

ネットワーク故障修理業務の情報提示による支援に関する考察

Consideration for information system to support network troubleshooting task

山下 遼^{1*}, 高山 千尋¹, 大野 健彦¹

¹NTT サービスエボリューション研究所

¹NTT Service Evolution Laboratories

ネットワーク回線の故障修理業務は不良構造化問題に分類され、故障原因の推定は複雑である。加えて、近年ネットワーク構成は複雑化しており、業務の効率化のために支援が必要である。本稿では、実験室実験により故障修理業務における作業者の情報探索行動について調査し、作業者を支援するシステムが満たすべき4つの要因を明らかにした。

Network troubleshooting is classified as an ill-structured problem with complex fault detection. Moreover, complexity of network structure has increased in recent years. Support for network troubleshooting task is required from these factors. In this paper, we investigated information seeking behaviors during troubleshooting and found highly important matters for support system involved with network troubleshooting task. We set up four hypotheses of requirements for supporting network troubleshooting task.

1 背景

ネットワークの故障修理業務は通信事業会社にとって通信品質を維持する上で非常に重要な業務である。故障修理業務はトラブルシューティングと呼ばれる問題解決の一種であり、与えられた情報のみから解を一意に特定することができないなどの特徴を持つ不良構造化問題に分類される[1]。このような特徴から、様々な故障修理業務に対処可能なエキスパートになるには多くの経験が必要である[2]。

一方で、近年ネットワークに接続可能な機器数の増加、機器の複雑化などによりネットワーク環境は複雑になってきており、今後も複雑化は続くと考えられる。これに伴い故障修理に要する時間が増大していくことが想定され、故障修理を行う作業者（以下、保守者と呼ぶ）を何らかの形で支援し故障修理業務の効率化を図る必要があり、研究がなされてきた[3]。

本研究では、特にネットワーク利用者宅へ訪問しネットワークの故障修理を行うオンサイト保守と呼ばれる業務に着目する。ネットワーク利用者宅にはPC、ホームゲートウェイ(HGW)、家電など様々な機器が存在しその環境は利用者により異なり、それぞれの機器は場合によっては影響を与えあうことがある。また各機器に着目するのみでは問

題を解決できない場合もある（このような環境を以降、家庭ネットワーク環境と呼ぶ）。このようにオンサイト保守業務は特に複雑な業務であり、支援が必要とされている。

よって、本稿ではオンサイト保守者を現場でどのように支援すればよいかを現場観察および実験室実験により考察する。

2 オンサイト保守業務の概要

図1にオンサイト保守業務の概要を示す。ネットワーク利用者はトラブルを抱えた時にコールセンターに電話をする。コールセンターのオペレータが利用者宅での故障修理が必要であると判断した場合、オンサイト保守者に修理依頼の概要が書かれた紙媒体がFAXされ、保守者はその情報をもとに利用者宅に訪問、故障修理を行う。

3 従来研究

故障修理の支援に関して、コピー機の保守者同士でTipsを共有し相互に経験を活かし合うことを目的としたEurekaというシステムが広く使われた成功例として挙げられる[4]。Yamauchiらは、このシステムの成功要因として、技術者同士の既存の知識を前提とした簡易な表現での知識共有を行ったこと、手順書ではなくTipsなので保守者はその情報を見てどのような行動をするのかといったことを既定されずに、情報を自身の行動に結びつけやすいことなどを挙げ

*NTT Service Evolution Laboratories
〒239-0847
神奈川県横須賀市光の丘 1-1
E-mail:yamashita.ryo@lab.ntt.co.jp

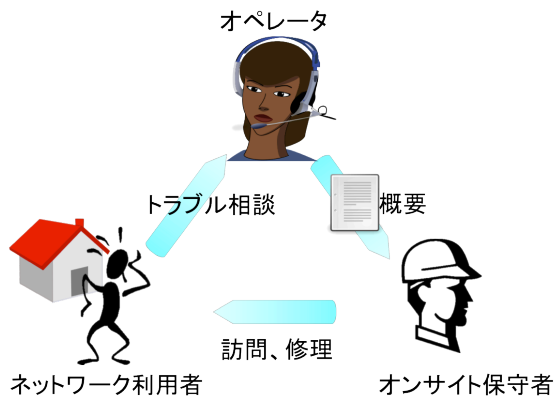


図 1: オンサイト保守業務の概要

ている [5] . Eureka はコピー機の保守業務を対象としたものであり明確なエラーコードを基に検索を行う例などが示されている . しかし , 家庭ネットワーク環境には多様な機器が存在し , 関連し合っている . 機器の中にはエラーコードが存在しないものもあり , また機器同士の影響から各機器のエラーコードでは問題を特定できない場合もある . よって , 情報の検索を行う時にはエラーコードではなく , 実際の故障修理状況を記述する必要があるが , 多様な機器から構成される家庭ネットワーク環境を簡潔に表現するのは困難である . Eureka は重要な指針を与えてくれるものの , 同様の知識共有システムを構築するのみでは不十分であると考えられる .

O'Neil らはトラブルシューティング時にコールセンターから支援を行う際にセンサから取得した状況を反映したコピー機の 3D モデルを作業員同士で共有することで人同士の状況伝達を容易にする支援システムを考案した [6] . しかし , 前述のように , 家庭ネットワーク環境は多様な要素から構成されており , また機器も日々変化する . よって , あらかじめ全ての機器をモデリングするという方法は現実的ではないと考えられる .

これらの研究は故障修理業務の支援に関して有用な知見を提供しているものの , オンサイト保守業務の支援には不十分である . そこで , 本稿ではオンサイト保守業務を支援するシステムが満たすべき性質について , 現場観察および故障修理実験をもとに考察する .

4 現場観察

オンサイト保守業務の支援方法を考察するために実際の現場でオンサイト保守者への同行調査を行った .

若手保守者へ同行した例では , 屋内と屋外の通信接続点

である保安器と呼ばれる機器が , 通常各家庭に一つしか存在しないはずが二つ存在したという複雑な問題であったため , 原因の特定に時間を要した . この時 , 保守者は何らかの手段で外部から情報を取得するのではなく , 保安器の抵抗を確認するなどの行動を幾度か繰り返した . 結局 , 遠隔からの信号でネットワークの接続試験を行う役割の保守者に保安器の接続を確認を電話で依頼した際に , 故障原因について相談し , 試験側保守者の指示に従い問題に対処した .

この例のように , 現在保守者は現場で解決できない問題に直面した時に他の保守者に電話で支援を受けるなどの方法で対処している . また故障修理のマニュアルなどが移動用の車に積んである場合もあるが , 今回の観察においてはそれらの情報が利用されることはなかった .

人に支援を依頼するのは有効な方法であると考えられるが , 人に支援を依頼する前に自身で何らかの情報を検索 , 利用することにより問題を解決できた方がより効率的である . そのための方法の一つとして , コンピュータが保守者に情報提示をすることにより支援を行うことが考えられる . 情報提示により保守者を支援するシステムを考案するにあたり , 故障修理時に情報検索が可能である場合に , 検索がどのように行われるかを調査するために , 情報検索が可能な状況で故障を意図的に発生させ , 故障修理を行ってもらった .

5 外部情報検索が可能な環境における故障修理実験

5.1 実験目的

情報提示による支援システムについて考察するために , ネットワークの故障修理中に情報検索できる環境であった場合に検索がどのように行われるかの調査を行った .

5.2 実験設定

PC 利用経験 7 年 ~ 14 年の実験参加者 A,B,C,D の 4 人を対象に行った . 図 2 のような環境において , LAN ケーブル故障およびプロキシ設定誤りを意図的に起こしその回復作業をタスクとして参加者に与えた . また , 情報検索の手段として , 参加者にはブラウザによるインターネット上の情報検索が可能な PC を与え , 故障修理中に調べたいことがあった場合には使用してもよいとのみ伝え , その使用方法について教示は与えなかった . 今回の実験においては故障修理中の情報検索の利用方法を明らかにすることが目的のため , 故障修理のマニュアルなど , 情報検索以外での情報アクセス方法は与えなかった . また参加者が LAN ケーブルの故障に気づいた時に , 新しいものと交換できるよう

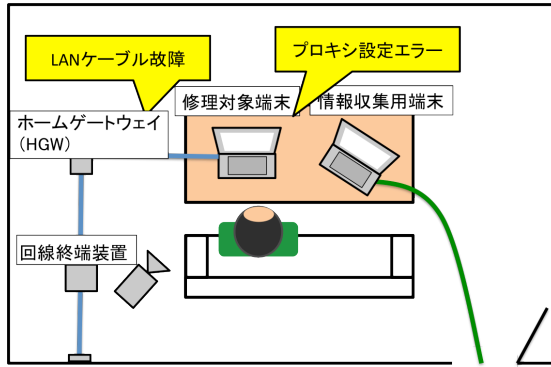


図 2: 実験環境

に代わりの LAN ケーブルを HW 付近に配置した。また、LAN ケーブルに関するの教示は与えなかった。

各参加者に故障修理タスクを最大 10 分行って頂き（10 分で作業完了しない場合にはその場で終了）、その後作業の様子を撮影したビデオを見ながらのインタビューをおよそ 30 分行った。

また、参加者 D のみにはネットワークに問題がある場合に対処法を提案するブラウザを使ってもらい、ブラウザの情報提示によるネットワーク故障修理支援がどのように働くのかを検証した。

5.3 結果

結果は表 1 のようになった。4 人中 2 名（参加者 C, D）は制限時間内に回復を行うことができたが、残り 2 名（参加者 A, B）は 10 分で回復させることができず、その時点で終了とした。

4 名とも日常業務で PC を使用しており、高い IT スキルを持っている。参加者 C は特に無線通信の研究に従事しておりスキルが高く、時間内の回復を行うことができた。参加者 D はブラウザによる故障修理支援が有効に働いた結果、時間内に回復できた。

4 人を対象にした実験を通して、情報検索を利用したのは参加者 B が HW の型番を調べた 1 回のみであった。特に参加者 A, B は対処法が分からず試行錯誤を行う場面が多く見られ、同様の行動（IP アドレスを確認するなど）を複数回繰り返すなど追加情報が得られない行動を行ったにも関わらずほとんど情報検索は行わなかった。

表 1: 実験結果

参加者 ID	コンピュータ利用期間	所要時間	情報検索回数
A	10 年	10 分 (未回復)	0
B	14 年	10 分 (未回復)	1
C	8 年	4 分 47 秒	0
D	7 年	4 分 56 秒	0

6 なぜ情報検索を行わないのか

上述の結果から、今回の実験においては作業中にほとんど情報検索が行われなかったことが分かる。

その原因を故障修理中の行動の記録、および作業後のインタビューデータから情報検索に関する発言を書き出し、分類することにより分析した。その結果、情報検索を行わなかった理由として以下の 4 つの要因を導出した。各要因は独立ではなく相互に影響を与えている。

1. 取得すべき情報が分からない
2. 検索コストが膨大であると感じる
3. 目の前の状況に応じた情報を求める
4. 状況を表現するのが難しい

各要因について以下に詳細を述べる。

6.1 取得すべき情報が分からない

検索を行うには、取得すべき情報を決定し、検索クエリを作成し情報検索を行う必要がある。

参加者 A: 「まず何を調べていいのかも分からないし」
参加者 B: 「[故障修理に関係のありそうな] 要素が多すぎて、HW だけ見てもそこ [HW] じゃなかったっていうのが [あるし、] そこ [HW] だけ見てもしょうがない」

という発言にも見られるように、原因をある程度特定する前には何を調べるのが正解かを決定することができない。

Johnson らによるとトラブルシューティング時の原因推定は以下のような段階に分けられる [7]。

1. システム

問題が発生していることは分かるがそれ以上原因を推定できず、問題空間を小さくすることができない。
ネットワーク故障修理における例：インターネットが使えないので何か問題があることは分かる。

2. サブシステム

一部のサブシステムに原因があるというところまでは推定することができる。

ネットワーク故障修理における例：屋内ネットワークに問題があると推定することができる。

3. デバイス

サブシステム中の限られたコンポーネントまで原因を推定することができる。

ネットワーク故障修理における例：LAN ケーブルか HGW に問題があると推定することができる。

4. コンポーネント

デバイス中のコンポーネントまで原因を推定することができる。

ネットワーク故障修理における例：LAN ケーブルに問題があると推定することができる。

以下、この分類をもとに実験結果を考察する。

参加者 B は HGW にアクセスするためのアドレスを調べるため「RT-S300SE」と HGW の型番で検索をし説明書へアクセスした。そのことから、デバイス、コンポーネントまで原因を推定することができれば検索による支援は上手く機能すると思われる。しかし、原因推定がシステム、サブシステムの段階ではそもそも何を調べればよいのかの決定を支援する必要があり、ユーザが能動的に欲しい情報を取得するシステムでは不十分であると考えられる。例えば、参加者 A はプロキシがネットワークに影響を与えることを理解していたが、今回の実験時に想起することが出来ず、原因となっているデバイスを推定する段階まで故障修理を進めることが出来なかった。このような場合にはコンピュータがユーザに能動的に選択肢を提供し、以下の発言に見られるような気づきをユーザに与えられるような仕組みが必要である。

参加者 A：(インタビュー終了後にプロキシの設定が問題であると伝えた時に)「あー!! これもあったわ」

「これ完全に忘れてた、あーそうだ、プロキシとかもあるわ」

これに対して、参加者 D は時間内に回復を行うことができたが、これは故障修理開始時にブラウザが「HGW の再起動を行ってみてください」など対処法をいくつか画面に提示し、さらに LAN ケーブルの交換を行いブラウザをリロードした時に、「プロキシの設定を確認してください」というメッセージが画面に表示され、プロキシ設定の誤りに気づくことができたからである。参加者 D は何を調べればよいか明確に分かっていた訳ではないが、ブラウザが能動的に

的に情報を提示することで対処法について選択肢を知ることができ、問題を解決できた。

一般の情報検索においても、検索は明確な取得したい情報(情報ニーズ)が先にあり、目標とする情報を即座に取得するのではなく、検索を行いながら情報ニーズを変化させるプロセスであると言われている [8]。Teevan らは検索行動において情報を取得するために段階を踏む戦略をオリエンテーリング、情報を即座に取得する戦略をテレポーティングと呼び区別した。そして、オリエンテーリングによる情報取得を行うことが認知負荷を下げることや、取得した情報の理解および信頼を向上させることを明らかにし、検索システムは検索精度向上によるテレポーティングの支援ばかりに目を向けずオリエンテーリングも支援するべきであると主張している [9]。ネットワーク故障修理において原因が推定できない時には、一般の情報検索よりも一層情報ニーズが不確定であると考えられ、何を調べてよいのかが分からないユーザにはシステム側が能動的に情報を提供し、ユーザのオリエンテーリングによって情報ニーズを明確にするプロセスを支援する必要がある。

また、原因が分からない時でも作業者は何らかの仮説を立てて焦点を絞ろうとする様子が観察された。一度焦点を絞ってしまうと、その仮説が間違っていて修復が上手くいかなくてもなかなか立ち戻ることをしようとしなかった。この様子は参加者 A、参加者 B、参加者 D に見られた。この事実からも原因の推定がシステム、サブシステムの段階においては問題空間を探索し適切に小さくするための支援を行い、原因の推定がデバイス、コンポーネントの段階に到達した時には検索システムなどユーザの欲しい情報を提供するような支援に切り替える必要がある。

以下の参加者の発言に見られるように、参加者は誤った場所に焦点を絞ってはいるが、自分が原因を上手く推定できていないということは把握できている。つまり原因推定の段階を作業者はある程度自己認識できていると考えられ、支援方法の切り替えは利用者自身が簡単に行えるようにすることが望ましい。

参加者 A：(作業開始後、LAN ケーブル故障に気づき LAN ケーブルを交換したが回復しなかった段階で)「もう訳わかんなかった」

参加者 B：(作業開始後、LAN ケーブル故障に気づき LAN ケーブルを交換したが回復せず、HGW にログインしようとするも失敗した段階で)「相当困っていた」

6.2 検索コストが膨大であると感じる

システム, サブシステム段階の仮説においては, その構成要素の多さから何らかのクエリを作成し検索しても多くの結果が返ってくることが想定される. そのような場合には, 以下の発言にも見られるように, 検索コストが利得に見合わない判断され検索を行わないと考えられる.

参加者 C: 「検索はしない. 一般的なインターネット上の情報では役に立つかもしれないけどそっち [役に立つ情報] を探すのに非常に時間がかかりそう」

Pirolli らは人間の情報探索行動を生物の採餌行動を基に説明する情報採餌理論を提唱し, 情報取得の利得とコストにより情報探索行動をモデル化, 予測を試みた [10]. この理論によると, ある情報が閲覧されるにはコストに対する利得が大きいと判断される必要がある. 故障修理における情報探索は検索システムに閉じずに, 対象システムにおける試行錯誤 (IP アドレスの確認, HGW の再起動など) によっても行われる. そのため, 本実験において参加者は対象システムにおける試行錯誤により情報を取得した方が, コストに対する利得が大きいと判断したと考えることができる. 情報採餌理論によると, 検索コストが膨大であると感じさせないためには, 蓄積された情報をグルーピングし, 取得しようとしている情報との関連性の判断が容易となるタグをつけ階層的ナビゲーションを組み立てる必要がある.

ただし, 参加者 A, B の対象システムにおける試行錯誤時には一度確認した HGW のランプを再度確認するなど, 客観的に考えると全く情報の利得が得られないと考えられる行動も確認された. 参加者本人も

参加者 B: 「この辺の行動とか特に意味はない」と述べており, これらの行動は, コストと利得の関係性からは説明できず, さらなる検証が必要である.

6.3 目の前の状況に応じた情報を求める

以下の発言に見られるように, 参加者は一般的な知識ではなく, 目の前の症状に応じた情報を求めていた.

参加者 B: 「ネットに自分と同じ状況がそんなあがっているってそんな思わないのかな」

参加者 C: 「Google で検索するような一般的なことが今回のケースに当てはまるかという当てはまる可能性は低いんじゃないかと思う」

Eureka の成功要因の一つとしても, マニュアルに記載されているような情報ではなく, 現場で問題を解決する時に

発見された Tips が共有されたことが挙げられている [5]. これらのことから, 提示する情報はネットワークの仕組みに関する知識のような一般的な知識ではなく, 目の前の状況に応じた知識であるべきであると考えられる. このために例えば保守者同士で故障修理の事例を共有し合うなどが考えられる.

6.4 状況を表現するのが難しい

焦点を当てた部分を調べようとしたとしても, エラーコードが存在しないことがあり, その場合, 作業者は直面している状況を表現し検索を行う必要がある. 今回の実験において, 参加者は原因が特定できない状況下でも自分の知っている対処法を全て試して, 回復しない場合に初めて外部情報に頼ろうとしていた.

参加者 A: 「とりあえず自分の知っていることを全部試してから分からなかったら検索しよう [と思った]」

参加者 D: 「こういう時どうすればいいんだって適当に手を動かしている」

そのような試行錯誤を行っても問題空間を小さくすることができず外部情報に頼ろうとした場合, 何らかの対処法を試したことにより表現すべき状況は複雑になっていることや, 自分で調べた事柄の内どの要素が故障に関係があるのか判断できないため, その表現が困難である. 例えば参加者 A は LAN ケーブルの故障に気づいて交換を行ったが, インターネットが使えないという状況になった時には,

1. IP アドレスの交換
2. ローカルエリア接続の切断, 再接続
3. LAN ケーブルを交換
4. IP アドレス再確認
5. HGW のランプを確認
6. ブラウザのリロード

という行動をとった後に対処法がない状態に陥った. この時, 参加者の直面している状況を簡潔に表現するのは簡単ではない. 他の参加者においても

参加者 D: 「なんか状況説明が面倒くさそうだなと [思って検索しなかった]」

といった発言に見られるように, 状況の表現が困難かつ手間であったと考えられる.

今回の実験において情報検索はほとんど行われなかったが, エラーコードが明示的に与えられるシステムにおいては, 参加者達は情報検索を行うとの意見が得られた.

参加者 B : 「デバッグの時にはエラーコードでガンガン調べたりする」

参加者 D : 「訳 [が] 分からないエラー番号とか出てたら調べようと思ったけどそうじゃなかったし」

これは、エラーコードが存在することで故障状況の表現が容易であったためであると考えられる。このことから、故障修理作業の支援には状況表現を容易にする必要があると考えられる。

7 結論、今後の予定

本稿では現場調査および、情報検索が可能な状況での故障修理タスクを行う実験室実験により、オンサイト保守を現場で支援するシステムが満たすべき要因について考察した。

実験室実験の結果、参加者は問題を解くことが出来ない時でも情報検索をほとんど行わなかった。作業中の行動および作業後に行ったインタビューを分析することにより、故障修理業を支援するにあたり情報検索システムが抱える課題として、取得すべき情報が分からない、検索コストが膨大であると感じる、目の前の状況に応じた情報に対するニーズ、状況表現の難しさ、の4つの要因を明らかにした。よって、故障修理支援システムはこのような課題を解決すべきであり、以下のような要因を満たす必要がある。

故障修理の支援システムが満たすべき要因

- 故障修理の段階に応じた支援を行う。原因推定がシステムおよびサブシステム段階の時には、コンピュータが能動的に取得すべき情報を決定する支援を行い、デバイスおよびコンポーネントまで原因を推定することができたらユーザの能動性に任せた情報提示支援を行う
- 検索コストが膨大であると感じさせない。蓄積された情報をグルーピングし、取得しようとしている情報への階層的ナビゲーションを行う。
- 目の前の状況に応じた情報が取得できる
- 状況の表現を支援してくれる

これらの結果は実際のフィールドで得られたものではないため、今後実際にオンサイト保守者を対象とした同行調査を行い、検証を行う予定である。また、今回の結果と今後の同行調査結果をもとに、オンサイト保守業務の支援システムの考案、プロトタイピングを行う予定である。

参考文献

- [1] Jonassen D.H. Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 48, pp. 63-85, 2000.
- [2] 高山千尋, 大野健彦. トラブルシューティングにおける情報収集プロセス: 熟練者はどのように手がかりを得ているか. 情報処理学会研究報告, 2011.
- [3] 大野健彦, 斎藤耕介, 宮本勝, 加藤洋一. 構造化されていない問題空間における問題解決支援: ホームネットワークにおける故障診断を題材として. 情報処理学会研究報告, 2009.
- [4] Bobrow D.G. and Whalen J. Community knowledge sharing in practice: the eureka story. *Reflections*, Vol. 4(2), , 2002.
- [5] Yamauchi Y., Whalen J., and Babrow D.G. Information use of service technicians in difficult cases. *CHI*, 2003.
- [6] O'Neill J., Castellani S., Roulland F., Hairon N., Julian C., and Dai L. From ethnographic study to mixed reality: A remote collaborative troubleshooting system. *CSCW*, 2011.
- [7] Johnson S.D., Flesher J.W., and Chung S.-P. Understanding troubleshooting styles to improve training method. *Paper presented at the American Vocational Association*, 1995.
- [8] Bates M.J. The design of browsing and berrypicking techniques for the online search interface. *Online Review*, Vol. 13, pp. 407-424, 1989.
- [9] Teevan J., Alvarado C., Ackerman M.S., and Karger D.R. The perfect search engine is not enough: a study of orienteering behavior in directed search. *CHI*, 2004.
- [10] Pirolli P. and Card S.K. Information foraging. *Psychological Review*, Vol. 106(4), pp. 643-675, 1999.