

平成18年度  
研究開発成果報告書

日常行動・状況理解に基づく  
知識共有システムの研究開発

委託先： (株)国際電気通信基礎技術研究所

平成19年4月

情報通信研究機構

# 平成18年度 研究開発成果報告書 (一般型)

「日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発」

## 目次

1	研究開発課題の背景	3
2	研究開発の全体計画	5
2-1	研究開発課題の概要	5
2-2	研究開発目標	9
2-2-1	最終目標	9
2-2-2	中間目標	12
2-3	研究開発の年度別計画	15
3	研究開発体制	16
3-1	研究開発実施体制	16
4	研究開発実施状況	17
4-1	行動・状況理解技術の研究開発	17
4-1-1	序論	17
4-1-2	センサ・ネットワークの基本アーキテクチャの実装	17
4-1-3	センサ・ネットワークの要素技術の開発	20
4-1-4	行動識別手法の開発	23
4-1-5	小型装着型機器本体の試作	25
4-1-6	まとめ	27
4-2	知識構築技術の研究開発	27
4-2-1	序論	27
4-2-2	一般的傾向と希少現象に関する傾向の抽出手法の開発	28
4-2-3	医療看護オントロジ・システムの構築	34
4-2-4	インタラクション・コーパスの構築	36
4-2-5	まとめ	38
4-3	知識提供技術の研究開発	39
4-3-1	序論	39
4-3-2	看護業務記録・分析システムの開発	40
4-3-3	ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムの開発	41
4-3-4	ジャストインタイム看護アドバイス・システムの開発	45
4-3-5	まとめ	47
4-4	総括	48

5 参考資料・参考文献 .....	49
5-1 研究発表・講演等一覧 .....	49

## 1 研究開発課題の背景

我が国においては、2001年1月に発表された「e-Japan 戦略」以来、政府一体となった e-Japan 戦略の推進等によって、「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」利用することができる「ユビキタスネットワーク社会」の到来を現実的なものとしてきた。総務省においては、「ユビキタスネットワーク社会」を2010年までに実現することが目標に据えられ、体系的な ICT 政策である「u-Japan 政策」が策定された。その3つの基本的な軸は「ブロードバンドからユビキタスネットワークへ」、「情報化促進から課題解決へ」、「利用環境整備の抜本的強化」である。

本研究開発課題は、業務を阻害しない小型装着型センサや環境設置型センサにより、これまで見過ごされてきた業務中の日常行動・状況を理解し、これに基づき業務に有用な知識を構築し、その知識を関係者にも提供するシステムを構築する技術を確立することである。この技術は小型装着型センサや環境設置型センサ等をユビキタスネットワークで結合するという点で第1の軸に沿うものである。また、この技術の確立によって、様々な現場での業務に関わる問題解決を促進するという点で第2の軸に沿うものである。

本研究開発課題で確立しようとしている技術は様々な領域で有用であるが、今まさに必要としている領域に医療がある。我が国の医療現場では、近年、医療従事者の業務負担の問題が深刻化している。諸外国と比較して病床当たりの医療従事者が著しく少ないこと等のために、医療従事者の負担が重く、現場の努力によって維持されているものの、限界に達しつつある。この状況を改善するためには、医療従事者が実際に実施している業務を正確かつ詳細に記録し、その結果を分析する技術が望まれる。

また、医療事故も深刻な問題となっている。例えば、米国では医療事故による死亡者数が交通事故による死亡者数を上回ると推計されている。医療機関では、医療事故やその手前に相当するインシデント、いわゆるヒヤリ・ハットが発生すると、事故報告やインシデント・レポートが作成され、それらに基づき対策が講じられる。しかし、現状のインシデント・レポートに関しては、フォーマットが記入者の能力に依存するものであり、背後に潜んでいる原因の分析まで行うことができない等の問題が指摘され、改善が試みられている。しかし、報告書等を改善したとしても、医療事故やヒヤリ・ハットに至る過程を正確かつ詳細に再現することが困難なこともあり、十分ではない。それらの過程を正確かつ詳細に記録・分析することによって根本的問題を抽出し、それらに関する知識を関係者の間で共有する過程を支援する技術が望まれる。

これらの問題を解決するためには、医療看護を実施する空間のユビキタスネットワーク化が求められる。実際、総務省の医療分野における ICT の利活用に関する検討会報告書の中の『「ユビキタス健康医療」実現に向けてのロードマップ』では、2010年までの中期目標に「医療現場のユビキタス化」が掲げられている。

本研究開発は主な対象領域を医療看護現場としている点で、まさに「医療現場のユビキタス化」の一翼を担うものである。また、ヒヤリ・ハットに遭遇する機会が最も多い職種である看護師を対象とする。本研究開発で確立しようとしている技術によって、看護師の業務を正確かつ詳細に記録・分析することが可能となり、その結果として、より適した業務分担が可能となり、看護師の業務負担を軽減することができる。また、行動・状況の理解に基づき適切なアドバイスを提供することが可能となり、業務改善、特に医療事故やヒヤリ・ハット等の削減に貢献することができる。

本研究開発課題は、前述のように、業務を阻害しない小型装着型センサや環境設置型センサにより、これまで見過ごされてきた業務中の日常行動・状況を理解し、これに基づき業務に有用な知識を構築し、その知識を関係者にも提供するシステムを構築する技術を確立することを目指し、主な対象領域を医療看護現場としている。医療機関内では、ICT の

利活用が医事会計システムを出発点に、バックオフィス業務の効率化を主な対象としてきたことから、医療看護を実施する現場での ICT の利活用は少数の例外を除いて、あまり進んでいないのが現状である。数少ない事例として、我が国では、国立国際医療センターの Leaf がある。医療従事者が PDA を常時携帯し、例えば、注射を実施する直前に PDA で注射ボトルのラベルや患者のリストバンドの照合確認を行うことによって医療看護行為の 5W1H を正確に記録することができる。与薬ミスの防止等の観点からは PDA での情報提示が有効であることは確かであるが、PDA の使用が業務の自然な流れを乱す可能性があること、記録が重要な意味を持つ緊急時の対応等において業務中入力が困難であること等の問題点がある。諸外国では、米国 Intel 社が医療看護現場での ICT の利活用は大々的に取り組み始めている。カルテ、オーダー情報等の電子化、既存の PC を進化させた看護現場用無線端末の導入等である。しかし、後者は前出の Leaf と同様の問題を有する。デンマークの Aarhus 大学では、医療従事者が装着した Bluetooth タグによって検出された医療従事者の位置、状況、スケジュールといった情報を大型ディスプレイや携帯電話で閲覧可能なシステムを開発し、外科病棟で運用している。このシステムは他の医療従事者の状況の把握を容易にし、作業を効率化することができるが、状況の入力は人間が行っている。いずれのシステムも、本研究開発で目指している、「点」・「線」・「面」の理解、すなわち、複数人が関与する業務の流れの理解のように複雑な行動・状況理解は行っていない。

本研究開発課題が確立することを目指しているシステムを実現するためには、要素技術として、行動・状況理解技術、知識構築技術、知識提供技術が必要になる。これらの要素技術に目を転じると、行動・状況理解技術に関しては、スイス連邦工科大学の Tröester 教授のグループ、MIT の House\_n プロジェクト等で装着型センサや環境設置型センサからのデータに基づく行動識別技術の研究が進められている。しかし、いずれのプロジェクトも比較的単純な文脈での行動が対象であり、複数の文脈での行動を対象とする本研究開発とは異なる。

知識構築技術に関しては、本研究開発で取り組む、実世界での行動やその周囲状況に関するセンサ・データからの一般的傾向に関する知識構築に関する研究開発はまだ緒に就いたばかりである。それらの研究開発の主な対象は位置であり、ワシントン大学等で大規模な実験データの分析が進められている。しかし、本研究開発で取り扱うような複数人の行動やその周囲状況に関する一般的傾向に関する知識構築に関する研究開発は、ほとんど手付かずの状態である。一般的傾向とともに希少現象も取り扱うが、希少現象を取り扱う分野として「チャンス発見」がある。この分野を先導する立場の研究者が本研究開発の分担者の中に含まれ、同分野における国際会議の運営、論文集の編集等を務めている。

知識提供技術に関しては、関連研究として看護記録や業務量分析の研究がある。現在の医療看護現場では、看護記録は看護師が 1 日の業務の終了前に 1 日を振り返りながら作成する場合が多い。また、業務量分析は典型的には、分析対象の看護師の背後に分析者の看護師が付き、分析対象の看護師の行動を一定時間間隔ごとに記録するといった形式で行われる。いずれも労働集約的であり、医療看護従事者の負担が大きい。そのために、詳細な記録や分析が困難な状況にある。この詳細な記録や分析の過程は本研究開発によって確立される技術によって支援することができる。すなわち、本研究開発の成果まさに医療看護現場が求めている技術である。また、本研究開発では、後述するように、ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを作成する過程を支援する技術を開発するが、その中核となる技術は映画的カメラワークに基づく自由視点映像生成技術である。自由視点映像生成技術に関しては、ドイツのマックス・プランク情報学研究所等で行われているが、本研究開発が進めている、実世界でのカメラ配置に関する制約も考慮した、自由視点映像に対する映画的カメラワークの適用技術の研究開発は他では取り組まれていない。さらに、本研究開発では、後述するように、業務中の看護師に適切な時期に適切な方法で知識（アドバイス）を提供する技

術を開発するが、その中核となる技術はユーザを含む実世界に関する情報を利用した文脈依存の知識提供技術である。この技術に関しては、多数の研究開発が存在するが、総じて、本研究開発が対象としているような、ときとして緊急性が高くなる状況での使用に適しているか否かは未知数である。

## 2 研究開発の全体計画

### 2-1 研究開発課題の概要

本研究開発課題では、業務を阻害しない小型装着型センサや環境設置型センサにより、これまで見過ごされてきた業務中の日常行動・状況を理解し、これに基づき業務に有用な知識を構築し、その知識を関係者にも提供するシステムを構築する技術を確認する。具体的な題材としては、このようなシステムへのニーズが高い医療看護現場を取り上げ、実証的な実験を行い、将来の事業化へ向けた道筋をつける。

知識が人間の行動に与える影響という観点から医療看護業務を考える。看護業務中に看護師が使用する知識は一般常識以外に、専門書等で体系化された知識、日々の看護業務に関してあらかじめ策定された看護計画に関する知識、日々の業務として行った行動の経験を通じて蓄積される知識（行動経験知識）に大別することができる。看護師は看護学校で習う専門書に書かれた知識のみでは実際の現場で十分ではなく、行動経験知識が看護師の能力差の源泉となることを理解している。この行動経験知識を診療科や病棟の中で共有することが看護業務の質の向上に大きく寄与することになる。

そこで、本研究開発課題は、現場での行動に関する経験的知識に着目し、行動経験に基づく知識（行動経験知識）を構築し、関係者の間で共有する過程を支援するシステムを開発する。題材としては、前述のように、医療看護現場を取り上げる。このシステムを実現するためには、(1) 業務を阻害しない小型装着型センサや環境設置型センサを使用し、業務に関する知識等に基づき、これまで見過ごされてきた看護師の日常の行動・状況を観測・理解する技術、(2) 理解結果に基づき一般的傾向や因果関係等に関する行動経験知識を構築する技術、さらには、(3) 行動経験知識を関係者にも提供する技術の3つが必要となる。そこで、これら3つの技術に対応するサブテーマを以下のように設定する。

#### ア 行動・状況理解技術の研究開発

看護業務におけるヒヤリ・ハット、事故等を削減したり、業務の質や効率を向上させたりするためには、看護業務中の行動や状況を観測し、その実態を理解する必要がある。ここで「理解する」とは、観測された看護師の行動と周囲の状況を、あらかじめ策定された看護計画に関する個別知識、専門書等に記述されている体系的知識と照合して、その行動・状況を識別するとともに、その行動・状況を当初の計画と対応付ける処理である。

この際、各看護師の各業務をいわば「点」として単独に理解するだけではなく、その点に至った業務の流れをいわば「線」として理解しなければならない。ヒヤリ・ハット等が複数の業務に関する要因の積重ねとして生じることがあるからである。ここで、「線」には、1人の看護師が行っている業務から構成されるもの、1人の患者に対して行う特定の業務の細分化から構成されるもの等、複数の種類が存在する。さらには、並行して起こる同一病棟の看護師全員の業務の流れや周囲状況の推移に関する複数の「線」を「面」として理解することにより、ヒヤリ・ハットの複合的要因を分析することができる。この理解技術と精密な観測技術を確認することができれば、ヒヤリ・ハット事例を不確実な人間の記憶に依存することなく、正確な観測データに基づき分析することが可能になる。

以上を実現するために、看護師の行動や周囲状況を種々のセンサを使用して自動的に計測し、時系列データとして常時記録するセンシング技術を開発する。また、上述のように

看護師の行動や周囲状況を「点」・「線」・「面」として理解するために、後述する知識構築技術により構築される看護業務に関する知識等を使用する。具体的には、様々な「線」上で生起する可能性がある「点」の間の関係や、「線」と「線」の間の関係を確率モデル等により学習する。これらの看護業務のモデルと、実際の看護師の行動・状況の認識結果とを事後照合する。これにより、ヒヤリ・ハットや事故の原因の解明、さらには、オンライン認識・照合による、これらの未然・再発防止等に役立てることができる。

以上が行動・状況理解処理の概略的な流れである。次に、各部分に関する具体的な検討課題に関して述べる。個々の看護師の看護業務に関しては、実際に何を行ったのか、どのくらいの時間を費やしたのか、実際に行ったことが計画に基づくものであったか否か、計画に基づくものでなかったときにはそれが何に起因するのかを理解しなければならない。さらには、その業務を行った際の肉体的状態、生理・心理的状态、周囲の状況、それらの間の関係を理解することも望まれる。そのために、看護師の身体に装着する装着型センサと環境に設置する環境設置型センサを組み合わせたユビキタス・センサ・ネットワークを構築し、上記の項目を理解する方法を検討する。

装着型センサを含む装着型機器（センサ以外の機能を持つ機器を含む一般の場合には「装着型機器」ということにする）に関しては、次の制約がある。例えば、看護師は血液等の処置の際にしばしば手袋を着用するから、手袋の着脱時に邪魔になってはならない。また、看護師は自らの肩に患者の手を回し患者のベッドから車椅子への移乗を援助することがあるから、この場合にも支障があってはならない。さらに、看護師の勤務時間は長時間になることがあり、長時間の装着が疲労の原因とならないように軽量なものでなければならない。また、看護師や患者のプライバシーを不必要に侵害しない配慮が重要である。

以上の制約条件を考慮して、装着型機器には、センサとして看護師を特定するための ID タグ、看護師の発話記録・認識のためのマイクロフォン、身体の状態や動作、動作の積算、生理・心理的状态を計測可能なものを検討する。さらには、後述する知識提供技術に必要とされる機能の組み込み方法等も検討する。また、本研究開発の前半では、知識構築のために安定して理解結果を供給することに注力し、装置内に観測データを記録する方式を取り、後半で実時間通信機能等を組み込む等の高機能化を図る予定である。したがって、本研究開発の前半では、観測データを後から理解するオフライン理解技術を確立し、後半にオンライン理解技術の確立に進む。

一方、環境設置型センサとしては、ID タグやマイクロフォン、カメラ等の映像センサ等を検討する。映像センサを使用したセンシング技術に関しては、映像中の同一物体の追跡等は実現可能であるが、追跡対象が「誰・何」であるかの識別は非常に困難である。そこで、複数視点・複数種類の映像センサの導入や、他のモダリティのセンサから得られる情報を統合することにより、対象空間中の物体を効率的に認識する技術について検討する。

様々なセンサからの情報に基づく行動・状況理解を実現するには、異種・複数のセンサの時系列データから行動・状況の変化を高効率で予測・追跡し、識別する技術が必要である。また、すべてのセンサから常に情報を獲得することができるとは限らない場合、欠落情報を確率的に予測・補完する技術が求められる。このような技術に関しても検討する。

行動・状況理解の対象となる看護業務は、約 340 種類に分類する病棟看護業務の内容分析に関する研究事例もあるが、他の様々な抽象度でも表現可能であることから、階層的な知識表現を考える。例えば、「注射」という看護業務を考える。様々な注射をすべて 1 つの範疇に分類する場合、皮下注射、静脈注射等に分類する場合、さらには、特定の薬剤の注射ごとに分類する場合、等の抽象度が存在する。種類の異なる薬剤の使用手続きが異なる可能性もあることから、このような階層の中の異なる抽象度の表現を観測データと照合し理解しなければならない。また、個々の看護業務に関して、その詳細な手順を表す内部構造を考える。例えば、注射という業務は注射の準備、注射の実施等から構成される一連の

細かい業務の流れから構成される。本来、連続して行う一連の業務の間に他の業務が割り込んできた場合にヒヤリ・ハットが発生しやすいことが経験的に指摘されている。したがって、このような業務の手順に関する知識を活用して、一連の業務が一定時間内に行われたか否かを区別することも重要である。以上のような看護業務に関する概念の上位下位関係や全体部分関係に関する記述の維持管理を容易にするために、知識構築技術の研究開発と連携して、領域オントロジの形式で記述することを検討する。

## イ 知識構築技術の研究開発

本サブテーマでは、看護業務中の看護師の行動やその周囲状況を観測・理解することにより獲得された事実を分析し、一般的傾向や因果関係等に関する行動経験知識を構築する技術を確立することを目指す。ここでは、看護師の行動やその周囲状況全般に関する「点」・「線」・「面」の一般的傾向や一般的傾向からの逸脱に関する知識の構築技術のみではなく、ヒヤリ・ハット等が発生しやすいことが経験的に知られている状況に関して、それに特化した分析および知識構築技術も対象とする。

看護師の行動やその周囲状況全般に関する知識構築技術に関しては、一般的傾向を抽出する技術を最初に検討する。まず、看護師の1日の業務の「線」を時系列的に分析し、看護計画に対する各看護師の業務の進め方の傾向に関する知識を構築する。次に、「線」・「面」の理解結果を分析し、確率的なモデルを構築することを検討する。

分析対象の属性としては、看護師の各業務、すなわち、「点」で行っている業務の種類、業務の対象となる患者、開始・終了時間、肉体的状態、感情的状態、周囲状況等が検討の対象となる。分析としては、N-gram 特徴量による分析、最大エントロピ法による分析、決定木学習による分析等を検討する。また、複数の事象の共起現象の分析法に関しても検討する。一般的傾向を抽出する際、異なる抽象度の表現を併用する方が単一抽象度の記述を使用する場合と比較して効率的に処理を行うことができる可能性がある。したがって、概念の上位下位関係や全体部分関係を表現する領域オントロジの使用も検討する。

また、看護業務中のヒヤリ・ハット等は看護業務全体から見れば希少な現象である。そこで、希少現象を抽出して、その背後にある潜在的関係を顕在化する手法を検討する。具体的には、「チャンス発見」のための手法（キー・グラフ等）をまず検討する。

上述の一般的傾向や希少現象に関する知識は、後述する知識提供のために行動・状況理解結果と照合されることになる。この照合を効率的に行うために、他の2つのサブテーマと連携して、業務の種類、業務実行時間、計画との一致・不一致、不一致理由、肉体的状態や生理・心理的状态を表現する属性等の、行動・状況理解結果の属性値の分布等を考慮した知識の構造化に関しても検討する。

上述の看護業務全般に関する分析・知識構築と並行して、ヒヤリ・ハット等が発生しやすいことが経験的に知られている状況に関して、それに特化した分析および知識構築技術にも取り組む。具体的な状況としては、医療従事者間での口頭指示等でのコミュニケーション・エラーに関するものを取り上げる。なぜならば、医療従事者各人の経験やスキルに基づく背景知識の相違に起因した思い込み、勘違いから引き起こされる医療事故、ヒヤリ・ハット等が少なからず発生しているからである。この問題を解決するためには、コミュニケーションのより詳細な分析とこれに基づく対応が必要である。しかし、そのようなコミュニケーションの詳細なデータを獲得することは従来、不可能、あるいは、非常に困難であった。これを可能にするために、前述の装着型センサや環境設置型センサを使用する。

コミュニケーション・エラーに関する分析においては、最初に、センサにより観測・収集された会話データを利用して、各医療従事者が使用している医療領域オントロジを構築する。この領域オントロジ構築の目的の1つは、各人が病棟、診療科、病院ごとに異なって使用している用語、表現を関連付けし、体系化することである。



このようなオントロジを構築するために、大規模な会話データから構成されるコーパスを構築し、キーワード、および、キーワード間の相関関係を抽出する。結果の有効性は最終的に専門家が判断する必要があるため、専門家向けの操作性の良い作業環境を構築する。

次に、コミュニケーション・エラーを発生しやすい状況に関する一般的傾向を行動経験知識として抽出・構築することに取り組む。そのために、装着型センサや環境設置型センサにより収集された関係者間のインタラクションに関するコーパス、すなわち、インタラクション・コーパスを構築し、コミュニケーション・エラーの発生状況を分析する。

上述の知識構築技術を確認するための研究開発を通じて、ユビキタス・センサ・ネットワークから獲得されるデータを総体として分析し、知識を構築するための一般的な方法論に関する知見を得る。

## ウ 知識提供技術の研究開発

本サブテーマでは、行動経験知識を関係者に提供することにより、関係者の間で共有する技術を確認することを目指す。そのために、3種類のシステムを構築する。

### (1) 看護業務記録・分析システム

看護師は勤務時間の終了前に、それまでの看護業務に関する看護記録を作成する。看護業務の行動・状況理解技術により高精度で業務の識別を行うことができると、記録に必要な時間を大幅に短縮することが期待される。また、行動・状況理解技術と知識構築技術を組み合わせることにより、看護師が行う業務の一般的傾向を抽出し、さらなる分析を加え、業務の効率を低下させる原因を推定することが可能になる。そこで、看護業務の記録・分析作業のためのインタラクティブな支援環境を構築し、その技術を確認する。

### (2) ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システム

看護師教育の一環として、看護業務における医療事故、ヒヤリ・ハット等に関するビデオを利用した教育プログラムを採用する試みがなされている。このビデオは映像作家が作成した台本にそって役者が演技を行うという点でドラマや映画と同じ制作手法が取られている。この映像は専門家の技量により非常に高品質なものとなりえる一方で、人件費や機材費が必要なために高コストにならざるをえないという欠点を持つ。

そこで、台本により役者に演技させ、カメラを移動させることにより撮影された映像と同等のヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを定常的に撮影されているビデオ映像から半自動的に作成する手法を確認することを目指す。そのためには、定常的に撮影されている映像のカメラの視点を後から変更する映像処理技術と、台本や編集といった専門知識に関する知識処理技術を組み合わせる必要がある。

映像処理技術に関しては、自由視点映像生成に関する研究が活発に行われ、視点位置を自由に設定することが可能になっている。しかし、専門家の映像のように、対象空間に生起しているイベントを考慮した視点位置を設定する技術は考案されていない。また、撮影したイベントの内容を最も効果的に伝える映像ストリームを生成するための技術が必要となるが、そのような技術も考案されていない。

本研究開発課題では、医療施設が対象であるために、多様な撮影環境に設置された監視カメラのように定常的に撮影された映像を入力とすることが前提とされることから、すべてのシーン・領域において正確な3次元モデルを復元することができるのに十分な映像情報を獲得することを期待することができない。そこで、撮影現場での撮影環境の制約と映像作成時のカメラワークの要求の両者を満足する映像生成手法の確認を目指す。

知識処理に関しては、上記を達成するためには、映像中に何が撮影されているのか等をメタデータとして記述する必要がある。そこで、メタデータ・フォーマットを策定する。

また、映像と上記のメタデータを解釈して映像を自動的に編集する必要がある。これを実現するために、映像編集の専門家の知識を形式化する知識ベースを開発する。

本サブテーマでは、映像処理技術と知識処理技術を組み合わせ、ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムを構築し、その技術を確立する。

### (3) ジャストインタイム看護アドバイス・システム

前述の知識構築技術により、看護師の業務の流れに関する一般的な傾向や医療事故、ヒヤリ・ハット等につながる希少現象に関する知識を獲得することができる。また、行動・状況理解技術により、業務中の看護師が業務の「線」・「面」の中のどのような位置にあるのかを推論することができる。これらの技術を組み合わせることにより、後続する可能性の高い業務をよりの確に行うためのアドバイスや医療事故、ヒヤリ・ハット等を回避するためのアドバイスを提供することが可能になる。

アドバイスを提供する際、提供先である看護師の視点で考える必要がある。一般に看護師は多忙であり、多くの場合には日常業務を問題なくこなしていると思って行動していることから、看護師がアドバイスを積極的に求めることを期待することはできない。したがって、看護師の問合せ等により始めて知識提供を行う反応型 (reactive) 知識提供ではなく、システムが状況判断を行い、知識を提供する、あるいは、少なくとも知識提供に関する注意喚起を行う積極型 (proactive) 知識提供が求められる。また、患者の周囲の状況にも依存して知識提供の方法を変化させる必要がある。さらには、時間的余裕や進行中の業務の種類等に依存してアドバイスの方法やタイミングを変更する必要がある。例えば、現在の状況と類似の状況からヒヤリ・ハットに至った過去の事例が存在するが、ヒヤリ・ハットに至るまで時間的に余裕がある場合には、業務の流れを妨げない「さりげない」注意喚起で十分であろう。そこで、このような要求条件を満足する積極型知識提供技術を開発する。さらに、看護師の様々な状況を考慮したユーザ適応型知識提供を行うためにユーザ・モデルを使用する。そして、注意喚起の側面も考慮した知識提供戦略を検討する。

以上により、業務中の看護師にジャストインタイムに知識 (アドバイス) を提供するジャストインタイム看護アドバイス・システムを構築し、その技術を確立する。

以上をまとめると、本研究開発課題では、行動・状況理解技術、知識構築技術、知識提供技術を組み合わせ、3種類の形態の知識提供を行うシステムを構築する。すなわち、「看護業務・記録分析システム」、「ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システム」、「ジャストインタイム看護アドバイス・システム」である。これにより、ユビキタス・センサ・ネットワーク技術と知識処理技術を組み合わせ、実際の現場で業務を行う人々の間で知識を共有する技術に関する一般的な方法論を確立することを目指す。

## 2-2 研究開発目標

### 2-2-1 最終目標 (平成21年3月末)

「日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発」

- (1) 医療機関の特定の診療科あるいは病棟規模の看護師 10 人程度 (それぞれ勤務時間最大 14 時間中に 300 種類程度に分類される看護業務を 30 以上 150 以下実行する) を対象とする看護業務記録・分析システムのプロトタイプを開発すること。本システムは医療看護知識に基づき、小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う行動・状況を理解することにより看護師の勤務時間中の業務を観測・記録することにより、看護師の勤務時間中の業務を記録する作業を効率化する環境を提供するとともに、複数の看護師の業務の流れを可視化する機能、各業務に要する所要

時間の分布等の統計的情報を可視化する機能、および、ジャストインタイム看護アドバイス・システムと連携する機能等を有するものとする。

看護師の勤務中の業務の記録を作成するためには、小型装着型機器や環境設置型機器から構成されるユビキタス・センサ・ネットワークから得られた観測データを知識と照合することにより個々の業務、すなわち、「点」を識別すること等が必要になる。したがって、先端性、難易度ともに高い目標設定である。

具体的な対象の設定は予備調査における医師、看護師等との情報交換や現場の観察等に基づく極めて現実的なものである。勤務時間最大 14 時間という数値は 2 交代制の場合の夜勤を想定している。また、識別する看護業務の分類数に関しては、前述のように、病棟看護業務の内容分析に関する先行研究において看護業務が約 340 種類に分類されていること、および、予備調査を行った診療科で看護業務を 280 種類程度に分類していることから、300 種類程度と想定した。また、実行する看護業務数に関しては、看護師が 24 時間に 1 人当たり 240 の業務転換を行ったことがあるという調査報告（阿佐美仁美，水越直美，山崎聖子，菅原環：看護婦の忙しさと誤薬事故発生の関連，第 31 回日本看護学会（看護管理）講演論文集，pp. 207-209, 2000.）、および、予備調査において看護師が 8 時間の勤務時間中に 30 から 70 程度の業務を行っていたことから、30 以上 150 以下は現実的な設定である。看護師数の設定に関しても、予備調査を行った診療科で同時に勤務している看護師の数に近い数である。

- (2) 上述の看護師 10 人程度を対象とするヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムを開発すること。本システムは看護現場を複数のカメラで定常的に撮影し、これらの映像を合成することにより、役者に台本通り演じさせ、カメラを移動することにより撮影した映像と同等のヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを半自動的に生成することを可能なものとする。

本システムを実現するためには、複数のカメラで定常的に撮影された映像から意味的に重要な部分のみを抽出する技術と自由視点映像生成技術を組み合わせる必要がある点から、先端性、難易度ともに高い課題設定である。また、作成されたビデオは看護教育に大きな影響を与えることが期待される。

- (3) 上述の看護師 10 人程度を対象とするジャストインタイム看護アドバイス・システムのプロトタイプを開発すること。本システムは医療看護知識に基づき、小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う行動・状況を理解し、ヒヤリ・ハット等が発生する可能性等からアドバイス提供の適切性に関する状況判断を行い、この判断に基づき適切な知識を提供することが可能なものとする。

本システムは看護業務記録・分析システムと同様の困難さ以外にも、業務中の看護師に業務を阻害しないように知識を提供するという別の困難さを含んでいるという点で難易度の高い課題設定である。

#### ア 行動・状況理解技術の研究開発

- (1) 小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う看護業務を正答率 90% 以上で理解する行動・状況理解技術を確立すること。

予備調査として行った実験で看護師の音声による業務報告に基づき看護業務の計

測を試みたが、80%程度の正答率しか得られていない。ICU等の環境雑音が大きい状況では、この数値はさらに低くなる。各種センサ情報の統合や看護計画等の知識を使用するにしても、上記の目標設定は非常に難易度の高いものである。しかし、上述の精度を得ることが可能となれば、看護業務記録・分析システムにおける良好な編集環境の提供とあいまって、看護業務記録作業の大幅な効率化を期待することができる。したがって、上記の目標設定は妥当なものである。

- (2) 無線通信機能を有する小型装着型機器に関する技術を確立すること。本小型装着型機器は本体、センサ機器、注意喚起等のための機器、バッテリー等から構成されるものとし、構成要素および配線類が看護業務を阻害しないように構成され、かつ、本体部分の体積が100 cm<sup>3</sup>、重量が100g程度とする。

前述のように、看護師の業務を阻害しないためには、装着型機器を装着することができる看護師の身体の部位、配線可能な身体上の部位は非常に限定されている。そのような限定されている状況における小型装着型機器の研究開発は難易度の高いものである。

上述の本体部分に関する仕様は予備調査における看護師へのアンケート結果等に基づいたものである。

#### イ 知識構築技術の研究開発

- (1) 行動・状況理解結果のデータベースが与えられたとき、看護業務に関する一般的傾向、および、ヒヤリ・ハット等の希少現象に関する傾向を抽出する統合的な技術を確立するとともに、延べ3,000時間程度の看護業務に関する観測に基づく行動・状況理解結果を使用して、技術の有効性を検証すること。

看護業務に関する一般的傾向および希少現象に関する傾向を抽出する統合的な技術の確立は極めて挑戦的な目標設定である。

なお、延べ3,000時間の根拠は以下の通りである。看護業務は24時間休みのないものであり、引継ぎ時におけるコミュニケーション・エラーの分析等も行うためには24時間連続観測・記録が望まれる。また、週間変動を考慮すると、最低7日間連続観測・記録が望まれる。看護師5名のチームに関して24時間1週間観測すると、延べ900時間弱となり、他の変動要因を調べるために3種類、延べ3,000時間程度と設定することとする。

- (2) 医療看護オントロジ・システムを構築すること。本システムは医療看護に関する専門用語1万語および上述の看護師の業務に関する観測データ延べ3,000時間程度に含まれる発話データから抽出された専門用語を含み、それらを関連付けするものとする。

上述の観測データからコミュニケーション・エラー等の分析を行うのに十分な規模のものとして、上記の目標を設定する。

- (3) 医療従事者間のコミュニケーションに関するインタラクション・コーパスを構築する。本インタラクション・コーパスは看護師の業務に関する観測データ延べ3,000時間程度に含まれるインタラクションを要素に分割し、分類し、構造化したものとする。

このコーパスの規模は他に類を見ないものであり、下記の分析等を行うために十分であると推定される。

- (4) 上記インタラクション・コーパスの分析に基づき、コミュニケーション・エラーの発生に影響を与える特徴的な属性を抽出すること。

コミュニケーション・エラーはヒヤリ・ハット等の重要な発生要因の1つであり、その分析データは医療事故、ヒヤリ・ハット等の回避への高い貢献を期待することができる。

#### ウ 知識提供技術の研究開発

- (1) 知識構築技術により構築された知識、行動・状況理解結果に基づき、看護業務記録・分析システムを構築するための技術を確立すること。

知識提供技術の研究開発においては、行動・状況理解技術の研究開発、知識構築技術の研究開発の成果を踏まえ、看護業務記録・分析システムを構築するために、上記の目標を設定する。

- (2) 看護現場を定常的に撮影した映像データが与えられたとき、看護教育のためのヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを半自動的に生成する技術を確立すること。

ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムに関しても同様である。

- (3) 知識構築技術により構築された知識に基づき、行動・状況理解結果が与えられたとき、ヒヤリ・ハットが発生する可能性等からアドバイス提供の適切性に関する状況判断を行い、この判断に基づき適切な知識を提供する技術を確立すること。

ジャストインタイム看護アドバイス・システムに関しても同様である。

### 2-2-2 中間目標（平成19年1月末）

- (1) 医療機関の特定の診療科あるいは病棟規模の看護師10人程度（それぞれ勤務時間最大14時間中に300種類程度に分類される看護業務を30以上150以下実行する）を対象とする看護業務記録・分析システムのプロトタイプを開発すること。本システムは医療看護知識に基づき、小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う行動・状況を理解することにより看護師の勤務時間中の業務を観測・記録することにより、看護師の勤務時間中の業務を記録する作業を効率化する環境を提供するとともに、複数の看護師の業務の流れを可視化する機能、各業務に要する所要時間の分布等の統計的情報を可視化する機能等を有するものとする。

看護業務記録・分析システムを作成することにより、行動・状況理解等に関する正解データを容易に作成することができる等、他の研究開発を加速する効果が期待されるため、看護業務記録・分析システムの中核部分を先行して開発するように上記の目標を設定する。

- (2) 上述の看護師10人程度を対象とするヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムの要素技術を確立すること。

中間目標として、要素技術の確立を設定する。

- (3) 上述の看護師 10 人程度を対象とするジャストインタイム看護アドバイス・システムの要素技術を確立すること。

中間目標として、要素技術の確立を設定する。

#### ア 行動・状況理解技術の研究開発

- (1) 小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う看護業務を正答率 85% 以上で理解する行動・状況理解技術を確立すること。

最終目標の正答率への中間点として正答率 85% を目標とする。

- (2) 本体内に記録機能を有する小型装着型機器に関する技術を確立すること。本小型装着型機器は本体、センサ機器、バッテリー等から構成されるものとし、構成要素および配線類が看護業務を阻害しないように構成されるものとする。また、8 時間程度連続動作可能であるものとする。

無線通信機能を有する小型装着型機器は難易度が高いため、知識構築技術の研究開発、知識提供技術の研究開発に必要なデータを提供するために、本研究開発の前半にデータ記録機能を有する小型装着型機器の開発を行うこととする。ここで、連続動作可能時間 8 時間程度という目標は、深夜勤務が 14 時間連続であっても、休憩時間に記録装置を交換することにより、全勤務時間の記録を保存することができることから設定する。

#### イ 知識構築技術の研究開発

- (1) 行動・状況理解結果のデータベースが与えられたとき、看護業務に関する一般的傾向を抽出する技術を確立すること。

一般的傾向を抽出する技術は看護業務記録・分析システムを開発するために必要な技術であるために中間目標までに技術を確立することとする。

- (2) 行動・状況理解結果のデータベースが与えられたとき、ヒヤリ・ハット等の希少現象に関する傾向を抽出することが可能な方法を提示すること。

希少現象に関する傾向の分析は、まさに緒についたばかりの研究領域であるため、中間目標として上記を設定する。

- (3) 医療看護オントロジ・システムを構築すること。本システムは医療看護に関する専門用語 1 万語および上述の看護師の業務に関する観測データ延べ 1,000 時間程度に含まれる発話データから抽出された専門用語を含み、それらに関連付けするものとする。

3,000 時間程度の観測データを取り扱うための中間目標として、看護師 5 名に関する 24 時間 1 週間分のデータである延べ 1,000 時間程度の観測データを取り扱うこととし、医療看護オントロジ・システムに関する中間目標を上記とする。

- (4) 医療従事者間のコミュニケーションに関するインタラクション・コーパスを構築する。本インタラクション・コーパスは看護師の業務に関する観測データ延べ 1,000 時間程度に含まれるインタラクションを要素に分割し、分類し、構造化したものとすること。

イー（3）と同様に中間目標として設定する。

#### ウ 知識提供技術の研究開発

- (1) 知識構築技術により構築された知識、行動・状況理解結果に基づき、看護業務記録・分析システムを構築するための要素技術を確立すること。

知識提供技術の研究開発においては、行動・状況理解技術の研究開発、知識構築技術の研究開発の成果を踏まえ、看護業務記録・分析システムを構築するために、上記の目標を設定する。

- (2) 専門家が作成したヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ・ビデオに関する被験者実験を行い、ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを半自動的に作成するために必要なパラメータ属性を提示すること。

効果的なヒヤリ・ハット・ドキュメンタリの性質を明らかにするために、上記の目標を設定する。

- (3) 知識構築技術により構築された知識、行動・状況理解結果に基づき、ヒヤリ・ハットが発生する可能性等からアドバイス提供の適切性に関する状況判断を行い、この判断に基づき適切な知識を提供することが可能な技術を提示すること。また、看護師の行動・周囲状況とそれらに適した知識提供・注意喚起のためのモダリティの関係等を明らかにすること。

「さりげない」知識提供を行うための設計方針を定めるために、上記の目標を設定する。

## 2-3 研究開発の年度別計画

金額は非公表

研究開発項目	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	計	備考
日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発							
ア 行動・状況理解技術の研究開発	基礎検討	要素技術 開発	オフライン 理解技術確立	オンライン 理解技術確立	統合化 ・評価	→	システム試作1: 看護記録・分析システムの核部分の試作 システム試作2: ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムの試作 統合化・評価: 3つのシステムの試作・評価
イ 知識構築技術の研究開発	基礎検討	要素技術 開発	一般傾向知識 構築技術確立	希少現象知識 構築技術確立	統合化 ・評価	→	
ウ 知識提供技術の研究開発	基礎検討	要素技術 開発	システム 試作1	システム 試作2	統合化 ・評価	→	
間接経費							
合計							

注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。

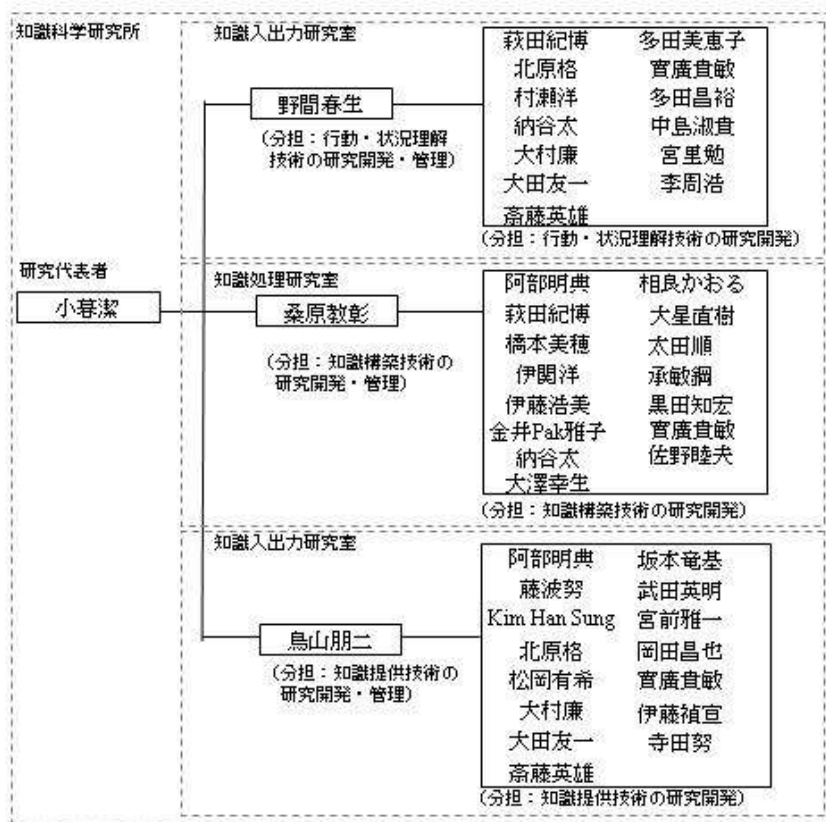
2 備考欄に再委託先機関名を記載

3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。



### 3 研究開発体制

#### 3-1 研究開発実施体制



## 4 研究開発実施状況

### 4-1 行動・状況理解技術の研究開発

#### 4-1-1 序論

本サブテーマでは、装着型センサや環境設置型センサの連携により、看護師の日常行動や状況を常時観測し、知識と照合することにより理解する技術の確立を目指す。

本サブテーマの中間目標の1つである「小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う看護業務を正答率85%以上で理解する行動・状況理解技術を確立すること。」を達成するために、平成17年度に引き続いて、センサ・ネットワークの研究開発を進めた。異種多数のセンサ等から構成されるセンサ・ネットワークを効率的に運用するためには、それらを集約的に制御する必要がある。そのためのセンサ制御とデータ収集を目的としたソフトウェアを開発した。また、これまでに基本設計を行ったセンサ・ネットワークのアーキテクチャに関して、実環境での妥当性を確認するとともに、問題点を把握し、解決策を見出すために、協力病院内でのセンサ・ネットワークの構築を引き続き進めた。構築過程で重要性が明確になった問題点を解決するために、センサ・ネットワーク内の各装置の時刻同期機能、業務中の音声収録における雑音対策、無線による近接状態識別機能等の要素技術を開発した。さらに、これまでに開発した要素技術を発展させることによって、上記中間目標を達成した。

本サブテーマの他方の中間目標「本体内に記録機能を有する小型装着型機器に関する技術の確立すること。」に関しては、平成17年度に実施したプロトタイプ試作の成果に基づき、携帯性を重視した準実用機の開発を進め、その性能評価によって上記中間目標の達成を確認した。

#### 4-1-2 センサ・ネットワークの基本アーキテクチャの実装

##### a. 各種機器制御・データ収集ソフトウェアの開発

センサ・ネットワークには異種多数のセンサや他の機器が接続されることになる。それらの制御およびセンサ・データ収集のためのソフトウェアを開発した。

本ソフトウェアは、小型装着型機器本体上で稼動するパーソナル・センサ・ネットワーク・ローカル制御ソフトウェアとサーバ上で稼動するセンサ・ネットワーク制御ソフトウェアから構成される。前者は、パーソナル・センサ・ネットワークを構成する各種装着型機器とBluetoothによって通信を行い、各種装着型機器の制御およびセンサ・データの収集を行う。本年度は、加速度センサ、RFID タグ・リーダ（図4-1-2-1）、バイブレータの動作制御機能を実装した。また、パーソナル・センサ・ネットワーク・ローカル制御ソフトウェアは、サーバ上で稼動するセンサ・ネットワーク制御ソフトウェアと無線LAN経由で通信を行う。

センサ・ネットワーク制御ソフトウェアは、そのインタフェース（図4-1-2-2）

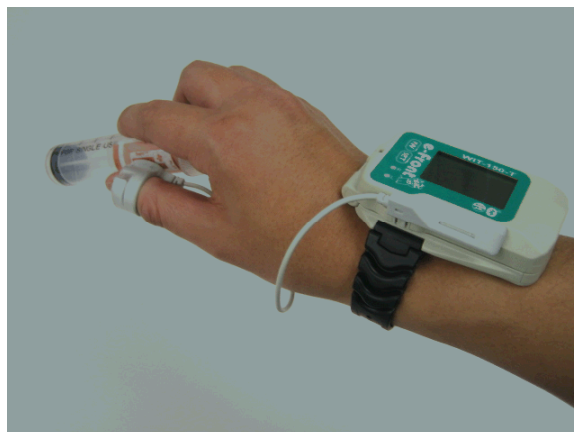


図4-1-2-1 RFID タグ・リーダとタグ付き注射器



図4-1-2-2 センサ・ネットワーク制御ソフトウェア

から、各小型装着型機器本体の周辺にある装着型機器の検索、各小型装着型機器本体と装着型機器間の関連付け、すなわち、どの看護師がどの機器を身体の中のどの部位に装着したのかに関する初期設定、センサ・情報提示機器のパラメータ設定、センサ・データ収集、および、提示機器制御等を集中して行うことを可能にする。このソフトウェアは各種装着型機器の内部時計の時刻同期を行うことができ、これによって、複数人の装着型センサからの一貫したデータ収集や情報提示機器への同時情報提示が可能となる。

b. 協力病院におけるセンサ・ネットワークの構築と実証実験

これまでに基本設計を行ったセンサ・ネットワークのアーキテクチャに関して、実環境での妥当性を確認するとともに、問題点を把握し、解決策を見出すために、平成17年度から進めている、協力病院内におけるセンサ・ネットワークの構築をさらに進めて、実際に機能検証実験を行った。このセンサ・ネットワーク上には、昨年度までに試作を行い、設置した通過センサ、および、パーソナル・センサ・ネットワーク装置を接続し、実環境における看護師の行動データ取得実験を行った。通過センサは、看護業務の位置依存性に着目し、業務内容が異なると予測される各領域を区別するために34個を配置し、対象とする



図4-1-2-3 通過センサ設置位置と位置認識単位領域



図 4-1-2-4 パーソナル・センサ・ネットワーク装置

フロアを 27 個の領域に分割するようにした (図 4-1-2-3)。また、パーソナル・センサ・ネットワーク装置は、加速度センサを接続して看護師の「身体の各部位の動き」を取得できるようにし、看護師が 4 個ずつ装着することとした。

センサ・ネットワーク敷設の対象となったフロアは約 52.5m×32.5m であった。センサ・ネットワークのバックボーンの構築において、有線 LAN の敷設が困難であったため、当初の設計である有線 LAN の使用に替わり比較的帯域の太い IEEE802.11a (54Mbps) を持つ無線 LAN アクセスポイントを 5 台設置し、それぞれを WDS (Wireless Distribution System) 機能を用いて接続する構成とした。同様に、環境設置型センサである通過センサについても、IEEE802.11b (11Mbps) で接続した。パーソナル・センサ・ネットワークからのデータの流れとしては、Bluetooth で送られてくるセンサ・データを装着型機器本体で中継して、前述の IEEE802.11b で各アクセスポイントにローミングする構成とした。装着型機器本体は機能確認を目的として、同等のネットワーク機能を有する小型の計算機 (シャープ製、Linux Zaurus) を用いた。また、看護師へのヒアリングを行い、パーソナル・センサ・ネットワーク装置の装着位置を胸、腰、両上腕へ決定した。これらの位置に看護師が装着した状況を図 4-1-2-4 に示す。なお、これら IEEE802.11a/b、および、Bluetooth の無線機器の利用は、協力病院において医療機器への無線の影響調査を行い、影響がないことを確認した上で決定した。

サーバ上で前述のセンサ・ネットワーク制御ソフトウェアを動作させ、データ収集を行った。そして、構築したセンサ・ネットワークを用いて、通過センサのデータの収集実験を、4 月、10 月、12 月に実施し、合計約 14 日間、延べ 164 人分のデータを収集した。また、同時に実施したパーソナル・センサ・ネットワーク装置の試験では、合計 4 日間、延べ 8 人分のデータを取得した。このように、構築したセンサ・ネットワークによってセンサ・データが適切に収集可能であることを確認した。

これらのデータ収集実験において、構築したセンサ・ネットワークが協力病院の業務に対して目立った支障を与えることがないことを確認した。また、パーソナル・センサ・ネットワーク装置の装着位置について、実験後の看護師へのヒアリングを行い、装着位置が業務に障害とならないことを確認した。一方で、センサ・ネットワーク上の各機器間での時刻同期について、非常に高い精度が求められること、および、実環境における音声録音では雑音対策が重要であることが課題として判明した。そのため、これらに対する一連の技術開

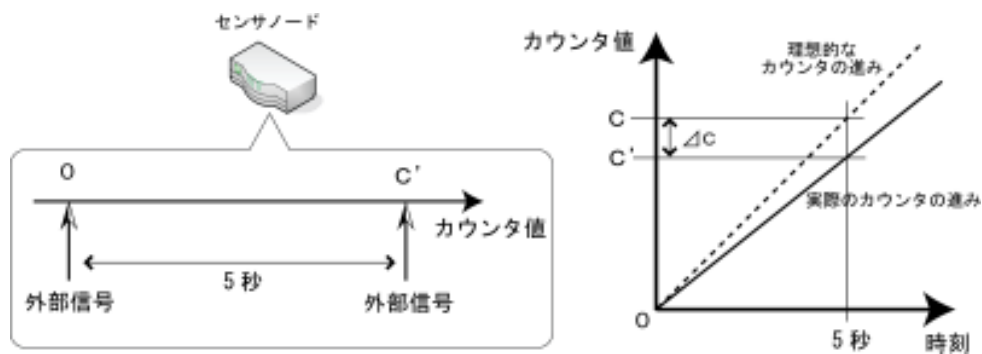


図4-1-3-1 センサノードのソフトウェア時刻補正

表4-1-3-1 各方式における時刻同期後24時間後のセンサ間時刻差

発振子の種類	ソフトウェア補正	24時間後のセンサ間最大時刻差 (msec)
セラミック発振子	無し	291,815
セラミック発振子	有り	5,183
クリスタル発振子	無し	638
クリスタル発振子	有り	113

発を次に述べるように進めた。

#### 4-1-3 センサ・ネットワークの要素技術の開発

##### a. センサ・ネットワークにおける時刻同期手法の開発

協力病院におけるデータ取得を行う中で、センサ・ネットワーク上の各機器間の時刻同期が非常に重要であることが判明した。例えば、人の位置を検出する通過センサにおいて、看護現場での移動を最高12km/hと考え、隣接する通過センサの設置間隔を1mとした場合、隣接する通過センサ間の時刻差は300ms以内でなければならない。これ以上の時刻差が生じた場合、その位置検出結果に不整合が生じる可能性があるからである。このため、各機器の時刻同期精度向上のための基礎評価を行い、必要となる時刻同期精度の確保を目指した。

ここでは、各デバイス内で正確に時刻を刻むための基本周波数を提供する発振子の精度を向上させることに着目し、精度の高い発振子を採用するとともに、各発振子がつもつ個体誤差を吸収するためのソフトウェア補正方法を採用した。

ソフトウェア補正では、図4-1-3-1に示すように、計測フェーズと運用フェーズに分け、理想的な時刻の進みと、実際の時刻の進みの差異を計測して補正する手法を用いた。計測フェーズでは、機器に対し外部から基準となる5秒間隔のパルスを与えた。そして、この間機器上の時刻管理用カウンタを進め、5秒間でのカウント数 $C'$ を取得した。運用フェーズでは、この $C'$ を用いて5秒の時刻を進めるように補正を行った。

セラミック発振子（個体誤差 $\pm 50000\text{ppm}$ 、温度変動 $\pm 5000\text{ppm}$ ）、および、クリスタル発振子（個体誤差 $\pm 50\text{ppm}$ 、温度変動含む）それぞれ5個に対し、前述のソフトウェア補正を適用した場合としなかった場合について、24時間後の各機器間の最大時刻差を表4-1-3-1に示す。上記評価の結果、目標の300msec程度の誤差であれば、クリスタル発振子とソフトウェア補正手法を併用することによって、1日1回程度の時刻同期を行えば、目標とする精度が達成可能である。なお、これらの時刻同期に関する要素技術は、既に述べた病院での実環境に既に実装しており、今後の実証実験を通して、現場での有効性に関する検証を進める。

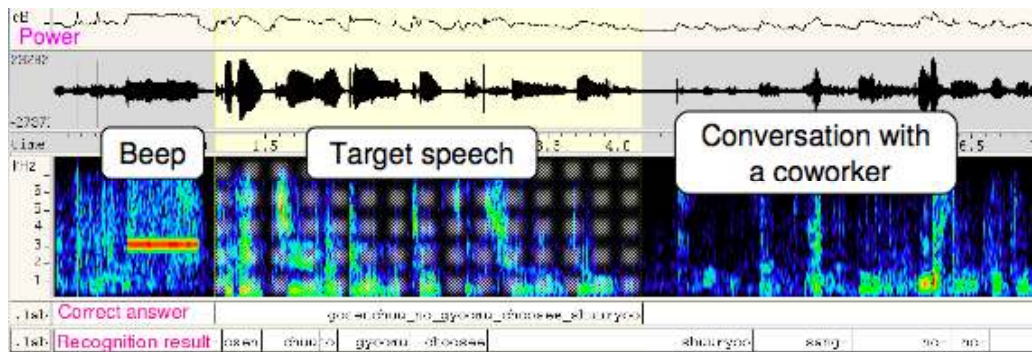


図 4-1-3-2 入力音声の例

(「午後の業務調整終了」という業務内容を報告する音声の直後に他スタッフとの会話が録音されている)

#### b. 実環境下での音声認識のための雑音抑圧手法の開発

業務内容発話を自動認識することによって、各看護師の状況把握を行うための音声認識技術の開発も進めている。前述の協力病院の環境において看護師によって録音された音声の例を図 4-1-3-2 に示す。この録音データには、当該の看護師が記録しようとした業務内容の音声以外 (図では、“Target speech”) に、入力を促す合図音 (“Beep”)、本人と他スタッフとの会話 (“Conversation with coworker”)、周囲のスタッフによる会話や環境雑音が含まれている。このようなデータを対象に十分な音声認識機能を実現するためには、雑音抑圧および認識対象音声区間の検出が必要である。そのための手法を開発した。

この手法では、まず、音声や雑音区間の推定を行う。学習データから音声および各種雑音を Gaussian Mixture Model (GMM) でモデル化し、また、それらのラベル系列から N-gram モデルと辞書を作成する。これらを用いて一般的な音声認識と同様のビーム探索を行うことによって時刻情報付き最尤ラベル系列が得られる。さらに、雑音重畳部分を検出するために、重畳モデルをモデルパラメータから 1 次 Taylor 展開によって合成し、探索に用いる。これら複数 GMM を用いた雑音抑圧手法により、雑音を低減した音声を得られる。また、音声区間とそれ以外では、入力音声を表す雑音重畳音声モデルとクリーン音声モデルとの誤差関数の定義が変わることになり、雑音抑圧の中に自然な形で音声区間検出を導入するこ

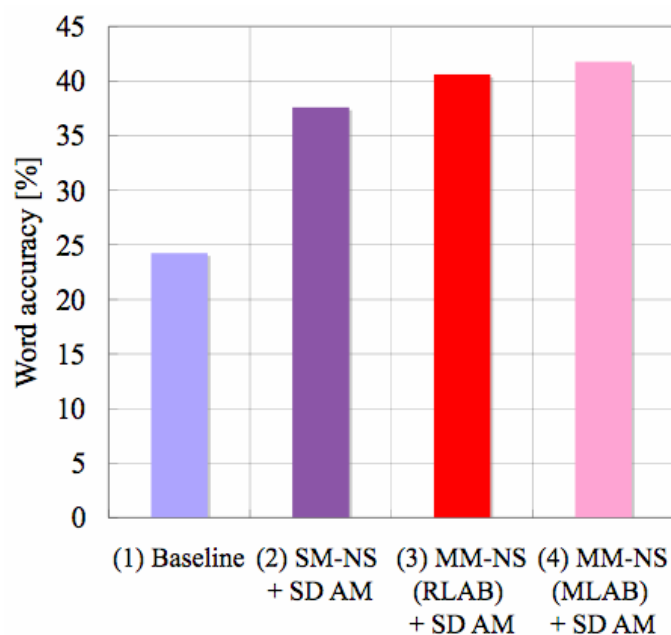


図 4-1-3-3 単語認識率

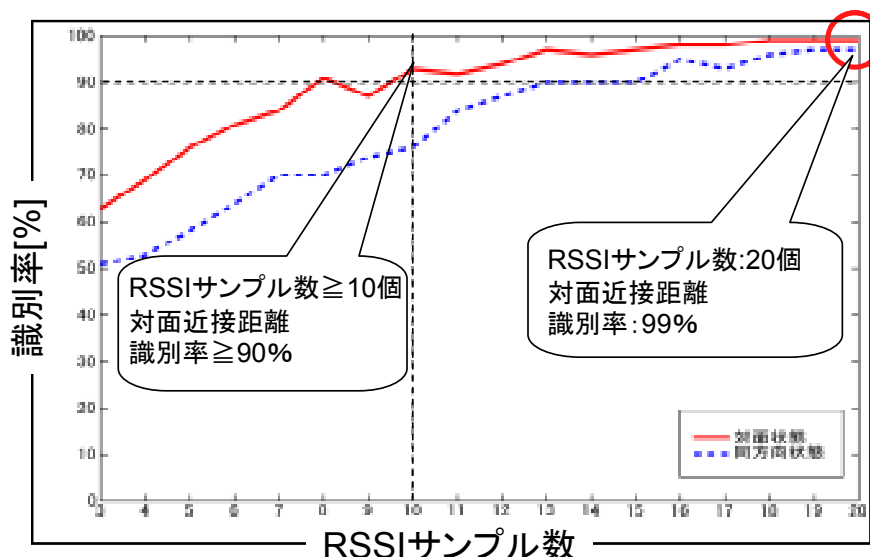


図4-1-3-4 計測されたRSSIサンプル数 vs. 近接状態識別

とができる。

病院で勤務中に収録された業務分析用データを音声認識用に整備し、言語モデル用に形態素解析したテキストデータベース（10日分）、雑音モデル作成用に音声データベースおよびラベル・データベースを作成した（2日分）。1日目を評価データ、それ以外を学習データとした。学習データとして、雑音モデルや話者適応データには1日分、音声認識用言語モデルおよび辞書作成には、9日間分（9,936発話）を用いた。評価話者は8名、208発話（1,051単語）であった。言語的な複雑性を表すパープレキシティは単語トライグラムで39.3と必ずしも大きくはないが、話者によっては100を超え、話者ごとに発話文が大きく異なることを示している。

図4-1-3-3に単語認識率を示す。(1) Baselineは雑音抑圧なしで不特定話者音響モデル、SN比は約8dBであった。(2)、(3)、(4)では話者適応音響モデル(SD AM)を用いた。(2) SM-NS + SD AMは従来法として1つの雑音モデルを用いた雑音抑圧手法(SM-NS)を用いた場合である。(3) MM-NS (RLAB) + SD AMは開発した手法の複数雑音モデル(MM-NS)による雑音抑圧で認識結果のラベル系列(RLAB)を用いた場合、(4) MM-NS (MLAB) + SD AMは開発した手法で正解ラベル系列(MLAB)を用いた場合で、(3)の上限になる。(1)→(3)で24.26%→40.63%と誤り改善率21.6%を得られ、開発した手法の有効性を示している。

### c. 小型Bluetooth通信装置による移動体間の近接状態識別手法の開発

前述のような音声による業務記録の場合には、マイクロフォン装着者の音声を記録するために発話者は既知であるが、音声による対話を記録する場合、対話の相手を同定する必要が生じるが、これを他者の装着しているマイクロフォンによって記録される音声に基づき行うのは、記録状況によって不可能か、あるいは、非常に困難である。そこで、平成16年度に開発したBluetooth通信装置を人に装着できる程度の大きさに小型化し、人と人が近づいたこと（近接状態）を識別する手法を開発した。前述の通過センサが看護師個人の存在する部屋や領域等の位置情報を目的とするものであるのに対し、本手法は、看護師、患者、医師、もしくは医療器材等が近づいたことを検知し、これによって、例えば、ナースステーション、与薬準備室、廊下等の様々な場所で行われる看護師間の情報交換をトレースすることを目的とする。

本手法は、人の体に小型Bluetooth通信装置を装着し、Bluetoothの問い合わせ機構時による通信装置間の受信電波強度(RSSI)を用いることにより、装着者相互の個々のデバイス間距離を推定する。RSSIは、障害物のない理想的な環境では距離の2乗に反比例する

が、通常環境では電波のマルチパスや人体による電波吸収等の影響により、等距離であっても RSSI にはばらつきが生じる。そこで本手法では、識別特徴量として、受信した ID ごとの RSSI の分布を表す平均値、分散、最大値、最小値を用い、装着者の位置関係として対面、同一方向のそれぞれを向いた 1~10m、1m 区切りの相互距離 10 カテゴリに対して識別性能を評価した。計測された RSSI サンプル数に応じた距離精度を比較した結果、対面状況では計測された RSSI のサンプル数が 10 以上で、10 カテゴリ 90%以上の識別率、20 で 99%以上の識別精度が得られることを確認した(図 4-1-3-4)。

今後、看護師の業務実施時における医療従事者との間の作業状況(引継ぎ、ケア、指示受け、医療器材使用状況)とその際の近接情報を結びつけることにより、業務実施時に看護師が対象とする人・物を推定する技術開発を進め、看護師や患者とのインタラクションをキーとした看護業務フロー分析等への応用を推進する。

#### 4-1-4 行動識別手法の開発

##### a. RFID タグによる看護師の器材操作情報を用いた点滴業務ステップ識別手法の開発

平成 17 年度には、加速度特徴量に基づく種々の看護行動の識別手法を開発した。これに加えて、看護業務の中でも特にヒヤリ・ハットに関連が深く重要な業務の 1 つである点滴注射業務についてより詳細に分析を行い、看護師が接触する器材・薬剤等の操作状況から、点滴注射業務の各ステップ識別する手法の開発を進めた。点滴注射業務は、注射指示書に記載されている薬剤を元に点滴を作成するための点滴物品の準備、注射器を用いたアンプル等の薬剤の点滴本体への混注作業、点滴本体への輸液ラインの接続・作成、および、片付け等、主にナースステーションにおける点滴作成作業と、作成した点滴を対象の患者のところまで運び、点滴の針を患者の腕に刺し、点滴を滴下するといったベッドサイドでの点滴実施作業、その後ナースステーションに戻り行う後片付け等の作業にステップが分かれている。これらのステップの中で、混注作業から輸液ラインの接続までの作業が中断や割り込みが生じてはならないクリティカルなステップであるのに対して、点滴を作成後、ベッドサイドに移動して点滴を実施するまでの間は、実施時間までに他の業務を行っても良いといった特徴がある。これら一連の点滴業務に関する各ステップがどの時点で行われているかを識別することは、業務フローをトレースし、ヒヤリ・ハットが起こりそうな業務の中断を検知する上で特に重要である。

ここでは、看護師が接触する器材や薬剤等に RFID タグを取り付け、これを看護師の両手首および指先に装着した RFID タグ・リーダーおよびアンテナ(図 4-1-2-1)を用いて読み取ることによって、上記点滴注射業務における各ステップを識別することを目的とした。点滴注射業務のテキストおよび、複数の看護師が点滴業務を実施した際の標準的な手順をビデオで分析し、中断が起きても良い箇所、ステップの実施が次のステップの前提条件になるような箇所に着目し、合計 12 のステップを抽出した。また、点滴ボトルや薬剤、



図 4-1-4-1 RFID タグによる、操作対象の器材・薬剤情報の収集



注射器、引き出しなど、業務中に看護師が操作する合計 29 の器材・薬剤等に対し、合計 35 個の RFID タグを添付した。

看護経験を持つ被験者に、上記の一連の点滴注射業務を実施してもらい、その間に操作する器材・薬剤情報を RFID タグ・データとして収集した（図 4-1-4-1）。指先のアンテナで読み取られた RFID タグ・データは、4-1-2 で述べたデータ収集ソフトウェアによって Bluetooth 経由で PC にて収集した。また、看護師の位置情報としてナースステーション、廊下、病室のいずれかの情報も同時に取得した。本識別手法は、RFID タグが検知されている時間区間に対し、一定長の時間窓を掛けることによって RFID タグの ID から器材・薬剤の接触の有無を 2 値のベクトルで表し、同時に位置情報ラベルを付与することによって特徴ベクトルを構成する。ビデオから抽出した点滴業務の各ステップのラベルを教師データとし、特徴ベクトルを用いた識別器により、平均 76.2% の識別率を得た。

今後、識別結果を看護業務フローの検証分析に連携させることにより、ジャストインタイム看護アドバイス・システム実現のための基盤技術として開発を進める。

#### b. 加速度および位置情報を用いた看護行動識別手法の開発

本年度は、昨年度の加速度データを用いた看護行動識別手法を発展させ、赤外線通過センサから得られる看護師の作業位置情報等、センサ・ネットワークから得られる異種・複数のセンサ・データを統合した行動識別手法の開発を進めた。

本行動識別手法では、実際の医療看護現場で看護師が作業する際の身体的負担を軽減するために、装着型機器として、看護師の身体動作を計測するための 3 軸加速度センサを含む Bluetooth を使用したパーソナル・センサ・ネットワーク装置、および、看護師の位置を計測するための通過センサの送信機を使用する。前者は両上腕、胸ポケット、腰の 4 箇所装着する。後者は頭部に装着し、環境に設置した受信機によって看護師 ID が収集される。

本識別手法では、各加速度データ時系列を一定時間区間の時間窓に区切り、加速度に関する特徴量として、時間窓内における各軸加速度の (1) 平均値、(2) 標準偏差、(3) 周波数領域エネルギー、(4) 周波数領域エントロピ、および、(5) 全加速度センサの各軸相互相関係数を抽出する。また、看護師の位置情報は、複数の通過センサ受信機が受信した複数人の看護師 ID データから対象の看護師 ID データを抽出し、さらに単位時間あたりに受信した看護師 ID データの頻度が最大となる受信機を求めることによって推定する。識別特徴量は、上記の加速度特徴量に加え、当該時間窓における位置情報ラベルを付与する。時間窓の長さを変化させて特徴量を抽出し、看護行動の教師あり学習法を使用する。

上記識別手法について、平成 17 年度に模擬環境にて収集したデータに基づき評価を行った。模擬環境はナースステーション、病室、通路に相当する領域を有する。被験者は看護師経験のある 3 名の女性である。各被験者には、基本看護手技である (1) バイタル計測（検温・血圧・脈測定）、(2) 車椅子移乗・移送、(3) 清拭、(4) 腹部聴診、(5) 点滴混注・作成、(6) 点滴実施、の 6 つから構成される看護業務フローを 2 回試行させた。識別対象は、上記 6 種の基本看護手技における準備と片付け作業、および、移動（歩行、車椅子運搬・移送）等を加えた 13 種の看護行動とした。各行動の時間区間を実験者がビデオ映像から抽出し、これを正解ラベルとした。実験結果の散布図の例を図 4-1-4-2 に示す。

時間窓長を変化させて特徴量を変化させ、SVM によるペアワイズ識別器を適用し交差検定法によって評価した結果、上記 13 クラスの看護行動に対して平均 88.4%（時間窓 5.12 秒）の識別率を得た。前年度では、加速度のみを用いていたため、ベッドサイドでのバイタル計測とナースステーションでの片付け作業等、姿勢や運動が類似している行動については 40-50% 程度の識別結果であったが、本手法は看護師位置情報を用いることで位置に依存した類似の行動について相互に分離することが可能になり、全体的な識別率を向上できることを確認した。特に点滴混注・作成業務、点滴実施業務等、ヒヤリ・ハットが生じやすい業務に関して 90% 以上の識別率を得た。これにより、中間目標「小型装着型機器や環

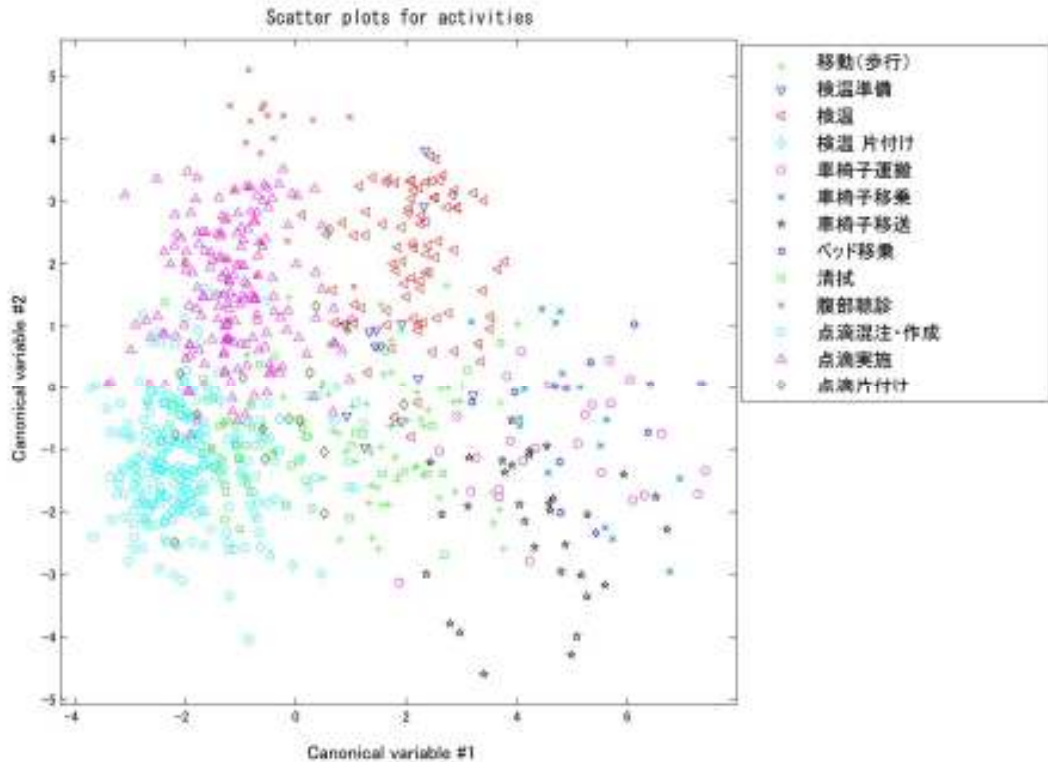


図4-1-4-2 評価実験結果の散布図

境設置型機器を使用して、看護師が行う看護業務を正答率 85%以上で理解する行動・状況理解技術を確立すること。」を達成した。

また、4-1-2で述べたように、協力病院において、看護師に加速度センサおよび赤外線送信機を装着してもらい、実業務実施中の加速度・位置データ収集および、実験者が外部観測し音声アノテーションを記録することによる看護行動記録を行い、業務に支障をきたさずに実環境で安定したデータ収集が行えることを確認した。今後、特に業務改善に大きく寄与することが期待される看護業務に重点を置いた実験計画の策定および、現場に即した実験用ユーティリティの整備を行うとともに、模擬環境下で収集した訓練データを活用した識別法の拡張と評価を進める。

#### 4-1-5 小型装着型機器本体の試作

平成 17 年度に試作した、携帯型装置に特化した CPU を採用した小型装着型機器プロトタイプを試作結果を受けて、携帯化を目指し、本体内に連続 14 時間以上の音声記録機能を有する小型装着型機器を開発した。

4-1-2で述べたように、装着型機器本体は、装着型センサのデータを比較的微弱な無線あるいは有線の媒体で収集し、それらを記録、あるいは、環境に設置されたサーバに無線媒体(主に 802.11b)で送信すること等を目的とする。そこで、CPU としてルネサス社製 SH73182 (SH-Mobile3) を採用した装置の試作を進めた。この CPU の選定にあたっては、装着者の作業を阻害しないように小型で、8 時間以上の動作を実現するために消費電力を押さえること、十分な周辺機能とメモリを本体に有することを条件とした。試作した小型装着型機器本体のブロック図を図4-1-5-1に示す。

試作装置では、音声入力 2ch、データを記録する SD カードスロット 1 基、802.11b 無線ユニットを装着する CF カードスロット 1 基、Bluetooth インタフェース 2ch、ミリ秒レベルでの動作記録のための RTC をそれぞれ実装した。装着性を重視するために、装着するセンサは原則として Bluetooth を使用したパーソナル・センサ・ネットワーク装置で対応し、

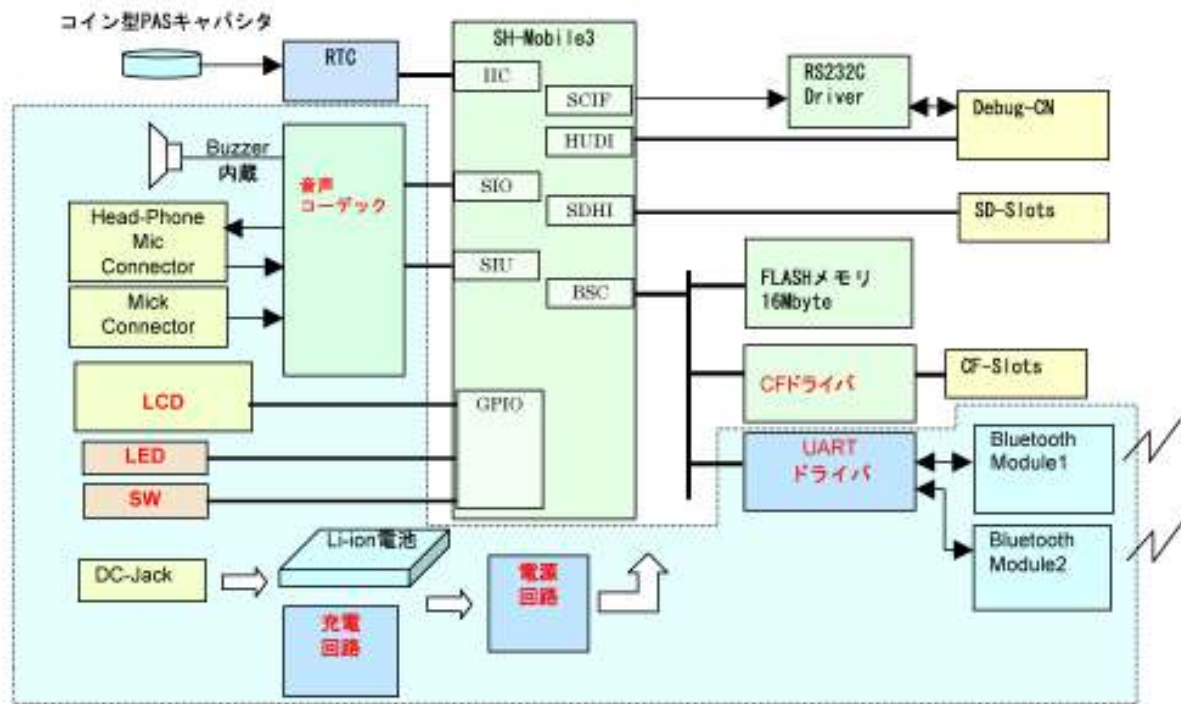


図 4-1-5-1 小型装着型機器本体のブロック図



図 4-1-5-2 小型装着型機器本体の外観

計測データを Bluetooth によってこの装着型機器本体で集約し、サーバ等に送受信する設計思想を採用した。

本体には 1 セル 1500mAh のリチウムイオン電池を最大 3 セル接続可能であり、音声のみを本体内に録音する場合には 14 時間以上の動作を実現することができる。また、連続して収録したデータを無線 LAN で送信する場合も約 8 時間の動作を実現することができることを確認された。試作装置の CPU ユニットは 85x57x15mm、72cm<sup>3</sup>(突起部を含まず)で重量約 60g となり、電池は 1 セルで 85x50x4mm、17cm<sup>3</sup>で約 33g である (図 4-1-5-2)。

これらの動作状態において CPU の動作負荷は録音のみの連続動作で 3%、これを無線 LAN にて送受信する状況でも 55%程度であり、またメモリは搭載メモリ 32MByte の 20%程度しか使用していない状態であり、十分に処理能力には余裕がある。したがって、中間目標である「本体内に記録機能を有する小型装着型機器に関する技術を確立すること。本小型装着型機器は本体、センサ機器、バッテリー等から構成されるものとし、構成要素および配線類が看護業務を阻害しないように構成されるものとする。また、8 時間程度連続動作可能であるものとする。」については達成することができた。

今後はコアとなる動作制御プログラムの実装と、前述のパーソナル・センサ・ネットワーク・ローカル制御ソフトウェア等の移植を進め、最終目標「無線通信機能を有する小型

装着型機器に関する技術を確立すること。」を達成することを目指す。

#### 4-1-6 まとめ

平成 18 年度は、各種センサを連携して観測する手法、看護業務を認識する手法等を開発することによって、中間目標の 1 つである「小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う看護業務を正答率 85%以上で理解する行動・状況理解技術を確立すること。」を達成し、また、小型装着型機器を試作することによって、中間目標の 1 つである「本体内に記録機能を有する小型装着型機器に関する技術を確立すること。」を達成した。

本システムの骨子となるセンサ・ネットワークは医療機関での運用における実用性が前提であり、これまでに開発した要素技術を現場に導入して実験を行い、現場特有の問題点に対応しながら、実用化に向けた開発を進め、この過程で課題となった、高精度時刻同期技術、音声収録における雑音抑圧技術、近接情報識別技術をそれぞれ開発した。

また、中間目標である看護行動の識別手法を実現するため、実環境と遜色のない模擬環境、看護師の実務経験のある被験者、および、看護師の実務を反映した業務シナリオを用意し、この模擬環境において行動データを収集した。これは、識別率の評価に関しては、実環境では、看護師の日常業務を考慮すると、評価のために必要とされるレベルで統制された実験を頻繁に行うことが困難であったためである。これらのデータを用いて、中間目標である看護行動の識別手法が実現でき、その有効性が確認できた。

また、他方の中間目標「本体内に記録機能を有する小型装着型機器に関する技術を確立すること。」に関しては、平成 17 年度に実施したプロトタイプ試作の成果を元に、携帯性を重視した準実用機の開発を進め、センサ・ネットワーク内で連続約 8 時間のデータ中継機能を確認した。これによって上記中間目標が達成された。

これらの成果を受けて、今後は最終目標である「小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う看護業務を正答率 90%以上で理解する行動・状況理解技術を確立すること。」、および、「無線通信機能を有する小型装着型機器に関する技術を確立すること。」をそれぞれ達成する。

### 4-2 知識構築技術の研究開発

#### 4-2-1 序論

本サブテーマでは、看護業務中の看護師の行動やその周囲状況を観測・理解することにより獲得された事実を分析し、一般的傾向や因果関係等に関する行動経験知識を構築する技術を確立することを目指す。

第 1 に、中間目標「行動・状況理解結果のデータベースが与えられたとき、看護業務に関する一般的傾向を抽出する技術を確立すること。」、および中間目標「行動・状況理解結果のデータベースが与えられたとき、ヒヤリ・ハット等の希少現象に関する傾向を抽出することが可能な方法を提示すること。」に対して、平成 17 年度は、一般的傾向と希少現象に関する傾向の抽出手法の開発を、観測データ主導アプローチと背景知識主導アプローチで進めた。前者に関しては、C4.5 と KeyGraph を使用した分析を行った。また、ヒヤリ・ハットを検出する方法を仮説推論に基づき定式化した。後者に関しては、看護業務従事時間に関する分析を行った。平成 18 年度は、これらに加えて、一般的傾向を抽出する技術を確立するために、協力病院で取得した看護師の位置情報の観測データに対して N-gram 分析等を適用することによって、看護師の移動履歴の一般的傾向の抽出を実施した。また、位置情報に加えて、それらと並行して記録した看護師の音声データから得られる看護師の業務内容に関するデータも分析することによって、位置情報と業務内容の関連について分析した。また、希少現象に関する傾向を抽出可能な方法を提示することに向けて、比較的抽象度の高いレベルにおいて、看護業務フロー・モデルに基づいて、観測された看護業務の系列がモデルどおりに実施されているかを検証するアルゴリズムを考案し、実装するとともに、上記の観測データに対して適用し、業務の系列の検証を行った。また、日常活動を

より細かなレベルで捉えた場合に、異常な動作を検出する手法を考案し、実装・評価し、その有効性を確認した。

第 2 に、中間目標「医療看護オントログ・システムを構築すること。」に対して、平成 17 年度は、約 2,100 時間分の看護師の音声による業務記録データをこれまでに収集し、約 1,400 時間分を要素に切り出し、その一部から抽出した単語と業務ラベルの間の相関を分析した。さらに、それらの関連を XML 形式で表現するためのスキーマを定義した。平成 18 年度は、これらに加えて、看護業務分類と音声による業務記録データとして収集した発話中の用語の相関関係を分析した。使用した発話データは、これまでに収集した約 3,120 時間分の看護師の業務記録データの中から選び出した約 6,000 発話である。さらに、看護業務マニュアルや実際の観測結果に基づいて、看護業務フロー・モデルを構築した。

第 3 に、中間目標「医療従事者間のコミュニケーションに関するインタラクション・コーパスを構築する。」に対して、平成 17 年度は、約 2,100 時間分の看護師の音声による業務記録データをこれまでに収集し、約 1,400 時間分を要素に切り出した。また、インタラクション・コーパス構築の効率化のために音声認識技術や言語分析技術を導入する可能性を検討するために、上述のデータの一部に関して出現単語の傾向を分析するなどを実施した。平成 18 年度は、看護師の音声による記録データをさらに収集し、収集した発話データの総計は約 3,120 時間となった。それらすべての中から看護師の業務に関わる発話を切り出した。その中の約 1,900 時間分のデータ中の医療従事者を含むコミュニケーション中の発話に関して、時間、発話者、発話相手の情報などを付与して、構造化した。さらに、特に新人の看護師が聞き誤りやすい用語について調査し、コミュニケーション・エラーの発見や分析において、インタラクション・コーパス中のそういった用語に着目することの有効性について検討した。

#### 4-2-2 一般的傾向と希少現象に関する傾向の抽出手法の開発

##### a. 一般的傾向の抽出

看護業務は、例えば、与薬は病室で行い、診察補助は診察室で行う等のように位置に依存することから、看護業務中の動作に関わる観測データの中で特に看護師の位置情報に注目し、N-gram 分析等を適用することによって、看護師の移動履歴の一般的傾向の抽出を実施した。以下にその詳細を示す。

##### a-1. データの収集方法

分析対象データのデータは、次に述べるようにして収集された。2006 年 4 月 18 日から 22 日の 5 日間で、眼科、耳鼻咽喉科、糖尿内科の複合病棟において経験年数の違う看護師延べ 49 人を被験者として、作業時間延べ 450 時間分のデータを得た。具体的な計測手法は以下の通りである。

1. 位置情報：4-1-2 で述べた通過センサを使用して収集した。
2. 業務内容：イベント駆動型音声記録装置を使用し、看護師が業務の開始・終了時にその内容を音声入力することによって収集した。

位置情報に関しては、通過センサによって、図 4-1-2-3 に示される領域、すなわち、各病室、北側廊下、南側廊下等の単位で得られる。ここで、一般性を捉えるために、個々の病室や廊下内の位置に関する差異は無視することができると仮定し、各病室はすべて病室として、廊下はすべて廊下としてまとめ、ナースステーション、面談室、眼科診察室、耳鼻科診察室、与薬準備室、トイレ、カンファレンスルーム、エレベータホールの合計 10 領域に分類することとした。また、業務内容は収集した音声データを後日書き起こし、日本看護協会分類に基づき 35 項目に分類することとした。

##### a-2. N-gram 分析

看護師の移動履歴に関する一般的傾向の存在を確認するために、上記の方法で収集した

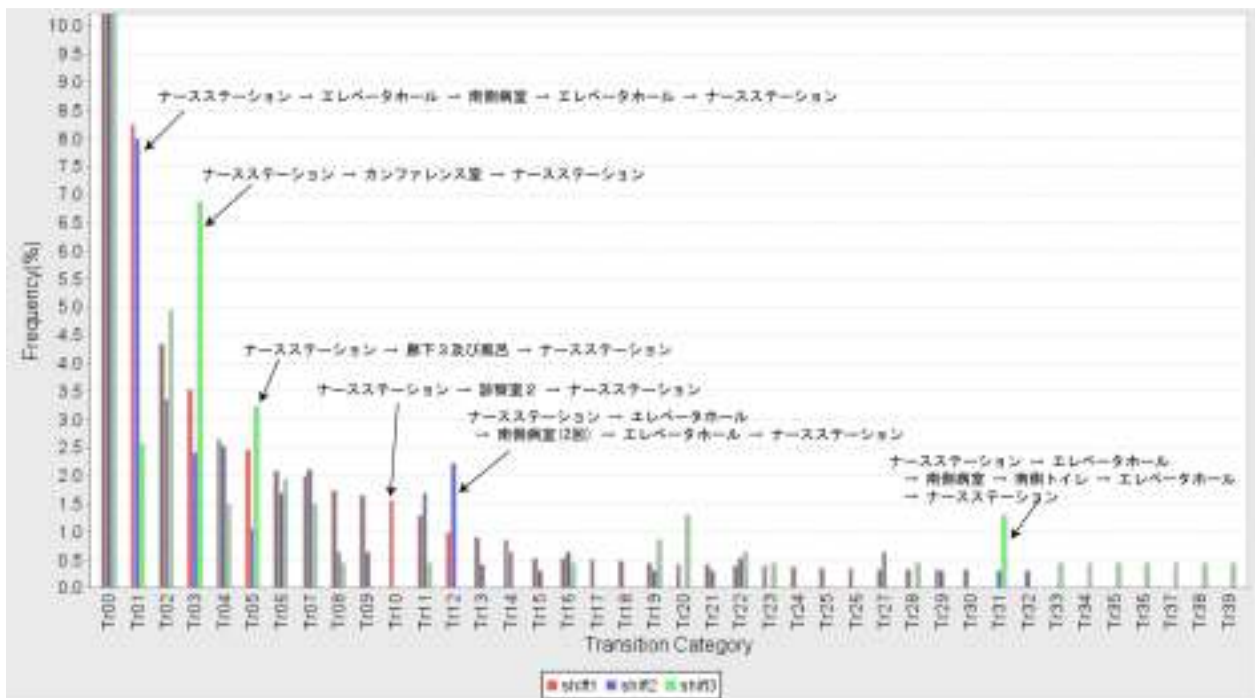


図4-2-2-1 各勤務帯での頻出移動パターン

すべてのデータに対してN-gram分析を適用した。この際、勤務帯ごとの特徴を見るために、日勤、準夜勤、夜勤の3条件に分けて分析した。頻出移動パターンとその頻度の例を図4-2-2-1に示す。同図では、Shift1は日勤、Shift2は準夜勤、Shift3は夜勤を示す。全体的な傾向として、日勤と準夜勤が比較的類似の傾向を持つのに対して、夜勤は比較的に特異な傾向を持つ。特に、日勤と準夜勤において頻出するナースステーションと病室との往復の頻度が夜勤において低いこと、ナースステーションとカンファレンスルームとの往復が夜勤において日勤と準夜勤の倍以上の比率で出現することが特徴的である。前者は日勤、準夜勤においては看護師が患者のケアのために頻繁に患者のもとへ赴くのに対し、夜勤においては基本的には就寝時間中のナースコールや急変への対応等でしか患者のもとへは行かないという予測と合致する。また、後者は、カンファレンスルームが看護師の休憩場所となっていることから、夜勤での看護師たちの待機行動と合致する。これらのデータは観測された移動パターンと看護業務の関係性を例証している。そこで、看護師の位置や移動パターンと業務内容の関係性に関する分析を実施した。

### a-3. 看護師の位置と業務内容の関係性の分析

看護師の位置や移動パターンと業務内容の間の一般的傾向を分析するために、前述のデータを分析した。特に、看護師の役割ごとの特徴を見るために、ここでは、経験年数4年の看護師が耳鼻診療係であった日の移動回数と移動の遷移、業務内容の遷移を分析した(図4-2-2-2上中下)。この図で上段の移動回数は10分間当たりの移動回数を示す。この図が示すように、診察補助業務に関しては、移動回数が多い時間帯(図中のaの領域)と少ない時間帯が存在し、前者では耳鼻科診察室、病室、ナースステーション、廊下、エレベータホール間を移動し、後者では病室に滞在している。また、観察、測定業務に関しては、比較的長い間、病室に滞在する時間帯と、その前後の相対的に移動頻度が高い時間帯(図中のbの領域)が存在する。看護師間の報告・申し送り業務は、主にナースステーションで行われ、その間の移動回数は非常に少ない(図中のcの領域)。

このように、看護業務の種類によって位置や移動パターンに関する特徴的な差異が認められる。今後、最終目標の1つである「行動・状況理解結果のデータベースが与えられた

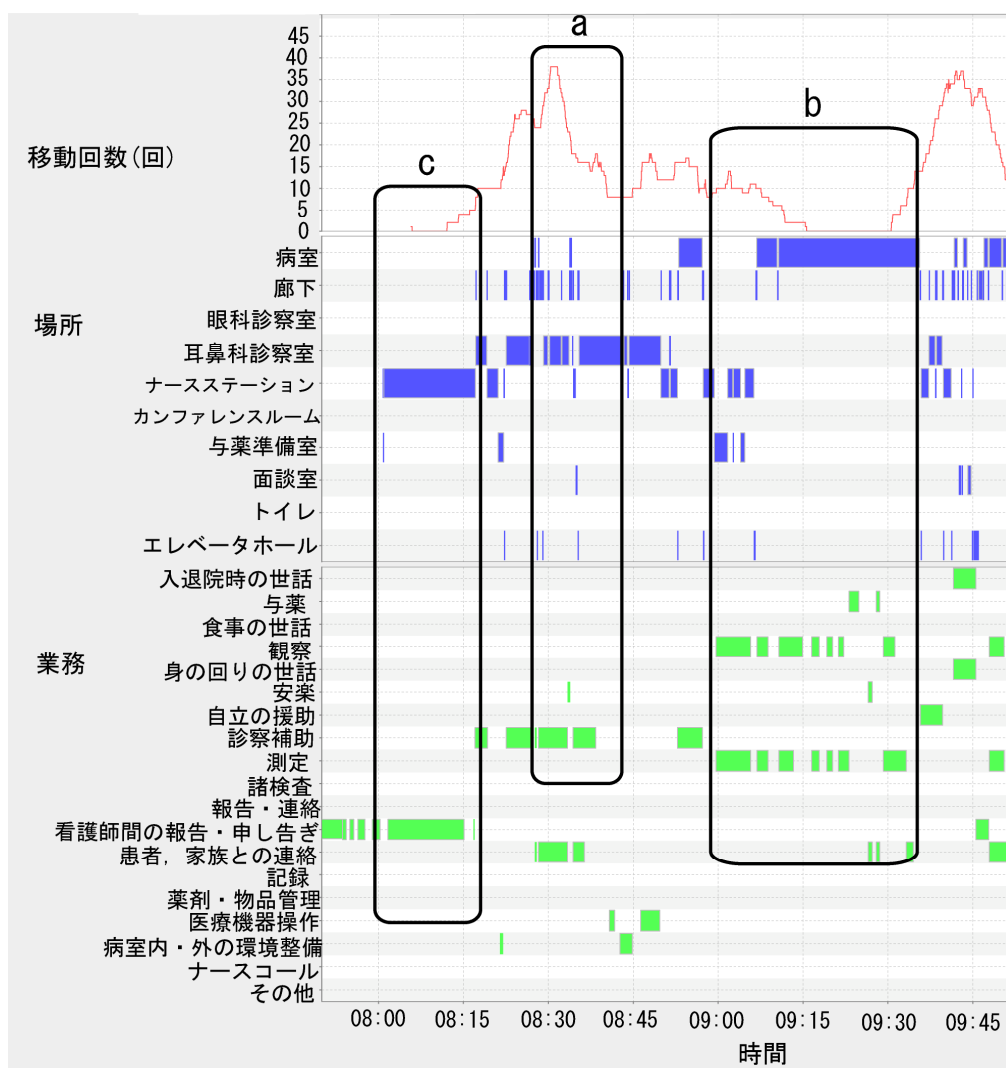


図4-2-2-2 看護師（経験年数4年）の耳鼻診療係での業務と移動

とき、看護業務に関する一般的傾向、および、ヒヤリ・ハット等の希少現象に関する傾向を抽出する統合的な技術を確立するとともに、延べ3,000時間程度の看護業務に関する観測に基づく行動・状況理解結果を使用して、技術の有効性を検証すること。」を達成するために、この種の差異も考慮する。

## b. 希少現象の抽出

### b-1. 比較的大きな粒度の観測データからの抽出

ヒヤリ・ハットは看護師の日常的な看護業務から外れた事象であり、日常的に頻繁に発生しているものではないことから、希少現象として捉えることができる。そこで平成17年度には、希少現象であるヒヤリ・ハットが発生する状況をシナリオ違反として定式化した。この手法では、イベント駆動型音声記録装置によって収集される業務内容から一般的傾向や希少現象を抽出し、それらを用いて看護業務フローを比較的大きな粒度の粗い、すなわち抽象度の高い表現形式であるシナリオを構築して、使用する。すなわち、シナリオは時間順序を考慮したイベントの集合として定義される。これに対して今年度は、業務マニュアル等から抽出される背景知識を組み合わせることによって、看護師の1日の行動モデル、あるいは、首尾一貫した文脈でのイベントの時系列である「シナリオ」を構築し、それと前述の看護業務内容として観測されたデータを比較することによって、看護業務がシナリオどおりに実施されているかを比較するための、看護業務フロー検証アルゴリズムを開発した。

本研究開発の最終目標の1つであるジャストインタイム看護アドバイス・システムは、

表4-2-2-1 各患者におけるエラー率の割合と担当看護師

対象患者	手順抜け率	手順前後率	担当看護師（経験年数）
患者A	0%	4%	看護師A（2年）
患者B	25%	8%	看護師A（2年）
患者C	65%	0%	（前半）看護師B（5年） （後半）看護師C（4年）
患者D	30%	4%	（前半）看護師D（13年） （後半）看護師E（6年）
患者E	48%	0%	看護師C（4年）

ヒヤリ・ハットや医療事故の可能性があることを検出した場合に、看護師に注意喚起のためのアドバイスを提供する機能を有するものである。この機能を実現するために、この看護業務フロー検証アルゴリズムは、看護業務の観測結果が看護業務フローから外れたこと（エラー）を検出した場合に、それがヒヤリ・ハットや事故に繋がる可能性があるか否かを判断し、可能性がないと判断した場合には、仮説推論の考え方に基づいて、観測結果を説明する仮説を立てて、それ以降の看護業務の検証を継続可能とすることを特徴としている。これはアルゴリズムがエラーを検出するたびに看護師に注意喚起を促すことが、かえって業務の妨げになる可能性があることを考慮したものである。看護師はシステムが推論した仮説を、ナースステーションに帰ってきたタイミング等で確認することによって、自分の実施した看護業務に誤りがあったのか、あるいは、観測結果のほうが誤っていたのかをチェックできる。一方、看護業務フローからの逸脱がヒヤリ・ハットや重大な事故に繋がる場合は、直ちに看護師に注意喚起を行うことを想定している。

仮説推論とは、事実の集合Fだけで観測結果 $O(i)$ を説明することができない場合に、仮説の集合Hに基づき、 $O(i)$ を説明する仮説 $h(i)$ を求める手法である。ここでは、Fは医療看護に関わる一般的な事実や、観測された看護業務に関する事実等を含み、Hはエラーに関する仮説を含むとする。例えば、A薬、B薬、C薬、D薬の点眼処置を順番に実施する看護業務フロー・モデルにおいて、 $O(i) = \{A薬点眼, C薬点眼\}$ という観測結果が得られた場合、看護業務フロー検証アルゴリズムは $h(i) = \text{“B薬点眼の抜け”}$ というエラーの仮説を立てる。この種のエラーを「手順抜け」と呼ぶことにする。もしこれがヒヤリ・ハットや重大な事故に繋がるエラーでないならば、看護業務フロー検証アルゴリズムは、その仮説の下で以降の観測結果の検証を継続する。次に、B薬点眼が観測され、観測結果が $O(i+1) = \{A薬点眼, C薬点眼, B薬点眼\}$ となった場合、これは“B薬点眼”と“C薬点眼”の手順が前後した「手順前後」のエラーである。したがって、 $h(i) = \text{“B薬点眼の抜け”}$ は棄てられ、 $h(i+1) = \text{“B薬点眼とC薬点眼の手順前後”}$ という仮説が立てられる。

このアルゴリズムの有効性を確認するために、これを実装して、「手順抜け」や「手順前後」のエラーが検出できるかに関する実験を行った。実験では4-3-3で後述するように、白内障の手術の術前の処置に関して構築した看護業務フローを使用した。また、前述の観測データからこの看護業務フローに関する業務内容のデータを抽出してテスト・データとした。その結果、テスト・データとしては、5人の白内障患者に対する手術当日の術前術後の看護業務の履歴を得た。これらのデータに対して、看護業務フローの検証アルゴリズムを適用したところ、すべてのデータについて「手順抜け」と「手順前後」を正しく検出できることを確認した。表4-2-2-1にその結果を示す。

表4-2-2-1が示すように、実際の観測データを下にした検証結果からは、「手順抜け」が非常に多く検出される場合があった。しかし、実際にそのように多くの処置を実施しない状態で患者が適切に手術を受けられるとは考えられない。この結果は、看護師が発話により自発的に業務内容を入力することを多忙で忘れた等、今回のデータ収集方式に起



ワークフロー イベント一覧			エラーチェック																						
手順	イベント	検証																							
1	バイタル測定(1)	成功																							
2	クラビット点眼	成功																							
3	着衣交換	成功																							
4	点眼(1) : [キシロカイン]	成功																							
5	点眼(1) : [ミドリリンP]	成功																							
6	点眼(1) : [ニフラン]	成功																							
7	点眼(1) : [ネオシネジン]	成功																							
8	点滴温注・作成	成功																							
9	点眼(2) : [キシロカイン]	成功																							
10	点眼(2) : [ミドリリンP]	成功																							
11	点滴接続準備	成功																							
12	散瞳状態確認	エラー	-エラー エラー ステップ : 散瞳状態確認 エラー 内容 : 手順抜け 了承 パス : 推奨 パス : <input type="button" value="パス-1"/> <input type="button" value="パス-2"/> <input type="button" value="パス-3"/>																						
13	出棟	成功																							
14	手術前持ち物確認	成功																							
15	引継ぎ	成功																							
16	ストレッチャー移動	成功																							
17	点滴接続	エラー	-エラー チェック 選択パス : パス-1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Obs..</th> <th>Prac.</th> <th>ステップ</th> </tr> <tr> <th>エラー</th> <th>エラー</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td>点滴接続準備</td></tr> <tr><td><input checked="" type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td>点滴接続</td></tr> <tr><td><input checked="" type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td>点眼(2) : [ニフラン]</td></tr> <tr><td><input checked="" type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td>点眼(2) : [ネオシネジン]</td></tr> <tr><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td>散瞳状態確認</td></tr> </tbody> </table>		Obs..	Prac.	ステップ	エラー	エラー		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	点滴接続準備	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	点滴接続	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	点眼(2) : [ニフラン]	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	点眼(2) : [ネオシネジン]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	散瞳状態確認
Obs..	Prac.	ステップ																							
エラー	エラー																								
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	点滴接続準備																							
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	点滴接続																							
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	点眼(2) : [ニフラン]																							
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	点眼(2) : [ネオシネジン]																							
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	散瞳状態確認																							
18	記録整理	成功																							
19	バイタル測定(2)	成功																							
20	インサート抜針	成功																							

成功: 緑の丸、エラー: 赤の丸、確認: 黄色の三角

図 4-2-2-3 ワークフローの検証結果の表示

因する現象と考えられる。

例えば、患者 A と患者 B の看護を行ったのは同じ看護師であるが、この看護師は患者 A に対しては比較的余裕のある時間帯で処置を実施しており、患者 A の処置を行っている間を縫って、他の患者に対する処置を実施するような状況は少なかった。しかし、患者 B の処置においては、患者 B の手術時間の変更の影響を受けて、他の患者の処置と並行して術前処置を実施することになり、このような看護業務の重複が特に顕著であった時間帯に「手順抜け」のエラーが多く発生していた。

一方、「手順抜け」が比較的少ない患者 A、B、C の場合には、「手順前後」のエラーが検出されている。これは「手順抜け」のエラーが少ないことで看護業務フローの各ステップが正確に把握できるようになった一方で、看護業務フロー・モデルの記述が業務の実態に即していないことが原因と考えられる。また、看護師が音声入力し忘れた看護業務を後から思い出して音声入力した場合のように、実施した業務の順序自身は適切であっても、この種類のエラーとして捉えられることがある。

図 4-2-2-3 に、ワークフローの検証結果の表示例を示す。図の左側のリストは、観測データから理解された看護師の実施した業務のリストである。緑の“✓”のアイコンは、正常に実施されたことを示しており、赤の“?” は「手順抜け」か「手順前後」が発生したことを示している。ここでは手順 12 において発生したエラーを確認するため、その観測された業務に対する検証結果が右側に表示されている。この図では、手順 12 で「手順抜け」のエラーが発生していることを示している。図で推奨パスというのは、正しい手順の候補である。この場合は 3 つの正解候補が存在し、例えば「パス-1」を選択した結果が右の下半分に表示されている。看護師はこの推奨パスに対して、各業務は実施しているのに観測エラーが原因でエラーと判定されたのか (Obs. エラー)、実際に実施忘れであったのか (Prac. エラー) をチェックし、その結果をデータベースに記録する。このように、事後に正しい業務が実施されたのかを確認するためのインタフェースを用意している。

以上で示したように、今回開発した看護業務フロー検証アルゴリズムは、白内障の手術当日の術前、術後処置の看護業務フロー・モデルに基づいて、実際の観測データ中の「手順前後」や「手順抜け」を正しく検出することができる。今回の検証は看護師の音声入力

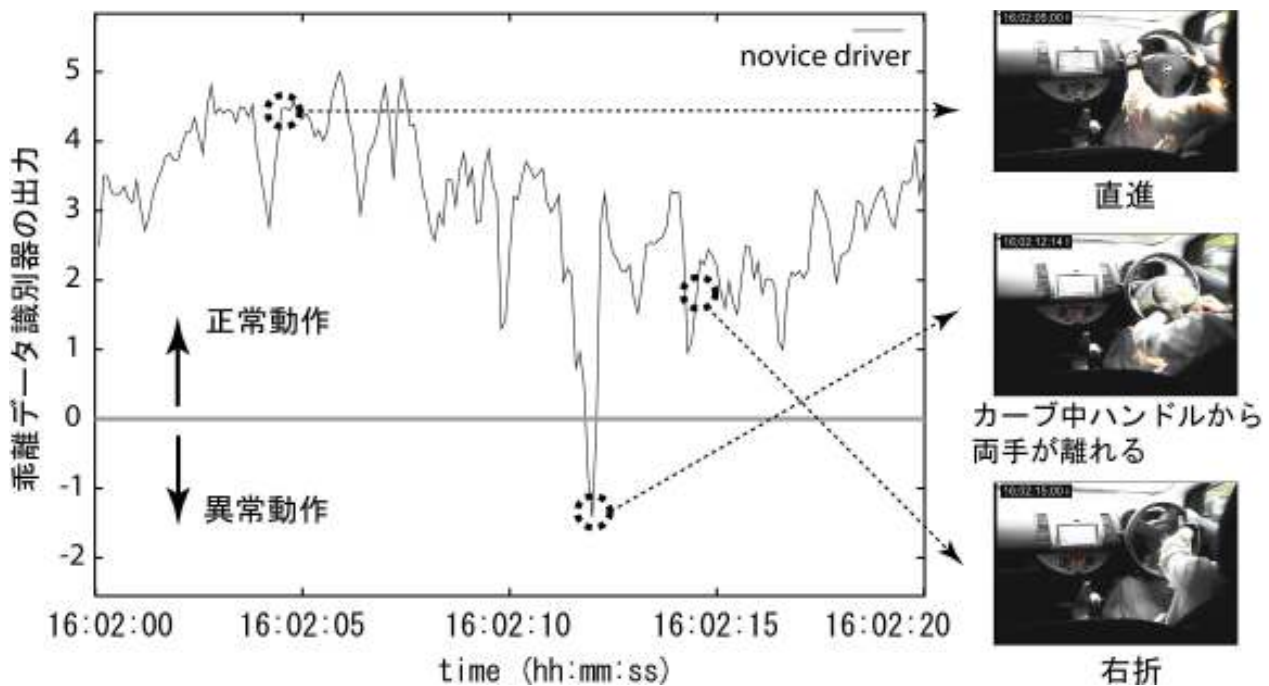


図4-2-2-4 自動車運転操作における異常動作の検出

データからオフライン処理で作成された、看護業務内容の系列をテスト・データとして用いた。また、テスト・データには今回対象とした白内障の手術当日の術前、術後処置の観測データしか含んでいなかった。今後は、最終目標の1つである「行動・状況理解結果のデータベースが与えられたとき、看護業務に関する一般的傾向、および、ヒヤリ・ハット等の希少現象に関する傾向を抽出する統合的な技術を確立するとともに、延べ3,000時間程度の看護業務に関する観測に基づく行動・状況理解結果を使用して、技術の有効性を検証すること。」の達成に向けて、今回対象とした以外の看護業務に対する業務フロー・モデルを構築し、それらが複合された看護業務の系列に対して、正しく業務フローの検証を可能とする手法を開発する。さらに、現場に即した技術を開発するために、看護業務マニュアル等から作成した看護業務フロー・モデルが部分的に実際の看護業務に合致していない可能性を考慮し、看護業務フローを実際の業務に合わせて更新する手法等についても見当を進める。

#### b-2. 比較的小さな粒度の観測データからの抽出

次に、比較的小さな粒度の観測データからの希少現象の抽出として、自動車運転動作を題材として、通常動作から乖離した異常動作を識別する手法を開発した。この手法では、加速度センサからのデータを使用し、その平均、分散、wavelet 係数の分散、および、加速度データ間の相関を動作特徴量とする。こういった動作特徴量に対して、異常動作を識別するために最も適した識別アルゴリズムを比較検討した結果、1クラス SVM が最も適しており、それをを用いた結果、自動車の運転動作中の危険なハンドル操作に関しては、適合率 76.6%、再現率 83.1%で識別可能な手法を開発した。図4-2-2-4に、本手法で検出された危険な運転動作の例を示す。図の横軸は時刻、縦軸は各時刻の動作特徴量ベクトルを1クラス SVM による識別器に入力した時の出力結果である。この例では、ハンドルをうまく回すことができず、カーブ中にもかかわらずハンドルから両手が完全に離れてしまった場面が、危険な運転行為として検出された。その一方、直進やハンドルから手の離れない右折動作等は、正常な動作と判定されている。これは次のように解釈できる。すなわち、運転者は必ず着座し運転席に配置された機器を操作するため、機器の操作に従事している間は自ずと姿勢や動作の自由度が制限される。乖離データの検出は、不自然にハンドルから手を放すことによってハンドルによる動作の拘束が解け、機器の操作からの逸脱を意味

する動作の自由度が増大している傾向を抽出しているとみなすこともできる。

ここでは、データ取得および正常・異常の判断の容易性から対象として自動車運転操作を選択したが、今後はこの手法を医療看護領域に適用することを目指す。

### 4-2-3 医療看護オントロジ・システムの構築

#### a. 看護師の発話から抽出した用語と専門用語のオントロジへの組み込み

医療看護オントロジ・システムの構築のために、看護業務分類と音声による業務記録データとして収集した発話中の用語の相関関係を分析した。使用した発話データは、これまでに収集した約 3,120 時間分の看護師の業務記録データの中から選び出した約 6,000 発話である。業務分類は、本研究開発で実験を行っている病院の 1 つで従来使用している日本看護協会業務区分表に、日本看護科学学会の定めた看護行為用語分類を組み合わせたものを利用している。業務ラベルは看護業務分類 I で示される大分類と、看護業務分類 II で示される中分類、看護業務分類 III で示される小分類から構成される構造を有している。小分類の枝の葉は、看護行為用語分類で定められている用語、および、コードである。

さらに、医療看護の専門用語について、薬品名や医療処置名も含んだ専門用語にフリガナをつけた茶筌用辞書から、約 4 万語程度の看護業務に関わる単語を抽出し、それを前述の看護業務の項目に基づいて分類した。さらに、これらの業務分類の項目と発話データ中に出現する用語との相関関係を分析することで、医療看護の専門用語と看護業務中の発話に現れる単語の関連付けを行った。この際、特に、同じ業務の看護表現を病棟ごとに収集し、比較することによって、同じ業務に関する表現の揺らぎについても調査を行った。

#### b. 看護業務フロー・モデルの構築

本研究開発で構築する医療看護オントロジ・システムは、医療看護の専門用語、医療スタッフの話し言葉を構造化して関連付けるだけでなく、それをを用いて、医療スタッフ、特に看護師の日常的な業務を記述するためのモデルを構築することも含む。そのようなモデルには様々な用途がある。例えば、4-2-2 で述べたように、看護師の実施している業務や業務の流れの正しさを検証するために使用することができる。

ここでは、白内障の手術当日の術前、術後の処置についてのモデルを構築した。モデル記述には、標準化動向も考慮し、セマンティック Web で規定されているオントロジ記述言語 OWL に基づき、Web サービスの連携を記述するための枠組である OWL-S を参考にした。本来、OWL-S はプリミティブな Web サービスをフロー制御によって組み合わせることによって、より高機能なサービスを構築することを目的としたものである。看護業務フロー・

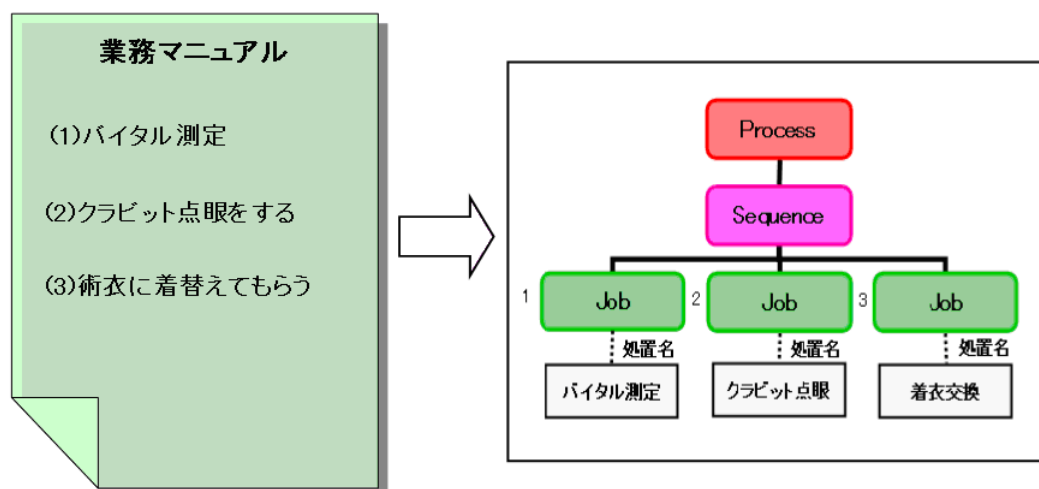


図 4-2-3-1 マニュアルからの看護業務フローの構築

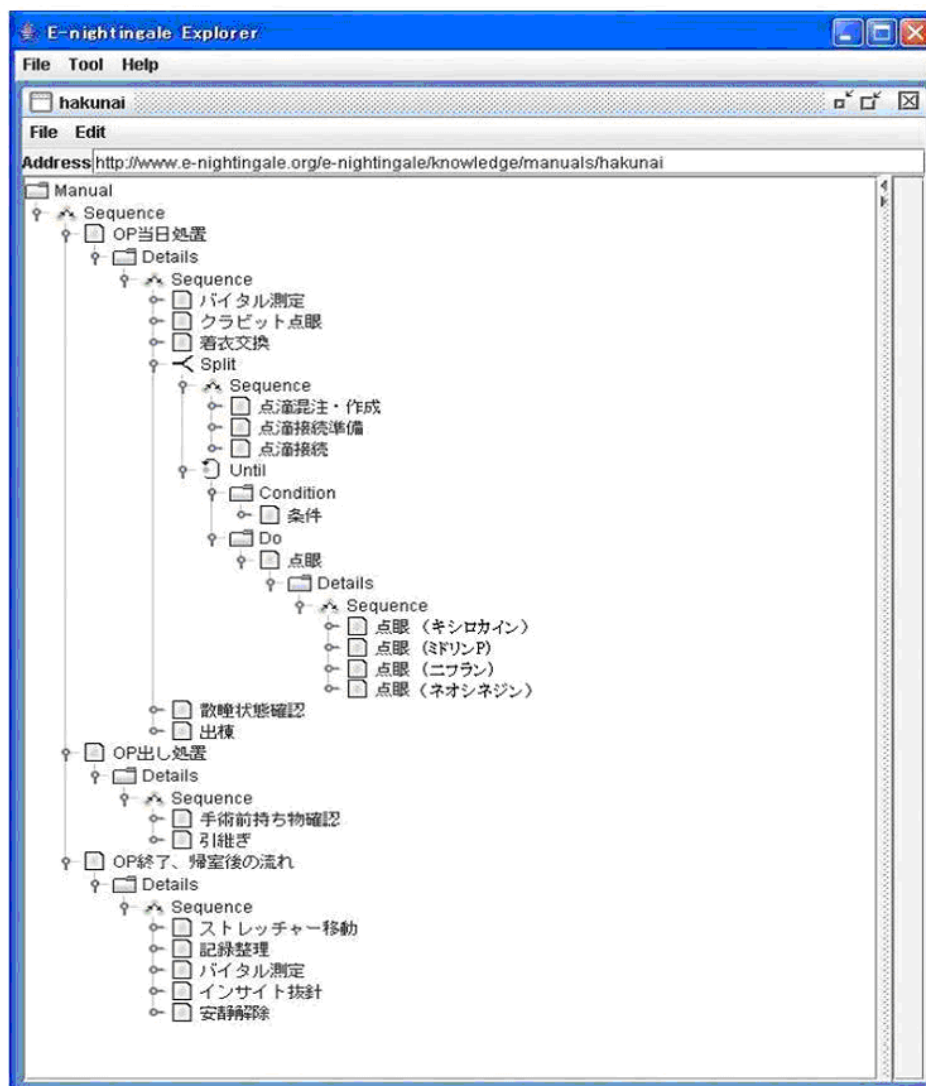


図4-2-3-2 白内障の手術当日の術前・術後の処置のモデル

モデルの構築においては、サービスを看護師の作業と読み替え、点滴や清拭といった看護業務を患者の名前の確認作業、物品の準備作業といったプリミティブな作業の組み合わせとして表現するために使用する。

フロー制御としては、以下の6種類を使用する。

1. Any: 作業の実行順序は任意だが、一度に実行できる作業は1つだけである。
2. Choice: いずれかの作業が1つ実行される。
3. Sequence: 順番に作業を1つずつ実行する。
4. Split: 作業を並行して実行可能である。
5. Until: 条件が満たされている間、作業の実行を繰り返す。必ず一度は作業が実行される。
6. While: 条件が満たされている間、作業の実行を繰り返す。1度も作業が実行されない場合がある。

これらのフロー制御によって、看護業務の各ステップを配置して組み合わせることで、看護業務フロー・モデルを構築する。そのために、当該病院の業務マニュアルから看護業務の最小単位を抽出して、それを1つのステップとした。

例えば、看護業務マニュアルには、図4-2-3-1の(1)から(3)のように業務の内容

が書かれており、看護師はその順番で処置を実施していく必要がある。この各ステートメントを最小単位（以下、Job とする）として適切な名前を付与し、この場合のように順次処理していくものであれば、Sequence でそれらの Job を束ねることで看護業務フロー・モデルが構築される。そのようにして構築された白内障の手術当日の術前、術後の処置のモデルを、図4-2-3-2に示す。

#### 4-2-4 インタラクション・コーパスの構築

##### a. インタラクション・コーパスの基本的な構造

これまでに約 3,120 時間分の看護師の発話データを収集し、そのすべての記録データから看護師の業務に関わる発話を切り出した。その中の約 1,900 時間分のデータ中の医療従事者を含むコミュニケーション中の発話に関して、時間、発話者、発話相手の情報等を付与して、構造化した。具体的には、医療現場におけるコミュニケーションの従来の研究では、コミュニケーション・エラーは誤伝達とコミュニケーション欠如に大別されているため、これらを分析することができるように、以下の方針でコーパスを設計・構築している。

前者の誤伝達に関しては、大きな比重を占めるものに薬剤に関する誤りがあり、これは重大な医療事故につながる恐れがある。実際、医療現場には、例えば、「アマリアル」と「アルマル」といった名称類似薬剤が存在し、誤伝達を防止するために一方の薬剤の採用を中止するといった対策が採られるといった実例がある。この種の誤伝達を分析するために、発話の中から薬剤に関する表現を抽出し、アノテーションとして付加することとした。これに加えて、現場特有の省略表現が誤伝達の源になる可能性があることから、この種の表現を抽出し、アノテーションとして付加することとした。

後者のコミュニケーション欠如の分析のために、発話に患者名や業務名のアノテーションを付加することとした。これらのアノテーションと、各対話の参加者、各発話に関する話者と時間の情報から、特定の患者に関する情報の流れを追跡することができるようになる。この情報の流れを、現場で規定されている情報伝達方法と比較することによって、必要な情報交換が行われていないことや確認の省略等のコミュニケーション欠如を検出することができるようになる。図4-2-4-1にこの目的で設計したインタラクション・コーパスの基本的な構造を示す。

図4-2-4-2に、協力病院で収集した観測データに基づき作成したインタラクション・コーパスの一部を示す。この図では、個人情報保護のために実名の代わりに NS-1 や PT-1 等の ID を使用している。この例は、ナースステーションでの引き継ぎ業務中の対話に関するものである。対話1では、看護師 NS-1 の発話中のインスリンという薬剤名が、また対話2では、CCR という省略名が記録されている。ここで、CCR とはクレアチニンクリアランスの省略名であり、糸球体濾過池の測定法。腎機能障害の程度を表す専門用語である。

コーパス	
対話リスト	<対話のリスト>

対話	
参加者	<人IDのリスト>
開始時間	<時間>
発話リスト	<発話のリスト>

発話	
開始時間	<時間>
話者	<人ID>
発話テキスト	<文字列>
発話中の薬剤名リスト	<薬剤名のリスト>
発話中の省略表現のリスト	<省略表現のリスト>
業務ラベル	<業務ラベル>
対象患者	<人ID>
場所	<場所ID>

図4-2-4-1 インタラクション・コーパスの基本的な構造

対話1 (参加者: NS-1, NS-2; 開始時刻: 13:56:59)									コーパス		
開始時間	話者	発話テキスト	薬剤名	省略名	業務ラベル	対象患者	場所		対話1	対話2	...
13:56:59	NS-1	PT-1さんの食後のインスリン、NS-2さんに引き継ぎました。	インスリン	なし	引継ぎ	PT-1	ナースステーション				
13:56:59	NS-1	で、PT-2さん	なし	なし	引継ぎ	PT-2	ナースステーション				
13:56:59	NS-2	対話2 (参加者: NS-1, NS-3; 開始時刻: 14:29:54)									
開始時間	話者	発話テキスト	薬剤名	省略名	業務ラベル	対象患者	場所				
14:29:54	NS-1	NS-3さん	なし	なし	引継ぎ	PT-3	ナースステーション				
14:29:54	NS-3	はい	なし	なし	引継ぎ	PT-3	ナースステーション				
14:29:54	NS-1	PT-3さん、ちょっと前にトイレ行って、明日のCCRの採尿があるので、	なし	CCR	引継ぎ	PT-3	ナースステーション				
14:29:54	NS-3	はい	なし	なし	引継ぎ	PT-3	ナースステーション				

図4-2-4-2 作成したインタラクション・コーパスの一部

#### b. 誤伝達に関する予備的分析としての書き起こし作業の分析

前述のように、薬剤に関する誤伝達は重大な医療事故を引き起こす可能性がある。ここでは、インタラクション・コーパス構築作業を通じて行った、新人看護師のように専門知識が少ない人間が聞き間違いやすい用語に関する分析を行った。具体的には、対話データの書き起こしの専門家が看護師の申し送り等での対話データを書き起こした際に、聞き間違えた用語を収集し、その傾向等を分析した。

書き起こしの専門家は、以下のような特徴を持っていたことから、ここで得られた「聞き間違い」のデータは、経験をほとんど持たない看護師によるコミュニケーション・エラーの傾向を知る上の貴重な情報となると考えられる。

1. 音声データのみから対話の認定や複数名の声の分離を行うことができる。
2. 看護の経験や知識は持たない。
3. 対話者が看護師であること、耳鼻科のナースステーションで対話が行われていることを知っている。
4. 対話を注意深く聞く作業の中で看護業務の知識が増加している。

分析は、以下のような手順で実施した。

1. 書き起こしの専門家1名（以下、筆記者という）により、収集した音声データを書き起こし、12,764行のテキストデータを得た。なお、これらの中には、一部の音が聞き取れなかったデータも含まれている。
2. これら12,764行のテキストデータを、看護職3年以上の経験者2名により見直しを行った後、さらに看護職10年以上の経験者2名により見直し、正しく聞き取られていない952語句358種類を抽出した。
3. 抽出した358種の語句について、①数値を含むもの、②アルファベットを含むもの、③カタカナを含むもの、④その他に分類し、考察を行った。
4. 次に、358種の語句から、数値と単位を除く319種の単語、略語、合成語を抽出し、新聞記事で使われる一般的な日本語約10万語を収録した類語辞書「分類語彙表」、および、研究用に収集した医学・看護領域で使われる語約20万語との照合を行った。

この分析の結果、以下に述べるようなことが明らかとなった。すなわち、数値を含む語句の表記ミスでは、①数値自体の間違いと、②単位の間違いがあった。①の原因については、(a)雑音等の環境の問題、(b)有効範囲に関する知識不足が考えられ、②の表記ミスについては、看護実践で使われる単位に関する知識不足が考えられる。

アルファベットを含む語句の表記ミスにおいては、漢字での表記は少なく、音をカタカナ表記している場合が多いことから、略語等の英字であることの認定は比較的正しく行わ

れていると考えられる。したがって、看護実践で使われる略語の知識が充分であれば聞き間違いは減少すると考えられる。

一方、カタカナを含む語句においては、語の区切りの認定が正しく行われていないものが少なくなかった。カタカナ表現は、薬剤名だけでなく看護行為名称の表現にも使われる傾向があることが分かっている。そして、これらカタカナ語には、多義性の問題や表記の揺れの問題がある。したがって、正しく聞き取られ、表記されたとしても、コミュニケーション・エラーが発生する可能性は低くはない。また、薬剤名だと認識した上で、筆記者の知識内にある別の薬剤名を表記しているもの（「ワーファリン」を「バッファリン」と聞き間違えた）も見つかっている。以上のことから、病棟で使われるカタカナ表現については、一覧表を作成し、使われる語を限定すること、また、可能な限り文書として残し、確認を行う等の対処が必要であろう。

聞き手が発話を解釈するためには、文法能力だけでなく、曖昧性を除去し、指示対象を割り当て、論理的含意、意味論的含意、文脈的含意を駆使している。次に示す例から、一般的な語でありながら、日常あまり使わない語を聞いた時に、同音異義語からどのように語を同定しているのかを知ることができる。すなわち、「転倒」、「既往」、「転科」、「床上」、「精査」は、文字を見れば、容易に解釈できる語であるが、日常生活で耳にする語ではない。筆記者は、「耳鼻科における看護師の対話である。」という状況と、「専門用語ではなさそうである。」という判断から。文法的に同じ機能を持つそれらしい語「点灯」、「今日」、「検査」、「症状」、「診察」を割り当てている。

これらの語は、文書作成ソフトの変換機能で候補として表示される語である。一方、「気切部」、「腰痛」、「絶食」は、「何かの「部分」、「痛み」、「食」に関することである。」という判断の下で、「気節部」、「尿痛」、「自食」という、文書作成ソフトでは一度に変換できない造語で表記していた。なお、「～部」、「～痛」、「～食」の他に「～性」、「～時」も比較的確信を持って聞き取られていた。

また、「予約」という一般的な語に「与薬」という看護領域用語を割り当てており、これは「耳鼻科における看護師の対話である。」という認識から、語の同定に際し過剰適応を引き起こしたと考えられる。

また、看護領域用語を聞いた際には、日常聞き慣れない語であることから、音をカタカナで表記しているものが多く見られた。一方、「床上」、「保清」、「舌苔」等は、一般語の同音異義語によって表記されていた。

さらに、音を助詞として認識した例、または聞き落とした例もあった。「を」、「で」、「の」等の音は、地方特有のアクセント、イントネーションの付け方により、助詞と認識され、本来は1つの語であるものが句として表記された可能性がある。

今回の分析から、「筆記者が聞いた音を文字で表現する。」という単純な作業において、何らかの理由で音を正しく聞き取れなかった場合に、不確かな音に対して、都合の良いように解釈し語を割り当てる処理がなされてしまうことを確認することで、情報伝達経路に人間が介在することの脆弱性を垣間見る結果となった。インタラクション・コーパス中に出現する、こういった間違いを犯しやすい用語は、コミュニケーション・エラーを分析する際の有力な手がかりとなる可能性が示されたと考える。

#### 4-2-5 まとめ

今年度は、観測データの一般的傾向の抽出手法として、特に看護師の移動パターンに対してN-gram分析を実施し、そこに規則性が存在することを明らかにし、その規則性は看護師に割り当てられている役割や実施する業務と関連している可能性が高いことを示した。また希少現象の抽出手法として、平成17年度に提案した仮説推論に基づくシナリオ違反モデルによるヒヤリ・ハットの検出手法で用いるシナリオとして、看護業務マニュアル等から構築した事前知識を利用可能なように拡張し、実際の観測データを用いた評価により、観測データ中のエラーを正しく検出できることを示した。

医療看護オントロジ・システムの構築では、茶筌用辞書から、約4万語程度の看護業務に関わる単語を抽出し、それを看護業務の項目に基づいて分類した。また既に我々は医療看護現場での発話データを3,000時間以上保有しており、既に約1,900時間分の発話データを書き起こしている。そこから抽出された医療看護の専門用語に関する話し言葉を前述の看護業務の項目に関連付けるための分析を実施した。さらに、上述の仮説推論に基づくシナリオ違反モデルによるヒヤリ・ハットの検出手法で用いた、看護業務フロー・モデルとして白内障の手術当日の術前、術後処置を、看護業務マニュアルに基づきモデル化して医療看護オントロジ・システムに組み込んだ。

インタラクション・コーパスの構築に関しては、今年度は看護医療事故の原因となるコミュニケーション・エラーの検出を目的として、その基本的な構造の設計を行った。そしてその設計に基づき上述の約1,900時間分の発話データの中の引継ぎ業務中の対話に対して、コミュニケーション・エラーを検出・分析するために有用なアノテーションを付与した。このアノテーションは、重大な医療事故につながる薬剤の名称に関する表現や、略語のような聞き間違いやすい表現について調査分析するために使用される。

以上から、知識構築技術の研究開発は中間目標を達成し、また、最終目標に向けて着実に進捗していると言えることができる。

来年度以降は、最終目標「行動・状況理解結果のデータベースが与えられたとき、看護業務に関する一般的傾向、および、ヒヤリ・ハット等の希少現象に関する傾向を抽出する統合的な技術を確立するとともに、延べ3,000時間程度の看護業務に関する観測に基づく行動・状況理解結果を使用して、技術の有効性を検証すること。」の達成に向けて、これまで様々な見地から開発してきた知識構築手法を統合していく予定である。

また、最終目標「医療看護オントロジ・システムを構築すること。本システムは医療看護に関する専門用語1万語および上述の看護師の業務に関する観測データ延べ3,000時間程度に含まれる発話データから抽出された専門用語を含み、それらに関連付けするものとする。」の達成に向けて、引き続き医療看護オントロジ・システムの構築を進める。

同様に、最終目標「医療従事者間のコミュニケーションに関するインタラクション・コーパスを構築する。本インタラクション・コーパスは看護師の業務に関する観測データ延べ3,000時間程度に含まれるインタラクションを要素に分割し、分類し、構造化したものとすること。」の達成に向け、引き続きインタラクション・コーパスの構築を進める。

さらに、最終目標「上記インタラクション・コーパスの分析に基づき、コミュニケーション・エラーの発生に影響を与える特徴的な属性を抽出すること。」の達成に向けて、インタラクション・コーパス内のデータに基づく、誤伝達とコミュニケーション欠如の分析を進める。

## 4-3 知識提供技術の研究開発

### 4-3-1 序論

本サブテーマでは、行動経験知識を関係者に提供することにより、関係者の間で共有する技術を確立することを目指し、看護業務記録・分析システム、ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システム、ジャストインタイム看護アドバイス・システムを開発する。

平成18年度は、看護業務記録・分析システムに関しては、中間目標「知識構築技術により構築された知識、行動・状況理解結果に基づき、看護業務記録・分析システムを構築するための要素技術を確立すること。」の達成に向けて、看護現場のニーズに即した分析システムの要素機能の強化を主として行った。平成17年度に行った分析データの可視化機能、及びデータの分析容易化機能をさらに拡張し、複数の看護師のデータの同時表示や、同種のセンサ・データの並列表示機能、看護師の業務分類や存在位置等のデータを追加編集可能とする機能を実装した。

次に、ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムに関しては、中間目標「専門家が作成したヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ・ビデオに関する被験者実験を行い、ヒヤリ・



ハット・ドキュメンタリを半自動的に作成するために必要なパラメータ属性を提示すること。」の達成に向けて、開発した、カメラからの映像を3次元モデルとして合成する際に必要な複数の固定カメラから獲得された映像を入力とした3次元モデル構築技術、および、予め与えられたカメラワークによる映像を出力する技術を使用して作成した映像を用いて、カメラワークの影響の被験者実験による評価を行った。平成18年度では、これらの成果からカメラワークが有効に機能するために必要なカメラワーク・パラメータの記述様式を導出した。また、最終目標「看護現場を定常的に撮影した映像データが与えられたとき、看護教育のためのヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを半自動的に生成する技術を確立すること。」の達成に向けて、より看護現場のニーズに基づいた技術の開発を開始した。より多くのヒヤリ・ハット事例発生現場を、精度よく撮影するための仕組みとして、自由視点映像の画質改良と撮影手段の拡張に重点を置いた研究開発を機器の追加とセグメンテーションの改良という2つの観点から行った。

最後に、ジャストインタイム看護アドバイス・システムに関しては、中間目標「知識構築技術により構築された知識、行動・状況理解結果に基づき、ヒヤリ・ハットが発生する可能性等からアドバイス提供の適切性に関する状況判断を行い、この判断に基づき適切な知識を提供することが可能な技術を提示すること。また、看護師の行動・周囲状況とそれに適した知識提供・注意喚起のためのモダリティの関係等を明らかにすること。」に向けて、平成17年度に実施した被験者実験の結果から得られた知見を基に、看護師が活動に応じて適切に情報を提示するプロトタイプ・システムを構築し、看護師の状況に応じて適切な情報提示を選択できることを確認した。

#### 4-3-2 看護業務記録・分析システムの開発

看護業務の記録、分析には、その場で生じていた事象を再現することができる詳細な情報が必要である。それらの情報は膨大なデータ量となることは必至であり、このことは視認性・検索性の観点から大きな問題となる。

平成17年度には、看護師が装着する装着型センサや看護師の活動現場に存在する環境設置型センサから得られたデータを、データの取得時間やセンサの設置位置等のメタデータとともに格納し、看護師名や病棟、センサ種別等の様々な角度からデータを取得可能とするデータベースの構築を行った。また、データを可視化する機能として、各センサ・データを時間軸に沿って表示する機能を実装した。特に時間的な看護師の位置の変化を平面図上に表示する機能を実現し、時間的・空間的な制約条件を考慮しながら看護業務を分析することを可能とした。平成18年度は、これらの機能に加え、看護現場でのヒアリング等から得られる現場のニーズを反映して、業務分析として役立つデータを得るために分析データの可視化機能の強化、および、編集機能に的を絞って設計・実装した。

以下では、システムの画面例に基づき、開発した機能を説明する。図4-3-2-1は、センサからのデータを表示し、それらを確認しながら編集機能を使用して分析の元となるデータを整理している画面例であり、図4-3-2-2は、整理されたデータを利用して業務状況を可視化し統計的な分析を行っている画面例である。

まず、分析時の操作性向上の観点から、昨年度作成したデータベースと可視化部分との連携をより密なものとし、画面からデータベース上に蓄積されたセンサ・データを直接指定してそれらを可視化することができるようにした。また、比較分析容易性向上の観点から、データベースに格納されたメタデータに基づいて各データの間関係を木構造で表し、同時に可視化する情報の選択（表示対象の看護師、通過センサ、パーソナル・センサ・ネットワーク装置等）を容易に行えるようにした（図4-3-2-1、図4-3-2-2の左端ウィンドウを参照）。

看護業務を分析する際、すべての分析をセンサ・データに直接的に基づいて行うわけではなく、センサ・データに関する人間の中間的な解釈等も使用することから、センサ・データに対して、そうした解釈を示すアノテーションを付与する機能が重要となる。そこで、

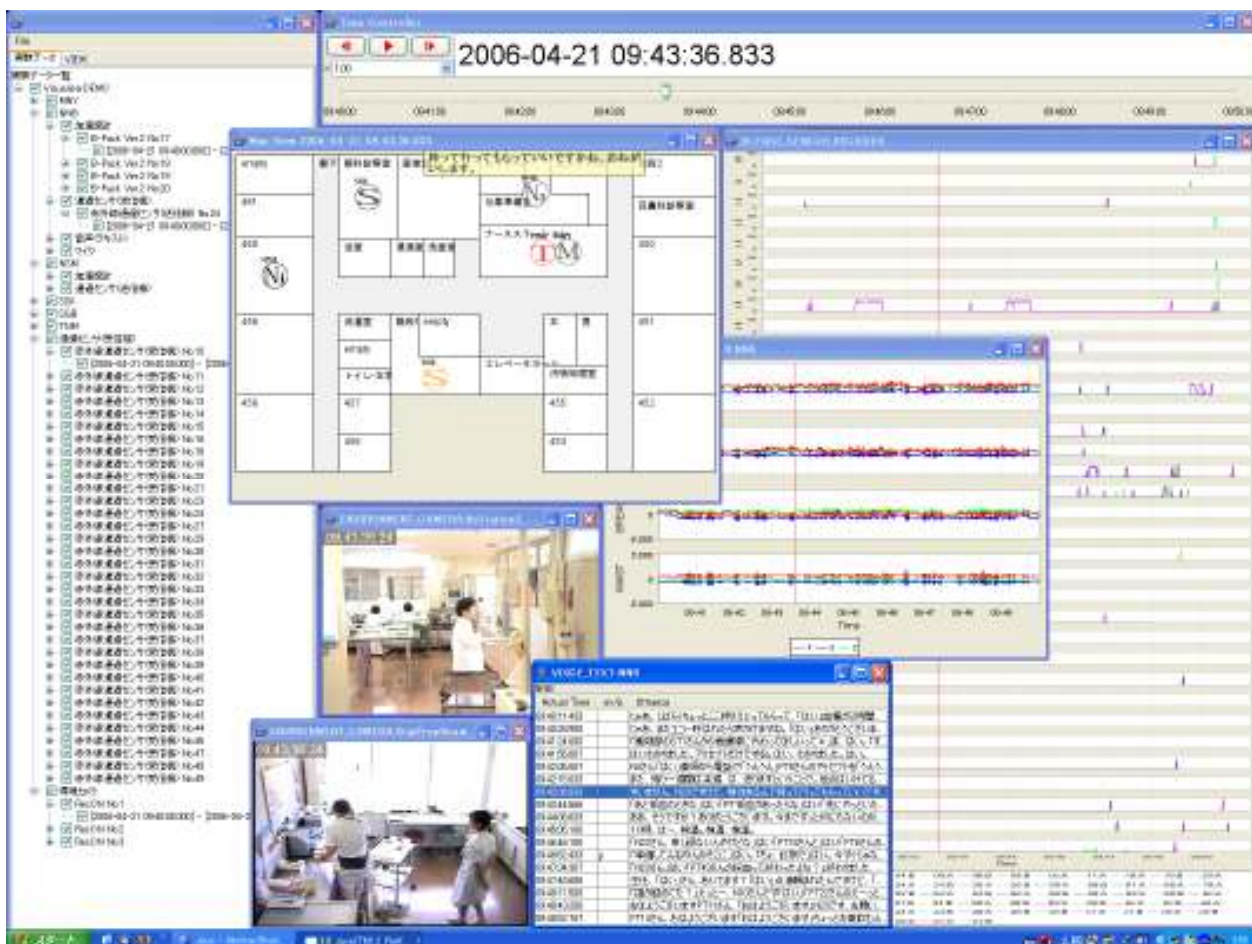


図4-3-2-1 センサ・データ可視化画面

そのようなアノテーション・データを統一的に扱い、分析を可能とするための機能の拡張を行った。まず、アノテーション・データ編集機能を実現し、センサ・データを再生して状況を再現しながらアノテーション・データの追加や修正／削除を行うことができるようにした。具体的には、そのためのアノテーション・データ編集ウィンドウ（図4-3-2-1の下中央）を実装した。また、分析の効率性・統一性向上の観点から、これらのアノテーション・データが再利用可能となるようにデータベースを拡張し、データベース上に登録できるようにした。さらに、可視化部分では、これらアノテーション・データを抽象化して表示する機能を追加し、業務の推移や単位時間当たりの移動回数等の可視化や、各部屋での存在時間割合といった統計情報を表示することを可能とした（図4-3-2-2の右端や中央上部）。特に、業務の流れ等、時系列で表現され分析データの表示は、センサ・データの表示と連動し、ある「業務」がなされているときの「証拠」や「根拠」としてセンサ・データを確認することによって、より詳細かつ正確な分析を行うことを可能としている。

以上のように、今年度は看護業務記録の分析をより高度に効率よく行うための機能を実装した。

#### 4-3-3 ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムの開発

ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムに関しては、昨年度までに複数の環境カメラから固定撮影した日常的な行動の映像を入力として、予め与えられた「映画の文法」に従ったカメラワークにより自由視点映像を出力するプロトタイプを構築し、中間目標「専門家が作成したヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ・ビデオに関する被験者実験を行い、ヒ

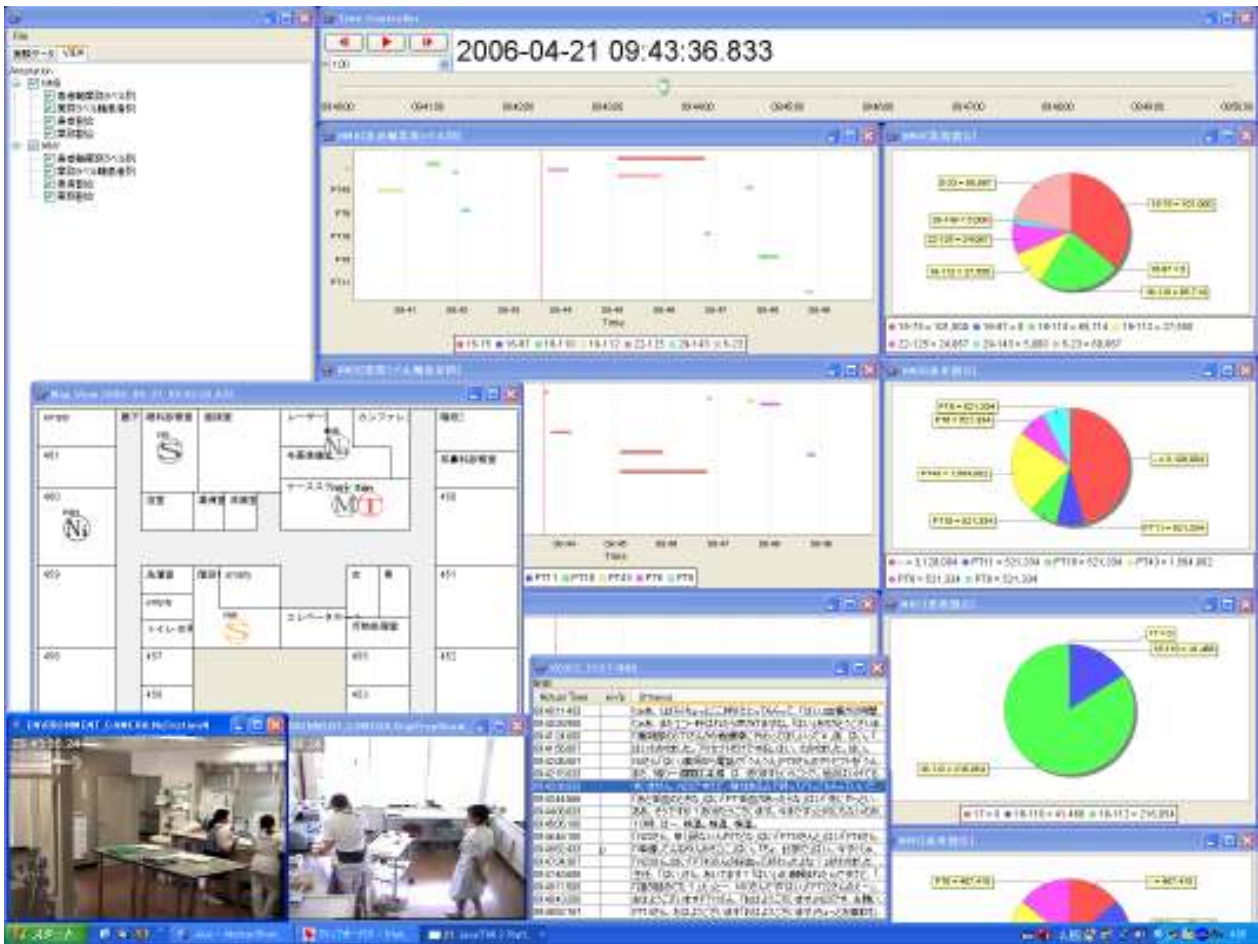


図4-3-2-2 業務状況可視化画面

ヤリ・ハット・ドキュメンタリを半自動的に作成するために必要なパラメータ属性を提示すること。」の達成に向けて、カメラワークの影響の被験者実験による評価を行った。平成18年度は、この評価結果を基に特に自由視点映像を用いたヒヤリ・ハット・ドキュメンタリの半自動的撮影のためのパラメータを導出した。また、より多くのヒヤリ・ハット事例発生現場を、より精度よく撮影するための仕組みとして、自由視点映像の画質改良と撮影手段の拡張に重点を置いた研究開発を機器の追加とセグメンテーションの改良という2つの観点から行った。以下に詳細を示す。

#### a. パラメータ属性の導出

中間目標におけるパラメータ属性の提示にむけ、仮想カメラのカメラワークに必要なパラメータを導出した。これは、平成17年度までに行ったカメラワークにおける心理評価実験の成果を分析した結果から導かれ、この結果、パラメータはカメラのプリミティブな位置や方向や移動を示す情報のセットであるショットと呼ばれる情報単位と、そのショットのリストであるカメラワークと呼ばれる情報単位の次の2種類で構成するのが適当であるという結論に達した。

カメラワーク := ショット列.

ショット := <空間アノテーション (開始, 終了),  
時間アノテーション (開始, 終了),  
水平アングル,  
垂直アングル,



図4-3-3-1 全方位カメラによる画質の改善  
(左：環境カメラのみ、右：環境カメラと全方位カメラを使用)

ズーム・ファクタ（開始，終了），  
フレーミング＞．

通常の映画をはじめとする映像作品において用いられるカメラワークのほとんどは、この様式で示すことが可能である。

#### b. 環境カメラと全方位カメラの統合

ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリシステムは、現場で実際に発生しやすいヒヤリ・ハットに関わる重要な瞬間を、いかに記憶に残りやすいように再現するかという点を重視している。この観点から、現場で発生しやすいヒヤリ・ハットに関わる重要な瞬間に関する分析も並行して進めているが、その結果、薬剤の取り違いや点滴器材の使用ミス等における看護師の手元の映像の重要性が浮上している。従来の自由視点映像における撮影装置は環境カメラによるものであった。環境カメラは、後でカメラワークをつける段階における仮想カメラの位置よりも被写体に対して遠い位置にある。カメラが撮像した空間のある領域に対する画像上の解像度は、その領域からのカメラの距離の近さに比例するため、環境カメラの映像だけでは上記の目的達成に十分な解像度をもったテクスチャを作成することはできなかった。この問題に対応するために、単に環境カメラの距離を対象空間に近くしたのでは、撮影範囲が狭まるだけであるので、実用的ではない。

そこで、手元等の映像を近接撮影し、その映像と外周に設置するカメラの映像を統合する研究の第一歩として高解像度の全方位カメラを手元に近い角度から撮影するために追加設置し、これによる近接撮影映像を自由視点映像への入力映像として統合する検討を行った。具体的には、環境カメラの撮影空間の中に全方位カメラ（PointGray社製Ladybug 2）を設置し、ここからの映像をモデリングとテクスチャに利用することにより解像度を大幅に高めることに成功した（図4-3-3-1）。また、本検討のように撮影環境の内部にカ



図4-3-3-2 複雑な背景に対応したセグメンテーション

メラを設置する場合、撮影環境にマーカーを設置することによって行うキャリブレーションの処理において、マーカーとカメラの距離が近接すぎてマーカーの撮影が困難であるという問題が発生する。そこで、全方位カメラのキャリブレーションは、予め行う環境カメラの静的なキャリブレーションとは独立してリアルタイムに行う手法を開発した。具体的には天井方向を向いたカメラが天井に貼り付けた特殊な画像パターンを読み取り、そこからカメラ自身の位置と姿勢を推定する。

#### c. 色情報の分布を用いた頑健なセグメンテーション

本研究と同じ3次元オブジェクトのモデルを構成する従来の自由視点映像は、専用スタジオ等の背景が単純な場所で撮影された映像を用いることが多かった。これは、3次元モデルを作成する基準となる各カメラの映像における前景の抽出が容易であることによる。しかし、本研究では実際の看護現場での使用を前提とするため、非常に複雑な背景下で自由視点映像を作成する必要があり、従来の単純な輝度値の差分を用いた手法ではセグメンテーションを頑健に行うことが困難であった。セグメンテーションの精度は3次元モデルの正確さに寄与するため、出力映像の品質にも大きな影響を与える。そこで、スタジオ環境ではない、通常的环境においても頑健にセグメンテーションを行う手法を開発した(図4-3-3-2)。この手法では、まず画像をRGBからHSV空間へと変換し、色空間と輝度値の分離を行う。次に、輝度値を使用して背景画像との差分値を求め、その差から信頼度に基づいた複数クラスに各画素を分類する。ここでは、(a)信頼できる背景、(b)疑わしい背景、(c)疑わしい前景、(d)信頼できる前景の4つのクラスを設定した。このうち、(c)に分類された領域の色空間の差分を求め、その領域の色の差分が小さければ、その領域は影とみなして(b)に分類しなおす。この後、(a)もしくは(b)の連続領域(これを背景領域

と呼ぶ) と(c)もしくは(d)の連続領域(これを前景領域と呼ぶ)を探索し、各領域のラベリングを行う。さらに、前景領域中の微小な(a)、(b)を取り除く目的で、前景領域に対してシルエット抽出を行う。最後に、シルエットにおける前景領域中の背景領域の部分を背景領域としてシルエット化しなおして、セグメンテーションを完了する。この手法は、影を取り除くことができること、微細なエラー領域を無視することができること、オブジェクト内部に穴のように存在する背景を背景領域として選別可能なことを特徴として持つ。これらの特徴は、特に shape from silhouette における 3次元モデルの復元時において不用意にモデルの形状を削らず、また、影の領域を誤ってモデル化することがないために、最終的な出力映像において閲覧者に大きな違和感を与える 3次元モデルの致命的な欠陥の発生を防ぐことができ、その結果、品質の高いヒヤリ・ハット映像を生成することが可能になる。

#### 4-3-4 ジャストインタイム看護アドバイス・システムの開発

ジャストインタイム看護アドバイス・システムに関しては、平成17年度に被験者実験を通して、看護アドバイスの提示に適した情報提示手段の比較検討を行った。比較検討の結果、会話中や薬剤調合中と比較し、バイタルチェック中や針の挿入時は情報提示を避けるべきであること、および、看護経験が浅い看護師は看護経験が豊富な看護師と比較して情報提示に支障があると感じていることが明らかとなった。さらに、看護師が適切だと判断した情報提示機器は、看護状況に関係がなく、看護師ごとの個人差が大きいことが判明した。また、実験被験者の看護師に対して行ったヒアリングからは日中にブザーを使うことに問題はないが、夜間は患者の邪魔になるため使用できないといった意見も得られた。

すなわち、時間・場所・看護師の行動・看護師の経験等により、適切な情報提示が異なることが判明した。また、看護師による情報提示の好みもあることから、看護師ごとに情報提示を簡便かつ直観的にカスタマイズできる必要があることも判明した。しかし、たとえば看護師の好みではあったとしても、不適切なカスタマイズを禁止する安全性も要求される。

以上の結果より、情報提示手法に関する要件として以下を抽出した。

1. 状況依存性：看護状況に応じた適切な情報提示を選択できること。
2. カスタマイズ性：看護師の好みに応じて情報提示(ブザー、バイブレータ等)を柔軟にカスタマイズできること。
3. 安全性：看護師が不適切なカスタマイズを行った場合でも、看護活動に影響を与えないようにすること。

これらの要件を満たす情報提示手法として、看護状況と情報提示機器の関連をデータベースに格納する手法を考案した。データベースは基本テーブル、カスタマイズ性のためのカスタマイズ・テーブル、安全性のための禁止テーブルの3つのテーブルで構成される。これらのテーブルが持つ状況に関する属性値を用いることで、状況依存性を実現する。基本テーブルには、看護師の経験に応じた標準的な設定を、カスタマイズ・テーブルには看護師ごとのカスタマイズに関する設定を、禁止テーブルにはカスタマイズ・テーブルに格納された設定の検査に使用する禁止すべき情報提示を格納する。図4-3-4-1に点滴業務に関する設定を記述したテーブルの例を示す。空白は任意の値を示す。基本テーブルおよび禁止テーブルは病院や診療科ごとに記述し、カスタマイズ・テーブルは各看護師が記述する。

この手法では、看護師に提示すべき情報がある場合に、その看護師の状況および看護師名を用いてカスタマイズ・テーブルを検索する。対応する設定が存在する場合、システムはその中で最大の優先度(PRI0属性)をもつ項目を選択し、その項目に記述された出力デバイスおよび現在の看護状況を用いて禁止テーブルを検索する。項目が存在しない場合、システムはその出力機器を用い、項目が存在する場合は基本テーブルを用いてその状況に応じた出力機器を決定する。

## 基本テーブル

PRIO.	TYPE	TIME	LOC	SITUATION	DEVICE
10		NIGHT			VIBE
20			NS_STA		BEEPER
30		NIGHT	NS_STA		VIBE
40				INJECTION	NONE
50	NAIVE			VITAL_CHK	NONE
60	EXPERIENCED			VITAL_CHK	
70	EXPERIENCED	NIGHT		VITAL_CHK	VIBE
80				MIX_MEDS	
90		NIGHT		MIX_MEDS	VIBE
100	NAIVE			TALK	NONE
110	EXPERIENCED			TALK	

## カスタマイズ・テーブル

PRIO.	NAME	TIME	LOC	SITUATION	DEVICE
10	NS_A			TALK	VIBE
20	NS_B			MIX_MEDS	NONE

## 禁止テーブル

TIME	LOC	SITUATION	DEVICE
NIGHT			BEEPER
		INJECTION	EVERYTHING PROHIBITED

図4-3-4-1 データベースの3種類のテーブル

この手法を用いて看護アドバイスの提示を行う場合、看護状況の変化に応じて能動的に各テーブルの処理を行い、情報提示に用いる機器を即座に決定する必要がある。このような処理の記述には、アクティブ・データベースで動作記述のために使用する ECA ルールが適している。ECA ルールは、発生した事象(イベント)、実行させるための条件(コンディション)、イベントによって発火する操作(アクション)の3つの組からなり、データベース処理を能動的に行える。開発した手法では、対象とするイベントは、アドバイス提供を要求するものであり、上述の3種類のテーブルを参照する条件判定を行い、その結果に基づき、アドバイス提供に関する操作を行う。

上記に基づき、この ECA ルールを動作記述のために使用し、ウェアラブル・コンピューティング環境における様々なイベントやアクションに対応できるように拡張したイベント駆動型システム A-WEAR を実装のための基盤システムとして使用するプロトタイプ・システムを開発した。A-WEAR は、プラグインと呼ばれる拡張モジュールを追加することで新たなイベントやアクションを追加できるため、看護師が身に付けるバイブレータ、ブザー、小型ディスプレイ、骨伝導スピーカーや環境に設置されたモニタ等、ジャストインタイム看護アドバイス・システムのための様々な情報提示機器に柔軟に対応できる。

開発したシステムは、A-WEAR により看護状況の変化に応じて能動的にデータベースの検索を行うため、状況依存性を満たす。また、看護師がカスタマイズ・テーブルを、病院や

診療科の管理者が禁止テーブルを修正できるため、カスタマイズ性および安全性を満たす。本研究では、データベース処理を行うイベント駆動ルールを記述し、提案手法の動作を確認し、看護師の状況に応じて適切な情報提示を選択できることを確認した。また、実験結果および看護マニュアルをもとに、図4-3-4-1に示すテーブルを記述した。このテーブルでは、看護経験が10年以下の経験が浅い看護師がバイタルチェックをしている場合、情報提示を禁止している。また、看護師が夜間にブザーを使うといった不適切な設定をカスタマイズ・テーブルに記述した場合、禁止テーブルの設定を用いてブザーを禁止し、基本テーブルに記述された機器を用いる。

#### 4-3-5 まとめ

平成18年度は、看護業務記録・分析システムに関しては、看護現場のニーズに即した分析システムの要素機能を強化し、プロトタイプを構築することによって、同システムに関する中間目標「知識構築技術により構築された知識、行動・状況理解結果に基づき、看護業務記録・分析システムを構築するための要素技術を確立すること。」を達成した。今後は、これまでに構築した要素技術をより看護現場で使いやすくするために、センサ等によって得られたデータをオンラインで表示・分析することができる機能を付加する。具体的には、現在の看護業務記録・分析システムは、センサから得られたデータをデータベースにいったん蓄積して利用する方法を採用しているが、センサ・データを蓄積するのと並行して表示・分析することを可能にする。これによって、現場のセンサ・データを観測直後に表示したり、分析結果を提示したりすることが可能となり、より看護業務記録・分析システムとしての価値が向上することとなる。

ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムに関しては、既に行った被験者実験に基づき、自由視点映像を用いたヒヤリ・ハット・ドキュメンタリの半自動的撮影のためのパラメータを導出し、同システムに関する中間目標「専門家が作成したヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ・ビデオに関する被験者実験を行い、ヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを半自動的に作成するために必要なパラメータ属性を提示すること。」を達成した。また、最終目標「看護現場を定常的に撮影した映像データが与えられたとき、看護教育のためのヒヤリ・ハット・ドキュメンタリを半自動的に生成する技術を確立すること。」の達成に向けて、より看護現場のニーズに基づいた技術の開発を開始した。今後は、平成18年度までの技術開発の延長として、全方位カメラを用いた手元の映像撮影、および、編集機能をさらに発展させ、より現場の制約を考慮した映像生成手法と編集手法を開発する。また、最終的な映像の質の保証を目指して、3次元モデルの信頼度を考慮した映像生成手法を開発する。さらに、3次元モデリングを高速化する手法も検討する。

ジャストインタイム看護アドバイス・システムに関しては、平成17年度に行った、看護師の行動・周囲状況とそれらに適した知識提供・注意喚起のためのモダリティに関する被験者実験に加えて、アドバイス提供の適切性に関する状況判断を行う技術等を開発し、看護師の状況に応じて適切な情報提示を選択するプロトタイプを開発し、中間目標知識構築技術により構築された知識、行動・状況理解結果に基づき、ヒヤリ・ハットが発生する可能性等からアドバイス提供の適切性に関する状況判断を行い、この判断に基づき適切な知識を提供することが可能な技術を提示すること。また、看護師の行動・周囲状況とそれらに適した知識提供・注意喚起のためのモダリティの関係等を明らかにすること。」を達成した。今後は、より現場のニーズに適合したアドバイス提供を実現するために、看護師の行動・周囲状況とそれらに適した知識提供・注意喚起の間の関係の分析をより精緻化する。これまでの実験のデータは少人数の被験者によるものであったため、その分析結果は定性的なものに限定されていたが、看護師の業務内容、看護師の特性、情報の種類、時間、場所といった様々な状況を考慮する必要がある可能性が高いことを示している。今後は、これらの要素を取り入れた統計的分析を行うことによって、ジャストインタイム看護アドバイス・システムに望まれる知識提供・注意喚起に関して、適切な方法をより高い精度で選



扱することが可能にする。また、このような分析や現場からのフィードバックに基づき、具体的な知識提供・注意喚起に関する要件を明確化し、それらの要件を満足するものを実装する。

#### 4-4 総括

本研究開発では、業務を阻害しない小型装着型センサや環境設置型センサにより、これまで見過ごされてきた業務中の日常行動・状況を理解し、これに基づき業務に有用な知識を構築し、そのような知識を関係者にも提供するシステムを構築する技術を確立することを目標とした。具体的な題材としては、このようなシステムへのニーズが高い医療看護現場を取り上げている。研究開発成果を実用性の高いものとするために、医療看護従事者との情報交換を密に行うとともに、協力病院の病棟内で実証実験を行い、現場特有の問題点を把握し、それらに対応しながら、研究開発を進めた。

次に、中間目標達成に向けた進捗状況という視点から総括すると、以上で述べてきたように、各サブテーマの中間目標達成に向け、研究開発を計画通りに進めた。また、それらを通して、全体の中間目標である「医療機関の特定の診療科あるいは病棟規模の看護師 10 人程度（それぞれ勤務時間最大 14 時間中に 300 種類程度に分類される看護業務を 30 以上 150 以下実行する）を対象とする看護業務記録・分析システムのプロトタイプを開発すること。本システムは医療看護知識に基づき、小型装着型機器や環境設置型機器を使用して、看護師が行う行動・状況を理解することにより看護師の勤務時間中の業務を観測・記録することにより、看護師の勤務時間中の業務を記録する作業を効率化する環境を提供するとともに、複数の看護師の業務の流れを可視化する機能、各業務に要する所要時間の分布等の統計的情報を可視化する機能等を有するものとする。」、「上述の看護師 10 人程度を対象とするヒヤリ・ハット・ドキュメンタリ作成システムの要素技術を確立すること。」、「上述の看護師 10 人程度を対象とするジャストインタイム看護アドバイス・システムの要素技術を確立すること。」を達成した。

今後は、最終目標達成に向けた研究開発を推進する。その際、本研究開発の成果のような新しい枠組を医療現場に導入する際には、その枠組を現場が受け入れやすいことが重要な要素となることから、この点を意識した研究開発を進め、現場でのカスタマイズ性等を重視する。そのために、これまでと同様、あるいは、これまで以上に、医療機関との連携を密にしていく。

本研究開発は、実際、総務省の医療分野における ICT の利活用に関する検討会報告書中の『「ユビキタス健康医療」実現に向けてのロードマップ』の中で、2010 年までの中期目標として掲げられている「医療現場のユビキタス化」の一翼を担うものである。今後、この目標に沿った様々な研究開発が加速していくと考えられる。それらの研究開発の動向を睨みながら、実用的な研究開発を効率的に進めていく。

本研究開発の中で要素技術として開発した、Bluetooth を使用したパーソナル・センサ・ネットワーク装置に関しては、成果展開の手始めとして、小型無線加速度センサとして販売を開始した。開発した他の要素技術の中にも需要が見込めるものがあるので、早期に成果展開を行っていききたい。また、それらの成果展開によって要素技術の実用性を高めることによって、本研究開発全体の実用性を高めていききたい。

## 5 参考資料・参考文献

### 5-1 研究発表・講演等一覧

通し 番号	発表種別	雑誌名・会議名等	発表者・著者名	タイトル	発表日	査読
1	外国発表予稿等	Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation	Hiromi Itoh Ozaku, Akinori Abe, Kaoru Sagara, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure	Features of Terms in Actual Nursing Activities	2006. 5. 24 ～ 2006. 5. 26	有
2	一般口頭発表	電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解(PRMU)研究会	田淵 勝宏、納谷 太、大村 廉、野間 春生、小暮 潔、岸野文郎	加速度センサを用いた日常行動識別におけるデータ収集条件の識別性能への影響評価	2006. 5. 24 ～ 2006. 5. 26	無
3	一般口頭発表	映像情報メディア学会映像表現&コンピュータグラフィックス研究会、メディア工学研究会	小暮 潔	E-ナイチンゲール・プロジェクトについて	2006. 5. 29	無
4	一般口頭発表	第2回 ICTフォーラム近畿～u-Japan クローズアップセミナー～	小暮 潔	E-ナイチンゲールプロジェクトについて	2006. 5. 30	無
5	外国発表予稿等	International Workshop on Risk Mining 2006 (RM 2006)	Akinori Abe, Hiromi Itoh Ozaku, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure	Relation between Abductive and Inductive Types of Nursing Risk Management	2006. 6. 5 ～ 2006. 6. 6	有
6	一般口頭発表	日本バーチャルリアリティ学会 第1回ウェアラブル/ユビキタス VR 研究会	野間 春生	E-Nightingale プロジェクト:医療事故防止を目的とした看護業務のための行動状況理解と知識共有システム	2006. 6. 7	無

7	一般口頭発表	2006 年度人工知能学会全国大会	松岡 有希、坂本 竜基、伊藤 禎宣、武田 英明、小暮 潔	Web 文書に対するマーキングからの個人知識の獲得	2006. 6. 7 ～ 2006. 6. 9	無
8	一般口頭発表	2006 年度人工知能学会全国大会	坂本 竜基、北原 格、キム ハンソン、小暮 潔	シースルー型デバイスを用いた過去の閲覧	2006. 6. 7 ～ 2006. 6. 9	無
9	一般口頭発表	2006 年度人工知能学会全国大会	坂本 竜基、中田 豊久、伊藤 禎宣、松岡 有希、小暮 潔、武田 英明	イロノミー:色付き傍線による Web 文章を対象としたフォークソノミー	2006. 6. 7 ～ 2006. 6. 9	無
10	一般口頭発表	第 7 回 AI 若手の集い MYCOM2006	多田 昌裕、納谷 太、野間 春生、鳥山 朋二、小暮 潔	日常動作からの感性情報抽出の試み	2006. 6. 11	無
11	外国発表予稿等	Ninth International Congress on Nursing Informatics	Kaoru Sagara, Akinori Abe, Hiromi Itoh Ozaku, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure	Features of Standardized Nursing Terminology Sets in Japan	2006. 6. 11 ～ 2006. 6. 14	有
12	外国発表予稿等	Ninth International Congress on Nursing Informatics	Hiromi Itoh Ozaku, Kaoru Sagara, Noriaki Kuwahara, Akinori Abe, Kiyoshi Kogure	Nursing Spoken Corpora for Understanding Nursing Assignments	2006. 6. 11 ～ 2006. 6. 14	有
13	外国発表予稿等	Third International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission	Hansung Kim, Itaru Kitahara, Ryuuki Sakamoto, Kiyoshi Kogure	An Immersive Free-Viewpoint Video System Using Multiple Outer/Inner Cameras	2006. 6. 14 ～ 2006. 6. 16	有

14	一般口頭発表	電子情報通信学会 データ光学 (DE) 研究会、パターン認識・メディア理解 (PRMU) 研究会	北原 格、坂本 竜基、キム ハンソン、小暮 潔	Cinematized Reality : 自由視点映像技術を用いた日常行動映像の映画的演出手法	2006. 6. 15 ～ 2006. 6. 16	無
15	学術解説等	医療情報学	阿部 明典、小作 浩美、相良 かおる、桑原 教彰、小暮 潔	看護リスクマネージメントのための看護オントロジ構築	2006. 6. 20	有
16	外国発表予稿等	Workshop on Three-Dimensional Cinematography	Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Kiyoshi Kogure	Cinematized Reality: Cinematographic 3D Video System for Daily Life Using Multiple Outer/Inner Cameras	2006. 6. 22	有
17	外国発表予稿等	Eleventh IPMU International Conference	Akinori Abe, Hiromi Itoh Ozaku, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure	Scenario-Base Construction for Abductive Nursing Risk Management	2006. 7. 2 ～ 2006. 7. 7	有
18	外国発表予稿等	Sixteenth World Congress on Ergonomics	Mieko Ohsuga, Yukiyo Kuriyagawa, Miho Hashimoto, Kiyoshi Kogure	A Heuristic Method for Work Assessment Using Changes in Autonomic Indices	2006. 7. 14 ～ 2006. 7. 16	有
19	一般口頭発表	日本医療情報学会第 7 回看護情報研究会	相良 かおる、小作 浩美、阿部 明典、納谷 太、桑原 教彰、小暮 潔	看護職者の対話データにおける聞き違い語句の分析	2006. 7. 16 ～ 2006. 7. 17	無
20	外国発表予稿等	ACM SIGGRAPH2006	Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Kiyoshi Kogure	From Inside and Outside: Immersive 3D Video Generation	2006. 7. 30 ～ 2006. 8. 3	有

21	外国発表予稿等	Eighteenth International Conference on Pattern Recognition (ICPR2006)	Unsang Park, Anil K. Jain, Itaru Kitahara, Kiyoshi Kogure, Norihiro Hagita	ViSE: Visual Search Engine Using Multiple Networked Cameras	2006. 8. 20 ～ 2006. 8. 24	有
22	一般口頭発表	情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM) 研究会、電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解 (PRMU) 研究会	多田 昌裕、大村 廉、納谷 太、野間 春生、鳥山 朋二、小暮 潔	加速度センサを用いた自動車運転時のハンドル操作分析	2006. 9. 8 ～ 2006. 9. 9	無
23	一般口頭発表	日本音響学会 2006 年秋季研究発表会	實廣 貴敏、小作 浩美、鳥山 朋二、小暮 潔	E-NIGHTINGALE プロジェクトにおける音声認識タスクの分析および初期評価	2006. 9. 13 ～ 2006. 9. 15	無
24	外国発表予稿等	Second International Workshop on Exploiting Context Histories in Smart Environments (ECHISE 2006)	Noriaki Kuwahara, Futoshi Naya, Hiromi Itoh Ozaku, Kiyoshi Kogure	Context-Awareness in a Real Working Environment: - Model for Understanding Nursing Activities -	2006. 9. 17	有
25	外国発表予稿等	UbiComp 2006	Masakazu Miyamae, Futoshi Naya, Haruo Noma, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure	A Trial Design of an Information Display Method for Medical Nursing	2006. 9. 17 ～ 2006. 9. 21	有
26	外国発表予稿等	International Conference on Image Analysis and Recognition 2006	Hansung Kim, Itaru Kitahara, Kiyoshi Kogure, Kwanghoon Sohn	A Real-Time 3D Modeling System Using Multiple Stereo Cameras for Free-Viewpoint Video Generation	2006. 9. 18 ～ 2006. 9. 20	有
27	学術解説等	映像情報メディア学会誌	小暮 潔、北原 格	医療看護現場における知識共有技術	2006. 10. 1	無

28	著書等	Chance Discoveries in Real World Decision Making: Data-based Interaction of Human intelligence and Artificial Intelligence (Yukio Osawa and Shusaku Tsumoto, Eds.), Springer	Akinori Abe, Kiyoshi Kogure	E-Nightingale: Crisis detection in Nursing Activities	2006. 10. 5	無
29	外国発表予稿等	Tenth International Conference on Knowledge-Based & Intelligent Information & Engineering Systems (KES2006)	Akinori Abe, Hiromi Itoh Ozaku, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure	What Should Be Abuducible for Abductive Nursing Risk Management?	2006. 10. 9 ～ 2006. 10. 11	有
30	外国発表予稿等	Tenth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC2006)	Futoshi Naya, Ren Ohmura, Fusako Takayanagi, Haruo Noma, Kiyoshi Kogure	Workers' Routine Activity Recognition Using Body Movements and Location Information	2006. 10. 11 ～ 2006. 10. 14	有
31	外国発表予稿等	Asia Pacific Association for Medical Informatics	Kaoru Sagara, Hiromi Itoh Ozaku, Akinori Abe, Futoshi Naya, Noriaki Kuwahara, Kyoshi Kogure	Analysis of Misheard Phrases in Nursing Dialogue	2006. 10. 27 ～ 2006. 10. 29	有
32	一般口頭発表	第 28 回日本創造学会研究大会	坂本 竜基、中田 豊久、伊藤 禎宣、小暮 潔	Web 文章に対する三色ボールペン読書法支援とデータの二次利用	2006. 10. 29	無
33	外国発表予稿等	First Semantic Authoring and Annotation Workshop (SAAW2006)	Yuki Matsuoka, Ryuuki Sakamoto, Sadanori Ito, Hideaki Takeda, Kiyoshi Kogure	Social Tagging Using Marked Strings in Web Pages	2006. 11. 6	有

34	一般口頭発表	ATR 研究発表会 2006	小暮 潔	日常活動の知識共有を支援する技術	2006. 11. 9 ～ 2006. 11. 10	無
35	外国発表予稿等	First IEEE International Workshop on Practical Issues in Building Sensor Network Applications	Ren Ohmura, Futoshi Naya, Haruo Noma, Noriaki Kuwahara, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure	Practical Design of a Sensor Network for Understanding Nursing Activities	2006. 11. 14	有
36	外国発表予稿等	First Korea-Japan Joint Workshop on Pattern Recognition	Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure	Robust Foreground Segmentation from Color Video Sequences Using Background Subtraction with Multiple Thresholds	2006. 11. 23 ～ 2006. 11. 24	有
37	一般口頭発表	計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	大村 廉、納谷 太、野間 春生、小暮 潔	E-Nightintale プロジェクトにおけるセンサネットワークの設計	2006. 12. 14 ～ 2006. 12. 17	無
38	一般口頭発表	計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	田岡 康裕、納谷 太、野間 春生、小暮 潔、李 周浩	小型 Bluetooth デバイスを用いた移動体の近接距離推定法	2006. 12. 14 ～ 2006. 12. 17	無
39	外国発表予稿等	ICDM 06 Workshop on Risk Mining 2006	Akinori Abe, Hiromi Itoh Ozaku, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure	Cooperation between Abductive and Inductive Nursing Risk Management	2006. 12. 18	有
40	研究論文	情報処理学会論文誌	坂本 竜基、田中 郁、小暮 潔	漫画表現用知的トランスコーダを用いた人間関係ネットワークのブラウジング環境	2007. 1	有

41	その他資料	第2回ユビキタスネットワーク技術による高度な医療安全の確保・支援に関する調査研究会	小暮 潔	ユビキタスネットワーク技術に基づく医療看護現場での知識共有の支援技術	2007.2.21	無
42	一般口頭発表	第4回知識創造支援システムシンポジウム	小暮 潔	ATR 知識科学研究所設立の狙いと現状	2007.2.22 ～ 2007.2.24	無
43	一般口頭発表	情報処理学会第69回全国大会	木下 紋、納谷 太、大村 廉、小作 浩美、小暮 潔、城 和貴	位置情報を考慮した看護業務の分析・可視化	2007.3.6 ～ 2007.3.8	無
44	一般口頭発表	第1回ユビキタス健康医療シンポジウム	小暮 潔	ユビキタスネットワーク技術に基づく医療看護現場での知識共有の支援に向けて	2007.3.9	無
45	一般口頭発表	インタラクション2007	多田 昌裕、大村 廉、岡田 昌也、納谷 太、野間 春生、鳥山 朋二、小暮 潔	加速度センサを用いた行動計測に基づく運動動作解析手法	2007.3.15 ～ 2007.3.16	有
46	一般口頭発表	電子情報通信学会2007年総合大会	猪股 知仁、納谷 太、桑原 教彰、服部 文夫、小暮 潔	RFIDタグを用いた作業行動識別に関する検討	2007.3.20 ～ 2007.3.23	無
47	一般口頭発表	電子情報通信学会2007年総合大会	坂本 龍哉、大村 廉、納谷 太、野間 春生、小暮 潔、佐野 睦夫	センサネットワークにおける時刻同期精度の向上に関する検討	2007.3.20 ～ 2007.3.23	無



48	外国発表予稿等	International Conference on Weblogs and Social Media	Yuki Matsuoka, Ryuuki Sakamoto, Sadanori Ito, Hideaki Takeda, Kiyoshi Kogure	Aikuchi: Marking-based Social Navigation System	2007. 3. 26 ～ 2007. 3. 28	有
49	研究論文	日本バーチャルリアリティ学会論文誌	田淵 勝宏、納谷 太、大村 廉、野間 春生、小暮 潔、岸野 文郎	無線加速度センサを用いた人の日常行動識別におけるデータ収集条件の影響評価	2007. 3. 31	有

