

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03507

研究課題名（和文）時間情報処理における脳内並列システムの解明

研究課題名（英文）Parallel systems for processing temporal information in the brain

研究代表者

山本 慎也（Yamamoto, Shinya）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：90371088

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：「どちらが先か？」という時間順序知覚と、「同時かどうか？」という同時性知覚が、脳内の共通のメカニズムによって情報処理がなされているのかどうかは、これまで未解明の問題であった。一般に、事象間の時間差が小さいとき、時間順序の判断は難しくなり、それらが同時であるという知覚が生じると考えられてきた。本研究課題では、「時間順序の不確定性」と「主観的同時」が独立して生じうるかを検証するため、提示時間の異なる2つの視覚刺激を用いた実験を行った。その結果、「時間順序知覚」と「同時性知覚」が独立したシステムで情報処理されている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、刺激時間長の異なる2つの視覚刺激が、短い時間差で提示された場合、「時間順序判断の不確定性」が生じるにもかかわらず、「主観的同時性」が生じないという現象を発見した。このことは、時間順序知覚と主観的同時性が脳内の別々のメカニズムによって処理されている可能性を示唆するものであり、脳内時間情報処理システムの全貌の解明につながりうる知見を提供することが出来た。

研究成果の概要（英文）：There has been intense debate over whether the perception of temporal order and the perception of simultaneity share a common mechanism. It has been believed that, when the interval of two sensory stimuli is short, people find it difficult to judge the temporal order and tend to perceive the stimuli as simultaneous. This study thus aimed to investigate whether the uncertainty of subjective temporal order and the subjective simultaneity occur independently. To this end, a series of psychophysics experiments were conducted using two visual stimuli that had different durations. The data showed that temporal order uncertainty is independent of the subjective simultaneity, suggesting that the subjective temporal order and the subjective simultaneity are processed by different mechanisms in the brain.

研究分野：認知科学

キーワード：時間知覚 時間順序判断 同時性知覚

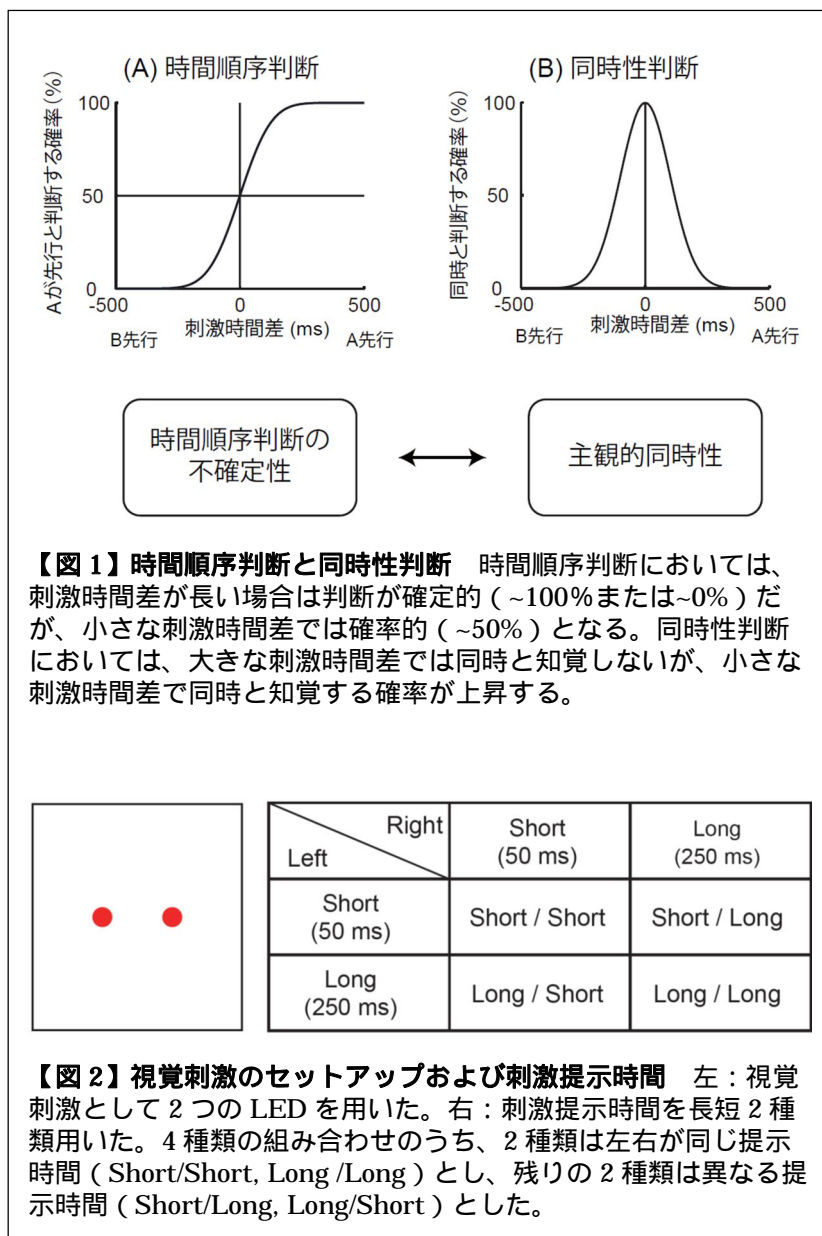
1. 研究開始当初の背景

脳は外界で生じた事象を、感覚入力を情報処理することによって、巧みに再構築している。外界を適切に認識するためには、事象の空間的位置や、色・形・動きなどの特性の再構築が必要なのはもちろんのこと、時間情報の再構築も必要である。特に、事象が複数存在する場合には、それらの時間的關係性を適切に処理することは、外界の認知において重要な問題である。最もシンプルな2事象の時間的關係性に絞って考えてみると、事象間の時間差が十分大きい場合には時間情報の処理は容易であり、各々はもはや独立した単一の事象とみなすことができる。一方、事象間の時間差が小さい場合には、脳内の情報処理にかかる時間を考慮すると、各々の情報処理を脳内で時間的なオーバーラップなく独立に行うことは困難であると考えられる。

事象間の時間的關係性の知覚には、「どちらが先か?」という時間順序知覚と、「同時かどうか?」という同時性知覚という、少なくとも2種類が存在する。2つの事象AとBを考えると、一般的には、時間順序知覚は、十分時間差が大きい時は確定的(~100%または~0%)だが、小さな時間差では確率的(~50%)となる(図1左)。一方、同時性知覚は、大きな時間差では同時とは判断せず(~0%)、小さな時間差ではほぼ同時と感じる(~100%)(図1右)。すなわち、十分大きな時間差がある場合には、確定的な時間順序知覚が生じるが、時間差が小さい場合には、時間順序知覚は不確定であり、同時性知覚が生じると考えられる。このような構図は、時間順序の不確定性と同時性知覚が一体のような印象を与えるが、これらが同一のメカニズムによって生じた知覚であるのか、あるいは独立したメカニズムで生じた知覚であるのか、未解決の問題であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「時間順序の不確定性」と「同時性知覚」が独立した情報処理に基づいたものであるか否かを検証することである。そのためには、これらが独立な挙動を示す状況を説明することが、本問題の解決への糸口となる。本研究では、2つの視覚刺激の提示時間を操作し、実験参加者にそれらの時間的關係を回答してもらった実験を開発し、時間順序の不確定性と同時性知覚の独立性の検証を行った。なお、本研究は、国立研究開発法人産業技術総合研究所の人間工学実験委員会の承認を得たうえで行われた。



3. 研究の方法

(1) 時間順序の不確定性と同時性知覚が独立した情報処理に基づいたものであるか否かを検討するため、2つの視覚刺激を用いた心理物理実験を行った。視覚刺激として、左右に1cm離して配置した2つのLEDを、短い時間差で連続して点灯させた(図2左)。

	Right	Short (50 ms)	Long (250 ms)
Left		Short / Short	Short / Long
	Short (50 ms)		
	Long (250 ms)	Long / Short	Long / Long

【図2】視覚刺激のセットアップおよび刺激提示時間 左：視覚刺激として2つのLEDを用いた。右：刺激提示時間を長短2種類用いた。4種類の組み合わせのうち、2種類は左右が同じ提示時間(Short/Short, Long/Long)とし、残りの2種類は異なる提示時間(Short/Long, Long/Short)とした。

左右の LED の点灯開始のタイミングの時間差は、-150, -135, -120, -105, ..., 135, 150 ms の 21 種類の刺激時間の中からランダムな順番で選択した (平均 SOA は 0 ms)。ただし、プラスの時間差は右の LED が先行したことを示し、マイナスの時間差は左の LED が先行したことを示す。また、LED の点灯時間は、長短 2 種類 (250 ms, 50 ms) を用い、右 50 ms、左 50 ms、右 50 ms、左 250 ms、右 250 ms、左 50 ms、右 250 ms、左 250 ms の 4 種類からランダムに選択した (図 2 右; は左右の点灯時間が等しく、は左右の点灯時間が異なる)。視覚刺激提示後、実験参加者は、点灯開始のタイミングが、「右先行」「左先行」「同時」「同時ではないが順序不明」の 4 つの選択肢から 1 つを選択し、ボタン押しで回答した。

(2) 時間順序の不確定性と同時性知覚の関係性に関して、視覚刺激がオンになる状況 (すなわち、視覚対象が「現れる」状況) において観察された現象が、視覚刺激がオフになる状況 (すなわち、視覚対象が「消える」状況) においても観察されるのかどうかを検討するため、上記実験 (1) の視覚刺激のオン・オフを反転させた実験を行った。左右に配置した LED を常に点灯させ、それぞれ 50 ms 間あるいは 250 ms 間、消灯させた。消灯時間の組み合わせは (1) と同様に、左右の消灯時間が等しい と、左右の消灯時間が異なる の 4 種類を用いた。左右の LED の消灯開始のタイミングの時間差に関しても、(1) と同様に -150 ms から 150 ms の範囲となるように設定し、実験参加者は、消灯開始のタイミングが、「右先行」「左先行」「同時」「同時ではないが順序不明」の 4 つの選択肢から 1 つを選択し、ボタン押しで回答した。

(3) 時間順序判断の不確定性に関して、各試行における実験参加者の判断の確信度が低下するのか、各試行における確信度は低下せず左右の判断の正答率が低下するのか、を検証するため、時間順序判断とともに主観的な確信度を回答してもらう実験を行った。視覚刺激は、(1) と同様に LED の点灯を用い、点灯開始のタイミングの時間差は -150 ms から 150 ms の範囲となるように設定した。LED の点灯時間は、長短 2 種類 (250 ms, 50 ms) を用い、4 種類の組み合わせからランダムに選択した。実験参加者は、点灯開始のタイミングが、「右先行」「左先行」の 2 つの選択肢から 1 つを選択 (時間順序判断課題; ボタン押しで回答) した後、さらにその判断の確信度の有無を 2 択で回答した。

4. 研究成果

(1) 左右 2 つの視覚刺激 (LED) を、刺激時間および刺激開始のタイミングを操作して点灯させ、実験参加者に、点灯開始のタイミングの時間差を 4 択 (「右先行」「左先行」「同時」「同時ではないが順序不明」) で回答してもらう実験を行った。点灯開始のタイミングの時間差が十分大きい試行においては、左右の LED の点灯時間が等しい の場合においても、点灯時間が異なる の場合においても、プラスの時間差であれば「右先行」、マイナスの時間差であれば「左先行」という正しい判断が行われた。一方、点灯開始のタイミングの時間差が小さい試行 (0 ms 近傍) においては、左右の LED の点灯時間が等しい の場合においては、「同時」と判断する確率が上昇した。ところが、左右の LED の点灯時間が異なる の場合においては、「同時」と判断する確率は低く、確率的に右先行あるいは左先行の回答がなされた。(なお、いずれのケースにおいても、「同時ではないが順序不明」の回答はほとんどなされなかった。) この結果から、左右の点灯時間が異なると、時間順序判断は確率的になるにもかかわらず、同時性知覚が生じなくなることが示され、脳内で「時間順序の不確定性」と「同時性知覚」が独立して処理されていることが示唆された。

(2) 上記実験 (1) の視覚刺激のオン・オフを反転させ、実験参加者に、消灯開始のタイミングの時間差を 4 択で回答してもらう実験を行った。その結果、(1) と同様に、消灯開始のタイミングの時間差が小さい試行において、左右の LED の消灯時間が等しい の場合は、「同時」と判断する確率が上昇したが、左右の LED の消灯時間が異なる の場合は、「同時」と判断する確率は低く、確率的に右先行あるいは左先行の回答がなされた。この結果から、2 つの視覚刺激の提示時間が異なる場合に同時性が消失する現象が、視覚刺激のオン・オフに特異的な現象ではなく、より一般的に生じるものであることが示唆された。

(3) 左右 2 つの視覚刺激 (LED) を、刺激時間および刺激開始のタイミングを操作して点灯させ、実験参加者に、点灯開始のタイミングの時間順序判断を 2 択 (「右先行」「左先行」) で回答してもらい、さらにその判断の確信度の有無を 2 択で回答してもらう実験を行った。左右の LED の点灯時間が等しい の場合、点灯開始のタイミングの時間差が小さい試行において、確信度が低いと回答する確率が上昇した。この結果は、4 択で回答した上記実験 (1) において「同時」と判断する確率が上昇したと矛盾しない。一方、左右の LED の消灯時間が異なる の場合においても、点灯開始のタイミングの時間差が小さい試行において、やはり確信度が低いと回答する確率が上昇した。4 択で回答した上記実験 (1) においては、「同時」と判断する確率が低い状況であったことを考えると、この結果は、同時性知覚が生じない状況においても、各試行における時間順序判断の確信度が低下することを示すものである。以上の結果から、脳内で「時間順序の不確定性」と「同時性知覚」が独立して処理されている可能性が示唆された。

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 2件）

1. 著者名 Mariko Nakata, Masayuki Shimoda, Shinya Yamamoto	4. 巻 2
2. 論文標題 UV-Induced Neuronal Degeneration in the Rat Cerebral Cortex	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex Communications	6. 最初と最後の頁 tgab006
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/texcom/tgab006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Mizuho Gotoh, Kazuaki Nagasaka, Mariko Nakata, Ichiro Takashima, Shinya Yamamoto	4. 巻 14
2. 論文標題 Brain Temperature Alters Contributions of Excitatory and Inhibitory Inputs to Evoked Field Potentials in the Rat Frontal Cortex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Cellular Neuroscience	6. 最初と最後の頁 593027
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fncel.2020.593027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Mizuho Gotoh, Kazuaki Nagasaka, Mariko Nakata, Ichiro Takashima, Shinya Yamamoto
2. 発表標題 Modulation of excitatory/inhibitory balance by change in brain temperature
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mariko Nakata, Aya Takemura, Keiji Matsuda, Shinya Yamamoto
2. 発表標題 Focal brain lesion induced by ultraviolet irradiation in a rhesus monkey
3. 学会等名 Neuroscience 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizuho Gotoh, Kazuaki Nagasaka, Mariko Nakata, Ichiro Takashima, Shinya Yamamoto
2. 発表標題 Effects of cortical temperature on neural excitatory/inhibitory balance
3. 学会等名 第97回日本生理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mizuho Gotoh, Kazuaki Nagasaka, Ichiro Takashima, Shinya Yamamoto
2. 発表標題 Effects of brain temperature on cortical evoked potentials
3. 学会等名 The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mariko Nakata, Masayuki Shimoda, Shinya Yamamoto
2. 発表標題 Layer-dependent time course of neuronal death following ultraviolet light irradiation of the cerebral cortex
3. 学会等名 Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本慎也
2. 発表標題 脳における感覚情報の統合と分離
3. 学会等名 第10回多感覚研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本慎也
2. 発表標題 時間順序の不確定性と主観的同時性
3. 学会等名 スポーツニューロリハビリテーション研究会
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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------