

言語創発を計算言語学として 位置付ける試み

言語処理学会第29回年次大会ワークショップ
『深層学習時代の計算言語学』

上田 亮

2023/03/17 AMセッション

東京大学

目次

1. 自己紹介
2. 背景
3. B4 のときに考えていたこと
4. M1～M2 のときに考えていたこと
5. 最近考えていること
6. まとめ

自己紹介

自己紹介

まずは自己紹介から 😊

名前	上田 亮
所属	東大 宮尾研 (B4～現在)
学年	M2 (来月から D1)
研究分野	Emergent Communication (言語創発)
URL	https://sites.google.com/view/ryo-ueda/

興味


言語の (統計的な) 性質・構造 (e.g., 文法構造) が
どのようにして生じるのかに興味があります

- 👉 それをシミュレーションで再現したい
- 👉 構成論的に何か示唆をもたらしたい

背景

背景：創発言語 & シグナリングゲーム

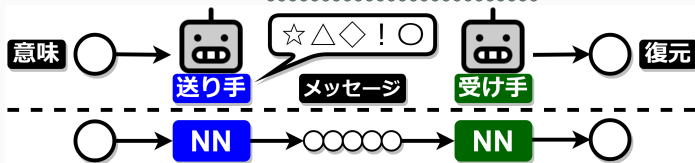
創発言語 (Lazaridou and Baroni, 2020)

何かしらのシミュレーション環境において
エージェント  間で生じる人工的な言語

計算言語学の1アプローチとして

言語の諸性質を必然たらしめる要因は何か？
👉これを構成論的に示したい

よく使われる環境は シグナリングゲーム (Lewis, 1969)



B4のときに考えていたこと

B4 : 創発言語 を Zipf 短縮 に 従わせたい

Zipf 短縮 (Zipf, 1935)

使用頻度の高い単語ほど短くなる傾向

素朴なシグナリングゲームにおいて創発言語は
Zipf 短縮に従わない 😞 (Chaabouni et al., 2019)

ノイズによる短期記憶のモデル化 (Ueda and Washio, 2021)

エージェントの NN にノイズを入れることで
人間の短期記憶をモデル化するとよいのでは 🤔

👉 送り手エージェントの NN にノイズを入れると
Zipf 短縮の傾向に近づくことが分かりました

M1~M2のときに考えていたこと

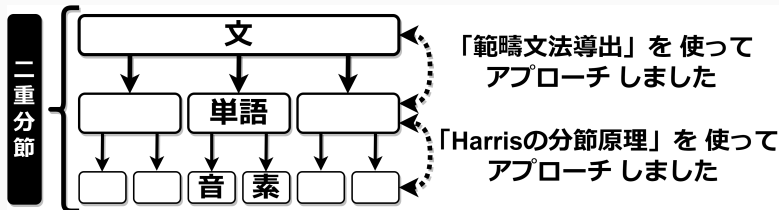
M1,2：創発言語でも二重分節を再現できるか

二重分節 (Martinet, 1960)

文 → 単語 → 音素 へと分解される階層的な構造

この二重分節を創発言語でも再現できたら

かなりカッコいいのでは 🤔



インスピレーションを得た書籍 (おすすめです！)

- 『言語とフラクタル』 田中久美子・著
- 『記号創発ロボティクス』 谷口忠大・著

次に来る文字の不確かさと単語境界

例: 英単語 “natural”

n... 「次の文字は何だろう...」

⋮

nat... 「次は *u* か *i* だろう」

⋮

natura... 「次は *l* に違いない」

natural... 「次は何だろう... *d(isaster)? l(anguage)?*」

Harris の仮説 (Harris, 1955)

一度下がった不確実度が再び上がる

👉 そこに単語境界がある

Harris の分節原理 (Tanaka-Ishii, 2021)

この現象を情報理論 (Entropy) によって定式化

M1,2 : 創発言語でも Harris の分節原理は成り立つのか

我々の問い (Ueda, Ishii and Miyao, 2023a)

創発言語でも Harris の分節原理は成り立つのか 🤔



創発言語を分岐 Entropy 増大点で区切ったとき
その区切りは「単語」といえるだろうか 🤔

👉 結果として創発言語では

Harris の分節原理が

成立しないことが示唆されました 😞

M1,2 : 範疇文法導出を用いた創発言語の構成性の評価

問い

創発言語の文法構造や構成的な構造を推測するにはどうしたらよいのだろう 🤔

アイデア (上田・石井・鷲尾・宮尾, 2023b)

創発言語に範疇文法導出 (e.g., Zettlemoyer and Collins, 2005) を適用してみよう 💡

結果の一例：

7 2 3 2 \mapsto And(SQUARE, And(SQUARE, TRIANGLE))

7	2	3	2
N	S\N	S\S/N	N
: TRIANGLE : $\lambda x.$ And(SQUARE, x)	: $\lambda x.$ $\lambda y.$ And(x, y)	: SQUARE	
$\frac{S : \text{And}(\text{SQUARE}, \text{TRIANGLE})}{S \setminus S : \lambda y. \text{And}(\text{SQUARE}, y)}$		$\frac{S \setminus S : \lambda y. \text{And}(\text{SQUARE}, y)}{S : \text{And}(\text{SQUARE}, \text{And}(\text{SQUARE}, \text{TRIANGLE}))}$	

範疇文法導出とは

範疇文法導出とは

文 s と意味 ψ のペア $\{(s_j, \psi_j)\}_j$ から
範疇文法 (Categorial Grammar) を導出 (Induction)

👉 意味解析器として使える

$s =$
John likes Mary
 \downarrow
 $\psi =$
LIKE(MARY, JOHN)

John	likes	Mary
N	S \ N/N	N
: JOHN : $\lambda x. \lambda y. \text{LIKE}(x, y)$: Mary		
		$\xrightarrow{\hspace{10em}}$
		S : $\lambda y. \text{LIKE}(\text{MARY}, y)$
		$\xleftarrow{\hspace{10em}}$
S : LIKE(MARY, JOHN)		

Q: こんなものが創発言語に適用できるの? A: Yes!

∴ 創発言語は **メッセージ** m と **意味** i のペア

$\{(m_j, i_j) \mid m_j = S(i_j)\}$ から成るため

最近考えていること

最近：シグナリングゲームを生成モデルとして定式化

最近の気づき (上田, 2023)

シグナリングゲームの目的関数は
 β -VAE (Higgins et al., 2017) に近い

つまり...?

メッセージ $m =$ 潜在変数
意味 (情報) $i =$ 観測変数



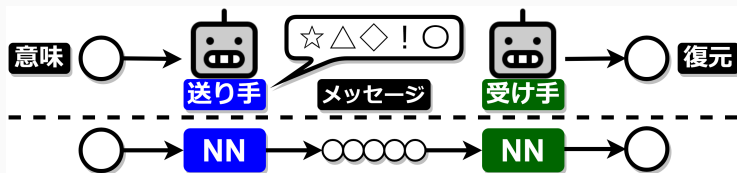
グラフィカルモデル

 記号創発 の 分散的ベイズ
の世界観 (Taniguchi et al., 2022)
に繋がっていく可能性

そもそも シグナリングゲームは単純すぎる

うすうす気づいていること

シグナリングゲームは単純すぎる



こんな単純な設定で
文法構造など生じ得るのか 🤔
(多分生じない)

もっと複雑なことをやりたい！

まとめ

まとめ

私の興味

言語の (統計的な) 性質・構造が

どのようにして生じるのかに興味があります

👉 それをシミュレーションで再現できたらもっと嬉しい

これまで：B4～M1～M2の間

Zipf 短縮・Harris の分節原理・範疇文法などに着目

これから：D1～???

まだまだやるべきことがたくさん 😞

「ゲーム」の数学的な整理 and/or 複雑化をしつつ

何か面白い結果を出せていけたら嬉しい

NLP コロキウムにて
トークさせていただきます!

創発言語でも Harris の分節原理は成り立つのか？

2023/06/14 (Wed) 12:00 (JST)



JSAI2023 にて

オーガナイズドセッションをします!

言語とコミュニケーションの創発

～記号創発システムから共創的言語進化まで～

上田亮, 谷口忠大, 鈴木麗璽, 中村友昭, 橋本敬



- Chaabouni, Rahma, Eugene Kharitonov, Emmanuel Dupoux, and Marco Baroni (2019) "Anti-efficient encoding in emergent communication," in Wallach, Hanna M., Hugo Larochelle, Alina Beygelzimer, Florence d'Alché-Buc, Emily B. Fox, and Roman Garnett eds. *Advances in Neural Information Processing Systems 32: Annual Conference on Neural Information Processing Systems 2019, NeurIPS 2019, December 8-14, 2019, Vancouver, BC, Canada*, pp. 6290–6300.
- Harris, Zellig S. (1955) "From Phoneme to Morpheme," *Language*, Vol. 31, No. 2, pp. 190–222.
- Higgins, Irina, Loïc Matthey, Arka Pal, Christopher P. Burgess, Xavier Glorot, Matthew M. Botvinick, Shakir Mohamed, and Alexander Lerchner (2017) "beta-VAE: Learning Basic Visual Concepts with a Constrained Variational Framework," in *5th International Conference on Learning Representations, ICLR 2017, Toulon, France, April 24-26, 2017, Conference Track Proceedings*: OpenReview.net.

- Lazaridou, Angeliki and Marco Baroni (2020) "Emergent Multi-Agent Communication in the Deep Learning Era," *CoRR*, Vol. abs/2006.02419.
- Lewis, David K. (1969) *Convention: A Philosophical Study*: Wiley-Blackwell.
- Martinet, André (1960) *Éléments de linguistique générale*: Armand Colin.
- Tanaka-Ishii, Kumiko (2021) *Articulation of Elements*, pp. 115–124, Cham: Springer International Publishing.
- Taniguchi, Tadahiro, Yuto Yoshida, Akira Taniguchi, and Yoshinobu Hagiwara (2022) "Emergent Communication through Metropolis-Hastings Naming Game with Deep Generative Models," *CoRR*, Vol. abs/2205.12392, DOI: [10.48550/arXiv.2205.12392](https://arxiv.org/abs/2205.12392).
- Ueda, Ryo and Koki Washio (2021) "On the Relationship between Zipf's Law of Abbreviation and Interfering Noise in Emergent Languages," in *Proceedings of the ACL-IJCNLP 2021 Student Research Workshop, ACL 2021, Online, July 5-10, 2021*, pp. 60–70: Association for Computational Linguistics, DOI: [10.18653/v1/2021.acl-srw.6](https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-srw.6).

Ueda, Ryo, Taiga Ishii, and Yusuke Miyao (2023a) “On the Word Boundaries of Emergent Languages Based on Harris’s Articulation Scheme,” in *The Eleventh International Conference on Learning Representations*.

上田亮・石井太河・鷺尾光樹・宮尾祐介 (2023b) 「範疇文法導出を用いた創発言語の構成性の評価」, 『言語処理学会第 29 回年次大会 (NLP2023) 予稿集』.

Zettlemoyer, Luke S. and Michael Collins (2005) “Learning to Map Sentences to Logical Form: Structured Classification with Probabilistic Categorical Grammars,” in *UAI '05, Proceedings of the 21st Conference in Uncertainty in Artificial Intelligence, Edinburgh, Scotland, July 26-29, 2005*, pp. 658–666: AUAI Press.

Zipf, George K. (1935) *The psycho-biology of language*: Houghton Mifflin.

上田亮 (2023) 「創発言語はなぜ Zipf 短縮に従わないのか？ 暗黙の事前分布に基づく再解釈」, 『言語処理学会第 29 回年次大会 (NLP2023) 予稿集』.