

視線情報に着目した思考プロセス分析ツールの開発

Development of a Tool for Analyzing Thinking Process Based on Eye-gazing Information

林 佑樹^{*1}
Yuki HAYASHI

瀬田 和久^{*1}
Kazuhisa SETA

池田 満^{*2}
Mitsuru IKEDA

^{*1} 大阪府立大学
Osaka Prefecture University

^{*2} 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

In order to enable everyone to deeply think the problems and talk logically under any circumstances, it is important to enhance the meta-cognitive skills of internal self-conversation. To cultivate such a skill, Chen et al. proposed the training tool of internal self-conversation called “Sizhi” by verbalizing their thought. While the quality of the externalized thought varies depending on the learners, the difference between externalization process of each learner’s self-conversation such as what the learner saw, thought and verbalized, is unrevealed. The objective of this study is to propose a learning environment for analyzing the internal self-conversation process based on a learner’s gazing behavior. The initial analysis based on trainers’ correction process data to hospital nurses’ cases showed that our proposed system has a potential to interpret the context of his metacognitive monitoring and control process.

1. はじめに

社会生活の中では、様々な価値観が存在するが故、明確な解を一意に定めることが難しい問題に直面することが少なくない。このような場合、「考えることを考える」メタ認知的な思考力を育むことが重要であり、頭の中に内在する思考を論理的に道筋立てて説明できることは、我々の社会生活において重要なスキルである。一方で、このスキルを鍛えることは思考の暗黙性が故に難しい。

本研究では、この暗黙的で混沌とした思考過程における論理構造の組み上げ方を、視線情報を手掛かりに分析することを目的とする。思考過程の副産物として現れる生理的な視線情報を加味することで、思考に伴うメタ認知モニタリング・コントロール過程の一端を捉えることができると考えている。暗黙的な思考を分析する手段として、頭の中で考えていることを逐次声に出しながら文章を書き進めてもらう発話思考法が挙げられる [海保 93]。この手法は自然な文章産出過程に近いデータを収集しにくいという問題や、発言をしながら文章を書くという認知的な負荷が生じ、認知活動そのものに影響するため内省能力の低い学習者には馴染まない手法であることが指摘されている [宮崎 04]。この問題に対して、思考を対象とした視線分析に関する研究として、言語化プロセスにおける視線や、文章読解過程の視線の相違などが分析されているが [Guan 06, Reichle 10]、思考の論理的構造を吟味する過程の視線を対象とした研究は我々の知る限り存在しない。

我々は、思考プロセスとその成果物との間に対応が付けられているインタフェースを持つ思考外化ツールを前提とすることで、この不定型かつ個人依存性の高い思考プロセスの一端を視線から捉えることができるのではないかと考えている。本研究では、葛藤を内包した信念対立 [京極 11] を明らかにするための表現形式として考案された「思知フォーマット」に対する視線を糸口とし、信念対立構造を論理立てて表明するタスクにおいて、外化された思考の何に着目し、何を考え、何を記述するに至ったかという思考プロセスを分析するためのツールを提案する。

2. 思知: 自己内対話促進環境

伊藤は学習方略の観点から思考の言語化効果を検討し、知識陳述サイクル、認知的葛藤、知識構築サイクルの3つのプロセスから構成される目標達成モデルを提案している [伊藤 09]。このプロセスに沿って、論理性を重視しながら能動的に自己内対話をすることで、自身の思考は洗練され、その思考過程は明確になると考えられる [瀬田 13]。この「考えることを考える」思考態度をトレーニングする学習環境として、自己内対話促進環境「思知」が提案されている [Chen 11]。質の良い知識構築を考える上で重要なことは、異なる価値観において信念が対立している根本的な葛藤を掘り起こすことである。思知では、葛藤を内包した自己内対話を機会とし、[伊藤 09] の目標達成モデルに基づき、その根源的な理由を明らかにするための表現形式(思知フォーマット)を備えている。

思知を用いて、これまでに医療看護従事者や大学初年次の学生を対象とした教育ワークショップが実践されており、自己内対話スキルを育む効果が示されてきた [Kanou 13, 瀬田 13]。学習者は正解のない問題に対する自分の考えを振り返り、自身が下した判断の論理的な道筋(思考 A)、別の判断の論理的な道筋(思考 B)の各々を、思考の最小単位を表現する「ステートメント」として言語化する。そして、それぞれの思考の道筋(信念)を形成する指針をステートメントとして明示した上で、それらの間の信念対立を生じさせる根源的理由を葛藤として表明し(葛藤)、その葛藤を乗り越えるための解決案を知識として構築(知識構築)する学習活動に取り組む。思考の論理構造を明確に表現することを狙いとして、ステートメントの「根拠」となるステートメントがある場合は対応付けを行い、論理構造上の役割を表す「思知タグ」を各ステートメントに付与させている。

思知における学習者/添削者の思考外化プロセスを可視化するためのツールも提案されている [陳 14]。思知操作ログ情報に基づく思考の表出化過程を再生表示する機能を持ち、どのステートメントに、どのような操作を行ったかが時系列で表示される。しかし、思知上の思考外化操作に至る思考プロセスは依然暗黙的であるため、その解釈は本ツールが対象とする思考を内省する学習者、または吟味・修正を行う添削者に委ねられている。

3. 提案ツール

3.1 アイ思知

2章で述べたように、思知では、信念対立構造を孕む正解のない問題を題材とした思考スキルの育成を目的とし、信念対立の思考プロセスと成果物の論理構造が適合するように設計された思知フォーマットを採用している。この表現形式に基づくインタフェースを前提とし、学習者／添削者の視線から思考プロセスの解明を試みるのが本研究の基本的なアイデアである。

このような着想に基づき開発した「アイ思知」のインタフェースを図1に示す。本ツールは思知のコンセプトを踏襲する形で実装されており、左から順に、思考A、思考B、葛藤、知識構築の4つのエリアが一つの画面に表示される構成を取っている。学習者／添削者は、本ツールを思考トレーニングのための教具として利用する。思考A、思考B、知識構築エリアでは、各々の思考をステートメントの集合体として追加／削除／上下移動ボタンより編集できる。各ステートメントオブジェクトでは、「事実」、「仮定」、「判断」、「指針」などの予め定義された思知タグを付与させることで各ステートメントの論理的役割の吟味を促す。また、ある思考の道筋における「判断」では、その根拠としての「推測」や「事実」のステートメント番号を指定することで、ステートメント間の論理的構造の吟味を促す。思考A、思考Bエリアに記述されている指針タグが付けられたステートメントを一つずつ葛藤エリアで選択・参照し、それらの対立内容を葛藤テキストエリアに記述するさせることで、異なる思考の道筋から生じる葛藤に対する深い洞察を促す表現形式となっている。

アイ思知は、据置型の分析用アイトラッカ (Tobii X2-30, サンプリングレート: 約 30Hz) を利用することでユーザの視線を追跡する機能を持つ。インタフェースに予め配置／ユーザにより追加された個々のオブジェクトに興味領域 (Area of Interest: AOI) が付与されており、ユーザの視線がオブジェクトの AOI に入った／抜けた時点のタイムスタンプがオブジェクト内容と共に、ミリ秒単位で記録される仕組みとなっている。現在 AOI が設定されている視線対象オブジェクトは以下の通りである。

思考エリアの視線検知対象:

- 思考A, 思考B, 葛藤, 知識構築エリア
- ステートメントオブジェクト (思知タグ, 根拠, テキスト)
- 葛藤テキストエリア

編集ボタンエリアの視線検知対象:

- ステートメント追加／削除ボタン, 上下移動ボタン
- 葛藤選択／解除ボタン

自動検知される視線対象情報に加え、キーボード操作、マウス操作が思考表出情報として記録される。開始時から終了時までのログ情報は csv 形式で保存される仕様となっている。

3.2 アイ思知の可能性

図2にアイ思知を用いた本研究の全体像を示す。本ツールの対象者として、自己内対話を一から組み立てる思考スキルの向上を目指した学習者と、その成果物に対して評価・修正を行う添削者を想定している。自由記述された文章を単純に眺める状況ではなく、思知フォーマットに従い表出される精緻な思考部品に対する視線を捉えることにより、その思考プロセスを厳密に分析することが初めて可能となる。以下に本研究で想定している分析対象を記す。

学習者の自己内対話外化プロセス: 批判的思考能力 [平山04] などの論理的思考態度と関連の深い尺度と、学習者間



図1: アイ思知のインタフェース

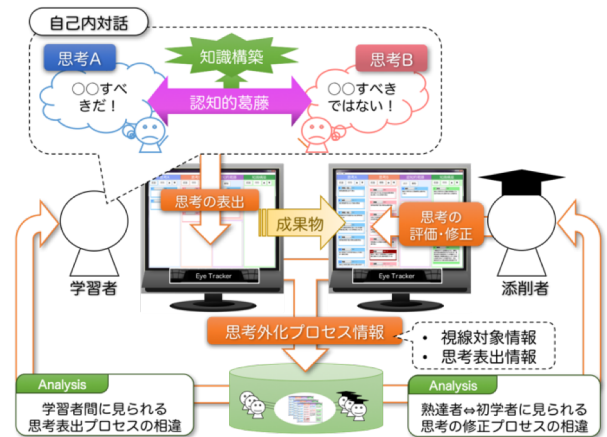


図2: 本研究の全体像

に見られる葛藤を深掘りする思考表出プロセスの相違の分析や、メタ認知スキル育成プログラム [瀬田 13] を通した学習者の思考スキル変容の分析

添削者による成果物の添削プロセス: 添削経験が豊富な熟達者による添削過程と、相対的に添削経験の浅い添削者の過程で注目される思知タグの相違、視線軌跡パターンと修正行為の分析や、成果物構築に至る学習者と評定者の視線プロセスの分析

そして、これらの分析を通して視線遷移として現れる思考の限界を見極めた上で、思考表出に至る視線軌跡パターンと思考部品を対応付けるためのモデルを確立し、「考えることを考える」思考スキルの涵養に向けた、学習者／添削者へのフィードバックに繋げることを視座に据えている。

4. 初期分析

4.1 分析対象データ

思考プロセスの解釈として視線情報を利用することの可能性を把握することを目的に、添削者の視線データを収集する実験を実施した。添削の状況では、成果物を添削するという目的において、視線として現れる添削物に対するモニタリングを中心に行うことが想定され、キー操作として現れる思考コントロールは添削行為として解釈することができる。したがって、思考モニタリング・コントロール過程が渾然一体となり、一から思考を表出する学習者のデータと比べて、視線情報の利用可能性を判断し易いと考え、添削者の修正過程のデータを分析対象とした。

実験では、看護師を対象とした思知ワークショップを機会とし、現場で抱える信念対立を題材として思知に記述された看護師3

表 1：ケース添削における視線停留時間とキー入力回数の結果

ケース	添削者	総時間 (sec.)	各表示エリアに対する視線停留時間 (sec.) ※括弧内はキー入力回数							葛藤操作	
			思考 A	思考 B	葛藤			知識構築	合計	選択回数	解除回数
					思考 A	思考 B	テキスト				
C1	T1	1120	582 (0)	204 (0)	107 (192)	108 (241)	68 (0)	13 (0)	1082 (433)	0	0
	T2	1301	766 (380)	281 (438)	7 (0)	7 (0)	39 (2)	26 (0)	1124 (820)	2	2
C2	T1	1161	421 (0)	298 (0)	112 (257)	93 (227)	100 (0)	43 (0)	1066 (484)	0	0
	T2	658	271 (340)	187 (287)	7 (0)	14 (0)	23 (0)	49 (0)	550 (627)	2	2
C3	T1	2546	1437 (556)	688 (371)	65 (0)	42 (0)	112 (0)	43 (0)	2387 (927)	7	7
	T2	1253	689 (281)	268 (576)	5 (0)	10 (0)	31 (0)	62 (0)	1064 (857)	2	2

名分のケース(C1, C2, C3)について、同ワークショップの開催者として添削指導経験のある添削者2名(T1, T2)の添削データを収集した。添削者は、信念対立を契機とした知識創造を志向する自己内対話において最も重要な思考スキルの一つである、葛藤に至る筋道立った論理構造となっているかを評価するという添削方針のもとで添削した。添削者の視線データを正しく取得するため、開始前にアイトラッカのキャリブレーションを実施した。その後、成果物データを本提案ツールに読み込み添削を開始した。終了時間を設けることはせず、添削者が納得するまで添削を行っている。

本初期分析では、葛藤の深掘りにおいて重要な以下の3点に着目する。

- 各思考エリアにおける視線の停留時間／遷移パターン
- 葛藤エリアに表示される思考 A/B の指針となるステートメントの選択・解除タイミング
- 思考コントロールとして現れるキーボード操作タイミング

4.2 分析結果

視線停留時間に関する全体の結果

表 1 に添削における視線停留時間とキー入力回数、および葛藤エリアにおける思考 A/B のステートメントの選択／解除回数の結果を示す。添削の総時間と比べて、視線停留の総時間が少ない理由として、瞬きや計測範囲外への視線移動(例. キーボードを見る等)が原因として挙げられる。視線計測率が最も悪かったデータは C2&T2 の 83.7%であり、最良のデータは C1&T1 の 96.6%であった。

図 3 に各思考エリアに対する視線停留時間量を累積棒グラフで示す。3 つのケースに対する全ての添削事例において、知識構築エリアへの視線量が他のエリアと比べて少ない結果となった。これは、添削において最も重要となる葛藤の深掘りに両添削者ともに焦点を当てており、相対的に知識構築エリアを観察する時間が少なくなっていたと推察される。また、思考 A, 思考 B に対する停留時間は、両添削者ともに思考 A の方が長く、相対的に自身の経験に関する論理構造の添削に時間を割いていたと考えられる。T1 は、T2 と比べて葛藤エリアを見ている時間が長い傾向があるという相違も読み取ることができる。

キー入力回数の結果より、葛藤を記述するテキスト自体への添削は殆どされていないことがわかる。特記点として、T1 の C1, C2 に関する文章書換えを伴う添削は、葛藤エリア内の指針として選択されているステートメントのみである一方、他の添削結果では思考 A, 思考 B 内のステートメントが修正されている。この結果から、T1 は C1, C2 の成果物に記述された葛藤と葛藤に至る思考 A/B の論理構造に大きな添削は必要ないと判断したと

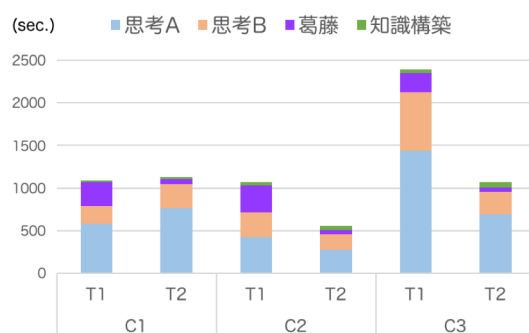


図 3: 思考エリアの視線停留時間

考えられる。これを除く添削では、指針が十分に深掘りされていないと判断し、思考 A/B の両エリアから葛藤として根源的な指針となるステートメントを選択し、その内容を添削していたと推測される。これらの仮説は、表 1 の葛藤操作として現れるステートメントの選択・解除操作が C1&T1, C2&T1 では見られなかった一方で、他の添削では操作されていたことから裏付けられる。

視線プロセスの解釈

図 4 に C1&T1 のログ情報に基づく視線遷移のタイムラインを掲載する。上部のタイムラインは、4 つの思考エリアにおける視線遷移を表し、中部のタイムラインは葛藤エリアに存在する思考 A, 思考 B の葛藤となるステートメント表示エリアおよび、葛藤テキストエリアに対する視線遷移を表している。下部はキーボードにより任意のステートメントが編集された時点を表している。上部タイムラインが示すように、混沌とした視線移動ではなく、思考エリア各々に対してある程度の時間をかけ、看護師が記述した思考を把握・修正しているプロセスを読み取ることができる。

本事例について、添削者の実験開始時からの思考の変化を解釈する。添削者は、まず初めに葛藤の内容を思考 A, 思考 B, そして葛藤テキストの順に理解しようとしていることがわかる(図 4 ①)。その後、思考 A/B の各エリアを観察しており、ここでは、葛藤に至る思考 A, 思考 B の論理構造を確認していたと推察できる(図 4 ②)。特に、自身の経験が記述される思考 A を注視している時間が長く、葛藤となる指針を導くための構造となっているかどうか重点を置いた添削の様子が読み取れる。T1 は再度葛藤エリアを確認し(図 4 ③)、修正方針を検討した後に、葛藤を構成するステートメント記述をより適切な内容へと修正していた状況を視線とキーボード操作から読み取ることができる(図 4 ④)。葛藤内容の修正後、T1 は葛藤を確認することは殆どなく、思考 A/B の再確認および、その論理構造の妥当性を検証することに注力している様子が伺える(図 4 ⑤)。ログファイルを確認

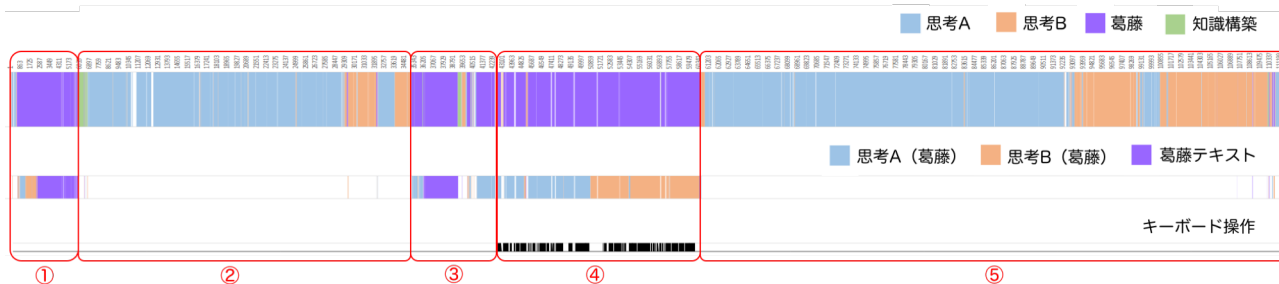


図 4: 視線プロセスの遷移例 (C1&T1)

認したところ、ステートメント内容そのものを書き換える操作や思知タグを変更することはなく、ステートメント移動ボタンの操作を行うに留まっていた。一連の結果をまとめると、前半部は成果物に記述されている葛藤そのものの吟味・修正を行い、後半部は葛藤に至る思考 A、思考 B の論理構造の妥当性を検証していたということが視線遷移から解釈できると考えられる。C1 について添削者に確認したところ、C1 を記述した看護師が抱く葛藤は成果物の時点である程度妥当であり、思考 A、思考 B の論理構造も十分であったというコメントを頂き、上述の思考プロセスの解釈はその通りであったという意見を頂いた。本初期分析では、思考の大局的な側面を捉える思考エリアに対する視線情報に着目したため、詳細までは十分に分析できていないものの、思知フォーマットに基づく視線情報を手掛かりとする本研究のアプローチにより、自己内対話の思考過程の一端を読み解ける可能性があるといえる。

全ての視線タイムライン表示の結果では、T1、T2 とともに例外なく葛藤エリアに記述された内容を確認する作業から始めていた。成果物における葛藤の吟味を両添削者ともに優先し、深掘りの可能性を探るといふ添削指針を採っていたことを裏付ける結果と言え。さらに、C3 における両添削者のキー入力タイミングは C1、C2 と比べて添削開始から終了に至る多くの箇所複数回生じており、C3 の葛藤に至る論理構造が十分に表出されておらず、多くの修正が必要となったと推測できる。今後、思知タグが付与されたステートメントに対する視線対象情報などを考慮し、添削者の修正行為に至る詳細な分析を進めていく必要がある。

5. まとめ

本研究では、思考表出に至る視線行為を捉えるための思考プロセス分析ツールを提案した。葛藤を内包する自己内対話の思考スキル向上のために整備された思知フォーマットを前提としたインタフェース上の視線を捉えることで、信念対立の解明という学習者／添削者の複雑な思考プロセスを初めて分析することが可能となると考える。

視線情報利用の可能性を探るための初期分析として、学習者の成果物に対する添削者のログデータを収集した。深い葛藤を導き出す添削者の思考プロセスを、思考エリアに対する視線量及び視線遷移の観点から調査した結果、視線情報を手掛かりとして思考プロセスに解釈を与えられる可能性を見出した。学習者自身が自己の思考を外化した後に、その論理的妥当性を検証・吟味することを踏まえると、この添削者の思考プロセスは、学習者の思考熟達化へ向けた参照モデルと考えることもできる。

今後の課題として、取得した添削者の注目された思知タグや視線軌跡パターンの分析を進めるとともに、一から思考を外化していく学習者の自己内対話データを収集し、3.2 節で掲げた分析に着手していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26870588, 15K12422 の助成による。

参考文献

- [Chen 11] Chen, W., Fujii, M., Cui, L., Ikeda, M., Seta, K., and Matsuda, N.: Sizhi: Self-dialogue Training through Reflective Case-Writing for Medical Service Education, *Proc. of Workshop on Skill Analysis, Learning or Teaching of Skills, Learning Environments or Training Environments for Skills in conjunction with ICCE2011*, pp. 551-559 (2011).
- [Guan 06] Guan, Z., Lee, S., Cuddihy, E. and Ramey, J.: The validity of the stimulated retrospective think-aloud method as measured by eye tracking, In *Proc. of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, ACM, pp.1253-1262 (2006).
- [Kanou 13] Kanou, H., Matsuda, N., Liang, C., Ikeda, M., Okamoto, Y., Seta, K., and Taki, H.: A Method of Sharing the Intention of Reviewing in Writing-Training for Nurses, In *Proc. of the 21st International Conference on Computers in Education (ICCE2013)*, pp. 983-989 (2013).
- [Reichle 10] Reichle, E.D., Reineberg, A.E., and Schooler, J.W.: Eye Movements During Mindless Reading, *Psychological Science*, 21(9), pp.1300-1310 (2010).
- [伊藤 09] 伊藤貴昭: 学習方略としての言語化の効果 -目標達成モデルの提案-, *教育心理学研究*, 57(2), pp.237-251 (2009).
- [海保 93] 海保博之, 原田悦子: プロトコル分析入門-発話データから何を讀むか, 新曜社 (1993).
- [京極 11] 京極真: 医療関係者のための信念対立解明アプローチ-コミュニケーション・スキル入門, 誠信書房 (2011).
- [瀬田 13] 瀬田和久, 崔亮, 池田満, 松田憲幸, 岡本真彦: 思考外化と知識共創によるメタ認知スキル育成プログラム -大学初年次生を対象として-, *教育システム情報学会誌*, Vol.30, No.1, pp.77-91 (2013).
- [陳 14] 陳巍, 崔亮, 田中考治, 松田憲幸, 池田満: 思知プレイヤー: 看護思考の吟味プロセス再生ツール, *日本教育工学会第 30 回全国大会* pp.1a-021-04 (2014).
- [平山 04] 平山るみ, 楠見孝: 批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響 -証拠評価と結論生成課題を用いての検討-, *教育心理学研究*, Vol.52, pp.186-198 (2004).
- [宮崎 04] 宮崎里司, 宮崎七湖: 学習者の眼球運動の軌跡からみた文章産出過程 -アイカメラと内省報告からの検証-, *早稲田大学日本語教育研究*, Vol.5, pp.1-18 (2004).