

大学生のマインドセットが Computational Thinking に及ぼす影響に関する構造的理解 A Structural Understanding of the Influence of Mindsets on Computational Thinking among University Students

佐野 雄大[†]
Yudai Sano

福井 昌則[‡]
Masanori Fukui

1. はじめに

1.1 本研究の目的

本研究の目的は、大学生のマインドセットから Computational Thinking(CT)に及ぼす影響が、成長マインドセット群と硬直マインドセット群によってどのように異なるのかについて、構造的に検討することである。

1.2 研究の背景

AI を含む様々な情報技術が高度に発展している昨今において、与えられた問題を紙面上で解くスキルのみならず、コンピュータや AI を用いて社会問題を解決するスキルの育成が求められている。そして、それらの問題解決スキルを社会人になっても高めていくことが重要であり、その礎となるスキルも合わせて高めていくことが求められる。

現代社会において教育や職場で必要とされるスキルとして、21 世紀型スキルが重要視されている。Partnership for 21st Century Skills [1] は、21 世紀型スキルとして、学習スキル(創造性と革新性、批判的思考と問題解決、コミュニケーションと協調性)、読み書きスキル(情報リテラシー、メディアリテラシー、ICT リテラシー)、生活スキル(柔軟性と適応性、自発性と自己指示性、社会性と異文化対応スキル、生産性と説明責任、リーダーシップと責任)の 3 種類のスキルを挙げている。

また、Computational Thinking (CT)が現代の問題解決において重要な役割を果たしている。CT は、コンピュータが理解できる形で表現する思考プロセスのことであり、複雑な問題を解決可能な部分に分割し、アルゴリズムを設計して解決するスキルである。学生が CT を習得することは、デジタルリテラシーの向上と社会問題の解決に貢献することが期待される [2]。

ここで、CT は一時的に身につけるべきものではなく、CT を確実なものとするためには、学習者のマインドセットに着目することが重要となる。マインドセットとは、人が自分の能力や知能について持つ信念として定義されており、成長マインドセットと硬直マインドセットからなる [3]。成長マインドセットとは、自分の能力は努力次第で伸ばすことができると考える思考態度のことである。また、硬直マインドセットとは、自分の能力は固定しており変わらないと考える思考態度のことである。硬直マインドセットとは、能力や知能は固定されており、変わらないと信じる考え方のことである。特徴として、挑戦を避け、失敗を恐れることや、批判に対して防御的であり、努力を無駄と感じることが多く、簡単に達成できる課題を好む傾向がある。そして失敗を自己の能力の欠如と捉える傾向がある [3]。

一方、成長マインドセットは、能力や知能は努力や学習によって向上すると信じる考え方のことである。特徴として、挑戦を歓迎し、失敗を学習の機会と見ることや、努力を成長の手段として積極的に受け入れる傾向がある。そして困難な課題にも取り組み、失敗から学び続ける態度を有している。違いとしては、硬直マインドセットは挑戦を避け、成長マインドセットは挑戦を歓迎すること、硬直マインドセットは失敗を能力の欠如と見なし、成長マインドセットは失敗を成長の一部と見なすこと、硬直マインドセットは努力を無駄と感じ、成長マインドセットは努力を成長の手段と見ることがあげられる。また、成長マインドセットを持つか硬直マインドセットによって、学習結果が異なることが指摘されている [3,4]。

学習者のマインドセットは、長期的に比較的安定しているものであると指摘されている [5] もの、成長マインドセットを持つことで、学生は CT における挑戦や失敗を学習の機会と捉え、問題解決能力を向上させることが期待される。硬直マインドセットでは、困難な問題に直面した際に挫折しやすく、CT の発展が阻害される可能性がある。もちろん、短期的に見ればマインドセットを変容させることは難しいことであるとしても、中長期的に見てそれらを変容させていくことは、学校教育において重要な課題である。

以上のことから、これからの時代を生きていく学生が CT を身につけること、そしてそれらのスキルを身につけることができる、努力次第で伸ばすことができると意識であるマインドセットとともに育成することが重要であると考えられる。

マインドセットと CT との関連性について、Fukui et al. [6] は、CT とマインドセットの関係性をロジスティック回帰分析によって分析し、CT の創造性、批判的思考、問題解決能力の高い学生は、成長マインドセットを有している群に多く見られる一方、アルゴリズムの思考と協調は、成長マインドセットの群に有意な影響を及ぼしていないことを明らかにしている。しかし、CT にはいくつかの因子が存在することから、CT とマインドセットの関連性は複雑であり、より構造的に把握する必要がある。しかしそのような先行研究は存在していない。よって本研究では、大学生のマインドセットが CT に及ぼす影響が、成長マインドセット群と硬直マインドセット群によってどのように異なるのかについて、構造的に検討することを試みる。

2. 研究方法

2.1 調査方法と調査対象者

調査は、楽天インテージ株式会社に依頼し実施した。参加者は大学生 578 名(男性 295 名、女性 283 名)であり、平均年齢は 21.30 歳(SD 2.03)、回答時間は約 20 分であった。参加者は匿名とし、氏名や学校名など個人を特定できる情

[†] 鳴門教育大学 Naruto University of Education

[‡] 岩手県立大学 Iwate Prefectural University

報に関する項目は準備していない。調査終了後、参加者には調査会社所定のポイントが付与された。

本調査は、Fukui et al. [6]と同じ調査項目を部分的に用いている。しかし、Fukui et al. [6]では、CT とマインドセットの関連性をロジスティック回帰分析により検討したものである一方、本研究は CT とマインドセットの関連性を構造的に把握すること、そしてマインドセットの違いによってその構造(パス係数)がどのように異なるかを検討している。Fukui et al. [6]の研究をさらに発展させたものであると捉えることができるため、データの利用において問題ないと判断された。

2.2 調査項目

フェイス項目として、性別、年齢を設定した。そしてマインドセットを把握するために、武藤のマインドセット尺度[7]を用いた。この尺度はDweck et al. [8]が開発したマインドセット尺度を日本語訳したものである。信頼性や妥当性について詳細に検討はされていないが、本研究において利用は問題ないと判断された。マインドセット尺度は、1 から 3 まだが硬直マインドセットに関する項目(逆転項目)、4 から 6 まだが成長マインドセットに関して把握する項目である。マインドセットの各項目は「6:とてもあてはまる」から「1:まったくあてはまらない」の中から最もあてはまるものを1つ選択する方式とした。そして、被験者が有している CT の現状を把握するために、近澤ら[9]が開発した日本語版 CT 尺度を用いた。CT の各項目は「5:とてもあてはまる」から「1:まったくあてはまらない」の中で最もあてはまるものを1つ選択する方式とした。

2.3 分析の手続き

最初に予備的分析として、CT 尺度とマインドセット尺度の信頼性係数を求めた。その上で CT 各因子間の多重共線性を求めた。次に、マインドセットの平均値を基準に上位群を成長マインドセット群、下位群を硬直マインドセット群と設定した。その上でマインドセットが CT 因子(CTF)をとりまとめる二次因子に影響を与えるモデルを想定し、そのモデルにおいてマインドセットの違いによってパス係数がどのように異なるかについて、多母集団同時分析を行った。なお、分析にあたっては CT およびマインドセット尺度が正規性を有するか否かでパラメトリック分析かノンパラメトリック分析かを選択することとした。分析には R 4.3.2 を用い、統計的有意水準は 5%とした。

2.4 倫理的配慮

本調査は、氏名や学校名など個人を特定できる項目は含んでおらず、回答者が調査項目に回答する際の心理的負担を最小限にとどめている。そして、参加同意した場合のみ回答を求めるオプトイン方式とした。本研究は、徳島大学倫理審査委員会(第 3 号, 2022 年)の承認を得た。著者らには利益相反関係はない。

3. 結果

3.1 予備的分析

Fukui et al. [6]では、今回の分析で用いた CT 尺度に関し、信頼性係数が良好である一方、マインドセットに関しては、今回の調査対象者では良好な適合度が認められなかったと

述べている。その上で、Dweck らの開発したマインドセット尺度の日本語版がまだ開発されていないことを前提とした上で、分析を進めている。本研究でも Fukui et al. [6]に倣い、CT 尺度とマインドセット尺度を用いて分析を進めることとした。

そして、CT 尺度およびマインドセット尺度は、いずれの因子においても正規性は認められなかったことから、以下の分析においてはノンパラメトリック分析を用いることとした。また、CT の各因子間の多重共線性を確認するために VIF を求めたところ、いずれの値も 2.0 未満であったことから、いずれの因子間においても多重共線性は認められなかった。よって、それぞれの因子が独立したものであることから、共分散構造分析への利用は可能であると判断した。

3.2 記述統計量

Computational Thinking 尺度の各項目と Mindset 尺度の記述統計量を以下の表 1 に示す。ここで、成長マインドセット群は 269 名、硬直マインドセット群は 309 名であった。

表 1 記述統計量

(Fukui et al. (2024)の Table 3,5 を引用・改変)

	All (n=578)	Growth- Mindset (n=269)	Fixed- Mindset (n=309)
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Mindset	2.96 (0.67)	4.16 (0.48)	3.04 (0.52)
Creativity	3.56 (0.76)	3.59 (0.58)	3.25 (0.60)
Algorithmic Thinking	3.41 (0.62)	3.18 (0.89)	2.87 (0.83)
Cooperativity	3.02 (0.87)	3.53 (0.86)	3.19 (0.91)
Critical Thinking	3.35 (0.91)	3.43 (0.73)	2.97 (0.80)
Problem Solving	3.19 (0.80)	3.10 (0.69)	2.84 (0.63)

3.3 多母集団同時分析によるモデルの分析

マインドセットが CT にどのような影響を及ぼすかについて構造的に検討するために、マインドセットから CT 因子を取りまとめる二次因子(CTF)に影響を与え、CTF が CT の 5 因子に対しパスが引かれているモデルを設定した(図 1)。そして、そのモデルにおいて成長マインドセット群と硬直マインドセット群の差異について、多母集団同時分析を行った。本モデルでは、CT の各因子間には相関がないと仮定している。図 1 のモデルを検討した結果を表 2 に示す。なお分析においては、マインドセットおよび CT の各因子には正規性が認められなかったため、推定方法として DWLS を用いた。

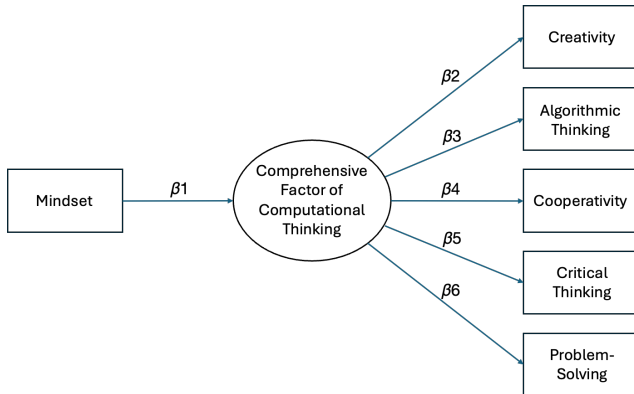


図 1 分析対象となるモデル

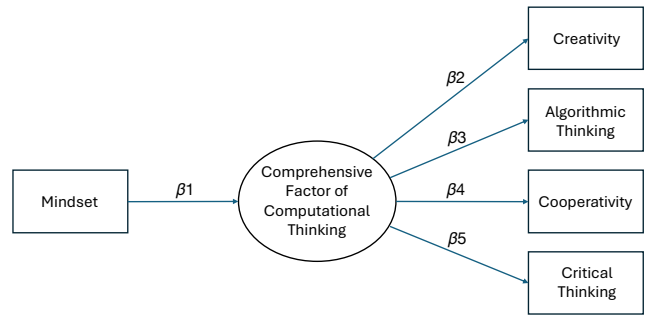


図 2 分析対象となるモデル (改良版)

表 2 分析対象モデルのパス係数

Variable	Growth Mindset	Fixed Mindset
$\beta 1$	0.34**	0.22**
$\beta 2$	0.72**	0.77**
$\beta 3$	0.51**	0.68**
$\beta 4$	0.52**	0.46**
$\beta 5$	0.88**	0.82**
$\beta 6$	-0.04	-0.06

** $p < .01$

($n = 578$)

信頼性係数は CFI = 0.914, GFI = 0.999, RMSEA = 0.097, SRMR = 0.077, また $\chi^2 = 23.28$ (成長マインドセット群 $p = 0.00 < 0.010$), $\chi^2 = 43.06$ (硬直マインドセット群, $p = 0.000 < 0.010$) であり, 適合度は良好ではなかった. 表 2 より, $\beta 1$ から $\beta 5$ のパス係数は, 成長マインドセット群, 硬直マインドセット群いずれにおいても有意であり, マインドセットが CT に有意な影響を与えていると想定される. 一方, $\beta 6$ (CTF \rightarrow Problem Solving) のパス係数が低く, 問題解決因子は CT の育成に貢献していない可能性が想定される.

そこで, 問題解決因子と $\beta 6$ のパスを削除し再度検討を行った (図 2). その結果, 信頼性係数は CFI = 0.998, GFI = 1.000, RMSEA = 0.021, SRMR = 0.037, また $\chi^2 = 5.060$ (成長マインドセット群, $p = 0.338 > 0.05$), $\chi^2 = 6.194$ (硬直マインドセット群, $p = 0.338 > 0.05$) であり, モデルの適合度は良好であった. この改良したモデルのパス係数について表 3 に示す.

表 3 より, 成長マインドセット群では, CTF に対する創造性, アルゴリズム的思考, 協調, そして批判的思考の負荷量は全て正であり, 特に批判的思考の負荷量が最も高かった ($\beta 5 = 0.88$). また, 成長マインドセットが CTF に与える影響は中程度 ($\beta 1 = 0.35$) であった. 硬直マインドセット群においても成長マインドセット群と同様の傾向が見られ, CTF に対する創造性, アルゴリズム的思考, 協調, そして批判的思考の負荷量は全て正であり, 批判的思考の負荷量が特に高かった ($\beta 5 = 0.69$). 硬直マインドセットが CTF に与える影響は, 成長マインドセット群よりもやや低い傾向が見られた ($\beta 1 = 0.23$). また群間の違いとして, 硬直マインドセット群のアルゴリズム的思考は, 成長マインドセット群のアルゴリズム的思考よりも影響が大きい傾向が認められた.

表 3 改良した分析対象モデルのパス係数

Variable	Growth Mindset	Fixed Mindset
$\beta 1$	0.35**	0.23**
$\beta 2$	0.72**	0.76**
$\beta 3$	0.50**	0.69**
$\beta 4$	0.52**	0.46**
$\beta 5$	0.87**	0.82**

** $p < .01$

($n = 578$)

4. 考察

成長マインドセット群におけるマインドセットと CT との関連性, および硬直マインドセット群におけるマインドセットと CT との関連性を比較すると, いずれの場合も, マインドセットが創造性, アルゴリズム的思考, 協調, 批判的思考の 4 因子を統合する CTF に影響を与えていた. これにより, 群間で影響する因子に大きな違いはないものの, 成長マインドセット群と硬直マインドセット群の特徴を踏まえた介入が重要である.

成長マインドセット群は, 挑戦を歓迎し, 失敗を学習の機会と捉えるため, CT 育成においても積極的な活動を促すアプローチが効果的である. 具体的には, 問題解決やプロジェクトベースの学習を通じて, 批判的思考や創造性を高めることが期待される. また, 実世界の課題に挑戦させることで, 批判的思考を向上させることが有効である可能性がある. さらに, ピアレビューやフィードバックを積極的に取り入れ, 自己反省を促すことで, 自己改善の機会を提供することも有効である.

一方, 硬直マインドセット群は失敗を避ける傾向が強いいため, CT 育成においては成功体験を蓄積させることが重要である. 例えば, 硬直マインドセット群は成長マインドセット群よりも CTF からアルゴリズム的思考への影響が大きいため, 段階的な学習ステップを設定し, 小さな成功を重ねることが有効である. また, 成長マインドセットを育成する活動, 例えばワークショップなどを通じて, 能力は伸ばすことができるという概念を強調し, 間違いから学ぶ態度を育成することが重要である.

今回の結果から, 成長マインドセット群および硬直マインドセット群の双方において, CTF から創造性, アルゴリズム的思考, 協調, 批判的思考へのパス係数が有意であった. このことから, いずれのマインドセット群においても,

問題解決やプロジェクトベースの学習を通じて、批判的思考や創造性を高めることが期待される。また、実世界の課題に挑戦させることで、批判的思考を高めることが有効である可能性がある。さらに、ピアレビューやフィードバックを積極的に取り入れ、自己反省を促すことで、自己改善の機会を提供することも有効である。

しかし、CTの問題解決スキルに関しては、どちらのマインドセットも有意な影響を与えていないことが明らかになった。これにより、問題解決スキルの育成には、独立した方法論を取ることが有効であると考えられる。

Fukui et al. [6]では、ロジスティック回帰分析によってCTとマインドセットの関連性を検討した。その結果、創造性と批判的思考、問題解決が高い学生は成長マインドセットを有している可能性が示された。しかし、本研究の結果から、成長マインドセット群および硬直マインドセット群の双方において、マインドセットが創造性、アルゴリズム的思考、協調性、そして批判的思考に有意に影響を与えていることが示唆された。

これらの結果の差は、分析方法に依存していると考えられる。ロジスティック回帰分析は、予測変数であるマインドセットと説明変数であるCTの各因子の直接的な関係に焦点を当てている。一方、SEMは複数の変数間の関係性を同時に分析し、潜在的な構成要素を説明するものである。ロジスティック回帰分析はSEMほど複雑な相互作用を捉えることができず、変数間の間接効果や相互作用を考慮したパスの存在を捉えることができていない可能性がある。そのため、今回の結果とロジスティック回帰分析の結果から、仮定しなかった潜在変数や相互作用が存在する可能性が示唆される。

5. 結論

5.1 まとめ

本研究の目的は、大学生のマインドセットからCTに及ぼす影響が、成長マインドセット群と硬直マインドセット群によってどのように異なるのかについて、構造的に検討することであった。

分析の結果、成長マインドセット群と硬直マインドセット群の双方においてCTを育成するための方法が異なること、そしていずれの群においても創造性、アルゴリズム的思考、協調、批判的思考とマインドセットが関連している一方、問題解決とは有意な関連性を持っていなかったことから、問題解決の育成には別の方法論を検討する必要があることを示した。

マインドセットとCTの包括的な関連性に着目した検討はこれまでに行われておらず、CTを確実なものとするための方法を構築するための基礎的知見を提供できたと考えられる。

5.2 本研究の限界と今後の展望

本研究では、CTとマインドセットの関連性について構造的に理解することを試みたが、多くの課題が残されている。

1点目として、本研究で示したモデルは比較的単純であり、媒介変数を含めた様々なモデルについて検討する必要があることである。

2点目として、問題解決スキルとマインドセットの関連性が見られなかった原因についてさらに研究を進め、CTの包括的な育成方法について検討することである。例えば異なる教育的アプローチや環境要因が問題解決スキルにどのように影響するかを検討し、CTの包括的な育成方法を確立する必要がある。

3点目として、実践の中でマインドセットやCTをどのように測定するかについて検討することである。実際の活動において学習者のマインドセットやCTがどのように変容したかについて、実際の行動やポートフォリオなどから具体的に評価できるようなルーブリック作成などを試みる必要がある。

これらの点を踏まえ、実際にマインドセットとCTの関連性に着目した題材を開発し、その有効性について実践的に検討する必要がある。これらについては今後の課題とする。

謝辞

本研究の一部は、科研費(21K13644, 22KK0200)および稲盛財団の助成によって実施された。

参考文献

- [1] Partnership for 21st Century Skills, "Framework for 21st-century learning." (2007) http://www.p21.org/documents/P21_Framework_Definitions.pdf
- [2] Wing, J. M., "Computational Thinking," *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35 (2006)
- [3] Dweck, C. S. "Mindset: The New Psychology of Success." Random House. (2006)
- [4] Hong Y., Dweck C.S., Chiu C., Lin D. M. S. & Wan W., "Implicit Theories, Attributions, and Coping: A Meaning System Approach," *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(3), 588-599. (1999)
- [5] Dweck, C. S. & Master, A. "Self-Theories Motivate Self-Regulated Learning," In Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J.(Eds), *Motivation and Self-Regulated Learning*, Taylor & Francis. (2008).
- [6] Fukui, M., Xiang, L., Sano, Y., Yanuarto, W. N., Anggoro, S., Chew, P., Ong, E. T., & Ng, K. T., "An Exploratory Study of the Relationship between Fixed/Growth Mindset and Computational Thinking among University Students," *The 8th APSCE International Conference on Computational Thinking and STEM Education 2024 (CTE-STEM 2024)*, (2024).
- [7] 武藤浩子, "マインドセット: 成長的思考態度は学生の学びにどのような影響を与えるのか." 早稲田大学大学院教育学研究科紀要別冊, 28 (1), 71-82, (2020)
- [8] Dweck, C. S., "Boosting Achievement with Messages that Motivate," *Education Canada*, 47(2), 6-10. (2007)
- [9] 近澤 優子, 森山 潤, 高橋 和江, 森広 浩一郎, 掛川 淳一, 小川 修史, 中原 久志, 宇佐美 美紀子, "文系学部における初年次大学生を対象とした日本語版 Computational Thinking 尺度の作成," *日本教育工学会論文誌*, 46(1), 103-114, (2022)