

Error Framing Effects on Performance: Cognitive, Motivational, and Affective Pathways

Debra Steele-Johnson and Zachary T.Kalinoski

The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied,2014,148(1),93-111

1. Introduction

1.1. Error management and error framing

- 近年の研究によると、伝統的なerror avoidantトレーニング方法より、error management trainingはより良い学習効果をもたらすことができると言われている。
- error management trainingでは、学習者がエラーから学習するように励まされる。
- error management trainingにおける、積極的にタスクを探索するチャンスと、エラーを複雑なタスクを学習するのに役に立つものとみなすポジティブなエラーフレーミング(positive error framing)は、重要な部分である。
- しかし、仕事のような現実的な場面を考えると、研修やトレーニングの代わりに、学習は主に実際の仕事の中で起こると考えられる。
- トレーニング段階と違うのは、仕事で時間や精力などの制限により、タスクを積極的に探索するチャンスが少ないことである。
- そこで、本研究の目的は、タスク探索が制限される場合に、ポジティブなエラーフレーミング、すなわちエラーを際立たせて、学習者にエラーが有用であるように思わせるのが学習を促進するかを検討することである。

1.2. Hypothesis

- error management trainingはパフォーマンスだけでなく、認知、感情、動機などの面にもポジティブな影響を与える(Bell & Kozlowski, 2008; Keith & Frese, 2005)。
- 本研究は、ポジティブなエラーフレーミングとネガティブなエラーフレーミングを提案して、エラーフレーミングが認知、感情、動機に影響することを通して、学習（本研究ではパフォーマンス）に影響を与えると考え、仮説モデル (Figure1) を立てた。

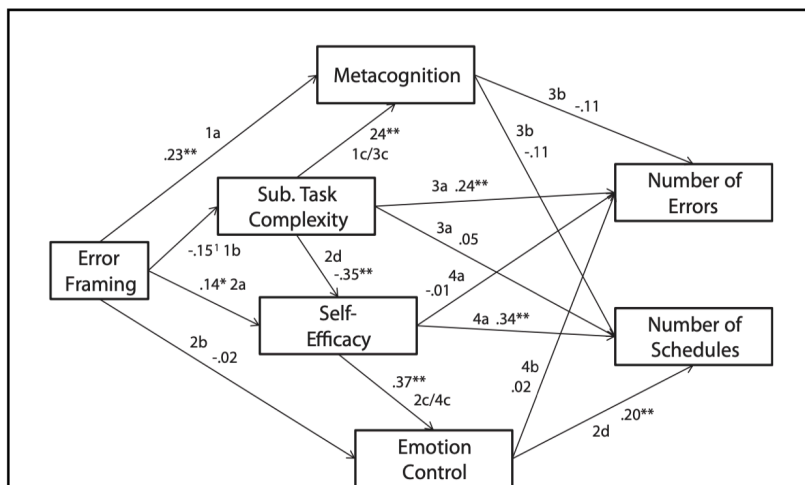


FIGURE 1. Hypothesized error framing model with standardized path coefficients. Path numbering refers to hypotheses; direct path are indicated by a or b, e.g., 1a refers to Hypothesis 1a. Indirect paths are labeled as follows: Hypothesis 1c includes paths 1a and 1c; Hypothesis 2c includes paths 2a and 2c; Hypothesis 2d includes paths 1a, 2d, and 2c; Hypothesis 3c includes paths 3c and 3b; Hypothesis 4c includes paths 4c and 4b. *indicates paths significant at $p < .05$. **indicates paths significant at $p < .01$. Also measurement errors for endogenous variables were estimated but are not displayed. ¹ $p < .10$.

- ポジティブなエラーフレーミングにおいて、学習者にエラーに注目させ、エラーが学習とタスクをより良い理解するために有益であると考えさせる。
- ネガティブなエラーフレーミングにおいて、学習者にエラーに注目させるが、エラーが悪い効率、指示に従っていないことまたはタスクの失敗を示し、避けるべきであると考えさせる。

1.2.1 Error Framing Effects on Cognitive Factors

- 本研究は、エラーフレーミングが二つの認知的な要素、メタ認知(metacognition)とタスクの主観的な複雑さ(subjective task complexity)に影響を与えると予測する。
- メタ認知を計画、モニタリング、学習またはパフォーマンスを制御する他のアクティビティと定義する(Keith & Frese, 2008)。
- ポジティブなエラーフレーミングが、学習者にエラーを思考させることにより、より多くのメタ認知活動を引き起こすと予測する。
- ネガティブなエラーフレーミングにおいて、学習者がエラーを避ける傾向があり、エラーから学習する代わりに、タスクの指示やルールにより多くの注意力を払うようになると思う。
- 本研究は、ポジティブなエラーフレーミングにおいて、エラーが問題でなく有益かつ有用であると考えられるため、学習者にとってタスクの主観的な複雑さが下げると予測する。
- それに対して、ネガティブなエラーフレーミングにおいて、学習者はエラーを避けたいといてないと考えているため、タスクがより複雑であると思う可能性が大きい。
- また、エラーフレーミング、メタ認知、タスクの主観的な複雑さとの間の関連について、仮説モデルを立てる。
- ポジティブなエラーフレーミングが、メタ認知活動を促進する同時に、タスクの主観的な複雑さを軽減できると予測する。
- しかし、タスクの主観的な複雑さの軽減は、学習者にとって多くのメタ認知活動が必要ないことを示している。
- そのため、エラーフレーミングがタスクの主観的な複雑さを通して、メタ認知に間接的に影響を与えると予測する。
 - ▶ 仮説1a : エラーフレーミングは、メタ認知に影響を与える。
 - ▶ 仮説1b : エラーフレーミングは、タスクの主観的な複雑さに影響を与える。
 - ▶ 仮説1c : エラーフレーミングは、タスクの主観的な複雑さを通して、間接的にメタ認知に影響を与える。

1.2.2 Error Framing Effects on Motivational and Affective Factors

- 本研究は、エラーフレーミングが動機（ここで自己効力感(self-efficacy)）と感情（ここで感情コントロール(emotion control)）に影響を与えると予測する。
- Bell and Kozlowski (2008) の定義と同様に、自己効力感を、自分がある状況において必要な行動をうまく遂行できる、自分の可能性を認知していることと定義する。
- 学習者がタスク中のエラーをタスクの理解に役に立つものとみなすと、学習とタスク遂行についての自信が向上させられると考えている。
- 先行研究の結果と一致して、本研究は、ポジティブなエラーフレーミングが自己効力感を向上され、ネガティブなエラーフレーミングが自己効力感を低下させられると予測する。
- また、エラーフレーミングが、直接的に感情に影響する以外に、認知と動機プロセスを通して間接的に感情へ影響を与えると予測する。

- 先行研究(Bell & Kozlowski, 2008; Keith & Frese, 2005)に従って、感情コントロール(emotion control)を、感情を制御すること、つまり不安、フラストレーションをモニタリング・コントロールすることと定義する。
- エラーはネガティブな感情を引き起こすことができる(Hajcak and Foti, 2008)。
- ポジティブなエラーフレーミングが、人の感情をモニタリングとコントロールする能力を向上させ、不安とフラストレーションを軽減することができると予測する。
- それに対して、ネガティブなエラーフレーミングが感情コントロールに負の影響を与えると予測する。

- 先行研究によると、自己効力感は感情の自己制御に正の影響を与える(Bell & Kozlowski, 2008)。
- また、Mangos & Steele-Johnson(2001)の研究で、タスクの主観的な複雑さと、自己効力感との間に負の相関関係が見られた。
- そのため、本研究は、エラーフレーミングが認知（タスクの主観的な複雑さ）と動機（自己効力感）プロセスを通して、感情（感情コントロール）プロセスに影響すると予測する。
 - ▶ 仮説2a：エラーフレーミングは、自己効力感に影響を与える。
 - ▶ 仮説2b：エラーフレーミングは、感情コントロールに影響を与える。
 - ▶ 仮説2c：エラーフレーミングは、自己効力感を通して、間接的に感情コントロールに影響を与える。
 - ▶ 仮説2d：エラーフレーミングは、タスクの主観的な複雑さと自己効力感を通して、間接的に感情コントロールに影響を与える。

1.2.2 Effects of Cognitive, Motivational, and Affective Factors on Performance

- タスクの客観的な複雑さ以外に、タスクの主観的な複雑さもパフォーマンスに影響を与えることが先行研究で示された。
- 本研究は、タスクの主観的な複雑さがパフォーマンスに影響すると予測する。
- 先行研究によると、error management trainingがパフォーマンスに影響するプロセスにおいて、メタ認知は媒介効果を果たしている(Bell & Kozlowski, 2008; Keith & Frese, 2005)。
- そこで、本研究は、メタ認知がパフォーマンスに影響すると予測する。
- 仮説1cで、タスクの主観的な複雑さがメタ認知に影響すると予測している。
- そこで、本研究は、高いタスクの主観的な複雑さがより多くのメタ認知活動を引き起こすことにより、パフォーマンスを改善すると予測する。
 - ▶ 仮説3a：メタ認知はパフォーマンスに影響を与える。
 - ▶ 仮説3b：タスクの主観的な複雑さは、パフォーマンスに影響を与える。
 - ▶ 仮説3c：タスクの主観的な複雑さは、メタ認知を通して、間接的にパフォーマンスに影響を与える。

- 先行研究によると、自己効力感がパフォーマンスに正の影響を与えることが明らかになっている(Judge & Bono,2001;Stajkovic & Luthans,1998)。
- 本研究は、先行研究と同様の仮説を立てる。
- また、感情コントロールは、error management trainingがパフォーマンスに影響するプロセスを媒介していることを示唆する研究がある(Keith & Frese, 2005)。
- 本研究で、感情コントロールがパフォーマンスに影響を与えると予測する。
- また、仮説2cを基にして、自己効力感が感情コントロールを通してパフォーマンスに間接的な影響を与えるという仮説を立てる。

- ▶ 仮説4a：自己効力感はパフォーマンスに影響を与える。
- ▶ 仮説4b：感情コントロールは、パフォーマンスに影響を与える。
- ▶ 仮説4c：自己効力感、感情コントロールを通して、間接的にパフォーマンスに影響を与える。

- 本研究は、パフォーマンスを、量（完了したタスクの数）と質（エラー数など）二つの側面から区別して分析する。
- エラーフレーミングとそれに関連する認知、動機、感情の要素が、パフォーマンスの量と質に異なる影響を与える可能性があると考えられる。
- 先行研究での矛盾している結果を考慮した上で、本研究は以下のリサーチクエスチョンを立てる。

Research Question1: エラーフレーミングがパフォーマンスの質と量に与える影響は、認知、動機と感情プロセスに媒介されるか？

2. Method

2.1. Participants

- 心理学授業を受ける学部生168名（平均年齢=20、女性59%、白人75%、学部一年または二年生85%）
- 参加者をランダムにポジティブあるいはネガティブなエラーフレーミング条件に割り当てる。

2.2. Task

- 参加者はパソコンを利用して大学の授業の時間割を編集するタスクを行う。
- このタスクで、参加者がデータベースから授業を選択し、与えられた六つのルールに従って授業を割り当てる。
- ルールの一例として、実験を行う授業に必ず実験室を割り当てることが挙げられる。

- 参加者全員は、トレーニングと転移(transfer)という二種類のタスクを行う。
- トレーニングタスクは4試行、転移タスクは2試行を実施し、1試行の時間は10分である。
- T1の練習試行以外に、T2~T4の各トレーニング試行が終了した後、割り当てた授業数、エラー数、得点とエラー情報、四種類のフィードバック情報を参加者に提示する。
- トレーニングタスクと比べて、転移タスクでは、もう一つのルールが追加される。
- また、転移タスクで、できるだけ多くの授業を割り当てる同時に、できるだけ少ないエラーをするという教示を参加者に伝える。

- ポジティブなエラーフレーミング条件においては、参加者にポジティブ的にエラーを考えさせて、つまり参加者がエラーが有益かつ有用であると思うことを期待する。
- 具体的には、タスクの前に、参加者に「自由にタスクを探索してください」「エラーが起こる原因を理解してみるのにはパフォーマンスの改善に役に立ちます」「エラーは学習の一部分です」「エラーをしても構いません」などの教示を与える。
- また、ポジティブなエラーフレーミングに関する四つの教示は実験用パソコンのスクリーンの上に貼ってあり、タスク中参加者が見えるようになる。
- その教示の一例は、「エラーは学習プロセスにおいて自然な一部分です」。
- また、T2~T4の各トレーニング試行が終了した後、参加者にフィードバック情報のうちエラー情報に集中するという教示を提示する。

- ネガティブなエラーフレーミング条件においては、参加者にネガティブ的にエラーを考えさせ、つまり参加者がエラーが避けられないといけないと思うことを期待する。

- 具体的に、タスクの前に、参加者に「指示に従ってタスクを行なってください」「提示されたルールと指示は学習に役に立ちます」「エラーは効率を低下させる」「何としてもエラーを避ける」「エラー数は記録される」などの教示を与える。
- また、T2～T4の各トレーニング試行が終了した後、参加者にフィードバック情報のうち割り当てた授業数、エラー数と得点に集中するという教示を提示する。
- ポジティブとネガティブな条件において、タスク前の教示とT2～T4の各トレーニング試行後のフィードバックについての指示以外に全部同じである。
- つまり、両条件において、タスクの内容、タスクのルールとフィードバックの種類は同じである。

2.3. Measures

2.3.1 操作チェック (Manipulation Check Measure)

- Rybowskiak, Garst, Frese, Batinic(1999)が開発したエラーオリエンテーションアンケート(EOQ)のうちの低位尺度learning from errorsを参考にして、ネガティブとポジティブなエラーフレーミングの操作チェックを行うためのアンケートを作成する。
- アンケートは7つの質問があり、7段階（1=全く当てはまらない、7=非常に当てはまる）評定を行う（ $\alpha = 0.87$ ）。
- 質問の例、「私のエラーはタスクの学習を促進した」。

2.3.2 タスクの主観的な複雑さ (Subjective Task Complexity)

- Steele- Johnson, Beauregard, Hoover, Schmidt(2000)が開発したアンケートを用いて、タスクの主観的な複雑さに対して、6質問の7段階（1=全くない、7=非常に）評定を行う（ $\alpha = 0.73$ ）。
- 質問の一例は、「このタスクはチャレンジングであると思う」。

2.3.3 自己効力感 (Self-Efficacy)

- 9つの質問に対して、7段階（1=全く当てはまらない、7=非常に当てはまる）で自己効力感を測定する（ $\alpha = 0.78$ ）。（Riggs et al., 1994）
- 質問の一例は、「私はこのタスクに自信を持っている」。

2.3.4 メタ認知 (Metacognition)

- Cartwright-Hatton and Wells(1997)が開発したアンケートを参考にして、6質問に対して、7段階（1=全く当てはまらない、7=非常に当てはまる）でメタ認知を測定する（ $\alpha = 0.87$ ）。
- 質問の例の一つは、「私はタスクを実行する際に自分の考えをモニタリングした」。

2.3.5 感情コントロール (Emotion Control)

- 先行研究の八つの質問から構成されるアンケートを用いて、5段階（1=当てはまらない、5=当てはまる）で感情コントロールを測定する（ $\alpha = 0.82$ ）。
- 全ての質問は、「困難にあったとき、私は…」という形にする。
- 例の一つは、「困難にあったとき、私は落ち着きを保っていた」。

2.3.6 パフォーマンス (Performance)

- パフォーマンスは転移タスクの2試行（T5、T6）の平均割り当てた授業数（量的な指標）と、平均エラー数（質的な指標）で評価される。
- 転移タスクのパフォーマンスデータだけを分析する。

2.3.7 個人情報 (Demographics)

- 参加者の性別、年齢、人種、学年、ACT点数、コンピュータ経験とタスクについての経験が測定される。

2.4. Procedure

- 参加者がエラーフレーミングについての教示とタスクのルールを受けた後、10分間の練習試行(T1)を行う。
- その後、操作チェックについてのアンケートに記入する。
- 次に、T2~T4のトレーニング試行を行なって、各試行が終了した後、フィードバックと指示が提示される。
- 全てのトレーニング試行が終わった後、操作チェック、タスクの主観的な複雑さ、自己効力感、メタ認知と感情コントロールについての測定を実施する。
- その後、参加者が転移タスクについての指示を受けて、2試行のタスクを行う。
- 転移タスクの後、タスクの主観的な複雑さと年齢や性別などの個人情報を記入する。

3. Results

- ポジティブとネガティブ両条件において、性別($\chi^2(1) = 1.61, p = .21$)、コンピュータ経験($F(1, 166) = 0.02, p = .89$)、タスクについての経験($F(1, 166) = 0.05, p = .82$)及びACT点数（認知能力の指標）($F(1, 120) = 0.30, p = .58$)は有意差がなかった。
- 分散分析の結果、ネガティブなエラーフレーミング($M = 4.62, SD = 1.38$)より、ポジティブなエラーフレーミング($M = 5.17, SD = 1.22$)において、エラーから学習する程度、つまり learning from errors の得点は有意に高かった($F(1, 166) = 7.33, p < .01$)。
- これはエラーフレーミングについての操作が成功していることを示す。
- また、反復測定分散分析の結果より、トレーニングタスクの終了後($M = 3.70, SD = 1.25$)より、転移タスクの後で測定されたタスクの主観的な複雑さ($M = 4.05, SD = 1.32$)は有意に高かった($F(1, 166) = 13.70, p < .001$)。
- これは転移タスクについての操作が成功していることを示す。

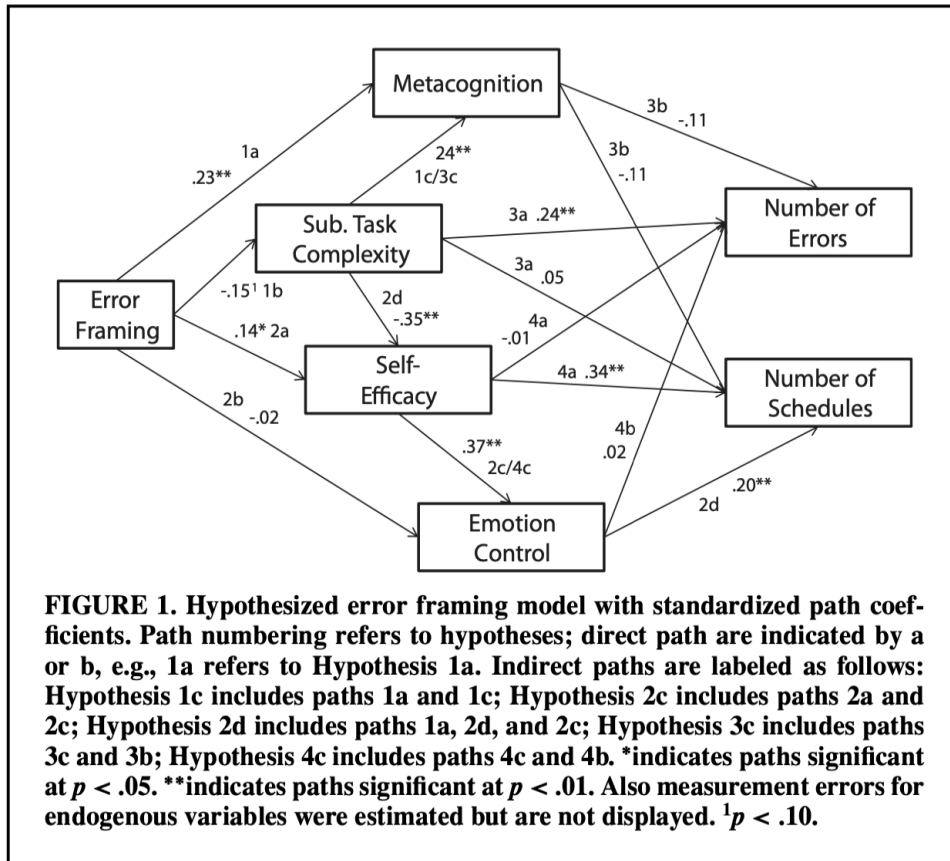
－ 各変数の統計結果と相関関係(Table 1)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	1	2	3	4	5	6
1 Error Framing ^a	0.47	0.50	—					
2 Subj. Task Cpx.	3.70	1.25	-.15 ^b	.73				
3 Self-efficacy	5.47	1.00	.19*	-.37***	.78			
4 Metacognition	4.72	1.39	.19*	.21**	.06	.87		
5 Emotion Control	4.26	0.77	.09	-.08	.37***	.09	.82	
6 Number of Errors (Perf. Quality)	1.96	2.70	-.03	.22**	-.09	-.06	-.01	—
7 Number of Schedules Compl. (Perf. Quantity)	4.59	2.11	.07	-.12	.39***	-.06	.31***	.10

Note. Subj. Task Cpx. = subjective task complexity. Perf. = performance. Compl. = completed. Internal consistency reliabilities for measures are reported on the diagonal.
^aError Framing Condition is coded as 1 for positive error framing ($n = 79$) and 0 for negative error framing ($n = 89$).
^b $p < .10$. * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

●パス解析の結果により、仮説モデルが支持された($\chi^2(6) = 6.97, p = .323, CFI = .991, RMSEA = .031, \text{ and } SRMR = .039$)。

－パス係数(Figure1)



●また、ブートストラップ法を用いて仮説モデル中の間接効果を検討する。

－間接効果の結果(Table 2)

Hypothesized Indirect Effect		β	t	p
H _{1c} :	EF → STC → MC	-.036	-1.66	<.10
H _{2c} :	EF → SEff → EC	.052	1.83	<.10
H _{2d} :	EF → STC → SEff → EC	.019	1.69	<.10
H _{3c} :	STC → MC → Errors	-.027	-1.34	ns
H _{3c} :	STC → MC → Schedules	-.028	-1.45	ns
H _{4c} :	SEff → EC → Errors	.009	.29	ns
H _{4c} :	SEff → EC → Schedules	.073	2.37	<.05

EF = Error Framing; STC = subjective task complexity; MC = metacognition; SEff = self-efficacy; EC = emotion control; Errors = number of errors (performance quality); Schedules = number of schedules completed (performance quantity); ns = non-significant.

3.1. Direct and Indirect Effects of Error Framing on Subjective Task Complexity and Metacognition

- パス解析の結果により、エラーフレーミングからメタ認知までのパスが有意であり、仮説1aは支持された。
- エラーフレーミングからタスクの主観的な複雑さまでのパスが有意でなかったため、仮説1bは成立していない。
- また、間接効果の結果は有意にならなかったため、仮説1cは支持されなかった。
- つまり、エラーフレーミングがタスクの主観的な複雑さに影響を与えることで、メタ認知に間接的に影響するという仮説は支持されなかった。
- エラーフレーミングが認知に与える影響をまとめると、ネガティブなエラーフレーミングと比べて、ポジティブなエラーフレーミングは学習者のメタ認知活動をより多く引き起こすことができる。
- また、タスクの主観的な複雑さとメタ認知の間に正の相関があり、タスクの主観的な複雑さが高いほど、メタ認知活動がより多くなる。

3.2. Direct and Indirect Effects of Error Framing on Subjective Task Complexity, Self-Efficacy, and Emotion Control

- パス解析の結果により、エラーフレーミングから自己効力感までのパスが有意であり、仮説2aは支持された。
- エラーフレーミングから感情コントロールまでのパスが有意でなかったため、仮説2bは支持されなかった。
- 間接効果検証の結果により、エラーフレーミングと感情コントロールの間に、自己効力感とタスクの主観的な複雑さの間接効果が有意でなかったため、仮説2cと2dは支持されなかった。
- エラーフレーミングが感情と動機に与える影響をまとめると、ポジティブなエラーフレーミングはより強い自己効力感を引き起こし、自己効力感が強いほど、感情コントロールのレベルがより高くなる。

3.3. Direct and Indirect Effects of Subjective Task Complexity and Metacognition on Number of Errors and Number of Schedules Completed

- パス解析の結果により、タスクの主観的な複雑さからエラー数（パフォーマンスの質的な指標）までのパスは有意で、割り当てた授業数（パフォーマンスの量的な指標）までのパスは有意でなかったため、仮説3aの一部分が支持された。
- メタ認知からパフォーマンスまでのパスは全部有意にならなかったため、仮説3bが支持されなかった。
- また、間接効果の検証結果により、仮説3c、エラーフレーミングがメタ認知に影響することで、パフォーマンスに影響するという仮説は支持されなかった。
- 認知がパフォーマンスに与える影響をまとめると、タスクの主観的な複雑さはパフォーマンスの質に影響を与えるが、その量に影響を及ぼさない。

3.4. Direct and Indirect Effects of Self-Efficacy and Emotion Control on Number of Errors and Number of Schedules Completed

- パス解析の結果により、自己効力感から割り当てた授業数（パフォーマンスの量的な指標）までのパスが有意で、エラー数（パフォーマンスの質的な指標）までのパスが有意でなかったため、仮説4aの一部分は支持された。
- また、感情コントロールから割り当てた授業数（パフォーマンスの量的な指標）までのパスが有意で、エラー数（パフォーマンスの質的な指標）までのパスが有意でなかったため、仮説4bの一部分は支持された。
- 間接効果の検証を通して、感情コントロールと割り当てた授業数（パフォーマンスの量的な指標）の間に、自己効力感の間接効果が有意であった。

- また、感情コントロールとエラー数（パフォーマンスの質的な指標）の間に、自己効力感の間接効果は有意でなかった。
- そのために、仮説4cの一部は支持されて、自己効力感が感情コントロールに影響することで、パフォーマンスの量に影響を与えることが示唆された。
- 感情と動機がパフォーマンスに与える影響をまとめると、自己効力感と感情コントロールはパフォーマンスの量に影響を与えるが、その質には影響しない。

4. Discussion

- 実際の仕事場面でタスクを積極的に探索するチャンスが制限される状況を考慮して、本研究はエラーフレーミングが認知、感情、動機を通してパフォーマンスに影響するプロセスを検討した。
- その結果、ポジティブなエラーフレーミングはエラーから学習することを促進できる。
- 具体的に、ポジティブなエラーフレーミングは、より多くのメタ認知活動（認知的なプロセス）とより高い自己効力感（動機的なプロセス）と関連している。
- 自己効力感が高いほど（動機的なプロセス）、感情コントロールのレベルがより強くなり（感情的なプロセス）、タスクで割り当てた授業数（パフォーマンスの量）がより多くなる。
- また、タスクの主観的な複雑さが高いほど（認知的なプロセス）、タスクでのエラー数がより多くなる（パフォーマンスの質）。
- また、予測していない結果として、タスクの主観的な複雑さは、メタ認知及び自己効力感との間に正の相関関係が見られた。
- 本研究では、エラーフレーミングのタスクの主観的な複雑さに対する有意な影響は見られなかった。
- しかし、エラーフレーミングとタスクの主観的な複雑さとの相関関係を分析した結果、有意傾向が見られた。
- そのために、エラーフレーミングがタスクの主観的な複雑さに影響するという仮説を否定するより、両者の関係を詳しく検討した方が有益だと考えている。
- 本研究で、メタ認知がパフォーマンスに影響しない結果は、KeithとFrese(2005)の研究のメタ認知がパフォーマンスに正の影響を与える結論と矛盾している。
- その一つの可能性は、本研究のタスクが十分な複雑さを持ってなく、大量のメタ認知活動が必要ないからである。
- あるいは、本研究のタスクは十分に複雑ではあるが、参加者がより多くのタスク経験があるときのみ、メタ認知の効果が出てくるかもしれない。
- また、認知（タスクの主観的な複雑さ）、感情（感情コントロール）、動機（自己効力感）はパフォーマンスの質と量に異なる影響を与えることが明らかになった。
- これらの要素がパフォーマンスに異なる影響を与える原因をさらに検討する必要がある。
- また、今後の研究では、中立的なエラーフレーミング条件を加えて検討したほうが意味があるかもしれない。