

再認実験における MOC 曲線の利用についての問題

筑波大学大学院(博)心理学研究科 高橋 晃¹⁾

筑波大学心理学系 海保 博之

The relations between recognition memory performance and confidence rating

Akira Takahashi & Hiroyuki Kaiho (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

The relations between recognition memory performance and confidence rating have been assumed to be directly proportional. However, in case of new items, this assumption may not be valid. This is because new items have no information about experimental episodes and a subject may rate one's confidence not only from memory information but also from other false clues such as inference or familiarity. This phenomenon does not support the application of the Signal Detection Theory (SDT) to recognition memory. The process of recognition memory with old and new items was discussed.

Key words: recognition, confidence, calibration, new items.

記憶実験を行なう場合に、従来より確信度を示標として用いることが行なわれてきた。確信度はパフォーマンスと相関するメタ認知の示標の一種であり、一般には確信度が高ければパフォーマンスも高く、両者は相関している(例えば Groninger, L.D., 1976)。この確信度と正答率の相関的な対応関係を用いて、再認実験の memory operating characteristic curve (以下、MOC 曲線)を描くことが行なわれてきた。

MOC 曲線とは、知覚信号検出課題から得られた receiver operating characteristic curve (ROC 曲線)を、その有効性をそのまま活かす目的で記憶実験に適用したものである。知覚信号検出実験の分析は 1950年代に活発に行なわれていたが、1960年代から 70年代にかけてその理論を短期記憶に当てはめる研究が数多く行なわれ、その際に MOC 曲線という名称も生まれた。この適用は、基本的には知覚実験の信号検出理論における“ノイズ”“シグナル”を、“新項目らしさの強度”“旧項目らしさの強度”に

それぞれ置き換えたものであり、再認成績から両項目の分布の距離(弁別力, d')を推定するために用いられてきた。

MOC 曲線を描く場合には、確信度は、知覚信号を一定にした場合の判断の通過率の異なるフィルターとして用いられている。このとき、被験者の判断を、最も確信度の低い“あり”判断と最も確信度の低い“なし”判断を連続しているものとみなしている(Murdock, 1965)。すなわち、確信度が低くなる場合には人間は“あて推量(guessing)”を行い、その結果として hit・false alarm(FA)・miss・correct rejection(CR)の全ての判断が偶然の割合(50パーセント)に近付いて行くことが前提とされている。

しかし、確信度とパフォーマンスの関連をさらに詳しく調査した研究によると、被験者の種々の課題におけるパフォーマンスは、反応に用いるための知識が豊富な場合には確信度に比例しているが、使用できる知識がない場合には確信度との関連が弱くなるとしている(Lichtenstein & Fischhoff, 1972)。また Wagenaar(1988)は、記憶の貯蔵と再構成の区別

1) 現所属 生命工学工業技術研究所

の観点からこの実験法を再認実験に適用し、結果として旧項目(hit)については確信度とパフォーマンスの間に相関関連が認められるが、新項目(FA)については材料固有の一定の値となり、パフォーマンスとの相関関連が認められないことを示した。ここから、再認実験における信号検出理論を用いた分析は、分析の前提となっている“確信度に対応した正答率分布”が実際には成立していないことがわかった。この結果は、従来再認実験の分析において使われてきた、確信度を利用した信号検出理論に基づく分析法の妥当性に対して問題を提起する。

上記より、Wagenaar(1988)の実験結果は、本来の目的である貯蔵と再構成の区別とは別の文脈、つまり信号検出理論の再認記憶への適用の問題という側面から考えた場合に、重要な意味をもつものと考えられる。そこで、本論文では、上記のWagenaarの先行研究をさらに詳細に確認する実験を行ない、その結果を信号検出理論の文脈において考察してゆく。

方法

被験者 大学生41名(単語群) 大学生54名(数字群)
材料

単語群：小川(1972)において、時代的に変化が少ないと考えられる9カテゴリーを選択し、その中から上位4単語づつを旧項目に、5位から8位までの4単語を新項目に採用した。ただし、6文字以上の長い単語は省き、次の順位の単語を繰り上げた。また上記に含まれないカテゴリーより4単語を選択し練習項目とした。数字群：2桁の数値をランダムに76個選択し、36をターゲット、36をディストラクター、残りの4つを練習項目に振り分けた。

手続き 項目がディスプレイ上に1項目2秒間づつ提示され、被験者はそれを声に出して読むように指示された。4項目毎に質問が提示され(“今出てきた4つの単語の中に“キク”はありましたか”)被験者はそれに対してY/Nで解答した。全体で36項目が提示され、終了後1分間の逆算課題に入った(数字群は干渉が予測されたため、3分間の迷路課題に変更)。次に、提示された項目(旧項目)36項目と提示されなかった項目(新項目)36項目、合計72項目がランダムに1項目づつ提示され、被験者は各項目が先ほど提示された単語の中にあつたか否かを判断し、あつた場合には“Y”、なかった場合には“N”のキーを押して反応した。被験者がY/Nの判断をすると画面が切り替わり、今行なった判断がどの程度の確信度に基づいて行なわれたものかを

“50-60-70-80-90-100”%の6段階に対応するキーを押して評定した。単語群ではY/Nの判断が誤っていたとはっきりわかった場合にも50%を押すように教示していた。このとき、単語が画面に提示されてから被験者がY/Nを押すまでの反応潜時と、画面が切り替わってから確信度を評定するまでの反応潜時を測定した。実験は全体で15分で終了した。

結果

Figure 1-a,bに、全被験者をまとめた各確信度毎のhit率とFA率を分析した。単語群の確信度50%のデータは、教示によって誤った場合の反応を含んでいたために分析からは省いた。なお、Figure中の数値は各該当評定の絶対数である。

Figure 1より、旧項目の“あり”反応(hit)の場合には、単語・数字の両者において、被験者の確信度評定の上昇と正答率の上昇が対応している。これに対して新項目の評定と誤警報(false alarm,FA)の関連は、単語の場合には評定値によらず正答率は10%前後と低い値で一定であり、また数字の場合には40%前後でほぼ一定である。

また、Figure 2に確信度を用いたMOC曲線を描いた。方法は、一般的な“あつた”判断の最高確信

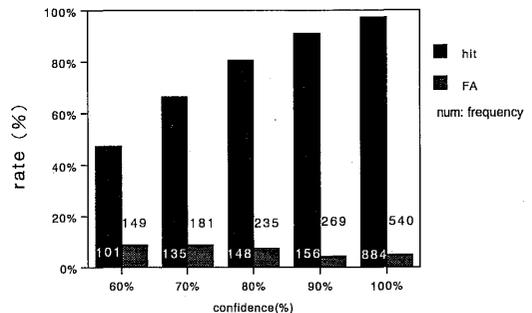


Fig. 1-a confidence rating and hit · FA (word)

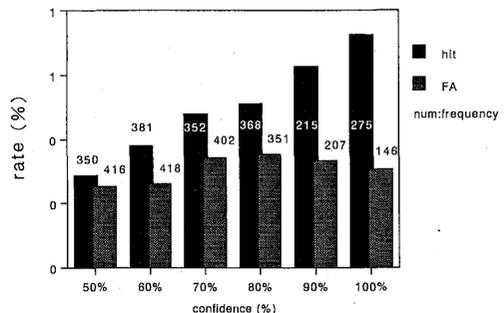


Fig. 1-b confidence rating and hit · FA (number)

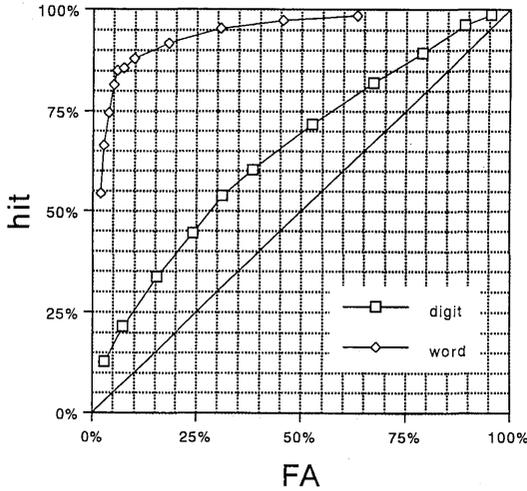


Fig. 2 MOC curve

度から“なかった”判断の最高確信度までを連続体とみなし, hit, FAの両者について各確信度までの累積相対度数を取り, hit・FAを縦軸・横軸として対応する確信度までの度数を結んでグラフを描くMurdock(1965)の方法を用いている。

考 察

全体を通じて, 確信度評定は一概に記憶パフォーマンスの正確さと対応しているとは言えず, 旧項目と新項目では異なった様相を示すことがわかった。この結果は先行研究(Wagenaar, 1988)と一致している。このことは, 信号検出理論に依拠した再認データのMOC曲線による分析の妥当性に問題を提起する。

1950年代から60年代にかけて確信度評定を用いた数多くの知覚研究がなされてきた(たとえばEgan, Schulman, & Greenberg, 1959; Larkin, 1965; Luce, 1963 for review; Pollack & Decker, 1958)。研究の大きな問題の一つに, 人間の反応特性が入力時の閾値を基準とした“閾値理論”で説明できるか, それとも様々な出力基準を仮定した“信号検出理論”で説明できるか, という問題があった(Clarke, Birdsall, & Tanner, 1959; Banks, 1970 for review)。1960年代半ばから, 再認実験にもこれがそのままの形で持ち越された議論がなされていた(Murdock, 1965; Norman & Wickelgren, 1965; Parks, 1966; Kintsch & Carlson, 1967; Ratcliff, 1978 for review)。閾値理論は直線状のMOCグラフを予測し, 信号検出理論は曲線状のMOCグラフを予測した。結果として

信号検出理論の方が優勢となったが, 実験結果はどちらの解釈も可能なグラフが多く, 実際には明白な結論が出たとは言い難い。

以下, このような事態が生じた理由を2つの観点から考察する。

1) 新項目の正答率についての問題

確信度評定を用いた信号検出理論による分析では, 再認のMOC曲線は, 新項目をノイズとみなし旧項目をシグナルとみなした前提条件のもとで, 確信度を通過率の異なるフィルターとして用いて両者の弁別度(d')を測定するものである。ここでは被験者の反応を,

「なかった」<100%-----50%-----100%>「あった」という一次的な連続体であるとみなしてMOC曲線を描いている。

この連続体の前提からは, 被験者の判断が評定値の低い“偶然”に近づくほどhit・miss・FA・CRの4者は偶然の確率(50%)に近づくため, “あり”から“なし”への連続性が認められることになっている。しかし本実験におけるデータ上では, hitとmissの分布は理論に従っているものの, FA, CRは確信度にかかわらず一定であり(単語でFA=.1, CR=.9, 数字でFA=.4, CR=.6), “あり”と“なし”の境界で連続性がなくなっている。このような, FAが常に一定である特性をもったグラフが一般にどのようなものかを示したのがFigure 3である。

Figure 3は, hitを確信度に比例させ, FAを各種の一定値(FA=0.0~1.0)に固定した条件のもとでのMOC曲線をシミュレートしたグラフである。これらのグラフは本来の曲線状のMOCグラフと異なる。

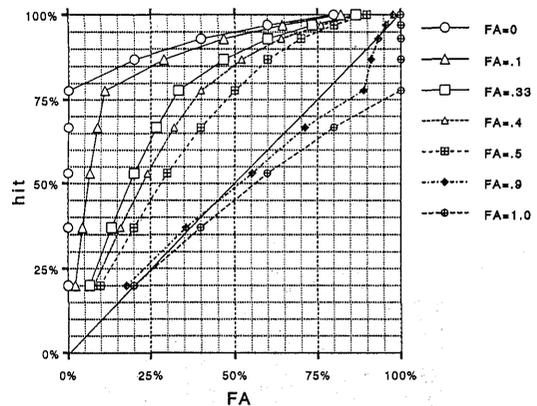


Fig. 3 Simulation of the MOC curve
hit=proportional to confidence
FA=constant(0, 0.1, 0.33, 0.4, 0.5, 0.9, 1.0 each)

り、途中の一点で折れ曲がる曲線になっている。

本実験の結果(Figure 2)をこのシミュレートグラフ(Figure 3)と比較すると、Figure 2はFigure 3のFA=.1(単語)の場合に似ており、中央に頂点をもつ曲線状のグラフとなっている。また、材料が数字の場合には一見なめらかな曲線を描いているように見えるが、実際にはFigure 3のFA=.4のグラフにも見られるように、対角線近辺では折れ曲がりが見えにくくなるだけで、実際には頂点をもったグラフとなっていることがわかる。

以上より、一般に、FAの割合がおおよそ $.4 \leq FA \leq .7$ 程度の幅で、確信度によらず常に一定値を取る場合に、MOCグラフは知覚実験における曲線的なROCグラフに似た様相を示すことがわかった。再認実験の材料は条件によってはFAがこの範囲に落ちることがあり、その結果として信号検出理論に基づいたROC曲線に“近いもの”が描けていたものと思われる。

これを裏付けるため、本実験に近い短期的条件でMOC曲線を描いたとされているMurdock(1965)のデータを再分析した。その結果、この実験においてもFAの値は最高の確信度評定を除くとほぼ一定であり(Figure 4-a)、これをふまえた上でMOC曲線を描くと(Figure 4-b)、元論文に記載されている、(1,0)(0,1)対角線に対して対称的な、なめらかな曲線にあてはめることには必ずしも同意できなかった。Figure 4-aの形状から判断すると、むしろ、Figure 3のシミュレーションと似た、プロットの間接点を頂点としたグラフとみなすことが自然であると思われる。これと同様に、一見信号検出理論を支持する曲線状のMOC曲線であるように見えるNorman & Wickelgren(1965, Fig.1, Fig.3), Bernbach(1967, Fig.6, Fig.8), Donaldson & Murdock(1968, Fig.2(lag3~lag9))等のグラフも、実は“折れ曲がり点のある曲線グラフ”であり、また実験条件も似

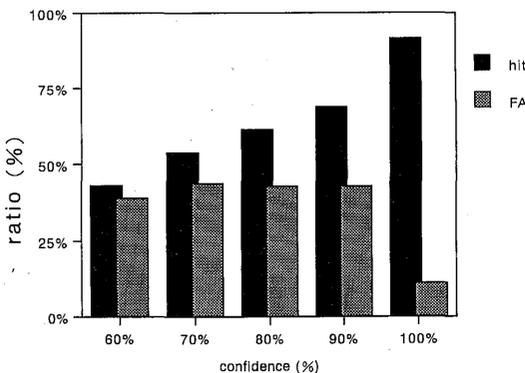


Fig. 4-a Re-analysis of Murdock (1965)

ていることから、同様の解釈が可能であろうと考えられる。

すなわち、再認記憶実験の場合には“あり”判断と“なし”判断の境界で正答率の連続性がなくなることにより、信号検出理論で予想される形状のグラフは理論上は現われなくなる。この不連続性が生じる原因は、次に述べる確信度とパフォーマンスを発生させる内的メカニズムを考察することで明らかになる。

2) 確信度評定の内的メカニズムについて

本節では、確信度の意味について考察する。

確信度とは、被験者自身がターゲットを覚えていて感じる“主観”を数値化したものであると考えられることができる。短期的な再認事態に限れば、この主観における最も有効な情報源は項目提示時のエピソード的記憶痕跡である。これは、再認という現象が、本来であればエピソード記憶痕跡の有無によってしか“確認”できない性質をもつためである。しかし、確かにエピソード記憶痕跡が重要な情報である場合があるとしても、それだけが唯一の情報源ではなく、おそらくそれ以外の何らかの情報(項目に対するイメージや判断時のバイアス等)も常に侵入していると考えたほうが妥当であろう。その視点では、現実には“主観”としての確信度は、必ずしも記憶痕跡のみを情報源とするのではなく、種々の情報をもとに合成される感覚パラメータの一つであると考えの方が自然である。その中で、記憶痕跡情報の比重が高い場合には、確信度情報が再認成績と対応する。一方、エピソード痕跡が弱いし利用が

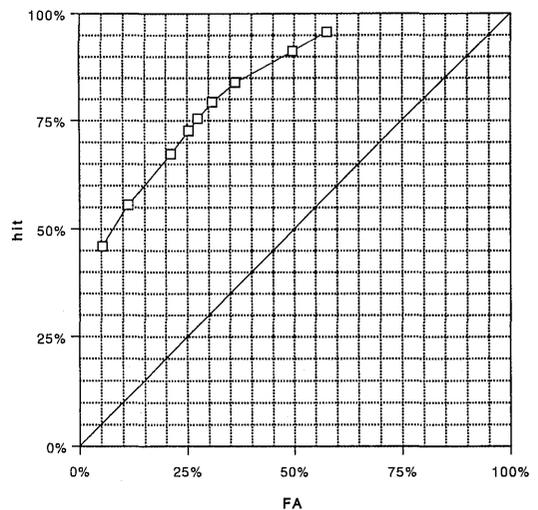


Fig. 4-b MOC curve of Murdock (1965)

不可能な状況においては、自動的に他の情報(エピソードとは無関係)が侵入し、それらの情報を根拠に確信度評定を行うために、正答率は偶然の値程度に低下するものと考えられる。

その“その他の情報”が何であるのかについては、本実験からは明確にはならない。一般的には、確信度に関わるエピソード痕跡以外の情報として材料の familiarity が挙げられており、現在の再認記憶の研究はこの“熟知度”をベースにした理論化がなされている(Hirshman & Master, 1997)。この理論においては、再認判断の基礎に材料の familiarity の分布を仮定し、項目の値が閾値以上になった場合に“あり”反応、閾値以下の場合には“なし”反応を生ずるものとしている。しかし、この“熟知度”は実験時の直接的なエピソードのみから生じるものではないため、正答に確実に結び付いているという保証はない。一方、確信度判断のための別な情報として、Strack & Bless(1994)は“推論”を挙げている。これは、再認判断時の被験者の取る方略として、まずはじめに記憶痕跡の検索が行なわれるが、これが何らかの理由で使用不可能な場合には、次に質問文の属性等による“推論”がなされるものとしている。後者の方略を取る場合には、被験者の確信度情報源は“質問文の属性情報(彼らの実験の場合には、文中の単語の冠詞に“a”を用いているか、“the”を用いているかの相違)”となる。しかし短期的再認事象においては、解答の正確さを保証するのはターゲットに該当する実験時エピソードの記憶痕跡だけであり、上記のような“推論”情報は、短期的な再認判断を下す際にはパフォーマンスの正確さとは無関係となる。

Figure 5に、確信度とパフォーマンスとの関係を規定する内的メカニズムを示した。再認事象においては、エピソード記憶痕跡を利用可能な場合(旧項目)には、記憶痕跡は確信度とパフォーマンスに影響し、結果として、両者の間に相関関係をもたらす。しかし、この相関関係は、被験者がエピソード記憶痕跡を利用できず、その他の情報を利用せざるを得ない場合(新項目)には消失してしまう。したがって、確信度とパフォーマンスの間の相関関係は常に成り立っているわけではない。

まとめれば、人間は状況(項目の有無、材料の質、材料の量、提示法、テストまでの時間、テスト法、ターゲットと材料の類似度等)に応じて確信度評定に用いる情報の比重を変化させている。すなわち、短期的な記憶事象でありエピソード記憶痕跡が使用可能な場合にはそれを重点的に含んだ情報が用いられるが、使用が不可能な場合には自動的に別な

情報で代替する。確信度評定および短期的再認パフォーマンスを直接に関連づける情報源は、そのうちでエピソード記憶痕跡だけである。しかし、既知感を生じる原因は、それ以外にも上記の“その他の情報”からも与えられるため、既知感としての熟知度を唯一のパラメータとして捉らえている信号検出理論に基づいて記憶実験を分析することは、実験条件によっては結果の解釈を誤る可能性があることがわかる。

再認実験において、信号検出理論に依拠した示標、すなわちMOC曲線、 d' といった示標は、実験条件に応じて慎重に利用する必要があるだろう。

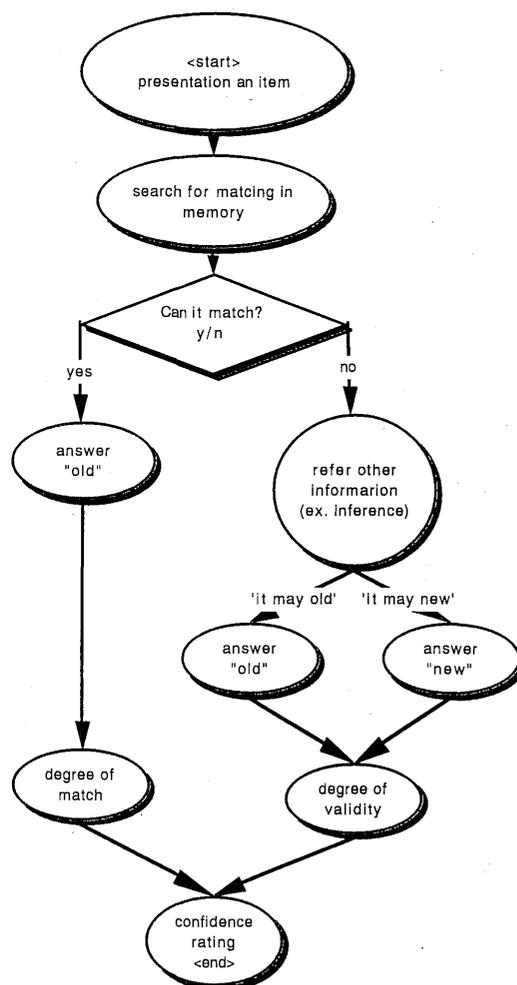


Fig. 5 The relationship between old-new judgement and confidence rating

要約

ある課題のパフォーマンスとその課題の確信度評定は従来比例関係にあるものとみなされていた。しかし、再認判断の新項目においてはその前提が成立していないことがわかった。この現象は、旧項目が確信度の情報源としてエピソード記憶痕跡を利用しているのに対して、新項目が推論等のエピソード記憶痕跡以外の情報源に頼っているためではないかと考えられた。また、この見解を従来の論文のデータにあてはめると、“閾値理論”と“信号検出理論”の論争で示されているデータは、信号検出理論よりもむしろ閾値理論にあてはまった。確信度の概念とそれに基づいた再認判断の理論が討論された。

引用文献

- Banks, W.P. 1970 Signal detection theory and human memory. *Psychological Bulletin*, **74**(2), 81-99.
- Bernbach, H.A. 1967 Decision process in memory. *Psychological Review*, **74**(6), 462-480.
- Clarke, F.R., Birdsall, T.G., & Tanner, W.P. 1959 Two types of ROC curves and definitions of parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **31**(2), 629-630.
- Donaldson, W., & Murdock, B.B. 1968 Criterion change in continuous recognition memory. *Journal of Experimental Psychology*, **76**(3), 325-330.
- Egan, J.P., Schulman, A.I., & Greenberg, G.Z. 1959 Operating characteristics determined by binary decisions and by ratings. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **31**(6), 768-773.
- Groninger, L. 1976 Predicting recognition during storage: the capacity of the memory system to evaluate itself. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **7**(5), 425-428.
- Hirshman, E., & Master, S. 1997 Modeling the conscious correlates of recognition memory: Reflections on the remember-know paradigm. *Memory & Cognition*, **25**(3), 345-351.
- Kintsch, W.K., & Carlson, W.J. 1967 Changes in the memory operating characteristic during recognition learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **6**, 891-896.
- Larkin, W.D. 1965 Rating scales in detection experiments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **37**(2), 748-749.
- Lichtenstein, S., & Fischhoff, B. 1977 Do those who know more also know more about how much they know? *Organizational Behavior and Human Performance*, **20**, 159-183.
- Luce, R.D. 1963 A threshold theory for simple detection experiments. *Psychological Review*, **70**(1), 61-79.
- Murdock, B.B. 1965 Signal-detection theory and short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, **70**(5), 443-447.
- Norman, D.A. & Wickelgren, W.A. 1965 Short-term recognition memory for single digits and pair of digits. *Journal of Experimental Psychology*, **70**(5), 479-489.
- 小川嗣夫 1972 52カテゴリに属する語の出現頻度表 関西学院 大学文学部 人文論究 第22巻第3号抜刷。
- Parks, T.E. 1966 Signal-detectability theory of recognition memory performance. *Psychological Review*, **73**(1), 44-58.
- Pollack, I., & Decker, L.R. 1958 Confidence rating, message reception, and receiver operating characteristic. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **30**(4), 286-292.
- Ratcliff, R. 1978 A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, **85**(2), 59-103.
- Strack, F., & Bless, H. 1994 Memory for nonocurrences: metacognitive and presuppositional strategies. *Journal of Memory and Language*, **33**(2), 203-217.
- Wagenaar, W.A. 1988 Calibration and the effect of knowledge and reconstruction in retrieval from memory. *Cognition*, **28**(3), 277-296.