

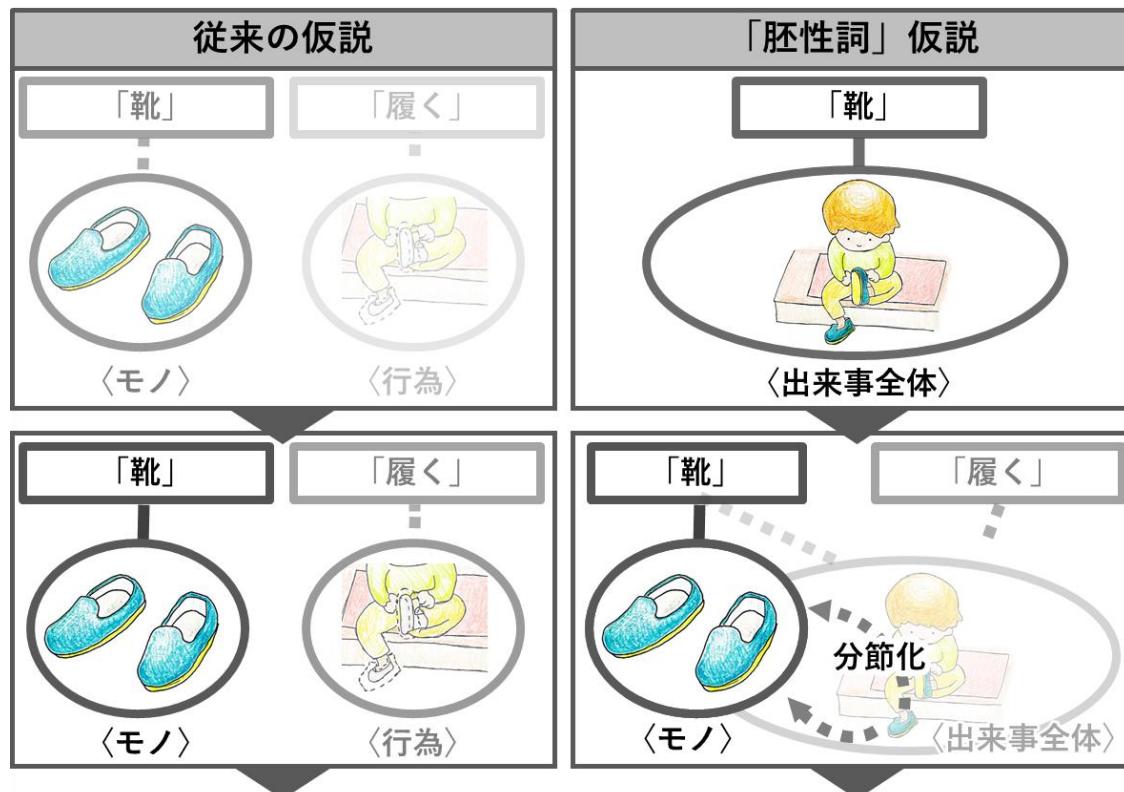
変分オートエンコーダーによる乳幼児の語彙発達の解析

京大人環 阪上雅昭

胚性詞仮説

H.Hagihara, M. Sakagami Journal of Experimental Child Psychology 190 104710 2020

H.Hagihara, H.Yamaomoto, Y.Moriguchi, M.Sakagami, Cognition 226 105177 (2022)



ダイナミックシステムアプローチ

E.テーレン, L.スミス
発達へのダイナミックシステム・アプローチ 新曜社

アトラクター（散逸構造）の形成と分岐という文脈で
人の発達を記述する

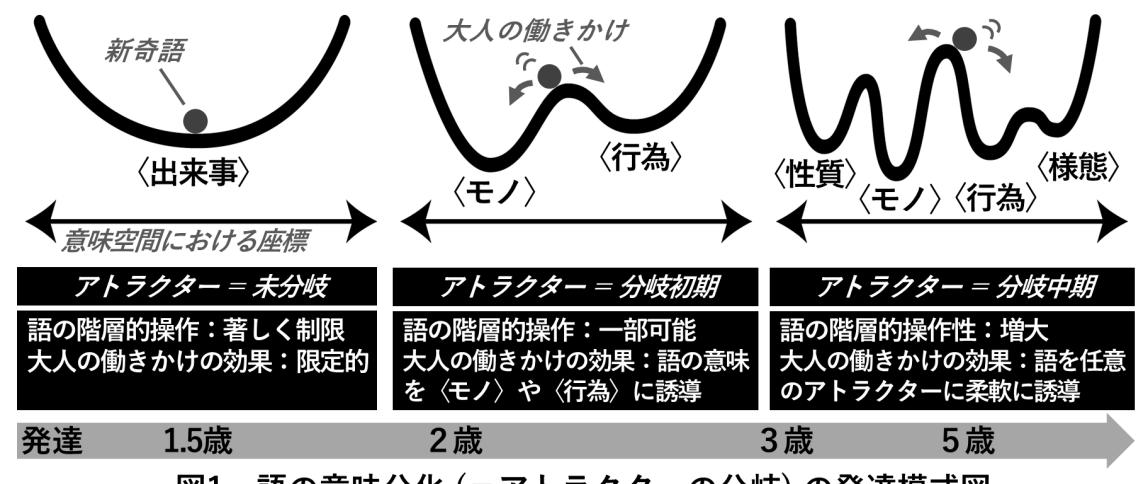


図1 語の意味分化 (=アトラクターの分岐) の発達模式図

本講演：5220名のMCDI データのVAEによる解析

MCDI データ Frank et al. WordsBank
<https://doi.org/10.1017/S0305000916000209>

月齢：16～30, 3646名
5520回分

縦断データ
1349名, 3223回分

月齢	人数
16	956
17	273
18	442
19	328
20	274
21	203
22	200
23	262
24	583
25	333
26	181
27	195
28	797
29	198
30	295

調査回数	人数
1	2297
2	1053
3	185
4	56
5	26
6	16
7	4
8	2
9	3
10	3
11	1

CDI の22分類と語彙数

no	22分類	語彙数
1	a-sounds	12
2	b-animals	43
3	c-vehicles	14
4	d-toys	18
5	e-food_drink	68
6	f-clothing	28
7	g-body_parts	27
8	h-household	50
9	i-furniture_rooms	33
10	j-outside	31
11	k-places	22

A～V で 680 語

no	22分類	語彙数
12	l-people	29
13	m-games_routines	25
14	n-action_words	103
15	o-descriptive_words	63
16	p-time_words	12
17	q-pronouns	25
18	r-question_words	7
19	s-locations	26
20	t-quantifiers	17
21	u-helping_verbs	21
22	v-connecting_words	6



名詞



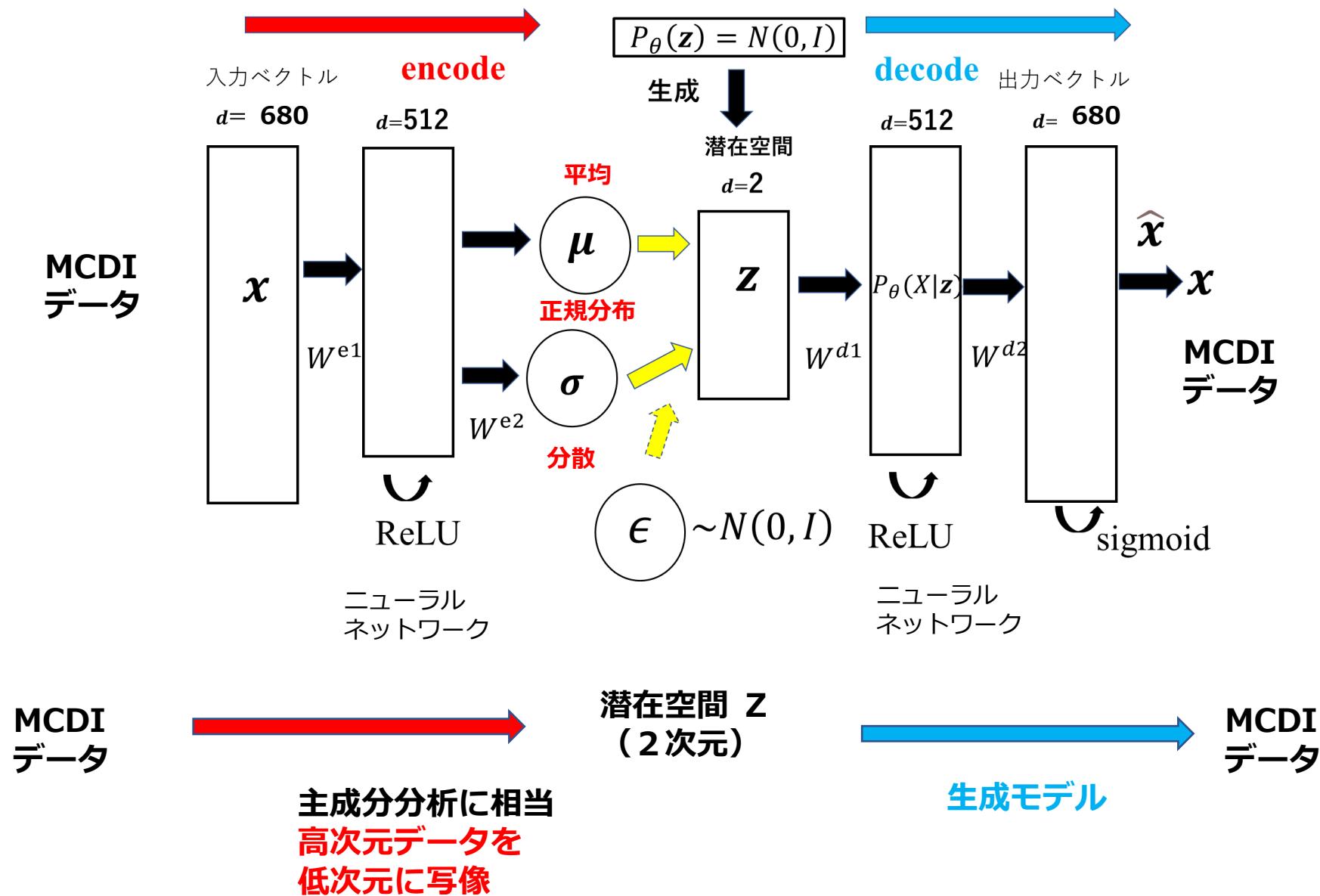
動詞・形容詞



sound

前回（日本語）171名, 187回分
胚性詞実験とスケールエラー実験におけるJCDIs データ

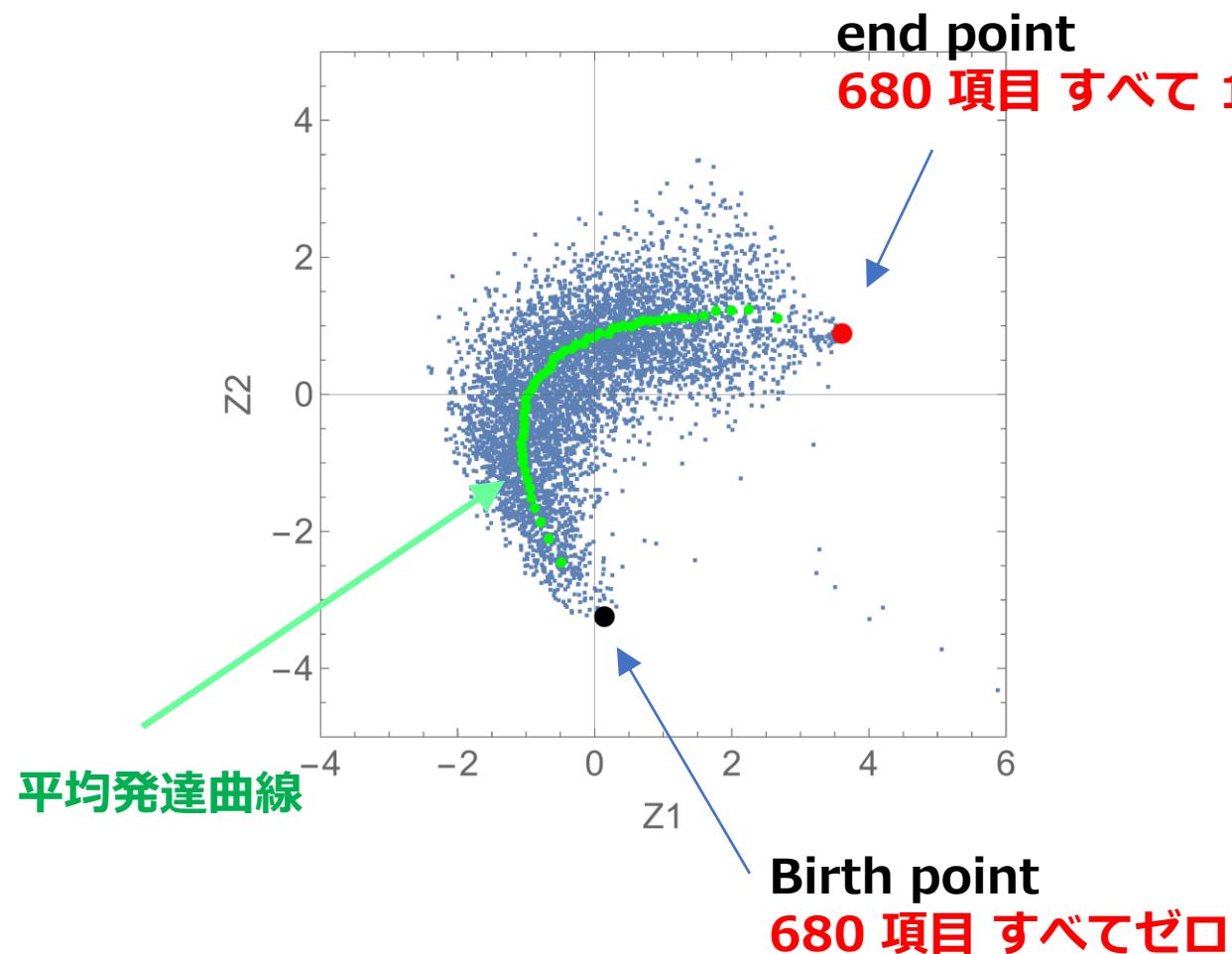
Variational AutoEncoder (VAE)による解析



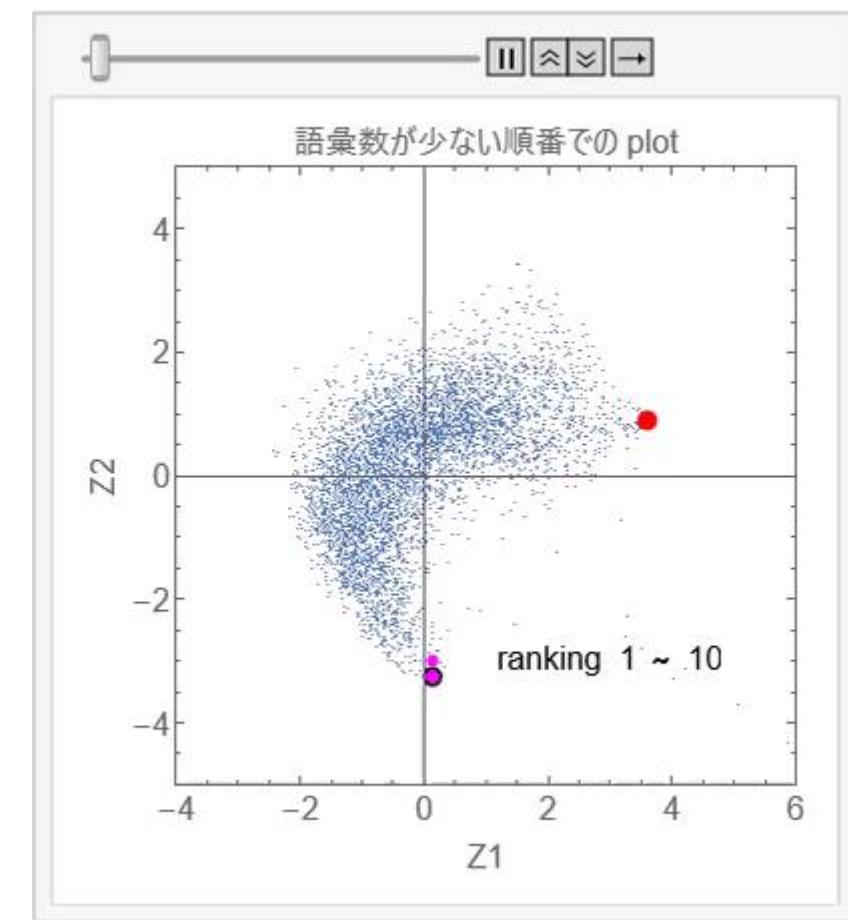
Encoder: MCDI 680項目 → 2次元(μ 潜在空間) 発達を表す擬一次元構造

潜在空間（2次元 μ ）での、のべ5520名の分布

擬一次元構造が存在 → 表出語彙の発達

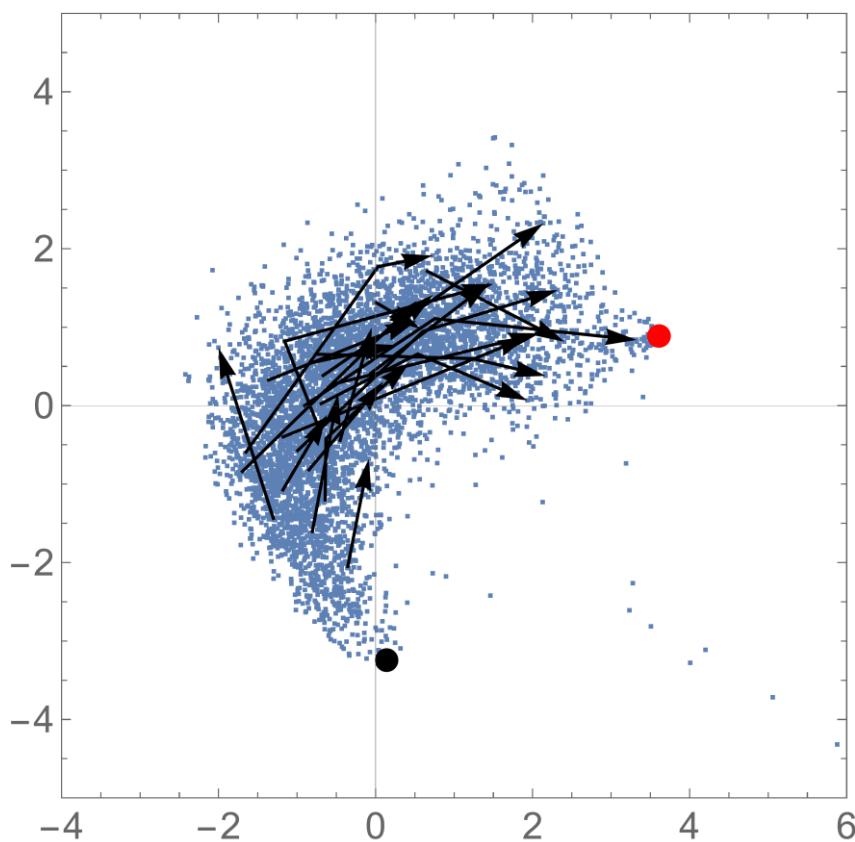


表出語彙数の順番に 10 名ずつプロット

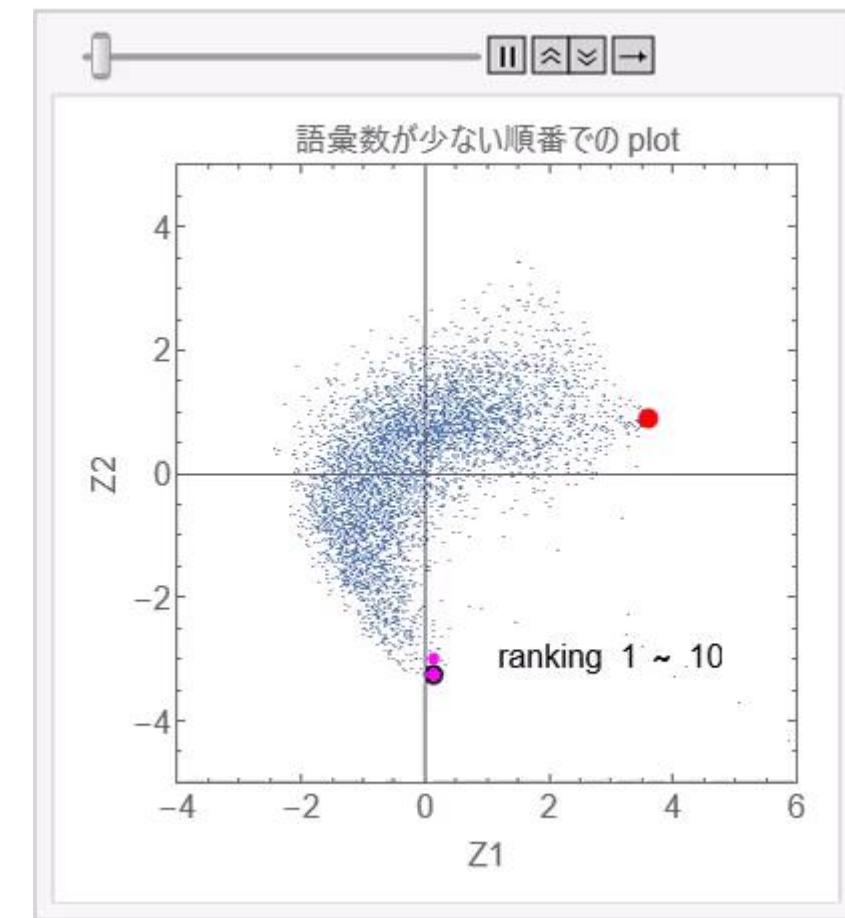


一次元構造に沿った発達（表出語彙数の増加）

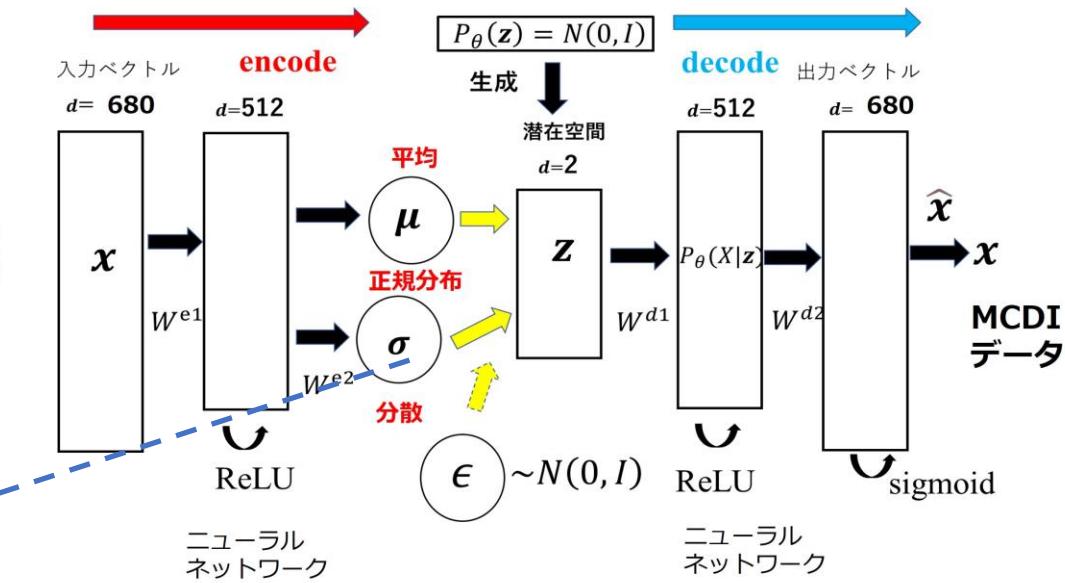
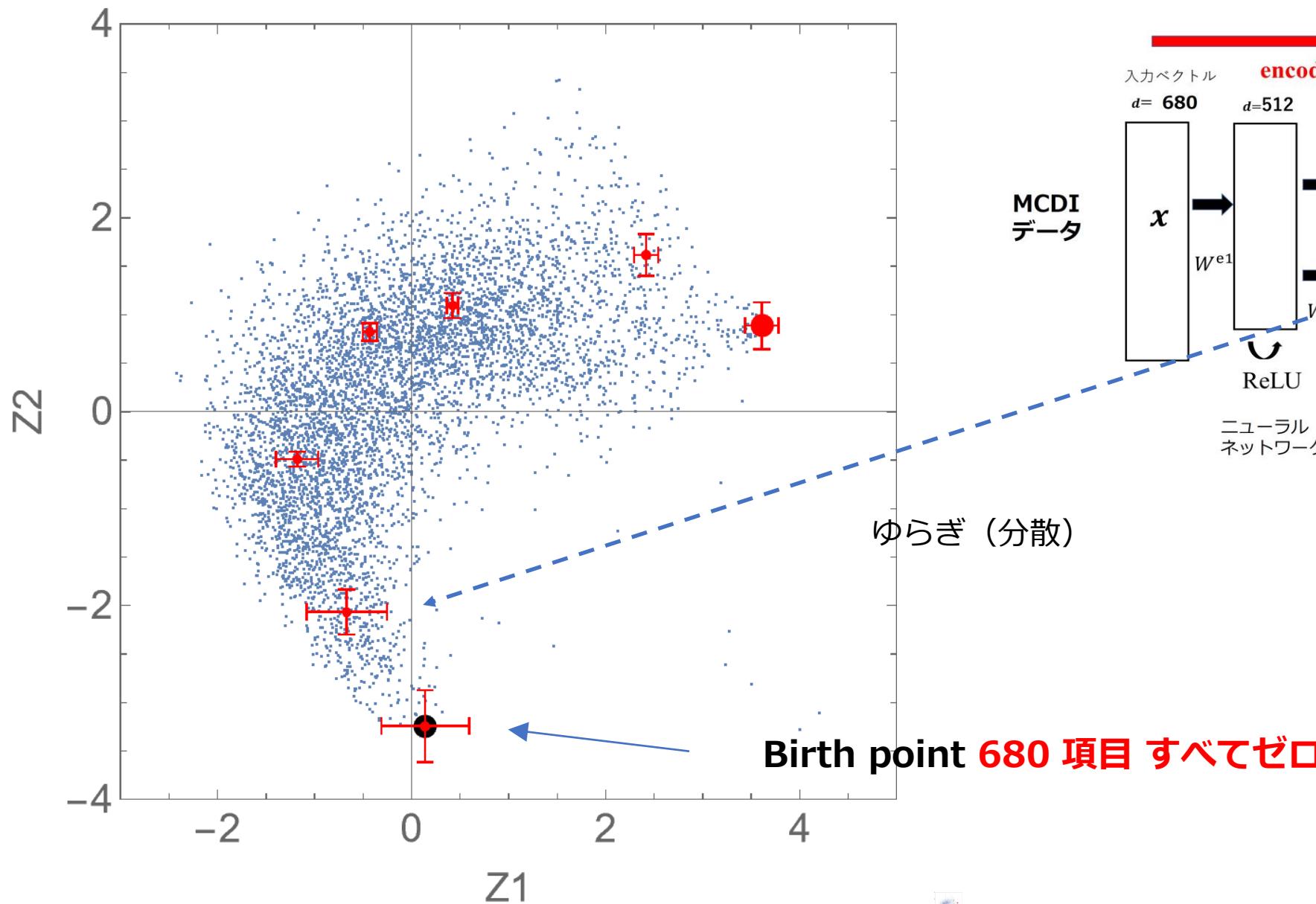
縦断データ（代表的23名）の発達
矢印 → 語彙数が増加する方向



表出語彙数の順番に10名ずつプロット



語彙発達の VAE 潜在空間での可視化 (Encoder)

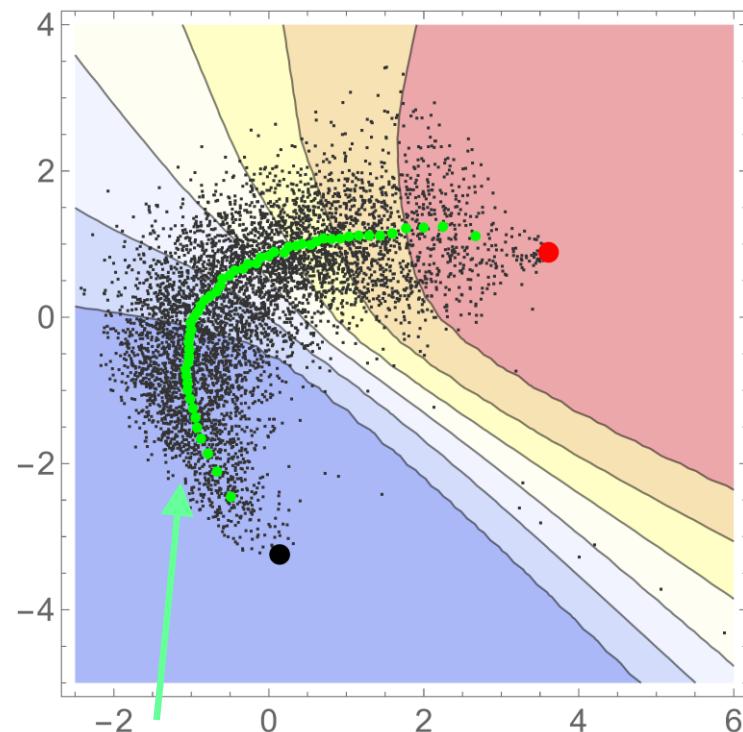


Decoder により潜在空間の任意の点から MCDI 680 次元データが生成できる

Decoder: 潜在空間（2次元） \rightarrow MCDI 680 項目を生成

VAE 生成モデル 潜在空間で入力データのない場所についても MCDIデータを生成できる

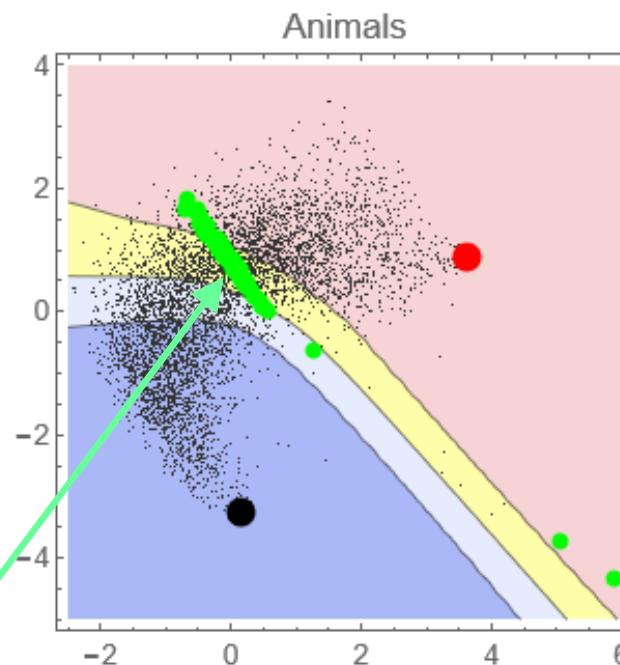
総語彙数の等高線



平均発達曲線

総語彙数330～350語のデータ点

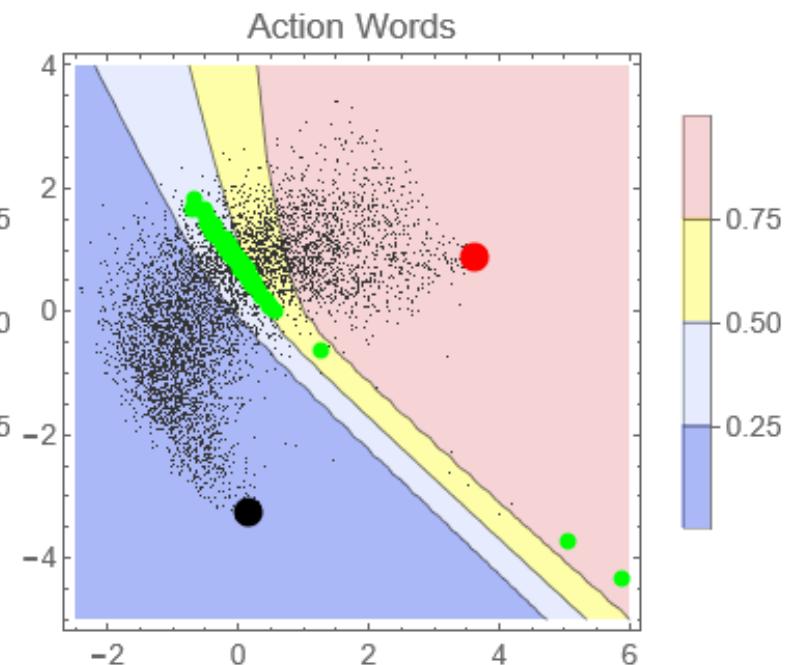
名詞(animals)の表出確率



擬一次元構造の外側 名詞の発達が早い

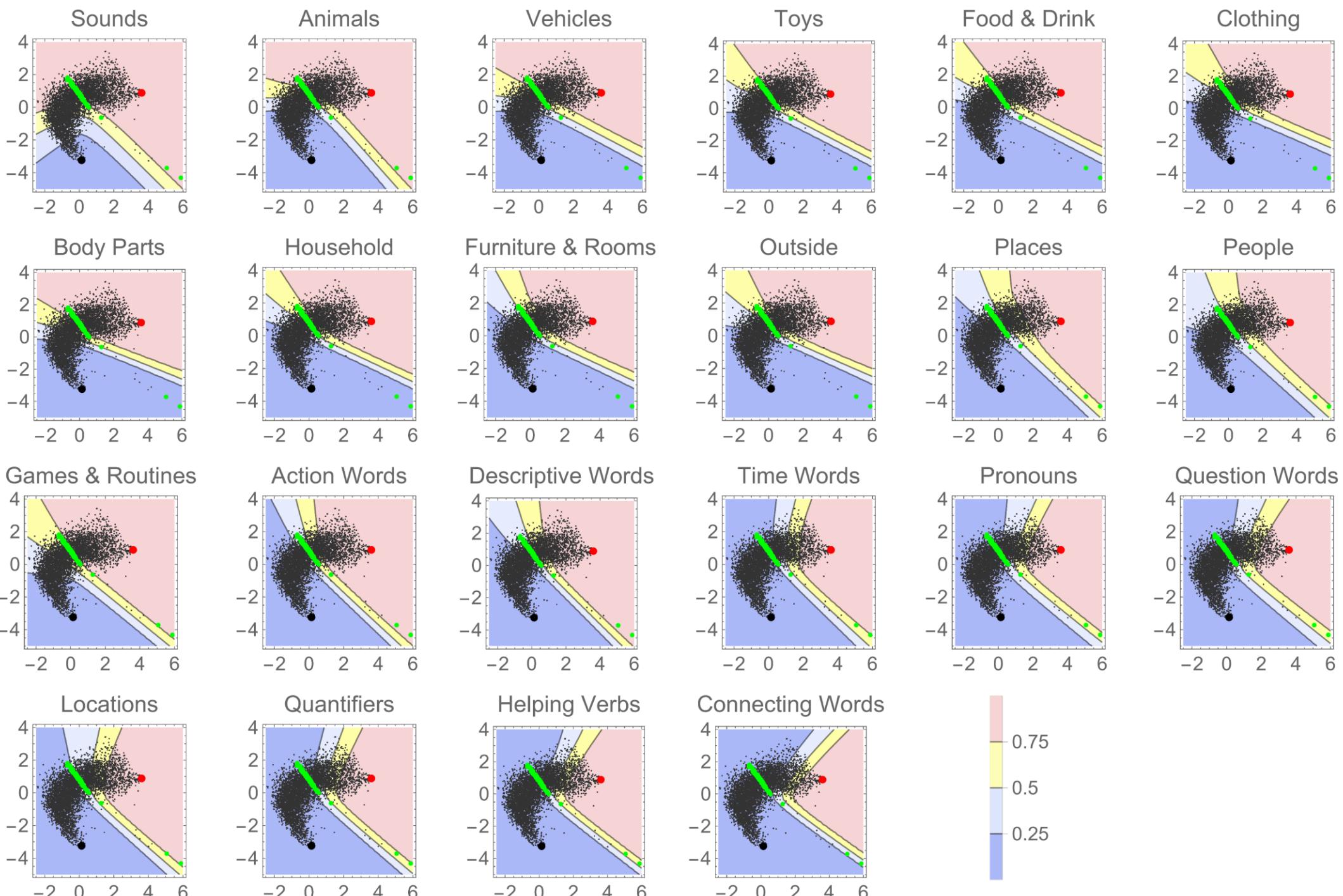
擬一次元構造の内側 動詞の発達がやや早い

動詞の表出確率



平均発達曲線上では、名詞が先に発達している

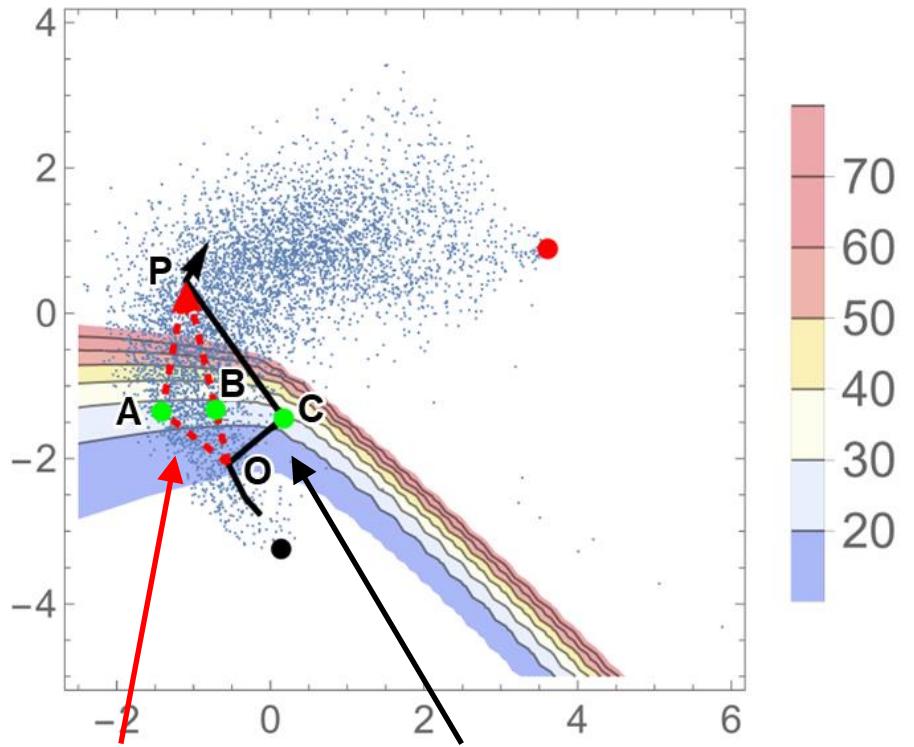
22カテゴリーの発達



Decoder: ケーススタディー

各発達経路における表出確率の増分が大きかった語彙項目 (上位10語)

実際の発達経路と仮想経路



O→A

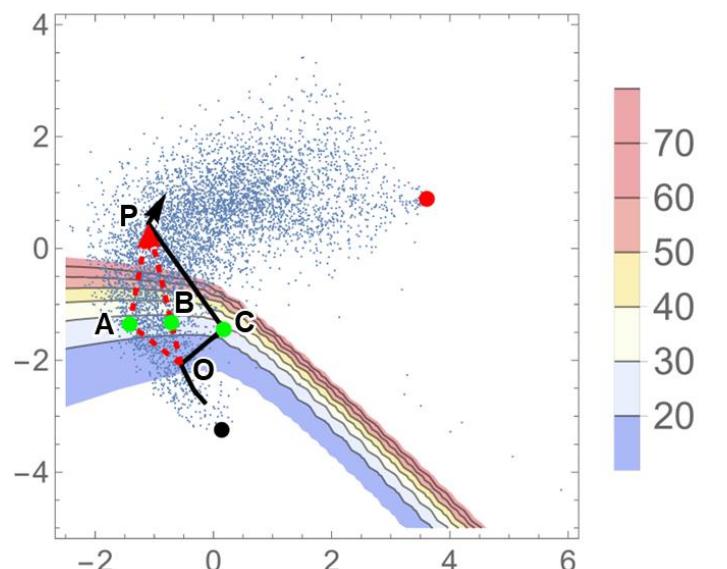
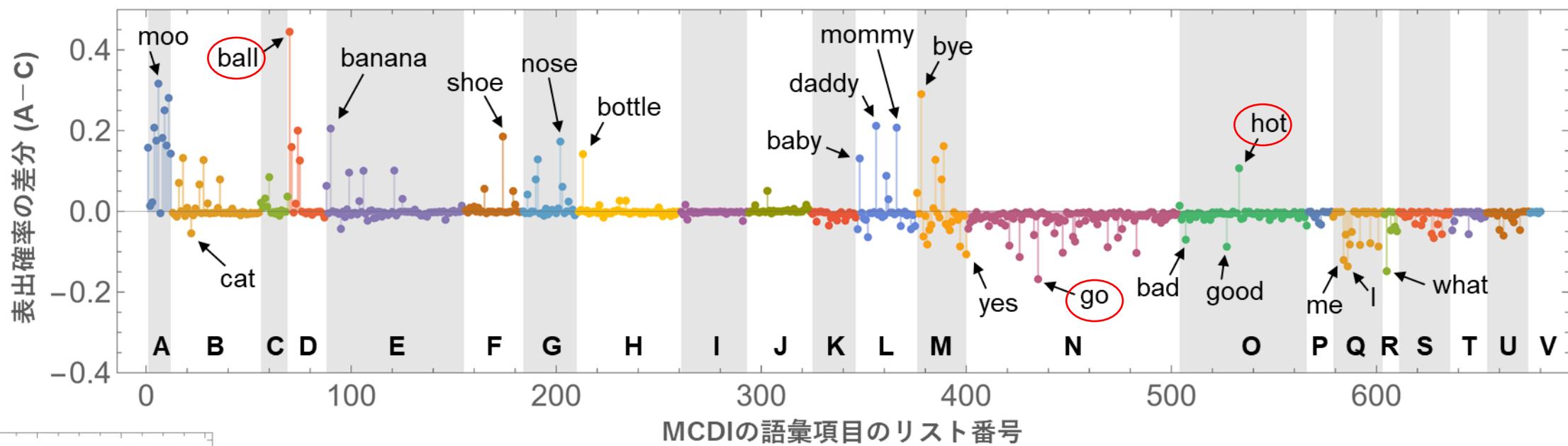
O→B

O→C

順位	外回り経路 (O→A)			中央経路 (O→B)			内回り経路 (O→C)			表出確率の増分
	カテゴリー	語彙項目	表出確率の増分	カテゴリー	語彙項目	表出確率の増分	カテゴリー	語彙項目		
1	Toys	ball	0.526	Toys	ball	0.391	Action Words	go	0.225	
2	Games & Routines	bye	0.359	Clothing	shoe	0.280	Games & Routines	yes	0.204	
3	Clothing	shoe	0.339	Games & Routines	no	0.265	Games & Routines	thank you	0.177	
4	Sounds	moo	0.328	People	baby	0.254	Sounds	ouch	0.170	
5	Games & Routines	no	0.307	Games & Routines	bye	0.254	Pronouns	me	0.167	
6	Sounds	woof woof	0.299	Games & Routines	hi	0.200	People	baby	0.164	
7	People	baby	0.296	Food & Drink	banana	0.199	Pronouns	mine	0.155	
8	Toys	book	0.280	Toys	book	0.199	Clothing	shoe	0.154	
9	Sounds	uh oh	0.279	People	a* grandm	0.186	Games & Routines	shh/shush/hush	0.151	
10	Food & Drink	banana	0.266	Descriptive Words	hot	0.185	Question Words	what	0.149	

VAE 生成モデル 各経路でのMCDIデータをdecoderで生成

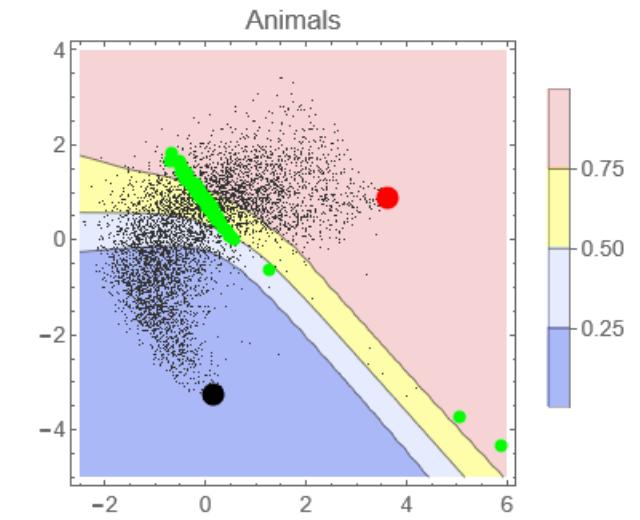
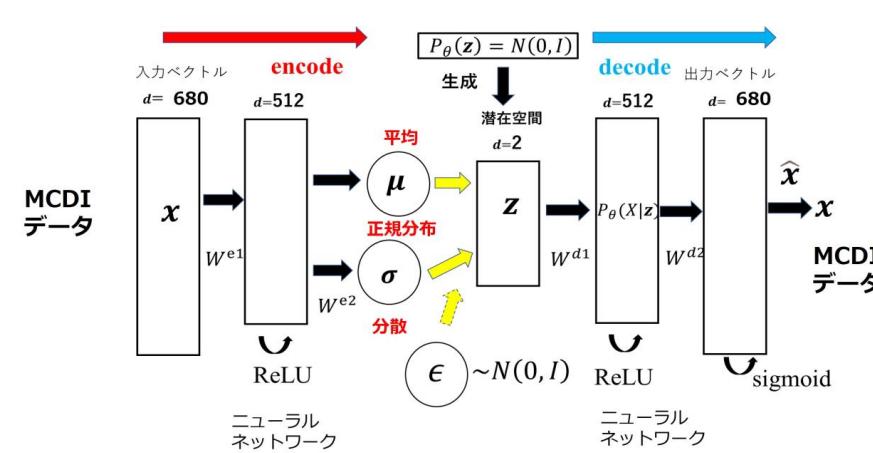
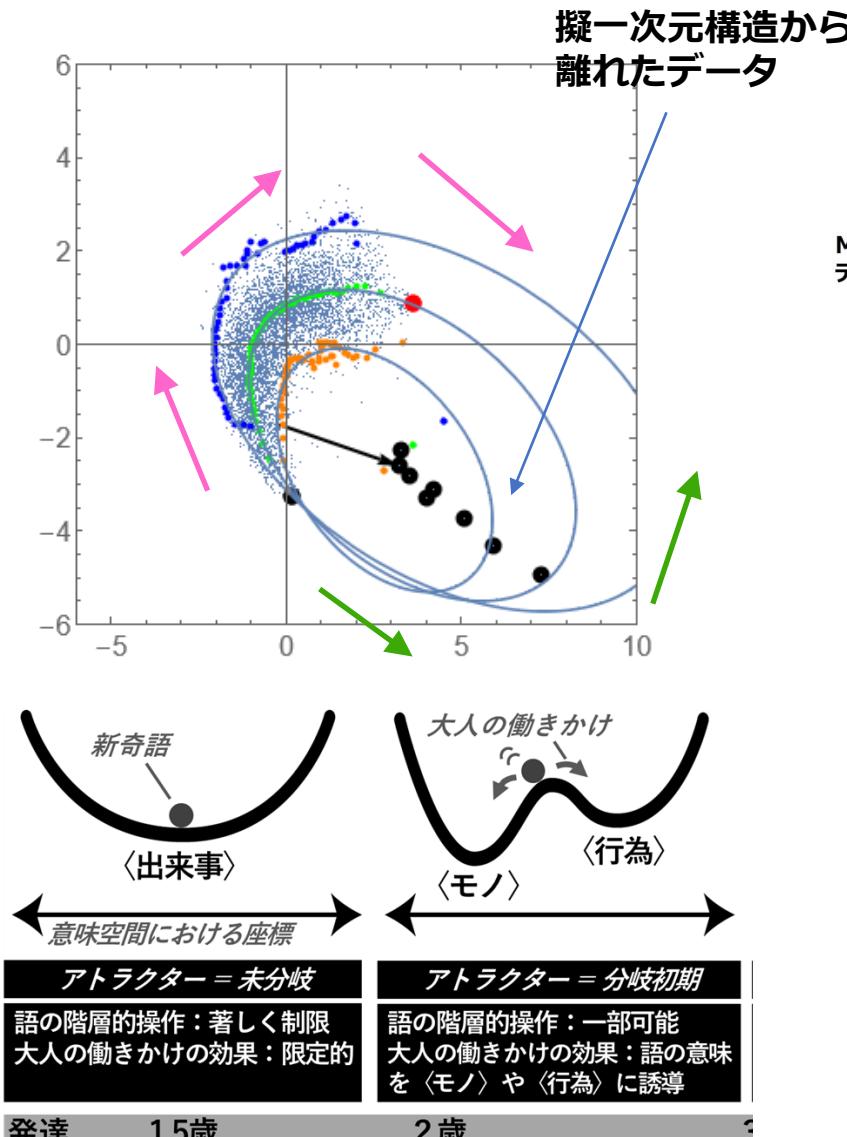
Decoder: A と C での各語の表出確率の差分



[図タイトル] MCDIを構成する各語彙項目の表出確率の差分

[キャプション] 外回り (O→A) の表出確率から、内回り (O→C) の表出確率を差し引いた。A) Sounds, B) Animals, C) Vehicles, D) Toys, E) Food & Drink, F) Clothing, G) Body Parts, H) Household, I) Furniture & Rooms, J) Outside, K) Places, L) People, M) Games & Routines, N) Action Words, O) Descriptive Words, P) Time Words, Q) Pronouns, R) Question Words, S) Locations, T) Quantifiers, U) Helping Verbs, V) Connecting Words.

まとめとこれからの課題



まとめ

- のべ5520名のMCDI データ（英語）のVAEによる解析
- 18~30ヶ月の表出語彙の発達を記述するモデルが構築できた
- 潜在空間、擬一次元構造の意味：外側 名詞優位 内側 動詞優位

これから の課題

- 行為アトラクター（反時計回り）の実証
- 各680語のs少数パラメーターでの特徴付け 品詞によらない分類
- 中国語を含む多言語での解析と発達モデルの比較
- 定型発達でない乳幼児データの収集と解析

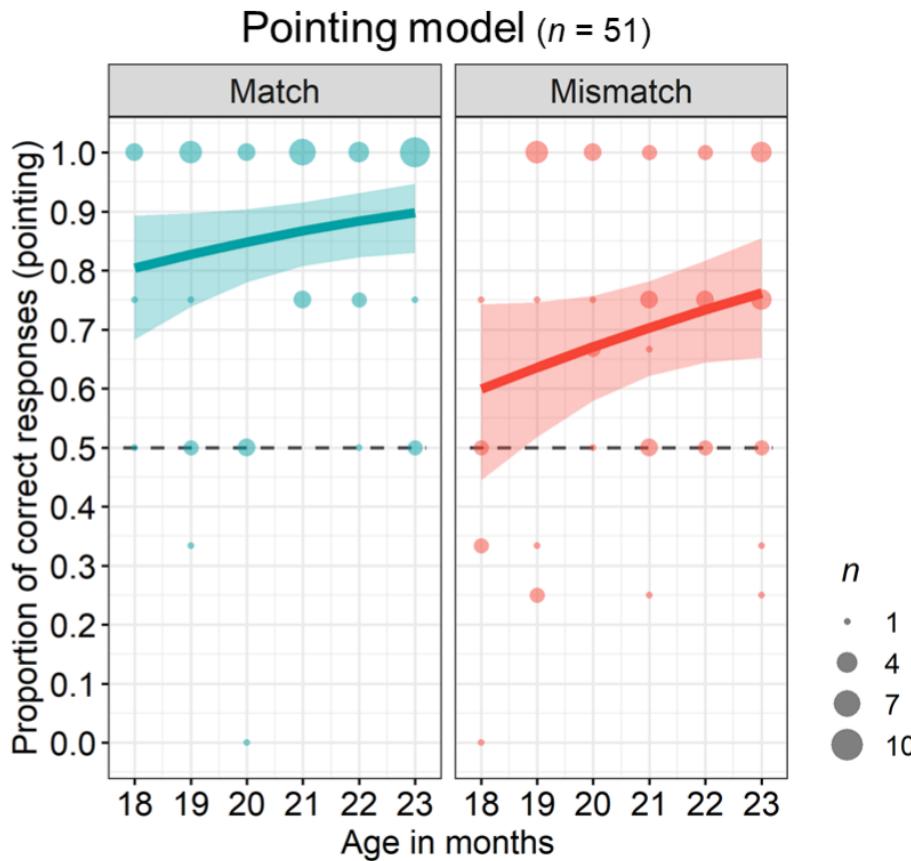
胚性詞仮説の検証

H.Hagihara, H.Yamaomoto, Y.Moriguchi, M.Sakagami, Cognition 226 105177 (2022)

選択されたモデル

月齢×条件の交互作用ナシ (=主効果のみ) のモデル

指差し

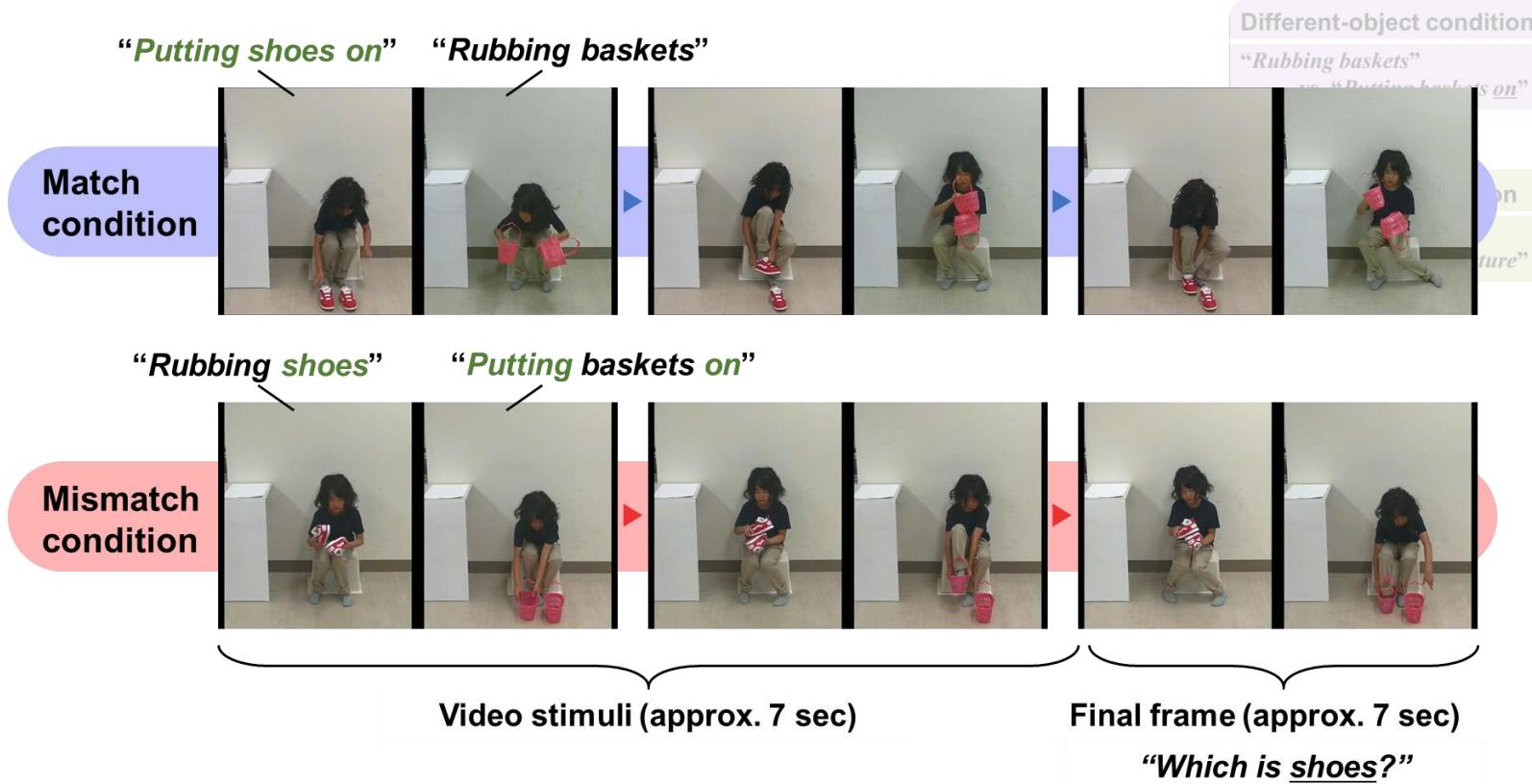


〈モノ+行為〉が一致の場合の語の意味判断
▶ 語の意味形成の程度を反映

〈モノ〉 〈行為〉が不一致の場合の語の意味判断
▶ 語の意味分化の程度を反映

Match condition
“Rubbing baskets”
vs. “Putting shoes on”

Mismatch condition
“Putting baskets on”
vs. “Rubbing shoes”



“Putting shoes on” “Rubbing baskets”

Match condition



“Rubbing shoes” “Putting baskets on”

Mismatch condition



Video stimuli (approx. 7 sec)

Final frame (approx. 7 sec)

“Which is shoes? ”

胚性詞仮説の検証

H.Hagihara, H.Yamaomoto, Y.Moriguchi, M.Sakagami, Cognition 226 105177 (2022)

“Putting shoes on” “Rubbing baskets”

Match condition



“Rubbing shoes” “Putting baskets on”

Mismatch condition



Video stimuli (approx. 7 sec)

Final frame (approx. 7 sec)

“Which is shoes? ”