The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	画像診断レポート作成支援システム(日本語版)の開発とその頭部CT検査への応用
Author(s)	池田, 充; 佐久間, 貞行; 丸山, 邦弘
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1989, 49(4), p. 445-453
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/14945
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

日本医放会誌：49（4），445—453，1989（平1）

画像診断レポート作成支援システム（日本語版）の開発とその頭部CT検査への応用

名古屋大学放射線医学教室
池田　充　佐久間貞行　丸山　邦弘

（昭和63年10月17日受付）
（昭和63年11月14日最終原稿受付）

RGSS-IDJ and its Application to Cranial Computed Tomography

Mitsuru Ikeda, Sadayuki Sakuma and Kunihiro Maruyama
Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine
(Director: Prof. S. Sakuma)

Research Code No. : 220.2

Key Words : Computers, Radiology reporting systems, Artificial intelligence

RGSS-IDJ is developed as the Japanese version of Report Generation Support System for Imaging Diagnosis (RGSS-ID), which is a developmental computer system that applies artificial intelligence (AI) methods to a reporting system. Now RGSS-IDJ supports the report generation of cranial computed tomography. A representation scheme called Generalized Finding Representation (GFR) is proposed, to bridge the gap between natural language expressions in the radiographic report and AI methods. GFR for RGSS-IDJ is the same as for RGSS-ID. The basic style for entering the findings on the radiograph is the dialogue system with the routine of query and answering it by selecting items with a mouse. This system encodes the input findings into the network expressions, which are represented as the list form in the LISP computer language. And, it reserves them into the knowledge data base. The content of the report will be able to be utilized for various analyses within AI paradigm. The final radiographic report is made in the natural Japanese language.

1. はじめに

これまで，放射線科医による読影結果は，診断レポートという紙上の文章により記録されてきた．近年この記録媒体は紙から電子機器へと移りつつあり，それに関連していくつかのレポート作成システムが発表されてきた[1)~24)]．これらのシステムは，記述所見の記憶とデータベースの作成に一定の成果をもたらしている．しかしながら，これらのシステムの持つデータベース機能の限界点も指摘されてきた[5)8)13)21)]．一方において，最近の認知科学分野の発達により，言語の数学的扱いが可能となり，言葉の持つあいまい性に関する計量的扱いも可能となっている[25)]．

そこで我々は，人工知能に関する研究の諸成果[25)~28)]を画像診断のレポート作成システムにとりいれた，画像診断レポート作成のための支援システムRGSS-ID（Report Generation Support System for Imaging Diagnosis）を開発中である．今回，その日本語版のシステム（以下，RGSS-IDJと略す．）を開発し，頭部CT検査用のレポート作成支援システムを開発したので，プロトタイプというべきものであるが，それについて述べる．

2. システム構築の目的

本システムは，以下の目標を達成する事を主目的として開発中である．

(1) 放射線科医の診断レポートの作成作業において，その省力化と知的支援をはかること．

(2) 入力されたレポートの内容について，X線診断学に寄与し得る分析が出来る知識データーベースを，診断レポート作成時に自動的に構築すること．

(3) レポート作成システムを画像診断の全過程を統合的に扱うシステムに組み込むこと．

3. 開発ツール

本システムは，ワークステーション(Fuji Xerox 1121 AI ワークステーション)上に構築されている．開発ツールとして，Xerox 社の Intertlisp-D[29]と，Intertlisp-DJ[30]，及び，その上における統合ソフトウェアー開発環境 LOOPS[31)32)]を使用している．

4. 診断レポート表現の定式化

4.1 所見記述の一般化表現

放射線科医によるレポートの記述作業は，診断画像からの特徴抽出作業と見なすことができる．ここで，単なる特徴の記述だけではなく，その特徴が生理・解剖学的“場”のどこに認められるかの記述が加わることが診断画像の読影において特徴的である．さらに，所見に関する読影者の確信度とX線写真についての評価に関する表現（具体的には，撮影条件の適否，アーチファクトに関する考察，等を指す．）が加わる．すなわち，レポートにおいて記述される一つ一つの文章は，

形状に関する特徴表現：Fと，

生理・解剖学的“場”に関する表現：Lと，所見に関する読影者の確信度と診断画像についての評価に関する表現：P

により，「(Pであるが) FがLに認められる．」という表現に還元することができる．この文章は，以下のように表現することができる．

$$\text{express}(i) = \{\text{fig}(i),\ \text{local}(i),\ \text{p}(i)\} \qquad (1)$$

ここで，fig (i) は，形状に関する特徴表現を表す関数，

local (i) は，生理・解剖学的“場”に関する表現を表す関数，

p(i)は，所見に関する読影者の確信度と診断画像についての評価に関する表現を表す関数である．

そこで診断レポートは，

$$R_k = \{\text{express}(i) \mid i \varepsilon N_k\} \qquad (2)$$

ここで，N_kは自然数のある集合をさす．

と定式化することができる．これを所見記述の一般化表現(以下，Generalized Finding Representation : GFR と略す）と呼ぶことにする．この定式化については，日本語システムでも，英語システムでも同様である．

4.2 文脈自由文法

fig (i)，local (i)，p (i) の表現は，別図に示す，自然言語解析等に使用される文法の形式的モデルの一種である文脈自由文法[33)36)]と，その文法の各々の終端記号に連なる具体的文字列より導出される文字列からなるとする．この導出された文字列は，自然言語の節や句に相当する表現となるように文法規則が定めてある．従って各表現はその文法に対応する「木」に例えられる形をした表現である「構文解析木[36)]」でも表現されることになる．日本語システムに使用した文脈自由文法について Fig. 1，Fig. 2，Fig. 3 に示す．

4.3 計算機上での表現

計算機上においては，「対象—属性→値」の形の有向グラフ[33)]を「(属性，対象，値)」の形のプログラミング言語 LISP[34)~36)]等におけるリスト表現で表すことにしている．既述の様に，fig(i)及び local (i) と p (i) は，各々の対応する構文解析木で表現することが出来る．従って個々の解析木をそれに対応するリスト表現に上記のごとく変換することにより，fig (i) 及び local (i) と p (i) は各々計算機上に表現することが出来る．express (i)については，fig (i) と local (i) と p (i) のリスト表現に以下のものを加えたリスト表現によって表現する．

(FIG, <express (i)>, <fig (i)>)

(LOCAL, <express (i)>, <local (i)>)

(P, <express (i)>, <p (i)>)

Rule 1 : F → NP + AC
Rule 2 : F → NP
Rule 3 : AC → ACA + NPS + ACP
Rule 4 : AC → ACA + NPS + ACP + AC
Rule 5 : NP → APP + NPS
Rule 6 : APP → NPS + 助詞 + 動詞連体形
Rule 7 : NP → NPS
Rule 8 : NPS → 名詞
Rule 9 : NPS → 連体修飾語 + 名詞
Rule 10 : 連体修飾語 → 連体修飾語A
Rule 11 : 連体修飾語 → 連体修飾語B
Rule 12 : 連体修飾語 → 連体修飾語B + 連体修飾語A
Rule 13 : 連体修飾語A → NPS
Rule 14 : 連体修飾語A → NPS + 「の」
Rule 15 : 連体修飾語A → NPS + 「である」
Rule 16 : 連体修飾語B → 形容(動)詞連体形
Rule 17 : 連体修飾語B → 副詞 + 形容(動)詞連体形
Rule 18 : 連体修飾語B → 形容(動)詞連用形 + 連体修飾語B
Rule 19 : 連体修飾語B → 副詞 + 形容(動)詞連用形 + 連体修飾語B

Fig. 1 The rules of the context free grammar to be used in fig (i).

（ここで，<express (i)>と<fig (i)>と<local (i) と<p (i)>は，各々対応する有向グラフ[33]を使用した表現上の頂点に関する表現を指すものとする。）

診断レポート，R_k，についても同様に表現する．日本語版システムにおける構文解析木の表現の例を Fig. 4 に示す．尚，本システムには，作成した各々のレポート表現について，その構文解析木を

Rule 1 : L → NounL + Modifier
Rule 2 : Modifier → MOD1 + MOD + MOD2

Fig. 2 The rules of the context free grammar to be used in local (i).

Rule 1 : P → Clause + Modality
Rule 2 : Clause → CL1 + CL + CL2

Fig. 3 The rules of the context free grammar to be used in p (i).

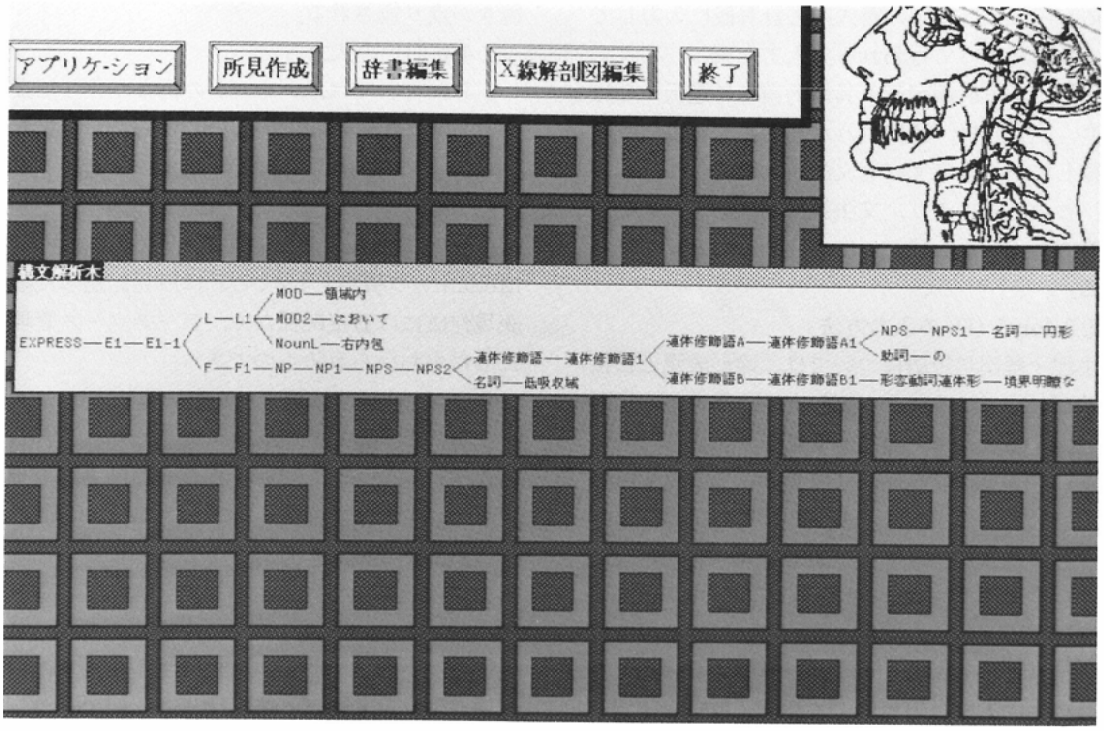

Fig. 4 The example of the parse tree to be adopted in RGSS-IDJ. It was made by an utility program in RGSS-IDJ.

作成表示する機能も作成してあり，Fig. 4もそのプログラムで作成した図である．

4.4 辞書

既述の文脈自由文法の終端記号とそれに連なる具体的文字列との間には，対応表が必要である．これを本文では「辞書」と呼ぶ．文脈自由文法と辞書により，所見表現のために用いる自然言語表現については構文解析[33)36)]ができることになる．同辞書には，さらに各具体的語句に適応される文法規則と診断レポート作成過程で用いられる質問文とを登録することにしている．

5. 診断レポートの入力方法

5.1 共通の仕様について

出来る限り入力の負担を軽減するために，計算機からの問いかけに対して項目を簡単なボタン操作で選択して答えていくことで入力ができることを基本設計としている．

入力は，local (i)，fig (i)，p (i) の順で行われる．各々は，適切な語句を選択する作業を，文法に従って決まる順序で繰り返すことによって行われる．それは，一定の書式にて計算機に入力してある辞書に従って行われる．入力作業は，各々できまっている終端記号の具体的語句の選択から始まり，次からは，選択された語句について辞書に登録してある適応すべき文法規則に従って行われる．この方式により，文法規則にはあてはまっても意味の通じない語句が作成されることが防止される．

5.2 local (i) の入力方法

生理・解剖学用語については，図形表現と密接に結び付いているため，図形上で所見のある場所を選択することで入力することにしている．具体的には，以下の様である．CRT上に放射線解剖図が示され，その中で所見のある場所を計算機に示す（具体的には，マウスを使ってカーソルを対応する場所に移動してマウスボタンをクリックする）ことで選択する．解剖図に対応する放射線解剖学用語の辞書はあらかじめ計算機に登録してあるので上記の操作で対応する放射線解剖学用語が選択されることになる．この際，用語の階層構造が考慮されており，同じ位置で狭い範囲を指す用語から広い範囲を指す用語まで適切なものをボタン操作で選ぶことができる．

放射線解剖学用語が選択された後，さらに所見を有する場所を明確にするための修飾語をFig. 2に示す文脈自由文法に従って，文法中のMODを選択する．この場合，MODの選択時にMOD1, MOD2が同時に選択される．

5.3 fig (i) の入力方法

初めに，Fig. 1に示す文脈自由文法中の「名詞」についてその具体的語句を選択して入力する．「名詞」の選択された語句によって「連体修飾語」の語句が必要な場合，その具体的語句を，「連体修飾語」に連なる語句の種類によって，「名詞」ないしは「形容（動）詞」を選択する．これらの手続きについては，辞書の中に登録してある情報に従って適切なものが選択されるようになっている．さらに，「形容（動）詞」の選択された語句によって「副詞」の具体的語句が必要な場合，それについて選択する手続きにはいる．以下，文脈自由文法に従うfig (i) の表現が完成するまで上記のような手続きが繰り返される．

5.4 p (i) の入力方法

p(i)については，いくつかの決まりきった表現のみを扱うことにしている．それらの表現は，Fig. 3に示す文脈自由文法において，CLを選択することによって行われる．

p (i) に関する文脈自由文法中においては，Modalityの項があるが，これは所見記述のための表現作成には直接関係なく，データベース管理のためにもちいられるものである．

6. 知識データベース

本システムは，放射線科医によるレポートの記述作業に関して，レポート記述を構成する文章表現についての知識を組み込んでいる．この知識は，既述の仕様の辞書に登録することによってシステムに組み込ませている．本システムには，この辞書作成のための入力ツールが作成してある．このエディター・プログラムによって，使用者の希望に応じて辞書を修正，変更することができる．

本システムにおける文章表現はすべて，所見記述の一般化表現の集合の要素である．このため，

これらの文章表現に関して，ネットワーク表現についての2項演算をおこなうことができる．実際に，本システムは，包含性，論理和，論理積等の演題に関する関数を持っており，これらの演算をおこなうことができる．この文章表現に関する演算は，本システムを使用することによって作成される知識ベースの解析において，基礎概念を与えるものである．

7. 所見記述の一般化表現の自然言語表現への還元

所見記述の一般化表現により以下に述べる規則に従って，なるべく自然言語に近い文章を作成する．

(1) express(i)の各々に対して文章を作成することを原則とする．ただし，local(i)のみ異なるものはまとめて一つの文章とする．

(2) 基本文型は，fig (i) の中の「名詞」に対応する具体的語句によって決まる．

(3) fig (i) と local (i) と p (i) の各々のグラフ表現は，文脈自由文法によって自然言語の名詞節又は形容詞節に対応するようにしてあるので，それによって作成される名詞節又は形容詞節をなるべくそのまま作成する文章に用いる．随所に，より自然な文章に近づける工夫がくわえられている．

8. RGSS-IDJ の動作と結果

本システムの処理概要について，Fig. 5に示す．本システムの動作は，患者情報の入力より始まる．その後，レポート入力画面となり，CRT上に画像診断解剖図，この場合にはCTの断層面の模式図が示され，所見の有無の問い合わせがおこなわれる．異常所見がなければ，ないという旨の項目の選択により，システムはレポート表現として，「異常所見は認められない.」を作成し，また，その旨のリスト表現を作成して終了する．所見があれば，あるという旨の項目を選択すると，システムは所見の入力を促してくる．次いで，上記5．で述べた方法によって所見を入力していく．これは計算機の質問に対して項目をマウスで選択する作業よりなる（具体的には，メニュー画面において選択すべき項目までカーソルをマウスで移動させてマウスボタンをクリックすることによって行う）．具体的入力画面について，Fig. 6に示す．この作業は，記述すべき所見を入力し終えるまで何度も繰り返して行われる．終了は，入力ループの区切りにおいて終了の旨を入力することによって行われる．入力された所見は，上記4．で述べた所見記述の一般化表現に置き換えられ，リスト表現の形にて計算機上に記憶される．それに基づいて，上記8．で述べた方法によって作成された自然言語表現による診断レポートの出力が行われる．出力されるレポート表現の例をFig. 7に示す．一方，リスト表現の形にて計算機上に記憶されている所見については，上記6．で述べた様な文章表現に関する演算を利用することにより，従来の方法の枠を越えたさまざまな分析を行うことができる．

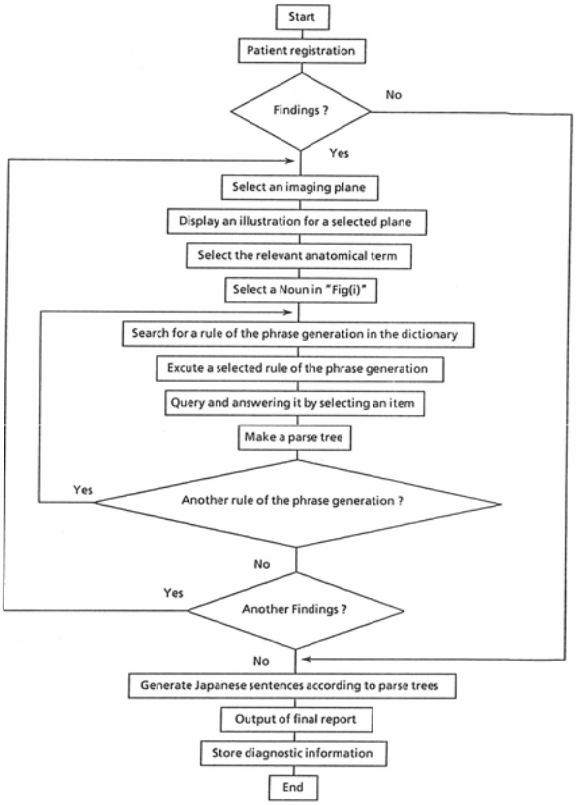

Fig. 5　Operation of RGSS-IDJ.

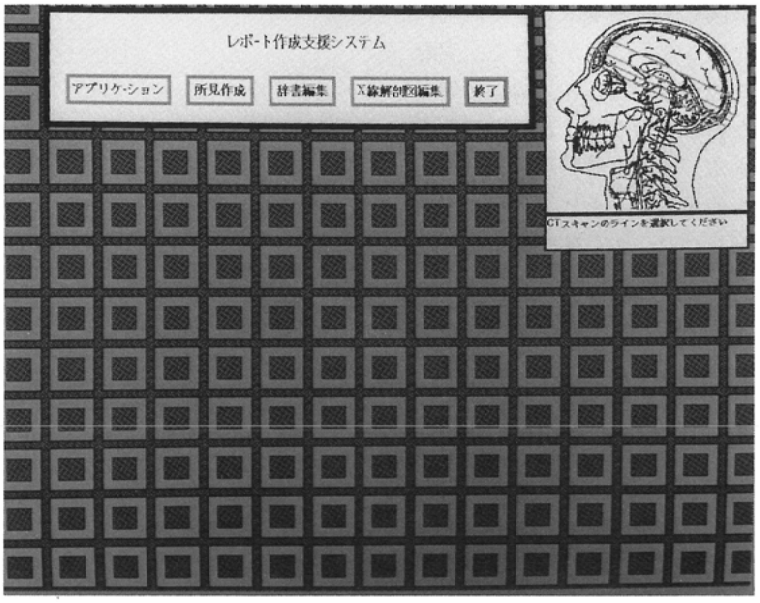

Fig. 6(a) shows the screen image used for selecting the plane on the cranial computed tomography.

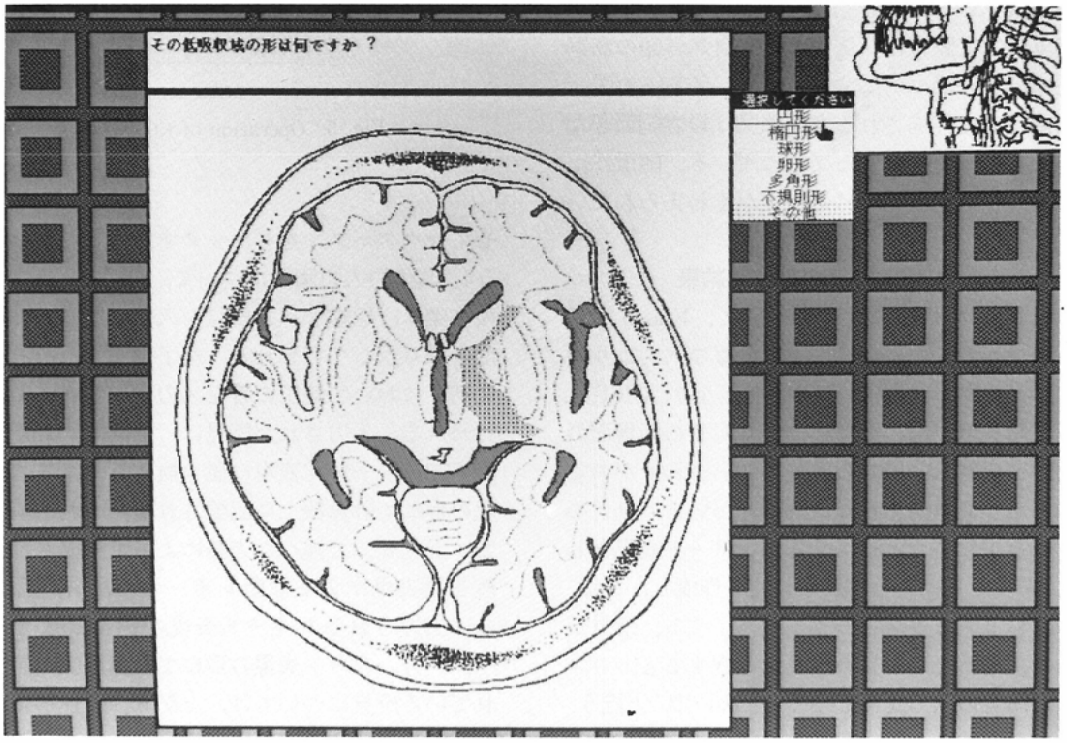

Fig. 6(b) shows an example of screen displays for entering the findings on the radiograph. The left upper window shows an interrogative sentence for selecting terms. The left lower window shows an illustration of radiographic anatomy. The right middle window shows a menu for selecting terms.

No. 1

Nagoya University Hospital
Radiology Department

Report of X-Ray Examination

Name:名古屋 太郎　ID:111-222-3　Age:29　Sex:男性　Date:30-Sep-88 09:55:47

Part Examined　頭部CT(単純と造影)

Reported by Dr.　池田

1. 不規則形の高吸収域が、左レンズ核領域内において認められる。

2. CE studyにおいて、全く増強効果は認められない
内部濃度分布が均一である極めて境界明瞭な円形の低吸収域が、右内包領域内においていくつかの部分に認められる。

3. CE studyにおいて、辺縁がリング状の染まりが認められる
内部濃度分布がほぼ均一である比較的境界明瞭な多角形の低吸収域が、左前頭葉白質の領域内、及び周囲において多発性に認められる。

Fig. 7　The example of final printed report. It also shows examples of statements generated by this system.

9. 考　察

9.1 本システムのレポート文章作成機能の評価

本システムは計算機との対話作業によって所見を入力することによりレポート文章が作成される．この中で，「項目を選択する」という点についてはこれまで発表されたレポーティングシステムの多くのものと同様な入力手順である[2)~5)7)17)~20)23)24)]．しかしながら本システムでは言語解析された文章を作成しており，我々の知る限りでは完全な形で言語解析をとりいれたレポートシステムは見あたらない．この機能は，OA 機器の立場からは，計算機の問いに対して予め用意してある項目を選択すれば，目的の文章を一定の書式で出力する知的なワードプロセッサーとして考えることができる．この特徴は，放射線科医として訓練途上にある者が読影レポートを作成する場合や，教育環境においては優れたものであると考える．熟練者にとっては効率が悪い印象を与える[4)]と思われるが，本システムの入力に要する時間は2～3分であり，実用上問題はない．また，短時間で大量の読影レポートを作成しなければならない場合等において，所見の見落としの減少に役立つと考えている．

本システムは入力手段としてマウスを使用しているが，現在用いられている他の入力手段[1)~24)]と比較して遜色ないと考えている．データの入力方法としては，最近は音声入力[16)18)20)22)24)]が有望視されている．本システムも，将来は音声入力の方式を考慮している．尚，本システムで扱うレポート表現はすべて GFR の集合の要素であるため，項目の選択による入力手順とするためには新しいシステム構築法が必要であったが，その詳細については別に取り扱うので省略した．

9.2 本システムの作成するデータベースについて

我々の本システム構築の主目的の一つは，放射線診断学に寄与しうる分析が可能な知識データベースの作成のための入力ツールの作成にある．エキスパートシステム[27)28)37)]の構築の立場にたてば，このシステム自体が，推論のもとになる知識データベース作成ツールと見なすことができる．

放射線診断学の分野のみならず，現存するエキスパートシステムに使用されている推論機構は，推論システムはともかくとして，組み込まれている知識はいまだ未成熟である[37)~39)]．知識表現方法にもまだ議論の余地が残っている[39)]．GFR を利用した我々の知識表現法は，最善ではないかもしれないが，画像診断に関する所見記述について，計算機上での知識表現に使用できることがわかった．今後，このシステムの運用による知識の蓄積と整理によって，放射線診断学への寄与が期待されよう．この点に関して，以前からレポート作成のコンピュータシステム化の最大利点として蓄積されたデータについての処理が容易になることが指摘されてきた[1)~11)13)~24)]．しかしながら，単語や文章のイメージでの単純な計算機への記憶では，知識データベースとして活用する場合の分析の手技が大変である．そもそも，現状における画像診断の通常の分析法では，個々の単語レベルを基本としておりそれらの関連についてはあまり省みられなかった．我々の提唱する所見記述の一般化表現に基づくデータベースの構築法とその演算法によれば，単語レベルのみならず，句，節，文の色々なレベルでの分析，並びに，統計解析が可能である．例えば，Bayes の定理に基づく分析における問題点である事象の独立性における問題点の解決におおいに寄与するものと考えている．さらに，画像自体による自動診断の研究への寄与も期待さ

れる．この意味で本システムの方法論は，放射線診断学の新しい研究手段を提供するものと考えている．

本システムのデータベース作成法の問題点としては，1）コンピューターのメモリーの使用効率が従来方式に比べて悪いこと．2）従来と同じような統計解析に関しては，その実行速度が従来方式に比較して若干遅いこと．などが挙げられる．これらに関しては，今後の課題と考えている．

9.3 PACSとの関係

RGSS-IDJは，RGSS-IDの日本語版のシステムとして開発したものであるが，さらにPicture Archiving and Communication System（PACS）構想に取り込むことを前提として開発している．実際，RGSS-IDのデモンストレーション用タイプにおいては，我々の開発中のシステム，「画像診断のための総合コンサルテーションシステム」（以下，Total Consultation System for Imaging Diagnosis：TCSIDと略す）に組み込まれている[40]．TCSIDは，PACS構想とArtificial Intelligence（AI）手法を結び付けた画像診断過程を一貫して取り扱える新しいシステムであり，現在その開発を進めている[40]．我々は，所見記述の一般化表現が，PACSにおける画像診断情報の表現型として役立つものと考えている．

9.4 レポートシステムの理想型

松本ら[20]によれば，理想的なレポートシステムとは，「医師は目や手をシャーカステンに掛けた画像のみに集中した状態で，読影結果を自然な形で発声する．するとそれがそのままデータとしてコンピュータに入力される．その中から，医療上，医学上有用な読影診断情報が，コンピュータ自身の判断でピックアップされ，自動的に知識データベースに載るようなフォーマットに整理されてディスクにファイルされる．レポートを作る時には，それらの情報から十分に推敲された文章が自動的に作られ，プリンターに打ち出される．‥」としている．我々も同感である．我々のシステムは，この理想型と比べると，まだまだ，色々な限界が存在する．しかしながら，システム構成の見地からはこの理想型にかなり近いものであると考えている．

稿を終るにあたり，このプロジェクトに御協力していただいた富士ゼロックス株式会社鈴木和雄氏，同高岡一氏，同田中公隆氏に深く感謝いたします．

文　献

1）Robinson RE III, Meschan I：Computerized radiological reporting with word retrieval using MT/ST. Radiology 101：323—329, 1971
2）Brolin I：MEDELA：An electronic data-processing system for radiological reporting. Radiology 103：249—255, 1972
3）Lehr JL, Lodwick GS, Nicholson BF, et al：Experience with MARS (Missouri Automated Radiology System). Radiology 106：289—294, 1973
4）Mani RL, Jones MD：MSF：A computer-assisted radiologic reporting system I. Conceptural framework. Radiology 108：587—596, 1973
5）Simon M, Leeming BW, Bleich HL, et al：Computerized radiology reporting using coded language. Radiology 113：343—349, 1974
6）Stein MA, Okubo R, Bennett LR, et al：Natural language information storage and retrieval system for nuclear medicine：Two years' experience. Radiology 113：387—389, 1974
7）Seltzer RA：The impact of computerized radiological reporting systems on the radiologist. Radiology 118：737—739, 1976
8）Gell G, Oser W, Schwarz G：Experience with the AURA free-text documentation system. Radiology 119：105—109, 1976
9）Wheeler PS, Simborg DW, Gitlin JN：The Johns Hopkins radiology reporting system. Radiology 119：315—319, 1976
10）Winter J：Diagnostic follow-up to consultant physicians by computer feedback. Radiology 121：353—355, 1976
11）Katz A, Budkin A, Shupler R：An automated radiology information system. Radiology 124：699—704, 1977
12）Simborg DW, Krajci EJ, Wheeler PS, et al：Computer-assisted radiology reporting：Quality of reports. Radiology 125：587—589, 1977
13）Budkin A, Gosselin AJ, Stokes TJ：On-line computer storage, retrieval, and reporting of coded angiographic data. Radiology 127：141—145, 1978
14）Leeming BW, Simon M, Jackson JD, et al：Advances in radiologic reporting with computerized language information processing

(CLIP). Radiology 133 : 349—353, 1979
15) Jost RG, Trachtman J, Hill RL, et al : A computer system for transcribing radiology reports. Radiology 136 : 63—66, 1980
16) Leeming BW, Porter D, Jackson JD, et al : Computerized radiologic reporting with voice data-entry. Radiology 138 : 585—588, 1981
17) Choplin RH, Boehme JM, Cowan RJ, et al : A computer-assisted radiologic reporting system. Radiology 150 : 345—348, 1984
18) 宍戸文男，松本　徹，舘野之男，他：画像診断用音声入力型診断所見記録装置の開発とその肝シンチグラフィへの応用，核医学，21 : 679—685, 1984
19) Adams HG, Campbell AF : Automated radiographic report generation using barcode technology. AJR 145 : 177—180, 1985
20) 松本　徹，飯沼　武，池平博夫，他：音声入力型読影レポート作成システム，放射線科学，28 : 284—293, 1985
21) Jost RG : Radiology reporting. Radiol Clin North Amer 24 : 19—26, 1986
22) Robbins AH, Horowitz DM, Srinivasan MK, et al : Speech-controlled generatin of radiology reports. Radiology 164 : 569—573, 1987
23) 羽田陸朗，倉要　誠，嘉戸祥介，他：人体模式図も取扱えるレポートシステム，映像情報，19 : 715—719, 1987
24) Matsumoto T, Iinuma T, Tateno Y, et al : Automatic radiologic reporting system. Med Prog Through Tech 12 : 243—257, 1987
25) Zadeh LA : Linguistic variables, approximate reasoning and dispositions. Med Inform 8 : 173—186, 1983
26) Szolovits P, Pauker SG : Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis. Artificial Intelligence 11 : 115—144, 1978
27) Adlassnig KP, Kolarz G, Scheithauer W, et al : CADIAG : Approaches to computer-assisted medical diagnosis. Comput Biol Med 15 : 315—355, 1985
28) Swett HA, Miller PL : ICON : A computer-based approach to differential diagnosis in radiology. Radiology 163 : 555—558, 1987
29) Xerox Artificial Intelligence Group : Interlisp Reference Manual. Pasadena, Xerox, 1983
30) 富士ゼロックス株式会社：Interlisp-DJ(日本語機能)ユーザーズガイド．富士ゼロックス株式会社，1987
31) Bobrow DG, Stefik M : The LOOPS Manual. Palo Alto : Xerox Palo Alto Research Center, 1982
32) Stefik M, Bobrow DG, Mittal S, et al : Knowledge programming in LOOPS. AI Magazine 4 : 3—13, 1983
33) Rayward-Smith VJ : A Firtst Course in Formal Language Theory. Blackwell Scientific Publications, 5—40, 1983
34) 安西祐一郎，佐伯　胖，無藤　隆：LISP で学ぶ認知心理学．1．学習．東京大学出版会，1981
35) 安西祐一郎，佐伯　胖，難波和明：LISP で学ぶ認知心理学．2．問題解決．東京大学出版会，1982
36) 田中穂積，元吉文男，山梨正明：LISP で学ぶ認知心理学．3．言語理解．東京大学出版会，1983
37) Alty JL, Coombs MJ : Expert Systems—Concepts and Examples. NCC Publications, 1984
38) 田村進一，柳原圭雄，唐沢　博：人工知能の世界(コンピュータに関心あるすべての人のために)．技術評論社，1985
39) Mittal S, Chandrasekaran B, Sticklen J : Patrec : A knowledge-directed database for a diagnostic expert system. IEEE Computer, 51—58, 1984
40) 池田　充，佐久間貞行，石垣武男，他：画像診断のためのコンサルテーションシステム．第7回医療情報学連合大会論文集，365—368, 1987