

グラフ理論を用いたユーザビリティの問題解決手法

ー構造モデリング手法の適用事例のー考察ー

田平 博嗣^{*1}

Usability Problem Solving with Graph Theory

- A case study in introducing Structure Modelling -

Hirotsugu Tahira^{*1}

Abstract - Various usability problems extracted from a user test or inspection method present complicated causal relation. It is left to experience and subjectivity of a usability specialist which problem should be solved preferentially. In this paper, in order to get priorities of extracted usability problems quantitatively, an example using the ISM method is considered. This method leads to visualize the structure of complicated causal relation in oriented graph, which results in objective judgement of a problem with top priority to be solved.

Keywords: Usability Problems , Interpretive Structural Modeling , Oriented Graph

1. はじめに

製品のユーザビリティを向上させるため、設計・開発のライフサイクルにおいて、ユーザテストやユーザビリティの専門家によるインスペクションなどが行われている。ここで抽出された様々な問題点は、発生の頻度やクリティカルな結果を引き起こすと想定されるものについて高い重要度が見積もられ、技術的な仕様の実現性の高さに応じて改善され、製品にフィードバックされている。

しかしながら、これらの一連の意志決定はユーザビリティの専門家や製品の設計・開発担当者の主観的な判断に委ねられるうえ、複数の問題点を同時に解決しようとする互いに矛盾した対策で衝突しあう場合も多い。このように、ある問題とされる現象が複数の原因に帰着するものや間接的に影響を受けているケースなど、複雑かつ不明瞭な因果関係の構造は、乱立した問題点の中からより効果的で優先順位の高いものを的確に選び出す作業を一層困難なものにしている。

本報では、これらの複雑な問題の因果関係を客観的かつ目に見える形で解決するため、グラフ理論を応用した構造モデリング手法であるISM法を適用した問題解決事例について考察する。

2. 構造モデリング手法

グラフ理論を応用したISM法 (Interpretive Structural Modeling) は J.N.Warfield によって提唱された構造モデリング手法の1つである。項目間をバイナリ値に置き換えることにより、人間の直感や経験的判断の矛盾点

を修正した様々な項目間の相互関係が多階層の有向グラフとして図示される。生成されたモデルは、より客観的な問題解決のための解釈と検討を行うものとして様々な分野で応用されている。

3. ISM法の適用事例

3.1 問題点の抽出

今回、車載オーディオ機器のイコライザー調節機能を対象にISM法を適用した。実験機は7インチのモニターを装備し、GUI上のメニューをリモコンで操作することができる。図1のように、タスクは周波数帯(Band)をミッドレンジに選択し、次にLevel, Frequency, QFactorの各々の数値を調節するカスタム設定とした。このタスクの専門家評価とユーザテスト、分析・考察から抽出された懸念点、現象とその原因を図2に示す。

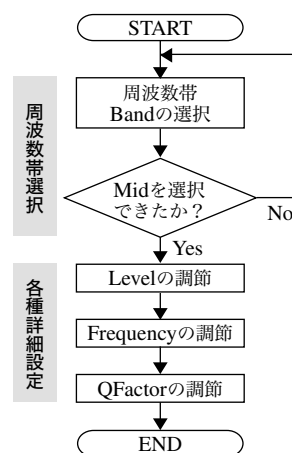


図1 イコライザー機能のカスタム設定の手順

Fig.1 The procedure of a custom-made setup of the equalizer function

*1: 株式会社ユー・アイズ・ノーバス

*1: U'eyes novas Inc.

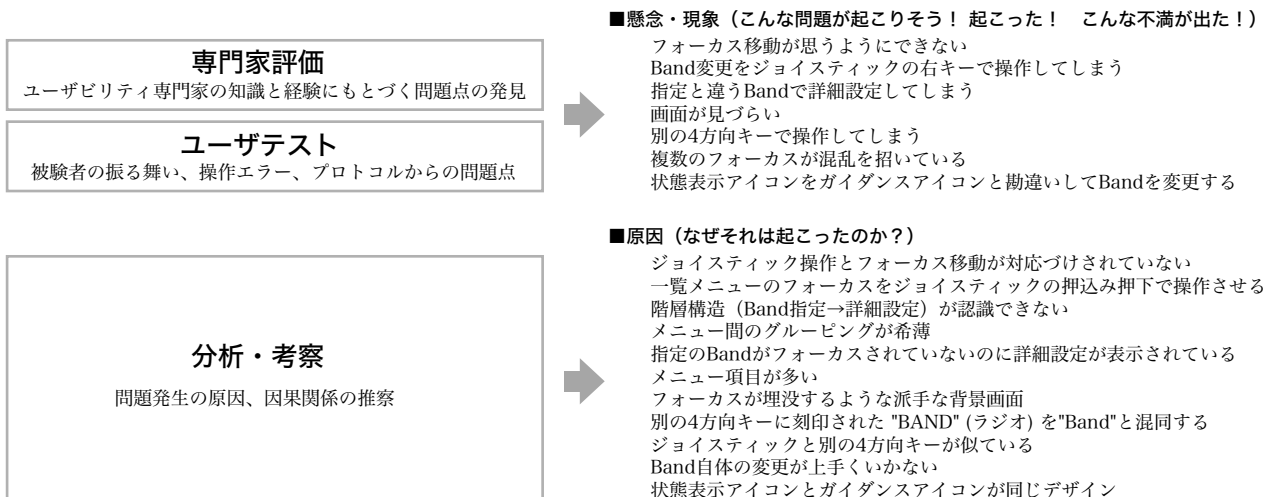


図2 イコライザー調節機能より抽出された問題点
Fig.2 The extracted usability problems of the equalizer functions

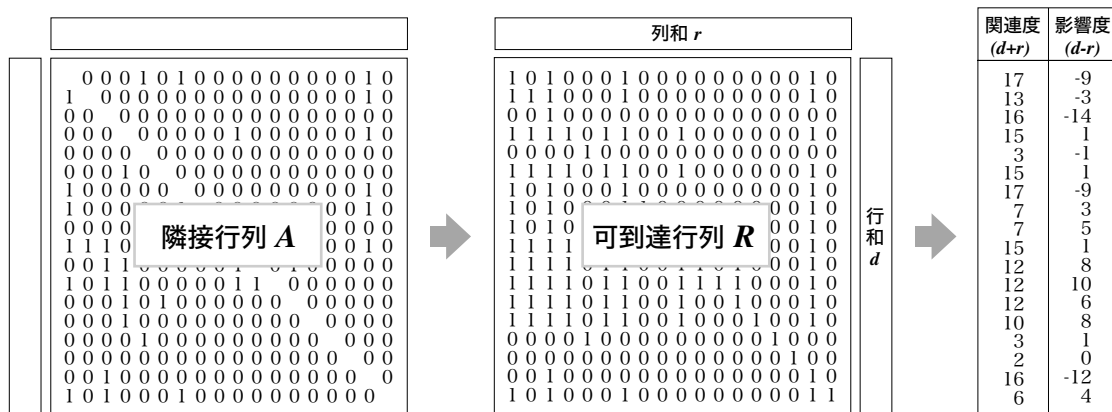


図3 隣接行列と可到達行列
Fig.3 Adjacency Matrix and Reachability Matrix

3.2 隣接行列の作成

実験機の専門家評価とユーザテストに従事した1名の専門家が、これらの抽出された項目間に対し、一対比較で直接的な因果関係を求めた。 i 項目が j 項目に直接的な関係があると認められる場合は i 行 j 列の要素を1、認められない場合は0を記入し、図3に示すような隣接行列 $A = (a_{ij})$ を決定する。このとき、直接的な関係は直感で判断し、深く考えすぎて間接的な関係までを含めないよう注意する。

事例では、「フォーカス移動が思うようにできない」といったユーザテストより観察された被験者の振る舞いは、「別の4方向キーで操作してしまう」、「状態表示アイコンをガイダンスアイコンと勘違いしてBandを変更する」、「Band自体の変更が上手くいかない」に直接的に影響を与えるものとして認定している。

3.3 可到達行列から有向グラフへ

次に隣接行列 A のべき乗 $A^2, A^3 \dots A^m$ から直接、間接の因果関係の全てをあらわす可到達行列 R をブール代数演算則に従って次式により求める。

$$R = \sum_{k=1}^m A^k + I, \quad A^m = O$$

このとき、 O は零行列、 I は単位行列、 m は一般に n 次元の正方行列で $A^m = O$ を満たす $n-1$ より小さい自然数である^[1]。

この可到達行列 R の各項目について行和 d と列和 r を求め、関連度 ($d+r$) および影響度 ($d-r$) を算出する。

関連度は他項目に与える影響 d と他項目から受ける影響 r の和であることから、当該項目と他項目との関係の深さを示している。一方、影響度は他項目に与える影響 d より他項目から受ける影響 r を差し引いたものであることから、当該項目が他項目に与える影響の強さを示している。

これらを2次元の散布図で示し、クラスター分析（ワード法）により、関連度と影響度に基づく類似性の分類を行った。最後に隣接行列の関係に従い有向枝で連結したものが図4となる。なお、図中のグレーの実線と破線は2箇所の任意の融合距離でクラスタリングしたもので、結果のデンドログラムを図5に示す。

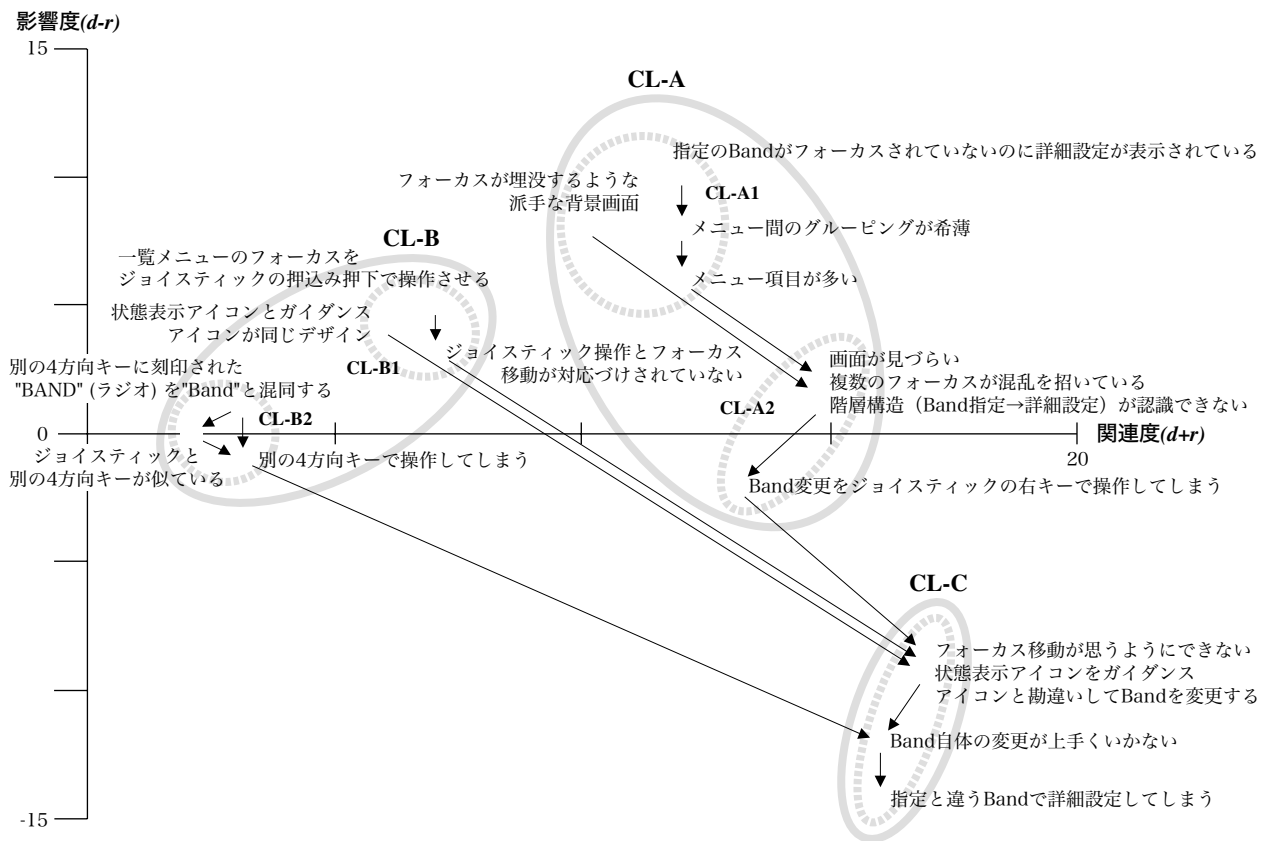


図4 有向グラフによって階層構造化された因果関係
Fig.4 Visualized the structure of causal relation by the oriented graph

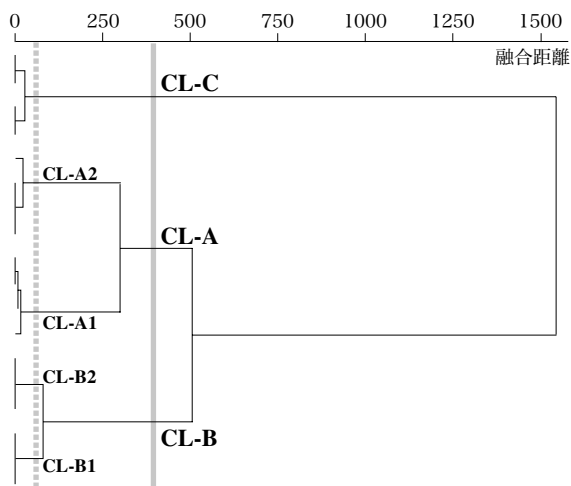


図5 クラスター分析のデンドログラム
Fig.5 The dendrogram of cluster analysis

4. 結果と考察

4.1 有向グラフが示す因果関係

最終的にCL-Cの「指定と違うBandで詳細設定をしよう」エラーをさせないためには、CL-A1の、CL-B1の、CL-B2のの大枠で3つのアプローチからの問題解決が存在することがグラフから伺える。このうち、CL-B1とCL-B2については関連度と影響度ともに

CL-A1に比べて低く、また、設定画面を知覚・認知した結果、誤操作をした流れを示すCL-A2への経路が認められないことから、これらCL-Bは因果関係の中のサブ問題と考えられる。従って、CL-Bのみで問題解決を図ろうと改善を試みてもその効果は低いと予想される。

特にCL-B2は影響度が0の近傍で、CL-Cへの有向枝ではなくへ直結していることから、これらのデザイン上の問題点がCL-Cに強い影響を与えているとは考えにくい。事実、ユーザテストでは被験者が操作しようとトライ&エラーを繰り返した挙げ句、最終選択肢として消極的に同一リモコン内にある別の4方向キーを操作してエラーをしている様子が観察されている。従って、CL-A1やCL-B1の諸問題をクリアできないことが、被験者にCL-B2の行動を引き起こしていると考えられるが、有向枝としては現れなかった。

一方、関連度が高く、CL-Cが生じる原因として関係が深いと考えられるCL-A2をクリアするためにはCL-A1の問題を解決する以外にあり得ない。事実、CL-A1の「指定のBandがフォーカスされていないのに詳細設定が表示されている」は、設定画面のメニュー構成を冗長的と感じさせる原因となっており、結果、「画面が見づらい」、「複数のフォーカスが混乱を招いている」を引き起こし、周波数帯(Band)指定の後に、各種詳細設定を行うといった階層型の操作ステップのモデルを被験者に想起させることができず、ついにはキーの誤操作を招いてしまうものであった。

また、CL-A1の問題を解決することで、CL-B1の「一覧メニューのフォーカスをジョイスティックの押し込み押下で操作させる」の不自然なインタラクションも回避できることが明らかになった。

4.2 ISM法の適用の利点

今回の例では、選択したいBandにフォーカス移動してから、詳細設定を表示するようなインターフェイスデザインに改善すると、多くの問題点がより効果的に解決されるものと考えられる。

このように、ISM法を用いて項目間を階層構造化することにより、乱立する問題点の中からユーザビリティの向上に効果的に寄与する背景的な原因やサブ問題を捉えることができる。適用以前ではCL-AとCL-Bの各問題点が同列のものとして扱われていたが、有向グラフで確認することにより、ユーザテストでの被験者の様子が再度裏付けられ、より客観的な判断へと導かれた。

また、仮にCL-A1の改善にコストや時間、技術的な困難が伴う場合でも、CL-A1の やCL-B1の など、関連度と影響度の高い順から問題解決の次候補としてピックアップすることが可能である。

このように、直接的な因果関係を比較的誰もが理解しやすい項目間の一対比較で求めることにより、間接的な影響も抽出が可能で、生成されたモデルからは複雑なシステムの優先関係、包含関係、重要度、貢献度を客観的かつ数値的に捉えることができる。さらにISM法では推移律が成り立つという仮定を設けているため、一対比較の組合せ数は必然的に減ることになる^[2]。

4.3 ISM法の適用の留意点

項目間の直接的な因果関係を表す隣接行列の作成においては、あくまで専門家評価やユーザテストに携わった評価対象製品に精通した者が行うべきである。なぜなら、抽出された項目を列挙した文章だけでは表現しきれないニュアンスも存在するため、評価対象製品を何も知らない第三者が、それらの文章のみで直接的な因果関係を正しく判定することは到底不可能であるといえるからだ。

本来、人間の振る舞い自体に不確定な要素が大きく含まれており、観察やプロトコルから得られた知見を含めて、本質的な部分を捉えた判定が望まれる。従って、文章完成法のような簡便な判定方法の採用は、文章で意味するところが十分伝わらない場合には、避けた方が賢明であると思われる。

また、今回は専門家1名による隣接行列の作成であったが、評価対象製品に精通した判定チームを組織し、メンバーの合意形成のうえ、判定を下す方法がより客観性を高めるためにも望ましい。さらに、推移律が成り立ちにくい場合や、複数の専門家の判定を累積したデータを程度データとして取り扱いたい場合は、同じ構造モデリング手法であるDEMATEL法の適用が考えられる^{[3],[4]}。

4.4 今後の展望

今後は、直感的に感じられたものの、CL-A1やCL-B1からCL-B2への有向枝が現れなかった点を踏まえ、今回の結果とDEMATEL法をはじめとする他の構造モデリング手法を適用した場合との差異を検証したい。

また、構造モデリング手法は応用範囲が広く、被験者のプロトコルからのデータを処理すると、ユーザのメンタルモデルを抽出できる可能性もある。

いずれもデータの取得方法とその取り扱いによって、分析結果の精度は大きく左右される。これらのデータをどのような客観的方法で取得するのかなどの課題に取り組みたい。

5. 参考文献

- [1] 森：デザインの工学 ソフトシステムの設計計画；朝倉書店，第2章（1991）
- [2] 寺野：システム工学入門 あいまい問題への挑戦；共立出版，第6章（1985）
- [3] 木下：入門数理モデル 評価と決定のテクニック；日科技連，第8章（2001）
- [4] 杉山，井上：EXCELによる調査分析入門 企画・デザインのためのツール；海文堂，第7章（1996）