要件定義への Goal Directed Task Analysis の適用
～ナビゲーションシステムを用いた考察～

㈱富士通コンピュータテクノロジーズ　坂本孝博
工学院大学　位野木万里

通信機器を用いて外部の情報システムと相互作用しながら動作する対象は，携帯電話やパソコンから，家電製品や各種センサに拡張されている．通信技術の発展，動作環境の整備に伴い，そのような製品や機器間での通信の規模は，増大する傾向にある．システムとして動作する環境に，多数の人，モノ，製品が相互連携することで，システムの利用範囲は空間的に拡大する．従来型のトップダウンに機能と非機能の要件を抽出する方法では，空間的に拡大したシステムの要件を漏れなく洗い出すことは困難である．本稿では，GDTA：Goal Directed Task Analysis 手法に着目し，空間的広がりを持つシステムの要件定義に適用した結果を報告する．

An Application of Goal Directed Task Analysis towards the Requirements Definition for an Indoor Navigation System

Takahiro Sakamoto, Fujitsu Computer Technologies LIMITED.
Inoki Mari, Kogakuin University

In recent years, not only mobile phones and personal computers also consumer electronics and sensors communicate and interact with external information systems. Due to the progress of the communication technology and the operation environment, the scale of the communication tends to be increased. With a lot of unspecified information resource, the use range of systems is spreading spatially. On the basis of the waterfall driven requirements definition, it is difficult to elicit and specify the system requirements which are spread spatially. In this paper, we focus on the GDTA: Goal Driven Task Analysis method; we applied it to the requirements elicitation phase in order to evaluate the applicability of the method.

1. はじめに

IoT（Internet of Things）の普及に伴い，外部の様々なシステムや装置と連携して動作する機能を持つデバイスが増加傾向にある．通信機能を備えるデバイスは 2010 年には世界で 12.5 億台ほどであったが，2020 年には 50 億台と，1 人あたり 6.58 台ものデバイスを持つ時代になると言われている[1]．このとき，数多くの機器が通信機能を持つことでネットワークが複雑化し，扱う情報量が増大するため，今後のシステムがより複雑な状況下で動作すると考えられる．

開発対象のシステムが外部の不特定多数の情報源と相互作用する可能性を持つことで，システムが動作する際に考慮すべき領域は空間的な広がりを持つ．それにより，要件定義において利用シーンやユースケースが多数想定され，要件分析者は従来手法で網羅的な分析を行い，必要十分な要件定義を行うことが難しくなっている．一方で，要件定義の品質はプロジェクトそのもののコスト，品質，納期に大きな影響を与えるものであるため[2]，より高品質なアウトプットを出すための具体的な解決策が必要とされている．

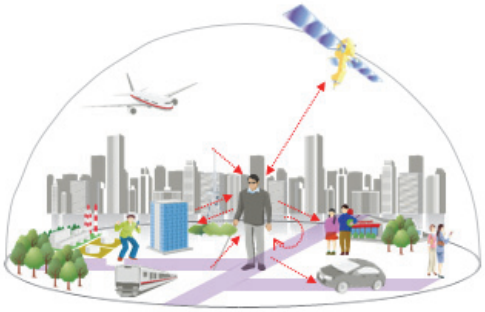

Fig 1. システムの利用範囲のイメージ

© 2015 Information Processing Society of Japan

著者は屋内ナビゲーションシステムの開発に従事してきた(Fig.1). ガイド中に発行するナビゲーションの種類や通知内容など, システムの主要なユースケースに関する仕様については従来手法で十分に要件定義が行えていた. 一方, 外界に不特定多数の情報源との相互作用が増えたことで, 利用者のみ必要とする情報や, 外部システムと競合した際の振る舞いなどについて要件定義から漏れやすくなり, 手戻りや不具合につながる事例が増えていた.

このような問題に対し, ユーザ空間のモデル化を行う手法として Human Centered Design[5] や GDTA[6] などが考案されているが, ソフトウェアの要件定義における実践という点では十分に成熟しておらず, 開発現場における導入には課題があった.

そこで本稿では, 複雑な条件下にて高品質な要件定義を行う際のポイントの一つである「システムと利用者の境界の情報」に着目し, これらの情報を可視化すべく分析手法として実績のある GDTA を調査した. また, GDTA を要件獲得フェーズに組み込むための手法を提案する.

以下本稿は次のように構成する. 2 章で現状の問題を分析し, 解決策を検討し, 3 章において具体的な解決手法を提案する. 4 章において, 既存のナビゲーションシステムの開発を題材に提案手法を適用した結果を示す. 第 5 章で本手法についての考察を行い, 課題の整理を行う. 最後に 6 章にて本稿のまとめを示す.

2. 問題点と解決策のアプローチ

2.1. 問題点

システムの利用範囲が空間的な広がりを持つことは, 開発対象のシステムは動作するデバイスの内外から不特定多数の刺激を受けることを意味している. これにより, システムが取りうる状態が増大するため, 従来手法を用いて網羅的に要求獲得・要求分析をすることは時間・コストの面から困難である. また, 分析対象を絞り込むための明確な指針もないため, 現実的な工数の中で高品質な要件定義を行う手法が確立されていない.

2.1.1. 空間的に広がるシステムの利用範囲からの要件抽出

システムの利用範囲を空間的に捉えて要件定義することが求められるが, 具体的な解決策が現場ですぐに適用できる状態に整備されていない.

要求分析者の仕事においては, 想定される状況・状態の増加に伴い分析のシーンで代替系列のバリエーションが数多く発生する. そのため, 従来であれば各ユースケースについてシナリオ分析などを進めるところであるが, 網羅的な検討を現実的な時間で行うことが難しい. その際, 分析対象を削減するために絞り込みやシーンの限定を考えることがあるが, 意思決定権を持つ顧客側での判断が難しい(後述)ために, 問題は解決しない.

顧客(発注者)としては, システム開発の動機となる主要なユースケースについては厳密な仕様定義ができるものの, 最新の IT 技術の動向や連携して動作する可能性があるシステムやデバイスを十分に理解していることは稀であるため, 周辺的なシステム要件はリクエストができない.

ここで, 関連のある研究として, Human Centered Design[5] や GDTA[6] などで提案されている手法群が挙げられる. GDTA とは, M. R. Endsley により考案されたユーザ認知的側面からの知識獲得手法である. 何らかの目標を持つ分析対象者が, 自身の目標を達成するまでの過程をタスクの単位に分解し, 細分化されたそれぞれのタスクを達成するために行われる判断と, その判断に用いる情報の関係を分析することでユーザのシーズを分析するための手法である[6]. この手法を用いることで, 対象者が自身の目標を達成する過程で, どのような作業が行われ, その達成のためにどのような判断がなされ, そこでどのような情報が必要とされるかの関係がモデル化される.

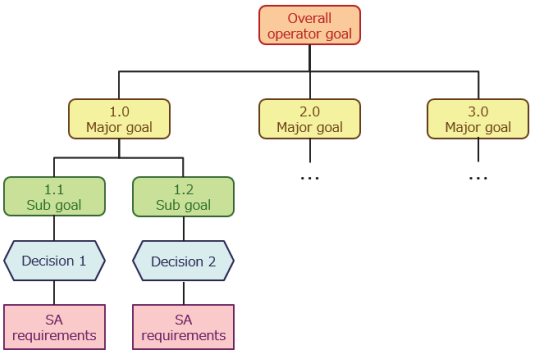

Fig 2. GDTA モデルの構造

Fig.2 は, GDTA によるモデルの例を示す. モデルは, 「Overall operator goal」, 「Major goal」, 「Sub goal」, 「Decision」, 「SA Requirement」により構成される. 分析

範囲における対象者の目標を「Overall operator goal」として定義し，そのための活動を「Major goal」，「Sub goal」で表現する．一定の粒度に詳細化された「Sub goal」について，その達成の過程で行っている判断を「Decision」として定義し，その判断に必要とされる情報を「SA requirements」として定義する．ここで，「SA requirements」における SA とは Situation Awareness を示し，動的な情報のニーズを意味する．

これらの手法は，単体では本問題の一部の解決にしか寄与しない．また，本問題に適用した際に現実的な時間内に作業を終えることが困難であるもの，インプット・アウトプットがソフトウェアの要件定義の作業工程と合致していなものなど，開発現場に即時に適用可能な状況には至っていないと考えられる．

2.1.2. 利用者とシステム境界の情報の抽出プロセス

利用者とシステムの境界の情報をどのように扱うかのプロセスが明確ではないことで，不具合や手戻りが発生している．

これまで著者らは屋内ナビゲーションシステムの開発を進めてきた．このシステムの特徴は，一般利用者以外に視覚障碍者の利用を想定している点であるが，かつて「目的地情報の伝え方」について顧客の持つイメージとの齟齬があり，手戻りが発生したことがあった．

ナビゲーションにおける目的地選択のシーンでは，システムのデータベースに登録されている情報から目的地一覧を生成し利用者に選択を促すが，この内容を利用者の種別に応じて切り替える仕様とした（Fig.3）．これは健常者と視覚障碍者が目的地と考える場所の違いを考慮したためで，視覚障碍者向けの目的地リストは健常者向けのリストに対して，移動を補助するような施設が含まれ，移動に危険が伴う目的地は除かれる．

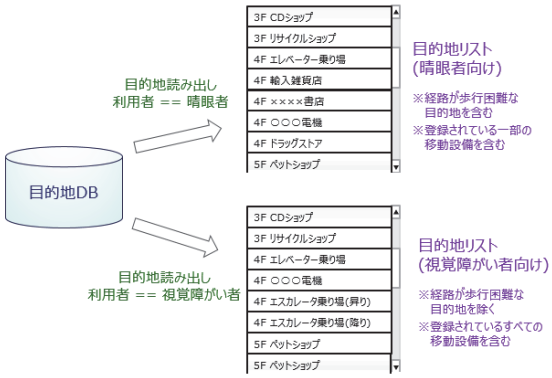

Fig 3. 利用者別の目的地リスト

また，視覚障碍者はシステムが動作する画面からリストの情報を理解することが難しいため，音声読み上げを用いた通知機能が要件として定義されていた．しかし，実装された読み上げ機能は画面を上から下まで読み上げるもので，目的地が数多く登録されている場合に利便性に優れたものではなかった．その結果，目的地情報を読み上げる際に視覚障碍者の場合は事前にリストの概要（目的地の種類や件数）を通知するよう要求変更があり，手戻りが発生した．

この事例における主な問題（要件定義時）は以下 2 点であると考える．これらはシステムと利用者の境界を十分に分析できていないことを示唆している．

- 要件分析時にアクタである「健常者」と「視覚障碍者」を「利用者」に抽象化してしまい，考慮すべきアクタの特性を捨象した
- 要求分析が機能を中心としており，利用者が必要とする情報の観点からの分析が十分になされていなかった

2.2. アプローチ

システムの利用範囲を空間的に捉える手法が整理されていない点，特に，システムと利用者の境界にある情報を分析するプロセスが明確ではない問題に対し，（システム化対象の業務を行う）実務者が状況認識に用いる情報を整理することで，システムが稼働する複雑な空間をシンプルに捉えることができると考える．

システムの目的をシステム化領域内の実務者の行動を支援すること，仮定する．ここで，実務者の仕事を細分化すると，「知覚」，「認知」，「判断」，「行動」の繰り返しで構成されている[4]．実務者は，自身の状況が正確に理解できれば次に取るべきアクションがわかり，仕事を円滑に進めることができるため，実務者が状況認識に用いる情報を整理し，システムとして提供すべきものを明確化できれば，システムと利用者の境界が明確になると考えた．

状況認識をするための情報を整理するための具体的な解決策として，本稿では GDTA 手法をプロセスに組み込むことを試みた．理由は，「品質(Q)」，「工数(C)」，「期間(D)」の観点から最適と判断したためである．

なお，このケースでは，GDTA を取り入れる解決策を含め，以下 3 つの対策案が考えられた．

- GDTA を取り入れる
- 専門家を養成，または外部から招聘する
- 保証範囲を厳密に定める

© 2015 Information Processing Society of Japan

これらについて評価した結果を Table.1 に示す．なお，ここで「品質」については，「顧客満足」に置き換えて検討した．

案 1 の GDTA モデルの作成を通して，分析者の持つシステム開発の知見と顧客の持つドメイン領域の知見を掛け合わせた分析をすることができる．一方でこの手法はゴール指向分析と同様の欠点を持つため，手順や制約条件など動的な側面の表現に課題があり，後続のプロセスで補う必要がある．

Table 1. 解決案の評価

対策案	評価基準		
	品質	工数	期間
案 1 ：GDTAを取り入れる Pros) SA要件を抽出できる Cons) 動的な側面からの分析力は弱い	○	◎	○
案 2 ：専門家を養成、招聘する Pros) より先進的な提案ができる Cons) アウトプットが均一にならない	◎	×	○
案 3 ：想定する範囲を決め、その範囲を保証する Pros) スコープが厳密に定まる Cons) 顧客が本当に望むシステムにならない	×	◎	◎

案 2 の専門家を養成し招聘することにおいては，ソフトウェア開発と顧客ドメインの双方に深い知見を持つ技術者が橋渡し役を担うことで，顧客の関心事を正確にキャッチアップした高品質な要件定義をすることが期待できる．しかし，一方で，企業側でドメインごとに専門家を持つことはコスト面への影響が大きく，加えて作業そのものの属人性が高まり，アウトプットが均一にならない問題がある．

案 3 の想定する範囲を決め，その範囲を保障することは，想定する利用シーンや対向相手となる外部デバイスを予め特定（限定）することで，スコープが明確になり，網羅的な分析を現実的な時間で行うことができる．

しかし，案3では，本稿で問題としている，外部の情報源からの刺激を多く受けるシステムでは，分析対象の絞り込みが難しく，初期にスコープを限定することで本質的な要件の定義が漏れるリスクが高いと考えられる．

以上の案 1 から案 3 を考慮し，「品質(Q)」，「工数(C)」，「期間(D)」の観点から，案 1 の GDTA を従来手法に取り入れることを決定した．

3. GDTA に基づく要件定義手法の提案

本稿では，従来の要件定義プロセスに GDTA を組み込むことを提案する．提案する手法の概要を，Fig. 4 に示す．

本手法では，REBOK の要求工学プロセス[7]をベースとし，要求獲得・要求分析フェーズにおいて，「実務者インタビュー」および「GDTA に基づくモデル作成」を追加した．

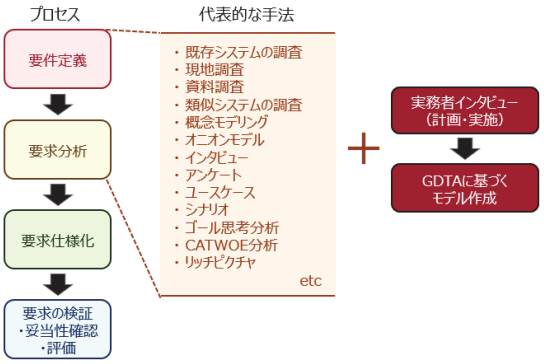

Fig 4. 提案手法の概要

3.1. 実務者インタビュー

本工程はシステム化領域内のアクタを対象に，インタビューを行い，実務者のタスクに関する情報を得ることを目的とする．

システム化領域内で現在仕事を行っている実務者に対して，目標達成までにどのようなタスクがあり，それをどのような判断に基づき遂行しているかをインタビューし，タスク単位で文書化する．ここで，タスクに関する記述は 5W1H の観点で漏れ抜けなくまとめることにした．

3.2. GDTA に基づくモデル作成

本工程はインタビュー結果をインプットとし，実務者のタスクとそこでの判断，必要な情報の関係を分析することで，GDTA モデルを作成する．また，作成したモデルを顧客とレビューし，合意を得ることを目的とする．

このモデルは実務者のバリエーションごとに作成することが望ましいが，ある程度工数のかかる作業となるため，優先度をつけて対応することにした．

4. 評価実験・結果

4.1. 評価方法

提案手法の妥当性を確認するため，著者が既存のナビゲーションシステムのアプリケーション開発を題材と

© 2015 Information Processing Society of Japan

して，従来手法と提案手法をそれぞれ実施した場合の品質，コスト，納期を見積り，評価する．工数は作業を細分化したものに対する見積もり値の積み上げにより算出する．

Table 2 に評価方法の概要をまとめる．

Table 2. 評価方法の概要

工期	6 か月
開発規模	中規模
仕様決定権を持つステークホルダ	3 名
分析対象の広さ	大型ショッピングセンターや博物館の 1 フロア ※5,000 ㎡～10,000 ㎡程度
利用者の種類	晴眼者・視覚障碍者

4.2. 実務者インタビュー

今回の実験では，リアルな顧客の実務者にインタビューする機会を設けることができなかったため，同様の問題を調査した論文[8]を参照した．加えて，これまでの仕様検討に関するヒアリングや議論の中で得られた知識を用いて整理をした．ここで実務者のタスクを整理するが，5W1H の観点で漏れ抜けがないよう注意した．

4.3. GDTA に基づくモデル作成

モデル作成は以下の手順で作業を行った．

1. インタビュー結果を整理し，実務者が目標を達成するまでに実施するタスクのリストを作成する
2. 全体を総括し，「Overall operator goal」を定義
3. 各タスクの記述から動詞を抽出し，包含関係や順序の観点から階層関係に整理する．ここで，インタビュー結果のみでは不足がある点は適宜補うこと．また，同階層の粒度が均一になるよう注意すること
4. 前工程で整理した結果を「Major goal」，「Sub goal」としてモデルに追加する．ここで，下位のゴールはタスクとして独立したものとなること（複数の目的を持たない）
5. 各タスクの記述から名詞を抽出し，「SA requirements」として定義する
6. ゴール間に飛躍がないかどうか確認する．飛躍がある場合は，「Sub goal」または「Decision」を追加することを検討する
7. 「Sub goal」に接続する「Decision」を定義する
8. 「Decision」と「SA requirements」を関連付ける．ここで，必要な「SA requirements」が定義されていない場合は追加する
9. モデルから，「Decision」と関連付けがされていない「SA requirements」を削除する

ここで作成したモデルの一部を Fig.5 に示す．実例として，実験結果のモデルの一部について説明する．

まず，実務者のタスクは目的地に到達することであるため，「Overall operator goal」は「不慣れな屋内空間で快適に目的地まで移動できる」と定義した（手順 1）．

タスクのリストを整理した結果，実務者が実施するタスクは大きく 4 つに分類できることがわかった．そこで，「Overall operator goal」の直下に「Major goal」として，「位置を認識する」，「目的地を決定する」，「目的地までのルートを選択する」，「状況にマッチするガイド情報を取得する」を定義した（手順 2）．

Fig.6 は，Fig.5 の「[2_0]目的地を決定する」の下位をブレークダウンしたモデルである．

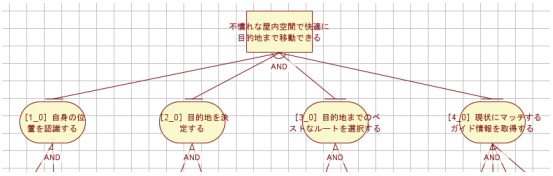

Fig. 5. 最上位ゴールの分割

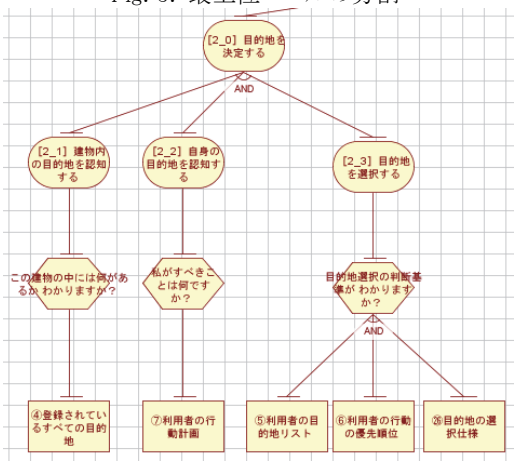

Fig 6. モデルのイメージ

4.4. SA 要件

GDTA によるモデル作成により，SA 要件を 25 件抽出した．ここで，現在稼働しているシステムで実際に扱っている情報を精査し，その中で SA 要件となるものを

© 2015 Information Processing Society of Japan

抽出したところ，16 件検出された．これらの対応関係を Fig 8 に，包含関係を Fig 8 に示すが，GDTA により既存のシステムで扱っている SA 要件はすべて抽出されており，加えて，現在は扱われていない SA 要件が 9 件検出されていることがわかる．

Fig 7. SA 要件のマッピング

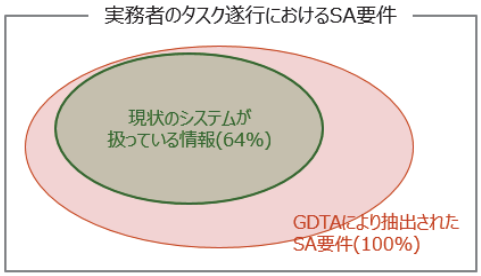

Fig 8. SA 要件の包含関係

4.5. 生産性

本作業における工数の見積もり値を Table 3 に示す．

Table 3.実験結果

評価種別	評価項目	従来手法	提案手法
リードタイム	作業開始から終了までの期間	34日	39日 (114.7%)
作業工数(開発者)	プロセス遂行に開発者が費やした工数	20.5人日	24人日 (117.1%)
作業工数(顧客)	〃	9.0人日	10人日 (111.1%)

評価種別	評価項目	従来手法	提案手法
SA要件定義数	SA要件を定義した件数	16件	25件 (156.2%)
手戻り削減工数	要件定義を原因とする手戻り工数	37.0人日	29.0人日 (77.9%)

リードタイムは従来手法に比べて提案手法が 14.7%増加した．ベンダの作業工数は約 17.1%，顧客の工数は 11.1%増加と，工期・工数ともに増加している．一方で，SA 要件定義数が 42.9%増加したことで，従来手法の開発で発生した手戻りのうち 22.1%を削減可能となる見込みである．

5. 考察

実務者の協力を得たタスクベースの分析により，開発者の持つシステム開発における知見と，顧客の持つよりドメインに特化した知見を掛け合わせた整理をすることができた．結果として，実験では現在のシステムで扱っていない SA 要件が新たに 9 件洗い出された．ここには，従来手法では要件定義対象から漏れ，手戻りとなっていたものの情報も含まれ，従来手法では検知できなかった情報を得ることができている．

提案手法により作業そのものが増えるため，開発者側の工数が 17.1%増加した．また，顧客参加度合いも増えるため，顧客工数も 11.1%増加している．一方で，本対応により手戻り工数を 22.1%削減できる見込みで，実工数で比較してもトータルの工数はより少なくなる見込みである．

GDTA という手法を要件定義プロセスに取り入れた際，分析者が顧客領域の知識を十分に持っていない場合に正確なモデルが作れない問題があった．そこで，本手法では事前にインタビューする機会を設け，GDTA モデルを作成するための情報を整理する工程，GDTA モデルを顧客とレビューする工程を設けたことで，インプットとなる情報の獲得と，アウトプットの検証ができるようになった．本手法を用いても完全な要件定義はできないが，顧客と開発との間でどの情報を，　いつ，なぜ使うかの理解を共有できる点に価値があると考えられる．

一方で，作成されるモデルは，モデルの定義者に依

© 2015 Information Processing Society of Japan

存し，分析者と実務者の持つ知見によって抽出される SA 要件数が異なると考えられる．この問題の緩和策としては分析対象をパターン化し，過去のモデルから類似する事例を検索することなどが挙げられる．また，タスク実行時の状態によって必要な情報が異なることがあるため，それらをどこまで扱うか，どのようにモデル上で表現するかについては，今後，検討が必要である．

6. まとめ

本稿では，GDTA：Goal Directed Task Analysis 手法に着目し，空間的広がりを持つシステムの要件定義に GDTA を組み込み，屋内ナビゲーションシステムの要件定義に適用した結果を報告した．屋内ナビゲーションシステムのような，空間的な広がりを持つシステムの要件定義において，GDTA を用いることで，SA：Situation Awareness 要件を可視化し，利用者とシステム境界にある情報の明確化に効果的であることがわかった．

本稿の手法の評価は，開発済のシステムの仕様への適用評価であったが，今後は実際のプロジェクトへの適用評価を試みることで，GDTA を用いた手法の効果を明らかにしていく．

参考文献

[1] CISCO Internet Business Solutions Group, The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything, 2011
[2] Robert B. Grady, An Economic Release Decision Model: Insights into Software Project management, In proceedings of the Applications of Software Measurement Conference, 1999
[3] Project Smart, The Standish Group Report CHAOS, 2014
[4] 稲垣 敏行，人と機械の強調における安全と安心 -人間中心の自動化の視点からの考察-，日本交通科学協議会誌，2010
[5] Indy Young, Mental models -Aligning design strategy with human behavior-，丸善出版，2014.
[6] M. R. Endsley, Designing for situation awareness: An approach to user-centered design, Second Edi. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Inc., 2011
[7] 情報サービス産業協会 REBOK 企画 WG，要求工学知識体系 REBOK2, 2014
[8] Abdulrhman Alkhanifer & Stephanie Ludi, Towards a situation awareness design to improve visually impaired orientation in unfamiliar buildings: Requirements Elicitation Study, in 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE'05), 2014

© 2015 Information Processing Society of Japan