

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

丹羽時彦[†] 神沼靖子^{††} 松田稔樹^{†††} 雄山真弓^{††††}
中永睦子[†] 安田貢一[†]

若者の情報産業離れが問題になっている一方で、情報システム（IS）開発者に必要な潜在的な能力の向上が重要な課題であると考えている。本研究では、「言葉」と「言葉」を関連付ける能力を発想力（連想・連鎖・逆行・分析の4つの能力）と定義し、「この能力が学習者にどのような効果を与えているのかを検証する」ため、情報系科目の授業に、数分間のトレーニングを繰り返し測定した。ここでは、教科「情報B」における取組事例とその分析結果（主成分分析による客観的な評価、及び、生徒の思考の変化による主観的な評価）について報告する。

Analysis and Rearing of Creative Thinking Ability Through Word Association As Basic Ability of the IS Engineer

T.Niwa[†], Y.Kaminuma^{††}, T.Matsuda^{†††}, M.Oyama^{††††},
M.Nakae[†] and K.Yasuda[†]

Studies have revealed an interesting new concern in which young students are avoiding careers related to information systems (IS), careers which require a large amount of independent and creative thinking. It is suggested that one possible approach to increasing interest in such careers is training the latent ability of creative reasoning and independent thought in potential students. In the following study, a term coined as “idea ability” was created, the ability to imagine and produce related words from hearing just one, the ability of word association, linkage, reverse thought and analysis. The study tries to verify the effect of this ability on the learner. A short word association exercise was repeatedly measured on studies in an IS class. Results and evaluation of “Information B” are reported. Statistical results of a principal component analysis and results of subjective student evaluations are included.

[†] 関西学院高等部 ^{††} 情報処理学会フェロー
^{†††} 東京工業大学 社会理工学研究科 人間行動システム
^{††††} 大阪大学大学院基礎工学研究科

1. はじめに

近年、情報系学科の人気低下に伴う情報システム人材の減少や質の低下が懸念されている[1]。いわゆる若者の情報産業離れの現象である。一方では、IT人材のスキルを向上するための対策も進んでいる[2],[3]。しかし、それらの基本となる思考力をどのように向上させる取り組みや分析は殆どなされていないのが現状といえる。

そこで本研究では、発想力に注目して思考力を向上させる取り組みを、大学と高校の授業で試みた。発想力とは、「言葉」と「言葉」を関連付ける能力で連想・連鎖・逆行・分析の4種類の能力を想定している。この能力が学習者にどのような効果を与えているのかを検証するために、情報系科目の授業において、毎回数分間のトレーニングを繰り返し測定した結果、興味深いデータが得られたので報告する。本報告では、高校の教科「情報B」の実践事例を取り上げる。

以下、2章では発想力の定義と測定方法について述べ、3章では教科「情報B」における具体的な取り組みとその分析について述べる。4章では得られた結果に対する分析と評価を行い、5章でまとめる。また、付録では分析方法の応用に言及する。

2. 発想力の定義と測定方法

2.1 発想力の定義

発想力における基本的な能力は、「連想能力」、「連鎖能力」、「逆行能力」、「分析能力」であるという仮説をたて、それを実証することにした。ここでは基本的な能力を次のように定義している。

- ・連想能力：一つのキーワードから他のキーワードを連想する能力
- ・連鎖能力：一つのキーワードから連鎖的に他のキーワードを連想する能力
- ・逆行能力：一つのキーワードの原因となるキーワードを連想する能力
- ・分析能力：ある動作を細かい動作に分解する能力

本研究ではこの定義に基づいて、これらの能力に関する測定可能性と測定方法について検討し、実践を通して実証することにした。

2.2 発想力の調査方法

調査にあたり、連想型、連鎖型、逆行型のいずれかの記入用紙を作成し、それぞれの裏面に分析型の記入ができるようにしている（図1）。

授業開始時にキーワードを与えて、連想型/連鎖型/逆行型ではそれぞれ30秒間、分析型では1分間の記入時間を与えた。短時間で発想させることが重要であると考えたからである。

キーワードは名詞に限らず、動詞、形容詞を含む言語からランダムに選出、また、分析に関する表現では、身近な動作やイベント実施など学生が容易に理解できる作業から選出した（表1）。

表 1 キーワード項目例

No	連想型	連鎖型	逆行型	分析型
1	テレビ	こどもの日	...怖くなった	歯を磨く
2	食卓	衣替え	...青くなった	ジュースを買う
3	家族	手紙	...遅刻した	現在地より校舎を出るまでの行動
4	旅行	携帯	...速くなった	コンビニで弁当を買って出てくる
5	音楽	試験	おなかが減った	ロボットにコーヒーを飲ませる
6	バラエティ	遠い	喧嘩した	ロボットに本を動かせる
7	りんご	デート	楽しくなった	ロッカーから教科書を取る動作
8	山	面白い	仲良くなった	スライド式の扉を開くまで
9	えんぴつ	公園	続けること	テレビをつける操作
10	阪急電車	中学生	熱中することきた	みかん箱を持ち上げて下す
11	暗い	宇宙	丸くなった	バザーで焼きそばを作る手順
12	就職	電気	上達した	文化祭を行うために必要なこと
13	女性	かばん	達成した	
14	男性	人権	心配した	
15	青い	うるさい	大切にした	
16	高い	冷たい	捨てた	

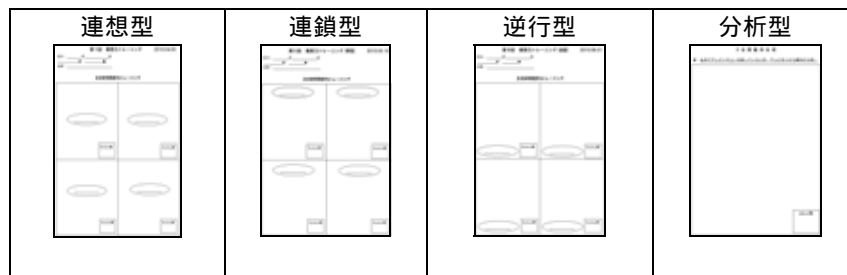


図 1 連想型，連鎖型，逆行型，分析型の記入用紙

3. 教科「情報 B」での展開と分析

3.1 取り組みの沿革

学習指導要領教科「情報 B」の教育目標には、「コンピュータにおける情報の表し方

や処理の仕組み，情報社会を支える情報技術の役割や影響を理解させ，問題解決においてコンピュータを効果的に活用するための科学的な考え方や方法を習得させる。」と記されている。関西学院高等部では，この目標に従って「情報 B」の内容を展開している。「発想能力と情報活用能力の育成」への着目は，2004 年度の「文科省 IT 人材育成プロジェクト」[4]がきっかけとなった。そこで発案したのがグリッドを用いた教育展開[5]であり，問題形成・問題解決能力の育成を図る指導[6]を行ってきた。具体的な取り組み内容は次の通りである。

- 1 学期 タイピング・ワープロ・描画ソフト・表計算ソフトなどを通し，情報リテラシーを習得すること
- 2 学期 表計算ソフトから簡単なマクロの作成や，Linux 上の C 言語の簡単なプログラミングを習得すること
- 3 学期 1・2 学期で学習した基礎知識を応用して，複数解を持つ問題に適用する。たとえば，どのレジで精算を行うと速く精算を終えることができるかといった身近に起こる問題をテーマにしてシミュレーションしながら，問題を形成し，C 言語とグリッドコンピューティングを用いて問題解決をすること

これらの教育活動に取り組むうち，「筆記テストで学習したことに対する評価は高いが，自ら考え自ら判断し自ら決断する能力，既存の知識を活用する能力に対する評価が低い」という思いが年々増していった。

そこで，この現状を克服するために，基礎的な能力といえる「既存の知識を活用する能力」と「問題解決を行うための発想力」を重視し，その能力の向上を図る取り組みを行うことにした。つまり，発想力と情報活用能力を「既存の知識から別の既存の知識を発想させ，ある根拠に基づいて結びつける能力」と捉えた。これらの能力は，あるキーワードを提示したとき，そのキーワードと既存の知識を結びつける訓練を行うことにより強化できると考えた。

それは，問題意識を発想へと転換する発想力のトレーニングをすることに繋がった。トレーニングでは，連想型について 4 回，連鎖型について 4 回，逆行型について 4 回，分析型は（毎回実施するので）12 回の試行がなされている。

3.2 発想力の分析

2.2 と 3.1 で述べた方法で発想力のトレーニングを実施した。ここでは，連鎖・連想・逆行・分析能力がどのような特徴を持つのかを調べるため，2 つの主成分分析を行っている。1 つは「連鎖・連想・逆行・分析」だけの主成分分析であり，もう 1 つは「連鎖・連想・逆行・分析」に「全教科」を加えた主成分分析である（データ数 307）。

(1) 「連想・連鎖・逆行・分析」に関する主成分分析

上の分析結果を図 2 と表 2 に示す。第 1 主成分は連想力や関連付け能力を表し，第 2 主成分は正方向に科学的能力を表している。図 2 では，逆行能力と連想・連鎖能力

とが少し離れた場所にあり、これらは異なる能力であることを意味している。

それは、連想・連鎖能力が「ひらめき」や、「言語と言語を結びつける能力」であるのに対し、逆行能力は「分析能力のグループに含まれる能力」で、論理的な思考が含まれていたと推測される。したがって、逆行能力の精度を上げるには、測定時間(30秒)を1分に延長する方が良い。

表2 主成分の固有値

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
固有値	2.99	0.45	0.34	0.21
寄与率	74.8	11.2	8.61	5.35
累積寄与率	74.8	86	94.6	100

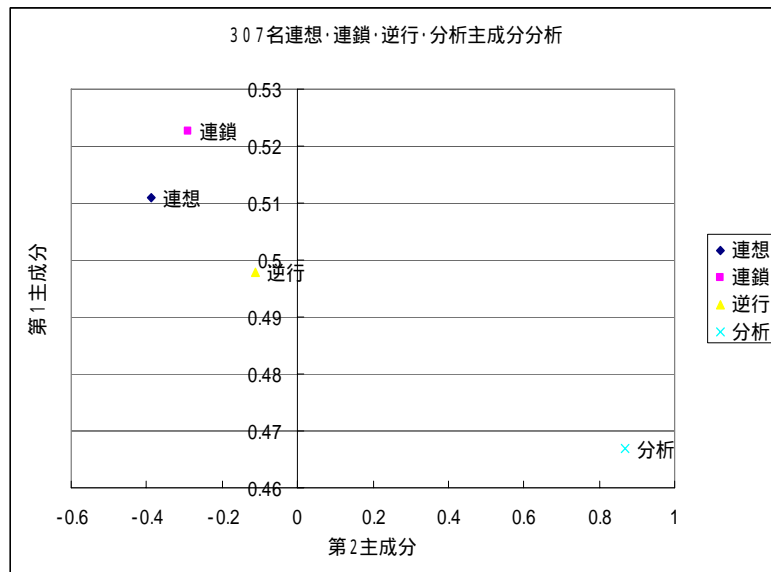


図2 連想・連鎖・逆行・分析の主成分分析

(2) 層別主成分分析

307名を対象に、1学期の成績の平均を元にして100名毎に上位、中間、下位層に分けて主成分分析を行ったところ、下位層の分析能力で特に低い値を得た(図3)。さ

らに、各層の連想・連鎖・逆行・分析に関する平均値を求めたところ(表3)、下位層、中間層の平均の一部において特徴的な数値を得た。そこで、全ての値に関して検定(a)を行った(脚注参照)。

表3 各能力に関する層ごとの平均

	連想平均	連鎖平均	逆行平均	分析平均
全体平均	7.477	7.640	4.789	8.825
上位層	7.697	7.859	4.971	9.078
中間層	7.544	7.970(有意)	4.828	9.201(有意)
下位層	7.210	7.128(有意)	4.582(有意)	8.236(有意)

この分析によると、特に下位層の分析平均と逆行平均が低く、逆に中間層において高いことが分かった。つまり、下位層の学習者の能力は科学的な思考が極端に劣っていることが分かる。中間層の逆行、分析が極端に高い現象を示す原因については、このデータだけで判断することは難しいが、この中には潜在的な能力があるにもかかわらず、教科の成績に反映できていない学習者(すなわち、ポテンシャルを持っているも

a 下位層分析能力平均の検定の1例を挙げておく。

帰無仮説：下位層の平均は母集団の平均8.82455である

対立仮説：下位層の平均値<8.82455である(下側検定)

よって、危険率5%で帰無仮説は棄却される

下位層分析能力得点検定

	データ数	平均値	不偏分散	標準偏差	標準誤差
下位層分析能力	107	8.236	3.384	1.840	0.178
母集団	*	8.825	3.685	1.920	*

検定結果

Z値：-3.172751888

P値(下側確率)：0.00075501 < 0.05，

Z(0.05)：-1.6448536 > -3.172751888

の学習能力を伸ばしきれていない学習者)が存在していると推測できる。

図 1

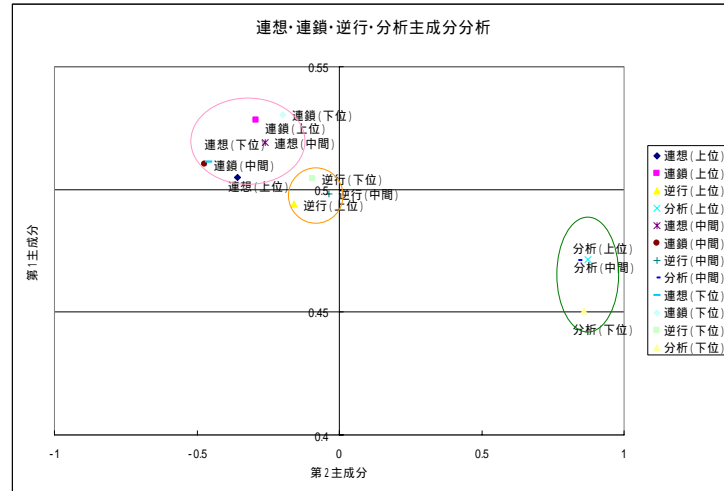


図 3 上位・中間・下位層に分けた主成分分析

(3) 連想・連鎖・逆行・分析及び全教科の主成分分析

次に、これらの能力と全教科のデータを比較し、その関係を特徴づけるため、主成分分析(b)を行った(図4, 図5)。

b 図4, 図5に関する固有値と寄与率である

発想・分析成分無し			
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	5.90	1.37	1.03
寄与率	45.40	10.53	7.92
累積寄与率	45.40	55.93	63.84

発想分析成分有り			
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	6.00	1.75	1.35
寄与率	39.98	11.65	8.97

図4における第1主成分では、筆記試験で評価している教科が高い値を示している。第2主成分では、英・数・オーラル・(体育)が負で大きな値を取り、情報・聖書・音楽は正で大きな値をとっていることが分かる。したがって、第2主成分は単一解を持つ教科と複数解を持つ教科の特性を表しているといえる。ただし、体育が単一解教科といえるかどうかについての判断は難しい。

発想(c)・分析を追加して主成分分析した図5における第1主成分は、それらの成分を追加しない場合とあまり変化はなく、筆記試験で評価している教科が正で大きな値を示している。これに対し第2主成分の値では、分析・発想が正で大きな値をとっているため、評価が複数解を持つ教科を表しているものと考えられる。

この分析に従って同じような教科をまとめると、現在の評価法では「単一解・暗記・筆記で評価している教科(国語・化学・英語・数学・家庭・オーラル)」と「複数解・文章・言語能力・筆記で評価している教科(読書・保健・聖書・現社)」と「複数解・実技で評価している教科(情報B・音楽・体育)」とにグループ化できる。

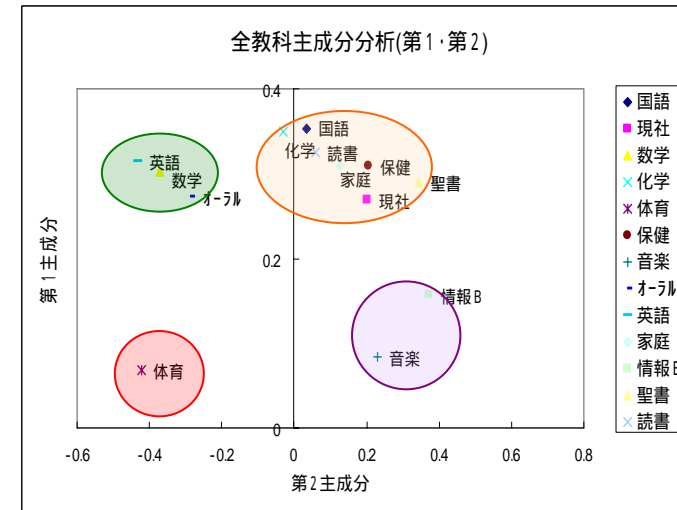


図4 全教科主成分分析(発想・分析成分含まない)

累積寄与率	39.98	51.64	60.60
-------	-------	-------	-------

c 発想力を連想・連鎖・逆行の算術平均とした。

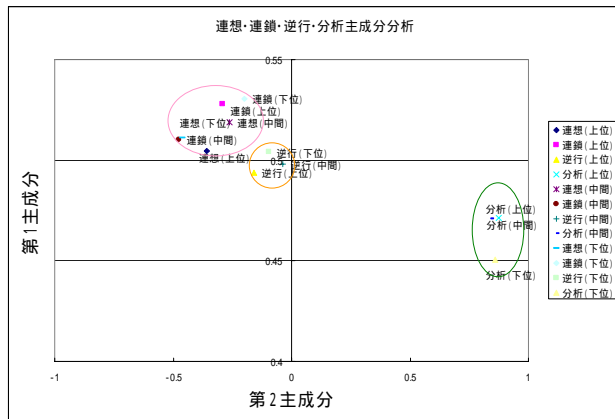


図5 全教科主成分分析 (発想・分析成分含む)

4. 分析と評価

4.1 「情報B」に関する客観的な分析と評価

発想成分と分析成分がどのような意味を持つのか、「情報B」の授業内容と照らし合わせながら分析を行う。実践した授業形態とその内容は表4の通りである。それらを元に、主成分分析(d)を行った結果が、図6と図7である。

d 図6, 図7に関する固有値と寄与率

発想・分析成分無し			
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	2.31	1.04	0.81
寄与率	46.28	20.79	16.26
累積寄与率	46.28	67.07	83.34

発想分析成分有り			
	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	2.42	1.58	1.03
寄与率	34.62	22.61	14.75
累積寄与率	34.62	57.23	71.98

表4 「情報B」の授業形態と内容

実践法	分野	内容
平常 (実技)	Excel マクロ(実技)	簡単な関数を用いた問題の解法(その場で評価)
	C言語(実技)	printf(), if(), for()を用いた問題の解法(その場で評価)
期末 (筆記)	暗記(筆記)	C言語に関する文章穴埋め問題
	C言語(筆記)	括弧に適した語を入れる
	思考(筆記)	資料参照

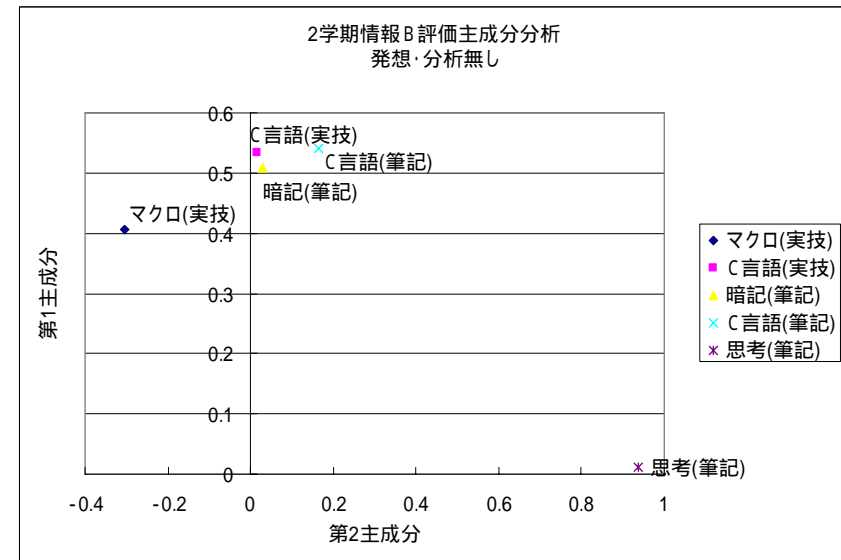


図6 「情報B(2学期)」の主成分分析 (発想・分析成分含まない場合)

図6は発想・分析成分を含まない場合で、図7はそれらの成分を入れて分析を行った結果である。図6は第1主成分において、思考を除く評価値が正で大きな値をとり、第2主成分は、思考の評価値が正で大きな値をとっている。このことより、第1主成分は暗記を伴う基礎的な知識力(単一解)を表し、第2主成分は思考力を表している。

図7において、第1主成分は図6と同様に暗記を伴う基礎的な知識力を表している。第2主成分では、発想・分析が負で大きな値をとっている。筆者らが思考力と呼ぶ問

題は、予測に反しこれと反対側にある。その原因を探るため、筆者らが思考力と呼ぶ問題をもう一度見直してみると、解法の仕方は複数あるが、結果の値は一つであった。このことから、取り組む教材を単なる複数解を持つ問題とするのではなく、複数思考解を持つ問題とする方が適切であると理解できる。

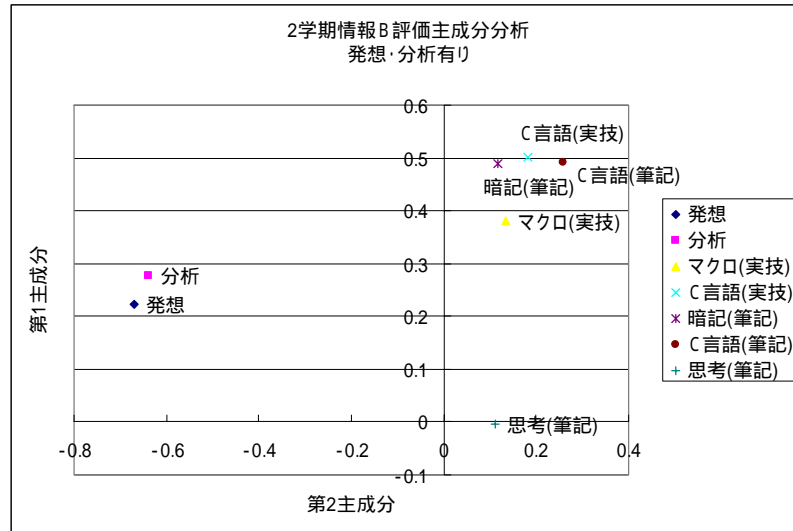


図7 「情報B(2学期)」の主成分分析(発想・分析成分有りの場合)

4.2 「情報B」に関する主観的な評価

1 学期末の筆記テストにおいて、この取り組みに関する評価(アンケート)を自由形式で記載させた。ただし、テスト時間中での記載であったため、307名中74名の回答を得るに止まった。

表5 アンケートのまとめ

モチベーション効果	応用力の効果	ひらめき力の強化	コミュニケーション効果	物の見方の変化
8名	35名	7名	12名	12名

表5は、記載内容を5つのパターンに分けて整理したものである。それぞれの項

目から代表的なものを掲載する。

- ・発想力トレーニングはやっているとても楽しかった。頭が、働いていることが良く感じられた。
- ・最初、このトレーニングを甘く見ていたけど、情報の時間が来るたびに発想力がついていくことを実感した。
- ・数が増えていくのが楽しかった。
- ・発想力トレーニングは短時間でできるだけ多くリンクしているものを思い浮かべる能力が必要だった。だから、暗記するときなどに役立つ。例えば、坂本竜馬という単語を覚えようとするときに、坂本竜馬からさまざまな用語を関連させて、覚えやすくする。
- ・毎回発想力トレーニングをしたおかげで、一つ一つのことを順序よくできるようになりました。それと、計画性もだんだん身につく、毎日の生活がとても充実して過ごせるようになりました。そして、もひとつの狙いは、瞬間の適切な判断を身につけることです。
- ・発想力トレーニングを活かしているんなことを関連付けて考えようと思う。(テストの暗記問題など)
- ・発想力トレーニングは人と話すときに役立つと思った。発想力トレーニングの裏面のフローチャートは、色々なアルゴリズムを考えるのに役立つと思った。
- ・とても瞬間的なひらめき力が強化できた。普段何気なくしていることも、根を掘り返してみると、ここまで細分化できるんだなと思った。
- ・僕はこのトレーニングで発想力がより豊かになったと思います。このトレーニングで瞬発的に思想を思い浮かべることができました。さらに、勉強面でも効果があったと思います。勉強の効率がよくなりました。
- ・発想力トレーニングを何度か行うことによって次第に浮かんでくる単語数も増えていった。発想力を鍛えることで、勉強をするのにも使えそうな気がする。
- ・とっさの判断力を養えたので将来、企画立案などの仕事に役立てたいです。
- ・前より皆と会話がつながるようになって、とても助かった。
- ・発想力がついたおかげで、会話が途切れずに続くようになった。
- ・友達との会話の内容が他の話題へと広がっていく回数が増え、様々な話をするできるようになった。
- ・僕はあまりコンピュータのことは分からないが、人と会話をするとき話題がすぐに出てくるように発想力トレーニングを役に立てようと思う。
- ・これからは、自分の発想力を生かして上手に仕事をこなせるような社会人になりたい。発想力トレーニングでは、自分がいかに小さい視野しか持ってい

ないかが分かった。何かを企画する機会に、あの表を使ってイメージを広げたい。

- ・連想。一つのことからずっと何かを考え続けるのではなく、別のものに視点を移していき、そこから何かまた、別のものを生み出す発想の転換。複数の視点から物事を見ること。ひとつのことにとらわれず、自由な視点から物事を判断していく力を伸ばしたい。

前節では定量的な測定を見てきたが、このような主観的な評価も内容改善の参考となる。回答のあった生徒(約 25%)の評価によれば、それぞれトレーニングを楽しんでいるように感じた。しかも、筆者らが想定していなかった生徒の能力にも大きな影響を与えていたことが分かった。特に、コミュニケーションがスムーズになったことや物の見方にも影響を与えていたことが分かり、この結果は大きな収穫であった。

5. おわりに

筆者らは6年間にわたり、グリッドコンピューティングを用いたレジ問題を教材とし、問題形成、問題解決能力の育成に取り組んできた。そこで、発想力と情報活用能力が潜在的に関連するのではないかと考え、実証方法についていろいろな検討を重ねてきた。本研究では、発想力における基本的な能力として、連想能力・連鎖能力・逆行能力・分析能力を想定し、実践的にそれを実証することにした。

具体的には、「任意のキーワードを提示して連想する言葉を計測する」、「連鎖的に連想するキーワードを計測する」、「ある言葉の原因となるキーワードを計測する」、「ある動作の中に含まれる細かい動作を思いつくかを計測する」というトレーニングを毎授業の開始数分間だけ試みて、その有効性を分析した。その結果、幾つかの興味深いデータが得られたので、現時点での報告をすることにした。

全教科対象の分析(図4)に、基本的な能力を加えて主成分分析をしたことで、これらの能力が、複数思考能力・創造能力・実技能力につながっていることを理解できた(図5)。

この仮説を、より詳細に意味づけるため、「情報B」の成績評価において、実技、知識の暗記(ペーパーテスト)、プログラミング、思考という切り口で問題を作成したところ、すべてが、発想力と異なるという結果となった。これは、問題の作成の仕方に原因があったのではないかと考えた。そこで、出題資料を再度分析しなおしたところ、暗記・プログラミング問題の解は全て単一解であり、思考を問う問題でも、考え方は数通りあるものの採点が行いやすいように解は一通りの問題であることに気がついた。つまり、発想力育成には、複数解でなく、複数思考解を持つ問題を教材とする方が、より効果的に発想力を育成することができるよう考えられる。今後の出題に

関しては、もう少し工夫する必要がある。

しかし、回答率が約25%であったものの(調査中に記入させるという調査方法に問題はあがあるが)、「情報B」の主観的な評価で述べたように、学習者に多くの良い影響を与えたことは間違いない。このことは、客観的な資料では表現できていないが、学習成果を通して確信できたことである。さらに、客観的な分析・評価と比較するとともに、実証実験を継続する予定である。

今回の取り組みを通して、いろいろな課題が見えてきた。そこで、継続的な実践に向けて、いくつかの検討事項と改良方針を整理しておく。

1. この取り組みの精度を上げるため、キーワードを吟味する必要がある。
 - ・個人情報に関するものを挙げてはいけい。例えば「家族」、「尖閣諸島」など。
 - ・分析能力においては、余り複雑なものであってはならない。
 - ・分野に偏りがあってはならない。
2. 逆行能力測定にかける時間を30秒から1分へと延長する。
 - ・逆行能力は、ある程度根拠が必要になるためそれにかける時間が必要である。
3. 考え方として、放射状の展開、直行的な展開、逆行的な展開などの方法を検討中であるが、さらに他の思考パターンについても検討が必要である。
4. なぞかけのように、多くのキーワードを提示し、そのキーワード同士をある根拠に基づいて関連付ける能力の育成も必要である。
5. この能力が、各教科の潜在的能力となっていると考えているが、それを証明するにはどのようにすれば良いか(因子分析)。
6. このトレーニングを行うことにより、学習面、生活面に学習者はどのような影響を与えたか。また、能力アップは図れるのか。
 - ・もし、能力アップが図れるものであれば、学力アップも根本的に行うことが可能であると考えられる。
7. 年齢により、向上する速度に差異はあるのか。
8. 複数思考解を含む問題として、どのような問題が適切であるか。

現在、教科「情報」もセンター入試に導入しようという動きがあるが、この研究より、センター入試が語群から選択する単一解であることを考えると、教科「情報」の本来の趣旨にそぐわないのではないかと疑問を持つ。

この研究は始まったばかりで、未知の分野が多い。今後、より精度の高いデータを集積し、分析方法も合わせて研究して行きたい。

謝辞 本研究において、「IT人材育成プロジェクト」でお世話になった文科省、教材を開発していただいたIBM(濱田正彦氏、小出 理史氏、石川 公基氏、濱崎 俊氏、根岸史季氏、浅沼良治氏)、技術支援して頂いた日立システムアンドサービス(田中 一義氏、

猪川 徳信氏,中垣智宏氏),メディアプラス(金沢勇氏)に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 独立行政法人 情報処理推進機構 IT 人材育成本部編：IT 人材白書 2010，p.53, 2010.5.182010.5.18
- [2] ITスキル標準 V3 http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/download_V3.html
- [3] 情報処理学会 J07 プロジェクト連絡委員改編，情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07，2009
- [4] 2004～2007 年度 文科省 IT 人材育成プロジェクト研究開発実施報告書，文科省，2008
- [5] 丹羽時彦：教科「情報」におけるグリッドを用いた情報教育，第一法規社，2007
- [6] 神沼靖子，丹羽時彦：問題形成と問題解決(IS テキストシリーズ)，共立出版，2005

付録

付録 1 分析方法の応用

ここでは，今回の実証で応用した分析方法の利用可能性について述べる．図 5 の教科の特徴を利用し，この図の中に標準化された生徒個人の成績をプロットすることが容易であり，どの生徒がどの位置にいるのが認識することが可能となる．

たとえば，図 5 は第 1 主成分の正方向に総合能力を表し，第 2 主成分は正で複数解，文章力，発想力，創造力が優れていることを意味し，負で単一解，暗記能力に優れていると意味づけたことをもとに，図 5 と図 8 (e)を見比べると，中間層または，下位層において，著しく発想力に優れているものが点在している．このことより，これらの学習者は成績を向上させるポテンシャルを秘めているものであることが分かる．

このような調査を行うことにより，各種入試で入学した生徒が，どのようなポテンシャルを持っているのを見極め，学力向上を図る手段として利用できる．また，今後，どのような生徒を入学させるかという決め手となる資料にも利用することが可能である．

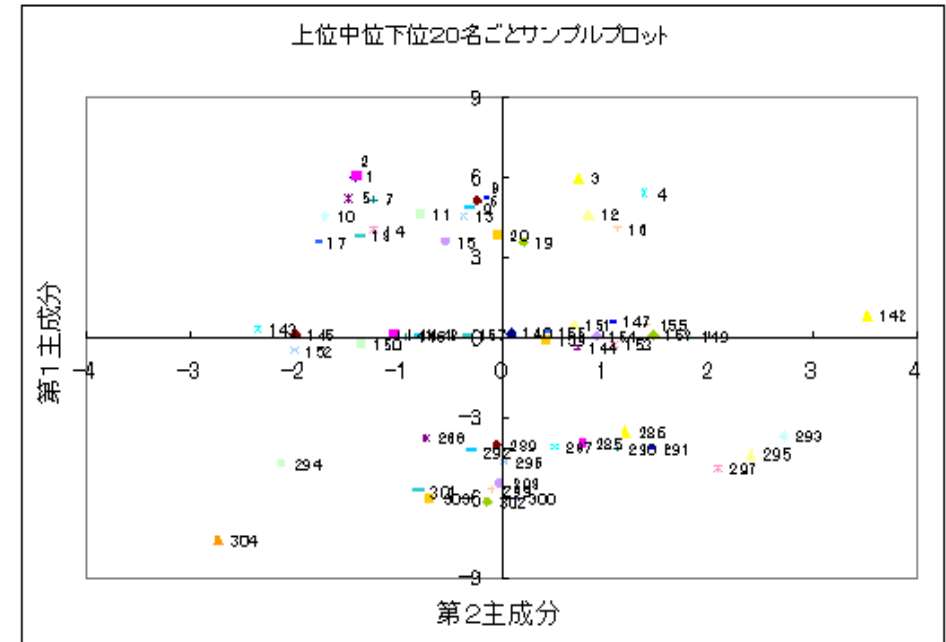


図 8 上・中・下位ごとのサンプルプロット例

e 図においてデータラベルは成績順位を表している．