

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500311

研究課題名(和文)人間のマルチモーダル情報処理能力の特性を活かした誤操作防止システムの研究

研究課題名(英文)Research on prevention system from operation mistake, based on human multi-modal information.

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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：複数感覚からの情報が与えられた際に、人間がどのようなプロセスとメカニズムで情報を処理し、結果としてどのような操作行動が行われるのか、被験者実験を行った。

実験では、視覚刺激と聴覚刺激に加えて、先行研究の少ない嗅覚刺激も用いて、これらを逐次に、あるいは同時に被験者に提示し、複数感覚がリンクした場合とそうでない場合での課題を被験者に課した。

その結果、一つの種類の感覚のみを用いた単純な課題の成績に比べて、複数の感覚をリンクさせた場合には、組み合わせによって成績がより向上したり、逆に低下する場面があることを定量的に示した。また、実験に用いた嗅覚刺激提示装置とその動作精度確認装置を自作した。

研究成果の概要(英文)：When multi-modal information is given, by what kind of process and mechanism man processed that information, and as its result, how they behave. We conducted the subject experiments to explore it. In the experiments, in addition to the visual stimulus and the auditory stimulus, olfactory stimulus (there is a little early studies) are used, these were serially or simultaneously presented, with link or without link, to the subjects.

We found that subject's performance (compare with no-linked single stimulus) increased in some link (of multi-modal stimulus), and decreased in other link, and we showed it quantitatively. Moreover, we made the olfactory stimulus presentation equipment used for the experiment and its accuracy check equipment of operation.

研究分野：行動情報論

キーワード：マルチモーダル知覚 人間の情報処理 誤操作防止 嗅覚 視覚 聴覚

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す、という事例が少なからず起こっている。また、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、幾重にもはりめぐらされた誤操作防止のセキュリティを乗り越えて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た。

本研究の実施者は、これまでに「人間の情報処理能力の特性」を解明することを統一的なテーマとして、さまざまな分野の研究者と協力していくつかのアプローチによる実験を行ってきた。

- (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との関係
- (3)仮想株式取引市場における被験者実験

本研究では、上記(1)~(3)の各種実験研究で得られたさまざまな成果を基礎として、これらを「複数の感覚知覚を通じた人間の情報処理と操作行動」のプロセス解明の観点からモデル化した上で、「誤操作・誤入力」を防止するためのシステムのあり方を研究することが重要と考えた。

2. 研究の目的

本研究では、さまざまな感覚からの情報が与えられた際に、人間がどのようなプロセスとメカニズムで意思決定を行い、その結果としてどのような操作行動が行われるのか、脳科学の知見を下敷きとして、さらに認知科学の観点から、実験科学的な手法を用いて解き明かしていくことを第一段階の目的とした。

次に第二段階の目的として、上記によって明らかとされた人間のマルチモーダル(複数種類の感覚知覚)情報処理能力の特性を利用して、さまざまな情報入力を行うための端末などにおける「誤操作・誤入力」を防止するためのシステムの在り方を研究することを

目的とした。

3. 研究の方法

人工市場での取引などの時間的な制約や経済的なリスクを伴う、意思決定場面実験において、視覚・聴覚・触覚・嗅覚・体性感覚などを組み合わせて、反応時間の遅延の程度、誤反応・誤入力の頻度やその性質など、生起の仕方を調べ、どのような課題においてどのような組み合わせの場合に発生しやすい(しにくい)のかを検討した上で、被験者が誤反応・誤入力を起こしにくい情報提示法と反応取得法を有したシステムの提案を行うことを目標として、以下のような方法で研究を進めた。

本研究では、主にコンピュータ端末等の情報システム上での操作の際に、操作者が引き起こす「誤操作」を「情報入力の量」「情報を与えられた感覚器官の種類」「反応時間の遅れ」に着目し、(これまでに実施者らが構築し既に稼働している)人工市場上で、被験者による認知行動実験を行い、これによって得られる人間のマルチモーダル情報処理能力の特性を解き明かすことを試みた。

さらに、上記によって得られた知見、および従来研究成果を活かして、(特に視覚以外の)感覚知覚器官を効果的に利用した誤操作防止システムの実験的研究を行った。

研究目的でも記したように、本研究では、第一段階としてさまざまな感覚からの情報が与えられた際に、情報処理 意思決定 反応行動のプロセスとメカニズムがどのようなものであるかを明らかにすることを目指した。

このために、まずこれまでに先行研究によって得られている脳機能研究の成果をもとに、マルチモーダル感覚からの刺激入力がどのような経路でどのくらいの時間をかけて処理され、どのように干渉し、さらにどのように統合されて意思決定へとつながっていくのか、を最終的な「行動動作」の観点から文献的に検討を行った。特に、本研究の実施者自身のクロスモーダル・アテンショナルブリンク実験の結果について、この観点からの再解釈を行った。

次に、人工市場での取引などの時間的な制約やリスクを伴う意思決定場面実験とその解釈を行った。すなわち、視覚・聴覚・触覚・嗅覚・体性感覚(被験者の姿勢等のこと)な

どを組み合わせた情報を刺激として被験者に与え、最終的な意思決定（選択など）の結果を、音声言語、スイッチ押し、紙への回答などの反応によって測定した。

この実験を行うために、触覚への刺激装置と、嗅覚への刺激装置、およびその提示精度の測定装置を開発した（詳細は、下記の4. 研究成果を参照）。

記憶や判断を含む意思決定場面実験において上記装置を利用し、被験者の反応時間、誤反応率を測定することで、刺激として用いる感覚の組み合わせと反応に用いる感覚の組み合わせごとに、どのような脳内プロセスをたどった結果であるのかを推測するモデルを検討した。

4. 研究成果

（以下、(1)～(3)の実験においては、実験の目的、装置と実験計画、結果と考察について記述する。）

(1)時間間隔を置いて提示される視覚刺激と嗅覚刺激の相互作用に関する実験検討

視覚と嗅覚の記憶が脳内でどのように統合されるのかを実験的に検討することで、二つの感覚間で刺激にリンクをつけた場合と外した場合との記憶再生の違いを検討した。

被験者 48 名（18 歳～24 歳の大学生）を対象として、個別実験を行った。

4 種類の色（I～IV）と 4 種類の香り（A～D）を I-A、II-B、III-C、IV-D と対応させて 0、100、200、300msec の時間間隔で被験者に提示した。被験者は色と香りを記憶するように要請された。

刺激提示の 1 分後に、タッチスクリーン上に色相と彩度を 256×256 の解像度で面分布させた色平面を提示し、先ほど記憶した色がどの色だったかをタッチすることで再生させた。この際に、A～D のいずれかの香りが被験者に提示された。

色記憶再生の測度として、タッチスクリーン上の真の提示色と被験者がタッチした場所との距離を用いた。I～IV のどの色に対しても、リンクされていた香りを再生の際にも提示した場合に、リンクされていない香りを提示した場合に比べて統計的に有意に真の位置との距離が小さかった。また、色と香り

の刺激を同時に提示した場合は、100～300msec の時間間隔をもって提示した場合に比べて、統計的に有意に真の位置との距離が大きかった。

図 1 に色 I と香り A を提示した後に、香り A～D を提示して想起を行った場合の色再生の正確さを示すグラフを掲げる。

色 II と香り B、色 III と香り C、および色 IV と香り D を最初に提示した場合のグラフもほぼ同様に、最初の組み合わせと一致した場合に正確な色再生ができたという点でほぼ同様であるので、グラフを省略する（詳細は報告済みの研究発表の WEB 版を参照のこと）。

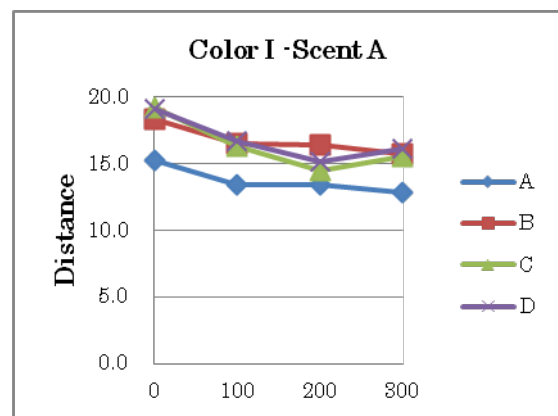


図 1 色 I と香り A を提示した後に、香り A～D を提示して想起を行った場合の色再生の正確さ

色と香りをほぼ同時に提示した後、色を再生する際に記憶時と同じ香りを提示すると、他の香りを提示した場合に比べて色再生の正確さが有意に向上した。

また、色と香りの提示間隔が同時ではなく 100～300msec 離れていた場合に、色再生の正確さが有意に向上した。この結果はやや解釈が難しいが、先行研究との整合性で考えると、色と香りをそれぞれ記憶するという二つの課題の間でアテンショナルブリンク（注意の瞬目）現象が生じているという可能性も考えられる。

ただし、200msec 程度で正確さが向上するので、アテンショナルブリンク現象にしては、時間が短すぎるのが問題であり、今後の研究対象となった。

(2)同時に提示される視覚刺激・嗅覚刺激・聴覚刺激のリンクに関する実験検討

(1)の実験では、被験者に色再生のみを課し

たが、色と香りのクロスモーダルな記憶と注意について明らかにするために、色と香りを同時に提示して記憶させた後に、色のみ、香りのみ、色と香りの両方を再認する際の正答率を調べた。

大学生 46 名を被験者とした。うち、7 名は香りのみ、6 名は色のみを回答するコントロール実験として、残りの 33 名は色と香りの両方を答えた。

視覚刺激提示と嗅覚刺激提示には、(1)と同じ装置を用いて、プログラムのみを変更した。提示する単色記憶刺激は 4 種類であった。赤色、青色、黄色、緑色などの 4 色では色という視覚イメージではなく、「赤」や「青」などの言語で記憶することを避けて、もっぱら視覚的な記憶を測定するために、ある程度似ており、かつ名前をつけにくい 4 色を用いた。(名前をつけようとする、ほぼすべての色が「黄色」となる色であった)。再認時の提示画面を図 2 に掲げる。

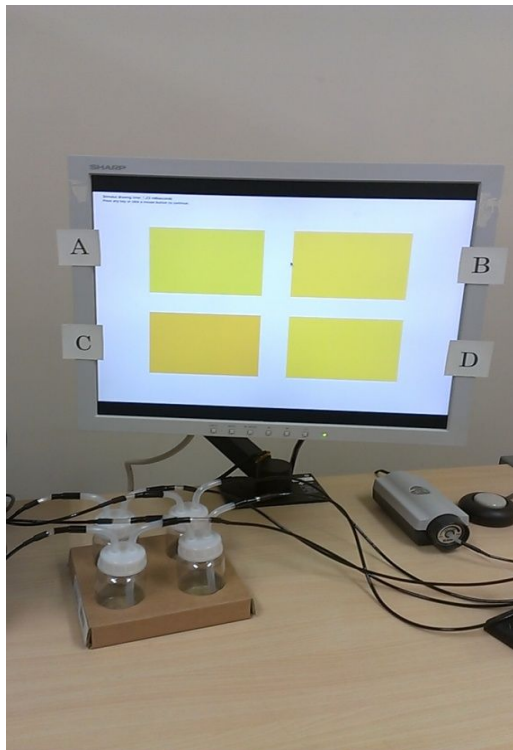


図 2 色再認時に提示した 4 色

さらに、香料のもつイメージの色と、匂いに関連性をもたせるために、香料の果物の色に近い、暖色系の色を用いた。HSL カラーモデルで、彩度 255、明度 128 に統一し、色相を 35、38、40、45 に調節した 4 色を用いた。

画面に、縦に 2 つ、横に 2 つ配置するため、色パッチは 24 パターンできる。

実験がスタートすると、液晶ディスプレイに、高さ 5 センチメートル、幅 7 センチメートルの単色の四角形で視覚刺激が提示され、それと同時に、四つの香りのうちのひとつが嗅覚刺激として提示される。被験者は、この色と香りを記憶するように要請された。ディスプレイから被験者の鼻先までの距離は、約 45cm であった。

その後 1 分間、被験者はあらかじめ配布された計算問題をできる限り正確に速く、多く解くことを要請された。計算問題は、2 桁 + 2 桁、または 1 桁 × 2 桁の問題がランダムに配置されていた。

1 分が経過すると、ディスプレイには 4 色の色パッチが提示されると同時に、四つの香りのいずれかが提示される。

被験者には、色提示の 10 秒前と 5 秒前にチャイム音で知らされるので、このタイミングで計算を止めて、提示された四つの色 (A-D) のうち、どれが記憶した色と一致しているか、また、提示された香りが、記憶した色と同一か否かを (○ と × で) 手元の解答用紙に記入した。

練習試行が 2 回繰り返された後に、本試行が 16 回繰り返された。

嗅覚刺激と視覚刺激の記憶において、両者がリンクしているならば、記憶時と同じ刺激を与えたときの正答率は高くなり、異なる刺激を与えた場合の正答率は低くなるはずである。

また、記銘と再認との間の計算問題は、通常、リハーサルを妨げることで、被験者の記憶を妨害するものとして用いられるが、本実験では嗅覚と視覚という複数のモーダルを用いるために、計算という脳の活性化作業が、両者のリンクを際立たせる可能性もあるかと考え、計算問題による記憶の妨害 / 促進効果についても検討を行った。

その結果、嗅覚刺激の一致条件が不一致条件よりも、視覚刺激の正答率が有意に高い傾向があることが示された ($t(526)=1.36$ $p<0.10$)。この結果は、先述の(1)の実験とも整合的である。

視覚刺激あるいは嗅覚刺激の正誤と、計算問題の回答数についても検討を行ったが、被

験者間・被験者内の双方で、統計的に有意な差は示されなかった。

この実験結果から、嗅覚と視覚の直接の記憶ではなく、むしろ被験者の無意識下への影響を探ることを次の(3)の実験課題として設定した。

(3)嗅覚刺激が視覚探索および計算課題に与える影響に関する実験検討

この実験では、嗅覚刺激あるいは聴覚刺激を被験者が意識している状況で直接リンクづけるのではなく、より現実場面での誤操作防止に役立てるために、被験者に与える課題は計算課題のみとして、その課題遂行の際に（被験者には伝えずに）計算の答えと連動した嗅覚刺激と聴覚刺激を提示した。

大学生 30 名を被験者とした。うち 17 名が計算時に聴覚刺激の有無、13 名が嗅覚刺激の有無を実験変数として用いた。

嗅覚刺激提示と聴覚刺激提示は(1)および(2)と同じ装置を用いて、プログラムのみを変更した。

実験では、ディスプレイ上に 2 桁 + 2 桁または 2 桁 2 桁の計算問題と第 1 問～第 40 問の問題番号がランダムに 500msec 提示され、被験者はこの答えを手許の解答用紙に記入することを要請された。解答用紙には解答欄が縦に 10 問ずつ 4 列で配置されていた。

被験者は提示された計算問題の答えを計算するだけでなく、問題番号を即座に記憶して、手許の解答用紙中の解答欄を探索して記入する必要があった。

計算問題だけを提示する条件をコントロール条件としてすべての被験者に課した。これに加えて、計算問題提示時に、問題番号が 1～10、11～20、21～30、31～40 のそれぞれに応じて、周波数の異なる音（正弦波）を提示する聴覚条件に 17 名、異なる香りを提示する嗅覚条件に 13 名が割り当てられた。

聴覚刺激と嗅覚刺激の提示時間はいずれも 200msec とした。

検定の結果、聴覚刺激を伴った場合と嗅覚刺激を伴った場合のいずれも、伴わない場合（＝コントロール条件）に比べて、正答率が有意に向上した。（いずれも、 $P < 0.01$ ）。

このことは、被験者の課題遂行の際に、被

験者が意図して聴覚や嗅覚刺激と結びつけることがなくとも、これらの刺激を適切にリンクづけて提示することで、誤答・誤操作を減らすことができることを示唆している。

(4)作成した実験装置

嗅覚刺激提示装置

嗅覚刺激を提示するために次のような装置を用いた。

PC の USB ポートに National Instruments 社製の 24chDA コンバータ（USB-6501）を接続、1ch～4ch を使用して、SuperLab から、各チャンネルに On、Off の信号を出力した。

DA コンバータの出力電流は 1mA 程度と微弱であるので、チャンネル毎に増幅回路（本研究者が自作）を用いて、Omron 社製のリレー（G5V-1-DC5V）を動作させた。リレーの開閉によって、SMC 社製ソレノイド・バルブ（VDW21-6G-1-01）の電源が On、Off された。

4 本のソレノイド・バルブには、入力側に熱帯魚水槽用の強力ポンプ（ニッソー社製 SOLI TYPE（9 リットル/分の空気送出能力））から、4 叉に分かれた後にチューブを経て空気が送られ（ソレノイド・バルブの閉時には、ここで空気がせき止められる）、4 本の出力側には、それぞれ香料の入った集気瓶が接続され、ソレノイド・バルブの開時（本実験では開時間は 200msec）には、集気瓶に送られた空気が香料を含んで被験者の鼻腔に送られた。

各チャンネルからの香りチューブは 4 チャンネル分を束ねて固定されたが、これに加えて、いったん送出された香りを吹き飛ばすために、もう一本のチューブに水作社製のポンプ（水心・2.5 リットル/分）を接続し、こちらは常時被験者に空気を送り続けた。

したがって、被験者にはチューブから常時無臭の空気が送られ続け、さらに SuperLab からの制御に合わせて、あるタイミングで 4 種類の香りのいずれかが短時間送出された。

刺激提示装置の精度測定装置

実験装置は本研究者の自作であるので、その精度を検証する必要があった。

検証を行ったのは、

・視覚刺激の提示持続時間

・嗅覚刺激の提示持続時間と提示空気量
・視覚刺激と嗅覚刺激の提示タイミング
の三つの項目であった。これらを測定するために、視覚刺激の測定装置と嗅覚刺激の測定装置を製作した。視覚刺激測定装置と嗅覚刺激測定装置の両方を Agilent 社製の 2ch オシロスコープ (型番 54622A) に接続し、そのタイミングの差と刺激提示時間を調べた。

視覚刺激提示時間は、SuperLab によって直接に制御されているために、1msec の精度が出ているはずだが、測定装置側の精度 (= 時間遅れ) の問題もあり、その提示時間には往復 (= 提示開始と提示終了) で 10msec 程度の誤差が見られた。

嗅覚刺激は、USB からリレー回路、ソレノイド・バルブの物理動作を経て、空気がおよそ 50cm のチューブを伝わってから測定装置 (= 被験者の鼻腔位置) に届くために、視覚刺激提示よりも、5msec 程度遅れて動作した。嗅覚刺激提示時間の誤差は、5msec 以下であった。すなわち、嗅覚刺激提示装置は、視覚刺激の提示よりも最大で 10msec 遅れて動作した。

また嗅覚刺激提示装置から被験者へと送出される空気量は、KOFLOC 社製の気体流量計 (RK1150) を用いて測定された。ポンプからの香料送出時の気体流量および常時送出される無臭空気の気体流量は、約 2 リットル/分に調整された。

これらの精度を考慮して、本実験では、SuperLab から制御する際に、嗅覚刺激提示装置への送出信号を先に出力し、視覚刺激提示装置への送出信号を後から出力するものとした。

また、本実験で用いる視覚刺激および嗅覚刺激の最短の提示時間を 200msec として、誤差の範囲を 5%以下とした。

なお、先行研究で用いられている嗅覚刺激の提示タイミングの誤差は、多くの場合「分」のオーダーであり、1000msec 以下の精度で制御されている研究はほとんどない。

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 2 件)

機械の身体と人間の身体、機械の心と人間

の心, 橋本文彦, 思索, Vol. 45, pp. 207-232, 2012, 査読なし

人間らしさと人工知能, 橋本文彦, 科学・技術研究, Vol. 3-2, pp. 10-16, 2014, 査読あり

[学会発表](計 4 件)

The influence of Positive/Negative feedback on multi-level tasks, Fumihiko Hashimoto, International Psychological Application Conference and Trends, 2012, Lisbon (Portugal)

Interference on memory between olfactory stimulus and visual stimulus with time-interval, Fumihiko Hashimoto, European Conference of Visual Perception, 2013, Bremen (Germany)

The influence of shift-variant data on factor analysis, Fumihiko Hashimoto, International Conference on Multiple Comparison Procedures, 2013, Southampton (England)

Human behavior experiments for the time series of stock price with fundamental information, Fumihiko Hashimoto, Global Interdisciplinary Business-Economic Advancement Conference, 2014, Tampa (U.S.A.)

[その他]

ホームページ等

<http://www.econ.osaka-cu.ac.jp/~Hashimoto/papers.htm>

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