

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 3 日現在

機関番号：32414

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26380983

研究課題名(和文) 要約統計量表象の認知過程とその発達の検討

研究課題名(英文) Cognitive mechanisms for Summary statistical representation

研究代表者

時田 みどり (TOKITA, Midori)

目白大学・保健医療学部・教授

研究者番号：40571112

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：同時提示視覚刺激について、刺激属性に依存しない要約統計量表象メカニズムの存在が指摘されている。本研究では、様々な刺激対象について個別に検討されてきた事象を、一貫した実験方法と被験者内要因での検討を行い、要約統計量抽出の処理過程の解明を試みた。主な成果は以下の3点である。1) 平均値推定において、限界容量に依存しない全体的処理を媒介とする過程を示した。2) 刺激分布が平均値推定の精度に及ぼす効果を検討した結果、学習量によるサンプリングの相違が示唆された。3) 刺激群の分散が平均値推定の精度に及ぼす影響を検討し、平均値推定の個人差は、サンプリング量の相違によることを示した。

研究成果の概要(英文)：Many studies have shown that observers can accurately perceive and evaluate the statistical summary of presented objects' attribute values without attending to each object. However, it remains controversial how visual system integrates the attribute value of multiple items and computes the average value to make an appropriate judgment.  
1) People can extract the average size of all items without relying on focused attention to individual items when attention is distributed across a set of similar items. 2) The precision differed among size distributions and that the size of average value was overestimated to the actual size in all conditions with naive observers. The result demonstrated that some of items could be weighted more than the other; possibly larger items might be weighed more than smaller items. Our findings suggest that the process of representing average value may not be explained by a single definitive mechanism; rather, mediated by a mixture of the multiple processes.

研究分野：実験心理学 認知科学

キーワード：要約統計量 理想的観察者 平均値推定 選択的注意 統計的効率分析

## 1. 研究開始当初の背景

生体は、外界に存在する複数の事象を短時間のうちに分類し、カテゴリーを与え、カテゴリー内の事象についての平均量(或は平均的特性)を推測することが求められる。この推測を可能とする認知機能として、要約統計量表象(SSR)の存在が指摘され、さまざまな刺激属性を用いての検討が行われてきた。研究例として、ランダムドット刺激の運動方向や速度の平均量の推定、複数同時提示された円の平均面積の推定、平均方位の推定、空間位置の平均値等があげられる。これらに加え、最近では、複数の顔の平均的表情の抽出、聴覚刺激における平均周波数の推測等の事象も確認されている。

しかし、その認知過程について一致した見解が得られていない。刺激群全体の同時処理を可能とする包括的処理メカニズムの存在が指摘される一方で、全体的処理の容量には限界があり、平均値推定に用いられているのは2、3個の刺激情報のみであるという議論もなされている。その根拠としては、1) 刺激群の分布によって精度に差があること、2) 2組以上の刺激群の平均量を推定することが困難なこと等が挙げられている。このような背景において、その処理メカニズムについて明確なモデルを構築することが重要であると思われる。

## 2. 研究の目的

先行研究の問題点として、個々の事象が独立して検討され、統合的なモデルの構築がなされていない点が指摘される。本研究では、一貫した実験方法と被験者内要因での検討を行い、要約統計量抽出の処理過程の解明を試みた。特に、1) より高次の対象群(視線群)における平均値推定精度の測定、2) 平均値推定におけるサンプリング量の推定、3) 平均値推定における熟達者と初心者の相違、の3つの問題に焦点をあて、行動実験とコン

ピュータシミュレーションを併用して、統合的な要約統計量表象過程のモデル構築を試みた。尚、要約統計量として、主に、先行研究で検討が進められてきた平均値/平均量について検討し、その過程において、対象刺激群の分散や分布形の操作を行った。

## 3. 研究の方法

研究は、1) 先行研究を踏まえたモデルの提案、2) モデル検証のための行動実験の計画、3) 提案されたモデルの理想的観察者の設定とシミュレーションによる成績の推定、4) 行動実験の結果とシミュレーション結果との比較、の4つのプロセスで進められた。行動実験では、熟達観察者を対象とする心理物理実験と、初心者を対象とする簡易心理物理実験を並行して行った。モデリングでは、理想的観察者分析を用い、行動実験から得られたパラメータを投入してコンピュータシミュレーションを行った。モデルと行動実験の結果との比較には、統計的効率分析を用いた。また、閾値の測定は、Quest及び恒常法を用いて多角的に検討し、測定精度の信頼性を高めた。

### (1) 視線方向の平均値抽出過程の検討

SSR 研究で顔の表情についての平均値推定について多くの研究が行われている。視線方向の検出は、人の表情や意図・注意対象の特定において重要な情報となる。本研究では、平均視線方向の推定の精度とバイアスについて検討を行った。実験手続と刺激例を図1に示す。刺激には、ヒトの顔を模したイラストを用い、眼球の位置のみに操作を行った。さらに、対象刺激条件として、正立顔と倒立顔の2条件を設定し、顔認知における正立顔の優位性との関連を検証した。恒常法により識別閾値(Weber fraction)と主観的等価点(PSE)を求めた。観察者は、全て、SSR 実験の初心者とした。

## (2) 平均量推定におけるサンプリング過程の検討

円面積の平均値推定課題と行い、要約統計量推定における情報処理特性を検討した。実験手続を図2に示す。一方を標準刺激群、他方を比較刺激として継次提示し、観察者に、標準刺激群の平均面積と、比較刺激の面積とのどちらが大きいかの判断を課した。独立変数として、1) 刺激数4種、2) 標準/比較刺激の差、2水準を設定した。また、Questによって、各観察者の円面積識別精度を測定し、内部ノイズとして理想的観察者モデルに投入した。統計的効率分析を用いて、ヒトの成績と理想的観察者の成績を比較し、モデルの妥当性を検証した。

## (3) 平均値の抽出過程における刺激の分布形の効果

異なる分布形を設定してその効果を検討し、平均値推定過程におけるサンプリング特性について考察した。分布形として、Uniform、negatively skewed、positively skewed、Normalの4種を設定した(図3上図)。観察者は、熟達者2名、初心者16名とした。各々の分布形条件について、恒常法を用いて平均値推定の精度とバイアスを測定した。もし、全ての刺激情報を一律に利用し、それらの平均量を解析的に推定しているとしたら、分布形による識別精度の差は見られないことが予測された。

## (4) 刺激群の分散が平均値推定に及ぼす影響

平均量推定過程について、刺激の包括的処理が指摘される一方で、1) 刺激群の分布によって精度に差があること、2) 2組以上の刺激群の平均量推定が困難であること等が示され、処理可能な情報量の限界について議論されている。本研究では、刺激群の分散の効果を検証することによって、平均値推定過程の解明を試みた。独立変数

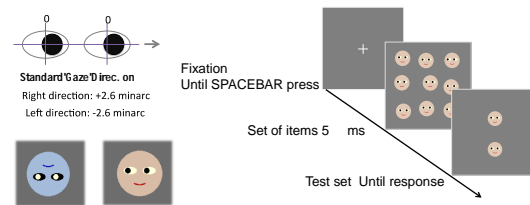
として、刺激群の分散5水準を設定した。恒常法を用いて平均値推定のWeber比とPSEを測定した。

## 4. 研究成果

### (1) 視線方向の平均値抽出過程の検討

結果を図1bに示す。平均視線方向の推定は、倒立顔よりも正立顔において精度が高いことが示された。また、バイアス傾向は、倒立顔において大きいことが示された。結果から、1) 視線方向についても、視線群の平均値の推定が可能であること、2) その精度は、他の顔処理と同様に、正立顔で優位であることが指摘された(Tokita & Ishiguchi, 2014)。

a



b

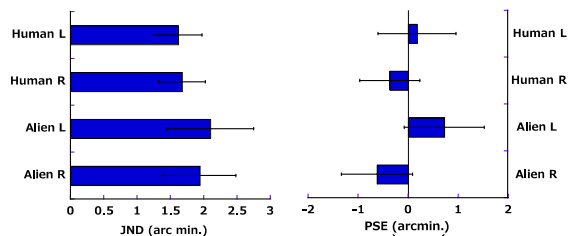


図1. 平均視線方向の推定過程の検討

### (2) 平均量抽出におけるサンプリング過程の検討

識別精度と統計的効率分析の結果を図3cに示す。セットサイズの増加に伴い、僅かながら識別精度の上昇が示された。行動データと理想的観察者モデルのシミュレーション結果の比較から、限界容量に依存しない包括的な刺激の処理を媒介とするGlobal Sampling Model(図2b)の妥当性が示された(Tokita & Ishiguchi, 2016)。

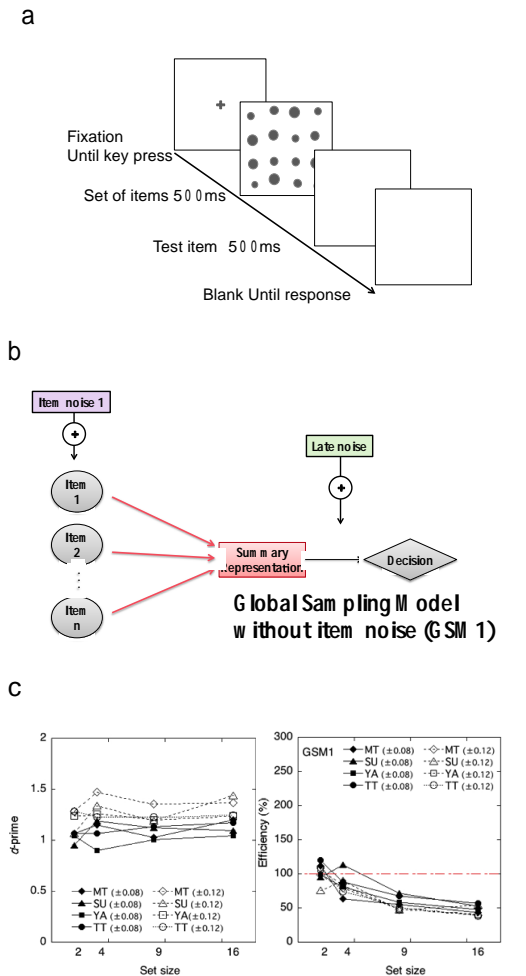


図 2. a. 平均値推課題の実験手続 b. Global Sampling Model c. 行動データと統計的効率

### (3) 刺激群の分布形が平均値抽出精度に及ぼす過程の検討

図 3a, b に結果を示す。分布形の効果は、観察者の熟達度に依存することが示された。すなわち、熟達観察者では、Weber 比・PSE 共にほとんど分布形の効果は見られないが、初心者においては、Positive Skew 条件での識別閾値が優位に低く、Uniform 及び negative skew 条件において高い傾向が示された。さらに、初心者では熟達者には見られない標準刺激群の面積が過大評価というバイアスが観察された。これらの結果から、平均値推定過程においてサンプリング量は学習に依存すること、また、初心者では大きな個人差が存在すること示唆された。(Tokita & Ishiguchi, 2016)。

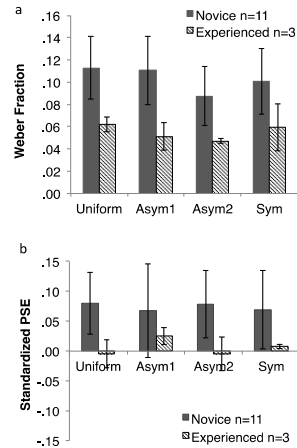
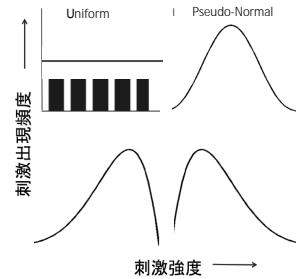


図 3. 分布形の模式図と対象群の分布形の効果

### (4) 刺激群の分散が平均値抽出精度に及ぼす影響

図 4 に実験結果とモデルへの適合を示す。平均値抽出過程において、全ての刺激がサンプリングされていない可能性が示された。シミュレーションの結果からは、平均的に 6~7 個程度の刺激が利用されていると推測された。分散が増大にともない、バイアス傾向も増大することが示された。このことは、刺激情報のサンプリングがランダムに行われているのではなく、面積大の刺激が選択的に抽出されていることを示している。シミュレーションの結果から、「最大値を必ずサンプリングし、その他の値は、ランダムにサンプリングする」とした Max-size sampling model が多くの観察者に妥当であった。バイアス方向に個人差がみられたことから、平均値推定は、どの刺激を計算に入れるかという選択段階において、選択的注意過程が存在し、個人の方略の違いに反映されることが示された。

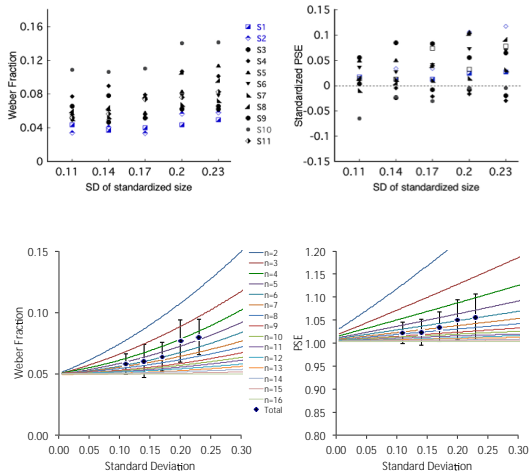


図4. 刺激対象群の分散の効果と Max-size sampling model でのシミュレーション結果

## 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4件)

Tokita, M., & Ishiguchi, A. (2016). How do Distributions of Item Sizes Affect the Precision and Bias in Representing Summary Statistics? Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp1523-1528. Austin, TX: Cognitive Science Society. (査読あり)

Tokita, M., Ueda, S., & Ishiguchi, A. (2016). Evidence for a Global Sampling Process in Extraction of Summary Statistics of Item Sizes in a Set. *Frontiers in Psychology*, 7(711). doi: 10.3389/fpsyg.2016.00711. (査読あり)

Tokita, M., & Ishiguchi, A. (2015). Precision and Bias in Approximate Numerical Judgment in Auditory, Tactile, and Cross-modal Presentation. *Perception*, 0301006615596888, first published on August 14. (査読あり)

Tokita, M., & Ishiguchi, A. (2014). Comparing Global and Limited sampling Strategies in Size-averaging a Set of Items. Proceedings of the 36th Annual Conference of

the Cognitive Science Society (pp1604-1609). Austin, TX: Cognitive Science Society. (査読あり)

[学会発表](計7件)

Tokita, M., & Ishiguchi, A. (2016/8/12). How do Distributions of Item Sizes Affect the Precision and Bias in Representing Summary Statistics?, Paper presented at the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

楊毅・時田みどり・石口彰 (2016/10/30), 分散識別に平均算出過程は含まれるか, 日本基礎心理学会第35回大会, 東京女子大学, 東京都、杉並区

時田みどり (2015/3/24). 意思決定の最適化における学習効果の検討, 日本発達心理学会第26回大会, 東京大学, 東京都, 文京区

Midori Tokita & Akira Ishiguchi, (2015/11/19), Variance Discrimination between Different Visual Properties using Method of Adjustment. 56th Annual Meeting of the Psychonomic Society, Illinois, USA

Midori Tokita & Akira Ishiguchi (2014/7/26), Comparing Global and Limited Sampling in Size-averaging a Set of Items. 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Quebec City, Canada

Midori Tokita & Akira Ishiguchi, (2014/11/21), Are we good at averaging set of gaze directions? : Comparison of human and alien faces. 55th annual meeting of the Psychonomic Society, Long Beach California, USA

時田みどり、上田祥代、石口彰 (2014/12/7), 視覚刺激の分散抽出過程における情報処理特性, 日本基礎心理学会第33回大会, 首都大学東京, 東京都, 八王子市

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

時田 みどり (TOKITA, Midori)

目白大学保健医療学部 教授

研究者番号: 40571112

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし

### (4) 研究協力者

石口彰 (ISHIGUCHI, Akira)

楊毅 (YANG, Yi)