

タイムスタディに関する文献サーベイ  
～がん診療連携拠点病院に期待される機能という視点から～

研究協力者 馬醫世志子（群馬パース大学保健科学部・助手）

**研究要旨**

がん医療における専門スタッフの業務内容、配置については、組織図的把握とともにタイムスタディ等定量的調査による業務時間、内容把握が基礎資料となるが、現時点での調査は充分ではない。

本研究では、がん診療連携拠点病院の機能強化に役立つタイムスタディを行うための資料を得ることを目的とし、これまでのタイムスタディに関する研究の文献サーベイを行った。その結果、がん診療連携拠点病院に期待される機能に関連する文献は9件であった。その多くは相談業務・地域連携に関するものであり、専門臨地教育、がん登録、在宅がん患者に関わる職種のタイムスタディはみられなかった。また、相談業務・地域連携に関しても、詳細なデータは得られていないことが明らかとなった。

今後は、がん診療連携拠点病院においては多部門かつ多箇所多職種ががん患者に関わることを念頭に、がん診療連携拠点病院に期待される機能を考慮した業務観察整理のコーディング項目を予め検討・準備すること、評価・比較方法を検討することが必要と考えられる。

**A. 研究目的**

がん医療における専門スタッフの業務内容、配置については、組織図的把握とともにタイムスタディ等定量的調査による業務時間、内容把握が基礎資料となる。しかし、がん診療連携拠点病院に期待される患者支援・相談業務・地域連携・がん登録等の機能に関して、機能実現のための定量的検討は充分ではない。タイムスタディ等による定量的実態把握は、今後がん拠点病院の機能強化のための基盤となる資料を提供するものであるため、早急に実施される必要がある。

そこで本研究では、がん診療連携拠点病院の機能強化に役立つタイムスタディを行うための資料を得ることを目的とし、これまでのタイムスタディに関する研究の文献サーベイを行うこととした。

**B. 研究方法**

本研究は以下の手順で進めた。

**1. 文献検索**

現在、日本で広く用いられている文献検索サイト「医学中央雑誌」「JDream II」「PubMed」にて、2004年から2008年までの5年間を対象に文献を検索した。キーワードは「タイムスタディ」とした。

また、厚生労働科学研究成果データベースにて「タイムスタディ」「がん」をキーワードに過去5年間を対象に文献を検索した。

**2. 文献の抽出**

1. で検索した文献の中からタイトル、Abstract ががん診療連携拠点病院に期待される以下の機能に関連する文献を抽出した（表1）。

**3. 資料の整理分析**

2. で抽出した文献を、がん診療連携拠点病院に期待される機能別に整理分析した。

(倫理面への配慮)  
文献レビューのため特になし。

## C. 研究結果

### 1. 文献検索

それぞれの文献検索サイトにて、2004年から2008年までの5年間を対象に、「タイムスタディ」をキーワードに検索した結果、以下の通りとなった。

(2008年1月30日～2月1日に実施)

#### (1)医学中央雑誌：316件

ただし、キーワードは「タイムスタディ/AL」とシソーラス用語である「時間と動作の研究/TH」とのOR検索を行った。

#### (2)JDream II

<JMEDPlus>：115件

<JSTPlus>：35件

<医学薬学予稿集>：25件

#### (3)PubMed：73件

ただし、キーワードは「"time study"」とした。

#### (4)厚生労働科学研究成果データベース：4件

### 2. 文献抽出

1. で検索した文献の中からタイトル、Abstractが、がん診療連携拠点病院に期待される機能に関連する文献は以下の通りとなった。

#### (1)医学中央雑誌：6件

#### (2)JDream II

<JMEDPlus>：4件

<JSTPlus>：0件

<医学薬学予稿集>：3件

#### (3)PubMed：0件

#### (4)厚生労働科学研究成果データベース：1件

(1)から(4)の文献で重複する文献を除いた結果、日本語文献9件、英語文献0件の文献を抽出した(表2)。

上記に含まれない日本語文献の多くは病棟や施設での直接的ケアや電子カルテ等の記録に関するタイムスタディであり、

英語文献では新しい治療に関する実験研究であった。

### 3. 資料の整理分析

2. で抽出した文献を、がん診療連携拠点病院に期待される機能別に整理分析した結果、以下の項目が明らかになった(表3)。

(1)がん診療連携拠点病院に期待される機能のうち、院内がん登録、専門臨地教育(医師・看護師・PT等)、地域がん登録に注目したタイムスタディはみられなかった。

(2)がん診療連携拠点病院に期待される機能のうち相談業務、緩和ケア・在宅ターミナルケア(地域連携)に注目したタイムスタディはみられたが、詳細な業務内容と時間については明らかではない。また、業務分類で小分類を示した研究は1件のみであった。

(3)外来では事務業務が、病棟では身の回りの介助や診療の介助が業務量の大半を占めており、どちらも相談業務に費やす割合は少なかった。

(4)在宅がん患者の介護・看護量に関する研究やタイムスタディはみられなかった。

(5)抽出した文献はいずれも看護師のタイムスタディであり、ソーシャルワーカーやその他の職種についての記載はみられなかった。

## D. 考察

### 1. 専門臨地教育に関するデータ収集

がん診療連携拠点病院に期待される機能のうち、専門臨地教育がタイムスタディで注目されなかった理由としては、一般的にタイムスタディの調査日は、可能な限り通常業務のみの日に設定することが多く、研修や見学等の教育業務に関するデータが得られなかったことが考えられる。専門臨地教育はがん診療連携拠点病院に期待される重要な機能であるが、実施する病院にとっては、多大な時間と負担を要すると考えられる。より有効な人的配置を行うためには、これらの業務

に必要な時間と人的資源に関するデータをタイムスタディで得る必要がある。

## 2. がん登録に関するデータ収集

がん登録に関するタイムスタディがみられなかった理由としては、登録作業を行う医師やその他の職種のタイムスタディが行われていないことが考えられる。また、がん登録自体が現場に浸透していない可能性も考えられる。

しかし、平成20年3月1日付（健発第0301001号）のがん診療連携拠点病院の整備に関する指針で院内がん登録について、「健康局総務課長が定める「標準登録様式」に基づく院内がん登録を実施すること」「毎年、院内がん登録の集計結果等をおがん対策情報センターに情報提供すること」「院内がん登録を活用することにより、当該都道府県が行う地域がん登録事業に積極的に協力すること」等と述べられており、今後の人員配置を検討する上でも、登録作業にかかる時間についてのデータが必要である。

## 3. 相談業務、地域連携等の詳細把握

相談業務、緩和ケア・在宅ターミナルケア（地域連携）に注目したタイムスタディはみられたが、詳細な業務内容と時間が明らかではなかった。相談業務、地域連携等は、がん診療連携拠点病院に期待される大変重要な機能であるが、多部門、多職種職員が協同実施しているため、適切な人員配置を検討する上で詳細を把握することが重要である。

また、看護師に限定したタイムスタディではなく、現時点でがん患者に関する業務を実際に担っている職種のタイムスタディを実施することが理想的であると考え。特に相談業務や地域連携に関しては、同じ業務を病院によって異なった職種が実施していることが考えられる。タイムスタディの分析時には、「どの職種がその業務を実施できるか」「その業務にかかる時間はいくらか」を算定し、個々の病院の状況に合わせて職種間の適切な業務分担を行い、人員配置を検討することが望ましいと考える。

## 4. 在宅がん患者の介護・看護量の検討

在宅がん患者では、疼痛コントロールや経済的負担に関するがん患者特有の問題を抱えている可能性が考えられる。その特有の問題が介護・看護量に及ぼす影響を考えるためにも、在宅がん患者に関わる職種のタイムスタディが必要であると考え。

しかし、プライベートな空間である在宅や、がんという深刻な病気を抱える患者に接するタイムスタディは、部外者である研究者が入って行く他者調査が難しいため、タイムスタディの調査法を検討する必要がある。

## 5. がん診療連携拠点病院に期待される機能のコーディング

タイムスタディは、ある一定期間の実態調査であるため、頻度の少ない業務のデータが落ちてしまう可能性がある。また、これまではあまり実施できていないが、マンパワーが確保されれば、実施できる業務もあると考えられる。マンパワーの確保と共に、これまでの業務にないものが、今後、がん診療連携拠点病院に期待され、新たに業務が追加されることも考えられる。

そのため、現時点では実施されていない項目であっても、がん診療連携拠点病院に期待される機能を詳細な業務内容レベルに変換し、コーディング項目として予め準備しておくことが必要であると考え。

## E. 結論

1. タイムスタディに関する文献サーベイを行ったところ、「患者支援・相談業務・地域連携・がん登録等」に関連する文献は9件であった。
2. 専門臨地教育とがん登録に関するタイムスタディはみられなかったため、これらの業務に必要な時間と人的資源に関するデータをタイムスタディで得る必要がある。
3. 相談業務・地域連携に関する詳細なデータはみられなかった。職種間の適切な業務分担と人員配置を検討するため、特に相談業務・地域連携等に関しては、詳細な業務内容とそれにかかる

時間を把握するタイムスタディデータが必要である。

4. 在宅がん患者に関わる職種のタイムスタディはみられなかった。疼痛コントロールや経済的負担等、在宅がん患者特有の問題がある可能性があるため、調査法を検討し、在宅がん患者に関わる職種のタイムスタディデータを収集する必要がある。
5. 頻度の少ない業務のデータ脱落やマンパワー確保による業務追加に備え、がん診療連携拠点病院に期待される機能を詳細な業務内容レベルに変換し、コーディング項目として予め準備する必要があると考えられる。

## F. 研究発表

研究成果の一部は、関連学会誌上に投稿予定。

## G. 知的所有権の取得状況

本研究において、知的財産権に該当するものはなかった。

## H. 文献

- 1) 安藤悦子, 渡辺延子, 高原ナツ子, 石井セツ子, 佐田佳子(2007). 外来における看護業務内容の一考察 -タイムスタディによる調査を実施して-, 春日井市民病院医報, 21, 288-289.
- 2) 石上節子(2003). 神経難病とがん領域における緩和ケアの比較に関する研究, 厚生労働省科学研究費補助金特定疾患対策研究事業 特定疾患の生活の質(Quality of Life, QOL)の向上に資するケアの在り方に関する研究 平成14年度 総括・分担研究報告書, 74-85.
- 3) 梅田光代, 永村節子, 水野谷悦子, 立石綾子, 小池智子(2000). 外来看護提供システムの構築に関する研究(2) 外来業務量と看護婦が重要だと認識している内容, 日本看護管理学会誌 4(1), 112-114.
- 4) 岡崎和代, 裏桂子(2005). 外来における在宅支援継続看護ノートの記録の効果, 日本看護学会論文集 地域看護(35), 193-195.
- 5) 小長谷百恵, 川口有美子, 川村佐和子(2006). 人工呼吸器装着中の在宅ALS患者のケアニーズ 24時間のタイムレコードより, 日本看護科学学会学術集会講演集 26回, 297.
- 6) 坂大余理子, 松尾里香, 山本香奈恵(2002). 緩和ケア対応病棟における看護師のストレスとなる要因について 看護業務量調査と看護師へのアンケート調査より, ホスピスケアと在宅ケア, 10(2), 190.
- 7) 中嶋弘美, 鈴木美枝子(2007). 外来看護業務量調査表作成までの過程と今後の課題, 日本看護学会論文集 看護管理, (37), 133-135.
- 8) 福原隆子, 建部早苗, 竹内明美, 石黒さと美, 広部瞳, 吉川典子(2006). 重症神経難病患者のレスパイト入院時における看護業務の分析 タイムスタディ調査をとおして, 日本難病看護学会誌, 11(1), 49.
- 9) 吉田聡子, 坂田直美, 鈴木津谷子, 井上純子, 伊藤三枝子, 佐々木美津子(2004). 業務リストアンケート調査より外来看護の効率と質を考える-昨年のタイムスタディによる結果を踏まえ患者かかわりの視点から-, 共済医報, 53 (Supplement), 180.

表 1. がん診療連携拠点病院に期待される機能

がん診療連携拠点病院に期待される機能	
A	医療業務 (医療安全、医療の質保証、院内がん登録等)
B	情報発信(相談業務、地域がん登録等)
C	緩和ケア・在宅ターミナルケア(地域連携等)
D	専門職臨地教育(医師、看護師、PT等)

表 2. 抽出した論文

No	第一著者名	論文タイトル	出典	発表年
1	中嶋弘美	外来看護業務量調査票作成までの過程と今後の課題	日本看護学会論文集 看護管理 (37)133-135	2007
2	小長谷百恵	人工呼吸器装着中の在宅 ALS 患者のケアニーズ 24 時間のタイムレコードより	日本看護科学学会 学術集会講演集 26 297	2006
3	福原隆子	重症神経難病患者のレスパイト入院時における看護業務の分析 -タイムスタディ調査をとおして-	日本難病看護学会 誌 11(1) 49	2006
4	岡崎和代	外来における在宅支援継続看護ノートの記録の効果	日本看護学会論文集 地域看護 (35) 193-195	2005
5	坂大余理子	緩和ケア対応病棟における看護師のストレスとなる要因について 看護業務量調査と看護師へのアンケート調査より	ホスピスケアと在宅ケア 10(2) 190	2002
6	梅田光代	外来看護提供システムの構築に関する研究 2 -外来業務量と看護婦が重要だと認識している内容-	日本看護管理学会 誌 4(1) 112-114	2000
7	安藤悦子	外来における看護業務内容の一考察 -タイムスタディによる調査を実施して-	春日井市民病院医報 21 288-289	2007
8	吉田聡子	業務リストアンケート調査より外来看護の効率と質を考える -昨年のタイムスタディによる結果を踏まえ患者かかわりの視点から-	共済医報 53 (Supplement) 180	2004
9	石上節子	神経難病とがん領域における緩和ケアの比較に関する研究	厚生労働省科学研究費補助金特定疾患対策研究事業 特定疾患の生活の質 (Quality of Life, QOL) の向上に資するケアの在り方に関する研究 平成 14 年度 総括・分担研究報告書 74-85	2003

表 3. 抽出した論文のタイムスタディに関連する内容と機能区分

文献 No	機能	抽出した論文のタイムスタディに関連する内容
1	B, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内科外来における、タイムスタディ調査項目 28 項目中、〈生活指導〉〈退院後の継続指導〉〈問診〉〈受診相談〉等、4 項目の相談・指導項目あり。</li> <li>・相談業務は実施した看護師により、所要時間が異なる(詳細な時間については不明)</li> </ul>
2	A, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・在宅 ALS 患者へのケア提供延べ時間:30 時間 12 分~39 時間 12 分</li> <li>(内訳)コミュニケーション 15.5~28.2%、食事 1.9~19.8%、吸引等の医療 3.5~18.1%、観察 8.7~23.3%</li> </ul>
3	A, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重症神経難病患者のレスパイト入院時における看護業務のタイムスタディ。</li> <li>・1日の看護時間は 314 分~587 分。・他患者群の 4.6~6.5 人分の看護時間が必要。</li> <li>・1日の看護業務は〈安楽ケア〉〈ナースコールの対応〉〈医療機器管理〉に集中して多い。</li> </ul>
4	B, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大分県立病院外来 13 科における在宅支援ノートに関連するタイムスタディ。</li> <li>・在宅支援ノートに記録する 4 項目(病棟と会議、他施設との連携、病棟連絡、在宅療養指導)の中で、在宅療養指導(電話相談も含む)の記録が最も多い。</li> <li>・指導内容:内科系:在宅酸素、インスリン注射、食事、ストーマ、妊婦指導等の定期的なもの :外科系:手術後やがん患者の疼痛コントロールや家族の不安などに対する指導、相談(詳細な時間については不明)</li> </ul>
5	B, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・神奈川県立がんセンター緩和ケア対応病棟におけるタイムスタディ(一般病棟・緩和ケア病棟と比較)。</li> <li>・対応病棟の業務内容は多い順に①看護師間の報告・申し継ぎ、②安楽、③記録、④診療治療の介助。</li> <li>・身の回りの介助:一般病棟 13.8%、緩和ケア対応病棟 26.8%、緩和ケア病棟 27.7%</li> <li>・診療の介助:一般病棟 17%、緩和ケア対応病棟 15.9%、緩和ケア病棟 11%</li> <li>・安全の確保と安楽:一般病棟 2.5%、緩和ケア対応病棟 14.1%、緩和ケア病棟 12.1%</li> <li>・相談業務についての記載なし。</li> </ul>
6	B, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・慶應義塾大学病院内科および外科外来におけるタイムスタディ。</li> <li>・全体の 44.9%が事務業務に費やされていた。(診察室担当 Ns は 81.7%、モジュールリーダーは 56.7%)</li> <li>・報告・記録 20.3%(内訳:患者カンファレンス 52.4%、職員に対する相談・教育・指導 11.9%)</li> <li>・療養相談・指導 11.8% ・診療介助 10.7% ・治療環境の調整 5.2%、・直接ケア 4.4%</li> <li>・診療室の整備 1.8% ・管理業務 0.3%</li> </ul>
7	B, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・春日井市民病院外来 16 科におけるタイムスタディ。</li> <li>・診療場面における援助 72.59% ・業務管理 6.04% ・日常生活の援助 4.58%</li> <li>・患者に関する記録 2.01% ・組織管理 1.80% ・その他 12.98%</li> </ul>
8	B, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平塚共済病院外来におけるタイムスタディ。</li> <li>・業務量調査上位:電話受け複合、予約外患者のカルテ・資料探し、電話かけ、診療時採血結果確認</li> <li>・業務量調査下位:至急対応が必要な患者の介助、患者相談、一人で来院した患者の介助、入院予約</li> </ul>
9	A, C	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東北大学医学部附属病院神経内科病棟と緩和ケア病棟におけるタイムスタディ。</li> <li>・神経内科病棟:看護師間の報告・申し継ぎ 21~22%、記録 17~20%、観察 7~15%、診察・治療の介助 7~13%、患者の移動 6%、身体の清潔 4~7%、測定・監視 4~6% 排泄の世話 4%、食事の世話 4%、その他時間 22~26%</li> <li>・緩和ケア病棟:看護師間の報告・申し継ぎ 22~24%、記録 24%、観察 6~15%、与薬 7~8%、診察・治療の介助 3~7%、身体の清潔 3~7%、安楽 4%、食事の世話 3%、その他時間 21~22%</li> <li>・コミュニケーション分類比較: (神経内科病棟) 患者とスタッフのコミュニケーションのみ。 (緩和ケア病棟) 患者とスタッフのコミュニケーション 43%、家族とスタッフのコミュニケーション 12%、希望を支える 12%、家族が患者の死を受容できるような援助 12%、家族が十分に悲しみを表現できるような援助 4%、生きがい発見への援助 3%、その他時間 5%</li> <li>・看護業務区分に「自立の援助」「患者・および家族との連絡」「家族の指導・相談」「看護職員・看護学生の指導」「病棟外の連絡」「電話による連絡」「遺族ケア」の項目あり(いずれも%は不明)。</li> </ul>

## 無人タイムスタディの検討

研究協力者 岡田志麻（大阪大学大学院医学系研究科）  
主任研究者 大野ゆう子（大阪大学大学院医学系研究科教授）

### 研究要旨

病院における患者の安全確保という観点から、看護業務量の算定が不可欠である。しかし、多忙かどうかは主観に基づく判断の占める部分が多く、多忙の定義や評価尺度の定量化が困難である。そこで、我々は、看護師の多忙度合いを、現場に負担をかけることなく、かつ低コストで定量的に測るシステムが必要であると考えた。まず、これを実現する第1歩として、ナースステーションにおけるスタッフの動作量に着目し、動画像を差分処理することでスタッフの動作量を推定する方法を提案した。また、これを検証するために、この手法を用いた検証実験を行った。実験はナースステーションを想定し、大阪大学医学系研究室の多忙な日（在室者6名）とそうでない日（2名）における研究室内におけるメンバーの動作量変化の比較を行った。検証の結果、動画像の差分処理から推定された動作量は研究室の多忙度をよく表現していることが確認された。

また、この手法の応用として、ベッドサイドにおける患者の見守りの可能性を検討し、有用性を示した。

### A. 研究目的

病院における患者の安全確保という観点から、看護業務量の算定が不可欠である。看護業務は多忙であり、従来は多忙さがもたらす看護師への肉体的、精神的影響に関する問題、さらに後続する患者へのケア提供の安全性や質に関する問題が取り上げられてきた。しかし、多忙かどうかは主観に基づく判断が占める部分が多く、多忙の定義や評価尺度の定量化が困難である。

業務量把握に関する研究アプローチは、タイムスタディに基づく業務量調査、患者の状態に焦点を合わせたもの、患者のアウトカムに焦点を当てたものがある。タイムスタディは、どのような業務行動にどれだけの時間が費やされたかを定量的に評価するものであり、費やされた業務時間について信頼性の高い結果が得られる。医師やその他コメディカルを含む臨床現場での測定に広く使われているが、タイムスタディの問題点として調査に費

やすマンパワーやコストが大きい、臨床現場への負担が大きいなどがある。

そこで、我々は、看護師の多忙度合いを、現場に負担をかけることなく、かつ低コストで定量的に測るシステムが必要だと考えた。これを実現する第1歩として、動画像の差分処理によるスタッフの動作量推定の手法を提案する。ナースステーションにおけるスタッフの総動作量を推定することで、多忙度を定量化する。本研究では、ビデオ画像を用いて動作量を推定する方法を提案し、これを検証するために、この手法を用いた検証実験を行った。実験はナースステーションを想定した、大阪大学医学系研究室での多忙な日（在室者6名）とそうでない日（2名）における研究室内のメンバーの動作量変化の比較を行ったのでこれを報告する。

また、本手法は保健・医療分野において様々な応用が考えられる。この応用例についても紹介する。

## B. 研究方法

### (1) 対象と方法(倫理的配慮)

大阪大学大学院医学系研究科の研究室において、研究室に所属するメンバー(6名)に事前に実験に関する説明を十分に行ない、了解を得て実験を行なった。

実験は臨床現場を想定し、研究室において、メンバーが多忙な日(最大6名が実働)と多忙でない日(最大2名が実働)における動作量を比較する。

動作を比較する際に、動画像処理を行うため、デジタルビデオカメラレコーダー(DCR-PC120, ソニー社製, 日本)を用いて、研究室の様子を撮影を行う。ビデオカメラを三脚で固定し、部屋全体を撮影する。動画像はビデオカメラからIEEE1394接続を用いてPCに接続し、直接PCのハードディスクに保存する。計測時間は3時間とする。図1にメンバーが多忙な日(最大6名が実働)と多忙でない日(最大3名が実働)の動画像の1例を示す。

#### a) Off hour



#### b) Peak hour



図1. 研究室の様子

a) 多忙でない日 b) 多忙な日

### (2) 画像処理の概要

計測した動画像を静止画に変換し、被験者の動きを連続的に捉えて被験者の行動変化を計測する。このためのアプリケーションプログラムを作成した。アプリケーションの作成環境としては、コンピュータのOSにWindows2000を用いて、Microsoft Visual C++ version 6.0上で作成した。画像処理の流れを図2に示す。

ビデオカメラから入力された動画像を、BMP形式の静止画に変換を行い解析する。この時、動画像のフレームレートを30[fps]から1[fps]にリサンプリングする。中島らの報告(中島(2000))によると、被験者の体動を撮影する際に1[fps]のフレームレートに設定している。このため、被験者の動きを捕らえるためには、1[fps]は十分なサンプリングレートであると考えられる。変換する静止画のサイズは320(幅)×240(高さ)[pixel]である。

次に、BMP形式の静止画を連続的に読み込んで、処理の高速化のためにROI(Region of Interest)を設定する。ROIとは関心領域を指し、画像の全体から関心のある、つまり処理に必要な領域を設定して切り出す。ROIの処理を行うことにより、余分なノイズや、画像サイズを小さくすることによる処理の高速化が可能である。ROI処理の後、画像のグレースケール化を行い、差分処理によりフレーム間の濃淡値の変化を検出、その値から被験者の画像内における総合的な動作量を推定する。

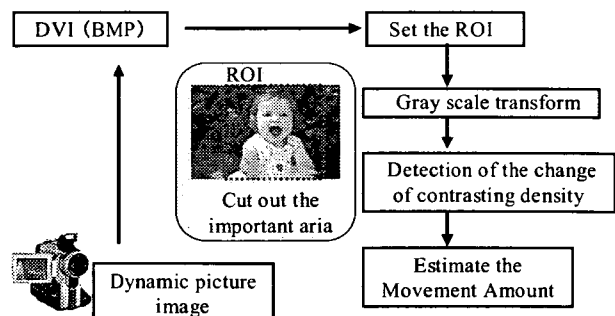


図2. 画像処理の流れ



(3) 濃度値変化の検出

動画画は、物体の動作に伴って各点の濃度値が変化する。この濃度値の変化を隣り合う 2 枚のフレームの差分をとることによって検出を行う。静止画像の 1 つのフレームに対して、全ピクセルの濃度値の時間微分を計算し、各ピクセルの濃度値の変化を検出する。静止画像のサイズは、x 方向へ n 個(1, ..., n), y 方向へ m 個 (1, ..., m) の合計 n × m 個のピクセルで構成される。本稿では静止画のサイズを 320(幅) × 240(高さ)に設定しているため、n = 320, m = 240 となる。

時刻 t におけるフレームの濃度値行列を D(t)とすると行列 D(t)と行列 D(t+1)の時間微分行列  $\dot{D}(t)$ は(1), (2)式のように表現できる。

$$D(t) = \begin{pmatrix} d(t)_{11} & \cdots & d(t)_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d(t)_{m1} & \cdots & d(t)_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\dot{D}(t) = \begin{pmatrix} \dot{d}(t)_{11} & \cdots & \dot{d}(t)_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \dot{d}(t)_{m1} & \cdots & \dot{d}(t)_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、ある座標位置 (x,y) にあるピクセルの濃度値の変化は  $\dot{d}_{xy}(t)$ で表現することができる。各点における濃度値の時間微分  $\dot{d}_{xy}(t)$ と定数  $\epsilon$ を用いて下記の条件で 3 つの状態に場合分けをする。なお、条件式における定数  $\epsilon$  は許容誤差である。

- i) 濃度値が増加  
 $|\dot{d}_{xy}(t)| > \epsilon$  かつ  $\dot{d}_{xy}(t) < 0$
- ii) 濃度値が減少  
 $|\dot{d}_{xy}(t)| > \epsilon$  かつ  $\dot{d}_{xy}(t) > 0$
- iii) 濃度値に変化なし  
 $|\dot{d}_{xy}(t)| < \epsilon$

本手法を用いて、画像内にあるオブジェクトが時間 t [t]から t+3[t]にかけて x の正の方向へ移動する様子をシミュレーションした。この結果を図 3 に示す。

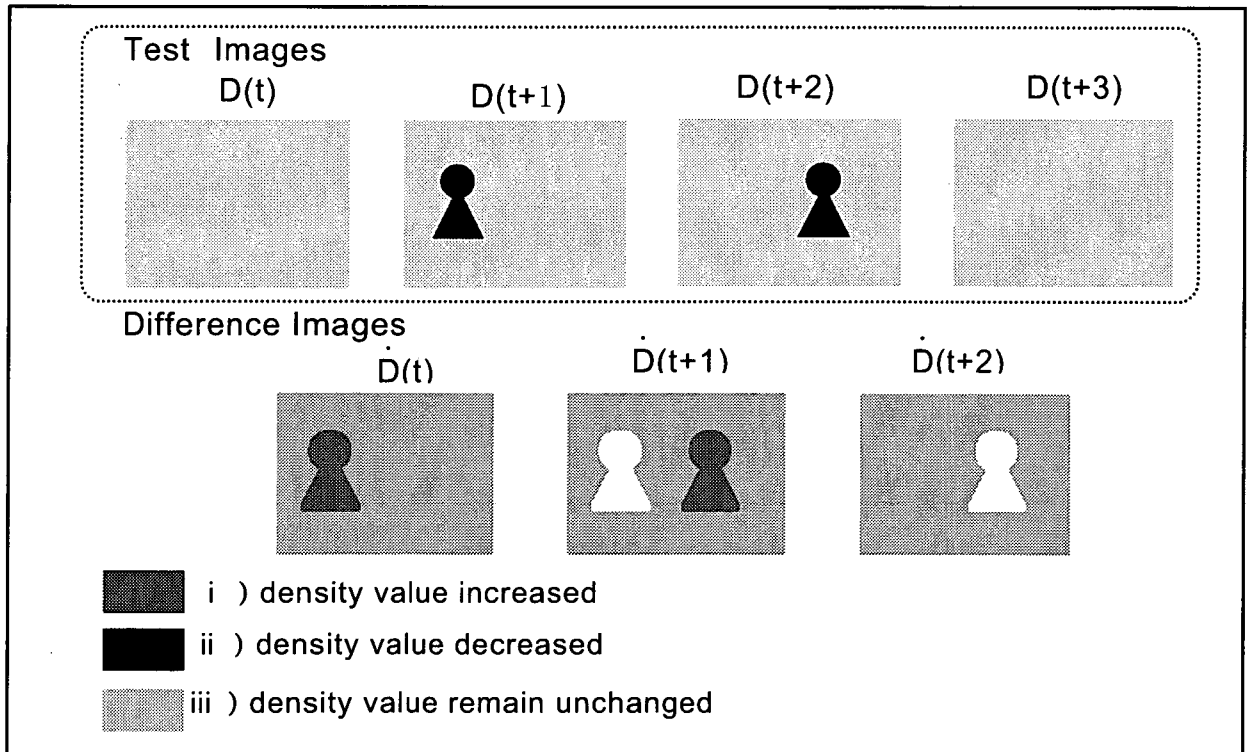


図 3. 差分画像のシミュレーション例

#### (4) 動作量の推定

画像内において対象物が動くと、濃度値が増加するエリアが広がる。そのため、濃度値が増加したピクセルの総数の変化率で動作量を評価する。濃度値が増加したピクセルの数を画像内全てのピクセルの数で割ることで対象の動作量を推定する。

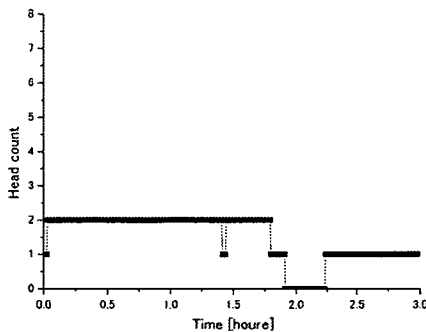
#### C. 研究結果

検証実験の結果を図4～6に示す。図4では実験中における研究室でのメンバーの人数を、図5では差分処理により推定された研究室でのメンバーの総動作量を示す。なお、メンバーの人数は、計測した画像から実験者が手で人数を数え上げた。図6では、30分毎に算出された画像内におけるメンバーの総動作量の平均を示す。図4と図5のOff hourの結果から、多忙でない日では、研究室において最大で2名のメンバーが在室し、画像内の動作量は数回のピーク（動作量が

80%程度）が見られるものの、大きな変動はない。メンバーが部屋を出入りした場合、つまり室内の人数が変わる場合や、メンバーの動作量が小さい状態から大きな動作へ移行した際（座位での作業から移動のような場合）にピークが見られた。Peak hourの結果からは、多忙な日では、研究室において最大で6名のメンバーが在室し、画像内の動作量はOff hourと比較して大きな値をとることが確認できる。

画像内の動作量についてOff hourとPeak hourのベースラインを比較すると、Off hourでは平均で10%程度であることにに対し、Peak hourでは20%程度である。以上のことから、Peak hourの方が高いベースラインを維持していることが確認できる。なお、図5のPeak hourにおいて、メンバーが2名程度在室している時間帯では、（1時間45分から2時間15分にかけて）動作量は10%程度で推移しており、Off hourのベースラインと近い値をとることが確認できる。

a) Off hour



b) Peak hour

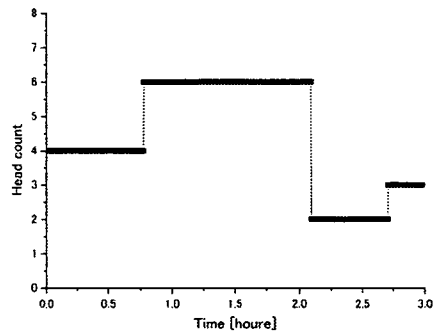
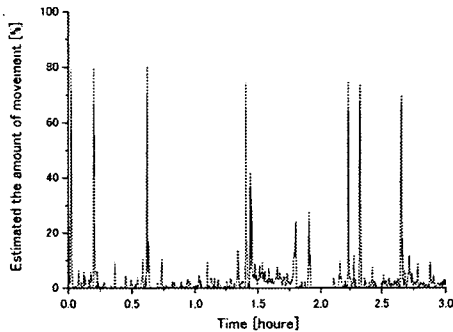


図4. メンバーの人数

a) Off hour



b) Peak hour

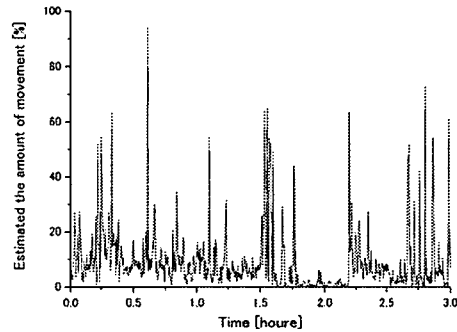


図5. 差分処理により推定された動作量

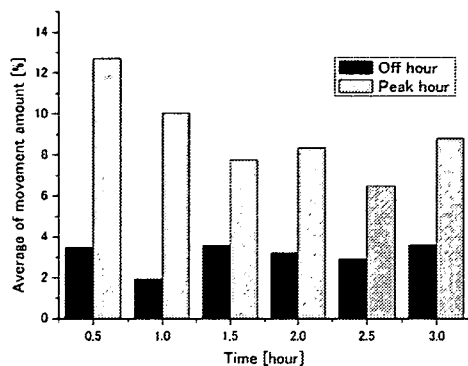


図 6. 30分毎の動作量の平均

図 6 から、Off hour と Peak hour における 30 分毎に算出した平均動作量を比較すると、実験中の全ての時間帯において Peak hour における平均動作量が高い値を示した。特に、在室メンバー数が常時 4 名と多い時間帯での実験開始から 30 分後と 1 時間後の時間帯では、Peak hour における平均動作量が高い値を示していることがわかる。

しかし、平均動作量と在室メンバー数には必ずしも相関があるわけではなく、主にメンバーの動作の大きさが値に大きく関係することがわかった。

#### D. 考察

結果より、Off hour と Peak hour における推定動作量は、動作の大きさに依存することが確認できた。部屋を出入りするメンバーの人数に対しては、ある程度は関与するものの、少ない人数でも大きい動作が多い場合、推定動作量も大きくなる。

以上のことから、スタッフが常時在駐する部屋の動画像を差分処理することにより、その部屋における相対的なメンバーの総動作量を推定できることがわかった。

#### E. 応用研究

これまで、動画像動画を差分処理することによりある部屋におけるメンバーの総合的な動作量を推定する研究について言及してきた。しかし、図 7 に示すとおり、差分処理技術は本来、産業分野、

通信分野の主に工学的なところで大きく発展をとげ、近年、医療・保健分野において応用されている技術でもある。しかし、工学的な手法を臨床現場である病院で検証することは難しく、医療・保健分野においては未だ発展途中であるといえる。そこで、本研究で培った技術の医療・保健分野における応用を考えた。

### 保健・医療分野

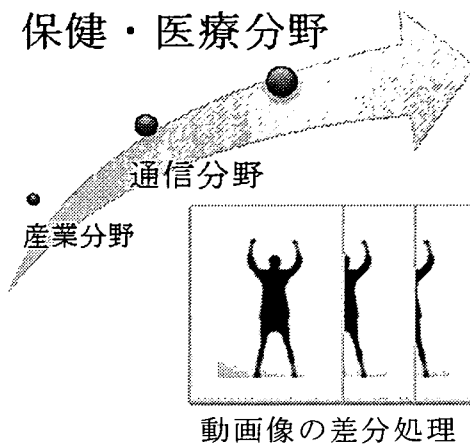


図 7. 差分処理技術の発展

#### (1) 目的

本章では、医療・保健分野における応用例として、動画像の差分処理を用いた臨床現場における患者見守り方法を提案し、検証実験によりその有用性を検討する。

前述の検証実験については、病院のスタッフを想定した研究室内におけるメンバーの総動作量を検出したが、今回は入院患者(個室)を対象とする。この場合、動作量だけでなく、ベッドの上でどのように、どれくらいの大きさで動作したかという情報が必要となってくる。特に患者の異常行動の検出を考えると、患者がどれくらいの大きさで動作したかという情報は非常に重要である。このため、B. 研究方法 (3) 濃度値変化の検出で説明した濃度値変化を用いて、運動相当量を算出する。この方法は次節で紹介する。本技術を適用する利点としては、患者をセンサ類から切り離れた完全な無拘束状態での動き検出ができ、患者自身のビデオ画像は残らず、プライバシーを保護することが可能である。

## (2) 方法

B. 研究方法 (3) 濃度値変化の検出で説明した濃度値変化から、対象の移動の中心位置座標を推定する方法について述べる。

差分画像において、対象物が移動すれば、移動前の座標では濃度値が減少し、移動後の座標では濃度値が増加するという現象が考えられる。そこで、まず、場合分けした i) 濃度値が増加した全てのピクセルの座標位置の平均  $(p_x, p_y)$  と、ii) 濃度値が減少した全てのピクセルの座標位置  $(n_x, n_y)$  の平均値を算出する。

次に、 $(p_x, p_y)$  は、濃度値が増加したピクセルの集合体の中心座標、 $(n_x, n_y)$  は濃度値が減少したピクセルの集合体の中心座標と考え、 $(p_x, p_y)$  と  $(n_x, n_y)$  の中心座標を算出することで、被験者の移動の中心位置座標を表現する。下記の式に従い x 方向、y 方向それぞれの被験者の移動の中心位置座標  $(x, y)$  を (3)、(4) 式に従って算出する。

$$x = \frac{p_x + n_x}{2} \quad (3)$$

$$y = \frac{p_y + n_y}{2} \quad (4)$$

被験者の移動の中心位置座標  $(x, y)$  の位置変化から、画像内における、時刻  $t$  において、被験者が移動した距離に相当する値  $L(t)$  を (5) 式より算出する。なお、処理に用いる画像は 2 次元で表現されており、実際の被験者が動作する 3 次元空間の数値である距離や速度、運動量に対して歪みが生じている。そこで、本稿では、被験者が移動した“距離”や“速度”、“運動量”ではなく、“距離相当”や“速度相当”、“運動相当量”と表現する。

$$L(t) = \sqrt{\{(x(t+1) - x(t))\}^2 + \{(y(t+1) - y(t))\}^2} \quad (5)$$

移動距離の時間微分は速度を表すので、被験者が移動した速度に相当する値  $v(t)$  は (6) 式で表現される。

$$v(t) = \dot{L}(t) = \frac{d}{dt} L \quad (6)$$

以上より、運動相当量  $p(t)$  は (7) 式のよう

に、速度  $v(t)$  と被験者の重さ  $m$  の積で表現される。

$$p(t) = m \times v(t) \quad (7)$$

提案した座標処理を検証する。健常男性 (身長 172cm, 体重 73kg) 1 名を対象とし、布団の上での就寝中において右方向への寝返り動作を行わせる。このときの、静止画、差分画像と中心位置座標の移動を検討する。

次に運動相当量について、検証するために、被験者に運動の大きさが異なる 3 つの動作をさせる。健常男性 (身長 172cm, 体重 73kg) 1 名を対象とし、布団の上での就寝中において、寝返り動作、起き上がり動作、不在の状態から仰臥位への動作の 3 つの動作を行わせる。

## (3) 結果

静止画、差分画像の結果を図 3 に、中心位置座標を図 8 に示す。なお、静止画における左上座標が  $(0, 0)$ 、右下座標が  $(320, 240)$  となる。

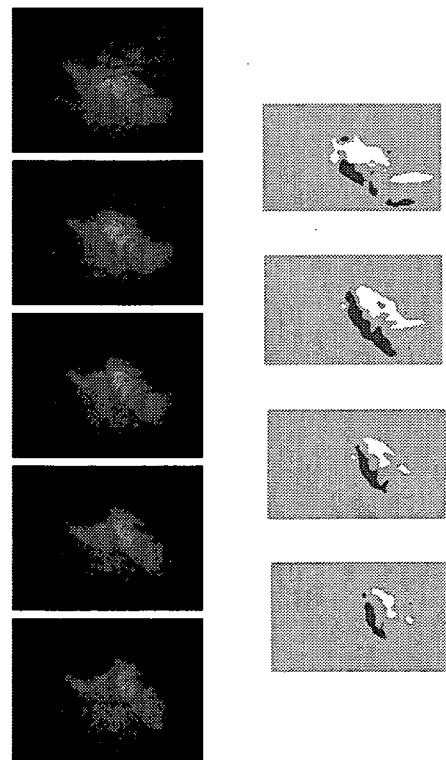


図 6. 静止画 (左図), 差分画像 (右図)

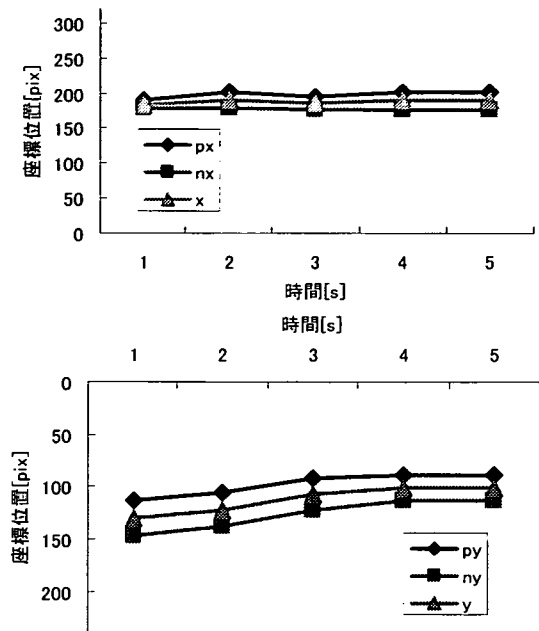


図7. 中心位置座標の結果  
(上 x 座標. 下 y 座標)

次に、被験者の実際の寝返り動作の様子と中心位置座標の移動を図8に示す。

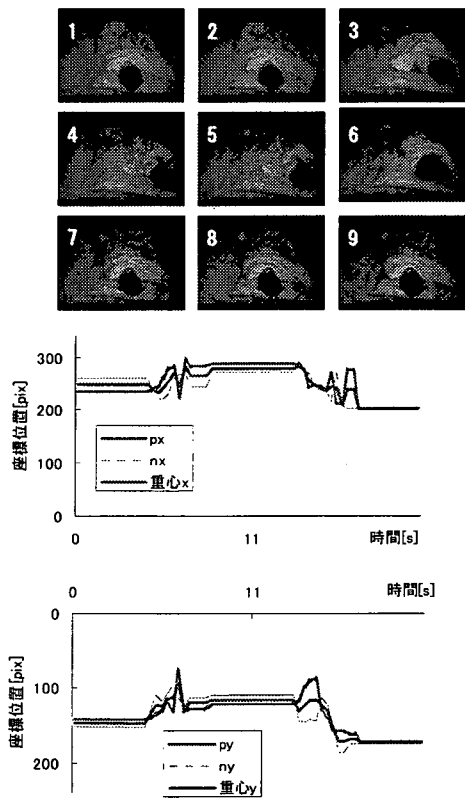


図8. 寝返り動作

起き上がり動作と中心位置座標の移動を図9に、不在の状態から仰臥位への動作と中心位置座標の移動を図10に示す。

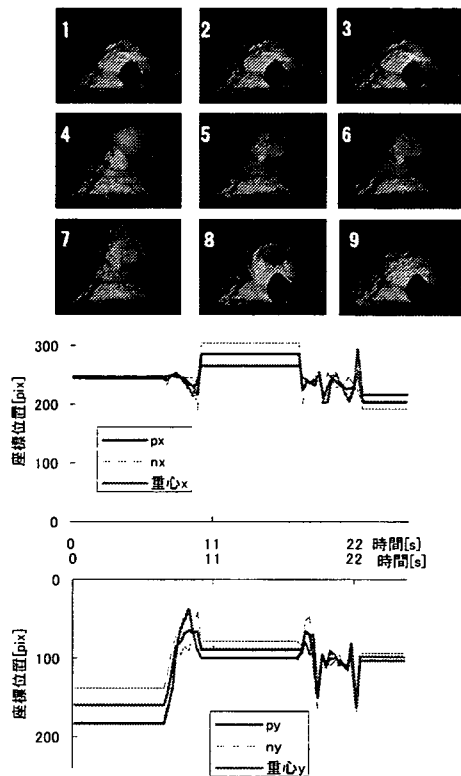


図9. 起き上がり動作

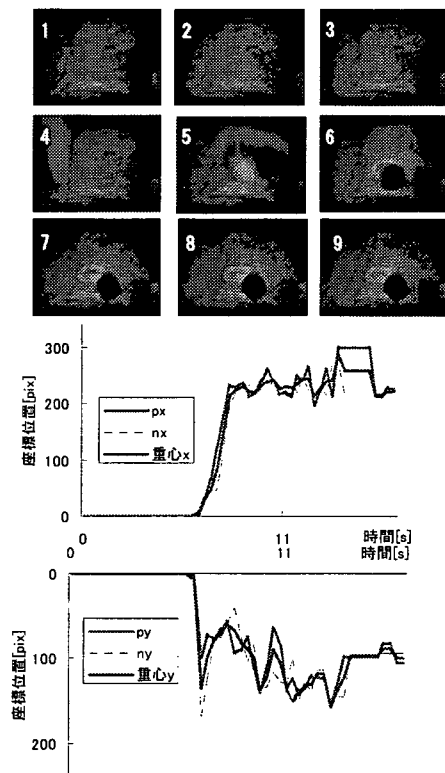


図10. 不在の状態から仰臥位への動作

最後に、寝返り動作、起き上がり動作、不在の状態から仰臥位への動作それぞれにおいて算出した運動相当量を図 11 に示す。

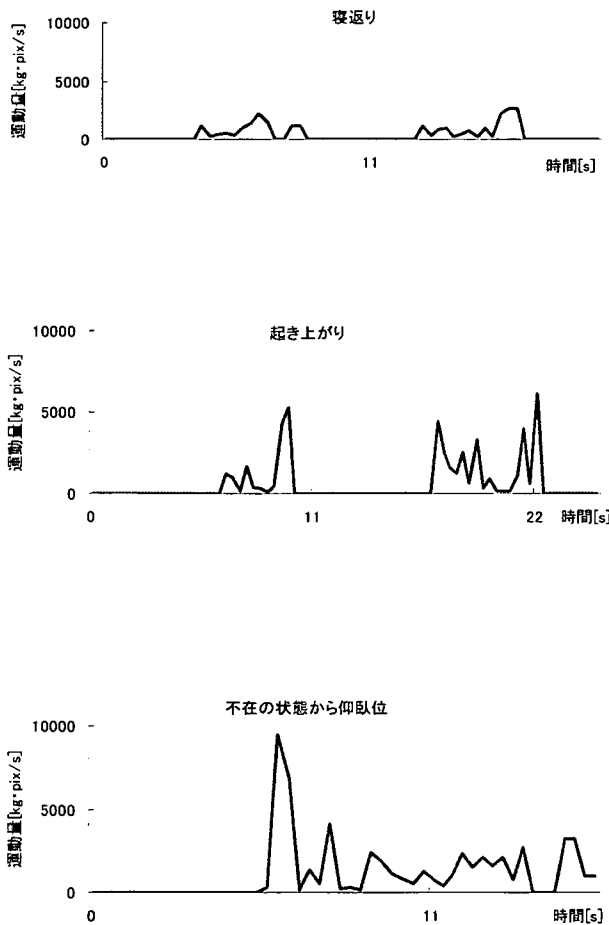


図 11. 運動相当量の結果

#### (4) 考察

図 6 より、被験者が右方向へ寝返りしたことが確認できる。差分画像において、i)濃度値が増加した場合は黒色の領域、ii)濃度値が減少した場合は白色の領域、iii)濃度値に変化なしの場合はグレーで表現される。この結果から、被験者の右半身と敷布団の間にできた境界の影が濃度値の増加に影響していることがわかる。図 7 の座標位置から、x 座標の正の方向、つまり画面右側へ若干ではあるが移動し

ていることが確認できる。また、y 座標の負の方向、つまり画面の上側に向かって移動していることが確認できる。x 座標、y 座標の移動をあわせて見てみると、画面右上に向かって移動していることがわかり、静止画における被験者の動作と一致する。

図 8 の静止画の結果より、被験者が仰臥位の状態から右方向へ寝返りを行い、しばらく静止した後、元の位置へ向かって左方向寝返り動作を行ったことが確認できる。この際の中心位置座標の移動を見てみると、x 座標の正の方向へ移動し、しばらく座標移動がない状態を維持した後、x 座標の負の方向へ移動したことが確認できる。y 座標の移動においても、y 座標の負の方向へ移動し、しばらく座標移動がない状態を維持した後、y 座標の正の方向へ移動している。静止画から、被験者が体を足側へ丸めるように寝返り動作を行ったため、x 方向だけでなく、y 方向への移動も確認されたと考えられる。

また、図 9 の静止画の結果より、被験者が仰臥位の状態から、上半身を起こし、しばらく静止した後、元の仰臥位の状態へ戻ったことが確認できる。この際の中心位置座標の移動を見てみると、x 座標の正の方向へ移動し、しばらく座標移動がない状態を維持した後、x 座標の負の方向へ移動したことが確認できる。ただし、座標の移動量は非常に小さい値であった。y 座標の移動においては、y 座標の負の方向へ移動し、しばらく座標移動がない状態を維持した後、y 座標の正の方向へ移動している。起き上がり動作では、y 座標方向の移動量が大きく、静止画における被験者の動作と一致していることが確認できる。ただし、本手法の問題点として、2次元の画像を用いているため、このような起き上がり動作と被験者が体を丸めるように画面下に移動する動作は区別できない。

図 10 の静止画の結果より、画面内に被験者が不在の状態から、画面左側から布団へ入り、仰臥位の状態で就寝したことが確認できる。この際の中心位置座標の移動を見てみると、x 座標への移動はしばらくなく、被験者が画面に出現して

から正の方向へ移動したことが確認できる。y 座標の移動においても、移動はしばらくなく、被験者が画面に出現した後に、y 座標の正の方向へ移動していることが確認できる。

最後に図 11 の運動相当量の結果から運動相当量の妥当性について検討する。個々の動作をみると、寝返り動作では図 5 の結果と同様に、計測開始から数秒後、被験者が仰臥位の状態から右方向へ寝返り動作という運動を行った時刻に運動相当量が増加し、しばらく静止の際には運動相当量が 0 となる。しばらく静止の後、被験者が元の位置へ向かって左方向寝返り動作という運動を行った場合に、再び運動相当量が増加していることが確認できる。同様に、起き上がり動作の場合にも、上半身を起こした時刻では運動相当量が増加し、しばらくの静止では運動相当量が 0 となる。その後、元の仰臥位の状態へ戻ったとき運動相当量が増加していることが確認できる。不在の状態から仰臥位への動作では、最初の運動相当量が 0、つまり動作なしの状態がしばらく継続し、大きな運動相当量の増加が見られ、ついで仰臥位への動作において運動相当量の増加がみられた。

これらの動作に対して運動相当量の値を比較すると、寝返り動作では運動相当量の値が一番小さく、ついで起き上がり動作、不在の状態から仰臥位への動作が大きな運動相当量であった。運動の大きさから考えると妥当な結果であったと考えられる。

## F. 結論

病院における患者の安全確保という観点から、看護師の多忙度合いを、現場に負担をかけることなく、かつ低コストで定量的に測るシステムが必要である。これを実現するファーストステップとして、動画像の差分処理によるスタッフの動作量推定の手法を提案した。これを検証するために、この手法を用いて研究室における検証実験を行った。その結果、動画像を差分処理したものから推定した動作量は研究室のメンバーの総動作量をよく表現していた。

この手法では、スタッフはセンサ類から完全に無拘束、非接触な状態で行動量が調査されるため、無意識下での計測が可能となる。スタッフの業務量調査を目的とする場合、この検証によって、仕事の出来、不出来が評価されるという誤解をスタッフに与えるべきではない。この場合、ビデオ計測ではスタッフのプライバシーが問題となる。そこで、ビデオの元画像ではなく、図 6 にみられるような差分画像を残すことで、個人を特定することはなく、プライバシーを守ることが出来る。

次に、差分画像処理の応用として、病院における患者の安全確保を考え、就寝中の患者の様子を見守るシステムの検討を行なった。本検討では特に患者の異常行動を検出することが重要と考え、差分画像の濃度値変化から、被験者の運動相当量の算出を行った。

この手法の利点としては、患者が全くの無拘束であることに加え、センサによるベッドやベッド付近の配線が必要ないため、患者に対して非接触であり、かつ患者のプライバシーも守ることが可能である。検証実験の結果からも、患者のベッドの上での位置移動の様子や、動作の大きさを確認することができた。カメラの視野を広げ、部屋全体の動画を撮影することにより、就寝中の動作だけでなく、日中の見守りも可能になると考えられる。

ただし、本手法の問題点としては、2次元の画像を用いているため、実際の3次元における動作と比較してひずみが生じる。この問題に対しては、もう一台カメラを設置し、動画を撮影することで3次元に近い表現をするということも考えられるが、処理の複雑化とコストが高くなるという短所が考えられる。本研究ではスタッフの動作量を定量的に評価することを重要視している。今回、運動相当量については妥当な結果が得られたため、現段階では、そこまで厳密な患者の位置移動検出を考えていない。

今後は、実際の臨床現場に本手法を適用することで、ナースステーションにおけるスタッフの動作量を推定することを

計画している。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Shima Okada, Yuko Ohno(2007), New Approach for the Time Motion Analysis of Medical Staffs in a Ward by Video Image Processing, SICE 2007. Proceedings, September, pp2750-2453.
- 2) Shima Okada, Yuko Ohno(2007), New Approach for Medical Ward Monitoring Method by Difference Image Processing, International Conference on KEER 2007 Proceedings CD-ROM, October.

### 2. 学会発表

- 1) Shima Okada, Yuko Ohno(2007), New Approach for the Time Motion Analysis of Medical Staffs in a Ward by Video Image Processing, SICE Annual Conference 2007 Final Program and Abstracts, September, 103.
- 2) Shima Okada, Yuko Ohno(2007), New Approach for Medical Ward Monitoring Method by Difference Image Processing, International Conference on KEER 2007 Abstracts and Program, October, 121.

## H. 知的所有権の取得状況

本研究において、知的財産権に該当するものはなかった。

## I. 文献

- 中島一樹, 田村俊世 (2000). 看護・介護モニタの現状と今後, Bio Medical Engineering, 15(1), 21-25



## RFID のタイムスタディへの導入の検討

研究協力者 岡田志麻 大阪大学大学院医学系研究科  
主任研究者 大野 ゆう子 大阪大学大学院医学研究科

### 研究要旨

次世代バーコードと考えられている RFID（Radio Frequency Identification）に注目が集まっている。総務省では RFID が高度に利用活用された場合、2010 年の市場規模は大きく見積もって 31 兆円と発表している。RFID は微小な無線チップにより人やモノを識別・管理する仕組みであり、流通業界でバーコードに代わる商品識別・管理技術として研究が進められてきた。

これまでの医療現場においては、通常、医薬品や医療材料の追跡という観点から電子タグが活用されてきたが、本研究では医療スタッフの行動に着目した電子タグの活用方法について検討する。

電子タグの中でも微弱電波帯を使用する RFID に焦点をあて、その基本原理や仕組みについて知見を深める。さらに、これをもとに、医療現場において使用可能かつ院内のネットワーク環境も考慮された、無人タイムスタディに有用な RFID タグの選定を行った。併せてこの機器の検証をおこなったのでこれを報告する。

### A. 研究目的

次世代バーコードと考えられている RFID（Radio Frequency Identification）に注目が集まっている。総務省では RFID が高度に利用活用された場合、2010 年の市場規模は大きく見積もって 31 兆円と発表している。

RFID は微小な無線チップにより人やモノを識別・管理する仕組みであり、流通業界でバーコードに代わる商品識別・管理技術として研究が進められてきた。近年では、量産による価格低下の目処がついたこと、距離や速度に関する読み出し性能が向上したこと、国際的なインターフェースが標準化されてきていることを背景に急激に注目が集まっている。

RFID は、耐環境性に優れた数 cm 角の大きさのタグにデータを記憶し、電波や電磁波で読み取り器と交信する。初期の RFID は、無線アクセス・インターフェース付きのバーコードとして使われた。近年ではアンテナ側からの非接触電力伝

送技術により、電池を持たない半永久的に利用可能なタグも登場している。タグはラベル型、カード型、コイン型、ステイック型など様々な形状があり、用途に応じて選択できる。通信距離は数 mm 程度のものから数 m のものがあり、これも用途に応じて使い分けられる。

このように、RFID の利用方法は単体での利用から、ネットワークやデータベースシステムとの連携による複雑で有機的な利用方法へと変化している。今後 RFID を活用していくためには、タグとリーダだけでなく、これらをつなぐネットワークやデータベース、サーバの付帯設備が必須となる。

以上のことから、本稿では書籍に従って（岸上順一著）RFID の基本原理や仕組みを紹介する。併せて、医療現場において使用可能かつ院内のネットワーク環境も考慮されたもので、無人タイムスタディに有用な RFID タグの選定を行ったのでこれを報告する。

## B. RFID の原理

RFID は、一般的に次のように定義されている。

- ・ 携帯容易な大きさであること
- ・ 情報を電子回路に記憶すること
- ・ 非接触通信により交信すること

日本工業規格(JIS)では RFID に関する用語を統一し、JIS X 0500-2002(データキャリア用語)において表 1 のように定義している。

### (1) RFID のタイプ

RFID は動作原理の異なるいくつかのタイプがある。これらを分類したものを図 1 に示す。パッシブタグは、バッテリーを持たず、電波や搬送波の震源などはリーダーから供給される。供給方法は主に電磁誘導式と電波式がある。電源供給は磁界による結合、電波による給電である。

125k~135KHz 帯の周波数の電磁誘導方式は、原理的に電磁結合方式よりも長距離交信が可能である。この周波数帯はその特性上、耐ノイズ性等の面で色々と使い方が難しい点があり、RFID を使用する周辺ノイズ環境に十分留意する必要がある。

電波方式では、一番歴史の古いものがマイクロ波方式 UHF 帯域であることから、最近では、950MHz パッシブタグシステムや 433MHz アクティブタグシステムの UHF 帯 RFID を含めて電波方式という呼び方をしている。周波数帯として 2.45GHz 帯が使われており、交信距離が長いものでは 5m レベルが実現可能である。

RFID 側にバッテリーを搭載して通信拡大を図ったものがアクティブ RFID である。

表 1. RFID の定義

RFID	誘導電磁界又は電波によって、非接触で半導体メモリのデータを読み出し、書込みのために近距離通信を行うものの総称。
RF タグ	半導体メモリを内蔵して、誘導電磁界又は電波によって書き込まれたデータを保持し、非接触で読出しできる情報媒体。
リーダー/ライター	RF タグのデータを書込み、読出しをする装置。 通常、アンテナと制御装置で構成する。
アンテナ	リーダー/ライターの一部で、RF タグとの物理的に電磁界ないしは電波の送受信を行う導体素子放射部分(空間結合素子部分)。
交信	RF タグとリーダー/ライター(アンテナ)間の無線通信。

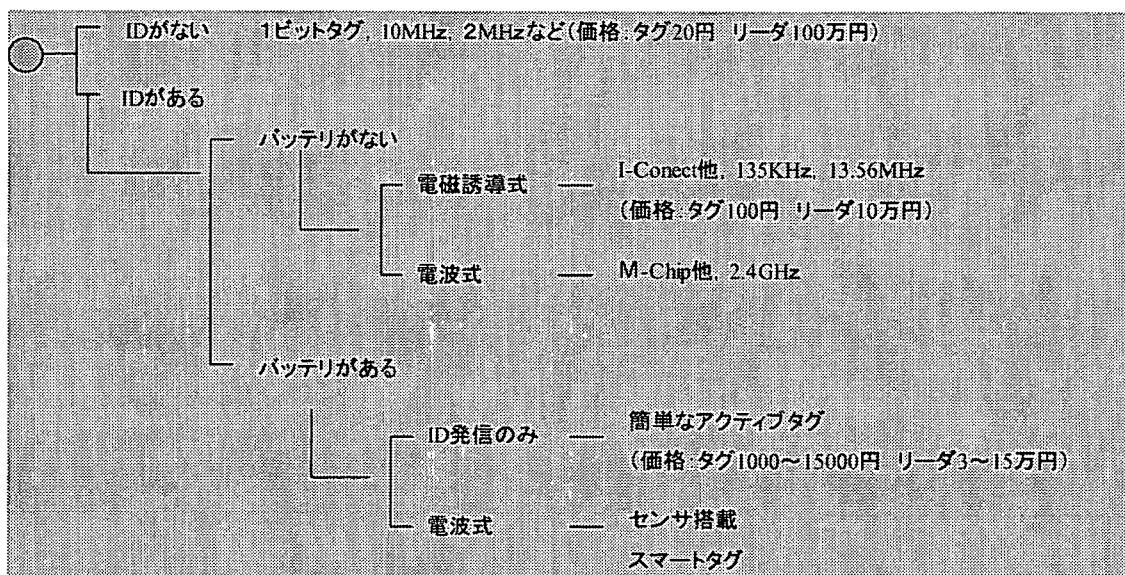


図 1. RFID の基本原理による分類

## (2) RFID の基本原理

デジタル無線を行うプロセスの概要を図2に示す。デジタル信号を変調し(送信機:変調器), 不要な成分を除去(送信機:フィルタ)してから増幅し(送信機:アンプ), アンテナから放射する。空間を伝播した後, 受信機のアンテナに入り必要な帯域を取り出す(受信機:フィルタ)。これを増幅し(受信機:アンプ), 搬送波に近い周波数を発信できる局部発信機を用いて(受信機:復調器)周波数変換をおこない必要な帯域のみを取り出す(受信機:フィルタ)。これを復調して信号を得る。電波の伝播については, 電磁波は波源からの距離により, 伝播特性が大きく変化する。

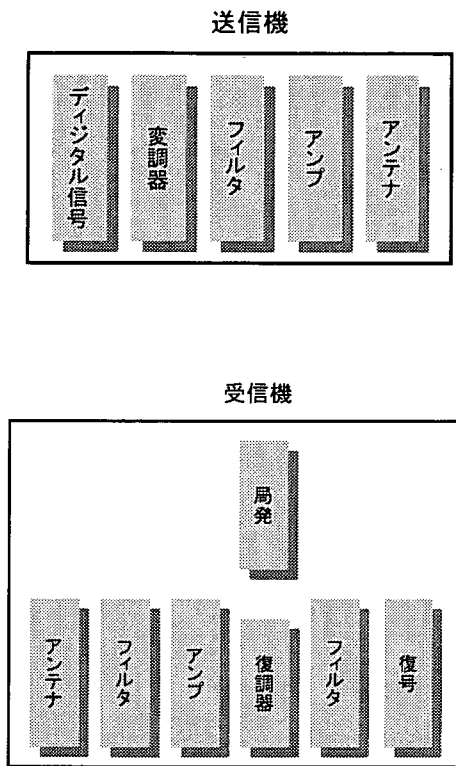


図2. デジタル無線の概要

## (3) 電波伝搬

電磁波は波源からの距離により電波特性が変化する。電磁波は波源近くでは磁界による結合が強く, 離れると, 電界としての結合が強くなる。波長を $\lambda$ とすると, 波源からの距離が $\lambda/2\pi$ 以下をニアフィールド領域, それ以上離れたものを

ファールフィールド領域と呼ぶ。

RFIDのうち, 13.56MHz以下のものはリーダとタグの通信がニアフィールド領域でおこなわれる。これらのリーダ, タグはコイルによって磁場を生成しこれに信号を重畳して通信をおこなう。同時にエネルギーの送電もおこなう。

半径 $r$ の巻き数 $n$ 回のコイルに電流 $I$ を流したときの最も磁界が大きくなる方向の距離 $d$ における磁界強度 $H$ は次式(1)で表現される。

$$H = \frac{nr^2}{2\sqrt{(r^2 + d^2)^3}} I \quad (1)$$

式(1)より, 分母の $(r^2 + d^2)^3$ の項があり距離がコイルのサイズ以下であれば磁界強度は距離にあまり依存しない。しかし, 距離がコイルのサイズを超えると急激に減衰する。磁界で結合するように作られている。13.56MHz以下のパッシブタグではニアフィールド内でしか通信できないことが普通である。

## (4) 変復調

無線通信をおこなうためには, 通信したい信号を無線で飛ばすために搬送波周波数にのせなければならない。そこで, 変復調というプロセスが必要になる。簡単な方法としては, 振幅の差により, 状態を表現するASK (Amplitude Shift Keying: 振幅変調) などがある。

## (5) RFID の応用

RFIDはプライバシーに対する配慮や, ユーザの要望から最低限の書き込み機能を有するタイプが標準化している。オートIDセンターの会議にて示されたRFIDの見通しを図3に示す。

パッシブタグから始まり, セキュリティの機能を持つパッシブタグがCLASS II, セミパッシブタグがCLASS III, アクティブタグがCLASS IV, パッシブタグが読めるパッシブタグがCLASS Vとなる。アクティブタグは自ら発信器を持ち, 質問器からの質問がなくても信号を発信できる。

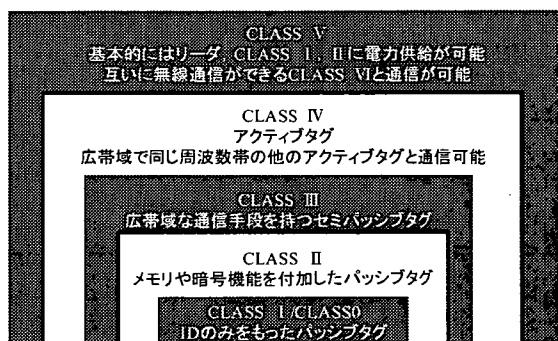


図 3. RFIDの応用

(6) アクティブタグによる測位

アクティブタグは通信距離が長く、アンテナの指向性が少ないという特徴がある。このため、ほぼリアルタイムにタグの位置検出をおこなうことが可能である。リーダ（受信機）の位置が既知であれば測位は可能となる。ここで、測位をできるセンサとして代表的なものとして、GPSセンサがある。これは地球上の全域で使用可能であるが、屋内では使用できない。ここで、GPSでも採用されている測位方式TAO（Time of Arrival）方式を説明する。

求めたい送信機の座標位置を $(X_p, Y_p)$ 、 $i$ 番目の座標位置は既知であり、これを $(X_i, Y_i)$ とする。ここで送信機（タグ）と受信機の受信機が通信するときに送信されてくる各受信機の時刻は、電波がそれぞれの受信機から送信機まで届く時間だけ遅れて見える。電波の伝搬速度は光速なので、それぞれの受信機からの信号の遅延時間を、送信機のもっている絶対時間と比較することで、送信機からのそれぞれ受信機までの距離 $D_i$ を知ることができる。  $D_i$ を(2)式で表現する。この式を用いれば、2次元であれば最低3つの受信機の位置が既知であれば送信機の位置を知ることができる。この概要図を図4に示す。

$$\sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2} = D_i \quad (2)$$

TAO方式では電波の到達時刻から距離を求めたが、電波の強度と距離を用いるRSSI (Receiving Signal Strength Intensity) 方式もある。

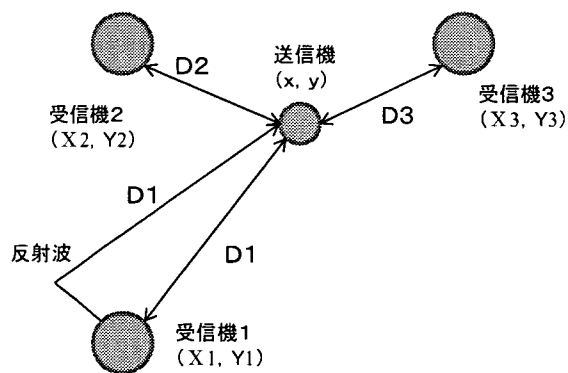


図 4. 測位の方法

電波と強度の距離には(3)式の関係がある。

$$L = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad (3)$$

L: 自由空間損失

$\lambda = c/f$  cは光速, fは周波数

従って、波源の絶対的な電力と送受信アンテナの利得が分かれば、波源から受信点までの距離を推定することができる。すなわち、(3)式を変形し、タグから受信機までの距離 $d$ は(4)、(5)式で表現できる。波源からの位置が既知である受信機までの距離を求めることができれば、(2)式と同様に位置を求めることができる。受信レベルをRとする。

$$d = \frac{\sqrt{L\lambda^2}}{4\pi} \quad (4)$$

$$L = \frac{R}{P_s G_s G_r G_a} \quad (5)$$

Lは減衰率,  $\lambda$ は波長,  $P_s$ は送信電力,  $G_s$ はタグのアンテナ利得,  $G_r$ は受信機のアンテナ利得,  $G_a$ は受信機のアンプのゲインを表す。