

## 2. 移動軌跡

赤色領域を追跡することにより、看護師の移動軌跡を算出した。図7は業務を行っている動画での看護師の移動軌跡、図8は業務を行わず、机の周囲を歩いている動画での看護師の移動軌跡を示す。図7より、机に向かって業務を行う場合、看護師が特定の場所に留まっていることが確認できる。また、机の周囲を歩いているだけの場合、看護師が特定の場所に留まらず、常に動いていることが確認できる。

また、図8において、 $x$ 方向の300 - 500 pixel,  $y$ 方向の150 - 240 pixelの領域における軌跡では、赤いカーディガンが人影に隠れて計測できなかった。そのため、計測できなかった箇所は実際の看護師の移動と異なる結果が得られた。

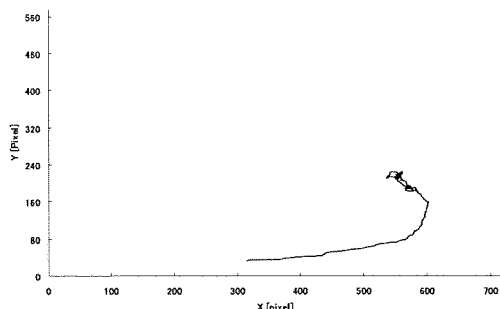


図7. 薬剤業務を行った場合の移動軌跡

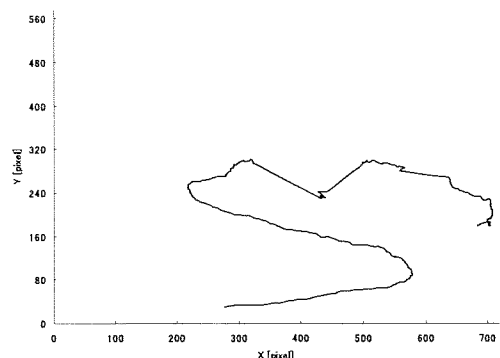


図8. 机の周囲を歩いた場合の移動軌跡

## 3. 関心領域内への進入検出

業務を行っている動画における関心領域内への進入検出結果を図9に、机の周囲を歩いている動画における関心領域内

への進入検出結果を図10に示す。図9と図10を比較すると、図9では看護師が関心領域内に10秒以上留まっているが、図10では看護師が関心領域内に短時間しか留まっていないことが確認できる。このように、関心領域内での滞在時間から、看護師が仕事をしているかどうかを判別することが可能である。

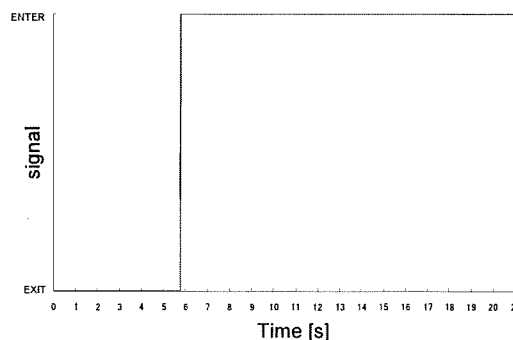


図9. 薬剤業務を行った場合の進入検出

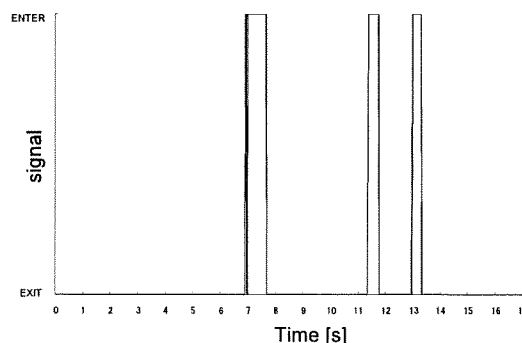


図10. 机の周囲を歩いた場合の進入検出

## D. 考察

タイムスタディの自動化を画像処理で行うために、図7, 8のような看護師の移動軌跡と図9, 10のような関心領域内への進入検出を行った。移動軌跡より看護師がどのように動いているかを自動的に取得することで、行為を記述的に記録する従来のタイムスタディでは行えなかった「効率的な動き」が計測できると考えられる。また、図9, 10のような関心領域をあらゆるところに設定することで、どの場所でどれくらいの時間、業務を行ったかが計測できると考えられる。

## E. 結論

本研究では、画像処理を用いて自動的にタイムスタディを行う手法を提案した。自動化によってマンパワーを必要とせず簡単にタイムスタディが行える。また、看護師の移動軌跡と関心領域の設定によって、人の手では記録が難しいことも計測が可能であることが確認された。

## 文献

- [1] Patient Safety Authority(2008). Alarm Interventions during Medical Telemetry Monitoring: A Failure Mode and Effects Analysis. Pa Patient Saf Advis. 5. 1-50
- [2] M Funk, JA Parkosewich, CR Johnson, and I Stukshis(1997). Effect of dedicated monitor watchers on patients' outcomes. American Journal of Critical Care. 6. 318-323
- [3] Donita Semple, BS RN CPHQ, Linda Dalessio, RN APN CCRN (2004). Improving Telemetry Alarm Response to Noncritical Alarms Using a Failure Mode and Effects Analysis. National Association for Healthcare Quality. 5-13.

## F. 研究発表

なし

## G. 知的所有権の取得状況

なし

## 記録業務タイムスタディを目的とした時間自動記録デバイスの開発

研究協力者 高本 健吾(立命館大学大学院総合理工学研究科)  
研究分担者 岡田 志麻(立命館大学工学部ロボティクス学科)  
研究協力者 福村 肇(立命館大学大学院総合理工学研究科)  
研究協力者 牧川 方昭(立命館大学工学部ロボティクス学科)

### 研究要旨

現在日本では、医療従事者の人員不足が深刻な問題となっている。1人あたりの業務量増加に伴い疲労が蓄積し、医療事故発生の要因となっている。医療事故発生数を減らすには、個々の看護師の業務量を把握し、負担を均等にする必要がある。看護師の業務量を把握する場合、通常タイムスタディが行われるが、タイムスタディは記録対象となる看護師だけでなく記録者にも大きな負担がかかる。

そこで本研究報告では、看護師の業務量を自動で記録する装置の開発を試みた。記録対象とした看護師の業務は Ann Heandrich らの報告に基づき筆記業務とした。装置は小型のストップウォッチとボールペンで構成されており、ストップウォッチの記録開始スイッチはボールペンの頭に固定した。記録された時間は、使用者が筆記を行う際にスイッチが押された場合に時間のカウントが開始し、筆記終了時にスイッチが再び押されることにより時間のカウントが終了するため、正確な筆記時間を記録することが可能である。我々は開発した装置の問題点を把握するために、6名の被験者に1日使用を求めアンケートを行った。その結果に基づき改良した装置の記録時間の精度評価実験を行った。記録された時間は実際の筆記時間と一致した。そこで、実際の医師や看護師に1日使用を求め筆記時間の記録を行った。実験結果より、我々の開発した装置は容易に筆記時間を記録でき、看護師のタイムスタディに有用であるといえる。

### A. 研究目的

現在日本では、医療従事者の人員不足が深刻な問題となっている。1人あたりの業務量増加に伴い疲労が蓄積し、医療事故発生の要因となっている。医療事故発生数を減らすには、個々の看護師の業務量を把握し、負担を均等にする必要がある。看護師の業務量を把握には通常タイムスタディが行われる。タイムスタディとは記録者が看護師の1日の業務に付き添い、業務内容と時間を記録する手法である。故に、看護師、記録者両者に大きな負担となる。

そこで我々は、看護師の業務を自動で記録する装置の開発を試みた。それによりタイムスタディにおいて看護師、記録者両者の負担軽減を可能とする。記録対象とした看護師の業務は筆記業務である。Ann Heandrich[1]によると、筆記業務は看護師の1日の総業務量の35.3%を占めており、最も主要な業務といえる。本研究報告では、開発した装置の評価と、実際に医師や看護師の1勤務帯における筆記業務時間を記録した。

## B. 研究方法

### 1. 装置開発

開発した装置を図1に示す。装置は市販のストップウォッチとボールペンを用いて開発した。ストップウォッチはボールペンに固定した際、業務の妨げにならないよう、一旦分解され必要最低限の部品のみ残り図1に示すよう小型のケースに収め、再構築し、ストップウォッチの記録開始/終了スイッチはボールペンの頭部分に固定した。記録された時間は、使用者が筆記を行う際にスイッチが押され開始し、筆記終了時にスイッチが再び押されることにより終了するため、正確な筆記時間を記録することが可能である。

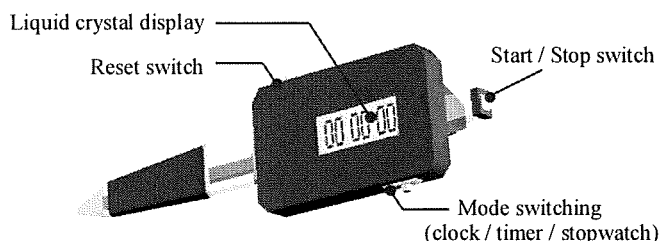


図1 筆記時間自動記録用装置

### 2. 予備実験

開発した機器の問題点を把握するため、予備実験を行った。被験者は6名の健常者で開発した装置を1日使用を求め、使用後アンケートを行った。アンケートは末尾に付録として添付する。アンケート項目は、携帯性、疲労感など使用感に関する項目で構成されている。

### 3. 記録時間評価実験

開発した装置の記録時間の精度を検証する実験を行った。被験者は1名の健常者で、実験内容は30分程度のデスクワークを2回課し、その様子をビデオで撮影した。デスクワークの内容は指示をせず被験者に任せた。1回目の試行では、被験者に使い方を説明せず自由に使用することを求め、2回目の試行では被験者に使用方法の説明を行った後に使用を求めた。実験風景の概要を図2に示す。

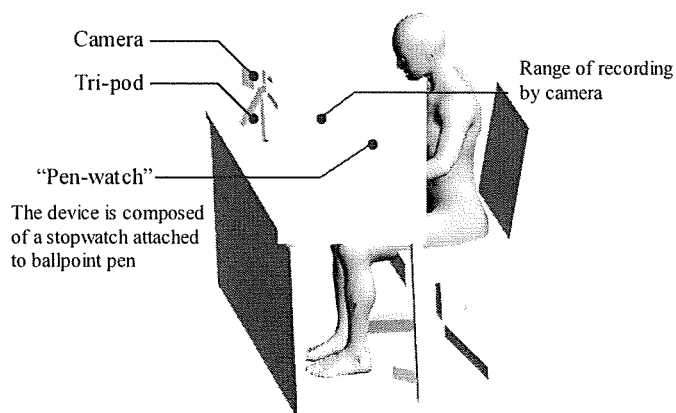


図2 評価実験風景

### 4. タイムスタディ

被験者は医師1名、看護師2名(日勤、夜勤)で、1日の使用を求めた。使用した機器は予備実験のアンケート結果を考慮し改良した記録装置を用いて実験を行った。

## C. 研究結果

### 1. 予備実験

アンケート結果より、判明した問題点の改良を行った。主な改良点は重量、重心位置で、重心位置が前方に移動し軽量化されたことで把持しやすく使いやすくなった。また、スイッチのサイズを大きくしたことにより、誤動作を起こすリスクも軽減した。ここでいう誤動作とは、筆記開始時および終了時のボタンの押しミスのことを意味する。

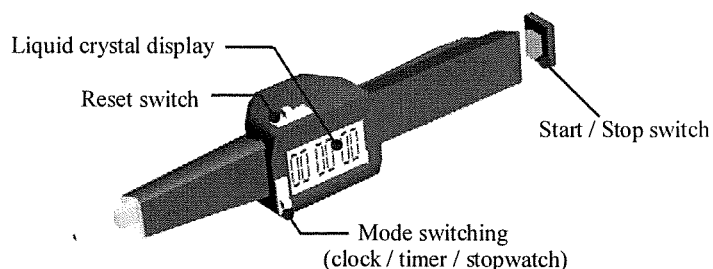


図3 改良型記録装置

### 2. 記録時間評価実験

記録時間の精度検証は記録装置が記録した時間と撮影した映像との比較により行われた。以下では、ビデオにより記録された映像より得られた筆記時間を実際の筆記時間、自動記録装置

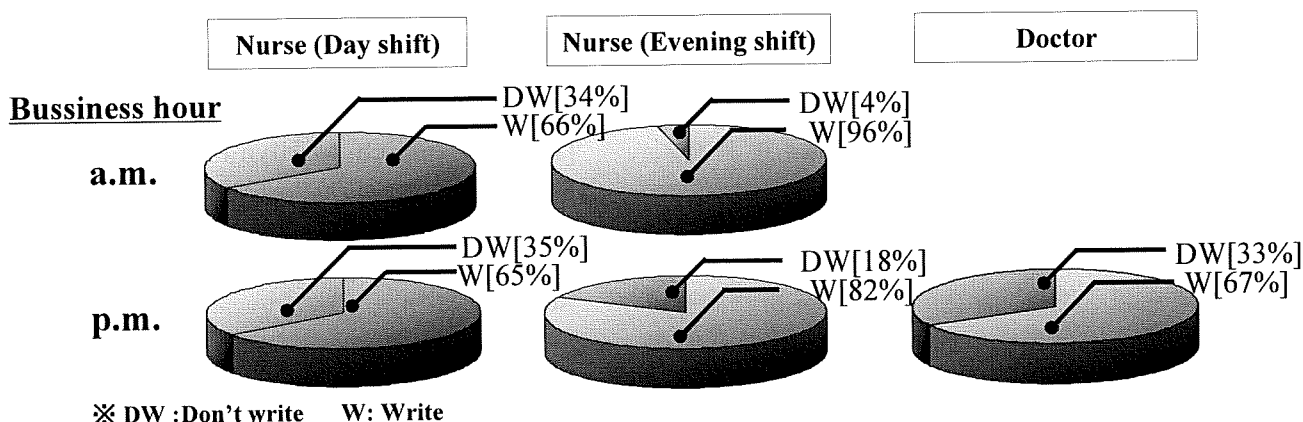


図4 タイムスタディの結果

表1 タイムスタディの結果

|                                   |                       | Total working time[sec] | documentation time[sec] | Rate[%]     |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| Subject1 (nurse)<br>Day shift     | Bussiness hour (a.m.) | 10800                   | 7114                    | 66          |
|                                   | Bussiness hour (p.m.) | 21600                   | 14069                   | 65          |
|                                   | Total                 | 32400                   | 21183                   | 65          |
| Subject2 (nurse)<br>Evening shift | Bussiness hour (a.m.) | 34200                   | 1200                    | 4           |
|                                   | Bussiness hour (a.m.) | 31200                   | 5580                    | 18          |
|                                   | Total                 | 65400                   | 6780                    | 10          |
| Subject(doctor)                   | Bussiness hour (a.m.) | 10800                   | malfunction             | malfunction |
|                                   | Bussiness hour (p.m.) | 21600                   | 7076                    | 33          |
|                                   | Total                 | 32400                   | -                       | -           |

により記録された時間を機器の記録時間とする。1回目の試行では、実際の筆記時間と機器の記録時間では5分程度の差が確認された。2回目の試行では、実際の筆記時間と機器の記録時間に差は確認されなかった。

### 3. タイムスタディ

タイムスタディの結果を表1、図4に示す。図4中の円グラフの青部分は筆記時間(W)で、灰色部分はその他の業務を行っていた時間(DW)を意味する。医者の午前中の結果の欠落は、機器の誤動作により正確な時間の記録が出来なかったためである。また、夜勤の看護師の筆記時間が非常に少ない原因は、夜勤の筆記業務は赤ペンを用いて行うため開発した機器を使わなかったことが原因である。

### D. 考察

本研究報告で開発した機器は、アンケートにより問題点が改善され使いやすく改善されたといえる。しかしながら、記録時間評価実験の結果より本機器を使用し正確な時間を記録するには、使い方を把握し慣れることが必要であることがわかる。故に、実際にタイムスタディを行う際には事前に1、2回程度使用して慣れさせることが好ましい。それを行うだけで、タイムスタディの際の記録者及び看護師の負担が軽減するならば、本機器はタイムスタディにおいて非常に有用であるといえる。

タイムスタディの結果より、本装置を用いることで簡易に総業務時間に対する筆記時間の割合を知ることができた。今後これを同じ看護師で1週間使用することにより、仕事の集中する曜日の把握、複数の看護師のデータを記録することにより、看護師間の業務の偏りを把握することも可能である。その他にも、役職の違いによる筆記業務量の把握も可能であるといえ、本機器の応用範囲は広いといえる。また、夜勤の看護師の結果より、よ

り正確な筆記時間記録するなら黒の他に赤ペンの機器を用意する必要があるだろう。本実験の医師の午後の筆記時間が少ないのは、実験日が雨であったためである。このように、筆記時間を記録するだけで天候による患者の訪問数も推測でき、得られる情報量も多い。

#### E. 結論

本研究報告では、看護師の筆記業務時間を自動で記録できる装置の開発を行い、その評価実験を行った。記録時間評価実験により、正確な筆記時間を記録するには、機器の使用に慣れる必要があるといえる。また、本機器を長期間複数の看護師で使用することにより、看護師間の業務の偏りや、日常の業務量を把握することができる

ため、本機器はタイムスタディにおいて有用な機器であるといえる。

#### 文献

[1] Ann Hendrich, Marilyn P Chow, Boguslaw A Skierczynski, Zhenqiang Lu (2008). A 36-Hospital Time and Motion Study: How Do Medical-Surgical Nurses Spend Their Time?, The Permanente Journal, Volume 12 No. 3, p.p.25-34

#### F. 研究発表

なし

#### G. 知的所有権の取得状況

なし

# ペンアンケート

被験者氏名 ( 記入不要 )

ペン番号

市販のボールペンを基準（どちらともいえない）として評価して下さい。

● 携帯性について

かなり不便      やや不便      どちらともいえない      やや便利      かなり便利

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

● 重さについて

かなり重い      やや重い      どちらともいえない      やや軽い      かなり軽い

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

● 書きやすさについて

かなり書きづらい      やや書きづらい      どちらともいえない      やや書きやすい      かなり書きやすい

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

● 持ちやすさ（握りやすさ）について

かなり持ちにくい      やや持ちにくい      どちらともいえない      やや持ちやすい      かなり持ちやすい

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

● 疲労感について

かなり疲れた      やや疲れた      どちらともいえない      やや楽      かなり楽

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

## 看護記録時間自動記録ペンの開発

研究協力者 山田 憲嗣（大阪大学臨床医工学融合研究教育センター）  
研究代表者 大野 ゆう子（大阪大学大学院医学系研究科）  
研究分担者 清水 佐知子（大阪大学大学院医学系研究科）  
研究協力者 薄 雄斗（大阪大学大学院医学系研究科）  
研究協力者 野田 裕子（大阪大学大学院医学系研究科）  
研究協力者 喜久元 香（大阪大学大学院医学系研究科）  
研究協力者 中川 里恵（大阪大学医学部附属病院 医療情報部）  
研究分担者 松村 泰志（大阪大学医学部附属病院 医療情報部）

### 研究要旨

看護師の業務は日々改善が求められており、業務の客観化、数値化に対する必要性は高い。従来、看護業務は他計式タイムスタディを行うことで看護の業務内容、業務にかかる時間が明らかにされてきた。しかしタイムスタディを行うには、看護師の業務を傍で計測する必要があり、多くの人手が必要である。調査される側では、傍での測定は狭いナースステーションや病室において業務の妨げとなることも多い。本研究では、看護業務の記録を行う作業及び看護業務を計測する装置としてタイムペンを開発し、その評価を行った。

### A. 研究目的

看護業務は、看護日誌をはじめとして、多くの記録をする筆記作業が多い。しかしながら、このような業務にはかなりの人的資源が必要となる。また、このような作業を定量的に評価する手段が少なく、作業効果を検証することが進んでいない。

本研究では、看護業務の記録を行う作業および看護業務を計測する装置として、使用するペンに着目した。3色ボールペンをベースに、各色の使用状況を調べるためメモリを搭載し記録機能を持たせた。この記録を解析することにより、看護業務の解析および定量的評価に関する検討を行った。

### B. 研究方法

タイムペンは、看護師の業務の支障とにならないよう小型・軽量化が必要である。図1に試作したタイムペンシステムを示す。システムは筆記に使用されるペン部と、筆記データの管理解析を行うデータ管理部で構成される。ペン部は、筐体、

スイッチ、色芯、電池、マイクロチップおよびマイクロチップに接続された導線で構成される。筐体、スイッチおよび色芯は、日本パール加工社製カラフル10色ボールペン（型番 001-CSR-2149）を用いた。また、時間を記録するマイコンチップには Microchip Technology 社製 PIC16F88-I/P を使用した。電池は、省スペースで使用することができる Panasonic 社製 BR435 を使用した。マイコンチップは 2V の起電力が必要になるため、3V の出力の電池を使用した。ペン先が出ている場合（スイッチ：ON）、マイコンチップに電池からの起電力が発生し、チップが駆動する。駆動と同時に、時刻をメモリに記録する。スイッチが OFF になった瞬間の時刻が記録され、記録時間がメモリに記録される。

タイムペンシステムを構成する上で、筆記動作上での障害が発生しない、長時間の記録および使用感に注意した。タイムペンは、把持する力や筆記動作により外力がかかる。この外力により、スイッチの接触不良が起きる可能性がある。本



システムでは、接触不良を抑えるため、スイッチと電極点の接触が多くなるように多点式のスイッチとした。また、スイッチを2か所以上 ON にした場合、先に押したスイッチのみを記録し後から押されたスイッチは記録しないようにした。ペンのスイッチを ON にすると、マイコンチップに電流が発生し筆記の開始時刻を記録する。マイコンチップには、時間計測に必要な 8MHz の発振器が内蔵されている。マイコンチップには、368 バイトのメモリが内蔵されている。しかし、看護データは膨大であり、看護業務全般を記録することができない。そのため、記録する看護業務の情報を、筆記開始時間、筆記時間、筆記回数、使用された色の 4 要素とした。一度に記憶するデータは 4 バイトであった。データの記憶容量は、各色 20 回で計 60 回の筆記データを取得することができる。勤務時間内に 2~6 時間毎にデータを PC に取得した。

パソコン部には、タイムペンを管理するため Microsoft 社製 Excel のマクロ機能を使用した。ソフトウェアでは、タイムペン内のデータの取得機能(データ取得)とフォーマットする機能(リセット)を備えた。リセットはデータの削除、タイマーのリセットが行われる。筆記開始時間はリセットした時間が 0 となりリセットからの経過時間となる。データ取得ではタイムペン内の筆記時間に関する情報をインポートし解析可能な形で取得する事ができる。

### C. 研究結果

図 2 に試作したタイムペンを実際の大阪大学医学部附属病院で 2009 年 12 月 17 日に使用した分析結果を示す。(a)は日勤における各ボールペン色の使用回数を表しており、(b)は夜勤における使用回数を表している。夜勤において、赤色ボールペンの使用頻度の向上が見られた。

特に、青色ボールペンの使用頻度が日勤時に比べて非常に高い結果を得られた。今後は、これらの結果をもとに、看護業務の定量解析を行い、看護業務の効率化を検討する。

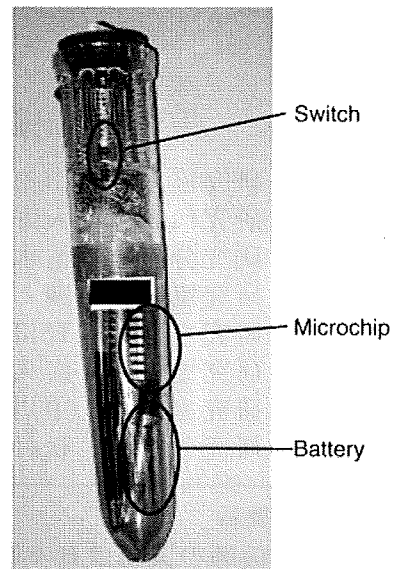
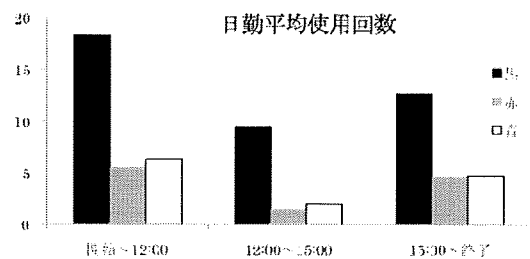
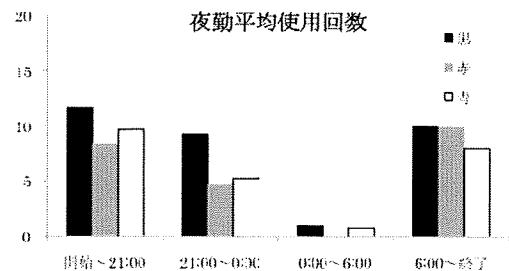


Fig.1 試作タイムペン



(a) 日勤



(b) 夜勤

Fig.2 タイムペン使用回数

### F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

### G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得  
特になし
2. 実用新案登録  
特になし

### 3 軸加速度センサ付日常行動記録計による行動検出

研究協力者 喜久元 香（大阪大学大学院医学系研究科）  
研究代表者 大野ゆう子（大阪大学大学院医学系研究科）

#### 研究要旨

看護業務測定方法のひとつであるタイムスタディでは、看護師の移動時間のうちエレベータ待ち・利用時間が占める大きさが指摘されている。従来の調査方法に対して倫理上問題なく、最小限の人的資源で情報収集する方法開発が期待されている。本研究では階層移動を検出することのできる行動記録計を用いタイムスタディの予備的実験を行った。階層移動の検出について、行動記録計を腰部に装着し、タイマー時計を所持して計測を行い、自記式の記録と比較した。次に既知の階層構造で実験を行い、階層移動の継続秒数から移動階層数を検出するため自動記録と自記式記録と比較検討を行い、病棟タイムスタディへの適用可能性の検討を行った。

その結果、上下の階層移動に関して精度よく検出し、エレベータ移動の継続秒数結果から待ち時間、乗基時間を自動的に記録することで移動階数の推定可能性が示唆された。移動業務全体の把握には他の調査法と合わせる必要があるが、階層移動中のエレベータ内部において被調査者である看護師や他のエレベータ利用者の負担を軽減できる可能性が示唆された。

#### A. 研究目的

在院日数の短縮、外来検査や処置の多様化など、近年の看護業務は益々複雑化し、ケア提供者である看護師の肉体的・精神的負担が大きくなっている。このことから、看護業務における必要看護業務量の算定により、業務管理としての最適人員配置や、効率的な業務配分が実現し、患者の安全確保やニーズを満たすケアを提供する取り組みが期待されている。看護業務管理を目的とする業務量把握に関する研究の代表的アプローチ法に、タイムスタディに基づく業務量調査がある。従来、タイムスタディは経営工学の分野で工程管理法として実施され、医療現場においては看護業務量測定に用いられており、業務改善や看護職の実労働時間測定に利用されている。大野らは調査者側の立場から、エレベータによる移動の移動総時間に占める割合の大きさを指摘し

ており[1]、同様の意見が病棟現場側からもみられる。もちろん従来の他計式タイムスタディでエレベータに関する時間を把握することは可能だが、人員や時間といった調査負担が高く、また個人名を記録に記載する等倫理上の問題もある。そこで倫理上問題なく、最小限の人的資源で詳細な記録を取る方法の開発が求められ、継続観測・調査を行えるモニタリング的なタイムスタディの自動化が期待されている[2]。

近年、限られた敷地面積における機能増大と病院建築の高層化に伴いエレベータによる移動が必須となり、院内上下交通の整備が必要とされている。古くから移動量の測定には歩数計による歩数計測が用いられているが、小型センサの搭載によって距離や消費カロリー表示など安価で多機能なものも市販されており、日常の行動記録分析に用いられるようにな

ってきた[3]. 本来エレベータ内部で動かない移動である上下移動の計測には適さなかったが, 今回使用する記録計(市販機器)は, 3軸加速度センサに加え気圧センサを搭載し, 歩行や走行に加えて階段移動やエレベータ移動なども簡単なクラスタリング処理により行動の検出と継続秒数を計測することができる. 一方で, 本来運動処方を行うためのツールであることから, 何階層の移動を行っているのかについて十分な機能を有していない.

本研究では既存の記録計を使用し, タイムスタディの予備的実験として, 記録計で測定された上下移動の継続秒数から, 何階層の移動か推定するために既知の階層構造で実験を行い, 病棟タイムスタディへの適用可能性の検討を行った.

## B. 研究方法

### 日常行動記録計について

検討機種にはNIPRO社より発売されている日常行動記録計ウェルサポートを用いる. 外形75×48×18[mm], 重量70g(乾電池2本含む)であり, 記録計は付属ポーチ(図1)に入れて背面のクリップで腰部に装着する. 本体液晶画面で計測状況を確認することができ, 計測データはUSBインターフェースを介してPCにダウンロードされる. 身長, 体重, 年齢, 時刻を入力することによって, 歩数, 消費エネルギー量, 行動分類を自動的に行う. 上下方向の移動検出には気圧信号が利用され, 気圧微分値を取ることで気象条件に左右されずに行動の変化による気圧変



化を検出する.

図1. 日常行動記録計

装着者の行動で1秒未満のものは無視

され, いずれの行動とも判別しがたい時は「その他」と判別される. 識別可能な行動としては平地歩行, 階段昇降, 走行, エレベータ昇降, 静止, 臥床である.

この日常行動記録計は, 本来糖尿病患者の運動療法, 消費量計算のために用いられるものであるが, 上下方向の行動検出も階層移動, エレベータ移動と判別でき, タイムスタディへの適用可能性の検討を行った.

### 1) 階層移動検出実験

外出や目的地への移動など, 日常生活における階層移動の検出について, 精度よく検出されている. この時の精度とは行動の検出自体を指す. そこで, 歩行を含む階段移動, エレベータ移動などの連続した行動の中で行動検出, 特に継続秒数精度の検討を行った.

一般成人7名(年齢24.86±2.48歳, 身長161±7.72cm)を対象とし, 行動記録計を腰部に装着し, タイマー時計を所持して計測を行った. 時刻を秒単位で自記式に記入しながら立位での静止状態→階段くんだり→階段のぼり→階段くんだり→階段のぼり→エレベータのぼり→エレベータくだりを1セットとして行動を行った. 踊り場での歩行やエレベータ前での待ち時間, 乗り込む時間についても記録を行った. なお計測時の天候は晴れ, 施設内気温26℃であった. 記録計を推奨部位である腰部にポーチに入れて装着したこと, 屋内外の移動を含まないことから体温や外気圧変化による気圧計への影響はないとする.

表1 対象施設階層の段数と高さ

| 階層    | 段数 | 高さ[m] |
|-------|----|-------|
| 地下1→1 | 25 | 4.4   |
| 1→2   | 25 | 4.4   |
| 2→3   | 23 | 3.7   |
| 3→4   | 23 | 3.7   |
| 4→5   | 23 | 3.7   |

### 2) 病棟エレベータでの移動実験

階層移動の内, 継続秒数の検出精度がよいエレベータ移動に注目し, 移動階数の推定について検討した.

測定は平日で、時間帯は 9:30~11:30, 13:00~14:30 である。対象施設は地下 1 階, 地上 13 階からなり, 対象としたエレベータは一定の業務に使用する 5 基とした。

一定業務とは, 検査や手術のための移送, 物品やベッド搬送, 職員の移動を指し, 面会客の移動や, 看護師付き添いのない患者の独歩による移動は含まないとする。

行動記録計を腰部に装着し, タイマー時計を所持して自記式に記録を行いながら計測を行う。記録内容はエレベータ移動における時間と扉の開閉に影響する要因であり, 具体的には現在階, エレベータの扉が開いた時間, 目的階で扉が開いた時間と, 扉が開閉する時間に影響する要因として, 乗り降りする人数や患者の状況(車いす, ストレッチャー, 点滴台保持)の記録を行う。

検査室のある 1 階と, 最上階である 13 階とを出発階, 目的階として往復移動をし, 計測を行った。

## C. 研究結果

### 1) 階層移動検出実験

記録計は日常生活における行動判別と同じく, 階段やエレベータでの移動の判別を正確に行った。ただし階段移動中の踊り場での歩行は「その他」として判別されることがあった。これは踊り場での歩行行動の継続秒数が短いことと, 加速度センサによる波形が平地歩行のパターンとは異なることが理由として挙げられる。

階層移動の検出では, 継続秒数において, 記録計による階段昇降の継続秒数とタイマー時計での測定秒数との間に有意差はなかった。しかし, 歩数計として計測された記録計の歩数と実際の階段数との比較では差がみられた。エレベータ昇降の継続秒数は 1 秒以内の誤差範囲内であった。移動階数については, 測定された気圧データを機器から抽出することはできないため, 記録計による判別結果である移動継続秒数の比較を行った。地下 1 階から 5 階の移動を全組み合わせで行った結果, 高さ 4.4m である地下 1 階,

1 階の移動は約 4 秒, 高さ 3.7m である 2 階, 3 階, 4 階, 5 階の各 1 階層移動は約 3 秒であった。

以上のことから移動階数が異なっても, 各階層移動の継続秒数合計と等しく, 対象エレベータを一定速度であるとみなして階数を判別できる可能性が示唆された。

### 2) 病棟エレベータでの移動実験

#### エレベータ移動秒数と階層について

全てのエレベータ昇降について移動階数と時間を整理した。近階への移動では対象エレベータを一定速度であるとみなし, 記録計による移動秒数から移動階数の推定を行った。このとき記録計自身による測定誤差や, 記録計の測定単位が 1 秒であることに考慮する必要がある。

#### i) 1~3 階の低層階間

エレベータを用いた階層移動における上昇, 下降の行動継続秒数について, 低層階では, 1 階あたり 4, 5 秒を要した。

#### ii) 4 階以上

1 階あたり 3, 4 秒を要した。ただし, 4 階より上の階層で, さらに 4 階層分以上連続のとき上昇・下降移動を行う場合は 1 階あたり 2, 3 秒となった。例として「上昇」の行動分類が 9 秒計測されていた場合, 乗り込んだ階数によって上昇後の階数が推定される。

1 階から乗り込んだ場合, 低層階での移動となるため 1 階層あたり 4, 5 秒であり, 現在階は 2 階層上がった 3 階だと推定される。4 階から乗り込んだ場合, こう使用している記録計の特性上, 現在何階にいるのか, エレベータに乗りこんだ階数は自動記録されないが, はじめに記録計を装着, または測定を開始したときの現在階を把握していれば, 上昇・下降後の階数について推定可能であった。

表 2 は 1 階から 13 階までのエレベータ上昇移動結果の 1 例を示す。1 回目の上昇の継続秒数 7 秒は, 低層階(1~3 階)のうち, 1 階層移動した場合の 4, 5 秒以上, 3 階層移動した場合の 12~15 秒以下であることから 2 階層移動したことになり, 現在階は 1 階に 2 階層加えた 3 階であるとわかる。2 回目の 5 秒の上昇は低層階の 1 階層移動である。次の 12

表 2 実施結果例 (エレベータ上昇, 下降)

| 記録計時刻      | 行動分類 | 継続秒数  |
|------------|------|-------|
| 13:30:48   | EVUp | 7     |
| 13:30:55   | 静止   | 14    |
| 13:31:09   | EVUp | 5     |
| 13:31:14   | 静止   | 3     |
| 13:31:17   | その他  | 1     |
| 13:31:18   | 静止   | 7     |
| 13:31:25   | EVUp | 12    |
| 13:31:37   | 静止   | 11    |
| 13:31:48   | EVUp | 3     |
| 13:31:51   | 静止   | 12    |
| 13:32:03   | EVUp | 3     |
| 13:32:06   | 静止   | 11    |
| 13:32:17   | EVUp | 5     |
| 13:32:22   | 静止   | 3     |
| 13:32:25   | その他  | 10    |
| 13:32:35   | 静止   | 4     |
| 13:32:39   | EVUp | 4     |
| エレベータに乗基時間 |      | 計 115 |
| 上昇時間       |      | 計 39  |

| 記録計時刻      | 行動分類  | 継続秒数  |
|------------|-------|-------|
| 10:05:45   | EVDwn | 8     |
| 10:05:53   | 静止    | 7     |
| 10:06:00   | その他   | 2     |
| 10:06:02   | 静止    | 1     |
| 10:06:03   | その他   | 6     |
| 10:06:09   | 静止    | 1     |
| 10:06:10   | EVDwn | 3     |
| 10:06:13   | 静止    | 15    |
| 10:06:28   | EVDwn | 6     |
| 10:06:34   | 静止    | 8     |
| 10:06:42   | その他   | 1     |
| 10:06:43   | 静止    | 5     |
| 10:06:48   | その他   | 3     |
| 10:06:51   | 静止    | 12    |
| 10:07:03   | EVDwn | 3     |
| 10:07:06   | 静止    | 13    |
| 10:07:19   | EVDwn | 7     |
| 10:07:26   | 静止    | 18    |
| 10:07:44   | EVDwn | 8     |
| 10:07:52   | 静止    | 15    |
| 10:08:07   | EVDwn | 5     |
| エレベータに乗基時間 |       | 計 147 |
| 下降時間       |       | 計 40  |

秒の上昇は、5秒以上の上昇であることから1階層以上移動しており、次に4階以上の移動を含むことから1階層あたり3秒に換算すると、3回目の上昇は4階層移動し、現在階は4階に4階層加え8階であるとわかる。

エレベータ内で静止状態の時に計測されている「その他」という行動分類は、混雑時に記録計と体幹や腕、他の利用者との接触が起こって判別できない震動が起こったか、エレベータ内での不規則な移動が歩行波形と一致しなかったためであると考えられる。出発階から目的階に到着するまで、エレベータ内部での被験者は基本的に静止状態である。他の利用者が乗り込むときや、混雑時に降りる場合、歩行を含む身動きがある。しかし連続して一定のパターンを持つ歩行と異なることから、この場合「その他」に行動分類される。このためエレベータ上昇、

下降間の静止や「その他」の行動分類はエレベータ移動における途中階での停止と考えることができる。

#### 途中停止階について

エレベータが途中階で停止した場合、扉の開閉にかかる単純時間は5秒程度であった。乗り込む人がいないかどうか確認する場合10秒程度要し、計測値と記録計による時間と1秒以上の誤差はなかった。対象者がエレベータに乗りこむとき、利用者が他にいない場合などは扉を開けてから乗り込み、閉ボタンを操作するまでの時間がエレベータ操作にかかる最小時間であるといえる。

ストレッチャーや車いすでの移動の他に、点滴台を持った患者の移動、またベッド洗浄のために業者が搬送を行うなど、エレベータの利用者は様々であるが、実験中、途中停止階での扉の開閉に要する

時間は最大で 30 秒であり、ベッドと車いすでの患者移動が重なった条件の時であった。

#### D. 考察

##### 1) 階段移動について

階段移動の行動検出に関しては、既知の階層構造で行った実験により正確な判別であることが示唆された。しかし、行動内容の詳細を検討すると踊り場での歩行は「歩行」として検出されにくいことから、歩数や歩数による段数の段数によって何階層分の移動を行ったのか推測することは困難である。一方で、階段を使って移動を行っている時間全体に対しては、「歩行」という行動で区切られているため正確に抽出することができる。

病院内で看護師が患者に付き添う場合、階層移動にはエレベータを用いる。患者を迎えに行くときや、検体を届けるときなど、看護師が 1 人で移動する場合は、階段移動、またはエレベータ移動をしても混雑状況によっては途中階で降りて階段移動を行う場合がある。また、検査室や手術室、リハビリ室など目的の場所や目的階が限定されているなどの特徴がある。

以上より、記録計によって正確な階段の段数に基づき移動階を特定することは難しいが、移動に費やしている時間や、混雑時に移動手段を変えることなど、タイムスタディ時に必要とされる情報を得る助けとなると考えられる。

##### 2) エレベータ移動について

エレベータ上昇下降について実際にストップウォッチで計測した秒数と、記録計による秒数と比較すると検出精度は秒単位でみても高かった。これは記録計が加速度センサと気圧センサ両方で行動判別しており、エレベータ移動はほとんど静止状態であるため気圧値のみで継続秒数の比較をしており、加速度センサによる誤差が少ないためと考えられる。

エレベータ移動に要する時間は建物の高さ依存するが、エレベータの加速によって一度に移動する階数が多くなれば移動にかかる時間が減少する。建物の構

造が既知の場合、移動にかかる時間を推測することも可能だが、予備調査を行うことによって、より正確に階層移動にかかる時間と何階分の移動を行ったか対応させることができる。

上下の階層移動を含めた移送業務の記録を取る場合、これまでの方式では他計式のタイムスタディが行われることが多かった。他計式では観察対象者である看護師に記録者が一人ついて移動中も付き添って記録をとるものや、階層毎に調査者が立ち、エレベータ利用者を記録していくものなどがある。双方に共通することには、人的資源として調査者を確保する必要があること、観察研究が行われていることについて十分な説明を受けていない他の患者や医療職、外来患者、見舞客に違和感を与えることが挙げられる。

行動記録計を用いた場合、調査対象者が装着することで、何階へ移動したのか、記録者がつくことなく自動的に記録することができる。また、検査室へ患者に付添い、終了までの間に病棟へ戻る場合や、検査室に患者を迎えに行く場合など看護師が単独で移動するときに、下りの場合やエレベータが混雑して患者移動を優先するときには階段移動を選択することができる。このようなときにも階段移動を行動記録計で検出することができる。階段移動は踊り場での歩行が含まれるため、歩数（階段数）としての精度は低い、歩行状態やその他を含む階段移動に費やした時間全体を測定することができるといえる。

##### 3) 途中停止階について

エレベータ移動について実験を行った時間帯は 9:30~11:30, 13:00~14:30 であり、エレベータが最も混雑する時間帯を避けている。手術や検査の集中している時は患者の移送による上下交通の混雑が存在し、また昼食時には職員の移動による混雑もあり、タイムスタディの対象とする病院によって、その時間帯を考慮する必要がある。

ベッドや点滴台を保持した患者の乗り降りによってエレベータの途中停止回数や、停止している時間が直接看護師の移

動時間に影響を及ぼしていると考えられる。エレベータの利用者内訳のような使用状況については、他計式による詳細なデータからの分析が必要であるが、実態把握のため、また、他の計測システムとの連携によって、対象とする看護師の移動データを測定することが可能となる。

## E. 結論

市販の日常行動記録計を用いて上下の移動形態を判別し、記録計による行動継続秒数と移動階数とを比較させた結果から、移動階数の自動検出について精度が高いことが示唆された。また、エレベータ移動の検出結果から、待ち時間、乗基時間を自動的に記録できることが示唆された。高層の建物における加速・減速度についても予備調査を行うことによって対応可能である。

## 文献

- (1) 大野ゆう子(2004), 看護・医療の研究におけるタイムスタディの役割と将来動向, 看護研究 37(4), 3-8.
- (2) 笠原聡子, 石井豊恵, 沼崎穂高(2004), タイムスタディとは その背景と特徴, 看護研究 37(4), 11-12.
- (3) 浅井剛・土井剛彦(2008), 歩行分析における加速度センサの適用, 神戸学院総合リハビリテーション研究 3(2), 37-43.

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

該当なし

### 2. 学会発表

喜久元香, 大野ゆう子, 清水佐知子. 気圧センサ付き日常行動記録計を用いた行動検出の実験的検討. *ITヘルスケア学会第3回年次学術大会抄録集*, 2009; 4(1), 22-25.

喜久元香, 大野ゆう子, 石井豊恵, 清水佐知子. 階層移動検出結果の基礎データ化 - 日常行動記録計のタイムスタディ応用を想定して -. *日本行動計量学会第37回大会発表抄録集*, 2009; 96-97.

## G. 知的所有権の取得状況

該当なし

## 患者搬送業務におけるタイムスタディ自動化の検討

研究協力者 高林泰央（立命館大学理工学部ロボティクス学科）  
研究分担者 岡田志麻（立命館大学理工学部ロボティクス学科）  
研究協力者 牧川方昭（立命館大学理工学部ロボティクス学科）

### 研究要旨

昨今、看護師の負担は増大している。質の高い医療を提供するために看護業務のスケジューリングを見直す必要がある。一般的に業務量の評価を行うためには、タイムスタディが用いられている。しかし、他計式タイムスタディは人員が必要とされ、自計式タイムスタディは看護師への負担が大きくなる。そこで、タイムスタディの自動化が必要であると考えた。本研究では、車椅子での患者搬送業務に着目し、車椅子の移動距離、移動軌跡を推定するシステムを提案した。製作したシステムは、オドメトリを応用し、車椅子の両輪の回転角度を計測することで車椅子の移動軌跡の推定を行う。計測前に設定したコース上で車椅子を走行させ、移動距離と移動軌跡の推定可能性の検討を行った。その結果、オドメトリを用いた本システムからの、搬送業務時の車椅子の移動距離、移動軌跡の推定可能性が示唆された。

### A. 研究目的

昨今、看護師の負担は増大しており、質の高い医療を提供するために看護業務のスケジューリングを見直す必要がある。

一般的に業務量の評価を行うためには、タイムスタディが用いられている。しかし、他計式タイムスタディは人員が必要とされ、自計式タイムスタディは看護師への負担が大きくなる。業務改善のために、タイムスタディのデータは多いほうが望ましい。しかし、先述した人員確保や看護師への負担といった問題から、タイムスタディを頻繁に行うことは困難である。

そこで、タイムスタディを自動化することで、タイムスタディに伴う負担を軽減することが必要であると考えた。

本研究では、車椅子での患者搬送業務に着目し、車椅子の移動距離、移動軌跡を推定するシステムを提案した。

製作したシステムは、オドメトリを応用し、車椅子の両輪の回転角度を計測することで車椅子の移動軌跡の推定を行う。

### B. 研究方法

#### (1) オドメトリ

オドメトリとは、センサから取得したデータを処理して移動物体の移動軌跡を求める方法[1]である。一般的に使用されるセンサとして、ポテンショメータ、ジャイロスコープ、電子コンパス、ロータリーエンコーダなどが挙げられる。移動物体の種類や使用環境によって、使用するセンサの種類と、その組み合わせは異なる[2]。

本研究では、図1に示すポテンショメータを2つ使用した。ポテンショメータを2つ使用することで、車椅子の左右のタイヤの回転角度を計測した。

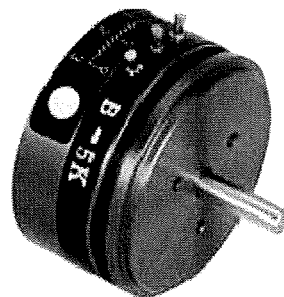


図1：車椅子に取り付けたポテンショメータ



図 1 に示すポテンショメータを用いて回転角度計測部を製作し (図 2), 図 3 に示すように車椅子に取り付けた。

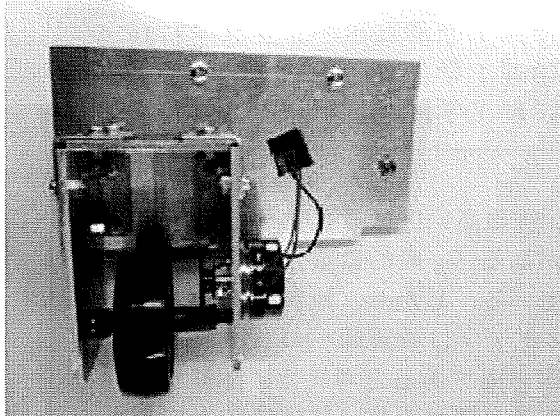


図 2 : 回転角度計測部

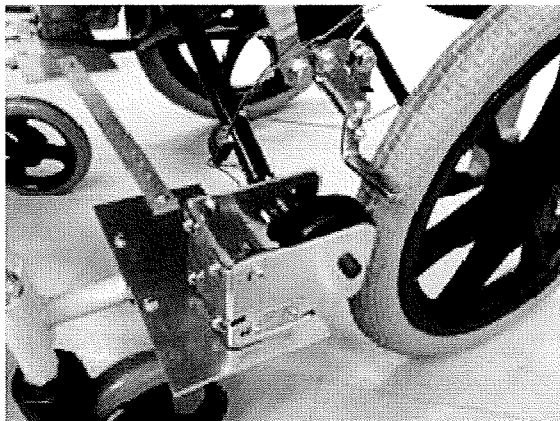


図 3 : 回転角度計測部の取り付け位置

回転角度計測部は両輪に取り付けられている。計測部のタイヤが車椅子のタイヤの回転をポテンショメータへと伝達し、車椅子のタイヤの回転角度を計測している。

## (2) 計測システムの概要

図 4 に計測装置, 図 5 に計測システムを示す。

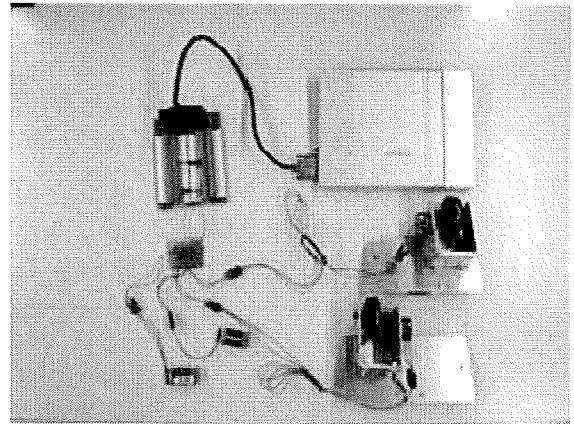


図 4 : 計測装置概要

図 4 に示す計測装置は, 図 2 で示した回転角度計測部, 帯域 10[Hz]以下のローパスフィルタ, A/D 変換ボード, A/D 変換とデータの記録を行う PC から構成される。



図 5 : 計測システム全体図

図 5 に示す計測システムに取り付けられたポテンショメータから, 走行している車椅子の両輪の速度, 回転角度のデータを記録する。記録したデータは軌跡推定プログラムによって処理し, 車椅子の移動距離と移動軌跡を推定する。なお, 軌跡推定プログラムは Windows2000 を用いて, Microsoft Visual Studio Academic Edition の Visual C++ 上で作成した。

図 6 に車椅子の模式図，図 7 に旋回時の車椅子の模式図を示す．なお， $C$  は車いすの車輪間の中心点， $D$  は車輪間の長さを示す．

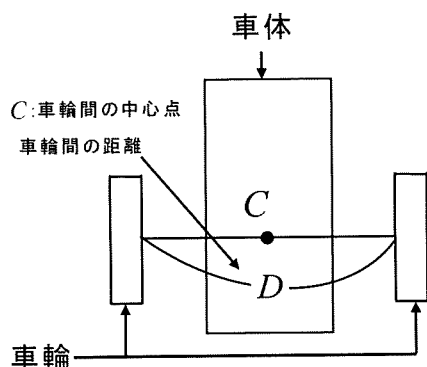


図 6：車椅子の模式図

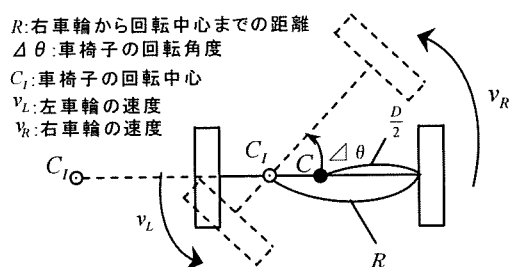


図 7：旋回時の車椅子の模式図

軌跡推定プログラムは，記録したデータから 2 次元平面上の車椅子の座標を計算する．

計算のアルゴリズムは以下の順序である．

- ① 記録された回転角度データを微分し，図 7 に示す  $v_R$ ， $v_L$  を計算する
- ② 図 7 に示す  $R$  を計算する
- ③ 車椅子の初期姿勢からの回転角度  $\theta$  を計算する
- ④ サンプル周期毎の車椅子の移動距離  $\Delta L$  を計算する
- ⑤ 車椅子の座標  $x_k$ ， $y_k$  を計算する．

以下の(1)式から(6)式までに，アルゴリズム①から⑤までの計算式を示す．

$$R = \begin{cases} \frac{|v_R|}{|v_R| + |v_L|} D & [C_i \text{ が内分点}] \\ \frac{v_R}{v_R - v_L} D & [C_i \text{ が外分点}] \end{cases} \quad (1)$$

$$\Delta\theta = \frac{v_R}{R} \quad (2)$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \Delta\theta \quad (3)$$

$$\Delta L_k = 2\left(R - \frac{D}{2}\right) \sin\left(\frac{\Delta\theta}{2}\right) \quad (4)$$

$$x_{k+1} = x_k + \Delta L_k \cos\left(\theta_k + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \quad (5)$$

$$y_{k+1} = y_k + \Delta L_k \sin\left(\theta_k + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \quad (6)$$

(3)式，(5)式，(6)式が示すように，車椅子の座標は，サンプリング周期毎に計算した車椅子の回転角度と移動距離の変位を累積することで推定される．

### (3) 計測を行ったコースと計測条件

車椅子を走行させたコースを図 8 に示す．図 8 が示すコースは，7 ヶ所のカーブと 8 ヶ所の直線で構成されている．それぞれの直線の距離は 1.5[m]であり，コースの総距離は 12[m]である．

50[Hz]のサンプリング周波数で 5 回の計測を行った．

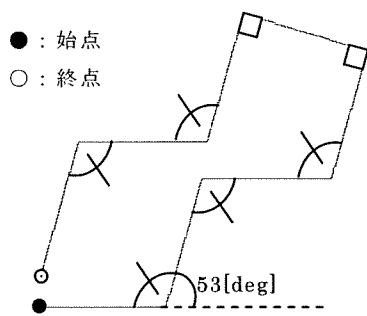


図 8 : 車椅子を走行させたコース

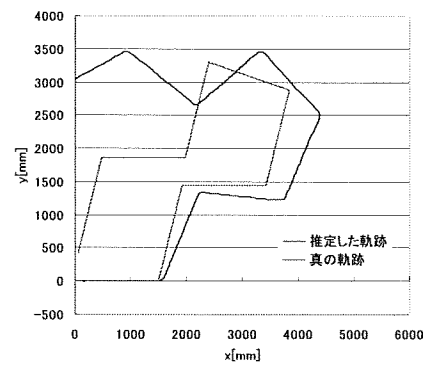


図 11 : 推定軌跡と真の軌跡 (計測 3 回目)

### C. 研究結果

図 9 から図 13 は計測から推定した車椅子の移動軌跡を示す。

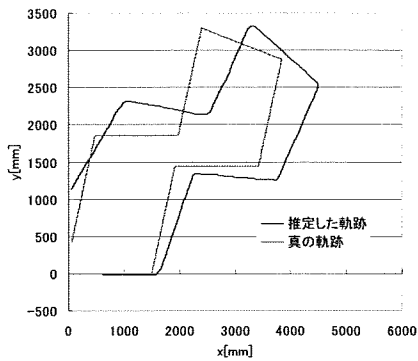


図 9 : 推定軌跡と真の軌跡(計測 1 回目)

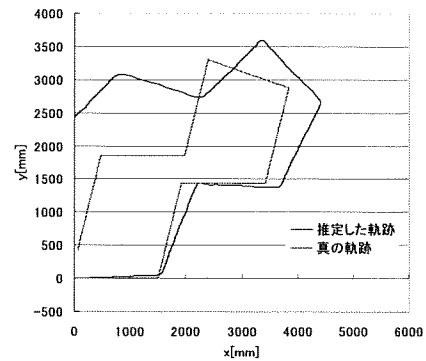


図 12 : 推定軌跡と真の軌跡(計測 4 回目)

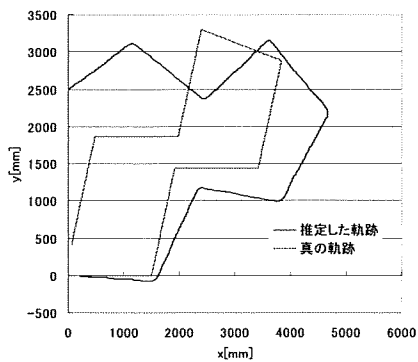


図 10 : 推定軌跡と真の軌跡(計測 2 回目)

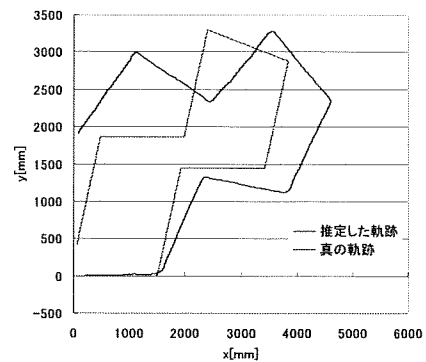


図 13 : 推定軌跡と真の軌跡(計測 5 回目)

表 1 は、5 回の計測における始点から終点までの推定移動距離と、実際の移動距離と推定値との誤差を示す。

表 1: 推定移動距離とその誤差(有効数字 3 桁)

|      | 推定移動距離[m] | 誤差[%]                      |
|------|-----------|----------------------------|
| 1 回目 | 12.0      | 0.00[%]                    |
| 2 回目 | 11.9      | -1.08[%]                   |
| 3 回目 | 11.9      | -1.25[%]                   |
| 4 回目 | 11.9      | $-9.17 \times 10^{-1}$ [%] |
| 5 回目 | 11.9      | $-9.17 \times 10^{-1}$ [%] |
| 平均値  | 11.9      | $-9.17 \times 10^{-1}$ [%] |

#### D. 考察

車椅子の移動軌跡の推定において、回転角度の誤差が大きいことが図 9 から図 13 によって示された。しかし、表 1 が示すように、移動距離の推定は精度良く行うことができた。

したがって、回転角度の推定に補正を行うことで、車椅子の推定軌跡を実際の軌跡に近づけることが可能になると考えられる。

#### E. 結論

看護業務の改善方法の 1 つとして、タイムスタディがある。しかし、自形式タイムスタディは看護師への負担が大きく、他計式タイムスタディは十分な人員が必要である。以上の理由から、タイムスタディに伴う負担の軽減が求められている。

そこで我々はタイムスタディの自動化が必要であると考え、自動でタイムスタディを行う計測システムを提案した。様々な看護業務の中でも、車椅子による患者搬送業務についての計測システムを開発し、その精度を検証する実験を行った。開発した計測システムは、2 つのポテンシオメータで車椅子の両輪の回転角度を計測し、その回転角度のデータから車椅子の移動距離と移動軌跡を計算する。

精度検証の実験では、あらかじめ定めたコース上で車椅子を 5 回走行させた。その後、実際の車椅子の移動軌跡と推定移動軌跡、コースの総距離と推定移動距離の比較を行った。

実験の結果、車椅子の移動距離の推定は精度良く行うことができた。しかし、移動軌跡の推定においては、車椅子の回転角度推定の誤差が大きく、精度良く推定を行うことはできなかった。

検証実験によって、回転角度の推定の精度を向上させることが課題として明らかとなった。推定精度を向上させる具体的な方法としては、ジャイロセンサや地磁気センサなどの新たなセンサを追加することで補正を行うことや、車椅子が走行するコースの地図情報を用意して、それによって補正することなどが考えられる。

今後は、実際の医療機関で本計測システムを適用し、患者搬送業務時の車椅子の移動距離と移動軌跡を推定することを予定している。

#### 文献

- [1]金井 喜美雄ほか(2003). ビークル(計測自動制御学会), 計測・制御テクノロジーシリーズ 13, コロナ社, 東京
- [2]Robot Development Engineering  
<http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp/rde/>

#### F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得  
なし
2. 実用新案登録  
なし
3. その他  
なし