# 単語集合の共通点の発見練習による発想能力の獲得支援システム

# Support System for Acquiring Ideation Skills through Practice in Discovering Commonalities among Sets of Words

神部 尚樹 <sup>1\*</sup> 砂山 渡 <sup>1</sup> 服部 峻 <sup>1</sup> Naoki Kambe <sup>1</sup> Wataru Sunayama <sup>1</sup> Shun Hattori <sup>1</sup>

1 滋賀県立大学 工学部

<sup>1</sup> School of Engineering, The University of Shiga Prefecture

Abstract: 我々の創造的な社会活動においては、発想力を欠かすことができない。発想は過去の経験や知識をもとに、ある物事に対する関連事項を広く想起することから始まり、複数の物事の関連事項を結びつける、すなわち複数の物事の共通点を探る能力と強く関わると考えられる。そこで本研究においては、複数の単語の共通点を繰り返し考えることで、発想能力を鍛える練習ができるシステムを提案する。評価実験の結果、システムを用いた被験者の発想能力が鍛えられる可能性を確認した。

# 1 はじめに

近年,IT 化や少子高齢化,グローバル化などが進み,人工知能による雇用の代替や人々の価値観の変化が起こっている。オックスフォード大学の調査結果によると,20年後には日本の労働人口の半数が就いている職業が AI やロボットに代替されるとも推計されている.

しかし AI は現在,特定の分野やタスクに特化しており,自律して動的な判断や行動ができるレベルには届いていない.また人間の感情や物事の背景,理由を考慮することできない.ただ先に述べたようにテクノロジーによって仕事が代用されるになってきており,自らで適切に取捨選択し活用する思考力や,革新的なアイデアを生み出す発想力などの付加価値の高くクリエイティブな能力の重要性は近年高まっている.

社会の変化に伴って思考力や発想力がより重要になりつつあるため、発想のプロセスを理解し、能力獲得を支援することに大きな意味がある。この共通点を認識する練習を繰り返すことで発想能力の獲得を支援し、AIなどの機械には真似できない思考力や発想力の向上の支援をすることを目指す。発想力を鍛えることで、他人と差別化でき自分の市場価値を高めることができる。

そこで本研究では発想能力の向上支援を行うことを研究目的として,「共通点の発見練習」を行うことで発想能力の獲得支援を実現する.

\*連絡先: 滋賀県立大学工学部 電子システム工学科

神部 尚樹

〒 522-8533 滋賀県彦根市八坂町 2500 E-mail: on23nkambe@ec.usp.ac.jp

# 2 関連研究

### 2.1 スキル獲得支援に関する従来研究

将棋初学者に対局の中で指し手の候補を提示することで、ユーザの楽しさや興味を向上させることができるかに関する研究がある[1]. 人間の行動をシステムにより支援することで人間の感情にどのように影響するかについて研究しており、本研究では人間の思考能力にどのように影響するかについて注目する.

また以前に自身が経験した事柄を、別の事柄に当てはめて喩えることで理解を促す「類推による説明」を支援するシステムに関する研究がある[2].特定の2つのものの関係を整理して説明スキルを鍛える研究で、これは類推の手順の理解を促すなかで共通点の認識を行っているがその能力を鍛えることを目的としているわけではない.

### 2.2 発想のトレーニングに関する従来研究

言葉と言葉を関連付けを行うことで発想力を向上させる研究がある[3]. 発想力を4種類の能力に分解できると考え,数分間のトレーニングを複数日で行うことで発想力の向上ができるかという研究で,本研究では発想力向上の支援に関して自動化を行うことに新規性がある. 特定の1つのキーワードと任意のキーワードの組合せを提示して新たな発想を支援する研究[4]がある. それらの組み合わせを数秒ごとに切り替えることで新たな発想を生み出す支援を行っており,発想の幅を広げることを支援している.

このようにシステムが発想を行う研究や,システムが人間の発想を助ける研究はあるが,人間の発想能力自体に注目しスキルの獲得支援を行う研究はみられない.

# 3 共通点発見練習システム

## 3.1 発想と共通点の発見練習

#### 3.1.1 発想とは

発想とは単に思いつきではなく、過去の経験や知識を基に新たなアイデアを生み出すことで、過去の偉大な学者だけが起こすような可能な壮大なものではなく、誰でも頭の中で起こすことができる.

ある一定の材料となる知識や経験を持っていることを前提として、頭の中の知識ネットワーク上の関連する知識間に関連付けを与えることで行われている. さらに発想は大きく3つの形態に分類して定義されている.

- 「連想」:以前とほとんど同じ問題や状況に対して以前とほとんど同じ解決策を思いつくこと
- ・「転用」:以前とは大分異なる問題や状況に対して以前とほとんど同じ解決策を思いつくこと

これら連想,転用,独創は自分が保有している知識を他方に転移する際にモデル(抽象)化を行い共通点を認識している.抽象化を行うことで共通点を発見する練習を繰り返し発想能力を鍛えることができ,本研究では「連想」と「転用」の基本的な発想の形態に注目し、スキル獲得を支援することを目的とする.

#### 3.1.2 共通点の発見練習

一般にスキル獲得のためには簡潔に要素を抜き出したシステムでの練習の繰り返しを行う必要がある.複数の単語に関する情報をそれぞれ想起することで,その中から共通点を見つける練習を行うことで連想の能力を鍛えることができる.そこで共通点を発見し発想能力を鍛える手段として本研究では,表示された複数のキーワードと関連度の高い共通点となる単語の解答を繰り返すシステムを提案する.

図1に例として食べ物に関する単語の関連図を示す.「りんご」や「ブドウ」というそれぞれのキーワードは同じ「果物」に属する同位語,それに対してまとめる「果物」をここでは上位語と定義する. さらに,りんごとトマトは食べ物という上位語に属するだけでなく,「赤い」,「丸い」などの単語とも関連度が高いとい

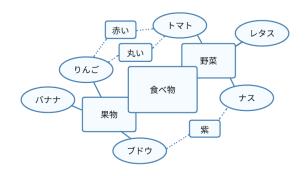


図 1: 食べ物に関する関連単語の例

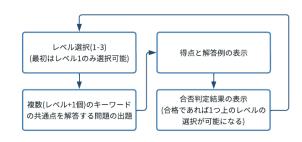


図 2: 共通点発見練習システムの構成

える. 本システムでは, ある複数の単語からその上位 語や関連する単語となるものを考え共通点を発見, 認 識する練習を行うことで発想力向上の支援を行う.

#### 3.2 共通点発見練習システムの構成

図 2 に共通点発見練習システムの構成を示す.本システムの利用の際、ユーザはまず出題レベルを選択する(図 2 左上).レベルは 3 つあり、1 つのレベルをクリアするごとに次のレベルに挑戦できるようになる.続いて、システムは選択されたレベルの共通点を発見する問題の出題(1 セット 10 問)を行う.ユーザの解答後、得点と解答例を表示する.システムはユーザの得点をもとに合否判定を行い、合格であれば、ユーザは次のレベルの問題を選択できるようになる.不合格であれば、同じレベルの問題に再挑戦する.

### 3.3 レベル選択

キーワードが多いほどそれぞれと高い類似度をもつ単語の数は少なくなるように、共通点を発見する難易度は共通点を探す個数で決まる. よってレベル1をキーワード2つ、レベル2をキーワード3つ、レベル3をキーワード4つの出題に設定する.

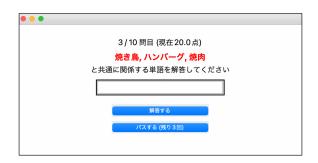


図 3: レベル2の共通点発見問題の出題画面

# 3.4 複数のキーワードの共通点を解答する 問題の出題

図3にレベル2の共通点発見問題の出題画面を示す. ユーザは赤字の「焼き鳥」、「ハンバーグ」、「焼肉」の3つのキーワードに共通に関係する単語を解答する. ユーザは黒枠内に自由記述形式で単語を入力し「解答する」ボタンを押すことで解答する、対応する単語と単語ベクトルの組み合わせが存在すれば、それに応じた得点が表示され、そうでなければ違う単語を入力するように表示する. また1セットにつき3回まで「パスする」ボタンを押すことでキーワードを入れ替えることができる. これは得点や問題数の増減には影響しない.

問題の作成は fast Text [5] の日本語学習済みモデルを用いた単語を数値化する分散表現を使用する. 分散表現とは各単語を固定長のベクトル成分 (本システムで用いるモデルは 300 次元) で表すことで,ベクトル空間上でのベクトルとして表現することで単語ベクトル同士の角度による  $\cos$  類似度を求めることができ,単語同士の演算が可能になる. (1) 式に単語  $A=\{a_i(i=1..300)\}$  と単語  $B=\{b_i(i=1..300)\}$  の  $\cos$  類似度を示す.

$$Cos\_Similarity(a,b) = \frac{\sum_{i=1}^{300} a_i \cdot b_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{300} a_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{300} b_i^2}} \qquad (1)$$

図3に赤字で表示されるキーワードを漢字,ひらがな、カタカナで構成される名詞に限定する.wikipediaで学習した単語集合から1単語を想定する正解としてランダムで選択を行い、その単語とのcos類似度が0.5以上の単語をレベルに応じて必要数選択しキーワードとして設定する.表1に上記システムで生成されたキーワードとその解答例を示す.表示されるキーワードの組み合わせは必ずしも同位語や上位語などの関係はなく、ことばの持つ意味に応じて関連度が近いものを設定する.

表 1: システムで生成される問題と想定している解答例

表示されるキーワード	解答例
陽明学,五経,思想	朱子学,儒教など
レーダー、捕捉、ホーミング	ミサイル,追尾など
貸切,タクシー,運行	バス,乗合など
正教会,カトリック	キリスト教
エキュメニカル	プロテスタントなど
被ばく、照射、シーベルト	放射線、線量など
挽き,穀物,精白	大麦, トウモロコシ 大豆など
インスピレーション ヒント, アイデア	着想,思想など
予備校, 志望校,留年	受験,入試など
SMAP × SMAP アンビリバボー アメトーーク	特番, バラエティ 番組など



図 4: 共通点発見問題の解答結果の表示画面

## 3.5 得点と解答例の表示

図4に共通点発見問題の解答結果表示画面を示す.ユーザが解答する単語は表示されたそれぞれのキーワードとの関連性が求めるため、各キーワードとの cos 類似度の積に応じて10点を上限とする得点を与える.表2にその値と得点の関係を示す.全てのキーワードとの類似度が0.55以上であれば10点、0.33以下であれば0点となる値を基準とする.すなわち各キーワードとユーザの解答単語の類似度が0.55から0.33の類似度であれば、式(2)に示す近似された一次関数によって小数第1位までの得点を与える.また解答例として得点が9点以上の単語を3つ提示することで考え方の学習を促す.「次の問題へ」のボタンを押すことで次の問題の出題画面へと進み、10問の解答と学習が終了すると合否判定結果表示画面へ進む.

$$Score = 47.05 \times Cos\_Similarity - 4.23 \quad (n = 1)$$

$$Score = 71.09 \times Cos\_Similarity - 1.94 \quad (n = 2)$$

$$Score = 119.9 \times Cos\_Similarity - 0.97 \quad (n = 3)(2)$$

表 2: 類似度と得点の関係

24 = : 22(12)22 = 137(11 = 124)11						
得点	0	•••	10			
類似度の積	0.30		0.55			
2 類似度の積	0.090	•••	0.30			
3類似度の積	0.027	•••	0.16			
4類似度の積	0.0081	•••	0.091			

■●●●

最終結果: 不合格.....
合計 51.1点
もう一度同じレベルにチャレンジしてください

[問題] ['先制', '接戦', '勝利'] -> [あなたの回答] 試合 (5.6点)

[問題] ['火山', '水蒸気', '堆積'] -> [あなたの回答] 頭火 (10.0点)

[問題] ['ジゴ', '手合', '中押し'] -> [あなたの回答] 押し出し (0.0点)

[問題] ['カルダモン', 'チンキ', 'イチジク'] -> [あなたの回答] パブリカ (3.7点)

[問題] ['ラマ', 'チベット', 'ガンデンポタン'] -> [あなたの回答] チリ (0.5点)

[問題] ['日銀', 'インフレーション', '国債'] -> [あなたの回答] 銀行 (7.4点)

[問題] ['四死球', '本塁打', '失策'] -> [あなたの回答] 盗塁 (10.0点)

[問題] ['抗生', '殺菌', '散布'] -> [あなたの回答] 薬剤 (10.0点)

[問題] ['扶生', '殺菌', '心ターチェンジ'] -> [あなたの回答] 高速 (3.4点)

[問題] ['結局', '談得', '画策'] -> [あなたの回答] 作戦 (0.5点)

図 5: 共通点発見問題の最終結果の確認画面

### 3.6 合否判定結果の表示

図5に共通点発見問題の最終結果の確認画面を示す.これまでに行った10問の問題とそれに対するユーザの解答単語,それに対する得点,またクリア条件を満たしていれば「合格」,満たしていなければ「不合格」を表示する.「スタート画面に戻る」のボタンを押すことでスタート画面に戻り合格であればそのレベルに対応した数のキーワードの共通点を発見する能力が身についため次のレベルへ進むことができ,不合格であればキーワードの共通点を捉える能力が不十分であるため再度同じレベルに挑戦を行う.

# 4 評価実験

本章では、本システムを使用することによって発想能力の獲得支援ができるかを検証する評価実験について述べる.

### 4.1 実験方法

10 代から 20 代の学生 8 名にシステムの使用前後にテストを行うことで提案するシステムの利用で発想能力を鍛える効果があるかを検証する実験を行った. 実験手順は 3 つある.

表 3: 事前テストで表示するキーワード

	1337
	事前テスト
第1問	先制,接戦,勝利
第2問	火山, 水蒸気, 堆積
第3問	腹違い, いとこ, 孫娘
第4問	堤防, 空堀, 盛り土
第5問	印欧語, ドラヴィダ, サンスクリット
第6問	日銀, インフレーション, 国債
第7問	四死球, 本塁打, 失策
第8問	抗生,殺菌,散布
第9問	交差点, 縦貫, インターチェンジ
第 10 問	結局, 説得, 画策

- 実験手順1では、共通点を発見する「事前テスト」を行ってもらった。
- 実験手順2では、期間を7日間の間に3日間、本システムを1日最低5セット行ってもらい、レベル1からレベル3まで全てのレベルをクリアを目指してもらった。レベル3をクリア次第実験手順3を行ってもらった。
- 実験手順3では、再び実験手順1とは別の共通点 を発見する「事後テスト」を行ってもらった。

#### 4.1.1 事前テスト

はじめにレベル2の学習用問題から無作為に選出した10間をテストを行ってもらった。ただし事前テストが学習にならないように解答後に解答例は示さず、10問のテストの終了後に得点の表示のみを行った。事前テストの内容を表3に示す。

#### 4.1.2 システムによる学習

その後、システムを用いて共通点を発見する練習を行ってもらった.時間制限は問わずレベル1からレベル3までの合格を目指してもらった.各被検者は1日に最低5セットを3日間行ってもらった.

#### 4.1.3 事後テスト

3日間の学習を行ったのち、レベル2の学習用問題から無作為に選出した10間でテストを行った。事前テストと同様、解答後に解答例は示さず得点の表示は10間のテストの終了後にのみ行った。事後テストの内容を表4に示す。

表 4: 事後テストで表示するキーワード

ノハーしむかりつり
事後テスト
タブレット, モバイル, 端末
敗走, 士卒, 討ち死に
エジプト, イラク, イスラエル
駆逐,艦艇,オルモック
野菜,穀物,綿花
実力,新進,才能
批判, リベラル, 擁護
序文,原典,校訂
力士, 土俵入り, 立合い
寵愛, 帰順, 側近

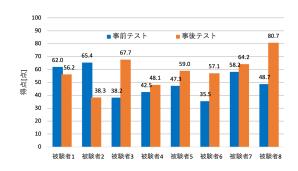


図 6: 各被験者ごとの事前テストと事後テストの得点

# 4.2 実験結果と考察

図6に各被験者ごとの事前テストと事後テストの得点を示す.

6人の被験者の事後テストを比較して得点が高くなった. また55点未満の人数が事前テストでは5人に対して, 事後テストでは55点未満は2人に減少している. これらのことから, 本システムを通じた一定の学習の効果があったものと確認できる.

一方で、被験者1と被験者2は事後テストの得点が低くなった。この2名の事前テストの得点が他の被験者より高かったことから、学習前から一定の発想能力があり十分な学習効果が得られにくかったことが考えられる.

表5に被験者3が事前テストと事後テストで解答した単語とその得点を示す。事前テストに比べて、事後テストでは多くの問題で点数を獲得できるようになっていた。一方で、「艦艇」と「艦隊」、「穀物」と「作物」のように特定の単語の類義語や、「土俵入り」と「土俵」のように問題の一部の単語の解答で満点が与えられている事例も見受けられた。そのため、点数の与え方については、さらなる改良の必要性があると考えられる。

図 7 に各被験者ごとのレベル 2 における得点推移を示す。ほとんどの被験者が学習回数を重ねることによって得点が右肩上がりに増加している。一方で被験者 6

表 5: 被験者 3 の事前テストと事後テストの解答と得点

	事前テスト (得	点)	点) 事後テスト (得点)		
第1問	シーソーゲーム	2.2	PC	6.6	
第2問	噴火	10.0	切腹	5.0	
第3問	親戚	10.0	サウジアラビア	10.0	
第4問	土手	10.0	艦隊	10.0	
第5問	古代	3.4	作物	10.0	
第6問	お金	0.4	センス	1.4	
第7問	野球	0.1	評価	0.9	
第8問	薬品	1.9	書物	9.6	
第9問	車	0.0	土俵	10.0	
第 10 問	計画	0.2	帰服	4.2	
合計点	38.2		67.7		

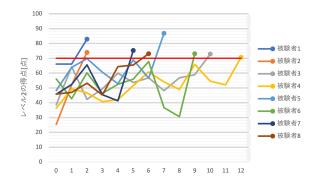


図 7: レベル2の得点推移

や被験者 7 が学習途中で点数が大きく下がっている.これは長時間の学習による集中力の低下だけでなく,問題がランダムであるため難しい問題が時折発生したためと考えられる.今回は実験の都合上,短期間で学習を実施してもらったが,実際にはより長期的に繰り返し練習してもらうことを想定しており,大きな問題にはならないと考えている.

学習回数が最も多かった被験者4は、図7において学習セット数の増加に伴って得点も上昇しており、事後テストの得点も事前テストより増加していることから、学習の効果は得られているものと考えられる。一方で、事後テストの点数自体は50点を下回っていることから、学習の速度には個人差があり、スキルを獲得してもらうためにはある程度時間をかけながら繰り返し練習してもらうことが必要と考えられる。

事前テストの点数が高かった被験者 1,被験者 2 については、レベル 2 を 2 回で合格しており、事前に一定の能力が備わっていることがうかがえるが、本システムによる学習を重ねられてはいないため、多様な問題には即座には対応できない可能性も考えられる.そのため、現在は 1 回の合格で次のレベルに進める形となっているが、しっかり学習してもらうためには、複数回の合格により次のレベルに進める形にすることも

表	6.	閒	題	$\mathcal{O}$	難	易	度排	佳'	詑
11	v.	ш	咫云	$\mathbf{v}_{\mathcal{I}}$	大田	///	/X I	ш.	VΕ

難易度	問題数	確率	予想点	期待值
5	17	0.17	1	0.17
4	26	0.26	3	0.78
3	21	0.21	5	1.05
2	22	0.22	7	1.54
1	14	0.14	10	1.40

#### 考えられる.

表6に示すように被験者が解いた問題 100 問を無作為で選出し、問題の難易度の推定を行った.難易度 5 から順に「とても難しい」「難しい」「普通」「易しい」「とても易しい」と設定し各問題がどの難易度に該当するか集計した.各難易度での期待値は確率と予想点の積であり、表6に示すようになった.また各難易度の期待値を合計した1 問あたりで取れる点数の平均が 4.94となった.よって1セット (10 問) に取れる点数の期待値が 49.4点となるため、50点以上の点数を取ることができれば発想能力は身についていると考える.

### 4.3 アンケートによる考察

事後テストの後に被験者にアンケート調査を実施した、「学習を通して、複数のものの共通点を発見するスキルが向上したと思いますか?」という質問に対して8人中7人の被験者が「向上したと思う」と回答した、このことから、主観的にも本システムの学習による効果があるものと考えられる。

各レベルの難易度について「とても簡単」「簡単」「普通」「難しい」「とても難しい」の5択から回答してもらった。その結果、レベル1では「普通」、レベル2では「難しい」、レベル3では「とても難しい」と答えた被験者がそれぞれ一番多かった。このことから、レベル設定は概ね適切であったことがうかがえる。ただし、各レベルの中でも出題される単語によっては問題に難易度の差が発生しやすいことから、現在のレベルの中で、より詳細な難易度設定を行い、レベル数を増やすことで、より段階的に学習を行うことが効果的な可能性が考えられる。

#### 4.4 システムの改善点

システムによる学習を繰り返すことで、単語の意味や類義語、対義語や上位語など関連のある単語を想像することができたという意見があった。一方で、特定のキーワードに注目しその類似語や対義語を入力するなど本来の目的に沿わない解答方法でも高い得点をとることができたり、上位語や下位語の判別がうまくで

きず、キーワードの共通点となる単語の判定が納得いかないという意見があった。また、意味がわからないキーワードが分からないままになっているので意味を解説してくれると良いという意見があった。

問題画面でわからないキーワードを調べることができる機能や,解答例における単語間の関係を表す例文を表示するなど,より考え方を習得しやすい学習支援環境にしていくことが望まれる.

# 5 おわりに

発想能力の獲得支援を目的として、複数のキーワードから共通点を発見することで発想能力の獲得を支援するシステムを実装した。このシステムを用いた学習による発想能力の獲得支援の可能性を見出せた.

今後は、より長期的な学習に対応できるように、キーワード数が同じレベルの中でも、キーワードによる問題の難易度の差によってレベルを詳細化することや、直近複数回の結果にもとづく合格ラインの設定、正解例の提示方法の工夫などによる改良を進めていきたい.

# 参考文献

- [1] 金澤聖也, 片上大輔: 好手提示に基づく将棋初学 者支援システム, 2022 年度人工知能学会全国大会 (第 36 回), 4I1-OS-26a-01 (2022)
- [2] 砂山渡,石田純太,川本佳代,西原陽子:類推に よる説明スキルの獲得支援システム,情報処理学 会論文誌, Vol.59, No.10, pp.1922 – 1931 (2018)
- [3] 丹羽時彦、神沼靖子、松田稔樹、雄山真弓、中永睦子、安田貢一: 発想力向上の取り組みと分析 IS 人材の基礎力育成に向けて、情報処理学会研究報告、Vol.2011-IS-115, No.14, pp.1-8 (2011)
- [4] 上山雅樹, 小林慶太, 小川大海, 奥谷雄介, 佐久間亮介:発想支援システム「ひらめきエンジン」の紹介, 2018 年度人工知能学会全国大会(第 32 回), 4Pin1-44 (2018)
- [5] fastText: (URL) https://fasttext.cc/ (2023 年 1 月 30 日確認)