

アイデアの意外な観点の発見を支援する
クラスタリング手法



アイデアの意外な観点の発見を支援する クラスタリング手法

静岡大学情報学部
行動情報学科
若月 祐樹

Bachelor Thesis Series of Yamamoto Laboratory
Faculty of Informatics,
Shizuoka University
Copyright © 2021 Yuki Wakatsuki

目次

第1章	はじめに	5
第2章	関連研究	7
2.1	アナログなアイデア創出手法	7
2.2	デジタルなブレインストーミング支援	7
2.3	アイデアの自動生成	8
第3章	提案手法	9
3.1	提案手法の概要	9
3.2	ユーザが発想したアイデアの計算可能化	9
3.3	アイデアの意外なクラスタリング	10
3.4	仮説	10
第4章	実験	12
4.1	実験協力者	12
4.2	実験用データの事前準備	12
4.3	実験手順	13
4.4	評価指標	14
第5章	結果	16
第6章	考察	17
6.1	意外な観点の発見への効果	17
6.2	今後の課題	17
6.3	本研究の発展的な提案	18
第7章	まとめ	20

目次

1.1	提案手法による意外な観点発見の例	6
4.1	タスク 2 の Google Forms 例	15
6.1	本研究の発展として考えられる AR システム	19

表目次

4.1	食品分類表 (抜粋)	13
4.2	提案手法によるクラスタリング結果 (抜粋)	13
4.3	提案手法の食品グループと付けられたグループ名 (抜粋)	14
5.1	手法別の実験結果	16

第 1 章

はじめに

創造的なアイデアを発想するには、既存の要素をうまく組み合わせること [1] に加えて、一定時間アイデア発想から離れることが重要とされている [2]。考え続けることをいったん止めアイデアを「寝かせる」ことで、脳内では無意識下で情報の整理が進む。無意識下の思考が、思いがけないアイデアの発想の機会をもたらす。

アルキメデスのエピソードは、「アイデアを寝かせる」ことの重要性を示す最も有名な例である。アルキメデスは王冠の体積の測り方について様々なアイデアを考えていたが、煮詰まっていた。困り果てて風呂に入った際に、湯船から水が溢れる様子を見て、水を用いて王冠の体積を測る方法を思いついたという。このとき、アルキメデスは、水の持つ成形が容易である特性と、元々考えていた王冠を成形しなおすというアイデアの観点との類似性を見いだしたのである。「寝かせて」おいたアイデアが、偶然にも水という「実世界オブジェクト」と対応づけされたことで、新しい着想が生まれた。

アルキメデスは、アイデアを「寝かせる」ことで創造的なアイデアを得ることに成功した。しかし、アイデアを「寝かせる」ことは、創造的なアイデアを発想することの必要条件にすぎない。アルキメデスが、王冠を成形し直すという自らのアイデアの観点を見つけて、実世界の水というオブジェクトとの共通点を見出したように、自らのアイデアの意外な観点を見つけることがまず重要であるが、多くの人にとってそれは容易ではない。そのため、本稿では、ユーザがリストアップしたアイデアから、意外な観点の発見を支援するためのアイデアのクラスタリング手法を提案する。

一般に、アイデア発想を効果的に行う手法として、ブレインストーミング (以下ブレスト) が用いられる。ヒューマン・コンピュータ・インタラクションの分野では、ブレストを支援するために、要素の新しい組み合わせをより多く出すためのファシリテーション支援に関する研究 [3] や、出したアイデアを自動的に構造化する研究 [4] などが行われてき

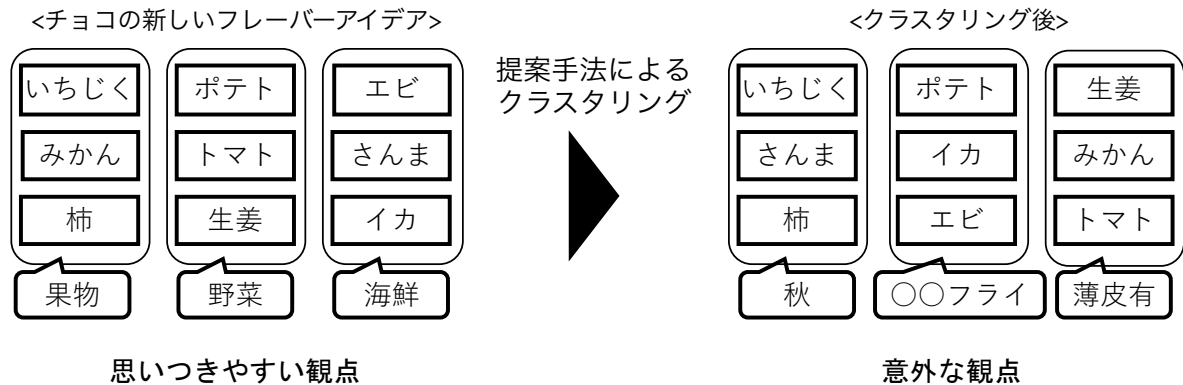


図 1.1 提案手法による意外な観点発見の例

た．しかし，これらの研究は，あくまで制限時間内に行われるアイデア発想の量を，効率的に増やすことを目的としている．創造的なアイデア発想のためには，アイデアに関する構造化された観点を提示することが有効であるとする研究 [5] がある．そのため，提案手法によりクラスタリングされたアイデアグループから，アイデアの意外な観点の発見が促されることで，その観点で共通点をもつ創造的なアイデアを発想することが期待できる．

本稿では，ユーザがすでに発想したアイデアの中から，そのままでは思いつきづらかった意外な観点の発見を支援するクラスタリング手法を提案する．具体的には，主成分分析を用いてユーザがすでに発想したアイデアの意味ベクトルを変換し，一部の次元を削減したベクトル行列をクラスタリングして，出力されるクラスターをユーザに提示する．これにより，アイデア全体からは思いつかなかった，意外な観点を発見しやすくなることが期待できる．

図 1.1 は，チョコの新しいフレーバーを考えているという設定で，提案手法によってアイデアをクラスタリングした時に，そのままでは思いつかなかった意外な観点を見つける例である．左側の状態だと果物，野菜，海鮮といった観点を思いつきやすい．しかし，右側のようにクラスタリングをすると，秋，〇〇フライ，薄皮有といった意外な観点を見つけられるということを表している．

第 2 章

関連研究

2.1 アナログなアイデア創出手法

ブレストは基本的に、物理的に複数人が一箇所に集まり物理的な紙に書いて行われるため、アナログな改善研究が行われてきた。例えば、参加者が別々の紙にアイデアを書き匿名で紙を交換してアイデアを書き足していくブレインライティング [6] という手法がある。これは、匿名にすることで参加者の発言力の偏りなど、コミュニケーションの課題に取り組んだものである [7]。また、カードにアイデアを記述しそれをグループに分けることで、大量のアイデアを構造化して新たな組み合わせを見つける KJ 法 [8] という手法も提案されている。

本研究では、システムがアイデアをクラスタリングしそのクラスタからユーザがクラスタリング前の状態では思いつかなかった意外な観点の発見を支援する。そのため、アイデアの構造化はシステムに外部委託し、ユーザはその先の創造的な発想に注力できる。

2.2 デジタルなブレインストーミング支援

情報技術の進歩に伴い、ブレストをデジタル的に支援する研究が行われている。コミュニケーションの課題を解決するために、参加者が別々のコンピュータにアイデアを入力しそのアイデアが互いに匿名で表示されるシステムを提案した研究 [9][10] がある。この研究では、デジタルツールの利点を生かしてアイデアを完全に匿名化し、かつ非同期的にアイデア発案できる。しかし、この研究ではアイデア発想の元となる意外な観点の発見は完全にユーザに依存している。また、物理的な付箋を用いた従来のブレストの手法を変えずに、画像認識と AR を用いて発案されたアイデアの構造を可視化する研究 [4] も行われて

いる。この研究は、物理的な付箋の操作の柔軟性を保ったまま複雑なデータの分析を行いやすくしたものである。しかし、この研究では最も分類しやすい構造化を行っており、必ずしも意外な観点の発見に繋がっているとは言えない。本研究では、アイデアに隠された意外な観点の発見を支援することを目指している。

2.3 アイデアの自動生成

アイデア発想の支援は、ブレストの改善だけでなくアイデアの自動生成の観点からも行われている。実際に、広告コピーの自動生成システム^{*1}や文書生成モデル [11] により文書の書き出し部分を入力するとその続きを自動生成するツール^{*2}が開発されている。これらを発展させることで、将来的にアイデアの自動生成も行える可能性がある。しかし、現状の研究は広告コピーの良し悪しを人間が最終的に判断している。本研究はアイデア発想を自動化するのではなく、自らの考えているアイデアの観点を見つけるプロセスを支援する。

*1 <https://www.dentsu.co.jp/news/release/2017/0517-009291.html>

*2 <https://bellard.org/textsynth/>

第 3 章

提案手法

3.1 提案手法の概要

本稿では、ユーザが発想した「アイデア群」の中に隠れた、そのままでは思いつきづらい「意外な観点」の発見を支援するクラスタリング手法を提案する。ユーザは事前に、特定のテーマでブレストを行い、各アイデアをテキストとしてデータベースに保存する。その後、保存した各アイデアを計算可能な形にデータ変換をし、意外な観点でクラスタリングを行う。そのクラスタリングによって出力されたクラスタをユーザに提示することで、ユーザに意外な観点の発見を促す。

この機能を実現するために、本提案手法は以下のフローで処理を行う。

- ユーザが発想したアイデアの計算可能化
- アイデアの意外なクラスタリング

各フローの詳細について、以下に記す。

3.2 ユーザが発想したアイデアの計算可能化

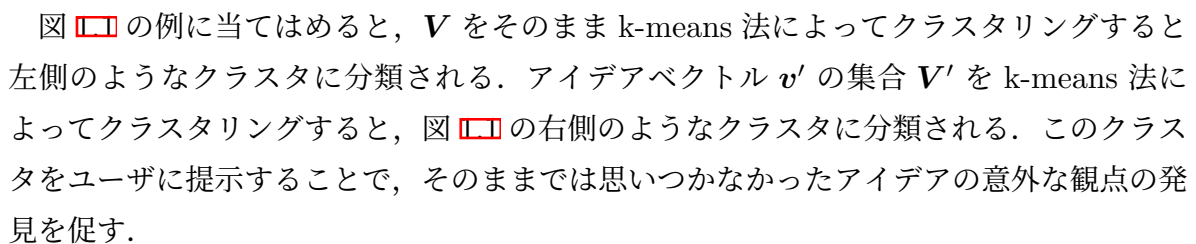
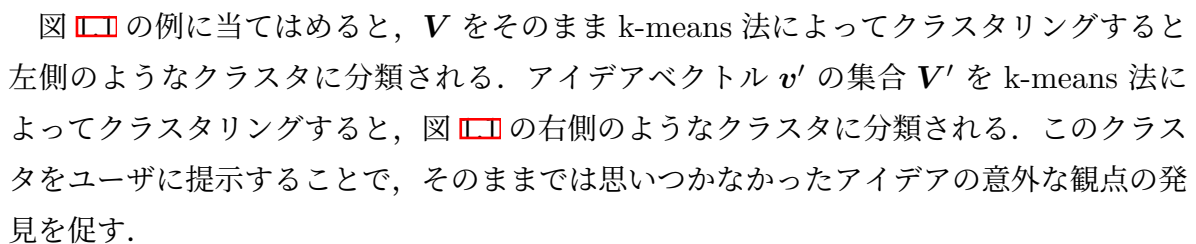
ユーザが発想したアイデアを意外な観点でクラスタリングするために、まずアイデアのテキストを計算可能なデータに変換する必要がある。特に、アイデアテキストの意味に着目したクラスタリングをするので、アイデア同士の意味の類似性を計算できるように、分散表現ベクトルに変換する必要がある。そこで、本稿では日本語 Wikipedia Entity Vectors の変換器を用いてベクトル化を行う。日本語 Wikipedia Entity Vectors は、日本

語版の Wikipedia の本文全文を Word2Vec を用いて学習した分散表現ベクトルである^[*1]。これにより、Wikipedia で記事となっている単語およびエンティティを意味に着目して計算可能なベクトルに変換できる。

これを用いて、ユーザが記録した各アイデアのテキストデータ集合 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ をそれぞれ 300 次元のベクトルに変換する。以下、事前に記録した i 番目のアイデアのテキストデータ $d_i \in D$ をベクトル化したものを $v_i (\in \mathbf{R}^{300})$ とする。すでに記録された n 個のアイデアのベクトル集合を $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ とする。

3.3 アイデアの意外なクラスタリング

ここで、アイデアの意外な観点の発見を促すクラスタリングとなる工夫を行う。提案手法はすでに記録された n 個のアイデアのベクトル集合 V について、主成分分析によりデータ変換を行う。主成分分析において、第 1 主成分はデータを総合的に要約する成分であることが多い。そこで、提案手法では第 1 主成分を各種データを説明する汎用な観点、すなわち意外性のない観点とみなし、第 1 主成分以外の主成分を用いて、アイデアベクトルの変換を行う。具体的には、第 2 第 3 主成分ベクトルのなす空間にアイデアベクトルを射影する。2 つの主成分ベクトルを基底とする行列を W_2 としたとき、 W_2 によって線形変換されたアイデアベクトル v を v' とする ($v' = vW_2$)。その後、射影されたベクトル集合に対して k-means 法によるクラスタリングを行う。

図  の例に当てはめると、 V をそのまま k-means 法によってクラスタリングすると左側のようなクラスタに分類される。アイデアベクトル v' の集合 V' を k-means 法によってクラスタリングすると、図  の右側のようなクラスタに分類される。このクラスタをユーザに提示することで、そのままでは思いつかなかったアイデアの意外な観点の発見を促す。

3.4 仮説

提案手法により出力されたクラスタを提示することで、ユーザが記録したアイデアに隠れた、そのままでは思いつきづらい「意外な観点」の発見を支援する。提案手法の有効性を検証するために、以下の仮説を設定する。

仮説 ユーザが記録したアイデア群を第 2 主成分と第 3 主成分のスコアでクラスタリン

^{*1} <https://github.com/singletonue/WikiEntVec/>

グしたクラスタを提示することで、アイデアの意外な観点の発見が促される。

第 4 章

実験

本章では、アイデアの意外な観点の発見を支援するためのクラスタリング手法の評価実験について述べる。提案手法により出力されたアイデアグループから観点を発見してもらい、その意外性を複数の評価者に評価してもらうことで、提案手法の有効性を評価した。

4.1 実験協力者

本実験は、アイデアグループへのグループ名付けと、そのグループ名の意外性の評価の 2 つのタスクに分けて行う。グループ名付けのタスクは、静岡大学情報学部の学生から実験協力者 2 人を募った。グループ名の意外性の評価は、クラウドソーシングサービスの Lancers^{*1}を利用して、合計 61 名に行ってもらった。意外性の評価タスクは、約 10 分で 110 円を、実験協力者に報酬として支払った。

4.2 実験用データの事前準備

本実験では、事前に実験用データのクラスタリングを行う。実験用データには、熊本市保育所等栄養管理状況報告書で使用されている食品分類表を用いる。この食品分類表は表 4.1 のように、食品群名とそれに属する食品名で構成される表である。この食品群名と実験協力者につけてもらうグループ名が、アイデアの観点にあたり、それに属する食品名がアイデアに当たる。

この食品名を、Wikipedia Entity Vectors^{*2}事前学習済みモデルを用いてベクトル化する

*1 <https://www.lancers.jp/>

*2 <https://github.com/singletonue/WikiEntVec/>

表 4.1 食品分類表 (抜粋)

食品群名	食品名				
穀類	白米	粥	…	食パン	キビ
いも及でん粉類	サツマイモ	サトイモ	…	葛切り	こんにゃく
…	…	…	…	…	…
嗜好飲料	ココア	コーラ	…	酒	サイダー
調味料及香辛料類	ソース	醤油	…	カレー粉	みそ

表 4.2 提案手法によるクラスタリング結果 (抜粋)

グループ番号	食品名				
0	アワ	トマト	…	ピーマン	マッシュルーム
1	ロールパン	ベーコン	…	チーズ	ケチャップ
…	…	…	…	…	…
15	生クリーム	菓子パン	…	ビスケット	キャラメル
16	稲庭うどん	焼き豆腐	…	干しぶどう	ひじき

る。このベクトルに対して主成分分析を行い、第 2 第 3 主成分を抽出する。抽出した第 2 第 3 主成分のなす空間に射影した、各食品名のベクトルを k-means 法でクラスタリングする。ここでは表 4.1 の食品分類表の食品群名が 17 種類あるので、17 つの食品グループに分類する。提案手法によるクラスタリング結果は、表 4.2 の通りである。

4.3 実験手順

本クラスタリング手法の評価実験は以下の 2 タスクに分けて行う。

タスク 1 実験協力者が、表 4.2 の各食品グループに対して、そのグループから連想される特徴をグループ名としてつける。

タスク 2 実験協力者が、タスク 1 でつけられたグループ名が、食品グループからどの程度思いつきやすいかを評価する。

また、比較実験のために比較手法 1 と比較手法 2 を用意する。比較手法 1 は主成分分析を行わず、食品名を Wikipedia Entity Vectors でベクトル化したベクトル集合を k-means 法で 17 つにクラスタリングしたグループを用いる。比較手法 2 は、表 4.1 の食

表 4.3 提案手法の食品グループと付けられたグループ名 (抜粋)

グループ名	食品名				
子供が嫌いそう	アワ	トマト	...	ピーマン	マッシュルーム
ヨーロッパの朝食	ロールパン	ベーコン	...	チーズ	ケチャップ
...
甘い食べ物	生クリーム	菓子パン	...	ビスケット	キャラメル
食感が柔らかい	稲庭うどん	焼き豆腐	...	干しぶどう	ひじき

品分類表に記されている通りの食品群名と所属する食品グループを用いる．タスク 1 では実験協力者に，Google Forms を用いて，提案手法の食品グループと比較手法 1 の食品グループをそれぞれ提示する．その際，提示した各食品グループが，提案手法によるものか比較手法 1 によるものか区別できないようにし，その内容から連想できるグループ名を文書として入力してもらった．表 4.3 は提案手法によりクラスタリングされた食品グループと，そこにつけられたグループ名の一部である．

タスク 2 では実験協力者を，提案手法の食品グループを提示される群と比較手法の食品グループを提示される群に分ける．そして，図 4.1 にあるような Google Forms を用いて，食品グループとタスク 1 でつけたグループ名の組み合わせを提示し，食品グループから，グループ名をどれだけ思いつきやすいかを 5 段階のリッカート尺度で回答してもらう．リッカート尺度は，「思いつきにくい (-2)」，「やや思いつきにくい (-1)」，「どちらでもない (0)」，「やや思いつきやすい (1)」，「思いつきやすい (2)」の 5 つである．

4.4 評価指標

タスク 2 の実験協力者による各グループ名へのリッカート尺度の回答を，-2,-1,0,1,2 と数値に置き換えて評価に使用する．ここで，実験協力者の集合を P ，名付けられたグループ名の集合を L とする．タスク 1 でつけられたグループ名の思いつきにくさを評価するため，実験協力者 $p \in P$ ごとに各グループ名 $l \in L$ につけた点数 $S(p, l)$ の平均値の全実験協力者の平均値を評価指標 $S_{\text{意外性}}$ として使用する． $S_{\text{意外性}}$ が低ければより思いつきにくく，高ければ思いつきやすいと言える．以下はその式である．

$$S_{\text{意外性}} = \frac{1}{|P|} \sum_p \frac{1}{|L|} \sum_l S(p, l) \quad (4.1)$$

食品グループ名の評価

*必須

先ほどの説明のように

下記の食品グループから、その下に用意されている食品グループ名が、
どれくらい思いつきやすいかを直感でお答えください

15B食品グループ

大豆
アーモンド
栗
クルミ
ゴマ
落花生
リンゴ
干し柿
ワイン

食品グループ名 *

	思いつきに く い	やや思いつ きに く い	どちらでも な い	やや思いつ き やす い	思いつきやす い
おしゃれなお つまみ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
健康に良い	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

戻る

次へ

26/28 ページ

図 4.1 タスク 2 の Google Forms 例

第 5 章

結果

本稿では，提案手法によってアイデアの意外な観点の発見が促進されるかを分析するために，実験協力者が命名した食品グループ名が，そこに属する食品名からどれだけ思いつきやすいかをアンケート調査した．アンケートは全体で 61 人から回答が得られた．そのうち，提案手法のアンケートには 21 人，比較手法 1 と比較手法 2 のアンケートには 20 人づつが回答した．表 5.1 は，回答者数と実験協力者ごとの全グループ名につけた点数の平均値の，全実験協力者の平均値 $S_{\text{意外性}}$ を，手法別にまとめたものである．

表 5.1 が示すように，評価指標として用いる $S_{\text{意外性}}$ は提案手法が比較手法 1 と比べて 0.21 低かった．同じように，提案手法と最も思いつきやすいと考えられる比較手法 2 の $S_{\text{意外性}}$ を比較しても，提案手法の方が 0.79 低かった．提案手法によって，出力されたクラスタが最も意外性があると評価された．

表 5.1 手法別の実験結果

	提案手法	比較手法 1	比較手法 2
回答数	21	20	20
$S_{\text{意外性}}$	0.73	0.94	1.52

第 6 章

考察

6.1 意外な観点の発見への効果

本稿では、アイデアの意外な観点の発見を支援するクラスタリング手法の有効性を検証した。提案手法の $S_{\text{意外性}}$ が 3 手法の中で最も低かったため、2 つの比較手法よりも、より思いつきづらいアイデアの観点を発見させることができたと考えられる。つまり、第 2 主成分と第 3 主成分のスコアでクラスタリングしたクラスタを提示することで、アイデアの意外な観点の発見が促進されるという仮説は今回の実験において支持されたと考えられる。

今回用いた日本語 Wikipedia Entity Vectors は、似た意味の単語のベクトルが近い値となる性質を持っているため、主成分分析によって得られた主成分は、単語の持つ共通の意味を要約していると考えられる。第 1 主成分はデータ全体を最もよく説明できることが多く、今回クラスタリングに使用した第 2 主成分や第 3 主成分はその次にデータ全体を説明しやすい主成分である。その 2 つの主成分を用いてクラスタリングを行ったことで、一般的なクラスタリングよりも人間にとって意外であるが、意味を見出せるグループになったと考えられる。

6.2 今後の課題

6.2.1 実際のブレインストーミングへの適用

本研究の実験では、比較実験のために実験協力者間で知識の差が出づらいつと考えられる食品名を「アイデア」、そのグループ名を、「アイデアの観点」として扱った。そのため、実験協力者が自ら考えたアイデアの、意外な観点を考えるブレインストーミングの状況を

完全に再現できていない可能性がある。今後は、今後は実際のブレインストーミングの中で、実験協力者が発想したアイデアを用いた実験により、提案手法の有効性を検証する。

また、本稿では食材名を用いたが、実際のアイデアは文章である可能性もあるため、今回ベクトル化に使用した日本語 Wikipedia Entity Vectors では対応できない。しかし、言語の意味を表せるベクトルであれば本手法を適用可能なので、文章を対象とした場合は Bidirectional Encoder Representations from Transformers[12] などの文章全体を考慮したベクトル化手法を用いることが考えられる。

6.2.2 観点の妥当性

本実験ではクラスタから発見され名付けられた観点名の妥当性について検証が不足していると考えられる。本研究では、意外性のある観点の発見を支援することが目的であるため、意外性と妥当性を両立させる必要がある。妥当性がない場合、実際にはそのクラスタを提示したことによって発見された観点と言えない可能性があるからである。そのクラスタに含まれる観点は複数ある可能性があるため、観点名をつけた実験協力者以外の実験協力者にその妥当性を評価してもらうことで妥当性の検証が可能だと考えられる。

6.3 本研究の発展的な提案

今後の発展として、本提案手法を用いた以下のような AR システムが考えられる。AR により実世界オブジェクトを認識して入力とすれば、実世界オブジェクトと共通する意外な観点を持つ、アイデアグループを提示することができる。ここでは、日常生活に現れるモノのうち、視覚的に認知できるモノを実世界オブジェクトと定義する。その上で、書き貯めてきた「アイデア群」を発展させる可能性がある実世界オブジェクトに遭遇したときに、関連する「アイデア群」を通知することでアイデア発想を再開させる AR システムを提案する。提案システムは、カメラデバイスを通じて実空間オブジェクトをモニタリングし、アイデア群との関連性を分析する。特定の観点でアイデアとの関連性が見いだされたとき、システムはその実世界オブジェクトに対して関連性が高いアイデアの種を提示し、ユーザにアイデア発想の再開を促す。

図 6-1 は、新たな研究室配属の方法を考えているユーザが提案システムを使用したときの利用例を説明したものである。当該ユーザは、お見合い方式、コンペ方式、特定科目の成績順、配属用試験方式、ランダム方式などのアイデアを出して煮詰まっている。そこで、ユーザはアイデア発想から一旦離れ、提案システムを装着し散歩に出かけ、道中でた

新たな研究室配属の仕組みを考えているシーン

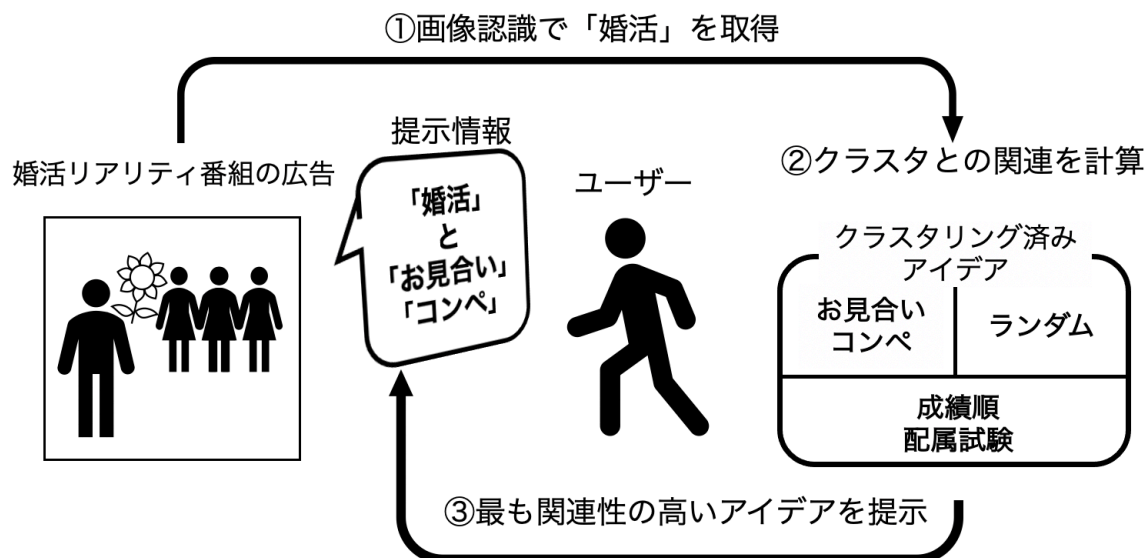


図 6.1 本研究の発展として考えられる AR システム

またま婚活リアリティ番組の広告を見つけたとする．実空間オブジェクトをモニタリングしていた提案システムは，出し貯めたアイデアのうち「お見合い方式」「コンペ方式」が，定性評価によるマッチングという観点で「婚活」と類似性が高いと判定し，提案システムのメガネ型ディスプレイ上にそれら情報を表示する．表示される情報は以下のような情報である．

- オブジェクト名：婚活
- アイデア：お見合い，コンペ

この表示により，ユーザは「研究室メンバーと学生が共同作業をし，研究室がその適性を見て，学生にオファーを出す方式」といったアイデアを思いつくことを期待している．

第 7 章

まとめ

本論文では、アイデアの意外な観点の発見を支援するための、クラスタリング手法の提案と評価を行った。提案手法は、ユーザが発想したアイデアをベクトル化したベクトル集合に対して、主成分分析を行い、第 2 主成分と第 3 主成分にのなす空間に射影したベクトルの集合を k-means 法によりクラスタリングする。そして、この手法により出力される複数のクラスタをユーザに提示する。提案手法が、実際にアイデアの意外な観点の発想を促せるクラスタリングができているかを検証するために、ユーザ実験を行った。今回の実験では、実験用データとして食品分類表を用いて、食品をクラスタリングした食品グループを作り、実験協力者にグループ名をつけてもらい、別の実験協力者にそのグループ名の思いつきやすさを評価してもらった。実験から、提案手法は一般的なクラスタリング手法と比べ、アイデア集合を意外な観点からクラスタリングが可能であることを示唆する結果が得られた。今後は、実際に実験協力者に発想してもらったアイデアを用いて再度実験を行う必要がある。さらに発展として、本提案手法を用いて、アイデア発想を支援する AR システムの開発を行う。

参考文献

- [1] 隈元康郎. アイデアのつくり方, 著者: ジェームス・w・ヤング, 訳: 今井茂雄. *Finex*, Vol. 24, No. 143, p. 35, 2012.
- [2] Sophie Ellwood, Gerry Pallier, Allan Snyder, and Jason Gallate. The incubation effect: hatching a solution? *Creativity Research Journal*, Vol. 21, No. 1, pp. 6–14, 2009.
- [3] Alan R Dennis, Joseph S Valacich, Terry Connolly, and Bayard E Wynne. Process structuring in electronic brainstorming. *Information Systems Research*, Vol. 7, No. 2, pp. 268–277, 1996.
- [4] Hariharan Subramonyam, Steven M. Drucker, and Eytan Adar. Affinity lens: Data-assisted affinity diagramming with augmented reality. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '19, p. 1–13, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [5] Lixiu Yu, Aniket Kittur, and Robert E Kraut. Distributed analogical idea generation: inventing with crowds. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1245–1254, 2014.
- [6] Arthur B VanGundy. Brain writing for new product ideas: an alternative to brainstorming. *Journal of Consumer Marketing*, 1984.
- [7] Peter A Heslin. Better than brainstorming? potential contextual boundary conditions to brainwriting for idea generation in organizations. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, Vol. 82, No. 1, pp. 129–145, 2009.
- [8] 川喜田二郎. 発想法: 創造性開発のために, 第 136 巻. 中央公論社, 1970.
- [9] R Brent Gallupe and William H Cooper. Brainstorming electronically. *MIT Sloan Management Review*, Vol. 35, No. 1, pp. 27–36, 1993.
- [10] Terry Connolly, Leonard M Jessup, and Joseph S Valacich. Effects of anonymity

- and evaluative tone on idea generation in computer-mediated groups. *Management science*, Vol. 36, No. 6, pp. 689–703, 1990.
- [11] Irene Solaiman, Miles Brundage, Jack Clark, Amanda Askill, Ariel Herbert-Voss, Jeff Wu, Alec Radford, Gretchen Krueger, Jong Wook Kim, Sarah Kreps, et al. Release strategies and the social impacts of language models. *arXiv preprint arXiv:1908.09203*, 2019.
- [12] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, pp. 4171–4186, 2019.

謝辞

本研究の遂行ならびに論文の作成にあたり，ご指導を賜りました静岡大学情報学部講師 山本祐輔先生に謹んで深謝の意を表します．本論文をまとめるにあたり，副査として有益な御助言，御教示を賜りました静岡大学情報学部准教授 森田純哉先生に心より感謝の意を表します．本研究の遂行並びに論文の執筆に御協力いただいた静岡大学情報学部山本研究室の皆様には感謝いたします．最後に，これまで暖かく見守ってくれた家族に感謝します．

2021 年 3 月 若月祐樹