

学習理論に基づく協調学習グループ構成のための学習目的オントロジー

稲葉 晶子[†] ThepchaiSupnithi[†] 池田 満[†] 溝口理一郎[†]
豊田 順一[†]

Learning Goal Ontology for Making Collaborative Learning Group Supported by Learning Theories

Akiko INABA[†], Thepchai SUPNITHI[†], Mitsuru IKEDA[†], Riichiro MIZOGUCHI[†], and Jun'ichi TOYODA[†]

あらまし 本研究の目的は、協調学習中に行われる相互作用の形態とそこで期待される学習効果の妥当性を保証する学習理論とを整理し、個人の学習目的達成のために効果的な協調学習グループの構成を明らかにすることである。これにより、学習理論で暗黙に仮定される学習グループ構成や相互作用の差異が明確になり、学習者の目的に応じて、学習理論に保証された学習グループを構成することが可能になった。

キーワード 協調学習, 学習理論, オントロジー, グループ構成, 学習目的

1. はじめに

近年、分散環境下での協調学習を支援する CSCL (*Computer Supported Collaborative Learning*) の研究・開発が活発に行なわれている [36]~[40]。これは複数の学習者が相互作用を通じて協調的に問題解決を行う過程を支援するグループ型の学習支援システムである。協調学習の有効性を示唆する理論的背景は、Sociocultural theory [33], [34], 発達最近接領域 [34], 構成主義 [4], [11], Self-regulated learning [14], [30], 状況学習 [22], [23], 認知的徒弟制 [7], Cognitive flexibility theory [31], [32], 観察学習 [2], 分散認知 [29] などその学問領域も教育学, 心理学, 社会学と多岐に渡る。これらの理論に基づいて、協調的な学習プロセスを通じた様々な学習効果が期待される。しかしながら、学習目的とそれを達成するために必要な相互作用やグループ形態との関連については十分に整理されているとはいえない。

本研究の目的は、協調学習中に行われる相互作用の形態とそこで期待される学習効果の妥当性を保証する

学習理論とを整理し、個人の学習目的達成のために効果的な協調学習環境(グループ構成)を明らかにすることである(注1)。協調学習中には、観察, 説明, 教え合いなど他者との様々な相互作用が観察される。協調学習を通じて参加者の得る学習効果は、部分的に他者との相互作用に依存する。参加者に期待する学習効果の妥当性を保証する学習理論に基づいてグループ構成を行うことにより、望ましい相互作用が生じやすい環境を提供することができる。また、構成されたグループを相互作用に基づいて分析することによって、そこで獲得される学習効果を事前に推測し、不足している要素を補うことが可能になると考える。協調学習の有効性を保証する学習理論を、期待される学習効果と相互作用形態という視点から整理することにより、各理論において前提とされる協調学習活動内容の差異についても比較することが可能となる。学習理論に保証される学習グループの構成を分析し、その結果を明示的に表現するために、本研究ではオントロジー工学 [24], [41] の手法を用いる。対象領域における概念と概念間の関

[†] 大阪大学産業科学研究所, 茨木市
The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, Ibaraki, Osaka, 567-0047 Japan

(注1): 本研究の目的は、学習理論の全てをとらえることではなく、学習理論との対応を明確にしながら協調学習グループを構成するのに重要な規約を体系的にまとめる作業を行ったものである。本稿で示すのはその一部であり、構成上の詳細な制約などは紙面の都合で割愛する。

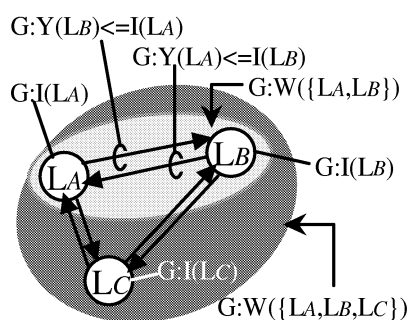


図1 学習目的の分類

Fig.1 Learning Goals in Collaborative Learning Group

係を明示的に表現するオントロジーは、(1) 人間にとって文章よりも明確で厳密な定義を与え、(2) 計算機システムにとって操作可能な形態を提供するため、本研究成果を表現するために適切であると考え、オントロジーに基づいて知識モデルを表現することで、システム構築者は協調学習に関する支援形態や支援機能について適切なモデル化を行うことが可能になる[24]。本研究では、協調学習における概念や概念間の関係を明示的・体系的に記述したものを協調学習オントロジーと呼ぶ。本稿では、特に協調学習の目的に着目し、それを記述する学習目的オントロジーとその構成について述べる。

「有用なオントロジーは利用の目的を明確に意識して設計されるべきである」という考え方がある。しかし、ある利用に特化したもの全てに共通する問題点として、想定された利用（コンテキスト）から少しでも逸脱するとそれが使いものにならなくなるという「脆弱さ」がある。更に、そのようなものは開発者の強い思い入れと目的依存の観点が込められており、他の目的での再利用が困難になる[41]。本稿では、協調学習環境設計のための中核となる協調学習目的オントロジーについてその本質属性の概念に着目して定義し、その利用（コンテキスト）については触れない。

効果的な協調学習グループを構成するためには、(i) 協調学習に参加する学習者の状態と目的、ならびに(ii) 学習目的を達成するために適切なグループの構成を同定する必要がある。(i)については、学習者がITSを用いて個別学習を行っているような状況を想定すれば、人間教師が存在しない場合にも、学習者モデルに基づきある程度同定が可能である[36]。本研究においては、このうち(ii)について述べる。学習理論に基づいて

グループの構成を整理することは、計算機による学習グループの組織化を可能にすると同時に、人間教師にとっても有用であると考え。

以下、2章において協調学習グループを記述するために重要な“学習目的”の分類視点を示す。3章では、学習理論を分析し、各分類に当たる学習目的を同定する。4章においては、グループの構成要素を検討し、5章において各学習者が協調学習中に行う行為とグループ内での役割を整理する。学習目的オントロジーを用いて協調学習グループを構成する手順の例と構成されたグループの例を6章で述べる。

2. 協調学習目的の分類

学習者は、ある目的を達成するために協調学習に参加する。本研究では、協調学習支援システムに関する研究、関連する学習理論、実践報告を広く調査し、協調学習を通じて達成することが期待される目的を抽出した^(注2)。その結果、目的には(a) 学習者個人の知識あるいは認知構造の変化として達成される目的と、(b) 学習者の経験に関する目的が存在することが認められた。すなわち、前者は“新しい知識の獲得”などの学習効果に関する目的であり、後者は“他者に教える経験を”など、どのように学習効果を得るかという経験を示すものである。さらに後者は、(b-1) 相互作用形態の経験と、(b-2) どのような環境に参加するかという経験（グループ参加経験）に分類される。そこで、これらを表現しうる学習目的の分類の指針を設定した。すなわち、学習者の目的を I-goal, $Y \leftarrow I$ -goal, W-goal の3種に分類する。

I-goal : 協調学習に参加する学習者の個人的な学習目的。協調学習活動を通じて学習者が獲得するもの。

$Y \leftarrow I$ -goal : 協調学習中のある学習者 (I) から見た他者 (Y) との相互作用の目的。

W-goal : 協調学習グループを構成する目的。

これらの学習目的は個人的目的と社会的目的の2種に大別される。個人的目的は I-goal 及び $Y \leftarrow I$ -goal によって表現され、社会的目的は W-goal で表現される。 $Y \leftarrow I$ -goal は、I-goal 達成のための他者との相互作用の目的を示す。W-goal は、 $Y \leftarrow I$ -goal 達成のためのグループ構成目的を示す。図1に、例として学

(注2) : 参考文献には、調査した研究のうち本稿で示すオントロジーに関連の深いもののみを示す。

表 1 I 目的
Table 1 I-goals

I-goal	Definition	Sources
Acquisition of Content-Specific Knowledge	To add new knowledge concerning the target domain to existing schemata, to understand it, and then to (re) construct knowledge structure.	[2], [4]~[6], [8], [12], [16], [17], [25], [27]
Accretion		
Tuning		
Restructuring		
Development of Cognitive Skill	To get knowledge concerning cognitive skills such as diagnosing and monitoring, to practice them, and then to refine them.	[3], [4], [15], [29]
Cognitive stage		
Associative stage		
Autonomous stage	To get knowledge concerning metacognitive skills for observing self-thinking process, diagnosing it and regulating or controlling of self-activity, to practice them, and then to refine them.	[9], [14], [26], [30]
Cognitive stage		
Associative stage		
Autonomous stage	To get knowledge concerning the skills for externalizing self-thinking process and presenting the learner's self-perspectives, to practice them, and then to refine them.	[5]
Cognitive stage		
Associative stage		
Autonomous stage		

表 2 Y←I 目的
Table 2 Y←I-goals

Y←I-goal	Definition	Sources
Learning by Observation	Learning indirectly by observing other learners' learning processes	[2]
Learning by Self-Expression	Learning by externalizing self-thinking process, such as self-explanation and presentation.	[5]
Learning by Teaching	Learning by teaching something he/she already knows to other learners	[5], [17]
Learning by being Taught	Learning directly by being taught by other learners	[17]
Learning by Apprenticeship	Learning by observing other learners' behavior and then imitating it.	[7]
Learning by Practice	Learning by applying knowledge or skill to a specific problem	[22], [23]
Learning by Diagnosing	Learning by diagnosing other learners' learning or thinking processes	[6], [18]
Learning by Guiding	Learning by demonstrating knowledge or skill to other learners and guiding the learners	[7]
Learning by Reflection	Learning by rethinking and observing the learner's self-thinking process.	[31], [32]
Learning by Discussion	Learning by discussion with other learners	[10], [26], [29]

習者 L_A, L_B, L_C によって構成される学習グループにおける協調学習目的を示す。 $G : I(L_A)$ は、 L_A の I-goal である。 同様に、 L_B, L_C も各々の I-goal を持つ ($G : I(L_B), G : I(L_C)$)。 L_A, L_B に着目すると、 $G : Y(L_B) \leftarrow I(L_A)$ は L_A から見た L_B との相互作用の目的を示す。 一方、 $G : Y(L_A) \leftarrow I(L_B)$ は逆に L_B から見た L_A との相互作用目的を示す。 $G : I(L_A)$ と $G : Y(L_B) \leftarrow I(L_A)$ は、いずれも L_A の個人的な学習目的である。 $G : W(\{L_A, L_B\})$ は、 L_A 及び L_B の両者に同等な視点から見た協調学習目的 (グループの構成目的) である。 概念的には、各学習者の個人的目的の重要な側面を捉えて抽象化したものが社会的目的となり、学習理論に対応する。 $G : W(\{L_A, L_B, L_C\})$ は、この学習グループ全体の社会的目的である。

協調学習に参加する学習者は、社会的な目的を達成するための相互作用を通じて、個人的な学習目的を達

成することが期待される。

3. 学習目的のオントロジー

前章で述べた 3 つの視点にしたがって、学習理論に基づき協調学習目的を同定する。

3.1 I-goal

表 1 に、I-goal を示す。学習者は、協調学習において扱われる問題領域における知識を獲得するだけでなく、認知的スキル、メタ認知的スキルなどの発達も期待される。領域知識の獲得には、記憶への単なる情報付加 (Accretion)、取得した情報の理解や適用範囲・誤り修正 (Tuning)、知識構造 (再) 構築 (Restructuring) の 3 つの段階が存在する [28]。また、スキルの発達においては、関連する情報の記憶への付加 (Cognitive stage)、実践を通じた誤りの修正や効率的なやり方の獲得 (Associative stage)、スキルの自動化安定化 (Autonomous

表 3 W 目的
Table 3 W-goals

Type	W-goal	Definition	Sources
M-PR	Setting up the situation for Peer Tutoring [PT]	Setting up the situation where a learner teaches something to another learner.	[8],[12]
	Setting up the situation for Anchored Instruction [AI]	Setting up the situation where a learner diagnoses another learner's problem and then solve it (Problem-based Learning)	[6]
M-SR	Setting up the situation for learning by Cognitive Apprenticeship [CA]	Setting up the situation to learn knowledge or skill as an apprentice	[7]
	Setting up the situation for sharing (Meta-) Cognitive function between learners [SC]	Setting up the situation to share cognitive or meta-cognitive function between learners based on Sociocultural Theory	[34],[35]
	Setting up the situation for sharing Multiple Perspectives [CF]	Setting up the situation to evoke a learner's reflective thinking based on Cognitive Flexibility theory.	[16],[31],[32]
PR=SR	Setting up the situation based on Distributed Cognition [DC]	Setting up the situation where full participants, whom knowledge bases are different each other, discuss problems	[26],[29]
	Setting up the situation based on Cognitive Constructivism [CC]	Setting up the situation where full participants discuss problems	[25]
CW	Setting up the community for Legitimate Peripheral Participation [LPP]	Setting up the the community of practice for peripheral participant	[22],[23]
	Setting up the situation for Observational Learning [OL]	Setting up the situation to share other learners' learning processes	[2]

Note: **[xx]** means an abbreviation for the W-goal.

e.g., The W-goal "Setting up the situation for Peer Tutoring" is abbreviated as "PT".

stage) の 3 段階が存在する [1],[13].

3.2 Y←I-goal

表 2 は, Y←I-goal を示す. 例えば, "Acquisition of Content-specific Knowledge (Accretion)" という I-goal 達成のために, "Learning by being Taught" という Y←I-goal を遂行し直接的に新しい知識を獲得することも可能である. また, より優れた学習者のサポートを受けながら問題解決を行うことにより, "Learning by Apprenticeship" という Y←I-goal を遂行することによっても当該 I-goal を達成することができる.

3.3 W-goal

表 3 は W-goal を示す. W-goal は, 構成要素の差異により, M-PR 型, M-SR 型, PR=SR 型, CW 型の 4 種に分類される (これについては次章で述べる). 各 W-goal は学習理論に対応したグループ構成を示す.

4. 協調学習目的の構成

本章では, W-goal の構成について述べる. ここでは図 2 左下に示す表記法を用いる. 全体概念 *W-concept* は, その部品として概念 *P-concept* のインスタンスである概念実体 *a* を持つ. *p/o* は part-of 関係で結ばれていることを示す. *a* は, *W-concept* の中である役割 (Role-name) を果たす. *W-concept* の左側に半円があるのは, この図が *W-concept* を定義していることを示

し, *P-concept* の右側に半円があるのは, *P-concept* が他で定義されている (他の定義を参照している) ことを示す.

図 2 に W-goal の構成の一般形を示す. W-goal は以下に示す 4 つの要素によって表現される.

PrincipalRole (以下, *PR*): ある W-goal に基づいて構成される協調学習グループにおける中心的役割. この役割を果たす学習者 (*?x*) は, 協調学習グループにおいて中心的な教育的効果を得ることが期待される.

SecondaryRole (以下, *SR*): ある W-goal に基づいて構成される協調学習グループにおいて *PR* を果たす学習者 (*?x*) が I-goal $G: I(?x)$ を達成するために相互作用する相手側の役割.

SR ← PR - goal: 対応する協調学習グループにおいて中心的な相互作用の目的 (Y←I-goal). *PR* を果たす学習者 (*?x*) が *SR* を果たす学習者 (*?y*) と相互作用する目的. *?x* の I-goal $G: I(?x)$ を達成するための相互作用目的.

PR ← SR - goal: *SR* を果たす学習者 *?y* が *PR* を果たす学習者 *?x* と相互作用する目的 (Y←I-goal). 協調学習においては, 相互作用するメンバがお互いに何らかの学習効果を得ることが期待される. すなわち, *?y* も *?x* 同様に 1 目的 $G: I(?y)$ を持つ. *PR ← SR - goal*

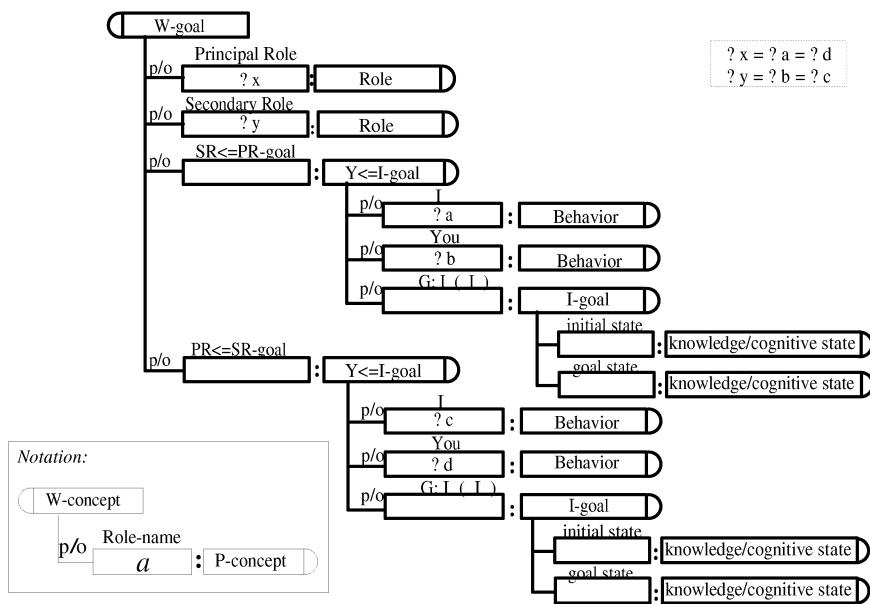


図 2 W-goal の概念的構成
Fig. 2 Conceptual Structure of a W-goal in Learning Goal Ontology

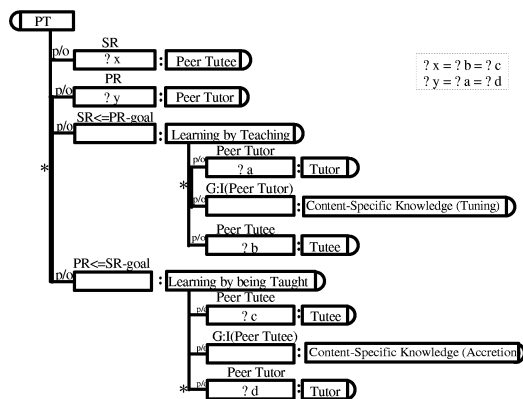


図 3 M-PR 型 W-goal 構成例: PT
Fig. 3 An Example of M-PR type W-goal: PT

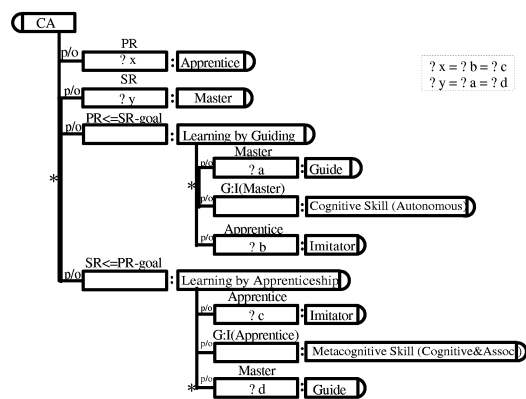


図 4 M-SR 型 W-goal 構成例: CA
Fig. 4 An Example of M-SR type W-goal: CA

は $G : I(?y)$ 達成のための $Y \Leftarrow I$ -goal.

$Y \Leftarrow I$ -goal は、以下の 3 要素を持つ.

I : ある学習効果を得るために $Y \Leftarrow I$ -goal を遂行する役割. 相互作用の主体.

Y : 役割 I を果たす学習者 $?a$ と相互作用する相手側の役割.

$G : I(I)$: 役割 I を果たす学習者 $?a$ が達成する I-goal.

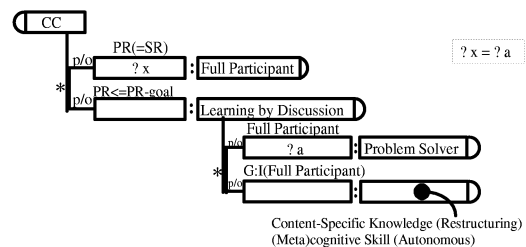


図 5 PR=SR 型 W-goal 構成例: CC
Fig. 5 An Example of PR=SR type W-goal: CC

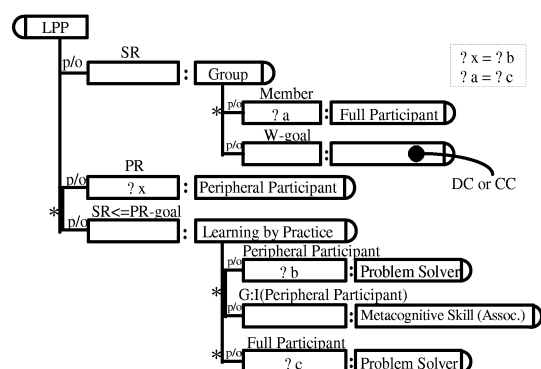


図6 CW-goal 構成例: LPP
Fig. 6 An Example of CW-goal: LPP

I-goal は、ある学習者の初期状態とゴール状態によって表現される。

W-goal の構成パターンは、PR もしくは SR が複数存在し得るか否かによって 3 種に分類される。M-PR 型、M-SR 型、PR=SR 型である。各構成パターンに対応する W-goal を表 3 に、構成例を順に図 3~5 に示す。図中、二重線で結ばれた各要素は、共起することを示し、* はその要素が複数存在可能なことを示す。

M-PR 型： PR が複数存在し得る W-goal。問題解決の中心は SR であり、PR はそれを支援することによって学習効果を得る^(注3)ため、SR が複数存在すると各々が別の課題となる。したがって、SR は単数である。

M-SR 型： SR が複数存在可能で PR が単数の W-goal。問題解決の中心は PR であり、それを補佐するのが SR である。

PR=SR 型： PR が複数存在し SR が存在しない場合の W-goal。各学習者が同等の立場で協調学習に参加するのがこのパターンであり、参加する全ての学習者が PR と SR の両者の役割を担っていると見てもできる。

なお、PR、SR とともに単数の場合は図 2 に示した W-goal 構成の一般形に一致し、全ての W-goal において適用可能である。

また、W-goal(W_i) に基づいて構成されたグループ

(注3)：学習者の活動のゴールは、問題を解決することである。その過程を経て副次的に学習効果を得る。例えば、「力学の問題を解く」ことが学習活動のゴール（問題解決）であり、その過程において他者の誤りを分析してアドバイスを与えるという活動を行う学習者は、副次的に「認知的スキルの発達」という学習効果を得る。

自身が、W-goal(W_j) の構成要素となる場合がある。この入れ子状の W-goal(W_j) を“Composite W-goal (CW-goal)”と呼ぶ。CW-goal の構成例を図 6 に示す。PR は複数存在可能であり、SR は他の W-goal を遂行するグループである。前述の W-goal (M-PR, M-SR, PR=SR 型) との構成上の差異は、SR から見た PR との相互作用目的 (PR<=SR-goal) が存在しない点である。SR は、そもそも CW-goal(W_j) とは別の W-goal(W_i) を達成する協調学習グループである。そこに PR が参加するという形態をとるため、SR から PR への相互作用によって SR が得る学習効果ここでは期待されないことを意味する。

上述の構造を用いて各 W-goal を記述することにより、I-goal、Y<=I-goal、W-goal のいずれかを設定することで、それを達成するためのグループに必要な要素を同定することが可能になる。

5. 学習者の行為と協調学習グループにおける役割

協調学習過程において、学習者には、説明、診断、助言などさまざまな行為が期待される。行為の主体である学習者に、他の学習者との関係についての情報が付加され、ある協調学習グループの中での役割が生じる。表 4 に、協調学習において観察される学習者の行為とグループ中での役割を整理する。例えば、行為 Presentation は、“自己の思考や問題解決戦略について他者に説明（外化）する”という行為を指す。この行為は、W-goal AI、CF、SC に現れる。同じ“説明”という行為であるが、説明の内容は、参加するグループの W-goal によって異なる。W-goal AI では、課題に関して学習者自身の直面する問題の説明が行われ、W-goal CF では、課題に対する解決戦略や、自己の意見の説明が行われる。また、W-goal SC では、自己の認知過程や推論過程の外化が行われる。この内容の差異や、他者との相対的な関係情報が付加され、各々の行為主体には異なる役割が与えられる。自己の直面する問題を表出する学習者の役割名称は“Problem Holder”であり、W-goal AI において協調学習者と解決する課題を提供する。複数の学習者間での意見・見方の相違を認識する場である W-goal CF において、課題解決に関する自己の戦略や意見を提示する学習者は“Panelist”と呼ぶ。さらに、(メタ)認知的機能を分担する W-goal SC において自己の認知過程を外化する学習者は他者に診断を依頼する“Client”と呼ぶ。

表 4 学習者の行為と役割
Table 4 Types of Learners Behavior and Roles in Collaborative Learning Settings

Behavior	Definition	Role in [W-goal]	Sources
Observation	To observe other learners' behavior	Observer [O]	[1]
Tutoring	To explain something he/she already knows to other learners	Peer Tutor [PT]	[4], [15]
Passive Learning	To listen something new from other learners	Peer Tutee [PT]	[15]
Presentation	To explain the learner's thinking process, opinion, or strategy for problem solving	Problem Holder [A] Panelist [CF] Client [SC]	[4], [15], [29], [30]
Advising	To diagnose problems and give some advice to other learners	Anchored Instructor [AI] Diagnoser [SC]	[5], [16], [32], [33]
Reviewing	To compare and review other learners' opinions and self-thinking process	Audience [CF]	[27], [29], [30]
Imitating	To imitate other learners' behavior	Apprentice [CA]	[6]
Guiding	To demonstrate something to other learners and guide the other's behavior	Master [CA]	[6]
Problem solving	To solve problems collaboratively	Peripheral Participant [LPP] Full Participant [CC][DC]	[20], [21]

6. 学習目的オントロジーを用いた協調学習グループの構成

本章では、前述の学習目的オントロジーを用いた協調学習グループ構成の例を述べる。グループ構成の手順は任意であり、ここで述べる手順は必ずしも重要ではない。ここでは、これまで提示した概念体系の有用性を例証する目的で、“ある学習者の学習目的を達成するためのグループを構成する”という単純な手順を示す。

例として、学習者 L_A の自己調整スキルの育成を目的とした場合の協調学習グループを考える。自己調整スキルは、実行中の自己の戦略をモニタし、評価し、後の行動を調整していくメタ認知的スキルである。学習者 L_A は、自己調整スキルに関する情報は既に得ており、実践を通じて当該スキルを利用可能な状態に調整していくことが望まれる段階と仮定する。

Step1: 学習者 L_A の I-goal $G : I(L_A)$ を設定
前出の仮定より $G : I(L_A) = \text{“Development of Metacognitive Skill (Associative stage)”}$

Step2: $G : I(L_A)$ に対応する W-goal の選出
4章で述べた W-goal の構成を参照し、構成要素中に $G : I(PR/SR) = \text{“Development of Metacognitive Skill (Associative stage)”}$ を含む W-goal を検索する。この場合には、 $G : I(PR)$ が “Development of Metacognitive Skill (Associative stage)” である SC , LPP が選出される。また、 $G : I(PR) = \text{“Development of Meta-cognitive Skill (Cognitive \& Associative stage)”}$ である CA も候補として選出される。

Step3: 選出された W-goal に対応するグループの構成

Step3-1: Sharing Cognitive/ Metacognitive Function

SC のグループは、 $Client(PR)$ と $Diagnoser(SR)$ で構成される。このグループ構成例を図 7 に示す。学習者 L_A は $Client$ に割り当てられる。 $Client$ の行為は *Presentation* であり、 $Diagnoser$ の行為は *Advising* である。相互作用は、 $Client$ が自己の認知過程を $Diagnoser$ に対して外化し、 $Diagnoser$ がそれを診断し、助言を与える。 $Client$ は受け取った助言をもとに、自己の行為を制御する。これは、“スキルは、初め個人間で実現され、後に個人内に内化される”とする Sociocultural theory に基づく学習環境である。すなわち、自己調整スキルを、(a) 自己の思考過程の観察、(b) 診断、(c) 次の行動の制御という 3 つの活動に分割し、その一部である (b) を他者 ($Diagnoser$) に分担させることによって自己調整スキルの実現を図り、その内化を期待する学習環境である。

Step3-2: LPP

LPP は CW-goal である。すなわち、 SR は他の W-goal (CC あるいは DC) に基づくグループである。 PR は *Peripheral Participant* である。グループ構成例を図 8 に示す。 L_A は *Peripheral Participant* に割り当てられる。*Peripheral Participant* の行為は *Problem Solving* であり、 SR のグループメンバ (*Full Participant*) の行為も *Problem Solving* である。両者は行為としては同じであり、ともに課題を解決する協力者で

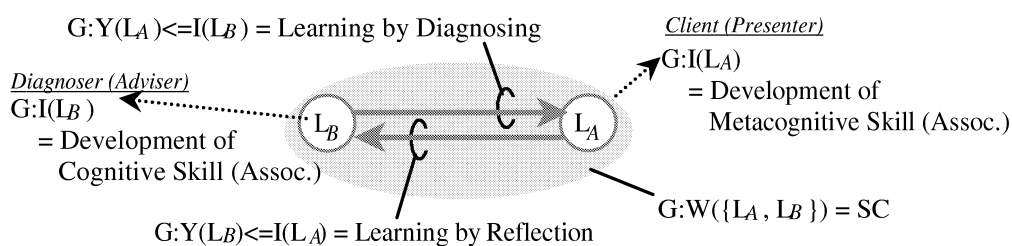


図 7 W-goal SC のグループ構成例
Fig. 7 An Example of Group Formation for W-goal SC

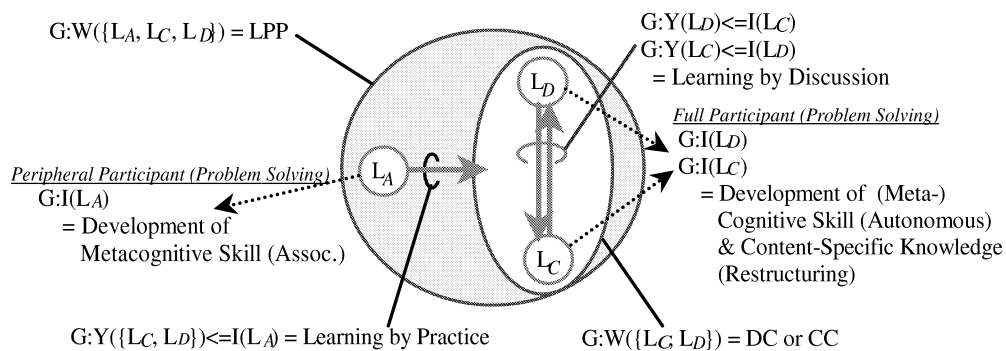


図 8 CW-goal LPP のグループ構成例
Fig. 8 An Example of Group Formation for CW-goal LPP

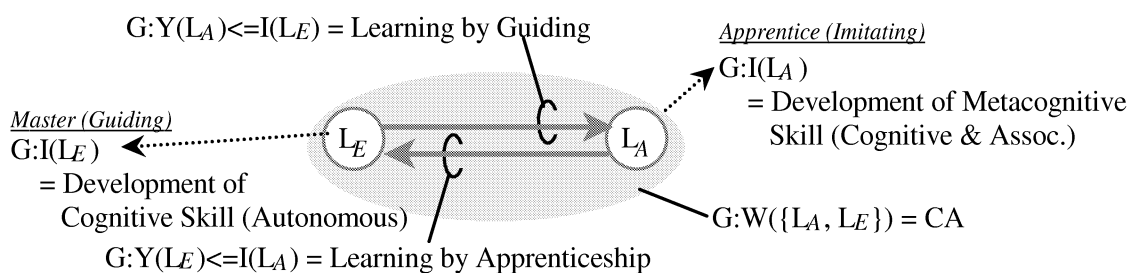


図 9 W-goal CA のグループ構成例
Fig. 9 An Example of Group Formation for W-goal CA

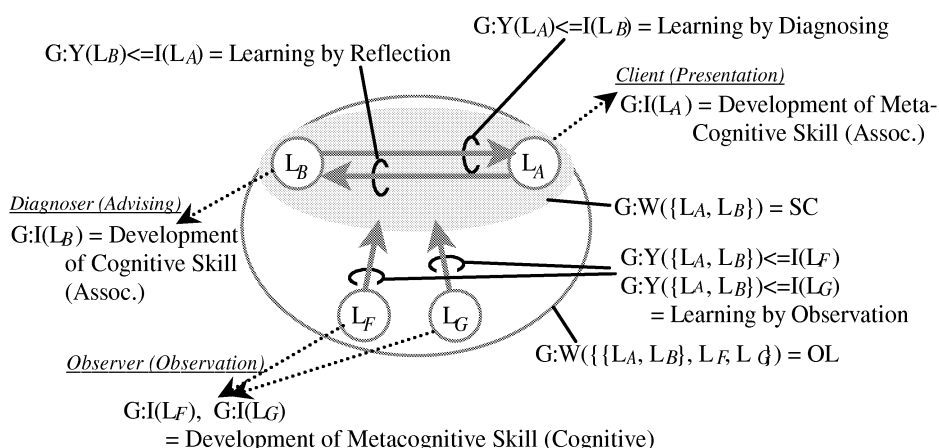


図 10 CW-goal OL のグループ構成例
Fig. 10 An Example of Group Formation for CW-goal OL

ある。異なる点は、*Full Participant* が当該スキルに関して既に習得し *Autonomous stage* であるのに対し、*Peripheral Participant* は *Associative stage* である点である。*Peripheral Participant* は、より優れた学習者らのグループに参加してともに課題を解決するプロセスを通じて、自己調整スキルを実践し、調整していくことが期待される。

Step3-3: Cognitive Apprenticeship

CAのグループは、*Apprentice(PR)* と *Master(SR)* で構成される。構成例を図9に示す。 L_A は *Apprentice* に割り当てられる。*Apprentice* の行為は *Imitating* であり、*Master* の行為は *Guiding* である。*Master* は、自己調整スキルの適用過程を *Apprentice* に説明し、*Apprentice* は *Master* のガイドを受けながら実際に当該スキルを実践する。学習者 L_A の I-goal は “Development of Metacognitive Skill (Associative stage)” であり、*Apprentice* の I-goal は “Development of Metacognitive Skill (Cognitive & Associative stage)” であるため、 L_A にとっては冗長な学習環境であるといえる。

Step4: 付加要素の検討

Metacognitive skill の使用は、通常個人の内的処理過程であるため、その適用過程を他者から観察することは困難である。しかしながら、上述の学習グループのうち W-goal SC の場合には複数の学習者間でこの機能を分担するため、スキルの適用過程が外化され、外的に観察可能になる。これは、CW-goal OL の適用可能性を示唆する。すなわち、学習対象が学習者間の観察可

能な相互作用であれば、他の学習者が観察して間接的に知識を得ることが可能となる。したがって、Step3-1 で構成した学習グループには、CW-goal OL を付加することができる。このグループ構成例を図10に示す。*Observer(PR)* は、SCに基づいて構成されたグループ (SR) を観察することにより、自己調整スキルの適用過程を間接的に学習することができる。

7. おわりに

本稿では、協調学習の有効性を保証する学習理論において暗黙に仮定される協調学習環境を、学習効果と参加者の振舞い、相互作用という構成要素によって明確にした。これにより、各学習理論で前提とする学習グループ構成や相互作用の差異が明確になった。また、協調学習目的オントロジーを用いて、学習目的に応じて、学習理論に保証された学習グループを構成することが可能になった。

構成された学習グループにおいて協調学習を行う際には、学習対象となる課題についても考慮する必要がある。また、6章における例で示したように、ある学習目的達成のために有効なグループの構成は、複数存在する場合もある。それらのうち最も適切なグループを選択するためには、学習グループにおいて各役割を実行する学習者の条件を明らかにしていく必要がある。また、各学習グループは独立（排他的）ではなく、統合可能な場合もある。すなわち、一人の学習者が複数のグループに参加し、複数の役割を担うことによる相乗効果が期待される。一方で、これは過負荷による学習

の阻害という危険性も併せ持つ。したがって、各役割遂行中に行われるコミュニケーションを検討し、同時に遂行可能な役割や学習者の認知的負荷を推定する枠組を構築することが今後の課題としてあげられる。

文 献

- [1] Anderson, J.R. (1982) Acquisition of Cognitive Skill, *Psychological Review*, vol.89(4), pp.369-406.
- [2] Bandura, A. (1971) *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press
- [3] Bransford, J. D., Vye, N., Kinzer, C., & Risko, R. (1990) Teaching thinking and content knowledge: Toward an integrated approach. In: B. Jones & L. Idol (Eds.) *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. Hillsdale NJ: Erlbaum. pp. 381-413
- [4] Bruner, J. (1966) *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- [5] Chi, M.T.H., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P. & Glaser, R. (1989) Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. *Cognitive Science*, vol.13, pp.145-182.
- [6] Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1992). Anchored instruction in science education. In: R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: SUNY Press. pp. 244-273.
- [7] Collins, A. (1991) Cognitive apprenticeship and instructional technology. In: Idol, L., & Jones, B.F. (Eds.) *Educational values and cognitive instruction: Implications for reform.*, Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- [8] Cooke, N.L., Heron, T.E., & Heward, W.L. (1983) *Peer tutoring: Implementing classroom wide programs*. Columbus, OH: Special Press.
- [9] Davidson, K. (1995). *Education in the Internet: Linking theory to reality*. <http://www.oise.on.ca/kdavidson/cons.html>
- [10] Doise, W. & Mugny, G. (1984) *The social development of the intellect*. Oxford: Pergamon Press.
- [11] Dewey, J. (1916) *Democracy and Education*. The Macmillan Company.
- [12] Endlsey, W.R. (1980) *Peer tutorial instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology
- [13] Fitts, P.M. (1964) *Perceptual-Motor Skill Learning*. In: Melton, A.W. (Ed.), *Categories of Human Learning*, New York: Academic Press. pp.243-285.
- [14] Flavell, J. H. (1976) Metacognitive aspects of problem-solving. In L.B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. pp.231-235
- [15] Forman, E. A., & Cazden, C. B. (1985) Exploring Vygotskian perspectives in education: The cognitive value of peer interaction. In J. F. Wertsch (Ed.), *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 323-347
- [16] Gagne, E.D. (1985) *The Cognitive Psychology of School Learning*. Scott, Foresman & Company
- [17] Gersten, R., Woodward, J., & Darch, C. (1986) Direct instruction: A research-based approach to curriculum design and teaching. *Exceptional Children*, vol.53, pp.17-31.
- [18] Halpern, D.F. (1984) *Thought and Knowledge: An introduction to critical thinking*. Psychology Press
- [19] Ikeda, M., Hoppe, U., & Mizoguchi, R. (1995) Ontological issue of CSCL Systems Design, *Proc. of AI-ED 95*, August, Washington, D.C., pp.234-249.
- [20] Ikeda, M., Go, S., & Mizoguchi, R. (1997) Opportunistic Group Formation, *Proc. of AI-ED 97*, August, Japan, pp.166-174.
- [21] Inaba, A., Ikeda, M., Mizoguchi, R., & Toyoda, J. (1999) *The Learning Goal Ontology for Collaborative Learning*. <http://www.ai.sanken.osaka-u.ac.jp/inaba/LGOntology/>
- [22] Lave, J. (1988) *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge University Press.
- [23] Lave, J. & Wenger, E. (1991) *Situated Learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- [24] Mizoguchi, R., Ikeda, M., & Sinita, K. (1997) Roles of Shared Ontology in AI-ED Research, *Proc. of AI-ED 97*, August, Japan, pp.537-544.
- [25] Papert, S. (1980) *Mindstorms: Children, computers, powerful ideas*. Harvester Wheatsheaf.
- [26] Resnick, L.B. (1991) Shared Cognition: Thinking as Social Practice. In L. Resnick, J. Levine & S. Teasley. (Eds.) *Perspectives on Socially Shared Cognition*. Hyattsville, MD: American Psychological Association. pp. 1-22
- [27] Resnick, M. (1996) Distributed Constructionism. *Proc. of the International Conference on the Learning Science*.
- [28] Rumelhart, D.E., & Norman, D.A. (1978) Accretion, Tuning, and Restructuring: Modes of Learning., In: Cotton, J.W., & Klatzky, R.L. (Eds.) *Semantic factors in cognition*. Hillsdale, N.J. : L. Erlbaum Associates., pp.37-53.
- [29] Salomon, G. (1992) What Does the Design of Effective CSCL Require and How Do We Study Its Effects? · 2 ACM Conference on Computer Supported Collaborative Learning, Vol. 21(3), ACM Press.
- [30] Schoenfeld, A. (1987) *Cognitive Science and Mathematics Education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Assoc.
- [31] Spiro, R. J., Coulson, R., L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. K. (1988) Cognitive flexibility: Advanced knowledge acquisition ill-structured domains. *Proc. of the Tenth Annual Conference of Cognitive Science Society*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp.375-383.
- [32] Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Jacobson, M., L., & Coulson, R. L. (1995) Cognitive flexibility, construc-

- tivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. <http://www.ilt.columbia.edu/ilt/papers/Spiro.html>
- [33] Supnithi, T., Inaba, A., Ikeda, M., Toyoda, J., & Mizoguchi, R. (1999) Learning Goal Ontology Supported by Learning Theories for Opportunistic Group Formation, Proc. of AIED99.
- [34] Vygotsky, L.S. (1929) The problem of the cultural development of the child, II. Journal of Genetic Psychology, vol.36, pp.414-434.
- [35] Vygotsky, L.S. (1930) Mind in Society: The development of the higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press. (Re-published 1978)
- [36] 池田満, 呉昌豪, 溝口理一郎 (1997) 協調学習支援のモデル—Opportunistic Group Formation—, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.4, pp.855-865.
- [37] 笠井俊信, 岡本敏雄 (1999) 仮想的協調学習環境における疑似学習者エージェントの行動決定手法, 教育システム情報学会第 24 回全国大会講演論文集, pp.43-44.
- [38] 塚本一真, テップチャイサップニティ, 池田満, 稲葉晶子, 豊田順一, 溝口理一郎 (1999) 協調学習グループ形成におけるネゴシエーション～エージェントの利己性社会性に関する考察～, 教育システム情報学会第 24 回全国大会講演論文集, pp.215-216.
- [39] 花本一宏, 堤安史, 福田美樹, 中村学, 大槻説乎 (1999) マルチエージェントを用いた討論構造外化と支援に関する研究, 教育システム情報学会第 24 回講演論文集, pp.35-36.
- [40] 松浦健二, 緒方広明, 清水直也, 矢野米雄 (1999) エージェントを用いた非同期バーチャルクラスルームの構築, 教育システム情報学会第 24 回全国大会講演論文集, pp.37-38.
- [41] 溝口理一郎, 池田満, 来村徳信 (1999) オントロジー工学基礎論—意味リンク, クラス, 関係, ロールのオントロジーの意味論—, 人工知能学会誌, vol.14(6), pp.1019-1032.
(採録決定)



稲葉 晶子 (正員)

1991 茨城大学教育学部卒。1993 同大学院修士課程了。1997 電気通信大学大学院情報システム学研究科博士後期課程了。博士(学術)。日本学術振興会特別研究員を経て、1998 大阪大学助手(産業科学研究所)。CSCL 研究に従事。情報処理学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会, 日本教育工学会, Intl. AI in Education Soc., 教育心理学会各会員。



テップチャイサップニティ (学生員)

1992 チュラーロンコン大学理学部数学科卒。1997 大阪大学大学院工学研究科修

士課程了。現在同大大学院工学研究科博士課程在学中。知的教育システム, オントロジー工学に興味を持つ。人工知能学会, 教育システム情報学会, 日本教育工学会会員。



池田 満 (正員)

1984 宇都宮大学工学部卒。1986 同大学院修士課程了。1989 大阪大学大学院博士課程了。同年, 宇都宮大学助手。1991 大阪大学産業科学研究所助手。1997 同助教授。工学博士。形式言語の構文解析, 仮説推論, 帰納推論, 知的教育システム, オントロジー工学の研究に従事。1996 人工知能学会設立 10 周年記念優秀論文賞受賞。人工知能学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 教育システム情報学会各会員。



溝口理一郎 (正員)

1972 阪大基礎工電氣卒。1977 年同大学院基礎工学研究科博士課程了。同年, 大阪電気通信大学工学部講師。1978 大阪大学産業科学研究所助手。1987 同研究所助教授。1990 同教授。現在に至る。工学博士。パターン認識関数の学習, クラスタ解析, 音声の認識・理解, エキスパートシステム, 知的 CAI システム, オントロジー工学の研究に従事。1985 Pattern Recognition Society 論文賞。1988 本会論文賞。1996 人工知能学会創立 10 周年記念論文賞。1999 ICCE99 Best paper award 受賞。人工知能学会, 情報処理学会, 教育システム情報学会, 日本認知科学会, Intl. AI in Education (IAIED) Soc., AAAI, IEEE, APC of AACE 各会員。現在, IAIED Soc. 及び APC of AACE の President-Elect。



豊田 順一 (正員)

1961 大阪大学工学部卒。1966 同大学院博士後期課程単位取得退学。同年, 同大基礎工学部助手。1969 助教授。1982 大阪大学産業科学研究所教授。工学博士。現在, 概念形成, Visual Fidelity に関する研究に従事。1993 人工知能学会全国大会優秀論文賞, ED-MEDIA'95 優秀論文賞, 1996 人工知能学会研究奨励賞, 1998 人工知能学会研究奨励賞受賞。情報処理学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会各会員。