

論文

# 初級管理者の直感的なネットワーク状態把握を可能にする 比喩型データ表現手法の提案

A method of metaphoric data expression for intuitively understanding network status  
by unprofessional administrators

福谷 遼太 (高知大学教育学部) <sup>1</sup>  
佐藤 充祥 (東北大学大学院情報科学研究科) <sup>2</sup>  
笹井 一人 (茨城大学理工学研究科) <sup>3</sup>  
木下 哲男 (東北大学大学院情報科学研究科) <sup>2</sup>

FUKUTANI Ryota<sup>1</sup>, SATO Misaki<sup>2</sup>, SASAI Kazuto<sup>3</sup> and KINOSHITA Tetsuo<sup>2</sup>

*1 Faculty of Education, Kochi University*

*2 Graduate School of Information Science, Tohoku University*

*3 Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University*

## ABSTRACT

Today, network systems are our communications infrastructure, but the population of administrators is not enough for the rapid growth of IoT or Cloud Computing technologies. The network management tasks require the specific information of the objective systems, e.g., machine specs, network configurations, and so on. Therefore, the unprofessional administrators including rookies cannot quickly interpret the network condition is either safe or dangerous from the observed data. Aiming to support the grasping the meaning of networks states, this study proposes a metaphoric presentation method of the observed data through the analysis of the statistical characteristics. The evaluation experiment using a prototypical application proposed method supports the effectiveness and the improvements of the user experience.

## 1. はじめに

コンピュータ同士を繋ぐネットワークは、我々の生活を支える通信インフラの一つである。近年は、IoT 技術やクラウドコンピューティングの進展が著しく、ネットワークはさらに大規模化・複雑化することが予想されているため [1]、今後はネットワークを運用管理するシステムがさらに高度化し、管理負担が増大していくことが見込まれる。しかしながら、ネットワークの運用管理を行う専門家の不足が指摘されており [2]、専門家ではない人（初級管理者）にも運用管理の業務を担わせられるよう支援していくことが期待されている。

一般的なネットワーク管理者が担う業務の一つに、ネットワーク上を流れるデータ量 [bps]<sup>1</sup>（ネットワークトラフィック）や各機器から出力されるアラートの「監視」が挙げられる。監視業務によって、ネットワークやそれを構成する機器に障害が発生していないかを判断することが求められるが、ネットワークデータが示す値の意味は、そのネットワークが置かれている環境に依って異なる。例えば、ある職場のある PC のネットワークトラフィックが 1 [Mbps] という値を示したとして、その値の高さは、ハイスpek な PC・ネットワーク構成であれば低いと捉えられるし、ロースpek 構成であれば高いとも捉えられる。よって、ネットワークの状態の良し悪しは、普通のトラフィックとの比較や、機器の使用状況、機器のspek や相性といったネットワークが置かれた環境から総合的に判断されるものであり、一意に定められるようなものではない。

職場の機器構成など環境について熟知しているベテランの管理者であれば、ネットワークデータを監視しているときに、ネットワークデータを見るだけで経験的に危険を察知することができるため、トラブルに対して迅速に対応できる。逆に、環境に不慣れな初級管理者の場合は、そのネットワークデータが示す意味（値の高さをどう捉えるべきか）が分からないため、リスクの大きさを判別することが難しく、トラブルへの対応が遅れかねない。そこで、本研究では数値を伴うネットワークデータを初級管理者が適切に解釈できることを支援する機能の開発を目的とする。

## 2. 関連研究と技術的課題

ネットワークデータの解釈支援という観点では、例えば Zabbix [3] のようにシステムの内部状態を監視し、管理者にアラートなど各種情報を提供することで管理業務を支援するソフトウェアがある。また、ネットワークの状態をグラフなどの形で可視化する技術に関する研究 [4] が進められている。こうした技術によって管理者は、これまで目には見えなかったネットワークの状態を視認できる。

一方、これらネットワーク管理支援技術によって提供される情報は、先述の管理環境への慣れがないと（管理するネットワークの構成、機器特性等への知識がないと）、解釈することが困難である。加えて、ネットワーク管理の専門用語がそのまま使用されているなど、ネットワーク管理自体に不慣れな者が扱う上での敷居が高いと言える。すなわち、現存するネットワーク管理支援技術には、ネットワークデータが示す意味の理解を支援する仕組みが不足しているため初級管理者にとって運用管理が困難という課題が存在する。

ここで、情報の受け手の“解釈”を支援する取り組みが行われている。例えば、行ったことのない店舗に対する印象など、受け手にとって未知の感覚・経験を、既知の感覚・経験に喩える研究 [5] や、日本語を学ぶ外国人への日本語を通じた情報伝達のために、「やさしい日本語」に書き換える研究 [6] が進められている。これらの研究では、情報の受け手にとって未知の情報や難解な情報を、より親しみやすく分かりやすい情報に変換して表現することで、適切な情報の理解・解釈を支援している。

物事をわかりやすく伝える手法の一つに「比喩」がある。物事を別の何かに見立てて表現する比喩によって、厳密ではなくても意味合いを伝えることができる。また、親しみやすい例に喩えることで、意味理解を促進する効果がある [7]。数値情報についても、例えばゲームのスコアを“ロケット級”など別の何かに見立てることで、意味理解を促進できる（図 1）。数値情報を伴うネットワークデータについても、初級管理者にとって親しめる比喩に変換できれば、解釈を支援できると考えられる。そこで本研究では、初級管理者のネットワークデータが持つ意味の解釈を支援するためのネットワークデータが持つ意味を別の何かに見立てて表現するための比喩型データ表現手法を提案する。

## 3. 比喩型データ表現手法

### 3.1 提案手法の概要

提案する比喩型データ表現手法は、ネットワークデータを初級管理者にとって身近で明瞭な表現に換えて初級管理者に提供することで、初級管理者によるネットワークの状態把

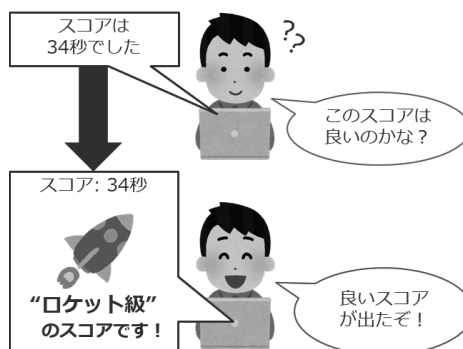


図 1 数値情報を比喩で表現する例

<sup>1</sup> bps (Bits Per Second): 1 秒当たりの伝送ビット数

握を支援するものである。従来は、Zabbixなどのネットワーク管理支援システムによって収集・可視化したデータが、管理者にそのまま提供されていた。これに対して本研究では、ネットワーク管理システムの情報の表現を別の何かの例に変換してから提供できるエージェントに仲介させることによって、初級管理者にとって親しみやすく、分かりやすい情報提供を可能とする手法を提案する(図2)。

### 3.2 提案手法の要件

本研究が扱うネットワークデータは、「環境に依存する」、「数値を伴う」、「初級管理者が扱う上では専門性が高い」といった特性を有している。そして、管理者は観測したデータから正常か異常かを判断できることが要求される。このことを踏まえ、本研究では次の2点を基本要件とした。

- 任意の環境で観測されたネットワークデータ(数値)が、普段と比較して正常であるか異常であるかを、比喻を通じて伝達できる
- 提供する比喻情報は、初級管理者にとって親しみやすく明瞭である

### 3.3 提案手法の構成

各ネットワークデータの高さや推移の仕方について、過去のデータを参照することで、データが持つ量的な意味や、そのデータの希少性を喩える。すなわち、本機能は単に値の高さや変動の仕方だけでなく、どれだけ正常か/異常かを喩えられるため、ネットワークデータが持つ意味を喩えることに役立つと考える。

提案手法の構成を(図3)に示す。本機能は、大別して特殊データベース(Local Database)と一般データベース(General Database)の2種類を用いる。特殊データベースには、喩えられる話題(被比喻トピック: WebページのPV数やネットワークトラフィックなど、ユーザに伝えたい題材)に関するデータを蓄積しておく。同様に、一般データベースには、喩える話題(比喻トピック: 体温の高さや100m走の速さなど、ユーザにとって身近な題材)に関するデータを蓄積しておく。

データの意味(位置づけ)を表現するために、観測したネットワークデータの高さとその発生確率を点数化した値(確率的スコア)を算出する(図4)。確率的スコアによって、よく発生する値であるか、滅多に出ない異常な値であるかを導くことができる。特殊データベースには、データ蓄積と、観

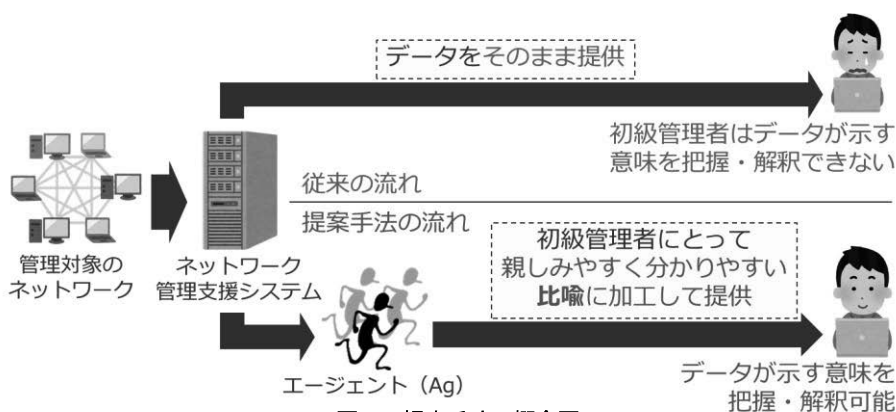


図2 提案手法の概念図

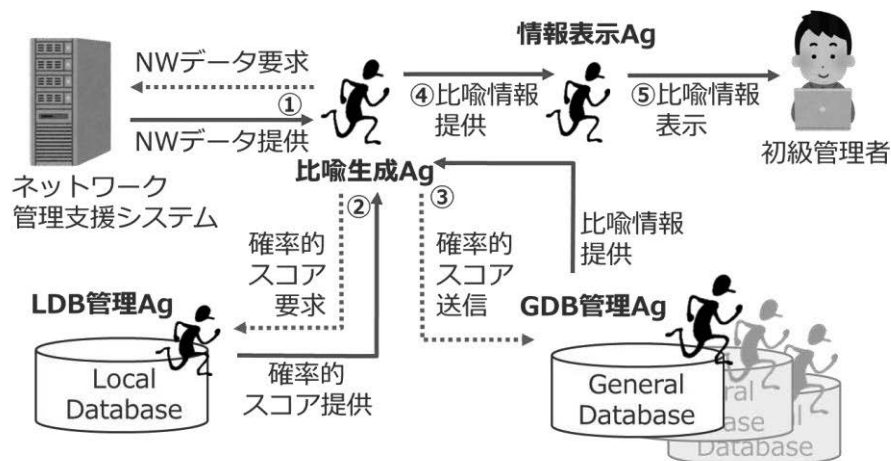


図3 提案手法の構成

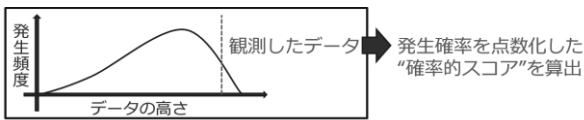


図4 過去の蓄積データに対する観測データの位置づけ

測したネットワークデータを入力した際の位置づけの出力を担う LocalDatabase (LDB) 管理エージェントを配置する。また、一般データベースには、データ蓄積と、データベースに確率的スコアを入力した際に尤もらしい比喻情報を出力する GeneralDatabase (GDB) 管理エージェントを配置する。一連の情報交換を担う比喻生成エージェントを通じて、比喻情報を出力する。出力された比喻情報は、ユーザとの情報交換を担う情報表示エージェントによってユーザへと提供される。以上の動作によって、初級管理者にとって分かりやすく親しみのある情報を提供する。

#### 4. 実験システムの実装

提案手法の効果を検証するために、実験システムを実装した(図5)。まず、各機能のエージェントを作成する上で、マルチエージェントシステム構築環境/設計環境“DASH [8]/IDEA [9]”を使用した。また、管理者とエージェントの情報交換を行うチャットコンポーネントとして、“Rocket.Chat [10]”を使用した。各機能の出力をチャットインタフェースに発信するチャットボットには、チャットボット開発・実行フレームワーク“Hubot [11]”を用いた。

試作した機能は“今月のアクセス数(テスト用に蓄積したもの)”というネットワークデータを、景色の画像と程度副詞によって喻えるものである。例えば、ネットワークトラフィックが異常に高い数値を示したときは、Hubot(チャットボット)から火山や嵐のような画像と、「とても高い値です」といったテキストが投稿される。この動作を実現するために、特殊データベースとして過去のネットワークデータを蓄積

したNWデータベースを構築した。また、一般データベースとしては景色の画像を蓄積した Image データベースと程度副詞を蓄積した Text データベースを構築した。

また、ネットワークトラフィックの量的な位置づけを景色の画像と程度副詞に対応づけるための確率的スコアとして、母平均からのずれの度合いを示す z-score (標準化係数) を用いている。z-score は、値を無単位に変換し、単位の異なる二つの値を同じスケールで比較するとき用いられる係数であり、 $z_i$  を z-score、 $x_i$  を統計データ、 $\bar{x}$  を平均値、 $s$  を標準偏差としたとき、次の式(1)で示される。

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (1)$$

z-score によって、観測したネットワークデータが過去のデータの平均値からどれだけ離れているかの度合いが導かれる。導かれた z-score を TextDatabase 管理 Ag と ImageDatabase 管理 Ag に転送すると、一般データベースにおいて、先ほど導かれた z-score に相当する情報が出力される。なお、今回は景色の画像と程度副詞の z-score (0.0~1.0) の値については、事前にデータベース内で、手作業で付与した(例えば火山の画像や「絶対に」といった程度副詞には危険度 1.0 を付与)。

本実装の動作を、具体例を用いながら図5に基づいて説明する。

- ① はじめに、比喻生成エージェントは Zabbix から任意のアクセス数を取得する。
- ② 取得したアクセス数を NWDatabase 管理エージェントに転送すると、NW データベースを参照することでアクセス数の z-score を算出する。例えば NWDatabase 管理エージェントに「今月のサーバ X のアクセス数が 1,000,000 [PV] だった」という情報が届いたら、データベースに蓄積されている過去のサーバ X のアクセス数の推移と照らし合わせる。そ

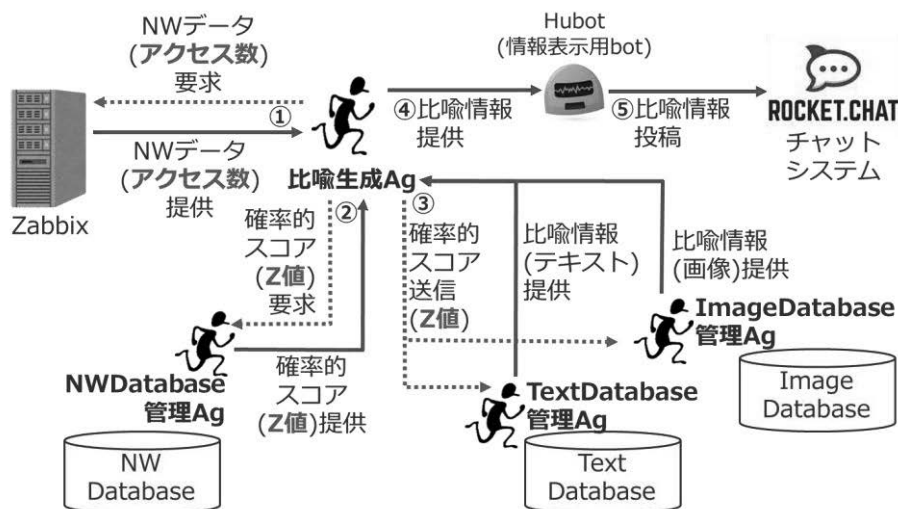


図5 実験システムの構成



図6 実験システムの動作例（チャット画面）

して1,000,000 [PV] という値の高さや発生確率を導くことで、「過去のデータと比較した際の今月のアクセス数の z-score は 0.98 である」のような確率分布的なスコアを返す。

- ③ z-score を受け取った比喩生成エージェントは、Text および Image のデータベース管理エージェントに z-score を転送すると、各エージェントが管理するデータベース内の z-score と照合し、最も z-score が近い情報を提供する。つまり、例えば NWDatabase 管理エージェントにより得られた「z-score = 0.98」というスコアに当てはまる景色画像と程度副詞を抽出することで、火山や嵐のような画像と、「とても高い値です」といったテキストを抽出する。
- ④ 比喩生成エージェントは、得られた画像とテキストを、Hubot に転送する。
- ⑤ Hubot が Rocket.Chat 上に投稿する。

## 5. 実験と評価

提案手法がネットワークの状況把握を支援しうるか検証するために、提案手法が Rocket.Chat 上に投稿した内容に対する印象について、大学生 5 名を対象に提案手法の印象調査を実施した。実験の概要は以下の通りである。提案手法が輸える画像の枚数は、1 枚であると一意的な解釈になってしまう恐れがあると考え、1 枚投稿した場合と 2 枚投稿した場合の 2 種類で実施した。

- 評価者：所属研究室の学生 5 名
- 手順：
  1. 評価者がチャットボットに向けて、本日のアクセスログを問う文章をチャット上に入力する

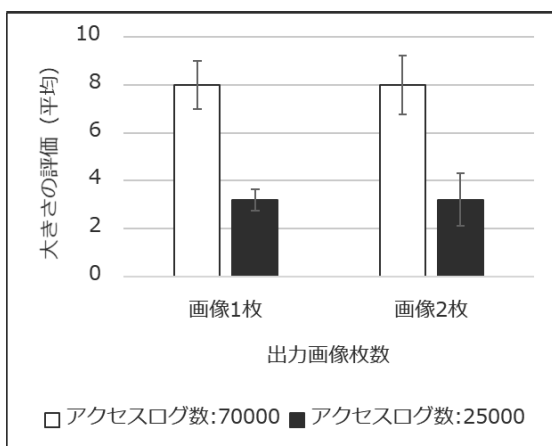
2. チャットボットが、アクセスログ数とともにその値を表すテキストと画像 1 枚を投稿する（出力するアクセスログ数はサーバ A にとって極端に大きな値という設定である (a) 70,000 と、極端に小さな値という設定である (b) 25,000 の 2 種類)
3. 評価者がチャットボットに向けて、再度本日のアクセスログを問う文章をチャット上に入力する
4. チャットボットが、アクセスログ数とともにその値を表すテキストと画像 2 枚を投稿する（出力するアクセスログ数は手順 2 と同様の 2 種類)
5. 出力結果をどのように解釈したかと、出力結果に対してどのような印象を抱いたかを問うアンケートを実施する

- 質問項目：全 18 問（内容は付録として添付）
  - 投稿から読み取れる値の大きさが伝わったかを 10 段階評価で問う項目
    - ◇ 8 問（Q1, Q2, Q4, Q5, Q7, Q8, Q10, Q11）
  - 情報の分かりやすさを問う項目
    - ◇ 4 問（Q3, Q6, Q9, Q12）
  - 従来手法（提案手法を使用しなかった場合）と比較を通して印象を問う項目
    - ◇ 6 問（Q13～Q18）

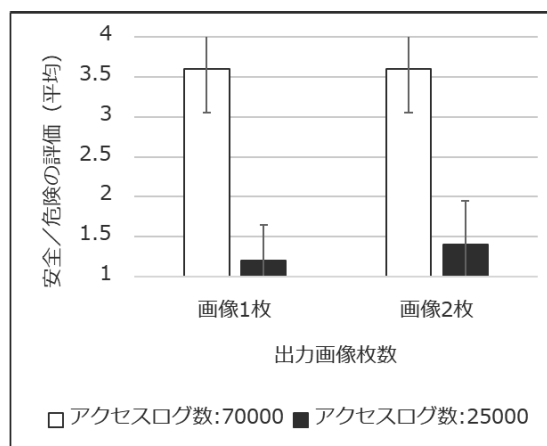
値の大きさと値が示す意味（危険か安全か）が伝わっているかを問うた 8 問への評価者の回答結果を図 7 に示す。値の大きさについては、画像 1 枚の場合と 2 枚の場合がともに (a) が平均 8.0, (b) が平均 3.2 という評価が得られた（図 7 (ア)）。このことから、(a) は値が大きいこと、(b) は値が小さいことを理解することに役立てられたことが示された。また、安全性/危険性については、画像 1 枚の場合は、(a) が 3.6, (b) が 1.2 で、画像 2 枚の場合は (a) が 3.6, (b) が 1.4 であった（図 7 (イ)）。したがって、(a) は危険度が高いこと、(b) は危険度が低いことを理解することに役立てられたことが示された。投稿する写真の枚数が 1 枚の場合と 2 枚の場合での差はほとんどみられなかった。

提案手法からの出力（投稿）の分かりやすさを問うた 4 問への評価者の回答結果を図 8 に示す。Q9 のみ全員が肯定的意見を示したが、Q3 と Q12 では 5 人中 2 人が、Q6 では 5 人中 3 人がやや分かりづらいと回答した。この結果に対する自由記述欄にて、「自分にとってなじみがない画像が出ると分かりづらい」という回答が得られたことから、利用者にとってより親しみのある情報を提供する必要があることが示唆された。

従来の情報伝達との比較を通して提案手法がもたらす効果を問うた 6 問への評価者の回答結果を図 9 に示す。全項目において好意的な印象が過半数を占めた。「サーバ A の勉強



(ア) 値の大きさに関する回答結果



(イ) 危険性/安全性に関する回答結果

図7 出力から読み取れる値の大きさ・危険性/安全性に関する回答結果

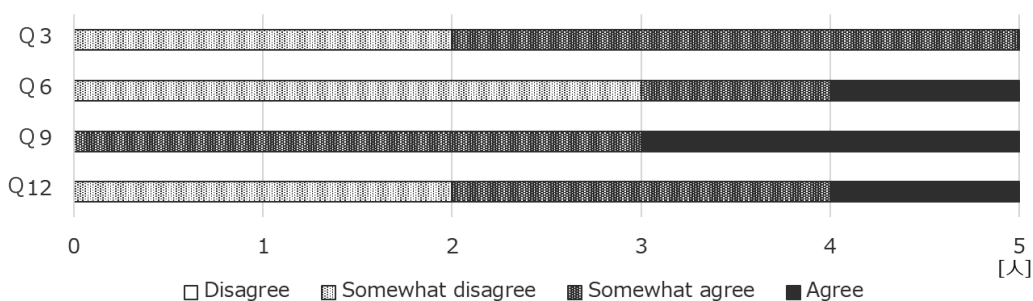


図8 提案手法からの出力(投稿)の分かりやすさに関する回答結果

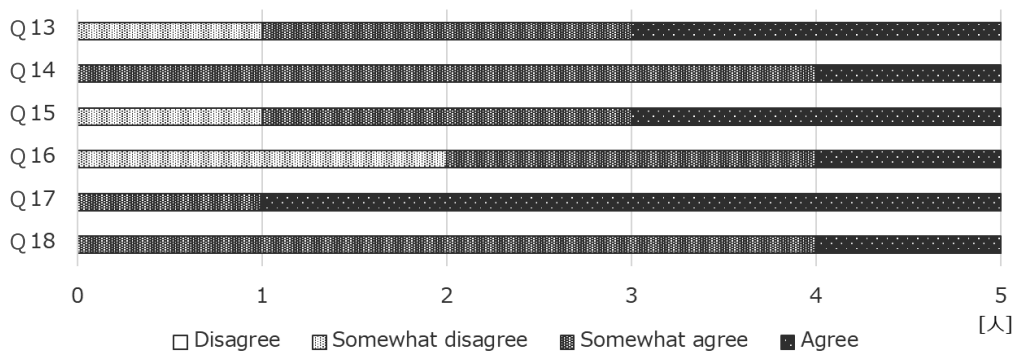


図9 従来手法と比較した提案手法の印象に関する回答結果

になる」という比較的否定的な意見が多かった(5人中2人)が、その他の項目では5人中4人以上の評価者が肯定的な意見を示したことから、従来手法と比較して、提案手法に対して好意的な印象を抱いたことが示された。

## 6. おわりに

本研究では、ネットワークデータが示す意味の理解を支援する仕組みが不足しているため初級管理者にとって運用管理が困難であるという課題の解決を図って、ネットワークデータが持つ意味を別の何かに見立てて表現するための比喻型データ表現手法を提案した。

提案手法がチャット上で動作する実験システムを構築し、5名の評価者に使用してもらった結果、ネットワークデータが示す意味の理解に寄与したことが示されたとともに、提案手法に対する好意的な印象を得ることができた。同時に、提供された情報の分かりやすさの観点では改善の余地があり、利用者にとってより親しみのある情報を提供するような工夫が求められることが示唆された。

今後は、ネットワークの状況をより適切に伝達できるように、より妥当な比喻を提供できる仕組みを構築していくことが望まれる。また、表現の幅を広げるためにさまざまな題材を取り入れられるような仕組みを構築していきたい。

## 参考文献

- [1] Cisco Systems Inc., “Cisco Annual Internet Report - Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper - Cisco,” [Online] <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> (accessed 2020-11-29).
- [2] I. L. Sharma, “World economy and human resource: Enterprises in India,” *International Journal of Commerce and Management Research*, vol.3, no.4, pp.104-106, Apr. 2017.
- [3] Zabbix LLC, “Zabbix :: The Enterprise-Class Open Source Network Monitoring Solution,” [Online] <https://www.zabbix.com/> (accessed 2020-11-29).
- [4] V. T. Guimares, C. M. D. S. Freitas, R. Sadre, L. M. R. Tarouco, L. Z. Granville, “A Survey on Information Visualization for Network and Service Management,” *IEEE Communication Survey & Tutorials*, Vol.18, No.1, pp.285-323, July 2015.
- [5] 望月理香, 渡部智樹, 並河大地, 田中 清, 山田智広, “個人に合わせて“たとえ”るコンシェルジュサービスの評価検討,” 第12回情報科学技術フォーラム (FIT2013), pp.137-144, Sep. 2013.
- [6] 田中英輝, 美野秀弥, “ニュースのためのやさしい日本語とその外国人日本語学習者への効果,” *NHK 技研 R&D*, Vol.168, pp.36-48, Mar. 2018.
- [7] D. G. Blasko and C. Connine, “Effects of familiarity and aptness on metaphor processing,” *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*, Vol.19, No.2, pp.295-308, Apr. 1993.
- [8] K. Sugawara, H. Hara, T. Kinoshita and T. Uchiya, “Flexible Distributed Agent System programmed by a Rule-based Language,” *Proc. of the 6th IASTED International Conference of Artificial Intelligence and Soft Computing*, pp.7-12, ACTA Press, Mar. 2003.
- [9] T. Uchiya, T. Maemura, X. Li and T. Kinoshita, “Design and Implementation of Interactive Design Environment of Agent System,” *New Trends in Applied Artificial Intelligence - 20th International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA/AIE 2007)*, Vol.4570, pp.1088-1097, July 2007.
- [10] Rocket.Chat, “Rocket.Chat - The Leading Communication Hub,” [Online] <https://rocket.chat/> (accessed 2020-11-29).
- [11] GitHub Inc., “HUBOT | Hubot is your friendly robot sidekick. Install him in your company to dramatically improve employee efficiency.,” [Online] <https://hubot.github.com/> (accessed 2020-11-29).

付録

### 比喩を用いた量的情報の解釈支援システムに関するアンケート

2種類の値が計測された際のチャットボットによる投稿内容を見て、システムが出力する画像が1枚の場合、(a) 1つ目の値, (b) 2つ目の値は WebサーバA にとってそれぞれどのような値であると解釈しましたか? 次の質問にしたがって回答してください。

(a) 1つ目

Q1. 出力内容から、アクセスログの値が示す「大きさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

小 大  
1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

Q2. 出力内容から、アクセスログの値が示す「安全性/危険性」について感じた印象を4段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

安全 危険  
1 - 2 - 3 - 4

Q3. 出力内容の「分かりやすさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

分かりにくい 分かりやすい  
1 - 2 - 3 - 4



付録

(b) 2つ目

Q4. 出力内容から、アクセスログの値が示す「大きさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

小  
1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10  
大

Q5. 出力内容から、アクセスログの値が示す「安全性／危険性」について感じた印象を4段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

安全  
1 - 2 - 3 - 4  
危険

Q6. 出力内容の「分かりやすさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

分かりにくい  
1 - 2 - 3 - 4  
分かりやすい

付録

システムが出力する画像が2枚の場合、(a) 1つ目の値, (b) 2つ目の値はWebサーバAにとってそれぞれどのような値であると解釈しましたか? 次の質問にしたがって回答してください。

(a) 1つ目

Q7. 出力内容から、アクセスログの値が示す「大きさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

小 大  
1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

Q8. 出力内容から、アクセスログの値が示す「安全性/危険性」について感じた印象を4段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

安全 危険  
1 - 2 - 3 - 4

Q9. 出力内容の「分かりやすさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

分かりにくい 分かりやすい  
1 - 2 - 3 - 4

付録

(b) 2つ目

Q10. 出力内容から、アクセスログの値が示す「大きさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

小 大  
1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

Q11. 出力内容から、アクセスログの値が示す「安全性／危険性」について感じた印象を4段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

安全 危険  
1 - 2 - 3 - 4

Q12. 出力内容の「分かりやすさ」について感じた印象を10段階で評価し、そう感じた理由を空欄に記載してください。

分かりにくい 分かりやすい  
1 - 2 - 3 - 4

付録

「〇〇です」とテキストで表示する従来手法と比較して、提案手法について感じる印象を4段階でお答えください。またそう考えた理由があれば右側の空白に記載してください。

不慣れな人がネットワーク管理を行う上で、提案手法は従来手法と比較して…

Q13. 分かりやすい

分かりにくい                      分かりやすい

1 - 2 - 3 - 4

Q14. 親しみが持てる

親しみにくい                      親しみやすい

1 - 2 - 3 - 4

Q15. 直感的に分かる

直感的でない                      直感的に分かる

1 - 2 - 3 - 4

Q16. サーバAの勉強になる

勉強にならない                      勉強になる

1 - 2 - 3 - 4

Q17. サーバAの状態の解釈に役立つ

役に立たない                      役に立つ

1 - 2 - 3 - 4

Q18. トラブル発見に役立つ

役に立たない                      役に立つ

1 - 2 - 3 - 4

ご協力ありがとうございました。  
本システムに対して改善点やご助言等ございましたら、裏面にご記入ください。