

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00470

研究課題名(和文)人間のマルチモーダル情報処理過程のモデル化による誤操作防止システムの研究

研究課題名(英文)A study on misoperation prevention system by modeling multimodal information processing process of human

研究代表者

橋本 文彦 (HASHIMOTO, Fumihiko)

大阪市立大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：30275234

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)：先行研究のデータといくつかの対立仮説に基づく前提からマルチモーダル知覚のモデルを複数構成し、新たに被験者実験を行って実験結果との比較分析を行った。

その結果、マルチモーダル情報を人間に提示する際に、複数の感覚に対して重要な情報提示する際に、それぞれの単一感覚情報を関連させたりリンクさせたりして提示するだけでは不十分で、受取手である人間がいったんそれらを「まとまりのある一体」として認識することができる形で提示することで、反応時間はより速くなり、認識エラーも減少することが示された。

研究成果の概要(英文)：Based on the data of the previous study and the assumptions based on several alternative hypotheses, we constructed multiple models of multimodal perception, and we conducted comparative analysis between multiple models and the result of subject experiment. As a result, when presenting multimodal information to a human being, when presenting important information to a plurality of senses, it is insufficient only relate and link each single sensory information together. It was shown that the reaction time becomes faster and the recognition error decreases by presenting them in a "Coherent Unity"

研究分野：行動情報論

キーワード：マルチモーダル 誤操作防止 ディープラーニング 人間の情報処理 マルチ・エージェント・システム

## 1. 研究開始当初の背景

新聞などのニュースでも知られるように、例えば株式取引などの経済情報入力において、コンピュータ(端末)上で操作者が「価格」と「注文数量」とを誤って入力してしまうことで大きな損害をもたらしたり、医療分野においても、電子カルテの入力ミスによる使用薬品の誤投与などが、幾重にも巡らされた誤操作防止のセキュリティを乗り越えたりすることが実際に起こっている。

これらの「誤入力・誤操作」は医療分野においてはまさに致命的な損害を与えることはもちろんだが、経済市場での取引においても、単に操作者本人に損害をもたらすだけでなく、市場全体の信頼性を失わせ、社会全体にまで大きな損害を与えるということが明らかとなってきている。

本研究者はこれまでに、(1)人間の、数値的な情報処理能力の基本特性、(2)脳機能と各種感覚知覚の関係(3)仮想株式取引市場における被験者実験などの分野で共同研究者らとともにシミュレーションと被験者実験を相補的に用いた研究を行ってきた。

本研究ではこれらの先行知見を活かしてマルチモーダル(複数感覚)情報を用いることで上記の誤操作・誤入力防止問題に貢献しようと考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、本研究者自身のこれまでの研究(上述)で明らかになってきた「人間のマルチモーダル情報処理過程」を、時間軸に従って行動する異質のエージェントとして数理モデル化して、マルチエージェント・シミュレーションに載せることを当初計画した。

このシミュレーションでパラメータを変化させて得られる結果(理論的予測)と、実際に被験者に情報を与えて得られた結果(実証結果)とを相補的に比較し、誤操作を起こす際の正確な情報処理モデルを作成することで、どのような感覚器官にどのようなタイミングで情報を与えた場合に最も誤操作・誤入力を減らすことが出来るのか、を提案することを当初の目的としていた。

後述するとおり、研究期間の途上で、より実用的なモデルを作成するために、シミュレーションと被験者実験にプラスしてDeepLearning(以下、DL)モデルを組み込むことも目的に追加した。

## 3. 研究の方法

当初の計画では、マルチモーダル感覚情報に関する、主に本研究者自身の成果を含めた先行研究を元に各感覚器官の情報処理を各エージェントが行うとするマルチエージェントモデルを構築し、これと被験者実験によ

る現実の行動とを比較するというものであったが、一年目の先行研究調査によって、それだけでは不十分であると考えられたために、DLモデルを導入することとした。

本研究ではDLモデルを導入するに際して、単純に先行研究での(ほぼローデータ)データを学習させるだけではなく、複数の感覚間に単純なリンクがある場合や、それらが(一定の時間をかけて)いったんまとめ上げられた上で判断される場合などの仮説を置いた上で、それらの仮説に基づく仮想データをシミュレーションによって構成した上で、これらを先行研究の実データとともにDLに学習させて複数の対立仮説モデルを構築した。

このモデルは、当初の計画通り各種感覚の「質」は表現せず、各感覚器官からの情報入力を「複数チャンネルからの情報」と見なし、それらチャンネル毎の感覚の違いを「伝達速度」「単位時間あたりの伝達情報量」「情報ブロックの大きさ」「情報処理の並列/直列性」「チャンネル間のリンクの強さ」「チャンネル統合の順序」として捉え、これまでの各感覚器官に対する被験者実験の結果と整合するようにパラメータを設定した。

また、DLモデルによる学習計算は、効率化のために、本研究者が完全に一から設計するのではなく画像認識の深層学習モデルを用いることにした。本研究者はプログラムとのインターフェース部分のみを開発して(本研究者は元プログラマーである)、各感覚器官からの情報を(視覚刺激については、そもそも同じ元々の表現形式だが)画像刺激(ピクセルごとにRGBそれぞれの強弱を持ったピクセル面の集合)と触覚刺激((画像刺激とは異なる)ピクセルごとに強弱を持ったピクセル面の集合)としてのみ情報を規定したものを用了。

このような準備の上で、3Dプリンタを用いて触覚・視覚情報提示用の刺激を作成して、従来から用いてきた嗅覚刺激とともに被験者に提示する実験を行った。

この刺激は、一つの立体に形状や大きさ、で微少な差異を設けたものと、さらにこの立体に香りを付け加えたものを用了。計画的に加えた差異以外の点では、質感・色・光沢等は同一に揃えられた。

被験者は、この立体を触らずに一定距離で視覚によって記憶し、次に目隠しをして複数の立体の中から触覚(と手の運動感覚)のみで先ほど記憶した立体を想起して同一の立体を撰ぶことを要求された。また逆に目隠しをして触覚のみで立体を記憶し、次に視覚のみで想起して、複数の立体の中から一つを選ぶことを要求された。この際に一つの条件ではこの立体に香りをつけてあり、他方の条件では香りをつけていないものが用いられた。

DLモデルと現実の人間の行動(特に人工知能で再現しにくい「誤操作・エラー」行動)とを比較して相補的に分析することで、当初

想定していた人間のマルチモーダル情報処理行動の解明による誤操作防止研究だけでなく、今後の人工知能研究への橋渡しとなる方法を用いた。

#### 4. 研究成果

本研究では、「3. 研究の方法」で示した DL のモデル構築とシミュレーション、さらに被験者実験を行ってそれらの結果を比較することによって、次のような成果を得ることができた。

本研究の期間内の成果としては、基礎研究の観点からの成果と、実践的応用の観点からの成果の二つがあげられる。

(もちろん、ここで「実践的応用の観点」とは、人間が短時間に複数の情報処理課題を遂行する際に、最も迅速かつ正確な判断をするために適した情報の提示方法を示すことで、誤操作・誤入力を防止することである)。

第一の基礎研究の観点からの成果は、主として本研究者自身のマルチモーダル情報処理に関する先行研究データに加えて、対立する仮説を前提して、シミュレーションを行って得られた仮想データを組み込んで複数の DL モデルを構築するという新しい手法を開発したことである。

近年、AI (Artificial Intelligence = 人工知能) の分野において DL に関する技術の進展が著しい。本研究のように、人間の感覚知覚の質的内容に差異があることを当然に認めつつも、一方でその差異を(人工知能で扱いが難しい「質」の差として捉えるのではなく)パラメタのみの差として扱う手法は、AI の技術と極めて親和性が高く、複数の感覚器官を持つ人間の情報処理活動と AI の橋渡しを行い、翻って人間が持つ「誤操作・エラー」を解明する契機とすることができる。

本研究課題においても、この DL モデルを基本モデルとして取り入れることとした(DL そのものは、ニューラルネットの発展の一形態なので、本課題の当初計画そのものが変更されたわけではない)。

本研究期間の初年度である平成 27 年度には、DL モデルが、実際に本研究課題で対象とするモデルに適用可能であるか否かを調査することからはじめ、実際に DL による計算を行うための環境をワークステーション上で構築した。

(計算の本体部分は、DL の画像認識に関する先行研究で用いられているものを流用し、インターフェース部分のみを本研究者が作成した)

その上で、本研究者がこれまで被験者実験によって得てきたマルチモーダル実験のデータを元にした DL のシンプルなモデルによるシミュレーションを行った。さらに、平成 28 年度には既述の通り、対立する仮説を前

提したシミュレーションによって得られた仮想データを組み込んで、改めて複数の DL モデルを構築することができた。

また、平成 28 年度にはこの DL モデル構築と並行して、触覚刺激に香りをつけたものをつけていないものを用いた予備的な被験者実験を行った。

実践的応用の観点からの成果は、上述の準備と成果をもとにして、複数の DL モデルに対してそのモデルの適否を検証するための被験者実験(視覚および触覚・嗅覚の)用提示刺激の作成と複数の予備的な実験を行った。平成 29 年度はこれらを統合してモデルから予測されるデータと、現実の行動結果としてのデータを比較するために、改めて視覚と触覚のクロスモーダル情報提示による被験者実験を行った。

実験は、3D プリンタによって作成された複雑な形状の立体を用いて、視覚情報の提示・記憶とその対象についての触覚情報での想起、および触覚情報の提示・記憶とその対象についての視覚情報での想起を行うという比較的単純なものであったが、「記憶」した対象情報(視覚記憶や触覚記憶のうち一方の感覚器官でしかない情報)をもとに改めて(別の感覚器官を用いて)想起を行う必要があるものであった。

本研究では元々各種感覚の「質的差異」についての検討は行わず、あくまでも「異なるタイプの(感覚)情報」としてのみ捉えた上で、それらの「統合」仮説を解き明かすことを主眼としてきた。このため、本研究であらかじめ構成した DL モデルは、その「質」は表現せず、画像刺激と触覚刺激はともにピクセルごとに強弱を持ったピクセル面集合)としてのみ情報を規定したものであった。

実験結果を分析した結果、マルチモーダル情報を人間に提示する際には、それぞれの単一感覚情報を関連させたりリンクさせたりして提示するだけでは不十分で、情報の受取手である人間がいったんそれらを「まとまりのある一体」として認識することができる形で提示することで、反応時間はより速くなり、認識エラーも減少することが示された。

なお、上述の実践的応用二つ目の成果については、本研究機関の終了時である平成 30 年 3 月までに得られたローデータから得られた第一次的な分析によるものであるが、その内容は国際学会にエントリー済(採否未定)である。今後さらに分析を進めることでより詳細で有益な結果を得ることができると考えられる。

#### 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)

橋本文彦

「時間と空間のパースペクティブ~その2」

拡大クロスモーダル知覚研究会

2017年9月20日

橋本文彦

「機械の身体と人間の身体 機械の心と人間の心 AI時代と人間

大阪市立大学有恒会

2016年7月27日

橋本文彦

「時間と空間のパースペクティブ」

大阪市立大学仏文学会

2016年3月19日

〔図書〕(計 2件)

「環境からの複数感覚は脳でどう捉えられているか」

『25年の歩み』に所収

出版社：中山書店，2016年

『知覚 - 身体的リアリティの諸相』

橋本文彦他編 (著者は計21名)

出版社：ユニオンプレス，2018年

〔その他〕

ホームページ等

<http://ramsey.econ.osaka-cu.ac.jp/~Hashimoto/Kaken.html>

「科学研究費補助金関連の研究」 - 「研究の概要とこれまでの活動」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 文彦 (HASHIMOTO, Fumihiko)

大阪市立大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：30275234

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：