



SQUARC Effect and Contextual Dynamics of Numerical Magnitude

Atanas, Kirjakovski

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2014-03-25

(Date of Publication)

2015-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6153号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006153>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



SQUARC Effect and Contextual Dynamics of Numerical Magnitude

所属専攻・コース：グローバル文化
専攻・感性コミュニケーションコース
氏名：キル イヤコブスキ アタナス
指導教員氏名：松本絵理子

Perception of the world is rooted in the perception of its continuous and discrete quantities. All life forms, from smallest to largest, constantly need to adjust to the environment in terms of space, time, speed, light, temperature, and all sorts of quantities. A key component of the evolution is the ability to discriminate, count, and estimate numerosities. Some authors even propose unified processing mechanisms for quantity processing, of which good example is ATOM (A Theory of Magnitude). Non-verbal animals and preverbal infants possess remarkable ability to understand the concept of cardinality, albeit limited only to approximation. The precise extraction of numerical magnitudes and the development of sophisticated number systems can be obtained only through the use of language, however, it still obeys the psychophysical principles like Weber's law, revealed through the presence of numerical distance and size, SNARC, STEARC, and other psychological effects.

This doctoral thesis is about both quantity dimensions. One experiment attempted to obtain evidence for the hypothesized SQUARC effect (Spatial-Quantity Associations of Response Codes) in which smaller quantities are responded faster with left spatial codes, and larger quantities with codes on the right. Three other experiments tested the possible cognitive differences between cardinal and nominal numerical contexts in priming and semantic blocking paradigms. Total number of 65 Japanese students from Kobe university participated in the experiments.

The prediction tested in the SQUARC experiment stated that targets on the left within the visual modality will be detected faster after presentation of auditory cues with low pitch/loudness, and faster on the right if the audio has a high pitch/loudness levels. Although the obtained results were in accordance with the hypothesized pattern, statistical analysis did not reveal

significant effects. Thus, it was concluded that the effect was not obtained in the experiment. The next two experiments were designed to test the processing of Arabic numerals within cardinal and nominal contexts, i.e., to look for hypothesized differences between both. The performance was measured in a primed numerical comparison tasks, and data were collected for calculation of the classical distance effect which was used as a cognitive measure. First experiment asked participants to read prices and postal codes silently or aloud that appeared on the computer screen as primes, and make a button-press for smaller/larger than five targets in a comparison-to-standard task. Evidence for slightly faster performance of cardinal primes over nominal ones was obtained, which was interpreted as an indicator that underlying processes for nominal numerical context may be different from cardinal ones. The third experiment extended the procedure's measuring capabilities up to eight distance units and implemented counterbalanced design, but in contrast to the first experiment, it did not obtain context effects, instead it recorded large deviations from the classical distance effect for primes that were read aloud. The findings were explained in terms of digitalization of the analog mental number line with the help of language. The fourth experiment also dealt with the topic of numerical context, but instead of priming, it used semantic blocking paradigm for its purposes. Typically in this paradigm, pictures and words from different semantic categories are presented in categorically homogeneous and heterogeneous blocks and participants are asked to name them. Mostly, blocked pictures are named slower than blocked word, and it is said that this occurs due to semantic competition on a lemma level. For the present purposes, this paradigm was modified to investigate blocked cardinal, neutral, and nominal contexts as well as mixed-context blocks. It was expected for the context to interact with the blocking, but that was not the case. Instead, a main effect for context was obtained and a different type of distance effect was observed, namely the priming distance effect. Again, nominal context was slower than cardinal one. Finally it was concluded that when Arabic digits are named in each context, they automatically activate quantity-related and non-related meanings, of which non-quantitative ones are slower and weaker and quantitative ones are dominant.

Based on the findings in these experiments, final parts of the thesis propose a model for emerging numerical context which hopefully, will contribute for our better understanding of numbers.

論文審査の結果の要旨

氏 名	キルイヤコブスキ・アタナス		
論文題目	SQUARC Effect and Contextual Dynamics of Numerical Magnitude		
判 定	合 格・不 合 格		
審 査 委 員	区 分	職 名	氏 名
	委員長	教授	米谷 淳
	委 員	教授	大月 一弘
	奈良産業大学 学術振興会 委 員	教授	宇津木 成介
	委 員	准教授	松本 絵理子
	委 員		
要 旨			
本論文では「数」の表象について認知心理学的な手法を通じて検討を行ったものである。特に「数」表象の多面的な特性に注目し、量を示す場合、名目的に用いられる場合の認知処理過程をモデル化し、従来の数表象のモデルにはなかった数が使用される際の文脈という概念を導入し、実験的検討を通じて、数表象に対する新しい認知モデルの提唱に至ったものである。 第一章では、数の表象と認知に関して研究史を概観し、本研究の主題である数表象がどのようにとらえられてきたかについて論考を行っている。章の前半(1.1)では数概念の起源について、生態学的、比較認知心理学的な研究を概観し、幼児や人間以外の動物において限定的ながらも量の概念を持ちえることなどから、数量に関する基本的な認知は、捕食・生存に直接関与する機能として、進化発達の初期から獲得されていたものであるとしている。章の後半(1.2、1.3)では近年の認知心理学、認知神経科学領域における、数と量の脳内表現に関する研究動向について論じている。数には対象の個数を数える時に用いられる基数(cardinal number)、順序を表す数(ordinal number)、名目を表す数(nominal number)等があり、用いられる文脈により数量を表さない場合があるが、従来の認知モデルの中では数認知における文脈の違いが明確に論じられていない点を指摘し、数の表象と認知に関するさらなる検証と新たなモデル			

が必要であることを述べた。

第二章では、数量の表象が処理モダリティに独立的であるかについて、SQUARC(Spatial-Quantity Associations of Response Codes)効果を通じて検討を行った。SQUARC効果とは、数字の量と空間位置の表象の連合を指すもので、数直線のように空間の左側から右側に向かって、数字が小さいものから大きいものへ空間的に配置されて表象されるという理論を背景に、この数表象と反応を行う運動効果器の相対的空間位置の関係を述べたもので、右空間に置かれた右手で反応を行う場合、数値が大きいものに対して早く、左側は数値の小さいものに対して早いという空間的競合現象が生じることから名付けられた。SQUARC効果は、数概念の表象を実証的に検討する手法として注目されているが、その効果の背景メカニズムについては明らかではない点が多い。本実験では聴覚刺激の音の高さ、大きさを操作し、数値以外の対象においてもSQUARC効果が生じるのか、また視空間と聴覚刺激という異なるモダリティ間においても生じるのかの2点を検討した。その結果、音圧や音の高低による反応時間の違いは見られたものの、音特性と空間の相互作用であるSQUARC効果自体は見られなかった。異なるモダリティ間でSQUARC効果を検討した研究は未だなく、学術的に貴重なデータであると考えられる。

第三章では、プライミングパラダイムを用いて、数値が、量的な処理をプライムされた場合と、名目的な処理をプライムされた場合を比較し、その後の数字判断課題に及ぼす影響を検討している。同一の数値であっても、処理文脈により脳内表象が異なるのではないかという仮説に従い、郵便番号を示す「〒」記号と金額を示す「¥」の記号を付与した数字列をプライム刺激として用い、後続の数値の大小判断課題の反応時間を従属変数として検討を行った。さらに、プライムの呈示方法について、黙読と音読する場合を設け、プライム刺激の処理過程についても比較検討を行った。その結果、音読条件において、量的処理をプライムされた場合、数値の大小判断が促進されるという結果が得られた。この結果は、音読することでより水準の深い処理が行われ、量的処理システムが活性化され、後続の量に関する判断プロセスが促進されたと考えられる。一方、名目的処理をプライムされた場合では、音読・黙読の違いは見られなかったことから、同一の数の認知に際しても量的な処理と名目的な処理は異なる処理過程であることが示唆された。さらに、3.2の実験では、数値間の距離効果(distance effect)に注目し、同様のプライム実験を行った。距離効果とは、2つの数字の大小を比較する場合、その数字ペア間の差が小さい場合には処理の難易度が高くなるというものであり、数字がどのような認知的距離で表象されているかを測定するために広く用いられている。実験3.2では量的処理と名目的処理がプライムされた場合では、異なる距離効果が得られることを見出した。プライミングパラダイムと距離効果の分析を組み合わせることで数の量的処理と名目的処理の違いを明らかにした研究は本研究が初めてであり、高い学術的価値があるものと考えられる。

本研究に関連する業績としては、国際専門誌上に査読付き論文として「From SNARC to SQUARC: Universal Mental Quantity Line?」のタイトルで「International Journal of Psychological Studies」誌 4号 (pp.217-227)に掲載された他、査読付き国際学会を含め学会発表がなされている。

以上から当審査委員会は全会一致で、学位申請者であるキルイヤコブスキ・アタナスは博士(学術)の資格があると認める。