

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2014

課題番号：22246054

研究課題名(和文)脳記憶ループと遠隔転写の生理学的実証

研究課題名(英文)Physiological confirmation of loop memory and remote transcription in brain

研究代表者

田村 進一(Tamura, Shinichi)

大阪大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：30029540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,100,000円

研究成果の概要(和文)：同期的2次元神経回路網と非同期的2次元メッシュ状神経回路網のシミュレーションにおいて、ともに多重通信が可能であることを示した。とくに後者においては、時空間刺激パターンは、スパイク波と名付ける波動として伝播し、別の部位にある受信神経では特定の時空間パターンに変換される(遠隔伝送)。受信した神経は、その受信時空間パターンがどの刺激によるものか、識別できる(多重通信)。これは素子としての神経細胞が記憶素子として働くとともに、遠隔部位への多重伝送の中継素子としても働くことが示された。これにより、神経回路網上で連想機能が実現できる。これらは脳の知能機能の基本原理であるといえることができる。

研究成果の概要(英文)：We have shown that multiplex communication is possible in both of synchronous 2D neural network and asynchronous 2D mesh neural network. Especially in the latter, spatiotemporal stimulation pattern is propagated as a wave named "spike wave," and converted to another spatiotemporal pattern at remote neurons (remote transmission). Remote receiving neurons can identify from which the spatiotemporal pattern comes (multiplex communication). That is, it is shown that the neurons can work not only as temporary memory element but also as relay element. By this, an association function can be realized on a neural network. It may be said that these are foundation stones of the intelligence function of the brains.

研究分野：情報科学

キーワード：知能 神経回路網 スパイク シミュレーション 連想 通信 時空間パターン

1. 研究開始当初の背景

本申請者らは time-shift 図法を開発し、頭表脳波・皮質脳波、MEG からの脳波伝播解析を世界に先駆けて行った。そこでは、様々な情報が同時並行的に脳内各部に順次伝達される状態が可視化された。

また、脳構成論の立場から、記憶の基本はループ回路であり、このような経路の探索・形成が Hebb 則に従う神経回路で可能であり、記憶銘記、連想、抽象化、記憶の再構成など脳情報処理の基本機能が、単純な経路形成のみで統一的に説明され、生理的・神経回路的に実現可能であることを示す研究を進めてきた。すなわち、送信側ループ回路で生成される疑似ランダム系列 (M 系列など) は各ループ回路固有の符号語であり、受信側ループで識別・取り込み、ループ回路の同型化 (転写・書き込み)、経路の増強を行うことが出来る。また、上位のループを探索・形成することで、連想や抽象化を行うことが出来る。

さらに、音楽、リズム体操、歩行など、クロック的刺激が脳内情報処理・通信における同期促進効果をもつとともに、ゆらぎによる背景経路賦活作用があるなどの仮説をたて、検証に取り組んできた。これらの仮説検証については、研究代表者が定年を機に医工学情報学研究の集大成として始めた平成 21 - 23 年度挑戦的萌芽研究「脳の自己組織化：記憶・連想・抽象化のループ回路的実現」において、ループ回路へのバックプロパゲーション学習の適用などを行った結果、time-shift 図を説明できるような通信機能の自己組織化が物理的に実現可能であることが分かった。

2. 研究の目的

一方、本仮説を実証するためには、生理学的実験を行う必要がある。そこで、本研究では、ループ回路仮説の検証を行うべく、離れた大脳皮質 2 部位間において、刺激と

して疑似ランダムパルス列や簡略化した一定間隔双パルスを用いて、経路とループの学習実験を行うことを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

マルチ電極を用いて培養神経細胞並びにラットの生体脳よりスパイク列を取り出した。これを時空間解析し、上述の仮説を裏付ける現象の探索を行った。

また、同期的 2 次元神経回路網と非同期的 2 次元メッシュ状神経回路網のシミュレーションを行い、多重通信の可能性について探った。さらに実験結果より、以下の項目に何らかの知見を与えるよう試みた

- (1) 時間符号化と空間符号化の使い分け・組み合わせ方
- (2) ループ学習
- (3) 刺激による影響・同期化・ゆらぎ。

4. 研究成果

培養神経細胞ならびにラット脳のスパイク列解析結果より、M 系列類が有意に多いことを示した。またそれに対応する回路構成や、遠隔転送の feasibility を主としてシミュレーションを用いて調べた。しかしながら、これらは神経回路網原理の本質を十分知っているものではなかった。そこで、本申請者は、同期的 2 次元神経回路網と非同期的 2 次元メッシュ状神経回路網のシミュレーションにおいて、ともに多重通信が可能であることを示した。とくに後者においては、時空間刺激パターンは、スパイク波と名付ける波動として伝播し、別の部位にある受信神経では特定の時空間パターンに変換される (遠隔伝送)。受信した神経は、その受信時空間パターンがどの刺激によるものか、識別できる (多重通信)。これは素子としての神経細胞が記憶素子として働くとともに、遠隔部位への多重伝送の中継素子としても働くことが示された。

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9件)

- S. Tamura, S. Inabayashi, W. Hayakawa, T. Yokouchi, H. Mitsumoto, H. Taketani, " Why people play: Artificial lives acquiring play-instinct to stabilize productivity," *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2012, Article ID 197262, 8 pages, 2012. doi:10.1155/2012/197262..
- S. Tamura, T. Miyoshi, H. Sawai, and Y. Mizuno-Matsumoto, " Random Bin for Analyzing Neuron Spike Trains, " *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2012, Article ID 153496, 11 pages, 2012. doi:10.1155/2012/153496.
- Y. Nishitani, C. Hosokawa, Y. Mizuno-Matsumoto, T. Miyoshi, H. Sawai, and S. Tamura, "Detection of M-Sequences from Spike Sequence in Neuronal Networks," *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2012, Article ID 862579, 9 pages, 2012. doi:10.1155/2012/862579.
- Yen-Wei Chen, Ikuko Nishikawa, Shinichi Tamura, Bao-Liang Lu, and Huiyan Jiang, Editorial : *Computational Intelligence in Biomedical Science and Engineering*," *Computational Intelligence and Neuroscience*, Volume 2012 (2012), Article ID 160356, 2 pages, doi:10.1155/2012/160356
- Yen-Wei Chen, Ikuko Nishikawa, Shinichi Tamura, Bao-Liang Lu, and Huiyan Jiang, Editorial : *Computational Intelligence in Biomedical Science and Engineering*," *Computational Intelligence and Neuroscience*, Volume

2012 (2012), Article ID 160356, 2 pages, doi:10.1155/2012/160356.

- Shinichi Tamura, Yoshi Nishitani, Takuya Kamimura, Yasushi Yagi, Chie Hosokawa, Tomomitsu Miyoshi, Hajime Sawai, Yuko Mizuno-Matsumoto, Yen-Wei Chen. "Multiplexed Spatiotemporal Communication Model in Artificial Neural Networks," *Automation, Control and Intelligent Systems*. Vol. 1, No. 6, 2013, pp. 121-130. doi: 10.11648/j.acis.20130106.11.
- Takuya Kamimura, Yoshi Nishitani, Yen-Wei Chen, Yasushi Yagi, and Shinichi Tamura, " Copy of neural loop circuits for memory and communication, " *Journal of Communications and Information Sciences*, Vol.4, No.1, pp.46-56, Jan 2014..
- *Biomedical Signal Processing and Control*, Volume 13, September 2014, Pages 62-70.
- Yoshi Nishitani, Chie Hosokawa, Yuko Mizuno-Matsumoto, Tomomitsu Miyoshi, Hajime Sawai, and Shinichi Tamura, "An influence of bit timing function in neuron spike trains on M-sequence detection," *グローバル経営学会誌* , vol.2, no.1, 2014.
- Yoshi Nishitani, Chie Hosokawa, Yuko Mizuno-Matsumoto, Tomomitsu Miyoshi, Hajime Sawai, and Shinichi Tamura, "Synchronized Code Sequences from Spike Trains in Cultured Neuronal Networks," *International Journal of Engineering and Industries* Vol.5 No.3 2014

〔学会発表〕(計 17 件)

- T. Kamimura, K. Nakamura, K. Yoneda, Y.W. Chen, Y. Mizuno-Matsumoto, T. Miyoshi, H. Sawai, and S. Tamura, "Information Communication in Brain based on Memory Loop Neural Circuit", *ICIS2010 & SEDM2010* (appears in *IEEE Xplore*).
- T. Kamimura, Y.W. Chen, Y. Yagi, S. Tamura, "Learning of Loop Neural Circuit for Memory," *CIMSE2011*, *ICCIT2011*, Jeju, Nov.29-Dec.1, 2011.
- S. Tamura, Y. Nishitani, C. Hosokawa, Y. Mizuno-Matsumoto, T. Kamimura, Y.W. Chen, T. Miyoshi, and H. Sawai, "Pseudo random sequences from neural circuits," *IFMIA 2012*, Daejeon, Nov.16-17, 2012.
- S. Tamura, Y. Nishitani, C. Hosokawa, Y. Mizuno-Matsumoto, T. Kamimura, Y.W. Chen, T. Miyoshi, and H. Sawai, "M-sequence family from cultured neural circuits," *The 3rd Int'l Workshop on Computational Intelligence for Bio-Medical Science and Engineering (CIMSE-2012)*, Taipei, Oct.23-25, 2012.
- 上村拓矢, 八木康史, 陳 延偉, 田村進二, "疑似ランダム系列に基づく脳情報通信におけるループ回路の学習", 電子情報通信学会医用画像研究会, 2011-1.
- 西谷, 細川, 田村, "ループ回路仮説に基づく脳神経回路の読み出しパターン解析", 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会・ME とバイオサイバネティックス研究会, 信学技報, vol.110, no.461, pp.101-106, 2011-3 .
- S. Tamura, Y. Nishitani, C. Hosokawa, Y. Mizuno-Matsumoto, Y.W. Chen, T. Miyoshi, H. Sawai, "M-sequences from neural loop circuits", 電子情報通信学会

医用画像研究会 24, *Medical Imaging Forum 2012*, 2012.1.19-20.

- 上村 拓矢, 八木 康史, 陳 延偉, 田村 進二, "ループ型脳内通信回路モデルにおける M 系列の出現," 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2012.7.30-31 .
- 西谷陽志, 細川千絵, 水野(松本)由子, 三好智満, 澤井元, 田村進一, "培養神経細胞からの M 系列検出," 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会 草津, 2012.7.30-31 .
- 西谷陽志, 細川千絵, 水野(松本)由子, 三好智満, 澤井元, 田村進一, "脳の情報記憶と情報伝送を探る~よりグローバルな記憶モデル構築を目指して~", グローバル経営学会第 2 回シンポジウム「グローバル経営とグローバル人材」, pp.17-20, 2012.9.1.
- Shinichi Tamura, Yoshi Nishitani, Chie Hosokawa, Tomomitsu Miyoshi, Hajime Sawai, Takuya Kamimura, Yasushi Yagi, Yuko Mizuno-Matsumoto, and Yen-Wei Chen, "Root problem of image cognition: Hardware in brain," *Medical Imaging Joint Forum 2014*, Okinawa.
- 佐久間俊, 高橋良輔, 黒川正雄, 藪中晋太郎, 西谷陽志, 水野(松本)由子, 田村進一, "神経回路網におけるスパイク波の可視化による学習則の解明", 映像情報メディア学会 2014 年次大会, 22-8, 2014.8.31-9.2 .
- 黒川正雄, 佐久間俊, 高橋良輔, 藪中晋太郎, 西谷陽志, 水野(松本)由子, 田村進一, "神経回路網の学習における重みの変化 ~一定方向のスパイク伝搬誘導による方向性の変化~", 映像情報メディア学会 2014 年次大会, 22-9, 2014.8.31-9.2 .
- 高橋良輔, 佐久間俊, 黒川正雄, 藪中晋太郎, 西谷陽志, 堀尾裕幸, 田村進一, "送受間双方向刺激による神経回路網の挙動変動", 映像情報メディア学会 2014 年次大会,

22-10, 2014.8.31-9.2.

● 藪中晋太郎, 佐久間俊, 黒川正雄, 高橋良輔, 西谷陽志, 堀尾裕幸, 田村進一, ”
神経回路網のスパイク波の挙動に関する研究 ~ 刺激によるニューロン結合の強化の変化”, 映像情報メディア学会 2014 年次大会, 22-11, 2014.8.31-9.2.

● Shinichi TAMURA Yoshi NISHITANI
Chie HOSOKAWA Tomomitsu MIYOSHI
Hajime SAWAI Takuya KAMIMURA
Yasushi YAGI
Yuko MIZUNO-MATSUMOTO Yen-Wei
CHEN

“Root problem of image cognition
- Spike code flow map in cultured
neuronal networks - ”

電子情報通信学会医用画像研究会, 沖縄,
2015.32-3.3.

● T.Kamimura, Y.Yagi, S.Tamura,
Y-W.Chen、,
“Multiplex communication in 2D mesh
neural network” 2015 International
Conference on Artificial Intelligence and
Control Automation (AICA2015)
2015.1.16-1.17 Phuket

〔図書〕(計0件)

〔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：

出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 進一 (Shinichi Tamura)
NBL 研究所所長 大阪大学名誉教授
研究者番号：30029540

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

水野(松本) 由子
(Yuko Mizumo(Matsumoto))
兵庫県立大学大学院 応用情報科学研究科 教授
研究者番号：80331693

三好 智満 (Tomomitsu Miyoshi)
大阪大学 大学院 医学系研究科
助教
研究者番号:70314309

澤井 元 (Hajime Sawai)
大阪大学 大学院 医学系研究科
准教授
研究者番号：20202103

陳 延偉 (Yen Wei Chen)
立命館大学 情報理工学部 教授
研究者番号：60236841