

数理科目におけるクリティカルシンキングの活用 —基礎化学における活用とその分析—

Effective Use of the Critical Thinking in Math and Science Subjects —The application and the analysis in basic chemistry—

谷口進一, 西 誠, 山岡英孝, 中 勉, 高 香滋

*Shin-ichi TANIGUCHI, Makoto NISHI, Hidetaka YAMAOKA
Tsutomu NAKA, Koji TAKA*

平成 25 年度, 前・後学期に, それぞれ「インフュージョンアプローチによるクリティカルシンキング (CT) 活用促進」と「インフュージョンアプローチと課題・試験問題による CT 活用促進」を試み, その効果をルーブリックを用いて, 学生による自己評価によって調査した。

ルーブリックによる自己評価調査の結果からは, 5 つの要素のうち, 「インフュージョンアプローチによる CT 活用促進」の場合では 2 つの要素において「自己評価の中心の上段への移動」が有意に認められること, 「インフュージョンアプローチと課題・試験問題による CT 活用促進」では 3 つの要素において「自己評価の中心の上段への移動」が有意に認められることが分かった。また, 前・後学期を通してスケール 1「CT をほとんど活用していない」に該当する人数は減少しており, これらのアプローチが一定の効果を上げていることが分かった。

キーワード: クリティカルシンキング, 基礎化学, ルーブリック

The trial of “effective use of the critical thinking (CT) by infusion approach” and “effective use of CT by infusion approach, and the subjects and the examinations” were accomplished in the 1st and 2nd term in 2013, respectively. We investigated by the self-valuation by the students using rubric.

In the case of “effective use of CT by infusion approach”, from the result of the self-valuation using rubric, that the value of self-valuation increases in two elements was confirmed statistically among five elements. In “effective use of CT by infusion approach, and the subjects and the examinations”, that the value of self-valuation increases in three elements was confirmed statistically. Moreover, the number corresponding to the scale 1 “CT is hardly used effectively” was decreasing in both the 1st term and the 2nd term, and it became clear that these approaches were effective.

Keywords: Critical Thinking, Basic Chemistry, Rubric

1. はじめに

クリティカルシンキング^{注1)} (以下、CT と略称する)、は様々な思考形態を含む概念である。その定義も、根本とする部分は概ね一致しているものの、研究者により様々なものがある^{1,3-7)}。我々は、楠見らの先行研究であげられた3つの定義¹⁾を骨子として数理の学修への活用という観点を踏まえ、CT の定義を次のように定めた。

- ① CT は既存概念を踏まえたうえで、それに必ずしも拘泥せずに行われる論理的・合理的思考である。
- ② CT は自分の推論プロセスを包括的かつ俯瞰的に意識して分析する内省的・熟慮的思考である。
- ③ CT はより良い思考を行うために、問題解決の方法に対応して実行される目的志向的思考である。
(下線部は、数理の学修への活用を踏まえて、著者らが加筆・変更を加えた部分である。)

我々は、上記のような CT の特性を考慮し、学修力向上のために極めて効果的な役割を果たす要素であると考え、平成 25 年度より数理の分野における CT の活用に関する研究を行っている⁸⁻¹³⁾。CT を活用することにより、数理の分野において、学生が単なる知識享受から転じて、理論・解説や問題に対し自分自身で一度批判的な考察を加え、自分なりに咀嚼し、俯瞰的立場から理解・解決・応用できるような学修力を養成することを目的としている。具体的には、数学、物理、化学の各分野において授業や個別指導において CT 活用のインフュージョンや CT を活用する課題・試験を課すことによって学修力の向上を図り、かつその評価方法も研究対象とする。

本報告では、平成 25 年度、前・後学期の「基礎化学」の授業において、CT のインフュージョンや CT 活用を促進する課題・試験問題を課すことを実践した結果、学生の CT 活用度がどのように変化したかを調査した結果について報告する。

2. 授業における実践と調査内容

2. 1 授業における実践と調査の対象

授業における CT 活用促進の実践、及び活用度調査対象は、

- ①平成 25 年度・前学期「基礎化学」2 年次 1 クラスの受講者 46 名
- ②平成 25 年度・後学期「基礎化学」1, 2 年次混合 1 クラス, 2 年次 2 クラスの受講者計 180 名である。

2. 2 授業における実践内容

平成 25 年度・前学期「基礎化学」の授業においては、トライアルとして CT を授業内容にインフュージョンし、授業内容を理解するうえで学生に CT を活用することを促した。

平成 25 年度・後学期「基礎化学」の授業においては、授業内容に CT をインフュージョンすることに加え、CT 活用を促す課題や試験問題（全試験問題の一部に埋め込んだ）を出題した。前・後学期を通して授業にインフュージョンした内容と後学期に出題した CT 活用課題、試験問題の内容を表 1 に示す。

2. 3 CT 活用度の調査方法

1 回目の授業と最終回の授業において学生にルーブリックを用いて CT 活用度の自己評価を行わせ、この結果をもとに CT 活用度の授業開始時から終了時への変化について分析した。自己評価に用いたルーブリックを表 2 に示す。ルーブリックの調査結果は、前学期では「基礎化学」受講者 46 名のうち、

注1) クリティカルシンキングは「批判的思考」という訳語が定着している。正式な訳語があるものを、わざわざカタカナ英語で呼称することにはいろいろと議論のあることは著者らも十分理解している。しかしながら、通常、日常的に使われる意味で「批判的」という場合、多分に非難、敵対、否定的な意味合いを持ってとられることが先行研究²⁾でも指摘されており、我々が意図する内容とは大きくかけ離れている。従って、このような誤解を避けるため、本研究では、一貫してクリティカルシンキングという用語を使用している。

授業開始時と終了時の2回の自己評価において、欠損値などの不備のない35名分を分析に用いた。また、後学期では、受講者180名のうち、授業開始時と終了時の2回の自己評価において、欠損値などの不備のない156名分を分析に用いた。

さらに、後学期に出題した課題のうち、CT活用の状況を分析するために典型的と思える課題（表1の課題・試験問題の②）について解答文のテキストマイニング^{注2)}を行い、学生がCTを発揮する状況や障害となっている点について分析を行った。

表1 CT活用のためのインフュージョン，課題・試験問題の内容

1. インフュージョン
① 高校化学で修得した Bohr の原子モデルの矛盾点
② Bohr の原子モデルを用いて、分子構成を行った時の矛盾点*
③ 種々の化学反応のメカニズムにおいて、Bohr の原子モデルで全て説明が可能か
④ 電子スピンの役割とその合理性
⑤ 化学結合に関する区別の識別法
⑥ 理想気体において理想化された点はどのような必要性があるのか
⑦ 気化と沸騰の識別の合理性
⑧ 反応速度式の構成における確率論的解釈の合理性
2. 課題・試験問題
① Bohrの原子モデルを用いて、分子構成を行った時の矛盾点*
② 配位結合と共有結合における配位子原子の識別可能性
③ 気体の状態量を計算する際、諸公式の有用度を識別・選択して使用
④ 理想気体において理想化を行わなかった場合に生ずる矛盾点の記述
⑤ 化学平衡の法則を利用して生成物の量を求める際における多重解の発生原因と識別

* インフュージョンの②と課題・試験問題の①は、同じ内容であるが、複数解答があるので、課題・試験問題として課す場合はインフュージョンでは一例をあげ説明するにとどめ、他の可能性を解答させた。

注2) テキストマイニングとは、質問に対して回答された文章（テキストデータ）から分析者にとって意味のある語彙に着目し、出現頻度、品詞、類義語、派生語などの情報をもとにカテゴリをつくり分析することである²⁰⁾。

表 2 CT 活用度自己評定のためのルーブリック*

スケール	要素 1 問題解法の選択に関する CT の活用	要素 2 教科書の解説の内容理解に関する CT の活用	要素 3 公式の有用度の認識に関する CT の活用	要素 4 化学の学習法に関する CT の活用	要素 5 化学の学習内容の応用に関する CT の活用
活用していない (1点)	教科書や教員の提示した問題の解法を、無批判に受け入れ、自分自身では、批判的に考察したり、効率の良い解法があるのではないかと想定することができない	教科書の解説を無批判に受け入れるだけで、より理解しやすい解説があるかもしれないとは想定してはみない	教科書や教員の提示した公式を無批判に受け入れるだけで、より効率の良い公式や使いやすい公式があるかもしれないと想定しては見ない	自分のこれまで行ってきた学習の仕方を客観的に見直してはみることはない。または、特にこれといった学習法が決まっていず、その場限りの学習の仕方になっている	授業や個別学習で学習した内容はそのままその分野で使用するだけで、自分の専門分野で応用できるかどうか結びつけて考えたりはしない
活用度 (2点)	教科書や教員の提示した問題の解法を一旦、批判的に見直すことはできるが、より効率の良い解法や、応用性の高い解法に変更することはできない	教科書の解説を一旦批判的に見直し、より理解しやすい解説の仕方があるのではないかと考えることはできるが、より理解しやすい解説を探し出す行動は起こさない	教科書や教員の提示した公式を一旦、批判的に見直し、より効率が良い公式や応用性の高い公式があるのではないかと考えることはできるが、公式を変形したりしない	自分のこれまで行ってきた学習の仕方を批判的に見直し、より効率の良い学習法や応用力をつける学習法があるのではないかと想定しては見るが、変更はしない	授業や個別学習で学習した内容を、一旦批判的に見直し、自分の専門分野に応用できるかどうか考えては見るが、実際にそうできるか試みることはしない
の活用度 (3点)	教科書や教員の提示した問題の解法を一旦、批判的に見直し、参考書などを見て、より効率の良い解法や、応用性の高い解法に変更することができる	教科書の解説を一旦批判的に見直し、より理解しやすい解説の仕方があるのではないかと考え、教員や友人にたずね、より理解しやすい解説を見つけることができる	教科書や教員の提示した公式を一旦、批判的に見直し、より効率が良い公式や応用性の高い公式があるのではないかと考え、教員や友人に聞いて、公式を変形できる	自分のこれまで行ってきた学習の仕方を批判的に見直し、より効率の良い学習法や応用力をつける学習法があるのではないかと考え、学習法を立て直しを試みられる	授業や個別学習で学習した内容を、一旦批判的に見直し、自分の専門分野に応用できるかどうか教員や友人にたずねたり、参考書で調べてみることができる
活用度 (4点)	教科書や教員の提示した問題の解法を一旦、批判的に見直し、自分自身で、より効率の良い解法や、応用性の高い解法に変更することができる	教科書の解説を一旦批判的に見直し、より理解しやすい解説の仕方があるのではないかと考え、参考書などからより理解しやすい解説を自分で見つけることができる	教科書や教員の提示した公式を一旦、批判的に見直し、より効率が良い公式や応用性の高い公式があるのではないかと考え、自分で変形したり、他の公式で置換えられる	自分のこれまで行ってきた学習の仕方を批判的に見直し、より効率の良い学習法や応用力をつける学習法に、学習法を新たに再構築できる	授業や個別学習で学習した内容を、一旦批判的に見直し、自分の専門分野に応用できるような形に自分自身で置き換えて考えてみることができる

*参考文献¹⁰⁾より転載。ただし、要素 4、要素 5 では、文献¹⁰⁾では「物理」となっている部分を「化学」へと変更してある。(転載にあたっての要件については、日本教育工学会に確認済みであり、それに従った)

3. 実践・調査結果の分析

3. 1 CT 活用課題の分析

CT が十分発揮されるためには、「現時点では解答が一意に決まらない、あるいは不明な問題」について、これまでの知識を踏まえた上で、それに拘泥せず思考を巡らし、自分なりの打開策を考え、表現することも重要な訓練である。我々が行った CT を含むジェネリックスキルに関するアンケート調査結果の分析からも、単に思考するだけでなく、能動的に表現しようとする傾向が数理の CT 志向性にかなりの影響を与えていることが判明している¹¹⁾。

そこで、単純に正答が決定できるかどうか不明な問題の例として、表 1 の 2 ②「配位結合と共有結合における配位子原子の識別可能性」に関する問題を課題として出題し、自由文形式で解答させ、解答文にテキストマイニングを行い、学生の CT 発揮状況を分析した。課題の内容と CT が十分発揮された場合に想定される解答例を表 3 に示す。

表 3 CT 活用促進のための課題と解答

課題内容
授業では、配位結合で生成したアンモニウムイオン NH_4^+ において、配位してきた H^+ イオンと、もともと共有結合していた H 原子は、結合が形成された後は、すべて同等な共有結合になるので区別は不可能であると教わった。このことに関して、これまで皆さんが授業で習った様々な知識をもとにクリティカルシンキングを行ってください。
CT が十分発揮された場合に想定される解答例*
アンモニウムイオンの生成後、電子やオービタルをもって結合を区別することは不可能である。 (電子の素粒子性：電子には個性がない) 結合は全て共有結合として同等となる。しかし、結合する水素イオンを同位体の重水素イオンで置き換えれば、分子中に配位結合により結合した水素原子が存在することは識別可能である。だが、アンモニウムイオンの 4 つの水素原子のうち、どの部位に重水素が結合しているかは、分子 1 個に対し、個々の原子を振動させることなどにより区別することが必要であり、現在の科学技術のレベルでは配位結合をした水素原子を同定できるかどうかは不明である。

*この課題の解答において、学部学生の知識段階では、水素原子の同定が可能かどうか不明であることについては、この分野の専門教員と協議の上、確認済みである。

課題内容の後半は瞥見では、出題意図が判断し難いように受け取られるかもしれないが、この課題を出題するまでに、学生は授業で CT とはどのようなものであるかを何度か説明をうけ、インフュージョンや課題による訓練も経ている。学生に対して思考の方向付けをせず、自由な CT 発揮を促し、どの段階まで到達できるかを確認するため、あえて後半は「クリティカルシンキングを行ってください」と記述するにとどめた。

この課題の解答者 139 名の解答文のテキストレコードから、素読により、抽出した要素のうちで重要と判断した 19 の要素をカテゴリ化した結果を図 1 に示す。要素間の関連を分かりやすくカテゴリ化するために、図 1 において、「文章数」と示された部分は、解答文の数ではなく、文章最初から句点までを 1 文とみている。従って、1 つの解答文でも、複数の「文章」から構成されていることになり、この「文章」の中に、重要と判断した要素が含まれている場合、カテゴリに抽出される。選択%、及び合計%は全体のテキストレコード中の占有率を表わす。また、要素間のつながりがどのようになっているかを判別するためのカテゴリサークルを図 2 に示す。カテゴリサークルでは、要素に付随するシンボル (●) が大きいほどその要素を含む「文章」が多いことを表わしている。また、要素間の線が太いほど 2 つの要素が共通する「文章」で用いられていることが多いことを表わしており、関連性の高さの目安となる。

カテゴリ	棒グラフ	選択 %	文章数	合計 %
共有結合		55.3	240	55.3
配位結合		36.9	160	36.9
区別		35.7	155	35.7
電子		27.2	118	27.2
水素イオン		24.7	107	24.7
アンモニア		18.2	79	18.2
アンモニウムイオン		17.7	77	17.7
軌道		12.7	55	12.7
不可能で		7.6	33	7.6
非共有電子対		6.9	30	6.9
水素		4.8	21	4.8
共有電子対		4.1	18	4.1
イオン結合		3.7	16	3.7
化学結合		1.4	6	1.4
安定している		1.4	6	1.4
もしかしたら		0.5	2	0.5
重水素		0.5	2	0.5
インフルエンザ菌		0.2	1	0.2
マーキング		0.2	1	0.2

図1 「配位子原子の識別可能性」についての課題に対する解答文より抽出された重要要素のカテゴリ化グラフ

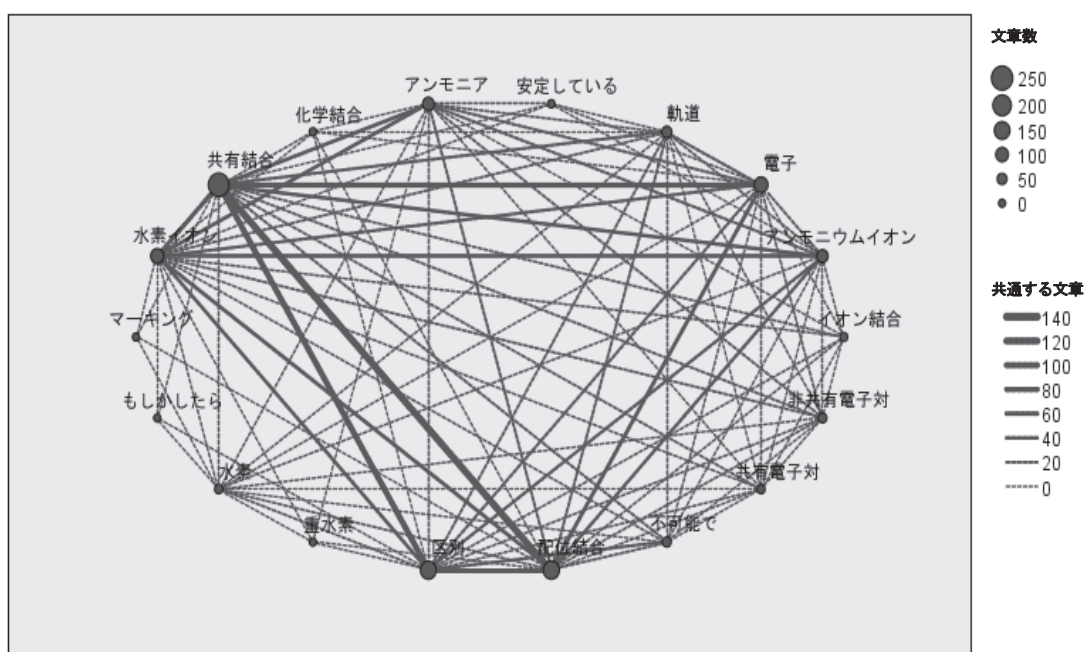


図2 解答文より抽出された重要要素間のつながりを示すカテゴリサークル

解答例からもわかるとおり解答を展開していく前提として、「共有結合」、「配位結合」、「区別」などの用語は、必ず用いなければならない、図1からもこれらが多く用いられていることが分かる。さらに、図2のカテゴリサークルの線の太さからみて、これらが関連して用いられていることが分かる。解答者数139名に対して、「共有結合」、「配位結合」、「区別」の要素はそれぞれ240,160,155の出現頻度であり、関連して用いられていることから、前提部分に関しては、ほぼすべての学生が言及していることが分かる。また、「電子」、「軌道」（オービタルの意味で用いられている）などの要素も多く使用されており、

上記の3つの要素との関連性も比較的高い。しかしながら、素読によれば、これら「電子」、「軌道」という用語は多くの場合、配位子原子を識別する手段として考えられており、誤答の原因となっている。解答文が前提から結論に至るまでの過程をさらに詳細に分析するため、CT 発揮と認知バイアスの観点からみた過程を表4に示す。

表4 CT 発揮と認知バイアスの観点からみた前提から結論への過程

CT 発揮または 認知バイアス	内容
前提	解答の前提となる既習事項の論理的解説：配位・共有結合における化学的手法による水素原子の識別不能性の確認
認知バイアス 1	電子、軌道の重要性の過信による信念・確証バイアス*
第1段階 CT 発揮	CT 発揮による信念・確証バイアスの回避による配位・共有結合の識別不可能性に対する疑義の提示 CT 発揮による異なる観点からの既習事項への関連付け：化学的手法ではなく、物理学的手法（同位体（既習事項）の使用）への着想
認知バイアス 2	配位結合の生成を識別すれば水素原子も区別できるという信念・確証バイアス
第2段階 CT 発揮	CT 発揮による「識別とは個別の水素原子のことである」という課題に関する包括的認識」の獲得（信念・確証バイアスの回避） 個別原子の識別に関する難解性の認識
結論	配位結合の識別可能性の認識とそれに関わる水素原子の識別の不明性の提示

* ここで、信念バイアスとは、自分が正しいと確信している事柄に反する事実や主張を無視したり、軽視してしまう傾向であり、確証バイアスとは、自分の先入観に基づいて、それに対して都合の良い事実だけを収集したり、重視して議論の内容を補強しようとする傾向である。

授業では、化学結合の形成に際して、電子やオービタル（軌道）の重要性を強調しているため、学習内容をしっかりと修得している学生には、認知バイアス1が発現しやすい素地がある。これは、既習事項の修得がなされているという観点から考えれば一概に悪い傾向とは言えないが、この認知バイアスを第1段階のCT発揮により、回避できるかが重要な点であった。解答文の大半が問題文の「クリティカルシンキングを行ってください」という内容から連想して、「配位・共有結合の識別不可能性に対する疑義」を提示したものであったが、既習事項である同位体を用いることに着想が及んだものはほとんどなかった。識別不可能性に対する疑義を提示している解答文のほとんどが、「電子」、「軌道」を理由として配位結合と共有結合が区別できるという主張を展開していた。授業では電子が素粒子であり無個性であることも説明しているが、この点には着想が及ばないか、軽視されており、学生にとって認知バイアス1が非常に強固なものであることが判明した。

全解答文中、同位体（重水素）に言及しているものは2例（図1参照）であり、これらは、第2段階のCTも発揮し、「識別とは個別の水素原子のことである」という課題に関する包括的認識」の獲得にまで到達していた。また、正解とは言えないが、CTを発揮し、水素原子の識別の可能性について言及している解答文が1例あった。これは、「インフルエンザの早期発見をするために、インフルエンザ菌に目印をつけて早期発見を実現するのと同様に、結合の前段階で目印になるものをつけることができれば、見分けることが可能になるのではないかと思う。」というもので、やや突飛な発想ではあるが、日常の知識を活用し、「識別とは個別の水素原子のことである」という課題に関する包括的認識」に至っている。こ

のように具体的ではないが、水素原子にマーキングして識別する可能性に言及している解答例も他に 1 例あった。これらは、いわばジェネリックスキルとして CT を発揮している例であるといえるだろう。同位体（重水素）という既習事項（化学的知識）とは結びついていないが、日常的に CT 発揮志向性を備えた考え方をしている可能性があり、少ないが重要な例である。能力が高くとも、CT 発揮志向性態度がなければ、CT は十分発揮されないこと、一般に CT 発揮志向性態度を備えている大学生が少ないことは先行研究³⁾でも指摘されており、明示的に CT 発揮を促す訓練が重要であることが分かる。

この課題は、学生にとって難解であったが、CT 発揮の難しさや、自分の考え方の何処に偏り（認知バイアス）があったかを理解するために有効であったと考える。

3. 2 ルーブリックによる自己評価結果の分析

平成 25 年度・前学期の基礎化学において「CT のインフュージョン」を行った場合と、後学期の基礎化学において「CT のインフュージョンと課題・試験問題」を課した場合における 1 回目の授業と最終回の授業でのルーブリックによる CT 活用度自己評価の結果をヒストグラムにしたものを図 3、4 に示す。

前・後学期ともすべての要素において、スケール 1「CT をほとんど活用していない」の度数は減少したが、前学期における要素 3 を除き、スケール 2「低い CT の活用度」の度数が高いことが分かる。

ヒストグラムにより授業開始時と授業終了時における自己評価の動態をつかむことはできるが、自己評価を行った人数が前学期と後学期では異なるため CT 活用度の前学期と後学期での単純な比較はできない。また、ルーブリックは点数化してあるものの、CT 活用度についての内容が文章で記述されており、その内容の順序に従って点数が付与されているので順序尺度^{注 3)}である。従って、点数の平均値により、前学期と後学期、授業開始時と終了時における自己評価の正確な比較はできない。

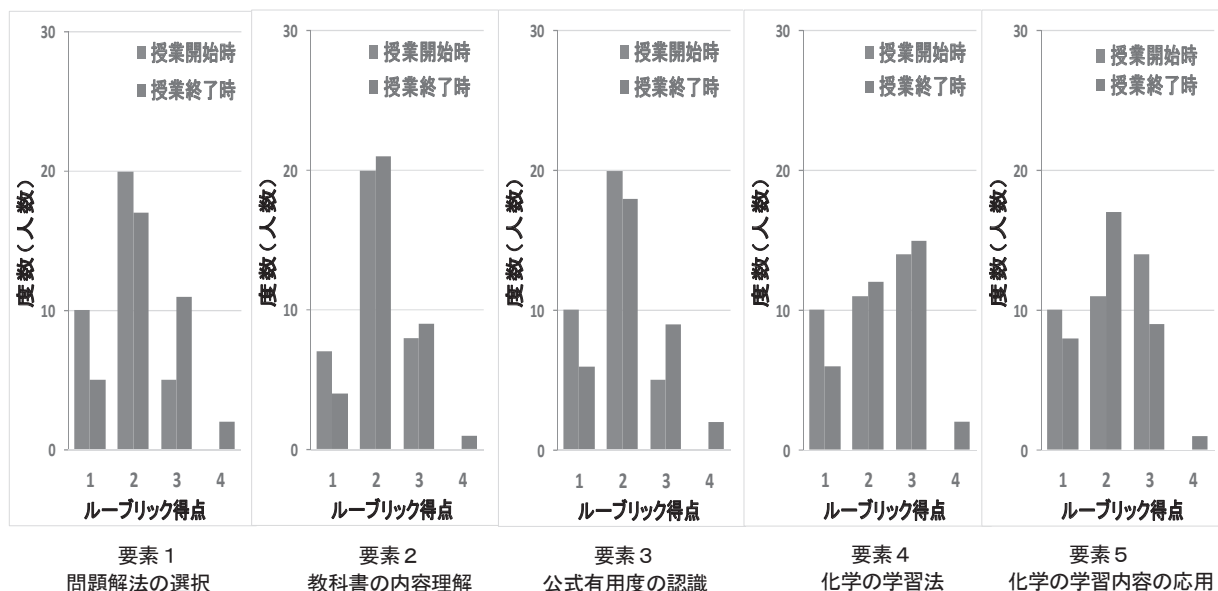


図 3 授業で CT のインフュージョンのみを行った場合のルーブリックによる自己評価のヒストグラム

注 3) 順序尺度とは順位にのみ意味があり、順位間の間隔は必ずしも等間隔とは言えないものや概念を測る尺度のことである。ルーブリックは各順位の内容が文章で規定されているため、1 点と 2 点の間隔と 2 点と 3 点の間隔などが同じであるとは言えない。

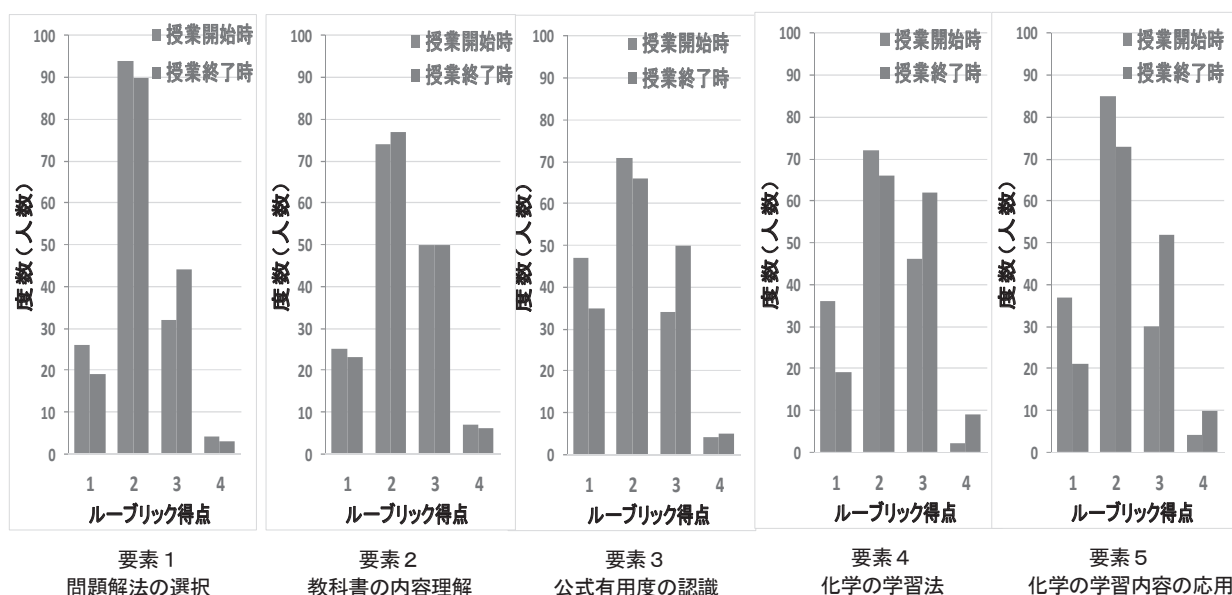


図4 授業でCTのインフュージョンと課題・試験問題を課した場合のルーブリックによる自己評価のヒストグラム

そこで、自己評価の順位に対する検定を行うことにより、授業開始時と終了時を比較し、自己評価の結果が上段へ有意に移動したかどうかを確認した。検定結果を表5に示す。

表5 ルーブリックによる授業開始時と終了時における自己評価の比較の検定結果

前学期	要素1	要素2	要素3	要素4	要素5
結果	B*	A	B*	A	A
後学期	要素1	要素2	要素3	要素4	要素5
結果	A	A	B**	B***	B***

A:授業開始時と終了時を比較して、群の自己評価の中心は移動しなかった(有意水準0.05)

B:授業開始時と終了時を比較して、群の自己評価の中心は上段に移動した

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ 注4)

前学期では、要素1「問題解法の選択に関するCTの活用」、要素3「公式の有用度の認識に関するCTの活用」の2要素において自己評価が上段に移動しており、後学期では、要素3、要素4「化学の学習法に関するCTの活用」、要素5「化学の学習内容の応用に関するCTの活用」の3要素において自己評価が上段に移動している。

前・後学期で共通して、要素3で自己評価の中心が上段に移動していることは、授業中、気体の状態量を計算する種々の問題において、複数の公式の使いわけを詳しく解説したことによると考えられる。特に、後学期、課題・試験問題を課した場合は、課題で訓練を積んだ後、試験では状況に応じて公式をうまく使い分けている例が多くみられた。また、要素2「教科書の解説の内容理解に関するCTの活用」に関しては、前・後学期をとおして自己評価の有意な移動は認められなかった。教科書に対する信頼は

注4) Wilcoxonの符号付順序検定による。 $*p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ は、有意確率が、それぞれ有意水準0.05, 0.01, 0.001を下回ることを表す。

厚いのである。また、CT をインフュージョンする際に、教科書の記載内容を指定して行う例が少なかったことも原因の一つと考えられる。

他方、前学期では、要素 1 で上段への移動があったのに対し、後学期では、要素 3, 4 で上段への移動があったことは、専攻差によるものではないかと推定される。後学期の基礎化学受講生には化学系の学生が多く、学年も 2 年次であったことから、問題解法にたいして CT 活用例を示しても、すでに修得している内容に関するものが多く関心がうすかったため、要素 1 において自己評定の移動が有意に認められなかったのではないかと考えられる。これに対して、要素 4, 5 は、学習内容が自分の専攻に関係深いことから、学習法を内省的に考え、専門分野への応用を熟慮する機会が多かったため自己評定が上段に移動したのではないかと考える。

4. まとめ

平成 25 年度、前・後学期に、それぞれ「インフュージョンアプローチによる CT 活用促進」と「インフュージョンアプローチと課題・試験問題による CT 活用促進」を試み、その効果をループリックを用いて、学生による自己評定によって調査した。また、CT 活用を促進する課題のうち、最終的結論が一意に決まらない課題について、解答文に対するテキストマイニングを行い、前提から結論までの過程を分析した。

その結果、課題の解答文の分析では、授業前半で重要事項として強調した「電子」や「軌道（オービタル）」の概念が、問題によっては、信念・確証バイアスとなって CT 発揮を阻害する場合があることが分かった。また、2 段階にわたる CT 発揮を行い、ほぼ最終的結論に到達している学生や、ジェネリックスキルとして CT を発揮し、CT 発揮の志向性態度を身に着けている学生が存在しているが、少数（4 例）であることが分かった。このことは CT 活用の明示的な訓練の充実・継続が重要であることを示唆していると思われる。

ループリックによる自己評定調査の結果からは、5 つの要素のうち、「インフュージョンアプローチによる CT 活用促進」の場合では要素 1, 3 の 2 つの要素において「自己評定の中心の上段への移動」が有意に認められること、「インフュージョンアプローチと課題・試験問題による CT 活用促進」では要素 3, 4, 5 の 3 つの要素において「自己評定の中心の上段への移動」が有意に認められることが分かった。また、前・後学期を通してスケール 1「CT をほとんど活用していない」に該当する人数は減少しており、これらのアプローチが一定の効果を上げていることが分かった。一方、前学期と後学期における自己評定結果の違いの一部は、専攻の差が影響していると推定されるが、これは、「基礎化学」という限定された科目の中のことであり、今後、さらに検討する必要がある。先行研究³⁾においては、ジェネリックスキルとしての CT 発揮には専攻差は認められないという主張があることも考慮しなければならない。

今後の課題としては、CT 活用のための課題・試験問題の充実があるが、難易度を考慮し、学生がポジティブな姿勢で CT を発揮できるような工夫が必要である。また、数理における CT 志向性態度の尺度を構成し、CT 活用促進のアプローチの効果をループリックとは異なる観点から測定する必要がある。さらに、CT 活用が学修力の向上にどのように影響しているかを、教員による他者評価も併せて評価していくことが必要である。

謝辞

この研究の経費は、平成25年度科学研究費助成事業（JSPS科研費 基盤研究C：課題番号25350301「クリティカルシンキングの活用による数理の学修力向上効果の研究」）によるものであり、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 楠見孝, 子安増生, 道田泰司 編「批判的思考を育む」有斐閣 2011
- 2) 元吉忠寛 1) pp.45 第3章, 1. クリティカルシンキングに対する誤解
- 3) 道田泰司「日常的題材における大学生の批判的思考－態度と能力の学年差と専攻差－
日本教育心理学会刊 教育心理学研究 第49号 pp.41-49, 2001
- 4) 広岡秀一, 小川一美, 元吉忠寛「クリティカルシンキングに対する志向性の測定に関する探索的研究」三重大学教育学部研究紀要 第51巻 教育科学 pp.161-173, 2000
- 5) 広岡秀一, 元吉忠寛, 小川一美, 斎藤和志「クリティカルシンキングに対する志向性の測定に関する探索的研究(2)」三重大学教育実践総合センター紀要 第21号 pp.93-102, 2001
- 6) Sá,W.C., West,R.F., & Stanovich,K.E. “The domain specificity and generality of belief bias : Searching for a generalizable critical thinking skill.” *Journal of Educational Psychology*,91, pp.497-510, 1999
- 7) Toplak,M.E., & Stanovich,K.E. “The domain specificity and generality of disjunctive reasoning : Searching for a generalizable critical thinking skill.” *Journal of Educational Psychology*, 94, pp.197-209, 2002
- 8) 谷口進一, 西誠, 山岡英孝「数理系科目におけるクリティカルシンキングの活用と評価」
京都大学高等教育研究開発推進センター刊 第20回大学教育研究フォーラム発表論文集 pp88－89 2014
- 9) 山岡英孝, 谷口進一, 西誠「クリティカルシンキングを加味した課題作成に関する報告」
日本教育工学会刊 日本教育工学会研究報告集 JEST14-1, pp.311-314, 2014
- 10) 西誠, 谷口進一, 山岡英孝「クリティカルシンキングを活用したアクティブラーニング型授業の実践」日本教育工学会刊 日本教育工学会研究報告集 JEST14-1, pp.315-319, 2014
- 11) 谷口進一, 西誠, 山岡英孝, 中勉, 高香滋「数理のクリティカルシンキングに対する意識の分析」
日本工学教育協会刊 平成26年度 工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.90-91, 2014
- 12) 山岡英孝, 谷口進一, 西誠「クリティカルシンキングを活用させる授業運営－学生に批判的思考を印象付ける問題例の紹介－」日本工学教育協会刊 平成 26 年度 工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.322-323, 2014
- 13) 高香滋, 中勉, 中江友久, 谷口進一「課外学習支援へのクリティカルシンキング的实践」
日本工学教育協会刊 平成 26 年度 工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.340-341, 2014
- 14) 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－」日本教育心理学会刊 教育心理学研究 第52号 pp.186-198, 2004
- 15) 田中優子, 楠見孝「批判的思考の使用判断に及ぼす目標と文脈の効果」日本教育心理学会刊
教育心理学研究 第55号 pp.514-525, 2007
- 16) 楠見孝, 田中優子, 平山るみ「批判的思考力を育成する大学初年次教育の実践と評価」
日本認知科学会刊 認知科学 第19巻1号 pp.69-82, 2012
- 17) Kardash,C.M., & Scholes,R.J “Effects of preexisting beliefs, and need for cognition on interpretation of controversial issues.” *Journal of Educational Psychology*, 88, pp.260-271 1996
- 18) Stanovich,K.E., & West,R.F. “Reasoning independently of prior belief and individual difference in actively open-minded thinking.” *Journal of Educational Psychology*, 89, pp.342-357 1997
- 19) Stanovich,K.E., & West,R.F. “Individual difference in rational thought.” *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, pp.161-188 1998
- 20) 内田治, 川嶋敦子, 磯崎幸子「SPSSによるテキストマイニング入門」オーム社 2012

[受理 平成 26 年 9 月 26 日]



谷口進一
 教授・博士（学術）
 基礎教育部
 数理工基礎教育課程
 数理工教育研究センター
 工学基礎教育，光物性物理学



西誠
 教授・博士（工学）
 基礎教育部
 数理工基礎教育課程
 数理工基礎教育課程主任
 数理工教育研究センター
 工学教育，機械加工



山岡英孝
 講師・博士（情報学）
 基礎教育部
 数理工基礎教育課程
 数理工教育研究センター
 幾何学的力学系理論



中 勉
 准教授
 基礎教育部
 数理工基礎教育課程
 数理工教育研究センター
 電気物性，電気材料



高 香滋
 准教授
 基礎教育部
 数理工基礎教育課程
 数理工教育研究センター
 音声工学，自己組織化