

自己組織化マップを用いた各種作業間の関連性の可視化

Visualization of relationships between various activities by using Self-Organizing Map

犬丸 敏康¹, 小島 久典²

¹金城大学医療健康学部, ²大阪府立大学地域保健学域総合リハビリテーション学類

Toshiyasu Inumaru¹, Hisanori Kojima²

¹Kinjo University, Faculty of Health Sciences

²Osaka Prefecture University, School of Comprehensive Rehabilitation

キーワード：自己組織化マップ, 作業, 可視化

Key words : Self-Organizing Map, Activities, Visualization

抄録

作業療法では、各種作業を用いて治療を促す。そのため、その治療の背景となる作業がもつ効果を多面的に分析することは、最適な治療を実施する上で非常に重要な項目となる。ここでは、個々の作業の効果を多次元データとして、それに基づいて自己組織化マップ (Self-Organizing Map : SOM) を用いて、各種作業間の関連性を可視化し、視覚的に理解できるトポロジカルなマップを提供する。

1. 緒言

作業療法では、各種作業を用いて治療を促す。そのため、その治療の背景となる作業がもつ効果を多面的に分析することは、最適な治療を実施する上で非常に重要な項目となる。例えば、ある作業は手の筋力に効果的に働き、ある作業は脳の認知に効果的に働くなど、各種作業がもつ様々な側面を、経験側の中で得られた知見でもって治療に適用・応用していることは、作業療法士であれば当たり前に行っている。そのことに関して、異論はないであろう。しかしながら、各種作業の適用・応用が、作業療法士の経験側に委ねられることから、作業の科学的な根拠に乏しいことも多く、さらには適用・応用したとしても各種作業の関連性も十分に検討されていないまま行われているのも現状である。

近年は、PET (ポジトロン断層撮影法) や NIRS (近赤外分光分析法, 光トポグラフィ) などの脳機能を検査する機器も著しく発展した。そのため、各種作業が身体や精神に与える影響も徐々に検討され始めている。例えば、箸操作に関わる脳機能解明¹⁾や、注意機能・遂行機能の検査の一つである Trail Making Test 時²⁾、書字動作時³⁾などの脳活

動も、作業療法の視点から研究されている。そのため、個々の作業が治療として作業療法の実践における根拠 (evidence-based occupational therapy: EBOT)⁴⁾を提供できる機会も増えつつある。これらによって、近い将来、作業療法も経験側にはよらない、根拠をもって治療を実践できる可能性も高くなったことは間違いない。しかしながら、作業療法で扱う作業は多岐にわたり、その全てに関して根拠を得ることはやはり難しい。そのため、経験であっても各種作業の影響を類推することは、この先も必要となるであろう。

島山ら⁵⁾は、ものづくりという観点から、作業療法で用いられる各種作業において6つの尺度で分類している。その尺度とは、①作業工程数、②巧緻動作、③手指筋力、④片手動作難易度、⑤理解力、⑥注意集中力である。尺度の大元となる枠は、操作能力、認知機能であり、①～④が前者に相当し、⑤～⑥が後者に相当する。また、これらの尺度を5段階で評価し、各種作業の分析を行っている。そして、作業療法士間でこれらを吟味して尺度を定め、対象者の目標設定に役立てることを提唱している。このようにして、定性的ではあっても、治療の効果として個々の作業を判定することもできる。その一方で、これら各種作業の関

連性については問われてはいない。すなわち、ある作業から、別の作業への関連性のある作業の選定という視点では、答えがない。このことも踏まえると、個々の作業だけではなく、各種作業間の関連性についても理解が深められれば、さらに効果的に作業を用いることもできるはずである。本研究では、この関連性について自己組織化マップ (Self-Organizing Map : SOM) を用いて実施した。

SOM とは、1980 年代に T. コホネン⁶⁾により考案されたニューラルネットワークの一種であり、2次元表示上に高次元信号空間を投影し、可視化することに効果的なツールであり、表現空間の次元数を削減しながら位相的な関係を保存することを特徴とする。これを用いることによって、心情を表すオノマトペ (擬音語・擬態語) の意味を分類したり⁷⁾、水に関するアンケート調査の結果を視覚的に分類したり⁸⁾、人間ドックでの健康診断データを可視化⁹⁾することができる。それによって、多次元項目の解析において結果を視覚的かつ容易に判断することが可能となる⁷⁾。

本研究では、畠山ら⁵⁾による各種作業の尺度から、各種作業間の関連性について SOM を用いて可視化することで、各種作業間の関連性について視覚的な分類を提示することを目的とする。

2. 方法

各種作業は畠山ら⁵⁾によって紹介されている 22 種類とした。なお、それぞれの作業を記号化するために、アルファベットと対応させた。その内訳は、A : 貝のひな人形、B : はし置き、C : 花かご、D : 折り染め、E : 鯉のぼり、F : めがねスタンド、G : あじさいのオブジェ、H : 傘のモービル、I : 暑中見舞いハガキ、J : 麦わら帽子のマスコット、K : ハンカチのうちわ、L : 朝顔の置物、M : プラボトルの容器、N : ひまわりの種マグネット、O : 木の実と木片の小物、P : クラフトテープのかご、Q : 和紙貼りの花ピン、R : 芋版の年賀状、S : 干支の置物、T : カレンダー、U : 織物コースター、V : 写真立て、である。これらの各種作業には、すでに作業の分析として、緒言でも示した 6 つの尺度 : ①作業工程数、②巧緻動作、③手指筋力、④片手動作難易度、⑤理解力、⑥注意集中力が 6 角形のレーダーチャートで示されている。これらの尺度は最大値を 5 とし、1~5 レベルで示されている。

SOM へのデータ化に際しては、これを 0~1 レベルで示す必要があることから、最大値の 5 で正規化した尺度を用いた。さらに、この尺度の他に、

表 各種作業の多次元データ

	作業工程数	巧緻動作	手指筋力	片手動作難易度	理解力	注意集中力	制作時間
A	0.8	0.8	0.4	0.4	0.6	0.8	0.50
B	0.6	0.8	0.4	0.8	0.8	0.8	0.33
C	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.75
D	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.33
E	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.75
F	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.75
G	0.6	0.4	0.2	0.6	0.6	0.6	0.50
H	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.33
I	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	0.75
J	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6	0.50
K	1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	0.75
L	0.8	0.8	0.6	1.0	1.0	0.8	0.75
M	0.2	0.4	0.6	0.4	0.6	0.6	0.33
N	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.50
O	0.4	0.4	0.8	0.6	0.8	0.8	0.50
P	0.6	0.4	0.6	0.8	0.8	0.8	0.50
Q	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.50
R	0.4	0.4	0.6	0.8	0.8	0.8	0.75
S	0.8	0.8	0.4	0.6	0.6	0.6	0.50
T	0.6	0.2	0.2	0.2	1.0	1.0	0.75
U	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8	0.75
V	1.0	0.8	0.6	1.0	0.8	1.0	0.75

作業の難易度を A~C で判定し、制作時間も記載してある。作業の難易度はその作業の全体の評価となることから、本研究ではこれはデータとして除外し、制作時間に関しては全てが 60 分以内であったことから、最大値 60 として、これも正規化し、データの一部とした。

完成した SOM へのデータは、作業種目 22 次元、6 尺度+時間の 7 次元で、22x7 次元の多次元データとなる (表)。

SOM は、高次元データを要約して、最も重要な変数を取り出すことである⁹⁾。そのアルゴリズムは、高次元空間に浮かぶ 2 次元の曲面内のある領域に入力ベクトル \mathbf{x} が分布しているとして、その領域を入力信号空間とすれば、その領域とノード配列の間には、 $f: \mathbf{x} \rightarrow \mathbf{r}_c$ を対応させる写像 f があり、最終的に f のトポロジカルなマップとして学習させるものである (図 1)⁹⁾。

これによって、先に示した 22x7 次元の多次元データ (表) もトポロジカルなマップとして写像させることができる。

SOM の具体的な計算方法については徳高ら⁹⁾にあるのでそちらを参照して頂きたい。ここでは、実際に行った方法について記載する。

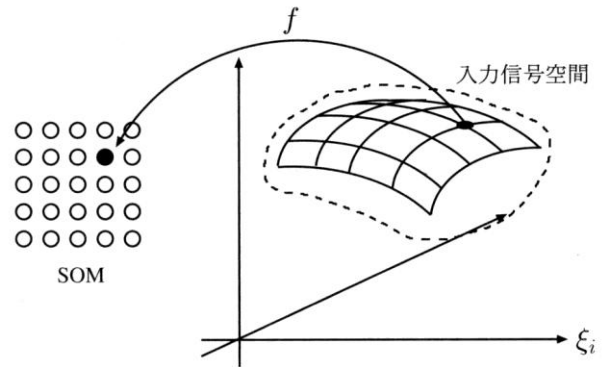


図 1 SOM が形成する写像⁹⁾

まず、Windows の環境下で UNIX 様の環境を提供する互換レイヤーである Cygwin¹⁰⁾を導入する。次に、T. コホネンが提供している Helsinki University of Technology の Laboratory of Computer and Information Science (CIS) のサイトから、SOM_PAK (SOM のパッケージソフトウェア)¹¹⁾をダウンロードして、展開する。その後、Cygwin で利用するフォルダーに、それを移動させる。最後に、先の表に基づいた多次元の学習データを作

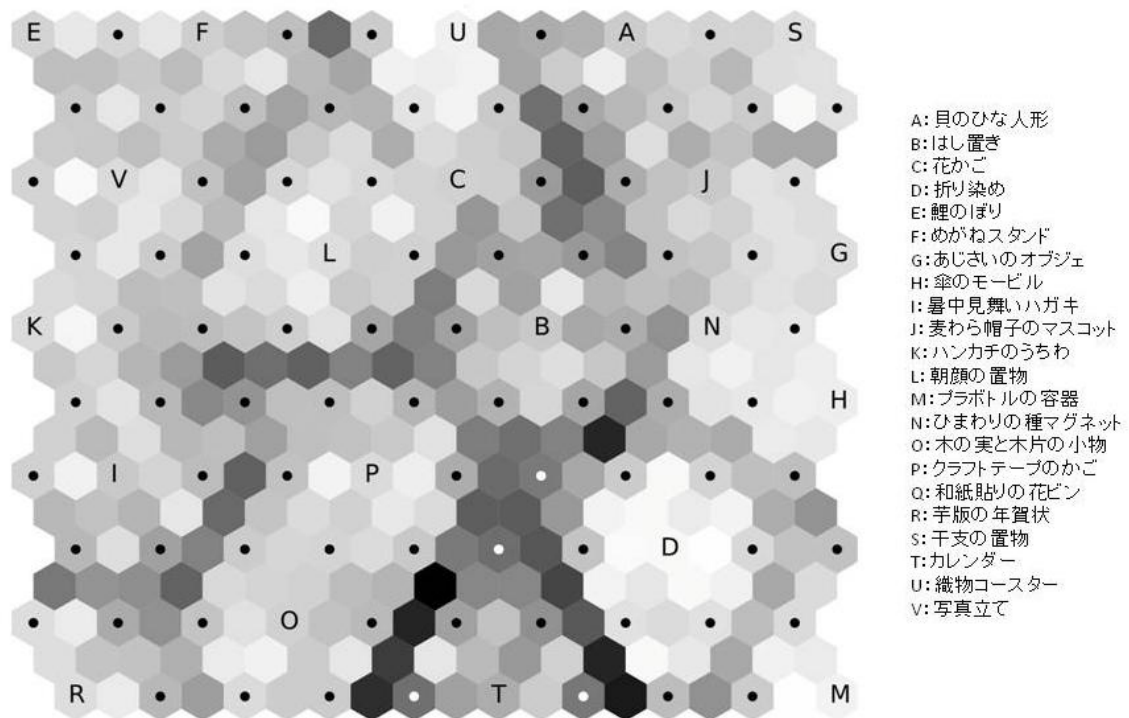


図 2 各種作業の SOM による分析

成し、これを Cygwin 下の SOM に読み込ませ学習を行い、マップを描画する。

SOM へのパラメータとして、X 軸のマップサイズを 10、Y 軸のマップサイズを 10 とし、格子の形は六角形とした。近傍関数はステップ関数を選択した。マップの学習 1 回目の学習回数 1000、学習率係数 0.05、近傍半径の初期値 10 とした。マップの学習 2 回目の学習回数 10000、学習率係数 0.02、近傍半径の初期値 3 とした。

3. 結果

各種作業の SOM による分析結果を図 2 に示す。図 2 より、より濃い色で区分された部分がよく類似している作業となる。例えば、E: 鯉のぼり、F: めがねスタンド、K: ハンカチのうちわ、V: 写真立てが類似し、その他にも、P: クラフトテープのかごと O: 木の実と木片の小物、C: 花かごと L: 朝顔の置物なども類似していることになる。さらに T: カレンダーが他の作業と比較して独立しており、B: はし置き、D: 折り染めも、比較的他の作業に比べて独立していることが視覚的に理解できる。

4. 考察

本研究によって、SOM を用いることで各種作業における関連性を可視化できた。その SOM で用いたデータ自体は、定性的な尺度に基づいたものであっても、その関連性を検討することによって、ある作業から、次への作業への移行に関する目安ともなる。すなわち、個々の作業の段階づけだけではなく、多面的に各種作業間の類似性を理解することで、作業療法士が扱う多くの様々な作業に関しても、種目によらない作業全体そのものの段階づけへの適用・応用への見方として利用できるかもしれない。また、今回の個々の作業のデータは、畠山ら⁵⁾の尺度に基づいたが、その分類以外にも適用・応用するための個々人に準じた尺度の改変や作業種目を増やしても分析することができる。このことから、今後ますます各種作業における関連性を追求する手段やその他の用途で持っても、EBOT という観点から捉えると、SOM

の作業療法分野における適用性・応用性が重要度を増すことは間違いないであろう。

一方、歴史的に見れば、SOM はもともと大脳視覚野における機能地図の自己組織化現象を説明するための数理モデルに由来する¹²⁾。大脳皮質での様々な機能を持つ神経細胞を考えると、それらは規則性を持って配列されており、発生・成長の過程で適切な配線が自己組織的に行われることになる¹²⁾。自己組織化とは、局所的な相互作用から大域的に順序づけられた構造が導かれることであるが¹³⁾、その過程が数理的にモデル化されることで、SOM は利用可能なデータから、潜在している知識を抽出する工学的なデータマイニングなどで多く適用・応用されている。そのため、お互いに相互関係のあるデータに関して、そのデータの知識を失うことなしに最も関係のある事実を縮小した表現を形成でき、複雑なデータを 2 次元表示へと可視化できることが特徴となる⁶⁾。その特徴への理解のために、SOM のもともとの例である側方結合したニューロンの層でそれを捉えてみると、活動分布は濃度階調を使用して層の上に示すことができる(図 3)。すなわち、近傍軸索が層の入力空間の近傍イベントをコード化し、層の神経分布がこの近傍関係を保持すれば、最も強く活性化されたニューロンの位置は、規則正しく連続した方法で、興味がある入力イベントの制限された数に相関づけられ、層はトポロジカルなマップとして機能できる¹³⁾。このような考えの元に立脚すれば、SOM は生物学的なモデルとしても機能していることが理解しやすい。

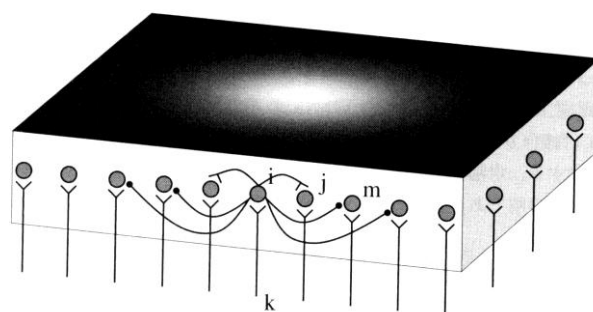


図 3 側方結合したニューロンの層¹³⁾

その一方で、それらの数理的な背景を十分に分からなくとも、発案者の T. コホネンによって SOM_PAK が無料で提供されていることも SOM の大きなメリットである。このことから、パッケージの扱い方さえ分かれば、本研究の内容に留まらず、多次元項目の様々なことを分析し、トポロジカルなマップとして結果を得ることができよう。その機会は、各種作業の尺度だけを用いるだけでなく、横田ら⁸⁾のようにアンケートとしての内容を加味した分析へと発展させることもできる。さらには、横田ら⁸⁾の事例だけではなく、他にも SOM を利用した様々な解析がすでに多くなされているが、それらを読み解けば、作業療法においてもその利用価値は高いことが十分に示唆されよう。

参考文献

- 1) 津田勇人, 青木朋子, 奥直彦, 畑澤順, 木下博: 箸操作によるつまみ動作に関わる脳機能局在の解明-PET 研究. 作業療法 25: 28-38, 2006.
- 2) 小路千絵, 能登谷晶子, 井上克己: 近赤外分光法(NIRS)を用いた Trail Making Test 遂行時の脳活動の検討. 金沢大学つるま保健学会誌 33: 41-48, 2009.
- 3) 森川孝子, 篠原英記, 松尾善美, 中前智通, 山本大誠, 大瀧誠, 梶田博之: 近赤外分光法を用いた書字課題における脳血液動態の検討. 神戸学院総合リハビリテーション研究 2: 23-30, 2007.
- 4) Ilott, I., Taylor, MC., Bolanos C.: Evidence-Based Occupational Therapy: It's Time to Take a Global Approach. Br J Occup Ther 69: 38-41, 2006.
- 5) 畠山真弓, 中館美保子, 森下史子: 「ものづくり」でリハビリ実践ガイド. 学研, 東京, 2009.
- 6) コホネン, T: 自己組織化マップ. シュプリンガー・フェアラーク東京, 東京, 1996.
- 7) 中村沙織, 黒澤義明, 竹澤寿幸: 自己組織化マップ SOM による心情を表すオノマトペの意味分類と可視化. 第 15 回言語処理学会年次大会発表論文集: 490-493, 2009.
- 8) 横田いずみ, 井料隆太, 井芹慶彦, 広城吉成, 神野健二: 自己組織化マップを用いた福岡市民の水に関するアンケート調査結果分析. 水工学論文集 53: 553-558, 2009.
- 9) 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 山川烈: 自己組織化マップ応用事例集 SOM による可視化情報処理. 海文堂, 東京, 2002.
- 10) <https://www.cygwin.com/> (参照日: 2019-8-7)
- 11) <http://www.cis.hut.fi/research/som-research/nrc-programs.shtml> (参照日: 2019-8-7)
- 12) 古川徹生: 自己組織化マップ入門. <http://www.brain.kyutech.ac.jp/~furukawa/data/SOMtext.pdf> (参照日: 2019-8-7)
- 13) ヴァン・フッレ, M: 自己組織化マップ -理論・設計・応用. 海文堂, 東京, 2001.

(受理日: 2019 年 8 月 9 日)