

救急救命在宅患者ホームクラウドの検討

野地 保^{*1}, 荻野 正^{*2}

The Home Cloud Model for Patient Service at Emergency Medical Care

by

Tamotsu Noji^{*1}, Tadashi Ogino^{*2}

(received on Oct.29, 2010 & accepted on Mar.31, 2011)

Abstract

In the case of home health care or living alone, it is necessary to recognize a patient's emergent status in a real-time and to notify that event outside automatically at low costs. In this paper, we propose the system which can recognize the emergent status using "Negative Feelings" sensors connected to the home network. When the alarm is found, this system will analyze the situation and report it to outer facilities such as emergent lifesaving centers using PC or mobile phones.

Keywords: Emergency Medical Care, Medical Sensor Network, Medical Home Cloud, Platform as a Patient Service

キーワード: 哀情報モデリング, 広域連携医療エンタプライズモデル, 在宅医療ホームクラウド, 救急救命, アライブセンサ網

1. 概要

救急医療の現場では、未だに救急隊員が搬送先と直接連絡して400床以上の中核病院や救急救命センターなど受け入れ先を探索する手法を用いており、大勢の救急患者が受け入れ先を見つけるまで長い時間を要し、「たらい回し」の状況に繋がる可能性が出てきている。我々は、救急医療の現場で受け入れ先を見つけるまで長い時間を要するいわゆる「たらい回し」の状況を打破するため、探索にかかる時間を短くする探索モデルの研究を行い、その一解決法を示した¹⁾。一方、救急医療や在宅看護を必要とする在宅介護や一人きりの所帯では、救急救命（アラーム）状態のリアルタイムな把握とアラーム状態を救急救命センターや介護センターなど外部への自動通知の正確性が求められている。我々は、広域連携医療ネットワークシステム研究会²⁾において、一つの病院がすべての医療機能や医療情報などの患者サービス（PS: Patient Service）を提供するのではなく、診療所や病院、かかりつけ医などの医療機関あるいは保健福祉機関がそれぞれ持っている特有の機能や医療機器、医療情報の共同利用などその役割を分担する地域密着型在宅診療支援を可能とする広域連携医療エンタプライズモデルの構築を目指している³⁾。パブリッククラウド型エンタプライズモデルとして広域連携医療クラウド、プライベートクラウド型エンタプライズモデルとしてホームクラウドの構築を目指している⁴⁾。

本研究の目的は、在宅医療における在宅患者サービスクラウド向け救急救命システムの一構成法、特に最適アラーム解法を確立することである。本稿では、音声画像などのマルチセンサ網を用いたホームクラウド（プライベートクラウド）、特に健康管理、在宅診療、救急診療、遠隔診療を目的とする患者サービスクラウド向け救急救

命在宅患者ホームクラウドと広域連携医療クラウドとの位置付けを明らかにして、救急救命状態を高い確率で自動的に判別し、救急救命センターへの自動通知を行う最適アラーム解法を提案する。

以下、2. ではモデル化方針と概念モデルの構成、3. では救急救命在宅患者ホームクラウドの構成法、4. では評価と考察を議論し、最後に5. で本構成法についてまとめる。

2. モデル化方針と概念モデルの構成

2.1. モデル化の課題と方針

(1) 先行研究

先行技術としては、アラーム状態が発生した場合、アラーム状態に陥った本人が、予め各家庭内に用意されたボタンを押すシステムや、救急救命センターや自治体などに電話するシステムが一般的に普及している。しかし、これらのシステムの最大の欠点は、アラーム状態が突然訪れた場合、通知ボタンや携帯電話が近くにない場合は対応できない点である。

本研究は、人為的動作、操作からの脱却を図り、アラーム状態の自動認識と自動通知を同時に併行して行う事を目指にする。

現在、生命活動、動き、呼吸、脈拍、心臓の鼓動、脳波などのセンシング情報は、波形やグラフなど可視化するシステムは存在する。このようなシステムは、グラフや図形を人間が見て判断するため、常時、監視体制をとる必要がある。さらには、システム判断者の読影能力に依存するため、判断ミスが生じやすく、アラーム認識率は低く、見落とした場合は、最悪0%である。

本技術は、センシング情報の解析、アラーム処理をシステム側で行うこと、アラーム認識率の向上を目的とし、日常生活のリズムから、アラーム状態を自動検出するアルゴリズムに他との差別化がある。

*1 情報通信学部経営システム工学科教授

*2 三菱電機インフォメーションテクノロジー（株）

(2) 現状システムの課題

現在の救急救命在宅システムは、一般的にネットワークへの接続やデータ解析にPC活用を前提としている。しかし、PCは汎用利用を目的とするため在宅システムにとっては不必要な機能もあり、ネットワーク接続が遅いなど基本的な問題がある。また、一般的にセンサは、有線で結ばれた機器構成を採っており、個々の生活リズムに対応して、センサを柔軟に組み合わせることができない問題がある。

さらに、アラーム状態の最適解が自動的に得られる確率を向上させる組み合わせ解法が明らかになっていないなどの問題がある。

(3) モデル化の方針

以下、救急救命システムのモデル化の方針を示す。

①ワイヤレスアライブセンサー網から入力されるアライブ情報の組み合わせにより個々の生活リズムを分析し、その分析結果に基づきアライブ状態の標準最適解を設定できる手法を確立し、標準的なアライブ状態からアラーム状態に遷移する場合の最適解（以下「最適アラーム解」という）を90%の確率で自動検出できる最適アラーム解法を確立する。

②自動検出される最適アラーム解の出力結果を救急救命（アラーム）情報としてネットワークを介して救急救命センタなど関連場所に自動通報するシステムの基本方式を確立する。

③センサ情報を哀情報(NF:Negative Feelings)と捉え、哀情報処理システムを救急救命システムに組み込む。

④広域連携医療クラウドとホームクラウドとの役割分担を明らかにする。

以下、これらの課題を解決する一つとして、自動通報機能付き救急救命在宅患者ホームクラウドの機能モデルを提案する。

2.2. 哀情報処理システム

(1) 感情処理システム の概念モデル

我々は生体情報を感情処理の事象(event)と捉えイベントの状態から間接的にシステム状態遷移を発生させる感情処理システムアーキテクチャの研究開発を行ってきた⁶⁾。

Fig. 1に我々が研究を進めている感情処理システムの状態遷移概念モデルを示す。

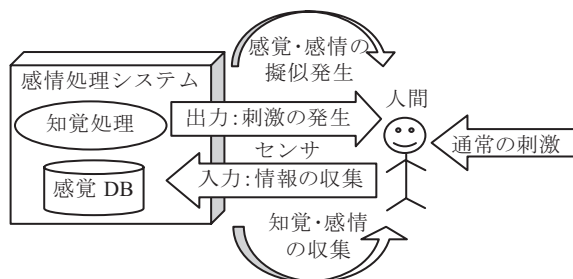


Fig. 1. Feelings processing model

感情処理システムでは、刺激により発生する知覚・感情情報をセンサシステムにより収集、その収集データに基づき知覚処理⁷⁾を行い、感覚DB化処理を行い、その結果から感情を推論する。また、感覚DBに格納された知覚・

感情処理の結果は、感覚・感情の疑似発生（刺激の発生）として人間に伝達される。

感情処理システム内のプロセスは、イベントドリブン型構成法を採っており、入出力事象の中で「哀情報(NF: Negative Feelings)」に関係ある状態遷移制御構成をもつシステムを哀情報システムと定義する。哀情報とは、人間の基本感情である喜怒哀楽の哀にあたる感情であり、我々は、プラス感情(PF: Positive Feelings)からマイナス感情(Negative Feelings)への遷移、あるいはその逆への遷移となる因子を「哀情報(NF)」と呼ぶ。病気に対する不安や医療に関する嫌気や不満なども「哀情報」と定義する。

本節では、哀情報方式を救急救命在宅医療モデルに適用させる検討を行い哀情報による救急救命在宅システムの構成を行う。

(2) 哀情報の構成方式

平穏(アライブ)状態を検知し、平穏でなくなった状態を認識する情報を「哀情報」と定義する。Fig. 1の「知覚・感情の収集」で感情処理システムに入力されるセンサ情報群が「哀情報」である。平穏(アライブ)情報は、人間から直接発生する明白哀情報(ENF: Explicit Negative Feelings)以外に、間接的に発生する日々の生活情報、例えば、電力計、ガス計などがある。これらは、間接的な暗黙哀情報(INF: Implicit Negative Feelings)として位置づけることができる。平穏(アライブ)情報を検知するアライブセンサ網は、哀情報による自動アラーム網を構成する。

押鈴や電話や携帯電話コールも手動アライブ通知として用いられており、これらは、哀情報による手動アラーム網を構成する。

Table 1に本モデルにおける哀情報の構成を示す。

Table 1 Configuration of Negative Feelings

	自動アラーム構成	手動アラーム構成
哀情報(NF)	アライブセンサ網	手動アライブ網
明白哀情報(ENF)	バイオ、血圧、肌、匂い、脈拍、音声、ストレス、体重...	
暗黙哀情報(INF)	電力計、ガスメータ、温湿度、圧力、人感、赤外線	押鈴、携帯電話通知、外部問合せ

2.3. 広域連携医療クラウドでの位置付け

広域連携医療クラウド(Global Communication Medical cloud)における在宅患者クラウドの位置付けを明らかにする。

(1) 患者サービスの概念モデル

医療クラウドは患者サービス(PS)を提供する側と利用する側に分類される。エンタプライズモデルでは、サービスを利用する側は、消費者(Consumer)、顧客(Customer)、利用者(User)などと呼ばれるが、本稿では、医療クラウドの利用者は、病院、医療機関、診療所、医師、患者さん、個人などで、課金により使用料を払うビジネスモデルととらえ、顧客(Customer)と呼ぶ。クラウドシステムは、管理専門の運営会社に任せる方式

とするため、病院や診療所での新たな設備投資が発生することはない⁴⁾⁵⁾。クラウドサービスを提供する側は、一般的にメーカ(Maker)と呼ばれるが、医療クラウドでは、顧客(医療機関、個人など)が、クラウド上の開発環境を使い、新たな患者サービスを生み出すことも可能である。ここでは、システム提供者と呼ぶ。

Fig. 2に我々が提案する広域連携医療クラウド⁴⁾のサービス階層別エンタプライズモデルを示す。クラウドを利用することで、共有サービスを低コストで利用可能となる。

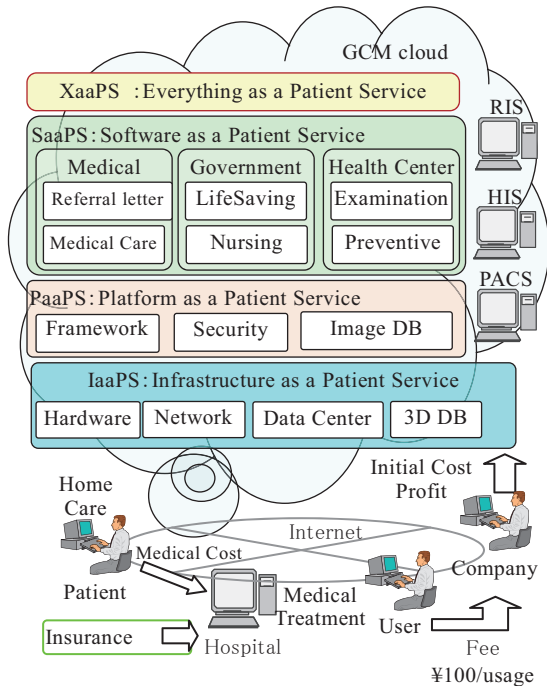


Fig. 2 Enterprise model of PS cloud

我々は、医療クラウド構成を提供するサービスに従い4階層に分類して定義する。

IaaS (Infrastructure as a Patient Service) は、ハードウェアやネットワーク、データセンタなど基盤となる階層である。一般的にパブリッククラウドを利用するユーザでは、初期投資の負担は少なくて済む。プライベートクラウドでは、初期投資が必要となる。

PaaS (Platform as a Patient Service) は、システム制御の基本フレームワークや、セキュリティ、画像データベース (DB: data base) などシステムの基本機能を構成する。

SaaS (Software as a Patient Service) は、アプリケーションを提供する階層で、医療機関向け電子紹介状サービス、在宅診療サービス、自治体向け救急救命、介護サービスなどを提供する。本研究の範囲は、SaaS階層の救急救命、在宅診療、介護サービスをホームクラウド上で実現する在宅医療システムと位置付ける。

2.4. 在宅患者ホームクラウドの概念モデル

Fig. 2のSaaS階層の医療機関が提供する「在宅医療」サービスを在宅医療クラウドと定義している。その他、患者サービスには、自治体における「救急救命」、「介護」サービス、地域保健所が提供する「健康診断」、「予

防医学」サービスなどがある。本稿では、SaaS全体が在宅環境において提供する患者サービス環境を在宅患者サービスクラウドとしてホームクラウド上での実現を目指している。

Fig. 3にホームクラウドの概念モデルを示す。

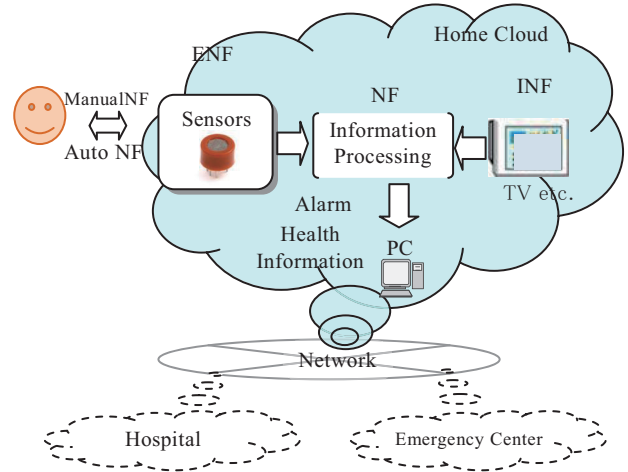


Fig. 3 System Architecture of Home Cloud

在宅ホームクラウドでは、救急救命検知機能以外にも日常生活における健康管理情報の履歴管理を行い、定期的に医療機関との連携を図るサービス機能も提供する。

以下、在宅ホームクラウドの患者サービスの中で、自動通報機能付き救急救命在宅患者ホームクラウドの機能モデルを提案する。

3. 救急救命在宅患者ホームクラウドの構成法

3.1. ホームクラウドの基本モデル

(1) システム要件

我々は、在宅診療の適用範囲を家庭内に限定して考え、家庭内のアライブ状態をセンスするM2M (Machine to Machine) システムをホームクラウドと位置づけ検討する。

システム要件は、市販の人体感知センサ装置や赤外線センサ装置を利用して、

- ①平穩 (アライブ) 状態を把握するシステムと、
- ②アラーム状態にある本人が手動で押しボタンや携帯電話などを利用して救急救命センタなど関連場所へ連絡する手法と、
- ③PCを活用した自動通知システムによる併用可能なシステムで構成すること、

である。

システム構築に必要な技術は、在宅ネットワークシステム構築技術、センサネットワーク構築技術、アライブ状態把握技術、アラーム自動通知技術である。

本稿では、特に日常生活のリズムから、救急救命状態を自動検出するアルゴリズム (最適アラーム解法) を提案する。

(2) ホームクラウドの基本モデル

在宅患者の状態センスは、赤外線、血圧計、圧力、肌、画像、音声、脈拍、匂い、人感、超音波を明白哀情報 (ENF) と位置付けるマルチセンサ網構成とした。

M2Mシステム構築に必要な技術を以下に示す。

- (a) Sensor network技術
- (b) 無線network技術
- (c) Framework構築技術

また、システム要件を以下に示す。

- (a) 3D画像表示機能
- (b) Internet 機能
- (c) 医療クラウド、自治体クラウドなど地域連携機能

これらのシステム要件に基づき、PaaS環境として、(株) バレイキャンパスジャパン[9]のM2Mシステムを採用した。ホームクラウドの構築フレームワークとしては、iiTerminal-zを採用した。

Fig. 4に提案するホームクラウドの構成を示す。

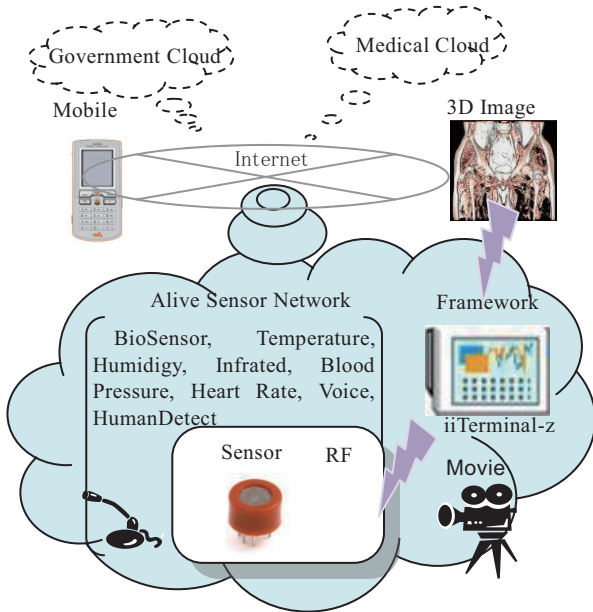


Fig.4. Configuration of Home Cloud

Fig. 4において自治体クラウド、医療クラウド、携帯端末とのインターフェースは、TCP/IPである。フレームワーク構成はJava言語を使用する。M2MシステムiiTerminal-zは、3D画像表示が可能であるが、我々は、3D画像表示にサイバネットシステム(株)¹⁰⁾のリアリアを使用しているため、移植または、他のPCとの共有が必要となるため、今回の構成では、対応していない。

3.2. 機能モデル

アライブセンサ網からの哀情報を処理する自動判定機構とアラーム情報をインターネットに自動送信するネットワーク機能を持つ出力機構からなる哀通信処理システムの構成をFig. 5に示す。自動通報機能付き哀通信処理システムは、Javaを用いて直接iiTerminal-z上に構築する構成法とした。

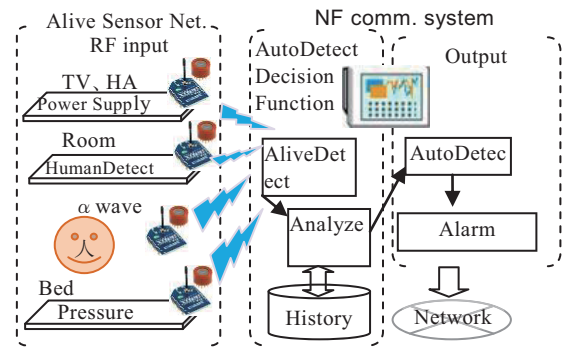


Fig.5. Negative Information Processing Model

基本プロトコルをTCP/IPとすることにより、PC無しでのインターネット接続を目指す。機能モデルのアライブセンサ網は、市販の電力、圧力、人感、 α 波センサと無線チップを組み合わせて構築する。

センサのタイプには、接触型装着タイプと非接触型無線タイプが存在する。本システムモデルでは、無線タイプを基本とするが、両方のタイプをシステムに組み込む構成とした。本稿では収集、履歴管理¹²⁾¹³⁾する哀情報として、以下の4つを設定した。

(1) 電力センサ

一日の生活状態把握を目的に家電、特にTVは見る確率が高い前提で設置する。暗黙哀情報(INF)である。自動電源ON/OFF機能付きTVの場合は、アライブ状態を正確に表すとは言えない。

(2) 人感センサ

遠赤外線を検知するセンサで、人の出入りを検知することが可能である。動物や自動車にも反応する。

(3) α 波センサ

リラックス状態、緊張状態を把握する目的で設置する。脳波は微弱電波のため、検知には、接触型タイプが主流となる。

(4) 圧力センサ

ベッドの下と廊下のマット下、居間の絨毯の下、トイレの入り口マット下など日常生活で必ず通過、あるいは座る場所に設置する。

3.3. 最適アラーム解法

最適アラーム解法とは、電力、圧力、人感、 α 波センサなどの哀情報の組み合わせにより、アライブ状態のリアルタイム解析を行い、この解析結果からアラーム状態の最適解を求める解法と定義する。アラーム状態の検出は、日常生活での個々の標準的生活リズムから発生するアライブ状態の履歴管理情報の平滑化を行い、その平滑アライブ状態と現在のリアルタイム状態との差分をとり、その値が一定値を超えた場合にアラーム情報¹¹⁾を創出する方式である。アラーム解法を静的と動的に分類する。我々の目標は、動的最適アラーム解法の実現である。以下、各解法について述べる。

(1) 静的アラーム解法

アライブ情報のOFF状態、あるいはアラーム状態のON状態がアラーム情報となる。

暗黙哀情報(INF)の押鈴、携帯電話通知による手動アラ

ーム構成で対応する。

(2) 動的アラーム解法

明白哀情報(ENF)による自動アラーム構成で対応する。アライブセンサ網からの哀情報は、リアルタイムで発生するが、モデル化では、到着特性をポアソン到着、プロセス処理のタイムスライスを1msに設定する。1msに設定する理由は、生体情報の伝達速度が100ms～20msの範囲に分布しているため、その10倍～50倍の速さで処理できれば、十分であるとの仮定に基づく。

Fig. 6. に動的アラーム解法のアラーム検出から創出処理の流れを示す。

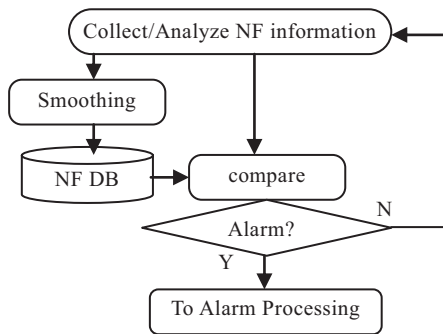


Fig. 6. Alarm Detect Process

日常生活での個々の標準的生活リズムから発生するアライブ状態情報は、平滑処理され、平滑アライブ状態情報として履歴管理DB (NFDB) に格納される。同時に日々発生するアライブ状態情報は、格納されているNFDB平滑アライブ状態情報とリアルタイムで差分がとられ、その値が一定値を超えた場合にアラーム検出がなされ、外部にアラーム状態情報が創出される。

装着タイプのセンサと無線タイプのセンサのどちらもアラーム検出の流れは、共通である。

4. 考察

静的アラーム解法では、アラーム検出は、患者さんが手動で対応する場合が一般的で、本人がアライブ情報であれば、100%のアラーム最適解が得られる。しかし、一般的にアラーム状態によっては、手動ボタンの場所に行けない状態や、携帯電話が使用できない環境の場合は、0%の最適解となってしまう。

このことから、静的アラーム解法は、在宅と外部問合せなど地域連携を組み合わせた適用が望まれる。

動的アラーム解法では、生体情報から直接収集する明白哀情報(ENF)の場合は、患者さん本人のアライブ情報であるので、センサを本人が装着する接触タイプでは、100%のアラーム最適解が得られる。ただし、本人が、装着をしていない状態では、0%のアラーム最適解が得られるリスクがある。装着タイプの場合、常時携帯する腕時計や洋服などにセンサを組み込むことも必要となる。

非接触無線タイプでは、センサの検知範囲を外れた場合は、複数のセンサを組み合わせることにより人の行動に従い検知範囲を広げることが必要となる。

電力センサ、人感センサ、圧力センサなどの暗黙哀情報(INF)では、人間以外の他の要因でも反応するため、設置時にこれら外部要因を予め取り除くことが必要となる。

5. まとめ

本論文では、マルチセンサ網によるセンス情報を哀情報と位置付け、哀情報を活用した在宅医療における在宅患者サービスクラウド向け救急救命システムの一構成法、特に最適アラーム解法について提案した。在宅介護や一人きりの所帯におけるアライブ状態の検知やアラーム状態が発生した場合にPCまたは携帯電話によりそのアラーム状態を救急救命センサなど外部に自動発信する通信機能モデルは、現在の情報技術とM2M無線センサ網構築技術でハードウェア的には構成可能であることが明らかになった。一方、アライブ情報から救急救命(アラーム)状態を認識する最適アラーム解法では、人間の日常生活パターンの履歴情報から、アラーム状態を検出するアルゴリズムのため、個人毎に異なる哀情報の履歴を把握する必要があり、標準的哀情報のデータ作りが必要であることが分かった。

今後の課題は、ホームクラウドフレームワークの実装、暗黙哀情報(INF)マルチセンサ網の最適組み合わせ法の検討が挙げられる。

謝辞

クラウドシステム、マルチアライブセンサ網の検討、構築に多大なるご助言を頂きました麻布大学の周藤安造先生並びに広域連携医療ネットワークシステム研究会の会員の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 野地保, 荻野正, 齊藤まゆ子, “緊急医療における搬送先探索モデルの検討,” 電子情報通信学会SWIM研究会2010, 信学技報, Vol. 110, No. 70, SWIM2010-2, pp. 7-12 (2010-6)
- 2) 広域連携医療ネットワークシステム (GCMNWS: Global Collaboration Medical Network System) 研究会」<http://www.gcm-nws.jp/>
- 3) 野地保, 北村浩之, 佐々木仁 et al, “広域連携医療における次世代経営情報技術—電子紹介状による院内連携問題への接近—,” 電子情報通信学会SWIMワークショップ, 信学技報SWIM-12, Vol. 109, No. 298, pp. 1-6 (2009-11)
- 4) 周藤安造, 佐々木仁, 北村浩之 et al “クラウドコンピューティングによる電子紹介状を中心とする広域連携医療システムの開発構想,” 電子情報通信学会医用画像研究会2009, 信学技, Vol. 109, No. 407, MI2009-98, pp. 121-126 (2010-1)
- 5) 野地 保, 北村 浩之, 湊 祐輔 et al, “3D支援の患者サービスクラウドによる広域連携医療の実現,” 電子情報通信学会医用画像研究会2009, 信学技報, Vol. 109, No. 407, MI2009-99, pp. 127-132 (2010-2)
- 6) Juthamas Punwilai, Tamotsu Noji and Hiroyuki Kitamura, “The Design of a Voice Navigation System for

the blind in Negative Feelings Environment”, IEEE ISIT 2009, 1B-6, 53-58(2009)

7) 安井湘三編著, ” 感覚情報処理” , コロナ社, (2004-3)

8) (株)グルージェント : Google App Engine for Java [実践]クラウドシステム構築. 技術評論社, 2009-10

9) (株)バレイキャンパスジャパン
<http://www.valleycampus.co.jp/>

10) サイバネットシステム株式会社アドバンスドソリューション事業部ビジュアライゼーション部リアリアサポート<http://www.kgt.co.jp/>

11) 瀬戸洋一, ” 生体認証技術” , 共立出版, (2002-5)

12) Juthamas Punwilai, Tamotsu Noji , Jarawan Puttikarukot et al, “A Method of Data Gathering in Negative Feelings Information System”, IEEE ISIT 2008, PID114, pp. 569-573(2008)

13) 北岡 功二, 野地 保, 松浦 純士, “医療向けチャット式哀情報収集システムの検討, ” 第36回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp. 252-253(2006)