

誤りの可視化による英作文学習支援

國近 秀信<sup>†a)</sup> 古賀崇年志<sup>†</sup> 出山 大誌<sup>†\*</sup> 村上 卓見<sup>†\*\*</sup>  
 平嶋 宗<sup>††</sup> 竹内 章<sup>†††</sup>

Learning Support for English Composition with Error Visualization

Hidenobu KUNICHIKA<sup>†a)</sup>, Takatoshi KOGA<sup>†</sup>, Taishi DEYAMA<sup>†\*</sup>,  
 Takumi MURAKAMI<sup>†\*\*</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>††</sup>, and Akira TAKEUCHI<sup>†††</sup>

あらまし 本研究の目的は、学習者が構成した英文からアニメーションを生成しフィードバックする英作文学習支援システムの実現である。本システムの支援対象は「意図したことが表現できていない誤り」であり、学習者自身に誤りに気づかせるため、誤りをアニメーションにより可視化する。本システムは、原則として学習者が構成した英文の内容をそのまま可視化するが、陽に表現すべき情報が欠落していた場合はそれが顕在化するよう可視化する。本論文では、誤りの可視化方法の実現とその評価について述べる。利用者が可視化された誤りに気づくか否かについて調査したところ、ほとんどの誤りに気づくことができ、本手法の有効性が確認された。

キーワード CALL システム, 誤りの可視化, 英作文, アニメーション生成

1. ま え が き

主体的な学習活動の一つとして、誤りからの学習 [5] がある。これは、学習者自身が誤りを発見し、認知的葛藤 (Cognitive Conflict) を経て知識の構成・修正を行うという学習活動である。

認知的葛藤が生じるためには、まず誤りに気づく必要がある。誤りに気づく方法は、次の三つに大別できよう。

- (1) 外界からの刺激なしに学習者自身が気づく。
- (2) ヒントなどの間接的な情報により学習者自身が気づく。
- (3) 他者による直接的な指摘により気づく。

これらの方法を想起しやすさと正しさの軸で整理し

た関係を図 1 に示す。ここで、「想起しやすさ」とは、印象に残り、後の学習活動に有効に働くか否かを表し、「正しさ」とは、誤りに過不足なく気づくか否かを表す。学習者が外界からの刺激なしに自分自身で正しく誤りに気づくことが理想的であるが、特に初学者にとっては難しい行為である。自ら能動的に発見することは印象に残りやすく、後の学習活動にも有効であり、学習者自身の発達や想起しやすさの点からは (1) の刺激なしに学習者自身で気づくことが好ましい。しかしながら、この場合は誤りに気づかない可能性があり得るため、正しさの点では他に比べて劣ると考える。正

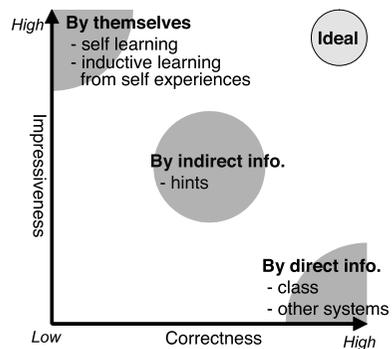


図 1 誤りに気づく方法の特徴  
 Fig.1 Features of ways to be aware of mistakes.

<sup>†</sup>九州工業大学大学院情報工学研究科, 飯塚市  
 Graduate School of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, Iizuka-shi, 820-8502 Japan

<sup>††</sup>広島大学大学院工学研究科, 東広島市  
 Department of Information Engineering, Hiroshima University, Higashihiroshima-shi, 739-8511 Japan

<sup>†††</sup>九州工業大学情報工学部, 飯塚市  
 Department of A.I., Kyushu Institute of Technology, Iizuka-shi, 820-8502 Japan

\* 現在, 九州日本電気ソフトウェア株式会社

\*\* 現在, 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社

a) E-mail: kunitika@ai.kyutech.ac.jp

しさの点では (3) の教師等他者による直接的な指摘が優れているが、受動的な学習となるため想起しやすさの点で他の方法よりも劣っているといえよう。(2) の間接的な情報により学習者自身が気づくという方法は、(1) と比較してより正しく、かつ (3) と比較してより能動的に (後で想起しやすく) 誤りに気づくことができると思う。

本論文では、間接的な情報としてアニメーションを用いて誤りを可視化する手法の実現とその評価について述べる。本手法は、英作文を対象とし、正しさと想起しやすさを備えた (2) の間接的な情報を与える方法に相当する。学習者自身が正しく誤りに気づくことができるようになるためには、誤りを見つけ修正する経験を積むことが効果的であると考えられる。本論文で述べるシステムを利用し、誤りの気づき・修正を繰り返すことで、理想的な「外界からの刺激なしに学習者自身で正しく気づくことができる状態」になることが期待できる。

## 2. 研究目的と学習モデル

学習者が英作文を行う際には、表現したかった内容と英文の表現内容との間に差異が生じる場合がある。本研究では、これを意図したことが表現できていない誤り (以降、Discrepancy between Thinking and Writing: DTW エラー) と呼ぶ。DTW エラーは、構文的誤りが原因の場合 (英文の意味が解釈できない場合に相当する) と意味的誤りが原因の場合がある。本研究では、後者の意味的誤りによる DTW エラーを支援対象とする。

従来の ICALL システム (例えば [1], [3], [4], [8]) では、学習者に誤りを認識させるため、または正しい知識を獲得させるために、直接的な情報を提供する方法が多くとられている。ALICE-chan [8] や German Tutor [4] では、構文解析の結果同定された構文的誤りに対し、誤り内容や修正のための情報をフィードバックする。更に TLS [1] では、意味的制約を利用して意味的誤りを同定し、解析木及び意味的制約の検査過程をフィードバックする。しかしながら、本研究のように意図したことと書いたこととの差異に焦点を当て、誤りを含む文の意味解釈を行い、誤りを学習者に主体的に気づかせるような支援はほとんど行われていない。

本研究の目的は、英文を構成することはできるが自分自身の言葉を用いて表現することに慣れていない学習者を対象とし、DTW エラーについて正しくかつよ

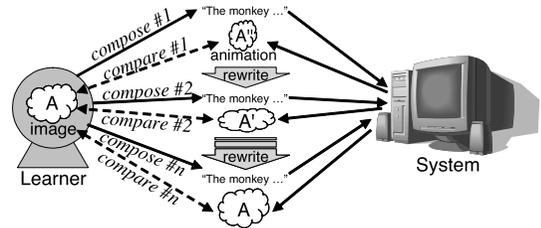


図 2 学習モデル  
Fig. 2 Learning model.

り深く印象づけられるように、学習者の意図と書いたこととの差異をアニメーションにより直接可視化・強調する手法を実現することである。学習者の意図と書いたこととの差異を強調することで認知的葛藤が生じ、リフレクションを誘発すると考える。その結果、学習者が書きたかった内容と学習者が書いた英文の内容の差異をなくすために、英文を修正するという活動を通して知識の構成・修正が行われる。

我々は、一般的に英文を構成する際には、まず表現したいことのイメージを頭に思い浮かべると仮定する。学習者がそのようなイメージを英文で表現すると考えた場合、イメージと同じ形式でフィードバックを与えることは、学習者が書いた内容を受け入れやすく、また比較が容易であり、強い印象を与え得ると考えられる。したがって、本手法は DTW エラーをイメージと近いアニメーションの形式で可視化し、フィードバックする。

図 2 に学習モデルを示す。まず、学習者は頭に思い浮かべたイメージを文として表現する。次に本システムがその文を解釈し、内容をアニメーションに変換し学習者へフィードバックする。学習者はそのアニメーションと、最初のイメージとを比較する。もし DTW エラーを含んでいる場合は、それらの差異から認知的葛藤が生じ、リフレクションの過程を経て、英文を修正する。このサイクルを繰り返し、最終的に学習者の書きたい内容 (イメージ) と一致する英文を構成する。

本論文で提案する学習支援方法及び学習モデルは、言語習得分野の研究成果に即している。書いたり話したりというアウトプット活動は、第 2 言語習得における重要な認知プロセスであり、その機会を多くもつことが学習者にとって重要であるといわれている [9]。前述のように、本研究の学習モデルでは英文構成・修正の過程を繰り返すため、アウトプットの機会増大の一助となるのが期待できる。続いて、学習者自身が誤

りに気づき、修正する点に着目すると、以下のような知見に合致している。Swainら [12] は、アウトプット活動の効果の中で、「学習者が表出した言語表現が不十分であることに学習者自身が気づくことの効果」に着目し、その有用性を明らかにした [9]。また、Fathmanら [2] 及び及川ら [10] は、教師のフィードバック自体より、書直しという作業の有効性について報告している [11]。

### 3. 誤りの可視化による学習支援

文の解釈には、言語知識による解釈と、背景知識や周りの状況などの言語外知識も含めた解釈の 2 種類がある。更に、文の内容を可視化したものを比較することによりそれらの差異が認識可能なものと不可能なものに分類することができる。本研究で対象とする解釈は、言語知識のみによる解釈で、かつ、オブジェクトに対応した静止画を出現/移動させる二次元アニメーションにより差異が認識可能な範囲である。その中で現在は、オブジェクトの移動・出現・消滅及びオブジェクトの属性<sup>(注1)</sup>の変化を表す英文（中学レベルの語彙と文法を用いた 1 文の単文）で、同時に複数のイベントが生起することがない範囲を対象とする。本章では、学習の流れと誤りの可視化方法について述べる。

#### 3.1 学習の流れ

本研究において実現したシステム（English Composition Support system with Error Visualization：以下、ECSEV）では、図 3 に示すインターフェースを通して以下の流れで学習が行われ、リフレクションによる学習のきっかけが与えられる。

(a) 1 文で表現すべき内容をアニメーション（以降、オリジナルアニメーションと呼ぶ）で与える。理想的には、学習者が表現する内容を自由に決められることが望ましいが、この場合システムによる支援が困難な場合が生じ得るため、現在は表現すべき内容をあらかじめ指定する方法をとっている。

(b) 学習者は、アニメーションの内容を英語で表現し入力する。その際学習者には、それまでに入力した文との文脈を考えて、意味が通じる文を入力することが要求される。

(c) 学習者の英文の解釈結果がアニメーション（以降、学習者アニメーションと呼ぶ）でフィードバックされる。

(d) 学習者はもとのアニメーションと比較し、差異に気づいた場合 (b) に戻って再び英作文を行う。

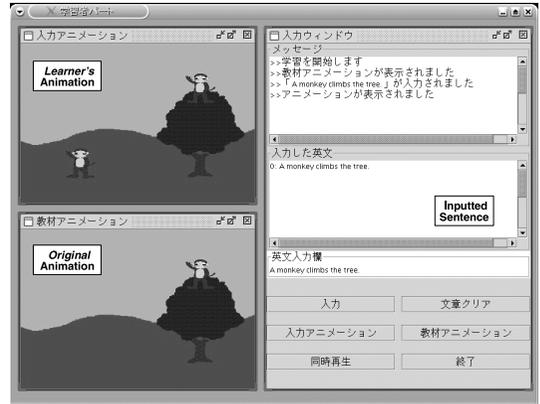


図 3 インタフェースの例

Fig. 3 A snapshot of the learning interface.

#### 3.2 誤りの可視化方法

前述のとおり、本研究で対象とする英文の内容は、オブジェクトの移動・出現・消滅及びオブジェクトの属性の変化である。つまり本研究で取り扱う英文の内容は、イベント、オブジェクト及びそれらの属性により構成される。よって、DTW エラーは、学習者が書いた英文の構成要素と書きたかった英文の構成要素との差異、つまり不足、過多及び置換と考えることができる。以下、DTW エラーの種類とその可視化方法について述べる。

##### 3.2.1 情報不足

オブジェクトまたはオブジェクトの可視化可能属性、イベントの格要素が不足している場合である。例えば、「指示対象が存在しない不適切な代名詞を使用した場合」や、「“The monkey throws the persimmon toward the crab.” のように動作の方向をいうべきところで “The monkey throws the persimmon.” など動作方向を表現しなかった場合」などが考えられる。前者は構文的には問題ない文であるが文脈を考慮した意味解釈ができなかった場合の例であり、後者は表現すべき情報が欠けていた場合の例である。

前者の「英文で表現されているがアニメーションにできない場合」は、アニメーションにできない旨を伝えるアニメーションを学習者にフィードバックする。例えば前述の例の場合、指示対象のない代名詞に相当するオブジェクトとして黒い箱の絵を使用してアニメーションを生成する。また、後者の「必要な情報が

(注1): アニメーションで可視化可能な属性を扱う。現在は、色及び大きさを対象とする。

表現されていない場合」は、オリジナルアニメーションと異なる動きをするアニメーションを生成する。前述の例の場合、学習者の意図に相当するオリジナルアニメーションとは明らかに異なる方向へ柿が移動するアニメーションを生成する。

### 3.2.2 情報過多

オリジナルアニメーションに対し、余分なイベントまたはオブジェクト、可視化可能属性が追加されている場合である。この場合は、学習者の入力文をそのままアニメーションに変換して提示する。例えば、“short”と形容すべきではない場面で“the short tree”と表現した場合、オリジナルアニメーションと比較して明らかに低い木を表示するアニメーションを生成する。

### 3.2.3 情報置換

オリジナルアニメーションと同じ格役割で異なるオブジェクトが用いられている場合や、同じオブジェクトの同じ属性が使用されているがその属性値が異なる場合である。この場合も、学習者の入力文をそのままアニメーションに変換して提示する。

例えば、既に登場している犬を指示するつもりで不定冠詞を用い“A dog runs.”と入力した場合、既に登場している犬とは別に、新たな犬を登場させてアニメーションを生成する。

## 4. 学習支援システムの概要

前述のように、オリジナルアニメーションの提示及び英作文は1文ごとに繰り返される。したがって文の解釈は1文ごとに行われるが、一連の動作としてアニメーション化するためには、それまでに入力された英文との文脈も理解しシステムの内部表現として保持しておく必要がある。また、アニメーションの生成にはオブジェクトの座標値などの情報が不可欠であるが、一般に英文を解釈した結果にはそれらのアニメーション生成用の情報は含まれていない。したがって、本研究では英文の表層的な意味とアニメーション生成用の情報を含んだ意味とを分離して取り扱う。

英文の表層的な意味情報及びアニメーション生成用の意味情報を生成し、リフレクションのきっかけを与えるアニメーションを生成するためには、以下の機能が必要である。

- (i) 英文の表層的な意味を抽出する。
- (ii) 文脈処理及びアニメーション生成に必要な情報の追加を行う。
- (iii) 誤りを可視化するための情報をアニメーション

生成用の意味に追加する。

- (iv) アニメーションを生成する。

以下、上記の機能を実現するために必要なモジュールと処理の流れについて説明する。

### 4.1 構成

図4に本システムの構成図を示す。本システムは、学習者が利用する学習ステージ(図4,左)及び教材作成者が利用するオーサリングステージ(図4,右)の二つの機能を併せ持つ。以下、各モジュールの動きと、それぞれの生成物について、前述の必要な機能と対応させながら述べる。

#### 4.1.1 自然言語処理部

自然言語処理部は、学習者が入力した英文を構文・意味解析し、表層的な意味を抽出して格情報を生成するモジュールであり、前述の必要な機能(i)に相当する。本研究で取り扱う意味情報は格表現の形式である。原則として、この形式の意味情報を生成する自然言語処理部であれば利用可能である。現在は、別のプロジェクトで実現した自然言語処理部[7]を使用している。

#### 4.1.2 知識処理部

概念辞書及び正しい状態遷移情報を用いて、「文の表層的な意味を表す格情報」を「アニメーション生成に必要な状態遷移情報」に変換するモジュールであり、前述の必要な機能(ii)及び(iii)に相当する。詳しい処理については後述する。

#### 4.1.3 概念辞書

4.1.1の格情報は、英文中に陽に表現された情報から生成した表層的な意味情報であり、アニメーション生成に必要な情報を含んでいないため、格情報のみからアニメーションを生成することはできない。本システムでは、入力文で表現する必要はないがアニメーション生成に必要な情報を概念辞書に保持しており、知識処理部がこの情報を用いて状態遷移情報を生成する。図5に示すように、概念辞書は、名詞の情報として大きさ、色、座標値、絵のファイル名のデフォルト値を保持している。また動詞の情報として、対応するイベント、イベントの属性のデフォルト値、イベントへの変換条件及び英文で明示する必要はないがアニメーションとして表現すべきイベントを保持する。

#### 4.1.4 状態遷移情報

前述の必要な機能(ii)及び(iii)により生成される情報であり、アニメーション生成に必要な情報を保持する。

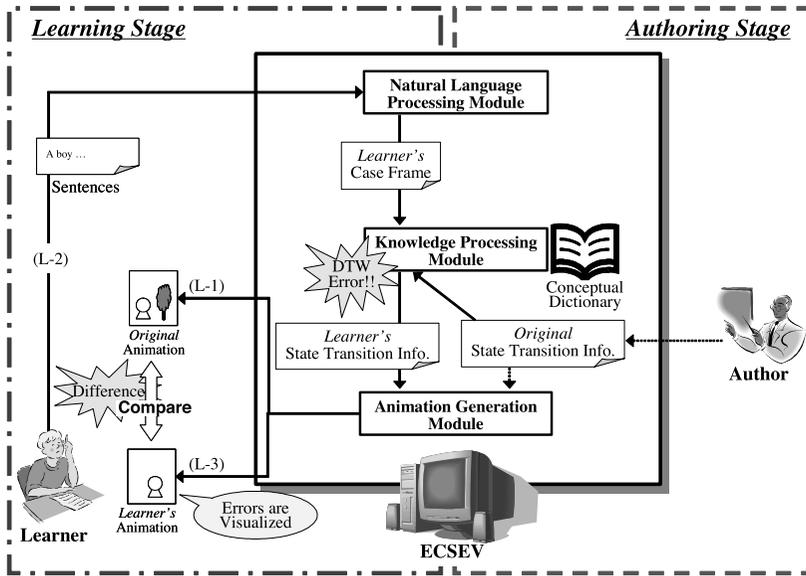


図 4 ECSEV の概要  
Fig. 4 The overview of ECSEV.

climb			
is_a	change in pos.		
agent			
object			
event	move(<agent>,position(current,<agent>),position(top,<object>))		
condition	position(current,<agent>) = position(bottom,<object>)		
inferring to satisfy the condition	if position(current,<object>) = error; then new(<object>) if position(current,<agent>) = error; then new(<agent>) if position(current,<agent>) <> position(bottom,<object>); then move(<agent>,position(current,<agent>),position(bottom,<object>))		

tree		monkey	
is_a	plant	is_a	animal
size	(100, 100)	size	(30, 30)
color	brown	color	brown
position	(300, 200)	position	(100, 100)
file_name	tree1.gif	file_name	monkey1.gif

図 5 概念辞書の例  
Fig. 5 An example of conceptual dictionary.

本システムでは、英作文学習の教材として物語を扱っている。図 6 左側に示すように、物語はいくつかの情景が連なって構成される。ここで情景とは、背景とそこで起こるイベント列のことであり、それらはフレーム形式で表現される。本研究では、アニメーションを、登場するオブジェクトの静的な状態を表すスナップショットと、あるスナップショットから次のスナップショットへと変化させるイベント情報とに分けて考える。

状態遷移情報には、オリジナル状態遷移情報及び学習者の状態遷移情報の 2 種類がある。以下、それぞれについて説明する。

オリジナル状態遷移情報：オリジナルアニメーション

を生成する際の情報源として利用されるほかに、学習者の状態遷移情報の生成及び誤り同定のために参照される。英文には、人であれば容易に理解可能な文脈情報や、物体の位置情報などアニメーション生成に必要な情報が含まれていない場合がある。したがって、構文的・意味的に正しい英文であっても、英文中で陽に表現された情報だけからアニメーションを自動生成することは難しい。更に、学習者の英文には表現すべき情報が含まれていない場合が考えられる。つまり、学習者の英文における「情報の不足」には、「陽に表現する必要がない情報」の不足と「陽に表現すべき情報」の不足の 2 種類が存在する。前者は自動的に情報を補完する必要があり、後者は誤りとして可視化する

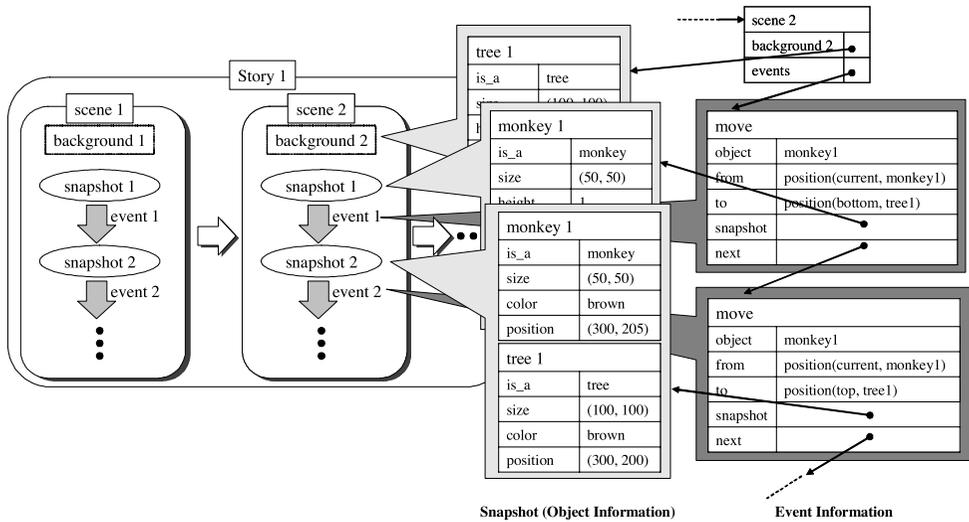


図 6 状態遷移情報の例

Fig. 6 An example of state transition information.

必要があるため、オリジナル状態遷移情報中で区別して扱う。

学習者の状態遷移情報：学習者アニメーションを生成する際の情報源であり、学習者が入力した英文に誤りが含まれる場合は、その誤りを可視化するための情報も含まれる。本システムは、「陽に表現する必要がない情報」については、オリジナル状態遷移情報を参照し、学習者が入力した英文に不足する情報を自動的に補完する。また、オリジナル状態遷移情報と学習者の状態遷移情報を比較することで、誤り同定を行う。

#### 4.1.5 アニメーション生成部

学習者の状態遷移情報をアニメーションに変換し、学習者に提示するモジュールであり、必要な機能 (iv) に相当する。本研究では、各オブジェクトの絵をあらかじめ用意しておき、その絵を画面に貼り付けたり移動させたりすることでアニメーションを描画する。事前に用意しておく絵の数を少なくするため、本モジュールはオブジェクトの可視化可能属性に応じてもとの絵を画像処理し、描画に利用する。また、学習者が使用する画面のサイズなどのデバイスへの依存性を排除するために、オブジェクトの座標として具体的な値ではなく top や bottom などの表現を用いる。

#### 4.2 処理の流れ

本節では、まず概要として利用者とシステムとのインタラクションについて述べ、その後、学習ステージにおけるシステムの内部処理として状態遷移情報の生

成及びアニメーションの生成を説明する。

##### 4.2.1 利用者とシステムとのインタラクション

本システムは、オーサリングステージと学習ステージの二つのステージをもつ。オーサリングステージでは、教材作成者がオリジナルアニメーションを生成するための情報を入力するとともに、「学習者が陽に表現すべき情報」を指定し、オリジナル状態遷移情報を生成する [6]。この処理は半自動で行われるが、その詳細については本論文では割愛する。

学習ステージでは、まずシステムが学習者に対し、表現すべき情報としてオリジナルアニメーションを提示する (図 4, L-1)。学習者が英文を入力する (図 4, L-2) と、システムは英文を解析し、格情報を抽出して DTW エラーを同定するとともに、「学習者の状態遷移情報」を生成する。その後、学習者の状態遷移情報から「学習者アニメーション」を生成し、学習者に提示する (図 4, L-3)。

##### 4.2.2 学習者の状態遷移情報の生成

学習者の状態遷移情報は、概念辞書及びオリジナル状態遷移情報を参照し情報の補完を行って生成される。学習者の英文の格情報から状態遷移情報を生成するための処理を以下に示す。

(I) イベントへの変換 概念辞書を参照し、格情報中の動詞を、対応するイベントに変換する。もしイベントへの変換条件を満たしていない場合は、概念辞書に記述されているイベントを追加する。例えば、図 5

の climb という動詞に対応するイベントは「主体を現在地から対象物の高さ分だけ移動させる」であり、その変換条件は「主体の現在地は対象物の最下部であること」である。そのため、その条件を満たしていない場合は、「主体を現在地から対象物の最下部へ移動させる」というイベントを追加する。また、そのイベントにより影響を受けるオブジェクトの属性値を更新し、イベント後のスナップショットを生成する。

(II) 誤り同定 上記 (I) で生成された学習者の状態遷移情報とオリジナル状態遷移情報とを以下のように比較し、情報不足、情報過多及び情報置換の誤りを同定する。

- 情報不足：オリジナル状態遷移情報で「陽に表現すべき情報」と指定されている情報が学習者の状態遷移情報に含まれていない場合は、情報不足とする。
- 情報過多：オリジナル状態遷移情報に記述されていない情報が学習者の状態遷移情報に含まれている場合は、情報過多とする。
- 情報置換：オリジナル状態遷移情報の情報と異なる情報が学習者の状態遷移情報に含まれている場合は、情報置換とする。

(III) アニメーション生成のための情報補完 オリジナル状態遷移情報で指定されている「陽に表現する必要がない情報」が学習者の状態遷移情報に含まれていない場合、その情報を補完する。この方法により、学習者は、一般的に表現する必要がない文脈情報やアニメーション生成のための情報を明示することなく、自然な英文を構成可能となる。

(IV) 誤り可視化情報の追加 前述のように、情報過多または情報置換の誤りの場合は、英文の内容をそのままアニメーションに変換・提示する。アニメーション生成に必要な情報がオリジナル状態遷移情報に含まれていない場合は、概念辞書に保管されているデフォルト値を利用する。情報不足の場合は、誤りを可視化するための情報を補完する必要がある。イベント及び物体の属性である位置、色、大きさについて、以下の情報を学習者の状態遷移情報に追加するという処理を行う。

- 位置：正しい地点から一定距離はなれた点をランダムに選択・使用
- 色：正しい色の補色を使用
- 大きさ：正しい語の反義語の値を使用

#### 4.2.3 アニメーションの生成

状態遷移情報からアニメーションを生成する。まず、

描画するオブジェクトの画像ファイルの色及び大きさの属性に応じて画像処理し、描画用ファイルを生成する。次に、状態遷移情報中で使用されている top や bottom などの位置情報を、表示ウィンドウの大きさを考慮した上で数値に変換する。その後、オブジェクトをイベント情報に沿って移動・描画・消去する。

### 5. システム評価

本システムを利用して前述の学習モデルに沿った学習を行わせた場合、我々が想定する学習のための気づきが生じるか否かについて、以下の3点を評価するために調査を行った。

- (1) 学習者は、アニメーションを見るだけで表現すべき情報を理解し、英文を構成することができるか。
- (2) システムは学習者の入力文を解釈できるか。
  - (2)-i 一般にある事柄を表現する方法は複数存在するが、学習者は、我々が想定している語彙及び文法を用いて英文を構成するか。
  - (2)-ii 本システムは、学習者が入力した英文からアニメーションを生成することができるか。
- (3) 可視化した誤りを学習者が気づくことができるか。

#### 5.1 調査方法

我々は一つのイベントに相当するアニメーションを被調査者に見せ、それを英文（中学レベルの語彙と文法を用いた一文の単文）で表現するよう指示した。もし被調査者の英文に DTW エラーが含まれていた場合、誤りを可視化したアニメーションを被調査者に提示し、オリジナルアニメーションとの差異を尋ねるとともに、再度英文で表現するように指示した。これらのステップを以下の英文に相当する三つのオリジナルアニメーションを用いて行った。

(a) A monkey climbs the tall tree.

(b) A crab comes.

(c) The monkey throws a green persimmon toward the crab.

被調査者は、本学の大学生及び大学院生計 18 名である。

#### 5.2 調査結果と考察

表 1 に、被調査者が 1 回目及び 2 回目に構成した英文の内訳を示す。ただしこの中には、一つのアニメーションを 2 文で表現した場合など、指示に従わなかった場合は含まれていない。表から分かるように、1 回目の英文構成時における正解文は 8 文であり、

表 1 被調査者が構成した英文の内訳  
Table 1 The details of composed sentences.

	correct	DTW error	couldn't be interpreted	total
1st	8	42	7	57
2nd	14	16	0	30
total	22	58	7	87

DTW エラーを含む文は 42 文であった。“couldn't be interpreted” に該当する 7 文は、指示どおりの英文だが本システムが解釈できない文である。この詳細については後述する。1 回目の DTW エラーを含む文 42 文のうち、14 文については 2 回目の英文構成で正しく誤りを修正することができた。合計すると、全 87 文の中でシステムが解釈可能な文は 80 文 (92%) であり、その中の 58 文が DTW エラーを含む文であった。表中の 1 回目の文の合計が 54 文 (18 名 × 3 文) より多い 57 文となっている理由は、解釈できない英文を構成したことによる再入力が含まれているためである。また、1 回目に DTW エラーを含む文が 42 文存在したにもかかわらず、2 回目の文の合計が 30 文と少ない理由は、1 文の単文という指示及び再入力の指示に従わない被調査者がいたためである。

以下、前述の 3 点について、調査結果及び考察を述べる。

(1) 英文を構成することができるか。

すべての被調査者は、アニメーションで提示されたイベントに対応する英文を構成することができた。したがって、アニメーションを見せることにより、表現すべき情報を学習者に理解させることは可能であったといえる。

(2) システムは学習者の入力文を解釈できるか。

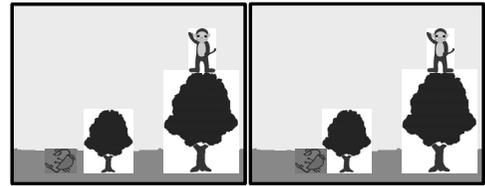
表 1 に示したように、7 文についてはシステムが解釈できない英文であった。これらの英文は、文法的に正しい英文であったが、想定していない単語が使用されていた。当該単語は、throw の代わりに用いられた動詞 (shoot, present, kill, get, fly, attack, fall) であった。この結果より、アニメーションからだけでは適切な動詞を選択できない場合があるということが確認された。

(3) 学習者は誤りに気づくことができるか。

表 2 に誤りの種類ごとに、誤りの数とフィードバックによって被調査者が気づいた誤りの数を示す。表から分かるように、全体として被調査者は、66 個の可視化された誤りのうち 64 個 (97%) に気づくことがで

表 2 可視化された誤りと気づいた誤りの数  
Table 2 The numbers of visualized errors and those been aware of.

	Lack	Excess	Replacement	Total
Visualized Errors	24	16	26	66
Errors been aware of (Percentage)	24 (100)	14 (88)	26 (100)	64 (97)



(a) Original animation (b) Learner's animation

図 7 誤りに気づけなかった例

Fig. 7 An example of a visualized error which a subject couldn't identify.

きた。

可視化した誤りをすぐに修正できた事例は、2 回目の正解文 14 文である。具体例を以下に示す。システムは、文 (a) に相当する内容として、最初に高さの異なる 2 本の木を表示し、そのうちの高い方の木にサルが登るアニメーションを被調査者に提示した。これに対し、ある被調査者が構成した英文は、“A monkey climbs the tree.” であった。この場面では、2 本の木が存在しているため、木を特定するための情報を明記する必要があるが、被調査者が構成した英文にはそれが含まれていなかった。したがってシステムは、情報不足の誤りと判断し、4.2.2 (IV) で述べたように、tall の反義語の short に相当する属性を有する低い木にサルが登るアニメーションを生成することにより、誤りを可視化した。この誤りに気づいた被調査者は、すぐに誤りを修正し “A monkey climbs the taller tree.” という英文を構成した。

誤りに気づけなかった 2 文の理由は、いずれも誤りを可視化した学習者アニメーションとオリジナルアニメーションとが非常に似ていたことであった。以下に例を示す。文 (b) に相当するアニメーションの再生終了時の絵を図 7 (a) に示す。このアニメーションでは、カニが画面の左端から現れ、図 7 (a) に示す位置で停止する。これに対し、誤りに気づけなかった被調査者の一人は、“A crab went to under the tree.” と入力した。この場合、文 (b) に比べ場所を表す前置詞句が余分であるため、情報過多と判断され、“under the tree” のデフォルト値を用いて図 7 (b) に示すアニメーションが生成された。

メーションが提示された。このように、提示された二つのアニメーションは、オブジェクトの停止位置が若干異なるだけの内容であった。現在、情報不足の誤りに対しては誤りを顕在化するための処理を行っているが、その他の情報過多及び情報置換については属性のデフォルト値をそのまま用いてアニメーションに変換しているため、誤りが顕在化できない場合が存在する。これが、誤りを含む学習者アニメーションとオリジナルアニメーションの酷似につながったと考えられる。

## 6. む す び

本論文では、英作文における DTW エラーを対象とし、学習者自身に誤りを気づかせるための誤りの可視化法及びそれを利用した英作文学習支援システム ECSEV について述べた。

本論文では更に、システム評価について述べた。調査の結果、学習者が生成したほとんどの DTW エラーをアニメーションで可視化できることが確認された。本論文で述べた調査は、大学生及び大学院生に対して実施した。今回のような被調査者に比べ、中学生など初学者は使用可能な語彙・文法が少ないため、使用される表現方法が限定されると考えられる。そのため、あらかじめ想定される語彙・文法を処理できるようにしておくことで、学習者の自由な表現の抑制が軽減されると考える。しかしながら、実際にどのような英文が入力されるかは不明であるため、今後は大学生・大学院生以外についても調査する必要がある。

その他の課題を以下に列挙する。まず第一に、情報過多・情報置換の誤り可視化の顕在性を保証する手法の確立が挙げられる。次に、アニメーションから適切な語句が思いつかない学習者に対する支援法の検討が必要である。今回の調査では、動詞の選択支援の必要性が確認されたが、他の品詞や句のレベルでの支援も検討する必要がある。支援方法としては、例えば、どうしても適切な単語が思いつかない学習者に対し、必要最低限の単語を提示するなどの方法が考えられる。最後に、従来の英作文学習支援システムで用いられる「直接的な誤りの指摘・指導」との比較を行い、本手法の特徴を明らかにすることが必要である。

## 文 献

- [1] S. Dansuwan, K. Nishina, K. Akahori, and Y. Shimizu, "Development and evaluation of a Thai learning system on the Web using natural language processing," CALICO Journal, vol.19, no.1, pp.67-88, 2001.
- [2] A. Fathman and E. Whalley, "Teacher response to student writing: Focus on form versus content," in Second Language Writing: Research Insight for the Classroom, ed. B. Kroll, pp.178-190, Cambridge University Press, 1990.
- [3] J. Gamper and J. Knapp, "A review of intelligent CALL systems," Computer Assisted Language Learning, vol.15, no.4, pp.329-342, 2001.
- [4] T. Heift and D. Nicholson, "Web delivery of adaptive and interactive language tutoring," Int. J. AIED, vol.12, pp.310-324, 2001.
- [5] 平嶋 宗, 堀口知也, "「誤りからの学習」を指向した誤り可視化の試み," 教育システム情報学会誌, vol.21, no.3, pp.178-186, 2004.
- [6] 國近秀信, 坪根浩二, 平嶋 宗, 竹内 章, "アニメーションによるリフレクションを指向した英作文学習支援," 教育システム情報学会研究報告, vol.15, pp.27-32, 2001.
- [7] H. Kunichika, A. Takeuchi, and S. Otsuki, "An authoring system for hypermedia language learning environments, and its evaluation," Proc. ICCE95, pp.73-80, 1995.
- [8] L. Levin and D. Evans, "ALICE-chan: A case study in ICALL theory and practice," in Intelligent Language Tutors: Theory Shaping Technology, ed. V. Holland, J. Kaplan, and M. Sams, Ch.5, Lawrence Erlbaum Associates, NJ, 1995.
- [9] 村野井仁, "教室第二言語習得研究と外国語教育," 第二言語習得研究の現在, 小池生夫(編), 6章, 大修館書店, 東京, 2004.
- [10] 及川 賢, 高山芳樹, "自由英作文指導における error feedback と revision の効果," 関東甲信越英語教育学会研究紀要, vol.14, pp.43-54, 2000.
- [11] 大井恭子, "ライティング," 第二言語習得研究の現在, 小池生夫(編), 11章, 大修館書店, 東京, 2004.
- [12] M. Swain and S. Lapkin, "Problems in output and the cognitive processes they generate: A step towards second language learning," Applied Linguistics, vol.16, pp.371-391, 1995.

(平成 19 年 4 月 6 日受付, 8 月 24 日再受付)



國近 秀信 (正員)

平 4 九工大・情報工・知能情報卒。平 6 同大学院修士課程了。平 8 同大学院博士後期課程了。同年同大・情報工・知能情報工学科助手。現在, 同大学院・情報工准教授。博(情報工)。知的学習支援システム, 特に言語学習支援に関する研究に従事。情報処理学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会各会員。



古賀崇年志

平 18 九工大・情報工・知能情報卒．現在，同大学院博士前期課程在学中．



出山 大誌

平 17 九工大・情報工・知能情報卒．平 19 同大学院博士前期課程了．現在，九州日本電気ソフトウェア（株）．



村上 卓見

平 17 九工大・情報工・知能情報卒．平 19 同大学院博士前期課程了．現在，日立ソフトウェアエンジニアリング（株）．



平嶋 宗（正員）

1986 阪大・工・応用物理卒．1991 同大学院博士課程了．同年同大産業科学研究所助手．1996 同講師．1997 九州工業大学情報工学部助教授，2004 より広島大学大学院工学研究科教授．工博．人間を系に含んだ計算機システムの高度化に興味をもち，特に知的学習支援システムの研究に従事．人工知能学会，情報処理学会，教育システム情報学会，日本教育工学会，日本教育心理学会等各会員．



竹内 章（正員）

1976 九大・工・造船卒．1978 同大学院修士課程了．九州大学工学部助手，講師を経て，1989 九州工業大学情報工学部助教授．現在，同教授．工博．学習支援システム，ヒューマン・マシンインタフェースなどの研究に従事．情報処理学会，人工知能学会，教育システム情報学会等各会員．