GPS測位技術を用いた徘徊老人の位置探索システム

正員 五十嵐 晃 (新潟県工業技術総合研究所)
 非会員 真 柄 賢太郎 (新潟県工業技術総合研究所)
 非会員 野 中 敏 (新潟県工業技術総合研究所)
 非会員 大 野 宏 (新潟県工業技術総合研究所)

The Searching System for Wandering Demented Aged Person using GPS

Akira IKARASHI, Member, Kentarou MAGARA, Non-member, Satoshi NONAKA, Non-member,
 Hiroshi OHNO, Non-member (Industrial Research Institute of Niigata Prefecture)

We proposed a searching system for wandering demented aged person using GPS (Global Positioning System), PHS (Personal Handyphone System) and mobile PC (Personal Computer). There were three sub-systems: one base station and two mobile terminals carried by the aged and his family. We focused our system on reducing the mental stress of the family in the sense that, in using our system, the family does not need further assistance from others. The independence of the family is very important. In order to construct this user-friendly system, the mobile terminal for the family consisted of only the necessary input keys and the static station included a touch panel. Furthermore, to clarify intuitively the geometrical relationship between the aged and 'carer-person' in the family, the mobile terminal was able to show their loci on the same digital map in real time, and was automatically able to change the scale of the map using a GIS (Geographic Information System). We were encouraged by the results of the application of our system to a search for the wandering demented aged person.

キーワード: PHS 電子地図 GPS 空間情報 痴呆症

Keywords: PHS digital map GPS spatial information dementia

1. はじめに

人口の高齢化や核家族化の進行の中で、高齢者を在宅介護する家族が増加している。痴呆症の中でもアルツハイマー型老年痴呆の老人は身体的には健康であることが多く⁽¹⁾、介護者の目が届かない範囲で地域を徘徊することがある。徘徊は老人を交通事故や犯罪へ巻き込むことがあり、老人保護のために、介護する家族は老人を監視しなければならない。痴呆性徘徊への対処法としては、a) 家庭や施設からの外出を規制してしまう方法と、b) 外出自体は許容し、その外出先で何かあった際に保護する方法の2つがあると考えられている⁽²⁾⁽³⁾。そこでa)への対処法としては、出入口にセンサを設置し、老人が外出した際に警報を発するシステムがある⁽⁴⁾⁽⁵⁾。外出検知に加えて個人識別やバイタルサインセンシングを行うこともできる^{(6)~(8)}。さらに一般家庭にも普及が進んでいる、無線LANシステムを利用した検知システムも提案されている⁽⁹⁾。

しかし、軽度の痴呆症または初期の痴呆症の老人におい

ては、不安感や被害的気分および落ち着かない気分をきっかけとして徘徊が始まることがある⁽¹⁰⁾。そのため、そのようなきっかけがない状況において、老人を普段から家屋で管理し外出を禁止することは、老人のQOL (Quality Of Life) や病状回復にとって必ずしも有効な手段ではない。そこで、前述のb)への対処法も考えられており、例えば携帯電話とGPSを利用した装置の開発も行われている⁽²⁾。ただし、老人の外出を許可すると、もし徘徊が始まってしまった際にはその搜索は非常に多くの人の手をわずらわせる。介護者自身の身体的負担のみならず、搜索に協力した人間に対する気遣いといった精神的負担も大きく⁽¹¹⁾、介護者の中にはできるだけ身内だけで老人の搜索、保護を完結させたいと考える者もいる。

徘徊老人の探索のためには位置特定が不可欠であり、これまで野生動物位置探査で用いられている電波の強弱を利用するもの⁽¹²⁾、PHS (Personal Handyphone System) 通信網を利用するもの⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾、GPS (Global Positioning System) と移動体通信を利用するもの^{(2)(15)~(17)}等が提案さ

図1 システム全体の構成
Fig. 1. Outline of System

れ、いくつか実用化されてきた^{(18)~(20)}。しかし、これらのシステムのいずれもが老人の位置特定に重点をおいたシステム、あるいは公的機関等での集中管理を前提としたシステムとなっており、身体的および精神的にも自己完結を望む介護者の負担を直接軽減するようなシステムになっているとは言い難い。

そこで、我々は介護者の操作等の負担軽減に重点をおき、GPSの単独測位技術を位置特定に利用した自己完結型の個人ベースの徘徊老人位置探索システムを開発した。つまり、老人の位置特定精度、電池寿命、小型化といった基本性能を備えた上で、さらには搜索する立場となる介護者の操作性向上に配慮し、また介護者等家族のみだけで搜索と保護が可能なる自己完結型の搜索システムを完成することができた。また、老人の位置を表現するにあたり、パーソナルコンピュータ（以下、PC）用の電子地図およびカーナビゲーション用の地図等の空間情報技術を利用した。さらにそのシステムを用いた実証試験を行った。具体的には、老人が近距離（半径500mの円内）において行方不明になった場合と、遠距離（半径50kmの円内）において行方不明になった場合を想定した2条件において合計4回の搜索実験を行った。近距離における実験では、3回の実験で、いずれも35分以内での保護が可能であった。また、遠距離における実験では、1回の実験ではあるが、約1時間30分での保護が可能であった。

なお米国国防総省が、SA（Selectable Availability:故意の精度劣化）を恒久的に解除する旨を発表していることから、本論文においてはSAの解除後のデータについてのみ述べる。

2. 開発システム

〈2・1〉 システム全体の構成と動作 システムの全体構成を図1に示す。本システムは、老人に装着する移動局、介護者が介護者宅で使用する固定局、介護者が実際の搜索時に使用する保護移動局の3つにより構成されている。い

図2 システムの動作の流れ
Fig. 2. Flow of System Operation

ずれの局においても単独測位用GPS受信機を利用したが、これはそれぞれの局の小型化を最優先したためである。

本システムの動作の流れを図2に示す。

本システムは、通常は普通に生活できるが、痴呆症状が出ると帰宅できなくなるような軽度および初期の痴呆症である老人を対象としている。そのような老人に移動局を携帯してもらい、散歩に出かけてもらう。予定時刻を過ぎても家に戻らないような場合に介護者宅の固定局から移動局を直接呼び出す。移動局では自動的に着信処理を行い、その時まで測位していた、老人の緯度・経度情報を介護者宅の固定局へ送信する。その情報から固定局では電子地図上に老人の位置を表示する。その位置を確認した後に介護者は保護移動局を持って搜索に向かう。保護移動局には自分の位置を把握するためにGPS受信機が搭載されている。保護移動局から再び移動局を直接呼び出すことにより、老人の位置と同時に搜索している介護者自身の位置も同一電子地図上に表示する。介護者は老人と自分の相対的な位置関係を把握しながら搜索することが可能で、最終的に無事保護することができる。以上は介護者が1名の場合を想定している。もし介護者が2名以上の場合は、1名が介護者宅において固定局を操作し、携帯電話等を用いて音声で出先の搜索している介護者に対して指示を与えることも可能である。なお本システムでは、固定局と移動局間、保護移動局と移動局間といった直接通信を行う点において、一度データベースサーバを通すようなシステム⁽¹⁸⁾⁽²⁰⁾と比較して、位置データのさらなる即時性、秘匿性が確保されるシステムとなっている。各構成要素およびそれらの動作についての詳細を以下に示す。

〈2・2〉 移動局 移動局は図3のように、GPS受信機、データ通信用PHS端末、それらの制御を行う制御ボード、バッテリーで構成されている。なお、移動局を常時老人に装着することができるように、バッテリーのみ取り外して充電できる構造とした。また移動局制御用ソフトウェアはGPS受信機の間欠動作等を実現するために、専用に開発した。具体的には、移動局が自局自体で自動的に、5分

図3 移動局の概観

Fig. 3. Outlook of Mobile Terminal Carried by The Aged

表1 移動局の仕様

Table 1. Specification of mobile terminal

構成要素	GPS, PHS, 制御ボード, バッテリー
測位精度	2drms=15m 以内 (SA off) ⁽²¹⁾
電池寿命	7 時間
寸法	6.2cm(W)*11.4cm(H)*2.6cm(D) (本体のみ)
重量	240g (バッテリー含む)

図4 固定局の概観

Fig. 4. Outlook of Base Station

ごとに25分までの履歴を保存する機能を搭載した。ここで、5分毎に位置データを取得させているのは、移動局の電池寿命と、検索に必要なデータ取得間隔のバランスを取った結果である。移動局の仕様を表1に示す。

〈2・3〉固定局 固定局は図4のように、PC、モデム、表示装置（CRTおよびLCDのいずれかを使用）、GPS受信機、電子地図、専用ソフトウェアで構成されている。ただし、介護者本人が操作することを想定し、できるだけ簡易操作可能な装置を開発した。通常のキーボードやマウスおよび、ゲームパッドやタッチパネル等様々な入力方式について、操作実験とアンケートを行った結果、もっとも評価の高かったタッチパネルおよびマウス操作の両用方式を採用した。そのため、図4における表示装置は、CRT、LCD

図5 固定局の画面例⁽²²⁾

Fig. 5. Example of Display on Base Station

図6 保護移動局の概観

Fig. 6. Outlook of Mobile Terminal Carried by 'Carer-Person'

ともタッチパネルを採用した。固定局に搭載されるソフトウェアは電子地図閲覧用と、移動局との通信用の2つを専用に開発した。固定局の画面表示例を図5に示す。介護者は一回の移動局呼び出しで過去5回分の位置履歴情報と最新の老人の位置情報が一度に取得できる。これにより通信料金の節約を図っている。具体的には、25分前から5分前まで5分ごとの位置と現在位置の合計6つの位置を白○印で示し、さらにその際の時刻も合わせて表示できるようにした。ここで、白○印の大きさはおおよその誤差範囲を示している。さらに、詳細な老人の位置情報を得るために、電子地図において住宅地図も対応可能とした。

〈2・4〉保護移動局 介護者が前述の固定局で老人の位置を確認しても、介護者が検索に向かう際に老人は移動し、介護者と老人との間で行き違いが生じる可能性がある。これを防ぐために、検索に向かった出先においても老人の位置を確認できる装置が保護移動局である。これは図6のように、ノートPCとデータ通信用PHS端末、GPS受信機で構成されている。そのため、老人と介護者自身の位置を同時に同じ地図上で確認できるようにしている。つまり、

図7 保護移動局経路探索の画面例⁽²²⁾

Fig. 7. Example of Display for Route Searching

移動局と保護移動局自体の相対的な位置関係を把握しながら検索することが可能になっている。また、固定局と同様に保護移動局の操作性向上も図った。保護移動局はノートPCなので、具体的には未使用のキーは省き操作に必要なキーのみとして、操作名を記したシールをそれらに貼り付けた。電子地図表示ソフトウェアの開発にはインクリメントP株式会社のMapDK III⁽²²⁾を用いた。それにより、一般のカーナビゲーション装置と同様に、移動局を目的地と設定し、保護移動局の位置を現在地として経路探索を行うことを可能とした(図7)。このように空間情報を有効に利用して、介護者の負担軽減を図っている。

なお、介護者が1名の場合は、保護移動局のみを使用することが想定されるが、介護者が2名以上の場合は、固定局操作により出先で検索にあたっている他の介護者の遠隔支援も可能である。その意味では、固定局も本システムにおいて重要な位置を占めている。

3. 実験方法

本システムの基本性能を確認する目的で、移動局の装着位置を変えた場合の定点測位実験を行い、システムの総合性能を確認する目的で実際の検索実験を行った。

〈3・1〉基本性能評価実験 移動局は老人に装着するため、その装着位置は制限を受ける。すなわち、老人の行動を抑制することなく、かつGPSアンテナが天空を見渡せることを考慮する必要がある。そこで、移動局を1) 肩、2) 胸、3) 腰の3ヶ所に装着し、東西南北の4方向を向いて、5分間ずつ定点測位実験を行った。なお、測位を短時間(5分間)にしたのは、GPSの衛星配置が測位結果に影響を与えないようにするためである。

〈3・2〉総合性能評価実験 実際の痴呆症老人に本システムのような実験段階の装置を装着することは困難である。そこで、30~40才代の男性健常者2名がそれぞれ老人役、介護者役となり、検索実験を行った。本実験では介護者役が1名であったので、使用した機器は、前述の保護移動局と移動局である。この実験を、1) 介護者宅より半径500mの円内において(以後「近距離」と表現する)と、2)

介護者宅より半径50kmの円内(以後「遠距離」と表現する)においての2条件について行った。実験手順を以下に示す。

- 1) 老人役が移動局を胸位置に装着し、介護者役に行き先を告げずに徒歩で外出する。老人役は老人の歩行速度を想定して、平均歩行速度が約40~50m/分となるように歩行する。
- 2) 近距離の場合は、老人役が外出してから10分後に介護者役が保護移動局を使い移動局を呼び出す。
- 3) 遠距離の場合は、あらかじめ老人役が約50km移動した後に介護者役に連絡し、その時点から介護者役が保護移動局を使い移動局を呼び出す。
- 4) 老人役のその時点での位置が保護移動局に表示される。その情報をもとに介護者役は自動車で捜索に向かう。
- 5) 介護者役が表示された位置へ到着する頃には老人役が移動している。そのため、その場で再び移動局を呼び出す。
- 6) 上記4)、5)を何回か繰り返した後に無事保護する。

4. 実験結果

本システムの基本性能および総合性能評価実験結果について述べる。基本性能評価実験は、本システムに使用したGPS受信機の基本性能であり、ここでは定点測位実験結果を示した。また総合性能評価実験は、検索実験結果を近距離3例、遠距離1例について行ったが、結果は近距離2例、遠距離1例について示した。

〈4・1〉基本性能評価実験 図8に本システムの基本性能である定点測位実験結果を示す。横軸は経度方向の誤差(m)、縦軸は緯度方向の誤差(m)を表す。図中の円は測位データのばらつきの範囲を示す半径2drmsの円である。肩、胸、腰の順に円が大きくなっているのがわかる。これらの円は、GPSアンテナを肩位置に装着し西向きで測位し

図8 3ヶ所の装着位置による定点測位結果

Fig. 8. Results of GPS Survey at Three Positions

図9 探索実験結果 (近距離 1) ⁽²³⁾

Fig. 9. Results of Searching Experiment (Near distance1)

図10 探索実験結果 (近距離 2) ⁽²³⁾

Fig. 10. Results of Searching Experiment (Near distance2)

たとき、GPS アンテナを胸位置に装着し南向き、腰位置に装着し南向きで測位したときの結果を示している。測位結果のばらつきを示す係数 2drms はそれぞれ 2.34m (肩)、3.45m (胸)、6.35m (腰) となった。

〈4・2〉 総合性能評価実験 老人役が移動局を胸位置に装着した場合の 1) 近距離、2) 遠距離のいずれの場合においても、無事老人役を保護し探索を完了することができた。なお、実験結果の表現には、株式会社アルプス社「プロアトラス 2002 (東北・北海道版)」⁽²³⁾ を利用した。

a. 近距離 1 における実験 実験状況を図 9 に示す。図中黒丸は保護移動局、白丸は移動局の範囲、黒の実線は移動局の軌跡を表している。スタート地点である黒丸 1 において、保護移動局が移動局を呼び出した場合の移動局の表示範囲が白丸 1' である。その後、保護移動局が黒丸 2 に移動し、呼び出した結果が白丸 2' である。1', 2' の移動局の軌跡をもとに、図 9 中 Protection Point 付近に保護移動局が先回りしたところ、そこで無事、移動局 (すなわち老人役) を保護することができた。ここで、保護移動局が最初に移動局を呼び出してから保護までに要した時間は約 27 分であった。また、老人役が外出してから時間の時間も含めると、保護までに 37 分を要した。移動局が移動した距離は 1962.7m となり、平均歩行速度は 53.0m/分であった。またこの間、移動局を呼び出した回数は 2 回であった。

b. 近距離 2 における実験 実験状況を図 10 に示す。図 9 と同様に、図中黒丸は保護移動局、白丸は移動局の範囲、黒の実線は移動局の軌跡を表している。スタート地点である黒丸 1 において、保護移動局が移動局を呼び出した場合の移動局の表示範囲が白丸 1' である。その後、保護移動局が黒丸 2 に移動し、呼び出した結果が白丸 2' である。さらに保護移動局が黒丸 3 に移動し、呼び出した結果が白丸 3' である。最後に保護移動局が黒丸 4 に移動し、呼び出した結果が白丸 4' であり、1'~4' の移動局の軌跡をもとに、探索開始地点付近に保護移動局が先回りしたところ、そこで無事、移動局 (すなわち老人役) を保護することができた。ここで、保護移動局が最初に移動局を呼び出してから保護までに要した時間は約 24 分であった。また、老人役が外出してから時間の時間も含めると、保護までに 34 分を要した。移動局が移動した距離は 2003.7m となり、平均歩行速度は 58.9m/分であった。またこの間、移動局を呼び出した回数は 4 回であった。

c. 遠距離における実験 実験状況を図 11 に示す。スタート地点である黒丸 1 において、保護移動局が移動局を呼び出した場合の移動局の表示範囲はすでに、図 11 中の黒丸 4 付近に表示された。その後、保護移動局が移動途中の高速道路のパーキングエリアにおいて移動局を呼び出したところ、図 12 が表示された。さらに保護移動局が高速道路を出た地点で、移動局を呼び出したところ、パーキングエリアの際と同様に図 12 のように表示された。最終的には、図 12 付近で無事移動局役を保護できた。ここで、保護移動局が最初に移動局を呼び出してから保護までに要した時間は 94 分であった。保護移動局が出発した地点と移動局を保護した地点間の直線距離は、57.7km であった。この間、移動局を呼び出した回数は 7 回であった。なお、保護するまでの距離を自動車で通常速度で走行すると、60 分程度となる。

5. 考 察

基本性能評価実験および総合性能評価実験結果をふまえ、

図 11 搜索実験結果（遠距離）(23)

Fig. 11. Results of Searching Experiment (Far distance)

図 12 搜索実験結果（遠距離保護地点付近）(22)

Fig. 12. Results of Searching Experiment (Far distance at Protection Point)

以下にそれぞれについての考察を示す。

〈5・1〉 基本性能評価実験 この実験は移動局を老人へ装着する場合の装着位置を決定することを目的としている。測位精度は腰、胸、肩の順で向上したが、どの場合においても基本的に測位が行われていることを確認した。老人の位置を特定する本システムの場合、位置特定精度も必要な性能の1つであるが、それ以前に精度は悪くても位置を特定できること自体が非常に重要なシステム性能となることは明らかである。その点において、本実験により腰位置にも移動局を装着可能であるとの結論を得たことには大きな意義がある。また、老人に今回のような大きさの機器を装着することは、肩や胸位置では、まだ違和感があり、装

表 2 搜索実験結果

Table 2. Results of Searching Experiment

実験条件	保護に要した時間(分)	自動車移動時間(分)
近距離 1	37	12
近距離 2	34	5.5
近距離 3	45	9.5
遠距離 1	94 (呼び出してからの時間)	60

着していることに老人が気づくかもしれない。SA が解除になって、腰位置でも胸や肩位置と同等な測位精度が得られるようになった。そのことから今後は、腰位置でかつウエストポーチ等の中に入れることにより、老人に装着を意識させることがないような工夫も可能になると考えられる。

〈5・2〉 総合性能評価実験 近距離、遠距離という老人役の移動範囲の大きさにかかわらず、介護者役 1 名だけで老人役を無事保護できたことで、本システムは実用上問題なく使用でき、かつ徘徊老人を持つ家庭の中で完結できることが明らかになった。全ての実験結果を表 2 にまとめて示す。今回の実験では老人役は 40~50m/分 (実際には 48~59m/分) で歩行し、外出してから 10 分後に介護者役が最初の呼び出しを行った。この条件下では移動局の速度が約 48~59m/分であるので、近距離における実験の場合には、搜索開始時に約 480~590m の距離が移動局、保護移動局間に存在することになる。これが近距離における実験の初期条件にあたる。その初期条件があったにもかかわらず、搜索者 1 名で最短で 34 分で保護が可能であったことは、保護移動局での移動局と保護移動局の同時表示、保護移動局の操作性向上、移動局と保護移動局の直接通信等の本システムの機能的特徴が有効に働いた結果と考えている。また、遠距離における実験では保護までに 94 分を要しているが、そのうち自動車による走行時間が 60 分であったことを考慮すると、実質搜索に要した時間は 34 分となる。

この時間は、十分搜索保護の際に要する時間の許容範囲内であると考えられる。近距離、遠距離のいずれの条件においても、30 分程度で老人を保護できることは、従来の人海戦術に頼る搜索方法と比較しても非常に有効で、短時間で保護可能なシステムであると考えられる。

さらに表 2 において、介護者役が自動車で移動したのみの時間を示している。この結果より、搜索に要した時間のうち、自動車で移動していた時間の割合は近距離の場合、16~32 % に留まっていることが明らかになった。これは、自動車で搜索している介護者役と、徒歩で移動している老人役の移動速度の違いがそのまま保護時間には影響しないことを示唆している。なお、定点測位においては、測位精度の影響を考慮した形での評価を行ったが、本システムの場合、実時間で行うような歩行者ナビシステムとは異なり、GPS の単独測位精度レベルの位置特定が可能であればよい。つまり、近距離の場合は、介護者役が自動車によって、先回りすればよいし、遠距離の場合は第一に、老人役がいる付近に急行することが先決であるので、それほど位置特

定精度は要求されない。しかし、位置特定性能としては同程度の精度を持つ PHS、また最近実用化された GPS 機能を搭載した携帯電話⁽²⁴⁾等では、必ず、センターサーバという概念を通過させる必要があるために位置データの秘匿性が失われ、結果として、介護者の精神的負担を強い形になってしまう。その点、本システムのように GPS を単独で利用した位置特定手段では、位置データの秘匿性および老人のプライバシーが確保されるために、介護者の精神的、身体的負担を軽減するシステムとなっている。一方において、本システムの不完全さも明らかになった。遠距離での実験の場合に合計で 7 回の呼び出しを行ったにもかかわらず、うち 5 回は同一の場所を示した。つまり、GPS 信号が受信されない状況が存在したということである。しかし、その際には、測位した位置と同時に測位した時間も電子地図上に表示されることから、そのデータが実時間のデータではないことが容易に判別可能であり、誤った方向の探索をする可能性はなかった。

以上より最終的に、自己完結型の個人ベースの位置特定システムが構築できたと考えられる。

6. おわりに

以上、徘徊老人の位置探索システムを開発し、実用に供した場合の有効性を確認することができた。GPS 測位技術を利用することにより、老人の位置特定精度が、2drms で約 10m 以内におさまることを確認した。また、保護移動局の概念や保護移動局において、操作に必要なキーのみする等の対策をとることにより、システム全体の操作性を高め、老人を探索する介護者の負担軽減を図ることができた。さらにこれらの性能を備えたシステムを使用して実際の探索試験を行った結果、1 人の探索者のみに、最短で 34 分で老人役を保護することができた。これにより、徘徊老人を持つ家庭内だけで完結する、実用に耐えうるシステムを構築できた。これらは、GPS 測位技術とそのデータを表示する電子地図、つまり空間情報技術および情報機器関連技術の融合により可能になった。

本システムでは、老人の位置を点で表示したが、今後さらに介護者に優しい機器とするため、老人位置やその周りの環境を立体的に（線あるいは面で）表現する予定である。こうして、保護移動局・固定局と介護者間のより柔軟なインターフェースが確立される。時間軸を考慮した 4 次元空間情報技術を導入⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾すると、老人の痴呆性発症のサイクルをデータベースとして管理することもできる。そのため、老人の位置を表示する空間情報データベースの側も空間・時間分解能を高めた形での基盤が必要になると考えている⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの有益な御助言を頂いた長岡技術科学大学電気系の吉川敏則教授、新潟大学工学部の牧野秀夫教授、前田義信助手、新潟大学大学院自然科学研究科の田野英一氏に対し、ここに記して感謝する。なお、

本研究は新潟県工業技術総合研究所・戦略技術開発研究および中小企業庁・地域産学官共同研究事業の一環である。

(平成 13 年 5 月 28 日受付、同 14 年 2 月 1 日再受付)

文 献

- (1) 長谷川和夫:「痴呆性老人の看護とデイケア」, 医学書院, 9-10 (1986)
- (2) 河村邦明・清水孝一・山本克之:「痴呆性徘徊対処システムの開発ー移動体通信と GPS による徘徊者定位の試みー」, 信学技報 MBE95-124, 93-98 (1995)
- (3) 清水孝一・河村邦明・山本克之:「徘徊者定位システムの開発ーバイオテレメトリによる在宅医療支援ー」, 日本 ME 学会, BME, Vol.10-5, 3-10 (1996)
- (4) 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」, 日本 ME 学会, 医用電子と生体工学, Vol.29-2, 97-104 (1991)
- (5) アイホン株式会社:「徘徊監視装置」<http://www.aiphone.co.jp/home/hk03.html>
- (6) 稲田紘・堀尾裕幸・石川澄・関田康慶・片山文善・麻生茂・坂本栄弘・松村謙次:「痴呆老人の徘徊防止管理システムの開発に関する研究 (第 2 報)」, 日本 ME 学会, 医用電子と生体工学 Vol.35-4, 395 (1997)
- (7) 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, Vol.J80-D-II, No.1, 359-362 (1997)
- (8) 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, Vol.9-3, 182-189 (1993)
- (9) 山本博美, 若松秀俊:「無線 LAN を用いた在宅痴呆性徘徊老人用電子保護システムの運用」, 日本健康科学学会誌, Vol.16-3, 259-266 (2000)
- (10) 長谷川和夫:「高齢期の“ぼけ”(痴呆)をめぐって」, 世界保健通信社 (1985)
- (11) 大國美智子・川村耕造:「呆けを看とるー老人呆けと闘った記録から介護を考える」, 中央法規出版 (1982)
- (12) 株式会社ワールドテック:「徘徊性老人等探索ネットワークシステム あんしんくん」, <http://www.fukushi.com/yougu/data/files/worldtec/1.html>
- (13) 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ーの仕様の研究」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-II, No.12, 2367-2374 (1999)
- (14) 大野友義・山本竜治・大塚裕幸:「PHS 網を用いた高精度位置情報システムの開発」, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-5-172, 460 (2000)
- (15) 松尾聡・合志和洋・田所嘉昭:「デジタル携帯電話を用いた徘徊老人追尾システムの検討」, 信学技報 HCS96-36, 85-92 (1996)
- (16) 牧野秀夫・渡辺浩亘・北條晴正・石井郁夫:「検出領域を拡大した GPS 方式徘徊老人探索システム」, 信学技報 HCS97-10, 21-27 (1997)
- (17) 牧野秀夫・渡辺浩亘・関涼子・石井郁夫:「GPS 測位と近赤外線差分画像によるまいご老人探索方式」, 日本赤外線学会誌, 第 8 巻, 第 1 号, 31 (1998)
- (18) 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ:「いまだこサービス」, <http://www.nttdocomo.co.jp/mc-user/phs/ichi.html>
- (19) 株式会社日立製作所:「パソコン上での人の位置・状態が確認できる位置・状態認識システム「Partout (パルトゥー)」を発売」, <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/9907/0729.html>
- (20) セコム株式会社:「ココセコム」, <http://www.855756.com/>
- (21) 北條晴正:「GPS に関する規格および標準」, 日本航海学会 GPS 研究会, GPS シンポジウム 2000, 19-30 (2000)
- (22) インクリメント P 株式会社:「Map DK III」, <http://www.incrementp.co.jp/mapdk/map-dk2.3/map-dk2.3.htm>
- (23) 株式会社アルプス社:「プロアトラス 2002 (東北・北海道版)」, <http://www.alpsmap.co.jp/proatlas/2002/>
- (24) KDDI 株式会社:「GPS ケータイ「ムービーケータイ」を発売」, <http://www.kddi.com/release/2001/1112/index.html>
- (25) 星野秀和・飯田剛輔・大伴真吾:「時空間データベース管理システムにおけるモデルシステムの試行的構築事例」, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.9, 169-174 (2000)
- (26) 関本義秀・柴崎亮介:「時空間データベースのダイナミックな更新を目指した概念データモデルの提案」, 地理情報システム学会論文誌, GIS-理論と応用, Vol.8, No.1, 63-73 (2000)

-
- (27) 巖 網林：「ITS，空間情報技術への新たな挑戦」，電気学会研究会資料，産業システム情報化研究会，IIS-00-33，21-25（2000）
(28) 武山政直：「リアルタイム都市と情報技術」，電気学会研究会資料，産業システム情報化研究会，IIS-00-34，27-32（2000）

五十嵐 晃（正員） 1986 新潟大・工・電気卒，1988 同大学院修士課程了，同年新潟県工業技術センター（現：新潟県工業技術総合研究所）に勤務，自動化・メカトロ化の研究開発に従事，現在に至る，この間，99 年より新潟大大学院自然科学研究科にて GPS に関する研究に従事，電子情報通信学会，日本航海学会各会員，

真 柄 賢太郎（非会員） 1969 東京電機大・電気卒，同年新潟県工業技術センター（現：新潟県工業技術総合研究所）に勤務，自動化・省力化機器等の開発に従事，

野 中 敏（非会員） 1979 新潟大・工・機械卒，1981 同大学院修士課程了，同年新潟県工業技術センター（現：新潟県工業技術総合研究所）に勤務，研削研磨，気相メッキの研究開発に従事，日本機械学会正会員，

大 野 宏（非会員） 1985 新潟大・工・電子卒，1987 同大学院修士課程了，同年新潟県庁に入庁，89 年より新潟県工業技術センター（現：新潟県工業技術総合研究所）に勤務，工博，動画像処理，メカトロニクス等の研究開発に従事，電子情報通信学会，情報処理学会各会員，