

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成26年6月5日現在

機関番号：34310
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2012～2013
課題番号：24650140
研究課題名（和文）感情に関する言語ネットワークおよび記憶ネットワークのトポロジー解明に関する研究
研究課題名（英文）The study of topology of linguistic and memory network of emotions.
研究代表者
竹原 卓真 (TAKEHATA, Takuma)
同志社大学・心理学部・教授
研究者番号：10347742
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）1,800,000円、（間接経費）540,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、感情連想語ネットワークおよび意味記憶のベースとなる類似度ネットワークのトポロジーの解明を目指した。前者では感情連想語の出現頻度がジップの法則に従うことが確認され、そのネットワークがスモールワールド構造およびスケールフリー構造の両方の性質を有することが認められた。他方、後者のネットワークトポロジーにおいてもスモールワールド性が認められた。この結果、感情概念において一定のスケーリング則が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The present research aimed to reveal the topology of networks for emotion related words and of similarity network; a basic system of semantic memory. The research found that frequency of appearance for each emotion related word in the network follows Zipf's law. Furthermore, the network possesses characteristics shared by both small-world network structure and scale-free network structure. The topology of the similarity network also showed its resemblance to the structures of small-world networks. The research demonstrated the presence of scaling rules for concepts related to emotion.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、認知科学

キーワード：感情、ネットワーク、スモールワールド、スケールフリー

1. 研究開始当初の背景

(1) 人の認知機能の中でも特に重要な記憶機能は、正常な日常生活を送るにあたって極めて重要な役割を担っている。記憶のモデルに関しては、認知心理学の領域で二重貯蔵モデルや処理水準モデル、あるいはネットワークモデルなど様々なモデルが提案されてきた。一方、近年、物理学等自然科学の研究領域から複雑ネットワークと呼ばれる新しいアプローチが発表され続けている。中でも、スモールワールド・ネットワーク (Watts & Strogatz, 1998) やスケールフリー・ネットワーク (Barabási & Albert, 1998) といった数学的モデルが次々と提案されている。

(2) 上述の記憶モデルの中でも注目すべきネットワークモデルは、1980年代の感情記憶ネットワークモデルを最後に、30年間も新しい見解は報告されていない。人の記憶は、心的外傷後ストレス障害(PTSD)等においても

重要なキーとなっていることに加え、感情の諸機能と深く関わっているとされ、正常な日常生活には欠かせない機能である。従って、人の感情と記憶との関係をネットワークという観点から捉え直し、それらのネットワーク・トポロジーを明らかにすることによって感情と記憶との様々な関連を明らかにすることが肝要であることは間違いない。そこで、将来的に PTSD 症状改善のための基礎的なデータを提供できる可能性を秘めているとの認識に立ち、本研究を計画するに至った

2. 研究の目的

(1) 本研究では、感情と記憶との関連についてそのネットワーク・トポロジーを明らかにすることを主目的とした。1年目ではその関連を探るベースとして、感情連想語を用いた。感情連想語とは、ある手がかり語から最初に連想される単語のことを指し、それらのネットワーク・トポロジーがスモールワールドお

よびスケールフリーになっていることを確認することが目的であった。

(2)2年目では感情に関連する意味記憶のネットワークを探る基礎的段階として、1年目で得られた感情連想語の中からいくつかをピックアップして類似性を評価させ、ネットワークの描画後にトポロジーがスモールワールドやスケールフリーであることを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1)感情連想語ネットワーク

①参加者として、母国語を日本語とする1,432名の大学生を採用した。内訳は男性538名、女性891名、不明3名で、平均年齢は19.84歳、標準偏差は1.26歳であった。

②実験実施に先立ち、「喜び」「悲しみ」「怒り」「嫌悪」「恐怖」「驚き」「リラックス」「興奮」「穏やかさ」という9つの感情プロトタイプを手がかり語として設定した。実験は集団法で行った。

③各参加者に対して、上述した9つの手がかり語がランダムな順序で印刷されている紙を配布した。そして、各手がかり語を見て連想できる、一番最初に頭に浮かんだ名詞の単語を1つ書かせた。なお、単一の語であれば名詞の種類は問わなかった。回答中は他の参加者としゃべることを禁止し、回答の偏りを避けるため回答例は提示しなかった。

④解析に先立ち、得られたデータを次のようにしてスクリーニングした。まず、理解不能な回答や字が薄すぎたり乱筆過ぎたりして読めない回答は解析から除外した。また、単一の語ではなくフレーズになっている回答や副詞の回答も解析から除外した。次に、動詞・形容詞の回答は名詞の回答に読み替えた。例えば、「赤い」は「赤」と読み替えた。加えて、同じ内容を意味するひらがな・カタカナ・漢字・アルファベットの回答を1つにまとめた。

⑤本研究で得られるデータは一般的に2-modeデータと呼ばれ、ネットワークを構築する際には1-modeデータと呼ばれる様式に変換しなくてはならない。ネットワーク解析ソフトとして有名なUCINET(Borgatti, Everett, & Freeman, 2002)を用いて1-modeデータを生成し、ある手がかり語から2種類の感情連想語が出現していればその2つの連想語間には関連があると見なしてリンクを張った。例えば、「喜び」という手がかり語から「プレゼント」「合格」という2つの感情連想語が生成された場合、この「プレゼン

ト」と「合格」との間にリンクを張った。この手続きをすべての感情連想語に対して行った。

⑥ネットワーク・トポロジーを明らかにするため、以下の統計量を設定した。ネットワークサイズ。これは通常、ノード数(N)、総リンク数(L)を指す。平均次数(k)。これは全ノードが有するリンク数の平均値である。密度(DE)。これはネットワークがどの程度密になっているかの指標となる。平均距離(L)。これは全ノード間の距離の平均値であり、あるノードから別のノードへと移動する際の最短距離の平均値となる。直径(D)。これはネットワーク内において、最も遠くに位置する2つのノード間の距離で、直径が小さければ短距離でどのノードにも辿り着くことを意味する。クラスタリング係数(C)。これはネットワーク内においてクラスタを形成する度合いを示し、0.0から1.0の間の値を取りうる。1.0に近づけば非常に接続性の高いネットワークとなる。

(2)意味記憶のベースとなる類似度評価によるネットワーク

①参加者として、母国語を日本語とする15名の大学生を採用した。内訳は男性4名、女性11名で、年齢は全員22歳であった。

②実験実施に先立ち、「喜び」「悲しみ」「怒り」「嫌悪」「恐怖」「驚き」「リラックス」「興奮」「穏やかさ」という9つの感情プロトタイプに対して感情連想語実験で得られた回答の中から、1つの感情プロトタイプにつき7単語を抽出した。これに各プロトタイプ感情の単語を加えた、合計72単語を実験刺激として設定した。実験は実験室における個別法で行った。

③各参加者をコンピュータモニタの前に座らせ、ディスプレイ画面上に上述の72単語の総当りのペア(2556ペア)をランダムな順序で1ペアずつ提示し、テンキーの0(全く似ていない)~3(とても似ている)のキーを使ってペアの意味的な類似度を評価させた。速度は参加者のペースで行わせ、1名の実験に約1時間40分程度要した。

④本研究で得られた類似度データは15名の参加者を通して平均化し、各ペアの値に対して評価尺度の中央値である1.50を上回っていれば類似したペアとしてそのペア間にはリンクを張り、下回っていればリンクを張らないという作業を全ペアに行った。その結果をネットワーク解析ソフトpajekを用いて解析、描画した。さらに、ネットワークトポロジーを算出した。トポロジーにおける各統計

量は感情連想語ネットワークのものと同じである。

4. 研究成果

(1) 感情連想語ネットワーク

①まず、記述統計量と頻度分布について報告する。全回答数は 12,556 であり、内訳は怒り 1363、嫌悪 1397、恐怖 1409、興奮 1387、喜び 1401、穏やかさ 1410、驚き 1358、リラックス 1419、悲しみ 1412 であった。同様に、唯一度しか出現しなかったユニーク反応数は怒り 466、嫌悪 490、恐怖 299、興奮 426、喜び 324、穏やかさ 363、驚き 414、リラックス 228、悲しみ 247 となり、嫌悪が最もバリエーションが大きかった。次に、感情連想語の出現頻度分布の一例を図 1 に示す。図 1 を見て明らかなように、感情連想語の頻度分布はいわゆる正規分布とは程遠く、非常に大きな偏りの存在が認められた。横軸をランキングの対数、縦軸を出現頻度の対数として両対数グラフで示し、回帰直線をフィッティングすると、その傾きが 0.80~1.16 と算出された。フィッティングの度合いを示す R^2 値も 0.92 以上と高いフィッティングを示した。これらの値は、感情連想語の出現頻度分布がべき分布であることを示しており、中でも傾きが約 1.0 になるジップの法則 (Zipf, 1949) と極めて類似していることが確認された。言い換えれば、感情連想語の出現頻度に平均値のような典型的なものは存在せず、スケール不変性が認められたことになる。他の言語研究においてジップの法則は多数確認されているが、感情研究における発見は本研究が最初であり、大きな意義がある。

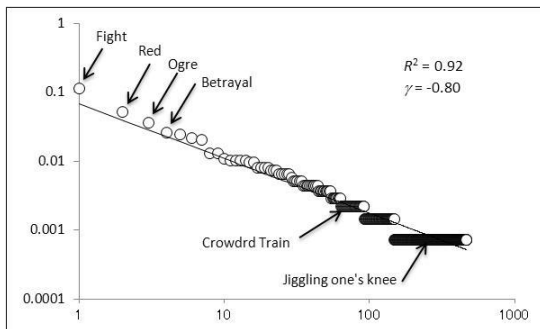


図 1. 「怒り」における頻度分布例

②次に、1-mode データをベースとして感情連想語ネットワークを描画し、比較のため同じノード数とリンク数のランダムネットワークを生成し併せて描画した (図 2 および 3)。これらのネットワーク図は一見するとどちらも乱雑で規則性など感じられず、感情連想語ネットワークもランダムに接続されているように見て取れる。しかし、ネットワークトポロジーを算出すると、それらの間には決定的な違いが横たわっていた。両方のネットワークともに、 N は 2270、 L は 580,512 であ

る。感情連想語の各統計量は、 $\langle k \rangle$ が 511.46、 DE が 0.23、 L が 1.77、 D が 2、 C が 0.88 であったのに対し、ランダムネットワークの各統計量は、 $\langle k \rangle$ が 482.59、 DE が 0.21、 L が 1.79、 D が 2、 C がわずか 0.21 であることが判明した。そこで、スモールワールド性の指標である S を算出すると 4.24 という値が得られた。この値が 1.0 を超えていればそのネットワークはスモールワールドであると判断できるため、感情連想語ネットワークがスモールワールドであることが証明された。加えて、次数の観点からネットワークがスケールフリー性を有するかどうかを検証したところ、回帰直線の傾きが 0.41 であることが判明した (図 4 参照)。これらの結果は、感情連想語ネットワークがスモールワールド性とスケールフリー性の双方を有していることを意味している。

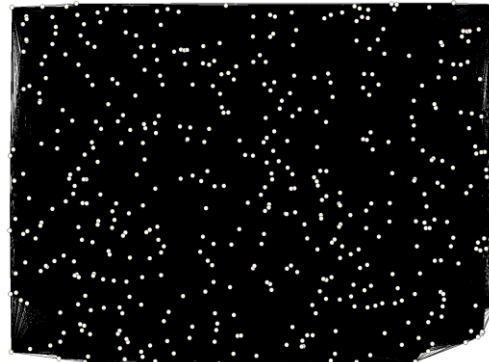


図 2. 感情連想語ネットワーク



図 3. ランダムネットワーク

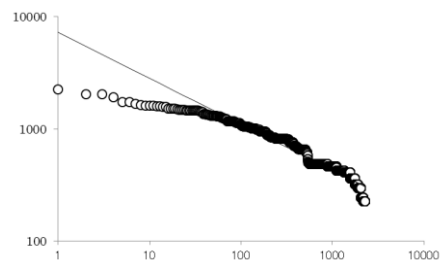


図 4. 次数分布

③この結果より、これまでシステマティックな解析が行われてこなかった感情連想語の頻度分布がべき乗則の一種であるジップの法則に従うことが見出され、かつ、そのネットワークはスモールワールド性およびスケールフリー性を併せ持つことが明らかとなった。したがって、感情から想起される連想語はその場その場でランダムに生成されるわけではなく、内在する規則性に支配されていることが示唆される。この結果は現在海外専門誌にて Revision を求められている最中である。

(2) 意味記憶のベースとなる類似度評価によるネットワーク

①まず記述統計量について報告する。類似度ネットワークの全ノード数 N は 72、総リンク数 L は 206 であった。なお、どのノードともリンクしない単語が 5 語あった。加えて、ネットワーク統計量の比較のため、類似度ネットワークと同じノード数とリンク数でランダムネットワークを生成した。

②次に、双方のネットワークを描画した (図 5 および 6 参照)。類似度ネットワークのトポロジーについては、 $\langle k \rangle$ が 5.72、 DE が 0.08、 L が 3.00、 D が 7、 C が 0.46 となった。これに対して、ランダムネットワークのトポロジーは $\langle k \rangle$ が 5.72、 DE が 0.04、 L が 3.97、 D が 10、 C が 0.04 であった。クラスタリング係数 C が類似度ネットワークの約 1/10 となり、スカスカのネットワークであることが理解できる。類似度ネットワークのスモールワールド性を確かめるために S を測定すると 15.01 となり、ネットワークのスモールワールド性が認められた。

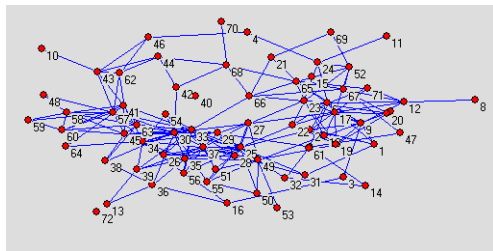


図 5. 類似度ネットワーク

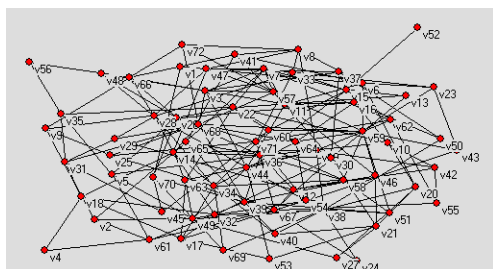


図 6. ランダムネットワーク

③これらの結果から、類似度に基づいたネットワークも感情連想語ネットワークと同様にスモールワールド構造であることが判明し、感情連想語間の効率的な接続様式が明らかとなった。このデータは今後研究すべき意味記憶のネットワーク生成に対して有益な示唆を提供することは間違いなく、感情をベースとした各概念間の接続様式を明らかにするために欠かせない情報となるであろう。なお、本研究の結果は現在海外の専門ジャーナルへ投稿する準備を進めている最中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 3 件)

- ① Takehara, T., Ochiai, F., Watanabe, H., & Suzuki, N. (2013). Decline in the fractal dimension of facial emotion perception due to repetitive exposure to stimuli. European Conference on Visual Perception (36th). August. Bremen, Germany.
- ② Takehara, T., Ochiai, F., Watanabe, H., & Suzuki, N. (2012). Changes in the fractal dimensions of facial expression perception between normal and noise-added faces. European Conference on Visual Perception (35th). September. Alghero, Italy.

〔図書〕 (計 1 件)

- ① 竹原卓真、北大路書房、増補改訂 SPSS のススメ 1、2013 年、302 ページ

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：

種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://psych.doshisha.ac.jp/staff/takehara/t003.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹原 卓真 (TAKEHARA, Takuma)

同志社大学・心理学部・教授

研究者番号：10347742

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：