

2021年度（令和3年度） 卒業論文

概念の結合に基づく類推を利用した発想
支援

電気情報系学科 卒業論文検印	
学科長	

指導教員

村田真樹
村上仁一

鳥取大学工学部 電気情報系学科

自然言語処理研究室

B18T2062Z 須ヶ牟田 稔

概要

発想支援とは、既存のアイデアや物事を様々な方向から発展させ新たな発想を生み出すことである。発想支援の手法の一つにチェックリスト法 [1] というものがある。チェックリスト法とはアレックス・F・オズボーン氏が作った発想法で拡大 (大きくしてみたらどうか) や結合 (組み合わせてみたらどうか) などいくつかの項目を利用して発想支援を行う手法である。

上記に示したチェックリスト法の結合に基づいた推論を、概念属性データベースを用いて行うことで発想支援する。概念属性データベースとは、ある単語を表す概念を属性としたデータベースである。本研究では、McRae のデータセット [2] を概念属性データベース [3] とする。概念属性データベースから「「食器洗いに使われる」と「水が必要」から「食器洗浄機」を類推する」といった推論を行う。

2つの類推法を用いた結果から、類推できる、大方できているまたは少し変だと思う、見かたによってはできている、類推できない、の4段階の評価を行った。被験者実験を5人で行い、上記の評価内容と同様に評価を行った。被験者実験における2つの類推法の正解率において、「類推できる」と「大方類推できるまたは少し変だと思う」を正解とした場合の正解率はそれぞれ0.68, 0.55で、2つの類推法に対する word2vec の比較実験の正解率はそれぞれ0.01, 0.02だった。本研究において提案手法は word2vec を用いた比較手法よりも良い結果を得ることができた。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	先行手法	3
2.1	McRae のデータセット	3
2.2	小野の先行研究	3
第3章	提案手法	5
3.1	概念属性データベース	5
3.2	類推法1：2つの属性の結合に基づく類推法	5
3.3	類推法2：2つの単語の結合に基づく類推法	6
第4章	提案手法の実験	7
4.1	実験データの整備	7
4.2	word2vec を用いた比較手法	7
4.3	評価方法	8
4.4	実験結果	9
第5章	被験者実験	21
5.1	実験データの整備	21
5.2	評価方法	22
5.3	実験結果	22
第6章	考察	28
6.1	被験者実験における提案手法の実験についての考察	28
6.2	被験者実験における word2vec を用いた比較実験についての考察	31
6.3	先行研究との比較	31
第7章	今後の課題	33

表 目 次

2.1	概念属性データベースの例	3
2.2	a_cat を持つものを取り出す	4
2.3	a_cat と is_large の両方を持つものを取り出す	4
3.1	概念属性データベースの例	5
4.1	削除したデータ_提案手法	7
4.2	4段階評価の内容	8
4.3	類推法1の実験結果1	9
4.4	類推法1の実験結果2	10
4.5	類推法1の実験結果3	11
4.6	類推法1の実験結果4	12
4.7	類推法2の実験結果1	12
4.8	類推法2の実験結果2	13
4.9	類推法2の実験結果3	14
4.10	類推法1に対する word2vec の実験結果1	15
4.11	類推法1に対する word2vec の実験結果2	16
4.12	類推法1に対する word2vec の実験結果3	17
4.13	類推法2に対する word2vec の実験結果1	18
4.14	類推法2に対する word2vec の実験結果2	19
4.15	類推法2に対する word2vec の実験結果3	20
4.16	類推法1の実験の正解率	20
4.17	類推法2の実験の正解率	20
5.1	削除したデータ1_被験者実験	21
5.2	削除したデータ2_被験者実験	22
5.3	類推法1の実験結果_被験者実験	23

5.4	類推法 2 の実験結果_被験者実験	24
5.5	類推法 1 に対する word2vec の実験結果_被験者実験	25
5.6	類推法 2 に対する word2vec の実験結果_被験者実験	26
5.7	1 人目の被験者の正解率	26
5.8	2 人目の被験者の正解率	27
5.9	3 人目の被験者の正解率	27
5.10	4 人目の被験者の正解率	27
5.11	5 人目の被験者の正解率	27
5.12	被験者実験の正解率	27
6.1	類推法 1 における○の評価例	28
6.2	類推法 1 で◎となった評価例	29
6.3	類推法 2 で○となった評価例	29
6.4	類推法 1 における×の評価例	30
6.5	本研究と先行研究の被験者実験の正解率の比較	32

第1章 はじめに

発想支援 [4][5] とは, 既存のアイデアや物事を様々な方向から発展させ新たな発想を生み出すことである. 発想支援の手法の一つにチェックリスト法 [1] というものがある. チェックリスト法とはアレックス・F・オズボーン氏が作った発想法で拡大 (大きくしてみたらどうか) や結合 (組み合わせてみたらどうか) などいくつかの項目を利用して発想支援を行う手法である.

先行研究である小野の研究 [6] では, 上記で述べたチェックリスト法の拡大や縮小 (小さくしてみたらどうか) の項目について研究 (「猫を大きくすると虎になる」といった推論) を行っていたが, 他の項目についての研究は行っていなかった.

本研究の主な主張点を以下に示す.

- 本研究の目的はチェックリスト法の結合に基づいた発想支援を概念属性データベースから行えるようにすることである (例: 「食器洗いに使われる」と「水が必要」から「食器洗浄機」を類推).
- 本研究では, 提案手法の実験結果を5人の被験者で評価を行った. 「◎のみを正解としたとき」, 「◎, ○を正解としたとき」, 「◎, ○, △を正解としたとき」の3つの場合で正解率を出したが, 類推法1ではそれぞれ0.47, 0.68, 0.89, 類推法2ではそれぞれ0.30, 0.55, 0.76となり, まずまずの性能を得ることができた. 類推法1, 2に対してそれぞれ word2vec を用いた比較実験を行ったが, これも同じく5人で被験者実験を行い, 類推法1ではそれぞれ0.00, 0.01, 0.13となり, 類推法2ではそれぞれ0.02, 0.12, 0.27となった. 上記から, 本研究において提案手法は, word2vec を用いた比較手法よりも良い結果を得ることができた.
- 本研究は McRae のデータセットから発想支援を行うため, 既存のデータのみでの推論を行うことになる. 本研究を進めていくことで, ゆくゆくは発想支援にながっていくと考えられる.

本論文の構成は以下のとおりである. 第2章では, 本研究に関連する研究としてど

のような研究が行われてきたか記述する。第3章では、本研究での2つの提案手法を記述する。第4章では、本研究の2つの手法に対する word2vec の比較手法と2つの手法の実験結果を記述する。第5章では、本研究の2つの手法についての被験者実験の実験結果を記述する。第6章では、本研究の考察を記述する。第7章では、今後の課題を記述する。第8章では、まとめを行う。

第2章 先行手法

本章では、先行研究について記述する。2.1節ではMcRaeのデータセット [2] について記述する。2.2節では小野が行った単語を複数の属性で表現したことについて記述する。

2.1 McRaeのデータセット

McRaeのデータセット [2] は、基本レベルに属すると考えられる541種類の英単語概念に対し、725名の評定者が与えた総計7,521種類の `is_large`, `a_cat` のような意味属性データを収集したものである。McRaeのデータセットの一部を表2.1に示す。

表 2.1: 概念属性データベースの例

単語	概念属性
cat	<code>an_animal has_4_leg a_pet has_fur ...</code>
tiger	<code>a_cat an_animal has_4leg has_fur is_large ...</code>
gun	<code>a_weapon made_of_metal is_dangerous ...</code>
pistol	<code>a_gun a_weapon made_of_metal is_small ...</code>
rifle	<code>a_gun a_weapon made_of_metal is_long ...</code>

2.2 小野の先行研究

小野は表2.1のような概念属性データベースから類推を行う。例えばネコ (`cat`) を大きくしたいならネコ (`cat`) の属性に `is_large` という属性を加える。そして加えた属性を持つ項目を取り出す。そしてトラなどを抽出されることを期待する。以下に手順を示す。

- 手順1 a_単語 (a_cat など) の属性を持っている単語を取り出し, 属性として扱う.
- 手順2 取り出した単語に加えたい属性 (is_large など) を探す.
- 手順3 手順1 で取り出した属性と 手順2 で取り出した属性の両方を持つ単語を取り出す.

表 2.2 と表 2.3 に手順 1 から手順 3 の具体例を示す。

表 2.2: a_cat を持つものを取り出す

単語	概念属性
tiger	a_cat an_animal, has_4leg, has_fur, is_large …
lion	a_cat an_animal, has_4leg, has_fur, is_large …
cheetah	a_cat an_animal, has_4leg, has_fur, is_large …

表 2.3: a_cat と is_large の両方を持つものを取り出す

単語	概念属性
tiger	a_cat an_animal, has_4leg, has_fur, is_large …
lion	a_cat an_animal, has_4leg, has_fur, is_large …

第3章 提案手法

本章では、提案手法の説明を記述する。3.1節では、概念属性データベースについて記述している。3.2節では類推法1について記述している。3.3節では、類推法2についてを記述している。

3.1 概念属性データベース

本研究ではMcRaeのデータセットを概念属性データベースとして用いて類推を行う。概念属性データベースとは、ある単語を表す概念を属性としたデータベースである。McRaeのデータセットの意味属性データを概念属性とする。概念属性データベースの一部を表3.1に示す。

表 3.1: 概念属性データベースの例

単語	概念属性
cat	an_animal, has_4_leg, a_pet, has_fur ...
tiger	a_cat, an_animal, has_4_leg, has_fur, is_large ...
gun	a_weapon, made_of_metal, is_dangerous ...
pistol	a_gun, a_weapon, made_of_metal, is_small ...
rifle	a_gun, a_weapon, made_of_metal, is_long ...

3.2 類推法1：2つの属性の結合に基づく類推法

類推法1では、2つの属性を考え、それらをもつ単語を概念属性データベースから取り出し、取り出した単語を2つの属性からの類推結果として扱う。以下に手順を示す。

- 手順1 2つ (例:「used_for_washing_dishes(食器洗いに使われる)」, 「requires_water(水が必要)」など) の属性を与える。

- 手順2 手順1で与えた属性を用いて、概念属性データベースからそれらの属性を含んだ単語を取り出していく (例: 「used_for_washing_dishes(食器洗いに使われる)」 + 「requires_water(水が必要)」 → 「dishwasher(食器洗浄機)」).

3.3 類推法2：2つの単語の結合に基づく類推法

類推法2では、単語による類推を行う。2つの単語 A, B を考え、それらの両方ともが、属性の最後の単語となっている単語を概念属性データベースから取り出し、取り出した単語を2つの単語からの類推結果として扱う。類推法2を行う理由は、本研究はチェックリスト法の結合に基づいていて、類推法1で行う単語列の形になっている属性を2つ結合する類推法よりも、単語と単語の結合に基づく類推法が本研究の目的としているところに近いためである。以下に手順を示す。

- 手順1 2つの単語を考える (「water」や「dishes」など).
- 手順2 手順1で考えた単語を McRae のデータセット内の概念属性の一番最後に含む単語を取り出す。

(「dishwasher」の属性：「used_for_washing_dishes」,
「requires_water」…その他
→ dishwasher を出力)

第4章 提案手法の実験

4.1 実験データの整備

本実験の入力データは McRae のデータセットから作成し、その中から同じ単語にある2つの属性を取り出す。入力した属性同士がほとんど同じ意味だったり一つの属性がもう一つの属性に意味的に包含されている場合などは除き、その中から100組の属性と英単語をランダムに選ぶ。上記のような削除を行う理由として、2つの属性が同じ意味や片方が意味的に包含される場合は、実質的に2つではなく1つの属性からの類推になってしまう。それでは、本研究の目的の概念の結合に基づく類推と異なるものになってしまう。このため、二つの属性が同じ意味や片方に意味的に包含される場合のものは除いた。削除したデータは類推法1において6個で、類推法2とそれぞれの word2vec の比較手法においても、類推法1で削除したデータは対応している。表4.1に入力した属性と出力単語から削除したデータを示す。

表 4.1: 削除したデータ_提案手法

入力 (概念属性)	出力 (英単語)
used_for_measuring,used_for_measuring_evenness(均等)	level
is_dangerous,is_destructive	bazooka
	bomb
eg_-_vanilla_cake,made_in_ovens	cake
has_a_beak(くちばし),a_bird	rooster(おんどり、鶏のオス)
has_horns,like_a_cow	ox
used_in_winter,used_on_snow	sled(そり)

4.2 word2vec を用いた比較手法

比較手法として word2vec[7][8][9] を用いて、提案手法と比較手法の比較実験を行う。word2vec とは文章における単語をベクトルに変換する自然言語処理の手法である。類

推法 1 と類推法 2 のそれぞれに対して個々の比較手法を用いる。以下に類推法 1 に対する比較手法の手順を示す。

- 手順 1 類推法 1 の入力に用いる属性における、「_」や「beh」など word2vec 上に存在していない表現を取り除く (is_mammal → mammal など)。
- 手順 2 手順 1 で残った複数の単語について、それぞれの単語のベクトルを word2vec で求める。得られたベクトルの和に最も近いベクトルの単語を取り出す。単語の類似度にはコサイン類似度を用いる。

以下に類推法 2 に対する比較手法の手順を示す。

- 手順 1 類推法 2 の入力に用いる二つの単語について、それぞれの単語のベクトルを word2vec で求める。得られたベクトルの和に最も近いベクトルの単語を取り出す。単語の類似度にはコサイン類似度を用いる。

4.3 評価方法

本実験の評価方法について、出力された単語に対して、◎, ○, △, × の 4 段階で評価して、評価した結果を元に全体の正解率を出す。表 4.2 に 4 段階評価の内容を示す。◎のみを正解とした場合、◎と○の 2 つを正解とした場合、◎, ○, △ の 3 つを正解とした場合の 3 つの場合で全体での正解率を出す。ある入力において、出力された単語が複数個ある場合、出力された単語の個数を n 個、正解の単語の個数を k 個とすると、その入力では $\frac{k}{n}$ 個正解したとする。提案手法の出力結果では複数個のものがある。これは、提案手法に適合したすべての単語を抜き出すと、複数個の単語が得られる場合があるからである。

表 4.2: 4 段階評価の内容

	評価の内容
◎	類推できる
○	大方類推できる, 少し変だと思う
△	見方によっては類推できる
×	類推できない

4.4 実験結果

本実験において、類推法2では、類推法1で用いた属性における1番最後の単語を与えているので、類推法1と類推法2、それぞれの類推法に対する word2vec との比較実験のデータは対応している。

表4.4から表4.6にそれぞれ類推法1の実験結果を示す。表4.7から表4.9にそれぞれ類推法2の実験結果を示す。表4.10から表4.12にそれぞれ類推法1に対する word2vec の実験結果を示す。表4.13から表4.15にそれぞれ類推法2に対する word2vec の実験結果を示す。上記に示した4つの手法全てにおいて、入力した概念属性は100組である。表4.16に類推法1の実験結果と類推法1に対する word2vec の実験結果の正解率、表4.17に類推法2の実験結果と類推法2に対する word2vec の実験結果の正解率を示す。実験結果を示す表の中に、入力の列において複数行分対応している項目がいくつかあるが、これは1組の入力した概念属性に対して、複数個の英単語が出力されたことを意味している。

表 4.3: 類推法1の実験結果1

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
made_of_china,a_UFO	saucer	△
like_a_nail(釘),aBolts	screws	○
different_sizes,used_for_carpentry(大工仕事)	pliers(ペンチ)	◎
	screw	◎
worn_for_swimming,has_1_piece	swimsuit	○
found_in_oysters(牡蠣、真珠貝),has_value	pearl	◎
used_for_pounding(叩く、うつ)_nails(釘),has_a_wooden_handle	hammer	◎
is_oval(楕円),has_white_laces(組み紐)	football	◎
used_for_storing_meat,an_appliance(電化製品)	freezer	◎
a_spice,has_skin	garlic	◎
used_for_racing,used_for_working	horse	◎
comes_in_bunches(房、群れ),used_for_raisins	grape	◎
requires_air,used_by_moving_bellows(唸り声、とどろき)	accordion	○
eaten_as_pickles,is_purple	beets(甜菜)	○
used_in_cooking,a_spice	garlic	○
has_4_legs,lives_in_zoos	elephant	◎
	zebra	◎
is_white,has_an_inside	fridge	○
is_warm,worn_over_ears	earmuffs(耳覆い)	◎
made_of_lead(鉛),a_utensil(家庭用品)	pencil	◎
made_from_grapes,is_dried	raisin	◎
has_a_light_inside,has_freon(フッカ炭化水素の商品)	fridge	◎
used_for_drawing_blood,used_in_MacBeth	dagger	◎

表 4.4: 類推法 1 の実験結果 2

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
different_styles,is_short	dress	×
worn_in_summer,worn_for_walking_in_sand	sandals	◎
is_yellow,is_large	grapefruit	○
	hornet(スズメバチ)	○
a_small_horse,has_hair	pony	◎
beh_-_sees_well,has_eyes	hawk	◎
is_underground,is_dirty	subway	×
has_a_radio,used_for_playing_cassettes	stereo	◎
grows_on_bushes(未開地),used_in_desserts	strawberry	△
is_white,has_paws(爪のある動物の足)	bear	○
is_hard,used_for_collecting	marble(ビー玉)	○
is_rough,is_smooth	rock	△
made_of_wood,used_on_rivers	canoe	○
used_for_playing_different_stations,used_for_listening_to_talk_shows	radio	◎
tastes_good,is_large	shrimp	×
has_strings,made_of_cotton(綿織物)	apron	○
a_weapon,is_long	bow_(weapon)	◎
	harpoon	◎
	machete	◎
	missile	○
	rifle	○
	spear	◎
	sword	○
has_layers(層),has_skin	onions	○
bought/sold_in_stores,requires_money	magazine	△
has_eyes,is_large	beetle(甲虫)	△
	spider	△
a_rodent,has_legs	rat	◎
found_in_dining_rooms,has_legs	table	◎
found_in_clams(二枚貝),worn_as_earrings	pearl(真珠)	◎
a_boat,made_of_fibreglass(繊維ガラス)	canoe	×
a_pet,beh_-_talks	budgie(セキセイインコ)	◎
requires_ink,used_long_ago	typewriter	○
used_for_construction(建設),is_hard	board_(wood)	◎
lives_in_water,beh_-_lays_eggs	crocodile	◎
	mackerel(サバ)	◎
	perch	○
	salmon	○
	trout	○
worn_for_the_cold,made_of_fur(毛皮)	coat	◎
used_by_teachers,found_in_classrooms	board_(black)	◎
has_pinchers(はさみ),has_a_hard_shell	crab	◎
made_of_metal,used_in_orchestras	clarinet	◎
	trumpet	◎
like_a_cat,a_predator(捕食者)	leopard(ヒョウ)	◎

表 4.5: 類推法 1 の実験結果 3

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
is_hard,is_red	brick(れんが)	○
is_green,has_a_core(芯)	apple	○
used_on_ships,used_for_building_houses	board_(wood)	○
used_for_exercising,has_a_frame(車枠)	bike	◎
a_fruit,eaten_by_monkeys	banana	◎
used_for_camping,used_for_protection(保護)	tent	○
a_mammal,is_violent	gorilla	×
a_gun,is_hand_held	pistol	◎
a_fruit,a_vegetable	avocado	◎
	pumpkin	○
	tomato	◎
used_for_wool(羊毛),a_baby_is_a_lamb	sheep	◎
made_of_plastic,different_sizes	bag	○
	tank_(container)	○
is_fast,is_killed	housefly	○
has_a_lid(ふた),a_utensil(家庭用品)	pot	○
inbeh_-_whistles,used_for_making_tea	kettle	○
is_strong,lives_in_a_colony(居住地、植民地)	ant	△
has_a_head,used_for_repairs	screwdriver	○
beh_-_lays_eggs,a_carnivore(肉食者)	eagle(鷲)	○
is_efficient,is_electrical	subway	△
has_bristles(剛毛),used_for_removing_dust	broom(ほうき)	◎
requires_soap(石鹸),requires_water	dishwasher	○
a_tool,used_for_gripping(つかむ)	pliers	○
a_pet,has_4_legs	cat	◎
	iguana	○
inbeh_-_water_flows_through_it,used_by_firemen	hose	◎
made_of_ceramic(陶芸の),found_on_tables	plate	○
has_a_lid(蓋),used_for_holding_wine	bottle	◎
has_patterns,part_of_a_set_of_dishes?	saucer	○
used_with_screws(ねじ),different_sizes	bolts(締め釘)	○
used_for_war,is_dangerous	bazooka	◎
	bomb	◎
	missile	◎
is_breakable,used_for_feeding_cats	saucer	◎
associated_with_Dracula,associated_with_Superman	cape(肩マント)	○
beh_-_climbs_trees,has_a_tail	chipmunk(シマリス)	◎
	panther	○
a_vehicle,used_by_pushing	scooter	×
beh_-_eats_nuts,is_furry(柔毛質)	chipmunk	◎
used_for_working_on,has_4_legs	desk	◎
lives_in_north(北極),beh_-_migrates(移住する)	caribou	◎
inbeh_-_produces_music,used_by_people	trombone	○
has_springs(ばね、弾力),has_a_comforter(掛け布団)	bed	◎
worn_as_jewelry(宝石),is_beautiful	emerald	○

表 4.6: 類推法 1 の実験結果 4

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
requires_ink,has_a_bell	typewriter	○
a_pants,has_zippers	trousers(ズボン)	◎
beh_-_is_nocturnal(夜行性),beh_-_screeches(金切り声)	bat_(animal)	◎
has_2_legs,eg_-_bell_bottoms	pants	△
has_4_wheels,has_sliding_doors	van	◎
used_in_winter,used_bypulling(引っ張る)_by_dogs	sled	○
a_relative_of_cats,beh_-_eats_animals	cougar(ピューマ)	◎
an_appliance(電化製品),has_shelves(棚)	fridge	◎
is_small,used_for_criminals	cage	○

表 4.7: 類推法 2 の実験結果 1

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
china,UFO	saucer	×
nail(釘),bolts(止め釘)	screws(ねじ)	×
sizes,carpentry(大工仕事)	pliers(ペンチ)	○
	screws	○
swimming,piece	swimsuit	○
oysters(牡蠣、真珠貝),value	pearl	◎
nails(釘),handle	hammer	○
oval(楕円),laces(組み紐)	football	◎
meat,appliance(電化製品)	freezer	◎
spice,skin	garlic	◎
racing,working	horse	○
bunches(房、群れ),raisins	grape	◎
air,bellows(唸り声、とどろき)	accordion	△
pickles,purple	beets(甜菜)	○
cooking,spice	garlic	◎
legs, zoo	elephant	◎
	zebra	◎
white,inside	fridge	○
warm,ears	earmuffs(耳覆い)	◎
lead(鉛),utensil(家庭用品)	pencil	◎
grapes,dried	raisin	◎
inside,fron	fridge	◎
blood,MacBeth	dagger	◎
styles,short	dress	×
summer,sand	sandals	○
yellow, large	grapefruit	○
	hornet(スズメバチ)	○
horse,hair	pony	○
well,eyes	hawk	○
underground,dirty	subway	×

表 4.8: 類推法 2 の実験結果 2

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
radio,cassettes	stereo	◎
bushes(未開地),desserts	strawberry	△
white,paws(爪のある動物の足)	bear	◎
hard,collecting	marble(ビー玉)	○
rough,smooth	rock	△
wood,rivers	canoe	○
stations,shows	radio	△
good,large	shrimp	×
strings,cotton(綿織物)	apron	○
weapon, long	bow_(weapon)	◎
	harpoon	◎
	machete	◎
	missile	○
	rifle	○
	spear	◎
	sword	○
layers(層),skin	onions	○
stores,money	magazine	×
eyes, large	beetle(甲虫)	×
	spideer	×
rodent,legs	rat	◎
rooms,legs	table	△
clams(二枚貝),earrings	pearl(真珠)	○
boat,fibreglass(繊維ガラス)	canoe	×
pet,talks	budgie(セキセイインコ)	◎
ink,ago	typewriter	×
construction(建設),hard	board_(wood)	○
water, eggs	crocodile	△
	mackerel(サバ)	◎
	perch	○
	salmon	○
	trout	○
cold,fur(毛皮)	coat	○
teachers,classrooms	board_(black)	◎
pinchers(はさみ),shell	crab	◎
metal, orchestras	clarinet	◎
	trumpet	◎
cat,predator(捕食者)	leopard(ヒョウ)	◎
hard,red	brick(れんが)	○
green,core(芯)	apple	○
ships,houses	board_(wood)	△
exercising,frame(車枠)	bike	◎
fruit,monkeys	banana	◎
camping,protection(保護)	tent	○
mammal,violent	gorilla	×
gun,held	pistol	◎

表 4.9: 類推法 2 の実験結果 3

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
fruit,vegetable	avocado	◎
	pumpkin	○
	tomato	◎
wool(羊毛),lamb	sheep	×
plastic, sizes	bag	△
	tank_(container)	○
fast,killed	housefly	○
lid(ふた),utensil(家庭用品)	pot	○
whistles,tea	kettle	○
strong,colony(居住地、植民地)	ant	×
head,repairs	screwdriver	△
eggs,carnivore(肉食者)	eagle(鷲)	○
efficient,electrical	subway	△
bristles(剛毛),dust	broom(ほうき)	○
soap(石鹸),water	dishwasher	○
tool,gripping(つかむ)	pliers	◎
pet, legs	cat	◎
	iguana	○
it,firemen	hose	○
ceramic(陶芸の),tables	plate	△
lid(蓋),wine	bottle	○
patterns,dishes	saucer	○
screws(ねじ),sizes	bolts(締め釘)	○
war, dangerous	bazooka	◎
	bomb	◎
	missile	◎
breakable,cats	saucer	△
Dracula,Superman	cape(肩マント)	○
trees, tail	chipmunk(シマリス)	○
	panther	△
vehicle,pushing	scooter	×
nuts,furry(柔毛質)	chipmunk	○
on,legs	desk	△
north(北極),migrates(移住する)	caribou	◎
music,people	trombone	△
springs(ばね、弾力),comforter(掛け布団)	bed	◎
jewelry(宝石),beautiful	emerald	◎
ink,bell	typewriter	○
pants,zippers	trousers(ズボン)	◎
nocturnal(夜行性),screeches(金切り声)	bat_(animal)	◎
legs,bottoms	pants	△
wheels,doors	van	○
winter,dogs	sled	○
cats,animals	cougar(ピューマ)	○
appliance(電化製品),shelves(棚)	fridge	△
small,criminals	cage	△

表 4.10: 類推法 1 に対する word2vec の実験結果 1

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
made_of_china,a_UFO	weave	×
like_a_nail(釘),a_bolts	not present	×
different_sizes,used_for_carpentry(大工仕事)	not present	×
worn_for_swimming,has_1_piece	stud	×
found_in_oysters(牡蠣、真珠貝),has_value	alaskans	×
used_for_pounding(叩く、うつ)_nails(釘),has_a_wooden_handle ば	revolving	×
is_oval(楕円),has_white_laces(組み紐)	not present	×
used_for_storing_meat,an_appliance(電化製品)	unavailable	×
a_spice,has_skin	pouch	×
used_for_racing,used_for_working	use	×
comes_in_bunches(房、群れ),used_for_raisins	not present	×
requires_air,used_by_moving_bellows(唸り声、とどろき)	crank	×
eaten_as_pickles,is_purple	cakes	×
used_in_cooking,a_spice	pickle	×
has_4_legs,lives_in_zoos	fading	×
is_white,has_an_inside	a	×
is_warm,worn_over_ears	warmth	△
made_of_lead(鉛),a_utensil(家庭用品)	not present	×
made_from_grapes,is_dried	ripe	×
has_a_light_inside,has_freon(フッカ炭化水素の商品)	not present	×
used_for_drawing_blood,used_in_MacBeth	not present	×

表 4.11: 類推法 1 に対する word2vec の実験結果 2

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
different_styles,is_short	fairly	×
worn_in_summer,worn_for_walking_in_sand	decorations	×
is_yellow,is_large	colloquially	×
a_small_horse,has_hair	stallion	△
beh_-_sees_well,has_eyes	seen	×
is_underground,is_dirty	hamburgers	×
has_a_radio,used_for_playing_cassettes	freeform	×
grows_on_bushes(未開地),used_in_desserts	beekeepers	×
is_white,has_paws(爪のある動物の足)	whiskers	×
is_hard,used_for_collecting	additionally	×
is_rough,is_smooth	narrower	×
made_of_wood,used_on_rivers	walled	△
used_for_playing_different_stations,used_for_listening_to_talk_shows	routines	×
tastes_good,is_large	attractive	×
has_strings,made_of_cotton(綿織物)	pinnacle	×
a_weapon,is_long	hover	×
has_layers(層),has_skin	noticeably	×
bought/sold_in_stores,requires_money	not present	×
has_eyes,is_large	fairly	×
a_rodent,has_legs	hump	×
found_in_dining_rooms,has_legs	spacious	×
found_in_clams(二枚貝),worn_as_earrings	fished	△
a_boat,made_of_fibreglass(繊維ガラス)	not present	×
a_pet,beh_-_talks	faked	×
requires_ink,used_long_ago	noticeable	×
used_for_construction(建設),is_hard	basically	×
lives_in_water,beh_-_lays_eggs	infertile	×
worn_for_the_cold,made_of_fur(毛皮)	decorations	×
used_by_teachers,found_in_classrooms	faculties	×
has_pinchers(はさみ),has_a_hard_shell	not present	×
made_of_metal,used_in_orchestras	rhythmically	×
like_a_cat,a_predator(捕食者)	pouch	×
is_hard,is_red	easiest	×
is_green,has_a_core(芯)	colloquially	×
used_on_ships,used_for_building_houses	specially	×
used_for_exercising,has_a_frame(車枠)	technically	×
a_fruit,eaten_by_monkeys	lavender	×
used_for_camping,used_for_protection(保護)	use	×
a_mammal,is_violent	genitals	×
a_gun,is_hand_held	holding	×
a_fruit,a_vegetable	nectar	×
used_for_wool(羊毛),a_baby_is_a_lamb	pouch	×
made_of_plastic,different_sizes	fairly	×
is_fast,is_killed	hover	×

表 4.12: 類推法 1 に対する word2vec の実験結果 3

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
has_a.lid(ふた),a.utensil(家庭用品)	not present	×
inbeh.-_whistles,used_for_making_tea	vending	×
is_strong,lives_in_a_colony(居住地、植民地)	disproportionate	×
has_a.head,used_for_repairs	technically	×
beh.-_lays_eggs,a_carnivore(肉食者)	clothed(着る)	×
is_efficient,is_electrical	convenient	×
has_bristles(剛毛),used_for_removing_dust	not present	×
requires_soap(石鹸),requires_water	unsafe	×
a_tool,used_for_gripping(つかむ)	ergonomic(人間工学)	×
a_pet,has_4_legs	not present	×
inbeh.-_water_flows_through_it,used_by_firemen	tilting	×
made_of_ceramic(陶芸の),found_on_tables	artefacts	△
has_a.lid(蓋),used_for_holding_wine	usually	×
has_patterns,part_of_a_set_of_dishes	which	×
used_with_screws(ねじ),different_sizes	virginals	×
used_for_war,is_dangerous	handguns	◎
is_breakable,used_for_feeding_cats	not present	×
associated_with_Dracula,associated_with_Superman	not present	×
beh.-_climbs_trees,has_a_tail	cages	×
a_vehicle,used_by_pushing	fuzes	×
beh.-_eats_nuts,is_furry(柔毛質)	rabbits	○
used_for_working_on,has_4_legs	wpm	×
lives_in_north(北極),beh.-_migrates(移住する)	not present	×
inbeh.-_produces_music,used_by_people	rhythmically	×
has_springs(ばね、弾力),has_a_comforter(掛け布団)	not present	×
worn_as_jewelry(宝石),is_beautiful	garment	×
requires_ink,has_a_bell	simulating	×
a_pants,has_zippers	not present	×
beh.-_is_nocturnal(夜行性),beh.-_screeches(金切り声)	not present	×
has_2_legs,eg.-_bell_bottoms	downhill	×
has_4_wheels,has_sliding_doors	quieter	×
used_in_winter,used_by_pulling(引っ張る)_by_dogs	softened	×
a_relative_of_cats,beh.-_eats_animals	genitals	×
an_appliance(電化製品),has_shelves(棚)	cores	×
is_small,used_for_criminals	or	×

表 4.13: 類推法 2 に対する word2vec の実験結果 1

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
nail(釘),bolts	dragging	×
china,UFO	not present	×
sizes,carpentry(大工仕事)	not present	×
swimming,piece	walking	×
oysters(牡蠣、真珠貝),value	debasement	×
nails(釘),handle	slip	×
oval(楕円),laces(組み紐)	not present	×
meat,appliance(電化製品)	merlot	×
spice,skin	bark(樹皮)	○
racing,working	motorcycles	◎
bunches(房、群れ),raisins	not present	×
air,bellows(唸り声、とどろき)	propeller	×
pickles,purple	striped	×
cooking,spice	salads	×
legs,zoos	giraffes	◎
white,inside	red	×
warm,ears	wet	×
lead(鉛),utensil(家庭用品)	not present	×
grapes,dried	lavender	×
inside,freon(フッカ炭化水素の商品)	not present	×
blood,MacBeth	not present	×
styles,short	repertoire	×
summer,sand	snow	×
yellow,large	coloured	△
horse,hair	legged	×
well,eyes	imitate	×
underground,dirty	rides	×
radio,cassettes	beeb	×
bushes(未開地),desserts	cloves	×
white,paws(爪のある動物の足)	kittiwake	○
hard,collecting	sheer	×
rough,smooth	conical	×
wood,rivers	limestone	×
stations,shows	broadcast	×
good,large	attractive	×
strings,cotton(綿織物)	guitars	×
weapon,long	crossbows	◎
layers(層),skin	pigment	×
stores,money	sell	○
eyes,large	digging	×

表 4.14: 類推法 2 に対する word2vec の実験結果 2

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
rodent,legs	giraffes	×
rooms,legs	floor	△
clams(二枚貝),earrings	necklaces	×
boat,fibreglass(繊維ガラス)	not present	×
pet,talks	loathing	×
ink,ago	meteorites	×
construction(建設),hard	cheaper	×
water,eggs	harvested	×
cold,fur(毛皮)	flora	×
teachers,classrooms	classroom	×
pinchers(はさみ),shell	not present	×
metal,orchestras	guitars	○
cat,predator(捕食者)	rat	△
hard,red	tipped	×
green,core(芯)	colors	×
ships,houses	docks	△
exercising,frame(車枠)	erased	×
fruit,monkeys	lavender	×
camping,protection(保護)	sanitary	△
mammal,violent	hyenas	×
gun,held	rounds	×
fruit,vegetable	beans	△
wool(羊毛),lamb	oranges	×
plastic,sizes	beads	△
fast,killed	grenades	×
lid(ふた),utensil(家庭用品)	not present	×
whistles,tea	pineapple	×
strong,colony(居住地、植民地)	colonial	×
head,repairs	rigging	×
eggs,carnivore(肉食者)	rabbits	×
efficient,electrical	efficiency	×
bristles(剛毛),dust	not present	×
soap(石鹸),water	fresh	△
tool,gripping(つかむ)	gadgets	△
pet,legs	bite	×
it,firemen	rojcewicz	×
ceramic(陶芸の),tables	abacus	×
lid(蓋),wine	cakes	×

表 4.15: 類推法 2 に対する word2vec の実験結果 3

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価
patterns,dishes	fabrics	×
screws(ねじ),sizes	widths	×
war,dangerous	morale	×
breakable,cats	not present	×
Dracula,Superman	not present	×
trees,tail	clumps	×
vehicle,pushing	maneuvers	×
nuts,furry(柔毛質)	ketchup	×
on,legs	chest	△
north(北極),migrates(移住する)	not present	×
music,people	singers	◎
springs(ばね、弾力),comforter(掛け布団)	not present	×
jewelry(宝石),beautiful	linen	×
ink,bell	pens	×
pants,zippers	not present	×
nocturnal(夜行性),screeches(金切り声)	not present	×
legs,bottoms	necks	×
wheels,doors	lock	×
winter,dogs	koalas	×
cats,animals	breeding	△
appliance(電化製品),shelves(棚)	fibre	×
small,criminals	foraging	×

表 4.16: 類推法 1 の実験の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1	0.51	0.86	0.94
word2vec	0.01	0.02	0.07

表 4.17: 類推法 2 の実験の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 2	0.32	0.71	0.86
word2vec	0.04	0.08	0.19

第5章 被験者実験

5.1 実験データの整備

類推した結果が正しいかどうかをより正確に確認するため、4.3節のような評価実験を5人の被験者に対して行う。被験者実験に用いるデータは、類推法1、類推法2、またそれらの手法に対する word2vec の比較手法の実験に用いた100組の入力と出力のデータから、word2vec において出力されなかった組み合わせを削除した上でランダムに30個抜き出した。削除したデータは全部で7個で、類推法2とそれぞれの word2vec の比較手法においても、類推法1で削除したデータは対応している。表5.1に削除したデータを示す。表5.1に示したデータより、削除した理由は word2vec との比較を行うため、word2vec と公正に比較できるようにするためである。上記に示した削除データとは別で、4.1節と同じ理由で入力した属性がほとんど同じ意味だったり、一つの属性がもう一つの属性に意味的に包含されている場合も削除した。削除したデータは3個である。表5.2に4.1節と同じ理由で削除したデータを示す。

表 5.1: 削除したデータ 1_被験者実験

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	削除した理由
made_of_china,a_UFO	なし	「UFO」が見つからなかった
different_sizes,used_for_carpentry	なし	「carpentry」が見つからなかった
is_oval(楕円),has_white_laces (組み紐)	なし	「laces」が見つからなかった
comes_in_bunches(房),used_for_raisins	なし	「bunches」が見つからなかった
made_of_lead(鉛),a_utensil (家庭用品)	なし	「utensil」が見つからなかった
has_a_light_inside,has_freon (フッカ炭化水素の商品)	なし	「freon」が見つからなかった
used_for_drawing_blood,used_in_MacBeth	なし	「MacBeth」が見つからなかった

表 5.2: 削除したデータ 2_被験者実験

入力 (概念属性)	出力 (英単語)
used_for_measuring,used_for_measuring_evenness(均等)	level
is_dangerous,is_destructive	bazooka
	bomb
has_horns,like_a_cow	ox

5.2 評価方法

4.2 節と同様の基準で行う.

5.3 実験結果

4.3 節ではそれぞれの実験について 100 個の評価を行ったが, 本実験ではそれぞれ 30 組で評価を行った. 表 5.3 に類推法 1 の被験者実験の, 表 5.4 に類推法 2 の被験者実験の, 表 5.5 に類推法 1 に対する word2vec の比較手法の被験者実験の, 表 5.6 に類推法 2 に対する word2vec の比較手法の被験者実験の評価結果を示す. 表 5.3 から表 5.6 において, 3 列目以降の評価_1 や評価_2 は, 「1 人目の評価結果」や「2 人目の評価結果」という意味を表している. 表 5.7 から表 5.11 までに, 5 人の被験者のそれぞれの正解率を示す. 被験者全員の評価結果の正解率を表 5.12 に示す.

表 5.3: 類推法 1 の実験結果_被験者実験

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価_1	評価_2	評価_3	評価_4	評価_5
like_a_nail,a_bolts	screws	○	×	◎	◎	△
worn_for_swimming,has_1_piece	swimsuit	△	◎	○	◎	◎
found_in_oysters,has_value	pearl	◎	◎	○	◎	◎
used_for_pounding_nails,has_a_wooden_handle	hammer	○	○	◎	◎	◎
used_for_storing_meat,an_appliance	freezer	△	◎	◎	◎	◎
a_spice,has_skin	garlic	×	◎	◎	◎	◎
used_for_racing,used_for_working	horse	△	◎	○	◎	◎
requires_air,used_by_moving_bellows	accordion	△	◎	○	◎	◎
eaten_as_pickles,is_purple	beets	△	◎	△	◎	◎
used_in_cooking,a_spice	garlic	△	◎	○	◎	◎
has_4_legs,lives_in_zoos	elephant	△	◎	○	◎	○
	zebra	△	◎	○	◎	○
is_white,has_an_inside	fridge	×	△	△	◎	○
is_warm,worn_over_ears	earmuffs	◎	◎	○	◎	◎
made_from_grapes,is_dried	raisin	◎	◎	◎	◎	◎
different_styles,is_short	dress	×	×	△	△	○
worn_in_summer,worn_for_walking_in_sand	sandals	◎	◎	△	◎	○
is_yellow,is_large	grapefruit	×	○	△	○	×
	hornet	×	△	△	△	△
a_small_horse,has_hair	pony	◎	◎	◎	◎	◎
beh_-_sees_well,has_eyes	hawk	△	×	○	◎	○
is_underground,is_dirty	subway	△	△	△	○	○
has_a_radio,used_for_playing_cassettes	stereo	◎	×	◎	◎	○
grows_on_bushes,used_in_desserts	strawberry	△	○	◎	◎	△
is_white,has_paws	bear	×	△	○	○	△
is_hard,used_for_collecting	marble	×	○	△	○	△
is_rough,is_smooth	rock	×	△	×	○	◎
made_of_wood,used_on_rivers	canoe	○	○	◎	◎	◎
used_for_playing_different_stations,used_for_listening_to_talk_shows	radio	◎	◎	◎	◎	○
tastes_good,is_large	shrimp	×	△	△	△	△
used_for_pies,is_edible	rhubarb	×	◎	○	◎	◎
is_endangered,hunted_by_people	whale	○	◎	○	◎	○

表 5.4: 類推法 2 の実験結果_被験者実験

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価_1	評価_2	評価_3	評価_4	評価_5
nail,bolts	screws	◎	○	◎	◎	△
swimming,piece	swimsuit	◎	△	◎	○	◎
oysters,value	pearl	○	○	◎	◎	◎
nails,handle	hammer	×	△	○	◎	○
meat,appliance	freezer	×	○	◎	△	◎
spice,skin	garlic	△	×	○	○	○
racing,working	horse	×	◎	○	◎	○
air,bellows	accordion	×	◎	◎	◎	△
pickles,purple	beets	×	◎	△	○	○
cooking,spice	garlic	△	◎	○	○	○
legs,zoo	elephant	△	○	◎	◎	○
	zebra	△	○	◎	◎	○
white,inside	fridge	×	△	◎	○	×
warm,ears	earmuffs	◎	◎	◎	◎	○
grapes,dried	raisin	◎	◎	◎	◎	◎
styles,short	dress	×	×	△	×	△
summer,sand	sandals	×	◎	○	◎	△
yellow,large	grapefruit	×	○	△	○	△
	hornet	×	△	△	△	△
horse,hair	pony	◎	○	◎	◎	△
well,eyes	hawk	△	○	○	◎	○
underground,dirty	subway	×	△	×	△	△
radio,cassettes	stereo	◎	△	◎	△	×
bushes,desserts	strawberry	△	◎	◎	◎	×
white,paws	bear	×	△	△	△	△
hard,collecting	marble	×	○	×	○	×
rough,smooth	rock	×	△	×	○	△
wood,rivers	canoe	×	○	◎	○	○
stations,shows	radio	×	◎	◎	○	×
good,large	shrimp	×	○	×	△	×
pies,edible	rhubarb	×	○	△	◎	×
endangered,people	whale	×	△	×	○	×

表 5.5: 類推法 1 に対する word2vec の実験結果_被験者実験

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価_1	評価_2	評価_3	評価_4	評価_5
like_a_nail,a_bolts	weave	×	×	×	×	×
worn_for_swimming,has_1_piece	stud	×	×	×	×	×
found_in_oysters ,has_value	alaskans	×	×	×	×	×
used_for_pounding_ nails,has_a_wooden_handle	revolving	×	×	×	×	×
used_for_storing_meat,an _appliance	unavailable	×	×	×	×	×
a_spice,has_skin	pouch	×	×	×	×	×
used_for_racing,used_for_working	use	×	×	×	×	×
requires_air,used_by_moving _bellows	crank	×	×	×	×	×
eaten_as_pickles,is_purple	cakes	×	△	×	×	×
used_in_cooking,a_spice	pickle	×	×	×	△	△
has_4_legs,lives_in_zoos	fading	×	×	×	×	×
is_white,has_an_inside	a	×	×	×	×	×
is_warm,worn_over_ears	warmth	×	×	×	△	×
made_from_grapes,is_dried	ripe	×	×	×	×	×
different_styles,is_short	fairly	×	×	×	○	×
worn_in_summer,worn_for_walking _in_sand	decorations	×	×	△	△	×
is_yellow,is_large	colloquially	×	×	×	×	×
a_small_horse,has_hair	stallion	×	×	△	×	△
beh_-sees_well,has_eyes	seen	×	×	×	△	△
is_underground,is_dirty	hamburgers	×	×	△	×	×
has_a_radio,used_for_playing _cassettes	freeform	×	×	×	×	×
grows_on_bushes,used_in _desserts	beekeepers	×	×	×	×	×
is_white,has_paws	whiskers	×	×	×	×	×
is_hard,used_for_collecting	additionally	×	×	×	×	×
is_rough,is_smooth	narrower	×	△	×	×	×
made_of_wood,used_on_rivers	walled	×	×	×	×	×
used_for_playing_different_stations, used_for_listening_to_talk_shows	routines	×	×	×	×	×
tastes_good,is_large	attractive	×	△	×	△	△
used_for_pics,is_edible	minestorone	×	×	○	×	△
is_endangered,hunted_by_people	feral	×	△	×	○	×

表 5.6: 類推法 2 に対する word2vec の実験結果_被験者実験

入力 (概念属性)	出力 (英単語)	評価_1	評価_2	評価_3	評価_4	評価_5
nail,bolts	dragging	×	×	×	×	×
swimming,piece	walking	×	×	×	×	×
oysters,value	debasement	×	×	×	×	×
nails,handle	slip	×	×	×	×	×
meat,appliance	merlot	×	×	×	×	×
spice,skin	bark	×	×	△	×	×
racing,working	motorcycles	△	○	○	△	×
air,bellows	propeller	×	△	○	△	△
pickles,purple	striped	×	×	×	×	×
cooking,spice	salads	×	○	×	△	△
legs,zoos	giraffes	△	○	○	◎	△
white,inside	red	×	×	×	×	×
warm,ears	wet	×	×	×	×	×
grapes,dried	lavender	×	×	×	×	×
styles,short	repertoire	×	△	×	×	△
summer,sand	snow	×	×	×	×	×
yellow,large	coloured	×	×	×	○	△
horse,hair	legged	×	×	×	×	×
well,eyes	imitate	×	×	×	×	×
underground,dirty	rides	×	×	×	△	×
radio,cassettes	beeb	×	△	○	△	×
bushes,desserts	cloves	×	△	△	×	×
white,paws	kittiwake	×	△	○	×	○
hard,collecting	sheer	×	×	×	×	×
rough,smooth	conical	×	×	×	×	×
wood,rivers	limestone	×	×	×	×	×
stations,shows	broadcast	×	◎	○	○	×
good,large	attractive	×	○	×	△	△
pies,edible	cabbage	×	△	○	◎	×
endangered,people	feral	×	×	△	○	×

表 5.7: 1 人目の被験者の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1	0.23	0.33	0.73
類推法 2	0.20	0.23	0.43
類推法 1_word2vec	0.00	0.00	0.00
類推法 2_word2vec	0.00	0.00	0.10

表 5.8: 2 人目の被験者の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1	0.51	0.68	0.87
類推法 2	0.31	0.68	0.93
類推法 1_word2vec	0.00	0.00	0.10
類推法 2_word2vec	0.03	0.17	0.37

表 5.9: 3 人目の被験者の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1	0.33	0.62	0.88
類推法 2	0.47	0.67	0.80
類推法 1_word2vec	0.00	0.00	0.10
類推法 2_word2vec	0.00	0.23	0.30

表 5.10: 4 人目の被験者の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1	0.70	0.91	1.00
類推法 2	0.39	0.75	0.93
類推法 1_word2vec	0.00	0.03	0.20
類推法 2_word2vec	0.03	0.10	0.33

表 5.11: 5 人目の被験者の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1	0.47	0.79	0.98
類推法 2	0.14	0.44	0.76
類推法 1_word2vec	0.00	0.00	0.13
類推法 2_word2vec	0.00	0.03	0.27

表 5.12: 被験者実験の正解率

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1	0.47	0.68	0.89
類推法 2	0.30	0.55	0.76
類推法 1_word2vec	0.00	0.01	0.13
類推法 2_word2vec	0.02	0.12	0.27

第6章 考察

本章では、考察を記述する。6.1節では、本研究の被験者実験における提案手法の実験についての考察を記述する。6.2節では、被験者実験における word2vec の比較手法の実験についての考察を記述する。6.3節では、先行研究で行われた実験と本研究の被験者実験との比較を行う。

6.1 被験者実験における提案手法の実験についての考察

5章の実験結果から、類推法1と類推法2における◎と○を正解とした場合の正解率がそれぞれ0.68, 0.55となり、まずまずの結果を得ることができた。類推法1において◎のみを正解とした場合、◎と○を正解とした場合の正解率はそれぞれ0.47と0.68、類推法2においての正解率はそれぞれ0.30と0.55となり、類推法1と類推法2ともに上記の2つの基準における正解率にある程度の差が出た。要因として、本実験の出力結果には「類推できるが、少しずれている」ものが多かったことが考えられる。表6.1に類推法1において○と評価した例を示す。表6.1に示した bear(熊)は、熊は一般的には茶色の動物である。「白い」と「足がある」の2つを結合して「熊」が出力という結果を見て、類推はできるが、一般的には熊は茶色なので類推はしづらく少し変だといった理由で○という評価になったと思われる。このようなことが生じて◎と○の基準と◎の基準で正解率に差が出たと思われる。

表 6.1: 類推法1における○の評価例

入力	出力
is_white,has_paws	bear

類推法1と類推法2において、「◎のみを正解としたときの正解率」はそれぞれ0.47, 0.30となり, 類推法1のほうが良い結果となった. この要因として, 類推法1では入力にMcRaeのデータセット内の概念属性とまったく同じ単語列を類推法1の実験の入力として使用していたが, 類推法2ではMcRaeのデータセット内の概念属性の一番最後の単語を類推法2の実験の入力として使用しており, McRaeのデータセット内の概念属性とは完全に一致していないものを実験の入力として使用していたことが考えられる. 表6.2に, 類推法1で◎となった評価例, 表6.3に類推法2で○となった評価例を示す. 表6.2と表6.3に示したhammerとgarlicについてそれぞれ説明する. hammerは, 木の取っ手があり釘を打つものというのが一般的な認識である. 類推法1だと「釘を打つ」と「木の取っ手」の2つを結合してhammerが出力という結果を見て, 類推できると判断し, ◎という評価になったと思われる. 類推法2だと, 「釘」と「取っ手」の2つを結合してhammerが出力という結果を見て, 「釘」と「取っ手」だけではhammerの類推には少し変であるといった理由で○という評価になったと思われる. garlic(ニンニク)は, 全体が皮で覆われており, 一般的には料理などのスパイスに使われる植物である. 類推法1だと「スパイス」と「皮がある」の2つを結合してgarlicが出力という結果を見て, 類推できると判断し, ◎という評価になったと思われる. 類推法2だと, 「スパイス」と「皮」の2つを結合してgarlicが出力という結果を見て, 「皮」と「スパイス」だけだとgarlicが類推結果としては少し変であるといった理由で○という評価になったと思われる.

表 6.2: 類推法1で◎となった評価例

入力	出力
used_for_pounding_nails,a_wooden_handle	hammer
a_spice,has_skin	garlic

表 6.3: 類推法2で○となった評価例

入力	出力
nails,handle	hammer
spice,skin	garlic

類推法1の◎と○を正解としたときの正解率は0.47だったことから、不正解率は0.53だった。表6.4に、類推法1において上記の要因から×と評価した具体例を示す。表6.4に示した dress と hornet についてそれぞれ説明する。dress は、上半身から脚部までを単一の衣装によって被う衣服で、一般的には縦に長い形をしているが、中には短いものもある。「異なったスタイル」と「短い」の2つを結合して dress が出力という結果を見て、ドレスは縦に長い服なので類推できないといった理由で×という評価になったと思われる。hornet(スズメバチ)は、蜂の中でも大きいサイズである。「黄色である」と「大きい」の2つを結合して hornet が出力という結果を見て、蜂という生き物そのものが小さいので hornet は類推できないといった理由で×という評価になったと思われる。以上のようにこれらの例では、類推結果の dress, hornet 自体は、入力の2単語を属性としては持ちうるが、入力の2単語からは dress, hornet とも類推できないとされた。このような事例が生じたことで、McRae のデータセット内の概念属性とまったく同じ単語列を類推法1の実験の入力として使用しているにもかかわらず、0.53もの不正解率(△と×の評価)が出たものと思われる。

表 6.4: 類推法1における×の評価例

入力	出力
different_styles,is_short	dress
is_yellow,is_large	hornet

6.2 被験者実験における word2vec を用いた比較実験についての考察

word2vec を用いた比較実験の結果の評価は提案手法と同じく正解を3つの基準で決めて行い、類推法1での正解率はそれぞれ0.00, 0.01, 0.13, 類推法2での正解率はそれぞれ0.02, 0.12, 0.27となった。類推法1と類推法2に対する word2vec の実験結果は、ともに低い正解率となった。この要因として、以下の要因が考えられる。提案手法で用いた McRae のデータセットは人手で作成しており、英単語が属性を持っているデータベースである。よって、データベース内の属性を組み合わせて推論を行う提案手法は確実性が高い。word2vec は単語をベクトル化し、そのベクトル同士の類似度から類似単語を得ることができるが、類似単語は統計的に求めているため、提案手法よりも確実性が低い。上記より、結果的に提案手法のほうが有利になったと考えられる。

類推法1と類推法2に対する word2vec の実験結果は、類推法2のほうが良い結果となった。要因として、word2vec では、入力した単語をベクトル化して、そのベクトルを足し合わせ、足し合わせたベクトルに最も近いベクトルの単語を出力している。類推法2では、単語列の形になった2つの属性における一番最後の単語をそれぞれベクトル化して単語を出力した。類推法1では、単語列になった属性をそれぞれの単語で分割して、分割したそれぞれの単語をベクトル化して単語を出力した。類推法1において、McRae のデータセット内の属性のうち一番最後の単語以外に word2vec に入力した単語が、ベクトルとして良くない働きをし、結果的に類推法1よりも類推法2のほうが有利になったと考えられる。

6.3 先行研究との比較

先行研究である小野の研究 [6] では、「特定の単語に人手で考えた属性を足す方法」と、「全ての単語に人手で考えた属性を足し、コサイン類似度を用いて単語を出力する方法」の、2つの類推法を用いた研究を行っていた。先行研究でも上記の2つの類推法に対して被験者実験を行い、本研究と同じ評価基準で評価を行っていた。本研究と先行研究のそれぞれの被験者実験の正解率の比較を行う。表6.5に本研究と先行研究のそれぞれの被験者実験の正解率をまとめたものを示す。

表6.5に示した正解率から、本研究の被験者実験の正解率は先行研究よりも良い結果を得ることができた。

表 6.5: 本研究と先行研究の被験者実験の正解率の比較

	◎	◎, ○	◎, ○, △
類推法 1_本研究	0.47	0.68	0.89
類推法 2_本研究	0.30	0.55	0.76
類推法 1_先行研究	0.37	0.54	0.66
類推法 2_先行研究	0.15	0.24	0.64

先行研究ではチェックリスト法の「拡大」や「縮小」に基づいた研究をしており、McRae のデータセット内の英単語に人手で考えた属性 (例: 「is large」や「is small」など) を追加してどういった単語を類推するかといった研究を行っていた。一方、本研究では McRae のデータセット内の概念属性を 2 つ組み合わせることで、McRae のデータセット内の英単語からどういった単語が類推されるのかといった研究を行った。

先行研究の類推法 1 では単語の属性に、与えた属性 (例: 「is large」や「is small」など) があるかを調べるものであり、本研究に類似する性能を得ていた。本研究の類推法 1,2 はともに単語の属性に与えた属性や単語があるかを調べるものであった。

先行研究の類推法 2 では単語の属性に、与えた属性を追加し、その属性群と類似する属性群を持つ単語を取得する方法であった。類似する属性群を持つかを調べる方法は確実性が低く、このため性能が下がると思われる。先行研究の類推法 2 のみ特に性能が低いのはこれが理由と思われる。

以上の考察から、単語の属性に与えた属性や単語があるかを調べる方法 (先行研究の類推法 1, 提案手法の類推法 1,2) は、類似する属性群を持つかを調べる方法 (先行研究の類推法 2) よりも性能が高いと考えられる。

第7章 今後の課題

本研究では、McRae のデータセットから概念属性データベースを作成し結合に基づいた類推を行ったが、いくつかの問題が残っている。

- ◎のみを正解とした場合の正解率
類推法1 と類推法2 それぞれの正解率において、◎のみを正解としたときの正解率がそれぞれ 0.47, 0.30 となり、ともに低くなった。類推法1, 2 はともに McRae のデータセット内のデータのみで類推を行っていることから、類推法は2 つとも高い正解率を得やすい手法であると言える。◎のみを正解としたときの正解率が低くなった明確な理由を解明し、類推法やデータベースの条件を変えることでどういった正解率が得られるかなどを今後検討したい。
- McRae のデータセットのみを使用
本研究では、McRae のデータセットを概念属性データベースとして研究を行ったが、McRae のデータセット以外のデータベースを使用しなかった。McRae のデータセット以外のデータベースの使用など、様々な条件を今後検討したい。

以上の2 点が主に考えられる今後の課題である。

第8章 おわりに

本研究では, McRae のデータセットを概念属性データベースとして, チェックリスト法の結合を利用した推論に基づく実験を行い, 類推法 1, 類推法 2 のそれぞれの出力結果について 3 つの基準で, かつ 5 人の被験者で評価した. 類推法 1 の正解率は 3 つの基準でそれぞれ 0.47, 0.68, 0.89, 類推法 2 の正解率はそれぞれ 0.30, 0.55, 0.76 となった. 類推法 1 と類推法 2 において, ◎と○を正解とした場合の正解率はそれぞれ 0.68, 0.55 で, まずまずの結果を得ることができた. しかし, 2 つの類推法において, ◎のみを正解とした場合の正解率がともに低くなった.

類推法 1 と類推法 2 に対して word2vec との比較実験を行い, 提案手法と同じく 5 人の被験者で 3 つの基準で正解を決めて評価を行った. 類推法 1 に対する word2vec の正解率は 3 つの基準に対してそれぞれ 0.00, 0.01, 0.13, 類推法 2 に対する word2vec の正解率はそれぞれ 0.02, 0.12, 0.27 となった. 提案手法の実験結果と word2vec を用いた比較手法の実験結果のそれぞれの正解率を比較すると, 提案手法の正解率の方が高くなり, 本研究において提案手法は word2vec を用いた比較手法よりも良い結果を得ることができた.

謝辞

また, 研究の進め方や本論文の書き方など, 細部にわたる御指導を頂きました, 鳥取大学工学部知能情報工学科自然言語処理研究室の村田真樹教授に心から御礼申し上げます. また, 本研究を進めるにあたり, 御指導, 御助言を頂きました, 村上仁一准教授に心から御礼申し上げます. その他様々な場面で御助言を頂いた自然言語処理研究室の皆様に感謝の意を表します.

参考文献

- [1] 森田富士男, ビジネスモデル特許の発想法とその支援の一つの方法論, つくば国際短期大学, 紀要, 36 巻, pp.1-53, 2008.
- [2] Ken McRae, George S Cree, Mark S Seidenberg, and Chris McNorgan, Semantic feature production norms for a large set of living and nonliving things. Behavior Research Methods, 37, pp.547-559, 2005.
- [3] 奥村紀之, 概念間の関連度計算のための大規模概念ベースの構築, 同志社大学大学院工学研究科, J-STAGE, 14 巻, pp.41-64, 2007.
- [4] 折原良平, 発散的思考支援ツールの研究開発動向, (株) 東芝 研究開発センターシステム・ソフトウェア生産技術研究所 技術研究部, 人工知能学会誌, 8 巻, pp.560-567, 1993.
- [5] 國藤進, 発想支援システムの研究開発動向とその課題, 北陸先端科学技術大学院大学, 人工知能学会誌, 8 巻, pp.552-559, 1993.
- [6] 小野正稔, 概念属性データベースを利用した発想支援の研究, 卒業論文, 鳥取大学工学部電気情報系学科, 2021.
- [7] Tomas Mikolov and Ilya Sutskever and Kai Chen and Greg S Corrado and Jeff Dean, Distributed representations of words and phrases and their compositionality, Advances in Neural Information Processing Systems, 26, pp.3111-3119, 2013.
- [8] MA Long, Yanqing Zhang. Using Word2Vec to process big text data, IEEE, 29, pp.2895-2897, 2015.
- [9] 内田諭, 単語分散表現におけるパラメーター変化の影響: word2vec を用いた事例研究, 九州大学共創学部共創学科, 統計数理研究所共同研究レポート, 413, pp.31-42, 2019.