

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

大野 健彦^{†1} 齋藤 耕介^{†1}
宮本 勝^{†2} 加藤 洋一^{†1}

実世界における問題解決は、しばしば問題のゴールが明らかでない、解決手段が不明である、得られた解が最適解であるか不明であるなど、問題空間の非構造化性に起因する様々な難しさがある。ホームネットワークにおける故障診断はその典型であり、作業者に極めて高い専門知識が要求される。本稿では構造化されていない問題空間における問題解決の課題について述べ、現在開発を進めているホームネットワーク診断ツールを題材として、その方向性について論じる。

Support of Problem Solving in Ill-Structured Problem Space: An Empirical Study in Home Network Troubleshooting

TAKEHIKO OHNO,^{†1} KOSUKE SAITO,^{†1}
MASARU MIYAMOTO^{†2} and YOICHI KATO^{†1}

In everyday life, we often encounter the kinds of problems that have no clear goal, no obvious solutions, and no valid answers. These problems, described as ill-structured, is known for difficulty to solve the problem. Troubleshooting in the home network is an example of the ill-structured problem. It requires the technicians high skill of problem solving strategy and system dependent knowledge. We describe the cognitive aspects of problem solving in the home network troubleshooting, and introduce the home network check tool which it developed to support technician's troubleshooting activities.

^{†1} NTT サイバースソリューション研究所
NTT Cyber Solutions Laboratories

^{†2} NTT 技術企画部門
NTT Technology Planning Department

1. はじめに

近年、ブロードバンドの普及に伴い、一般家庭におけるホームネットワークの使われ方が多様化してきている。以前であればネットワークに接続して利用される IP 機器は PC のみであったが、最近ではゲーム機、Set-top Box (STB)、ハードディスクレコーダ、フォトフレーム、プリンタ、Network Attached Storage (NAS)、ドアフォン、スマートフォンなど、様々な情報家電が利用されるようになってきた。配線の形態も Ethernet ケーブルだけでなく、無線 LAN、PLC(電灯線通信)、C-Link(同軸ケーブル) など多様化しており、また情報コンセントや情報分電盤等の配線インフラがあらかじめ設置された住宅も増えてきた。今後も接続される機器や使い方の一層の多様化が進むと予想される。

ホームネットワークの多様化に伴い、ネットワークに接続できない、サービスが正常に動作しないなどのトラブルが発生した場合のトラブルシューティングが重要な課題となってきた。ブロードバンドが家庭に普及し始めた当初は ADSL モデムに PC が 1 台接続されているケースが大半であり、トラブルシューティングでは ADSL モデムと PC を調査すれば良かった。ところが IP 機器が多様化し、また 1 家庭で利用される IP 機器の数が増加するにつれて、トラブルシューティングをおこなうために個々の IP 機器およびネットワーク全般に関する様々な知識が要求されるようになってきた。また複雑な機器構成の中から問題箇所を発見する、問題解決に関する能力も必要となってきた。また、ホームネットワークが複雑になるにつれて、実際に修復をおこなう IP 機器は 1 台でも、対象機器の特定に時間を要することから、1 件の故障修理時間が増大する要因となる。本研究では上記の問題に対して作業を支援するツールを提供し、トラブルシューティングをおこなう保守者の負担軽減、特に認知負荷の軽減を目標とする。

本稿では上記の問題に取り組むにあたり、トラブルシューティングという作業の持つ認知的側面に着目し、トラブルシューティングにはどのような技術が要求され、ホームネットワークのトラブルシューティングにおいてどのような問題が存在するのかを整理する。また、どのようにして保守者の作業を支援すべきかについて論じる。次に現在開発中のホームネットワーク診断ツール⁽¹²⁾(以下、診断ツールと略す)を紹介し、現状の診断ツールで解決されている部分と課題について論じる。

2. トラブルシューティングにおける問題解決

トラブルシューティングとは製品やシステムにおいて不具合を修復する作業である。人が

おこなう問題解決の一つであり、日常生活の様々な場面で行われる⁶⁾。トラブルシューティングの定義には様々なものがあるが、ここでは問題の発生箇所および発生原因を特定し、問題箇所を修復して正常な状態に復元する作業を指すものとする¹¹⁾。

実世界で遭遇する問題、特に様々な専門分野において直面する問題はしばしば問題の所在が明らかでない、解決手段が不明である、得られた解が適切であるか否かが不明であるなど、問題解決に必要なとされる様々な要因が問題に直面した時点では明らかでない。そのため解決方法が明確にわからない。このような問題は構造化されていない問題 (ill-structured problem) と呼ばれており、学校などで習う「必ず答えがある」構造化された問題 (structured problem) と比べて問題解決が難しい場合が多い。

構造化された問題とは、たとえば教科書の各章末尾に掲載されている練習問題であり、それまでに教科書で学んだ有限の概念、ルール、定義や定理を利用することで解を得ることができる。問題には問題解決に必要な構成要素がすべて示されており、予測可能かつ限定されたルールや定理を用いれば良い。また理解が難しくない解法が存在しており、その解法を用いることで問題の各段階における次の手順が得られる、あるいは予測可能である⁶⁾。

一方、構造化されていない問題では、問題解決に必要な要因がこれまでに学んだ内容に限定されない。そのため解決方法の予測が困難であったり、複数の領域にまたがる知識を活用しなくてはならない場合もある。問題には「構造化されていない」以下のような特徴がある⁶⁾。

- 問題の構成要素がわからなかったり、わかっていると切り切れなかったりする。
- 複数の解決方法がある、解決に至る道筋が複数ある、そもそも解決方法がないという場合もある。
- 解決方法を評価する基準が複数あり、そのためどのルールや定理が必要であり、どのような構成であるかが明確でない。
- 問題に対する個人的な判断や意見、信念を必要とする場合がある。そのため解決方法が個人によって異なる。

トラブルシューティングとは、構造化されていない問題の一つであり、システムが異常状態にあることを認識し、異常箇所を修復して正常状態に復元する作業である。その作業内容は、一般的な問題解決と同様、問題の定式化、原因の生成、検証、修復と評価の4段階に分割することができる¹¹⁾。以下にトラブルシューティングの4段階について、その詳細について述べる。

(1) 問題の定式化 まず最初の段階として、保守者はシステムにどのような異常があるか

を明らかにする必要がある。このときシステムの正常動作も理解し、正常状態と異常状態を比較することで、以降の診断で正常に動作している箇所を除外することが可能となる。

- (2) 仮説の生成 システムの異常について、その原因に関する仮説を1個以上生成する。仮説には、異常状態の発生したコンポーネントおよびその原因が含まれる。観察された異常状態が保守者にとって既知の場合、仮説は主に過去の事例を記憶から想起することで生成される。一方、その問題に初めて直面した場合は、仮説を生成するための推論能力が必要となる。
- (3) 検証 1個以上生成された仮説に対して、その仮説の妥当性を検証する。具体的には、まずシステムについて現在の状態をツール等を利用して取得する。次に検証作業を実施し、システムの出力結果を取得する。さらに出力結果を解釈し、適用した仮説が正しいか否かを判定する。仮説が正しくなかった場合には、次の仮説を適用するための検証を実施する。すべての仮説が正しくないと判定された場合には仮説の生成段階に戻り、仮説生成を再度実施する。
- (4) 修復と評価 正しい仮説が得られたと判断した場合には、その仮説の対象となるコンポーネントを修復する。修復作業には、問題があるコンポーネントの交換、設定の変更などがあげられる。修復作業を終えた後は、正常状態に復元したか否かの評価をおこない、正常状態に復帰したと判断した場合にはトラブルシューティングが完了する。

以上の4段階を、図1に示す認知モデルを用いて説明する。システムは複数のコンポーネントから構成されており、保守者は問題のあるコンポーネントを特定し、修復するものとする。また、保守者は問題についての初期状態および現在の状態、ゴール、オペレータ(機器の操作方法)、システム構成上の制約条件等の心的表現を保持する。これらを保持する領域を問題空間と呼ぶ。さらに保守者は作業に必要な知識(作業知識)を記憶中に保持している。問題空間は作業記憶、作業知識は長期記憶にそれぞれ保持されており、作業知識は必要に応じて長期記憶から再生されるものとする³⁾。

問題の定式化: まず、問題の定式化をおこなう。具体的には問題空間における初期状態とゴールを設定する(図1(1))。初期状態はシステムにおける現在の状態であり、具体的にどのような異常があるかを明確にする必要がある。また、システムに不具合があるだけでなく、正常な状態がどのようなものであるかも明確にする必要があり、これをゴールとして設定する。さらに対象のシステムがどのようなものであり、どのようなコンポーネントから構成されているかというシステム情報についても獲得する必要がある。

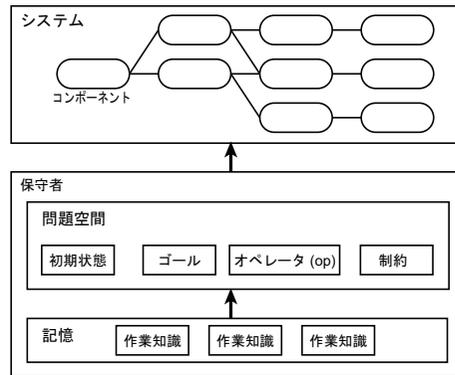


図 1 トラブルシューティングにおける認知モデル.

仮説の生成: 次に異常の種類に関する仮説および対象となるコンポーネントを生成する(図 1(2)). ここで, 仮説の対象となるコンポーネントを 1 個に限定できない場合は, コンポーネントを異常箇所の含まれているコンポーネント群と含まれていない群に識別し, 次段階の検証によって徐々に異常箇所のあるコンポーネントを絞り込んでいく作業(切り分け作業)が必要となる.

検証: 次に仮説の対象となるコンポーネントに対して, 仮説が正しいかを検証する. ツール等を利用してコンポーネントの現在の状態を取得し, 得られた結果を解釈した結果が, 現在のコンポーネント状態である. 現在の状態を取得するためには, コンポーネントの操作などのオペレーションが必要となる. そして現在のコンポーネント状態と正常時のコンポーネント状態を比較し, 仮説が正しいと判断した場合はそのコンポーネントが修復の対象となる(図 1(3)). 一方, コンポーネントが 1 個に絞り込まれていない場合には, 現在のコンポーネント群に対して, いずれのコンポーネントであるかを切り分けるための仮説を生成する. また仮説が正しくないと判断した場合も前段階に戻り, 新たな仮説の生成をおこなう.

修復と評価: 検証の結果, 現在着目しているコンポーネントが修復の対象であると判断した場合には, そのコンポーネントに対する修復作業を実施する. 修復方法としてはコンポーネントの交換, 各種パラメータの設定変更, コンポーネント間の接続変更などが挙げられる.

Johnson は発電機を題材としたトラブルシューティングについて, 熟練者と初心者における作業の差を認知的側面から分析した⁵⁾. その結果, 熟練者の作業には初心者と比較して以下の違いがあった.

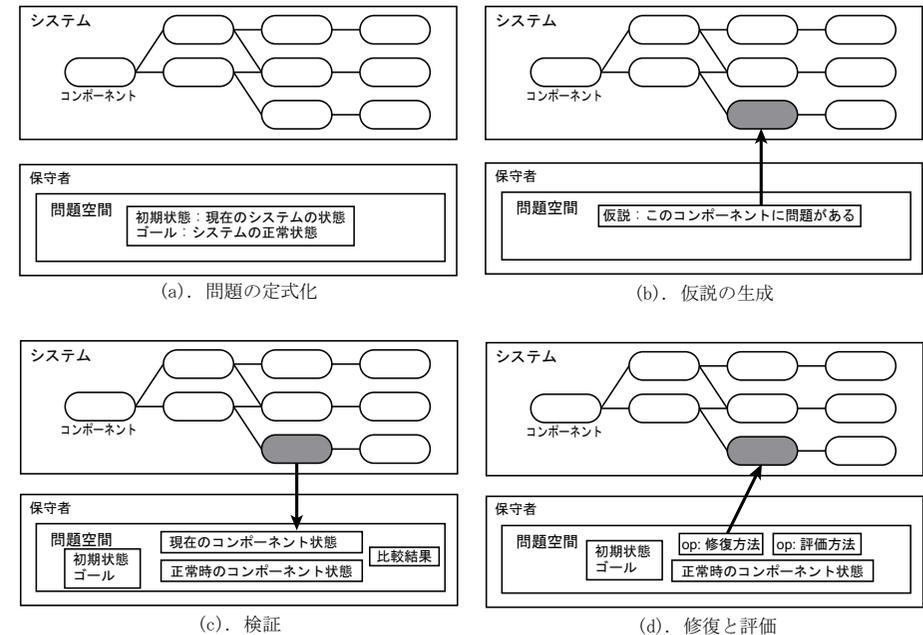


図 2 トラブルシューティングにおける 4 段階.

- 熟練者は問題の定式化において, より多くの情報を取得した.
 - 熟練者は仮説の生成において, より正しい仮説を生成した.
 - 熟練者は検証において, 徐々に故障箇所を絞り込む(仮説の数が少なくなる)方向に仮説を選択したのに対して, 初心者はランダムに仮説を選択した.
 - 熟練者は仮説生成および検証において候補の数が効率的に減少する探索技術を用いた.
- これらの違いが生じるのは, 熟練者はシステムに関する知識(以下, システム知識)の分量が多く, また知識の体系化がなされているためであると Johnson は結論づけている. 長期記憶に蓄えられている作業知識が体系化されているため, 保守者は仮説の生成段階において, 得られた情報と長期記憶中の作業知識との照合を短時間でおこない, 適切な仮説を生成することができるのである.

なお, Besnard らは熟練者のトラブルシューティングにおいて, 観察された事象から仮説を生成する際, 特定の仮説に固執する結果, かって他の仮説を無視するためにトラブル

シューティングに失敗する可能性があることを指摘している^{1);2)}。この現象は、仮説の生成段階において初期から特定のコンポーネントに限定せず、幅広い探索をおこなう必要があることを示唆している。

Schaafstal は海軍におけるレーダーおよびコンピュータシステムの保守を題材として、熟練者および初心者によるトラブルシューティングを分析した。その結果、初心者は熟練者と比較して、ゴール志向の問題解決をおこなわない結果としてシステムティックな手法を用いることができないこと、また保守すべき装置の機能についての理解が欠落していることを挙げている。

Morris によるトラブルシューティングに関するレビューでは、習熟度の低い保守者の特徴として、不十分かつ不適切な情報の利用、役に立たない仮説の生成および検証、さらに戦略上の柔軟性の低さを挙げられている⁹⁾。

これらはいずれも、トラブルシューティングにおける4段階において、特に仮説の生成と検証に関する知識が重要であることを示している。それではトラブルシューティングをおこなう保守者はどのような知識を備えるべきであろうか。Schaafstal は前述の分析に基づき、(a) トラブルシューティングに関する、システムに依存しない汎用知識、(b) 対象となるシステムに関する機能知識、(c) 様々なシステムに共通するドメイン知識の3種類が必要であると述べている¹¹⁾。さらに軍艦に搭載するコンピュータシステムを題材とした評価実験を行い、トラブルシューティングの戦略とシステムの機能知識を組み合わせた構造化されたトラブルシューティング (Structured Troubleshooting) が故障箇所の発見に有効であり、また作業時間の短縮にもつながることを示した。

さらに、Schaafstal はトラブルシューティングの対象となるコンポーネントについて、単に機器の構成要素としてのコンポーネントに基づきトラブルシューティング方法を検討するのではなく、システムにおける機能の抽象度に基づきコンポーネントを分割して考えることが有効であることを示している。ただしコンポーネントの分割は、修復できる単位にとどめておくべきであると述べている (そうでないと際限なく分割可能であり、かえって時間を要することになる)。

3. ホームネットワークにおけるトラブルシューティング

次にホームネットワークにおけるトラブルシューティングにおいて、保守者に必要とされる知識と作業内容について論じる。ホームネットワークのトラブルシューティングは、一般的なトラブルシューティングと比較して、(a) 接続される IP 機器および接続構成が家庭に

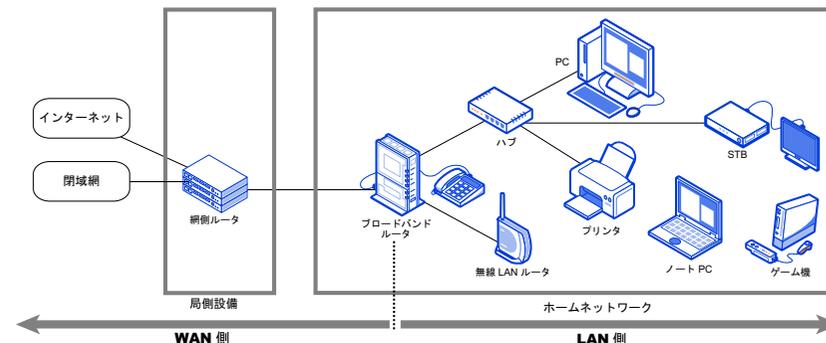


図3 フレッツ光ネットワークを利用したホームネットワークの構成例。

よって大きく異なり、(b) 異なるメーカーの IP 機器が接続されるため、様々なメーカーの機器に関する知識が要求されるという特徴を持つ。2節で示したトラブルシューティングの4段階に基づき、ホームネットワークのトラブルシューティングについてその詳細を示す。なお、ここで想定するトラブルシューティングとは、ホームネットワークに問題が発生した場合に、ユーザが自分で修復するのではなく、ユーザからの連絡をサポートセンターが受け、サポートセンターから派遣された保守者が修理する場面を想定している。

図3にブロードバンドの一例として NTT 東日本および西日本が提供するフレッツ光ネクスト^{*1}を利用しているユーザのホームネットワーク構成例を示す。ここでブロードバンドルータを起点として NTT の局側 (宅外) 方向のネットワークを WAN 側、反対側の家の中にあるネットワークを LAN 側と呼ぶことにする^{*2}。

図4(a)に図3で示すユーザにおけるネットワーク接続構成および保守者の問題空間を示す。本図では、表記が分かりやすくなるように、ブロードバンドルータの LAN 側インタフェースおよび WAN 側インタフェースを異なるコンポーネントとして表記している。特定の IP 機器においてサービスを利用できない場合、問題となるコンポーネントは木構造で構成された各コンポーネントにおいて、LAN 側の末端コンポーネントから WAN 側の末端コンポーネントへ至るパスのいずれかに存在する。例えばノート PC からインターネット上の Web にアクセスできないという症状が観察された場合、問題箇所はノート PC からイン

*1 フレッツ光ネクスト: <http://flets.com> (NTT 東日本)

*2 ブロードバンドルータを利用しない場合は光ケーブルを終端する ONU (Optical Network Unit) より内側を LAN 側、外側を WAN 側と呼ぶことにする。

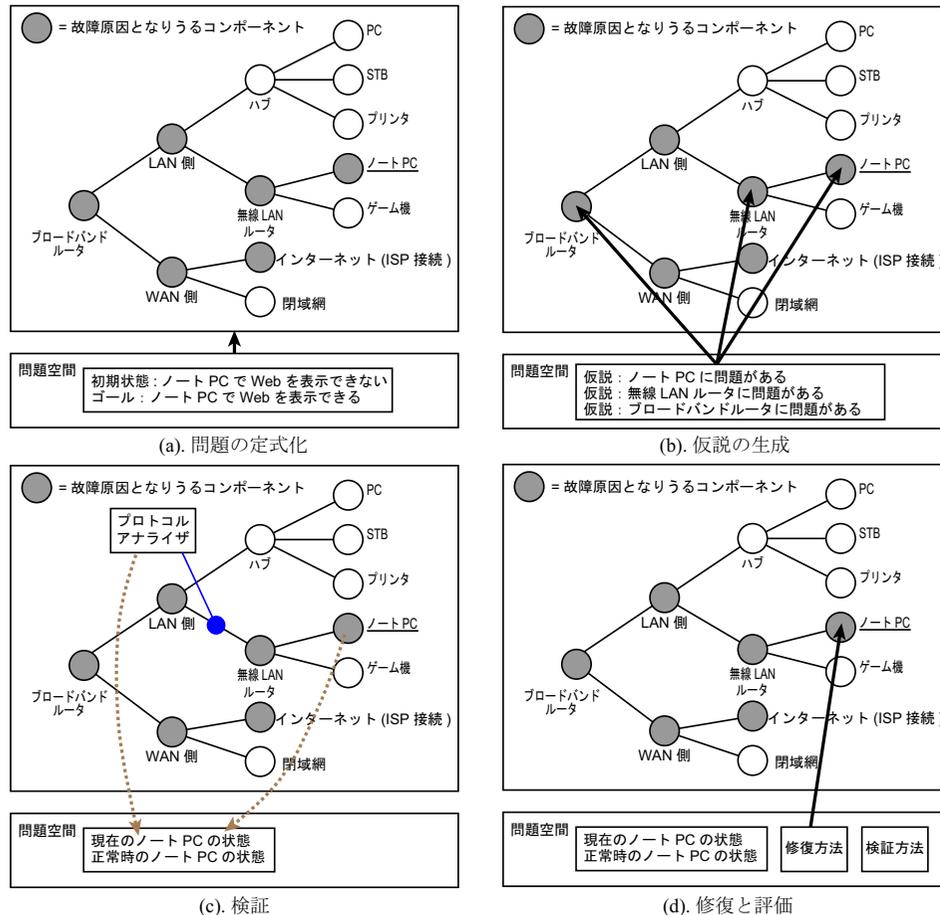
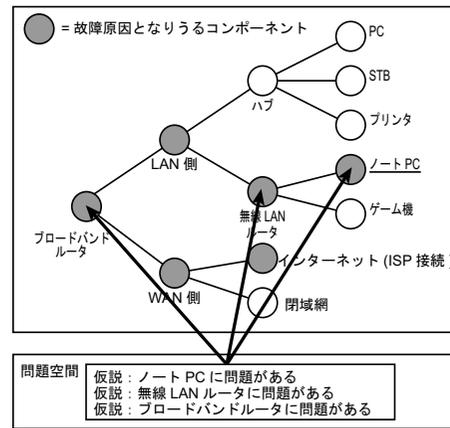


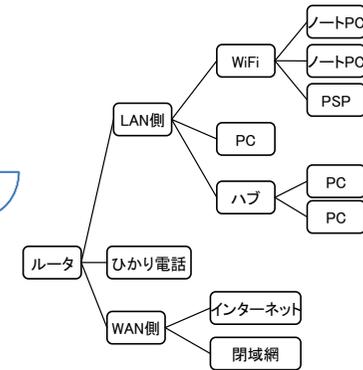
図 4 ホームネットワークにおけるトラブルシューティング。

ターネットに至る一連のパス上に存在するリンク (ノート PC, 無線 LAN ルータ, ブロードバンドルータ, インターネット) のいずれかに存在する。

問題の定式化: 第一段階である問題の定式化では, お客様が申告した情報に基づき, 初期状態およびゴールを設定する。またホームネットワークの接続構成および接続されている IP 機器に関する情報を取得する (図 4(a))。



(a). ホームネットワークおよび IP 機器の設置図



(b). ネットワーク構成図

図 5 ホームネットワークおよび IP 機器の設置例。

ここで問題となるのは, 接続構成および接続機器に関する正確な情報の取得が難しい点である。多くの場合は宅外から引き込んだ光ファイバー, 同軸ケーブル, 電話線などのネットワークケーブルにブロードバンドルータが接続されており, その先に様々な IP 機器が接続されている。IP 機器の設置場所は, 家の構造, ユーザの利用形態やライフスタイルなど様々な要因に応じて多岐にわたる¹⁰⁾。例えばブロードバンドルータはネットワークケーブルの引き込み口付近に設置される場合が多いが, その場所はしばしば納戸や玄関口等の目につきにくい場所に設置されている。また IP 機器の設置場所が複数の部屋にまたがる場合, ブロードバンドルータから IP 機器までのネットワークの配線は壁や天井を這わせたり, 情報コンセントを利用して壁に埋め込まれていたりする。さらに無線 LAN を用いて部屋をまたぐ場合もある。図 5(a) にその一例を示す^{*1}。このような家では一見ただけでは図 5(b) に示す, 正確なネットワーク構成を把握することは困難である。この問題はトラブルシューティングをおこなう保守者だけでなく, ホームネットワークが設置されている家庭の家族にとっても同様であり, どのような物理的・論理的構成であるかを必ずしも理解していない⁴⁾。そのため, 保守者は家族からのヒアリングでは構成に関する十分な情報を得られない場合がある。

本稿ではトラブルシューティングの対象を, インターネットを利用するための ISP(Internet

*1 本レイアウト図は文献¹⁰⁾で紹介するフィールド調査で得たデータである。

表 1 ホームネットワークのトラブルシューティングで用いられる主な作業知識

知識の種類	内容
汎用知識	WAN/LAN の切り分け手順 各コンポーネントにおける問題の切り分け手順
機能知識	ブロードバンドルータの設定方法および情報取得方法 Windows PC・Mac のネットワーク設定方法および状態確認方法 STB の設定方法および状態確認方法 個々の情報家電の設定方法および状態確認方法
ドメイン知識	ホームネットワークの配線技術, TCP/IP DNS による名前解決方法, DHCP を利用した IP アドレス取得方法 フレッツのネットワーク構成, PPPoE を利用した ISP 接続方法 Web アクセスの仕組み, IP 電話の仕組み, IPTV の仕組み

Service Provider) 接続, IP 電話, IPTV の 3 種類とする。情報家電の普及にとともに、今後はより多くのサービスが対象となると想定される。また ISP への接続方法は情報家電によって大きく異なり、それぞれの機器に対応するシステム知識が必要となる。

仮説の生成: 次に仮説の生成をおこなう。保守者の過去の経験に基づき、類似した事例から仮説の検証対象となるコンポーネントを 1 個以上決定する。最初に WAN 側と LAN 側のいずれでトラブルが発生しているかを推定する。診断対象となるサービスによって WAN 側と LAN 側のいずれから検証すべきかが異なるので、検証すべき側を決定する。

検証: 検証対象となるコンポーネントに対して、コンポーネントの状態を取得する。コンポーネントの状態取得方法としては、IP 機器を操作して IP アドレス等のネットワーク情報を取得する方法と、Wireshark^{*1}等のネットワークアナライザを用いて、ネットワーク中を流れる IP パケットを解析する方法に大別される。

前者で必要とされる知識は、個々の IP 機器の操作方法に関するものである。また後者で必要とされる知識は、TCP/IP ネットワークに関する知識であり、例えば Web アクセス等のサービスが、具体的に TCP/IP でどのように実現されているかに関する知識が必要である。

検証の結果、確かにそのコンポーネントに異常があると判定した場合には次に修復をおこなう。一方、そのコンポーネントには異常がないと判定した場合は仮説として挙げられた診断対象コンポーネントから、次のコンポーネントを選択し、再度検証を実施する。

修復と評価: 異常が存在すると判定したコンポーネントに対して修復作業をおこなう。まずハードウェア異常か機器の設定エラーかを判定し、ハードウェア異常であれば機器の交

*1 ネットワークアナライザ Wireshark <http://wireshark.org>

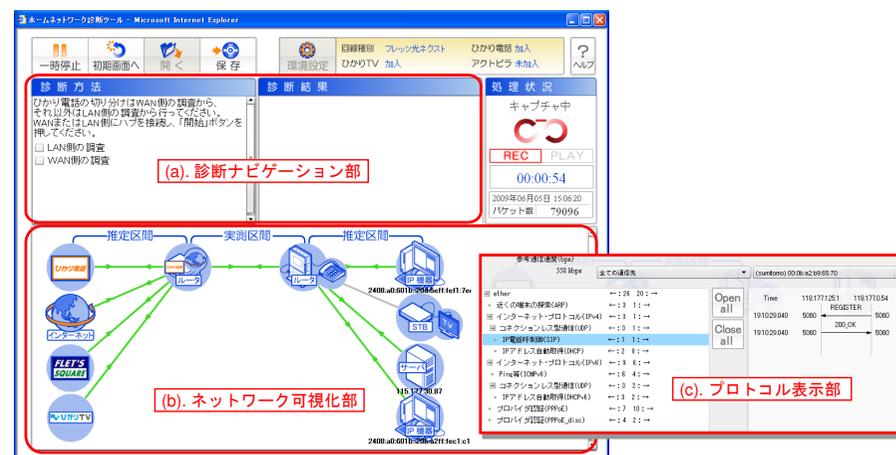


図 6 ホームネットワーク診断ツール

換, 設定エラーであれば正しい設定をおこなう。修復作業が完了したら、システムが正常に動作することを確認し、初期状態として観察された異常状態が解消されていればトラブルシューティング作業は終了である。解消されていない場合は、問題の定式化にさかのぼって、異常状態の定義, 仮説, 対象コンポーネント等を再検討する必要がある。

ホームネットワークのトラブルシューティングにおいて、以上の 4 段階を実施するにあたり必要となる主な作業知識を表 1 にまとめる。汎用知識はトラブルシューティングに関する一般的な知識であり、基本的には図 4 に示すコンポーネントの木構造を順次探索すれば良い。ただし完全な木構造を取得することができず、部分的な木構造で探索を行わなくてはならない場合がある。その場合、問題となるコンポーネントを発見できない場合は異なる戦略を用いる必要がある。機能知識は個々の IP 機器についての機能を示したものである。IP 機器の種類が増大すると、機能知識として必要な知識が増大する。ドメイン知識は主にネットワークに関する汎用知識であり、サービスによって異なる知識が要求される。

4. ホームネットワーク診断ツール

ホームネットワーク診断ツールは、非熟練者によるホームネットワークのトラブルシューティングを支援する目的で開発された^{8),12)}。図 6 にその画面イメージを示す。主な使い方として、保守用 PC にインストールし、お客様宅のホームネットワークに接続して診断する

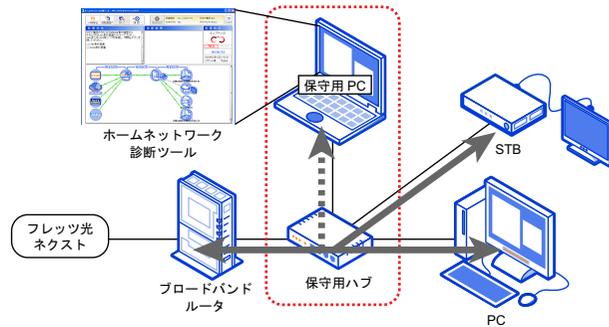


図 7 ホームネットワーク診断ツールの接続方法。ブロードバンドルータの LAN 側に保守用ハブを挿入し、保守用 PC で診断をおこなう。

ことを想定している。具体的には LAN 側あるいは WAN 側のいずれかに保守用ハブを接続し、その先に保守用 PC を接続する。保守用ハブはパケット複写機能を持つ特殊なハブであり、ホームネットワークに流れる IP パケットがここで複写されて、保守用 PC によりモニタを行う (図 7)。保守用 PC は IP Layer2 レベルでホームネットワークから切り離されており、保守用 PC から流出した IP パケットがホームネットワークの障害要因となることを防いでいる。

ホームネットワーク診断ツールによる診断を開始すると、モニタされた IP パケットからブロードバンドルータおよび IP 機器の接続構成を推定し¹²⁾、推定結果がネットワーク可視化部 (図 6(b)) に表示される。各コンポーネントを接続するリンクがネットワークを表現しており、IP パケットが観察されたリンクは緑色で表現される。緑色のリンクをクリックすることで、そのリンクを流れるプロトコルの種類および一部プロトコルについてのプロトコルシーケンスが表示される (図 6(c))。

診断ツールは対話型の診断ナビゲーション機能を備えている (図 6(a))。本機能は保守者が診断するサービス名を選択すると、次に保守者がおこなうべき操作手順を順次表示し、最終的に診断結果および修復すべき機器が提示される。本機能を利用することで、ISP 接続における DHCP エラー、DNS エラー、IP 電話および IPTV における RTP パケットロスなどの典型的な障害を診断することが可能である。ただしすべての障害を網羅してはならず (IP 機器の組み合わせは無限にあることから、すべてを網羅することは不可能であると思われる)、その場合、保守者はネットワーク可視化部およびプロトコル表示部の情報を利用してトラブルシューティングをおこなう必要がある。

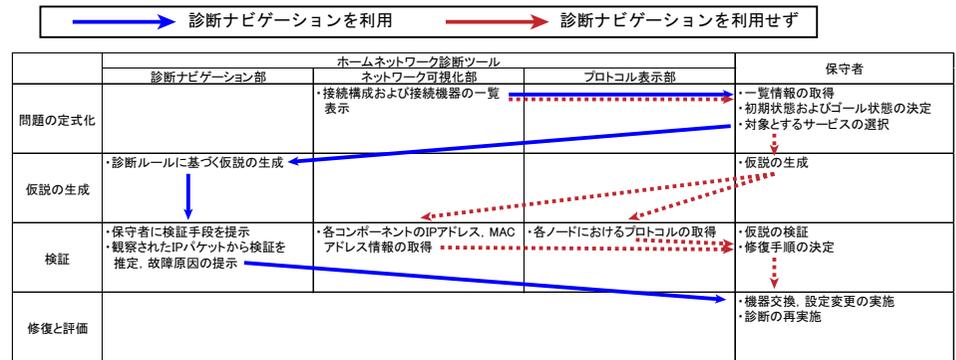


図 8 ホームネットワーク診断ツールを用いたトラブルシューティング。

5. 議 論

4 節で紹介した診断ツールが、ホームネットワークのトラブルシューティングにおいて保守者の認知負荷をどのように軽減するかをトラブルシューティングの各段階について述べ、今後さらに強化すべき要素について検討する。図 8 に、各段階において診断ツールが保守者をサポートする内容について整理する。

問題の定式化: 診断ツールは問題の定式化段階において、ホームネットワークの構成をネットワーク可視化部に表示する。この情報から、保守者はホームネットワークに接続されている IP 機器の接続構成および各機器情報が得られる。図 5 に示した通り、しばしば正確な情報の取得は困難であるが、本機能を用いることで少ない労力で情報が得られる。また IP アドレスおよびメーカー名 (MAC アドレスのベンダコードにもとづき表示される) が表示されるので、保守者はこれらの情報を取得するために様々な IP 機器を操作する必要がない。

仮説の生成: 仮説の生成方法は、診断ナビゲーション機能を用いる場合と用いない場合で異なる。診断ナビゲーション機能は、仮説生成に関する十分な戦略知識を持たない保守者でも診断を可能とするために設けた機能である。診断対象となるサービスに対して、検証すべき IP 機器が表示される。診断ナビゲーション機能を用いない場合は、ネットワーク可視化部に表示されたコンポーネントに基づき、検証対象となる IP 機器についての仮説を決定する。

検証: 次に仮説をたてた IP 機器に対して検証を実施する。診断ナビゲーション機能を利用

用した場合は、IP 機器の操作方法が表示され、保守者は対象となる IP 機器を用いて、表示された操作を実施する。診断ナビゲーション機能を用いない場合、保守者は自分の保持する知識を利用して検証作業を実施し、仮説が正しいか否かを判断する必要がある。

修復と評価: 検証が正しいと判断した場合、対象となる IP 機器の修復をおこなう。本作業については、保守者が自分の持つ機能知識に基づき、修復を実施する必要がある。ただし診断ナビゲーションを用いた場合は、対象となる IP 機器の何を修復するべきかが表示され、修復作業の実施に関する認知負荷が軽減されている。

診断ナビゲーションは、トラブルシューティングに関する汎用知識やドメイン知識を十分に持たない保守者の作業を支援する目的で開発された。しかしながら、図 8 でわかる通り、本機能を繰り返し利用しても仮説生成に関する汎用知識を習得できないという問題がある。トラブルシューティングにおける仮説生成 - 検証の能力を身につけることは、診断ナビゲーションでは対処できない様々な場面に対応するために重要である。しかしながら現状の診断ナビゲーションでは、仮説生成 - 検証の手順を実施していることが保守者には明らかでない。その結果、戦略の獲得に基づく能力向上が期待できない。今後は繰り返し利用することで徐々に保守者の能力が向上するインタフェースデザインについて検討を進める予定である。

また、トラブルシューティング能力の学習において、事例ベースに基づく推論能力の学習方法⁷⁾ や、まずシステムの機能知識を教えた上で実際の問題解決場面において汎用知識を教えることで効率的な学習をおこなう手法¹¹⁾ などが提案されており、今後は診断ツールを単独で利用するだけでなく、診断ツールの学習時にこれらの学習と組み合わせることで、ホームネットワークの診断技術を効率的に習得させる方法を検討していく。

6. おわりに

本稿ではホームネットワークのトラブルシューティングについて、問題解決としての認知プロセスについて検討をおこなった、また、現在開発を進めているホームネットワーク診断ツールを紹介し、認知プロセスをどのように支援しているかについて分析をおこなった。現時点におけるホームネットワーク診断ツールの目標は保守者の認知的負荷の軽減であるが、今後はホームネットワーク診断ツールを継続的に利用することで、保守者のトラブルシューティング能力を向上させる効果を持つツールへ進化させていく予定である。

参 考 文 献

- 1) Besnard, D.: Expert Error: The Case of Trouble-Shooting in Electronics, *Computer Safety, Reliability and Security: Proc. of SAFECOMP 2000*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp.74-85 (2000).
- 2) Besnard, D. and Bastien-toniazzi, M.: Expert Error in Trouble-Shooting: An Exploratory Study in Electronics, *International Journal of Human-Computer Studies* (1999).
- 3) Card, S.K., Moran, T.P. and Newell, A.: *The Psychology of Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates (1983).
- 4) Grinter, R.E., Edwards, W.K., Newman, M.W. and Ducheneaut, N.: The Work to Make a Home Network Work, *In Proceedings of the Ninth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, pp.469-488 (2005).
- 5) Johnson, S.D.: Cognitive Analysis of Expert and Novice Troubleshooting Performance, *Performance Improvement Quarterly*, Vol.1, No.3, pp.38-54 (1988).
- 6) Jonassen, D.H.: Toward A Design Theory of Problem Solving, *Educational Technology Research and Development*, Vol.48, No.4, pp.63-85 (2000).
- 7) Jonassen, D.H. and Hernandez-Serrano, J.: Case-Based Reasoning and Instructional Design: Using Stories to Support Problem Solving, *Educational Technology Research and Development*, Vol.50, No.2, pp.65-77 (2002).
- 8) 宮本 勝, 齊藤耕介, 中谷桃子, 加藤洋一: インターネット接続のトラブル解決を支援する通信プロトコルの表現方法の評価, *情処研報 2008-HCI-130*, Vol.2008, No.106, pp.53-60 (2008).
- 9) Morris, N.M. and Rouse, W.B.: Review and Evaluation of Empirical Research in Troubleshooting, *Human Factors*, Vol.27, No.5, pp.503-530 (1985).
- 10) 中谷桃子, 片桐有理佳, 大野健彦, 橋本周司: 情報機器の利用機会を増やす家庭内環境, *情処研報 2009-HCI-134* (2009).
- 11) Schaafstal, A., Schraagen, J.M. and van Berlo, M.: Cognitive Task Analysis and Innovation of Training: The Case of Structured Troubleshooting, *Human Factors*, Vol.42, No.1, pp.75-86 (2000).
- 12) 加藤洋一, 宮本 勝: ホームネットワーク故障切り分け方式の検討, *信学技報 ICM2008-64*, Vol.108, No.481, pp.35-40 (2009).