

意思決定のための探索過程の振りかえり支援 — 探索履歴の空間配置 —

Supporting Reflection of Exploration Process for Decision Making
— Spatial Representation of Exploration History —

松下 光範*¹ 白井 良成*¹ 桑原 和宏*^{1*2}
Mitsunori Matsushita Yoshinari Shirai Kazuhiro Kuwabara

*¹ 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories, NTT Corp.

*² 現在、(株) 国際電気通信基礎技術研究所 知能ロボティクス研究所
Presently with Intelligent Robotics and Communication Laboratories, ATR

The goal of the research presented in this paper is to support a user in exploring a large amount of statistical data for the purpose of decision making and problem solving. In such an exploration task, the user tries to make beneficial discoveries through viewing data from multiple perspectives and examining the data with a variety of emerging hypotheses by repeatedly interacting with the data. During the exploration, the user often reflects on his/her past exploration process in order to consolidate his/her findings or to organize the subsequent exploration strategy. Our InTREND (an Interactive Tool for Reflective Exploration through Natural Discourse) system supports this type of interaction by (1) interpreting the user's query represented in natural language, (2) generating an appropriate chart by taking the previous interaction into account, and (3) presenting history of the past exploration process in the form of a 2-dimensional map. This paper first describes the interaction design criteria for encouraging users' exploration and reflection activities. Then, we explain the user interface of the InTREND system.

1. はじめに

人は意思決定や問題解決を行う際に、その判断材料となる有益な情報を様々な統計データの中から見出そうと試みる [10]。例えば、企業が新たな営業所をどこに作るべきかを検討するために既存の営業所の過去の売上高のデータを分析したり、競合店の立地や店舗数データを分析するような行為がそれに当たる。

このようなデータ分析においては、データの利用方法（例えば「地区毎の人口増加率のデータを店舗新設の論拠に使う」）が分析に先立って確定しているわけではなく、より抽象的な目的や解決すべき問題（例えば「どの地区に新店舗を出店すべきか？」）だけが明らかになっている。従って、このような分析行為は意思決定や問題解決という観点においては指向的であるが、分析の開始時点ではどのようにデータを分析すればよいかについての全容が明らかでなく部分的に分かっているだけという点では試行錯誤的な行為だと言える。このような分析行為は探索的データ分析 (exploratory data analysis) と呼ばれる [6]。

探索的データ分析は単なる one-shot の作業の集まりではなく、同じデータを様々な視点から多角的に眺める、仮説を立てながらデータを検索する等の試行錯誤を繰り返しつつ行う高度に知的な思考活動 [17] である。そのため、場合によってはそれまでの探索過程を俯瞰して再考したり、メタな視点から解釈したりする必要が生じる。従って、探索的データ分析を計算機システムで効果的に支援するためには、探索行為だけではなく分析者（ユーザ）が自らの探索過程を振り返って整理するという行為についても考慮すべきである。

そこで、本研究では探索的データ分析でユーザが行う「探索 (exploration)」と「振り返り (reflection)」という二つの行為

を支援する計算機システムの実現を目指して、そのシステムに求められる機能やインタラクション方法について検討する。本稿ではまず、探索行為と振り返り行為の各々で必要となるインタラクションや振り返りの際に利用可能な外在表現について検討し、探索と振り返りという二つの行為を効果的に支援するためのインタラクティブシステムを提案する。

2. 探索と振り返りにおけるインタラクション

前節で述べたように、本研究で対象とするのはユーザが探索的データ分析を行う際の「探索」と「振り返り」という二つの行為の支援である。探索行為はユーザが試行錯誤しながら有益な知見を外在化することが主眼であるのに対して、振り返り行為は外在化された知見を整理し解釈することが主眼であるため、その各々に適切なインタラクションは必然的に異なる。その一方で、これら二つの行為は互いに独立した行為ではなく深く関連した行為であり、ユーザは状況に応じてそれらの行為を使い分けながら分析を進めていく。従って、これら二つの行為をシームレスに行えるようにするためには各々の行為に適したインタラクションをデザインすると共に、それを支援する機能の間でどのような情報やオブジェクトを共用すべきかについて検討しなくてはならない。本節ではこのような観点の下で、各々の行為に適したインタラクションについて検討する。

2.1 探索におけるインタラクション

計算機を用いて探索的データ分析を行う場合、(1) はじめにユーザがデータから何を見出すかについての漠然とした考えを持ち、その考えの下で最初の質問を計算機に与える、(2) システムがその質問に基づいて結果を検索する、(3) 計算機から提示された結果を見て、ユーザは必要なデータについての理解を深め、新たな質問を計算機に与える、というプロセスを繰り返す [15]。このプロセスの繰り返しにより、ユーザは徐々に問題解決や意思決定にとって有用な情報を収集していく。図 1 にユーザと計算

連絡先: 松下 光範 NTT (株) コミュニケーション科学基礎研究所 社会情報研究部 〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台 2-4 Tel: (0774) 93-5232 Fax: (0774) 93-5245 e-mail: mat@eslab.kecl.ntt.co.jp

機とのやりとりのモデルを示す。我々はこの枠組に基づくシステムとして、ユーザからの質問を受け付け、その質問に基づいてデータを検索し、その検索結果をグラフを用いてユーザに回答する可視化システムの実現を目指している。

本研究では、このシステムへの入力手段として自然言語を採用する。従来の情報可視化システムにおける入力方法は大きくふたつに分けられる。ひとつは BOZ [3] や PostGrappe [5] 等のシステムが採用しているような形式言語を用いる方法である。形式言語の使用により、ユーザは自分が何を求めているかを正確に表現しシステムに伝えることができるが、そのためにはその形式言語を習得しなくてはならない。

もうひとつは IVEE [1] や INFOVISER [8] 等のシステムが採用しているような直接操作 (direct manipulation) を用いる方法である。直接操作インタフェースを用いることにより、ユーザは画面上に表示されているオブジェクトを選択するという簡便な操作でシステムに要求を伝えることができる。これは多くのユーザにとって非常に敷居が低い方法である。しかし、探索的にデータを分析する場合、ユーザの関心は描かれているグラフオブジェクトの操作自体ではなく、どのデータをどのような視点から分析するかという点に置かれているため、直接操作インタフェースを用いた探索行為ではユーザ自身が情報要求をオブジェクトの操作に具体化しなくてはならない。これは、本来ユーザが求めている「何を描画したいか (what to draw)」という要求を「どのように描画すべきか (how to draw)」という操作に変換する作業がユーザの負担として残されていることを意味する。

我々が採用したような自然言語インタフェースを用いた入力手法は、このふたつの方法の欠点を補うものであり、ユーザに柔軟な表現力を提供する手段である [4]。

また本研究では、検索結果を出力する方法として統計グラフを利用する。棒グラフや折れ線グラフ等の統計グラフは、蓄積された莫大な観測データを分析して傾向や特徴を見出す際の有効な手段である [18]。提案するシステムはコンテキストやユーザ質問から推測されるユーザの関心を考慮し、それらを適切に反映したグラフを描画することで、ユーザの理解を助ける。

図 1 に示したように、探索行為の過程でユーザと計算機との間でやりとりされるのは、ユーザが表出 (articulate) した情報要求である質問文と、その回答として計算機が提示するグラフである。しかし、あとから探索行為を振り返る際に手がかりとなるのはそれらだけではない。探索過程において、ユーザはシステムが回答したグラフを見ることで知見を得たり、新たな興味を抱く。このような、探索の途中でユーザが得た知見や興味も振り返りの際に有効な手がかりになる。そのため、これらを外在化 (externalize) できるようにする必要がある。我々はこの点を考慮して、ユーザが知見や興味を外在化できるようにグラフに対してアノテーションを付与する機能を設ける。この実装については後述する。

2.2 振り返りにおけるインタラクション

上述したように、探索的データ分析は試行錯誤によって新たな知見や結果を得る手法であるため、その探索過程は大局的には課題のゴールに向かって進んでいるが、局所的に見れば必ずしも線条ではなく、様々な分岐が存在する場合が一般的である。このようにして得られた一連の探索結果から、意思決定に役立つ知識を取り出すためには、探索過程の枝葉や冗長さを削除したり、探索過程を精緻化するという整理が必要となる。そのためには、それまでの探索過程で外在化されたオブジェクト (質問、グラフ、アノテーション) を手がかりとしてインタラクションを行うことがユーザに求められる。

本研究では、これらの外在化されたオブジェクトを履歴とし

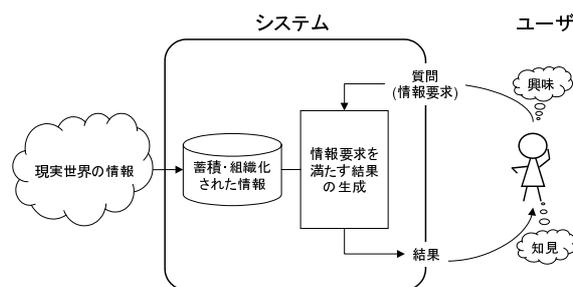


図 1: 探索過程におけるユーザと計算機とのやりとり

て二次元空間に配置することで可視化し、ユーザがそれらのオブジェクトに対して直接操作でインタラクションできるようにした。振り返りの際のインタラクション手段として自然言語ではなく直接操作を用いた理由は、振り返りの主眼がグラフや質問等の新たなオブジェクトの創出ではなく、探索過程で創出されたそれらのオブジェクトの関係を整理することであるため、直接操作のほうが直観性に優れると判断したためである。

Shneiderman の Visualization Seeking Mantra [14] によれば、このような可視化表現を利用する際のユーザの行動は、“Overview first, zoom and filter, then details on demand” である。従って、それまでの探索過程を一覧し、それをズームイン / アウトしたり、興味に応じて不要なオブジェクトを削除 / 省略できる機能が必要になる。更に、探索行為と振り返り行為は必ずしも一方ではなく、ユーザが振り返りの途中で再度探索を行う場合も想定される。そのため、ユーザが指定した探索過程のある地点から探索を再開できる機能も必要である。

また、外在化された表現をユーザが振り返り整理する過程では、探索する対象そのものではなく、探索過程の構造や関係に関するメタな視点からのコメント (メタコメント) を利用することが指摘されている [16]。本研究でもこの点を鑑みてメタコメントを付与する機能を設ける。メタコメントは内容的には探索過程で利用するアノテーションとは異なるが行為自体は同一であり、それらのインタラクション手法を共通化するほうがユーザにとって理解しやすいものと考えられるので、本研究ではこれらを「付箋を貼る」というメタファを共通に用いて実現する。

3. プロトタイプシステム InTREND

我々は、探索的データ分析を行うユーザを支援するシステムとして InTREND (an Interactive Tool for Reflective Exploration through Natural Discourse) を提案している [11]。InTREND は、(1) 自然言語で表現されたユーザ質問を解釈する、(2) その質問と、それによって得られた検索結果を用いてグラフを構成する、(3) そのグラフをアニメーションを用いて表示する、という枠組によりこのような循環的なやりとりを支援するシステムである。このとき、過去のやりとりをコンテキストとして保持することにより、ユーザと計算機とのやりとりの円滑化を図っている。我々はこの InTREND システムに対して振り返りを容易に行えるように拡張を施した。

InTREND のユーザインタフェースは (1) ユーザ要求を入力するウィンドウ (Query Window)、(2) 回答となるグラフを表示する出力ウィンドウ (Graph Viewer)、(3) 履歴を表示するウィンドウ (History Map) の 3 つのウィンドウから構成される。探索の場面では主に Query Window と Graph Viewer が用いられ、振り返りの場面では History Map と Graph Viewer が用いられることを想定している。



図 2: Query Window

3.1 Query Window

Query Window はユーザが質問をテキスト形式で入力するためのウィンドウである (図 2)。InTREND は、ユーザが質問を表出しやすいように前の質問のコンテキストを利用した質問を許している。例えば、ユーザが「2000 年から 2001 年までの近畿地方の降水量は？」と尋ね、システムがグラフで回答したとする。このグラフを眺めることにより、ユーザが近畿地方の県毎の降水量に興味を持った場合、「県毎に知りたい」と質問するほうが、「2000 年から 2001 年の近畿地方の県毎の降水量は？」と質問するよりもユーザにとって自然であるためである。このような省略を伴う断片的質問を解釈するために、InTREND はパターンマッチング処理によって自然言語で表現されたユーザ質問を形式表現に変換し、直前までのユーザ要求との構文的 / 意味的類似性を用いてその形式表現を書き換える方式 [2] を応用している。この処理の詳細は文献 [9] を参照されたい。

3.2 Graph Viewer

Graph Viewer はユーザの質問に応じてグラフを提示するウィンドウである (図 3)。InTREND システムは Query Window を介して入力されたユーザ質問を解釈して、その質問の回答となるグラフを Graph Viewer に表示する。この際、前回のやりとりの結果として描画したグラフを考慮し、適切なアニメーションを生成してグラフを描き換える。

Graph Viewer では、ユーザが描かれているグラフに対してそれを眺めることで思いついた興味や知見等をアノテーションとして付与できるように自由曲線 (図 3 中の①)、矢印 (②)、付箋 (③) の 3 つのツールを用意した。これらは Graph Viewer の右下に配置されている。付箋をグラフ上に貼り付ける場合は、グラフ上の任意の位置までドラッグして離せばよい。この付箋は 3 色あり、クリックする度に色が切り変わる。

グラフの凡例 (legend) は Legend ボタン (④) をクリックすることにより現れる。凡例とグラフは連携していて、凡例のいずれかをクリックすると、対応するグラフオブジェクトが強調表示されるようになっている。

Graph Viewer の下部にあるのはグラフ描き換えの際のアニメーションを操作するためのトラッカー (⑤) で、前に描かれていたグラフとの関係を再度確認したい場合等に利用できる。

3.3 History Map

History Map はユーザの探索過程の履歴を表示するウィンドウである (図 4)。InTREND は Query Window からユーザが入力した自然言語質問文とシステムがその回答として Graph Viewer 上に表示したグラフを History Map 上に逐次サムネイル化して追加していく。例えば、図 5-(a) は図 3 で Graph Viewer に表示されているグラフがサムネイル化されたものである。探索の状況によっては History Map 上に多数のサムネイルが表示されることが想定されるので、視認性の向上のためにサム

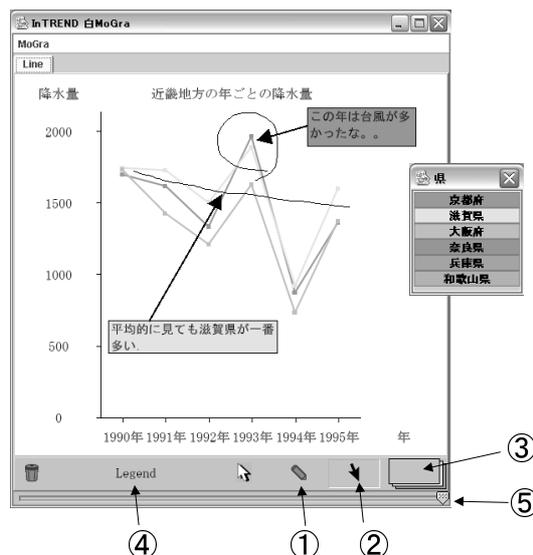


図 3: Graph Viewer

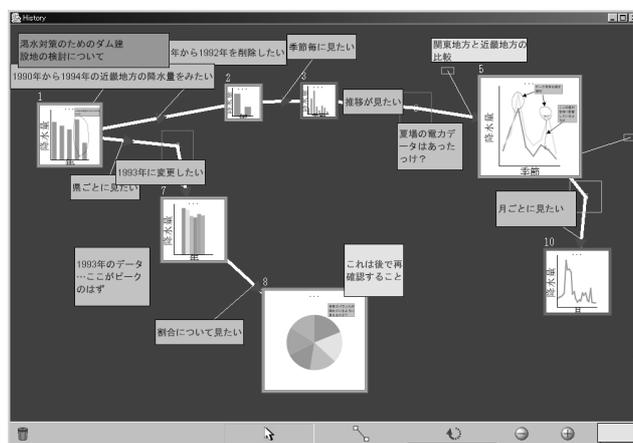


図 4: History Map

ネイル化されたグラフにはグラフのタイトルや軸の目盛といった詳細な情報は省略されている。History Map と Graph Viewer は連動しており、省略された情報を参照したい場合には History Map 上でサムネイルをクリックすることで元のグラフを Graph Viewer に表示することができる。この点に注目すると、History Map と Graph Viewer の関係を Overview+Detail [12] と見なすことができる。

これらのサムネイル化されたオブジェクトは、探索の進行に伴って逐次 History Map 上に追加される。探索過程で新たに創出されたオブジェクトはそれまでアクティブになっていたサムネイルの右側にリンクを伴って追加されていく。二次元平面上の位置そのものに意味はなく、History Map 上に作成・配置されたサムネイルをユーザがポイントしドラッグすることで自由に場所を移動させることが可能である。更に、サムネイルのサイズ変更やリンクの追加や削除、付箋を用いたメタコメントの付与、ズームイン・ズームアウトが可能である。

2.1 節で述べたように、ユーザが振り返りを行う際に利用可能な外在化表現は、これらのオブジェクトの他に探索過程でユーザによってグラフ上に貼り付けられたアノテーションがある。これらは、サムネイルが表示された段階では図 5-(a) のようにグラフのどこに貼られたかということだけに分かるようになっている

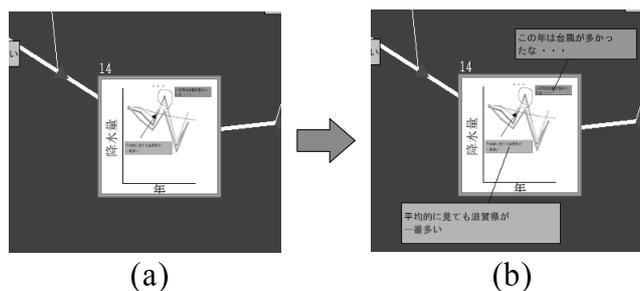


図 5: サムネイル化されたグラフ

が、クリックすることで図 5-(b) のようにサムネイルの外側に配置され、アノテーションの内容が確認できるようになる。

4. 議論

ユーザの試行錯誤的なデータ分析行為を支援することを目的として relevance feedback [13] や Scatter/Gather [7]、retrieval by reformulation [15] など様々な手法が提案されている。これらの手法では、ユーザがそのデータをどのように利用するかについては意識しているがそれを適切に表現するユーザ要求が分からない、という情報探索の場面を想定している。この場合、振り返り行為はシステムの回答に対して自らの質問を修正するために行うので、それまでの探索過程に対する振り返りはあまり意味を為さない。

これに対して、本研究で対象とするような探索的データ分析は、探索結果がユーザの情報要求に影響を及ぼし、新たな情報要求を喚起することで徐々にユーザが問題解決や意思決定にとって有用な情報を収集していく、という情報探索の場面を想定している。この場合、それまでの辿った探索過程がその後の探索行為に影響を大きく及ぼすため、探索過程に対する振り返りが重要になる。本研究で提案した支援システムは、ユーザの探索行為と振り返り行為の各々を考慮してデザインしているため、このような場面における支援方法としては従来手法に比べて効果的にユーザを支援できると考えている。

5. おわりに

本稿では、探索的データ分析における振り返りを支援するインタラクティブシステムについて報告した。探索的データ分析は、データの明確な利用方針を持たないユーザが、様々な視点からデータを眺めつつ仮説を立てて検索するという試行錯誤の繰り返しによって興味深い現象や有意義な規則などの知見を見つけ出す分析手法である。この分析手法を支援するためには、ユーザの探索行為だけでなく、ユーザがその知見を発見するに至った過程を「振り返って整理」する、という行為を支援することも必要になる。本稿で提案したシステムはユーザの探索行為と振り返り行為という深く関連した二つの行為を、各々に適したインタラクション方法で支援するようにデザインされている。

今後、本システムを用いてユーザ観察を行い、その有効性を定量的に検証していく。

謝辞

本システムの実装に御協力いただいた NTT アドバンステクノロジ株式会社の赤塚大典氏に感謝します。

参考文献

- [1] Ahlberg, C. and Wistrand, E.: IVEE: An Information Visualization and Exploration Environment, *InfoVis'95*, pp. 66–73 (1995).
- [2] Carbonell, J. G. and Hayes, P. J.: Recovery Strategies for Parsing Exagrammatical Language, *American Journal of Computational Linguistics*, **9**(3-4), pp. 123–146 (1983).
- [3] Casner, S. M.: A Task-Analytic Approach to the Automated Design of Graphic Presentations, *ACM Trans. Graphics*, **10**(2), pp. 111–151 (1991).
- [4] Cohen, P. R.: Natural Language Techniques for Multimodal Interaction, 信学論 D-II, Vol. J77-D-II, No. 8, pp. 1403–1416 (1994).
- [5] Fasciano, M. and Lapalme, G.: PostGraphe: A System for the Generation of Statistical Graphics and Text, *INLG'96*, pp. 51–60 (1996).
- [6] Hartwig, F. and Dearing, B. E.: *Exploratory Data Analysis*, SAGE Publications (1979).
- [7] Hearst, M. A. and Pedersen, J. O.: Revealing Collection Structure through Information Access Interfaces, *IJCAI'95*, pp. 2047–2048 (1995).
- [8] Iizuka, Y. et al.: Automatic Visualization Method for Visual Data Mining, *PAKDD-98*, pp. 173–185 (1998).
- [9] Kato, T. et al.: Answering it with charts — Dialogue in natural language and charts —, *COLING2002*, pp. 418–424 (2002).
- [10] Krippendorff, K.: *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*, SAGE Publications (1980).
- [11] 松下 他: 探索的データ分析における“自然なやりとり”の実現に向けて — インタラクティブ可視化システム INTREND —, *インタラクション 2003*, pp. 99–106 (2003).
- [12] Plaisant, C. et al.: LifeLines: Visualizing Personal Histories, *CHI'96*, 221–227 (1996).
- [13] Salton, G. and Buckley, C.: Improving Retrieval Performance by Relevance Feedback, *Journal of the American Society for Information Science*, **41**(4), pp. 288–297 (1990).
- [14] Shneiderman, B.: *Designing the User Interface*, Third Edition, Addison-Wesley (1998).
- [15] Williams, M. D. et al.: RABBIT: Cognitive Science in Interface Design, *CogSci'82*, pp. 82–85 (1982).
- [16] 山本 他: “Representational Talkback” の増幅による「書いてまとめる」プロセスの支援へ向けて, *人工知能学会誌*, Vol. 14, No. 1, pp. 82–92 (1999).
- [17] Yamamoto, Y. et al.: Hands-on Representations in a Two-Dimensional Space for Early Stages of Design, *Knowledge-Based Systems Journal*, **13**(6), pp. 375–384 (2000).
- [18] Zelazny, G: *Say It with Charts*, third edition, McGraw-Hill (1996).