

A Collaborative Approach to Teaching Cognitive Science to Undergraduate: The Learning Science as a Means to Study and Enhance College Student Learning

Miyake, N., & Shirouzu, H. (2006). *Psychologia*, 49, p101-113.

概要

- ・ 大学生を対象とした認知科学の授業実践
協同学習に焦点を当てる
- ・ 2つの実践を行う
実践 1 ではジグソー法を用いて学習
実践 2 ではさらに複雑なダイナミックジグソーを用いて学習

1 . Introduction

- ・ 近年、学習科学と呼ばれる新しい領域が流行し、授業実践の場が再定義されてきた
学習科学の目的
：「学習とは何か」に関して理論的に理解すること
：高次の学習を促進すること
学習科学では、授業実践を繰り返すことによって、学習理論を純化し、取り入れた教授方法による学習効果を示してきた(Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Bransford & Donovan, 2005; Miyake & Shirouzu, 2003)
- ・ 人間には古い経験を再構築し、それを新しい状況に適応させることが常に必要とされるため、「人間がどのように学ぶか」に関する研究には長い伝統がある
しかし、近年の時代の急速化により、このような機会(古い経験を再構築し、それを新しい状況に適応させる)が多くなった
：学習者の場合は、ただ知識を獲得するだけでなく、学習したことを新しい状況(学校外、将来)に適応させることが要求されようになった
→このようなニーズにこたえるために、伝統的な実験室ベースの研究とは異なる学習の新しい研究方法が必要とされる(Brown, 1992; Collins, 1992)
- ・ 学習科学では、学習を学習者同士でお互いに高めあう協同活動とみなす
これは学習の新しい見方で従来の学習研究との大きな違いである
：理由 1：多くの研究が、様々な分野や様々な年代の人のグループにおいて協同が学習に対して効果的であることを示してきたから
：理由 2：協同状況がより深い学習とプロセスに重点をおいた研究を促進するから
協同学習の状況では複数の学習者同士の会話が交わされる
：学習の中で起きた思考のプロセスが外化され、検討することが可能になる

：このことによって、これまで観察や研究が困難であった仲介となるプロセスの分析が可能になる

近年の情報の記録技術の発達が観察、記録、分析において重要な役割を果たす

：学習研究が本物の教育を構築する可能性の増加

：学習プロセスそのものの理解を促進する可能性の増加

2. 新しい学習目標(学習研究の目標)

・学習を改革するための有力な手段は、すでに成功した学習研究を丹念に検討すること

チェスの専門家の記憶に始まる専門家研究(Chipman & Meyrowitz, 1993; Ericsson, Krampe, & Tesch-Romer, 1993, Chase & Simon, 1973; de Groot, 1978)

：そろばん、ピアノ、スポーツなどの様々なスキルの研究が具体的な学習の目標を与えた

：新しい研究での目標は算数における「適応的な専門家」の育成である(Hatano & Inagaki, 1986)

「状況に依存した学習」の研究は長期に渡る日常の状況における学習を分析した(Lave & Wenger 1991; Nasir, 2000; Inagaki & Hatano, 1989; Rogoff, 1990)

：「どのように学習活動が組織化されるのか」に関する洞察を与えた

これまでに成功してきた学習の特徴

：学習者自身によって動機付けられること

：長い学習時間を要すること

：情報の収集、集積、構築によって成り立つこと

：失敗経験と成功経験が繰り返し起こり、省察され、抽象的な概念レベルの理解へ統合されること

：意図的、組織的な実習が必要とされること

：学習目標が常に再検討され、新しい目標が提案されること

：学習コンテンツから学ぶだけでなく、学習プロセスから学ぶこと

：様々なレベルの学習者の混合コミュニティであること

：コミュニティにおける自我や社会的自己認識の構築が、強く学習結果に関連すること

：コミュニティそのものが学習目標の再検討し、目標の初期化が起きること

・上記の特徴は、通常の学校教育の中では見られない

学習科学研究のサイクルはこの特徴に基づいて行われる

まず、このうちのいくつかの特徴が高い学習効果を生成するという仮説に基づいて現実の学習環境において適切かどうか検討する

もし、高い学習効果が得られるということが示されたら、対象とする学習プロセスの分析を通して、高い学習効果へ導いた要因の検討をする

これらの知見に基づいて、異なる状況、学習者、教科、学習目標で検討すべき学習理論の基礎を構築する

この研究方法は従来の仮説検証型の研究スタイルとは異なるため、デザイン研究と呼ばれる(Brown, 1992; Collins, 1992)

- ・上記における顕著な特徴の1つは協同学習を強調している点である
 - 学習の成功はコミュニティーによって達成される
 - ：社会的な状況から動機付けが起きるコミュニティー
 - ：中期から長期に渡る実践が社会的に維持されるコミュニティー
 - ：学習結果がコミュニティーの構築と再構築に影響するコミュニティー
- 多くの学習科学研究は、協同の基本メカニズムに焦点を当て、得られた知見からどのように学習をデザインし評価するかに焦点を当てている

3. 協同学習における理論的フレームワーク

- ・協同学習は様々な領域において長年にわたるテーマだった
 - CSCL(Computer Supported Collaborative Learning)と学習科学の分野では、より丹念に分析した研究が行われた
 - ：中心テーマ：なぜ、相互作用が構築的な活動へと機能するのか?(e.g., Miyake, 1986)
 - 社会心理学の分野では、パズルや現実の課題におけるペアや小グループの効果を研究した(e.g., Hastie, 1986)
 - 認知人類学者は、根本的に協同である日常の学習を研究した(e.g., Hutchins, 1995)

3.1 協同における収束理論

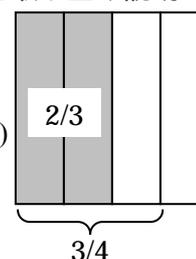
- ・協同の効果の最も効率的な説明は収束理論である(e.g., Roschelle, 1992)
 - 複数の参加者による協同状況では、複数の視点から様々な表象が、発話、ジェスチャー、描画などを通して提供される
 - これらの表象に対して省察的なプロセスが起きたとき、収束的な活動(複数の視点が要約される活動)が必要とされ、最終的に抽象的な解へと至る
 - ：会話が進むと抽象度のレベルと自己評価の基準が上がり、高レベルのメタ認知が起きる

3.2 協同学習のメカニズムとしての構成的相互作用

- ・複数の視点から生じた様々な表象があるとき、なぜ、収束的な活動が必要とされるのか?
 - 収束的な活動を単独でさせたときとペアでさせたときを比較した研究を取り上げ説明
- Shirouzu, Miyake, & Masukawa (2000)の研究

課題：正方形の紙の $\frac{3}{4}$ の $\frac{2}{3}$ の領域を示すこと

- ：方略1：計算して($\frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{2}$)線を引く(内的指向で、抽象的な方略)
- ：方略2：紙を実際に折って線を引く(外的指向でより具体的な方略)



結果

- ：被験者は外的指向でより具体的な方略 2 を好む傾向にある
- ：実験条件によって紙の材質が異なったが(紙の硬さが異なる)、方略 1 を用いて実際に計算した被験者は 10%以下であった

前述の課題の後に、正方形の紙の $\frac{2}{3}$ の $\frac{3}{4}$ の領域を示す課題をさせた(ただ、掛け算の順番が異なるのみ)

- ：単独条件では、前述の課題と同様の方略を用いた(方略 2)
- ：ペア条件では、60%が方略を変えた(方略 2 から方略 1 へ)

用いる方略を外的指向でより具体的な方略から内的指向でより抽象的な方略へ変更した

方略の変更があったペアにおける個々人の関与の仕方

- ：一方の被験者が課題に取り組み(Doer)、もう一方の被験者がより抽象的な視点からモニターしていた(Monitor) このモニタリングが方略の変更に関与している
- ：収束的な活動を行う相互作用の中で、Doer と Monitor の役割分担が交互に起こり、このことが、被験者の省察的なプロセスを高める機会を与えた

- ・このメカニズムが、「なぜ、ペア学習におけるそれぞれの学習者に異なる効果をもたらすのか」に説明を与える

各学習者にとっての抽象度のレベル(理解のレベル)が、Doer と Monitor の役割分担の入れ替わりの度合いに依存するから

- ：この説明は、実際に小学校 6 年生 6 人の小グループを対象に行った実践により確認された

Shirouzu (2004)の研究

課題：正方形の紙の $\frac{3}{4}$ の $\frac{2}{3}$ の領域を示すこと

結果：45 分の授業の中で、全ての学習者が数学的な法則を理解した

5 ヶ月後の記憶テストの結果

- ：各学習者の授業における発話の質・量とテストにおける記述内容に関連が見られた

- ・これらの結果における協同の役割分担モデルは、効率的な協同学習のデザインのために有効

役割分担を促進すること

個々の学習者が初期のアイデアを外化して、共有して、省察することを保障する

4 . 協同による省察を通した認知科学の授業

4.1 カリキュラムと学習活動の概要

- ・約 7 年にわたって大学生を対象にした認知科学の授業の改良と評価を行ってきた(Miyake, 2005a, 2005b; Miyake & Shirouzu, 2004; Miyake, Shirouzu, & Chukyo Learning Science Group, 2005)

- ・大学生は、4年間、前期・後期とこの授業を受ける
 - 1年目は体験活動が中心
 - ：単純な認知課題を解き、分析をする(はじめは単独で行い、次に協同で行う)
 - 2年目は体験活動を中心に、徐々に資料の読解活動を組み入れていく
 - ：学習者の深い理解を促進することだけでなく、認知科学に関する概要をつかませることを目的とする
 - 3年目、4年目はより探求型、プロジェクト型の学習を行う
- ・カリキュラム全体を通してジグソー法を用いる

社会学者のAronsonがクラスにおける文化的な合併を促進するために開発した(Aronson & Patnoe, 1996)

Aronson のデザイン

 - ：テキストを6つのパートに分け、6人が異なるパートを読解する
 - ：その後、6人が集まり、全員が全てについて理解するために質問・応答の活動が行われる
 - 全員が理解するためには、全員が平等に関与する必要がある

この方法では、他者に対して自分が学習した内容を説明する状況が生成する

 - ：そのため、自分の担当パートに対してよく理解するための動機付けになる

本カリキュラムでは、2、3人の単純なジグソーから始まり、20人から30人のより構造化されたダイナミックジグソーを用いる

4.2 Scaffold による支援と評価のために用いる技術

- ・大規模な学習の Scaffold として情報技術を用いる 2つの目標
 - 目標1：学習者がより生産的な相互作用に従事できるように、初期アイデアの外化を容易にできるように支援する
 - コンセプトマップツールを用いる
 - 目標2：学習者の志向の発達過程を記録する
 - 音声記録、教材に関して記述されたノートやコメント、コンセプトマップツールのログを用いる

授業を重ねるごとに記録が蓄積され、学習者と研究チームの両者にとって共有できるデータベースとなる
- ・授業の6ヵ月後かまたは1年後に学習者に対してインタビューを行った

5 . 研究1：意味記憶の表象に関する学習

5.1 授業の概要

- ・2000年に行った授業を初期の頃の協同学習の事例として示す
 - 参加学習者：大学2年生 78人
 - テーマ：人間の記憶の基本的構成
 - テキスト：Anderson (1980)における3つのセクション
 - ：統合とネットワーク表現、プロセスの深化、記憶の再構成

5.2 学習活動の流れ

(1)心理実験のデータ分析(5 週間)

- ・ Bransford & Johnson (1972)で報告されたデータを分析した
このデータはこの研究の主な結果が分かるように授業者が編集したもの

(2)ジグソー学習(3 週間)

- ・ 授業 1 回目(ジグソー1 回目)
テキストの記憶に関する 3 つのセクションを紹介した
78 人の学習者は 3 つのグループに分けられ、3 つのうちどれか 1 つを読んだ
異なるセクションを読んだ学習者が集まり、理解の共有をした
- ・ 授業 2 回目(再エキスパート学習)
再び 3 つのグループに分けられ、前回の自分が担当したセクションについて学習
：ティーチングアシスタントと共に、小集団でセクション中の実験の仮説、実験計画、
結果、そこから得られた知見について解答した
その後、自らの言葉を用いてセクションの要約をした
- ・ 授業 3 回目と 4 回目
再び異なるセクションを学習したものと士で理解の共有をした(ジグソー2 回目)
：学習者は「記憶とは何で、どのように機能するのか?」に解答するために、各セクショ
ンのメインポイントを統合することを求められた
最後に、ジグソー前に行った Bransford & Johnson (1972)の分析について再考した

5.3 観察された学習プロセス

- ・ ジグソー1 回目が終了したときに、半分の学生が内容を理解できなかったと言った
このことが学習者をさらなる探求へと動機付けた
：授業 2 回目のエキスパート学習のときは、学習者は積極的に意味ネットワークにつ
いて再構築しテキストの実験結果を引用した
：ジグソー2 回目のときは、ジグソー1 回目より多く具体例を活用していた
発話を分析すると、63%の学習者が正確な要点を述べていた(Table 1)
- ・ 「記憶をするのに重要なものは何か?」に対する学習者の解答
ジグソー前と後の比較(Table 2)
：逐語的な記憶(Virbatim)が重要と答えた学習者はジグソー前よりジグソー後は減って
いた(ジグソー前：62%、ジグソー後：13.7%)・・・(1)
：再構成(Reconstruction)と答えた学習者はジグソー前よりジグソー後は増えていた(ジ
グソー前：3.8%、ジグソー後：15.7%)・・・(2)
：ジグソー後の要点(Gist)、再構成(Reconstruction)と答えた学習者の割合は従来の方法
で行った授業の学習者の割合より高い
授業全てが終了したときには、54%の学習者が記憶の再構成に言及していた
- ・ 6 ヶ月後に 25 人を対象にインタビューを行った

学習者は重要なポイントについて言及し、自らの記憶からそれを再構成した
全体として、協同で科学的資料の読解学習を行ったことにより、学習者は重要なポイント
を再構築し持続的な理解を獲得した

6 . 研究 2 : ダイナミックジグソーを用いた協同学習の支援

- ・ 2004 年に大学 2 年生を対象に行った
- ・ 学習者に資料を明確に説明して修正することを要求するより複雑なジグソー(ダイナミックジグソー)を用いた
この方法では短い資料を読んで他者に説明することを繰り返す
- ・ 協同活動はネットを通じたコンセプトマップツールによって支援された
コンセプトマップ、レポート、意見交換のプロトコルは評価のために記録された

6.1 カリキュラムの構造

- ・ 認知科学は多様な方法論によって多様な認知機能やメカニズムを扱う
その知見を理解するためには、研究結果を統合した視点を形成する必要がある
： 統合を促進するためにプロセスを分解した
ステップ 1 : 様々な研究の知見を、そのテーマ、実験結果、結論から理解する
ステップ 2 : 初期の仮説的な理論をステップ 1 で理解した知見に統合する
ステップ 3 : 将来に役立つように理論の応用の可能性を見つける
このステップを 13 時間の授業に取り込んだ
- ・ 認知科学の 3 つの領域の古典的な研究に関する 24 の資料を用いた
抽象的な視点を形成するため、学習者は資料を読んで、内容を説明、情報交換をして、それを統合した
： その際、ダイナミックジグソーを用いた
- ・ ダイナミックジグソーは現実の学術世界における共通の活動である
プロの研究者は共通のテーマのもとに異なる研究をする
： 自分の解釈を構築するために、それぞれが行った研究から得られた知見に関する情報交換をする
： 一貫した理解を得るために、自分の研究の知見を発表して、聴衆に異なる視点から検討をしてもらう 学術の世界はこのことの繰り返し
- ・ ダイナミックジグソーは、1 つの資料に関してエキスパートになり自分のコアとする
異なるコアの学習者に対して説明し、他者の説明を聞き、これらの説明を統合して新しい説明を構成する 繰り返すことにより、自らの理解を改善する

6.2 学習資料

- ・ 24 のトピックについて専門的なテキストを用いて学習した
各テキストは認知科学のテキストにおける 24 トピックの 1 つのテーマである
： 授業者によって 2 ページサイズの授業で使いやすい形に編集された

24 トピックは 3 つの領域にカテゴリー化できる

： カテゴリー1： Language acquisition and developmental studies

： カテゴリー2： Interactive features of knowledge process

： カテゴリー3： Social and cultural biases in cognition

具体例： Social and cultural biases in cognition について

： 8 つの異なる研究レポート(資料 17~24)

： 奇数と偶数で近接したトピックで 1 つのペアになっている

例： 資料 17 は確認バイアス、資料 18 エゴセントリズムに関する内容

資料 17、18 はともにバイアスに関する内容であり、両者を統合することでバイアスに関する一般的な理解が得られる

このペア(資料 17、18)で Half-domain を形成する

6.3 授業の流れ(Table 3)

・エキスパート学習(1)

1 つのテキストを協同で学習し、Wiki(コミュニケーションツール)に示された問題に解答した

： 解答は ReCoNote (Reflective Collection Note)というコンセプトマップツールによって表現しなおした

このフェイズの中で、学習者は TA に質問をしたり説明をした

・最初のペア学習(2)

各自のコアに関するコンセプトマップを作成しつつ、他の Half-domain のメンバー(例えば、資料 17 の学習者に対して資料 18 の学習者)と学習内容の共有と交換をして、お互いのコアを関連付け、統合的な理解を形成した

： この活動の終了後、全体(24 トピック)のマップ(学習者による作成)が Web 上で保存され、授業内や授業外の時間に共有したり修正できるようにした

このフェイズの終了後には、全ての学習者は最低 2 つのレポートの内容について理解して説明できるようになる

・ダイナミックジグソー

学習者のペアは他のペアと情報交換をする(2 対 2 のジグソー)(3)

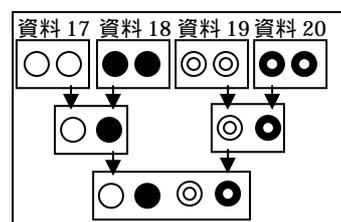
： この段階で学習者は 4 つのテキストについて理解することになる

もともとの 2 つのテキスト + 他の学習者が学習した 2 つのテキスト
異なる 4 つのテキストを学習したもの同士で学習(4)

： お互いに説明して統合する

： この段階で学習者は 8 つのテキストについて理解し、1 つの領域に関してエキスパートになる

異なる領域の専門家同士でジグソーグループを組む(5)



ダイナミックジグソー

イメージ図

6.4 評価方法

- ・学習者が最終的に構築したコンセプトマップとレポートを評価に用いた
 - 評価項目 1：最終的なコンセプトマップの統合の度合いと一貫性
 - ：4段階で評価(1~4で評価し、4が最も一貫性がある)
 - 評価項目 2：レポートにおける研究から得られた知見の簡潔さと正確さ
 - 評価項目 3：レポートにおける学習内容と日常生活の関係への言及

6.5 評価結果

- ・評価項目 1：最終的なコンセプトマップの統合の度合いと一貫性に関する結果
 - 全体的にコンセプトマップのレベルは高かった
 - ：コンセプトマップの 42%が完全なものとしてカテゴリー化された
- ・評価項目 2：レポートにおける研究から得られた知見の簡潔さと正確さ
 - 83%のレポートが全ての資料の内容(24 トピック)について言及していた
 - ：そのうち 56%が必要な要素を用いて、簡潔で正確な順番でレポートを書いた
 - この結果は、学習者のほとんどが、資料の基本的な内容だけでなく、正確な要約の仕方も学習したことを示す
- ・評価項目 3：レポートにおける学習内容と日常生活の関係への言及
 - レポートに記述した学習内容とコンセプトマップの質の間に相互の関係があった(ランダムに選択した 22 人の学習者について $r = 0.44$, $p < 0.5$ であった)
 - このことは、外化して統合する活動は、学習者の思考を学習内容の応用へと向けさせることに関してポジティブな効果があることを示す
- ・プロセス分析の結果
 - プロトコル分析の結果は、学習者の説明が時間の使い方と内容においてより正確になっていくことを示している
 - ：ジグソーグループで各自の資料の内容を説明するのに、最初は平均 400~500 の発話量であったが、後半のほうでは、重要なポイントを落とすことなく 20~30 の発話量で説明をしていた
 - ：最初に説明したときは、学習者は資料の言葉をほとんどそのまま使い、また、正確でなく、あいまいで、混乱する発言だった
 - このようなあいまいな説明は他者と統合活動をすることによって修正されていった

7. 考察

- ・本研究で提案した協同学習は、大学レベルの教育の質を変える高いポテンシャルを持っている
 - 本研究で示したように、ジグソー法は学習者が主体的に教材の調査と他者への説明を通して知識を構築する環境を創造する
 - 本研究で用いたツールも学習環境を改善するチャンスを高めた

- ・論文の初期に研究の中で検討したい学習結果をリストアップした
 - このリストは協同学習だけでなく、適応的専門家への知識ベース、概念に基づいた教材の理解、自立的な学習を含んでいる
 - ：ダイナミックジグソーは私達の仮説的な試み(つまり、実践)を学習目標へ近づけた
 - ：学習者が、特に、コースの終盤において、他者の理解に対して厳しく省察していたことが観察された
- ・コース終了後に、学習者から「人の意見が聞けるようになり、必要に応じて質問ができるようになった」という報告があった
 - この授業を受けた学習者は次の年の授業において、他者と協力してレポートを作成することが観察された
 - この授業では、自信を持って自分のアイデアを説明したり質問したりできるけれど、別の授業ではできないという報告もあった
 - 「どの要因が相互作用して支援となるのか」を特定するために、ポジティブな側面とネガティブな側面の観点から、学習プロセスの分析に立ち返る
- ・「どのようにしたら、新しい学習者のコミュニティを創造できるのか」に関しては明らかになりつつある
 - 今後の課題は、学習者自身が、いつでもどこでも必要とされる自らのコミュニティを創造できるようにすること

Table 1. Identified Statements About the Functions of Memory in Students' Summaries

Elaboration facilitates recall	39%
Processing of meaning promotes elaboration	41%
Previous knowledge is used to reconstruct the networked knowledge for memory	63%



「記憶とは何で、どのように機能するのか?」に関する正確な要点

Table 2. Pre- and Post-jigsaw Comparison of the Students' Understanding of What Is Important in Memory

	Verbatim	Gist	Reconstruction
Pre-Jigsaw	62.0%	43.0%	3.8%
Post-Jigsaw	13.7%	68.6%	15.7%



(1)



(2)

Table 3. The Dynamic Jigsaw Curriculum

Task/objective	Time allocation
Assignment of the core	First week
(1) Becoming "experts" of the assigned core	2 nd to 5 th weeks
(2) Integrating adjacent text to the core (1 by 1)	6 th week
(3) Two by two exchange to integrate half domain	7 th week
(4) Four by four exchange to integrate a domain	8 th week
(5) { Cross domain jigsaw (eight by eight) I	9 th week
{ Cross domain jigsaw (eight by eight) II	10 th week