

200501293A

厚生労働科学研究費補助金

医療技術評価総合研究事業

ベッドサイド自動安全監視システムに関する研究

平成17年度 総括研究報告書

主任研究者 大江和彦

平成18（2006）年3月

# 目 次

- I. 総括研究報告  
    ベッドサイド自動安全監視システムに関する研究  
    総括および主任研究報告書 大江和彦
- II. 分担研究報告  
    小山博史
- III. 研究成果の刊行に関する一覧表

厚生労働科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）  
総括および主任研究報告書

ベッドサイド自動安全監視システムに関する研究

主任研究者 大江 和彦 東京大学医学部附属病院・教授

研究要旨

本研究の目的は、バーコードやI Cタグチップによりマーキングされた医療者・患者・医療機器・医療材料・医薬品などを、医療者の介入行為なしにベッドサイドでその物品等がどの患者のどのオーダのために準備されたものであるかを自動識別することにより、本来持ち込まれるべきでない物品等がベッドサイド近傍に持ち込まれたり、輸液ポンプに接続されようとしたりしていることを自動認識して、患者の取り違えや誤投薬などを未然にリアルタイムに警告するまったく新しいタイプの医療事故防止手法を開発する。1年目は患者周辺における医療機材・医薬品、医療者の自動識別手法の基礎実験を行った。2年目の平成17年度は、1) も医療者の操作を監視するシステムとしてベッドサイドでの手技を監視することを想定した光学式のモーションキャプチャーシステムを医療安全監視技術として導入する際の検討課題、2) ベッドサイド輸液ポンプの動作状況をリアルタイムでナースステーションに送信する装置の設計、3) 患者・医療者・医療機器のリアルタイム院内位置把握システムの基本設計、4) ベッドサイド動画像分析システムの開発実験を行った。

分担研究者氏名

小山博史（東京大学大学院医学系研究科・クリニカルバイオインフォマティクス研究ユニット・特任教授）、佐久間一郎（東京大学大学院新領域創成科学研究科 環境学専攻 人間環境学講座・教授）、美代賢吾（東京大学医学部附属病院企画情報運営部・講師）、田中勝弥（東京大学医学部附属病院企画情報運営部・助手）、松谷司郎（東京大学大学院医学系研究科・クリニカルバイオインフォマティクス研究ユニット・特任助手）

者・医療機器・医療材料・医薬品などを、医療者の介入行為なしにベッドサイドでその物品等がどの患者のどのオーダのために準備されたものであるかを自動識別することにより、本来持ち込まれるべきでない物品等がベッドサイド近傍に持ち込まれたり、輸液ポンプに接続されようとしたりしていることを自動認識して、患者の取り違えや誤投薬などを未然にリアルタイムに警告するまったく新しいタイプの医療事故防止手法を開発する。

A. 研究目的

本研究の目的は、バーコードやI Cタグチップによりマーキングされた医療者・患

B. 研究方法

1年目は患者周辺における医療機材・医薬品、医療者の自動識別手法の基礎実験を

行った。2年目の平成17年度は1) 医療者の操作を監視するシステムとしてベッドサイドでの手技を監視することを想定した光学式のモーションキャプチャーシステムを医療安全監視技術として導入する際の検討課題、2) ベッドサイド輸液ポンプの動作状況をリアルタイムでナースステーションに送信する装置の設計、3) 患者・医療者・医療機器のリアルタイム院内位置把握システムの基本設計を行うこととした。

### 1) モーションキャプチャーシステム

ベッドサイドでの簡単な創部縫合操作について安全監視に必要な手技操作を検討対象とした。モーションキャプチャーには、フルディジタルリアルタイム光学式モーションキャプチャーシステム MAC3D System (Motion Analysis 社) を使用した。キャプチャカメラにデジタルカメラ (Eagle-4: 400万画素とEagle: 130万画素) を用いノイズを最小限に抑えた。デジタルビデオカメラは、IEEE1394 ケーブルをシステム制御PC と繋ぎモーションキャプチャーデータと同期撮影を行った。デジタルカメラの解像度とベッドサイドを想定した場合のデジタルカメラの位置について検討を行った。

### 2) ベッドサイド輸液ポンプの動作状況検知システム

ベッドサイド輸液ポンプの動作状況をリアルタイムでナースステーションに送信するため、輸液ポンプのシリアルI/Fと接続し自動的に輸液ポンプの状態を周期的に読み出しその状態を無線LAN (WiFi) 経由でナースステーションに送信できる機器の調査と設計を行った。調査の結果、機器としてはArmadillo-210 ((株)アットマークテクノを使用することとした。

(<http://www.atmark-techno.com/products/armadillo/a210>)

### 3) 患者・医療者・医療機器のリアルタイム院内位置把握システムの基本設計

CISCOシステムズ(株)ではWifi(無線LAN)を使用した位置管理情報システムを市場に発表しているが日本ではまだ導入事例がない。われわれはこのシステムを院内の医療機器および医療者のリアルタイム位置把握に使用できないか調査し、基本設計を行った。

### 4) 動画・静止画画像解析による医療者等の認識

超小型の機器でリアルタイム画像認識ができる機器を調査した結果、ルネサス北日本セミコンダクタの画像認識システムSVP-330を活用して、ベッドサイドモニターからのリアルタイム画像データからあらかじめ医薬品ボトル等につけた識別マークおよび形状を認識する。

([http://www.kitasemi.renesas.com/product/vp/svp\\_330.html](http://www.kitasemi.renesas.com/product/vp/svp_330.html))

## C. 研究結果

1) : 130万画素では図1のように静止位置でのマーカの位置の検出と持針器を用いて創部に糸針を通す操作までは、かろうじて検出可能であったが、その後の結紮動作の場合には、検出できなかった。そのためまずカメラの位置を、400万画素のカメラを術者の前方2台と左右2台追加し合計8台で行った場合、結紮動作についてはほぼ動作を取得することが可能となったが、薬指と小指については縫合の途中で隠れる場合があり、動作の取得が困難であった。

図1 : 径約5mmのマーカを両手の手袋に

つけた図。中心には、皮膚縫合の訓練セットを配置。

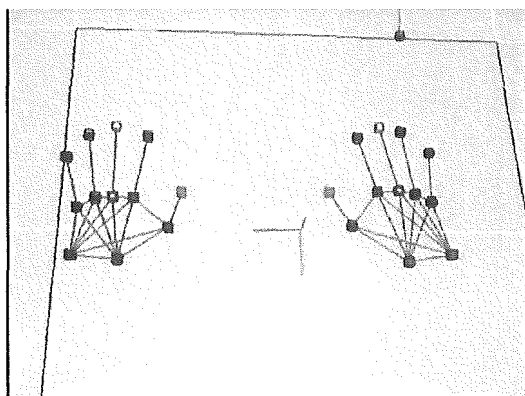
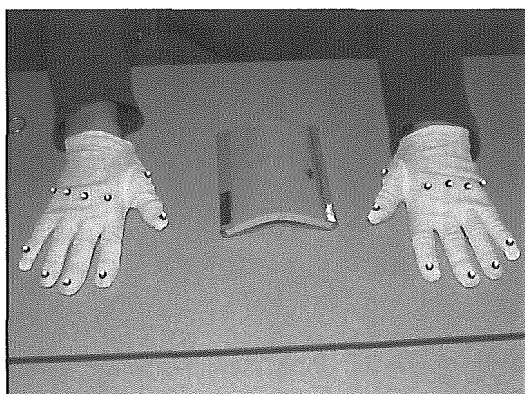


図 2. 初期位置における両手のモデル。動作によって各点と線が連動する。

## 2) 輸液ポンプ状態通信について Armadillo-210を図3に示す。

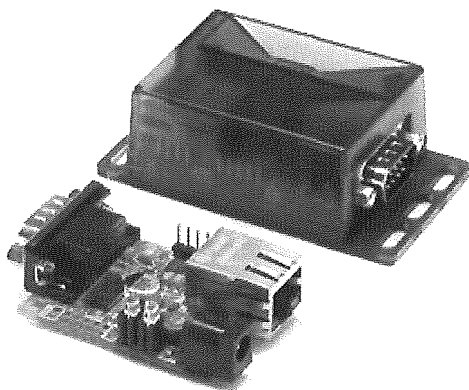


図 3 : 今回使用した輸液ポンプ状態検地送信装置

この装置に輸液ポンプの状態を逐次読み取

るソフトウェアを開発した。通信の仕様書および設計の概略フローを図4から7(別紙)に示す。この装置により、輸液ポンプの状態をリアルタイムで読み取りナースステーションに送信できることが示された。

## 3) 患者・医療者・医療機器のリアルタイム院内位置把握システム

医療機器や患者、医療者にWi-Fiタグを取り付け、医療機関の設備としてLocation Servicesに対応したアクセスポイントを分散配置することにより、数m程度の粒度で存在位置をリアルタイムで把握できるシステムの構築ができる。図8は同システムのホームページの資料から引用したものであるが、このように階層的にアクセスポイントとルータを設置することにより、院内で移動する機器やヒトの所在情報を把握、管理することができる可能性がある。

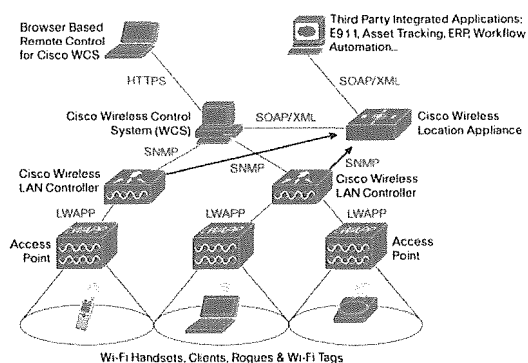


図 8. 無線アクセスポイントによる位置情報検知システム

## 4) 動画・静止画面像解析による医療者等の認識について

動画・静止画面像解析による医療者等の認識については、機器の調達が年度硬軟となりプログラム開発がまだ実験準備段階にとどまっているため、本年度においては実用性の評価までにいたらなかった。

## E. 考察と結論

1) ベッドサイドにおける医療安全監視として動作情報の取得による安全管理法の構築は重要な研究テーマであると考えられる。動作解析技術には、超音波法、磁気式、光学式があるが、医療機器によるノイズ発生により光学式が最も精度の高い動作検出法の一つと考えられる。本研究では、ベッドサイドを想定した小外科手技の動作情報の取得についての検討を行ったが、このような縫合や結紮の手の動作情報を光学的に取得する場合には、最低8台以上のカメラと特に下方からの撮影が必須であった。しかし、ベッドサイドにおいて対側へのカメラの設置は困難である場合がほとんどであり、ベッドサイドにおける光学式を用いた操作情報の取得には天井への可動式光学式カメラの設置と術者自身が装着し、動作を取得するための小型カメラ（ウェアブルカメラ）からの情報の取得が必要であると思われた。

2) 輸液ポンプの状態のリアルタイム送信により、このデータとオーダーリングシステムで発行されているデータとのリアルタイム照合する機能を次年度に開発することにより、日常診療の場で少なからず発生している輸液ポンプの流量設定ミスを検知することが可能になると考えられた。課題としては電源供給方法であるが、通常輸液ポンプがベッドサイドで使用されている時間は充電可能であるから、2時間程度持続可能な小型バッテリーを搭載することによって解決できると思われる。

3) 本位置把握システムと2)のシステムを連動させることにより、患者が輸液ポンプ等をつないだまま院内を移動していても点滴の流速状態とその所在をナースステー

ションで自動的に把握できるシステムの開発ができると考えられる。東大病院では平成18年度下半期に新しい診療棟がオープンし、ここでは本研究成果を生かした自動位置検出システム用のアクセスポイントが分散配置される予定である。この環境を活用して本構想を実験できる予定である。

## 4) ベッドサイド画像認識

ベッドサイド画像認識については本年度に十分な結論を得られまでのプログラム開発が時間的にできなかった。平成18年度に開発を継続し、ベッドサイドに持ち込まれる医薬品の種類の認識と医療者の識別を実施したい。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

[1] Hori K, Kuroda T, Oyama H, Ozaki Y, Nakamura, T, Takahashi T. Improving Precise Positioning of Surgical Robotic Instruments by a Three-Side-View Presentation System on Telesurgery. Journal of Medical Systems, Vol29, No6. pp661-670., 2005.

[2] Kuroda Y, Nakao M, Kuroda T, Oyama H and Komori M, "Interaction Model between Elastic Objects for Haptic Feedback considering Collisions of Soft tissue", Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2005 (in press)

[3] Shinohara N, Oyama H, Matsuya S, Ohe K; A Computational Method for Identifying Medical Complications based on Hospital Information System Data, Proceeding of The 7th China-Japan-Korea Joint

Symposium on Medical Informatics, 133-134, 2005

[4] Katsumura Y, Shinohara N, Matsumoto S, Imamura T, Oyama H; A data mining method for discovering casual relationships between harmful chemicals and clinical symptoms, Proceeding of The 7th China-Japan-Korea Joint Symposium on Medical Informatics, 125-127, 2005

## 2. 学会発表

[1] 横山祥恵、山本隆一、大江和彦、山口泉：病院情報システムのアクセスログ解析による患者情報へのアクセスのあり方に関する分析的研究。医療情報学,25(Suppl), 910-911, 2005.

[2] 篠原信夫、石坂崇、石井義興、小山博史、大江和彦：時制データベースを用いた検体検査結果データウェアハウスの構築。医療情報学,25(Suppl), 998-999, 2005.

## H. 知的財産権の出願・登録状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

**図4 輸液ポンプとの随時データ通知フロー**

Armadillo-210 から上位装置に対し、現在の「輸液ポンプ基本動作状態」を指定間隔毎に送信する。随時データ通知間隔の規定値は 1800 秒（30 分）とし、通知間隔変更要求コマンドにより変更を可能とする。但し、随時データ通知は上位装置から Armadillo-210 に対し、何れかのコマンド送信後から行われるものとする。

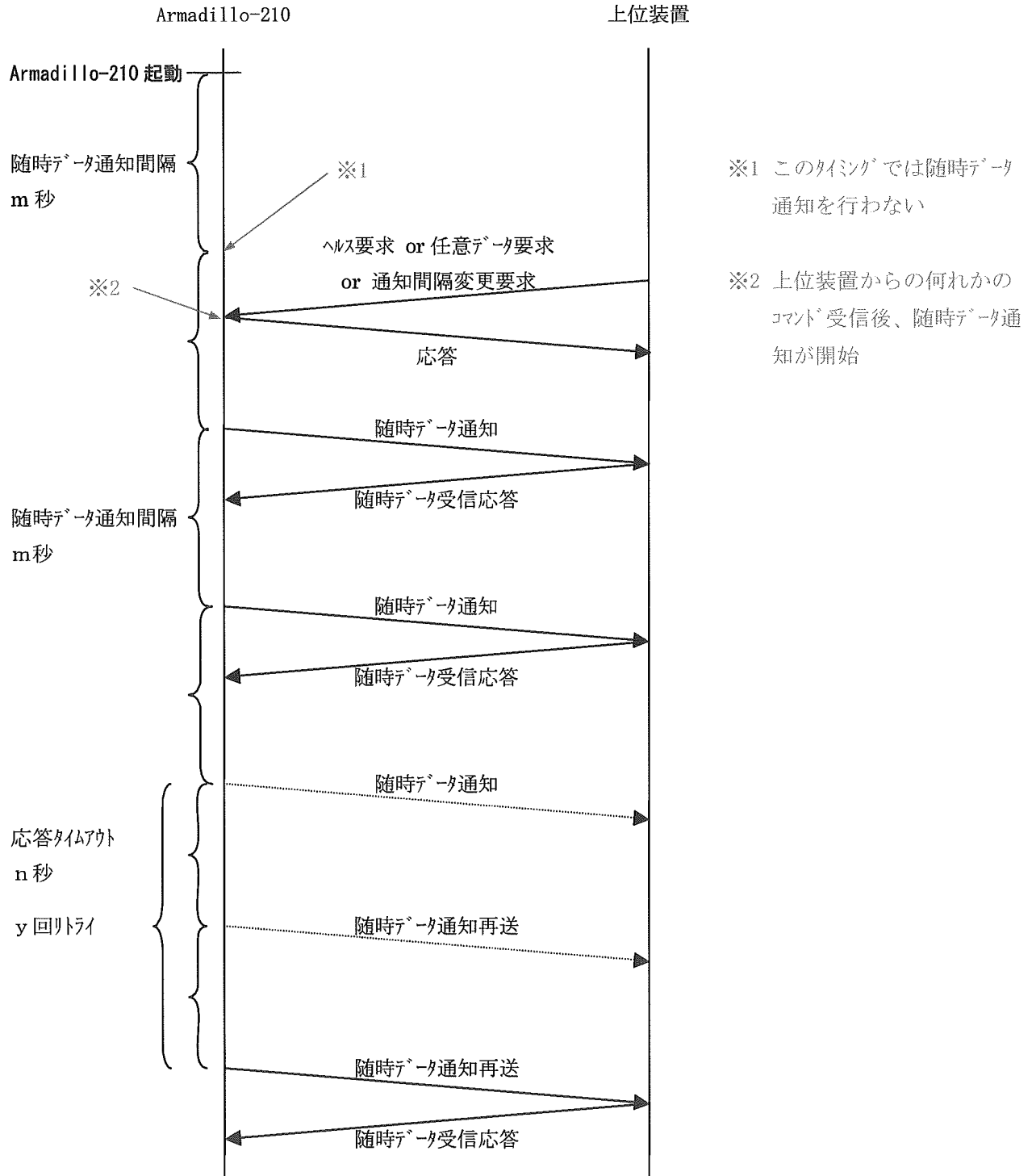




図5 輸液ポンプへの任意データ要求

上位装置から Armadillo-210 に対し、現在の「輸液ポンプ基本動作状態」データを要求する。この要求により上位装置は任意のタイミングで「輸液ポンプ基本動作状態」データを取得する。

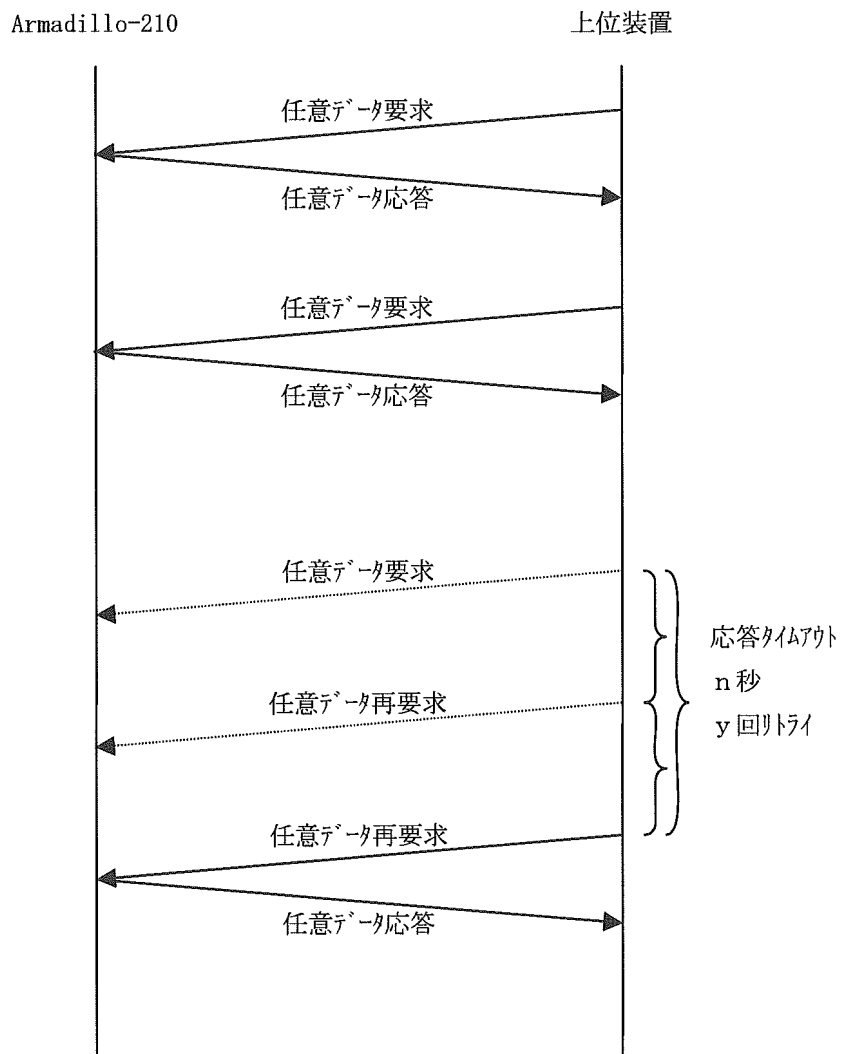


図6 輸液ポンプの生存状態問い合わせ（ヘルス要求）

上位装置から Armadillo-210 に対し、ヘルスチェック要求を送信することにより、Armadillo-210 の生存確認を行うことを可能とする。

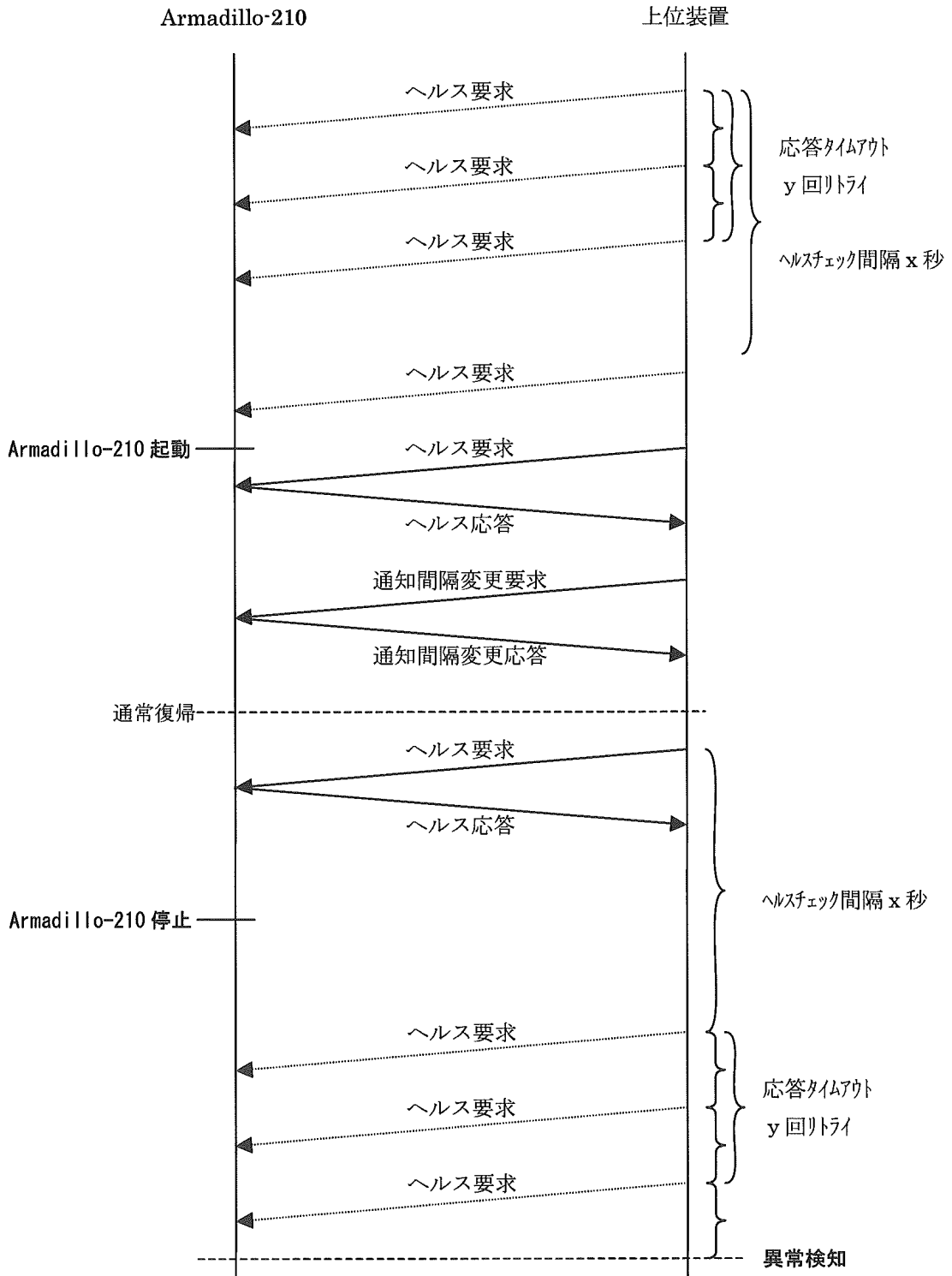
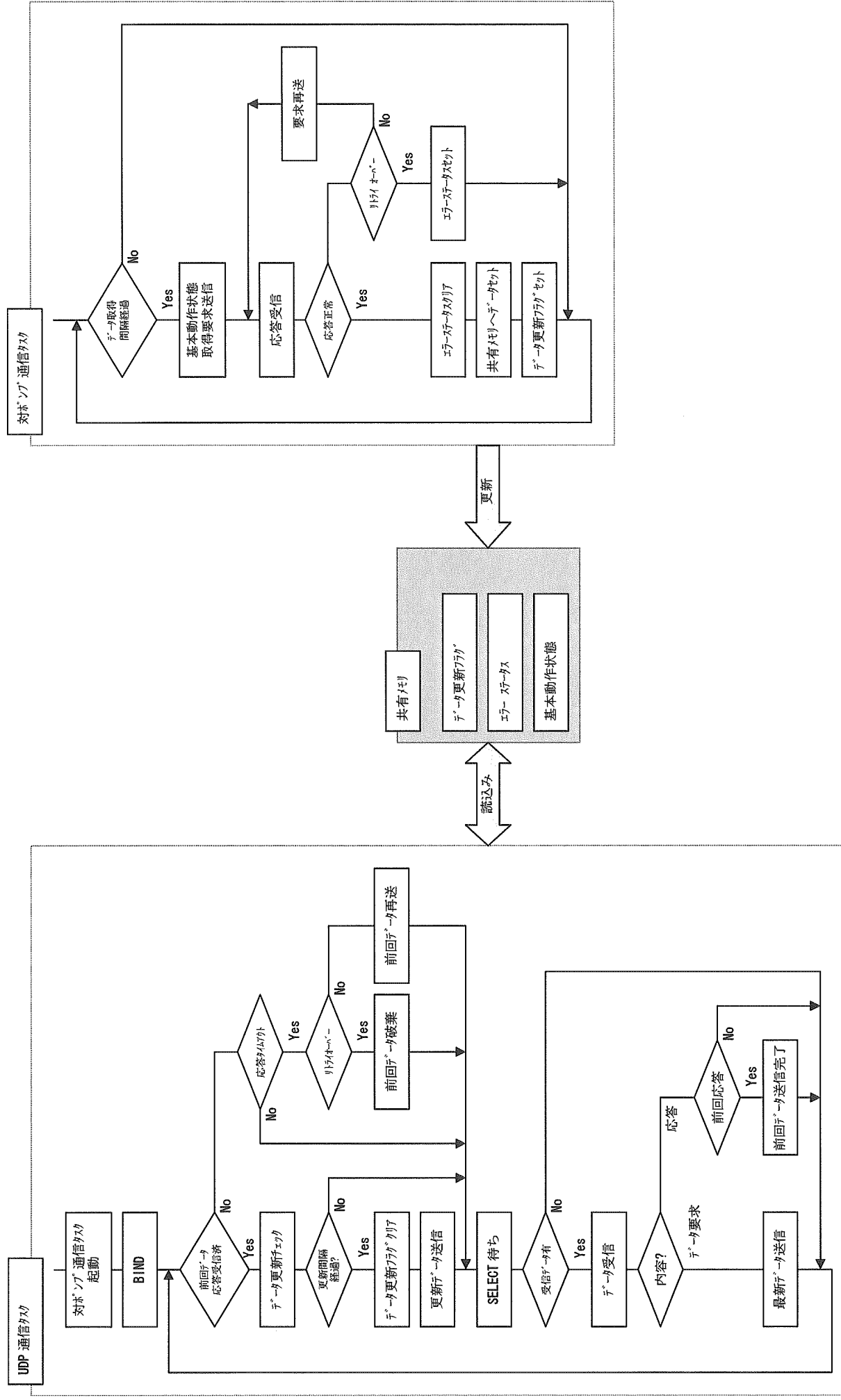


図7. システム全体の概略フロー



#### 一部の分担研究者の報告書を省略し総括兼主任研究者報告書に一括する理由

本研究は、各分担研究者が分担領域ごとに独立して課題を設定して研究を進めることにより研究成果物を作成する形態ではなく、「ベッドサイド自動安全監視システムに関する研究」課題を各研究者の視点から検討して、主任研究者の成果物に反映させるという手法をとり、合同でひとつの成果物の作成を目指したものである。したがって、各分担研究者の成果を個々に分離して分担報告書を作成することは困難であるとともに無意味である。

よって本報告書では、主任研究者による総括兼主任研究者報告書に一括して報告書を作成することとした。なお例外的に分担研究者小山博史についてはこの方針によらず作成されたので提出する。

厚生労働科学研究費補助金 平成17年度分担研究報告書  
分担研究課題名：安全監視とベッドサイド環境の統合  
分担研究者名：小山博史（東京大学大学院医学系研究科）

【背景と目的】ベッドサイドでおこる医療行為の安全監視の中で医療者が行う操作を監視する技術を開発することは医療安全からみても極めて重要なテーマの一つと考えられる。昨年度は、ベッドサイドにおける安全監視の統合環境設計に必要なと思われる基本となる設計思想として① 医療安全監視用システムは、患者に対して極力精神的肉体的傷害を与えないこと。② 医療安全監視用システムは、診療行為を極力妨げないこと。③ 医療安全監視用システムは、遠隔で正常動作確認が取れること、を提案したが、本年度は、その中でも医療者の操作を監視するシステムとしてベッドサイドでの手技を監視することを想定した光学式のモーションキャプチャーシステムを医療安全監視技術として導入する際の検討課題について明らかにすることを目的とした。

【方法】ベッドサイドでの簡単な創部縫合操作について安全監視に必要な手技操作を検討対象とした。操作者は、外科研修医とし、小切開の縫合訓練セットを用いてベッドサイドで行うことを想定して図1のような環境を構築した。

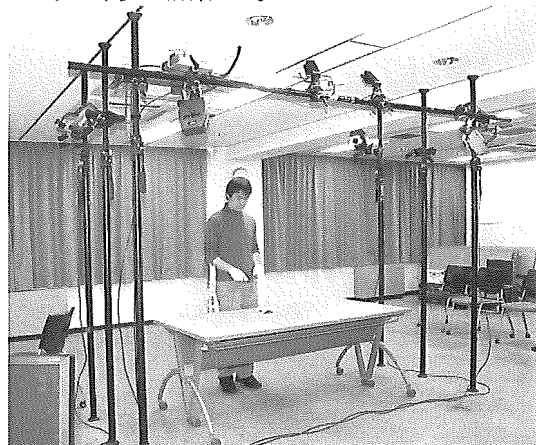


図1. ベッドサイド環境を想定した光学式モーションキャプチャー実験環境。

モーションキャプチャーには、フルデジタルリアルタイム光学式モーションキャプチャーシステムMAC3D System (Motion Analysis 社)を使用した。キャプチャカメラにデジタルカメラ (Eagle-4: 400万画素と Eagle: 130万画素)を用いノイズを最小限

に抑えた。システム制御ソフト EVaRT によりカメラの制御、キャリブレーション、マーカデータの収集、3次元データの再構築、アナログデータ収集、オブジェクトのトラッキング、仮想点の計算、モデル計算など解析に必要なデータ処理をすべてリアルタイムに行った。(データの流れ) 光の反射角度が非常に狭いマーカを手の関節である測定点に貼りつけ(図2)、キャプチャカメラのレンズ回りに備え付けられたストロボをマーカに当て、その反射光を、同期させた複数台のキャプチャカメラで撮影した。

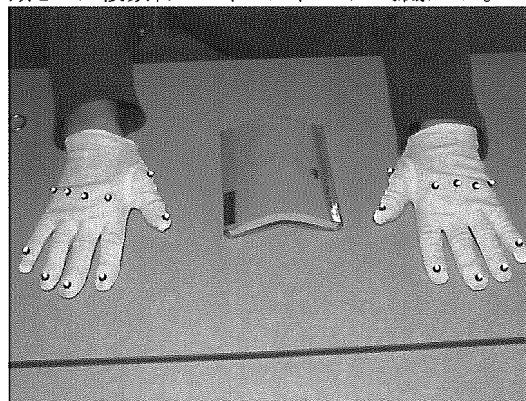


図2. 径約5mmのマーカを両手の手袋につけた図。中心には、皮膚縫合の訓練セットを配置。MAC3D 専用ハブ (Eagle Hub) を通じ、2次元データとしてシステム制御PCへ送った。キャプチャカメラにはマーカの反射光だけが非常に強く映るため、マーカのみが映った時系列のデータのみを取り込んだ。この2次元データを、MAC3D 制御ソフトウェア EVaRT 上で3次元化し、リアルタイムでディスプレイ表示した(図3)。両手に貼り付けたマーカの3次元位置データのリアルタイム表示及び、収集を同時に行った。(ノイズ処理) 光学式モーションキャプチャーシステムで通常使われているアナログキャプチャカメラは、システム制御PCへマーカ位置データを転送する際、一度システム制御PCとは別のデータ処理装置へ送り、アナログ信号データからデジタル信号データに変換しなければならずA/D変換の際、ノイズが生じる可能性が高い。しかし、本研究では、FPGA搭載デジタルカメラを使用しA/D変換の必要がなく、マーカ位置データ伝送時に発生するノイズを最小限に抑えることとした。

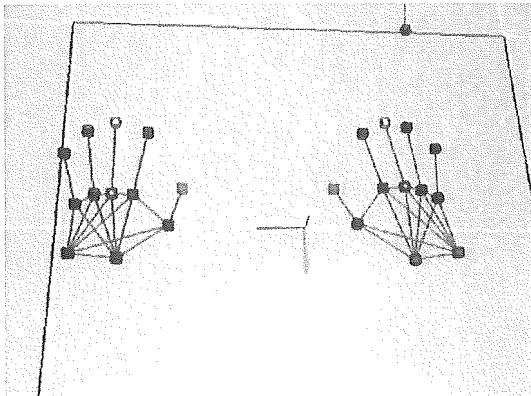


図3. 初期位置における両手のモデル。動作によって各点と線が連動する。

デジタルビデオカメラは、IEEE1394 ケーブルをシステム制御 PC と繋ぎモーションキャプチャーデータと同期撮影を行った。デジタルカメラの解像度とベッドサイドを想定した場合のデジタルカメラの位置について検討を行った。

【結果】光学式デジタルカメラの解像度について：まず、デジタルカメラ Eagle: 130 万画素では図3のように静止位置でのマーカの位置の検出と持針器を用いて創部に糸針を通す操作までは、かろうじて検出可能であったが、その後の結紮動作の場合には、検出できなかった。そのため先ずカメラの位置を図4のように、400万画素のカメラを術者の前方2台と左右2台追加し合計8台で行った場合、結紮動作についてほぼ動作を取得することが可能となったが、薬指と小指については縫合の途中で隠れる場合があり、動作の取得が困難であった。

【考察】ベッドサイドにおける医療安全監視として動作情報の取得による安全管理法の構築は重要な研究テーマであると考えられる。動作解析技術には、超音波法、磁気式、光学式があるが、医療機器によるノイズ発生により光学式が最も精度の高い動作検出法の一つと考えられる。本研究では、ベッドサイドを想定した小外科手技の動作情報の取得についての検討を行ったが、このような縫合や結紮の手の動作情報を光学的に取得する場合には、最低8台以上のカメラと特に下方からの撮影が必須であった。しかし、ベッドサイドにおいて対側へのカメラの設置は困難である場合がほとんどであり、ベッドサイドにおける光学式を用いた操作情報の取得には天井への可動式光学式カメラの設置と術者自身が装着し、動作を取得するための小型カメラ(ウェアラブルカメラ)からの情報の取得が必要であると思われた。また、カメラの解像度については術者の操

作の邪魔にならないように今回は50cm以上操作中心点から離れた位置としたが、このような場合には130万画素では手につけたマーカとノイズを分離できず、400万画素のカメラで分離が可能であったことから、本研究の環境と同じようなベッドサイド環境で動作情報を光学的に取得する場合には最低400画素以上のデジタルカメラが必要であると考えられる。

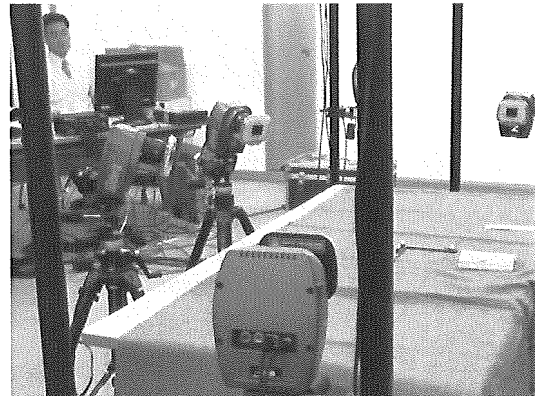


図4. 400万画素のカメラの配置位置。

#### 【業績】

1. Hori K, Kuroda T, Oyama H, Ozaki Y, Nakamura T, Takahashi T. Improving Precise Positioning of Surgical Robotic Instruments by a Three-Side-View Presentation System on Telesurgery. *Journal of Medical Systems*, Vol29, No6. pp661-670., 2005 Dec (in press)
2. Kuroda Y, Nakao M, Kuroda T, Oyama H and Komori M, "Interaction Model between Elastic Objects for Haptic Feedback considering Collisions of Soft tissue", *Computer Methods and Programs in Biomedicine (Elsevier Science)*, 2005 (in press)
3. Shinohara N, Oyama H, Matsuya S, Ohe K; A Computational Method for Identifying Medical Complications based on Hospital Information System Data, Proceeding of *The 7th China-Japan-Korea Joint Symposium on Medical Informatics*, 133-134, 2005
4. Katsumura Y, Shinohara N, Matsumoto S, Imamura T, Oyama H; A data mining method for discovering casual relationships between harmful chemicals and clinical symptoms, Proceeding of *The 7th China-Japan-Korea Joint Symposium on Medical Informatics*, 125-127, 2005

## 研究成果の刊行に関する一覧表

## 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
なし							

## 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Hori K, Kuroda T, Oyama H, Ozaki Y, Nakamura, T, Takahashi T	Improving Precise Positioning of Surgical Robotic Instruments by a Three-Side-View Presentation System on Telesurgery.	Journal of Medical Systems	29 (6)	661-670	2005
Kuroda Y, Nakao M, Kuroda T, Oyama H and Komori M	Interaction Model between Elastic Objects for Haptic Feedback considering Collisions of Soft tissue	Computer Methods and Programs in Biomedicine	in Press		2005
Shinohara N, Oyama H, Matsuya S, Ohe K	A Computational Method for Identifying Medical Complications based on Hospital Information System Data	Proceeding of The 7th China-Japan-Korea Joint Symposium on Medical Informatics	7	133-134	2005
Katsumura Y, Shinohara N, Matsumoto S, Imamura T, Oyama H	A data mining method for discovering casual relationships between harmful chemicals and clinical symptoms	Proceeding of The 7th China-Japan-Korea Joint Symposium on Medical Informatics	7	125-127	2005
横山祥恵、山本隆一、大江和彦、山口泉	病院情報システムのアクセスログ解析による患者情報へのアクセスのあり方に関する分析的研究	医療情報学	25 (Suppl.)	910-911	2005
篠原信夫、石坂崇、石井義興、小山博史、大江和彦	時制データベースを用いた検体検査結果データウェアハウスの構築	医療情報学	25 (Suppl.)	998-999	2005