

故障修理と修理用知識の獲得に関する研究

Troubleshooting and Its Knowledge Acquisition

計測制御工学講座 610101 秋吉 恒一郎 指導教官 岡本孝太郎教授

1 はじめに

電子機器における技術発展はめざましいものがあるが、その修理に関する技術は、おざなりにされている面がある。修理技術の複雑化に対応するための1つの方法として、故障修理支援システムを構築することが考えられる。支援システムを構築するには技術者からの知識を効率よく引き出し、それをしかるべき形で知識として表現できることが必要である。故障修理に関する技術は、経験的なあるいは理論的な知識の集合であると、知識工学的にはみなされている¹⁾が、それらの性質や獲得法に関する問題は対象や問題領域に固有のものであり、一般化することが難しい。また優秀な修理技術をもつ技術者も、普通、それを第三者に伝える技術や手段を持ちえないことも知られている。そのため、経験的な知識がまさに経験によって得られているだけで、技術者間の知識、情報の交換・継承が必ずしも能率的には行われていない。一方、知識の受け皿として知識表現言語を研究している知識工学者の立場からしても、実験実証のためには、相当な複雑さを持つ専門知識が必要となる。専門家は知っていることを誰かに伝えたくてもできない、知識工学者は専門家の協力のもとに専門家の知識が欲しい。この二つのジレンマとでもいうべき事実関係が、いわゆるボトルネックといわれている¹⁾ものである。本研究の目的はこのボトルネックの解消のために何をすべきかという視点から、オーディオ機器の修理現場の経験をもとに、実際の修理の特徴と修理用知識の獲得方法を明確にし、獲得した知識の有効性を確認することである。

2 故障修理と故障診断システム

電子機器の故障修理を行うためには、ただ電子回路の知識だけを持っていればよいというものではなく、『修理』という領域に固有な知識を必要とする。修理を多く経験してきた技術者は、理論的な知識だけでなく修理に独特な経験的知識、部品、測定器、測定方法などに関する知識などを持っていて、それらをうまく使いこなして修理をしている。本研究ではこのような知識を持つ技術者を『熟練技術者』、電子回路の知識だけを持っていて修理には携わったことがないという技術者を『理論技術者』と呼ぶことにした。

理論技術者は一人では修理ができないが、すでに理論的な知識は持っているの
で熟練技術者の助けがあればなんとかできると考えられる。そこで熟練技術者の

の知識を持たせた『故障修理支援システム』（図1）によって理論技術者の意志決定を支援しようというのである。熟練技術者が持つ知識を、本研究では支援に役立つ知識として、①『作業場の基礎知識』：作業をする所でいわば常識となっている基本的な知識。部品、測定器・道具の使い方に関する知識、部品測定に関する知識、と②『修理用知識』：故障原因をつきとめるための知識、すなわち修理をどのように進め、何を測定し、何を得てそれをどのように判断するか、そしてどのように故障原因を見つけるかに関する知識、の2つに分けた。故障修理を支援する方法はいろいろあり、『作業場の基礎知識』を効率よく提供するだけでも、それが不足している理論技術者にとっては大きな助けとなる。しかし故障診断という機能が、支援の中で重要な位置を占めることは間違いなく、『修理』という領域をよく検討し、体系的に『修理用知識』を獲得することが必要である。

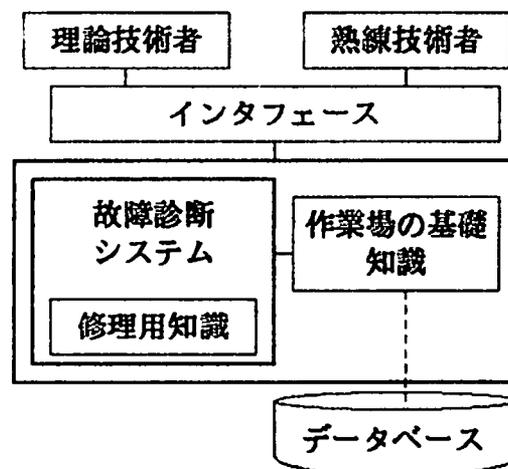


図1 故障修理支援システムの概要

3 故障修理の実際と知識の整理

修理用の知識を獲得するためには、問題の領域をはっきりさせる必要がある。オーディオ機器の中でも、特に電子回路部だけに故障原因があると仮定し、『作業場の基礎知識』を身につけた技術者、すなわち必要な計測は自由に行えるという前提で、故障診断支援をするために必要な修理用知識に焦点をあてた。

修理に携わった時の簡単なメモをもとに修理全体を回想して、修理用知識を獲得することにしたが、そこでの第一の問題点は、客観的な手がかりがつかみにくいことであった。そこで「頭で考えていたこと」を思い出すより、「行動について」思い出す方が、やりやすく適切であると考え、『計測』という言葉を広い意味で「人間の五感および測定器具を使って情報を得るすべての行為」と定義した。

この『計測』の定義に従い、『計測カード』というものを考案し、『計測』を中心としたサイクルを考え、そこで使われる知識を整理した結果、故障診断の思考過程に曖昧さ、不自然さを含む以下に述べる多くの特徴があることわかった。

【故障のとらえ方】原因の数が複数の時、何かの要因が同時に複数の故障原因を作り出す『並列的』な場合、複数の故障原因が因果をもって発生する『連鎖的』な場合、それぞれが何の脈絡もない場合、そしてそれらの組み合わせがある。熟練技術者は脈絡のない複数の故障原因がある場合を除いて、それぞれの原因を結び付ける知識によって「1つの故障」とみなすことが多い。

【意識外の計測・動機付けのない計測】故障診断の中ではいろいろな計測が行われるが、それらのすべてがはっきりと意識されているとは限らない。また、測定点が近かったため「ついでに」やっておいたという種類の計測もある。こうした意識外の計測、動機付けのない計測というのは一見ムダのようにみえるが、故障原因をつきとめるために、あるいは作業能率を上げるために大きく貢献していることが多いことがわかった。

【修理モデル】人間が修理する場合、計測の結果は頭のどこかに蓄えられ、対象を理解するのに役立っている。これは一般にモデル(対象の状態)と呼ばれているが、知識を整理する際もそのような枠組みがあると便利である。動機付けのない計測結果によるモデル形成も重要であり、必要に応じて参照されている。

【事実と状態の区別】『状態』は事実の組み合わせから生じている様子であり、表に現われない。事実と状態の区別は知識獲得の際、特に重要である。事実(群)に対応する状態に名前がついているものはわかりやすいが、そうでないものはその表現と事実との対応が曖昧になりがちなため、熟練技術者にその対応関係意識を喚起させる必要がある。

【状態把握のパターン】『症状』とは「表に現われる様子」であり、修理とは『症状』を見ることから始まり、最終的に原因を見つけて直すことである。症状は一般に種類が少なく、それだけでは修理の作業を始めるのに十分な情報でないため、いろいろな状態を調べにいくことが多い。これは機種ごとに調べる項目が経験的に決まっていて、その結果から故障ブロックを予想する。この決まりきった症状と状態の項目を『チェックリスト』と呼ぶことにした。

【診断相】「直観的・経験的な知識を多く用いる時期」を『大局的診断相』、「客観的・理論的な知識を多く用いる時期」を『局所的診断相』と名づけ、この2つの診断相における性格を取り扱った。それにもとづいて修理の流れを見ることによって、一般的な修理戦略の鑄型を提示できた。

4 獲得した知識の表現と実装

計測カードによって整理された修理例から、一般的な診断のための知識表現を考え、知識ベースシステムに実装してテストした(図2)。実装テストに際しては、『診断型知識ベースシステム構築ツール』^{2) 3)}を用いた。チェックリストの項目と、それらの結果からどこのブロックが悪いかを予想する知識を、Itemとルールによって実現した。あるブロックの不良状態と原因を結びつける知識をルールで実現した。その際、不自然な知識表現が出た時は、そこに『中間原因』をおいて、それをもとに周囲のルールを整理すると不自然さがなくなることが多

いことがわかった。また、モデルはフレームによって実現し、動機付けのない計測を含む、現実の人間が頭の中に持つモデルに近いモデルであることを確認した。現実的な故障原因をいくつか設定して、テストしたが、ほぼ原因をつきとめることができた。

連鎖的な故障のある診断は、当初ルールでしか書くことができなかった。しかし確定している『故障原因』がルールの中にあるのは不自然であり、改善方法をいろいろ検討した。その結果、『原因』の能動性に着目し、ただ「原因が自分自身を証明する方法を知っている」というだけでなく、故障連鎖の知識を原因に持たせることによって（「原因が確定したらその次に何をやるか」を原因に記述することにより）、現実に近い形で故障連鎖に対応することができるようになった。

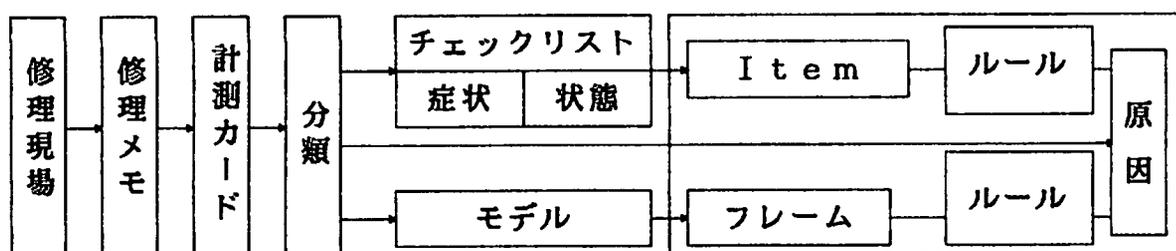


図2 修理用知識の実装までの手順

5 むすび

本研究では計測を中心に、現実の修理をふりかえり、その中でさまざまな特徴を発見し、修理の知識を体系的に獲得するための枠組みを作ることができた。しかし、具体例からの一般化に関しては、手作業だけで行うことしかできなかった。テストに用いた知識の規模は比較的小さいものであったため、現実の修理に近い挙動が得られたが、このままの記述方法で、規模を大きくした時に生じうる問題、例えば中間原因やルールの数が増えた時、わかりやすさ、書きやすさはどうかなどについてわかっていない。これらはツールに依存することでもあるが、知識表現そのものに含まれる問題がないか、よく検討されるべきである。

最後に、本研究にあたり熱心に御指導いただいた岡本孝太郎教授、桑田正行助教授、および研究室の皆様には深く感謝の意を表します。

—参考文献—

- 1) 上野晴樹：「知識工学入門」，オーム社(1985)。
- 2) 森田敬之，桑田正行：「Smalltalk-80による知識ベースシステム構築用ツールの実現」，電子情報通信学会技術研究報告，教育工学，ET89-96(1989)。
- 3) 森田敬之：「診断型知識ベースシステム構築ツール」，平成元年度電子工学専攻修士論文(1990)。