【論文】

ウェアラブル徘徊高齢者介護支援システムの提案

A wearable Care Support System for Wandering Elderly Persons

松岡 伸吾(学生会員), 小川 英邦*(正会員), 榎 弘倫*(正会員),
米沢 良治*(非会員)

Shingo Matsuoka, Hidekuni Ogawa*, Hiromichi Maki*,
Yoshiharu Yonezawa*

Abstract

A wearable care support system has been developed for transmitting information of a wandering elderly person's location, environmental sounds and posture. The system consists of a wandering monitor device, a conventional desktop personal computer and a caregiver's mobile phone. The wandering monitor device, which is attached behind the neck of the person's shirt, is composed of a low transmitting power personal handy-phone system (PHS) module, a small microphone, an acceleration sensor and a one chip microcontroller. The wandering elderly person's location is identified by the PHS mobile phone company's base station via the PHS module. The caregiver sets the elderly person's safe resident area to the microcontroller. When the elderly person goes out of this area, the sensor automatically records the environmental sound around the wandering person, with the microphone, for 10 seconds. The PHS module sends the elderly person's location, the environmental sound and Z axis acceleration to the server computer. The server computer automatically informs the caregiver this information by e-mail. The caregiver can monitor the map of the wandering person's location and the sound via the Internet. The sound enables the presumption of a place and the situation of the elderly person.

Key Words

wandering elderly person, personal handy-phone system, environmental sound, posture, caregiver

1. はじめに

日本における認知症の推計高齢者数は,2007年の厚生労働白書¹⁾によると2010年に約200万人,2030年には350

2011年11月29日受理

2012年2月20日最終原稿受理

トリニティカレッジ広島医療福祉専門学校, 広島県広島市

* 広島工業大学, 広島県広島市

International Trinity College, Hiroshima-city, Hiroshima

* Hiroshima Institute of Technology, Hiroshima-city, Hiroshima

万人を超えると予想されている。認知症高齢者は、認知症が長期的かつ進行性の疾患であることから新たな生活習慣だけでなく、それまでの生活習慣をも徐々に失ってしまう。認知症で特に問題となる症状として、目的地や現在地が分からないまま移動し続ける徘徊行為がある。徘徊行為は、高齢者が事故に遭う可能性や、行方不明になる危険性があるだけでなく、介護する家族やホームヘルパーなどの介護者に大きな精神的負担²⁻³⁾を与えてしまう。そこで、屋内に設置した種々のセンサで徘徊高齢者が屋外に出たことを検知するシステム⁴⁻⁹⁾が研究開発されている。しかし、早期保護が出来ない場合、徘徊高齢者の徘徊状況や位置を検出出来ない問題がある。

この問題に対し、徘徊高齢者へglobal positioning system (GPS)やpersonal handy-phone system (PHS)モジュールを装着し、屋外での徘徊高齢者の位置を取得するシステム¹⁰⁻¹⁷⁾が開発されている。現在、GPSモジュールを用いた装置は、約10mの精度で位置を特定できるが、室内や地下街の場所において位置情報を取得することが出来ない問題がある。更に、GPSモジュールは、通信機能を有さないため、取得した位置情報を介護者に通報する携帯電話を必要とする。一方、PHSモジュールは、データ通信機能を有していると同時に、位置情報の取得も可能である。PHSモジュールによる位置情報は、設置されたPHS基地局の緯度・経度で得られることから、屋内や地下街などにおいてもPHS基地局が設置されていれば、位置の特定が可能である利点を有している。しかし、得られる位置情報は、徘徊高齢者の位置、PHS基地局の設置状況及びPHSのアクセス状況によって変動し、誤差が数100mから1km程度となる場合もある。現在、GPSやPHSを利用した子供や高齢者の位置把握システムとして、どこ・イルカ (81mmx46.5mmx19.8mm, 45g)¹⁸⁾ やココセコム (79mmx43mmx22.5mm, 53g)¹⁹⁾ が商品化されている。これらのシステムは、携帯電話程度の形状と質量をもつ装置を利用者に携帯させ、その利用者の位置を家族など登録している介護者が必要に応じて確認することが出来る。しかし、新たな生活習慣を身につけることが難しい認知症高齢者が、外出時に装置を忘れずに携帯することは非常に困難である。また、携帯電話程度の形状と質量をもつこれらの装置を介護者が認知症高齢者の服のポケットに入れたり、服に縫い付けたり、首からぶら下げたりした場合、認知症高齢者は、違和感を感じると外してしまう可能性がある。更に、これらのシステムで得られる情報は位置情報のみであるため、徘徊高齢者が危険な場所にいるのか倒れていないか等、徘徊高齢者の家族や介護者にとって重要な徘徊状況を知ることが出来ない。

そこで本研究は、徘徊高齢者の位置情報だけでなく、徘徊状況の把握に重要な徘徊高齢者の姿勢、どのような場所でのどのような状態であるかの推定を可能にする周囲環境音²⁰⁻²²⁾を同時取得するウェアラブル徘徊高齢者介護支援システムを提案する。本システムは、あらかじめ設定した居住エリア外に徘徊高齢者が出た場合、位置情報の取得と同時に、徘徊高齢者周囲の環境音と姿勢を家族や介護者に通報する。これらの動作は、徘徊高齢者自身による装置の操作を必要とせず、全て自動的に行われる。また、装置は、徘徊高齢者の手が届き難く、衣服を脱ぐ以外装置を取り外すことがないよう衣類背面のポケットに装着され、装着に対する装置の意識を出来るだけ軽減させる。本システムは、位置情報、姿勢及び環境音によって、徘徊状況の遠隔モニタリングを可能にし、徘徊高齢者の介護支援と共に、介護者の精神的負担を軽減させることを目的とした。

2. システム構成

Fig.1にシステム構成図を示す。本システムは、位置情報、

周囲環境音、姿勢状態を測定するセンサと処理、通信機能を一体型にした徘徊高齢者が装着可能な小型・軽量の徘徊モニタ装置、介護施設に設置するサーバーコンピュータ、徘徊高齢者の家族や介護者が携帯するフルブラウザ搭載の携帯電話で構成した。徘徊モニタ装置で取得した情報は、通信回線を利用して、サーバーコンピュータへ自動送信される。サーバーコンピュータは、徘徊モニタ装置から送られた徘徊高齢者の情報を電子メールで家族や介護者などの緊急連絡先へ自動送信する。家族や介護者は、携帯電話に送られてきた徘徊高齢者の情報から徘徊状況の遠隔モニタリングが可能となる。

Fig.1 Overall of mobile-phone based safety support system.

Fig.2に徘徊モニタ装置のブロック図を示す。徘徊モニタ装置はエレクトレットコンデンサマイクロフォン (Panasonic, WM-64PNT)、加速度センサ (Kionix, KXM52-1050)、増幅器 (Texas Instruments, OPA336)、ローパスフィルタ、32ビットマイクロコントローラ (Microchip, PIC32MX695F512H) 及びPHSモジュール (Willcom, W-SIM RX430AL) で構成した。エレクトレットコンデンサマイクロフォンは、直径5mm、厚さ1mm、質量0.16gの無指向性マイクロフォンで、徘徊時に徘徊高齢者周囲の環境音を集音する。環境音は、演算増幅器で構成した利得60dBの非反転増幅器により増幅される。加速度センサは、身体の上 (Z軸) 方向の大地に対する重力加速度を測定し、遮断周波数0.5Hzのローパスフィルタで臥位かどうかの判断を行う重力加速度を取り出す。立位や座位状態において、上体が大地に対し垂直になると加速度センサに加わる重力加速度は1gとなり、ローパスフィルタで1gに対応した電圧が取り出される。一方、倒れた臥位状態において、上体が大地に対し平行になると重力加速度は0gとなり、立位・座位状態と異なった0gに対応した電圧が取り出される。姿勢の判断²³⁾は、ローパスフィルタで取り出された重力加速度に対応した電圧で行われ、電圧変動がない場合じっとしていると判断される。

増幅された環境音とZ軸の重力加速度は、マイクロコントローラ内蔵の8ビットAD変換器によりデジタルデータへ変換される。サンプリング周波数は、環境音を8kHz、重力加速度を50Hzとした。PHSモジュールは、至近のPHS基地局の緯度と経度を取得し、サーバーコンピュータへのデータ送信機能

Fig.2 Block diagram of the wandering monitor device.

を持つ。形状は42.0mm×25.6mm×4.0mm、質量5gである。マイクロコントローラは、あらかじめ設定した居住エリア外に徘徊高齢者が出た場合、徘徊高齢者の位置、環境音及び姿勢を、PHSモジュールを介してサーバーコンピュータへ送信することで家族や介護者への通報を可能とする。

Fig.3に徘徊モニタ装置の外観を示す。装置の外形は60mm×38mm×8mmで、3.7V、300mAhのリチウムポリマーバッテリー1個で駆動し、装置の総質量は24.5gである。装置は10分毎の位置情報の取得で最大36時間の連続使用が可能であるが、徘徊時の通報1回で6.7mAhの電力量を消費することから、通報回数により連続使用時間が低下する。

Fig.3 Appearance of the wandering monitor device.

徘徊モニタ装置は、Fig.4に示すよう徘徊高齢者の下着の背中に取りつけたポケットに入れて装着される。背中への装着は、徘徊高齢者が徘徊モニタ装置を容易に取り外すことを防ぎ、装着に対する意識と負担を軽減させる。

Fig.4 Pocket installed behind the neck of the wandering person.

Fig.5に徘徊モニタ装置のフローチャートを示す。徘徊モニタ装置は、サーバーコンピュータで設定した徘徊高齢者が居住するエリアをカバーするPHS基地局の緯度・経度を受信する。徘徊モニタ装置は、10分間毎にPHS基地局から取

得した位置と設定された緯度・経度とを比較する。取得した位置が設定された緯度・経度内であれば、マイクロコントローラは、徘徊状態でないと判断し、PHSモジュールの電源を切り、環境音や加速度のAD変換を停止し、スリープ状態に移行する。一方、徘徊状態であると判断した場合、徘徊高齢者周囲の環境音と重力加速度は10秒間AD変換され、位置情報と共に、PHSモジュールによりPHS公衆回線を介してサーバーコンピュータへ送信される。

Fig.5 Flow chart of the wandering monitor device.

Fig.6にサーバーコンピュータのフローチャートを示す。サーバーコンピュータは、徘徊モニタ装置に徘徊高齢者の居住エリアを送信した後、位置、環境音及び重力加速度を徘徊モニタ装置から受信するまで待機状態となる。サーバーコンピュータは、データを受信すると受信した日時をファイル名として格納する。

徘徊高齢者の位置を表示する地図として、Googleマップ²⁴⁾を利用した。Googleマップでは、緯度・経度に世界測位系を採用しており、URLに緯度・経度を含めることで目的とする位置を得ることができる。PHSモジュールで得られる緯度・経度は日本測位系のため、世界測位系の緯度・経度に変換する。変換した緯度・経度に合わせた地図の uniform resource locator (URL)が作成された後、その地図をダウンロードしサーバーコンピュータ画面に表示する。

徘徊モニタ装置から送信される環境音データは、ファイル容量が小さく、携帯電話で再生可能な3GP形式²⁵⁾に変換さ

れ,サーバーコンピュータに格納される。

高齢者の姿勢は,加速度センサで得られた身体の下上(Z軸)方向の重力加速度により求めた大地に対する傾斜角度で,臥位か臥位でないか判断される。

サーバーコンピュータは,徘徊高齢者の位置を示す地図データを取得するURL,地図画像,音声ファイル及び姿勢を電子メールで送信する。

Fig.6 Flow chart of the server computer.

Fig.7にサーバーコンピュータの表示画面を示す。画面左上には,データ受信日時,位置の緯度・経度,姿勢状態及び音声情報の再生ボタンが表示される。徘徊高齢者の位置は,地図上に数字のマーカで示され,マーカ①の最新の位置から,30分前の位置マーカ④まで順に表示される。尚,居宅位置を示すマーカは“H”,居住エリアを決めるPHS基地局の位置は“S”で表示される。最新の環境音は,音声情報の再生ボタンを押すと聞くことができる。全て取得した位置と環境音は,サーバーコンピュータ内に保存されており,必要に応じて履歴を確認することが出来る。

Fig.8に介護者の携帯電話で受信した電子メール画面を示す。Fig.8(a)に示す電子メール画面には,姿勢,地図サイトから徘徊高齢者の位置をダウンロードするURL,徘徊時の位置の時間経過を示す地図及び環境音の音声ファイルが表示されている。徘徊時の位置時間経過は最新の位置を中心に,1km四方で表示されている。徘徊高齢者の位置をより詳細に確認したい場合は,URLを選択し,Fig.8(b)に示すよう徘徊高齢者の位置が中心にマークされた地図をダウンロードする。この地図はスケール変更が可能である。環

Fig.7 Location information and sound file displayed on the server computer

(a) Received e-mail displayed on the mobile phone.

(b) Wandering person's location indicated by a red mark on the map.

Fig.8 Received e-mail and wandering person's location displayed on the caregiver's mobile phone.

境音は、添付された3GPファイルの選択で再生され、徘徊高齢者が、交通量の多い危険な場所にいるのか、スーパーマーケットや静かで比較的安全な場所にいるのか等、場所の推定を可能にする。更に、環境音には、徘徊高齢者が誰かと話しているのか、事故や怪我で苦しんでいるのか等の声が含まれ、徘徊高齢者の徘徊状況の推定を可能にする。姿勢は、徘徊時に倒れているかどうかの確認を可能にする。本システムは、徘徊中の高齢者の情報を10分毎に携帯電話で受信できることから、介護者による徘徊状況の遠隔モニタリングを可能にする。

3. 実験方法

本研究で提案した徘徊モニタ装置で取得した位置が、どの程度の誤差を持っているかを検証した。実験は、広島市佐伯区五日市の交通量の多い道路、交通量の少ない道路、公園、スーパーマーケット及び踏切の場所で行った。これらの場所における測定点の緯度・経度は、予めGoogleマップを用いて設定した。サーバーコンピュータは大学内に設置され、介護者が携帯する携帯電話としてフルブラウザ搭載の携帯電話（SoftBank, 936SH）を用いた。誤差は、設定した緯度・経度と徘徊モニタ装置で得た緯度、経度との差から求められた。各測定場所では、徘徊モニタ装置を東西南北方向に向け、取得した位置から最大誤差を求めた。

次に、位置情報を取得した測定場所における環境音から、場所の推定が可能かの検証を行った。被験者には、車や電車の走行音、公園の子供の声、店内アナウンスや踏切の警報音などそれぞれの場所で取得した環境音を聞かせた。場所の推定に必要な最適な環境音取得時間を決定するため、健康な20～22歳の男性9名に対して、予備情報としての音や環境音取得場所を知らせずそれぞれの環境音を1秒間、3秒間、5秒間、10秒間、15秒間ランダムに再生し、場所の推定を行わせた。環境音の再生は、会話程度の音とし、静かな室内で行われた。実験で使用する環境音は、学習効果が生じないよう、それぞれ1回再生された。また、これらの結果が、被験者個人の音の識別能力に依存することから、取得した位置と環境音を組み合わせることで正確な場所推定が可能かどうか実験を行った。被験者には、最初に位置情報から得た地図を見せ、次に環境音を10秒間聞かせて場所推定を行わせた。

最後に、本システムが徘徊高齢者及び介護者にとって有効であるかどうかの検証を行った。被験者は、要介護認定を受けていないが、言動不一致や物忘れなど軽度の認知症状を時折自覚する70歳の女性で行った。尚、被験者と家族には、本システムが徘徊状況の遠隔モニタリングが可能かどうか検証する実験の趣旨と設定された居住エリア外に出た場合、位置の記録と周囲の環境音や本人の声が録音される点について詳細に説明し同意を得た。実験は、どのような行動も指示せず日常生活状態で1週間に渡り行われた。

4. 結果

Table1に各測定場所での最大誤差を示す。この結果、最大誤差は踏切で1295m、最小誤差は公園で206mであった。

Table1 Maximum location error in the various places

Heavy traffic road	Light traffic load	Public park	Supermarket	Railroad crossing in railway
711 [m]	372 [m]	206 [m]	755 [m]	1295 [m]

Table2に環境音による場所の推定結果および環境音と位置情報を組み合わせた場所の推定結果を示す。結果では、再生時間が長くなるにつれ場所の正解率が上昇した。特に、道路、踏切、スーパーマーケットなどでは、特徴的な環境音があり、10秒を越えると78%以上の正解率で場所を推定することが出来た。一方、特徴的な音が少ない公園では、15秒間の再生でも正解率が100%とならなかった。しかし、取得した位置情報と環境音を組み合わせることで、全ての場所における正解率は100%となり、位置情報と環境音とを組み合わせることで正確な位置、場所推定が可能である結果が示された。

Table2 The ratio correctly identified by using the environmental sound and location information

Experimental condition		Place				
Method	Sound reproduction time	Heavy traffic road	Light traffic load	Public park	Super market	Railroad crossing in railway
Environmental sound	1s	44%	44%	0%	33%	56%
	3s	67%	67%	11%	44%	100%
	5s	100%	89%	56%	78%	100%
	10s	100%	100%	78%	89%	100%
	15s	100%	100%	78%	100%	100%
Location information and environmental sound	10s	100%	100%	100%	100%	100%

Fig. 9に本システムの有効性を検証するため70歳の女性被験者1名で1週間にわたり取得した実験データから求めた移動履歴の一部を示す。サーバーコンピュータのディスプレイに表示された移動履歴は、被験者が自宅（Fig. 9のHで表示）に近い2か所のPHS基地局（Fig. 9のSで表示）の位置で設定した居住エリアを出て、帰宅するまでの10分毎に取得された位置で示されている。家族は、この間電子メールを受信し、被験者の位置と環境音で被験者の状況を推定した。この結果、マーカー④の位置では、被験者の話している内容に「診察券」という言葉が含まれていることから、容易に病院にいることを推定した。マーカー③の位置では、環境音に店内の音楽が含まれており、被験者が買い物中

あることを推定した。これらの結果は、当日の行動予定から確認され、地図上に表示した位置と環境音から正確な位置の把握が可能であることを示した。更に、家族は被験者が何処で何をしているか推定でき、家族の精神的負担が軽減されたとシステムを評価した。一方、被験者は、徘徊モニタ装置の装着を感じることなく、装置がある安心感で日ごろの不安が無く、安心して外出できるとシステムを評価した。

Fig.9 The subject's moving locus displayed on the server computer

5. 考察

PHSモジュールで取得した位置の最大誤差は、Table1に示すよう公園で206mに対し、踏切で1295mと約6倍と測定場所で大きく異なっていた。実験で位置情報を測定した位置と踏切の周辺に設置されたPHS基地局の位置を地図から確認すると、より近いPHS基地局が存在しているにもかかわらず、遠いPHS基地局の位置情報を取得していた。この結果は、踏切の周囲に建物等があるのに対し、線路上に障害となるものがなく見通しが良いことやPHS基地局の最大アクセス数制限から遠いPHS基地局へ接続が振り替えられたと考えられる。従って、PHSモジュールによる位置情報の取得においては、徘徊高齢者周囲の建物、PHS基地局の設置状況及びPHS基地局へのアクセス状態により誤差が生じる。この誤差を低減させる方法とし、GPSの利用が考えられる。民生用のGPSを用いた位置の取得精度は約10mであるが、屋内、高い木の下、車中などで精度が低下したり、地下街や大型商業施設内において位置情報を取得出来ない問題がある。そこで、地上に設置したGPSで位置情報を取得し、その情報を屋内や地下街に微弱電波で再送信するIMES (Indoor Messaging System) 方式²⁶⁾が、宇宙航空研究開発機構で考案され、現在実証実験が行われている。このIMES方式が実用化されれば、PHSモジュールより正確な位置の取得が可能になるが、徘徊高齢者の保護を考えると、位置情報を介護者に通報する携帯電話などの通信装置と組み合わせる必要が

ある。そこで、本研究では、Table1に示すよう位置取得精度がGPSより劣っていても、徘徊状況の把握を目的に取得した環境音で場所の推定が可能であるか検討した。しかし、Table2の環境音による場所の推定結果に示されるよう特徴的な環境音が少ない公園の場合、場所の推定は環境音を聞く被験者個人の音の識別能力に依存し、10秒間の環境音再生でも正解率78%であった。一方、環境音と位置情報を併用した場合、Table2に示すよう特徴的な環境音が少ない公園においても場所推定の正解率は100%となり、位置情報と環境音を用いる有効性が示された。実験結果Fig.9で得られた位置情報には、Table1に示すよう最大1295mの誤差を含んでいる可能性があるが、環境音を併用することで、被験者が病院やスーパーマーケットなどの場所にいることが、被験者の家族によって容易に把握され、確認された。また、Fig.8(a)に示すよう10分毎に得られる位置情報の履歴と道路などの地図情報からも、被験者の移動状況が確認された。

以上、本研究における実証実験は、システムの動作確認を主目的として、1名の被験者で行ったが、被験者の場所や移動状況が確認出来たことから、提案したシステムによる徘徊高齢者の徘徊遠隔モニタリングの可能性を示した。

6. 結論

本研究では、PHSモジュールを用いたウェアラブル徘徊高齢者介護支援システムによる遠隔徘徊モニタリングの可能性を示した。本システムは、日常生活において徘徊高齢者に装着を意識させることなく、介護者による徘徊状況の遠隔モニタリングを可能にし、徘徊高齢者の介護支援と共に、介護者の精神的負担軽減の可能性を示した。今後は、本システムの有効性を多くの実証実験によって明らかにしていく必要がある。

謝辞

本研究の一部は、ちゅうごく産業創造センター平成23年度新産業創出研究会「高齢者の安全生活支援行動モニタリング装置」によって行われていることを記すとともに関係者各位に感謝申し上げます。また本研究に対する実証実験でご協力いただいた有限会社スローライフ広島 ヘルパーステーションゆず西の澤井弘美所長をはじめとする訪問介護員の皆さま、被験者の方に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 厚生労働省, “厚生労働白書”, 2007: 34.
- 2) 三原 博光, 田崎 愛子, 森 しおり, “在宅における痴呆性老人の家族が抱える問題について”, 山口県立大学看護学部紀要, 2002; 6: 69-75.
- 3) 堀川 茂野, “警察における福祉的側面について”, 法政論叢, 2006; 43(1): 139-157.

- 4) 松本 哲也, "ユビキタスネットワークを活用した高齢者等の安心安全を確保する見守り空間創成に関する研究開発", 戦略的情報通信研究開発推(SCOPE) 第6回成果発表会, 2012: 114-115.
- 5) 青野雅樹, "介護施設内における徘徊老人の位置情報追跡システムの研究", 電気通信普及財団研究調査報告書, 2009; 24: 576-587.
- 6) 山本 博美, 若松 秀俊, "施設・在宅における徘徊性老人の電子保護システムによる安全の確保", 医用電子と生体工学, 1991; 29(2): 97-104.
- 7) 山本博美, 若松秀俊, "施設における徘徊性老人用電子保護システムの運用とその効果", 日本健康科学学会誌, 1993; 9(3): 182-189.
- 8) 山本 博美, 若松 秀俊, 糸井 節, "個人識別可能な痴呆性徘徊老人の電子保護システム運用と効果", 電子情報通信学会論文誌. D-II, 1997; J80-D-2(1): 359-362.
- 9) 筒井 譲二, 田中 智幸, 中尾 敏章, 和中 剛, 光武 義雄, "徘徊検知システム「徘徊コール」", 松下電工技報, 2001; 2: 10-15.
- 10) 松野 博文, 杉本 義己, 北山 一郎, 宇根 正美, 小山 美代, "徘徊監視システムの調査研究(その2)", 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集, 2003: 96-104.
- 11) 伊藤 誠悟, 吉田 廣志, 河口 信夫, "無線LAN位置推定とGPSのシームレスな統合手法", 情報処理学会研究報告, 2006: 117-122.
- 12) 五十嵐 晃, 真柄 賢太郎, 野中 敏, 大野 宏, "GPS測位技術を用いた徘徊老人の位置探索システム", 電気学会論文誌, 2006: 609-616.
- 13) 渡辺 浩亘, 牧野 秀夫, 北條 晴正, 石井 郁夫, "検出領域を拡大したGPS方式徘徊老人検索システム", 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎97, 1997; 9: 21-28.
- 14) 保坂 良資, 斎藤 正男, "PHSを技術基盤とする徘徊老人定位に適した電子マーカの仕様の研究", 電子情報通信学会論文誌. D-II, II-パターン処理, 1999; J82-D-II(12): 2367-2374.
- 15) Hidekuni Ogawa, Yoshiharu Yonezawa, Hiromichi Maki, Haruhiko Sato and W. Morton Caldwell, "A mobile phone-based Safety Support System for wandering elderly persons", 26th IEEE Eng Med.Biol. Soc (EMBS) Conf., 2004: 2373-2374.
- 16) Hidekuni Ogawa, Yoshiharu Yonezawa, Hiromichi Maki, Allen W. Hahn and W. Morton Caldwell "An Electronic Location Safety Support System", Biomedical Sciences Instrumentation, 43, 2007: 127-129.
- 17) Shingo Matsuoka, Hidekuni Ogawa, Hiromichi Maki, Yoshiharu Yonezawa and W. Morton Caldwell, "A new safety support system for wandering elderly persons", 33th IEEE Eng Med.Biol. Soc (EMBS) Conf., 2011: 5232-5235.
- 18) 株式会社ユビキタス, "どこ・イルカ mini", <http://www.dokoiruka.jp/>, アクセス日2011/12/27.
- 19) SECOM, "ココセコム", <http://www.855756.com/ag> ed, アクセス日2011/11/26.
- 20) 鳥越 けい子, "サウンドスケープその思想と実践", 日本音響学会誌, 1997; 53(12): 964-971.
- 21) 鳥越 けい子, "サウンドスケープが拓く音環境デザインの新たな地平", 環境工学総合シンポジウム講演論文集, 2006; 7: 47-52.
- 22) 藤沢 望, 山口 さなえ, "長崎・五島のサウンドスケープ", 長崎県立大学 研究紀要, 2010; 11: pp.31-36.
- 23) 槇 弘倫, 米沢 良治, 松岡 伸吾, 小川 英邦, 佐藤 陽彦, "高齢者日常生活活動記録システム", 医科器械学, 2003; 11: 669-676.
- 24) Google, Inc., "モバイルGoogleマップ", <http://www.google.co.jp/mobile/maps>, アクセス日2012/11/19.
- 25) 株式会社 Nero, "NeroAAC コーデック", <http://www.nero.com/jpn/technologies-aac-codec.html>, アクセス日2012/10/20.
- 26) 財団法人 ニューメディア開発協会, "屋内測位普及発展に関する調査研究", 屋内測位普及発展に関する調査研究 報告書, 2009: 13-20.