

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00395

研究課題名(和文) 東洋医学に基づく人体経絡のペトリネットモデルの構築とシミュレーションに関する研究

研究課題名(英文) On Construction and Simulation of Petri Net Model of Human Meridian Based on Oriental Medicine

研究代表者

葛 崎 偉 (GE, Qi-Wei)

山口大学・教育学部・教授

研究者番号：30263750

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、東洋医学における人体・経絡をシステムとして捉え、システムの構造と挙動の両方をモデリングできるペトリネットを用いて、東洋医学の理論に基づいた人体モデルの構築を目的とする。本研究ではまず、臓腑に関する表裏関係に基づいて三焦を加えた五臓六腑モデル、および、WHOが認めた経脈と奇穴の409個の経穴をもつ経脈・経穴モデルを構築した。次に、五臓六腑モデルと経脈・経穴モデルを結合させるためのインターフェースモデルを設計して、五臓六腑と409個の経穴を含んだ人体モデルを完成した。最後に、鍼灸治療の実例のシミュレーションを行い、構築した人体・経絡のモデルの有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鍼灸治療法は副作用が少なく未病や難病に効果があるとされ、WHOにも認められており今や世界中に広まっている。しかしながら、その治療は未だ経験的・臨床的に行われていることが多く、治療の仕組みや過程が科学的に解明されていない部分が多い。本研究は鍼灸治療の科学的解明を目指しており、システムのモデリングに優れたペトリネットを用いることで、複雑に絡み合う東洋医学の人体と経絡の関係を視覚的に表現することや鍼灸治療の効果をシミュレーションすることを可能にした。これらの研究成果は、鍼灸治療効果の予測や新しい治療法の発見につながり、東洋医学の発展に寄与する。

研究成果の概要(英文)：In this study, the human body/meridian in oriental medicine is considered as a system, and a model of the human body/meridian based on the theory of oriental medicine is constructed using Petri nets that can model both structure and behavior of systems. First, we constructed a model of internal organs including triple energizer based on the front-back relationship of five viscera and six bowels, and a model of the 409 acupuncture points that are approved by WHO. Next, we designed an interface model to connect the these two models, and completed a human meridian model. Finally, we simulated the actual case of acupuncture and moxibustion treatment and confirmed the usefulness of our constructed human meridian model.

研究分野：情報科学

キーワード：東洋医学 ペトリネット 五臓六腑 経絡 モデリング 人体モデル シミュレーション

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 鍼灸治療は、鍼や灸により経穴を刺激し、体内の気や血の流れを良くして、病気を治す治療法であり、1989年にWHOに認められて以来、急速に世界に浸透してきている。東洋医学において人体は主に五臓六腑と経脈から構成され、五臓六腑が健康な状態を維持していれば人は健康であると言われている[1]。しかし、鍼灸治療は未だ経験的・臨床的に行われており、その仕組みや過程も科学的に解明されていない。そのため、現代の西洋医学や科学技術的な観点も取入れた客観的・統一的な研究方法や評価基準・評価方法の確立が求められている[2]。我々は、ペトリネットを用いて鍼灸治療の科学的解明を目指してきた。

(2) 東洋医学では、五臓とは肝、心、脾、肺、腎を、六腑とは胆、小腸、胃、大腸、膀胱および三焦を指す。経絡は20の経脈(12正経と8奇経)と15の絡脈からなっており、そのうち五臓六腑と最も密接な関係にあるのは12正経である。これらの12正経はそれぞれ臓および腑に対応しており、陰陽・上下で循環し一つに纏っている。国内外の東洋医学における人体のモデル化や解析の研究は我々以外に、五臓六腑あるいは経脈の一方のみを取上げて行われているのがほとんどである[3]~[7]。また、ペトリネットのようなモデリングツールを用いて五臓六腑と経脈・経穴の両方をカバーする人体モデルを構築し、さらにシミュレーションによって東洋医学の種々の理論を検証するような取り組みはなされていない。

(3) 我々がこれまで行ってきた研究[8,9]においては、ペトリネットによる三焦を除いた五臓六腑のモデル、いわゆる五臓五腑モデルは構築できたが、三焦を含む完全な五臓六腑モデルの構築はまだできていなかった。また、経脈の一つである心包経のモデルは構築できたが、他の経脈等のモデルはまだできていなかった。鍼灸治療の仕組みや過程を明らかにするには、①三焦を含む完全な五臓六腑のペトリネットモデルを構築すること、②WHOにも認められている鍼灸治療用の経穴は12正経と任督二脈(8奇経に含まれる任脈と督脈)に含まれるものと奇穴と言われるものを合わせて計409個あり、これらの経穴を全て含んだモデルを構築すること、といった課題を解決する必要があった。

2. 研究の目的

(1) ペトリネットは多種多様なシステムに適用可能なグラフィカルで数学的なモデル化ツールであり、システムの静的構造と動的挙動の両方を表現・シミュレーションでき、生命システムのモデル化や解析に広く応用されており、生物情報学の分野でも多くの成果を上げている。我々はペトリネットを活用して、鍼灸治療の過程や仕組みを科学的に解明することを目指す。

(2) 東洋医学における三焦は具体的な臓器ではなく、臓器を含む胸腹部の一部を指す。三焦は上焦・中焦・下焦から構成され、すべての臓腑を総領し、各臓腑を協調させてそれぞれの正常な生理機能を発揮させることで、人の健康を保っていると考えられている。この重要な三焦をモデル化し、これまで構築した五臓五腑モデルに加えて完全な五臓六腑モデルを構築する。

(3) 12正経は、手の太陰肺経(LU)・手の厥陰心包経(PC)・手の少陰心経(HT)、手の陽明大腸経(LI)・手の少陽三焦経(TE)・手の太陽小腸経(SI)、足の陽明胃経(ST)・足の少陽胆経(GB)・足の太陽膀胱経(BL)、足の太陰脾経(SP)・足の厥陰肝経(LR)・足の少陰腎経(KI)からなっている。8奇経には、任督二脈という任脈(CV)と督脈(GV)がある。12正経と任督二脈を合わせて14経脈といい、この14経脈には正穴と呼ばれる経穴が361個存在する。また、経脈には属しない奇穴(EX)と呼ばれる経穴が48個ある。ここで、括弧の中はそれぞれの経脈と奇穴を示す記号であり、また奇穴は経脈ではないが、経脈と見なすように扱う。我々は、これら409個の経穴のモデルを経脈・経穴モデルとして構築する。

(4) 鍼灸治療のシミュレーションを行うために、五臓六腑モデルと経脈・経穴モデルを結合させて1つ完結したモデルにする必要がある。我々は、二つのモデルをつなぐためのインターフェースモデルを構築して、東洋医学の人体モデルを完成する。また、鍼灸治療の経穴への刺激シミュレーションによる人体モデルの有用性を検証する。

3. 研究の方法

(1) 三焦を加えた五臓六腑のモデルを構築するには、他の臓・腑と同様に、表裏一体関係に基づいて行う。上焦は横隔膜の上部にある心と肺を含む部位、中焦は横隔膜の下から臍(へそ)までの腹部にある肝と脾を含む部位、また下焦は臍より下の部分にある腎を含む部位に位置している。そこで、a) 上焦、中焦、下焦を表す臓器単体モデルをそれぞれ構築し、b) 上焦は心と肺、中焦は肝と脾、下焦は腎とそれぞれ表裏関係を持つように五臓と結合したモデルを構築していく。

(2) 経脈・経穴モデルは、各経脈と奇穴をそれぞれ単独のものとして構築し、その後1つのモデルに統合するように構築する。各単独のモデルはそれを構成する個々の経穴について、入力はその経穴への刺激、出力はその経穴が治療効果を与える対象の臓および腑とするように設定する。経穴と治療効果のある臓・腑との対応関係は予め作成した経穴効能表に基づいて定める。

(3) インターフェースは、経脈・経穴モデルから入力し、五臓六腑モデルの臓および腑へ出力するようにして、五臓六腑モデルと経脈・経穴モデルをつなぐように構成する。同じ臓または腑への出力はインターフェースにおいて統合する。このように構築した人体モデルの有用性の検証は、鍼灸治療現場で実際に使われる経穴を用いてシミュレーションすることで行う。

4. 研究成果

(1) 我々はペトリネットのシミュレーションツールである CPN Tools [10]を用いて一連のモデルを作成した。五臓六腑モデルについては、上焦と心・肺、中焦と肝・脾および下焦と腎の表裏関係に基づいて、これまでの研究で構築した図 1 (a)の五臓五腑のモデルに三焦を加えて図 1 (b)に示す五臓六腑のモデルを構築した。

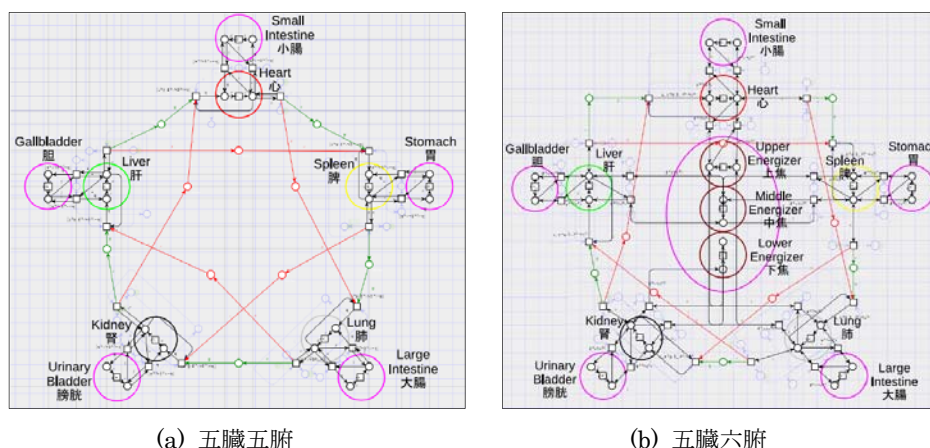


図 1 三焦を五臓五腑モデルに加えて構築した五臓六腑モデル

(2) 経脈・経穴モデルについては、まず 14 経脈 (12 正経と任督二脈) および奇穴を図 2 (a)のようにそれぞれ構築した。ここで、図 2 (a)で例示しているのは督脈のモデルである。次に、14 経脈と奇穴を合わせて 409 個という膨大な数の経穴を含むモデルになるため、構築したそれぞれのモデルに対して CPN Tools の階層化機能を用いて、図 2 (b)のように階層化を行った。図 2 (c)は全ての経脈と奇穴のモデルを階層化したものを示している。

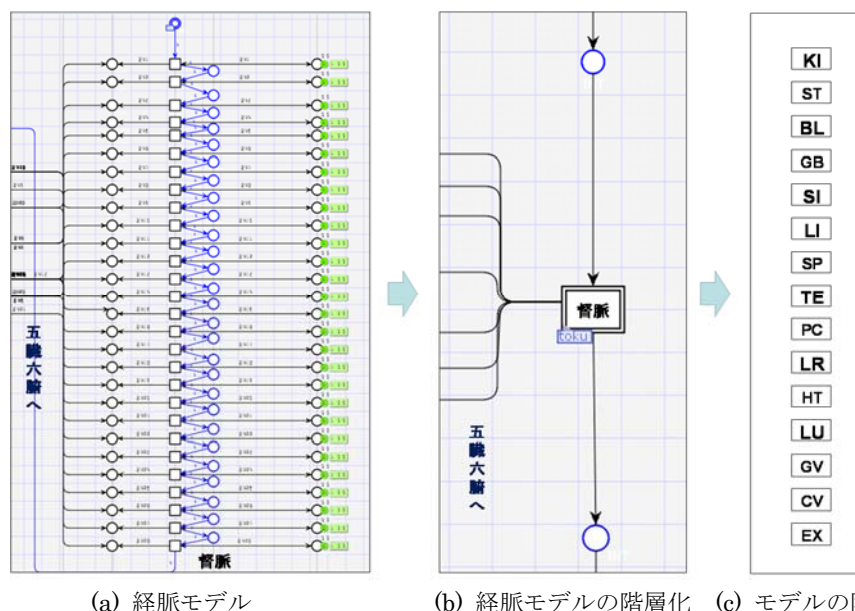


図 2 経脈・経穴モデル

(3) 409 個の経穴はそれぞれ臓または腑への治療効果がある。構築した経脈・経穴モデルを五臓六腑モデルに結合させるために、我々は図 3 に示しているような経穴効能表 (図 3 (a)) とインターフェース (図 3 (b)) を作成した。図 3 (a)は経脈である心包経における各経穴の効能を示している。東洋医学の治療には「虚実補瀉」という概念がある。鍼灸治療の現場では病状に合わせて、補あるいは瀉の治療を行うように有効な経穴を選択している。表中の「+」は補の効能を表し、「-」は瀉の効能を表している。

手の厥陰心包経 The Pericardium Meridian of Hand-Jueyin											
WHO記号	経穴名	肝	心	脾	肺	腎	胆	小腸	胃	大腸	膀胱
International Notation	Name	Liver	Heart	Spleen	Lung	Kidney	Gallbladder	Small Intestine	Stomach	Large Intestine	Urinary Bladder
PC1	天池 Tianchi		+								
PC2	天泉 Tianquan		-		-						
PC3	曲沢 Quze		-						+		
PC4	郄門 Ximen		-								
PC5	間使 Jianshi		+								
PC6	内関 Neiguan		+						+		
PC7	大陵 Daling		-								
PC8	勞宮 Laogong		-								
PC9	中衝 Zhongchong		-								

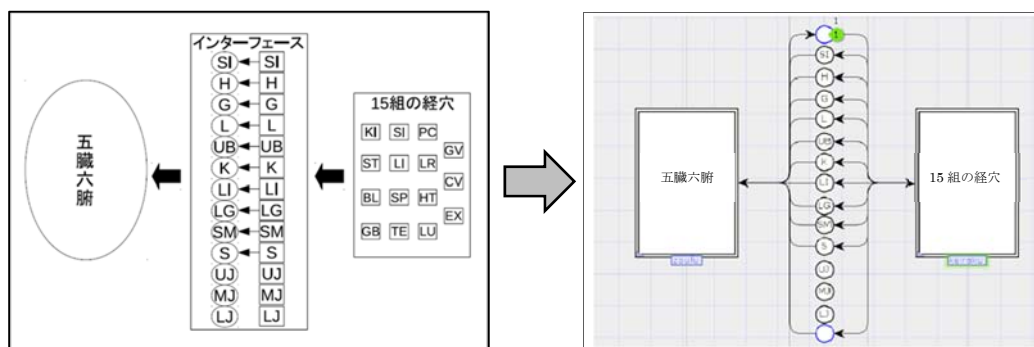


(a) 経穴効能表

(b) インターフェース

図3 経穴効能表とインターフェース

(4) 階層化された経脈モデルにおける経穴について、図3(a)の経穴効能表に基づいて、同じ臓または腑への効能がある経穴をまとめてインターフェースに結合し、さらにインターフェースから同様に階層化された五臓六腑モデルにおける各臓と腑へ接続する。図4(a)で示すこのような構想を基に、図4(b)で示す五臓六腑と経脈・経穴を含めた人体モデルを構築した。



(a) 五臓六腑と経脈・経穴モデルの全体構想

(b) 構築した人体モデル

図4 五臓六腑と経脈・経穴を含めた人体モデル

(5) 我々は図4(b)の五臓六腑と経脈・経穴モデルを含んだ人体モデルを用いて、治療現場で行われた複数の治療法のシミュレーションを行った。ここでは、慢性肝炎の鍼灸治療例を取り上げて、そのシミュレーション結果を示す。東洋医学における慢性肝炎はウイルスの侵入やアルコールの過剰摂取などの原因で、肝と脾に強い湿熱が生じ、黄疸や、尿の色が濃い茶褐色、目が充血などの症状が現れる。臨床では章門(LR13)、期門(LR14)、大巨(ST27)、脾腧(BL20)、腎腧(BL23)、肩井(GB21)、公孫(SP4)、三陰交(SP6)を刺激し、湿熱を瀉すという治療法が多く用いられている[11]。シミュレーション結果は図5に示している。図5では、横軸は臓腑の周期的循環の回数、縦軸は臓腑の状態を表している。図5の結果より、最初は強の状態であった肝・脾がそれぞれ対となっている胆・胃に影響を与え、胆・胃も急速に強になった。その後、経穴への刺激および臓腑間の働きで、肝・脾を含む全ての臓腑の状態値が平衡状態に戻る傾向が見られた。また、六腑に比べて、五臓の方が平衡状態へ戻るのが速い。これらのことから、我々のシミュレーション結果はほぼ鍼灸治療の臨床結果とほぼ一致している。よって、本研究で構築した人体モデルが有用であり、鍼灸治療の過程や仕組みの解明に一步近づいたことになったと言える。

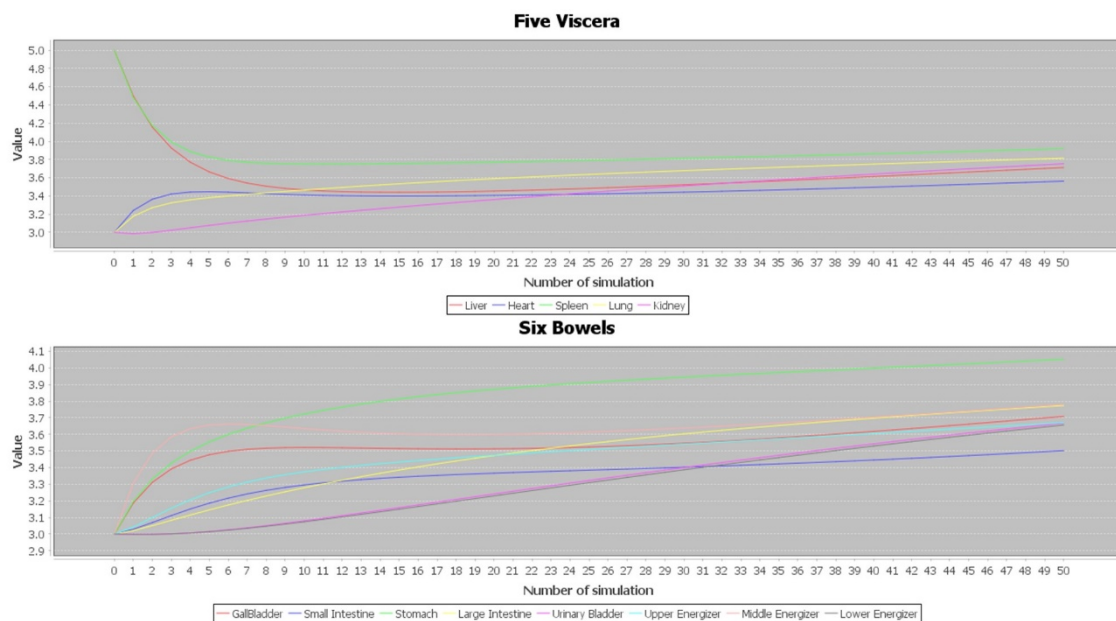


図5 プロトタイプによる慢性肝炎のシミュレーション結果

(6) CPN Tools を利用した人体モデルのシミュレーションにおいて、刺激する経穴の数が増えるにつれ、シミュレーションに要する時間が多くかかることになっている。それを解決するために、我々は図4(b)の人体モデルの仕組みに基づいて、Java 言語を用いたシミュレーションツールのプロトタイプも開発した。このプロトタイプは、高速に鍼灸治療のシミュレーションができるだけでなく、シミュレーションの結果も瞬時に表示でき、より効率的な鍼灸治療のシミュレーションを可能にした。

<参考文献>

- [1] 兵頭, 『東洋医学経絡・ツボの教科書』, 新星出版社, 2012.
- [2] 篠原他, “第二次日本経穴委員会の提言”, 医道の日本, vol.71, no.5, pp.142-154, 2012.
- [3] X.W. Li, Y.M. Wang, X. Liu and Y. Zhang, “The Summarization on The Quantitative Models of Five Elements”, BME & Clin Med., vol.16, no.4, pp.411-414, 2012. (in Chinese)
- [4] C.L. Sun, X.Y. Li and L.C. Zhao, “Fuzzy Modeling and Analysis Based on Five Elements Theory for The System of Five Organs System”, Journal of Anshan Normal University, vol.13, no.6, pp.1-4, 2011. (in Chinese)
- [5] W.Y. Guo, J.Q. Wu and S. Wang, “Five elements system modeling and solving”, Journal of Shanghai Second Polytechnic University, vol.25, no.4, pp.253-256, 2008. (in Chinese)
- [6] P.A. Heng, T.T. Wong, R. Yang, Y.P. Chui, Y. Xie, K.S. Leung and P.C. Leung, “Intelligent inferencing and peptic simulation for Chinese acupuncture Learning and Training”, IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed., vol.10, no.1, pp.28-41, 2006.
- [7] J. Pan and M. Zhou, “Modeling and analysis of meridian systems using Petri nets”, International Journal of Intelligent Control and Systems, vol.10, no.3, pp. 226-234, 2005.
- [8] 長田, 呉, 中田, 葛, “東洋医学の陰陽五行説に基づいた五臓六腑のペトリネットモデルの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 113, No. 466, pp. 113-118, 2014.
- [9] Q.W. Ge, R. Wu, M. Nakata, “On Modeling Internal Organs and Meridian System Based on Traditional Chinese Medicine”, Proc. BioPPN2015, pp. 56-69, 2015.
- [10] CPN Tools homepage, <http://cpntools.org/start>
- [11] H.O. Matsui, H. Kawauchi, Y.R. Hosono, K.J. Hosono, H. Sakaguchi, S.R. Hosono, “Acupuncture Moxibustion Therapy for Chronic Hepatitis”, Journal of the Japan Society of Acupuncture and Moxibustion, vol.25, no.2, pp.39-42, 1976.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 甘, ゲン, 呉, 中田, 葛	4. 巻 3
2. 論文標題 五臓六腑と十二正経のペトリネットモデル	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of East Asian Identities	6. 最初と最後の頁 79-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 甘, 呉, 中田, 葛	4. 巻 4
2. 論文標題 中医学に基づく人体経絡のモデル構築とそのシミュレーション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of East Asian Identities	6. 最初と最後の頁 49-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 M. Nishida, R. Wu, M. Nakata, Q.W. Ge
2. 発表標題 A Petri Net Model of Internal Organs and Pericardium Meridian Based on the Acupuncture Efficacy
3. 学会等名 ITC-CSCC2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 甘, 呉, 中田, 葛
2. 発表標題 任督二脈と奇穴を加えた五臓六腑・経脈のペトリネットモデルの提案
3. 学会等名 平成30年度(第69回)電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集 (R18-14-08)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤本, グェン, 呉, 中田, 葛
2. 発表標題 Java 言語による五臓六腑と心包経のモデル構築
3. 学会等名 平成30 年度(第69 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会論文集 (R18-14-09)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 甘, 高橋, 呉, 中田, 葛
2. 発表標題 東洋医学に基づく五臓六腑および十二正経のペトリネットモデルの構築
3. 学会等名 電子情報通信学会システム数理と応用研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 グェン, 高橋, 呉, 中田, 葛
2. 発表標題 汎用性を考慮した人体経絡のペトリネットモデルの構築およびシミュレーションデータの集計
3. 学会等名 電子情報通信学会 システム数理と応用研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T.T. Nguyen, Q. Gan, R. Wu, M. Nakata, Q.W. Ge
2. 発表標題 Modelling and Simulation for Internal Organs and Twelve Principal Meridians
3. 学会等名 ITC-CSCC2019 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Q. Gan, R. Wu, M. Nakata, Q.W. Ge
2. 発表標題 Construction of a Petri Net Model of Internal Organs and Meridians
3. 学会等名 ICCSSE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中田 充 (NAKATA Mitsuru) (60304466)	山口大学・教育学部・教授 (15501)	
研究分担者	呉 靱 (WU Ren) (70708015)	山口短期大学・情報メディア 学科・准教授 (45507)	