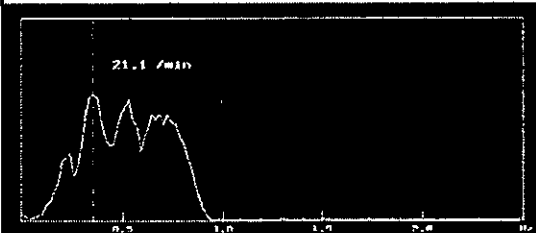
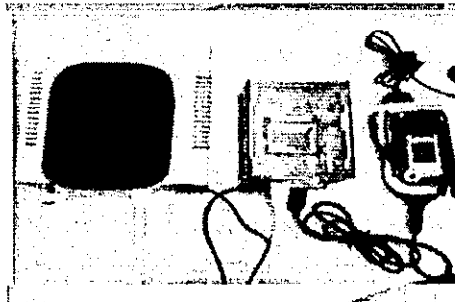
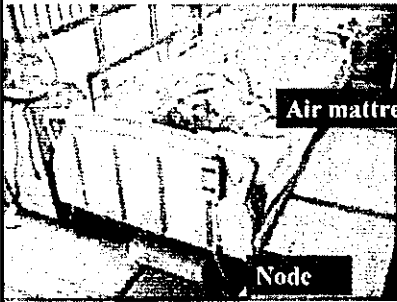
# System structure



*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*

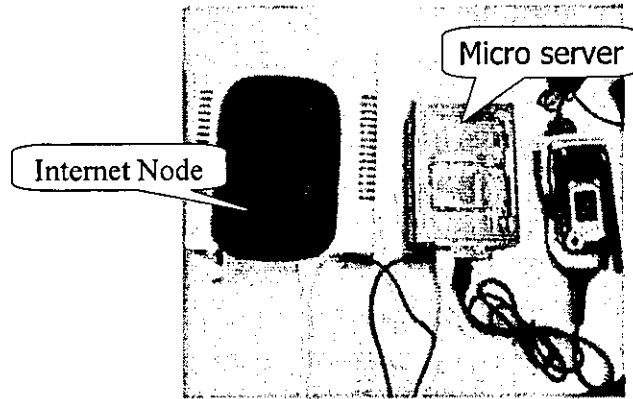
## Devices





## Home device

---



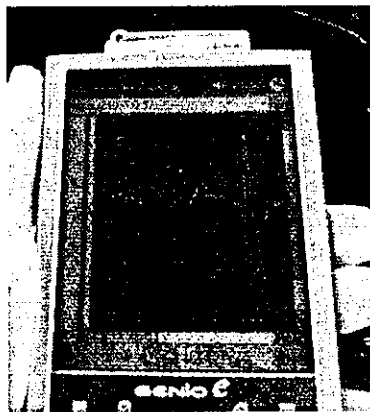
*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



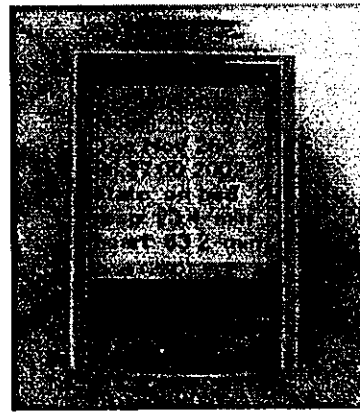
## Therapist side

---



Waveform (image data) to read

*Ubiquitous Health Care*



Text data to save

*Chiba University*





## Measurement protocol

- Measure HR and RR by using pressure changes in mattress
- Calculate HR and RR every one minute
- At internet node system unlike data logger , each datum stores and modifies every one minute
- The therapist requested each datum anywhere and any time

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*



## Performance

- Performance of connection
  - Capacity: Produced HTML data were about 40 ~50 kbytes included text and image.
  - Transmission was about 40 seconds (9600bps at mobile phone)
  - All procedure between start of reading and store the data was about 2 minutes.

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*

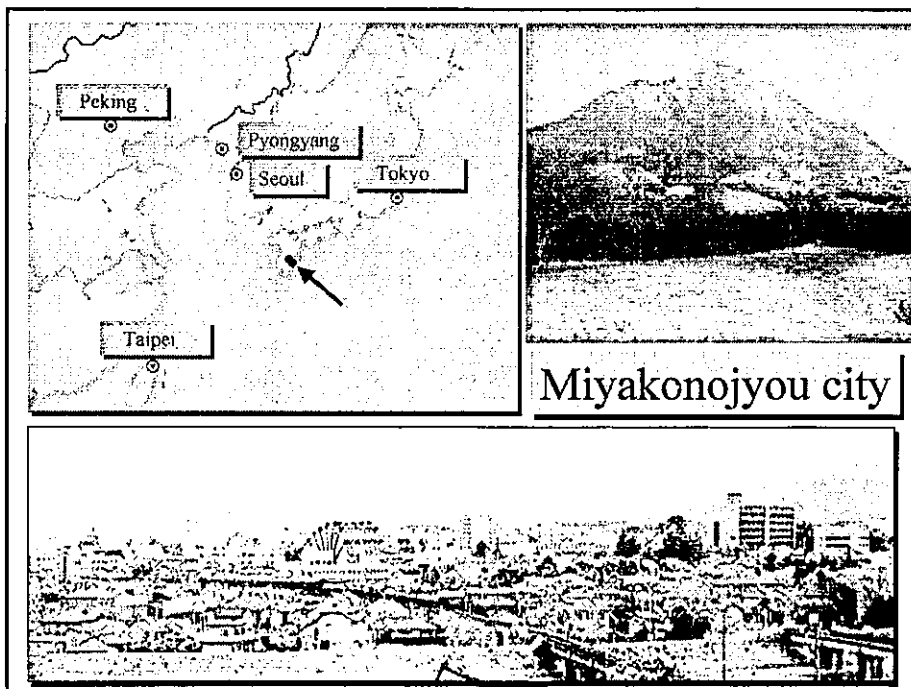


## Experimental method

- Before and after the rehabilitation training, the heart rate and respiratory rate were obtained by biological node system included pneumatic pressure sensor
- The heart rate (HR) and respiratory rate (RR) were displayed by using PDA
  - Before and after the training
- The Changes in HR and RR were observed

*Ubiquitous Health Care*

*Chiba University*





## Subjects

- Four patients (three males, one female)
  - Cerebral infarction combined pneumonia 2
  - Muscular dystrophy 1
  - Pneumonia 1
- Bed fasten
- Disabled
- Care insurance level: 5

*This study was approved by the ethics committee of Fujimoto-Hayasuzu Hospital and informed consents were obtained y patients and their family*  
*Ubiquitous Health Care Chiba University*

## Geographical information

