

計測・制御分野の実習授業における
生徒のキー入力と成績評価について

橋詰倫典・古田貴久

群馬大学教育実践研究 別刷
第32号 73～79頁 2015

群馬大学教育学部 附属学校教育臨床総合センター

計測・制御分野の実習授業における生徒のキー入力と成績評価について

橋 詰 倫 典・古 田 貴 久

教育学部技術教育講座 古田研究室

On the relationships between students' key-typing and their scholastic evaluations during control-and-measurement classes

Tomonori HASHIZUME, Takahisa FURUTA

Dept. of Technology Education, College of Education, Gunma University

キーワード：中学校・技術、計測と制御、キー・ログ、意欲評価

Keywords : Industrial Arts in Junior High School, Measurement and Control, Key Log, Motivation Evaluation

(2014年10月31日受理)

1. はじめに

現在、中学校、技術・家庭科の技術分野では、「関心・意欲・態度」、「知識・理解」、「工夫し創造する能力」、「技能」の4つの観点から成績評価を行っている(文部科学省 2008)。

現状では、これら4観点の評価は、授業を実施している教師自身が、一人で行っている学校が多いが、30人以上の児童・生徒を前に授業を実施しながら、同時に適切に一人一人を評価してゆかねばならず、授業中に教師にかかる負担は少なくない。とくに、中学校「技術」においては、プログラミングなどの作業は個別活動であり、作業中の指導も個別に行うことになるため、生徒全員の技能や知識や理解を、個別に正確に捕捉することは容易ではない。

本研究では、プログラミング指導における「知識・理解」と「技能」の2観点での評価を対象に、生徒の行動データに基づいた、より合理的な評価を支援する評価支援システムの開発に向けて、生徒の行動データと成績データの関連性を検討した。本研究では、生徒の行動データとして、生徒がパソコンのキーボードや

マウスで何を入力したか、という、キーやマウスのボタンの押下記録(以下、キー・ログと呼ぶ)を用いた。

キー・ログをもとに評価支援を行うことには、以下のような利点が考えられる。「創意・工夫」と「関心・意欲・態度」では、生徒の入力が逐一再現できることで、生徒の思考のプロセスをたどることができることがある。例えば、代入文の実習で、学習プリントや板書された通りの代入文だけ実行した生徒と、右辺を違う値にした代入文も試した生徒では、「創意・工夫」と「意欲」で、異なった評価をされるべきだろう。このような細かいことを、教師が一人で、一斉授業中で把握することは困難であるが、キー・ログを解析すれば可能である。

また、「技能」に関しても、どの課題を、いくつの課題を実施したかに加えて、コピー機能などを使い、効率よく作業ができてきているかを見ることで評価ができると考えられる。

本研究では、特に、生徒の授業中の、授業に対する姿勢に注目する。そして、生徒がどのキーをいつ押したかのキー・ログの記録とテスト結果との関連性を分析した。

2. 方法

本研究は、群馬県内のT中学校の3年生84名を対象に、「計測と制御」の授業中に、生徒がどのキーをいつ押したかを自動記録した。キー・ログを自動記録するプログラムは、OS (Windows Vista) のバックグラウンドで動き、常時どれかキーが押されているかを監視する。キーやボタンが押されていた場合、そのキーが何かとその時の時刻を記録する。プログラムの作成にはVisual Basicを用いた。

また、2名の大学生の観察者（以下「観察者」）にも授業の様子を一緒に見てもらい、一人一人の生徒の、授業に対する姿勢を「良好」「普通」「要努力」の3水準で評価してもらった。基準は観察者に委ねた。

分析では、受講姿勢が「良好」「普通」「要努力」の間でキーの入力回数に差がないか比較を行った。また、「観察者による受講姿勢評価」、「キー押下回数」に加え、「期末テストの点数」、授業で使用した「If」や「前進」などの「制御コマンドの入力回数」の4変数間の関連性について、探索的に検討した。生徒が授業中に使用した制御コマンドに関しては、「3. 実践授業の授業計画について」で述べる。

3. 実践授業の授業計画について

ここではT中学校で2013年8月29日から12月6日にかけて、技術の時間に実施した「計測と制御」単元（全8時間）の授業計画について説明する（表1）。

1時間目では、「計測と制御」の導入として、エアコンのCM（日立白くまくん「目の動き篇」）をYouTubeで視聴させた後、エアコン・炊飯器の制御の仕組みを示したオリジナルのアニメーションを視聴させ、計測・制御の仕組みと、「アクチュエータ」や「センサ」などの基本的な用語について知らせた。その後、日常でどのような場所で計測・制御が使われているか話し合わせ、計測・制御が身近なものと感じさせた。

2時間目では、プログラムの基本として代入文の指導を行った。課題は、ExcelでActiveXのボタンを作成し、セルに数値を代入するプログラムの作成させた後、ボタンを押すたびに値が増えたり減ったりするカウントアッププログラムとカウントダウンプログラムを作成することとした。生徒には、代入の「=」と数学の

表1 実践授業の展開

1時間目	<ul style="list-style-type: none"> 計測・制御の導入 計測・制御の流れのアニメ等を視聴して、計測・制御の基本的な流れについて解説した後、計測・制御に用いる用語の説明をした。
2時間目	<ul style="list-style-type: none"> 代入文の基本 Range文でシート上のセルに数を代入するActiveXボタン及び、カウントアップボタンの作成を行った。
3時間目 4時間目	<ul style="list-style-type: none"> If文の基本 コンピュータが発生させた乱数を人間が当てる数当てゲームの作成を通して、If文を指導した
5時間目	<ul style="list-style-type: none"> プラレール車両の制御(前進、停止) プラレール車両を前進させたり、車両を停車させるActiveXのボタンを作成した。
6時間目	<ul style="list-style-type: none"> フローチャートの作成 流れ図記号の説明の後、道路の渡り方をフローチャートに表す例を使って書き方を説明した プラレール車両の制御(自動制御) センサ1が反応したら2秒停車した後、再度前進する制御プログラムを作成した
7時間目	<ul style="list-style-type: none"> 各自が設定した自由発展課題を行う 各自が、独自に、検知するセンサを増やしたり、動作を変えるなどの変更を行った。
8時間目	<ul style="list-style-type: none"> 自由発展課題 7時間目の続きで、制御プログラムの変更を行った。 計測・制御のまとめ 日常生活では、どのような機器でセンサが使われているか、今後、計測・制御をどのように活用していけるかを考えさせた

「=」の役割の違い等に気付かせた。

3時間目と4時間目では、2時間目と同様に、プログラムの基本としてIf文の指導を行った。ここでは、コンピュータが決めた0～9の数を、ヒントをもとに人間が3回以内に正解を当てる「数当てゲーム」の作成を通してIf文の指導を行った。生徒に作らせるプログラムは、初めは人間が入力した数が正解か不正解かを判断するのみだったが、If文を追加しより大きいかより小さいかなどの判断を行い、ヒントを出すように改良を行わせた。

5時間目では、プラレール（タカラ・トミー製）を赤外線信号で制御する授業（古田・奥木（2010）、市川（2013））に入り、車両を停止させるプログラムの作成を行った。プラレールの制御は、ExcelのVBAから“前進”や“停止”などの命令が、パソコンとUSBで接続された専用インタフェースで赤外線信号に変換され、その信号を受けたリモレール（クワテック製）が車両に供給する電源電圧を制御することで、実際に前進したり、

停止したりする。プラレールの制御コマンドには、“前進”、“停止”のほか“後退”、“加速”、“減速”の3つがあり、生徒は、これらを組み合わせてプログラムの作成を行った。

6時間目では、フローチャートの学習と、自動制御プログラムの作成を行った。この時間では課題として、前進している車両が特定の位置センサの場所で車両を2秒間停止し、その後再び前進を始めるプログラムの作成を行った。また、自動制御プログラムの作成にあたって、フローチャートを書く必要性や書き方についての指導も行った。

7時間目では、6時間目で作成した自動制御プログラムをもとに、プログラムがチェックする位置センサを変更したり、増やす、あるいは、車両に行わせる動作をより複雑なものに変えるといったプログラムの変更を生徒各自に行わせた。

8時間目は、授業の前半では、7時間目の続きで各自プログラムの変更を行わせた。後半では、計測・制御分野のまとめとして、計測と制御が今後どのように活用できるか考えさせた。

4. 取得した行動データについて

キーのログは、T中学校での「計測と制御」分野の授業全8時間（表1）中、4～8時間目の5回で取得できた。しかし6時間目は、生徒の授業に対する姿勢の差を見て取ることができなかつたため、受講姿勢に関する分析は行っていない。

取得したキーのログは、まず授業に対する生徒の姿勢によって、キーやマウスのボタンの入力回数に違いが見られるかを調べるために、観察者による受講姿勢評価の各水準ごとにキーの入力回数の平均を求め、 χ^2 検定とライアン法による多重比較を行った。

次に、単なるキーの押下回数ではなく、プログラミング活動中の入力内容が成績評価の指標として有効ではないかと考え、入力した（1つ1つのキーではなく）コマンドごとの入力回数と期末テストの点数間で相関分析を行った。すなわち、7時間目と8時間目の2回は、単にキーを押した回数ではなく、より具体的な内容に注目し、授業で用いた“If”、“前進”、“停止”、“後退”、“Sleep”、“加速”、“減速”のコマンドの入力回数と期末テストの点数間で相関分析を行った。

5. 結果と考察

5. 1. キー入力回数の比較

本研究では、生徒のキーボード及びマウスからの入力回数及び入力された内容などの生徒の行動データから、関心・意欲・態度と知識・理解の2つの観点の成績評価をすることができないかを検討した。

4時間目（表2（a）If文の基本）では「全入力回数」と「左クリック回数」で「良好」「普通」「要努力」間で有意に差があり、「良好」の生徒の方が「普通」「要努力」の生徒より有意に多く入力していた。

5時間目（表2（b）プラレール車両の制御（前進、停止））では、「全入力回数」、「左クリック」、「Enterキー」、「BackSpaceキー」、「Spaceキー」、「文字キー」で「良好」「普通」「要努力」間で有意に差があり、そのすべてで「良好」の方が「普通」「要努力」より有意に多かった。

7時間目（表2（c）各自が設定した自由発展課題を行う）では「全入力回数」、「左クリック」、「Enterキー」、「BackSpaceキー」、「Spaceキー」で「良好」「普通」「要努力」間で有意に差があった。「全入力回数」では、「良好」が「普通」より多く、「普通」は「要努力」より有意に多くなった。「左クリック」、「Enterキー」、「Spaceキー」では、「良好」が「普通」「要努力」より有意に多い結果となり、「BackSpaceキー」では、「良好」「普通」が「要努力」より有意に多い結果となった。

8時間目（表2（d）計測・制御のまとめ）では「全入力回数」、「左クリック」、「Enterキー」、「BackSpaceキー」、「Spaceキー」、「文字キー」、「数字キー」で「良好」「普通」「要努力」間で有意に差があった。「全入力回数」と「文字キー」、「Enterキー」、「BackSpaceキー」及び「Spaceキー」では、「良好」が「普通」より、「普通」が「要努力」より有意に多い結果となり、「左クリック」では、「良好」が「普通」「要努力」より有意に多く、「数字キー」では、「良好」「普通」が「要努力」より有意に多い結果となった。

これらより、生徒の授業に対する姿勢の高い生徒はマウスの左クリックなど特定のキーの入力回数が受講姿勢の低い生徒より多くなる傾向があると言える。

5. 2. キーの押下回数と成績評価との関係

表3は、実習を行った5回分の授業において、キー

表2 実習時間中のキー押下回数(一人あたり平均値)

(a) 4時間目 (If文の基本)

		キー押下回数(単位(回))				ライアン法による多重比較		
		「良好」 3人	「普通」 68人	「要努力」 6人	χ^2 値	「良好」 「要努力」間	「良好」「普通」 間	「普通」 「要努力」間
マウス	左クリック	350	207	177	69.9**	0.00**	0.00**	0.25
	右クリック	12	13	20	2.5	0.51	1.67	0.24
キーボード	Enter	19	18	20	0.1	0.87	1.61	2.05
	BackSpace	61	46	49	2.4	0.25	0.44	1.54
	Space	34	21	23	3.8	0.12	0.24	1.66
	文字キー	90	77	75	1.6	0.78	0.31	1.81
	数字キー	19	15	13	1.2	0.85	0.50	1.38
	記号キー	26	17	23	1.9	0.62	0.52	0.77
キー入力総数		716	430	473	88.1**	0.00**	0.00**	0.31

*: p<0.05 ** : p<0.01

(b) 5時間目 (プラレール車両の制御(前進、停止))

		キー押下回数(単位(回))				ライアン法による多重比較		
		「良好」 5人	「普通」 62人	「要努力」 8人	χ^2 値	「良好」 「要努力」間	「普通」 「要努力」間	「良好」 「普通」間
マウス	左クリック	302	176	162	55.7**	0.00**	0.86	0.00**
	右クリック	21	17	17	0.6	0.46	2.00	1.39
キーボード	Enter	35	17	16	10.1**	0.02*	1.82	0.01**
	BackSpace	76	42	49	11.6**	0.02*	0.90	0.00**
	Space	47	12	20	25.5**	0.00**	0.31	0.00**
	文字キー	242	81	93	116.0**	0.00**	0.75	0.00**
	数字キー	24	13	13	4.8	0.07	1.99	0.20
	記号キー	11	5	5	3.4	0.47	1.82	0.19
全入力回数		822	369	406	237.7**	0.00**	0.35	0.00**

*: p<0.05 ** : p<0.01

(c) 7時間目 (各自が設定した自由発展課題を行う)

		受講姿勢水準別キー押下回数				ライアン法による多重比較		
		「良好」 7人	「普通」 58人	「要努力」 11人	χ^2 値	「良好」 「要努力」間	「普通」 「要努力」間	「良好」 「普通」間
マウス	左クリック	263	203	185	15.7**	0.00**	0.74	0.00**
	右クリック	20	15	11	2.7	0.27	0.82	0.38
キーボード	Enter	37	22	17	8.6*	0.02*	0.77	0.06
	BackSpace	57	53	31	8.3*	0.02*	0.04*	0.65
	Space	39	18	14	15.2**	0.00**	0.94	0.01**
	文字キー	123	106	87	6.2*	0.04*	0.38	0.26
	数字キー	20	15	19	0.8	0.82	1.09	1.21
	記号キー	16	16	14	0.2	1.51	2.06	0.93
合計入力回数		584	467	388	40.5**	0.00**	0.01**	0.00**

*: p<0.05 ** : p<0.01

(d) 8時間目 (計測・制御のまとめ)

		受講姿勢水準別キー押下回数				ライアン法による多重比較		
		「良好」 6人	「普通」 66人	「要努力」 6人	χ^2 値	「良好」 「要努力」間	「普通」 「要努力」間	「良好」 「普通」間
マウス	左クリック	192	153	139	9.4**	0.01**	0.83	0.04*
	右クリック	16	13	14	0.3	0.76	1.54	1.66
キーボード	Enter	30	18	9	11.7**	0.00**	0.13	0.09
	BackSpace	79	45	25	30.0**	0.00**	0.03*	0.00**
	Space	26	15	2	20.1**	0.00**	0.00**	0.10
	文字キー	105	65	29	43.6**	0.00**	0.00**	0.00**
	数字キー	19	12	6	6.7*	0.02*	0.26	0.22
	記号キー	11	7	3	4.6	0.09	0.38	0.35
全入力回数		484	347	241	83.1**	0.00**	0.00**	0.00**

*: p<0.05 ** : p<0.01

表3 キー押下回数と期末テスト得点の間に有意な相関があった授業の回数

			キー押下回数							全入力回数	
			マウスの クリック		Enter	Back Space	Space	文字 キー	数字 キー		記号 キー
			左	右							
キー 押下 回数	マウス クリック	左									
		右	5								
	Enter		4	1							
	BackSpace		4	1	5						
	Space		2	0	4	5					
	文字キー		4	1	5	5	4				
	数字キー		3	0	5	5	2	5			
	記号キー		3	0	5	5	4	5	5		
全入力回数		5	5	5	5	5	5	5	5		
期末テスト点数		0	0	0	0	0	0	0	0		

(注) 相関分析の対象とした授業回数は5回

とマウス・ボタンが押下・クリックされた回数と、期末テストの成績の間の相関が5%水準で有意であった回数を示している。

この表を見ると、期末テストの成績は、どのキーやマウス・ボタンとも有意な相関を示すことはなかった。したがって、単純に、キーボードのキーが押された回数や、マウスがクリックされた回数だけから、生徒の知識・理解等を推定することは無理があると言える。

もし、評価の自動化による支援を目指すのであれば、生徒が演習中にキー入力した単なる回数以外の指標を用いなくてはならないだろう。そこで、本研究では、次に、VBAプログラミングの基本構文 (Ifなど) やパラレルの制御コマンドなど、入力の「内容」を単位とした分析を行った。

5. 3. 入力内容と評価との関係

プログラミングで各生徒が使用した制御コマンドの入力回数から、生徒の知識・理解の度合いを測ることができるか否かを調べるために、「制御コマンド入力回数」と「期末テスト」間の点数の相関を、自動制御の授業になった7時間目と8時間目の2時間でとった。表4は、2時間分の入力内容について、入力内容間の相関係数を示している。

「期末テストの点数」と有意な正の相関を示した項目は、「If」、「停止」、「Sleep」、「加減速」、「コマンド合計」であった。なぜこれらの制御コマンドが期末テストの得点と有意な相関を示したかであるが、おそらく、生徒が独自に考えた、より複雑な制御では、おおむね、条件判断を増やして、より多くの箇所、車両を一定

表4 コマンド入力回数と期末テスト得点間の相関

		コマンド入力回数						
		If	前進	停止	sleep	後退	加減速	コマンド合計
コマンド入力回数	If	1.00						
	前進	0.38*	1.00					
	停止	0.55*	0.59*	1.00				
	sleep	0.65*	0.59*	0.85*	1.00			
	後退	0.32*	0.15	0.52*	0.45*	1.00		
	加減速	0.06	0.16	0.17	0.13	0.17	1.00	
	コマンド合計	0.43*	0.59*	0.72*	0.68*	0.51*	0.77*	1.00
期末テスト点数	0.24*	0.02	0.24*	0.28*	0.14	0.20*	0.27*	

(注) *は相関係数が5%水準で有意であることを示す

時間の間、停車させる処理を含むものであったからと考えられる。

5. 4. キー入力と評価の関係のまとめ

キー入力の分析から次の3つのことが言える。

- ・キーの入力回数は、観察者に受講姿勢が「良好」とされた生徒は、それ以外の生徒より有意に多かった(表2 (a)~(d))。したがって、キーの入力回数から、生徒の受講姿勢は見るができそうである。
- ・キーの入力回数と期末テストの点数間での相関はなかったことから(表3)、単なるキーの入力回数から生徒の知識・理解を評価することは難しいと言える。
- ・制御コマンドの入力回数と期末テストの点数の間には有意な正の相関があった(表4)。すなわち、制御コマンドの入力回数が多いほど期末テストの点が高かった。制御コマンドの入力回数からは、生徒の知識・理解を評価することができそうだとと言える。

今回の実践では、「キーの入力回数」が多かった生徒ほど「受講姿勢」が高いが、「キーの入力回数」と「期末テストの点数」では、相関がないことから、「受講姿勢」の高い生徒が必ずしも、知識・理解の度合いが高いとは言えないことがわかる。しかし、今回の実践では、観察者の数が少なかったこと、観察者間で評定基準の合議を行わなかった。しかしながら、各回の観察者の受講姿勢評価では正の相関が見られたことから、観察者は一貫した評価を行っていると考えられる。したがって、心理測定論的に言えば、今回の実践では、観察者の評価には、「妥当性」には疑問があるものの、

一定の「信頼性」はあると考えられる。

今後の実践では、今回の実践よりさらに的確な受講姿勢評価にするために、観察者の事前トレーニングなどを行い、過大評価や過少評価の少ない、より妥当な評価できるようにする必要があると考えられる。事前トレーニングは、授業の参観を行い、観察による評価を行い、実際の生徒の活動内容と合わせて、評価が妥当なものであったか、フィードバックを行うこと、などが考えられる。また、活動内容を注目する場合、1人や2人で30人程度の生徒全員の評価を行うことは、現実的でないことから、観察者の人数を増やすことなどを行い、データの統計的信頼性を高めていくとよいと考えられる。

6. 今後の課題

6. 1. キー・ログの取得対象の拡大について

今回の実践では、生徒が授業中にコピーや貼り付けを行ったかどうか、またその内容のチェックはしていなかった。今後の実践ではコピーや貼り付けが実行されていないかなどの、内容も検知する必要がある。

コピーの内容の取得の方法としては、クリップボードが更新されているかどうかを確認することで、コピーされたかどうか、を判断することができると考えられる。貼り付けに関しては、クリップボードの状態からは検知することができない。しかし、マウスがクリックされた際の座標から、貼り付けの実行を検知することはできると考えられるが、コピーの検知と比較した場合、検知の精度が低くなってしまふ恐れがある。

貼り付けの精度を高めることが必要だと考える。

Excelでは、コピー機能や貼り付け機能を利用することで効率的な作業ができる。だが、これらの機能を使いこなしている操作技能の高い生徒は、表面上の作業量が減ることになる。そのため、観察者が、受講姿勢が良好ではないと判断してしまう可能性は存在する。同様な問題が、キーボードショートカットやマウス操作で扱われた内容をログに取得できない場合に起こりうる。すなわち、コピー機能などを使い効率的に作業を行っている生徒の入力回数が、実際の生徒の授業に対する姿勢と関係なく、自動的に低く評価されてしまうことである。今後のキー・ログ取得プログラムでは、コピーや貼り付けの内容を取得することで、このような評価精度が生徒に不利な方向に低下する問題に対処ができると考えられる。

6. 2. キー・ログデータの分析について

取得したデータの分析を現状手作業で行っている。その場合、疲労などの要因により、見落としなどが発生する可能性がある。そこで、分析を自動化することで、分析を行う際の間違いを減らすことができると考えられる。間違いを減らすことで、キーの入力回数から受講姿勢評価を行う際の過少評価、過大評価を減らすことができると考えられる。

6. 3. 生徒の受講姿勢の評価について

今回の実践では、同行観察者の人数が少なかったこ

と、「良好」と「要努力」と評価された生徒の人数が少なかったことから、データの統計的信頼性は低いと言える。そこで、来年度以降の実践では、観察者の事前トレーニングを行うこと、観察者の人数を増やすことが考えられる。観察者の人数を増やすことができない場合、複数の観察者で共通の評価をされたものを扱い、異なった部分は、観察者間で合議し決定することで、評価を間主観的にすることが考えられる。それに加え、今後は実践校を増やす、データの取得を単元開始時から行いデータ数を増やすことで、データの信頼性を高める必要もある。

謝辞

本研究を行うにあたって御協力下さった木村雅士先生（嬭恋村立嬭恋中学校）をはじめ嬭恋中学校の先生方に深謝する。本研究の一部は科学研究費補助金の助成を受けた（基盤（C）課題番号24501127）。

文献

- 古田貴久・奥木芳明（2010）中学校・技術のための鉄道模型教材 Grailの開発. 群馬大学教育実践研究, (27), 173-182.
- 橋詰倫典（2014）ブラレールを用いた教材開発と授業実践. 平成25年度卒業論文
- 市川佑稀（2013）計測・制御分野の教材開発. 平成24年度卒業論文
- 文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説 技術・家庭分野. 教育図書出版：東京.

（はしづめ ともりのり・ふるた たかひさ）

