論文

救命救急医療におけるチーム医療行為解析のための動線と会話の同時解析システム

A Simultaneous Analysis System for Team Medicine in Emergency Medical Services by Utilizing Trajectories and Conversation Analysis

正会員 依田 育士^{†1}, 大西 正輝^{†1}, 川島 理恵^{†2}, 黒嶋 智美^{†1},
 織田 順^{†3}, 三島 史朗^{†3}, 太田 祥一^{†3}, 行岡 哲男^{†3}
 Ikushi Yoda^{†1}, Masaki Onishi^{†1}, Michie Kawashima^{†2}, Satomi Kuroshima^{†1},
 Jun Oda^{†3}, Shiro Mishima^{†3}, Shoichi Ohta^{†3} and Tetsuo Yukioka^{†3}

Abstract We investigated team medicine in emergency medical services by utilizing two distinctive research methodologies: human trajectories and conversation analysis. Our intention was to promote shared medicine with in critical medical care and to foster the on-site education of medical students. We collected human trajectory data and conversational data during an actual medical procedure in an emergency room and then analyzed it with an analytical tool we developed that enable us to combine and analyze these different types of data simultaneously. In this paper, we describe the basic configuration of the software we developed and discuss how we applied it to the analysis of actual communication during the medical procedure.

キーワード：医行為の記録システム，ステレオビジョンの応用，動線解析，チーム医療の解析

1. ま え が き

本研究は医学・工学・社会学の融合的視点を用いて，救急医療における患者とその家族への納得の共有のため，また，シミュレーション教育への貢献を目的として行った。そのために，東京医科大学病院救急救命センター初療室（ER）内の一つの処置ベッドを取り囲むように天井に複数のステレオカメラを設置し，同時に環境音と医療者達の会話を採取するマイクを利用することで，医療者の3次元映像，会話，環境音を同期して取得するシステムを構築した。そして，ERにおける診療行為中の医療スタッフの動線と会話を2008年度から継続的に取得した。これはERで，医師，看護師，救命士らが，複数の作業を同時進行する「チーム医療」実践の作業過程を解析可能にするシステムである。

本稿では，動線と会話を同期させながら医療者の医行為を解析可能なデータ取得システムに関して報告を行う。これら動線と会話のデータから，看取り時の会話と動き，研修医の習熟度別変化などを明らかにし，患者とその家族への説明方法や現場教育への改善と提言を目指す。

医療行為の記述やその信頼性に関連する研究はすでに多数行われているが，救急医学には明らかな特殊性が存在する。そもそも救急医療機関は，患者の程度に応じて，初期（1次），2次，3次救急という3段階に分けられている。その中で本研究が対象とするのは，3次救急医療機関であり，この任を担う救命救急センターである。救命救急センターの初療室（ER）は，消防からの専用回線電話による連絡により24時間，随時搬入可能である。また，搬入までの時間は，早い場合は連絡から2分，3分，遅くても20分足らずで運ばれてくることが普通である。また，傷病者の病状に関しては，事前情報が限られている。臨床医学における初期診療の基本は，まず，患者の訴えを聞いて，家族歴，既往歴，生活歴等々の情報を入手することから始めるのが原則である。これを踏まえ，必要であれば，検査計画を立てて，検査を実施し，診断確定が目指される。この確定した診断を基に，治療計画を立て，治療を実施する。

しかし，救急医療（特に3次救急医療施設）では，例えば，「路上にて意識消失して倒れていた」という事前情報のみで，昏睡患者の初期診療が開始されることになる。すなわち，

2011年9月6日受付，2012年1月23日再受付，2012年3月2日採録

†1 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター

(〒305-8568 つくば市梅園1-1-1, TEL 029-861-5491)

†2 埼玉大学 教養学部

(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255, TEL 048-858-3042)

†3 東京医科大学 救急医学講座

(〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-7-1, TEL 03-3342-6111)

†1 Center for Service Research, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

(1-1-1 Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8568, Japan)

†2 Saitama University, Faculty of Liberal Arts

(255 Shimo-Okuba, Sakura-ku, Saitama-shi, Saitama 338-8570, Japan)

†3 Emergency and Critical Care Medicine, Tokyo Medical University
 (6-7-1 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0023, Japan)

家族歴，既往歴，さらに現病歴（いつからどのような原因で現在の症状に至ったのかという情報）がない状態で，初期の診察と治療が実施されることになる．さらに，病院外での突然の心停止例では，救急搬送中の心肺蘇生に引き続き，院内での救命処置が継続されることになる．

このような緊急性の高い医療であるからこそ，ER内では一人ではなく，複数の医療者からなるチームによって，迅速な医行為が行われる．

また，現在の研修医制度においては，すべての研修医が救急部門に2～3ヵ月所属し，救急医療の研修を行うことが義務づけられている．このような緊急性の高い状況で，医療チームの一員として，救命救急の初期診療に十全な参加を達成できるかは，未だ研修医教育の大きな課題である．そこで，シミュレーション教育など，より効果的な教育手法も求められている．

これまでに，実証的データに基づくERのチーム医療に関する研究は，ほとんどなされていない．本論文では，救命救急処置を行う医師，研修医，看護師の動線と会話について，3次元映像情報によるデータ取得システムを常設し，その解析を可能にしたデータ解析システムについて述べる．

なお，本研究の実施に関しては，東京医科大学の医学倫理委員会の承認を得て行われている（承認番号1034）．

2. 3D画像と音声記録システム

データ蓄積のため，東京医科大学病院救命救急センターのER内にある1台の処置ベッド（第1処置台）を取り囲むように4台のステレオカメラを天井に配置した（図1 ①～④）．さらに，1台のステレオカメラ（図1 ⑤）を患者の足下側から第1処置台をアップで撮影するように，3台のステレオカメラ（図1 ⑥～⑧）をその家族控え室からの通路やもう1台のベッドをカバーするように計8台の常設を行った（図2）．また，そのステレオカメラ1台につき1台の視差演算をリアルタイムで行うハードウェアとポストプロセス用のCPUを含むセットトップボックス（STB）を設置した（図3）．

筆者らは，このステレオビジョンのハードウェアとソフトウェア一式のユニットを，ユビキタスステレオビジョン¹⁾として研究を行ってきた．特に筐体のコンパクト性，省電力性，ファンレス・ドライブレスの特徴を活かして，現実のERの中に後付けで実装することを可能とした．これらシステムは，サーバ&クライアントシステムとして実装され，1台のクライアントPCからの命令によって，全マシンが同期を取りながら稼働するシステムとなっている．

同時に，室内にはパン・チルト・ズーム機能を持つ単眼監視カメラを，室内全体をカバーするように4台配置した（図1 (A)～(D))．これらの四つの出力画像は，4画面分配器に入力され，一つのビデオ映像として記録される．また，音声入力には，天井に埋込型のマイクを設置し，室内の会話と環境音もビデオに録音されている．また，会話分析の精度を上げるために，必要に応じて医師や研修医にワイヤ

図1 ER内に設置された機器の見取図
Floor plan of ER for equipments.

図2 ER内に設置されたステレオカメラ（5台分）
Five stereo cameras installed on the ceiling.

図3 ステレオ画像処理用STB群
Set top boxes for 3D image processing.

レスマイクを付けて貰い，監視カメラビデオ映像の音声入力に追加する仕組みも構築した．

本論文においては，これら機器の中でも第1処置台を取り囲むように配置した図1①～④のステレオカメラ（赤色矢印）を利用して医療者の動線を抽出し，同時に録音された医療者らの会話を同時利用するシステムについて扱う．

3. 会話分析による医療者間コミュニケーション分析

3.1 会話分析

会話分析は、1960年代にアメリカで始まった社会学の観察科学的手法である。この手法では、会話におけるやりとりを通して（発話のみならず、目線やジェスチャー、表情等会話上におけるすべての資源を含む）、成員たちは、説明可能なさまざまな「行為」を遂行し、その行為のやり方と手続きに関する知識を能力として備えていると考える。すなわち、こうした手続き・方法が行われるべき仕方で行われている限り、「規範」の実現になる。例えば、何か頼みごとをしたい時、われわれはそれをどう表現すれば「依頼」という行為の実践になるか、また依頼を受けた場合、どう応答すればよいかといった「手続き」に関する「方法」を規範的に理解している^{5)~6)}。会話分析ではこうした「人々の（エスノ）」、「方法・手続き（メソドロジー）」を探索可能な現象として観察を行い記述する。その手法は、まずビデオに撮影した会話上のやりとりを、Jeffersonによって会話分析のために開発された転写システム³⁾を用いて詳細に文字に起こしたトランスクリプトを主要データとし、会話上に繰り返し表出するやりとりのパターンから、手続きのやり方や規範などを探索し、詳細に記述するものである。分析対象は、日常会話から医療、政治、司法、教育、サービス場面、など制度的場面も含まれる。

3.2 会話分析の適用

本研究においては、会話分析で得られる分析結果（例えば、コミュニケーション上の誤解の生じ方、解決方法など）を画像認識で得られるデータと融合させ、救急医療におけるチーム医療を可視化するシステムを実現した。具体的には、実際の治療場面のコミュニケーション上に表出するさまざまな相互行為上の現象を、人々の軌跡を計測した動線データと、その時の参加の枠組み（参与者の注意の向きによって成立する相互行為に必要な文脈）の成立の仕方と絡め、多視点から記述するものである。

そのために、ER内で行われた実際の治療行為や、訓練などを撮影した前述の監視カメラビデオの音声データから、すべての会話を個人別に文字起こしを行う。基本的に解析の対象となるのは、ER内で一つの治療対象に関与するすべての医療者らである。この文字起こしに関しては手動で行われる。この全会話のテキストデータを利用して、動線との同時解析を前提としながら、会話分析の適用を行った。

4. 動線分析

4.1 動線の生成

分析対象として、第1処置台の周りの医療者の動きを中心にその動線を抽出することを目的とした。そのために、処置台を取り囲む4台のステレオカメラから得られる視差画像を利用し、二段階ファジィクラスタリング²⁾を用いて、

その動線の抽出を行った。この動線抽出は対象となる治療チームに関して医師、研修医、看護師、救急隊、検査技師など画角内に入る医療関係者、ならびに治療状況の説明を受けるために、初療室内に入る家族などすべての人を対象とした。

その算出に関しては、処置台が約70cmに設定されることが多く、医療者らはそれよりも低い姿勢をとることが現実的にはほとんどない。また、各種機器や作業台と人の体の重なりを防ぎ、位置精度を上げるために床平面から70cm以上の距離情報を対象とした。医療者らの腰位置以上（主に上半身）を対象とするため、患者の近距離で作業する場合、その位置は処置台内部にあることもある。また、本手法は、ER室内空間座標に変換された距離情報（取得された3次元の点）を床平面に投影し、投影された点の塊をクラスタリングし、その中心座標を各個人の位置座標とする。そのため、手を大きく突き出して戻すと、その位置座標は手を出した方に移動するが、現実的には手を出した方向に少し移動し、短時間で元の位置に戻るため、解析に影響はないと考え本手法を利用した。

抽出された動線は、画角内に対象者が入り続けている場合は、間断ないトラッキングが可能である。しかし、対象者が画角から出て、再度戻る場合は同じ人物と認識することは容易ではない。なぜなら、多くの場合、医療関係者は白衣など同じ色、同じ形状の衣服を身につけた上に、マスク、帽子をしていることが多く、画像認識としては、最も難しい。そこで、画角外に出た場合、ならびに画角内であってもトラッキングをミスした場合のために、動線とビデオ映像を同時に再生し、どの動線が合っているかを確認しながら、動線のつなぎ替えを可能にするソフトウェアを実装した。このソフトウェアを利用して、最終的に各チーム医療のビデオ映像見ながら動線を目視検査し、各医療者の動線を完成させるシステムを完成させた。

4.2 医行為の動線へのラベル化

ステレオビジョンによって、基礎動線は自動的に生成され、それを手動で修正を行った。しかし、単純な動線だけで、ER内で行われていることを理解することは困難なため、動線に行為の意味付けを行った。特に心肺停止の初期の救命処置を対象として、その中でも最も単純に行為を確定できるもののみを対象として、各動線に対してフレーム単位でラベル化を行った。具体的には表1の医行為を対象とした。

医行為は基本的に、複数の意味を持つことがあり、単純に一つの目的のために行われているとは限らない。しかし、これらは基本的な行為として、医療者以外が目視してもラベル付け（意味付け）が可能な基本行為であるため、このような行為を対象とした。

そして、前節で説明した動線の付け替えを行うソフトウェアで、動線の修正を行うとともに、現段階では手動でラベル付けを行っている。また、処置台をアップで撮影し

表1 医行為の記号とその内容
Symbols and descriptions of a medical treatment..

記号	医療行為の内容
TR	移乗のための行為
CC	胸骨圧迫(心臓マッサージ)の行為
AW	気道確保に関連する行為
LI	ライン(静脈)確保に関連する行為
LG	医療記録を付ける行為
HP	心電図取得に関連する行為
XR	X線撮影に関連する行為
EC	超音波診断に関連する行為
BL	採血行為
CU	衣服を切る行為
TW	タオルをかける行為
ED	除細動器を使う行為
TE	電話をかける行為

ている図1⑤の1台のステレオカメラを利用し、胸骨圧迫、気道確保、ライン確保に関連する行為の自動ラベリングへ向けて準備を進めている。

4.3 動線の基礎解析

上述のようにER内で各人物別に収集され、医行為が付加された動線データを、表示、解析するためのソフトウェアを構築した。得られた動線は、基本的にフレーム単位で与えられるベクトル(個人ID, x座標, y座標, 行為のラベル, 時間)となっている(x, yは対象者のERの床平面上の座標を示す)。これらを元にER内において医学的に意味のある解析を行う必要がある。そこで、まず空間的な解析を中心とし、かつ、会話分析との同時解析を前提としてソフトウェアの実装を行った。そのソフトウェアは、大別するとER内の動き表示・確認機能と、その動きの解析に分けられる。以下、その二つの基本機能に分けて、その実装に関して説明を行う。

(1) 表示・確認機能

ソフトウェア(図4)においては、表示画面は、コントローラ(左下)、凡例(左)、2Dマップ(左から2番目)、3D表示(右下)、会話リスト(右から2番目の上)、コマンド結果(右上)の計6個のウィンドウから構成される。コントローラでは、再生操作、各ウィンドウの編集操作などを行う。凡例ウィンドウでは、表示人物のオン/オフなどを行う。2Dマップでは、2次元図面上での動線表示、医療者らの床平面の利用状況(滞在・移動に必要とされた空間)マップなどの解析機能によって計算された各種の結果表示を行う。3D表示ウィンドウでは、簡易な3次元CGによって、空間の表示を行う。最後に、会話ウィンドウでは、実際の会話リストを表示し、実際の時間の流れで会話をハイライト表示するとともに、2Dマップの下側に会話を表示する。

また、2Dマップでは、処置時の時間を左上に、任意の時間を起点とした経過時間を右上に表示した(実際は患者の処

図4 表示・解析ソフトウェア
Visualization and analysis.

表2 六つのウィンドウ名とその機能
Windows and their functions.

ウィンドウ	基本機能
コントローラ	再生操作、各ウィンドウの編集操作など
凡例	表示人物の凡例と表示の On/Off 機能
2D マップ	動線の 2 次元表示、空間利用マップ表示など
3D 表示	簡易 CG による 3 次元表示
会話リスト	会話リスト一覧、会話ポイントへの移動機能
コマンド結果	記述したコマンドとその結果の表示

表3 基本的な解析機能一覧
List of basic analytic functions.

解析機能	主な内容
人物動線抽出	人物に関連する各種動線を入、時間、速度などの指定により抽出・出力。
平面領域分析	床平面の分割サイズを指定。その小領域単位での滞在時間・通過回数などの利用状況进行分析。
会話と軌跡の同時評価	会話リストウィンドウにより、自在な会話開始時への移動、各会話前後の時間指定による移動距離計測など、会話位置を基点とした評価機能
解析結果の外部出力	上記 3 機能の結果を CSV ファイルなど、表計算や CAD ソフトなどに対応したファイル形式による出力機能。

置台への移乗終了直後を開始時間にした診療時間として利用している)。また人物は「○」で表示され、その「○」の中に表1で定義した医行為の記号を、医療行為が行われている間は表示される仕様とした。図4に表示された六つのウィンドウ群を、表2に各ウィンドウの基本機能を示した。

(2) 解析機能

基本的な利用方法として、個人別ID、対象となるフレーム、対象となる医行為、移動距離、速度、滞在時間などを設定ファイルに3種のコマンド形式で記述する仕様とした。この3種のコマンドとその引数を組合せることで、基本的な床平面上の解析を実現した。表3に、基本的な解析機能の一覧を表にとりまとめた。

そもそも、本解析機能の目的は、医療者、会話分析の専門家、さらには医療建築技術者など、メディア情報処理を専門外とする専門家が、ER内の人の動きを定量的に把握し、個々の専門家の観点と結び付けて分析を可能にすることである。メディア情報技術者が、他分野の専門家と議論しながら、その場で、解析結果を提示できるようなシステムが目的である。

そこで、これらの解析とその結果表示は、簡易なコマンド形式による設定ファイルへの記述によって実現されるように設計した。表示結果を見ながら、さらにこのコマンドの組合せ、および引数を変更、追加することによって、簡易に解析のためのデータを作成することができる。

このコマンドは、解析内容を指定する解析コマンド、新しいオブジェクトを解析対象として追加するオブジェクト作成コマンド、解析結果を出力する出力コマンドの3種類がある。

解析コマンドは、式(1)のように定義した。

$$\text{MAP_COND (人物\&時間\&速度\&医行為\&重心\&計測\&表示条件)} = [\text{表示色}] \quad (1)$$

括弧内で対象とする人物ID、フレーム区間、移動速度などの7種までの概念条件を&でつなげることで、各人物に対して任意の軌跡を抽出、表示することができる。表示色には、専門医は赤など割り振られたIDと対応する表示色を指定したり、時間経過を色で表現する指定をしたりすることが可能である。

一方、オブジェクト作成コマンドは式(2)のように定義した。作成するオブジェクトの種類(複数人の重心or目印位置)、時間、指定する他のオブジェクトとの座標上の関係を指定することで、新しいオブジェクトを作成する。

$$\text{MAKE_OBJECT (オブジェクトの種類\&時間\&座標)} = [\text{オブジェクト名}] \quad (2)$$

これら2種のコマンドを単純に複数組合せて記述することで、任意の処理を実現する。例えば、患者の胸の位置から、各人までの距離を常時出力して評価したい場合は、最初にオブジェクト作成コマンドによって患者の胸の位置(ベッド位置座標から固定位置に設定)に目印位置オブジェクトを作成し、作成したオブジェクトを解析コマンドで指定することで実現することができる。

また、結果をファイルに出力するコマンドは式(3)のように定義した。解析コマンドの後に、出力条件と一緒に追加することで外部ファイルに出力することができる。

$$\gg \text{出力条件} \quad (3)$$

以下に具体的なコマンドとその結果を図示しながら、4種の解析機能を説明した。これらの図は示したコマンドのみによって実際に表示される(コマンドの各種引数を初出時にすべて括弧内で説明した)。

(a) 人物動線抽出

対象とする人物のID、表示フレームを指定することで、各種動線を表示する。図5では、6人の登場人物の全軌跡

MAP_COND (LABEL:d1-j1-n1 & FRAME:5948-11882) = [ID]

(LABEL: 対象人物の指定, FRAME: 対象フレームの指定,
[ID]: 表示色を各個人に割り当てられた色を使用)

図5 指定された動線表示

Visualization of specified trajectories.

データから、3人の登場人物(d1, j1, n1)と、一定時間を指定し、3人の軌跡を各個人に割り振られた色を用いて表示した。

また、図6は、4人の登場人物の位置から計算された重心位置(図中ではCoGで表示)の軌跡を、時間軸で表示色を変化させた表示を行った。図の下にあるカラーバーがその時間軸の色の凡例を意味している。

この重心位置の動線は、中心となった複数人の医療者を任意に指定して、その複数人が同時に存在したときに得られる仕様となっている。医療者全員が患者の側にいるときには処置台の内側に動線があり、誰かが大きく動いたり、その4人のかかわりが変化したりすると動線も大きく動くので、チームとしての動きの指標を示す例になる。図6の例では開始直後(赤色)には大きな動きがあり、中盤(橙色)まで上半身に処置が集中し、後半(緑色)は下半身の左側よりに処置が行われていることが読取れる。

(b) 平面領域分析

床平面上の領域をメッシュ化し、その各領域上で行われた医行為や、速度、滞在時間などを表示することで、空間の利用状況を確認する。図7は、気道確保が行われたときに使用された領域を表示した。小領域の水色がメインで気道確保(気管挿管)を行った医療者(d1)が使った領域、青色がその気管挿管を手伝った医療者(j1)が使った領域を示している。

ここで利用した平面領域とは、日本人成人男性の平均的な肩幅40cm⁷⁾の円を人の存在領域と仮定し、その円が設定した小領域に含まれた場合に、その小領域が利用されたものとした。また、小領域の大きさは目的に応じて自由に設

MAKE_OBJECT (COG:d1-j1-n1-t1)=[CoG]
(COG: 指定人物の重心を作成)
MAP_COND (LABEL:CoG & COG:0-0-0)=[FRAME]
(LABEL:CoG 前のコマンドで作った4人の重心動線を表示,
COG:0-0-0 前のコマンドで作った4人の全重心動線の重心=
1点を指定したR-G-B色で表示, この場合は0-0-0なので黒色,
[FRAME] 動線の表示色を各FRAME番号に対応した色を使用)
MAP_COND (FRAME_LABEL)=[]
(図の下部にあるFRAME番号に対応する色表示の凡例を表示)

図6 重心軌跡の表示
Visualization of center of gravity.

MAP_COND (AW:2- & TILE)=[0,0,255,3]
(AW:2: 医行為である気道確保をサポートしている人物を指定,
TILE 小領域単位で評価と表示を指定
[0, 0, 255, 3]: 表示色のR, G, B, α値を0-255で指定,
α値はその色の透過率)
MAP_COND (AW:1 & TILE)=[0,255,255,3]
(AW:1: 医行為である気道確保の主に行っている人物を指定)
MAP_COND (AW:1 & PSIZE:1.5)=[0,0,0,100]
(PSIZE:1.5 線表示の指定と, その線の太さを指定)
MAP_COND (AW:2- & PSIZE:1.5)=[150,150,100,100]

図7 気道確保に使用した領域抽出
Calculated area used for airway management.

定できる。

さらに、各小領域に存在した回数を各色の濃さで表示するように工夫した。この色の濃さは透過率で設定を行い、小領域にいた回数(時間)が多いと色が濃く表示される。

図8では、登場した医療者の滞在時間によって領域を図示した。メッシュ化された各領域に、ある医療者が連続して5秒以上滞在した場合、その領域が赤色で、15秒以上滞在した場合は緑色で、30秒以上滞在した場合は青色でその領域を示した。また、そのときの動線を黒色で図示した。

(c) 会話と軌跡の同時評価

分析の対象となる一連の会話開始から終了までのフレームを指定し、その動線を表示し、さらに会話中の累積移動距離などの計測を可能にした。図9では、身体的な移動を伴う会話が発生し、その会話の開始から、目的とする行為が終了するまでに生まれた動線と、各登場人物の移動距離を計算した事例を示した。右上のコマンド結果ウィンドウに、移動距離計測のためのコマンドとその計測結果が表示されている。中央の2Dマップには3人の移動軌跡と発話が表示されている。

(d) 解析結果の外部ファイル化

速度、距離など各種計算結果は、既存の表計算ソフトウェアや、各種CADソフトウェアでさらなる解析を進めることが望まれる。そこで、基本動線データから算出した各

種解析結果を外部ファイルとして出力する機能を実現した。指定した医療者単位での各種ベクトル、また、解析した平面図上の領域単位での結果をCSVファイル形式で外部ファイルに出力する機能を実装した。

図10に示した事例は、メッシュ化された各領域を何回通過したかを示す出力ファイルの中身である。これは図7と同様に、指定した医療者が、指定した時間内に、体が直径40cmの円として小領域を何回通過したかを示している。出力されるファイルの中身はこうに各小領域の単純な数値データとして出力される。

建築計画においては、動作に必要な空間を動作域として、実際の身体的な寸法に基づき、動作空間を設定して設計を行っている⁴⁾。本システムは、そのための空間利用状況の実データを、直接的にCADに供給することが可能である。

5. 解析手法の検討

前節までに、指定した条件による、動線表示、領域表示、会話との基礎連動、結果の外部ファイル化機能を実現した。これを実際の問題に適応しながら、その医学的な解析手法を詳細に検討する。

具体的には、心肺停止の事例に関して救急隊が人形を相手にER内で訓練した例(6例)と、現実の心肺停止の典型的な患者事例(10例)を対象として、共通する解析手法として、

$MAP_COND (STAY:30-5 \& TILE) = [255, 0, 0]$
 (STAY:30-5 & TILE: 30秒～5秒間滞在している小領域表示)
 $MAP_COND (STAY:30-15 \& TILE) = [0, 255, 0]$
 $MAP_COND (STAY:30-30 \& TILE) = [0, 0, 255]$
 $MAP_COND (STAY:30-5 \& PSIZE:1.5) = [0, 0, 0, 100]$
 (STAY:30-5 & PSIZE:1.5: 30秒～5秒間滞在している動線を太さ 1.5 で表示)

図8 停止時間による領域抽出とその動線

Calculated area by stopping times and its trajectories.

以下のものを検討している。これらは、会話分析と動線を結びつけるためには、人と人との関係性の変化を見ることが最重要であるため、登場人物同士の関係性の変化を動線から抽出することを目的とした。そのために、各登場人物の固有の変化として、治療過程における1分毎の医療者の平均速度や、患者の胸からの距離などに着目した。図11には、各医療者の平均速度とその分散の推移を棒グラフと折れ線グラフで表示した。

図11においては、治療開始から1分単位で、各医療者がどのくらいの速度(棒グラフ)で動いているのか、その1分間を単位とした速度の分散(線グラフ)を医療者毎に確認することができる。これにより、医師と研修医は処置前半の動きが少なく、気道確保が終了した後半の方が動きは大きい。一方、看護師は医師らに比べると常に動いていることがわかる。

また、より詳細な2人、または3人の間の関係性を見るために、胸からの距離を散布図として表現して評価を進めている。胸からの距離とは、図6で示したように、処置台上の患者の胸位置(固定)から、各隊員までの距離を意味する。

図12には、3人からなる救急隊6隊に関して、3軸を各隊員の傷病者の胸からの距離とし、3次元散布図として表現して比較を行った。青色の点は開始から気道確保終了まで、緑色の点はそれからライン確保終了まで、灰色の点はそれから撤収までの時間を意味している。

図の3次元中に直線が形成される場合は、1名の隊員だけが動いて、他の2名は同じ立ち位置にいる。平面が形成さ

$MAP_COND (LABEL:d1 \& FRAME:8284-8386 \& MEASURE \& INTERVAL:0.3 \& PERIOD) = [ID]$

(MEASURE 対象者の移動距離の計測を指定,
 INTERVAL:0.3 0.3秒毎の座標から距離の計測を指定,
 PERIOD 時間計測を指定)

$MAP_COND (LABEL:j1 \& FRAME:8284-8386 \& MEASURE \& INTERVAL:0.3 \& PERIOD) = [ID]$

$MAP_COND (LABEL:n1 \& FRAME:8284-8386 \& MEASURE \& INTERVAL:0.3 \& PERIOD) = [ID]$

$MAP_COND (LABEL:t1 \& FRAME:8284-8386 \& MEASURE \& INTERVAL:0.3 \& PERIOD) = [ID]$

図9 会話中の動線表示と解析

Visualization and analysis of trajectories during interaction.

れる場合は、2名が動いて、1名が動いていない。3名が同時に動く3次元の塊が形成される。利用時には3次元散布図を自由に回転させながら確認を行うが、それぞれの隊の動きの特徴は、点列の構成により比較することができる(隊4は気道確保を飛ばしたため青色の点は不在)。図12から、隊2と5が、隊3と6が類似しており、また、隊3と6は隊員の役割が固定的であることがわかる。

本論文の主旨は、このような解析を可能にするまでのシステムのインストールと、表示・解析ツールの作成であるので、これからの医学的な解析内容に関してはこれ以上の言及をしない。これらツールの作成により、上記のような解析を初めて可能とした。

6. む す び

現実のER内にステレオカメラ群を設置・運用し、会話を含む監視カメラデータを同時利用することで、医療者らの動線と会話データを抽出するシステムを構築した。そして、その動線と会話データの同時処理を可能にするために、人物動線抽出、平面領域分析機能などを持つ表示・解析システムを作成し、その後の医学的な検討を可能にした。これら一連のシステムで、初めて動線と会話の同期した解析を実現した。また、具体的な解析手法に関しては、現在、医学的な知見を基に検討を進めている。

本システムの表示と解析機能の本質的な目的は、簡易なコマンドによって、救命救急にかかわる医療者、会話分析者、医療建築家などに、ER内の人のリアルな動きを可視

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAP_COND (LABEL:d1 & FRAME:700-800 & tile) = [ID]
 >> TERMCOUNT:0-3

(TERMCOUNT:0-3 通過時間の指定, 0 秒以上存在し, 3 秒以上不在の場合, 1 回通過とカウント)

図10 各領域の通過回数の生成

Generation of passing time in each area.

図11 医療者の1分単位の速度と分散

Velocity and ANOVA per one minute for medical team.

図12 救急隊6隊の3次元散布図

3D scatter gram for six ambulance teams.

化し伝え、その後の定量的な検討を可能にすることにある。そして、この解析結果を個々の目的のため2次加工を可能にすることにある。このようなER内の人物動線の実デー

タを取得し、可視化、利用可能にした事例は存在しない。そこで、必要と思われる機能を医療者、会話分析者、建築技術者と実データを見ながら機能仕様を決定した。

また、現時点でこれら表示・解析機能を利用して、医療教育や医療建築に現時点で明確な効果があったことを本論文で取り扱うには至っていない。しかしながら、本システムを使うことで異分野の研究者が協調してデータの可視化を行うことが可能となり、その解析結果を各分野において利用、検討することで、直接的な出口である医学教育や、ERレイアウト設計などに有効利用できると考えている。

その具体事例の手始めとして、ポリクリへの授業(医学部高学年次の病院実習)や、初期研修医への振り返り教育において、本システムで得られた結果の利用を開始している。具体的には、患者やその家族に対する会話に関して、また、ER内での治療時の動き方に関して、経験のある救急専門医と初期研修医の会話や動線を比較提示し、学生や研修医自身にその違いを見ることで、より良い説明方法と動き方を考えて貰う教育の材料として活用を開始したところである。

また、小領域単位で評価した空間利用のデータに関しては、医療建築を専門とする研究者にそのデータを供与し、次世代のER設計のための基礎資料として利用を開始している。

今後は、医学的な知見に基づく解析を進め、よりまとまった解析結果からシミュレーション教育への実装を目指した検討や、さらには、患者やその家族に対する説明に利用する方法に関して検討を進める。

最後に、医学的な解析手法に関しては、東京医科大学、ERセンター川原千香子看護師長、ならびに臨床教育センター阿部幸恵助教に有益なコメントを多数頂いた。また、建築計画に利用するための方法論に関しては、工学院大学建築学部の長澤泰教授、同研究室の江川香奈氏に多くの助言を頂いた。

本研究は、RISTEX研究開発プログラム「科学技術と社会の相互作用」により平成20年度に採択された「多視点化による「共有する医療」の実現に向けた研究」として実施された。

〔文 献〕

- 1) 依田育士, 坂上勝彦: “ユビキタスステレオビジョン—実時間実環境ヒューマンセンシング—”, 日本バーチャルリアリティ学誌, 10, 2, pp77-82 (June 2005)
- 2) 大西正輝, 依田育士: “ファジィクラスティングを用いたステレオ映像からの動線抽出”, 電学論C, 128, 9 (Sep. 2008)
- 3) H. Sacks, E.A. Schegloff, G. Jefferson, S. Safford, 西阪仰(訳): “会話分析基本論集—順番交替と修復の組織”, 世界思想社 (2010)
- 4) 長澤泰, 西出和彦, 在塚礼子: “建築計画”, 市ヶ谷出版 (Oct. 2005)
- 5) H. Sacks: "Lectures on conversation", Blackwell (1992)
- 6) H. Sacks, E.A. Schegloff and G. Jefferson: "A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation", Language, 50, 696-735 (1974)
- 7) 河内まき子, 持丸正明, 岩澤洋, 三谷誠二: “日本人人体寸法データベース1997-98”, 通商産業省工業技術院くらしとJISセンター (2000)

依田 育士 1992年，東京都立科学技術大学大学院工学研究科修士課程修了。同年，電子技術総合研究所入所。2001年，組織再編を経て，現在，産業技術総合研究所サービス工学研究センター主任研究員。2005年，筑波大学連携大学院助教授，2009年，同連携大学院教授，人を中心とした実時間認識システムの研究など，コンピュータビジョンや画像認識の研究に従事。博士（工学）。正会員。

大西 正輝 2002年，大阪府立大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年，理化学研究所バイオ・ミメティックコントロール研究センター研究員を経て，2006年，産業技術総合研究所情報技術研究部門研究員，2011年，同研究所サービス工学研究センター研究員となり，現在に至る。ステレオビジョンを用いた人の流れに関する研究，ロボットの認知・知識処理に関する研究に従事。博士（工学）。

川島 理恵 2006年，カリフォルニア大学ロサンゼルス校社会学博士課程修了。現在，日本学術振興会特別研究員（RPD），東京医科大学救急医学講座兼任助教。専門分野は，医療社会学，会話分析，相互行為分析，女性医療，救急医療，医学教育など。主な著書に，『女性医療の会話分析』。Ph. D.（社会学）。

黒嶋 智美 2000年，同志社女子大学学芸学部英語英文学科卒業。2003年，イリノイ大学アーバナー・シャンペーン校英語教授法修士課程修了。2010年，カリフォルニア大学ロサンゼルス校応用言語学博士課程修了。同年，産業技術総合研究所特別研究員。会話分析を使った医療コミュニケーション，災害ボランティアコミュニケーション等の研究に従事。Ph. D.（応用言語学）。

織田 順 1993年，大阪大学医学部卒業。同年，大阪大学医学部附属病院特殊救急部，国立東静病院外科，大阪大学医学部大学院博士課程修了。日本学術振興会特別研究員（PD），バージニアコモンウェルス大学外科留学，北里大学東病院放射線科，社会保険中京病院救急科，東京医科大学救急医学講座講師を経て，2009年，同准教授，同年，東京医科大学病院救命救急センター長。1999年，外傷・救急医療の質安全保証の研究に従事。博士（医学）。

三島 史朗 1988年，東京医科大学卒業。同年，東京医科大学病院救命救急部。杏林大学医学部救急医学教室，同助手，ニュージャージー医科大学外科学教室留学，東京医科大学救急医学講座講師を経て，2007年，同准教授。博士（医学）。

太田 祥一 1988年，東京医科大学卒業。同年，東京医科大学病院救命救急部。杏林大学医学部付属病院救急医学教室，東京医科大学救急医学講座助手，同大霞ヶ浦病院救急医療部講師，同大救急医学講座講師，同助教，同大八王子医療センター救命救急センター長を経て，2006年，同大救急医学講座教授。2010年，同主任教授代行。救急・災害医学の研究に従事。博士（医学）。

行岡 哲男 1976年，東京医科大学卒業。同年，大阪大学医学部附属病院特殊救急部。United States Army Institute of Surgical Research留学，大阪大学医学部附属病院特殊救急部助手，東京医科大学救命救急部講師，杏林大学医学部救急医学教室助教授を経て，2000年，東京医科大学救急医学講座主任教授。2003年，東京医科大学病院副院長。2009年，同院病院長。熱傷（気道熱傷），重症外傷の病態・治療の研究に従事。医学博士。