

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 7 日現在

機関番号：25406
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2014～2016
課題番号：26381001
研究課題名(和文) 高齢者におけるTOT現象の発現機序について

研究課題名(英文) Tip-of-the-tongue states and aging

研究代表者

伊集院 睦雄 (IJUIN, Mutsuo)

県立広島大学・保健福祉学部(三原キャンパス)・教授

研究者番号：00250192

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：健常成人を対象とした実験的アプローチとコネクショニスト・モデルを用いたモデル論的アプローチにより、TOT (tip-of-the-tongue state) が高齢者で頻発する機序を検討した。実験的アプローチでは、絵の命名時におけるTOT頻度を若年者と高齢者で比較した結果、言語的知識を統制しても生成されるTOT数に年齢による影響が認められた。モデル論的アプローチでは、意味表象から音韻表象を生成するモデルを構築し、一度学習が終了したモデルの結合強度を減衰させて再学習することにより高齢者の換語特性を再現できた。本結果から、高齢者のTOT現象は加齢による検索機能の低下が原因により生じることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Previous reports have found that older adults do experience more tip-of-the-tongue (TOT) states than younger adults. In the present research, we investigated the mechanism of increasing TOT in older adults using two types of approaches - behavioral and computational approaches. In experimental study, we examined whether the age effect is influenced by vocabulary knowledge. The effect of age difference still remained, even when the frequency of TOT was adjusted for vocabulary size. Computational study was conducted using an artificial neural network model producing word pronunciation from its semantics. After training, when re-learning process was introduced to the network with high values of weight decay (correspond to low levels of metabolic activity), network made more errors in low-frequency proper noun with sparse phonological neighborhoods. These findings suggest that TOT increase with advancing age because normal aging results in a retrieval-processing deficit.

研究分野：心理学, 認知神経心理学

キーワード：TOT (喉まで出かかっている現象) 認知加齢 言語的知識 シミュレーション コネクショニスト・モデル

1. 研究開始当初の背景

脳の経年変化により認知機能は年齢と共に低下するが、中でも、知っているはずの名前が出てこないという喚語困難は高齢者で必発の現象であり、特に人名に関する喚語困難は、記憶に関して高齢者が一番多く訴える愁訴でもある。喚語困難の問題でよく検討されているのが、「喉まで出かかっている」(TOT: tip-of-the-tongue) 状態である。TOT 状態とは、自分がある事柄や語を知っているにも関わらず想起に失敗する状態を指す (Brown & McNeill, 1966)。TOT 状態に陥る頻度は年齢を重ねると共に増加し、普通名詞より特に固有名詞で頻出することが明らかとなっている。

Dahlgren (1998) は、WAIS-R 単語課題得点の要因を取り除くと、TOT 数に関する年齢の効果が消えることから、高齢者は単に語彙が豊富なため TOT 状態に陥りやすいとする incremental-knowledge view を提唱した。一方、高齢者で TOT が増加するのは、加齢により語の検索機能がうまく働かなくなるためとする decrement view (e.g., Burke et al., 1991) も提唱されているが、incremental-knowledge view と decrement view のどちらが妥当であるかは、いまだ明らかとなっていない。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、まず、実験的アプローチでは、健常成人を対象とした行動データの収集を行う。年齢と言語的知識を各要因としたファクトリアルな実験デザインを組み、両要因を独立に操作することにより、TOT 現象における加齢と言語的知識の影響を明らかにし、TOT 現象の発現機序を検討する。モデル論的アプローチでは、コネクショニスト・モデルによるシミュレーション実験を行う。喚語に関するモデルを構築し、上記の行動データをシミュレートすることにより、TOT 現象の発現機序をモデル論的に検討する。

3. 研究の方法

3. 1. 実験的アプローチ

【対象】

地域在住高齢者 40 名 (平均年齢 76.23 歳: 平均教育歴 11.10 年: 男性 14 名, 女性 26 名)、若年者 40 名 (大学生: 平均年齢 19.48 歳: 平均教育歴 12.75 年: 男性 4 名, 女性 36 名) である。WAIS-III 単語課題の素点により対象者を多語彙群 (各年齢群とも 20 名) と少語彙群 (各年齢群とも 20 名) に分けた。少語彙群のみ、若年者群の方が高齢者群より WAIS-III 単語課題の素点が有意に高かった。

【刺激】

320 枚の絵を用いた (基本的に鈴木 (1993) より選択)。これらはすべて普通名詞であり、絵からその名前が可能な限り一意に命名されるものを選択した。さらに天野・近藤 (2000) を用い、これら絵の意味する単語の頻度を調べ、上位 160 枚を高頻度語刺激、下位 160 枚

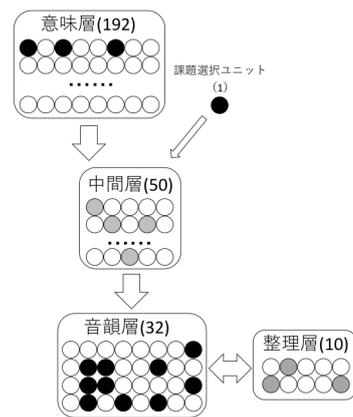


図 1 シミュレーションで用いたモデルの構造

を低頻度語刺激とした。

【手続き】

被験者の課題は絵の命名である。320 枚の絵刺激を一枚ずつ PowerPoint のスライドショー機能を用いてディスプレイ上に提示し命名させた。各刺激の提示時間は 10 秒であるが、反応には特に時間制限を設けなかった。

3. 2. モデル論的アプローチ

本研究において喚語とは、非言語的な刺激によって活性化された意味表象に基づいて音韻表象を活性化し発話する過程と考える。そして TOT とは、意味表象は正しく活性化しているが、その情報が音韻表象まで伝搬されてくる間に弱まることにより、正しい音韻表象が活性化していない状態とみなせる。ここでは、意味表象から音韻表象を計算する健常モデルを構築した後、そのモデルに加齢の影響を与えた高齢者モデルが呈するパフォーマンスを 3. で得た行動データと比較することにより、TOT の発現メカニズムを検討する。

【モデルの構造】

本研究では、図 1 に示す意味表象から音韻表象を計算するネットワークを構築した。

意味層は 192 ユニット、音韻層は 32 ユニットで構成されており、意味層と音韻層の間に 50 ユニットからなる中間層が配置されており、意味層と中間層間、および中間層と音韻層間ではすべてのユニットが全結合されている。また、音韻層内の各ユニットは、直接的に、あるいは 10 ユニットからなる整理層を介して相互結合している。さらに課題 (同じ意味表象に対しその名称を普通名詞で答えるのか、固有名詞で答えるのか) を区別するための課題選択ユニットが中間層と結合している。

【学習語とその表現】

学習語には、実際の単語ではなく人工言語 768 語を利用した。全学習語の半数 (384 語) は普通名詞条件、もう半数は固有名詞条件に割り当てた。

各名詞条件内の 384 語は、両名詞条件間で共通する 24 の意味カテゴリーに分類され、各意味カテゴリーは 16 語から構成される。同じ

意味カテゴリーに属する語同士は、192 ユニットで表現される意味表現が類似し、異なる意味カテゴリーに属する語同士は、意味表現が似ないよう符号化した。また、同一の意味表現を持つ語が、普通名詞条件と固有名詞条件にそれぞれ1つずつ存在する。

本研究では、普通名詞とは同じ意味カテゴリーに属する16語につけられた共通の名前とし、固有名詞とはこれらの16語にそれぞれつけられた個別の名前と定義する。つまり、普通名詞条件では、同じ意味カテゴリー(例、『犬』)に属する16語の音韻表現は全て同じであり(例、/inu/)、固有名詞条件では、同じ意味カテゴリー内の16語それぞれに異なる音韻表現が用いられる(例、/pochi/、/chibi/、/taro/など)。なお、各語の音韻は1モーラあたり8ユニット、計32ユニットで表現される。

各意味カテゴリー内16語の半数は、第1モーラ目を入れ替えると別の語になる音韻隣接語を7つ持つ語(密隣接語条件)であり、残りの半数は音韻隣接語を持たない語(疎隣接語条件)である。さらに各音韻隣接語条件内の語の半数は高頻度語、もう半数は低頻度語とし、学習回数(実際には結合強度の更新量)にコントラストをつけた。

これらの手続きにより学習語は、名詞の種類(普通、固有)×音韻隣接語数(密、疎)×出現頻度(高、低)の8条件に分類される。

【学習手続き】

モデルは全768語に対し、i) 意味表象から普通名詞の音韻表象を生成する課題(384語)と、ii) 意味表象から固有名詞の音韻表象を生成する課題(384語)を学習した。課題順と課題内の語の提示順序は学習回数毎にランダムとした。なお、ネットワークは、結合強度の初期値を変えて計20構築した。

【高齢者モデルの構築】

研究目的で述べた Burke et al. (1991)による decrement view では、図2の意味層から音韻層の間のユニット間の結合が加齢により弱まることで、正しい情報の伝達が障害されるため、高齢期で TOT 状態が増加すると考えられる (transmission deficits hypothesis)。そして本研究では、加齢による活性化情報の伝達障害を weight decay 値の増大によって近似することにより実現する。モデルにおける weight decay 値とはユニット間の結合強度の安定性に関するパラメータであり、実際の生体における神経細胞間のシナプス結合を維持するための代謝レベルを反映していると仮定される (Plaut, 1997)。この値が小さいほどネットワークの処理能力は高いレベルで保たれ、逆に値が大きくなるほど処理能力は低下する。本研究では、一旦学習が終了したネットワークにおいて、中間層と音韻システムにおけるユニット間の結合強度に関する weight decay 値を増大させながら学習単語を再度学習させることで、喚語機能の低下が生じるか否かを検討する。

【評価手続き】

学習語768語からランダムに各条件24語

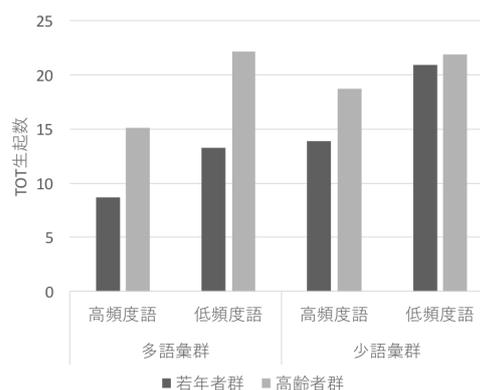


図2 各条件における平均TOT生起数

を選んだ192語を評価語とした。これらの語を学習(あるいは再学習)が終了した20のネットワークに提示し、各条件における正答率と反応時間(ネットワークが平衡状態に達するまでの時間)を求めた。

4. 研究の成果

4. 1. 実験的アプローチ

各条件において被験者が生成した平均TOT数を図2に示す。

年齢(高齢者群、若年者群)×語彙(多語彙群、少語彙群)×出現頻度(高頻度語刺激、低頻度語刺激)の3元配置分散分析の結果、年齢($F(1,76)=12.38, p<.001$)、語彙($F(1,76)=7.21, p<.01$)および出現頻度($F(1,76)=67.68, p<.001$)に主効果が認められ、2次の交互作用が有意であった($F(1,76)=5.83, p<.05$)。そこで語彙群別に年齢と出現頻度の単純交互作用を検討した結果、少語彙群でのみ有意な単純交互作用が認められた($F(1,76)=4.56, p<.05$)。さらに単純・単純主効果を検討した結果、年齢の効果は多語彙群では出現頻度にかかわらず認められたが(高頻度語： $F(1,76)=9.55, p<.01$ ；低頻度語： $F(1,76)=12.26, p<.001$)、少語彙群では高頻度語でしか認められなかった($F(1,76)=5.51, p<.05$)。

本結果は、少語彙群の低頻度語刺激条件以外では、言語的知識を統制しても生成されるTOT数に年齢の違いが現れることを示しており、高齢者でTOTが増加する現象を incremental-knowledge view では単純に説明できず、明らかに加齢の影響が認められることを示唆するものである。また、言語的知識は確かにTOTの生成に影響するが、その方向は incremental-knowledge view の予測とは異なり、言語的知識が豊富な人ほどTOTが生成されにくいことが明らかとなった。

4. 2. モデル論的アプローチ

以下では、20ネットワークの平均値を示す。

【若年者モデル】

図3に学習終了後の平均正答率と平均反応時間を示す。普通名詞・疎隣接語数・低頻度語以外の条件では、正答率はほぼ100%であった。

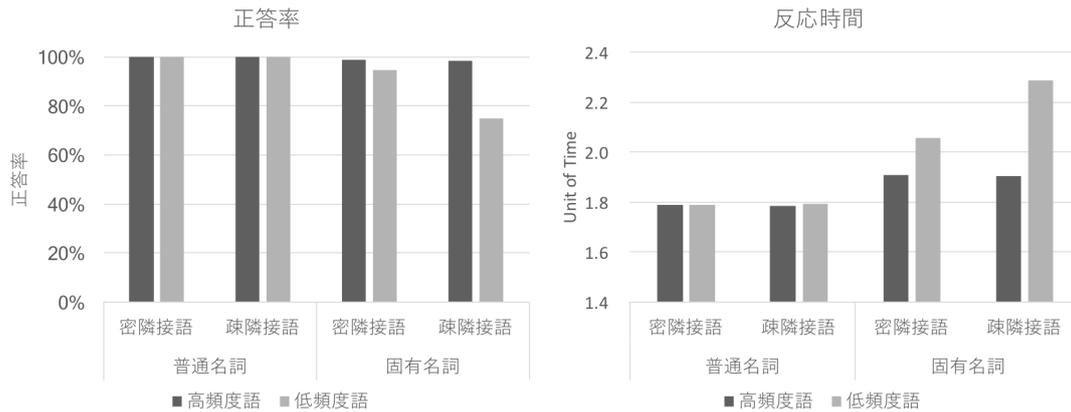


図3 健常モデルの各条件における平均正答率と平均反応時間

反応時間に関し、名詞の種類(普通, 固有) × 音韻隣接語数(密, 疎) × 出現頻度(高, 低)の3要因分散分析を行った結果, 2次の交互作用が有意であった($F(1,19)=109.66, p<.01$). そこで名詞の種類別に音韻隣接語数と出現頻度の単純交互作用を分析した結果, 固有名詞条件で有意な交互作用が認められた($F(1,19)=117.40, p<.01$).

単純・単純主効果の検定から, 全ての条件で普通名詞の方が固有名詞より反応時間が有意に短くなった(密隣接語・高頻度語: $F(1,19)=882.27, p<.01$, 密隣接語・低頻度語: $F(1,19)=456.04, p<.01$, 疎隣接語・高頻度語: $F(1,19)=719.00, p<.01$, 疎隣接語・低頻度語: $F(1,19)=758.46, p<.01$). また, 固有名詞条件の高頻度語では音韻隣接語数条件間に有意差は認められないが, 低頻度語では疎隣接語の方が反応時間が有意に長くなった($F(1,19)=141.53, p<.01$).

以上の結果は,

1. 固有名詞より普通名詞で, 一般的に反応時間が短くなるという名詞の種類の効果
2. 固有名詞において音韻隣接語を多く持つ語の方が反応時間が短くなるという音韻隣接語数効果
3. 固有名詞において高頻度語の方が反応時間が短くなるという出現頻度効果
4. 2の音韻隣接語数効果は低頻度語のみで現れるという音韻隣接語数と出現頻度の交互作用

が認められたことを意味する.

【高齢者モデル】

図4に, 学習終了後のネットワークの結合強度を減衰させて再学習した際の平均正答率と平均反応時間を示す.

正答率に関し, 名詞の種類(普通, 固有) × 音韻隣接語数(密, 疎) × 出現頻度(高, 低)の3要因分散分析を行った結果, 名詞の種類 × 音韻隣接語数 ($F(1,19)=15.37, p<.01$), および名詞の種類 × 出現頻度 ($F(1,19)=70.82, p<.01$)に1次の交互作用が有意に認められた. 単純主効果の検定から, 全ての条件で普通名詞の

方が固有名詞より反応時間が有意に短くなった(密隣接語: $F(1,19)=450.31, p<.01$, 疎隣接語: $F(1,19)=1955.81, p<.01$, 高頻度語: $F(1,19)=635.78, p<.01$, 低頻度語: $F(1,19)=1359.48, p<.01$). そこで名詞の種類別に検討した結果, 固有名詞では音韻隣接語数効果 ($F(1,19)=16.64, p<.01$), 出現頻度効果 ($F(1,19)=491.40, p<.01$)とも有意に認められたが, 普通名詞で有意に認められたのは出現頻度効果のみであった($F(1,19)=160.02, p<.01$).

反応時間に関しても同様に, 名詞の種類(普通, 固有) × 音韻隣接語数(密, 疎) × 出現頻度(高, 低)の3要因分散分析を行った結果, 名詞の種類 × 音韻隣接語数 ($F(1,19)=13.90, p<.01$), 名詞の種類 × 出現頻度 ($F(1,19)=9.13, p<.01$), および音韻隣接語数 × 出現頻度 ($F(1,19)=46.50, p<.01$)に1次の交互作用が有意に認められた. 単純主効果の検定から, 全ての条件で普通名詞の方が固有名詞より反応時間が有意に短くなった(密隣接語: $F(1,19)=1502.50, p<.01$, 疎隣接語: $F(1,19)=1838.35, p<.01$, 高頻度語: $F(1,19)=1376.99, p<.01$, 低頻度語: $F(1,19)=1762.50, p<.01$). そこで名詞の種類別に検討した結果, 出現頻度の効果は両名詞条件で認められたが(普通名詞: $F(1,19)=183.00, p<.01$, 固有名詞: $F(1,19)=38.86, p<.01$), 音韻隣接語数の効果は固有名詞のみで認められた($F(1,19)=15.24, p<.01$).

以上の結果は,

1. 固有名詞より普通名詞で, 一般的にパフォーマンスが高い(正答率が高く, 反応時間が短い)という名詞の種類の効果
2. 音韻隣接語を多く持つ語の方がパフォーマンスが高いという音韻隣接語数効果は, 固有名詞でのみ現れる
3. 高頻度語の方がパフォーマンスが高いという出現頻度効果は, 両名詞条件で認められるが, その効果は, 正答率では固有名詞条件で, 反応時間では普通名詞条件で大きい

が認められたことを意味する.

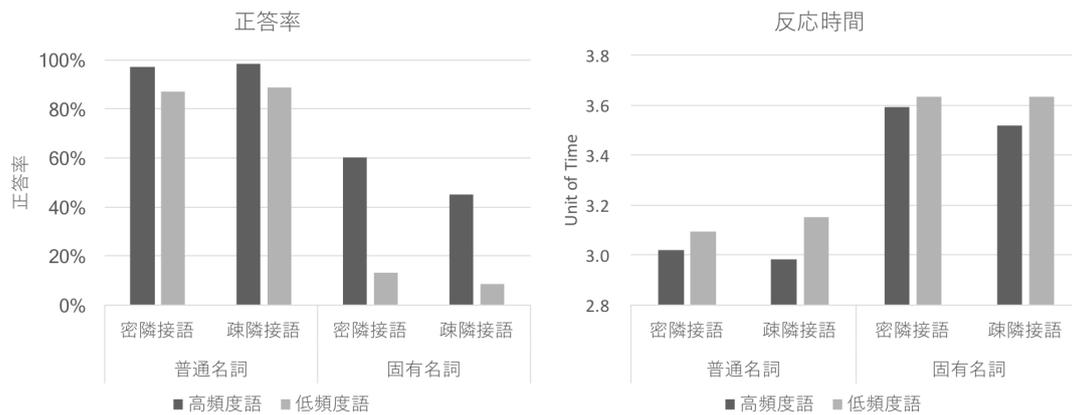


図4 高齢者モデルの各条件における平均正答率と平均反応時間

4. 3. 結果のまとめ

実験的アプローチを用いた行動研究から、言語的知識を統制してもTOT発現に関する年齢の影響は残り、高齢者でTOTが増加する現象を incremental-knowledge theory では単純に説明できないことが明らかとなった。さらに、その人の持つ言語的な知識量はTOTの発現に影響するが、それは incremental-knowledge theory が予測するのとは逆の方向に働き、語彙数が多い人ほどTOTの発現数は少なくなることでもわかった。

一方、モデル論的アプローチによるシミュレーション研究から、高齢になると普通名詞より固有名詞に対するパフォーマンスが大きく低下し、特に低頻度で音韻隣接語数が少ない語においてその傾向は強くなった。音韻隣接語数が少ないとは語彙数が少ないことと等価であると考えれば、この全般的な反応傾向は、先の行動研究の結果や高齢者のTOT発現時に一般的に認められる特性と概ね一致する。

本結果は、高齢者のTOT発現のメカニズムにおける decrement theory (あるいは transmission deficits hypothesis) を支持するものであり、高齢者においてTOTが頻発する現象は、言語的知識の多寡ではなく、加齢による検索機能の低下によるものであることが示唆された。今後、実験的・モデル論的アプローチにより、高齢者のTOT現象のみでなく病的な喚語困難の研究が進むことが期待される。

参考文献

1. 天野成昭・近藤公久 (2000). 日本語の語彙特性 第7巻. 三省堂.
2. Brown, R., & McNeill, D. (1966). The “tip of the tongue” phenomenon. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 5, 325-337.
3. Burke, D. M., MacKay, D. G., Worthley, J. S., & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue: What causes word finding failures in young and older adults? *Journal of Memory and Language*, 30, 542-579.
4. Dahlgren, D. J. (1998). Impact of knowledge

and age on tip-of-the-tongue rates. *Experimental Aging Research*, 24, 139-153.

5. Plaut, D.C. (1997). Structure and function in the lexical system: Insights from distributed models of word reading and lexical decision. *Language and Cognitive Processes*, 12, 765-805.
6. 鈴木弘二 (編) (1993). 絵カード2001. エスコアール.

5. 主な発表論文等

[図書] (計1件)

伊集院睦雄 (2016). コネクショニスト・モデルと認知心理学. 最新 認知心理学への招待 [改訂版] -心の働きとしくみを探る- (御領謙, 菊地正, 江草浩幸, 伊集院睦雄, 服部雅史, 井関龍太 共著). サイエンス社, pp. 253-286.

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊集院睦雄 (IJUIN Mutsuo)
 県立広島大学・保健福祉学部・教授
 研究者番号：00250192

(2)連携研究者

粟田主一 (AWATA Shuichi)
 地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター (東京都健康長寿医療センター研究所)・東京都健康長寿医療センター研究所・研究部長
 研究者番号：90232082

近藤公久 (KONDO Tadahisa)
 工学院大学・情報学部・教授
 研究者番号：60418548

(3)研究協力者

Taeko N. Wydell (WYDELL N. Taeko)