

# 問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システム

大野 寛季<sup>\*1</sup>, 林 佑樹<sup>\*1</sup>, 瀬田 和久<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

## Research Meetings Reflection Support System to Prompt Meta-cognition of Inquiries

Hiroki ONO<sup>\*1</sup>, Yuki HAYASHI<sup>\*1</sup>, Kazuhisa SETA<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

創造的な課題解決においては、思考の論理構造を精査する「問い」を自発的に産出できることが肝要である。一方で、このような問いの考えるべきタイミングや重要性を吟味し、自身の思考文脈に位置づける活動（問いのメタ認知）を意識的に実践する機会は多くはない。学術研究ミーティングの場では、自己内対話を通じて十分に洗練した成果物を議論するが、それでもなお指導者から指摘（問い）が与えられることは少なくない。そこで、自己内対話と同型な議論（他者対話）に着目し、指導者の指摘（問い）産出プロセスを推定することで、自己内対話を洗練できると考える。本研究では、議論で受けた問いを起点として、問いの構造的な理解についての認知活動（モニタリング）を促し、その問いを自身の思考文脈に位置づける（コントロール）活動、すなわち、問いのメタ認知を促すリフレクション支援システムを提案する。

キーワード: 問いのメタ認知, 議論リフレクション支援, 自己内対話と他者対話

### 1. はじめに

研究活動といった創造的な課題解決の場では、思考を精査する「問い」を自ら産出することで、主張の論理構造を洗練していくことが肝要である。例えば、研究活動では、「研究目的を考える」際には、「学術的背景に対して合理的な目的を設定できているか？」という問いを産出することが望ましい。一方で、研究初学者による、自己内で完結した問い-回答のサイクルだけでは、必ずしも検討すべき問いを十分に産出できるとは限らない。

学術研究ミーティングの場（以下、研究 MT）は、研究初学者の自己内対話を通じて産出された成果物（研究資料、開発システム、実験計画など）について、議論（他者対話）を通じて、初学者だけでは産出できなかった問いかけを意識の俎上に載せる格好の機会である。高等教育の場では、こうした議論を通じて、指導者からの指摘の意義を吟味し、自己内対話の中で産

出可能な問いとして内化するメタ認知的学び（問いのメタ認知）の重要性に注目が集まっており<sup>(1)</sup>、指導者の問いかけの一般化を支援する枠組みの実現が課題となっている。

例えば、「学習支援システムに実装すべき機能」について、検討したことを発表・議論する研究 MT で、初学者が「システムが学習者の達成すべき活動を全て代行している案」を提案した場合を考える。この提案機能は単体で見れば便利で有用な機能である一方で、本来実装すべきシステム機能は「学習目標としての学びの実現のために、学習者が達成すべき活動の困難性の一部を軽減する機能」に接近することを目掛けたものであり、必ずしも妥当な機能の提案とは言えない。しかし、このことについて初学者自身は事前に考えを巡らせられていないため、指導者からの「ただの便利ツールになっていないか？」という問いに答えられない。このとき、与えられた問いを無批判的に受け入れ、「便利ツールではいけない」という字面上の指摘のみを意

識する初学者は、「便利ツールにしないために、学習者へのサポートは無くす」という短絡的な思考に陥り、指導者の意図した「システム機能と実現したい学びの合理性を考える必要性」に気づけないまま、次の研究 MT でも的を射ない提案を続けてしまいかねない。また、たとえ初学者が指導者の意図を読み取ろうと意識していたとしても、その意図を「学びのための学習者が達成すべき活動はできるだけ負荷を与えなくてはならない」といった指導者の意図とは異なる捉え方をしてしまうことが少なくない。

こうした思考の齟齬を極力減らし、創造的な議論を活性化させるためには、「なぜ指導者は、システム機能を考えてときにそのシステムがただの便利ツールになっていないかを検討する必要がある、と指摘したのか？」という問いに関する問いを自らに投げかけることで、指導者の問い産出プロセスを体験し、自分自身の考えを洗練していくことが望ましい。また、適切に指導者の問い産出プロセスを意識し、初学者なりに位置づけたその問いの意義を指導者と共有することで、洗練した問いの妥当性を検証していくことが望ましい。

本研究では、こうした暗黙的で意識的な実践が難しい問いの構造的理解についての認知活動（モニタリング）を促し、その問いを自身の思考文脈に位置づける（コントロール）活動、すなわち、問いのメタ認知を促すことを目掛けた議論リフレクション支援システムを提案する。

## 2. 問い産出の活性化指針

### 2.1 指摘に基づく問いのメタ認知の困難性

表 1 に研究 MT 前の自己内対話と研究 MT 後の指摘を起点とした問いのメタ認知の困難性とその要因をまとめる。創造的な課題解決における自己内対話では、考えるべき問いが充実していることが望ましい<sup>2)</sup>。しかしながら、研究初学者にとって、自己内対話時に産出すべき問いへ意識を向けることは難しい (D1)。また、初学者は研究 MT 後に指導者から受けた問いを鵜呑みにしてしまい、指摘（問い）の構造的理解の必要性を捉えられず、目先の研究内容の修正にだけ意識が向いてしまうことがある (D2)。また、たとえ問いの構造的理解の必要性を捉えていたとしても、適切に理解できず、指導者の意図とは違った解釈をしてしまうことがある (D3)。

### 2.2 困難性軽減に向けた要件

表 1 の困難性の軽減のための要件を示す。

#### 要件 1：思考文脈に沿った産出すべき問いを認識できる

研究初学者は自己内対話時に産出すべき問いを意識できないまま、研究 MT に臨んでしまい、指導者が発する問いも振り返るに足らない基本的なダメ出しといった無意味な指摘になってしまうことがある。指導者から受けた問いの振り返り活動を有意義なものとするためには、ただ無作為に問いを産出するのではなく、自身の思考文脈において産出すべき問いを議論前に自己内対話時に産出しておく必要がある。そこで、思考文脈に適した考えるべき問いを自己内対話時にある程

表 1 自己内対話・問いのメタ認知における困難性の要因

タイミング	困難性	要因	困難性軽減策
議論前	自己内対話の実践	D1：産出すべき問いを意識できない	思考文脈に沿った産出すべき問いを認識できる
議論後	指摘（問い）を起点とした問いのメタ認知の実践	D2：指摘（問い）の構造的理解の必要性を意識できない	指導者の指摘産出プロセスを意識できる（モニタリング）
		D3：指摘（問い）の構造的理解を内化できない	適切に問いを自身の思考文脈に位置づけられる（コントロール）

度認識できることが求められる (D1 軽減).

### 要件 2: 指導者の問い産出プロセスを意識できる

自己内対話では、産出すべき問いを意識し、その問いを考えるタイミングや重要性を判断することが重要である。このような問いに関する吟味を洗練するためには、問いの構造的理解が必要となるが、学習者の問いの理解が表面的な理解に止まってしまい、構造的に捉えられないことがある。そこで、研究 MT での指導者からの指摘 (問い) を起点として、指導者の指摘 (問い) 産出プロセスを意識できることが求められる (D2 軽減).

### 要件 3: 適切に問いを自身の思考文脈に位置づけられる

学習者が受けた問いの意義を構造的に内省し、適切に自身の思考文脈に位置づけることで、今後の研究活動において産出すべき状況にあったとき、内化した問いを適用することができ、課題解決力が向上すると考える。しかしながら、内化した問いが指導者の意図と異なっていた場合、問いを適切に産出できないことがある。そこで、学習者が問いを適切に自身の思考文脈に位置づけられることが求められる (D3 軽減).

また、これらの要件を満たすために、研究活動での自己内対話-他者対話の循環活動に沿った支援が求められる。

## 3. 指摘の内化を促す振り返り支援の枠組み

### 3.1 先行研究: 研究 MT に臨む前の自己内対話を促す思考整理支援の枠組み

2.2 節で挙げた要件 1 の実現に向けて、本研究で採用する先行研究について述べる。

#### 3.1.1 研究遂行活動における自己内対話支援システム

森ら<sup>(3)</sup>は、研究遂行活動の文脈で産出すべき「問い」を規定し、研究初学者の研究活動文脈に沿った形で提示することで、学習者の自己内対話の状況に応じて適応的に提示する思考整理支援システムを提案している (図 1)。これにより、問い産出への意識が不十分な初学者であっても、研究 MT に臨む前の自己内対話を活性化できるようになることを意図している。

このシステムでは、学習者は、考えるべきだと思う問いとその問いに対する回答の連鎖の形式 (マインド

マップ<sup>(4)</sup>形式) で視覚的に自己内対話に取り組むことで思考を整理する。このとき、考えるべきだと思う問いを、システムから提示される問いの一覧からの選択、もしくは新たに自作することによって図 1 に示す青色のノード (問いノード) として、回答を問いノードに連なる橙色のノード (答えノード) として表現する。

システムは内部に「“研究目的はなにか” を考えるときにはまず、“背景はなにか” を考える必要がある」といった、研究活動において考えるべき問いの意味構造が計算機可読な形式で規定した概念定義 (研究遂行活動オントロジー<sup>(5)</sup>) を備えており、学習者が考えるべきにもかかわらず選択できていない、つまり考えられていない可能性がある問いを捉える事ができるようになっている。例えば、「研究目的はなにか?」という問いを一覧から選択し、検討している学習者に対して、その思考の前提として必要だと定義されている「研究背景はなにか?」という問いの産出を提案する仕組みを備えている。

本研究では、この仕組みを活用し、研究 MT 前後での学習者の自己内対話の状態を捉えるとともに、指導者からの指摘の意義をヒト・計算機双方に了解可能な形式で規定し、必要なときに適応的に問いを推薦する

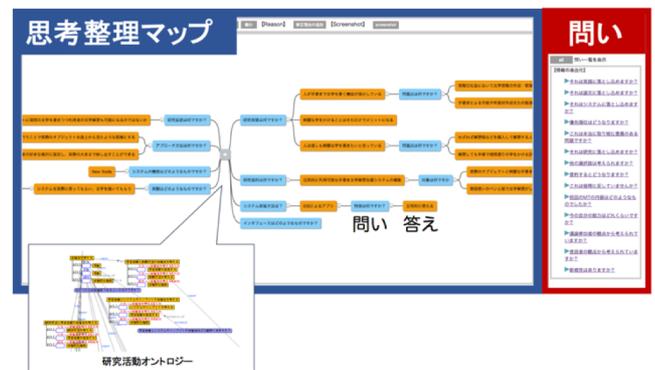


図 1 思考整理支援システム

図 2 自己内対話リフレクション

仕組みを開発する。

### 3.1.2 自己内対話リフレクション支援システム

吉岡ら<sup>6)</sup>は、3.1節で述べた思考整理支援システムを活用し、同システム上での学習者の操作系列から学習者の思考過程を推定し、研究MTに臨む前に、その妥当性に関する振り返りを促すリフレクション支援システムを提案している(図2)。

このシステムは、例えば、「評価方法はどのようなものですか?」という問いの前提として考えるべきだと定義されている「評価者はどのような人を想定していますか?」という問いが思考整理支援システムから提案されているのにも関わらず、この問いを学習者が使わず、検討しなかった場合、図2上部に示すフィードバックを提示する。このフィードバックは、学習者に、該当する問いについて考える必要性に意識が向いていたか、もし考えていなかった場合には、その問いについて今後考えるつもりがあるかを尋ねるものとなっており、学習者自身が対象の問いを重要だと認識しているかの明示的な振り返りを課題化するものである。これにより、学習者による問いの重要性に関する認識を促すとともに、その意思決定の過程を記録し、研究MTの前に、検討すべきだと考えられる問いについての振り返りを促す仕組みとなっている。

本研究では、この仕組みを発展的に拡張することで、研究MTの後、指導者から提起された指摘(問い)に対する学習者の重要性認識を捉え、不備があった場合には、その意識づけを促す仕組みを開発する。

## 3.2 アプローチ：研究MT後に指摘の内省を促す問いのメタ認知支援の枠組み

### 3.2.1 問いのメタ認知を促す研究活動サイクル

要件2と要件3を満たす学習機会の実現のため、本研究で提案する問いのメタ認知を促す研究活動サイクルを図3に示す。本サイクルは次の①～④の4フェーズで構成されている。

#### ① 自己内対話による思考整理

学習者は議論前に思考整理支援システム(3.1.1節)と自己内対話リフレクション支援システム(3.1.2節)を用いて、自身が十分だと思えるまで自己内対話を繰り返し、研究活動における思考を整理する。

#### ② 研究MTにおける内容の議論

事前に整理した内容を意思決定の理路と共に指導者に共有し、議論する。

#### ③ 指摘に基づく理路の振り返り

指導者から受けた指摘に基づき、自身の理路や思考の不備を修正する振り返り活動を実施する。このとき、学習者は指導者から受けた指摘に対応する研究内容の修正に加え、指導者の指摘(問い)産出プロセスを自身の修正活動から意識する。このときシステムは、自己内対話時の問いの意識レベルを検知することで、構造的理解の必要性への意識を促すための教示を提示する(要件2の充足)。また、学習者が問いリストにない(研究遂行活動オントロジーに定義がない)問いを指摘に基づいて作成していたことを検知した場合、自分自身で問いの意義を研究遂行活動オントロジーに規定する活動を促すことで、



図3 問いのメタ認知を促す研究活動サイクル

表 2 指摘に対応する問いの意識レベルを捉える学習モデル

指摘に対応する問いを 自己内対話時に意識にあげたか	問いの見立て		学習者の状況
	重要性の認識	取り組むタイミング	
意識が上がった	取り組むべき	いま	適切に考えられている
(a)意識が上がった	取り組むべき	あとで	問いを考えるべきだとは認識している がタイミングが妥当でない
(b)意識が上がった	取り組まなくていい	—	問いの重要性に関する認識が 妥当でない
(c)意識が上がらなかった	—	—	

問いの重要性や検討すべきタイミングを明示的、構造的に考え、位置づける課題に取り組ませる。

- ④ 問いの定義（問いのメタ認知結果）に関する議論  
学習者が定義した研究遂行活動オントロジーを参照しながら、前回の研究 MT で指導者が提示した指摘（問い）についての構造的理解の妥当性を議論する。この議論の実施によって、指導者の指摘（問い）産出プロセスや思考文脈に位置づけた問いの妥当性の検証が実現できると考えられる（要件 3 の充足）。

本研究では、これらの研究活動サイクルの実践を通じて、研究遂行活動の文脈で検討すべき問いのメタ認知を促すことを狙いとしている。

### 3.2.2 問いのメタ認知を促す教示

表 2 は、指導者から受けた指摘（問い）の意識レベルを捉える学習者モデルを示している。ここでは、学習者が自己内対話時に意識できていたか、その問いの重要性を正しく認識できているか、取り組むべきタイミングを理解できているかという 3 つのパラメータに着目し、問いの意識レベルに対する学習者の認知状態を規定している。ここでは、問いを自己内対話時に意識の俎上にあげ、問いのタイミングや重要性といった問いの見立ても正確な場合、学習者は問題なく問いを吟味できていると考えられる。

そこで本研究では、問いの見立てが不適切である状況、および問い自体が意識に上がらなかった状況に対して、指導者の指摘意図の検討（メタ認知）を促す教示を与える

#### (1) 問いの思考タイミングの認識に不備がある場合

表 2(a)は、問いの見立てでは、重要性の認識はできていたものの、問いの構造を意識できておらず、取り組

むタイミングを後回しにしてしまい、指導者から指摘（問い）を受けた状況である。このような状況の学習者には、「なぜ取り組むタイミングが今でないといけなかったのか」といった観点での振り返りに資する教示を与えることで、どのようなときにその問いに取り組むべきかという、思考タイミングへの意識づけを促す。

#### (2) 問いの重要性の認識に不備がある場合

表 2(b) は、研究 MT 前には、問いの重要性が認識できておらず、考えるべきなのにも関わらず、考える必要はないと判断してしまい、指導者からの指摘（問い）を受けた状況である。また、表 2(c)の学習者は、指導者から与えられた問いに関して、全く意識に上らなかった状況を示している。このような状況の学習者には、「なぜこの問いは取り組むべきなのか」といった観点での振り返りに資する教示を与えることで、その問いがいかに重要かということへの意識づけを促す。

### 3.2.3 問いの吟味状態推定指針

学習者の問いの意識レベルを捉えるためには、学習者の議論前の自己内対話時の問いの意識レベルの把握と議論後の思考の修正活動の結果を捉えられることが求められる。本研究では、自己内対話リフレクション支援システムによって、議論前の自己内対話における問いの吟味を明示的に課題化させており、問いの重要性に関する自己認識を捉えることができる。そこで、本システムで、議論後の思考の修正活動の結果を捉えられることで、学習者の問いの意識レベルを検知することが可能となる。

例えば、研究 MT 前に、自己内対話リフレクション支援システムによって、「評価方法は何か」を考える際に「評価方法が学習者に与える影響は何か」を考えましたか？」と提示された際に、その問いを考

えなかったが、今後も考える必要はないと吟味していた学習者を想定する。研究 MT での指導者から受けた「評価項目が学習者に学ばせたいことに対して、正に寄与する可能性はないか？」といった指摘（問い）から、学習者は研究 MT 後に思考整理マップにて、「評価方法が学習者に与える影響は何ですか？」という問いノードを作成した記録から検知することで、学習者がこの問いの重要性の認識に関して不備があったことを捉えることができる。

また、指導者の指摘（問い）が、学習者の意識できなかった問いであった場合は、思考整理支援システムの問いリストにない、すなわち、研究遂行活動オントロジーに規定されていないため、自己内対話リフレクション支援システムで問いの吟味を促すことができない。そこで、研究 MT 後に学習者が修正した問いノードが、研究遂行活動オントロジーに定義されていないことから概念化すべき問いを作成したことを検知できる。その際、学習者にはその問いの意義を振り返らせ、指摘（問い）をオントロジーに概念化させることで、自身の思考文脈に位置づける活動を促し、問いの重要性を認識させる。

次にこれらのアプローチを具体化したシステムに

ついて説明する。

#### 4. 問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システム

3章で述べたアプローチを具体化し、研究 MT 後の学習者の研究内容の修正活動から学習者の状況を特定し、その状況に適したフィードバックによって、適切な問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システムを開発した(図 4)。本システムは、Web アプリケーションとして開発され、思考整理マップ表示エリア(図 4 緑枠)、指摘入力エリア(図 4 青枠)、フィードバック提示エリア(図 4 赤枠)から構成されている。

学習者は、まず研究 MT 中に指導者から受けた問いを指摘入力エリアに入力し、検討すべき問いを顕在化していく。入力した各問いの横にはラジオボタンが表示されており、その問いについて検討中であることを示すボタン（検討中ボタン）を起動した状態で思考整理マップを修正すると、その問いに関する振り返りの過程が操作ログとして記録される仕組みになっている。十分に振り返ることができたと判断した問いは、検討済ボタンを起動し、全ての問いについて検討済になる

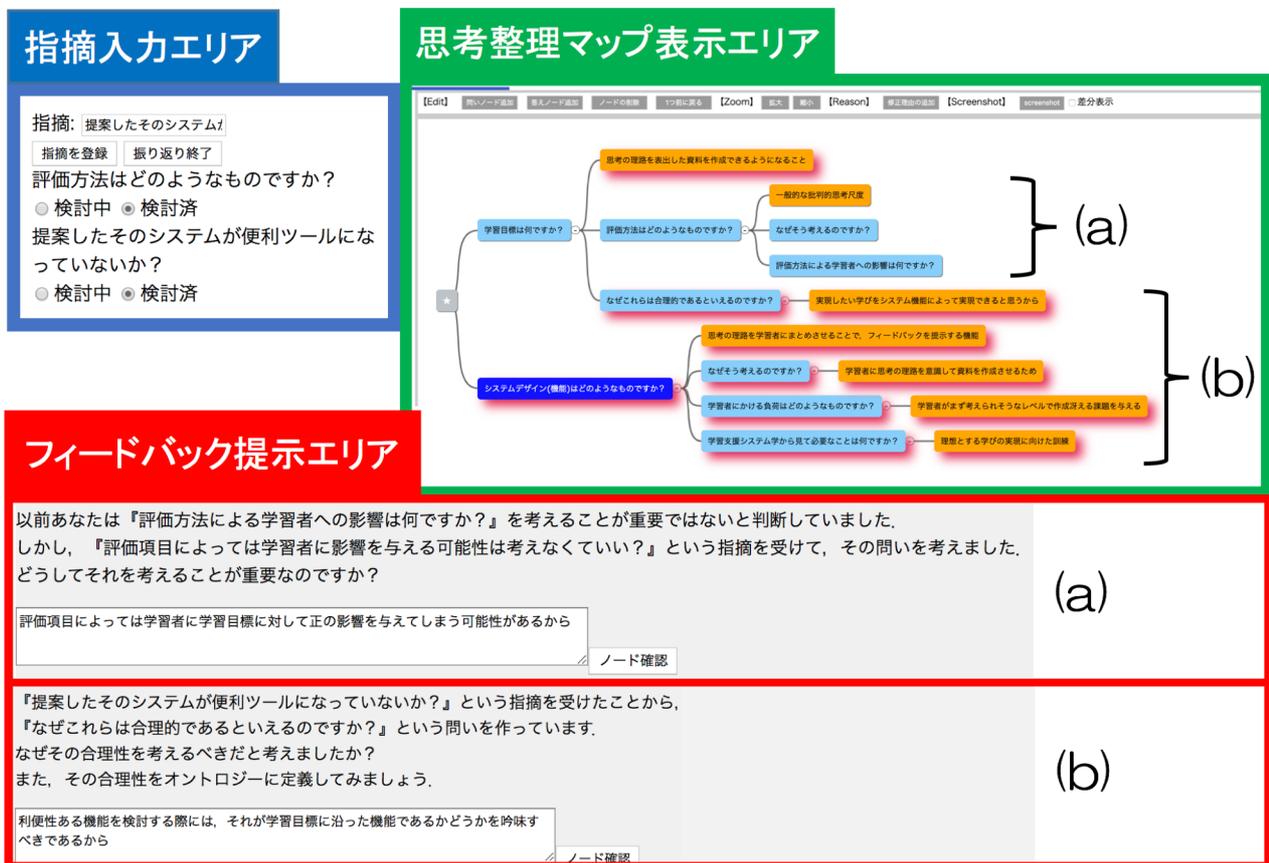


図 4 システムインタフェース

まで振り返り課題が続くようになっている。

研究内容の修正後には、その修正活動と自己内対話リフレクション支援システムでの問いの意識レベルの齟齬を検知し、システムから図4赤枠に示すような問いのメタ認知を促すフィードバックが提示される。

例えば、研究MT前の学習者は「評価方法は何ですか？」を考えた際に、システムに推薦された「評価方法が学習者に与える影響は何ですか？」といった問いを重要性しなかったにも関わらず、指導者からの「評価項目によっては学習者に影響を与える可能性を考えなくていいの？」という指摘を受け、「評価方法による学習者への影響は何ですか？」という問いノードを作成する。本システムは、その問いの研究MT前の意識レベルと研究MT後の問い修正活動結果の齟齬から、「どうしてその問い（評価方法が学習者に与える影響は何ですか？）を考えると重要なのですか？」というフィードバック（図4(a)）と指摘（問い）に基づいた修正活動に関するノードのハイライトを提示することによって、学習者に「評価方法を考える際には、評価項目自体が学習者の学びに対して正の影響を与えてしまう可能性があるため、評価項目を厳選して考える必要がある」といった問いの構造的理解を促す（D2の軽減）。そして、内省した問いの構造を次回の研究MTで指導者と共有することで、その妥当性を検証し、適切に自身の思考文脈に位置づけ、次回以降産出できる問いとしてレディネスを高めることができると考えられる（D3の軽減）。

ここで、研究遂行活動オントロジーに規定されていない問いは、自己内対話リフレクション支援システムでの問いの吟味結果を得られないため、学習者が指摘に基づいた修正活動時に、研究遂行活動オントロジーに規定されていない新たな問いを作成したことをトリガに指摘（問い）の概念化を促すフィードバックを提示する。このとき、陽に支援することはできないが、フィードバックの提示によって、問いの構造的理解内容を議論の俎上に載せることに特に意味があることであると考えている。

例えば、学習者が、「学習支援システムは便利ツールになっていないか？」という受けた指摘（問い）を起点とし、思考整理マップ上の「システムデザインは何ですか？」と「学習目標は何ですか？」に対して「な

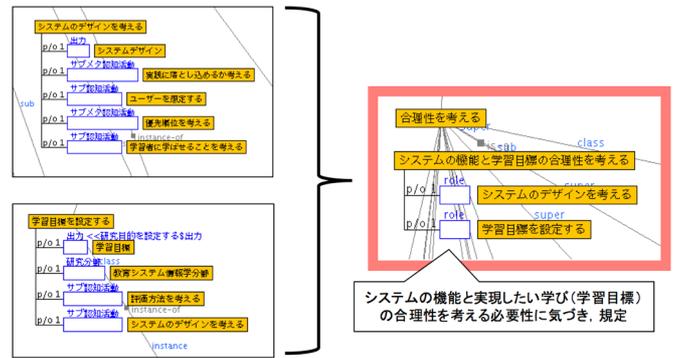


図5 指摘（問い）の概念化

ぜこれらは合理的であるといえるのですか？」を作成したとする。この合理性は研究遂行活動オントロジーに規定されていないことを検知したことをきっかけに、システムは「なぜその合理性関係を考えるべきだと考えましたか？」というフィードバック（図4(b)）を提示する。学習者はそのフィードバックと指摘（問い）を元に修正した思考表出マップ上のノード群を振り返る。ここで学習者は、「学習支援システムを考える際には、学びが生じる程度で、学習者の達成すべき活動における困難性の軽減策を考える必要性」を捉え、そこから「学習支援システム開発では、理想の学びの実現に向けて、システムが学習者の活動を代行するのではなく、学習者の活動を適度に支援し、学びを獲得させることが重要である」といった「学習目標」と「システム機能」の合理性を考える必要性に気づくことによって、構造的理解へ意識を向けた振り返りのきっかけを与えることができると考える（D2の軽減）。それに加えて、学習者が内省した「学習目標」と「システム機能」との合理性を考える」という思考構造をオントロジーエディタ（法造<sup>7)</sup>を用いて概念化する（図5）ことで、暗黙的な思考構造を明示的に表現する。表現した思考構造を次回の研究MTの俎上に載せることで、適切に自身の思考文脈へ位置づけることができる（D3の軽減）。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、問いのメタ認知における困難性を軽減するため、学習者の問いの意識レベルを検知し、その意識レベルに応じて問いの考えるべきタイミングや問い自体の重要性に関するモニタリングを促すことを狙いとしたフィードバックを実現した。また、このよう

にして指導者から受けた指摘（問い）の意義を捉えた後、その妥当性の検証のため、指摘（問い）の理解に関する研究 MT を実施した。このようにして、指導者から受けた指摘（問い）を起点とした問いのメタ認知を促す議論リフレクション支援システムとその学習の枠組みを示した。

システムの実践利用を通じて、提案手法が指摘の理解深化に寄与しうるかを評価するとともに、中長期的な利用を通じて、指摘の内化が起こりうるかを確認していく。

## 参 考 文 献

- (1) 三宮真智子:”メタ認知: 学習力を支える高次認知機能”, 北大路書房, (2008)
- (2) 高橋純一, 渡辺文夫: “人間科学-研究法ハンドブック”, ナカヤニシヤ出版, 京都, (1998)
- (3) Mori, N., Hayashi, Y., and Seta, K.: “Ontology Based Thought Organization Support System to Prompt Readiness of Intention Sharing and Its Long-term Practice, The Journal of Information and Systems in Education”, 18(1), pp.27-39 (2019)
- (4) トニー・ブザン(著), 神田昌典(訳): “ザ・マインドマップ”, ダイアモンド社 (2005)
- (5) 溝口理一郎, 来村徳信, 古崎晃司: “オントロジー構築入門”, (2006)
- (6) 吉岡菜里子, 林佑樹, 瀬田和久: “ill-defined な問題解決プロセスのリフレクション支援システム”, 人工知能学会第 85 回先進的学習科学と工学研究会, pp.31-36 (2019)
- (7) 古崎晃司, 来村徳信, 池田満, 溝口理一郎: “「ルール」および「関係」に関する基礎的考察に基づくオントロジー記述環境の開発”. 人工知能学会論文誌 第 17 卷, 第 3 号, pp.196-208 (2002)