原著論文

加速度センサのコントローラを用いたゲームの制作および 高校生のインタラクション分析

増崎 武次*, 馬場 哲晃**, 藤木 淳***,
横尾 誠****, 牛尼 剛聡*****, 富松 潔*****

* 八女工業高等学校, ** 首都大学東京システムデザイン学部, *** 日本学術振興会特別研究員/九州大学,
**** 会津大学短期大学部, ***** 九州大学大学院芸術工学研究院

GAME CREATIONS BY USING A MOTION-SENSITIVE CONTROLLER AND INTERACTION ANALYSIS OF HIGH SCHOOL STUDENTS

Takeji MASUZAKI*, Tetsuaki BABA**, Jun FUJIKI***,
Makoto YOKOO****, Taketoshi USHIAMA***** and Kiyoshi TOMIMATSU*****

* Yame Technical High School, 301-4 Hainuduka, Chikugo-shi, Fukuoka 833-0003, Japan

** Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka, Hino-shi, Tokyo, 191-0065, Japan

*** JSPS/Kyushu University, 4-9-1 Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 815-8540, Japan

**** Junior College of Aizu, 1-1 Yahata, Kadota, Ikki-machi, Aizu-Wakamatsu-shi, Fukushima, 965-8570, Japan

***** Faculty of Design, Kyushu University, 4-9-1 Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 815-8540, Japan

Abstract : We developed the experiment teaching materials for high school students to learn motion-sensitive controllers, and got a hint to Nintendo's Wii. They are able to game designs and creations by using Wii-like controller. We carried out questionnaire survey about free answer and extracted *KANSEI* word with morphological analysis. There is more positive word than negative word. So, we confirmed teacher-student, student-student and student-content interaction. We visualized an interaction with a KeyGraph and got knowledge about the transformation of interactions.

Keywords : Motion-sensitive controller, Game, Questionary survey, Interaction, Morphological analysis, KeyGraph

1. は じ め に

今日、開発・市販されているゲームにはコンソールゲーム、モバイルゲーム、オンラインゲーム、アーケードゲームなどエンターテインメント中心のゲームが数多くあるが、近年はエンターテインメントに教育的な要素を織り込んだ「エデュテインメント」や福祉・医療目的の「リハビリテインメント」の研究[1]も盛んになりつつある。このようなエンターテインメント以外の目的・効用をもつゲームは「シリアスゲーム」[2]と呼ばれている。

一方、日本は「ゲーム大国」、「ゲームの聖地」と呼ばれながらも学術的な研究分野では欧米諸国に遅れをとり、シリアスゲームの認知度も低い。このような要因には開発費の高騰や国内市場の縮小、海外市場との激戦などがあり、ゲームに対するネガティブな言説も見逃せない事実である。そのためメガヒット商品の任天堂DSやWiiを教育・健康分野に導入する動きもあるが、旧態依然として保護者や現場の教師には受け入れられない傾向にある。

最近の先行研究によればMagnussen [3] らはゲームを学校の授業に導入することで、教師の役割について研究を行っている。教師がゲームのルールや新たな教育的な状況、役割に適応しない場合は「教師-生徒」間にインタラクションが生まれず、教育効果が得られないと結論づけている。また

Sanford [4] らはカナダの高校で行われたゲーム開発の授業について報告しており、生徒たちの観察やインタビュー、ビデオ録画を通して、教育現場にゲームを導入する教育的価値と可能性について述べ、Pepler [5] らはエスノグラフィの観点からゲーム開発の教育効果について研究を行った。さらに七邊 [1, 6] らは託児高等専門学校にオンラインゲームを導入することで教育効果の有無を統計的に検証し、さらには「生徒-生徒」間のインタラクションについても考察している。

このような背景のもと筆者らはWiiにヒントを得て、図1のような加速度センサのコントローラを開発し、高校の現場においてゲーム制作の研究授業[7]を実践してきた。一般にゲームの行為そのものはユーザとゲーム機とのインタラクションであるが、教育現場でゲームをどのような文脈で利用

図1 コントローラの構成

すればよいのか?, またゲームのルールや目的, シナリオをどのようにデザインすればよいのか?, この本質的な「問い」に対する「答え」は, 未だ明確にされていない. このようにゲームの効能を評価するための指標づくりや標準化が急務中の急務 [1] である.

そこで筆者らはこれらを問題提起とし, ユーザが想起したシナリオ [8, 9] に注目した. シナリオとは上記のインタラクションも含まれるが, 広義的には授業の構成要素 [10] におけるインタラクション, すなわち授業分析もしくは文脈分析における教育事象の系列であると考えた. このシナリオによってユーザは「興味・関心・意欲」を表出させ, 構成要素の関連性についても獲得する.

本研究の目的はゲームの演習や制作, プレイによって生じる「教師-生徒」や「生徒-生徒」, 「生徒-教材」間のインタラクションを検証し, それがどのように変容したかを明らかにすることにある.

2. 加速度センサを用いたコントローラの開発

2.1 関連研究

鈴木 [11, 12] らは加速度センサを用いて高校生向けの実験教材を開発し, 機能的な側面と教育的な側面の双方から教材を評価している. また栃木県教育センター調査研究部 [13] は, 「Wii リモコン」を利用して加速度を計測する高校生向けの教材を開発している. さらに専門高校では全国工業高等学校長協会主催の「高校生ものづくりコンテスト」が毎年開催され, 2007 年度の電子回路組立部門 [14] においては加速度センサも制御対象のひとつとして課題に加えられるようになった. この競技は各県代表の生徒が大会当日に課される問題に従って電子回路を設計・製作するもので, パソコンを用いてプログラミングの技術力を競い合うコンテストである.

2.2 教材開発の仕様

Wii リモコンは高度なハードウェアとソフトウェアから構成され, 完全なブラック・ボックスの状態にあることから高校生には理解しづらい. そこで若者の科学技術離れが叫ばれる昨今, Wii ライクな実験教材を開発すれば, 学習指導要領の観点別評価にあるような「興味・関心・意欲」を引き出せるのではないかと考え, 先行研究の事例に習って教材開発の仕様を次のように取り決めた.

まずハードについては①被験者が高校生であることを考慮して生徒たちのレディネスが活かせるようコントローラの電子回路は簡素化する. ソフトについては②コントローラを左右に傾けるとモニタ上のプレイヤも同期して左右に移動し, コントローラを上には振るとプレイヤも上方向にジャンプできよう移動用とジャンプ用などのモジュールを開発する. また③生徒たちがゲームの演習やゲーム制作する際の開発環境を考慮して, モジュールのパラメータには自由度を与える. ④生徒向けのデモンストレーションとして「オシロスコープ」を, ゲームの演習や制作用として「ジャンピング・ゲーム」を開発する.

2.3 ハードウェアの構成

図 2 はコントローラのブロック図で, 加速度センサからパソコンまでの信号の流れを表している. 三軸加速度センサのアナログ信号は PIC16F88 の A/D コンバータへ入力され, 変換されたデジタル信号は MIDI-USB ケーブルを介してパソコンへと伝達される.

Kionix 社の加速度センサ KXM52-1050 [15] は図 3 のような構造になっており, 電源電圧 3.3 ~ 5.0 V, 感度 660 mV/g, 入力範囲 $\pm 2g$ のスペックである.

さらに図 4 の電子回路について説明すると, x 軸方向のアナログ信号は PIC の RA0, y 軸は RA1, z 軸は RA2 へと, いずれも port A に接続され, 8bit の分解能で A/D 変換される. 変換されたデジタル信号は port B の RB0 と RB2 から MIDI 端子を通してパソコンへと送られる. なお VR 10k Ω は波形観測の調整用 (GND レベル) のボリュームである.

図2 コントローラのブロック図

図3 三軸加速度センサ

図4 電子回路の構成

2.4 オシロスコープの開発

Microsoft社から無償で提供されている「VisualC++2005 Express Editon」[16]を用いて、加速度センサからの出力をリアルタイムに表示できるよう図5のようなオシロスコープを開発した。このオシロスコープを用いると、コントローラの傾斜状態を時々刻々とモニタに表示することができる。

2.5 ジャンピング・ゲームの開発

ここでは加速度センサのx軸およびz軸のアナログ信号を利用して図6のようなジャンピング・ゲームを制作した。

ゲームの内容はきわめてシンプルで、プレイヤーを画面の左側から右側へ移動させ、右端に到着できればゲーム・クリアとなる。ただし途中でプレイヤーがブロックに衝突するとゲーム・オーバーになるので、それを回避するためにプレイヤーをジャンプさせる必要がある。また生徒がゲームのプログラミングを行う際、少しでもその負担を軽減できるように種々の関数をモジュール化した。今回の研究授業では、プレイヤーを移動させる関数player.Draw()やジャンプさせる関数jump(), ブロックを配置する関数block.Draw(), ブロックへの衝突を判定する関数atari()の4つに限定してゲームの演習と制作を行った。

3. 研究授業

3.1 ヒアリング調査

研究授業を行う前に現場の意見を伺う目的で、2007年10

図5 加速度センサを用いたオシロスコープ

図6 ゲームのルールおよび基本的なモジュール

月16日に福岡県立三池工業高等学校3年の生徒2名を大学の研究室に招待して、コントローラの評価テストとヒアリング調査を行った。研究室では生徒たちにプログラミングの事例を示しながら同時にゲームの演習も行い、二人一組でゲームを制作してもらった。その後のヒアリングによると前述した四つの仕様はすべて満たされ、生徒たちの違和感は皆無であった。さらに当初はマシン1台あたり生徒1名、教材1台を予定していたが、彼らの意見を採用して研究授業では二人一組のペア学習で行うことに決定した。

3.2 被験者

同校電気科2年の生徒38名(本来は40人学級であるが、当日の欠席者1名、退学者1名)が1班10名づつに分かれて、11月7日から28日までの毎週水曜日(合計4回)にわたって教師2名による研究授業が行われた。場所は校内のCALL教室を利用した。

3.3 研究授業のカリキュラム

電気科2年生の実習は3時限から6時限までの4時間授業である。シラバス[17]によると電気科の生徒たちは第1回の実習でLEDの点灯について学習し、2回めはスイッチによる入力回路、3回めは7セグメントのLED表示回路、4回めはLEDディスプレイ回路、5回めはステッピング・モータ、6回めは音入力回路について学習する。このように同校ではコンピュータ制御の基本を学べるようにカリキュラムが組み込まれ、今回は第4回の実習内容を加速度センサの教材と差し替えて行われた。

図7は研究授業の様子を撮影したものである。モニタの前面に位置する基板がコントローラで、大きさは手のひら半分(72×47mm)である。生徒たちは基板に装着されたMIDI端子(MIDIケーブルを介してパソコンのUSBと接続)を把持することで、上下左右に振ることができる。実験教材は二人一組あたり1台としたので、合計5台を使用した。

ここでは表1に従って研究授業の詳細について述べることにする。最初の3時間めはPowerPointを利用しながら、コントローラの歴史について解説した。また米国で放映され

図7 研究授業の様子

ているWiiのコマーシャルを見せるなどして、生徒たちの興味・関心・意欲を触発した。

またWiiはユーザの複雑な動きを検出することも可能であるが、高校生がそのアルゴリズムを理解することは容易ではない。そこでユーザの動きを三軸方向に特化した剣道に注目した。

図8のAは竹刀をz軸方向の上から下へ移動させる「面」の動きを、またBは竹刀をy軸方向の左から右への移動させる「胴」の動きを表している。いずれの動きも厳密には竹刀の回転運動であるが、生徒たちには直線運動と見立てて一連の動作を解説した。

次に図5で示したオシロスコープのデモを行い、教師が剣道の面と胴の動作に加えてx軸方向の「突き」を実演することで、波形がリアルタイムに変化する様子を生徒たちに示した。今度は生徒の理解度を確かめる目的で、ホワイト・ボードに身を隠して波形のみを提示して回答させた。このようにクイズ形式の授業を行うことで生徒たちの興味・関心・意欲を引き出した。残りの時間はヒアリング調査で制作してくれた先輩たちの作品を生徒自身がプレイすることで、コントローラの操作に慣れ親しんでもらった。

表1 研究授業のカリキュラム

時間め	実習の内容
3	・ PowerPoint を用いて実習の概要を説明 ・ オシロスコープによるデモ ・ ゲームのデモ
4	・ ゲームの演習
5	・ ゲームのデザイン ・ 話し合い ・ ゲームの制作
6	・ ゲームの制作 ・ ゲームのプレイ ・ アンケートの調査

図8 剣道の「面」と「胴」

4 時間めはプログラミングに必要な四つのモジュールについて解説し、その後に同演習を行った。図9はプレイヤー移動のアルゴリズムであり、パラメータ「0.01」はプレイヤーの移動速度、パラメータ「-5」と「+5」はプレイヤーの傾斜反応を決める数値である。

5 時間めの途中まで演習を行い、後半はこれまで学習した内容をフルに活用して、ジャンピング・ゲームを制作する。ゲームの制作では各自がアイデアをスケッチし、今度は二人一組になってどのようなギミック（策略や仕掛け）をゲームに導入するかを話し合ったあと、プログラミングを開始する。

6 時間めはゲームのプレイを行った。生徒たちは他の作品をプレイすることで自分にはない仕掛けを見だし、またゲームの難しさに驚き、お互いに楽しんでいる様子であった。後半は自由記述方式によるアンケート調査を実施した。

3.4 アンケート調査

アンケート調査の書式は図10のように「本日の実習で印象に残ったところや、実習に関する感想、意見、要望などについて、自由に記入して下さい」とした。なお同図には3時間のみ提示しているが、残りの4、5、6時間めも同じ書式である。今回、自由記述方式を採用した理由は、ゲームの演習や制作など、毎時間ごとの学習過程を振り返ることで生徒自身の「リフレクション」や「気づき」に関する知見を得ることにある。さらに筆者らがこれまで採用してきた5件法[18]によるアンケート調査では生徒たちの本質を知ることが困難だと考え、今回の研究授業で導入した二人一組の協調的な学習を通して生徒たちは何を考え、どのように解決したのか、など生徒たちの本音を探りたいと考えた。

今回のアンケート調査はあくまで授業に関する自由記述の内容であり、そのシナリオがインタラクションのみを表しているとは限らない。また研究授業で得られたデータは生徒たちからのメッセージであるが、「感性情報」と「知識情報」が交錯していると考えられる。そこで授業の構成要素である教師や生徒、教材のインタラクションを抽出するツールとして、次に説明する形態素解析とキーグラフを利用した。

図9 プレイヤー移動のアルゴリズム

4. インタラクションの検証

4.1 形態素解析による感性語の抽出

インタラクションには「会話」、「文字」などの言語的なインタラクションのほかに「振る」、「まわす」といった意識的な動作や無意識な動作など、非言語的なインタラクションも含まれるが、これは「感性」と呼ばれる氷山の一角が水面上に明示化[19]されたに過ぎない。より密接なインタラクションを具現化するには水面下の実体をつかみ、何らかの形によって表現する必要がある。そこで形態素解析による感性語の頻度をもって感性情報を含むインタラクションの指標とした。

形態素分析には、2007年10月より無料提供をはじめたネットマイル社の「TextExplorer」[20]を利用した。このツールの特徴は単語ランキングや共起分析、ポジティブ・ネガティブの解析などができることである。感性語を抽出する手順としては、まず①アンケート調査の記述内容をテキスト化して、②形態素解析のあと、③ノイズ（不要語）の除去を行った。あらかじめ分析対象の品詞を形容詞・動詞・名詞・未知語に設定して、その後「だけ」、「らしい」、「そして」のような助詞・助動詞・接続詞など、単独では記述内容を特徴づけないものを不要語[21, 22]として除去した。また感性語については「すごい」、「分かる」、「良い」といったポジティブな情動[23]を表す言葉を、またネガティブな情動は「くやしい」、「難しい」、「分からない」などを抽出して、それらの頻度を調べた。

分析の結果、表2のようなポジティブ・ネガティブな感性語の頻度を得ることができた。3時間めから6時間めの研究授業において、いずれの時間帯もネガティブよりもポジティブな感性語の頻度が多いことが分かる。またすべての時間帯の頻度について累計するとポジティブな感性語の総数は106、ネガティブな感性語が61であるから、全体を占める

割合はそれぞれ63.5%と36.5%となる。

図11は時系列的に表現したインタラクションである。これは横軸に研究授業の時限を、縦軸にネガティブとポジティブの総数を100%に規格化したものであり、青い部分がネガティブ、赤はポジティブな感性語を表している。

以上によりネガティブよりもポジティブな感性語の頻度が多いことから、「教師-生徒」や「生徒-生徒」、「生徒-教材」間において、ポジティブなインタラクションが生じたと考えられる。

4.2 キーグラフによるインタラクションの変容

分析には大澤[24]らが開発した「紙芝居キーグラフ」[25]を用いる。キーグラフそのものは文章全体における単語（ノード）の共起関係が、その文章の主張する筋道とみなして基礎概念から導かれる単語をキーワードで抽出する方法であり、単語の結びつきをマップ上に可視化するツールである。

換言[26]すれば単語の出現頻度とそれらの共起度からなる語を抽出し、土台と文章中の各単語の共起度を計算し、その値の大きなものがキーワードとなる。マップ上には高頻度単語を表す「黒ノード」と低頻度ながらクラスタ（島）とのつながりの深い単語を表す「赤ノード」が表示される。この赤ノードに注目することで、潜在的なニーズを掘り起こし、新たな知見を見出すことができると言われている。このようにキーグラフはキーワードを文脈として捉えることができるため、「チャンス発見」[27]とシナリオ創出のツールとして、ビジネスの分野では幅広く応用されている。

紙芝居キーグラフは従来のキーグラフの機能に時系列的な表示に特化したツールであり、時間経過の前後において同じ単語が出現する場合は、ノードの位置が固定されるので、リンクとノードの関係を俯瞰することができる。またこのツ

研究授業に関する調査

電気科2年 番 氏名

■本日の実習で①印象に残ったところや、実習に関する②感想、③意見、④要望などについて、自由に記入して下さい。

●3時間め

図10 アンケート調査の書式

表2 ポジティブ・ネガティブな感性語の頻度

時間め	感性語の頻度	
	ポジティブ	ネガティブ
3	33	17
4	26	15
5	23	16
6	24	13

図11 ポジティブ・ネガティブな感性語の頻度

ルには形態素解析の「茶筌」[28]が組み込まれており、ノイズの除去についてはTextExplorerと同じ要領で作業を行った。その後、ノードやリンクをパラメータにしながら、大きな構造変化となる特異点を種々の試行錯誤の中から見つけた。なお共起度の計算については、*log Jaccard*を用いた。このJaccard係数[24]は

$$Jaccard(a, b) = \frac{p(a \cap b)}{p(a \cup b)} \quad (1)$$

として表現され、分子は a, b いずれも含む共起単位の数であり、分母は a, b のいずれかを含む共起単位の数である。この係数はチャンス発見において、よく利用される指標である。

図12は紙芝居キークラフを用いて時間帯ごとに分析した結果である。前述したように黒ノードは高頻度の単語、赤ノードは低頻度を表しているが、形態素分析の結果と照合することで赤ノードは中頻度であることが確認できた。

3時間めのキークラフについて解釈してみると、生徒たちはWiiのコマーシャルに感化されたことが窺える。ちなみポジティブな感性語は黒ノードの「できる」と赤ノードの「分かる」の二つであった。

4時間めになると単語の構造が大きく変化していることが分かる。黒ノードの「できる」と「思う」が残り、他はすべて新たな単語に置き換わった。これらの単語を結合させて、ひとつの文脈として解釈すると「ゲーム制作のプログラム(プログラミング)は簡単であった」ことが窺える。研究授業の最終日、オブザーバとして参加していた現場の先生から「生

徒たちはプログラミングを理解しながらゲームを制作しているのでしょうか?」と疑問視する声があったが、分析の結果、杞憂に過ぎないことが明らかになった。

5時間めになると劇的に変化し、「ゲーム」や「制作」、「作る」、「できる」といった四つの黒ノードから構成され、これまでの赤ノードはすべて消失している。ちなみにこの時間はゲームのデザイン、二人一組による話し合いの後、ゲームの制作を実施した。

6時間めは新たに「思う」と「良い」の二つの黒ノードが出現し、「時間」や「工夫」、「すごい」、「楽しむ」、「みんな」、「ある」といった六つの赤ノードが現れ、それぞれ黒ノードの「制作」と「ゲーム」とリンクしている。その一方で5時間めにおいて「制作-作る」と「制作-できる」の間で結合していた黒リンクは、6時間めになるとリンクが消失することが確認できる。ポジティブな感性語の頻度については黒ノードが二つ、赤ノードは四つであった。

今度は5時間めと6時間めの構造変化に注目する。紙芝居キークラフの機能を利用して5時間めの黒ノードを固定させると、図13のようにインタラクションの変容を一望することができる。6時間めは5時間めに引き続きゲームの制作を行い、その後、お互いに自分たちのゲームをプレイしあうことで、CALL教室がもっとも盛り上がった時間帯である。

このように黒ノードと赤ノードの文脈からも理解できるように生徒同士のインタラクションがキークラフの構造として如実に表現されている。以上のように紙芝居キークラフを利用することで、新たな知見を得ることができた。

図12 インタラクションの変容(3~6時間め)

4.3 関連研究による比較検討

赤堀 [29] はコンピュータ教材の利用形態について「教師-子供」や「子供-教材」, 「教師-教材-子供」さらに「子供-子供」の四つに分類している。また Anderson [30] らは遠隔教育のインタラクションについて「学習者-学習者」, 「学習者-教授者」, 「教授者-教授者」, 「教授者-教材」, 「教材-教材」, 「教材-学習者」の六つに分類している。

筆者らは授業の構成要素に習ってインタラクションの形態を図 14 のように①「教師-生徒」や②「生徒-教材」, ③「生徒-生徒」間の三つに簡略化した。

これを表 1 のカリキュラムに対応させると表 3 のようになる。3 時間めから 4 時間めについてはおもに教師主導型の授業, すなわち教師が中心になって教材の醍醐味を生徒たちに教えていたが, それ以降は興味・関心・意欲を触発することを第一義に, 筆者らはファシリテータ (黒子役) に徹し, 種々の仕掛けを生徒たちに投げかけながら生徒たちの反応をつぶさに観察した。

5 時間め

6 時間め

図 13 インタラクションの変容 (5~6時間め)

図 14 インタラクションの形態

表 3 研究授業のカリキュラム

時間め	実習の内容	インタラクションの形態
3	・ PowerPoint を用いて実習の概要を説明 ・ オシロスコープによるデモ ・ ゲームのデモ	① ① ② ① ②
4	・ ゲームの演習	① ② ③
5	・ ゲームのデザイン ・ 話し合い ・ ゲームの制作	③ ③ ② ③
6	・ ゲームの制作 ・ ゲームのプレイ ・ アンケートの調査	② ③ ② ③ ① ② ③

前述した七邊 [1] の研究報告によると「量的なコミュニケーションを増大させるだけでは, 歴史学習への意欲や社会的スキルの向上には充分ではないことが明らかになった。教室内のコミュニケーションは確かに活発であったが, それは教科内容に関わるものではなく, ゲームのプレイ方法や雑談であった。こうした場合, 少なくとも短期間では, 教科への学習意欲や歴史知識の獲得とは結びつかないようである。(中略)ゲームの面白さが教育効果に影響する」と結論づけている。

それに対し 6 時間めのアンケート調査によると, 生徒たちは

- いろんな班が制作したゲームをして, とても楽しかった。各班とても工夫していて, 中にはビックリするようなトラップがあり, 良かったと思いました。
- 5 時間めに考えたアイデアを活かして, ダミーのブロックを配置することで, いろいろな応用ができて良かった。みんなのゲームをやってみて, よく工夫していると思った。今日の実習は本当に楽しくできました。
- 完成したコースにちょっとした工夫を加え, さらにおもしろさを増して, 人をワクワクさせるコースを制作することで, みんなに楽しんでもらった。もう一度, コースを作るときは, プログラムを理解したので, 長めのコースを作ってみたい。
- 何かとトラブルを解決しながら, オリジナルのゲームを作りはじめた。ジャンプするゲームでありながら, 下方向へ沈んでしまうという逆転の発想をゲームに導入した。また先輩たちのプログラムを参考にしながら, ブロックを動かすことにも成功した。さらにブロックの移動速度を変えて, ゲームのクリアを難しくするなど, 何かと楽しんでやれた。次回は 1 日かけて RPG を作ってみたい。
- 自分の好きなようにゲームを作ることができて, とても楽しくやれました。ゲームをもっと作ってみたいと思います。またゲームを作る機会があれば良いと思います。自宅でゲームをやるときは, どのようなプログラムで構成されているのか考えながらプレイすると, これまでにないゲームの楽しみがあると思います。

とコメントしており, 二人一組による協調的な学習がゲームの制作やプレイを通して「生徒-生徒」と「生徒-教材」間のインタラクションとなり, その結果が興味・関心・意欲に結びついたと考えられる。

前述したようにキーグラフを応用した事例は枚挙に遑がないが, 教育の現場にキーグラフを利用した研究事例はこれまであまり存在しなかった。大澤 [31] は, モノづくりの関係者 (実業家と学生) による交流会を開催し, その前後にお

ける印象の変化をキーグラフによって分析している。報告書によると、学生の関心事である「自分たちの知識が将来の仕事に役立つかどうか?」が潜在し、交流会はこの関心に刺激を与える効果があったと結論づけている。また同氏 [32] は近年、キーグラフを利用した「イノベーションゲーム」と「アナログゲーム」を開発して、受講者たちの「感性」と「気づき」を高めている。

このように教育の現場にキーグラフを導入することはチャンス発見あるいは新たな知見へとつながることから、すこぶる重要であることが窺える。

5. お わ り に

本稿では自由記述形式のアンケート調査に形態素解析とキーグラフを導入して、「教師-生徒」と「生徒-生徒」、「生徒-教材」間のインタラクション分析を行うことで、ポジティブなインタラクションとその変容が確認された。しかし今回は試行錯誤を繰り返しながらノードやリンクのパラメータをチューニングしたので、インタラクションの分析に主観的な要素を残したことも見逃せない事実である。

これについて大澤 [33] は「KeyGraphでは、このような操作によって結果が大きく変化することがある。この現象を“恣意的に結果を替えることができちゃう”として同ツールを低く評価する人も研究者には多い。このような出力の可変性は従来の解析においてはツールの信頼性を下げるとされることもある。しかしチャンス発見においては望ましい性質である」とコメントしている。

よって今後のインタラクションの分析については、学習者および実験教材のインカム・アウトカムも視野に入れ、ツール自身がパラメータをチューニングしながら両モデルの「目的関数」を最小にするような「最適化キーグラフ」の開発も必要となるであろう。また近い将来、生徒一人ひとりのシナリオを数多く分析することで、学習プロセスおよび学習意欲の構造変化が数種類のパターンに分類され、その新たな知見から「教育的瞬間」の一助となることも想像に難くない。

謝 辞

2007年度の研究授業において、4週間にわたり実習の受け入れを承諾して下さった福岡県立三池工業高等学校の中川校長先生（現在は福島高等学校に移動）および電気科主任の正木先生に感謝の意を表する。なお本研究の一部は、上月スポーツ・教育財団の助成金によるものである。

参 考 文 献

- [1] 社団法人日本機工工業連合会：シリアスゲームの現状調査報告書，2008
http://www.dcaj.org/report/2007/ix2_2.html
- [2] 藤本徹：シリアスゲーム，東京電機出版局，pp.3-5，2007
- [3] Rikke Magnussen: Teacher roles in learning games - When games become situated in schools, DiGRA2007 proceedings, pp.610-615, 2007
- [4] Sanford Kathy, Madill Leanna: Recognizing New Literacies: Teachers and Students Negotiating the Creation of Video Games in School, DiGRA2007 proceedings, pp.583-589, 2007
- [5] Peppler Kylier A., Kafai Yasmin B.: What Videogame Making Can Teach Us About Literacy and Learning: Alternative Pathways into Participatory Culture, DiGRA2007 proceedings, pp.369-376, 2007
- [6] 七邊信重，馬場章：オンラインゲームの教育効果 - 歴史授業における『大航海時代 Online』を用いた実証実験，エンタテインメントコンピューティング 2006，情報処理学会，pp.157-158，2006
- [7] 増崎武次，馬場哲晃，藤木淳，横尾誠，牛尼剛聡，富松潔：加速度センサを用いたゲーム・コントローラの制作，日本産業技術教育学会 第23回情報分科会研究発表会，pp.88-92，2008
<http://kyushu-u.ktkr.net/study.html#08>
- [8] 丹生有紀，大澤幸生，西尾チヅル，中村洋：美術鑑賞における人の気づき獲得モデル，日本行動計量学会大会発表論文抄録集，Vol.33，pp.32-33，2005
- [9] 大澤幸生：シナリオ理解を伴うチャンス発見プロセスに関する研究，21世紀COE プログラム 情報科学技術戦略コア平成16年度報告書 第3部 大域ディペンダブル情報基盤プロジェクト報告，2004
http://www.i.u-tokyo.ac.jp/coe/report/H16/21COE-ISTSC- H16_3_2_8.pdf
- [10] 工藤紀篤：インターネットを用いたリアルタイム遠隔授業におけるインタラクションの実現，慶応大学卒業論文，2003
<https://www.sfc.wide.ad.jp/thesis/2003/bachelor/kudo.pdf>
- [11] 鈴木成，木村捨雄：モノシリック加速度センサを用いた生徒実験用加速度計の開発研究，日本科学教育学会，Vol.11，No.7，pp.49-54，1997
- [12] 木村捨雄，鈴木成 et al.: 授業開発の研究，第4章「加速感」から加速度へと導く新しい力学授業展開，筑波出版会，2001
- [13] 栃木県教育センター 調査研究部：高等学校における教科指導の充実理科《物理領域》学ぶ手応えを実感できる授業を目指して〔速度・加速度〕，2008
http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/cyosa/cyosakenkyu/kyokasido_h19/butsuri_all.pdf
- [14] 全国工業高等学校長協会：第8回高校生ものづくりコンテスト全国大会課題 電子回路組立部門，2007
http://www.zenkoukyo.or.jp/mono/2007/denshi_kadai.pdf
- [15] Kionix, Inc.: Using the Kionix KXM52-1050 Tri-Axis Accelerometer for Hard Drive Shock Protection, 2004
<http://www.kionix.com/App-Notes/AN007%20HDD%20Shock%20Protection.htm>
- [16] Microsoft Corporation: VisualC++2005 Express Editon., 2005

- <http://www.microsoft.com/japan/msdn/vstudio/express/past/2005/>
- [17] 福岡県立三池工業高等学校：電気科2年実習シラバス，2007
http://miike-tech.fku.ed.jp/sirabasu/el_jishuu.pdf
- [18] 増崎武次：LED ディスプレイを用いた電脳キャラクタのデザインおよび高校生の感性教育，2007
http://www.spss.co.jp/labo/survey_paper/papers/2007/2007-pd/07-001-1.pdf
- [19] 藤本武司，砂山渡，山口智浩，谷内田正彦：視線情報の可視化・共有による感性インタラクション支援，情報処理学会研究報告，Vol.2003，No.88，pp.119-126，2003
- [20] ネットマイル：テキストマイニングソフト『TextExplorer』の無料提供を開始！，2007
<http://www.team-lab.com/media/071030textexplorer.pdf>
- [21] 柴田好章：授業分析における量的手法と質的手法の統合に関する研究，風間書房，pp.43-46，2002
- [22] 古澤照幸：スリル構造についての考察，埼玉学園大学紀要人間学部篇，Vol.4，pp.25-34，2004
- [23] 椎塚久雄：感性工学における感性価値創造の位置づけ，感性工学研究論文集，Vol.7，No.3，pp.430-434，2008
- [24] 大澤幸生：チャンス発見のデータ分析 モデル化+可視化+コミュニケーション→シナリオ創発，東京電機大学，2006
- [25] 伊藤貴一，大澤幸生：紙芝居キーグラフ，2006
<http://web.sfc.keio.ac.jp/~kiichi/kamisibaiwiki/>
- [26] 竹内淑恵，西尾チヅル：有機野菜に対する消費者の価値構造—定量分析と定性分析の適用，イノベーション・マネジメント，No.4，pp.61-77，2007
- [27] 庄司裕子：キーワード【分野】人口知能・マーケティング チャンス発見，感性工学研究論文集，Vol.7，No.4，p.596，2008
- [28] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 自然言語処理学講座 松本研究室：ChaSen - 形態素解析器，2007
<http://chasen-legacy.sourceforge.jp/>
- [29] 佐藤隆博，赤堀侃司，倉田政彦：教育情報工学の応用，コロナ社，pp.67-71，1991
- [30] Terry Anderson, Fathi Elloumi: Theory and Practice of Online Learning, pp.33-60, 2004
http://cde.athabascau.ca/online_book/
- [31] 大澤幸生，高橋武秀，前川知英，前田雄佐，斉藤雄司：実業家と学生の交流会前後における学生側の変化分析 ものづくり基盤産業の再活性化プロジェクトから，情報処理学会研究報告 情報システムと社会環境研究報告，Vol.2006，No.114，pp.7-14，2006
- [32] 大澤幸生：ゲームを通じてチャンス発見のスキルを鍛えよう
<http://mag.executive.itmedia.co.jp/executive/articles/0808/27/news054.html>
- [33] 大澤幸生：「売る」前に「創る」と「作る」のチャンス発見，社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会 シンポジウム，No.55，pp.23-39，2006

増崎 武次 (学生会員)

1963年生まれ。1995年九州工業大学大学院工学研究科博士後期課程電気工学専攻退学。2008年九州大学大学院芸術工学府博士後期課程芸術工学専攻退学。

馬場 哲晃 (非会員)

1979年生まれ。2003年九州芸術工科大学芸術情報設計学科卒業。2005年同大学大学院芸術工学専攻博士前期課程修了。同大学院博士後期課程を経て、現在は首都大学東京システムデザイン学部インダストリアルアートコース助教。専門はインタラクティブアートおよびインタラクションデザイン。

藤木 淳 (非会員)

2000年九州芸術工科大学芸術工学部工業設計学科卒業。2002年九州芸術工科大学大学院芸術工学研究科生活環境専攻博士課程前期修了。2007年九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻博士課程後期修了。博士（芸術工学）。現在、日本学術振興会特別研究員PD。

横尾 誠 (非会員)

2003年九州芸術工科大学芸術工学研究科生活環境専攻博士後期課程修了。博士（芸術工学）。2003年より会津大学短期大学部産業情報学科専任講師。日本デザイン学会、芸術工学会各会員。

牛尾 剛聡 (非会員)

九州大学大学院芸術工学研究院芸術情報部門助教。1996年名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程前期課程修了。1999年同専攻博士課程後期課程単位取得退学。博士（工学）。個人コンテンツ管理、実空間コンテンツ環境、データベース環境、実空間インタラクション等に興味を持つ。情報処理学会、電子情報通信学会、IEEE-CS、ACM会員。

富松 潔 (非会員)

1953年福岡県生まれ。九州芸術工科大学卒業。英国王立芸術大学院コンピュータリレイテッドデザインコース修了。博士（芸術工学）。三洋電機英国駐在を経て、1994年九州芸術工科大学講師。現在は九州大学大学院教授。所属は芸術工学府デザインストラテジー専攻。専門はインタラクションデザイン。日本セーリング連盟アンパイア。