

Visual-K : ゴール指向要求分析手法 KAOS の モデリング可視化支援ツールの試作

ジリエ陽子[†] 本田耕三[†] 中川博之[†]
田原康之[†] 大須賀昭彦[†]

本論文では、ゴール指向要求分析手法 KAOS の要求分析図可視化支援ツール Visual-K について述べる。ゴール指向要求分析とは、ニーズをシステムが達成すべき目標(ゴール)にとらえ、なぜ・どうやって達成するのか、という観点で分析する要求工学の最も重要なアプローチの一つである。しかし、システムの大規模化や共通の要求・機能の分散化により、ゴール指向要求分析図が大きく煩雑化する傾向にある。そこで、我々は、ゴール指向要求分析図作成において情報視覚化技術(Information Visualization)を適用し、視認性および操作性の向上を行う Visual-K を開発している。Visual-K は着目している対象の絞り込みや強調表示、およびアニメーションを伴う画面切り替えにより要求分析図の変更前後を連続的に見せることが可能である。

Visual-K: a prototype for a visualization tool modeling goal-oriented RE methodology KAOS

Yoko Girier[†] Kozo Honda[†] Hiroyuki Nakagawa[†]
Yasuyuki Tahara[†] and Akihiko Ohsuga[†]

This paper presents a requirements analysis tool Visual-K, which supports visualization for goal-oriented RE methodology KAOS. Goal-oriented requirements analysis is one of the most important requirements analysis approaches which considers needs as goals a system must achieve. It analyzes requirements in terms of achieving goals why and how. However goal-oriented requirements analysis models become larger and more complicated as the system becomes large-scale and common requirements or functions are decentralized. Therefore we apply information visualization to goal-oriented requirements modeling and develop Visual-K to improve visibility and operability. Visual-K can focus on and emphasize remarkable items. It can display before and after changes of requirements analysis models continuously by performing animated transitions between views.

1. はじめに

ゴールは要求工学において重要な概念である。要求工学の方法論には、ゴールを中心に考えるものがあり、ゴール指向要求工学方法論と呼ばれる。ゴール指向要求分析は、ソフトウェア開発の目標や、ステークホルダの意図を分析するための要求工学のアプローチとして有効であると認識されつつある。しかし、システムの大規模化や共通の要求・機能の分散化により、ゴール指向要求分析図が大きく煩雑化する傾向にある。その結果、要求が埋もれてしまい要求分析図が全体的に把握しづらい状況になっている。要求同士の関連が理解しづらくなったり、要求の優先度が比べにくくなったりしている。また、ソフトウェア技術者とステークホルダのコミュニケーションについても、技術者とステークホルダ双方で分かりやすく使い慣れた概念として、要求を視覚的にモデリング表示しながらコミュニケーションすることは要求分析において効果的である。

本論文では、ゴール指向要求分析工学に関し、代表的な方法論である KAOS の可視化支援を行う Visual-K を提案する。一般に、情報の可視化は地図の表示など日常的に行われてきたことである。コンピュータやインターネットの発展に伴いデータの収集分析が容易になり、大量のデータを分かりやすく表現する必要性が高まるとともに、可視化手法は情報視覚化技術という研究分野の一部として確立されてきている。ゴール指向要求分析において、要求の関係を表すデータ、すなわちゴール指向要求分析のモデリング図に対し、情報視覚化技術の可視化手法を応用し、グラフの見やすさや編集の容易さを向上する。Visual-K はアニメーションを伴う画面切り替えにより、要求分析図の変更前後を連続的に見せ、着目している対象の絞り込みや強調表示が可能である。概念的な構成要素として、ゴールや期待などをノードとして、ノードに様々な属性値を付加し、属性値に応じてノードのサイズを変更することにより着目対象を強調表示する。また、着目対象に応じて表示/非表示を切り替え、絞り込み表示する。例えば、ステークホルダごとの優先度をゴールに付加すれば、あるゴールに対する優先度の差分を強調表示することにより、瞬時にどのゴールがコンフリクトを起こしているか把握できるようになる。

本論文の構成は以下の通りである。第2章では、ゴール指向要求分析と KAOS について概説する。第3章では、ゴール指向要求分析における可視化支援ツールとその要件について述べる。第4章では、本研究提案手法の詳細について述べる。第5章では、試作システムについて説明する。第6章では本研究で達成できた内容について考察を行う。第7章では従来研究の AGORA[2] [3]などについて述べる。第8章では、結論と

[†] 電気通信大学
The University of Electro-Communications

今後の課題について述べる。

2. ゴール指向要求分析と KAOS

ゴール指向要求分析とは、ニーズをシステムが達成すべき目標(ゴール)ととらえ、なぜ・どうやって達成するのか、という観点で分析する要求工学の最も重要なアプローチの一つである。代表的なゴール指向要求分析手法として、KAOS や $\ast$ があげられ

る。KAOS はシステムゴールを系統的に分析する。ゴールを目標状態、システムが達成責任を持つ操作要求と、環境や人が達成責任をもつ仮説の3種に分類することにより、目標状態と操作や仮説との関係を分析する。システムの視点で分析可能であり、設計への適用が容易である。KAOS の要求分析モデルには、ゴールモデル、責任モデル、操作モデル、オブジェクトモデルがあり、ゴールモデルを中心とした要求分析を行う。次図 1 は、電子申請システムについてのゴールモデルの例である。

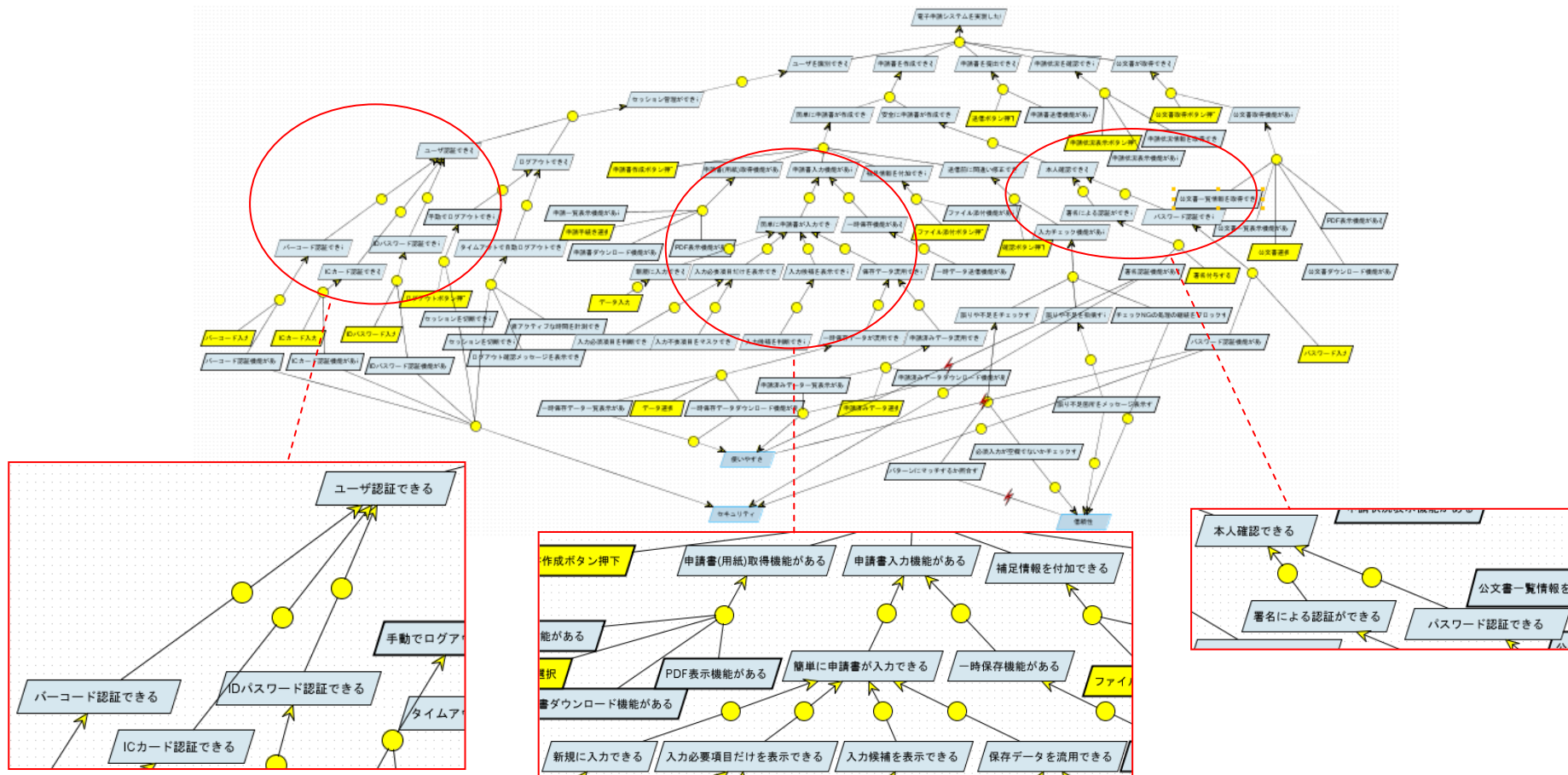


図 1 KAOS ゴールモデル

ゴールモデルは、目標とする状態を系統的に分析したモデルである。機能的ゴール、非機能的ゴールを AND/OR リンクと障害リンクにより結合し構造的に表現する。次図 2 は、それぞれ左から AND リンク、OR リンク、障害リンクの例である。

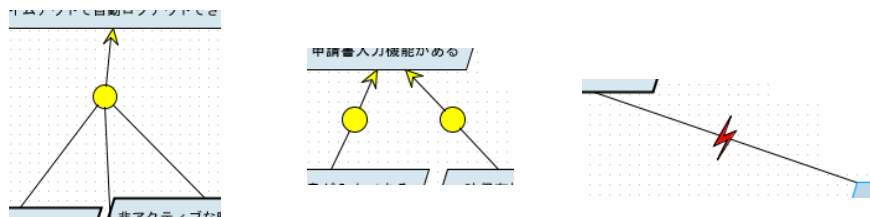


図 2 AND/OR リンクと障害リンク

図 1 は「電子申請システムを実現したい」というゴールをルートとして、申請書作成についてゴールグラフを展開している。図 1 の左下図「ユーザ認証できる」ゴールのサブゴールを選択するケースを想定した場合、全体図からは「ユーザ認証できる」ゴールそのものを探すこと自体がやや困難となってしまう。「ユーザ認証できる」ゴールのサブゴール「ID パスワード認証できる」に関連のあるゴールとして右下図「パスワード認証できる」ゴールを探す場合についても同様である。図 1 の左下図「ユーザ認証できる」ゴールのサブゴールを選択するケース、図 1 中下図「簡単に申請書が入力できる」ゴールでステークホルダごとの優先度が異なるケース、図 1 右下図「ID パスワード認証できる」ゴールに関する変更の影響を確認するケースについて、5 章で Visual-K を利用した例を用いて説明する。

3. 可視化支援ツールと要件

システムの大規模化や共通の要求・機能の分散化により、要求分析図は大きく煩雑化する傾向にある。その結果、要求が埋もれてしまい要求分析図が全体的に把握しづらい状況になっている。要求同士の関連が理解しづらくなったり、要求の優先度が比べにくくなったりしている。さらに、要求を新たに追加しようにもスペースを調整しないと追加できないなど、編集そのものも容易に行えない場合もある。また、ソフトウェア技術者は開発の途中において、要求分析のプロセスや成果物についてステークホルダとコミュニケーションをとる必要がある。技術者とステークホルダ双方で分かりやすく使い慣れた概念として、要求を視覚的にモデリング表示しながらコミュニケ

ーションすることは要求分析において効果的である。例えば対面会議でゴールグラフを切り替えながら打ち合わせるとき、画面を一度に全面切り替えると何について話しているのか不明なことがある。そこで本論文では、主に視覚的な効果に着目し次の要件について検討する。

- (a1) 着目している対象を絞り込んで強調表示する
- (a2) 要求分析図の変更前後を連続的に見せ、ダイナミックに視覚的に要求分析のプロセスや成果物について確認できるようにする

要求同士の関連について、例えばある要求が複数ステークホルダ間で優先度にコンフリクトを起こした場合、どこかの要求がコンフリクトを起こしているのか瞬時に把握できるように表示することは効果的である。ゴールグラフでゴールの選択肢が複数あるとき、複数ステークホルダの優先順位を計算して、結果が瞬時に把握できるように表示することも有効である。要求変更があった場合、他にどこかのゴールに影響があるのか把握したいときについても同様のことが言える。また、アニメーションを伴う画面切り替えで要求分析図の変更前後を連続的に見せることにより、着目対象がどう切り替わったのか理解しやすくなる。

4. 本研究提案手法

一般に、データが持つ特性をグラフィカルにわかりやすく表現すること、すなわち情報の可視化は、例えば地図の表示、棒グラフ、円グラフにもあるように、日常的に行われてきたことである。近年、コンピュータやインターネットの発展により、大量のデータを集め分析することは容易になってきている。大量のデータを分かりやすく表現する必要性が高まるとともに、より洗練された可視化手法の追求は情報視覚化技術という研究分野の一部として確立されてきている。情報視覚化技術とは、米国の技術者 Card により「抽象的なデータの認識を高めるための、コンピュータを活用したインタラクティブでビジュアルな表現[1]」と定義されている。ここで、抽象的なデータとは、多次元データ、非空間的なデータ、テキストデータなどを意味する。抽象的なデータの例として、関係を表すデータ、プログラム、Web、ファイル情報などがあげられる。

ゴール指向要求分析において、ゴールの関係を表すデータ、すなわちゴール指向要求分析のモデリング図に対し、表 1 のように情報視覚化技術の可視化手法の適用を検討する。

表 1 可視化手法

項目	内容	本研究での適用内容
再配置とインタラクション	選択的なユーザ操作をトリガーとしたアニメーションを活用し、再配置を行うインタラクティブな表示法。	Visual-K 上のアイテムをユーザのクリック操作やメニュー選択操作に応じ、アニメーション変化させる。要件(a2)に対応。
focus+context 手法(非線形ズーム)	注目する点(focus)を詳しく表示するとともにそれ以外の部分の概観(context)を表示する。ユーザ操作で任意に注目する点を移動するインタラクティブな表示法。	・着目ポイントを画面いっぱいに表示できるよう切り替える。要件(a1)に対応。 ・目立たせたいアイテムを大きく、その他のアイテムを小さく表示する。要件(a1)に対応。

一画面に表示するノードの個数について、表示する情報量の絞り込みを考慮する。ゴールや期待など構成要素が多く一画面に入りきらずスクロール機能が必要になるような規模のモデリング図を、スクロール機能がなくても一画面内で確認できるレベルを目標とする。具体的には、図 1 の KAOS ゴールモデルの場合、一画面内のゴールや障害などノードの数で 25 個程度を目安と考える。

表 2 ノードに付加する属性

項目	内容
ステークホルダごとの優先度	ひとつの要求に対するステークホルダごとの優先度がコンフリクトを起こした時の解消を行うための表示に用いる。ステークホルダごとで切り替えると、優先度に応じた大きさで要求を表示する。または、ステークホルダ全員について、コンフリクトを起こしている要求を、優先度の差が大きいものほど大きく表示する。
互いに影響がある者同士で分類したグループ ID(※複数のグループ ID を持つ場合もある)	要求変更があったときの影響解析をサポートする。変更があった要求と同じグループ ID をもつ要求を強調表示する。強調表示した要求が複数のグループ ID を持つ場合は、関連するグループも強調し、グループ ID が重複している要求は色分けするなどして表示する。
ノードの種類	ゴール、障害、ソフトゴール、期待、要求、エンティティ、エージェント、操作のいずれかである。期待(ユーザ入力)は GUI デザインおよびシステムユーザの使いやすさに影響する。図 4 の type に該当する。
名称	要求内容を端的に表示する。図 4 の name に該当する。

表 2 のように、グラフのノードで表わされるゴールや障害などの構成要素に属性値を付加する。属性の値に応じ、ノードのサイズを変更したり、表示/非表示を切り替えた

りする。優先度の高さに応じ、ノードのサイズを大きくする。着目している対象の絞り込みについては、着目ノードから下層のグラフをアニメーション展開する。なお、優先度の設定方法は既存の手法の利用を仮定する。本論文では結果を見やすく表示する点に着目する。

5. 試作システム

試作システムは Java を用いて実装しており、情報視覚化ライブラリ prefuse[4]を適用している。prefuse は、インタラクティブなデータの可視化をサポートしているオープンソースのライブラリである。多彩なアニメーションをサポートしており、連続性のある描画ある描画が可能である。アニメーションを利用すると、変更前と後のつながりがわかりやすいというメリットがある。ノードやエッジの定義、レイアウト変更、基本的なグラフ表示に対応している。

表 3 prefuse 基本機能と試作システムでの拡張

項目	prefuse 基本機能	試作システムでの拡張機能
ノード描画	長方形描画	平行四辺形・逆平行四辺形・楕円・六角形描画
エッジ描画	矢印描画	文字付き矢印・AND/OR ノード付き矢印描画
グラフ描画	ツリー描画	グラフ描画
データ強調表示	(該当なし)	タグクラウド風強調表示
フィルタリング表示	ツリー描画でのフィルタリング	グラフ描画でのフィルタリング

Visual-K のモジュール構成は図 3 のようになっている。Façade デザインパターンに MVC モデルを適用した。GUI モジュールはファイルオープンやレイアウト指定などのユーザ入力のためのメニューバーを生成する。コントローラモジュールは GUI 経由のユーザ入力に応答し、処理を振り分ける。データモデルモジュールはノードやエッジの生成と描画を行う。

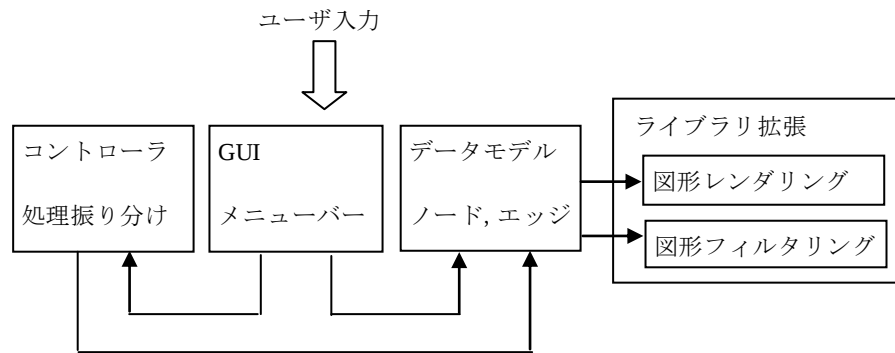


図 3 モジュール構成

Visual-K の使用例を電子申請システムについて説明する。電子申請システムでは、申請システムを運営管理する運営者、電子申請システムを使って申請を行う利用者、電子申請システムを開発するソフトウェアの技術者の 3 人のステークホルダがいる。対面式の会議を行いながらゴールグラフを作成するシーンを想定する。下図 4 に、ノードのデータ例を示す(表 2 参照)。

```
<node id="0">
  <data key="name">電子申請システムを実現したい</data>
  <data key="x">300.0</data>
  <data key="y">50.0</data>
  <data key="type">1</data>
  <data key="priority1">0</data>
</node>
```

図 4 ノードのデータ例

Visual-K のスクリーンショットを図 5, 図 6, 図 7, 図 8, 図 9 に示す。図 5 左図は通常表示で画面縮小ズームした図、図 5 右図は通常表示で画面拡大ズームした図である。各スクリーンショットの左上にメニューバーがある。Layout メニューで図 5 の通常表示のレイアウトモードにするか、図 7, 図 8, 図 9 のような着目ノードを絞り込み表示のレイアウトモードにするか切り替える。絞り込み表示モードにおいて、ユーザが着目したいゴールをクリックすることにより、図 6 のように近傍のゴールだけ

をアニメーション表示する。Font メニュー(図 5 左図参照)で特定ノードを強調表示するか、すべて同じフォントサイズで表示するか切り替える。Node メニューで編集時に追加するノードの種類(ゴール, 障害, ... など, 表 2 参照)を選択する。ノード間のエッジについては、エッジ追加時に始点ノードと終点ノードの種類から自動判定して付加する。画面の拡大縮小ズームはマウスのクリック & ドラッグ操作で割り当てている。

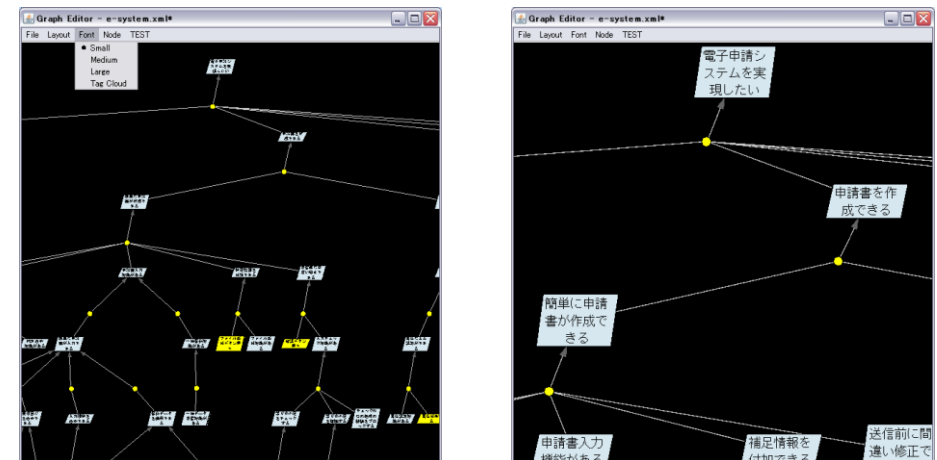
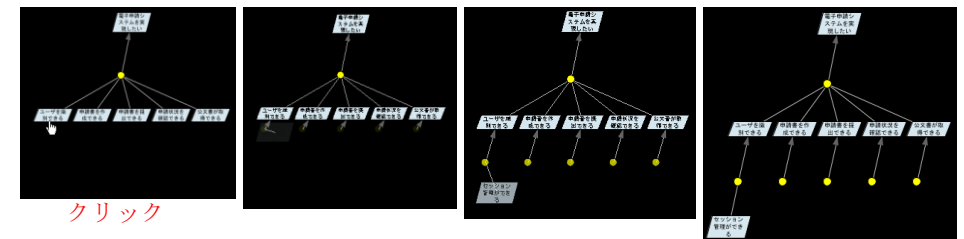


図 5 通常表示



クリック

アニメーション展開

図 6 アニメーション

図7は特定ノードを強調した表示例である。例えば「簡単に申請書が入力できる」というゴールに対して、運営者は開発費用を考慮して優先度低、利用者は簡単さを重視して優先度高を設定する。運営者と利用者のノードの「簡単に申請書が入力できる」というゴールに対する優先度がコンフリクトを起こしているため、ノードが強調表示されている。なお、ノードの大きさは、大中小の3種類に設定している。例えば開発者が強調表示された「簡単に申請書が入力できる」ゴールがコンフリクトを起こしていることを瞬時に把握し、既存プログラムを流用するため開発コストはそれほどかからないといった説明をし、ステークホルダ全員で認識を合わせてさらにゴールグラフを展開するといった使い方が考えられる。各ノードにステークホルダごとの優先度を付加し優先度の差分の大きさをノードの大きさで表示すれば、コンフリクトを強調表示することが可能である。

さらに、運用の簡易さからユーザ認証の方式を「バーコード認証できる」と「ICカード認証できる」と「IDパスワード認証できる」から2通りに絞るとき、どれを選ぶか運営者、利用者、開発者の優先度を必要に応じ重みづけをつけて和を計算すれば、図8のように計算した数値の大きいものを強調表示して選択することも可能である。

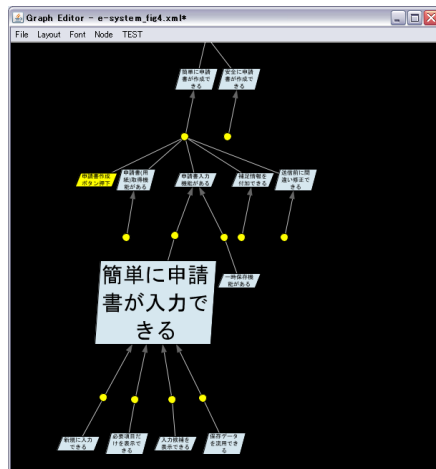


図7 優先度のコンフリクト

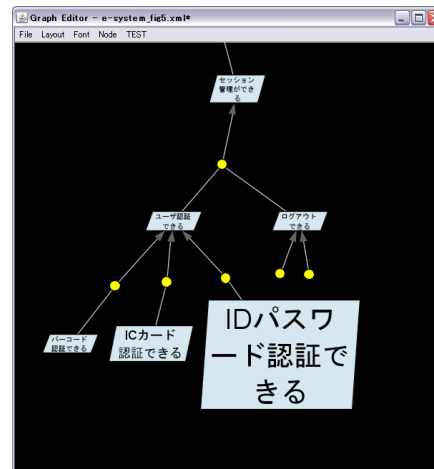


図8 ゴールの選択

また、IDパスワードの認証アルゴリズムを変更するとき、あらかじめ影響があるノードに共通のグループIDを付加しておけば、図9のようにIDパスワードの認証アルゴリズム

リズムの変更に影響のあるゴールとして「ユーザ認証できる」のサブゴールである「IDパスワード認証できる」と「本人確認できる」のサブゴールである「パスワード認証できる」を強調表示して、影響範囲を瞬時に確認することも可能である。

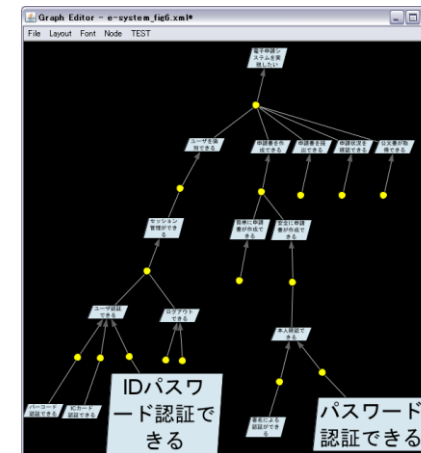


図9 影響範囲

6. 考察

ゴール指向要求分析手法 KAOS の要求分析図の煩雑化解消については、Visual-K を用いて一画面でノード25個以内を目安として着目ポイントを絞り込み表示し、強調表示することができた。要求分析図の変更前後を連続的に見せることにより、つながりをわかりやすく表現した。さらに、ひとつの要求に対する複数ステークホルダ間の優先度がコンフリクトを発生しているケースの明確化、複数のゴール選択肢からどのゴールを選択するか判断しやすくするための支援、要求変更があったときの影響範囲の把握についても Visual-K の適用可能性を確認した。

7. 従来研究

既存のゴールグラフをモデリングする研究や Tool には次のようなものがある。

- ・ AGORA Tool : ゴール指向分析のゴールグラフをモデリングする。ゴールや枝に属性を付加し、優先度や貢献度の検討を行っている。複数ゴールのコンフリクトを色分けして表示している。同一ゴールに対するステークホルダによる優先度の差分を行列

で表現している。

・Objectiver[5]: KAOS をモデリングするための入力編集作業を行うエディタ機能を持つ。要求の自動生成が可能。例えば責任モデルの自動切り出しもできる。ただし、画面が連続的に変化しないため、切り出し前後のモデルのつながりがわかりにくいことがある。

・ST-TOOL[6] [7]: i* をモデリングするための入力編集作業を行うエディタ機能を持つ。要求分析図から仕様への変換機能がある。

いずれのツールも要求分析を視覚的にモデリング可能であるが、変更前後を連続的に見せるアニメーションや多数のゴールの中で着目しているゴールの絞り込んだ強調表示については対応していない。

8. おわりに

本論文では、ゴール指向要求分析手法 KAOS における課題の支援において、主に視覚的な効果に着目して検討を行った。情報視覚化技術に基づき KAOS の可視化支援を行う、Visual-K について提案した。今後の課題としては、ノードの属性についてグループ ID の自動的な追加や、複数のゴールがコンフリクトを起こしている場合の検討など、ツール利用者の負担を軽減する対応などが考えられる。被験者によるツールの評価方法の検討を行い、使用性について確認することも必要である。視界を変えるという意味で鳥の目、虫の目、魚の目という言葉があるが、全体を見る鳥の目と詳細を見る虫の目だけでなく、流れを見る魚の目についても今後の検討が必要と考えている。

謝辞 本論文の KAOS ゴールモデルの全体表示画面では、KAOS ツールとして国立情報学研究所 GRACE センター所有の「K-tool」を使用させて頂いた。当ツールの利用に関してご協力を賜りました国立情報学研究所 GRACE センター長/東京大学 本位田真一教授を始め関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay, Ben Shneiderman: Readings in information visualization: using vision to think, Morgan Kaufmann (1999) .
- 2) 佐伯 元司, 林 晋平, 海谷 治彦: 属性つきゴール指向要求分析法の支援のための統合ツール, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.109, No.40, pp.13-18 (2009).
- 3) 海谷治彦, 佐伯元司, 海尻賢二: 属性つきゴール指向要求分析法, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.101, No.673, pp.15-22(2002).
- 4) prefuse, <http://prefuse.org/>
- 5) Objectiver: SiteHomePage, <http://www.objectiver.com/>
- 6) Security and dependability tropos tool: Home , <http://sesa.dit.unitn.it/sttool/home.php>
- 7) P. Giorgini, F. Massacci, J. Mylopoulos and N. Zannone: ST-Tool: A CASE Tool for Security Requirements Engineering, Proceedings of the 13th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE'05), IEEE Computer Society Press, pp 451-452(2005).
- 8) 田原 康之, Axel van Lamsweerde, Emmanuel Letier: KAOS によるセキュリティ要件の獲得・分析, 情報処理, Vol.50, No.12, pp.203-208 (2009).
- 9) 田原 康之, 長野 伸一, 吉岡 信和, 本位田 真一: ゴール指向要求工学方法論の共通用語モデルと共通パターン, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1417-1430 (2006).
- 10) 田原 康之, 長野 伸一, 吉岡 信和, 本位田 真一: ゴール指向要求工学の体系化のための共通用語, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.2, pp.596-608 (2006).
- 11) 井部己文, 山本修一郎, 佐藤友合子: アクタ関係行列を用いた i スターフレームワーク作成方法の提案, 情報処理学会研究報告, ソフトウェア工学研究会報告, Vol.2007, No.0107, pp.1-6(2007).
- 12) Yamamoto, S., Ibe, K. Verner, J. et al. : Actor Relationship Analysis for the i* Framework, Proc. International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2009) , pp.491-500(2009).