計算機理解に基づく診療行動の蓄積・提示支援システムに関する研究

矢入(江口) 郁子^{*1} 佐藤 知正^{*2} 森 武俊^{*2}

A Medical Care Support System for Computational Behavioral Data Accumulation and Interactive Display by Behavior Understanding

Ikuko Eguchi Yairi^{*1}, Tomomasa Sato^{*2} and Taketoshi Mori^{*2}

This paper proposes a medical care support system for computational behavioral data accumulation and interactive display by behavior understanding. The objective of this system is to save doctors' labor of recording their clinical behavior for diagnosis and treatment, and to help doctors to use the medical information more efficiently. The support system has three functions as follows: (1) understanding of a doctor's behavior by visual and audio processing, (2) accumulation of the results of understanding as the doctor's behavioral data, (3) displaying of the clinical information for the decision making by judging the content and timing from the results of understanding. In this paper, the overview of the proposed support system is introduced as well as development of a prototype system.

Key Words: Behavior Understanding, Behavior Accumulation, Interactive Display, Medical Care Modeling

1. 緒 論

医師による患者の診療は、患者を診察して疾病の診断と治療を行うという医療の根幹をなす重要なサービスであり、診療の質的向上は重要な社会的課題である。工学の分野では、診断・治療技術を向上させるための機器の開発にとどまらず [1]~[3], 電子カルテシステムのように医療情報の有効利用の立場から診療を支援するシステムの研究・開発による診療の質的向上への試みがなされてきた [4] [5]。

電子カルテシステムに代表される医療情報の有効利用の立場からの診療支援には現状で次のような問題がある。一つめは情報の蓄積に関係する問題である。診療中に発生する情報を計算機に入力・保存することによる医療情報の蓄積には、素早く、かつ容易な検索・閲覧を可能にするなどの大きなメリットがある。しかし、蓄積のための計算機入力作業を診療時の負担と感じる医師が現状でも少なくない。医療の高度化に伴い医師が診療時に扱うべき医療情報の量が増大することから、医療情報の蓄積のための計算機入力の作業が今後さらに医師の大きな負担となることが予想される。このような理由から診療中に発生する医療情報を医師の負担なく入力・保存する支援が重要な課題であ

るといえる。

二つめには、情報の利用に関する問題、特に医師による患者の経過観察のための医療情報の提示の問題がある。経過観察とは、長期病状の移り変わりや治療の効果を現在の状況と過去の状況とを比較して把握することで、臨床医学の分野では診療の根本として位置づけられている。

例えば耳鼻咽喉科のように患部をみて直接アプローチすることが診療方法の原則となる診療科では、患部へのアプローチの最中に状況に合わせて患部画像、診療行為実行歴、検査結果などを見ることが効果的である。しかし、紙のカルテや現状の電子カルテシステムでは患者に関する医療情報を検索してみる手段がハンズフリーではないため、衛生的な理由から患部へのアプローチの最中に見る手段を提供できていない。医師が患者の患部にアプローチする最中に診療に必要な医療情報をハンズフリーに提示することができれば、よりの確な診断・治療が可能となる。

以上より、医師への医療情報の提示支援は、診療サービスの質的向上を計るための重要な課題であるといえる。

近年の計算機を取り巻く技術動向に、演算の高速化、記憶装置の大容量化と低コスト化がある。またこれに伴い、音声や画像を扱う知的処理、マルチメディア技術が飛躍的な進歩を遂げてきた。本論文ではこのような技術的背景を踏まえ、前述した医療情報の蓄積支援、提示支援に取り組む。具体的には、(1) 患者に対する医師の発話、および患者の身体に対する検査や治療のための接触行為などからなる、医師の診療行動を音声・画

原稿受付 2001 年 6 月 4 日

^{*1}通信総合研究所

^{*2}東京大学大学院工学系研究科

^{*1}Communications Research Laboratory, Independent Administrative Institution

^{*2}Graduate School of Engineering, University of Tokyo

像処理を用いて計算機理解し、行動記録を作成・保存する蓄積支援、(2) 医師の行動の音声・画像処理による理解結果をもとに提示内容・タイミングを判断し、計算機に蓄積された医療情報を診療中に自動表示する提示支援を扱う。具体的には、診療行動の理解に基づく蓄積支援・提示支援を一貫して行うシステムを提案し、耳鼻咽喉科を対象としたプロトタイプシステムを実現する。

計算機が人間行動をありのままに観察し、その意味を理解する行動理解研究では、積木の組み立てやテレオペレーション用マニピュレータの操縦の理解を扱った研究がなされてきた [6]~[8]。これらの研究は主に、行為者の意図や目標が作業対象物の物理的状态と密接に関連し、作業対象の物理的状态として意図や目標が表現可能であり、さらに作業対象物の物理的状态が観測可能である行動に限定されて行われてきた。一方、診療行動の場合、医師の意図や目標は患者の物理的状态ではなく、病理学的に整理され病名、病態、病状として命名された疾病状態に密接に関連している。そのため、診療における医師の意図や目標はこれらの疾病状態を基に表現される。しかし、疾病状態は医師個人の主観的判断であるため外部からは観測することが不可能である。そこで本研究では、観測可能な医師の実行行為をもとに、医師の主観的判断である患者の疾病状態を病名、病態、病状として推測し、診療時の医師の意図や目標を理解するための診療行動の計算機表現および手法を示し、行動理解対象を拡張することを試みる。

また、人間行動コンテンツのマルチメディア応用の分野では、ニュースやスポーツ番組などのビデオ映像に記録された人間行動をオフラインで処理し、人間の動きの数値化や、画像に附属したキャプションなどの文字情報を利用した解釈の作成とその利用の研究が行われている [9][10]。これらの研究が編集済みの映像のオフライン処理を対象としているのに対し、本研究では医師の行動をありのままにオンライン処理し、理解・蓄積・提示を一貫して行うことを対象とする。

以下本論文では、2章に蓄積・提示支援、提案する支援システムの概要を述べる。そして、3章において理解・蓄積・提示のための診療の計算機表現を実際の診療データの分析に基づいて作成する。4章では、実現したプロトタイプシステムの構成と処理のインプリメント方法を、5章では実際の診療データに基づいたシステム動作確認実験について示す。最後に6章に結論を述べる。

2. 計算機理解による診療行動の蓄積・提示支援システム

2.1 支援方法

本節では蓄積支援、提示支援のそれぞれについて、有効な支援方法、必要機能を述べ、支援システムをどのように実現すべきかを論じる。

(1) 蓄積支援

蓄積支援は1患者への1回の診療を単位として、医師の診療行動の記録を計算機が自動作成し保存する支援である。診療行動の記録には、患者に対して実施する問診・検査・処置・投薬などの個々の行為の記述と、「風邪の炎症鎮静のための、咽頭への薬剤塗布」のように、各行為の意味の記述が不可欠である。こ

のとき診療行動が患者の安全にかかわることを考慮すると、医師や患者の体にセンサを取り付けたり、記述のための条件として医師や患者の動きを拘束したり、新たな行為実施方法を強制することのない方法で、これらの行為や意味の記述をシステムが自動作成することが重要である [11]。

そのためには、医療機器にセンサを組み込み、医師による機器の使用を検出したり、音声や視覚センサを用いて医師の発話や患者の身体に触れる行為を計測し、これらのセンサ信号を処理することによって診療行為を表すシンボルを作成する方法を採用する。そしてさらにこれらのシンボルから診療行動における個々の行為の意味を把握することを試みる。

以上のことより蓄積支援には、医師のありのままの行為を計測し行為を表すシンボルを作成し、行為のシンボルをもとに診療行動およびそれを構成する各行為の意味を把握する診療行動理解機能が必要である。

(2) 提示支援

提示支援は、診療時の患部へのアプローチの最中に衛生の観点からハンズフリーの方法で、状況に合わせて医師に患部画像、行為実行歴、検査結果などを見せる支援である。このとき、大きい画面を用意してあらかじめこれらのすべての情報を表示し、画面内から注視すべき情報を医師に探し出させる方法よりも、情報を絞り込み、注視すべき情報を強調して表示することが望ましい。しかし、診療は患者の状態に合わせて内容が分岐するため、診療前にあらかじめ情報を絞り込んでおくことはできない。また、絞り込みをせずに音声を使って明示的にすべての表示をハンズフリーに指示することは、指示のための発声が繁雑にならざるを得ず、診療の進行や患者のコミュニケーションを阻害する可能性がある。このような問題を回避するために、システムが診療状況に合わせて患者情報を絞り込み自動提示し、そこで初めて明示的な指示を用いて、注視すべき患者情報を強調して表示する方法が実現を試みる。つまり本研究では「診療状況に合わせて患者情報を絞り込み、自動提示すること」を提示支援の本質として捉え、以降これを提示支援と呼び実現することとする。

このような提示支援では、システムによる提示するタイミングの判断、診療状況に合わせた提示内容の絞り込みが重要となる。提示タイミングの判断と提示内容の絞り込みを行うためには、例えば「滲出性中耳炎の炎症鎮静のための耳管カテーテル」のように、医師が患者に実施する問診・検査・処置・投薬などの個々の行為とその行為の診療行動における意味の理解が必要である。

以上より提示支援には、実行される行為とその行為の診療行動における意味を実時間で把握するための実時間行動理解機能が必要である。また前提として、提示に用いる患者情報があらかじめ蓄積されていることも不可欠である。

(3) 理解・蓄積・提示の一貫システムによる支援

蓄積・提示支援には診療行動理解機能が必要であり、提示支援にはさらに実時間性が要求されること、また提示支援には患者情報の蓄積が前提として不可欠であることを前述した。このように蓄積・提示支援が互いに密接に関連することから、これらの支援を一つのシステムとして実現することが妥当であると

2002 年 5 月

Fig. 2 Description tree of otitis media with effusion

に関連した行為コンポーネントとそのコンポーネントの規則性から診療行為を整理し、モデルを作成する。

3.2 耳鼻咽喉科診療データの収集と分析

耳鼻咽喉科は、耳・鼻・咽・喉が体孔を通して外界に開いた器官であるために患部をみて直接アプローチすることが原則である科である。そのため、診療台において患部に直接アプローチする時間が診療時間のほとんどを占めている。また、慢性疾患が多く、患部状況の変化、治療と病状の関連の把握が重要となっている。これらのことより、耳鼻咽喉科は蓄積・提示支援のニーズが高い。そこで本研究では、耳鼻咽喉科において全病名の約半数を占める耳の病名のうち、患者数で約半分を占める代表的な14病名を行動表現作成の対象に選ぶこととする。14病名を以下に示す。

＜外耳の病気＞ びまん性外耳炎、限局性外耳炎、外耳道湿疹、外耳道真菌、耳垢栓塞、耳内異物

＜中耳の病気＞ 重度の急性中耳炎、軽度の急性中耳炎、重度の滲出性中耳炎、軽度の滲出性中耳炎、急性中耳炎による耳漏、慢性中耳炎による耳漏、風邪による耳管狭窄、物理的機能不全による耳管狭窄

診療行動を分析するために、ある一般病院の一人の医師の診療を観察し、メモおよびテープレコーダを用いて診療を記録することで、14病名の診療データを70例収集した。分析の結果、医師の発話中のキーワード、患者の身体に直接触れる行為、医療機器を用いた行為からなる病名に基づいた行為コンポーネントの存在が分かった。また、コンポーネントの各行為間に次のような規則があることが分かった。

(1) 行為間の実行順序の規則

行為集合において、ある行為が実行済であることを前提に行為が実行されるという規則（部分順序性）と、そのような前提なく行為が実行されるという規則（任意順序性）の存在が確認された。

(2) 行為適用の規則

同じ病名の診療であればある行為が必ず実行されるという規則（确实適用性）と、同じ病名であってもある行為が

実行される場合とされない場合があるという規則（任意適用性）の存在が確認された。

本研究では、病名に基づいた行為コンポーネントと行為間の規則を、病名を頂点とした目標と手段の階層としてグラフ表現し、診療行動構造記述木（省略形では記述木と表記する）と命名した[12]。Fig. 2に軽度の滲出性中耳炎の記述木を示す。

記述木にはFig. 2に示すように、最左の病名“otitis media with effusion”を頂点として、最右の行為まで目的・手段の階層が表されている。角のない四角のノードは目的を、◇のノードは患者の身体に触れて実行される行為を、□のノードは発話中のキーワードを示す。また、これらのノードの影は行為の确实適用性を、影無しは任意適用性を示す。目標を示すノードと行為を示すノードは、順序条件を示す2種類のアローで結ばれている。具体的には一本線のアローは任意順序性を、2本線のアローは部分順序性を表している。

診療行動構造記述木はこのように、病名をもとに診療行動における行為の多様性、順序の自由度を整理したことに特徴がある。また、行為をもとに目的・手段の階層をトレースすることによって各行為の意味、つまり医師の意図が把握可能である点も特徴である。

作成した記述木は、特定の場所で特定の医師によって行われる診療行動を分析して作成した行動のグラフ表現である。そこで、他の病院での別の医師の診療データの収集と分析を通して新たに記述木を作成し比較を行った。その結果、目標と手段の階層の構成、行為の順序性・適用性などの詳細事項は、機器や道具の配置などの場の資源や、医師個人のフィロソフィーの違いに基づいて異なるが、病名に基づいた行為コンポーネントは、2病院ではほぼ共通であることが分かった。これは、診療行動構造記述木の行為コンポーネントと行為同士の関係を記述する方法の再利用可能性を示している。具体的には、診療現場での機器や道具の配置などの場の資源や、医師個人のフィロソフィーに基づいて、記述木の要素を組み替えることによって各現場固有の診療行動を表現することが可能である。

3.3 診療行動表現の作成

本節では耳鼻咽喉科診療行動の分析によって得た記述木を応用し、理解・蓄積・提示のための診療行動表現の作成を試みる。

記述木は、医師の行為が何のためになされているのかを判断するためのルールが表現されているとみなされる。したがって、このルールと行為とのマッチングによって、医師が把握する疾病状態として、最も細分化された分類である病名と病名に基づいた行為目標として診療行動および各行為の意味が把握可能である。しかし、医師が病名の判断までに至っていない場合には、病名よりも大きい概念である病態・病状に基づいて、診療行動および各行為の意味を把握することが必要である。

そこで、本研究では、病名、病態、病状、を表す意味ネットワーク [13] と、病名以下が記述木という 2 重構造のグラフ表現を、診療行動表現として作成した。Fig. 3 に診療行動表現の概要を示す。Fig. 3 の右側が記述木、左側が記述木の頂点である病名と、病態、病状の関係を表す意味ネットワークになっている。この行動表現を用いた理解は、次のように実現される。

- (1) 記述木に表現された行為名、行為間の実行順序・行為の適用のルールと、実行された行為とのマッチングによって記述木を絞り込む。マッチした記述木の頂点の病名=医師がその時点で判断している可能性が高い患者の疾病状態に当たる。
- (2) マッチした記述木が複数の場合には病名が決定されていないとして、意味ネットワークをたどり、各記述木に共通のノードを探す。Fig. 3 の例では○で囲まれた「Irritation of middle ear (中耳の炎症)」が共通のノードである。このとき、共通のノード=医師がその時点で判断している可能性が高い患者の疾病状態に当たる。
- (3) 実施される行為の意味は、マッチした一つもしくは複数の記述木の目標・手段の階層のノード名として理解される。この表現は、病名をもとに診療行動における行為の多様性、順

Fig. 3 Medical care expression for computational understanding

序の自由度をコンパクトに整理した診療行動構造記述木と、病名・病態・病状の意味ネットワークとを組み合わせることによって、医師の判断する患者の疾病状態と、それに基づいた各行為の意味、および医師の意図の把握を可能とする点に特徴がある。

4. プロトタイプシステムの実現

4.1 システム構成

作成した行動表現を用いた理解・蓄積・提示の可能性を示すため、医療現場で実際に使用される診療台と器具からなる疑似診療環境を実験室に設け、耳の 14 病名に関する診療行動を理解・蓄積・提示するプロトタイプシステムを構築した。

Fig. 4 にプロトタイプシステムのハードウェア構成を示す。このシステムは (1) 問診、検査・投薬の説明、医療機器を用いた行為に関する発話をシンボル化するための 1 台の Windows OS の PC からなる音声によるシンボル化処理部と、(2) 検査・処置のために器具を用いて患者の身体に直接触れる行為をシンボル化するために、ガウシアンフィルタ、相関値演算によるテンプレートマッチング、オプティカルフロー処理を行う 3 台の専用画像処理装置と Sun OS の Unix WS とからなる視覚によるシンボル化処理部、(3) 1 台の Linux OS の PC による理解・蓄積・提示処理部と、(4) Windows OS の PC のモニターへの表示、から構成される。

(4) の表示は、ソケット通信によって提示処理からの指令を受け、該当する患者情報を表示するウィンドウを開いたり閉じたりするインターフェースを Java で作成し実現した。(1)、(2) のシンボル化処理、および (3) の理解・提示・蓄積処理の実現方法は次節以降に示す。

4.2 視覚・音声認識による行為のシンボル化処理

耳鼻科診療では、医師が患者の身体に接触する行為は診療台上の器具・薬などの道具を用いてなされる。そこで、14 病名の記述木に関連する患者の身体に接触する典型的な 13 パターンの行為を診療台上から CCD カメラを用いて計測し医師による道具の使用を認識することで、シンボル化する処理を実現した。

Fig. 5 に視覚処理によるシンボル化結果の一例を示す。(a) に示すプロセスは、画面内の 357 点の相関値演算によるオプティ

Fig. 4 Hardware configuration of prototype system

Fig. 5 Symbolization by tool recognition: (a) Detection of the doctor's hand (○), (b) Recognition of a tool used by the doctor (□)

カルフロー [14] をもとに小さい○で示す手の領域と大きい○で示す手の静止位置を検出し, (b) に示す使用道具認識プロセスへその位置を報告する. (b) のプロセスでは画面内の 16 個の道具近傍画像のテンプレートマッチングによる相関値の時間変化と, 手の静止位置報告結果の双方を統合し, □で示す「のどを直視する器具 (ThroatMirror) を握った (Grip)」ことを認識し, 「のどの直視行為」のシンボルを作成する. また, (b) では相関値演算の前処理としてガウシアンフィルタを用いている.

問診, 処置, 検査および投薬の指示, 装置の使用を示す 14 病名の記述木に関連する医師の発話中の 53 個の単語を, 医師の発話から単語を抽出することでシンボル化する処理を実現した. 具体的にはヘッドフォンマイク (頭部に装着するタイプのマイク) を用いて医師の発話を計測し, 日本語連続発話を対象とした市販の音声認識エンジン [15] を用い, 医師の発話をディクテーションし, 得られた文からシンボルマッチングによって単語を抽出し, シンボルを作成した.

4.3 理解・蓄積・提示処理

診療行動表現による理解・蓄積・提示可能性を示すことに重点を置き, 理解・蓄積・提示処理を実現した. プログラム開発環境として CLisp を用い, CLOS によって実装した.

理解・蓄積・提示処理の実現方法を **Fig. 6** に示す. 診療行動表現は, 病名, 病態, 病状を表す意味ネットワークと, 実行さ

Fig. 6 Implementation of understanding, accumulation and showing

れた行為の書き込み, 書き込みの参照・保存が可能なデータ構造として実現された. このデータ構造は, 診療開始時に記述木を雛型としてインスタンス化される (図中 (1)). 本研究ではこのデータ構造をデータシート (省略形として DS と表記する) と呼ぶこととする.

理解・蓄積・提示処理はこれらの DS に対するメソッドとして実装された. 理解メソッドはシンボル化処理から行為シンボルが入力される度に, DS に行動シンボルを書き込み, 書き込みの成否によってマッチングを行う. そして, マッチした DS の病名をもとに, 意味ネットワーク上で各候補 DS の共通ノードを探索し, 疾病状態を把握する (図中 (2)). 提示メソッドは, 疾病状態と, 各候補 DS の書き込み状況を参照して, 表示のタイミング, 表示する内容の判断を行う (図中 (3)). 蓄積メソッドは診療終了時に DS を保存する (図中 (4)).

理解メソッドでのデータシート書き込みによるマッチングを **Fig. 7** に示す. (1) 行為シンボルが入力される度にそのシンボルがある DS を探し, シンボルのある DS のみに候補を絞り込む. (2) 候補 DS の該当行為シンボル部分に行為が実行されたことを書き込む. また, この行為による目標の成立があれば該当する目標部分に目標が成立したことを書き込む. ただし, これらの書き込みを行う場合に, 以前に書き込まれた行為実行や目標成立を調べ, 現行為までの全行為について実行順序・適用条件に適合するかどうかを確認する. 7 の (2) A では適合することが確認され書き込み成功となる. B では, 确实適用行為を一つ飛び越えて現行為が実行されているので書き込み失敗となる. B のように書き込みが失敗した場合には, DS は候補から落される. 次に行為シンボルが入力されたときには, 候補とし

Fig. 7 Procedure for matching by writing

て残った DS に対して (1), (2) が実施される。

このように、行為シンボル入力とそれによる目標の成否を書き込むことによって、ある時点までになされた全行為と記述木とのマッチングがなされる。また、視覚・音声を用いたシンボル化処理の誤りに対処するため、シンボルと DS のマッチング時に DS の候補数が 0 となった場合に、DS の書き込みをバックトラックしシンボル化処理の誤りを検出・修正し、DS の候補を復帰させ処理を復旧するアルゴリズムも実現した [16]。

以上に示したように、診療行動を貯え、理解・提示・蓄積処理を駆動するデータ構造を実現した点に本手法の特徴がある。また、診療行動表現を各処理コンポーネントから切り離して互いに共有する構成を用いることで、支援対象とする診療行動の拡張や入れ替え時に、理解・提示・蓄積処理コンポーネントの再利用性を高めていることも特徴である。

5. プロトタイプシステムの評価

各処理部を統合して構築したプロトタイプシステムを用いて三つの評価実験を行った。一つめの実験では、理解処理の誤りの検出・修正アルゴリズムの実世界での動作を確認するために、分析に用いた診療データをもとに行為の順序、適用についておのおの異なる全 14 病名、70 例の診療手順を作成し、演者が手順に基づいた診療を行い、システムへの入力とした。その結果、音声・視覚による行為のシンボル化処理部において以下のような誤ったシンボル化がなされた場合にも、理解・蓄積・提示処理部では誤り検出・修正アルゴリズムが動作し、70 例すべてにおいて病名が正しく絞り込まれた。音声による行為のシンボル化処理部では、シンボル化対象の 438 の実行行為のうち、418 の行為が正しくシンボル化された。誤りの内訳は、行為を見過

(a)

(b)

氏名 [redacted] 年月日 [98.6.27] 診療時間 [19:07-10:19]

病名 [渗出性中耳炎] ☐ 確認

問診 [耳閉感] ☐ 耳 ☐ 直視検査 ☐ 耳垢除去

[聴覚] ☐ 薬刺塗布 ☐ 耳管カテーテル

[のどの痛み] ☐ 清拭

検査 [耳管機能検査] ☐ 鼻 ☐ 直視検査 ☐ 吸引

☐ 薬刺塗布 ☐ 薬刺噴霧

投薬 [抗生物質] ☐ のど ☐ 直視検査

☐ 薬刺塗布

(c)

Fig. 8 Example scenes of 2nd experiment: (a) the appearance of the experiment, (b) the displayed data, (c) the behavioral data recorded by the system

ごしてシンボルが作成されなかったものが 20 行為、行為が行われなかったにもかかわらずシンボルが作成されてしまったものが 6 行為であった。視覚による行為のシンボル化処理部では、シンボル化対象の 366 の実行行為のうち、333 の行為が正しくシンボル化された。誤りの内訳は、誤認識により別のシンボルが作成されたものが 10 行為、行為を見過ごしてシンボルが作成されなかったものが 23 行為、行為が行われなかったにもかかわらずシンボルが作成されてしまったものが 22 行為であった。誤シンボル化率を (誤った行為数の合計) / (実行行為数) として計算すると、音声による行為のシンボル化処理部では 5.9%、視覚による行為のシンボル化処理部では 15% であった。以上より、実世界での誤りに対して誤り検出・修正アルゴリズムが動

作可能であることが確認された。

二つめの実験では、実行行為をもとにした動作可能性の検証のために、診療現場で収集された3例の診療データを、疑似診療環境において演者がその内容・タイミングを再現し、システムへの入力とした。

Fig. 8に、実験風景(a)、提示画面の一例(b)、蓄積のために作成された行動記録(c)を示す。本実験では、3例中1例において、医師が患者の求めに応じて雑談を行った際に、診療の本筋とは関係はないが、音声による行為のシンボル化処理対象である1単語が発話され、シンボルが作成された。このような場合に対しても、システムは誤り検出・修正アルゴリズムを用いてDSの候補を復帰させ、正しく病名を絞り込むことが可能であった。その結果、プロトタイプシステムおよび作成した診療行動表現による実際の診療データに基づいた理解・蓄積・提示の可能性が示された。

三つめの実験では、実際の診療行動をもとにした動作可能性の検証のために、診療現場での1例の診療について実際の医師の器具の使用状況の映像と、疑似診療環境において医師ではない被験者がその内容・タイミングを再現して演じる音声とを入力とした。診療現場にシステムをもっていかずに実映像入力を用いた理由は、診療現場の騒音が音声によるシンボル化処理システムの限界を越えるためである。より高精度なマイクや音声認識システムの登場を待つこととし、本評価実験では疑似診療環境における発話状況の再現を音声入力とした。実験の結果、実現したプロトタイプシステムが実映像と医師の発話状況の再現をもとに動作可能であること、作成した診療行動表現が実際の診療行動を理解・蓄積・提示に使用可能であることが示された。

以上の実験を通して、プロトタイプシステムおよび作成した診療行動表現がノイズやセンサの時間的ゆらぎのある実世界にあっても14病名の診療を分離理解し、蓄積・提示支援が可能であることが分かった。具体的には、実際の医師の診療行動の内容・タイミングに則したシステムの動作可能性、把握した診療行動の内容に基づいた医師の行動記録の作成可能性が確認された。

6. 結 論

本研究では、診療の質的向上に診療行動の蓄積支援と提示支援が重要であることを指摘し、これらの支援の実現機能として診療行動の計算機理解が必要であることを論じた。そして、計算機理解による診療行動の蓄積・提示支援を一つのシステムとして実現することの妥当性を述べ、診療行動の理解・蓄積・提示システムを構築し、その実現可能性を示した。

具体的には、一般病院での70例の耳鼻咽喉科の診療の分析を通して、病名を最上位目標とした目標・手段の階層と順序性・適用性の関係を付与した表現により診療行動構造記述木を作成し、診療行動表現を実現した。そしてさらに、作成した診療行動表現を用いてプロトタイプシステムを実装し、システムが実際の診療データに対して機能することを実験を通して確認した。

本研究の特徴は、1) 診療行動の自由度・多様性への対処方法を示し、その対処方法に基づいた計算機のための診療行動表現の構成方法を実現した点、2) 診療行動をありのままに理解・蓄

積・提示する処理を実現した点、3) 計算機理解による診療行動の蓄積・提示支援が診療の質的向上につながる重要な観点であることを指摘し、理解による行動記録の自動作成と蓄積、その提示による利用を一貫して行うシステムを提案し、構成方法を示した点にある。

将来課題としては、医師や診療現場固有の診療行動構造記述木を計算機が自動的にアレンジする機能の実現が重要である。また、診療行動の理解結果に医師と患者の発話音声や診療風景のビデオ映像、検査結果や患部写真などを自動的にバインドして保存する機能、これらのデータを格納するためのデータベースの構築も重要な課題である。

診療行動の計算機による理解とそれに基づく蓄積支援、および提示支援は、耳鼻咽喉科でのニーズをもとに提案した。しかし、診療中に発生する情報を計算機に入力・保存する作業が普遍的であることから、蓄積支援は耳鼻咽喉科を含むすべての診療科においてニーズがあり、適用可能と考えられる。一方、耳鼻咽喉科以外の他の診療科での提示支援のニーズ、病名という最も細分化されたレベルでの行動理解の可能性については、未調査のため今後の課題としたい。また、行為のシンボル化処理については、適用する診療科ごとに最適な方法を検討する必要がある。例えば、内科のように問診の占める割合が多く、患者が服を脱いで上半身を晒す必要がある診療科では、視覚を用いた行為のシンボル化処理の重要性が低く、診療室にカメラを導入することに患者の心理的抵抗が大きいため、音声認識や装置のオンオフによって診療行為をシンボル化する方法を用いることが望ましいだろう。

謝 辞 東京女子医大耳鼻咽喉科の石井哲夫・高山幹子教授のグループには、医師としての意見、診療行為に関する文献、実験で用いた診療器具を提供していただいた。特に高山幹子教授、高崎かおり博士には診療データ収集にご協力いただいた。また、東京大学の井上博允教授、畑村洋太郎教授、土肥健純教授、中須賀真一助教授には、貴重なご意見、ご指導を頂いた。これらの方々に心から感謝の意を表したい。本研究は文部省科学研究費補助金(課題番号00097228, 00107228)によって実施された。

参 考 文 献

- [1] E.H. Shortliffe: Computer-based medical consultations: MYSIN. American Elsevier, 1976.
- [2] E.J. Gomez: "A telemedicine system for remote cooperative medical imaging diagnosis," Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol.49, no.1, pp.37-48, 1996.
- [3] J. Marescaux, J.M. Clement, et. al.: "A new concept in digestive surgery: The computer assisted surgical procedure, from virtual reality to telemanipulation," Bulletin de l'Academie Nationale de Medecine, vol.181, no.8, pp.1609-1622, 1997.
- [4] R.H. Shannon: Hospital Information System. North Holland Pub. Co., Amsterdam, 1979.
- [5] S. Tsukuda and A. Heshiki: "Saitama Medical School PACS System," H. U. Lemke, K. Inamura, C. C. Jaffe and M. W. Vannier (eds.), Computer Assisted Radiology. Springer-Verlag, 1995.
- [6] 平井, 佐藤: "テレロボットにおけるワールドモデル管理のための操縦行動の理解機能", 日本ロボット学会誌, vol.7, no.6, pp.714-724, 1989.
- [7] 池内, 末広: "視覚によるロボットの組立作業理解のための作業モ

- デルとそれに基づく動作生成”, 日本ロボット学会誌, vol.11, no.2, pp.281-290, 1993.
- [8] Y. Kuniyoshi, M. Inaba and H. Inoue: “Learning by Watching: Extracting Reusable Task Knowledge from Visual Observation of Human Performance,” IEEE Trans. R & A, pp.799-822, 1994.
- [9] S. Satoh, Y. Nakamura and T. Kanade: “Name-It: Naming and Detecting Faces in Video, by the Integration of Image and Natural Language Processing,” Proc. of IJCAI-97, pp.1488-1493, 1997.
- [10] S.S. Intille and A.F. Bobick: “Closed-world tracking,” Proc. of Int'l Conf. Computer Vision, pp.672-678, June, 1995.
- [11] 江口, 佐藤, 森: “診療行動記述化のための視覚理解機能”, 日本ロボット学会誌, vol.15, no.5, pp.766-772, 1997.
- [12] 江口, 森, 佐藤: “行動蓄積のための人間行動モデルとその構造化手法”, 第14回日本ソフトウェア科学会全国大会, 1997年9月30日, 石川ハイテクセンター, pp.93-96, 1997.
- [13] R. Quillian: Semantic Memory, in The Semantic Information Processing, ed. Minsky, M, MIT Press, 1968.
- [14] 井上, 稲葉, 森, 立川: “局所相関演算に基づく実時間ビジョンシステムの開発”, 日本ロボット学会誌, vol.13, no.1, pp.134-140, 1995.
- [15] 西村, 伊東: “単語を単位とする日本語ディクテーションシステム”, 電子情報通信学会論文誌, vol.J81-D2, no.1, pp.10-17, 1998.
- [16] 江口, 森, 佐藤: “耳鼻咽喉科診療行為の視覚・音声処理によるシンボル化に基づく医師の行動のオンタイム理解”, 第15回日本ソフトウェア科学会全国大会, 1998年9月11日, 電気通信大学, pp.389-392, 1998.

矢入 (江口) 郁子 (Ikuko Eguchi Yairi)

1970年6月13日生。1994年3月東京大学工学部産業機械工学科卒業。1999年3月東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了。1997年4月～1999年3月, 日本学術振興会特別研究員DC1。1999年4月より郵政省通信総合研究所研究官 (現: 独立行政法人通信総合研究所)。旧姓名: 江口郁子。現在は, 横須賀無線通信研究センターにてユーザと認知・行動をシェアし, ユーザや環境に適応する通信端末の研究に従事している。博士 (工学)。(日本ロボット学会正会員)

佐藤知正 (Tomomasa Sato)

1948年9月22日生。1971年3月東京大学工学部産業機械工学科卒業。1976年3月東京大学大学院工学系研究科産業機械工学博士課程修了。同年電子技術総合研究所入所。1991年より東京大学先端科学技術研究センター教授。1998年より東京大学大学院工学系研究科教授。現在, 東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻教授。人間共棲ロボットの研究に従事。工学博士。(日本ロボット学会正会員)

森 武俊 (Taketoshi Mori)

1967年9月8日生。1990年3月東京大学工学部機械工学科卒業。1995年3月東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。同年東京大学先端科学技術研究センター助手, 2000年4月より東京大学大学院情報学環講師。ロボットビジョンシステムとそのためのアーキテクチャに関心がある。ロボットビジョンを用いた動き認識と動作理解, 視覚を持つ知能ロボットの動作実行管理のためのプログラミングについて研究している。博士 (工学)。(日本ロボット学会正会員)