

授業設計における理論・実践の両知識に基づく文脈的内省支援 Contextualized Reflective Support in Designing Instruction Based on Both Theory and Practice

笠井俊信^{*1}
Toshinobu Kasai

永野和男^{*2}
Kazuo Nagano

溝口理一郎^{*3}
Riichiro Mizoguchi

^{*1} 岡山大学大学院
Okayama University

^{*2} 聖心女子大学
University of the Sacred Heart

^{*3} 大阪大学産業科学研究所
I.S.I.R., Osaka University

In this study, we developed a system called FIMA (Flexible Instructional Design Support Multi-Agent System) that dynamically supports teachers in designing instruction by facilitating their thinking in ways characteristic of the thought processes of expert teachers. These characteristics include: 1) multiple viewpoints thinking, 2) contextualized thinking, and 3) problem framing and reframing strategies. In the present study, we focused on a support to facilitate teachers' contextualized thinking based on instructional/learning theories. In order to provide such support, we make use of the OMNIBUS ontology, which describes knowledge extracted from instructional/learning theories and best practices. In this paper, we describe this support function in detail and discuss its effectiveness based on the practical use of FIMA.

1. はじめに

教師の職能差によって生じる教育の格差問題は常に重要な課題である。この課題を解決する方法はいくつか考えられるが、成果が出るのに多くの時間がかからず、教師の職能成長を妨げる可能性が低い方法として、自身が主体性を持って行う授業設計の中で完成度の高い授業が設計できるような支援を多くの教師は望んでいる。教師間の職能差を埋めるために授業設計時にすべき支援を考えるためには、熟練教師の授業設計時の思考を分析することが重要である。佐藤らは、熟練教師と新人教師の他者の授業を分析する際の思考の違いを調査している[佐藤 1991]。この調査の中で、新人教師との比較を通じて明らかになった熟練教師の思考の特徴は、1) 多次的思考、2) 文脈的思考、3) 思考の再構成、である。自身による授業設計時にも、設計した授業を客観的に分析することは重要であるため、本研究では、授業設計時に教師にこれら 3 つの思考を促すことを通してより良い授業が設計できるように支援することを目指す。このような支援を実現するために、我々は Multi-Agent Architecture による FIMA (Flexible Instructional Design Support Multi-Agent System) を提案してきた[Kasai 2009]。本稿では、FIMA による文脈的思考促進支援の 1 つである教授・学習理論に基づく教授・学習活動の流れの妥当性確認支援に焦点を当てる。ここで文脈的思考とは、授業におけるあるタイミングでの事象を独立に捉えるのではなく、その前後の事象と関連付けて考えることである。

授業設計時に初心教師が文脈的に授業を考えることを困難にする理由の 1 つに学習指導案の記述形式があると考える。ここで学習指導案とは、教師が授業を行う前に研修や自身の職能成長のために、授業の目標や学習指導・支援の展開の大まかな流れを一定の形式で記述したものである。学習指導案の記述形式は統一されているわけではないが、一般的な学習指導案では授業の流れとしてその粒度はさまざまであるが、場面ごとに学習活動、教授活動、評価観点、指導上の留意点などが記述される。これらの内容は、場面間の関係や授業全体における位置づけなどを意識することなく各場面を独立させて記述することも可能である。初心教師に文脈的思考を促すためには、学習者の状態とその変化、授業全体の教育目標に対する各場面

での位置づけや教師の意図など、文脈的に考えなければならぬ観点を意識させることが求められる。

また、日本では初心教師による授業の質を向上させるために、「授業研究」が行われてきた。この授業研究の枠組みとその結果である日本の教師による授業は世界からも高い評価を受けている[Lewis 1997, Sitgler 1999]。この授業研究が大きな効果をもたらした最も大きな特徴の 1 つは、教師が授業についての学習グループを形成してきたことである[Fernandez 2002]。このことは、授業についてより深く効果的に考慮するには、他者の意見や認識が重要であることを示している。しかし、近年は多忙を理由に教師が授業研究に参加する機会は減少傾向にあり[千々布 2005]、設計した授業に関連した適切で信頼できる他者の意見や認識が自動的に動的に提示されるようなコンピュータ支援の実現への期待は高い。

これらの点を考慮し、本研究では他者の意見・認識として捉えることができる、教授・学習理論と過去の優れた実践から抽出された経験的知識を活用した授業設計支援を目指す。そのために、さまざまな理論や実践から抽出した知識(後に説明する方式)を学習者の状態変化の観点で統一的な枠組みで記述している OMNIBUS オントロジーを活用する[林 2009]。本稿では、この OMNIBUS オントロジーに基づいた教師が設計した授業の流れの自動解釈と、その結果に基づいた教師のより深い文脈的思考の促進による授業設計支援について詳述する。以下、2 章で OMNIBUS オントロジーとの連携について、3 章で OMNIBUS オントロジーに基づく設計された授業の流れを自動解釈した分解木生成について述べ、4 章で実践活用に基づく支援機能評価の実験とその結果について述べる。

2. OMNIBUS オントロジーとの連携

2.1 OMNIBUS オントロジーと方式

OMNIBUS オントロジーは、多種多様な教授・学習理論を包括的に整理できる共通基盤として構築された[林 2009]。OMNIBUS オントロジーにおける基本的なモデル化の枠組みを図1に示す。このオントロジーは、以下の 2 つの考えをベースにしている。

- 学習を学習者の状態変化として捉える
- 状態変化の what と how を分離して考える

まず OMNIBUS オントロジーでは、教授・学習プロセスの 1 場面を教授行為、学習行為、学習者の状態変化という 3 つの要

笠井俊信, 岡山大学大学院教育学研究科, 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1, 086-251-7643, kasai@cc.okayama-u.ac.jp

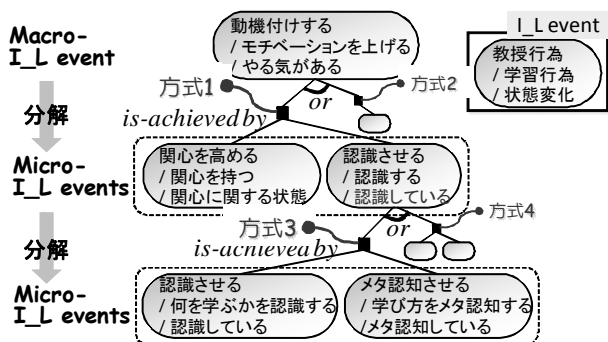


図 1 OMNIBUS オントロジーにおけるモデル化

素を組み合わせた I_L event として定義している。このような記述は、学習者の状態変化を中心として教授行為と学習行為の関係を結びつけることにつながり、本研究の目的の 1 つでもある教師の多次元的思考を促す効果もあると考えている。

もう 1 つは学習者の状態変化について、what と how を分離することである。上述の I_L event は、学習者がどんな状態に到達するか(what)を表す。そしてその状態をどのように達成するか(how)については、より粒度の小さい I_L イベントの系列との分解関係で記述する。この分解関係を OMNIBUS オントロジーでは「方式」と呼んでいる。この分離によって、学習目標に対する様々な実現方法を「方式」として記述することが可能であり、OMNIBUS オントロジーには現在 11 の教授・学習理論から 100 の「方式」が抽出・記述されている。また、この「方式」の枠組みは理論だけではなく実践での経験から抽出して記述することも可能であり、本研究では FIMA の実践活用を通じて 10 の「方式」を抽出・記述している。このような「方式」は、図1に示すように Micro-I_L events の1つのノードの学習者の状態変化の概念をキーにして別の方式の Macro-I_L event と接続することで、さらに下位に分解することができる。

この 2 つの考えに基づいて、OMNIBUS オントロジーの枠組みでは、授業の流れを I_L event 分解木として階層構造で記述することができる。この分解木では、授業全体の教育目標である学習者の達成すべき状態変化を表す I_L event をルートとして、それを達成するための複数の方式を接続して分解される。この階層構造のリーフに近い階層は、授業における教師と学習者の表層的な行為が示され、より上位の階層は学習者のより深層的な行為や状態変化の記述を通して、授業全体における教師の意図が示される。本研究では、教師が FIMA で記述した学習指導案から教師の設計意図を現在記述されている 110 の「方式」に基づいて推論し、より関連した I_L event 分解木を自動的に生成する。そして、この分解木を設計された授業の流れに関連した他者の意見・認識例という位置づけで教師に提示することで、教師に文脈的観点を中心としたより深い内省を促す。

2.2 FIMA と OMNIBUS の概念間関係記述

FIMA と OMNIBUS オントロジーの連携を実現するには、FIMA で設計された授業の教授・学習活動を OMNIBUS オントロジーで定義されている行為概念と対応させなければならない。そのため FIMA は、授業設計時に教授・学習活動の概念を教師に選択させる必要がある。このための概念として、OMNIBUS オントロジーの行為概念は約 250 あり、教師にとって多すぎることと汎用性の高い表現がなじみにくく正確な認識が困難であることから、FIMA 独自の教師にとって親しみやすい活動概念を数名の現職教員との議論を通して決定し用意した。そして、これらの FIMA の活動概念と OMNIBUS オントロジーの行為概念の関係を記述することで OMNIBUS オントロジーとの連携を実現する。この関係記述は、FIMA の各概念に関係する OMNIBUS オントロジーの概念を対応付ける形で記述してい

る。例えば、FIMA の「やる気を高める」の概念には OMNIBUS オントロジーの「向上心を高める」、「重要性を認識する」、「親密さを感じる」など 11 概念が対応付けられている。

OMNIBUS オントロジーの行為概念では、汎用性が高く教授行為と学習行為の区別はなされていないが、FIMA では教師にとって親しみやすい表現を目指しているため、その活動概念は 1 種類の教授活動概念と 2 種類の学習活動概念(表層的学習活動概念と深層的学習活動概念)に分類している。ここで表層的学習活動概念とは、「話し合う」や「話を聞く」などの学習指導案として一般的に記述される目に見える学習者の活動概念であり、深層的学習活動概念とは「目標の認知」や「やる気を高める」などの目には見えない学習者の認知的な活動概念である。

教師は授業の流れの各ステップにおいて、教授活動について 10 概念の中から 1 つを、学習活動については表層的学習活動として 11 概念から 1 つと深層的学習活動として 15 概念から 1 つを選択する。ここで、教師に深層的な学習活動を選択させる目的は次の 2 点である。

- 通常記述する必要のない学習者の認知活動を選択させることを通して、各ステップでの授業全体における教授意図を明示的に意識させるため
- 教師による入力を上述した「方式」の枠組みに近づけることで、「方式」に基づいた自動解釈の精度を高めるため

3. I_L event 分解木の生成

通常、I_L event 分解木は授業全体で学習者が達成すべき状態変化をどのような方法で実現するかをトップダウンに分解していくことで構成される。一方、本研究では学習指導案に記述される表層に近い教授・学習活動の系列から、ボトムアップに I_L event 分解木を構成していかなければならない。そのために、学習指導案にはないより深層的なノードを適度に組み込みつつ分解木を構成することが重要となる。FIMA は、教師によって選択された教授・学習活動概念を前章で述べた関係記述によって OMNIBUS オントロジーで定義された行為概念に変換した後、以下の流れで分解木を生成する。

- 1.ステップごとに関連する方式とその方式に仮想の上位ノードを含む方式を接続した分解(部分)木の候補の抽出
 2. 授業全体の I_L event 分解木候補の生成
 3. 類似度の計算による I_L event 分解木の決定
- 本章ではこれらの処理の概要と、生成される I_L event 分解木の構成について述べる。

3.1 各ステップでの関連方式・分解(部分)木の抽出

教師による分解木生成の要求があった時点の教師に設計された授業の流れの各ステップについて、選択された教授活動概念、深層的学習活動概念、表層的学習活動概念に対応する OMNIBUS オントロジーの概念が抽出される。これらの関係は「方式」の原理に基づくことで、深層的学習活動概念に対応する学習活動を含む I_L event を、教授活動概念や表層的学習活動概念に対応する活動を含む I_L event 列によって実現させようとしていると解釈することができる。また、この深層的学習活動概念に対応する学習活動を含む I_L event が、さらに深層的

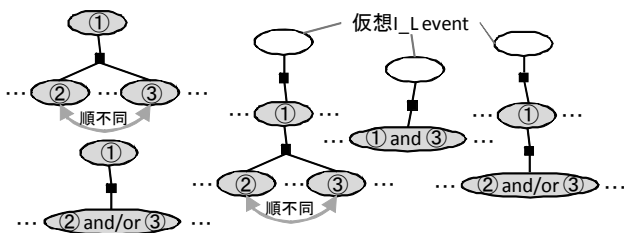


図 2 各ステップで抽出される方式と分解(部分)木

な学習者の状態変化を表す I_L event を実現させるための 1 つの I_L event であるとも考えられる。このことから、仮想の Macro-I_L event のノードを持つ方式の Micro-I_L events の 1 つを各ステップに関連する方式で分解した構造も抽出する。ここで本研究では、FIMA が教師の意図を推論するキーとなる深層的学习活動概念に対応する I_L event が含まれていることを絶対条件とし、他の教授活動概念と表層的学习活動概念に対応する I_L event についてはどちらかが含まれていれば抽出することとする。これらを踏まえてステップごとに抽出される方式と分解木のパターンを図2に示す。ここで、図2中①は深層的学习活動概念に対応する学習活動を含む I_L event, ②は表層的学习活動概念に対応する学習活動を含む I_L event, ③は教授活動概念に対応する教授活動を含む I_L event を示すノードであることを意味している。

3.2 授業全体の I_L event 分解木候補の生成

抽出されたステップごとの方式と分解(部分)木の候補を、以下の規則に従ってボトムアップに組み合わせて考えられるすべての分解木を構成していく。

- 階層構造の左側にはより早いステップに対応するノード(I_L event)が位置づく
- ある I_L event の子孫ノードには、より早いステップに対応するノードのみが位置づく

後者の規則について補足説明すると、あるステップに対応する I_L event が、より後のステップに対応する I_L event によって実現されることは、分解木の原理からは考えられないことを示している。ここで、FIMA の現バージョンで生成される分解木には、必ずしも教師が設計した授業のすべてのステップに対応する方式が含まれるわけではない。これは、FIMA が教師の設計意図を推論し分解木を生成するための基となる方式が現時点で 110 個であり、これらがすべての教授・学習の戦略を網羅しているわけではないからである。

3.3 類似度の計算と I_L event 分解木の決定

前節までに述べた方法で抽出される I_L event 分解木の候補数は、6 ステップほどの授業で 1,000 以上となることが多い。これらの候補から設計された授業に関連した分解木を教師に提示するために、本研究では各分解木について類似度を計算する。本研究では類似度として以下の 3 つの観点から考慮する。

- 授業の流れのステップのうち、対応する方式が分解木に含まれているステップの割合。
- 各ステップで教師に選択された FIMA の概念のうち、対応する OMNIBUS の概念が分解木に含まれている FIMA の概念の割合。
- 分解木のリーフノードのうち、授業に対応しているノードの割合。

この 3 つの観点について、さまざまな学習指導案に対して出力される分解木を分析しながら、現在は試験的に 2:1:1 の重みを設定し、最初の観点をより重視している。そして、抽出される分解木の候補のうち、この方法で

計算される類似度が高い 3 候補を決定し教師に提示する。

3.4 生成される I_L event 分解木の構成

ある教師が設計した学習指導案を FIMA に入力した時に実際に提示された I_L event 分解木の例を図3に示す。この例では、Gagne's I-Theory や Component display theory などの理論と実践から抽出された 9 の方式を含んだ分解木が生成された。分解木は色分けされた 2 種類のノードで構成されている。1 つは設計された授業に対応するステップがある I_L event を示すノードであり、図中①の部分はその例になる。この種のノードの場合はノードの右上に対応する授業のステップ番号が提示される。もう 1 つは、設計された授業に対応するステップがない I_L event を示すノードであり、図中②の部分はその例である。教師はこの 2 種類のノードによって、自身の設計した授業に関連するノード、授業には含まれていない、または明示していないノードについて確認することができる。本研究では、教師によるこの確認作業が、授業に対する他者の意見・認識と自身の設計意図を比較するのと同等の役割を果たし、文脈的観点からの深い内省へとつながることを期待する。さらに、提示される I_L event 分解木では図3中②で示した種類のノードについては、クリックすることで以下の 2 種類のメッセージが提示される。

- リーフノードの場合、設計された授業にないこのノードと関連する学習活動を追加することを他者の意見として提案(図中③)
- それ以外のノードの場合、その下位ノードに含まれるステップにおいて、このノードと関連する深層的学习活動を教師の意図としているかを問いかね(図中④)

教師は FIMA 上での授業設計中いつでも I_L event 分解木の生成を要求することができる。教師は、設計中の授業に対する他者の意見・認識として動的に生成される、分解木とこのようなメッセージを参考にしながら、授業設計を進めていく。これらの支援情報を基に実際に学習指導案へ反映させるかどうかは、教師自身が判断することになる。

4. 実践活用を通じた有効性評価

本研究では、2 人の教師と協力して FIMA の実践活用を通じた有効性評価を行った。本来 FIMA は、教師の授業設計プロセスを動的に支援することを目的としている。しかし、本稿で詳述した機能は設計された授業全体の流れを自動解釈して支援することが主目的となる(授業の流れの一部を自動解釈・支援することも可能ではある)。また、領域独立性を評価することも考慮して、今回はさまざまな教科(5 教科:国語, 算数, 理科, 社会,

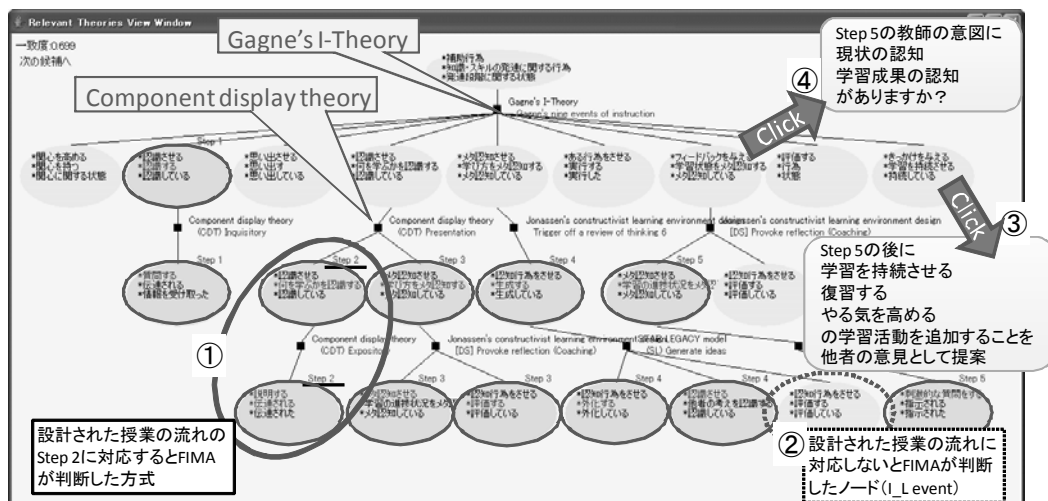


図3 生成された I_L event 分解木の例とその構成

体育)からすでに完成している 8 本の実際の学習指導案(2 人の教師がそれぞれ 4 本)を評価対象とした。これらの学習指導案の FIMA への入力、現時点では教師が FIMA の操作方法や活動概念の理解が十分でないこともあり、試験的に本論文の第 1 著者が適宜助言をする形式で、2 人の教師に FIMA の活動概念への置き換えと FIMA への入力をしてもらった。そして、その結果出力される I_L event 分解木の適切性と、この分解木に基づいた授業設計支援の効果を評価した。ここで、教師には学習指導案ごとに 3 つの I_L event 分解木が提示されるが、実際の活用場面では教師はそこから最も参考になるだろう分解木を選択して活用することを想定している。そこで今回は、教師自身が選択した 1 つの分解木について分析と評価を行った。生成・選択された I_L event 分解木の分析結果を表 1 に示す。

まず第 1 の評価観点について、生成される I_L event 分解木は他者の意見としての位置づけであるため、元となる学習指導案と完全に一致する必要はない。しかし、授業全体の構造がある程度対応していなければ参考にできる他者の意見とはならない。そこで、生成された I_L event 分解木が実際の学習指導案とどの程度対応しているかを評価した。8 つの学習指導案に対して教師自身に選択された分解木の総ノードのうち、FIMA によって元の学習指導案と対応していると判断されたノードは 47.9%しかなかった。しかし、FIMA が対応関係を判断できるのは FIMA に入力される表層に近い教授・学習活動に対してのみであり、前章で述べた分解木生成のプロセスで追加される仮想 I_L event のノードの対応関係については判断できない。そこで、授業設計者である 2 人の教師に分解木の各ノードが設計した授業と明示的にまたは暗黙的に関連しているかどうかを質問した。ここで関連しているノードとは、設計された授業と一致しているノードだけではなく、設計された授業に関しての他者による別の意見や認識と捉えることができるノードも含んでいる。その結果、87.9%のノードが設計した授業と関連しているという回答が得られた。この結果から、本研究で提案する手法によって教師が設計した授業に対して本研究の目的に合致した I_L event 分解木を自動生成できていることが示された。

さらに授業設計支援としての効果の評価として、2 人の教師に I_L event 分解木の各ノードについて、設計した授業の内容や意図に対する認識の変化につながったかどうかを質問した。その結果、授業設計時は意識していなかった設計意図を明確に意識することにつながったノードが全体の 27.4%存在した。このような設計意図の明示化は、教師が文脈的思考を促された結果であり、より良い授業実践につながることを期待できる。また、教師が学習指導案を改善しようとするきっかけになったノードが全体の 10.0%存在し、1 つの学習指導案に対して平均で 2.4 箇所の改善点の発見を促すことができた。その具体例を 1 つ紹介する。図 3 で示した I_L event 分解木は、小学校 6 年生の算数の学習指導案に対して提示された分解木である。この授業は Step 5 までの授業だったが、図 3 中③に示したノードと提示されたメッセージによって、次の時間につながるような学習活動の重要性に気づき、Step 6 として新たな課題に気付かせ興味を持たせるような教授・学習活動を追加する修正につながった。これらの結果から、本稿で提案した I_L event 分解木の自動生成とそれに基づく支援が、教師の文脈的思考を促し、授業改善につながる支援として効果的に機能することを示すことができた。また今回の評価では、2 人の教師によるさまざまな領域を対象とした 5 教科の学習指導案すべてで同様の評価結果が得られた。

このことから、FIMA が対象領域の特性に依存することなく授業設計支援として効果的であることを示すことができた。

5. おわりに

本研究の関連研究として SMARTIES がある。SMARTIES は、OMNIBUS オントロジーに基づいて学習・教授シナリオの設計を支援することを目的としている。SMARTIES では、教師は自身の授業の設計意図を深く内省しながらトップダウンに I_L event 分解木を生成していく。SMARTIES は、その支援として教授学習理論や過去の実践から抽出された方式を提案することができる。このアプローチの問題点は、教師が通常明確に意識しない深層レベルで授業設計しなければいけない点にある。このような設計には、教師の多次的・文脈的思考が必要である。そのため、これらの思考ができる熟練教師には有効であるが、初心教師には非常に困難である。

これに対して本研究の FIMA は、教師が通常設計する学習指導案から教師の設計意図を推論し、自動的にボトムアップに I_L event 分解木を生成することができる。この分解木によって、教師が暗黙的に持っている、または意識できない深層レベルの設計意図を表出化させることを目的とする。このアプローチは、初心教師でも容易に参加することができる。また、本研究による支援は提示されるメッセージも含め教師に何が適切かを示すような直接的な提案はしないことも特徴の 1 つである。これは、エキスパートシステムのように適切な解を提供する支援は、教師が成長するための経験を奪うことにつながると考えられるからである。これらを踏まえ本研究における支援は、あくまで教師自身が主体となりその適切な観点からの思考を促すことによって、教師自身に何が適切に気付かせることを目的としている。本研究のように、教師が設計した学習指導案を深層レベルの教師の意図まで自動解釈し、教師を支援する研究は他に例がなく、本研究の意義は高いと考えている。

参考文献

- [佐藤 1991] 佐藤学, 岩川直樹, 秋田喜代美: 教師の実践的思考様式に関する研究(1): 熟練教師と初任教師のモニタリングの比較を中心に, 東京大学教育学部紀要, 第 30 巻, pp.177-198.
- [千々布 2005] 千々布敏弥: 日本の教師再生戦略, 教育出版.
- [林 2009] 林雄介, Jacqueline Bourdeau, 溝口理一郎: 理論の組織化とその利用への内容指向アプローチ—オントロジー工学による学習・教授理論の組織化と Theory-aware オーサリングシステムの実現—, 人工知能学会論文誌, 24(5), pp.351-375.
- [Fernandez 2002] Fernandez, C.: Learning from Japanese approaches to professional development: The case of lesson study, Journal of Teacher Education, 53(5), pp.393-405.
- [Kasai 2009] Kasai T., Nagano K., and Mizoguchi R.: An Ontological Approach to Support Teachers in Designing Instruction Using ICT, Proceedings of ICCE2009, pp.11-18.
- [Lewis 1997] Lewis, C., Tsuchida, I.: Planned educational change in Japan: The shift to student-centered elementary science, Journal of Educational Policy, 12(5), pp.313-331.
- [Stigler 1999] Stigler, J. W., Hiebert, J.: The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom, The Free Press.

表 1 生成された I_L event 分解木の分析結果

	授業のステップ数	分解木に含まれるステップ数	総ノード数	対応するノード数 (FIMA判断)	関連するノード数 (被験者判断)	明示化されたノード数	改善点を見つけたノード数
選択された8分解木の平均	6.1	5.1 (83.7%)	23.8	11.4 (47.9%)	20.9 (87.9%)	6.5 (27.4%)	2.4 (10.0%)
						8.9 (37.4%)	