

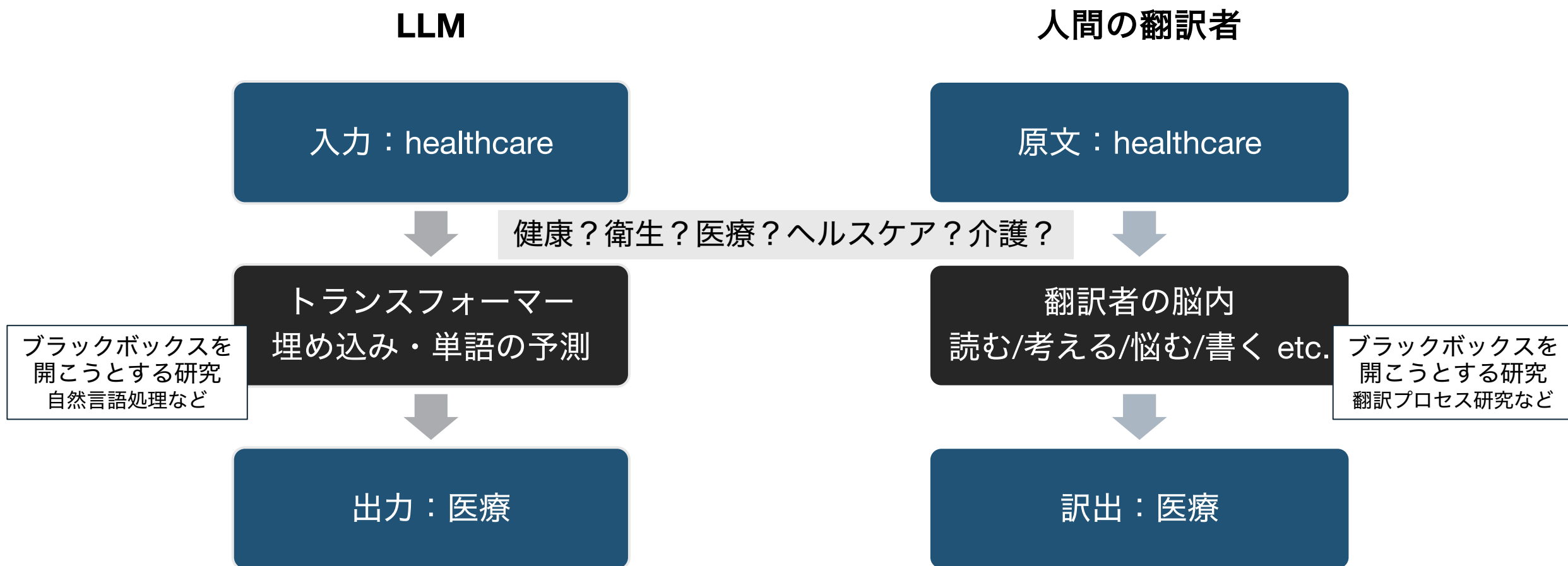
LLM時代に問う人間翻訳のプロセス

感情・行動・認知の統合モデルによるシミュレーション

溝脇孝哲*, 山田優*, Michael Carl**, Yuxiang Wei***, Xinyue Ren**

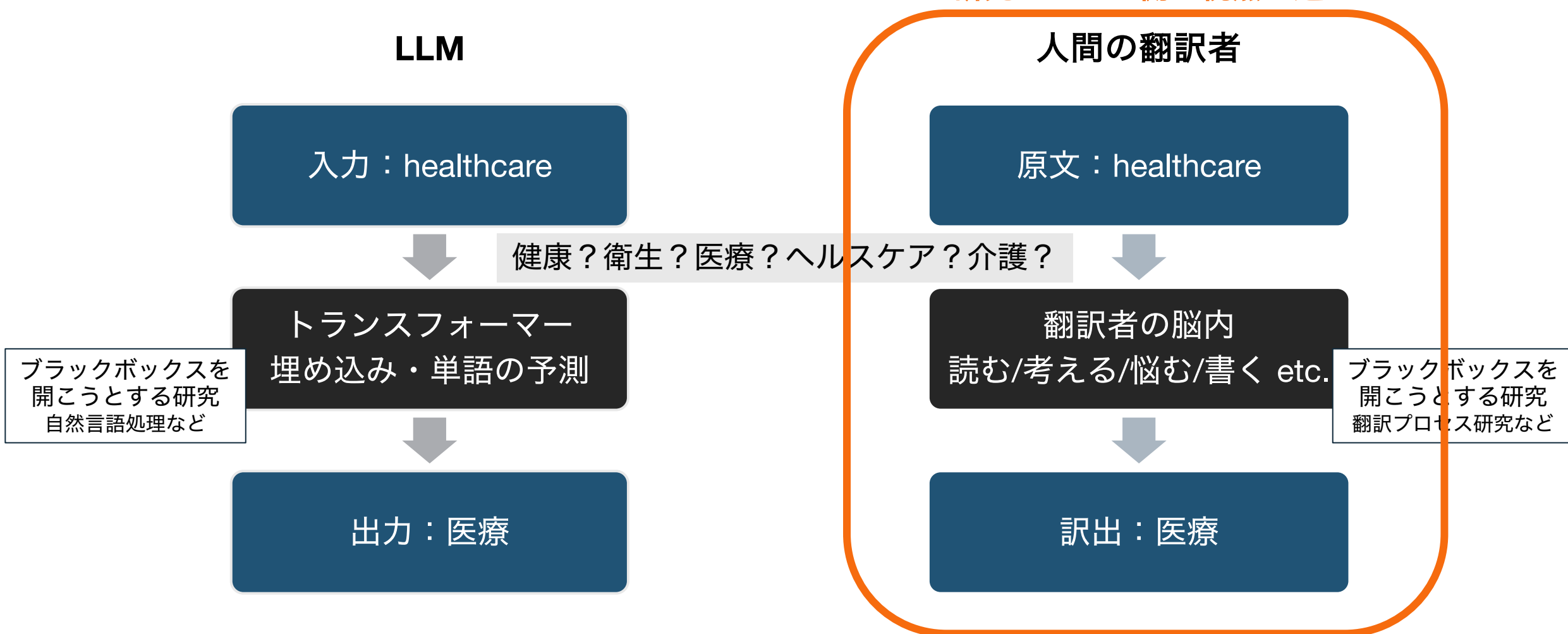
*立教大学, **Kent State University, ***Saint Francis University

大規模言語モデル（LLM）と人間の翻訳者



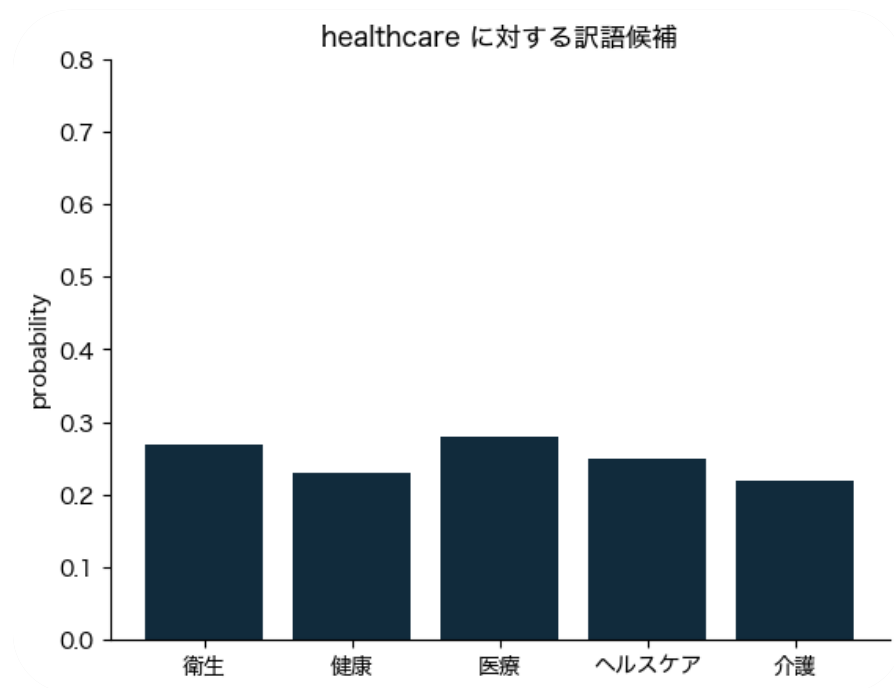
大規模言語モデル（LLM）と人間の翻訳者

この研究はこちら側の視点で進める

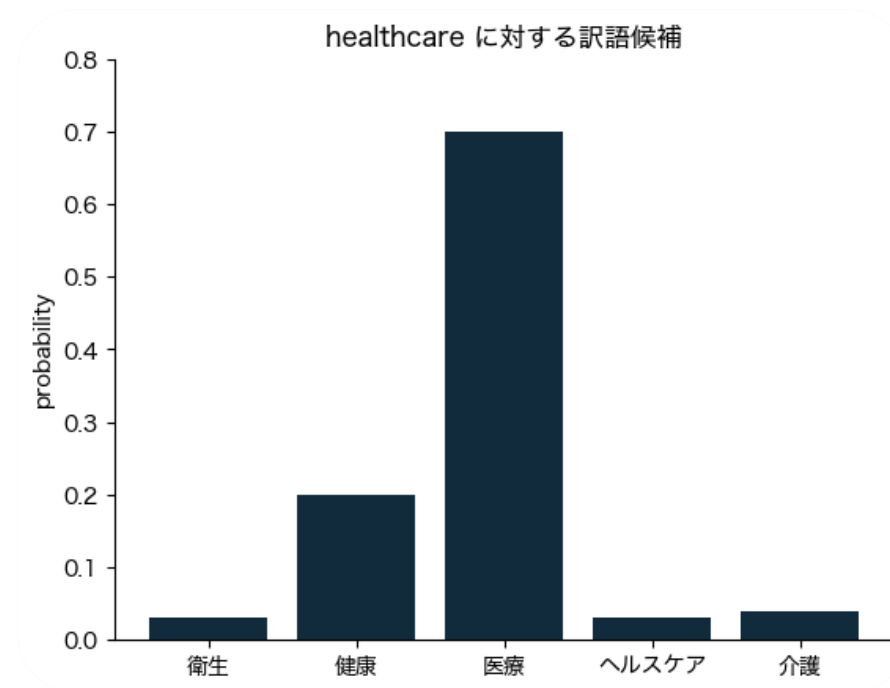


翻訳者の「曖昧さを減らす」というプロセス

- 翻訳中の行動によって、原文のある単語（healthcare）に対する「訳語候補のエントロピー」を減らす



読む/考える/書く



プロセスを定量化する方法：能動的推論

- 能動的推論では、エージェントは「**期待自由エネルギー** (Expected Free Energy; EFE)」を最小化するように行動を選択する (Friston et al., 2017)

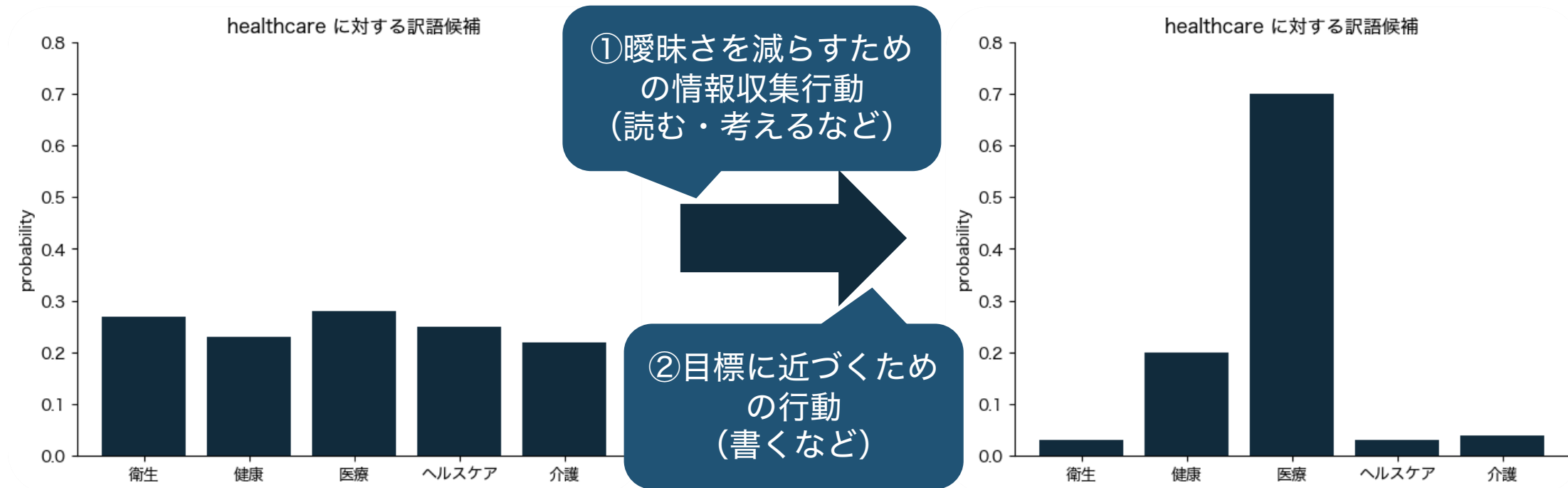
$$EFE = \underbrace{E_Q[H[P(o_\tau|s_\tau)]]}_{\text{expected ambiguity}} + \underbrace{D[Q(o_\tau|\pi)||P(o_\tau)]}_{\text{expected cost}}$$

①曖昧さを減らすための情報収集行動 ②目標に近づく行動

└──────────────────────────┘
トレードオフ

能動的推論で捉える翻訳者の行動

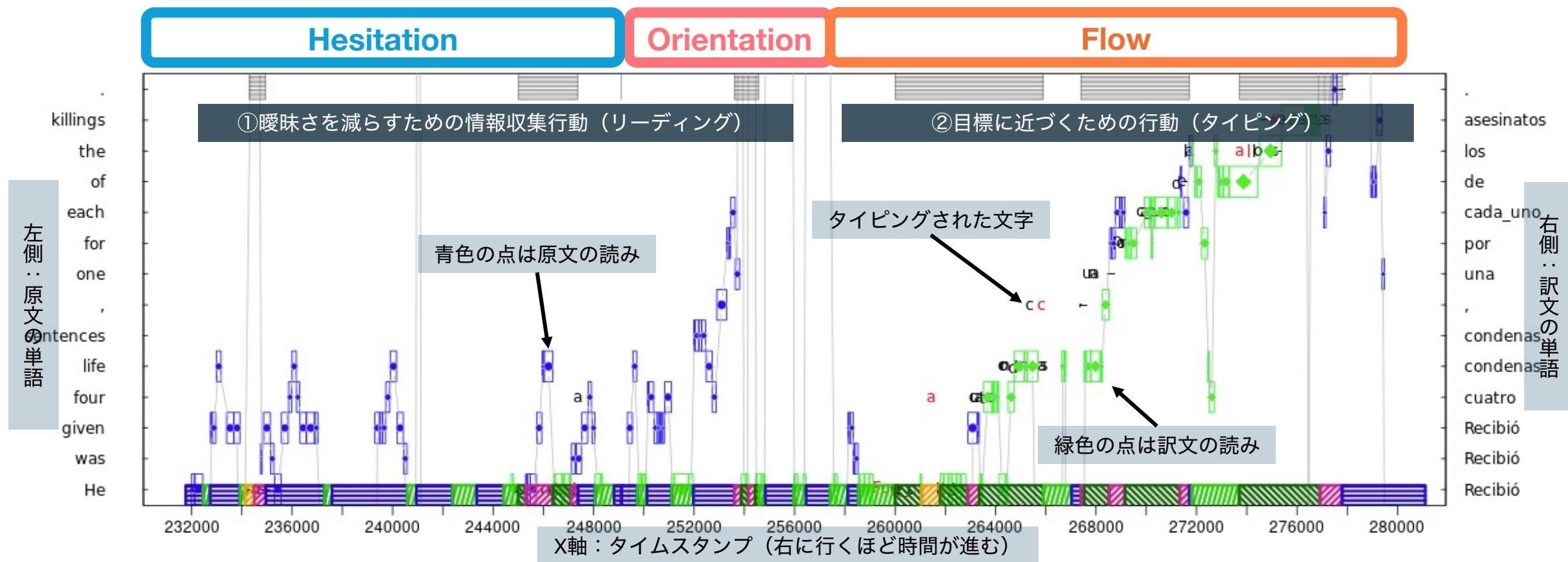
- 翻訳者の行動は、能動的推論での「**エントロピーを下げる行動**」として再現できるかもしれない



これらの（観測可能な）行動データを集めている大規模データベースがある：**CRITT TPR-DB** (Carl et al., 2016)

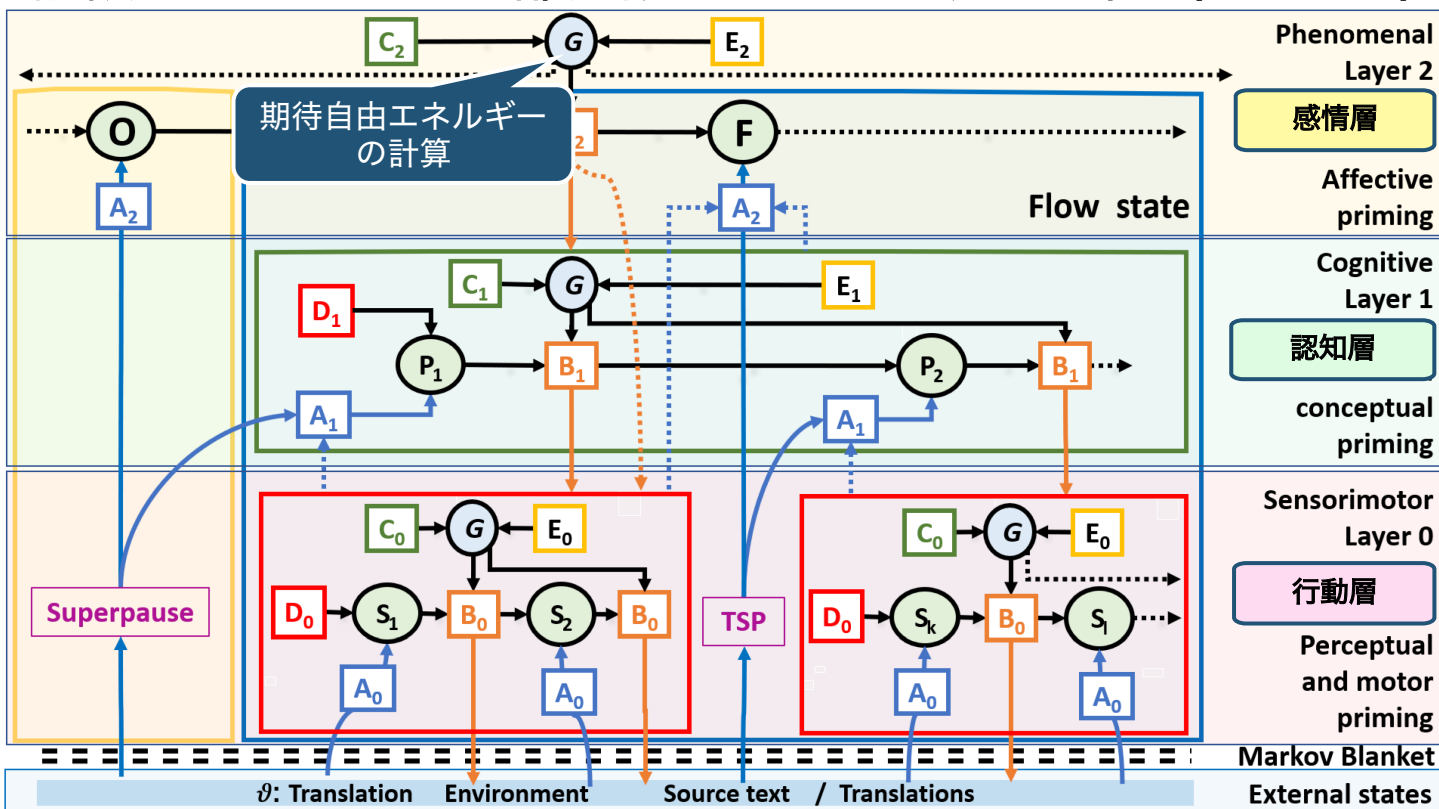
行動データ（アイトラッキングとキーログ）

- 行動データから予測される心的状態なども付与されている。

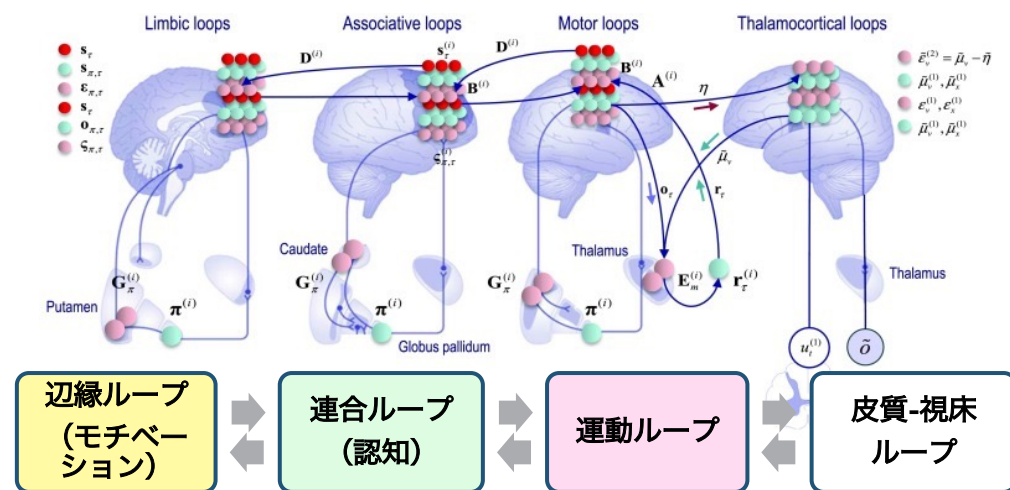


翻訳プロセスを階層的な能動的推論モデルで表す

3層（感情層, 認知層, 行動層）の
翻訳プロセスを表す部分観測マルコフ決定過程（POMDP）



脳の階層構造と対応



このモデルを実装して動かすことで
(訳語候補などの) エントロピーを下げる
翻訳者の行動をシミュレーションできる

シミュレーション結果の例

- リアルな原文を入れているわけではない
- モデルの観測値: 原文単語の難しさ指標
 - High-High = 難しい単語
 - Low-Low = 易しい単語
 - High-Low/Low-High = 中間の難しさの単語
- 難しい単語に対しては Orientation や Hesitation 状態に入り、タイピングはせずに情報収集
- 易しい単語や中間くらいの難しさの単語に対しては Flow 状態で訳語をタイピング

Time	Observation	Affective state	Keystrokes	GazePath
1	High-High	Orientation	NoTyping	Scattered
2	High-High	Orientation	Deletion	Scattered
3	High-High	Orientation	NoTyping	Refixation
4	High-High	Orientation	Deletion	Linear
5	High-High	Hesitation	NoTyping	Scattered
6	High-High	Hesitation	Deletion	Scattered
(中略)				
34	High-High	Orientation	NoTyping	Refixation
35	High-High	Hesitation	NoTyping	Refixation
36	High-High	Hesitation	Deletion	Linear
37	High-High	Orientation	NoTyping	Scattered
38	High-High	Orientation	Insertion	Linear
39	Low-Low	Flow	Insertion	Linear
40	High-Low	Flow	Insertion	Refixation
41	Low-High	Flow	Insertion	Linear

人間のデータの場合

- healthcare の訳出に関わる箇所

1. Orientation 状態で情報収集
2. Hesitation（訳語を悩んでいる）状態に入り、一度訳出しても、すぐに消している
3. その後 Flow 状態に入り、訳語「医療」を入力

Time	Affective state	Insertion	Deletion	GazePath	Edit
1280410	Orientation	0	0	Scatterd	---
1281345	Orientation	0	0	Scatterd	---
1282125	Orientation	0	0	Scatterd	---
1282359	Orientation	0	0	Scatterd	---
1282671	Orientation	0	0	Re-fixation	---
1286730	Orientation	0	0	Linear	---
1292746	Orientation	0	0	Scatterd	---
1294206	Orientation	0	0	Linear	---
1298449	Hesitation	0	0	Re-fixation	---
1298645	Hesitation	0	0	Re-fixation	---
1298795	Hesitation	0	0	Re-fixation	---
1301028	Hesitation	0	0	Re-fixation	---
1301655	Hesitation	28	2	Re-fixation	病院に携わる[院病]
1307686	Flow	0	0	Re-fixation	---
1308817	Flow	6	0	Re-fixation	医療

まとめ

- ▶ 翻訳プロセス: (e.g. ある原文に対する訳出候補の) エントロピーを下げるプロセス
- ▶ 能動的推論を用いたモデル化
 - ・リーディング: 曖昧さを減らすための情報収集行動
 - ・タイピング: 目標に近づくための行動
 - ・これらをバランスよく行うモデルを構築し、シミュレーションを行う
- ▶ LLM との大きな違いとして、人間の翻訳プロセスにはリーディングやタイピングといった「身体性」が伴う
- ▶ LLM の仕組み解明が進む中、人間の翻訳プロセスの理解も深まることで LLM と人間翻訳者のより定量的・記述的な比較が可能に

連絡先や補足情報などはこちら→

