

集合知アプローチに基づく知の創成支援システム WikiBOK の研究・開発

増永 良文^{#1}, 石田博之[#], 伊藤一成[#], 伊藤守⁺, 清水康司[#], 荘司慶行^{**}, 高橋徹^{*},
千葉正喜^{*}, 長田博泰^{*}, 福田亘孝[#], 正村俊之^{##}, 矢吹太郎⁺⁺

[#] 青山学院大学社会情報学部 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

⁺ 早稲田大学教育・総合科学学術院 〒169-8950 東京都新宿区西早稲田 1-6-1

^{**} 京都大学大学院情報学研究科 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 36-1

^{*} 札幌学院大学社会情報学部 〒069-8555 北海道江別市文京台 11 番地

^{##} 東北大学文学研究科 〒980-8576 宮城県仙台市青葉区川内 27 番 1 号

⁺⁺ 青山学院大学理工学部 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

E-mail: ^{#1} masunaga@si.aoyama.ac.jp

あらまし 本論文では, wiki を用いた集合知アプローチに基づく, 知識体系 (body of knowledge, BOK) の構築支援システムである WikiBOK の研究・開発を報告している. コンピュータサイエンスのような成熟した学問分野の知識体系を創成する場合と異なり, 社会情報学のような新生の学問分野の知識体系 (BOK) はボトムアップで構築されねばならない. なぜならば, 新生学問分野の学者は誰もその全像を前もって描けないからである. したがって, 集合知の概念に基づいた開放型の協動的アプローチが有効に機能すると考えられる. そこで, 我々は新生学問分野の BOK 創成原理である BOK+に基づいて, WikiBOK を開発している. その機能を実現するために, ウェブ上の協調支援環境を実現するために発案された wiki クローンの一つである Semantic MediaWiki を用いている. WikiBOK 創成者を支援するために, グラフ可視化ソフトウェアである Graphviz を用いて, 豊かなグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) を提供している. SMW は Graphviz と共に稼働するように機能拡張されている. BOK 編集には編集衝突が起るので, BOK 木の編集衝突を解消するための指針が調査・報告されている.

キーワード WikiBOK, wiki, Semantic MediaWiki, open collaboration, collective intelligence, edit conflict, BOK, discipline, social informatics

Research and Development of WikiBOK: A Body of Knowledge Formulation-aid System based on the Collective Intelligence Approach

Yoshifumi Masunaga^{#1}, Masaki Chiba^{*}, Nobutaka Fukuda[#], Hiroyuki Ishida[#], Kazunari Ito[#], Mamoru Ito⁺,
Toshiyuki Masamura^{##}, Hiroyasu Nagata^{*}, Yasushi Shimizu[#], Yoshiyuki Shoji^{**}, Toru Takahashi^{*}, Taro Yabuki⁺⁺

[#]School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University, Kanagawa, 252-5258 Japan

^{*}Faculty of Social Information, Sapporo Gakuin University, Hokkaido, 069-8555 Japan

⁺Faculty of Education and Integrated Arts and Sciences, Waseda University, Tokyo, 169-8950 Japan

^{##}Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University, Miyagi, 980-8576 Japan

^{**}Graduate School of Informatics, Kyoto University, Kyoto, 606-8501 Japan

⁺⁺College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University, Kanagawa, 252-5258 Japan

E-mail: ^{#1} masunaga@si.aoyama.ac.jp

Abstract The design and implementation of WikiBOK, a Wiki-based body of knowledge (BOK) formulation-aid system, is investigated in this paper. In contrast to formulating a BOK for a matured discipline such as computer science, BOK formulation for a new discipline such as social informatics needs a “bottom-up” approach because academics in a new discipline cannot draw its entire figure *par avance*. Therefore, an open collaboration approach based on the collective intelligence concept seems promising. WikiBOK is under development as part of our project based on BOK+, which is a novel BOK formulation principle for new disciplines. It uses Semantic MediaWiki (SMW) to facilitate its fundamental functions. To support a rich graphical user interface for WikiBOKers, a graph visualization software, Graphviz, is adopted. SMW is enhanced to work in conjunction with Graphviz. Because edit conflicts occur when WikiBOKers collaborate, a resolution principle is investigated to resolve BOK tree edit conflicts.

Keywords WikiBOK, wiki, Semantic MediaWiki, open collaboration, collective intelligence, edit conflict, BOK, discipline, social informatics

1. はじめに

BOK (body of knowledge) とは、学問の専門分野をその分野に精通した人々が創り上げる概念や術語や行動指針の完備な一式をいう。CC2001 (computing curricula 2001) [1] はコンピュータサイエンスの BOK としてよく知られている。本論文ではこれを CSBOK と名づける。コンピュータサイエンスのような成熟した学問分野の BOK 創成と異なり、社会情報学のような新生の学問分野の知識体系 (BOK) はボトムアップで構築されねばならない。なぜならば、新生学問分野の学者は誰もその全像を前もって描けないからである。したがって、集合知の概念に基づいた開放型の協調的アプローチが有効に機能すると考えられる。ここで、従来の BOK 創成はトップダウンで行われてきたことに注意する。実際、CSBOK は数年の歳月をかけて、コンピュータサイエンスの専門家による IEEE-CS と ACM の協同作業班が設けられ、そこで策定された。

新生学問分野の BOK がボトムアップアプローチによって創成 (= 策定) 可能であることを示すために、我々は新生学問分野の一つである社会情報学 (social informatics, SI) を事例とし、その学問体系、これを SIBOK と書く、を策定するべく、開放型の協調作業支援環境を開発してきた。付け加えれば、もし SIBOK が策定されれば、社会情報学という新生学問分野の姿が初めて明らかにされることに加えて、我々が開発しているシステムを使用することによって、教育・研究機関ごとの SIBOK の姿を明らかにできるから、同じく社会情報学を標榜していても、機関ごとの違いを客観的に認識することもできる。勿論、新生学問分野は SI に限定されるものではないから、既存の学問分野の BOK を本稿で述べたアプローチで策定して、それまでその分野の BOK であると認められていた体系とどう違うかと検めることもできるし、他にも様々に生まれてくる新生学問分野

の BOK 策定を行いその姿を明らかにすることもできる。

さて、このような我々のボトムアップアプローチによる BOK 策定を具現化するために、BOK 策定のための新しい原理、これを BOK+ と名づけた、を提唱してきた [2]。BOK+ は次のような点で革新的である：(1) 従来型の BOK 策定法がトップダウンであったのと対照的に、ボトムアップである。(2) BOK 策定者の作業を助けるために、BOK 木のみならず、記述 (description) と資料 (material) も扱える。(3) それは集合知アプローチ [3] に基づいている。

BOK+ の考え方に則りシステムを開発するために MediaWiki を採用している。それは wiki [4] クローンの一つであり、PHP で書かれており、Wikipedia [5] を構築するために開発された。Wikipedia の編集者たち、彼らは Wikipedian と呼ばれる、は世界中からインターネットを介してその編集作業に協調して加わっている。我々のアプローチは開放型の協調作業のために Semantic MediaWiki (SMW) をその核に使用している点で Wikipedia のアプローチと似ている。しかし、我々のシステムは単に記事 (article) を編集の対象としているだけでなく、BOK “木” (tree) を編集の対象としているところが本質的に異なる。なぜならば、BOK は概念木 (conceptual tree) として規定されるからである。

SMW を核とした “WikiBOK” と名付けられたプロトタイプが現在我々のプロジェクトで開発途上にある。WikiBOK のもとで BOK を策定する人々を WikiBOKer と称することにしようが、彼らに豊かなグラフィカルユーザインタフェース (GUI) を提供するために、グラフ可視化ソフトウェアである Graphviz を用いている。SMW は Graphviz と共に稼働するように機能拡張されて、その結果、WikiBOKer は直接 BOK 木を編集することが可能

となっている。WikiBOK は、学術資料をアップロードする機能、WikiBOKer が意味がある则认为る学術的トピックを記述する記述 (description) と名付けられた wiki ページ編集する機能、そして BOK 木を編集する機能からなる。これらの機能は WikiBOK ではすべて SMW のフロントエンドとして実装されていることを注意する。

以下、本論文は次のように構成されている：2 章で BOK+ を概観する。3 章で WikiBOK のプロトタイプを述べる。4 章で BOK 木の編集競合に関する論点を述べる。5 章はまとめである。

2. BOK+ : 新生学問分野の BOK 策定原理

新生学問分野の BOK をボトムアップに構築していくために、その策定原理として BOK+ を導入した [2]。BOK+ は、一つには WikiBOK が管理する 3 種類の資源、すなわち BOK 木、記述、資料の総称であり、もう一つは新生学問分野のための新しい BOK 策定原理を言い表している。図 1 は BOK+ の概観図である。BOK 策定の対象となった学問分野に係るすべてのテキストや PPT ファイルなどからなる集合が資料 (material) であり、wiki 名前空間 (namespace) "Material" を構成する。WikiBOKer は資料を参考にしつつ、当該学問分野で取り上げるべき学術的トピックを考案・選定して、それを記述する。この記述は wiki page を用いてなされ、記述 (description) と称される。関連する記述はお互いに意味的リンク付けされて、意味ネットワークを形成する。すべての記述の集合は wiki 名前空間 "Description" を構成する。BOK は BOK "木" として表現され、WikiBOKer により協調的に一步一步段階的に構築される。彼らは WikiBOK とやり取りをしながら、無から BOK 木を策定していく。

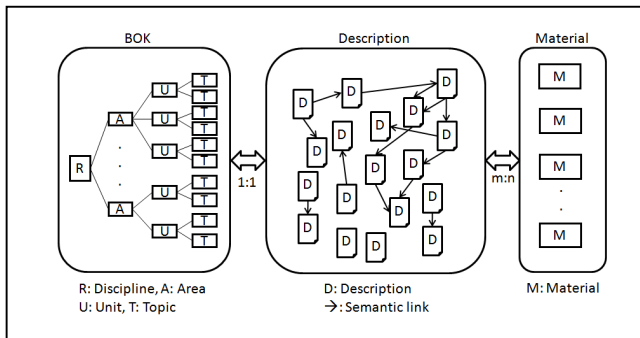


図 1. BOK+ : 新生学問分野の BOK 策定原理概観
Figure 1. Overview of BOK+, a novel BOK formulation principle.

(WikiBOK では) 資料や記述に加えて、BOK 木のノード (node) やエッジ (edge) も wiki page を使って記述されるので、WikiBOK のすべての機能は SMW の

フロントエンドとして実装されている。BOK (木の各ノード) から Description に単射 (injection) がある。一方、Description と Material の間の関係は多対多である。

3. WikiBOK

3.1. WikiBOK 概観

WikiBOK は WikiBOKer が BOK を策定する開放型の協調作業を支援するために研究・開発されている。前章で述べたように、それは BOK+ オブジェクト (すなわち、BOK 木、記述、資料) を管理するほか、BOK 木を直接編集可能な強力な GUI を備えている。SMW には機能拡張が施されて、すべての WikiBOK オブジェクトが格納されている。また、すべての機能を SMW を使って実装しているという意味で、WikiBOK は SMW のフロントエンドとなっている。換言すれば、WikiBOK は BOK Editor と名付けられた SMW の special page の一つとして実現されている。

BOK 木のノードやエッジが Wiki ページとして記述されているので、BOK 木の編集履歴は MediaWiki のページ編集履歴管理機能を使って実装可能である。図 2 に現在開発中の WikiBOK の概略を示す。そこで示されているように、WikiBOK は Graphviz を伴った拡張型 SMW、それを ESMW と呼ぼう、であるという意味で大変単純なアーキテクチャとなっている。現在のバージョンでは、WikiBOK は 5 つのモジュールから成り立っている。それらは、BOK Editor, Description Editor, Uploader, Authorization & Privilege module, そして Edit Conflict Resolver である。

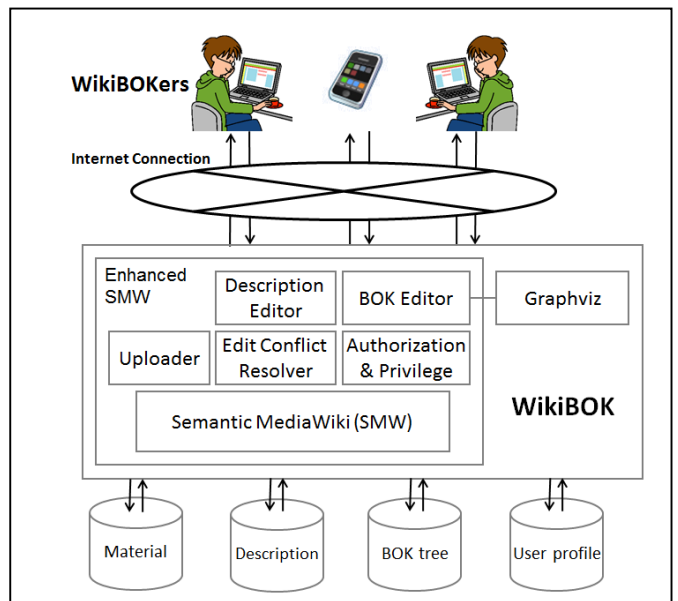


図 2. WikiBOK アーキテクチャ概観
Figure 2. Overview of WikiBOK architecture.

これらのモジュールのうち、BOK Editor はそれが WikiBOKer に対して資料や記述の編集に加えて、BOK 木の直接編集を許す強力な GUI を提供するという意味で最も本質的である。BOK Editor を開発するためにグラフ可視化ソフトウェア Graphviz が使用された。そのより詳しい記述は次節 (3.2) で行う。また、BOK Editor が提供する編集機能は 3.3 節で述べる。Description Uploader は資料をアップロードするために導入されている。Authorization & Privilege module は権限を持った人々だけが WikiBOK オブジェクトを編集できるようにするために導入されている。WikiBOKer は開放型の協調作業環境で作業を行うので、編集競合 (edit conflict) が発生するであろう。このことについては、次章で論じる。なお、すべての WikiBOK オブジェクトを格納するために MySQL が使われている。

3.2. Graphviz を用いた強力な GUI

WikiBOK は豊かで強力な GUI を WikiBOKer に提供している。オープンソースのグラフ可視化ソフトウェア Graphviz を導入し、それと協働させるために SMW を拡張したことによって BOK 木の直接操作が可能となっている。その目的を達成するために、BOK Editor は次の 3 つのモジュールを実装している：(1) ドットファイル (dot file) 生成機能、(2) ドットファイルを用いて SVG ファイルを生成する機能、(3) SVG ファイルを PHP ファイルに埋め込む機能。図 3 に SMW が Graphviz と協働するためにどのように拡張されたかを示す。

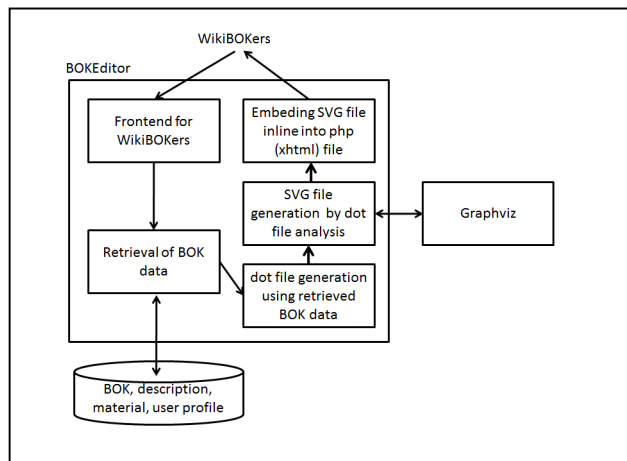


図 3. BOK Editor の構成概略

Figure 3. Overview of BOK Editor configuration.

図 3 に示されているように、WikiBOKer の操作に反応して、必要なデータがデータベースから読み出され、ドットファイル生成モジュールに供給される。すると、

SVG ファイル生成モジュールが Graphviz と協働してそれから PHP ファイルを生成する。BOK Editor のドットファイルは Graphviz がスクリーン上で BOK 木を描画するために必要なあらゆる情報を記述していることに注意する。図 4 にドットファイルの一例を示す。

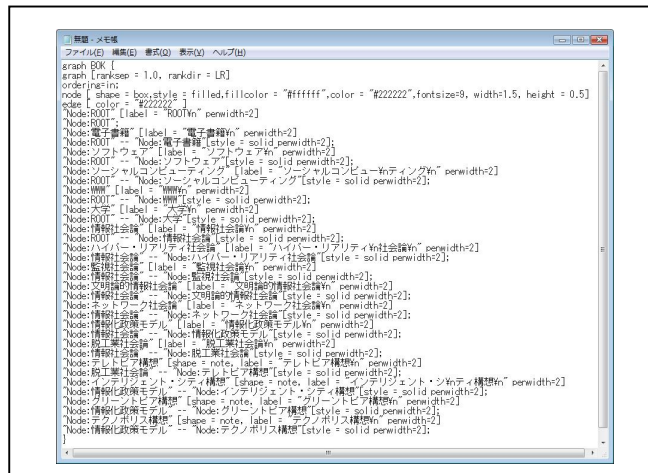


図 4. ドットファイルの一例

Figure 4. A sample dot file.

Web ブラウザには Safari を採用している。その理由は Safari が SVG ファイルをサポートしており、また iPad のブラウザとしても使用されているからである。多数のオブジェクトが描画された時の従来のコンピュータスクリーンの硬直性を克服するため、マルチタッチでスクリーンを拡大・縮小表示できる iPad は大変有効に機能すると考えられる。

WikiBOK の BOK 木編集の基本的な機能は現在稼働しており、図 5 は WikiBOK で BOK 木を編集している時のスクリーンショットを表示している。根ノードが BOK 策定の対象となっている学問分野を表す。我々の場合は「社会情報学」である。根ノード直下の第 1 レベル、第 2 レベル、第 3 レベルのノードは、CC2001 の用語に従えば、各々エリア (area)、ユニット (unit)、トピック (topic) を表す。SIBOK は WikiBOK を使い本論文の共著者が一丸となって策定作業中であるが、最終的に 1000 から 2000 ノードになろうと想定している。

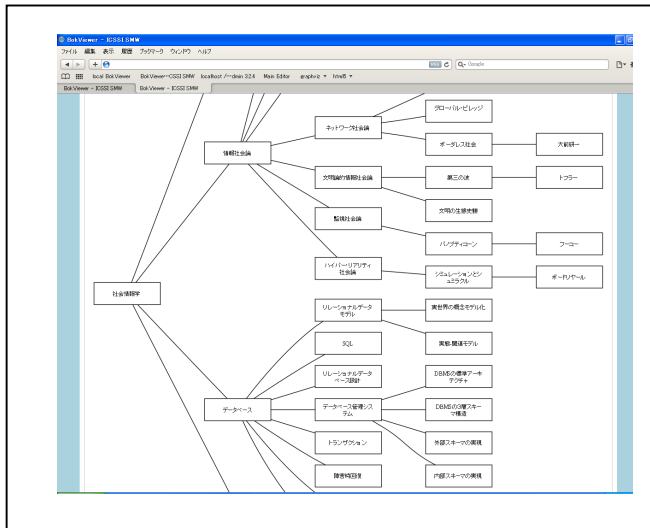


図 5. BOK 木編集結果のスクリーンショット
Figure 5. Screenshot of BOK tree editing result.

3.3. BOK 木の操作

WikiBOKer は WikiBOK が提供する強力な GUI を介して、BOK 木を直接編集できる。例えば、もし WikiBOKer がノードを生成したいと欲すれば、コンピュータスクリーンの任意の場所を右クリック (right-click) すればよい。このような BOK 木編集のための操作は次のようなカテゴリに分類される：(1) ノード生成、削除、変更 (すなわち, re-naming). (2) エッジの生成、削除、変更 (すなわち, re-direction). (3) 記述 (description) の生成、削除、変更 (すなわち, re-writing). (4) 編集作業のアンドウ (undo), リドゥ (redo), コミット (commit) 操作。

WikiBOKer がノードを削除するためにクリックしたならば、そのノードにぶら下がっている部分木も削除されることに注意する。これは、BOK 木における上位と下位のノードは概念の包摂関係 (subsumptive containment hierarchy), つまり「下位オブジェクト is-a 上位オブジェクト」で繋がっているからである。一方、もし WikiBOKer が (ノードではなく) エッジを削除した場合、そのエッジにぶら下がっていた部分木は削除されるのではなく、(is-a 関係が無くなった) 後利用に供されるべく、スクリーンの片隅に設けられたプール (pool) エリアに移動させられ表示される。

4. 編集競合の解決論

4.1. Wiki における編集競合解決

開放型協調作業環境のもとで BOK 策定をサポートした場合に、編集競合は避けられない現象である。したがって、競合を解消するための方策 (policy) や仕組み (mechanism) を調査・研究しておくことは必須である。従来, "diff" が、同じファイルのあるバージョン

とその一つ前のバージョン間の変更点を示してくれるファイル比較ユーティリティとしてよく知られている。他に、ディレクトリの変更点を示してくれる "tdiff" や XML 文書の比較をしてくれる "xmldiff" などのユーティリティがある。ソフトウェア開発における版管理 (version control) もこの議論に密接に関係している。Apache の Subversion (SVN) はファイルのロックをしないでソフトウェアの版管理を行うシステムとして知られている。版管理に見られる "check-out" と "check-in" の概念は設計データを扱うオブジェクト指向データベース管理システムの同時実行制御の仕組みとして用いられている。

Wikipedia の記事の編集で編集競合はしばしば起こる。Wikipedian 達の間で起こる編集競合を解決するために、それは wiki がそのような問題を解決するために導入した規則に従っている。つまり、「もし二人以上の人があるページを同時に編集しようとしていたら、最初にセーブした者が勝ちで、残りの者はセーブできないと告げられる。そのように告げられた者は、新しいブラウザで新たな編集ウィンドウを開き、その者の変更点を (最初の人) の編集結果に) コピーするようにしなさい」 (<http://c2.com/cgi/wiki?EditConflictResolution>)。

WikiBOK を実装するために wiki クローンである SMW を使用している我々も、この方針に従う。しかしながら、WikiBOK では記述 (description), これは Wikipedia の記事 (article) に相当、の編集競合だけでなく、BOK “木” の編集競合を取り扱わないといけないところが本質的に異なり、その解決原理を次節で論じる。

4.2. BOK 木の編集競合解決原理

WikiBOKer が wiki ページの編集競合、つまり記述の編集競合、と BOK 木の編集競合を異なった方策で扱わせる不都合や違和感から開放させるために、両者を同じ方策で取り扱うこととした。WikiBOK は SMW のフロントエンドとして開発しているので、前節で紹介した wiki の編集解消策に従うこととする。具体的には、次のようである。

WikiBOKer の Alice, Bob, Carol が version 0 (V0) の BOK 木を check-out して、ほぼ同時に編集しているとすると、Alice が作業を終えて、時刻 t1 にその結果を check-in したとする。この時点では編集競合は発生していないので、Alice の更新は受理され、BOK 木のバージョンは V1 になる。しばらくして、Bob が作業を終わり、BOK 木をバージョン V0 から V2 に更新したいと check-in 要求をしたとする。しかし、BOK 木のバージョンはすでに V0 ではなく V1 に変わっているので、

この要求は受け付けられない。しかし、Bob は Alice のバージョン、つまり V1 と彼のバージョン V2 をマージ (merge) することを余儀なくされ、その結果、バージョン V3 の BOK 木が生成されるであろう。Carol がその後 check-in 要求をした時もこの方策に準じる。この様子を図 6 に示す。

勿論、マージ過程で Bob を助けるために、Alice と Bob が更新した BOK 木の差異を Bob に示してやらねばならない。一般に、二つの木の差異を計算する仕事は時間がかかることが想定される。しかしながら、我々は BOK 木の情報をドットファイルに変換しているので、テキストファイルの”diff” (差分) をとることで、Alice と Bob の BOK 木の違いを容易に計算することができる。

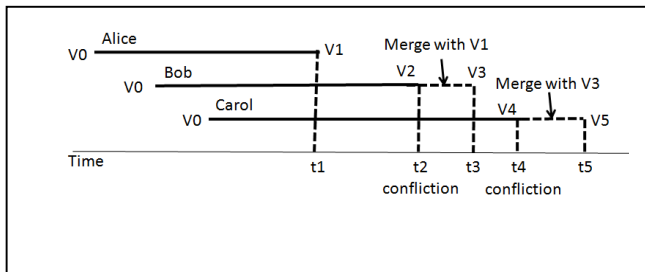


図 6. Wiki における編集競合解決方策

Figure 6. Resolution principle of edit conflicts in wiki.

4.3. WikiBOK における BOK 木の編集競合解決

BOK 木の編集操作は 3 つのカテゴリに分けられる：(1) BOK 木への部分木の挿入。(2) BOK 木からの部分木の削除。(3) BOK 木からのエッジの削除。編集操作 (2) の結果、削除された部分木は捨てられるが、編集操作 (3) の場合、削除されたエッジにぶら下がっていた部分木はプールされ、スクリーンのプール領域に提示されて、後の使用に供される。この両者の違いは、BOK 木は 3.3 節で述べた概念の包摂関係で上位下位関係が形成されているからである。

さて、Alice と Bob が同じバージョン番号の BOK 木を check-out し、Alice が Bob よりも先に check-in したとする。先述のように、BOK 木に対する編集操作は 3 つのカテゴリに分類されるので、これら 3 種の操作のもとで編集競合が起きた時に、WikiBOKer 同士がどのように振る舞えばよいかを議論すればよい。表 1 にそれを要約する。

表 1. WikiBOK における BOK 木編集衝突の解決原理
Table 1. BOK tree resolution principle in WikiBOK

Bob Alice	Insert Sub-tree S		Delete Sub-tree S		Delete Edge to Sub-tree S	
	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge
Insert Sub-tree P	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge
	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge
Delete Sub-tree P	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge
	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge
Delete Edge to Sub-tree P	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge	$P \cap S = \emptyset$	Light merge
	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge	$P \cap S \neq \emptyset$	Heavy merge

表 1 の行 (row) は Alice による 3 種の BOK 木編集操作を表し、列は Bob が Alice の編集に対応してどのように振る舞うかを表している。この行列で、P は Alice が挿入したか、あるいは削除した (エッジの削除により削除された部分木を含む) 部分木を表し、一方、S は Bob が挿入、あるいは削除しようとした部分木を表す。P と S は BOK 木の部分木なので、P と S の共通集合 (intersection) が空か否かを計算することができる。表 1 で、light merge と heavy merge は Bob による BOK 木のマージのプロセスが単純か、あるいは大変かを表している。例えば、Alice と Bob がほぼ同時に BOK 木を check-out し、その後 Alice はそれに部分木 P を挿入することとし、その更新が受理されて、BOK 木は新たなバージョンが与えられたとしよう。さらに、Alice のアクションの後に Bob が部分木 S を BOK 木に挿入する更新要求を発行したとしよう。Bob は Alice が使っていたのと同じバージョンの BOK 木を有していたので、WikiBOK は Bob に Alice により更新された BOK 木と彼の更新をマージするように要求する。この場合、もし P と S が互いに素ならば、マージプロセスは軽い (light) であろう。しかるに、互いに素でなければ、このマージプロセスは重い (heavy) であろう。表 1 は WikiBOK の BOK 木編集競合解決原理をまとめており、Alice と Bob は (同じバージョンの) BOK 木を check-out し、BOK 木編集要求を先に発行する者と遅れて発行する者を表している。P と S は先述のとおり部分木を表す。Bob がマージの作業を行うときに、4.2 節で述べたように、BOK 木を表しているドットファイルの”diff”から計算される、Alice と Bob の BOK 木の更新の違いを Graphviz により表示することで、それを助ける。

5. おわりに

本論文では、wiki クローンの一つである Semantic MediaWiki に基づいた学問分野の知識体系 (BOK) 策定支援システムである WikiBOK の構築を報告した。特に、グラフ可視化ソフトウェアである Graphviz と協働して機能するために Semantic MediaWiki を如何に拡張して WikiBOK が稼働しているかの設計と実装について詳述した。加えて、開放型の協調作業環境では編集競合は避けては通れず、WikiBOK に特有な問題として BOK 木の編集競合解消問題を論じた。WikiBOK は現在プロトタイプが稼働しており、文系や理系のバックグラウンドを有し社会情報学を専門とする本論文の共著者が一丸となって社会情報学 BOK (SIBOK) の策定作業に取り組んでいる。

謝辞

本研究は、一部、青山学院大学総合研究所総合研究助成「知の創成と共有」、および文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (B) 22300036 の補助を得て行われている。また、WikiBOK の実装に携わっているアイコム (株) の小柏裕保、徳山沙綾両氏に感謝する。

参 考 文 献

- [1] The Joint Task Force on Computing Curricula of IEEE Computer Society and Association for Computing Machinery, Computing Curricula 2001 Computer Science — Final Report —, 236p., December 15, 2001.
- [2] Yoshifumi Masunaga, Yoshiyuki Shoji, Kazunari Ito: A Wiki-based Collective Intelligence Approach to Formulate a Body of Knowledge (BOK) for a New Discipline, Proceedings of WikiSym 2010, Gdansk, Poland, July 2010.
- [3] James Surowiecki: The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations, 2004.
- [4] Bo Leuf and Ward Cunningham, The Wiki Way Quick Collaboration on the Web, 435p., Addison Wesley, 2001.
- [5] Andrew Lih, The Wikipedia Revolution: How a Bunch of Nobodies Created the World's Greatest Encyclopedia, 272p., Hyperion, 2009.