

Does adaptive scaffolding facilitate students' ability to regulate their learning with hypermedia?

Roger Azevedo, Jennifer G. Cromeley, and Diane Seibert

1. Introduction

ハイパーメディア環境：複雑なシステム（例．循環系）理解促進の可能性
これまでの研究：ハイパーメディア使用時における自己制御の困難さの指摘

（ハイパーメディアとは...米国の学者 Theodor Holm Nelson 氏が著書「Computer Lib」において 1974 年に提言した情報表現方法で、文字情報主体のハイパーテキスト(hypertext)を画像や音声などを含めたマルチメディアに拡張した概念.)

現在の試み

- ・ インストラクション援助
- ・ Scaffold
- ・ 生徒の理解をサポートするデザイン

どのように Scaffold がテクノロジーベースの環境において使用されているかの研究は存在するが、どのようなタイプの Scaffold がハイパーメディア環境における自己制御能力の向上に有効かはほとんど検討されていない。

本研究

- ・ 異なる Scaffolding の方法が、ハイパーメディア環境における循環系の学習において、生徒の自己制御能力を促進するのかを検討する

1.1 *Self-regulated learning and hypermedia*

ハイパーメディア環境：広範囲に渡る非線形な情報表現へのアクセス（テキスト，図，アニメ，音声，ビデオ）

学習者の自己制御が必要（何を学ぶ，どのように学ぶ，どのように時間を使う）

近年の研究

ハイパーメディア環境における複雑なシステムの学習における自己制御の困難さおよびに、学習のなさを示す。(Azevedo & Cromley, 2003; Greene & Land, 2000)

例：プラン，目標，自分の理解のモニタ，効果的な方略使用のなさなど。

一つの疑問：複雑なシステムの学習において，異なるタイプの Scaffolding が理解を促進するのか？

本論文：ハイパーメディア環境における自己調整の困難さの研究を元に，どのように我々は生徒の学習を Scaffold できるのか，複雑なトピック（循環システム）における概念理解を促進できるのかについての検討を行う。

1.2 *The role of scaffolding in facilitating self-regulated learning with hypermedia*

Scaffolding：生徒の必要に応じた援助の提供と能力の向上による消滅(Hogan & Pressley, 1997)

ハイパーメディア環境における 4 タイプの Scaffolding(Hannafin, Land, and Oliver,1999)

- (a) Conceptual...問題解決の間になにを考えるのかについてのヒント，プロンプト
(e.g., Vye et al,1998)
- (b) Metacognitive...人間，非人間エージェントによるタスクに関連したタスクの補助
(e.g., White, Shimoda, & Frederiksen, 2000)
- (c) Procedural...どのようにリソースを使用するのか，タスクにどのように取り組むか
(e.g., Avevedo, Verona, & Gromeley, 2001)
- (d) Strategic...問題解決の他の方法（同僚やエキスパート）について気づかせる
(e.g., Azevedo, & Lajoie, 1998; Lajoie, Azevedo, & Fleiszer, 1998)

ハイパーメディア環境における Scaffolding：必ずしも新しいものではない

しかし，複雑な課題において，埋め込まれた Scaffold が SRL をサポートするという実証研究はほとんどない。

Scaffold なしのハイパーメディア環境

- ・ 概念理解の失敗（Greene & Land, 2000; Hill & Hannafin, 1999）
- ・ 成功した生徒と失敗した生徒による自己調整の差(Azevedo et al., in press)

成功した生徒：効果的方略，サブゴールの創出による学習プラン，時間と労力のプラン

失敗した生徒：効果的方略（例．要約）と非効果的方略（例．暗記）の混在

効果的な自己調整：サブゴール利用によるプラン，課題の困難さの処理，学習のモニタ
非効果的な自己調整：ワーキングメモリ内における目標のリサイクル，主としてヘルプを
求める行動，学習のモニタをしない

Fixed Scaffold によるハイパーメディア環境

Fixed Scaffold...静的で，個々の生徒に合わせることはしない

- ・ 効果的，非効果的の結果の混在
- ・ いつも効果的というわけではない

Adaptive Scaffold によるハイパーメディア環境

Adaptive Scaffold...SRL により適した方法（生徒に合わせられるため）

- ・ 教師，チューターによる連続的な生徒の診断 (Merrill, Reiser, Merrill, & Landes, 1995)
- ・ 少数の研究においてハイパーメディア環境における SRL 能力の向上 (Biemans & Simons, 1995; Kao & Lehman, 1997)

全体から

Scaffold：生徒の自己調整能力，ハイパーメディア環境における学習の促進に有効

しかし，さまざまな結果が混合...

本研究：複雑なシステム（循環システム）の学習において，異なる Scaffold が理解を促進するかどうかについて検討

1.3 Overview of current study and hypotheses

リサーチクエスチョン

- (a) 異なる Scaffold 条件が，より洗練されたメンタルモデルへのシフトを導くか？
- (b) 異なる Scaffold 条件が，生徒の自己調整学習能力に関連するか？

仮説

- (a) AS：有意な向上，FS,NS 有意な向上はなし
- (b) AS：より少数の自己調整変数の使用。(チューター，自己の学習の制御による)

2. Method

2.1 Participants

大学生 51 名 (女性 38 名, 男性 13 名)

平均年齢 22 歳 GPA (成績平均点) 3.2

(4 年生 (21 名), 3 年生 (18 名), 2 年生 (7 名), 1 年生 (5 名), 生物学専攻ではない)

2.2 Measures

筆記テスト

(a) Matching

循環システムにおける 16 の単語と部位のマッチング

(b) Labeling

心臓のカラー画像に 20 の要素をラベルづけ

(c) Flow

人間の身体の概要図に血液の流れのパスを書く

(d) Essay

“循環システムについて知っていることをすべて書いてください”

2.3 Hypermedia environment

Microsoft 社の Encarta's Reference Suite (電子百科事典) (2000)

(ラップトップコンピュータ, 11 インチモニタ)

トレーニングフェーズ: 最も関連する 3 つの記事を示される。(循環システム, 血液, 心臓)

情報表現: テキスト, 静止図, 写真, アニメーション

すべての機能を自由に使用 (検索機能, ハイパーリンク, 複数のソースへのアクセス)

2.4 Procedure

2.4.1 Scaffolding conditions

No Scaffolding(NS) condition: 次のインストラクション

「あなたは, これから循環システムのテキスト, 図, アニメーションを含んだハイパーメディアの百科事典を示されます. 我々は, 循環システムの学習をするためにハイパーメディアを使用するとき, 学生がどのように使用するか調査中です. あなたの課題は, 45 分間で循環系についてできる限り学ぶことです. 体のそれぞれの部分とそれらの意味, それらの部品が個々に, そしてお互いにどのように働くのかについて, また, それらがどのように人体を支えているのかについて間違いなく学ぶようにしてください. 我々は継続的に 'think aloud' するように求めます. 私は, ここにいて, コンピュータになにかおこ

ったときにそなえています。この課題において、あなたが考えていることをすべて話すことが重要だということを覚えておいてください。」

Fixed Scaffolding(FS) condition : NS と同じ手続きに加えて次のものを与えられる

- ・ 10の領域固有のサブゴールの提供（第3筆者によってデザイン，表1参照）

Adaptive Scaffolding(AS) condition : FS と同じ手続きに加えて

- ・ チューター（第3筆者）にアクセス可能
- ・ FSのサブゴールのカバー + adaptive scaffolding

チューター...学習者のプラン，理解のモニタ，異なる方略の使用のアシスト，課題の困難さ，要求への対応

第1筆者が全条件の実験に参加。ただし，チューターにはならない。

全体の流れ

- ・ アンケート（完投するまで）
- ・ プレテスト（30分）
- ・ 学習課題のインストラクション
- ・ 自己報告の練習
- ・ 学習フェーズ（45分）
- ・ ポストテスト（30分）

学習フェーズにおいて3分以上の沈黙があったときには「考えていることを言って下さい」と教示

全ての条件において，全体の目標である「体のそれぞれの部分とそれらの意味，それらの部品が個々に，そしてお互いにどのように働くのかについて，また，それらがどのように人体を支えているのかについて間違いなく学ぶよう」についてはアクセス可能
使用時間に有意差はなし

2.5 *Coding and scoring*

2.5.1 *Mental Models*

メンタルモデルのシフトについて

Chiら(1994, 2000)のメンタルモデルを12のモデルに拡張(表2)

(a) 理解なし~(I)発展ダブルループモデル

(a1に向かって深い理解)

第2, 第3筆者が評定

2.5.2 *Matching task and heart diagram*

Matching task

第2筆者が, 1(概念と定義の一致)または0(不正確な一致)で評定

ブレ, ポストともに16問

Heart diagram

同様に第2筆者が, 1(正確なラベル付け)または0(不正確なラベル)で評定

ブレ, ポストともに20問

2.5.3 *Students' verbalization*

全2203分の音声, ビデオデータ.

解析の第一フェーズ: 大学院生がテープおこしをし, テキストデータへ.

(全1212ページ, 被験者平均24.2ページ. 5218単語)

第2フェーズ: 大学院生によって, 正確さの確認. アップデート.

2.5.4 *Learners' and tutor's regulatory behavior*

Azevedoら(in press)のSRLモデルを解析に使用.

本モデル: 近年のSRLのモデルに基いている.

(Pintrick, 2000; Winne, 2001; Winne & Hadwin, 1998; Winne & Pery, 2000)

self-regulation のキー要素

(a) プランニング, ゴールの設定, 課題, 内容, 問題に関連する自己の知識のアクティベーションと知覚

(b) モニタリングプロセス(メタ認知)

(c) コントロールと調整の努力

(d) リアクションとリフレクション

2.5.5 *Inter-rater agreement*

評定者間の合意

メンタルモデルについて

図 2 に基づき，第 2，第 3 筆者が独立に評定

一致率：.90

学習者，チューターの制御行動について

第 1，第 2 筆者が独立に評定

一致率：.98

不一致点については，話し合いによって決定．

3 . **Results and discussion**

3.1 *Question1: Do different scaffolding conditions influence students' ability to shift to more sophisticated mental models of the circulatory system?*

3 (条件：AS,FS,NS) × 2 (時間：プレテスト，ポストテスト) のデザイン

条件について：被験者間要因

時間について：被験者内要因

全体の結果：表 3

3.2 *Shift in mental model*

メンタルモデルについて，プレ,ポストテストの 3 × 2 の分散分析

時間の主効果 [F(1,50)=88.11, MSE = 3.37, p < .05]

条件と時間の交互作用 [F(2,50)=7.79, MSE = 26.23, p < .05]

単純主効果分析：プレテストに差はなく，ポストテストで有意差(F(2,48)=5.62, p < .05)

事後検定(LSD)：AS > FS,NS (p < .05)，FS,NS 間には差はなし(p > .05)

本結果より：プレポストからポストテストにかけて，AS 条件は最も高い平均の“jump”または改善が見られた。(平均 5.4 向上)

対比的に，FS,NS 条件はより小さい改善であった(FS 平均 2.1，NS 平均 2.7 向上)

3.3 *Matching task*

マッチング課題についてのブレ,ポストテストの3 × 2の分散分析

時間の主効果 [F(1,50) = 29.48, MSE = 8.50, p < .05]

交互作用なし [F(2,50) = 1.30, MSE = 40.12, p > .05]

本結果より：全条件が有意にマッチングタスクの成績が向上

3.4 *Labeling task*

ラベリング課題についてのブレ,ポストテストの3 × 2の分散分析

時間の主効果 [F(1,50) = 18567, MSE = 96.32, p < .05]

条件と時間の交互作用 [F(2,50) = 28.91 = 281.12, p < .05]

単純主効果分析：プレテストに差はなく,ポストテストで有意差 [F(1,48) = 164.26, p < .05]

本結果より：AS 条件における,最も高い平均の向上.

(AS : 44.4% FS : 8.28% NS : 26.8%向上)

3.5 *Question2: How do different scaffolding conditions influence students' ability to regulate their learning?*

S R L 変数の使用に対する, ²検定の結果：表 4

3.6 *Planning*

AS

Activating their prior knowledge : 有意に多い

(発話例 . 高校でやったの覚えているぞ ...)

FS

Recycling goals in their working memory : 有意に多い

(発話例 . 心臓の位置と機能について ...)

NS

Creating sub-goals : 有意に多い

planing : 差はなし

(発話例 . はじめに環境の構造を見て ... そして循環システムの ...)

3.7 *Monitoring*

AS

Feeling of knowing(FOK), Judging their learning(JOL) : 有意に多い

(発話例 . 前に読んだぞ ... , 全然わかんない ...)

Self-questioning:有意に少ない

(発話例 . これから何をまなんだんだ ?)

FS

evaluating the content , identifying the adequacy of information : 有意に多い

(発話例 . これ読んだけど , 探してるのとは違う ... , 心臓の構造 ... これだ)

NS

6つの複合

Monitoring progress toward goal : 群間に差はなし

(発話例 . これが目標 , 達成するんだ)

3.8 *Strategies*

AS

Find location in the environment : 有意に多い

(発話例 . ここにあった)

FS

Goal-direct search , Evaluating the content as the answer to the goal : 有意に多い

(発話例 . (チューター) 心臓の鼓動 . きつとこれ ... , これがきつと答えだ)

Mnemonics, reading notes, coordinating informational source:有意に少ない

(発話例 .

Mnemonics (生徒) 動脈 , どっかいつちゃった (チュータ) 上の方にあるよ ,

Coordinating informational source これ (テキスト) を図に書き込んでと ...)

NS

Taking notes, re-reading, selecting new informational source, free search : 有意に多い

Summarization, inferences, drawing, hypothesizing, knowledge elaboration, reading new paragraph, memorization of instructional material : 群間に差はなし

3.9 *Task difficulty and demands*

AS

Seeking help : 有意に多い

(発話例 . (生徒) より詳細な答えを求めています ?)

NS

Planning their time and effort, controlling the hypermedia environment : 有意に多い

(発話例 . 時間が短いからここはスキップしてと)

FS

Controlled the hypermedia condition, expectations that a certain type of informational source : 有意に多い

(発話例 . Expectations...このビデオはきっと答えに必要なだ)

3.10 *Interest*

NS

Interest : 有意に多い

(発話例 . これ面白い)

4 . **Implications**

本研究の結果 : ハイパーメディア環境は AS デザインが提供されたときに学習を促進

- ・ 実証的に AS の有効性を示した
- ・ FS , NS に対する , AS の循環システムの有意な理解の向上
- ・ 発話プロトコルが , 異なる Scaffold における異なる SRL の発展を示す
- ・ 先行研究に一致した AS の有効性
- ・ SRL 能力の向上を目的とした研究に貢献

ペーパーテストの内容から

- ・ **Matching task** : 全条件において宣言的知識の獲得
約 4 5 分学んだためだろう
- ・ **Labeling task** : AS > FS,NS
チューターの Scaffold の効果だろう
(心臓の絵を書く , 心臓の要素のラベル付け , ノートを取る , 複数のソースの調整などの有効な方略を発展 . 発話には現れないが , そのことがチューターを頼った証拠 ...)

プロトコルデータから

- ・ AS における，プランニング，モニタリング，1つの方略の発展
チューターへの過度な依存が，SRL のキーメカニズムを発展
- ・ FS,NS において，深い概念理解が得られなかったこと
キーとなる SRL を使用できなかった

4.1 *Limitations*

複雑なハイパーメディア環境における教育的価値に関する研究はほとんどない

我々の研究は，こういった環境において，学習者がどのように学習するのかについての理解の初期段階と言える．

- ・ 本研究においては，ほとんど先行知識を持たない学習者であり，先行知識が豊富な学習者における研究が必要．
- ・ より詳細にわたって，どのような *Scaffolding* がどの SRL 要素を促進，減少させるのかについて検討する必要がある．

4.2 *Instructional implications of scaffolding and SRL for learning with hypermedia*

人間のチューターからチューターをエミュレートするものへ

人間による *adaptive scaffolding* から computer による *adaptive scaffolding*

しかし，現在のところ非常に難しい・・・

本研究の結果は，*MetaCognitive* ツールとしてのコンピュータ使用に向けた新しい方向性への第一歩

Table 1
Sub-goals used in the fixed scaffolding (FS) condition

1. Name the components of blood
2. Describe the function of each type of cell found in blood
3. Draw and describe the path one drop of blood takes as it travels through the heart
4. Describe the location and function of the major (mechanical) valves in the heart
5. List the support structures of the heart
6. The heart is a pump that requires electrical impulses to keep it beating. Name the heart's four major electrical structures
7. Describe the flow of electricity through the heart
8. The heart is only one part of the circulatory system. Name all the structures involved in circulating blood
9. Describe the movement of blood through the circulatory system, naming all the organs involved. You may use paper and pencil to assist if necessary
10. Identify at least three major functions of the circulatory system

Table 3
Means (and *SD*) for the pretest and posttest learning outcomes measures by scaffolding conditions

	Scaffolding conditions					
	Adaptive scaffolding (AS) (<i>n</i> = 17)		Fixed scaffolding (FS) (<i>n</i> = 17)		No scaffolding (NS) (<i>n</i> = 17)	
	Pretest <i>M</i> (<i>SD</i>)	Posttest <i>M</i> (<i>SD</i>)	Pretest <i>M</i> (<i>SD</i>)	Posttest <i>M</i> (<i>SD</i>)	Pretest <i>M</i> (<i>SD</i>)	Posttest <i>M</i> (<i>SD</i>)
Essay and flow diagram (mental models)	5.4 (3.5)	10.8 (2.2)	6.1 (3.2)	8.2 (2.8)	5.8 (2.2)	8.5 (2.2)
Matching	61.4 (31.7)	84.8 (28.2)	48.2 (27.9)	83.5 (14.3)	61.0 (27.2)	71.3 (17.3)
Labeling	7.1 (10.3)	51.5 (9.8)	4.1 (10.0)	12.4 (16.7)	2.6 (6.1)	29.4 (16.0)

Table 2
Necessary features for each type of mental model

1. No understanding	
2. Basic global concepts	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates
3. Global concepts with purpose	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Describes "purpose"—oxygen/nutrient transport
4. Single loop—basic	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport
5. Single loop with purpose	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport • Describe "purpose"—oxygen/nutrient transport
6. Single loop—advanced	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport • Describe "purpose"—oxygen/nutrient transport • Mentions one of the following: electrical system, transport functions of blood, details of blood cells
7. Single loop with lungs	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport • Mentions lungs as a "stop" along the way • Describe "purpose"—oxygen/nutrient transport
8. Single loop with lungs—advanced	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport • Mentions Lungs as a "stop" along the way • Describe "purpose"—oxygen/nutrient transport • Mentions one of the following: electrical system, transport functions of blood, details of blood cells
9. Double loop concept	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport • Describes "purpose"—oxygen/nutrient transport • Mentions separate pulmonary and systemic systems • Mentions importance of lungs
10. Double loop—basic	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport • Describe "purpose"—oxygen/nutrient transport • Describes loop: heart-body-heart-lungs-heart
11. Double loop—detailed	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport

Table 2 (continued)

	<ul style="list-style-type: none"> • Describe "purpose"—oxygen/nutrient transport • Describes loop: heart-body-heart-lungs-heart • Structural details described: names vessels, describes flow through valves
12. Double loop—advanced	<ul style="list-style-type: none"> • Blood circulates • Heart as pump • Vessels (arteries/veins) transport • Describe "purpose"—oxygen/nutrient transport • Describes loop: heart-body-heart-lungs-heart • Structural details described: names vessels, describes flow through valves • Mentions one of the following: electrical system, transport functions of blood, details of blood cell

Table 4

Number and proportion of learners using self-regulated learning variables above the median proportion by scaffolding condition

Variable	Adaptive scaffolding (AS) (<i>n</i> = 17)	Fixed scaffolding (FS) (<i>n</i> = 17)	No scaffolding (NS) (<i>n</i> = 17)	χ^2	<i>p</i>
Planning					
Prior knowledge activation	14 (82%) ^a	3 (18%)	8 (47%)	14.28	.001
Recycle goal in working memory	0 (0%)	16 (94%) ^b	2 (12%)	39.15	<.001
Sub-goals	4 (29%)	7 (41%)	14 (82%) ^c	12.40	.002
Planning	6 (35%)	1 (6%)	5 (29%)	4.58	.101
Monitoring					
Judgment of learning (JOL)	13 (76%) ^a	4 (24%)	8 (47%)	9.57	.008
Feeling of knowing (FOK)	16 (94%) ^a	3 (18%)	7 (41%)	20.87	<.001
Self-questioning	0 (0%) ^a	4 (24%)	8 (47%)	10.46	.005
Content evaluation	0 (0%)	15 (88%) ^b	10 (59%)	27.46	<.001
Identify adequacy of information	2 (12%)	15 (88%) ^b	8 (47%)	19.93	<.001
Monitoring progress toward goals	8 (47%)	6 (35%)	11 (65%)	2.98	.225
Strategy use					
Find location in environment	9 (53%) ^a	3 (18%)	1 (6%)	10.74	.005
Goal-directed search	0 (0%)	15 (88%) ^b	10 (59%)	27.46	<.001
Evaluate content as answer to goal	0 (0%)	15 (88%) ^b	2 (12%)	35.12	<.001
Mnemonics	4 (24%)	0 (0%) ^b	7 (41%)	8.58	.014
Read notes	1 (6%)	0 (0%) ^b	6 (35%)	10.27	.006
Coordinating informational sources	2 (12%)	0 (0%) ^b	5 (29%)	6.29	.043
Taking notes	3 (18%)	2 (12%)	10 (59%) ^c	10.77	.005
Re-reading	5 (29%)	7 (41%)	13 (76%) ^c	8.16	.017
Selecting new informational source	0 (0%)	8 (47%)	16 (94%) ^c	30.29	<.001
Free search	2 (12%)	10 (59%)	13 (76%) ^c	15.22	<.001
Summarization	10 (59%)	6 (35%)	9 (53%)	2.04	.361
Inferences	9 (53%)	5 (29%)	11 (65%)	4.39	.111
Draw	8 (47%)	7 (41%)	6 (35%)	0.49	.784
Hypothesizing	1 (6%)	1 (6%)	0 (0%)	1.04	.594
Knowledge elaboration	7 (41%)	2 (12%)	8 (47%)	5.47	.065
Read new paragraph	1 (6%)	0 (0%)	2 (12%)	2.13	.346
Memorization	1 (6%)	0 (0%)	4 (24%)	5.77	.056

Table 4 (continued)

Variable	Adaptive scaffolding (AS) (<i>n</i> = 17)	Fixed scaffolding (FS) (<i>n</i> = 17)	No scaffolding (NS) (<i>n</i> = 17)	χ^2	<i>p</i>
Task difficulty and demands					
Help seeking behavior	16 (94%)^a	9 (53%)	0 (0%)	30.29	<.001
Control of context	3 (18%)	11 (65%)^b	11 (65%)^c	10.04	.007
Expect adequacy of information	0 (0%)	12 (71%)^b	4 (24%)	20.40	<.001
Time and effort planning	4 (24%)	3 (18%)	12 (71%)^c	12.25	.002
Task difficulty	9 (53%)	7 (41%)	3 (18%)	4.70	.095
Interest					
Interest statement	9 (53%)	1 (6%)	14 (82%)^c	20.31	<.001

Note. Degrees of freedom = 2 and *n* = 51 for all analyses.

Note. The bold type indicates the variable was used above the median proportion by more than 50% of participants.

^aAS group made the greatest contribution to χ^2 for this variable.

^bFS group made the greatest contribution to χ^2 for this variable.

^cNS group made the greatest contribution to χ^2 for this variable.