

発散的思考力向上と作問の関係性についての分析

山崎 龍† 服部 峻†

† 室蘭工業大学 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1

E-mail: †11024171@mmm.muroran-it.ac.jp, hattori@csse.muroran-it.ac.jp

あらまし 本研究の最終目標として、ユーザ個別による作問学習ではなく、(不特定)多数のユーザ間で自由に作問し合い、それらを解答、議論、評価などを繰り返しながら学習を進めていく、新しい学習方法を考案し、ソーシャルネットワークワーキングサービス(SNS)を活用した作問学習支援システムを開発する。作問学習には発散的思考力を高める効果があると考えられており、知識の定着と発散的思考力の向上という2つの効果が得られる可能性がある。本稿では、最終目標の提案システムを発散的思考力と知識の定着の両方を効率良く上げるものにするため、作問学習においてどのような行為が発散的思考力向上に寄与しているのかを分析した。その結果として作問時に自由連想法、類似法、強制連想法を用いることにより発散的思考力向上に役立つのではないかと仮説を導いた。最終的にこれらの行為を機能として作問学習支援システムに実装することを考えている。開発の前段階として、各機能が作問学習に役立っているかを単語(名詞)類似度を用いて分析した。その結果、作問時に行われたそれぞれの機能は作られた問題に独自性を与える効果があると考えられた。今後は機能を用いた作問が発散的思考力向上に役立っているかどうかを分析していく。キーワード 発散的思考力, 作問, 創造技法

Analysis of the Relationship between Divergent Thinking Ability and Problem Posing

Ryu YAMAZAKI† and Shun HATTORI†

† Muroran Institute of Technology 27-1 Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido 050-8585, Japan

E-mail: †11024171@mmm.muroran-it.ac.jp, hattori@csse.muroran-it.ac.jp

Abstract The final goal is to devise a novel method of learning that a user keeps learning, not by posing problems individually (to herself), but by posing problems to the other users and solving, discussing, and evaluating them with each other freely, and also to develop a SNS-based system to support it. Learning by problem posing is expected to be effective to improve our divergent thinking ability, and has the potential to give us two kinds of effects of building our store of knowledge and improving our divergent thinking ability. This paper analyzes what actions contribute to the improvement of divergent thinking ability in problem posing, to make the system more effective both to build users' store of knowledge and to improve their divergent thinking ability. The analysis leads to a hypothesis that using Free Association, Similarity-based Association, and Forced Association in problem posing is effective to improve our divergent thinking ability. The system is implemented with functions based on these associations. The previous step of developing the system analyzes whether each function is effective in problem posing by using word (noun) similarity, and concludes that some functions could be effective to pose unique problems. Our future work will analyze whether problem posing with the functions is effective to improve our divergent thinking ability.

Key words Divergent Thinking Ability, Problem Posing, Creative Methods

1. ま え が き

近年様々な作問学習を支援するアプリケーションが開発されてきた。作問学習には、問題作成、作成された問題についての

議論などから、学習内容に関する理解が深まるとされている。実際に作問による学習内容の理解に関する効果についての研究結果も多数報告されている。さらに作問学習には、問題解決能力を向上させる、柔軟な発散的思考力を促進する効果があると

考えられている [1]. すなわち、作問行為には学習内容に関する理解と発散的思考力向上という 2 つの効果があると考えられている。学習をしながら、発散的思考力も向上させるという方法はほとんど行われていないので、作問学習は優秀な学習方法になり得ると考えられている。

問題を作る行為は極めて難しい行為とされており、何かしらの補助が必要なのではないかとされている。このことから、作問をするための支援が出来る作問支援システムが様々な場で開発されている。しかし、どのように作問をすれば、効果的に発散的思考力が向上するのかはまだ明らかにされていないことから、ほとんどの作問支援システムは学習内容に関する効果のみを考えて開発されている。

本研究では、以上のことを踏まえて、作問と発散的思考力向上の関係性の根本的な原因に対し仮説を立て、証明するために一般的な発散的思考力を測る実験を行う。これらを通して、作問と発散的思考力の関係を具体的に明らかにしていき、学習内容に対する理解と発散的思考力向上という 2 つの効果が得られる作問学習支援システムの開発の前段階にしたいと考えている。

2. 仮 説

トランスやエドワード・デボノによると、発散的思考力は、多くの創造技法を伴うもので、訓練によって創造技法の技術は向上していくものであるとされている [2]。すなわち創造技法の技術を向上させることは、それを用いる発散的思考の能力も向上させられると考えられる。

人は独自の作問をする際にあらゆる作問に関する関連用語を頭の中で集める。例えば織田信長に関連する歴史の問題を作る場合、織田信長に関連した人、事柄、年号などを頭の中で考える必要がある。この行為を発散という。この数に応じて様々な問題を作成できる可能性が上がる。次に作成する問題に必要な関連用語をまとめる必要がある。例えば長篠の戦いを問題の解答とする場合、まとめる項目として武田勝頼、織田信長が挙げられ、延暦寺や楽市楽座などの関連用語は除外することになるかもしれない。このように無数の関連用語を意味のある集合にまとめることを収束と呼ぶ。収束した意味のある集合から問題を作成し作問行為は終わる。

自由な作問をするためには必ず上記のように何かしらの発散(連想行為)を行わなければならない。創造技法はアイデアを出す発散技法とアイデアをまとめる収束技法に分かれている。発散技法は代表的なものとして自由連想法、強制連想法、類似法というものが挙げられる。本研究では作問行為は必ず発散行為を行わなければならないということを根拠として、作問行為において、自由連想法、強制連想法、類似法などの創造技法を使用している可能性、または使用できる可能性があるという仮説を導いた。以下に作問行為の中で使用されると考えた創造技法について記述する。

2.1 自由連想法

自由連想法とはある事柄に対して自由に思いつくままに考えを連想していく方法である。作問ではお題を与えられた時に関連用語を考えていく過程に当たり必ず行われると考えられる。

図 1 は自由連想法のイメージ図である。



図 1 自由連想法のイメージ
Fig.1 An image of free association.

2.2 強制連想法

強制連想法とは何らかの視点をヒントにして強制的に連想を行う方法である。作問行為では強制連想法の一つと言われているチェックリスト法という手法を用いると考えられる。

2.2.1 チェックリスト法

チェックリスト法とはあらかじめ決められた質問を考えて、それを自分で答えて強制的に連想させる手法である。作問行為では、関連する人や事柄はあるかなどの質問を自分で考えて、強制的に連想していくことが出来ると考えられる。図 2 はチェックリスト法のイメージ図である。

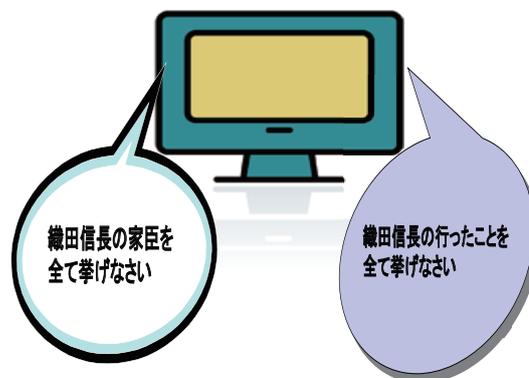


図 2 チェックリスト法のイメージ
Fig.2 An image of check list method.

2.3 類似法

類似法とは本質的に似たものをヒントにして新しい考えなどを連想する方法である。作問行為では類似法の一つと言われている形態分析法という手法を用いると考えられる。

2.3.1 形態分析法

形態分析法とは複数のキーワードやアイデアを類似しているようなグループに分類し、そのグループに入りそうな用語をさらに連想していく手法である。作問行為では関連用語を作成する問題に関連しそうな集合にまとめる行為がこれに当たると考えられる。図 3 は形態分析法のイメージ図である。



図 3 形態分析法のイメージ
Fig. 3 An image of morphological analysis.

3. 実験用システム

本研究では仮説で導いた 3 つの創造技法（自由連想法，強制連想法，類似法）が作問時に使われているのか，または使えそうかどうかを調査するため実験用システムを作成した．今回の実験ではお題として著作権関係の条文を与えている．被験者はお題を見ながら，その内容に関する作問をすることになる．実験用システムはお題に関する作問をすぐに作問させる状態遷移図 4 と自由連想法，類似法，強制連想法を行わせてから作問をさせる状態遷移図 5 を実装している．

以下に後者の流れを説明する．後者の状態遷移図は図 5 になっている．自由連想法から類似法の状態遷移を固定化しているのは，仮説で述べている「本質的に似たもの」を自由連想法の発散データで代用するためである．3 種類の創造技法を終えた後には必ず連想結果が表示される．これらの連想結果が作問時に役立つかもしれないということを証明したいので，それらをユーザに表示し作問をさせるようにしている．これらの連想結果や作問結果をログ情報として取得し，分析できるようにしている．

4. 評価実験

本稿では大学生 5 名の被験者に開発した実験用の作問支援システムを使用させ，著作権関係の条文を見せて，それらの情報だけで問題を作成させた．このようにお題をあらかじめ作問時に提供する手法は題材法と言われるもので，問題場面を学習者が自由に設定できる特徴を持っている [3]．さらに著作権に関することは日常生活に多々存在しているので，知識の偏りが生じにくく発散させやすいお題であると考えている．今回は連想法を出来るだけ行わせ，その数に応じた発散的思考力の変化を測る評価方法を考えているので，著作権関係のお題を設定した．

今回は被験者に対して機能未使用の時と機能使用の時とでそれぞれ 5 問ずつ作問を行わせた．問題作成方法として条文を一つ掲示し，実験用システム図 4 と図 5 の流れで作問を 2 回行わせるものとなっており，それらを条文 5 問分行わせる．その結果として機能による連想結果や作問結果をログ情報として取得し分析している．



図 4 機能を用いない作問の状態遷移
Fig. 4 State transition of problem posing without using the function.

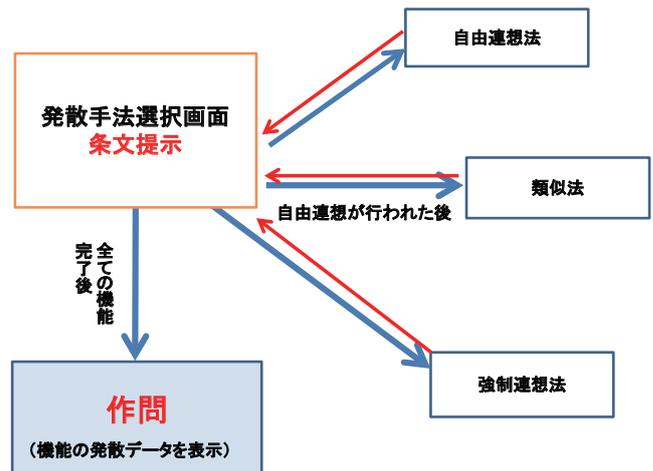


図 5 機能を用いた作問の状態遷移
Fig. 5 State transition of problem posing with using the function.

導入した機能が作問に役立っているということを評価するために，作られた問題や機能の発散データを比較し，機能使用時の方が機能使用前より独自性のある作問が出来ているかどうかを評価する．以下にそれぞれの評価方法と実験結果を記述する．

4.1 問題同士の比較

まず機能未使用の状態で作成された問題と条文との単語（名詞）類似度を測定する．この際，単語（名詞）類似度（以後は類似度とする）は作成された問題と条文を形態素解析により，名詞に分割し，コサイン類似度で測定した．次に機能使用の状態で作成された問題と条文との類似度を測定する．そして，これら 2 種類の類似度を比較する．機能使用時の類似度が機能未使用時の類似度より低ければ条文に縛られずに独自性のある問題が出来ていると証明するための比較である．具体的な比較の手法として T 検定などで分析していく．

今回は被験者 5 名に機能未使用時，機能使用時でそれぞれ 5 問ずつ作問を行わせたので 25 組（2 種類）の類似度が得られた．その結果，25 組それぞれの類似度の散布図を描くと図 6 になる．さらにそれらに対し T 検定などを行った結果を表 1 に表す．全体的に機能未使用の方が，お題の条文との類似度が高くなっていることが見て取れる．さらにこの 2 種類の類似度を片側検定で T 検定すると，有意確率 0.04% で機能使用時の類似度が有意に低いという結果が得られた．これらの結果から行った考察を以下に示す．

問題同士を比較する方法では、T 検定の結果からも分かるように機能使用時の方が問題作成時に与えた条文とは異なる作問が出来ていることが分かる。今回の実験では作問の補助として条文しか与えていないので、作られた問題が条文と異なっているということは独自性のある問題が作られているということになる。

さらに問題と条文の類似度が 0.0 の問題数を見ると、機能未使用時は全ての問題が条文と少なからず類似しているのに対し、機能使用時には 25 問中 6 問が類似度 0.0 になっている。つまり条文とはまったく類似していないということになる。これは何かしらの機能の効果によって被験者が作問時に条文中の名詞を使わなくなった可能性がある。

以上の点を考察すると、作成された問題に対して創造技法に基づく機能が独自性を与えたと考えられる。

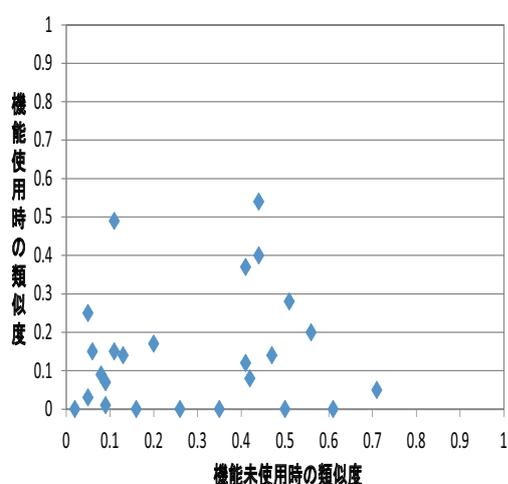


図 6 機能使用時と未使用時の作問と条文の類似度の比較

Fig. 6 Comparison of similarity between posed problems and the letters of law with/without using the functions.

表 1 機能使用時と未使用時の作問に関する統計

Table 1 Statistics for problem posing with/without using the functions.

機能使用時の作問と条文との平均類似度	0.14
機能未使用時の作問と条文との平均類似度	0.28
2つの類似度の差の T 検定の片側有意確率	0.04%
機能使用時の作問と条文の類似度が 0.0 の問題数	6/25 問
機能未使用時の作問と条文の類似度が 0.0 の問題数	0/25 問

4.2 機能使用時の発散データを用いた比較

機能を使用して発散した関連用語とその時に作成された問題との類似度を測定する。この類似度をそれぞれの機能使用時の問題と条文の類似度との T 検定などで分析している。作成された問題が条文よりも、機能使用時の発散データに類似していることを期待するためのものである。これらが正しければ、最初に与えられた条文よりも、機能の発散データがある程度作問に役立っていることを証明するためである。さらにこの 2 つの類

似度の相関関係なども調べていく。自由連想法、類似法、強制連想法の 3 つの機能に対しての結果と考察を以下に示す。

4.2.1 自由連想法の発散データを用いた手法

図 7 は自由連想法で発散した関連用語と作成された問題の類似度と、条文と機能使用時に作成された問題の類似度の散布図である。さらにそれに対して、T 検定や相関などを求めた結果を表 2 に載せている。条文との類似度が 0.15 となっているので、ある程度条文と類似していることも見て取れる。しかし、散布図の 2 種類の類似度の相関は 0.29 で弱い正の相関があるが無相関に近く、条文と自由連想法の発散用語の同一名詞で、作成された問題に含まれる名詞はほぼ無いと考えられる。

散布図の 2 種類の類似度で両側検定で T 検定も行った結果、有意確率 1.2% で有意差が見られた。これは機能を用いて作られた問題に自由連想法の発散用語に含まれる名詞の方が条文より多く、それが偶然の範囲内とは言い難いことを表している。さらに散布図を見てみると、条文と問題の類似度が 0.2 周辺の人に類似度が 0.4 から 0.7 などの高い類似点が多い。これは一部分ではあるが、条文とは異なる独自性のある連想が出来ることや独自性のある問題が作成できたことを表している。

よって自由連想法の発散用語はある程度は類似しているが問題作成時には条文より明らかに被験者にとって使いやすかったことになる。さらに独自性のある問題を作成するために、自由連想法を行うことは有効であるということも言える。

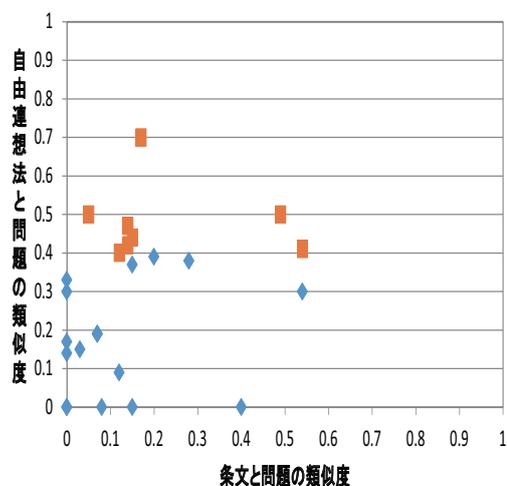


図 7 自由連想法の発散用語と作問および条文と作問の類似度の比較
Fig. 7 Comparison of similarity of posed problems with diverged terms in free association and with the letters of law.

表 2 自由連想法に関する統計

Table 2 Statistics for free association.

図 7 の相関	0.29
自由連想法と条文との平均類似度	0.15
自由連想法と作問との平均類似度	0.27
2つの類似度の差の T 検定の両側有意確率	1.2%
自由連想法と作問の類似度が 0.0 の問題数	5/25 問

4.2.2 類似法の発散データを用いた手法

図8は類似法で発散した関連用語と作成された問題の類似度と、条文と機能使用時に作成された問題の類似度の散布図である。さらにそれらに対しT検定や相関などを求めた結果を表3に載せている。条文との類似度が0.16となっているので、ある程度条文と類似していることも見て取れる。しかし、散布図の2種類の類似度の相関は0.05で無相関なので、条文と類似法の発散用語の同一名詞で、作成された問題に含まれる名詞はほぼ無いと考えられる。

散布図の2種類の類似度で両側検定でT検定も行った結果、有意確率20%以上で有意差が見られなかった。しかし散布図を見てみると、類似法の発散用語と問題の類似度が0.4から0.6まであるものが多々あり、被験者が問題作成時に使用した可能性が高いものもあると考えられることから、一概に作問時に使用できないとは言いつらい。今回は自由連想法の発散用語をグループ化して、そのグループをヒントにしてさらに発散させる形態分析法という手法を採っているが、自由連想法の発散用語の情報量が少ないと形態分析法が使いつらいので、その点に対して影響があった可能性がある。

今後は自由連想法の発散用語と形態分析法の発散用語を詳しく分析して、改善や使用できるかどうかの判断をしていく。

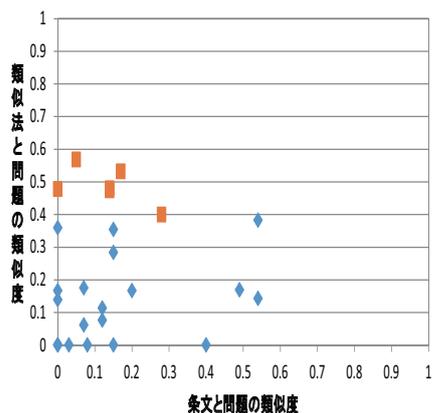


図8 類似法の発散用語と作問および条文と作問の類似度の比較
Fig.8 Comparison of similarity of posed problems with diverged terms in similarity-based association and with the letters of law.

表3 類似法に関する統計

Table 3 Statistics for similarity-based association.

図8の相関	0.05
類似法と条文との平均類似度	0.16
類似法と作問との平均類似度	0.22
2つの類似度の差のT検定の両側有意確率	20%
類似法と作問の類似度が0.0の問題数	6/25問

4.2.3 強制連想法の発散データを用いた手法

図9は強制連想法で発散した関連用語と作成された問題の類似度と、条文と機能使用時に作成された問題の類似度の散布図

である。さらにそれらに対しT検定や相関などを求めた結果を表4に載せている。条文との類似度が0.23となっているので、他の機能より名詞に関して条文と類似していることも見て取れるが、本実験で使用しているチェックリスト法は発散用語が文章になってしまうケースが多かったので他の機能より条文に類似しやすいと考えられる。さらに散布図の2種類の類似度の相関は0.07で無相関なので、条文と強制連想法の発散用語の同一名詞で、作成された問題に含まれる名詞はほぼ無いと考えられる。

散布図の2種類の類似度で片側検定でT検定も行った結果、有意確率0.06%で有意差が見られた。これは機能を用いて作られた問題に強制連想法の発散用語に含まれる名詞の方が条文より多く、それが偶然の範囲内とは言いつらいことを表している。

さらに散布図を見てみると、強制連想法と問題の類似度は0.5を超えるものが多々あることが分かる。これは強制連想法の発散用語と問題が大きく類似していることを表している。しかし、その時に条文と問題の類似度が高いものが多い。しかし正の相関が見られないことやT検定の有意確率などから明らかに強制連想法の方が条文より問題に類似していることは明白である。しかし条文と異なる部分でどの程度問題に類似しているかは特定できていない。今後はその部分を分析しつつ、改善していこうと考えている。

以上の点を踏まえて、強制連想法の発散用語はある程度は条文と類似しているが、問題作成時には条文より明らかに被験者にとって使いやすかったことになる。

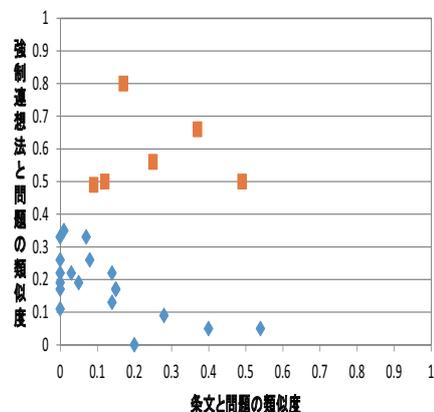


図9 強制連想法の発散用語と作問および条文と作問の類似度の比較
Fig.9 Comparison of similarity of posed problems with diverged terms in forced association and with the letters of law.

表4 強制連想法に関する統計

Table 4 Statistics for forced association.

図9の相関	0.07
強制連想法と条文との平均類似度	0.23
強制連想法と作問との平均類似度	0.28
2つの類似度の差のT検定の片側有意確率	0.06%
強制連想法と作問の類似度が0.0の問題数	6/25問

4.3 連想と知識的な情報

本実験では著作権の条文をヒントとして連想法を行わせ作問をさせた。連想法を用いて作問をする際には最初に何かしらの知識的な情報（今回は条文）が必要となる。作問をする際にお題の種類によっても、独創的な問題を作れるかどうかに影響していると言われている [4]。それと関連して、本実験の結果から知識的な情報をヒントとして与える場合、その内容によっても連想法の連想結果に多大に影響してくると考えられた。

全機能使用時に入力された文字数の平均を 5 問の問題それぞれに対して分析した結果が表 5 である。この表を見ると、3・4・5 問目が明らかに 1・2 問目に比べて高い数値が出ている。これは機能を使ってより多くの連想がなされたということである。これらの平均の差はどの問題も同じ機能を使用しているのだから、具体的な違いとしては連想慣れしたということと、与えた条文の違いによるものとの 2 通りの可能性が考えられる。

前者は被験者のログ情報から判断して、問題ごとにかなり期間が空いて作問されているものが多々あったので、連想慣れということは考えづらい。さらに 2 問目から 3 問目に関する平均がかなり上がっているの、徐々に慣れてきたという感じでもないと考えられる。後者についてであるが、1・2 問目は放送業者に関わる著作権の条文と著作者本人に関わる著作権の条文で大学生の被験者には関係が薄そうなものになっていた。一方、3・4・5 問目は家庭間での著作物の複製についての条文と著作物に関する研究などでの引用についての条文、教育関係の条文になっており、大学生の被験者に大いに関係がありそうなものになっていた。

以上の点で、与えた条文が被験者にとって身近なものであったため多くの連想が出来たと考えられる。連想法を行うことによって、発散的思考力が向上するという仮説が正しいとすると、より多くの連想をさせるということは重要なことと考えられる。よって、作問時にお題として与える内容も、発散的思考力を上げるための作問では考慮しなければならないと考えられる。

表 5 全機能の文字数の平均

Table 5 Average of the number of characters in all functions.

条文	1 問目	2 問目	3 問目	4 問目	5 問目
平均	127 文字	143 文字	206 文字	193 文字	205 文字

5. システム化についての考察

本研究の最終目標として、SNS を活用した知識の定着と発散的思考力向上という 2 つの効果を持つ新しい作問学習支援システムを開発しようとしている。作問行為には必ず問題を作るためのお題が必要である。本実験でお題は問題を作る人が詳しいことや身近なことに繋がっていると連想がしやすいことが分かってきた。その点でも身近な人や不特定多数の人とコミュニケーションができる SNS を活用すれば、共通の事柄を学ぶユーザー同士が集まってお題提供などが行いやすいのではないかと考えられる。さらに知識の定着を図りたいユーザーと発散的思考力を向上したいユーザーがそれぞれ作問を行い、問題を解き合えば

お互いの目的が満たし合えるのではないかと考えられる。これらの点で作問学習支援システムに SNS を活用することが望ましいと考えられる。

現時点では連想法を用いた作問がある程度、問題に独自性を持たせる効果があり、作問時に使用できることも分かった。しかし、連想法自体が一般的ではないので、システム利用者に分かりやすく連想法を利用させる工夫も必要になってくる。さらに最終的な作問学習支援システムでは問題を解くユーザーには知識の定着、作問をするユーザーには知識の定着や発散的思考力向上を効率良くさせなくてはならない。これらを実現するために連想法を行うことによって発散的思考力を向上できるかどうかを測る実験を行わなければならない。

6. まとめと今後の課題

本稿では、自由連想法、類似法、強制連想法という 3 種類の連想法を著作権関係の問題を作成する際に行った作問と、何も行っていない時の作問ではどう違うのか分析した。これらの T 検定や散布図などの考察から、自由連想法と強制連想法については明らかに何も行っていない時の作問より、問題に独自性が現れているという結論に至った。このことから問題に独自性を与えるという面では連想法を導入した作問は有効であるという結論に至った。さらに与えるお題の内容によって連想法を行いやすいものも行いづらいものがあることを分析し、連想法を多く行わせるためには最終的な作問学習支援システムではお題をどう与えるべきかを検討しなければならないことが分かった。

今後の課題として、自由連想法、類似法、強制連想法を行うことによって発散的思考力が向上するかどうかの実験を行う。具体的な手法としては、自由連想法、類似法、強制連想法を行わせる実験用システムを用いて、一定の回数それらの連想法を行わせて発散的思考力を測定するテスト（トールランス式創造性思考テスト）を行わせる。その点数などの評価から T 検定などを行い、連想法が行われた回数に応じた発散的思考力向上の関係を明らかにしていく。さらに同様の手法で連想法を行う際に費やした時間などからも発散的思考力向上との関係を明らかにしていく。しかしトールランス式創造性思考テストは発散的思考力を測定するテストで現在最も使用されているが、採点者の主観が入りやすいテストと言われている。今後は出来るだけ主観が入り難いトールランス式創造性思考テストの行い方を考え、発散的思考力を向上させるための分析を行いたいと考えている。

さらに本実験も引き続き被験者を増やして分析結果をより確実なものとする。最終的に連想法を用いた作問学習支援システムを開発し、発散的思考力向上と知識の定着の両方を行える新しい学習方法の実現を目指していく。

文 献

- [1] 小島一晃, 三輪和久, 松居辰則: 問題と創造性, pp.1 (2009).
- [2] ウランチチゲ, 弓野憲一: 世界の創造性教育を概観する-創造性を育成する授業についての一考察-, pp.54 (2010).
- [3] 倉田伸, 藤木卓, 寺嶋浩介: 著作権の学習における作問演習の効果, pp.14 (2009).
- [4] Edward A. Silver: On Mathematical Problem Posing, For the Learning of Mathematics, pp.19-28 (1994).