

独居高齢者の体調・生活状態を別居家族が容易に把握できる ネットワークロボットの開発

代表研究者	中 島 一 樹	富山大学大学院理工学研究部教授
共同研究者	チャピ ゲンツィ	富山大学大学院理工学研究部教授
共同研究者	佐々木 和 男	富山大学大学院理工学研究部教授
共同研究者	東 祐 二	藤元早鈴病院セラピスト室室長

1 はじめに

現在の日本社会では人口構成の少子高齢化が進み、人口に占める 65 歳以上の高齢者の割合(高齢化率)が総人口の 2 割を超え[1]、高齢化率が 50%を超える限界集落は全国で 7873 集落となった[2]。高齢単独世帯並びに高齢夫婦のみの世帯(高齢者世帯)数の合計が総世帯数に占める割合は、2005 年に 20%以上となるのは鹿児島県など 13 道県であったが、2025 年にはすべての都道府県で 20%以上、2030 年には鹿児島県など 10 道県で 30%以上と予想されている[3]。社会問題として高齢者が高齢者を介護する老老介護や高齢者の孤独死などが取り上げられ、高齢者は将来の不安、家族を含めた対人関係、そして加齢に伴う身体的不調、などから心理的に大きいストレスを受けている[4]、[5]。しかし 6 割以上の高齢者世帯では、自分たちの日常生活動作が自立している間は、住み慣れた地域から離れず現在の住居に住み続けたいと希望している[5]。疾患の発症率は加齢とともに増加するので、遠隔地で生活する家族(遠隔地家族)も高齢者世帯の安否を気遣っている。離れて暮らす家族同士が互いに安否を確認するために、電話や電子メールなどの通信手段を利用して生活状態の確認を取ることが可能である。しかし高齢者の子供や孫との付き合い方についての意識調査の結果、以前に比べると密度の薄い付き合い方でよいと考える高齢者が増えている[5]。そのことから安否確認のための過度な連絡は、一方もしくは双方の精神的負担につながる可能性がある指摘されている[6]。

近年、高齢者世帯の安否確認を目的として、見守りシステムが商用販売されている。見守りシステムを大別すると緊急通報サービスと日常生活モニタリングの 2 種類がある。緊急通報サービスは身体上の慢性疾患を抱え日常生活を営む上で常時注意を要する状態にある高齢者世帯を対象としている。利用者宅に設置された緊急通報端末や通報リモコンのボタンを押すことで、サービスセンタに 365 日 24 時間待機をしている電話オペレーターや医療専門家に自動通報される。緊急出動員が必要に応じて利用者宅に駆けつけ、救急車手配などの処置を適宜施すというサービスである。しかし、体調急変により緊急ボタンを押すことのできない、通報リモコンを身につけ忘れるといった問題も考えられる。それ以外にも緊急通報を含め、利用者の健康、生活の相談や心の悩みなどをサービスセンタが担うことから、遠隔地家族にはサービス利用者の生活状態が伝わらない。現在商用で販売されている緊急通報システムには多くの種類がある[7]–[9]が、これらのサービスは導入時に数万円程度のセンサや機器などの設置費用が必要な場合が多く、運用時には人件費、通信費、システム管理費などのために月額 5 千円程度の料金が必要となる。これらのサービスを個人的に契約することも可能であるが、世界中のほとんどの健康管理システムは公的補助のもとで運用されているという報告があるように[10]、現在は各自治体が契約を行い、介護の必要な独居高齢者に対する行政サービスとして提供していることが多い。一方、日常生活モニタリングは緊急通報の機能がなく、利用者の日常生活動作が問題なく行われているかの確認を目的としている[11]–[15]。家庭内に赤外線センサ、ドア開閉、照明や電化製品使用状態などの情報が計測されるセンサを複数設置している。間接的な手法ではあるが、利用者にはセンサの存在を意識させず精神的な負担をかけない生活状態把握が可能である。しかし、住居ごとに部屋の間取りや家具の配置は異なるため、センサの設置位置を変更する必要がある。これにより各センサから得られるデータの持つ意味が住居ごとに異なる可能性がある。このためデータを解析するためには住居ごとに解析手法を変更する必要があると考えられる[16]。日常生活モニタリングの中には見守りを家族間で行うことで費用負担を軽減しているものがある[12]–[15]。しかし、遠隔地家族に伝わる情報は一日に数回程度である。さらに家族間での見守りという形式をとっているが、サービス利用者には遠隔地家族の情報が伝わらず、片方向の情報提示になっている。また緊急通報サービスと比較すれば費用負担は軽減されているが、介護の必要がなく日常生活動作が自立している高齢者世帯においては、遠隔地家族が高齢者の安否を心配していても費用負担が大

きように思われる。実際に個人契約が十分に普及しているとは言い難く、そのため商用のサービス提供を終了するものも出ている[14], [15]。

このように見守りシステムを導入するには、精神面も含めシステム利用者に負担をかけない配慮が重要である。日常生活状態の評価として活動量評価を行う手法は、直接型と間接型に分けられる。直接型には身体活動による振動や加速度変化を計測する歩数計[17], [18]やアクチグラフ[19], [20]などが広く用いられている。これらの計測器で得られる数値からは、被験者の屋内だけでなく屋外の活動も評価できる。しかし、被験者は計測器を必ず携帯する必要がある。一方間接型は、部屋や調度品に取り付けられたセンサにより屋内における日常生活動作を評価する手法である。例えば、天井や壁に取り付けた焦電センサで、屋内の日常生活動作が評価されている[21], [22]。このような間接型の活動量評価機器を利用する場合、被験者は計測器やセンサなどを携帯する煩わしさもなく、モニタリングされていることを意識しにくい。

このような背景から、我々はこれまでに日常生活モニタリングを目的とする間接型手法の日常生活動作を遠隔からリアルタイムに収集・モニタリングするシステムとして、介護の必要がなく日常生活動作が自立している高齢者世帯を対象とした、電化製品の利用状態を遠隔から相互に見守るシステムを開発してきた[6]。見守り対象とする電化製品として、家庭への普及率が99.5%であり[23]、1日の中で国民全体の9割以上が接している[24]テレビを選択した。また、テレビの視聴は高齢になるほど増加し、70歳以上の男女では毎日5時間を超えることから、特に高齢者の生活状態を見守る手助けになることが期待された[24]。このシステムによりテレビ利用が個人的な習慣性を有することから、現在の利用者の生活状態を推定できると報告された[6], [25]。しかしこのシステムでは主に3つの問題として、①PC画面に表示されるグラフから相手家族の生活状態を推定、②機器の設定に高度なPC知識と1時間の設定時間が必要、③相手家族の生活情報確認は1対1に限定、があった。本研究では、これらの問題を解決することを目的とした。

2 方法

2-1 測定対象とデータ表示ウィンドウ

ネットワークロボットによる生命情報・生活情報の提示により独居高齢者の体調・生活状態を別居家族が容易に把握するためには、どのようなデータが必要かを共同研究者および高齢者介護を専門とする作業療法士10名と検討した。この結果、TV、TV操作リモートコントローラ（リモコン）、照明は、毎日の習慣的な利用が期待された。そこで、これらを遠隔地から見守るためのデザインを検討した。

見守り時の概要とデータ表示ウィンドウ例を図1に示す。見守られる側のTV、リモコン、照明の利用状態がセンサユニットで検出されPCに保存される。そのデータはインターネットを介して見守る側のPC画面にデータ表示ウィンドウとしてリアルタイムに提示される。

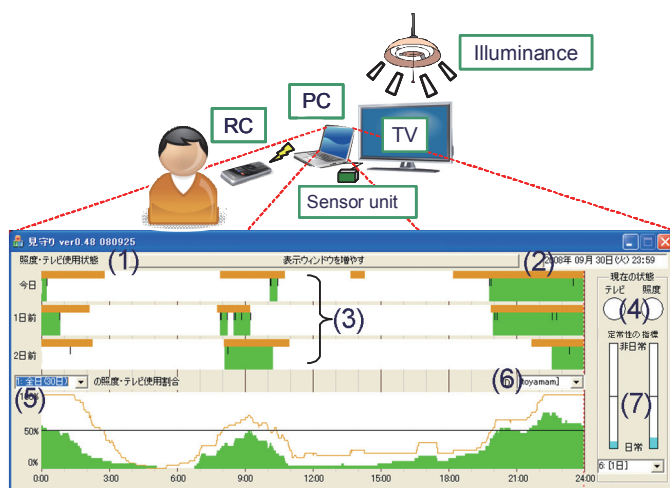


図1 見守り時の概要とデータ表示ウィンドウ. (1)データ表示ウィンドウの追加ボタン, (2)時計, (3)3日間のセンサ情報, (4)現在のセンサ状態, (5)照度・テレビの使用割合, (6)見守り相手の選択, (7)習慣性の指標.

図 1 中の習慣性の指標（7）では、TV と照明の利用状態において蓄積されたセンサ情報と当日のセンサ情報を比較した習慣性の指標を示している。式(1)に示すように、この指標はセンサ反応の ON, OFF を 1 と 0 とし、平均利用割合との差の絶対値を求める。

$$StabilityIndex = \frac{|PresentSensorStatus - UsageRate|}{100} \times W(u) \quad \dots (1)$$

$W(u)$: Weighted function as shown in Fig.2

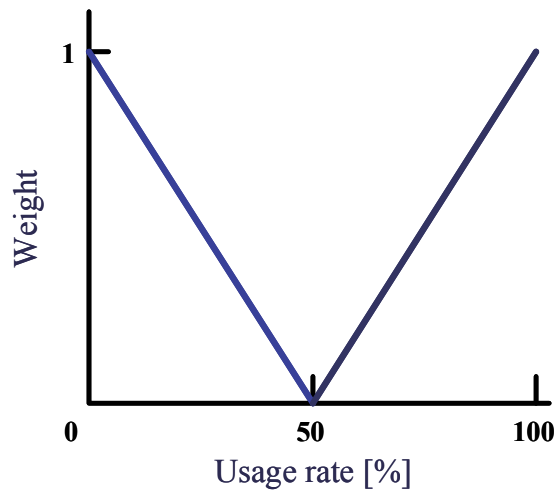


図 2 習慣性の指標のための重み関数

2-2 システムデザイン

3 つのセンサ (TV, リモコン, 照明) で検出されたデータが見守り側へ伝送されるモードを図 3 に示し、その概要を以下に示す。

- ① モニタリング対象から各センサ回路を通じて各検出状態に応じた出力をする。
- ② 各センサからの検出データは Blowfish 方式による暗号化されたテキストデータとして高齢者宅の PC に保存される。検出されるデータは個人情報と考えられるため暗号化が必要である。
- ③ 上記の電子メールが送信される場合、PC にインストールされた送信用のソフトウェア Blat によりセンサ情報が暗号化されたテキストデータとして電子メールに添付され、Yahoo! @メールサーバに自動送信される。
- ④ メールサーバに送られた電子メールは、通信相手側である遠隔地家族宅 PC の受信用のソフトウェア Mozilla Thunderbird により受信され、添付されたテキストデータが指定フォルダに自動保存される。PC に保存されたテキストデータは Blowfish 方式により復号化され、プログラムにより検出データの変化がグラフィカルに表示される。

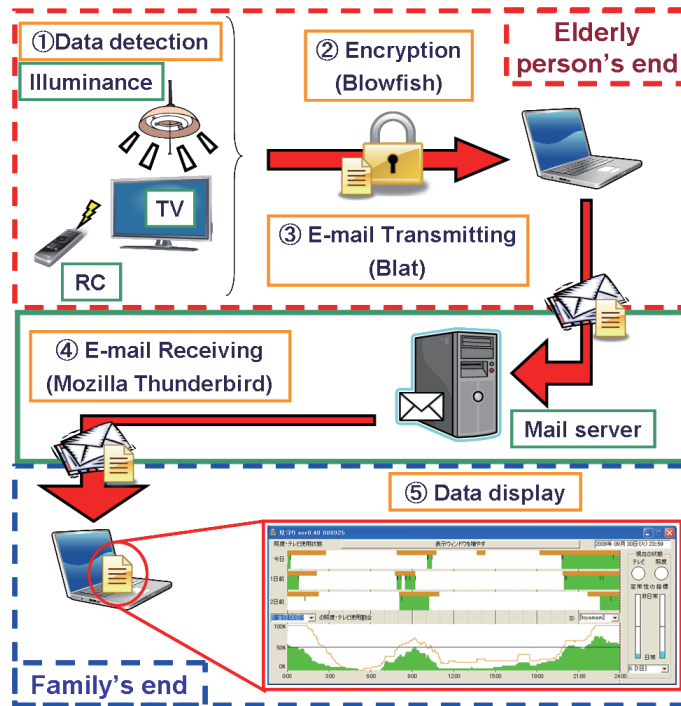


図3 インターネットを介したデータの流れ。

2-3 データ表示

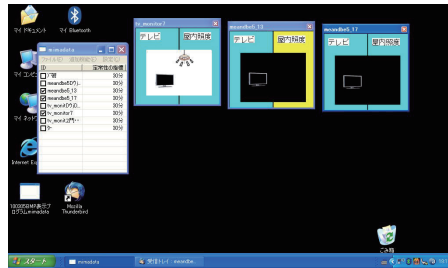
3つのセンサ（TV、リモコン、照明）からの生命情報・生活情報の提示において、図1の表示から被見守り者の状態を把握するには、データを見るための慣れが必要と思われた。そこで、被見守り者の状態を直感的に把握する表示とするよう改善した。図4では、3世帯の被見守り者を1台のPCで実現することに成功した典型例を示す。(a)の左端は、TVを利用しておらず室内が明るくウィンドウの背景が青色表示であることから、この時刻における習慣的な状態を示している。(a)の真ん中はTVを利用しておらずこの時刻における習慣的な状態を示している。一方、室内は暗くウィンドウの背景が黄色表示であることから、現在は室内が暗いが習慣的には部屋が明るい状態であることを見守りに知らせている。同様に(a)の右端は、TVを利用しておらず室内が暗くウィンドウの背景が青色表示であることから、この時刻における習慣的な状態を示している。(b)の左端は、TVを利用し室内が明るくウィンドウの背景が青色表示であることから、この時刻における習慣的な状態を示している。一方、(b)の真ん中の室内は暗くTVも利用しておらずウィンドウの背景が黄色表示であることから、習慣的な状態から逸脱していること見守りに知らせている。(c)の真ん中では、部屋は暗いがTVを利用する状態を示しており、これはウィンドウの背景が青色表示であることから、この時刻における習慣的な状態を示している。このようにネットワークロボットにより、図1の表示よりも直感的にTVと室内の照明状態を把握できることを期待するシステムへと改善された。

3 生命情報検出の新センサ

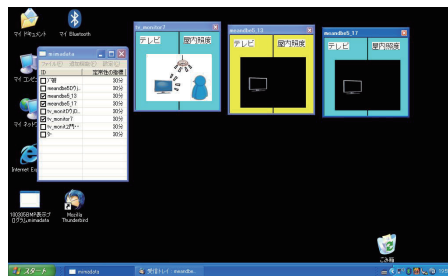
見守りを行う上でTV利用や照明状態などの間接的な生活情報の収集は有効であるが、身体から発せられる生体情報を計測することも重要である。本研究ではバイタルサイン（生命徴候）として心電図に注目した。一般的に心拍数を計測するために皮膚に直接センサや電極を装着するが、本研究では着衣状態で心電図を計測するセンサを開発した。具体的には超高入力インピーダンスの演算増幅器を用い、ベッドの寝具上や椅子の座面に電極を設置し、衣類を介して心電図を計測できた。図5に開発したセンサによる心電図（上）と比較のために計測した医療用心電計による心電図（下）を示す。計測手法の違いにより波形そのものの形状に差異は認められるが、心電図のR-R間隔が一致することが確認された。

これにより、本人が意識しない状態で心拍数の検出が可能となった。今後、信号に対するノイズの比の低

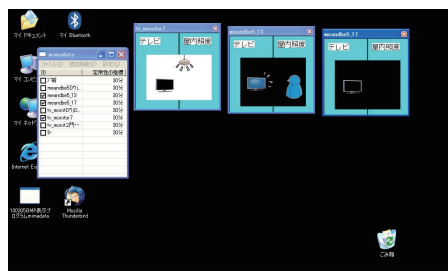
減や安定した心電図の計測方法について、電極形状や配置、電子回路など、総合的な検討を行い、実用的なシステムへと発展させる。



(a)



(b)



(c)

図4 TVと照明の利用状態と蓄積データによる習慣性の指標の典型例

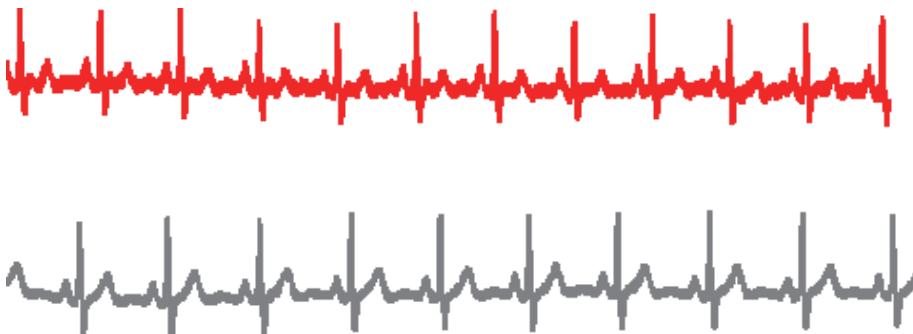


図5 着衣上から計測された心電図（上）と医療用心電計による心電図（下）

4 試用

開発したシステムの一部を利用して高齢家族と別居家族間(7世帯)で6ヶ月にわたり試用させた。そして本システムの有効性を聞き取り調査により検証した。被験者には口頭と書面により研究内容を丁寧に説明し、書面によるインフォームドコンセントが得られた場合にのみ、システム利用を実施させた。被験者に行ったシステム利用に関するアンケート調査では、「画面表示はわかりやすく、システムから相手の生活状態を推測できる」とほとんどの被験者が回答した。また、システムがあることで「安心感が増す」、「便利である」という意見が聞かれた[26]。これらの結果、(1)屋内照度情報は家族の生活状態推測の助けになること(2)テレビと屋内照度の定常性が被験者ごとに異なること(3)本システムに関するアンケートの結果、本システムを6ヶ月間以上利用した被験者および40歳以上の被験者はシステムの構成と使い勝手に満足していた。これらより相手世帯を気遣う密着性のある親子間では、生活状態を見守ることでお互いの不安を軽減する、平常と異なるテレビ利用状態の発見から連絡を取り合う、家族間のコミュニケーションツールとして利用することなどが可能となることで、高齢家族と離れて居住していても生活状況にある程度把握できる環境が提供できると考えられる。

5 おわりに

社会の少子高齢化により独居高齢者または高齢家族(高齢家族)が急増している。老後における子供や孫とのつきあい方の国際調査で、先進国では「子供や孫とは、時々会って食事や会話をするのがよい」が1位であった。しかし日本の高齢者は、地理的・時間的に困難な場合が多く、別居している子供との接触頻度が低い。日常的に独居高齢者が利用する機器の使用状況をリアルタイムに把握できれば、機器を使用しているべき時刻に使用していない、または、機器をいつも使用しない時刻に使用しているなど、親子であれば機器の利用状況から相手の体調・生活状態を把握できると考えられる。そこで本研究では、独居高齢者の体調・生活状態を別居している家族がネットワークに接続されたロボットから容易に把握できるネットワークロボットの開発と試用を行い、その有用性を確認した。

【参考文献】

- [1] 総務省 統計局 人口推計 年齢(5歳階級)男女別推計人口(平成21年8月確定値).
<<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/tsuki/index.htm>>
- [2] 国土交通省 過疎地域等における集落の状況に関するアンケート調査(平成19年1月)
<<http://www.mlit.go.jp/singikai/kokudosin/keikaku/jiritsu/9/03.pdf>>
- [3] 国立社会保障 人口問題研究所 日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計)
<<http://www.ipss.go.jp/pp-pjsetai/j/hpjp2009/t-page.asp>>
- [4] 佐藤至英, 戸澤希美: 独居高齢者のストレスと QOL との関係. 北方圏生活福祉研究所年報. **9**: 39-45, 2003.
- [5] 内閣府 共生社会政策統括官 高齢社会対策 平成21年度版 高齢社会白書 第1章 第2節 高齢者の姿と取り巻く環境の現状と動向
<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2009/zenbun/21pdf_index.html>
- [6] 松井宏行, 中島一樹, 佐々木和男: 家族間での見守りのためのテレビ使用状態遠隔モニタリングシステムの開発. 生体医工学. **46**(1): 117-125, 2008.
- [7] SECOM ホームセキュリティ<<http://www.secom.co.jp/homesecurity/>>
- [8] 周南マリック株式会社 さすがの早助. <<http://www.maricom.co.jp/service/service-sasuke.html>>
- [9] 立山科学グループ 24時間緊急通報システム. <http://www.tateyama.jp/product/sy_report.html>
- [10] Heinzlmann PJ, Lun NE, Kvedar JC: Telemedicine in the future, J Telemed Telecare, **11**(8): 384-390, 2005.
- [11] アートデータ 安否確認システム <<http://www.artdata.co.jp/anpi/index.html>>
- [12] 象印 みまもりほっとライン i-POT. <<http://www.mimamori.net/>>
- [13] 東京ガス みまも〜る <<http://home.tokyo-gas.co.jp/mima/>>
- [14] パナソニック 電工インフォメーションシステムズ みまもりネット

- <<http://www.mewloc.jp/mimamori/>> (2009年3月31日新規契約受付終了, 2012年3月31日サービス終了)
- [15] NTT マーケティングアウト ACTOS みまもり eye
<<http://www.nttact.com/company/backnum/topics/080229/>> (2009年2月29日サービス終了)
- [16] Nambu M, Nakajima K, Noshiro M, Tamura T : An algorithm for the automatic detection of health conditions. An image processing technique for diagnosing poor health in the elderly. IEEE Eng Med Mag. 24(4) : 38-42, 2005.
- [17] Haines DJ, Davis L, Rancour P, Robinson M, Neel-Wilson T, Wagner S : A pilot intervention to promote walking and wellness and to improve the health of college faculty and staff. J Am Coll Health, 55(4) : 219-225, 2007.
- [18] Strycker LA, Duncan SC, Chaumeton NR, Duncan TE, Toobert DJ : Reliability of pedometer data in samples of youth and older woman. Int J Behav Nutr Phys Act.4 : 4, 2007.
- [19] Russo MB, Vo A, Labutta R, Black I, Campbell W, Greene J, McGhee J, Redmond D : Human biovibrations : assessment of human life signs, motor activity, and cognitive performance using wrist-mounted actigraphy. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 76(Suppl.7) : C64-C74, 2005.
- [20] Yamadera H, Ito T, Suzuki H, Asayama K, Ito R, Endo S : Effects of bright light on cognitive and sleep-wake (circadian) rhythm disturbances in Alzheimer-type dementia. Psychiatry and Clinical Neurosciences, 54(3) : 352-253, 2000.
- [21] Ohta S, Nakamoto H, Shinagawa Y, Tanikawa T : A health monitoring system for elderly people living alone. J. Telemed. Telecare. 8(3) : 151-156, 2002.
- [22] Suzuki R, Ogawa M, Otake S, Izutsu T, Tobimatsu Y, Izumi S, Iwaya T : Analysis of activities of daily living in elderly people living alone : single-subject feasibility study. Telemedicine Journal and e-Health, 10(2) : 260-276, 2004.
- [23] 内閣府 平成19年版国民生活白書 第1-1-22 図 IT関連機器等の普及率の推移。
<http://www5.cao.go.jp/seikatsu/whitepaper/h19/01_honpen/index.html>
- [24] NHK 放送文化研究所 2005年国民生活時間調査報告書
<http://www.nhk.or.jp/bunken/new_06021001.html>
- [25] Nakajima K, Kamiya A, Matsui H, Oikawa D, Fujita K, Higashi Y, Tamura T, Fujimoto T, Sasaki K: Development of a telemonitoring system of television-use condition for elderly care-service-recipient who lives alone. J Robotics Mechatronics. 19(6): 683-690, 2007.
- [26] 本谷享寛, 中島一樹, 末永貴俊, 佐々木和男: 電子メールを利用した複数家族間での生活状態見守りシステム, 生体医工学, 47(4): 345-358, 2009

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
要介護独居高齢者のテレビ使用状態による生活状態推定	生体医工学 Vol. 47 特別号	2009年4月
電子メールを利用した複数家族間での生活状態見守りシステム	生体医工学 Vol. 47(4)	2009年8月
電子メール利用複数家族間見守りシステムによる屋内照度情報解析	生体医工学シンポジウム 2009 講演予稿集	2009年9月
テレビ使用状態遠隔モニタリングによる家族間見守りネットワークシステム	第7回生活支援工学系学会連合大会講演要旨集	2009年9月
Three years recording of television-operating-state of an outpatient with hemiplegia	Proc. Ubiquitous Healthcare 2009	2009年9月
テレビ使用状態並びに照明状態遠隔モニタリングによる家族間見守りネットワークシステムの開発	日本生体医工学学会北陸支部大会講演論文集	2009年12月