

【セッション3】

DaSiC2023 WORKSHOP

言語データとその「鏡」：
機械学習モデルを用い
た言い誤りと失語症例の
分析

言語学とデータサイエンスに関する
ワークショップ・
参加無料

日時

2023年
12月23日【土】
13:30 ~ 17:00

言語認知モデルの鏡 と 機械学習の鏡 と の接点

① 認知モデルの説明1：健常者

寺尾 康 (静岡県立大学)

② 認知モデルの説明2：失語症者

上間清司 (武蔵野大学)
橋本幸成 (目白大学)

③ 機械学習モデルの説明

浅川伸一 (東京女子大学)

認知モデルの紹介

心理言語学において提案されてきた代表的言語産出モデル

- 70年代 Garrettの二段階モデル
- 80年代 相互活性化モデル
- 90年代 Leveltモデル

Garrettの二段階モデル 1

当時、MIT教授だった M.Garrettは、自ら手書き収集した
日常発話に生じた言い誤り6000例をもとに、“文産出モデル”を提案
(Garrett 1975)

3種類の交換型言い誤り

- (i) a. I left my briefcase in my cigar.
b. ...which was parallel to a certain sense in an experience...
- (ii) a. I went to get a cash checked. (check cashed)
b. It waits to pay. (pays to wait)
- (iii) a. We expected Jom and Terry to be here. (Tom and Jerry)
b. It's past fassing by... (fast passing)

Garrettの二段階モデル 2

	同一品詞	内容語	文法語	同一句	離れた二語で
(i) タイプ 語交換	yes	yes	yes	no	Yes
(ii),(iii) タイプ 形態素、音韻交換	no	yes	no	yes	no

(i) タイプは、順序の制約よりも文法的な制約が強い。

(ii),(iii) タイプは、その逆。

系列的な位置が決められるレベルで起こっている可能性が高い。

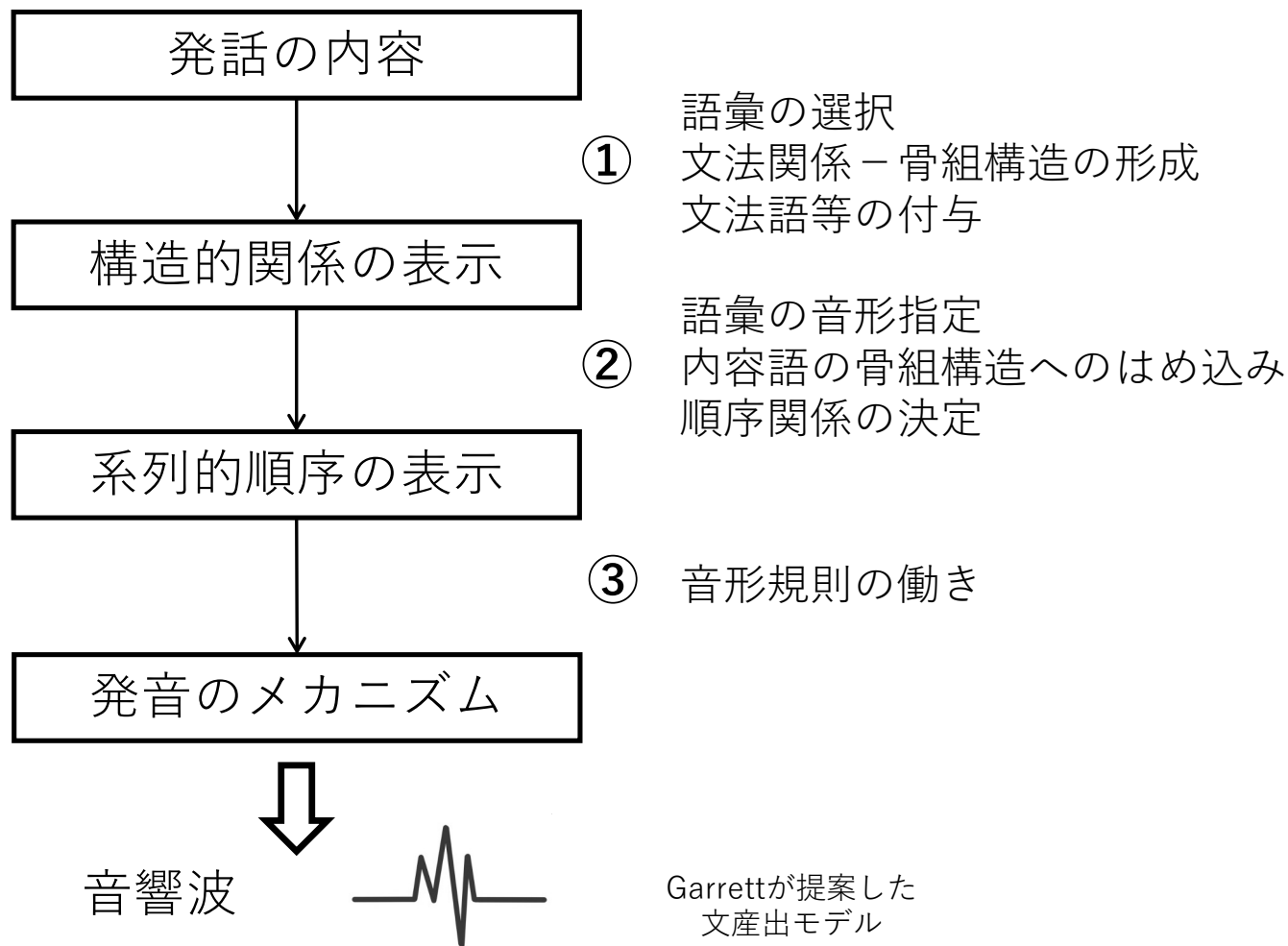
文法接辞はもとの位置に残る。

* wait to pays とはならない。

そこで、彼が提案したのは…

Garrettの二段階モデル 3

70's

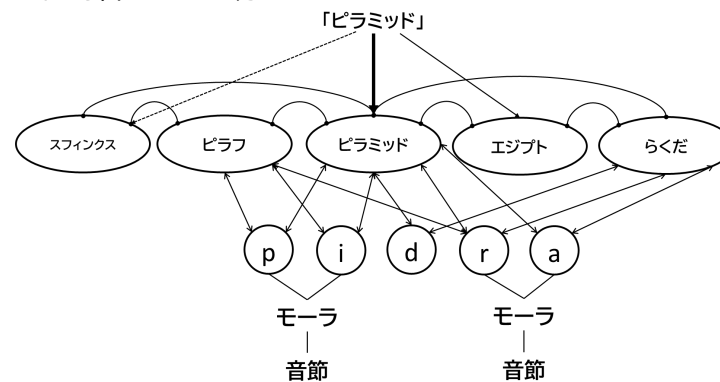


相互活性化モデル 1

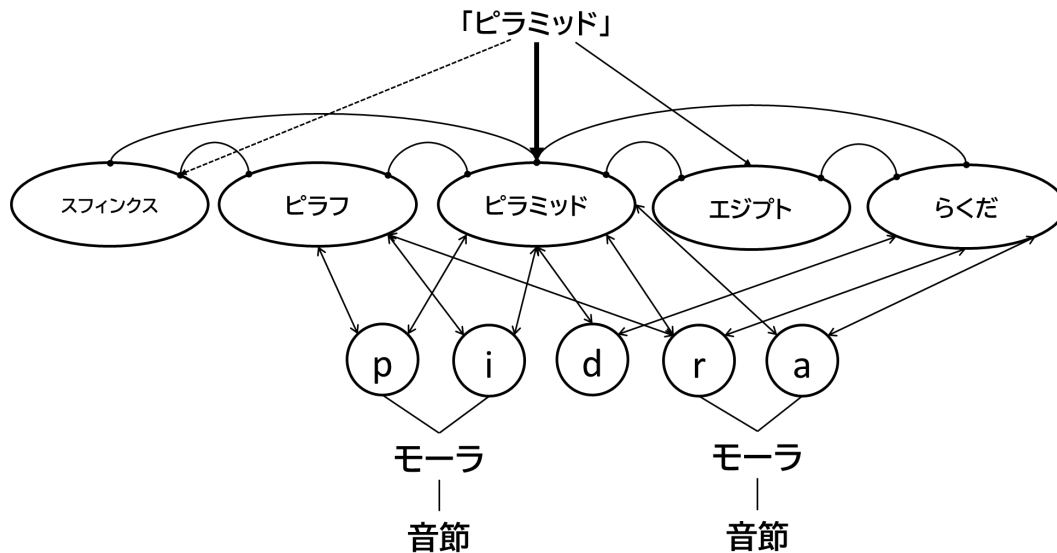
1980年代当時注目を集めていたコネクショニズム*の考え方を背景にした
Dell(1986), Stemberger(1985)らのモデル

*たくさんの単純な情報処理要素が、相互に結合して簡単な信号をやりとりするような型の

ネットワーク状のメカニズムを使って「情報処理」という仕事をさせることで
心の構造と機能の解明を目指した動き



相互活性化モデル 2



処理はネットワークの中で双方向的に進む。

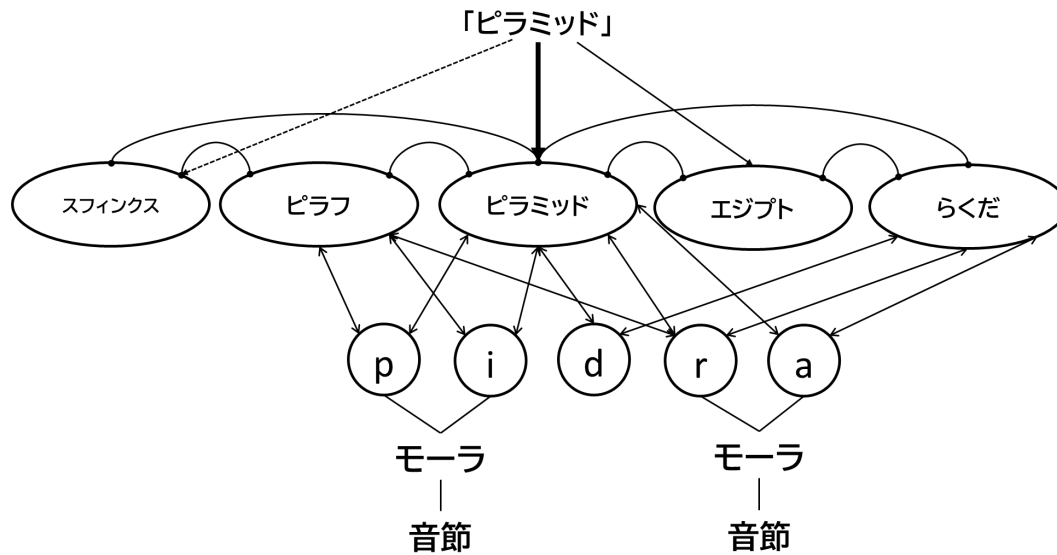
異なるレベル間を活性化が伝播（フィードバックも含む）し、複数のユニット同士で競争が行われる。

他のユニットからの活性化の値の合計がそのユニットの閾値（しきいの値）を越えると次のユニットに活性化が送られる。

活性化が集まる強いユニットがますます強くなるという原理に基づいて最も活性化を受けたユニットが勝者として決定される。

最も**活性化**を受けたユニットが
勝者として決定される。

相互活性化モデル 3



語彙アクセスの現場が描かれることが多いが、
統語的、音韻的のフレームも別途活性化され、
そのスロットに選ばれた要素が充填されていく。

言い誤りは、

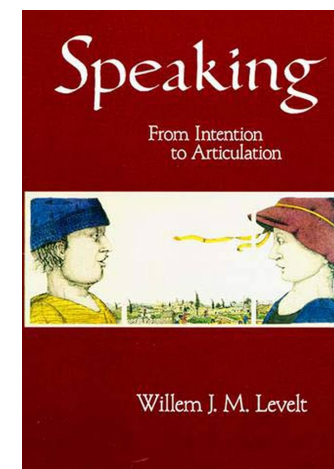
ノイズ（発話のスピード、ユニットの休止レベルのばらつき、反復音素効果）のために、
ライバルのユニットがターゲットのユニットより高い活性化を受けてしまった結果であるとし、
誤りの理由づけがしやすく、発生メカニズムの説明に優れる。

活性化のダイナミズム、ノイズ値の設定を変数として盛り込んでシミュレーションを行うことができる。

原理の単純さゆえ「**トイモデル**」と呼ばれることもあるが、
後の機械学習モデルにつながる特徴を持つ。

Levelt モデル 1

意図から調音までの発話過程の全容解明を目指した
大著「*Speaking*」の冒頭で示された「標準」モデル



90's

Speaking: From Intention to Articulation
Levelt 1993

意図から調音までを捉えた総合的なモデルであったため、
後の研究に向けて、各部門を精緻化していく道筋
をつけた。

統語論においてより現実的な文法的符号化を提案した Ferreira(2000)

音韻的符号化から調音までを精緻化した**WEAVER++モデル** Roelofs(2000)
大規模言語モデル時代の「意図的」とは何か？

Levelt モデル2 全体図

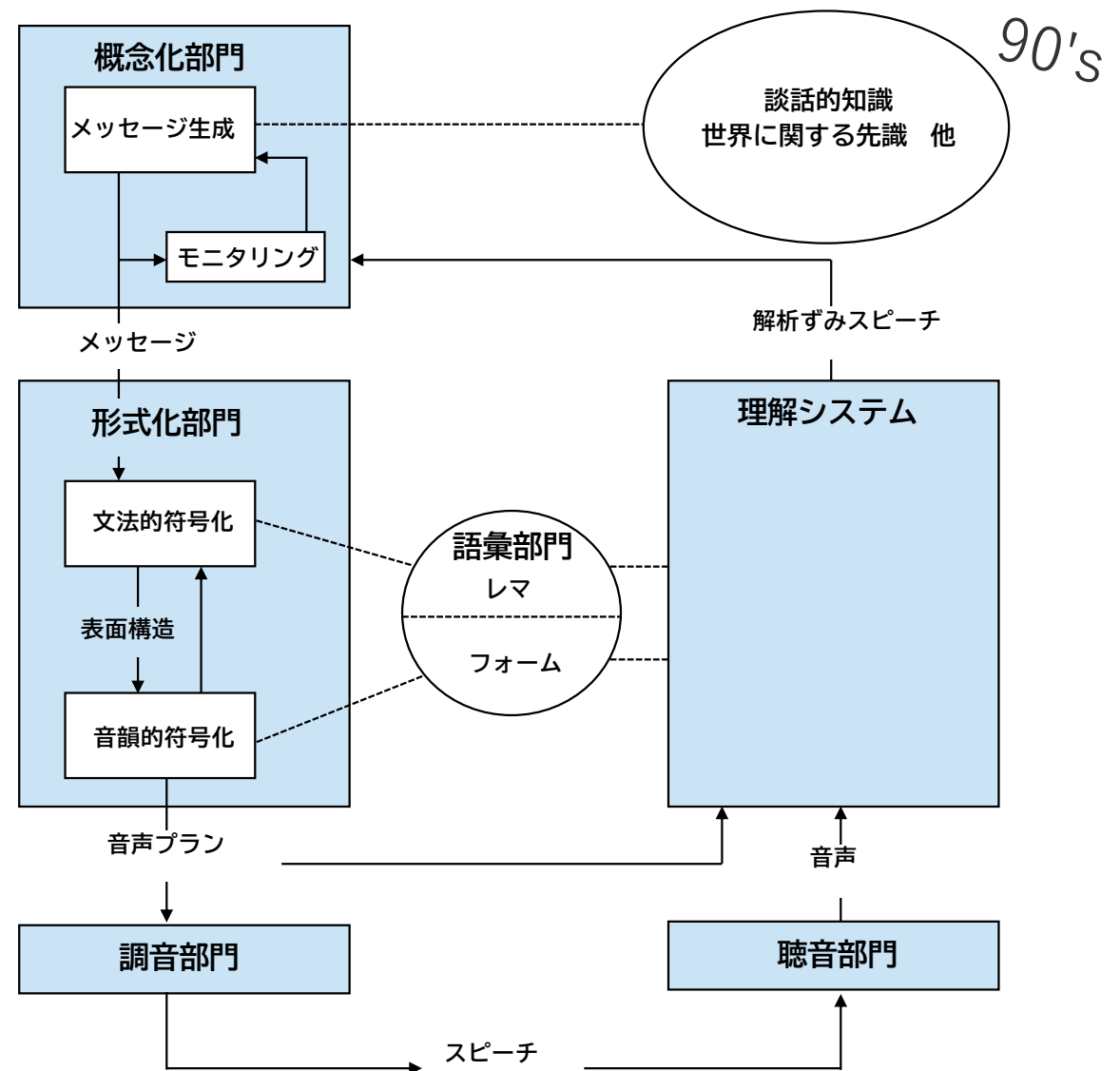
基本的には、
概念化部門、**形式化部門**、**調音部門**
の順に系列的に処理が進む。

語用論的・談話的調整や発話前、
発話後の修正のためにフィード
バック処理も設けられている。

従来のモデルでは、取り上げられてこなかった**概念レベル**に

- ・ 語彙概念ツリー
 - ・ 語用論的・談話的調整
- を取り入れて

意図の記述を試みている。



Levelt モデル3 全体図

語彙部門

発話・理解の中心に据え、

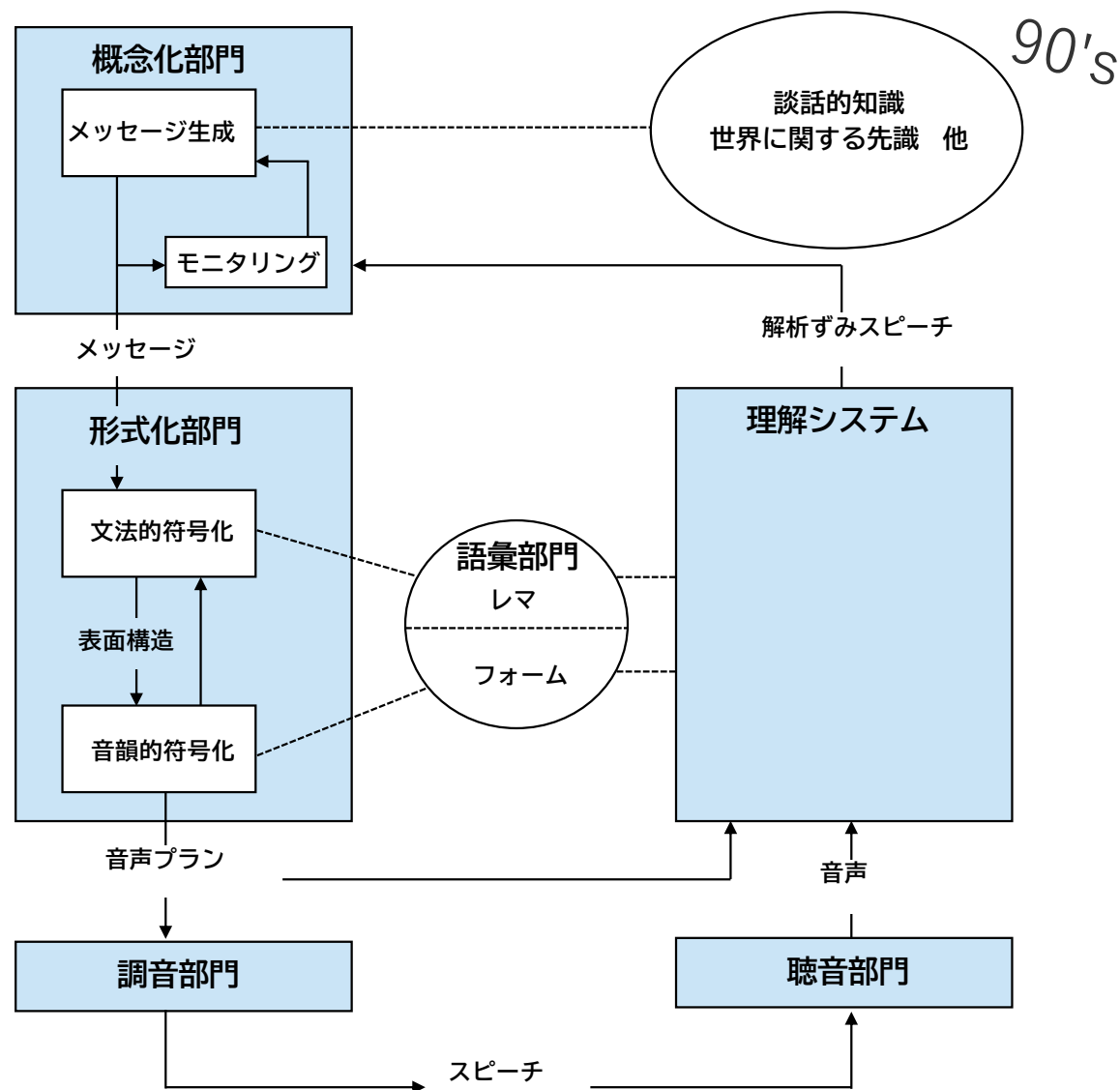
- ・ 文法的エントリーとしてのレマ
- ・ 形態・音韻的エントリーとしてのフォーム

それぞれ文法的符号化、音韻的符号化に結びつけて役割を明確にした。

文法的符号化部門

範疇的、統語的手続きに沿って
インクリメンタルに文の組み立て
が進行する「動く」モデル

*シミュレーション等の計算は行えない



認知モデル まとめ

	根拠	デザイン	フィード バック	シミュレー ション	学習	文の組み 立て
Garrett モデル	言い誤り	箱と矢印	×	×	×	△
相互活性化 モデル	言い誤り	ネット ワーク	○	○	×	×
Levelt モデル	実験	箱と矢印	△	×	×	○

【セッション3】

DaSiC2023 WORKSHOP

言語データとその「鏡」：
機械学習モデルを用い
た言い誤りと失語症例の
分析

言語学とデータサイエンスに関する
ワークショップ・
参加無料

日時

2023年

12月23日【土】

13:30 ~ 17:00

言語認知モデルの鏡 と 機械学習の鏡 と の接点

①認知モデルの説明1：健常者

寺尾 康 (静岡県立大学)

②認知モデルの説明2：失語症者

上間清司 (武蔵野大学)

橋本幸成 (目白大学)

③機械学習モデルの説明

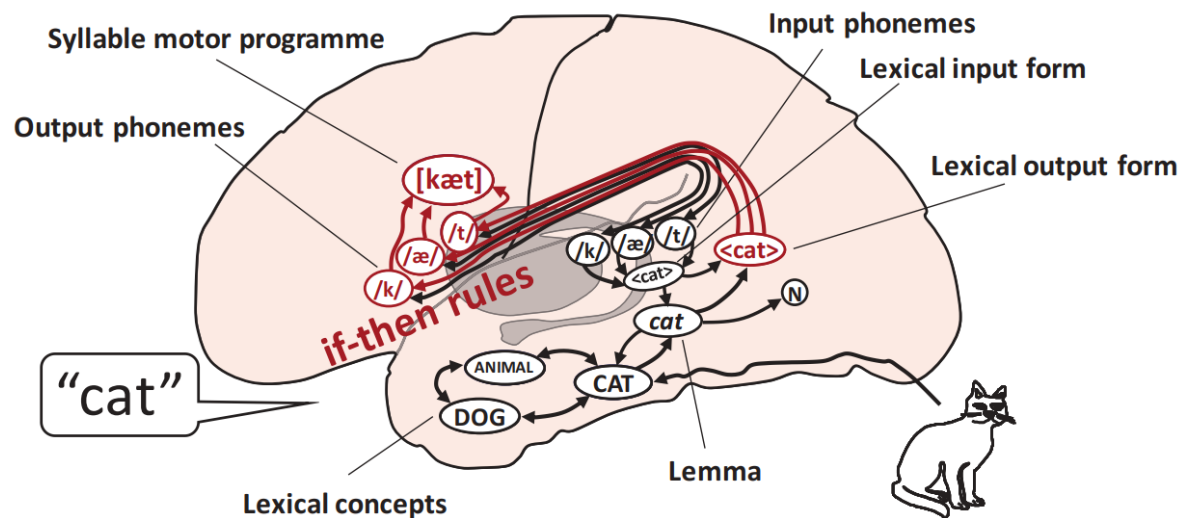
浅川伸一 (東京女子大学)

認知モデルの説明 2（失語例）

WEAVER++/ARC model

目白大学 橋本幸成

WEAVER++/ARC modelの概要



Roelofs, A. (2014)

- 5個の語彙概念ノード
- 5個のレンマノード
- 5個の語彙入力形式ノード
- 10個の入力音素ノード
- 5個の語彙出力形式ノード
- 10個の出力音素ノード
- 5個の音節プログラムノード
- + それぞれの間の接続

$$a(m, t + \Delta t) = a(m, t)(1 - d) + \sum_n r a(n, t)$$

標的語：cat

他の単語：dog, fish, fog, mat

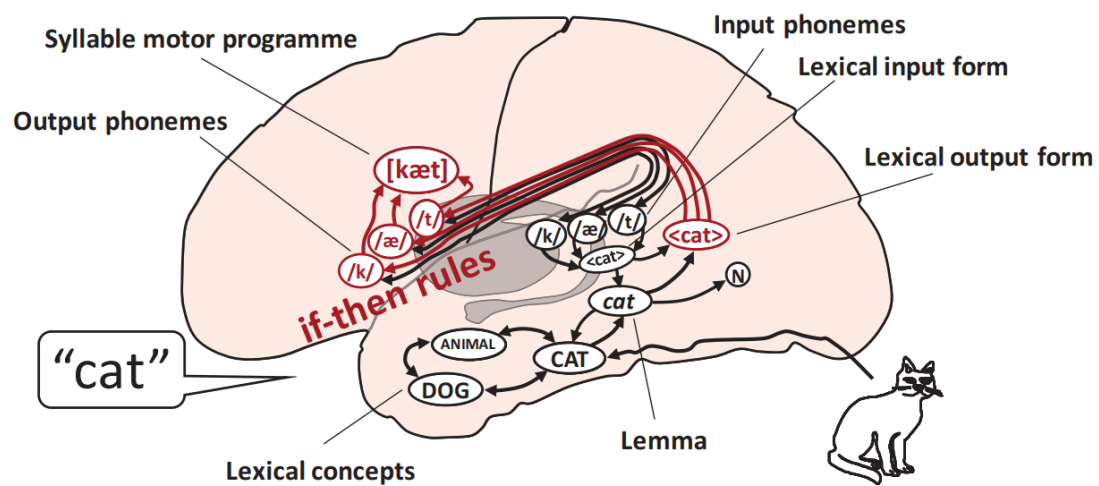
損傷：接続の重み r , 減衰率 d の操作

損傷によって標的と代替ノード間の活性化の差が小さくなる

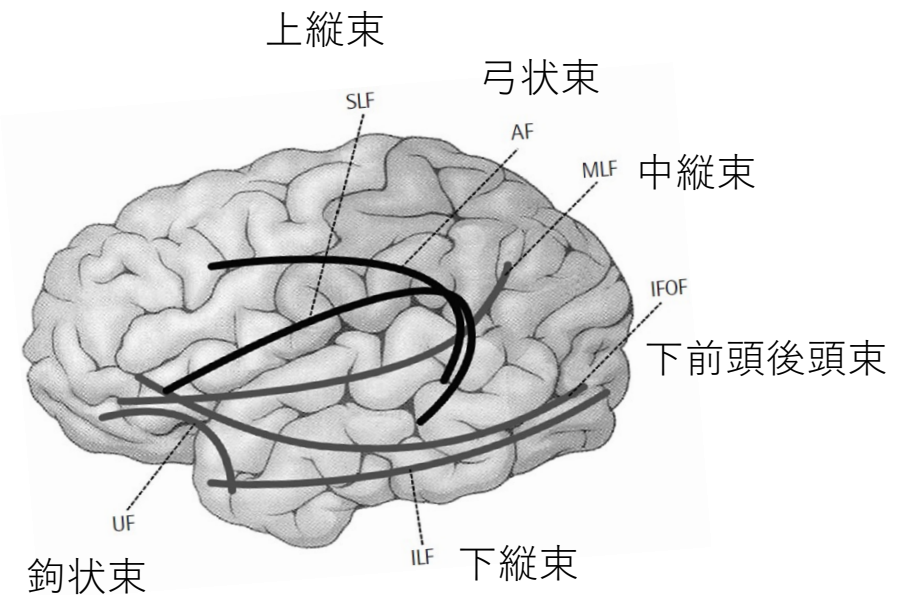
→ 精度が低下 → エラー

情報伝達と神経線維

左腦



脳皮質と神経線維のネットワーク



Lee et al. (2015)

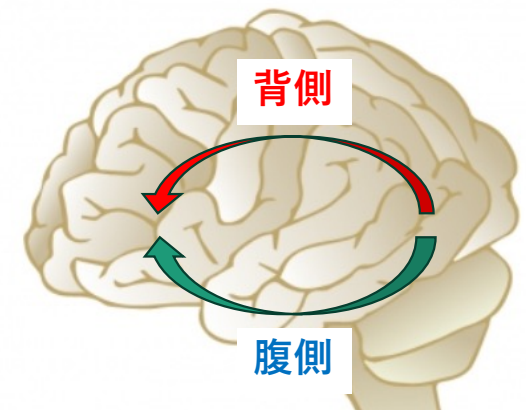
神經線維

意味処理と音韻処理

WEAVER++/ARC model（その他のモデルも大体）

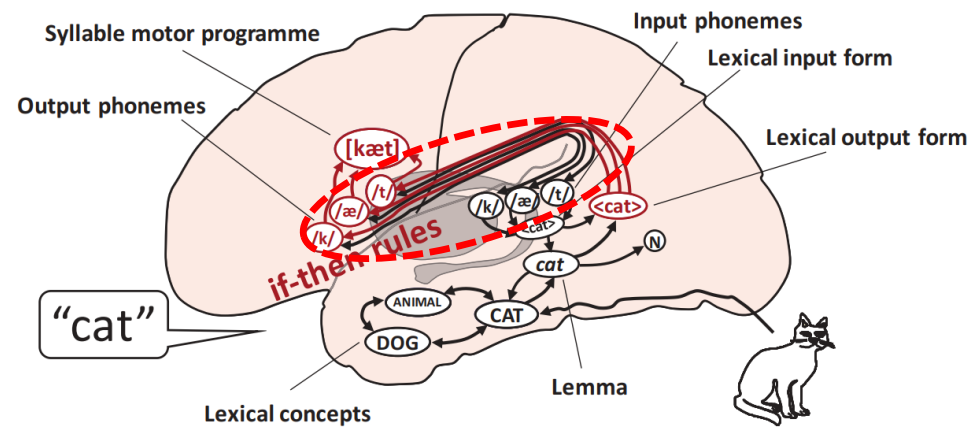
Ueno et al. (2011)

- 2つの経路を想定
- 音韻処理 vs. 語彙・意味処理
- 認知的, 計算的 + **神経解剖学的**な仮定
- 音韻処理→**背側**、意味処理→**腹側**



音韻性エラーの分析

- 背側経路
- 脳部位：input phonemes, output phonemesおよびその間の接続
➡ 上側頭回, 下前頭回, 弓状束



音韻性エラーの分析

- 金魚 → 「りんごじゃない…りん、りんぎょ」

出力語彙ノード ⇔ 出力音素ノード

👉 cat → mat に相当

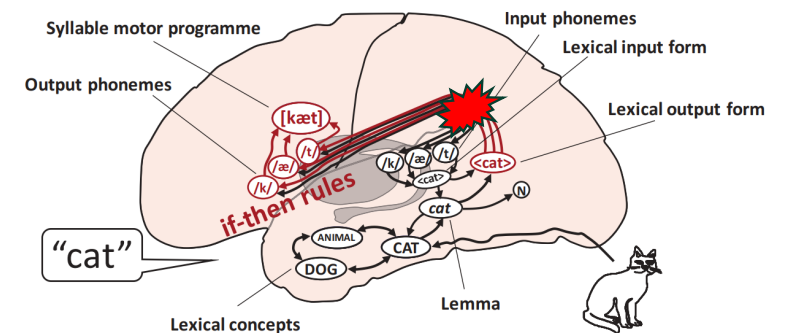
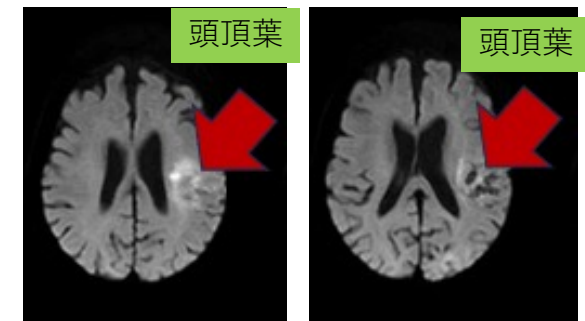
- 猫 → 「ねと」

- ステッキ → 「すてっち」

出力語彙ノード ⇔ 出力音韻ノード

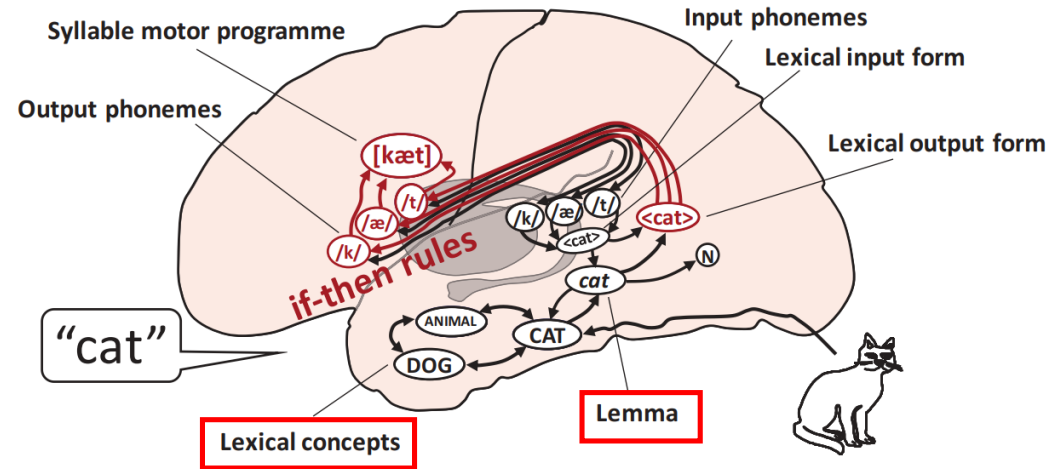
👉 語彙○, 一部の音素×

立場氏の症例



意味性エラーの分析

- 腹側経路
- 脳部位：lexical concepts, lemma⇒中下側頭葉



意味性エラーの分析

- 物干し竿 → 「やり」

レンマノード ⇔ 出力語彙ノード

☞ cat → dog に相当

視覚的類似性?

- 千羽鶴 → 折り紙

レンマノード ⇔ 出力語彙ノード

☞ cat → dog に相当

カテゴリー関係?

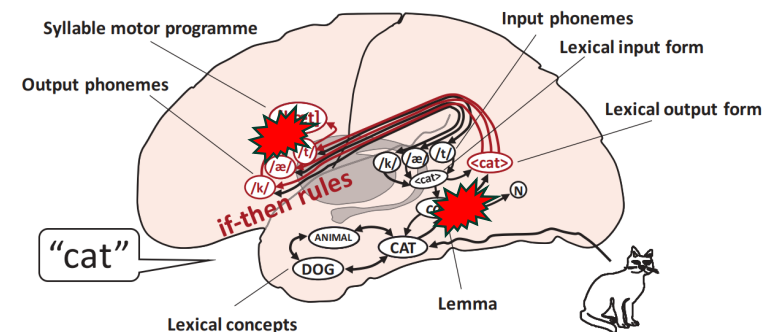
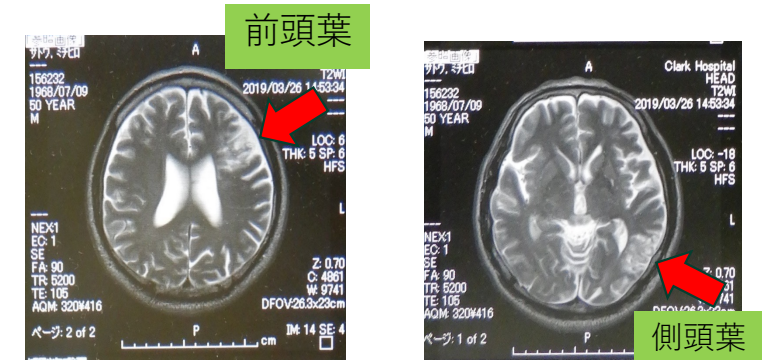
語彙概念ノードの障害

→ 意味性認知症（側頭葉前方病変）による説明

本例の前頭葉病変

→ トップダウン制御の障害による意味性エラー表出？

大門氏の症例



【セッション3】

DaSiC2023 WORKSHOP

言語データとその「鏡」：
機械学習モデルを用い
た言い誤りと失語症例の
分析

言語学とデータサイエンスに関する
ワークショップ・
参加無料

日時

2023年
12月23日【土】
13:30 ~ 17:00

言語認知モデルの鏡 と 機械学習の鏡 と の接点

①認知モデルの説明1：健常者

寺尾 康 (静岡県立大学)

②認知モデルの説明2：失語症者

上間清司 (武蔵野大学)
橋本幸成 (目白大学)

③機械学習モデルの説明

浅川伸一 (東京女子大学)

認知モデルの説明②～失語例～

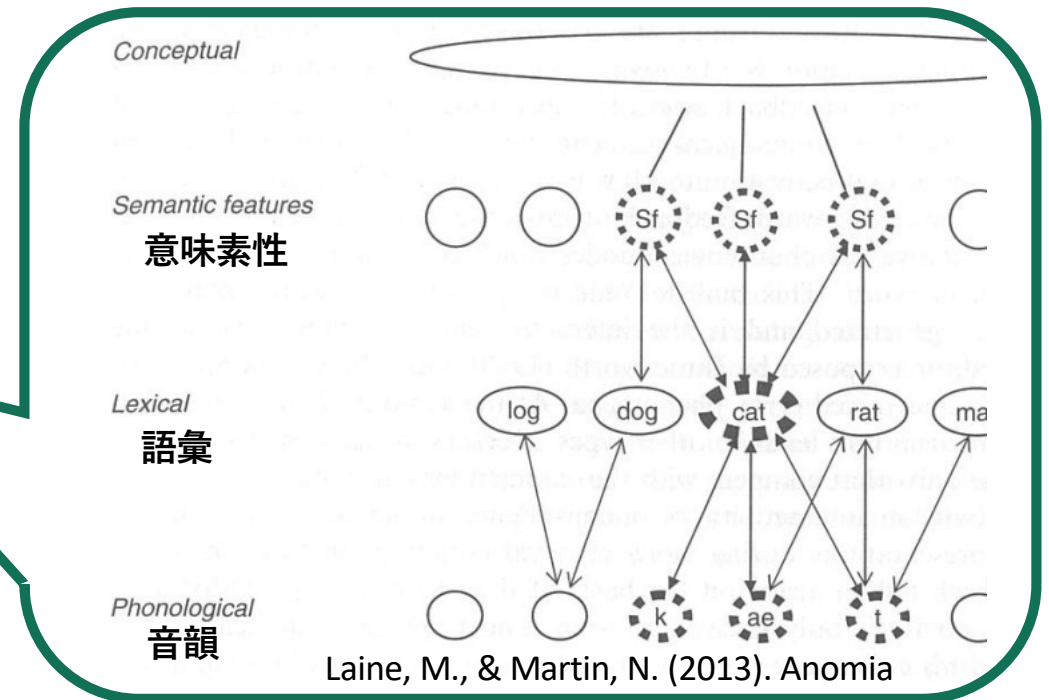
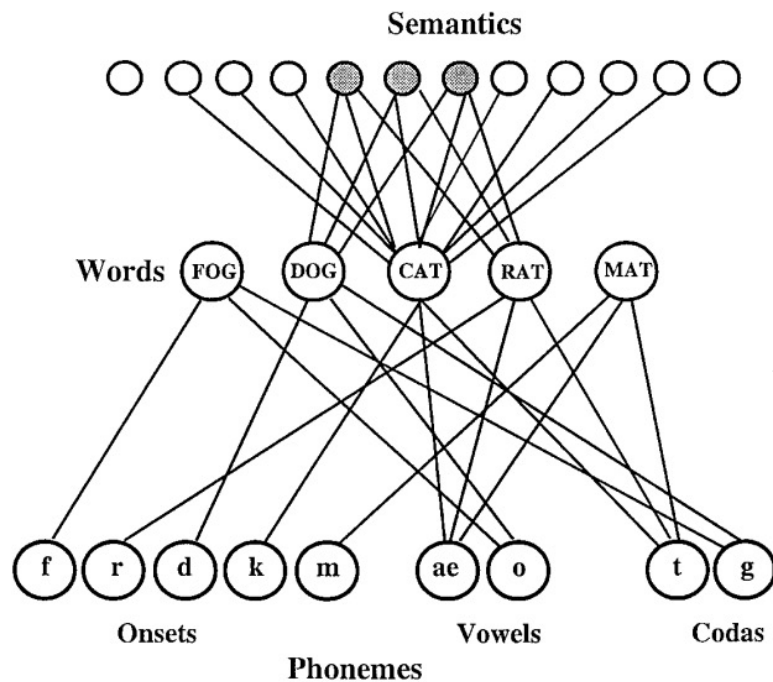
単語検索の相互活性化モデル

The Interactive Activation model

モデルのパラメータとその神経基盤

認知モデルの説明～失語例の誤反応とその神経基盤

単語検索（単一単語産出）の相互活性化モデル



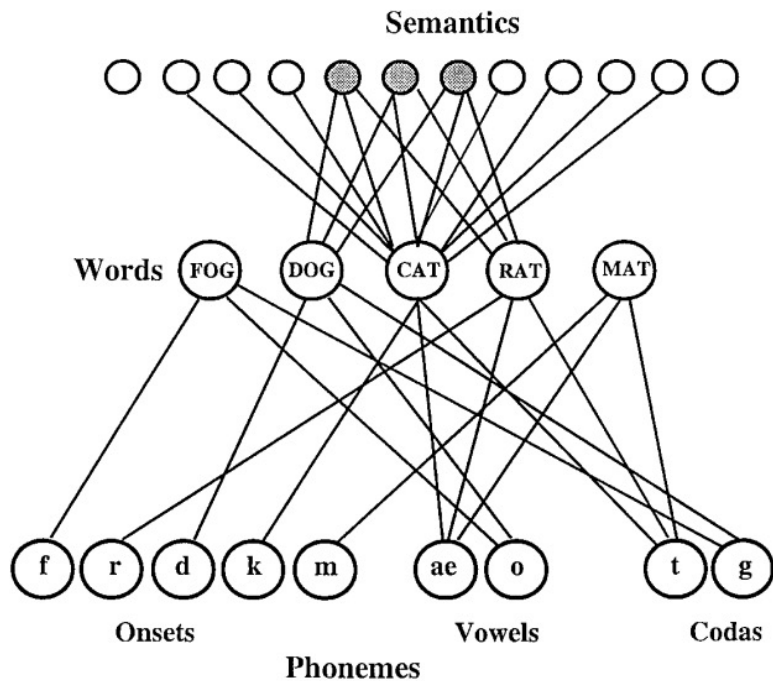
The interactive activation model for word retrieval(Dell et al.,1997)

The semantic-phonological interactive two-step model(Foygel et al.,2000)

The dual-route interactive two-step model(Dell et al., 2013)

認知モデルの説明～失語例の誤反応とその神経基盤

単語検索（単一単語産出）の相互活性化モデル



処理全体に影響するパラメータを想定したモデル（WDモデル）

- 結合強度
（活性化が拡散する強さ, weight, connection strength）
- 減衰率
（不活期に移行する活性化の減衰率, decay rate）



意味-音韻モデル（SPモデル）

- 意味レベルと語彙レベル間の結合強度（s weight）
- 語彙レベルと音韻レベル間の結合強度（p weight）

The interactive activation model for word retrieval(Dell et al.,1997)

The semantic-phonological interactive two-step model(Foygel et al.,2000)

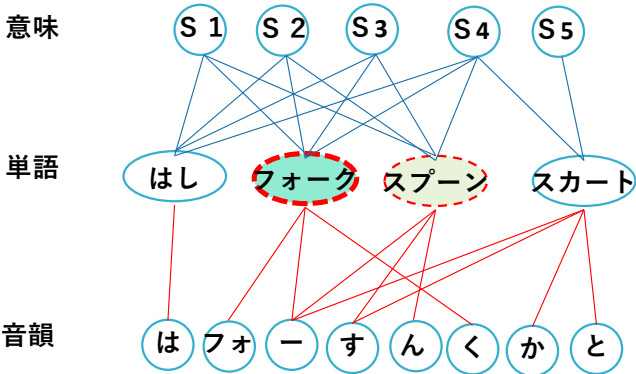
The dual-route interactive two-step model(Dell et al., 2013)

錯語の機序の解釈：意味性エラー

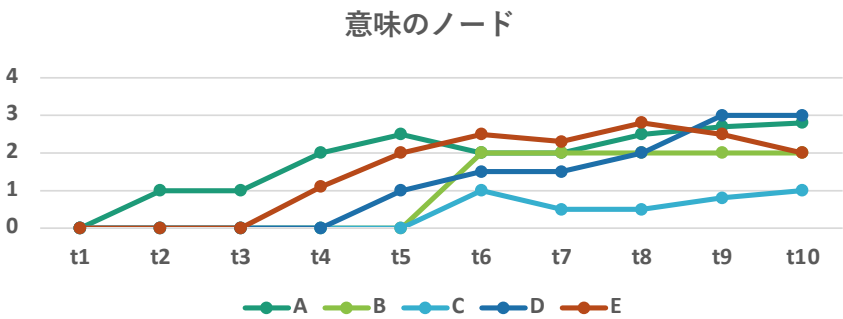
【セッション3】

セッション 1 の例

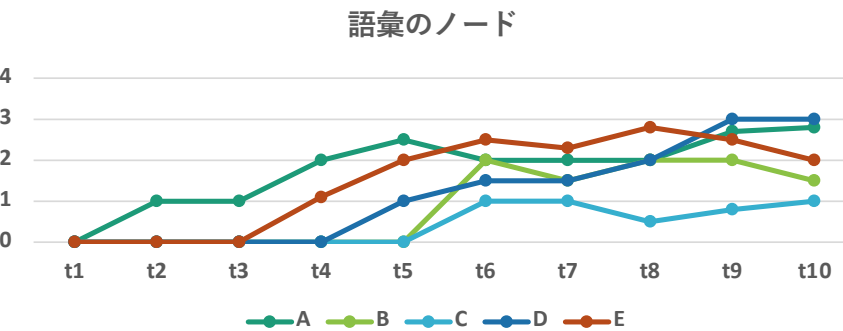
目標語：スプーン→「フォーク」



モデルの振る舞い（模式図）

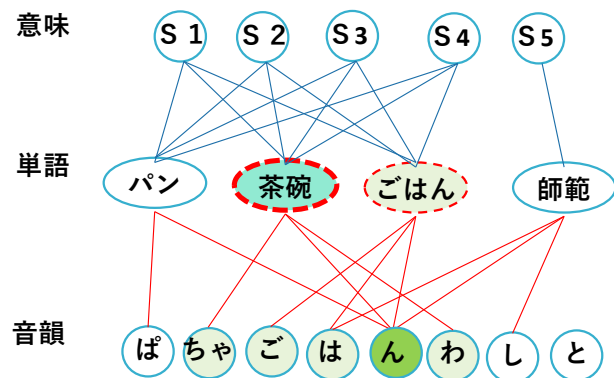


食器
すくう
さす



スプーン
フォーク

錯語の機序の解釈：非語反応(音韻性エラー)

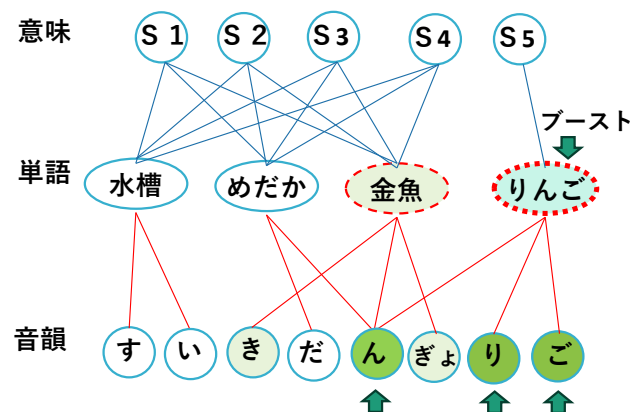


セッション1の例

目標語：ごはん→「ちょわん」

語彙の検索レベルの失敗：ごはん→「ちゃわん」

音韻の活性化：「ちゃ」「わ」「ん」 → 「ちゃ→ちょ」



目標語：きんぎょ→「りんごじゃない、りん、りんぎょ」

音韻の活性化の失敗：「き」「ん」「ぎょ」「り」「ご」 → 「りんご」

※ 発話「リンゴ」

語彙ノードと音韻ノードの追加のブースト（活性化の残余）

（自己修正）

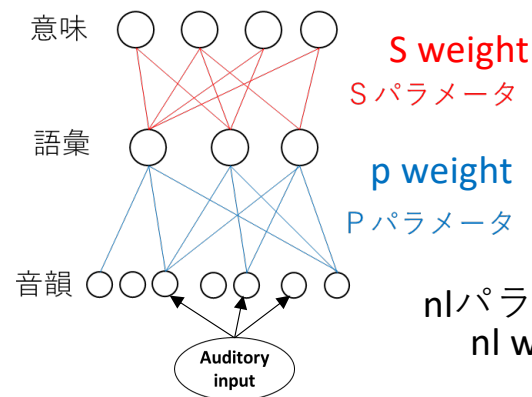
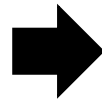
音韻の活性化の失敗：「り」「ん」「ご」「き」「ぎょ」→「りんぎょ」

認知モデルの説明～失語例の誤反応とその神経基盤

【セッション3】
上間清司（武蔵野大学）

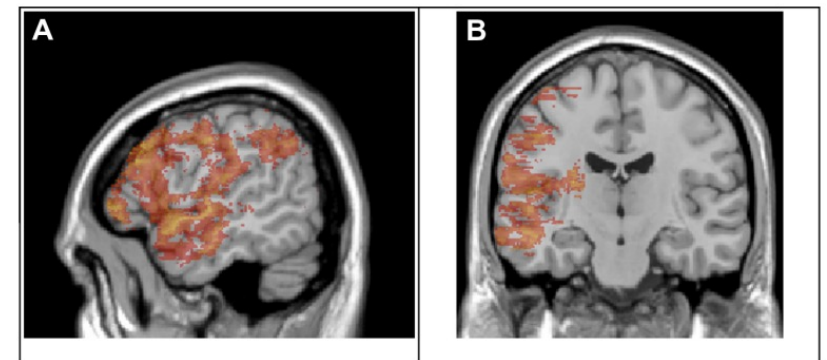
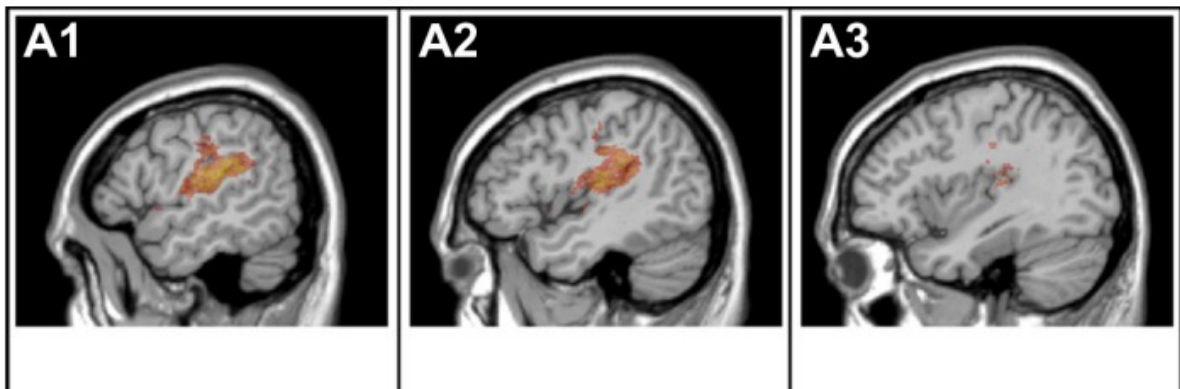
線画呼称課題 & 単語復唱課題
誤反応タイプとその比率

その他の課題



nl パラメータ
nl weight

各パラメータ値に影響を与える
ボクセル（画像上の最小単位）
を推定する



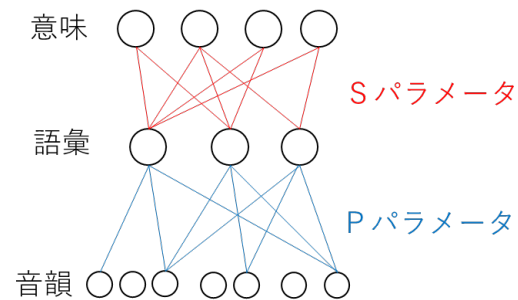
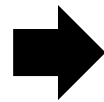
Dell, G. S., Schwartz, M. F., Nozari, N., Faseyitan, O., & Coslett, H. B. (2013)

認知モデルの説明～失語例の誤反応とその神経基盤

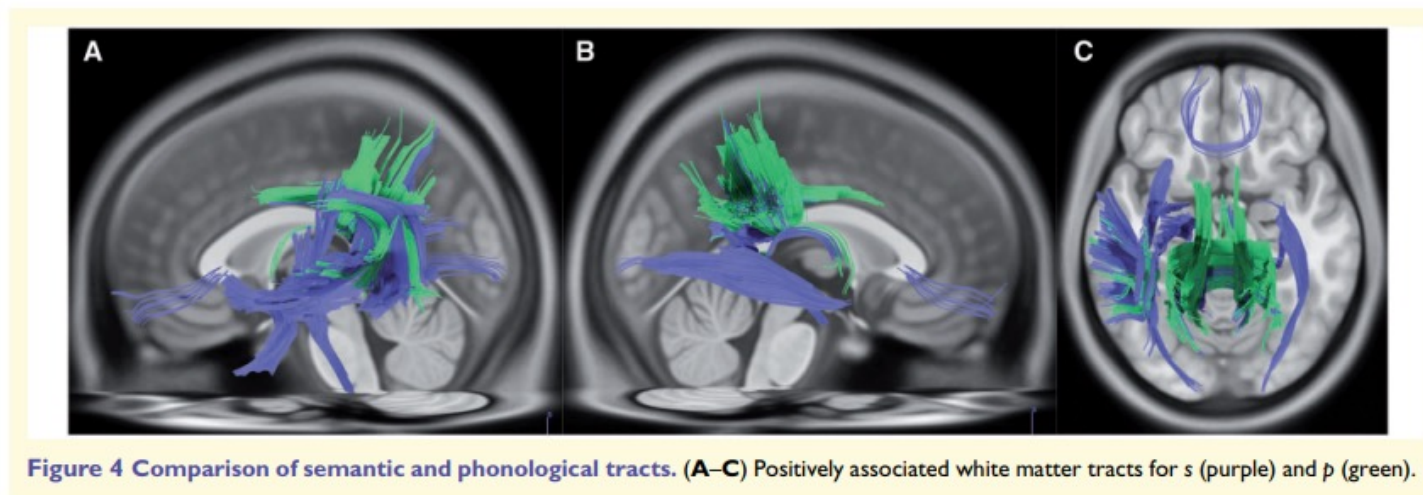
【セッション3】
上間清司（武蔵野大学）

線画呼称課題
誤反応タイプとその比率

その他の課題



各パラメータ値に関連する局所コ
ネクトーム（神経回路）を推定



Hula, W. D., Panesar, S., Gravier, M. L., Yeh, F. C., Dresang, H. C., Dickey, M. W., & Fernandez-Miranda, J. C. (2020)

【セッション3】

DaSiC2023 WORKSHOP

言語データとその「鏡」：
機械学習モデルを用いた
言い誤りと失語症例の
分析

言語学とデータサイエンスに関する
ワークショップ・
参加無料

日時

2023年
12月23日【土】
13:30 ~ 17:00

言語認知モデルの鏡 と 機械学習の鏡 と の接点

①認知モデルの説明1：健常者

寺尾 康 (静岡県立大学)

②認知モデルの説明2：失語症者

上間清司 (武蔵野大学)
橋本幸成 (目白大学)

③機械学習モデルの説明

浅川伸一 (東京女子大学)